

อิทธิพลของปริมาณแป้งข้าวสาลีต่อคุณลักษณะของผลิตภัณฑ์ข้าวเกรียบน้ำพริก ปลาร้าทรงเครื่อง

Effect of Wheat Flour Content on Characteristics of Spicy Fermented Fish Paste Crackers

นันทยา เก่งเขตรักกิจ^{1*}, เรียงนภรณ์ โม้พวง¹, อรรณพ ทัศนอุดม², อนุพงษ์ ยอดเพชร²

Nanthaya Kengkhetkit^{1*}, Rerngnaporn Mopoung¹, Unnop Tassanaudom², Anupong Yodphet²

¹สาขาวิทยาศาสตร์ คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีการเกษตร มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลล้านนา
Department of Science, Faculty of Science and Agricultural Technology, Rajamangala University
of Technology Lanna

²สาขาอุตสาหกรรมเกษตร คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีการเกษตร มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลล้านนา
Department of Agro-Industry, Faculty of Science and Agricultural Technology, Rajamangala
University of Technology Lanna

* E-mail: nanthaya@rmutl.ac.th

บทคัดย่อ

การพัฒนาผลิตภัณฑ์ข้าวเกรียบที่มีส่วนผสมของน้ำพริกปลาร้าทรงเครื่องที่มีรสชาติที่แตกต่างจากข้าวเกรียบรสชาติเดิมในท้องตลาด และเพื่อให้ข้าวเกรียบที่ได้นั้นมีคุณลักษณะของข้าวเกรียบที่ดี จำเป็นต้องศึกษาถึงอิทธิพลของปริมาณแป้งข้าวสาลีที่มีผลต่อคุณลักษณะของผลิตภัณฑ์ดังกล่าว ปัจจุบันที่ทำการศึกษาคือ ปริมาณของแป้งข้าวสาลีที่เป็นส่วนผสมในสูตรข้าวเกรียบ ซึ่งในงานวิจัยนี้ได้ทำการแปรปริมาณแป้งข้าวสาลีทดแทนแป้งมันสำปะหลังในสัดส่วนร้อยละ 0 5 10 20 และ 30 ของน้ำหนักแป้งมันสำปะหลัง ผลการทดลองพบว่า ปริมาณแป้งข้าวสาลีที่ใช้มีผลต่อคุณลักษณะทางกายภาพและเคมีของแผ่นข้าวเกรียบน้ำพริกปลาร้าทรงเครื่องทั้งก่อนและหลังทอด โดยข้าวเกรียบแผ่นดิบที่มีปริมาณของแป้งข้าวสาลีที่มากขึ้น จะมีค่า a_w และปริมาณความชื้นลดลง สีของข้าวเกรียบดิบมีลักษณะขุ่นขาวมากขึ้น ส่วนในกรณีของข้าวเกรียบหลังทอด พบว่าการเพิ่มปริมาณแป้งข้าวสาลีในส่วนผสม ส่งผลให้ข้าวเกรียบหลังทอดมีค่าความเข้มของสีลดลง และยังส่งผลให้ค่า a_w ปริมาณความชื้น และอัตราการพองตัวมีแนวโน้มลดลงด้วยเช่นกัน แผ่นข้าวเกรียบหลังทอดจะมีขนาดของโพรงอากาศลดลงแต่จะพบจำนวนโพรงอากาศเพิ่มมากขึ้น จึงส่งผลให้ค่าเนื้อสัมผัสของข้าวเกรียบน้ำพริกปลาร้าทรงเครื่องที่ได้ มีค่าความแข็งเพิ่มขึ้น เมื่อนำข้าวเกรียบน้ำพริกปลาร้าทรงเครื่องทั้ง 5 สูตร มาทำการทดสอบทางด้านประสาทสัมผัส ด้วยผู้ทดสอบชิมจำนวน 30 คน พบว่าตัวอย่างข้าวเกรียบน้ำพริกปลาร้าทรงเครื่องสูตร 5%WF มีแนวโน้มของคะแนนความชอบรวมที่สูงกว่าในสูตร 10%WF, 20%WF, 0%WF และ 30%WF ตามลำดับ

คำสำคัญ: ข้าวเกรียบ แป้งข้าวสาลี น้ำพริกปลาร้าทรงเครื่อง

Abstract

The development of Thai cracker combined with the spicy fermented fish paste results in the new flavored cracker that quite different from the traditional flavored crackers in market. In order to achieve the good quality of this cracker, the influence of wheat flour content replacement which are 0, 5, 10, 20 and 30 percent of tapioca flour on the characteristics of the cracker was studied. The results showed that wheat flour content had a significant effect on physical and chemical characteristics of the raw and fried crackers. The color of raw crackers was more opaque while the a_w value and the moisture content of cracker were decreased when increasing wheat flour content. For fried crackers, the color of each sample also revealed more white and opaque when adding wheat flour content. Increasing wheat flour content, the a_w value the moisture content and the expansion ratio of fried samples were decreased. The morphology of fried cracker when adding wheat flour also showed the reduction of the air cell size while the amount of air cell was increased which was resulting to the increasing of cracker hardness. For the sensory evaluation by 30 untrained panelists, the cracker with 5%WF was higher overall score than that of 10%WF, 20%WF, 0%WF และ 30%WF, respectively.

Keywords: cracker, wheat flour, spicy fermented fish paste

บทนำ

ข้าวเกรียบเป็นผลิตภัณฑ์ขนมขบเคี้ยวชนิดหนึ่งที่คนไทยนิยมบริโภคกันอย่างแพร่หลาย โดยสามารถนำมาใช้เป็นอาหารว่าง รับประทานเล่น และยังเป็นของฝากได้อีกด้วย ส่วนประกอบหลักของข้าวเกรียบคือ แป้ง และอาจมีการเติมส่วนผสมอื่น ๆ เช่น พักทอง ผักกาดำ งาขาว ปลา หรือกุ้ง เป็นต้น เพื่อให้เกิดรสชาติที่หลากหลาย ปัจจุบันข้าวเกรียบยังคงเป็นผลิตภัณฑ์ขนมขบเคี้ยวที่ได้รับความนิยมจากผู้บริโภค ตัวอย่างเช่น ข้าวเกรียบ ตราตะวัน ที่ผลิตโดยบริษัท เป๊ปซี่ - โคล่า (ไทย) เทรตติ้ง จำกัด พบว่ามียอดจำหน่ายเป็นมูลค่าสูงถึง 8,500 ล้านบาทต่อปี (หนังสือพิมพ์แนวหน้า, 2559) และยังมีกลุ่มผู้ผลิตหรือแปรรูปหนึ่งตำบลหนึ่งผลิตภัณฑ์ (OTOP) ภายในประเทศถึง 47 ราย ที่ผลิตข้าวเกรียบในเชิงการค้า โดยแบ่งผลิตภัณฑ์ข้าวเกรียบที่จัดจำหน่ายในท้องตลาด ออกเป็นประเภทต่าง ๆ เช่น ข้าวเกรียบที่มีส่วนผสมของเนื้อสัตว์ ผัก ผลไม้ สมุนไพร และธัญพืช เป็นต้น เพื่อตอบสนองต่อความต้องการของผู้บริโภคที่ต้องการความแปลกใหม่ ทั้งในส่วนของคุณภาพ รสชาติ และเนื้อสัมผัส ทำให้ยังมีการศึกษาและพัฒนาสูตรข้าวเกรียบชนิดใหม่ ๆ ขึ้นมาอย่างต่อเนื่อง เช่น ข้าวเกรียบใบหม่อน (อรนุช สีหามาลา, ศุภชัย ภูลายดอก และพนอจิต ชองศิริ, 2546) ข้าวเกรียบสับปะรดเสริมสมุนไพร (จริยากร ลิ่งไธสง และคณะ, 2551) ข้าวเกรียบใบชะพลู (กัญยานาถ เจียกขจร และฐานิดา เขียวรัตน์รักษ์, 2554) ข้าวเกรียบ

