คุณสมบัติทางเนื้อสัมผัสของข้าวไรซ์เบอร์รี่กึ่งสำเร็จรูปที่ส่งผลจากการอบแห้งแบบลมร้อนร่วมกับไมโครเวฟ

Textural Properties of Instant Riceberry as Affected by Hot-air Combined with Microwave Drying

วสันต์ ด้วงคำจันทร์[1*] และ สุดาทิพย์ อินทร์ชื่น[1]

Wasan Duangkhamchan[1*] and Sudathip Inchuen[1]

[1]ภาควิชาเทคโนโลยีการอาหารและโภชนศาสตร์ คณะเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยมหาสารคาม จ. มหาสารคาม 44150

[1]Department of Food Technology and Nutrition, Faculty of Technology, Mahasarakham University, Maha Sarakham 44150

*Corresponding author: wasan.d@msu.ac.th

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาผลของการอบแห้งด้วยลมร้อนร่วมกับไมโครเวฟต่อคุณสมบัติทางเนื้อสัมผัสของข้าวไรซ์เบอร์รี่กึ่งสำเร็จรูป อัตราส่วนข้าวต่อน้ำที่ใช้เตรียมข้าวสุกได้จากการทดสอบทางประสาทสัมผัส อุณหภูมิของลมร้อนที่ใช้อยู่ในช่วง 70-90°C และกำลังวัตต์ไมโครเวฟเท่ากับ 150-450 วัตต์ ขณะที่ความเร็วลมมีค่าคงที่ ข้าวสุกถูกนำมาอบแห้งภายใต้สภาวะการอบแห้งต่างๆ จนกระทั่งได้ความชื้นประมาณ 10-12% (ฐานเปียก) จากนั้นนำตัวอย่างข้าวที่ได้คืนรูปด้วยการให้ความร้อนด้วยไมโครเวฟ จากผลการทดลองพบว่าการอบแห้งภายใต้อุณหภูมิลมร้อนเท่ากับ 90°C และกำลังไมโครเวฟเท่ากับ 450 วัตต์ ส่งผลให้เวลาการอบแห้งสั้นที่สุดเท่ากับ 18 นาที ซึ่งแสดงถึงอัตราการอบแห้งสูงที่สุดเมื่อเทียบกับสภาวะอื่นๆ ที่ศึกษา ตัวอย่างข้าวหลังการคืนรูปมีความชื้นต่ำกว่าข้าวที่หุงสุกด้วยวิธีทั่วไป (ตัวอย่างควบคุม) เล็กน้อย สีของข้าวที่คืนตัวแล้วมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญโดยขึ้นอยู่กับสภาวะการอบแห้ง นอกจากนั้น ค่าความแข็งและความเหนียวของข้าวไรซ์เบอร์รี่คืนรูปสูงกว่าตัวอย่างควบคุม ยกเว้น ตัวอย่างที่อบแห้งภายใต้สภาวะ 90°C และกำลังไมโครเวฟเท่ากับ 300 และ 450 วัตต์ ที่ซึ่งค่าความแข็งมีค่าสูงกว่าตัวอย่างควบคุมในขณะที่ความเหนียวมีค่าต่ำกว่า จากการทดสอบทางประสาทสัมผัส พบว่าสภาวะการอบแห้งที่เหมาะสมคืออุณหภูมิลมร้อนเท่ากับ 80°C และกำลังไมโครเวฟเท่ากับ 150 วัตต์ ซึ่งเป็นสภาวะที่ให้ค่าความชอบทางสี กลิ่น และความชอบโดยรวมสูงสุด

คำสำคัญ: ข้าวกล้อง, ข้าวหุงสุกเร็ว, การอบแห้งแบบผสมผสาน

ABSTRACT

This work is aimed at investigating the effects of hot-air combined with microwave drying on textural properties of instant riceberry. The suitable rice -to-water ratio cooked rice preparation was used based on sensorial test. Variations of hot air temperatures, 70-90°C, and microwave powers ranging from 150 – 450 W were employed, while air velocity was kept constant. The cooked rice was dried under different conditions until reaching moisture content of approximately 10-12% (wet basis). The dried sample was

subsequently rehydrated by microwave heating. The results showed that the instant riceberry dried under hot-air temperature and microwave of 450 W gave the shortest drying time, 18 min, indicating the highest drying rate among a condition range tested. The rehydrated riceberry has moisture content slightly less than the conventionally cooked sample (control sample). Colors of rehydrated riceberry were significantly different from those of the instant one, depending on drying conditions. Moreover, hardness and stickiness of the rehydrated riceberry were higher than those of the control, except those of the sample dried under air temperature of 90°C and microwave power of 300 and 450 W at which hardness values were higher than those of the control sample, while stickiness values were lower. Based on the sensorial test, the suitable drying condition was hot-air temperature of 80°C and microwave power of 150 W, as providing the highest liking scores of color aroma and overall like.

