การใช้แป้งข้าวกล้องพรีเจลาติไนซ์ทดแทนแป้งสาลีในขนมปังแผ่นอบกรอบ

Substitution of Wheat Flour with Pregelatinized Brown Rice Flour in Crispy Cracker

พัชรี แดงด้วง และ สุภาณี ด่านวิริยะกุล*

Patcharee Dangdoung and Supanee Danviriyakul*

สาขาวิชาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีการอาหาร คณะเกษตรและชีวภาพ มหาวิทยาลัยราชภัฏจันทรเกษม กรุงเทพฯ 10900

Program of Food Science and Technology, Faculty of Agriculture and Life Sciences, Chandrakasem Rajabhat University, Bangkok 10900, Thailand

**Corresponding author: Email: Supaneed@yahoo.com*

(Received: 18 July 2016; Accepted: 12 February 2017)

Abstract: The effect of the substitution of wheat flour (WF) with pregelatinized brown rice flour (PRF) in the production of crispy cracker at 0 (100% WF-control), 50, 60, 70 and 100% substitution was studied. In addition, a mix of PRF:job's tears flour:glutinous rice flour (MIX) at 55:30:15 was also investigated. The samples were analyzed for texture, color, sensory property, and chemical composition. Force required to break a product tended to decrease with increasing amount of substitution (1193.3 g force to 561.5-827.0 g force) (P<0.05). At 50-70 % substitution, there were no differences (P>0.05) in brightness (L*, 54.83-56.81), redness (a*, 7.45-9.12) and yellowness (b*, 31.12-33.60). MIX flour had higher (P<0.05) L* (61.39) as compared to the others. While a* and b* at 100% substitution and MIX flour samples showed lower (P<0.05) values than the control. The sensory result showed that the substitution at 70% tended to have higher liking score than the other in almost all sensory aspects. However, its overall liking score of 5.8 showed no difference (P<0.05) from 100% substitution and MIX flour formula. Overall 70 to 100% substitution and MIX flour were higher (P<0.05) in fat (11.60-12.15) but lower (P<0.05) in protein (8.20-7.31) and crude fiber (0.49-0.83) than the control.

Keywords: Pregelatinized brown rice flour, wheat flour, substitution, crispy cracker

Copyright @ Journal of Agriculture, Faculty of Agriculture, Chiang Mai University. All rights reserved.

บทคัดย่อ: งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาอัตราส่วนแป้งข้าวกล้องที่ผ่านกระบวนการพรีเจลาติไนเซชันในน้ำด่างที่ใช้ทดแทนแป้งสาลี (ร้อยละ 50, 60, 70 และ 100) ในผลิตภัณฑ์ขนมปังแผ่นอบกรอบ และมีการใช้แป้งผสมระหว่างแป้งข้าวกล้องพรีเจลาติไนซ์ แป้งลูกเดือยและแป้งข้าวเหนียวปริมาณร้อยละ 55: 30:15 โดยใช้แป้งสาลีร้อยละ 100 เป็นสูตรควบคุม จากผลการวิเคราะห์ลักษณะเนื้อสัมผัส ค่าสี ลักษณะทางประสาทสัมผัส และองค์ประกอบทางเคมี พบว่า ค่าแรงที่ใช้ในการทำให้ผลิตภัณฑ์แตก (max force) มีแนวโน้มลดลงตามปริมาณการทดแทนที่เพิ่มขึ้น อยู่ในช่วง 561.5 - 827.0 g force เมื่อเทียบกับสูตรควบคุม ซึ่งมีค่าเท่ากับ 1193.3 g force (P<0.05) พบว่า ไม่มีความแตกต่างของค่าความสว่าง (L*, 54.83-56.81) ค่าสีแดง (a*, 7.45-9.12) และค่าสีเหลือง (b*, 31.12-33.60) ระหว่างผลิตภัณฑ์ที่มีการทดแทน ร้อยละ 50, 60 และ 70 (P>0.05) โดยการทดแทนด้วยแป้งผสมให้ค่าความสว่าง (L *) มากที่สุด (61.39) ส่วนค่าสีแดง (a*) และค่าสีเหลือง (b*) ของการทดแทนที่ปริมาณร้อยละ 100 และการใช้แป้งผสมมีแนวโน้มลดลงจากสูตรควบคุม การทดแทนที่ปริมาณร้อยละ 70 มีคะแนนความชอบในทุกด้านมากที่สุด โดยมีความชอบรวม 5.81 คะแนน แต่ไม่แตกต่างกัน อย่างมีนัยสำคัญ (P>0.05) กับสูตรที่มีการทดแทนปริมาณร้อยละ 100 และสูตรที่มีการใช้แป้งผสม ทั้งนี้การทดแทนในระดับร้อยละ 70-100 จะทำให้มีปริมาณโปรตีน และเยื่อใยลดลง แต่ไขมันเพิ่มขึ้น โดยมีค่าอยู่ในช่วง ร้อยละ 8.20-7.31, 0.49-0.83 และ 11.60-12.15 ตามลำดับ

