ผลของกำลังคลื่นไมโครเวฟและระยะเวลาการอบพองต่อคุณภาพของข้าวเกรียบปลากึ่งสำเร็จรูป

The Effect of Microwave Power and Puffing Time on the Quality of Semi-Finished Fish Cracker

รอมลี เจะดอเลาะ[1*] และ ซูไฮมิน เจ๊ะมะลี[2]

Romlee Chedoloh[1*] and Suhaimin Chehmalee[2]

[1] *สาขาวิชาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีการอาหาร คณะวิทยาศาสตร์เทคโนโลยีและการเกษตร มหาวิทยาลัยราชภัฏยะลา*

[2] *สาขากลุ่มวิชาวิทยาศาสตร์ คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยฟาฏอนี*

[1]*Food Science and Technology Faculty of Science, Technology and Agriculture Yala Rajabhat University*

[2]*General Science, Faculty of Science and Technology, Fatoni University*

Received : 18 September 2018

Revised : 19 November 2018

Accepted : 30 January 2019

บทคัดย่อ

การบริโภคข้าวเกรียบปลาทอดมีปัญหาปริมาณไขมันสูง การอมน้ำมัน และการเหม็นหืนระหว่างการเก็บรักษาผลิตภัณฑ์ การวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาการอบพองข้าวเกรียบปลาด้วยไมโครเวฟต่อคุณภาพของข้าวเกรียบปลา โดยนำข้าวเกรียบปลาดาโต๊ะและนราธิวาส อบพองด้วยเครื่องไมโครเวฟที่กำลังคลื่นไมโครเวฟ 450, 600 และ 800 วัตต์ และระยะเวลาอบที่ 40, 60, 80 และ 120 วินาที พบว่า ข้าวเกรียบปลาดาโต๊ะและข้าวเกรียบปลานราธิวาส ที่อบพองด้วยไมโครเวฟที่กำลังคลื่นไมโครเวฟ และระยะเวลา มีผลต่อค่าความสว่าง (L^*) ค่าสีแดง (a^*) และสีเหลือง (b^*) แตกต่างกัน ($p \leq 0.05$) โดยข้าวเกรียบปลาทั้ง 2 แหล่ง พบว่า ค่า L^* ลดลง ตามกำลังคลื่นไมโครเวฟและระยะเวลาการอบพองด้วยไมโครเวฟที่เพิ่มขึ้น ส่งผลต่อการเกิดสีคล้ำตามลำดับ ส่วนค่า a^* และ b^* มีแนวโน้มค่าสีแดงและสีเหลืองเพิ่มขึ้น ($p \leq 0.05$) ข้าวเกรียบปลาดาโต๊ะและนราธิวาสใช้กำลังคลื่นไมโครเวฟ 800 วัตต์ ระยะเวลา 80 วินาที และ 600 วัตต์ ระยะเวลา 60 วินาที เหมาะสมที่สุดในการอบพองขยายตัวได้ดี และสีของข้าวเกรียบปลาไม่ไหม้ โดยที่ข้าวเกรียบปลาดาโต๊ะมีการพองตัวดีกว่าข้าวเกรียบปลานราธิวาส ซึ่งมีการพองตัวเท่ากับ 7.62 และ 3.45 เท่า ตามลำดับ ค่าการพองตัวมีค่าลดลงตามกำลังคลื่นไมโครเวฟและระยะเวลาที่เพิ่มขึ้น เช่นเดียวกับปริมาณความชื้นและค่าวอเตอร์แอคติวิตี้ (a_w) ปริมาณความชื้นของข้าวเกรียบปลาหลังการอบพองด้วยไมโครเวฟ พบว่า มีปริมาณความชื้น ร้อยละ 1.14-4.58 และค่า a_w อยู่ในช่วง 0.29-0.44 เมื่อเปรียบเทียบสภาวะการทำให้ข้าวเกรียบปลาพองตัวด้วยไมโครเวฟ และผ่านการทอด พบว่า ข้าวเกรียบปลาผลิตภัณฑ์อบพองด้วยไมโครเวฟมีปริมาณความชื้นตามเกณฑ์ที่มาตรฐานผลิตภัณฑ์ชุมชนกำหนดไม่เกิน ร้อยละ 4 มีปริมาณไขมันต่ำกว่า ร้อยละ 1.5 ส่งผลต่อค่าเพอร์ออกไซด์น้อยกว่าข้าวเกรียบปลาทอด แต่การพองตัวด้อยกว่าข้าวเกรียบทอด ขณะที่ค่าความแข็งสูงกว่า การทดสอบชิมข้าวเกรียบปลาอบพองด้วยไมโครเวฟ พบว่า ทั้งข้าวเกรียบปลาดาโต๊ะและนราธิวาส เป็นที่ยอมรับของผู้ทดสอบทางประสาทสัมผัสด้านความชอบโดยรวม 7.30 และ 7.20 ดังนั้นสรุปว่าข้าวเกรียบปลาอบพองด้วยไมโครเวฟมีคุณภาพและเป็นที่ยอมรับของผู้บริโภค

คำสำคัญ : ข้าวเกรียบปลากึ่งสำเร็จรูป, สมบัติทางกายภาพและเคมี, กำลังคลื่นไมโครเวฟ, ระยะเวลาอบพอง

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

Abstract

The consumption of fried fish crackers has encountering problems of high-fat content, oil uptake and rancidity during product preservation. This research was aimed to study puffing by microwave of fish cracker on quality. The fish cracker puffed by microwave at wave of 450, 600 and 800 microwave power for 40, 60, 80 and 120, It was seconds found that Datok and Narathiwat fish cracker from microwave power and time affecting to brightness (L^*), red value (a^*) and yellow (b^*) significantly different ($p \leq 0.05$). Both fish crackers showed that the L^* value decreased followed with an increasing of microwave power and time of puffed by microwave effect on darkening color, respectively. Whereas, a^* and b^* increased tendency the colors red and yellow. The Datok and Narathiwat fish cracker using waved at 800 microwave powers for 80 second and 600 microwave powers for 60 second were most appropriate of puffing fish cracker. The puffing value of Datok fish cracker was better than Narathiwat fish cracker were 7.62 and 3.45 times, respectively. Puffing value of fish cracker decreased with following microwave power and time increases, as same as moisture content and water activity (a_w) of puffing fish cracker by microwave show that moisture and a_w were 1.14-4.58% and 0.29-0.44, receptively. Comparison conditions effect puffed by microwave and fried fish cracker found that fish cracker puffing by microwave was moisture content did not exceed the standards prescribed at 4%, the fat content not exceed 1.5%. Peroxide value (PV) and puffing by microwave less than fried fish cracker. While, hardness was higher than fried fish cracker. Sensory test of fish cracker puffing by microwave showed that both Datok and Narathiwat fish cracker accepted of tester for overall scores were 7.30 and 7.20, receptively. Conclusion, fish cracker puffing by microwave was quality and accepted of customer.

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

บทนำ

การผลิตข้าวเกรียบปลาเป็นขนมขบเคี้ยวที่ได้รับความนิยม สร้างรายได้ให้กับคนในพื้นที่ มีมูลค่าทางเศรษฐกิจ มีกำลังการผลิตเดือนละ 2,501-3,500 กิโลกรัม/ผู้ประกอบการ มูลค่าสูงถึง 110,000-198,000 บาทต่อเดือน (Chaimongkol, 2013) ข้าวเกรียบปลาถูกผลิตและจำหน่ายโดยผู้ประกอบการส่วนใหญ่ในพื้นที่ จังหวัดปัตตานี และนราธิวาส ที่สามารถเห็นโดยทั่วไปในพื้นที่ 3 จังหวัดชายแดนภาคใต้ (Chedoloh, 2017; Saah *et al.*, 2015) โดยเฉพาะข้าวเกรียบทอด มีคุณสมบัติกรอบ และเปราะ เมื่อขนส่งหรือขนย้ายสินค้าจะทำให้ข้าวเกรียบมีการแตกหัก ส่งผลให้ไม่เป็นที่ยอมรับของผู้บริโภค รวมถึงน้ำมันที่ใช้ทอดข้าวเกรียบปลาส่วนใหญ่ใช้น้ำมันปาล์มและใช้น้ำมันทอดซ้ำหลาย ๆ ครั้ง ส่งผลให้ข้าวเกรียบปลาที่ได้จากการทอดแต่ละครั้งมีคุณภาพแตกต่างกันและมีความเสี่ยงที่จะก่อให้เกิดพิษ โรคหัวใจ โรคหลอดเลือดและโรคมะเร็ง (Hongsrisuwan, 2015) การทำให้ข้าวเกรียบพองตัวได้หลายวิธีการ เช่น การปิ้งข้าวเกรียบ การคั่วด้วยหินกรวดขนาดเล็ก และการอบด้วยเตาแก๊ส แต่วิธีการดังกล่าวมีข้อจำกัดของความยากง่ายในการเตรียมข้าวเกรียบปลาเพื่อบริโภค อาจจะมีการปนเปื้อนของหินทราย หรือการเกิดกลิ่นไหม้ระหว่างการทำให้พองตัว และไม่สะดวก การพัฒนากระบวนการอบพองด้วยไมโครเวฟช่วยลดปริมาณไขมันในผลิตภัณฑ์อาหาร (Rakesh and Datta, 2011) อย่างไรก็ตามมีกระบวนการผลิตข้าวเกรียบ