Keywords: Brown rice, quick-cooking-rice, hybrid drying

บทนำ

ข้าวไรซ์เบอร์รี่เป็นอาหารที่ใช้คุณค่าทางโภชนาการสูงโดยเฉพาะสารต้านอนุมูลอิสระ อย่างไรก็ตาม การบริโภคข้าวไรซ์เบอร์รี่ยังประสบปัญหาในการเตรียมที่ต้องใช้เวลานานมากกว่า 30 นาที ซึ่งอาจไม่เหมาะกับวิถีชีวิตของผู้บริโภคที่ต้องการความเร่งด่วน ดังนั้น ผลิตภัณฑ์ข้าวไรซ์เบอร์รี่กึ่งสำเร็จรูปหรือข้าวหุงสุกเร็วที่ใช้เวลาในการเตรียมเพียง 3-5 นาทีจึงเป็นอีกทางเลือกหนึ่งของผู้บริโภค

ถึงแม้ว่าข้าวไรซ์เบอร์รี่กึ่งสำเร็จรูปสะดวกต่อการบริโภคแต่ยังมีข้อเสียในเรื่องของคุณภาพการรับประทานซึ่งส่งผลมาจากวิธีการอบแห้งที่ใช้ ดังนั้น เพื่อให้ได้ผลิตภัณฑ์ข้าวไรซ์เบอร์รี่ที่มีคุณภาพ การเลือกใช้วิธีการอบแห้งที่เหมาะสมจึงถือได้ว่าเป็นสิ่งสำคัญที่จะต้องพิจารณา ซึ่งต้องคำนึงการเปลี่ยนแปลงทั้งเคมีและกายภาพของข้าวไรซ์เบอร์รี่ กึ่งสำเร็จรูป การเปลี่ยนแปลงทางเคมีมีผลต่อคุณลักษณะทางประสาทสัมผัส เช่น สี รสชาต และกลิ่น เป็นต้น ในขณะที่การเปลี่ยนแปลงทางกายภาพส่งผลต่อการคืนรูป เนื้อสัมผัส และเวลาการหุงต้ม (Jiao et al., 1014)

คุณลักษณะที่ไม่พึงประสงค์ เช่น ผิวหน้าแข็ง การหดตัว และการเปลี่ยนแปลงของสี ที่เกิดจากการใช้วิธีการอบแห้งแบบลมร้อนทั่วไป (Lin et al., 1998; Drouzas et al., 1999) สามารถแก้ปัญหาได้โดยใช้เทคโนโลยีการอบแห้งแบบไมโครเวฟที่ให้อัตราการการอบแห้งสูงและใช้เวลาสั้น แต่อย่างไรก็ตาม การใช้ไมโครเวฟอย่างเดียวยังมีข้อเสียคือการกระจายความร้อนที่ไม่สม่ำเสมอ และเกิดการแข็งตัวที่ผิวของผลิตภัณฑ์เนื่องจากการสะสมความชื้นที่เคลื่อนที่จากภายในออกสู่ผิวหน้าของผลิตภัณฑ์อย่างรวดเร็ว ดังนั้น เพื่อกำจัดความชื้นที่ผิวหน้าของผลิตภัณฑ์จึงจำเป็นต้องใช้ลมร้อนเข้ามาช่วย

งานวิจัยนี้ จึงมีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาผลของสภาวะการอบแห้งแบบลมร้อนร่วมกับไมโครเวฟต่อคุณภาพทางเนื้อสัมผัสของผลิตภัณฑ์ข้าวไรซ์เบอร์รี่

อุปกรณ์และวิธีการ

ตัวอย่างข้าวไรซ์เบอร์รี่

แหล่งปลูก บ้านกระเบื้องใหญ่ ตำบลกระเบื้องใหญ่ อำเภอมาย จังหวัดนครราชสีมา ปลูกวันที่ 23 เดือน มิถุนายน 2558 เก็บเกี่ยว วันที่ 4 พฤศจิกายน 2558 ความชื้นของเมล็ดข้าวไรซ์เบอร์รี่เริ่มต้น 12% (wet basis)

