

การประชุมวิชาการเครือข่ายวิศวกรรมเครื่องกลแห่งประเทศไทย ครั้งที่ 24
20-22 ตุลาคม 2553 จังหวัดอุบลราชธานี

**การเปรียบเทียบการแห้งตัวของใบมะรุมโดยใช้เครื่องอบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์
พลังงานความร้อนจากไม้ฟืน และพลังงานผสมผสาน**
**Comparison of Moringa oleifera Lam. drying by hot gas from Solar Energy,
Woods combustion and Energy mix**

วชร กาลาสี^{1,*}

¹ สาขาวิชาวิศวกรรมเครื่องกล สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง วิทยาเขตชุมพร อ.ปะทิว จ.ชุมพร 86160
*วชร กาลาสี: E-mail: kkwachar@kmitl.ac.th, โทรศัพท์ 0-7750-6434, โทรสาร 0-7750-6434

บทคัดย่อ

การเปรียบเทียบการแห้งตัวของใบมะรุมโดยใช้เครื่องอบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์ พลังงานความร้อนจากไม้ฟืน และพลังงานผสมผสานได้คำนึงถึงระยะเวลาในการอบแห้งให้ผลิตภัณฑ์มีค่าความชื้นตามข้อกำหนดของสำนักงานคณะกรรมการอาหารและยา (อย.) คือ 16% ฐานแห้ง เครื่องอบแห้งที่ใช้เป็นเครื่องอบแห้งชนิดตู้อากาศร้อนที่ไหลผ่านแผงรับรังสีจะไหลเข้าบริเวณด้านล่างของตัวตู้และไหลผ่านผลิตภัณฑ์ที่วางบนชั้นซึ่งออกแบบให้เกิดการไหลของอากาศผ่านแต่ละชั้นอย่างสม่ำเสมอ ในกรณีที่ใช้ไม้ฟืนนั้นจะทำการแผ่รังสีความร้อนโดยให้ความร้อนแก่แผ่นเหล็กและไหลเข้าไปในปล่องควัน ซึ่งเป็นท่อเหล็กที่วางไว้ในตู้อบระหว่างชั้นวางแต่ละด้าน อุณหภูมิภายในตู้อบกรณีการอบใบมะรุมด้วยพลังงานแสงอาทิตย์อยู่ในช่วง 45-58 องศาเซลเซียส ส่วนกรณีการอบด้วยความร้อนจากการเผาไหม้ไม้ฟืนจะถูกควบคุมให้อยู่ในช่วง 45-70 องศาเซลเซียส จากการศึกษาพบว่า การตากใบมะรุมด้วยแสงอาทิตย์โดยตรงใช้เวลาตากทั้งสิ้น 24 ชั่วโมง เพื่อให้ใบมะรุมได้ค่าความชื้นตามมาตรฐาน ส่วนการอบแห้งด้วยตู้อบที่ออกแบบและสร้างทดสอบ พบว่าการอบใบมะรุมโดยใช้พลังงานความร้อนจากแสงอาทิตย์ ไม้ฟืนและแบบผสมผสานนั้น ใช้เวลาในการอบแห้งทั้งสิ้น 12 ชั่วโมง 9 ชั่วโมงและ 8 ชั่วโมงตามลำดับ โดยค่าความชื้นของผลิตภัณฑ์จะลดลงอย่างรวดเร็วใน 4 ชั่วโมงแรก และประสิทธิภาพของแผงรับรังสีแสงอาทิตย์ในการเปลี่ยนพลังงานแสงอาทิตย์เป็นพลังงานความร้อน มีค่าประมาณ 30%

คำหลัก: ใบมะรุม เครื่องอบแห้ง พลังงานแสงอาทิตย์

Abstract

Comparisons of Moringa oleifera Lam. drying by hot gas from solar energy, wood combustion and energy mix is considered, based on the length of drying time. Such processes are carried out, regarding drying time of the product to achieve the moisture content level of 16% dry basis regulated by the Food and Drug Administration (FDA). The solar dryer used in this study is the cabinet type. Air naturally flowing through the solar collector receives heat, and finally enters the cabinet where moisture is removed from

the products. The cabinet is designed so that uniform air is able to flow between every shelf. In the case of wood combustion, wood is burned to supply heat along a tube in the heat exchanger located under every shelves. Temperature in the cabinet during drying by solar energy ranges from 45 to 58°C. And it is controlled from 45 to 70°C in range for heat generated by wood combustion. The results show that the period of *Moringa oleifera* Lam. drying by sun exposure is 24 hours. With designed cabinet experiments, the process are 12 hours, 9 hours and 8 hours for heat gain from solar energy, wood combustion and energy mix, respectively. The moisture content of the products decreases drastically in the first 4 hours of drying. Efficiency of the solar collector in converting solar energy into heat is about 30%.