เหมือนกับข้าวเกรียบทั่วไป โดยการเตรียมปลาที่ผ่านการบด ผสมกับแป้งมันสำปะหลัง และสารปรุงแต่งชนิดอื่น ๆ เช่น เกลือ น้ำตาล กระเทียม และพริกไทย แล้วขึ้นรูปตามขนาดที่ต้องการ โดยปกติการขึ้นรูปก้อนข้าวเกรียบมีเส้นผ่าศูนย์กลาง 2-4 เซนติเมตร จากนั้นต้มข้าวเกรียบ เมื่อข้าวเกรียบลอยให้ตักออกมาพักไว้ให้เย็น แล้วแช่เย็น หั่นให้มีความบางประมาณ 0.1-0.3 เซนติเมตร นำแผ่นข้าวเกรียบปลาอบแห้งด้วยตู้อบลมร้อน เวลา 4-5 ชั่วโมง (Chedoloh, 2017) จะได้ผลิตภัณฑ์ที่มีลักษณะแข็ง แห้ง และเปราะ พร้อมในการนำไปทอดหรืออบพองด้วยไมโครเวฟ ซึ่งจัดเป็นข้าวเกรียบกึ่งสำเร็จรูป การใช้เตาอบไมโครเวฟกับผลิตภัณฑ์ ข้าวเกรียบปลาเพื่อทำให้เกิดการพองตัวโดยใช้คลื่นไมโครเวฟทำให้โมเลกุลของน้ำเกิดการสั่นภายในผลิตภัณฑ์ ลดระยะเวลาในการทอดและเพิ่มความสะดวกต่อผู้บริโภค โดยขึ้นกับคุณสมบัติเชิงไดอิเล็คตริค (Reynolds, 1989) ซึ่งโมเลกุลของน้ำดูดกลืนพลังงานของคลื่นไมโครเวฟ จากความถี่ของการหมุนที่มีความเป็นเชิงขั้ว (dipole) สูงกับความถี่ของคลื่นไมโครเวฟที่ความถี่ 2.45 กิกะเฮิรตซ์ (GHz) ทำให้เกิดการกำทอน (resonance) ความเร็วในการหมุนหรือการสั่นก่อให้เกิดความร้อนเกิดขึ้นที่จุดคลื่นไมโครเวฟสัมผัสกับอาหาร (Rungsardthong, 2014) น้ำจะถูกทำให้ร้อนขึ้นอย่างรวดเร็วจนระเหยออกไปหมดแล้วเกิดการพองตัว ดังนั้นพลังงานความร้อนที่เกิดขึ้นจึงใช้ในการระเหยความชื้นในอาหารโดยจะไม่ทำให้โครงสร้างและรสชาติของอาหารเกิดการเสียหาย และช่วยให้ผลิตภัณฑ์ข้าวเกรียบมีปริมาณไขมันน้อย เนื่องจากไม่ใช้กระบวนการทอดในการผลิต ผลิตภัณฑ์ที่ได้เหมาะสำหรับผู้ที่รักสุขภาพ โดยงานวิจัยนี้ศึกษาผลของชนิดของข้าวเกรียบ กำลังคลื่นไมโครเวฟและระยะเวลาอบต่อคุณภาพของข้าวเกรียบ ซึ่งจะช่วยส่งเสริมการพัฒนาผลิตภัณฑ์ชุมชนเป็นที่รู้จักในระดับประเทศต่อไป

วิธีดำเนินการวิจัย

1. วัตถุดิบ สารเคมี และเครื่องมือวิเคราะห์

นำข้าวเกรียบปลาที่มีการจำหน่ายในพื้นที่ 3 จังหวัดชายแดนภาคใต้ใน 2 พื้นที่ ข้าวเกรียบปลาดาโต๊ะจากพื้นที่บ้านดาโต๊ะ ตำบลแหลมโพธิ์ อำเภอยะหริ่ง จังหวัดปัตตานี และข้าวเกรียบปลานราธิวาสจากพื้นที่บ้านทอน ตำบลโคกเคียน อำเภอเมือง จังหวัดนราธิวาส โดยคัดเลือกข้าวเกรียบปลาดิบที่บรรจุลงในถุงพลาสติกขนาดบรรจุ 500 กรัม จากข้าวเกรียบปลาดาโต๊ะ และข้าวเกรียบปลานราธิวาส ที่มีจำหน่ายอายุการผลิตไม่เกิน 3 เดือน (ภาพที่ 1) นำข้าวเกรียบปลาทั้ง 2 ชนิด ตรวจสอบคุณภาพของข้าวเกรียบปลาที่ไม่แตกหักและเลือกแผ่นข้าวเกรียบปลาที่ไม่มีการปนของเศษกระดูกปลา มีขนาดใกล้เคียงกัน จัดเป็นชุดการทดลอง ชุดละ 14 ชิ้น ขนาดข้าวเกรียบปลาดาโต๊ะ และนราธิวาส มีขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางเฉลี่ยไม่มีความแกต่างกัน ($p>0.05$) เท่ากับ 3.13±0.13 และ 3.26±0.29 มิลลิเมตร ส่วนความหนาของข้าวเกรียบดาโต๊ะและนราธิวาสไม่มีความแตกต่างกัน ($p>0.05$) เท่ากับ 2.12 ±0.18 และ 2.27±0.23 มิลลิเมตร (ค่าเฉลี่ยจากแผ่นข้าวเกรียบปลาดิบ 10 แผ่น) และความชื้นของข้าวเกรียบปลาทั้ง 2 ชนิดไม่มีความแตกต่างกัน ($p>0.05$) เท่ากับ ร้อยละ 6.86±0.25 และ 6.78± 0.32 ตามลำดับ โดยสูตรของข้าวเกรียบดาโต๊ะมีส่วนผสม ได้แก่ แป้งมันสำปะหลัง เนื้อปลาทู กากสาคู น้ำตาลทราย เกลือ และไข่เป็ด ขณะที่ข้าวเกรียบปลานราธิวาส มีส่วนผสมได้แก่ แป้งมันสำปะหลัง เนื้อปลาทู แป้งสาคู น้ำตาลทราย เกลือ (ไม่สามารถระบุร้อยละของส่วนผสม เนื่องจากความลับทางการค้าของผู้ประกอบการ) แล้วนำข้าวเกรียบปลาทั้ง 2 ชนิด ทำให้ข้าวเกรียบปลาอบพองตัวด้วยไมโครเวฟ ยี่ห้อ SAMSUNG รุ่น ME 73 MD จากนั้นวิเคราะห์คุณสมบัติทางกายภาพของข้าวเกรียบปลาโดยวัดค่าสีใช้เครื่องวัดค่าสี (color flex) รุ่น Hunter lab CX 1471, ประเทศสหรัฐอเมริกา วิเคราะห์สมบัติทางเคมี วิเคราะห์ความชื้นด้วยเครื่องอบลมร้อน (hot air oven) (รุ่น UF260 ยี่ห้อ Memmert ประเทศเยอรมัน), วัดค่า a_w ด้วยเครื่องวัดค่า a_w

(ตรา Aqualab รุ่น S36090 ประเทศสหรัฐอเมริกา) วิเคราะห์ปริมาณไขมัน และวิเคราะห์ Peroxide values โดยใช้สารเคมี ปิโตรเลียมอีเธอร์ กรดอะซิติก คลอโรฟอร์ม โพแทสเซียมไอโอไดด์ โซเดียมไธโอซัลเฟต เกรดวิเคราะห์จากบริษัท บริษัทเมอร์ค เคจีเอเอ ประเทศเยอรมัน

(a) (b)

ภาพที่ 1 ลักษณะปรากฏของข้าวเกรียบปลาดาโต๊ะ (a) และข้าวเกรียบปลานราธิวาส (b)

2. การศึกษาผลของกำลังคลื่นไมโครเวฟและระยะเวลาอบต่อสมบัติทางกายภาพและเคมีของข้าวเกรียบปลากึ่งสำเร็จรูปด้วยเทคนิคการพองตัวโดยไมโครเวฟระดับครัวเรือน

นำข้าวเกรียบปลาดาโต๊ะและนราธิวาสมาทำให้พองตัวด้วยเครื่องไมโครเวฟที่ระดับ 450, 600 และ 800 วัตต์ และระยะเวลาอบที่ 40, 60, 80 และ 120 วินาที โดยการทำให้พองตัวด้วยการวางบนจานไมโครเวฟจัดเรียงกระจายให้เท่ากัน (ภาพที่ 2) แล้วทำการวิเคราะห์คุณสมบัติทางกายภาพและเคมีดังนี้

2.1 ค่าสี

นำข้าวเกรียบปลาที่ผ่านการอบพองด้วยไมโครเวฟมาบดให้ละเอียด วัดค่าสีด้วยเครื่อง Hunter Lab โดยนำตัวอย่างผลิตภัณฑ์ ใส่ลงในจานแก้วใสและปิดฝา เลือกโปรแกรม STANDARDIZE ทำการ calibration เลือกค่าคุณสมบัติในการวัดค่าสีโดยเลือกระบบเป็น L^*, a^*, b^* ทำการวัดค่าสีของตัวอย่าง อ่านผลการวัดค่าสีจากเครื่อง และบันทึกผลการวัดของแต่ละค่า เมื่อ L^* คือ ค่าสว่าง (0 = สีดำ, 100 = สีขาว) a^* คือ สีแดง/สีเขียว (+ = สีแดง, - = สีเขียว)