การเตรียมตัวอย่างข้าวไรซ์เบอร์รี่หุงสุก

หุงข้าวไรซ์เบอร์รี่ด้วยหม้อหุงข้าวที่ใช้ในครัวเรือนทั่วไป โดยใช้อัตราส่วนระหว่างข้าวกับน้ำแตกต่างกัน คือ 1:3 1:4 1:5 และ 1:6 บันทึกเวลาการหุงต้ม วัดปริมาณความชื้นและทำการทดสอบทางประสาทสัมผัสของข้าวไรซ์เบอร์รี่หุงสุกเพื่อหาสภาวะการหุงต้มที่เหมาะสมโดยคำนึงถึงการยอมรับของผู้บริโภค

การเตรียมตัวอย่างข้าวไรซ์เบอร์รี่กึ่งสำเร็จรูป

อบแห้งข้าวไรซ์เบอร์รี่ที่หุงโดยใช้อัตราส่วนระหว่างข้าวกับน้ำที่เหมาะสมจากหัวข้อที่แล้ว (ใช้เป็นตัวอย่างควบคุม) ปริมาณ 100 กรัม โดยใช้เครื่องอบแห้งแบบลมร้อนร่วมกับไมโครเวฟที่อุณหภูมิลมร้อนเท่ากับ 70 80 และ 90°C ร่วมกับกำลังวัตต์ไมโครเวฟเท่ากับ 150 300 และ 450 วัตต์ จนกระทั่งได้ความชื้นเท่ากับ 10-12% (wet basis) วางแผนแบบ Full Factorial ทดลองซ้ำจุดตรงกลาง 3 ซ้ำ

การคืนรูปตัวอย่างข้าวไรซ์เบอร์รี่กึ่งสำเร็จ

ใช้ตัวอย่างข้าวไรซ์เบอร์รี่กึ่งสำเร็จรูป 30 กรัม ผสมน้ำด้วยอัตราส่วนข้าวต่อน้ำเท่ากับ 1:3 นำมาคืนรูปด้วยไมโครเวฟที่กำลังวัตต์ 600 วัตต์ เป็นเวลา 10 นาที วัดคุณภาพทางกายภาพของเนื้อสัมผัสของข้าวไรซ์เบอร์รี่ที่คืนรูปแล้วทำการวัด 3 ซ้ำ โดยแสดงผลเป็นค่าเฉลี่ย

การวัดคุณภาพตัวอย่างข้าวไรซ์เบอร์รี่

การวัดความชื้น

นำตัวอย่างข้าวไรซ์เบอร์รี 3 กรัม อบแห้งด้วยเครื่องอบแห้งแบบลมร้อนที่อุณหภูมิ 105°C เป็นเวลา 72 ชั่วโมง ตามวิธีมาตรฐาน AOAC ทำการทดลองวัด 3 ซ้ำ รายงานผลเป็นค่าเฉลี่ย

การวัดค่าสี

ใช้เครื่องวัดสี (Minolta colorimeter) วัดค่าสีระบบ CIE (L* a* b*) รายงานค่าเป็น L* (ค่าความสว่าง) a* (ค่าความเป็น สีแดง) -a*(ค่าความเป็นสีเขียว) b* (ค่าความเป็นสีเหลือง) –b*(ค่าความเป็น สีน้ำเงิน) ทำการทดลองวัด 15 ซ้ำ และรายงานผลเป็นค่าเฉลี่ย

การวัดคุณภาพทางเนื้อสัมผัส

การวิเคราะห์ผลทางด้านเนื้อสัมผัสตามวิธีการมาตรฐาน ISO 11747 โดยใช้เครื่อง Texture Analyzer หัววัดชนิด Rice Extrusion Rig ใช้ความเร็วของหัววัด 1 mm/s เพื่อกดตัวอย่างข้าวสุกหรือข้าวคืนรูปปริมาณ 17 กรัม ให้ผ่านทะลุ extrusion chamber (ระยะทาง 52 mm) ซึ่งค่าเนื้อสัมผัสที่ได้ จากกราฟ ได้แก่ค่าความแข็ง (Hardness) หน่วยเป็น N คือ ค่าแรงสูงสุดที่ได้จากการกด และค่าความเหนียวติดกัน (stickiness) หน่วยเป็น (N.Sec) คือ งานที่ใช้ในการถอนหัววัดออกจากตัวอย่าง แสดงถึงความสามารถของผลิตภัณฑ์ในการ เกาะติดกับองค์ประกอบอื่น เช่น ปาก และ ฟัน

