

# การพัฒนานวัตกรรมเครื่องอบด้วยการควบคุมอุณหภูมิอัตโนมัติจากพลังงานแสงอาทิตย์แบบผสมผสานด้วยเทคโนโลยีอินเทอร์เน็ตทุกสรรพสิ่ง (IoT)

## The innovation development of a hybrid oven using automatic temperature controlled by solar energy and Internet of Things

วีรวรรต คำภู<sup>1</sup>, ชาญชัย นามพล<sup>1\*</sup> และ สุทธิพิญ เป็งทอง<sup>1</sup>

Weerawat Kampoo<sup>1</sup>, Chanchai Namphol<sup>1</sup> and Suthip Penthong<sup>1</sup>

Received: 10 April 2023; Revised: 7 June 2023; Accepted: 27 June 2023

### บทคัดย่อ

การพัฒนานวัตกรรมเครื่องอบด้วยการควบคุมอุณหภูมิอัตโนมัติจากพลังงานแสงอาทิตย์แบบผสมผสานด้วยเทคโนโลยีอินเทอร์เน็ตทุกสรรพสิ่ง มีวัตถุประสงค์ 1) เพื่อออกแบบและพัฒนาเครื่องอบด้วยการควบคุมอุณหภูมิอัตโนมัติจากพลังงานแสงอาทิตย์แบบผสมผสานด้วยเทคโนโลยีอินเทอร์เน็ตทุกสรรพสิ่ง 2) เพื่อส่งเสริมการแปรรูปผลิตภัณฑ์อาหารหมักและเพิ่มรายได้ให้กับชุมชน โดยผ่านกระบวนการทดสอบประสิทธิภาพการทำงานและความเหมาะสมของนวัตกรรมจากผู้เชี่ยวชาญจำนวน 3 ท่าน เก็บรวบรวมข้อมูลเพื่อวิเคราะห์ข้อมูลหาค่าเฉลี่ยและส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน จากผลการทดสอบประสิทธิภาพการทำงานของนวัตกรรมโดยใช้เวลาในการทดสอบทั้งสิ้นเป็นเวลา 3 วัน ระหว่างวันที่ 25-27 มกราคม 2566 ทดสอบเปรียบเทียบผลิตภัณฑ์จากหมักในตู้อบกับการตากในรูปแบบเดิม มีค่าเฉลี่ยของอุณหภูมิโดยรวม 47 องศาเซลเซียส และมีค่าเฉลี่ยความชื้นสัมพัทธ์โดยรวม 20 เปอร์เซ็นต์ การตากผลิตภัณฑ์ในรูปแบบเดิม มีค่าเฉลี่ยอุณหภูมิโดยรวม 27 องศาเซลเซียส และค่าเฉลี่ยความชื้นสัมพัทธ์โดยรวม 52 เปอร์เซ็นต์ การประเมินประสิทธิภาพความเหมาะสมของนวัตกรรม พบว่า มีค่าเฉลี่ยโดยรวมอยู่ในระดับมากที่สุด ( $\bar{X} = 4.73$  S.D. = 0.23) การประเมินความพึงพอใจต่อการใช้งานของนวัตกรรมกับชุมชน พบว่า มีค่าเฉลี่ยโดยรวมอยู่ในระดับมากที่สุด ( $\bar{X} = 4.56$  S.D. = 0.57) เครื่องสามารถลดระยะเวลาในการตากแดด เนื่องจากสามารถลดความชื้นได้มากกว่า มีอัตราอบแห้งสูงกว่า จึงส่งผลให้สามารถนำมาจำหน่ายได้เร็วกว่า ถือได้ว่าเป็นการลดระยะเวลาในการผลิต

**คำสำคัญ:** นวัตกรรม, พลังงานแสงอาทิตย์, เทคโนโลยีอินเทอร์เน็ตทุกสรรพสิ่ง

### Abstract

We report an innovative development of a hybrid oven that utilizes automatic temperature control through solar energy and the Internet of Things, aims to 1) designing and developing an innovative hybrid oven using automatic temperature control, controlled by solar energy and the Internet of Things, 2) promoting the product transformation of fermented meat, aiming to increase community incomes. Functional testing and innovation appropriateness were evaluated by three experts. To collect data for analyzing the mean and standard deviation of the innovation's performance test, the test was conducted over a period of 3 days from January 25th to January 27th, 2023. The comparison test between the cabinet with fermented meat inside and the original method using solar energy drying revealed an overall average temperature of 47 °C and an overall average relative humidity of 20 %HR for the developed innovation; by using the original method of solar energy drying, the overall average temperature was 27 °C and the overall average relative humidity was 52 %HR. The evaluation of innovation appropriateness revealed the overall highest level of Mean ( $\bar{X} = 4.73$  S.D. = 0.23). The assessment of satisfaction with the use of the innovation within the community showed that the overall average was the highest ( $\bar{X} = 4.56$ , S.D. = 0.57). The machine can reduce drying time in the sun as it has a higher moisture reduction capacity, leading to faster sales.

**Keywords:** Innovation, solar energy, Internet of Things

<sup>1</sup> อาจารย์, สาขาวิชาเทคโนโลยีสารสนเทศ คณะเทคโนโลยีอุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยราชภัฏอุบลราชธานี

<sup>1</sup> Lecture, Department of Information Technology, Faculty of Industrial Technology, Ubon Ratchathani Rajabhat University