ถั่วแปบจ่อ (ปิยภรณ์ สุริยะ และคณะ, 2554) ข้าวเกรียบธัญพืช (ชมภู ยิ้มโต, อภิญญา พุกสุขสกุล และ อรพรรณ พึ่งคำ, 2555) และข้าวเกรียบพลาสติกห่อเสริมสมุนไพร (โน้รฮามีมี คีรี, 2558) เป็นต้น อย่างไรก็ตาม ข้าวเกรียบแต่ละสูตรที่ทำการพัฒนาสูตรขึ้นมานั้น พบว่ายังมีความแตกต่างกันในด้านชนิด และ ปริมาณของส่วนผสมแป้งที่นำมาใช้ในกระบวนการผลิต โดยข้าวเกรียบบางชนิด อาจมีการใช้แป้งมากกว่า 1 ชนิดในสูตรนั้น ทั้งนี้เพื่อพัฒนาหรือปรับปรุงคุณลักษณะด้านเนื้อสัมผัส (ความขึ้นฟู หรือพองตัว ความกรอบ หรือความแน่นเนื้อ เป็นต้น) ให้ได้ตามที่ต้องการ ซึ่งทั้งชนิดและปริมาณของแป้งที่นำมาใช้ในกระบวนการผลิตถือเป็นปัจจัยหลัก ที่มีความสำคัญและส่งผลกระทบต่อคุณลักษณะของข้าวเกรียบ แป้งที่มักใช้ในการผลิต ข้าวเกรียบได้แก่ แป้งมันสำปะหลัง แป้งสาลี ซึ่งแป้งแต่ละชนิดนั้นจะให้คุณสมบัติที่มีผลต่อลักษณะเนื้อสัมผัส ความหนืด ความคงตัว และการพองตัวที่แตกต่างกัน ขึ้นอยู่กับองค์ประกอบภายในแป้ง ได้แก่ ปริมาณ อะไมโลส และปริมาณอะไมโลเพกติน ถ้าแป้งที่ใช้มีปริมาณอะไมโลเพกตินสูงจะทำให้ผลิตภัณฑ์มีการ พองตัวดี ความหนาแน่นต่ำ แต่เปราะง่าย ในขณะที่อะไมโลสจะช่วยลดปัญหาการแตกหักของข้าวเกรียบ พบว่าแป้งที่มีปริมาณอะไมโลเพกตินร้อยละ 50 หรือมากกว่า และมีปริมาณอะไมโลสอยู่ร้อยละ 5 - 20 จะทำให้ได้ผลิตภัณฑ์ข้าวเกรียบที่มีคุณภาพดี ลดปริมาณการดูดซึมน้ำมันระหว่างทอด (เพลินใจ ตังคณะกุล , 2546) นอกจากนี้ ปริมาณส่วนผสมอื่น ๆ ที่เติมลงไปเพื่อให้เกิดความหลากหลายของรสชาติ ถือเป็นอีก หนึ่งปัจจัยที่ส่งผลกระทบต่อคุณลักษณะของข้าวเกรียบเช่นเดียวกัน

งานวิจัยนี้จึงมีแนวคิดที่จะพัฒนาสูตรข้าวเกรียบชนิดใหม่ที่มีความแตกต่างจากข้าวเกรียบที่มีอยู่ในท้องตลาด แนวทางหนึ่งที่ผู้วิจัยให้ความสนใจคือการนำเอาผลิตภัณฑ์ประจำท้องถิ่นของชุมชนที่หาได้ ง่าย อย่างเช่น น้ำพริกปลาร้าทรงเครื่อง ซึ่งเป็นหนึ่งในน้ำพริกที่มีชื่อเสียง เป็นที่รู้จัก และได้รับความนิยมจากผู้บริโภค อีกทั้งยังมีส่วนผสมของสมุนไพรซึ่งมีคุณค่าทางโภชนาการที่เป็นประโยชน์ต่อผู้บริโภคมาเป็น ส่วนผสมของผลิตภัณฑ์ข้าวเกรียบ ซึ่งแต่เดิมอาจพบเพียงมีการจำหน่ายและบริโภคน้ำพริกควบคู่กับข้าว เกรียบอยู่บ้าง เช่น ข้าวเกรียบกุ้งกินแกล้มกับน้ำพริกเผา (ที่บรรจุน้ำพริกเผาแยกมาอยู่ในบรรจุภัณฑ์ของ ข้าวเกรียบกุ้ง) เป็นต้น แต่ยังไม่ปรากฏว่ามีการใช้น้ำพริกเป็นส่วนผสมโดยตรงในการผลิตเป็นผลิตภัณฑ์ ข้าวเกรียบ อย่างไรก็ตามคุณลักษณะด้านเนื้อสัมผัสของข้าวเกรียบที่ได้นั้น ขึ้นอยู่กับ ส่วนของแป้งที่เป็น ส่วนประกอบที่สำคัญในข้าวเกรียบนั่นเอง โดยที่ผู้วิจัยคาดหวังว่า งานวิจัยนี้จะเป็นแนวทางหนึ่งในการ พัฒนาคุณภาพของผลิตภัณฑ์ข้าวเกรียบทางเลือกชนิดใหม่ให้กับผู้บริโภค และสามารถนำไปต่อยอดใน เชิงพาณิชย์ต่อไปในอนาคต

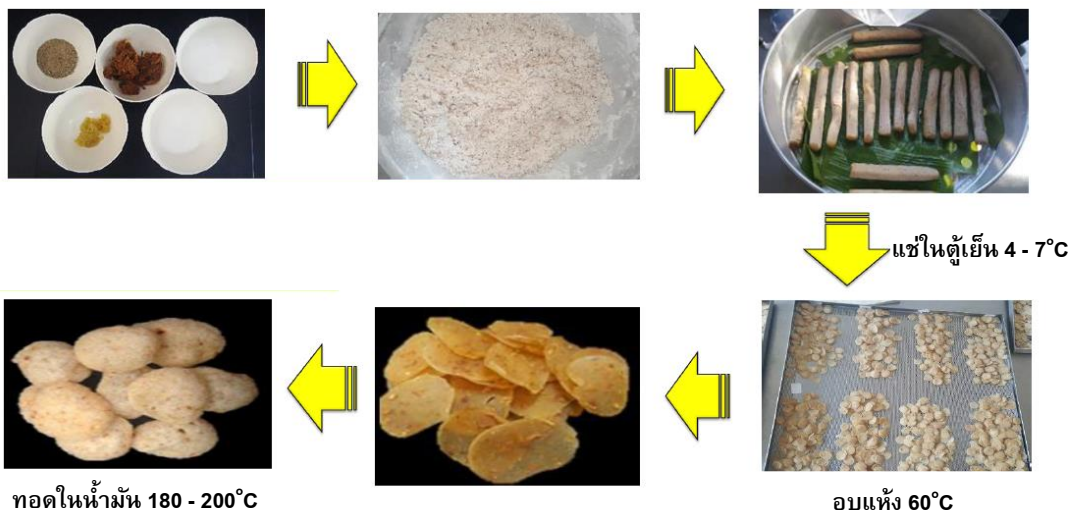
วัตถุประสงค์การวิจัย

ในงานวิจัยนี้ ทำการศึกษาถึงอิทธิพลของปริมาณแป้งข้าวสาลีที่มีผลต่อคุณลักษณะของ ผลิตภัณฑ์ข้าวเกรียบน้ำพริกปลาร้าทรงเครื่อง โดยทำการแปรปริมาณแป้งข้าวสาลีในระดับต่าง ๆ ทดแทน ปริมาณแป้งมันสำปะหลัง

วิธีดำเนินการวิจัย

กระบวนการผลิตข้าวเกรียบน้ำพริก

ทำการผสมแป้ง น้ำพริกปลาร้าทรงเครื่อง และส่วนผสมต่าง ๆ กับน้ำเดือด ทำการนวดผสมให้แป้งขึ้นเป็นก้อนโด ปั้นแป้งเป็นท่อนกลมทรงกระบอกขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 2 เซนติเมตร นำก้อนโดไปนึ่งในลังถึง ที่ระยะเวลา 45 นาที วางให้สะเด็ดน้ำ เก็บในตู้เย็นที่อุณหภูมิ 4 - 7 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 12 ชั่วโมง นำออกมาหั่นเป็นแผ่นบางขนาด 2 - 3 มิลลิเมตร และอบแห้งที่อุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 2 ชั่วโมง นำไปทอดในน้ำมันร้อนที่อุณหภูมิประมาณ 180 - 200 องศาเซลเซียส ประมาณ 5 - 7 วินาที นำมาสะเด็ดน้ำมันบนกระดาษซับมัน ทิ้งให้เย็นเป็นเวลาประมาณ 5 - 10 นาที กระบวนการผลิตแสดงในภาพที่ 1



