สภาวะที่เหมาะสมของการอบแห้งเห็ดนางฟ้าด้วยพลังงานแสงอาทิตย์ ร่วมรังสีอินฟราเรด

อีลีหย๊ะ สนิโซ* มาดีฮะ ประดู่* และ ฟาตีฮะ ยะยี*

บทคัดย่อ

การอบแห้งผลผลิตการเกษตรมีความสำคัญต่อเศรษฐกิจของประเทศไทย เกษตรกรหรือผู้ประกอบการส่วนใหญ่ใช้วิธีตากแดดตามธรรมชาติ ซึ่งเสียค่าใช้จ่ายน้อยแต่ผลิตภัณฑ์ที่ได้มีการปนเปื้อนจากการรบกวนของแมลงและสัตว์ต่างๆ งานวิจัยนี้จึงทดลองอบแห้งเห็ดนางฟ้าด้วยพลังงานแสงอาทิตย์รังสีอินฟราเรด และพลังงานแสงอาทิตย์ร่วมรังสีอินฟราเรด ที่อุณหภูมิ 40 50 60 และ 70 องศาเซลเซียส เพื่อหาอัตราส่วนความชื้นและสภาวะการอบแห้งที่เหมาะสม จากการทดลองพบว่า การอบแห้งเห็ดนางฟ้าด้วยพลังงานแสงอาทิตย์ร่วมรังสีอินฟราเรดที่อุณหภูมิ 40 50 60 และ 70 องศาเซลเซียส เหมาะสมที่สุด มีอัตราส่วนความชื้นลดลงจาก 1.00 เฉลี่ยเท่ากับ 0.23 0.18 0.08 และ 0.06 ตามลำดับ ในเวลา 180 นาที และที่อุณหภูมิ 70 องศาเซลเซียส เป็นสภาวะที่เหมาะสมที่สุดสำหรับอบแห้งเห็ดนางฟ้า

คำสำคัญ : การอบแห้ง พลังงานแสงอาทิตย์ รังสีอินฟราเรด เห็ด

* ภาควิชาวิทยาศาสตร์ คณะวิทยาศาสตร์เทคโนโลยีและการเกษตร มหาวิทยาลัยราชภัฏยะลา 133 ถนนเทศบาล 3 อำเภอเมือง จังหวัดยะลา 95000 e-mail: saniso.e@hotmail.com

Optimal Condition of Mushroom Drying Using Solar Energy Combined with Infrared Radiation

Eleeyah Saniso* Madeehah Prado* and Fatihah Yayee*

Abstract

Dried agricultural products are considered as economically important of Thailand. Most of dried agricultural products are still produced using natural sun drying method. Although, it is the cheapest method, dried products are usually contaminated by insects, birds and animals. This study presents the drying characteristic of mushroom (*Pleurotus saljor-caju (Fr.)* Singer) using solar energy, infrared radiation energy and solar combined with infrared radiation energy. The mushroom drying air temperature was investigated at 40, 50, 60 and 70oC. The experiments showed that drying time required reducing the moisture ratio from initial average value of 1.00 to desire final moisture ratio of 0.23, 0.18, 0.08 and 0.06 was 180 min for drying air temperatures of 40, 50, 60 and 70°C respectively. The combined heating energy drying of 70°C shows good potential to reduce the moisture ratio of mushroom.

Keywords : Drying Solar energy Infrared radiation Mushroom

* Department of Science, Faculty of Science Technology and Agriculture, Yala Rajabhat University, 133 Tesaban Road 3, Amphur Muang, Yala 95000, Thailand. e-mail: saniso.e@hotmail.com

บทนำ

เห็ด (Mushroom) เป็นอาหารที่มีโปรตีนประมาณร้อยละ 3-4 ของน้ำหนักสดที่มีน้ำเป็นส่วนประกอบร้อยละ 90 แต่เมื่อคำนวณจากน้ำหนักแห้งที่มีน้ำร้อยละ 10 เห็ดจะมีโปรตีนสูงร้อยละ 19-35 น้อยกว่าถั่วเหลืองที่มีโปรตีนร้อยละ 39 แต่สูงกว่าข้าว ส้ม และแอปเปิล เห็ดย่อยง่ายกว่าพืชชนิดอื่น มีแร่ธาตุและสารอาหารที่สำคัญหลายชนิด เช่น ไขมันที่ร่างกายย่อยง่าย แคลอรี และโซเดียม เห็ดเป็นอาหารที่เหมาะกับผู้ป่วยและประกอบอาหารได้หลายชนิด (1) เห็ดมีมากกว่า 100,000 ชนิด ในจำนวนนี้ประมาณ 2,000 ชนิด มีรสชาติแต่ระบุชัดเจนไม่ได้ว่ามีกี่ชนิดที่รับประทานได้ (2) ผู้บริโภคส่วนหนึ่งบริโภคโปรตีนจากเห็ด เนื่องจากไม่มีสารคลอเรสเตอรอลที่ทำให้เกิดโรคเส้นเลือดอุดตัน เห็ดจึงป้องกันไขมันในเส้นเลือด โรคความดัน และบำบัดโรคมะเร็งได้ (3)