คำสำคัญ: แป้งข้าวกล้องพรีเจลาติไนซ์ แป้งสาลี การทดแทน ขนมปังแผ่นอบกรอบ

คำนำ

ประเทศไทยมีผลิตภัณฑ์ขนมขบเคี้ยวจำหน่ายในรูปแบบต่าง ๆ มากมายและมีการบริโภคเพิ่มมากขึ้น เพราะเป็นอาหารว่างที่รับประทานง่าย สะดวกในการพกพา และมีหลากหลายรสชาติให้เลือก ซึ่งเป็นผลิตภัณฑ์ที่ได้รับความนิยมทั้งในกลุ่มเด็กวัยรุ่นและวัยผู้ใหญ่หรือผู้ที่อยู่ในวัยทำงาน ปัจจุบันอุตสาหกรรมอาหารขบเคี้ยว (snack food) มีการเติบโตมากขึ้น ซึ่งวัตถุดิบที่นำมาใช้เป็นส่วนผสมหลักอย่างหนึ่ง ได้แก่ แป้งสาลี โดยในแป้งสาลีจะมีองค์ประกอบของโปรตีนที่เรียกว่ากลูเตน (จิตธนา และอรอนงค์, 2544) ทำให้ผลิตภัณฑ์ที่ได้มีลักษณะเนื้อแป้งเกาะตัวกันสามารถยืดแผ่เป็นแผ่นได้ มีความยืดหยุ่น แต่ข้อด้อยของกลูเตน คือ อาจเป็นสารก่อภูมิแพ้สำหรับผู้ที่มีภูมิคุ้มกันผิดปกติ อีกทั้งแป้งสาลีที่ใช้ส่วนใหญ่ต้องนำเข้ามาจากต่างประเทศ ในขณะที่ประเทศไทยมีการเพาะปลูกข้าวซึ่งเป็นอาชีพหลักของเกษตรกรที่สร้างรายได้ให้กับประเทศและเป็นอาหารมื้อหลักของคนไทย การเพิ่มมูลค่าของข้าวเจ้าโดยการเพิ่มความสามารถในการนำแป้งข้าวไปใช้ประโยชน์ให้มากขึ้นโดยเฉพาะอย่างยิ่งในผลิตภัณฑ์ขนมอบ จะต้องมีการพัฒนาสูตรการผลิตโดยอาจมีการผสมแป้งข้าวกับไฮโดรคอลลอยด์หรือแป้งชนิดอื่น ๆ (อุทัยวรรณ และสุนทรี, 2553; Maghaydah *et al*., 2013; Turabi *et al*., 2010; Shih *et al*., 2006; Cato *et al*., 2004)

ดังนั้นในงานวิจัยนี้จึงมีแนวความคิดที่จะนำข้าวซึ่งเป็นผลผลิตทางการเกษตรที่ผลิตได้ภายในประเทศไทยรวมถึงประเทศในภูมิภาคอาเซียน (Jomjunyong and Ito, 2016) มาใช้ในการผลิตขนมปังกรอบทดแทนการใช้แป้งสาลี โดยใช้ในรูปของข้าวกล้อง และใช้วิธีการอบแทนการทอดเพื่อลดปริมาณไขมันที่มีในผลิตภัณฑ์ แต่เนื่องจากโครงสร้างของแป้งข้าวกล้องไม่มีกลูเตนทำให้คุณลักษณะทางด้านเนื้อสัมผัสแตกต่างจากการใช้แป้งสาลี จึงมีการนำข้าวเจ้ากล้องมาดัดแปรโครงสร้างโดยใช้วิธีการพรีเจลาติไนเซชันในน้ำด่าง ซึ่งเป็นวิธีการเดียวกับที่ใช้ในการผลิตแผ่นแป้งตอร์ติญา (tortilla) และแผ่นข้าวโพดทอดกรอบ (tortilla chip) โดยตอร์ติญาดั้งเดิมซึ่งเป็นผลิตภัณฑ์ที่ทำมาจากข้าวโพด แต่ในข้าวโพดไม่มีกลูเตนที่จะทำให้แป้งมีสมบัติในการเกาะรวมตัวและรีดเป็นแผ่นได้ จึงมีการนำวิธีการ nixtamalization มาใช้ในการผลิต โดยการต้มข้าวโพดในน้ำด่าง ($Ca(OH)_2$) ให้เกิดการเจลาติไนซ์ (Chel-Guerrero *et al*., 2015; Ruiz-Gutierrez *et al*., 2010; Gómez *et al*., 1987) เพื่อทำให้แป้งมีสมบัติในการอุ้มน้ำ และมีความสามารถในการยึดเกาะเพิ่มขึ้น สามารถ

นวดให้เป็นโดที่เรียกว่ามาซา (masa) ซึ่งเกิดจากการสร้างโครงสร้างเครือข่ายระหว่าง พอลิเมอร์ของสตาร์ช รวมทั้งปฏิกิริยาระหว่างโปรตีนและโปรตีนที่มีแคลเซียมทำหน้าที่เป็นตัวเชื่อม (Guzmán *et al*., 2011) โดยศึกษาลักษณะเนื้อสัมผัส สี ลักษณะทางประสาทสัมผัส และองค์ประกอบทางเคมีของขนมปังกรอบที่มีการใช้แป้งข้าวกล้องพรีเจลาติไนซ์ทดแทนแป้งสาลีในอัตราร้อยละ 0-100 และแป้งผสมระหว่างแป้งข้าวกล้องพรีเจลาติไนซ์ แป้งลูกเดือย และแป้งข้าวเหนียว เพื่อเพิ่มทางเลือกสำหรับการนำแป้งข้าวและวัตถุดิบทางการเกษตรอื่น ๆ มาใช้ทดแทนแป้งสาลีในการผลิตผลิตภัณฑ์ขนมขบเคี้ยวต่อไป

