Agricultural Sci. J. 38 : 5 (Suppl.) : 279-282 (2007) ว. วิทย. กษ. 38 : 5 (พิเศษ) : 279-282 (2550)

จลนพลศาสตร์การอบแห้งของผลหม่อน

Drying kinetics of mulberry fruits

ชาตรี มั่นกลาง[1], ทรงชัย วิริยะอำไพวงศ์[1] และ พีรยา โชติถนอม[2]

Chartree Manklang[1],Songchai Wiriyaumpaiwong[1] and Pheeraya Chottanome[2]

Abstract

The purpose of this study is to investigate the drying kinetics of Mulberry fruits using hot air dryer. The studied parameters are hot air temperatures of 40, 50 and 60°C and hot air velocities of 0.5, 1 and 1.5 m/s. The R^2 and SSE values were used to evaluate the accuracy all of four predicted equations. The regression results showed that the Page's equation is the best prediction. The temperature and velocity of hot air was yielded the higher drying rate in every condition. In part of the color change of mulberry fruits, it was found that both of temperature and velocity of hot air were insignificantly affected on the color change.

Keywords: Mulberry, Fruits, Hot Air, color

บทคัดย่อ

จุดมุ่งหมายของการวิจัยครั้งนี้คือ ศึกษาจลนพลศาสตร์การอบแห้งของผลหม่อนและการเปลี่ยนแปลงสี โดยใช้ตู้อบแบบลมร้อน พารามิเตอร์ที่ศึกษาได้แก่ อุณหภูมิลมร้อนที่ 40, 50 และ 60 องศาเซลเซียส ความเร็วของลมร้อนที่ 0.5, 1 และ 1.5 เมตรต่อวินาที เกณฑ์ในการเลือกสมการเพื่อใช้ในการทำนายการอบแห้งคือ r^2 และ SSE ผลการทดลองจากการทำนายการถดถอย พบว่าสมการของ Page เป็นสมการที่ใช้ทำนายได้ดีที่สุด อุณหภูมิและความเร็วของลมร้อนมีผลต่อการเพิ่มขึ้นของอัตราการอบแห้งของผลหม่อน ในส่วนการเปลี่ยนแปลงสีผลหม่อน พบว่า ทั้งอุณหภูมิและความเร็วของลมร้อน มีผลต่อการเปลี่ยนแปลงของสีอย่างไม่มีนัยสำคัญ ($p>0.05$)

คำสำคัญ: หม่อน, ผลไม้, ลมร้อน, สี

คำนำ

หม่อนพันธุ์บุรีรัมย์ 60 ซึ่งเป็นพันธุ์ที่ให้ผลมากที่สุดในพื้นที่ที่ทำการวิจัย หม่อนเป็นพืชในตระกูล Moraceae มีชื่อภาษาอังกฤษว่า Mulberry และมีชื่อวิทยาศาสตร์ว่า *Morus* spp. จัดเป็นไม้ยืนต้นจำพวกไม้พุ่ม ใบมีลักษณะของฐานใบเป็นรูปคล้ายใบโพธิ์ ปลายแหลม ผลมีลักษณะเป็นผลรวมเช่นเดียวกับผลน้อยหน่าและขนุน (วิโรจน์, 2540) ผลหม่อนไม่ได้จัดอยู่ในกลุ่ม berry fruit แต่จัดอยู่ในกลุ่มของผลรวม(collective fruit หรือ inflorescent fruit) ซึ่งเป็นผลที่เกิดจากช่อดอกทั้งช่อรวมกันเป็นผลเดียวกันแต่สามารถมองเห็นเป็นผลเล็กๆ เหล่านี้เรียกว่า syconus นอกจากนั้นผลหม่อนเป็นผลไม้ที่มีสัดส่วนความหวาน (sweetness) และความเปรี้ยว (tartness) ที่สมดุลกัน กล่าวได้ว่าผลหม่อนเป็นผลไม้ที่มีรสชาติดี ซึ่งรสชาติความเปรี้ยวของผลหม่อนจัดได้ว่ามีระดับใกล้เคียงกับผลองุ่น (วสันต์, 2549) ซึ่งสีแดงเข้ม เป็นสีของรงควัตถุ anthocyanin ซึ่งมีฤทธิ์ทางชีวภาพเป็นสารต่อต้านอนุมูลอิสระ ป้องกันการเกิดมะเร็ง โรคหัวใจและชะลอความแก่เป็นต้น(วิโรจน์, 2540)ดังนั้นงานวิจัยนี้จึงมีแนวคิดที่จะศึกษาการอบแห้งผลหม่อนและปัจจัยของอุณหภูมิ และความเร็วลมที่ใช้อบแห้งที่มีผลต่อการอบแห้งด้วยลมร้อน นอกจากนี้ยังได้ทดสอบหาสมการเพื่อใช้ทำนายความชื้นที่ลดลงกับเวลาที่ใช้ในการอบแห้ง