ภาพที่ 1 กระบวนการผลิตข้าวเกรียบน้ำพริกปลาร้าทรงเครื่อง

การศึกษาปริมาณแป้งข้าวสาลีที่ส่งผลต่อคุณลักษณะของแผ่นข้าวเกรียบน้ำพริกปลาร้าทรงเครื่อง ทั้งก่อนทอดและหลังทอด

วางแผนการทดลองแบบ (Completely randomized design: CRD) โดยส่วนผสมของข้าวเกรียบน้ำพริกปลาร้าทรงเครื่องในแต่ละสูตรที่ทำการศึกษา แสดงดังตารางที่ 1 (จุฬามาต ถิระสาโรช, 2552) ซึ่งปริมาณแป้งข้าวสาลีทดแทนแป้งมันสำปะหลังที่ทำการศึกษา คือปริมาณร้อยละ 0 5 10 20 และ 30 ของน้ำหนักแป้งมันสำปะหลัง ทำการผลิตข้าวเกรียบน้ำพริกปลาร้าทรงเครื่องแต่ละสูตรด้วยวิธีเช่นเดียวกับภาพที่ 1 จากนั้นนำข้าวเกรียบน้ำพริกปลาร้าทรงเครื่องแต่ละสูตร (ก่อนทอด และหลังทอด) ที่ได้มาทำการวิเคราะห์คุณลักษณะต่าง ๆ ต่อไปนี้

1) การตรวจสอบทางด้านกายภาพ ได้แก่

- ค่าสี ด้วยเครื่อง Hunter Lab (Hunter lab colorflex 4510, Colorflex®, Hunter association laboratory, Inc., America) โดยนำตัวอย่างข้าวเกรียบแต่ละสูตรทั้งก่อนและหลังทอดมาวัดค่า

ความสว่าง (L^*) ค่าสีเขียว-แดง (a^*) ค่าสีเหลือง (b^*) ค่าความเข้มสี (C^*) และค่าเจดสี (h) เพื่อเปรียบเทียบสีของข้าวเกรียบน้ำพริกปลาร้าทรงเครื่องที่ได้ในแต่ละสูตร

- ลักษณะของโพรงอากาศในข้าวเกรียบโดยใช้กล้องจุลทรรศน์แบบสเตอริโอ (SEMI2000C, Zeiss, Germany) ทำได้โดยตัดชิ้นตัวอย่างข้าวเกรียบน้ำพริกปลาร้าทรงเครื่องหลังทอดแต่ละสูตร บริเวณตรงกลางขนาด 1×1 ตารางเซนติเมตร นำตัวอย่างส่องด้วยกล้องจุลทรรศน์แบบสเตอริโอที่กำลังขยาย 50x บันทึกภาพถ่ายของลักษณะโพรงอากาศของข้าวเกรียบแต่ละสูตร

- อัตราการพองตัวของข้าวเกรียบ (Yu, Mitchell & Abdullah, 1981) คำนวณได้จากการวัดความหนาของข้าวเกรียบก่อนและหลังการทอด โดยใช้เวอร์เนียร์วัดความหนาของแผ่นข้าวเกรียบที่รอบแผ่น 4 จุด และตรงกลางแผ่นอีก 1 จุด ใช้ค่าเฉลี่ยของตัวอย่างละ 15 แผ่น อัตราการพองตัวของข้าวเกรียบน้ำพริกปลาร้าทรงเครื่องหาได้จากสมการที่ (1)

$$\text{อัตราการพองตัว (ร้อยละ)} = \frac{(a-b)}{b} \times 100 \quad (1)$$

กำหนดให้ a คือความหนาของแผ่นข้าวเกรียบหลังทอด

b คือความหนาของแผ่นข้าวเกรียบก่อนทอด

- ค่าเนื้อสัมผัสข้าวเกรียบด้วยเครื่อง Texture analyser (TA.XT.Plus, Stable Micro Systems Ltd., United Kingdom) นำตัวอย่างข้าวเกรียบน้ำพริกปลาร้าทรงเครื่องหลังทอดแต่ละสูตรมาวิเคราะห์ค่าเนื้อสัมผัส โดยใช้หัววัดแบบทรงกระบอก (P/2) ด้วยแรงกด 20 นิวตัน ที่ความเร็ว 2 มิลลิเมตรต่อวินาที บันทึกค่าแรงกดสูงสุดของตัวอย่างข้าวเกรียบที่วัดได้จากค่า Maximum force โดยทำการทดสอบตัวอย่างละ 10 ซ้ำ เพื่อหาค่าเฉลี่ยของแรงกดสูงสุดที่ได้ของแต่ละตัวอย่างได้

- ปริมาณน้ำอิสระ (a_w) (Model Series 3TE, Aqua lab, Charpa Techcenter Co., Ltd., America) โดยนำตัวอย่างข้าวเกรียบน้ำพริกปลาร้าทรงเครื่องแต่ละสูตรทั้งก่อนและหลังทอด มาวัดค่า a_w เพื่อเปรียบเทียบปริมาณน้ำอิสระของข้าวเกรียบน้ำพริกปลาร้าทรงเครื่องที่ได้ในแต่ละสูตร (Aqua Lab Inc., 2016)

2) การตรวจสอบทางด้านเคมี ได้แก่ ค่าปริมาณชื้น (AOAC., 2000) การวิเคราะห์หาปริมาณความชื้นในข้าวเกรียบน้ำพริกปลาร้าทรงเครื่องทั้งก่อนทอดและหลังทอด ทำได้โดยชั่งตัวอย่างข้าวเกรียบที่ต้องการหาความชื้นให้ได้น้ำหนักที่แน่นอน 5.0000 ± 0.05 กรัม ใส่ลงใน Moisture can ซึ่งทราบน้ำหนักแล้ว นำไปอบในตู้อบลมร้อนที่อุณหภูมิ 105 ± 2 องศาเซลเซียส เป็นเวลานาน 4 - 5 ชั่วโมง ทำการชั่งน้ำหนักทุก ๆ 1 ชั่วโมง จนได้ผลต่างของน้ำหนักที่ชั่งทั้งสองครั้งติดต่อกันไม่เกิน 1 - 3 มิลลิกรัม นำค่าที่ได้มาคำนวณหาปริมาณความชื้นของข้าวเกรียบจากสมการที่ (2)

$$\text{ปริมาณความชื้น (ร้อยละโดยน้ำหนัก)} = \frac{(W_1 - W_2)}{W_1} \times 100 \quad (2)$$

กำหนดให้ W_1 คือ น้ำหนักตัวอย่างก่อนอบ (กรัม)

W_2 คือ น้ำหนักตัวอย่างหลังอบ (กรัม)

การทดสอบทางประสาทสัมผัสของข้าวเกรียบน้ำพริกปลาร้าทรงเครื่อง

วางแผนการทดลองแบบบล็อกสุ่มสมบูรณ์ (Randomized complete block design : RCBD) ทำการทดสอบความชอบทางประสาทสัมผัส ด้วยวิธี 9 Point hedonic rating scales ที่ระดับคะแนน 1 - 9 คะแนน โดยใช้ผู้ทดสอบชิม จำนวน 30 คน ให้คะแนนความชอบต่อคุณลักษณะด้านสี กลิ่นหอมเฉพาะตัว รสชาติ ความกรอบ และความชอบโดยรวม

นำข้อมูลที่ได้จากผลการทดลองต่าง ๆ มาทำการวิเคราะห์ทางด้านสถิติด้วยวิธีวิเคราะห์ความแปรปรวน (Analysis of variance) ที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์ และเปรียบเทียบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยระหว่างสิ่งทดลองด้วยวิธี Duncan's new multiple range test (DMRT) (ปราณี อ่านเปรื่อง, 2547)

ตารางที่ 1 ร้อยละของส่วนผสมข้าวเกรียบน้ำพริกปลาร้าทรงเครื่องในแต่ละสูตร

ส่วนผสมแต่ละสูตร	ร้อยละโดยมวลของส่วนผสมทั้งหมด				
อัตราส่วนแป้งมันสำปะหลังต่อ แป้งข้าวสาลี* (%แป้งข้าวสาลี)	55: 0 (0%WF)	52.25 : 2.75 (5%WF)	49.5 : 5.5 (10%WF)	44 : 11 (20%WF)	38.5 : 16.5 (30%WF)
น้ำพริกปลาร้าทรงเครื่อง	10.0	10.0	10.0	10.0	10.0
พริกไทย	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0
เกลือ	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5
น้ำต้มสุก	27.5	27.5	27.5	27.5	27.5
กระเทียมบด	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5
น้ำตาลทราย	3.5	3.5	3.5	3.5	3.5