การวิเคราะห์ทางประสาทสัมผัส

ประเมินความชอบในด้าน ลักษณะ ปรากฏ สี ลักษณะเนื้อสัมผัส และความชอบโดยรวม โดยใช้วิธีการทดสอบความชอบโดยใช้ 7- point hedonic scale ผู้ทดสอบ คือบุคลากรและนิสิตมหาวิทยาลัยมหาสารคาม จำนวน 30 คน

การวิเคราะห์ผลทางสถิติ

วางแผนทดลองแบบ Randomized Complete Block Design (RCBD) สำหรับการประเมินผลทางประสาทสัมผัสของข้าวไรซ์เบอร์รี่กึ่งสำเร็จรูป ทดสอบความแปรปรวนทางสถิติ (Analysis of Varance, ANOVA) หาค่าเฉลี่ยและเปรียบเทียบความแตกต่างระหว่างทรีทเมนท์โดยวิธี Duncan’s New Multiple Range Test (DMRT) ($p \leq 0.05$)

ผลการทดลองและวิจารณ์

อัตราส่วนระหว่างข้าวไรซ์เบอร์รี่และน้ำที่เหมาะสมสำหรับการเตรียมข้าวสุก

จากผลการทดสอบทางประสาทสัมผัสของผู้บริโภคทางด้านความชอบของข้าวไรซ์เบอร์รี่หุงสุกที่ใช้สัดส่วนของข้าวต่อน้ำแตกต่างกัน 4 ระดับ ได้แก่ 1:3 1:4 1:5 และ 1:6 ทดสอบความชอบในด้านลักษณะปรากฏ สี กลิ่นรส เนื้อสัมผัส รสชาติ และความชอบโดยรวม โดยใช้ผู้ทดสอบ 30 คน เป็นเพศหญิง 24 คนและเพศชาย 6 คน มีอายุระหว่าง 20 ถึง 36 ปี พบว่าอัตราส่วนของข้าวต่อน้ำในการหุงข้าวไรซ์เบอร์รี่มีผลต่อการยอมรับของผู้บริโภคในด้านลักษณะปรากฏ สี เนื้อสัมผัส รสชาติ และความชอบโดยรวมอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) แต่อัตราส่วนข้าวต่อน้ำในการหุงสุกไม่มีผลต่อคะแนนความชอบทางด้านกลิ่นรส โดยผู้บริโภคให้คะแนนความชอบในด้านกลิ่นรสในระดับชอบเล็กน้อย เมื่อพิจารณาคะแนนความชอบทางด้านลักษณะปรากฏ เนื้อสัมผัส และความชอบโดยรวม การหุงข้าวโดยใช้สัดส่วนของข้าวต่อน้ำ 1:3 มีคะแนนความชอบในด้านดังกล่าวสูงที่สุด ดังนั้นจากผลการทดสอบจึงสามารถสรุปได้ว่าสัดส่วนของข้าวต่อน้ำที่เหมาะสมและได้รับการยอมรับจากผู้บริโภคมากที่สุด คือ 1:3 เป็นสัดส่วนของข้าวต่อน้ำที่จะใช้สำหรับหุงข้าวเพื่อเตรียมตัวอย่างสำหรับการทำข้าวไรซ์เบอร์รี่กึ่งสำเร็จรูปต่อไป

