



การผลิตทุเรียนแผ่นโดยการอบแห้งด้วยไมโครเวฟร่วมกับการย่างและลมร้อน Production of durian chips using combined microwave – grilling and hot air drying

สุวิทย์ แพงกันยา^{1*} อติศักดิ์ นาถกรณกุล² และสมชาติ โสภณธรรมฤทธิ์²

¹สาขาวิชาวิศวกรรมจัดการอุตสาหกรรมเพื่อความยั่งยืน คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร กรุงเทพมหานคร 10800

²สาขาวิชาเทคโนโลยีพลังงาน คณะพลังงานสิ่งแวดล้อมและวัสดุ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี กรุงเทพมหานคร 10140

*Corresponding Author, E-mail: suwit.p@rmutp.ac.th

Received: 5 June 2017 | Revised: 6 February 2018 | Accepted: 19 July 2018

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาผลของวิธีการอบแห้งทุเรียนหมอนทองแผ่นด้วยไมโครเวฟร่วมกับลมร้อน (MWA) การอบแห้งด้วยไมโครเวฟร่วมกับอากาศร้อนแล้วตามด้วยอากาศร้อน (MWA+HA) การอบแห้งด้วยไมโครเวฟร่วมกับการย่าง (MWG) และการอบแห้งด้วยไมโครเวฟร่วมกับการย่างตามด้วยการย่าง (MWG+G) ต่อคุณภาพของทุเรียนแผ่นอบแห้งทางด้านสี เนื้อสัมผัส และทดสอบคุณภาพผลิตภัณฑ์ทางด้านประสาทสัมผัสเปรียบเทียบกับทุเรียนทอดจากการค้า โดยใช้กำลังไมโครเวฟในช่วง 250-600 W อุณหภูมิลมร้อนที่ 65 และ 100 °C และกำลังไฟฟ้าของขดลวดสำหรับการย่างที่ 1,050 W จากผลการทดลองพบว่า ทุเรียนแผ่นอบแห้งด้วย MWA มีค่าความสว่างมากกว่าทุเรียนแผ่นที่อบแห้งด้วยวิธีอื่นและทุเรียนทอดรอบจากการค้า แต่มีค่าสีเขียวและค่าสีเหลืองต่ำกว่าทุเรียนทอดรอบการค้า ในขณะที่การเพิ่มระดับกำลังไมโครเวฟในการอบแห้งแบบ MWG ทำให้ทุเรียนแผ่นอบแห้งมีค่าความสว่างลดลง แต่มีค่าสีแดงและค่าสีเหลืองเพิ่มขึ้น ในส่วนของคุณภาพด้านเนื้อสัมผัส พบว่าทุเรียนแผ่นอบแห้งทุกเงื่อนไขและทุเรียนทอดรอบจากการค้า มีค่าความแข็งไม่แตกต่างกัน ในขณะที่ทุเรียนอบแห้งด้วย MWG ทุกเงื่อนไขและทุเรียนอบแห้งด้วย MWA+HA มีค่าความกรอบมากกว่าทุเรียนอบแห้งด้วย MWA และทุเรียนทอดรอบทางการค้า แต่ค่าความแข็งไม่แตกต่างกัน อย่างไรก็ตามทุเรียนแผ่นอบแห้งด้วย MWA และทุเรียนทอดรอบทางการค้า มีค่าความแข็งและความกรอบไม่แตกต่างกัน ผลการประเมินคุณภาพผลิตภัณฑ์ทางด้านประสาทสัมผัส พบว่า ทุเรียนแผ่นอบแห้งด้วย MWA มีคะแนนความชอบต่ำกว่าทุเรียนทอดรอบทางการค้า ในด้านสี ความพอง ความบิดเบี้ยว ความแข็ง และความชอบโดยรวม แต่ผลิตภัณฑ์ทั้งสองได้รับคะแนนความชอบทางด้านกลิ่นรสทุเรียน กลิ่นหืน และความกรอบไม่แตกต่างกัน

ABSTRACT

The objective of this work is, therefore, to study the effect of drying methods of Mon Thong durian chips including combined microwave-hot air (MWA) drying, combined microwave-hot air drying followed by hot air (HA) drying (MWA+HA), combined microwave-grill (MWG) drying and combined microwave-grill drying followed by grill drying (MWG+G) on the qualities of dried durian chips in terms of color, textures and sensory evaluation compared with commercial fried durian chips. Microwave power was set between 250- 600 W powers for grill heater was at

1,050 W and hot air temperature was set at 65 and 100 °C. The results showed that dried durian chips obtained by using MWA provided higher lightness values but lower in greenness and yellowness values than those different drying methods and commercial fried durian chips. Increasing in microwave power of MWG drying will decreased lightness value but increased redness and yellowness values of dried durian chips. Dried products from all drying cases were not significantly different in the hardness as compared with commercial fried durian chips. Dried product from MWG and MWA had crispiness than those from MWA and commercial fried durian chips, while the hardness was not significantly different. Hardness and crispness of dried durian chips from MWA and the commercial product were similar. The results of sensory evaluation showed that dried durian chips from MWA had lower preference score in terms of color, shape (puffiness and wryness), hardness and overall preference than the commercial product but not significantly different in durian flavor, rancid and crispness.

คำสำคัญ: การอบแห้งด้วยไมโครเวฟร่วมกับลมร้อน ทูเรียนแผ่น สี ความแข็ง ความกรอบ

Keywords: Combined microwave-hot air drying, Durian chips, Color, Hardness, Crispness

บทนำ

ทุเรียนเป็นผลไม้ส่งออกที่สำคัญชนิดหนึ่งของประเทศไทย จากข้อมูลของสำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร พบว่า มีมูลค่าการส่งออกทุเรียนในปี พ.ศ. 2559 ทั้งหมดประมาณ 20,013 ล้านบาท เพิ่มขึ้นจากปี พ.ศ. 2558 ประมาณ 4,450 ล้านบาท (สำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร, 2560) ทุเรียนส่วนใหญ่นิยมปลูกทางภาคตะวันออก ภาคเหนือ และภาคใต้ของประเทศไทย นอกจากนี้ทุเรียนยังได้รับการยกย่องให้เป็นราชาแห่งผลไม้ เนื่องจากมีรสชาติดีเลิศและนิยมบริโภค อย่างไรก็ตามในช่วงฤดูกาลเก็บเกี่ยวทุเรียนมักมีผลผลิตมากเกินความต้องการของผู้บริโภค ทำให้ประสบปัญหาทุเรียนล้นตลาดและมีราคาตกต่ำ นอกจากนี้ทุเรียนยังมีอายุการเก็บรักษาสั้นทำให้เน่าเสียง่าย ดังนั้นการนำทุเรียนมาแปรรูปเป็นผลิตภัณฑ์ต่างๆ จึงเป็นแนวทางหนึ่งที่น่าสนใจเพื่อเพิ่มมูลค่าให้กับทุเรียนและยืดอายุในการเก็บรักษา ผลิตภัณฑ์ที่ได้รับการแปรรูปทุเรียน ได้แก่ ทุเรียนกวน ทุเรียนไอศกรีม ทุเรียนแช่แข็ง และทุเรียนแผ่นทอดกรอบ โดยเฉพาะทุเรียนแผ่นทอดกรอบถือได้ว่าเป็นผลิตภัณฑ์ที่ได้รับความนิยมจากผู้บริโภคทั่วไป เนื่องจากผลิตภัณฑ์มีเนื้อสัมผัสกรอบ ความพรุนตัวสูง และสีเหลืองทอง ซึ่งเป็นที่ต้องการของผู้บริโภค อย่างไรก็ตามผลิตภัณฑ์ที่ผ่านการทอดด้วยน้ำมันมักมีน้ำมันตกค้างในผลิตภัณฑ์มาก ด้วยเหตุนี้จึงทำให้ผู้บริโภคที่ใส่ใจในสุขภาพไม่นิยมบริโภค นอกจากนี้การตกค้างของน้ำมันพืชในผลิตภัณฑ์ยังทำให้ผลิตภัณฑ์ดังกล่าวมีอายุการเก็บรักษาสั้นและ

