การพัฒนาผลิตภัณฑ์ขนมขบเคี้ยวจากแป้งฟักทอง

Development of Snack Product from Pumpkin Flour

กรรณิการ์ อ่อนสำลี*
Gannigar Onsamlee
ศิริลดา ศรีกอก*
Sirilada Srikok

Received : December 23, 2022
Revised : February 24, 2023
Accepted : June 15, 2023

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อ 1) ศึกษาคุณภาพแป้งฟักทอง 2) ศึกษาคุณภาพขนมขบเคี้ยว 3) ศึกษาปริมาณแป้งฟักทองที่เหมาะสมในการผลิตขนมขบเคี้ยวจากแป้งฟักทอง 4) ศึกษาอายุการเก็บรักษาของผลิตภัณฑ์ขนมขบเคี้ยวจากแป้งฟักทอง ผลการศึกษาพบว่าการผลิตแป้งฟักทองพันธุ์ศรีเมือง มีปริมาณน้ำอิสระ (a_w) เท่ากับ 0.31 ค่าสี (L*, a*, b*) เท่ากับ 57.12, 5.04, 29.44 จากการพัฒนาผลิตภัณฑ์ขนมขบเคี้ยวจากแป้งฟักทอง พบว่าปริมาณแป้งฟักทองที่เหมาะสมเท่ากับ ร้อยละ 15 ของส่วนผสมแป้งทั้งหมด โดยส่วนผสมของผลิตภัณฑ์ขนมขบเคี้ยวเพื่อสุขภาพจากแป้งฟักทอง ประกอบด้วย แป้งข้าวเจ้า ร้อยละ 23.16 แป้งข้าวเหนียว ร้อยละ 23.16 แป้งฟักทอง ร้อยละ 8.18 ผงมอลต์ ร้อยละ 1.73 นมผงเลซิทิน ร้อยละ 1.71 เกลือ ร้อยละ0.06 น้ำตาล ร้อยละ 10.00 น้ำ ร้อยละ 30.00 ผงฟู ร้อยละ1.00 ตามลำดับ มีปริมาณน้ำอิสระ เท่ากับ 0.37 ค่าสี เท่ากับ 57.12, 5.04 และ 29.44 ตามลำดับ ค่าความแข็ง และความกรอบ เท่ากับ 3.21 และ 5.34 นิวตัน ตามลำดับ คุณภาพองค์ประกอบทางเคมี ได้แก่ คาร์โบไฮเดรต โปรตีน ไขมัน กากใย เถ้า และ ความชื้น มีค่าเท่ากับ ร้อยละ 58.56, 4.62, 31.10, 1.49, 2.77 และ 2.94 ตามลำดับ พลังงานทั้งหมดเท่ากับ 532.64 กิโลแคลอรี่ต่อ 100 กรัม ผลิตภัณฑ์สุดท้ายมีปริมาณจุลินทรีย์และยีสต์ราอยู่ในเกณฑ์มาตรฐานผลิตภัณฑ์ชุมชนผลการศึกษาคุณภาพทางประสาทสัมผัสพบว่าผู้บริโภคให้คะแนนความชอบในระดับชอบมาก (8.16 คะแนน) ผลิตภัณฑ์เก็บรักษาอุณหภูมิห้อง (25-28 องศาเซลเซียส) ในถุงโพลีโพรพิลีน เป็นเวลาอย่างน้อย 28 วัน

คำสำคัญ : ขนมขบเคี้ยว / ฟักทอง / แป้งฟักทอง/ อายุการเก็บรักษา

*อาจารย์ประจำสาขาวิชาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีการอาหาร คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏเทพสตรี
Lecturer of Food Science and Technology Faculty of Science and Technology Thepsatri Rajabhat University e-mail: gannigar.w@lawasri.tru.ac.th

ABSTRACT

This research aims to (i) study the quality of pumpkin flour (ii) study the quality of snack (iii) study the optimum content of the pumpkin flour in the formulas of snack product (iv) study the shelf life of snack from pumpkin flour. The result revealed that the processing of pumpkin flour (Sri Mueang Cultivar) The water activity (a_w) was 0.31, Color values (L*, a*, b*) were 57.12, 5.04, 29.44. The development of snacks from pumpkin flour showed that the optimum of the pumpkin flour was 15% of total flour and snacks from pumpkin flour this formula contained 23.16% of rice flour, 23.16% of glutinous rice flour, 8.18% of pumpkin flour, 1.73% of malt powder, 1.71% of milk powder, 0.06% of lecithin, 1.00% of salt, 10.00% of sugar, 1.00% of baking powder, 30% of water. The water activity (a_w) and color values (L*, a*, b*) were 0.37 and 57.12, 5.04, 29.44 respectively. The hardness and crispness of product were 3.21 and 5.34 N respectively. The nutrition analysis showed that the developed product consisted of carbohydrates; protein, fat, crude fiber, ash and moisture were 58.56, 4.62, 31.10, 1.49, 2.77 and 2.94% with 532.64 kcal/100 grams of the total energy respectively. The final product were acceptable according to the Thai community product standard. The consumer acceptance of the product was in the level of 'like very much' (8.16 scores). The shelf life of the product packed in polypropylene plastic container at room temperature (25-28 °C) at least 28 days

Keywords : Snack / Pumkin / Pumkin Flour / Shelf Life

บทนำ

จังหวัดลพบุรี อำเภอพัฒนานิคม มีพื้นที่ทั้งหมด 848 ตารางกิโลเมตร หรือ 530,000 ไร่ พื้นที่ทางการเกษตร 314,459 ไร่ ประกอบอาชีพด้านกสิกรรม ด้านปศุสัตว์ และพืชไร่เป็นบางส่วน พืชไร่ที่ได้ผลผลิตมากในอำเภอพัฒนานิคม ได้แก่ อ้อย ข้าวโพด มันสำปะหลัง พืชสวน ได้แก่ ฟักทอง เป็นพืชที่สร้างรายได้ให้กับเกษตรกรและยังเป็นพืชที่ให้คุณค่าทางอาหารสูง (สำนักงานเกษตรอำเภอพัฒนานิคม จังหวัดลพบุรี, 2565) มีอายุเก็บเกี่ยว 120 วัน ผลผลิต 1,250 กิโลกรัม ราคาขาย 15 บาท ต่อกิโลกรัม ซึ่งมีราคาไม่สูง (เทคโนโลยีชาวบ้าน, 2566) และมีการนำฟักทองมาขายในรูปผลสด และมีกลุ่มวิสาหกิจที่เคยทำการแปรรูปเป็นขนมไทยจากฟักทอง ขนมถ้วยฟูฟักทอง ทองม้วนสดฟักทองแต่ยังไม่เกิดความยั่งยืนเนื่องจาก หลายปัจจัย เช่น อายุการเก็บรักษาสั้น บรรจุภัณฑ์ไม่เหมาะสม จึงมีแนวทางพัฒนาเป็นขนมขบเคี้ยวที่เก็บไว้ได้นาน เป็นของฝากได้ สามารถทานได้ทุกเพศทุกวัยเป็นอาหารที่ทำง่ายทั้งส่วนประกอบ และกระบวนการผลิตไม่ซับซ้อน มีอุปกรณ์และเครื่องมืออย่าง่ายสามารถผลิตได้เอง ซึ่งเป็นผลิตภัณฑ์ที่มีประโยชน์ เป็นผลิตภัณฑ์ต้นแบบที่สามารถทำให้ชุมชนได้นำไปสร้างรายได้ เพิ่มมูลค่าผลผลิตทางการเกษตรอีกทางเลือกหนึ่ง

