การศึกษาสมรรถนะของระบบอบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์แบบเรือนกระจกขนาดใหญ่สำหรับอบแห้งพริก

A study of the performance of a large – scale solar greenhouse dryer for drying chilies

สราวุฒิ แนบเนียร[1], เสริม จันทร์ฉาย[1],นิรุธ ล้ำเลิศ[1], ยุทธศักดิ์ บุญรอด[1], พูลศักดิ์ อินทวี[1], ยงยุทธ์ สวัสดิสวนีย์[2]

[1]ห้องปฏิบัติการวิจัยพลังงานแสงอาทิตย์ ภาควิชาฟิสิกส์ คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยศิลปากร
จังหวัดนครปฐม 73000, email: serm@su.ac.th
[2]กรมพัฒนาพลังงานทดแทนและอนุรักษ์พลังงาน, กระทรวงพลังงาน เลขที่ 17 ถนนพระราม 1 เขตปทุมวัน
กรุงเทพมหานคร 10330

Sarawut Nabnean[1], Serm Janjai[1], Niroot Lamlert[1], Yutthasak Boonrod[1], Poolsak intawee[1], Yongyuth Sawatdisawanee[2]
[1]Solar Energy Research Laboratory, Department of Physics, Faculty of Science, Silpakorn University,
Nakhon Pathom 73000, email: serm@su.ac.th
[2]Department of Alternative Energy Development and Efficiency (DEDE), Ministry of Energy, 17 Rama 1 Road Patumwan
Bangkok 10330

บทคัดย่อ

ในงานวิจัยนี้ ผู้วิจัยได้ทำการศึกษาสมรรถนะของระบบอบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์แบบกรีนส์เฮ้าส์ขนาดใหญ่ ซึ่งปิดคลุมด้วยแผ่นโพลีคาร์บอเนต เครื่องอบแห้งดังกล่าวมีความกว้าง 8 เมตร และยาว 20 เมตร โดยมีพื้นที่สำหรับวางผลิตภัณฑ์ 97.2 ตารางเมตร สำหรับระบบระบายอากาศ จะใช้พัดลมไฟฟ้ากระแสตรง ซึ่งใช้ตัวส่งไฟฟ้าจากแผงโซลาร์เซลล์ขนาด 50 วัตต์ จำนวน 3 แผงเพื่อดูดอากาศชื้นออกจากเครื่องอบแห้ง ในการทดสอบสมรรถนะของเครื่องอบแห้ง ผู้วิจัยได้ทำการทดลองใช้เครื่องอบแห้งดังกล่าวอบแห้งพริก 3 ครั้ง แต่ละครั้งจะทำการอบพริกสด 500 กิโลกรัม จากผลการทดลองพบว่า เครื่องอบแห้งดังกล่าวสามารถอบพริกที่ความชื้น 74% (wb) ให้ลดลงเหลือความชื้นสุดท้าย 11% (wb) ในเวลา 3 วัน ซึ่งสั้นกว่าการตากแดดตามธรรมชาติที่ใช้เวลา 6 วัน

Abstract

In this study, a performance of a large – scale solar greenhouse dryer with polycarbonate cover was investigated. The dryer has the width of 8 m and the length of 20 m, with the total area for placing product of 97.2 m^2. For the ventilation system, nine dc-fans, powered by three 50-watt solar cell modules are used of suck moist air from the dryer. The dryer was installed at Ubon Ratchathani. In order to examine its, performance, the dryer was used to dry 3 batches of chilies. Five hundred kilograms of chilies were dried for each batch. It was found that the chilies of the initial moisture content of 74% (wb) was reduced to the final moisture content of 11% (wb) in 3 days, compared to 6 days required by natural sun drying.

.

