การพัฒนานวัตกรรมเครื่องอบด้วยการควบคุมอุณหภูมิอัตโนมัติจากพลังงานแสงอาทิตย์แบบผสมผสานด้วยเทคโนโลยีอินเทอร์เน็ตทุกสรรพสิ่ง (IoT)

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

วีรวัตร คำภู[1], ชาญชัย นามพล[1*] และ สุทิพย์ เป้งทอง[1]
Weerawat Kampoo[1], Chanchai Namphol[1] and Suthip Penthong[1]

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

บทคัดย่อ

การพัฒนานวัตกรรมเครื่องอบด้วยการควบคุมอุณหภูมิอัตโนมัติจากพลังงานแสงอาทิตย์แบบผสมผสานด้วยเทคโนโลยีอินเทอร์เน็ตทุกสรรพสิ่ง มีวัตถุประสงค์ 1) เพื่อออกแบบและพัฒนานวัตกรรมเครื่องอบด้วยการควบคุมอุณหภูมิอัตโนมัติจากพลังงานแสงอาทิตย์แบบผสมผสานด้วยเทคโนโลยีอินเทอร์เน็ตทุกสรรพสิ่ง 2) เพื่อส่งเสริมการแปรรูปผลิตภัณฑ์อาหารหม่ำและเพิ่มรายได้ให้กับชุมชน โดยผ่านกระบวนการทดสอบประสิทธิภาพการทำงานและความเหมาะสมของนวัตกรรมจากผู้เชี่ยวชาญจำนวน 3 ท่าน เก็บรวบรวมข้อมูลเพื่อวิเคราะห์ข้อมูลหาค่าเฉลี่ยและส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน จากผลการทดสอบประสิทธิภาพการทำงานของนวัตกรรมโดยใช้เวลาในการทดสอบทั้งสิ้นเป็นเวลา 3 วัน ระหว่างวันที่ 25-27 มกราคม 2566 ทดสอบเปรียบเทียบผลิตภัณฑ์จากหม่ำในตู้อบกับการตากในรูปแบบเดิม มีค่าเฉลี่ยของอุณหภูมิโดยรวม 47 องศาเซลเซียส และมีค่าเฉลี่ยความชื้นสัมพัทธ์โดยรวม 20 เปอร์เซ็นต์ การตากผลิตภัณฑ์ในรูปแบบเดิม มีค่าเฉลี่ยอุณหภูมิโดยรวม 27 องศาเซลเซียส และค่าเฉลี่ยความชื้นสัมพัทธ์โดยรวม 52 เปอร์เซ็นต์ การประเมินประสิทธิภาพความเหมาะสมของนวัตกรรม พบว่า มีค่าเฉลี่ยโดยรวมอยู่ในระดับมากที่สุด ($\bar{X}$ = 4.73 S.D. = 0.23) การประเมินความพึงพอใจต่อการใช้งานของนวัตกรรมกับชุมชม 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 overal 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

---

[1] อาจารย์, สาขาวิชาเทคโนโลยีสารสนเทศ คณะเทคโนโลยีอุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยราชภัฏอุบลราชธานี
[1] Lecture, Department of Information Technology, Faculty of Industrial Technology, Ubon Ratchathani Rajabhat University
* Corresponding author: E-mail: chanchai.n@ubru.ac.th

บทนำ

ปัจจุบันอาชีพพื้นฐานคนในประเทศไทยกว่าหกสิบเปอร์เซ็นต์มีวิธีการประกอบอาชีพเกษตรกรรมเป็นหลัก โดยมีสวนผัก สวนผลไม้ ไร่นา ปศุสัตว์ต่างๆ ครบถ้วนกระบวนการทั้งด้านอาหารเครื่องใช้ เครื่องนุ่งห่มที่จำเป็นต่อการดำรงชีวิต ถือเป็นปัจจัยสำคัญในการผลักดันให้เกิดแนวคิดนโยบายการพัฒนาประเทศให้เป็นรากฐานการผลิตอาหารหล่อเลี้ยงประชาคมโลกหรือครอบครัวชาวโลก ภาวะเศรษฐกิจการเกษตรปี 2565 มีการขยายตัวร้อยละ 0.8 เมื่อเทียบกับปี 2564 โดยเฉพาะสาขาพืช สาขาบริการทางการเกษตร (สำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร, 2565) อย่างไรก็ดีปัญหาสำคัญในการประกอบการด้านกสิกรรมประการหนึ่งคือการรักษาคุณภาพ ความสดของผลผลิตผลทางเกษตรมิให้เสื่อมสลายเน่าเสียถือเป็นข้อจำกัดที่ชาวเกษตรกรและผู้เกี่ยวข้องให้ความสนใจค่อนข้างน้อย วิธีการดำเนินชีวิตของเกษตรกรที่ผ่านมาจะพบว่าโดยพื้นฐานเกษตรกรไทยในทุกภูมิภาคล้วนมีความรู้ประสบการณ์ความเข้าใจในการจัดการกับผลผลิตที่เกิดขึ้นอย่างมีประสิทธิภาพเพียงพอ ไม่ต่างจากศาสตร์ความรู้หรือเทคโนโลยีสมัยใหม่แต่อย่างใดโดยเฉพาะหากมีการศึกษาพัฒนานำความรู้ภูมิปัญญาท้องถิ่นที่ได้สืบทอดกันมาปรับปรุงให้ มีความสอดคล้องกับสภาพเศรษฐกิจสังคมในปัจจุบันก็จะเป็นผลดีต่อการพัฒนา คุณภาพชีวิตของเกษตรกรได้เป็นอย่างดี ดังเช่นเคล็ดลับวิธีในการถนอมอาหารที่แพร่หลายอยู่ในหมู่เกษตรกรชาวบ้านทั่วๆ ไป สาเหตุทำให้เกิดการบูดเน่าเสียของผลิตผลทางการเกษตร มีสาเหตุมาจากเอนไซม์หรือน้ำย่อยซึ่งเป็นสารที่มีอยู่ในสิ่งมีชีวิตทุกชนิด ทั้งพืชและสัตว์โดยเอนไซม์หรือน้ำย่อยนั้นมีหน้าที่คอยขับเคลื่อนวงจรของ สิ่งมีชีวิตต่างๆ ให้เกิดการเปลี่ยนแปลงอยู่ตลอดเวลา การที่ผลไม้ดิบ กลายเป็นผลไม้สุกจากสุกเป็นงอมถือเป็นวงจรวัฏจักรของสิ่งมีชีวิตทั้งหลาย เทคนิค เคล็ดวิธีมนุษย์ได้ค้นพบในการใช้ควบคุมจำกัดการเจริญเติบโตหรือการเคลื่อนไหวของเอนไซม์เหล่านี้ คือ การปรับอุณหภูมิให้เกิดความเหมาะสมในการถนอมอาหารโดยอาจใช้ทั้งความร้อนและความเย็นเป็นการยับยั้งการทำงานของเอนไซม์เชื้อรา ที่พบในอาหารต่างๆ ก็เป็นสาเหตุให้เกิดการสูญเสียผลผลิตต่างๆ ไปอย่างน่าเสียดาย

