Agricultural Sci. J. 43 : 3 (Suppl.) : 147-150 (2012) ว. วิทย. กษ. 43 : 3 (พิเศษ) : 147-150 (2555)

การอบแห้งลำไยด้วยไมโครเวฟแบบเป็นช่วงร่วมกับลมร้อน

Longan Drying Using Intermittent Microwave Combined with Hot Air

กฤษณ์ อภิญญาวิศิษฐ์[1] อดิศักดิ์ นาถกรณกุล[1] และ สมชาติ โสภณรณฤทธิ์[1]
Krit Apinyavisit[1], Adisak Nathakaranakule[1] and Somchart Soponronnarit[1]

Abstract

The objective of this research is to study alternative techniques for drying longan using combined continuous or intermittent microwave with hot air. Longans (Dor variety) were dried from the initial moisture content of 390-420%d.b. to the intermediate moisture content of 70%d.b. with microwave and hot air, and then further dried by hot air only to the final moisture content of 20%d.b. Temperature and velocity of hot air were set at 65^{0}C and 0.3 m/s. The effect of microwave power at 150, 190 and 240 W to longan drying kinetics and qualities of dried longan in terms of color, texture, shrinkage and microstructure as well as drying energy were studied. It was found that the combined microwave and hot air drying reduced drying time and saved drying energy up to 6.25 hours and 34% respectively as compared to hot air drying. This technique also help reduce hardness, toughness and shrinkage of dried longan because of increasing pore size resulted from microwave power. The microwave combined with hot air can decrease redness and yellowness but increase lightness in dried longan. The qualities of longan dried by the combined continuous microwave and hot air were similar to those dried by the combined intermittent microwave and hot air.

Keywords: combined drying, hot air, intermittent drying, longan, microwave

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์ เพื่อศึกษาการอบแห้งด้วยไมโครเวฟแบบต่อเนื่อง และแบบเป็นช่วงร่วมกับลมร้อนในการอบแห้งลำไย (พันธุ์ดอ) จากความชื้น 390-420% ฐานแห้ง (%d.b.) ลงมาถึงความชื้น 70%d.b. ด้วยไมโครเวฟร่วมกับลมร้อน หลังจากนั้นอบแห้งด้วยลมร้อนเพียงอย่างเดียวจนได้ความชื้นสุดท้าย 20%d.b. โดยใช้อุณหภูมิของลมร้อนเท่ากับ 65^{o}C ที่ความเร็วลม 0.3 m/s และศึกษาผลกระทบของระดับกำลังไมโครเวฟที่ 150, 190 และ 240 W ที่มีผลต่อจลนพลศาสตร์การอบแห้งและคุณภาพของลำไยทางด้านสี เนื้อสัมผัส การหดตัว โครงสร้างระดับจุลภาค รวมทั้งการใช้พลังงานในกระบวนการอบแห้ง จากการศึกษาพบว่า การใช้ไมโครเวฟร่วมกับลมร้อนสามารถลดระยะเวลาในการอบแห้งได้มากถึง 6.25 ชั่วโมง และประหยัดพลังงานได้ถึง 34% เมื่อเปรียบเทียบกับการอบแห้งด้วยลมร้อน การอบแห้งด้วยไมโครเวฟร่วมกับลมร้อนยังช่วยลดความแข็ง ความหยุ่นตัว และการหดตัวในลำไยอบแห้ง เนื่องจากผลของไมโครเวฟทำให้เนื้อลำไยมีรูพรุนขนาดใหญ่เกิดขึ้น ผลของการอบแห้งด้วยไมโครเวฟร่วมกับลมร้อนทำให้ลำไยมีสีแดงและสีเหลืองลดลงแต่ความสว่างเพิ่มขึ้น การอบแห้งด้วยไมโครเวฟแบบเป็นช่วงและแบบต่อเนื่องทำให้ได้ลำไยที่มีคุณภาพใกล้เคียงกัน