Keywords: *Moringa oleifera* Lam., solar dryer, solar energy

1. บทนำ

ประเทศไทยเป็นประเทศเกษตรกรรมที่สำคัญประเทศหนึ่งของโลก ทำให้มีผลผลิตทางการเกษตรหลากหลาย จนบางครั้งอาจมีปริมาณมากจนเกินความต้องการของผู้บริโภค ทำให้ต้องมีกระบวนการแปรรูปผลผลิตเพื่อยืดอายุการเก็บรักษา โดยการแปรรูปที่สำคัญคือ การตากแห้งหรือการอบแห้ง ซึ่งเป็นกระบวนการลดความชื้นของผลผลิต ทำให้สามารถช่วยชะลอการเติบโตของเชื้อราและแบคทีเรียผลิตภัณฑ์แห้งที่ผลิตได้จึงสามารถเก็บรักษาได้เป็นระยะเวลานาน โดยที่คุณสมบัติทางอาหารไม่เกิดการสูญเสีย จนเป็นที่ต้องการของผู้บริโภคทั้งในประเทศและต่างประเทศ

มะรุ่มจัดเป็นพืชสมุนไพรที่มีสรรพคุณทางยาสามารถช่วยยับยั้งและป้องกันการเกิดโรคเบาหวาน ความดันโลหิตสูง ไชข้ออักเสบ และสามารถต้านทานการเกิดโรคมะเร็งได้ จึงทำให้เกิดธุรกิจการแปรรูปมะรุ่มอย่างแพร่หลาย ทั้งมะรุ่มตากแห้ง ชาใบมะรุ่ม และแคปซูลผงมะรุ่ม เป็นต้น ซึ่งใบมะรุ่มที่จะนำไปแปรรูปนั้นจะต้องนำไปตากแดดหรืออบแห้ง เพื่อเป็นการไล่ความชื้นที่มีอยู่ ทำให้สามารถป้องกันผลิตภัณฑ์สูญเสียจากการเกิดเชื้อราได้ สำหรับการนำใบมะรุ่มมาตากแดดนั้นเกษตรกรต้องใช้ระยะเวลานานสำหรับการไล่ความชื้น แต่ถ้าวันใดเกิดสภาพอากาศไม่ดี เกิดมีฝนตกหรือมีเมฆปกคลุมก็จะทำให้ไม่สามารถควบคุมระยะเวลาในการตากแดดได้ ทำให้การผลิตในบางครั้ง

เกษตรกรต้องประสบภาวะขาดทุน เนื่องจากผลผลิตเสียหายเพราะเกิดราขึ้นบนใบมะรุ่ม

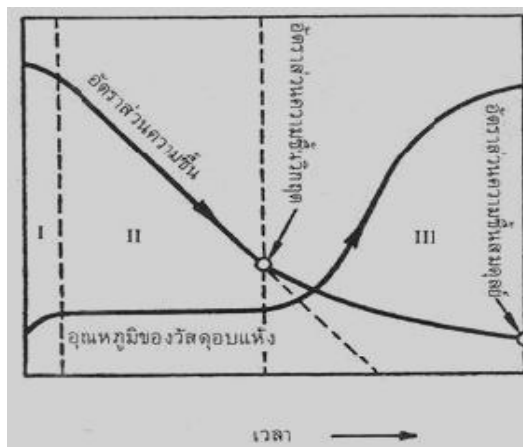
การอบแห้งเป็นวิธีการหนึ่งที่สามารถไล่ความชื้นที่มีอยู่ในใบมะรุ่มออกไป โดยความร้อนจากพลังงานแสงอาทิตย์ก็เป็นอีกทางเลือกหนึ่งที่สามารถนำมาใช้ได้ เนื่องจากประเทศไทยได้ตั้งอยู่ในเขตร้อนและมีอุณหภูมิเฉลี่ยสูงตลอดเกือบทั้งปี จากการศึกษาพบว่าเครื่องอบแห้งจากพลังงานแสงอาทิตย์นั้นได้มีนักวิจัยหลายท่านได้ทำการศึกษาและทำการทดลองกันอย่างแพร่หลาย แต่ลักษณะเด่นของเครื่องอบแห้งแต่ละแบบนั้นก็จะมีแตกต่างกันออกไป ซึ่งจะขึ้นอยู่กับการออกแบบและความเหมาะสมของพื้นที่แต่ละแห่ง