หมายเหตุ ปริมาณแป้งข้าวสาลีที่ทดแทนแป้งมันสำปะหลังคิดเป็นร้อยละของน้ำหนักแป้งมันสำปะหลัง

ผลการวิจัย

ผลการศึกษาปริมาณแป้งข้าวสาลีที่ส่งผลต่อคุณลักษณะของแผ่นข้าวเกรียบน้ำพริกปลาร้าทรงเครื่อง (ก่อนทอด)

ผลการศึกษาปริมาณแป้งข้าวสาลีทดแทนแป้งมันสำปะหลังปริมาณร้อยละ 0 5 10 20 และ 30 ของน้ำหนักแป้งมันสำปะหลัง ในการผลิตข้าวเกรียบน้ำพริกปลาร้าทรงเครื่องรวมทั้งสิ้น 5 สูตร (ภาพที่ 2) พบว่าค่าสีของข้าวเกรียบแผ่นดิบทั้ง 5 สูตร มีความแตกต่างกัน ($p \leq 0.05$) โดยมีสีน้ำตาลอ่อนจนถึงสีน้ำตาลเข้ม ซึ่งความเข้มของสีจะแปรผกผันกับปริมาณแป้งข้าวสาลีที่เติมลงไปทดแทน นอกจากนี้การเพิ่มปริมาณแป้งข้าวสาลิจึงไปในส่วนผสมข้าวเกรียบ (ทดแทนแป้งมันสำปะหลัง) ยังส่งผลให้ข้าวเกรียบแผ่นดิบมีค่า a_w และปริมาณความชื้นลดลง โดยมีค่าเท่ากับอยู่ในช่วง 0.410 - 0.437 และร้อยละ 8.06 - 9.85 ตามลำดับ (ตารางที่ 2) ทั้งนี้ยังสังเกตพบว่าการเพิ่มปริมาณแป้งข้าวสาลี จะทำให้แผ่นข้าวเกรียบดิบมีลักษณะแข็งขึ้น โดยในการหักแผ่นข้าวเกรียบดิบต้องใช้แรงเพิ่มมากขึ้น



ก) ข) ค) ง) จ)

ภาพที่ 2 แผ่นข้าวเกรียบน้ำพริกปลาร้าทรงเครื่อง (ดิบ) ที่แปรแป้งข้าวสาลีทดแทนแป้งมันสำปะหลังในระดับต่าง ๆ : ก) ร้อยละ 0 ข) ร้อยละ 5 ค) ร้อยละ 10 ง) ร้อยละ 20 และจ) ร้อยละ 30

ตารางที่ 2 คุณลักษณะทางกายภาพ และเคมีของแผ่นข้าวเกรียบน้ำพริกปลาร้าทรงเครื่อง (ดิบ) ที่แปรปริมาณแป้งข้าวสาลีทดแทนแป้งมันสำปะหลังในระดับต่าง ๆ

ค่าพารามิเตอร์ที่ทำ	ข้าวเกรียบน้ำพริกปลาร้าที่มีปริมาณแป้งข้าวสาลีต่าง ๆ (ร้อยละ)				
การตรวจวัด	0%WF	5%WF	10%WF	20%WF	30%WF
ค่า L*	45.33 ^d ±1.08	47.74 ^d ±0.40	50.80 ^c ±0.95	56.32 ^b ±0.37	59.22 ^a ±0.26
ค่า a*	15.06 ^a ±0.14	13.68 ^b ±1.15	12.23 ^c ±0.16	11.06 ^d ±0.20	11.01 ^d ±0.47
ค่า b*	25.25 ^c ±0.29	26.03 ^c ±0.25	30.03 ^b ±0.26	30.64 ^b ±1.91	34.40 ^a ±0.30
ค่า C*	26.34 ^c ±0.69	29.29 ^{bc} ±1.91	30.13 ^{bc} ±4.22	31.73 ^b ±0.74	36.22 ^a ±3.81
ค่า h	61.15 ^c ±0.19	62.35 ^c ±0.96	69.45 ^b ±0.29	70.78 ^b ±1.41	72.76 ^a ±0.38
ค่า a _w	0.437 ^a ±0.003	0.421 ^b ±0.003	0.420 ^b ±0.003	0.417 ^b ±0.003	0.410 ^b ±0.010
ปริมาณความชื้น (ร้อยละ)	9.85 ^a ±0.29	8.71 ^b ±0.01	8.42 ^{bc} ±0.38	8.42 ^{bc} ±0.33	8.06 ^c ±0.27

หมายเหตุ: ตัวอักษรที่แตกต่างกันในแนวนอนมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$)

± ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน จากการทดลอง 3 ซ้ำ

การเพิ่มปริมาณแป้งข้าวสาลิลงไปในส่วนผสมข้าวเกรียบ (ทดแทนแป้งมันสำปะหลัง) ทำให้สีของแผ่นข้าวเกรียบดิบมีลักษณะขาวขึ้นเพิ่มขึ้น เนื่องจากเมื่อเติมปริมาณแป้งข้าวสาลีในส่วนผสมข้าวเกรียบทำให้ปริมาณอะไมโลสในส่วนแป้งของข้าวเกรียบมีปริมาณเพิ่มขึ้น (ปริมาณอะไมโลสของแป้งข้าวสาลีสูงกว่าแป้งมันสำปะหลัง) หลังจากกระบวนการนี้ และทิ้งให้แป้งข้าวเกรียบเย็นลง แป้งที่เกิดเจลลิตในเซชันจะเกิดการจัดเรียงตัวใหม่ (รีโทรเกรเดชัน: Retrogradation) โดยโครงสร้างของอะไมโลส (โครงสร้างเป็นสายตรง) ในข้าวเกรียบจะมาจับตัวกันเป็นผลึกใหม่ (Crystalline structure) ในขณะที่โครงสร้างของอะไมโลเพคติน จะเกิดการจับตัวเป็นผลึกได้น้อยกว่า (อยู่ในรูป Non crystalline structure เป็นส่วนใหญ่) เนื่องจากมีโครงสร้างเป็นสายโซ่กึ่ง โดยผลึกที่เกิดขึ้นนี้จะส่งผลต่อลักษณะปรากฏ ทำให้เนื้อข้าวเกรียบมีลักษณะขุ่นขาวมากขึ้น (Wang et al., 1991) ซึ่งส่งผลโดยตรงต่อค่า L* (ค่าความเป็นสีดํา-ขาว) ทำให้ค่าดังกล่าวเพิ่มสูงขึ้น (ตารางที่ 2) ดังนั้น การเพิ่มสัดส่วนอะไมโลสในส่วนประกอบแป้ง จึงส่งผลให้จำนวน

ผลึกที่เกิดจากการรีโทรเกรดชันของอะไมโลสเพิ่มขึ้น นอกจากนั้นจำนวนผลึกที่เพิ่มขึ้น จากการเกิดรีโทรเกรดชันของอะไมโลส ยังส่งผลให้แผ่นข้าวเกรียบดิบมีเนื้อสัมผัสที่แข็งมากขึ้น สอดคล้องกับงานวิจัยของ จันทรเพ็ญ ไชยหุ้ย (2549) ที่รายงานว่าภายหลังวางโดข้าวเกรียบทิ้งไว้ให้เย็น ปริมาณอะไมโลสที่มีอยู่สูงในแป้งสาคุจะมีผลต่อการเกิดรีโทรเกรดชันที่สูงกว่าแป้งมันสำปะหลังซึ่งมีอะไมโลสต่ำกว่า โดยโครงสร้างอะไมโลสจะมีการจัดเรียงตัวใหม่ เกิดเป็นโครงสร้างผลึกที่แข็งแรงมากขึ้น จึงส่งผลให้แผ่นข้าวเกรียบดิบจากแป้งสาคุที่มีอะไมโลสสูง มีลักษณะที่แข็งกว่าแผ่นข้าวเกรียบดิบจากแป้งมันสำปะหลัง

