การออกแบบและสร้างเครื่องอบสับปะรดแว่นโดยพลังงานแสงอาทิตย์แบบแผ่นเรียบ

Design and Construction of Sliced Pineapples Dryer by Flat Plate Solar Collector

ประเทือง ฝั้นแก้ว กีรติ วุฒิจารี

สาขาเทคโนโลยีเครื่องกล สาขาวิชาวิศวกรรมเครื่องกล
คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลล้านนา ลำปาง

บทคัดย่อ

การออกแบบและสร้างเครื่องอบสับปะรดแว่นโดยพลังงานแสงอาทิตย์แบบแผ่นเรียบ มีวัตถุประสงค์เพื่อออกแบบสร้างและหาประสิทธิภาพเครื่องอบสับปะรดแว่นโดยพลังงานแสงอาทิตย์แบบแผ่นเรียบ สับปะรดที่ใช้ในการทดลองเป็นพันธุ์ปัตตาเวีย ที่ผ่านการปรุงแต่งรสชาติ ลักษณะสับปะรดเป็นวงกลมคล้ายแว่น มีเส้นผ่านศูนย์กลางโดยเฉลี่ย 10 cm. ความหนา 1 cm. มีน้ำหนักโดยเฉลี่ยต่อชิ้น 40 g มีความชื้นเริ่มต้น 82.276 % มาตรฐานเปียก อบแห้งครั้งละ 10 kg ทำการอบแห้งจนเหลือความชื้นสุดท้ายประมาณ 29.1% มาตรฐานเปียก โดยแผงรับแสงอาทิตย์มีขนาด 2 m^2 ตั้งเอียงทำมุมกับแนวระดับ 17 องศา ใช้พัดลมดูดอากาศมีอัตราการไหล 24.5 m^3/hr อุณหภูมิและเปอร์เซ็นต์ความชื้นสัมพัทธ์เฉลี่ยในตู้อบ 56.18 ℃ และ 51.4 % ตามลำดับ มีอัตราการอบแห้ง 0.288 kg_{water}/hr ประสิทธิภาพรวมของเครื่องอบสับปะรดแว่นโดยพลังงานแสงอาทิตย์แบบแผ่นเรียบโดยเฉลี่ย 20.68 %

คำสำคัญ: สับปะรดแว่น การอบแห้ง พลังงานแสงอาทิตย์

Abstract

This research concerns a proposal to design a more efficient sliced pineapple dryer utilizing a flat plate solar collector in the drying process. The pineapple used in this experiment is a species of "Pattavia pineapple" which has a natural pineapple flavor. They are sliced into circular shapes, like the frames of eyeglasses, with an approximate diameter of 10cm and a thickness of about 1cm. Each slice weighs approximately 40g with a standard moistness of 82.276%. They are dehydrated in 10 kg batches. The dehydration process continues until the last scale of moistness is at 29.1% standard. The solar cell has an area of 2 m^2 make an angle of 17 part of circle, using a ventilator at 24.5 m^3/hr mass flow rate which produces a temperature and humidity average of 56.18 ℃ and 51.4%, respectively. The dehydration rate is at 0.288 kg $_{water}$/hr. The overall efficiency of the sliced pineapples dryer by flat plate solar collector averages at 20.68%

