Agricultural Sci. J. 42 : 3 (Suppl.) : 737-740 (2011) ว. วิทย. กษ. 42 : 3 (พิเศษ) : 737-740 (2554)

การทำแห้งแบบโฟมของมะม่วงพันธุ์โชคอนันต์
Foam-mat drying of mango cv. Chock Anan

ปิ่นธิดา ณ ไธสง[1] และ ธนกร โรจนกร[1]
Phinthida Na Thaisong[1] and Thanakorn Rojanakorn[1]

Abstract

This study was aimed to investigate the effect of methylcellulose concentration (0, 0.25, 0.5 and 1.0%) and whipping time (0, 10, 20 and 25 min) on mango foam properties. Effect of drying temperature on drying behavior of mango foam was also studied. It was found that incorporation of 0.5% methylcellulose and whipping time of 25 min resulted in the foam with the lowest density and highest stability ($p \leq 0.05$). Drying experiments showed that falling rate period was observed for mango foam dried at 60, 70 and 80°C. Drying rate increased with increasing temperature. Effective moisture diffusivity (D_{eff}) ranged from 4.27×10^{-9} m^2/s at 60°C to 6.81×10^{-9} m^2/s at 80 °C. The activation energy of mango foam drying in the range of temperature studied was found to be 22.22 kJ/kmol.

Keywords: Foam-mat drying, mango, methylcellulose

บทคัดย่อ

การศึกษานี้มีวัตถุประสงค์เพื่อตรวจสอบผลของความเข้มข้นของสารเมทิลเซลลูโลส (ร้อยละ 0 0.25 0.5 และ 1.0) และเวลาในการตีปั่น (0, 10, 20 และ 25 นาที) ต่อคุณสมบัติของโฟมจากเนื้อมะม่วง นอกจากนี้ยังศึกษาถึงผลของอุณภูมิขณะทำแห้งต่อพฤติกรรมการทำแห้งของโฟมเนื้อมะม่วงด้วย จากการทดลองพบว่าการเติมเมทิลเซลลูโลสในปริมาณร้อยละ 0.5 และตีปั่น 25 นาที จะทำให้เกิดโฟมที่มีความหนาแน่นต่ำสุดและมีความคงตัวสูงสุดอย่างมีนัยสำคัญ ($p \leq 0.05$) การทำแห้งโฟมเนื้อมะม่วงที่อุณหภูมิ 60, 70 และ 80 °C เกิดขึ้นในช่วงการทำแห้งลดลงโดยที่อัตราการทำแห้งจะเพิ่มขึ้นตามอุณหภูมิการทำแห้งที่เพิ่มขึ้น ค่าการแพร่ความชื้น (D_{eff}) จะอยู่ระหว่าง 4.27×10^{-9} m^2/s ที่ 60 °C และ 6.81×10^{-9} m^2/s ที่ 80 °C สำหรับค่าพลังงานกระตุ้นของการทำแห้งโฟมเนื้อมะม่วงในช่วงอุณหภูมิที่ศึกษามีค่าเป็น 22.22 kJ/kmol

