



การประชุมวิชาการระดับชาติมหาวิทยาลัยราชภัฏราชนครินทร์ ครั้งที่ 1
การวิจัยและนวัตกรรมเพื่อพัฒนาสามจังหวัดชายแดนใต้และประเทศไทย

The National Conference on Research and Innovations
for The Three Most Southern Provinces and Thailand's Development

0.28 / 8K

7 - 8 สิงหาคม 2555

ณ มหาวิทยาลัยราชภัฏราชนครินทร์ และโรงแรมอิมพีเรียลราชภัฏ

จัดโดย มหาวิทยาลัยราชภัฏราชนครินทร์
มหาวิทยาลัยราชภัฏยะลา มหาวิทยาลัยอิสลามยะลา
สำนักงานคณะกรรมการการอุดมศึกษา สำนักงานคณะกรรมการวิจัยแห่งชาติ

การอบแห้งเห็ดนางฟ้าด้วยพลังงานจากรังสีอินฟราเรด Drying of Mushroom using Infrared Radiation

อีลีหัยะ สนิโซ¹ มาดีฮะ ประดู² และฟาติฮะ ยะยี้²
 Eleeyah Saniso¹ Madeehah Prado² and Fatihah Yayee²

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้เป็นการทดลองอบแห้งเห็ดนางฟ้าด้วยพลังงานจากรังสีอินฟราเรด ที่อุณหภูมิ 40, 50, 60 และ 70°C เพื่อหาอัตราส่วนความชื้นและวิเคราะห์แบบจำลองจลนพลศาสตร์การอบแห้งที่เหมาะสม จากการทดลองพบว่า การอบแห้งเห็ดนางฟ้าด้วยพลังงานจากรังสีอินฟราเรด มีอัตราส่วนความชื้นลดลงเฉลี่ยเท่ากับ 0.35, 0.09, 0.04 and 0.08 จากอัตราส่วนความชื้นเริ่มต้น 1.00 ในเวลา 3 ชั่วโมง ที่อุณหภูมิตอบแห้ง 40, 50, 60 และ 70°C ตามลำดับ โดยอุณหภูมิตอบแห้งเป็นปัจจัยสำคัญที่มีผลต่ออัตราส่วนความชื้นของการอบแห้งเห็ดนางฟ้า และเมื่อพิจารณาแบบจำลองจลนพลศาสตร์การอบแห้งที่แตกต่างกัน ได้แก่ Modified Newton, Page, Modified Page and Modified Henderson & Padis พบว่า แบบจำลองของ Page มีความเหมาะสมที่สุดในการทำนายจลนพลศาสตร์การอบแห้งเห็ดนางฟ้า

คำสำคัญ: การอบแห้ง เห็ดนางฟ้า พลังงานแสงอาทิตย์ รังสีอินฟราเรด

Abstract

This study presented the drying characteristic of mushroom (*Pleurotus sajor-caju* (Fr.) singer) using Infrared Radiation. The Mushroom drying air temperatures was investigated at 40, 50, 60 and 70°C. The results showed that drying time required reducing the moisture ratio (MR) from initial average value of 1.00 to desire final MR of 0.35, 0.09, 0.04 and 0.08 at 3.0 h for drying air temperatures of 40, 50, 60 and 70°C, respectively. The MR for mushroom as affected by drying air temperature was determined. The drying data were then fitted to different models such as Modified Newton, Page, Modified Page and Modified Henderson & Padis, based on the MR. The results of analysis showed that Page model gave better predictions than other models, and satisfactorily described the drying characteristics of mushroom.

Keywords: Drying, Mushroom, Solar energy, Infrared

¹ อาจารย์ สาขาฟิสิกส์ คณะวิทยาศาสตร์เทคโนโลยีและการเกษตร มหาวิทยาลัยราชภัฏยะลา ต.สะเตง อ.เมือง จ.ยะลา 90000

² นักศึกษาปริญญาตรี สาขาวิทยาศาสตร์ คณะครุศาสตร์ มหาวิทยาลัยราชภัฏยะลา ต.สะเตง อ.เมือง จ.ยะลา 90000

Corresponding author. saniso.e@hotmail.com Tel. 086-2960787

2537) เห็ดเป็นพืชที่มีจำนวนมากกว่า 100,000 ชนิด ในจำนวนนี้ประมาณ 2,000 ชนิด มีรสชาติแต่ยังไม่ได้ชัดเจนว่ามีกี่ชนิดที่รับประทานได้ (ราชบัณฑิตยสถาน, 2539) ผู้บริโภคส่วนหนึ่งบริโภคโปรตีนจากเห็ด เนื่องจากเห็ดไม่มีสารคอเลสเตอรอล (Cholesterol) ที่ทำให้เกิดโรคเส้นเลือดอุดตัน เห็ดจึงป้องกันไขมันในเส้นเลือด โรคความดัน และบำบัดโรคมะเร็งได้ (อนงค์, 2544)

