

ตู้อบแห้งแสงอาทิตย์ชนิดอากาศร้อนไหลลงแบบกะทัดรัด

A Compact Downdraft Solar Cabinet Dryer

วรรณุช แจ่งสว่าง

Woranuch Jangsawang

ศูนย์วิจัยพลังงานยั่งยืน คณะเทคโนโลยีอุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยราชภัฏพระนคร กรุงเทพฯ

โทร 02-552-5022

E-mail: wjangsawang@gmail.com

บทคัดย่อ

บทความนี้นำเสนอผลการทดสอบสมรรถนะทางความร้อนของตู้อบแห้งแสงอาทิตย์ชนิดอากาศร้อนไหลลงแบบกะทัดรัด ที่ได้ออกแบบเพื่อเพิ่มสมรรถนะทางความร้อนโดยออกแบบให้มีการอุ่นอากาศเพื่อเพิ่มอุณหภูมิของอากาศภายนอกก่อนเข้าไปยังห้องสะสมความร้อน และจัดรูปแบบการไหลของอากาศแบบกระจายลมร้อนเพื่อจ่ายเข้าไปภายในห้องอบแห้งผลิตภัณฑ์ จากการศึกษาพบว่า การอุ่นอากาศทำให้อุณหภูมิอากาศภายนอกก่อนเข้าไปในห้องสะสมความร้อนมีอุณหภูมิเพิ่มขึ้นร้อยละ 30 และอุณหภูมิอากาศร้อนที่จ่ายไปยังห้องอบแห้งผลิตภัณฑ์สูงกว่าอุณหภูมิอากาศภายนอกประมาณร้อยละ 37 และจากการออกแบบการไหลของอากาศร้อนไปยังห้องอบแห้งผลิตภัณฑ์แบบกระจายลมร้อนทำให้อุณหภูมิภายในห้องอบแห้งผลิตภัณฑ์ที่ตำแหน่งชั้นวางผลิตภัณฑ์ทั้ง 5 ชั้น มีอุณหภูมิไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ

Abstract

The present paper presented the thermal performance of a compact solar cabinet dryer based on downdraft design. To increase the thermal performance, the solar dryer is designed including with the special design of preheating of ambient air before flow through the solar collector house and flow arrangement of hot air based on hot air distribution technique to control flowing of hot air through out the solar collector house. The results showed that preheating of ambient air before passing through the solar collector house can boost the temperature up to 30 percent. The hot air temperature

passes through the solar drying house is higher than the ambient air around 37 percent. Moreover the results showed that with the special design of hot air distribution, the temperature within the solar dryer house at the position of five plates is no significant difference.

1. บทนำ

ประเทศไทยตั้งอยู่ในเขตอากาศร้อนชื้นได้รับรังสีอาทิตย์ตลอดทั้งปี จึงมีศักยภาพสูงในการนำพลังงานแสงอาทิตย์มาใช้ประโยชน์ ความเข้มรังสีอาทิตย์รวมรายวันเฉลี่ยตลอดทั้งปีของพื้นที่ทั่วประเทศมีค่า 18.2 เมกะจูลต่อตารางเมตรต่อวัน [1] การประยุกต์นำพลังงานความร้อนจากแสงอาทิตย์มาใช้ประโยชน์ในกระบวนการอบแห้งเพื่อทดแทนพลังงานรูปแบบเดิมที่ใช้กันอยู่จึงเป็นแนวทางในการใช้พลังงานอย่างยั่งยืน และทำให้ลดต้นทุนในการผลิตสินค้า อีกทั้งเป็นการช่วยลดปัญหาสิ่งแวดล้อมอีกทางหนึ่งด้วย ตู้อบแห้งแสงอาทิตย์ที่พัฒนามาใช้งานมีลักษณะ และรูปแบบที่แตกต่างกันออกไปทั้งนี้ขึ้นกับวัตถุประสงค์ที่ต้องการนำไปใช้งาน เช่น ระดับอุณหภูมิที่ต้องการ ขนาดของตู้อบวัสดุที่ใช้ในการก่อสร้าง พื้นที่ที่ต้องการนำไปใช้งาน และผลิตภัณฑ์ที่ต้องการอบแห้ง เป็นต้น ตู้อบแห้งแสงอาทิตย์ที่นำมาใช้งานโดยทั่วไปอาจแบ่งได้เป็น 3 รูปแบบคือ รูปแบบที่ผลิตภัณฑ์รับรังสีอาทิตย์โดยตรง รูปแบบที่ผลิตภัณฑ์รับรังสีอาทิตย์โดยอ้อม และ รูปแบบที่ผลิตภัณฑ์รับรังสีอาทิตย์โดยตรงและโดยอ้อม ตู้อบแห้งแสงอาทิตย์แต่ละแบบดังกล่าวอาจมีการออกแบบให้มีส่วนสะสมความร้อนเพื่อดูดกลืนรังสีอาทิตย์ได้เพิ่มขึ้น โดยส่วนสะสมความร้อนมักจะ