คำสำคัญ: การทำแห้งแบบโฟม มะม่วง เมทิลเซลลูโลส

คำนำ

มะม่วงโชคอนันต์มีพื้นที่เพาะปลูกในเขตภาคเหนือและภาคตะวันออกเฉียงเหนือของไทย เมื่อสุกเนื้อจะมีสีเหลืองและมีรสชาติหวานมัน รวมทั้งสามารถให้ผลผลิตนอกฤดูได้โดยไม่ต้องใช้สารเคมี แต่ปัญหาที่สำคัญของมะม่วงคือในช่วงระยะเก็บเกี่ยวจะมีผลผลิตออกมามากจึงทำให้ราคาตกต่ำและอาจเกิดความเสียหายเชิงกลในระหว่างการเก็บเกี่ยวได้ง่าย นอกจากนี้ผลมะม่วงสุกจะมีความชื้นสูงและเน่าเสียง่าย ดังนั้นจึงต้องมีการนำมะม่วงโชคอนันต์สุกมาแปรรูปเพื่อยืดอายุการใช้ประโยชน์และเพิ่มมูลค่าของผลิตภัณฑ์ให้สูงขึ้น กระบวนการทำแห้งแบบโฟมเป็นกระบวนการซึ่งอาหารที่เป็นของเหลวหรือกึ่งแข็ง-กึ่งเหลวถูกทำให้เกิดเป็นโฟมที่คงตัวโดยการตีปั่นอากาศเข้าไปในอาหารร่วมกับการเติมสารที่ทำให้เกิดโฟม จากนั้นนำโฟม ของอาหารที่คงตัวเกลี่ยเป็นชั้นบางๆ แล้วนำไปทำแห้งด้วยลมร้อน ดังนั้นผลิตภัณฑ์แห้งที่ได้จึงมีโครงสร้างที่เป็นรูพรุนและบดเป็นผงแห้งได้ง่ายรวมทั้งสามารถดูดน้ำกลับคืนได้เร็วการทำแห้งแบบโฟมสามารถรักษาคุณภาพของผลิตภัณฑ์เอาไว้ได้โดยใช้เครื่องมือหรืออุปกรณ์ที่ไม่ซับซ้อนและมีราคาไม่สูงมาก ดังนั้นการทดลองครั้งนี้จึงวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาผลของความเข้มข้นของสารเมทิลเซลลูโลสและเวลาในการตีปั่นต่อคุณสมบัติของโฟมจากเนื้อมะม่วงรวมทั้งผลของอุณภูมิขณะทำแห้งต่อพฤติกรรมการทำแห้งของโฟมเนื้อมะม่วงด้วย

[1] ภาควิชาเทคโนโลยีอาหาร คณะเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยขอนแก่น/ ศูนย์นวัตกรรมเทคโนโลยีหลังการเก็บเกี่ยว สำนักงานคณะกรรมการการอุดมศึกษา
[1] Department of Food Technology, Faculty of Technology, Khon kaen University/ Postharvest Technology Innovation Center, Commission on Higher Education

อุปกรณ์และวิธีการ

ผสมเมทิลเซลลูโลสในเนื้อมะม่วงโชคอนันต์สุกที่บดละเอียดโดยแปรปริมาณเป็นร้อยละ 0, 0.25, 0.5 และ 1 โดยน้ำหนัก แล้วปั่นด้วยความเร็วสูงสุดเป็นเวลา 0, 10, 20 และ 25 นาที จากนั้นตรวจสอบคุณสมบัติของโฟมซึ่งได้แก่ค่าความหนาแน่น ค่าการขยายตัวและค่าความคงตัวของโฟมตามวิธีของ Karim and Wai (1999)

นำโฟมที่มีความหนาแน่นต่ำที่สุดและมีความคงตัวสูงสุดไปทำแห้งด้วยตู้อบแห้งแบบลมร้อนที่ 60, 70 และ 80 ^{o}C เพื่อศึกษาพฤติกรรมในระหว่างการทำแห้งต่อไป

ผล

ผลของปริมาณสารเมทิลเซลลูโลส และเวลาในการตีปั่นต่อคุณสมบัติด้านต่าง ๆ ของโฟมเนื้อมะม่วงโชคอนันต์

จาก Table 1 พบว่า การใช้เมทิลเซลลูโลสร้อยละ 0.5 โดยน้ำหนัก และตีปั่น 25 นาที ทำให้โฟมเนื้อมะม่วงมีความหนาแน่นต่ำสุด ($p \leq 0.05$) เป็น 0.34 g/ml และมีค่าการขยายตัวสูงสุดเป็นร้อยละ 206.17 ($p \leq 0.05$) ที่สภาวะดังกล่าวพบว่าโฟมที่ได้มีความคงตัวสูงกล่าวคือไม่มีของเหลวไหลออกมาจากโฟมภายในเวลาที่กำหนด ดังนั้นจึงเลือกสภาวะดังกล่าวเพื่อเตรียมโฟมจากเนื้อมะม่วงในการทดลองขั้นต่อไป