ดังนั้นงานวิจัยนี้จึงได้ทำการออกแบบ สร้างและทดสอบเครื่องอบแห้งใบมะรุ่ม โดยใช้พลังงานความร้อนจากดวงอาทิตย์ การเผาไหม้ไม้ฟืน และพลังงานผสมผสานระหว่างความร้อนจากดวงอาทิตย์และการเผาไหม้ไม้ฟืน โดยคำนึงถึงระยะเวลาการอบแห้งให้ใบมะรุ่มให้มีค่าความชื้นตามข้อกำหนดของสำนักงานคณะกรรมการอาหารและยา (อย.) คือ 16% ฐานแห้งซึ่งได้เก็บข้อมูลตัวแปรต่างๆ ดังนี้ คือความเข้มข้นของแสงอาทิตย์ อุณหภูมิภายในและภายนอกตู้อบแห้งมวลใบมะรุ่ม ความชื้นสัมพัทธ์ภายในและภายนอกตู้อบ โดยเครื่องอบแห้งที่ออกแบบไว้มีจุดเด่น คือตู้อบสามารถควบคุมอุณหภูมิภายในตู้ได้โดยอัตโนมัติ

2. ทฤษฎี

2.1 ทฤษฎีการอบแห้ง

การอบแห้ง เป็นกระบวนการที่ความร้อนถูกถ่ายเทด้วยวิธีใดวิธีหนึ่งไปยังวัตถุที่มีความชื้น เพื่อให้ความชื้นออกโดยการระเหย หลักการของการอบแห้งวัสดุทั่วไปนั้น มักใช้อากาศเป็นตัวกลาง ในการอบแห้ง ความร้อนจะถูกถ่ายเทจากกระแสอากาศไปยังผิวของวัสดุที่มีความชื้นอยู่ภายใน เมื่อผิวของวัสดุเกิดการสัมผัสกับอากาศร้อนก็จะเกิดการถ่ายเทความร้อนขึ้น ทำให้วัสดุอบแห้งดังกล่าวมีอุณหภูมิสูงขึ้น ความชื้นจะระเหยกลายเป็นไอออกจากวัสดุไปสู่บรรยากาศรอบข้าง กระบวนการอบแห้งวัสดุใดๆ จะมีความเกี่ยวข้องกับการถ่ายเทมวลของ ความชื้น หรือน้ำ จากวัสดุไปสู่บรรยากาศรอบข้าง ถ้ากำหนดให้อุณหภูมิและความชื้นของอากาศที่ไหลผ่านวัสดุอบแห้งมีค่าคงที่ และอากาศที่ถูกถ่ายเทความร้อนให้แก่วัสดุเป็นแบบการพาความร้อน การลดลงของความชื้นในวัสดุอบแห้งจะมีลักษณะเป็นไปดังรูปที่ 1



รูปที่ 1 เส้นอัตราส่วนความชื้นกับเวลา [1]

2.2 เครื่องอบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์

เครื่องอบแห้งที่ใช้พลังงานอาทิตย์มีมากมายหลายชนิด แต่สามารถแบ่งเป็นประเภทใหญ่ๆ ได้ 2 ประเภทตามลักษณะการให้ความร้อน และวิธีการนำความร้อนไปใช้ คือระบบอบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์แบบแอคทีฟ (active solar-energy drying systems)

ที่ได้ใช้การพาความร้อนแบบบังคับ โดยมีพัดลมดูดหรือผลักอากาศเข้าสู่เครื่องอบ อากาศที่ไหลเข้าเครื่องอบจะได้รับความร้อนจากแสงอาทิตย์ผ่านชุดรับรังสีความร้อน ซึ่งประกอบไปด้วยแผ่นกระจกหรือพลาสติกใสอยู่ด้านบนและมีแผ่นรับความร้อนทาสีดำวางด้านล่าง [2,3] โดยอากาศที่ไหลผ่านแผ่นทั้งสองนี้ จะได้รับความร้อนและถูกบังคับให้ไหลผ่านผลิตภัณฑ์ซึ่งวางอยู่ในตู้อบก่อนถูกบังคับให้ระบายออกไป [4] ข้อดีของระบบนี้ คืออากาศจะมีอุณหภูมิสูงช่วยในการถ่ายเทความร้อนและความชื้นได้ดี แต่ก็ต้องลงทุนเพิ่มในส่วนของการพลังงานไฟฟ้าและมอเตอร์หมุนใบพัดลม ส่วนระบบอบแห้งอีกชนิดหนึ่ง คือระบบอบแห้งแบบพาสซีฟ (passive solar energy drying systems) ซึ่งจะมีหลักการทำงานคล้ายกันกับแบบแรก เพียงแต่การพาความร้อนจะเป็นแบบอิสระโดยไม่มีพัดลมช่วย เนื่องจากระบบอบแห้งแบบพาสซีฟนี้จะมีปล่องระบายช่วยในการพาความร้อน [2, 5] ข้อดีของระบบนี้ คือไม่สิ้นเปลืองพลังงานไฟฟ้าและค่าใช้จ่ายของมอเตอร์ แต่การถ่ายเทความร้อนและความชื้นจะต่ำกว่าแบบแอคทีฟ