2.2 ค่าวอเตอร์แอคติวิตี้ (a_w)

บรรจุข้าวเกรียบปลาไม่น้อยกว่าครึ่งหนึ่งลงในตลับพลาสติก นำตลับใส่ใน Measuring chamber ปิดฝา chamber โดยหมุนตามเข็มและปิดฝาครอบ รอจนเครื่องทำงานเสร็จจะมีเสียงเตือน อ่านผลที่ได้จากเครื่อง พร้อมบันทึกผลการทดลอง

2.3 ความชื้น

อบกระป๋องอบความชื้นพร้อมฝาที่ตู้อบไอร้อนแบบไฟฟ้าที่อุณหภูมิ 100±2 องศาเซลเซียส นาน 30 นาที ทำให้เย็นในโถดูดความชื้นนาน 30 นาทีชั่งน้ำหนัก (W_1) ชั่งตัวอย่างข้าวเกรียบปลาที่ทราบน้ำหนักที่แน่นอน 2 กรัม ใส่ในกระป๋องอบความชื้นที่อบและชั่งน้ำหนักเรียบร้อยแล้ว (W_2) นำกระป๋องอบความชื้นพร้อมฝาโดยเปิดฝาออกนำไปอบที่ตู้อบไอร้อนแบบไฟฟ้าที่อุณหภูมิ 100±2 องศาเซลเซียส นาน 3 ชั่วโมง นำกระป๋องอบความชื้นออกจากตู้อบไอร้อนแบบไฟฟ้าโดยปิดฝาทันทีและทำให้เย็นในโถดูดความชื้นนาน 30 นาที ชั่งน้ำหนักที่แน่นอน นำไปอบต่ออีก 1 ชั่วโมงจนได้น้ำหนักที่คงที่ (น้ำหนักที่คงที่หมายความว่าผลต่างของน้ำหนักที่ชั่งทั้ง 2 ครั้งติดกันไม่เกิน 2 มิลลิกรัม (W_3) (สมการที่ 1)

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

W_1 = น้ำหนักของกระป๋องอบความชื้น (กรัม)

W_2 = น้ำหนักของกระป๋องอบความชื้นและตัวอย่างก่อนอบ (กรัม)

W_3 = น้ำหนักของกระป๋องอบความชื้นและตัวอย่างหลังอบ (กรัม)

2.4 ความหนาแน่นและการพองตัว

การวิเคราะห์ความหนาแน่นของข้าวเกรียบปลา โดยการหาปริมาตรของภาชนะ ใช้งาดำบรรจุในภาชนะจนเต็ม จะได้ปริมาตรของงาดำที่บรรจุในภาชนะ (V) แล้วชั่งน้ำหนักของงาดำที่แทนข้าวเกรียบปลา (M) คำนวณตามสมการที่ 2 ส่วน การวิเคราะห์การพองตัวของข้าวเกรียบปลา ด้วยวิธี Rapeseed displacement โดยนำเมล็ดงาเทลงในถ้วยแก้วปากเรียบให้เต็มถ้วย แล้วใช้ไม้บรรทัดปาดผิวหน้าให้เรียบเสมอขอบถ้วย นำไปวัดปริมาตรเมล็ดงา โดยใช้กระบอกตวง จดเมล็ดงาที่ได้ (V_1) นำตัวอย่างข้าวเกรียบปลาดิบที่ยังไม่อบ 4 ชิ้น ใส่ลงในถ้วยเดิม ใส่เมล็ดงาลงไปจนเต็มปากถ้วย ใช้ไม้บรรทัดปาดให้เรียบ แยกเอาตัวอย่างออกไป เมล็ดงาที่เหลือเอาไปวัดปริมาตร (V_2) ความแตกต่างระหว่างปริมาตรของเมล็ดงา (V_1-V_2) คือ ปริมาตรของตัวอย่างก่อนอบ นำตัวอย่างชิ้นเดิมไปอบพองด้วยไมโครเวฟ ตัวอย่างที่ได้จะนำมาหาปริมาตร ด้วยวิธีการเดียวกันจะได้ปริมาตรของตัวอย่างหลังอบ (V_1 –V_3) และคำนวณอัตราส่วนของการพองตัว คือปริมาตรของตัวอย่างหลังอบหารด้วยปริมาตรตัวอย่างก่อนอบ ดังสมการที่ 3 (Suwan & Wongwat, 2011)

ความหนาแน่น [kg/m^3] $= M/V$ (2)

เมื่อ M = น้ำหนักของงาดำที่ถูกแทน (กิโลกรัม)

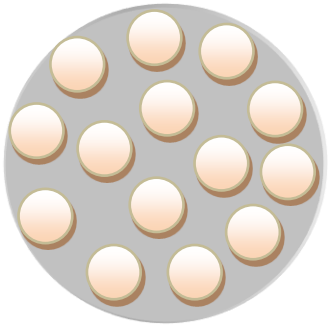
V = ปริมาตรของงาดำที่บรรจุในภาชนะ (ลูกบาศก์เมตร)

อัตราส่วนการพองตัว [เท่า] $=$ปริมาตรของตัวอย่างหลังอบ (V_1-V_3)/ปริมาตรของตัวอย่างก่อนอบ (V_1-V_2) (3)

เมื่อ V_1 = ปริมาตรของภาชนะที่ใช้ในการวัดค่าการพองตัว

V_2 = ปริมาตรของข้าวเกรียบก่อนอบ

V_3 = ปริมาตรของข้าวเกรียบหลังอบ



ภาพที่ 2 การจัดเรียงแผ่นข้าวเกรียบปลาในจานเครื่องไมโครเวฟ

3. ศึกษาผลของการอบพองด้วยไมโครเวฟและการทอดต่อคุณภาพทางกายภาพและเคมีของข้าวเกรียบปลากึ่งสำเร็จรูป

จากผลการวิเคราะห์ นำข้าวเกรียบปลาดาโต๊ะและนราธิวาสอบพองด้วยไมโครเวฟที่กำลังคลื่นไมโครเวฟและระยะเวลาอบที่เหมาะสมจากข้อที่ 3 และทอดด้วยน้ำมันปาล์ม ที่อุณหภูมิ 180 องศาเซลเซียส เวลา 10 วินาที (Chedoloh, 2017) วิเคราะห์คุณสมบัติทางกายภาพ แสดงดังนี้

3.1 การวิเคราะห์การพองตัว ความชื้นและ วัดค่า a_w

การพองตัว (Suwan, & Wongwat, 2011) วิเคราะห์ความชื้น (AOAC, 2000) และวัดค่า a_w บรรจุข้าวเกรียบปลาไม่น้อยกว่าครึ่งหนึ่งลงในตลับพลาสติก นำตลับใส่ใน Measuring chamber ปิดฝา chamber โดยหมุนตามเข็มและปิดฝาครอบ รอจนเครื่องทำงานเสร็จจะมีเสียงเตือน อ่านผลที่ได้จากเครื่อง พร้อมบันทึกผลการทดลอง

3.2 ค่าความแข็ง

การวิเคราะห์ค่าความแข็งด้วยเครื่องวัดเนื้อสัมผัส โดยใช้อุปกรณ์ crisp fracture ring ประกอบด้วยเข็มวัดทรงกลมขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 5 มิลลิเมตร ระยะกด 5 มิลลิเมตร ความเร็วเข็มวัดขณะทดสอบ 1.0 มิลลิเมตรต่อวินาที ความแข็งจะวัดจากแรงต้านสูงสุดที่ทำให้ข้าวเกรียบปลาแตก ตัวอย่างละ 10 ซ้ำ

3.3 ไขมัน

นำตัวอย่างข้าวเกรียบปลา ประมาณ 3 กรัม วางบนกระดาษกรองและห่อใส่ลงใน extraction thimble และทำการสวม adapter นำเข้าเครื่องวิเคราะห์ไขมัน ชั่งบีกเกอร์ประจำเครื่องสกัดให้ทราบน้ำหนักที่แน่นอนละเอียดถึงหน่วยมิลลิกรัม แล้วใส่ตัวทำละลายคือ petroleum ether ใส่ลงในบีกเกอร์ประมาตร 70 มิลลิลิตร ใส่ thimble บรรจุตัวอย่างลงในหลอด soxhlet ปรับอัตราการไหล่ของน้ำผ่านเครื่องสกัดให้เหมาะสม กลั่นระบบรีฟลักซ์ด้วยระบบ steam bath เป็นเวลา 30 นาที และหลังจากนั้นทำการระเหยตัวทำละลายเป็นเวลา 30 นาที โดยนำไปอบที่อุณหภูมิ 100 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 30 นาที หลังจากนั้นทิ้งให้เย็นในโถดูดความชื้นและชั่งน้ำหนักที่แน่นอนถึงหน่วยมิลลิกรัม แล้วคำนวณดังสมการที่ 4

$$\text{ไขมัน (ร้อยละ)} = (W_1-W_2)/100W_3 \quad (4)$$

W_1 = น้ำหนักของตัวอย่างเป็นกรัม

W_2 = น้ำหนักแห้งของถ้วยไขมันและตัวอย่างก่อนอบเป็นกรัม

W_3 = น้ำหนักแห้งของถ้วยไขมันและตัวอย่างหลังอบเป็นกรัม

3.4 ค่าเพอร์ออกไซด์ (peroxide value; PV)

