



วารสารวิชาการ คณะเทคโนโลยีอุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยราชภัฏเทพสตรี

The Journal of Industrial Technology Thepsatri Rajabhat University

Vol. 19, No. 1, January - June 2024

ISSN 3027-849X (Online)

- การศึกษาโครงสร้างการกระจายชมพูทับทิมจันทร์ของเกษตรกรจังหวัดนครปฐมสู่ตลาดค้าส่งและค้าปลีกรายใหญ่
ในภาคกลางของประเทศไทย 1
- A Study of the Distribution Structure of Tubtim Chan Rose Apples of Farmers in Nakhon Pathom
Province to The Large Wholesale and Retail Market in The Central Region of Thailand
- ณัฐภัทรศญา เศรษฐโชติสมบัติ และณัฐพัชร อารีรัชกุลกานต์
- การศึกษาการติดตั้งตัวเก็บประจุไฟฟ้าด้วยเทคนิคการหาค่าที่เหมาะสมที่สุดของผู้อนุภาคในระบบจำหน่ายไฟฟ้า
โดยใช้โปรแกรมจำลอง MATPOWER 14
- Study on the Installation of Capacitors by Particle Swarm Optimization Technique in the Electricity
Distribution System using MATPOWER Simulator
- สุรพงษ์ แก่นมณี, นรินทร์ กุลนภาดล และอภิชาติ สังข์ทอง
- การเพิ่มประสิทธิภาพเชิงความร้อนตู้อบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์ที่ติดตั้งครีบตัวนำความร้อนรูปทรงกระบอก 21
- Increasing the thermal efficiency of a solar dryer by installing cylindrical heat-conducting fins.
- สมมาตร สุบรรณพงษ์, วิฑูรย์ ชิงถ้วยทอง และจารุมาศ รักทองหล่อ
- การนับจำนวนไข่หนอนไหมพันธุ์พื้นบ้านที่เหมาะสมในการฝักตัวด้วยการประมวลผลภาพ 30
- Automated Counting Indigenous Silkworm Eggs using Image Processing
- สุภัทตรา วยะละนุ, วีระนันต์ วิบูลย์อรรถ, ทรงศักดิ์ มีสิทธิ์, ปฏิวัติ อาสาแสน และรัตติยา ธานี
- การลดอัตราส่วนของเสียในกระบวนการผลิตลูกชิ้นสำหรับวิสาหกิจขนาดย่อม 37
- Reduction of defect rate in a meatball production for small enterprises
- ประสิทธิ์ ไกรลมสม, วรัญญู ทิพย์โพธิ์, ปานจิต ศรีสวัสดิ์, เชษฐ ศรีไมตรี, ภริญา สังฆมนโนเวศ และศรัณย์ เหล่าอยู่คง
- การปรับปรุงกระบวนการปฏิบัติงานเพื่อลดขั้นตอนการให้บริการประชาชนด้วยระบบสารบรรณอิเล็กทรอนิกส์ : 46
- กรณีศึกษา องค์การบริหารส่วนตำบล
- Work Process Improvement for Minimizing Public Service Delivery using Electronic Document System :
A Case Study of Sub-district Administrative Organization
- กิงกาญจน์ กิตติสุนทรโรภาส, ยุทธธรงค์ จงจันทร์, นรินทร์ กุลนภาดล, สุทธิดา การะเวก, ศรีนยา ประทีปชนะชัย,
กัม พรประเสริฐ และ งามอาจ รอดพิทักษ์

วารสารวิชาการคณะเทคโนโลยีอุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยราชภัฏเทพสตรี

ปีที่ 19 ฉบับที่ 1 มกราคม - มิถุนายน 2567

บรรณาธิการ

รศ.ว่าที่ ร.ต.ดร.ชูชาติ พยอม

ผู้ช่วยบรรณาธิการ

ผศ.ดร.ลลิลธร มะระกานนท์ ผศ.ดร.กุลสมทรัพย์ เย็นฉ่ำชิต ผศ.ดร.ธาดา คำแดง

ผู้ทรงคุณวุฒิในกองบรรณาธิการ

ศ.ดร.สุมาลี สังข์ศรี	มหาวิทยาลัยสุโขทัยธรรมมาธิราช
ศ.ดร.จรัญ จันทลักษณ์	มหาวิทยาลัยทักษิณ
ศ.ดร.สายัณห์ ทัดศรี	มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์
ศ.ดร.พีระศักดิ์ ศรีนิเวศน์	มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์
ศ.ดร.วุฒิพงศ์ อารีกุล	มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์
ศ.ดร.โกสินทร์ จำนงไทย	มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี
รศ.ดร.ธีรศิลป์ ทุมวิภาต	สถาบันเทคโนโลยีจิตรลดา
รศ.ดร.สุมาลี อุณหวนิชย์	สถาบันเทคโนโลยีจิตรลดา
รศ.ดร.ชนศักดิ์ ป้ายเที่ยง	มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ
รศ.ดร.มนตรี ศิริปรัชญานันท์	มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ
รศ.ดร.กฤษณ์ อ่างแก้ว	มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ
รศ.ดร.พิพัฒน์ พรหมมี	สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
รศ.ดร.พีระวุฒิ สุวรรณจันทร์	สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
รศ.ดร.วิสุทธิ์ สุนทรกนกพงศ์	สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
รศ.ดร.ชูสิทธิ์ ประดับเพ็ชร์	มหาวิทยาลัยราชภัฏพระนครศรีอยุธยา

ฝ่ายจัดการวารสาร

นางนภาพร รอดแก้ว นางสาวชญาณ์พิมพ์ จตุพรเนตรทอง

วัตถุประสงค์

เพื่อเผยแพร่ผลงานทางวิชาการด้านวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีอุตสาหกรรม ได้แก่ วิศวกรรมศาสตร์ วิทยาศาสตร์ประยุกต์ อุตสาหกรรมการเกษตร เทคโนโลยีสารสนเทศ การจัดการอุตสาหกรรม

กำหนดการออกวารสาร

ปีละ 2 ฉบับ คือ ฉบับที่ 1 มกราคม-มิถุนายน และฉบับที่ 2 กรกฎาคม-ธันวาคม

ลักษณะบทความ

1. ต้องไม่เคยเผยแพร่ในวารสารอื่นใดมาก่อนหรือต้องไม่อยู่ในขั้นตอนการพิจารณาเพื่อเผยแพร่ในวารสารอื่น
2. ต้องเป็นผลงานวิจัยที่มีผลกระทบในวงกว้างที่ไม่ใช่งานวิจัยในระดับสถาบัน

บทความที่ลงพิมพ์เป็นข้อคิดเห็นของผู้เขียนเท่านั้น

ผู้เขียนจะต้องเป็นผู้รับผิดชอบต่อผลทางกฎหมายใดๆ ที่อาจจะเกิดขึ้นจากบทความนั้น

การศึกษาโครงสร้างการกระจายชมพูทับทิมจันทร์ของเกษตรกรจังหวัดนครปฐม
สู่ตลาดค้าส่งและค้าปลีกรายใหญ่ในภาคกลาง ของประเทศไทย

A Study of the Distribution Structure of Tubtim Chan Rose Apples of
Farmers in Nakhon Pathom Province to The Large Wholesale and
Retail Market in The Central Region of Thailand

ณภัทรศยา เศรษฐโชติสมบัติ* และ ณัฐพัชร์ อารีรัชกุลกานต์
Natpatsaya Setthachotsombut* and Natapat Areerakulkan

หลักสูตรบริหารธุรกิจมหาบัณฑิต (สาขาวิชาการจัดการโลจิสติกส์และซัพพลายเชน)
วิทยาลัยโลจิสติกส์และซัพพลายเชน มหาวิทยาลัยราชภัฏสวนสุนันทา
Master of Business Administration (Program in Logistics and Supply Chain Management),
College of Logistics and Supply Chain, Suan Sunandha Rajabhat University

*Email: natpatsaya.se@ssru.ac.th, natapat.ar@ssru.ac.th

Received: December 18, 2023; Revised: January 31, 2024; Accepted: February 21, 2024

บทคัดย่อ

บทความนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อ 1) ศึกษาโครงสร้างการกระจายชมพูทับทิมจันทร์ของเกษตรกรจังหวัดนครปฐมสู่ตลาดค้าส่งและค้าปลีกรายใหญ่ในภาคกลางของประเทศไทย 2) สร้างโมเดลโครงสร้างการกระจายชมพูทับทิมจันทร์ และ 3) เพื่อศึกษาความเชื่อมโยงของการกระจายชมพูทับทิมจันทร์ในอุตสาหกรรมการเกษตร วิทยาศาสตร์ประยุกต์ และเทคโนโลยีสารสนเทศเพื่อเพิ่มมูลค่าสินค้า ใช้รูปแบบการวิจัยแบบผสมระหว่างการวิจัยเชิงคุณภาพและการวิจัยเชิงปริมาณ ประชากรการวิจัย เป็นเกษตรกรผู้ปลูกชมพูทับทิมจันทร์ ในพื้นที่จังหวัดนครปฐม จำนวน 591 ครัวเรือน ผู้ให้ข้อมูลสำคัญในการสัมภาษณ์เชิงลึกและสนทนากลุ่ม 41 คน กลุ่มตัวอย่างในการแจกแบบสอบถาม 223 คน กำหนดขนาดโดยใช้ตารางสำเร็จรูปของ Yamane ที่ความเชื่อมั่น 95% ความคลาดเคลื่อน 5% และใช้วิธีสุ่มตัวอย่างแบบหลายขั้นตอน (Multi-stage random sampling) ใช้แบบสัมภาษณ์และแบบสอบถามเป็นเครื่องมือวิจัย ผ่านการตรวจสอบคุณภาพมีความน่าเชื่อถือก่อนนำไปใช้เก็บรวบรวมข้อมูล การวิเคราะห์ข้อมูลเชิงคุณภาพใช้การตรวจสอบสามเส้าด้านข้อมูล และการวิเคราะห์เนื้อหาขณะที่ การวิเคราะห์ข้อมูลเชิงปริมาณใช้สถิติเชิงพรรณนาด้วยค่าเฉลี่ยและส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน ผลการวิจัยพบว่า 1) โครงสร้างการกระจายชมพูทับทิมจันทร์ (1) ด้านราคา/การกำหนดราคาขาย ส่วนใหญ่เกษตรกรจะขายเข้าสู่ตลาดกลางซึ่งราคาขายระหว่าง 24, 31 บาท/กิโลกรัม มีแยกขนาด คือ LA ใหญ่-สวย, MA กลาง-สวย, SA เล็ก-สวย ซึ่งการขายราคาปลีกจะมีราคาดีกว่าการขายส่งหรือดีกว่าขายในตลาดกลาง (2) ด้านปริมาณชมพูทับทิมจันทร์มีปริมาณไม่มาก รว 48,579 ตัน (3) ด้านวิธีการขนส่ง/การขนย้าย ภายในประเทศใช้กระบะ ขนไปต่างประเทศจะขนทางเครื่องบินและเรือ ซึ่งต้องใช้ตู้คอนเทนเนอร์รีเฟอร์ (4) ด้านการปลูก/รอบเวลา ปลูกได้ตลอดปี ระยะเวลาการเก็บเกี่ยวชมพูทับทิมจันทร์ เริ่มให้ผลผลิตหลังอายุประมาณ 2 ปี โดยสามารถให้ผลผลิตได้ถึง 3 รุ่น (5) ด้านแหล่งกระจาย/การขาย การขายชมพูทับทิมจันทร์ จะขายแก่แม่ค้าในท้องถิ่น แม่ค้าตลาดนัด และคนกลางที่จะเข้ามารับซื้อที่สวน หรืออาจเปิดแผงขายเองตามข้างทาง หรือขายที่ตลาดกลางรับซื้อผลไม้ชมพูทับทิม และ (6) ด้านผู้กระจายต่อ เพื่อส่งออกตลาดต่างประเทศกระทำโดยบริษัทซึ่งเป็นนิติบุคคล 2)

โมเดลโครงสร้างการกระจายชมพูทับทิมจันทร์ ประกอบด้วย 4 ด้าน ได้แก่ (1) โครงสร้างการกระจาย (2) การวิเคราะห์กลไกตลาด (3) การวิเคราะห์แนวคิดการเข้าสู่การตลาดขายตรง และ (4) แนวทางการเพิ่มประสิทธิภาพด้านราคา ดังนั้น เพื่อให้ได้ราคาขายที่สูงขึ้น ดีขึ้น เกษตรกรรายย่อย หรือผู้เกี่ยวข้อง ควรเพิ่มหรือขยายช่องทางการจำหน่ายชมพูทับทิมจันทร์ในช่องทางออนไลน์ผ่านทางแพลตฟอร์มต่าง ๆ รวมถึงพัฒนาการปลูกเพื่อการส่งออกต่างประเทศร่วมด้วย และ 3) ความเชื่อมโยงของการกระจายชมพูทับทิมจันทร์ในอุตสาหกรรมการเกษตร วิทยาศาสตร์ประยุกต์ และเทคโนโลยีสารสนเทศเพื่อเพิ่มมูลค่าสินค้า พบว่า มีความเชื่อมโยงกัน ต้องบูรณาการองค์ความรู้จากหลายศาสตร์ เพื่อใช้ขับเคลื่อนภาคธุรกิจภายใต้การแข่งขันที่รุนแรง การทำธุรกิจในปัจจุบันบริษัทไม่ได้แข่งขันกันเพียงลำพังกับบริษัทเท่านั้น แต่เป็นการแข่งขันระหว่างเครือข่ายซัพพลายเชนกับเครือข่ายซัพพลายเชน” ในภาคการเกษตรก็เช่นกัน “อุตสาหกรรมการเกษตร” ซึ่งเป็นผู้ผลิตสินค้าจะอยู่รอดได้ต้องพึ่งพาองค์ความรู้ทางด้าน “เทคโนโลยีสารสนเทศ” เพื่อใช้ปรับตัวให้ทันต่อการเปลี่ยนแปลงในยุคเศรษฐกิจดิจิทัล (Digital economy) และอาศัยองค์ความรู้ด้าน “วิทยาศาสตร์ประยุกต์” สำหรับเพิ่มมูลค่าของผลิตภัณฑ์ อีกทั้งยังต้องพัฒนาด้าน “เทคโนโลยีอุตสาหกรรม” ในภาคการเกษตร เพื่อเข้าสู่ “Smart Farmer” ให้เป็นเกษตรกรอัจฉริยะยุคใหม่ที่ก้าวทันต่อโลก การผนวกองค์ความรู้เหล่านี้จะช่วยยกระดับศักยภาพของเกษตรกรและผู้เกี่ยวข้อง ช่วยเพิ่มรายได้จากการขายกำหนดราคาขายได้สูงขึ้น ตลอดจนช่วยลดต้นทุนการทำงานในฟาร์มเพาะปลูกหรือสวนเกษตรลงได้

คำสำคัญ : การกระจายชมพูทับทิมจันทร์, ตลาดค้าส่ง, ตลาดค้าปลีก

Abstract

The objectives of this paper are to 1) study the distribution structure of Tubtim Chan rose apples among farmers in Nakhon Pathom province to major wholesale and retail markets in central Thailand, 2) model the distribution structure of Tubtim Chan rose apples, and 3) to study the linkage of Tubtim Chan rose apples distribution in agriculture, applied science, and information technology to add value to products. It uses a mixed research model between qualitative research and quantitative research. The research population was 591 households of Tubtim Chan rose apples farmers in Nakhon Pathom province. The number of key informants in in-depth interviews and focus groups is 41 people. The sample size for questionnaire distribution is 223 people which calculated using Yamane's tables with 95% confidence, 5% tolerances, and using multi-stage random sampling. Research tools are interview forms and questionnaires that passed reliability tests, before using it to collect data. Qualitative data analysis uses data triangle validation and content analysis, while quantitative data analysis uses descriptive statistics with mean and standard deviation. The results showed that 1) Tubtim Chan rose apples' distribution structure (1) In terms of price/sales pricing, most farmers sell to the central market, where their selling price is between 24, 31 Baht/Kg. There are separate sizes, namely LA large-beautiful, MA medium-beautiful, SA small-beautiful, which retail sales will have better prices than wholesale or central market. (2) Their sales volume is small, about 48,579 tons. (3) In terms of transportation/handling methods, domestic pickup trucks are used while overseas shipments will be transported by plane and ship with refrigerated containers. (4) Planting / Cycle Time can be grown all year round where their harvest period will begin to produce after about 2 years of age and can produce up to 3 generations. (5) In terms of distribution/sales, they will be sold to local vendors, flea market vendors, an intermediary

who will come to buy at the garden, owner sales by opening stalls along roadside, or middle market wholesalers. And (6) the distribution of Tubtim Chan rose apples is done by a company which is a juristic person. 2) The distribution structure model of Tubtim Chan rose apples consists of 4 aspects: (1) distribution structure, (2) analysis of market mechanisms, (3) analysis of the concept of entering direct sales marketing, and (4) price optimization approach. Therefore, to get a higher selling price, smallholder farmers or related parties should increase or expand the sales channel to online marketing through a variety of digital platforms including the development of planting for foreign exports. And 3) In term of the linkage of the distribution of Tubtim Chan rose apples in agriculture, applied science, and information technology to add value to products, the result shown the connection where knowledges from multiple science must be integrated to drive the business sector under fierce competition. In today's business, companies are not competing alone with other companies. It's a competition between supply chain networks and other supply chain networks. Similarly in the agricultural sector, "the agricultural industry", which is a producer of goods, will survive by relying on the knowledge of "information technology" to adapt to changes in the digital economy and "applied science" knowledge for adding value to products. In addition, "industrial technology" must be developed in the agricultural sector to enter "Smart Farmer" to be a new generation of smart agriculture that keeps pace with the world. Integrating required knowledge will enhance the potential of farmers and related parties, help increase sales revenue, and reduce the cost of working on farms or agricultural gardens.

Keywords : Distribution of Tubtim Chan Rose Apples, Wholesale market, Retail market

1. บทนำ

จังหวัดนครปฐม เป็นจังหวัดในภาคกลางทิศตะวันตก ตั้งอยู่บริเวณลุ่มแม่น้ำท่าจีนในที่ราบลุ่มภาคกลาง มีพื้นที่ 1,355,204 ไร่ (0.42%) ของประเทศ มีพื้นที่เป็นอันดับที่ 62 ของประเทศ อยู่ห่างจากกรุงเทพมหานครไปตามเส้นทางถนนเพชรเกษม 56 กิโลเมตร แบ่งออกเป็น 7 อำเภอ ในด้านเศรษฐกิจ พบว่า มีมูลค่าผลิตภัณฑ์มวลรวมจังหวัด (Gross Provincial Product: GPP) ปี 2559 เท่า กับ 312,455 ล้านบาท เป็นของภาคเกษตร 18,356 ล้านบาท ซึ่งลดลง โครงสร้างเศรษฐกิจภาคการเกษตรมีความสำคัญเป็นอันดับที่ 4 ของจังหวัด มีครัวเรือนเกษตรกร 48,639 ครัวเรือน มีพื้นที่เกษตรกรรมทั้งหมด 709,474 ไร่ (52.35%) ของพื้นที่ทั้งจังหวัด และพืชเศรษฐกิจที่สำคัญของจังหวัดนครปฐม ได้แก่ 1) ข้าว 2) อ้อยโรงงาน 3) ผลไม้ จังหวัดนครปฐมมีการเพาะปลูกผลไม้จำนวนมาก ประกอบด้วย มะพร้าว น้ำหอม ส้มโอ มะม่วง ฝรั่ง ชมพู

มะนาว กล้วยน้ำว้า กล้วยหอม ลำไย ฯลฯ มีพื้นที่เพาะปลูกจำนวน 77,157.25 ไร่ (ร้อยละ 10.88) อย่างไรก็ตาม ชมพู เป็นชื่อพืชเศรษฐกิจของจังหวัดนครปฐมลำดับที่ 7 ในปี 2560 มีพื้นที่เพาะปลูก 6,793 ไร่ เพิ่มขึ้น 4.12% มีมูลค่า 739 ล้านบาท เพิ่มขึ้น 25.47% จังหวัดนครปฐมมีสวนผลไม้ 424 แห่ง โรงคัดบรรจุผลไม้ 29 แห่ง[1] การปลูกชมพูทับทิมจันทร์ทั่วประเทศ มีเนื้อที่ปลูกทั้งสิ้น 23,815 ไร่ จำนวนผู้ปลูก 3,144 ราย พื้นที่ปลูก 33 จังหวัด ผลผลิตรวม 54,386 ตัน ผลผลิตต่อไร่ 2,654 กิโลกรัม ซึ่งการจำหน่ายผลผลิตของเกษตรกรจะมี 2 ช่องทางหลัก คือ การกระจายชมพูในตลาดต่างประเทศและการกระจายในตลาดภายในประเทศ โดยที่การกระจายสู่ตลาดภายในประเทศจะเน้นการนำผลผลิตขายในตลาดค้าปลีกและค้าส่งรายใหญ่ในภาคกลาง ซึ่งราคาที่ขายได้จะแตกต่างกัน โดยที่เกษตรกรจะไม่สามารถกำหนดราคาจำหน่ายได้ด้วยตนเอง ตลาดจะมีกลไกในการกำหนดราคา ซึ่งเกษตรกรไม่มีอำนาจในการ

ต่อรอง และไม่มีองค์ความรู้ใหม่อย่างเพียงพอเกี่ยวกับช่องทางการกระจายสินค้าที่จะช่วยเพิ่มส่วนต่างของราคาขาย ทั้งนี้ จังหวัดนครปฐม มีการปลูกชมพู่ทับทิมจันทร์มากเป็นลำดับที่ 2 จาก 33 จังหวัด มีจำนวนครัวเรือนเกษตรกรที่ปลูก 591 ครัวเรือน เนื้อที่ปลูก 4,122 ไร่ ผลผลิตที่เก็บเกี่ยวได้ 3,882,100 กิโลกรัม ราคาที่เกษตรกรขายได้เฉลี่ย 48.81 บาท/กิโลกรัม[2][3] อย่างไรก็ตาม การกระจายชมพู่ทับทิมจันทร์ ส่งผลอย่างมากต่อราคา ซึ่งการกระจาย (Distribution) เป็นกิจกรรมหนึ่งของโลจิสติกส์และโซ่อุปทาน[4] เป็นการกระจายสินค้า (Finished Goods) จากแหล่งต้นทางโดยตรง หรือกระจายจากคลังสินค้า หรือกระจายจากศูนย์กระจายสินค้าสู่ผู้บริโภค[5][6] [7] [8] [9] ทั้งนี้ ลำดับของการกระจายชมพู่ทับทิมจันทร์ จะเป็นการนำผลผลิตจากสวนของผู้ปลูก ขนส่งไปยังแหล่งกระจายที่เป็นจุดรับซื้อและจุดรวบรวมผลไม้อีกครั้งภายในประเทศ ซึ่งก็คือตลาดไทและตลาดสี่มุมเมือง ซึ่งเป็นตลาดค้าส่งรายใหญ่ของประเทศตั้งอยู่ในพื้นที่ภาคกลางในจังหวัดปทุมธานี

จากการศึกษาปัญหาการกระจายชมพู่ทับทิมจันทร์ ของเกษตรกรผู้ปลูกในจังหวัดนครปฐมด้วยวิธีการสัมภาษณ์กลุ่ม พบปัญหาคือ แหล่งกระจายสินค้าที่มีจำกัด มีจำนวนไม่มาก ซึ่งปัญหานี้ส่งผลเสียด้านราคาขายชมพู่ต่อกิโลกรัม ซึ่งควรจะขายได้ในราคาที่สูงกว่าที่ควรจะเป็น โดยแหล่งกระจายหลักมี 2 แหล่ง คือ แหล่งกระจายสินค้ารายใหญ่ในประเทศไทยที่ทำหน้าที่รวบรวมผลไม้อีกจากทุกภูมิภาคของประเทศไทย ซึ่งก็คือ “ตลาด” และแหล่งกระจายผลไม้อีกเพื่อส่งออกไปยังต่างประเทศซึ่งก็คือ “บริษัทผู้ส่งออก” โดยโครงสร้างการกระจายผลไม้อีกเป็นจุดที่มีความสำคัญอย่างมาก เนื่องจากส่งผลโดยตรงต่อราคาซื้อขายชมพู่ทับทิมจันทร์ ซึ่งโดยส่วนใหญ่เกษตรกรไม่สามารถกำหนดราคาขายได้ด้วยตนเอง นอกจากนี้ ความสำคัญของโครงสร้างการกระจายนี้ยังจะทำให้ทราบปริมาณการไหลของชมพู่ทับทิมจันทร์ที่เข้ามาในตลาด และไหลต่อเพื่อกระจายไปยังแหล่งอื่นๆ ที่เกี่ยวข้องสัมพันธ์กันกระทั่งไปถึงผู้บริโภคปลายทาง ซึ่งหากต้องการราคาขายที่สูงกว่าที่ได้รับอยู่ในปัจจุบัน เกษตรกรผู้ปลูกจำเป็นต้องทราบโครงสร้างการกระจายผลไม้อีก เพื่อปรับแหล่งและช่องทางการกระจายไปยังแหล่งใหม่เพิ่มขึ้นจากเดิม อีกทั้งปริมาณการไหลเข้าสู่ตลาดต้องมีสัมพันธ์กับความต้องการซื้อ หากอุปทาน

(Supply) มากกว่าอุปสงค์ (Demand) ย่อมส่งผลกระทบต่อราคาซื้อขายจากเกษตรกรด้วย

จากปัญหาดังกล่าว การใช้แนวคิดการศึกษาโครงสร้าง “การกระจายสินค้า” ซึ่งเป็นแนวคิดหนึ่งในโลจิสติกส์และโซ่อุปทาน[10] โดยโซ่อุปทานจะเป็นการบริหารวงจรผลิตภัณฑ์และบริการ (Product and Services) เพื่อส่งมอบผลิตภัณฑ์ออกสู่ตลาด[11] ตามหลักการ การศึกษาและสร้างโมเดลโครงสร้างการกระจายสินค้า จะช่วยให้ทราบข้อมูลการไหลของชมพู่ทับทิมจันทร์ ทั้งข้อมูลในด้าน 1) ราคา 2) ปริมาณ 3) วิธีการขนส่ง 4) รอบเวลา 5) แหล่งกระจาย (สถานที่) และ 6) ผู้กระจายต่อ ซึ่งข้อมูลเหล่านี้สามารถนำไปสู่การวิเคราะห์เพื่อให้ได้องค์ความรู้ใหม่ด้านกลไกการตลาด ได้แนวคิดในการปรับปรุงช่องทางการกระจายสินค้า และใช้เป็นข้อมูลสำหรับการพัฒนาวิธีการเพิ่มประสิทธิภาพการกระจายสินค้า และเพิ่มยอดขายของเกษตรกรผู้ปลูกชมพู่ทับทิมจันทร์ได้

2. วัตถุประสงค์ของการวิจัย

1. เพื่อศึกษาโครงสร้างการกระจายชมพู่ทับทิมจันทร์ของเกษตรกรจังหวัดนครปฐม สู่ตลาดค้าส่งและค้าปลีกรายใหญ่ในภาคกลางของประเทศไทย
2. เพื่อสร้างโมเดลโครงสร้างการกระจายชมพู่ทับทิมจันทร์
3. เพื่อศึกษาความเชื่อมโยงของการกระจายชมพู่ทับทิมจันทร์ในอุตสาหกรรมการเกษตร วิทยาศาสตร์ประยุกต์ และเทคโนโลยีสารสนเทศเพื่อเพิ่มมูลค่าสินค้า

3. วิธีดำเนินการวิจัย

3.1 รูปแบบการวิจัย

ใช้รูปแบบการวิจัยแบบผสมระหว่าง 1) การวิจัยเชิงคุณภาพ (Qualitative research) โดยใช้วิธีการ Focus group และสัมภาษณ์เชิงลึก (In-depth Interview) และ 2) การวิจัยเชิงปริมาณ (Quantitative research)

3.2 ประชากรและกลุ่มตัวอย่าง

ประชากรการวิจัย เป็นเกษตรกรผู้ปลูกชมพู่ทับทิมจันทร์ในพื้นที่จังหวัดนครปฐม จำนวน 591 ครัวเรือน [2] และ

ผู้เกี่ยวข้องกับแหล่งกระจายชมพูทับทิมจันทร์ ซึ่งไม่ทราบจำนวนแน่ชัดแต่ทราบว่ามียานจำนวนมาก

กลุ่มตัวอย่างการวิจัย สำหรับการวิจัยเชิงคุณภาพ ผู้ให้ข้อมูลสำคัญเป็นเกษตรกรผู้ปลูกชมพูทับทิมจันทร์ รวม 41 คน จำแนกเป็น การสนทนากลุ่ม (Focus group) 20 คน (5 กลุ่มๆ ละ 4 คน) และสัมภาษณ์เชิงลึก (In-depth interview) 21 คน (7 อำเภอ ๆ ละ 3 คน) ผู้ให้ข้อมูลมีกำหนดคุณสมบัติ คือ 1) เป็นเกษตรกรผู้ปลูกชมพูทับทิมจันทร์ 2) เป็นผู้เกี่ยวข้องกับแหล่งกระจายสินค้าชมพูทับทิมจันทร์ 3) มีประสบการณ์เกี่ยวข้องตั้งแต่ 1 ปี ขึ้นไป

ขณะที่ การวิจัยเชิงปริมาณ กลุ่มตัวอย่าง 223 คน กำหนดขนาดโดยใช้ตารางสำเร็จรูปของ Yamane [12] ที่ความเชื่อมั่น 95% ความคลาดเคลื่อน 5% และใช้วิธีสุ่มตัวอย่างแบบหลายขั้นตอน (Multi-stage random sampling)

3.3 เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย

เครื่องมือสำหรับวิธีวิจัยเชิงคุณภาพใช้แบบสัมภาษณ์ ขณะที่ เครื่องมือสำหรับวิธีวิจัยเชิงปริมาณใช้แบบสอบถาม โดยเครื่องมือทั้ง 2 ชนิด ผ่านการตรวจสอบคุณภาพโดยผู้เชี่ยวชาญ 5 ท่าน มีความน่าเชื่อถือผ่านเกณฑ์ ก่อนนำไปใช้เก็บรวบรวมข้อมูล

3.4 การเก็บรวบรวมข้อมูล

สำหรับการสัมภาษณ์ ได้ติดต่อนัดหมายล่วงหน้า เพื่อนัดวัน เวลา แจ้งรายละเอียดและประเด็นที่ต้องการสัมภาษณ์ เพื่อให้ผู้ให้ข้อมูลสำคัญให้เตรียมตัว จากนั้นทำการสัมภาษณ์และขออนุญาตบันทึกเสียง พร้อมถ่ายภาพประกอบการสัมภาษณ์ จากนั้นนำบทสนทนามาประมวลผล วิเคราะห์และสรุปผลให้เป็นลายลักษณ์อักษร จากนั้นนำข้อมูลผลการสัมภาษณ์ที่สรุปผลแล้ว ไปสร้างโมเดล[13] โครงสร้างการกระจายชมพูทับทิมจันทร์ ตามด้วยการใช้แบบสอบถามเพื่อเก็บรวบรวมข้อมูลเชิงปริมาณ

3.5 การวิเคราะห์ข้อมูล

การวิเคราะห์ข้อมูลเชิงคุณภาพจากการสัมภาษณ์ ใช้การตรวจสอบสามเส้าด้านข้อมูล (Data triangulation) และการวิเคราะห์เนื้อหา (Content analysis) ขณะที่ การวิเคราะห์ข้อมูลเชิงปริมาณใช้สถิติเชิงพรรณนา ได้แก่ ค่าเฉลี่ย ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน และการจัดลำดับความสำคัญของตัวเลข

4. ผลการวิจัย

4.1 ผลการวิจัยเชิงเชิงคุณภาพ

ผลการวิจัยเชิงคุณภาพ สามารถตอบวัตถุประสงค์การวิจัยข้อที่ 1 และ 2 ดังนี้

วัตถุประสงค์ข้อที่ 1: การศึกษาโครงสร้างการกระจายชมพูทับทิมจันทร์ของเกษตรกรจังหวัดนครปฐมสู่ตลาดค้าส่ง และค้าปลีกรายใหญ่ในภาคกลางของประเทศไทย สรุปได้ว่า

1. ด้านราคา/การกำหนดราคาขาย การกำหนดราคา คือ จะขายเป็นกิโลกรัมระหว่าง 20-50 บาท ถ้าขายกับพ่อค้าคนกลาง ก็จะได้ราคาที่สูงเกือบถึงกิโลละกรัมละ 100 บาท ซึ่งในช่วงเดือนสิงหาคม-ตุลาคม จะเป็นช่วงที่ชมพูมีราคาแพง โดยราคาขาย ดังนี้

ราคาขายเข้าตลาดกลาง 24, 31 บาท/กิโลกรัม

LA ใหญ่-สวย 35 บาท/กิโลกรัม

MA กลาง-สวย 25 บาท/กิโลกรัม

SA เล็ก-สวย 15 บาท/กิโลกรัม

ราคาขายหน้าสวน 20 (5-6ลูก/กก.) 35-38 บาท/กิโลกรัม ชมพูทับทิมจันทร์ (ถุงดำ) ปลีก-ส่ง จัดส่งทั่วประเทศ ราคาขายปลีก เริ่มต้น ถุงละ 150-200 บาท

ราคาขายรถเร่ 25, 30-40, 50 บาท/กิโลกรัม

ไซส์ใหญ่ 30 บาท/กิโลกรัม

ไซส์กลาง 20 บาท/กิโลกรัม

ไซส์เล็ก 15 บาท/กิโลกรัม

ราคาขายเพื่อส่งออกไปประเทศจีน 70-80, 80-100 บาท/กิโลกรัม

2. ด้านปริมาณ ชมพูทับทิมจันทร์มีข้อเสีย คือ การออกผลจะไม่ออกทั้งปี และไม่ค่อยดกเหมือนชมพูพันธุ์อื่น ๆ เป็นผลไม้เมืองร้อนที่มีความต้องการของตลาดค่อนข้างสูง เนื่องจากมีรสชาติหวานกรอบ อร่อย นิยมปลูกมากในพื้นที่ภาคกลาง ทั้งนี้ การปลูกชมพูทับทิมจันทร์ ช่วยยกระดับรายได้เกษตรกรได้ โดยมีปริมาณผลผลิต กว่า 48,579 ตัน

3. ด้านวิธีการขนส่ง/การขนย้าย การขนย้ายชมพูทับทิมจันทร์ จะนำชมพูที่เก็บได้ใส่ในตะกร้า แต่ในตะกร้านั้นจะรองพื้นด้วยกระดาษหนังสือพิมพ์เพื่อถนอมชมพูขณะขนย้ายไม่ให้เกิดการบอบช้ำหรือเสียหาย ในการขนย้ายนั้นจะขนย้ายด้วยรถกระบะเป็นส่วนใหญ่ อย่างไรก็ตาม

เนื่องจากชมพูเป็นสินค้าที่บอบช้ำและเน่าเสียได้ง่าย หากการบรรจุหีบห่อไม่ดี หรือขาดความระมัดระวังก็จะเสียหายเป็นอย่างมากในระหว่างขนส่ง ดังนั้น การเลือกใช้บรรจุภัณฑ์ถือเป็นเรื่องสำคัญมากสำหรับสินค้าประเภทนี้ ลักษณะความรุนแรงทางกายภาพที่พบระหว่างการขนส่งชมพูที่มีผลต่อคุณภาพของชมพู แบ่งได้เป็น 3 ประเภท ได้แก่ 1) การกดทับ การกดทับที่มีต่อบรรจุภัณฑ์ที่ไม่แข็งแรงพอ อาจทำให้ชมพูบอบช้ำได้ง่าย การกดทับเกิดจากการบรรจุชมพูมากเกินไปหรืออัดแน่นและการจัดวางที่ไม่เหมาะสม การเรียงซ้อนกันหลาย ๆ ชั้นทำให้สินค้าที่อยู่ข้างล่างและด้านในได้รับความเสียหาย 2) การกระแทกในระหว่างการขนส่ง กล้องสินค้าชมพูที่เกิดจากการโยนหรือกระแทกกับกล่องอื่น หรือตกกระแทกพื้น เป็นสาเหตุทำให้ชมพูเกิดการช้ำและเน่าเสียได้ 3) การสั่นสะเทือน เกิดจากการสั่นสะเทือนของพาหนะหรือรถขนส่งสินค้าที่ใช้ระหว่างการขนส่ง การสั่นสะเทือนจะทำให้เกิดการเสียดสีระหว่างชมพูด้วยกันหรือการเสียดสีระหว่างชมพูกับบรรจุภัณฑ์ก่อให้เกิดรอยช้ำและเน่าเสียได้ นอกจากนี้ การขนส่งชมพูทับทมจันทร์ไปต่างประเทศ สามารถเลือกขนส่งได้ คือ การขนส่งทางน้ำและทางอากาศ โดยการขนส่งทางอากาศมีข้อดีในด้านความเร็ว ความถี่ของหมายกำหนดการบิน และการขนส่งระยะไกลที่ต้องการความเร็วเนื่องจากผลไม่มียอายุและเน่าเสียได้ง่าย แต่เสียเปรียบต้นทุนและอัตราค่าระวางสูง การเสี่ยงอันตราย เกิดอุบัติเหตุง่ายโดยเฉพาะอุบัติเหตุด้านดินฟ้าอากาศ ขณะที่การขนส่งสินค้าทางเรือได้เปรียบต้นทุนต่ำ ขนส่งสินค้าได้ในปริมาณมากมีความปลอดภัย แต่เสียเปรียบ คือ ต้องมีการขนส่งสินค้าเนื่องจากขนส่งทางเรือไม่สามารถส่งสินค้าไปจนถึงปลายทางของผู้ซื้อได้ และการขนส่งต้องมีสินค้าในปริมาณมากพอที่จะบรรจุลงตู้คอนเทนเนอร์ได้ ถ้าขนส่งปริมาณน้อยแบบไม่เต็มตู้จะมีต้นทุนที่สูง อีกทั้งการขนส่งทางน้ำยังมีความล่าช้ามากด้วย

