The Journal of Applied Science **Vol. 19 No. 2: 129-144 [2020]**
วารสารวิทยาศาสตร์ประยุกต์ doi: 10.14416/j.appsci.2020.02.011
ISSN 1513-7805 (Printed in Thailand) ISSN 2586-9663 (Online)

Research Article

ผลของกำลังคลื่นไมโครเวฟระดับอุตสาหกรรมต่อคุณสมบัติทางกายภาพและเคมีของข้าวเกรียบปลากึ่งสำเร็จรูป

The effect of industrial microwave power level on physical and chemical properties of semi-finished fish crackers

รอมลี เจะดอเลาะ[1*] และมาหะมะดารี แวโนะ[2]

Romlee Chedoloh [1*]and Mahamadaree Waeno[2]

[1]สาขาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีการอาหาร คณะวิทยาศาสตร์เทคโนโลยีและการเกษตร มหาวิทยาลัยราชภัฏยะลา ถนนเทศบาล 3 ตำบลสะเตง อำเภอเมือง จังหวัดยะลา 95000

[2]สาขาวิชารัฐประศาสนศาสตร์ คณะศิลปศาสตร์และสังคมศาสตร์ มหาวิทยาลัยฟาฏอนี ตำบลเขาตูม อำเภอยะรัง จังหวัดปัตตานี 94160

[1]Food Science and Technology, Faculty of Science Technology and Agriculture, Yala Rajabhat University, Thetsaban 3 Road, Tambol Sateng, Amphoe Mueang, Yala Province 95000

2 Public Administration Department, Faculty of Liberal Arts and Social Sciences, Fatoni University, Tambol Khautoom, Amphoe Yarang, Pattani Province 94160

***E-mail**: romalee.c@yru.ac.th

Received: 18/05/2020; Revised: 11/10/2020; Accepted: 05/11/2020

บทคัดย่อ

ปัจจุบันผลิตภัณฑ์ข้าวเกรียบปลาที่ผ่านการทอดมีไขมันสูงและมีความเสี่ยงก่อให้เกิดโรคมะเร็ง รวมทั้งรูปแบบการบริโภคเปลี่ยนไปจากเดิมโดยใช้ไมโครเวฟในการผลิตอาหารและอุ่นอาหาร เนื่องจากสะดวกและประหยัดเวลา การวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาการอบพองข้าวเกรียบปลาด้วยไมโครเวฟต่อคุณสมบัติทางกายภาพและเคมีของข้าวเกรียบปลากึ่งสำเร็จ โดยนำข้าวเกรียบปลาปัตตานีและข้าวเกรียบปลานราธิวาสในพื้นที่ 3 จังหวัดชายแดนใต้อบพองด้วยเครื่องไมโครเวฟที่กำลังคลื่นไมโครเวฟ 1,300 และ 1,700 วัตต์ และระยะเวลาอบที่ 10 20 และ 30 วินาที จากการศึกษา พบว่า กำลังคลื่นไมโครเวฟและระยะเวลามีผลต่อค่าความสว่าง (L^*) ในข้าวเกรียบปลาแตกต่างกัน ($p\leq0.05$) โดยข้าวเกรียบปลาปัตตานีและนราธิวาสใช้กำลังคลื่นไมโครเวฟ 1,700 วัตต์ ระยะเวลา 30 วินาที เหมาะสมที่สุดในการอบพองขยายตัวได้ดีและมีคุณภาพตามที่มาตรฐานกำหนดไว้ ซึ่งค่า L^* และ b^* ของข้าวเกรียบปลาทั้ง 2 ชนิดมีแนวโน้มจะมีค่าลดลงแปรตามกำลังคลื่นไมโครเวฟ และระยะเวลาการอบพองด้วย

ไมโครเวฟที่เพิ่มขึ้น ขณะที่ค่า a^* มีแนวโน้มค่าสีแดงเพิ่มขึ้นตามลำดับ ($p\leq0.05$) เมื่อพิจารณาค่าการพองตัวเพิ่มขึ้นแปรตามกำลังคลื่นไมโครเวฟและระยะเวลาที่เพิ่มขึ้น ในขณะที่ปริมาณความชื้นและค่าวอเตอร์แอคติวิตี้ (a_w) จะลดลง ข้าวเกรียบปลาหลังการอบพองด้วยไมโครเวฟ พบว่า ปริมาณความชื้น ร้อยละ 2.51-3.47 และค่า a_w อยู่ในช่วง 0.41-0.46 ซึ่งสามารถยืดอายุการเก็บรักษาของผลิตภัณฑ์ได้ คุณภาพทางประสาทสัมผัสของผลิตภัณฑ์ พบว่า ข้าวเกรียบปลาปัตตานีและข้าวเกรียบปลานราธิวาสมีคะแนนการทดสอบด้านความชอบโดยรวมไม่แตกต่างกัน ($p>0.05$) ซึ่งมีคะแนนเท่ากับ 7.23 (ชอบปานกลาง) และ 7.16 (ชอบปานกลาง) ตามลำดับ ดังนั้นข้าวเกรียบปลาอบพองด้วยกำลังคลื่นไมโครเวฟระดับอุตสาหกรรมมีรสชาติ เนื้อสัมผัส กลิ่นใกล้เคียงกับข้าวเกรียบปลาทอดและสามารถขยายทางการตลาดต่อไป

คำสำคัญ: ข้าวเกรียบปลากึ่งสำเร็จรูป, สมบัติทางกายภาพและเคมี, กำลังคลื่นไมโครเวฟ, ระยะเวลาอบพอง

Abstract

Currently, fried fish cracker products are high in fat and are at risk of cancers. The microwave application has gained popularity due to its convenience. The aim of this research was to study the effect of microwave power level with different puffing times on the physical and chemical properties. The fish cracker of Pattani and Narathiwat provinces were puffer by using of fish crackers microwave power (1,300 and 1,700 watts) and puffed (10, 20, and 30 seconds). The results showed that microwave power and time affect brightness value (L^*) with significantly different ($p\leq0.05$). The microwave power at 1,700 for 30 second was suitable for puffing of fish cracker products from the Pattani and Narathiwat with according standard of fish cracker. The L^* and b^* values of both types of fish crackers tended to be decreased as the microwave power and duration time decreased. Whereas, the value a^* (redness) increased tendency with significantly different ($p\leq0.05$). Moreover, moisture content and water activity (a_w) were decreased when microwaving at higher microwave power for a longer time. The moisture content and a_w of puffed fish crackers were 2.51-3.47 % and 0.41-0.46, The low value of moisture content and a_w indicated that this product could have an extended shelf life. 0.41-0.46, respectively. Pattani fish crackers and Narathiwat fish crackers showed overall liking score with not significantly different ($p>0.05$) with the value at 7.23 (like moderately) and 7.16 (moderately like), respectively. In conclusion, these data indicated that the microwave application could be used in puffing semi-finished fish crackers and has a promising potential for the development of new products.

