การพัฒนาผลิตภัณฑ์ขนมขบเคี้ยวที่มีส่วนผสมของเนื้อปลาโดยใช้สารทดแทนความหวานแทนการใช้ซูโครส

Development of fish snack products using sucrose substitutes (sugar alcohols)

อารียา ปอเจริญ[1] และ เสาวณีย์ เลิศวรสิริกุล[1]
[1]ภาควิชาพัฒนาผลิตภัณฑ์ คณะอุตสาหกรรมเกษตร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ Tel. 02-5625012 และ Saowanee.l@ku.ac.th

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้เป็นการศึกษาเกี่ยวกับผลของการใช้สารทดแทนความหวานแทนการใช้ซูโครสในส่วนผสมของขนมขบเคี้ยวที่มีส่วนผสมของเนื้อปลา โดยวางแผนการทดลองแบบ Completely randomized design (CRD) ศึกษาชนิดของสารทดแทนความหวานแทนการใช้ซูโครสในผลิตภัณฑ์ขนมขบเคี้ยวที่มีส่วนผสมของเนื้อปลา ได้แก่ ซอร์บิทอล (sorbitol), ไซลิทอล (xylitol), มอลทิทอล (maltitol) และซูโครส(ตัวอย่างควบคุม) ทำการคัดเลือกด้วยการประเมินคุณภาพทางประสาทสัมผัส เคมี และทางกายภาพ พบว่าการใช้สารทดแทนความหวานด้วยมอลทิทอล มีคะแนนความชอบเฉลี่ยทางประสาทสัมผัส (9- point hedonic scales) ทุกด้าน ค่า a_w และค่าความแข็ง (Hardness) ไม่แตกต่างกับตัวอย่างควบคุมอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P>0.05$) ทางด้านคุณภาพทางเคมี แสดงให้เห็นว่าตัวอย่างที่ใช้ซูโครสมีค่าร้อยละของความชื้นสุดท้ายสูงที่สุด รองลงมาคือ มอลทิทอล ซอร์บิทอล และไซลิทอล คือ 4.818, 4.173, 3.801 และ3.404 ตามลำดับ นอกจากนั้นผลทางกายภาพพบว่าตัวอย่างที่ใช้มอลทิทอล มีค่าความสว่าง (L*) สูงที่สุดในขณะที่ตัวอย่างควบคุมมีค่าน้อยที่สุด

คำสำคัญ : ขนมขบเคี้ยวที่มีส่วนผสมของเนื้อปลา สารทดแทนความหวาน ซอร์บิทอล ไซลิทอล มอลทิทอล

Abstract

This research studied the effect of sucrose substitutes in the mixture of fish snack. The experimental design was a completely randomized design (CRD) which studied the type of the sweeteners, including sorbitol, xylitol and maltitol, compared with sucrose (controlled), in fish snack. The samples were analyzed to determine physical, sensory and chemical qualities. Sensory evaluation showed that the average liking scores in all attributes, water activity (a_w) and hardness values using maltitol were not significantly different from control preferences ($p>0.05$). The chemical quality result exhibited that the using sucrose in

fish sheets had higher final moisture content than using maltitol sorbitol and xylitol with the values of 4.818, 4.173, 3.801 and3.404, respectively. Moreover, the physical results revealed that the lighting (L*) of the samples using maltitol was highest, in contrast to the control samples, which had the lowest lightness values.

Key Words: Fish snack, sweeteners, sorbitol, xylitol, maltitol

บทนำ

การพัฒนาผลิตภัณฑ์ขนมขบเคี้ยวที่มีส่วนผสมของเนื้อปลาโดยใช้สารทดแทนความหวานแทนการใช้ซูโครสในส่วนผสม