สำหรับแนวทางในการเก็บรักษาถนอมอาหารของชาวบ้านที่ผ่านมาในอดีต มีทั้งการทำให้แห้ง โดยการตากแดดผึ่งลม รมควันการใช้สารเคมีบางชนิด เช่น เกลือ น้ำตาล น้ำมัน รวมทั้งใช้สารอื่นๆ ที่ผลกระทบด้านความเป็นพิษตกค้างในอาหารอีกหลายชนิด การเก็บไว้ในอุณหภูมิห้องปกติโดยใช้น้ำและความชื้นหล่อเลี้ยง การปรับอุณหภูมิความร้อน เย็น การหมักดองทำให้เกิดกรดและแอลกอฮอล์ ถือเป็นความรู้ภูมิปัญญาท้องถิ่นที่ควรมีการศึกษาพัฒนาให้มีประสิทธิภาพเหมาะสมต่อวิธีการดำเนินชีวิตในสังคมปัจจุบัน มีการใช้งานเทคโนโลยีที่ทันสมัย สามารถทำงานร่วมกับอุปกรณ์เครือข่ายอินเทอร์เน็ตและประยุกต์ใช้อุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ร่วมกับอุปกรณ์ระบบเซ็นเซอร์ในรูปแบบต่างๆ ผ่านการรับส่งข้อมูลระหว่างกันที่เชื่อมโยงไปยังอุปกรณ์อื่นๆ ทำให้สามารถทำงานร่วมกันได้อย่างมีประสิทธิภาพ หรือเรียกว่า อินเทอร์เน็ตของสรรพสิ่ง คือ การผสมผสานระหว่างการใช้อุปกรณ์วงจรการควบคุมไมโครคอนโทรลเลอร์กับสื่อสารในรูปแบบไร้สาย และมีการนำเอาเทคโนโลยีอินเทอร์เน็ตทุกสรรพสิ่ง มาปรับปรุงใช้กับทางด้านการเกษตร ถือเป็นอีกทางเลือกหนึ่งที่สามารถส่งเสริม พัฒนามูลค่าให้กับสินค้าทางเกษตรให้อยู่ในรูปแบบยั่งยืนได้

ในจังหวัดอุบลราชธานีมีกลุ่มวิสาหกิจชุมชนได้สร้างผลิตภัณฑ์ถนอมอาหารขึ้นชื่อ เรียกว่า หม่ำ เป็นอาหารของท้องถิ่นที่ชาวบ้านรู้จักการแปรรูปจากเนื้อสัตว์ แปรรูปถนอมอาหารตามภูมิปัญญาท้องถิ่นเป็นสร้างผลิตภัณฑ์จำหน่ายให้กับนักท่องเที่ยว สร้างรายได้ให้กับชุมชนในท้องถิ่น การส่งเสริมและสนับสนุนภูมิปัญญาการถนอมอาหารถือปัจจัยที่เอื้อต่อการบริโภคอาหารปลอดภัยและเป็นอาหาร เพื่อสุขภาพในระดับชุมชนอย่างยั่งยืน ถือเป็นยุทธศาสตร์ในการพัฒนาจังหวัดให้เป็นแหล่งผลิตภัณฑ์ท้องถิ่นที่มีคุณภาพ เป็นการเพิ่มมูลค่าผลิตภัณฑ์ให้มีความมั่นใจในการบริโภค โดยให้ชุมชนมีส่วนร่วมการพัฒนาเพื่อกระตุ้นเศรษฐกิจ โดยเน้นการพัฒนาจากชุมชน โดยชุมชน เพื่อชุมชนให้เข้มแข็งสามารถอยู่ได้ด้วยตนเอง เพื่อยกระดับมาตรฐานผลิตภัณฑ์ชุมชนและเพิ่มมาตรฐานคุณภาพชีวิตของชุมชนให้เกิดการผลิตอาหารที่ปลอดภัย ซึ่งในปัจจุบันมีเทคโนโลยีการอบแห้งได้พัฒนาเพิ่มมากขึ้น จึงได้มีการเลือกใช้แหล่งพลังงานที่เหมาะสมมาใช้ในกระบวนการอบแห้ง เพื่อเป็นทางเลือกหนึ่งให้กับชุมชน สำหรับกระบวนผลิตโดยยังคงรักษาคุณภาพของผลิตภัณฑ์ไว้ได้นาน

