



การศึกษาสมรรถนะของเครื่องอบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์ร่วมกับ ระบบสะสมความร้อนสำหรับการอบแห้งพริก

มาลินี แก้วปัญหา*, วิกานต์ วันสูงเนิน, สาธิต บรรเทีก, ยอดธง เม่นสิน และรัศมี สิทธิชันแก้ว

Study on the performance of solar dryer integrated with energy storage for drying chili

Malinee Kaewpanha*, Wikarn Wansungnem, Sathit Banthuek, Yodthong Mensin
and Russamee Sittikhankaew

ภาควิชาวิศวกรรมไฟฟ้าและคอมพิวเตอร์ คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยนเรศวร พิษณุโลก 65000

Department of Electrical and Computer Engineering, Faculty of Engineering, Naresuan University, Phitsanulok, 65000

*Corresponding author. E-mail: saichon_sriphan@hotmail.com

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาสมรรถนะของเครื่องอบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์ร่วมกับระบบสะสมความร้อนที่ประยุกต์ใช้วัสดุเปลี่ยนสถานะ (PCM; Phase Change Material) สำหรับการอบแห้งพริก และศึกษาความคุ้มค่าทางเศรษฐศาสตร์ โดยวัสดุเปลี่ยนสถานะที่เลือกใช้ในงานวิจัยนี้คือพาราฟิน การสะสมความร้อนของระบบสะสมความร้อนทำได้โดยการให้ความร้อนแก่พาราฟินเพื่อเปลี่ยนสถานะของพาราฟินจากของแข็งเป็นของเหลว และใช้อากาศเป็นตัวกลางในการนำความร้อนที่สะสมไว้ในพาราฟินมาใช้ เพื่อผลิตลมร้อนให้กับเครื่องอบแห้ง จากการทดสอบสมรรถนะของเครื่องอบแห้งด้วยลมร้อนจากพลังงานแสงอาทิตย์ร่วมกับระบบสะสมความร้อนเป็นแหล่งพลังงานเสริม โดยทำการอบแห้งพริกจินดา จำนวน 10 กิโลกรัม พบว่า สามารถลดระยะเวลาการอบแห้งผลิตภัณฑ์พริกจากปกติ 4-5 วัน เหลือ 3 วัน โดยการใช้ลมร้อนจากระบบสะสมความร้อนในการอบต่อเนื่องในช่วงที่ไม่มีแสงอาทิตย์วันละ 3 ชั่วโมง ซึ่งจะช่วยคงอุณหภูมิเฉลี่ยภายในตู้อบแห้งที่ประมาณ 40 ถึง 50 องศาเซลเซียส ทำให้พริกที่มีความชื้นเริ่มต้น เท่ากับ 65.75% w.b. ลดลงเหลือ 3.70% w.b. ระบบดังกล่าวมีค่าประสิทธิภาพเชิงความร้อนของระบบเท่ากับ 18.13% และมีระยะเวลาคืนทุนอยู่ที่ 2.61 ปี

คำสำคัญ: เครื่องอบแห้ง วัสดุเปลี่ยนสถานะ ระบบสะสมความร้อน พาราฟิน

Abstract

The purposes of this research were to study the performance of solar dryer integrated with phase change energy storage for drying chili and economic analysis. Paraffin wax is a type of phase change material (PCM) which is used as a thermal energy storage (TES) medium in this work. The charging process of the TES is carried out with heat providing to melt paraffin wax till it turns to liquid state. For heat discharging process, air at ambient temperature can be passed through the copper tubes in the TES unit in order to provide hot air for the dryer. The performance of solar drying with TES unit was tested by drying 10 kg of chilies. The experimental results showed that 10 kg of fresh chilies with initial moisture content of 65.75 % w.b. can be dried under the solar dryer with TES unit within 3 days by using hot air produced from TES unit which can maintain the temperature of drying chamber about 40-50 °C for continue drying of 3 hours per day. The final moisture content of dried chilies is 3.7 %w.b.. The thermal efficiency of the system is 18.13%. From economic analysis, the payback period (PBP) of solar dryer and solar dryer with TES unit are 2.88 and 2.61 years, respectively.