ประเทศไทยผลิตเห็ดเฉลี่ยประมาณ 121,000 ตันต่อปี คิดเป็นมูลค่าการผลิตประมาณ 6,100 ล้านบาท และเกิดธุรกิจที่เกี่ยวข้องต่างๆ อีกจำนวนหนึ่ง เช่น ธุรกิจการขนส่ง การจำหน่ายวัสดุที่ใช้เพาะเห็ด และการจำหน่ายหัวเชื้อ อาชีพเพาะเห็ดจึงเป็นอาชีพสำคัญสำหรับเกษตรกรซึ่งลงทุนไม่สูงเพราะใช้วัตถุดิบในท้องถิ่นได้ เห็ดมีการบริโภคภายในประเทศประมาณร้อยละ 95 ส่งออกในรูปของเห็ดแปรรูป (เห็ดกระป๋อง) ร้อยละ 3 ของปริมาณการผลิตทั้งหมด (ประชาชาติธุรกิจออนไลน์, 2555) โดยเห็ดที่มีการเพาะปลูกในประเทศไทย ได้แก่ เห็ดฟาง เห็ดนางฟ้า เห็ดนางรม เห็ดเป๋าฮื้อ เห็ดหอม เห็ดขอนขาว เห็ดลม เห็ดยานางิ และเห็ดตีนแรด (อนงค์, 2544) อย่างไรก็ตาม เห็ดเมื่อเก็บเกี่ยวแล้วไม่สามารถเก็บรักษาได้นาน การอบแห้งจึงเป็นทางเลือกหนึ่งที่จะสามารถลดความชื้นในเห็ดซึ่งเป็นปัจจัยหลักที่มีผลต่อการเน่าเสียของเห็ด ดังรายงานการวิจัยของ กิตติ และคณะ (2544) ที่พบว่า ความชื้นในเห็ดหอมจะลดลงเมื่อเวลาการอบแห้งเพิ่มขึ้น และแบบจำลองทางคณิตศาสตร์แบบเอกซ์โปเนนเชียล (Exponential modeling) สามารถทำนายความชื้นและอุณหภูมิในช่วง 40-70 องศาเซลเซียส ภายในเห็ดหอมได้ดีที่สุด

นอกจากนี้ Apintanapong (2009) ได้อบแห้งโคมะเพราะแดงด้วยคลื่นอินฟราเรดเปรียบเทียบกับอบแห้งด้วยลมร้อน พบว่า การอบแห้งด้วยคลื่นอินฟราเรดมีอัตราการอบแห้ง (0.42-0.65 กิโลกรัมต่อกิโลกรัม นาที) สูงกว่าการอบแห้งด้วยลมร้อน (0.18-0.20 กิโลกรัมต่อกิโลกรัม นาที) เมื่อวิเคราะห์จลนศาสตร์การอบแห้ง พบว่า แบบจำลองของ Page ให้ค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ที่สูงกว่าแบบจำลองของ Newton และค่าสัมประสิทธิ์การอบแห้ง (k) จากแบบจำลองของ Newton และค่าเอกซ์โปเนนซ์ (n) จากแบบจำลองของ Page มีแนวโน้มเพิ่มขึ้นตามอุณหภูมิ ในขณะที่ Kulshreshtha *et al.* (2009) ได้อบแห้งเห็ด (Milky mushrooms) ด้วยเครื่องอบแห้งแบบฟลูอิดไรซ์เบด (Fluidized bed dryer) ที่อุณหภูมิ 50, 70 และ 90 องศาเซลเซียส ความเร็วลม 1.71 และ 2.13 เมตรต่อวินาที พบว่า เวลาการอบแห้งจะลดลงเมื่อความเร็วลมของการอบแห้งเพิ่มขึ้น และที่อุณหภูมิ 50 องศาเซลเซียส เหมาะสมที่สุดในการอบแห้งเห็ด เนื่องจากเห็ดที่อบแห้งมีการหดตัวน้อยและมีสีสดกว่าการอบแห้งที่อุณหภูมิอื่น ซึ่งตรงกับการทดลองอบแห้งเห็ด (*Agaricus bisporus*) ที่ผ่านการกระตุ้นด้วยคลื่นไมโครเวฟและกระแสไฟฟ้าแรงดันสูงของ Dutta *et al.* (2012) ดังนั้นจะเห็นได้ว่า การอบแห้งที่เงื่อนไขเหมาะสมจะช่วยรักษาเห็ดให้มีคุณภาพดี เก็บได้นาน และช่วยเพิ่มมูลค่าทางเศรษฐกิจของเห็ดได้ ผู้วิจัยจึงเห็นความสำคัญของการอบแห้งเห็ดด้วยพลังงานแสงอาทิตย์ร่วมรังสีอินฟราเรด เพื่อหาอัตราการเปลี่ยนแปลงความชื้นที่อุณหภูมิแตกต่างกัน และวิเคราะห์แบบจำลองทางคณิตศาสตร์ที่เหมาะสมในการทำนายอัตราการเปลี่ยนแปลงความชื้นของเห็ด เพื่อเป็นแนวทางในการทำแห้งเห็ดให้เกษตรกรต่อไป

