

การอบแห้งพริกด้วยเครื่องอบแห้งแสงอาทิตย์แบบตัวรับพาราโบลา Chili Drying by Parabola Solar Collector Dryer

กระวี ตริอำนาจรค์^{1*} เทวรัตน์ ทิพย์วิมล² ชนินทร จิตรเจริญ¹ และ ดวงพร วงษ์วัฒนพงษ์¹
Krawee Treeamnuk^{1*}, Tawarat Tipyavimol², Chanintra Jitrajarean¹ and Duangphon Wongwatanaphong¹

Abstract

This research aimed to evaluate the chili drying by the parabola solar collector dryer. The dryer consist of 3 collectors each having an area of 80x120 cm² made from galvanized steel sheet. The collectors were placed on North-South direction having incline of 15° facing South. A black steel pipe of 8 cm diameter was installed along the focus of the parabola collector in a series manner for hot air generation. 3 m³/s of hot air was blown into the drying chamber of 100x60x75 cm³ diameter. Performances of the dryer were evaluated by evaporation rate of free water testing and a 400g/batch of chili drying. The chili drying by the parabola solar collector dryer were compared with the traditional sun drying at the experimental period of 10.00 am - 04.00 pm. The results showed that the thermal efficiency of the developed dryer was 51% and specific moisture evaporation rate (SMER) of free water was 0.098 kg_{water}/kW·h. The lowest moisture of dried chili was 5.49 %db at 9.84 g/h of drying rate. The color (ΔE^*) of dry products obtained from the developed dryer and those of the traditional sun drying are not difference. Advantages of the developed dryer lower the traditional sun drying were contaminating protection and a 1 day shorten of drying period.

Keywords: drying, sunlight, chili, parabola

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อประเมินการอบแห้งพริกด้วยเครื่องอบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์แบบตัวรับพาราโบลา ตัวเครื่องประกอบด้วยจานรับทำจากเหล็กแผ่นอบสังกะสีทรงพาราโบลาขนาด 80x120 cm² จำนวน 3 จาน ตัวจานรับถูกวางให้หันไปทางทิศใต้และทำมุมยก 15° กับระนาบเพื่อรับรังสีจากดวงอาทิตย์ ติดตั้งท่อเหล็กสีดำขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 8 cm สำหรับสร้างลมร้อนบนแนวโฟกัสของแต่ละจานและส่งลมร้อนเข้าสู่ห้องอบแห้งขนาด 100x60x75 cm³ ด้วยอัตราการไหลอากาศ 3 m³/s ประเมินสมรรถนะการอบแห้งด้วยการระเหยน้ำอิสระ และทดสอบอบแห้งพริกปริมาณ 400 g ต่อครั้ง เปรียบเทียบกับการตากแห้งพริกด้วยวิธีผลิตแบบทั่วไป ช่วงเวลาการทดสอบคือ 10.00 น. - 16.00 น. ของแต่ละวัน ผลการทดสอบพบว่า เครื่องอบแห้งที่พัฒนาขึ้นมีประสิทธิภาพการใช้ความร้อนจากแสงอาทิตย์ 51% มีค่าอัตราการระเหยน้ำอิสระจำเพาะ (SMER) เป็น 0.098kg_{water}/kW·h และสามารถลดความชื้นของพริกให้เหลือน้อยที่สุดได้ 5.49 %db ที่อัตราการทำแห้ง 9.84 g/h โดยที่ค่าการเปลี่ยนแปลงสี ΔE^* ของพริกที่อบแห้งไม่แตกต่างกับพริกที่ตากแห้งแบบทั่วไป นอกจากนี้เครื่องอบแห้งที่พัฒนาขึ้นยังช่วยป้องกัน ฝุ่นและแมลงรบกวนได้ดีกว่า และใช้เวลาการอบแห้งน้อยกว่าการตากแห้งทั่วไป 1 วันการตากแห้ง