Keywords: semi-finished fish cracker, physical-chemical properties, microwave power, puffing time

บทนำ

ปัจจุบันผลิตภัณฑ์ข้าวเกรียบปลาในพื้นที่ 3 จังหวัดชายแดนภาคใต้มีความเป็นอัตลักษณ์และมีความโดดเด่นแตกต่างจากภูมิภาคอื่น ๆ โดยการผลิตข้าวเกรียบปลาจำนวนมากในพื้นที่อำเภอยะหริ่ง จังหวัดปัตตานี (Saah et al., 2015) และ อำเภอเมือง จังหวัดนราธิวาส ข้าวเกรียบปลาจัดเป็นอาหารกึ่งสำเร็จรูปที่ผ่านการทำให้สุกในและทำแห้งในกระบวนการผลิต ผู้บริโภคสามารถบริโภคข้าวเกรียบปลาทอดเป็นขนมขบเคี้ยว บางพื้นที่บริโภคข้าวเกรียบปลาพร้อมกับข้าวยำ อย่างไรก็ตามการบริโภคลักษณะนั้นจะได้ปริมาณของไขมันจากน้ำมันที่ทอด โดยปกติข้าวเกรียบปลาที่ผ่านการทอดมีไขมันร้อยละ 24.83-25.71 (Chedoloh, 2017) โดยน้ำหนัก ทำให้ผู้ประกอบการมีการใช้กรรมวิธีในการลดปริมาณของไขมันจากการทอดเป็นกรรมวิธีอื่น เช่น การคั่วด้วยหินกรวดขนาดเล็ก และการอบด้วยเตาแก๊ส ซึ่งมีความยากง่ายแตกต่างกัน อาจจะมีการปนเปื้อนเศษหิน หรือการไหม้ในข้าวเกรียบปลาก่อให้เกิดอันตรายต่อผู้บริโภคได้ (Chedoloh & Chehmalee, 2019) การนำข้าวเกรียบปลาอบพองด้วยไมโครเวฟ จัดเป็นกรรมวิธีที่ดีที่สุดตอนนี้ จากการอบพองใช้เวลาสั้น และช่วยลด ปริมาณไขมันในผลิตภัณฑ์ ซึ่งเหมาะสมกับผู้รักสุขภาพ (Rakesh & Datta, 2011) และมีคุณค่าทางโภชนาการของกรดไขมันโอเมก้า 3 อีกด้วย

การนำแผ่นข้าวเกรียบปลาดิบผ่านการอบพองด้วยไมโครเวฟลงในภาชนะที่ทนต่อความร้อนและการเกิดปฏิกิริยาอบพองด้วยเครื่องไมโครเวฟ (Chedoloh & Chehmalee, 2019) หรือการนำแผ่นข้าวเกรียบบรรจุซองกระดาษหรือพลาสติกแล้วทำการอบพองพร้อมบรรจุภัณฑ์ลักษณะการบริโภคคล้ายกับข้าวโพดคั่ว (popcorn) โดยปกติร้านสะดวกซื้อมีเครื่องไมโครเวฟทุกสาขา ได้แก่ เซเว่นอีเลฟเว่น โลตัส และมินิมาร์ท เป็นต้น ซึ่งเครื่องไมโครเวฟมีกำลังคลื่นสูงประมาณ 1,200-1,700 วัตต์ เพื่อใช้ในการอบอาหารประเภทข้าวแช่แข็ง อาหารแช่แข็ง ไส้กรอก และลูกชิ้น ซึ่งจะมีความแตกต่างจากเครื่องไมโครเวฟที่ใช้ในครัวเรือนมีกำลังคลื่นต่ำกว่า ซึ่งช่วงคลื่นไมโครเวฟ 200-800 วัตต์ และการใช้งานที่แตกต่างกัน

การนำผลิตภัณฑ์ข้าวเกรียบปลาดิบแล้วทำการให้พองตัวด้วยเครื่องไมโครเวฟในร้านสะดวกซื้อ ช่วยขยายตลาดและการจำหน่ายผลิตภัณฑ์ข้าวเกรียบปลามีผลต่อการสร้างรายได้ต่อผู้ประกอบการในพื้นที่ 3 จังหวัดชายแดนภาคใต้จากการกระจายสินค้าของผู้ประกอบการและเป็นทางเลือกของผู้บริโภคมากขึ้น รวมทั้งป้องกันการแตกหักของแผ่นข้าวเกรียบปลาที่ส่งผลให้ไม่เป็นที่ยอมรับของผู้บริโภค (Chedoloh & Chehmalee, 2019) อย่างไรก็ตามการผลิตข้าวเกรียบปลาสำหรับอบพองด้วยไมโครเวฟ ต้องการส่วนผสมที่แตกต่างกับข้าวเกรียบทั่วไปเล็กน้อย เช่น อัตราส่วนของแป้งและเนื้อ การใช้สารให้ความฟู และผัก เป็นต้น แต่กรรมวิธีการผลิตหลักเหมือนกัน กล่าวคือการเตรียมเนื้อปลาที่ผ่านการบดละเอียด แล้วผสมกับแป้งมันสำปะหลัง ขึ้นรูปให้มีขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 2-4 เซนติเมตร ผ่านการต้ม ประมาณ 40-60 นาที และหั่นเป็นชิ้นบาง ๆ นำแผ่นข้าวเกรียบปลาอบแห้งด้วยตู้อบลมร้อน เวลา 4-5 ชั่วโมง หรือตากแดด 1 แดด (Chedoloh, 2017) แล้วนำไปทอด หรืออบให้พองตัวด้วยไมโครเวฟ

การนำผลิตภัณฑ์ข้าวเกรียบปลาให้พองตัว โดยใช้คลื่นไมโครเวฟเพื่อให้โมเลกุลของน้ำเกิดการสั่นภายในผลิตภัณฑ์ ซึ่งโมเลกุลของน้ำดูดกลืนพลังงานของคลื่นไมโครเวฟ จากความถี่ของการหมุนที่มีความเป็นเชิง

ขั้ว (dipole) สูงกับความถี่ของคลื่นไมโครเวฟที่ความถี่ 2.45 กิกะเฮิรตซ์ (GHz) ทำให้เกิดการกำทอน ความเร็วในการหมุนหรือการสั่นก่อให้เกิดความร้อนเกิดขึ้นที่จุดคลื่นไมโครเวฟสัมผัสกับอาหาร (Rungsardthong, 2014) และคุณสมบัติเชิงไดอิเล็คตริค (Reynolds, 1989) ดังนั้นงานวิจัยนี้ศึกษาผลของคลื่นไมโครเวฟระดับอุตสาหกรรมต่อคุณสมบัติทางกายภาพและเคมีของข้าวเกรียบปลาปัตตานีและข้าวเกรียบปลานราธิวาส ซึ่งจะช่วยการขยายทางการตลาดและเพิ่มความสะดวกของผู้บริโภคได้

วิธีการทดลอง

1. วัตถุดิบ สารเคมีและเครื่องมือวิเคราะห์

นำข้าวเกรียบปลาดิบจากวิสาหกิจชุมชนข้าวเกรียบปลาแหลมโพธิ์ บ้านปัตตานี ตำบลแหลมโพธิ์ อำเภอยะหริ่ง จังหวัดปัตตานี และกลุ่มวิสาหกิจชุมชนข้าวเกรียบปลาอัลฟาลัส ตำบลกะลุวอเหนือ อำเภอเมืองนราธิวาส จังหวัดนราธิวาส ข้าวเกรียบปลาที่มีการบรรจุในถุงพลาสติกชนิดพอลิโพรไพลีน (polypropylene; PP) ขนาดบรรจุ 500 กรัม อายุการผลิตไม่เกิน 3 เดือน เพื่อป้องกันการเกิดกลิ่นและคุณภาพของข้าวเกรียบที่มีคุณภาพ และมีการตรวจสอบคุณภาพโดยการนำแผ่นข้าวเกรียบปลาที่ไม่แตกหัก ไม่มีการปนของเศษกระดูกปลา และมีขนาดแผ่นที่ใกล้เคียงกัน จัดเป็นชุดการทดลองดัดแปลงจาก Chedoloh & Chehmalee (2019) ชุดละ 14 ชิ้น มีการควบคุมขนาดของข้าวเกรียบปลาปัตตานี และข้าวเกรียบปลานราธิวาส โดยมีค่าเฉลี่ยของเส้นผ่านศูนย์กลางจากแผ่นข้าวเกรียบปลาแต่ละชนิด จำนวน 10 แผ่น เท่ากับ 3.15±0.14 และ 3.20±0.16 เซนติเมตร ตามลำดับ และความหนาของข้าวเกรียบปลาทั้ง 2 ชนิด เท่ากับ 2.17±0.15 และ 2.28±0.17 มิลลิเมตร การวิเคราะห์ความชื้นของแผ่นข้าวเกรียบปลาด้วยวิธีการ AOAC (2000) มีปริมาณความชื้น เท่ากับ ร้อยละ 8.31±0.16 และ 8.33±0.17 ตามลำดับ ซึ่งมีขนาด ความหนา และความชื้นของข้าวเกรียบปลาทั้ง 2 ชนิดไม่มีความแตกต่างกัน (p>0.05)