จากการสำรวจข้อมูลพื้นฐานของผู้วิจัยในชุมชนพบว่า ชุมชนยังประสบปัญหาด้านกระบวนผลิตและมาตรฐานผลิต ทำให้ผลิตภัณฑ์ชุมชนที่ได้คุณภาพไม่แน่นอน ปัญหาการปนเปื้อนฝุ่นละอองในอาหาร ปัญหาแมลงรบกวนในอาหาร ปัญหาสภาพอากาศไม่ปกติ คณะวิจัยจึงมุ่งหวังที่จะพัฒนานวัตกรรมกระบวนการแปรรูปอาหารอบแบบพลังงานแสงอาทิตย์ควบคุมอุณหภูมิแบบอัตโนมัติ เนื่องจากอบเป็นวิธีการที่สะอาดและเหมาะกับผลิตภัณฑ์ โดยใช้ชุมชนเป็นฐานในการนำองค์ความรู้ทางด้านวิทยาศาสตร์และบูรณาการการเรียนการสอน ตลอดจนสามารถนำความรู้ที่ได้มาพัฒนาเป็นวิจัยระดับท้องถิ่นได้

วัตถุประสงค์ของงานวิจัย

1. เพื่อออกแบบและพัฒนานวัตกรรมเครื่องอบด้วยการควบคุมอุณหภูมิอัตโนมัติจากพลังงานแสงอาทิตย์แบบผสมผสานด้วยเทคโนโลยีอินเทอร์เน็ตทุกสรรพสิ่ง

2. เพื่อส่งเสริมการแปรรูปผลิตภัณฑ์อาหารหม่ำและเพิ่มรายได้ให้กับชุมชน

ทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง

การอบแห้ง คือ กระบวนการลดความชื้น โดยส่วนใหญ่ใช้การถ่ายเทความร้อนไปยังวัสดุที่ชื้น เพื่อไล่ความชื้นออกโดยการระเหย โดยใช้อาศัยความร้อนที่ได้รับเป็นความร้อนแฝงของการระเหย โดยปกติจะใช้ความชื้นเป็นตัวบงบอกปริมาณของน้ำที่อยู่ในวัสดุ ความชื้นในวัสดุ ความชื้นในผลิตภัณฑ์อาหาร และเมล็ดพืชมีทั้งความชื้นที่เกาะติดที่ผิวของวัสดุ ซึ่งสามารถไล่ความชื้น นี้ออกไปได้หมดโดยการให้ความร้อน ความชื้นอาจเกาะติดอยู่ภายในผนังด้านในท่อเล็กๆ ที่อยู่ภายในเนื้อวัสดุ โดยไม่สามารถไล่ความชื้นภายในเนื้อวัสดุนี้ได้หมด ซึ่งสามารถแสดงได้เป็น 2 แบบ คือ

1) ความชื้นมาตรฐานเปียก (wet basis) คือ อัตราส่วนน้ำหนักของน้ำในผลิตภัณฑ์ต่อน้ำหนักผลิตภัณฑ์ชื้น 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 ช่วงนี้อุณหภูมิผิวของวัสดุอบแห้งและอัตราการอบแห้งจะมีค่าคงที่และช่วงอัตราการอบแห้งลดลง ซึ่งปริมาณความชื้นภายในวัสดุมีค่าต่ำกว่าความชื้นวิกฤติ เมื่อความร้อนจากอากาศถ่ายเทไปยังวัสดุ น้ำจะเคลื่อนที่จากภายในเนื้อวัสดุมาที่ผิวของวัสดุในลักษณะของเหลวหรือไอน้ำและน้ำที่ผิว จึงจะระเหยไปกับอากาศ ดัง Figure 1

