

การอบแห้งสับประรดแช่อิ่มด้วยเครื่องอบแห้งแบบลมร้อน - ไมโครเวฟ Pineapple glaze' drying by hot air – microwave dryer

ปัทมา แก้วธรรม¹, วันพิทักษ์ คงสนุ่น², กระวี ตริอำนาจ^{2*} และ เทวรัตน์ ทิพย์วิมล³
Patthama Kaewtham¹, Wanpitak Kongsanun², Krawee Treamnuk^{2*} and Tawarat Tipyavimol³

Abstract

This research aimed to design and construct a hot air – microwave dryer for drying pineapple glaze'. The dryer consisted of a drying chamber with the dimension of 351 mm x 383 mm x 254 mm (WxLxH), a hot air duct equipped with an 1,000 W electric heater (ceramic type), a 50 W fan, a 700 W microwave unit and a control panel. Pineapple glaze' samples of 1.5 kg at 44-47 °Brix of TSS and 100-145 %d.b. of initial moisture content were dried under the drying conditions of drying air temperature of 60 °C, drying air flow rate of 0.2 m³/s and pulse of operating times of microwave: 0, 8, 11 and 15 sec. Results showed that the drying process occurred on falling rate period for all of the drying conditions. The microwave pulse operating time 11 sec. gave the highest drying rate of 21.46 g/h and the lowest specific energy consumption of 63.51 MJ/kg. The total color differences (ΔE) were 10.105, 13.201, 13.483 and 17.307 at microwave pulse operating times of 0, 8, 11 and 15 sec. respectively.

Keywords: Drying, hot air – microwave dryer, pineapple glaze'

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อออกแบบและสร้างเครื่องอบแห้งโดยใช้ลมร้อนร่วมกับไมโครเวฟเพื่ออบแห้งสับประรดแช่อิ่ม เครื่องอบแห้งที่สร้างขึ้นประกอบด้วยห้องอบขนาด (กxยxส) 351 mm x 383 mm x 254 mm, ท่อส่งลมร้อนเข้าห้องอบที่ติดตั้งฮีทเตอร์ไฟฟ้าแบบเซรามิกขนาด 1,000 W, พัดลมขนาด 50 W, ชุดกำเนิดคลื่นไมโครเวฟขนาด 700 W และระบบควบคุม ทำการทดสอบอบแห้งสับประรดแช่อิ่มที่มีค่า TSS 44-47 °Brix และมีความชื้นเริ่มต้น 100-145 %db จำนวน 1.5 กิโลกรัม ที่สภาวะการอบแห้ง คือ ลมร้อน 60°C ที่อัตราการไหล 0.2 m³/s ร่วมกับการเปิดปิดไมโครเวฟเป็นเวลา 0 8 11 และ 15 วินาที ตามลำดับ ผลการทดสอบพบว่า การอบแห้งสับประรดแช่อิ่มมีพฤติกรรมการอบแห้งอยู่ในช่วงการอบแห้งลดลง เมื่อพิจารณาผลการเปิดปิดไมโครเวฟพบว่า การเปิดปิดไมโครเวฟเป็นเวลา 11 วินาที สามารถลดความชื้นได้ดีที่สุด โดยมีอัตราการทำแห้งสูงสุดและมีความสิ้นเปลืองพลังงานจำเพาะน้อยที่สุด คือ 21.46 g/h และ 63.51 MJ/kg ตามลำดับ สำหรับการเปลี่ยนแปลงของค่าสี (ΔE) พบว่ามีการผันแปรตามเวลาในการเปิดปิดไมโครเวฟคือ 10.105 13.201 13.483 และ 17.307 ที่ การเปิดปิดไมโครเวฟเป็นเวลา 0 8 11 และ 15 วินาที ตามลำดับ