Table 1 Foam properties as influenced by various amounts of methycellulose (MC) and whipping time

Level of MC (%)	Whipping time (min)	Foam property	
		Density(g/ml)	Expansion (%)
0.0	0	1.018 ± 0.001^{ab}	0 ± 0^{j}
	10	1.014 ± 0.002^{b}	0.399 ± 0.311^{j}
	20	1.013 ± 0.003^{b}	0.517 ± 0.395^{j}
	25	1.015 ± 0.001^{b}	0.237 ± 0.066^{j}
0.25	0	1.017 ± 0.002^{ab}	0 ± 0^{j}
	10	0.898 ± 0.003^{c}	13.251 ± 0.632^{i}
	20	0.789 ± 0.003^{d}	28.796 ± 0.283^{h}
	25	0.725 ± 0.001^{e}	40.192 ± 0.265^{g}
0.50	0	1.024 ± 0.008^{a}	0 ± 0^{j}
	10	0.508 ± 0.002^{g}	101.806 ± 0.741^{e}
	20	0.454 ± 0.001^{h}	125.509 ± 1.257^{d}
	25	0.335 ± 0.009^{k}	206.173 ± 6.079^{a}
1.0	0	1.010 ± 0.002^{b}	0 ± 0^{j}
	10	0.591 ± 0.002^{f}	70.910 ± 0.722^{f}
	20	0.363 ± 0.003^{j}	178.085 ± 2.583^{b}
	25	0.421 ± 0.004^{i}	139.764 ± 5.805^{c}

Means within the same column with different letters are significantly different ($p \leq 0.05$) by Duncan's multiple range test

ผลของอุณหภูมิในระหว่างการทำแห้งต่อพฤติกรรมการทำแห้งของโฟมเนื้อมะม่วง

จาก Figure 1 พบว่า การทำแห้งโฟมเนื้อมะม่วงที่อุณหภูมิ 60, 70 และ 80 °C ส่วนใหญ่เกิดขึ้นใน ช่วงอัตราการทำแห้งลดลง (falling rate period) อย่างไรก็ตามพบว่าในช่วง 5 นาที แรกของการทำแห้งพบช่วงการปรับตัว (heat up period) เกิดขึ้นด้วย สำหรับค่าการแพร่ของน้ำในระหว่างการทำแห้งโฟมเนื้อมะม่วงที่อุณหภูมิต่างๆแสดงใน Tabel 2