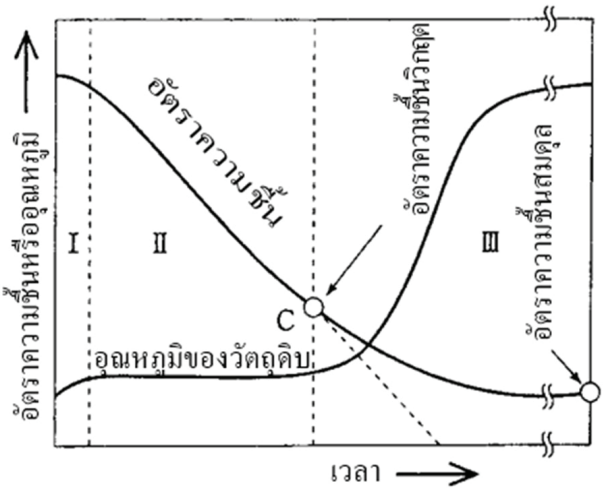

Figure 1 Changes in the humidity rate with the temperature of raw materials

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

การถนอมอาหาร หม่ำ พื้นบ้านอีสาน

“หม้ำ” หรือ “หม่ำ” (ตามพจนานุกรมฉบับราชบัณฑิตสถาน) เป็นอาหารชนิดหนึ่งมีลักษณะเหมือน “ไส้กรอก” แต่มีเครื่องปรุงที่สำคัญ คือ ตับสับ ม้ามสับ เนื้อสับ ปรุงเครื่องแล้วยัดใส่ในถุงกระเพาะหมู แล้วเก็บไว้กินกันเป็นแรมเดือน ถือเป็นอาหารประเภทไส้กรอกของแท้พื้นเมืองของคนอีสานแน่นอน จึงมีชื่อเรียกตามภาษาพื้นเมืองขึ้นมาว่า “หม่ำ” ถือเป็นอาหารไส้กรอกประเภทเครื่องปรุงชูรส มีส่วนผสมที่สำคัญ คือ ตับกับม้าม ดังนั้นบางครั้งชาวบ้านก็เรียกหม่ำอีกชื่อหนึ่งว่า “ตับม้าม” เพราะหม่ำเป็นอาหารที่กินเปรี้ยว ชื่อหม่ำจึงถูกเรียกว่า “จ่อม” ซึ่งมีความหมายว่าเปรี้ยวอีกด้วย เป็นภูมิปัญญาพื้นบ้านของชาวอีสานในการใช้ประโยชน์จากเนื้อสัตว์อย่างคุ้มค่า และหม่ำยังเป็นการเก็บรักษาอาหารไว้กินนานๆ ซึ่งถือเป็นลักษณะเด่นอย่างหนึ่งที่เห็นชัดของอาหารพื้นบ้านทางอีสาน คือมักเป็นอาหารที่ผ่านการหมักดองเพื่อเก็บถนอมอาหาร เช่น ปลาแดก ปลาส้ม เป็นต้น เพียงแต่หม่ำเป็นวิธีหมักแบบแห้ง ต้องผึ่งแดดและใช้เครื่องในเป็นส่วนผสม หม่ำ เป็นการนำเนื้อวัวหรือควายหรือเนื้อหมูสับให้ละเอียดผสมกับตับสับ ม้ามสับ กระเทียมข้าวเหนียวนึ่ง ข้าวคั่ว คลุกเกลือ กระเทียม ขยำให้เข้ากัน แล้วยัดในไส้หรือกระเพาะหมู หม่ำจะมีลักษณะแห้งและมีรสเปรี้ยว เมื่อผ่านตากไปแล้ว 3-5 วัน สามารถเก็บไว้ได้นานถึง 3 เดือน และควรเก็บไว้ในตู้เย็น

ขั้นตอนการทดสอบ

ผู้พัฒนาได้ทำการทดสอบการใช้งานของเครื่องอบด้วยการควบคุมอุณหภูมิอัตโนมัติจากพลังงานแสงอาทิตย์แบบผสมผสานด้วยเทคโนโลยีอินเทอร์เน็ตทุกสรรพสิ่ง ดังนี้

การทดสอบเปรียบเทียบตู้อบด้วยการควบคุมอุณหภูมิด้วยพลังงานแสงอาทิตย์และพลังงงานไฟฟ้ากับวิธีการตากเดิมๆ เพื่อวัดค่าอุณหภูมิและความชื้นสัมพัทธ์ ช่วงเวลาตั้งแต่ 8.30-17.00 น. โดยผู้พัฒนาได้ทำการทดสอบ ณ วันที่ 25-27 มกราคม 2566 คณะเทคโนโลยีอุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยราชภัฏอุบลราชธานี เพื่อวัดค่าอุณหภูมิและความชื้นของตู้อบในรูปแบบผลิตภัณฑ์จากหม่ำ ด้วยปริมาณของผลิตภัณฑ์จากหม่ำน้ำหนัก 4,000 กรัม ใช้สำหรับอบในตู้และผลิตภัณฑ์จากหม่ำปริมาณน้ำหนัก 4,000 กรัม ตากรูปแบบเดิมๆ โดยใช้เวลาในการทดลองทั้งสิ้นเป็นเวลา 3 วัน เพื่อเก็บข้อมูลค่าอุณหภูมิและความชื้นเปรียบเทียบในแต่ละวันทุกๆ 30 นาที

การประเมินผลประสิทธิภาพความเหมาะสมของนวัตกรรมด้วยผู้เชี่ยวชาญทั้งหมด 3 ท่าน

การประเมินความพึงพอใจของผู้ใช้งานนวัตกรรมจากกลุ่มชุมชนตำบลพังเคน อำเภอนาตาล จังหวัดอุบลราชธานี กลุ่มสร้างผลิตภัณฑ์จากหม่ำทั้งสิ้น 20 คน

การดำเนินงานวิจัย

ผู้วิจัยได้เลือกการพัฒนานวัตกรรมเครื่องอบด้วยการควบคุมอุณหภูมิอัตโนมัติจากพลังงานแสงอาทิตย์แบบผสมผสานด้วยเทคโนโลยีอินเทอร์เน็ตทุกสรรพสิ่ง ดังนี้

1. ศึกษาระบบงานและรวบรวมความต้องการของผู้ใช้งานในพื้นที่ตำบลพังเคน อำเภอนาตาล จังหวัดอุบลราชธานี

2. การวิเคราะห์ กลุ่มผู้วิจัยได้ศึกษาวรรณกรรมทฤษฎี และวิเคราะห์เอกสารที่เกี่ยวข้องในการพัฒนาระบบจากแหล่งข้อมูล ประกอบด้วย การลงพื้นที่ตำบลพังเคน อำเภอนาตาล จังหวัดอุบลราชธานี

3. การออกแบบ กลุ่มผู้วิจัยได้ทำการออกแบบโครงสร้างเป็นทรงโดรม ขนาดความ 120x170x160 เซนติเมตร มีระบบควบคุมอุณหภูมิใช้งานร่วมกับพลังงานแสงอาทิตย์และพลังงานแสงอาทิตย์ ดัง Figure 2

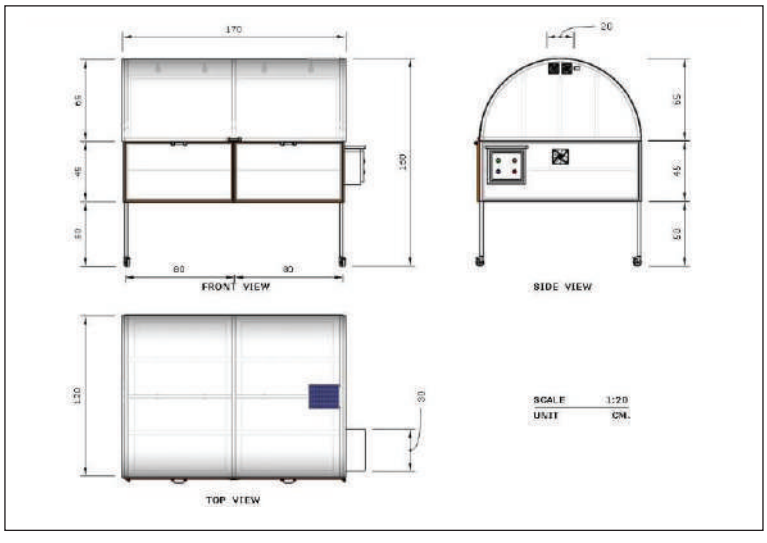

Figure 2 Drying or drying machine design.

