Agricultural Sci. J. 37 : 5 (Suppl.) : 321-324 (2006) ว. วิทย. กษ. 37 : 5 (พิเศษ) : 321-324 (2549)

การผลิตน้ำมะตูมผงโดยใช้เครื่องทำแห้งแบบพ่นกระจาย

Production of Instant Bel Fruit Powder Using Spray Dryer

จิรวัฒน์ กันต์เกรียงวงศ์1[1] วีรวิทย์ ปองเปี่ยม[1] วิภาดา สิทธิศุภฤกษ์[1] และวรพจน์ สุนทรสุข[1]

Jirawat Kunkriengwong[1], Weerawit Pongliam[1], Wipada Sittisuparork[1] and Worapot Suntornsuk[1]

Abstract

The objective of this research was to study the production of instant Bel fruit juice using a solar dryer and a spray dryer. Results found that, drying of ripe Bel fruits by using the solar dryer and drying of ripe Bel fruits by using the hot air oven during that temperature of 70,80, and 90°C was not significantly in the water evaporation ($p<0.05$). Drying of ripe Bel fruits by using the solar dryer could evaporate water about 68.75±0.77 % and drying of ripe Bel fruit by using the hot air oven at temperature of 70,80,and 90°C could evaporate water about 70.68±0.26%, 70.77±0.49% and 71.41±1.92% respectively. Bel fruit powder made by the spray drying at the inlet temperatures of 110,120,130 and 140 °C was not significantly in moisture content, insolubility, dispersibility, bulk density and water activity ($p<0.05$). Instant Bel fruit contained moisture of 11.20±0.77%, solubility of 3.13±0.56%, dispersibility of 1.47±0.02, bulk density of 0.52±0.02 grams per ml and water activity of 0.36±0.04. To compare product qualifications with sensory evaluation between reform-instant Bel fruit juice which was dried by the spray drying and Bel fruit juice extracted which was not dried by spray drying presented that Bel fruit juice extracted gave light-colored than Bel fruit juice which dried by the spray drying. This sensory evaluation showed Bel fruit juice sample dried by the spray drying yielded dark-colored more than Bel fruit juice extracted. However, the most clarity sample was Bel fruit juice extracted which was not dried by spray drying. The most Bel fruit odor was Bel fruit juice extracted which was not dried by spray drying. However, there was no significantly difference in overall qualification between reform-instant Bel fruit juice and Bel fruit juice extracted which was not dried by spray drying ($p<0.05$)

Keywords: instant Bel fruit juice, spray dryer, solar dryer, hot air oven, sensory evaluation

บทคัดย่อ

การศึกษากระบวนการผลิตน้ำมะตูมผง โดยทำการศึกษาวิธีการในการอบแห้งผลมะตูมดิบ การผลิตน้ำมะตูมผงด้วยเครื่องทำแห้งแบบพ่นกระจาย และการศึกษาคุณสมบัติและลักษณะทางประสาทสัมผัสของผลิตภัณฑ์น้ำมะตูมผงที่ได้ ผลการทดลองพบว่าการอบแห้งมะตูมโดยใช้เครื่องอบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์และเครื่องอบแห้งแบบลมร้อน มีการระเหยน้ำออกไม่แตกต่างกันทางสถิติ ซึ่งการใช้เครื่องอบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์มีปริมาณน้ำที่ระเหยออกเฉลี่ยร้อยละ 68.75 ± 0.77 และเครื่องอบแห้งแบบลมร้อนที่อุณหภูมิ 70, 80 และ 90 °ซ.มีปริมาณน้ำที่ระเหยออกไปเฉลี่ยร้อยละ 70.68 ± 0.26, 70.77 ± 0.49 และ 71.41±1.92 ตามลำดับ เมื่อนำน้ำมะตูมทำแห้งด้วยเครื่องทำแห้งแบบพ่นกระจาย ที่อุณหภูมิขาเข้า 110, 120 , 130 และ 140 °ซ. พบว่ามะตูมผงที่ได้ มีปริมาณความชื้น การละลาย การแพร่กระจายของผง ความหนาแน่นปรากฏ และค่า Aw ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ โดยมีปริมาณความชื้นเฉลี่ย 11.20 ± 0.77 % มีค่าการละลายคิดเป็นร้อยละ 3.13 ± 0.56 ของตะกอนที่เหลือ มีค่าการแพร่กระจายของผงเฉลี่ย 1.47 ± 0.02 มีค่าความหนาแน่นปรากฏเฉลี่ย 0.52 ± 0.02 กรัม/มิลลิลิตร และมีค่า Aw เฉลี่ย 0.36 ± 0.04 เมื่อทำการเปรียบเทียบคุณสมบัติของผลิตภัณฑ์น้ำมะตูมผงคืนรูปที่ผ่านการทำแห้งแบบพ่นกระจายกับน้ำมะตูมสกัดที่ไม่ผ่านการทำแห้งแบบพ่นกระจาย ทางด้านสี พบว่าน้ำมะตูมสกัดที่ไม่ผ่านการทำแห้งแบบพ่นกระจายจะมีความสว่างน้อยกว่าและลักษณะสีที่อ่อนกว่าน้ำมะตูมสกัดที่ผ่านการอบแห้งแบบพ่นกระจาย ส่วนการประเมินทางประสาทสัมผัส พบว่าน้ำมะตูมที่ผ่านการทำแห้งแบบพ่นกระจายจะมีสีเข้มกว่าน้ำมะตูมสกัดที่ไม่ผ่านการทำแห้งแบบพ่นกระจาย น้ำมะตูมที่มีลักษณะใสและมีกลิ่นมะตูมมากที่สุดคือ น้ำมะตูมสกัดที่ไม่ผ่านการทำแห้งแบบพ่นกระจาย และเมื่อพิจารณาลักษณะความชอบรวม พบว่าผู้ทดสอบมีความชอบน้ำมะตูมคืนรูปที่ผ่านการทำแห้งแบบพ่นกระจาย และน้ำมะตูมสกัดที่ไม่ผ่านการทำแห้งแบบพ่นกระจายไม่แตกต่างกันทางสถิติ