ขนมขบเคี้ยว ถูกจัดให้เป็น 1 ใน 10 เทรนด์ตลาดอาหารและเครื่องดื่มในปี 2559 (New Nutrition Business, 2559) ซึ่งมีกลุ่มเป้าหมายที่ผู้บริโภคนิยมรับประทานทุกวัย โดยจะเห็นได้ว่ามีอัตราการเติบโตอย่างรวดเร็ว รวมทั้งมีการพัฒนาผลิตภัณฑ์ใหม่ๆอยู่ตลอดเวลา ประกอบกับความชอบของผู้บริโภคที่มุ่งเน้นขนมขบเคี้ยวที่ดีต่อสุขภาพและมีนวัตกรรมใหม่ ผู้ผลิตต้องทำการปรับเปลี่ยนสินค้าให้สอดคล้องกับความต้องการของผู้บริโภคด้วยการสร้างสินค้าระดับพรีเมียม ใช้วัตถุดิบจากธรรมชาติ รสชาติเป็นที่ถูกปากและดีต่อสุขภาพเพื่อให้เข้าถึงผู้บริโภคมากกว่าคู่แข่ง ทำให้เกิดความได้เปรียบในการขายสินค้าค่อนข้างมาก ประกอบกับได้มีงานวิจัยของ ชาติชาย (2548) ทำการศึกษาซูโครสกับวัฒนธรรมการบริโภคครสหวานในสังคมไทย พ.ศ. 2504-2539 ว่าการเกิดขึ้นของแนวคิดการบริโภคเพื่อสุขภาพ ได้ก่อให้เกิดกระแสไม่บริโภคซูโครส เพื่อตัดปัญหาที่จะเกิดผลเสียต่อสุขภาพ โดยเฉพาะกระแสกลัวอ้วนของกลุ่มผู้บริโภคผู้หญิง ส่งผลให้ผลิตภัณฑ์อาหารควรมีส่วนผสมซูโครสน้อยหรือไร้ซูโครส ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยของ ศิวรักษ์ (2550) ที่ทำการศึกษาเกี่ยวกับพฤติกรรมการลดน้ำหนักของวัยรุ่นอ้วนในเขตกรุงเทพมหานคร พบว่ากลุ่มวัยรุ่นที่ตัดสินใจลดน้ำหนักเป็นกลุ่มที่ขาดความเชื่อมั่นในตนเองมักพึ่งพิงข้อมูลและความคิดเห็นจากกลุ่มเพื่อน ทำให้เกิดเป็นวัฒนธรรม กระแสหรือค่านิยม รวมทั้งแบบแผนพฤติกรรม และเจตคติของวัยรุ่นโดยทั่วไป จะเห็นได้ว่ามีการศึกษาการทดแทนซูโครสด้วยสารให้ความหวานในผลิตภัณฑ์ขนมอบ เช่นการทดลองของ Ronda *et al.*,(2004) ทำการศึกษาการใช้สารให้ความหวานทดแทนซูโครส ได้แก่ ซอร์บิทอล มอลทิทอล ไซลิทอล ไอโซมอลต์ แมนนิทอล แลคติทอล และ อีรีทรีทอล ในสปันจ์เค้ก พบว่าการใช้ ไซลิทอล และมอลทิทอล มีการพองตัว และคะแนนทางด้านประสาทสัมผัสใกล้เคียงกับตัวอย่างควบคุมมากที่สุด ในขณะที่ตัวอย่างที่ใช้ แมนนิทอล มีคุณภาพแย่ที่สุด แต่ด้านพลังงานทุกตัวอย่างให้พลังงานต่ำกว่าตัวอย่างควบคุมทั้งหมด (Dhiman *et al.*,2005) หรือจากงานวิจัยของ นคร (2558) ที่พบว่าคุกกี้ที่ใช้มอลทิทอลและซูคราโลส เป็นสารให้ความหวานแทนซูโครสในอัตราส่วนต่างๆ พบว่าเมื่อเพิ่มปริมาณของมอลทิทอล มีผลทำให้คุกกี้เนยมีค่าความแข็ง และความสว่าง (L*)เพิ่มขึ้น รวมทั้งการใช้มอลทิทอล และซูคราโลส อัตราส่วนร้อยละ 90 : 10 มีคะแนนความชอบโดยเฉลี่ยไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ เมื่อคิดค่าพลังงานที่ได้ร่างกายได้รับ คุกกี้ที่ใช้มอลทิทอล และซูคราโลส มีค่าพลังงานเท่ากับ 5.55 กิโลแคลอรีต่อกรัม ซึ่งมีค่าพลังงานลดลง ร้อยละ 16.79 เมื่อเทียบกับสูตรควบคุม (ซูโครส) รวมทั้งงานวิจัยของ Baera *et al.*,(2003) พบว่า การใช้ซอร์บิทอลทดแทนซูโครสซูโครสใน