วิธีการวิจัย

การเตรียมตัวอย่างทดลอง

เห็ดนางฟ้า เตรียมได้ด้วยการนำเห็ดมาทำความสะอาดเพื่อแยกสิ่งเจือปนออกแล้วนำไปทำความสะอาดขึ้นให้สม่ำเสมอ โดยใส่ไว้ในภาชนะปิดและเก็บไว้ในตู้เย็นที่อุณหภูมิ 4-5 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 2-3 วัน ระหว่างนี้ทำการพลิกเป็นระยะๆ เพื่อให้ความชื้นกระจายอย่างสม่ำเสมอ แล้วสุ่มตัวอย่างประมาณ 40.0-50.0 กรัม ไปหาค่าความชื้นเริ่มต้นตามมาตรฐาน AOAC (2005) แล้วนำมาวางไว้ให้เข้าสู่สมดุลกับอุณหภูมิของอากาศแวดล้อม (ในภาชนะปิด) เป็นเวลา 30.0-60.0 นาที ก่อนดำเนินการทดลอง ดังภาพที่ 1 (ก)

เครื่องอบแห้ง

การวิจัยนี้ใช้เครื่องอบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์ร่วมรังสีอินฟราเรด YRU-SIRD#1 (ST&E) ที่มีห้องอบแห้งขนาดความกว้าง 51.5 เซนติเมตร ความสูง 88.6 เซนติเมตร มีพื้นที่รับแสงอาทิตย์เป็นทรงสี่เหลี่ยมผืนผ้าขนาดความยาว 150.0 เซนติเมตร ความกว้าง 49.0 เซนติเมตร ดังภาพที่ 1 (ข)



ภาพที่ 1 (ก) การเตรียมตัวอย่างการทดลอง และ (ข) เครื่องอบแห้ง YRU-SIRD#1 (ST&E)

การวิเคราะห์การอบแห้ง

การอบแห้ง (Drying) คือ กระบวนการลดความชื้นของวัสดุ จะใช้การถ่ายโอนความร้อนไปยังวัสดุที่ชื้นเพื่อให้ความชื้นออกโดยการระเหยซึ่งถูกกำหนดโดยการถ่ายโอนความร้อน ได้แก่ การพา (Convection) การนำ (Conduction) และการแผ่รังสี (Radiation) เป็นผลให้มีการถ่ายโอนความร้อนและมวลน้ำของวัสดุกับอากาศแวดล้อม การถ่ายโอนความร้อน (Heat transfer) อาจเกิดจากการถ่ายโอนความร้อนแบบการพา การนำและการแผ่รังสีความร้อนหรือผสมกันทั้งสามแบบก็ได้ขึ้นกับการออกแบบชนิดของเครื่องอบแห้ง (Dryer) โดยความร้อนจะถ่ายโอนสู่ผิวของวัสดุเพื่อระเหยน้ำที่ผิวออกไปและจะถ่ายโอนต่อไปยังภายในวัสดุเพื่อเพิ่มความดันไอน้ำภายในวัสดุต่อไป ส่วนการถ่ายโอนมวลน้ำ (Mass transfer) จะขึ้นอยู่กับกลไก 2 ลักษณะ คือ การเคลื่อนย้ายของมวลน้ำภายในวัสดุเนื่องจากปัจจัยภายใน ได้แก่ ลักษณะทางกายภาพและความชื้นภายในวัสดุ และการเคลื่อนย้ายของไอน้ำจากผิวของวัสดุเนื่องจากปัจจัยภายนอก ได้แก่ อุณหภูมิ ความชื้นของอากาศ อัตราการไหลของอากาศและพื้นที่ผิวของวัสดุการวิเคราะห์กระบวนการอบแห้งวัสดุมีค่าชี้วัดที่สำคัญหลายประการซึ่งจะแตกต่างกันและเป็นคุณสมบัติเฉพาะของวัสดุ