Keyword: Sliced Pineapples, Drying, Solar Collector

1. บทนำ

สับปะรด เป็นพืชเศรษฐกิจที่สำคัญของประเทศไทย สร้างรายได้ให้กับเกษตรกรไทยเป็นอย่างมากในแต่ละปี สามารถเพาะปลูกได้ดีในบริเวณที่มีสภาพภูมิอากาศแบบความชื้นสัมพัทธ์สูง พันธุ์ที่ปลูกมากในประเทศไทย ได้แก่พันธุ์ปัตตาเวีย ในจังหวัดลำปางกลุ่มเกษตรกรผู้ปลูกสับปะรดจากตำบลบ้านเสด็จ บ้านแลง บ้านดงและตำบลนิคมพัฒนา รวมพื้นที่เพาะปลูกสับปะรดประมาณ 20,000-30,000 ไร่ ผลผลิตที่ออกสู่ตลาดในแต่ละปีที่ออกพร้อมกันมากถึง 100,000 ตัน ทำให้ไม่สามารถขายผลผลิตสับปะรดได้หมด ทำให้ผลผลิตสับปะรดล้นตลาด สร้างความเดือดร้อนแก่เกษตรกร[1] ทางคณะผู้จัดทำจึงได้ศึกษาข้อมูลและหาแนวทางการแก้ไขปัญหาดังกล่าว โดยนำสับปะรดมาแปรรูปเพื่อเพิ่มมูลค่าทางการเกษตร ในรูปของสับปะรดแว่นปรุงแต่งรสชาติ ในกระบวนการทำสับปะรดแว่นแช่อิ่ม ต้องอบแห้งการใช้พลังงานความร้อนการอบแห้งสามารถทำได้หลายแบบ เช่น การตากแดดโดยตรงซึ่งเป็นวิธีที่ง่ายไม่ซับซ้อนแต่ในทางปฏิบัติมักจะเกิดปัญหาด้านฝุ่นละอองแมลงและเชื้อรา นอกจากนั้นยังมีปัญหาเมื่อฝนตกหากไม่สามารถจัดเก็บได้ทันทีก็จะทำให้สับปะรดที่ตากเกิดเชื้อราและเน่าเสียได้ง่าย จึงจำเป็นต้องมีเครื่องอบแห้งพลังแสงอาทิตย์เข้ามาช่วยลดปัญหาต่างๆที่กล่าวมา เครื่องอบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์ใช้หลักการเปลี่ยนรังสีแสงอาทิตย์ให้เป็นพลังงานความร้อน แล้วนำความร้อนของอากาศไปอบสับปะรดแว่น จึงทำให้ประหยัดพลังงานมากกว่าการอบแห้งแบบอื่นๆ

2. วัตถุประสงค์

2.1 เพื่อออกแบบและสร้างเครื่องอบสับปะรดแว่นโดยพลังงานแสงอาทิตย์แบบแผ่นเรียบ

2.2 เพื่อหาประสิทธิภาพของเครื่องอบสับปะรดแว่นโดยพลังงานแสงอาทิตย์แบบแผ่นเรียบ

3. ทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง

3.1 เครื่องอบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์

เครื่องอบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์ อาศัยหลักการทำงานของเครื่องอบแห้งแบบตู้ โดยการใช้แสงแดดเป็นพลังงานความร้อนให้กับเครื่องอบ เครื่องอบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์โดยทั่วไปประกอบด้วยส่วนสำคัญ 2 ส่วน คือ ส่วนที่ใช้อบแห้งซึ่งใส่ตัวอย่างที่ต้องการอบแห้ง และส่วนที่เป็นตัวรับรังสีแสงอาทิตย์เพื่อทำให้อากาศร้อน ทำหน้าที่เปลี่ยนพลังงานแสงอาทิตย์ให้เป็นความร้อน เพื่อนำมาใช้อุ่นอากาศก่อนที่จะไหลเข้าห้องอบแห้ง นอกจากนี้ยังอาจมีส่วนประกอบอื่นๆ เช่น แหล่งความร้อนเสริม และพัดลม เป็นต้น โดยแบ่งประเภทเครื่องอบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์ได้ดังนี้

3.1.1 เครื่องอบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์แบบบังคับ (Force convection solar dryer) เครื่องอบแห้งแบบนี้จะใช้พัดลมเป็นตัวขับอากาศให้ไหลภายในเครื่องอบแห้งเนื่องจากเป็นการสร้างความดันให้เท่ากับความแตกต่างของความดันรวมระหว่างที่ทางเข้าและทางออก

3.2.2 เครื่องอบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์แบบธรรมชาติ (Free convection solar Dryer) เครื่องอบแห้งชนิดนี้อาศัยหลักการการขยายตัวของอากาศร้อนภายในเครื่องอบแห้งและอากาศภายนอก ซึ่งมีความหนาแน่นแตกต่างกัน ทำให้เกิดการหมุนเวียนเพื่อช่วยถ่ายเทอากาศชื้น การออกแบบเครื่องอบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์ แบ่งเป็น 3 ประเภท