ประเทศไทยผลิตเห็ดเฉลี่ย 121,000 ตันต่อปี เป็นมูลค่าประมาณ 6,100 ล้านบาท และเกิดธุรกิจที่เกี่ยวข้องอีกจำนวนหนึ่ง เช่น ธุรกิจการขนส่ง การจำหน่ายวัสดุที่ใช้เพาะเห็ด และการจำหน่ายหัวเชื้ออาชีพเพาะเห็ดจึงสำคัญสำหรับเกษตรกรซึ่งลงทุนไม่สูงเพราะใช้วัตถุดิบในท้องถิ่นได้ เห็ดที่เพาะในประเทศไทย ได้แก่ เห็ดฟาง (*Volvariella vovacea* (Bull. Ex.Fr.) Sing.) เห็ดนางฟ้า (*Pleurotus sajor-caju* (Fr.) Singer) เห็ดนางรม (*Pleurotus ostreatus* (jacq.ex Fr.) Kumn.) เห็ดเป๋าฮื้อ (*Pleurotus ostreatus* (FR.) Guel) เห็ดหอม (*Lentinus edodes* (Berk.) Singer) เห็ดขอนขาว (*Lentinus squarrosulas* Mont.) เห็ดลม (*Lentinus polychrous* Lev.) เห็ดยานางิ (*Pholiota cylindracea*) และเห็ดตีนแรด (*Macrocybe Crassa* (Beak)) โดยบริโภคในประเทศประมาณร้อยละ 95 ส่งออกในรูปของเห็ดแปรรูป (เห็ดกระป๋อง) ร้อยละ 3 ของปริมาณการผลิตทั้งหมด (4)

เห็ดเมื่อเก็บเกี่ยวแล้วไม่สามารถเก็บรักษาได้นาน การอบแห้งจึงเป็นทางเลือกหนึ่งที่จะลดความชื้นในเห็ดซึ่งเป็นปัจจัยหลักที่มีผลต่อการเน่าเสีย ดังรายงานวิจัยของ กิตติ และคณะ (5) ที่พบว่า ความชื้นในเห็ดหอมจะลดลงเมื่อเวลาการอบแห้งเพิ่มขึ้น ส่วน Apintanapong (6) ได้อบแห้งใบกะเพราแดงด้วยคลื่นอินฟราเรดเปรียบเทียบกับการอบแห้งด้วยลมร้อน พบว่า การอบแห้งด้วยคลื่นอินฟราเรดมีอัตราการอบแห้ง (0.42-0.65 กิโลกรัม/กิโลกรัม-นาที) สูงกว่าการอบแห้งด้วยลมร้อน (0.18-0.20 กิโลกรัม/กิโลกรัม-นาที) ในขณะที่ Kulshreshtha et al. (7) ได้อบแห้งเห็ด (Milky mushrooms) ด้วยเครื่องอบแห้งแบบฟลูอิไดซ์เบด (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. (8)

ดังนั้นจะเห็นได้ว่า การอบแห้งจะช่วยรักษาเห็ดให้มีคุณภาพดี เก็บได้นาน และช่วยเพิ่มมูลค่าทางเศรษฐกิจของเห็ดได้ รายงานฉบับนี้ได้เสนอสาระสำคัญของการอบแห้งเห็ดนางฟ้าจากโรงเพาะเห็ดภาควิชาเทคโนโลยีการเกษตร คณะวิทยาศาสตร์เทคโนโลยีและการเกษตร มหาวิทยาลัยราชภัฏยะลา ด้วยพลังงานแสงอาทิตย์ร่วมรังสีอินฟราเรด เพื่อหาอัตราการเปลี่ยนแปลงความชื้นที่อุณหภูมิแตกต่างกันให้เป็นแนวทางในการทำแห้งเห็ดสำหรับเกษตรกรต่อไป