2. การเตรียมวัตุดิบ

การเตรียมตัวอย่างสำหรับการทดลองโดยการนำข้าวเกรียบปัตตานีที่มีส่วนผสมของแป้งมันสำปะหลัง เนื้อปลาทู กากสาคู น้ำตาลทราย เกลือ และ ไข่เป็ด ขณะที่ข้าวเกรียบปลานราธิวาส มีส่วนผสม แตกต่างเล็กน้อย คือ ประกอบด้วยส่วนผสมของแป้งมันสำปะหลัง เนื้อปลาทู แป้งสาคู น้ำตาลทราย เกลือ (ไม่สามารถระบุรายละเอียดร้อยละของส่วนผสม เนื่องจากความลับทางการค้าของผู้ประกอบการ) แล้วนำข้าวเกรียบปลาอบพองด้วยไมโครเวฟยี่ห้อ Panasonic รุ่น NE-1753 ขนาด (กว้างxยาวxสูง) 422x508x337 มิลลิเมตร ขนาดพื้นที่ด้านใน 330x310x175 มิลลิเมตร (รูปที่ 1 b) โดยไม่มีจานหมุนภายใน ทำการวางตำแหน่งของแผ่นข้าวเกรียบกระจายในเครื่องไมโครเวฟ (รูปที่ 1 a) จากนั้นวิเคราะห์คุณสมบัติทางกายภาพและสมบัติทางเคมีของข้าวเกรียบปลา 2 ชนิด

(a) (b)

รูปที่ 1 การจัดเรียงแผ่นข้าวเกรียบปลาในภาชนะเครื่องไมโครเวฟ (a) และเครื่องไมโครเวฟระดับร้านสะดวกซื้อ (b)

3. ศึกษาผลของกำลังคลื่นไมโครเวฟและระยะเวลาอบต่อสมบัติทางกายภาพและเคมีของข้าวเกรียบปลากึ่งสำเร็จรูปด้วยเทคนิคการพองตัวโดยไมโครเวฟระดับอุตสาหกรรม

นำข้าวเกรียบปลาปัตตานีและข้าวเกรียบปลานราธิวาส ทำให้พองตัวด้วยไมโครเวฟที่ระดับ 1,300 และ 1,700 วัตต์ และระยะเวลาที่ 10 20 และ 30 วินาที วิเคราะห์สมบัติทางกายภาพและเคมีดังนี้

3.1 ค่าสี

นำข้าวเกรียบปลาที่ผ่านการอบพองด้วยไมโครเวฟมาบดให้ละเอียด โดยการบดด้วยเครื่องบดละเอียด ประมาณ 5 นาที โดยวัดค่าสีใช้เครื่องวัดค่าสี (color flex) รุ่น Hunter lab CX 1417, ประเทศสหรัฐอเมริกา นำตัวอย่างใส่ลงในจานแก้วใสและปิดฝา เลือกโปรแกรม STANDARDIZE ทำการการสอบเทียบเครื่องมือวัด (calibration) เลือกค่าคุณสมบัติในการวัดค่าสีระบบเป็น L^*, a^*, b^* ทำการวัดค่าสีของตัวอย่าง อ่านผลการวัดค่าสีจากเครื่อง และบันทึกผลการวัดของแต่ละค่า การทดลอง 5 ซ้ำ เมื่อ L^* คือ ค่าสว่าง (0 เท่ากับสีดำ และ100 เท่ากับสีขาว) a^* คือ สีแดงหรือสีเขียว (ค่าบวกเท่ากับสีแดง และค่าลบเท่ากับสีเขียว) และค่า b^* ความเป็นสีเหลืองหรือสีน้ำเงิน (ค่าบวกเท่ากับสีเหลือง และค่าลบเท่ากับสีน้ำเงิน (Chedoloh & Chehmalee, 2019)

3.2 ค่าวอเตอร์แอคติวิตี้ (a_w)

นำข้าวเกรียบปลา วัดค่า a_w ด้วยเครื่องวัดค่า a_w Aqualab รุ่น S36090 ประเทศสหรัฐอเมริกา โดยการบรรจุข้าวเกรียบปลาที่บดละเอียดไม่น้อยกว่าครึ่งหนึ่งลงในตลับพลาสติก นำตลับใส่ใน Measuring chamber แล้วปิดฝา chamber โดยหมุนตามเข็มและปิดฝาครอบ รอจนเครื่องทำงานเสร็จจะมีเสียงเตือน อ่านผลที่ได้จากเครื่อง การทดลอง 3 ซ้ำ พร้อมบันทึกผลการทดลอง (Chedoloh & Chehmalee, 2019)

3.3 ความชื้น

นำกระป๋องอบความชื้นอบพร้อมฝาในตู้อบไอร้อนแบบไฟฟ้า รุ่น UF 260 ยี่ห้อ Memmert ประเทศเยอรมนี ที่อุณหภูมิ 105 องศาเซลเซียส นาน 2-3 ชั่วโมง ทำให้เย็นในโถดูดความชื้นนาน 30 นาทีชั่งน้ำหนัก (W_1) ทำซ้ำจนน้ำหนักของทั้ง 2 ครั้งติดต่อกันไม่เกิน 2 มิลลิกรัม ชั่งตัวอย่างข้าวเกรียบปลาที่ทราบน้ำหนักที่แน่นอน 2 กรัม ใส่ใน

กระป๋องอบความชื้นที่อบและชั่งน้ำหนักเรียบร้อยแล้ว (W_2) นำกระป๋องอบความชื้นพร้อมฝาโดยเปิดฝาออกนำไปอบที่ตู้อบไอร้อนแบบไฟฟ้าที่อุณหภูมิ 105 องศาเซลเซียส นาน 3 ชั่วโมง นำกระป๋องอบความชื้นออกจากตู้อบไอร้อนแบบไฟฟ้าโดยปิดฝาทันทีและทำให้เย็นในโถดูดความชื้นนาน 30 นาที ชั่งน้ำหนักที่แน่นอน นำไปอบต่ออีก 1 ชั่วโมงจนได้น้ำหนักที่คงที่ น้ำหนักที่คงที่หมายความว่าผลต่างของน้ำหนักที่ชั่งทั้ง (2 ครั้งติดกันไม่เกิน 2 มิลลิกรัม) (W_3) (สมการที่ 1) (AOAC, 2000)

ปริมาณความชื้นร้อยละของน้ำหนัก $= [(W_2-W_3)\ x100]/(W_2-W_1)$ (1)

W_1 = น้ำหนักของกระป๋องอบความชื้น (กรัม)

W_2= น้ำหนักของกระป๋องอบความชื้นและตัวอย่างก่อนอบ (กรัม)

W_3 = น้ำหนักของกระป๋องอบความชื้นและตัวอย่างหลังอบ (กรัม)

3.4 ความหนาแน่น

นำแผ่นข้าวปลาทั้ง 2 ชนิด จำนวน 4 แผ่น วิเคราะห์ความหนาแน่น โดยการหาปริมาตรของภาชนะ ใช้งาดำบรรจุในภาชนะจนเต็ม แล้วใส่แผ่นข้าวเกรียบปลาจะได้ปริมาตรของงาดำที่ที่ถูกแทนที่ (V) ชั่งน้ำหนักของข้าวเกรียบปลาที่ผ่านการอบพองด้วยไมโครเวฟ (M) ทำการทดลอง 5 ซ้ำ คำนวณ ตามสมการที่ 2

ความหนาแน่น [g/cm^3] $= M/V$ (2)

เมื่อ M = น้ำหนักของตัวอย่างข้าวเกรียบปลา (กรัม)

V = ปริมาตรของงาดำที่ถูกแทนที่ (ลูกบาศก์เซนติเมตร)