ผลของสภาวะการอบแห้งต่อคุณภาพด้านสีของข้าวไรซ์เบอร์รี่กึ่งสำเร็จรูป

ข้าวไรซ์เบอร์รี่หุงสุกมีความชื้นประมาณ 60% (wet basis) เมื่อทำแห้งโดยใช้ลมร้อนร่วมกับไมโครเวฟที่สภาวะการทำแห้งที่แตกต่างกัน โดยใช้อุณหภูมิลมร้อนตั้งแต่ 70-90°C และกำลังวัตต์ไมโครเวฟ 150-450 วัตต์ เพื่อให้ได้ข้าวไรซ์เบอร์รี่กึ่งสำเร็จรูปที่มีปริมาณความชื้นประมาณ 10-12% ระยะเวลาในการทำแห้งข้าวหุงสุกเมื่อใช้สภาวะในการทำแห้งที่แตกต่างกันโดยที่สภาวะการอบแห้งอุณหภูมิลมร้อนเท่ากับ 90°C ร่วมกับไมโครเวฟ 450 วัตต์ ใช้เวลาอบแห้งสั้นที่สุดเท่ากับ 18 นาที ในขณะที่สภาวะที่อุณหภูมิและกำลังวัตต์ต่ำสุดใช้เวลานานที่สุดเท่ากับ 73 นาที ซึ่งสอดคล้องกับหลักการอบแห้งที่อุณหภูมิและพลังงานไมโครเวฟสูงจะมีอัตราการอบแห้งสูงและใช้เวลาสั้น (Jiao et al., 2014)

ข้าวไรซ์เบอร์รี่เป็นข้าวที่มีสีม่วงเนื่องจากมีเม็ดสีแอนโธไซยานินเป็นส่วนประกอบ จากTable 1 พบว่าสภาวะในการทำแห้งมีผลต่อสี CIE L*a*b* ของข้าวไรซ์เบอร์รี่กึ่งสำเร็จรูปอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) โดยข้าวไรซ์เบอร์รี่กึ่งสำเร็จรูปเกือบทุกตัวอย่างมีค่าสี L*, a* และ b* สูงกว่าตัวอย่างข้าวไรซ์เบอร์รีที่ยังไม่ผ่านกระบวนหุงสุกและอบแห้ง ยกเว้นข้าวไรซ์เบอร์รี่กึ่งสำเร็จรูปที่ได้จากการทำแห้งที่อุณหภูมิ 70°C ร่วมกับไมโครเวฟ 150 วัตต์ และ 80°C ร่วมกับไมโครเวฟที่ 450 วัตต์ มีค่าความสว่าง (L*) ไม่แตกต่างกับข้าวสาร ในขณะที่ข้าวไรซ์เบอร์รี่กึ่งสำเร็จรูปที่ได้จากการทำแห้งอุณหภูมิ 80°C ร่วมกับไมโครเวฟที่ 150 วัตต์, 90°C ร่วมกับไมโครเวฟที่ 150 และ 300 วัตต์ มีค่าความเป็นสีแดง (a*) ไม่แตกต่างกันกับข้าวสาร ส่วนการทำแห้ง 70°C ร่วมกับไมโครเวฟที่ 150 วัตต์ มีค่าความเป็นสีแดงต่ำที่สุดและมีค่าต่ำกว่าข้าวสาร

ผลของสภาวะการอบแห้งต่อคุณภาพด้านสีและเนื้อสัมผัสของข้าวไรซ์เบอร์รีคืนรูป

นอกจากค่าสีของข้าวไรซ์เบอร์รีหลังการอบแห้งแล้ว Table 1 ยังแสดงค่าสีหลังการคืนรูปซึ่งพบว่าสภาวะในการทำแห้งมีผลต่อค่าความสว่าง (L*) ความเป็นสีแดง (a*) และความเป็นสีเหลือง (b*) อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) โดยข้าวไรซ์เบอร์รี่กึ่งสำเร็จรูปหลังจากการคืนรูปแล้วมีทั้งค่าสีที่มากกว่าและน้อยกว่าเมื่อเปรียบเทียบกับข้าวไรซ์เบอร์รี่หุงสุกซึ่งขึ้นอยู่สภาวะในการทำแห้ง ข้าวไรซ์เบอร์รี่กึ่งสำเร็จรูปหลังการคืนรูปของตัวอย่างที่อุณหภูมิ 70 °C ร่วมกับไมโครเวฟ 450 วัตต์ มีค่าความสว่าง (L*) สูงสุดและมีค่าความสว่างสูงกว่าข้าวไรซ์เบอร์รี่หุงสุก และ ข้าวไรซ์เบอร์รี่กึ่งสำเร็จรูปหลังการคืนรูปของตัวอย่างที่อุณหภูมิ 80 °C ร่วมกับไมโครเวฟ 450 วัตต์ มีค่าความสว่าง (L*) ต่ำสุดและมีค่าต่ำกว่าข้าวไรซ์เบอร์รี่หุงสุก ในขณะที่ข้าวไรซ์เบอร์รี่กึ่งสำเร็จรูปหลังการคืนรูปของตัวอย่างที่อุณหภูมิ 80 °C ร่วมกับไมโครเวฟ 450 วัตต์ ค่าความเป็นสีแดง (a*) ไม่มีความแตกต่างกันกับข้าวไรซ์เบอร์รี่หุงสุก ส่วนข้าวไรซ์เบอร์รี่กึ่งสำเร็จรูปหลังการคืนรูปของตัวอย่างที่อุณหภูมิ 80 °C