เกิดกลิ่นหืนหากเก็บรักษาไว้ในบรรจุภัณฑ์ที่ไม่เหมาะสม (Jamradloedluk et al., 2007; Bai-Ngeew et al., 2011)

ดังนั้นจากปัญหาดังกล่าว การผลิตทุเรียนแผ่นกรอบจากทุเรียนดิบโดยใช้กระบวนการที่ปราศจากน้ำมันพืช เช่น กระบวนการอบแห้งด้วยลมร้อนจึงเป็นทางเลือกหนึ่งที่น่าสนใจ เนื่องจากการผลิตทุเรียนแผ่นกรอบด้วยวิธีนี้ไม่มีขั้นตอนใดที่ใช้ส่วนประกอบของน้ำมันพืช ผลิตภัณฑ์ที่ได้จึงไม่มีการเพิ่มไขมันในผลิตภัณฑ์แต่อย่างใด แต่ข้อเสียของวิธีนี้คือใช้เวลาในการอบแห้งนานทำให้สิ้นเปลืองพลังงานมาก ประสิทธิภาพพลังงานต่ำ และผลิตภัณฑ์หลังผ่านการอบแห้งมีคุณภาพด้อยลง (Alibas, 2007; Reyes et al. , 2007; Vadivambal and Jayas, 2007; Nathakaranakule et al., 2010) เช่น ผลิตภัณฑ์มีสีคล้ำ เนื่องจากวัสดุอบแห้งสัมผัสกับลมร้อนเป็นเวลานานจึงทำให้เกิดปฏิกิริยาสีน้ำตาลที่ไม่มีเอนไซม์มากขึ้น ผลิตภัณฑ์มีเนื้อสัมผัสแข็ง การหดตัวสูง และความพรุนตัวต่ำ เป็นต้น

กระบวนการอบแห้งด้วยไมโครเวฟร่วมกับลมร้อนเป็นวิธีหนึ่งที่สามารถนำมาประยุกต์ใช้ในการแปรรูปทุเรียนดิบเป็นทุเรียนแผ่นกรอบเพื่อสุขภาพได้ ดังนั้นการผลิตทุเรียนแผ่นกรอบจากทุเรียนดิบโดยใช้วิธีการอบด้วยไมโครเวฟร่วมกับลมร้อนจึงเป็นอีกแนวทางหนึ่งที่น่าสนใจสำหรับพัฒนาผลิตภัณฑ์ขนมขบเคี้ยวไขมันต่ำเพื่อสุขภาพ ผลิตภัณฑ์ที่ได้มีเนื้อสัมผัสกรอบ เนื่องจากโครงสร้างภายในของผลิตภัณฑ์เกิดเป็นรูพรุนทั่วไปในเนื้อของวัสดุ เนื่องจากคลื่นไมโครเวฟสามารถทะลุผ่านเข้าไปภายในเนื้อวัสดุ ได้อย่างมีประสิทธิภาพได้โดยตรงและถูกดูดซับโดยโมเลกุล

ของน้ำภายในวัสดุ แล้วทำให้เกิดการเหนียวข้นและเกิดอันตรกิริยาระหว่างคลื่นไมโครเวฟและวัสดุไดอิเล็กทริกทำให้โมเลกุลของน้ำเกิดการเสียดสีกันไปมาซึ่งเกิดขึ้นพร้อมกับการชนกันของไอออนตามการเปลี่ยนทิศทางของสนามไฟฟ้า ทำให้เกิดความร้อนขึ้นภายในเนื้อของวัสดุ (Alibas, 2007; Orsat et al., 2007) ด้วยเหตุนี้ภายในวัสดุจึงเดือดกลายเป็นไอและระเหยออกจากภายในเนื้อวัสดุไปสู่ผิวของวัสดุอย่างรวดเร็ว (Bai-Ngew et al., 2011) ทำให้ใช้เวลาในการอบแห้งสั้น ประสิทธิภาพพลังงานสูง และปรับปรุงคุณภาพของผลิตภัณฑ์ เมื่อเปรียบเทียบกับวิธีการอบแห้งด้วยลมร้อน (Askari et al., 2009; Chandrasekaran et al., 2013) กล่าวคือ ผลิตภัณฑ์มีความแข็งต่ำแต่มีความกรอบและความพรุนตัวสูง และการหดตัวต่ำ เนื่องจากเนื้อของวัสดุเกิดการขยายตัวและทำให้โครงสร้างภายในเนื้อวัสดุเกิดเป็นรูพรุน ดังนั้นผลิตภัณฑ์ที่ได้จึงเหมาะสำหรับการนำมาบริโภคเป็นอาหารขบเคี้ยวไขมันต่ำเพื่อสุขภาพ

ดังนั้นงานวิจัยนี้จึงมีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาผลของการอบแห้งทุเรียนแผ่นดิบด้วยไมโครเวฟร่วมกับลมร้อนและเตาอบไมโครเวฟโดยใช้เทคนิคต่างๆ ที่ส่งผลต่อคุณภาพทางด้านสีและเนื้อสัมผัสของทุเรียนแผ่น และเปรียบเทียบคุณภาพทางด้านประสาทสัมผัสกับทุเรียนแผ่นทอดกรอบทางการค้า เพื่อใช้เป็นแนวทางในการพัฒนาผลิตภัณฑ์ขนมขบเคี้ยวไขมันต่ำต่อไป

