

การศึกษาเชิงทดลองอบแห้งผลผลิตทางการเกษตรด้วยตู้อบแห้งแบบหลายชั้นพลังงานแสงอาทิตย์
Experimental Study of Drying Agricultural Products Using a Solar-Powered
Multi-Level Drying Cabinet

วิศิษฐ์ ลีลาผาดิกุล

สาขาวิชาวิศวกรรมเครื่องกล คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลรัตนโกสินทร์

เลขที่ 96 หมู่ 3 ถ.พุทธมณฑล สาย 5 ต.ศาลายา อ.พุทธมณฑล จ.นครปฐม 73170

E-mail: wisit.lee@rmutr.ac.th

บทคัดย่อ

บทความนี้นำเสนอการศึกษาเชิงทดลองการอบแห้งด้วยพลังงานแสงอาทิตย์ โดยใช้หลักการพาความร้อนของอากาศ เพื่อลดความชื้นของผลผลิตทางการเกษตร ซึ่งกำหนดตัวอย่างทดลอง 3 ชนิดที่มีความชื้นแตกต่างกัน ได้แก่ ข้าวเปลือก, กัวย และใบมะกรูด โดยเครื่องอบแห้งมีปริมาตรภายใน เท่ากับ $146 \times 250 \times 176$ ลูกบาศก์เซนติเมตร จากผลการทดสอบสมรรถนะการอบแห้งพบว่า เครื่องอบแห้งสามารถทำอุณหภูมิเฉลี่ยได้สูงถึง 86°C โดยสามารถลดความชื้นของ ข้าวเปลือก, กัวย และใบมะกรูด ได้เท่ากับ 1.5%, 75% และ 80% โดยมวล ตามลำดับ และใช้เวลาการอบแห้งเฉลี่ยประมาณ 5 ชั่วโมง

คำสำคัญ: อบแห้งด้วยพลังงานแสงอาทิตย์, ผลผลิตทางการเกษตร, การพาความร้อน

Abstract

This paper presents the experimental study of solar drying by using the principle of natural convection to dry agricultural crops and set up 3 different moisture samples which are rice, bananas, and lemon leaves. The volume of

the cabinet is $146 \times 250 \times 176 \text{ cm}^3$. Results from the drying tests of three samples indicate that this solar thermal drying cabinet can generate an average temperature of 86°C . It can decrease the moisture of rice, bananas, and lemon leaves by 1.5%, 75% and 80% by mass respectively and average drying time is 5 hours.

Keywords: Solar drying, agricultural products, Natural convection

1. บทนำ

ประเทศไทยเป็นประเทศกลุ่มเกษตรกรรมที่สำคัญประเทศหนึ่งของโลก โดยปัจจุบันเป็นประเทศที่ส่งข้าวออกเป็นอันดับที่สองของโลก นอกจากนี้ยังส่งออกผลิตผลทางการเกษตรประเภทอื่นๆ อีกมากมาย เช่น ผัก ผลไม้ และเครื่องเทศ ซึ่งผลิตฯ ส่วนใหญ่ต้องผ่านการแปรรูปหลังการเก็บเกี่ยว กระบวนการแปรรูปที่สำคัญอย่างหนึ่งคือ การตากแห้งหรืออบแห้ง เพื่อเป็นการยืดอายุของผลิตภัณฑ์ และช่วยยับยั้งการเจริญเติบโตของเชื้อราและแบคทีเรีย ทำให้ผลิตภัณฑ์แห้งมีคุณสมบัติทางอาหารตรงกับความต้องการของผู้บริโภคทั้งทางด้านรสชาติ

สี และกลิ่น ในปัจจุบันกระบวนการไล่ความชื้นส่วนใหญ่ มักใช้วิธีตากแดดบนลานกว้าง ซึ่งผลิตภัณฑ์ที่ผ่านการไล่ความชื้นด้วยวิธีดังกล่าว จะต้องใช้เวลาในกระบวนการตากไล่ความชื้นนานและยังได้ค่าความชื้นของผลิตภัณฑ์หลังการตากไม่แน่นอนเนื่องจากผลกระทบจากสภาพแวดล้อมบริเวณลานตาก มักประสบปัญหาผลผลิตเสียหายระหว่างการตาก เช่น การถูกทำลายโดยสัตว์ นก หนู และแมลง รวมถึงการปนเปื้อนสิ่งสกปรกต่างๆ อีกด้วย ในการแก้ปัญหาดังกล่าว จึงต้องอาศัยกระบวนการอบแห้ง ซึ่งเป็นวิธีที่สามารถลดความเสียหายของผลผลิตได้ และลดการปนเปื้อนจากเชื้อโรค สิ่งสกปรก อีกด้วย [1]