4. การทดสอบการทำงานของเครื่องอบด้วยการควบคุมอุณหภูมิอัตโนมัติจากพลังงานไฟฟ้า โดยการจ่ายไฟผ่านอุปกรณ์ Switching Power Supply จากไฟกระแสสลับเป็นไฟกระแสตรงให้กับอุปกรณ์ NodeMCU ESP32 เพื่อเป็นตัวกลางทำหน้าที่ควบคุมการทำงานด้วยการรับค่ากับอุปกรณ์เซ็นเซอร์ตรวจวัดอุณหภูมิและความชื้น เพื่อส่งค่าผลลัพธ์แสดงผลผ่านหน้าจออุปกรณ์แอลซีดี เมื่อมีอุณหภูมิมากกว่า 38 องศาเซลเซียลพัดลมจะทำงานระบายความร้อนภายในตู้ เมื่อมีความชื้นสัมพันธ์มากกว่า 31 เปอร์เซ็นต์ หลอดไฟจะทำงานเพื่อให้ความร้อนภายในตู้ สามารถแสดงผลการทำงานผ่านเครือข่ายอินเทอร์เน็ตมีการทำงานร่วมกันกับแอปพลิเคชัน ByInk เพื่อควบคุมอุปกรณ์ผ่านเครื่องมือโทรศัพท์ ดัง Figure 3

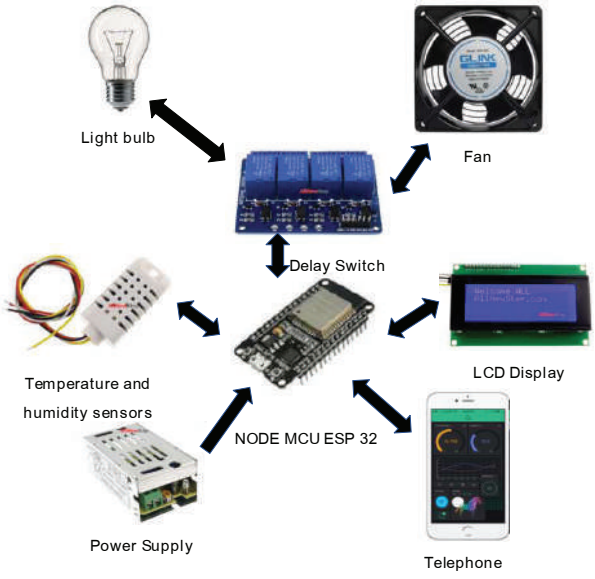

Figure 3 Principle of operation of temperature and humidity control system.

5. การติดตั้งประกอบตัวเครื่องโดยใช้เป็นแผ่นโพลีคาร์บอเนตแบบสีใส ขนาดความหนา 6 มิล ประกอบเข้าแต่ละด้านของตัวเครื่อง เพื่อทำหน้าที่เป็นตัวรับแสงและกระจายความร้อนภายในตู้ มีระบบการทำความร้อนร่วมกับพลังงานไฟฟ้า ผู้พัฒนาได้ใช้อุปกรณ์การให้ความร้อนด้วยพลังงานไฟฟ้าเป็นหลอดไฟฟ้ากระแสสลับ 220 โวลต์ ขนาด 40 วัตต์ ติดตั้งบริเวณใต้หลังคาโดม จำนวน 4 หลอด และติดตั้งระบบพัดลมระบายความชื้นพลังงานไฟฟ้ากระแสสลับ 220 โวลต์ ขนาด 0.14 แอมป์ จำนวน 2 เครื่อง บริเวณด้านข้างตู้ในแต่ละด้าน ติดตั้งระบบควบคุมอุณหภูมิและความชื้นไว้ด้านข้างตู้อบ สามารถควบคุมการทำงานของเครื่องผ่านโทรศัพท์ ดัง Figure 3

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

การทดสอบและอภิปรายผลการวิจัย

1. ผู้พัฒนาได้ทำการทดลองเปรียบเทียบการทำงานของเครื่องอบด้วยการควบคุมอุณหภูมิด้วยพลังงานแสงอาทิตย์และพลังงงานไฟฟ้ากับวิธีการตากเดิมๆ เพื่อวัดค่าอุณหภูมิและความชื้น ช่วงเวลาตั้งแต่ 8.30-17.00 น. ระหว่างวันที่ 25-27 มกราคม 2566 โดยทำการทดสอบวัดค่าอุณหภูมิและความชื้นของตู้อบกับผลิตภัณฑ์จากหม่ำ ด้วยปริมาณของผลิตภัณฑ์จากหม่ำน้ำหนักก่อนตาก 4,000 กรัม ใช้สำหรับอบในตู้ และผลิตภัณฑ์จากหม่ำปริมาณน้ำหนักก่อนตาก 4,000 กรัม ใช้สำหรับตากรูปแบบเดิมๆ โดยใช้เวลาในการทดลองทั้งสิ้นเป็นเวลา 3 วัน เพื่อเก็บข้อมูลค่าอุณหภูมิและความชื้นเปรียบเทียบในแต่ละวันทุกๆ 30 นาที

