ปีที่ 6 ฉบับที่ 2 กรกฎาคม - ธันวาคม 2564

บทความวิจัย

การควบคุมอุณหภูมิและความชื้นของตู้อบพลังงานแสงอาทิตย์ด้วยระบบ IoT

Controlling the Temperature and Humidity of the Solar Dryer with the IoT System

ชยางกูร ไชยวงศ์[1] ธวัชไชย ลิ้มสุวรรณ[2] รวิวัฒน์ คำหวาน[3] และศิวณัฐ เป็ดสุวรรณ์[4]
Chayangkul Chaiwong[1] Thawatchai Limsuwan[2] Rawiwat Khamwan[3] and Siwanat Pedsuwan[4]

[1-4] แผนกวิชาช่างยนต์ วิทยาลัยเทคนิคสุราษฎร์ธานี จังหวัดสุราษฎร์ธานี 84000
Mechanical Power, Suratthani Technical College, Surat Thani 84000
[2] Corresponding Author: E-mail: thawat_tu@hotmail.com
Received: 9 Feb. 2021; Revised: 2 Dec. 2021; Accepted: 2 Dec. 2021

บทคัดย่อ

การวิจัยครั้งนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อ 1) ออกแบบและสร้างตู้อบพลังงานแสงอาทิตย์แบบควบคุมอุณหภูมิและความชื้นด้วยระบบ IoT 2) ศึกษาสมรรถนะของตู้อบพลังงานแสงอาทิตย์ที่ควบคุมอุณหภูมิและความชื้นด้วยระบบ IoT และ 3) ประเมินความพึงพอใจของผู้ใช้ตู้อบพลังงานแสงอาทิตย์แบบควบคุมอุณหภูมิและความชื้นด้วยระบบ IoT กลุ่มตัวอย่าง ได้แก่ เกษตรกรผู้ประกอบอาชีพแปรรูปอาหารทะเล อำเภอกาญจนดิษฐ์ จังหวัดสุราษฎร์ธานี จำนวน 10 คน ได้มาโดยการคัดเลือกแบบเจาะจง เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัยเป็นแบบบันทึกข้อมูลและแบบสอบถามความพึงพอใจ สถิติที่ใช้ในการวิจัย ได้แก่ ความถี่ ร้อยละ ค่าเฉลี่ย และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน

ผลการวิจัย พบว่า 1) ผลการออกแบบและสร้างตู้อบพลังงานแสงอาทิตย์แบบควบคุมอุณหภูมิและความชื้น ออกแบบตู้อบแบบ 3 ชั้น 6 ช่อง ใช้พลังงานไฟฟ้าในระบบจากแผงโซลาร์เซลล์ ตั้งค่าอุณหภูมิในตู้อบด้วยระบบ IoT ผ่านแอปพลิเคชันจากสมาร์ทโฟน อุณหภูมิในตู้อบตั้งไว้ที่ 50 °C เมื่ออุณหภูมิต่ำจะสั่งการให้หลอดไฟทำงาน เมื่ออุณหภูมิสูงพัดลมจะระบายอากาศออกทำให้สามารถควบคุมอุณหภูมิในตู้อบให้อยู่ที่ 50 °C ทุกช่วงเวลา 2) ผลการทดสอบสมรรถนะด้านความชื้นของวัตถุดิบ 3 ชนิด แต่ละชนิดในตู้อบพลังงานแสงอาทิตย์แบบควบคุมอุณหภูมิและความชื้นที่ตั้งไว้ 40% 25% และ 20% ตามลำดับ พบว่า เมื่อค่าความชื้นของวัตถุดิบ 3 ชนิด ลดเหลือตามค่าที่กำหนด ตู้อบจะแสดงผลแจ้งเตือนมายังแอปพลิเคชันในสมาร์ทโฟนทุกครั้ง และวัตถุดิบที่ผ่านการอบมีสภาพสี สภาพผิว และความแห้ง จากการทดสอบโดยประสาทสัมผัสมีคุณภาพตามเกณฑ์ที่กำหนด และ 3) ผลการประเมินความพึงพอใจของผู้ใช้ พบว่า ในภาพรวมอยู่ในระดับมาก

คำสำคัญ : ตู้อบพลังงานแสงอาทิตย์ การควบคุมอุณหภูมิและความชื้น ระบบ IoT

Abstract

The objectives of this research were to: 1) design and build a solar dryer that controls the temperature and humidity with IoT system, 2) study the performance of a solar dryer that controls the temperature and humidity with IoT system, and 3) assess the satisfaction of the users. Using a solar dryer that

controls the temperature and humidity with the IoT system, the sample group included 10 seafood processing farmers derived by purposive sampling technique from Kanchanadit District Surat Thani Province. The research instruments were data record format and satisfaction questionnaire. The research statistics included frequency, percentage, mean and standard deviation.

The results of the research were as follows: 1) the solar dryer consisted of 6-compartments of 3 layers using electricity energy from solar system panels. The temperature in the dryer is set by the IoT system at 50 °C via an application from a smartphone. When the temperature is low, the lamp is activated and when the temperature is high, the fan blows out the air so that the temperature in the dryer can be kept at 50 °C at all times. 2) The results of the humidity performance test of 3 raw materials which were set the humidity at 40%, 25% and 20% respectively showed that when the moisture content of the three raw materials was reduced to the set value, the dryer would display a notification to the smartphone application every time. Moreover, the color, skin condition and dryness of the baked raw materials passed the sensory test based on the specified criteria and quality. 3) Finally, the results of the users' satisfaction showed that the overall level was high.