อุปกรณ์และวิธีการ

การศึกษาภาวะที่ใช้ในการทำแป้งข้าวกล้องพรีเจลาติไนซ์

ศึกษาภาวะที่ใช้ในการเตรียมแป้งข้าวกล้องพรีเจลาติไนซ์ โดยใช้ข้าวกล้องพันธุ์ขาวดอกมะลิ 105 จากอำเภอนางรอง จังหวัดบุรีรัมย์ ต้มในน้ำด่าง (น้ำปูนใสที่ pH 12-13) สัดส่วนที่ใช้น้ำปูนใสต่อข้าวกล้อง 2:1 ที่อุณหภูมิ 70 ºC นาน 5, 10, 15 และ 20 นาที ล้างน้ำด่างออก และทำให้แห้งด้วยการอบด้วยตู้อบลมร้อนที่อุณหภูมิ 70 ºC เป็นเวลา 2 ชั่วโมง บดให้ละเอียดด้วยเครื่องปั่นไฟฟ้าแล้วร่อนผ่านตะแกรงร่อนแป้ง (แป้งแห้ง) นำแป้งที่ได้ไปผลิตขนมปังกรอบเปรียบเทียบกับการใช้แป้งสาลีร้อยละ 100 ซึ่งเป็นสูตรควบคุม โดยพิจารณาจากลักษณะการเกาะรวมตัวของแป้ง ลักษณะของโด ความสามารถในการรีดเป็นแผ่น และคุณลักษณะของขนมปังแผ่นอบกรอบที่ได้

เปรียบเทียบการนำแป้งข้าวกล้องพรีเจลาติไนซ์มาใช้ในรูปแบบแป้งแห้งที่ผ่านการอบและแป้งแบบเปียก โดยใช้ภาวะในการต้มในน้ำด่าง 70 ºC ที่เวลา 15 และ 20 นาที ในกรณีของแป้งแบบเปียก หลังจากต้มและล้างน้ำด่างออกแล้ว นำไปทำให้ละเอียดด้วยการบดด้วยเครื่องบดเนื้อ และนำไปใช้โดยไม่ต้องผ่านขั้นตอนการทำแห้ง นำไปผลิตขนมปังแผ่นอบกรอบเปรียบเทียบกับแป้งข้าวกล้องที่ไม่ผ่านการต้ม (แป้งดิบ) และแป้งสาลีร้อยละ 100

การศึกษาการใช้แป้งข้าวกล้องพรีเจลาติไนซ์ทดแทนแป้งสาลีในผลิตภัณฑ์ขนมปังแผ่นอบกรอบ

เลือกภาวะที่ใช้ในการเตรียมแป้งข้าวกล้องพรีเจลาติไนซ์จากการศึกษาเบื้องต้นมาใช้ในการทดลอง โดยใช้ข้าวกล้องพันธุ์ขาวดอกมะลิ 105 จากอำเภอนางรอง จังหวัดบุรีรัมย์ ข้าวสาลีจากตลาดองค์การตลาดเพื่อเกษตรกร กรุงเทพฯ แป้งข้าวเหนียว ยี่ห้อ ปลาไทย ลูกเดือย ยี่ห้อไร่ทิพย์ สำหรับเป็นวัตถุดิบในการผลิต

การเตรียมแป้งข้าวกล้องพรีเจลาติไนซ์ นำข้าวกล้องมาล้างน้ำให้สะอาดเอาขึ้นทำให้สะเด็ดน้ำ ต้มในน้ำปูนใสที่ pH 12-13 สัดส่วนที่ใช้น้ำปูนใสต่อข้าวกล้อง 2:1 ต้มที่อุณหภูมิ 70 ºC นาน 15 นาที จากนั้นนำมาล้างน้ำให้สะอาด ทิ้งไว้ให้สะเด็ดน้ำ นำมาบดด้วยเครื่องบดเนื้อหน้ารังผึ้งเครื่องบดขนาด 3 มิลลิเมตร บด 2 รอบ ส่วนการเตรียมแป้งสาลีและแป้งลูกเดือยทำได้โดยการนำข้าวสาลีและลูกเดือยมาปั่นให้ละเอียดด้วยเครื่องปั่น ร่อนผ่านตะแกรงร่อนแป้ง

ผลิตขนมปังแผ่นอบกรอบโดยใช้อัตราส่วนของแป้งสาลี ต่อ แป้งข้าวกล้องพรีเจลาติไนซ์ ดังต่อไปนี้ 100:0, 50:50, 40: 60, 30:70 และ 0:100 นอกจากนี้ได้มีการนำแป้งลูกเดือยและแป้งข้าวเหนียวมาใช้เพื่อเปรียบเทียบผลกระทบที่มีต่อกลิ่นและเนื้อสัมผัสของผลิตภัณฑ์ โดยใช้แป้งข้าวกล้องพรีเจลาติไนซ์ แป้งลูกเดือย และแป้งข้าวเหนียวในอัตราส่วน 55:30:15 โดยใช้น้ำมันปาล์มร้อยละ 10 ของน้ำหนักแป้ง เกลือ และเบคกิ้งโซดาร้อยละ 1 ของน้ำหนักส่วนผสมทั้งหมด นวดส่วนผสมให้เข้ากัน รีดด้วยเครื่องรีดแป้งที่มีขนาดความบาง 0.7-0.8 มิลลิเมตร เมื่อได้เป็นแผ่นแล้วตัดเป็นชิ้น ให้มีลักษณะกลมขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 3.5 เซนติเมตร อบที่อุณหภูมิ 150 ºC นาน 20 นาที ทิ้งไว้ให้เย็นที่อุณหภูมิห้องประมาณ 20 นาที จึงเก็บบรรจุ