งานวิจัยในอดีตจนถึงปัจจุบันเกี่ยวกับการอบแห้งมีการพัฒนามาเป็นลำดับ อาทิเช่น งานวิจัยของ R.H.B Exell [2] ได้ทำการวิจัยเรื่องการอบไล่ความชื้นข้าวเปลือกโดยใช้พลังงานแสงอาทิตย์(Solar Rice Drying Project; AIT 1984) เพื่อทดแทนการใช้วิธีการตากลาน และสามารถทำให้อบไล่ความชื้นข้าวเปลือกในฤดูที่สภาพอากาศมีความชื้นสูงได้ โดยในการทดลองนี้ได้ทำการพัฒนาและทำการสร้างเครื่องอบไล่ความชื้นขนาดใหญ่ โดยมีเป้าหมายคือสามารถอบข้าวเปลือกได้ครั้งละ 1 ตัน โดยมีการศึกษาความลึกของถาดที่เหมาะสมกับการไหลผ่านของอากาศ ผลกระทบจากการต่อปล่องและการรั่วของอากาศออกตามประตู และประสิทธิภาพของแผ่นพลาสติกใสที่นำมาใช้กับเครื่องอบ งานวิจัยของปริดา วิบูลย์สวัสดิ์ และคณะ [3] ได้พัฒนาเครื่องอบแห้งที่มีลักษณะเป็นตู้ โดยมีพื้นที่รับแสง 0.23 ตารางเมตร ปิดด้วยกระจกใสทำมุมเอียง 18 องศา

แนวระดับ จากการทดลองอบผ้าชุบน้ำ พบว่ามีอัตราการอบแห้งประมาณ 4.2 kg/m²-day งานวิจัยของสมชาติ ไสภณรณฤทธิ์ และคณะ [4] ได้พัฒนาตู้ข้าวที่สร้างด้วยไม้มีหลังคาสังกะสี เป็นแหล่งกำเนิดความร้อน อากาศร้อนที่ได้จากแผงรับรังสีจะถูกดูด เข้าไปด้านล่างของตู้ข้าวและเป่าผ่านมวลข้าว ตู้ข้าวนี้สามารถเก็บข้าวที่อบแล้วได้ 10 ตันและสามารถช่วยลดความชื้นของข้าวในอัตรา 0.64% ต่อชั่วโมง งานวิจัยของ เสริม จันทร์ฉาย[5] ได้พัฒนาเครื่องอบแห้งระดับอุตสาหกรรมสำหรับอบกล้วย ซึ่งรับอากาศร้อนจากแผงรับพลังงานแสงอาทิตย์ขนาด 24 ตารางเมตร และมีแหล่งพลังงานเสริมจากก๊าซหุงต้ม เครื่องอบดังกล่าวสามารถอบกล้วยที่ความชื้น 75%(wb) จำนวน 200 กิโลกรัม ให้เหลือความชื้น 25%(wb) โดยใช้เวลา 3 วัน งานวิจัยของ รัตนา ภูตระนนท์ [6] ได้ทำการวิจัยเรื่องตู้อบแห้งโดยอาศัยหลักการของการพาความร้อนแบบธรรมชาติ(Natural Convection Cabinet Drying) เพื่อหาประสิทธิภาพที่เหมาะสมกับการใช้งาน และนำไปประยุกต์ใช้กับอาหาร หรือ ผลผลิตทางการเกษตรในครัวเรือนของประเทศไทย

ในงานวิจัยนี้ได้ทำการศึกษา การเลือกผลผลิตทางการเกษตรที่เหมาะสมสำหรับอบแห้งภายในตู้อบขนาดเล็ก รวมถึงพิจารณาการกระจายอุณหภูมิภายใน เวลาที่ใช้ในการอบแห้ง และคุณภาพของผลิตภัณฑ์หลังการอบ เพื่อแสดงให้เห็นถึงกระบวนการอบแห้งด้วยพลังงานแสงอาทิตย์ โดยใช้หลักการพาความร้อน

2. อุปกรณ์การทดลอง

อุปกรณ์ที่ใช้ในการทดลองการอบแห้งจะประกอบไปด้วย 2 ส่วนหลัก คือ ตัวเครื่องอบแห้ง เป็นส่วนแรก และ ส่วนที่สองคือ เครื่องมือที่ใช้อ่านค่าผลการทดลอง โดยจะมีรายละเอียดดังนี้