นอกจากนี้ การเพิ่มปริมาณแป้งข้าวสาลีลงไปในส่วนผสมข้าวเกรียบ (ทดแทนแป้งมันสำปะหลัง) ยังส่งผลให้ข้าวเกรียบแผ่นดิบมีค่า a_w และปริมาณความชื้นลดลง โดยพบว่าปริมาณความชื้นที่ได้มีค่าไม่เกินกว่ามาตรฐานระบุไว้ คือร้อยละ 12 (สำนักงานมาตรฐานผลิตภัณฑ์ชุมชน, 2546) ซึ่งการลดลงของค่า a_w และปริมาณความชื้นนั้น อาจเกิดจากผลของการรีโทรเกรดชันของอะไมโลสในเจลแป้งข้าวเกรียบ เนื่องจากเมื่ออะไมโลสเกิดการเรียงผลึกใหม่ จะเกิดการซินเอร์ซิส (Syneresis) ซึ่งเป็นการขับน้ำที่เคยจับอยู่ออกจากโมเลกุลอะไมโลส ออกมาอยู่รอบ ๆ ผลึกทำให้ปริมาณน้ำที่ถูกอุ้มอยู่ในเจลแป้งลดลง เมื่อปริมาณอะไมโลสในข้าวเกรียบเพิ่มขึ้น ทำให้การเกิดซินเอร์ซิสเพิ่มขึ้น ปริมาณน้ำที่ถูกอุ้มอยู่ในเจลแป้งลดลง ดังนั้นปริมาณความชื้น และค่า a_w ของแผ่นข้าวเกรียบดิบที่มีส่วนผสมของแป้งข้าวสาลีจึงมีแนวโน้มต่ำกว่าข้าวเกรียบส่วนผสมแป้งมันสำปะหลังเพียงอย่างเดียว และเมื่อปริมาณแป้งข้าวสาลีในข้าวเกรียบเพิ่มขึ้น ปริมาณความชื้น และค่า a_w ของข้าวเกรียบยังมีแนวโน้มลดลงซึ่งปริมาณน้ำที่ถูกขับออกมาอยู่รอบ ๆ ผลึกนี้จะระเหยออกได้ง่ายกว่าปริมาณน้ำที่ถูกอุ้มอยู่ในเจลแป้ง

ผลการศึกษาปริมาณแป้งข้าวสาลีที่ส่งผลต่อคุณลักษณะของแผ่นข้าวเกรียบน้ำพริกปลาร้าทรงเครื่อง (หลังทอด)

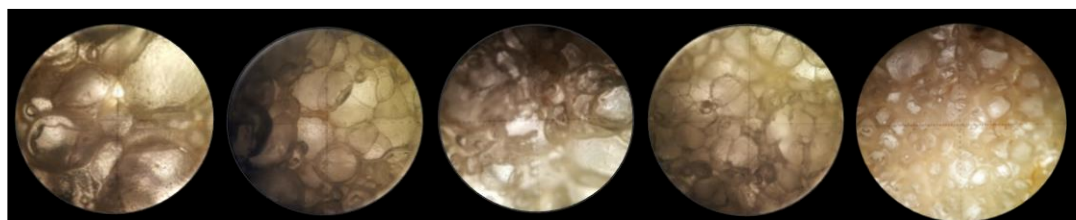
เมื่อนำข้าวเกรียบน้ำพริกปลาร้าทรงเครื่องแผ่นดิบทั้ง 5 สูตร มาทอดในน้ำมันปาล์ม จะได้ข้าวเกรียบหลังทอดที่มีคุณลักษณะแตกต่างกัน ทั้งในส่วนของสี ความแข็ง และอัตราการพองตัวดังภาพที่ 3 โดยพบว่า ค่าสีของข้าวเกรียบแผ่นหลังทอดทั้ง 5 สูตร มีความแตกต่างกัน ($p \leq 0.05$) โดยมีสีน้ำตาลอ่อนจนถึงสีขาว ซึ่งความเข้มของสีจะแปรผกผันกับปริมาณแป้งข้าวสาลีที่เติมลงไปทดแทน นอกจากนี้ การเพิ่มปริมาณแป้งข้าวสาลีนี้นำไปในส่วนผสมข้าวเกรียบ (ทดแทนแป้งมันสำปะหลัง) ยังส่งผลให้ข้าวเกรียบหลังทอดมีค่า a_w และปริมาณความชื้นลดลง (เช่นเดียวกับในแผ่นข้าวเกรียบดิบ) โดยมีค่าอยู่ในช่วง 0.317 - 0.374 และร้อยละ 2.19 - 3.11 ตามลำดับ ทั้งนี้ยังพบว่าค่า a_w และปริมาณความชื้น ไม่เกินกว่าที่มาตรฐานระบุไว้ (สำนักงานมาตรฐานผลิตภัณฑ์ชุมชน, 2546) ส่วนค่าเนื้อสัมผัส (ความแข็ง: Hardness) ซึ่งวัดออกมาเป็นค่าแรงกดพบอยู่ในช่วง 3.95 - 9.92 นิวตัน โดยข้าวเกรียบปลาร้าทรงเครื่องสูตร 30%WF จะมีค่าแรงกดมากที่สุด ส่วนข้าวเกรียบสูตร 0%WF จะมีค่าแรงกดน้อยที่สุด ซึ่งพบว่ายิ่งเพิ่มปริมาณแป้งข้าวสาลีทดแทนแป้งมันสำปะหลังค่าแรงกดจะยิ่งเพิ่มสูงขึ้น ในขณะที่ค่าอัตราการพองตัวมีค่าอยู่ในช่วงร้อยละ 92.31 - 153.38 (ตารางที่ 3) โดยข้าวเกรียบปลาร้าทรงเครื่องสูตร 0%WF มีอัตราการพองตัวมากที่สุด ส่วนข้าวเกรียบน้ำพริกปลาร้าทรงเครื่องสูตร 30%WF มีอัตราการพองตัวน้อยที่สุด สังเกตได้ว่าเมื่อเพิ่มปริมาณแป้งข้าวสาลีทดแทนแป้งมันสำปะหลังอัตราการพองตัวของข้าวเกรียบจะลดลง

จากนั้นเมื่อนำข้าวเกรียบน้ำพริกปลาร้าทรงเครื่องหลังทอดทั้ง 5 สูตร มาทำการศึกษาลักษณะและจำนวนของโพรงอากาศ โดยใช้กล้องจุลทรรศน์กำลังขยาย 50x (ภาพที่ 4) โดยพบว่าเมื่อเพิ่มปริมาณแป้งข้าวสาลีไปทดแทนแป้งมันสำปะหลังขนาดของโพรงอากาศในข้าวเกรียบลดลง แต่จะมีจำนวนเพิ่มมากขึ้น โดยในข้าวเกรียบน้ำพริกปลาร้าทรงเครื่องสูตร 0%WF พบว่ามีโพรงอากาศขนาดใหญ่ที่สุด ส่วนโพรงอากาศของข้าวเกรียบน้ำพริกปลาร้าทรงเครื่องสูตร 30%WF มีขนาดเล็กที่สุด ทั้งนี้การเพิ่มปริมาณแป้งข้าวสาลี จะทำให้จำนวนโพรงอากาศในแผ่นข้าวเกรียบหลังทอดจะเพิ่มขึ้น (แต่มีขนาดเล็กลง) เนื่องจากเมื่อแผ่นข้าวเกรียบดิบได้รับความร้อนสูงในระหว่างการทอด ทำให้โมเลกุลของน้ำที่แทรกตัวในโครงสร้างของแผ่นข้าวเกรียบระเหยกลายเป็นไอน้ำขึ้นอย่างรวดเร็ว แรงดันไอดังกล่าวจะดันให้เนื้อแป้งสุกของข้าวเกรียบขยายตัวเกิดเป็นช่องว่างของโพรงอากาศขึ้น (Colonna, Tayeb & Mercier, 1989) ถ้าปริมาณแป้งข้าวสาลีเพิ่มขึ้น ทำให้เจลข้าวเกรียบแข็งแรงขึ้น แรงดันไोजึงดันให้เจลเกิดการขยายตัวได้น้อยลง และเกิดโพรงอากาศขนาดเล็กจำนวนมาก ผลการศึกษาข้างต้นสอดคล้องกับรายงานของ จันทรเพ็ญ ไชยบุญ (2549) ที่ทำการศึกษาถึงลักษณะและจำนวนโพรงอากาศของข้าวเกรียบแป้งผสม (แป้งสาตุทดแทนแป้งมันสำปะหลัง) พบว่าเมื่อเพิ่มปริมาณแป้งสาตุ ข้าวเกรียบหลังทอดที่ได้จะมีจำนวนโพรงอากาศเพิ่มขึ้นแต่มีขนาดโพรงอากาศเล็กลง เช่นเดียวกัน



ก) ข) ค) ง) จ)