Keywords : Solar Dryer, Temperature and Humidity Control, IoT System

1. บทนำ

ในการผลิตอาหารทะเลแห้งเริ่มจากการเตรียมวัตถุดิบ คือ อาหารทะเลสด หลังจากนั้นจึงนำมาทำแห้ง ซึ่งทั่วไปจะใช้การตากแดด (Sun Drying) เพื่อลดความชื้น และค่าวอเตอร์แอคทิวิตี้ (Water Activity) ลง จนถึงระดับที่ปลอดภัยต่อการบริโภค ลดความเสี่ยงต่อการเจริญของจุลินทรีย์ก่อโรค และจุรินทรีย์ทำให้เน่าเสีย (Microbial Spoilage) ประเภทอาหารทะเลแห้ง เช่น ปลาแห้ง ปลาเค็ม กุ้งแห้ง ปลาหมึกแห้ง หอยแห้ง เป็นต้น การทำให้อาหารแห้งหรือเรียกว่า Dehydration คือการดึงน้ำออกมาจากผลิตภัณฑ์อาจเรียกว่า Drying โดยลดความชื้น (Moisture Content) ของอาหารให้น้ำในผลิตภัณฑ์ระเหยออก โดยใช้พลังงานความร้อนจากแสงอาทิตย์ เป็นการทำแห้งอย่างง่ายที่ไม่ต้องใช้เครื่องทำแห้ง (Drier) การตากแดดมีข้อจำกัดหลายประการเนื่องจากประสิทธิภาพการทำแห้งขึ้นอยู่กับสภาพอากาศ ซึ่งไม่สามารถควบคุมระดับความร้อนและอุณหภูมิได้ ทำให้การควบคุมคุณภาพอาหารแห้งทำได้ยาก ที่สำคัญคือ มีสิ่งปลอมปนกับอาหารซึ่งเป็นปัจจัยหลักในการเลือกอาหารเพื่อการบริโภคในปัจจุบัน [1]

จากการศึกษาข้อมูลการอบแห้งโดยใช้ตู้อบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์ โดยอุณหภูมิในห้องอบแห้งจะอยู่ที่ประมาณ 40-60 °C ตามสภาวะของแสงแดดในแต่ละช่วง โดยพิจารณาจากความแห้งหรือความชื้น ส่วนใหญ่จะอบจนเหลือความชื้นมาตรฐานแห้ง (Dry Basis) ประมาณ 26% d.b. แต่เมื่อพิจารณาประเภทของผลิตภัณฑ์หรือวัสดุที่ใช้อบแห้ง เช่น ปลา ปลาหมึก กุ้งแห้ง เนื้อสัตว์ ผัก หรือผลไม้ ซึ่งวัสดุแต่ละชนิดมีองค์ประกอบของน้ำในสัดส่วนที่ต่างกัน นอกจากนั้นการควบคุมน้ำหนักของผลิตภัณฑ์หลังการอบก็เป็นสิ่งสำคัญ เพราะจะส่งผลต่อน้ำหนักของผลิตภัณฑ์ที่จำหน่าย โดยปกติจะควบคุมน้ำหนักให้ลดลงประมาณ 20% [2]

ทั้งนี้เมื่อพิจารณาการทำงานของตู้อบพลังงานแสงอาทิตย์หรือโดมแสงอาทิตย์ที่มีอยู่ในปัจจุบัน พบว่า เพียงใช้หลักการรับความร้อนจากแสงอาทิตย์มาใช้ในตู้อบโดยปริมาณของอุณหภูมิเป็นไปตามความเข้มของพลังงานแสงอาทิตย์ส่งผลทำให้ผลิตภัณฑ์ได้รับความร้อนที่อุณหภูมิไม่คงที่ ทำให้ส่งผลต่อคุณภาพของผลิตภัณฑ์ ถ้าหากวันใดไม่มีแสงแดดหรือมีบ้างในบางช่วงทำให้เกิดความกระด้างของผลิตภัณฑ์ซึ่งเป็นสิ่งที่เกษตรกรหรือผู้ประกอบการไม่ต้องการหรือถ้าหากวันไหนร้อนมากทั้งวันก็จะส่งผลให้ผลิตภัณฑ์แห้งมากเกินไปหรือที่เรียกว่ากรอบ ก็ไม่ส่งผลดีต่อผลิตภัณฑ์เช่นกัน ทั้งนี้จากการสืบค้นข้อมูลในการแก้

ปัญหาดังกล่าว พบว่า ได้มีการจัดทำเตาเพื่อส่งถ่ายความร้อนให้กับตู้อบในช่วงที่ไม่มีพลังงานแสงอาทิตย์แต่ก็ไม่ค่อยได้รับความนิยมเนื่องจากมีความยุ่งยากในการทำงาน นอกจากนั้นผลิตภัณฑ์บางชนิดต้องมีการควบคุมปริมาณความชื้นในผลิตภัณฑ์ เช่น ปลาแห้งกับปลาแดดเดียว จะต้องการความชื้นในตัวผลิตภัณฑ์ที่ไม่เท่ากัน ปลาแห้งต้องการความชื้นประมาณ 20% d.b. ขณะปลาแดดเดียวต้องการให้มีความชื้นประมาณ 30-35% d.b. เป็นต้น แต่ส่วนใหญ่ผู้ประกอบการหรือเกษตรกรจะอาศัยความรู้สึกและประสาทสัมผัส ทั้งนี้เนื่องจากตู้อบในปัจจุบันก็ไม่มีระบบควบคุมความชื้นเช่นกัน [3]