\* Corresponding author: E-mail: chanchai.n@ubru.ac.th

## บทนำ

ปัจจุบันอาชีพพื้นฐานคนในประเทศไทยกว่าหกสิบเปอร์เซ็นต์ มีวิธีการประกอบอาชีพเกษตรกรรมเป็นหลัก โดยมีสวนผัก สวนผลไม้ ไร่นา ปศุสัตว์ต่างๆ ครอบคลุมกระบวนการทั้งด้าน อาหารเครื่องใช้ เครื่องนุ่งห่มที่จำเป็นต่อการดำรงชีวิต ถือเป็น ปัจจัยสำคัญในการผลักดันให้เกิดแนวคิดนโยบายการพัฒนา ประเทศให้เป็นรากฐานการผลิตอาหารหล่อเลี้ยงประชาคม โลกหรือครอบครัวชาวโลก ภาวะเศรษฐกิจการเกษตรปี 2565 มีการขยายตัวร้อยละ 0.8 เมื่อเทียบกับปี 2564 โดยเฉพาะ สาขาพืช สาขาบริการทางการเกษตร (สำนักงานเศรษฐกิจ การเกษตร, 2565) อย่างไรก็ตามปัญหาสำคัญในการประกอบการ ด้านกิจกรรมประการหนึ่งคือการรักษาคุณภาพ ความสดของ ผลผลิตผลทางเกษตรมิให้เสื่อมสลายเน่าเสียถือเป็นข้อจำกัด ที่ชาวเกษตรกรและผู้เกี่ยวข้องให้ความสนใจค่อนข้างน้อย วิธีการดำเนินชีวิตของเกษตรกรที่ผ่านมาจะพบว่าโดยพื้นฐาน เกษตรกรไทยในทุกภูมิภาคล้วนมีความรู้ประสบการณ์ ความเข้าใจในการจัดการกับผลผลิตที่เกิดขึ้นอย่างมี ประสิทธิภาพเพียงพอ ไม่ต่างจากศาสตร์ความรู้หรือเทคโนโลยี สมัยใหม่แต่อย่างใดโดยเฉพาะหากมีการศึกษาพัฒนา นำ ความรู้ภูมิปัญญาท้องถิ่นที่ได้สืบทอดกันมาปรับปรุงให้ มีความ สอดคล้องกับสภาพเศรษฐกิจสังคมในปัจจุบันก็จะเป็นผลดี ต่อการพัฒนา คุณภาพชีวิตของเกษตรกรได้เป็นอย่างดี ดังเช่น เคล็ดลับวิถีในการถนอมอาหารที่แพร่หลายอยู่ในหมู่เกษตรกร ชาวบ้านทั่วไป สาเหตุทำให้เกิดการบูดเน่าเสียของผลผลิต ทาง การเกษตร มีสาเหตุมาจากเอนไซม์หรือน้ำย่อยซึ่งเป็น สารที่มีอยู่ในสิ่งมีชีวิตทุกชนิด ทั้งพืชและสัตว์โดยเอนไซม์ หรือน้ำย่อยนั้นทำหน้าที่คอยขับเคลื่อนวงจรของ สิ่งมีชีวิตต่างๆ ให้เกิดการเปลี่ยนแปลงอยู่ตลอดเวลา การที่ผลไม้ดิบ กลายเป็นผลไม้สุกจากสุกเป็นอมถือเป็นวงจรวัฏจักรของสิ่งมีชีวิต ทั้งหลาย เทคนิค เคล็ดลับวิเศษได้ค้นพบในการใช้ควบคุม จำกัดการเจริญเติบโตหรือการเคลื่อนไหวของเอนไซม์เหล่านี้ คือ การปรับอุณหภูมิให้เกิดความเหมาะสมในการถนอมอาหาร โดยอาจใช้ทั้งความร้อนและความเย็นเป็นการยับยั้งการทำงานของเอนไซม์เชื้อรา ที่พบในอาหารต่างๆ ก็เป็นสาเหตุให้เกิด การสูญเสียผลผลิตต่างๆ ไปอย่างน่าเสียดาย

สำหรับแนวทางในการเก็บรักษาถนอมอาหารของ ชาวบ้านที่ผ่านมาในอดีต มีทั้งการทำให้แห้ง โดยการตากแดด ผึ่งลม ร่มควันการใช้สารเคมีบางชนิด เช่น เกลือ น้ำตาล น้ำมัน รวมทั้งใช้สารอื่นๆ ที่ผลกระทบด้านความเป็นพิษตกค้างใน อาหารอีกหลายชนิด การเก็บไว้ในอุณหภูมิห้องปกติโดยใช้ น้ำและความชื้นหล่อเลี้ยง การปรับอุณหภูมิความร้อน เย็น การหมักดองทำให้เกิดกรดและแอลกอฮอล์ ถือเป็นความรู้ ภูมิปัญญาท้องถิ่นที่ควรมีการศึกษาพัฒนาให้มีประสิทธิภาพ

เหมาะสมต่อวิธีการดำเนินชีวิตในสังคมปัจจุบัน มีการใช้งาน เทคโนโลยีที่ทันสมัย สามารถทำงานร่วมกับอุปกรณ์เครือข่าย อินเทอร์เน็ตและประยุกต์ใช้อุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ร่วมกับ อุปกรณ์ระบบเซ็นเซอร์ในรูปแบบต่างๆ ผ่านการรับส่งข้อมูล ระหว่างกันที่เชื่อมโยงไปยังอุปกรณ์อื่นๆ ทำให้สามารถทำงาน ร่วมกันได้อย่างมีประสิทธิภาพ หรือเรียกว่า อินเทอร์เน็ตของ สรรพสิ่ง คือ การผสมผสานระหว่างการใช้อุปกรณ์วงจรการ ควบคุมไมโครคอนโทรลเลอร์กับสื่อสารในรูปแบบไร้สาย และ มีการนำเอาเทคโนโลยีอินเทอร์เน็ตทุกสรรพสิ่ง มาปรับปรุง ใช้กับทางการเกษตร ถือเป็นอีกทางเลือกหนึ่งที่สามารถ ส่งเสริม พัฒนามูลค่าให้กับสินค้าทางเกษตรให้อยู่ในรูปแบบ ยั่งยืนได้

ในจังหวัดอุบลราชธานีมีกลุ่มวิสาหกิจชุมชนได้สร้าง ผลิตภัณฑ์ถนอมอาหารขึ้นชื่อ เรียกว่า หม่ำ เป็นอาหารของ ท้องถิ่นที่ชาวบ้านรู้จักการแปรรูปจากเนื้อสัตว์ แปรรูปถนอม อาหารตามภูมิปัญญาท้องถิ่นเป็นสร้างผลิตภัณฑ์จำหน่าย ให้กับนักท่องเที่ยว สร้างรายได้ให้กับชุมชนในท้องถิ่น การ ส่งเสริมและสนับสนุนภูมิปัญญาการถนอมอาหารถือปัจจัยที่ เอื้อต่อการบริโภคอาหารปลอดภัยและเป็นอาหาร เพื่อสุขภาพ ในระดับชุมชนอย่างยั่งยืน ถือเป็นยุทธศาสตร์ในการพัฒนา จังหวัดให้เป็นแหล่งผลิตภัณฑ์ท้องถิ่นที่มีคุณภาพ เป็นการ เพิ่มมูลค่าผลิตภัณฑ์ให้มีความมั่นใจในการบริโภค โดยให้ ชุมชนมีส่วนร่วมการพัฒนาเพื่อกระตุ้นเศรษฐกิจ โดยเน้นการ พัฒนาจากชุมชน โดยชุมชน เพื่อชุมชนให้เข้มแข็งสามารถ อยู่ได้ด้วยตนเอง เพื่อยกระดับมาตรฐานผลิตภัณฑ์ชุมชนและ เพิ่มมาตรฐานคุณภาพชีวิตของชุมชนให้เกิดการผลิตอาหาร ที่ปลอดภัย ซึ่งในปัจจุบันมีเทคโนโลยีการอบแห้งได้พัฒนา เพิ่มมากขึ้น จึงได้มีการเลือกใช้แหล่งพลังงานที่เหมาะสม มาใช้ในกระบวนการอบแห้ง เพื่อเป็นทางเลือกหนึ่งให้กับ ชุมชน สำหรับกระบวนการผลิตโดยยังคงรักษาคุณภาพของ ผลิตภัณฑ์ไว้ได้นาน