อุปกรณ์และวิธีการ

เครื่องอบแห้งที่ใช้ในการศึกษาทดลองในงานวิจัยนี้เป็นเครื่องอบแห้งแบบลมร้อน ดังแสดงในรูปที่ 1 รายละเอียดมีดังนี้ ขนาดของห้องอบแห้งเท่ากับ 123.5 x 172.5เซนติเมตร (กว้าง x ยาว x สูง) ด้านบนเจาะช่องระบายอากาศกว้าง 25.50 เซนติเมตร พร้อมแผ่นบังคับการไหลผ่าน อุปกรณ์ให้ความร้อนเป็นแท่งความร้อน ความเร็วของอากาศอบแห้งวัดโดยใช้ hot wire anemometer การเปลี่ยนแปลงน้ำหนักของผลิตภัณฑ์อ่านค่าจากเครื่องชั่งแบบดิจิตอลละเอียด 0.01 กรัม และการ

[1] คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหาสารคาม, มหาสารคาม, 44150

[1] Faculty of Engineering, Mahasarakham University, Mahasarakham,44150

[2] สาขาวิชาเทคโนโลยีการอาหารและโภชนศาสตร์ คณะเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยมหาสารคาม, มหาสารคาม, 44150

[2] Division of Food Technology and Nutrition, Mahasarakham University, Mahasarakham,44150

เปลี่ยนแปลงสีของผลหม่อนใช้เครื่องวัดสี Hunter lab ในการทดลองอบแห้งผลหม่อนจะควบคุมอุณหภูมิขาเข้าห้องอบแห้งที่ 40, 50 และ 60 องศาเซลเซียส และเปลี่ยนแปลงความเร็วลมที่ 0.5, 1.0 และ 1.5 เมตรต่อวินาที ในการทดลองแต่ละครั้งจะใช้ผลหม่อนสดประมาณ 350 กรัม สร้างเกณฑ์ในการคัดเลือกผลหม่อน โดยวิเคราะห์ค่าความชื้น ปริมาณของแข็งทั้งหมด (AOAC, 1990) และขนาด ผลหม่อนที่ใช้ในงานวิจัย มีค่าความชื้นเริ่มต้นเฉลี่ย 496.294 เปอร์เซ็นต์มาตรฐานแห้ง มีความกว้าง, ความยาวและน้ำหนัก ของผลหม่อนเฉลี่ย จำนวน 100 ผลเท่ากับ 1.23±0.007cm, 2.83±0.220cm, 0.0032±0.00043 kg ตามลำดับ ส่วนสมการที่ใช้ทดสอบเพื่อทำนายความชื้นที่ลดลงกับเวลาที่ใช้อบแห้งมี 4 สมการดังนี้

สมการ Lewis	MR=(X-Xe)/(Xo-Xe) =exp (-k.t)	(1)
สมการ Henderson and Pabis	MR=(X-Xe)/(Xo-Xe) = a.exp(-k.t)	(2)
สมการ Logarithmic	MR=(X-Xe)/(Xo-Xe) = a.exp(-k.t)+c	(3)
สมการ Page	MR=(X-Xe)/(Xo-Xe) =exp (-k.(t^n))	(4)
สมการ แสดงค่าถดถอย	$R^2 = 1 - \frac{\sum_{i-1}^{n}(MR_{pre} - MR_{\exp,i})^2}{\sum_{i-1}^{n}(MR_{\exp,i})^2 - (\sum_{i-1}^{n}(MR_{\exp,i})^2/(N-Z))}$	(5)
สมการสหสัมพันธ์	$a_0 + a_1.v + a_2.T + a_3.v.T$	(6)

โดยเกณฑ์เบื้องต้นที่ใช้เลือกสมการที่มีความเหมาะสมในการทำนาย คือค่า r^2(R square) และค่าความคลาดเคลื่อนของผลบวกกำลังสอง (Sum square error)

