

ตู้อบแห้งผิวเมล็ดมะพร้าวพลังงานแสงอาทิตย์แบบอุโมงค์ลม Drying of Coconut Seed Coat by Solar Tunnel Dryer

วชร กาลาสี^{1*} และ ปัญญา แดงวิไลลักษณ์

¹ สาขาวิชาวิศวกรรมเครื่องกล สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง วิทยาเขตชุมพร อ.ปะทิว จ.ชุมพร 86160

*ติดต่อ: E-mail: kkwachar@kmitl.ac.th, โทรศัพท์ 0-7750-6434, โทรสาร 0-7750-6434

บทคัดย่อ

ตู้อบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์แบบอุโมงค์ลมออกแบบสำหรับอบแห้งผลิตภัณฑ์ ซึ่งสามารถอบแห้งผิวเมล็ดมะพร้าวได้ครั้งละ 20 กิโลกรัม โดยตู้อบแห้งที่สร้างมีขนาด ความกว้าง 1 เมตร ความยาว 6 เมตร ความสูง 0.27 เมตร ตู้อบแห้งดังกล่าวประกอบด้วย ส่วนแผงรับรังสีแสงอาทิตย์และส่วนอบผลิตภัณฑ์โดยทั้งสองส่วนปิดด้วยกระจกใสและมีโครงสร้างเป็นแบบเดียวกัน อากาศร้อนจากส่วนแผงรับรังสีแสงอาทิตย์จะเคลื่อนที่เข้าไปในส่วนอบผลิตภัณฑ์ โดยใช้พัดลมที่ทำงานด้วยกำลังไฟฟ้าจากแผงโซลาร์เซลล์ขนาด 12 วัตต์ ผลิตภัณฑ์ที่อยู่ในตู้อบแห้งจะวางเป็นชั้นบางๆ เพื่อให้ได้รับอากาศร้อนจากแผงรับรังสีแสงอาทิตย์และจากรังสีแสงอาทิตย์ที่ตกกระทบผลิตภัณฑ์โดยตรง สำหรับการทดสอบได้ทดสอบที่สภาวะต่างๆ คือ สภาวะที่ 1 การอบแห้งแบบเปิดพัดลมระบายอากาศ สภาวะที่ 2 การอบแห้งแบบไม่เปิดพัดลมระบายอากาศ สภาวะที่ 3 การตากแดดแบบธรรมชาติ ผลการทดลองพบว่า อุณหภูมิอากาศในตู้อบแห้งมีค่าอยู่ในช่วง 66-78 องศาเซลเซียส เวลาที่ใช้ในการอบแห้งผลิตภัณฑ์ให้มีค่าความชื้น (มาตรฐานเปียก) น้อยกว่า 5 เปอร์เซ็นต์ ที่สภาวะที่ 1 ใช้เวลา 13 ชั่วโมง สภาวะที่ 2 ใช้เวลา 16 ชั่วโมง และสภาวะที่ 3 ใช้เวลา 22 ชั่วโมง ผลิตภัณฑ์ที่อบในตู้อบแห้งจะแห้งเร็วกว่าการตากแบบธรรมชาติ และไม่ได้รับความเสียหายจากแมลงรบกวนและการเปียกฝนระหว่างการอบแห้ง นอกจากนี้ผลิตภัณฑ์แห้งที่ได้มีคุณภาพตามความต้องการของตลาด

คำหลัก: พลังงานแสงอาทิตย์ เมล็ดมะพร้าวอบแห้ง อากาศร้อน

Abstract

Solar tunnel dryer was design to drying coconut seed coat with a loading capacity of about 20 kg. Solar dryer was built similar box which has 1 meter width 6 meter length 0.27 meter high. The dryer composed a glass-cover plate collector and a glass-cover drying tunnel. The drying arranging to supplied hot air directly to the drying tunnel using a fan powered by a 12 W from solar cell module. The products to be dried are spread in one layers on trays in the drying tunnel to receive energy from bolt the hot air supplied by the collector and solar radiation. There are three conditions of experiment. The first condition has fan controller the second condition has not fan controller the third condition has natural sun drying. Drying tests the temperature in the drying tunnel varied between 66-78 °C to achieve the moisture content less than 5 percent from results of drying time First condition has 13 hours second condition has 16 hours and third condition has 22 hours. Consider the

drying time for drying the products in the dryer is shorter than that for the products dried with natural sun drying during the products being to dried in the dryer it protect from rain and insects. The dried products are of high quality.

Keywords: solar energy, coconut seed drying, hot air.