จากการสำรวจข้อมูลพื้นฐานของผู้วิจัยในชุมชน พบว่า ชุมชนยังประสบปัญหาด้านกระบวนการผลิตและมาตรฐาน ผลิต ทำให้ผลิตภัณฑ์ชุมชนที่ได้คุณภาพไม่แน่นอน ปัญหา การปนเปื้อนฝุ่นละอองในอาหาร ปัญหาแมลงรบกวนใน อาหาร ปัญหาสภาพอากาศไม่ปกติ คณะวิจัยจึงมุ่งหวังที่จะ พัฒนานวัตกรรมกระบวนการแปรรูปอาหารอบแบบพลังงาน แสงอาทิตย์ควบคุมอุณหภูมิแบบอัตโนมัติ เนื่องจากอบเป็น วิธีการที่สะอาดและเหมาะสมกับผลิตภัณฑ์ โดยใช้ชุมชนเป็น ฐานในการนำองค์ความรู้ทางด้านวิทยาศาสตร์และบูรณาการ การเรียนการสอน ตลอดจนสามารถนำความรู้ที่ได้มาพัฒนา เป็นวิจัยระดับท้องถิ่นได้

**วัตถุประสงค์ของงานวิจัย**

1. เพื่อออกแบบและพัฒนาวัตกรรมการอบด้วยการควบคุมอุณหภูมิอัตโนมัติจากพลังงานแสงอาทิตย์แบบผสมผสานด้วยเทคโนโลยีอินเทอร์เน็ททุกสรรพสิ่ง
2. เพื่อส่งเสริมการแปรรูปผลิตภัณฑ์อาหารหม่า และเพิ่มรายได้ให้กับชุมชน

**ทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง**

การอบแห้ง คือ กระบวนการลดความชื้น โดยส่วนใหญ่ใช้การถ่ายเทความร้อนไปยังวัสดุที่ชื้น เพื่อไล่ความชื้นออกโดยการระเหย โดยใช้อาศัยความร้อนที่ได้รับเป็นความร้อนแฝงของการระเหย โดยปกติจะให้ความชื้นเป็นตัวบวบบอกปริมาณของน้ำที่อยู่ในวัสดุ ความชื้นในวัสดุ ความชื้นในผลิตภัณฑ์อาหาร และเมล็ดพืชมีทั้งความชื้นที่เกาะติดที่ผิวของวัสดุ ซึ่งสามารถไล่ความชื้น นี้ออกไปได้หมดโดยการให้ความร้อน ความชื้นอาจเกาะติดอยู่ภายในผนังด้านในท่อเล็กๆที่อยู่ภายในเนื้อวัสดุ โดยไม่สามารถไล่ความชื้นภายในเนื้อวัสดุนี้ได้หมด ซึ่งสามารถแสดงได้เป็น 2 แบบ คือ

- 1) ความชื้นมาตรฐานเปียก (wet basis) คือ อัตราส่วนน้ำหนักของน้ำในผลิตภัณฑ์ต่อน้ำหนักผลิตภัณฑ์ขึ้น โดยมีสมการดังนี้

$$M_w = [(w-d)/w]*100$$

- 2) ความชื้นมาตรฐานแห้ง (dry basis) คือ อัตราส่วนน้ำหนักของน้ำในผลิตภัณฑ์ต่อน้ำหนักผลิตภัณฑ์แห้ง โดยมีสมการดังนี้

$$M_d = [(w-d)/d]*100$$

โดยที่

$M_w$  คือ ความชื้นมาตรฐานเปียก

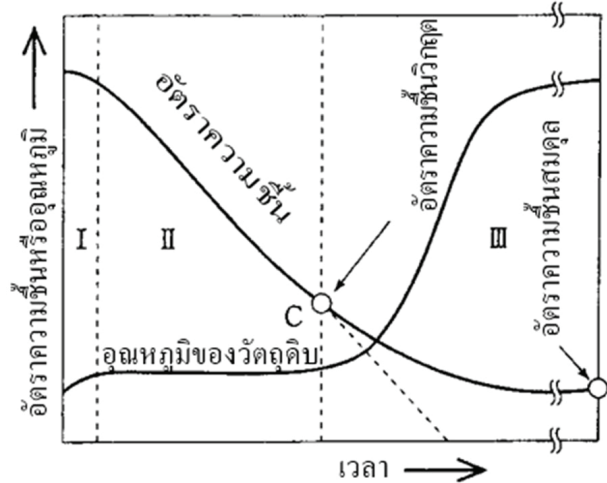
$M_d$  คือ ความชื้นมาตรฐานแห้ง

w คือ น้ำหนักเริ่มต้นของผลิตภัณฑ์

d คือ น้ำหนักผลิตภัณฑ์แห้ง

โดยทั่วไปการอบแห้งวัสดุสามารถแบ่งออกเป็นช่วง คือ ช่วงอัตราการอบแห้งคงที่ ซึ่งปริมาณความชื้นภายในวัสดุมีค่าสูงกว่าความชื้นวิกฤติที่ผิวของวัสดุมีน้ำอยู่จำนวนมาก เมื่อความร้อนจากอากาศถ่ายเทไปยังวัสดุ การถ่ายเทความร้อนและมวลจะเกิดขึ้นเฉพาะที่ผิวของวัสดุ ช่วงนี้อุณหภูมิผิวของวัสดุอบแห้งและอัตราการอบแห้งจะมีค่าคงที่

และช่วงอัตราการอบแห้งลดลง ซึ่งปริมาณความชื้นภายในวัสดุมีค่าต่ำกว่าความชื้นวิกฤติ เมื่อความร้อนจากอากาศถ่ายเทไปยังวัสดุ น้ำจะเคลื่อนที่จากภายในเนื้อวัสดุมาที่ผิวของวัสดุในลักษณะของเหลวหรือไอน้ำและน้ำที่ผิว จึงจะระเหยไปกับอากาศ ดัง Figure 1



