การพัฒนาอาหารท้องถิ่นจากแป้งสาคู : หัวข้าวเกรียบแช่แข็ง

Development of Traditional Food from Sago Starch : Frozen Palaw Keropok

จริยา สุขจันทรา*

Jariya Sukjuntra *

สาขาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีการอาหาร คณะวิทยาศาสตร์เทคโนโลยีและการเกษตร

มหาวิทยาลัยราชภัฏยะลา

Food Science and Technology Department, Faculty of Science Technology and Agriculture

Yala Rajabhat University

Received : 5 February 2016

Accepted : 21 April 2016

Published online : 23 May 2016

บทคัดย่อ

การพัฒนาผลิตภัณฑ์หัวข้าวเกรียบแช่แข็ง โดยการใช้วัตถุดิบจากท้องถิ่น จะเป็นการเพิ่มศักยภาพในการแข่งขันให้กับผลิตภัณฑ์ การวิจัยนี้จึงมีวัตถุประสงค์เพื่อใช้แป้งสาคูทดแทนแป้งมันสำปะหลังในการผลิตหัวข้าวเกรียบแช่แข็ง และการใช้สารโซเดียมไตรโพลีฟอสเฟตเพื่อปรับปรุงเนื้อสัมผัสของผลิตภัณฑ์แช่แข็ง พบว่า หัวข้าวเกรียบที่ผลิตโดยใช้แป้งสาคูทดแทนแป้งมันสำปะหลังในปริมาณสูงขึ้น ทำให้ปริมาณความชื้นในผลิตภัณฑ์ลดลง ($p<0.05$) ค่าเนื้อสัมผัส ได้แก่ ค่าความแข็ง และค่าความเปราะ มีแนวโน้มลดลง ($p<0.05$) แต่ไม่ส่งผลต่อค่าการสูญเสียน้ำหลังการละลายน้ำแข็ง และพบว่าอัตราส่วนของแป้งสาคูและแป้งมันสำปะหลังที่มีคะแนนความชอบทางประสาทสัมผัสสูงที่สุดคือ อัตราส่วน 40:60 ทั้งนี้การเติมสารโซเดียมไตรโพลีฟอสเฟต ทำให้หัวข้าวเกรียบแช่แข็งมีคุณลักษณะดีกว่าการไม่เติมสาร โดยการเติมในปริมาณร้อยละ 0.4 ทำให้ผลิตภัณฑ์มีคุณภาพดีที่สุด เมื่อพิจารณาจากปริมาณความชื้น คุณลักษณะด้านเนื้อสัมผัส และคะแนนทดสอบทางประสาทสัมผัส ซึ่งสูตรดังกล่าวมีปริมาณความชื้น โปรตีน ไขมัน เถ้า เส้นใยหยาบ และคาร์โบไฮเดรต เท่ากับร้อยละ 19.31, 17.96, 13.18, 4.87, 0.11 และ 44.57 ตามลำดับ จึงจัดเป็นผลิตภัณฑ์ที่มีคุณค่าทางโภชนาการสูงเมื่อเปรียบเทียบกับผลิตภัณฑ์ในกลุ่มข้าวเกรียบปลา

คำสำคัญ: อาหารท้องถิ่น แป้งสาคู หัวข้าวเกรียบแช่แข็ง โซเดียมไตรโพลีฟอสเฟต

*Corresponding author. E-mail : jariya1112@yahoo.co.th

Abstract

Development of frozen Palaw Keropok by using local raw material might increase competition potential of traditional food. The aims of this research was to study appropriate amount of sago starch to substitute cassava starch in frozen Palaw Keropok product. The other objective was to improve the product texture by adding sodium tripolyphosphate (STPP). It was found that increasing sago starch in the recipes significantly decreased product moisture ($p<0.05$) and textural characteristics of product also tended to decrease ($p<0.05$). However, it did not affect drip loss. The most appropriated ratio of sago starch substitution 40:60, that got the highest sensory scores. Addition of 0.4% STPP gave the highest quality of the product indicated by the highest moisture, textural characteristics and sensory scores. Moisture, protein, lipid, ash, crude fiber and carbohydrate content of the product were 19.31%, 17.96%, 13.18%, 4.87%, 0.11% and 44.57%, respectively. It is a product with high nutritional value compared with the fish cracker.

Keywords : Tradition food Sago starch Frozen Palaw Keropok Sodium tripolyphosphate

บทนำ

"หัวข้าวเกรียบ" เป็นอาหารท้องถิ่นของ 3 จังหวัดชายแดนใต้ที่รู้จักอย่างแพร่หลาย แหล่งผลิตส่วนใหญ่อยู่ในจังหวัดปัตตานีและนราธิวาส วัตถุดิบหลักที่ใช้ในการผลิตเป็นวัตถุดิบในท้องถิ่น ได้แก่ เนื้อปลาบดและแป้งสาคู (Sago palm flour) จัดเป็นอาหารว่างประเภททอดเช่นเดียวกับลูกชิ้นและไส้กรอก แต่มีลักษณะเฉพาะคือการขยายตัวหลังทอดน้อยมาก มีสีน้ำตาลอมแดงเข้ม เนื้อสัมผัสภายนอกจะกรอบ ในขณะที่เนื้อภายในจะเหนียวนุ่ม อีกทั้งนิยมรับประทานขณะที่ผลิตภัณฑ์ยังอุ่นๆ เนื่องจากให้ความรู้สึกกรอบนุ่มขณะเคี้ยว จุดเด่นของผลิตภัณฑ์คือมีรสชาติอร่อยและมีคุณค่าทางโภชนาการสูง โดยเฉพาะโปรตีนสูงถึงร้อยละ 15-17 และแคลเซียมสูงถึง 4,020 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม จากส่วนผสมซึ่งเป็นปลาทั้งตัวบดละเอียด (Jariya *et al*., 2011a) ความนิยมบริโภคผลิตภัณฑ์ที่เพิ่มขึ้นในปัจจุบันทำให้มีการทดแทนแป้งสาคูด้วยแป้งมันสำปะหลังถึงร้อยละ 100 ด้วยเหตุผลที่ว่าแป้งมันสำปะหลังหาซื้อได้ง่าย และราคาไม่แพง การนำแป้งสาคูกลับมาใช้เป็นส่วนผสมจึงเป็นแนวทางการใช้ประโยชน์จากทรัพยากรในท้องถิ่น และเป็นการอนุรักษ์พันธุ์พืชพื้นเมืองอีกทางหนึ่ง อย่างไรก็ตาม ผลิตภัณฑ์ชนิดนี้มีข้อจำกัดเรื่องอายุการเก็บรักษาสั้น โดยสามารถเก็บได้เพียง 1 วันที่อุณหภูมิห้อง (Nor Khaizura *et al*, 2009) และ 12-15 วัน ในสภาวะแช่เย็น (3±1 องศาเซลเซียส) (Jariya *et al*., 2011b) ดังนั้นการพัฒนาหัวข้าวเกรียบเป็นอาหารแช่แข็งจะช่วยยืดอายุการเก็บรักษาซึ่งเป็นการลดข้อจำกัดของผลิตภัณฑ์