1. บทนำ

มะพร้าวจัดเป็นพืชเศรษฐกิจชนิดหนึ่งของประเทศไทยที่ถูกนำมาแปรรูปเป็นผลิตภัณฑ์ต่างๆ มากมาย เช่น น้ำตาลสดและน้ำตาลมะพร้าวจะผลิตได้จากจั่นมะพร้าว กะทิกล่อง วันมะพร้าว และน้ำมันมะพร้าวบริสุทธิ์ก็ผลิตได้จากผลและเมล็ดมะพร้าว เป็นต้น การยืดอายุการเก็บรักษาผลผลิตจากมะพร้าว โดยเฉพาะผิวเมล็ดมะพร้าว หรือเนื้อมะพร้าวนั้นสามารถทำได้โดยการทำให้แห้ง โดยในอุตสาหกรรมการผลิตเนื้อมะพร้าวแห้งได้กำหนดให้มีความชื้นฐานเปียกในเนื้อมะพร้าวได้ไม่เกิน 6-8 เปอร์เซ็นต์

การอบแห้งเป็นกระบวนการที่ใช้ความร้อนในการระเหยน้ำออกจากผลิตภัณฑ์ ซึ่งต้องใช้พลังงานความร้อน 3-6 เมกกะจูล ในการระเหยน้ำ 1 กิโลกรัม จากผลิตภัณฑ์ วิธีการอบแห้งที่เกษตรกรนิยมใช้กันทั่วไปได้แก่ การตากแดดตามธรรมชาติ ทั้งนี้เพราะทำได้ง่ายและเสียค่าใช้จ่ายที่น้อย แต่ก็มักประสบปัญหาเรื่อง ดิน ฟ้า อากาศ และผลผลิตเสียหายระหว่างการตาก เช่น การถูกทำลายโดยสัตว์ นก หนู และแมลง รวมถึงการปนเปื้อนจากสิ่งสกปรกต่างๆ นอกจากนี้การตากแดดตามธรรมชาติจะขึ้นอยู่กับสภาพดินฟ้าอากาศซึ่งไม่สามารถควบคุมได้ การอบแห้งที่มีความชื้นลดลงช้าเกินไปจะมีผลต่อคุณภาพของผลิตภัณฑ์แห้งที่ได้ เช่น อาจเกิดราขึ้นระหว่างการอบ

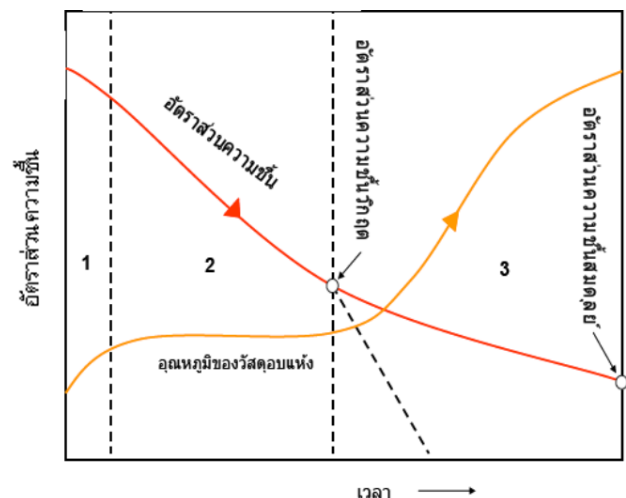
จากการศึกษาพบว่าเครื่องอบแห้งจากพลังงานแสงอาทิตย์นั้น ได้มีนักวิจัยหลายท่านได้ทำการศึกษาและทำการทดลองกันอย่างแพร่หลาย [1, 2] แต่ลักษณะเด่นของเครื่องอบแห้งแต่ละแบบนั้นก็จะมีลักษณะแตกต่างกันออกไป ซึ่งจะขึ้นอยู่กับการออกแบบและความเหมาะสมของพื้นที่แต่ละแห่ง ดังนั้นในงานวิจัยนี้จึงได้ทำการออกแบบ สร้าง และทดสอบตู้อบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์