**Figure 1** Changes in the humidity rate with the temperature of raw materials

**Source:** Department of Alternative Energy Development and Efficiency, Ministry of Energy, 2015.

**การถนอมอาหาร หม่า พื้นบ้านอีสาน**

“หม่า” หรือ “หม๋า” (ตามพจนานุกรมฉบับราชบัณฑิตยสถาน) เป็นอาหารชนิดหนึ่งมีลักษณะเหมือน “ไส้กรอก” แต่มีเครื่องปรุงที่สำคัญ คือ ตับสับ ม้ามสับ เนื้อสับ ปรุงเครื่องแล้วยัดใส่ในถุงกระเพาะหมู แล้วเก็บไว้กินกันเป็นแรมเดือน ถือเป็นอาหารประเภทไส้กรอกของแท้พื้นเมืองของคนอีสานแน่นอน จึงมีชื่อเรียกตามภาษาพื้นเมืองขึ้นมาว่า “หม่า” ถือเป็นอาหารไส้กรอกประเภทเครื่องปรุงซุส มีส่วนผสมที่สำคัญคือ ตับกับม้าม ดังนั้นบางครั้งชาวบ้านก็เรียกหม่าอีกชื่อหนึ่งว่า “ตับม้าม” เพราะหม่าเป็นอาหารที่กินเปรี้ยว ชื่อหม่าจึงถูกเรียกว่า “จ่อม” ซึ่งมีความหมายว่าเปรี้ยวอีกด้วย เป็นภูมิปัญญาพื้นบ้านของชาวอีสานในการใช้ประโยชน์จากเนื้อสัตว์อย่างคุ้มค่า และหม่ายังเป็นการเก็บรักษาอาหารไว้กินนานๆ ซึ่งถือเป็นลักษณะเด่นอย่างหนึ่งที่เห็นชัดของอาหารพื้นบ้านทางอีสาน คือมักเป็นอาหารที่ผ่านการหมักดองเพื่อเก็บถนอมอาหาร เช่น ปลาแดก ปลาส้ม เป็นต้น เพียงแต่หม่าเป็นวิธีหมักแบบแห้ง ต้องผึ่งแดดและใช้เครื่องในเป็นส่วนผสมหม่า เป็นการนำเนื้อวัวหรือควายหรือเนื้อหมูสับให้ละเอียดผสมกับตับสับ ม้ามสับ กระเทียม ข้าวเหนียวหนึ่งข้าวคั่ว คลุกเกลือกระเทียม ขยี้ให้เข้ากัน แล้วยัดในไส้หรือกระเพาะหมู หม่าจะมีลักษณะแห้งและมีรสเปรี้ยว เมื่อผ่านตากไปแล้ว 3-5 วันสามารถเก็บไว้ได้นานถึง 3 เดือน และควรเก็บไว้ในตู้เย็น

**ขั้นตอนการทดสอบ**

ผู้พัฒนาได้ทำการทดสอบการใช้งานของเครื่องอบด้วยการควบคุมอุณหภูมิอัตโนมัติจากพลังงานแสงอาทิตย์แบบผสมผสานด้วยเทคโนโลยีอินเทอร์เน็ตทุกสรรพสิ่ง ดังนี้

การทดสอบเปรียบเทียบตู้อบด้วยการควบคุมอุณหภูมิด้วยพลังงานแสงอาทิตย์และพลังงานไฟฟ้ากับวิธีการตากเดิมๆ เพื่อวัดค่าอุณหภูมิและความชื้นสัมพัทธ์ ช่วงเวลาตั้งแต่ 8.30-17.00 น. โดยผู้พัฒนาได้ทำการทดสอบ ณ วันที่ 25-27 มกราคม 2566 คณะเทคโนโลยีอุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยราชภัฏอุบลราชธานี เพื่อวัดค่าอุณหภูมิและความชื้นของตู้อบในรูปแบบผลิตภัณฑ์จากหม่า ด้วยปริมาณของผลิตภัณฑ์จากหม่าน้ำหนัก 4,000 กรัม ใช้สำหรับอบในตู้และผลิตภัณฑ์จากหม่าปริมาณน้ำหนัก 4,000 กรัม ตากรูปแบบเดิมๆ โดยใช้เวลาในการทดลองทั้งสิ้นเป็นเวลา 3 วัน เพื่อเก็บข้อมูลค่าอุณหภูมิและความชื้นเปรียบเทียบในแต่ละวันทุกๆ 30 นาที

การประเมินผลประสิทธิภาพความเหมาะสมของนวัตกรรมด้วยผู้เชี่ยวชาญทั้งหมด 3 ท่าน

การประเมินความพึงพอใจของผู้ใช้งานนวัตกรรมจากกลุ่มชุมชนตำบลพังเคน อำเภอนาตาล จังหวัดอุบลราชธานี กลุ่มสร้างผลิตภัณฑ์จากหม่าทั้งสิ้น 20 คน

**การดำเนินงานวิจัย**

ผู้วิจัยได้เลือกการพัฒนาวัตกรรมการอบด้วยการควบคุมอุณหภูมิอัตโนมัติจากพลังงานแสงอาทิตย์แบบผสมผสานด้วยเทคโนโลยีอินเทอร์เน็ตทุกสรรพสิ่ง ดังนี้

1. ศึกษากระบวนการและรวบรวมความต้องการของผู้ใช้งานในพื้นที่ตำบลพังเคน อำเภอนาตาล จังหวัดอุบลราชธานี
2. การวิเคราะห์ กลุ่มผู้วิจัยได้ศึกษาวรรณกรรม ทฤษฎี และวิเคราะห์เอกสารที่เกี่ยวข้องในการพัฒนาระบบจากแหล่งข้อมูล ประกอบด้วย การลงพื้นที่ตำบลพังเคน อำเภอนาตาล จังหวัดอุบลราชธานี
3. การออกแบบ กลุ่มผู้วิจัยได้ทำการออกแบบโครงสร้างเป็นทรงโดม ขนาดความ 120x170x160 เซนติเมตร มีระบบควบคุมอุณหภูมิใช้งานร่วมกับพลังงานแสงอาทิตย์และพลังงานแสงอาทิตย์ ดัง Figure 2

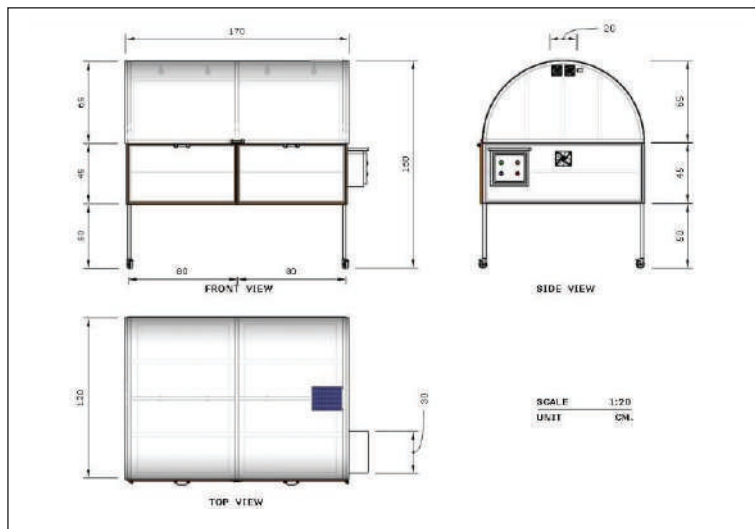
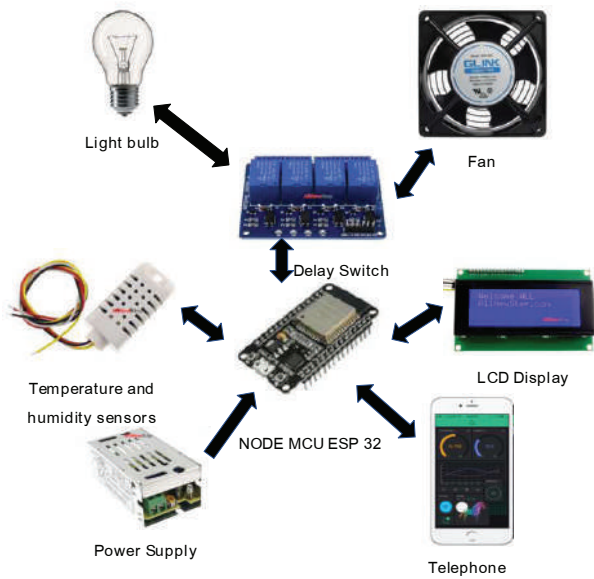


Figure 2 Drying or drying machine design.