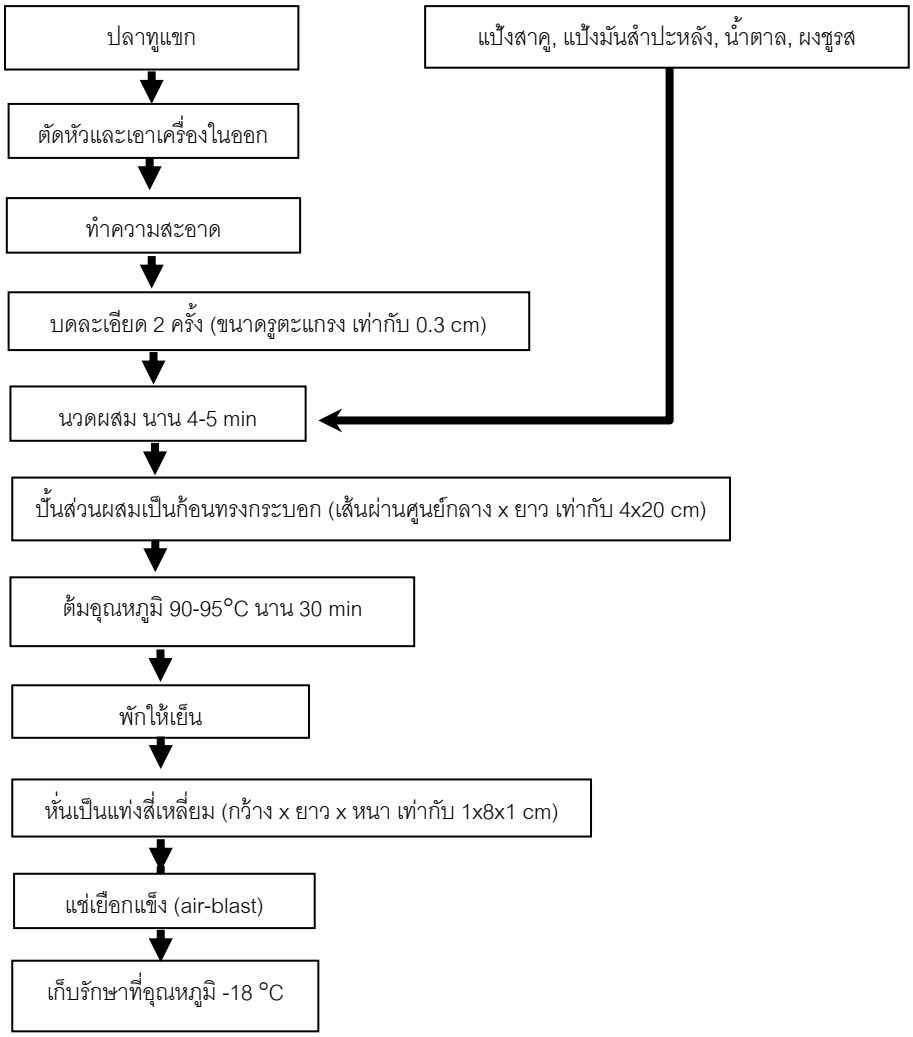
อาหารแช่แข็ง เป็นอาหารที่ยังคงคุณลักษณะทางประสาทสัมผัสของผลิตภัณฑ์ไว้ได้สูงสุด (Venugopal, 2005) สามารถตอบสนองวิถีชีวิตของผู้คนปัจจุบันที่ต้องการความสะดวก รวดเร็ว ปัจจัยที่ใช้ชี้บ่งคุณภาพของอาหารแช่แข็งคือการสูญเสียน้ำและของเหลวในขั้นตอนการละลาย (drip loss) ซึ่งจะทำให้อาหารสูญเสียเนื้อสัมผัสที่ดีไป จึงมีการศึกษาการใช้สารในกลุ่มโพลีฟอสเฟตมาช่วยเพิ่มแรงยึดเหนี่ยวระหว่างโปรตีน เพื่อช่วยแก้ปัญหาดังกล่าว ดังรายงานการศึกษาของ Alex & Joes. (2009) ได้ทดลองใช้ sodium tripolyphosphate (STPP) ร้อยละ 0.3 ในการผลิตกุ้งแช่เยือกแข็ง พบว่า การใช้ STPP

ช่วยรักษาคุณภาพทางประสาทสัมผัสของผลิตภัณฑ์ และทำให้มีผลผลิต (yield) สูง นอกจากนี้มีการทดลองใช้ sodium acid pyrophosphate (SAPP), tetrasodium pyrophosphate (TSPP), sodium tripolyphosphate (STPP), sodium hexammetaphosphate (SHMP) และการใช้ฟอสเฟตแต่ละชนิดร่วมกับ NaCl ในการปรับปรุงเนื้อสัมผัสของเนื้อปลานิลแช่แข็ง พบว่า การใช้ STPP ร้อยละ 2 แช่เนื้อปลานิล นาน 10 นาที ทำให้เนื้อปลานิลแล่แช่เยือกแข็งมี yield สูงสุด การสูญเสียจากการละลายและการสูญเสียหลังการต้มต่ำ อีกทั้งได้รับการยอมรับทางประสาทสัมผัสสูงสุด (Sutee *et al*., 2014) อนึ่งการใช้ฟอสเฟตในอาหาร สำนักงานมาตรฐานสินค้าเกษตรและอาหารแห่งชาติอนุญาตให้ใช้ในอาหารทะเลแช่แข็งได้ และให้มีเหลืออยู่ในผลิตภัณฑ์ขั้นสุดท้ายในรูปของ P_2O_5 ได้ไม่เกิน 5000 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม (TACFS 7014-2005) ดังนั้นการพัฒนาผลิตภัณฑ์หัวข้าวเกรียบแช่แข็งจึงเป็นทั้งการต่อยอดภูมิปัญญา และเพิ่มมูลค่าให้กับอาหารท้องถิ่น ทำให้มีศักยภาพการแข่งขันในตลาดได้สูงขึ้น

วิธีดำเนินการวิจัย

1. ศึกษาอัตราส่วนของแป้งสาคูและแป้งมันสำปะหลังที่เหมาะสมในการผลิตหัวข้าวเกรียบแช่แข็ง

ผลิตหัวข้าวเกรียบตามสูตรและวิธีการผลิตหัวข้าวเกรียบของ Jariya *et al*. (2011a) ซึ่งมีส่วนผสม คือ เนื้อปลาทูแขกบดทั้งตัว ร้อยละ 63 แป้งมันสำปะหลัง ร้อยละ 30.5 เกลือป่น ร้อยละ 1.8 น้ำตาล ร้อยละ 3.8 และผงชูรส ร้อยละ 0.9 และใช้แป้งสาคูทดแทนแป้งมันสำปะหลัง 6 อัตราส่วน คือ 0 : 100, 20 : 80, 40 : 60, 60 : 40, 80 : 20 และ 100 : 0 แล้วนำหัวข้าวเกรียบที่ได้ไปแช่เยือกแข็งแบบพ่นลมเย็น (air-blast) ที่อุณหภูมิ -30 องศาเซลเซียส จนกระทั่งชิ้นหัวข้าวเกรียบมีอุณหภูมิ -20 องศาเซลเซียส นำมาบรรจุถุงพลาสติก (LDPE) และเก็บรักษาที่อุณหภูมิ -18 องศาเซลเซียส (ภาพที่ 1) จนกว่าจะนำมาตรวจสอบคุณภาพ



ภาพที่ 1 ขั้นตอนการผลิตหัวข้าวเกรียบแช่แข็ง

1.1 ตรวจสอบคุณภาพทางเคมีและกายภาพ (ก่อนทอด) โดยวิเคราะห์ปริมาณความชื้น (AOAC, 2000) และค่าการสูญเสียน้ำหลังละลายน้ำแข็ง (%drip loss) (Margit *et al*, 2006)

1.2 ตรวจสอบคุณภาพทางกายภาพ (หลังทอด) ได้แก่ ค่าการขยายตัวหลังทอด (Nurul *et al*, 2010) ลักษณะเนื้อสัมผัส โดยใช้เครื่อง Texture Analyzer (TA-XT-plus) ใช้หัววัดชนิด cylinder probe เส้นผ่าศูนย์กลาง 50 มิลลิเมตร ความเร็วของ probe ขณะทดสอบ 5.0 มิลลิเมตรต่อวินาที ระยะกดร้อยละ 50 ของความหนาตัวอย่าง (ขนาดชิ้นหัวข้าวเกรียบ กว้าง x ยาว x หนา เท่ากับ 1x4x1 เซนติเมตร) โดยวัดค่าแบบ TPA และรายงานค่าเป็น hardness fracturability springiness cohesiveness และ chewiness