2.3 ประสิทธิภาพเชิงความร้อนและประสิทธิภาพของแผงรับรังสีแสงอาทิตย์

ประสิทธิภาพเชิงความร้อนเฉพาะเชื้อเพลิง และประสิทธิภาพเชิงความร้อนแบบผสมสามารถคำนวณได้จาก [6]

$$\eta_{th,solar} = \left[\frac{M_{s,w}L}{WA_s} \right] \times 100\% \quad (1)$$

$$\eta_{th,wood} = \left[\frac{M_{w,w}L}{m_{wood}H} \right] \times 100\% \quad (2)$$

$$\eta_{th,mix} = \left[\frac{M_{t,w}L}{m_{wood}H + WA_s} \right] \times 100\% \quad (3)$$

โดยที่ $\eta_{th,solar}$ คือประสิทธิภาพเชิงความร้อนของการอบโดยใช้พลังงานแสงอาทิตย์

$\eta_{th,wood}$ คือประสิทธิภาพเชิงความร้อนของการอบโดยใช้ไม้เป็นเชื้อเพลิง

$\eta_{th,mix}$ คือประสิทธิภาพเชิงความร้อนของการอบโดยรวม

$M_{s,w}$ คือมวลน้ำที่ระเหยในช่วงใช้แสงอาทิตย์

$M_{w,w}$ คือมวลน้ำที่ระเหยในช่วงใช้ไม้ฟืน

$M_{t,w}$ คือมวลน้ำที่ระเหยออกจากผลิตภัณฑ์ทั้งหมด

L คือค่าความร้อนแฝงของการกลายเป็นไอ

m_{wood} คือมวลไม้ฟืนที่ใช้ทั้งหมด

H คือค่าความร้อนของไม้ฟืน

A_s คือพื้นที่แผงรับรังสีแสงอาทิตย์

W คือฟลักซ์ของพลังงานความร้อนสะสมจากพลังงานแสงอาทิตย์

ส่วนค่าประสิทธิภาพของแผงรับรังสีแสงอาทิตย์สามารถคำนวณได้จาก

$$\eta_{collector} = \frac{\dot{Q}}{WA_s} \quad (4)$$

เมื่อ $\dot{Q}$ คือความร้อนที่อากาศได้รับเมื่อไหลผ่านแผงรับรังสีแสงอาทิตย์ ซึ่งสามารถคำนวณได้จาก

$$\dot{Q} = \dot{m} c_p (T_i - T_o) \quad (5)$$

โดยที่ $\dot{m}$ คืออัตราการไหลของอากาศ

c_p คือค่าความร้อนจำเพาะของอากาศ

T_i คืออุณหภูมิของอากาศตรงทางเข้า

T_o คืออุณหภูมิเฉลี่ยของอากาศชั้นล่าง

2.4 ค่าความชื้นของผลิตภัณฑ์

ค่าความชื้น (ฐานแห้ง) ของผลิตภัณฑ์สามารถคำนวณได้จาก

$$M_d = \frac{w-d}{d} \times 100\% \quad (6)$$

โดยที่ M_d คือค่าความชื้นของผลิตภัณฑ์ที่เวลาใดๆ

w คือมวลของผลิตภัณฑ์ที่เวลาใดๆ

d คือมวลแห้งของผลิตภัณฑ์

3. อุปกรณ์และขั้นตอนการทดสอบ

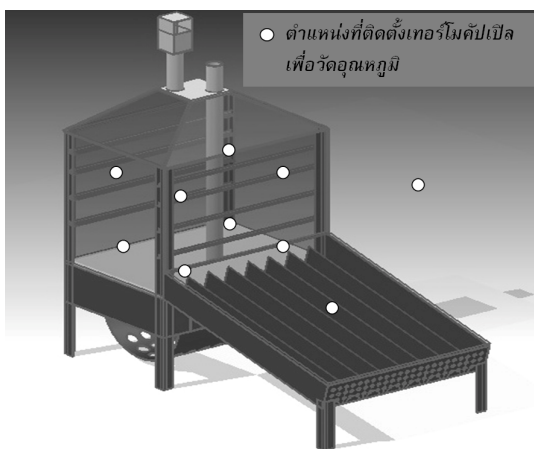
ในงานวิจัยนี้จะศึกษาการแห้งตัวของใบมะรุ่ยที่ได้แบ่งการทดสอบออกเป็น 4 ส่วนเพื่อเปรียบเทียบอุณหภูมิและระยะเวลาการอบแห้ง คือการตากแดดแบบธรรมชาติ การอบแห้งในตู้อบแห้งโดยใช้พลังงานแสงอาทิตย์ การอบแห้งโดยใช้ความร้อนจากการเผาไหม้ไม้ฟืน และพลังงานผสมผสานระหว่างความร้อนจากดวงอาทิตย์และการเผาไหม้ไม้ฟืน โดยเครื่องอบแห้งที่ออกแบบและสร้างจะมีตู้อบ ซึ่งสามารถควบคุมอุณหภูมิภายในตู้ได้โดยอัตโนมัติ โดยชุดอุปกรณ์ที่ใช้ในการทดสอบประกอบด้วย