ค่าความชื้น (Moisture content, M) คือ ค่าที่บ่งบอกถึงปริมาณน้ำที่มีอยู่ในวัสดุเทียบกับมวลของวัสดุตามมาตรฐาน AOAC (2005) ความชื้นในวัสดุสามารถแบ่งออกเป็น 2 รูปแบบ คือ

ความชื้นมาตรฐานเปียก (Wet basis, M_w) คำนวณได้ ดังนี้

$$M_w (\%) = \left(\frac{w - d}{w} \right) \times 100 \quad (1)$$

ความชื้นมาตรฐานแห้ง (Dry basis, M_d) คำนวณได้ ดังนี้

$$M_d (\%) = \frac{(w - d)}{d} \times 100 \quad (2)$$

อัตราส่วนความชื้น (Moisture ratio, MR) คือ อัตราการเปลี่ยนแปลงมวลน้ำในวัสดุเทียบกับความชื้นเริ่มต้นเมื่อเวลาการอบแห้งดำเนินไปที่เวลาต่างๆ เขียนเป็นสมการได้ ดังนี้

$$MR = \frac{(M_t - M_{eq})}{(M_0 - M_{eq})} \quad (3)$$

เมื่อถือว่าค่าความชื้นสมดุลมีค่าน้อยมากๆ เทียบกับค่าความชื้นเริ่มต้น ($M_{eq} \ll M_0$) และความชื้นที่เวลาใดๆ ($M_{eq} \ll M_t$) จะทำให้สามารถเขียนสมการ (3) ได้ใหม่ ดังนี้

$$MR = \frac{M_t}{M_0} \quad (4)$$

เมื่อ M คือ ค่าความชื้น (% d.b.) w คือ มวลของวัสดุ (kg) d คือ มวลแห้งวัสดุ (kg) MR คือ อัตราส่วนความชื้น (decimal) t คือ เวลาเมื่อวัสดุถึงความชื้นวิกฤต (min) และ eq คือ ที่สมดุล

ขั้นตอนการทดลอง

การทดลองเริ่มโดยการนำเห็ดนางฟ้ามาตัดโคนแล้วชั่งน้ำหนักด้วยเครื่องชั่งน้ำหนักยี่ห้อ ZEPPER รุ่น EPS/PS-SERIES ความละเอียด 0.1 กรัม ให้ได้ประมาณ 45 กรัม ไปหาความชื้นเริ่มต้นตามมาตรฐาน AOAC (2005) จากนั้นนำเห็ดนางฟ้าไปชั่งน้ำหนักให้ได้ประมาณ 300 กรัม ไปอบแห้งด้วยแห้งพลังงานแสงอาทิตย์ และพลังงานแสงอาทิตย์ร่วมรังสีอินฟราเรด ที่อุณหภูมิ 40, 50, 60 และ 70 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 4 ชั่วโมง ระหว่างการอบแห้งในชั่วโมงแรก นำเห็ดมาชั่งน้ำหนักทุกๆ 15 นาที จากนั้นชั่วโมงที่ 2 และ 3 นำมาชั่งทุกๆ 20 นาที และหลังจากนั้นชั่งน้ำหนักทุกๆ 30 นาที โดยทำการทดลองทั้งหมดซ้ำ 3 ครั้ง แล้วนำข้อมูลที่ได้มาคำนวณหาความชื้นและอัตราส่วนความชื้นของเห็ดนางฟ้าที่เวลาต่างๆ โดยอาศัยสมการ (2) และสมการ (4) แล้ววิเคราะห์หาแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ที่เหมาะสมกับสมการแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ 4 ลักษณะ (Apintanapong, 2009; Kamon, 2012) ตามสมการที่ (5) - (8) ดังนี้

$$\text{Model 1 (Newton)} : \quad MR = \frac{(M_t - M_{eq})}{(M_0 - M_{eq})} = e^{(-kt)} \quad (5)$$

$$\text{Model 2 (Page)} : \quad MR = \frac{(M_t - M_{eq})}{(M_0 - M_{eq})} = e^{(-kt^n)} \quad (6)$$

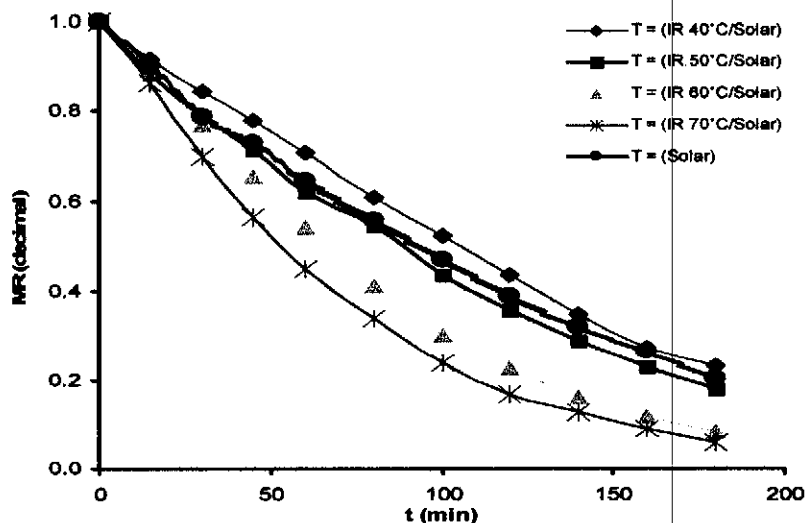
$$\text{Model 3 (Modified Page)} : \quad MR = \frac{(M_t - M_{eq})}{(M_0 - M_{eq})} = e^{(-kt^n)} \quad (7)$$