วิธีการ

การเตรียมตัวอย่างทดลอง

เห็ดนางฟ้า เตรียมได้ด้วยการนำเห็ดมาทำความสะอาดเพื่อแยกสิ่งเจือปนออก (ภาพที่ 1ก) แล้วนำไปทำความชื้นให้สม่ำเสมอ โดยบรรจุในภาชนะปิดและเก็บไว้ที่อุณหภูมิ 4-5 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 2-3 วัน ระหว่างนี้ทำการพลิกเป็นระยะๆ เพื่อให้ความชื้นกระจายสม่ำเสมอ แล้วสุ่มตัวอย่างประมาณ 40.0-50.0 กรัม ไปหาค่าความชื้นเริ่มต้นตามมาตรฐาน AOAC 2005 (9) ที่เหลือนำมาวางไว้ให้เข้าสู่สมดุลกับอุณหภูมิของอากาศแวดล้อม (ในภาชนะปิด) เป็นเวลา 30-60 นาที ก่อนทดลองอบแห้ง

เครื่องอบแห้ง

การวิจัยนี้ใช้เครื่องอบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์ร่วมรังสีอินฟราเรด YRU–SID#1 (ST&E) ที่พัฒนาขึ้น ณ ห้องปฏิบัติการฟิสิกส์พื้นฐาน คณะวิทยาศาสตร์เทคโนโลยีและการเกษตร มหาวิทยาลัยราชภัฏยะลา ซึ่งมีห้องอบแห้งขนาดความกว้าง 51.5 เซนติเมตร ความสูง 88.6 เซนติเมตร มีพื้นที่รับแสงอาทิตย์เป็นทรงสี่เหลี่ยมผืนผ้าขนาดความยาว 150.0 เซนติเมตร ความกว้าง 49.0 เซนติเมตร (ภาพที่ 1ข)

วิธีการทดลอง

การทดลองเริ่มโดยนำเห็ดนางฟ้ามาตัดโคนออกแล้วชั่งน้ำหนักด้วยเครื่องชั่งน้ำหนักยี่ห้อ ZEPPER รุ่น EPS/PS-SERIES ความละเอียด 0.1 กรัม ให้ได้ประมาณ 45.0 กรัม และนำไปหาความชื้นเริ่มต้นตามมาตรฐาน AOAC 2005 (9) จากนั้นน้ำเห็ดนางฟ้าไปชั่งน้ำหนักให้ได้ประมาณ 300.0 กรัม เพื่อไปอบแห้งด้วยพลังงานแสงอาทิตย์รังสีอินฟราเรด และพลังงานแสงอาทิตย์ร่วมรังสีอินฟราเรด ที่อุณหภูมิ 40 50 60 และ 70 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 180-240 นาที ระหว่างการอบแห้งในชั่วโมงแรก นำเห็ดมาชั่งน้ำหนักทุกๆ 15 นาที จากนั้นชั่วโมงที่ 2 และ 3 นำมาชั่งทุกๆ 20 นาที หลังจากนั้นชั่งน้ำหนักทุกๆ 30 นาที ทดลองทั้งหมด 3 ครั้ง แล้วนำข้อมูลที่ได้มาคำนวณค่าความชื้นของเห็ดนางฟ้าที่เวลาต่างๆ ตามสมการ (1)

การวิเคราะห์การอบแห้ง

การอบแห้ง (Drying) คือ กระบวนการลดความชื้นของวัสดุ โดยการถ่ายโอนความร้อนไปยังวัสดุที่ชื้นเพื่อให้ความชื้นออกด้วยการระเหยซึ่งถูกกำหนดโดยการถ่ายโอนความร้อน ได้แก่ การพา (Convection) การนำ (Conduction) และการแผ่รังสี (Radiation) เป็นผลให้มีการถ่ายโอน

ภาพที่ 1 (ก) การเตรียมตัวอย่างทดลอง และ (ข) เครื่องอบแห้ง YRU–SID#1 (ST&E)

ความร้อนและมวลน้ำของวัสดุกับอากาศแวดล้อม การถ่ายโอนความร้อน (Heat transfer) อาจเกิดจากการถ่ายโอนความร้อนแบบการพา การนำและการแผ่รังสีความร้อนหรือผสมกันทั้งสามลักษณะก็ได้ ขึ้นกับชนิดของเครื่องอบแห้ง (Dryer) โดยความร้อนจะถ่ายโอนสู่ผิวของวัสดุเพื่อระเหยน้ำที่ผิวออกไป และถ่ายโอนต่อไปในวัสดุเพื่อเพิ่มความดันไอน้ำในวัสดุต่อไป ส่วนการถ่ายโอนมวลน้ำ (Mass transfer) จะขึ้นกับกลไก 2 ลักษณะ คือ การเคลื่อนย้ายมวลน้ำในวัสดุเนื่องจากปัจจัยภายใน ได้แก่ ลักษณะทางกายภาพและความชื้นภายในวัสดุ และการเคลื่อนย้ายของไอน้ำจากผิวของวัสดุเนื่องจากปัจจัยภายนอก ได้แก่ อุณหภูมิ ความชื้นของอากาศ อัตราการไหลของอากาศและพื้นที่ผิวของวัสดุ การวิเคราะห์กระบวนการอบแห้งวัสดุมีค่าชี้วัดที่สำคัญหลายประการซึ่งจะแตกต่างกันและเป็นคุณสมบัติเฉพาะของวัสดุ