4. การทดสอบการทำงานของเครื่องอบด้วยการควบคุมอุณหภูมิอัตโนมัติจากพลังงานไฟฟ้า โดยการจ่ายไฟผ่านอุปกรณ์ Switching Power Supply จากไฟกระแสสลับเป็นไฟกระแสตรงให้กับอุปกรณ์ NodeMCU ESP32 เพื่อเป็นตัวกลางทำหน้าที่ควบคุมการทำงานด้วยการรับค่ากับอุปกรณ์เซ็นเซอร์ตรวจวัดอุณหภูมิและความชื้น เพื่อส่งค่าผลลัพธ์แสดงผลผ่านหน้าจอบุคลากรแอลซีดี เมื่อมีอุณหภูมิมากกว่า

38 องศาเซลเซียสพัฒนาจะทำงานระบายความร้อนภายในตู้เมื่อมีความชื้นสัมพัทธ์มากกว่า 31 เปอร์เซ็นต์ หลอดไฟจะทำงานเพื่อให้ความร้อนภายในตู้ สามารถแสดงผลการทำงานผ่านเครือข่ายอินเทอร์เน็ตมีการทำงานร่วมกันกับแอปพลิเคชัน ByInk เพื่อควบคุมอุปกรณ์ผ่านเครื่องมือโทรศัพท์ ดัง Figure 3



**Figure 3** Principle of operation of temperature and humidity control system.

5. การติดตั้งประกอบตัวเครื่องโดยใช้เป็นแผ่นโพลีคาร์บอเนตแบบสี่เหลี่ยม ขนาดความหนา 6 มิล ประกอบเข้าแต่ละด้านของตัวเครื่อง เพื่อทำหน้าที่เป็นตัวรับแสงและกระจายความร้อนภายในตู้ มีระบบการทำความร้อนร่วมกับพลังงานไฟฟ้า ผู้พัฒนาได้ใช้อุปกรณ์การให้ความร้อนด้วยพลังงานไฟฟ้าเป็นหลอดไฟฟลูออโรแคดเมียม 220 โวลต์ ขนาด 40 วัตต์ ติดตั้งบริเวณใต้หลังคาโคม จำนวน 4 หลอด และติดตั้งระบบพัดลมระบายความชื้นพลังงานไฟฟ้ากระแสสลับ 220 โวลต์ ขนาด 0.14 แอมป์ จำนวน 2 เครื่อง บริเวณด้านข้างตู้ในแต่ละด้าน ติดตั้งระบบควบคุมอุณหภูมิและความชื้นไว้ด้านข้างตู้ สามารถควบคุมการทำงานของเครื่องผ่านโทรศัพท์ ดัง Figure 3



**Figure 4** Install the machine and temperature and humidity control system.

**การทดสอบและอภิปรายผลการวิจัย**

1. ผู้พัฒนาได้ทำการทดลองเปรียบเทียบการทำงานของเครื่องอบด้วยการควบคุมอุณหภูมิด้วยพลังงานแสงอาทิตย์และพลังงานไฟฟ้ากับวิธีการตากเดิมๆ เพื่อวัดค่าอุณหภูมิและความชื้น ช่วงเวลาตั้งแต่ 8.30-17.00 น. ระหว่างวันที่ 25-27 มกราคม 2566 โดยทำการทดสอบวัดค่าอุณหภูมิและความชื้นของตู้อบกับผลิตภัณฑ์จากหม่า ด้วยปริมาณของผลิตภัณฑ์จากหม่าน้ำหนักก่อนตาก 4,000 กรัม ใช้สำหรับอบในตู้ และผลิตภัณฑ์จากหม่าปริมาณน้ำหนักก่อนตาก 4,000 กรัม ใช้สำหรับตากรูปแบบเดิมๆ โดยใช้เวลาในการทดลองทั้งสิ้นเป็นเวลา 3 วัน เพื่อเก็บข้อมูลค่าอุณหภูมิและความชื้นเปรียบเทียบในแต่ละวันทุกๆ 30 นาที

จากการผลการทดสอบสรุปพบว่า การตากภายในตู้อบมีค่าเฉลี่ยของอุณหภูมิจากพลังงานไฟฟ้าโดยรวมอยู่ที่ 47 องศาเซลเซียส และมีค่าเฉลี่ยของความชื้นสัมพัทธ์จากพลังงานไฟฟ้าโดยรวมอยู่ที่ 20 เปอร์เซ็นต์ ส่งผลให้พัดลมระบายความร้อนทำงาน และทำให้หลอดไฟจากพลังงานไฟฟ้าไม่ทำงาน เปรียบเทียบกับการตากรูปแบบเดิม มีค่าเฉลี่ยของอุณหภูมิโดยรวมทั่วไปอยู่ที่ 27 องศาเซลเซียส และค่าเฉลี่ยความชื้นสัมพัทธ์โดยรวมทั่วไปอยู่ที่ 52 เปอร์เซ็นต์ ทำให้ตู้อบมีความร้อนสะสมมากกว่าอุณหภูมิภายนอกถึง 57.45 เปอร์เซ็นต์ ดัง Figure 5