RECEIVED 29 October, 2012

ACCEPTED 18 December, 2012

แยกส่วนจากส่วนอบแห้งผลิตภัณฑ์ ทำให้ต้องใช้พื้นที่ในการติดตั้งมาก และไม่สะดวกในการใช้งาน เพื่อแก้ไขข้อจำกัดดังกล่าว ตู้อบแห้งแสงอาทิตย์แบบอากาศร้อนไหลลง ที่ออกแบบโดยส่วนสะสมความร้อนต่อกับส่วนอบแห้งผลิตภัณฑ์ และใช้พัดลมดึงอากาศร้อนมายังห้องอบแห้งผลิตภัณฑ์ ได้ออกแบบและพัฒนาขึ้น ทำให้มีความสะดวกในการใช้งาน และสามารถใช้งานได้กับบริเวณที่มีพื้นที่ในการติดตั้งจำกัด เช่น อาคารพาณิชย์ เป็นต้น

2. ทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

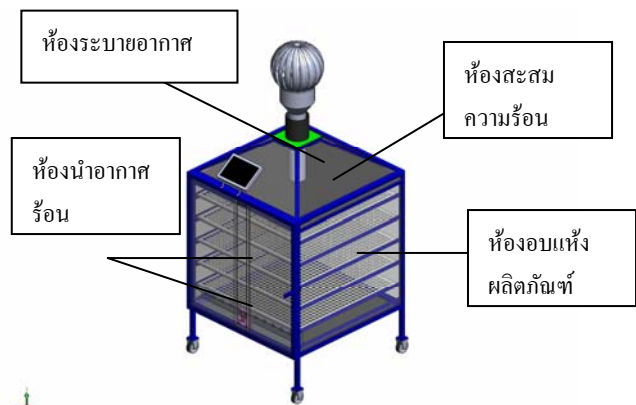
การอบแห้งด้วยพลังงานแสงอาทิตย์เป็นการอบแห้งผลิตภัณฑ์โดยใช้ความร้อนจากพลังงานแสงอาทิตย์เพื่อระเหยน้ำออกจากผลิตภัณฑ์ ตู้อบแห้งแสงอาทิตย์อาจจำแนกประเภทได้โดยพิจารณาจาก ลักษณะของการพาความร้อน และลักษณะการรับรังสีความร้อนของผลิตภัณฑ์ ถ้าจำแนกตามลักษณะการพาความร้อนอาจแบ่งตู้อบแห้งแสงอาทิตย์ได้เป็น 2 แบบคือแบบการพาความร้อนตามธรรมชาติ และแบบการพาความร้อนแบบบังคับ ถ้าแบ่งตามลักษณะการรับรังสีความร้อนของผลิตภัณฑ์ แบ่งได้เป็น 3 ประเภทคือ ตู้อบแห้งแสงอาทิตย์แบบที่ผลิตภัณฑ์รับรังสีอาทิตย์โดยตรง ตู้อบแห้งแสงอาทิตย์แบบที่ผลิตภัณฑ์รับรังสีอาทิตย์โดยอ้อม และตู้อบแห้งแสงอาทิตย์แบบที่ผลิตภัณฑ์รับรังสีอาทิตย์ทั้งโดยตรงและโดยอ้อม [2]