3.5 การพองตัว

นำข้าวเกรียบปลาทั้ง 2 ชนิด วิเคราะห์การพองตัว โดยคำนวณอัตราส่วนของการพองตัว คือปริมาตรของตัวอย่างหลังอบหารด้วยปริมาตรตัวอย่างก่อนอบ ดังสมการที่ 3 ด้วยวิธี rapeseed displacement โดยใส่ข้าวเกรียบปลาก่อนอบจำนวน 4 แผ่นลงในกระบอกตวง เทงาลงไปสลับกับแผ่นข้าวเกรียบจนครบ แล้วเคาะกระบอกตวงให้งาอัดแน่น เทงาและข้าวเกรียบออกจากกระบอกตวง แล้วแยกข้าวเกรียบออกจากงา นำงาเทใส่ฝากระบอกตวง เคาะกระบอกตวง อ่านค่าปริมาตรงาที่ได้ปริมาตรงาที่ลดลงคือปริมาตรข้าวเกรียบปลาก่อนอบ (V_1) นำแผ่นข้าวเกรียบปลาดังกล่าวไปอบพองด้วยไมโครเวฟ แล้วนำมาหาปริมาตรด้วยวิธีเดียวกัน จะได้ปริมาณข้าวเกรียบปลาหลังอบ (V_2) จำนวนการทดลอง 5 ซ้ำ (Suwan & Wongwat, 2011)

อัตราส่วนการพองตัว [เท่า] $= V_2/V_1$ (3)

เมื่อ V_1 = ปริมาตรของข้าวเกรียบปลาก่อนอบ

V_2 = ปริมาตรของข้าวเกรียบปลาหลังอบ

4. การทดสอบทางด้านประสาทสัมผัส

นำแผ่นข้าวเกรียบปลาปัตตานีและข้าวเกรียบปลานราธิวาสที่ผ่านการทอดที่อุณหภูมิ 180 องศาเซลเซียส ด้วยน้ำมันปาล์ม นาน 10 วินาที (ชุดควบคุม) และอบพองด้วยไมโครเวฟที่กำลังคลื่นไมโครเวฟที่เหมาะสมจากข้อ 3 รวม 4 ชุดการทดลอง ทดสอบการยอมรับทางประสาทสัมผัส จากนักศึกษาที่ไม่ผ่านการฝึกฝน (untrained panel) ของมหาวิทยาลัยฟาฏอนีและมหาวิทยาลัยราชภัฏยะลา จำนวน 50 คน โดยใช้วิธี 9 – point hedonic scale ได้แก่ ลักษณะปรากฏ สี กลิ่น รสชาติ ความกรอบและความชอบโดยรวม (Meilgaard et al., 1999)

5. การวิเคราะห์สถิติ

การวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติ วางแผนการทดลองโดยปัจจัยร่วมกันเป็นแผนแบบแฟคตอเรียลในแผนการทดลองแบบสุ่มโดยตลอด (factorial in CRD) สำหรับการวิเคราะห์สมบัติทางกายภาพและเคมี ส่วนการทดลองแบบสุ่มในบล็อกสมบูรณ์ (randomized complete block design; RCBD) สำหรับการตรวจสอบคุณภาพทางประสาทสัมผัส วิเคราะห์ความแปรปรวน)analysis of variance; ANOVA) และทดสอบความแตกต่างของชุดการทดลองโดยใช้ - 135 -uncan' new multiple range test (DMRT) ที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 ด้วยโปรแกรม PSPP version 0.7.5

ผลและวิจารณ์ผลการทดลอง

1. ผลของกำลังคลื่นไมโครเวฟและระยะเวลาการอบพองต่อสมบัติทางกายภาพและเคมีของข้าวเกรียบปลากึ่งสำเร็จรูป