[1] วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีการอาหาร ภาควิชาจุลชีววิทยา คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี

[1] Food Science and Technology, Department of Microbiology, Faculty of Science, King Mongkut University of Technology Thonburi

คำสำคัญ : น้ำมะตูมผง, เครื่องทำแห้งแบบพ่นกระจาย, เครื่องอบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์, เครื่องอบแห้งแบบลมร้อน, การประเมินทางประสาทสัมผัส

คำนำ

มะตูมผงที่ขายในปัจจุบัน ส่วนใหญ่จะผลิตจากการต้มน้ำสกัดจากมะตูมแห้งและเติมน้ำตาลกวนจนแห้งและตกผลึกแล้วนำมาร่อนผ่านตะแกรง ซึ่งจากวิธีดังกล่าวจะมีปริมาณน้ำตาลอยู่ค่อนข้างสูง จึงเป็นข้อจำกัดในการนำมาเป็นสมุนไพรหรือใช้ประโยชน์ในทางด้านยา การทำมะตูมผงโดยปราศจากน้ำตาล จึงเป็นเรื่องที่น่าสนใจเนื่องจากมะตูมเป็นพืชสมุนไพรที่มีคุณค่าทางอาหารและยาสูง การใช้เครื่องทำแห้งแบบพ่นกระจาย(spray dryer)เป็นการทำแห้งที่เหมาะกับอาหารเหลวที่มีความข้นหนืดต่ำและได้ผลิตภัณฑ์อาหารผงที่ค่อนข้างละเอียด(powder) เหมาะต่อการนำไปใช้ในทางเครื่องดื่มและยา โดยอาจใช้มะตูมที่เหลือจากการแปรรูป เช่น เศษเนื้อมะตูมที่เหลือจากการทำมะตูมเชื่อม มาใช้ในการผลิตแทนได้ การศึกษาการผลิตน้ำมะตูมผงโดยใช้เครื่องทำแห้งแบบพ่นกระจายจึงเป็นการศึกษาวิธีการหาสภาวะที่เหมาะสมต่อการทำแห้งและคุณภาพทางกายภาพ เคมี และประสาทสัมผัสของมะตูมผงที่ได้

อุปกรณ์และวิธีการ

1. ศึกษาการอบแห้งผลมะตูมดิบ

นำผลมะตูมดิบพันธุ์*ไข่* (*Angle marmelos*) จากปราณจีนบุรีมาหั่นฝานเป็นชิ้นหนาขนาด 1 เซนติเมตร ชั่งตัวอย่างประมาณ 200 กรัม นำเข้าเครื่องอบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์ โดยทำการวัดอุณหภูมิภายใน พื้นผิว ภายนอกเครื่องอบ และ ปริมาณน้ำที่ระเหยออกไป เปรียบเทียบกับเครื่องอบแบบลมร้อนที่อุณหภูมิ 70, 80 และ 90 °ซ. โดยชั่งตัวอย่างทุก 3 ชั่วโมง จนกระทั่งตัวอย่างมีน้ำหนักคงที่ โดยทำการทดลอง 3 ซ้ำ