ชั่งตัวอย่างข้าวเกรียบปลาให้ทราบน้ำหนักแน่นอน ประมาณ 5.0±0.05 กรัม ลงขวดรูปชมพู่ ปริมาตร 250 มิลลิลิตร ทำ Blank ไปพร้อมกัน โดยไม่ต้องใส่ตัวอย่าง เติมตัวทำละลายผสม (กรดอะซิติก 3 ส่วน และคลอโรฟอร์ม 2 ส่วน โดยปริมาตรต่อปริมาตร) 30 มิลลิลิตร เขย่านาน 1 นาที เติมสารละลายอิ่มตัวของโพแทสเซียมไอโอไดด์ 0.5 มิลลิลิตร เก็บในที่มืด นาน 1 นาที เติมน้ำกลั่น ปริมาตร 30 มิลลิลิตร และเขย่า ไทเทรตด้วยสารละลายโซเดียมไธโอซัลเฟต จนสารละลายเกือบไม่มีสี เติมสารละลายน้ำแป้ง ปริมาตร 1 มิลลิลิตร ไทเทรตด้วยสารละลายโซเดียมไธโอซัลเฟต จนถึงจุดยุติ คือจนกระทั่งสารละลายสีน้ำเงินฟ้าหมดและสารละลายไม่มีสี บันทึกปริมาตรสารละลายโซเดียมไธโอซัลเฟต ที่ใช้กับตัวอย่าง (A มิลลิลิตร) และที่ใช้กับ Blank (B มิลลิลิตร) คำนวณค่า PV ดังสมการที่ 5

ค่าเปอร์ออกไซด์ = [(A-B) x ความเข้มข้นของสารละลายโซเดียมไธโอซัลเฟต]/น้ำหนักของตัวอย่าง (g) (5)

เมื่อ A = Sample titration (ปริมาตรโซเดียมไธโอซัลเฟต, มิลลิลิตร)

B = Blank titration

3.5 การทดสอบทางด้านประสาทสัมผัส

ทดสอบการยอมรับทางประสาทสัมผัส จากนักศึกษาที่ไม่ผ่านการฝึกฝน (untrained panel) มหาวิทยาลัยฟาฏอนี และมหาวิทยาลัยราชภัฏยะลา จำนวน 50 คน โดยใช้วิธี 9 - point hedonic scale ได้แก่ ลักษณะปรากฏ สี กลิ่น รสชาติ ความกรอบและความชอบโดยรวม (Meilgaard *et al.,* 1999)

4. การวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติ

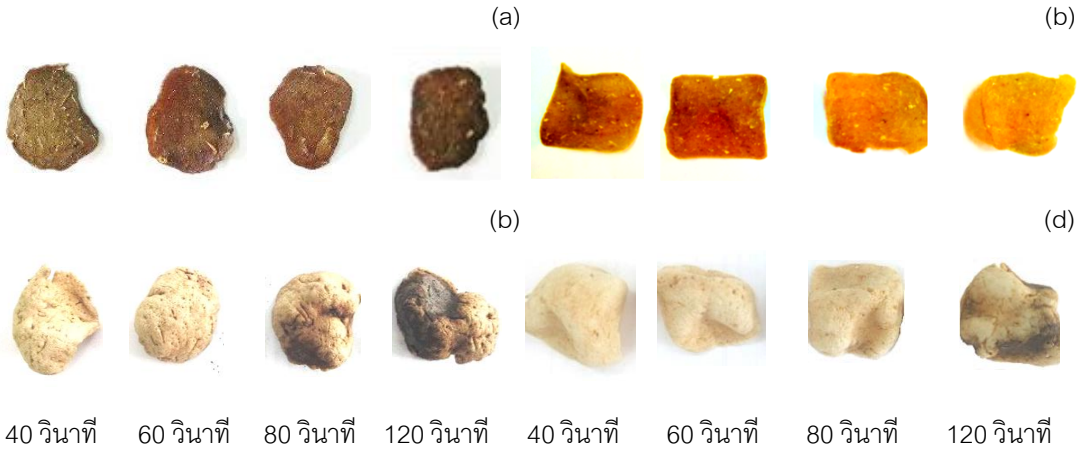
วางแผนการทดลองแฟกทอเรียลแบบสุ่มสมบูรณ์ (factorial 3x4 in CRD) สำหรับการวิเคราะห์ทางสถิติสำหรับการวิเคราะห์คุณภาพทางกายภาพ เคมี และวางแผนการทดลองแบบสุ่มสมบูรณ์สำหรับการเปรียบเทียบคุณสมบัติของข้าวเกรียบปลาที่ผ่านการพองตัวด้วยไมโครเวฟและการทอดด้วยน้ำมัน ทดลอง 3 ซ้ำ และการวางแผนการทดลองแบบสุ่มในบล็อกสมบูรณ์ (randomized complete block design: RCBD) ในการทดสอบทางประสาทสัมผัสของผลิตภัณฑ์ข้าวเกรียบปลา โดยวิเคราะห์ความแปรปรวน (Analysis of variance, ANOVA) และทดสอบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยโดยใช้ Duncan' new multiple range test (DMRT) ที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95

ผลการวิจัย

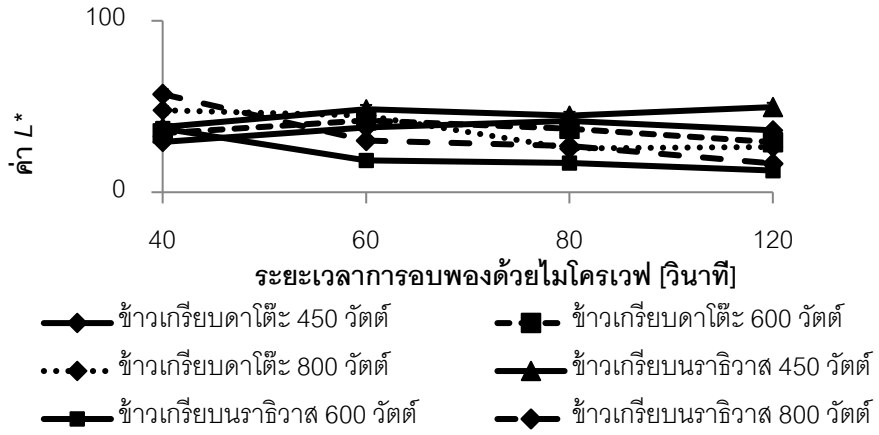
1. ผลของกำลังคลื่นไมโครเวฟและระยะเวลาการอบพองต่อคุณภาพทางกายภาพและเคมีของข้าวเกรียบปลากึ่งสำเร็จรูป

1.1 ค่าสี

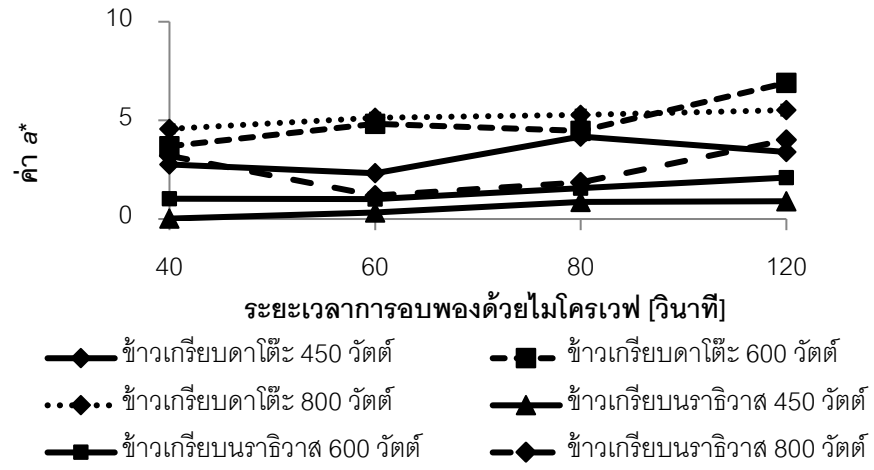
ความสว่าง (L^*) ความเป็นสีแดง (a^*) และความเป็นสีเหลือง (b^*) ของข้าวเกรียบปลาแตกต่างกันตามชนิดของข้าวเกรียบปลา กำลังคลื่นไมโครเวฟ และระยะเวลาอบ ($p \leq 0.05$) แต่มีผลต่อค่าสีแตกต่างกัน ค่า L^* ของข้าวเกรียบปลาทั้ง 2 ชนิด มีค่าลดลงตามกำลังคลื่นไมโครเวฟและระยะเวลาอบ ทำให้เกิดสีคล้ำและไหม้ (ภาพที่ 3 และ 4) ส่วนค่า a^* และ b^* มีแนวโน้มของความเป็นสีแดงและสีเหลืองเพิ่มขึ้น (ภาพที่ 5 และ 6) โดยกำลังคลื่นไมโครเวฟที่เหมาะสมในการทำให้ข้าวเกรียบปลาดาโต๊ะพองตัว คือ 800 วัตต์ ซึ่งค่า L^* ที่ระยะเวลา 40, 60, 80 และ 120 วินาที เท่ากับ 47.82±0.89, 44.72±1.09, 25.57±1.82 และ 26.34±0.98 ตามลำดับ ส่วนผลของกำลังคลื่นไมโครเวฟและระยะเวลาอบต่อค่าสีของข้าวเกรียบปลานราธิวาสเช่นเดียวกันกับข้าวเกรียบปลาดาโต๊ะ รวมทั้งสีของผลิตภัณฑ์เริ่มต้นส่งผลต่อค่าสีของข้าวเกรียบปลาเช่นเดียวกัน



