

ระบบควบคุมตู้อบแห้งด้วยเจลกักเก็บความร้อนแบบอัตโนมัติ Automatic Control System for Heat Retention Gel Dryers

บุญธง วสุรีย์¹, จุฑาสิณี พรพุทธรศรี², และธานีล ม่วงพูล³

Boonthong Wasuri¹, Jutasinee Pornputthasri² and Thanin Muangpool³

สาขาวิชาอุตสาหกรรมศิลป์^{1,2} สาขาวิชาเทคโนโลยีคอมพิวเตอร์³ คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏนครปฐม

Major of Industrial Arts^{1,2} Major of Computer Technology³ Faculty of Science and Technology

at Nakhon Pathom Rajabhat University

E-mail: Jutasinee@npru.ac.th, signal@npru.ac.th

บทคัดย่อ

การวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อพัฒนา ออกแบบ และสร้างระบบควบคุมการอบแห้งด้วยตู้อบแห้งด้วยเจลกักเก็บความร้อนแบบอัตโนมัติ และหาประสิทธิภาพของระบบ องค์ประกอบของระบบควบคุมประกอบด้วย ตู้อบแห้งแนวตั้ง ตัวตรวจวัดอุณหภูมิ เจลกักเก็บความร้อน และตู้ควบคุม ระบบสามารถทำการอบเก็บพลังงานความร้อนและควบคุมการทำงานได้ตามวัตถุประสงค์ ผลการทดสอบประสิทธิภาพ พบว่า ระดับความร้อนภายในตู้อบ เมื่อเวลาแสงอาทิตย์ ระดับอุณหภูมิเฉลี่ย 38.38 องศาเซลเซียส และระยะเวลาอุณหภูมิของเจลใน 5 ชั่วโมง เมื่อไม่มีแสงอาทิตย์ ระดับอุณหภูมิ 34.40 - 37.40 องศาเซลเซียส การทดสอบคุณภาพทางกายภาพของพริกชี้ฟ้าที่อบแห้งด้วยตู้อบแห้งที่พัฒนาขึ้น พบว่า มีความชื้นมาตรฐานแห้งที่ร้อยละ 43.53 และพริกชี้ฟ้าที่อบแห้งด้วยอบแห้งแบบตากแดดธรรมดา มีความชื้นมาตรฐานแห้งที่ร้อยละ 22.07 ซึ่งเห็นได้ว่าการอบแห้งของพริกชี้ฟ้าที่อบแห้งด้วยตู้อบแห้งที่พัฒนาขึ้นดีกว่าพริกชี้ฟ้าที่อบแห้งด้วยอบแห้งแบบตากแดดธรรมดา

คำสำคัญ: ระบบควบคุม, การอบแห้ง, เจลกักเก็บความร้อน

ABSTRACT

This research aims to develop, a design and create a control system for solar and gel dryers The research materials are including a vertical dryer, a solar panel, a thermometer, heat retention gel and semi- automatic control cabinet that can use heat energy. The performance test shows the average heat level of the dryer using solar energy is at 38.38 ° C. When the sun set, the dryer can be operated for 5 hours at 34.40 ° C to 37.40 ° C using heat retention gel in this paper we conduct an experiment on go to peppers. Using our system, the dry basis moisture content of dried go at peppers is 45.33 % by 3 days. Meanwhile, the goat peppers dried by normal sun drying have dry basis moisture content of 22.07 % by 7 days. Accordingly, our system achieves a better drying performance comparing to dry basis moisture content standard of the conventional drying method.

Keyword: Control System, Drying, Gel Retention

บทนำ

การอบแห้งเป็นเทคโนโลยีที่มีบทบาทสำคัญในการแปรรูปผลผลิตเกษตรเพื่อที่ยืดอายุการเก็บรักษาผลผลิตให้ยาวนานขึ้น ซึ่งจะช่วยรองรับปัญหาผลผลิตเกษตรล้นตลาดได้อีกทางหนึ่ง เทคโนโลยีการอบแห้งเป็นกระบวนการให้ความร้อนภายใต้สภาวะควบคุมกับผลผลิตเกษตรที่มีความชื้นสูง เพื่อลดปริมาณน้ำหรือความชื้นด้วยวิธีระเหยน้ำออกไป คุณภาพของผลิตภัณฑ์อบแห้งจะขึ้นอยู่กับกลไกการถ่ายเทความร้อนและการถ่ายเทมวลสารในระหว่างกระบวนการอบแห้ง การวิจัยและพัฒนาเพื่อปรับปรุงประสิทธิภาพของกระบวนการอบแห้งจึงเป็นกุญแจสำคัญในการปรับปรุงคุณภาพของผลิตภัณฑ์อบแห้ง ที่ยังคงกลิ่น รสและคุณค่าทางโภชนาการไว้ใกล้เคียงกับผลผลิตสด [1], [2] อย่างไรก็ตามการออกแบบระบบการอบแห้งให้เหมาะสมกับเงื่อนไขที่ต้องการจำเป็นต้องคำนึงถึงปัจจัยต่างๆ ที่เกี่ยวข้อง ทั้งในด้านวิธีการอบแห้ง แหล่งพลังงานที่ใช้ และผลกระทบต่อคุณภาพของผลิตภัณฑ์อบแห้ง