ฟักทอง (Pumpkin) มีชื่อวิทยาศาสตร์ *Cucurbita moschata* เป็นพืชชนิดหนึ่งที่ผลมีรูปร่างกลมแป้น ผิวขรุขระเล็กน้อย น้ำหนักประมาณ 2-15 กิโลกรัม ฟักทองไทยมีหลายสายพันธุ์ มีทั้งพันธุ์แท้และพันธุ์ผสม สำหรับอำเภอพัฒนานิคมมีการปลูกฟักทองพันธุ์ศรีเมืองจำนวนมาก นำมาปรุงอาหารได้หลากหลายชนิดทั้งคาว หวาน และอาหารว่าง ฟักทองเป็นพืชที่มีปริมาณแป้ง น้ำและเส้นใยในอาหารสูงแต่แคลอรี่ต่ำ จึงเหมาะเป็นอาหารสำหรับผู้ที่ต้องการควบคุมน้ำหนัก และเนื้อฟักทองประกอบไปด้วยวิตามินเอ วิตามินซี คาร์โบไฮเดรต ฟอสฟอรัส แคลเซียม เพคติน ปริมาณน้ำตาลที่ละลายน้ำได้ (Ping, Jiecai, Qingyan & Lizhen, 2002; Elinge, et al, 2012) สารเบต้าแคโรทีนในเนื้อฟักทองอยู่ในช่วง 0.18-1.98 mg/100 g FW (รัชชานนท์, วรลักษณ์ และอัญมณี, 2562) และมีคุณสมบัติในการต้านอนุมูลอิสระ ช่วยลดความเสี่ยงของการเกิดโรคมะเร็งหลอดเลือดหัวใจตีบ และโรคหัวใจ ทำให้ผิวพรรณเปล่งปลั่งสดใส ชะลอความแก่ และสามารถนำมาใช้ประโยชน์ได้อีกหลายอย่าง (เมตตา, 2554)

ผลิตภัณฑ์ขนมขบเคี้ยว (Snack food) เป็นอาหารว่างที่รับประทานได้ง่าย มีหลากหลายรูปแบบ และหลากหลายรสชาติให้เลือก เด็กและทุกช่วงวัยนิยมรับประทานขนมขบเคี้ยว ซึ่งส่วนใหญ่ ประกอบด้วยไขมัน แป้ง และน้ำตาลปริมาณมาก (เนตรนภิส, เพลินใจ และวรรณดี, 2550) จัดเป็นรูปแบบอาหารที่มีพลังงานสูง เมื่อรับประทานเป็นประจำทำให้มีน้ำหนักร่างกายเกินกว่ามาตรฐานและมีโอกาสเป็นโรคอ้วน ฟันผุ ความดันโลหิตสูง ไขมันอุดตันในเส้นเลือด โรคไต การพัฒนาผลิตภัณฑ์ขนมขบเคี้ยวที่มีคุณค่าทางอาหาร จึงเป็นแนวทางหนึ่งเพื่อให้เกิดประโยชน์แก่ผู้บริโภคมากที่สุด การนำฟักทองมาเป็นส่วนผสมในการผลิตจึงเป็นการเพิ่มคุณค่าทางอาหาร เนื่องจากฟักทองมีใยอาหารสูงสีเหลืองส้ม มีสารต้านอนุมูลอิสระ และสามารถป้องกันโรคหลอดเลือดแข็งตัวและโรคจอประสาทตาเสื่อม ฟักทองเป็นพืชผักที่มีสารเบต้าแคโรทีนสูงเป็นสารตั้งต้นของวิตามินเอ อยู่ในกลุ่มแคโรทีนอยด์ (Murkovic, Mülleder & Neunteufl, 2002) ประโยชน์นี้ทำให้ฟักทองช่วยลดโอกาสการเกิดโรคต่างๆ ซึ่งการใช้ฟักทองในผลิตภัณฑ์ขนมขบเคี้ยว เป็นการพัฒนาให้เกิดผลิตภัณฑ์ใหม่ และเป็นการเพิ่มทางเลือกให้แก่ผู้บริโภค

ดังนั้นจุดมุ่งหมายของการทำวิจัยนี้จะนำเอาฟักทองที่เป็นของดีของอำเภอพัฒนานิคม เนื่องจากฟักทองมีคุณค่าโภชนาการที่ดี โดยมาทำเป็นแป้งและศึกษาคุณภาพของแป้งฟักทอง นำมาแปรรูปเป็นขนมขบเคี้ยวโดยศึกษาอัตราส่วนการทดแทนของแป้งฟักทองที่เหมาะสม รวมถึงอายุการเก็บรักษาของผลิตภัณฑ์ขนมขบเคี้ยวจากแป้งฟักทอง ผลิตภัณฑ์นี้เป็นการเพิ่มมูลค่าให้กับฟักทองและส่งเสริมให้เป็นสินค้าและของฝากของอำเภอพัฒนานิคมให้สามารถสร้างรายได้ให้แก่ชุมชนต่อไป

วิธีดำเนินการวิจัย

1. การผลิตแป้งฟักทองและการศึกษาคุณภาพแป้งฟักทอง

นำฟักทอง พันธุ์ศรีเมืองลูกขนาดกลางผลแก่ อายุ 120-180 วัน นำมาปอกเปลือก เอาเมล็ดออก หั่นเป็นชิ้นเล็ก ๆ หนาประมาณ 1 มิลลิเมตร เรียงใส่ถาดและนำไปอบในตู้อบลมร้อน ที่อุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียส นาน 12 ชั่วโมง หรือ ปริมาณน้ำอิสระ ≤ 0.6 หรือ ความชื้น (ร้อยละ) ≤ 14 นำมาบดให้ละเอียดด้วยเครื่องบด บรรจุใส่ถุงโพลีโพรพิลีนขนาด 500 กรัม จากนั้นนำแป้งฟักทองที่ได้ทำการวิเคราะห์คุณภาพ

2. ศึกษาคุณภาพผลิตภัณฑ์ขนมขบเคี้ยว

นำส่วนผสมผลิตภัณฑ์ขนมขบเคี้ยว โดยส่วนผสมได้แก่ แป้งข้าวเจ้าร้อยละ 27.25 แป้งข้าวเหนียวร้อยละ 27.25 ผงมอล์ตสกัด ร้อยละ 1.73 นมผงขาดมันเนย ร้อยละ 1.71 เลซิทิน ร้อยละ 0.06 เกลือ ร้อยละ 1.00 น้ำตาลทราย ร้อยละ 10.00 ผงฟู ร้อยละ 1.00 และน้ำ ร้อยละ 30.00 (ศิริรัตน์, 2553) ทำการแปรรูปผลิตภัณฑ์ขนมขบเคี้ยว โดยกรรมวิธีการแปรรูป (วิลาสินี, 2554) ดังภาพที่ 1

นำแป้งข้าวเจ้า แป้งข้าวเหนียว ผงมอล์ตสกัด นมผงขาดมันเนย เลซิทิน น้ำตาลทราย เกลือ ผงฟูและน้ำ มาผสมให้เข้ากัน

↓

นึ่งในลังถึงอุณหภูมิน้ำเดือด 30 นาที

↓

รีดแป้งด้วยเครื่องรีดเส้นความหนาประมาณ 1 มิลลิเมตร ตัดเป็นรูปวงกลม ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 3 เซนติเมตร

↓

ทอดที่อุณหภูมิ 220 องศาเซลเซียส นาน 3-5 วินาที

↓

นำเข้าตู้อบลมร้อนเพื่อไล่น้ำมัน ที่อุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียส เป็นเวลา เป็นเวลา 10 นาที

↓

ขนมขบเคี้ยวจากแป้งฟักทอง

ภาพที่ 1 กรรมวิธีการผลิตขนมขบเคี้ยวสูตรพื้นฐาน

ผลิตภัณฑ์ขนมขบเคี้ยว มาทำการวิเคราะห์คุณภาพทางกายภาพ ได้แก่ ปริมาณน้ำอิสระ การวิเคราะห์เนื้อสัมผัส (Texture analysis) วัดค่าสี วิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมี ได้แก่ ร้อยละคาร์โบไฮเดรต โปรตีน ไขมัน กากใย เถ้า ความชื้น และพลังงานทั้งหมดโดยการคำนวณ การทดสอบทางด้านประสาทสัมผัส

3. ศึกษาปริมาณแป้งฟักทองที่เหมาะสมในการผลิตขนมขบเคี้ยว

ศึกษาอัตราส่วนที่เหมาะสมของแป้งฟักทอง ในผลิตภัณฑ์ขนมขบเคี้ยว โดยวางแผนการทดลองแบบสุ่มสมบูรณ์ โดยศึกษาปริมาณแป้งฟักทอง 6 ระดับ ได้แก่ ร้อยละ 0, ร้อยละ 5 ,ร้อยละ 10, ร้อยละ 15,ร้อยละ 20 และ ร้อยละ 25 ของปริมาณแป้งทั้งหมด (ร้อยละ 54.50) แสดงดังตารางที่ 1