$$\text{Model 4 (Model Henderson \& Pabis)} : \quad MR = \frac{(M_t - M_{eq})}{(M_0 - M_{eq})} = ae^{(-kt)} \quad (8)$$

ผลการวิจัยและอภิปรายผลการวิจัย

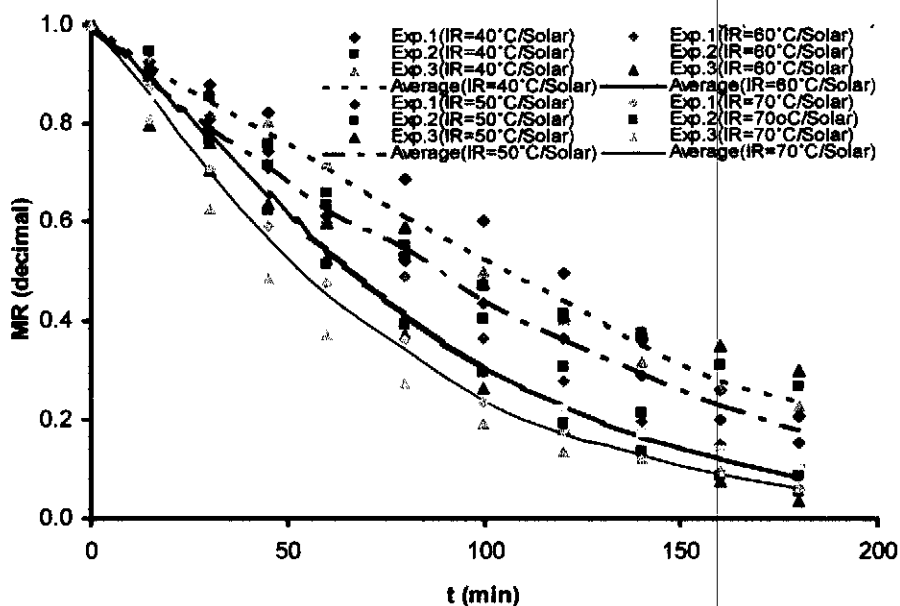
อัตราส่วนความชื้นการอบแห้ง

จากการทดลองอบแห้งเห็ดนางฟ้าด้วยพลังงานแสงอาทิตย์ร่วมรังสีอินฟราเรดที่อุณหภูมิ 40, 50, 60 และ 70 องศาเซลเซียส พบว่า การเปลี่ยนแปลงอัตราส่วนความชื้นในช่วงเวลา 0 - 240 นาที ที่อุณหภูมิ 40 องศาเซลเซียส จะลดลงจาก 1.00 เหลือ 0.25 ที่อุณหภูมิ 50 องศาเซลเซียส ลดลงจาก 1.0 เหลือ 0.18 ที่อุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียส ลดลงจาก 1.0 เหลือ 0.08 และที่อุณหภูมิ 70 องศาเซลเซียส ลดลงจาก 1.0 เหลือ 0.06 ดังภาพที่ 2



ภาพที่ 2 ความสัมพันธ์ระหว่างเวลากับอัตราส่วนความชื้นในการอบแห้งเห็ดนางฟ้าด้วยพลังงานแสงอาทิตย์ และพลังงานแสงอาทิตย์ร่วมรังสีอินฟราเรด