ร่วมกับไมโครเวฟ 300 วัตต์ มีค่าความเป็นสีแดง (a*) สูงสุดและมีค่าสูงกว่า และ ข้าวไรซ์เบอร์รี่กึ่งสำเร็จรูปหลังการคืนรูปของตัวอย่างที่อุณหภูมิ 70 ℃ ร่วมกับไมโครเวฟ 150 วัตต์ มีค่าความเป็นสีแดง (a*) ต่ำสุดและมีค่าต่ำกว่าข้าวไรซ์เบอร์รี่หุงสุก

จาก Table 2 พบว่าสภาวะในการทำแห้งมีผลต่อความชื้นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) ข้าวไรซ์เบอร์รี่หุงสุกก่อนอบแห้งมีค่าความชื้นเริ่มต้น 60.02% หลังการการอบแห้งข้าวไรซ์เบอร์รี่กึ่งสำเร็จรูปแล้วมาคืนรูปความชื้นอยู่ระหว่าง 33.83% - 53.46% โดยพบว่าข้าวไรซ์เบอร์รี่กึ่งสำเร็จรูปหลังการคืนรูปมีความชื้นต่ำกว่าข้าวไรซ์เบอร์รี่หุงสุกก่อนอบแห้งข้าวไรซ์เบอร์รี่กึ่งสำเร็จรูปหลังการคืนรูปสภาวะอบแห้งที่อุณหภูมิ 80 ^{0}C ร่วมกับไมโครเวฟ 300 วัตต์ มีความชื้นสูงสุด 53.46% และค่าความชื้นต่ำสุดจะอยู่ที่สภาวะการอบแห้งที่อุณหภูมิ 70^{0}C ร่วมกับไมโครเวฟ 450 วัตต์

ความแข็งข้าวไรซ์เบอร์รี่กึ่งสำเร็จรูปมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) และจาก Table 2 พบว่าความแข็งของข้าวไรซ์เบอร์รี่กึ่งสำเร็จรูปหลังการคืนรูปทุกตัวอย่าง มีความแข็งมากกว่าข้าวไรซ์เบอร์รี่หุงสุกที่มีความแข็ง 123.81 N ในขณะที่ข้าวไรซ์เบอร์รี่กึ่งสำเร็จรูปหลังการคืนรูปมีความแข็งอยู่ระหว่าง 166.83 ถึง 250.48 N ซึ่งความแข็งที่สูงสุดจะอยู่ที่ตัวอย่างที่อบแห้งอุณหภูมิ 70 ^{0}C ร่วมกับไมโครเวฟ 300 วัตต์

ความเหนียวจาก Table 2 พบว่าการทำแห้งมีผลต่อความเหนียวของข้าวไรซ์เบอร์รี่กึ่งสำเร็จรูปหลังคืนรูปอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ ($p \leq 0.05$) ข้าวไรซ์เบอร์รี่หุงสุกที่มีความเหนียว 7.24 N.sec ซึ่งพบว่าข้าวไรซ์เบอร์รี่กึ่งสำเร็จรูปหลังการคืนรูปเกือบทุกตัวอย่างมีค่าความเหนียวสูงกว่าข้าวไรซ์เบอร์รี่หุงสุก ยกเว้น สภาวะการอบแห้งที่อุณหภูมิ 90 ^{0}C ร่วมกับไมโครเวฟ 300, 450 วัตต์ มีค่าความเหนียวต่ำกว่าข้าวไรซ์เบอร์รี่หุงสุก ในขณะที่ข้าวไรซ์เบอร์รี่กึ่งสำเร็จรูปหลังการคืนรูปที่สภาวะการอบแห้งอุณหภูมิ 70 ^{0}C, 80 ^{0}C, ร่วมกับไมโครเวฟ 150, 300, 450 วัตต์ และ 90 ^{0}C ร่วมกับไมโครเวฟ 150 วัตต์ มีค่าความเหนียวมากกว่าข้าวไรซ์เบอร์รี่หุงสุก