คำสำคัญ: การอบแห้ง ลมร้อน-ไมโครเวฟ สับประรดแช่อิ่ม

คำนำ

การอบแห้งผลผลิตเกษตรเป็นกระบวนการแปรรูปที่สำคัญ เพื่อต้องการกำจัดน้ำออกจากผลผลิตให้มีปริมาณน้อยลง จนจุลินทรีย์ไม่สามารถเจริญเติบโตได้ เหมาะสมต่อการเก็บรักษา และการขนส่งและจัดเก็บ น้ำในผลผลิตทางเกษตรอาจอยู่ในเนื้อเยื่อซึ่งจับตัวโดยปฏิกิริยาทางเคมีกับสารอาหารและดูดซับอยู่ในและกระจายตัวในโครงสร้างของอาหาร (สุภัทรชัย และคณะ, 2542) การใช้อากาศร้อนเป็นตัวกลางในการอบแห้ง จะเกิด 2 กระบวนการขึ้นพร้อมกัน คือ การถ่ายเทความร้อนและการเคลื่อนที่ของน้ำ วัสดุเกษตรส่วนใหญ่ก็มีโครงสร้างภายในเป็นรูพรุน ซึ่งสามารถแบ่งการอบแห้งได้เป็น 2 ช่วง คือ ช่วงอัตราการทำแห้งคงที่ การลดความชื้นเกิดขึ้นที่ผิวหน้าของผลผลิตและสิ้นสุดลงเมื่อน้ำภายในผลผลิตไม่สามารถมาทดแทนเพื่อทำให้

¹ ภาควิชาวิศวกรรมอุตสาหการ คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ บางเขน กรุงเทพฯ 10900

¹ Industrial Engineering Department, Faculty of Engineering, Kasetsart University, Bangkok 10900

² ภาควิชาวิศวกรรมเกษตร คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี ปทุมธานี 12110

² Department of Agricultural Engineering, Faculty of Engineering, Rajamankala University of Technology Tanyaburi, Pathomtani 12110

³ สาขาวิชาวิศวกรรมเกษตร สำนักวิชาวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี นครราชสีมา 30000

³ School of Agricultural Engineering, Institute of Engineering, Suranaree University of Technology, Nakhonratchasima 30000

* Corresponding author: krawee@mail.mutt.ac.th

ผิวหน้าของผลผลิตมีลักษณะอิมตัวได้ และช่วงอัตราการทำแห้งลดลง เกิดขึ้นต่อเนื่องเมื่อเกิดวิกฤตของความชื้น ซึ่งอัตราการส่งความชื้นออกสู่อากาศจะต่ำกว่าอัตราการส่งความชื้นออกสู่บรรยากาศภายนอก ในระยะอัตราลดลงนี้ปริมาณความชื้นในวัสดุเกษตรตอนเริ่มต้นจะน้อยกว่าความชื้นจุดวิกฤต การลดความชื้นส่วนใหญ่จะอยู่ในช่วงนี้ (เชษฐา และวิทวิ, 2544) ปัจจัยสำคัญที่มีผลต่อการอบแห้ง ได้แก่อุณหภูมิของอากาศร้อน ซึ่งภายหลังจากการอบแห้งพบว่า ผลผลิตเกิดการเปลี่ยนสี และมักมีสีเข้มขึ้นเนื่องจากความร้อนหรือปฏิกิริยาเคมี อุณหภูมิและช่วงเวลามีผลต่อความเข้มของสี และการเสียคุณค่าอาหารและสารระเหยเกิดการเสื่อมสลายของวิตามินจากปฏิกิริยาออกซิเดชัน ไรโบฟลาวินจากแสง โทอะมินจากความร้อน ยิ่งใช้เวลาทำแห้งนาน การสูญเสียก็ยิ่งมาก การสูญเสียสารระเหยเนื่องจากความร้อนทำให้กลิ่นของอาหารแห้งลดลงหรือแตกต่างไปจากเดิม (สุคนธ์ ชื่น, 2539) การใช้พลังงานแม่เหล็กไฟฟ้าจากรังสีไมโครเวฟในรูปคลื่นความถี่ 2,450 MHz ซึ่งสามารถทะลุทะลวงเข้าไปในอาหารและเหนี่ยวนำการเสียดสีของโมเลกุลของน้ำทำให้เกิดความร้อนได้ดี มาช่วยเสริมประสิทธิภาพการอบแห้งด้วยลมร้อนที่อุณหภูมิต่ำ จึงมีแนวโน้มที่จะช่วยลดระยะเวลาการอบแห้งผลผลิตให้น้อยลงได้