เมื่อเปรียบเทียบการอบแห้งเห็ดนางฟ้าด้วยพลังงานแสงอาทิตย์ และพลังงานแสงอาทิตย์ร่วมรังสีอินฟราเรด พบว่าการอบแห้งเห็ดนางฟ้าด้วยพลังงานแสงอาทิตย์ร่วมรังสีอินฟราเรดที่อุณหภูมิ 50, 60 และ 70 องศาเซลเซียส มีอัตราส่วนความชื้นลดลงเร็วกว่าการอบแห้งเห็ดนางฟ้าด้วยพลังงานแสงอาทิตย์เพียงอย่างเดียว ดังภาพที่ 2 โดยเมื่อเปรียบเทียบการอบแห้งเห็ดนางฟ้าด้วยพลังงานแสงอาทิตย์ร่วมอินฟราเรดที่อุณหภูมิ 40, 50, 60 และ 70 องศาเซลเซียส ปรากฏว่า การอบแห้งเห็ดนางฟ้าด้วยพลังงานแสงอาทิตย์ร่วมอินฟราเรดที่อุณหภูมิ 70 องศาเซลเซียส ดีที่สุด เนื่องจากสามารถลดความชื้นได้เร็วกว่าอุณหภูมิ 40, 50 และ 60 องศาเซลเซียส ดังภาพที่ 3



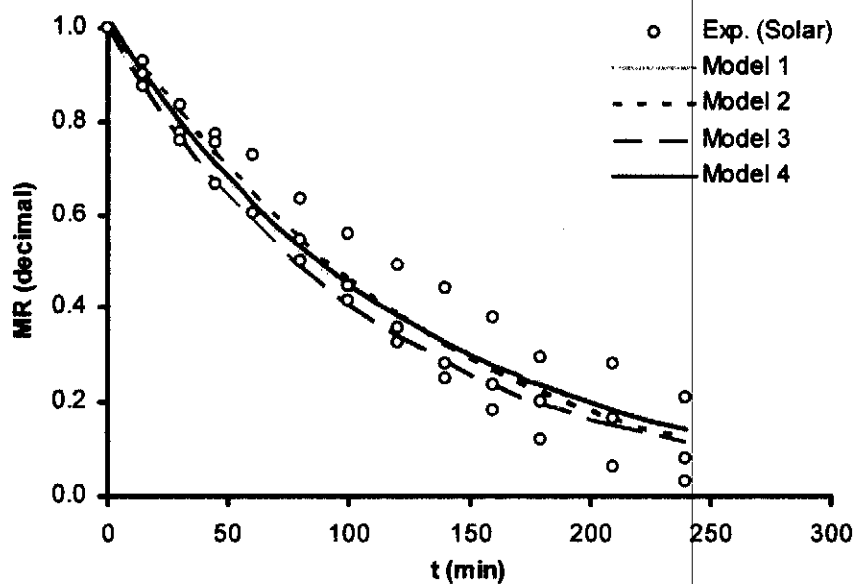
ภาพที่ 3 ความสัมพันธ์ระหว่างเวลากับอัตราส่วนความชื้นในการอบแห้งเห็ดนางฟ้าด้วยพลังงานแสงอาทิตย์ร่วมรังสีอินฟราเรด

แบบจำลองจลนพลศาสตร์การอบแห้ง

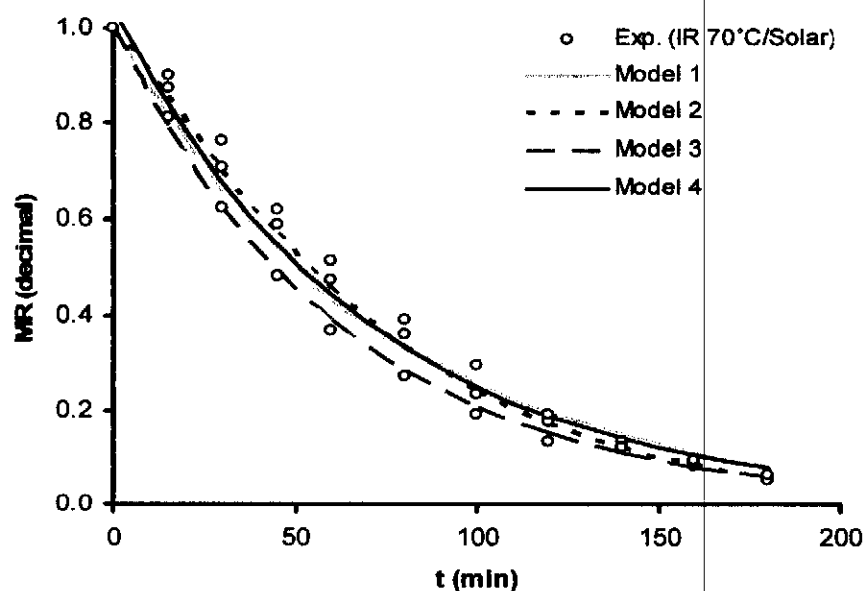
เมื่อนำข้อมูลที่ได้จากการทดลองอบแห้งเห็ดนางฟ้าด้วยพลังงานแสงอาทิตย์มาวิเคราะห์แบบจำลองจลนพลศาสตร์การอบแห้งที่เหมาะสม พบว่า Model 2 คือ แบบจำลองจลนพลศาสตร์ของ Page สามารถทำนายจลนพลศาสตร์การอบแห้งได้ดีที่สุด โดยมีค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ (R^2) สูงที่สุดเท่ากับ 0.99900 ดังภาพที่ 4 ในขณะที่แบบจำลองจลนพลศาสตร์การอบแห้งที่เหมาะสมสำหรับการอบแห้งด้วยพลังงานแสงอาทิตย์ร่วมรังสีอินฟราเรดที่อุณหภูมิ 40, 50, 60 และ 70 องศาเซลเซียส คือ Model 2 (แบบจำลองของ Page) เช่นเดียวกัน โดยเฉพาะที่อุณหภูมิการอบแห้ง 70 องศาเซลเซียส มีค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ (R^2) เท่ากับ 0.99994 ดังภาพที่ 5