การตากให้แห้งด้วยความร้อนจากดวงอาทิตย์เพียงอย่างเดียว บางครั้งต้องใช้เวลาประมาณ 1-3 วัน ขึ้นกับสภาวะอากาศและฤดูกาล นอกจากนี้ยังไม่สามารถควบคุมอุณหภูมิได้ หากใช้ความร้อนจากพลังงานไฟฟ้ามาทดแทนพลังงานจากแสงอาทิตย์ก็จะทำให้เพิ่มต้นทุนการผลิต อย่างไรก็ตามหากมีการพัฒนาวัสดุที่เก็บความร้อนเข้าช่วยการสะสมความร้อนภายในการอบแห้งให้นานขึ้น และมีการพัฒนาระบบควบคุมตู้อบแห้ง เพื่อช่วยเพิ่มประสิทธิภาพให้กับการอบแห้งเพิ่มมากขึ้น ในการช่วยอำนวยความสะดวก และลดเวลาในการอบแห้งให้สอดคล้องกับสภาพอากาศในแต่ละวัน โดยอาศัยวงจรอิเล็กทรอนิกส์เข้ามาช่วยในการควบคุมการทำงาน [3]

ดังนั้นจากความสำคัญข้างต้นการอบแห้งจะช่วยรักษาให้มีคุณภาพดี เก็บได้นาน และช่วยเพิ่มมูลค่าทางเศรษฐกิจของผลผลิตทางการเกษตรได้ จึงนำเสนอระบบควบคุมอัตโนมัติสำหรับตู้อบแห้งแบบใช้พลังงานแสงอาทิตย์และเจลกักเก็บความร้อน โดยนำไมโครคอนโทรลเลอร์เข้ามาทำหน้าที่รับค่าจากเซนเซอร์วัดอุณหภูมิมาประมวลผล เพื่อช่วยควบคุมอุณหภูมิภายในตู้อบ และสามารถกักเก็บพลังงานแสงอาทิตย์ไว้ใช้ได้ในช่วงเวลาในการอบเมื่อไม่มีแสงอาทิตย์ พัฒนาอุปกรณ์สะสมความร้อน โครงสร้างตู้อบให้มีประสิทธิภาพเพิ่มสูงขึ้น และได้ผลิตภัณฑ์ที่มีคุณภาพดียิ่งขึ้น

1. วัตถุประสงค์การวิจัย

- 1.1 เพื่อพัฒนาระบบควบคุมตู้อบแห้งสำหรับเจลกักเก็บความร้อนแบบอัตโนมัติ
- 1.2 เพื่อหาประสิทธิภาพของระบบควบคุมตู้อบแห้งสำหรับเจลกักเก็บความร้อนแบบอัตโนมัติ

2. เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

2.1 เอกสารทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง

2.1.1 การอบแห้งด้วยพลังงานแสงอาทิตย์แบ่งได้ 3 ระบบ ดังต่อไปนี้ [4]

1) ระบบ Passive คือ ระบบที่เครื่องอบแห้งทำงานโดยอาศัยพลังงานแสงอาทิตย์และกระแสลมพัดผ่าน เช่น เครื่องตากแห้งโดยธรรมชาติ โดยวางวัตถุในกลางแจ้งอาศัยความร้อนจากแสงอาทิตย์และกระแสลมจากบรรยากาศพัดผ่านและระเหยความชื้นออกจากวัสดุ

2) ระบบ Active คือ ระบบอบแห้งที่มีเครื่องช่วยให้อากาศไหลเวียนในทิศทางที่ต้องการ เช่น จะมีพัดลมติดตั้งในระบบเพื่อบังคับให้มีการไหลของอากาศผ่านระบบ พัดลมจะดูดอากาศจากภายนอกให้ไหลผ่านแผงรับแสงอาทิตย์เพื่อรับความร้อนจากแผงรับแสงอาทิตย์ อากาศร้อนที่ไหลผ่านพัดลมและห้องอบแห้งจะมีความชื้นสัมพัทธ์ต่ำกว่าความชื้นของพืชผล จึงพาความชื้นจากพืชผลออกสู่ภายนอกทำให้พืชผลที่อบไว้แห้งได้

3) ระบบ Hybrid คือ เครื่องอบแห้งที่ใช้พลังงานแสงอาทิตย์และอาศัยพลังงานรูปอื่นเพิ่ม เช่น พลังงานเชื้อเพลิง พลังงานไฟฟ้า วัสดุอบแห้งจะได้รับความร้อนจากอากาศร้อนที่ผ่านเข้าแผงรับแสงอาทิตย์ การหมุนเวียนทางอากาศอาศัยพัดลม หรือเครื่องดูดอากาศช่วยตู้ อบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์ชนิดใช้แผงรับความร้อน