งานวิจัยนี้จึงมุ่งที่จะทดสอบประสิทธิภาพการทำงานของเครื่องอบแห้งลมร้อนร่วมกับไมโครเวฟ เมื่อทำการอบแห้งกับสับปะรดแช่อบที่อุณหภูมิ 60°C

อุปกรณ์และวิธีการ

1. เครื่องอบแห้งแบบลมร้อน - ไมโครเวฟ

เครื่องอบแห้งที่สร้างขึ้นมีห้องอบขนาด กxยxส เป็น 384x254x350 มม. (Figure 1) วางชั้นถาดที่ทำจาก Acrylic เจาะเป็นตะแกรงจำนวน 3 ชั้น สามารถอบแห้งสับปะรดแช่อบได้ครั้งละ 1.5 kg ลมร้อนจาก heater แบบเซรามิกขนาด 1 kW ถูกส่งด้วยพัดลม ไฟฟ้าขนาด 50 W เพื่อหมุนเวียนภายในห้องอบจากด้านหลังส่งสู่ด้านล่างด้วยท่อหุ้มฉนวน สับปะรดแช่อบได้รับคลื่นไมโครเวฟขนาด 700 W จากหัวแมกนิตรอนที่ติดตั้งอยู่ด้านข้างของห้องอบแห้ง

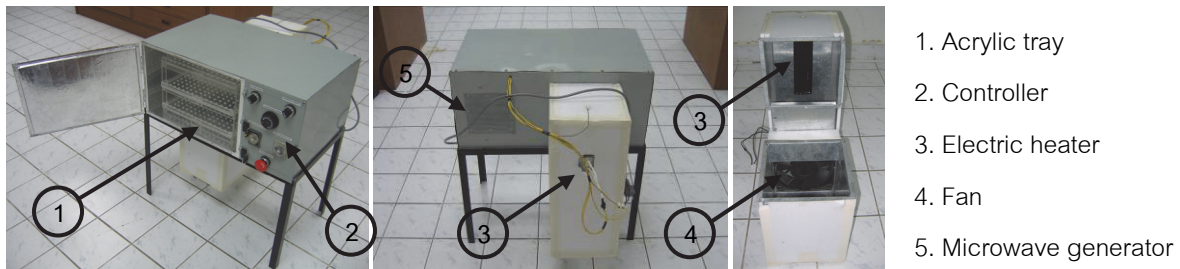


Figure 1 Hot air – microwave dryer

2. การทดสอบอบแห้งสับปะรดแช่อบ

ทำการอบแห้งสับปะรดแช่อบที่มีค่า TTS เป็น 44.01-46.89 °Brix ความชื้นเริ่มต้น 104.13-144.12 %db จำนวนครั้งละ 1.5 kg ด้วยการควบคุมการทำงานของ heater ให้อุณหภูมิในห้องอบและอัตราการไหลอากาศคงที่ ที่ 60°C และ 0.2 m³/s ตามลำดับ ร่วมกับการปล่อยคลื่นไมโครเวฟ จำนวน 4 ระดับเวลาคือ 0 8 11 และ 15 วินาที หยุดสลับ 2 นาทีเท่ากันตลอดการทดลอง ที่จำนวนซ้ำ 3 ซ้ำ คำนวณอัตราการทำแห้ง (Drying Rate ,DR) และความสิ้นเปลืองพลังงานจำเพาะ (Specific Energy Consumption , SEC) จากสมการ 1 และ 2 ตามลำดับ (ณรงค์ และพาฝัน, 2545)

$$DR = \frac{(m_{p,i} - m_{p,f})}{t} \quad (\text{kg/hr}) \quad (1)$$

$$SEC = \frac{3.6 P_e}{(m_{p,i} - m_{p,f})} \quad (\text{MJ/kg}) \quad (2)$$

where $m_{p,i}$ = weight before drying (kg)
 $m_{p,f}$ = weight after drying (kg)
 P_e = electric power used (kWh)
 t = time in drying (hr)

