

การพัฒนาตู้อบพลังงานแสงอาทิตย์เพื่อการแปรรูปอาหารควบคุม ด้วยระบบ Internet of Things (IoT)

อภิญญา สายศรีแก้ว¹ อัษฎา วรรณกายนต์² อภิชัย ไพรสินธุ์³ สุชาติ ดุมนิล^{4*}
สาขาวิชาเทคโนโลยีอุตสาหกรรม คณะเทคโนโลยีอุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยราชภัฏสุรินทร์^{1 2 3 4*}
อีเมล : linesky007@gmail.com*

วันที่รับบทความ 29 สิงหาคม 2565

วันแก้ไขบทความ 16 พฤศจิกายน 2565

วันที่ตอบรับบทความ 23 พฤศจิกายน 2565

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อพัฒนาและหาประสิทธิภาพ และประเมินคุณภาพของตู้อบพลังงานแสงอาทิตย์เพื่อการแปรรูปอาหารควบคุมด้วยระบบ Internet of Things (IoT) กระบวนการวิจัยได้ดำเนินการผ่านการประเมินโดยผู้เชี่ยวชาญจำนวน 5 ท่าน จากนั้นนำไปพัฒนาตู้อบพลังงานแสงอาทิตย์เพื่อการแปรรูปอาหารควบคุมด้วยระบบ Internet of Things (IoT) เสร็จแล้วนำผลที่ได้มาโดยการเลือกแบบเจาะจง เก็บรวบรวมข้อมูลและวิเคราะห์ด้วยสถิติค่าเฉลี่ยและ ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน

ผลการวิจัย พบว่า การพัฒนาตู้อบพลังงานแสงอาทิตย์เพื่อการแปรรูปอาหารควบคุมด้วยระบบ Internet of Things (IoT) นั้น สามารถช่วยแก้ปัญหาที่ผู้ใช้งานพบเจอในปัจจุบัน คือ ปัญหาการปนเปื้อนจากฝุ่นละอองและการรบกวนจากแมลง ปัญหาควบคุมอุณหภูมิตามที่ผลิตภัณฑ์ต้องการ ปัญหาสภาพอากาศ เป็นต้น ซึ่งสอดคล้องกับความต้องการของผู้วิจัย จึงเป็นแนวทางของการพัฒนาตู้อบพลังงานแสงอาทิตย์เพื่อการแปรรูปอาหารควบคุมด้วยระบบ Internet of Things (IoT)

จากผลการทดสอบหาประสิทธิภาพของตู้อบพลังงานแสงอาทิตย์เพื่อการแปรรูปอาหารควบคุมด้วยระบบ Internet of Things (IoT) สามารถสรุปได้ 3 รูปแบบ ดังนี้ 1) ผลการทดสอบ (ที่ใช้เฉพาะแสงแดด) มีค่าเฉลี่ยรวมของอุณหภูมิที่ 40 °C ความเข้มของแสงแดดที่ 523 (W/m²) และระยะเวลาที่ใช้ในการอบแห้ง 2 ชั่วโมง 2) ผลการทดสอบ (ที่ใช้เฉพาะหลอดไฟ) มีค่าเฉลี่ยรวมของอุณหภูมิที่ 40 °C มีค่าเฉลี่ยรวมของกระแสไฟฟ้า 1 A แรงดันไฟฟ้า 224 V และพลังงาน 240 W และมีค่าเฉลี่ยระยะเวลาในการอบแห้ง 3 ชั่วโมง 3) ผลการทดสอบ (ที่ใช้ทั้ง 2 รูปแบบ) มีค่าเฉลี่ยรวมของอุณหภูมิที่ 40 °C มีค่าเฉลี่ยรวมของกระแส 1 A แรงดัน 223 V และวัตต์ 240 W ความเข้มของแสงแดด 523 (W/m²) และค่าเฉลี่ยระยะเวลาในการอบแห้ง 1 ชั่วโมง โดยมีผลจากการประเมินหา คุณภาพจากผู้เชี่ยวชาญ มีระดับความคิดเห็นในภาพรวม มีระดับความคิดเห็นในภาพรวม อยู่ในระดับที่มีคุณภาพมากที่สุด มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 4.78 ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานมีค่าเท่ากับ 0.26

ดังนั้น ในการพัฒนาตู้อบพลังงานแสงอาทิตย์เพื่อการแปรรูปอาหารควบคุมด้วยระบบ Internet of Things (IoT) สามารถนำไปใช้แก้ปัญหาได้อย่างมีประสิทธิภาพ จึงเป็น แนวทางของผู้วิจัยที่ต้องการพัฒนาตู้อบพลังงานแสงอาทิตย์เพื่อการแปรรูปอาหารควบคุมด้วยระบบ Internet of Things (IoT) ให้ดียิ่งขึ้นในอนาคตต่อไป

คำสำคัญ : ตู้อบพลังงานแสงอาทิตย์ การแปรรูปอาหาร ระบบ IoT

The Development of the Solar Energy Dryer for Food Processing Integrated with the Internet of Things (IoT) System Control

Apinya Saisrikeaw¹, Asada Wannakayont², Apichai Praisin³, Suchat Dumnit^{4*}

Program in Industrial Technology Faculty of Industrial Technology

Surindra Rajabhat University^{1 2 3 4*}

Email: linesky007@gmail.com*

Received 29 August 2022

Revised 16 November 2022.

Accepted 23 November 2022.

Abstract

The research aims to develop and determine the efficiency and quality of solar incubators for food processing controlled by the Internet of Things (IoT). Data is collected and analyzed with average statistics and standard deviations.