ตารางที่ 1 ส่วนผสมของผลิตภัณฑ์ขนมขบเคี้ยวในการทดแทนปริมาณแป้งฟักทอง 6 ระดับ

ส่วนผสม	ปริมาณ (ร้อยละ)					
	สูตรควบคุม	5	10	15	20	25
แป้งฟักทอง	0	2.73	5.45	8.18	10.90	13.62
แป้งข้าวเจ้า	27.25	25.89	24.53	23.17	21.8	20.44
แป้งข้าวเหนียว	27.25	25.89	24.53	23.17	21.8	20.44
ผงมอล์ตสกัด	1.73					
นมผงขาดมันเนย	1.71					
เลซิทิน	0.06					
เกลือ	1.00					
น้ำตาลทราย	10.00					
ผงฟู	1.00					
น้ำ	30.00					

ทำการวิเคราะห์คุณภาพทางกายภาพ ร้อยละความชื้น และการทดสอบทางด้านประสาทสัมผัส จากนั้นนำสูตรที่ได้รับความชอบมากที่สุดมาวิเคราะห์คุณภาพต่อไป

4. ศึกษาอายุการเก็บรักษาของผลิตภัณฑ์ขนมขบเคี้ยวจากแป้งฟักทอง

นำขนมขบเคี้ยวจากแป้งฟักทองเก็บรักษาอาหารในอุณหภูมิห้อง (25-28 องศาเซลเซียส) โดยบรรจุในถุงโพลีโพรพิลีน ถุงละ 25 กรัม เนื่องจากสามารถป้องกันการซึมผ่านของความชื้นและอากาศได้ บรรจุปิดสนิทเป็นเวลา 28 วัน สุ่มตัวอย่างและทำการวิเคราะห์คุณภาพของผลิตภัณฑ์ทุกๆ สัปดาห์ การวิเคราะห์คุณภาพทางกายภาพ วิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมี ปริมาณจุลินทรีย์ทั้งหมด ปริมาณยีสต์และ รา การทดสอบทางด้านประสาทสัมผัส

5. การวิเคราะห์คุณภาพและสถิติวิเคราะห์

คุณภาพทางกายภาพ ได้แก่ ปริมาณน้ำอิสระ การวิเคราะห์เนื้อสัมผัส โดยวัดความแข็ง (Hardness) และความกรอบ (Crispness) ใช้หัวใบมีด knife edge blade (HDP/BS) และฐาน heavy duty platform (HDP/90) (Bastos-Cardoso, Zazueta-Morales, Martínez-Bustos & Kil-Chang, 2007) วัดค่าสี ระบบ CIE โดยใช้ระบบ Hunter ด้วยเครื่องวัดสี Color measure quality

คุณภาพทางเคมี ได้แก่ วิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมี ได้แก่ ร้อยละคาร์โบไฮเดรต โปรตีน ไขมัน กากใย เถ้า ความชื้น ตามวิธี AOAC (2000) ค่าความหืน (Thiobarbituric acid: TBA) (Pearson, 1999)

คุณภาพทางจุลินทรีย์ ได้แก่ ปริมาณจุลินทรีย์ทั้งหมด (AOAC, 2000) ปริมาณยีสต์ และ รา (AOAC, 2000) การวิเคราะห์คุณภาพเคมีกายภาพโดยทำการทดลอง 3 ซ้ำ โดยวางแผนการทดลองแบบสุ่มสมบูรณ์ แล้ว

นำผลทดสอบมาวิเคราะห์ผลทางสถิติด้วย Analysis of variance (ANOVA) จากนั้นเปรียบเทียบความแตกต่างของคะแนนเฉลี่ยด้วย Duncan's New Multiple Range test ที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95

การทดสอบทางด้านประสาทสัมผัส โดยใช้วิธีการทดสอบแบบ 9-point hedonic scale (ไพโรจน์, 2561) กับผู้ทดสอบชิมที่ไม่ผ่านการฝึกฝนจำนวน 50 คน วางแผนการทดลองแบบ Randomized Complete Block Design (RCBD) แล้วนำผลทดสอบมาวิเคราะห์ผลทางสถิติด้วย Analysis of variance (ANOVA) จากนั้นเปรียบเทียบความแตกต่างของคะแนนเฉลี่ยด้วย Duncan's New Multiple Range test ที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95

ผลการวิจัย

1. ผลการศึกษาคุณภาพแป้งฟักทอง

คุณภาพทางกายภาพ ได้แก่ ค่าปริมาณน้ำอิสระ มีค่าเท่ากับ 0.31 ± 0.09 ค่าสี (L* a* b*) โดยค่าสี (L*) มีค่าเท่ากับ 72.41 ± 0.08 ค่าสี (a*) มีค่าเท่ากับ 6.25 ± 0.36 และ ค่าสี (b*) มีค่าเท่ากับ 39.80 ± 1.90 คุณภาพทางเคมี ความชื้นของแป้งฟักทอง มีค่าเท่ากับ ร้อยละ 3.16 ± 0.23 อยู่ในเกณฑ์มาตรฐานผลิตภัณฑ์ชุมชนแป้งกล้วย มผช.1375/2550 ที่มีความชื้นไม่เกินร้อยละ 12 (สำนักงานมาตรฐานผลิตภัณฑ์ชุมชน, 2550) ร้อยละคาร์โบไฮเดรต โปรตีน ไขมัน เถ้า กากใย และพลังงานทั้งหมด มีค่าเท่ากับ 75.82 ± 0.53, 10.68 ± 2.6, 3.50 ± 0.14, 6.80 ± 0.05, 3.52 ± 1.40 และ 376.93 ± 2.93 ตามลำดับ

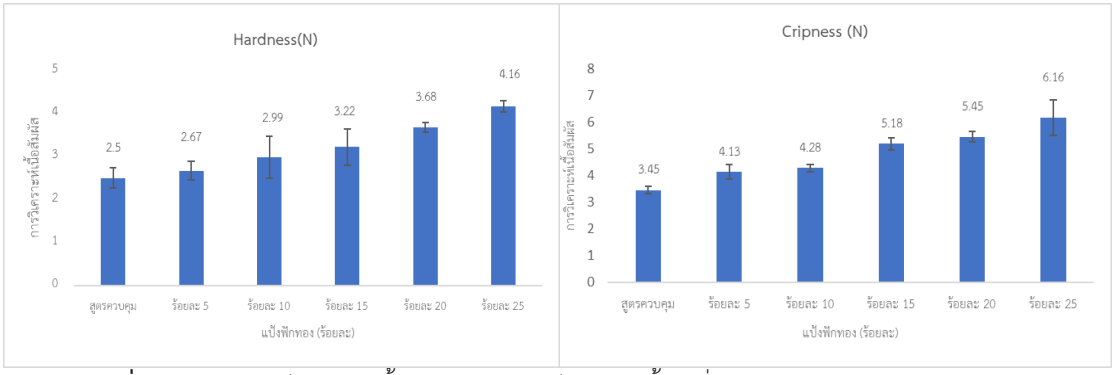
2. ผลการศึกษาคุณภาพผลิตภัณฑ์ขนมขบเคี้ยว

คุณภาพทางกายภาพของผลิตภัณฑ์ขนมขบเคี้ยวเพื่อสุขภาพ มีค่าปริมาณน้ำอิสระ ของขนมขบเคี้ยวเท่ากับ 0.37 ± 0.09 ค่าความแข็ง เท่ากับ 2.49 นิวตัน และค่าความกรอบ เท่ากับ 3.44 นิวตัน ค่าสี L* มีค่าเท่ากับ 61.99 ± 0.29 a* คือ มีค่า เท่ากับ 3.17 ± 0.23 และ b* มีค่า เท่ากับ 10.88 ± 0.97 องค์ประกอบทางเคมี ได้แก่ ร้อยละความชื้น คาร์โบไฮเดรต โปรตีน ไขมัน กากใย เถ้า และพลังงานทั้งหมด มีค่าเท่ากับร้อยละ 3.17 ± 0.23, 55.36 ± 0.76, 1.48 ± 0.17, 36.83 ± 0.70, 1.71 ± 0.08, 1.45 ± 0.16 และ 558.83 ± 3.65 กิโลแคลอรี/100 กรัม ตามลำดับ การทดสอบทางประสาทสัมผัส โดยวิธี 9 – point hedonic scale ผู้ทดสอบให้คะแนนในด้านสี กลิ่น ความกรอบ เนื้อสัมผัส รสชาติ ความชอบโดยรวม อยู่ในระดับ ชอบปานกลาง (7.23-7.97 คะแนน)