ภาพที่ 3 แผ่นข้าวเกรียบปลาร้าทรงเครื่องหลังทอด ที่แปรรูปแป้งข้าวสาลีทดแทนแป้งมันสำปะหลังในระดับต่าง ๆ : ก) ร้อยละ 0 ข) ร้อยละ 5 ค) ร้อยละ 10 ง) ร้อยละ 20 และจ) ร้อยละ 30



ก) ข) ค) ง) จ)

ภาพที่ 4 ลักษณะของโพรงอากาศในแผ่นข้าวเกรียบปลาร้าทรงเครื่องหลังทอด ที่แปรรูปแป้งข้าวสาลีทดแทนแป้งมันสำปะหลังในระดับต่าง ๆ ภายใต้กล้องจุลทรรศน์กำลังขยาย 50x :
ก) ร้อยละ 0 ข) ร้อยละ 5 ค) ร้อยละ 10 ง) ร้อยละ 20 และจ) ร้อยละ 30

ตารางที่ 3 คุณลักษณะทางกายภาพ และเคมีของแผ่นข้าวเกรียบน้ำพริกปลาร้าทรงเครื่อง (หลังทอด) ที่แปรปริมาณแป้งข้าวสาลีทดแทนแป้งมันสำปะหลังในระดับต่าง ๆ

ค่าพารามิเตอร์ ที่ทำการศึกษา	ข้าวเกรียบน้ำพริกปลาร้าที่มีปริมาณแป้งข้าวสาลีต่าง ๆ (ร้อยละ)				
	0%WF	5%WF	10%WF	20%WF	30%WF
ค่า L*	53.56 ^c ±0.40	54.49 ^c ±1.23	55.51 ^{bc} ±0.64	57.69 ^{ab} ±0.28	59.79 ^a ±2.59
ค่า a*	12.52 ^a ±0.44	12.14 ^a ±0.60	11.57 ^{ab} ±0.72	10.39 ^b ±0.22	8.18 ^c ±1.47
ค่า b*	28.97 ^c ±0.35	30.70 ^b ±0.27	30.86 ^b ±0.34	32.93 ^a ±1.42	33.76 ^a ±0.55
ค่า C*	35.38 ^a ±0.27	35.07 ^a ±0.23	34.88 ^a ±1.34	32.13 ^b ±0.34	29.45 ^c ±0.76
ค่า h	69.51 ^d ±0.91	69.81 ^d ±0.55	72.73 ^b ±0.71	73.50 ^a ±1.11	70.23 ^c ±0.22
ค่า a _w	0.374 ^a ±0.004	0.369 ^a ±0.008	0.352 ^b ±0.007	0.345 ^b ±0.011	0.317 ^c ±0.003
ปริมาณความชื้น (ร้อยละ)	3.11 ^a ±0.41	3.09 ^a ±0.37	3.04 ^a ±0.03	2.84 ^a ±0.37	2.19 ^b ±0.20
ค่าแรงกดเนื้อ สัมผัส (นิวตัน)	3.95 ^e ±0.82	5.47 ^d ±0.64	6.58 ^c ±0.29	7.59 ^b ±0.51	9.92 ^a ±0.36
อัตราการพองตัว (ร้อยละ)	153.38 ^a ±10.75	134.95 ^b ±10.76	127.57 ^c ±8.97	105.86 ^d ±8.58	92.31 ^e ±4.11

หมายเหตุ: ตัวอักษรที่แตกต่างกันในแนวนอนมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$)

± ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน จากการทดลอง 3 ซ้ำ

การเพิ่มปริมาณแป้งข้าวสาลิลงไปในส่วนผสมข้าวเกรียบ (ทดแทนแป้งมันสำปะหลัง) ทำให้ความชื้นของสีของแผ่นข้าวเกรียบน้ำพริกปลาร้าทรงเครื่องหลังทอดลดลง (จางลง) (เช่นเดียวกับในแผ่นข้าวเกรียบดิบ) เนื่องจากการเพิ่มสัดส่วนอะไมโลสในส่วนประกอบแป้งเพิ่มขึ้น จำนวนผลึกที่เกิดจากการรีโพรเกชันของอะไมโลสก็เพิ่มขึ้น ผลึกที่เกิดขึ้นนี้จะส่งผลต่อค่าสีของข้าวเกรียบทำให้มีลักษณะขุ่นขาวมากขึ้น

นอกจากนี้การเพิ่มปริมาณแป้งข้าวสาลี ยังส่งผลให้แผ่นข้าวเกรียบหลังทอดมีค่าความแข็งเพิ่มขึ้น ทั้งนี้คาดว่าเป็นผลจากระดับการเกิดเจลลิตีไนเซชัน และการเกิดรีโพรเกชันของข้าวเกรียบจากการเพิ่มขึ้นของปริมาณอะไมโลสในแป้งผสม เนื่องจากแป้งข้าวสาลีมีปริมาณอะไมโลสสูงกว่าแป้งมันสำปะหลัง ซึ่งมีผลต่อการจัดเรียงตัวใหม่ของโมเลกุลอะไมโลสที่อยู่ใกล้กัน โดยพันธะไฮโดรเจนระหว่างโมเลกุลในเจลของโดข้าวเกรียบหลังการทำให้เย็นลง ทำให้โครงสร้างเจลของโดข้าวเกรียบมีความแข็งแรงยิ่งมากขึ้น และเกิดขยายตัวไดยากในระหว่างการทอด เกิดโพรงอากาศขนาดเล็กและมีจำนวนมาก (เมื่อปริมาณของแป้งข้าวสาลีเพิ่มขึ้น) ในขณะที่ข้าวเกรียบที่ใช้แป้งมันสำปะหลังเพียงอย่างเดียวพบว่ามีโพรงอากาศที่เกิดขึ้นจะมีขนาดใหญ่ แต่มีจำนวนน้อย โพรงอากาศขนาดเล็กที่เป็นผลจากการทดแทนแป้งข้าวสาลีในแป้งมันสำปะหลัง จะส่งผลให้เกิดความสม่ำเสมอของโพรงอากาศในแผ่นข้าวเกรียบแป้งผสมภายหลังการทอด ซึ่งการจัดเรียงตัวอย่างสม่ำเสมอของโพรงอากาศนี้เอง ทำให้ความแข็งแรงของโพรง

อากาศเพิ่มสูงขึ้น จึงส่งผลให้ค่าแรงกดของข้าวเกรียบมีค่าเพิ่มสูงขึ้นด้วย ผลลัพธ์ที่ได้จึงมีความแข็งแรงสูง โดยผลที่ได้นี้สอดคล้องกับการศึกษาของ เทวี ทองแดง (2545) และรุ่งนภา พงษ์สวัสดิ์มานิต (2543) ที่พบว่าปริมาณ อะไมโลสมีผลต่อความกรอบของผลิตภัณฑ์ โดยค่าแรงกดของผลิตภัณฑ์มีแนวโน้มเพิ่มขึ้น เมื่อปริมาณอะไมโลสสูงขึ้น

ผลของแป้งข้าวสาลีในส่วนผสมข้าวเกรียบ ส่งผลโดยตรงต่ออัตราการพองตัวของข้าวเกรียบ เนื่องจากการเพิ่มขึ้นของปริมาณอะไมโลสในแป้งผสม (จากการเพิ่มปริมาณแป้งข้าวสาลี) ทำให้เกิดการกลับมาเรียงตัวกันใหม่ของโมเลกุลอะไมโลสในข้าวเกรียบหลังการนึ่งได้มากขึ้น หรือเกิดรีโทรเกรเดชันสูงขึ้น มีผลทำให้โครงสร้างของข้าวเกรียบมีความแข็งแรงมากขึ้น และเกิดการขยายตัวได้ยากในระหว่างการทอด (Mohamed, Abdullah & Muthu, 1989) ด้วยเหตุนี้อัตราการพองตัวของข้าวเกรียบจึงลดลง เมื่อปริมาณแป้งข้าวสาลีในสูตรเพิ่มขึ้น ผลการทดลองนี้ยังสอดคล้องการศึกษาของ Kyaw, Cheow & Dzulkifly (2001) ที่พบว่าเจล ของข้าวเกรียบปลาที่ผลิตจากแป้งข้าวสาลี มีค่าความแข็งของเจลสูง ส่งผลให้อัตราการพองตัวต่ำกว่าข้าวเกรียบปลาจากแป้งมันสำปะหลัง