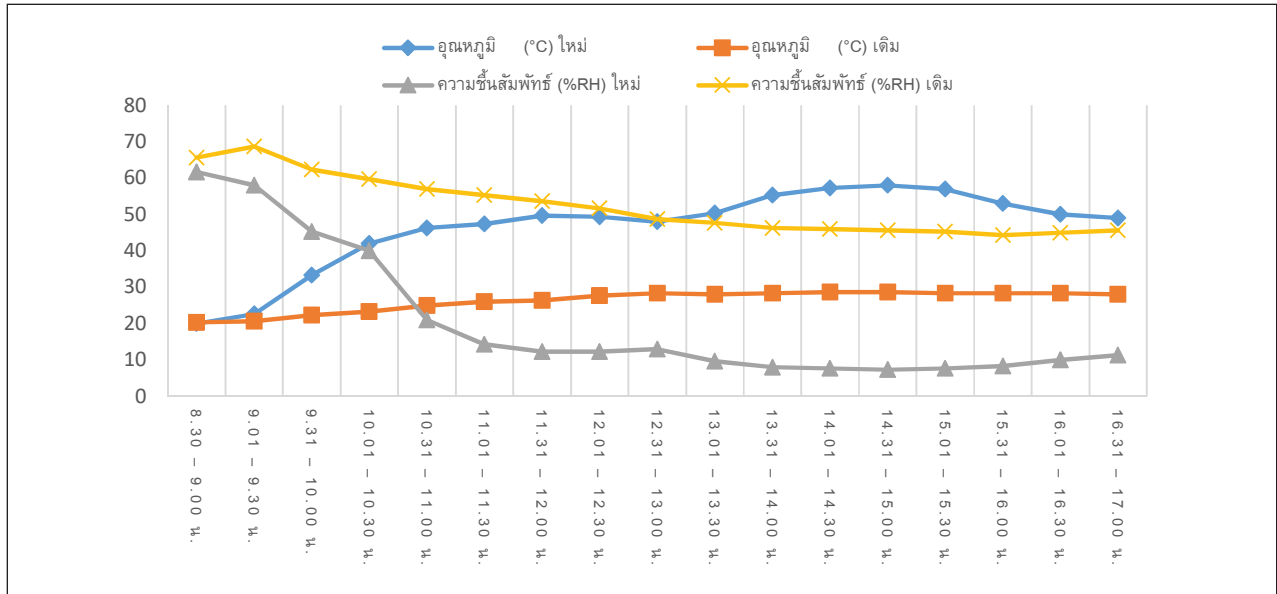


Figure 5 The test results for the three-day average relative temperature and humidity during 25-27 January 2023 are as follows.

จากการทดสอบเครื่องอบผลิตภัณฑ์หม้า ระหว่างวันที่ 25-27 มกราคม 2566 ผู้วิจัยได้ทำคำนวณหาต้นทุนค่าไฟฟ้าจากการใช้งานเครื่องอบ มีการใช้พลังงานไฟฟ้าจากหลอดไฟ ขนาด 40 วัตต์ จำนวน 4 หลอด ทำงานวันละ 2 ชั่วโมง รวมพลังงานไฟฟ้าเท่ากับ 960 วัตต์ การใช้พลังงานจากพัดลม ขนาด 31 วัตต์ จำนวน 2 เครื่อง ทำงานวันละ

6-8 ชั่วโมง รวมพลังงานไฟฟ้าเท่ากับ 1,209 วัตต์ พลังงานชุดหม้อแปลงไฟฟ้า ขนาด 38 วัตต์ทำงานวันละ 8.5 ชั่วโมง รวมพลังงานไฟฟ้าเท่ากับ 646 วัตต์ รวมพลังงานไฟฟ้าที่ใช้ไปทั้งสิ้นในการทดสอบเท่ากับ 3,138 วัตต์ มีหน่วยเท่ากับ 3.14 หน่วย ค่าไฟต่อหน่วยเท่ากับ 4.77 บาท คิดเป็นต้นทุนค่าไฟฟ้าที่ใช้งานกับเครื่องอบเท่ากับ 14.99 บาท ดัง Table 1

Table 1 The electricity costs used in the dryer test from January 25<sup>th</sup> to January 27<sup>th</sup>, 2023, were recorded.

Date	Electric power of the bulb (in watts).	Electric power of the fan (in Watts)	Power transformer (watts)	Total Power (Watts)	Cost of electricity (Baht)
1	320	465	323	1,108	5.30
2	320	403	323	1,046	5.01
3	320	341	323	984	4.68
	960	1,209	646	3,138	14.99

ผลการทดสอบเปรียบเทียบปริมาณน้ำหนักของผลิตภัณฑ์หม้าจากตู้อบด้วยพลังงานแสงอาทิตย์และพลังงานไฟฟ้าทั้ง 3 วันเปรียบเทียบกับวิธีตากเดิมๆ พบว่า ปริมาณน้ำหนักของผลิตภัณฑ์จากหม้าก่อนอบ 4,000 กรัม หลังอบใช้เวลา 25 ชั่วโมง 30 นาที มีปริมาณน้ำหนักรวมเหลือ 3,200 กรัม ลดลงไป 700 กรัม อัตราส่วนน้ำหนักของน้ำในผลิตภัณฑ์ต่อน้ำหนักผลิตภัณฑ์ขึ้น เท่ากับ 23.00 M และอัตราส่วนน้ำหนักของน้ำในผลิตภัณฑ์ต่อน้ำหนักผลิตภัณฑ์แห้ง เท่ากับ 25.00 M จากน้ำหนักรวม เปรียบเทียบกับวิธีตากแบบเดิมๆ พบว่าปริมาณน้ำหนักของผลิตภัณฑ์จากหม้าก่อนตาก 4,000 กรัม หลังตากใช้เวลา 25 ชั่วโมง 30 นาที มีปริมาณน้ำหนัก

คงเหลือ 3,420 กรัม ลดลงไปทั้งสิ้น 580 กรัม อัตราส่วนน้ำหนักของน้ำในผลิตภัณฑ์ต่อน้ำหนักผลิตภัณฑ์ขึ้น เท่ากับ 16.00 M และอัตราส่วนน้ำหนักของน้ำในผลิตภัณฑ์ต่อน้ำหนักผลิตภัณฑ์แห้ง เท่ากับ 18.00 M สรุปได้ว่าการใช้งานเครื่องอบผลิตภัณฑ์จากหม้าด้วยพลังงานแสงอาทิตย์และพลังงานไฟฟ้าจะมีปริมาณน้ำหนักร้อยกว่าทำให้ทำให้เครื่องสามารถลดระยะเวลาในการตากแดด เนื่องจากสามารถลดความชื้นได้มากกว่า อัตราการอบแห้งสูงกว่า จึงส่งผลให้การนำไปจำหน่ายได้เร็วกว่า ถือได้ว่าเป็นการลดระยะเวลาในการผลิต ดัง Table 2

**Table 2** The test results compared the weight of the product from the incubator or dried from the product with solar energy and electricity for 3 days compared to the traditional drying method.

date	Weight content (gram)		Residual weight (gram)	$M_w$	$M_d$	The same amount of weight (gram)		Residual weight (gram)	$M_w$	$M_d$
	Incubator or drying					Before drying	After drying			
	Before drying	After drying	Before drying	After drying						
1	4,000	3,700	300	8.00	9.00	4,000	3,820	180	5.00	5.00
2	3,700	3,400	300	9.00	9.00	3,820	3,600	220	6.00	7.00
3	3,400	3,200	200	6.00	7.00	3,600	3,420	180	5.00	6.00
<b>Total residual weight</b>			800	23.00	25.00	<b>Total residual weight</b>		580	16.00	18.00

### สรุปและอภิปรายผลการวิจัย

การพัฒนาวัตกรรมการอบด้วยการควบคุมอุณหภูมิอัตโนมัติจากพลังงานแสงอาทิตย์แบบผสมผสานด้วยเทคโนโลยีอินเทอร์เน็ตทุกสรรพสิ่ง สรุปผลการวิจัยดังนี้