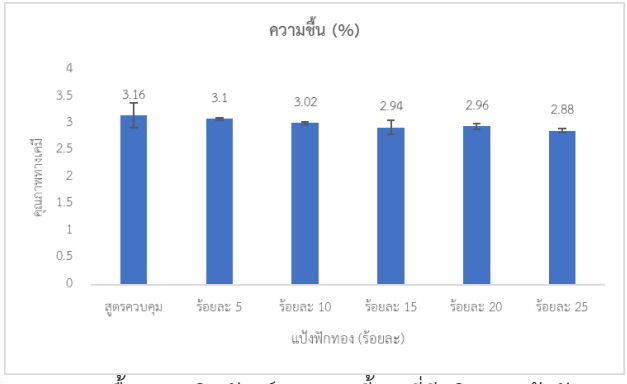
3. ผลศึกษาปริมาณแป้งฟักทองที่เหมาะสมในการผลิตขนมขบเคี้ยว

การใช้ปริมาณแป้งฟักทอง 6 ระดับ ได้แก่ ร้อยละ 0, ร้อยละ 10, ร้อยละ 15, ร้อยละ 20 และร้อยละ 25 ของปริมาณแป้งทั้งหมด (ร้อยละ 54.50) ของผลิตภัณฑ์ขนมขบเคี้ยว มีค่าปริมาณน้ำอิสระ ระหว่าง 0.37-0.40 ปริมาณแป้งฟักทองไม่ส่งผลอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p > 0.05$) ค่าสี (L* a* b*) มีค่าลดลงอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) ค่าความสว่าง (L*) มีค่าระหว่าง 37.31-61.99 ค่าสีแดง (a*) มีค่าระหว่าง 3.17-10.37 และ ค่าสีเหลือง (b*) มีค่าระหว่าง 10.88-33.63 การวิเคราะห์เนื้อสัมผัส พบว่า ปริมาณแป้งฟักทองส่งผลต่อความแข็งและความกรอบของผลิตภัณฑ์มีค่าเพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) ดังภาพที่ 2 เนื่องจากการให้ความร้อนทำให้โปรตีนในแป้งเกิดการสูญเสียสภาพธรรมชาติ สัมพันธ์กับร้อยละความชื้นที่ลดลง

จะทำให้เนื้อสัมผัสของอาหารที่ผ่านการทอดมีความแข็งและความกรอบสูงขึ้น (นิธิยา, 2548) ขนมขบเคี้ยวทั้ง 6 ระดับ มีค่าความชื้นอยู่ระหว่าง ร้อยละ 2.88-3.16 ลดลงอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) ดังภาพที่ 3



ภาพที่ 2 การวิเคราะห์ลักษณะเนื้อสัมผัสผลิตภัณฑ์ขนมขบเคี้ยว ที่มีปริมาณแป้งฟักทองระดับต่างๆ



ภาพที่ 3 ร้อยละความชื้นของผลิตภัณฑ์ขนมขบเคี้ยว ที่มีปริมาณแป้งฟักทองระดับต่างๆ

ผลการประเมินคุณภาพทางประสาทสัมผัส ทางด้านสี กลิ่น ความกรอบ เนื้อสัมผัส รสชาติ และความชอบโดยรวม ของผลิตภัณฑ์ขนมขบเคี้ยวจากแป้งฟักทอง 6 ระดับ พบว่า เมื่อเพิ่มปริมาณแป้งฟักทองส่งผลต่อคะแนนความชอบในด้านสีอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) ด้านความกรอบ เนื้อสัมผัส รสชาติ และ ความชอบโดยรวม มีคะแนนความชอบเพิ่มขึ้นเมื่อเพิ่มปริมาณแป้งฟักทองอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) ในขณะที่ปริมาณฟักทองที่ระดับร้อยละ 20-25 ส่งผลต่อคะแนนรสชาติต่ำ สัมพันธ์กับคะแนนความชอบด้านกลิ่น และด้านสีที่ผู้บริโภคไม่ชื่นชอบ ซึ่งปริมาณแป้งฟักทอง ร้อยละ 15 ผู้ทดสอบให้คะแนนความชอบมากที่สุด อยู่ในระดับคะแนนชอบมาก ดังตารางที่ 2

ตารางที่ 2 คุณภาพทางประสาทสัมผัสของขนมขบเคี้ยวเพื่อสุขภาพจากแป้งฟักทอง 6 ระดับ

แป้งฟักทองร้อยละ	คุณภาพทางประสาทสัมผัส (คะแนน)					
	สี	กลิ่น	ความกรอบ	เนื้อสัมผัส	รสชาติ	ความชอบโดยรวม
0	$6.82^{b} \pm 0.71$	$6.93^{bc} \pm 0.63$	$6.86^{c} \pm 1.68$	$6.86^{c} \pm 1.62$	$6.16^{d} \pm 1.74$	$7.06^{d} \pm 1.67$
5	$6.51^{c} \pm 1.22$	$6.56^{c} \pm 1.16$	$6.96^{bc} \pm 2.02$	$6.98^{c} \pm 1.93$	$6.76^{dc} \pm 1.83$	$6.73^{d} \pm 2.03$
10	$6.94^{b} \pm 1.35$	$6.68^{c} \pm 1.58$	$6.96^{bc} \pm 2.19$	$7.17^{b} \pm 1.73$	$6.40^{d} \pm 2.34$	$7.22^{b} \pm 2.06$
15	$7.36^{a} \pm 1.42$	$7.36^{a} \pm 1.56$	$7.56^{a} \pm 1.70$	$7.46^{a} \pm 1.73$	$7.83^{a} \pm 2.05$	$8.14^{a} \pm 1.78$
20	$6.83^{b} \pm 2.01$	$7.13^{b} \pm 1.71$	$7.46^{b} \pm 2.01$	$7.16^{b} \pm 1.98$	$7.19^{b} \pm 2.25$	$7.11^{cd} \pm 2.23$
25	$6.49^{c} \pm 1.88$	$7.11^{b} \pm 1.33$	$7.26^{b} \pm 2.82$	$7.16^{b} \pm 1.69$	$7.03^{c} \pm 1.83$	$7.06^{d} \pm 2.20$

หมายเหตุ ค่าของข้อมูลแสดงเป็นค่าเฉลี่ย ± ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน

$^{a-d}$ ที่ต่างกันในแนวตั้งหมายความว่ามีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$)

เมื่อพิจารณาจากการวิเคราะห์คุณภาพทางด้านกายภาพ คุณภาพทางด้านเคมี และคุณภาพทางประสาทสัมผัส การทดแทนปริมาณแป้งฟักทองที่เหมาะสม ได้แก่ แป้งฟักทองร้อยละ 15 ผลิตภัณฑ์ขนมขบเคี้ยว มีส่วนผสม ได้แก่ แป้งข้าวเจ้า ร้อยละ 23.44 แป้งข้าวเหนียว ร้อยละ 23.44 แป้งฟักทอง ร้อยละ 8.27 ผงมอลต์ ร้อยละ 1.08 นมผง ร้อยละ 1.71 เลซิทิน ร้อยละ 0.06 เกลือ ร้อยละ 1.00 น้ำตาล ร้อยละ 10 น้ำ ร้อยละ 30 และผงฟู ร้อยละ 1.00 สำหรับการทดสอบทางประสาทสัมผัส โดย วิธี 9 – point hedonic scale กับผู้ทดสอบที่ไม่ได้ผ่านการฝึกฝน จำนวน 50 คน พบว่า แป้งฟักทอง ร้อยละ 15 ได้รับการการยอมรับสูงสุด องค์ประกอบทางเคมีของผลิตภัณฑ์ พบว่า ร้อยละคาร์โบไฮเดรต โปรตีน กากใย มีมากกว่าในผลิตภัณฑ์ขนมขบเคี้ยวสูตรพื้นฐาน อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) เนื่องจากแป้งฟักทองอุดมไปด้วยเส้นใยอาหาร (Rosell, Santos & Cellar, 2009) และโปรตีนในฟักทองมีปริมาณร้อยละ 3.73-9.69 (Das & Banerjee, 2015) ดังตารางที่ 3