Keywords: Dryer, Phase change material, Thermal energy storage, Paraffin



บทนำ

พริกเป็นพืชชนิดหนึ่งที่มีความสำคัญในประเทศไทย ซึ่งถูกนำไปใช้ประโยชน์ทั้งในแง่ของการปรุงรสอาหาร เนื่องจากคนไทยนิยมรับประทานอาหารรสเผ็ด และใช้เป็นพืชสมุนไพรโดยมีสรรพคุณในการช่วยรักษาโรคติดต่อ กลาก และลดอาการปวดบวมเนื่องจากถูกความเย็นจัด นอกจากนี้พริกยังถือเป็นพืชที่มีความสำคัญทางเศรษฐกิจชนิดหนึ่งของประเทศไทยเพราะนอกจากจะใช้บริโภคภายในประเทศแล้ว ยังส่งออกพริกไปยังมาเลเซีย อินโดนีเซีย ญี่ปุ่นสหรัฐอเมริกา ออสเตรเลีย และ สหภาพยุโรป ซึ่งปริมาณในการส่งออกขึ้นกับปริมาณผลผลิตที่ได้ในประเทศ ผลผลิตพริกที่ส่งออกประกอบด้วย พริกสดหรือแช่เย็น พริกบดหรือปั่นเครื่องแกงสำเร็จรูป พริกแห้ง และซอสพริก โดยจะเห็นว่าส่วนใหญ่แล้วพริกที่นำมาใช้ทำผลิตภัณฑ์นั้นจะเป็นพริกแห้ง จึงมีความต้องการใช้พริกแห้งในปริมาณมาก การทำพริกแห้งส่วนใหญ่จะใช้การนำมตากแดดแบบธรรมชาติซึ่งจะพบปัญหาจากสภาวะอากาศที่เปลี่ยนแปลง เสี่ยงต่อการปนเปื้อนจากสิ่งสกปรกที่อยู่ในอากาศ อีกทั้งยังใช้เวลาจน ประมาณ 4-5 วัน ส่งผลให้พริกแห้งที่ได้ไม่มีคุณภาพและไม่ได้มาตรฐาน (กนกกาญจน์ และคณะ, 2557) Fudholi และคณะ (2013) รายงานผลการศึกษารากแห้งพริกโดยการนำมตากแดดแบบธรรมชาติเปรียบเทียบกับการใช้เครื่องอบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์ พบว่าการตากแดดแบบธรรมชาติใช้เวลาทั้งหมด 65 ชั่วโมง ในการทำพริกแห้ง ส่วนการใช้เครื่องอบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์ใช้เวลาเพียง 33 ชั่วโมง หรือ 5 วัน

การพัฒนากระบวนการอบแห้งโดยใช้ตู้อบแห้งจึงเป็นวิธีหนึ่งที่จะช่วยแก้ปัญหาที่เกิดขึ้นจากการทำแห้งผลิตภัณฑ์ด้วยวิธีการตากแดดแบบธรรมชาติ โดยลดการปนเปื้อนจากสิ่งแวดล้อมและระยะเวลาในการทำแห้ง เนื่องจากเป็นกระบวนการที่เป็นระบบปิดและมีอัตราการระเหยน้ำที่สูงกว่า เครื่องอบแห้งด้วยลมร้อนที่ผลิตมาจากรังสีอาทิตย์เป็นแนวทางหนึ่งที่มีการใช้กันอย่างแพร่หลายทั้งในระดับชุมชนและอุตสาหกรรม เนื่องจากพลังงานแสงอาทิตย์เป็นแหล่งกำเนิดความร้อนที่ได้มาโดยไม่ต้องเสียค่าใช้จ่ายและเป็นแหล่งพลังงานสะอาด อีกทั้งภูมิประเทศของไทยตั้งอยู่ในเขตร้อนและมีความเข้มรังสีอาทิตย์เฉลี่ย ประมาณ 18.2 เมกะจูลต่อตารางเมตรต่อวัน หรือ 5.05 กิโลวัตต์ชั่วโมงต่อตารางเมตรต่อวัน ซึ่งมีความเหมาะสมและเพียงพอในการประยุกต์ใช้ในการผลิตความร้อน ดังนั้นการอบแห้งด้วยวิธีนี้จึงถือเป็นวิธีการที่ช่วยลดปริมาณการใช้พลังงานไฟฟ้า น้ำมันเชื้อเพลิง รวมถึงช่วยลดสภาวะโลกร้อนได้อีกด้วย อย่างไรก็ตาม ข้อจำกัดของการอบแห้งด้วยวิธีนี้คือต้องดำเนินการในสภาวะที่มีแสงแดดหรือตอนกลางวันเท่านั้น ซึ่งหากต้องการอบต่อเนื่องในเวลาที่ไม่มีแสงแดดหรือตอนกลางคืนจำเป็นต้องอาศัยระบบพลังงานความร้อนเสริมจากก๊าซหุงต้มหรือไฟฟ้าเข้ามาช่วยด้วย ทั้งนี้เพื่อเป็นการลดค่าใช้จ่ายของระบบพลังงานความร้อนเสริมดังกล่าว จึงมีการประยุกต์ใช้วัสดุเปลี่ยนสถานะร่วมกับระบบอบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์เพื่อต้องการเพิ่มประสิทธิภาพในการอบแห้ง โดยนำเอาวัสดุที่เก็บความร้อนบรรจุไว้ในห้องอบแห้งหรือภายใต้แผงรับรังสีอาทิตย์ เพื่อเพิ่มอุณหภูมิและควบคุมอุณหภูมิห้องอบให้สม่ำเสมอในเวลากลางวัน อย่างไรก็ตามงานวิจัยส่วนใหญ่ที่มีการประยุกต์ใช้วัสดุเปลี่ยนสถานะร่วมกับระบบอบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์ จะเป็นการติดตั้งระบบสะสมความร้อนภายในตัวเครื่องอบแห้งหรือภายใต้แผงรับรังสีอาทิตย์ ซึ่งระบบสะสมความร้อนลักษณะนี้จะมีการประจุและคายพลังงานความร้อนในเวลาเดียวกัน (วรานนท์ และคณะ, 2557; อีริเดช และคณะ, 2552; Husainy, et al, 2015; Shalaby, et al, 2014)