นอกจากนี้ ความเสียหายที่อาจเกิดขึ้นได้บ่อยครั้งสำหรับการขนส่งสินค้าระหว่างประเทศที่เป็น ผัก-ผลไม้ ได้แก่ 1) ระยะเวลา ถ้าใช้เวลาในการขนส่งสินค้านานเกินไป อาจจะทำให้สินค้าในตู้สินค้าเกิดความเสียหายได้ 2) อุณหภูมิ หากอุณหภูมิในตู้สินค้าไม่คงที่ อาจจะทำให้สินค้าเสียหายได้ 3) ระยะเวลา หากระยะเวลาในการขนส่งสินค้า

ไกลเกินไป อาจจะทำให้สินค้าบอบช้ำได้ 4) การเคลื่อนย้ายสินค้า เมื่อสินค้าถึงปลายทาง การเคลื่อนย้ายขนลงหรือเปลี่ยนถ่ายยานพาหนะ หากไม่ระมัดระวังอาจทำให้ผลไม้เสียหาย บอบช้ำได้ และ 5) บรรจุภัณฑ์ หรือภาชนะที่ใช้ในรถบรรทุก เช่น ตะกร้าหรืออย่างอื่น ถ้าไม่แข็งแรงมากพอ อาจทำให้ผลไม้กระแทกกัน และเกิดแรงสั่นสะเทือน ถ้าภาชนะไม่เหมาะกับสินค้าก็จะเสียหายจำนวนมาก

4. ด้านการปลูก/รอบเวลา พบว่า การปลูก วิธีการปลูก และดูแลรักษาชมพูทับทมจันทร์ให้ได้ผลผลิตดี 1) ควรใส่ปุ๋ยอินทรีย์บำรุงดินเพื่อช่วยในการปรับปรุงดิน ทำให้ดินร่วนซุยและควรกลบดินและคลุมด้วยฟางเพื่อป้องกันการระเหยของน้ำ 2) ชมพูทับทมจันทร์ควรปลูกแบบระบบร่องสวนและรดน้ำเช้า-เย็นตั้งแต่เริ่มปลูก จนถึงต้นชมพูทับทมจันทร์มีอายุ 1 ปี หลังจากนั้นจึงให้น้ำลดลงเป็นสัปดาห์ละ 1 ครั้ง หรือมากกว่านั้นขึ้นอยู่กับความชื้นในดินและความเหมาะสมของสภาพแวดล้อม 3) หมั่นสำรวจโรคและแมลงศัตรูพืชโดยการกำจัดวัชพืชและหมั่นตรวจสอบสภาพอากาศเนื่องจากจะช่วยคาดการณ์สภาวะการระบาดของโรคและแมลงทำให้พร้อมที่จะรับมือกับความเสียหายที่จะเกิดการระบาดได้ทันทั่วทั้ง การให้ปุ๋ย ระยะบำรุงต้น ใช้ปุ๋ยสูตร 16-16-8 อัตรา 25 กิโลกรัม/ไร่ สลับกับการให้ปุ๋ยสูตร 8-24-24 อัตรา 25 กิโลกรัม/ไร่ เพื่อเร่งการเจริญเติบโต ระยะกระตุ้นตาดอก ใช้ปุ๋ยสูตร 13-13-21 ควบคู่กับการใช้ปุ๋ยสูตร 0-0-60 อัตรา 50 กิโลกรัม/ไร่ เพื่อเพิ่มความหวาน รวมทั้งการใส่ปุ๋ยอินทรีย์ ปุ๋ยหมัก ปุ๋ยคอก ในการบำรุงดินร่วมด้วยจะช่วยปรับโครงสร้างของดินให้ดีขึ้น โดยใส่ปุ๋ยบริเวณรอบทรงต้นอัตรา 5 กิโลกรัม/ต้น และให้ปุ๋ยอีกครั้งหลังจากมีการตัดแต่งกิ่ง ขณะที่ การเก็บเกี่ยว ระยะเวลาการเก็บเกี่ยวชมพูทับทมจันทร์ เริ่มให้ผลผลิตหลังจากอายุประมาณ 2 ปี โดยสามารถให้ผลผลิตได้ถึง 3 รุ่น รุ่นที่ 1 เดือนธันวาคม – มกราคม รุ่นที่ 2 เดือนกุมภาพันธ์ – มีนาคม รุ่นที่ 3 เดือนเมษายน – พฤษภาคม

5. ด้านแหล่งกระจาย/การขาย การขายชมพูทับทมจันทร์ จะขายให้กับแม่ค้าในท้องถิ่น แม่ค้าตลาดนัด และพ่อค้าคนกลางที่จะเข้ามาซื้อที่ในสวน หรืออาจเปิดแผงขายเองตามข้างทาง ทั้งนี้ มีตลาดกลางรับซื้อชมพูทับทมจันทร์ ได้แก่ 1) ตลาดไท 2) ตลาดสี่มุมเมือง 3) ตลาดปทุมมงคล 4) ตลาดราชบุรี และ 5) ตลาดศรีเมือง สำหรับด้าน

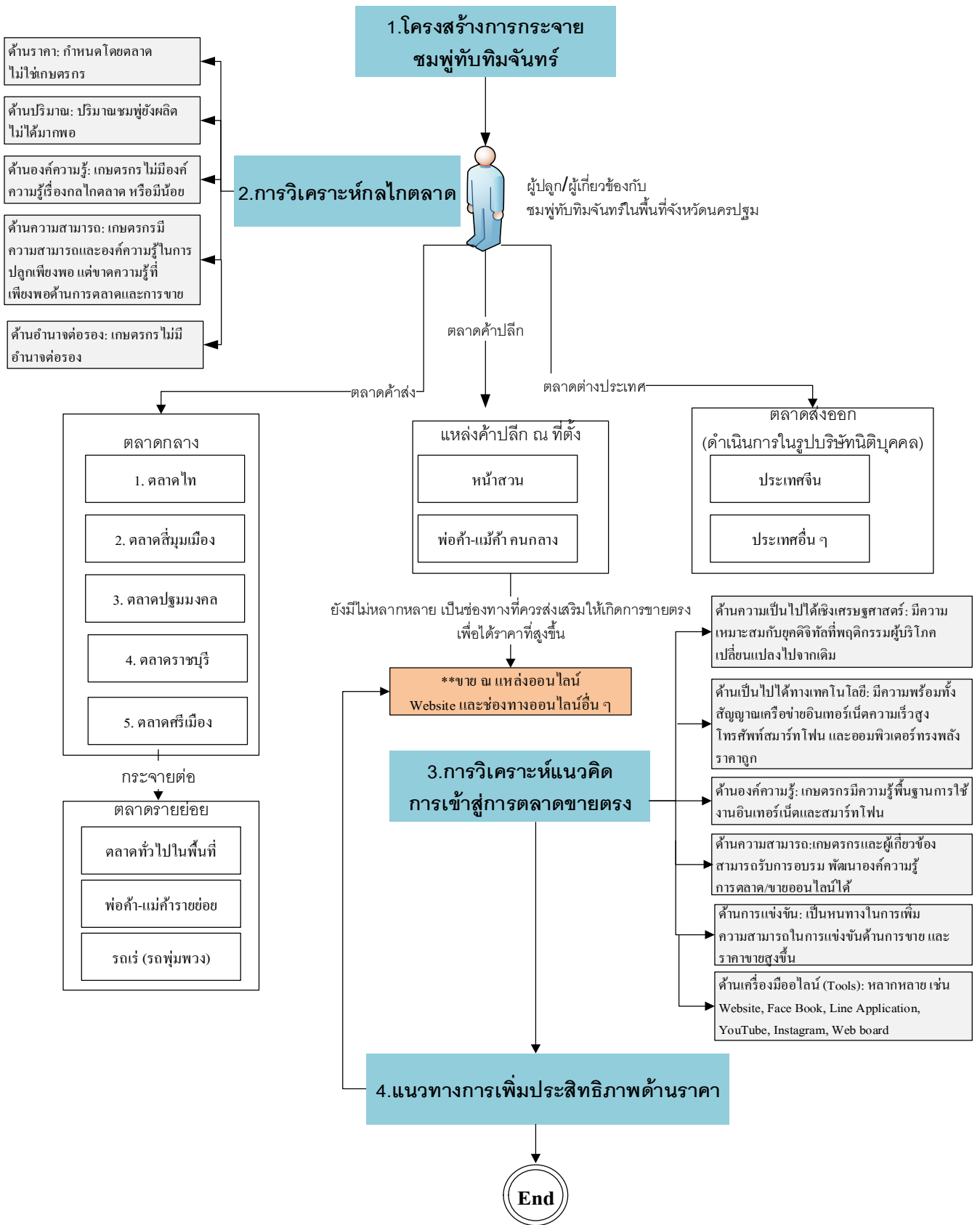
การทำตลาด ผลผลิตส่วนใหญ่ยังเป็นการจำหน่ายในประเทศ มีการส่งออกต่างประเทศในปริมาณไม่มากนัก เมื่อเทียบกับผลไม้ส่งออกชนิดอื่น เช่น ทุเรียน ลำไย มังคุด ทั้งนี้ ชมพูยังผลิตได้ไม่มากและมีการขนส่งที่ยากเพราะเป็นผลไม้ที่เสียหายได้ง่ายระหว่างขนส่ง และยังไม่มีการแปรรูปเพื่อการส่งออก โดยปี 2563 มีการส่งออก จำนวน 659.21 ตัน เพิ่มขึ้น 52.72% มีมูลค่า 25,877,180 บาท เพิ่มขึ้น 20.47% โดยตลาดส่งออกหลัก ได้แก่ สิงคโปร์ มาเลเซีย ฮองกง เวียดนาม อินโดนีเซีย จีน และลาว เป็นต้น ดังนั้น จะต้องสร้างตลาดให้ผู้บริโภครู้จักชมพูแต่ละสายพันธุ์ เพื่อกระตุ้นการบริโภคเพื่อให้ประชาชนหรือผู้บริโภคทราบถึง ความพิเศษและความเป็นมาของสินค้า ได้แก่ ชมพูทับทิม จันทร์ รวมทั้งต้องนำนวัตกรรมและเทคโนโลยีมาใช้ในการผลิตและแปรรูป เพื่อสร้างมูลค่าเพิ่ม เช่น เยลลี่ชมพู แยม ชมพู ชมพูอบแห้ง เป็นต้น อย่างไรก็ตาม ภาครัฐควรมีการรวมกลุ่มผู้ปลูกชมพู ในรูปแบบสหกรณ์หรือวิสาหกิจชุมชน เพื่อสร้างอำนาจการต่อรองกับพ่อค้าคนกลาง เป็นการสร้างความเข้มแข็งให้กับชุมชน และต้องส่งเสริมให้มีการวางแผนการผลิต โดยใช้ตลาดนำการผลิต เพื่อลดปัญหาชมพูล้นตลาดหรือราคาตกต่ำในอนาคต รวมทั้งเพิ่มช่องทางการจำหน่ายสินค้าในช่องทางออนไลน์ผ่านทางแพลตฟอร์มต่าง ๆ

6. ด้านผู้กระจายต่อ การกระจายชมพูทับทิมจันทร์ ออกตลาดต่างประเทศ กระทำโดยบริษัทซึ่งเป็นนิติบุคคล เช่น ประเทศจีน อาจเลือกใช้ข้อกำหนดในการส่งมอบสินค้า ระหว่างประเทศ หรือ Incoterm 2010 แบบ 1) EXW (Ex Work) คือ ผู้ขายไม่ต้องรับผิดชอบค่าใช้จ่ายและค่าความเสียหายใด ๆ เป็นเงื่อนไขนี้ผู้ขายมีหน้าที่ผลิตสินค้าและรอส่งจากโรงงานของตนเองเพียงอย่างเดียว ส่วนผู้ซื้อต้องจัดการเรื่องการขนส่งสินค้าเองทั้งหมด ค่าใช้จ่ายและความเสี่ยงในการขนส่งก็จะตกอยู่กับฝั่งผู้ซื้อทั้งหมด ทั้งค่าใช้จ่ายในการผ่านด่านศุลกากรขาออก การขนส่งขึ้นรถจากโรงงานของผู้ขาย ซึ่งผู้ขายจะได้ราคาถูก 2) FCA – Free Carrier คือ ผู้ขายรับผิดชอบค่าใช้จ่ายและค่าความเสียหายพันประตูโรงงาน ผู้ขายจะรับผิดชอบค่าใช้จ่ายในการขนส่งสินค้าถึงสนามบินหรือศุลกากร เพื่อเตรียมส่งออกโดยเครื่องบินหรือเรือ เมื่อสินค้าอยู่บนพาหนะที่กำลังเดินทาง ค่าใช้จ่ายด้าน

ค่าส่ง และอื่นๆ จะตกเป็นภาระของผู้ซื้อ 3) FOB (Free on board) คือ ผู้ขายรับผิดชอบค่าใช้จ่ายและค่าความเสียหายถึงสินค้าลงเรือ เป็นเงื่อนไขที่นิยมใช้เพราะยุติธรรมทั้ง 2 ฝ่าย คือ นำของลงเรือและจัดการพิธีส่งออก หลังจากนั้นก็เป็นหน้าที่ของผู้ซื้อ และ 4) CPT (Carriage Paid To) (ระบุสถานที่ปลายทาง) คือ ผู้ขายรับผิดชอบค่าใช้จ่ายและค่าความเสียหายถึงท่าเรือนำเข้า ผู้ขาย/ผู้ส่งออกส่งมอบสินค้าให้ Freight Forwarder จ่ายค่าขนส่งสินค้าลงจากพาหนะ ณ สถานที่ปลายทาง การขนส่ง การทำศุลกากรขาเข้า และจากนั้นเป็นความรับผิดชอบของผู้ซื้อ

อย่างไรก็ตาม วิธีการกระจายสินค้าสินค้าชมพูทับทิมจันทร์ของประเทศไทยไปทั่วโลก ต้องมีการเจาะตลาดที่มีความต้องการในชมพูทับทิมจันทร์ และต้องเป็นตลาดค้าปลีกขนาดใหญ่ เช่น ตลาดของจีนที่เป็นตลาดค้าปลีกที่ใหญ่ และถ้าสามารถเจาะตลาดได้จะสามารถเพิ่มราคาจากที่ขายในประเทศไทยราคาดีอยู่แล้ว เมื่อเข้าตลาดจีนจะยิ่งทำให้มีราคาสูงมากขึ้นไปอีก จะทำให้ชมพูทับทิมจันทร์เป็นที่รู้จักในระดับยุโรปและระดับโลกต่อไป ถ้าเลือกใช้กลยุทธ์ในการกระจายสินค้าแบบ “การวางแผนเส้นทางการขนส่ง” ก็จะสามารถจัดการกับเส้นทางการขนส่งให้มีเวลาที่เร็วและเหมาะสม เพื่อไม่ให้สินค้าเกิดการเน่าเสีย หรือการกระจายสินค้าประเภทผักผลไม้ มีระยะเวลาในการเน่าเสียที่ค่อนข้างจำกัด และมีข้อจำกัดในการดูแลรักษาผักผลไม้ สินค้ารับมาแล้วต้องนำส่งออกทันที ต้องมีการบรรจุที่เหมาะสมปลอดภัย และกลยุทธ์ในช่วงวิกฤตสุขภาพการระบาดของ Covid-19 สามารถใช้วิธีการขายผ่านตลาดออนไลน์ เพื่อกระจายสินค้าโดยกว้าง

วัตถุประสงค์ข้อที่ 2: การสร้างโมเดลโครงสร้างการกระจายชมพูทับทิมจันทร์ จากการวิเคราะห์ข้อมูลเชิงคุณภาพ สามารถสร้างเป็นโมเดลโครงสร้างการกระจายชมพูทับทิมจันทร์ ที่ประกอบด้วย 4 ด้าน ได้แก่ 1) โครงสร้างการกระจาย 2) การวิเคราะห์กลไกตลาด 3) การวิเคราะห์แนวคิดการเข้าสู่การตลาดขายตรง และ 4) แนวทางการเพิ่มประสิทธิภาพด้านราคา แสดงดังรูปที่ 1



รูปที่ 1 โมเดลโครงสร้างการกระจายชมพู่ทับทิมจันทร์

4.2 ผลการวิจัยเชิงปริมาณ

จากรูปที่ 1 โมเดลโครงสร้างการกระจายชมพูทับทิม
จันทร์ ผู้วิจัยได้นำไปสร้างแบบสอบถามเพื่อเก็บรวบรวม

ข้อมูลเชิงปริมาณในการสำรวจความรู้เกี่ยวกับกลไกตลาด
และความรู้ด้านช่องทางการกระจายชมพูทับทิมจันทร์ สรุปล
ผลได้ดังตารางที่ 1

ตารางที่ 1 ผลสำรวจความรู้เกี่ยวกับกลไกตลาดและความรู้ด้านช่องทางการกระจายชมพูทับทิมจันทร์

ข้อคำถาม	ระดับ			
	\bar{x}	S.D.	แปลผล	ลำดับที่
1. ความรู้เกี่ยวกับกลไกตลาด	4.77	0.76	มากที่สุด	1
1.1 กำหนดราคาชมพูทับทิมจันทร์ ถูกกำหนดโดยตลาด ไม่ใช่เกษตรกร	4.69	0.68	มากที่สุด	4
1.2 ปริมาณชมพูทับทิมจันทร์ยังผลิตไม่ได้มากพอ	4.39	0.62	มาก	5
1.3 เกษตรกรส่วนใหญ่ไม่มีองค์ความรู้เรื่องกลไกตลาด	4.88	0.79	มากที่สุด	3
1.4 เกษตรกรมีความสามารถและองค์ความรู้ในการปลูกอย่างเพียงพอ แต่ขาดความรู้ที่เพียงพอด้านการตลาดและการขาย	4.90	0.84	มากที่สุด	2
1.5 เกษตรกรไม่มีอำนาจต่อรองราคา	4.97	0.86	มากที่สุด	1
2. ความรู้ด้านช่องทางการกระจายชมพูทับทิมจันทร์	4.75	0.74	มากที่สุด	2
2.1 ผลผลิตจะถูกขนส่งไปยังตลาดค้าส่ง และ/หรือ ตลาดกลาง เป็นหลัก	4.79	0.67	มากที่สุด	5
2.2 ผลผลิตในตลาดค้าส่ง/ตลาดกลาง จะถูกกระจายต่อไปยังตลาดย่อย ๆ ในพื้นที่ชุมชน	4.86	0.79	มากที่สุด	3
2.3 การกระจายชมพูทับทิมจันทร์สามารถส่งไปยังตลาดค้าปลีก หรือแหล่งค้าปลีกในพื้นที่ใกล้สวนของผู้ปลูก	4.48	0.62	มาก	7
2.4 นอกจากการกระจายผลผลิตไปยังตลาดค้าปลีก/แหล่งค้าปลีกแล้ว ผู้ปลูกสามารถ “ขายออนไลน์”	4.42	0.66	มาก	6
2.5 ท่านทราบดีว่า “การขายออนไลน์” เป็นการขายตรงเพื่อตัดพ่อค้าคนกลาง ที่มีผลต่อราคาขายที่สูงขึ้น และกำหนดราคาได้เอง	4.98	0.86	มากที่สุด	1
2.6 ท่านอยาก “ขายออนไลน์ แต่ไม่ทราบจะเริ่มต้นอย่างไร” ซึ่งเป็นช่องทางที่ควรส่งเสริมให้มีการขายตรง เพื่อให้ได้ราคาที่สูงขึ้น	4.90	0.82	มากที่สุด	2
2.7 ท่านไม่สามารถเข้าตลาดต่างประเทศเพื่อส่งออกได้แม้จะได้ราคาสูง เนื่องจากต้องดำเนินการในรูปบริษัทบุคคล ซึ่งคิดว่ายุ่งยากและไม่มีความรู้ที่เกี่ยวข้อง	4.80	0.75	มากที่สุด	4

จากตารางที่ 1 สรุปได้ว่า **ความรู้เกี่ยวกับกลไกตลาด** มีความสำคัญมากที่สุด (4.77) ลำดับที่ 1 โดยค่าเฉลี่ยสูงสุด 3 ลำดับแรก ได้แก่ 1) เกษตรกรไม่มีอำนาจต่อรองราคา (4.97) 2) เกษตรกรมีความสามารถและองค์ความรู้ในการปลูกอย่างเพียงพอ แต่ขาดความรู้ที่เพียงพอด้านการตลาดและการขาย (4.90) และ 3) เกษตรกรส่วนใหญ่ไม่มีองค์

ความรู้เรื่องกลไกตลาด (4.88) ขณะที่ **ความรู้ด้านช่องทางการกระจายชมพูทับทิมจันทร์** มีความสำคัญมากที่สุด (4.75) ลำดับที่ 1 โดยค่าเฉลี่ยสูงสุด 3 ลำดับแรก ได้แก่ 1) ทราบดีว่า “การขายออนไลน์” เป็นการขายตรงเพื่อตัดพ่อค้าคนกลาง ที่มีผลต่อราคาขายที่สูงขึ้น และกำหนดราคาได้เอง 2) อยาก “ขายออนไลน์ แต่ไม่ทราบจะเริ่มต้น

อย่างไร” ซึ่งเป็นช่องทางที่ควรส่งเสริมให้มีการขายตรง เพื่อให้ได้ราคาที่สูงขึ้น และ 3) ผลผลิตในตลาดค้าส่ง/ตลาดกลาง จะถูกกระจายต่อไปยังตลาดย่อย ๆ ในพื้นที่ชุมชน

ผลการวิจัยเชิงปริมาณ สามารถตอบวัตถุประสงค์การวิจัยข้อที่ 3 ดังนี้

วัตถุประสงค์ข้อที่ 3: เพื่อศึกษาความเชื่อมโยงของการกระจายชมพูทับทิมจันทร์ในอุตสาหกรรมเกษตรวิทยาศาสตร์ประยุกต์ และเทคโนโลยีสารสนเทศเพื่อเพิ่มมูลค่าสินค้า สรุปได้ว่า อุตสาหกรรมเชื่อมโยงกับเทคโนโลยี และต้องบูรณาการองค์ความรู้จากหลายศาสตร์ เพื่อใช้ขับเคลื่อนภาคธุรกิจภายใต้การแข่งขันที่รุนแรง การทำธุรกิจในปัจจุบันบริษัทไม่ได้แข่งขันกันเพียงลำพังกับบริษัทเท่านั้น แต่การแข่งขันมีขอบข่ายที่กว้างขึ้นเป็นการแข่งขันระหว่างเครือข่ายซัพพลายเชน กับเครือข่ายซัพพลายเชน” ดังนั้น ในภาคการเกษตรก็เช่นกัน **“อุตสาหกรรมเกษตร”** ซึ่งเป็นผู้ผลิตสินค้า จะอยู่รอดได้ต้องพึ่งพาองค์ความรู้ทางด้าน **“เทคโนโลยีสารสนเทศ”** เช่น การขายผลิตภัณฑ์ผ่านเว็บไซต์ e-Commerce การโปรโมทผลิตภัณฑ์เพื่อส่งเสริมการขายผ่านสื่อ Social media หรือการเรียนรู้ด้วยตนเอง (Learning) จากหนังสือส่งเสริมภูมิปัญญาท้องถิ่นในรูปแบบ e-Book ที่เผยแพร่บนอินเทอร์เน็ต ชุดความรู้ชมพู เพื่อเป็นการพัฒนาตนเอง เพื่อใช้ปรับตัวให้ทันต่อการเปลี่ยนแปลงในยุคเศรษฐกิจดิจิทัล (Digital economy) และอาศัยองค์ความรู้ด้าน **“วิทยาศาสตร์ประยุกต์”** สำหรับเพิ่มมูลค่าของผลิตภัณฑ์ เช่น ผลการทดลองทางด้านวิทยาศาสตร์ ค้นพบชมพูทับทิมจันทร์ต่อการต้านความเสียหายของเซลล์ตับจากภาวะเบาหวาน ออกฤทธิ์ปกป้องเซลล์ตับได้ สารสกัดในชมพูทับทิมจันทร์สามารถลดระดับน้ำตาลในเลือดได้ ดังนั้นสามารถประยุกต์ใช้ความรู้ทางวิทยาศาสตร์นี้เพื่อทำสารสกัดหรือ **“ผงสกัดจากชมพูทับทิมจันทร์”** เพื่อวางขายผ่านช่องทางออนไลน์บนเว็บไซต์ Lazada หรือ Shopee ซึ่งเป็นตลาด e-Market place รายใหญ่ที่ได้รับความนิยมในประเทศไทย ซึ่งปัจจุบันผลิตภัณฑ์ในอุตสาหกรรมเกษตรที่มีวางจำหน่ายแล้ว ดังเช่น ผงสกัดจากดอกอัญชัน ผงสกัดจากสมุนไพรมะขาม ผงสกัดจากมังคุด ผงสกัดจากกระเจี๊ยบ ผงสกัดจากมะขาม ผงสกัดจากขิง ผงสกัดจากขมิ้นชัน ผงสกัดจากพริกขาว ผงสกัดจากผัก ผงสกัดจากผลไม้ ผงผักและผลไม้ ผงส้ม ผงลิ้นจี่ ผงลูกพีช ผงบัวผัด ผงกระชาย ผงองุ่น

ผงกีวี ผงสตอเบอร์รี่ และผงมัลเบอร์รี่ จะเห็นได้ว่ายังขาด ผงสกัดจากชมพูทับทิมจันทร์เนื่องจากทำได้ยากและเป็นสิ่งที่ยังท้าทายทางวิทยาศาสตร์ หรือแปรรูปชมพูทับทิมจันทร์เป็นผลิตภัณฑ์จากไร่ ก้าวสู่การโกอินเตอร์หรือระดับสากล เช่น แปรรูปเป็นชมพู 3 รส อีกทั้งยังต้องพัฒนาด้าน **“เทคโนโลยีอุตสาหกรรม”** ในภาคการเกษตร เพื่อเข้าสู่ **“Smart Farmer”** ให้เป็นเกษตรกรอัจฉริยะยุคใหม่ที่ก้าวทันต่อโลก ทั้งนี้ อุตสาหกรรมเกษตรยุคใหม่ สามารถนำ 6 นวัตกรรมมาใช้ในอุตสาหกรรมแปรรูปและส่งออกผลไม่ได้ ได้แก่ 1) การเกษตรดิจิทัล 2) เครื่องจักรกลเกษตร หุ่นยนต์ โดรนและระบบอัตโนมัติ 3) เทคโนโลยีชีวภาพทางการเกษตร 4) การจัดการฟาร์มรูปแบบใหม่ 5) การจัดการหลังการเก็บเกี่ยวและขนส่ง และ 6) บริการทางธุรกิจเกษตร อย่างไรก็ตาม การผนวกร่ององค์ความรู้เหล่านี้จะช่วยยกระดับศักยภาพของเกษตรกร ผู้เกี่ยวข้อง สามารถช่วยเพิ่มรายได้จากการขาย กำหนดราคาขายได้สูงขึ้น ตลอดจนช่วยลดต้นทุนการทำงานในฟาร์มเพาะปลูกหรือสวนเกษตรลงได้

5. สรุปผลการวิจัยและอภิปรายผล

โครงสร้างการกระจายชมพูทับทิมจันทร์ ในด้าน **ราคา/การกำหนดราคาขาย** ส่วนใหญ่เกษตรกรจะขายเข้าสู่ตลาดกลาง ซึ่งราคาขายเข้าตลาดกลางระหว่าง 24, 31 บาท/กิโลกรัม มีแยกขนาด คือ LA ใหญ่-สวย 35 บาท/กิโลกรัม MA กลาง-สวย 25 บาท/กิโลกรัม SA เล็ก-สวย 15 บาท/กิโลกรัม และราคาขายหน้าสวน 20 (5-6ลูก/กก.), 35-38 บาท/กิโลกรัม ราคาขายรถเร่ 25, 30-40, 50 บาท/กิโลกรัม และราคาขายส่งออกไปประเทศจีน 70-80, 80-100 บาท/กิโลกรัม ดังนั้น การขายราคาปลีกจะมีราคาดีว่าการขายส่งหรือดีกว่าขายในตลาดกลาง **ด้านปริมาณ** ชมพูทับทิมจันทร์ปริมาณไม่มาก รวบรวม 48,579 ตัน **ด้านวิธีการขนส่ง/การขนย้าย** ภายในประเทศใช้กระบะขนไปต่างประเทศการขนทางเครื่องบินและเรือ ซึ่งต้องใช้ตู้คอนเทนเนอร์รีเฟอริ์ **ด้านการปลูก/รอบเวลา** ปลูกได้ตลอดปี ระยะเวลาการเก็บเกี่ยวชมพูทับทิมจันทร์ เริ่มให้ผลผลิตหลังจากอายุประมาณ 2 ปี โดยสามารถให้ผลผลิตได้ถึง 3 รุ่น รุ่นที่ 1 เดือนธันวาคม – มกราคม รุ่นที่ 2 เดือน

กุมภาพันธ์ – มีนาคม รุ่นที่ 3 เดือน เมษายน – พฤษภาคม

ด้านแหล่งกระจาย/การขาย การขายชมพูทับทิมจันทร์ จะขายให้แม่ค้าในท้องถิ่น แม่ค้าตลาดนัด และพ่อค้าคนกลางที่จะเข้ามาซื้อในสวน หรืออาจเปิดแผงขายเองตามข้างทาง และตลาดกลางรับซื้อผลไม้ **ด้านผู้กระจายต่อ** เพื่อส่งออกตลาดต่างประเทศกระทำโดยบริษัทซึ่งเป็นนิติบุคคล ดังนั้นเพื่อให้ได้ราคาขายที่สูงขึ้น ดีขึ้น เกษตรกรขายย่อยหรือผู้เกี่ยวข้อง ควรเพิ่มหรือขยายช่องทางการจำหน่ายชมพูทับทิมจันทร์ ในช่องทางออนไลน์ผ่านทางแพลตฟอร์มต่าง ๆ รวมถึงพัฒนาการปลูกเพื่อส่งออกต่างประเทศร่วมด้วย ซึ่งผลการวิจัยนี้ได้รับการยืนยันจาก จิตตราภรณ์ วันประเสริฐ (2566)[14]; ไทยโพสต์. (2564)[15] ที่ว่า ช่องทางออนไลน์จะช่วยเพิ่มยอดขาย รวมได้ขายได้มากขึ้นได้

ความรู้เกี่ยวกับกลไกตลาดและความรู้ด้านช่องทางการกระจายชมพูทับทิมจันทร์ สรุปได้ว่า **ความรู้เกี่ยวกับกลไกตลาด** มีค่าเฉลี่ย 4.77 อยู่ในระดับมากที่สุด มีความสำคัญเป็นลำดับที่ 1 ตามด้วยความรู้ด้านช่องทางการกระจายชมพูทับทิมจันทร์ มีค่าเฉลี่ย 4.75 อยู่ในระดับมากที่สุด ความสำคัญเป็นลำดับที่ 2 โดยที่

ด้านความรู้เกี่ยวกับกลไกตลาด พบว่า 1) เกษตรกรไม่มีอำนาจต่อรองราคา 2) เกษตรกรมีความสามารถและองค์ความรู้ในการปลูกอย่างเพียงพอ แต่ขาดความรู้ที่เพียงพอด้านการตลาดและการขาย และ 3) เกษตรกรส่วนใหญ่ไม่มีองค์ความรู้เรื่องกลไกตลาด **ดังนั้น การส่งเสริมและช่วยเหลือเกษตรกร** ควรทำให้เกษตรกรสามารถกำหนดราคาขายเองได้ เช่น การขายตรงผ่านทางช่องทางออนไลน์หรือการผลิตสินค้าพรีเมียมที่มีความแตกต่างด้านรสชาติหรือการออกผลผลิตนอกฤดูกาลเพื่อให้สินค้ามีเอกลักษณ์เป็นที่ต้องการสูง จะทำให้เกษตรกรสามารถเพิ่มอำนาจต่อรองราคาได้ มีการจัดอบรมสัมมนาด้านการตลาดและการขาย เช่น การสร้างเว็บไซต์ การสร้างเพจ Face Book การทำคลิปใน TikTok การสร้างบัญชี Line official เป็นต้น ซึ่งสอดคล้องกับ จิตตราภรณ์ วันประเสริฐ (2566) [14] ที่ว่า ช่องทางออนไลน์ช่วยให้ลูกค้าเข้าถึงร้านได้โดยตรง ตลอดจนการอบรมให้ความรู้เรื่องกลไกตลาด โดยใช้รูปแบบการ

อบรมที่สร้างบรรยากาศที่เป็นการเอง ไม่ให้เกิดความประหม่าหรือดูเป็นทางการมาก

ด้านความรู้ด้านช่องทางการกระจายชมพูทับทิมจันทร์ พบว่า 1) เกษตรกรทราบดีว่าการขายออนไลน์เป็นการขายตรงเพื่อตัดพ่อค้าคนกลาง ที่มีผลต่อราคาขายที่สูงขึ้น และกำหนดราคาได้เอง 2) เกษตรกรอยากขายออนไลน์ แต่ไม่ทราบจะเริ่มต้นอย่างไร ซึ่งเป็นช่องทางที่ควรส่งเสริมให้มีการขายตรง เพื่อให้ได้ราคาที่สูงขึ้น และ 3) เกษตรกรทราบว่า ผลผลิตในตลาดค้าส่ง/ตลาดกลาง จะถูกกระจายต่อไปยังตลาดย่อย ๆ ในพื้นที่ชุมชน **ดังนั้น การส่งเสริมและช่วยเหลือเกษตรกร** จัดอบรมเชิงปฏิบัติการแก่เกษตรกรในท้องถิ่นปฏิบัติการคอมพิวเตอร์ที่เชื่อมต่ออินเทอร์เน็ตพร้อมให้ความรู้เกี่ยวกับวิธีการขจัดพ่อค้าคนกลาง กลยุทธ์การกำหนดราคาที่สามารถแข่งขันได้ ซึ่งสอดคล้องกับ จูน เล็ง และคณะ. (2557)[16] ที่กล่าวถึงความรู้เกี่ยวกับการขายตรงและเครื่องมือที่ช่วยขายตรงจะช่วยแข่งขันได้

6. ข้อเสนอแนะ

6.1 ข้อเสนอแนะสำหรับการนำผลวิจัยไปใช้

1. เกษตรกรและผู้เกี่ยวข้อง ควรใช้การขายผ่านช่องทางออนไลน์ผ่านทางแพลตฟอร์มต่าง ๆ โดยควรเข้ารับการอบรมภาคปฏิบัติ ให้สามารถสร้างเครื่องมือการขายตรงออนไลน์ได้เอง ตลอดจนสามารถปรับปรุง (Update) ข้อมูลที่จะนำเสนอต่อลูกค้าให้เป็นปัจจุบัน และดึงดูดความสนใจได้

2. อบรมและเรียนรู้เทคนิคในการสร้างเครื่องมือ เพื่อพัฒนาการขายแบบ e-Commerce รวมถึงเทคนิคการโฆษณาประชาสัมพันธ์ที่ประหยัดเงินให้มากที่สุด อย่างไรก็ตามเนื่องจากการอบรม “พัฒนาการขายด้วย e-Commerce” เป็นองค์ความรู้ด้านเทคโนโลยีสารสนเทศ กลุ่มเป้าหมายที่เข้าอบรมควรมีพื้นฐานทักษะการใช้งานคอมพิวเตอร์เบื้องต้น และการใช้งานเครือข่ายอินเทอร์เน็ต ซึ่งอาจเป็นลูกหลานของเกษตรกรหรือคนในครอบครัว ที่ส่วนจะเป็นนักศึกษา วัยรุ่น ที่สามารถเรียนรู้เทคโนโลยีได้เร็วและมีพื้นฐานในระดับหนึ่งแล้วจากสถานศึกษาหรือมหาวิทยาลัย หลักสูตรหรือขั้นตอนการอบรม ควรจัดลำดับดังนี้

หลักสูตร “การพัฒนาการขายด้วย e-Commerce” หัวข้อ (Content) ประกอบด้วย

1) ความรู้เกี่ยวกับ e-Commerce รูปแบบของ e-Commerce ความสำคัญ ข้อดี-ข้อจำกัด การลงทุนหรือค่าใช้จ่าย การจด Domain name และข้อมูลที่ใช้สำหรับจัดทำเว็บไซต์ e-Commerce คำศัพท์เทคนิคที่เกี่ยวข้อง (ภาคทฤษฎี)

2) การสร้างเว็บไซต์ e-Commerce อย่างง่ายด้วยเว็บไซต์สำเร็จรูป การสร้างระบบหน้าร้าน (Front office) และระบบหลังบ้าน (Back Office) (ภาคปฏิบัติ)

3) ฟังก์ชันหยิบใส่ตะกร้า (Shop-to-Cart) การปรับปรุง (Update) สินค้าในตะกร้า การยืนยันชำระเงิน และการไหล (Flow) ของรายการคำสั่งซื้อในระบบ (ภาคปฏิบัติ)

4) การตรวจสอบคำสั่งซื้อ (Order) และการเปิดบิล e-Commerce เพื่อประสานงานกับคลังสินค้าและขนส่ง (ภาคปฏิบัติ)

5) แนะนำการขายออนไลน์ผ่านสื่ออื่นที่นอกเหนือจากการสร้างเว็บไซต์ (ภาคปฏิบัติ)

ทั้งนี้ หลังจากอบรมหลักสูตรนี้แล้ว จึงตามด้วยหลักสูตร “การโปรโมทเว็บไซต์และตกแต่งภาพสินค้าให้ขายได้”

6.2 ข้อเสนอแนะสำหรับการวิจัยครั้งต่อไป

ควรศึกษาการวิจัยที่เกี่ยวข้องกับ “การเข้าสู่ดิจิทัลแพลตฟอร์มสำหรับการตลาดขายตรงของเกษตรกรผู้ปลูกชมพูทับทิมจันทร์ในจังหวัดนครปฐม เพื่อเพิ่มประสิทธิภาพการขาย”

7. กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบคุณมหาวิทยาลัยราชภัฏสวนสุนันทา (www.ssru.ac.th) ที่ให้ทุนสนับสนุนการวิจัยในครั้งนี้

8. เอกสารอ้างอิง

[1] Department of Agriculture. List of fruit packing plants exported to the People's Republic of China. [Online]. (2566). [Cited January 2, 2023]. Available:

https://www.doa.go.th/psco/?page_id=988. (in Thai).