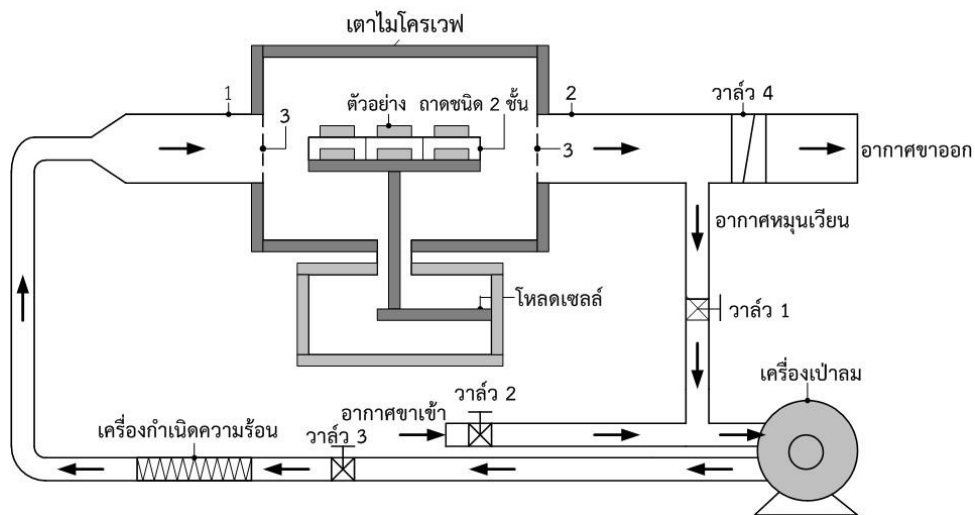
วัสดุ อุปกรณ์ และวิธีการทดลอง

วัสดุ

นำเนื้อทุเรียนดิบพันธุ์หมอนทองที่มีระดับปริมาณของแข็งทั้งหมดที่ละลายน้ำได้อยู่ในช่วง 14-16 °Brix และมีความชื้นเริ่มต้นประมาณ 200-250 %d.b. มาหั่นเป็นแผ่นบางตามแนวยาวของทุเรียนด้วยเครื่องหั่นให้ได้ขนาดความหนาประมาณ 1.5 mm วิเคราะห์หาความชื้นของทุเรียนตามวิธี AOAC (1995) ข้อที่ 934.06 จากนั้นนำแผ่นทุเรียนแผ่นดิบอบด้วยเครื่องอบแห้งแบบต่างๆ โดยกำหนดให้น้ำหนักของตัวอย่างเริ่มต้นประมาณ 61 กรัมในการทดลองทุกกรณี

อุปกรณ์การทดลอง

เครื่องอบแห้งที่ใช้ในงานวิจัยประกอบด้วยเครื่องอบแห้งแบบไมโครเวฟร่วมกับลมร้อนมีลักษณะดังรูปที่ 1 ซึ่งได้จากการดัดแปลงเตาอบไมโครเวฟ ยี่ห้อ LG รุ่น MS2427BM ความจุ 24 ลิตร ความถี่คลื่น 2,450 MHz และกำลังไมโครเวฟเอาต์พุตสูงสุด 800 W โดยจุดที่ 1 คือ ตำแหน่งวัดอุณหภูมิอากาศทางเข้าห้องอบแห้ง, จุดที่ 2 คือ ตำแหน่งวัดอุณหภูมิอากาศทางออกห้องอบแห้ง และจุดที่ 3 คือ ตะแกรงเหล็กป้องกันคลื่นไมโครเวฟรั่วไหลออกสู่ภายนอก



รูปที่ 1 เครื่องอบแห้งแบบใช้ไมโครเวฟร่วมกับลมร้อน

เตาอบไมโครเวฟ ยี่ห้อ LG รุ่น MP-9482SR ความจุ 34 ลิตร ความถี่คลื่น 2,450 MHz และมีกำลังไมโครเวฟเอาต์พุตสูงสุด 900 W มีลักษณะดังรูปที่ 2 (a) และเตาอบไมโครเวฟ ยี่ห้อ

Samsung รุ่น MG23F301EAS ความจุ 23 ลิตร ความถี่คลื่น 2,450 MHz และมีกำลังไมโครเวฟเอาต์พุตสูงสุด 800 W มีลักษณะดังรูปที่ 2 (b)



(a)



(b)

รูปที่ 2 (a) เตาอบไมโครเวฟ ยี่ห้อ LG รุ่น MP-9482SR (b) เตาอบไมโครเวฟ ยี่ห้อ Samsung รุ่น MG23F301EAS

ประสิทธิภาพของเตาไมโครเวฟ

เตาไมโครเวฟที่ใช้ในงานวิจัยนี้มีทั้งหมด 3 เครื่อง ซึ่งเตาไมโครเวฟแต่ละเครื่องมีประสิทธิภาพแตกต่างกัน โดยประสิทธิภาพของเตาไมโครเวฟแสดงถึงความสามารถในเปลี่ยนพลังงานไฟฟ้าเป็นพลังงานความร้อน ประสิทธิภาพของเตาไมโครเวฟหาได้จากสมการ (1)

$$\text{Efficiency}(\%) = \frac{Q_{\text{abs}}}{P_{\text{in}}} \times 100 \quad (1)$$

อัตราการความร้อนที่น้ำได้รับจากเตาไมโครเวฟหาได้โดยใช้วิธีตามมาตรฐาน IMPI 2-L Test (Soysal et al., 2009; Bai-Ngew et al., 2011) โดยใช้น้ำกลั่นขนาด 2 ลิตร อุณหภูมิของน้ำเริ่มต้น 20 ± 2 °C บรรจุในภาชนะ 2 อันๆ ละ 1 ลิตร แล้วนำภาชนะที่บรรจุน้ำทั้งสองอันวางภายในเตาไมโครเวฟที่ตำแหน่งตรงกลางของเตา แล้วเปิดเตาไมโครเวฟทำงานประมาณ 2 นาที 2 วินาที จากนั้นวัดอุณหภูมิของน้ำหลังการทดลองโดยใช้ Fibre optic thermometer (OMGA, FOB104, Canada) โดยก่อนเริ่มต้นการทดลองควรอุ่นเตาไมโครเวฟในขณะที่มีโหลดประมาณ

5 นาที กำลังไมโครเวฟที่ปลดปล่อยออกจากเตาไมโครเวฟคำนวณได้จากสมการ (2)

$$Q_{\text{abs}} = 70 \times \frac{(\Delta T_1 + \Delta T_2)}{2} \quad (2)$$

เมื่อ Q_{abs} คือ อัตราความร้อนที่น้ำได้รับจากเตาไมโครเวฟ, W

ΔT_1 คือ อุณหภูมิของน้ำที่เพิ่มขึ้นจากภาชนะที่ 1, °C

ΔT_2 คือ อุณหภูมิของน้ำที่เพิ่มขึ้นจากภาชนะที่ 2, °C

กำลังไฟฟ้าป้อนเข้าเตาอบไมโครเวฟ (P_{in}) มีหน่วยเป็น W หาได้จากการวัดด้วยเครื่อง Power meter (Yokogawa, 243312, Tokyo, Japan) ประสิทธิภาพของเตาไมโครเวฟแต่ละเครื่องที่ระดับกำลังไมโครเวฟต่างๆ แสดงในตารางที่ 1 ผลจากการวัดพบว่า เตาไมโครเวฟยี่ห้อ Samsung รุ่น MG23F301EAS มีประสิทธิภาพสูงสุดประมาณ 90% รองลงมาคือเตาไมโครเวฟยี่ห้อ LG รุ่น MP-9482SR และ LG รุ่น MS2427BM ซึ่งมีประสิทธิภาพเท่ากับ 85.7% และ 78.4% ตามลำดับ

ตารางที่ 1 ประสิทธิภาพของเตาไมโครเวฟที่ระดับกำลังไมโครเวฟต่างๆ

เตาไมโครเวฟ	Microwave Power (W)	ΔT_1 (°C)	ΔT_2 (°C)	Q_{abs} (W)	Microwave Efficiency (%)
Samsung รุ่น MG23F301EAS	300	2.4	5.5	276.5	92.2
	450	3.7	7.9	406.0	90.2
	600	4.7	10.8	542.5	90.4
LG รุ่น MP-9482SR	380	3.4	5.9	325.5	85.7
LG รุ่น MS2427BM	250	2.0	3.6	196.0	78.4