ดังนั้น ในงานวิจัยนี้จึงมีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาสมรรถนะของเครื่องอบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์ร่วมกับระบบพลังงานความร้อนเสริมที่ประยุกต์ใช้วัสดุเปลี่ยนสถานะสำหรับการอบแห้งพริก และวิเคราะห์ความคุ้มค่าทางเศรษฐศาสตร์เปรียบเทียบกับเครื่องอบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์ที่ไม่มีระบบพลังงานความร้อนเสริม



วัสดุอุปกรณ์และวิธีการ

ตู้อบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์

ตู้อบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์มีขนาดกว้าง 100 เซนติเมตร ยาว 100 เซนติเมตร สำหรับบรรจุพริก ในปริมาณไม่เกิน 10 กิโลกรัม มีจำนวนชั้นสำหรับบรรจุผลิตภัณฑ์ที่ต้องการอบแห้ง จำนวน 5 ชั้น ด้านบนมี ปล่องพัดลมระบายอากาศเพื่อช่วยในการไหลเวียนของอากาศในห้องอบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์ แผงรับรังสีอาทิตย์ชนิด แผ่นเรียบที่ทำหน้าที่ผลิตลมร้อนให้กับห้องอบแห้งมีขนาด 190x100 เซนติเมตร ดังแสดงในรูปที่ 1 และ รูปที่ 2 (ก) ภายในตู้อบแห้งทำการติดตั้งเทอร์โมคัปเปิลเปิดสำหรับวัดอุณหภูมิภายในเครื่องอบแห้ง ระบบสะสมความร้อน

ถังสะสมความร้อนทรงกระบอก ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 0.35 เมตร สูง 0.55 เมตร ที่ประยุกต์ใช้พาราฟิน 30 กิโลกรัม ถูกใช้เป็นแหล่งพลังงานความร้อนเสริมให้กับเครื่องอบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์ โดยการสะสมความร้อนของระบบ สะสมความร้อนทำได้โดยการให้ความร้อนแก่พาราฟินเพื่อเปลี่ยนสถานะของพาราฟินจากของแข็ง เป็นของเหลว และใช้อากาศเป็นตัวกลางในการนำความร้อนที่สะสมไว้ในพาราฟินมาใช้เพื่อผลิตลมร้อนให้กับเครื่องอบแห้งผ่านท่อทองแดงที่ขดเป็นวงกลมภายในถังสะสมพลังงานความร้อน ดังแสดงในรูปที่ 1 และ รูปที่ 2 (ข) ภายในถัง สะสมความร้อนทำการติดตั้งเทอร์โมคัปเปิลเปิดสำหรับวัดอุณหภูมิภายในถังสะสมความร้อน



รูปที่ 1 เครื่องอบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์ร่วมกับระบบสะสมความร้อน



(ก)



(ข)

รูปที่ 2 แสดงโครงสร้างภายในของ (ก) เครื่องอบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์ (ข) ระบบสะสมพลังงานความร้อน



วิธีการทดลอง

การทดสอบสมรรถนะทางความร้อนของเครื่องอบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์ที่มีระบบพลังงานความร้อนเสริม ทำได้โดยการอบพริกจินดา ปริมาณ 10 กิโลกรัม ที่มีความชื้นก่อนการอบแห้ง 65.75% w.b. แบ่งใส่แต่ละถาดในตู้อบแห้งในปริมาณที่เท่า ๆ กัน จำนวนทั้งหมด 5 ชั้น จากนั้นทำการเก็บข้อมูลต่อไปนี้ อุณหภูมิภายในและภายนอกเครื่องอบแห้ง ระยะเวลาการอบแห้งพริก และน้ำหนักของพริกที่ลดลงทุก ๆ 30 นาที ทำการอบแห้งจนมวลของพริกในตู้อบแห้งไม่ลดลง รวบรวมข้อมูลผลการทดลอง และวิเคราะห์ผลการทดลอง รวมถึงวิเคราะห์ความคุ้มค่าทางเศรษฐศาสตร์โดยวิเคราะห์ ระยะเวลาคืนทุนของเครื่องอบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์เปรียบเทียบกับเครื่องอบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์ที่มีระบบพลังงานความร้อนเสริมสำหรับการอบแห้งพริก ทำการเก็บข้อมูลที่จังหวัดพิษณุโลก ในเดือนตุลาคม พ.ศ. 2560

