Agricultural Sci. J. 46 : 3/1 (Suppl.) : 481-484 (2015) ว. วิทย. กษ. 46 : 3/1 (พิเศษ) : 481-484 (2558)

จลนพลศาสตร์การทำแห้งและคุณภาพของหน่อไม้อบแห้งด้วยวิธีและสภาวะการอบแห้งที่ต่างกัน

Drying Kinetics and Quality of Dried Bamboo Shoot by Different Drying Methods and Conditions

จันทิมา ภูงามเงิน[1] จุฑามาศ สูนแดง[1] นันทนา วงค์กำภู[1] ธีรวรรณ สุวรรณ์[2] และ พนิดา เรณูมาลย์[2]

Chanthima Phungamngoen[1], Jutamas Soondang[1], Nuntana Vongkamphu[1], Teerawan Suwan[2] and Phanida Renumarn[2]

Abstract

The suitability and the efficiency of hot air and fluidized-bed drier technologies for drying bamboo shoot process have been investigated by considering, physical properties and economic break-even point analysis of the product. These experiments were conducted at temperatures of 50, 60 and 70°C and the moisture content of dried bamboo shoot products not exceeding 10% (wet basis). After drying, the quality of dried bamboo shoot including water activity (a_w), color, bulk density were determined. Moreover, the qualitative analysis after rehydration, such as percentage of rehydration and texture (hardness), was performed. The results showed that the temperature and drying techniques affect physical properties of dried bamboo shoot. The quality of dried bamboo shoot in terms of color and texture after drying with the fluidized-bed dryer technology at 60°C was similar to fresh bamboo shoots. Moreover, the fluidized-bed drying technology shows potential for high rate of rehydration due to the fact that suitable drying times and temperatures cause less injury to a cell by heating process and also reduce total cost of manufacturing and operations.

Keywords: physical properties, temperature, cost, drying methods

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้ทำการเปรียบเทียบประสิทธิภาพการอบแห้งหน่อไม้ไผ่ตงด้วยเทคนิคการใช้ลมร้อน และแบบฟลูอิดไดซ์เบด เพื่อหาสภาวะในการอบแห้งหน่อไม้ที่เหมาะสม โดยพิจารณาจากคุณภาพทางกายภาพและจุดคุ้มทุนทางเศรษฐศาสตร์ ทำการศึกษาสภาวะในการอบแห้ง 3 ระดับ คือ ที่อุณหภูมิ 50 60 70°C และกำหนดความชื้นสุดท้ายในผลิตภัณฑ์หน่อไม้อบแห้งไม่เกิน 10% (น้ำหนักเปียก) จากการวิเคราะห์คุณภาพหลังอบแห้ง ได้แก่ ปริมาณน้ำอิสระในอาหาร (a_w) ค่าสี ความหนาแน่นกองรวม และการวิเคราะห์คุณภาพหลังการคืนตัว ได้แก่ เปอร์เซนต์การดูดน้ำกลับ และลักษณะเนื้อสัมผัส (Hardness) จากผลการทดลอง พบว่า อุณหภูมิและวิธีการอบแห้งมีผลต่อคุณลักษณะทางกายภาพของผลิตภัณฑ์หน่อไม้อบแห้ง ซึ่งกระบวนการอบแห้งหน่อไม้ด้วยวิธีการอบแบบฟลูอิดไดซ์เบด ที่อุณหภูมิ 60°C จะได้สีของหน่อไม้หลังอบและลักษณะเนื้อสัมผัสภายหลังการคืนตัวมีคุณภาพใกล้เคียงกับหน่อไม้สดมากที่สุด และความสามารถในการดูดน้ำกลับสูง เนื่องจากใช้เวลาและอุณหภูมิในการอบแห้งที่เหมาะสมทำให้เซลล์ของอาหารไม่ถูกทำลายด้วยความร้อน และช่วยลดต้นทุนรวมในการผลิตได้