ระบบเก็บรังสีความร้อนจากแสงอาทิตย์ คือ การนำพลังงานแสงอาทิตย์มาแปรรูปใช้งานเป็นสิ่งที่ได้รับความสนใจมากในปัจจุบัน เนื่องจากเป็นพลังงานที่บริสุทธิ์ เป็นแหล่งพลังงานที่มีขนาดใหญ่และถือว่าไม่มีวันหมดไป วิศวกรและนักวิทยาศาสตร์จึงค้นหาวิธีที่จะสร้างอุปกรณ์ที่สามารถแปรรูปพลังงานแสงอาทิตย์ให้เกิดประโยชน์ในแบบต่างๆ [5]

ระบบควบคุมอุณหภูมิและความชื้นด้วยไมโครคอนโทรลเลอร์ คือ ประยุกต์ใช้เซนเซอร์อุณหภูมิ และไมโครคอนโทรลเลอร์ ตระกูล Arduino ในการเชื่อมต่อพร้อมทั้งสั่งการทำงานด้านควบคุม ซึ่งเป็นระบบควบคุมขนาดเล็กที่

สามารถนำมาประยุกต์ใช้งานได้หลากหลาย โดยผ่านการออกแบบวงจรให้เหมาะกับงานต่างๆ และยังสามารถโปรแกรมคำสั่งเพื่อควบคุมขา Input/Output เพื่อสั่งงานให้ไปควบคุมอุปกรณ์ต่างๆ ได้ โดยต่อพ่วงกับเซนเซอร์อุณหภูมิ (Temperature Sensor) และอุปกรณ์อื่นๆ [6]

2.1.2 การวัดความชื้นเมล็ดพืช คือปริมาณน้ำที่มีอยู่ในเมล็ดพืช ประกอบด้วย 2 ส่วนคือ ส่วนที่เป็นน้ำหนักแห้งกับส่วนที่เป็นน้ำหนักน้ำที่มีอยู่ในเมล็ดพืช การบอกค่าความชื้นในเมล็ดพืชจะบอกเป็นเปอร์เซ็นต์ของอัตราส่วนน้ำหนักน้ำในเมล็ดกับน้ำหนักเมล็ดพืช สามารถคำนวณได้ 2 วิธี [7]

1) คำนวณจากฐานมวลชื้น (Wet Basis) ดังสมการที่ 1

$$MC (\%wb) = \frac{(W_w - W_d)}{W_w} \times 100 \quad (1)$$

2) คำนวณจากฐานมวลแห้ง (Dry Basis) ดังสมการที่ 2

$$MC (\%db) = \frac{(W_w - W_d)}{W_d} \times 100 \quad (2)$$

เมื่อ

$MC (\%db)$ = เปอร์เซนต์ความชื้นฐานมวลแห้ง

$MC (\%wb)$ = เปอร์เซนต์ความชื้นฐานมวลชื้น

W_w = น้ำหนักเมล็ดพืชทั้งหมด

W_d = น้ำหนักแห้งของเมล็ดพืช

2.2 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

การวิจัยนี้ได้มีการค้นคว้างานวิจัยที่เกี่ยวข้องเกี่ยวกับเทคโนโลยีการอบแห้ง วัสดุเก็บความร้อน พร้อมทั้งเทคโนโลยีด้านระบบควบคุมอัตโนมัติในการอบแห้ง โดยมีนักวิชาการหลายท่านได้ศึกษา และพัฒนาด้านนวัตกรรมและเทคโนโลยีการอบแห้งการสะสมความร้อน ดังนี้

อุทัย จันทะเวช [8] ได้ออกแบบและสร้างตู้อบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์แบบพาความร้อน ผลการศึกษา พบว่า

- 1) อุณหภูมิเฉลี่ยที่วัดได้ในการทดลองจะค่อยๆ เพิ่มขึ้นจนกระทั่งเวลา 13.30 น. อุณหภูมิของอากาศมีค่าสูงสุดแล้วจึงลดลง
- 2) พิจารณาตาม ร้อยละ 58.82, 70.42 และ 79.36 ค่า 81.30 สำหรับเนื้อ ถั่วลิสงและพริกที่ได้จากตู้อบแห้งตามลำดับ และค่าความชื้นต่ำสุดร้อยละ 61.72, 70.42 และ 08.00 ความชื้นสูงสุด ร้อยละ 66.66, 72.99 และ 81.96 มีค่าเฉลี่ยของความชื้น ร้อยละ 63.98, 71.94 และ 81.30 สำหรับเนื้อ ถั่วลิสงและพริกที่ได้จากการตากแห้งตามลำดับ