2. ศึกษากระบวนการผลิตน้ำมะตูมผงโดยใช้เครื่องทำแห้งแบบพ่นกระจาย

จากมะตูมอบแห้งที่คัดเลือกได้ นำไปสกัดน้ำมะตูมโดยการต้มมะตูมกับน้ำในอัตราส่วน มะตูม 200 กรัม : น้ำ 4000 มิลลิลิตร ที่อุณหภูมิ 95 °ซ. เป็นเวลา 15 นาที นำน้ำมะตูมที่ได้ไปเข้าเครื่องทำแห้งแบบพ่นกระจาย ที่อุณหภูมิขาเข้า 110, 120, 130 และ 140 °ซ. ตามลำดับ ทำการทดลองอุณหภูมิละ 3 ซ้ำ โดยควบคุมความดันของหัวฉีดพ่นฝอย (atomizer)ให้มีค่าเท่ากับ 2 บาร์ อุณหภูมิขาออกเท่ากับ 65 องศาเซลเซียส และอัตราการป้อนน้ำมะตูมอยู่ในช่วง 0.8 – 1.0 ลิตรต่อชั่วโมง นำตัวอย่างที่ได้วิเคราะห์คุณสมบัติของผลิตภัณฑ์น้ำมะตูมผง เช่น ปริมาณความชื้น ค่าการละลาย (ร้อยละของตะกอนที่เหลือ) การแพร่กระจายของผง ค่า Aw ตามวิธีการของ AOAC (1984) และศึกษาลักษณะอนุภาคผงจากภาพถ่ายกล้องจุลทรรศน์อิเลคตรอนแบบส่องกราด (Scanning Electron Microscope, Leo รุ่น 1455 VP)

3. การศึกษาคุณภาพของน้ำมะตูมผงคืนรูป

นำมะตูมผงที่ได้มาทำการคืนรูป โดยการเติมน้ำกลับเข้าไปให้สมดุลกับปริมาณน้ำที่ระเหยออกจากน้ำมะตูมก่อนทำการอบแห้ง โดยการนำผลิตภัณฑ์น้ำมะตูมผงจำนวน 2.27 กรัม เติมน้ำกลั่นประมาณ 100 มิลลิลิตรคนให้เข้ากัน นำไปวัดค่าสีและประเมินคุณสมบัติทางด้านประสาทสัมผัส ในด้าน สี ความใส กลิ่น และ ความชอบโดยรวม ใช้ผู้ทดสอบชิมจำนวน 30 คน เปรียบเทียบกับน้ำมะตูมสกัดที่ไม่ผ่านการทำแห้งแบบพ่นกระจาย

ผลและวิจารณ์

ปริมาณน้ำที่ระเหยออกไปเฉลี่ยของผลมะตูมที่ผ่านการอบแห้งด้วยเครื่องอบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์และเครื่องอบแห้งแบบลมร้อน ที่ทั้ง 3 อุณหภูมิ คือ 70 , 80 และ 90 °ซ. ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ โดยมีค่าเท่ากับ ร้อยละ68.75±0.77 70.68±0.26 70.77±0.49 และ 71.41±1.92 ตามลำดับ แต่ระยะเวลาที่ใช้ในการอบแห้งในแต่ละวิธีนั้นมีความแตกต่างกัน คือ กเครื่องอบแห้งแบบลมร้อนใช้เวลา 10-12 ชั่วโมง ซึ่งเร็วกว่าวิธีการอบด้วยเครื่องอบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์ที่ใช้เวลา18 – 20 ชั่วโมง ซึ่งมีสาเหตุมาจากพลังงานความร้อนจากแสงอาทิตย์ให้อุณหภูมิได้ไม่สูงโดยมีอุณหภูมิพื้นผิวของเครื่อง อุณหภูมิภายในเครื่อง และอุณหภูมิภายนอกเครื่อง มีค่าเท่ากับ 38.9±2.38, 36.85±2.25 และ35.25±1.23 °ซ. และกระแสลมในธรรมชาติไม่สูงพอ ทำให้การตากแห้งต้องใช้ระยะเวลานาน อาหารจึงแห้งได้ช้ากว่า (สมบัติ,2529 ; Sharma et.al, 2000)