The results showed that the development of solar incubators for food processing controlled by the Internet of Things (IoT) system can help solve the problems faced by users today, namely dust contamination and insect infestation. The problem of controlling the temperature as required by the product. In line with the researcher's needs, it is the approach of developing solar incubators for food processing controlled by the Internet of Things (IoT).

Based on the results of the results of the performance of solar incubators for food processing controlled by the Internet of Things (IoT), there are 3 types of conclusions: 1) Test results (used only sunlight) It has a total average temperature of 40 °C, a sunlight intensity of 523 (W/m²), and a drying time of 2 hours. 2) The test results (where only the lamp is used) have a total average of temperature of 40 °C, have a total average of current of 1 A, a voltage of 224 V and a power of 240 W, and an average drying time of 3 hours. 3) The test results (using both formats) have a total average temperature of 40 °C, a total average of 1 A current, a voltage of 223 V and 240 W watts, a sunlight intensity of 523 (W/m²), and an average drying time of 1 hour. It has an average of 4.78, the standard deviation is equal to 0.26.

Therefore, in developing solar incubators for food processing controlled by the Internet of Things (IoT) system, which can be used to solve problems effectively, it is the approach of the researchers who want to develop solar incubators for food processing controlled by the Internet of Things (IoT) system in the future.

Keywords: solar energy dryer, food processing, Internet of Things (IoT) system

1. บทนำ

ปัจจุบันตู้อบพลังงานแสงอาทิตย์ได้รับความนิยมอย่างมากในอุตสาหกรรมระดับครัวเรือนซึ่งตู้อบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์ เป็นตู้อบแห้งที่นำพลังงานแสงอาทิตย์มาใช้โดยตรง โดยจะใช้หลักการไหลเวียนอากาศร้อนเพื่อระบายความชื้นด้วยวิธีธรรมชาติ กล่าวคือ เมื่อแสงอาทิตย์ส่องผ่านแผ่นกระจกหรือผิวสัมผัสภายนอกพื้นผิวสัมผัสภายในตู้อบแห้ง จะทำหน้าที่ดูดกลืนความร้อนสะสมไว้ ทำให้อุณหภูมิภายในตู้อบแห้งสูงขึ้น และอากาศร้อนในตู้อบจะถ่ายเทความชื้นที่มีอยู่ในผลิตภัณฑ์ให้ระเหยออกมา เกิดการลอยตัวสูงขึ้นออกไปทางช่องลมด้านบนของตู้อบแห้ง อากาศเย็นที่อยู่ภายนอกจะไหลเข้าทางช่องลมที่อยู่ส่วนล่างของตู้อบแห้งแทนที่อากาศร้อน เป็นการถ่ายเทความชื้นให้ออกจากผลิตภัณฑ์อาหารแบบธรรมชาติตลอดเวลา (วินัยธร ไพเมือง, 2562)

ดังนั้น การอบแห้งด้วยเครื่องอบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์ จึงเป็นอีกวิธีหนึ่งเมื่อเทียบกับการตากแห้งด้วยแสงแดด เครื่องนี้สามารถช่วยลดปัญหาการปนเปื้อนจากฝุ่นละออง และการรบกวนจากแมลง ทำให้ผลิตภัณฑ์ที่ได้มีคุณภาพดีขึ้น และยังช่วยลดระยะเวลาในการตากแห้งได้อีกด้วย (อนิรุทธิ์ ต่ายขาว และ สมบัติ ทิมทรัพย์, ม.ป.ป.) เครื่องอบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์ที่มีขายในปัจจุบัน จะเป็นการอบแห้งในระบบ Passive จะเป็นระบบที่ทำงานโดยอาศัยพลังงานแสงอาทิตย์จากธรรมชาติโดยตรงและทางอ้อมจากแผงรับรังสีดวงอาทิตย์ ทำให้อากาศร้อนก่อนที่ จะผ่านวัสดุอบแห้ง และการอบแห้งในระบบ Active ที่เป็นระบบอบแห้งที่มีพัดลมติดตั้งในระบบเพื่อบังคับให้มีการไหลของอากาศผ่านระบบ พัดลมจะดูดอากาศจากภายนอกให้ไหลผ่านแผงรับแสงอาทิตย์เพื่อรับความร้อนจากแผงรับแสงอาทิตย์ อากาศร้อนที่ไหลผ่านพัดลมและห้องอบแห้ง จะมีความชื้นสัมพัทธ์ต่ำกว่าความชื้นของผลผลิต จึงพาความชื้นจากผลผลิตออกสู่ภายนอก ทำให้ผลผลิตที่อบไว้แห้งได้ การอบแห้งในระบบดังกล่าวไม่สามารถควบคุมความชื้น อุณหภูมิ ภายในตู้อบแห้งได้ ทำให้ผลผลิตที่ได้อาจมีคุณภาพไม่คงที่ และเนื่องจากความจำกัดทางด้านแสงอาทิตย์ทำให้การอบทำได้ไม่ต่อเนื่อง คือจะอบได้ในตอนกลางวัน ในตอนกลางคืน จะทำการอบไม่ได้ (จรัญ คนแรง และคณะ, 2557)