คำสำคัญ: การอบแห้งแบบผสมผสาน ลมร้อน การอบแห้งแบบเป็นช่วง ลำไย ไมโครเวฟ

คำนำ

ลำไยเป็นพืชเศรษฐกิจของประเทศไทยมีการส่งออกในรูปแบบต่างๆ เช่น ลำไยสด ลำไยอบแห้ง และลำไยแช่แข็ง เป็นต้น การอบแห้งลำไยเป็นวิธีหนึ่งที่เพิ่มมูลค่าและระยะเวลาในการเก็บรักษา ในการอบแห้งลำไยในระดับอุตสาหกรรมของประเทศไทยใช้เทคนิคการอบแห้งแบบลมร้อน โดยทั่วไปใช้อุณหภูมิ 60-70 ^{o}C การอบแห้งลำไยโดยใช้ลมร้อนใช้ระยะเวลาในการอบแห้งนาน สิ้นเปลืองพลังงาน และสูญเสียคุณภาพของลำไยอบแห้ง การอบแห้งด้วยไมโครเวฟร่วมกับลมร้อนเป็นวิธีการอบแห้งหนึ่งที่สามารถลดระยะเวลาในการอบแห้งและประหยัดพลังงาน (Varith *et al*., 2007) และยังสามารถทำให้คุณภาพของผลิตภัณฑ์ดีขึ้น เช่น ทำให้การหดตัวของผลิตภัณฑ์น้อย (Maskan, 2001) การนำวิธีการอบแห้งด้วยไมโครเวฟร่วมกับลมร้อนมาประยุกต์ใช้ในการอบแห้งแบบกำหนดการทำงานเป็นช่วงสามารถลดการใช้พลังงานในการอบแห้งลงได้ เนื่องจากช่วงที่

[1]สายวิชาเทคโนโลยีพลังงาน คณะพลังงานสิ่งแวดล้อมและวัสดุ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี
[1] Division of Energy Technology, School of Energy, Environment and Materials, King Mongkut's University of Technology Thonburi

เครื่องอบแห้งหยุดการทำงาน ความชื้นภายในวัสดุได้แพร่กระจายออกมาสู่ผิวภายนอกของวัสดุ เมื่อมีการอบแห้งต่อทำให้ความชื้นระเหยได้ดีมากขึ้น (Chua *et al*., 2003) จากบทความที่กล่าวมาข้างต้นงานวิจัยนี้จึงมีความสนใจที่นำวิธีการอบแห้งด้วยไมโครเวฟแบบเป็นช่วงร่วมกับลมร้อนมาประยุกต์ใช้ในการอบแห้ง โดยคาดหวังในประสิทธิภาพของการอบแห้งและคุณภาพของลำไยที่ดีขึ้น

อุปกรณ์และวิธีการ

ในการทดลองใช้เครื่องอบแห้งด้วยไมโครเวฟร่วมกับลมร้อนในการอบแห้งลำไย โดยควบคุมระดับกำลังไมโครเวฟที่ 150, 190 และ 240 W และควบคุมอุณหภูมิของลมร้อนที่ 65 ^{o}C ความเร็วลม 0.3 m/s โดยมีสัดส่วนอากาศร้อนหมุนเวียนกลับมาใช้ใหม่ 80% ในการทดลองมี 3 รูปแบบ คือ (1) การอบแห้งด้วยลมร้อน (2) การอบแห้งด้วยไมโครเวฟแบบต่อเนื่องร่วมกับลมร้อน (3) การอบแห้งด้วยไมโครเวฟแบบเป็นช่วงร่วมกับลมร้อน โดยอบแห้งลำไยจากความชื้นเริ่มต้น 390-420%d.b. ด้วยไมโครเวฟร่วมกับลมร้อนจนมีความชื้น 70%d.b. แล้วอบแห้งต่อด้วยลมร้อนจนได้ความชื้นสุดท้าย 20%d.b. ในการอบแห้งด้วยไมโครเวฟแบบเป็นช่วงร่วมกับลมร้อนจะกำหนดการทำงานของไมโครเวฟไว้ดังนี้ คือ เปิด 45 นาที และปิด 15 นาที สลับกัน ลำไยที่ใช้อบแห้งเป็นลำไยพันธ์ดอแกะเปลือกคว้านเมล็ด โดยใช้น้ำหนักประมาณ 180 g มาอบแห้งแต่ละเงื่อนไข การหาความชื้นเริ่มต้นของเนื้อลำไยสดและความชื้นสุดท้ายของลำไยอบแห้งหาตามมาตรฐาน 934.06 ของ AOAC 1995