สุพล แนวตัน [9] ได้ศึกษาการนำวัสดุเก็บสะสมความร้อนมาใช้กับเครื่องอบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์ ผลการศึกษาเปรียบเทียบ พบว่า ประสิทธิภาพแผ่นรับรังสีอาทิตย์ เท่ากับ 16.13%, 12.48%, และ 10.92% wb. ให้เหลือความชื้นสุดท้ายที่ประมาณ 30% wb. ใช้เวลา 32 ชั่วโมง ประสิทธิภาพการอบแห้งเท่ากับ 9.44%, 9.32%, 9.26% เมื่อใช้ทราย ใช้เกลือ และใช้ขี้ผึ้งเป็นวัสดุเก็บสะสมความร้อนตามลำดับ และ 9.49 % เมื่อไม่ใช้วัสดุเก็บสะสมความร้อน สำหรับการประเมินความคุ้มค่าด้านเศรษฐศาสตร์ของเครื่องอบแห้งทั้งสี่แบบ พบว่า สามารถคืนทุนได้ในเวลา 1.15 ปี สำหรับตู้อบแห้งแบบไม่มีวัสดุเก็บสะสมความร้อน และ 1.16 ปี, 1.18 ปี, และ 1.47 ปี สำหรับตู้อบแห้งแบบใช้ทราย ใช้เกลือ และใช้ขี้ผึ้งเป็นวัสดุเก็บสะสมความร้อนตามลำดับ

พิภพ แซ่ตั้ง [10] ได้ศึกษาสมรรถนะของเครื่องอบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์แบบอุโมงค์ลมโดยใช้หินภูเขาไฟเป็นตัวสะสมความร้อน พบว่า อบพริกชี้ฟ้าสด 20 กิโลกรัม อุณหภูมิอากาศในเครื่องอบแห้งในช่วง 08.00-18.00 น. แปรค่าในช่วง 27-52 องศาเซลเซียส ผลการทดลอง พบว่า เครื่องอบแห้งสามารถอบพริกชี้ฟ้าสด 20 กิโลกรัม ที่มีความชื้นเริ่มต้น 69 เปอร์เซนต์ แห้งได้ภายใน 3 วัน มีน้ำหนักของพริกเหลือ 8.7 กิโลกรัมและความชื้นสุดท้ายของผลผลิตแห้งที่ได้มีคุณลักษณะที่ดีกว่าการตากแดดโดยทั่วไป

สำรวจ ภูบาล และวลัยรัตน์ จันทรวงศ์ [11] ได้ศึกษาการอบแห้งปลาหมึกกะตอยโดยใช้แสงอาทิตย์เป็นพลังงานความร้อนร่วม ผลการศึกษา พบว่า หลังการตากแดดกลางแจ้งกับการตากในตู้อบที่มีอากาศร้อนจากตัวเก็บรังสีอาทิตย์แบบแผ่นราบ ผลผลิตกันที่มีความชื้นเหลือ 170 และ 70 เปอร์เซ็นต์ มาตรฐานแห้งโดยมีอัตราการลดความชื้นต่อชั่วโมง เป็น 23.4 และ 35.1 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ เมื่อนำปลาหมึกไปอบต่อในตู้อบด้วยความร้อนจากแก๊สเชื้อเพลิง จึงสามารถลดเวลาการอบแห้งจนได้ผลผลิตกันที่มีความชื้นตามที่ต้องการ ทำให้การใช้พลังงานแก๊สเชื้อเพลิงลดลงโดยเฉลี่ยประมาณ 22.5 เปอร์เซ็นต์ จากการศึกษาประสิทธิภาพการอบแห้งผลผลิตกันเป็นรายชั่วโมงพบว่าประสิทธิภาพการอบแห้งลดลงเมื่อค่าความเข้มข้นรังสีอาทิตย์สูงขึ้น แสดงว่าอัตราการอบแห้งมีค่าสม่ำเสมอ และงานวิจัยนี้มีค่าประสิทธิภาพการอบแห้ง โดยเฉลี่ย 31.0 เปอร์เซ็นต์

Kant shukla, Sharma, Kymar & Jain [12] ได้พัฒนาเครื่องอบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์ที่ใช้วัสดุเก็บพลังงานความร้อนมีประสิทธิภาพสำหรับการทำการเกษตรอย่างต่อเนื่องและผลผลิตอาหารที่อุณหภูมิคงที่ (40 °C - 60 °C) เครื่องอบแห้งดังกล่าว ซึ่งวัสดุเก็บข้อมูลที่ใช้ในเครื่องอบแห้งเหล่านี้สามารถจัดเก็บพลังงานได้ในช่วงเวลาแดดและส่งพลังงานที่เก็บไว้ในระหว่างแสงแดด จะช่วยลดภาระที่มีอยู่ในช่องว่างระหว่างความต้องการพลังงาน จึงมีบทบาทสำคัญในการพัฒนาพลังงานอย่างยั่งยืน สำหรับการอบแห้งอาหารการเกษตรและผลผลิตอาหารด้วยเครื่องอบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์ที่ใช้แนวคิดการเก็บรักษาพลังงานความร้อน