จากคุณภาพทางเนื้อสัมผัสทั้งสองจะเห็นได้ว่าข้าวไรซ์กึ่งสำเร็จรูปหลังการคืนรูปมีแนวโน้มสูงขึ้นเมื่อสภาวะการอบแห้งที่อุณหภูมิและกำลังไมโครเวฟต่ำ ซึ่งสามารถอธิบายได้จากการหดตัวของเมล็ดข้าวสูงที่อัตราการอบแห้งต่ำ ส่งผลให้รูพรุนภายในเมล็ดข้าวและดูดน้ำคืนได้น้อยกว่าซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยของ Jiao et al. (2014)

จากผลการทดสอบทางประสาทสัมผัสของผู้บริโภคดังแสดงใน Table 3 พบว่าข้าวไรซ์เบอร์รี่กึ่งสำเร็จรูปหลังการคืนรูปที่สภาวะที่ใช้อุณหภูมิของเครื่องอบลมร้อนที่ 70 ℃ ร่วมกับไมโครเวฟที่ 300 วัตต์ ได้รับคะแนนความชอบด้านลักษณะปรากฏสูงกว่าข้าวไรซ์เบอร์รี่หุงสุก ในขณะที่ข้าวไรซ์เบอร์รี่กึ่งสำเร็จรูปที่สภาวะการอบแห้งที่อุณหภูมิ 80 ℃ ร่วมกับไมโครเวฟที่ 150 วัตต์มีคะแนนความชอบด้านลักษณะเนื้อสัมผัสสูงสุด ดังนั้นจึงสรุปได้ว่า สภาวะที่เหมาะสมสำหรับการผลิตข้าวไรซ์เบอร์รี่กึ่งสำเร็จรูปเมื่อพิจารณาความชอบทางสี กลิ่น และความชอบโดยรวมคือ สภาวะการอบแห้งที่อุณหภูมิ 80 ℃ ร่วมกับไมโครเวฟที่ 150 วัตต์

สรุป

การอบแห้งแบบลมร้อนร่วมกับไมโครเวฟมีผลต่อทั้งคุณภาพทางกายภาพและทางเนื้อสัมผัสของข้าวไรซ์เบอร์รีทั้งก่อนและหลังคืนรูป จากการศึกษานี้พบว่าเมื่อคำนึงคุณภาพทางเนื้อสัมผัสและการยอมรับของผู้บริโภค สภาวะการอบแห้งที่ 80°C และ 150 W เหมาะสมที่สุด

เอกสารอ้างอิง

Drouzas, A.E., Tsami, E., and Saravacos, G.D., 1999. Microwave/vacuum drying of model fruit gels. J. Food Eng. 39(2): 117-122.

Jiao, A., Xu, X., and Jin, Z., 2014. Modelling of dehydration-rehydration of instant rice in combined microwave-hot air drying. Food Bioprod Process. 92: 259-265.

Lin, T.M., Durance, T.D., and Scaman, C.H., 1998. A characterization of vacuum microwave air and freeze dried carrots slices. Food Res. Int. 31(2): 111-117.

Table 1 Color values of cooked riceberry dried under different drying conditions.