1.3 ตรวจสอบคุณภาพทางประสาทสัมผัส (หลังทอด) โดยวิธี 9 point hedonic scale ด้านสี กลิ่น รสชาติ เนื้อสัมผัส ความกรอบ และความชอบรวม กับผู้ทดสอบชิมจำนวน 30 คน

การเตรียมตัวอย่างสำหรับตรวจสอบคุณภาพทางกายภาพและทางประสาทสัมผัสหลังทอด โดยการนำหัวข้าวเกรียบแช่แข็งมาละลายน้ำแข็งที่อุณหภูมิ 4±1 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 1 ชั่วโมง ทอดแบบน้ำมันท่วม (deep frying) ด้วยน้ำมันปาล์ม ที่มีอุณหภูมิ 190±10 องศาเซลเซียส นาน 2 นาที โดยใช้อัตราส่วนของน้ำหนักหัวข้าวเกรียบต่อน้ำมันที่ทอด เท่ากับ 200 กรัม ต่อน้ำมัน 500 กรัม และนำไปตรวจสอบคุณภาพภายในช่วงเวลา 15-25 นาที

2. ศึกษาผลของสารโซเดียมไตรโพลีฟอสเฟต (STPP) ต่อสมบัติต่าง ๆ ของผลิตภัณฑ์หัวข้าวเกรียบแช่แข็ง

ผลิตหัวข้าวเกรียบโดยใช้อัตราส่วนของแป้งสาคูและแป้งมันสำปะหลัง ที่ได้รับคะแนนความชอบสูงสุดจากข้อ 1. และเติม STPP 4 ระดับ คือ ร้อยละ 0, 0.2, 0.3 และ 0.4 ของน้ำหนักส่วนผสมทั้งหมด จากนั้นนำผลิตภัณฑ์ทั้ง 4 ชุดการทดลองไปแช่เยือกแข็งแบบ air-blast หัวข้าวเกรียบแช่แข็งที่ได้นำไปตรวจสอบคุณภาพ ดังนี้

2.1 ตรวจสอบคุณภาพทางเคมีและกายภาพ (ก่อนทอด) โดยวิเคราะห์ปริมาณความชื้น (AOAC, 2000) และค่าการสูญเสียน้ำหลังละลายน้ำแข็ง (%drip loss) (Margit *et al*, 2006)

2.2 ตรวจสอบคุณภาพทางกายภาพ (หลังทอด) ได้แก่ ค่าการขยายตัวหลังทอด (Nurul *et al*, 2010) ลักษณะเนื้อสัมผัส โดยใช้เครื่อง Texture Analyzer (TA-XT-plus) ใช้หัววัดชนิด cylinder probe เส้นผ่าศูนย์กลาง 50 มิลลิเมตร ความเร็วของ probe ขณะทดสอบ 5.0 มิลลิเมตรต่อวินาที ระยะกดร้อยละ 50 ของความหนาตัวอย่าง (ขนาดชิ้นหัวข้าวเกรียบ กว้าง x ยาว x หนา เท่ากับ 1x4x1 เซนติเมตร) โดยวัดค่าแบบ TPA และรายงานค่าเป็น hardness fracturability springiness cohesiveness และ chewiness

2.3 ตรวจสอบคุณภาพทางประสาทสัมผัส (หลังทอด) โดยวิธี 9 point hedonic scale ด้านสี กลิ่น รสชาติ เนื้อสัมผัส ความกรอบ และความชอบรวม กับผู้ทดสอบชิมจำนวน 30 คน

วางแผนการทดลองแบบสุ่มสมบูรณ์ (Completely Randomized Design : CRD) สำหรับการตรวจสอบคุณภาพทางเคมีและกายภาพ และวางแผนการทดลองแบบสุ่มในบล็อกสมบูรณ์ (Randomized Complete Block Design : RCBD) สำหรับการตรวจสอบคุณภาพทางประสาทสัมผัส วิเคราะห์ความแปรปรวน (ANOVA) และเปรียบเทียบความแตกต่างระหว่างชุดการทดลองแบบ DMRT (Duncan's New Multiple Range Test)

3. วิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมีของผลิตภัณฑ์ ดังนี้

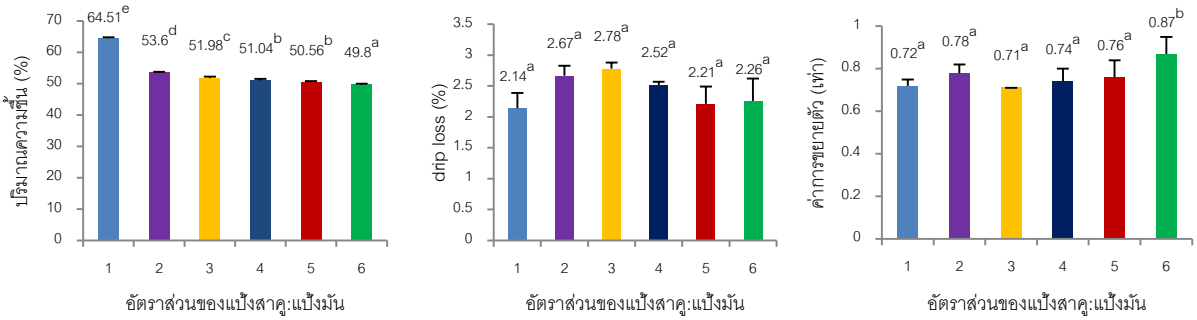
วิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมีในผลิตภัณฑ์หัวข้าวเกรียบแช่แข็งที่มีคุณลักษณะที่ดีที่สุดจากข้อ 2 ได้แก่ ปริมาณความชื้น, โปรตีน, ไขมัน, เถ้า, เส้นใยหยาบ และคาร์โบไฮเดรต (AOAC, 2000)

ผลการวิจัยและวิจารณ์ผล

1. ผลการตรวจสอบคุณภาพของหัวข้าวเกรียบที่เกรียบแช่แข็ง

ผลิตหัวข้าวเกรียบโดยใช้ใช้แป้งสาคูทดแทนแป้งมันสำปะหลัง 6 อัตราส่วน คือ 0 : 100, 20 : 80, 40 : 60, 60 : 40, 80 : 20 และ 100 : 0 จากนั้นนำผลิตภัณฑ์ทั้ง 6 ชุดการทดลองไปแช่แข็ง (air-blast) และตรวจสอบคุณภาพทางเคมี กายภาพและประสาทสัมผัส แสดงผลตามลำดับ ดังนี้

- **ความชื้น** หัวข้าวเกรียบที่ผลิตจากแป้งสาคู และแป้งมันสำปะหลังในอัตราส่วนต่างๆ มีปริมาณความชื้นแตกต่างกันทางสถิติ ($p<0.05$) โดยหัวข้าวเกรียบที่ใช้แป้งสาคูในปริมาณเพิ่มขึ้นทำให้ปริมาณความชื้นลดต่ำลงตามลำดับ และข้าวเกรียบที่ผลิตจากแป้งมันสำปะหลังเพียงอย่างเดียว (0 : 100) มีปริมาณความชื้นสูงสุด คือ ร้อยละ 64.51 ดังภาพที่ 2 (a) โดยปริมาณความชื้นของผลิตภัณฑ์นี้ เป็นผลจากขั้นตอนการต้มก้อนแป้งที่อุณหภูมิ 90-95 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 30 นาที ซึ่งเป็นอุณหภูมิสูงกว่าอุณหภูมิการเกิดเจลาติไนเซชัน (gelatinization) พันธะไฮโดรเจนจะถูกทำลาย โมเลกุลของน้ำจะเข้ามาจับกับหมู่ไฮดรอกซิลที่เป็นอิสระ เม็ดแป้งก็จะเกิดการพองตัวขึ้น ซึ่งความสามารถในการพองตัวจะขึ้นอยู่กับองค์ประกอบของแป้งที่ใช้ โดยแป้งที่มีปริมาณอะมิโลแพกทินสูงจะมีการพองตัวสูง ในขณะที่การพองตัวจะลดลงเมื่อปริมาณอะมิโลสเพิ่มขึ้น อนึ่งแป้งสาคูมีปริมาณอะมิโลแพกทินใกล้เคียงกับแป้งมันสำปะหลัง คือร้อยละ 17-24 แต่มีปริมาณอะมิโลสสูงกว่า (Junphen, 2007 ; Piyachomkwan *et al*., 1999) จึงทำให้หัวข้าวเกรียบที่มีแป้งมันสำปะหลังเป็นส่วนผสมในปริมาณมากมีการพองตัวสูงและส่งผลให้ปริมาณความชื้นในหัวข้าวเกรียบสูงกว่านั่นเอง (Taewee, 2011; Nurul, 2010)