จากสภาพและปัญหาดังกล่าวทางผู้วิจัย จึงได้ศึกษาเพื่อสร้างตู้อบพลังงานแสงอาทิตย์แบบความคุมอุณหภูมิและความชื้น เรียกอีกชื่อหนึ่งว่า Smart Solar Dome เพื่อการอบแห้งผลิตภัณฑ์โดยใช้พลังงานแสงอาทิตย์ที่มีระบบควบคุมอุณหภูมิและความชื้นทั้งแบบ Manual และ Auto โดยระบบ IoT แบบสั่งการด้วยสมาร์ทโฟนจะปรับตั้งอุณหภูมิและความชื้นตามที่ต้องการอบของแต่ละผลิตภัณฑ์โดยมีการติดตั้งเซนเซอร์เพื่อวัดค่าอุณหภูมิและความชื้นแล้วส่งผ่านไปยังกล่องประมวลผล หากอุณหภูมิสูงระบบจะสั่งการให้พัดลมทำงานเพื่อดูดระบายความร้อนออก และหากถ้าอุณหภูมิต่ำเนื่องจากสภาพอากาศหรือจำเป็นต้องตากต่อเนื่องถึงกลางคืนระบบจะสั่งการให้หลอดไฟทำงาน รับพลังงานไฟฟ้าจากแบตเตอร์รี่ที่ประจุไฟด้วยแผงโซลาร์เซลล์ทำงานเพื่อให้อุณหภูมิร้อนอย่างต่อเนื่องและถ้าอุณหภูมิสูงถึงค่าตั้งไว้หลอดไฟก็จะดับ ทั้งนี้จะทำให้ผลิตภัณฑ์ได้รับอุณหภูมิที่สม่ำเสมออย่างต่อเนื่องทำให้ได้คุณภาพที่ดีได้มาตรฐานและสร้างมูลค่าเพิ่มให้กับผลิตภัณฑ์ได้ ส่วนการควบคุมความชื้นเมื่อความชื้นอยู่ในปริมาณที่กำหนดก็จะแจ้งเตือนขึ้นผ่านสมาร์ทโฟน [4] ให้ผู้ประกอบการหรือเกษตรกรดำเนินการจัดเก็บผลิตภัณฑ์เพื่อไปจำหน่ายต่อไป นอกจากนั้นยังสามารถกำหนดค่าอุณหภูมิ ค่าความชื้น รวมทั้งสั่งให้ระบบหยุดการทำงานหรือรับแจ้งเตือนในกรณีต่าง ๆ เช่น เมื่ออุณหภูมิสูงหรือต่ำ ความชื้นสูงหรือต่ำ ทั้งนี้เพื่อให้ผู้ใช้งานรับทราบข้อมูลการทำงานและควบคุมการทำงานของระบบได้

2. วัตถุประสงค์การวิจัย

2.1 เพื่อออกแบบและสร้างตู้อบพลังงานแสงอาทิตย์แบบควบคุมอุณหภูมิและความชื้นด้วยระบบ IoT

2.2 เพื่อศึกษาสมรรถนะของตู้อบพลังงานแสงอาทิตย์แบบควบคุมอุณหภูมิและความชื้นด้วยระบบ IoT

2.3 เพื่อประเมินความพึงพอใจของผู้ใช้ตู้อบพลังงานแสงอาทิตย์แบบควบคุมอุณหภูมิและความชื้นระบบ IoT

3. สมมุติฐานการวิจัย

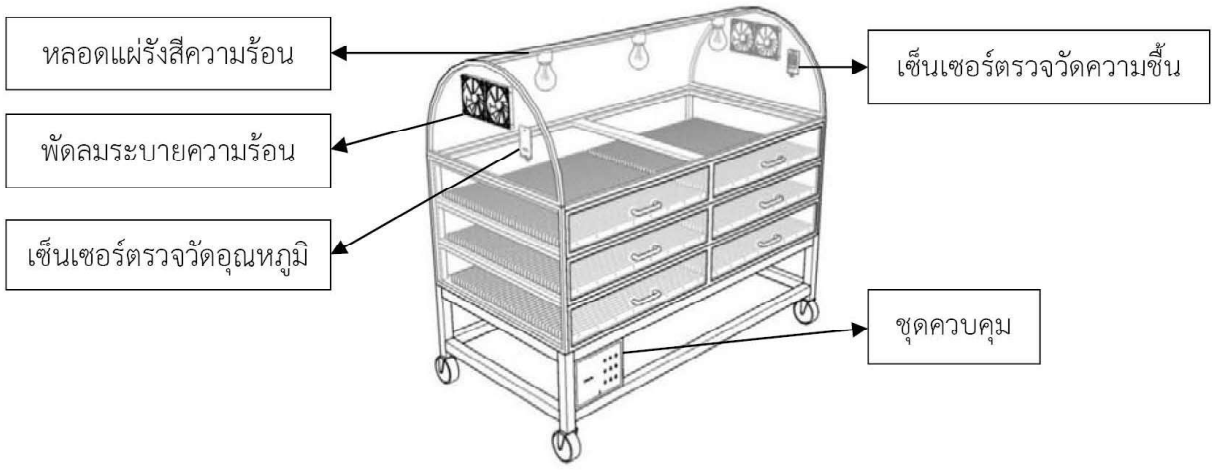
3.1 ตู้อบพลังงานแสงอาทิตย์แบบควบคุมอุณหภูมิและความชื้นด้วยระบบ IoT มีสมรรถนะด้านการควบคุมอุณหภูมิ ความชื้นและคุณภาพผลิตภัณฑ์ตามเกณฑ์ที่กำหนด

3.2 ผู้ใช้ตู้อบพลังงานแสงอาทิตย์แบบควบคุมอุณหภูมิและความชื้นระบบ IoT มีความพึงพอใจไม่ต่ำกว่าระดับมาก

4. วิธีการดำเนินการวิจัย

วิธีการดำเนินการในการสร้างตู้อบพลังงานแสงอาทิตย์แบบควบคุมอุณหภูมิและความชื้น ผู้วิจัยได้จัดทำโดยมีขั้นตอนการดำเนินการตามหัวข้อ ดังนี้

4.1 การออกแบบสร้างตู้อบพลังงานแสงอาทิตย์แบบควบคุมอุณหภูมิและความชื้น ในการออกแบบการสร้างตู้อบพลังงานแสงอาทิตย์แบบควบคุมอุณหภูมิและความชื้น ได้มีการออกแบบให้ตู้อบพลังงานแสงอาทิตย์มีส่วนประกอบของหลอดไฟเซรามิคเป็นตัวสร้างความร้อนสามารถเปลี่ยนหรือถอดเก็บได้ และนำเอามาติดตั้งสร้างความร้อนในกรณีไม่มีแสงอาทิตย์ ดังภาพที่ 1