การวิเคราะห์สมบัติทางกายภาพและองค์ประกอบทางเคมีของขนมปังแผ่นอบกรอบ

การวิเคราะห์สมบัติทางกายภาพ

วิเคราะห์ค่าสี โดยนำขนมปังแผ่นอบกรอบที่ได้มาบดให้ละเอียดใส่ตัวอย่าง 1/3 ของตลับแล้วนำมาวัด

ค่าสี L* a* และ b* โดยใช้เครื่องวัดสี Hunter Lab scale รุ่น Color Flex (ยี่ห้อ Hunter Lab, U.S.A.)

วิเคราะห์เนื้อสัมผัส โดยนำขนมปังแผ่นอบกรอบที่ได้มาตรวจคุณภาพด้วยเครื่อง texture analyzer รุ่น TA-XT2 (ยี่ห้อ Stable Micro Systems, England) หัววัด P/0.25S ความเร็วของหัววัด 1 มิลลิเมตร/วินาที ด้วยโหมดแรงกดทะลุ โดยค่าที่ได้แสดงค่าแรงกดสูงสุดก่อนเกิดการแตกหักเสียรูปร่าง (max force)

การวิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมี

วิเคราะห์ปริมาณความชื้น โปรตีน ไขมัน เยื่อใย และเถ้า ตามวิธีของ AOAC (2000) โดยใช้ตัวอย่างที่มีความชอบโดยรวมสูงสุดจากการทดสอบทางประสาทสัมผัส และตัวอย่างควบคุม ทำการวิเคราะห์ 3 ซ้ำ โดยอุณหภูมิที่ใช้ในการหาความชื้น 130 ± 2 °C นาน 4 ชั่วโมง ส่วนการคำนวณหาปริมาณโปรตีนจะใช้ค่าแฟกเตอร์ที่ต่างกันเนื่องจากปริมาณโปรตีนคำนวณได้จากปริมาณไนโตรเจนทั้งหมดในตัวอย่างคูณกับค่าแฟกเตอร์ซึ่งขึ้นอยู่กับชนิดของวัตถุดิบหลัก โดยตัวอย่างที่ใช้แป้งสาลีเป็นวัตถุดิบหลัก จะใช้ค่าแฟกเตอร์เท่ากับ 5.83 และตัวอย่างที่ใช้แป้งข้าวกล้องพรีเจลาติไนซ์เป็นวัตถุดิบหลักจะใช้ค่าแฟกเตอร์เท่ากับ 5.95 ส่วนการคำนวณปริมาณคาร์โบไฮเดรตคำนวณจากสูตร ปริมาณคาร์โบไฮเดรตทั้งหมด (ร้อยละของน้ำหนัก) = 100 - (ร้อยละความชื้น + ร้อยละไขมัน + ร้อยละโปรตีน + ร้อยละเถ้า + ร้อยละเยื่อใย)

การประเมินคุณภาพทางประสาทสัมผัส

ประเมินคุณภาพทางประสาทสัมผัสด้านลักษณะปรากฏ สี รสชาติโดยรวม กลิ่นโดยรวม ความกรอบ เนื้อสัมผัสโดยรวม และความชอบโดยรวม โดยใช้สเกลความชอบ 9 ระดับ (9-point hedonic rating scale) ใช้ผู้ทดสอบทั้งหมด 120 คน โดยผู้ทดสอบแต่ละคนได้รับตัวอย่าง 3 ตัวอย่าง ตามแผนการทดลองแบบ balanced incomplete block design (BIBD)

การวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติ

วิเคราะห์ความแปรปรวนของข้อมูลการวิเคราะห์คุณภาพด้านกายภาพและเคมี โดยใช้แผนการทดลองแบบ randomized complete block design (RCBD) โดยทำการทดลอง 3 ซ้ำ และข้อมูลคุณภาพทางประสาทสัมผัสด้วยแผนการทดลองแบบ balanced incomplete block design (BIBD) เปรียบเทียบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยด้วยวิธี Duncan's new multiple range test ที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 ด้วยโปรแกรมวิเคราะห์ทางสถิติ SPSS

ผลการทดลองและวิจารณ์

การศึกษาภาวะที่ใช้ในการทำแป้งข้าวกล้องพรีเจลาติไนซ์

จากการศึกษาลักษณะการเกาะตัวกันของแป้งในระหว่างการนวดเปรียบเทียบระหว่างแป้งข้าวกล้องที่ไม่ผ่านการต้มกับแป้งข้าวกล้องที่ผ่านการต้มในน้ำด่างที่อุณหภูมิ 70 °C ที่เวลา 5, 10, 15 และ 20 นาที (แป้งแบบแห้ง) โดยมีแป้งสาลีร้อยละ 100 เป็นสูตรควบคุม พบว่าแป้งที่ไม่ผ่านการต้มและแป้งข้าวกล้องที่ผ่านการต้มน้ำด่าง ที่อุณหภูมิ 70 °C ที่เวลา 5 และ 10 นาที มีความร่วนเกินไป ไม่เกาะตัวกัน ไม่สามารถปั้นเป็นก้อนโดและรีดเป็นแผ่นได้ แต่แป้งที่ผ่านการต้มที่เวลา 15 และ 20 นาที เกาะตัวกันได้ดี สามารถปั้นเป็นก้อนและรีดเป็นแผ่นได้ ซึ่งอาจเกิดจากการสร้างโครงสร้างเครือข่ายระหว่างพอลิเมอร์ของสตาร์ชในขั้นตอนการพรีเจลาติไนเซชัน และปฏิกิริยาระหว่างโปรตีนและโปรตีนที่มีแคลเซียมทำหน้าที่เป็นตัวเชื่อม (Guzmán *et al*., 2011) นอกจากนี้การสลายตัวของเยื่ออาลูโรน (aleurone layer) ไปเป็นสารประกอบที่ทำหน้าที่คล้ายกับกัม (González *et al*., 2004; Jackson and Sahai, 2002) ก็อาจเป็นอีกสาเหตุหนึ่งที่ช่วยเพิ่มความสามารถในการยึดเกาะกันของแป้งข้าวกล้องพรีเจลาติไนซ์