นอกจากนี้ เมื่อนำผลการทดลองคุณลักษณะของข้าวเกรียบน้ำพริกปลาร้าทรงเครื่องสูตรต่าง ๆ มาเปรียบเทียบกับตัวอย่างข้าวเกรียบคู่เทียบ (Benchmarking) ที่มีจำหน่ายในท้องตลาด โดยพบว่าคุณลักษณะของข้าวเกรียบคู่เทียบมีค่าความแข็งต่ำ และอัตราการพองตัวสูง มีค่าอยู่ในช่วง 5.37 - 5.96 นิวตัน และร้อยละ 132.23 - 135.44 ตามลำดับ (दनัย เนียมหอม และอนุพงศ์ ยอดเพชร, 2560) เมื่อพิจารณาตามผลการทดลองข้างต้น (ตารางที่ 3) จึงพบว่า ข้าวเกรียบน้ำพริกปลาร้าทรงเครื่องที่ทดแทนด้วยแป้งข้าวสาลีร้อยละ 5 (สูตร 5%WF) ของน้ำหนักแป้งมันสำปะหลัง จึงเป็นสูตรที่มีคุณลักษณะที่ดีเช่นเดียวกับข้าวเกรียบคู่เทียบที่จำหน่ายในท้องตลาด

ผลการทดสอบทางประสาทสัมผัสของข้าวเกรียบน้ำพริกปลาร้าทรงเครื่อง

เมื่อนำข้าวเกรียบน้ำพริกปลาร้าทรงเครื่องที่ผลิตได้ทั้ง 5 สูตร มาทำการทดสอบทางด้านประสาทสัมผัส ด้วยผู้ทดสอบชิมจำนวน 30 คน พบว่าตัวอย่างข้าวเกรียบน้ำพริกปลาร้าทรงเครื่องสูตร 5%WF (อัตราส่วนแป้งข้าวสาลีร้อยละ 5) ได้รับคะแนนด้านสี รสชาติ ความกรอบ และความชอบรวมจากผู้ทดสอบชิมสูงที่สุด ($p \leq 0.05$) เมื่อเปรียบเทียบกับข้าวเกรียบสูตรอื่น ๆ ส่วนคุณลักษณะด้านกลิ่นหอมเฉพาะตัว แม้ว่าจะไม่มีความแตกต่างของคะแนนความชอบ ($p > 0.05$) ในข้าวเกรียบน้ำพริกปลาร้าทรงเครื่องทั้ง 5 สูตร แต่พบว่าตัวอย่างเกรียบน้ำพริกปลาร้าทรงเครื่องสูตร 5%WF มีแนวโน้มของคะแนนความชอบที่สูงกว่าในสูตร 10%WF, 20%WF, 0%WF และ 30%WF ตามลำดับ (ตารางที่ 4)

จากตารางที่ 4 ซึ่งพบว่าตัวอย่างข้าวเกรียบน้ำพริกปลาร้าทรงเครื่องสูตร 5%WF (อัตราส่วนแป้งข้าวสาลีร้อยละ 5) ได้รับคะแนนความชอบรวม เท่ากับ 8.20 (ชอบมาก) จากผู้ทดสอบชิม โดยคะแนนดังกล่าวสูงกว่าในตัวอย่างอื่น ๆ เนื่องจากผู้ทดสอบชิมรับรู้/แยกแยะ ถึงความกรอบของตัวอย่างดังกล่าว ซึ่งแตกต่างจากตัวอย่างอื่น ๆ ได้ โดยความกรอบเป็นคุณลักษณะที่ผู้บริโภคให้ความสำคัญที่สุดในผลิตภัณฑ์ข้าวเกรียบ และขนมขบเคี้ยว (Yu, Mitchell & Abdullah, 1981) ด้วยเหตุนี้เอง คาดว่าผู้ทดสอบชิมจึงใช้คุณลักษณะด้านความกรอบนี้เป็นปัจจัยหลักในการตัดสินใจและให้คะแนน และคะแนนความชอบต่อคุณลักษณะด้านความกรอบนี้ ยังอาจมีอิทธิพลและส่งผลต่อการให้คะแนนความชอบในคุณลักษณะด้านอื่น ๆ

ของผู้ทดสอบชิมด้วย ซึ่งจากตารางที่ 4 พบว่าคะแนนความชอบในคุณลักษณะต่าง ๆ ของตัวอย่างข้าวเกรียบ จะเป็นไปในทิศทางเดียวกันกับคะแนนความชอบด้านความกรอบ และมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$)

ตารางที่ 4 ผลการทดสอบคุณภาพทางประสาทสัมผัสของแผ่นข้าวเกรียบที่ทดแทนแป้งมันสำปะหลังด้วยแป้งข้าวสาลีปริมาณต่าง ๆ

คุณลักษณะ	ข้าวเกรียบน้ำพริกปลาร้าที่มีปริมาณแป้งข้าวสาลีต่าง ๆ (ร้อยละ)				
	0%WF	5%WF	10%WF	20%WF	30%WF
สี	7.10 ^b ±0.54	8.03 ^a ±0.76	7.03 ^b ±0.71	6.26 ^c ±0.63	5.36 ^d ±0.88
กลิ่นหอมเฉพาะตัว	7.30 ^{ns} ±0.79	7.60 ^{ns} ±0.49	7.50 ^{ns} ±0.50	7.36 ^{ns} ±0.55	7.26 ^{ns} ±0.78
รสชาติ	6.30 ^c ±0.79	8.13 ^a ±0.62	7.23 ^b ±1.13	6.33 ^c ±1.51	5.26 ^d ±1.41
ความกรอบ	7.16 ^b ±0.69	8.14 ^a ±0.68	7.66 ^{ab} ±1.32	6.23 ^c ±0.81	5.53 ^d ±1.38
ความชอบรวม	6.76 ^{bc} ±0.81	8.20 ^a ±0.61	7.10 ^b ±0.66	6.63 ^c ±1.12	5.00 ^d ±0.83

หมายเหตุ: ตัวอักษรที่แตกต่างกันในแนวนอนมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$)

^{ns} ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p > 0.05$)

± ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน จากการทดลอง 3 ซ้ำ

อภิปรายผลการวิจัยและข้อเสนอแนะ

จากผลการศึกษาอิทธิพลของปริมาณแป้งข้าวสาลีทดแทนแป้งมันสำปะหลังที่มีผลต่อคุณลักษณะของผลิตภัณฑ์ข้าวเกรียบน้ำพริกปลาร้าทรงเครื่อง พบว่า การใช้ปริมาณแป้งข้าวสาลีที่ระดับต่าง ๆ ให้คุณลักษณะของข้าวเกรียบน้ำพริกที่ได้แตกต่างกัน ทั้งนี้เนื่องจากการเพิ่มปริมาณแป้งข้าวสาลีทำให้ปริมาณอะไมโลสในแป้งผสมเพิ่มขึ้น โอกาสที่จะเกิดการรีโทเกรเดชันของอะไมโลสในเจลแป้งข้าวเกรียบ (การจัดเรียงผลึกใหม่ของอะไมโลส) และทำให้การซิเนอร์จิส ซึ่งเป็นการขับน้ำที่เคยจับอยู่ออกจากโมเลกุลของอะไมโลสจึงเกิดขึ้นด้วย จึงส่งผลต่อค่า a_w และปริมาณความชื้นของแผ่นข้าวเกรียบดิบและทอดให้มีแนวโน้มลดลง ค่าสีของแผ่นข้าวเกรียบทั้งก่อนทอดและหลังทอดมีสีเข้มขาวเพิ่มขึ้น ผลจากการจัดเรียงผลึกใหม่ของอะไมโลส หรือการรีโทเกรเดชัน ทำให้ปริมาณผลึกเพิ่มขึ้น เจลแป้งมีความแข็งแรงเพิ่มขึ้น ค่าการพองตัวของแผ่นข้าวเกรียบจึงลดลง จำนวนโพรงอากาศเพิ่มขึ้นแต่ขนาดโพรงอากาศลดลง ค่าความแข็งของแผ่นข้าวเกรียบหลังทอดมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นเมื่อปริมาณแป้งข้าวสาลีเพิ่มขึ้น จากผลการศึกษาจะพบว่า ปริมาณแป้งข้าวสาลีที่เหมาะสมในการผลิตข้าวเกรียบน้ำพริก คือ การเติมปริมาณแป้งข้าวสาลีทดแทนแป้งมันสำปะหลังปริมาณร้อยละ 5 ของน้ำหนักส่วนผสมทั้งหมด เนื่องจากมีคุณลักษณะของข้าวเกรียบใกล้เคียงกับข้าวเกรียบคู่เทียบทางการค้า และข้าวเกรียบสูตรดังกล่าวยังได้รับคะแนนความชอบรวมจากผู้ทดสอบชิมสูงสุดอีกด้วย จากการศึกษาในครั้งนี้ สามารถนำแนวคิดดังกล่าวมาต่อยอดให้กับผลิตภัณฑ์ข้าวเกรียบหรือผลิตภัณฑ์อื่นๆ ที่มีลักษณะใกล้เคียงกัน เพื่อให้เกิดเป็นผลิตภัณฑ์รูปแบบใหม่ ๆ อีกทั้งยังเป็นการนำเอาผลิตภัณฑ์ประจำท้องถิ่นของชุมชนมาประยุกต์ใช้ได้อีกแนวทางหนึ่งด้วย