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

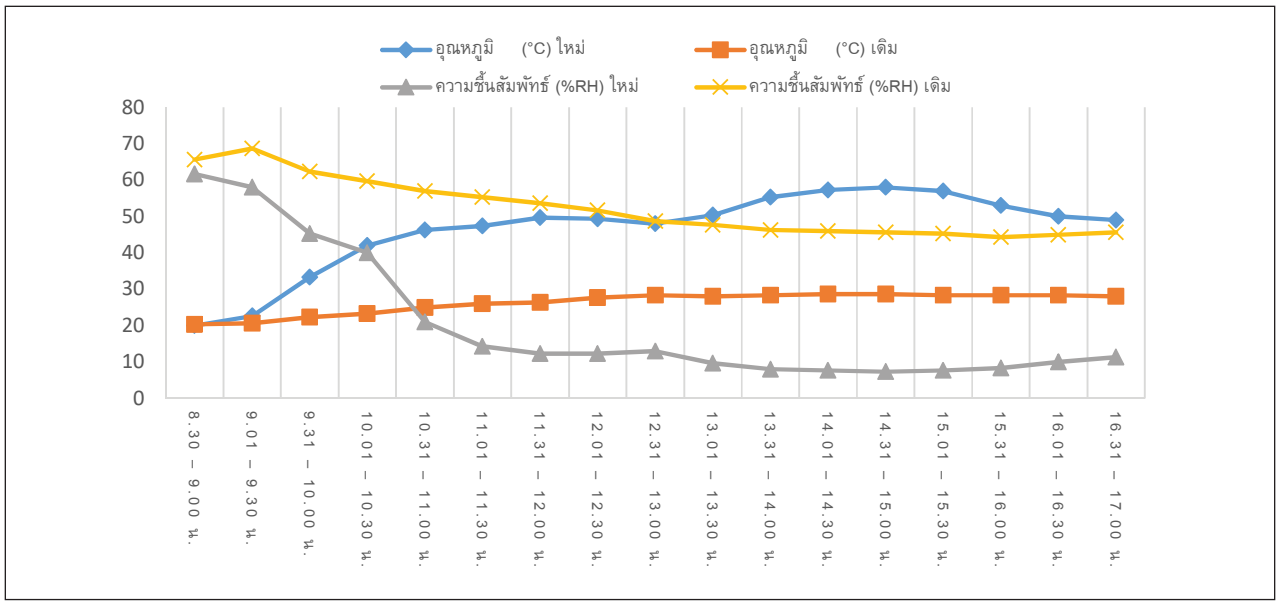

Figure 5 The test results for the three-day average relative temperature and humidity during 25-27 January 2023 are as follows.

จากการทดสอบเครื่องอบผลิตภัณฑ์หม่ำ 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 25th to January 27th, 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

ผลการทดสอบเปรียบเทียบปริมาณน้ำหนักของผลิตภัณฑ์หม่ำจากตู้อบด้วยพลังงานแสงอาทิตย์และพลังงานไฟฟ้าทั้ง 3 วันเปรียบเทียบกับวิธีตากเดิมๆ พบว่า ปริมาณน้ำหนักของผลิตภัณฑ์จากหม่ำก่อนอบ 4,000 กรัม หลังอบใช้เวลา 25 ชั่วโมง 30 นาที มีปริมาณน้ำหนักคงเหลือ 3,200 กรัม ลดลงไป 700 กรัม อัตราส่วนน้ำหนักของน้ำในผลิตภัณฑ์ต่อน้ำหนักผลิตภัณฑ์ชื้น เท่ากับ 23.00 M_w และอัตราส่วนน้ำหนักของน้ำในผลิตภัณฑ์ต่อน้ำหนักผลิตภัณฑ์แห้ง เท่ากับ 25.00 M_d จากน้ำหนักเดิม เปรียบเทียบกับวิธีตากแบบเดิมๆ พบว่าปริมาณน้ำหนักของผลิตภัณฑ์จากหม่ำก่อนตาก 4,000 กรัม หลังตากใช้เวลา 25 ชั่วโมง 30 นาที มีปริมาณน้ำหนักคงเหลือ 3,420 กรัม ลดลงไปทั้งสิ้น 580 กรัม อัตราส่วนน้ำหนักของน้ำในผลิตภัณฑ์ต่อน้ำหนักผลิตภัณฑ์ชื้น เท่ากับ 16.00 M_w และอัตราส่วนน้ำหนักของน้ำในผลิตภัณฑ์ต่อน้ำหนักผลิตภัณฑ์แห้ง เท่ากับ 18.00 M_d สรุปได้ว่า การใช้งานเครื่องอบผลิตภัณฑ์จากหม่ำด้วยพลังงานแสงอาทิตย์และพลังงานไฟฟ้าจะมีปริมาณน้ำหนักน้อยกว่าทำให้ทำให้เครื่องสามารถลดระยะเวลาในการตากแดด 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) Incubator or drying		Residual weight (gram)	M_w	M_d	The same amount of weight (gram)		Residual weight (gram)	M_w	M_d
	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
Total residual weight			800	23.00	25.00	Total residual weight		580	16.00	18.00

สรุปและอภิปรายผลการวิจัย

การพัฒนานวัตกรรมเครื่องอบด้วยการควบคุมอุณหภูมิอัตโนมัติจากพลังงานแสงอาทิตย์แบบผสมผสานด้วยเทคโนโลยีอินเทอร์เน็ตทุกสรรพสิ่ง สรุปผลการวิจัยดังนี้

1. ผลการทดสอบการวัดค่าอุณหภูมิและความชื้นสัมพัทธ์ของเครื่องอบผลิตภัณฑ์จากหม่ำด้วยพลังงานแสงอาทิตย์และพลังงานไฟฟ้าทั้ง 3 วัน สรุปได้ว่าการใช้งานด้วยเครื่องอบผลิตภัณฑ์จากหม่ำด้วยพลังงานแสงอาทิตย์และพลังงานไฟฟ้าจะมีปริมาณน้ำหนักน้อยกว่า ทำให้เครื่องสามารถลดระยะเวลาในการตากแดด เนื่องจากสามารถลดความชื้นได้มากกว่า อัตราการอบแห้งสูงกว่า จึงส่งผลให้การนำไปจำหน่ายได้เร็วกว่า ถือได้ว่าเป็นการลดระยะเวลาในการผลิต