การทดสอบทางด้านพลังงานในงานวิจัยนี้ประเมินให้อยู่ในรูปของความสิ้นเปลืองพลังงานจำเพาะ (specific energy consumption : SEC) ค่า SEC แสดงให้ทราบถึงพลังงานที่ใช้ในการระเหยน้ำออกจากวัสดุขึ้นจำนวน 1 kg ในการทดสอบทางด้านสีใช้เครื่องทดสอบยี่ห้อ HunterLab รุ่น ColorFlex วัดค่าสีในรูปของ L^{*} (Lightness), a^{*} (Redness) และ b^{*} (yellowness) ส่วนการทดสอบทางด้านความแข็งของลำไยอบแห้งใช้เครื่อง Texture Analyzer หัวทดสอบเป็นหัวกดทรงกระบอกที่มีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 2 mm และหาค่าความหยุ่นตัวจากความสัมพันธ์ใต้กราฟระหว่างการเปลี่ยนรูป (Deformation) กับค่าแรงสูงสุด (Peak Force) ที่กระทำบนชิ้นลำไยอบแห้ง ในการทดสอบหาการหดตัวของเนื้อลำไยทำโดยการหาปริมาตรของลำไยสดและลำไยอบแห้งโดยใช้การแทนที่ในสาร n-heptane [$CH_3(CH_2)_5CH_3$] ซึ่งมีความหนาแน่น 0.684 g/cm^3 แล้วนำปริมาตรลำไยที่หาได้มาคำนวณร้อยละการหดตัวเทียบกับลำไยสด สำหรับการทดสอบโครงสร้างระดับจุลภาคใช้เครื่อง Scanning Electron Microscope ที่กำลังขยาย 200 เท่า ในการทดลองแต่ละเงื่อนไขได้ทำการทดลองทั้งหมด 3 ซ้ำ

ผล

1. จลนพลศาสตร์การอบแห้ง

ในการอบแห้งด้วยไมโครเวฟร่วมกับลมร้อนสามารถลดระยะเวลาในการอบแห้งได้เมื่อเปรียบเทียบกับการอบแห้งด้วยลมร้อน โดยสามารถลดระยะเวลาในการอบแห้งลงได้มากที่สุด 6.25 ชั่วโมง หรือคิดเป็น 46% ซึ่งการอบแห้งด้วยลมร้อนเพียงอย่างเดียวใช้ระยะเวลา 13.5 ชั่วโมง เงื่อนไขการอบแห้งด้วยไมโครเวฟแบบต่อเนื่องร่วมกับลมร้อนที่ระดับกำลังไมโครเวฟ 150 190 และ 240 W ใช้ระยะเวลาในการอบแห้ง 9, 8.25 และ 7.25 ชั่วโมง ตามลำดับ และในเงื่อนไขการอบแห้งด้วยไมโครเวฟแบบเป็นช่วงร่วมกับลมร้อนใช้ระยะเวลาในการอบแห้ง 9.5, 8.65 และ 7.5 ชั่วโมง ตามลำดับ เมื่อพิจารณาถึงระดับกำลังไมโครเวฟพบว่า ระดับกำลังไมโครเวฟสูงขึ้นทำให้การลดลงของอัตราส่วนความชื้นเร็วขึ้นตามไปด้วย ส่งผลต่อเวลาในการอบแห้งที่น้อยลง เมื่อพิจารณาการอบแห้งด้วยไมโครเวฟแบบต่อเนื่องและแบบเป็นช่วงร่วมกับลมร้อนพบว่า เงื่อนไขการอบแห้งด้วยไมโครเวฟแบบต่อเนื่องใช้ระยะเวลาในการอบแห้งน้อยกว่าแบบเป็นช่วงที่ระดับกำลังไมโครเวฟเดียวกันเล็กน้อย (Figure 1)