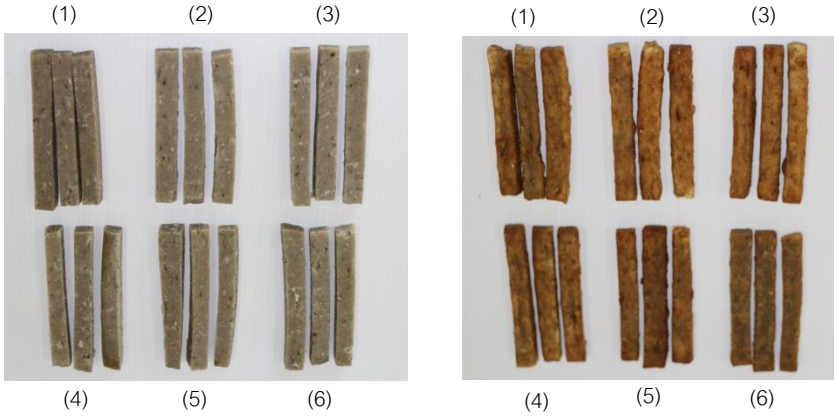


(a) (b) (c)

ภาพที่ 2 คุณภาพของหัวข้าวเกรียบแช่แข็ง (a) ปริมาณความชื้น (b) drip loss (c) ค่าการขยายตัว
อัตราส่วนของแป้งสาคู:แป้งมัน 1= 0:100, 2 = 20:80, 3 = 40:60, 4= 60:40, 5 = 80:20, 6 = 100:0

- **ค่าการสูญเสียน้ำหลังการละลายน้ำแข็ง (%drip loss)** ผลการวัดค่า drip loss ของหัวข้าวเกรียบแช่แข็งที่ผลิตโดยใช้อัตราส่วนของแป้งสาคู และแป้งมันสำปะหลังที่แตกต่างกัน พบว่า ค่าเฉลี่ยไม่แตกต่างทางสถิติ ($p>0.05$) โดยมีค่าอยู่ในช่วงร้อยละ 2.14-2.78 (ภาพที่ 2(b)) ค่า drip loss เป็นค่าการสูญเสียน้ำของเซลล์ เนื่องจากการทำละลายของผลิตภัณฑ์แช่เยือกแข็ง ซึ่งน้ำดังกล่าวไม่สามารถกลับเข้าไปในเซลล์ได้ จึงทำให้น้ำเยิ้มออกมาที่ผิวอาหาร ส่วนใหญ่เป็นผลจากอัตราเร็วในการแช่เยือกแข็งและองค์ประกอบของอาหารแช่แข็ง ซึ่งการศึกษาครั้งนี้เป็นการแช่เยือกแข็งด้วยระบบพ่นลมเย็น (air-blast freezing) ซึ่งเป็นการแช่แข็งแบบเร็ว (quick freezing) เกิดการหมุนเวียนของอากาศเย็นอย่างรวดเร็ว ทำให้ผลึกน้ำแข็งมีขนาดเล็ก ไม่ทำให้เซลล์ของอาหารเสียหาย (ภาพที่ 3a) เมื่อนำมาละลายน้ำแข็งจึงมีค่าการสูญเสียน้ำต่ำ (Loannis, 2014) อีกทั้งการศึกษาครั้งนี้ใช้แป้งสาคูและแป้งมันสำปะหลัง ซึ่งมีความสามารถในการเกิดรีโทรเกรเดชัน (retrogradation) ใกล้เคียงกันคือร้อยละ 30-50 (Piyachomkwan *et al*., 1999) อย่างไรก็ตามการสูญเสียน้ำจากการละลายของอาหารแช่แข็งสามารถป้องกันได้โดยการควบคุมอุณหภูมิในการเก็บรักษาให้คงที่ และเลือกวิธีการละลายที่เหมาะสม (Corina *et al*., 2013 ; Coleen *et al*., 2012)

- **ค่าการขยายตัว** ผลการวัดค่าการขยายตัวของหัวข้าวเกรียบแช่แข็ง ภายหลังการนำไปทอดที่อุณหภูมิ 190±10 องศาเซลเซียส นาน 2 นาที (ภาพที่ 3(b)) พบว่า หัวข้าวเกรียบที่มีส่วนผสมของแป้งสาคูเพียงอย่างเดียว มีค่าการขยายตัวสูงสุด เท่ากับ 0.87 เท่า ($p<0.05$) ในขณะที่หัวข้าวเกรียบที่ผลิตจากแป้งสาคูและแป้งมันสำปะหลังในอัตราส่วน อื่น ๆ มีค่าการขยายตัวไม่แตกต่างกัน ($p>0.05$) ดังภาพที่ 2 (c) ซึ่งค่าการขยายตัวของผลิตภัณฑ์ข้าวเกรียบปลาโดยทั่วไปขึ้นอยู่กับปริมาณอะมิโลแพกทินของแป้งที่ใช้เป็นส่วนผสมในการผลิต กล่าวคือแป้งที่มีปริมาณอะมิโลแพกทินสูงจะมีความสามารถในการขยายตัวดี ซึ่งมีรายงานการศึกษาว่าการใช้แป้งมันสำปะหลังเพียงอย่างเดียว ทำให้ข้าวเกรียบมีการขยายตัวมากกว่าแป้งผสมระหว่างแป้งมันสำปะหลังและแป้งสาคูและการใช้แป้งสาคูเพียงอย่างเดียว (Junphen, 2007; Teawee, 2008; Mayyawadee & Gerherd, 2011; Nurul *et al*., 2010) อย่างไรก็ตามข้าวเกรียบปลาดังกล่าวมีปริมาณความชื้นก่อนทอดอยู่ในช่วงร้อยละ 9-14 ซึ่งแตกต่างจากหัวข้าวเกรียบซึ่งมีความชื้นก่อนทอดสูงถึง ร้อยละ 49.80-64.51 โดยความชื้นของผลิตภัณฑ์ที่สูงนี้ ทำให้การถ่ายเทความชื้นจากภายในชิ้นอาหารออกสู่ผิวหน้าอาหารขณะทอด (heat conduction) เกิดขึ้นไม่เพียงพอที่จะทำให้เกิดการฟอร์มตัวของ crust (crust formation) จึงทำให้มีส่วนของ core ซึ่งเป็นส่วนกลางของชิ้นอาหารที่ความชื้นอยู่สูง ทำให้อัตราการขยายตัวของหัวข้าวเกรียบต่ำ (Guillaumin, 1988) เมื่อเทียบกับข้าวเกรียบปลาทั่วไป ทั้งนี้หัวข้าวเกรียบที่ผลิตจากแป้งสาคูเพียงอย่างเดียวมีความชื้นก่อนทอดต่ำที่สุด จึงทำให้มีค่าการขยายตัวสูงที่สุด อีกทั้งหัวข้าวเกรียบทั้งหมดผลิตจากส่วนผสมที่เป็นแป้งเพียงร้อยละ 30.5 เป็นผลให้ผลิตภัณฑ์หลังทอดมีการพองตัวเพียงเล็กน้อย (Voravichanee *et al*., 2010)