ผลและวิจารณ์

ผลของอุณหภูมิลมร้อนที่มีต่อการอบแห้ง

ผลของอุณหภูมิลมร้อนที่มีต่ออัตราการอบแห้งของผลหม่อนด้วย อุณหภูมิ 3 ระดับคือ 40, 50 และ60 องศาเซลเซียส การเปลี่ยนแปลงความชื้นของผลหม่อนเมื่อทำการอบแห้งจนกระทั่งน้ำหนักไม่เปลี่ยนแปลง ที่ความเร็วลมร้อน 0.5 m/s พบว่าเวลาอบแห้งที่ใช้ในการอบแห้งเป็น 42, 31 และ 20 h. ความชื้นสุดท้ายของผลหม่อนจะมีค่าประมาณ 83.40 %, 55.80% และ 11.50% มาตรฐานแห้ง ตามลำดับ

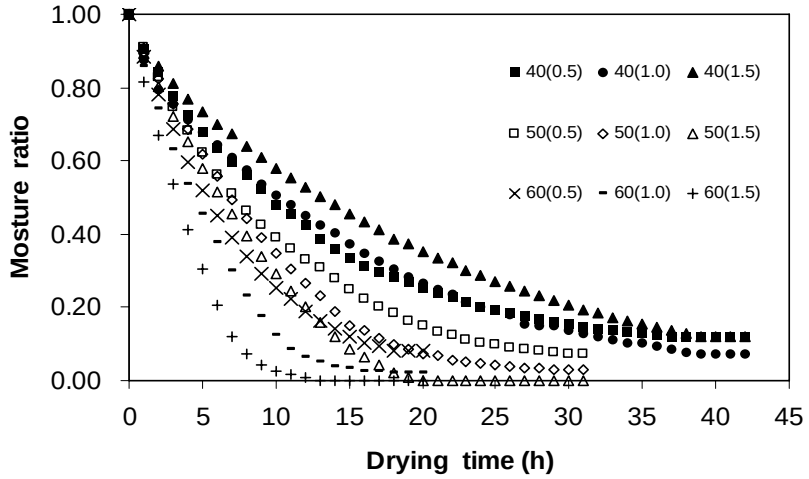

Figure 1 Drying kinetics of mulberry fruits at various temperature of 40°C, 50°C, 60°C and at air velocity of 0.5, 1.0 and 1.5 m/s

จากรูปที่ 1 เมื่ออุณหภูมิของลมร้อนเพิ่มสูงขึ้น อัตราการอบแห้งจะเพิ่มขึ้นอย่างรวดเร็ว ในทำนองเดียวกัน เมื่อพิจารณาอิทธิพลของความเร็วลม พบว่า ความเร็วลมสูงขึ้นทำให้ความชื้นของผลหม่อนลดลงเร็วขึ้น แสดงว่าทั้งอุณหภูมิและความเร็วลมมีผลทำให้โมเลกุลของน้ำภายในเคลื่อนที่ออกจากผลหม่อนเร็วขึ้น ทำให้อัตราการอบแห้งเป็นไปอย่างรวดเร็ว

ผลการเปลี่ยนแปลงสีของผลหม่อนอบแห้ง

จากตารางที่ 1 ทั้งอุณหภูมิและความเร็วลมร้อน ล้วนแต่ให้ค่าความสว่าง (L) สีแดง (a) และสีเหลือง (b) ที่ไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ แต่ถ้าหากเปรียบเทียบกับสีผลหม่อนก่อนอบแห้งจะแตกต่างกันมาก เนื่องจากสีของผลหม่อนหลังการอบแห้งมีสีเข้มขึ้นอย่างเห็นได้ชัด

Table 1 Color change of mulberry fruits under various temperature and hot air velocity (α = 0.05)

ค่าการเปลี่ยนแปลงสีของผลหม่อนหลังการอบแห้งด้วยตู้อบลมร้อน			
ค่า L	**0.5 m/s**	**1.0 m/s**	**1.5 m/s**
40°C	36.322±2.2890 a	37.386±1.3709 a	35.245±1.3263 a
50°C	35.812±0.7724 a	35.322±0.6444 a	35.098±0.2824 a
60°C	35.245±1.3263 a	35.098±1.0789 a	34.322±2.2890 a
ค่า a	**0.5 m/s**	**1.0 m/s**	**1.5 m/s**
40°C	1.170±0.0727 a	1.162±0.1721 a	1.173±0.0437 a
50°C	1.243±0.2391 a	1.250±0.0727 a	1.235±0.2113 a
60°C	1.295±0.2477 a	1.288±0.1111 a	1.263±0.2391 a
ค่า b	**0.5 m/s**	**1.0 m/s**	**1.5 m/s**
40°C	0.976±0.8095 a	0.979±0.1293 a	0.866±0.1730 a
50°C	0.834±0.0184 a	0.734±0.0284 a	0.644±0.0234 a
60°C	0.498±0.2858 a	0.637±0.1411 a	0.498±0.2858 a