แบบอุโมงค์ลม เพื่อแก้ปัญหาดังกล่าวข้างต้นและเป็นทางเลือกแก่เกษตรกร

2. ทฤษฎี

2.1 ทฤษฎีการอบแห้ง

การอบแห้ง เป็นกระบวนการที่ความร้อนถูกถ่ายเทด้วยวิธีใดวิธีหนึ่งไปยังวัสดุที่มีความชื้น เพื่อไล่ความชื้นออกโดยการระเหย หลักการของการอบแห้งวัสดุทั่วไปนั้นมักใช้อากาศเป็นตัวกลาง ในการอบแห้งความร้อนจะถูกถ่ายเทจากกระแสอากาศไปยังผิวของวัสดุที่มีความชื้นอยู่ภายใน เมื่อผิวของวัสดุเกิดการสัมผัสกับอากาศร้อนก็จะเกิดการถ่ายเทความร้อนขึ้น ทำให้วัสดุอบแห้งดังกล่าวมีอุณหภูมิสูงขึ้น ความชื้นจะระเหยกลายเป็นไอออกจากวัสดุไปสู่บรรยากาศรอบข้าง ถ้ากำหนดให้อุณหภูมิและความชื้นของอากาศที่ไหลผ่านวัสดุอบแห้งมีค่าคงที่และอากาศที่ถูกถ่ายเทความร้อนให้แก่วัสดุเป็นแบบการพาความร้อน การลดลงของความชื้นในวัสดุอบแห้งจะมีลักษณะเป็นไปดังรูปที่ 1



รูปที่ 1 เส้นอัตราส่วนความชื้นกับเวลา [3]

จากรูปที่ 1 ทำให้สามารถแบ่งการอบแห้งแบ่งออกเป็น 3 ช่วงใหญ่ๆ ดังต่อไปนี้

1. ช่วงให้ความร้อนเบื้องต้นกับวัสดุ เป็นช่วงที่ผิวของวัสดุที่เปียกชื้น ความชื้นที่ผิวจะอยู่ในรูปของน้ำ ถ้าเอาวัสดุมาอบแห้งภายใต้เงื่อนไขที่คงที่ อุณหภูมิของวัสดุจะมีค่าใกล้เคียงกับอุณหภูมิกระเปาะเปียก (Wet Bulb Temperature) ของกระแสลมร้อน
2. เป็นช่วงอบแห้งที่อุณหภูมิคงที่ อุณหภูมิของวัสดุจะค่อนข้างคงที่โดยประมาณตามอัตราที่ความชื้นยังคงเหลืออยู่ในรูปของน้ำที่ผิวของวัสดุ ความร้อนทั้งหมดที่วัสดุได้รับในช่วงนี้ จะถูกใช้ในการระเหยความชื้นเท่านั้น
3. ช่วงการอบแห้งที่ความเร็วลดลง ความชื้นในรูปของน้ำที่ผิวของวัสดุจะระเหยหมดไปเพราะการถ่ายเทความร้อนในรูปของน้ำจากส่วนในของวัสดุเกิดขึ้นไม่ทันกับการระเหยจากผิวของวัสดุ ดังนั้นผิวของวัสดุจะอยู่ในรูปที่แห้งและอุณหภูมิของวัสดุจะเริ่มสูงขึ้น ความเร็วของการอบแห้งจะค่อยๆ ลดลงเพราะปริมาณความร้อนที่วัสดุได้รับจะลดลงแล้วความร้อนยังต้องใช้ในการระเหยความชื้นและเพิ่มอุณหภูมิของวัสดุด้วย

การอบแห้งจะสิ้นสุดลงเมื่ออัตราความชื้นลดลงถึงค่าอัตราส่วนความชื้นสมดุล (Equilibrium moisture content) ค่าของอัตราส่วนความชื้นเฉลี่ยที่จุดต่อระหว่างช่วง 2 และ 3 เรียกว่าอัตราส่วนความชื้นวิกฤต (Critical moisture content)

2.2 ตู้อบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์

ตู้อบแห้งที่ใช้พลังงานอาทิตย์มีมากมายหลายชนิด แต่สามารถแบ่งเป็นประเภทใหญ่ๆ ได้ 2 ประเภทตามลักษณะการให้ความร้อน และวิธีการนำความร้อนไปใช้ คือระบบอบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์แบบแอคทีฟ (active solar-energy drying systems) ที่ได้ใช้การพาความร้อนแบบบังคับ โดยมีพัดลมดูดหรือผลักอากาศร้อนเข้าสู่ตู้อบ [4, 5] เพื่ออบแห้งผลิตภัณฑ์ ส่วนระบบอบแห้งแบบพาสซีฟ (passive solar energy drying systems) นั้นเป็นระบบที่มีการพาความร้อนแบบอิสระ

โดยไม่มีพัดลมช่วย แต่จะมีปล่องระบายช่วยในการพาความร้อนแทน [6, 7]