ความชื้น (Moisture content, M) คือ ค่าที่บอกถึงปริมาณน้ำที่อยู่ในวัสดุเทียบกับมวลของวัสดุ ตามมาตรฐาน AOAC 2005 (9) ความชื้นในวัสดุแบ่งเป็น 2 ลักษณะ คือ

ความชื้นมาตรฐานเปียก (Wet basis, M_w) คำนวณได้ ดังนี้

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

ความชื้นมาตรฐานแห้ง (Dry basis, M_d) คำนวณได้ ดังนี้

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

อัตราส่วนความชื้น (Moisture ratio, MR) คือ อัตราการเปลี่ยนแปลงมวลน้ำในวัสดุเทียบกับความชื้นเริ่มต้นเมื่อเวลาอบแห้งดำเนินไป เขียนเป็นสมการได้ ดังนี้

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

ถ้าให้ค่าความชื้นสมดุลมีค่าน้อยมากเทียบกับค่าความชื้นเริ่มต้น ($M_{eq} << M_0$) และความชื้นที่เวลาใดๆ ($M_{eq} << M_t$) ทำให้เขียนสมการ (3) ได้ใหม่ ดังนี้

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

เมื่อ M คือ ความชื้น (ร้อยละมาตรฐานแห้ง) w คือ มวลวัสดุรวมน้ำ (กิโลกรัม) d คือ มวลวัสดุแห้ง (กิโลกรัม) MR คือ อัตราส่วนความชื้น (อัตราส่วน) t คือ เวลา (นาที) และ eq คือ ที่สมดุล

ผล

จากการทดลองอบแห้งเห็ดนางฟ้าด้วยพลังงานแสงอาทิตย์ รังสีอินฟราเรด และพลังงานแสงอาทิตย์ร่วมรังสีอินฟราเรด ที่อุณหภูมิ 40 50 60 และ 70 องศาเซลเซียส พบว่า การอบแห้งด้วยพลังงานแสงอาทิตย์ลดความชื้นได้ร้อยละ 90.18 (ตารางที่ 1) ในขณะที่การอบแห้งด้วยรังสีอินฟราเรดที่อุณหภูมิ 40 50 60 และ 70 องศาเซลเซียส สามารถลดความชื้นเห็ดนางฟ้าได้ร้อยละ 64.71 91.03 91.95 และ 92.10 ตามลำดับ ใช้เวลาอบแห้ง 240 นาที (ตารางที่ 2) และการอบแห้งเห็ดด้วยพลังงานแสงอาทิตย์ร่วมรังสีอินฟราเรด (ตารางที่ 3)

สามารถลดความชื้นเห็ดนางฟ้าได้ร้อยละ 76.29 82.06 91.79 และ 94.09 ตามลำดับ ใช้เวลาอบแห้ง 180 นาที

เมื่อเปรียบเทียบการอบแห้งเห็ดนางฟ้าด้วยพลังงานแสงอาทิตย์ รังสีอินฟราเรด และพลังงานแสงอาทิตย์ร่วมรังสีอินฟราเรด พบว่า การอบแห้งเห็ดนางฟ้าด้วยพลังงานแสงอาทิตย์ร่วมรังสีอินฟราเรดที่อุณหภูมิ 40 50 60 และ 70 องศาเซลเซียส สามารถลดความชื้นเฉลี่ยมากกว่าการอบแห้งเห็ดนางฟ้าด้วยพลังงานแสงอาทิตย์ หรือรังสีอินฟราเรด อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (ที่ระดับนัยสำคัญเท่ากับ 0.01) โดยการอบแห้งเห็ดนางฟ้าด้วยพลังงานแสงอาทิตย์ร่วมอินฟราเรดที่อุณหภูมิ 70 องศาเซลเซียส สามารถลดความชื้นได้มากที่สุด คือ ร้อยละ 94.09 จากความชื้นเริ่มต้น 1,098.85% d.b.