[2] Online agricultural production information system, Department of Agriculture. Chompoo Tubtimchan Year 2016. [Online]. (2560). [Cited October 1, 2023]. Available: <http://production.doae.go.th/>. (in Thai).

[3] Department of Agriculture, *Information about the central vegetable and fruit market in Thailand*, Bangkok : Office, 2017.

[4] Setthachotsombut, N. and Aunyawong, W., “Agro-Tourism Service Enhancement in Nakhon Pathom Province, Thailand: on Capability Increasing of the Hospitality of Agriculturists”, *International Journal of Supply Chain Management (IJSCM)*, vol. 9 , no. 5, pp. 1403-1414, 2020.

[5] Wongwan, N., Setthachotsombut, N. and Areerakuian, N., “Improving Warehouse Management Efficiency of Canned Tuna Factories with Automatic Warehouse System, *Journal of Logistics and Supply Chain College*, vol. 7, no. 1, pp. 126-140, 2021 (in Thai).

[6] Seyangnok, W. and Areerakulkan, N., “The Study Efficiency of Soft Drink Warehouse Administration with the Warehouse Management System WMS Software”, *Journal of Logistics and Supply Chain College*, vol. 9, no. 2, pp. 5-20, 2023 (in Thai). <https://doi.org/10.53848/jlsc.v9i2.261199>.

[7] Thongsroy, S., “Improving efficiency of Distribution Centers Management for Alcohol and Nonalcoholic Beverages at Wang Noi Center in Ayutthaya Province”, *Journal of Logistics and Supply Chain College*, vol. 9, no. 2, pp. 21-35. 2023 (in Thai). <https://doi.org/10.53848/jlsc.v9i2.261220>.

- [8] Bowersox, D.J, Closs, D.J. and Mixby Cooper, M., *Supply Chain Logistics Management*, NY: McGraw Hill, 2008.
- [9] Green Jr, K.W., McGaughey, R. and Casey, K.M., “Does supply chain management strategy Mediate the association between market orientation and organizational performance”, *Supply Chain Management: An International*, vol.11, no. 5, pp. 407-414, 2006.
- [10] Setthachotsombut, N., *Logistics and Supply Chain Management*, Bangkok: College of Logistics and Supply Chain, Suan Sunandha Rajabhat University, 2020 (in Thai).
- [11] Likitkarn, P., “Improving the Inventory Storage Process with ABC Analysis for Increase Storage Management Efficiency: The Case of XYZ Co., Ltd.”, *Journal of Logistics and Supply Chain College*, vol. 9, no. 1, pp. 5-19. 2023 (in Thai).
- [12] Yamane, T., *Statistics, An Introductory Analysis (2nd Ed.)*, New York: Harper and Row, 1967.
- [13] Teerathanachaiyakul, K. “Model Development of Knowledge Management for Private University of Thailand”. D.B.A. dissertation, Program in Human resource management. Graduate School of Management Studies, Sripatum University, Bangkok, 2555 (in Thai).
- [14] Wanprasert, J.. “The Efficiency of Small Retail Business Market Management in the digital era through social media with Facebook”, Independent study, Master of Business Administration (Program in Logistics and Supply Chain Management, Suan Sunandha Rajabhat University, Bangkok, 2023 (in Thai).
- [15] ThaiPost. Commerce moves to market Thai rose apples Hoping to continue adding value. [Online]. (2564). [Cited July 13, 2021]. Available: <https://www.thaipost.net/main/detail/109564>. (in Thai)
- [16] Sheng, J., Nakanok, S., and Chaosukhum, V., “Factors Affecting Price Determination of Thabthimjan Rose Apple of Thailand in the Market of China”, *The Golden Teak : Humanity and Social Science Journal* vol. 20, no. 2.4, pp. 127-136, 2014 (in Thai).

การศึกษาการติดตั้งตัวเก็บประจุไฟฟ้าด้วยเทคนิคการหาค่าที่เหมาะสมที่สุดของฝูงอนุภาคในระบบจำหน่ายไฟฟ้าโดยใช้โปรแกรมจำลอง MATPOWER

Study on the Installation of Capacitors by Particle Swarm Optimization Technique in the Electricity Distribution System using MATPOWER Simulator

สุรพงษ์ แก่นมณี^{1*}, นรินทร์ กุลนภาดล², และ อภิชาติ สังข์ทอง³
Surapong Keanmanee^{1*}, Narin Koolnapadol², Apichart Sungthong³

¹สาขาวิชาวิศวกรรมไฟฟ้า คณะเทคโนโลยีอุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยราชภัฏราชชนครินทร์

²สาขาวิชาวิศวกรรมเครื่องกลยานยนต์ คณะเทคโนโลยีอุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยราชภัฏราชชนครินทร์

³สาขาวิชาฟิสิกส์ประยุกต์ คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏราชชนครินทร์

¹Department of Electrical Engineering, Faculty of Industrial Technology, Rajabhat Rajanagarindra University

²Department of Automotive Mechanical Engineering, Faculty of Industrial Technology, Rajabhat Rajanagarindra University

³Department of Applied Physics, Faculty of Science and Technology, Rajabhat Rajanagarindra University

*Email: Keanmanee16@gmail.com

Received: February 07, 2024; Revised: April 17, 2024; Accepted: April 18, 2024

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาการติดตั้งตัวเก็บประจุไฟฟ้าด้วยเทคนิคการหาค่าที่เหมาะสมที่สุดของฝูงอนุภาคที่ช่วยลดค่าพลังงานไฟฟ้าสูญเสียในระบบจำหน่ายไฟฟ้า กรณีศึกษา มหาวิทยาลัยราชภัฏราชชนครินทร์ โปรแกรม MATPOWER ถูกใช้ในการจำลองรูปแบบการติดตั้งตัวเก็บประจุไฟฟ้าที่เหมาะสม เปรียบเทียบค่ากำลังไฟฟ้าสูญเสียในเงื่อนไขจำนวนตัวเก็บประจุที่ติดตั้งในระบบจำหน่ายปฐมภูมิที่ต่างกัน ผลของการจำลองพบว่า การติดตั้งตัวเก็บประจุจำนวน 3 ตัวในตำแหน่งบัสที่ 9, 10 และ 13 มีค่ากำลังไฟฟ้าสูญเสียจาก 28.6 kW ลดลงอยู่ที่ 14.3 kW ซึ่งสามารถลดพลังงานไฟฟ้าสูญเสียได้ต่ำสุดถึง 50 เปอร์เซ็นต์ ดังนั้นการติดตั้งตำแหน่งบัสที่เหมาะสมจะทำให้มหาวิทยาลัยราชภัฏราชชนครินทร์ลดค่าใช้จ่ายค่าพลังงานไฟฟ้าได้เป็นจำนวนมาก

คำสำคัญ : ตัวเก็บประจุ, ระบบจำหน่ายไฟฟ้า, ฝูงอนุภาค, กำลังไฟฟ้าสูญเสีย

Abstract

The objective of this research is to study the installation of electrical capacitors using particle swarm optimization techniques that reduce the cost of electrical energy losses in the electrical distribution system. Case study: Rajabhat Rajanagarindra University. The MATPOWER program was used to simulate the location and optimal capacitance size of the capacitors. Compare the power losses in terms of the number of capacitors installed in different primary distribution systems. The results of the simulation found that with the intallation of three capacitors at BUS positions 9, 10, and 13, the power loss from 28.6 kW was

reduced to 14.3 kW, which can reduce the electrical power to 50 percent. Therefore, installing proper bus placement will allow Rajabhat Rajanagarindra University to significantly reduce electric energy costs.

Keywords : Capacitors, The Power distribution system, Particle swarm optimization, Power loss

1. บทนำ

เนื่องจากความต้องการในการใช้พลังงานไฟฟ้า ภายในมหาวิทยาลัยราชภัฏราชนครินทร์มีแนวโน้มสูงขึ้น อันเป็นผลมากรขยายตัวของตึกและอาคารเรียน จึงส่งผลให้เกิดกำลังไฟฟ้าสูญเสียในระบบเพิ่มมากขึ้น ดังนั้นการวิเคราะห์การไหลของระบบไฟฟ้ากำลังของระบบจำหน่ายไฟฟ้า ร่วมกับการหาค่าความจุไฟฟ้าที่เหมาะสมเพื่อลดกำลังไฟฟ้าสูญเสียให้มีค่าต่ำที่สุด จึงมีความสำคัญสำหรับเป็นข้อมูลในการพัฒนาระบบจำหน่ายไฟฟ้า ในการออกแบบให้ระบบไฟฟ้ามีประสิทธิภาพและมีคุณภาพมากขึ้น

สำหรับการออกแบบให้ระบบไฟฟ้ามีประสิทธิภาพและมีคุณภาพมากขึ้นโดยการติดตั้งตัวเก็บประจุ มีการศึกษาเกี่ยวกับการจัดวางตัวเก็บประจุในระบบจำหน่ายไฟฟ้า ใน [1] มีการใช้วิธีการกลุ่มอนุภาคเพื่อกำหนดตำแหน่งและขนาดของตัวเก็บประจุ อย่างไรก็ตามในวิธีการนี้เป็นการหาขนาดตัวเก็บประจุสำหรับระบบไฟฟ้าที่มีโหลดคงที่ ในงานวิจัย [2] มีการพิจารณาโหลดตามช่วงเวลาทำให้ตัวเก็บประจุมีความเหมาะสมมากกว่าที่เป็นแบบโหลดคงที่ อย่างไรก็ตามการพิจารณาเป็นลักษณะของพลังงานสูญเสียเพียงอย่างเดียว ไม่ได้พิจารณาคุณภาพของแรงดันร่วมด้วย [3] นำวิธีการ NSPSO มาใช้ในการหาตำแหน่งและขนาดของตัวเก็บประจุไฟฟ้าที่เหมาะสม โดยจะพิจารณาทั้งแรงดันไฟฟ้าและพลังงานสูญเสียในระบบจำหน่าย และมีการพิจารณาโหลดที่เปลี่ยนแปลงตามช่วงเวลาด้วย งานวิจัยที่ [4] นำเสนอการจัดวางตัวเก็บประจุและการหาขนาดตัวเก็บประจุอย่างเหมาะสมเพื่อต่อเข้าในระบบจำหน่ายไฟฟ้าด้านปฐมภูมิ สำหรับโหลดที่พิกอ้าย เทียบเคียงกับโหลดเฉลี่ย โดยใช้วิธีการพิจารณาค่าเหมาะสมหลายวัตถุประสงค์ ประกอบด้วยพลังงานไฟฟ้าสูญเสียในระบบ และการเบี่ยงเบนของแรงดันเฉลี่ย โดยทำการทดลองในระบบ 33 บัส แบบเรเดียล ผลการทดสอบทำให้ระบบมีพลังงานไฟฟ้าสูญเสียลดลงและปรับปรุงคุณภาพแรงดันไฟฟ้าให้สูงขึ้น

การจัดการกำลังไฟฟ้าเสมือน (Reactive Power) สำหรับการวางแผนและดำเนินงานในระบบจำหน่ายไฟฟ้า เป็นงานสำคัญอย่างหนึ่งของผู้ให้บริการไฟฟ้าเพื่อลดกำลังไฟฟ้าเสมือนและควบคุมขนาดแรงดันบัส การจัดการกำลังไฟฟ้าเสมือน ประกอบด้วยปัญหาการติดตั้งตัวเก็บประจุและปัญหาการควบคุม แรงดัน/กำลังไฟฟ้าเสมือน [5] ปัญหาทั้งสองเป็นปัญหาการหาค่าเหมาะที่สุดเชิงการจัดซึ่งมีลักษณะเฉพาะบางประการที่ทำให้วิธีการหาค่าเหมาะที่สุดทั่วไปขาดประสิทธิภาพในการหาผลเฉลยที่เหมาะสมที่สุด วิธีการหาค่าเหมาะสมที่สุดด้วยกลุ่มอนุภาค (หรือเรียกอย่างย่อว่า วิธีกลุ่มอนุภาค) เพื่อแก้ปัญหาการติดตั้งตัวเก็บประจุและปัญหาการ ควบคุมแรงดัน/กำลังไฟฟ้าเสมือน [5] ในงานวิจัยนี้ได้เห็นความสำคัญของการหาขนาดและตำแหน่งของการติดตั้งตัวเก็บประจุ เพื่อลดกำลังไฟฟ้าสูญเสียในระบบจำหน่ายไฟฟ้า จึงได้นำเสนอวิธีการติดตั้งตัวเก็บประจุโดยหาทั้งขนาดและตำแหน่ง ด้วยวิธีการเทคนิคการหาค่าที่เหมาะสมที่สุดของฝูงอนุภาค (particle swarm optimization : PSO) เปรียบเทียบผลคำตอบโดยการหาตัวเก็บประจุหนึ่งตัว ตัวเก็บประจุสองตัว ตัวเก็บประจุสามตัว ด้วยการใช้โปรแกรม Matpower โดยมีเป้าหมายในการลดค่ากำลังไฟฟ้าสูญเสียในระบบจำหน่ายไฟฟ้าภายในมหาวิทยาลัยราชภัฏราชนครินทร์ให้มากที่สุด [6] การลดค่าสนามไฟฟ้านั้นสามารถใช้มุมเฟสในการปรับปรุงและหาค่าเหมาะสมที่สุดร่วมกับวิธีการ PSO ในการค้นหาค่าตอบ จะทำให้เห็นได้การพิจารณาตัวแปร คือ มุม เฟส และวิธีการหาค่าตอบที่เหมาะสมที่สุด แบบ วิธีการ PSO จะสามารถส่งผลให้คำตอบมีค่าที่ ค่าที่เหมาะสมที่สุด จะส่งผลต่อการหาค่าตอบไม่ว่าจะเป็นเวลาในการหาตำแหน่งคำตอบ หรือความถูกต้องในหาค่าตอบ จากที่กล่าวข้างต้น ทั้งหมดนี้โดยใช้วิธีการ PSO ร่วมกับการปรับมุมเฟส โดยการนำค่าสนามไฟฟ้าที่เกิดจากการจัดเรียงเฟสมาปรับปรุงเพื่อหาค่าเหมาะสมที่สุด ของคำตอบให้ดียิ่งขึ้น ซึ่งจากการศึกษาทั้งหมดจะเห็นได้ว่าวิธีการ PSO นั้นสามารถ นำมาใช้ได้จริง

และประสบผลสำเร็จอย่างน่าพอใจในการนำมาใช้เพื่อหาคำตอบเพื่อให้ได้คำตอบที่มีค่าที่เหมาะสมที่สุด

2. วัตถุประสงค์ของการวิจัย

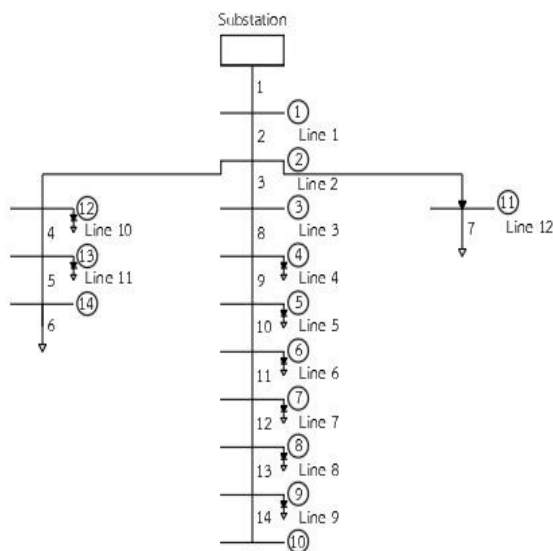
- 2.1. เพื่อศึกษาการติดตั้งตัวเก็บประจุไฟฟ้าด้วยเทคนิคการหาค่าที่เหมาะสมที่สุดของฝูงอนุภาคที่ช่วยลดค่าพลังงานไฟฟ้าสูญเสียในระบบจำหน่ายไฟฟ้า โดยใช้โปรแกรมจำลอง MATPOWER กรณีศึกษา มหาวิทยาลัยราชภัฏราชชนครินทร์
- 2.2. เพื่อศึกษาผลของการสูญเสียพลังงานไฟฟ้าในกรณีที่จำนวนตัวเก็บประจุไฟฟ้าที่ติดตั้งในระบบจำหน่ายปฐมภูมิต่างกัน

3. การดำเนินงานวิจัย

3.1 ศึกษางานวิจัยและทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง

3.1.1 ศึกษาแบบแปลนหลักระบบจำหน่ายไฟฟ้าภายในของมหาวิทยาลัยราชภัฏราชชนครินทร์

โดยการป้อนระบบข้อมูลเพื่อจำลองระบบจำหน่ายไฟฟ้าของมหาวิทยาลัยราชภัฏราชชนครินทร์เสมือนจริง มี Base kV = 22 kV. และ Base MVA. = 10 MVA. กำลังไฟฟ้ารวมของโหลด 6.15 MW. และ 4.61 MVar. ตามลำดับ บัสที่ 1 เป็นบัสอ้างอิงและมีการเชื่อมต่อไปยังบัสต่างๆ แสดงการเชื่อมต่อระบบกรณีต่อเป็นแบบลูปิด แสดงดังรูปที่ 1



รูปที่ 1 ระบบจำหน่ายไฟฟ้าของมหาวิทยาลัยราชภัฏราชชนครินทร์

3.1.2 โปรแกรม MATPOWER

MATPOWER เป็นชุดโปรแกรมที่ใช้ร่วมกับ MATLAB โดยเขียนอยู่ในรูปของ M-file ใช้สำหรับวิเคราะห์การไหลของกำลังไฟฟ้าและการวิเคราะห์การไหลของกำลังไฟฟ้าที่เหมาะสม ซึ่งทั้งสองกรณีเป็นขั้นตอนที่สำคัญในการจัดการและวางแผนด้านพลังงานในระบบไฟฟ้ากำลัง โดยวิเคราะห์ระบบจำหน่ายไฟฟ้าภายในของมหาวิทยาลัยราชภัฏราชชนครินทร์ โดยเป็นชุดโปรแกรมที่ได้มีการใช้ในการเรียนการสอนในรายวิชาการออกแบบระบบไฟฟ้า และใช้เพื่อบูรณาการในการวิเคราะห์และการออกแบบในการวิเคราะห์ระบบต่างๆ เพื่อใช้ในงานวิจัยโครงการงานของนักศึกษาและอาจารย์ เพื่อการพัฒนาการเรียนการสอน

3.2 วิธีการดำเนินงานวิจัย

3.2.1 เก็บรวบรวมข้อมูลตำแหน่งบัสและขนาดพิกัดของหม้อแปลงไฟฟ้าในระบบจำหน่ายในมหาวิทยาลัยราชภัฏราชชนครินทร์ทั้งหมดเพื่อป้อนข้อมูลให้กับโปรแกรมจำลอง MATPOWER

ฟังก์ชันที่ใช้ในการจำลองพลังงานไฟฟ้าและการติดตั้งตัวเก็บประจุในระบบจำหน่ายเขียนให้อยู่ในรูปแบบทั่วไปได้ดังสมการที่ (1)

$$\begin{cases} \min f(x, u) \\ \text{st. } F(x, u) = 0 \\ G(x, u) \leq 0 \end{cases} \quad (1)$$

เมื่อ $f(x, u)$ คือ ฟังก์ชันเป้าหมาย x คือ สถานะของระบบจำหน่าย u คือ ตำแหน่งติดตั้งและขนาดของตัวเก็บประจุ

3.2.2 ฟังก์ชันเป้าหมาย (objective function)

ในบทความนี้มีฟังก์ชันเป้าหมายสำหรับการหาตำแหน่งติดตั้งและขนาดของพลังงานไฟฟ้าและตัวเก็บประจุในระบบจำหน่ายเพื่อลดกำลังไฟฟ้าสูญเสียและลดแรงดันตกที่ปลายสายของระบบ ดังสมการที่ (2) ซึ่งกำลังไฟฟ้าสูญเสียในระบบต่ำสุด (Power loss) หาได้จาก

$$\min f_1(u, x) = P_L \quad (2)$$

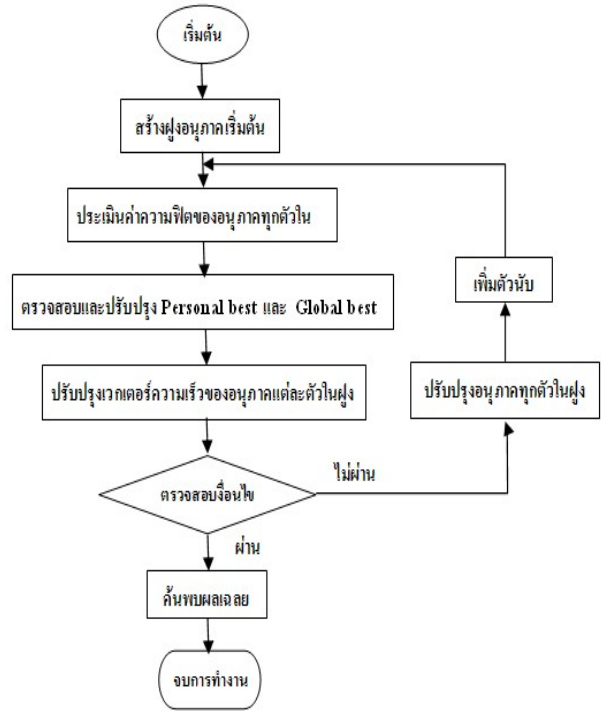
เมื่อ P_L คือ กำลังไฟฟ้าสูญเสียในระบบจำหน่าย (kW)

การกำหนดเงื่อนไขในการจำลอง ประกอบด้วยสมการโหลดโพล์วของระบบไฟฟ้า และขนาดพิกัดกำลังไฟฟ้าเสมือนของตัวเก็บประจุ ระดับแรงดันไฟฟ้าต่ำสุด-สูงสุดในระบบจำหน่าย และพิกัดกำลังของสายดั่งสมการที่ (3)

$$\begin{cases} P_G = \sum_{i=1}^n P_{LDi} + P_L \\ Q_G = \sum_{i=1}^n Q_{LDi} + Q_L \\ Q_{Ci, \min} \leq Q_{Ci} \leq Q_{Ci, \max} \\ |V_i|_{\min} \leq |V_i| \leq |V_i|_{\max} \\ |P_{bi}| \leq P_{bi, \max} \end{cases} \quad (3)$$

3.3 เทคนิคการหาค่าที่เหมาะสมที่สุดของฝูงอนุภาค (Particle Swarm Optimization)

เทคนิคการหาค่าที่เหมาะสมโดยฝูงอนุภาคหรือที่รู้จักกันในนาม Particle Swarm Optimization (PSO) [1] เป็นการจำลองระบบหรือโครงสร้างทางสังคมของกลุ่มสิ่งมีชีวิตอย่างง่าย การรวมกลุ่มทางสังคมของสิ่งมีชีวิตเพื่อวัตถุประสงค์เฉพาะบางประการ เช่น การหาอาหารเพื่อการอยู่รอดของกลุ่ม เป็นส่วนสำคัญที่ช่วยผลักดันให้ประชากรส่วนใหญ่ในกลุ่มหรือสังคม มีพฤติกรรมที่สอดคล้องกัน ซึ่งมีแผนผังการทำงานของการทำงานที่เหมาะสมด้วยฝูงอนุภาค ดังรูปที่ 2



รูปที่ 2 แผนผังการทำงานของการทำงานที่เหมาะสมด้วยฝูงอนุภาค

Basic PSO เป็นพื้นฐานของ PSO ซึ่งมีอัลกอริทึมที่สำคัญในการปรับตำแหน่งแสดงได้ตามสมการที่ (4) และสมการที่ (5) ส่วนสมการที่ (6) แสดงถึงความเร็วในการปรับเปลี่ยนตำแหน่งของอนุภาค (V) และสมการที่ (8) แสดงถึงตำแหน่งใหม่ของอนุภาค (x) หลังปรับเปลี่ยนตำแหน่งแล้ว

$$V^{new} = W \times V^{old} - c_1 \times \text{rand}() \times (p^{local} - p^{old}) + \dots \quad (4)$$

$$c_2 \times \text{rand}() \times (p^{global} - p^{old})$$

$$x^{new} = x^{old} + V^{new} \quad (5)$$

ค่าคงที่ความเร่ง c_1 และ c_2 มีผลต่อความเร็วในการลู่เข้าสู่คำตอบที่ดีที่สุดของตำแหน่งในปัจจุบัน โดยปกติจะกำหนดให้มีค่าเท่ากับ 2 ค่าถ่วงน้ำหนัก W ทั่วไปค่าถ่วงน้ำหนักนี้จะถูกกำหนดอยู่ที่ 0.5

$$V^{new} = C \times [W \times V^{old} + c_1 \times \text{rand}() \times (p^{local} - p^{old}) + \dots + c_2 \times \text{rand}() \times (p^{global} - p^{old})] \quad (6)$$

PSO with Time-Varying Inertia Weight (TVIW) ซึ่งความเร็วในการเปลี่ยนตำแหน่งของอนุภาค แสดงตามสมการที่ (7)

$$C = \frac{2}{|2 - \phi - \sqrt{\phi^2 - 4\phi}|}, \text{ where } 4.1 \leq \phi \leq 4.2 \quad (7)$$

ค่าถ่วงน้ำหนัก w ถูกกำหนดให้อยู่ระหว่าง 0.9 กับ 0.4 และเพิ่มค่า Constriction factor (C) ในสมการความเร็วในการเปลี่ยนตำแหน่งของอนุภาค แสดงดังสมการที่ (8)

$$w = (w_{\max} - w_{\min}) \times \left(\frac{k_{\max} - k}{k_{\max}} \right) + w_{\min} \quad (8)$$

โดยที่ w_{\min} คือ ขอบเขตล่างของค่าถ่วงน้ำหนัก

w_{\max} คือ ขอบเขตบนของค่าถ่วงน้ำหนัก

k คือ รอบการคำนวณปัจจุบัน

k_{\max} คือ รอบการคำนวณทั้งหมด

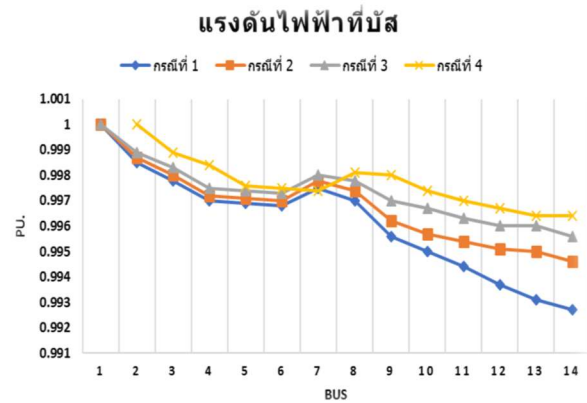
ค่าคงที่ ความเร่ง c_1 และ c_2 ของ PSO-TVIV ถูกกำหนดให้มีค่าเท่ากับ 2 เพื่อเพิ่มความเร็วในการเข้าสู่คำตอบที่ดีที่สุด PSO with Time-Varying Acceleration Coefficients (TVAC) ได้พัฒนาจาก PSO-TVIV โดยการปรับค่าคงที่ความเร่ง c_1 และ c_2 โดยกำหนดค่า c_1 จาก 2.5 ถึง 0.5 และกำหนดค่า c_2 จาก 0.5 ถึง 2.5 และค่าถ่วงน้ำหนัก w กำหนดให้อยู่ระหว่าง 0.9 กับ 0.4 ค่าคงที่ความเร่ง c_1 และ c_2 แสดงตามสมการที่ (9) และ (10)

$$c_1 = (c_{1f} - c_{1i}) \left(\frac{k}{k_{\max}} \right) + c_{1i} \quad (9)$$

$$c_2 = (c_{2f} - c_{2i}) \left(\frac{k}{k_{\max}} \right) + c_{2i} \quad (10)$$

4.ผลการวิจัย

จากการจำลองการหาตำแหน่งที่ติดตั้งและจำนวนของตัวเก็บประจุไฟฟ้าที่เหมาะสมในระบบบัสภายในมหาวิทยาลัยราชภัฏราชนครินทร์แบบเบเรเดียม เพื่อกำลังไฟฟ้าสูญเสียในระบบให้มีค่าต่ำสุด (f_1) ด้วยโปรแกรม PSO เมื่อพิจารณาให้กำลังไฟฟ้าสูญเสียในระบบต่ำสุด ได้พิจารณา กรณีที่ 1 คือ ระบบจำหน่ายไฟฟ้าขณะมีโหลดสูงสุด กรณีที่ 2 ติดตั้งตัวเก็บประจุไฟฟ้าจำนวน 1 ตัว กรณีที่ 3 ติดตั้งตัวเก็บประจุไฟฟ้าจำนวน 2 ตัว และกรณีที่ 4 ติดตั้งตัวเก็บประจุไฟฟ้าจำนวน 3 ตัว ผลการวิเคราะห์ด้วยโปรแกรม PSO ได้ตำแหน่งและขนาดของกำลังไฟฟ้าแต่ละกรณี ดังแสดงในตารางที่ 1 ซึ่งประกอบด้วยกรณีที่ 2 ติดที่บัส 13 มีขนาด ขนาดกำลังไฟฟ้า 1,500 kVar กรณีที่ 3 ติดที่บัส 10 และ 13 มีขนาดกำลังไฟฟ้า 1,500 kVar และกรณีที่ 4 ติดตั้งที่ตำแหน่งบัส 9,10,13 มีขนาดกำลังไฟฟ้า 1,500 kVar, 1,000 kVar และ 500 kVar จะเห็นได้ว่ากรณีที่ 4 สามารถลดกำลังไฟฟ้าสูญเสียได้มากที่สุดถึง 49.82 % สามารถนำไปเป็นแนวทางในการแก้ไขปัญหาคุณภาพระบบไฟฟ้าต่อไป



รูปที่ 3 ระดับแรงดันไฟฟ้าที่ตำแหน่งบัสต่างๆ

จากรูปที่ 3 แสดงผลจากการทดลองทั้ง 4 แบบ จากการติดตั้งตัวเก็บประจุไฟฟ้า 14 ตำแหน่ง แรงดันไฟฟ้ามีค่าสูงที่สุดในตำแหน่งบัสที่ 1 และเริ่มลดลงจนกระทั่งมีค่าต่ำที่สุดในตำแหน่งบัสที่ 14 ซึ่งมีลักษณะคล้ายกันทั้ง 4 รูปแบบในการทดลอง สาเหตุจากการติดตั้งเก็บตัวเก็บประจุในตำแหน่งที่ไม่เหมาะสม ซึ่งในกรณีการติดตั้งตัวเก็บประจุ 3 ตัวจะมีกำลังไฟฟ้าสูญเสียต่ำที่สุดทั้งนี้ มีขนาดแรงดันไฟฟ้าในตำแหน่งบัสที่ 1 ที่ 1 pu. และตำแหน่งที่ 7 ที่ 0.9975

pu. และตำแหน่งที่ 8 มีค่าเพิ่มขึ้นที่ 0.998 pu. หลังจากนั้น จะค่อยลดลงในตำแหน่ง BUS ที่ 14 มีแรงดันที่ 0.9964 pu.