ความชื้นของผลิตภัณฑ์

$$M_w = \frac{(W - d)}{W} \times 100$$

เมื่อ M_w = ความชื้นมาตรฐานเปียก (เปอร์เซ็นต์)
 W = มวลของวัสดุ (กิโลกรัม)
 d = มวลของวัสดุแห้ง (กิโลกรัม)

ประสิทธิภาพของเครื่องอบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์

$$\eta_{sys} = \frac{m_w h_{fg}}{Q_{use}} \times 100\%$$

เมื่อ η_{sys} = ประสิทธิภาพของเครื่องอบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์
 m_w = มวลของน้ำที่ระเหยออกจากผลิตภัณฑ์ (กิโลกรัม)
 h_{fg} = ค่าความร้อนแฝงในการระเหยน้ำ (กิโลจูลต่อกิโลกรัม)
 Q_{use} = พลังงานที่ใช้ในการระเหยน้ำ (กิโลจูล)

การวิเคราะห์ทางเศรษฐศาสตร์

$$\text{ระยะเวลาคืนทุน} = \frac{\text{งบลงทุน}}{\text{กำไรสุทธิ}}$$

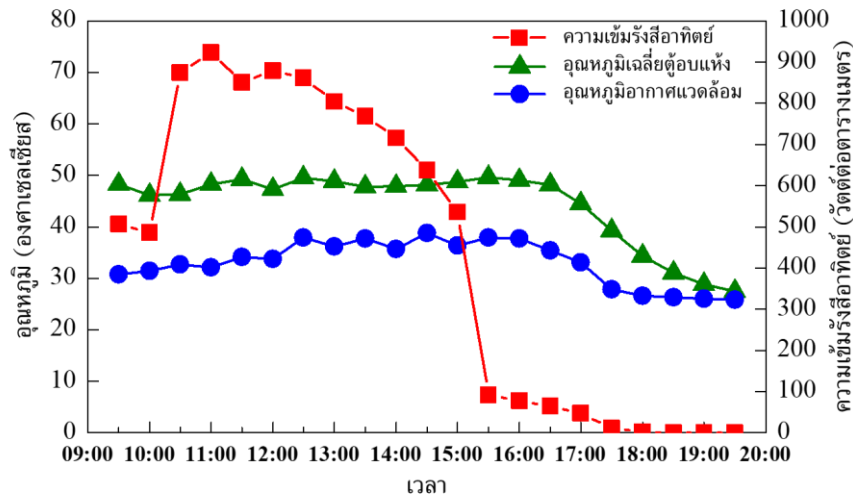
$$\text{ค่าเสื่อมราคา} = \frac{(\text{งบลงทุน} - \text{ราคาซาก})}{\text{อายุการใช้งาน}}$$

ผลการศึกษา

ผลการทดสอบสมรรถนะของเครื่องอบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์ (ตูเปปลา) เพื่อศึกษาความสัมพันธ์ของอุณหภูมิอากาศเฉลี่ยภายในตู้อบแห้งและความชื้นรังสีอาทิตย์ ณ เวลาต่างๆ โดยทำการตรวจวัดอุณหภูมิอากาศ ณ จุดต่างๆ ภายในตู้อบแห้ง และความชื้นรังสีอาทิตย์ที่ตกกระทบตัวรับรังสีอาทิตย์ โดยบันทึกข้อมูลอุณหภูมิอากาศ ทุกจุด ทุกๆ 5 นาที ตั้งแต่เวลา 09.00 ถึง 20.00 น. ซึ่งผลการตรวจวัดแสดงดังรูปที่ 3 พบว่า อุณหภูมิในตู้อบแห้งจะแปรผันตามค่าความชื้นรังสีอาทิตย์ที่ตกกระทบบนตัวรับรังสีอาทิตย์ ความชื้นรังสีอาทิตย์มีค่าสูงสุดอยู่ในช่วงเวลา 10.30 ถึง 14.30 น. ซึ่งส่งผลให้อุณหภูมิของอากาศทั้งในตู้อบแห้งและอากาศแวดล้อมมีค่าสูงในช่วงเวลาดังกล่าวด้วย และพบว่าในเวลาตั้งแต่ 15.30 น. ขณะที่ความชื้นรังสีอาทิตย์มีค่าลดต่ำลงอย่างรวดเร็ว อุณหภูมิเฉลี่ยภายในตู้อบแห้งยังมีค่าคงที่ประมาณ 48 องศาเซลเซียส เนื่องจากในตู้อบแห้งมีความร้อนสะสมอยู่ จนกระทั่งเวลา 16.30 น. อุณหภูมิเฉลี่ยภายในตู้อบแห้งมีค่าลดลงเรื่อยๆ จนกระทั่งมีค่าเท่ากับอุณหภูมิอากาศแวดล้อม จากผลการทดลองดังกล่าว แสดงให้เห็นว่าเครื่องอบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์ มีชั่วโมงการใช้งานอยู่ที่วันละ 7 ชั่วโมง ที่อุณหภูมิ