ตารางที่ 1 อัตราส่วนความชื้นการอบแห้งเห็ดนางฟ้าด้วยพลังงานแสงอาทิตย์

t (min)	T=48°C	
	MC (% d.b.)	MR (decimal)
0	954.37	1.00
15	862.23	0.90
30	748.21	0.79
45	695.72	0.73
60	607.32	0.64
80	529.02	0.56
100	443.82	0.47
120	366.08	0.39
140	298.78	0.32
160	244.49	0.27
180	189.05	0.21
210	152.96	0.17
240	93.74	0.11

หมายเหตุ: ข้อมูลเฉลี่ยจากการทดลอง 3 ครั้ง

ตารางที่ 2 อัตราส่วนความชื้นการอบแห้งเห็ดนางฟ้าด้วยรังสีอินฟราเรด

t (min)	T=40°C		T=50°C		T=60°C		T=70°C	
	MC (% d.b.)	MR (decimal)	MC (% d.b.)	MR (decimal)	MC (% d.b.)	MR (decimal)	MC (% d.b.)	MR (decimal)
0	1208.23	1.00	1194.92	1.00	1005.20	1.00	884.07	1.00
15	1149.80	0.95	1104.52	0.92	913.08	0.91	787.46	0.89
30	1086.44	0.90	1020.37	0.85	804.55	0.80	712.49	0.80
45	1029.68	0.85	925.12	0.77	705.01	0.70	624.97	0.71
60	975.64	0.81	831.38	0.69	604.92	0.60	549.86	0.62
80	899.76	0.74	710.96	0.59	480.75	0.48	449.52	0.51
100	836.97	0.69	596.23	0.49	376.53	0.37	361.02	0.41
120	773.94	0.64	489.64	0.41	299.65	0.30	287.96	0.33
140	708.37	0.58	392.85	0.33	229.83	0.23	230.97	0.26
160	644.83	0.53	328.55	0.27	162.57	0.16	181.49	0.21
180	558.05	0.46	252.48	0.21	113.88	0.11	139.74	0.16
210	486.24	0.40	173.21	0.14	100.20	0.10	99.19	0.11
240	426.39	0.35	107.23	0.09	80.93	0.08	69.86	0.08

หมายเหตุ: ข้อมูลเฉลี่ยจากการทดลอง 3 ครั้ง

ตารางที่ 3 อัตราส่วนความชื้นการอบแห้งเห็ดนางฟ้าด้วยพลังงานแสงอาทิตย์ร่วมรังสีอินฟราเรด

t (min)	T=40°C		T=50°C		T=60°C		T=70°C	
	MC (% d.b.)	MR (decimal)	MC (% d.b.)	MR (decimal)	MC (% d.b.)	MR (decimal)	MC (% d.b.)	MR (decimal)
0	791.46	1.00	544.76	1.00	1091.34	1.00	1098.85	1.00
15	723.59	0.92	482.00	0.89	973.55	0.89	945.20	0.86
30	663.82	0.84	429.67	0.79	841.18	0.77	764.70	0.70
45	613.36	0.78	388.66	0.71	714.54	0.65	617.80	0.57
60	554.42	0.71	339.02	0.62	593.85	0.54	492.09	0.45
80	474.69	0.61	297.12	0.55	451.10	0.41	371.40	0.34
100	407.15	0.52	238.21	0.44	332.55	0.31	261.34	0.24
120	340.18	0.44	195.87	0.36	247.05	0.23	184.18	0.17
140	276.50	0.35	159.07	0.29	175.95	0.16	139.70	0.13
160	221.31	0.28	125.09	0.23	129.22	0.12	97.67	0.09
180	187.69	0.23	97.71	0.18	89.58	0.08	64.99	0.06

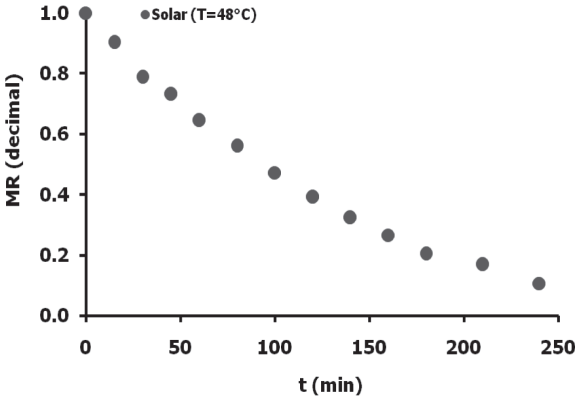
หมายเหตุ: ข้อมูลเฉลี่ยจากการทดลอง 3 ครั้ง