ในการศึกษาการนำแป้งข้าวกล้องพรีเจลาติไนซ์ในรูปแบบเปียกไปใช้โดยตรงเพื่อเป็นการลดขั้นตอน ในการผลิต โดยใช้เวลาในการต้ม 15 และ 20 นาที พบว่าแป้งแบบเปียกมีลักษณะเกาะตัวกันได้ดี สามารถปั้นเป็นก้อนและรีดเป็นแผ่นได้ดีกว่าแป้งแบบแห้งที่ใช้เวลาในการต้มเท่ากัน โดยที่เวลา 15 นาที (มีปริมาณการดูดซับน้ำที่ร้อยละ 44-46 ของน้ำหนักข้าวกล้องเริ่มต้น) ผลิตภัณฑ์

หลังการอบมีลักษณะของแผ่นแป้งที่มีการโค้งงอน้อยกว่า และไม่เกิดรอยแตกร้าว เมื่อเทียบกับแป้งแบบเปียกที่เวลา 20 นาที ดังนั้นจึงได้มีการนำแป้งแบบเปียกที่เวลา 15 นาที มาศึกษาปริมาณการใช้ทดแทนแป้งสาลีต่อไป โดยปรับปริมาณน้ำที่เติมลงไปขึ้นอยู่กับปริมาณของแป้งสาลีที่ใช้ โดยใช้ฐานการคำนวณจากปริมาณน้ำที่ถูกดูดซับในขั้นตอนการพรีเจลาติไนเซชัน (น้ำ 45, 22.5, 18.0, 13.5 และ 0 กรัม ต่อน้ำหนักแป้งรวม 100 กรัม สำหรับสูตรที่ทดแทนแป้งสาลีร้อยละ 0, 30, 40, 50 และ 100 ตามลำดับ)

การศึกษาการใช้แป้งข้าวกล้องพรีเจลาติไนซ์ทดแทนแป้งสาลีในผลิตภัณฑ์ขนมปังแผ่นอบกรอบ

ค่าสี

จากการเปรียบเทียบสีของขนมปังแผ่นอบกรอบที่ได้ พบว่า ค่าความสว่าง (L*) ค่าสีแดง (a*) และค่าสีเหลือง (b*) ของผลิตภัณฑ์ที่มีการทดแทนร้อยละ 50, 60 และ 70 ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ (P>0.05) (ตารางที่ 1) โดยมีค่าอยู่ในช่วง 54.83-56.81, 7.45-9.12 และ 33.12-33.60 ตามลำดับ โดยการทดแทนด้วยแป้งผสมให้ค่าความสว่างมากที่สุด (61.39) ส่วนค่าสีแดง (a*) และค่าสีเหลือง (b*) ของการทดแทนที่ปริมาณร้อยละ 100 และการใช้แป้งผสมมีแนวโน้มลดลง จากสูตรควบคุม เนื่องจากสูตรที่มีการใช้แป้งผสมทดแทน มีการใช้ลูกเดือยและแป้งข้าวเหนียวซึ่งมีลักษณะเป็นสีขาวมากกว่าข้าวกล้องและข้าวสาลี ส่งผลให้มีค่าความสว่าง (L*) มากขึ้น ในขณะที่สูตรควบคุมและสูตรที่มีการทดแทนทุกระดับมีการใช้ข้าวสาลีและข้าวกล้องที่มีการขัดสีเปลือกออกเท่านั้น จึงทำให้ยังมีส่วนที่ยังเป็นจมูกข้าวและเยื่อหุ้มเมล็ดข้าวอยู่ ดังนั้นจึงส่งผลให้มีค่าความสว่าง (L*) ลดลง

เนื้อสัมผัส

ค่าแรงที่ใช้ในการทำให้ผลิตภัณฑ์แตกมีแนวโน้มลดลงตามปริมาณการทดแทนด้วยแป้งข้าวกล้องพรีเจลาติไนซ์ที่เพิ่มขึ้น (ตารางที่ 1) โดยมีค่า max force อยู่ในช่วง 561.5-827.0 g force เมื่อเทียบกับสูตรควบคุมซึ่งมีค่าเท่ากับ 1193.3 g force (P<0.05) เนื่องจากในแป้งสาลีมีกลูเตนที่สามารถช่วยทำให้ผลิตภัณฑ์มีการยืดตัว และเกาะรวมตัวกันได้ดี จึงทำให้ผลิตภัณฑ์มีความแข็งและเสียรูปร่างได้ยากกว่า โดยการทดแทนด้วยแป้งข้าวกล้องพรีเจลาติไนซ์ร้อยละ 70, 100 และสูตรที่มีการทดแทนด้วยแป้งผสมมีค่า max force ในระดับที่ใกล้เคียงกัน คือ 561.5, 631.4 และ 570.7 g force ตามลำดับ โดยไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ (P>0.05) ส่วนแป้งผสมที่มีการใช้แป้งข้าวกล้องพรีเจลาติไนซ์ร่วมกับแป้งข้าวเหนียวและแป้งลูกเดือย มีค่าความแข็งใกล้เคียงกับสูตรการทดแทนที่ปริมาณร้อยละ 70-100 (P>0.05)