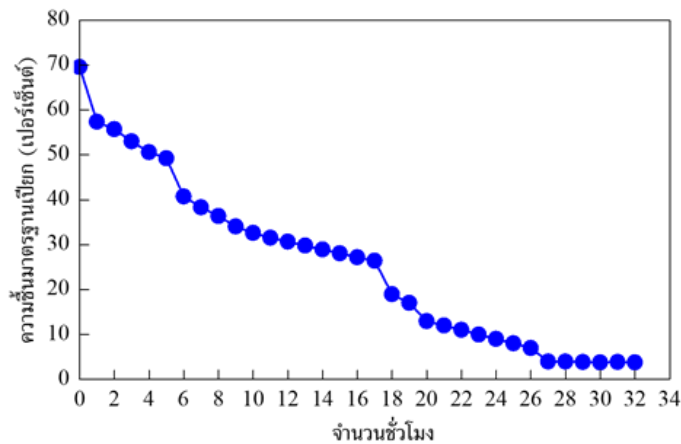


40-50 องศาเซลเซียส หากต้องการอบต่อเนื่องจำเป็นต้องอาศัยระบบพลังงานความร้อนเสริมอื่น ๆ อาทิเช่น ระบบพลังงานความร้อนเสริมที่ใช้ขดลวดไฟฟ้า ระบบพลังงานความร้อนเสริมที่ใช้ก๊าซหุงต้มเป็นเชื้อเพลิง เพื่อผลิตลมร้อนให้กับเครื่องอบแห้ง



รูปที่ 3 ความสัมพันธ์ของอุณหภูมิอากาศเฉลี่ยภายในตู้อบแห้งและความเข้มรังสีอาทิตย์

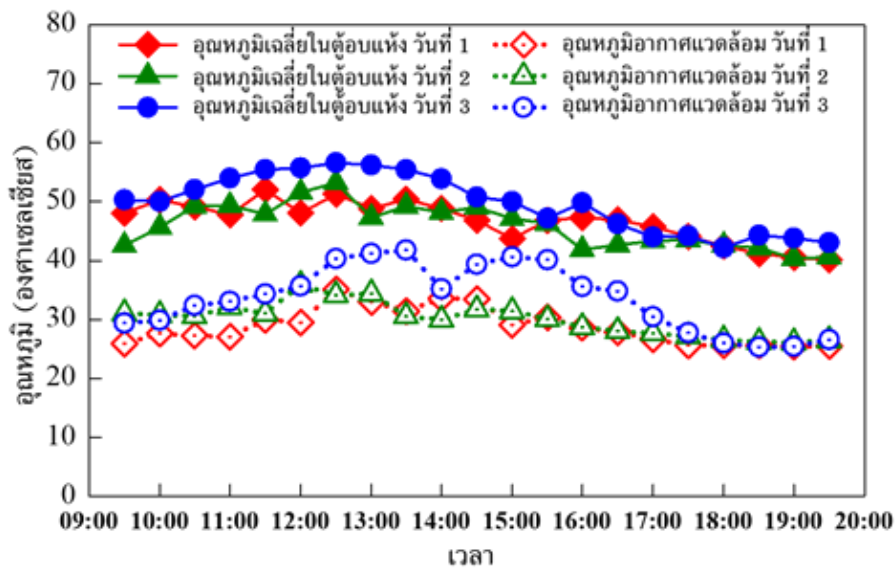
รูปที่ 4 แสดงอัตราการอบแห้งพริกที่อุณหภูมิ 50 องศาเซลเซียส โดยทำการอบพริกในตู้อบลมร้อนที่อุณหภูมิคงที่ 50 องศาเซลเซียส ซึ่งเป็นอุณหภูมิเฉลี่ยของเครื่องอบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์เพื่อหาอัตราการอบแห้ง พบว่าความชื้นมาตรฐานเปียกของพริกจะมีค่าลดลงตามระยะเวลาการอบแห้ง จนกระทั่งมีค่าคงที่หลังจากทำการอบเป็นเวลา 28 ชั่วโมง ซึ่งพริกมีค่าความชื้นเหลืออยู่เท่ากับ 4% w.b. ซึ่งเครื่องอบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์จะใช้เวลาในการอบพริกทั้งหมด 4-5 วัน ขึ้นอยู่กับสภาพอากาศ ดังนั้นเพื่อเป็นการลดระยะเวลาในการอบแห้ง งานวิจัยนี้จึงใช้ระบบพลังงานความร้อนที่ประยุกต์ใช้วัสดุเปลี่ยนสถานะ (PCM; Phase Change Material) ในการผลิตลมร้อนเพื่อป้องกันเครื่องอบแห้งในการอบต่อเนื่องที่อุณหภูมิ 40-50 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 3 ชั่วโมง ในเวลาที่ไม่ได้แสงแดด โดยวัสดุเปลี่ยนสถานะที่เลือกใช้คือ พาราฟิน ซึ่งเป็นวัสดุที่มีอุณหภูมิหลอมเหลวต่ำ ค่าความร้อนแฝงในการหลอมละลายสูง คุณสมบัติทางเคมีค่อนข้างคงที่ และราคาถูก (กันยรัตน์, 2551; ถาวร และคณะ, 2550) การสะสมความร้อนของระบบสะสมความร้อนทำได้โดยการให้ความร้อนแก่พาราฟินเพื่อเปลี่ยนสถานะของพาราฟินจากของแข็งเป็นของเหลว และใช้อากาศเป็นตัวกลางในการนำความร้อนที่สะสมไว้ในพาราฟินมาใช้เพื่อผลิตลมร้อนให้กับเครื่องอบแห้ง ข้อดีของระบบนี้คือช่วยลดค่าใช้จ่ายในส่วนของการใช้เชื้อเพลิงสำหรับระบบพลังงานความร้อนเสริม