กล่าวโดยสรุป จากการศึกษาเอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับการพัฒนาเครื่องอบแห้ง การกักเก็บความร้อนจากเจล และการควบคุมแบบกึ่งอัตโนมัติ สามารถนำมาเป็นฐานองค์ความรู้ในการพัฒนาตู้อบแห้งแนวตั้งแบบใช้เจลกักเก็บความร้อนสำหรับอบผลผลิตทางการเกษตรได้

วิธีดำเนินการวิจัย

1. เครื่องมือการวิจัย

- 1.1 ระบบควบคุมตู้อบแห้งด้วยเจลกักเก็บความร้อนแบบอัตโนมัติ
- 1.2 แบบบันทึกอุณหภูมิความร้อนจากแสงอาทิตย์และจากเจลที่ไม่มีแสงอาทิตย์

2. ขั้นตอนการดำเนินการวิจัย

ขั้นตอนการศึกษาค้นคว้าครั้งนี้ คณะผู้วิจัยได้แบ่งลำดับขั้นตอน ดังนี้

2.1 ศึกษาข้อมูลเบื้องต้น เป็นการเก็บรวบรวมข้อมูล ศึกษาความเป็นไปได้ และกำหนดปัญหาของระบบ เป็นการศึกษาวรรณกรรมที่เกี่ยวข้องกับงานวิจัย เช่น ตำรา เอกสาร การค้นคว้าจากอินเทอร์เน็ต บทความวิจัยทั้งในและต่างประเทศ

2.2 การออกแบบระบบควบคุมการอบแห้งด้วยเจลกักเก็บความร้อน โดยใช้ไมโครคอนโทรลเลอร์ตระกูล Arduino มาทำหน้าที่เป็นศูนย์กลางควบคุม เพื่อรับส่งค่าข้อมูลจากอุปกรณ์อื่นมาทำการประมวลผล การเขียนคำสั่งระบบควบคุมสั่งงานอุปกรณ์ภายในตู้อบแห้งที่พัฒนาขึ้น เพื่อวัดอุณหภูมิ ความชื้นสัมพัทธ์ ด้วยตัวเซ็นเซอร์ แล้วส่งข้อมูลที่ประมวลผลได้มาแสดงที่หน้าจอ LCD

2.3 การออกแบบและสร้างเจลกักเก็บความร้อน การสร้างเจลกักเก็บความร้อน ทำจากเจลของผ้าอ้อมเด็ก ขนาด Size M น้ำหนัก 31 กรัม เติมน้ำร้อน 600 มิลลิลิตร ที่อุณหภูมิ 80-90 องศาเซลเซียส ให้ทั่วแผ่นผ้าอ้อม ซึ่งจะเกิดการพองตัวของเจลในผ้าอ้อม แล้วจึงทำการบรรจุใส่ถุง ดังภาพที่ 1



(ก) การผสมเจลกับน้ำร้อนเทใส่ในผ้าอ้อมเด็ก



(ข) การบรรจุเจลใส่ถุง

ภาพที่ 1 ขั้นตอนการสร้างเจลกักเก็บความร้อน

จากภาพที่ 1 เป็นขั้นตอนการสร้างเจลกักเก็บความร้อน โดยการผสมเจลกับน้ำร้อนที่อุณหภูมิ 80-90 องศาเซลเซียส จำนวน 600 มิลลิลิตร จากนั้นเทลงในผ้าอ้อมเด็กที่มีขนาด Size M รอจนกว่าเจลจะพองตัวเต็มที่ (ภาพ ก) ทำการตรวจสอบอุณหภูมิเพื่อบรรจุใส่ถุง (ภาพ ข) เพื่อนำไปทดสอบการกักเก็บความร้อนของเจลต่อไป

2.4 การทดสอบระบบ คณะผู้วิจัยได้ทดสอบระบบควบคุมการอบแห้งด้วยเจลกักเก็บความร้อนที่พัฒนาขึ้น โดยเก็บข้อมูลเปรียบเทียบอุณหภูมิภายในตู้อบแห้งและเจลกักเก็บความร้อนในช่วงเวลา 09.00-16.00 น. และช่วงเวลา 16.00-20.00 น. จำนวน 3 วัน และบันทึกผลการทดสอบทุกๆ 1 ชั่วโมง เพื่อหาค่าความต่างของอุณหภูมิ

2.5 การทดลองใช้งานระบบควบคุมตู้อบแห้งด้วยเจลกักเก็บข้อมูลแบบอัตโนมัติ คณะผู้วิจัยได้นำระบบไปทดลองใช้งาน กับพริกชี้ฟ้า จำนวน 500 กรัม อบแห้งในตู้อบแห้งอัตโนมัติที่พัฒนาขึ้น และอบแห้งด้วยการผึ่งแดดธรรมดา และเปรียบเทียบค่าที่ได้