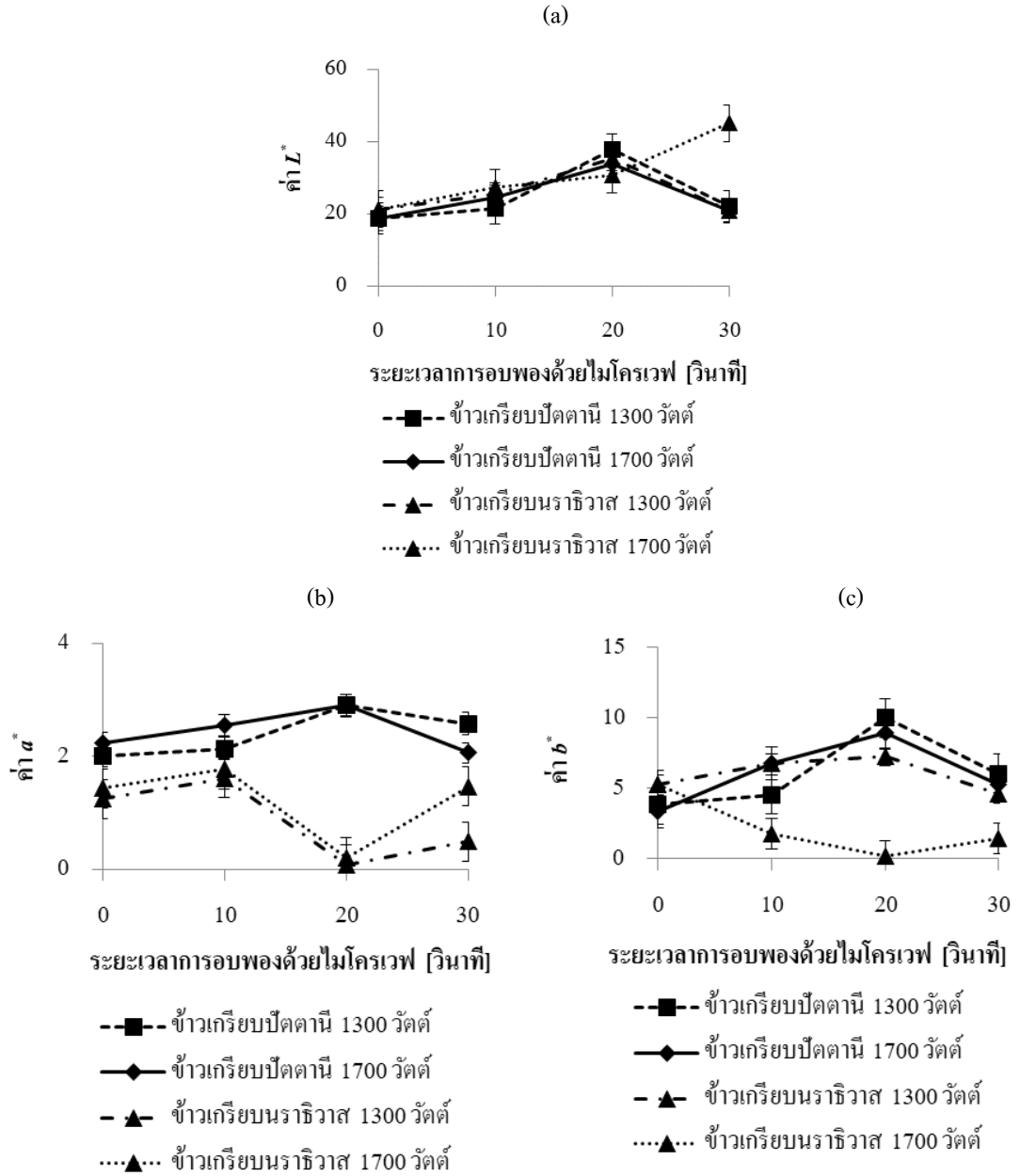
1.1 ค่าสี

การวัดค่าสีของข้าวเกรียบปลาปัตตานีและข้าวเกรียบปลานราธิวาสด้วยไมโครเวฟที่กำลังคลื่น 1,300 และ 1,700 วัตต์ ระยะเวลา 10 20 และ 30 วินาที พบว่าข้าวเกรียบปลาทั้ง 2 ชนิด กำลังคลื่นไมโครเวฟและระยะเวลามีอิทธิผลรวมต่อค่าความสว่าง (L^*) ค่าสีแดง (a^*) และสีเหลือง ($b)^*$ แตกต่างกัน ($p\leq0.05$) แนวโน้มค่า L^* ข้าวเกรียบปลาทั้ง 2 ชนิดมีค่าลดลงตามกำลังคลื่นและระยะเวลาของการอบพองด้วยไมโครเวฟที่เพิ่มขึ้นอาจจะทำให้เกิดสีคล้ำและไหม้ (รูปที่ 2 a) ระยะเวลาในอบพองสั้น ๆ ไม่ก่อให้เกิดการพองตัวของข้าวเกรียบทั้ง 2 ชนิด ส่งผลให้ค่า L^* ต่ำ ข้าวเกรียบเริ่มการพองตัวที่ระยะเวลา 20 วินาที เริ่มเห็นการเปลี่ยนมากยิ่งขึ้น ทำให้ค่า L^* สูงขึ้น และจะลดลงที่เวลาการพองตัวที่ระยะเวลา 30 วินาที (ตารางที่ 1) เช่นเดียวกันกับค่า ค่า a^* มีแนวโน้มของความเป็นสีแดงเพิ่มขึ้น ขณะที่

ค่า b^* (สีเหลือง) ลดลง (รูปที่ 2 b และรูปที่ 2 c) เมื่อพิจารณากำลังคลื่นที่เหมาะสมต่อการอบพองด้วยไมโครเวฟ พบว่า กำลังคลื่นระดับ 1,700 วัตต์ จะเหมาะสมกว่ากำลังคลื่นที่ 1,300 วัตต์ เนื่องจากแผ่นข้าวเกรียบมีการพองตัวทั้งหมด หากแผ่นข้าวเกรียบไม่มีการพองทั้งหมดทำให้เนื้อสัมผัสแข็งไม่เป็นที่ยอมรับของผู้บริโภคได้ เมื่ออบพองข้าวเกรียบปลาปัตตานีที่ กำลังคลื่น 1,700 วัตต์ มีค่า L^* ที่ระยะเวลาการอบพองที่ระยะเวลา 10 20 และ 30 วินาที เท่ากับ 24.75±0.02 33.82±0.01 และ 20.80±0.01 ซึ่งจะสูงกว่าข้าวเกรียบปลาปัตตานีที่ไม่ผ่านการอบพองด้วยไมโครเวฟ มีค่าเท่ากับ 18.81±0.32 ตามลำดับ (รูปที่ 2 a) เช่นเดียวกันกับค่าสีของข้าวเกรียบปลานราธิวาสที่กำลังคลื่นเดียวกัน เนื่องจากรูปร่างของผลิตภัณฑ์ข้าวเกรียบปลาที่นำเข้าในไมโครเวฟมีขนาดไม่สม่ำเสมอ จึงมีผลต่อการรับคลื่นไมโครเวฟที่ไม่สม่ำเสมอและเกิดการสะสมความร้อนในบางตำแหน่งของชิ้นอาหาร ส่งผลให้โปรตีนเกิดการเสียสภาพจากความร้อนสูงเกินไปจึงเกิดการไหม้ส่งผลต่อกลิ่นรสของผลิตภัณฑ์ได้ ซึ่งเกิดจากปฏิกิริยาการเกิดเมลลาร์ด (Bouchon et al., 2001) ซึ่งรวมทั้งสภาวะของเครื่องไมโครเวฟแบบที่มีจานหมุนจานภายในช่วยในการกระจายความร้อนได้ดีกว่าแบบที่ไม่มีจานรองไมโครเวฟ หากการกระจายความร้อนจากคลื่นไม่ดีแล้วสัมผัสกับพื้นที่ผิวของข้าวเกรียบปลาเฉพาะจุด ทำให้ข้าวเกรียบเกิดการไหม้ได้ และส่วนผสมของข้าวเกรียบของแต่ละผู้ประกอบการด้วย เช่นการใส่ส่วนประกอบของไข่เป็ด การใช้ผงกาแฟ และสารให้ความฟู ปัจจัยดังกล่าวส่งผลต่อคุณภาพของข้าวเกรียบปลาและการยอมรับของผู้บริโภค

ตารางที่ 1 ลักษณะปรากฏของข้าวเกรียบปลาผ่านการอบพองด้วยไมโครเวฟ

ชนิดของข้าวเกรียบปลาแผ่นดิบ	กำลังคลื่น (วัตต์)	ระยะเวลาการอบพองด้วยไมโครเวฟ (วินาที)		
		10	20	30
ข้าวเกรียบปลาปัตตานี	1,300			
	1,700			
ข้าวเกรียบปลานราธิวาส	1,300			
	1,700			



รูปที่ 2 ค่าความสว่าง (L^*) ค่าสีแดง (a^*) และ ค่าสีเหลือง (b^*) ของข้าวเกรียบปลาปัตตานีและข้าวเกรียบปลานราธิวาส ที่ผ่านการอบพองด้วยไมโครเวฟที่กำลังคลื่นและระยะเวลาแตกต่างกัน

1.2 ความหนาแน่น

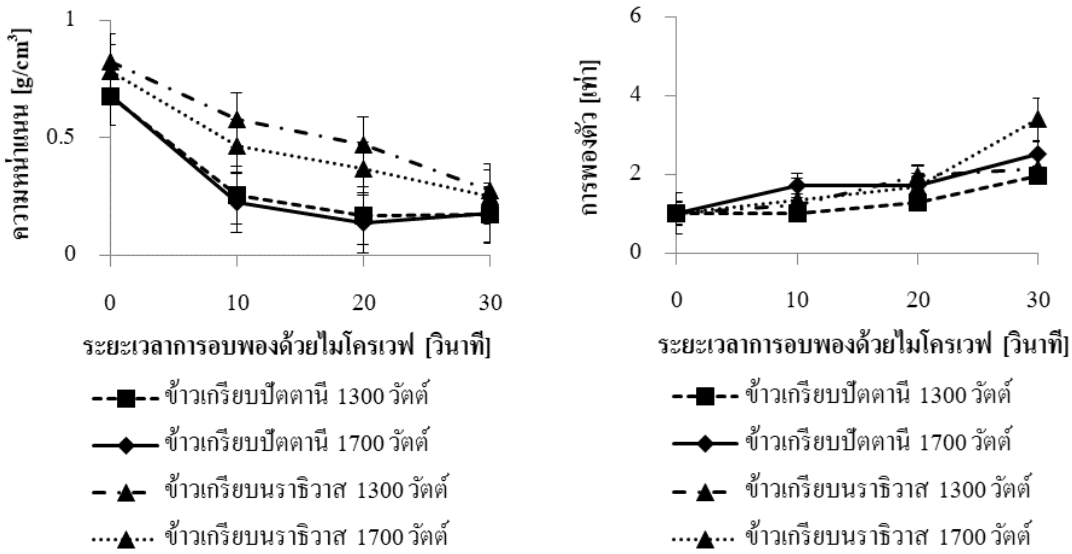
การวิเคราะห์ความหนาแน่นของแผ่นข้าวเกรียบปลาจากการใช้กำลังคลื่นและระยะเวลาการอบพองข้าวเกรียบปลาด้วยไมโครเวฟ โดยใช้กำลังคลื่น 1,300 และ 1,700 วัตต์ ระยะเวลาการอบพอง 10 20 และ 30 วินาที พบว่า ชนิดของข้าวเกรียบปลา กำลังคลื่นไมโครเวฟและระยะเวลาอบ มีอิทธิพลรวมต่อความหนาแน่นของข้าวเกรียบปลาแตกต่างกัน ($p \leq 0.05$) (รูปที่ 3 a) ซึ่งแนวโน้มจะมีค่าลดลงตามกำลังคลื่นและ ระยะเวลาที่เพิ่มขึ้น ค่าความหนาแน่นจะมีความสัมพันธ์กับคุณสมบัติของการพองตัว โดยที่มีค่าความหนาแน่นของข้าวเกรียบปลาอยู่ในช่วง 0.13±0.01-0.47±0.01 กรัมต่อลูกบาศก์เซนติเมตร ซึ่งข้าวเกรียบปลาปัตตานีมีความหนาแน่นน้อยกว่าข้าวเกรียบปลานราธิวาส ทำให้ข้าวเกรียบปลาปัตตานีมีเนื้อสัมผัสกรอบ และไม่แข็งเท่าข้าวเกรียบปลานราธิวาส หากเปรียบเทียบกับข้าวเกรียบปลาที่ผ่านการทอดจะมีความหนาแน่นมากกว่า โดยข้าวเกรียบปลาทอดมีความหนาแน่น 0.56 กรัมต่อลูกบาศก์เซนติเมตร (Chedoloh & Chehmalee, 2019) บางการศึกษาข้าวเกรียบปลาทอดมีค่าใกล้เคียงกันความหนาแน่นของข้าวเกรียบปลาทอด 0.26 -0.41 กรัมต่อลูกบาศก์เซนติเมตร (Mustapha et al., 2015)