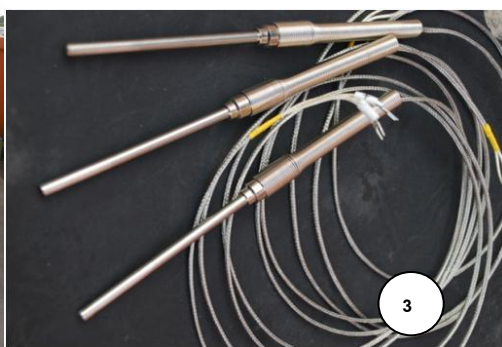
ตัวเครื่องอบแห้งจะประกอบไปด้วยสามส่วนหลัก คือ ตู้อบ ภาตใส่ผลผลิตทางการเกษตร และชุดแผ่นเก็บรังสีอาทิตย์ ตู้อบมีลักษณะเป็นตู้ทรงสี่เหลี่ยมทำเป็นชั้นๆแบ่งเอาไว้ใส่ภาตผลผลิตฯ จำนวน 5 ภาตผลผลิตจากเหล็กกล่องสี่เหลี่ยมนำมาเชื่อมติดกัน และพันสีกันสนิมทับ โดยมีแผ่นอะคริลิกติดตั้งอยู่โดยรอบพร้อมซีลด้วยซิลิโคนเพื่อกันอากาศรั่ว ด้านหลังของตู้มีลักษณะเป็นบานประตูเอาไว้เปิด-ปิด นำภาตเข้า-ออกได้ ส่วนด้านล่างของตู้มีแผ่นไม้อัดปูทับด้วยแผ่นฉนวนกันความร้อนวางไว้ โดยที่ประตูบานพับด้านบนสุดจะเว้นช่องว่างไว้ให้อากาศร้อนไหลออกดังรูปที่ 1 ภาตใส่ผลผลิตฯ มีลักษณะเป็นทรงกล่องสี่เหลี่ยมด้านบนเปิดทำจากเหล็กแผ่นเจาะรูกลมให้เกิดเป็นตะแกรง เพื่อให้ให้อากาศร้อนไหลผ่านตัวผลผลิตฯ เพื่อความชื้นไปสู่ด้านบนได้ โดยนำมาพับขึ้นรูป ติดโครงเหล็กเสริมความแข็งแรง ทาสีกันสนิม และติดด้ามจับเพื่อให้สะดวกต่อการบรรจุผลผลิตฯ ชุดแผ่นเก็บรังสีอาทิตย์

ประกอบไปด้วย ตัวแผ่นเก็บรังสีอาทิตย์ ที่ทำจากอลูมิเนียมแผ่นสี่เหลี่ยม นำมาพันสีดำด้าน เพื่อเป็นการเพิ่มประสิทธิภาพในการดูดซับรังสีอาทิตย์ แล้วจึงนำไปยึดกับโครงที่ทำจากไม้บุงฉนวนกันความร้อน ที่เจาะร่องไว้สำหรับนำแผ่นกระจกมาใส่ แล้วนำทั้งหมดไปวางบนโครงสร้างเหล็กที่สามารถถอดประกอบได้กับตู้อบ เทอร์โมคัปเปิ้ล (Thermocouple) เป็นอุปกรณ์วัดอุณหภูมิที่เปลี่ยนแปลงภายในตู้อบแบบ Real-Time แล้วส่งสัญญาณตัวเลขออกมาที่หน้าจอ โดย เทอร์โมคัปเปิ้ล ชนิด เจ (Thermocouple Type J) ที่สามารถวัดอุณหภูมิในช่วง 0 ถึง 400°C ตัวแสดงอุณหภูมิดิจิทัล (Digital temperature indicator) มีหน้าที่รับสัญญาณค่าของอุณหภูมิมาจาก Thermocouple แล้วแสดงผลเป็นตัวเลขในช่วง 0 ถึง 800°C และ สวิตช์เลือกอุณหภูมิ (Temperature switch) มีหน้าที่สลับสัญญาณจาก Thermocouple ไปยัง Digital temperature indicator เพื่อการแสดงผลอุณหภูมิจาก Thermocouple หลายๆ ตำแหน่ง



1). Frame

2). Collector



3). Thermocouple type J

รูปที่ 1 ชุดอุปกรณ์การทดลองเครื่องอบแห้ง

โดยสมการสมดุลพลังงานของกระบวนการอบแห้งดัง
สมการที่ 1

$$m_w L = m_a c_p [T_i - T_f] \quad (1)$$

โดย m_w คือ มวลของน้ำระเหยจากผลผลิตฯ ที่
พิจารณา (kg)

m_a คือ มวลของอากาศแห้ง (kg)