ตารางที่ 1 ตำแหน่งและขนาดของกำลังไฟฟ้าในแต่ละเงื่อนไขในการจำลองการติดตั้ง

กรณี ที่	จำนวนตัว เก็บประจุ ไฟฟ้า(ตัว)	ตำแหน่ง BUS	ขนาด (kVar)	Ploss (kW)	Loss Reducti on (%)
1	-	-	-	28.5	
2	1	13	1,500	22.7	20.35
3	2	10,13	1,500,1,000	16.5	42.11
4	3	9,10,13	1,500,1,000, 500	14.3	49.82

5.สรุปและอภิปรายผล

งานวิจัยนี้ได้นำเสนอวิธีการติดตั้งตัวเก็บประจุ โดยมีวัตถุประสงค์เพื่อลดพลังงานไฟฟ้าสูญเสียในระบบจำหน่ายด้วยเทคนิคการหาค่าที่เหมาะสมที่สุดของฝูงอนุภาค (particle swarm optimization : PSO) เปรียบเทียบผลคำตอบโดยการหาตัวเก็บประจุหนึ่งตัว ตัวเก็บประจุสองตัว ตัวเก็บประจุสามตัว ด้วยการใช้โปรแกรม Matpower ในการหาตำแหน่งและขนาดเพื่อติดตั้งในระบบจำหน่ายด้านปฐมภูมิมีวัตถุประสงค์ในการปรับปรุงระดับแรงดันไฟฟ้าและลดกำลังไฟฟ้าสูญเสียในระบบจำหน่ายไฟฟ้าของมหาวิทยาลัยราชภัฏราชนครินทร์เพื่อให้มีกำลังไฟฟ้าสูญเสีย น้อยที่สุด การทดลองเพื่อหาตำแหน่งขนาดและตำแหน่งของตัวเก็บประจุไฟฟ้าภายในมหาวิทยาลัยราชภัฏราชนครินทร์สำหรับการลดกำลังไฟฟ้าสูญเสียที่เกิดขึ้นจากระบบการติดตั้งรูปดังนี้ แบบไม่มีตัวเก็บประจุไฟฟ้ามีการสูญเสียโหลดไฟฟ้าสูงสุดทั้งนี้เพราะระบบจำหน่ายได้มีการส่งจ่ายในระยะทางที่ยาวไกลจากแหล่งผลิตไฟฟ้าหรือแหล่งจ่ายต้นทางไปยังแหล่งใช้งาน โดยไม่มีการเสริมกำลังส่งในระบบทำให้เกิดค่าสูญเสียในระบบส่งจ่ายที่ค่อนข้างสูง ทำให้ประสิทธิภาพของกำลังไฟฟ้าในการส่งจ่ายเกิดค่าภาวะสูญเสียที่ค่อนข้างมาก กรณีศึกษาที่ 2 ระหว่างสถานีที่อยู่ห่างไกลกันแบบมีตัวเก็บประจุไฟฟ้า 1 ตัวติดตั้งอยู่ในระบบเพื่อเสริมกำลังในระบบส่งจ่ายทำให้ประสิทธิภาพและกำลังไฟฟ้าในระบบเกิดค่าความสูญเสียลดลงจากกรณีที่ 1 ประมาณ 20.35 % ค่ากำลังไฟฟ้าสูญเสีย ลดลงเหลือ 22.7 kW และกรณีศึกษาที่ 3 ระหว่างสถานีที่อยู่ห่างไกลกันแบบมีตัวเก็บประจุไฟฟ้า 2 ตัวติดตั้งอยู่ในระบบเพื่อเสริมกำลังใน

ระบบส่งจ่ายทำให้ประสิทธิภาพและกำลังไฟฟ้าในระบบเกิดค่าความสูญเสียลดลงจากกรณีศึกษาที่ 2 ประมาณ 42.11 % ค่า Ploss ลดลงเหลือ 16.5 kW กรณีศึกษาที่ 4 ระหว่างสถานีที่อยู่ห่างไกลกันแบบมีตัวเก็บประจุไฟฟ้า 3 ตัวติดตั้งอยู่ในระบบเพื่อเสริมกำลังในระบบส่งจ่ายทำให้ประสิทธิภาพและกำลังไฟฟ้าในระบบเกิดค่าความสูญเสียลดลงจากกรณีศึกษาที่ 3 ประมาณ 49.82 % ค่ากำลังไฟฟ้าสูญเสียลดลงเหลือ 14.3 kW ซึ่งแสดงให้เห็นว่าการวิเคราะห์ระบบกำลังไฟฟ้าโดยวิเคราะห์ขนาด จำนวนของตัวเก็บประจุและตำแหน่งติดตั้งที่เหมาะสมในระบบจำหน่ายจะช่วยลดค่าความสูญเสียในการจ่ายกำลังไฟฟ้าและเป็นการเพิ่มประสิทธิภาพแก่ระบบส่งจ่ายมากขึ้น ซึ่งแสดงให้เห็นจากกราฟในการวิเคราะห์กรณีศึกษาแบบที่ 4 ขนาดแรงดันไฟฟ้าเพิ่มขึ้นอยู่ที่ 0.9964 pu. ซึ่งมีความสอดคล้องกับงานวิจัยของฉัตรพงษ์ [7] การให้ระบบชดเชยค่ารีแอกทีฟของระบบควบคุมด้วยคาปาซิเตอร์ทำงาน ซึ่งได้ใช้โปรแกรมการใช้โปรแกรม Matpower ในการหาตำแหน่งคาปาซิเตอร์จะคำนวณหาค่ารีแอกทีฟเพาเวอร์ที่มีอยู่ในระบบไฟฟ้าที่ต้องการใช้งาน และเมื่อได้ทดลองจำลองการทำงานเพื่อคำนวณค่ารีแอกทีฟเพาเวอร์ได้แล้วจะทำการชดเชยค่ารีแอกทีฟที่ค่าเหมาะสมกับค่ารีแอกทีฟที่ต้องการใช้ในระบบไฟฟ้าถ้าคาปาซิเตอร์เสียบที่ 1 ปิดหรือไม่พร้อมใช้งานระบบก็ประมวลผลในการหาค่าชดเชยรีแอกทีฟเพื่อหาตำแหน่งที่เหมาะสมของในการใช้คาปาซิเตอร์เพื่อติดตั้งในระบบจำหน่ายไฟฟ้าเพื่อให้ได้ค่ารีแอกทีฟที่เพียงพอต่อระบบไฟฟ้าในการใช้งาน การติดตั้งคาปาซิเตอร์เพื่อชดเชยกำลังไฟฟ้าสูญเสีย คือสิ่งที่จำเป็นในการวางแผนในระบบจำหน่ายเนื่องจากเป็นลดความสูญเสียของกำลังไฟฟ้าซึ่งมีข้อคำนึงในการพิจารณาที่เกี่ยวกับตัวเก็บประจุ ที่จะต้องคำนึงถึงคือ ตำแหน่งการติดตั้ง ชนิด จำนวน และขนาดของตัวเก็บประจุ เพราะมีส่วนสำคัญต่อระดับของแรงดันไฟฟ้าในระบบจำหน่ายด้วย

6.เอกสารอ้างอิง

- [1] Falaghi H, Ramezani M, Elyasi H, M. Farhadi, Estebarsari A. Risk-Based Capacitor Placement in Distribution Networks. 30 Sep 2022-Electronics-Vol. 11, Iss: 19, pp 3145-3145
- [2] Poonklai T, Kongjeen Y, Kerdchuen K, Buayai K. Finding location and size for installing capacitors to reduce electrical energy loss in distribution systems with bus load values changing over a period of time. ESTATON. 2017;21.
- [3] Hussain AN, R. Abed W, Yaqoob MM. Distribution System Performance Improvement by Optimal Capacitor Placement and Reconfiguration. Electrical Engineering, Institute of Technology, Technical 2022 International Conference on Data Science and Intelligent Computing (ICDSIC).
- [4] NP. Choosakun, PS. Tamkeaw, K. Buayai and K Kerdchuen. Optimal Capacitor Placement in Primary Distribution System Using Load Profile Consideration. RMUTL. Eng. J 2018 ; 46-53
- [5] S. Klinklai , Y.Kongchin , Kerdchuen K and Buayai K. Optimal operation setting for voltage controlling of power system. Proceedings of the 10th Conference of Electrical Engineering Network 2018 (EENET 2018). 36-39
- [6] Rankovic,A., Mijailovic, V., Rozgic, D., & Cetenovic, D. (2017). Optimization of electric and magnetic field emissions produced by independent parallel overhead power lines. Serbian Journal of Electrical Engineering, 14(2), 199-216.
- [7] Boobpa. C, "Power Factor Correction by Reactive Power Control Method," Master of Engineering Department of Electrical Engineering Faculty of Engineering Rajamangala University of Technology Phra Nakhon, 2018 (in Thai).

การเพิ่มประสิทธิภาพเชิงความร้อนของตู้อบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์ที่
ติดตั้งครีบน้ำนำความร้อนรูปทรงกระบอก

Increasing the thermal efficiency of a solar dryer by installing
cylindrical heat-conducting fins.

สมมาตร สุบรรณพงษ์¹, วิฑูรย์ ชิงถ้วยทอง¹ และ จารุมาศ รักทองหล่อ^{2*}

Sommart Subannapong¹, Witoon Chingtuaythong¹ and Jarumast Raktonglor^{2*}

¹สาขาวิชาเทคโนโลยีอุตสาหกรรม คณะเทคโนโลยีอุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยราชภัฏเทพสตรี

²สาขาวิชาการจัดการโลจิสติกส์ คณะวิทยาการจัดการ มหาวิทยาลัยราชภัฏเทพสตรี

¹Department of Industrial Technology, Faculty of Industrial Technology, Thepsatri Rajabhat University

²Department of Logistics Management, Faculty of Management Science, Thepsatri Rajabhat University

*Jarumast.r@lawasri.tru.ac.th

Received: April 05, 2024; Revised: April 18, 2024; Accepted: April 19, 2024

บทคัดย่อ

บทความนี้นำเสนอเทคนิคการเพิ่มประสิทธิภาพเชิงความร้อนของตู้อบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์โดยติดตั้งครีบน้ำนำความร้อนรูปทรงกระบอกบริเวณหลังคารับแสงอาทิตย์ การศึกษานี้ได้ทำการเปรียบเทียบผลลัพธ์ของการประยุกต์ใช้ครีบน้ำนำรูปทรงกระบอกภายใต้เงื่อนไขที่แตกต่างกันจำนวน 4 เงื่อนไข การระบุชื่อกรณีศึกษา A, B, C, และ D กับตู้อบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์แบบดั้งเดิม สำหรับพารามิเตอร์ที่ใช้ในการศึกษาเปรียบเทียบ คือ อุณหภูมิภายในตู้อบแห้ง อัตราการถ่ายเทความร้อนและประสิทธิภาพเชิงความร้อนของตู้อบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์ ผลการศึกษาพบว่า ตู้อบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์ที่ติดตั้งครีบน้ำนำความร้อนรูปทรงกระบอกตามเงื่อนไขกรณีศึกษา D ช่วยเพิ่มค่าการถ่ายเทความร้อนให้กับตู้อบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์ได้สูงถึง 111.4 W และให้ค่าสมรรถนะเชิงความร้อนเท่ากับ 21.18 % ผลการศึกษาที่ได้กรณีนี้มีค่าสูงกว่ากรณีไม่มีการติดตั้งครีบน้ำนำความร้อนถึง 1.54 เท่า ที่อัตราการไหลเชิงมวลของอากาศเท่ากับ 7.63×10^{-3} kg/s

คำสำคัญ : ตู้อบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์, ครีบน้ำนำความร้อน, ประสิทธิภาพเชิงความร้อน

Abstract

This paper presents a technique for increasing the thermal efficiency of a solar dryer by installing cylindrical heat-conducting fins on the roof of solar collector. This study compared the results of the application of cylindrical fins under four different conditions, named as case studies A, B, C, and D, with a traditional solar dryer. The parameter used in the comparative study is the temperature inside the dryer. Heat transfer rate and thermal efficiency of solar dryer. The experimental results showed that the solar dryer equipped with cylindrical heat-conducting fins at the test conditions in case study D increased the heat transfer value of the solar dryer up to 111.4 W and provided the thermal performance value of 21.18 %. The results obtained in this case are 1.54 times higher than the case traditional solar dryer at a flow rate of 7.63×10^{-3} kg/s.

Keywords : Solar drying cabine, heat conductor fins, Thermal efficiency

1. บทนำ

การอบแห้งด้วยพลังงานแสงอาทิตย์เป็นการใช้ประโยชน์จากพลังงานแสงอาทิตย์ในรูปความร้อนรูปแบบหนึ่งที่ไม่เสียค่าใช้จ่ายด้านเชื้อเพลิงในการใช้งานและไม่มีผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อม การอบแห้งด้วยตู้อบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์เมื่อเทียบกับการตากแดด ตู้อบแห้งสามารถช่วยลดปัญหาการปนเปื้อนจากฝุ่นละอองและการปนเปื้อนจากเชื้อโรค ส่งผลให้ผลิตภัณฑ์มีคุณภาพดีขึ้นและยังช่วยลดระยะเวลาเมื่อเทียบกับการตากแห้งจากแสงอาทิตย์โดยตรง จากข้อมูลที่ว่าข้างต้นการใช้ตู้อบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์จะมีประโยชน์มากกว่าการนำอาหารไปตากแดดโดยตรงซึ่งเป็นผลทำให้อาหารได้รับการปนเปื้อนจากสิ่งแวดล้อมรอบๆ ได้

กระบวนการทำแห้งแต่ละวิธีมีข้อดีและข้อเสียแตกต่างกัน การอบแห้งโดยใช้รังสีอินฟราเรดภายใต้สภาวะสุญญากาศ การอบแห้งแบบบีบความร้อนเหมาะสมกับผลิตภัณฑ์ที่ไวต่อความร้อน แต่ระบบต้องการพลังงานค่อนข้างสูง การอบแห้งระบบไอน้ำร้อนยวดยิ่งเหมาะสมกับผลิตภัณฑ์จำพวกเนื้อสัตว์หรืออาหารทะเลเนื่องจากสามารถใช้ความร้อนสูงในการอบแห้งได้ แต่ก็มีการใช้พลังงานสูงสำหรับการใช้พลังงานแสงอาทิตย์ในระบบอบแห้งนั้นเป็นระบบที่ไม่ต้องใช้พลังงานสำหรับการอบแห้งและมีต้นทุนการสร้างระบบอบแห้งที่ค่อนข้างต่ำและเหมาะสมจะนำมาประยุกต์ใช้เกษตรกรทั่วไป เนื่องจากระบบการทำงานไม่ซับซ้อน ที่ผ่านมามีงานวิจัยที่ทำการศึกษาค้นคว้าเพื่อเพิ่มประสิทธิภาพกระบวนการอบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์ ดังนี้ ธนกร หอมจำปา และ คณะ [1] ได้ศึกษาสมรรถนะเครื่องอบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์ชนิดรับรังสีอาทิตย์แบบผสมติดตั้งวัสดุพูนและไม่ติดตั้งวัสดุพูนในตัวเก็บรังสีอาทิตย์ โดยตัวเก็บรังสีอาทิตย์ที่ใช้ทดสอบเป็นชนิดแผ่นเรียบขนาด $60 \times 120 \times 10 \text{ cm}^3$ วัสดุพูนขนาด $55 \times 30 \times 5 \text{ cm}^3$ ติดตั้งบนตัวเก็บรังสีอาทิตย์แบบแผ่นเรียบ ห้องอบแห้งขนาด $60 \times 65 \times 45 \text{ cm}^3$ และใช้ตะไคร้ในการทดสอบอบแห้งปัจจัยที่ศึกษาคือ โลหะลวดตาข่ายที่ค่าความพูน 0.087, 0.134 และ 0.178 ทดสอบภายใต้แสงแดดธรรมชาติที่ความเร็วลม 0.5, 1.0 และ 1.5 m/s สมรรถนะที่ศึกษาคือประสิทธิภาพตัวเก็บรังสีอาทิตย์ ค่าความชื้นและอัตราการอบแห้งของตะไคร้ จากผลการทดสอบพบว่า เครื่องอบแห้ง

พลังงานแสงอาทิตย์ชนิดรับรังสีอาทิตย์แบบผสมติดตั้งวัสดุพูนในตัวเก็บรังสีอาทิตย์มีสมรรถนะสูงกว่าเครื่องอบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์ชนิดรับรังสีอาทิตย์แบบผสมไม่ติดตั้งวัสดุพูนในตัวเก็บรังสีอาทิตย์ นอกจากนี้ยังพบว่า การทดสอบเครื่องอบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์ชนิดรับรังสีอาทิตย์แบบผสมติดตั้งวัสดุพูน เมื่อเพิ่มค่าความพูนทำให้สมรรถนะเครื่องอบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์เพิ่มขึ้น ส่งผลให้ความชื้นของตะไคร้ลดลงและทำให้อัตราการอบแห้งของตะไคร้เฉลี่ยสูงขึ้น พลวัฒน์ พลเดช และ โสภกา แคนสี [2] ได้ศึกษาสมรรถนะของเครื่องอบแห้งและการเตรียมปลานิลที่มีผลต่อคุณภาพอบแห้งของผลิตภัณฑ์ โดยใช้เครื่องอบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์แบบเรือนกระจกหลังคาทรงโค้งพาราโบลาปิดคลุมด้วยแผ่นโพลีคาร์บอเนตมีขนาดความกว้าง 3.0 m ยาว 4.0 m และ สูง 2.3 m และติดตั้งพัดลมระบายอากาศขนาด 3.4 watts ใช้ปลานิลขนาดเล็กที่มีน้ำหนักใกล้เคียงกันเป็นตัวอย่างทดสอบเตรียมให้แตกต่างกัน 2 ลักษณะ คือ ปลาที่แผ่ และปลาที่ไม่แผ่ หมักด้วยเครื่องปรุงรสเป็นเวลา 1 ชั่วโมง ก่อนนำไปลดความชื้นด้วยเครื่องอบแห้งเปรียบเทียบกับวิธีการตากแดดธรรมชาติ ตั้งแต่เวลา 9.00-17.00 น. เป็นเวลา 2 วัน จากนั้นนำผลิตภัณฑ์อบแห้งทดสอบหาคุณภาพด้านความชื้น สี และวอเตอร์แอกทีวิตี ผลการทดลองพบว่า อุณหภูมิภายในเครื่องอบแห้งมีค่าสูงกว่าอุณหภูมิสิ่งแวดล้อม $12.8 \text{ }^{\circ}\text{C}$ ความชื้นสัมพัทธ์ของอากาศภายในเครื่องอบแห้งมีค่าต่ำกว่าภายนอก 13 \%RH ส่งผลให้เครื่องอบแห้งสามารถลดความชื้นปลานิลจาก 80 \%w.b. เป็น 25.8 \%w.b. ลดความชื้นได้มากกว่าการตากแดดธรรมชาติถึง 6.2 \%w.b. นอกจากนี้ยังพบว่าลักษณะของการเตรียมปลานิลส่งผลต่อค่าความชื้น และค่าวอเตอร์แอกทีวิตี แต่ไม่ส่งผลต่อค่าสีของผลิตภัณฑ์อบแห้งให้มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ($p < 0.05$) วสันต์ จินธาดา และ พรชัย เพชรสงคราม [3] ได้ศึกษาลักษณะรูปทรงของโรงอบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์แบบการพาความร้อนโดยธรรมชาติสำหรับการอบแห้งยางพาราแผ่น ในกรณีที่มีพื้นที่การสร้างเท่ากัน ความสูงเท่ากัน ขนาดช่องระบายอากาศและความสูงของช่องระบายอากาศเท่ากัน ด้วยโรงอบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์รูปทรงแตกต่างกัน 3 แบบ คือ 1) โรงอบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์ตัวห้องเป็นรูปทรงสี่เหลี่ยมส่วนหลังคาเป็นรูปทรงสามเหลี่ยม 2) โรงอบแห้งพลังงาน

แสงอาทิตย์ตัวห้องเป็นรูปทรงสี่เหลี่ยมส่วนหลังคาเป็นรูปทรงโค้ง และ 3) โรงอบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์รูปทรงพาราโบลา จากผลการทดลองโดยวิเคราะห์จากโรงอบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์ที่มีอุณหภูมิสูงและความชื้นสัมพัทธ์ของอากาศต่ำพบว่าอุณหภูมิเฉลี่ยของโรงอบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์ทั้งสามแบบไม่แตกต่างกัน อย่างไรก็ตามความชื้นสัมพัทธ์อากาศในโรงอบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์แบบที่ 2 มีค่าต่ำที่สุด จึงส่งผลให้โรงอบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์แบบที่ 2 มีคุณสมบัติในการอบแห้งยางพาราแผ่นได้ดีที่สุดซึ่งมีอุณหภูมิเฉลี่ยสำหรับการอบแห้งยางพาราแผ่น 50 °C ความชื้นสัมพัทธ์อากาศเฉลี่ย 37 % ที่อุณหภูมิสิ่งแวดล้อมเฉลี่ย 35 °C ความชื้นสัมพัทธ์สิ่งแวดล้อมเฉลี่ย 60 % ค่ารังสีดวงอาทิตย์ 200-1,100 W/m² สามารถอบแห้งยางพาราแผ่นให้มีความชื้นต่ำกว่า 1 % มาตรฐานแห้ง เป็นยางพาราแผ่นคุณภาพดี โดยใช้เวลาในการอบแห้งยางพาราแผ่น 5 วัน ศิริชัย ศิริชนะ และ คณะ [4] ได้ศึกษาการเพิ่มสมรรถนะเครื่องอบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์ด้วยการควบคุมพัดลมระบายอากาศ ซึ่งมีเกณฑ์ที่ใช้ในการควบคุมการเปิด-ปิดพัดลมระบายอากาศคือผลต่างความชื้นสัมพัทธ์อากาศที่ทางเข้าและทางออกห้องอบแห้ง เครื่องอบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์ที่มีเทคนิคการอบแห้งแตกต่างกัน 4 รูปแบบ ได้ถูกสร้างขึ้นเพื่อทดสอบสมรรถนะเครื่องอบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์ไหลเวียนอากาศแบบธรรมชาติ (PSD) และเครื่องอบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์ที่ติดตั้งชุดควบคุมความแตกต่างความชื้นสัมพัทธ์อากาศ 5 % (SD-RH5), 10 % (SD-RH10) และ 15 % (SD-RH15) ตามลำดับ และได้เลือกเนื้อหมูที่มีความชื้นเริ่มต้นเท่ากับ 265±2 %d.b. เป็นตัวอย่างในการทดลอง ซึ่งมีเกณฑ์ที่ใช้ในการประเมินสมรรถนะเครื่องอบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์ ได้แก่ อัตราการอบแห้ง ประสิทธิภาพเครื่องอบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์และความสิ้นเปลืองพลังงานจำเพาะ ผลการศึกษาสามารถสรุปได้ดังนี้ 1) การควบคุมพัดลมระบายอากาศสามารถเพิ่มสมรรถนะเครื่องอบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์ 2) สมรรถนะ SD-RH10 สูงกว่า SD-RH5, SD-RH15 และ PSD 3) อัตราการอบแห้ง SD-RH10 สูงกว่า SD-RH5, SD-RH15 และ PSD โดยเฉลี่ยประมาณ 1.93 %, 3.38 % และ 3.38 % ตามลำดับ 4) ความสิ้นเปลืองพลังงานจำเพาะ SD-RH10 ต่ำกว่า SD-RH5, SD-RH15 และ PSD เฉลี่ยประมาณ 7.54 %,

2.16 % และ 1.86 % ตามลำดับ และสุดท้ายประสิทธิภาพเครื่องอบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์ PSD, SD-RH5, SD-RH10 และ SD-RH15 มีค่าเฉลี่ยประมาณ 8.47 %, 8.11 %, 8.68 % และ 8.46 % ตามลำดับ ศิริชัย ศิริชนะ และ คณะ [5] ได้ศึกษาสมรรถนะเครื่องอบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์ที่มีห้องอบแห้งจำนวน 4 ห้อง เพื่อใช้ทดสอบสมรรถนะเครื่องอบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์ไหลเวียนอากาศแบบธรรมชาติ (PSD) และเครื่องอบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์ไหลเวียนแบบบังคับ (ASD) โดยปรับเปลี่ยนอัตราการไหลเชิงมวลของอากาศที่ใช้ใน ASD เท่ากับ 0.03 m³/s (ASD0.03), 0.06 m³/s (ASD0.06) และ 0.09 m³/s (ASD0.09) ตามลำดับ ในการศึกษาครั้งนี้ได้เลือกใช้เนื้อหมูที่มีความชื้นเริ่มต้นเท่ากับ 265 เปอร์เซ็นต์มาตรฐานแห้ง เป็นตัวอย่างในการทดลอง ซึ่งมีเกณฑ์ที่ใช้ในการประเมินสมรรถนะเครื่องอบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์ ได้แก่ อัตราการอบแห้ง ประสิทธิภาพเครื่องอบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์และความสิ้นเปลืองพลังงานจำเพาะ ผลการศึกษาพบว่าสมรรถนะ ASD สูงกว่า PSD นอกจากนี้ยังพบว่า อัตราการอบแห้งของเครื่อง ASD0.06 สูงกว่าอัตราการอบแห้ง PSD, ASD0.03 และ ASD0.09 เท่ากับร้อยละ 19.35, 10.52 และ 8.86 ตามลำดับ ในขณะที่ความสิ้นเปลืองพลังงานจำเพาะ ASD0.06 น้อยกว่า PSD, ASD0.03 และ ASD0.09 เท่ากับร้อยละ 26.56, 17.13 และ 15.65 ตามลำดับ และสุดท้ายยังพบว่าประสิทธิภาพเครื่องอบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์ PSD, ASD0.03, ASD0.06 และ ASD0.09 มีค่าเท่ากับร้อยละ 11.68, 12.68, 14.91 และ 12.91 ตามลำดับ จากการศึกษางานวิจัยที่เกี่ยวกับการเพิ่มประสิทธิภาพตู้อบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์ในอดีตพบว่า งานวิจัยการใช้พลังงานแสงอาทิตย์มาช่วยในการอบแห้งมีความเหมาะสมกับประเทศไทย เนื่องจากมีความเข้มแสงอาทิตย์ค่อนข้างสูง ตู้อบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์รูปทรงสามเหลี่ยมมุมฉากที่ใช้วัสดุหลังคารับแสงแบบแผ่นโพลีคาร์บอเนตเป็นที่นิยมใช้ในประเทศไทย ซึ่งแผ่นโพลีคาร์บอเนตมีคุณสมบัติช่วยกักเก็บความร้อนภายในห้องอบแห้งจากภาวะเรือนกระจก

จากข้อมูลที่ทำการศึกษาผู้วิจัยต้องการพัฒนาตู้อบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์ให้มีประสิทธิภาพเชิงความร้อนสูงขึ้น โดยส่งผลให้การลดความชื้นของผลิตภัณฑ์อบแห้งทำได้เร็วขึ้น สำหรับวิธีการเพิ่มประสิทธิภาพเชิงความร้อนจะ

ดำเนินการพัฒนาโดยติดครีบนำความร้อนบริเวณหลังคาร์บ
แสงอาทิตย์สำหรับนำความร้อนจากภายนอกมายังห้อง
อบแห้ง ซึ่งครีบนำความร้อนจะเป็นตัวช่วยนำความร้อนจาก
แสงอาทิตย์ที่ตกกระทบบริเวณหลังคาร์บแสง โดยทำศึกษา
อุณหภูมิภายในบริเวณอบแห้ง อัตราการถ่ายเทความร้อน
และประสิทธิภาพเชิงความร้อนของตู้อบแห้งพลังงาน
แสงอาทิตย์หลังคาสามเหลี่ยมมุมฉากที่มีการติดตั้งครีบนำ
ความร้อนรูปทรงกระบอกเปรียบเทียบกับกรณีไม่ติดตั้งครีบนำ
ความร้อน

2. วิธีการวิจัย

2.1 ตู้อบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์ต้นแบบ

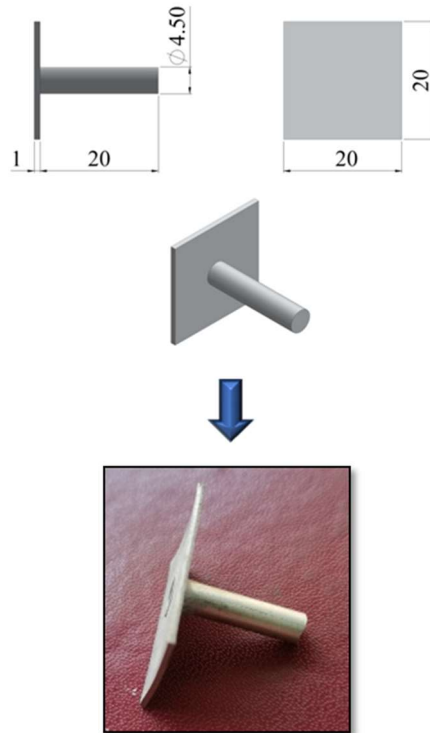
ตู้อบแห้งพลังงานความร้อนแสงอาทิตย์ต้นแบบเป็นชนิด
หลังคาร์บแสงอาทิตย์แบบสามเหลี่ยมมุมฉากมีขนาดพื้นที่
อบแห้งเท่ากับ $1 \times 1 \text{ m}^2$ และมีพื้นที่รับแสงอาทิตย์ (A_s) เท่ากับ
 1.04 m^2 เป็นตู้อบแห้งชนิดสามเหลี่ยมมุมฉากที่ใช้วัสดุ
ประเภทโพลีคาบอ-เนตชนิดโปร่งใส ดังรูปที่ 1



รูปที่ 1 ตู้อบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์ชนิดหลังคาร์บ
แสงอาทิตย์แบบสามเหลี่ยมมุมฉากขนาด $1 \times 1 \text{ m}^2$

2.2 การติดตั้งอุปกรณ์ทดสอบ

2.2.1 ครีบนำความร้อนรูปทรงกระบอก

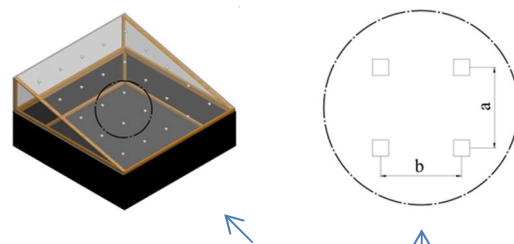


รูปที่ 2 ครีบนำความร้อนแบบทรงกระบอก

2.2.2 การติดตั้งครีบนำความร้อนแบบทรงกระบอก



รูปที่ 3 ตู้อบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์ชนิดหลังคาสามเหลี่ยม
มุมฉากที่ติดตั้งครีบนำความร้อน



รูปที่ 4 ลักษณะการติดตั้งครีบนำความร้อนทรงกระบอกบน
หลังคาร์บแสงอาทิตย์แบบสามเหลี่ยมมุมฉาก

สำหรับการติดตั้งครีบนำความร้อนบนหลังคารับแสงอาทิตย์ โดยการติดตั้งจะดำเนินการโดยการเจาะรูบนหลังคาขนาด \varnothing 4.5 mm โดยมีระยะห่าง a และ b ดังตารางที่ 1. ตามเงื่อนไขการศึกษา A-D และนำครีบนำความร้อน ดังรูปที่ 2 ติดตั้งโดยการนำแกนครีบทรงกระบอกใส่ในรูที่ทำการเจาะไว้ โดยให้แผ่นสี่เหลี่ยมขนาด 20 mm x 20 mm (แผ่นรับแสง) สัมผัสกับแสงอาทิตย์เพิ่มใช้สำหรับส่งถ่ายพลังงานแสงอาทิตย์ผ่านครีบนำความร้อนสู่ห้องอบแห้ง ดังรูปที่ 3

ตารางที่ 1 เงื่อนไขทดสอบการติดตั้งครีบนำความร้อนทรงกระบอก

เงื่อนไขทดสอบ	ระยะห่างทดสอบ	
	a (cm)	b (cm)
A	10	10
B	10	20
C	20	10
D	20	20

3. วิธีการทดลอง

3.1 การทดลอง

การทดลองการเพิ่มประสิทธิภาพเชิงความร้อนตู้อบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์ที่ติดตั้งครีบนำความร้อนรูปแบบต่างๆ โดยจ่ายพลังงานความร้อนจากแหล่งกำเนิดความร้อนเสมือนจากหลอดไฟฮาโลเจน ขนาด 1500 W จำนวน 1 หลอด ทำการทดลองดังนี้

1) ทดสอบหาค่าความเข้มรังสีแสงอาทิตย์เสมือนของหลอดไฟฮาโลเจน มีขั้นตอนการทดลองดังนี้

- 1.1) เปิดการทำงานของหลอดไฟฮาโลเจน ที่กำลังไฟฟ้า 1500 W
- 1.2) เปิดเครื่องอ่านค่าอุณหภูมิ (พลังงานความร้อน) รุ่น midi logger gl840
- 1.3) เมื่อค่าอุณหภูมิกงที่ ทำการอ่านค่าความเข้มรังสีแสงอาทิตย์จากเครื่องวัดความเข้มรังสีแสงอาทิตย์ รุ่น SMP-1116SD จำนวน 49 จุด
- 1.4) หาค่าความเข้มแสงอาทิตย์เฉลี่ย (G_T)

2) ทดสอบหาค่าอุณหภูมิภายในตู้อบแห้ง อัตราการถ่ายเทความร้อน และประสิทธิภาพเชิงความร้อนตู้อบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์ (η_{th}) มีขั้นตอนการทดลองดังนี้

- 2.1) ตั้งค่าความเร็วของอากาศทางเข้าไว้ที่ 0.81 m/s จากเครื่องวัดความเร็วอากาศ รุ่น DT-619
- 2.2) เปิดแหล่งกำเนิดความร้อนเทียมที่กำลังไฟฟ้า 1500 W
- 2.3) เมื่ออุณหภูมิทางเข้า ทางออกและภายในตู้อบแห้งมีค่าคงที่ ให้ทำการบันทึกค่าอุณหภูมิทางเข้า ทางออกและภายในตู้อบแห้ง
- 2.4) ตั้งค่าความเร็วของอากาศทางเข้าไว้ที่ 1.46 m/s จากเครื่องวัดความเร็วอากาศ รุ่น DT-619
- 2.5) ทำซ้ำในขั้นตอนที่ 2 และ 3
- 2.6) ตั้งค่าความเร็วของอากาศทางเข้าไว้ที่ 1.71 m/s จากเครื่องวัดความเร็วอากาศ รุ่น DT-619
- 2.7) ทำซ้ำในขั้นตอนที่ 2 และ 3

เมื่อทำการทดลองตู้อบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์กรณีไม่มีการติดตั้งครีบนำความร้อนเสร็จสิ้น ขั้นตอนต่อไปจะดำเนินการติดตั้งครีบนำความร้อนในเงื่อนไขทดสอบ A, B, C และ D ทำการทดลองซ้ำในขั้นตอนที่ 1-7 ตามลำดับ



รูปที่ 5 เครื่องมือวัดค่าความเข้มรังสีแสงอาทิตย์รุ่น SMP-1116SD



รูปที่ 6 เครื่องมือวัดค่าความเร็วของอากาศ รุ่น DT-619



รูปที่ 7 เครื่องมือวัดค่าอุณหภูมิ รุ่น midi logger gl840

3.2 สมการ

อัตราการไหลเชิงมวล (Mass Flow Rate) คือ อัตราการไหลของปริมาณของไหลที่แสดงโดยมวลในหนึ่งหน่วยเวลา สามารถคำนวณจากสมการที่ 1

$$\dot{m} = \rho \bar{V} A_c \quad (1)$$

- เมื่อ \dot{m} คือ อัตราการไหลเชิงมวลของอากาศ, kg/s
 ρ คือ ความหนาแน่นของอากาศ, kg/m³
 \bar{V} คือ ค่าเร็วเฉลี่ยของอากาศ, m/s
 A_c คือ พื้นที่หน้าตัดทางเข้าและทางออก, m²

อัตราการถ่ายเทความร้อน (Heat Transfer) คือ ความสามารถในการถ่ายโอนพลังงานจากแหล่งสะสมความร้อนที่มีอุณหภูมิสูงไปยังแหล่งสะสมความร้อนที่มีอุณหภูมิต่ำ สามารถคำนวณจากสมการที่ 2

$$\dot{Q} = \dot{m} C_p (T_e - T_i) \quad (2)$$

- เมื่อ \dot{Q} คือ อัตราการถ่ายโอนความร้อน, W
 \dot{m} คือ อัตราการไหลเชิงมวลของอากาศ, kg/s
 C_p คือ ค่าความจุความร้อนจำเพาะเฉลี่ย, J/kg.°C
 T_i คือ อุณหภูมิที่ทางเข้าตู้อบแห้ง, °C
 T_e คือ อุณหภูมิที่ทางออกตู้อบแห้ง, °C

อัตราส่วนการเพิ่มความร้อน (TR) คือ สัดส่วนของความร้อนที่เพิ่มขึ้นจากการติดตั้งครีบนำความร้อนโดยเปรียบเทียบกับกรณีไม่มีการครีบนำความร้อนสามารถคำนวณได้ดังสมการที่ 3

$$TR = \frac{T_F}{T_0} \quad (3)$$

- เมื่อ TR คือ อัตราส่วนการเพิ่มความร้อน
 T_F คือ อุณหภูมิภายในตู้อบแห้งจากการติดตั้งครีบนำความร้อน, °C
 T_0 คือ อุณหภูมิภายในตู้อบแห้งจากการณ์ไม่ติดตั้งครีบนำความร้อน, °C

ประสิทธิภาพเชิงความร้อนตู้อบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์ (η_T) คือ ความสามารถการเปลี่ยนพลังงานความร้อนจากแสงอาทิตย์เป็นพลังงานความร้อนที่ใช้สำหรับอบแห้ง สามารถคำนวณได้ดังสมการที่ 4

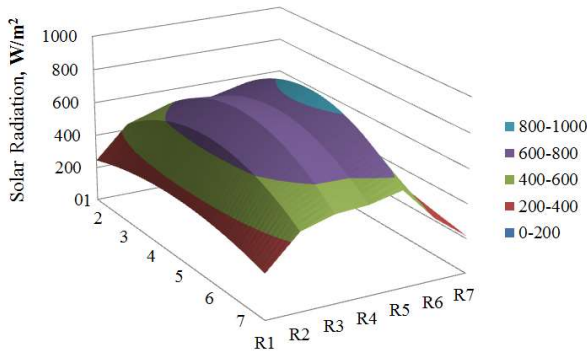
$$\eta_T = \frac{\dot{m} C_p (T_e - T_i)}{G_T A_s} \quad (4)$$

- เมื่อ η_T คือ ประสิทธิภาพเชิงความร้อนตู้อบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์
 A_s คือ พื้นที่รับแสงอาทิตย์, m²
 G_T คือ รังสีแสงอาทิตย์ที่ตกกระทบบนระนาบพื้นที่รับแสงอาทิตย์, W/m²

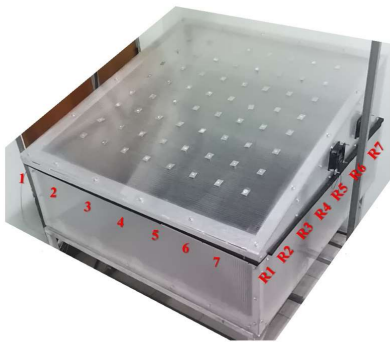
4. ผลการวิจัยและอภิปรายผลการวิจัย

4.1 การกระจายความเข้มรังสีแสงอาทิตย์

รูปที่ 8. นำเสนอการกระจายความเข้มรังสีแสงอาทิตย์ของหลอดไฟฮาโลเจนขนาด 1500 W พบว่า ค่าความเข้มรังสีแสงอาทิตย์จะมีค่าสูงบริเวณกึ่งกลางของตู้อบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์เท่ากับ 864 W/m² และมีค่าลดลงตามลำดับ เมื่อระยะห่างจากบริเวณกึ่งกลางตู้อบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์ ซึ่งมีค่าต่ำสุดที่บริเวณขอบของตู้อบแห้งพลังงานอาทิตย์เท่ากับ 246 W/m² และมีค่าความเข้มรังสีแสงอาทิตย์เฉลี่ยตลอดทั้งตู้เท่ากับ 503 W/m²