1. บทนำ

ประเทศไทยเป็นประเทศหนึ่งที่มีอาชีพเกษตรกรรมที่สำคัญประเทศหนึ่งของโลก ผลผลิตทางการเกษตรบางอย่าง เช่น ข้าว ที่ต้องผ่านกระบวนการแปรรูปก่อนการจำหน่ายและบริโภค นอกจากนี้ผักและผลไม้บางชนิด เช่น เห็ด พริก และกล้วย มีการแปรรูปให้เป็นผลิตภัณฑ์แห้ง เพื่อการถนอมอาหารและเพิ่มมูลค่าของผลิตภัณฑ์ หรือเพื่อให้ได้ผลิตภัณฑ์ใหม่ตามความต้องการของผู้บริโภค

ในปัจจุบันเกษตรกร หรือผู้ประกอบการส่วนใหญ่ยังทำผลิตภัณฑ์แห้งโดยการตากแดดตามธรรมชาติ ทำให้ผลิตภัณฑ์ที่ได้มักมีการปนเปื้อนและเสียหายจากการรบกวนของแมลงหรือการเปียกฝน เนื่องจากประเทศไทยตั้งอยู่ในเขตศูนย์สูตรซึ่งได้รับรังสีดวงอาทิตย์ค่อนข้างสูง (Janjai et al., 2005) ดังนั้นการใช้เทคโนโลยีการอบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์จึงมีความเป็นไปได้ในเชิงเทคนิคและเชิงเศรษฐกิจค่อนข้างสูง นักวิจัยต่าง ๆ จึงได้มีการพัฒนาระบบอบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์ เพื่อใช้แก้ปัญหาการอบแห้ง (Soponronnarit et al., 1991; Janjai and Hirunlabh, 1993; Janjai et al., 2007)

2. หลักการทำงานของระบบอบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์แบบเรือนกระจก

ระบบอบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์แบบเรือนกระจก มีโครงสร้างเป็นเหล็กโค้งรูปพาราโบลาและปิดคลุมรอบด้านด้วยแผ่นโพลีคาร์บอเนต โดยระบบอบแห้งนี้ได้ใช้พัดลมในการติดตั้งภายในระบบเพื่อดูดอากาศชื้นออกจากระบบ โดยพัดลมที่ใช้มีขนาด 15 วัตต์ 9 ตัว ซึ่งต่อตรงกับแผงโซลาร์เซลล์ขนาด 50 วัตต์ 3 แผง ซึ่งพัดลมดูดอากาศที่ใช้ในระบบอบแห้ง 3 ตัว ต่อแผงโซลาร์เซล 1 แผง

ระบบอบแห้งในงานวิจัยนี้ ได้เน้นขนาดที่ใหญ่ขึ้นเพื่อให้เหมาะกับงานระดับอุตสาหกรรม โดยมีพื้นที่ที่ปิดคลุมด้วยแผ่นโพลีคาร์บอเนต ขนาด 8.0×20 ตารางเมตร และมีพื้นสำหรับวางผลิตภัณฑ์ 97.2 ตารางเมตร นอกจากจะมีพัดลมที่ติดตั้งเพื่อใช้ในการดูดอากาศชื้นแล้ว นอกจากนี้ยังได้ติดตั้งเครื่องเผาไหม้แก๊ส LPG (LPG gas burner) ขนาดประมาณ 70 kW ระบบอบแห้งดังกล่าวสามารถอบผลิตภัณฑ์สดได้ 1000 กิโลกรัม ผู้วิจัยได้ทำการสร้างระบบอบแห้งดังกล่าวในพื้นที่ของ องค์การบริหารส่วนตำบลหัวเรือ อำเภอเมือง จังหวัดอุบลราชธานี ซึ่งแสดงดังรูปที่ 1 – 3

รูปที่ 1 เครื่องอบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์แบบเรือนกระจก ตั้งอยู่ที่องค์การบริหารส่วนตำบลหัวเรือ อ.เมือง จ.อุบลราชธานี

รูปที่ 2 แสดงชั้นวางผลิตภัณฑ์ภายในระบบอบแห้งและท่อกระจายลมร้อนของระบบความร้อนเสริม