1. เครื่องอบพลังงานแสงอาทิตย์ผสมผสานพลังงานความร้อนจากไม้ฟืน ดังรูปที่ 2
2. เครื่องวัดและอุปกรณ์รับความเข้มรังสีดวงอาทิตย์ (EPPELY INTEGRATOR รุ่น EPLAB)
3. เครื่องวัดความชื้นสัมพัทธ์ (GRAPHTEC รุ่น midi LOGGER GL800)
4. ตัวควบคุมอุณหภูมิ (Temperature Control) และเทอร์โมคัปเปิล ชนิด K สำหรับวัดอุณหภูมิภายนอกและภายในตู้อบ ดังรูปที่ 3
5. เครื่องชั่งแบบดิจิตอล 3 ตำแหน่ง (UWE geriweigher รุ่น GW-30K) สำหรับชั่งน้ำหนักของผลิตภัณฑ์
6. โคลินอยด์วาล์วและพัดลมระบายอากาศสำหรับระบายอากาศร้อนในตู้อบออก กรณีที่อุณหภูมิภายในตู้อบมีค่าสูงเกิน 70°C



รูปที่ 2 เครื่องอบที่ใช้ในการทดสอบ

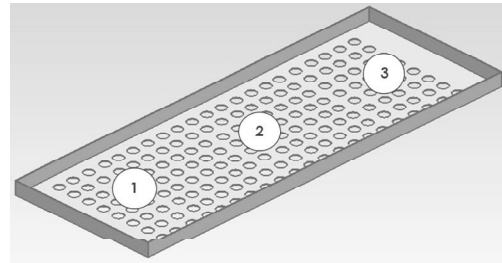
สำหรับการทดสอบเริ่มต้นด้วยการชั่งมวลใบมะรุ้ม และมวลตัวอย่างทั้งหมด 24 ชุด (ตัวอย่างถูกออกแบบขึ้นให้มีทั้งหมด 4 ชั้น ชั้นละ 2 ถาด โดยรูปที่ 4 แสดงตำแหน่งของมวลตัวอย่างของแต่ละถาด) ทำการติดตั้งเทอร์โมคัปเปิลสำหรับวัดอุณหภูมิภายในตู้อบตามตำแหน่งที่ระบุดังรูปที่ 3 ก่อนทำการทดสอบอบใบมะรุ้มโดยการใช้พลังงานความร้อนจากดวงอาทิตย์ พลังงานความร้อนจากการเผาไหม้ไม้ฟืน และการใช้พลังงานความร้อนผสมผสานกันระหว่างความร้อนจากดวงอาทิตย์และการเผาไหม้ไม้ฟืน โดยกรณีการใช้พลังงานความร้อนจากการเผาไหม้ไม้ฟืนนั้นจะต้องทำการควบคุมอุณหภูมิภายในตู้อบไม่ให้เกิน 70 องศาเซลเซียส เพื่อป้องกันความเสียหายของใบมะรุ้ม โดยก่อนนำใบมะรุ้มเข้าทำการทดสอบอบแห้งจะต้องกระจายใบมะรุ้มให้เต็มตะแกรงที่วางอยู่ในตู้ ดังรูปที่ 5 และทำการบันทึกค่าพลังงานสะสมตอนเริ่ม ค่าความเข้มของแสง ณ ตำแหน่งกึ่งกลางของแผงรับรังสีอุณหภูมิภายในตู้อบ อุณหภูมิบรรยากาศ ค่าความชื้นสัมพัทธ์ของบรรยากาศและภายในตู้อบ จนสิ้นสุดกระบวนการทดสอบ



รูปที่ 3 ตำแหน่งที่ติดตั้งเทอร์โมคัปเปิล

สำหรับในกรณีการทดสอบโดยการใช้พลังงานความร้อนจากการเผาไหม้ไม้ฟืนก็ต้องเก็บบันทึกค่ามวลไม้ฟืนที่ใช้ด้วย โดยค่าตัวแปรต่างๆ ทำการจด

บันทึกค่าทุกๆ 2 ชั่วโมง รวมถึงค่ามวลตัวอย่างด้วย และเมื่อทดลองจนค่ามวลตัวอย่างเริ่มคงที่แล้ว จะต้องเก็บมวลตัวอย่างมาทำการอบแห้งต่อจนแห้งสนิทในตู้อบไฟฟ้าเพื่อหาค่ามวลแห้งของใบมะรุ้ม ซึ่งจะนำไปคำนวณหาค่าความชื้น (ฐานแห้ง) ของใบมะรุ้ม ณ เวลาต่างๆ ต่อไป