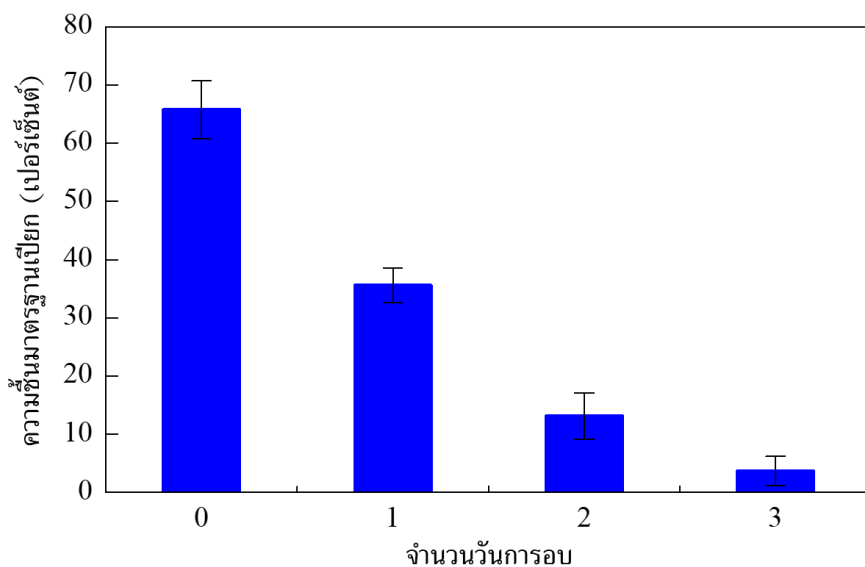
รูปที่ 4 แสดงอัตราการอบแห้งพริกที่อุณหภูมิ 50 องศาเซลเซียส



จากนั้นทำการทดสอบสมรรถนะของเครื่องอบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์ร่วมกับระบบสะสมความร้อนสำหรับการอบพริก โดยการอบแห้งพริกจินดา จำนวน 10 กิโลกรัม รูปที่ 5 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างอุณหภูมิอากาศเฉลี่ยในตู้อบแห้ง และอุณหภูมิอากาศแวดล้อม ของการอบพริกวันที่ 1 2 และ 3 กับเวลา พบว่า ในช่วงเวลา 9.30 ถึง 16.30 น. อุณหภูมิเฉลี่ยภายในตู้อบแห้งอยู่ที่ประมาณ 45 ถึง 55 องศาเซลเซียส ทั้งนี้ในวันที่ 3 พบว่าค่าเฉลี่ยอุณหภูมิอากาศในตู้อบแห้ง และอุณหภูมิอากาศแวดล้อมมีค่าสูงกว่าวันที่ 1 และ 2 เนื่องจากสภาพอากาศแจ่มใสและไม่ค่อยมีเมฆ ทำให้ค่ารังสีอาทิตย์ในวันที่ 3 มีค่าสูง และในช่วงเวลา 16.30 ถึง 19.30 น. เมื่อใช้ความร้อนจากระบบสะสมพลังงานจะสามารถควบคุมอุณหภูมิภายในตู้อบแห้งให้อยู่ที่ประมาณ 40-50 องศาเซลเซียส ซึ่งมีความแตกต่างกับอุณหภูมิอากาศแวดล้อม ประมาณ 15 ถึง 20 องศาเซลเซียส เมื่อเสร็จสิ้นการอบแห้งในแต่ละวันจะนำพริกออกมาชั่งน้ำหนักเพื่อหาความชื้นมาตรฐานเปียกที่เหลืออยู่ในผลิตภัณฑ์ ซึ่งผลแสดงดังรูปที่ 6 ความชื้นของพริกตอนเริ่มต้นเท่ากับ 65.75% w.b. (มาตรฐาน AOAC 2005) หลังจากทำการอบแห้ง 1 วัน 2 วัน และ 3 วัน ความชื้นของพริกเท่ากับ 35.58 13.14 และ 3.70% w.b. ตามลำดับ ผลิตภัณฑ์พริกก่อนอบและหลังอบแสดงดังรูปที่ 7