ภาพที่ 1 ภาพร่างตู้อบพลังงานแสงอาทิตย์แบบควบคุมอุณหภูมิและความชื้น

โดยมีการทำงานดังนี้ 1) ใส่ผลิตภัณฑ์ในตัวโดม 2) ตั้งค่าอุณหภูมิและค่าความชื้นตามชนิดของผลิตภัณฑ์ที่ชุดควบคุมหรือที่ Smart Phone 3) ชุดรับสัญญาณอุณหภูมิหรือค่าความชื้นจะตรวจจับอุณหภูมิและความชื้นภายในโดม 4) เมื่ออุณหภูมิหรือความชื้นสูงชุดรับสัญญาณจะส่งสัญญาณให้ชุดควบคุมสั่งการพัดลม 5) เมื่อค่าอุณหภูมิต่ำชุดรับสัญญาณจะสั่งการให้หลอดไฟสว่างเพื่อเพิ่มอุณหภูมิภายในโดม 6) เมื่อค่าความชื้นของผลิตภัณฑ์ได้ตามค่ากำหนดชุดควบคุมจะส่งสัญญาณเสียงและส่งสัญญาณไปยัง Smart Phone ให้ผู้ใช้งานจัดเก็บผลิตภัณฑ์เพื่อบรรจุภัณฑ์และจำหน่ายไป

4.2 ขอบเขตการวิจัย

1) ด้านประชากรและกลุ่มตัวอย่าง ประชากร ได้แก่ เกษตรกรผู้ประกอบอาชีพแปรรูปอาหารทะเล อำเภอกาญจนดิษฐ์ จังหวัดสุราษฎร์ธานี กลุ่มตัวอย่าง เกษตรกรผู้ประกอบอาชีพแปรรูปอาหารทะเล อำเภอกาญจนดิษฐ์ จังหวัดสุราษฎร์ธานี จำนวน 10 คน ได้มาโดยการคัดเลือกแบบเจาะจง

2) ด้านการทำงาน

2.1) ตู้อบพลังงานแสงอาทิตย์แบบควบคุมอุณหภูมิและความชื้นสามารถควบคุมอุณหภูมิภายในตู้ได้ 50-80 °C

2.2) ตู้อบพลังงานแสงอาทิตย์แบบควบคุมอุณหภูมิและความชื้นสามารถดูค่าสถานะและสั่งการทำงานของพัดลมและหลอดไฟได้

4.3 เครื่องมือในการวิจัย

1) แบบบันทึกข้อมูลการทดสอบสมรรถนะ สำหรับบันทึกข้อมูลในการทดสอบสมรรถนะของตู้อบพลังงานแสงอาทิตย์แบบควบคุมอุณหภูมิและความชื้น สำหรับบันทึกสมรรถนะด้านการควบคุมการทำงานของระบบ ด้านความชื้นของวัตถุดิบแต่ละชนิดการควบคุมอุณหภูมิภายในตู้ และด้านคุณภาพของผลิตภัณฑ์

2) แบบสอบถามความพึงพอใจที่มีต่อตู้อบพลังงานแสงอาทิตย์แบบควบคุมอุณหภูมิและความชื้น เป็นแบบมาตราส่วนประเมินค่า (Ratting Scale) 5 ระดับ ได้แก่ มากที่สุด มาก ปานกลาง น้อย น้อยที่สุด

4.4 ขั้นตอนการสร้างและหาคุณภาพของเครื่องมือวิจัย

1) ขั้นตอนการสร้างและหาคุณภาพของแบบบันทึกผลการทดลอง

1.1) ศึกษารายละเอียดเกี่ยวกับการสร้างแบบบันทึกผลการทดลอง

1.2) พิจารณาคุณลักษณะที่ต้องการบันทึกผลการทดลอง

1.3) จัดพิมพ์แบบบันทึกผลการทดลองฉบับร่าง

1.4) ให้ผู้เชี่ยวชาญตรวจสอบคุณภาพของเครื่องมือวิจัย

1.5) ปรับปรุงเครื่องมือการวิจัย

1.6) ทดสอบหาความเชื่อมั่นของเครื่องมือวิจัย

1.7) ปรับปรุงเครื่องมือวิจัยและจัดพิมพ์ฉบับจริง

2) ขั้นตอนการสร้างและหาคุณภาพของแบบสอบถามความพึงพอใจ โดยมีวิธีการดังนี้

2.1) ศึกษาหลักการสร้างแบบสอบถามความพึงพอใจตามวิธีของลิเคอร์ท

2.2) สร้างแบบสอบถามความพึงพอใจ 5 ระดับ โดยถือเกณฑ์การให้คะแนนดังนี้

การประเมิน	ระดับการประเมิน
ความพึงพอใจมากที่สุด	ให้คะแนน 5 คะแนน
ความพึงพอใจมาก	ให้คะแนน 4 คะแนน
ความพึงพอใจปานกลาง	ให้คะแนน 3 คะแนน
ความพึงพอใจค่อนข้างน้อย	ให้คะแนน 2 คะแนน
ความพึงพอใจน้อย	ให้คะแนน 1 คะแนน

เกณฑ์การยอมรับความพึงพอใจคือ 3.51 ขึ้นไป

2.3) นำแบบสอบถามความพึงพอใจที่สร้างขึ้นนำเสนอต่อผู้เชี่ยวชาญ เพื่อตรวจสอบความเที่ยงตรงของเนื้อหาและปรับปรุงแก้ไข