(ก) ลักษณะการแผ่รังสีความร้อนเสมือน



(ข) ตำแหน่งการวัดค่ารังสีความร้อนเสมือน

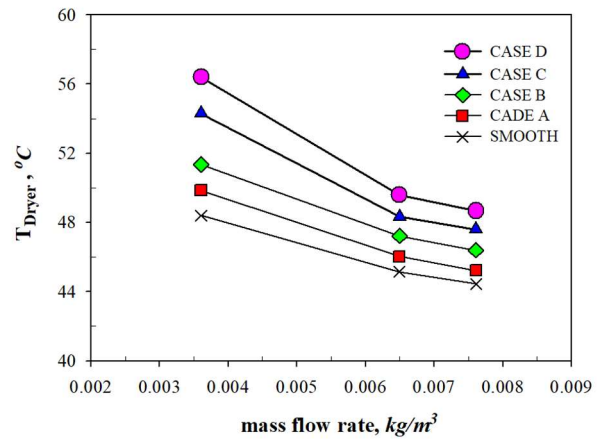
รูปที่ 8 การกระจายรังสีความร้อนเสมือนที่หลังคาตู้อบแห้งต้นแบบ

4.2 อิทธิพลของครีบทวนำความร้อนที่มีผลต่อความร้อนภายในตู้อบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์

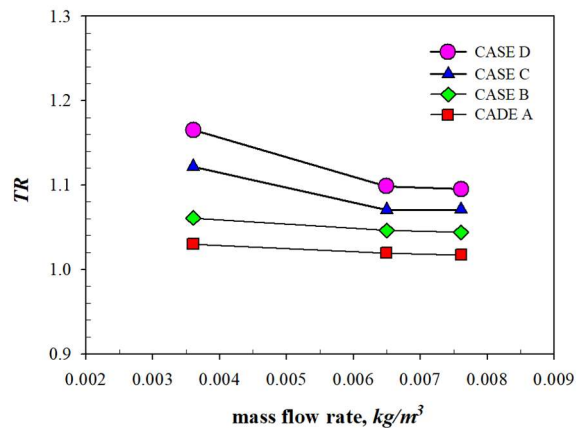
รูปที่ 9. แสดงค่าอุณหภูมิภายในตู้อบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์ที่ติดตั้งครีบทวนำความร้อนแบบต่าง ๆ พบว่า การติดตั้งครีบทวนำความร้อนรูปทรงกระบอกจะส่งผลให้อุณหภูมิภายในตู้อบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์เพิ่มสูงขึ้นจากกรณีไม่ติดตั้งครีบทวนำความร้อนที่เงื่อนไขทดสอบเดียวกัน และตู้อบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์ที่ติดตั้งครีบทวนำความร้อนรูปทรงกระบอกที่เงื่อนไขทดสอบ D ส่งผลให้อุณหภูมิภายในตู้อบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์เพิ่มขึ้นสูงสุดเท่ากับ 56.4 °C ที่อัตราการไหลเชิงมวลของอากาศเท่ากับ 3.61×10^{-3} kg/s และต่ำสุดที่ระยะเงื่อนไขทดสอบ A เท่ากับ 45.2 °C ที่อัตราการไหลเชิงมวลของอากาศเท่ากับ 7.63×10^{-3} kg/s

รูปที่ 10. แสดงค่าอัตราส่วนการเพิ่มอุณหภูมิ (TR) ภายในตู้อบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์ที่ติดตั้งครีบทวนำความร้อนแบบต่างๆ พบว่า การติดตั้งครีบทวนำความร้อนรูปทรงกระบอกจะส่งผลให้อุณหภูมิภายในตู้อบแห้งเพิ่มสูงขึ้น

จากกรณีไม่ติดตั้งครีบทวนำความร้อนที่เงื่อนไขทดสอบเดียวกัน และตู้อบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์ที่ติดตั้งครีบทวนำความร้อนรูปทรงกระบอกตามเงื่อนไขทดสอบ D จะส่งผลให้อุณหภูมิภายในตู้อบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์เพิ่มขึ้นจากกรณีไม่ติดตั้งครีบทวนำความร้อนสูงสุดเท่ากับ 1.17 เท่า ที่อัตราการไหลเชิงมวลของอากาศเท่ากับ 3.61×10^{-3} kg/s และต่ำสุดที่เงื่อนไขทดสอบ A เท่ากับ 1.02 เท่า ที่อัตราการไหลเชิงมวลของอากาศเท่ากับ 7.63×10^{-3} kg/s



รูปที่ 9 อุณหภูมิภายในตู้อบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์ที่ติดตั้งครีบทวนำความร้อนที่เงื่อนไขทดสอบต่าง ๆ

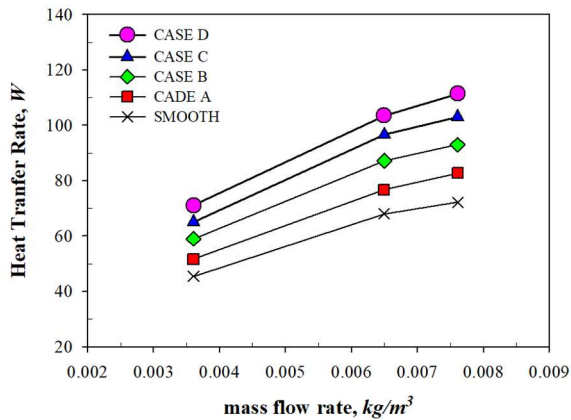


รูปที่ 10 อุณหภูมิที่เพิ่มขึ้นภายในตู้อบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์ที่ติดตั้งครีบทวนำความร้อนที่เงื่อนไขทดสอบต่าง ๆ

4.3 อิทธิพลของครีบทวนำความร้อนที่มีผลต่อการถ่ายโอนความร้อนของตู้อบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์

รูปที่ 11. แสดงค่าการถ่ายโอนความร้อนภายในตู้อบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์ที่ติดตั้งครีบทวนำความร้อนแบบต่าง ๆ พบว่า การติดตั้งครีบทวนำความร้อนรูปทรงกระบอกจะส่งผลให้ค่าการถ่ายโอนความร้อนภายในตู้อบแห้งเพิ่มสูงขึ้นจาก

กรณีไม่ติดตั้งครีบนำความร้อนที่เงื่อนไขทดสอบเดียวกัน และตู้อบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์ที่ติดตั้งครีบนำความร้อนที่เงื่อนไขทดสอบ D จะส่งผลให้ค่าการถ่ายโอนความร้อนภายในตู้อบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์เพิ่มขึ้นสูงสุดเท่ากับ 111.44 W ที่อัตราการไหลเชิงมวลของอากาศเท่ากับ 7.63×10^{-3} kg/s และมีค่าต่ำสุดตามเงื่อนไขทดสอบ A เท่ากับ 51.61 W อัตราการไหลเชิงมวลของอากาศเท่ากับ 3.61×10^{-3} kg/s



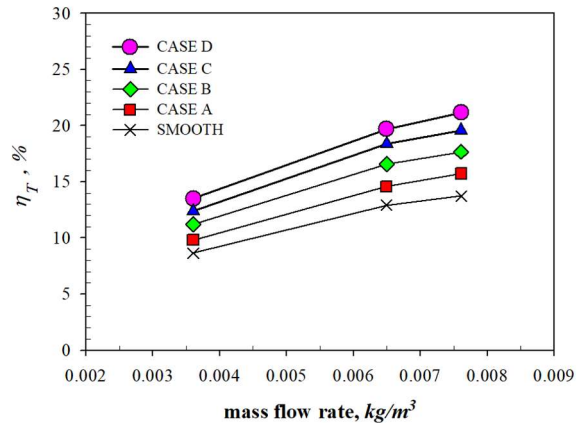
รูปที่ 11 อัตราการถ่ายโอนความร้อนภายในตู้อบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์ที่ติดตั้งครีบนำความร้อนที่เงื่อนไขทดสอบต่าง ๆ

4.4 อิทธิพลของครีบนำความร้อนที่มีผลต่อประสิทธิภาพเชิงความร้อนของตู้อบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์

รูปที่ 12. แสดงค่าประสิทธิภาพเชิงความร้อนของตู้อบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์ที่ติดตั้งครีบนำความร้อนที่แบบต่าง ๆ พบว่า การติดตั้งครีบนำความร้อนรูปทรงกระบอกจะส่งผลให้พลังงานความร้อนจากแสงอาทิตย์สามารถเปลี่ยนเป็นพลังงานความร้อนภายในตู้อบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์ (พลังงานความร้อนสำหรับอบแห้ง) ได้ดีกว่ากรณีไม่ติดตั้งครีบนำความร้อน และการติดตั้งครีบนำความร้อนจะส่งผลให้ค่าอัตราการถ่ายโอนความร้อนเพิ่มขึ้นเช่นกัน

จากการศึกษาการติดตั้งครีบนำความร้อนบนหลังคาตู้อบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์จะสามารถดึงพลังงานความร้อนจากแสงอาทิตย์มาเป็นพลังงานความร้อนสำหรับการอบแห้งได้ดีกว่ากรณีไม่ติดตั้งครีบนำความร้อน โดยนำเสนอในรูปแบบประสิทธิภาพเชิงความร้อนของตู้อบแห้งพลังงาน

แสงอาทิตย์ พบว่าการติดตั้งครีบนำความร้อนที่เงื่อนไขทดสอบ D ส่งผลให้ตู้อบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์มีค่าประสิทธิภาพเชิงความร้อนเพิ่มขึ้นสูงสุดเท่ากับ 21.18 % ที่อัตราการไหลเชิงมวลของอากาศเท่ากับ 7.63×10^{-3} kg/s และการติดตั้งครีบนำความร้อนที่เงื่อนไขทดสอบ A จะมีค่าประสิทธิภาพเชิงความร้อนต่ำสุดเท่ากับ 9.80 % ที่อัตราการไหลเชิงมวลของอากาศเท่ากับ 3.61×10^{-3} kg/s



รูปที่ 12 ประสิทธิภาพเชิงความร้อนของตู้อบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์ที่ติดตั้งครีบนำความร้อนที่เงื่อนไขทดสอบต่าง ๆ

5. สรุปผลการวิจัย

การศึกษาการเพิ่มประสิทธิภาพเชิงความร้อนของตู้อบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์ที่ติดตั้งครีบนำความร้อน 4 รูปแบบ (A, B, C, D) ส่งผลให้ตู้อบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์ที่มีการติดตั้งครีบนำความร้อนมีค่าประสิทธิภาพเชิงความร้อนเพิ่มขึ้นทุกเงื่อนไขทดสอบ เมื่อเปรียบเทียบกับกรณีไม่ติดตั้งครีบนำความร้อน การติดตั้งครีบนำความร้อนตามเงื่อนไขทดสอบ D จะสามารถเพิ่มความร้อน (อุณหภูมิ) ภายในห้องอบแห้งได้สูงสุดเท่ากับ 56.4°C ที่อัตราการไหลเชิงมวลของอากาศเท่ากับ 3.61×10^{-3} kg/s และสามารถเพิ่มค่าอัตราการถ่ายโอนความร้อนภายในตู้อบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์ได้สูงสุดเท่ากับ 111.44 W โดยคิดเป็นค่าประสิทธิภาพเชิงความร้อนเท่ากับ 21.18 % ซึ่งมีค่าประสิทธิภาพเชิงความร้อนสูงกว่ากรณีไม่มีการติดตั้งครีบนำความร้อนถึง 1.54 เท่า ที่อัตราการไหลเชิงมวลของอากาศเท่ากับ 7.63×10^{-3} kg/s

6. เอกสารอ้างอิง

- [1] T. Homchampa, W. Tassana, P. Tumthong, P. Somsila. Performance of a solar dryer using mixed solar radiation. With porous materials: a case study of baked lemongrass. *Journal of Agriculture and Technology*, 2021. 2(3), 105-116. (in Thai)
- [2] P. Phontecha and S. Kansil. Drying tilapia using a greenhouse-type solar dryer. *Thailand Journal of Agricultural Engineering*, 2020. 26(2), 58-64. (in Thai)
- [3] W. Chinthada and P. Phetsongkram. Shape characteristics of a solar drying plant that affect the drying of rubber sheets. King Mongkut's University of Technology North Bangkok, 2017. 27(1), 89-99. (in Thai)
- [4] S. Sirichan, A. Namkhet, A. Teeboonma, P. Somsila, S. Phumchumpol. Increasing the performance of a solar dryer. *Academic Journal of Industrial Technology and Engineering, Pibulsongkram Rajabhat University*, 2022. 4(2), 187-205. (in Thai)
- [5] S. Sirichan et al. Comparative study of the performance of solar dryers Natural and forced air circulation. *Journal of Farm Engineering and Automation Control Khon Kaen University*, 2020. 8(2), 144-156. (in Thai)
- [6] S. Naebnian, P. Nimnuan, O.Sanochit. Drying Namwa bananas with a household-sized solar dryer. *Journal of Academic Services of Thai Higher Education Institutions Serving Society*, 2020. 1(1), 19-31. (in Thai)
- [7] H. Baka, R. Awae, Z. Kasaw, S. Rojana-Suphan. Study of the efficiency of drying snakehead fish using a combined solar-electric dryer. *Journal of Science and Technology Yala Rajabhat University*, 2016. 1(1), 13-24. (in Thai)
- [8] E. Hana, S. A. Hadi and S. Payman. Improving the thermal efficiency of a solar dryer using phase change materials at different position in the collector. *Solar Energy*, 2021. 220, 535-551
- [9] R. N. Masnaji, B. T. Vinod. A review on performance evaluation of solar dryer and its material for drying agricultural products. *Materials today: Proceedings*, 2021. 46(1): 345-9.
- [10] W. Wei, L. Ming, H. E. Reda, W. Yunfeng, Y. Luwei. Thermal performance of indirect forced convection solar dryer and kinetics analysis of mango. *Applied Thermal Engineering*, 2018. 134: 310-21.
- [11] S. Messaoud, B. Abdelghani, M. Djamel. Improvement of the thermal performance of solar drying systems using different techniques: A review. *Journal of solar energy engineering*, 2019. 141: 050802-1 - 050802-11
- [12] P. K. Muruganatham, R. S. Kamalakannan, S. Mohana. Performance analysis of a tubular solar dryer for drying mexican mint (*Plectranthus amboinicus*) - An experimental approach. *Energy Reports*, 2021. 7: 7-12.
- [13] S. Nabnean, P. Nimnuan. Experimental performance of direct forced convection household solar dryer for drying banana. *Case Studies in Thermal Engineering*, 2020. 22: 1-11.
- [14] K. M. Narendra, N. Piyush. Review on solar energy dryer for drying the agricultural products. *International Journal for Scientific Research & Development*, 2017. 5(8), 198-203.
- [15] S. Nabnean, S. Janjai, S. Thepa, K. Sudprasert, R. Songprakorp, B. K. Bala Experimental performance of a new design of solar dryer for drying osmotically dehydrated cherry tomatoes. *Renewable Energy*, 2016. 94, 147-156.

การนับจำนวนไข่หนอนไหมพันธุ์พื้นบ้านที่เหมาะสมในการฟักตัวด้วยการประมวลผลภาพ Automated Counting Indigenous Silkworm Eggs using Image Processing

สุพัตรา วยะยลุน*, วีระนันต์ วิบูลย์อรุณ, ทรงศักดิ์ มีสิทธิ์, ปฏิวดี อาสาเสน และ รัตติยา ธานี

Suphattra Wyalun*, Weeranun Vibulaut, Songsak Meesit,

Patiwat arsasen and Rattiya Thanee

สาขาวิชาเทคโนโลยีคอมพิวเตอร์ คณะเทคโนโลยีอุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยราชภัฏสุรินทร์

Computer Technology Department, Faculty of Industrial Technology, Surin Rajabhat University

*Email: suphatra@srru.ac.th

Received: March 19, 2024; Revised: April 20, 2024; Accepted: April 22, 2024

บทคัดย่อ

เส้นไหมที่มีคุณภาพของจังหวัดสุรินทร์มักเริ่มต้นด้วยการคัดเลือกไข่หนอนไหมเลี้ยงพันธุ์พื้นบ้านที่มีความแข็งแรงจำนวน 20,000 ฟอง วางกระจายในแนวนอนบนกระดาษกาวขนาด A4 โดยไม่ทับซ้อนกัน ซึ่งวิธีดังกล่าวจะส่งผลต่อการฟักตัวและเติบโตไปสู่หนอนไหมวัยอ่อนต่อไป ปัจจุบันศูนย์หม่อนไหมเฉลิมพระเกียรติฯ จังหวัดสุรินทร์ยังคงใช้วิธีการนับด้วยมือซึ่งมีความยากในการคัดเลือกไข่หนอนไหม เนื่องจากมีขนาดเล็กมาก ดังนั้นงานวิจัยนี้ได้นำเสนอแนวคิดในการใช้วิธีการนับจำนวนไข่หนอนไหมพันธุ์พื้นบ้านที่เหมาะสมในการฟักตัวด้วยการประมวลผลภาพด้วย OpenCV และใช้ภาษาไพธอน และใช้รูปภาพในการทดสอบจำนวน ขนาดภาพกว้างตั้งแต่ 450 พิกเซล และความยาว 420 พิกเซล จำนวน 20 ภาพในการทดสอบ โดยมีการพัฒนา 6 ขั้นตอน ได้แก่ 1) อ่านภาพและแปลงจากปริภูมิสี RGB เป็น HSV 2) ประมวลผลในการรับช่วงสี 3) ปรับค่าสีโดยใช้ระดับสีเทา, Gaussian Blur และ Image Thresholding 4) ลบวัตถุขนาดเล็กโดยใช้การดำเนินการแปลงทางสัญญาณวิทยาการปิด 5) ค้นหาพื้นที่รูปร่าง พื้นที่เฉลี่ย และลบพื้นที่ที่มีขนาดเล็กเกินไป 6) ค้นหาผลลัพธ์โดยใช้การแปลงระยะทางและอัลกอริทึม Watershed หรือค้นหาวงกลมในแต่ละรูปร่างโดยใช้ HoughCircles ผลการศึกษาพบว่าโดยเฉลี่ยสามารถนับจำนวนไข่หนอนไหมได้ถูกต้อง ร้อยละ 71.32

คำสำคัญ : การนับจำนวนไข่หนอนไหม, โอเพ่นวีซีวิธีการตรวจจับขอบภาพ, ภาษาไพธอน

Abstract

Surin's quality silk usually begins with the selection of 20,000 healthy local silkworm eggs, distributed horizontally on an A4-sized adhesive paper without overlap. Now a day, In the Queen Sirikit Department of Sericulture, Surin, silkworm eggs are counted manually, that is difficult in the selection of the eggs, larva, because there is very small, so this research has presented an automated counting of the worm eggs silk ties folk in the pod with image processing with OpenCV and use Python and use the images in the test, with image width from 450 px and the length 420 px in a total of 20 images in the test with the development of the 6-step process: 1) Read image and convert from RGB to HSV color space 2) Get red color range 3) Gray Scale, Gaussian Blur and Image Thresholding 4) Remove small object using Morphological Transformation operation Closing 5) Find contour area, average area and remove too small areas and, 6)

Find result using Distance Transform and Watershed Algorithm or find circle in each contour using Hough Circles. The results showed that, on average, the number of silkworm eggs can be counted correctly with 71.32 percent accuracy.

Keywords : Silkworm Egg Count, Open VC, Edge Detection Method, Python Language

1. บทนำ

การคัดเลือกไข่หนอนไหมพันธุ์พื้นบ้านเป็นสิ่งจำเป็นมากสำหรับศูนย์หม่อนไหมเฉลิมพระเกียรติฯ เนื่องจากเป็นหน่วยงานที่ต้องควบคุมคุณภาพของสายพันธุ์ไหมที่มีความเหมาะสมสำหรับการเลี้ยงดูของเกษตรกรผู้เลี้ยงไหม

“ไขไหม” เป็นหนึ่งในปัจจัยพื้นฐานที่สามารถบ่งบอกความสำเร็จในการเลี้ยงไหมของเกษตรกร ทุกขั้นตอนของการผลิตไขไหมจึงต้องให้ความสำคัญและเอาใจใส่ดูแลเพื่อให้ได้ไขไหมที่ตรงตามพันธุ์ มีคุณภาพ ได้มาตรฐาน และปราศจากโรค อันจะเป็นหลักประกันให้เกษตรกรได้รับผลผลิตจริงที่มีปริมาณและคุณภาพสูง โดยเฉพาะในพื้นที่จังหวัดสุรินทร์ และจังหวัดบุรีรัมย์ที่มีความต้องการไขหนอนไหมพื้นบ้านเป็นจำนวนมาก ดังนั้นศูนย์หม่อนไหมเฉลิมพระเกียรติฯ จังหวัดสุรินทร์ จึงต้องดำเนินการคัดเลือกไขหนอนไหมพื้นบ้านที่มีสุขภาพแข็งแรง ปลอดภัยส่งต่อไปยังเกษตรกร ปัจจุบันทางศูนย์ใช้วิธีการนับจำนวนไขด้วยมือจึงเกิดาคาดเคลื่อนในการนับจำนวนไขไหมเพื่อโรยในแผ่นกาวที่จัดเตรียมไว้ โดยมาตรฐานทั่วไปกำหนดให้ 1 แผ่นบรรจุไขไหมได้ 20,000-25,000 ฟอง จึงทำให้เสียเวลาและใช้บุคลากรจำนวนมากในการดำเนินการในขั้นตอนนี้เพื่อให้เสร็จทันต่อความต้องการของเกษตรกร [1]

อย่างไรก็ตามเพื่อศึกษาแนวทางในการการนับจำนวนไขหนอนไหมพันธุ์พื้นบ้านที่เหมาะสมกับการเจริญเติบโตเป็นไหมวัยอ่อนด้วยการประมวลผลภาพ ด้วยการตรวจสอบเส้นขอบ (Edge) การตรวจจับขอบภาพ (Edge Detection) ซึ่งตรวจสอบจากเส้นขอบลากผ่านหรือใกล้เคียงกับจุดใดแล้ววัดระดับความเข้มเทาในตำแหน่งที่ใกล้เคียงกับจุดดังกล่าว หากแตกต่างกันมากแสดงว่านั่นคือเส้นขอบ[2] ซึ่งงานวิจัยนี้ได้ใช้อัลกอริทึม Watershed [9][17] และค้นหาผลลัพธ์การแปลงระยะทางในไลบรารี OpenCV บน Python [16] และ Numpy มาใช้ในการตรวจสอบรูปทรง รูปร่าง ขอบภาพและสี [3] เพื่อนำไปประยุกต์ใช้และต่อยอดเพื่อนำไปสู่เครื่องมือ

หรือแอปพลิเคชันเพื่อรองรับการทำงานในลำดับต่อไป

2. วิธีดำเนินงาน

การค้นหาไขหนอนไหมบนภาพเพื่อนับจำนวนโดยใช้วิธีการประมวลผลภาพ สามารถนับจำนวนวัตถุที่คล้ายกันในภาพด้วยความแม่นยำ และวิธีการนับจำนวนเมื่อวัตถุในภาพเกิดการซ้อนทับกันหรือถูกบดบัง งานวิจัยนี้ใช้ภาพทั้งสิ้นจำนวน 20 ภาพ ขนาดความกว้าง 420 px ความยาว 450 px ที่มีพื้นหลังแบบมีลวดลายและไม่มีลวดลาย ตามบล็อกไดอะแกรม 6 ขั้นตอน รูปที่ 1



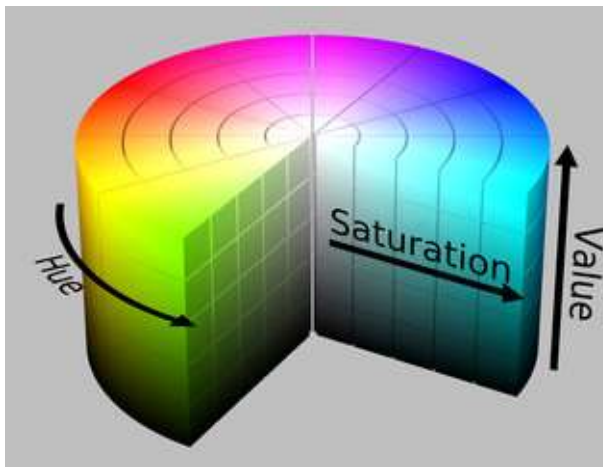
รูปที่ 1 ขั้นตอนการประมวลผลภาพ

2.1 แปลงภาพจากปริภูมิสี RGB เป็นระบบสีแบบ HSV

ผลการทดสอบการแปลงจากปริภูมิสี RGB [18] เป็นระบบสีแบบ HSV โดยเลือกใช้ภาพขนาด กว้าง 420 พิกเซล ยาว 450 พิกเซล ในการทดลอง ผลการทดสอบจะได้รูปไข่สี

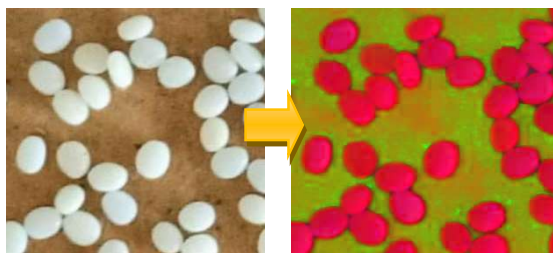
แดง ช่วงที่กำหนดสีแดงที่ต่ำสุด คือ [0,70,0] – [40,255,255] และค่าสีแดงที่สูงที่สุดระหว่าง [170,70,0] – [180,255,255] โดยช่วงที่กำหนดมีความหมายดังนี้

ตำแหน่งแรก คือ ค่าสีของสีหลัก (Hue) [15] หรือจะเรียกว่า เฉดสี, ตำแหน่งที่สอง คือ ความบริสุทธิ์ของสี (Saturation) และ ตำแหน่งที่สาม คือ ความสว่างของสี (Value) ซึ่งสามารถวัดได้ โดยค่าความเข้มของความสว่างของแต่ละสี ผลที่ได้จะเป็น ภาพไบนารี (Binary Image) หรือเรียกว่าหน้ากาก (Mask) โดยสีขาว คือ พิกเซล (Pixel) ที่มีค่าสีอยู่ในช่วงที่กำหนด ส่วน พิกเซล (Pixel) อื่น ๆ จะมีสีดำ [4] ดังรูปที่ 2



รูปที่ 2 HSV Color Model

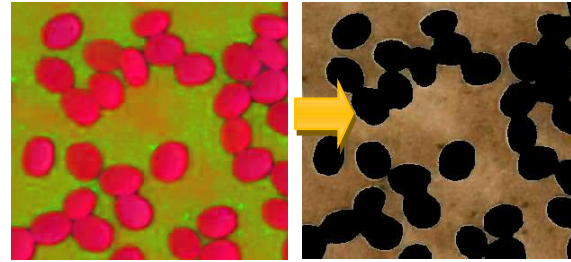
นำภาพต้นฉบับในรูปที่ 3 ก) มาแปลงปริภูมิสี RGB เป็น HSV ดังรูปที่ 3 ข)



รูปที่ 3 ก) ภาพต้นฉบับ รูปที่ 3 ข) แปลงปริภูมิสี RGB เป็น HSV

2.2 การรับค่าช่วงสีแดง (Get red color range)

ผลการทดสอบการรับค่าช่วงสีแดงที่แสดงบนปริภูมิสี HSV ภาพวัตถุจะปรากฏเป็นสีดำพื้นหลังจะเป็นสีน้ำตาล ดังรูปที่ 4



รูปที่ 4 รับช่วงค่าสีแดง

2.3 แปลงภาพเป็นสีเทา (Gray Scale) เป็นภาพเกาส์เซียนเบลอ (Gaussian Blur) และแปลงภาพสีเป็นขาว-ดำ (Image Thresholding)

นำภาพไปทำการเบลอ (Gaussian Blur)[19] ทำให้ภาพมีลักษณะที่นุ่มนวล แล้วเปลี่ยนภาพไปเป็นภาพขาว - ดำ เพื่อให้หาได้การปรับภาพให้เรียบคือค่าสีของแต่ละภาพ พิกเซลของรูปภาพถูกปรับโดยใช้ตัวกรอง Gaussian ซึ่งสร้างแมทริกซ์ย่อย (sub-matrix mask) ให้สอดคล้องกับ มาส์ก (mask) สำหรับการกรองโดยใช้สมการเกาส์เซียน [5] ในสมการ (1) ดังนี้

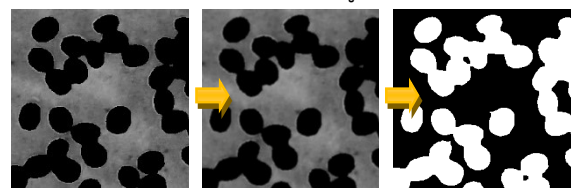
$$G(x, y) = \frac{1}{2\pi\sigma^2} e^{-\frac{x^2+y^2}{2\sigma^2}} \quad (1)$$

โดยที่ (x, y) คือตำแหน่งของสมาชิกใน mask และ σ เป็นพารามิเตอร์และคำนวณขนาดและทิศทางการเปลี่ยนสี [6] ดังนี้

$$GM(i, j) = \sqrt{g_x^2(i, j) + g_y^2(i, j)} \quad (2)$$

$$\text{and } GD(i, j) = \arctan \left[\frac{g_y(i, j)}{g_x(i, j)} \right] \quad (3)$$

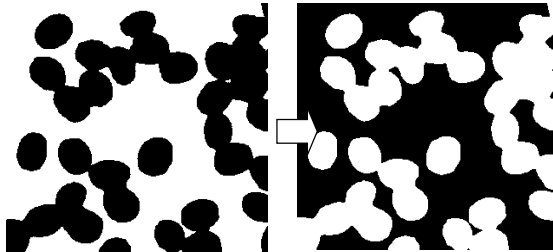
โดยที่ (i, j) คือ ตำแหน่งของพิกเซล g_x และ g_y คือขนาดของการเปลี่ยนแปลงค่าสีใน x และ y ตามลำดับ ค่าของ g_x และ g_y สามารถเป็นได้หลายวิธี เช่น โดยการใช้โรเบิร์ต โอเปอเรเตอร์ ใช้มาส์กของตัวปฏิบัติการแบบพิววิตหรือหน้ากากของตัวปฏิบัติการแบบ Sobel ในอัลกอริทึม การแบ่งภาพด้วย Watershed จะนำผลจากสมการ (2) และ (3) โดยมีผลลัพธ์ดังรูปที่ 5



รูปที่ 5 ก) ภาพสีเทา ข) ภาพเกาส์เซียนเบลอ ค) ภาพขาว-ดำ

2.4 ทดสอบการลบวัตถุขนาดเล็กโดยใช้การดำเนินการแปลงทางสัณฐานวิทยาการปิด (Morphological Transformation operation Closing)

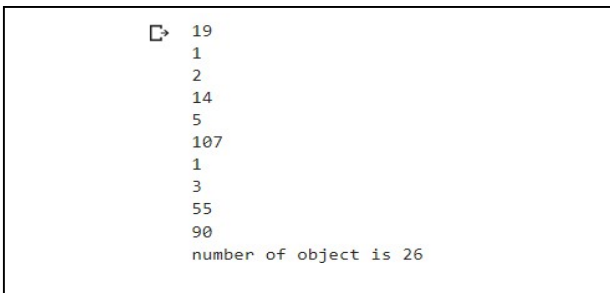
การเปลี่ยนแปลงทางสัณฐานวิทยาการปิดจะทำให้เกิดการลบภาพวัตถุขนาดเล็กออกจากภาพ ดังรูปที่ 6



รูปที่ 6 ลบภาพวัตถุขนาดเล็กออกจากภาพด้วยวิธีแปลงทางสัณฐานวิทยาการปิด

2.5 ค้นหารูปร่างในพื้นที่และคำนวณหาช่วงเฉลี่ยพื้นที่

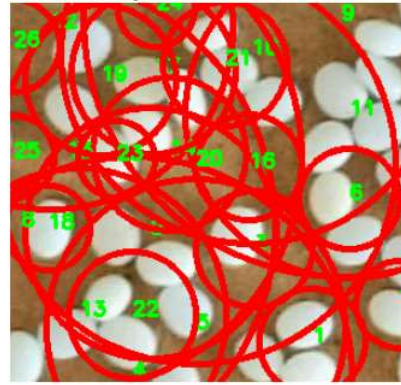
ผลทดสอบการค้นหารูปร่างภาพจะทำการค้นหาพื้นที่รูปร่างพื้นที่เฉลี่ย และลบพื้นที่ที่เล็กเกินไปแล้วนับจำนวนรูปร่าง โดยกำหนดให้ภาพเล็กเป็นภาพใหญ่ที่สุดแล้วหาค่าเฉลี่ยของพื้นที่และค่าเฉลี่ยของรัศมี ผลลัพธ์ของวัตถุที่พบและผลลัพธ์คือ 26 ดังรูปที่ 7



รูปที่ 7 ผลลัพธ์การนับจำนวนวัตถุ

6. ค้นหาผลลัพธ์โดยใช้การแปลงระยะทาง (Distance Transform) และ อัลกอริทึม Watershed หรือค้นหารูปร่างกลุ่มในแต่ละรูปร่างโดยใช้ HoughCircles

ผลการทดสอบนี้ได้แสดงถึงการค้นหารูปร่างกลุ่มในภาพแต่ละพื้นที่เพราะไข่หนอนใหม่มีลักษณะเป็นวงกลม ดังรูปที่ 8



รูปที่ 8 ผลลัพธ์การค้นหารูปร่างกลุ่มด้วย HoughCircles

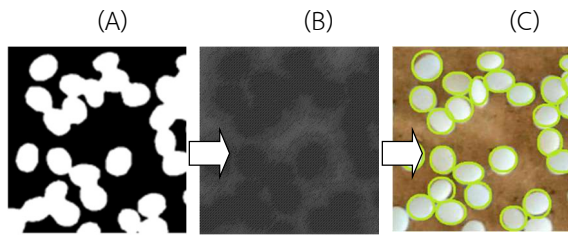
โดยมีการกำหนดรหัสเทียม (Pseudo Code) สำหรับแสดงคำสั่งที่ใช้เขียนลำดับขั้นตอนด้วย Watershed Algorithm เพื่อค้นหารูปร่างกลุ่ม HoughCircles ดังรูปที่ 9

```

1 res1 = img.copy()
2 count = 0 #result
3 for con in contours:
4     area = cv2.contourArea(con)
5     radian = int(math.sqrt(area)/math.sqrt(3.14))
6     #print(radian)
7     minRad = int(radian * 0.3)
8     maxRad = int(radian * 2)
9     radius12 = int(1.2 * radian)
10    mask_temp = np.zeros(mask.shape[:2], dtype=np.uint8)
11    gray_temp = np.zeros(gray.shape[:2], dtype=np.uint8)
12    cv2.drawContours(gray_temp, [con], 0, (255), -1)
13    #circles = cv2.HoughCircles(mask_temp, cv2.HOUGH_GRADIENT, 1, 1.2 * radian, param1=100, param2=10, minRadius=minRad, maxRadius=maxRad)
14    #circles = cv2.HoughCircles(gray_temp, cv2.HOUGH_GRADIENT, 1,
15    #                            60, param1=50, param2=5, minRadius=minRad, maxRadius=maxRad)
16    if circles is not None:
17        circles = np.uint16(np.round(circles))
18        for i in circles[0, :]:
19            radius = i[2]
20            if radius > radius_avg:
21                count += 1
22                center = (i[0], i[1]) # circle center
23                cv2.putText(res1, str(count), center, cv2.FONT_HERSHEY_SIMPLEX, 0.5, (0, 255, 0), 2) # Put text at center
24                cv2.circle(res1, center, radius, (0, 0, 255), 3)
25
26 print('number of object is', count)
27 cv2.imshow(res1)
    
```

รูปที่ 9 รหัสเทียม (Pseudo Code) เพื่อแสดงการนับจำนวนไข่หนอนใหม่

เมื่อใช้อัลกอริทึม Watershed [9][10] ร่วมกับการแปลงระยะทาง (Distance Transform) แล้ว จะทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงภาพที่มีการลบภาพวัตถุขนาดเล็กออกจากภาพด้วยวิธีแปลงทางสัณฐานวิทยาการปิด รูป (A) ซึ่งในขั้นตอนนี้ จะทำการแปลงระยะทาง (Distance Transform) [13] [21] โดยแสดงผลเป็นระยะทางจากจุดภาพ (Pixel) ไปยังบริเวณที่สนใจ (Region of Interest, ROI) ที่ใกล้ที่สุด จะแสดงผลตามรูป (B) และเมื่อใช้อัลกอริทึม Watershed จะทำการสกัดภาพเบื้องหน้าและเบื้องหลังออกจากกัน ซึ่งขั้นตอนนี้จะทำให้เกิดการแบ่งแยกภาพเป็นกลุ่ม ๆ ซึ่งมีวัตถุที่สัมผัสกันและแสดงเส้นขอบสีเขียว ดังรูป (C) ดังปรากฏในรูปที่ 10 จาก Pseudo Code ผู้วิจัยได้ใช้คำสั่ง HoughCircles เพื่อค้นหารูปร่างกลุ่ม [11] [12] แล้วทำการ Threshold ทำให้สามารถนับจำนวนไข่หนอนใหม่ได้