ภาพที่ 3 หัวข้าวเกรียบ (a) ก่อน และ (b) หลังทอด ; อัตราส่วนของแป้งสาคู:แป้งมัน (1)= 0:100, (2) = 20:80, (3) = 40:60, (4)= 60:40, (5) = 80:20, (6) = 100:0

- **เนื้อสัมผัส** (Texture Profile Analysis : TPA) การวิเคราะห์โปรไฟล์ของเนื้อสัมผัส เป็นวิธีทดสอบที่เลียนแบบการเคี้ยวของมนุษย์ ซึ่งกราฟที่ได้จะเป็นความสัมพันธ์ระหว่างค่าแรงกับระยะเวลาที่ใช้ในการจำลองบด ซึ่งพบว่าค่า hardness และค่า fracturability ของหัวข้าวเกรียบซึ่งแสดงถึงความกรอบของผลิตภัณฑ์มีแนวโน้มน้อยลงตามปริมาณของแป้งมันสำปะหลังที่ลดลง โดยสูตรที่ใช้แป้งมันสำปะหลังร้อยละ 100 มีค่า hardness และค่า fracturability สูงสุด เท่ากับ 19,170.05 กรัม และ 11,684.51 กรัม ตามลำดับ (ตารางที่ 1) ทั้งนี้เนื่องจากในขั้นตอนการทอดหัวข้าวเกรียบ อุณหภูมิของชิ้นอาหารสูงขึ้น

เกิดการระเหยกลายเป็นไอของน้ำอย่างรวดเร็ว ทำให้เกิดความดันไอขึ้นภายในชิ้นอาหาร และดันให้เนื้อของอาหารขยายตัว ทำให้เกิดรูพรุนขนาดต่าง ๆ (crust) และมีความกรอบ ซึ่งชนิดของแป้งที่ใช้เป็นส่วนผสมจะมีอิทธิพลต่อค่า hardness และค่า fracturability ของหัวข้าวเกรียบ กล่าวคือการเติมแป้งสาคูซึ่งมีปริมาณอะมิโลสสูงกว่าแป้งมันสำปะหลังลงในส่วนผสมทำให้โครงสร้างเจลของโดข้าวเกรียบมีความแข็งแรง และขยายตัวได้ยากในระหว่างการทอด ((Junphen, 2007; Teawee, 2011) แต่อย่างไรก็ตามการทอดหัวข้าวเกรียบมีลักษณะแตกต่างจากการทอดข้าวเกรียบโดยทั่วไป ด้วยความชื้นที่สูงของผลิตภัณฑ์ทำให้โครงสร้างของอาหารหลังทอดแตกต่างกัน หัวข้าวเกรียบทอดจะมีส่วนของ core หรือส่วนที่อยู่ตรงกลาง ซึ่งสุกและยังคงมีความชื้นอยู่สูง ในขณะที่มีส่วน crust น้อย และภายหลังการทอดจะค่อยๆ สูญเสียความกรอบเนื่องจากความชื้นในชิ้นอาหารจะซึมผ่านออกสู่ภายนอกตลอดเวลา (ภาพที่ 3b) ค่า springiness ในหัวข้าวเกรียบทั้ง 6 ชุดการทดลองมีค่าแตกต่างกัน ($p<0.05$) โดยหัวข้าวเกรียบที่ผลิตจากแป้งสาคูเพียงอย่างเดียวมีค่า springiness สูงสุด และค่าดังกล่าวจะลดลงตามปริมาณแป้งสาคูที่ลดลง ซึ่งสอดคล้องกับค่า hardness นั่นคือ หัวข้าวเกรียบที่มีความกรอบแข็งสูง จะมีค่าการยืดหยุ่นต่ำ นอกจากนี้ค่า cohesiveness ของหัวข้าวเกรียบที่จะสัมพันธ์กับค่า chewiness โดยชิ้นหัวข้าวเกรียบที่มีการยึดเกาะสูงจะใช้พลังงานในการเคี้ยวสูงตามไปด้วย

ตารางที่ 1 เนื้อสัมผัสของหัวข้าวเกรียบแช่แข็ง

อัตราส่วน (แป้งสาคู:แป้งมัน)	hardness (g)	fracturability (g)	springiness	cohesiveness	chewiness
0:100	19,170.05^{d}±1,332.30	11,684.51^{b}±1,217.23	0.61^{a}±0.04	0.28^{a}±0.04	3,255.67^{ab}±631.20
20:80	17,754.57^{c}±1,260.99	10,848.51^{b}±1,280.45	0.61^{a}±0.05	0.30^{a}±0.04	3,101.71^{a}±651.01
40:60	15,136.65^{b}±1,515.34	6,642.94^{a}±1,388.77	0.71^{b}±0.06	0.36^{b}±0.04	3,900.99^{bc}±772.13
60:40	15,162.04^{b}±1,053.91	6,396.50^{a}±1,041.45	0.72^{b}±0.04	0.42^{c}±0.04	5,142.02^{d}±781.77
80:20	15,066.83^{b}±1,452.32	6,699.44^{a}±1,336.11	0.73^{b}±0.05	0.36^{b}±0.02	4,023.70^{c}±708.43
100:0	12,295.91^{a}±1,247.65	7,748.63^{a}±1,030.38	0.79^{c}±0.03	0.38^{b}±0.05	3,579.14^{a}±705.92

หมายเหตุ : $^{a-d}$ ตัวอักษรที่ต่างกันในแนวตั้งแสดงว่ามีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ

- **คุณภาพทางประสาทสัมผัส** ตัวอย่างหัวข้าวเกรียบทอด (ภาพที่ 3(b)) เมื่อนำมาทดสอบด้วยวิธี 9 point hedonic scale พบว่า คะแนนการยอมรับด้านลักษณะปรากฏ กลิ่น และรสชาติ ไม่แตกต่างทางสถิติ ($p>0.05$) แต่คะแนนการยอมรับด้านสี ความกรอบ และความชอบรวม มีค่าแตกต่างทางสถิติ ($p<0.05$) แสดงดังตารางที่ 2 หัวข้าวเกรียบแช่แข็งที่เติมแป้งสาคูทดแทนแป้งมันสำปะหลัง มีคะแนนการยอมรับด้านสีแตกต่างจากหัวข้าวเกรียบที่ที่ผลิตจากแป้งมันสำปะหลังเพียงอย่างเดียว ทั้งนี้เนื่องจากแป้งสาคูมีสีขาวอมแดงซึ่งเป็นผลจากกระบวนการผลิตแบบพื้นบ้านที่ไม่มีการฟอกสี (Klanarong & Kuakoon, 2003) เมื่อนำไปทอดจึงทำให้ได้สีที่ดีคือน้ำตาลอมแดง ผลคะแนนการยอมรับด้านความกรอบ พบว่า หัวข้าวเกรียบที่ใช้แป้งสาคูเป็นส่วนผสมในปริมาณสูงกว่าอัตราส่วน 40 : 60 จะทำให้คะแนนการยอมรับด้านความกรอบลดต่ำลง เป็นผลจากปริมาณอะมิโลส และอะมิโลแพกทินของแป้งที่ส่งผลต่อการขยายตัวและความกรอบของผลิตภัณฑ์ ทั้งนี้แม้ว่าหัวข้าวเกรียบที่มีส่วนผสมของแป้งสาคูจะมีความกรอบน้อยกว่า แต่จะมีความกรอบคงที่นานกว่าหัวข้าวเกรียบที่ใช้แป้งมันสำปะหลังเพียง

อย่างเดียว ดังนั้นหัวข้าวเกรียบที่ได้รับการยอมรับมากที่สุด คือใช้อัตราส่วนของแป้งสาคูและแป้งมันสำปะหลังเท่ากับ 40:60 จึงคัดเลือกชุดการทดลองดังกล่าวไปศึกษาข้อต่อไป