รูปที่ 4 ตำแหน่งของตัวอย่างใบมะรุ้มที่นำมาทดสอบในแต่ละถาด



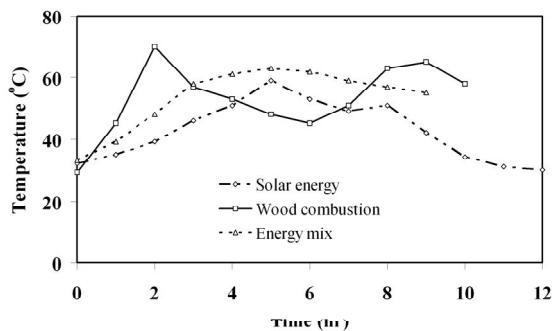
รูปที่ 5 ใบมะรุ้มที่ทำการทดสอบ

4. ผลการทดสอบและวิจารณ์

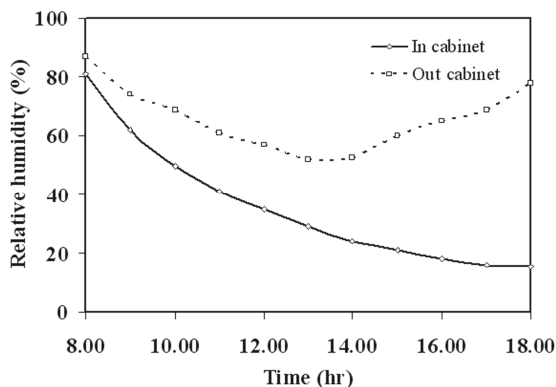
4.1 การแห้งตัวของใบมะรุ้มโดยการใช้พลังงานความร้อนจากแสงอาทิตย์

ผลการอบใบมะรุ้มในตู้อบแห้ง โดยที่ใช้พลังงานความร้อนจากแสงอาทิตย์ พบว่าอุณหภูมิที่แผงรับความร้อนจากดวงอาทิตย์มีค่าสูงสุด คือ 66 องศาเซลเซียส ที่เวลา 14.00 นาฬิกา ส่วนอุณหภูมิภายในตู้อบมีค่าสูงสุดที่ตำแหน่งด้านบน คือ 59 องศาเซลเซียส ดังรูปที่ 6 ส่วนค่าความชื้นสัมพัทธ์ต่ำสุด

ภายในตู้ที่วัดได้คือ 15.3% โดยในช่วงเช้าค่าความชื้นสัมพัทธ์ของอากาศทั้งในตู้และนอกตู้จะมีค่ามากและใกล้เคียงกัน แต่เมื่อเวลาผ่านไปจะพบความแตกต่างอย่างชัดเจน โดยค่าความชื้นสัมพัทธ์ภายในตู้จะมีความลดลง เนื่องจากการแห้งตัวของใบมะรุม และการไหลเข้ามาในตู้ของอากาศร้อน ส่วนความชื้นสัมพัทธ์ภายนอกตู้จะมีความเปลี่ยนแปลงไม่มากเมื่อเปรียบเทียบกับภายในตู้ ดังรูปที่ 7 เนื่องจากค่าความชื้นสัมพัทธ์ภายนอกตู้จะมีการเปลี่ยนแปลงก็ต่อเมื่อท้องฟ้ามีเมฆมาก มีลมแรงและมีฝนตก นอกจากนี้ยังพบว่าความเข้มแสงอาทิตย์สูงสุดที่วัดได้ คือ 1082.5 วัตต์ต่อตารางเมตร (รูปที่ 8) โดยค่าประสิทธิภาพของแผงรับรังสีแสงอาทิตย์ที่ได้จากการคำนวณตามสมการที่ 4 มีค่าประมาณ 30%

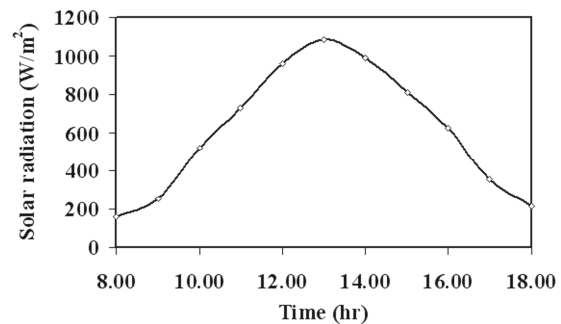


รูปที่ 6 อุณหภูมิสูงสุดในตู้เป็นเวลาต่างๆ



รูปที่ 7 ความชื้นสัมพัทธ์ภายในและภายนอกตู้
กรณีอบด้วยพลังงานความร้อนจากแสงอาทิตย์

ส่วนการแห้งตัวของใบมะรุม พบว่าใบมะรุมในถาดด้านบนสุดของตู้จะมีการแห้งตัวเร็วที่สุด เนื่องจากได้รับความร้อนจากดวงอาทิตย์สูงสุด รวมไปถึงสามารถถ่ายเทความชื้นได้เร็วที่สุด เนื่องจากอยู่ใกล้กับปล่องระบายอากาศและความชื้นออกภายนอกตู้