1. ผลการทดสอบการวัดค่าอุณหภูมิและความชื้นสัมพัทธ์ของเครื่องอบผลิตภัณฑ์จากหม้อด้วยพลังงานแสงอาทิตย์และพลังงานไฟฟ้าทั้ง 3 วัน สรุปได้ว่าการใช้งานด้วยเครื่องอบผลิตภัณฑ์จากหม้อด้วยพลังงานแสงอาทิตย์และพลังงานไฟฟ้าจะมีปริมาณน้ำหนักน้อยกว่าทำให้เครื่องสามารถลดระยะเวลาในการตากแดด เนื่องจากสามารถลดความชื้นได้มากกว่า อัตราการอบแห้งสูงกว่า จึงส่งผลให้การนำไปจำหน่ายได้เร็วกว่า ถือได้ว่าเป็นการลดระยะเวลาในการผลิต

2. สรุปผลการประเมินความเหมาะสมของการพัฒนาวัตกรรมการอบจากผู้เชี่ยวชาญที่มีต่อการพัฒนาวัตกรรมการอบหรือตากด้วยการควบคุมอุณหภูมิอัตโนมัติจากพลังงานแสงอาทิตย์แบบผสมผสานด้วยเทคโนโลยีอินเทอร์เน็ตทุกสรรพสิ่ง พบว่ามีค่าเฉลี่ยโดยรวมอยู่ในระดับความเหมาะสมที่สุดมาก ( $\bar{X} = 4.73$ , S.D. = 0.23)

3. ผลการประเมินความพึงพอใจต่อการใช้งานของนวัตกรรมกับชุมชน พบว่า มีค่าเฉลี่ยโดยรวมอยู่ในระดับมากที่สุด ( $\bar{X} = 4.56$ , S.D. = 0.57) จากการเผยแพร่นวัตกรรมลงสู่ชุมชน ทำให้ชุมชนได้ใช้ประโยชน์จากนวัตกรรม และเกิดความต้องการในการเพิ่มจำนวนเครื่องและพัฒนาวัตกรรมการให้สอดคล้องกับต้นทุนที่ชุมชนสามารถสร้างขึ้นเองได้

การพัฒนาวัตกรรมการอบด้วยการควบคุมอุณหภูมิอัตโนมัติจากพลังงานแสงอาทิตย์แบบผสมผสานด้วยเทคโนโลยีอินเทอร์เน็ตทุกสรรพสิ่ง ผู้วิจัยได้ทำการประเมินผลเปรียบเทียบการทำงานของนวัตกรรมและการประเมินประสิทธิภาพความเหมาะสมจากผู้เชี่ยวชาญ 3 ท่าน มีการอภิปรายผลดังต่อไปนี้

ผลการพัฒนานวัตกรรมเครื่องอบผลิตภัณฑ์จากหม้อด้วยการควบคุมอุณหภูมิอัตโนมัติจากพลังงานแสงอาทิตย์แบบผสมผสานด้วยเทคโนโลยีอินเทอร์เน็ตทุกสรรพสิ่ง กับวิธีการตากผลิตภัณฑ์หม้อแบบดั้งเดิม จากการศึกษาปัญหาและความต้องการของผู้ใช้งาน ออกแบบและสร้างนวัตกรรมและทำการประเมินผล พบว่าอุณหภูมิจากพลังงานไฟฟ้าในตู้อบเฉลี่ยโดยรวมอยู่ที่ 47 องศาเซลเซียสและความชื้นสัมพัทธ์เฉลี่ยโดยรวมอยู่ที่ 20 เปอร์เซ็นต์ ส่วนของอุณหภูมิการตากหม้อแบบวิธีดั้งเดิมเฉลี่ยโดยรวมอยู่ที่ 27 องศาเซลเซียสและความชื้นสัมพัทธ์เฉลี่ยโดยรวมอยู่ที่ 52 เปอร์เซ็นต์ ทำให้อุณหภูมิในตู้อบมีความร้อนสะสมมากกว่าภายนอกตู้ ทำให้ผลิตภัณฑ์หม้อได้จากการตากทั้ง 2 รูปแบบมีน้ำหนักและสีใกล้เคียงกัน ซึ่งมีความสอดคล้องกับงานวิจัยของธีรพงศ์ บริรักษ์ และคณะ (2564) ได้ทำการศึกษาวิจัยเพื่อเพิ่มประสิทธิภาพการถนอมอาหารด้วยวิธีการตากแห้งโดยการใช้พลังงานแสงอาทิตย์ ที่โดยสามารถวัดค่าอุณหภูมิภายในตู้อบมากกว่าภายนอกตู้ สามารถทำการแปรรูปผลิตภัณฑ์โดยวิธีการตากได้ตลอดฤดูกาล และมีความสอดคล้องกับงานวิจัยของอนุชิต กลัปประสิทธิ์ และคณะ (2564) วิจัยได้ทำการศึกษาวิจัยในการสร้างตู้อบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์ในการผลิตปลาช่อนแดดเดียวโดยใช้วิธีวิจัยแบบผสมผสาน สามารถจ่ายลมร้อนสู่ห้องอบแห้งที่อุณหภูมิ 40-55 องศาเซลเซียสทุกตำแหน่งของชั้นวางผลิตภัณฑ์มีอุณหภูมิใกล้เคียงกัน สอดคล้องกับงานวิจัยของ รัฐพงษ์ โป้เคนและวิเศษศักดิ์ เสี่ยมศักดิ์ (2563) ได้ศึกษาวิจัยออกแบบและสร้างตู้อบกล้วยพลังงานแสงอาทิตย์ตู้อบกล้วยเพื่ออำนวยความสะดวกในการถนอมอาหารและจะจัดเก็บไว้ทำอาหารได้นานขึ้น โดยผู้วิจัยได้เพิ่มสามารถของการสร้างนวัตกรรมเครื่องอบผลิตภัณฑ์จากหม้อด้วยการควบคุมอุณหภูมิจากพลังงานแสงอาทิตย์แบบผสมผสานให้สามารถประยุกต์ใช้งานร่วมกับการนำเทคโนโลยีอุปกรณ์ IoT มาใช้ในการเชื่อมต่อกับอุปกรณ์ในระบบเครือข่ายอินเทอร์เน็ต ที่สามารถควบคุมการเปิด-ปิดสวิตซ์จากระยะ