รูปที่ 3 เครื่องเผาไหม้แก๊ส LPG

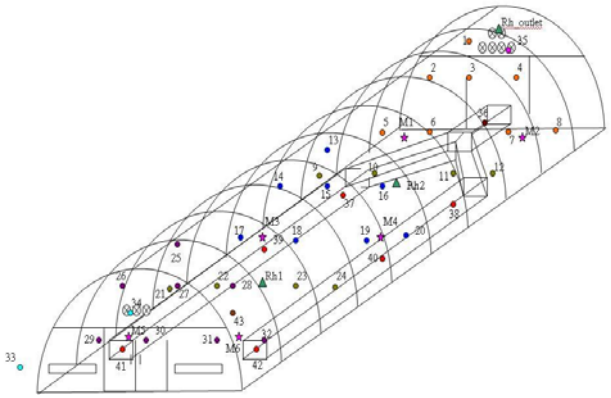
3. การทดสอบสรรถนะ

ผู้วิจัยได้ทำการทดสอบสรรถนะของเครื่องอบแห้งดังกล่าว โดยทำการทดลองอบแห้งพริกจำนวน 3 ครั้ง ครั้งละ 500 กิโลกรัม โดยผู้วิจัยจะยกตัวอย่างผลของการอบแห้งมานำเสนอ 1 ครั้งในช่วงวันที่ 28 – 30 พฤศจิกายน พ.ศ.2552 ซึ่งในการอบแห้งพริกผู้วิจัยจะทำการนำพริกเข้าไปวางบนตะแกรงในเครื่องอบแห้ง โดยแผ่เป็นชั้นบางเพื่อให้พริกได้รับความร้อนภายในเครื่องอบแห้งอย่างทั่วถึงแสดงดังรูปที่ 4

ในวันแรกของการทดลองได้นำผลิตภัณฑ์เข้าไปว่างในระบบอบแห้ง ซึ่งแล้วเสร็จประมาณ 8:00 น. พัดลมระบายอากาศจะทำงานอัตโนมัติ เนื่องจากใช้ไฟฟ้าจากแผงโซลาร์เซลล์ และจะหยุดทำงานเวลาประมาณ 18:00 น. ส่วนช่วงเวลากลางคืนจะปล่อยให้ผลิตภัณฑ์อยู่ในระบบอบแห้ง และในวันรุ่งขึ้น พัดลมจะเริ่มทำงานเวลาประมาณ 7:00 น. ความชื้นเริ่มต้นของผลิตภัณฑ์มีค่าเฉลี่ยประมาณ 74%(wb) จะอบให้ได้ความชื้นสุดท้าย 11%(wb)

ผู้วิจัยได้ทำการติดตั้งเทอร์โมคัปเปิลสำหรับวัดอุณหภูมิอากาศและไฮโกรมิเตอร์สำหรับวัดความชื้นสัมพัทธ์ของอากาศภายในเครื่องอบแห้ง ในการหาความเข้มรังสีดวงอาทิตย์นั้นผู้วิจัยได้ทำการติดตั้งไพราโนมิเตอร์ ไว้ที่ด้านบนหลังคาของเครื่องอบแห้งและข้อมูลที่ได้จะบันทึกใน data logger ทุก 10 นาที ตำแหน่งของจุดวัดต่างๆ แสดงไว้ดังรูปที่ 5

รูปที่ 4 แสดงพริกที่ตากในเครื่องอบแห้ง

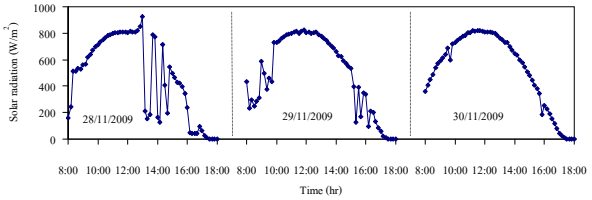


รูปที่ 5 แสดงตำแหน่งของจุดวัดต่างๆ ในการทดลองอบแห้ง($T \equiv$ อุณหภูมิ, $Rh \equiv$ ความชื้นสัมพัทธ์ $I \equiv$ ความเข้มรังสีดวงอาทิตย์ และ $M \equiv$ Moisture content)

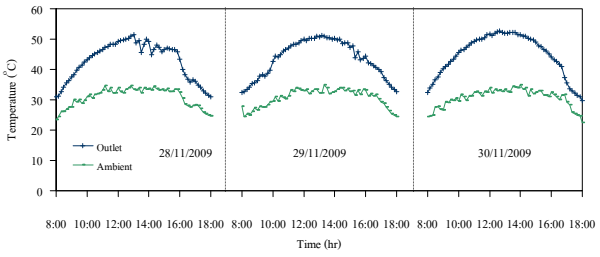
ในระหว่างทำการอบแห้งจะนำตัวอย่างพริกที่ตำแหน่งต่างๆไปทำการชั่งน้ำหนักทุกๆ 2 ชั่วโมง และเมื่อเสร็จสิ้นกระบวนการอบแห้งจะนำตัวอย่างดังกล่าวไปใส่ในเตาอบที่อุณหภูมิ 103 °C เป็นเวลา 24 ชั่วโมง เพื่อหามวลแห้ง แล้วนำค่าดังกล่าวไปใช้ในการหาความชื้นของพริกระหว่างการอบ