ในปัจจุบัน ได้มีเทคโนโลยีใหม่ๆ เกิดขึ้นมาอย่างมากมาย อินเทอร์เน็ตของสรรพสิ่ง (IoT) เป็นเทคโนโลยีสมัยใหม่ ที่ประยุกต์ใช้วงจรไมโครคอนโทรลเลอร์ร่วมกับอุปกรณ์เซ็นเซอร์ต่างๆ และโปรโตคอลสื่อสาร ทำให้มีความสามารถในการรับส่งข้อมูลระหว่างกันผ่านเครือข่ายอินเทอร์เน็ต และยังเชื่อมโยงไปยังอุปกรณ์อื่นๆ ได้ เปรียบเสมือน (Machine to Machine : M2M) ที่เครื่องจักร 2 ตัว สามารถทำงานส่งข้อมูลระหว่างกันได้เอง หรืออาจกล่าวได้ว่า อินเทอร์เน็ตของสรรพสิ่ง คือ การผสมผสานระหว่างการใช้อุปกรณ์วงจรควบคุมไมโครคอนโทรลเลอร์กับการสื่อสารแบบไร้สาย (ไฟโรจน์ เหลืองวงศกร, 2559) โดยการนำเอาเทคโนโลยี IoT มาพัฒนา ประยุกต์ใช้ในทางด้านการเกษตร จึงถือเป็นอีกหนึ่งทางเลือกที่สำคัญในการส่งเสริม พัฒนาและเพิ่มมูลค่าให้กับสินค้าเกษตร

จากความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา ผู้วิจัยจึงมีแนวคิดที่จะพัฒนาตู้อบที่นำเอาพลังงานพลังงานแสงอาทิตย์มาใช้ในการอบแห้ง เพื่อใช้ในการแปรรูปอาหาร การตากหมัด้วยพลังงานแสงอาทิตย์ ให้เป็นหมัแดดเดียวที่สามารถเก็บรักษาผลผลิตได้ยาวนาน เพิ่มมูลค่าผลผลิต โดยเป็นการนำเทคโนโลยีสมัยใหม่ ได้แก่ เทคโนโลยี Internet of Things (IoT) เข้ามาช่วยควบคุมความชื้น อุณหภูมิ และกระจายความร้อนจากแสงอาทิตย์ให้เกิดการหมุนเวียนของอากาศเพื่อช่วยถ่ายเทได้ดียิ่งขึ้น จะทำให้การถนอมอาหารโดยการตากมีประสิทธิภาพและได้อาหารที่สะอาดปลอดภัย ได้ผลิตภัณฑ์ชนิดใหม่ที่มีมูลค่าเพิ่มขึ้น

2. วัตถุประสงค์

2.1 เพื่อพัฒนาตู้อบพลังงานแสงอาทิตย์เพื่อการแปรรูปอาหารควบคุมด้วยระบบ Internet of Things (IoT)

2.2 เพื่อทดสอบประสิทธิภาพตู้อบพลังงานแสงอาทิตย์เพื่อการแปรรูปอาหารควบคุมด้วยระบบ Internet of Things (IoT)

2.3 ประเมินคุณภาพตู้อบพลังงานแสงอาทิตย์เพื่อการแปรรูปอาหารควบคุมด้วยระบบ Internet of Things (IoT)

3. วิธีการวิจัย

ในการดำเนินการวิจัย ผู้วิจัยได้ดำเนินการวิจัย ซึ่งมีรายละเอียดของการดำเนินการวิจัย ตามลำดับขั้นตอนสามารถสรุปได้ดังนี้

3.1 เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย

3.1.1 ตารางทดสอบประสิทธิภาพ

3.1.2 แบบประเมินคุณภาพ

3.2 วิธีดำเนินการวิจัย

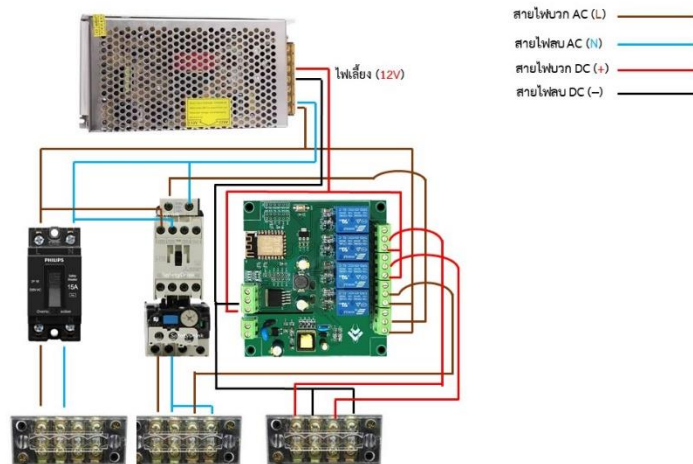
วิธีดำเนินการวิจัย คณะผู้วิจัยได้ดำเนินการวิจัย เรื่อง การพัฒนาตู้อบพลังงานแสงอาทิตย์เพื่อการแปรรูปอาหารควบคุมด้วยระบบ Internet of Things (IoT) ซึ่งมีรายละเอียดของการดำเนินการวิจัย ตามลำดับขั้นตอนสามารถสรุปได้ดังนี้

3.2.1 ศึกษาข้อมูลการสร้าง การพัฒนาตู้อบในแบบต่างๆ และศึกษาข้อมูล การควบคุมระบบด้วย Internet of Things (IoT) เพื่อนำมาพัฒนาตู้อบพลังงานแสงอาทิตย์เพื่อการแปรรูปอาหารควบคุมด้วยระบบ Internet of Things (IoT)