1) แบบรับพลังงานแสงอาทิตย์โดยตรง (Direct mode solar dryer) เครื่องอบแห้งประเภทนี้จะใช้วัสดุใสทำเป็นหลังคา รังสีดวงอาทิตย์จะทะลุผ่านไปยังวัสดุโดยตรง การระเหยน้ำออกจากตัววัสดุเกิดขึ้นเพราะความร้อน เช่น เครื่องอบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์แบบกล่อง

2) แบบรับพลังงานแสงอาทิตย์ทางอ้อม (Indirect mode solar dryer) เครื่องอบแห้งประเภทนี้ประกอบด้วย ตัวทำความร้อนด้วยรังสีดวงอาทิตย์ (Solar air heater) พัดลม (Fan) หรือโบลว์เวอร์ (Blower) และห้องอบแห้ง (Drying chamber) รังสีดวงอาทิตย์จะเปลี่ยนไปเป็นพลังงานความร้อนโดยตัวทำอากาศร้อนก่อนแล้วจึงส่งไปยังวัสดุ โดยมี

อากาศเป็นตัวกลาง เช่น เครื่องอบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์แบบถังเก็บ

3) แบบรับพลังงานแสงอาทิตย์แบบผสม (Mixed mode solar dryer) เครื่องอบแห้งประเภทนี้เกิดจากการพัฒนาเอาสองแบบแรกมารวมกัน วัสดุจะได้รับความร้อนสองส่วน คือ ได้รับความร้อนจากการถูกแสงแดดโดยตรง และได้จากอากาศร้อนที่มาจากตัวทำอากาศร้อน เช่น เครื่องอบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์แบบอุโมงค์

3.2 การคำนวณหาความชื้นผลิตภัณฑ์ [3]

การหาปริมาณความชื้นในรูปของเปอร์เซ็นต์ ซึ่งมีวิธีคำนวณอยู่ 2 แบบคือแบบมาตรฐานเปียก(Wet-basis) และแบบมาตรฐานแห้ง(Dry-basis)โดยที่มาตรฐานเปียก เขียนในรูปสมการได้ดังนี้

$$M_w = \frac{(W-d)}{W} \times 100 \qquad (3.1)$$

และแบบมาตรฐานแห้งเขียนในรูปสมการได้ดังนี้

$$M_d = \frac{(W-d)}{d} \times 100 \qquad (3.2)$$

โดย M_w คือ ความชื้นมาตรฐานเปียก,%

M_d คือ ความชื้นมาตรฐานแห้ง,%

W คือ มวลของวัสดุ,kg

d คือ มวลของวัสดุแห้ง,kg

3.3 การคำนวณหามวลหลังการอบแห้ง

เมื่อสามารถคำนวณหาความชื้นสับปะรดแว่นได้แล้วต้องการลดปริมาณความชื้นออกจากวัสดุจนเหลือค่าที่ต้องการทำได้โดย การกำจัดน้ำออกจากวัสดุนั้นปริมาณหนึ่ง ซึ่งสามารถคำนวณได้ดังนี้

$$W_f = \frac{W_i(100-M_i)}{(100-M_f)} \qquad (3.3)$$

โดย W_f คือ มวลของวัสดุหลังอบแห้ง,kg

W_i คือ มวลของวัสดุก่อนการอบแห้ง,kg

M_i คือ ปริมาณความชื้นวัสดุก่อนอบแห้ง,%Wet-basis

M_f คือ ปริมาณความชื้นวัสดุหลังอบแห้ง,%Wet-basis

3.4 การคำนวณหามวลน้ำที่ต้องระเหย

ปริมาณน้ำที่ต้องระเหย คือ ปริมาณน้ำที่ต้องการเอาออกจากวัสดุ เพื่อให้ความชื้นของวัสดุลดลง ซึ่งสามารถคำนวณได้ดังนี้

$$m_w = W_i - W_f \qquad (3.4)$$

โดยที่ m_w คือ มวลของน้ำที่ต้องระเหย,kg

W_f คือ มวลของวัสดุหลังอบแห้ง,kg

W_i คือ มวลของวัสดุก่อนการอบแห้ง,kg

3.5 การหาประสิทธิภาพของตัวรับแสงอาทิตย์ [4]