จากผลการทดลองตารางที่1 พบว่าทุกตัวอย่างมีค่าปริมาณของแข็งที่ละลายได้ไม่แตกต่างกันทางสถิติ ทางด้านสี พบว่าน้ำมะตูมสกัดที่ได้จากผลมะตูมซึ่งผ่านการอบแห้งด้วยวิธีอบแห้งแบบลมร้อนที่อุณหภูมิ 70 °ซ. มีค่า L* หรือความสว่างน้อยที่สุดเท่ากับ 54.69 และตัวอย่างcontrol หรือน้ำมะตูมสกัดที่ได้จากมะตูมแห้งปราจีนบุรีมีค่าสูงสุดเท่ากับ 72.16 โดยไม่แตกต่างกับตัวอย่างที่อบที่อุณหภูมิ 90 °ซ.

Table 1 Total soluble solid and color of Bel fruit juices extracted from dried Bel fruits at various drying conditions

Inlet Temp (°C)	Moisture (%)	Insolubility (%)	Dispersibility	Bulk density (g/ml)	Aw	Hunter value		
						L*	a*	b*
110	11.37[a] ± 0.60	3.35[a] ± 0.69	1.44[a] ± 0.02	0.50[a] ± 0.03	0.36[a] ± 0.04	73.63[a] ± 1.41	8.55[a] ± 0.47	27.07[a] ± 0.88
120	11.32[a] ± 0.94	2.91[a] ± 0.51	1.47[a] ± 0.04	0.53[a] ± 0.02	0.37[a] ± 0.03	73.52[a] ± 0.40	8.58[a] ± 0.26	27.86[ab] ±0.56
130	11.36[a] ± 1.11	3.00[a] ± 0.82	1.48[a] ± 0.07	0.52[a] ± 0.03	0.35[a] ± 0.04	72.95[a] ± 1.23	8.76[a] ± 0.53	28.17[b] ± 0.59
140	10.75[a] ± 0.66	3.24[a] ± 0.35	1.47[a] ± 0.03	0.52[a] ± 0.02	0.35[a] ± 0.07	73.05[a] ± 2.06	8.81[a] ± 0.95	27.80[ab] ± 1.06

The same letters with in columns are not significantly different at $P \leq 0.05$

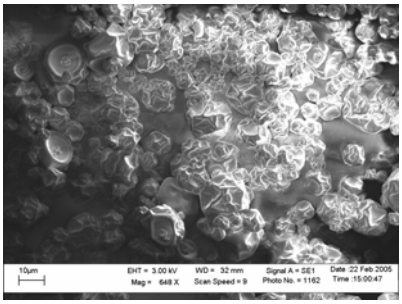
Control= Bel fruit juice from Prajeenburi dried Bel fruit