2. ความสิ้นเปลืองพลังงานจำเพาะ

ในการอบแห้งด้วยไมโครเวฟร่วมกับลมร้อนมีความสิ้นเปลืองพลังงานจำเพาะน้อยกว่าการอบแห้งด้วยลมร้อนเพียงอย่างเดียว ซึ่งสามารถประหยัดพลังงานได้สูงสุด 34% ที่เงื่อนไขการอบแห้งด้วยไมโครเวฟแบบต่อเนื่องร่วมกับลมร้อน ที่ระดับกำลังไมโครเวฟ 240 W เมื่อพิจารณาถึงความแตกต่างของระดับกำลังไมโครเวฟพบว่า การอบแห้งด้วยไมโครเวฟร่วมกับลมร้อนที่ระดับกำลังไมโครเวฟสูงมีความสิ้นเปลืองพลังงานจำเพาะน้อยกว่าระดับกำลังไมโครเวฟต่ำ เมื่อพิจารณาถึงเงื่อนไขการอบแห้งระหว่างการอบแห้งด้วยไมโครเวฟแบบต่อเนื่องและแบบเป็นช่วงร่วมกับลมร้อนพบว่า การอบแห้งแบบต่อเนื่องมีความสิ้นเปลืองพลังงานจำเพาะน้อยกว่าการอบแห้งแบบเป็นช่วงที่ระดับกำลังไมโครเวฟเดียวกัน (Table 1)

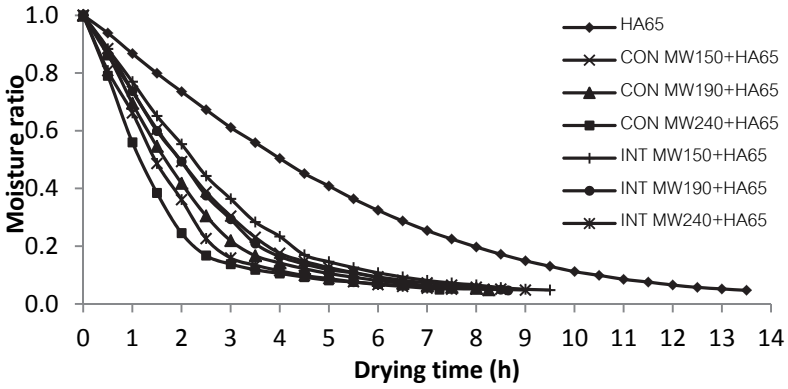

Figure 1 Moisture ratio of longans dried by hot air and combined microwave drying techniques.

Table 1 Specific energy consumption of different drying processes.

Drying method	Drying time (h)	Water evaporate (kg)	SEC (MJ/kg water evaporate)			
			Blower	Heater	Microwave	Total
HA65	13.5	0.1395	60.62	128.77	-	189.39
CON MW240+HA65	7.25	0.1352	33.59	76.42	15.12	125.13
CON MW190+HA65	8.25	0.1369	37.75	85.73	16.15	139.63
CON MW150+HA65	9.00	0.1374	41.03	89.87	15.52	146.42
INT MW240+HA65	7.50	0.1370	34.29	76.99	14.08	125.37
INT MW190+HA65	8.65	0.1380	39.26	86.87	14.37	140.51
INT MW150+HA65	9.50	0.1373	43.34	95.44	13.63	152.42