ประสิทธิภาพตัวรับรังสีแสงอาทิตย์สามารถคำนวณได้จากสมการได้ดังนี้

$$\eta_c = \frac{\dot{m}_a c_p (T_{oc} - T_{ic})}{G_t A_c} \times 100 \qquad (3.5)$$

โดยที่ η_c คือ ประสิทธิภาพตัวรับรังสีดวงอาทิตย์,%

$\dot{m}_a$ คือ อัตราการไหลเชิงมวลของอากาศ,kg/s

G_t คือ รังสีดวงอาทิตย์รวมตกกระทบบนระนาบรับรังสี,W/m^2

A_c คือ พื้นที่ตัวรับรังสีดวงอาทิตย์,m^2

c_p คือ ค่าความจุความร้อนจำเพาะของอากาศที่ความดันคงที่,J/kg.$^\circ$C

T_{ic} คือ อุณหภูมิอากาศไหลเข้าตัวรับรังสีดวงอาทิตย์,$^\circ$C

T_{oc} คือ อุณหภูมิอากาศไหลออกตัวรับรังสีดวงอาทิตย์,$^\circ$C

3.6 การหาประสิทธิภาพของเครื่องอบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์

ประสิทธิภาพเชิงความร้อนของระบบอบแห้งสามารถคำนวณหาได้จากสมการได้ดังนี้

$$\eta_{sys} = \frac{\dot{m}_w h_{fg}}{G_t A} \times 100 \qquad (3.6)$$

โดย η_{sys} คือ ประสิทธิภาพเชิงความร้อนของระบบอบแห้ง,%

$\dot{m}_w$ คือ อัตราการระเหยน้ำ,kg/s

h_{fg} คือ ความร้อนแฝงกลายเป็นไอ,kJ/kg

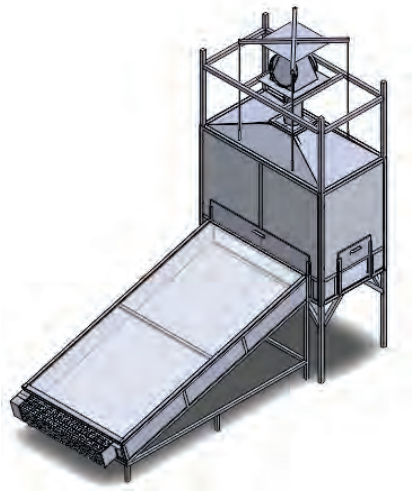
G_t คือ รังสีดวงอาทิตย์รวมตกกระทบบนพื้นราบ,W/m^2

A คือ พื้นที่ตัวรับรังสีดวงอาทิตย์ของเครื่องอบแห้ง,m^2

4. วิธีการวิจัย

4.1 การหาเปอร์เซ็นต์ความชื้นของผลิตภัณฑ์ สับปะรดที่ใช้ทดลองเป็นพันธุ์ปัตตาเวีย นำผลสดมาปอกเปลือกหันเป็นแว่น แล้วนำเนื้อสับปะรดที่ได้มาชั่งน้ำหนัก จำนวน 9 ตัวอย่าง แต่ละชิ้นมีน้ำหนักเฉลี่ยชิ้นละ 5.0690 g จากนั้นนำไปอบแห้งเพื่อหามวลแห้งของเนื้อสับปะรดโดยเครื่องอบไฟฟ้ายี่ห้อ MEMMERTรุ่น UM 500 ใช้อุณหภูมิที่ 110°C อบเป็นเวลา 72 hr. เมื่อถึงเวลาที่กำหนดสับปะรดมีน้ำหนักเฉลี่ย 0.8984 g เมื่อคำนวณหาเปอร์เซ็นต์ความชื้นมาตรฐานเปียกของสับปะรดเท่ากับ 82.276 % อบแห้งจนมีความชื้นมาตรฐานเปียกเท่ากับ 29.104 % เท่ากับค่าความชื้นมาตรฐานเปียกของสับปะรดแว่นที่มีค่าในท้องตลาด