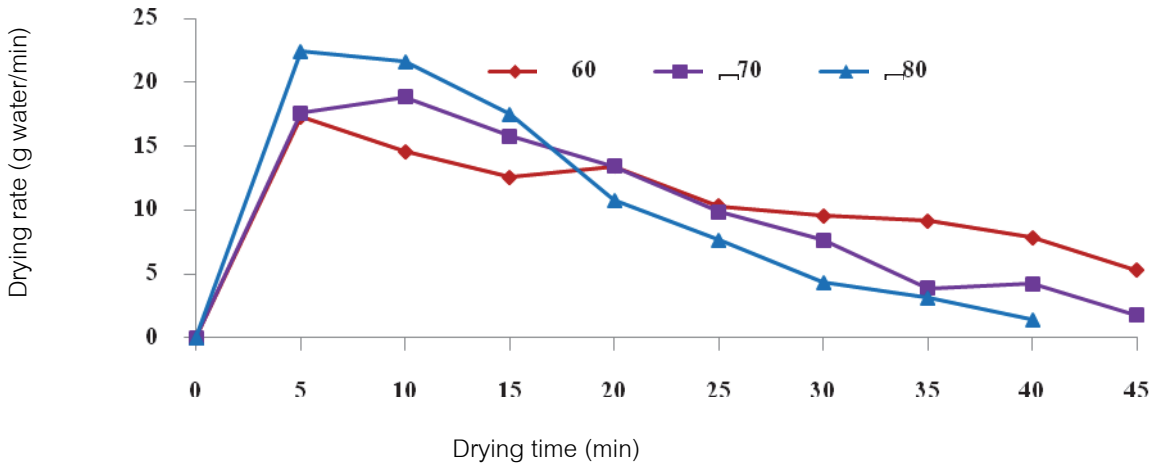

Figure 1 Drying rate of mango foam at different temperatures as a function of drying time

Table 2 Moisture diffusivity of mango foam dried at different temperatures

Temperature (°C)	Moisture diffusivity (m^2/s)
60	4.27×10^{-9} ($r^2 = 0.903$)
70	5.13×10^{-9} ($r^2 = 0.909$)
80	6.18×10^{-9} ($r^2 = 0.923$)

จาก Tabel 2 พบว่าเมื่ออุณหภูมิการทำแห้งเพิ่มขึ้นจาก 60 เป็น 80 °C ทำให้ค่าการแพร่ของน้ำเพิ่มขึ้นจาก 4.27 x 10^{-9} m^2/s เป็น 6.18 x 10^{-9} m^2/s สำหรับความสัมพันธุ์ระหว่างค่าการแพร่ของน้ำกับอุณหภูมิในระหว่างการทำแห้งสามารถอธิบายได้โดยใช้ความสัมพันธุ์แบบ Arrhenius ดังนี้

$$D = 13473.168 \exp\left[\frac{-22220}{RT}\right] \quad (r^2 = 0.973) \qquad (1)$$

จากสมการที่ (1) พบว่าค่าพลังงานกระตุ้นของการแพร่ของน้ำในระหว่างการทำแห้งโฟมเนื้อมะม่วงโชคอนันต์ที่ในช่วงอุณหภูมิ 60 ถึง 80 °C มีค่าเป็น 22.22 kJ/kmol

วิจารณ์ผล

การเติมเมทิลเซลลูโลสลงในเนื้อมะม่วงบดร้อยละ 1.0 และตีปั่น 20 และ 25 นาที ทำให้ความหนาแน่นของโฟมมีค่าสูงกว่าและมีการขยายตัวของโฟมต่ำกว่าการใช้เมทิลเซลลูโลสที่ความเข้มข้นร้อยละ 0.5 และใช้เวลาตีปั่น 25 นาที อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) เนื่องจากการใช้สารเมทิลเซลลูโลสที่ความเข้มข้นเกินร้อยละ 0.5 อาจทำให้เนื้อมะม่วงบดมีค่าความหนืดสูงกว่าค่าความหนืดสูงสุดที่ยอมให้ฟองอากาศแทรกตัวเข้าไปได้มากที่สุด และการเพิ่มเวลาตีปั่นในสารผสมที่ข้น

หนืดอาจทำให้ฟองอากาศแตกตัวและโฟมเกิดการยุบตัวลงส่งผลให้ความหนาแน่นของโฟมเพิ่มขึ้นและการขยายตัวของ โฟมลดต่ำลง (Karim and Wai, 1999) ผลงานวิจัยนี้สอดคล้องกับงานวิจัยของ Hart *et al.* (1963) ซึ่งพบว่าค่าความหนาแน่นของโฟมที่เหมาะสมสำหรับนำไปทำแห้งควรอยู่ในระหว่าง 0.4-0.6 g/cm^3 ทั้งนี้เพราะโฟมที่มีความหนาแน่นในช่วงดังกล่าวจะมีความคงตัวสูงและไม่เกิดการยุบตัวในระหว่างการทำแห้ง