ผลการวิจัย

1. ผลการพัฒนาระบบควบคุมการอบแห้งด้วยเจลกักเก็บความร้อน

คณะผู้วิจัยได้พัฒนาระบบควบคุมการอบแห้งด้วยเจลกักเก็บความร้อน ตามที่ได้ออกแบบไว้ครบสมบูรณ์ตามขอบเขตของการวิจัยที่ได้กำหนดไว้ ระบบสามารถส่งงานอุปกรณ์ภายในตู้อบแห้งเพื่อวัดอุณหภูมิ ความชื้นสัมพัทธ์ โดยเชื่อมต่อกับตัวเซ็นเซอร์วัดค่าต่างๆ ดังกล่าว แล้วส่งข้อมูลที่ประมวลผลแสดงที่หน้าจอ LCD ดังภาพที่ 2



ภาพที่ 2 ระบบควบคุมการอบแห้งด้วยเจลกักเก็บความร้อน

2. ผลการหาประสิทธิภาพของระบบควบคุมการอบแห้งด้วยเจลกักเก็บความร้อน

คณะผู้วิจัยได้ทดสอบระบบควบคุมการอบแห้งด้วยเจลกักเก็บความร้อนที่พัฒนาขึ้น โดยเก็บข้อมูลเปรียบเทียบอุณหภูมิภายในตู้อบแห้ง และเจลกักเก็บความร้อนในช่วงเวลา 09.00 – 16.00 น. เป็นจำนวน 3 วัน จากนั้นบันทึกผลการทดสอบทุกๆ 1 ชั่วโมง เพื่อหาค่าความต่างของอุณหภูมิ ดังตารางที่ 1

ตารางที่ 1 ผลการเปรียบเทียบอุณหภูมิภายในตู้อบแห้งและเจลกักเก็บพลังงานความร้อนช่วงเวลา 09.00-16.00 น.

ทดลองที่	วันที่/เดือน/ปี	อุณหภูมิเฉลี่ยภายในตู้อบแห้ง (องศาเซลเซียส °C)	อุณหภูมิเฉลี่ยในชั้นวางเจลกักเก็บความร้อน (องศาเซลเซียส °C)	ค่าความต่างเฉลี่ย (องศาเซลเซียส °C)
1	12/12/60	39.21	35.00	4.21
2	13/12/60	46.85	43.88	2.97
3	14/12/60	42.80	42.60	0.20
ค่าเฉลี่ย (X̄)		42.95	40.49	2.46

จากตารางที่ 1 จากการทดสอบค่าอุณหภูมิภายในตู้อบแห้ง และเจลกักเก็บความร้อนในช่วงเวลา 09.00 – 16.00 น. เป็นจำนวน 3 วัน เพื่อหาค่าความต่างของอุณหภูมิ พบว่า อุณหภูมิภายในตู้อบแห้งอยู่ที่อุณหภูมิเฉลี่ย 42.95 องศาเซลเซียส ส่วนอุณหภูมิภายในชั้นเจลกักเก็บความร้อนอุณหภูมิเฉลี่ย 40.49 องศาเซลเซียส และค่าความต่างของอุณหภูมิภายในตู้ชั้นวางเจลกักเก็บพลังงานความร้อนอยู่ที่อุณหภูมิเฉลี่ย 2.46 องศาเซลเซียส และตารางที่ 2 เป็นการทดสอบระบบควบคุมการอบแห้งด้วยเจลกักเก็บความร้อนที่พัฒนาขึ้น โดยเก็บข้อมูลเปรียบเทียบอุณหภูมิภายในตู้อบแห้ง และเจลกักเก็บความร้อนในช่วงเวลา 16.00 – 20.00 น. เป็นจำนวน 3 วัน จากนั้นบันทึกผลการทดสอบทุกๆ 1 ชั่วโมง เพื่อหาค่าความต่างของอุณหภูมิ ดังตารางที่ 2

ตารางที่ 2 ผลการเปรียบเทียบอุณหภูมิภายในตู้อบแห้งและเจลกักเก็บพลังงานความร้อนช่วงเวลา 16.00-20.00 น.

เวลา	อุณหภูมิเฉลี่ยภายในตู้อบแห้ง (องศาเซลเซียส °C)	อุณหภูมิเฉลี่ยในชั้นวางเจลกักเก็บความร้อน (องศาเซลเซียส °C)	ค่าความต่างของอุณหภูมิ (องศาเซลเซียส °C)
16.00 น.	38.50	44.00	5.50
17.00 น.	35.50	40.00	4.50
18.00 น.	34.50	36.00	1.50
19.00 น.	32.50	34.00	1.50
20.00 น.	31.50	33.00	2.00
ค่าเฉลี่ย (X̄)	34.40	37.40	3.00