วิธีการทดลอง

การผลิตผลิตภัณฑ์ทุเรียนแผ่นอบแห้งใช้วิธีการอบแห้งดังต่อไปนี้

1. การอบแห้งด้วยเตาอบไมโครเวฟ ยี่ห้อ Samsung รุ่น MG23F301EAS โดยใช้วิธีการอบแบบผสม คือ ใช้กำลังไมโครเวฟ 3 ระดับ ได้แก่ 300, 450 และ 600 W ตามลำดับ ร่วมกับการย่างจากขดลวด 1,050 W

2. การอบแห้งด้วยเตาอบไมโครเวฟ ยี่ห้อ LG รุ่น MP-9482SR โดยใช้ระบบการอบแบบผสมที่ระดับกำลังไมโครเวฟ 380 W ร่วมกับการอบ-อากาศร้อน 100 °C แล้วอบต่อด้วย

อากาศร้อน 100 °C ซึ่งปรับตั้งอุณหภูมิอากาศภายในเตาอบไมโครเวฟได้

3. การอบแห้งด้วยไมโครเวฟร่วมกับลมร้อนที่ระดับกำลังไมโครเวฟ 250 W ร่วมกับลมร้อนที่มีอุณหภูมิ 65 °C ความเร็วลมร้อน 0.3 m/s และอากาศหมุนเวียนกลับมาใช้ใหม่ 80%

การทดลองแบ่งออกเป็น 7 เงื่อนไข ดังแสดงในตารางที่ 2 ที่ทุกเงื่อนไขตัวอย่างทุเรียนถูกอบจนกระทั่งมีความชื้นสุดท้ายไม่เกิน 3.5 %d.b.

ตารางที่ 2 เงื่อนไขและวิธีการอบแห้ง

วิธีการอบแห้ง	ความหมาย	เครื่องอบแห้ง
MW300+Grill1,050	การอบแห้งด้วยไมโครเวฟ 300 W ร่วมกับการย่างจากขดลวด 1,050 W เป็นเวลา 9 นาที	
MW450+Grill1,050	การอบแห้งด้วยไมโครเวฟ 450 W ร่วมกับการย่างจากขดลวด 1,050 W เป็นเวลา 7 นาที	
MW600+Grill1,050	การอบแห้งด้วยไมโครเวฟ 600 W ร่วมกับการย่างจากขดลวด 1,050 W เป็นเวลา 6 นาที	เตาอบไมโครเวฟ ยี่ห้อ Samsung รุ่น MG23F301EAS (รูปที่ 2 (b))
MW300+Grill1,050 7 min followed by Grill1,050 4 min	การอบแห้งด้วยไมโครเวฟ 300 W ร่วมกับการย่างจากขดลวด 1,050 W เป็นเวลา 7 นาที ตามด้วยการย่างจากขดลวด 1,050 W เป็นเวลา 4 นาที	
MW380+HA100 6 min followed by HA100 25 min	การอบแห้งด้วยไมโครเวฟ 380 W ร่วมกับอากาศร้อนที่อุณหภูมิ 100 °C เป็นเวลา 6 นาที ตามด้วยอากาศร้อน 100 °C เป็นเวลา 25 นาที	เตาอบไมโครเวฟ ยี่ห้อ LG รุ่น MP-9482SR (รูปที่ 2 (a))
MW250+HA65	การอบแห้งด้วยไมโครเวฟ 250 W ร่วมกับลมร้อนที่อุณหภูมิ 65 °C เป็นเวลา 40 นาที	เครื่องอบแห้งแบบใช้ไมโครเวฟร่วมกับลมร้อน (รูปที่ 1)
Commercial fried durian chip	ทุเรียนทอดกรอบจากการค้า	-

การวัดคุณภาพด้านสีของทุเรียนแผ่นอบแห้ง

การวัดคุณภาพสีของผลิตภัณฑ์ทุเรียนแผ่นอบแห้งโดยใช้เครื่อง Colorimeter (HunterLab, ColorFlex, UK) และใช้ระบบสีเป็นแบบ CIE L*, a* and b* โดยค่า L* แสดงถึงความสว่างของวัตถุ (0 ดำ, 100 ขาว) a* คือ ค่าสีแดง/เขียว (+ แดง, - เขียว) และค่า b* คือ ค่าสีเหลือง/น้ำเงิน (+ เหลือง, - น้ำเงิน) โดยสอบเทียบกับแผ่นสีมาตรฐานทั้งแผ่นสีดำและแผ่นสีขาวทุกครั้งก่อนการวัด ทุกเงื่อนไขการทดลองทดสอบ 3 ซ้ำ แล้วนำมาหาค่าเฉลี่ย

การถ่ายภาพทุเรียนแผ่นอบแห้ง

การถ่ายภาพทุเรียนแผ่นอบแห้งใช้กล้องดิจิทัล (ยี่ห้อ Canon, รุ่น IXUS 870 IS, Japan) ที่มีความละเอียด 8 เมกะพิกเซล วิธีการถ่ายภาพโดยการวางตัวอย่างตรงบริเวณกึ่งกลางภายในกล่องสำหรับการถ่ายภาพ (ยี่ห้อMEDALight Digital Imaging Box, รุ่น DIB-0806, ประเทศไทย) ซึ่งกล่องนี้สามารถควบคุมแสงไม่ให้แสงจากแหล่งอื่นมารบกวนในขณะที่ถ่ายภาพ การถ่ายภาพใช้โหมดมาโคร ไม่เปิดแสงและไม่ปรับกำลังขยาย

การทดสอบคุณภาพด้านเนื้อสัมผัสของทุเรียนแผ่นอบแห้ง

การทดสอบคุณภาพด้านเนื้อสัมผัสของผลิตภัณฑ์ทุเรียนแผ่นอบแห้งทำโดยใช้เครื่อง Texture Analyzer (Stable Micro System, model TA.XT. Plus, Surrey, UK) โดยใช้หัวกดชนิด Ball probe ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 5 mm ความเร็วก่อนกด 10 mm/min และความเร็วหัวกด 30 mm/min ค่าจำนวนยอดของกราฟที่เกิดขึ้นเริ่มนับเมื่อมีค่าแรงมากกว่า 10 g ขึ้นไป ทุกเงื่อนไขการทดลองทดสอบหาคุณภาพจำนวน 10 ชิ้น และทดสอบทั้งหมด 3 ซ้ำ แล้วหาค่าเฉลี่ย

การทดสอบค่าวอเตอร์แอกทิวิตีของทุเรียนแผ่นอบแห้ง

การทดสอบคุณภาพของตัวอย่างเพื่อหาค่าวอเตอร์แอกทิวิตีทำโดยใช้เครื่องวอเตอร์แอกทิวิตี (Novasina, model LabMaster-aw, Switzerland) โดยควบคุมสภาวะที่ใช้ในการทดสอบที่อุณหภูมิ 25 °C สำหรับการทดลองนี้ทดสอบ 3 ซ้ำ แล้วนำมาหาค่าเฉลี่ย