การวิจัยนี้ ให้ผลการทดลองที่สอดคล้องกับการวิจัยของ ณัฐพล และละมุล (2550) นเรศ และศิริวรรณ (2550) Kamon *et al.* (2012) Amin *et al.* (2012) Ridha *et al.* (2012) และ Muhidin and Hensel (2012) ซึ่งพบว่า เมื่อเพิ่มอุณหภูมิการอบแห้งให้สูงขึ้นอัตราการอบแห้งจะเพิ่มขึ้นตามไปด้วย ในทางกลับกันเมื่อพิจารณาอัตราส่วนความชื้น (MR) พบว่ามีค่าลดลงอย่างรวดเร็วในช่วงแรกและจะลดลงอย่างช้าๆ จนเข้าสู่ภาวะสมดุลซึ่งจะไม่มีการเปลี่ยนแปลงของความชื้นในการอบแห้งอีกต่อไปในช่วงท้ายของการทดลอง และการอบแห้งที่ใช้พลังงานจากคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้า ได้แก่ คลื่นไมโครเวฟและรังสีอินฟราเรด จะส่งผลให้น้ำหรือปริมาณความชื้นที่ผิววัสดุมีการระเหยได้เร็วกว่าการอบแห้งด้วยลมร้อนเพียงอย่างเดียว เนื่องจากคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าสามารถทะลุผ่านเข้าไปยังบริเวณภายในวัสดุที่อบแห้งแล้วเกิดความร้อนจากภายในของวัสดุส่งผลให้สัมประสิทธิ์การแพร่ความชื้นเกิดขึ้นจากตรงกลางของวัสดุแล้วถ่ายโอนมาสู่ผิววัสดุแล้วระเหยแห้งเมื่อได้รับความร้อนจาก

พลังงานแสงอาทิตย์หรือความร้อนที่มีวัสดุ อย่างไรก็ตามการอบแห้งที่อุณหภูมิสูงอาจส่งผลให้สี สารอาหาร และรสชาติของเห็ดลดลงไป ดังรายงานการวิจัยของ Kulshreshtha *et al.* (2009) และ Dutta *et al.* (2012)



ภาพที่ 4 แบบจำลองจลนพลศาสตร์การอบแห้งที่เหมาะสมของการอบแห้งเห็ดนางฟ้าด้วยพลังงานแสงอาทิตย์



ภาพที่ 5 แบบจำลองทางคณิตศาสตร์ของการอบแห้งเห็ดนางฟ้าด้วยพลังงานแสงอาทิตย์ร่วมรังสีอินฟราเรดที่อุณหภูมิ 70 องศาเซลเซียส

สรุปผลการวิจัย

การอบแห้งเห็ดนางฟ้าด้วยพลังงานแสงอาทิตย์ และพลังงานแสงอาทิตย์ร่วมรังสีอินฟราเรด สรุปผลการทดลองได้ดังนี้

1. การอบแห้งเห็ดนางฟ้าด้วยพลังงานแสงอาทิตย์ร่วมรังสีอินฟราเรดที่อุณหภูมิ 50, 60 และ 70 องศาเซลเซียส มีอัตราส่วนความชื้นลดลงเร็วกว่าการอบแห้งเห็ดนางฟ้าด้วยพลังงานแสงอาทิตย์เพียงอย่างเดียว
2. การอบแห้งเห็ดนางฟ้าด้วยพลังงานแสงอาทิตย์ร่วมรังสีอินฟราเรดที่อุณหภูมิ 70 องศาเซลเซียส ดีที่สุด
3. แบบจำลองทางคณิตศาสตร์ที่เหมาะสมในการทำนายอัตราการอบแห้งด้วยพลังงานแสงอาทิตย์ และพลังงานแสงอาทิตย์ร่วมรังสีอินฟราเรด คือ แบบจำลองของ Page