Table 2 Constants of equation (6) for substituting into each parameter in each model

model	parameters	a_0	a_1	a_2	a_3	R^2	SSE
Henderson	k	0.080496	-0.30067	-0.00022	0.007109	0.99924	0.352964
	a	0.790784	-0.00758	0.003468	0.001045		
	k	0.152967	-0.32157	-0.00136	0.007055	0.99942	0.327316
Logarithmic	a	0.611123	0.112191	0.006557	-0.00062		
	c	0.361799	-0.24443	-0.00621	0.003531		
Page	k	0.173093	-0.18736	-0.00124	0.003477	0.99994	0.131168
	n	0.5723	-0.23592	0.005699	0.009273		
Lewis	k	0.092157	-0.28705	-0.00037	0.006697	0.99929	0.371223

ผลการหาสมการเพื่อทำนายการถดถอย

สมการการถดถอยที่ใช้ทำนายการอบแห้งผลหม่อนได้ดีที่สุดคือ สมการ Page's โดยมีค่า(r^2 = 0.9999 และ SSE= 0.131168) ถือว่าดีที่สุดเมื่อเปรียบเทียบทั้ง 4 สมการ การอบแห้งโดยใช้ลมร้อน สามารถลดความชื้นออกจากภายในวัสดุอบแห้งได้โดยรักษาสภาพของโครงสร้างเนื้อโดยให้เกิดความเสียหายน้อยที่สุด โดยทดลองจนกระทั่งน้ำหนักผลหม่อนคงที่

สรุป

จากการเปรียบเทียบสมการทางคณิตศาสตร์เกี่ยวกับอัตราการอบแห้ง ผลการวิเคราะห์ทางสถิติพบว่าการอบแห้งผลหม่อนพันธุ์บุรีรัมย์ 60 ด้วยตู้อบลมร้อนภายใต้เงื่อนไขของ อุณหภูมิลมร้อน 40, 50 และ 60 องศาเซลเซียสที่ความเร็วลม 0.5, 1 และ 1.5 เมตรต่อวินาที ผลที่ได้พบว่าน้ำหนักผลหม่อนสัมพันธ์กับเวลาในการอบแห้ง โดยความชื้นที่ลดลงของผลหม่อนเป็นฟังก์ชันกับความเร็วและอุณหภูมิลมร้อน และสมการของ Page สามารถทำนายผลการอบแห้งผลหม่อนได้ดีกว่าทุกสมการ

คำขอบคุณ

งานวิจัยนี้ได้รับการสนับสนุนจากกองทุนสนับสนุนการวิจัยร่วมกับสำนักงานคณะกรรมการอุดมศึกษา และคณะวิศวกรรมศาสตร์ ภาควิชาเทคโนโลยีการอาหารและโภชนศาสตร์ คณะเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยมหาสารคาม

เอกสารอ้างอิง

ปัทมาภรณ์ สุขบุญพันธ์.2545. ดัชนีการเก็บเกี่ยวของหม่อนผลสดพันธุ์เชียงใหม่ในและนอกฤดูการเก็บเกี่ยวจังหวัดเชียงใหม่: วิทยานิพนธ์ปริญญาโท, มหาวิทยาลัยเชียงใหม่

วสันต์ นุ้ยภิรมณ์.2549. หม่อนรับประทานผลและการแปรรูป. สถาบันวิจัยหม่อนไหม กรมวิชาการเกษตร กระทรวงเกษตรและสหกรณ์, กรุงเทพ.

วิโรจน์ แก้วเรือง.2540. หม่อนไหมพืชสารพัดประโยชน์.พิมพ์ครั้งที่ 2.สถาบันวิจัยหม่อนไหม กรมวิชาการเกษตร กระทรวงเกษตรและสหกรณ์,

AOAC(1990). Official method of analysis of the association of official analytical chemists. Arlington, VA.

Ibrahim Doymaz. 2004 . Drying Kinetics of white mulberry. J.Food Eng. 61, 341-346.

Kalt, W., and Dofour, D.1997. Health Functionality of buberry. Horticultuiral technology. (7); 216-221