ไกลได้ เพิ่มความสะดวกสบายในการใช้งานในชีวิตประจำวัน และสอดคล้องกับวิวัฒนาการ มีสุวรรณ (2559) ได้ทำการศึกษาวิจัยเรื่อง อินเทอร์เน็ตเพื่อสรรพสิ่ง (internet of things) กับ การศึกษา Internet of Thing on Education แนวคิดสำคัญ ของอินเทอร์เน็ตเพื่อสรรพสิ่ง (internet of things) เป็นการใช้ ประโยชน์จากความก้าวหน้าของเครือข่ายอินเทอร์เน็ต และการเพิ่มขึ้นของข้อมูลสารสนเทศจำนวนมาก (big data) จาก อุปกรณ์หรือสรรพสิ่งต่างๆ ที่อยู่รอบตัว ให้สามารถนำมาใช้ ประโยชน์ได้อย่างเหมาะสม เป็นการเสริมสร้างการใช้ประโยชน์ จากทรัพยากรแหล่งสารสนเทศให้เกิดความคุ้มค่าสูงสุด ทำให้ เวลาการตากผลิตภัณฑ์จากหม้อแห้งเร็วขึ้น เมื่อเทียบเปรียบ กับการตากแบบธรรมชาติซึ่งมีความสอดคล้องกับฮาดิมมี บากาและคณะ (2560) ได้ทำการศึกษาวิจัยตู้อบแห้งปลาช่อน โดยใช้พลังงานแสงอาทิตย์ร่วมไฟฟ้า ประสิทธิภาพการทำให้ แห้งมากที่สุดเมื่อเทียบกับการตากแบบธรรมชาติ

ผลประเมินประสิทธิภาพความเหมาะสมของ การทำงานการพัฒนาวัตกรรมการอบด้วยการควบคุม อุณหภูมิอัตโนมัติจากพลังงานแสงอาทิตย์แบบผสมผสานด้วย เทคโนโลยีอินเทอร์เน็ตทุกสรรพสิ่งพบว่า มีผลการประเมิน โดยรวมอยู่ในระดับมากที่สุด สอดคล้องกับงานวิจัยของ อภิญา สายศรีแก้วและคณะ (2565) ที่ได้ทำการศึกษาวิจัย เรื่อง การพัฒนาตู้อบพลังงานแสงอาทิตย์เพื่อการแปรรูป อาหารควบคุมด้วยระบบ Internet of Things (IoT) พบว่า ผลการประเมินประสิทธิภาพการทำงานของตู้อบพลังงาน แสงอาทิตย์ โดยผู้เชี่ยวชาญมีผลการประเมินโดยรวมอยู่ใน ระดับมากที่สุด และมีความสอดคล้องกับงานวิจัยของ รัฐพงษ์ ใโปเคน และวิเศษศักดิ์ เสงี่ยมศักดิ์ (2563) ที่ได้ทำการศึกษา วิจัยเรื่อง ออกแบบและสร้างตู้อบกล้วยพลังงานแสงอาทิตย์ โดยผู้เชี่ยวชาญ มีผลการประเมินโดยรวมอยู่ในระดับ มากที่สุดเช่นกัน

### ข้อเสนอแนะ

การพัฒนาวัตกรรมการอบหรือตากด้วยการ ควบคุมอุณหภูมิอัตโนมัติจากพลังงานแสงอาทิตย์แบบ ผสมผสานด้วยเทคโนโลยีอินเทอร์เน็ตทุกสรรพสิ่ง โดยมี ข้อเสนอแนะและพัฒนาให้วัตกรรมการอบมีประสิทธิภาพ ควร มีการพัฒนาระบบแจ้งเตือนอุณหภูมิและความชื้นผ่าน เครือข่ายอินเทอร์เน็ตกับอุปกรณ์เคลื่อนที่ ควรมีการพัฒนา ระบบควบคุมการตั้งเวลาการทำงานของเครื่องให้สามารถ ควบคุมเวลาที่เหมาะสมกับการอบหรือตากกับผลิตภัณฑ์ ในชนิดอื่นๆ ได้

### กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบพระคุณองค์การบริหารส่วนตำบลบ้านพัง เคน กลุ่มวิสาหกิจชุมชน และคณาจารย์ในคณะเทคโนโลยี อุตสาหกรรม สาขาวิชาเทคโนโลยีคอมพิวเตอร์ สาขาวิชาการ ออกแบบผลิตภัณฑ์ สาขาวิชาเทคโนโลยีอิเล็กทรอนิกส์ การ ทำโครงการวิจัยในครั้งนี้จะไม่สำเร็จไปด้วยดี หากไม่ได้รับความกรุณาจากผู้เชี่ยวชาญท่านรองศาสตราจารย์เอกรินทร์ วทัญญูเลิศสกุล ผู้ช่วยศาสตราจารย์ยุทธศักดิ์ สันตมาศ และผู้ช่วยศาสตราจารย์สุเทพ นระมาตย์ ที่เป็นผู้ประเมิน ประสิทธิภาพความเหมาะสมการทำงานของนวัตกรรม

### เอกสารอ้างอิง

- ธีรพงศ์ บริรักษ์, พงษ์สวัสดิ์ คชภูมิ, ณรงค์ ภู่อู่ และวรลักษณ์ เสดียรรังษฤษฎี (2564). ตู้อบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์ แบบผสมผสาน. *วารสารวิชาการมหาวิทยาลัยอีสเทิร์น เอเชีย ฉบับวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี*, 5(1), 180-195.
- รัฐพงษ์ ใโปเคนและวิเศษศักดิ์ เสงี่ยมศักดิ์. (2563). *ตู้อบกล้วย พลังงานแสงอาทิตย์*. *วารสารวิชาการการประยุกต์ใช้ เทคโนโลยีสารสนเทศ*, 6(1), 48-57.
- วิวัฒน์ มีสุวรรณ. (2559). อินเทอร์เน็ตเพื่อสรรพสิ่ง (Internet of Things) กับการศึกษา Internet of Things on Education. *วารสารวิชาการนวัตกรรมสื่อสารสังคม มหาวิทยาลัยนเรศวร*, 4(2), 83-92.
- สำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร. (2565). *สถิติการเกษตรของ ประเทศไทย ปี 2565*. กระทรวงเกษตรและสหกรณ์
- อนุชิต กลีบประสิทธิ์, ดุชนัน สุภวรรณะกุล, ประสูติ สิทธิ สรวง, รัศมี เสงี่ยมศักดิ์. (2564). การสร้างตู้อบแห้งพลังงาน แสงอาทิตย์ในการจัดการเทคโนโลยีการผลิตปลาช่อน แดดเต็ยว. *วารสารมหาวิทยาลัยนราธิวาสราชนครินทร์*, 12(2), 82-96.
- อภิญา สายศรีแก้ว, อัญญา วรรณกายนต์, อภิชัย ไพโรสิทธิ์ และสุชาติ ดุมนิล. (2565). การพัฒนาตู้อบพลังงาน แสงอาทิตย์เพื่อการแปรรูปอาหารควบคุมด้วยระบบ Internet of Things (IoT). *วารสารวิชาการเทคโนโลยี อุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยราชภัฏสุรินทร์*, 7(2), 42-52.
- ฮาดิมมี บากา, รอกีเยาะ อาแว, ซุลกิฟลี กาซอ, และสุนิตย์ โรจนสุวรรณ. (2560). การศึกษาประสิทธิภาพการอบ แห้งของปลาช่อนด้วยตู้อบพลังงานแสงอาทิตย์ร่วม ไฟฟ้า. *วารสารวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มจร.*, 1(1), 13-24.