คำสำคัญ: การอบแห้ง แสงอาทิตย์ พริก พาราโบลา

คำนำ

ดวงอาทิตย์เป็นแหล่งกำเนิดของพลังงานทั้งหลาย โดยพลังงานของดวงอาทิตย์เกิดจากปฏิกิริยาฟิวชั่นของไฮโดรเจน แล้วส่งพลังงานออกมาในรูปคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าในอัตรา 10.558x10¹⁸ kW/h (Incropera and Dewitt, 1990) 95%-99% ของคลื่นเหล่านี้อยู่ในช่วงความยาวคลื่นระหว่าง 150-4,000 nm ประกอบไปด้วยรังสีที่ตามองเห็นได้ 45% รังสีอินฟราเรด 46% และรังสีอัลตราไวโอเล็ต 9% รังสีเหล่านี้สามารถเปลี่ยนรูปเป็นพลังงานความร้อนได้ การประยุกต์ใช้พลังงานแสงอาทิตย์มาใช้ในการอบแห้งผลิตผลเกษตร จึงเป็นแนวทางการใช้พลังงานที่ไม่ก่อให้เกิดมลพิษแก่สิ่งแวดล้อม ขั้นตอนการแปรรูปผลิตผลเกษตรที่

¹ ภาควิชาวิศวกรรมเกษตร คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี ปทุมธานี 12110

¹ Department of Agricultural Engineering, Faculty of Engineering, Rajamankala University of Technology Tanyaburi, Pathomtani 12110

² สาขาวิชาวิศวกรรมเกษตร สำนักวิชาวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี นครราชสีมา 30000

² School of Agricultural Engineering, Institute of Engineering, Suranaree University of Technology, Nakhonratchasima 30000

* Corresponding author: krawee@mail.rmutt.ac.th

สำคัญขั้นตอนหนึ่งคือการอบแห้ง เป็นการกำจัดน้ำออกจากผลผลิตให้มีปริมาณน้อยลงจนจุลินทรีย์ไม่สามารถเจริญเติบโตได้เหมาะสมต่อการเก็บรักษา การขนส่งและจัดเก็บ น้ำในผลผลิตทางเกษตรอาจอยู่ในเนื้อเยื่อซึ่งจับตัวโดยปฏิกิริยาทางเคมีกับสารอาหารและดูดซับอยู่ในและกระจายตัวในโครงสร้างของอาหาร (สุภัทรชัย และคณะ, 2542) การใช้อากาศร้อนเป็นตัวกลางในการอบแห้ง จะเกิด 2 กระบวนการขึ้นพร้อมกัน คือ การถ่ายเทความร้อนและการเคลื่อนที่ของน้ำ วัสดุเกษตรส่วนใหญ่มีโครงสร้างภายในเป็นรูพรุน ซึ่งสามารถแบ่งการอบแห้งได้เป็น 2 ช่วง คือ ช่วงอัตราการทำให้แห้งคงที่ การลดความชื้นเกิดขึ้นที่ผิวหน้าของผลผลิตและสิ้นสุดลงเมื่อน้ำภายในผลผลิตไม่สามารถมาทดแทนเพื่อทำให้ผิวหน้าของผลผลิตมีลักษณะอิมตัวได้ และช่วงอัตราการทำให้แห้งลดลง เกิดขึ้นต่อเนื่องเมื่อเกิดวิกฤตของความชื้น ซึ่งอัตราการส่งความชื้นออกสู่อากาศจะต่ำกว่าอัตราการส่งความชื้นออกสู่บรรยากาศภายนอก ในระยะอัตราการลดลงนี้ปริมาณความชื้นในวัสดุเกษตรตอนเริ่มต้นจะน้อยกว่าความชื้นจุดวิกฤต การลดความชื้นส่วนใหญ่จะอยู่ในช่วงนี้ (เชษฐา และวิทิว, 2544) การอบแห้งด้วยแสงอาทิตย์มี 2 ระบบด้วยกัน (อนุตร, 2542) คือ การอบแห้งแบบ Passive คือการตากแห้งวัสดุโดยธรรมชาติ อาศัยเพียงแสงแดดและการกระแสมในการระเหยความชื้นออกจากวัสดุ และการอบแห้งแบบ Active คือการอบแห้งที่โรงเรือนปิดที่มีการบังคับให้อากาศไหลเวียนในทิศทางที่ต้องการด้วยพัดลม

งานวิจัยนี้จึงเป็นการประยุกต์หลักการสะท้อนและรวบรวมแสงด้วยตัวรับแบบพาราโบลามาใช้กับเครื่องอบแห้งแบบ Passive เพื่อทดสอบประสิทธิภาพการอบแห้ง เมื่อทำการอบแห้งกับพริกในห้องอบแห้งแบบปิด