จากตารางที่ 2 ผลการทดสอบระบบควบคุมการอบแห้งด้วยเจลกักเก็บความร้อนที่พัฒนาขึ้น โดยเก็บข้อมูลเปรียบเทียบอุณหภูมิภายในตู้อบแห้ง และเจลกักเก็บความร้อนในช่วงเวลา 16.00 – 20.00 น. เป็นจำนวน 3 วัน จากนั้นบันทึกผลการทดสอบทุกๆ 1 ชั่วโมง เพื่อหาค่าความต่างของอุณหภูมิ พบว่า เวลาตั้งแต่ 16.00 - 20.00 น. จำนวน 5 ชั่วโมง อุณหภูมิภายในตู้อบแห้งอยู่ที่อุณหภูมิเฉลี่ย 34.40 องศาเซลเซียส ส่วนอุณหภูมิเจลกักเก็บพลังงานความร้อนอยู่ที่อุณหภูมิเฉลี่ย 37.40 องศาเซลเซียส และค่าความต่างของอุณหภูมิภายในตู้อบแห้งต่ออุณหภูมิเจลกักเก็บพลังงานความร้อนอยู่ที่อุณหภูมิเฉลี่ย 3.00 องศาเซลเซียส

3. ผลการเปรียบเทียบความชื้นมาตรฐานเปียกและความชื้นมาตรฐานแห้งของพริกชี้ฟ้าที่อบแห้งด้วยตู้อบแห้งที่พัฒนาขึ้นกับอบแห้งแบบตากแดดธรรมดา

คณะผู้วิจัยได้นำระบบไปทดลองใช้งาน โดยใช้พริกชี้ฟ้า จำนวน 500 กรัม อบแห้งในตู้อบแห้งอัตโนมัติที่พัฒนาขึ้น และอบแห้งด้วยการผึ่งแดดธรรมดา จากนั้นคำนวณหาค่าเปอร์เซ็นต์ค่าความชื้นมวลเปียก ตามสมการที่ (1) และคำนวณหา ค่าเปอร์เซ็นต์ค่าความชื้นมวลแห้ง ตามสมการที่ (2) นำค่าที่ได้มาเปรียบเทียบ ดังตารางที่ 3

ตารางที่ 3 ผลการเปรียบเทียบความชื้นมาตรฐานเปียกและความชื้นมาตรฐานแห้งของพริกชี้ฟ้าที่อบแห้งด้วยตู้อบแห้งที่พัฒนาขึ้นกับอบแห้งแบบตากแดดธรรมดา

เงื่อนไขการทดลอง	จำนวนวันที่อบแห้ง	จำนวนน้ำหนักหลังอบแห้ง (กรัม)	ค่าเปอร์เซ็นต์ร้อยละ	
			ความชื้นมาตรฐานเปียก (M_w)	ความชื้นมาตรฐานแห้ง (M_d)
ตู้อบแห้งที่พัฒนาขึ้น	1	350	30	43
	2	250	29	40
	3	163	35	53
ค่าเฉลี่ย ($\bar{X}$)		254.33	31.33	45.33
อบแห้งแบบผึ่งแดดธรรมดา	1	480	4	4.17
	2	460	8	8.70
	3	440	12	13.64
	4	410	18	21.95
	5	400	20	25
	6	310	23	29
	7	204	34	52
ค่าเฉลี่ย ($\bar{X}$)		386	14.43	22.07

จากตารางที่ 3 ผลการเปรียบเทียบความชื้นมาตรฐานเปียกและความชื้นมาตรฐานแห้งของพริกชี้ฟ้าที่อบแห้งด้วยตู้อบแห้งที่พัฒนาขึ้นกับอบแห้งแบบตากแดดธรรมดา พบว่า น้ำหนักหลังอบแห้งของพริกชี้ฟ้าด้วยตู้อบแห้งที่พัฒนาขึ้นจำนวน 3 วัน น้ำหนักเฉลี่ยอยู่ที่ 254.33 กรัม ความชื้นมาตรฐานเปียก ร้อยละ 31.33 ความชื้นมาตรฐานแห้ง ร้อยละ 45.33 และน้ำหนักหลังอบแห้งของพริกชี้ฟ้าด้วยอบแห้งแบบตากแดดธรรมดา จำนวน 7 วัน น้ำหนักเฉลี่ยอยู่ที่ 386 กรัม ความชื้นมาตรฐานเปียก ร้อยละ 14.43 ความชื้นมาตรฐานแห้ง ร้อยละ 22.07

อภิปรายผลการวิจัย

จากการพัฒนาระบบควบคุมการอบแห้งด้วยเจลกักเก็บความร้อน ประกอบด้วย ตู้อบแห้งแนวตั้ง ตัวตรวจวัดอุณหภูมิ เจลกักเก็บความร้อน และตู้ควบคุม ระบบสามารถทำการอบเก็บพลังงานความร้อนและควบคุมการทำงานได้ตามวัตถุประสงค์ และสามารถกักเก็บความร้อนด้วยเจลภายในตู้อบได้ 5 ชั่วโมง เมื่อไม่มีแสงอาทิตย์ที่ระดับอุณหภูมิ 34.40 - 37.40 องศาเซลเซียส ได้ความชื้นตามมาตรฐานแห้ง ร้อยละ 45.33 ในเวลา 3 วัน ในขณะที่การอบแบบใช้แสงอาทิตย์ธรรมดา ได้ความชื้นตามมาตรฐานแห้ง ร้อยละ 22.07 ในเวลา 7 วัน จะเห็นได้ว่าระบบที่พัฒนาขึ้นสามารถลดปริมาณน้ำในเนื้อพริกชี้ฟ้าได้ดีกว่า และยังทำให้สีของพริกชี้ฟ้าที่อบแห้งด้วยตู้อบแห้งที่พัฒนาขึ้นดีกว่าพริกชี้ฟ้าที่อบแห้งด้วยอบแห้งแบบตากแดดธรรมดา