คำสำคัญ: คุณสมบัติทางกายภาพ, อุณหภูมิ, ต้นทุน, วิธีการอบแห้ง

คำนำ

จังหวัดปราจีนบุรีเป็นจังหวัดที่นิยมเพาะปลูกหน่อไม้ไผ่ตง ซึ่งผลผลิตออกสู่ตลาดเป็นจำนวนมากในฤดูฝน (ช่วงเดือนพฤษภาคมถึงเดือนตุลาคม) เกิดภาวะสินค้าล้นตลาด ส่งผลให้สินค้ามีราคาตกต่ำ ดังนั้นจึงนำวิธีการถนอมอาหารในรูปแบบต่างๆ เข้ามาช่วยในการแปรรูป เช่น การทำหน่อไม้อัดปี๊บ หน่อไม้ดอง หน่อไม้แห้ง ซึ่งการทำหน่อไม้แห้งจะมีอายุการเก็บรักษาได้นานกว่าการถนอมอาหารโดยวิธีอื่นๆ (ทวีชัย, 2543) การผลิตหน่อไม้อบแห้งภายในประเทศนั้นได้มีการนำเทคโนโลยีต่างๆ เข้ามาประยุกต์ใช้ เช่น การอบแห้งโดยใช้เครื่องอบแห้งแบบถาด (Tray dryer) โดยใช้ลมร้อนเครื่องอบแห้งชนิดนี้ใช้เงินลงทุนต่ำแต่ควบคุมดูแลยาก เนื่องจากเกิดปัญหาในเรื่องการถ่ายเทความร้อนได้ไม่ทั่วถึงจึงทำให้คุณภาพของผลิตภัณฑ์ไม่สม่ำเสมอ ใช้เวลาในการอบนาน ดังนั้นการนำเทคโนโลยีการอบแห้งแบบฟลูอิดไดซ์มาประยุกต์ใช้เพื่อลดระยะเวลาในการอบแห้งจึงเป็นแนวทางหนึ่งที่น่าสนใจ (กฤษรักษ์ และคณะ, 2542; ณรงค์ชัย และคณะ, 2543) ดังนั้นงานวิจัยนี้จึงทำการศึกษาสภาวะในการ

[1] สาขาวิชาวิทยาศาสตร์การอาหารและการจัดการ คณะอุตสาหกรรมเกษตร มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ ปราจีนบุรี 25230

[1]Department of Food Science and Management, Faculty of Agro-Industry, King Mongkut's University of Technology North Bangkok, Prachinburi 25230

[2]สาขาวิชานวัตกรรมและเทคโนโลยีการพัฒนาผลิตภัณฑ์ คณะอุตสาหกรรมเกษตร มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ ปราจีนบุรี 25230

[2]Department of Agro-Industry Product Development, Faculty of Agro-Industry, King Mongkut's University of Technology North Bangkok, Prachinburi 25230

อบแห้งหน่อไม้โดยใช้เครื่องอบแห้งแบบฟลูอิดไดซ์เบดเปรียบเทียบเครื่องอบแห้งแบบถาด เพื่อกำหนดสภาวะการผลิต ที่เหมาะสม ให้ได้หน่อไม้อบแห้งมีคุณภาพดี และมีต้นทุนการผลิตต่ำ ซึ่งพิจารณาจากจุดคุ้มทุนในการผลิต เพื่อเป็นประโยชน์ในการผลิตในระดับอุตสาหกรรมต่อไป