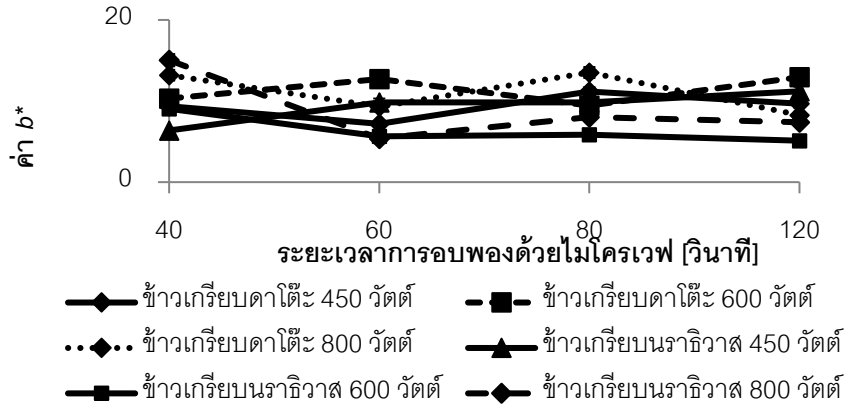
ภาพที่ 3 ลักษณะปรากฏของข้าวเกรียบปลา (a) ข้าวเกรียบปลาดาโต๊ะ (b) ข้าวเกรียบปลานราธิวาส (c) ข้าวเกรียบปลาดาโต๊ะที่ผ่านการอบพองด้วยไมโครเวฟกำลังไฟ 800 วัตต์ เวลา 40, 60, 80 และ 120 วินาที และ (d) ข้าวเกรียบปลานราธิวาสที่ผ่านการอบพองด้วยไมโครเวฟกำลังไฟ 800 วัตต์ เวลา 40, 60, 80 และ 120 วินาที



ภาพที่ 4 ค่าความสว่าง (L^*) ของข้าวเกรียบปลาดาโต๊ะและข้าวเกรียบปลานราธิวาสที่ผ่านการอบพองด้วยไมโครเวฟที่กำลังวัตต์และระยะเวลาแตกต่างกัน



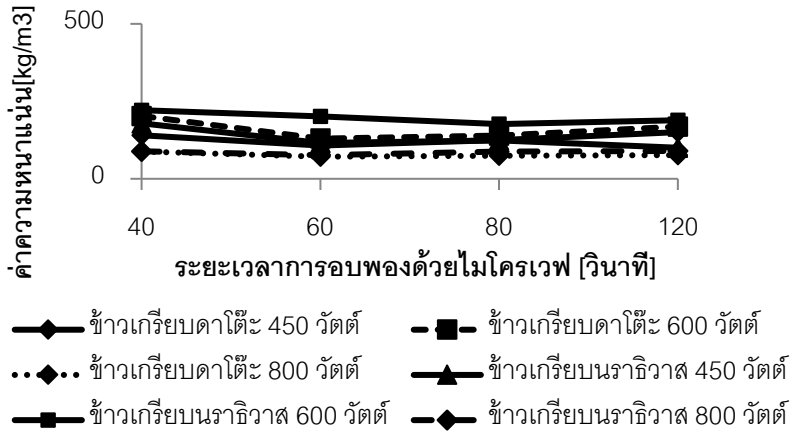
ภาพที่ 5 ค่าสีแดง (a^*) ของข้าวเกรียบปลาดาโต๊ะและข้าวเกรียบปลานราธิวาสที่ผ่านการอบพองด้วยไมโครเวฟที่กำลังคลื่นไมโครเวฟและระยะเวลาแตกต่างกัน



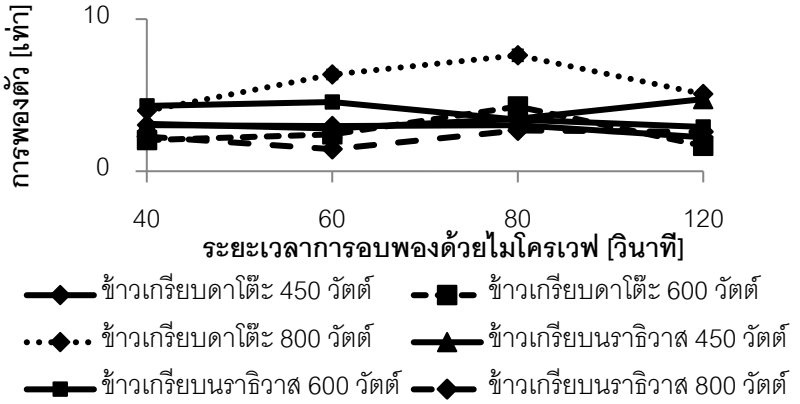
ภาพที่ 6 ค่าสีเหลือง (b^*) ของข้าวเกรียบปลาดาโต๊ะและข้าวเกรียบปลานราธิวาสที่ผ่านการอบพองด้วยไมโครเวฟที่กำลังวัตต์และระยะเวลาแตกต่างกัน

1.2 ความหนาแน่น และการพองตัว

ความหนาแน่นของข้าวเกรียบปลามีความแตกต่างกัน ($p \leq 0.05$) (ภาพที่ 7) โดยค่าลดลงตามกำลังคลื่นไมโครเวฟและระยะเวลาอบ โดยที่มีค่าความหนาแน่นของข้าวเกรียบปลาอยู่ในช่วง 71.43±5.91 ถึง 221.31±8.72 กิโลกรัมต่อลูกบาศก์เมตร (ภาพที่ 7) ซึ่งข้าวเกรียบปลาดาโต๊ะมีความหนาแน่นน้อยกว่าข้าวเกรียบปลานราธิวาส จะสอดคล้องกับการพองตัวของข้าวเกรียบปลา โดยกำลังคลื่นไมโครเวฟที่เหมาะสมคือ 800 วัตต์ ระยะเวลา 80 วินาที ซึ่งการพองตัว 2.68±0.12 ถึง 7.62±0.54 เท่า เมื่อเปรียบเทียบกับข้าวเกรียบปลาดิบ (ภาพที่ 8) ข้าวเกรียบปลาดาโต๊ะมีการพองตัวดีกว่าข้าวเกรียบปลานราธิวาส ที่ระดับกำลังคลื่นไมโครเวฟ 800 วัตต์ ที่ระยะเวลา 80 วินาที การพองตัวของข้าวเกรียบปลาดาโต๊ะ เท่ากับ 7.62±0.54 เท่า ขณะที่ข้าวเกรียบปลานราธิวาสพองตัวเพียง 3.45±0.21 เท่า



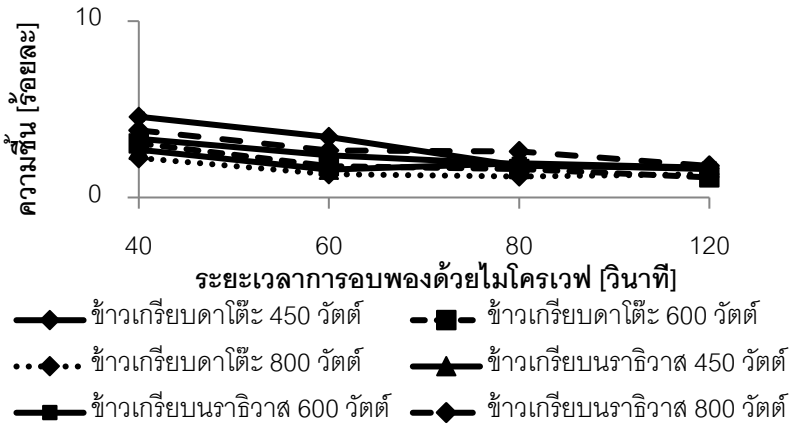
ภาพที่ 7 ความหนาแน่นของข้าวเกรียบปลาดาโต๊ะและข้าวเกรียบปลานราธิวาสที่ผ่านการอบด้วยไมโครเวฟด้วยกำลังคลื่นไมโครเวฟและระยะเวลาอบต่างกัน



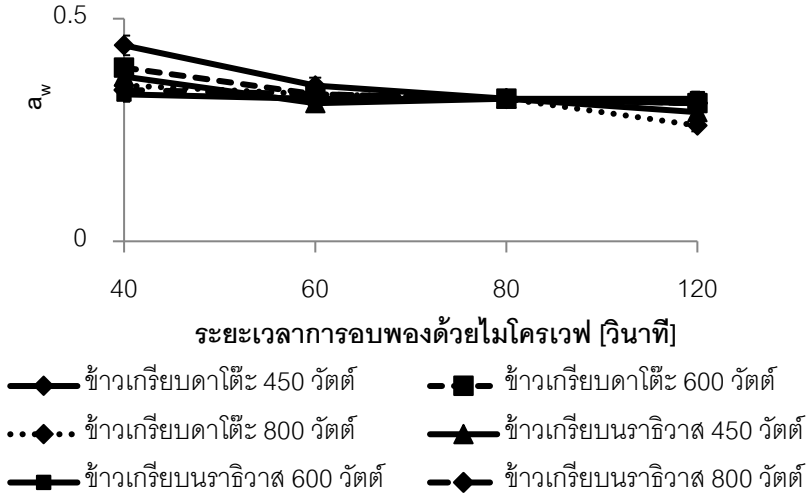
ภาพที่ 8 การพองตัวของข้าวเกรียบปลาดาโต๊ะและข้าวเกรียบปลานราธิวาสที่ผ่านการอบพองด้วยไมโครเวฟด้วยกำลังคลื่นไมโครเวฟและระยะเวลาอบแตกต่างกัน