การทดสอบคุณภาพผลิตภัณฑ์ทางด้านประสาทสัมผัส

การประเมินคุณภาพของผลิตภัณฑ์ทางด้านประสาทสัมผัสใช้วิธีการกำหนดคะแนนแบบ 9-Point hedonic scale โดยใช้ผู้ทดสอบทั้งหมด 30 คน โดยเป็นผู้ทดสอบที่ไม่ผ่านการฝึกฝนในการให้คะแนนการชิมมาก่อน

การวิเคราะห์ทางสถิติ

ข้อมูลที่ได้จากการทดสอบคุณภาพของผลิตภัณฑ์ทางด้านสีและเนื้อสัมผัสนำมาวิเคราะห์ความแปรปรวน (ANOVA) ด้วยวิธี Duncan's multiple range test ในขณะที่ข้อมูลที่ได้รับจากการทดสอบคุณภาพผลิตภัณฑ์ทางด้านประสาทสัมผัสใช้การวิเคราะห์ด้วยวิธี Independent-sample T-Test โดยใช้โปรแกรม SPSS (SPSS, Version 13, Inc., Chicago, IL) เพื่อเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยจากข้อมูลการทดลอง 3 ซ้ำ ที่ระดับความเชื่อมั่น 95% ($p < 0.05$)

ผลการวิจัยและอภิปราย

คุณภาพด้านสีของทุเรียนแผ่นอบแห้ง

สีของทุเรียนแผ่นที่ผ่านการอบแห้งด้วยวิธีการอบแห้งแบบต่างๆ แสดงในตารางที่ 3 จากผลการทดลองพบว่า ทุเรียนแผ่นที่ผ่านการอบแห้งด้วย MW250+HA65 มีค่าความสว่าง (L^*) มากกว่าทุเรียนแผ่นที่ผ่านการอบแห้งด้วย MW380+HA100 เป็นเวลา 6 นาที ตามด้วย HA100 เป็นเวลา 25 นาที และการอบแห้ง

ด้วยไมโครเวฟร่วมกับการย่างทุกเงื่อนไข (MW300+Grill1,050, MW450+Grill1,050 และ MW600+Grill1,050) รวมทั้งทุเรียนแผ่นทอดกรอบจากทางการค้า ในขณะที่ค่าสี a^* พบว่า ทุเรียนทอดกรอบจากทางการค้ามีค่า $-a^*$ (สีเขียว) มากกว่าทุเรียนแผ่นอบแห้งที่เงื่อนไข MW250+HA65, MW380+HA100 เป็นเวลา 6 นาที ตามด้วย HA100 เป็นเวลา 25 นาที ตามลำดับ ในขณะที่ทุเรียนแผ่นที่ผ่านการอบแห้งด้วยไมโครเวฟร่วมกับการย่างทุกเงื่อนไขการทดลองมีค่า $+a^*$ (สีแดง) ส่วนในกรณีค่าสี b^* พบว่า ทุเรียนแผ่นทอดกรอบจากจากการค้ามีค่า $+b^*$ (สีเหลือง) มากกว่าทุเรียนแผ่นอบแห้งด้วยไมโครเวฟร่วมกับการย่างทุกเงื่อนไขการทดลอง MW250+HA65 และการอบแห้งด้วย MW380+HA100 เป็นเวลา 6 นาที ตามด้วย HA100 25 นาที

อย่างไรก็ตามจะเห็นได้ว่าสีของผลิตภัณฑ์ทุเรียนแผ่นที่ผ่านการอบแห้งด้วยไมโครเวฟร่วมกับลมร้อนมีค่าความสว่างสูงที่สุดและไม่ทำให้ผลิตภัณฑ์เกิดรอยไหม้เมื่อเปรียบเทียบกับกรอบแห้งด้วยไมโครเวฟร่วมกับการย่างในทุกกรณี เนื่องจากการอบแห้งด้วย MWHA ใช้กำลังไมโครเวฟต่ำกว่าการอบแห้งในกรณีอื่น ในขณะที่การอบแห้งด้วยไมโครเวฟร่วมกับการย่างนั้นใช้กำลังไมโครเวฟสูงกว่า (300-600 W) และการย่างเป็นความร้อนที่ได้จากขดลวดที่มีค่าสูงและไม่มียระบบควบคุมอุณหภูมิอากาศอบแห้งทำให้อุณหภูมิอากาศในห้องอบแห้งสูงขึ้นเรื่อยๆ จนทำให้วัสดุบางชิ้นไหม้เกรียม

เมื่อพิจารณาผลของระดับกำลังไมโครเวฟที่มีต่อค่าสีของทุเรียนแผ่นที่ผ่านการอบแห้งด้วยไมโครเวฟร่วมกับการย่างพบว่า การเพิ่มกำลังไมโครเวฟจาก 300 เป็น 450 และ 600 W ส่งผลทำให้ทุเรียนอบแห้งมีค่าความสว่าง (L^*) ลดลง ในขณะที่ค่า $+a^*$ (สีแดง) และ $+b^*$ (เหลือง) มีค่าเพิ่มขึ้นดังแสดงในตารางที่ 3 และรูปที่ 3 เนื่องจากเนื้อทุเรียนแผ่นอบแห้งด้วยไมโครเวฟร่วมกับการย่างที่ระดับกำลังไมโครเวฟสูง (600 W) ได้รับพลังงานไมโครเวฟมากกว่าการอบแห้งที่กำลังไมโครเวฟที่ต่ำกว่า (450 และ 300 W) ทำให้เนื้อทุเรียนมีอุณหภูมิสูงกว่า ส่งผลให้เนื้อทุเรียนแผ่นเกิดปฏิกิริยาสีน้ำตาลที่ไม่มีเอนไซม์มาเกี่ยวข้อง (Non-enzymatic browning reaction) เพิ่มขึ้น ส่งผลให้เนื้อทุเรียนแผ่นมีสีเข้มขึ้นและผลิตภัณฑ์มีรอยไหม้มากขึ้น ดังแสดงในรูปที่ 3 ในขณะที่ทุเรียนแผ่นที่ผ่านการอบแห้งด้วย MW300+Grill1,050 เป็นเวลา 7 นาที ตามด้วย MW300 เป็น

เวลา 4 นาที มีคุณภาพสี (L^* , a^* และ b^*) ไม่แตกต่างกับกรณีของทุเรียนแผ่นที่ผ่านการอบแห้งด้วย MW300+Grill1,050