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

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

การพัฒนานวัตกรรมเครื่องอบด้วยการควบคุมอุณหภูมิอัตโนมัติจากพลังงานแสงอาทิตย์แบบผสมผสานด้วยเทคโนโลยีอินเทอร์เน็ตทุกสรรพสิ่ง ผู้วิจัยได้ทำการประเมินผลเปรียบเทียบการทำงานของนวัตกรรมและการประเมินประสิทธิภาพความเหมาะสมของจากผู้เชี่ยวชาญ 3 ท่าน มีการอภิปรายผลดังต่อไปนี้

ผลการพัฒนานวัตกรรมเครื่องอบผลิตภัณฑ์จากหม่ำด้วยการควบคุมอุณหภูมิอัตโนมัติจากพลังงานแสงอาทิตย์แบบผสมผสานด้วยเทคโนโลยีอินเทอร์เน็ตทุกสรรพสิ่ง กับวิธีการตากผลิตภัณฑ์หม่ำแบบดั่งเดิม จากการศึกษาปัญหาและความต้องการของผู้ใช้งาน ออกแบบและสร้างนวัตกรรมและทำการประเมินผล พบว่าอุณหภูมิจากพลังงานไฟฟ้าในตู้อบเฉลี่ยโดยรวมอยู่ที่ 47 องศาเซลเซียสและความชื้นสัมพัทธ์เฉลี่ยโดยรวมอยู่ที่ 20 เปอร์เซ็นต์ ส่วนของอุณหภูมิการตากหม่ำแบบวิธีดั้งเดิมเฉลี่ยโดยรวมอยู่ที่ 27 องศาเซลเซียสและความชื้นสัมพัทธ์เฉลี่ยโดยรวมอยู่ที่ 52 เปอร์เซ็นต์ ทำให้อุณหภูมิในตู้อบมีความร้อนสะสมมากกว่าภายนอกตู้ ทำให้ผลิตภัณฑ์หม่ำได้จากตากทั้ง 2 รูปแบบมีน้ำหนักและสีใกล้เคียงกัน ซึ่งมีความสอดคล้องกับงานวิจัยของธีรพงศ์ บริรักษ์ และคณะ (2564) ได้ทำการศึกษาวิจัยเพื่อเพิ่มประสิทธิภาพการถนอมอาหารด้วยวิธีการตากแห้งโดยการใช้พลังงานแสงอาทิตย์ ที่โดยสามารถวัดค่าอุณหภูมิภายในตู้มากกว่าภายนอกตู้ สามารถทำการแปรรูปผลิตภัณฑ์โดยวิธีการตากได้ตลอดฤดูกาล และมีความสอดคล้องกับงานวิจัยของอนุชิต กลับประสิทธิ์ และคณะ (2564) วิจัยได้ทำการศึกษาวิจัยในการสร้างตู้อบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์ในการผลิตปลาช่อนแดดเดียวโดยใช้วิธีวิจัยแบบผสมผสาน สามารถจ่ายลมร้อนสู่ห้องอบแห้งที่อุณหภูมิ 40-55 องศาเซลเซียสทุกตำแหน่งของชั้นวางผลิตภัณฑ์มีอุณหภูมิใกล้เคียงกัน สอดคล้องกับงานวิจัยของ รัฐพงษ์ โป้เคนและวิศิษศักดิ์ เสงี่ยมศักดิ์ (2563) ได้ศึกษาวิจัยออกแบบและสร้างตู้อบกล้วยพลังงานแสงอาทิตย์ตู้อบกล้วยเพื่ออำนวยความสะดวกในการถนอมอาหารและจะจัดเก็บไว้ทำอาหารได้นานขึ้น โดยผู้วิจัยได้เพิ่มสามารถของการสร้างนวัตกรรมเครื่องอบผลิตภัณฑ์จากหม่ำด้วยการควบคุมอุณหภูมิจากพลังงานแสดงอาทิตย์แบบผสมผสานให้สามารถประยุกต์ใช้งานร่วมกับการนำเทคโนโลยีอุปกรณ์ IoT มาใช้ในการเชื่อมต่อกับอุปกรณ์ในระบบเครือข่ายอินเทอร์เน็ต ที่สามารถควบคุมการเปิด-ปิดสวิตช์จากระยะ

ไกลได้ เพิ่มความสะดวกสบายในการใช้งานในชีวิตประจำวัน และสอดคล้องกับวิวัฒน์ มีสุวรรณ (2559) ได้ทำการศึกษาวิจัยเรื่อง อินเทอร์เน็ตเพื่อสรรพสิ่ง (internet of things) กับการศึกษา Internet of Thing on Education แนวคิดสำคัญของอินเทอร์เน็ตเพื่อสรรพสิ่ง (internet of things) เป็นการใช้ประโยชน์จากความก้าวหน้าของเครือข่ายอินเทอร์เน็ต และการเพิ่มขึ้นของข้อมูลสารสนเทศจำนวนมาก (big data) จากอุปกรณ์หรือสรรพสิ่งต่างๆ ที่อยู่รอบตัว ให้สามารถนำมาใช้ประโยชน์ได้อย่างเหมาะสม เป็นการเสริมสร้างการใช้ประโยชน์จากทรัพยากรแหล่งสารสนเทศให้เกิดความคุ้มค่าสูงสุด ทำให้เวลาการตากผลิตภัณฑ์จากหม่ำแห้งเร็วขึ้น เมื่อเทียบเปรียบกับการตากแบบธรรมชาติซึ่งมีความสอดคล้องกับฮาติมมีบากาและคณะ (2560)ได้ทำการศึกษาวิจัยตู้อบแห้งปลาช่อนโดยใช้พลังงานแสงอาทิตย์ร่วมไฟฟ้า ประสิทธิภาพการทำให้แห้งมากที่สุดเมื่อเทียบกับการตากแบบธรรมชาติ