3.2.2 ทำการออกแบบและพัฒนาตู้อบพลังงานแสงอาทิตย์เพื่อการแปรรูปอาหารควบคุมด้วยระบบ Internet of Things (IoT) โดยออกแบบให้มีขนาดความ กว้าง 80 ยาว 120 และสูง 140 เซนติเมตร หลังคาทรงโค้ง ทำจากวัสดุใส ทำให้แสงอาทิตย์สามารถส่องผ่านได้ดี สามารถอบแห้งได้ 3 รูปแบบ ได้แก่ อบเฉพาะแสงแดด อบเฉพาะหลอดไฟ และอบได้ทั้ง 2 รูปแบบพร้อมกัน มีพัดลมดูดอากาศเพื่อลดความชื้น นำระบบ IoT เข้ามาใช้ในการตรวจวัด และควบคุมอุณหภูมิ รวมไปถึงมีแผงรับพลังงานแสงอาทิตย์ เพื่อจ่ายพลังงานให้กับอุปกรณ์ต่างๆ ในระบบ แสดงดังรูปที่ 1

3.2.3 ออกแบบระบบของตู้อบพลังงานแสงอาทิตย์ ในการเชื่อมต่ออุปกรณ์ระบบ เช่น การต่อขา เซ็นเซอร์วัดอุณหภูมิ วัดความชื้นอากาศด้วย DHT21 เข้าที่บอร์ด Arduino NodeMCU ESP8266 และ การต่อพาวเวอร์ซัพพลาย (Power Supply) ทำหน้าที่แปลงกระแสไฟฟ้ากระแสสลับจาก 220 โวลต์เป็นไฟฟ้ากระแสตรง 5-12 โวลต์ เพื่อให้กระแสไฟฟ้ากับ Relay (รีเลย์) สั่งการไปยัง Magnetic Contactor (เมนติค) ในการควบคุม การเปิด-ปิดหลอดไฟเพื่อใช้ในการเพิ่มอุณหภูมิภายในตู้อบ และการเขียนโปรแกรมควบคุมการทำงานอุปกรณ์ในระบบ เป็นต้น

3.2.4 ออกแบบและจัดทำตารางทดสอบประสิทธิภาพตู้อบพลังงานแสงอาทิตย์เพื่อการแปรรูปอาหารควบคุมด้วยระบบ Internet of Things (IoT)



รูปที่ 1 วงจรภายในตู้อบพลังงานแสงอาทิตย์เพื่อการแปรรูปอาหารควบคุมด้วยระบบ Internet of Things (IoT)

3.2.5 ออกแบบและจัดทำแบบประเมินคุณภาพตู้อบพลังงานแสงอาทิตย์เพื่อการแปรรูปอาหารควบคุมด้วยระบบ Internet of Things (IoT)

3.2.6 ทดสอบประสิทธิภาพตู้อบพลังงานแสงอาทิตย์เพื่อการแปรรูปอาหารควบคุมด้วยระบบ Internet of Things (IoT) ใน 3 รูปแบบ ได้แก่ อบเฉพาะแสงแดด อบเฉพาะหลอดไฟ และอบทั้ง 2 รูปแบบพร้อมกัน



รูปที่ 2 การทดสอบการอบเนื้อหมู

3.2.7 ให้ผู้เชี่ยวชาญประเมินคุณภาพตู้อบพลังงานแสงอาทิตย์เพื่อการแปรรูปอาหารควบคุมด้วยระบบ Internet of Things (IoT)



รูปที่ 3 การนำเสนอและอธิบายการทำงานของตู้อบในการประเมินคุณภาพจากผู้เชี่ยวชาญ

3.2.8 นำผลที่ได้มาวิเคราะห์ข้อมูลและสรุปผล ประสิทธิภาพ และคุณภาพของตู้อบพลังงานแสงอาทิตย์เพื่อการแปรรูปอาหารควบคุมด้วยระบบ Internet of Things (IoT)

4. ผลการวิจัย

การวิจัยเรื่อง การพัฒนาตู้อบพลังงานแสงอาทิตย์เพื่อการแปรรูปอาหารควบคุมด้วยระบบ Internet of Things (IoT) สามารถสรุปผลการวิจัยได้ดังนี้

4.1 ผลการพัฒนาตู้อบพลังงานแสงอาทิตย์เพื่อการแปรรูปอาหารควบคุมด้วยระบบ Internet of Things (IoT)

ผลการพัฒนา พบว่า ได้ตู้อบที่มีขนาด กว้าง 80 ยาว 120 และสูง 140 เซนติเมตร หลังคาทรงโค้ง ทำจากเหล็กและอะลูมิเนียม วัสดุคลุมใสเป็นแผ่นโพลีคาร์บอเนต ทำให้แสงอาทิตย์ส่องผ่านได้ดี แสงจะผ่านออกมาได้น้อย จึงทำให้ความร้อนส่วนใหญ่จึงถูกกักเก็บอยู่ภายใน สามารถอบแห้งได้ 3 รูปแบบ ได้แก่ อบเฉพาะแสงแดด อบเฉพาะหลอดไฟ และอบทั้ง 2 รูปแบบพร้อมกัน มีการนำระบบ IoT เข้ามาใช้ในการตรวจวัด และควบคุมอุณหภูมิ โดยใช้เซ็นเซอร์ DHT21 ในการตรวจวัดอุณหภูมิและแสดงสถานะขึ้นบนสมาร์ตโฟน เพื่อนำไปใช้ในการควบคุมพัดลมดูดอากาศในการลดอุณหภูมิให้ได้อุณหภูมิตามที่เรที่ตั้งไว้ รวมไปถึงมีแผงรับพลังงานแสงอาทิตย์ เพื่อจ่ายพลังงานให้กับอุปกรณ์ต่างๆ