ผลการทดลอง

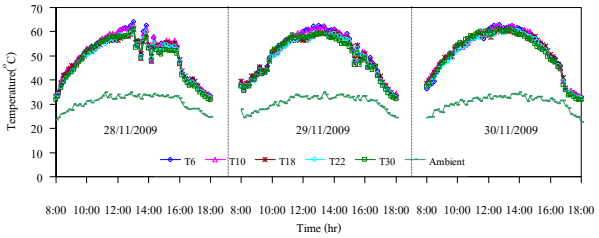
การแปรค่าความเข้มรังสีดวงอาทิตย์ อุณหภูมิ ความชื้นสัมพัทธ์ของอากาศ และความชื้นของผลิตภัณฑ์ของการทดลองอบแห้งพริกแสดงไว้ในรูปที่ 6 ถึง 9



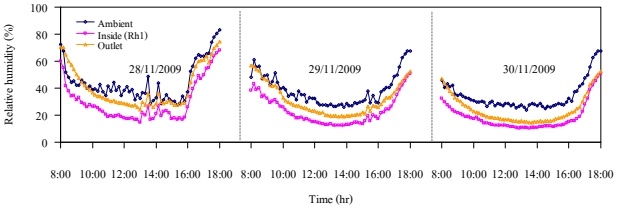
รูปที่ 6 การแปรค่าของความเข้มรังสีดวงอาทิตย์ในการทดลอง



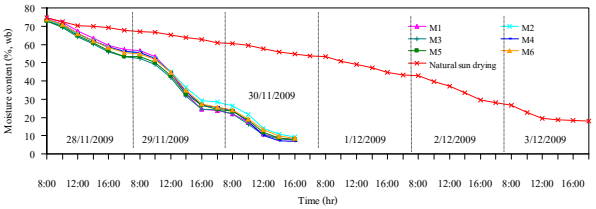
รูปที่ 7 อุณหภูมิอากาศแวดล้อมที่ไหลเข้า (ambient) และอุณหภูมิอากาศที่ขาออกจากระบบอบแห้ง (outlet)



รูปที่ 8 อุณหภูมิอากาศเหนือชั้นวางผลิตภัณฑ์



รูปที่ 9 การแปรค่าความชื้นสัมพัทธ์ที่ตำแหน่งต่างๆ



รูปที่ 10 การแปรค่าของความชื้นของผลิตภัณฑ์ที่ตำแหน่งต่างๆ ระหว่างการอบแห้ง เปรียบเทียบกับความชื้นของผลิตภัณฑ์ที่ตากแดดตามธรรมชาติ

ในระหว่างการทดลองนั้นมีท้องฟ้าแจ่มใสและสลับกับมีเมฆเป็นบางส่วนและอยู่ในช่วงที่ได้รับอิทธิพลความกดอากาศสูงแผ่ลงมาจากประเทศจีน ทำให้อากาศภายในพื้นที่นั้นมีอากาศค่อนข้างเย็น

ในด้านของอุณหภูมิของอากาศภายในเครื่องอบแห้งที่ตำแหน่งเหนือชั้นวาง (รูปที่ 8) จะเห็นได้ว่ามีการกระจายตัวของอุณหภูมิอย่างสม่ำเสมอ ความเข้มรังสีดวงอาทิตย์ โดยอุณหภูมิภายในเครื่องอบแห้งมีค่าระหว่าง 35 – 60 °C ในช่วงเวลา 9:00 – 17:00 น. ซึ่งสูงกว่าอุณหภูมิของอากาศแวดล้อมประมาณ 8 – 25 °C พิจารณากราฟความชื้นสัมพัทธ์อากาศจะมีค่าลดลงจากช่วงเช้าจนถึงค่าต่ำสุดในตอนเที่ยงและเพิ่มขึ้นในตอนเย็น เมื่อเทียบกับความชื้นสัมพัทธ์ของอากาศแวดล้อม จะพบว่าอากาศภายในเครื่องอบแห้งมีความชื้นสัมพัทธ์ต่ำกว่าอากาศแวดล้อม ทำให้อากาศภายในระบบอบแห้งมีศักยภาพในการอบแห้งสูงกว่าอากาศแวดล้อม