4.2 การออกแบบตู้อบแห้งโดยพลังงานแสงอาทิตย์แบบแผ่นเรียบ ขนาดโดยเฉลี่ยของชิ้นสับปะรดที่ใช้ในการอบมีน้ำหนักโดยเฉลี่ยชิ้นละ 40 g ในการอบแห้งสับปะรดมีน้ำหนักรวม 10 kg โดยสับปะรดมีจำนวน 250 ชิ้น ขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 10 cm จึงแบ่งชั้นวางสับปะรดเป็น 5 ชั้น โดยแต่ละชั้นจะมีน้ำหนักของสับปะรดชั้นละ 2 kg แผงรับแสงอาทิตย์มีขนาด 2 m^2 ปิดด้วยกระจกแผ่นเรียบหนา 5 mm. ด้านในทาสีดำด้าน ติดตั้งหันไปทางทิศใต้เอียงทำมุมกับแนวระดับ 17 องศา ด้านหน้ามีพัดลมดูดอากาศมีอัตราการไหล 24.5 m^3/hr ตู้อบแห้งโดยพลังงานแสงอาทิตย์แบบแผ่นเรียบที่สร้างขึ้นดังรูปที่ 1



ภาพที่ 1 เครื่องอบสับปะรดแว่นโดยพลังงานแสงอาทิตย์แบบแผ่นเรียบ

4.3 การทดลองหาประสิทธิภาพรวมของเครื่องอบสับปะรดแว่นโดยพลังงานแสงอาทิตย์แบบแผ่นเรียบ

1) นำสับปะรดมาปอกเปลือกออก ให้ได้ขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางโดยเฉลี่ย 10 cm จากนั้นหั่นเป็นชิ้นๆ หนาโดยเฉลี่ย 1 cm จำนวน 10 kg แช่ในน้ำปูนใสประมาณ 5 นาที เพื่อทำให้สับปะรดมีความแข็งตัวทำการปรุงแต่งรสชาติ แล้วนำสับปะรดไปต้มในน้ำเดือด เติมเกลือป่น 3-4 ช้อนโต๊ะ และเติมน้ำตาลปี๊บ 3-4 kg เป็นเวลา 30 นาที

2) นำสับปะรดที่ได้จากการต้มมาพักไว้ให้สะเด็ดน้ำและเย็นตัวลง แล้วจึงนำสับปะรดมาชั่งน้ำหนักเพื่อจัดเรียงในตะแกรงวางสับปะรดจำนวน 5 ชั้น ซึ่งมีน้ำหนักสับปะรดชั้นละ 2 kg

3) นำแผงรับแสงอาทิตย์ มาประกอบเข้ากับตู้อบสับปะรดบริเวณที่โล่งกว้างไม่มีร่มเงาโดยแผงทำมุมเอียง 17 องศาจากแนวระดับและปรับแผงรับรังสีแสงอาทิตย์ไปทางทิศใต้

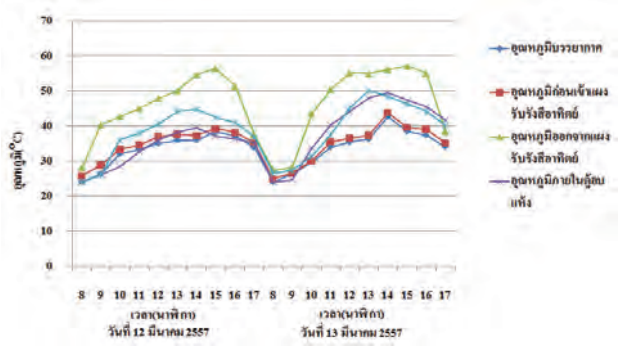
ภาพที่ 2 ตำแหน่งการตรวจวัดในการทดลอง

4) เปิดสวิทช์ให้พัดลมทำงานป้อนอากาศเข้าแผงรับแสงอาทิตย์แบบแผ่นเรียบ ที่อัตราการไหลของอากาศ 24.5 m^3/hr