วิจารณ์

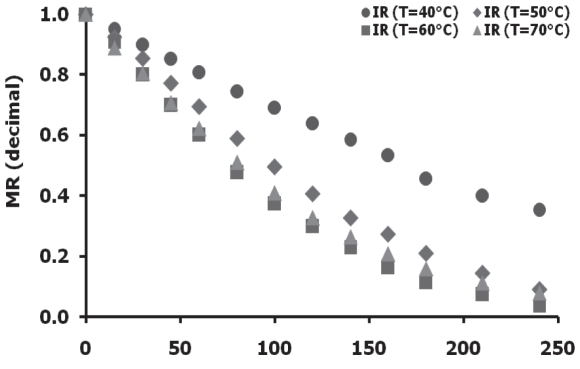
จากการวิเคราะห์ผลการทดลองอบแห้งเห็ดนางฟ้าด้วยพลังงานแสงอาทิตย์ รังสีอินฟราเรด และพลังงานแสงอาทิตย์ร่วมรังสีอินฟราเรดที่อุณหภูมิ 40 50 60 และ 70 องศาเซลเซียส พบว่า การเปลี่ยนแปลงอัตราส่วนความชื้นในช่วงเวลา 0-240 นาที สำหรับการอบแห้งด้วยพลังงานแสงอาทิตย์ รังสีอินฟราเรด และพลังงานแสงอาทิตย์ร่วมรังสีอินฟราเรด จะลดลงอย่างรวดเร็วในช่วง 0-150 นาทีแรก จากนั้นจะค่อยๆ ลดลงจนเข้าสู่สมดุล โดยการอบแห้งด้วยพลังงานแสงอาทิตย์อย่างเดียวที่อุณหภูมิห้องอบแห้งเฉลี่ยเท่ากับ 48 องศาเซลเซียส อัตราส่วนความชื้นจะลดลงเหลือ 0.11 ในเวลา 240 นาที (ตารางที่ 2) ส่วนการอบแห้งด้วยรังสีอินฟราเรดที่อุณหภูมิ 40 50 60 และ 70 องศาเซลเซียส อัตราส่วนความชื้นลดลงเหลือ 0.35 0.09 0.08 และ 0.08 ตามลำดับ (ตารางที่ 3) ในขณะที่การอบแห้งเห็ดนางฟ้าด้วยพลังงานแสงอาทิตย์ร่วมรังสีอินฟราเรดที่อุณหภูมิ 40 50 60 และ 70 องศาเซลเซียส อัตราส่วนความชื้นจะลดลงเหลือ 0.23 0.18 0.08 และ 0.06 ตามลำดับ ในเวลาเพียง 180 นาที โดยอัตราส่วนความชื้นจะลดลงอย่างรวดเร็วในช่วง 0-120 นาทีแรกของการอบแห้ง (ภาพที่ 4) จากนั้นจะค่อยๆ ลดลงจนเข้าสู่สภาวะสมดุลเช่นเดียวกัน

เมื่อเปรียบเทียบการอบแห้งเห็ดนางฟ้าด้วยพลังงานแสงอาทิตย์ รังสีอินฟราเรด และพลังงานแสงอาทิตย์ร่วมรังสีอินฟราเรด พบว่า การอบแห้ง

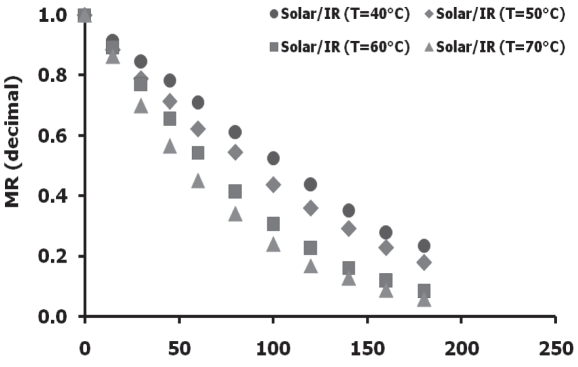
ด้วยพลังงานแสงอาทิตย์หรือรังสีอินฟราเรด มีอัตราส่วนความชื้นลดลงเร็วและมากกว่าการอบแห้งด้วยพลังงานแสงอาทิตย์หรือรังสีอินฟราเรดอย่างเดียว เมื่อเปรียบเทียบการอบแห้งเห็ดนางฟ้าด้วยพลังงานแสงอาทิตย์ร่วมอินฟราเรดที่อุณหภูมิ 40 50 60 และ 70 องศาเซลเซียส ปรากฏว่า การอบแห้งด้วยพลังงานแสงอาทิตย์ร่วมอินฟราเรดที่อุณหภูมิ 70 องศาเซลเซียส เหมาะสมที่สุด (ภาพที่ 5) เนื่องจากสามารถลดความชื้นได้เร็วกว่าที่อุณหภูมิ 40 50 และ 60 องศาเซลเซียส