จากศักยภาพการอบแห้งของอากาศภายในเครื่องอบแห้งซึ่งมีอุณหภูมิสูงกว่าอากาศแวดล้อมและมีความชื้นสัมพัทธ์ต่ำกว่าอากาศแวดล้อม เป็นผลทำให้น้ำภายในพริกสดที่อยู่ในเครื่องอบแห้งระเหยได้เร็วกว่าการตากแดดตามธรรมชาติ ดังจะเห็นได้จากการลดลงของความชื้นของพริกในเครื่องอบแห้งเมื่อเปรียบเทียบกับตัวอย่างที่ตากแดดอยู่นอกระบบอบแห้งตามธรรมชาติ (รูปที่ 10) ซึ่งการตากแดดแบบธรรมชาติใช้เวลานานถึงประมาณ 6 วัน เมื่อเทียบกับการใช้ระบบอบแห้งใช้เวลาเพียง 3 วันเท่านั้น จากผลการทดลองดังกล่าวพบว่า

ระบบอบแห้งนี้สามารถใช้อบพริก 500 กิโลกรัม ที่ความชื้นเฉลี่ยประมาณ 74% (wb) จนมีความชื้นสุดท้ายประมาณ 11 % (wb)

สรุป

ผู้วิจัยได้ทำการปรับปรุงระบบอบแห้งเรือนกระจกโดยติดตั้งระบบให้ความร้อนเสริมและขยายขนาดให้สามารถใช้งานได้ในระดับอุตสาหกรรม และได้ทำการสร้างระบบอบแห้งดังกล่าวที่ องค์การบริหารส่วนตำบล หัวเรือ อำเภอเมือง จังหวัดอุบลราชธานี และทำการทดลองอบแห้งพริก 500 กิโลกรัม ผลการทดลองพบว่า ระบบอบแห้งดังกล่าวสามารถใช้อบแห้งพริกซึ่งมีความชื้นประมาณ 74% (wb) ให้เหลือความชื้นสุดท้าย 11% (wb) โดยใช้เวลา 3 วัน ซึ่งเร็วกว่าการตากแดดตามธรรมชาติที่ใช้เวลา 6 วัน จากการทดลองพบว่า ผลิตภัณฑ์ที่ได้จากระบบอบแห้งมีคุณภาพดีสามารถนำไปจำหน่ายในเชิงพาณิชย์ได้

เนื่องจากการทดลองนี้ทำในระยะสั้น ดังนั้นจึงจำเป็นต้องดำเนินการทดลองให้ครอบคลุมตลอดทั้งปี และทำการประเมินผลในเชิงเศรษฐกิจ ซึ่งอยู่ระหว่างดำเนินการเพื่อสรุปผลนำไปสู่การส่งเสริมและเผยแพร่ต่อไป

คำขอบคุณ

ผู้วิจัยขอขอบคุณกรมพัฒนาพลังงานทดแทนและอนุรักษ์พลังงาน กระทรวงพลังงานที่เชิญมหาวิทยาลัยศิลปากรให้ดำเนินโครงการนี้

เอกสารอ้างอิง

1. Janjai S., Hirunlabh J., Experimental study of a solar fruit dryer, Proceedings of ISES Solar World Congress, Budapest, Vol. 8 (1993), 123-128.
2. Janjai S., Khamvongsa V., Bala B.K., Development design and performance of a pv-ventilated greenhouse dryer, International Energy Journal 8 (2007), 249-258.
3. Janjai S., Laksanaboonsong J., Nunez M. Thongsathitya A., Development of a method for generating operational solar radiation maps from satellite data for a tropical environment, Solar Energy 78 (2005), 739-751.
4. Janjai S., Tung P., Performance of a solar dryer using hot air from roof-integrated solar collectors for drying herbs and spices, Renewable Energy 30 (2005), 2085-2095.
5. Soponronnarit S, Assayo M, Rakwichian W. Performance of a solar banana dryer. RERIC International Energy Journal 13 (1991), 71–79.