คุณภาพทางประสาทสัมผัส

จากการประเมินคุณภาพทางประสาทสัมผัส พบว่าการทดแทนที่ปริมาณร้อยละ 70 ได้รับคะแนนความชอบในแต่ละคุณลักษณะสูงกว่าการใช้แป้งที่อัตราส่วนอื่น ๆ โดยมีคะแนนความชอบเฉลี่ยด้าน ลักษณะปรากฏ สี รสชาติโดยรวม กลิ่นโดยรวม ความกรอบ เนื้อสัมผัสโดยรวม และความชอบโดยรวม เท่ากับ 5.88, 5.95, 5.83, 5.73, 6.00, 5.55 และ 5.81 ตามลำดับ (ตารางที่ 2)

Table 1. Color and textural parameters of crispy thin cracker from the substitution with pregelatinized brown rice flour

WF	PRF	JF	GF	L*	a*	b*	Max force (g force)
100	-	-	-	57.11 ± 1.28^{a}	6.69± 0.09^{b}	33.96 ± 0.26^{c}	1193.3 ± 86.40^{d}
50	50	-	-	56.81 ± 2.94^{a}	7.45 ± 1.86^{bc}	33.12 ± 0.90^{c}	827.0 ± 50.06^{c}
40	60	-	-	54.83 ± 0.74^{a}	9.12 ± 0.79^{c}	33.60 ± 0.96^{c}	695.1 ± 81.75^{b}
30	70	-	-	55.05 ± 2.01^{a}	9.05 ± 1.78^{c}	33.49 ± 1.09^{c}	561.5 ± 71.79^{a}
-	100	-	-	55.32 ± 1.41^{a}	3.90 ± 0.58^{a}	31.29 ± 0.88^{b}	631.4 ± 14.47^{ab}
-	55	30	15	61.39 ± 1.76^{b}	2.54 ± 0.05^{a}	29.15 ± 0.49^{a}	570.7 ± 54.83^{ab}

Remarks: WF= Wheat flour, PRF = Pregelatinized brown rice flour, JF = Job's tears flour, GF = Glutinous rice flour
Data are expressed as means ± SD
$^{a-c}$Means with the different letters in the same column were significantly different (P<0.05)

อยู่ในระดับชอบเล็กน้อย แต่เมื่อพิจารณาคะแนนความชอบโดยรวมที่มีการทดแทนในระดับต่าง ๆ พบว่าการทดแทนที่ปริมาณร้อยละ 70, 100 และการใช้แป้งผสมไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ (P>0.05) คะแนนความชอบด้านเนื้อสัมผัสโดยรวมมีความสัมพันธ์กับค่าแรงที่ใช้ในการทำให้ผลิตภัณฑ์แตกหัก โดยผลิตภัณฑ์ที่มีค่าแรงต่ำจะได้รับคะแนนความชอบมากกว่า เนื่องจากผลิตภัณฑ์ที่มีค่าแรงสูงมีลักษณะเนื้อสัมผัสที่แน่นและแข็งกระด้างมากกว่า ทั้งนี้ พบว่าไม่มีความแตกต่างของคะแนนความชอบด้านกลิ่นระหว่างผลิตภัณฑ์ที่มีการทดแทนที่ปริมาณร้อยละ 50, 60, 70, 100 และสูตรแป้งผสม

องค์ประกอบทางเคมี

ผลจากการวิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมีของขนมปังอบกรอบจากสูตรควบคุมและตัวอย่างที่ได้รับคะแนนความชอบโดยรวมสูงสุดจากการทดสอบทางประสาทสัมผัส ซึ่งประกอบด้วยการทดแทนร้อยละ 70, 100 และแป้งผสม พบว่า ปริมาณร้อยละของโปรตีน ไขมัน เยื่อใย และเถ้า ของผลิตภัณฑ์ที่มีการทดแทนแป้งสาลีด้วยแป้งข้าวกล้องพรีเจลาติไนซ์มีค่าอยู่ในช่วง 7.31-8.29, 11.60-12.15, 0.30-0.83 และ 3.31-3.34 ตามลำดับ โดยโปรตีนและเยื่อใยมีแนวโน้มลดลงตามปริมาณการทดแทนที่เพิ่มขึ้น ตรงข้ามกับปริมาณไขมันที่เพิ่มขึ้น (P<0.05) แต่ไม่มีความแตกต่างของปริมาณเถ้าและคาร์โบไฮเดรต เมื่อเปรียบเทียบระหว่างการทดแทนร้อยละ 70 กับแป้งผสม พบว่า ผลิตภัณฑ์ทั้งสอง มีองค์ประกอบทางเคมีที่ใกล้เคียงกัน ยกเว้นปริมาณความชื้นและเยื่อใย ซึ่งการทดแทนร้อยละ 70 จะมีปริมาณของเยื่อใยที่สูงกว่า (ตารางที่ 3) ทั้งนี้ปริมาณไขมันในผลิตภัณฑ์ขนมปังแผ่นอบกรอบที่มีการทดแทนด้วยแป้งข้าวพรีเจลาติไนซ์ซึ่งมีค่าอยู่ในช่วงร้อยละ 11.60-12.15 มีปริมาณไขมันต่ำกว่า tortilla chip ที่ผลิตด้วยวิธีการทอด ซึ่งมีค่าอยู่ในช่วงร้อยละ 13.3-24.9 (Sánchez-Madrigal *et al*., 2014; Cedillo Sebastian, 2005) โดยปริมาณไขมันส่วนใหญ่ที่มีอยู่ใน