2.3 ประสิทธิภาพเชิงความร้อนและประสิทธิภาพของแผงรับรังสีแสงอาทิตย์

ประสิทธิภาพเชิงความร้อนของการอบแห้ง โดยการใช้พลังงานแสงอาทิตย์ สามารถคำนวณได้จาก [8]

$$\eta_{th} = \left[\frac{M_s L}{W A_s} \right] \times 100\% \quad (1)$$

โดยที่ η_{th} คือประสิทธิภาพเชิงความร้อน

M_s คือมวลน้ำที่ระเหยออกจากผลิตภัณฑ์

L คือค่าความร้อนแฝงของการกลายเป็นไอ

A_s คือพื้นที่แผงรับรังสีแสงอาทิตย์

W คือฟลักซ์ของพลังงานความร้อนสะสม

จากพลังงานแสงอาทิตย์

ส่วนค่าประสิทธิภาพของแผงรับรังสีแสงอาทิตย์ สามารถคำนวณได้จาก

$$\eta_{collector} = \frac{\dot{Q}}{W A_s} \quad (2)$$

เมื่อ \dot{Q} คือความร้อนที่อากาศได้รับเมื่อไหลผ่านแผงรับรังสีแสงอาทิตย์ ซึ่งสามารถคำนวณได้จาก

$$\dot{Q} = \dot{m} c_p (T_i - T_o) \quad (3)$$

โดยที่ \dot{m} คืออัตราการไหลของอากาศ

c_p คือค่าความร้อนจำเพาะของอากาศ

T_i คืออุณหภูมิของอากาศตรงทางเข้า

T_o คืออุณหภูมิเฉลี่ยของอากาศ

2.4 การหาค่าความชื้นของผลิตภัณฑ์

ในการอบแห้งวัสดุ หรือผลผลิตต่างๆ ปริมาณที่สำคัญที่สุดที่จะต้องคำนึงถึง คือความชื้นของวัสดุหลังผ่านการอบแห้งแล้ว ความชื้นของวัสดุอบแห้งเป็นตัวบ่งบอกถึงปริมาณของน้ำที่มีอยู่ในวัสดุ เมื่อเทียบกับมวลของวัสดุขึ้นหรือวัสดุแห้ง ซึ่งมีวิธีการคำนวณอยู่ 2 วิธี คือ [9]

1. ความชื้นมาตรฐานเปียก เป็นค่าความชื้นเทียบกับมวลของวัสดุขึ้น

$$M_w = \frac{w - d}{w} \times 100 \quad (4)$$

โดยที่ M_w คือเปอร์เซ็นต์ความชื้นมาตรฐานเปียก

w คือมวลของวัสดุขึ้น (กรัม)

d คือมวลของวัสดุแห้ง (กรัม)

2. ความชื้นมาตรฐานแห้ง เป็นค่าความชื้นเทียบกับมวลของวัสดุแห้ง

$$M_d = \frac{w - d}{d} \times 100 \quad (5)$$

โดยที่ M_d คือเปอร์เซ็นต์ความชื้นมาตรฐานแห้ง สำหรับงานวิจัยนี้ได้ใช้ความชื้นมาตรฐานเปียกเป็นมาตรฐานเพื่อหาค่าความชื้นของผลิตภัณฑ์

3. อุปกรณ์และขั้นตอนการทดลอง

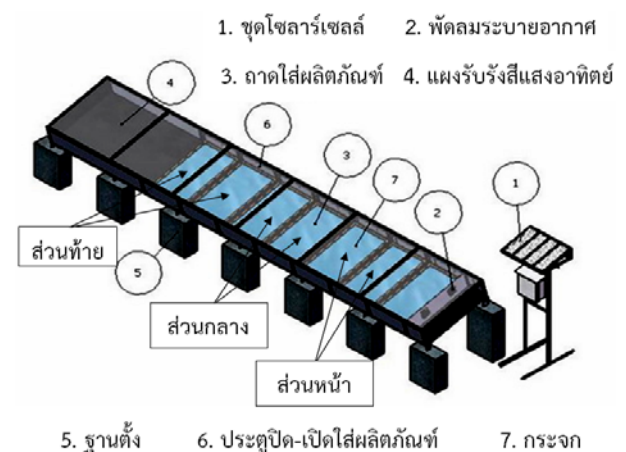
3.1 การออกแบบและสร้างตู้อบ

ตู้อบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์แบบอุโมงค์ลมที่ออกแบบและสร้างขึ้นมีขนาดความกว้าง 1 เมตร ความยาว 6 เมตร ความสูง 0.27 เมตร ดังรูปที่ 2 ตู้อบแห้งดังกล่าวสามารถอบแห้งผิวเมล็ดมะพร้าวได้ครั้งละ 20 กิโลกรัม โดยตู้อบแห้งประกอบด้วย ส่วนแผงรับรังสีแสงอาทิตย์และส่วนอบผลิตภัณฑ์ ซึ่งทั้งสองส่วนปิดด้วยกระจกใสและมีโครงสร้างเป็นแบบเดียวกัน อากาศร้อนจากส่วนแผงรับรังสีแสงอาทิตย์จะเคลื่อนที่เข้าไปในส่วนอบผลิตภัณฑ์ โดยใช้พัดลมที่ทำงานด้วยกำลังไฟฟ้าจาก