Drying conditions	L*		a*		b*	
	Before rehydration	After rehydration	Before rehydration	After rehydration	Before rehydration	After rehydration
Raw sample	22.62^{d}±0.31	-	1.53^{c}±0.10		-1.69^{e}±0.07	-
control	-	25.18^{d}±0.33	-	4.54^{d}±0.06	-	-0.77^{i}±0.01
70 °C + 150 W	23.10^{cd}±0.11	24.58^{e}±0.31	1.23^{d}±0.02	2.66^{h}±0.04	2.05^{bc}±0.13	0.34^{e}±0.03
70 °C + 300 W	24.02^{ab}±0.04	25.58^{c}±0.19	2.27^{a}±0.15	4.23^{e}±0.33	1.65^{b}±0.07	0.92^{b}±0.05
70 °C + 450 W	23.46^{abc}±0.73	26.15^{a}±0.40	2.02^{b}±0.14	5.10^{c}±0.17	2.06^{bc}±0.11	0.63^{d}±0.03
80 °C + 150 W	23.38^{bc}±0.44	26.02^{ab}±0.09	1.57^{c}±0.06	5.69^{b}±0.08	1.98^{bc}±0.07	0.75^{c}±0.03
80 °C + 300 W	23.65^{abc}±0.48	25.72^{bc}±0.08	2.33^{a}±0.03	6.08^{a}±0.10	1.93^{c}±0.05	1.57^{a}±0.04
80 °C + 450 W	23.05^{cd}±0.10	24.01^{f}±0.03	2.00^{b}±0.10	4.38^{de}±0.31	1.70^{b}±0.09	-0.22^{g}±0.05
90 °C + 150 W	24.08^{ab}±0.27	24.51^{e}±0.13	1.54^{c}±0.09	3.38^{g}±0.02	2.02^{bc}±0.05	-0.67^{i}±0.04
90 °C + 300 W	23.61^{abc}±0.40	24.70^{e}±0.16	1.51^{c}±0.10	3.94^{f}±0.02	2.11^{ab}±0.01	-0.42^{h}±0.03
90 °C + 450 W	24.17^{a}±0.42	25.59^{c}±0.21	2.40^{a}±0.07	4.21^{ef}±0.05	2.23^{a}±0.06	0.21^{f}±0.02

Different superscripts denote significant difference ($p<0.05$) in the same column.

Table 2 Moisture content (MC) and textural properties of instant riceberry after rehydration.

Drying condition	MC (%)	Hardness (N)	Stickiness (N.sec)
control	60.02^{a}±1.30	123.81^{g}±2.78	7.24^{e}±0.28
70 °C + 150 W	50.51^{d}±0.12	187.71^{d}±2.97	10.44^{c}±0.60
70 °C + 300 W	48.49^{e}±0.77	250.48^{a}±9.53	15.95^{a}±0.47
70 °C + 450 W	33.83^{g}±0.41	206.90^{bc}±8.44	13.31^{b}±0.96
80 °C + 150 W	48.71^{e}±0.18	186.06^{d}±3.27	12.44^{b}±0.80
80 °C + 300 W	53.46^{b}±0.37	187.46^{d}±6.59	13.33^{b}±1.17
80 °C + 450 W	51.69^{c}±0.88	194.76^{d}±5.42	9.05^{d}±0.61
90 °C + 150 W	46.42^{f}±0.36	214.04^{b}±14.52	13.89^{b}±1.22
90 °C + 300 W	51.99^{c}±0.39	167.84^{f}±2.34	4.14^{g}±0.88
90 °C + 450 W	48.48^{e}±0.10	166.83^{f}±8.38	5.69^{f}±0.55

Different superscripts denote significant difference ($p<0.05$) in the same column.

Table 3 Sensorial evaluation of instant riceberry after rehydration.

Drying condition	Apperance	Color^{ns}	Aroma^{ns}	Texture	Overall preference^{ns}
control	4.77^{b}±1.00	5.00±1.01	4.63±1.37	4.70^{ab}±1.60	4.83±1.48
70 °C + 150 W	5.23^{ab}±0.89	5.13±1.07	4.53±1.27	4.53^{abc}±1.50	4.80±1.12
70 °C + 300 W	5.27^{a}±0.94	5.20±1.03	5.00±0.87	4.03^{c}±1.47	5.03±0.92
70 °C + 450 W	5.07^{ab}±1.08	5.03±1.09	4.73±1.22	4.63^{abc}±1.42	4.83±0.91
80 °C + 150 W	5.00^{ab}±1.14	4.83±1.01	4.37±1.09	4.83^{a}±1.31	4.67±1.39
80 °C + 300 W	4.80^{ab}±1.09	4.77±1.22	4.33±1.29	4.17^{bc}±1.44	4.60±1.16
80 °C + 450 W	4.83^{ab}±1.01	4.80±1.18	4.40±1.27	4.20^{abc}±1.24	4.67±1.54
90 °C + 150 W	4.30^{c}±0.87	4.80±1.15	4.53±1.27	4.27^{abc}±1.43	4.53±1.07
90 °C + 300 W	4.90^{ab}±1.26	4.87±1.13	4.53±1.07	4.63^{abc}±1.35	4.97±1.27
90 °C + 450 W	4.83^{ab}±1.14	5.07±0.94	4.63±1.21	4.13^{bc}±1.45	4.63±1.27

Different superscripts denote significant difference ($p<0.05$) in the same column.