Table 2. Liking score of crispy thin cracker from the substitution with pregelatinized brown rice flour

Composition (%)				Appearance	Color	Overall taste	Overall flavor	Crispness	Overall texture	Overall liking
WF	PRF	JF	GF							
100	-	-	-	5.08 ± 1.34^{a}	4.95 ± 1.41^{a}	4.26 ± 1.32^{a}	4.36 ± 1.36^{a}	4.81 ± 1.53^{a}	4.21 ± 1.32^{a}	4.50 ± 1.25^{a}
50	50	-	-	5.66 ± 1.38^{b}	5.66 ± 1.18^{b}	5.13 ± 1.29^{b}	5.20 ± 1.39^{b}	5.50 ± 1.12^{b}	5.03 ± 1.32^{b}	5.20 ± 1.24^{b}
40	60	-	-	5.73 ± 1.11^{b}	5.81 ± 1.33^{b}	5.26 ± 1.40^{bc}	5.18 ± 1.65^{b}	5.65 ± 1.17^{b}	5.11 ± 1.51^{b}	5.28 ± 1.32^{bc}
30	70	-	-	5.88 ± 1.12^{b}	5.95 ± 1.11^{b}	5.83 ± 1.26^{d}	5.73 ± 1.23^{b}	6.00 ± 0.97^{b}	5.55 ± 1.24^{b}	5.81 ± 1.09^{d}
-	100	-	-	5.58 ± 1.39^{b}	5.60 ± 1.46^{b}	5.55 ± 1.43^{bcd}	5.35 ± 1.50^{b}	5.55 ± 1.63^{b}	5.40 ± 1.47^{b}	5.51 ± 1.34^{bcd}
-	55	30	15	5.71 ± 1.24^{b}	5.76 ± 1.46^{b}	5.71 ± 1.23^{cd}	5.41 ± 1.26^{b}	5.83 ± 1.39^{b}	5.50 ± 1.33^{b}	5.70 ± 1.16^{cd}

Remarks: WF= Wheat flour, PRF = Pregelatinized brown rice flour, JF = Job's tears flour, GF = Glutinous rice flour
Data are expressed as means ± SD
$^{a-c}$Means with the different letters in the same column were significantly different (P<0.05)

Table 3. Chemical composition (%) of crispy thin cracker from the substitution with pregelatinized brown rice flour

WF	PRF	JF	GF	Moisture	Protein	Fat	Crude fiber	Ash^{NS}	Carbohydrate^{NS}
100	-	-	-	6.60 ± 0.59^{ab}	9.36 ± 0.05^{c}	10.29 ± 0.55^{a}	1.58 ± 0.33^{c}	3.21 ± 0.06	68.92±0.65
30	70	-	-	5.58 ± 1.25^{a}	8.20 ± 0.36^{b}	11.60 ± 1.52^{ab}	0.83 ± 0.83^{b}	3.31 ± 0.09	70.47±1.00
-	100	-	-	6.98 ± 1.03^{b}	7.31 ± 0.08^{a}	12.15 ± 0.27^{b}	0.49 ± 0.17^{ab}	3.34 ± 0.09	69.71±0.49
-	55	30	15	7.08 ± 0.88^{b}	8.29 ± 0.05^{b}	11.95 ± 0.52^{b}	0.30 ± 0.24^{a}	3.31 ± 0.11	68.83±1.25

Remarks: WF= Wheat flour, PRF = Pregelatinized brown rice flour, JF = Job's tears flour, GF = Glutinous rice flour
Data are expressed as means ± SD
$^{a-c}$Means with the different letters in the same column were significantly different (P<0.05)
^{NS}Not significant difference (P>0.05)

ตัวอย่างขนมปังอบกรอบมาจากปริมาณของไขมันที่เติมลงไปในสูตรเพื่อปรับปรุงเนื้อสัมผัส และกลิ่นรสของผลิตภัณฑ์ให้เป็นที่ยอมรับของผู้บริโภค เป็นระดับไขมันที่อยู่ในช่วงปานกลางเมื่อเทียบกับขนมขบเคี้ยวประเภทอื่น ๆ ซึ่งมีปริมาณไขมันในช่วงร้อยละ 5.9-37.3 (นันทยา และคณะ, 2550)