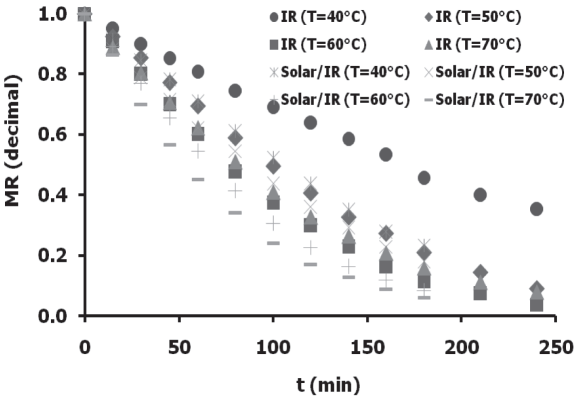
ภาพที่ 2 อัตราส่วนความชื้นของการอบแห้งเห็ดนางฟ้าด้วยพลังงานแสงอาทิตย์



ภาพที่ 3 อัตราส่วนความชื้นของการอบแห้งเห็ดนางฟ้าด้วยรังสีอินฟราเรด



ภาพที่ 4 อัตราส่วนความชื้นของการอบแห้งเห็ดนางฟ้าด้วยพลังงานแสงอาทิตย์ร่วมรังสีอินฟราเรด



ภาพที่ 5 เปรียบเทียบอัตราส่วนความชื้นของการอบแห้งเห็ดนางฟ้าด้วยรังสีอินฟราเรดและพลังงานแสงอาทิตย์ร่วมรังสีอินฟราเรด

ผลการทดลองจากการวิจัยนี้ตรงกับรายงานวิจัยของ ณัฐพล และละมุล (10) นเรศ และศิริธร (11) Kamon et al. (12) Amin et al. (13) Ridha et al. (14) และ Muhidin and Hensel (15) ซึ่งพบว่า การเพิ่มอุณหภูมิอบแห้งให้สูงขึ้นทำให้อัตราการอบแห้งเพิ่มขึ้นตามไปด้วย ในทางกลับกันเมื่อพิจารณาอัตราส่วนความชื้น พบว่า มีค่าลดลงอย่างรวดเร็วในช่วงแรกและจะลดลงอย่างช้าๆ จนเข้าสู่

สภาวะสมดุล ซึ่งความชื้นของเห็ดนางฟ้าจะไม่มีการเปลี่ยนแปลงในช่วงท้ายของการทดลอง และการอบแห้งที่ใช้พลังงานจากคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้า ได้แก่ คลื่นไมโครเวฟและรังสีอินฟราเรด จะส่งผลให้น้ำหรือปริมาณความชื้นที่ผิววัสดุมีการระเหยได้เร็วกว่าการอบแห้งด้วยลมร้อนเพียงอย่างเดียว เนื่องจากคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าสามารถทะลุผ่านไปในวัสดุที่อบแห้งแล้วเกิดความร้อนในวัสดุ ส่งผลให้สัมประสิทธิ์การแพร่ความชื้นเกิดขึ้นจากศูนย์กลางวัสดุแล้วถ่ายโอนสู่ผิววัสดุแล้วระเหยแห้งเมื่อได้รับความร้อนจากพลังงานแสงอาทิตย์หรือลมร้อนที่ผิววัสดุ อย่างไรก็ตามการอบแห้งที่อุณหภูมิสูงอาจส่งผลให้สี สารอาหาร และรสชาติของเห็ดลดลง ดังรายงานวิจัยของ Kulshreshtha et al. (7) และ Dutta et al. (8)

ดังนั้น การอบแห้งเห็ดนางฟ้าด้วยพลังงานแสงอาทิตย์ร่วมรังสีอินฟราเรดที่อุณหภูมิ 40 50 60 และ 70 องศาเซลเซียส จึงมีอัตราส่วนความชื้นลดลงเร็วกว่าการอบแห้งเห็ดนางฟ้าด้วยพลังงานแสงอาทิตย์หรือรังสีอินฟราเรดอย่างเดียว โดยการอบแห้งเห็ดนางฟ้าด้วยพลังงานแสงอาทิตย์ร่วมรังสีอินฟราเรดที่อุณหภูมิ 70 องศาเซลเซียส เป็นสภาวะที่เหมาะสมที่สุด

กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบคุณ ผู้ช่วยศาสตราจารย์มะรูดิง กาซา ที่ให้คำปรึกษาและคำแนะนำที่ดีในการออกแบบการทดลอง และขอบคุณ นายฮูเซ็ง ชายดานา นักวิทยาศาสตร์สาขาวิชาฟิสิกส์ คณะวิทยาศาสตร์เทคโนโลยีและการเกษตร มหาวิทยาลัยราชภัฏยะลา ที่อำนวยความสะดวกในการใช้เครื่องมือและอุปกรณ์การทดลองจนทำให้การดำเนินงานวิจัยนี้สำเร็จลุล่วงด้วยดี

เอกสารอ้างอิง

1. กระยาทิพย์ เรือนใจ: เห็ดสูตรเด็ดเพื่อสุขภาพ. ต้นธรรม, กรุงเทพฯ. 95 หน้า, 2537.
2. _____: เห็ดกินได้และเห็ดมีพิษในประเทศไทย ฉบับราชบัณฑิตยสถาน. ราชบัณฑิตยสถาน, กรุงเทพฯม 170 หน้า, 2539.
3. อนงค์ จันทร์ศรีกุล: เห็ดเมืองไทย : เทคโนโลยีการเพาะเห็ด. ไทยวัฒนาพานิช (พิมพ์ครั้งที่ 8), กรุงเทพฯ. 177 หน้า, 2544.
4. เห็ดรู้ก่อนรวยก่อน ดีมานด์ อาหาร ยา ความงามทะลัก. ประชาชาติธุรกิจออนไลน์, (ออนไลน์) [12 ธันวาคม 2555]. สืบค้นได้จก http://www.Prachachat.net/news__detail.php?newsid=134967 7147&grpid=03&catid=12&subcatid=1200
5. กิตติ แซ่โง้ว ยุธนา เกติพันธ์ วรวรรณ สุทธิธนาเลิศ ทิพาพร อยู่วิทยา และนภาพร รัตนสมบูรณ์: ผลของสภาวะการอบแห้งต่อปริมาณสารในกลิ่นเห็ดหอม. วารสารวิจัยและพัฒนา มจธ 24(3): 285-297, 2544.
5. Apintanapong, M.: Infrared drying of holy basil leaves and its effect on sensory characteristics. Agricultural Sci. J. 40(3) (Suppl.): 69-72, 2009.
6. Kulshreshtha, M., Singh, A. and Vipul, D.A.: Effect of drying conditions on mushroom quality. J.I of Eng. Sci. and Tech. 4(1): 90-98, 2009.
7. Dutta, B., Raghavan, G. S. V., Dev, S. R. S., Liplap, P., Murugesan, R., Anekella, K. and Kaushal, T.: A Comparative study on the effects of microwave and high electric field pretreatments on drying kinetics and quality of mushrooms. Drying Tech. 30: 891-897, 2012.

8. AOAC.: Official Methods of Analysis. Association of Official Analytical Chemists (18th edition), Gaithersburg, MD., pp.14-38, 2005.
9. ณัฐพล ภูมิสะอาด และละมุล วิเศษ: สมการอบแห้งชั้นบางและความชื้นสมดุลของเห็ดขอนขาว. ว. วิทย. กษ. 38(5) (พิเศษ): 361-364, 2550.
10. นเรศ มีโส และศิริธร ศิริอมพรรณ: อิทธิพลของการอบแห้งโดยวิธีการแผ่รังสีอินฟาเรดคลื่นยาวร่วมกับการพาอากาศร้อนต่อลักษณะการอบแห้งและคุณภาพทางกายภาพของกล้วยส้ม. ว. วิทย. กษ. 38 (5) (พิเศษ): 365-368, 2550.
11. Kamon, P., Naret, M., Somchart, S. and Sirithon, S.: Modeling of combined far-infrared radiation and air drying of a ring shaped-pineapple with/without shrinkage. Food and Bioproducts Processing 90: 155-164, 2012.
12. Amin, H., Parviz, A. M., Mohammad, N. and Farough, S.: Designing manufacturing and evaluating microwave-hot air combination drier. Life Sci. J. 9(3): 630-637, 2012.
13. Ridha, F. M., Walid, E., Manel, Z., Hdia, H., Mabrouka, C., Amira, B. A., Ismail, E. and Foued, C.: Effect of different drying methods on the physico-chemical properties of tomato variety 'Rio Grande'. Int. J. of Food Eng. 8(2): 1-13, 2012.
14. Muhidin, R. and Hensel, O.: Influence of pretreatments on drying rates of chili pepper (*Capsicum annum* L.). Agric Eng Int: CIGR J. 14(1): 103-107, 2012.