L คือ ความร้อนแฝงจำเพาะของการกลายเป็นไอ
ของน้ำจากผลผลิตฯ (kJ/kg)

c_p คือ ค่าความจุความร้อนจำเพาะของอากาศที่
ความดันคงที่ (kJ/kg °C)

T_i และ T_f คือ อุณหภูมิอากาศเริ่มต้นและสุดท้าย
ตามลำดับ (°C)

การหาเปอร์เซ็นต์ค่าความชื้น M ของตัวอย่าง
ธัญพืช นิยามโดยสมการที่ 2

$$M = \left[\frac{w-d}{w} \right] \times 100\% \quad (2)$$

โดย w คือ มวลของผลผลิตฯ ที่ยังไม่ผ่านการอบ

d คือ มวลของส่วนที่แห้งในตัวอย่างผลิตภัณฑ์
ค่านี้เรียกว่า ความชื้นมาตรฐานเปียก บางครั้งค่า
ความชื้นจะถูกนิยามโดย ปริมาณความชื้นในตัวอย่าง
แสดงเป็นเปอร์เซ็นต์ของปริมาณส่วนที่แห้ง ตามสูตร
 $100(w-d)/d$ ค่านี้เรียกว่า ความชื้นมาตรฐานแห้ง (จะ
ไม่นำมาใช้ในที่นี้)

3. วิธีการทดลอง

หลังจากติดตั้งอุปกรณ์เครื่องมือวัดเสร็จแล้ว
จะต้องจัดเตรียมผลผลิตฯ ที่จะใช้ทดลอง โดยการ
บรรจุไว้ในถาด แบ่งเป็น 5 ถาดเท่าๆกัน ผลผลิตฯ ที่ทำ

การทดลองมี 3 ชนิด คือ ข้าวเปลือก กล้วยปอกเปลือก
และใบมะกรูด ดังนี้

3.1 แบ่งข้าวเปลือกทั้งหมดเป็น 5 ถาดเท่า ๆ กัน
โดยแต่ละถาดจะมีข้าวเปลือก 20 กิโลกรัม แล้วเกลี่ย
ให้มีความหนาเสมอกันทั่วทั้งถาด

3.2 จากนั้นจึงปิดประตูตู้อบ ควรปิดประตูให้สนิท
จากนั้นจึงเริ่มอ่านค่าอุณหภูมิในแต่ละจุด อาทิเช่น
อุณหภูมิทางเข้า-ออกตู้อบ (กระเปาะเปียก) อุณหภูมิ
ภายในตู้อบสามจุด (กระเปาะแห้ง) $h=39.5, 69.5$
และ 99.5 cm ดังรูปที่ 2 ตามลำดับ



รูปที่ 2 ตำแหน่งวัดอุณหภูมิ (h) ด้วย Thermocouple
จากระดับพื้นตู้อบ ($h=39.5, 69.5$ และ 99.5 cm)

3.3 ทำการบันทึกผลการทดลองตามระยะเวลาทุก
30 นาที โดยพิจารณาจากมวล และ อุณหภูมิที่
เปลี่ยนแปลงตามระยะเวลา

3.4 ทำการทดลองตามข้อ 3.2 - 3.3 โดยเปลี่ยน
ผลผลิตฯ จากข้าวเปลือกเป็น กล้วยที่ปอกเปลือกและ
ทำการหั่น, ฟานออก(คือหั่นเป็นแว่น และฟาน

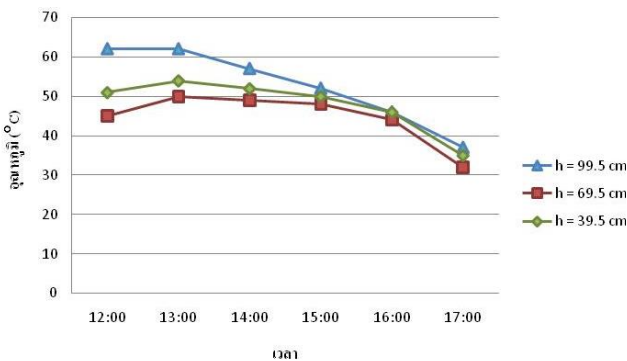
ตามยาว) วางสลับกันโดยวางทั้งหมดถาดละ 10 กิโลกรัม ให้เต็มพื้นที่ถาด