1.3 ปริมาณความชื้นและค่าวอเตอร์แอคติวิตี้ (a_w)

ข้าวเกรียบปลาดาโต๊ะและข้าวเกรียบปลานราธิวาสมีปริมาณความชื้นและค่า a_w แตกต่างกัน ($p \leq 0.05$) (ภาพที่ 9) ซึ่งข้าวเกรียบปลาทั้ง 2 ชนิดมีปริมาณความชื้นและ a_w ลดลงตามกำลังคลื่นไมโครเวฟและระยะเวลาอบ โดยปริมาณความชื้นของข้าวเกรียบปลาหลังการอบพองด้วยไมโครเวฟมีปริมาณความชื้น ร้อยละ 1.14±0.30 ถึง 4.58±0.45 และค่า a_w อยู่ในช่วง 0.29±0.01 ถึง 0.44±0.05 (ภาพที่ 10)



ภาพที่ 9 ปริมาณความชื้นของข้าวเกรียบปลาดาโต๊ะและข้าวเกรียบปลานราธิวาสที่ผ่านการอบด้วยไมโครเวฟที่กำลังคลื่นไมโครเวฟและระยะเวลาระยะเวลาอบแตดต่างกัน

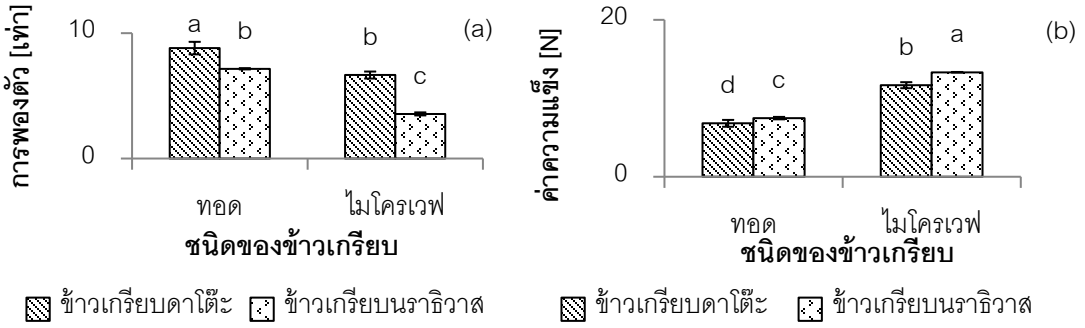


ภาพที่ 10 ค่า a_w ของข้าวเกรียบปลาดาโต๊ะและข้าวเกรียบปลานราธิวาสที่ผ่านการอบด้วยไมโครเวฟที่กำลังคลื่นไมโครเวฟและระยะเวลาอบแตกต่างกัน

2. ผลของการอบพองด้วยไมโครเวฟและการทอดต่อคุณภาพทางกายภาพและเคมีของข้าวเกรียบปลากึ่งสำเร็จรูป

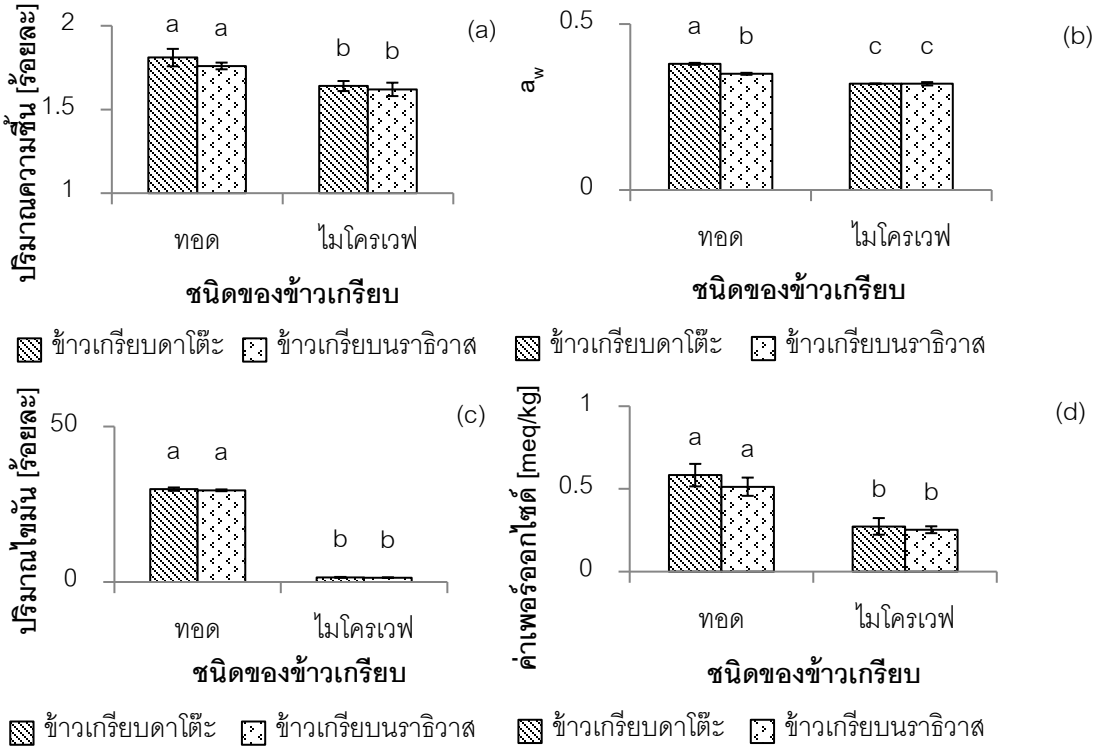
2.1 การพองตัวและความแข็งของข้าวเกรียบปลา

ข้าวเกรียบปลาที่อบพองด้วยไมโครเวฟ (800 วัตต์ นาน 80 วินาที) มีการพองตัวน้อยกว่าข้าวเกรียบที่ผ่านการทอด ($p \leq 0.05$) โดยอัตราส่วนการพองตัวของข้าวเกรียบปลาดาโต๊ะ และนราธิวาส ที่ผ่านการทอด เท่ากับ 8.81±0.50 และ 7.16±0.05 เท่า ตามลำดับ ส่วนการอบพองด้วยไมโครเวฟทำให้อัตราส่วนการพองตัวลดลงเท่ากับ 6.66±0.28 และ 3.56±0.12 เท่า ตามลำดับ (ภาพที่ 11 a) ข้าวเกรียบปลาดาโต๊ะที่ผ่านการทอดมีค่าความแข็ง 6.80±0.43 นิวตัน ส่วนข้าวเกรียบที่ผ่านการอบพองด้วยไมโครเวฟ ทำให้ข้าวเกรียบแข็งมีค่าความแข็ง 11.67±0.38 นิวตัน (ภาพที่ 11 b)



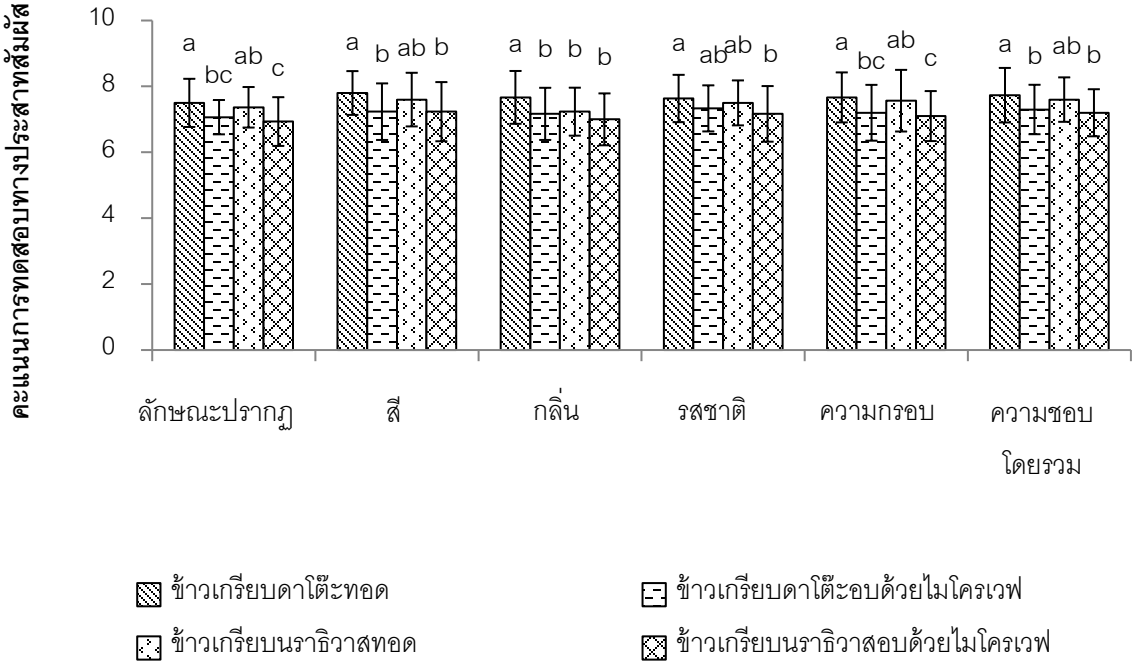
ภาพที่ 11 คุณสมบัติทางกายภาพของข้าวเกรียบปลาที่ผ่านการทอดและอบพองด้วยไมโครเวฟ (a) การพองตัว และ (b) ค่าความแข็ง