ตารางที่ 3 องค์ประกอบทางเคมีของผลิตภัณฑ์ขนมขบเคี้ยวจากแป้งฟักทอง

องค์ประกอบทางเคมี	ขนมขบเคี้ยว	ขนมขบเคี้ยวจากแป้งฟักทองร้อยละ 15
ความชื้น (ร้อยละ)	$3.20^{a} \pm 0.17$	$2.94^{b} \pm 0.12$
คาร์โบไฮเดรต (ร้อยละ)	$52.10^{b} \pm 0.76$	$54.01^{a} \pm 1.55$
โปรตีน (ร้อยละ)	$3.50^{b} \pm 0.22$	$4.62^{a} \pm 0.25$
ไขมัน (ร้อยละ)	$36.93^{a} \pm 0.72$	$34.13^{b} \pm 0.50$

ตารางที่ 3 (ต่อ)

องค์ประกอบทางเคมี	ขนมขบเคี้ยว	ขนมขบเคี้ยวจาก แป้งฟักทองร้อยละ 15
กากใย (ร้อยละ)	$1.48^{b} \pm 0.02$	$1.50^{a} \pm 0.04$
เถ้า (ร้อยละ)^{ns}	2.79 ± 0.12	2.80 ± 0.13
พลังงานทั้งหมด (กิโลแคลอรี/100กรัม)	$554.53^{a} \pm 0.11$	$541.69^{b} \pm 0.17$

หมายเหตุ: ค่าที่แสดงในตารางเป็นค่าเฉลี่ย±ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (ทำการทดลอง 3 ซ้ำ)

^{a} และ ^{b} ที่ต่างกันในแนวนอนหมายความว่ามีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$)

^{ns} หมายความว่า สิ่งทดลองในแนวนอนไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p > 0.05$)

4. ผลการศึกษาอายุการเก็บรักษาของผลิตภัณฑ์ขนมขบเคี้ยวจากแป้งฟักทอง

ผลิตภัณฑ์ขนมขบเคี้ยวจากแป้งฟักทองร้อยละ 15 เป็นสูตรปริมาณแป้งฟักทองที่เหมาะสม นำมาเก็บรักษาอาหารในอุณหภูมิห้อง (25-28 องศาเซลเซียส) โดยบรรจุในถุงโพลีโพรพิลีน ถุงละ 25 กรัม บรรจุแบบปิดสนิท เป็นเวลา 28 วัน สุ่มตัวอย่างและทำการวิเคราะห์คุณภาพ พบว่า ด้านคุณภาพทางกายภาพ ค่าปริมาณน้ำอิสระ มีค่าระหว่าง 0.37- 0.49 เพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) ค่าสี a* มีแนวโน้มเพิ่มขึ้นเนื่องจากความเป็นสีแดงที่เกิดขึ้นในผลิตภัณฑ์เป็นผลจากปฏิกิริยาการเกิดสีน้ำตาล (Browning Reaction) ชนิดที่ไม่เกี่ยวข้องกับเอนไซม์ (Non-Enzymatic Browning Reaction) โดยการเกิดปฏิกิริยาเมลลาร์ดซึ่งเป็นปฏิกิริยาที่เกิดขึ้นระหว่างน้ำตาลกับกรดแอมิโน โปรตีน หรือสารประกอบไนโตรเจนอื่นๆ ที่มีอยู่ ซึ่งส่งผลให้ผลิตภัณฑ์มีแนวโน้มผลิตภัณฑ์ a* เพิ่มขึ้นอยู่ในโทนสีแดง (นิธิยา, 2548) สำหรับค่าสี b*ลดลงอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) ค่าสี L* ไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p > 0.05$) สำหรับค่าความกรอบลดลงอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) สัมพันธ์กับค่าปริมาณน้ำอิสระที่มีค่าเพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) และค่าความแข็งระหว่างการเก็บรักษาไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p > 0.05$) ดังตารางที่ 4

ตารางที่ 4 คุณภาพทางกายภาพของผลิตภัณฑ์ขนมขบเคี้ยวเพื่อสุขภาพจากแป้งฟักทองในระหว่างการเก็บรักษา

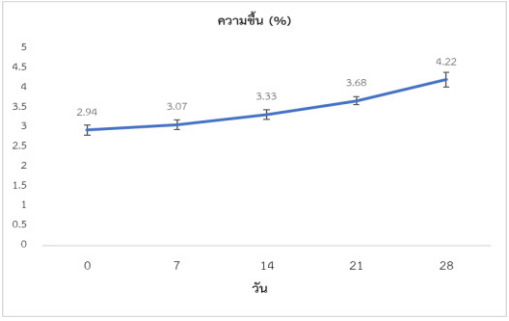
การเก็บรักษา (วัน)	ปริมาณน้ำอิสระ	ค่าสี			ความแข็ง^{ns} (นิวตัน)	ความกรอบ (นิวตัน)
		L* ^{ns}	a*	b*		
0	0.37^{d} ± 0.04	55.12 ± 1.94	5.09^{d} ± 0.07	29.44^{a}± 1.00	3.22 ± 0.42	5.55^{a} ± 0.42
7	0.38^{d} ± 0.01	53.81 ±1.74	5.36^{cd}± 0.59	29.06^{ab}± 2.30	3.17 ± 0.05	5.45^{b} ± 0.57
14	0.42^{bc}± 0.04	54.00 ± 6.02	5.90^{c}± 0.90	25.62^{bc} ± 2.89	3.01 ± 0.77	5.20^{c} ± 0.63
21	0.45^{ab}± 0.02	53.83 ± 5.89	6.42^{b}± 0.34	26.54^{abc}± 1.65	2.97 ± 0.64	5.12^{d} ± 0.17
28	0.49^{a} ± 0.01	53.40± 3.57	7.19^{a} ± 0.60	25.00^{c} ± 0.04	2.54 ± 0.27	4.94^{d} ± 0.57

หมายเหตุ ค่าที่แสดงในตารางเป็นค่าเฉลี่ย±ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (ทำการทดลอง 3 ซ้ำ)

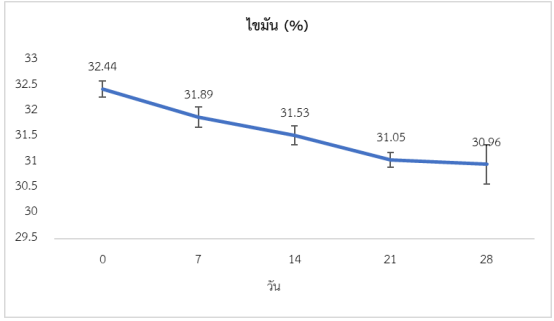
$^{a-d}$ ที่ต่างกันในแนวตั้งหมายความว่ามีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$)

^{ns} หมายความว่า สิ่งทดลองในแนวตั้งไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p > 0.05$)

ในระหว่างการเก็บรักษาปริมาณความชื้นมีค่าเพิ่มขึ้น อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) ดังภาพที่ 4 และสำหรับปริมาณไขมันในระหว่างการเก็บรักษา 28 วัน พบว่าปริมาณไขมันมีค่าระหว่าง 30.96-32.44 ลดลงอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) เนื่องจากองค์ประกอบบางส่วนของผลิตภัณฑ์มีกรดไขมันที่โมเลกุลต่ำระหว่างการแปรรูปมีการระเหย และไม่คงตัว นอกจากนี้ปริมาณไขมันในผลิตภัณฑ์ยังส่งผลส่งผลต่อการปฏิกิริยาเกิดการหืนเนื่องจากปฏิกิริยาไฮโดรไลซิส (hydrolytic rancidity) (นิธิยา, 2548) ดังภาพที่ 5