สำหรับค่า a*หรือค่าสีแดงและน้ำเงิน พบว่า ตัวอย่างน้ำมะตูมสกัดที่ได้จากผลมะตูมแห้งที่ผ่านการอบแห้งด้วยวิธีอบแห้งแบบลมร้อนที่อุณหภูมิ 70 °ซ. มีความเป็นสีแดงมากที่สุดโดยมีแตกต่างกันทางสถิติกับทุกตัวอย่าง ขณะที่ค่า b* หรือค่าสีเหลืองพบว่า น้ำมะตูมสกัดที่ได้จากมะตูมที่ผ่านการอบแห้งด้วยวิธีอบแห้งแบบลมร้อนที่อุณหภูมิ 90 °ซ. หรือใช้เครื่องอบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์ และน้ำมะตูมสกัดจากปราจีนบุรี มีค่า b* ซึ่งไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติโดยมีค่าสูงสุด จากผลการทดลองตารางที่ 2 พบว่าไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ ในด้าน ปริมาณความชื้น (ร้อยละ), ค่าการละลาย (ร้อยละของตะกอนที่เหลือ), การแพร่กระจายของผง, ค่าความหนาแน่นปรากฏ และค่า Aw ในผลิตภัณฑ์สุดท้าย ส่วนค่าสีนั้นพบว่า ค่า L* และ ค่า a* ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ แต่สำหรับค่า b* นั้นพบว่า ที่อุณหภูมิลมร้อนขาเข้า 110 และ 130 °ซ.มีความแตกต่างกันทางสถิติ โดยที่อุณหภูมิขาเข้า130 °ซ. จะมีค่าสูงสุดโดยมีความเป็นสีเหลืองเข้มมากกว่า ทั้งนี้เนื่องมาจากการเปลี่ยนแปลงทางเคมีของคาโรทีนอยด์และคลอโรฟิลล์เกิดจากความร้อนและปฏิกิริยาออกซิเดชันระหว่างการทำแห้ง โดยทั่วไปการทำแห้งที่ใช้เวลานานกว่าและอุณหภูมิสูงกว่าทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงมากกว่า ปฏิกิริยาออกซิเดชันและปฏิกิริยาจากเอนไซม์ที่หลงเหลืออยู่ในอาหารทำให้เกิดสีน้ำตาลในระหว่างการเก็บรักษา (สุคนธ์ชื่น, 2543) นอกจากการเปลี่ยนแปลงทางเคมีแล้วการ ดูดความชื้นกลับมีผลต่อความเข้มสีที่เพิ่มขึ้น เนื่องจากผลิตภัณฑ์มะตูมผงจัดเป็นพวกที่ดูดความชื้นกลับได้ (Hygroscopic) โดยจะมีค่า Aw ต่ำ (Karel et.al, 2003) และเมื่อพิจารณาจากลักษณะอนุภาคน้ำมะตูมผงที่ได้จากการส่องด้วยกล้องจุลทรรศน์อิเลคตรอนแบบส่องกราด พบว่าอนุภาคมีลักษณะค่อนข้างละเอียดมีรูปร่างเป็นทรงกลม แต่มีขนาดอนุภาคที่แตกต่างกันโดยมีขนาดอนุภาคอยู่ในช่วง 8-16 ไมโครเมตร และอนุภาคมีการรวมตัวกันเป็นกลุ่ม (ดังรูปที่ 1) ดังนั้นในการเก็บผลิตภัณฑ์น้ำมะตูมผงจึงควรเก็บในที่แห้งที่ป้องกันความชื้นได้

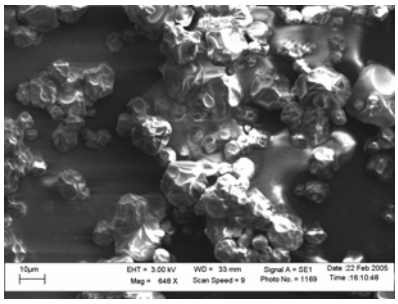
Table 2 Some properties of spray dried Bel fruit powder at 110, 120, 130 and 140° C inlet temperature

Treatment	TSS	Hunter value		
	(° Brix)	L*	a*	b*
1. Hot air oven 70 °C	2.0[a] ± 0.0	54.69[a] ± 4.45	36.79[c] ± 3.00	35.87[a] ± 2.60
2. Hot air oven 80 °C	2.2[a] ± 0.2	61.12[b] ± 1.85	28.00[b] ± 1.12	38.00[ab] ± 1.41
3. Hot air oven 90 °C	2.3[a] ± 0.4	68.98[cd] ± 2.22	18.54[a] ± 2.42	42.11[c] ± 0.72
4. Solar drier 38.9 °C	2.3[a] ± 0.4	65.88[bc] ± 1.60	25.86[b] ± 2.94	40.40[bc] ± 0.18
5. Control	2.2[a] ± 0.2	72.16[d] ± 0.93	17.22[a] ± 1.07	40.52[bc] ± 0.72

The same letters with in columns are not significantly different at $P \leq 0.05$



A. 110 ° C (648x)



B. 140° C (648X)

Figure 1 Scanning Electron Microscope image of spray dried Bel-friut powder at 110 and 140° C inlet temp.