รูปที่ 5 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างอุณหภูมิเฉลี่ยอากาศในตู้อบแห้งและอุณหภูมิอากาศแวดล้อมของการอบพริกในแต่ละวัน



รูปที่ 6 ความชื้นมาตรฐานเปียกของพริกหลังจากการอบในแต่ละวัน



(ก)



(ข)

รูปที่ 7 ลักษณะภายนอกของพริก หลังอบ (ข) ก่อนอบ (ก)

อภิปรายผลการศึกษา

เครื่องอบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์ร่วมกับระบบสะสมความร้อนที่สร้างขึ้นมีความสามารถในการอบแห้งพริกจำนวน 10 กิโลกรัม ได้ในเวลา 3 วัน วันละ 10 ชั่วโมง โดยใช้ลมร้อนที่ผลิตจากระบบสะสมความร้อนป้อนให้กับเครื่องอบแห้งเพื่อทำการอบต่อเนื่อง เป็นเวลา 3 ชั่วโมง ซึ่งหากต้องการเพิ่มเวลาการอบต่อเนื่องโดยใช้ลมร้อนจากระบบสะสมความร้อน ต้องออกแบบให้ระบบสะสมความร้อนสามารถกักเก็บพลังงานความร้อนได้มากขึ้น โดยการเพิ่มปริมาณของวัสดุเปลี่ยนสถานะ ประสิทธิภาพของระบบอบแห้งร่วมกับระบบสะสมความร้อน มีค่าเท่ากับ 18.13% โดยคำนวณจากเวลาที่ใช้ในการอบแห้งทั้งหมด 30 ชั่วโมง ซึ่งแบ่งเป็นความร้อนจากพลังงานแสงอาทิตย์ 21 ชั่วโมง และความร้อนจากระบบสะสมความร้อน 9 ชั่วโมง ซึ่งผลการทดลองที่ได้มีค่าประสิทธิภาพของระบบมากกว่าและใช้เวลาในการอบพริกน้อยกว่า งานวิจัยของ Fudholi และคณะ (2014) และ Nimrotham และคณะ (2017) การวิเคราะห์ทางเศรษฐศาสตร์เป็นเครื่องมือที่ช่วยให้ผู้ลงทุนตัดสินใจในการลงทุนในโครงการต่าง ๆ โดยคำนึงถึงผลตอบแทนและความเสี่ยง โดยนำเทคนิคในการวิเคราะห์และประเมินโครงการมาใช้ตัดสินใจเพื่อให้ได้ประโยชน์สูงสุดจากการลงทุน โดยในงานวิจัยนี้จะทำการวิเคราะห์ทางเศรษฐศาสตร์โดยวิเคราะห์ระยะเวลาดำเนินทุน พิจารณา 2 กรณี คือ การอบแห้งโดยใช้พลังงานความร้อนจากแสงอาทิตย์ และการอบแห้งโดยใช้แสงอาทิตย์ร่วมกับระบบสะสมความร้อน ผลการวิเคราะห์ค่าทางเศรษฐศาสตร์พบว่า ในการอบแห้งพริกโดยใช้พลังงานความร้อนจากแสงอาทิตย์ มีระยะเวลาดำเนินทุนอยู่ที่ 2.88 ปี โดยมีรายรับปีละ 20,800 บาท ส่วนการอบแห้งโดยใช้แสงอาทิตย์ร่วมกับระบบสะสมความร้อน มีระยะเวลาดำเนินทุนอยู่ที่ 2.61 ปี โดยมีรายรับปีละ 36,400 บาท จะเห็นว่าระยะเวลาดำเนินทุนของทั้งสองกรณีมีค่าต่างกันไม่มาก เนื่องจากราคาค่าลงทุนที่ต่างกัน ทั้งนี้ การคำนวณระยะเวลาดำเนินทุนขึ้นอยู่กับปัจจัยอื่นๆ ด้วย อาทิเช่น ชนิดผลิตภัณฑ์ ราคาซื้อและราคาขายผลิตภัณฑ์ เป็นต้น เพราะราคาขายของผลิตภัณฑ์ในแต่ละชนิดไม่เท่ากัน ซึ่งหากผลิตภัณฑ์ที่ต้องการอบแห้งมีราคาขายสูงจะส่งผลให้รายรับมีค่าเพิ่มขึ้น และระยะเวลาดำเนินทุนมีค่าลดลง