ตารางที่ 2 คุณลักษณะทางประสาทสัมผัสของหัวข้าวเกรียบแช่แข็ง (9 point hedonic scale)

อัตราส่วน (แป้งสาคู:แป้งมัน)	ลักษณะปรากฏ	สี	กลิ่น	รสชาติ	ความกรอบ	ความชอบรวม
0:100	6.33^{a}±1.19	5.93^{a}±1.12	6.03^{a}±1.20	6.23^{a}±1.02	7.10^{ab}±1.27	5.83^{a}±1.73
20:80	6.43^{a}±1.26	6.33^{ab}±1.04	6.03^{a}±0.97	6.30^{a}±1.12	7.43^{b}±1.20	5.60^{a}±1.41
40:60	6.53^{a}±1.31	6.23^{ab}±1.39	6.57^{a}±1.21	6.63^{a}±1.21	7.20^{ab}±1.25	7.07^{b}±1.25
60:40	6.37^{a}±1.26	6.63^{b}±1.06	6.13^{a}±1.30	6.57^{a}±1.23	6.97^{ab}±1.29	6.83^{b}±1.37
80:20	5.93^{a}±1.58	6.50^{b}±1.39	6.47^{a}±1.40	6.73^{a}±1.48	6.70^{ab} ±1.44	6.87^{b}±1.42
100:0	6.37^{a}±1.47	6.27^{ab}±1.40	6.40^{a}±1.36	6.63^{a}±1.63	6.30^{a}±1.56	6.73^{b}±1.67

หมายเหตุ : $^{a-b}$ ตัวอักษรที่ต่างกันในแนวตั้งแสดงว่ามีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ

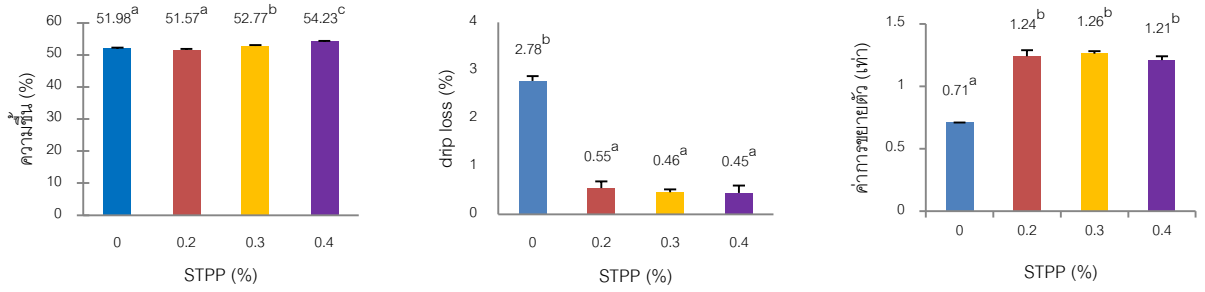
2. ผลของสารโพลีฟอสเฟตต่อสมบัติต่าง ๆ ของผลิตภัณฑ์หัวข้าวเกรียบแช่แข็ง

ผลการตรวจสอบคุณภาพหัวข้าวเกรียบแช่แข็งที่ผลิตโดยใช้อัตราส่วนของแป้งสาคู : แป้งมันสำปะหลัง เท่ากับ 40 : 60 และเติมสารโซเดียมไตรโพลีฟอสเฟต (STPP) 4 ระดับ คือ ร้อยละ 0, 0.2, 0.3 และ 0.4 ของน้ำหนักส่วนผสม จากนั้นนำผลิตภัณฑ์ทั้ง 4 ชุดการทดลองไปแช่แข็ง (air-blast) และตรวจสอบคุณภาพทางเคมี กายภาพ และประสาทสัมผัส แสดงผลตามลำดับ ดังนี้

- **ความชื้น** ปริมาณความชื้นของตัวอย่างหัวข้าวเกรียบแช่แข็งทั้ง 4 ชุดการทดลอง มีค่าแตกต่างกันทางสถิติ ($p<0.05$) โดยหัวข้าวเกรียบแช่แข็งที่เติม STPP ร้อยละ 0.4 มีปริมาณความชื้นสูงสุด เท่ากับร้อยละ 54.23 (ภาพที่ 4 (a)) ซึ่งการเติม STPP ร้อยละ 0.3 และ 0.4 ทำให้ตัวอย่างหัวข้าวเกรียบมีความชื้นสูงกว่าหัวข้าวเกรียบที่ไม่ได้เติมอย่างชัดเจน ($p<0.05$) เนื่องจาก STPP เป็นสารที่มีบทบาทในการเพิ่มคุณสมบัติในการจับกับน้ำของโปรตีน ทำให้หัวข้าวเกรียบมีลักษณะอุ้มน้ำไว้ในโครงสร้างได้สูง โดยฟอสเฟตจะทำปฏิกิริยากับแอคโตไมโอซิน (actomyosin) แตกตัวเป็นแอคตินและไมโอซิน เกิดเป็นโครงสร้างร่างแหที่มีช่องว่างให้น้ำสามารถแทรกอยู่ได้ (Alex & Jose, 2009 ;Sutee *et al*., 2014; Sootawat, 2005) นอกจากนี้การเติม STPP ในผลิตภัณฑ์ที่มีส่วนผสมของแป้งซึ่งมีคุณสมบัติในการดูดซับน้ำ และพองตัวเมื่อได้รับความร้อน จึงทำให้ผลิตภัณฑ์เก็บน้ำเอาไว้ในโครงสร้างได้เพิ่มขึ้น และลดการสูญเสียน้ำระหว่างการต้มสุกของผลิตภัณฑ์ได้ (Apirada, 2012)

- **ค่าการสูญเสียน้ำหลังการละลายน้ำแข็ง (%drip loss)** ตัวอย่างหัวข้าวเกรียบแช่แข็งที่เติมสาร STPP มีค่าน้อยกว่าตัวอย่างที่ไม่ได้เติมสารดังกล่าว ($p<0.05$) โดยมีค่าอยู่ในช่วงร้อยละ 0.45-0.55 ในขณะที่ตัวอย่างที่ไม่ได้เติมมีค่าเท่ากับร้อยละ 2.87 (ภาพที่ 4 (b)) แสดงว่าการเติมสาร STPP ช่วยลดการสูญเสียน้ำหรือของเหลวหลังการละลายในตัวอย่างหัวข้าวเกรียบแช่แข็ง ซึ่งผลิตภัณฑ์อาหารแช่แข็งที่ดีควรมีค่า drip loss ต่ำ ค่าดังกล่าวจึงใช้บอกคุณภาพของอาหารแช่แข็ง (Corina *et al*., 2013; Coleen, *et al*., 2012; Margit *et al*., 2006) ทั้งนี้หัวข้าวเกรียบผลิตจากส่วนผสมของแป้งสาคู

และแป้งมันสำปะหลังซึ่งมีความสามารถในการพองตัวสูง อีกทั้งการใช้เติมสาร STPP จะช่วยเพิ่มความสามารถในการอุ้มน้ำของผลิตภัณฑ์ ทำให้มีค่าสูญเสียหลังการละลายต่ำ สอดคล้องกับงานวิจัยของ Alex & Jose (2009) ที่รายงานว่า การใช้ STPP ในผลิตภัณฑ์กุ้งแช่แข็ง มีค่า drip loss ลดลงจากร้อยละ 18.30 เป็น 1.92 และรายงานของ Sutee *et al*. (2014) ที่รายงานว่าการใช้ STPP ร้อยละ 2 ในปลานิลแล่แช่แข็ง ลดค่า drip loss ได้อย่างมีนัยสำคัญ ($p<0.05$) เมื่อเทียบกับการใช้ฟอสเฟตรูปแบบอื่น แต่อย่างไรก็ตามกระบวนการแช่แข็งและขั้นตอนการทำละลายจะมีส่วนสำคัญต่อค่า drip loss ในอาหารแช่แข็ง (Corina *et al*., 2013; Venugopal, 2005)