3.5 ทำการทดลองตามข้อ 3.4 โดยเปลี่ยนผลผลิต ฯ จากกล้วยหั่นเป็นแว่น และฝานตามยาว เป็นใบมะกรูดทั้งกิ่งที่สามารถวางลงในถาดได้ โดยแบ่งเป็นถาดละ 5 กิโลกรัม

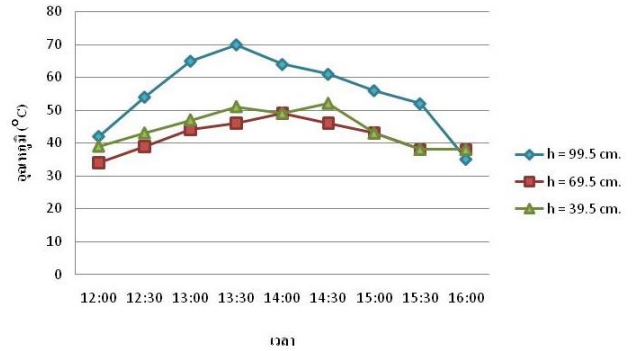
4. ผลการทดลอง

การทดลองนี้ จะทำการศึกษากระบวนการอบแห้งโดยการพาความร้อนของอากาศ โดยเลือกผลผลิตฯ ที่มีลักษณะรูปร่างและความชื้นที่แตกต่างกันนำมาอบไล่ความชื้น ได้แก่ ข้าวเปลือก กล้วยปอกเปลือก (หั่นเป็นแว่น และ ฝานตามยาว) และใบมะกรูด ดังนี้

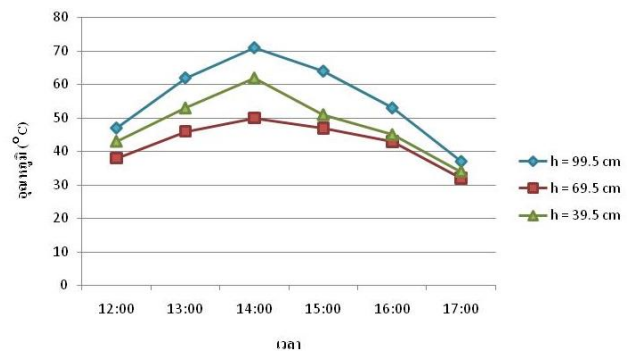
4.1 ความสัมพันธ์ระหว่างการกระจายอุณหภูมิในตู้อบแห้งต่อตำแหน่งวัดอุณหภูมิ



รูปที่ 3 ความสัมพันธ์ระหว่างการกระจายอุณหภูมิในตู้อบแห้งต่อตำแหน่งวัดอุณหภูมิ ในการอบแห้งข้าวเปลือก



รูปที่ 4 ความสัมพันธ์ระหว่างการกระจายอุณหภูมิในตู้อบแห้งต่อตำแหน่งวัดอุณหภูมิ ในการอบแห้งกล้วย



รูปที่ 5 ความสัมพันธ์ระหว่างการกระจายอุณหภูมิในตู้อบแห้งต่อตำแหน่งวัดอุณหภูมิ ในการอบแห้งใบมะกรูด

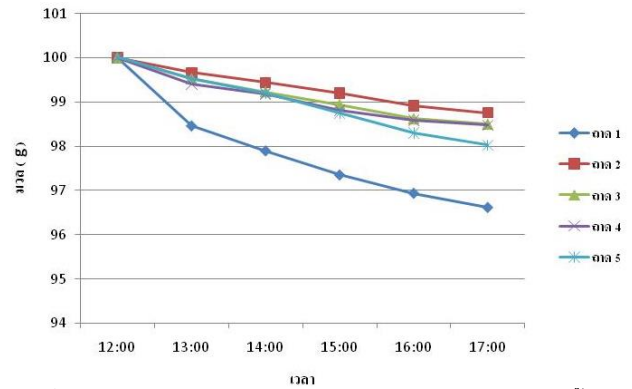
จากรูปที่ 3 - 5 การกระจายอุณหภูมิภายในตู้อบแห้งของผลผลิตฯ ที่ตำแหน่งการวัดอุณหภูมิ 3 ตำแหน่ง ได้แก่ h=39.5, 69.5 และ 99.5 cm พบว่าที่ h=99.5 cm จะให้การกระจายอุณหภูมิสูงที่สุด และรองลงมาคือ h=39.5 และ 69.5 cm ตามลำดับ เนื่องจากที่ h=99.5 cm เป็นตำแหน่งวัดอุณหภูมิของถาดชั้นบนสุดของผลผลิตฯ ซึ่งได้รับอิทธิพลจากการแผ่รังสีของแสงอาทิตย์โดยตรง ทำให้บริเวณชั้นนี้มีความร้อนสูง (ด้านบนของตู้อบเป็นแผ่นอะคริลิกโปร่งแสง) ส่วนที่ h=39.5 cm เป็นตำแหน่งวัดอุณหภูมิของถาดชั้นล่างที่สุดของผลผลิตฯ ซึ่งได้รับอิทธิพลของอากาศร้อนเป็นชั้นแรก จากการดูดกลืนการแผ่รังสีแสงอาทิตย์ของแผ่นเก็บรังสี (collector) สีดำด้านโดยตรง ทำให้บริเวณชั้นนี้มีความร้อนสูงปานกลาง