อุปกรณ์และวิธีการ

เครื่องอบแห้งแสงอาทิตย์แบบตัวรับพาราโบลา

เครื่องอบแห้งแสงอาทิตย์ (Figure 1) ประกอบไปด้วย ส่วนตัวรับทรงพาราโบลา จำนวน 3 จาน (หมายเลข 4) ระบบท่อส่งลมร้อน (หมายเลข 5) และห้องอบแห้ง (หมายเลข 3) การทำงานเริ่มจากชุดพัดลมส่งลมผ่านท่อเหล็กเส้นผ่านศูนย์กลาง 8 cm ด้วยอัตรา 3 m³/s ท่อเหล็กนี้ถูกทำด้วยสแตนเลสและวางตัวอยู่บนแนวไฟก๊สของจานพาราโบลาขนาด 80x120 cm² เมื่อแสงอาทิตย์ถูกสะท้อนมายังท่อ อากาศในท่อจึงมีอุณหภูมิสูงขึ้นและถูกส่งเข้าสู่ห้องอบแห้งขนาด 100x60x75 cm³ ต่อไป

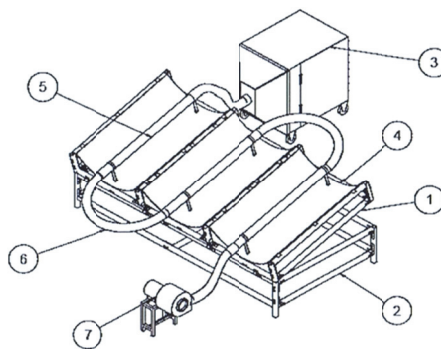


Figure 1 Parabola solar collector dryer

การทดสอบเครื่องอบแห้ง

ทำการทดสอบหาประสิทธิภาพการรับพลังงานแสงอาทิตย์ของตัวรับพาราโบลา อัตราการระเหยน้ำอิสระจำเพาะ และอัตราการทำให้แห้ง (ชินินทร์ และดวงพร, 2550) เมื่อทดสอบอบพริกครั้งละ 400 g ตามสมการที่ 1 และ 2 ตามลำดับ ช่วงเวลาทดสอบคือ 10.00 น. – 16.00 น. ของแต่ละวัน สำหรับการอบแห้งพริกทำการทดสอบเปรียบเทียบกับตากแห้งปกติ ตรวจสอบคุณภาพผลิตภัณฑ์หลังอบด้วยค่า ความชื้นสุดท้ายและค่าการเปลี่ยนแปลงสี ΔE^*

$$\eta_{Solar} = \frac{\dot{m}(h_{ia} - h_{oa})}{P_s} \times 100 \quad (1)$$

$$SMER = \frac{(m_{p,i} - m_{p,f})}{P_s} \quad (2)$$

$$DR = \frac{(m_{p,i} - m_{p,f})}{t} \tag{3}$$

- where η_{Solar} = Thermal efficiency of Solar collector (%)
 SMER = Specific moisture evaporation rate ($kg_{water}/kW \cdot h$)
 DR = Drying rate (kg/h)
 \dot{m} = Average mass flow rate of air (kg/s)
 $m_{p,i}$ = Weight before drying (kg)
 $m_{p,f}$ = Weight after drying (kg)
 h_{ia} = Enthalpy of inlet air (kJ/kg)
 h_{oa} = Enthalpy of outlet air (kJ/kg)
 P_s = Solar power (kW) ($P_s = \text{Intensity of light (kW/m}^2) \times \text{collector area (m}^2)$)
 t = Time in drying (h)