รูปที่ 10 ผลลัพธ์การใช้ Distance Transform and Watershed Algorithm

3. ผลการศึกษา

ข้อมูลที่น่ามาทดสอบและใช้ในการทดลองคือ ข้อมูลรูปภาพที่มีนามสกุลเป็น jpg และ jpeg โดยมีไฟล์ข้อมูลรูปภาพไข่นอนใหม่ในลักษณะต่าง ๆ กัน ที่นำเข้ามาทดสอบในระบบมีจำนวนทั้งสิ้น 20 ภาพ โดยมีลักษณะพื้นหลังแตกต่างกัน จากการทดลอง เพื่อทดสอบความถูกต้องและความสมบูรณ์ของภาพ ดังตารางที่ 1

ตารางที่ 1 ผลการทดสอบ

ภาพที่	ภาพ	จำนวนจริง	การประมวลผลภาพ	ความถูกต้อง (%)
1		245	198	80.82
2		88	86	97.73
3		418	316	75.60
4		6	1	16.67
5		425	338	79.53
6		465	220	47.31
7		25	18	72.00

ภาพที่	ภาพ	จำนวนจริง	การประมวลผลภาพ	ความถูกต้อง (%)
8		47	33	70.21
9		428	402	93.93
10		232	191	82.33
11		43	38	88.37
12		498	384	77.11
13		30	14	46.67
14		318	242	76.10
15		203	164	80.79
16		213	177	83.10
17		259	177	68.34
18		432	341	78.94
19		880	598	67.95
20		658	283	43.01

ค่าเฉลี่ยความถูกต้องในการนับจำนวน 71.32

ผลการทดสอบภาพไข่นอนใหม่ โดยการใช้การแบ่งส่วนรูปภาพโดยใช้อัลกอริทึม Watershed [14] ใน OpenCV Python ประยุกต์มาจากแนวคิดสันปันน้ำ และผสมผสานเข้ากับความสามารถของไลบรารี OpenCV [15] ทำให้สามารถระบุขอบเขตและแยกวัตถุในรูปภาพได้อย่างแม่นยำ

ซึ่งความแม่นยำในการนับจำนวนไขหนอนไหมนี้ ขึ้นอยู่กับความละเอียดของภาพ ความชัดเจนของภาพที่นำมาใช้ในการทดสอบ จากภาพที่ใช้ในการทดสอบ จำนวน 20 ภาพ มีค่าความถูกต้องมากกว่า 50 เปอร์เซ็นต์ จำนวนทั้งสิ้น 16 ภาพ โดยมีค่าความถูกต้องระหว่าง 97.73 – 67.95 เปอร์เซ็นต์ และพบว่า มีจำนวน 4 ภาพ ที่มีค่าน้อยกว่า 50 เปอร์เซ็นต์ มีค่าความถูกต้องระหว่าง 16.67 – 43.01 เปอร์เซ็นต์ ทั้งนี้เนื่องจากภาพในการทดสอบไม่ชัดเจน เบลอมากเกินไป ทำให้ไม่สามารถประมวลผลได้ จึงส่งผลต่อการค้นหารูปวงกลมในแต่ละรูปร่างและไม่สามารถนับจำนวนไขหนอนไหมได้

4. บทสรุป

การนับจำนวนไขหนอนไหมพันธุ์พื้นบ้านเป็นสิ่งจำเป็นมาก เนื่องจากอัตราหนอนไหมฝักตัวที่เหมาะสมก่อนส่งต่อไปยังเกษตรกรมีอัตราส่วนที่ 1: 20000 ฟอง เป็นมาตรฐานที่ทางศูนย์หม่อนไหมต้องทำหน้าที่ควบคุมก่อนส่งต่อไปยังเกษตรกรผู้เลี้ยง เนื่องจากมีผลต่อการเจริญเติบโต และฝักตัวเป็นหนอนไหมที่มีคุณภาพ ดังนั้นการนับจำนวนไขไหมด้วยการประมวลผลภาพโดยใช้การแบ่งส่วนรูปภาพโดยใช้อัลกอริทึม Watershed ใน OpenCV Python ซึ่งเป็นเทคนิคที่ใช้กันแพร่หลายในการแบ่งส่วนภาพซึ่งเป็นไลบรารีโอเพ่นซอร์ส สอดคล้องกับ A.S. Kornilov และ Safonov [7] กล่าวว่า Watershed อัลกอริทึมเป็นเทคนิคที่ใช้กันอย่างแพร่หลายในการแบ่งส่วนภาพแบบโอเพ่นซอร์สที่เหมาะสมสำหรับการแบ่งส่วนภาพ 2 มิติและ 3 มิติ ซึ่งใช้หน่วยความจำมากในการประมวลผลโดยเฉพาะภาพที่มีขนาดใหญ่และเวลาในการประมวลผลมาก ในงานวิจัยนี้ได้ผสมผสานวิธี Distance Transform [21] และ วิธี Thresholding [22]ซึ่งเหมาะสำหรับภาพที่มีการซ้อนทับกัน และมีรูปทรงที่แตกต่างกันไปสอดคล้องกับ Chuanpit Mungkala [8] ที่ได้ใช้อัลกอริทึม Watershed เพื่อลดข้อผิดพลาดในการแบ่งส่วนภาพถ่ายทางการแพทย์ด้วยการเปลี่ยนแปลงของกลุ่มน้ำ ด้วยวิธี Thresholding [20] วิธีการแบ่งบรรทัด และวิธีการสร้างรูปร่างแบบแอคทีฟ

ผลจากการวิจัยนี้สามารถช่วยให้ผู้ปฏิบัติหน้าที่ประหยัดเวลาและมีความถูกต้อง ในการนับจำนวน ซึ่งจาก

การศึกษาดังกล่าวเป็นองค์ความรู้ที่มีประโยชน์ และสามารถนำไปพัฒนาเป็นแอปพลิเคชันเพื่ออำนวยความสะดวกในการนับจำนวนไขไหม หรือพัฒนาเป็นนวัตกรรมเครื่องนับไขไหมพร้อมกับแอปพลิเคชันควบคุมการทำงานในการแสดงผลได้ต่อไป โดยการศึกษาที่พบว่ามีปัญหาคือรูปมีความซับซ้อนมาก หรือภาพมีมิติที่ลึกทำให้การแปลงภาพไม่ได้ผลดีเท่าที่ควร ผลการวิจัยพบว่าค่าเฉลี่ยความถูกต้องในการนับจำนวนไขหนอนไหมมีค่าเฉลี่ย 71.32 จึงควรมีการศึกษาเพิ่มเติมเพื่อให้ค่าความเชื่อมั่นมีค่าเฉลี่ยสูงขึ้นและเกิดความแม่นยำในการนับจำนวนมากยิ่งขึ้น

5. เอกสารอ้างอิง

- [1] K. Kiratiratanapruk and W. Sinthupinyo, "Silkworm Egg Image Analysis using Different Color Information for Improving Quality Inspection," *IEEE*, pp. 16, 2016.
- [2] S. Nakharacruangsak and S. Choonprawat, "An Applied Local Binary Pattern by Hyperbolic Secant for Edge Detection of Images and applied to Images Retrieval," *Journal of Energy and Environment Technology*, vol. 5, no. 1, pp. 2. Jan. 2018.
- [3] P. Sittijuk, W. Sanchana and W. Niyomdutsadee, "The recommendation using colors and pictures in package design by integrated Ontology with K-mean Algorithm," *Information Technology Journal*, Vol.17, no. 1, pp. 78, Jan. 2021.
- [4] N. Sanujit and B. Dasri, "Fore Detection System by Using Finding Countour and HSV model," *Science Technology and Innovation (STIJ)*, Vol. 1, no.2 , pp. 12, Jan. 2021.
- [5] A. H. Ibrahim, P. Kumam and W. Kumam, "A Family of Derivative-Free Conjugate Gradient Methods for Constrained Nonlinear Equations and Image Restoration," in *IEEE Access*, Vol. 8, pp. 162714–162729, 2020.

- [6] N. Tepkasetkul and J. Wetweerapong, "Modifications of Canny Method for Image Edge Detection", in Proceeding of NGRC, Khonkan University Thailand, Mar. 15, 2019, pp. 301 (in Thai).
- [7] A. S. Komilov and I. V. Safonov, "An Overview of Watershed Algorithm Implementations in Open Source Libraries." *Journal of Imaging*, Vol. 4, no. 10, pp. 123, 2018.
- [8] C. Mungkala, "Enhance Watershed Segmentation for Primary Medical Imaging", *Progress in Applied Science and Technology*, Vol. 13, no.1, pp. 7, 2023.
- [9] P. Neubert and P. Protzel, "Compact Watershed and Preemptive SLIC: On Improving Trade-offs of Superpixel Segmentation Algorithms," 22nd International Conference on Pattern Recognition, Stockholm, Sweden, pp. 996, 2014.
- [10] T. Srikanth et al., "Color Image Segmentation using Watershed Algorithm", *International Journal of Computer Science and Information Technologies*. Vol. 2, no. 5, pp. 2333, 2011.
- [11] D. Koc-Sa, S. Selim, N. Aslan & B. T. San., "Automatic citrus tree extraction from UAV images and digital surface models using circular Hough transform", *Computers and electronics in agriculture*, Vol. 150, pp. 289, 2018.
- [12] C. Chen, S. Yi, J. Mao, F. Wang, B. Zhang, F. Du, "A Novel Segmentation Recognition Algorithm of *Agaricus bisporus* Based on Morphology and Iterative Marker Controlled Watershed Transform." *Agronomy*, Vol.13, no. 2, pp. 347. 2023.
- [13] S. R. Machireddy, "Automatic Extraction of Watershed Model by using Python Programming." *Environmental Science and Engineering*. Vol 2, no. 2, pp. 47. 2023.
- [14] G. Aryotejo Adj, P. W., Ernawan, F. and Mufadhol, M., "Detecting and counting coin using opencv and watershed algorithm." In *AIP Conference Proceedings* Vol. 2738, no. 1, pp. 202, 2023.
- [15] M. Sayeed, A. Ayesha, N and M. A. Sayeed, "Detecting Crows on Sowed Crop Fields using Simplistic Image processing Techniques by Open CV in comparison with TensorFlow Image Detection API", *International Journal for Research in Applied Science and Engineering Technology*, Vol. 8, no. 3., pp. 64, 2020.
- [16] L. Wang, S. Wang, and Y. Deng, "Under water animals detecting robot based on watershed algorithm", In 2nd International Conference on Mechatronics Engineering and Information Technology, pp. 296, Atlantis Press., 2017.
- [17] P. Sanyal and S. Barui, "The watershed transform in pathological image analysis: application in recticulocyte count from supravital stained smears" *International Journal of Research in Medical Sciences*, Vol. 7, no. 3, pp. 872, 2019.
- [18] A. A. Fauzi, "Implementation of ColorSpace, GrabCut, and Watershed Methods on Digital Image Segmentation of Coral and Fish Objects." *Journal of Computer Networks, Architecture and High Performance Computing*, Vol. 5, no. 1, pp. 88, 2003.
- [19] J. Pecchia and D. Beyer, "Pest management on US commercial mushroom farms." *Outlooks on Pest Management*, Vol. 24, no. 1, 28-29. 2013.
- [20] S. Jardim, J. António, Mora C. Graphical Image Region Extraction with K-Means Clustering and Watershed. *Journal of Imaging*, Vol. 8, no. 6, pp. 163, 2022.
- [21] R. Büchner, M. Vörös, H. Allaga, A. Varga, Bartal, A. Szekeres, A. Varga, S. Bajzát, J. Bakos-Barczi, N. Misz, A. et al, "Selection and Characterization of a *Bacillus* Strain for Potential Application in Industrial Production of White Button Mushroom." *Agronomy* 2022, Vol. 12, pp. 467, 2022.
- [22] G. Li, Y. Zhang, B. Xu and Li, X., "Image analysis and processing of skin cell injury based on opencv." In *Journal of Physics: Conference Series*, IOP Publishing, Vol. 1237, No. 3, pp. 8, 2019.

การลดอัตราส่วนของเสียในกระบวนการผลิตลูกชิ้นสำหรับวิสาหกิจขนาดย่อม

Reduction of defect rate in a meatball production for small enterprises

ประสิทธิ์ ไกรลมสม¹, วรัญญ ทิพย์โพธิ์^{2*}, ปานจิต ศรีสวัสดิ์², เชษฐ ศรีไมตรี²

ภริญา สังคมโนเวศ² และ ศรีณย์ เหล่าอยู่คง²

Prasit Kailomsom¹, Waranyoo Thippo², Panjit Srisawat², Chet Srimaitree²,

Piraya Sangkamanovet² and Saran Laoyookhong²

¹แขนงวิชาการจัดการอุตสาหกรรม คณะเทคโนโลยีอุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยราชภัฏเทพสตรี

²สาขาวิชาการจัดการอุตสาหกรรมและนวัตกรรม คณะเทคโนโลยีอุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยราชภัฏอุบลราชธานี

¹Major in Industrial Management, Faculty of Industrial Technology, Thepsatri Rajabhat University

²Department of Industrial Management and innovation, Faculty of Industrial Technology, Ubon Ratchathani Rajabhat University

*Email: waranyoo.t@ubru.ac.th

Received: Month DD, Year; Revised: Month DD, Year; Accepted: Month DD, Year

บทคัดย่อ

ร้านกรณีศึกษาเป็นวิสาหกิจขนาดย่อมที่ เป็นผู้ผลิตและจำหน่ายลูกชิ้น จากการศึกษาสภาพปัจจุบันด้วยการเก็บ ข้อมูลของเสียด้วยเครื่องมือคุณภาพ พบว่าร้านกรณีศึกษามีอัตราส่วนของเสียเกิดขึ้นในกระบวนการผลิตก่อนปรับปรุง คิดเป็น ร้อยละ 3.92 ซึ่งส่งผลให้เกิดต้นทุนผลิตสูงขึ้น ดังนั้นงานวิจัยนี้จึงมีวัตถุประสงค์เพื่อลดอัตราส่วนของเสียในกระบวนการผลิต ลูกชิ้น โดยเริ่มจากการคัดเลือกหัวข้อปัญหาที่มีความสำคัญด้วยหลักการวิเคราะห์ข้อบกพร่องและผลกระทบ และหลักการของ พารето ซึ่งได้คัดเลือกปัญหาจากลักษณะของเสีย 2 ลักษณะ ได้แก่ 1) ลูกชิ้นไม่กลม และ 2) ลูกชิ้นติดกัน จากนั้นผู้วิจัยจึงได้ ทำการวิเคราะห์เพื่อหาสาเหตุที่ทำให้เกิดของเสียโดยการประยุกต์ใช้แผนผังก้างปลาและระดมสมองกับร้านกรณีศึกษา พบว่า สาเหตุหลักที่ทำให้เกิดของเสีย คือ 1) การปรุงส่วนผสมผิด และ 2) การไม่มีระบบกระจายลูกชิ้นซึ่งทำให้ลูกชิ้นติดกัน ดังนั้น ผู้วิจัยจึงได้ดำเนินการปรับปรุงกระบวนการผลิตลูกชิ้น โดยการทำมาตรฐานการปรุง การตวง และจัดหาอุปกรณ์การตวง และ จัดทำระบบน้ำวนเพื่อให้ลูกชิ้นกระจายตัว โดยผลหลังดำเนินการปรับปรุง พบว่าอัตราส่วนของเสียในการผลิตลูกชิ้นลดลงร้อยละ 2.14 ซึ่งคิดเป็นร้อยละ 54.59 เมื่อเทียบกับอัตราส่วนของเสียของลูกชิ้นก่อนการปรับปรุง

คำสำคัญ : การปรับปรุงการผลิต, เครื่องมือคุณภาพ, การวิเคราะห์ข้อบกพร่องและผลกระทบ, อาหารแปรรูป

Abstract

The case study is a small enterprises who is a manufacturer and distributor of meatballs. In the present study, the data of defects were collected using quality tools. It was discovered that there is a defect rate occurring in the production process prior to improvement, which was calculated at 3.92 percent, thereby resulting in higher production costs. Therefore, the objective of this research is to reduce defect rate in the meatball production. Selecting important problems using Failure Mode and Effects Analysis and Pareto. The problems were selected based on characteristics of defects, with two identified: 1) the meatballs are not round, and 2) the meatballs are connected together. Afterwards, the researchers used fishbone diagrams and engaged in brainstorming sessions to analyze and identify the causes of the problems. The main causes of the defects were identified as: 1) incorrect seasoning of ingredients, and 2) a lack of a meatball distribution system, resulting in the meatballs sticking together. Consequently, the researchers proceeded to improve the meatball production by standardizing seasoning, measurement, and procuring measuring equipment, as well as establishing a circulation system for distributing meatballs. After the improvement process, it was discovered that the defect rate in meatball production decreased by 2.14 percent, representing a reduction of 54.59 percent compared to before the improvements.

Keywords : Production improvement, QC Tools, Failure Mode and Effects Analysis, Processed food

1. บทนำ

ปัจจุบันอุตสาหกรรมอาหารของไทยมีแนวโน้มขยายตัวเพิ่มขึ้น โดยข้อมูลจากกรมเจรจาการค้าระหว่างประเทศ [1] พบว่าในปีพ.ศ. 2567 ประเทศไทยมีการส่งออกสินค้าประเภทอาหารเพิ่มขึ้น โดยเฉพาะกลุ่มอาหารแปรรูปและพร้อมทานที่คาดว่าจะมีการมูลค่าการจำหน่ายเพิ่มขึ้นร้อยละ 3-4 ต่อปี [2] การขยายตัวอย่างรวดเร็วนี้จึงส่งผลต่อความสามารถในการแข่งขันของผู้ดำเนินธุรกิจอาหาร การควบคุมคุณภาพการผลิตเป็นอีกปัจจัยที่ช่วยลดต้นทุนการผลิตและสร้างได้เปรียบในการแข่งขันได้

ผลิตภัณฑ์ที่ได้จากการแปรรูปผลผลิตทางการเกษตรนั้นมีมากมาย เช่น ไส้กรอก หมูยอ เส้น แป้ง ฯลฯ โดยผลิตภัณฑ์ที่เป็นที่นิยมอีกประเภท คือ ลูกชิ้น เนื่องจากลูกชิ้นสามารถนำไปประกอบอาหารได้หลากหลายรับประทานได้สะดวก และมีราคาถูก จึงทำให้มีจำนวนผู้ประกอบการรายย่อยที่ผลิตลูกชิ้นมีมากขึ้น ซึ่งส่งผลต่อการแข่งขันทางธุรกิจตามมา

ร้านกรณีศึกษาเป็นวิสาหกิจขนาดย่อมดำเนินธุรกิจเกี่ยวกับการผลิตและจำหน่ายลูกชิ้น โดยมีกำลังการผลิตประมาณ 600-800 กิโลกรัม/วัน จากการศึกษา พบว่ามีอัตราส่วนของเสียที่เกิดจากกระบวนการผลิต โดยเฉลี่ยร้อยละ 3.92 หรือประมาณ 30 กิโลกรัม/วัน ส่งผลทำให้เกิดต้นทุนผลิตสูง ดังนั้นงานวิจัยนี้จึงมีวัตถุประสงค์เพื่อลดอัตราส่วนของเสียในกระบวนการผลิตลูกชิ้นของร้านกรณีศึกษา ซึ่งเป็นการลดต้นทุนการผลิต ส่งผลต่อศักยภาพในการแข่งขันทางธุรกิจเพื่อความอยู่รอดและให้เกิดความยั่งยืนต่อไป

2. งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

การลดของเสียเป็นหนึ่งในวิธีการการลดความสูญเสียเปล่า 7 ประการ [3] ถือเป็น การปรับปรุงหรือเพิ่มประสิทธิภาพในกระบวนการผลิต จากการทบทวนงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง พบว่ามีการแก้ปัญหาของเสียจากกระบวนการผลิตในหลากหลายอุตสาหกรรม เช่น อุตสาหกรรมเกษตร เครื่องสำอาง ชิ้นส่วนยานยนต์ เป็นต้น อาทิ นิพนธ์ มณีโชติ และผจงจิต

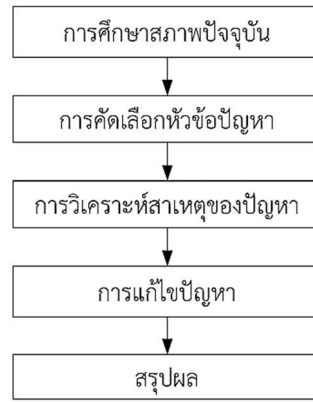
พิจิตรบรรจง [4] ได้ประยุกต์ใช้กิจกรรมกลุ่มคุณภาพเพื่อวิเคราะห์สาเหตุของปัญหาเพื่อลดของเสียในกระบวนการผลิตอย่างแท้จริง รวมทั้งธเนศ รัตนวิไล และคณะ [5] ได้ใช้เครื่องมือคุณภาพแก้ปัญหาโดยปรับปรุงสายพานลำเลียงเพื่อลดอัตราของเสียในการผลิตสบู่อีกทั้งอำนาจ อมฤก [6] ประยุกต์ใช้เครื่องมือคุณภาพหาสาเหตุของปัญหา โดยการหามาตรฐานตั้งค่าจิกและค่าร่วมศูนย์ของงาน ทำให้ลดของเสียในการผลิตชิ้นส่วนลดลงได้ นอกจากนี้ก็ตีตติชัย อธิกุลรัตน์ และคณะ [7] ได้ประยุกต์วิธีวิเคราะห์ข้อบกพร่องและผลกระทบ (Failure Mode and Effects Analysis: FMEA) เพื่อคัดเลือกปัญหาและลดของเสียที่เกิดในกระบวนการผลิตเสาไฟฟ้า

อย่างไรก็ตามยังมีงานวิจัยที่เพิ่มประสิทธิภาพการผลิตโดยการลดของเสียในอุตสาหกรรมอาหาร เช่น งานวิจัยของ ตีรสกร เขมาสิทธิ์ และรณนิทร กิจกล้า [8] การประยุกต์ใช้วิธีการซิกซ์ซิกม่าด้วยขั้นตอน DMAIC มาแก้ไขปัญหาลดของเสียที่เกิดขึ้นในกระบวนการผลิตไส้กรอกที่ไม่ได้ขนาด และงานวิจัยของเนติ วัชระโชติพิมาย และรุ่งฉัตร ชมภูอินทว [9] ได้ประยุกต์ใช้ขั้นตอน DMAIC และการออกแบบการทดลองเพื่อหาปัจจัยที่เหมาะสมในการแช่ผักเพื่อลดของเสียในกระบวนการผลิตผักแช่แข็ง นอกจากนี้ฉัตรพล พิมพา และคณะ [10] ลดของเสียในกระบวนการผลิตข้าวตู ซึ่งเป็นการแปรรูปจากผลผลิตทางการเกษตรโดยใช้เครื่องมือคุณภาพ เช่น แผนภาพก้างปลาเพื่อวิเคราะห์หาสาเหตุ และสร้างเครื่องจักรเพื่อให้ผลิตภัณฑ์ตรงตามมาตรฐานที่กำหนด อีกทั้งสุกิต แซ่ว่อง [11] ได้ประยุกต์ใช้แนวทางคิวซีสตอร์ซึ่งเป็นการควบคุมภาพเพื่อลดสัดส่วนของเสียในการผลิตอาหารกุ้งลงได้

ดังนั้นงานวิจัยนี้จึงประยุกต์ใช้เครื่องมือคุณภาพเพื่อนำมาปรับปรุงกระบวนการผลิตและลดอัตราของเสีย ซึ่งถือเป็นความสูญเสียเปล่าในกระบวนการผลิตลูกชิ้นของร้านกรณีศึกษา ดังแสดงในหัวข้อถัดไป

3. ขั้นตอนการดำเนินงานวิจัย

งานวิจัยนี้มีขั้นตอนการดำเนินการวิจัย 5 ขั้นตอน เพื่อแก้ปัญหาและลดอัตราของเสียในกระบวนการผลิตลูกชิ้น ดังแสดงในรูปที่ 1



รูปที่ 1 ขั้นตอนการดำเนินงานวิจัย

4. ผลการดำเนินงานวิจัย

4.1 การศึกษาสภาพปัจจุบัน

ผู้วิจัยได้ศึกษาและเก็บข้อมูลในกระบวนการผลิตลูกชิ้นแห่งหนึ่งในวิสาหกิจขนาดย่อม พบว่ามีขั้นตอนการผลิต 7 ขั้นตอน จากนั้นจึงประยุกต์ใช้แผ่นตรวจสอบ (Check Sheet) เพื่อตรวจหาลักษณะของเสียที่เกิดขึ้นในแต่ละขั้นตอนของกระบวนการผลิตลูกชิ้น พบว่ามีลักษณะของเสียเกิดขึ้นทั้งหมด 8 ลักษณะ ดังแสดงในตารางที่ 1

ตารางที่ 1 ลักษณะของเสียที่เกิดในกระบวนการผลิตลูกชิ้น

ขั้นตอน	ลักษณะของเสีย							
	ลูกชิ้นไม่กลม	เนื้อไม่ละเอียด	ผิวลูกชิ้นไม่สวย	ลูกชิ้นติดกัน	เนื้อและ	ลูกชิ้นไม่สุก	ส่วนผสมไม่เข้ากัน	ลูกชิ้นไม่แห้ง
1. การเตรียมวัตถุดิบ	-	-	-	-	-	-	-	-
2. การบดเนื้อ	-	√	-	-	√	-	-	-
3. การปรุงส่วนผสม	-	-	-	-	√	-	√	-
4. การปั้นลูกชิ้น	√	-	√	√	-	-	-	-
5. การต้มลูกชิ้น	-	-	-	-	-	√	-	-
6. การผึ่งลมลูกชิ้น	-	-	-	-	-	-	-	√
7. การบรรจุถุงลูกชิ้น	-	-	-	-	-	-	-	-

4.2 การคัดเลือกหัวข้อปัญหา

จากการตรวจหาลักษณะของเสียในกระบวนการผลิตลูกชิ้น ด้วยแผ่นตรวจสอบ พบว่ามีจำนวนลักษณะของเสีย 8 ลักษณะ ซึ่งเป็นปัญหาที่มีความสำคัญที่ต่างกัน ดังนั้นงานวิจัยนี้ต้องคัดเลือกหัวข้อปัญหาที่สำคัญและต้องแก้ไขอย่างเร่งด่วนก่อน จึงได้ประยุกต์ใช้วิธีการวิเคราะห์ข้อบกพร่องและผลกระทบ (FMEA) โดยคำนึงถึงองค์ประกอบ 3 ประการ คือ 1) ความรุนแรงของปัญหา (S) 2) ความถี่ในการเกิดปัญหา (O) และ 3) ความเป็นไปได้ในการแก้ปัญหา (D) เพื่อนำมาหาค่าคะแนนลำดับความเสี่ยง (Risk priority number: RPN) ใช้เพื่อคัดเลือกหัวข้อปัญหา โดยมีเกณฑ์ดังแสดงในตารางที่ 2-4

ตารางที่ 2 เกณฑ์การประเมินความรุนแรงของปัญหา (S)

เกณฑ์	คะแนน
มีผลกระทบต่อของเสียมากที่สุด	4
มีผลกระทบต่อของเสียมาก	3
มีผลกระทบต่อของเสียปานกลาง	2
มีผลกระทบต่อของเสียน้อย	1

ตารางที่ 3 เกณฑ์การประเมินความถี่ในการเกิดปัญหา (O)

เกณฑ์	คะแนน
เกิดขึ้นทุกวันทีผลิต (ทุกรอบการผลิต)	4
เกิดขึ้นบ่อยครั้ง (ทุกสัปดาห์)	3
ไม่ค่อยเกิด (มากกว่า 1 สัปดาห์)	2
เกิดขึ้นน้อย (มากกว่า 1 เดือน)	1

ตารางที่ 4 เกณฑ์การประเมินความเป็นไปได้ในการแก้ปัญหา (D)

เกณฑ์	คะแนน
ใช้ระยะเวลาในการแก้ปัญหาน้อยมี ความซับซ้อนของปัญหาน้อย	4
ใช้ระยะเวลาในการแก้ปัญหาน้อยมี ความซับซ้อนของปัญหามาก	3
ใช้ระยะเวลาในการแก้ปัญหามากมีความ ซับซ้อนของปัญหาน้อย	2
ใช้ระยะเวลาในการแก้ปัญหามากมีความ ซับซ้อนของปัญหามาก	1

เมื่อได้เกณฑ์ประเมินข้างต้นแล้ว จึงนำไปให้ผู้ที่มีส่วนเกี่ยวข้อง 3 คน ได้แก่ เจ้าของร้านกรณีศึกษา หัวหน้างาน และพนักงาน ประเมินและหาค่า RPN [12] ดังสมการที่ 1

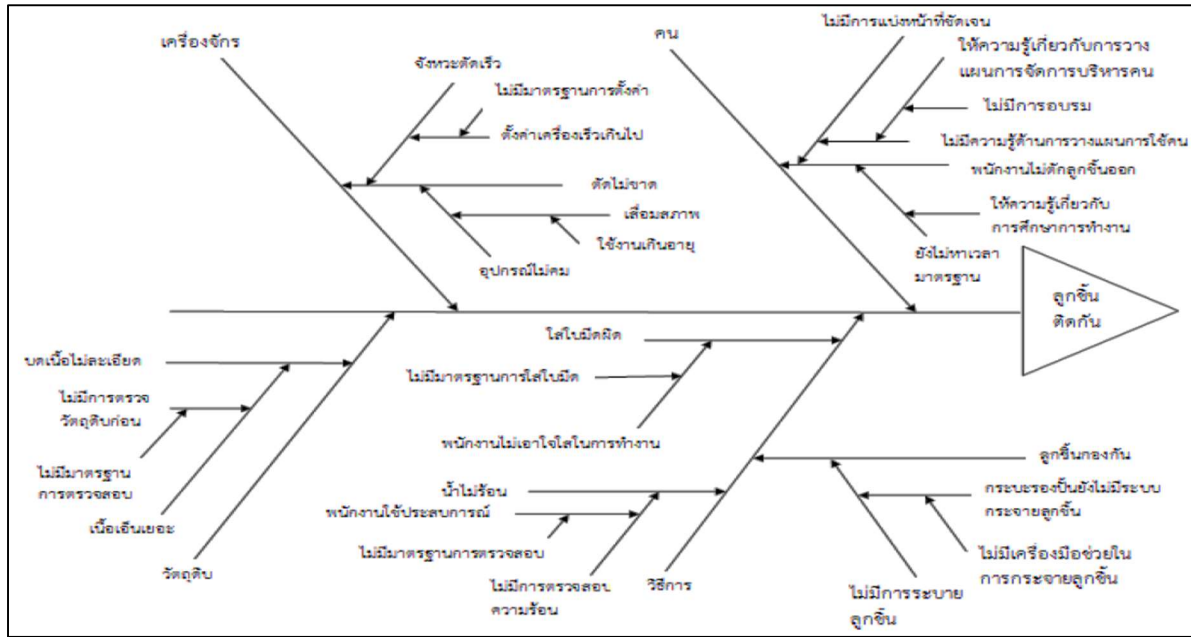
$$RPN=S \times O \times D \quad (1)$$

เมื่อได้คะแนน RPN จากผู้ประเมินทั้ง 3 ท่าน จากนั้นจึงนำคะแนนมาหาค่าเฉลี่ย ดังแสดงในตารางที่ 5

ตารางที่ 5 คะแนนเฉลี่ยของค่า RPN ที่ได้จากการประเมิน

ลักษณะของเสีย	เจ้าของร้าน	หัวหน้างาน	พนักงาน	คะแนนเฉลี่ย
1. ลูกชิ้นไม่กลม	64	64	64	64
2. เนื้อไม่ละเอียด	8	3	4	5
3. ผิวลูกชิ้นไม่สวย	8	8	12	9.33
4. ลูกชิ้นติดกัน	48	64	64	53.33
5. เนื้อแฉะ	3	3	3	3
6. ลูกชิ้นไม่สุก	4	8	8	6.66
7. ส่วนผสมไม่เข้ากัน	3	6	6	5
8. ลูกชิ้นไม่แห้ง	4	6	6	5.33

จากตารางที่ 5 แสดงคะแนนเฉลี่ยของค่า RPN ที่ได้จากการประเมินของผู้ที่เกี่ยวข้อง 3 คน แสดงถึงลำดับความสำคัญของปัญหาของเสียที่เกิดขึ้น เพื่อคัดเลือกปัญหาที่มีความสำคัญและต้องดำเนินการแก้ไขก่อน จึงต้องประยุกต์ใช้หลักการของพาเรโตมาคัดเลือกปัญหา ดังแสดงรูปที่ 2



รูปที่ 5 การวิเคราะห์สาเหตุปัญหาลูกชิ้นติดกัน

จากรูปที่ 4-5 เป็นการวิเคราะห์หาสาเหตุที่ทำให้เกิดของเสียในกระบวนการผลิตลูกชิ้น พบว่ามีหลายสาเหตุที่ทำให้เกิดปัญหาของเสีย ผู้วิจัยจึงได้ระดมสมองกับผู้ประเมินทั้ง 3 คน เพื่อหาวิธีการแก้ปัญหาทั้ง 2 ปัญหา ซึ่งได้อธิบายในหัวข้อถัดไป

4.4 การแก้ไข้ปัญหา



จากการระดมสมองและวิเคราะห์สาเหตุของปัญหาของเสียในกระบวนการผลิตลูกชิ้น พบว่ามีสาเหตุหลัก 2 สาเหตุ ที่ทำให้เกิดปัญหา คือ การปรุงส่วนผสมผิด และ







ไม่มีระบบกระจายลูกชิ้น ดังนั้นผู้วิจัยและผู้ที่มีส่วนเกี่ยวข้องจากร้านกรณีศึกษาจึงได้ร่วมปรึกษาเพื่อหาแนวทางแก้ไข้ปัญหาที่เกิดจากสาเหตุแรกๆ ทั้ง 2 ปัญหา ดังนี้

4.4.1 การแก้ไข้ปัญหาที่ทำให้ลูกชิ้นไม่กลม

เนื่องจากสาเหตุที่ทำให้ลูกชิ้นไม่กลม คือ การปรุงส่วนผสมผิด ผู้วิจัยจึงปรับปรุงด้วยการทำมาตรฐานการปรุงส่วนผสม ทำมาตรฐานการตวง และจัดหาอุปกรณ์การตวงส่วนผสม ดังแสดงในตารางที่ 6

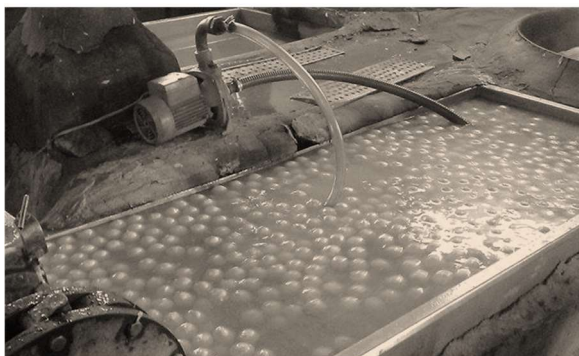
ตารางที่ 6 ขั้นตอนการปฏิบัติงานเพื่อมาตรฐานการทำงานของการปรุงลูกชิ้น

ขั้นตอนการปฏิบัติงาน (Work Instruction)			Page
เรื่องมาตรฐานการทำงานของการปรุงส่วนผสมลูกชิ้น			1/1
จุดประสงค์ : เพื่อให้การปรุงส่วนผสมลูกชิ้นเป็นมาตรฐาน			
ขั้นตอน	ขั้นตอนการปฏิบัติงาน	ภาพประกอบ	อุปกรณ์ที่ใช้
1	นำเนื้อที่บดใส่เครื่องบดจำนวน 55 กก.		
2	เปิดเครื่องตีผสมเพื่อให้เครื่องทำงาน		

<p>3</p> <p>ใส่เครื่องปรุง</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. ใส่เกลือ 0.5 กก. 2. ใส่กระเทียม 0.2 กก. 3. ใส่ผงชูรส 0.3 กก. 4. ใส่ผงกันบูด 0.3 กก. 5. ใส่พริกไทย 0.1 กก. 6. ใส่ผงเหนียว 0.1 กก. 7. ใส่ผงกรอบ 0.1 กก. 8. ใส่กลั่นเนื้อ 0.4 กก. 9. ใส่ดีน้ำตาล 0.7 กก. 10. ใส่ซีอิ๊วดำ 0.2 กก. 11. ใส่แป้ง 5 กก. 12.ใส่น้ำแข็ง 5 กก. 		
<p>4</p> <p>ปิดเครื่องตีผสมเพื่อให้เครื่องหยุดทำงาน</p>		
<p>5</p> <p>เอาเนื้อที่ปรุงเสร็จออกจากเครื่อง</p>		

4.4.2 การแก้ไขปัญหาที่ทำให้ลูกชิ้นติดกัน

เนื่องจากสาเหตุที่ทำให้ลูกชิ้นติดกัน คือ การลูกชิ้นตกลงจากเครื่องปั่นแล้วลงไปกองในจุดเดียวกัน ผู้วิจัยจึงปรับปรุงด้วยการทำระบบกระจายลูกชิ้น โดยจัดทำจากปั้มน้ำเพื่อใช้ประโยชน์จากแรงดันน้ำ ดันลูกชิ้นไม่ให้กองกันในบริเวณเดียวกัน ดังแสดงในรูปที่ 6