อุปกรณ์และวิธีการ

การเตรียมตัวอย่างหน่อไม้ไผ่ตงทำการปอกเปลือกแล้วล้างทำความสะอาดหั่นให้มีขนาด 0.5×0.5×0.5 เซนติเมตร ลวกในน้ำเดือดที่อุณหภูมิ 100°C นาน 10 นาที แล้วแช่ในสารละลายโซเดียมเมตาไบซัลไฟต์เข้มข้น 1% w/v นาน 20 นาที หลังจากผ่านกระบวนการเตรียมตัวอย่างแล้ว แบ่งหน่อไม้ออกเป็น 2 ส่วน โดยนำไปอบด้วยเครื่องอบแห้งแบบถาด (รุ่น 12 ถาด ยี่ห้อกล้วยน้ำไทย ประเทศไทย) และเครื่องอบแห้งแบบฟลูอิดไดซ์เบดที่สร้างขึ้นเอง ที่อุณหภูมิ 50 60 และ 70°C จากนั้นสุ่มตัวอย่างเพื่อวัดค่าความชื้น (AOAC, 1995) จนกว่าความชื้นของตัวอย่างไม่มีการเปลี่ยนแปลงจากนั้นศึกษาผลของสภาวะการอบแห้งต่อคุณภาพของหน่อไม้ไผ่ตงอบแห้ง ดังรายละเอียดต่อไปนี้

1. ค่าสี โดยนำตัวอย่างหน่อไม้อบแห้งที่สภาวะต่างๆ วัดสีโดยใช้เครื่องวัดสี (Colorimeter) รุ่น Color Flex ยี่ห้อ Hunter Lab ประเทศอเมริกา ในระบบสี Hunter *L a b* ใช้การสะท้อนแสงแบบกระจาย (Diffusion reflection) ใช้แหล่งกำเนิดแสงมาตรฐาน D65 และกำหนดค่าผู้สังเกตการณ์มาตรฐานที่ 10°

2. ความหนาแน่นกองรวม (Bulk density) โดยการบรรจุหน่อไม้อบแห้งลงไปในกระบอกตวงขนาด 100 mL แล้วนำจำนวนตัวอย่างในกระบอกตวงดังกล่าวไปชั่งน้ำหนักแล้วนำมาคำนวณค่าความหนาแน่นกองรวมดังสมการ

$$\text{ความหนาแน่นกองรวม} = \frac{\text{น้ำหนักตัวอย่างในกระบอกตวง (kg)}}{\text{ปริมาตรของตัวอย่าง } (m^3)} \quad (1)$$

3. เปอร์เซ็นต์การดูดน้ำกลับ นำหน่อไม้แห้งหลังผ่านการอบที่สภาวะต่างๆ น้ำหนักประมาณ 3-5 กรัม ต้มในน้ำเดือดเป็นเวลา 5 นาที พักให้สะเด็ดน้ำแล้วทำการชั่งน้ำหนักตัวอย่างหน่อไม้หลังการคืนตัวคิดเปอร์เซ็นต์การดูดน้ำกลับดังสมการ

$$\text{เปอร์เซ็นต์การดูดน้ำกลับ} = \frac{\text{น้ำหนักหลังแช่น้ำ - น้ำหนักหลังอบแห้ง}}{\text{น้ำหนักก่อนอบแห้ง - น้ำหนักหลังอบแห้ง}} \times 100 \quad (2)$$

4. วิเคราะห์ลักษณะเนื้อสัมผัส ทำการวัดลักษณะเนื้อสัมผัสเพื่อทดสอบค่าความแข็ง (Hardness) ด้วยเครื่อง Texture analyzer รุ่น TA-XT plus ยี่ห้อ Stable Micro System ประเทศอังกฤษ โดยนำหน่อไม้มาวางบน plate form ใช้ probe รูปทรงกระบอกขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 50 mm

การวิเคราะห์ทางเศรษฐศาสตร์เป็นข้อมูลพื้นฐานในการพิจารณาจุดคุ้มทุนของการแปรรูปหน่อไม้อบแห้ง โดยใช้สูตรในการคำนวณ (วันชัย และ ชอุ่ม, 2539)