ผลประเมินประสิทธิภาพความเหมาะสมของการทำงานการพัฒนานวัตกรรมเครื่องอบด้วยการควบคุมอุณหภูมิอัตโนมัติจากพลังงานแสงอาทิตย์แบบผสมผสานด้วยเทคโนโลยีอินเทอร์เน็ตทุกสรรพสิ่งพบว่า มีผลการประเมินโดยรวมอยู่ในระดับมากที่สุด สอดคล้องกับงานวิจัยของอภิญญา สายศรีแก้วและคณะ (2565) ที่ได้ทำการศึกษาวิจัยเรื่อง การพัฒนาตู้อบพลังงานแสงอาทิตย์เพื่อการแปรรูปอาหารควบคุมด้วยระบบ Internet of Things (IoT) พบว่าผลการประเมินประสิทธิภาพการทำงานของตู้อบพลังงานแสงอาทิตย์ โดยผู้เชี่ยวชาญมีผลการประเมินโดยรวมอยู่ในระดับมากที่สุด และมีความสอดคล้องกับงานวิจัยของ รัฐพงษ์ โป้เคน และวิศิษศักดิ์ เสงี่ยมศักดิ์ (2563) ที่ได้ทำการศึกษาวิจัยเรื่อง ออกแบบและสร้างตู้อบกล้วยพลังงานแสงอาทิตย์โดยผู้เชี่ยวชาญ มีผลการประเมินโดยรวมอยู่ในระดับมากที่สุดเช่นกัน

ข้อเสนอแนะ

การพัฒนานวัตกรรมเครื่องอบหรือตากด้วยการควบคุมอุณหภูมิอัตโนมัติจากพลังงานแสงอาทิตย์แบบผสมผสานด้วยเทคโนโลยีอินเทอร์เน็ตทุกสรรพสิ่ง โดยมีข้อเสนอแนะและพัฒนาให้นวัตกรรมมีประสิทธิภาพ ควรมีการพัฒนาระบบแจ้งเตือนอุณหภูมิและความชื้นผ่านเครือข่ายอินเทอร์เน็ตกับอุปกรณ์เคลื่อนที่ ควรมีการพัฒนาระบบควบคุมการตั้งเวลาการทำงานของเครื่องให้สามารถควบคุมเวลาที่เหมาะสมกับการอบหรือตากกับผลิตภัณฑ์ในชนิดอื่นๆ ได้

กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบพระคุณองค์การบริหารส่วนตำบลบ้านพังเคน กลุ่มวิสาหกิจชุมชน และคณาจารย์ในคณะเทคโนโลยีอุตสาหกรรม สาขาวิชาเทคโนโลยีคอมพิวเตอร์ สาขาวิชาการออกแบบผลิตภัณฑ์ สาขาวิชาเทคโนโลยีอิเล็กทรอนิกส์ การทำโครงงานวิจัยในครั้งนี้จะไม่สำเร็จไปด้วยดี หากไม่ได้รับความกรุณาจากผู้เชี่ยวชาญท่านรองศาสตราจารย์เอกรินทร์ วทัญญูเลิศสกุล ผู้ช่วยศาตราจารย์ยุทธศักดิ์ สัณฑมาศ และผู้ช่วยศาสตราจารย์สุเทพ นระมาตย์ ที่เป็นผู้ประเมินประสิทธิภาพความเหมาะสมการทำงานของนวัตกรรม

เอกสารอ้างอิง

ธีรพงศ์ บริรักษ์, พงษ์สวัสดิ์ คชภูมิ, ณรงค์ ภู่อยู่ และวรลักษณ์ เสถียรรังสฤษฎ์ (2564). ตู้อบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์แบบผสมผสาน. *วารสารวิชาการมหาวิทยาลัยอีสเทิร์นเอเชีย ฉบับวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี, 5*(1), 180-195.

รัฐพงษ์ โป้เคนและวิศิษศักดิ์ เสงี่ยมศักดิ์. (2563). *ตู้อบกล้วยพลังงานแสงอาทิตย์***.** วารสารวิชาการการประยุกต์ใช้เทคโนโลยีสารสนเทศ, 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). *สถิติการเกษตรของประเทศไทย ปี 2565*. กระทรวงเกษตรและสหกรณ์

อนุชิต กลับประสิทธิ์, ดุษณี ศุภวรรธนะกุล, ประสูติ สิทธิ สรวง, รัศมี แสงศิริมงคลยิ่ง. (2564). การสร้างตู้อบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์ในการจัดการเทคโนโลยีการผลิตปลาช่อนแดดเดียว**.** *วารสารมหาวิทยาลัยนราธิวาสราชนครินทร์, 12*(2), 82-96.

อภิญญา สายศรีแก้ว, อัษฎา วรรณกายนต์, อภิชัย ไพรสิทธิ์ และสุชาติ ดุมนิล. (2565). การพัฒนาตู้อบพลังงานแสงอาทิตย์เพื่อการแปรรูปอาหารควบคุมด้วยระบบ Internet of Things (IoT). *วารสารวิชาการเทคโนโลยีอุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยราชภัฏสุรินทร์, 7*(2), 42-52.

ฮาติมมี บากา, รอกีเยาะ อาแว, ซุลกิพลี กาซอ, และสุนิตย์ โรจนสุวรรณ. (2560). การศึกษาประสิทธิภาพการอบแห้งของปลาช่อนด้วยตู้อบพลังงานแสงอาทิตย์ร่วมไฟฟ้า. *วารสารวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มรย., 1*(1), 13-24.