2.4) หาความเชื่อมั่นของแบบสอบถามปรับปรุงแก้ไขและจัดพิมพ์ฉบับจริงสำหรับนำไปใช้

4.5 การเก็บรวบรวมข้อมูล

1) ในการทดสอบเพื่อเก็บข้อมูลสมรรถนะของตู้อบพลังงานแสงอาทิตย์แบบควบคุมอุณหภูมิและความชื้น ครั้งนี้ได้ทำการทดลองเก็บข้อมูลอุณหภูมิของตู้อบพลังงานแสงอาทิตย์แบบควบคุมอุณหภูมิและความชื้นโดยการรักษาอุณหภูมิที่ตั้งไว้ 50 °C ด้วยระบบ IoT ในระบบแอปพลิเคชันจากสมาร์ทโฟน จะได้จากการทดลอง โดยทำการชั่งน้ำหนักวัตถุดิบในการอบแห้ง ก่อนอบ หลังจากนั้นนำไปตากแดดช่วงเวลา 09.00-16.00 น. บันทึกผลอุณหภูมิภายนอกตู้ ทุก ๆ 1 ชั่วโมง และชั่งน้ำหนักหลังการอบแล้วเอานำไปคำนวณหาความชื้นมาตรฐานแห้ง

2) ศึกษาความพึงพอใจของตู้อบพลังงานแสงอาทิตย์แบบควบคุมอุณหภูมิและความชื้น โดยนัดหมายวันเวลากับกลุ่มตัวอย่างในการทดลอง ทำการสาธิตการใช้งานของตู้อบพลังงานแสงอาทิตย์แบบควบคุมอุณหภูมิและความชื้น ให้กลุ่มตัวอย่างทุกคนทดลองใช้ตู้อบพลังงานแสงอาทิตย์แบบควบคุมอุณหภูมิและความชื้นและแจกแบบสอบถามความพึงพอใจให้กลุ่มตัวอย่างประเมินแล้วเก็บรวบรวมแบบสอบถาม

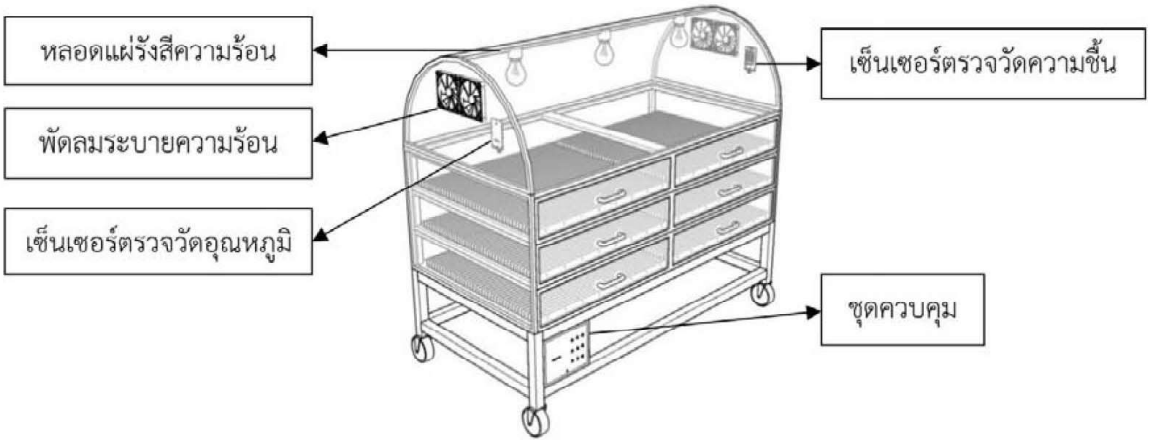
4.6 การวิเคราะห์ข้อมูล ผู้วิจัยนำแบบบันทึกผลการทดลองและแบบสอบถามที่ได้เก็บรวบรวมข้อมูลมาตรวจสอบความสมบูรณ์และความถูกต้องของข้อมูล จากนั้นทำการกำหนดรหัสข้อมูลแล้วบันทึกข้อมูลและประมวลผลด้วยโปรแกรมสำเร็จรูป โดยกำหนดสถิติสำหรับการวิเคราะห์ข้อมูล ดังนี้

1) วิเคราะห์ข้อมูลทั่วไปจากแบบสอบถามของกลุ่มตัวอย่าง ประกอบด้วย เพศ อายุข้อมูลและการทดลองหาสมรรถนะโดยใช้สถิติเชิงพรรณนา (Descriptive Statistic) ได้แก่ ค่าความถี่ (Frequency) และค่าร้อยละ (Percentage)

2) วิเคราะห์ข้อมูลความพึงพอใจของกลุ่มตัวอย่างต่อตู้อบพลังงานแสงอาทิตย์แบบควบคุมอุณหภูมิและความชื้น โดยใช้สถิติเชิงพรรณนา (Descriptive Statistic) ได้แก่ ค่าเฉลี่ย (Mean: $\overline{X}$) และค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน (S.D.)

5. ผลการวิจัย

5.1 ผลการออกแบบและสร้างตู้อบพลังงานแสงอาทิตย์แบบควบคุมอุณหภูมิและความชื้น ในการออกแบบและสร้างตู้อบพลังงานแสงอาทิตย์แบบควบคุมอุณหภูมิและความชื้น ได้ศึกษาข้อมูล และออกแบบสร้าง ตรวจสอบ ทดลองใช้ พร้อมทั้งปรับปรุงแก้ไขจนได้ตู้อบพลังงานแสงอาทิตย์แบบควบคุมอุณหภูมิและความชื้น ดังภาพที่ 2



ภาพที่ 2 ตู้อบพลังงานแสงอาทิตย์แบบควบคุมอุณหภูมิและความชื้น

จากภาพที่ 2 ผลการสร้างตู้อบพลังงานแสงอาทิตย์แบบควบคุมอุณหภูมิและความชื้น ได้มีการออกแบบตู้ให้สามารถอบแห้งผลผลิตได้สูงสุด 3 ชั้น 6 ช่อง มีแผงโซลาร์เซลล์ สามารถพับเก็บได้ไว้ประจุพลังงานไฟฟ้าแบตเตอรี่ไว้ใช้กับพัดลมพาความร้อน