รูปที่ 6 การทำระบบกระจายลูกชิ้น

การทำระบบนี้ว่นจะทำให้ลูกชิ้นไม่ติดกัน ลูกชิ้นไม่ตกลงกองตรงกัน จะทำให้การปั่นลูกชิ้นนั้นเกิดของเสียลดลง ช่วยให้การทำงานเกิดความต่อเนื่อง สะดวก ปลอดภัย เพราะพนักงานไม่ต้องคอยตักลูกชิ้นอยู่ตลอดเวลา และทำให้พนักงานทำงานได้สะดวกมากขึ้น

5. การสรุปผลการวิจัย

จากการดำเนินการแก้ปัญหา ผู้วิจัยได้ทำการติดตามผลหลังจากได้ดำเนินการปรับปรุงกระบวนการผลิตลูกชิ้น โดยมีการดำเนินงาน ดังนี้ 1) ทำมาตรฐานการปรุงส่วนผสม การตวง และจัดหาอุปกรณ์การตวงส่วนผสมที่เป็นมาตรฐาน 2) จัดทำระบบนี้ว่นเพื่อกระจายลูกชิ้น ซึ่งภายหลังการนำมามาตรการแก้ปัญหาทั้ง 2 ไปใช้ สามารถลดของเสียในลักษณะลูกชิ้นไม่กลม และลูกชิ้นติดกัน

ทั้งนี้ผู้วิจัยเก็บข้อมูลก่อน-หลังปรับปรุงตามรอบการผลิตลูกชิ้น (Batch) จำนวน 7 รอบการผลิต รอบละประมาณ 700-800 กิโลกรัม โดยเก็บอัตราส่วนของเสียในแต่ละ

ขั้นตอนของการผลิตลูกชิ้น จากนั้นจึงนำมาหาค่าเฉลี่ยของ อัตราส่วนของเสีย ดังแสดงในตารางที่ 7

ตารางที่ 7 การเปรียบเทียบอัตราส่วนของเสียก่อนปรับปรุง และหลังปรับปรุง

ขั้นตอน	อัตราส่วนของเสียเฉลี่ย		ผลต่าง
	ก่อนปรับปรุง	หลังปรับปรุง	
1. การเตรียมวัตถุดิบ	0	0	0
2. การบดเนื้อ	0.25	0.24	0.01
3. การปรุงส่วนผสม	0.77	0	0.77
4. การปั้นลูกชิ้น	1.95	0.81	1.14
5. การต้มลูกชิ้น	0.95	0.73	0.22
6. การผึ่งลมลูกชิ้น	0.01	0.01	0
7. การบรรจุถุงลูกชิ้น	0	0	0
รวม	3.92	1.78	2.14

จากตารางที่ 7 พบว่าอัตราส่วนของเสียเฉลี่ยก่อนปรับปรุง รวม คิดเป็นร้อยละ 3.92 เมื่อพิจารณาอัตราส่วนของเสียหลังปรับปรุงกระบวนการผลิตลูกชิ้น พบว่าอัตราส่วนของเสียคิดเป็นร้อยละ 1.78 ซึ่งลดลงจากเดิมคิดเป็นร้อยละ 2.14 หรือสามารถลดอัตราส่วนของเสียลง ร้อยละ 54.59

การแก้ไขปัญหาลูกชิ้นไม่กลมและลูกชิ้นติดกัน ซึ่งเกิดจากสาเหตุ คือ การปรุงส่วนผสมผิด และการไม่มีระบบกระจายลูกชิ้น ซึ่งทำให้เกิดของเสียเกิดขึ้น ทางผู้วิจัยจึงได้แก้ไขโดยการทำมาตรฐานการปรุงส่วนผสม และจัดทำระบบน้ำวนเพื่อกระจายลูกชิ้นแล้ว ซึ่งวิธีแก้ปัญหาข้างต้นเป็นการแก้ไขปัญหาในขั้นตอนการปรุงส่วนผสมและการปั้นลูกชิ้น โดยผลหลังการปรับปรุงอัตราส่วนของเสียลดลงได้เกินครึ่งของอัตราส่วนของเสียก่อนปรับปรุง ซึ่งเห็นได้ว่าการวิจัยนี้มีการประยุกต์เครื่องมือคุณภาพเพื่อนำมาปรับปรุงกระบวนการผลิตในอุตสาหกรรมอาหาร ซึ่งสามารถลดปริมาณของเสียได้เช่นกับงานของฉัตรพล พิมพา และคณะ [10]

การปรับปรุงโดยการลดอัตราส่วนของเสียในกระบวนการผลิตลูกชิ้นได้ส่งผลต่อการลดต้นทุนการผลิตให้แก่ร้านการศึกษาซึ่งเป็นวิสาหกิจขนาดย่อมมีกำไรมาก

ขึ้น มีความสามารถในการแข่งขัน และตอบสนองความต้องการลูกค้าได้มากขึ้น ทำให้การดำเนินธุรกิจของร้านกรณีศึกษาอยู่รอดและยั่งยืนต่อไป

6. ข้อเสนอแนะ

จากการปรับปรุงโดยการทำมาตรฐานการทำงาน โดยการทำมาตรฐานการปรุงส่วนผสมทำให้ร้านกรณีศึกษาลดปริมาณของเสียในกระบวนการผลิตลูกชิ้นลงได้ ดังนั้นหากวิสาหกิจขนาดย่อมหรือผู้ประกอบการรายย่อยที่ประยุกต์ใช้หรือสร้างมาตรฐานการทำงานจะส่งผลดีในการดำเนินธุรกิจต่อไป

7. เอกสารอ้างอิง

- [1] Department of Trade Negotiations, *Summary of Thai products with export potential under FTA in January 2024*, Nontaburi, Department of Trade Negotiations, 2024 (in Thai).
- [2] Krungsri Research, *Trends in the Food and Beverage Industry 2024-26 (Ready-to-Eat Industry)*, Bangkok, Krungsri Research, 2024 (in Thai).
- [3] M. H. A. Soliman, *The Seven Deadly Wastes and How to Remove Them from Your Business: The Heart of the Toyota Production System* (2nd ed.). Boston, Personal-lean.org, 2020.
- [4] N. Maneechot and P. Pijitbanjong, "Defect Reduction in Standard Thai Rubber Production Process," *Thai Industrial Engineering Network Journal*, vol. 5, no. 1, pp. 66–74, Jun. 2019 (in Thai).
- [5] T. Ratanawilai, S. Baraheng, and S. Jirasatitsin, "Reduction of Defect Rate in Bar Soap Manufacturing Process," *RMUTP Research Journal*, vol. 17, no. 1, pp. 52–66, Jun. 2023 (in Thai).

- [6] A. Amaluk, “Defect Reduction in Machine Parts Production Processes : A Case Study of Supreme Precision Manufacturing Co.,Ltd.,” *Thai Industrial Engineering Network Journal*, vol. 5, no. 1, pp. 36–48, Jun. 2019 (in Thai).
- [7] K. Athikulrat, S. Jangruxsakul, and J. Plychumpol, “Application of Failure Mode and Effects Analysis to Reduce Wastes Power Pole Production Process,” *Engineering and Technology Horizons*, vol. 38, no. 3, pp. 63–76, Sep. 2021 (in Thai).
- [8] T. Khemasit and R. Kijkla, “Reduce Waste from the Manufacture of Sausage with the Application DMAIC Case Study: Food industry,” *Journal of Industrial Technology*, vol. 11, no. 2, pp. 77-83, Dec. 2016 (in Thai).
- [9] N. Watcharachotpimai and R. Chompu-inwai, “Waste Reduction in Frozen Vegetable Production Using Six Sigma Technique,” *Engineering Journal Chiang Mai University*, vol. 19, no. 2, pp. 23-33, Dec. 2012 (in Thai).
- [10] C. Phimpha, B. P. Ponatong and S. Nannar, “Waste reduction in khao tu production process of agriproduct processing groups,” *Industrial Technology Journal*, vol. 7, no. 2, pp. 113-122, Dec. 2023 (in Thai).
- [11] S. Saewong, “Reduction of defect rate in a shrimp feed process,” M.S. Thesis, Department of Industrial Management Engineering, Prince of Songkla University, Songkhla, 2010 (in Thai).
- [12] K. Ploypanichcharoen, *Failure mode and effect analysis*, Bangkok: TPA Publishing, 2007 (in Thai).

การปรับปรุงกระบวนการปฏิบัติงานเพื่อลดขั้นตอนการให้บริการประชาชนด้วยระบบ
สารบรรณอิเล็กทรอนิกส์ : กรณีศึกษา องค์การบริหารส่วนตำบล
Work Process Improvement for Minimizing Public Service Delivery
using Electronic Document System: A Case Study of
Sub-district Administrative Organization

กิงกาญจน์ กิตติสุนทรโรภาส¹, ยุทธณรงค์ จงจันทร์¹, นรินทร์ กุลนภาดล², สุทธิดา การะเวก^{1*},
ศรีนยา ประทีปชนะชัย³, ภูมิ พรประเสริฐ⁴ และองอาจ รอดพิทักษ์⁵
Kingkarn Kittisuntaropas¹, Yuthanarong Jongjun¹, Narin Koolnapadol², Sutthida Karawek^{1*},
Sarinya Prateepchanachai³, Peema Pornprasert⁴ and Ongart Rodphitak⁵

¹สาขาวิชาวิศวกรรมโลจิสติกส์และกระบวนการ คณะเทคโนโลยีอุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยราชภัฏราชชนครินทร์

²สาขาวิชาวิศวกรรมเครื่องกลยานยนต์ คณะเทคโนโลยีอุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยราชภัฏราชชนครินทร์

³สาขาวิชาวิศวกรรมการจัดการอุตสาหกรรม คณะเทคโนโลยีอุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยราชภัฏราชชนครินทร์

⁴สาขาวิชาการจัดการโลจิสติกส์ คณะเทคโนโลยีอุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยราชภัฏอุบลราชธานี

⁵รองปลัดองค์การบริหารส่วนตำบลเมืองใหม่ อำเภอราชสาส์น จังหวัดฉะเชิงเทรา

¹Department of Logistics and Process Engineering, Faculty of Industrial Technology, Rajanagarindra Rajabhat University

²Department of Automotive Mechanical Engineering, Faculty of Industrial Technology, Rajabhat Rajanagarindra University

³Department of Industrial Management Engineering, Faculty of Industrial Technology, Rajanagarindra Rajabhat University

⁴Department of Logistics Management, Faculty of Industrial Technology, Ubon Ratchatani Rajabhat University

⁵Deputy Permanent Secretary of Mueang Mai Subdistrict Administrative Organization Rajsan District

Chachoengsao Province

*Email: sutthida@techno.rru.ac.th

Received: January 29, 2024; Revised: April 26, 2024; Accepted: April 29, 2024

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์ในการปรับปรุงกระบวนการปฏิบัติงานเพื่อลดขั้นตอนในการติดต่อราชการ ขององค์การบริหารส่วนตำบลตัวอย่าง ซึ่งปัจจุบันมีขั้นตอนในการติดต่อมากถึง 21 ขั้นตอน ใช้ระยะทาง 3,091 เมตร โดยเสียเวลาในการติดต่อราชการจนแล้วเสร็จ 176 นาที ผู้วิจัยเริ่มต้นการเก็บข้อมูลด้วยแผนภูมิการไหล โดยเลือกหน่วยงานกองช่าง เป็นหน่วยงานกรณีศึกษาพบว่าขั้นตอนการให้บริการแบ่งเป็นการปฏิบัติงาน 7 ขั้นตอน การเคลื่อนย้าย 9 ขั้นตอน การรอคอย 2 ขั้นตอน การตรวจสอบ 2 ขั้นตอน และการจัดเก็บ 1 ขั้นตอน จากการสังเกตขั้นตอนการให้บริการพบว่าขั้นตอนการเคลื่อนย้ายมีมากกว่าขั้นตอนการปฏิบัติงานอยู่ 2 ขั้นตอน ซึ่งอาจจะเป็นสาเหตุที่ทำให้การรับบริการของประชาชนเกิดความล่าช้า ผู้วิจัยเลือกใช้เครื่องมือควบคุมคุณภาพในการวิเคราะห์สาเหตุของปัญหาพบว่าขั้นตอนการให้บริการประชาชนในการติดต่อราชการและระบบงานสารบรรณ ขององค์การบริหารส่วนตำบลเมืองใหม่เป็นการให้บริการและระบบงานสารบรรณแบบเดิมที่ใช้มาตั้งแต่เปิดทำการขาดการปรับปรุงพัฒนาให้มีความทันสมัย ใช้เทคนิคการตั้งคำถาม 5W1H วิเคราะห์เพื่อกำหนดแนวทางการแก้ไข ผลการวิเคราะห์เสนอให้มีการปรับปรุงขั้นตอนการให้บริการแบบเดิมมาเป็นระบบศูนย์บริการแบบ

จุดเดียวเบ็ดเสร็จเพื่อนำงานที่ให้บริการทั้งหมดที่เกี่ยวข้องมารวมให้บริการอยู่ในสถานที่เดียวกัน ในลักษณะที่ส่งต่องานระหว่างกันทันทีหรือเสร็จในขั้นตอนหรือเสร็จในจุดให้บริการเดียวเพื่อให้การให้บริการมีความรวดเร็วขึ้นพร้อมทั้งปรับปรุงงานสารบรรณแบบเดิมให้เป็นระบบสารบรรณอิเล็กทรอนิกส์สำหรับหน่วยงานภาครัฐ ผลการดำเนินงานสามารถลดขั้นตอนการปฏิบัติงานได้จาก 21 ขั้นตอน เหลือ 9 ขั้นตอน ลดลง 12 ขั้นตอน คิดเป็นร้อยละ 57.14 ลดระยะทางในการติดต่อราชการได้จาก 3,091 เมตร เหลือ 0 เมตร คิดเป็นร้อยละ 100 และลดเวลาในการติดต่อราชการได้จาก 176 นาที เหลือ 47 นาที ลดลง 129 นาที คิดเป็นร้อยละ 149.29

คำสำคัญ : ระบบสารบรรณอิเล็กทรอนิกส์, แผนภูมิการไหล, เครื่องมือควบคุมคุณภาพ

Abstract

The objective of this research is to enhance the workflow, aiming to minimize the steps involved in accessing government services provided by the sub-district administration organization in the example province. Presently, 21 steps are covering a distance of 3,091 meters, and it takes 176 minutes to complete the service contact process. The research commenced with a flowchart analysis, focusing on the Department of Public Works as a case study unit. The observation revealed that the service process comprises 7 steps in the workflow, 9 steps in transportation, 2 steps in waiting, 2 steps in checking, and 1 step in storage. It was noted that transportation steps outnumber the workflow steps by 2 steps, potentially causing delays in public service. Quality control tools were employed to analyze the root causes of the problem. It was discovered that the service process for contacting the government and the document system of the sub-district organization are traditional and have not been updated since its establishment, lacking modernization. Using the 5W1H questioning technique, an analysis was conducted to determine corrective measures. The results propose improvements to transform the traditional service process into a centralized service center, consolidating all related services into one location. This includes immediate task delegation or completion at a single service point to expedite service delivery. Furthermore, the traditional document workflow is proposed to be transformed into an electronic document system for public agencies. The outcomes of the research indicate a reduction in the service process steps from 21 steps down to 9 steps, a decrease of 12 steps, accounting for 57.14%. Additionally, there is a reduction in the distance for contacting government officials from 3,091 meters to 0 meters, accounting for 100%. The time for contacting government officials has decreased from 176 minutes to 47 minutes, a decrease of 129 minutes, equivalent to 149.29%.

Keywords: Electronic Document System, Flowchart Analysis, Quality Control Tools

1. บทนำ

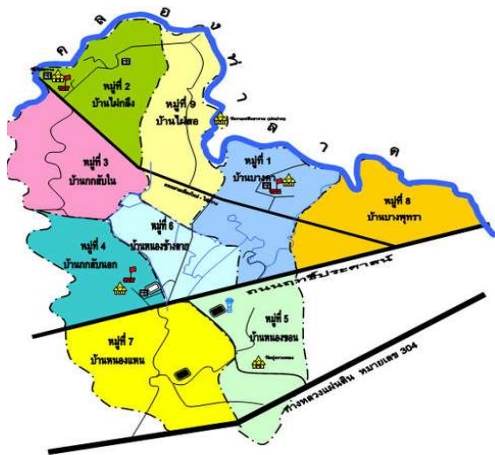
รัฐบาลต้องการผลักดันให้หน่วยงานภาครัฐพัฒนาระบบงานสู่การบริหารงานแบบอิเล็กทรอนิกส์ เพื่อพัฒนาความสามารถในการทำงานขององค์กร ทำให้ระบบงานสารบรรณอิเล็กทรอนิกส์ถูกนำมาใช้งานในองค์กรต่าง ๆ อย่าง

แพร่หลายในปัจจุบัน ข้อดีของการใช้ระบบสารบรรณอิเล็กทรอนิกส์ เช่น ประหยัดเวลา, ลดความซับซ้อนของงานเอกสาร, ใช้งานง่ายไม่ยุ่งยาก, สามารถทำงานได้ทุกที่ และประชาชนเข้าถึงได้ สารบรรณอิเล็กทรอนิกส์ ประกอบด้วย

- 1) ระบบสารบรรณอิเล็กทรอนิกส์: ทำหน้าที่สนับสนุนงาน

ด้านสารบรรณทั้งหมด มีรูปแบบรับส่งเอกสาร บริหารการเดินหนังสือ และการลงรับทราบเอกสารภายในหน่วยงานราชการ และ 2) ระบบจัดเก็บและค้นหาเอกสาร: การบริหารจัดการเอกสารภายในหน่วยงาน, การจัดเก็บ, การจัดระเบียบ และการสืบค้นเอกสารอิเล็กทรอนิกส์ทุกประเภทมาพร้อมระบบควบคุมสิทธิ์ในการดูเข้าถึงเอกสารตามลำดับสอดคล้องกับงานวิจัยของ วสุธาทิพย์ จงจิตต์ [1] ศึกษาประสิทธิผลที่เกิดขึ้นจากการใช้งานระบบสารบรรณอิเล็กทรอนิกส์ (Electronic Document System: e-Doc) ของคณะแพทยศาสตร์ศิริราชพยาบาล พบว่าการใช้ด้านการวัดประสิทธิผล, ด้านคุณภาพระบบ, ด้านคุณภาพข้อมูล และด้านคุณภาพบริการ จากผู้ใช้งานระบบสังกัดสำนักงานคณบดี สำนักงาน, ผู้อำนวยการโรงพยาบาล และภาควิชา/ศูนย์/สถาน ซึ่งด้านคุณภาพระบบจัดอยู่ในระดับปานกลาง โดยผู้ใช้งานระบบทั้ง 3 สังกัดงาน มีความคิดเห็นแตกต่างกัน เนื่องจากระบบสามารถช่วยอำนวยความสะดวก รวดเร็ว เมื่อเทียบกับการทำงานแบบเดิมในรูปแบบเอกสาร แต่อยู่ในช่วงเริ่มต้นทำให้การสื่อสาร และการสร้างความรู้ความเข้าใจยังไม่ทั่วถึงและเพียงพอกับผู้ใช้งานระบบ ควรเพิ่มช่องทางการติดต่อแก้ไขปัญหาหรือสอบถามในข้อสงสัยฯ ข้อเสนอแนะควรพัฒนาให้การทำงานง่ายขึ้น พัฒนาบุคลากรให้มีการบริหารจัดการด้านระบบสารบรรณอิเล็กทรอนิกส์ เพื่อเพิ่มประสิทธิภาพในการปฏิบัติงานให้บรรลุเป้าหมาย

องค์การบริหารส่วนตำบลกรณีศึกษาเป็นองค์การบริหารส่วนตำบลอยู่ในของอำเภอราชสาสน์ โดยมีหมู่บ้านในความรับผิดชอบทั้งหมด 9 หมู่บ้าน ดังแสดงในรูปที่ 1



รูปที่ 1 แผนที่องค์การบริหารส่วนตำบล [2]

จากรูปที่ 1 องค์การบริหารส่วนตำบล ตั้งอยู่เลขที่ 199 ในพื้นที่หมู่ที่ 6 มีส่วนงานในความรับผิดชอบเพื่อให้การบริการประชาชน ทั้งหมด 5 ส่วน ประกอบด้วย สำนักปลัด, กองช่าง, กองคลัง, กองศึกษาและวัฒนธรรม และกองสาธารณสุขและสิ่งแวดล้อม ปัจจุบันการติดต่อเพื่อใช้บริการของประชาชนในพื้นที่ องค์การบริหารส่วนตำบลตัวอย่างยังให้การบริการในรูปแบบเดิมซึ่งต้องเดินทางมารับบริการ ที่ทำการขององค์การบริหารส่วนตำบล ซึ่งต้องเสียเวลาในการเดินทาง การเตรียมเอกสาร และขั้นตอนการรับบริการที่ต้องผ่านทั้งการตรวจสอบเอกสาร และการเดินทางไปหาหน่วยงานที่ต้องการ เนื่องจากหน่วยงานมีที่ตั้งอยู่คนละจุดทำให้ประชาชนผู้มาใช้บริการบางคนต้องเสียเวลาทั้งวันในการรับบริการเนื่องจากมีพื้นที่ไกลจากจุดที่ตั้ง

งานวิจัยนี้จึงมีวัตถุประสงค์เพื่อปรับปรุงกระบวนการปฏิบัติงานเพื่อลดขั้นตอนในการให้บริการประชาชนด้วยการใช้ระบบสารบรรณอิเล็กทรอนิกส์

2. ทฤษฎีและวรรณกรรมที่เกี่ยวข้อง

2.1 แผนภูมิการไหล [3]

แผนภูมิกะบวนการไหล เป็นแผนภูมิที่นำมาใช้เพื่อทำการเก็บข้อมูลและวิเคราะห์ขั้นตอนการไหล (Flow) ของกระบวนการทำงาน ที่เคลื่อนไปในกระบวนการพร้อมกับกิจกรรมต่าง ๆ โดยใช้สัญลักษณ์มาตรฐาน 5 สัญลักษณ์ ที่ถูกกำหนดโดยสมาคมวิศวกรรมเครื่องกลของอเมริกาโดยแบ่งกิจกรรมในวิธีการทำงานออกเป็น 5 กลุ่มใหญ่ ๆ ดังแสดงในตารางที่ 1

ตารางที่ 1 สัญลักษณ์มาตรฐานการไหลของกระบวนการ

สัญลักษณ์	ความหมาย
●	การปฏิบัติงาน (Operation)
■	การตรวจสอบ (Inspection)
➔	การเคลื่อนย้าย (Transportation)
⊖	การรอคอย (Delay)
▼	การจัดเก็บ (Storage)

จากตารางที่ 1 สัญลักษณ์ของแผนภูมิการไหลจะใช้ในการบันทึกข้อมูลกระบวนการอย่างละเอียดเพื่อให้ผู้วิจัย

นำไปใช้ในการวิเคราะห์สาเหตุของปัญหาต่อไป สอดคล้องงานวิจัยของ ยุทธณรงค์ จงจันทร์ ปรับปรุงกระบวนการผลิตชิ้นส่วนไส้เตา โดยใช้แผนภูมิการไหลของกระบวนการผลิตในการเก็บข้อมูลขั้นตอนการผลิต วิเคราะห์หาสาเหตุของปัญหาด้วยเครื่องมือควบคุมคุณภาพแบบใหม่เพื่อใช้เป็นข้อมูลในการกำหนดแนวทางการปรับปรุงแก้ไขด้วยเทคนิคการจัดสมดุลสายการผลิต (Line Balancing) โดยอาศัยหลักการอีซีอาร์เอส (ECRS) ซึ่งสามารถลดจำนวนสถานีงานได้ 2 สถานี คิดเป็นร้อยละ 22.22 ลดจำนวนพนักงานได้ 8 คน คิดเป็นร้อยละ 38.09 ลดรอบเวลาการผลิตรวมได้ 1.71 นาที คิดเป็นร้อยละ 14.39 เพิ่มกำลังการผลิตได้ 7,696 ชิ้นต่อเดือน ประสิทธิภาพสายการผลิตเพิ่มขึ้นร้อยละ 33.04 และสามารถเพิ่มผลผลิตภาพการผลิตได้ 1.47 ชิ้น/ชั่วโมง/คน คิดเป็นเพิ่มขึ้นร้อยละ 106.52

2.2 ระบบงานสารบรรณอิเล็กทรอนิกส์ [4]

ระบบให้บริการรับส่ง หนังสือ จัดเก็บเอกสาร เพื่อส่งต่อสั่งการและลงนามในเอกสารหรือส่งเข้าระบบหนังสือเวียน ที่มีการลงนาม ผ่านระบบด้วยวิธีการทางอิเล็กทรอนิกส์ สามารถจำกัดสิทธิ์ในการเข้าถึงเอกสาร รองรับการปฏิบัติงานของผู้ใช้งานได้พร้อม ๆ กัน ให้บริการในรูปแบบ Software as a Service (SaaS) บนระบบ G-Cloud การใช้งานออนไลน์ลักษณะ Web Application สอดคล้องกับงานวิจัยของ ศิริลักษณ์ หวังขอบ, วิจิตรา โพธิสาร, วาฤทธิ์ นวลนาง, สุวัฒน์ กล้วยทอง และ ธงชัย เจือจันทร์ ศึกษาแนวทางการเพิ่มประสิทธิภาพการให้บริการประชาชนด้วยการใช้ระบบสารบรรณอิเล็กทรอนิกส์ โดยแบ่งออกเป็น 2 แนวทางได้แก่ แนวทางการประยุกต์ใช้งานระบบครอบคลุม 3 องค์ประกอบ คือ ฮาร์ดแวร์ ซอฟต์แวร์ และบุคลากร และแนวทางการพัฒนาระบบ ได้แก่ ระบบจะต้องสามารถแสดงผลผ่านทั้งเครื่องคอมพิวเตอร์และอุปกรณ์พกพาได้ผลการศึกษาพบว่าค่าเฉลี่ยประสิทธิผลโดยรวมอยู่ในระดับมาก เมื่อพิจารณารายด้านเรียงลำดับค่าเฉลี่ยจากมากไปหาน้อย ได้แก่ ด้านคุณภาพระบบ ด้านคุณภาพข้อมูล และด้านคุณภาพบริการ

2.3 แผนภาพก้างปลา [5]

เป็นแผนภาพแสดงความสัมพันธ์ระหว่างปัญหาที่ต้องการแก้ไขกับสาเหตุที่ทำให้เกิดปัญหา ซึ่งผู้วิเคราะห์สามารถมองภาพรวมของปัญหาและสาเหตุทั้งหมดได้ง่ายขึ้น

แผนภาพก้างปลาที่มีลักษณะคล้ายกับก้างปลา โดยส่วนหัวปลาจะแสดงปัญหาที่เกิดขึ้น ส่วนก้างปลาหลักจะแสดงสาเหตุหลัก และก้างปลาย่อยแสดงสาเหตุย่อย ซึ่งการหาสาเหตุหลักของปัญหาจะใช้หลักการของ 4M1E ได้แก่ พนักงาน (Man), เครื่องจักรหรืออุปกรณ์ (Machine), วัสดุ ดิบ (Material), วิธีการทำงาน (Method) และสภาพแวดล้อม (Environment) สอดคล้องกับงานวิจัยของ วิฑิตมา จันทร์ทิพย์, รัตนชัย ล้วนศรี, สหสวรรค์ แก้วรักษ์ และ ยุทธณรงค์ จงจันทร์ พยายามลดรอบเวลาการปฏิบัติงานในกระบวนการผลิตกล่องกระดาษลูกฟูก จากปัญหาการเสียเวลาในการเดินจัดงาน ใช้แผนภาพก้างปลาวิเคราะห์ปัญหา พบว่าสาเหตุการเดินจัดงานล่าช้าเนื่องจากชิ้นงานวางอยู่คนละสายการผลิตเสียเวลาในการค้นหาเนื่องจากไม่มีการจัดระเบียบทำป้ายบ่งชี้ และการทำงานบางขั้นตอนมีลักษณะใกล้เคียงกันแต่แยกขั้นตอน ใช้หลักการ ECRS ในการรวมงานที่มีลักษณะใกล้เคียงกันเข้าด้วยกัน และตัดขั้นตอนบางขั้นตอนออกด้วยการย้ายชิ้นงานในรุ่นเดียวกันที่อยู่ต่างสายการผลิตให้มาอยู่ในบริเวณเดียวกัน จากนั้นทำป้ายสัญลักษณ์กำหนดตำแหน่งเพื่อให้การมองได้ง่าย ผลการปรับปรุงสามารถลดขั้นตอนการจัดงานได้ 3 ขั้นตอนต่อรอบการทำงาน คิดเป็นร้อยละ 42.85 เวลาการทำงานต่อรอบลดลง 20 นาที คิดเป็นลดลงร้อยละ 30.76 พนักงานที่ทำงานต่อรอบลดลง 3 คน คิดเป็นร้อยละ 66.66 และสามารถสร้างเอกสารทำงานมาตรฐานให้พนักงานได้

2.4 การวิเคราะห์ข้อมูลด้วย 5W1H [6]

วิธีการในการแก้ปัญหาเชิงสร้างสรรค์ด้วยทักษะการค้นหาคำตอบที่มีความหลากหลาย ของการแก้ไขปัญหาในสถานการณ์ที่จำกัด สามารถคัดเลือกวิธีการได้อย่างเหมาะสม มีเหตุมีผล อีกทั้งยังสามารถอธิบายกระบวนการและผลกระทบที่เกิดจากการเลือกวิธีการแก้ไขในแต่ละขั้นตอนได้ โดยวิเคราะห์ผ่านลำดับขั้นตอน 4 ขั้นตอน ประกอบด้วย วิเคราะห์ข้อมูลและสาเหตุของปัญหา (Clarify) หาแนวคิดใหม่ในการแก้ไขปัญหาอย่างสร้างสรรค์ (Ideate) นำแนวคิดมาประเมินและเลือกแนวคิดที่แก้ไขปัญหาได้ดีที่สุด (Develop) แนวทางการแก้ไขปัญหา (Implement) ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยของ ยุทธณรงค์ จงจันทร์, ศรีนยา ประทีปชนะชัย และธนัช มั่นมงคล ศึกษาและหาแนวทางการเพิ่มผลผลิตในกระบวนการผลิต

แบ่งตัวของบริษัทตัวอย่างให้กลับมาผลิตให้ได้ตามความต้องการของลูกค้าภายในเวลา 8 ชั่วโมง/วัน โดยใช้หลักการตั้งคำถาม 5W1H กำหนดแนวทางแก้ไขเพื่อป้องกันการตกหล่นของปัญหา แล้วนำไปทำการปรับปรุงแก้ไขด้วยเทคนิคการออกแบบอุปกรณ์จับยึดผลการดำเนินงานพบว่าหลังการปรับปรุงชั่วโมงทำงานลดลงร้อยละ 50 ลดพนักงานได้ร้อยละ 50 ผลิตภาพการผลิตเพิ่มขึ้นร้อยละ 299

2.5 วรรณกรรมที่เกี่ยวข้อง

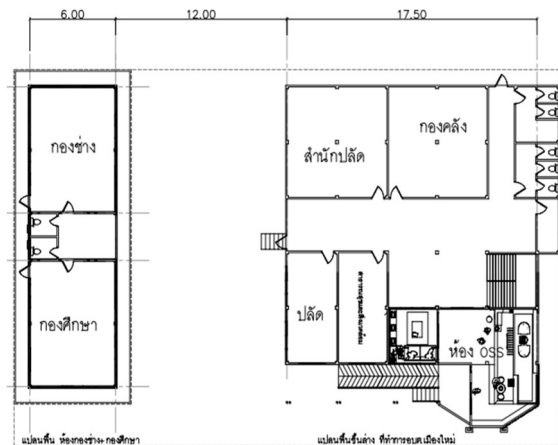
เจนจิรา วิศพันธ์ และ กฤตม์ แต่สิริสุข [7] ศึกษาพฤติกรรมและประสิทธิภาพของการใช้ระบบงานสารบรรณอิเล็กทรอนิกส์ของผู้ปฏิบัติงานในมหาวิทยาลัยทักษิณเพื่อเปรียบเทียบประสิทธิภาพในการใช้งานระบบ โดยใช้กลุ่มตัวอย่างเป็นบุคลากรที่ปฏิบัติงานในมหาวิทยาลัยฯ 295 คน ค่าสัมประสิทธิ์ความเที่ยงตรงเท่ากับ 0.944 วิเคราะห์ความแปรปรวนทางเดียวแบบ One way ANOVA พบว่าจุดแข็งของระบบงานสามารถรับ-ส่ง เอกสารได้สะดวกและรวดเร็ว ประหยัดเวลา งบประมาณ และพื้นที่ในการจัดเก็บเอกสาร อีกทั้งสามารถค้นหาเอกสารได้ง่าย ข้อเสนอแนะบุคลากรต้องการให้เพิ่มระบบการแจ้งเตือนเอกสารเข้า และรณรงค์ให้มีการใช้ระบบสารบรรณอิเล็กทรอนิกส์ในทุกกระบวนการทุกหน่วยงานในมหาวิทยาลัยปรับปรุงการค้นหาเอกสารให้ง่าย และสะดวก สามารถพัฒนา TSU Mobile App ให้สมบูรณ์และรองรับทุกระบบพร้อมการแจ้งเตือน

กนกพิชญ์ ครุฑคง [8] ทำการศึกษาและเปรียบเทียบประสิทธิภาพการปฏิบัติงานของบุคลากรจากการใช้ระบบสารบรรณอิเล็กทรอนิกส์ในศูนย์อำนวยการสร้างอาวุธใช้กลุ่มกลุ่มตัวอย่าง 162 คน ด้วยวิธีการเลือกกลุ่มตัวอย่างแบบแบ่งชั้นภูมิ ค่าความเชื่อมั่น 0.96 ผลการวิจัยพบว่าระดับประสิทธิภาพการปฏิบัติงานของบุคลากรจากการใช้ระบบสารบรรณอิเล็กทรอนิกส์ อยู่ในระดับมากที่สุดทั้ง 5 ด้าน บุคลากรตอบสอบถามที่มีปัจจัยส่วนบุคคลต่างกัน มีความคิดเห็นเกี่ยวกับระดับประสิทธิภาพการปฏิบัติงานของบุคลากรจากการใช้ระบบสารบรรณอิเล็กทรอนิกส์ ทั้งโดยรวมและรายด้านไม่แตกต่างกัน ความสัมพันธ์ระหว่างปัจจัยที่ส่งผลต่อประสิทธิภาพการปฏิบัติงานของบุคลากรจากการใช้ระบบสารบรรณอิเล็กทรอนิกส์โดยรวม มีความสัมพันธ์กันในระดับสูง ($r=0.824$) อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ .01

3. วิธีดำเนินงานวิจัย

3.1 สำนวณสภาพปัจจุบัน

ผู้วิจัยสำนวนสภาพปัจจุบันของการให้บริการประชาชนของเจ้าหน้าที่แต่ละหน่วยงานในองค์การบริหารส่วนตำบลกรณีศึกษา โดยเริ่มจากการตรวจสอบแผนผังหน่วยงานที่เกี่ยวข้อง ดังแสดงในรูปที่ 2



รูปที่ 2 แผนผังหน่วยงานกรณีศึกษา

จากรูปที่ 2 พบว่าในพื้นที่ขององค์การบริหารส่วนตำบลมีการแยกหน่วยงานต่าง ๆ ตามพื้นที่การใช้สอยโดยอาศัยการความจำเป็นในการใช้พื้นที่ สำนักปลัดและกองคลังมีการใช้พื้นที่น้อยจึงจัดให้อยู่ภายในตัวอาคารสำนักงานกองช่างและกองศึกษาและวัฒนธรรมจะแยกออกมาจากตัวอาคารเนื่องจากมีความจำเป็นในการใช้พื้นที่สำหรับเด็กเล็กและการจอดรถสำหรับกองช่าง ส่วนกองสาธารณสุขและสิ่งแวดล้อม จะแยกออกออกจากพื้นที่ขององค์การบริหารส่วนตำบลห่างออกไปทางทิศใต้ประมาณ 600 เมตร จากแผนผังขององค์การบริหารส่วนตำบลตัวอย่างผู้วิจัยเลือกศึกษาขั้นตอนการติดต่อกับประชาชนกับหน่วยงานกองช่างเนื่องจากมีหน่วยงานที่แยกออกมาจากตัวอาคารแต่ตามขั้นตอนการปฏิบัติงานผู้รับบริการต้องเข้าไปติดต่อในตัวอาคารก่อนจากนั้นเจ้าหน้าที่ผู้รับผิดชอบตรวจเอกสารเสร็จจึงจะส่งไปที่หน่วยงานที่ต้องการติดต่อ ดังแสดงในรูปที่ 3