ตู้อบแห้งแสงอาทิตย์รูปแบบต่างๆที่มีการพัฒนาตามวัตถุประสงค์ของการนำไปใช้งานได้แก่ Janjai et al. [3] ได้พัฒนาเครื่องอบตะไคร้พลังงานแสงอาทิตย์ โดยใช้อากาศร้อนจากแผงรับรังสีอาทิตย์ขนาด 10 ตารางเมตร วรรณุช แจงสว่าง [4] ได้พัฒนาตู้อบแห้งแสงอาทิตย์แบบอากาศร้อนไหลลงที่ออกแบบให้ส่วนผลิตอากาศร้อนเป็นหลังคา และออกแบบให้มีระบบอุ่นอากาศ และระบบการไหลของอากาศร้อนเข้าไปภายในห้องอบแห้งผลิตภัณฑ์

3. วัสดุ อุปกรณ์ และวิธีการทดสอบ

ตู้อบแห้งแสงอาทิตย์ที่ใช้ในการทดสอบสมรรถนะทางความร้อนในการศึกษานี้ เป็นตู้อบแห้งแสงอาทิตย์แบบอากาศร้อน

ไหลลงที่พัฒนาขึ้นที่ศูนย์วิจัยพลังงานยั่งยืน คณะเทคโนโลยีอุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยราชภัฏพระนคร [4] ตู้อบแห้งแสงอาทิตย์ดังกล่าวเป็นตู้อบแห้งแบบเรือนกระจกที่ทำจากวัสดุโปร่งใสทั้งตู้ มีรูปทรงเป็นทรงสี่เหลี่ยมลูกบาศก์ ขนาดห้องอบแห้งไม่รวมส่วนสะสมความร้อน (หลังคา) มีขนาด 1.2X1.2 X 1.2 เมตร หลังคาเป็นทรงจั่วทำหน้าที่เป็นส่วนสะสมความร้อน โดยมีองค์ประกอบหลัก 4 ส่วนคือ ห้องสะสมความร้อน ห้องนำอากาศร้อน ห้องอบแห้งผลิตภัณฑ์ และห้องระบายอากาศ โดยมีลักษณะที่สำคัญคือ องค์ประกอบทั้งสี่ส่วนประกอบต่อเป็นชุดเดียวกัน ทำให้มีรูปทรงกะทัดรัด และมีความสะดวกในการใช้งาน รายละเอียดของตู้อบแห้งแสงอาทิตย์ชนิดอากาศร้อนไหลลงแบบกะทัดรัดแสดงดังรูปที่ 1



รูปที่ 1 ตู้อบแห้งแสงอาทิตย์ชนิดอากาศร้อนไหลลงแบบกะทัดรัด

เพื่อเพิ่มสมรรถนะทางความร้อนของตู้อบแห้งแสงอาทิตย์ชนิดอากาศร้อนไหลลงแบบกะทัดรัด ผู้วิจัยได้ออกแบบให้มีการอุ่นอากาศเพื่อเพิ่มอุณหภูมิของอากาศภายนอกก่อนเข้าไปยังห้องสะสมความร้อน และจัดรูปแบบการไหลของอากาศแบบกระจายลมร้อนเพื่อจ่ายเข้าไปภายในห้องอบแห้งผลิตภัณฑ์

การทดสอบสมรรถนะทางความร้อนของตู้อบแห้งแสงอาทิตย์แบบอากาศร้อนไหลลงในการศึกษานี้ทำการศึกษาคำแปรที่ส่งผลต่ออุณหภูมิภายในห้องอบแห้งผลิตภัณฑ์ ซึ่งแบ่งเป็นคำแปรที่เป็นปัจจัยภายนอก และคำแปรที่เป็นปัจจัยภายใน คำแปรที่เป็นปัจจัยภายนอกได้แก่ ความเข้มรังสี