5.2 ผลการศึกษาสมรรถนะของตู้อบพลังงานแสงอาทิตย์แบบควบคุมอุณหภูมิและความชื้นด้วยระบบ IoT รายละเอียดดังตารางที่ 1

ตารางที่ 1 ผลการทดสอบสมรรถนะของตู้อบพลังงานแสงอาทิตย์แบบควบคุมอุณหภูมิและความชื้นด้านการรักษาอุณหภูมิที่ตั้งไว้ (50 °C) ด้วยระบบ IoT และแสดงผลผ่านระบบแอปพลิเคชันสมาร์ทโฟน

ช่วงเวลา	อุณหภูมิภายนอก (°C)	อุณหภูมิภายในตู้อบก่อนควบคุม (°C)	สภาวะการทำงาน		อุณหภูมิภายในตู้อบหลังควบคุม (°C)
			หลอดไฟ	พัดลม	
09.00	30	42	✓		50
10.00	34	48	✓		50
11.00	36	60		✓	50
12.00	38	65		✓	50
13.00	40	72		✓	50
14.00	38	64		✓	50
15.00	36	55		✓	50
16.00	34	48	✓		50

จากตารางที่ 1 เมื่อกำหนดค่าอุณหภูมิในตู้อบพลังงานแสงอาทิตย์แบบควบคุมอุณหภูมิและความชื้นไว้ที่ 50 °C ด้วยระบบ IoT และแสดงผลผ่านระบบแอปพลิเคชันสมาร์ทโฟน เมื่อนำไปทดสอบในช่วงเวลาที่อุณหภูมิต่างกันตั้งแต่เวลา 09.00 น. ถึง 16.00 น. พบว่า เมื่ออุณหภูมิในตู้อบก่อนระบบควบคุมจะทำงานต่ำกว่า 50 °C หลอดไฟจะทำงานทำให้อุณหภูมิภายในตู้อบสูงขึ้นที่ 50 °C และเมื่ออุณหภูมิสูงกว่า 50 °C พัดลมจะทำงานทำให้อุณหภูมิภายในตู้อบลดลงอยู่ที่ 50 °C ได้ ซึ่งเป็นไปตามค่าที่ตั้งกำหนดไว้ในแอปพลิเคชันบนสมาร์ทโฟน

ตารางที่ 2 ผลการทดสอบสมรรถนะของตู้อบพลังงานแสงอาทิตย์แบบควบคุมอุณหภูมิและความชื้น ด้านความชื้นของวัตถุดิบแต่ละชนิดที่ตั้งไว้ด้วยแอปพลิเคชันบนสมาร์ทโฟน

ความชื้นของวัตถุดิบแต่ละชนิด	ครั้งที่	มวล (kg)		ผลการแจ้งเตือนค่าความชื้น					
		ก่อนอบ	หลังอบ	ชั้นที่ 1 ช่องที่		ชั้นที่ 2 ช่องที่		ชั้นที่ 3 ช่องที่	
				1	2	1	2	1	2
ปลาแดดเดียวที่ความชื้น 40%	1	5.0	3.0	✓	✓	✓	✓	✓	✓
	2	4.0	2.4	✓	✓	✓	✓	✓	✓
	3	3.0	1.8	✓	✓	✓	✓	✓	✓
ปลาแห้งที่ความชื้น 25%	1	5.0	3.75	✓	✓	✓	✓	✓	✓
	2	4.0	3.0	✓	✓	✓	✓	✓	✓
	3	3.0	2.25	✓	✓	✓	✓	✓	✓
กุ้งแห้งที่ความชื้น 20%	1	5.0	4.0	✓	✓	✓	✓	✓	✓
	2	4.0	3.2	✓	✓	✓	✓	✓	✓
	3	3.0	2.4	✓	✓	✓	✓	✓	✓

จากตารางที่ 2 ผลการทดสอบค่าความชื้นของวัตถุดิบ 3 ชนิด ซึ่งวางไว้ทั้ง 3 ชั้นรวม 6 ช่อง แต่ละชนิดในตู้อบพลังงานแสงอาทิตย์แบบควบคุมอุณหภูมิและความชื้น และตั้งค่าความชื้นไว้ที่ 40% d.b. 25% d.b. และ 20% d.b. ตามลำดับ ด้วยระบบ IoT และแสดงผลผ่านระบบแอปพลิเคชันสมาร์ทโฟน พบว่า เมื่อค่าความชื้นของวัตถุดิบ 3 ชนิด ได้ค่าตามที่กำหนดระบบจะแสดงผลแจ้งเตือนมายังแอปพลิเคชันในสมาร์ทโฟนทุกครั้ง

ตารางที่ 3 ผลการทดสอบสมรรถนะของตู้อบพลังงานแสงอาทิตย์แบบควบคุมอุณหภูมิและความชื้นด้านคุณภาพของผลิตภัณฑ์ที่ได้จากการอบของตู้อบพลังงานแสงอาทิตย์แบบควบคุมอุณหภูมิและความชื้นด้วยการทดลองตั้งค่าความชื้นของวัตถุดิบ 3 ชนิด จนมีค่าความชื้นตามค่าที่ตั้งไว้

ผลิตภัณฑ์	ครั้งที่	แห้ง	ไม่แห้ง	สภาพวัตถุดิบ
ปลาดุก	1	✓		สีสวย ไม่ไหม้ ไม่เปียก
	2	✓		สีสวย ไม่ไหม้ ไม่เปียก
	3	✓		สีสวย ไม่ไหม้ ไม่เปียก
ปลาแห้ง	1	✓		สีสวย ไม่ไหม้ ไม่เปียก
	2	✓		สีสวย ไม่ไหม้ ไม่เปียก
	3	✓		สีสวย ไม่ไหม้ ไม่เปียก
กุ้งแห้ง	1	✓		สีสวย ไม่ไหม้ ไม่เปียก
	2	✓		สีสวย ไม่ไหม้ ไม่เปียก
	3	✓		สีสวย ไม่ไหม้ ไม่เปียก
ค่าเฉลี่ย			100%	