จากผลการทดสอบทางด้านประสาทสัมผัสพบว่าสีผลิตภัณฑ์น้ำมะตูมผงคืนรูปที่ผ่านกระบวนการทำแห้งแบบพ่นกระจายที่อุณหภูมิขาเข้า 110, 120, 130 และ 140 °ซ.มีความแตกต่างกันทางสถิติกับ control หรือน้ำมะตูมที่ไม่ผ่านกระบวนการทำแห้งแบบพ่นกระจาย นอกจากนี้ยังพบว่าผู้ทดสอบยังรับรู้ว่าผลิตภัณฑ์น้ำมะตูมผงคืนรูปที่ผ่านกระบวนการทำแห้งแบบพ่นกระจายมีสีน้ำตาลที่เข้มกว่า control ทั้งนี้เนื่องจากตัวอย่างดังกล่าวได้รับความร้อนมากกว่าจึงทำให้เกิดการเกิดสีน้ำตาล(camelization)มากขึ้น ในด้านความใสของผลิตภัณฑ์ พบว่าcontrolกับผลิตภัณฑ์น้ำมะตูมผงคืนรูปที่ผ่านกระบวนการทำแห้งแบบพ่นกระจายที่อุณหภูมิขาเข้า 110 °ซ. นั้นมีความแตกต่างกันทางสถิติ โดย controlให้คะแนนความใสสูงกว่า ในด้านกลิ่นพบว่าน้ำมะตูมcontrolผงมีความแตกต่างกันทางสถิติ กับ ผลิตภัณฑ์น้ำมะตูมผงคืนรูปที่ผ่านกระบวนการทำแห้งแบบพ่นกระจายที่อุณหภูมิขาเข้า 130 และ 140 °ซ. โดยให้กลิ่นที่ดีกว่า แต่ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ กับน้ำมะตูมผงคืนรูปที่ผ่านกระบวนการทำแห้งแบบพ่นกระจายที่อุณหภูมิขาเข้า 110 และ 120 °ซ. เนื่องจากความร้อนที่อุณหภูมิที่สูงเกินไปจะทำให้เกิดการสูญเสียสารหอมระเหยบางชนิดไปทางด้านประสาทสัมผัสในด้านความชอบรวม พบว่าน้ำมะตูมผงControlไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ กับผลิตภัณฑ์น้ำมะตูมผงคืนรูปที่ผ่านกระบวนการทำแห้งแบบพ่นกระจาย ซึ่งแสดงให้เห็นว่าผู้ทดสอบมีความชอบรวมเท่ากันในทุกตัวอย่าง (ตารางที่ 3)

Table 3 Sensory evaluation scores of spray dried bel-fruit juice compared with control

Bel-fruit juice	Sensory evaluation score [1]			
	Color	Clarity	Odor	Overall satisfaction
Control	4.37a	5.20b	5.13b	6.53a
110 °C	5.80b	4.53a	4.57ab	5.97a
120 °C	5.70b	4.93ab	4.53ab	6.33a
130 °C	5.47b	4.83ab	4.13a	6.20a
140 °C	5.67b	4.73ab	4.40a	6.00a

The same letters with in columns are not significantly different at $P \leq 0.05$

[1]Scoring test ; 7 = maximum and 1 = minimum

สรุป

จากการศึกษาพบว่าสามารถทำมะตูมแห้งได้ทั้งวิธีอบแห้งด้วยเครื่องอบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์และเครื่องอบแห้งแบบลมร้อน ที่อุณหภูมิ 70 ถึง 90 °ซ. ให้คุณภาพไม่แตกต่างกันแต่ใช้เวลาในการทำแห้งต่างกัน และเมื่อ นำน้ำมะตูมที่สกัดได้ไปทำเป็นผงด้วยเครื่องอบแห้งแบบพ่นกระจาย พบว่าการใช้อุณหภูมิขาเข้า110 - 140 °ซ.จะให้ผลิตภัณฑ์น้ำมะตูมที่ไม่แตกต่างกับน้ำมะตูมที่สกัดจากมะตูมแห้ง

เอกสารอ้างอิง

สมบัติ ขอทวีวัฒนา. 2529. กรรมวิธีอบแห้ง. ภาควิชาพัฒนาผลิตภัณฑ์ คณะอุตสาหกรรมเกษตร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ กรุงเทพฯ

สุคนธ์ชื่น ศรีงาม. 2543. กระบวนการทำแห้งอาหาร. ใน วิทยาศาสตร์ และเทคโนโลยีการอาหาร. ภาควิชาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีการอาหาร คณะอุตสาหกรรมเกษตร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ ; 505 หน้า

AOAC. 1984. Official Methods of Analysis of the Association of Office Analytical Chemists. 14th ed: Official Analytical Chemists. Washington D.C.

Karel, M., O.R. Fennema, and D.B. Lund. 2003. Principle of Food Science Part II : Physical principle of food preservation. Marcel Dekker, Inc. New york and Basel.

Rudolph, V., and R.B. Keey. 1994. Spray Drying : Retention of Volatile Compounds Revisited, Drying 94. pp. 5-26.

Sharma, S.K., S.J. Mulvaney, and S.S.H. Rizvi. 2000. Food Process Engineering : Theory and Laboratory Experiments. A John Wiley & Sons, Inc., Publication. New York.