กิตติกรรมประกาศ

โครงการนี้ได้รับการสนับสนุนจากชุดโครงการ “การพัฒนาศักยภาพของผู้ประกอบการขนาดเล็กและขนาดกลางในกลุ่มอุตสาหกรรมอาหารและอุตสาหกรรมอื่นที่เกี่ยวข้อง” โดยสำนักงานกองทุนสนับสนุนการวิจัย (สกว.) และสำนักงานพัฒนาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีแห่งชาติ (สวทช.) เพื่อดำเนินงานพัฒนาศักยภาพผู้ประกอบการ อุตสาหกรรมอาหารที่ต้องการต่อยอดพัฒนาผลิตภัณฑ์ให้มีความเป็นไปได้เชิงธุรกิจ นอกจากนี้ยังได้รับการสนับสนุนและความร่วมมือจากผู้ประกอบการวิสาหกิจชุมชนแก้วเจ้าจอม จังหวัดสุพรรณบุรี

เอกสารอ้างอิง

- กันยานาถ เจียกขจร และฐานิดา เขียวรัตนรักษ์. (2554). การพัฒนาสูตรผลิตภัณฑ์ข้าวเกรียบเสริมใบชะพลู. (วิทยานิพนธ์ปริญญา มหาบัณฑิต). มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ, คณะวิทยาศาสตร์, สาขาเกษตรศาสตร์.
- จุฑามาศ ถิระสาโรช. (2552). ผลิตภัณฑ์จากเนื้อสัตว์. พิษณุโลก: สาขาวิชาเทคโนโลยีการอาหาร มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลล้านนา.
- จันทร์เพ็ญ ไชยบุญ. (2549). ผลของสมบัติทางเคมีของแป้งผสม (แป้งมันสำปะหลัง และแป้งสาคุ) ต่อคุณภาพของข้าวเกรียบ. (วิทยานิพนธ์ปริญญา มหาบัณฑิต). มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์, คณะอุตสาหกรรมเกษตร, สาขาเทคโนโลยีอาหาร.
- จริยากร ลิ่งไธสง, อรุณรัตน์ พันผา, รินดา พวงพลอย และพรทวิ ธนสมบัติพันธ์. (2551). การศึกษากระบวนการผลิตข้าวเกรียบสับปะรดเสริมสมุนไพร. วารสารการเกษตรราชภัฏ, 7 (1): 10–24.
- ชมภู ยัมโต, อภิญา พุกสุขสกุล และอรรณพ พึ่งคำ. (2555). การพัฒนาผลิตภัณฑ์ข้าวเกรียบธัญพืช. รายงานผลโครงการงบประมาณผลประโยชน์ปี 2555. ปทุมธานี: สาขาวิชาอาหารและโภชนาการ คณะเทคโนโลยีคหกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี.
- ดนัย เนียมหอม และอนุพงศ์ ยอดเพชร. (2559). อิทธิพลของปริมาณแป้งข้าวสาลีและน้ำพริกต่อสมบัติทางกายภาพและทางเคมีของข้าวเกรียบน้ำพริก (ไทย). (วิทยานิพนธ์ปริญญาบัณฑิต). มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลล้านนา, คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีการเกษตร, สาขาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีการอาหาร.
- เทวี ทองแดง. (2545). ผลของแรงบีบอัดและปริมาณอะไมโลสต่อการพองตัวของข้าว. รายงานการวิจัยทุนอุดหนุนการวิจัยจากงบประมาณรายได้ปี 2545. สงขลา: ภาควิชาวิทยาศาสตร์การอาหารและโภชนาการ คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์.
- โนร์ฮามี คีรี. 2558. การศึกษาสมบัติทางเคมีของข้าวเกรียบปลาสดทอดที่เติมสมุนไพร ผสมข้าว ตะไคร้ ใบมะกรูด และพริกขี้หนู. วารสารมหาวิทยาลัยนราธิวาสราชนครินทร์, 7 (2): 129–136.
- ปิยภรณ์ สุริยะ, ณัฏฐมน ธรรมรักษ์, สุปราณี แก้วเทียน, รีมฤทัย โกคาร์ตัน และกรรณ อรรถนิตย์. (2554). การพัฒนาผลิตภัณฑ์ข้าวเกรียบถั่วแปบจ่อ. การประชุมวิชาการและนำเสนอผลงานวิจัยระดับชาติ แม่โจ้-แพร่ วิจัย ครั้งที่ 2. แพร่: มหาวิทยาลัยแม่โจ้-แพร่ เฉลิมพระเกียรติ.

- ปราณี อานเปื้อง. (2547). *หลักการวิเคราะห์อาหารด้วยประสาทสัมผัส*. กรุงเทพมหานคร: สำนักพิมพ์จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.
- เพลินใจ ตั้งคณะกุล. (2546). การทำข้าวเกรียบเป็นผลิตภัณฑ์คุณภาพ. *วารสารอาหาร*, 33 (2): 90–93.
- รุ่งนภา พงษ์สวัสดิ์มานิต. (2543). *การวิเคราะห์กระบวนการเจลาตินในเซชันและการเกิดรีโทเกรเดชันที่มีผลต่อการพองตัวของผลิตภัณฑ์ขนมขบเคี้ยวจากข้าว*. วิทยานิพนธ์ปริญญาโท มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพมหานคร.
- สำนักงานมาตรฐานผลิตภัณฑ์ชุมชน. (2546). *มาตรฐานผลิตภัณฑ์ชุมชน มผช. 107/2546 ข้าวเกรียบ*. กรุงเทพมหานคร: กระทรวงอุตสาหกรรม.
- หนังสือพิมพ์แนวหน้า. (2559). *ข้าวเกรียบตะวันประดับครั้งใหญ่*. สืบค้นจาก http://www.naewna.com/relation/204095?fb_comment_id=1061135913930580_1064741403570031
- อรนุช สีหามาลา, ศุภชัย ภูลายดอก และพนอจิต ชองศิริ. (2546). *การศึกษาสูตรที่เหมาะสมของข้าวเกรียบใบหม่อน*. ภาพสินธุ์: รายงานวิจัย คณะวิชาเทคโนโลยีการอาหาร สถาบันเทคโนโลยีราชมงคล วิทยาเขตกาฬสินธุ์.
- AOAC. (2000). *Association of official analytical chemists. official method of analytical*. 17th ed. Maryland: Gaithersburg, Md.: AOAC international.
- Aqua Lab Inc. (2016). *Aqualab point water activity meter “seeds”*. Retrieved from www.aqualab.com/products/water-activity-meters/aqualab-dew-point-water-activity-meter-4te/
- Colonna, P., Tayeb, J. & Mercier, C. (1989). *Extrusion cooking of starch and starchy products*. Minnesota: The American association of cereal chemists.
- Kyaw, Z.Y., Cheow, C.S. & Dzulkifly, M.H. (2001). The effect of pressure cooking on the microstructure and expansion of fish cracker. *Journal of Food Quality*, 24: 181–194.
- Mohamed, S., Abdullah, N. & Muthu, M.K. (1988). Physical properties of keropok (fried crisps) in relation to the amylopectin content of starch flour. *Journal for Agriculture and Food Chemistry*, 49: 369 - 377.
- Yu, S.Y., Mitchell, J.R. & Abdullah, A. (1981). Production and acceptability testing of fish cracker prepared by the extrusion method. *Journal of Food Technology*. 16: 51–58.
- Wang, R.D., Chiang, W.C., Zhao, B.L., Zheng, X. & Kim, I.H. (1991). Experimental analysis and computer simulation of starch water interaction. *Journal of food science* 56: 121–129.

วันที่รับบทความ 19 เม.ย. 61, วันที่แก้ไขบทความ 2 พ.ค. 62, วันที่ตอบรับบทความ 1 มิ.ย. 62