แผงโซลาร์เซลล์ขนาด 12 วัตต์ ผลิตภัณฑ์ที่อยู่ในตู้อบแห้งจะวางเป็นชั้นบางๆ เพื่อให้ได้รับอากาศร้อนจากแผงรับรังสีแสงอาทิตย์และจากรังสีแสงอาทิตย์ที่ตกกระทบผลิตภัณฑ์โดยตรง ดังรูปที่ 3



รูปที่ 2 ตู้อบแห้งผิวเมล็ดมะพร้าวพลังงานแสงอาทิตย์แบบอุโมงค์ลม



รูปที่ 3 โครงสร้างและตำแหน่งของภาคของตู้อบแห้งผิวเมล็ดมะพร้าวพลังงานแสงอาทิตย์แบบอุโมงค์ลม

3.2 อุปกรณ์ที่ใช้ในการทดลอง

อุปกรณ์ที่ใช้ในการทดลองมีดังนี้

1. ตู้อบแห้งผิวเมล็ดมะพร้าวพลังงานแสงอาทิตย์แบบอุโมงค์ลม ดังรูปที่ 2
2. เครื่องวัดความเข้มรังสีแสงอาทิตย์ ยี่ห้อ EPPLEY INTEGRATOR รุ่น EPLAB
3. อุปกรณ์รับความเข้มรังสีแสงอาทิตย์ ยี่ห้อ EPPLEY INTEGRATOR รุ่น EPLAB

4. เครื่องวัดความเร็วลม ยี่ห้อ TESTO รุ่น TESTO 445
5. เครื่องวัดความชื้นสัมพัทธ์ (RH Meter) ยี่ห้อ GRAPHTEC รุ่น midi LOGGER GL800
6. เทอร์โมมิเตอร์กระเปาะเปียก และกระเปาะแห้ง
7. Thermocouple ยี่ห้อ Fashion รุ่น K 0-800
8. Temperature display ยี่ห้อ OMRON รุ่น E5CS-Q1PX
9. เครื่องชั่งน้ำหนัก 2 ตำแหน่ง ยี่ห้อ UNION รุ่น SNUG
10. แบตเตอรี่แห้ง ยี่ห้อ NV Battery รุ่น MP 12.0A – 12V
11. Solar Cell Controller ยี่ห้อ INNTECH
12. พัฒนาระบายอากาศ 12 โวลต์ 0.14 แอมแปร์ เส้นผ่านศูนย์กลาง 8.5 เซนติเมตร
13. ตู้อบไฟฟ้า ยี่ห้อ MEMMERT รุ่น Electronic Microprocessor PID Control
14. ชุดโซลาร์เซลล์

3.3 ขั้นตอนการทดลอง

การทดสอบประสิทธิภาพการทำงานของตู้อบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์แบบอุโมงค์ลมในงานวิจัยนี้ สามารถแบ่งการทดลองเป็น 2 ขั้นตอน คือ

ขั้นตอนที่ 1

ทำการทดลองเพื่อวัดอุณหภูมิภายในเครื่องต้นแบบที่จุดต่างๆ โดยทำการทดลองเพียงเฉพาะตู้อบ โดยไม่มีการใส่ตัวอย่างทดสอบ เพื่อศึกษาการกระจายอุณหภูมิของตู้อบ ความเข้มของแสงและอุณหภูมิของอากาศภายนอก