คุณภาพด้านเนื้อสัมผัสและค่าอัตรการแอคทิวิตีของทุเรียนแผ่นอบแห้ง

เนื้อสัมผัสของทุเรียนแผ่นอบแห้งพิจารณาได้จากค่าความแข็งและความกรอบของผลิตภัณฑ์ โดยค่าความกรอบของผลิตภัณฑ์นั้นพิจารณาได้จากค่าจำนวนยอด (Number of peaks) และค่าความชันเริ่มต้น (Initial slope) ซึ่งเกิดขึ้นในขณะที่แรงจากหัวกดกระทำกับชิ้นวัสดุ ถ้าค่าดังกล่าวมีค่ามาก แสดงว่าผลิตภัณฑ์นั้นมีความกรอบมาก ค่าความแข็งและค่าความกรอบของทุเรียนแผ่นที่ผ่านการอบแห้งด้วยวิธีการอบแห้งแบบต่างๆ แสดงในตารางที่ 4 จากผลการทดลอง พบว่าทุเรียนแผ่นอบแห้งด้วยไมโครเวฟร่วมกับการย่างทุกเงื่อนไขการทดลองมีค่าความแข็งไม่แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญกับทุเรียนแผ่นอบแห้งด้วย MW380+HA100 เป็นเวลา 6 นาที แล้วตามด้วย HA100 25 min ในขณะที่เดียวกัน ทุเรียนแผ่นอบแห้งด้วย MW600+Grill1,050 มีค่าความแข็งต่ำกว่าทุเรียนแผ่นอบแห้งด้วย MW250+HA65 และผลิตภัณฑ์ทุเรียนทอดกรอบจากการค้า อย่างไรก็ตามค่าความแข็งและค่าความกรอบของทุเรียนแผ่นอบแห้งด้วย MW250+HA65 และผลิตภัณฑ์ทุเรียนทอดกรอบจากการค้ามีค่าความแข็งและค่าไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ

เมื่อพิจารณาค่าความกรอบของผลิตภัณฑ์ที่ผ่านการอบแห้งด้วยวิธีต่างๆ พบว่าทุเรียนแผ่นอบแห้งด้วยไมโครเวฟร่วมกับการย่างในทุกเงื่อนไขการทดลองและทุเรียนอบแห้งด้วย MW380+HA100 เป็นเวลา 6 นาที แล้วตามด้วย HA100 25 นาที มีค่าจำนวนยอดมากกว่าทุเรียนแผ่นอบแห้งด้วย MW250+HA65 และทุเรียนทอดกรอบจากการค้า ขณะที่ทุเรียนแผ่นอบแห้งด้วย MW600+Grill1,050, ทุเรียนแผ่นอบแห้งด้วย MW250+HA65 และทุเรียนทอดกรอบทางการค้ามีค่าความชันเริ่มต้นไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ นอกจากนี้ทุเรียนแผ่นอบแห้งที่เงื่อนไขดังกล่าวยังมีค่าความชันเริ่มต้นมากกว่าทุเรียนแผ่นอบแห้งด้วยไมโครเวฟร่วมกับการย่างที่เงื่อนไข MW300+Grill1,050, MW450+Grill1,050, เทคนิคการอบแห้งด้วย MW300+Grill1,050 เป็นเวลา 7 นาที ตามด้วย Grill1,050

เป็นเวลา 4 นาที และการอบแห้งด้วย MW380+HA100 เป็นเวลา 6 นาที ตามด้วย HA100 เป็นเวลา 25 นาที ทั้งนี้เนื่องจาก MW600+Grill1,050 ใช้กำลังไมโครเวฟสูงกว่ากรณีอื่น เนื้อทุเรียนได้รับพลังงานไมโครเวฟมากกว่า ทำให้อุณหภูมิของวัสดุสูงขึ้นและส่งผลกระทบต่ออัตราการถ่ายเทมวลที่เพิ่มขึ้น ซึ่งทำให้โครงสร้างภายในของวัสดุเกิดเป็นรูพรุนที่มีขนาดใหญ่ขึ้น (Paengkanya et al., 2015)

อย่างไรก็ตามเมื่อพิจารณาผลของระดับกำลังไมโครเวฟในการอบแห้งทุเรียนแผ่นโดยใช้ไมโครเวฟร่วมกับการย่างต่อคุณภาพเนื้อสัมผัสของทุเรียนแผ่นอบแห้ง พบว่า การเพิ่มกำลังไมโครเวฟจาก 300 เป็น 450 และ 600 W ตามลำดับ ไม่ส่งผลทำให้ค่าความแข็งของผลิตภัณฑ์ทุเรียนแผ่นอบแห้งแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญ อาจเป็นเพราะเวลาที่ใช้ในการอบแห้งไม่แตกต่างกันมาก แต่ค่าความแข็งของผลิตภัณฑ์มีแนวโน้มลดลง อย่างไรก็ตามระดับกำลังไมโครเวฟส่งผลต่อค่าความกรอบของทุเรียนแผ่นอบแห้งอย่างมีนัยสำคัญ กล่าวคือ การเพิ่มขึ้นของกำลังไมโครเวฟในการอบแห้งด้วยไมโครเวฟร่วมกับการย่าง ส่งผลให้ค่าจำนวนยอดและค่าความชันเริ่มต้นของทุเรียนแผ่นอบแห้งเพิ่มขึ้นเนื่องจากเมื่อวัสดุอบแห้งได้รับพลังงานไมโครเวฟที่ระดับกำลังที่สูงกว่า (600 W) ทำให้อุณหภูมิของวัสดุสูงกว่าและทำให้เกิดผลต่างระหว่างความดันไอภายในวัสดุกับบริเวณผิวของวัสดุแตกต่างกันมากกว่าที่ระดับกำลังที่ต่ำกว่า (450 และ 300 W) ทำให้ความชื้นระเหยออกจากวัสดุอย่างรวดเร็ว (Maskan, 2001; Alibas, 2006) และส่งผลให้เนื้อเยื่อของวัสดุอบแห้งเกิดการขยายตัว โครงสร้างภายในของวัสดุมีลักษณะเป็นรูพรุนมีขนาดใหญ่ขึ้น

สำหรับค่าอัตรการแอคทิวิตีของทุเรียนแผ่นอบแห้งและผลิตภัณฑ์ทุเรียนทอดกรอบจากการค้า พบว่า ค่าอัตรการแอคทิวิตีของทุเรียนแผ่นอบแห้งในทุกเงื่อนไขการทดลองและผลิตภัณฑ์ทุเรียนทอดกรอบจากการค้ามีค่าต่ำกว่า 0.4 ดังแสดงในตารางที่ 3 แสดงให้เห็นว่าผลิตภัณฑ์ดังกล่าวมีความปลอดภัยจากจุลินทรีย์และเป็นไปตามมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม (มอก. 2317-2549) (สำนักงานมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม, 2549)

ตารางที่ 3 สีของทุเรียนแผ่นหลังผ่านการอบแห้งด้วยวิธีต่างๆ¹

Drying method	L*	a*	b*	Drying time (min)
MW300+Grill1,050	74.69±1.52 ^d	2.71±2.49 ^{de}	26.27±1.90 ^a	9
MW450+Grill1,050	72.76±2.04 ^c	4.32±2.76 ^e	28.00±1.35 ^b	7
MW600+Grill1,050	70.56±2.82 ^b	8.25±1.68 ^f	30.00±1.66 ^c	6
MW300+Grill1,050 7 min followed by Grill1,050 4 min	76.46±1.98 ^d	1.27±2.61 ^{cd}	26.68±1.36 ^{ab}	11
MW380+HA100 6 min followed by HA100 25 min	78.93±1.77 ^e	-0.27±2.18 ^c	26.66±1.61 ^{ab}	31
MW250+HA65	80.94±1.49 ^f	-2.57±0.44 ^b	26.35±1.66 ^{ab}	40
Commercial fried durian chip	62.74±1.52 ^a	-6.42±0.97 ^a	40.25±1.83 ^d	-