4.2 ผลการทดสอบประสิทธิภาพตู้อบพลังงานแสงอาทิตย์เพื่อการแปรรูปอาหารควบคุมด้วยระบบ Internet of Things (IoT) มีรายละเอียดดังต่อไปนี้

ตารางที่ 1 ตารางผลการทดสอบประสิทธิภาพตู้อบพลังงานแสงอาทิตย์เพื่อการแปรรูปอาหารควบคุมด้วยระบบ Internet of Things (IoT) (เฉพาะแสงแดด)

ครั้งที่	ปริมาณ	อุณหภูมิ	ความเข้มของแสงแดด	ระยะเวลาในการอบแห้ง
1	เนื้อหมู 1 กิโลกรัม	40 °C	530 (W/m ²)	2 ชั่วโมง
2	เนื้อหมู 1 กิโลกรัม	40 °C	534 (W/m ²)	2 ชั่วโมง
3	เนื้อหมู 1 กิโลกรัม	40 °C	532 (W/m ²)	2 ชั่วโมง
	รวม	120 °C	1,596 (W/m ²)	6 ชั่วโมง
	ค่าเฉลี่ยรวม	40 °C	532 (W/m ²)	2 ชั่วโมง

จากตารางที่ 1 พบว่า ผลการทดสอบประสิทธิภาพตู้อบพลังงานแสงอาทิตย์เพื่อการแปรรูปอาหารควบคุมด้วยระบบ Internet of Things (IoT) (เฉพาะแสงแดด) โดยใช้เครื่อง Solar Power Meter ในการอ่านค่าความเข้มของแสงแดด ซึ่งผลการทดสอบมีค่าเฉลี่ยรวมของอุณหภูมิที่ 40 °C ความเข้มของแสงแดด 532 (W/m²) และระยะเวลาที่ใช้ในการอบแห้ง 2 ชั่วโมง

ตารางที่ 2 ตารางผลการทดสอบหาประสิทธิภาพตู้อบพลังงานแสงอาทิตย์เพื่อการแปรรูปอาหารควบคุมด้วยระบบ Internet of Things (IoT) (เฉพาะหลอดไฟ)

ครั้งที่	ประเภท	อุณหภูมิ	พลังงานไฟฟ้า			ระยะเวลาในการอบแห้ง
			กระแสไฟฟ้า (A)	แรงดันไฟฟ้า (V)	พลังงาน (W)	
1	เนื้อหมู 1 กิโลกรัม	40 °C	1 A	218 V	240 W	3 ชั่วโมง
2	เนื้อหมู 1 กิโลกรัม	40 °C	1 A	225 V	240 W	3 ชั่วโมง
3	เนื้อหมู 1 กิโลกรัม	40 °C	1 A	228 V	240 W	3 ชั่วโมง
	รวม	120 °C	3 A	671 V	720 W	9 ชั่วโมง
	ค่าเฉลี่ยรวม	40 °C	1 A	224 V	240 W	3 ชั่วโมง

จากตารางที่ 2 พบว่า ผลการทดสอบหาประสิทธิภาพตู้อบพลังงานแสงอาทิตย์เพื่อการแปรรูปอาหารควบคุมด้วยระบบ Internet of Things (IoT) (เฉพาะหลอดไฟ) โดยผู้วิจัยได้ใช้งานหลอดไฟอุ่นอาหาร ชนิด 120 W จำนวน 2 หลอด ผลจากการทดสอบมีค่าเฉลี่ยรวมของอุณหภูมิที่ 40 °C ค่าเฉลี่ยกระแสไฟฟ้า 1 A แรงดันไฟฟ้า 224 V และพลังงาน 240 W และค่าเฉลี่ยระยะเวลาที่ใช้ในการอบแห้ง 3 ชั่วโมง

ตารางที่ 3 ตารางผลการทดสอบหาประสิทธิภาพตู้อบพลังงานแสงอาทิตย์เพื่อการแปรรูปอาหารควบคุมด้วยระบบ Internet of Things (IoT) (แสงแดดและหลอดไฟ)

ครั้งที่	ประเภท	อุณหภูมิ	พลังงานไฟฟ้า			ความเข้มของแสงแดด	ระยะเวลาในการอบแห้ง
			กระแสไฟฟ้า (A)	แรงดันไฟฟ้า (V)	พลังงาน (W)		
1	เนื้อหมู 1 กิโลกรัม	40 °C	1 A	226 V	240 W	518 (W/m ²)	1 ชั่วโมง
2	เนื้อหมู 1 กิโลกรัม	40 °C	1 A	224 V	240 W	522 (W/m ²)	1 ชั่วโมง
3	เนื้อหมู 1 กิโลกรัม	40 °C	1 A	221 V	240 W	531 (W/m ²)	1 ชั่วโมง
	รวม	120 °C	3 A	671 V	720 W	1,571 (W/m ²)	3 ชั่วโมง
	ค่าเฉลี่ยรวม	40 °C	1 A	223 V	240 W	523 (W/m ²)	1 ชั่วโมง

จากตารางที่ 3 พบว่า ผลการทดสอบหาประสิทธิภาพตู้อบพลังงานแสงอาทิตย์เพื่อการแปรรูปอาหารควบคุมด้วยระบบ Internet of Things (IoT) (เฉพาะแสงแดดและหลอดไฟ) โดยผู้วิจัยได้ใช้งานหลอดไฟอุ่นอาหารชนิด 120 W จำนวน 2 หลอด ในการทดสอบร่วมกับแสงแดด ซึ่งผลจากการทดสอบมีค่าเฉลี่ยรวมของอุณหภูมิที่ 40 °C ค่าเฉลี่ยกระแสไฟฟ้า 1 A แรงดันไฟฟ้า 223 V และพลังงาน 240 W ความเข้มของแสงแดด 523(W/m²) และค่าเฉลี่ยระยะเวลาที่ใช้ในการอบแห้ง 1 ชั่วโมง