และ $h=69.5$ cm เป็นตำแหน่งวัดอุณหภูมิของอากาศชั้นกลางของผลผลิตฯ ที่มีการกระจายอุณหภูมิต่ำที่สุด เนื่องจากได้รับอิทธิพลจากการแผ่รังสีของแสงอาทิตย์ และจากแผ่น collector เพียงบางส่วนเท่านั้น

4.2 ความสัมพันธ์ระหว่างมวลของผลผลิตฯต่อตำแหน่งชั้นการอบแห้ง

4.2.1 การอบแห้งข้าวเปลือก

จากรูปที่ 6 การทดลองอบไล่ความชื้นข้าวเปลือก โดยใช้ปริมาณข้าวเปลือกเริ่มต้น 100 กิโลกรัม ใช้เวลาอบไล่ความชื้น 5 ชั่วโมง สามารถลดความชื้นเฉลี่ยได้ 1.5% โดยมวลก่อนอบไล่ความชื้น แต่เนื่องจากตลอดการอบจะต้องเปิดเครื่องอบเพื่อเก็บผลการทดลองทุกชั่วโมง ทำให้ประสิทธิภาพในการอบลดลง เนื่องจากความร้อนสูญเสียไปขณะเปิดตู้อบ โดยสภาพของผลิตภัณฑ์ไม่มีความเสียหายจากความร้อน ดังรูปที่ 7 จากการอบแห้งจะลดมวล (ความชื้น) ได้อย่างรวดเร็วในภาคชั้นที่ 1 และชั้นที่ 5 มากที่สุดตามลำดับ ส่วนชั้นที่ 2, 3 และ 4 มีอัตราการลดลงของมวลเพียงเล็กน้อย เนื่องจากภาคชั้นที่ 1 ทำการบรรจุข้าวเปลือกที่มีชั้นความหนาประมาณ 4 cm เปรียบเสมือนฉนวนบดบังการแผ่รังสีของแสงอาทิตย์มายังภาคชั้นล่าง และในส่วนของภาคชั้นที่ 5 ที่กั้นอากาศร้อนจากแผ่นเก็บรังสี (collector) มายังภาคที่ 4, 3 และ 2 อีกด้วย