สำหรับคุณสมบัติทางเคมีของข้าวเกรียบปลาพบว่า การทอดและการอบพองด้วยไมโครเวฟมีผลต่อปริมาณของความชื้นและ ค่า a_w ของข้าวเกรียบปลาดาโต๊ะ และข้าวเกรียบปลานราธิวาส โดยข้าวเกรียบมีปริมาณความชื้นและ a_w ที่ต่ำ (ภาพที่ 12 a, b) ส่วนข้าวเกรียบปลาทอดมีปริมาณไขมันสูงร้อยละ 29.86±0.54 และ 29.48±0.28 ตามลำดับ ขณะที่ข้าวเกรียบปลาอบพองด้วยไมโครเวฟมีปริมาณไขมันต่ำเท่ากับ ร้อยละ 1.48±0.15 และร้อยละ 1.38±0.05 ตามลำดับ (ภาพที่ 12 c) ซึ่งค่าเพอร์ออกไซด์ของข้าวเกรียบปลาทอดเท่ากับ 0.58±0.07 มิลลิกรัมสมมูลเพอร์ออกไซด์ออกซิเจนต่อน้ำมัน 1 กิโลกรัม ขณะที่ข้าวเกรียบปลาที่อบพองด้วยไมโครเวฟเท่ากับ 0.27±0.05 มิลลิกรัมสมมูลเพอร์ออกไซด์ออกซิเจนต่อน้ำมัน 1 กิโลกรัม (ภาพที่ 12 d)



ภาพที่ 12 คุณสมบัติทางเคมีของข้าวเกรียบปลาที่ผ่านการทอดและอบพองด้วยไมโครเวฟ (a) ปริมาณความชื้น (b) ค่า a_w (c) ปริมาณไขมัน และ (d) ค่าเพอร์ออกไซด์

สำหรับคุณภาพทางประสาทสัมผัสของข้าวเกรียบปลาทอดและอบพองด้วยไมโครเวฟ พบว่า คะแนนการยอมรับด้านลักษณะปรากฏ สี กลิ่น รสชาติ ความกรอบ และความยอมรับโดยรวม มีความแตกต่างกัน ($p \leq 0.05$) (ภาพที่ 13) โดยที่ข้าวเกรียบปลาที่ผ่านการอบพองด้วยไมโครเวฟมีคุณลักษณะที่เป็นที่ยอมรับของผู้ทดสอบทางประสาทสัมผัสแต่ละด้านแต่ยังคงต้องพัฒนาในด้านรสชาติและความกรอบ



ภาพที่ 13 คะแนนการทดสอบทางประสาทสัมผัสของข้าวเกรียบปลาที่ผ่านการทอดและอบพองด้วยไมโครเวฟ

วิจารณ์ผลการวิจัย

การใช้กำลังคลื่นไมโครเวฟและเวลาอบนานทำให้ต่อข้าวเกรียบสีเข้มจากการไหม้ เนื่องจากการอบพองด้วยไมโครเวฟมีสภาวะอุณหภูมิสูง และมีปริมาณของโปรตีนในผลิตภัณฑ์ข้าวเกรียบสูง เกิดปฏิกิริยาการเกิดคาราเมลไลเซชัน (caramelization) ให้เกิดสีน้ำตาล หรือการการไหม้ของผลิตภัณฑ์ (Rattanapanone, 2002) ผลิตภัณฑ์ข้าวเกรียบปลามีส่วนผสม แตกต่างกันส่งผลต่อคุณสมบัติหลังการอบพองด้วยไมโครเวฟต่างกันด้วย

การพองตัวของข้าวเกรียบปลาแตกต่างกัน ตามชนิดของข้าวเกรียบปลา กำลังคลื่นไมโครเวฟ ระยะเวลาอบ เนื่องจากการใช้ไมโครเวฟที่กำลังคลื่นไมโครเวฟสูงทำให้ความร้อนจากแหล่งกำเนิดเข้ากระตุ้นโมเลกุลของน้ำจนเป็นไอ เกิดแรงดันข้าวเกรียบปลาเกิดการพองตัว (Nguyen *et al*., 2013) หากใช้กำลังคลื่นไมโครเวฟที่ไม่เพียงพอจะไม่สามารถกระตุ้นการแกว่งของโมเลกุลของน้ำกลายเป็นไอน้ำได้ ซึ่งใกล้เคียงกับ Chedoloh *et al.* (2015) ที่พบว่าข้าวเกรียบปลาสมุนไพรอบพองด้วยไมโครเวฟ (ข้าวกล้อง ใบตำลึง และฟักทอง) ที่กำลังคลื่นไมโครเวฟ 800 วัตต์ เวลา 50 วินาที มีการพองตัว 2.29 เท่า ของข้าวเกรียบปลาดิบ ขณะที่การศึกษา Bunthawong (2009) รายงานว่าข้าวเกรียบเข้าเครื่องไมโครเวฟที่มี 700 วัตต์ อบนาน 26 วินาที ทำให้ข้าวเกรียบพองตัวที่เหมาะสมที่สุด ผลที่แตกต่างนั้นเกิดจากผลิตภัณฑ์ข้าวเกรียบปลามีกระบวนการผลิตและ

ส่วนผสมที่แตกต่าง ส่งผลต่อสมบัติทางกายภาพและเคมีแตกต่างกัน โดยปัจจัยหลักขึ้นอยู่กับปริมาณความชื้นของข้าวเกรียบปลาดิบ หากมีปริมาณความชื้นน้อยหรือมากเกินไปส่งผลต่อการพองตัวของข้าวเกรียบปลาน้อย เนื่องจากหากมีปริมาณน้อยแผ่นข้าวเกรียบแตกและการอัดแน่นของแผ่นข้าวเกรียบปลาดิบน้อย เมื่ออบพองด้วยไมโครเวฟมีปริมาณของไอน้ำและเกิดความดันแผ่นข้าวเกรียบปลาได้น้อยจากการรั่วของไอน้ำออกตามรอยแตก จึงเป็นเหตุข้าวเกรียบปลาไม่พองตัวเท่าที่ควร ความชื้นที่เหมาะสมในการทำให้ข้าวเกรียบปลาพองตัวได้ดีมีปริมาณความชื้น ร้อยละ 4-7 โดยกำหนดปริมาณความชื้นในข้าวเกรียบปลาดิบ ต้องไม่เกิน ร้อยละ 12 โดยน้ำหนัก (Thai Industrial Standards Institute, 2011) นอกจากกำลังคลื่นไมโครเวฟและระยะเวลาอบการพองตัว ยังขึ้นอยู่กับขนาดและความหนาของข้าวเกรียบปลา ซึ่งแต่ละยี่ห้อมีขนาดและความหนาแตกต่างกัน ซึ่งการศึกษามีการคัดเลือกขนาดและความหนาให้ใกล้เคียงกันในการควบคุมคุณภาพ

ความหนาแน่นของข้าวเกรียบปลาแตกต่างกันตามชนิดข้าวเกรียบ กำลังคลื่นไมโครเวฟ และระยะเวลาอบ เนื่องจากข้าวเกรียบปลาทั้ง 2 ชนิดมีการใช้ส่วนผสมและกระบวนการผลิตต่างกัน ข้าวเกรียบปลามีความหนาแน่นน้อย 71.43±5.91 ถึง 221.31±8.72 กิโลกรัมต่อลูกบาศก์เมตร ส่วน Noorakmar *et al.* (2012) ที่พบว่าความหนาแน่นของข้าวเกรียบปลากะพงผสมแป้งมันสำปะหลังอัตราส่วน 40:60 ทอดมีความหนาแน่น 56 กิโลกรัมต่อลูกบาศก์เมตร ซึ่งความหนาแน่นของข้าวเกรียบบ่งชี้ถึงการขยายตัวในการทอดหรือการอบพองด้วยไมโครเวฟ (Taewee, 2011) ซึ่งการใช้ส่วนผสมของข้าวเกรียบปลาทำให้ความหนาแน่นแตกต่างกันด้วย

การใช้กำลังคลื่นไมโครเวฟและระยะเวลาอบนานทำให้ความชื้นและค่า a_w ต่ำลง เนื่องจากน้ำภายในโครงสร้างของข้าวเกรียบปลาระเหยได้เร็วกว่า โดยปกติข้าวเกรียบมีปริมาณความชื้นและค่า a_w ต่ำ จากการรายงานของ Neiva *et al*. (2011) พบว่าข้าวเกรียบปลาของประเทศบราซิล มีปริมาณความชื้น ร้อยละ 3.12 และ a_w 0.36 ซึ่งค่า a_w มีความสัมพันธ์กับการเจริญเติบโตของเชื้อจุลินทรีย์ในผลิตภัณฑ์ข้าวเกรียบปลา โดยทั่วไปเชื้อที่สามารถเจริญเติบโตในข้าวเกรียบปลา ได้แก่ ยีสต์และรา ค่า a_w อยู่ในช่วง 0.98-0.99 และ เชื้อราเจริญสามารถเจริญเติบโตได้ที่ค่า a_w คือ 0.62 (Rattanapanone, 2002) อย่างไรก็ตาม a_w ในตัวอย่างผลิตภัณฑ์ข้าวเกรียบปลามีค่าที่ต่ำกว่าที่เชื้อยีสต์ และราเจริญ ดังนั้นมีความปลอดภัยต่อผู้บริโภค (Chedoloh, 2017)