4.3 ผลการประเมินแบบคุณภาพของตู้อบพลังงานแสงอาทิตย์เพื่อการแปรรูปอาหารควบคุมด้วยระบบ Internet of Things (IoT)

ผลการประเมินคุณภาพของตู้อบพลังงานแสงอาทิตย์เพื่อการแปรรูปอาหารควบคุมด้วยระบบ Internet of Things (IoT) ที่พัฒนาตามรูปแบบระบบควบคุมของตู้อบพลังงานแสงอาทิตย์เพื่อการแปรรูปอาหารควบคุมด้วยระบบ Internet of Things (IoT) จากผู้เชี่ยวชาญ จำนวน 5 ท่าน ซึ่งผลการประเมินการหาคุณภาพดังกล่าวมีรายละเอียดดังต่อไปนี้

ตารางที่ 4 แบบประเมินคุณภาพของตู้อบพลังงานแสงอาทิตย์เพื่อการแปรรูปอาหารควบคุมด้วยระบบ Internet of Things (IoT)

รายการประเมิน	ระดับความคิดเห็น		
	$\bar{X}$	S.D.	คุณภาพ
การออกแบบโครงสร้างมีความเหมาะสม	5.00	0.00	มากที่สุด
การเลือกวัสดุและอุปกรณ์ที่เหมาะสม	4.60	0.55	มากที่สุด
การจัดวางอุปกรณ์มีความเหมาะสม	5.00	0.00	มากที่สุด
การติดตั้งระบบและแอปพลิเคชันของระบบ	4.40	0.55	มากที่สุด
ความสะดวกต่อการซ่อมบำรุงระบบ	5.00	0.00	มากที่สุด
ความแม่นยำในการสั่งงานของระบบ	4.80	0.45	มากที่สุด
ความเร็วในการประมวลผลของระบบ	4.60	0.55	มากที่สุด
ความสะดวกในการใช้งานระบบ	5.00	0.00	มากที่สุด
ความเสถียรภาพการทำงานของระบบ	4.40	0.55	มากที่สุด

ตารางที่ 4 (ต่อ)

รายการประเมิน	ระดับความคิดเห็น		
	$\bar{X}$	S.D.	คุณภาพ
ความสามารถการทำงานของระบบโดยรวม	5.00	0.00	มากที่สุด
ค่าเฉลี่ยรวม	4.78	0.26	มากที่สุด

จากตารางที่ 4 พบว่า คุณภาพของตู้อบพลังงานแสงอาทิตย์เพื่อการแปรรูปอาหารควบคุมด้วยระบบ Internet of Things (IoT) พบว่า ผู้เชี่ยวชาญมีความคิดเห็นเกี่ยวกับคุณภาพของระบบโดยรวม ในระดับที่มากที่สุด ที่ค่าเฉลี่ยเท่ากับ 4.78 ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานมีค่าเท่ากับ 0.26

5. อภิปรายผลและสรุปผล

ผลการพัฒนาตู้อบพลังงานแสงอาทิตย์เพื่อการแปรรูปอาหารควบคุมด้วยระบบ Internet of Things (IoT) พบว่า ผู้วิจัยได้พัฒนาตู้อบพลังงานแสงอาทิตย์เพื่อการแปรรูปอาหารควบคุมด้วยระบบ Internet of Things (IoT) จากการศึกษาปัญหาและความต้องการของผู้ใช้งาน จากนั้นได้รวบรวมข้อมูล เลือกรูปแบบ ออกแบบและสร้าง ทดสอบ ปรับปรุงแก้ไข และประเมินผล ทำให้สิ่งที่พัฒนาขึ้นสามารถ แก้ไขปัญหาและตอบสนองความต้องการของผู้ใช้งาน ซึ่งสอดคล้องกับญาณกิริติ พลวิเศษ และคณะที่ได้ศึกษาวิจัยในการออกแบบและสร้างเครื่องอบสมุนไพรแบบ อัตโนมัติด้วยไฟฟ้า. (2562) เพื่อนำมาใช้แก้ปัญหาและตอบสนองความต้องการของกลุ่มบ้านดินภูเขาไฟ เพื่อลดปัญหา ความเสียหายจากการตากแห้งและความต่อเนื่องในการผลิตเพื่อให้ทันต่อความต้องการของผู้บริโภค และผู้อบดังกล่าวมี การนำเทคโนโลยี Internet of Things (IoT) มาใช้ในการเชื่อมต่ออุปกรณ์ระบบกับอินเทอร์เน็ต ที่สามารถเชื่อมโยง ส่ง การเปิด-ปิดสวิตช์ และควบคุมการทำงานอุปกรณ์ต่างๆ ให้ทำงานตามที่กำหนด เพิ่มความสะดวกสบายในการดำเนิน ชีวิต และการทำงาน สอดคล้องกับประโยชน์ของ Internet of Things (IoT) ที่ ไทโยโพสต์ (2565) ได้เสนอไว้ว่า Internet of Things (IoT) คือการที่อุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ต่างๆ เชื่อมโยงส่งข้อมูลถึงกันโดยผ่านระบบอินเทอร์เน็ตแบบอัตโนมัติ หรือที่อัตโนมัติ มนุษย์สามารถสั่งการควบคุมอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ผ่านการเชื่อมต่อดังกล่าว