คำขอบคุณ

ขอขอบคุณ ผู้ช่วยศาสตราจารย์มรรตติง ภาษา และอาจารย์อาทิตย์ คชสาณะมา ให้คำปรึกษาและคำแนะนำที่ดี ในการออกแบบการทดลองและการใช้เครื่องมือทดลองต่างๆ จนทำให้การดำเนินงานวิจัยสำเร็จลุล่วงได้ด้วยดี

เอกสารอ้างอิง

- กระยาทิพย์ เรือนใจ. (2537). **เห็ดสูตรเด็ดเพื่อสุขภาพ**. กรุงเทพฯ : ต้นธรรม. 95 หน้า.
- กิตติ แซ่โจ้ว ชุณนา เกติพันธ์ วรวรรณ สุทธิธนาเลิศ ทิพาพร อยู่วิทยา และนภาพร รัตนสมบูรณ์. (2544). ผลของสภาวะการอบแห้งต่อปริมาณสารในกลิ่นเห็ดหอม. **วารสารวิจัยและพัฒนา มจร**. 24(3), 285-297.
- ณัฐพล ภูมิสะอาด และละมุล วิเศษ. (2550). สมการอบแห้งชั้นบางและความชื้นสมดุลของเห็ดขอนขาว. **ว. วิทย. กษ**. 38(5) (พิเศษ), 361-364.
- นเรศ มีโส และศิริธร ศิริอมพรรณ. (2550). อิทธิพลของการอบแห้งโดยวิธีการแผ่รังสีอินฟราเรดคลื่นยาวร่วมกับการพาอากาศร้อนต่อลักษณะการอบแห้งและคุณภาพทางกายภาพของกล้วยส้ม. **ว. วิทย. กษ**. 38 (5) (พิเศษ), 365-368.
- ประชาชาติธุรกิจออนไลน์. (2555). **เห็ดรู้ก่อนรวยก่อน ตีมานด์ อาหาร ยา ความงามทะเลลึก**. (ออนไลน์) http://www.Prachachat.net/news_detail.php?newsid=1349677147&gripid=03&catid=12&subcatid=1200 (วันที่ 12 ตุลาคม 2555)
- ราชบัณฑิตยสถาน. (2539). **เห็ดกินได้และเห็ดมีพิษในประเทศไทย ฉบับราชบัณฑิตยสถาน**. กรุงเทพฯ : อัมรินทร์พรินต์ติ้ง แอนด์ พับลิชชิ่ง. 170 หน้า.
- ศิริวรรณ สุทธิจิตต์. (2550). **ผลิตภัณฑ์ธรรมชาติเพื่อสุขภาพ (พิมพ์ครั้งที่ 4)**. กรุงเทพฯ : The knowledge center. 237 หน้า.
- อนงค์ จันทร์ศรีกุล. (2544). **เห็ดเมืองไทย : เทคโนโลยีการเพาะเห็ด**. กรุงเทพฯ : ไทยวัฒนาพานิช (พิมพ์ครั้งที่ 8). 177 หน้า.
- Amin, H., Parviz, A. M., Mohammad, N. and Farough, S. (2012). Designing manufacturing and evaluating microwave-hot air combination drier. **Life Science Journal**. 9(3), 630-637.
- AOAC. (2005). **Official Methods of Analysis**. Association of Official Analytical Chemists, Washington, D.C.
- Apintanapong, M. (2009). Infrared drying of holy basil leaves and its effect on sensory characteristics. **AgriculturalSci. J**. 40(3) (Suppl.), 69-72.
- Dutta, B., Raghavan, G. S. V., Dev, S. R. S., Liplap, P., Murugesan, R., Anekella, K. and Kaushal, T. (2012). A Comparative study on the effects of microwave and high electric field pretreatments on drying kinetics and quality of mushrooms. **Drying Technology**. 30, 891-897.
- Kamon, P., Naret, M., Somchart, S. and Sirithon, S. (2012). Modeling of combined far-infrared radiation and air drying of a ring shaped-pineapple with/without shrinkage. **Food and bioproducts processing**.

90(2012), 155-164.

Kulshreshtha, M., Singh, A. and Vipul, D.A. (2009). Effect of drying conditions on mushroom quality. **Journal of Engineering Science and Technology**. 4(1), 90-98.

Muhidin, R. and Hensel, O. (2012). Influence of pretreatments on drying rates of chili pepper (*Capsicum annum* L.). **Agric Eng Int: CIGR Journal**. 14(1), 103-107.

Ridha, F. M., Walid, E., Manel, Z., Hédia, H., Mabrouka, C., Amira, B. A., Ismail, E. and Foued, C. (2012). Effect of different drying methods on the physico-chemical properties of tomato variety 'Rio Grande'. **International Journal of Food Engineering**. 8(2), 4 1-13.