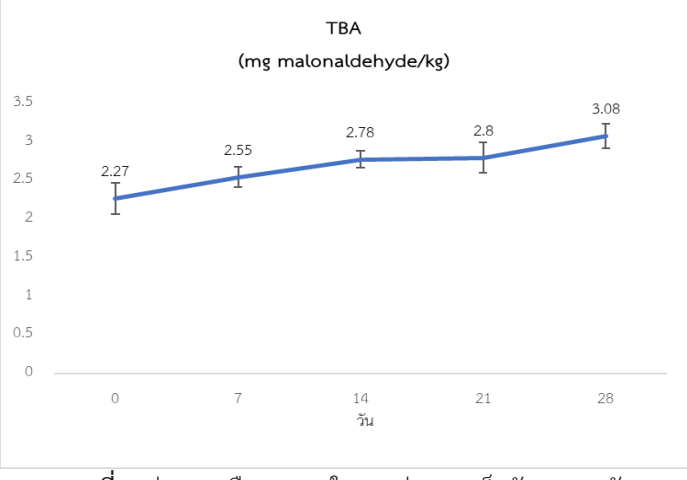
ภาพที่ 4 ร้อยละปริมาณความชื้น ในระหว่างการเก็บรักษา 28 วัน



ภาพที่ 5 ร้อยละปริมาณไขมัน ในระหว่างการเก็บรักษา 28 วัน

ค่าความหืนในผลิตภัณฑ์ระหว่างการเก็บรักษาเพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) การหืนเป็นปฏิกิริยาออกซิเดชันของไขมันและน้ำมัน (Lipid oxidation) สัมพันธ์กับปริมาณความชื้นและปริมาณน้ำอิสระที่เพิ่มขึ้นในอาหารส่งผลต่อการเกิดปฏิกิริยาออกซิเดชันทำให้เกิดกลิ่นที่ไม่พึงประสงค์ระหว่างการเก็บรักษา

ปริมาณน้ำอิสระและความชื้นเป็นตัวบ่งชี้การเสื่อมเสียง่าย สำหรับค่าปริมาณน้ำอิสระที่เหมาะสมเพื่อการยับยั้งการเกิดกลิ่นหืนจากการออกซิเดชันของไขมัน และปฏิกริยาไฮโดรไลติค (Hydrolytic reaction) จะไม่เกิดเมื่อปริมาณน้ำอิสระ มีค่าต่ำกว่า 0.25 (นิธิยา, 2548)) สำหรับค่าความหืนที่มากกว่า 3 mg MDA/kg จะทำให้ผู้บริโภครับรู้กลิ่นแปลกปลอมทางประสาทสัมผัสต่ออาหารได้ (สุแพรวพันธ์ และนัฏฐา, 2554) และถ้าค่ามากกว่า 7 mg MDA/kg จะมีกลิ่นรุนแรงทั้งนี้ขึ้นอยู่กับประเภทของผลิตภัณฑ์ที่มีความแตกต่างกัน (Lopacka, Półtorak & Wierzbicka, 2017) ดังภาพที่ 6



ภาพที่ 6 ค่าความหืน (TBA) ในระหว่างการเก็บรักษา 28 วัน

ระหว่างการเก็บรักษา 28 วัน ปริมาณจุลินทรีย์ทั้งหมดและยีสต์รา อยู่ในเกณฑ์มาตฐานผลิตภัณฑ์ชุมชนข้าวเกรียบ (มผช.107/2546) ซึ่งจำนวนจุลินทรีย์ที่พบไม่เกิน 1×10^4 และปริมาณยีสต์ราทั้งหมดไม่เกิน 100 โคโลนี/กรัม (สำนักงานมาตรฐานผลิตภัณฑ์ชุมชน, 2546) ดังตารางที่ 5

ตารางที่ 5 คุณภาพทางจุลินทรีย์ของผลิตภัณฑ์ขนมขบเคี้ยวจากแป้งฟักทองในระหว่างการเก็บรักษา

การเก็บรักษา (วัน)	ปริมาณจุลินทรีย์ทั้งหมด (โคโลนี/กรัม)	ปริมาณยีสต์และรา (โคโลนี/กรัม)
0	2.6×10^{-1}	0.16
7	3.3×10^{-1}	0.66
14	5.3×10^{-1}	0.73
21	10.3×10^{-1}	0.76
28	20.3×10^{-1}	0.86

ผู้บริโภคให้คะแนนความชอบในด้าน สี กลิ่น ความกรอบ ลักษณะเนื้อสัมผัส และความชอบโดยรวมลดลงอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p\leq0.05$) แต่คะแนนความชอบด้านรสชาติไม่แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p >0.05$) ดังตารางที่ 6

ตารางที่ 6 คุณภาพทางประสาทสัมผัส ของผลิตภัณฑ์ขนมขบเคี้ยวเพื่อสุขภาพจากแป้งฟักทองในระหว่างการเก็บรักษา

การเก็บรักษา (วัน)	สี	กลิ่น	ความกรอบ	ลักษณะเนื้อสัมผัส	รสชาติ^{ns}	ความชอบโดยรวม
0	7.33^{a} ± 0.59	7.39^{a} ± 0.22	7.56^{a} ± 0.14	7.47^{a}±1.24	7.74 ± 0.68	8.16^{a} ± 0.98
7	7.37^{a} ± 0.88	7.36^{ab}± 0.84	7.56^{ab} ± 0.16	7.36^{ab}± 1.21	7.76 ± 0.25	7.59^{ab}± 0.13
14	7.36^{ab}± 0.70	6.85^{c} ± 0.13	7.46^{ab} ± 0.20	7.33^{ab}± 1.30	7.76 ± 0.13	7.16^{bc}± 0.74
21	7.23^{b} ± 0.69	6.76^{c} ± 0.43	6.93^{b} ± 0.29	7.31^{b} ± 1.09	7.70 ± 0.18	6.66^{c} ± 0.12
28	7.26^{b} ± 1.07	6.66^{c} ± 0.74	6.80^{b} ± 0.19	7.06^{b} ± 1.28	7.69 ± 0.13	6.61^{d} ± 0.47

หมายเหตุ ค่าที่แสดงในตารางเป็นค่าเฉลี่ย±ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (ทำการทดลอง 3 ซ้ำ)

$^{a-d}$ ที่ต่างกันในแนวตั้งหมายความว่ามีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$)

อภิปรายผล

คุณภาพทางเคมีของแป้งฟักทองจากการวิเคราะห์พบว่า ความชื้นของแป้งฟักทอง มีค่าเท่ากับ ร้อยละ 3.16 ± 0.23 อยู่ในเกณฑ์มาตรฐานผลิตภัณฑ์ชุมชนแป้งกล้วย (มผช.1775/2550) ที่มีความชื้นไม่เกินร้อยละ 12 (สำนักงานมาตรฐานผลิตภัณฑ์ชุมชน, 2550) ส่วนร้อยละโปรตีน ไขมัน กากใย คาร์โบไฮเดรต เถ้า และพลังงานทั้งหมด มีค่าเท่ากับ ร้อยละ 10.68 ± 2.60, 3.50 ± 0.14, 3.52 ± 1.40, 72.34 ± 0.62, 6.80 ± 0.05 และ 363.58 ± 1.14 กิโลแคลอรี ตามลำดับ Sathiya Mala, Anjali & Srinivasulu (2016) ได้วิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมีของฟักทองที่มีสีเหลือง 3 ชนิด พบว่า ปริมาณความชื้น เท่ากับ 5.59-8.15 ปริมาณโปรตีน เท่ากับ ร้อยละ 18.59-29.91 ปริมาณไขมัน เท่ากับ ร้อยละ 31.90-39.44 และกากใย เท่ากับ ร้อยละ 13.45-24.69 คาร์โบไฮเดรต เท่ากับ ร้อยละ 14.01-27.35 องค์ประกอบทางเคมีของแป้งฟักทองพันธุ์ที่แตกต่างกันมีกระบวนการผลิตหลายวิธี ทำให้ผลการวิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมีมีผลวิเคราะห์แตกต่างกัน สำหรับฟักทองมีสารเบต้าแคโรทีนที่มีประโยชน์ต่อสุขภาพซึ่งในงานวิจัยนี้ยังขาดการศึกษาปริมาณเบต้าแคโรทีนต่อสายพันธุ์ฟักทองที่ใช้ในการแปรรูปผลิตภัณฑ์ ซึ่งเป็นการศึกษาที่สามารถต่อยอดต่อไปได้ อย่างไรก็ตามแป้งฟักทองแต่ละแหล่งปลูกและต่างสายพันธุ์ยังคงมีคุณค่าทางโภชนาการสำหรับการบริโภค