จากรูปที่ 3 แสดงแผนผังการไหลการมาติดต่อราชการของประชาชนขององค์การบริหารส่วนตำบลตัวอย่างผู้วิจัยเลือกกรณีศึกษาเป็นประชาชนจากพื้นที่หมู่ 2 เนื่องจากตามแผนที่เป็นจุดที่ไกลจากที่ตั้งขององค์การบริหารส่วนตำบล

ตัวอย่างมากที่สุด โดยจากแผนภูมิการไหลสามารถสรุปได้
 ดังนี้ มีขั้นตอนการติดต่อตั้งแต่เริ่มต้นจนถึงสิ้นสุดกระบวนการ

ทั้งหมด 21 ขั้นตอน ใช้ระยะทางไปทั้งหมด 3,091 เมตร
 และใช้เวลาในการติดต่องาน 176 นาที ดังแสดงในรูปที่ 3

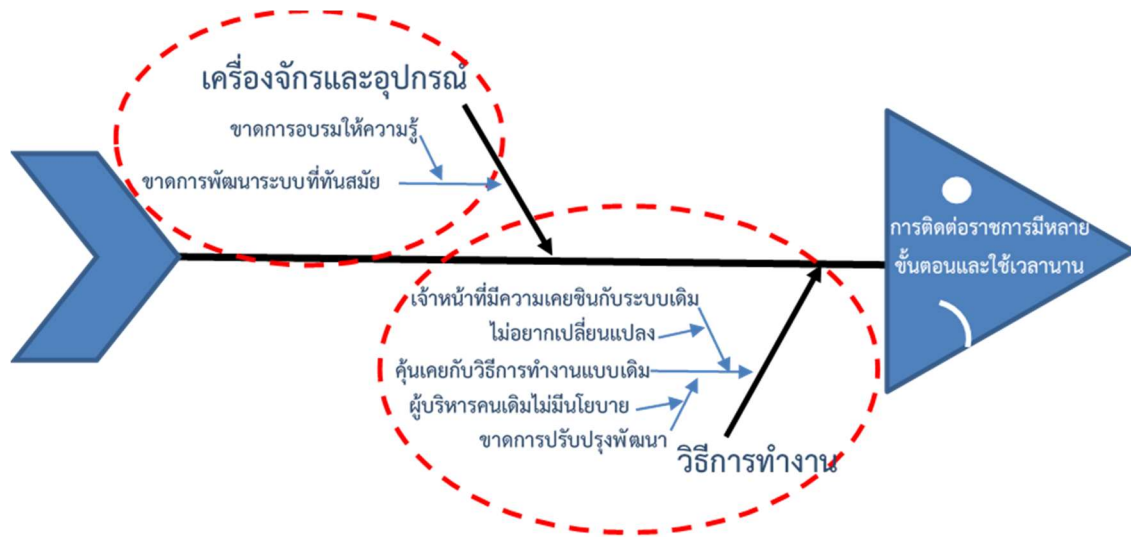
แผนภูมิการไหลของกระบวนการผลิต <input checked="" type="checkbox"/> คน <input type="checkbox"/> วัสดุ <input type="checkbox"/> เครื่องจักร								
ชื่อหน่วยงาน: องค์การบริหารส่วนตำบล อำเภอราชสาส์น จังหวัดฉะเชิงเทรา	สรุป							
	สัญลักษณ์	วิธีปัจจุบัน	วิธีเสนอแนะ	ผลต่าง				
กรรมวิธี: กระบวนการติดต่อราชการกับหน่วยงานกองช่าง ของประชาชนในเขตความรับผิดชอบของ องค์การบริหาร ส่วนตำบล	การปฏิบัติการ ●	7						
	การเคลื่อนย้าย ➡	9						
	การรอคอย D	2						
<input checked="" type="checkbox"/> วิธีปัจจุบัน <input type="checkbox"/> วิธีปรับปรุง	การตรวจสอบ ■	2						
ตำแหน่งที่ตั้ง: องค์การบริหารส่วนตำบลตัวอย่าง	การเก็บรักษา ▼	1						
ผู้บันทึก: ยุทธณรงค์ วันที่ 17 มกราคม 2567	รวมระยะทาง (เมตร)	3,091						
ผู้อนุมัติ: รองปลัดกองอาจ วันที่ 17 มกราคม 2567	รวมเวลา (นาที)	176						
รายการ	จำนวน (คน)	ระยะทาง (เมตร)	เวลา (นาที)	สัญลักษณ์				
				●	➡	D	■	▼
1.จัดเตรียมเอกสารเพื่อการติดต่อราชการ	1	0	20	●				
2.ตรวจสอบเอกสาร		0	10				■	
3.เดินทางจากที่ที่กถึง องค์การบริหารส่วนตำบล		1,500	30		➡			
4.หาที่จอดรถ		0	5		●			
5.เดินไปที่กคบัตรคิว		15	2		➡			
6.กคบัตรคิว		0	0.2		●			
7.เดินไปที่เก้าอี้นั่งรอ		5	0.3		➡			
8.นั่งรอเจ้าหน้าที่เรียกตามบัตรคิว		0	10				D	
9.เดินไปที่เจ้าหน้าที่ (เมื่อถึงคิวตามบัตรคิว)		6	0.5		➡			
10.ยื่นเอกสารกับเจ้าหน้าที่		0	0.5		●			
11.เจ้าหน้าที่ตรวจสอบเอกสาร		0	5					■
12.รับคำแนะนำจากเจ้าหน้าที่		0	2.5		●			
13.เดินไปหน่วยงานกองช่างที่จะติดต่อตามคำแนะนำ		30	5		➡			
14.ยื่นเอกสารกับหน่วยงานกองช่าง		0	0.4		●			
15.เดินไปที่เก้าอี้นั่งรอ		5	0.3		➡			
16.นั่งรอเจ้าหน้าที่หน่วยงานกองช่างเรียก		0	5				D	
17.เดินกลับไปเจ้าหน้าที่ (เมื่อเจ้าหน้าที่เรียก)		5	0.3		➡			
18.ดำเนินการติดต่อขอยื่นเรื่องก่อสร้างอาคาร		0	30		●			
19.เดินกลับไปที่รถ		25	4		➡			
20.เดินทางออกจากองค์การบริหารส่วนตำบลกลับบ้านพัก		1,500	30		➡			
21.จัดเก็บเอกสาร		0	15					▼
รวม		3,091	176	7	9	2	2	1

รูปที่ 3 แผนภูมิการไหลกระบวนการติดต่อราชการกับหน่วยงานกองช่างของประชาชน

3.2 การวิเคราะห์ปัญหา

จากปัญหากระบวนการติดต่อราชการของประชาชนในพื้นที่ท้องที่การบริหารส่วนตำบลตัวอย่างมีหลายขั้นตอนและ

ใช้เวลานานผู้วิจัยเลือกใช้แผนภาพก้างปลา ในการวิเคราะห์ ปัญหาโดยอาศัยปัจจัยที่อาจส่งผลกระทบต่อการศึกษาจาก ดังแสดงในรูปที่ 4



รูปที่ 4 การวิเคราะห์สาเหตุของปัญหาด้วยแผนภาพก้างปลา

จากรูปที่ 4 การวิเคราะห์สาเหตุของปัญหาพบว่า องค์การบริการส่วนตำบลตัวอย่าง ขาดการพัฒนากระบวนการให้บริการที่ทันสมัย เจ้าหน้าที่ยังคุ้นเคยกับวิธีการทำงานแบบเดิมไม่อยากเปลี่ยนรูปแบบในการทำงาน อีกทั้งผู้บริหารที่ผ่านมาไม่มีนโยบายในการปรับปรุง ผู้วิจัยจะนำไปวิเคราะห์หาแนวทางการแก้ไขต่อไป

3.3 กำหนดแนวทางการแก้ไข

จากข้อมูลในการวิเคราะห์สาเหตุของปัญหาการติดต่อราชการมีหลายขั้นตอนและใช้เวลานาน ผู้วิจัยนำมา กำหนดแนวทางในการแก้ไข ด้วยการวิเคราะห์ข้อมูลโดยอาศัยเทคนิคการตั้งคำถาม 5W1H ข้อมูลในการตั้งคำถาม ดังแสดงในตารางที่ 2

ตารางที่ 2 การวิเคราะห์เพื่อกำหนดแนวทางการแก้ไขด้วยเทคนิคการตั้งคำถาม 5W1H

5W1H	คำถาม-คำตอบ	แนวทางการแก้ไข
What (ต้องการทำอะไร)	ต้องการปรับปรุงขั้นตอนการติดต่อราชการของ อบต.	ใช้ระบบสารบรรณอิเล็กทรอนิกส์
Why (ทำไมต้องทำ)	เนื่องจากวิธีปัจจุบันมีหลายขั้นตอนและใช้เวลานาน	แทนการทำงานแบบเดิมจัดสร้างแอปพลิเคชัน ให้ประชาชนสามารถ
Where (ทำที่ไหน)	ที่ทำการองค์การบริหารส่วนตำบลตัวอย่าง	ใช้บริการผ่านคอมพิวเตอร์หรือ
Why (ทำไมต้องทำที่นั่น)	ปัญหาเกิดขึ้นที่นั่น	โทรศัพท์มือถือโดยไม่ต้องเดินทาง
Who (ใครเป็นคนทำ)	ทีมนักวิจัย บุคลากร และประชาชนในพื้นที่	มาที่องค์การบริหารส่วนตำบล ผ่าน
Why (ทำไมต้องเป็นคนนั้น)	เป็นผู้ได้รับผลกระทบจากปัญหาโดยตรง	การจัดอบรมให้ความรู้ทั้งระบบ
When (ทำเมื่อไร)	หลังจากกำหนดแนวทางการแก้ไขร่วมกันเสร็จ	ก่อนการเริ่มปฏิบัติงาน
Why (ทำไมต้องทำตอนนั้น)	ให้ผู้ได้รับผลกระทบมีส่วนร่วมในการแก้ไขปัญหา	
How (ทำอย่างไร)	ใช้ระบบการให้บริการแบบจุดเดียวเบ็ดเสร็จ	
Why (ทำไมต้องทำอย่างนั้น)	เพื่อลดขั้นตอนและเวลาในการใช้บริการของประชาชน	

3.4 ดำเนินการปรับปรุงแก้ไข

ผลการกำหนดแนวทางการแก้ไขในตารางที่ 2 พบว่าการปรับปรุงขั้นตอนการทำงานควรนำระบบสารสนเทศมาใช้ในการพัฒนางานเพื่อลดขั้นตอนการทำงาน และลดเวลาในการทำงาน โดยผู้วิจัยและเจ้าหน้าที่ผู้ปฏิบัติงานของหน่วยงานจึงมีแนวคิดจะนำระบบสารสนเทศอิเล็กทรอนิกส์ผ่านแอปพลิเคชันมาใช้ควบคู่กันทดแทนระบบการให้บริการประชาชนเพื่อลดขั้นตอน และลดเวลาในการติดต่อ โดยมีลำดับการปรับปรุงตามขั้นตอนต่อไปนี้

3.4.1 พัฒนาระบบสารสนเทศอิเล็กทรอนิกส์ขององค์การบริหารส่วนตำบลตัวอย่าง พัฒนาระบบโดยใช้ Google Sheet ซึ่งเป็นบริการของ Google Workspace มาเป็นหลักในการพัฒนา มีการวิเคราะห์และออกแบบระบบงาน รวมถึงสิทธิของการเข้าถึงข้อมูลในแต่ละระดับ และระบบการแจ้งเตือน ดังแสดงในรูปที่ 5



รูปที่ 5 ระบบสารสนเทศอิเล็กทรอนิกส์ด้วย Google Sheet

3.4.2 ทำการจัดอบรมให้ความรู้กับเจ้าหน้าที่ผู้รับผิดชอบแต่ละหน่วยงานเรื่องการใช้ระบบสารสนเทศอิเล็กทรอนิกส์ ดังแสดงในรูปที่ 6



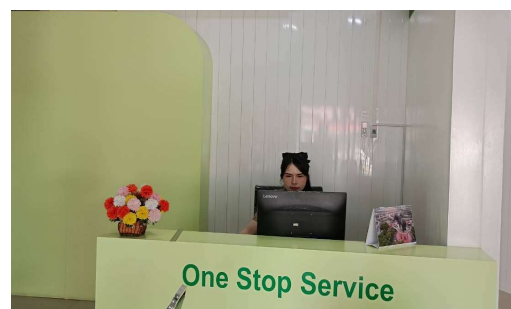
รูปที่ 6 การอบรมเจ้าหน้าที่ผู้รับผิดชอบในแต่ละหน่วยงาน

3.4.3 จัดประชุมทำความเข้าใจกับประชาชนผู้ใช้บริการ พร้อมให้ความรู้การเลือกใช้บริการในรูปแบบการให้บริการแบบจุดเดียวเบ็ดเสร็จ ดังแสดงในรูปที่ 7



รูปที่ 7 จัดประชุมทำความเข้าใจร่วมกับประชาชน

ผู้วิจัยได้เลือกเมนูช่องทางเป็นบริการเกี่ยวกับการยื่นคำร้องขอก่อสร้างอาคารมาทดลองใช้งานเพื่อนำข้อมูลมาวิเคราะห์เปรียบเทียบระหว่างการใช้ระบบสารสนเทศอิเล็กทรอนิกส์กับระบบการให้บริการแบบเดิม โดยจัดออกแบบสถานที่ให้บริการ ภายในองค์การบริหารส่วนตำบลแบบการให้บริการแบบจุดเดียวเบ็ดเสร็จ (One-Stop Service) โดยการนำงานที่ให้บริการทั้งหมดที่เกี่ยวข้อง มารวมให้บริการอยู่ในสถานที่เดียวกัน ในลักษณะที่ส่งต่องานระหว่างกันทันทีหรือเสร็จในขั้นตอนหรือเสร็จในจุดให้บริการเดียว โดยมีจุดประสงค์เพื่อให้การให้บริการมีความรวดเร็วขึ้น ดังแสดงในรูปที่ 8



รูปที่ 8 การให้บริการแบบจุดเดียวเบ็ดเสร็จ

จากนั้นผู้วิจัยทดสอบการให้บริการของเจ้าหน้าที่ต่อประชาชนในพื้นที่ ๆ มาติดต่อ พร้อมทั้งเก็บข้อมูลด้วยแผนภูมิการไหล ดังแสดงในรูปที่ 9

แผนภูมิการไหลของกระบวนการผลิต <input checked="" type="checkbox"/> คน <input type="checkbox"/> วัสดุ <input type="checkbox"/> เครื่องจักร								
ชื่อหน่วยงาน: องค์การบริหารส่วนตำบล อำเภอราชสาส์น จังหวัดฉะเชิงเทรา	สรุป							
	สัญลักษณ์	วิธีปัจจุบัน	วิธีปรับปรุง 1	ผลต่าง				
กรรมวิธี: กระบวนการติดต่อราชการกับหน่วยงานกองช่างการให้บริการแบบจุดเดียวเบ็ดเสร็จ	การปฏิบัติการ ●	7	8	เพิ่มขึ้น 1				
	การเคลื่อนย้าย ➡	9	4	ลดลง 5				
	การรอคอย D	2	1	ลดลง 1				
<input type="checkbox"/> วิธีปัจจุบัน <input checked="" type="checkbox"/> วิธีปรับปรุง	การตรวจสอบ ■	2	0	ลดลง 2				
ตำแหน่งที่ตั้ง: องค์การบริหารส่วนตำบล	การเก็บรักษา ▼	1	0	ลดลง 1				
ผู้บันทึก: ยุทธณรงค์ วันที่ 25 มกราคม 2567	รวมระยะทาง (เมตร)	3,091	3,036	ลดลง 55				
ผู้อนุมัติ: รองปลัดกองอาจ วันที่ 25 มกราคม 2567	รวมเวลา (นาที)	176	89.5	ลดลง 86.5				
รายการ	จำนวน (คน)	ระยะทาง (เมตร)	เวลา (นาที)	สัญลักษณ์				
				●	➡	D	■	▼
1.เดินทางจากที่พักถึง องค์การบริหารส่วนตำบล	1	1,500	30		➡			
2.หาที่จอดรถ		0	10	●				
3.เดินไปที่กวดบัตรคิว		15	3		➡			
4.กวดบัตรคิว		0	0.2	●				
5.เดินไปที่เก้าอี้นั่งรอ		3	0.3		➡			
6.นั่งรอเจ้าหน้าที่เรียกตามบัตรคิว		0	0.2				D	
7.เดินไปที่เจ้าหน้าที่ (เมื่อถึงคิวตามบัตรคิว)		3	0.3		➡			
8.แจ้งความประสงค์กับเจ้าหน้าที่		0	1	●				
9.เจ้าหน้าที่เข้าระบบ		0	1	●				
10.กรอกข้อมูลของผู้รับบริการขอยื่นเรื่องก่อสร้างอาคาร		0	10	●				
11.รับเอกสารการขออนุญาต		0	0.5	●				
12.เดินกลับไปที่รถ		15	3	●				
13.เดินทางออกจากองค์การบริหารส่วนตำบลกลับบ้านพัก			1,500	30	●			
รวม	1	3,036	89.5	8	4	1		

รูปที่ 9 แผนภูมิการไหลการให้บริการแบบจุดเดียวเบ็ดเสร็จด้วยระบบสารบรรณอิเล็กทรอนิกส์

จากรูปที่ 9 แสดงแผนภูมิการไหลของการให้บริการแบบจุดเดียวเบ็ดเสร็จ ขององค์การบริหารส่วนตำบล พบว่าขั้นตอนการใช้บริการลดลงจาก 21 ขั้นตอน เหลือ 13 ขั้นตอน ลดลง 8 ขั้นตอน คิดเป็นร้อยละ 38.09 ระยะทางลดลงจาก 3,091 เมตร เหลือ 3,036 เมตร ลดลง 55 เมตร คิดเป็นร้อยละ 1.77% เวลาในการรับบริการลดลงจาก 176 นาที เหลือ 89.5 นาที ลดลง 86.5 นาที คิดเป็นร้อยละ 46.14% จากผลการดำเนินงานจะเห็นว่าการปรับปรุงกระบวนการให้บริการของเจ้าหน้าที่สามารถลดเวลาในการ

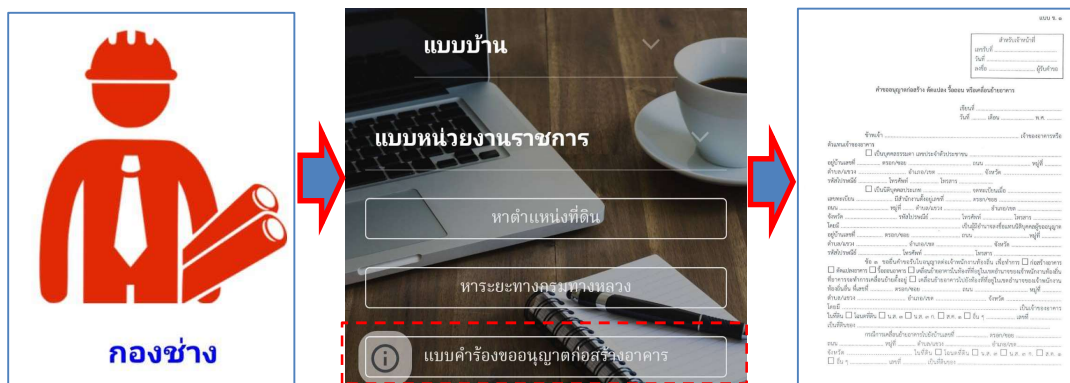
ติดต่อราชการของประชาชนได้ค่อนข้างมาก ขั้นตอนการปฏิบัติงานมีความกระชับขึ้นด้วยการนำระบบสารบรรณอิเล็กทรอนิกส์มาให้บริการประชาชนแบบจุดเดียวเบ็ดเสร็จ (One-Stop Service) แต่ยังมีระยะทางในการเดินทางสูงเนื่องจากประชาชนยังต้องมาใช้บริการที่องค์การบริหารส่วนตำบลตัวอย่างเหมือนเดิม ผู้วิจัยจึงมีแนวคิดที่จะทำการปรับปรุงครั้งที่ 2 ด้วยการใช้เทคนิคการตั้งคำถาม 5W1H เข้ามาช่วยในการวิเคราะห์ปัญหา เพื่อกำหนดแนวทางการแก้ไขจาก ดังแสดงในตารางที่ 3

ตารางที่ 3 การวิเคราะห์เพื่อกำหนดแนวทางการแก้ไขด้วยเทคนิคการตั้งคำถาม 5W1H ครั้งที่ 2

5W1H	คำถาม-คำตอบ	แนวทางการแก้ไข
What (ต้องการทำอะไร)	ต้องการปรับปรุงขั้นตอนการติดต่อราชการ	ติดต่องานราชการผ่านระบบสารบรรณ
Why (ทำไมต้องทำ)	ปัจจุบันต้องเดินทางมาติดต่อที่ อบต.	อิเล็กทรอนิกส์โดยเลือกการใช้งานผ่าน
Where (ทำที่ไหน)	ทำที่บ้าน	แอปพลิเคชัน (Application) ที่บ้านพัก
Why (ทำไมต้องทำที่นั่น)	ไม่อยากเดินทางมาที่ อบต. (ระยะทางไกล)	โดยไม่ต้องเดินทางมาที่องค์การบริหาร
Who (ใครเป็นคนทำ)	ทีมนักวิจัย บุคลากร และประชาชนในพื้นที่	ส่วนตำบลด้วย
Why (ทำไมต้องเป็นคนนั้น)	เป็นผู้ได้รับผลกระทบจากปัญหาโดยตรง	
When (ทำเมื่อไร)	หลังจากกำหนดแนวทางการแก้ไขร่วมกันเสร็จ	
Why (ทำไมต้องทำตอนนั้น)	ให้ผู้ใช้ได้รับผลกระทบมีส่วนร่วมในการแก้ไขปัญหา	
How (ทำอย่างไร)	ติดต่อผ่านระบบสารบรรณอิเล็กทรอนิกส์จากมือถือที่บ้าน	
Why (ทำไมต้องทำอย่างนั้น)	เพื่อลดขั้นระยะทางจากการเดินทางมาที่ อบต.	

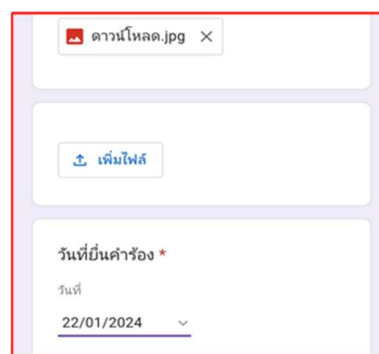
จากตารางที่ 3 แสดงการใช้เทคนิคการตั้งคำถาม 5W1H จากปัญหาระยะทางในการเดินทางมาใช้บริการขององค์การบริหารส่วนตำบลผ่านระบบการให้บริการแบบจุดเดียวเบ็ดเสร็จ (One-Stop Service) สรุปแนวทาง

การแก้ไขโดยการปรับปรุงระบบสารบรรณอิเล็กทรอนิกส์ให้ใช้งานผ่านแอปพลิเคชัน (Application) ได้ที่บ้านพักของประชาชนเองโดยไม่ต้องเดินทางมาที่องค์การบริหารส่วนตำบล ดังแสดงในรูปที่ 10



รูปที่ 10 ขั้นตอนการยื่นเอกสารขอก่อสร้างบ้าน

จากรูปที่ 10 แสดงขั้นตอนการยื่นเอกสารขออนุญาตก่อสร้างอาคาร เริ่มจากการเข้าเว็บไซต์ E-Service บริการประชาชน องค์การบริหารส่วนตำบล เลือกเมนูหรือสัญลักษณ์กองช่างเลือกแบบคำร้องขออนุญาตก่อสร้างอาคาร จะแสดงไฟล์ Pdf สามารถดาวน์โหลดและกรอกข้อมูลให้ครบตามแบบฟอร์ม จากนั้นทำการสแกนหรือถ่ายรูปเอกสารที่มีข้อมูลครบถ้วนดังกล่าวส่งเข้าระบบออนไลน์ผ่านเครื่องคอมพิวเตอร์ โทรศัพท์เคลื่อนที่หรือทางอีเมลของหน่วยงาน ดังแสดงในรูปที่ 11



รูปที่ 11 การส่งเอกสารกลับให้เจ้าหน้าที่

จากการปรับปรุงแก้ไขผู้วิจัยทดสอบเก็บข้อมูลการเข้าใช้บริการระบบสารบรรณอิเล็กทรอนิกส์ผ่านแอปพลิเคชัน

ของประชาชนในพื้นที่ด้วยแผนภูมิการไหลเพื่อนำมาเปรียบเทียบ โดยเลือกคนเดิมจากหมู่ 2 ผลแสดงดังรูปที่ 12

แผนภูมิการไหลของกระบวนการผลิต <input checked="" type="checkbox"/> คน <input type="checkbox"/> วัสดุ <input type="checkbox"/> เครื่องจักร								
ชื่อหน่วยงาน: องค์การบริหารส่วนตำบล อำเภอราชสาส์น จังหวัดฉะเชิงเทรา	สรุป							
	สัญลักษณ์	วิธีปัจจุบัน	วิธีปรับปรุง 2	ผลต่าง				
กรรมวิธี: กระบวนการติดต่อราชการกับหน่วยงานกองช่างของประชาชนในเขตความรับผิดชอบของ อบต. ด้วยระบบสารบรรณอิเล็กทรอนิกส์ผ่านแอปพลิเคชัน	การปฏิบัติกร	●	7	8	เพิ่มขึ้น 1			
	การเคลื่อนย้าย	➔	9	0	ลดลง 9			
	การรอคอย	●	2	0	ลดลง 2			
<input type="checkbox"/> วิธีปัจจุบัน <input checked="" type="checkbox"/> วิธีปรับปรุง ครั้งที่ 2	การตรวจสอบ	■	2	0	ลดลง 2			
ตำแหน่งที่ตั้ง: องค์การบริหารส่วนตำบล	การเก็บรักษา	▼	1	1	เท่าเดิม			
ผู้บันทึก: ยุทธณรงค์ วันที่ 31 มกราคม 2567	รวมระยะทาง (เมตร)		3,091	0	ลดลง 55			
ผู้อนุมัติ: รองปลัดกองอาจ วันที่ 31 มกราคม 2567	รวมเวลา (นาที)		176	47	ลดลง 86.5			
รายการ	จำนวน (คน)	176	เวลา (นาที)	สัญลักษณ์				
				●	➔	●	■	▼
1.เข้าระบบสารบรรณอิเล็กทรอนิกส์	1	0	1	●				
2.กดเข้าหน่วยงานกองช่าง		0	1	●				
3.เลือกแบบคำร้องขออนุญาตก่อสร้างอาคาร		0	0.5	●				
4.ดาวน์โหลดเอกสาร		0	1.5	●				
5.สั่งปริ้นเอกสาร		0	2	●				
6.กรอกข้อมูลในเอกสาร		0	30	●				
7.สแกนเอกสาร		0	5	●				
8.ส่งเอกสารกลับเข้าระบบ		0	4	●				
9.จัดเก็บเอกสารไว้เป็นหลักฐาน		0	2					▼
รวม	1	0	47	8				1

รูปที่ 12 แผนภูมิการไหลกระบวนการติดต่อราชการด้วยระบบสารบรรณอิเล็กทรอนิกส์ผ่านแอปพลิเคชัน

4. สรุปผลการวิจัย

จากรูปที่ 12 แสดงขั้นตอนการติดต่อราชการผ่านระบบสารบรรณอิเล็กทรอนิกส์ ของประชาชนในเขตพื้นที่รับผิดชอบขององค์การบริหารส่วนตำบลตัวอย่างเมื่อนำผลไปเปรียบเทียบกับบริการแบบเดิม ผลการการเปรียบเทียบแสดงดังนี้

1. ขั้นตอนการรับบริการลดลงจาก 21 ขั้นตอน เหลือ 9 ขั้นตอน ลดลง 12 ขั้นตอน คิดเป็นลดลงร้อยละ 57.14
2. ระยะทางในการติดต่อขอรับบริการลดลงจาก 3,091 เมตร เหลือ 0 เมตร คิดเป็นลดลงร้อยละ 100

3. เวลาในการติดต่องานลดลงจาก 176 นาที เหลือ 47 นาที ลดลง 129 นาที คิดเป็นลดลงร้อยละ 149.29

5. อภิปรายผลการวิจัยและข้อเสนอแนะ

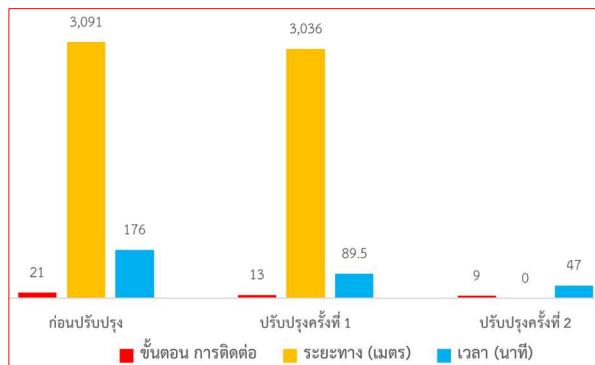
5.1 อภิปรายผลการวิจัย

จากการปรับปรุงกระบวนการให้บริการประชาชนจากระบบการเดินเอกสารตามหน่วยงานซึ่งเป็นระบบงานเดิมเมื่อเปลี่ยนเป็นการนำระบบสารบรรณอิเล็กทรอนิกส์มาให้บริการประชาชนในพื้นที่รับผิดชอบผ่านแอปพลิเคชันจากโทรศัพท์สมาร์ทโฟน ผลการดำเนินงานสอดคล้องกันกับวัตถุประสงค์ของการวิจัยสรุปได้ ดังแสดงในตารางที่ 4

ตารางที่ 4 สรุปผลการดำเนินงาน

รายการ	ขั้นตอนการติดต่อ	ระยะทาง (เมตร)	เวลา (นาที)
ก่อนปรับปรุง	21	3,091	176
ปรับปรุงครั้งที่ 1	13	3,036	89.5
ปรับปรุงครั้งที่ 2	9	0	47

จากตารางที่ 4 สรุปผลการปรับปรุงดำเนินงานการปรับปรุงกระบวนการติดต่อราชการกับหน่วยงานกองช่างของประชาชนในเขตความรับผิดชอบของ อบต.ตัวอย่าง ด้วยระบบสารบรรณอิเล็กทรอนิกส์ผ่านแอปพลิเคชันสามารถนำมาเปรียบเทียบได้ ดังแสดงในรูปที่ 13



รูปที่ 13 การเปรียบเทียบผลการดำเนินงาน

จากรูปที่ 13 การปรับปรุงกระบวนการติดต่อราชการกับหน่วยงานกองช่างของประชาชนในเขตความรับผิดชอบของ อบต.ตัวอย่าง สามารถสรุปได้ดังนี้

5.1.1 ก่อนการปรับปรุงพบขั้นตอนที่ประชาชนต้องติดต่อกับกองช่าง ขององค์การบริหารส่วนตำบลตัวอย่าง 21 ขั้นตอน หลังการปรับปรุงครั้งที่ 1 ขั้นตอนลดลง 8 ขั้นตอน และเมื่อมีการปรับปรุงครั้งที่ 2 ลดลงอีก 4 ขั้นตอน ทำให้หลังการปรับปรุงเหลือขั้นตอนอยู่แค่ 9 ขั้นตอน

5.1.2 ก่อนการปรับปรุงพบระยะทางที่ประชาชนต้องติดต่อกับกองช่าง ขององค์การบริหารส่วนตำบลตัวอย่าง รวมทั้งหมด 3,091 เมตร หลังการปรับปรุงครั้งที่ 1 ระยะทางลดลง 55 เมตรเนื่องจากมีการปรับปรุงระบบเป็นการให้บริการแบบจุดเดียวเบ็ดเสร็จแต่ผู้ใช้บริการยังคงต้อง

เดินทางมายังที่ทำการทำให้ยังมีระยะทางในการเดินทางมาติดต่อกับกองช่าง แต่เมื่อมีการปรับปรุงครั้งที่ 2 ด้วยการให้ผู้ใช้บริการทำการติดต่อด้วยระบบสารบรรณอิเล็กทรอนิกส์ผ่านแอปพลิเคชัน ด้วยโทรศัพท์มือถือหรือคอมพิวเตอร์ที่บ้านทำให้ระยะทางลดลงเหลือ 0 เมตร

5.1.3 ก่อนการปรับปรุงพบเวลาที่ประชาชนต้องติดต่อกับกองช่าง ขององค์การบริหารส่วนตำบลตัวอย่าง 176 นาที หลังการปรับปรุงครั้งที่ 1 เวลาลดลง 86.5 นาที และเมื่อมีการปรับปรุงครั้งที่ 2 ลดลงอีก 42.5 นาที ทำให้หลังการปรับปรุงเหลือเวลาในการดำเนินงานติดต่อ 47 นาที

5.2 ข้อเสนอแนะ

5.2.1 เนื่องจากการปรับปรุงกระบวนการติดต่อกับกองช่าง ขององค์การบริหารส่วนตำบลตัวอย่าง ด้วยระบบสารบรรณอิเล็กทรอนิกส์ผ่านแอปพลิเคชัน ผู้ใช้บริการต้องกรอกข้อมูลและดาวน์โหลดเอกสารเองทำให้ผู้สูงอายุหรือคนที่ไม่มีความรู้อาจไม่สามารถทำได้ คำแนะนำจากผู้วิจัยควรจัดอบรมจิตอาสาในแต่ละชุมชนให้ความช่วยเหลือ

5.2.2 การกรอกข้อมูลเพื่อส่งกลับอาจมีปัญหาด้านการป้อนและสแกนเอกสาร ในอนาคตอาจต้องจัดงบประมาณในการจัดหาเครื่องพิมพ์เอกสารพร้อมสแกนไว้ประจำชุมชน เช่นที่ทำการผู้ใหญ่บ้านเพื่อแก้ปัญหาต่อไป

6. กิตติกรรมประกาศ

คณะผู้วิจัยขอขอบพระคุณองค์การบริหารส่วนตำบลตัวอย่างที่กรุณาให้ทำการเก็บข้อมูลและเป็นกรณีศึกษาจนทำให้งานวิจัยแล้วเสร็จสามารถเผยแพร่เพื่อเป็นประโยชน์กับองค์กรอื่นเป็นต้นแบบในการเริ่มต้นการปรับปรุง และขอขอบคุณมหาวิทยาลัยราชภัฏราชชนครินทร์ ต้นสังกัดของคณะผู้วิจัยที่ให้การสนับสนุนในเรื่องของเวลาและโอกาสในการทำวิจัยครั้งนี้

7. เอกสารอ้างอิง

- [1] J. Wasutha. "Factors affecting the operational efficiency of e-document system Thailand instate of scientific and technology research," M.B.A. Master of business administration,

- Faculty of business administration for society, Srinakharinwirot University, 2020 (in Thai).
- [2] Mueang Mai Sub-district administrative organization. [Online]. (2023). [Cited January 22, 2023] Available: http://www.muangmailocal.go.th/index.php?mod=blog&path=blog&id_sub= (in Thai).
- [3] J. Yuthanarong and P. Nattapak, "Production line balancing gas stove parts forming process with ECRS principles case study: a sample company," *Journal of Engineering and Innovation*, Vol. 16, no. 4, pp. 20-34. Oct.-Dec. 2023 (in Thai).
- [4] W. Siriluk, P. Wijittra, N. Warit, G. Suwat and C. Thongchai, "Services effectiveness of electronic documents system at Surindra Rajabhat University", *Journal of Humanities and Social Sciences University of Phayao*, Vol. 8, no. 1, pp. 278-298. Jan.-Jun. 2020 (in Thai).
- [5] J. Thitima, L. Ratanachai, K. Sahasawat and J. Yuthanarong, "Reducing Cycle Time Work in the Corrugated Box Production Process Using ECRS Techniques," in *Proceeding of 6th Rajamangala Manufacturing and Management Technology Conference*, Prachuap Khiri Khan, Thailand, 2020, pp. 17-22 (in Thai).
- [6] J. Yuthanarong, P. sarinya and M. Thanatat, "Improving the molding process pressed talcum powder to reduce wastage: a case study pressed powder production line sample company," *Journal of Industrial Technology and Innovation*, Vol. 1, no. 1, pp. 1-13. Jul.-Dec. 2022 (in Thai).
- [7] W. Janjira and T. Krit. Behavior and efficiency of using the electronic document system. [Online]. (2017). [Cited January 28, 2018]. Available: <http://ir.tsu.ac.th/jspui/bitstream/123456789/424/1/Janejira%2000214443.pdf> (in Thai).
- [8] K. Khannokpit. "Work efficiency of personnel from using electronic document system in weapon production centre defense industry and energy centre," M.B.A. Independent study in oartial fulfillment of the requirement for the Master of Business Administration degree in business administration, Phranakorn Si Ayutthaya Rajabhat University, 2021 (in Thai).

คณะเทคโนโลยีอุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยราชภัฏเทพสตรี

FACULTY OF INDUSTRIAL TECHNOLOGY THEPSATRI RAJABHAT UNIVERSITY

โทรศัพท์ 036-422125 เว็บไซต์ <http://itech.tru.ac.th>