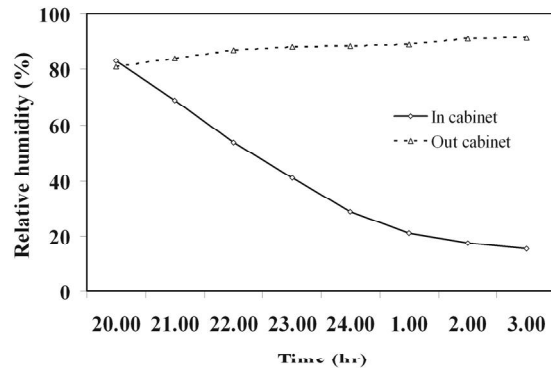
รูปที่ 8 ความเข้มแสงอาทิตย์ที่เวลาต่างๆ

4.2 การแห้งตัวของใบมะรุมโดยใช้พลังงานความร้อนจากการเผาไหม้ไม้ฟืน

สำหรับผลการอบใบมะรุมในตู้อบแห้ง โดยใช้พลังงานความร้อนจากการเผาไหม้ไม้ฟืน ในกรณีไม่ใช้ระบบควบคุมการระบายอุณหภูมิและอากาศร้อนออกภายนอกตู้ พบว่าอุณหภูมิภายในตู้มีค่าสูงถึง 90 องศาเซลเซียส ที่ตำแหน่งด้านล่างของตู้ เนื่องจากอยู่ใกล้กับเตาเผาไม้ฟืนเป็นผลให้ใบมะรุมที่อบแห้งในถาดด้านล่างเกิดความเสียหาย จึงจำเป็นต้องทำการควบคุมอุณหภูมิภายในตู้ไม่ให้มีค่าเกิน 70 องศาเซลเซียส ดังรูปที่ 6 ส่วนความชื้นสัมพัทธ์ต่ำสุดภายในตู้มีค่า 15.4% แตกต่างกับความชื้นสัมพัทธ์ภายนอกตู้ที่มีค่าค่อนข้างสูง ดังรูปที่ 9 เป็นเพราะการอบใบมะรุมด้วยความร้อนจากการเผาไหม้ไม้ฟืนนี้ได้ทดสอบในเวลากลางคืน ทำให้มีความชื้นในอากาศและปริมาณน้ำค้างมาก

ส่วนการแห้งตัวของใบมะรุม พบว่าใบมะรุมในถาดด้านล่างของตู้จะมีการแห้งตัวเร็วที่สุด เนื่องจากอยู่ใกล้กับแผ่นรับความร้อนจากการเผาไหม้

ไม้พิน ทำให้ถาดด้านล่างมีอุณหภูมิสูงกว่าถาดด้านบน



รูปที่ 9 ความชื้นสัมพัทธ์ภายในและภายนอกตู้อบกรณีอบด้วยพลังงานความร้อนจากการเผาไหม้ไม้พิน

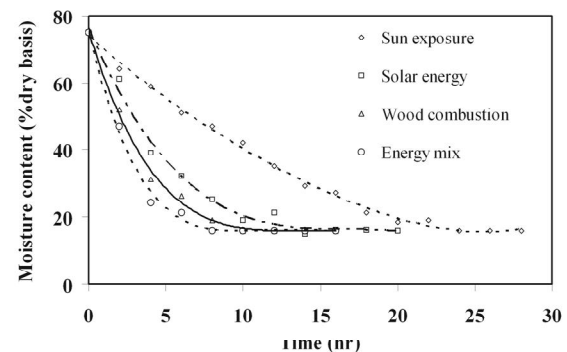
4.3 การแห้งตัวของใบมะรุมโดยใช้พลังงานความร้อนจากแสงอาทิตย์และการเผาไหม้ไม้พิน

ผลการอบใบมะรุมในตู้อบแห้ง โดยใช้พลังงานความร้อนผสมผสานจากดวงอาทิตย์ร่วมกับการเผาไหม้ไม้พิน พบว่าอุณหภูมิภายในตู้อบมีค่าสูงสุดคือ 63 องศาเซลเซียส ดังรูปที่ 6 ส่วนค่าความชื้นสัมพัทธ์ต่ำสุดภายในตู้ที่วัดได้คือ 15.3%