เป็นที่น่าสังเกตว่าในช่วง 20 นาทีแรกของการทำแห้งค่าอัตราการทำแห้งโฟมเนื้อมะม่วงสูงขึ้น เมื่อเพิ่มอุณหภูมิในการทำแห้งให้สูงขึ้นและอัตราการทำแห้งสูงสุด เมื่อใช้อุณหภูมิของลมร้อนเป็น 80 °C หลังจากนั้นพบว่าอัตราการทำแห้งโฟมเนื้อมะม่วงที่อุณหภูมิ 60 °C เริ่มสูงกว่าที่ 70 และ 80 °C ตามลำดับทั้งนี้อาจเป็นเพราะในช่วง 18-20 นาที แรกของการทำแห้งการระเหยน้ำออกจากโฟมเมื่อใช้อุณหภูมิในการทำแห้งเป็น 80 °C เกิดได้เร็วว่าที่ 70 และ 60 °C ตามลำดับ ดังนั้นภายหลังจาก 18-20 นาที ของการทำแห้งตัวอย่างโฟมที่ทำแห้งที่ 60 °C จึงเหลือปริมาณน้ำมากกว่าที่ 70 และ 80 °C จึงเป็นเหตุให้ปริมาณน้ำที่ระเหยออกไปต่อหน่วยเวลาของการทำแห้งที่ 60 °C สูงกว่าอีก 2 อุณหภูมิ ผลการทดลองครั้งนี้สอดคล้องกับงานวิจัยของ Akpinar *et al.* (2003) ซึ่งรายงานว่าอัตราการทำแห้งของ red pepper slices ที่ 70 °C จะสูงกว่าที่ 65 และ 60 °C เฉพาะในช่วง 75 นาที แรกของการทำแห้งและหลังจากนั้นการทำแห้งที่ 60 °C จะทำให้อัตราการทำแห้งสูงกว่าที่ 65 และ 70 °C ตามลำดับ

สรุป

การเติมเมทิลเซลลูโลสลงในเนื้อมะม่วงบดร้อยละ 0.5 และใช้เวลาตีปั่น 25 นาที ทำให้โฟมเนื้อมะม่วงมีค่าความหนาแน่นต่ำสุดและมีการขยายตัวสูงสุด ($p \leq 0.05$) รวมทั้งมีความคงตัวสูงสุดด้วย การทำแห้งโฟมเนื้อมะม่วงส่วนใหญ่เกิดขึ้นในช่วงการทำแห้งลดลงโดยที่ในช่วง 20 นาที แรกของการทำแห้งนั้น อัตราการทำแห้งเพิ่มขึ้นเมื่ออุณหภูมิในระหว่างการทำแห้งเพิ่มขึ้น ค่าการแพร่ความชื้น (D_{eff}) อยู่ระหว่าง 4.27x10^{-9} m^2/s ที่ 60 °C และ 6.81 x10^{-9} m^2/s ที่ 80 °C สำหรับค่าพลังงานกระตุ้นของการทำแห้งโฟมเนื้อมะม่วงในช่วงอุณหภูมิที่ศึกษามีค่าเป็น 22.22 kJ/kmol

คำขอบคุณ

ขอขอบคุณศูนย์นวัตกรรมเทคโนโลยีหลังการเก็บเกี่ยว : หน่วยงานร่วมมหาวิทยาลัยขอนแก่น ที่ให้การสนับสนุนการวิจัยครั้งนี้

เอกสารอ้างอิง

Akpinar, E. K., Y. Bicer and C. Yildiz. 2003. Thin layer drying of red paper. J. Food Eng. 59: 99-104.

Hart, M. R., R. P. Graham, I.F. Ginnette and A. I. Morgan. 1963. Foams for foam-mat drying. Food Technol. 17(10): 90-92.

Karim, A. A. and C. C. Wai. 1999. Foam-mat drying of starfruit (*Averrhoa carambola* L.) puree. Stability and air drying characteristics. Food Chem. 64:337-343.

Thuwapanichayanan. R., S. Prachayawarakorn and S. Soponronnarit. 2008. Drying characteristics and quality of banana foam mat. J Food Eng. 86:573-583.