สปอร์เค้ก ระยะการพองตัว (18-19 นาที) อัตราการสูญเสียน้ำ อุณหภูมิภายในเนื้อเค้ก ไม่แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p>0.05$) ยกเว้นการขึ้นรูประหว่างอบเนื้อเค้กที่ใช้ซูโครสมีการกระจายตัวของฟองอากาศสม่ำเสมอมากกว่าเนื้อเค้กที่ใช้ซอร์บิทอล พิสูจน์แล้วว่าสามารถใช้ซูโครสแอลกอฮอล์ทดแทนซูโครสโดยไม่ส่งผลกระทบต่อกระบวนการผลิต คุณภาพทางประสาทสัมผัส เคมี และกายภาพ ในขณะที่ผลิตภัณฑ์นั้นมีพลังงานน้อยกว่าเดิมร้อยละ 50 อย่างไรก็ตามในผลิตภัณฑ์ขนมขบเคี้ยวยังไม่มีงานวิจัยที่ศึกษาการใช้สารให้ความหวานทดแทนซูโครส ดังนั้นงานวิจัยนี้จึงมีแนวคิดในการทำขนมขบเคี้ยวที่มีส่วนผสมของเนื้อปลาโดยใช้สารทดแทนความหวานแทนการใช้ซูโครสในส่วนผสม โดยเลือกใช้สารทดแทนความหวานกลุ่มที่ให้พลังงานเนื่องจากสารให้ความหวานในกลุ่มโพลีเมอร์ที่เป็นคาร์โบไฮเดรต สามารถใช้ทดแทนซูโครสได้ทั้งหมด ไม่เหมือนกลุ่มซูโครสแอลกฮอล์ที่สามารถใช้ทดแทนได้บ้างส่วน ทำการคัดเลือกสารทดแทนความหวานจากคุณสมบัติที่เพิ่มความหนืด รักษาความชุ่มชื้น โดยที่คุณภาพยังคงใกล้เคียงกับการใช้ซูโครส

วัตถุประสงค์การวิจัย

1. เพื่อศึกษาพัฒนาสูตร และการตรวจวัดคุณภาพของขนมขบเคี้ยวที่มีส่วนผสมของเนื้อปลา
2. เพื่อศึกษาชนิดของสารทดแทนความหวานแทนการใช้ซูโครสที่เหมาะสมต่อกระบวนการผลิตของขนมขบเคี้ยวที่มีส่วนผสมของเนื้อปลา
3. เพื่อศึกษาผลกระทบของคุณภาพทางประสาทสัมผัส กายภาพ และเคมีของขนมขบเคี้ยวที่มีส่วนผสมของเนื้อปลาที่ใช้สารทดแทนความหวานแทนการใช้ซูโครส

สมมติฐานของการวิจัย

1. การใช้สารทดแทนความหวานแทนซูโครสไม่ส่งผลกระทบต่อคุณภาพของขนมขบเคี้ยวที่มีส่วนผสมของเนื้อปลา
2. การใช้สารทดแทนความหวานสามารถช่วยให้ความชุ่มชื้นแก่เนื้อสัมผัส แต่ในขณะเดียวกันมีค่า a_w ต่ำกว่าซูโครส

วิธีการดำเนินการวิจัย

1. การศึกษาสูตรพื้นฐานของผลิตภัณฑ์

การคัดเลือกสูตรเพื่อใช้เป็นสูตรพื้นฐานของขนมขบเคี้ยวที่มีส่วนผสมของเนื้อปลา ด้วยแผนการทดลองแบบ Completely Randomized Design (CRD) ทำการทดลองผลิตผลิตภัณฑ์ 3 สูตร ส่วนผสมดังตารางที่ 1 และกระบวนการผลิตดังภาพที่ 1 จากนั้นทำการคัดเลือกด้วยการประเมินคุณภาพทางประสาทสัมผัส ตามข้อที่ 4.3.1 นำสูตรที่มีคะแนนความชอบเฉลี่ยมากที่สุดมาพัฒนาสู่ขั้นตอนต่อไป

ตารางที่ 1 ส่วนผสมของขนมขบเคี้ยวที่มีส่วนผสมของเนื้อปลาสูตรพื้นฐาน

วัตถุดิบ	สูตรที่ 1 (ร้อยละ)	สูตรที่ 2 (ร้อยละ)	สูตรที่ 3 (ร้อยละ)
เนื้อปลาบด	70	74	65
แป้งมันสำปะหลัง	15	15	16
ซีอิ้วขาว	1	2.5	2.26

ตารางที่ 1 ส่วนผสมของขนมขบเคี้ยวที่มีส่วนผสมของเนื้อปลาสูตรพื้นฐาน (ต่อ)

วัตถุดิบ	สูตรที่ 1 (ร้อยละ)	สูตรที่ 2 (ร้อยละ)	สูตรที่ 3 (ร้อยละ)
น้ำ	0	0	9.47
ซูโครส	12	6	6.46
พริกไทยป่น	0.8	1	0.65
เกลือ	1.2	1.5	0.16

ที่มา : 1. ประวีณา และอารีย์ (2546)
2. วันชัย และณัฐธร (2551)
3. วันเพ็ญ และคณะ (2556)

นำเนื้อเนื้อปลาบด และ ส่วนผสมอื่น นำมาปั่นผสมกัน ประมาณ 15 นาที

↓

แบ่งใส่กระดาษไข ประมาณ 30 กรัมต่อแผ่น แล้วทำการขึ้นรูปผ่านเครื่องรีดด้วยลูกกลิ้ง ให้มีความหนา ประมาณ 1.5 - 1.7 มิลลิเมตร

↓

เข้าเตาอบลมร้อนที่อุณหภูมิ 110 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 10 นาที

↓

นำปลาแผ่นที่ได้จากการอบลมร้อนมาปิ้งบนเตา Infrared เป็นเวลา 1 นาที (ด้านละ 30 วินาที) นำปลาที่ปิ้งเสร็จแล้วมาตัดให้ได้ขนาด กว้าง 4 × 3 ซม.