ส่วนการทำใบมะรุมให้แห้งด้วยวิธีการตากแดดนั้น พบว่าการแห้งตัวของใบมะรุมจะใช้เวลานานกว่าการอบให้แห้งด้วยตู้อบที่ออกแบบและสร้างขึ้น จากการทดสอบพบว่า การตากใบมะรุมด้วยแสงอาทิตย์โดยตรงใช้เวลาตากทั้งสิ้น 24 ชั่วโมง (ใช้เวลานาน 2 วัน เนื่องจากเวลากลางคืนไม่มีแสงอาทิตย์) เพื่อให้ใบมะรุมได้ค่าความชื้นตามมาตรฐาน (16% ฐานแห้ง) ส่วนการอบใบมะรุมด้วยตู้อบที่ออกแบบและสร้างทดสอบนั้นพบว่า การอบใบมะรุมโดยใช้พลังงานความร้อนจากแสงอาทิตย์ ไม้พินและแบบผสมผสานได้ใช้เวลาในการอบแห้งทั้งสิ้น 12 ชั่วโมง 9 ชั่วโมงและ 8 ชั่วโมงตามลำดับ โดยรูปที่ 10 ได้แสดงถึงความสัมพันธ์ระหว่างความชื้นฐานแห้งของใบมะรุมกับระยะเวลาที่ทำการอบ จากกราฟจะเห็นได้ว่า

สำหรับการอบใบมะรุมในตู้อบทั้ง 3 กรณี ค่าความชื้นของใบมะรุมจะลดลงอย่างรวดเร็วในช่วงแรก 4 ชั่วโมงแรกของการอบ

สำหรับการพิจารณาประสิทธิภาพเชิงความร้อนของการอบใบมะรุมโดยใช้พลังงานผสมผสานระหว่างพลังงานความร้อนจากดวงอาทิตย์และจากการเผาไหม้ไม้พินนั้น พบว่าประสิทธิภาพเชิงความร้อนของการอบรวมมีค่าเท่ากับ 7.5% ประสิทธิภาพเชิงความร้อนของการอบใบมะรุมโดยใช้พลังงานความร้อนจากดวงอาทิตย์และพลังงานความร้อนจากการเผาไหม้ไม้พินมีค่าเท่ากับ 18.3% และ 4.2% ตามลำดับ



รูปที่ 10 ความชื้นของใบมะรุมที่เวลาต่างๆ

ส่วนสาเหตุที่ประสิทธิภาพเชิงความร้อนของเครื่องอบในงานวิจัยนี้มีค่าค่อนข้างต่ำเป็นเพราะค่าประสิทธิภาพเชิงความร้อนนั้นขึ้นอยู่กับชนิดของผลิตภัณฑ์ ค่าความชื้นสุดท้ายที่ต้องการและตัวแปรอื่นๆ เช่น ความเร็วลม อุณหภูมิ และความชื้นในอากาศขณะทำการทดสอบ เป็นต้น

5. สรุปผล

การทดสอบและเปรียบเทียบผลของการอบใบมะรุมด้วยเครื่องอบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์ พลังงานความร้อนจากการเผาไหม้ไม้พิน และพลังงานความร้อนผสมผสานเพื่อให้ใบมะรุมมีค่าความชื้นตามข้อกำหนดของสำนักงานคณะกรรมการอาหารและยา (อย.) คือ 16% ฐานแห้ง พบว่าการตากใบมะรุมด้วย

แสงอาทิตย์โดยตรงใช้เวลาตากทั้งสิ้น 24 ชั่วโมง เนื่องจากมีอุณหภูมิห้องและยังมีฝุ่นละอองมาเกาะติดใบมะรุ่ยในขณะตากแห้งด้วย ส่วนการอบแห้งด้วยตู้อบที่ออกแบบและสร้างทดสอบนั้นพบว่า การอบใบมะรุ่ยโดยใช้พลังงานความร้อนจากแสงอาทิตย์ การเผาไหม้ไม้ฟืนและแบบผสมผสานได้ใช้เวลาในการอบแห้งทั้งสิ้น 12 ชั่วโมง 9 ชั่วโมงและ 8 ชั่วโมงตามลำดับ และยังพบว่าการอบใบมะรุ่ยด้วยเครื่องอบแห้งที่สร้างขึ้นมีข้อดี คือวิธีการอบแห้งนี้สามารถช่วยรักษาโครโมฟิลของใบมะรุ่ยได้มากกว่าการตากแห้งโดยวิธีทางธรรมชาติ ซึ่งสังเกตได้จากสีของใบมะรุ่ยที่ยังคงเป็นสีเขียวสด ทำให้สามารถคงคุณค่าทางโภชนาการได้อย่างเต็มที่และน่ารับประทาน

6. กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบคุณสถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง วิทยาเขตชุมพร ที่ให้ออกโอกาสในการทำงานวิจัย

7. เอกสารอ้างอิง

- [1] Falade, K., Igbeka, J. and Ayznwyi, F. (2006). Kinetics of mass transfer and colour changes during osmotic dehydration of watermelon, *Journal of Food Engineering*, Vol. 80 (3), pp. 979-985.
- [2] 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.
- [3] 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.
- [4] Esper, A. and Mühlbauer, W. (1998). Solar drying – An effective means of food preservation, *Renewable Energy*, Vol. 15, pp. 95-100.
- [5] Esper, A. and Mühlbauer, W. (1996). Solar tunnel dryer for fruit, *Plant Research and Development*, Vol. 44, pp. 61-80.

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