ผลและวิจารณ์

ผลการทดสอบพบว่า การรับพลังงานแสงอาทิตย์ของตัวรับพาราโบลา มีค่าสูงสุดที่เวลา 1.00 PM ของวัน (Figure 2a) คิดเป็นค่าประสิทธิภาพเฉพาะตัวรับเท่ากับ 51% และทำอุณหภูมิอากาศอบแห้งได้สูงสุดเท่ากับ 60 °C จากนั้นทดสอบระเหยน้ำอิสระโดยใช้ผ้าชุบน้ำบิดหมาด ด้วยเครื่องอบแห้งพบว่า ค่า SMER สูงสุดเกิดขึ้นในช่วงแรกของการทำงาน (เวลา 11.00 AM) เท่ากับ 0.098 $kg_{water}/kW \cdot h$ ซึ่งเป็นการระเหยน้ำที่ผิววัสดุ จากนั้น ถึงแม้ว่าความร้อนที่ได้จากแสงอาทิตย์จะเพิ่มขึ้น แต่กระบวนการได้เข้าสู่ช่วงอัตราการอบแห้งลด ซึ่งมีการเปลี่ยนแปลงค่อนข้างน้อย ก่อนจะถึงค่าสุดท้ายคือ 0.005 $kg_{water}/kW \cdot h$ (Figure 2b)

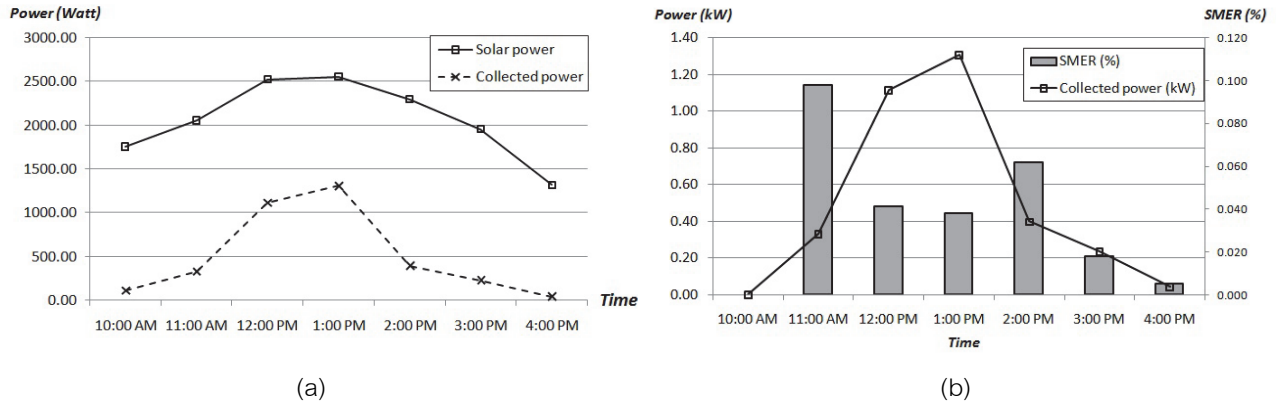


Figure 2 (a) Power on solar collector (b) Percentage of SMER and Collected power

เมื่อทดสอบอบแห้งพริกด้วยเครื่องอบแห้งเปรียบเทียบกับตากแห้งแบบทั่วไป พบว่าอัตราการอบแห้งของเครื่องมีค่าสูงกว่า โดยเส้นกราฟมีช่วงอัตราการอบแห้งลดที่ต่ำกว่าอย่างชัดเจน (Figure 3) โดยเมื่อถึงความชื้นสุดท้ายพบว่า การอบแห้งพริกด้วยเครื่องอบแห้งให้ความชื้นสุดท้ายเป็น 5.49 %db ซึ่งการตากแห้งด้วยแสงอาทิตย์แบบทั่วไปต้องใช้เวลามากกว่า 6 ชม. (1วันการตาก) จึงจะเหลือความชื้นสุดท้ายใกล้เคียงกัน คือ 5.25 % db โดยที่เครื่องอบแห้งมีอัตราการทำแห้งพริกเท่ากับ 9.84 g/h