ขั้นตอนที่ 2

นำผิวเมล็ดมะพร้าวที่เตรียมไว้ มาทำการแบ่งเพื่อทำการทดลองเป็น 2 ชุด คือ

ชุดที่ 1 นำไปทำการตากแดดโดยวิธีธรรมชาติ แล้วทำการชั่งน้ำหนักทุก 1 ชั่วโมง

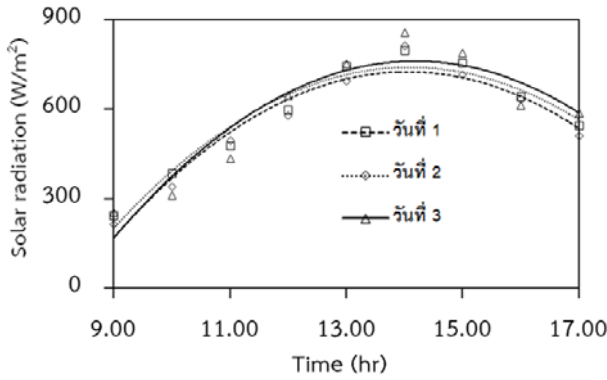
ชุดที่ 2 นำ ไปอบในตู้อบต้นแบบที่ได้ทำการสร้างขึ้น โดยแบ่งเป็น 3 ส่วน แล้วนำไปใส่ถาดเพื่อวางในตู้อบส่วนหน้า ส่วนกลางและส่วนท้าย ตามลำดับ ดังรูปที่ 3 แล้วทำการชั่งน้ำหนักทุก 1 ชั่วโมง โดยทำการทดลอง 2 สภาวะ คือ การอบแห้งแบบเปิดพัดลมระบายอากาศ และการอบแห้งแบบไม่เปิดพัดลมระบายอากาศ

สำหรับค่าน้ำหนักเริ่มต้นของผิวเมล็ดมะพร้าวนั้น สามารถหาได้จากการนำผิวเมล็ดมะพร้าวมาอบด้วยตู้อบไฟฟ้าที่อุณหภูมิ 103 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 24 ชั่วโมง ก่อนนำมาวางให้เย็นตัวที่อุณหภูมิห้อง เพื่อทำการชั่งน้ำหนักต่อไป

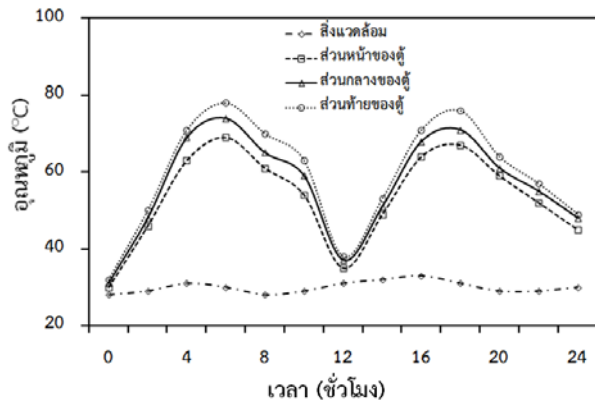
4. ผลการทดลองและวิจารณ์ผล

4.1 ผลของความเข้มแสงและการกระจายอุณหภูมิในสภาวะตู้เปล่า

ผลการวัดค่าความเข้มแสงและอุณหภูมิของอากาศภายนอกเทียบกับเวลาในวันที่ทำการทดลอง ตั้งแต่เวลา 09.00-17.00 นาฬิกา พบว่าค่าความเข้มแสงสูงสุดมีค่าประมาณ 815 วัตต์ต่อตารางเมตร ที่เวลา 14.00 นาฬิกา ดังรูปที่ 4 ส่วนอุณหภูมิของอากาศภายนอกนั้น จะมีค่าอยู่ในช่วง 28-34 องศาเซลเซียส โดยจะมีค่าต่ำสุดในช่วงเริ่มทำการทดลองในช่วงเช้า (เวลา 09.00 นาฬิกา) เช่นเดียวกันกับอุณหภูมิของอากาศภายในตู้อบ แต่เมื่อเวลาผ่านไปอุณหภูมิของอากาศภายในตู้อบจะมีค่าเพิ่มขึ้นอย่างรวดเร็ว เนื่องจากผลของการดูดกลืนความร้อนของแผงรับรังสีแสงอาทิตย์ โดยอุณหภูมิของอากาศภายในตู้อบจะมีค่าอยู่ในช่วง 66-78 องศาเซลเซียส นอกจากนี้ยังพบว่าอุณหภูมิของอากาศตรงส่วนท้ายของตู้อบจะมีค่ามากกว่าอุณหภูมิของอากาศตรงส่วนกลางและส่วนหน้าของตู้อบ ตามลำดับ ดังรูปที่ 5 เนื่องจากตรงส่วนท้ายของตู้อบจะอยู่ใกล้กับแผงรับรังสีแสงอาทิตย์มากกว่า (ดูรูปที่ 3 ประกอบ)