ความแตกต่างที่เกิดขึ้นจากการใช้ส่วนผสมและกระบวนการผลิตแตกต่างกันจึงส่งผลต่อคุณสมบัติทางกายภาพและเคมีต่างกันด้วย ซึ่งความหนาแน่นของข้าวเกรียบบ่งชี้ถึงการขยายตัวในการอบพองด้วยไมโครเวฟ (Taewee, 2011) ดังนั้นผู้ผลิตต้องมีการเลือกส่วนผสมที่ช่วยให้เกิดการพองตัวในข้าวเกรียบปลา โดยเลือกแป้งและปริมาณของสารฟูที่เหมาะสมเพื่อให้ได้ข้าวเกรียบปลาที่อบพองด้วยไมโครเวฟมีความใกล้เคียงกับข้าวเกรียบปลาทอดมากที่สุด

1.3 การพองตัว

การพองด้วยของผลิตภัณฑ์ประเภทข้าวเกรียบปลามีความสำคัญที่บ่งชี้ถึงคุณภาพของผลิตภัณฑ์ โดยการนำข้าวเกรียบปลาปัตตานีและข้าวเกรียบปลานราธิวาสอบพองด้วยไมโครเวฟใช้กำลังคลื่นของไมโครเวฟที่ระดับ 1,300 และ 1,700 วัตต์ ระยะเวลาการอบพอง 10, 20 และ 30 วินาที พบว่า ชนิดของข้าวเกรียบปลา กำลังคลื่นไมโครเวฟและระยะเวลาอบมีอิทธิพลรวมต่อ การพองตัวของข้าวเกรียบปลาแตกต่างกัน ($p \leq 0.05$) โดยกำลังคลื่นที่เหมาะสมต่อการพองตัว คือ 1,700 วัตต์ ระยะเวลา 30 วินาที ข้าวเกรียบปลาทั้ง 2 ชนิด (ข้าวเกรียบปลา จำนวน 14 ชิ้น) ซึ่งการพองตัว 2.51±0.02-3.39±0.07 เท่า ของข้าวเกรียบปลาดิบ (รูปที่ 3 b) ข้าวเกรียบนราธิวาสมีการพองตัวดีกว่าข้าวเกรียบปัตตานี ที่ระดับกำลังคลื่น 1,700 วัตต์ ที่ระยะเวลา 30 วินาที การพองตัวของข้าวเกรียบนราธิวาสเท่ากับ 3.39±0.07 เท่า ขณะที่ข้าวเกรียบปลาปัตตานีเพียง 2.51±0.02 เท่า การอบพองข้าวเกรียบปลาด้วยคลื่นไมโครเวฟที่สูงส่งผลต่อความร้อนจากแหล่งกำเนิดเข้ากระตุ้นโมเลกุลของน้ำจนเป็นไออย่างรวดเร็ว เกิดแรงดันจนข้าวเกรียบปลาเกิดการพองตัวได้ดีกว่า และต้องมีปริมาณของความชื้นที่เพียงด้วย (Nguyen et al., 2013) หากใช้กำลังคลื่นไมโครเวฟที่น้อยและระยะเวลาสั้น จะไม่สามารถกระตุ้นการแกว่งของโมเลกุลของน้ำกลายเป็นไอน้ำได้

จากการศึกษาของ Chedoloh et al. (2015) ที่พบว่าข้าวเกรียบปลาเสริมสมุนไพรอบพองด้วยไมโครเวฟที่กำลังคลื่นไมโครเวฟ 800 วัตต์ เวลา 50 วินาที มีการพองตัว 2.29 เท่า ของข้าวเกรียบปลาดิบ และ Chedoloh & Chehmalee (2019) ที่ใช้คลื่นไมโครเวฟระดับครัวเรือนที่ใช้กำลังคลื่นที่ต่ำกว่าคลื่นไมโครเวฟระดับอุตสาหกรรม ใช้ระยะเวลาในการอบพองข้าวเกรียบปลานานกว่าประมาณ 1.5 เท่า ประมาณ 50 วินาที แต่การพองตัวใกล้เคียงกัน 2.68-7.62 เท่า ซึ่งหากจะใช้กรรมวิธีการอบพองด้วยระยะเวลาในการอบพองข้าวเกรียบปลาในร้านสะดวกซื้อต้องใช้ใช้เวลาไม่นานและต้องรวดเร็ว โดยการใช้คลื่นไมโครเวฟที่สูงช่วยลดระยะเวลาการอบพองน้อยลง ส่งผลดีต่อแผนการตลาดและการขาย อย่างไรก็ตามความแตกต่างของการพองตัวนั้นเกิดได้หลายปัจจัย ได้แก่ ปริมาณความชื้น การอัดแผ่นของแผ่นข้าวเกรียบ กระบวนการผลิต ส่วนผสม และเทคนิคเฉพาะของผู้ประกอบการ เป็นต้น ส่งผลต่อสมบัติทางกายภาพและเคมีแตกต่างกัน

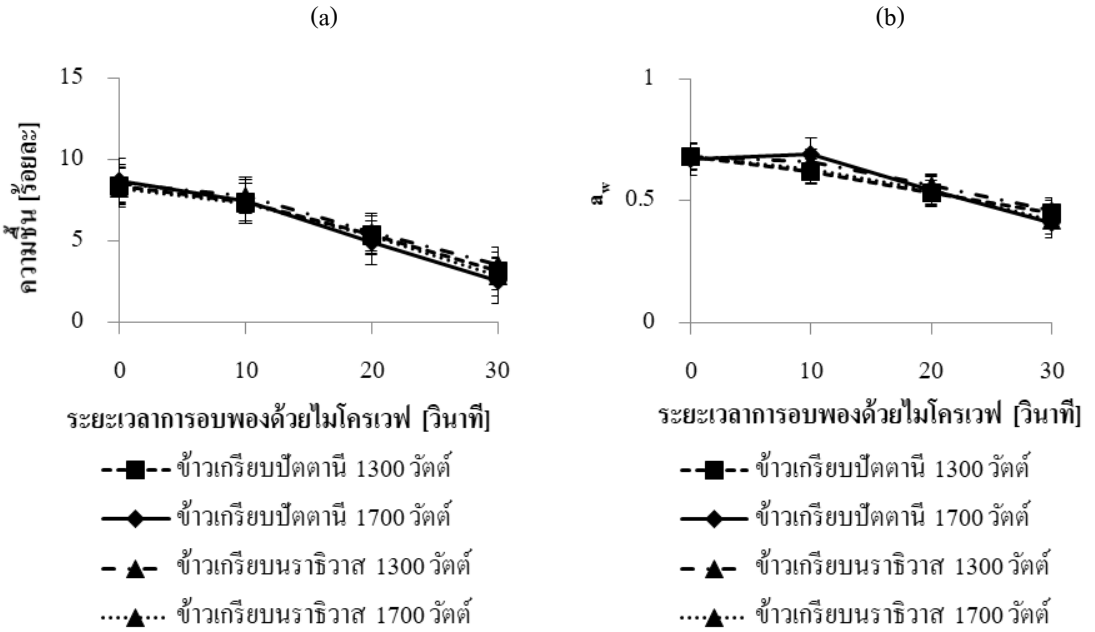


รูปที่ 3 ความหนาแน่น และการพองตัวของข้าวเกรียบปลาปัตตานีและข้าวเกรียบปลานราธิวาสที่ผ่านการอบด้วยไมโครเวฟด้วยกำลังคลื่นไมโครเวฟและระยะเวลาอบต่างกัน