ผลและวิจารณ์ผล

1. ผลการศึกษาเวลาการอบแห้งที่สภาวะต่าง ๆ

จากภาพการเปลี่ยนแปลงปริมาณความชื้นของหน่อไม้ไผ่ตงระหว่างการอบแห้งที่สภาวะต่างๆ (Figure 1) การอบแห้งที่อุณหภูมิ 70°C มีอัตราการทำแห้งเร็วกว่าการอบแห้งหน่อไม้ที่อุณหภูมิ 60 และ 50°C ตามลำดับ เนื่องจากอุณหภูมิเป็นปัจจัยสำคัญที่มีผลต่อการทำแห้ง กล่าวคืออุณหภูมิสูงจะใช้เวลาในการอบแห้งสั้นกว่าการใช้อุณหภูมิต่ำตัวอย่างที่อบแห้งด้วยเครื่องอบแห้งแบบฟลูอิดไดซ์เบดใช้เวลาในการอบแห้งน้อยกว่าตัวอย่างที่อบแห้งด้วยเครื่องอบแห้งแบบถาด เนื่องจากในระหว่างการอบแห้งแบบฟลูอิดไดซ์เบดตัวอย่างชิ้นหน่อไม้ไผ่ตงมีการเคลื่อนที่ ส่งผลให้เกิดการถ่ายเทมวลและความร้อนสูงทำให้น้ำระเหยออกจากชิ้นหน่อไม้ได้เร็ว (ณรงค์ชัย และคณะ, 2543; ทวีชัย, 2543)

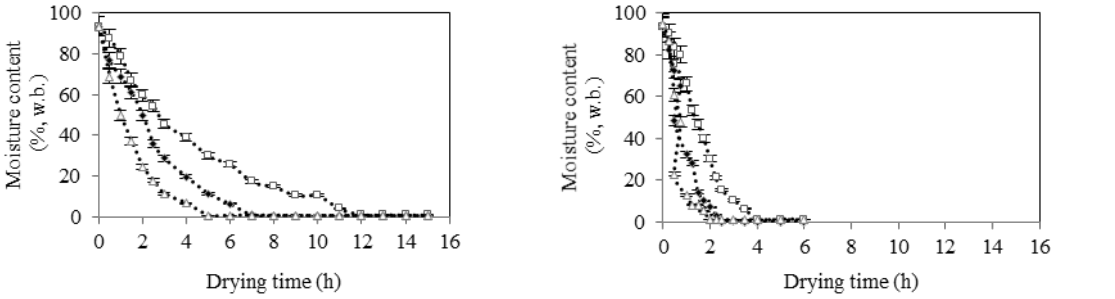

Figure 1 Drying curves of bamboo shoot during drying with (a) tray dryer, (b) fluidize bed dryer at (□) 50°C, (◆) 60°C and (△) 70°C.