3. คุณภาพสีของลำไยอบแห้ง

ในการอบแห้งด้วยไมโครเวฟร่วมกับลมร้อนสามารถทำให้สีของลำไยมีความสว่าง (L^*) เพิ่มขึ้น นอกจากนั้นยังทำให้ลำไยมีสีแดง (a^*) และสีเหลือง (b^*) ลดลง เมื่อพิจารณาถึงความแตกต่างของระดับกำลังไมโครเวฟพบว่า ที่ระดับกำลังไมโครเวฟ 190 W ทำให้ลำไยมีความสว่างมากที่สุด และยังทำให้ลำไยมีสีแดงและสีเหลืองน้อยที่สุด เมื่อพิจารณาถึงความแตกต่างระหว่างเงื่อนไขการอบแห้งด้วยไมโครเวฟแบบต่อเนื่องและแบบเป็นช่วงร่วมกับลมร้อนพบว่า ลำไยที่ได้จากเงื่อนไขทั้งสองมีคุณภาพทางด้านสีที่ใกล้เคียงกันที่ระดับกำลังไมโครเวฟเดียวกัน (Table 2)

Table 2 Color of dried longan.

Drying method	L^*	a^*	b^*
HA65	38.45 ± 1.61^{a}	6.14 ± 1.39^{d}	23.32 ± 1.94^{d}
CON MW240+HA65	41.64 ± 1.22^{c}	3.63 ± 0.26^{c}	22.74 ± 1.26^{d}
CON MW190+HA65	44.10 ± 0.91^{d}	1.07 ± 0.29^{a}	18.23 ± 0.86^{a}
CON MW150+HA65	41.77 ± 2.00^{c}	2.14 ± 0.58^{b}	20.54 ± 1.89^{bc}
INT MW240+HA65	39.77 ± 1.18^{b}	3.86 ± 1.14^{c}	21.38 ± 0.88^{c}
INT MW190+HA65	42.38 ± 1.11^{c}	1.18 ± 0.29^{a}	19.35 ± 0.64^{ab}
INT MW150+HA65	41.47 ± 0.92^{c}	2.18 ± 0.76^{b}	20.52 ± 1.17^{bc}

Means in the same column with different superscripts (a-d) are significantly different ($P < 0.05$).

4. คุณภาพทางเนื้อสัมผัสและการหดตัวของลำไยอบแห้ง

การอบแห้งด้วยไมโครเวฟร่วมกับลมร้อนสามารถทำให้ ความแข็ง ความหยุ่นตัว และร้อยละการหดตัวของเนื้อลำไยลดลงเมื่อเปรียบเทียบกับการอบแห้งด้วยลมร้อนเพียงอย่างเดียว เมื่อเปรียบเทียบความแตกต่างของระดับกำลังไมโครเวฟพบว่า ระดับกำลังไมโครเวฟที่สูงมีแนวโน้มทำให้ ความแข็ง ความหยุ่นตัว และร้อยละการหดตัวของเนื้อลำไยอบแห้งน้อยกว่าระดับกำลังไมโครเวฟที่ต่ำ โดยที่ระดับกำลังไมโครเวฟที่ 240 W ทำให้ลำไยมีความแข็ง ความหยุ่นตัว และร้อยละการหดตัวน้อยที่สุด เมื่อพิจาณาระหว่างเงื่อนไขการอบแห้งด้วยไมโครเวฟแบบต่อเนื่องและแบบเป็นช่วงร่วมกับลมร้อนพบว่า คุณภาพของลำไยอบแห้งทางด้าน ความแข็ง ความหยุ่นตัว และร้อยละการหดตัวมีค่าที่ใกล้เคียงกัน (Table 3)

Table 3 Texture and percentage of shrinkage of dried longan.

Drying method	Hardness (N)	Toughness (N.mm)	Shrinkage (%)
HA65	10.33±1.57^{d}	28.83±8.25^{c}	74.43±1.92^{d}
CON MW240+HA65	6.91±1.06^{a}	17.02±5.68^{a}	66.08±2.12^{a}
CON MW190+HA65	7.65±0.87^{ab}	16.50±3.37^{a}	69.37±2.24^{bc}
CON MW150+HA65	9.29±0.19^{cd}	24.81±7.97^{bc}	70.04±1.46^{bc}
INT MW240+HA65	7.05±0.73^{a}	20.68±4.55^{ab}	66.63±2.42^{a}
INT MW190+HA65	8.61±1.30^{bc}	23.42±5.85^{abc}	68.63±1.51^{b}
INT MW150+HA65	9.80±1.11^{cd}	24.09±4.13^{abc}	70.62±2.15^{c}

Means in the same column with different superscripts (a-d) are significantly different ($P < 0.05$).