1.3 ปริมาณความชื้นและค่าวอเตอร์แอคติวิตี้ (a_w)

จากการวิเคราะห์สมบัติทางเคมีของข้าวเกรียบปลาปลาปัตตานีและข้าวเกรียบปลานราธิวาสที่อบพองด้วยไมโครเวฟที่กำลังคลื่น 1,300 และ 1,700 วัตต์ ระยะเวลาการอบ 10 20 และ 30 วินาที พบว่า ชนิดของข้าวเกรียบปลา กำลังคลื่นไมโครเวฟและระยะเวลาอบ มีอิทธิพลรวมต่อปริมาณความชื้นและค่า a_w แตกต่างกัน ($p \leq 0.05$) ซึ่งมีปริมาณความชื้น และ ค่า a_w ลดลงตามกำลังคลื่นและระยะเวลาที่เพิ่มขึ้นตามลำดับ ปริมาณความชื้นของข้าวเกรียบปลาหลังการอบพองด้วยไมโครเวฟมีปริมาณ ร้อยละ 2.51±0.36-7.78±0.33 (รูปที่ 4 a) และค่า a_w อยู่ในช่วง

0.42±0.01-0.69±0.00 (รูปที่ 4 b) เนื่องจากในขั้นการการอบพองมีการทำให้ปริมาณน้ำในข้าวเกรียบปลาเป็นไอ แล้วระเหยออกจากโครงสร้างของแผ่นข้าวเกรียบปลา รวมทั้งแผ่นข้าวเกรียบปลาดิบมีปริมาณความชื้นต่ำตั้งแต่เดิม สอดคล้องกับ การศึกษา ของ Chedoloh & Chehmalee (2019) พบว่าปริมาณความชื้นและค่า a_w เท่ากับ 1.14±0.30 - 4.58±0.45 และ 0.29±0.01-0.44±0.05 ตามลำดับ ปริมาณของความชื้นและ a_w มีผลต่ออายุการเก็บรักษาของผลิตภัณฑ์ ดังนั้นต้องมีการควบคุมให้มีปริมาณความชื้นในผลิตภัณฑ์ข้าวเกรียบปลาที่บรรจุในบรรจุภัณฑ์ที่สามารถป้องความชื้นและไอน้ำ เพื่อควบคุมให้มีปริมาณความชื้นในแผ่นข้าวเกรียบปลาอบพองด้วยไมโครเวฟไม่เกินร้อยละ 4 (Thai Industrial Standards Institute, 2011) ค่า a_w ในข้าวเกรียบปลามีความสัมพันธ์กับการเจริญเติบโตของเชื้อจุลินทรีย์ โดยทั่วไปเชื้อที่สามารถเจริญเติบโตในข้าวเกรียบปลา ได้แก่ เชื้อรา ค่า a_w อยู่ในช่วง 0.98-0.99 และ เชื้อราเจริญสามารถเจริญเติบโตได้ที่ค่า a_w ต่ำสุด คือ 0.62 (Rattanapanone, 2002)



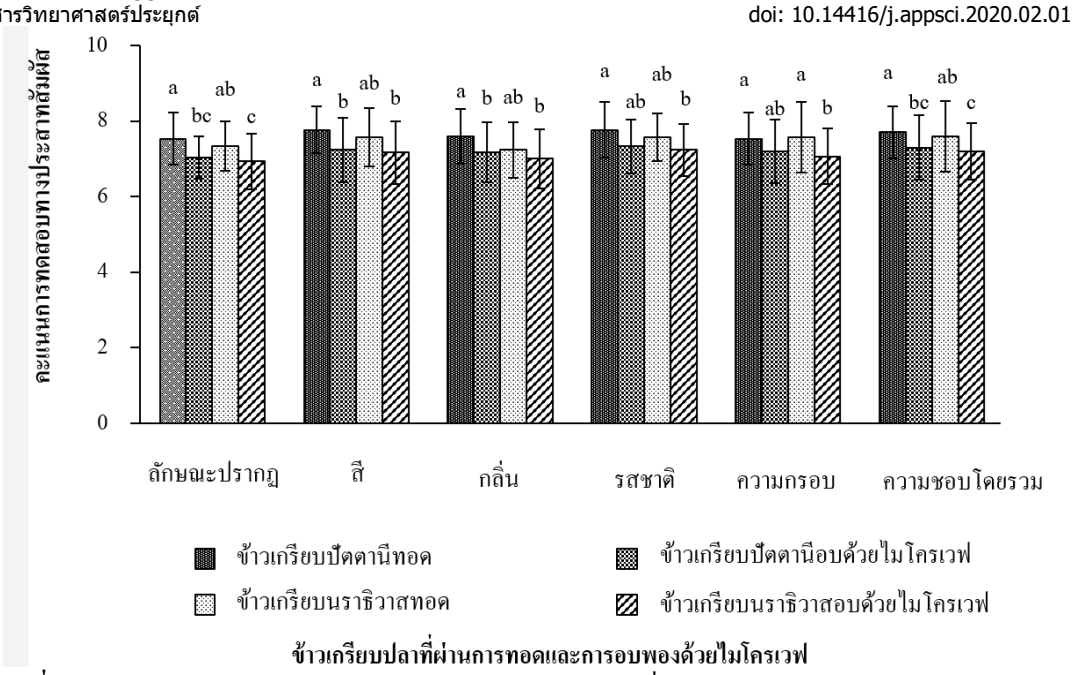
รูปที่ 4 ปริมาณความชื้น และค่า a_w ของข้าวเกรียบปลาปัตตานีและข้าวเกรียบปลานราธิวาสที่ผ่านการอบด้วยไมโครเวฟที่ กำลังคลื่นไมโครเวฟและระยะเวลาอบแตกต่างกัน

การศึกษาชนิดของข้าวเกรียบและกำลังคลื่นไมโครเวฟ แต่ละระดับ 1,300 และ 1700 วัตต์ โดยการใช้กำลังคลื่นไมโครเวฟ 1,700 วัตต์ ระยะเวลา 30 วินาที เหมาะสมที่สุดจากผลการวิเคราะห์ทางกายภาพและเคมี ที่มี

คุณภาพตามที่มาตรฐานผลิตภัณฑ์ชุมชนที่มีการระบุผลิตภัณฑ์มีความกรอบ การพองตัวดีและสม่ำเสมอ (Thai Industrial Standards Institute, 2011)