รูปที่ 6 ความสัมพันธ์ระหว่างมวลข้าวเปลือกต่อตำแหน่งชั้นการอบแห้ง

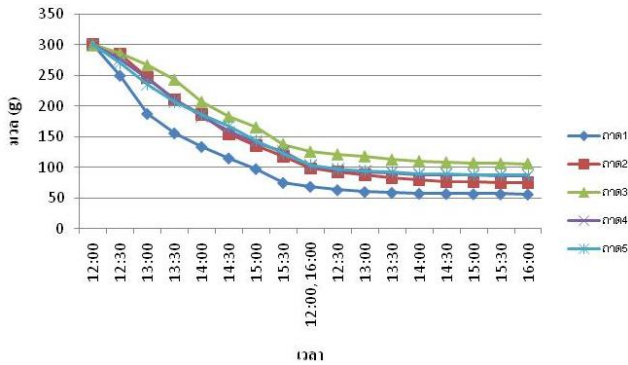


รูปที่ 7 ข้าวเปลือกที่ผ่านการอบแล้ว

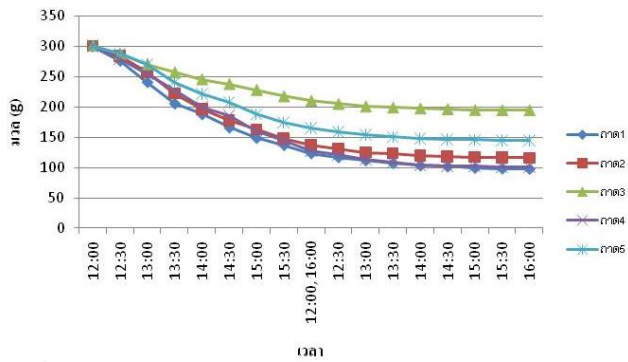
4.2.2 การอบแห้งกล้วยปอกเปลือก

จากรูปที่ 8 และ 9 การทดลองอบแห้งกล้วยทั้งแบบหั่นเป็นแว่นและฝานตามยาว หลังจากการอบโดยใช้เวลาอบ 8 ชั่วโมง มวลของผลผลิตฯลดลงสูงสุดประมาณ 75% โดยมวลก่อนอบไล่ความชื้น สภาพโดยรวมไม่เกิดการไหม้ แต่หากอบนานเกินไปลักษณะของเนื้อผลิตภัณฑ์จะแห้งและแข็งกระด้าง มวลจะเริ่มคงที่ไม่เหมาะกับการแปรรูปหรือรับประทาน ดังรูปที่ 10 จากการอบแห้งจะลดมวล (ความชื้น) ได้อย่างรวดเร็วในภาคชั้นที่ 1 และชั้นที่ 2 มากที่สุดตามลำดับ ส่วนชั้นที่ 4, 5 และ 3 มีอัตราการลดลงของมวลรองลงมา ตามลำดับ ซึ่งอัตราการลดลงของมวลกล้วยแบบหั่นเป็นแว่น จะลดลงมากกว่าแบบฝานตามยาว เนื่องจากขนาดรูปร่างของผลผลิตฯ ที่มีขนาดชิ้นเล็กกว่า

จะให้อัตราการลดลงของมวลมากกว่าขนาดของผลผลิตที่ขึ้นใหญ่กว่า ถึงแม้จะมีปริมาณความชื้นเท่ากันก็ตาม



รูปที่ 8 ความสัมพันธ์ระหว่างมวลกล้วยแบบหั่นเป็นแว่นต่อตำแหน่งชั้นการอบแห้ง



รูปที่ 9 ความสัมพันธ์ระหว่างมวลกล้วยแบบฝานตามยาวต่อตำแหน่งชั้นการอบแห้ง



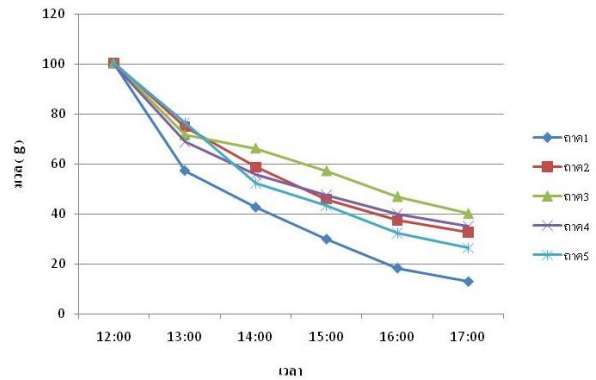
รูปที่ 10 กล้วยที่ผ่านการอบแล้ว

(ด้านซ้ายแบบหั่นเป็นแว่นและด้านขวาแบบฝานตามยาว)

4.2.3 การอบแห้งใบมะกรูด

จากรูปที่ 11 การทดลองอบแห้งใบมะกรูดโดยใช้เวลาในการอบ 6 ชั่วโมง สภาพของผลิตภัณฑ์ในถาดบนสุดมีลักษณะใหม่กรอบตั้งแต่ช่วงชั่วโมงที่ 2

ของการอบ ในขณะที่ผลิตภัณฑ์ในถาดอื่นๆ ณ เวลาเดียวกันยังไม่แห้งดี และหลังจากการอบ ผลิตภัณฑ์ในถาดอื่นยกเว้นถาดบนสุดมีสภาพแห้งและไม่มีควมเสียหาย โดยที่ผลิตภัณฑ์ในถาดนั้นสามารถนำกลับไปแช่น้ำเพื่อคืนความชื้นและนำไปประกอบอาหารได้ ดังรูปที่ 12 จากการอบแห้งจะลดมวลได้อย่างรวดเร็วในถาดชั้นที่ 1 และชั้นที่ 5 มากที่สุด ตามลำดับ ส่วนชั้นที่ 2, 4 และ 3 มีอัตราการลดลงของมวลลดลงมาตามลำดับ