สรุปผลการศึกษา

การประยุกต์ใช้ระบบสะสมความร้อนแบบเปลี่ยนสถานะเป็นแหล่งพลังงานความร้อนเสริมให้กับเครื่องอบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์ สามารถควบคุมอุณหภูมิเฉลี่ยภายในตู้อบแห้งที่ 40 ถึง 50 องศาเซลเซียส ในการอบต่อเนื่องเป็นเวลา 3 ชั่วโมง เวลาที่ไม่มีแสงแดดหรือหลังจากเวลา 16.30 น. และสามารถลดระยะเวลาในการอบพริกจำนวน 10 กิโลกรัม จาก 4-5 วัน เหลือ 3 วัน โดยใช้เวลาอบแห้ง 10 ชั่วโมงต่อวัน ค่าประสิทธิภาพเชิงความร้อนของระบบเท่ากับ 18.13% เครื่องอบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์ มีระยะเวลาดำเนินทุนอยู่ที่ 2.88 ปี ส่วนเครื่องอบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์ร่วมกับระบบสะสมความร้อน มีระยะเวลาดำเนินทุนอยู่ที่ 2.61 ปี ผลการวิจัยแสดงให้เห็นว่าสามารถนำมาประยุกต์ใช้ในการอบแห้งผลิตภัณฑ์ทางการเกษตรที่ไม่ต้องการอุณหภูมิสูงมากได้ จัดเป็นเทคโนโลยีสะอาด ที่สามารถช่วยเพิ่มมูลค่าให้กับผลิตภัณฑ์ทางการเกษตร และเพิ่มรายได้ให้กับเกษตรกร



กิตติกรรมประกาศ

คณะผู้วิจัยขอขอบคุณ สำนักงานคณะกรรมการวิจัยแห่งชาติ ที่สนับสนุนเงินทุนในการทำวิจัย และขอขอบคุณวิทยาลัยพลังงานทดแทน มหาวิทยาลัยนเรศวร ที่ให้ความอนุเคราะห์สถานที่และอุปกรณ์สำหรับการทำงานวิจัยในครั้งนี้

เอกสารอ้างอิง

- กนกกาญจน์ รักษาศักดิ์ และคณะ. (2557). การทดสอบผลผลิตของพริกกะเหรี่ยง 8 พันธุ์ที่ปลูกใน 2 ระบบ. *วารสารวิชาการและวิจัย มทร.พระนคร ฉบับพิเศษ*, การประชุมวิชาการมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคล ครั้งที่ 5, 36-41.
- กันยรัตน์ โทละสุต. (2551). วัสดุเปลี่ยนเฟสเพื่อช่วยรักษาความร้อนในเครื่องอบพลังงานแสงอาทิตย์. การประชุมวิชาการเครือข่ายวิศวกรรมเครื่องกลแห่งประเทศไทย ครั้งที่ 22 มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์ ศูนย์รังสิต.
- ถาวร ศรีชมภู และคณะ. (2550). การเพิ่มเวลาเก็บกักความร้อนในเครื่องอบพลังงานแสงอาทิตย์โดยการเปลี่ยนเฟสของวัสดุที่เหมาะสม. *โครงการวิศวกรรมเคมีมหาวิทยาลัยขอนแก่น*.
- ธีรเดช ไทญ่บัก และคณะ. (2552). การพัฒนากระบวนการอบแห้งปลาด้วยเครื่องอบแห้งพลังงานร่วมแสงอาทิตย์-ไฟฟ้า ภายใต้สภาพภูมิอากาศภาคใต้ของประเทศไทย. *วารสารมหาวิทยาลัยทักษิณ*, 12, 109-118.
- วรานนท์ อินตะธรรม และคณะ. (2557). การปรับปรุงประสิทธิภาพของเครื่องอบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์แบบเรือนกระจก ของกลุ่มวิสาหกิจชุมชน กลุ่มอาชีพเพาะเห็ด บ้านทุ่งบ่อแป้น อำเภอห้างฉัตร จังหวัดลำปาง. การประชุมสัมมนาเชิงวิชาการรูปแบบพลังงานทดแทนสู่ชุมชนแห่งประเทศไทย ครั้งที่ 7, 187-195.
- Fudholi, A., Othman, M.Y., Ruslam, M.H. (2013). Drying of Malaysian capsicum annum L. (Red Chili) dried by open and solar drying. *International Journal of Photoenergy*, 1-8.
- Fudholi, A., Sopian, K., Yazdi, M.H., Ruslan, M.H., Gabbasa, M., Kazem, H.A. (2014). Performance analysis of solar drying system for red chili. *Solar Energy*, 99, 47-54.
- Husainy, A.S., Kulkarni, P.R. (2015). Performance analysis of a solar grape dryer with thermal energy storage by PCM. *International Research Journal of Engineering and Technology*, 2, 54-60.
- Nimrotham, C., Songprakorp, R., Thepa, S., Monyakul, V. (2017). Experimental Research of Drying Red Chili by Two Methods: Solar Drying and Low - Temperature System Drying. *Energy Procedia*, 138, 512-517.
- Shalaby, S.M., Bek, M.A. (2014). Experiment investigation of a novel indirect solar dryer implementing PCM as energy storage medium. *Energy Conversion and Management*, 83, 1-8.