2. การทดสอบทางประสาทสัมผัสของผลิตภัณฑ์

การทดสอบคุณภาพทางประสาทสัมผัสของข้าวเกรียบปลาทอดและอบพองด้วยไมโครเวฟของข้าวเกรียบปลาปัตตานีและข้าวเกรียบปลานราธิวาส พบว่า คะแนนการยอมรับด้านลักษณะปรากฏ สี กลิ่น รสชาติ ความกรอบ และความยอมรับโดยรวม มีความแตกต่างกัน ($p \leq 0.05$) (รูปที่ 5) คะแนนการทดสอบทางประสาทสัมผัสของข้าวเกรียบปลาอบพองด้วยไมโครเวฟทุกด้านมีคะแนนต่ำกว่าข้าวเกรียบปลาที่ผ่านการทอดด้วยน้ำมัน โดยคะแนนการทดสอบชิมของผู้ทดสอบทางประสาทสัมผัสด้านความชอบโดยรวมของข้าวเกรียบปลาปัตตานีและข้าวเกรียบปลานราธิวาสไม่แตกต่างกัน ($p>0.05$) มีคะแนนเท่ากับ 7.23 (ชอบปานกลาง) และ 7.16 (ชอบปานกลาง) ตามลำดับ เช่นเดียวกันกับการศึกษาของ Neiva et al. (2011) ที่รายงานคะแนนการทดสอบทางประสาทสัมผัสด้าน สี ความกรอบ กลิ่น และความชอบโดยรวมของข้าวเกรียบปลาอบพองด้วยไมโครเวฟน้อยกว่าข้าวเกรียบปลาทอด โดยข้าวเกรียบที่อบพองด้วยไมโครเวฟ มีความแตกต่างของสมบัติทางกายภาพและเคมี และคุณภาพทางประสาทสัมผัส โดยเฉพาะสมบัติการพองตัวของข้าวเกรียบที่เกิดจากความแตกต่างของปริมาณอะไมโลสและปริมาณของน้ำมันที่ใช้ในการทอด รวมทั้งอัตราส่วนของอะไมโลส และอะไมโลเพกทิน (Kaewmanee et al., 2015; Taewee, 2011) อัตราส่วนของอะไมโลสและอะไมโลเพคตินมีผลต่อการพองตัวแตกต่างกันโดยที่อะไมโลสจะช่วยลดปัญหาการแตกตัวของผลิตภัณฑ์ หากมีปริมาณสูงข้าวเกรียบจะแข็ง พองตัวได้น้อย โดยปกติข้าวเกรียบที่อบพองด้วยไมโครเวฟจะมีเนื้อที่แข็งกว่าการทอด (Nguyen et al., 2013) ดังนั้นต้องการพัฒนาข้าวเกรียบปลาให้มีความใกล้เคียงกับข้าวเกรียบทอดมากที่สุด



รูปที่ 5 คะแนนการทดสอบทางประสาทสัมผัสของข้าวเกรียบปลาที่ผ่านการทอดและอบพองด้วยไมโครเวฟ

สรุปผลการทดลอง

การพัฒนาผลิตภัณฑ์ข้าวเกรียบปลาอบพองด้วยไมโครเวฟมีความเป็นไปได้สูงในการนำเข้าสู่ร้านสะดวกซื้อ โดยการใช้กำลังคลื่นไมโครเวฟที่สูงและใช้ระยะเวลาสั้น โดยการอบพองข้าวเกรียบปลาปัตตานีและข้าวเกรียบปลานราธิวาส ใช้กำลังคลื่นไมโครเวฟ 1,700 วัตต์ ระยะเวลาอบ 30 วินาที มีความเหมาะสมที่ทำให้ผลิตภัณฑ์มีคุณภาพทางกายภาพและเคมีของผลิตภัณฑ์ โดยมีปริมาณความชื้นและค่า a_w ตามที่มาตรฐานผลิตภัณฑ์ชุมชนกำหนด เพิ่มทางเลือกให้กับผู้บริโภค และผู้ประกอบการในการผลิตอาหารท้องถิ่น อย่างไรก็ตามข้าวเกรียบปลาที่ได้มีเนื้อสัมผัสที่ด้อยกว่าข้าวเกรียบปลาทอด มีรสชาติใกล้เคียงกัน แต่เป็นที่ยอมรับของผู้ทดสอบทางประสาทสัมผัส สามารถเพิ่มช่องทางการเลือกซื้อของผู้บริโภคในอนาคตได้ และเป็นผลิตภัณฑ์อาหารท้องถิ่นเป็นที่รู้จักทั้งในและต่างประเทศต่อไป

กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบคุณแหล่งทุนการวิจัยจาก สำนักงานคณะกรรมการวิจัยแห่งชาติ (วช.) และ สำนักงานกองทุนสนับสนุนการวิจัย (สกว.) มหาวิทยาลัยราชภัฏยะลาและมหาวิทยาลัยฟาฏอนีที่สนับสนุนเครื่องมือและสถานที่ในการดำเนินการวิจัย

เอกสารอ้างอิง

AOAC (2000). *Official Methods of Analysis of the AOAC* (15th ed.). Arlington: AOAC International.

Bouchon, P., Hollins, P., Pearson, M., Pyle, D. L., & Tobin, M. J. (2001). Oil distribution in fried potatoes monitored by infrared microspectroscopy. *Journal of Food Science*, *66*(7), 918-923. doi: doi.org/10.1111/j.1365-2621.2001.tb08212.x

Chedoloh, R. (2017). *Development of defatted rice bran fish crackers to improve nutrition and antioxidant*, Research report form Faculty of Science Technology and Agriculture, Yala Rajabhat University. (in Thai)

Chedoloh, R. & Chehmalee, S. (2019). The effect of microwave power and puffing time on the quality of semi-finished fish cracker. *Burapha Science Journal*, *24*(1), 255-271. (in Thai)

Chedoloh, R., Waeno, M. & Latekeh, I. (2015). *The study of ratios and packaging on baked fish crackers by microwave shelf life.* pp.1-11. In 4th National Conference on Princess of Naradhiwas University, 5 August 2015, Princess of Naradhiwas University, Narathiwat. (in Thai)

Kaewmanee, T., Karrila, T. T. & Benjakul, S. (2015). Effects of fish species on the characteristics of fish cracker. *International Food Research Journal*, *22*(5), 2078-2087. doi: dx.doi.org/10.14303/ajfst.2016.025

Meilgaard, M., Civille, G. V. & Carr, B. T. (1999). *Sensory Evaluation Techniques* (3rd ed.). New York: CRC Press.

Mustapha, N. A., Farhanah Binti Rahmat, F., Wan Ibadullah, W. Z., & Meor Hussin, A. S. (2015). Development of jackfruit crackers: effects of starch type and jackfruit level. *International Journal on Advanced Science, Engineering and Information Technology*, *5*(5), 330-333. doi: 10.18517/IJASEIT.5.5.583

Neiva, C. R. P., MachadoI, T. M., TomitaI, R. Y., FurlanI, E. F., NetoI, M. J. L. & Bastos, D. H. M. (2011). Fish crackers development from minced fish and starch: an innovative approach to a traditional product. *Ciência e Tecnologia de Alimentos*, *31*(4), 973-979. doi: 10.1590/S0101-20612011000400024

Nguyen, T. T., Le, T. Q. & Songsermpong, S. (2013). Shrimp cassava cracker puffed by microwave technique: effect of moisture and oil content on some physical characteristics. *Kasetsart Journal*, *47*(3), 434-446.

Rakesh, V. & Datta, A.K. (2011). Microwave puffing: determination of optimal conditions using a coupled multiphase porous media-large deformation model. *Journal of Food Engineering*, *107*(2), 152-163. doi: 10.1016/j.jfoodeng.2011.06.031

Rattanapanone, N. (2002). *Food Chemistry* (1st ed.). Bangkok, Thailand: Odean Store. (in Thai)

Reynolds, L. (1989). The History of the Microwave Oven, *Microwave World*, *10*(5), 11-15.

Rungsardthong, V. (2014). *Food Processing Technology*. (6th ed.). Bangkok, Thailand: King Mongkut's University of Technology North Bangkok. (in Thai)

Saah, N., Chedoloh, R. & Adair, A. (2015). Production and properties of fish crackers substituted with soybean meal. *Journal of Community Development and Life Quality*, *3*(3), 351-359.

Suwan, T. & Wongwat, S. (2011). *Development of Jackfruit Seed Cracker,* Research report from Faculty of AgroIndustry, King Mongkut's University of Technology North Bangkok, Bangkok. (in Thai)

Thai Industrial Standards Institute. (2011). *Thai Community Products Standards 107/2554: Crispy Snack, Khaogriab*. Bangkok, Thailand: TISI, Ministry of Industry. (in Thai)

Taewee, T. K. (2011). Cracker "Keropok": A review on factors influencing expansion. *International Food Research Journal*, *18*(3), 855-866.