คุณภาพทางกายภาพของผลิตภัณฑ์ขนมขบเคี้ยวสูตรพื้นฐานมีปริมาณน้ำอิสระ เท่ากับ 0.37 ± 0.09 ไม่เกิน 0.6 เป็นไปตามมาตรฐานผลิตภัณฑ์ชุมชน องค์ประกอบทางเคมี ร้อยละความชื้น คาร์โบไฮเดรต โปรตีน ไขมัน กากใย เถ้า และพลังงานทั้งหมด มีค่าเท่ากับร้อยละ 3.17 ± 0.23, 55.36 ± 0.76 ,1.48 ± 0.17, 36.83 ± 0.70, 1.71 ± 0.08 , 1.45 ± 0.16 และ 558.83 ± 3.65 กิโลแคลอรี/100 กรัม ตามลำดับ ด้านคุณภาพทางประสาทสัมผัสโดยใช้วิธี 9-point hedonic scale กับผู้ทดสอบที่ไม่ได้ผ่านการฝึกฝน จำนวน

50 คน คะแนนความชอบในด้าน สี กลิ่น รสชาติ ความกรอบ เนื้อสัมผัส และความชอบโดยรวม คะแนนระดับชอบปานกลาง (7.23-7.97 คะแนน)

ผลการศึกษาปริมาณแป้งฟักทองร้อยละ 0 , 5 , 10 , 15 , 20 , และ 25 ของแป้งทั้งหมด พบว่า ปริมาณน้ำอิสระ เพิ่มขึ้นตามปริมาณแป้งฟักทอง เนื่องจากในแป้งฟักทองมีสมบัติในการดูดความชื้น (Bhat & Bhat, 2013) ในผลิตภัณฑ์แปรรูปอาหารปริมาณน้ำอิสระจะสัมพันธ์ทางตรงกับปริมาณความชื้น (Troller, 2012) และอุดมไปด้วยเส้นใยอาหาร ผลิตภัณฑ์มีส่วนผสมแป้งข้าวเจ้า แป้งข้าวเหนียว และแป้งฟักทองโดยโครงสร้างของแป้งจะมีหมู่ไฮดรอกซิลสามารถเกิดพันธะไฮโดรเจนกับน้ำได้ จึงทำให้เส้นใยอาหารมีความสามารถในการจับกับน้ำได้ดี (Rosell, Santos & Collar, 2009) ส่งผลต่อและความกรอบลดลงอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) แป้งฟักทองที่เพิ่มขึ้นส่งผลต่อค่าสี (L*, a*,b*) เนื่องจากในฟักทองเป็นแหล่งของสารแคโรทีนอยด์ที่เป็นวัตถุสีเหลือง (อัญมณี และปณาลี, 2559) และการใช้ความร้อนในการอบไล่น้ำมันมีผลเร่งการเกิดปฏิกิริยาการเกิดสีน้ำตาลโดยไม่ใช้เอนไซม์ (Non-enzymatic browning reaction) ส่งผลให้ค่าสีแดงและสีเหลืองเพิ่มขึ้น นอกจากนี้ผลิตภัณฑ์ที่มีปริมาณน้ำอิสระสูง (0.2-0.8) จะมีโอกาสเกิดปฏิกิริยาการเกิดสีน้ำตาลโดยไม่ใช้เอนไซม์ได้มากขึ้น (Tussanaekgajit, Niamnuy, Devahastin & Soponronnarit, 2012) สำหรับความแข็งของผลิตภัณฑ์มีค่าเพิ่มขึ้น ในกระบวนการผลิตอุณหภูมิในการทอดและอบไล่น้ำมันส่งผลให้ปริมาณโปรตีนในแป้งฟักทองเกิดการเสียสภาพทางธรรมชาติและทำให้เมล็ดแป้งมีลักษณะโครงสร้างที่เปลี่ยนไป ซึ่งส่งผลให้ผลิตภัณฑ์มีค่าความแข็งเพิ่มขึ้นด้วย (Pratyush, Masih & Sonkar, 2015) เมื่อเพิ่มปริมาณแป้งฟักทองในผลิตภัณฑ์ มีคะแนนคุณภาพทางประสาทสัมผัสของผู้บริโภค ส่งผลให้คะแนนต่อด้านสีและกลิ่นของฟักทองมากขึ้น และการทดแทนปริมาณแป้งฟักทองในสิ่งทดลองที่ 4 (ร้อยละ 15) ผู้ทดสอบให้คะแนนความชอบมากที่สุดอยู่ในระดับ ชอบปานกลาง ในขณะที่ความชอบในด้าน ความกรอบ ลักษณะเนื้อสัมผัส รสชาติ และ ความชอบโดยรวม มีคะแนนความชอบปานกลางถึงชอบมากและแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$)

ผลิตภัณฑ์ขนมขบเคี้ยวจากแป้งฟักทองเก็บรักษาอาหารในอุณหภูมิห้อง โดยบรรจุในถุงโพลีโพรพิลีนถุงละ 25 กรัม บรรจุและปิดสนิท เก็บได้อย่างน้อยเป็นเวลา 28 วัน พบว่า ร้อยละความชื้นและปริมาณน้ำอิสระเพิ่มขึ้น เช่นเดียวกับการผลิตคัพเค้กจากแป้งฟักทองมีเส้นใยอาหารและยังมีส่วนประกอบอื่นที่สามารถจับกับน้ำได้ (สุดาทิพย์, จิราภรณ์ และมริสา, 2559) นอกจากนี้ยังส่งผลต่อการเสื่อมเสียของอาหาร ด้านเนื้อสัมผัสโดยเฉพาะค่าความกรอบลดลงอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) ถึงแม้ว่าร้อยละปริมาณไขมันลดลง แต่ยังสัมพันธ์ต่อค่าทีบีเอระหว่างการเก็บรักษา เนื่องจากเกิดปฏิกิริยาออกซิเดชันทำให้เกิดกลิ่นที่ไม่พึงประสงค์ (นิธิยา, 2548) เนื่องจากแป้งฟักทองมีความสามารถในการเก็บรักษาไขมันระหว่างการผลิต และลดลงในระหว่างการเก็บรักษาได้ (Pratyush, Masih & Sonkar, 2015) และลดลงอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) ด้านคุณภาพทางจุลินทรีย์ อยู่ในเกณฑ์มาตฐานผลิตภัณฑ์ชุมชน (สำนักงานมาตรฐานผลิตภัณฑ์ชุมชน, 2546)

ผลิตภัณฑ์ขนมขบเคี้ยวจากแป้งฟักทองที่พัฒนาแล้ว มีส่วนผสม ได้แก่ แป้งข้าวเจ้าร้อยละ 23.16, แป้งข้าวเหนียว ร้อยละ 23.16 แป้งฟักทอง ร้อยละ 8.18 ผงมอลต์ ร้อยละ 1.73 นมผง ร้อยละ1.71 เลซิทิน ร้อยละ 0.06 เกลือ ร้อยละ 1.00 น้ำตาล ร้อยละ10 น้ำ ร้อยละ 30 และผงฟู ร้อยละ 1.00 องค์ประกอบทางเคมี ร้อยละ

คาร์โบไฮเดรต โปรตีน ไขมัน กากใย เถ้า และ ความชื้น มีค่าเท่ากับ 58.56 ± 2.55 , 4.62 ± 0.05 , 31.10 ± 2.15, 1.49 ± 0.11, 2.77 ± 0.27 และ 2.94 ± 0.12 ตามลำดับ และพลังงานทั้งหมด 532.64 กิโลแคลอรี/100 กรัม โดยคาร์โบไฮเดรต โปรตีน กากใย และเถ้า ผลิตภัณฑ์ขนมขบเคี้ยวจากแป้งฟักทองที่พัฒนาแล้ว มีมากกว่าในผลิตภัณฑ์ขนมขบเคี้ยวสูตรพื้นฐาน และพลังงานลดลง ร้อยละ 1.5 ผู้ทดสอบให้คะแนนอยู่ในระดับชอบมาก (8.12-8.57 คะแนน) ส่วนในด้านสี ผู้ทดสอบให้คะแนนอยู่ในระดับชอบปานกลาง (7.90 คะแนน)

กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบคุณมหาวิทยาลัยราชภัฏเทพสตรี คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี และสาขาวิชาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีการอาหาร ที่ให้การสนับสนุนสถานที่ รวมถึงเครื่องมือ อุปกรณ์ในการทำวิจัยครั้งนี้

เอกสารอ้างอิง

เกษตรอำเภอพัฒนานิคม, สำนักงาน. (2565). **ข้อมูลสถิติการเกษตร ผลรายงาน**. [Online]. Available : http://phatthananikhom.lopburi.doae.go.th/BigData/Plan/Phatthana%20District.pdf [2566, มิถุนายน 15].