2. ผลของสภาวะการอบแห้งต่อคุณภาพของหน่อไม้ไผ่

ค่าความหนาแน่นกองรวมของหน่อไม้ที่อบด้วยเครื่องอบแห้งแบบถาด (Table 1) มีค่ามากเป็นผลเนื่องมาจากเวลาในการอบนาน ส่งผลให้หน่อไม้เกิดการสูญเสียน้ำในปริมาณมาก หน่อไม้เกิดการหดตัวบิดเบี้ยวมาก จึงมีปริมาตรลดลงซึ่งโดยทั่วไปการทำแห้งอย่างรวดเร็วจะหดตัวน้อยกว่าการทำแห้งอย่างช้า ที่อุณหภูมิ 60°C หน่อไม้ที่อบด้วยเครื่องอบแห้งฟลูอิดไดซ์เบด มีเปอร์เซนต์การดูดน้ำกลับได้ดีกว่าที่อุณหภูมิ 50 และ 70°C เนื่องมาจากการอบแห้งหน่อไม้แบบฟลูอิดไดซ์เบดที่อุณหภูมิ 60°C ซึ่งเป็นอุณหภูมิและระยะเวลาที่เหมาะสมในการระเหยน้ำ โดยอาจทำให้โครงสร้างของเนื้อเยื่อหน่อไม้ถูกทำลายน้อย (กุลวดี และคณะ, 2536) ผลของค่าสีหน่อไม้หลังการคืนตัวพบว่าค่า *L* ลดลงตามอุณหภูมิที่สูงขึ้นและการอบแห้งด้วยเครื่องอบแห้งแบบถาดให้ค่าความสว่างที่ใกล้เคียงกับหน่อไม้สดมากกว่าหน่อไม้ที่อบแห้งด้วยเครื่องอบแห้งแบบฟลูอิดไดซ์เบด เพราะเมื่อนำมาคืนตัวแล้วน้ำที่ซึมผ่านเข้าไปจะทำให้ค่าสีที่ได้มีความสว่างมากขึ้น (Rastogi *et al*., 2004) สำหรับค่า *a* และ *b* มีค่ามากขึ้นใกล้เคียงกับของสด และที่อุณหภูมิ 70°C พบว่าตัวอย่างมีค่าความแข็งมากที่สุดเพราะที่อุณหภูมิสูงมีการระเหยน้ำอย่างรวดเร็วในช่วงแรกของการอบแห้งผนังเซลล์ขาดความยืดหยุ่นส่งผลให้ผลิตภัณฑ์มีลักษณะแข็ง (Cunningham *et al*., 2007; Rastogi *et al*., 2004) ค่าความแข็งของหน่อไม้อบแห้งด้วยเครื่องอบแห้งแบบถาดมีค่ามากกว่าเครื่องอบแห้งแบบฟลูอิดไดซ์เบดเนื่องจากใช้เวลาในการอบแห้งนานกว่า

3. การคำนวณต้นทุนทางเศรษฐศาสตร์

การเปรียบเทียบถึงต้นทุนในการดำเนินงาน (ต้นทุนคงที่ ต้นทุนแปรผัน) ของเครื่องอบแห้ง 2 ชนิด โดยกำหนดผลิต 36 กิโลกรัม ราคาต่อหน่วย 70 บาท/ถุง พบว่าจุดคุ้มทุนสำหรับเครื่องแบบถาดและเครื่องอบแห้งแบบฟลูอิดไดซ์เบด คือ 14,556 ถุง และ 14,621 ถุง ตามลำดับ อย่างไรก็ตามการอบแห้งด้วยเครื่องอบแห้งแบบฟลูอิดไดซ์เบดจะทำให้ผลิตภัณฑ์หน่อไม้อบแห้งมีคุณภาพทางด้านกายภาพโดยรวมดีกว่า เมื่อดำเนินการวิเคราะห์ทางเศรษฐศาสตร์แล้วพบว่ามีปริมาณการผลิต ณ จุดคุ้มทุนมีปริมาณแตกต่างกันเพียงเล็กน้อย ดังนั้นกระบวนการอบแห้งด้วยเครื่องอบแห้งแบบฟลูอิดไดซ์เบดจึงถือเป็นทางเลือกในระดับอุตสาหกรรมการอบแห้งหน่อไม้

สรุป

การอบแห้งแบบถาดใช้เงินลงทุนในการผลิตต่ำกว่าการอบแห้งแบบฟลูอิดไดซ์เบด แต่เมื่อพิจารณาคุณภาพหลังการคืนตัวร่วมด้วยการอบแห้งหน่อไม้ด้วยเครื่องอบแห้งแบบฟลูอิดไดซ์สามารถทำให้ผลิตภัณฑ์มีคุณภาพดีกว่า จึงเป็นแนวทางใหม่ในการอบแห้งหน่อไม้ในระดับอุตสาหกรรมได้

คำขอบคุณ

ผู้วิจัยขอขอบคุณคณะอุตสาหกรรมเกษตร มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ ที่ให้การสนับสนุนเงินทุนสำหรับดำเนินงานวิจัย และอำนวยความสะดวกในการใช้เครื่องมือ และอุปกรณ์สำหรับการดำเนินงานวิจัย

Table 1 Color and % rehydration of dried bamboo shoot with different drying methods and conditions after rehydration