¹อักษรยกรที่อยู่ในคอลัมน์เดียวกันที่แตกต่างกันแสดงว่ามีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับความเชื่อมั่น 95% (p<0.05)



(a) MW300+Grill1,050



(b) MW450+Grill1,050



(c) MW600+Grill1,050



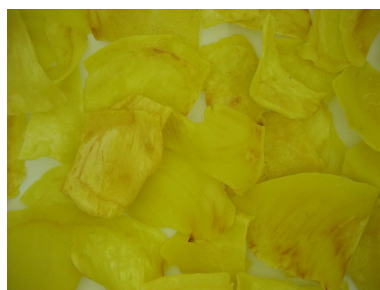
(d) MW300+Grill1,050 7 min
followed by Grill1,050 4 min



(e) MW380+HA100 6 min
followed by HA100 25 min



(f) MW250+HA65



(g) Commercial fried durian chip

รูปที่ 3 สีของทุเรียนแผ่นหลังผ่านการอบแห้งด้วยวิธีต่างๆ

ตารางที่ 4 ค่าความแข็ง ความกรอบ และวอเตอร์แอคทิวิตีของทุเรียนแผ่นอบแห้ง

Drying method	Hardness (N)	Number of peaks	Initial slope (N/mm)	Water activity (a_w^*)
MW300+Grill1,050	5.53±1.26 ^{abc}	13.23±1.64 ^b	25.16±2.88 ^a	0.339±0.002 ^{bc}
MW450+Grill1,050	5.11±1.67 ^{ab}	14.58±2.81 ^b	27.13±2.47 ^{ab}	0.306±0.019 ^a
MW600+Grill1,050	4.82±1.44 ^a	16.33±3.23 ^c	30.97±3.55 ^c	0.328±0.007 ^{bc}
MW300+Grill1,050 7 min followed by Grill1,050 4 min	5.41±1.76 ^{abc}	13.06±1.73 ^b	24.79±2.16 ^a	0.320±0.005 ^{ab}
MW380+HA100 6 min followed by HA100 25 min	5.31±0.93 ^{ab}	14.47±2.45 ^b	25.26±3.03 ^a	0.328±0.007 ^{bc}
MW250+HA65	5.77±1.68 ^{bc}	5.90±1.55 ^a	28.50±2.93 ^{bc}	0.337±0.014 ^{bc}
Commercial fried durian chip	6.25±1.27 ^c	7.20±1.32 ^a	28.40±2.95 ^{bc}	0.343±0.006 ^c

¹อักษรยักที่อยู่ในคอลัมน์เดียวกันที่แตกต่างกันแสดงว่ามีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับความเชื่อมั่น 95% ($p < 0.05$)

*ผลิตภัณฑ์ทุเรียนแผ่นอบแห้งในทุเรียนใจการทดลองมีความชื้นสุดท้ายไม่เกิน 3.5% d.b.

การประเมินคุณภาพของผลิตภัณฑ์ทางด้านประสาทสัมผัส

การประเมินคุณภาพของผลิตภัณฑ์ทางด้านประสาทสัมผัสกำหนดสเกลระดับคะแนนเป็นแบบ 9-point hedonic scale และการแปลผลทางสถิติใช้โปรแกรม SPSS ที่ระดับความเชื่อมั่น 95% โดยใช้การทดสอบค่าเฉลี่ยกรณีกกลุ่มตัวอย่าง 2 กลุ่มเป็นอิสระจากกัน (Independent- sample T-Test) ค่าเฉลี่ยจากการประเมินคุณภาพทางด้านประสาทสัมผัสของตัวอย่างทุเรียนแผ่นอบแห้งโดยใช้ MW250+HA65 (เลือกใช้กรณีนี้เนื่องจากผลิตภัณฑ์อบแห้งมีค่าความสว่างมากกว่าและผลิตภัณฑ์ไม่มีรอยไหม้เกิดขึ้นเมื่อเทียบกับกรณีอื่น ในขณะที่ค่าความความแข็งและค่าความกรอบไม่แตกต่างกับกรณีอื่น) เปรียบเทียบกับ

ตัวอย่างทุเรียนทอดกรอบจากการค้าแสดงในตารางที่ 5 จากผลการทดสอบพบว่าผู้ทดสอบให้คะแนนความชอบผลิตภัณฑ์ทุเรียนแผ่นอบแห้งโดยใช้ MW250+HA65 ในด้านสี (Color) ความพอง (Puffiness) ความบิดเบี้ยว (Wryness) ความแข็ง (Hardness) และความชอบโดยรวม (Overall preference) น้อยกว่าผลิตภัณฑ์ทุเรียนทอดกรอบจากทางการค้าอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$) อย่างไรก็ตามผลิตภัณฑ์อบแห้งจาก MW250+HA65 ได้รับคะแนนความชอบไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \geq 0.05$) กับทุเรียนทอดกรอบจากทางการค้าในด้านกลิ่นรสทุเรียน (Durian flavor) กลิ่นหืน (Rancid flavor) และความกรอบ (Crispness)

ตารางที่ 5 การประเมินคุณภาพทางด้านประสาทสัมผัสของผลิตภัณฑ์ทุเรียนแผ่นอบแห้ง

Drying method	Color		Shape		Flavor		Texture		Overall preference
	Yellow	Puffiness	Wryness	Durian	Rancid	Hardness	Crispness		
MW250+HA65	4.78±1.88 ^b	5.25±1.98 ^b	5.28±2.03 ^b	5.25±2.15 ^a	5.47±1.83 ^a	5.56±2.24 ^b	6.59±2.37 ^a	6.19±1.65 ^b	
Commercial fried durian chips	7.15±2.0 ^a	7.09±1.23 ^a	6.34±1.52 ^a	5.91±2.70 ^a	4.94±2.31 ^a	7.16±1.82 ^a	7.41±1.90 ^a	7.41±1.41 ^a	

¹อักษรยักที่อยู่ในคอลัมน์เดียวกันที่แตกต่างกันแสดงว่ามีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับความเชื่อมั่น 95% ($p < 0.05$)

สรุปผลการวิจัย

ผลการศึกษามวลของการอบแห้งทุเรียนแผ่นโดยใช้ไมโครเวฟร่วมกับลมร้อนและอบแห้งโดยใช้เตาอบไมโครเวฟที่จำหน่ายตามตลาดทั่วไปที่เงื่อนไขการอบแห้งต่างๆ ต่อคุณภาพด้านสีและเนื้อสัมผัสของทุเรียนแผ่นอบแห้ง และเปรียบเทียบกับผลิตภัณฑ์ทุเรียนทอดกรอบจากทางการค้าทางด้านประสาทสัมผัส พบว่า ทุเรียนแผ่นอบแห้งด้วย MW250+HA65 มีค่าความ

สว่างของสีทุเรียนแผ่นอบแห้งมากกว่าทุเรียนแผ่นอบแห้งด้วยเงื่อนไขอื่นแต่มีค่าสีเขียว ($-a^*$) และสีเหลือง ($+b^*$) น้อยกว่าทุเรียนทอดกรอบจากการค้า การเพิ่มกำลังไมโครเวฟมากขึ้นในการอบแห้งด้วยไมโครเวฟร่วมกับการย่าง ทำให้ทุเรียนแผ่นอบแห้งมีค่าความสว่างลดลงแต่ค่าสีแดงและสีเหลืองเพิ่มขึ้น ทุเรียนแผ่นอบแห้งทุกเงื่อนไขและทุเรียนทอดกรอบทางการค้ามีค่าความแข็งไม่แตกต่างกัน ในขณะที่ทุเรียนแผ่นอบแห้งด้วยไมโครเวฟร่วมกับการย่างทุกเงื่อนไขมีค่าความกรอบมากกว่า