ข้อเสนอแนะ

งานวิจัยนี้ควรมีการนำไปพัฒนาต่อยอดในเชิงด้านอุตสาหกรรมการแปรรูปผลผลิตทางการเกษตรต่อไป และมีการพัฒนาตัวเก็บพลังงานแสงอาทิตย์ให้มีประสิทธิภาพดีขึ้นกว่าเดิมเพื่อใช้เป็นแหล่งสะสมความร้อนในงานด้านต่างๆ ที่เกี่ยวข้องได้ต่อไปในอนาคต

เอกสารอ้างอิง

- [1] อรรถพล นุ่มหอม และฤทธิชัย อัครราชันย์. (2551). กระบวนการอบแห้งในอุตสาหกรรมอาหาร. **Food Focus Thailand Magazine**. 3(25), 21- 25.
- [2] Janjai, S., Chantaraksa, W., Hirunlabh, J., Esper, A. Lauer, M. & Muehlbauer, W. (2001). Performance of a solar dryer for lemongrass. In **Proceeding of a Symposium on Food Security**. (pp. 1-3). Chaingmai. Thailand.
- [3] วรณัฐ แจ่มสว่าง. (2554). การพัฒนาตู้อบแห้งแสงอาทิตย์เพื่อใช้ในการแปรรูปผลิตภัณฑ์อาหารจากเนื้อสัตว์ (รายงานการวิจัย). กรุงเทพฯ: สำนักงานคณะกรรมการการอุดมศึกษา.
- [4] เสริม จันทร์ฉาย. (2560). เทคโนโลยีการอบแห้งด้วยพลังงานรังสีอาทิตย์ ตำราประกอบการสอนวิชา 514 524 เทคโนโลยีการอบแห้งพลังงานรังสีอาทิตย์. กรุงเทพฯ: ภาควิชาฟิสิกส์ คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยศิลปากร.
- [5] วรณัฐ แจ่มสว่าง. (2556). ตู้อบแห้งแสงอาทิตย์ชนิดอากาศร้อนไหลลงแบบกะทัดรัด. **วิศวกรรมสารฉบับวิจัยและพัฒนา**, 24(1), 37-41.
- [6] ธาณิล ม่วงพูล และอวยไชย อินทรสมบัติ. (2560). การพัฒนาระบบระบายความร้อนด้วยท่อทำความเย็นแบบท่อทองแดงร่วมกับไมโครคอนโทรลเลอร์. **วารสารการจัดการเทคโนโลยีสารสนเทศและนวัตกรรม**, 4(2), 47-56.
- [7] วิบูลย์ เทเพนทร์. (ม.ป.ป.). การวัดความชื้นเมล็ดพืช. สืบค้นจาก <http://www.doa.go.th/aeri/files/KM/moisture%202.pdf>
- [8] อุทัย จันทะเวช. (2553). การออกแบบและสร้างตู้อบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์แบบพาความร้อน. (วิทยานิพนธ์ปริญญาโทบริหารธุรกิจ), มหาวิทยาลัยราชภัฏอุบลราชธานี, อุบลราชธานี.
- [9] สุพล แนวตัน. (2555). การศึกษาความเป็นไปได้ของการใช้วัสดุเก็บสะสมความร้อนเพื่อใช้กับเครื่องอบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์. (วิทยานิพนธ์ปริญญาโทบริหารธุรกิจ), มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี, กรุงเทพฯ.
- [10] พิภพ แซ่ตั้ง. (2555). เครื่องอบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์แบบอุโมงค์ลมที่ใช้หินภูเขาไฟเป็นตัวสะสมความร้อนเพื่ออบพริก. ลำปาง: สถาบันวิจัยและพัฒนา มหาวิทยาลัยราชภัฏลำปาง.
- [11] สรรพ ภูบาล, และวชิรรัตน์ จันทร์วงศ์. (2558). การอบแห้งปลาหมึกกระต๋อยโดยใช้แสงอาทิตย์เป็นพลังงานความร้อนร่วม. **วารสารวิชาการเทคโนโลยีอุตสาหกรรม**, 11(1), 78-87.
- [12] Kant, Karunesh, Shukla, A, Shama, Atul, Kumar, Anil & Jain, An and. (2016). Thermal energy storage based solar drying systems: A review. **Innovative Food Science and Emerging Technologies**. 34 (2016) 86–99.