Drying	Temperature (°C)	Bulk density (kg/m^3)	Color			Hardness (N)	% Rehydration
			L	*a*	*b*		
Fresh bamboo shoot (Control)	-	373±7.07^{d}	72.73±0.01^{a}	-0.3±0.19^{ab}	15.47±0.15^{d}	38.32±0.00^{ab}	-
Fluidize bed drying	50	1675±2.44^{d}	66.45±2.35^{b}	-0.77±0.21^{b}	19.35±0.01^{b}	2.18±0.37^{c}	85.70±3.97^{a}
	60	2598±19.09^{cd}	70.06±2.35^{b}	-0.47±0.09^{ab}	19.80±0.40^{ab}	3.14±2.49^{c}	75.47±0.00^{a}
	70	3844±6.01^{c}	66.01±0.85^{b}	-0.24±0.08^{a}	21.74±1.04^{a}	11.03±5.91^{c}	49.3±3.79^{b}
Tray drying	50	3118±2.06^{c}	67.75±0.38^{b}	-0.38±0.15^{ab}	18.80±0.35^{cd}	1.96±0.35^{c}	53.53±0.74^{b}
	60	7909±2.60^{b}	67.17±0.42^{b}	-1.33±0.34^{c}	18.38±0.95^{cd}	8.96±2.97^{c}	60.58±8.94^{b}
	70	10332±4.42^{a}	68.36±1.32^{b}	-1.74±0.37^{c}	18.87±1.36^{bc}	56.42±30.48^{a}	13.95±6.40^{c}

Values in the same column with different superscripts mean that the values are significantly different (p<0.05).

เอกสารอ้างอิง

กุลวดี ตรองพาณิชย์, ชิดชม ฮิรางะ, อุไร เผ่าสังข์ทอง และ สมโภชน์ ใหญ่เอี่ยม. 2536. อิทธิพลของกรรมวิธีการผลิตที่มีผลต่อคุณลักษณะของหน่อไม้อบแห้งและการยอมรับของผู้บริโภค. *วารสารเกษตรศาสตร์* 27: 211-218.

กฤษรักษ์ กิ่งแสง, ปิลันธน์ เจตน์เจริญรักษ์ และ ยุทธนา เอี่ยมสมบัติ. 2542. เครื่องอบแห้งแบบฟลูอิดไดซ์เบด. ปริญญานิพนธ์ปริญญาตรี. สาขาวิชาวิศวกรรมเคมี, คณะวิศวกรรมศาสตร์, สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง.

ณรงค์ชัย แซ่โค้ว, ผาคำ แถมโฮง และ ยุวธิดา พันธุ์ลออ. 2543. การศึกษาอุณหภูมิและเวลาในการอบแห้งแครอทโดยใช้เทคนิคฟลูอิดไดซ์เบด. ปริญญานิพนธ์ปริญญาตรี. ภาควิชาวิศวกรรมอาหาร, สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง.

ทวีชัย วงศ์ศักดิ์ไพโรจน์. 2543. การอบแห้งหน่อไม้ด้วยไอน้ำร้อนยวดยิ่ง. วิทยานิพนธ์ปริญญาโท. สายวิชาเทคโนโลยีพลังงาน, คณะพลังงานและวัสดุมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี.

วันชัย ริจิรวนิช และ ชอุ่ม พลอยมีค่า. 2539. เศรษฐศาสตร์วิศวกรรม. พิมพ์ครั้งที่ 6. จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, กรุงเทพมหานคร.

A.O.A.C. 1995. Offical Method of Analysis. 15th ed., Association of Official Analytical Chemists, Washington D.C.

Cunningham S.E., W.A.M. Mcminn, T.R.A. Magee and P.S. Richardson. 2007. Effect of processing conditions on the water absorption and texture kinetics of potato. Journalof Food Engineering 84: 214-223.

Rastogi N.K., C.A. Nayak and K.S.M.S. Kaghavarao. 2004 Influence of osmotic pre-treatments on rehydration characteristics of carrots. Journal of Food Engineering 65: 287-292.