อาทิตย์ ความชื้นสัมพัทธ์ ความเร็วลม และ อุณหภูมิอากาศภายนอก เป็นต้น สำหรับในการศึกษานี้ศึกษาเฉพาะปัจจัยหลัก ได้แก่ ความเข้มรังสีอาทิตย์ และอุณหภูมิอากาศภายนอก ตัวแปรที่เป็นปัจจัยภายใน ได้แก่ อุณหภูมิอากาศร้อนภายในห้องสะสมความร้อน อุณหภูมิอากาศร้อนภายในห้องอากาศ และอุณหภูมิภายในห้องอบแห้งผลิตภัณฑ์ที่ตำแหน่งต่างๆ การวัดค่าความเข้มรังสีอาทิตย์ทำการวัด โดยใช้ ไพรานอมิเตอร์ และวัดอุณหภูมิที่ตำแหน่งต่างๆ โดยใช้เทอร์โมคัปเปิล และบันทึกข้อมูลโดยเครื่องบันทึกข้อมูลอัตโนมัติกำหนดความถี่ในการบันทึกข้อมูลทุก 5 นาที ตัวแปรที่ทำการศึกษามรรณะทางความร้อนของตู้อบแห้งแสงอาทิตย์แสดงดังตารางที่ 1

ตารางที่ 1 ตัวแปรที่ศึกษาสมรรถนะทางความร้อนของตู้อบแห้งแสงอาทิตย์

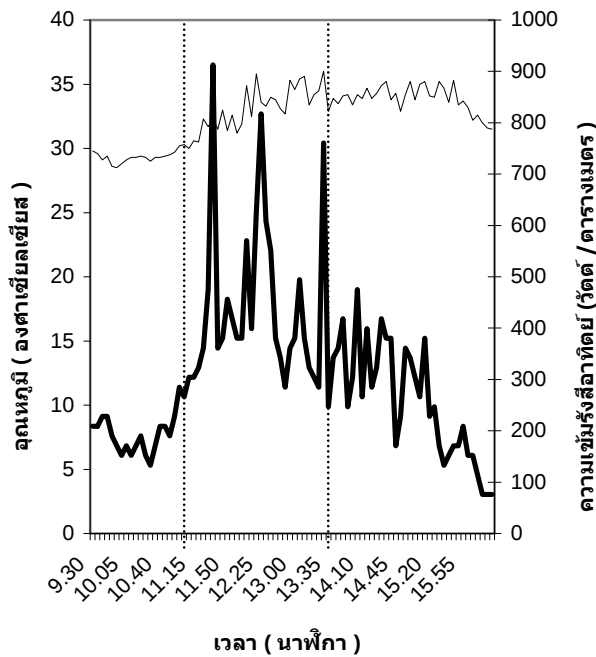
ปัจจัยภายนอก	ปัจจัยภายใน
1. ความเข้มรังสีอาทิตย์	1.อุณหภูมิอากาศภายนอกที่อุ่นก่อนเข้าห้องสะสมความร้อน
2. อุณหภูมิอากาศภายนอกห้องอบแห้ง	2. อุณหภูมิอากาศร้อนภายในห้องสะสมความร้อน
	3. อุณหภูมิอากาศร้อนที่ดึงมาจากห้องสะสมความร้อน
	4. อุณหภูมิอากาศร้อนภายในห้องอบแห้งผลิตภัณฑ์ที่ตำแหน่งต่างๆ

4. ผลการทดสอบ

สมรรถนะทางความร้อนของตู้อบแห้งแสงอาทิตย์ขึ้นกับปัจจัยต่างๆแบบมีความสัมพันธ์กันอย่างต่อเนื่อง การทดสอบจะนำเสนอความสัมพันธ์ที่ส่งผลต่อเนื่องเป็นลำดับ โดยข้อมูลที่น่าสนใจเป็นข้อมูลจากการศึกษาในวันที่ 6 ธันวาคม 2553