หากเปรียบเทียบคุณสมบัติของข้าวเกรียบปลาทอดและข้าวเกรียบปลาอบพองด้วยไมโครเวฟ พบว่าข้าวเกรียบที่ผ่านการทอดและอบพองด้วยไมโครเวฟ มีความแตกต่างของสมบัติทางกายภาพและเคมี และคุณภาพทางประสาทสัมผัสโดยเฉพาะค่าการพองตัว เนื่องจากความแตกต่างของมีปริมาณของอะไมโลสและปริมาณของน้ำมัน และอัตราส่วนของอะไมโลสและ อะไมโลเพกทิน (Kaewmanee *et al.,* 2015; Taewee, 2011) อัตราส่วนของอะไมโลสและอะไมโลเพคติน มีผลต่อการพองตัวแตกต่างกันโดยที่อะมิโลสจะช่วยลดปัญหาการแตกตัวของผลิตภัณฑ์หากมีปริมาณสูงข้าวเกรียบจะแข็ง พองตัวได้น้อย ขณะที่อะไมโลเพกทินสูงจะทำให้ผลิตภัณฑ์มีการพองตัวดี ความหนาแน่นต่ำ แต่มีคุณลักษณะเปราะง่าย การพองของข้าวเกรียบปลาจะแปรผกผันกับความแข็งของแผ่นข้าวเกรียบปลา โดยข้าวเกรียบปลาที่ผ่านการอบพองด้วยไมโครเวฟมีลักษณะเนื้อสัมผัสที่แข็งกว่าการทอด เกิดจากการอบพองตัวด้วยไมโครเวฟ ใช้คลื่นในการสั่นทำให้น้ำกลายเป็นไอเกิดแรงดันน้อยกว่าการทอด จึงทำให้การพองตัวของข้าวเกรียบน้อยกว่า ส่งผลต่อความแข็งของข้าวเกรียบสูงกว่าข้าวเกรียบทอด ขณะที่การทอดข้าวเกรียบปลาใช้น้ำมัน ซึ่งมีคุณสมบัติการนำความได้ดี จึงทำให้การพองตัวดี รวมทั้งมีการดูดซับน้ำมันภายในโครงสร้างของอาหารมีส่วนช่วยให้ลักษณะแผ่นข้าวเกรียบเปราะและไม่แข็งเท่ากับการอบพองด้วยไมโครเวฟ ข้าวเกรียบปลาที่มีส่วนของแป้งมันสำปะหลังสูงทำให้การพองตัวดี และมีความแข็งของแผ่นข้าวเกรียบน้อยกว่าข้าวเกรียบปลาที่มีส่วนของเนื้อ

ปลามากกว่า (Noorakmar *et al*. 2012) การบริโภคข้าวเกรียบปลาที่ผ่านการทอดจะให้ปริมาณไขมันจากน้ำมันที่ทอด โดยปกติใช้น้ำมันปาล์ม จึงให้ผู้บริโภคได้รับพลังงานเกินกว่าที่ร่างกายต้องการ ก่อให้เกิดโรคอ้วน รวมทั้งการนำข้าวเกรียบไปทอดมีสารก่อให้เกิดกลิ่นหืนเริ่มแตกต่างกัน โดยที่ข้าวเกรียบปลาทอดมีค่าเพอร์ออกไซด์สูงกว่าข้าวเกรียบปลาที่อบพองด้วยไมโครเวฟ ซึ่งสอดคล้องกับการศึกษาของ Ghazali *et al*. (2009) ซึ่งการทอดข้าวเกรียบทอดมีค่าเพอร์ออกไซด์ 1.31±0.06 มิลลิกรัมสมมูลเพอร์ออกไซด์ออกซิเจนต่อน้ำมัน 1 กิโลกรัม และเมื่อทดสอบทางประสาทสัมผัสของข้าวเกรียบปลา พบว่าคะแนนการทดสอบทางประสาทสัมผัสของข้าวเกรียบปลาอบพองด้วยไมโครเวฟทุกด้านมีคะแนนต่ำกว่าข้าวเกรียบปลาที่ผ่านการทอดด้วยน้ำมัน ดังนั้นต้องการพัฒนาข้าวเกรียบปลาให้มีความใกล้เคียงกับข้าวเกรียบทอด เช่นเดียวกันกับ Neiva *et al.,* (2011) ที่รายงานคะแนนการทดสอบทางประสาทสัมผัสด้าน สี ความกรอบ กลิ่น และความชอบโดยรวมของข้าวเกรียบปลาอบพองด้วยไมโครเวฟน้อยกว่าข้าวเกรียบปลาทอด

สรุปผลการวิจัย

การใช้กำลังคลื่นไมโครเวฟที่สูงขึ้นส่งผลต่อระยะเวลาอบ อย่างไรก็ตามหากใช้กำลังคลื่นไมโครเวฟสูงอาจจะทำให้ผลิตภัณฑ์เกิดกลิ่นไหม้ และสีดำ โดยการอบพองข้าวเกรียบปลาดาโต๊ะและข้าวเกรียบปลานราธิวาส โดยใช้ไมโครเวฟในระดับครัวเรือนที่เหมาะสม คือ ใช้กำลังคลื่นไมโครเวฟ 800 วัตต์ ระยะเวลาอบ 80 วินาที และข้าวเกรียบปลาอบพองด้วยไมโครเวฟและข้าวเกรียบปลาทอดที่ผ่านการทอดจะมีรสชาติใกล้เคียงกัน และเป็นที่ยอมรับของผู้ทดสอบชิม แต่ข้าวเกรียบปลาที่อบพองด้วยไมโครเวฟมีปริมาณไขมันน้อยต่ำกว่า ร้อยละ 1.5 สามารถเป็นผลิตภัณฑ์สำหรับคนรักสุขภาพและเป็นผลิตภัณฑ์อาหารฮาลาลต่อไป

กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบคุณแหล่งทุนการวิจัยจาก สำนักงานคณะกรรมการวิจัยแห่งชาติ (วช.) และ สำนักงานกองทุนสนับสนุนการวิจัย (สกว.) ประจำปี 2560 และคณะวิทยาศาสตร์เทคโนโลยีและการเกษตร มหาวิทยาลัยราชภัฏยะลาที่สนับสนุนเครื่องมือและสถานที่ในการดำเนินการวิจัย

เอกสารอ้างอิง

A.O.A.C. (2000). Official methods of analysis of the association of official analyticalchemists, 15 th ed. Association of Official Analytical Chemists, Inc., Virginia.

Bunthawong, O. (2009). *Effects of Processing Methods on Swelling Quality of Starch Cracker (Khao Krieb)*. Chiang Mai : Rajamangala University of Technology Lanna. (in Thai)

Chedoloh, R. (2017). *Development of Defatted Rice Bran Fish Crackers to Improve Nutrition and Antioxidant.* Yala : Yala Rajabhat University. (in Thai)

Chedoloh, R., Waeno, M., & Latekeh, I. (2015). The Study of Ratios and Packaging on Baked Fish Crackers by Microwave Shelf Life. In *4th National Conference on Princess of Naradhiwas University*. (pp.1-11). Narathiwat : Princess of Naradhiwas University. (in Thai)

Chaimongkol, L. (2013). *Good Manufacturing Practices, Production Data and Quality of Fish Cracker Produced in Pattani Province.* Pattani : Prince of Songkla University, Pattani Campus. (in Thai)

Ghazali, H. M., Tan, A., Abdulkarim, S. M., & Dzulkifly, M. H. (2009). Oxidative stability of virgin coconut oil compared with RBD palm olein in deep-fat frying of fish crackers. *Journal of Food Agriculture and Environment, 7*(3&4), 23-27.

Hongsrisuwan, N. (2015). Hazards of reused cooking oil. *RMUTP Research Journal*, *9*(1), 163-175.

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.

Mbaeyi-Nwaoha, I.E., & Itoje, C.R. (2016). Quality evaluation of prawn crackers produced from blends of prawns and cassava (*Manihot esculenta*), pink and orange fleshed sweet potato (*Ipomoea batatas* (L) Lam) starches. *African Journal of Food Science and Technology*, *7*(4), 066-085.

Meilgaard, M., Civille, G.V. & Carr, B.T. (1999). Sensory Evaluation Techniques. 3rd ed., CRC Press, New York. 387p.

Neiva, C.R.P., MachadoI, T.M., TomitaI, R. Y., FurlanI, É.F., NetoI, M. J. L., & BastosI 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.

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*(47), 434-446.

Noorakmar, A. W., Cheow, C. S., Norizzah, A. R., Mohd Zahid, A. &Ruzaina, I. (2012). Effect of orange sweet potato (Ipomoea batatas) flour on the physical properties of fried extruded fish crackers. *International Food Research Journal, 19*(2), 657-664.

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.

Rattanapanone, N. (2002). *Food Chemistry*. (1st edition). 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 tech nology. (6th edition). 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.

Saeleaw, M., & Schleining, G. (2011). Effect of frying parameters on crispiness and sound emission of cassava crackers. *Journal of Food Engineering*, *103*(3), 229–236.

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

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

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