เทคโนโลยีชาวบ้าน. (2563). **ลพบุรี สร้างอาชีพ สร้างรายได้ ปลูกพืชน้ำน้อยสู้วิกฤตภัยแล้ง.**[Online]. Available : https://www.technologychaoban.com/agricultural-technology/article_148007 [2566, มกราคม 24].

เนตรนภิส วัฒนสุชาติ, เพลินใจ ตังคณะกุล และวรรณดี สุทธินรากร. (2550). **การพัฒนาและผลิตผลิตภัณฑ์ขนมขบเคี้ยวเพื่อการควบคุมและป้องกันโภชนาการเกินในเด็ก**. กรุงเทพฯ : สถาบันค้นคว้าและพัฒนาผลิตภัณฑ์อาหาร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

นิธิยา รัตนาปนนท์. (2548). **วิทยาศาสตร์การอาหารของ ไขมันและน้ำมัน**. กรุงเทพฯ : โอเดียนสโตร์.

ไพโรจน์ วิริยจารี. (2561). **การประเมินทางประสาทสัมผัส.** (พิมพ์ครั้งที่ 2). เชียงใหม่ : ศูนย์บริหารงานวิจัย มหาวิทยาลัยเชียงใหม่.

มาตรฐานผลิตภัณฑ์ชุมชน, สำนักงาน. (2550). **มาตรฐานผลิตภัณฑ์ชุมชนแป้งกล้วย (มผช.1775/2550)**. [Online]. Available : https://tcps.tisi.go.th/pub/tcps1375_50.pdf [2566, มกราคม 24].

มาตรฐานผลิตภัณฑ์ชุมชน, สำนักงาน. (2546). **มาตรฐานผลิตภัณฑ์ชุมชนข้าวเกรียบ (มผช.107/2546)**. [Online]. Available :http://otop.dss.go.th/attachments/article/162/CF84%20(E1).pdf [2566, มิถุนายน 15].

เมตตา อุทกะพันธุ์. (2554). **ฟักทองทำอะไรก็อร่อย**. กรุงเทพฯ : อมรินทร์ Cuisine.

รัชชานนท์ ทองแผ่น, วรลักษณ์ ประยูรมหิศร และอัญมณี อาวุชานนท์. (2562). การประเมินและคัดเลือกสายพันธุ์ฟักทองเพื่อพัฒนาฟักทองสายพันธุ์แท้ที่มีสารเบต้าแคโรทีนสูง. **วารสารเกษตรพระจอมเกล้า, 37**(4), 619-626.

วิลาสินี ดีปัญญา. (2554). **การพัฒนาผลิตภัณฑ์ขนมขบเคี้ยวจากข้าวเคลือบปรุงแต่งกลิ่นรส.** เพชรบูรณ์ : สถาบันวิจัยและพัฒนา มหาวิทยาลัยราชภัฏเพชรบูรณ์.

ศิริรัตน์ วงษ์ประไพ.(2553). **การพัฒนาขนมขบเคี้ยวจากแป้งข้าวโพดไร่รสบาร์บีคิว**. ปัญหาพิเศษวิทยาศาสตรบัณฑิต สาขาวิชาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีการอาหาร มหาวิทยาลัยราชภัฏเทพสตรี.

สุดาทิพย์ อินทร์ชื่น, จิราภรณ์ บรรจง และมริสา เส้านนท์. (2559). ผลของแป้งฟักทองต่อคุณภาพของคัพเค้ก. ใน **การประชุมวิชาการ มหาวิทยาลัยมหาสารคามวิจัย ครั้งที่ 12. วันที่ 8-9 กันยายน พ.ศ. 2559** (หน้า 383-389). มหาสารคาม : อาคารคณะมนุษยศาสตร์และสังคมศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหาสารคาม.

สุแพรวพันธ์ โลหะลักษณาเดช และนัฏฐา คเชนทร์ภักดี. (2554). การศึกษาอายุการเก็บรักษาผลิตภัณฑ์ ปูหินนิ่มทอดปรุงรส. **วิจัยเทคโนโลยีการประมง, 5**, 105-110.

อัญมณี อาวุชานนท์ และปณาลี ภู่วรกุลชัย. (2559).การประเมินความสัมพันธ์ทางพันธุกรรมของฟักทองไทย 29 สายพันธุ์ด้วยเครื่องหมายดีเอ็นเอ AFLP. **แก่นเกษตร, 44**(2), 237-246.

AOAC (2000). **Official Methods of Analysis. 17th Edition**. The Association of Official Analytical Chemists, Gaithersburg, MD, USA.

Bhat, M.A. & Bhat, A. (2013). Study on physico-chemical characteristics of pumpkin blended cake. **Journal of Food Processing & Technology, 4**(9), 4-9.

Bastos-Cardoso, I., de J. Zazueta-Morales, J., Martínez-Bustos, F., & Kil-Chang, Y. (2007). Development and characterization of extruded pellets of whole potato (Solanum tuberosum L.) flour expanded by microwave heating. **Cereal chemistry, 84**(2), 137-144.

Das, S. & Banerjee, S. (2015). Production of pumpkin powder and its utilization in bakery products development: a review. **International Journal of Research in Engineering and Technology, 4**(5), 478-481.

Elinge, C.M., Muhammad, A., Atiku, F.A., Itodo, A.U., Peni, I.J., Sanni, O.M. & Mbongo, A.N. (2012). Proximate, mineral and anti-nutrient composition of pumpkin (Cucurbita pepo L) seeds extract. **International Journal of Plant research, 2**(5), 146-150.

Lopacka, J., Półtorak, A. & Wierzbicka, A. (2017). Effect of reduction of oxygen concentration in modified atmosphere packaging on bovine M. longissimus lumborum and M. gluteus medius quality traits. **Meat science**, 124, 1-8.

Murkovic, M., Mülleder, U. & Neunteufl, H. (2002). Carotenoid content in different varieties of pumpkins. **Journal of food composition and analysis, 15**(6), 633-638.

Pearson, D. (1999). **The Chemical analysis of food**. (7 th ed.). New York : Churchill Livingstone.

Pratyush, K., Masih, D. & Sonkar, C. (2015). Development and quality evaluation of pumpkin powder fortified cookies. **International Journal of Science, Engineering and Technology, 3**(4), 1034-1038.

Ping, W., Jiecai, L., Qingyan, Z. & Lizhen, H. (2002). Studies on nutrient composition and utilization of pumpkin fruit. **Journal of Inner Mongolia Agricultural University (Natural Science Edition), 23**(3), 52-54.

Rosell, CM., Santos, E. & Collar, C. (2009). Physicochemical properties of commercial fibres from different sources : a comparative approach**. Food Research International**, 42, 176-184.

Sathiya Mala, K., Anjali, E.K., & Srinivasulu, K. (2016). Effect of pre-treatments on the proximate composition of pumpkin Flour. **International Journal of Innovative Studies in Sciences and Engineering Technology, 2**(5), 17-24.

Tussanaekgajit, S., Niamnuy, C., Devahastin, S. & Soponronnarit, S. (2012). The effect of drying conditions on the qualities of rice bran. **Agricultural Science Journal,** 9-12.

Troller, J. (2012). **Water activity and food**. New York : Academic Press Inc.