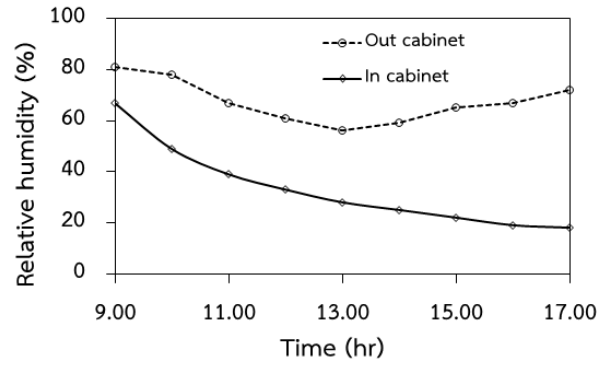


รูปที่ 4 ความเข้มแสงอาทิตย์ในวันและเวลาที่ทดลอง



รูปที่ 5 อุณหภูมิของอากาศภายในตู้เปรียบเทียบกับระยะเวลาในการอบ

ส่วนค่าความชื้นสัมพัทธ์ต่ำสุดภายในตู้อบที่วัดได้นั้นคือ 12% โดยในช่วงเช้าค่าความชื้นสัมพัทธ์ของอากาศทั้งภายในและภายนอกตู้อบจะมีค่ามากและใกล้เคียงกัน แต่เมื่อเวลาผ่านไปจะพบความแตกต่างอย่างชัดเจน โดยค่าความชื้นสัมพัทธ์ภายในตู้อบจะมีค่าลดลง เนื่องจากการไหลเข้ามาในตู้อบของอากาศร้อน แตกต่างกับค่าความชื้นสัมพัทธ์ภายนอกตู้อบที่จะมีค่าเปลี่ยนแปลงไม่มากเมื่อเปรียบเทียบกับความชื้นสัมพัทธ์ภายในตู้อบ ดังรูปที่ 6 เนื่องจากค่าความชื้นสัมพัทธ์ภายนอกตู้อบจะมีการเปลี่ยนแปลงก็ต่อเมื่อท้องฟ้ามีเมฆมาก มีลมแรงและมีฝนตก

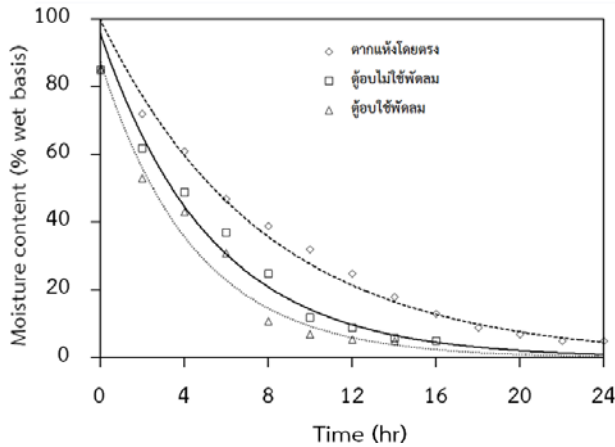


รูปที่ 6 ความชื้นสัมพัทธ์ภายในและภายนอกตู้อบ

4.2 การแห้งตัวของผิวเมล็ดมะพร้าว

จากการทดลองพบว่าเมื่อใช้วิธีการตากแดดโดยตรง การแห้งตัวของผิวเมล็ดมะพร้าวจะใช้เวลานานกว่าการอบให้แห้งด้วยตู้อบที่ออกแบบและสร้างขึ้น ซึ่งการตากผิวเมล็ดมะพร้าวให้แห้งด้วยแสงอาทิตย์โดยตรงนั้นจะใช้เวลาในการตากทั้งสิ้น 22 ชั่วโมง เพื่อให้ผิวเมล็ดมะพร้าวได้ค่าความชื้นตามมาตรฐาน คือน้อยกว่า 5% ฐานเปรียบเทียบการทดสอบการอบผิวเมล็ดมะพร้าวด้วยตู้อบที่ออกแบบและสร้างขึ้นพบว่า การอบผิวเมล็ดมะพร้าวโดยการเปิดพัดลมระบายอากาศและไม่มีการเปิดพัดลมระบายอากาศนั้น จะใช้เวลาในการอบแห้งทั้งสิ้น 13 ชั่วโมง และ 16 ชั่วโมง ตามลำดับ โดยในรูปที่ 7 ได้แสดงถึงความสัมพันธ์ระหว่างความชื้นฐานเปียกของผิวเมล็ดมะพร้าวกับระยะเวลาที่ทำการอบ จากกราฟจะเห็นได้ชัดสำหรับการอบผิวเมล็ดมะพร้าวในตู้อบทั้ง 2 กรณี ค่าความชื้นของผิวเมล็ดมะพร้าวจะลดลงอย่างรวดเร็วในช่วงแรก 6 ชั่วโมงแรกของการอบ