ผลการทดลอง

การลดลงของความชื้นในการทดสอบแสดงได้ดัง Figure 1 ซึ่งพบว่า ในช่วงอัตราการทำแห้งลดลง การเปิดไมโครเวฟ มีผลต่อการลดลงของความชื้นอย่างสังเกตเห็นได้ โดยการใช้ลมร้อนร่วมกับไมโครเวฟ ช่วยลดความชื้นได้ดีกว่าการใช้ลมร้อนเพียงอย่างเดียว และการเปิดไมโครเวฟเป็นคลื่น เวลา 11 วินาที สามารถลดความชื้นได้ดีที่สุด

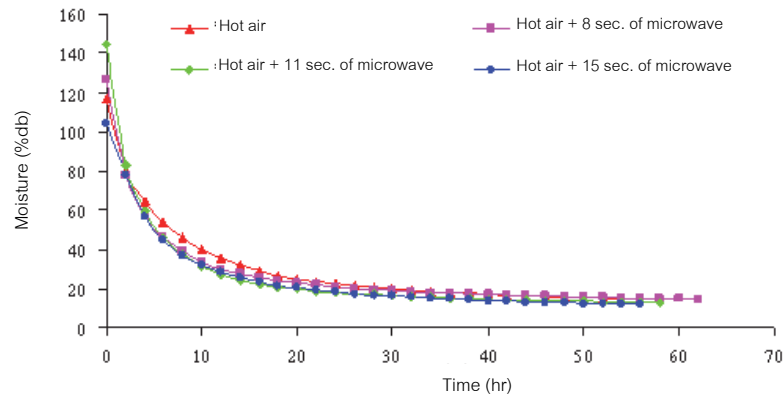


Figure 1 Drying curve of pineapple glaze'

การอบแห้งโดยใช้ลมร้อนมีอัตราการทำแห้ง 1.298 g/h ซึ่งมีค่าน้อยกว่าการอบแห้งโดยใช้ลมร้อนร่วมกับไมโครเวฟ ทุกการทดลอง โดยที่การใช้ลมร้อนร่วมกับการไมโครเวฟเป็นคลื่นเวลา 11 วินาที มีอัตราการทำแห้ง ดีที่สุด คือ 2.146 g/hr และยังมีค่า SEC ต่ำที่สุดที่ 63.51 MJ/kg ด้วยเช่นกัน (Table 1)

Table 1 Results of pineapple glaze' drying

Type of drying	DR (g/h)	SEC (MJ/kg)
Hot air at 60°C	1.298	118.02
Hot air at 60°C + 8 sec of microwave run time	1.300	113.28
Hot air at 60°C + 11 sec of microwave run time	2.146	63.51
Hot air at 60°C + 15 sec of microwave run time	1.874	79.56

จาก Table 2 พบว่าสับประรดแช่หิมก่อนอบ มีความสว่างมากกว่าหลังอบแห้ง โดยที่การใช้เปิดไมโครเวฟร่วมเป็นเวลา 15 วินาที มีค่า ΔE มากที่สุด และการใช้ลมร้อนเพียงอย่างเดียวมีค่า ΔE น้อยที่สุด และการเพิ่มเวลาการเปิดไมโครเวฟมีแนวโน้มที่จะทำให้ค่า ΔE เพิ่มสูงขึ้น ดัง Figure 2

Table 2 Color values of pineapple glaze' before and after drying in hot air – microwave dryer

	Initial samples			Dried samples			ΔE
	L*	a*	b*	L*	a*	b*	
Hot air at 60°C	51.467	-1.570	25.193	43.186	4.135	24.202	10.105
Hot air at 60°C + 8 sec of microwave	50.793	-0.521	25.569	39.292	5.711	23.796	13.201
Hot air at 60°C + 11 sec of microwave	49.203	-0.664	23.367	37.773	6.243	21.510	13.483
Hot air at 60°C + 15 sec of microwave	49.651	-0.834	28.957	37.280	8.023	20.708	17.307