จากตารางที่ 3 ผลการทดสอบคุณภาพของผลิตภัณฑ์ที่ได้จากการทำงานของตู้อบพลังงานแสงอาทิตย์แบบควบคุมอุณหภูมิและความชื้นด้วยการทดทดลองค่าความชื้นของวัตถุดิบ 3 ชนิด พบว่าวัตถุดิบ 3 ชนิดที่ทดลองในแต่ละครั้งมีสภาพออกมาสีสวยไม่ไหม้ไม่เปียกและแห้งได้ค่าความชื้นตามที่ตั้งไว้ในแอปพลิเคชันบนสมาร์ทโฟนเฉลี่ย 100%

5.3 ผลการประเมินความพึงพอใจของผู้ใช้ตู้อบพลังงานแสงอาทิตย์แบบควบคุมอุณหภูมิและความชื้น รายละเอียดดังตารางที่ 4

ตารางที่ 4 ความพึงพอใจของผู้ใช้ที่มีตู้อบพลังงานแสงอาทิตย์แบบควบคุมอุณหภูมิและความชื้น ด้านการออกแบบและโครงสร้าง ด้านการใช้งาน และด้านความคุ้มค่าในการใช้งาน

รายการประเมิน	$\bar{X}$	S.D.	ระดับความพึงพอใจ
1. ด้านการออกแบบและโครงสร้าง	4.26	.283	มาก
2. ด้านการใช้งาน	4.12	.358	มาก
3. ด้านความคุ้มค่าในการใช้งาน	4.26	.466	มาก
ค่าเฉลี่ยรวม	4.21	.369	มาก

จากตารางที่ 4 แสดงความพึงพอใจของผู้ใช้ที่มีต่อตู้อบพลังงานแสงอาทิตย์แบบควบคุมอุณหภูมิและความชื้น พบว่า ในภาพรวมอยู่ในระดับมาก เมื่อพิจารณาเป็นรายด้าน พบว่า ผู้ใช้มีความพึงพอใจ ด้านการออกแบบและโครงสร้าง ด้านการใช้งาน และด้านความคุ้มค่าในการใช้งานอยู่ในระดับมากทุกด้านเช่นกัน

6. สรุปผล อภิปรายผลและข้อเสนอแนะ

6.1 สรุปผลและอภิปรายผล

1) การสร้างตู้อบพลังงานแสงอาทิตย์แบบควบคุมอุณหภูมิและความชื้น ได้มีการออกแบบตู้ให้สามารถอบแห้งผลผลิตได้สูงสุด 3 ชั้น มีแผงรับความร้อน 1 แผง โดยสามารถพับเก็บได้ มีแผงโซลาร์เซลล์ไว้ประจุพลังงานไฟฟ้าแบตเตอรี่ไว้ใช้กับพัดลมระบายความร้อน และหลอดสร้างความร้อนเพื่อสร้างความร้อนภายในตู้อบ

2) การศึกษาสมรรถนะของตู้อบพลังงานแสงอาทิตย์ทีแบบควบคุมอุณหภูมิและความชื้นด้วยระบบ IoT เมื่ออุณหภูมิต่ำกว่า 50 °C หลอดไฟจะทำงานทำให้อุณหภูมิภายในตู้อบสูงขึ้นที่ 50 °C และเมื่ออุณหภูมิสูงกว่า 50 °C ขึ้นไป พัดลมจะทำงานทำให้อุณหภูมิภายในตู้อบลดลงอยู่ที่ 50 °C ได้ ซึ่งเป็นไปตามค่าที่ตั้งกำหนดไว้ในแอปพลิเคชันบนสมาร์ทโฟน เมื่อนำไปทดลองค่าความชื้นของวัตถุดิบ 3 ชนิด พบว่าวัตถุดิบ 3 ชนิดที่ทดลองในแต่ละครั้ง พบว่า คุณภาพของผลิตภัณฑ์ที่ได้จากการทำงานของตู้อบพลังงานแสงอาทิตย์แบบควบคุมอุณหภูมิและความชื้นมีสภาพออกมาสีสวยไม่ไหม้ไม่เปียกและแห้งได้ค่าความชื้นตามที่ตั้งไว้ในแอปพลิเคชันบนสมาร์ทโฟนเฉลี่ย 100% ทั้งนี้เป็นเพราะในการออกแบบตู้อบได้มีการพัฒนาให้มีการควบคุมระหว่างอุณหภูมิและความชื้นด้วยระบบ IoT ที่เป็นไปอย่างเหมาะสมและสัมพันธ์กันจึงส่งผลให้การทำงานเป็นไปอย่างมีประสิทธิภาพ สอดคล้องกับงานวิจัยของรัฐพงษ์และวิศิษศักดิ์ [5] ที่ได้ศึกษาวิจัยตู้อบกล้วยพลังงานแสงอาทิตย์ ผลการทดลอง พบว่า การทดลองตู้อบกล้วยพลังงานแสงอาทิตย์การผลิตกล้วยตามจำนวน 100 ครั้ง พบว่าเปอร์เซ็นต์ความถูกต้องจะอยู่ที่ 83% สาเหตุเนื่องมาจากการทำงานที่อุณหภูมิ (Temperature) สูงกว่า หรือเท่ากับ 68 °C ลวดทำความร้อนจะไม่ทำงาน ส่วนพัดลมจะทำงานเมื่ออุณหภูมิเพิ่มขึ้น เมื่ออุณหภูมิในตู้เกิน 68 °C พัดลมระบายอากาศ 2 ตัวจะทำงานโดยตัวหนึ่งเป็นตัวดูดอากาศเข้าและอีกตัวเป็นตัวดูดอากาศออกจากตู้อบ และเมื่ออบกล้วยครบระยะเวลาที่ 90 นาทีพบความเปลี่ยนแปลงของกล้วยว่า มีการหดลงและกล้วยจะสุกและตรงตามความต้องการ และสอดคล้องกับงานวิจัยของอนิรุทธิ์ และสมบัติ [6] ที่ได้สร้างเครื่องอบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์ชนิดพาความร้อนแบบธรรมชาติและชนิดพาความร้อนแบบบังคับ