(a) (b) (c)

ภาพที่ 4 คุณภาพของหัวข้าวเกรียบแช่แข็ง (a) ปริมาณความชื้น (b) drip loss (c) ค่าการขยายตัว

- **ค่าการขยายตัว** ค่าการขยายตัวหลังทอดของหัวข้าวเกรียบแช่แข็งที่เติมสาร STPP ไม่แตกต่างกัน ($p>0.05$) โดยมีค่าการขยายตัวอยู่ในช่วง 1.21-1.26 เท่า แต่มีค่าสูงกว่าตัวอย่างหัวข้าวเกรียบที่ไม่ได้เติม ซึ่งมีค่าเท่ากับ 0.71 เท่า (ภาพที่ 4 (c)) ค่าการขยายตัวหลังทอดนี้ เกิดจากการระเหยเป็นไอของน้ำในอาหารที่เกิดขึ้นอย่างรวดเร็ว ในช่วงเวลาที่เหมาะสม ทำให้เกิดการขยายตัวเป็นรูพรุนในโครงสร้างของอาหารและจะสัมพันธ์กับเนื้อสัมผัสของผลิตภัณฑ์ (Guillaumin, 1988) การเติม STPP ในการศึกษานี้ทำให้ค่าการพองตัวของหัวข้าวเกรียบเพิ่มขึ้นเนื่องด้วยปริมาณความชื้นของผลิตภัณฑ์ที่เพิ่มขึ้นนั่นเอง

- **เนื้อสัมผัส** จากการวัดเนื้อสัมผัสโดยวิธี texture profile analysis พบว่า การเติม STPP ทำให้ค่า hardness ในตัวอย่างหัวข้าวเกรียบลดลง ในขณะที่ทำให้ค่า fracturability เพิ่มสูงขึ้น ($p<0.05$) แสดงดังตารางที่ 3 โดยหัวข้าวเกรียบที่เติม STPP ร้อยละ 0.3 มีค่า hardness และ fracturability สูงที่สุด เท่ากับ 15,755.89 กรัม และ 8,234.25 กรัม ตามลำดับ ดังนั้นการเติม STPP ในปริมาณร้อยละ 0.3 ทำให้เนื้อสัมผัสของหัวข้าวเกรียบแช่แข็งหลังทอดมีลักษณะกรอบแข็งสูงที่สุด ในขณะที่การเติม STPP ร้อยละ 0.4 ทำให้ค่า cohesiveness และ chewiness ต่ำที่สุด และการเติม STPP ทำให้ค่า springiness สูงขึ้นเมื่อเทียบกับตัวอย่างที่ไม่ได้เติมสาร

ตารางที่ 3 เนื้อสัมผัสของหัวข้าวเกรียบแช่แข็ง

STPP (%)	Hardness (g)	Fracturability (g)	springiness	cohesiveness	chewiness
0	15,156.04^{b}±1,515.34	6,396.50^{a}±1,041.45	0.72^{a}±0.03	0.42^{a}±0.04	5,142.02^{b}±781.77
0.2	12,675.66^{a}±1,786.50	6,670.94^{a}±1,015.10	0.78^{b}±0.03	0.46^{c}±0.05	4,614.06^{ab}±742.61
0.3	15,755.89^{b}±1,669.39	8,234.25^{b}±1059.37	0.77^{b}±0.05	0.44^{bc}±0.03	5,285.36^{b}±757.02
0.4	12,522.75^{a}±1,356.84	7,803.39^{b}±1,293.88	0.76^{b}±0.02	0.39^{a}±0.03	3,873.13^{a}±524.82

หมายเหตุ : $^{a-d}$ ตัวอักษรที่ต่างกันในแนวตั้งแสดงว่ามีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ

2.3 **คุณภาพคุณภาพทางประสาทสัมผัส** ผลการทดสอบทางประสาทสัมผัส (9 point hedonic scale) จากผู้ทดสอบชิม จำนวน 30 คน พบว่า การเติม STPP ส่งผลต่อคะแนนการยอมรับด้านลักษณะปรากฏ และสีแตกต่างทางสถิติ ($p<0.05$) ดังตารางที่ 4 โดยตัวอย่างหัวข้าวเกรียบที่เติม STPP ร้อยละ 0.4 ได้รับคะแนนสูงสุด เท่ากับ 7.18 และ 7.00 คะแนน ตามลำดับ ในขณะที่คะแนนการยอมรับด้าน กลิ่น รสชาติ ความกรอบและความชอบรวมไม่แตกต่างกัน ($p>0.05$)

ตารางที่ 4 คุณลักษณะทางประสาทสัมผัสของหัวข้าวเกรียบแช่แข็ง (9 point hedonic scale)

STPP (%)	ลักษณะปรากฏ	สี	กลิ่น	รสชาติ	ความกรอบ	ความชอบรวม
0	6.32^{a}±1.31	6.09^{a}±1.39	5.82^{a}±1.21	6.41^{a}±1.21	6.23^{a}±1.25	6.91^{a}±1.25
0.2	6.95^{bc}±1.56	6.50^{ab}±1.50	6.50^{a}±1.40	7.02^{a}±1.62	6.95^{a}±1.52	7.14^{a}±1.55
0.3	6.50^{ab}±1.47	6.59^{ab}±1.43	6.68^{a}±1.44	6.50^{a}±1.52	6.45^{a}±1.41	7.05^{a}±1.50
0.4	7.18^{c}±1.28	7.00^{b}±1.15	6.86^{a}±1.27	6.91^{a}±1.45	6.63^{a}±1.27	7.18^{a}±1.31

หมายเหตุ : $^{a-b}$ ตัวอักษรที่ต่างกันในแนวตั้งแสดงว่ามีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ

จากการพิจารณาคุณลักษณะที่ดีของผลิตภัณฑ์หัวข้าวเกรียบหลังทอด คือ เนื้อสัมผัสต้องกรอบนุ่ม กล่าวคือกรอบภายนอกและเนื้อภายในสุกนุ่ม ร่วมกับคุณลักษณะที่ดีของอาหารแช่แข็งซึ่งควรมีปริมาณความชื้นในผลิตภัณฑ์สูง และมีค่า drip loss ต่ำ ซึ่งจะส่งผลให้ปริมาณผลผลิต (yield) สูง จึงคัดเลือกหัวข้าวเกรียบแช่แข็งที่เติม STPP ในปริมาณร้อยละ 0.4 เป็นชุดการทดลองที่จะนำไปวิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมีต่อไป

3. ผลวิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมีของผลิตภัณฑ์

ผลการวิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมีของผลิตภัณฑ์หัวข้าวเกรียบที่ผลิตจากเนื้อปลาบด, แป้งมันสำปะหลัง, แป้งสาคู, น้ำตาล, เกลือ และผงชูรสเท่ากับ ร้อยละ 30.5, 18.3, 12.2, 3.8, 1.8 และ 0.9 ตามลำดับ และเติม STPP ร้อยละ 0.4 ของส่วนผสมทั้งหมด (ตารางที่ 5) พบว่า หัวข้าวเกรียบแช่แข็งมีองค์ประกอบทางเคมีส่วนใหญ่ใกล้เคียงกับหัวข้าวเกรียบที่ผลิตโดยไม่ผ่านการแช่แข็งจากงานวิจัยของ Jariya *et al*. (2011a) แต่จะแตกต่างชัดเจนกับข้าวเกรียบปลาทั่วไป (Jariya *et al*., 2012c) ด้วยกระบวนการผลิตที่แตกต่างกันนั่นเอง ทั้งนี้ปริมาณไขมันในผลิตภัณฑ์หัวข้าวเกรียบแช่แข็งมีปริมาณสูงกว่าหัวข้าวเกรียบ เนื่องจากหัวข้าวเกรียบแช่แข็งใช้แป้งสาคูเป็นส่วนผสมในการผลิต และเติม STPP ซึ่งทำให้ค่าการขยายตัวสูงกว่าการใช้แป้งมันสำปะหลังเพียงอย่างเดียว จึงทำให้มีการอมน้ำมันไว้ในโครงสร้างได้มากกว่า (Guillaumin, 1988) และทำนองเดียวกันเมื่อเปรียบเทียบกับข้าวเกรียบปลา ซึ่งมีปริมาณไขมันสูงกว่าเนื่องจากการขยายตัวระหว่างการทอดซึ่งทำให้น้ำมันเข้าไปแทนที่ในช่องว่าง และรูพรุนที่เกิดจากการขยายตัวของไอน้ำในชิ้นอาหาร ดังนั้นการรับประทานหัวข้าวเกรียบแช่แข็งทอดผู้บริโภคจะได้รับคุณค่าทางโภชนาการจากโปรตีนและเถ้าในปริมาณสูง ในขณะที่ได้รับไขมันในปริมาณน้อยกว่าข้าวเกรียบปลา จึงนับว่าเป็นจุดเด่นของผลิตภัณฑ์ชนิดนี้

ตารางที่ 5 เปรียบเทียบองค์ประกอบทางเคมีของผลิตภัณฑ์หัวข้าวเกรียบและข้าวเกรียบปลา

องค์ประกอบทางเคมี (%)	หัวข้าวเกรียบแช่แข็ง	หัวข้าวเกรียบ[1]	ข้าวเกรียบปลา[2]
ปริมาณความชื้น	19.31	17.42	2.87
ปริมาณโปรตีน	17.96	17.09	11.26
ปริมาณไขมัน	13.18	8.91	22.87
ปริมาณเถ้า	4.87	4.42	3.47
ปริมาณเส้นใยหยาบ	0.11	ไม่รายงาน	0.95
ปริมาณคาร์โบไฮเดรต	44.68	52.16	59.56

หมายเหตุ [1]Jariya *et al*. (2011a) [2]Jariya *et al*. (2012c)

สรุปผลการวิจัย

การใช้แป้งสาคูทดแทนแป้งมันสำปะหลังในอัตราส่วน 40:60 ทำให้หัวข้าวเกรียบแช่แข็งมีความชื้นสูง ค่าการสูญเสียหลังการละลายน้ำแข็งต่ำ และมีคะแนนการยอมรับทางประสาทสัมผัสด้านกลิ่น และความชอบรวมสูงที่สุด และการเติม STPP จะช่วยเพื่อปรับปรุงเนื้อสัมผัสโดยรวมของผลิตภัณฑ์ ซึ่งปริมาณการเติมร้อยละ 0.4 ของน้ำหนักส่วนผสมทั้งหมด ทำให้หัวข้าวเกรียบมีความชื้นสูงที่สุด ค่าการสูญเสียหลังการละลายน้ำแข็งต่ำที่สุด และคะแนนการยอมรับทางประสาทสัมผัสด้านความชอบรวมสูงที่สุด

กิตติกรรมประกาศ

งานวิจัยนี้ได้รับการสนับสนุนการวิจัยจากสำนักบริหารโครงการวิจัยในอุดมศึกษาและพัฒนามหาวิทยาลัยแห่งชาติ สำนักงานคณะกรรมการการอุดมศึกษา ประจำปีงบประมาณ 2558

เอกสารอ้างอิง

Alex, A. G., & Jose, L. D. R. (2009). Effect of phosphate treatment on quality of red shimp (*Pleoticus muelleri*). *J. Food Science and Technology*, *42* , 1435-1438.

AOAC. (2000). Official methods of analysis of association of official chemists (17th). Washinton DC: The Association of official Analytical Chemists Inc.

Apirada, R. (2012). The development of Northern style spicy minced pork sausage. Chiangmai: Chiangmai Rajabhat University. (in Thai)

Coleen, L. Trevor, J. B. & Louwrens, C. H. (2012) Impact of freezing and thawing on the quality of meat : review. *J. Meat Science*, *91*, 93-98.

Corina, G., Daniela, B. & Petru, A. (2013). The effect of freezing and thawing on technological properties of meat : review. *J. Agroalimentary Processes and Technology*, *19* (1) , 88-93.

Guillaumin, R. (1988). In Frying of food: Principle, Change, New Approach. Ellis Horwood; John Wiley& Sons, Ltd.

Jariya, S., Wipada, M., & Absol, E. (2011a). Product Development of Local Food in Southern Border Province to Franchise Business : Palaw Keropoke. Yala: Yala Rajabhat University. (in Thai)

Jariya, S., Zubidah, H., & Kuenchan, N. (2011b).Quality and Food Safety Management System of Palaw Keropok for Franchise Business. Yala: Yala Rajabhat University. (in Thai)

Jariya, S., Saniya, J., Hanan, A., & Nurmee, A. (2012c). Development of Cracker Supplement with Herbal. Yala: Yala Rajabhat University. (in Thai)

Junphen Chainui (2007). Effect of physico-chemical properties of starch mixtures (cassava and sago) on cracker quality. Songkla: Prince of Songkla University. (in Thai)

Klanarong, & Kuakoon, P. (2003). Techology of starch. (2). Bangkok: Kasetsart University. (in Thai)

Loannis, S. B. (2014). Seafood Processing : Technology, Quality and Safety. Oxford: John Wiley& Sons, Ltd.

Margit, M., Henrik, J. A., Soren, B. E. & Hanne, C. B. (2006) Effect of freezing temperature, thawing and cooking rate on water distribution in two pork quality. *J Meat Science, 72*, 34-42.

Mayyawadee, S. & Gerhard, S. (2011). Effect of frying parameters on crispiness and sound emission of cassava crackers. *Journal of Food Engineering*, *103* , 229-236.

Nor Khaizura, M. A. R., Zaiton, H., Jamilah, B. & GulamRusul, R. A. (2009). Microbiological quality of keropoklekor during processing. *International Food Research Jounal*, *16*, 215-223.

Nurul, H., Ang, L. L., Chung, X. Y. & Herpandi. (2010). Chemical composition, colour and linear expansion properties of Malaysian commercial fish cracker (keropok). *Asia Journal of Food and Agro-Industry*, *3* (5), 473-482.

Piyachomkwan, K., Chotineeranat, S., Chollakup, R., Hicks, A., Oates, G. & Sriroth, K. (1999). Structural and functional properties of Thai sago (*Metroxylon spp.*) Starch extracted from different trunk portions. *In* Sustatainable Small Scale Sago Starch Extraction and Utilization : Guideline for the Sago Industry. The first FAO regional round table. (pp. 173-184).Thailand: Bangkok.

Sootawat, B. (2005). Chemical and quality of fish. Bangkok. Odeonstore. (in Thai)

Sutee, W. Sudaporn, T. Jirawan, M. & Wuttipot, S. (2014). Effect of phosphate on frozen Nile tilapia fillets. *J. Food and Application Bioscience*, *2*(3) , 203-215.

TACFS 7014-2005. (2005). Quick frozen fish fillets. Thai agricultural commodity and food standard. (in Thai)

Taewee, T., Mutita, M., & Janphen, C. (2008). Effect of sago starch addition and steaming time on making cassava cracker (keropok). *J. Starch/Starke*, *60*, 568-576.

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

Varavichanee, L., Wilai, R., & Nongnuch, S. (2010) Effects of Frying Factors to Some Properties of Snacks from Fried Pellets. *J. King Mongkut's University of Technology North Bangkok Granduate Studies*, *3*, 83-95.

Venugopal, V. (2005). Seafood Processing: adding value through quick freezing, retortable packaging, cook-chilling, and other method. Boca Raton: Taylor & Francis Group.