สรุป

การเตรียมแป้งข้าวกล้องด้วยกระบวนการต้มในน้ำด่าง (70 ºC 15 นาที) สามารถใช้ในการปรับปรุงสมบัติของแป้งให้เกาะรวมตัวกันและสามารถรีดเป็นแผ่นได้ สามารถนำมาใช้ในการทดแทนแป้งสาลีในการผลิต ขนมปังแผ่นอบกรอบได้ในระดับร้อยละ 70-100 โดยช่วยทำให้เนื้อสัมผัสมีความแข็งกระด้างน้อยลงเมื่อเทียบ กับสูตรควบคุม มีคะแนนความชอบโดยรวมในระดับชอบเล็กน้อย (5.51-5.81) ซึ่งเมื่อนำมาวิเคราะห์คุณภาพ ทางด้านองค์ประกอบเคมีพบว่า มีปริมาณโปรตีนและเยื่อใยอยู่ในช่วงร้อยละ 7.31-8.20 และ 0.49-0.83 ตามลำดับ มีแนวโน้มลดลงตามปริมาณการทดแทนที่เพิ่มขึ้น ซึ่งอาจมีการนำไปปรับปรุงด้วยการการปรุงรสและเพิ่มคุณค่าทางโภชนาการอาหาร เช่น โปรตีน เยื่อใย รวมทั้งการปรับปรุงรูปแบบของผลิตภัณฑ์ให้ได้รับการยอมรับมากขึ้น

เอกสารอ้างอิง

จิตธนา แจ่มเมฆ และอรอนงค์ นัยวิกุล. 2544. เบเกอรีเทคโนโลยีเบื้องต้น. สำนักพิมพ์มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ. 224 หน้า.

นันทยา จงใจเทศ ภัทธิรา ยิ่งเลิศรัตนกุล ปิยนันท์ เผ่าม่วง และวารีทิพย์ พึ่งพันธ์. 2550. ปริมาณไขมันทรานส์ในอาหารอบและทอด. รายงานการศึกษาวิจัยปี 2550. กองโภชนาการ กรมอนามัย กระทรวงสาธารณสุข, นนทบุรี. 14 หน้า.

อุทัยวรรณ ทองทั้งวงศ์ และ สุนทรี สุวรรณสิชณน์. 2553. ผลของการทดแทนแป้งสาลีด้วยแป้งข้าวสีนิลต่อคุณภาพของบัตเตอร์เค้ก. เอกสารการประชุมทางวิชาการของมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ ครั้ง 48: สาขาอุตสาหกรรมเกษตร, กรุงเทพฯ.

Association of Official Analytical Chemists (AOAC). 2000. Official Methods of Analysis, Association of Official Analytical Chemists, Arlington.

Cato, L., J.J. Gan, L.G.B. Rafael and D.M. Small. 2004. Gluten free breads using rice flour and hydrocolloid gums. Food Australia 56(3): 75-88.

Cedillo Sebastian, G.C. 2005. Nutraceutical tortilla and tortilla chips prepared with bran from specialty sorghums. (Online). Available: http://hdl.handle.net/1969.1/4702 (December 27, 2016).

Chel-Guerrero, L., J. Parra-Pérez, D. Betancur-Ancona, A. Castellanos-Ruelas and J. Solorza-Feria. 2015. Chemical, rheological and mechanical evaluation of maize dough and tortillas in blends with cassava and malanga flour. Journal of Food Science and Technology 52(7): 4387-4395.

Gómez, M.H., L.W. Rooney, R.D. Waniska and R.L. Pflugfelder. 1987. Dry maize masa flours for tortilla and snack food production. Cereal Foods World 32: 372-377.

González, R., E. Reguera, L. Mendoza, J.M. Figueroa and F. Sánchez-Sinencio. 2004. Physicochemical changes in the hull of corn grains during their alkaline cooking. Journal of Agricultural and Food Chemistry 52: 3831-3837.

Guzmán, A.Q., M.E.J. Flores, J.S. Feria, M.G.M. Montealvo and Y.J. Wang. 2011. Rheological and thermal properties of masa as related to changes in corn protein during nixtamalization. Journal of Cereal Science 53: 139-147.

Jackson, D.S. and D. Sahai. 2002. Enzymatic process for nixtamalization of cereal grains. U.S. Patent 6,428,828.

Jomjunyong, S. and N. Ito. 2016. Rice is a strategic key resource for ASEAN economic community. Journal of Agriculture 32(Special Issue): 35-42.

Maghaydah, S., S. Abdul-Hussain, R. Ajo, B. Obeidat and Y. Tawalbeh. 2013. Enhancing the nutritional value of gluten-free cookies with inulin. Advance Journal of Food Science and Technology 5(7): 866-870.

Ruiz-Gutierrez, M.G., A. Quintero-Ramos, C.O. Meléndez-Pizarro, D. Lardizábal-Gutiérrez, J. Barnard, R. Márquez-Melendez and R. Talamás-Abbud. 2010. Changes in mass transfer, thermal and physiochemical properties during nixtamalization of corn with and without agitation at different temperatures. Journal of Food Engineering 98: 76-83.

Shih, F.F., V.D. Truong, V.D. and K.W. Daigle. 2006. Physicochemical properties of gluten-free pancakes from rice and sweet potato flours. Journal of Food Quality 29: 97-107.

Sánchez-Madrigal, M.A., A. Quintero-Ramos, F. Martínez-Bustos, C.O. Meléndez-Pizarro and M. G. Ruiz-Gutiérrez. 2014. Effect of different calcium sources on the antioxidant stability of tortilla chips from extruded and nixtamalized blue corn (*Zea mays* L.*)* flours. Food Science and Technology (Campinas) 34(1): 143-149.

Turabi, E., G. Sumnu and S. Sahin. 2010. Quantitative analysis of macro and micro-structure of gluten-free rice cakes containing different types of gums baked in different ovens. Food Hydrocolloids 24: 755-762.