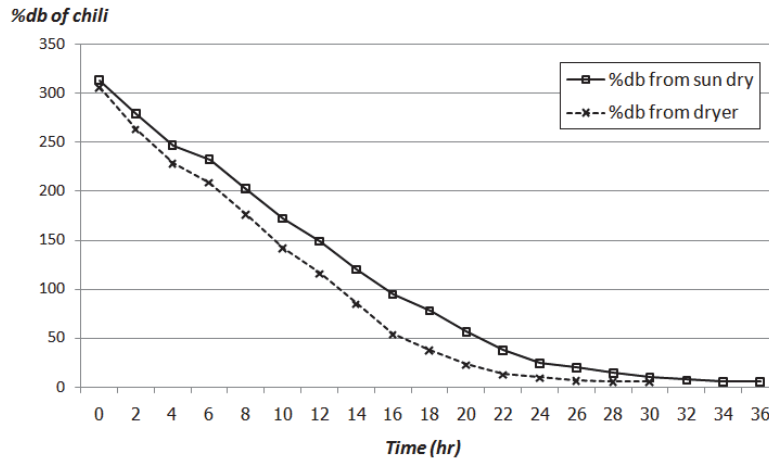


Figure 3 Drying curve of chili from Solar dryer and natural sundrying

จากนั้นเมื่อตรวจสอบสีของผลิตภัณฑ์ที่ได้หลังการทดสอบพบว่าทั้งการอบแห้งด้วยเครื่องและการตากแห้งด้วยแสงอาทิตย์ทำให้ค่าสีมีแนวโน้มลดลงทั้ง L^* a^* และ b^* โดยที่ค่าการเปลี่ยนแปลงสี ΔE^* เปรียบเทียบกับสีพริกสดก่อนอบมีค่าแตกต่างกันเพียงเล็กน้อยเท่านั้น

Table 1 Color values of chili before and after drying

Drying Methods	Initial samples			Dried samples			ΔE^*
	L^*	a^*	b^*	L^*	a^*	b^*	
Chili dry by Solar dryer	30.48	23.15	27.24	24.75	11.86	15.66	17.16
Chili dry by natural sundry	31.27	24.10	27.99	29.51	14.60	16.31	15.16

Remarks L^* = Light-dark, a^* = red-green, b^* = yellow-blue in CIELAB color scales

สรุป

เครื่องอบแห้งที่พัฒนาขึ้นมีประสิทธิภาพการใช้ความร้อนจากแสงอาทิตย์ 51% มีค่าอัตราการระเหยน้ำอิสระจำเพาะ (SMER) เป็น $0.098 \text{ kg}_{\text{water}} / \text{ kW} \cdot \text{ h}$ และสามารถลดความชื้นของพริกให้เหลือน้อยที่สุดได้ 5.49 %db ที่อัตราการทำแห้ง 9.84 g/h โดยที่ค่าการเปลี่ยนแปลงสี ΔE^* ของพริกที่อบแห้งไม่แตกต่างกับพริกที่ตากแห้งแบบทั่วไป นอกจากนี้เครื่องอบแห้งที่พัฒนาขึ้นยังช่วยป้องกัน ผุ่นและแมลงรบกวนได้ดีกว่า และใช้เวลาการอบแห้งน้อยกว่าการตากแห้งทั่วไป 1 วันการตาก

คำขอบคุณ

ขอขอบคุณภาควิชาวิศวกรรมเกษตร คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี

เอกสารอ้างอิง

ชนินทร์ จิตรเจริญ และ ดวงพร วงษ์วัฒน์พงษ์. 2550. การออกแบบและสร้างเครื่องอบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์แบบพาราโบลา. ปริญญาโท. ภาควิชาวิศวกรรมหลังการเก็บเกี่ยวและแปรรูป. คณะวิศวกรรมศาสตร์. มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี, ปทุมธานี.
 เขมฐา มีสีบุ และวิทิว ทองยิ่งมาก. 2544. การออกแบบและพัฒนาแหล่งความร้อนของเครื่องอบแห้งแบบลมร้อน. ปริญญาโท. ภาควิชาเทคโนโลยีหลังการเก็บเกี่ยวและแปรรูป. คณะวิศวกรรมและเทคโนโลยีการเกษตร. สถาบันเทคโนโลยีราชมงคล, ปทุมธานี.
 สุภัทรชัย ศิลล์ชัย, อนิรุช มาชัยภูมิ และเพชรภา พรโรตง. 2542. การออกแบบและทดสอบเครื่องอบแห้งระดับไร้นา. ปริญญาโท. ภาควิชาเครื่องจักรกลเกษตร. คณะวิศวกรรมและเทคโนโลยีการเกษตร. สถาบันเทคโนโลยีราชมงคล, ปทุมธานี.
 อนุตร จำลองกุล. 2542. พลังงานทดแทน. สถาบันเทคโนโลยีราชมงคล, ปทุมธานี. 120 หน้า.
 Incropera, F. P. and P. D. David. 1990. Introduction to heat and mass transfer. John Wiley & Sons, New York. 919 p.