หลักการทำงานของเครื่องอบแห้งชนิดพาความร้อนแบบธรรมชาติ คือ อากาศภายในเครื่องอบแห้งเมื่อได้รับความร้อนจากพลังงานแสงอาทิตย์แล้ว จะมีความชื้นสัมพัทธ์และมีความหนาแน่นลดลง และลอยตัวขึ้นสูงผ่านชั้นวางผลิตภัณฑ์ที่ต้องการอบแห้ง อากาศร้อนนี้จะพาความชื้นออกจากผลิตภัณฑ์แล้วไหลออกจากเครื่องอบแห้งไปสู่อากาศแวดล้อม ที่ค่าความเข้มรังสีอาทิตย์ 650.5 W/m^2 และอุณหภูมิอากาศแวดล้อม 32.3 °C จะมีอุณหภูมิเฉลี่ยภายในเครื่องแห้ง 30-40 °C และความเร็วลม 0.45 m/s ส่วนชนิดพาความร้อนแบบบังคับเป็นเครื่องอบแห้งที่ใช้พัดลมช่วยในการพาความร้อนภายในเครื่องอบแห้ง เครื่องอบแห้งชนิดนี้มักมีแผงรับรังสีแยกออกจากตัวเครื่องและมีการหุ้มฉนวนที่ตัวเครื่องเพื่อป้องกันการสูญเสียความร้อน ด้วยที่ค่าความเข้มรังสีอาทิตย์ 650.5 W/m^2 และอุณหภูมิอากาศแวดล้อม 32.3 °C อุณหภูมิเฉลี่ยภายในเครื่องแห้งจะอยู่ในช่วง 45-65 °C ที่ อัตราเร็วลม 0.56-0.94 m/s

3) ความพึงพอใจของผู้ใช้ที่มีต่อตู้อบพลังงานแสงอาทิตย์แบบควบคุมอุณหภูมิและความชื้น พบว่า ในภาพรวมอยู่ในระดับมาก เมื่อพิจารณาเป็นรายด้านพบว่า อยู่ในระดับมากทุกด้านเช่นกัน

6.2 ข้อเสนอแนะ

1) ก่อนการใช้งานควรต้องศึกษาหลักการทำงานของตู้อบและระบบควบคุมอุณหภูมิและความชื้น ด้วย Smart Phone ให้เรียบร้อยก่อนและหาจุดเด่น จุดด้อยของตู้อบพลังงานแสงอาทิตย์แบบควบคุมอุณหภูมิและความชื้น เพื่อนำการใช้งานที่มีประสิทธิภาพต่อไป

2) ควรศึกษาและทดลองใช้ในการอบแห้งขนมพืช สมุนไพรอื่นๆ เพื่อเป็นการเพิ่มประสิทธิภาพของผลิตภัณฑ์

3) ผู้ที่จะนำงานวิจัยชิ้นนี้ไปต่อยอดควรมีตัวสร้างความร้อนชั้นล่าง เพราะจะทำให้ความร้อนภายในตู้อบมีค่าอุณหภูมิที่เท่ากัน มีความร้อนที่คงที่ และรักษาความร้อนได้ดียิ่งขึ้น

เอกสารอ้างอิง

[1] กระทรวงพลังงาน. (2562). [ออนไลน์]. โครงการสนับสนุนการลงทุนติดตั้งใช้งานระบบอบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์ (พาราโบลาโดม) ประจำปี 2560. [สืบค้นเมื่อวันที่ 19 กรกฎาคม 2562]. จาก http://www.solardryerdede.com/?p=1823.

[2] อนุสรณ์ ขาวเจริญ. (2556). การพัฒนาระบบควบคุมการทำงานของโรงเรือนอบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์แบบเรือนกระจกหลังคารูปทรงพาราโบลา. วิทยานิพนธ์ปริญญามหาบัณฑิต สาขาวิชาฟิสิกส์ คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยศิลปากร, นครปฐม.

[3] กรมพัฒนาพลังงานทดแทนและอนุรักษ์พลังงาน. (2562). [ออนไลน์]. การผลิตความร้อนจากพลังงานแสงอาทิตย์. [สืบค้นเมื่อวันที่ 18 สิงหาคม 2562]. จาก https://www.dede.go.th/ewtnewsphp?nid=539&filename=index.

[4] แอลเอ บิสซิเนส อินเทลลิเจนซ์. (2562). [ออนไลน์]. ระบบแอปพลิเคชันและสมาร์ทโฟน eWelink. [สืบค้นเมื่อวันที่ 12 พฤศจิกายน 2562]. จาก https://www.labi.co.th/wp-content/uploads/2017/09/คู่มือการติดตั้งสมาร์ทสวิตช์-LAbi.pdf.

[5] รัฐพงษ์ โป้เคน และวิศิษศักดิ์ เสงี่ยมศักดิ์. (2563). ตู้อบกล้วยพลังงานแสงอาทิตย์. วารสารวิชาการการประยุกต์ใช้เทคโนโลยีสารสนเทศ, ปีที่ 6 ฉบับที่ 1 มกราคม-มิถุนายน 2563, 48-57.

[6] อนิรุทธิ์ ต่ายขาว และสมบัติ ทีฆทรัพย์. (2556). เครื่องอบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์ชนิดพาความร้อนแบบธรรมชาติและชนิดพาความร้อนแบบบังคับ. วารสารวิชาการมหาวิทยาลัยอีสเทิร์นเอเชีย, ปีที่ 7 ฉบับที่ 1 มกราคม-มิถุนายน 2556, 23-31.