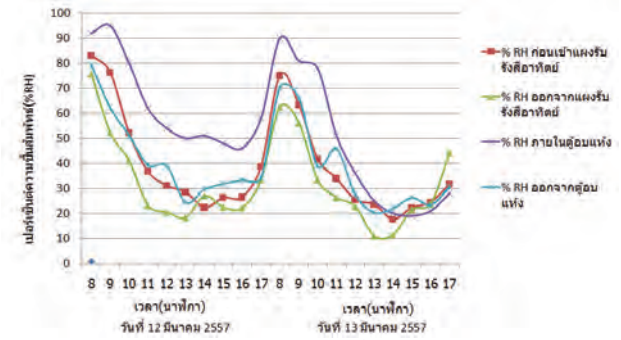
5) วัดอุณหภูมิและเปอร์เซ็นต์ความชื้นสัมพัทธ์ทางเข้าแผงรับแสงอาทิตย์ที่จุดที่ 1 วัดความเข้มของรังสีแสงอาทิตย์ที่จุดที่ 2 วัดอุณหภูมิเปอร์เซ็นต์ความชื้นสัมพัทธ์ทางออกแผงรับแสงอาทิตย์ที่จุดที่ 3 วัดอุณหภูมิเปอร์เซ็นต์ความชื้นสัมพัทธ์ในตู้อบที่จุดที่ 4 วัดอุณหภูมิเปอร์เซ็นต์ความชื้นสัมพัทธ์ทางออกตู้อบที่จุดที่ 5 วัดน้ำหนักของสับปะรดที่อบแห้ง เพื่อหาปริมาณของน้ำที่ระเหยที่จุดที่ 6 เทียบกับเวลาที่ผ่านไปดังรูปที่ 2

5. ผลการทดลอง

5.1 การทดลองหาประสิทธิ์ภาพของเครื่องอบแห้งสับปะรดแว่นโดยพลังงานแสงอาทิตย์ ใช้เวลาอบแห้งจำนวน 2 วัน รวม 20 hr. เฉพาะช่วงเวลากลางวัน จากการทดลองทั้ง 5 ครั้งโดยมวลน้ำที่ระเหยโดยเฉลี่ย 7.4 kg ประสิทธิ์ภาพรวมของเครื่องอบสับปะรดแว่นโดยเฉลี่ย 20.68 % ความเข้มรังสีอาทิตย์โดยเฉลี่ย 385.25 W/m^2 อุณหภูมิและเปอร์เซ็นต์ความชื้นสัมพัทธ์เฉลี่ยในตู้อบแห้งโดยเฉลี่ย 56.18°C และ 51.4 % ตามลำดับ

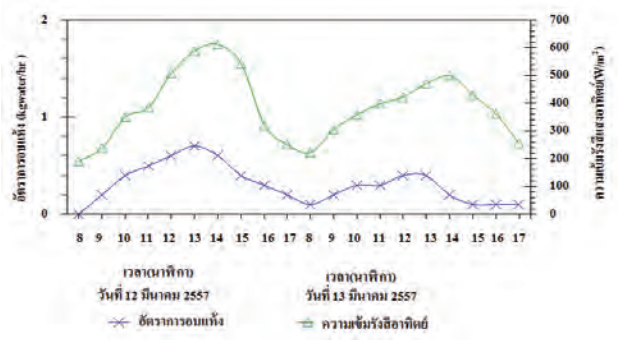


ภาพที่ 3 กราฟแสดงอุณหภูมิแต่ละจุดของเครื่องอบแห้งสับปะรดแว่นโดยพลังงานแสงอาทิตย์



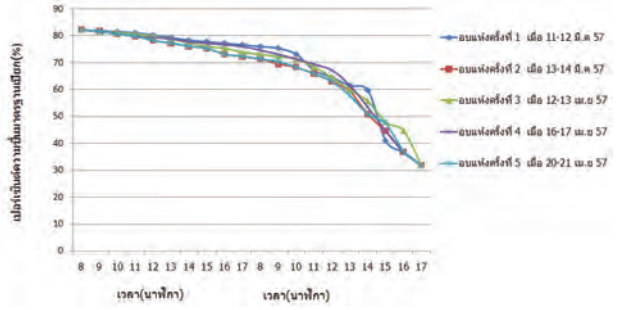
ภาพที่ 4 กราฟแสดงเปอร์เซ็นต์ความชื้นสัมพัทธ์แต่ละจุดของเครื่องอบแห้งสับปะรดแว่นโดยพลังงานแสงอาทิตย์