ทุเรียนแผ่นอบแห้งด้วย MW250+HA65 และทุเรียนทอดกรอบทางการค้า ทุเรียนแผ่นอบแห้งด้วย MW250+HA65 และทุเรียนทอดกรอบทางการค้ามีความแข็งและความกรอบไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ

ผลิตภัณฑ์ทุเรียนแผ่นอบแห้งด้วย MW250+HA65 ได้รับคะแนนความชอบต่ำกว่าทุเรียนทอดกรอบทางด้านสี ความพอง ความบิดเบี้ยว ความแข็ง และความชอบโดยรวม อย่างไรก็ตามผลิตภัณฑ์จากทั้งสองวิธีมีคะแนนความชอบไม่แตกต่างกันทางด้านกลิ่นรสทุเรียน กลิ่นหืน และความกรอบ จากการทดสอบคุณภาพผลิตภัณฑ์ทางด้านประสาทสัมผัส

ทุเรียนแผ่นอบแห้งด้วยไมโครเวฟร่วมกับการย่างทุกเงื่อนไขการทดลองยังไม่เหมาะสำหรับนำมาผลิตทุเรียนแผ่นอบแห้งเพื่อจำหน่ายในเชิงพาณิชย์ไม่ว่าจะใช้เทคนิคใด เพราะรูปแบบการอบแห้งดังกล่าวทำให้ผลิตภัณฑ์ยังมีคุณภาพสีไม่ดี ผลิตภัณฑ์มีรอยไหม้ เนื่องจากไม่สามารถปรับอุณหภูมิอากาศให้คงที่ได้ จึงทำให้ผลิตภัณฑ์อบแห้งที่ได้มีสีเข้มและไหม้บางส่วน ดังนั้นเงื่อนไขที่เหมาะสมสำหรับการผลิตทุเรียนแผ่นอบแห้งคือควรใช้กำลังไมโครเวฟไม่เกิน 250 วัตต์ ร่วมกับลมร้อนที่อุณหภูมิ 65 องศาเซลเซียส ซึ่งเป็นอุณหภูมิที่อยู่ในช่วงที่เหมาะสมสำหรับการอบแห้งวัสดุประเภทผักและผลไม้ และควรควบคุมอุณหภูมิของลมร้อนให้คงที่ตลอดเวลา นอกจากนี้ยังสามารถสรุปได้ว่ากระบวนการอบแห้งที่มีอัตราการถ่ายเทความร้อนสูง เช่น ระบบที่มีการเป่าลมร้อน จะเหมาะสมกับการอบแห้งวัสดุมากกว่ากระบวนการอบแห้งที่มีการถ่ายเทความร้อนต่ำ เช่น ระบบการย่าง

กิตติกรรมประกาศ

คณะผู้ทำการวิจัยขอขอบคุณคณะกรรมการวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนครที่ให้การสนับสนุนงานวิจัย และขอบคุณโครงการทุนนักวิจัยวิจัยแกนนำ (Grant No. P-10-10308) โดยสำนักงานพัฒนาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีแห่งชาติ (สวทช.) และโครงการทุนศาสตราจารย์วิจัยดีเด่น (Grant No. DPG5980004) โดยสำนักงานกองทุนสนับสนุนการวิจัย (สกว.) ที่ให้ทุนสนับสนุนการวิจัยดังกล่าว

เอกสารอ้างอิง

สำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร (2559). สถิติการส่งออกทุเรียนรวม. แหล่งข้อมูล: http://www.oae.go.th/oae_report/

export_import/export_result.php. ค้นเมื่อ วันที่ 27 พฤษภาคม 2560.

- สำนักงานมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม (2549). มาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม (มอก. 2317-2549). ทุเรียนทอดกรอบ. กระทรวงอุตสาหกรรม. กรุงเทพมหานคร.
- Alibas I. (2007). Microwave, Air and Combined Microwave-air Drying Parameters of Pumpkin Slices. *LWT- Food Science and Technology* 40(8): 1445-1451.
- Alibas, I. (2006). Characteristics of Chard Leaves during Microwave, Convective, and Combined Microwave- Convective Drying. *Drying Technology* 24(11): 1425-1435.
- AOAC. Official Methods of Analysis. 16th ed. Association of official Agricultural Chemists. Washington: DC; (1995).
- Askari, G. R., Emam-Djomeh, Z. and Mousavi, S. M. (2009). An Investigation of the Effects of Drying Methods and Conditions on Drying Characteristics and Quality Attributes of Agricultural Products During Hot Air and Hot Air/ Microwave- Assisted Dehydration. *Drying Technology* 27(7-8): 831-841.
- Bai- Ngew, S., Therdtai, N. and Dhamvithee, P. (2011). Characterization of Microwave Vacuum- Dried Durian Chips. *Journal of Food Engineering* 104(1): 114-122.
- Chandrasekaran, S., Ramanathan, S. and Basak, T. (2013). Microwave Food Processing-A Review. *Food Research International* 52(1): 243-261.
- Jamradloedluk, J., Nathakaranakule, A., Soponronnarit, S. and Prachayawarakorn, S. (2007). Influences of Drying Medium and Temperature on Drying Kinetics and Quality Attributes of Durian Chip. *Journal of Food Engineering* 78(1): 198-205.
- Maskan, M. (2001). Drying, Shrinkage and Rehydration Characteristics of Kiwifruits during Hot air And Microwave Drying. *Journal of Food Engineering* 48(2): 177-182.
- Nathakaranakule, A., Jaiboon, P. and Soponronnarit, S. (2010). Far-Infrared Radiation Assisted Drying of Longan Fruit. *Journal of Food Engineering* 100(4): 662-668.
- Orsat, V., Yang, W., Changrue, V. and Raghavan, G. S. V. (2007). Microwave- Assisted Drying of Biomaterials. *Trans IChemE, Part C. Food and Bioproducts Processing* 85(3): 255-263.
- Paengkanya, S., Soponronnarit, S. and Nathakaranakule, A. (2015). Application of Microwaves for Drying of Durian Chips, *Food and Bioproducts Processing* 96: 1-11.

Reyes, A. , Cerón, S. , Zúñiga, R. and Moyano, P. (2007). A Comparative Study of Microwave-Assisted Air Drying of Potato Slices. *Biosystems Engineering* 98(3): 310-318.

Soysal, Y., Ayhan, Z. Eştürk, O. and Arikan, M.F. (2009). Intermittent Microwave- Convective Drying of Red Pepper: Drying

Kinetics, Physical (Colour and Texture) and Sensory Quality. *Biosystems Engineering* 103: 455-463.

Vadivambal, R. and Jayas, D.S. (2007). Changes in Quality of Microwave- Treated Agricultural Products- a Review. *Biosystems Engineering* 98(1): 1-16.