5. โครงสร้างระดับจุลภาคของเนื้อลำไย

การอบแห้งด้วยไมโครเวฟร่วมกับลมร้อนทำให้ลำไยเกิดรูพรุนที่มีขนาดใหญ่ขึ้นเมื่อเปรียบเทียบกับการอบแห้งด้วยลมร้อนเพียงอย่างเดียว (Figure 2)

Figure 2 Comparison of microstructure of longans dried by HA65 and CON MW240+HA65.

วิจารณ์ผล

การอบแห้งด้วยไมโครเวฟร่วมกับลมร้อนมีความสิ้นเปลืองพลังงานจำเพาะน้อยกว่าการอบแห้งด้วยลมร้อนเพียงอย่างเดียว เนื่องจากใช้ระยะเวลาในการอบแห้งน้อยกว่า ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยของ Varith *et al*. (2007) ได้ทำการทดลองอบแห้งลำไยด้วยเครื่องไมโครเวฟร่วมกับลมร้อน นอกจากนี้ผลของไมโครเวฟยังทำให้ ความแข็ง ความหยุ่นตัว และการหดตัวของเนื้อลำไยอบแห้งลดลง เนื่องจากไมโครเวฟทำให้น้ำภายในเนื้อลำไยเกิดความร้อนสูงส่งผลให้การระเหยของน้ำภายในเนื้อลำไยเป็นไปอย่างรวดเร็วทำให้เกิดแรงดันสูงดันให้โครงสร้างของเนื้อลำไยเกิดรูพรุน

สรุป

การอบแห้งด้วยไมโครเวฟแบบเป็นช่วงร่วมกับลมร้อนทำให้ลดระยะเวลาและประหยัดพลังงานในการอบแห้งได้เมื่อเปรียบเทียบกับการอบแห้งด้วยลมร้อนเพียงอย่างเดียว และยังทำให้คุณภาพทางด้านสีของลำไยอบแห้งมีสีแดงและสีเหลืองลดลงแต่ความสว่างเพิ่มขึ้น ลำไยมีความแข็ง ความหยุ่นตัว และการหดตัวที่น้อยเมื่อเปรียบเทียบกับการอบแห้งด้วยลมร้อนเพียงอย่างเดียว โดยการอบแห้งด้วยไมโครเวฟแบบเป็นช่วงให้ผลทางด้านการอบแห้ง การใช้พลังงาน และคุณภาพของลำไยหลังการอบแห้งที่ไม่แตกต่างกันกับการอบแห้งด้วยไมโครเวฟแบบต่อเนื่อง

คำขอบคุณ

ขอขอบคุณสำนักงานคณะกรรมการวิจัยแห่งชาติ สำนักงานกองทุนสนับสนุนการวิจัย และโครงการส่งเสริมการวิจัยในอุดมศึกษาและการพัฒนามหาวิทยาลัยแห่งชาติ ของสำนักงานคณะกรรมการอุดมศึกษาที่สนับสนุนทุนวิจัย

เอกสารอ้างอิง

Chua, K.J., A.S. Mujumda and S.K. Chou. 2003. Intermittent drying of bioproducts - an overview. Bioresource Technology 90: 285-295.

Maskan, M. 2001. Drying shrinkage and rehydration characteristics of kiwifruits during hot air and microwave drying. Journal of Food Engineering 48: 177-182.

Varith, J., P. Dijkanarukkul, A. Achariyaviriya and S. Achariyaviriya. 2007. Combined microwave-hot air drying of peeled longan. Journal of Food Engineering 81: 459-468.