4.1 ความสัมพันธ์ระหว่างความเข้มรังสีอาทิตย์และอุณหภูมิอากาศภายนอก

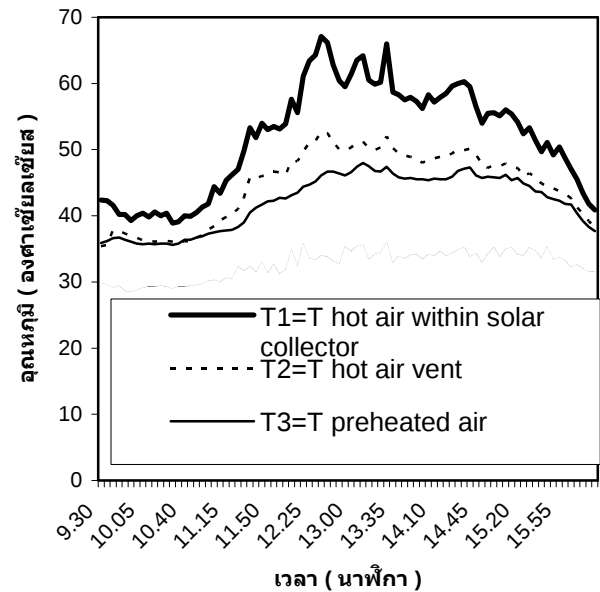
ความเข้มรังสีอาทิตย์และอุณหภูมิอากาศภายนอกเป็นตัวแปรที่เป็นปัจจัยภายนอกที่ส่งผลโดยตรงต่ออุณหภูมิภายในห้องอบแห้งผลิตภัณฑ์ เนื่องจากตู้อบแห้งแสงอาทิตย์ออกแบบให้ผลิตภัณฑ์รับรังสีอาทิตย์ทั้งโดยตรงและโดยอ้อม จากข้อมูลความเข้มรังสีอาทิตย์และอุณหภูมิอากาศภายนอกในวันที่ทำการศึกษา พบว่า ความเข้มรังสีอาทิตย์และอุณหภูมิอากาศภายนอกมีการเปลี่ยนแปลงตลอดวัน ถ้าพิจารณาจากกราฟแสดงการเปลี่ยนแปลงความเข้มรังสีอาทิตย์ดังรูปที่ 2 พบว่าความเข้มรังสีอาทิตย์มีการเปลี่ยนแปลงตามช่วงเวลา ซึ่งอาจ แบ่งความเข้มรังสีอาทิตย์เป็น 3 ช่วงคือ ช่วงความเข้มรังสีอาทิตย์ต่ำ ช่วงความเข้มรังสีอาทิตย์ปานกลาง และช่วงความเข้มรังสีอาทิตย์สูง โดยช่วงความเข้มรังสีอาทิตย์ต่ำอยู่ในระหว่างเวลาช่วงเช้าถึงเวลา 11.30 น. ช่วงความเข้มรังสีอาทิตย์ปานกลางอยู่ระหว่างเวลา 14.00 - 16.00 น. และช่วงความเข้มรังสีอาทิตย์สูงอยู่ระหว่างช่วงเวลา 11.30- 14.00 น. และอุณหภูมิอากาศภายนอกมีความสัมพันธ์โดยตรงกับค่าความเข้มรังสีอาทิตย์โดยในช่วงที่ความเข้มรังสีอาทิตย์มีค่าสูงอุณหภูมิอากาศภายนอกจะสูง ช่วงรังสีอาทิตย์มีค่าต่ำอุณหภูมิอากาศภายนอกจะต่ำ ในวันที่ทำการทดลองความเข้มรังสีอาทิตย์มีค่าเฉลี่ยตลอดวัน 322 วัตต์/ ตารางเมตร อุณหภูมิอากาศภายนอกมีค่าเฉลี่ย 32.54 องศาเซลเซียส



รูปที่ 2 ความสัมพันธ์ระหว่างความเข้มรังสีอาทิตย์และอุณหภูมิอากาศภายนอก

4.2 อุณหภูมิอากาศร้อนที่จ่ายเข้าภายในห้องอบแห้งผลิตภัณฑ์
จากการออกแบบตู้อบแห้งแสงอาทิตย์ที่ให้ส่วนเก็บสะสมความร้อนเป็นส่วนโปร่งใส และมีแผ่นดูดความร้อนอยู่ภายใน โดยอากาศจากภายนอกจะไหลผ่านท่ออุ่นอากาศเพื่อเพิ่มอุณหภูมิก่อนผ่านเข้าไปภายในห้องสะสมความร้อน และอากาศร้อนจากภายในห้องสะสมความร้อนจะถูกดูดผ่านออกมาทางห้องอากาศร้อนและไหลผ่านไปยังห้องอบแห้งผลิตภัณฑ์ทางช่องจ่ายอากาศ จากลักษณะและรูปแบบของตู้อบแห้งแสงอาทิตย์ที่ออกแบบให้มีการอุ่นอากาศและส่วนสะสมความร้อนเป็นหลังคาหน้าจั่วทั้งสี่ด้านทำให้สามารถรับรังสีอาทิตย์ได้ทุกด้านโดยไม่จำเป็นต้องปรับทิศทางมารับรังสีอาทิตย์ตลอดวัน จากกราฟในรูปที่ 3 แสดงการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิที่ตำแหน่งต่างๆภายในตู้อบแห้งแสงอาทิตย์ชนิดอากาศร้อนไหลลงแบบกะทัดรัดเปรียบเทียบกับอุณหภูมิอากาศภายนอก พบว่าการอุ่นอากาศทำให้อุณหภูมิอากาศที่อุ่นมีค่าสูงกว่าอุณหภูมิอากาศภายนอกมาก โดยอุณหภูมิอากาศภายนอกเฉลี่ยตลอดวันที่ทำการทดลองมีค่า 32.54 องศาเซลเซียส อุณหภูมิอากาศที่อุ่นก่อนไหลเข้าไปยังห้องสะสมความร้อนมีค่าเฉลี่ย 42.21 องศาเซลเซียส ซึ่งมี