ผลการทดสอบประสิทธิภาพตู้อบพลังงานแสงอาทิตย์เพื่อการแปรรูปอาหารควบคุมด้วยระบบ Internet of Things (IoT) พบว่า สามารถทำการอบที่อุณหภูมิที่กำหนดเพื่อแปรรูปอาหาร ลดระยะเวลาในการอบแห้ง สอดคล้องกับ งานวิจัยของ สุชาติ ดุมนิล อัสภา วรรณกายนต์ และสุพิมพา วัฒนสังข์โสภณ (2562) ที่ว่า เครื่องอบพลังงานโซล่าเซลล์ ควบคุมด้วยอุณหภูมิที่เหมาะสมสำหรับวิสาหกิจชุมชน มีประสิทธิภาพในการอบด้วยอุณหภูมิที่เหมาะสมสำหรับ วิสาหกิจชุมชน สามารถช่วยลดระยะเวลาในการอบให้น้อยลง และสอดคล้องกับงานวิจัยของ ศิริวรรณ อาจบำรุง (2562) ที่ได้ศึกษาวิจัยเรื่อง ตู้อบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์ประสิทธิภาพสูง ที่มีผลการทดสอบประสิทธิภาพของตู้อบพลังงาน แสงอาทิตย์ประสิทธิภาพสูง มีประสิทธิภาพใช้เวลาในการอบเร็วกว่าการอบนอกตู้อบ

ผลการประเมินคุณภาพตู้อบพลังงานแสงอาทิตย์เพื่อการแปรรูปอาหารควบคุมด้วยระบบ Internet of Things (IoT) พบว่า มีคุณภาพของระบบโดยรวม ในระดับที่มากที่สุด สอดคล้องกับงานวิจัยของ รัฐพงษ์ ไปเคน และ วิศิษฐ์ศักดิ์ เสริมศักดิ์ (2563) ที่ได้ศึกษาวิจัยเรื่อง ตู้อบกล้วยพลังงานแสงอาทิตย์ พบว่า ผลการประเมินประสิทธิภาพการทำงานของ ตู้อบกล้วยพลังงานแสงอาทิตย์ โดยผู้เชี่ยวชาญ ผลการประเมินโดยรวมอยู่ในระดับมากที่สุด และสอดคล้องกับ งานวิจัยของ สุทธิดา อินทผล อุปวิทย์ สุวคันธกุล และโอภาส สุขหวาน (2551) ที่ได้ศึกษาวิจัยเรื่อง การพัฒนา เครื่องอบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์ พบว่า การประเมินสมรรถนะทางกายภาพโดยให้ผู้เชี่ยวชาญ ในภาพอยู่ในระดับดี สาเหตุที่ผลการประเมินคุณภาพจากผู้เชี่ยวชาญประเมินอยู่ในระดับมากที่สุด เนื่องจาก ตู้อบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์ที่ พัฒนาขึ้น ได้พัฒนาขึ้นเพื่อเพิ่มประสิทธิภาพการใช้พลังงานจากแสงอาทิตย์และส่งเสริม สนับสนุนการประกอบอาชีพ

เพื่อแก้ปัญหาการอบผลิตภัณฑ์แปรรูป ที่ในปัจจุบันที่อาศัยการตากแดดในรูปแบบเดิม และถ้าที่ไม่มีแสงแดดหรือมีแสงแดดน้อย ก็สามารถใช้ตู้อบทำการอบผลิตภัณฑ์แปรรูปได้ และใช้เวลาในการอบเร็วกว่าการอบในรูปแบบเดิม

6. ข้อเสนอแนะ

6.1 ควรพัฒนาให้ระบบมีการบันทึกผลและรายงานผล เพื่อนำข้อมูลมาวิเคราะห์ และพัฒนาต่อยอดให้เกิดการวิเคราะห์ประมวลผลด้วยภาพต่อไป

6.2 ควรพัฒนาให้ระบบสามารถส่งควบคุมการตั้งเวลาทำงานให้มีความเสถียร โดยสามารถควบคุมการตั้งเวลาอบแก่ผลิตภัณฑ์แต่ละชนิด ผ่านสมาร์ตโฟนได้

6.3 ควรพัฒนาให้ระบบทำงานร่วมกับระบบโซล่าเซลล์ในการผลิตไฟฟ้าเพื่อควบคุมการทำงานในที่ห่างไกลระบบไฟฟ้าได้

7. กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบคุณ ที่ปรึกษางานวิจัย และผู้เชี่ยวชาญทางด้านเทคโนโลยีไฟฟ้าและอิเล็กทรอนิกส์ ด้านเทคโนโลยีคอมพิวเตอร์ และด้านเทคโนโลยีอุตสาหกรรม ได้แก่ อาจารย์ ดร.สุรียฉาย สุนันธรต์ อาจารย์ ดร.เรวัณ เต็มกล้า อาจารย์สุรัตน์ สุขมัน นายทวิสิทธิ์ เจาะดี และนายวิชณ ภูวิจิตร ในการประเมินหาคุณภาพตู้อบพลังงานแสงอาทิตย์เพื่อการแปรรูปอาหารควบคุมด้วยระบบ Internet of Things (IoT)