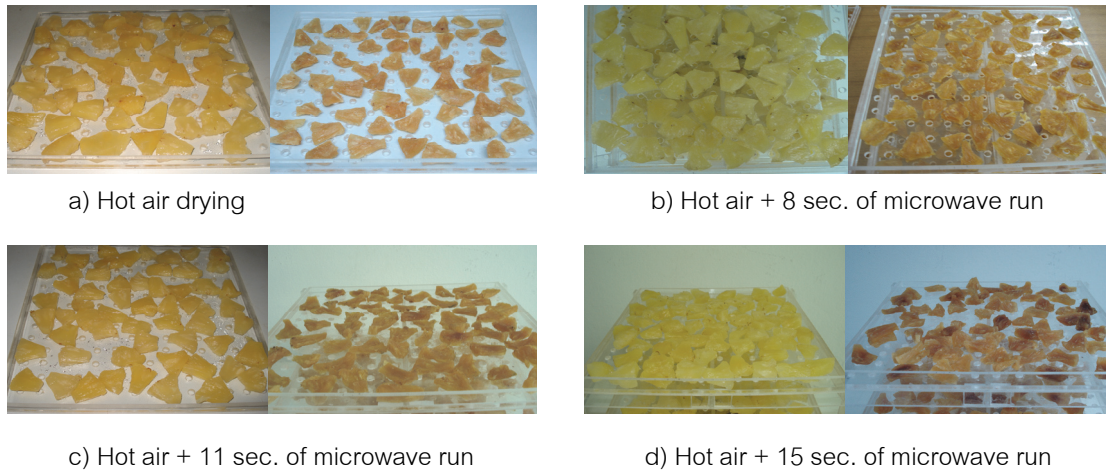


Figure 2 Color change in the drying of pineapple glaze'

สรุป

จากผลการทดลอง ในช่วงอัตราการทำแห้งลดลง การอบแห้งโดยใช้ลมร้อนสามารถลดความชื้นได้น้อยที่สุดที่ 1.298 g/h และการเปิดไมโครเวฟร่วมเป็นเวลา 11 วินาที สามารถลดความชื้นได้ดีที่สุด ที่ 2.146 g/h และมีความสิ้นเปลืองพลังงานจำเพาะน้อยที่สุด คือ 63.51 MJ/kg และการเปิดไมโครเวฟเป็นเวลานานขึ้น มีแนวโน้มทำให้ ΔE มีค่าเพิ่มสูงขึ้น

คำขอบคุณ

ขอขอบคุณภาควิชาวิศวกรรมเกษตร คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี

เอกสารอ้างอิง

- เชษฐา มีสีบุ และวิฑูร ทองยิ่งมาก. 2544. การออกแบบและพัฒนาแหล่งความร้อนของเครื่องอบแห้งแบบลมร้อน. ปริญญาโท. ภาควิชาเทคโนโลยีหลังการเก็บเกี่ยวและแปรรูป. คณะวิศวกรรมและเทคโนโลยีการเกษตร. สถาบันเทคโนโลยีราชมงคล, ปทุมธานี.
- ณรงค์ มากี และพาฝัน พวงประโคน. 2545. การออกแบบและสร้างเครื่องอบแห้งแบบโรตารีสำหรับข้าวโพด. ปริญญาโท. ภาควิชาเทคโนโลยีหลังการเก็บเกี่ยวและแปรรูป. คณะวิศวกรรมและเทคโนโลยีการเกษตร. สถาบันเทคโนโลยีราชมงคล, ปทุมธานี. 91 น.
- สุคนธ์ชื่น ศรีงาม. 2546. กระบวนการทำแห้งอาหาร. ใน "วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีอาหาร" โดยคณาจารย์ภาควิชาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีการอาหาร คณะอุตสาหกรรมเกษตร. มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ. 504 น.
- สุภัทรชัย ศิลล์ชัย อนิรุช มาชัยภูมิ และเพชรภา พรโรตง. 2542. การออกแบบและทดสอบเครื่องอบแห้งระดับไร้นา. ปริญญาโท. ภาควิชาเครื่องจักรกลเกษตร. คณะวิศวกรรมและเทคโนโลยีการเกษตร. สถาบันเทคโนโลยีราชมงคล, ปทุมธานี.