ค่าเพิ่มขึ้นประมาณร้อยละ 30 โดยอากาศอุ่นที่มีอุณหภูมิสูงขึ้นมีผลทำให้อุณหภูมิอากาศร้อนภายในห้องสะสมความร้อนมีค่าสูงขึ้นด้วย โดยอุณหภูมิอากาศร้อนภายในห้องสะสมความร้อนมีอุณหภูมิเฉลี่ย 51.85 องศาเซลเซียส และอุณหภูมิอากาศร้อนที่ถูกดูดลงมาและจ่ายไปยังห้องอบแห้งผลิตภัณฑ์มีอุณหภูมิเฉลี่ย 44.63 องศาเซลเซียส โดยมีค่าสูงกว่าอุณหภูมิอากาศภายนอกประมาณร้อยละ 37

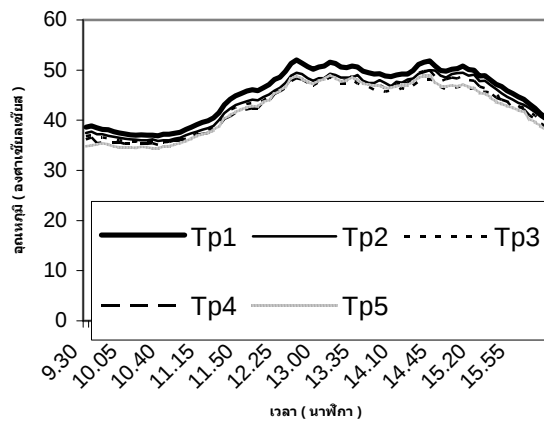


รูปที่ 3 อุณหภูมิที่ตำแหน่งต่างๆภายในตู้อบแห้งแสงอาทิตย์ชนิดอากาศร้อนไหลลงแบบกะทัดรัดเปรียบเทียบกับอุณหภูมิอากาศภายนอก

4.3 อุณหภูมิอากาศร้อนภายในห้องอบแห้งผลิตภัณฑ์

ตู้อบแห้งแสงอาทิตย์ชนิดอากาศร้อนไหลลงแบบกะทัดรัดในการศึกษานี้ มีชั้นวางผลิตภัณฑ์ 5 ชั้น โดยชั้นที่ 1 วางอยู่ตำแหน่งต่ำสุด และชั้นที่ 5 วางอยู่ในตำแหน่งสูงสุด อุณหภูมิอากาศร้อนภายในห้องอบแห้งผลิตภัณฑ์ที่ตำแหน่งชั้นวางผลิตภัณฑ์แต่ละชั้นแสดงดังกราฟในรูปที่ 4 จากผลการทดสอบพบว่า จากการออกแบบการไหลของอากาศร้อนเข้าสู่ห้องอบแห้งผลิตภัณฑ์แบบกระจายลมร้อน ทำให้อุณหภูมิในแต่ละชั้นที่วางผลิตภัณฑ์มีอุณหภูมิใกล้เคียงกัน โดยอุณหภูมิเฉลี่ยในชั้นที่ 1 45.33 องศาเซลเซียส ชั้นที่ 2 43.84 องศาเซลเซียส ชั้นที่ 3 42.83 องศาเซลเซียส ชั้นที่ 4 42.96