เอกสารอ้างอิง

- จรัญ คนแรง และคณะ. (2557). **โครงการบูรณาการวิชาการแก่สังคมเพื่อพัฒนาการเรียนการสอนการวิจัยตู้อบสับประรดอบแห้งโดยใช้พลังงานแสงอาทิตย์ของชุมชนนางแลจังหวัดเชียงราย**. โปรแกรมวิชาวิศวกรรมพลังงานและเทคโนโลยีไฟฟ้า คณะเทคโนโลยีอุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยราชภัฏเชียงราย.
- ญาณกิริติ พลวิเศษ และคณะ. (2562). **เครื่องอบสมุนไพรแบบอัตโนมัติด้วยไฟฟ้า**. วิทยานิพนธ์สาขาวิชาเทคโนโลยี การจัดการอุตสาหกรรม คณะเทคโนโลยีอุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยราชภัฏบุรีรัมย์.
- รัฐพงษ์ ไปเคน และ วิศิษฐ์ศักดิ์ เสี่ยงศักดิ์ (2563). **ตู้อบกล้วยพลังงานแสงอาทิตย์**. วารสารวิชาการการประยุกต์ใช้เทคโนโลยีสารสนเทศ. 6(1). 48-57.
- ไทยโพสต์. (2565). **ประโยชน์ของ Internet of Things (IoT)**. [ออนไลน์]. เข้าถึงได้จาก : <https://www.thaipost.net/main/detail/24835>. สืบค้น 3 กรกฎาคม 2565.
- ไพโรจน์ เหลืองวงศกร. (2559). **ระบบรักษาความปลอดภัยที่บ้านโดยใช้ESP8266**. สารนิพนธ์หลักสูตรวิทยาศาสตร์มหาบัณฑิต สาขาวิชาเทคโนโลยีสารสนเทศคณะวิทยาการและเทคโนโลยีสารสนเทศ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีมหานคร.
- วินัยธร ไพเมือง. (2562). **ตู้อบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์อัจฉริยะสำหรับธุรกิจชุมชน**. การประชุมวิชาการระดับชาติ เครือข่ายวิจัยสถาบันอุดมศึกษาทั่วประเทศ ครั้งที่ 13.
- ศิริวรรณ อาจบำรุง. (2562). **ตู้อบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์ประสิทธิภาพสูง**. รายงานการวิจัย มหาวิทยาลัยราชภัฏมหาสารคาม.
- สุดิศา อินทผล อุบัติย์ สุวคันธกุลและโอภาส สุขหวาน. (2551). **การพัฒนาเครื่องอบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์**. วารสารวิชาการอุตสาหกรรมศึกษา. 2(1). 71-81.

สุชาติ ดุมนิล อัญญา วรรณกายนต์ และสุพิมพา วัฒนสังข์โสภณ. (2562). เครื่องอบพลังงานโซล่าเซลล์ควบคุมด้วย
อุณหภูมิที่เหมาะสมสำหรับวิสาหกิจชุมชน. วารสารวิชาการเทคโนโลยีอุตสาหกรรม มหาวิทยาลัย
ราชภัฏสุรินทร์. 4(3). 30-38.

อนิรุทธิ์ ต่ายขาว และ สมบัติ ทีฆทรัพย์. (ม.ป.ป.). เครื่องอบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์ชนิดพาความร้อน
แบบธรรมชาติ และชนิดพาความร้อนแบบบังคับ วารสารวิชาการ มหาวิทยาลัยอีสเทิร์นเอเชีย.
ฉบับวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี.

คุณค่าทางวิชาการ

งานวิจัยนี้ เป็นการพัฒนาตู้อบพลังงานแสงอาทิตย์เพื่อการแปรรูปอาหารควบคุมด้วยระบบ Internet of Things (IoT) สามารถนำมาใช้ในการแก้ปัญหการตากแห้งและอบแห้งที่ผู้ใช้งานพบเจออยู่เป็นประจำ เช่น ปัญหาการปนเปื้อนจากฝุ่นละอองและการรบกวนจากแมลง ปัญหาควบคุมอุณหภูมิตามที่ผลิตภัณฑ์ต้องการ ปัญหาสภาพอากาศ เป็นต้น อีกทั้งยังออกแบบให้ตู้อบมีขนาดเล็กน้ำหนักเบา สามารถเคลื่อนย้ายได้ง่าย และเหมาะสำหรับอบแห้งสินค้า และผลผลิตทางการเกษตรต่าง ๆ นอกจากนั้นยังเป็นการนำพลังงานแสงอาทิตย์ที่มีมาใช้ประโยชน์ในรูปของความร้อนที่มีประสิทธิภาพ ไม่เสียค่าใช้จ่ายด้านเชื้อเพลิง ไม่ส่งผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อม การอบแห้งด้วยตู้อบดังกล่าวช่วยลดปัญหาที่เกิดขึ้นจากการตากแห้งในรูปแบบเดิม ทำให้ผลิตภัณฑ์ที่ได้มีคุณภาพดีขึ้นและยังช่วยลดระยะเวลาในการตากแห้งอีกด้วย อีกทั้งผู้วิจัยยังมีการนำระบบ Internet of Things เข้ามาผสมผสานเพื่อช่วยเพิ่มความสะดวกในการดูแลรักษาผลิตภัณฑ์สินค้าแปรรูปให้กับผู้ใช้งาน และสามารถดูแลผลิตภัณฑ์สินค้าแปรรูปได้อย่างมีประสิทธิภาพและแม่นยำ ซึ่งเป็นการลดความเสียหายที่เกิดขึ้นกับผลิตภัณฑ์สินค้าแปรรูป