รูปที่ 11 ความสัมพันธ์ระหว่างมวลใบมะกรูดต่อตำแหน่งชั้นการอบแห้ง

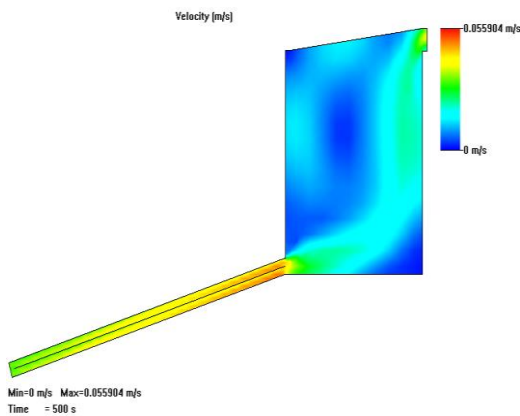


รูปที่ 12 ใบมะกรูดที่ผ่านการอบแล้ว

4.3 ผลการวิเคราะห์การไหลของอากาศร้อนในเครื่องอบแห้งด้วยโปรแกรม Flow works

จากรูปที่ 13 พบว่า การวิเคราะห์การไหลของอากาศจากแผ่น Collector เข้าสู่ตู้อบแห้ง โดยหลักการพาความร้อนแบบอิสระ สามารถวัดความเร็ว

ของอากาศร้อนที่ทางออกของตู้อบได้ประมาณ 0.05 m/s



รูปที่ 13 เส้นชั้นความเร็ว (Velocity contour) ของอากาศภายในตู้อบ

5. สรุปผลการทดลอง

1. การไหลของอากาศร้อนภายในตู้อบเกิดจากแผ่นเก็บรังสี (Collector) ได้รับความร้อนและการแผ่รังสีของดวงอาทิตย์ ทำให้อากาศที่ช่องทางเข้าเครื่องอบแห้งมีอุณหภูมิสูงขึ้น อากาศร้อน จึงลอยตัวไหลผ่านช่องทางเข้ามายังภายในห้องอบแห้ง โดยพฤติกรรมของอากาศร้อนจะไหลหมุนวนในแนวแกนนิ่ง ซึ่งนั่นเป็นสาเหตุที่ทำให้เกิดการพาความร้อนของผลผลิต จากอากาศร้อน และอากาศร้อนที่พาความร้อนของผลผลิต จะไหลออกทางด้านบนของห้องอบแห้ง ทำให้ความชื้นของผลผลิต จึงลดลงเป็นลำดับ ดังรูปที่ 13

2. บริเวณการอบแห้งชั้นบนสุดจะให้ผลได้ดีเหมาะสำหรับผลผลิตที่มีความชื้นสูงและชั้นมีความหนา เช่น กลัวย หรือผลผลิตที่เป็นเมล็ดมีเปลือกหุ้ม เช่น ข้าวเปลือก เมล็ดธัญพืช เป็นต้น ส่วนบริเวณชั้นกลางของตู้อบ เหมาะกับผลผลิต ที่มีค่าความหนาน้อยกว่า 1 mm หรือผลผลิตที่สูญเสียมวลน้ำได้ง่าย

จำพวกสมุนไพรประเภทใบ และส่วนชั้นล่าง เหมาะกับผลิตภัณฑ์สมุนไพรที่มีปริมาณมากๆ เช่น ดอกคำฝอย ดอกกระเจี๊ยบ ตะไคร้ เป็นต้น

กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบคุณ การสนับสนุนทุนการทำวิจัยจากสถาบันวิจัยและพัฒนา มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลรัตนโกสินทร์

เอกสารอ้างอิง

- [1] Janjai, S., Hirunlabh, J., 1993. Experimental study of solar fruit dryer, Proceeding of the ISES Solar World Congress, Budapest vol 8, pp. 123-128.
- [2] Exell, R.H.B., Kornsakoo, S., 1976. A low-cost solar rice dryer. Appropriate Technology, 5, pp. 23-25.
- [3] Wibulswas, P., Opaskiatkul, S. Hanpadungthum, S., 1977. Performance of a solar cabinet dryer, Proceeding of Renewable Energy and Application, Bangkok.
- [4] Soponronnarit, S., Watabutr, W., Therdyothin, A., 1986. A drying-storage solar hut: The technical aspect. Renewable Energy Review Journal 8(1), pp. 49-60.
- [5] Janjai, S., Esper, A., Muhlbauer, W., 2000. Development of a small-scaled solar fruit dryer, Research report, Department of Physics, Silpakorn University, Thailand.

[6] Putranon, R., 1984. Solar thermal processes in Thailand: A study on natural convection cabinet drying; under the renewable

nonconventional energy project royal thai government and u.s. agency for international development.