สำหรับการพิจารณาประสิทธิภาพเชิงความร้อนของการอบแห้งผิวเมล็ดมะพร้าวโดยใช้พลังงานความร้อนจากแสงอาทิตย์นั้น พบว่าประสิทธิภาพเชิงความร้อนของการอบแห้งมีค่าเท่ากับ 19.5% ส่วนสาเหตุที่ประสิทธิภาพเชิงความร้อนของตู้อบในงานวิจัยนี้มีค่าค่อนข้างต่ำเป็นเพราะค่าประสิทธิภาพเชิงความร้อนนั้นขึ้นอยู่กับชนิดของผลิตภัณฑ์ ค่าความชื้นสุดท้ายที่ต้องการและตัวแปรอื่นๆ เช่น อุณหภูมิ ความเร็วลม และความชื้นในอากาศขณะทำการทดลอง เป็นต้น



รูปที่ 7 ความชื้นของผิวเมล็ดมะพร้าวที่เวลาต่างๆ

5. สรุปผล

จากการทดสอบอบแห้งผิวเมล็ดมะพร้าวด้วยตู้อบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์แบบอุโมงค์ลมที่สภาวะต่างๆ คือ สภาวะที่ 1 การอบแห้งแบบเปิดพัดลมระบายอากาศ สภาวะที่ 2 การอบแห้งแบบไม่เปิดพัดลมระบายอากาศ สภาวะที่ 3 การตากแดดแบบธรรมชาติ เพื่อให้ผิวเมล็ดมะพร้าวแห้งที่ได้มีค่าความชื้นตามมาตรฐานเปียกคือน้อยกว่า 5 เปอร์เซ็นต์นั้น ผลการทดสอบพบว่า อุณหภูมิอากาศในตู้อบแห้งมีค่าอยู่ในช่วง 66-78 องศาเซลเซียส ส่วนเวลาที่ใช้ในการอบแห้งผลิตภัณฑ์นั้น พบว่าสภาวะที่ 1 ใช้เวลา 13 ชั่วโมง สภาวะที่ 2 ใช้เวลา 16 ชั่วโมง และสภาวะที่ 3 ใช้เวลา 22 ชั่วโมง ผลิตภัณฑ์ที่อบในตู้อบแห้งจะแห้งเร็วกว่าการตากแบบธรรมชาติ และไม่ได้รับความเสียหายจากแมลงรบกวนและการเปื่อยผนระหว่างกระบวนการอบแห้ง ทำให้ผิวเมล็ดมะพร้าวแห้งที่ได้มีคุณภาพตามความต้องการของตลาดและเกษตรกรขายได้ราคา

6. กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบพระคุณสถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง วิทยาเขตชุมพร ที่ให้โอกาสในการทำงานวิจัย ขอขอบคุณ คุณบุญโชค มานะ คุณปกาศิต สิมพลี และคุณอัครเดช พงศาปาน ที่ช่วยในการเก็บและบันทึกผลข้อมูล

7. เอกสารอ้างอิง

[1] Badescu, V. (2007). Optimal control of flow in solar collectors for maximum exergy extraction, *International Journal of Heat and Mass Transfer*, vol. 50, pp. 4311-4322

[2] Prasad, P.R., Byregowda, H.V., Gangavati, P.B. and Kutty, P.S. (2011). Performance analysis of a solar water heater with flat plate collector using computer program, *European Journal of Scientific Research*, vol. 53(1), pp. 67-79

[3] Falade, K., Igbeka, J. and Ayznwyuyi, F. (2006). Kinetics of mass transfer and colour changes during osmotic dehydration of watermelon, *Journal of Food Engineering*, vol. 80(3), pp. 979-985

[4] Sharma, V. K., Colangelo, A. and Spagna, G. (1995). Experimental investigation of different solar dryers suitable for fruit and vegetable drying, *Renewable Energy*, vol. 6 (4), pp. 413-424

[5] Esper, A. and Mühlbauer, W. (1998). Solar drying – An effective means of food preservation, *Renewable Energy*, Vol. 15, pp. 95-100

[6] Esper, A. and Mühlbauer, W. (1996). Solar tunnel dryer for fruit, *Plant Research and Development*, vol. 44, pp. 61-80

[7] Ekechukwu, O.V. and Norton, B. (1999). Review of solar-energy drying systems II: An overview of solar drying technology, *Energy Conservation & Management*, Vol. 40, pp. 615-655

[8] Bena, B. and Fuller, R. J. (2002). Natural convection solar dryer with biomass back-up heater, *Solar Energy*, Vol. 72 (1), pp. 75-83.

[9] Cengel, Y.A. and Boles, M.A. (1998). *Thermodynamics: An Engineering Approach* 3rd edition. McGraw-Hill