องศาเซลเซียส และชั้นที่ 5 42.5 องศาเซลเซียส จากผลการทดสอบ ในวันที่ทำการทดลองค่าความเข้มรังสีอาทิตย์เฉลี่ยมีค่า 322 วัตต์ต่อตารางเมตร ซึ่งเป็นวันที่มีค่าความเข้มรังสีอาทิตย์ต่ำ เมื่อเปรียบเทียบกับค่าความเข้มรังสีอาทิตย์รวมเฉลี่ยรายปีของประเทศไทยมีค่า 63 วัตต์ต่อตารางเมตร การเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิที่ชั้นต่างๆที่วางผลิตภัณฑ์ ดังแสดงในกราฟรูปที่ 4 จะเห็นได้ว่าอุณหภูมิอากาศร้อนภายในห้องอบแห้งผลิตภัณฑ์ตลอดวันมีอุณหภูมิอยู่ระหว่าง 40-58 องศาเซลเซียส โดยอุณหภูมิในแต่ละช่วงเวลาในแต่ละชั้นที่วางผลิตภัณฑ์มีลักษณะการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิที่สอดคล้องกัน โดยอุณหภูมิในแต่ละชั้นไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ



รูปที่ 4 อุณหภูมิอากาศร้อนภายในห้องอบแห้งผลิตภัณฑ์ในแต่ละชั้น

5.สรุปผลการทดลอง

ผลการทดสอบสมรรถนะทางความร้อนของตู้อบแห้งแสงอาทิตย์ชนิดอากาศร้อนไหลลงแบบกะทัดรัดที่พัฒนาโดยออกแบบเป็นตู้อบแห้งแสงอาทิตย์แบบเรือนกระจก ที่มีส่วนสะสมความร้อนเป็นลังคา และมีการออกแบบให้มีการอุ่นอากาศก่อนเข้าห้องสะสมความร้อน และจัดการไหลของอากาศร้อนที่ไหลผ่านไปยังห้องอบแห้งผลิตภัณฑ์แบบกระจายลมร้อน ผลการทดสอบพบว่า การอุ่นอากาศทำให้อุณหภูมิอากาศภายนอกก่อนเข้าไปในห้องสะสมความร้อนมีอุณหภูมิเพิ่มขึ้นร้อยละ 30 อุณหภูมิอากาศร้อนที่จ่ายไปยังห้องอบแห้งผลิตภัณฑ์มี อุณหภูมิสูงกว่าอุณหภูมิอากาศภายนอกประมาณร้อยละ 37 และจากการออกแบบการไหล

ของอากาศร้อนไปยังห้องอบแห้งผลิตภัณฑ์แบบกระจายลมร้อนทำให้อุณหภูมิภายในห้องอบแห้งผลิตภัณฑ์แต่ละชั้นมีค่าไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ

6. กิตติกรรมประกาศ

ผู้วิจัยขอขอบคุณ สำนักงานคณะกรรมการอุดมศึกษา เครือข่ายวิจัยภาคกลางตอนบน ที่ให้การสนับสนุนทุนวิจัยในการศึกษานี้

7. เอกสารอ้างอิง

- [1] กรมพัฒนาและส่งเสริมพลังงาน กระทรวงวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยีและสิ่งแวดล้อม และภาควิชาฟิสิกส์ คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยศิลปากร, 2542, แผนที่ศักยภาพพลังงานแสงอาทิตย์ จากข้อมูลดาวเทียมสำหรับประเทศไทย,
- [2] วรณัฐ แจ้งสว่าง, 2551, พลังงานหมุนเวียน, สำนักพิมพ์แห่งจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, กรุงเทพฯ
- [3] Janjai, S., Chantaraksa, W., Hirunlabh, J, 2001, Performance of a solar dryer for lemongrass , Proceeding of a Symposium on Food Security, 3-7 January, 2001 , Chaingmai , Thailand.
- [4] วรณัฐ แจ้งสว่าง, 2554, รายงานการวิจัยเรื่อง การพัฒนาตู้อบแห้งแสงอาทิตย์เพื่อใช้ในการแปรรูปผลิตภัณฑ์อาหารจากเนื้อสัตว์, เครือข่ายวิจัยภาคกลางตอนบน สำนักงานคณะกรรมการอุดมศึกษา