5.2 ผลของการตรวจวัดอุณหภูมิและเปอร์เซ็นต์ความชื้นสัมพัทธ์ของการทดลองเครื่องอบแห้งสับปะรดแว่นโดยพลังงานแสงอาทิตย์ จากภาพที่ 3 และ ภาพที่ 4 เป็นการทดลองวันที่ 12 และ 13 มีนาคม 2557 แผงรับแสงอาทิตย์ ทำหน้าที่เพิ่มอุณหภูมิให้แก่อากาศสูงขึ้น เมื่อเข้าไปในตู้อบแห้งอุณหภูมิลดลงแต่เปอร์เซ็นต์ความชื้นสัมพัทธ์สูงขึ้น เป็นการดึงมวลน้ำออกจากผลิตภัณฑ์แล้วออกสู่บรรยากาศ



ภาพที่ 5 กราฟแสดงความสัมพันธ์อัตราการอบแห้งกับความเข้มรังสีอาทิตย์

5.3 อัตราการอบแห้งและความเข้มรังสีอาทิตย์ ผลการทดลองจะแปรผันตามกันดังรูปภาพที่ 4 โดยความเข้มรังสีอาทิตย์สูงสุดที่ 742 W/m^2 เวลา 14.00 นาฬิกาของวันที่ 18 มีนาคม 2557 โดยมีอัตราการอบแห้ง 0.288 kg_{water}/hr ของการอบแห้งที่ 2 วันหรือ 20 hr และผลการทดลองทั้ง 5 ในการอบแห้งมีค่าเปอร์เซ็นต์ความชื้นมาตรฐานเปียกของสับปะรดของแต่ละวันคล้ายเคียงกันดังรูปภาพที่ 6



ภาพที่ 6 กราฟแสดงเปอร์เซ็นต์ความชื้นมาตรฐานเปียกในการอบแห้งทั้ง 5 ครั้ง

6. สรุปผลการทดลอง

สับปะรดที่ใช้ทดลองเป็นพันธุ์ปัตตาเวีย ผ่านการปรุงแต่งรสชาติ เป็นวงกลมคล้ายแว่น มีเส้นผ่านศูนย์กลางโดยเฉลี่ย 10 cm. ความหนา 1 cm. มีความชื้นเริ่มต้น 82.276 % มาตรฐานเปียก อบแห้งครั้งละ 10 kg อบแห้งจนมีความชื้นมาตรฐานเปียกเท่ากับ 29.104 % ประสิทธิ์ภาพรวมของเครื่องอบแห้งสับปะรดแว่นโดยพลังงานแสงอาทิตย์ โดยเฉลี่ย 20.68 % ใช้เวลาอบแห้งจำนวน 2 วัน รวมเวลา 20 hr. มวลน้ำที่ระเหยโดยเฉลี่ย 7.4 kg ความเข้มรังสีอาทิตย์โดยเฉลี่ย 385.25 W/m^2 อุณหภูมิและเปอร์เซ็นต์ความชื้นสัมพัทธ์เฉลี่ยในตู้อบแห้งโดยเฉลี่ย 56.18°C และ 51.4 % ตามลำดับ มีอัตราการอบแห้ง 0.288 kg_{water}/hr ของเวลาในการอบแห้ง

7. กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบพระคุณมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลล้านนา ลำปาง ที่ให้สนับสนุนการวิจัยในครั้งนี้

8. เอกสารอ้างอิง

[1] องค์การบริหารส่วนตำบลบ้านเสด็จจังหวัดลำปาง, ข่าวประชาสัมพันธ์, สืบค้นจาก http://www.bansadet.org/home/; 30 เมษายน 2555.

[2] จารุวัฒน์ เจริญจิต," เทคโนโลยีการอบแห้งด้วยรังสีอาทิตย์และแนวทางการพัฒนา", คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลศรีวิชัย สงขลา, 2555.

[3] สมชาติ โสภณรณฤทธิ์,"การอบแห้งเมล็ดพืชและอาหารบางประเภท", กรุงเทพฯโครงการส่งเสริมการสร้างตำรา สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี, 2540.

[4] Duffie, J.A. and W.A. Beckman," Solar engineering of thermal processes", John Wiley and Sons. New York, 1980