↓

5. นำขนมขบเคี้ยวที่มีส่วนผสมของเนื้อปลา มาอบลมร้อนเพื่อไล่ความชื้น ที่ 65 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 2 ชม.

ภาพที่ 1 กรรมวิธีการผลิตขนมขบเคี้ยวที่มีส่วนผสมของเนื้อปลา
ที่มา : ดัดแปลงจาก วันชัย และณัฐธร (2551)

2. การศึกษาปริมาณแป้งมันสำปะหลัง และเนื้อปลาบดที่มีผลต่อความชอบผลิตภัณฑ์

นำสูตรที่ได้จากข้อ 2. มาศึกษาอัตราส่วนแป้งมันสำปะหลัง และเนื้อปลาบดทั้ง 3 ระดับ ที่ส่งผลต่อความชอบผลิตภัณฑ์ ด้วยแผนการทดลองแบบ Completely Randomized Design (CRD) ทำการศึกษาอัตราส่วนเนื้อปลา เป็นร้อยละ 70 65 และ 60 ส่วนผสมดังตารางที่ 2 ตามกระบวนการผลิตภาพที่ 1 จากนั้นทำการคัดเลือกด้วยการประเมินคุณภาพทางกายภาพ และประสาทสัมผัส ตามข้อที่ 4.1 และ 4.3.1 นำสูตรที่มีคะแนนความชอบเฉลี่ยมากที่สุดมาพัฒนาสู่ขั้นตอนต่อไป

ตารางที่ 2 ส่วนผสมของขนมขบเคี้ยวที่ศึกษาอัตราส่วนระหว่างแป้งมันสำปะหลัง และเนื้อปลาบด

วัตถุดิบ	สูตรที่ 1 (ร้อยละ)	สูตรที่ 2 (ร้อยละ)	สูตรที่ 3 (ร้อยละ)
เนื้อปลาบด	70	65	60
แป้งมันสำปะหลัง	15	20	25

ตารางที่ 2 ส่วนผสมของขนมขบเคี้ยวที่ศึกษาอัตราส่วนระหว่างแป้งมันสำปะหลัง และเนื้อปลาบด (ต่อ)

วัตถุดิบ	สูตรที่ 1 (ร้อยละ)	สูตรที่ 2 (ร้อยละ)	สูตรที่ 3 (ร้อยละ)
ซีอิ๊วขาว	1	1	1
ซูโครส	12	12	12
พริกไทยป่น	0.8	0.8	0.8
เกลือ	1.2	1.2	1.2

ดัดแปลงจาก : ประวีณา และอารีย์ (2546)

3. การศึกษาสัดส่วนการทดแทนการใช้ซูโครสด้วยสารทดแทนความหวาน

การทดแทนการใช้ซูโครสด้วยสารทดแทนความหวานเพื่อช่วยในด้านเนื้อสัมผัส ดังนั้นทำการเลือกสารทดแทนความหวานที่ตรงตามคุณสมบัติ (กนกกาญจน์,2559) ได้แก่ ซอร์บิทอล (sorbitol), ไซลิทอล (xylitol) มอลทิทอล (maltitol) เปรียบเทียบกับตัวอย่างควบคุม(ซูโครส) วางแผนการทดลองแบบ Completely Randomized Design (CRD) ส่วนผสมตามดังตารางที่ 2 โดยทดแทนซูโครสด้วยสารทดแทนความหวาน (ซอร์บิทอล (Sorbitol), ไซลิทอล (Xylitol) และมอลทิทอล (Maltitol) ตามลำดับ) รวมทั้งหมด 4 สิ่งทดลอง วิธีการผลิตดังภาพที่ 1 จากนั้นทำการคัดเลือกด้วยการประเมินคุณภาพทางประสาทสัมผัส เคมี และกายภาพ ตามข้อที่ 4.1, 4.2 และ4.3.2

4. การวิเคราะห์คุณภาพของขนมขบเคี้ยวที่มีส่วนผสมของเนื้อปลา

4.1 การวิเคราะห์คุณภาพทางกายภาพ

4.1.1 วัดค่าเนื้อสัมผัส โดยใช้เครื่อง TA-XI Texture Analyzer หัววัดทรงกลม (Spherical probe) P/0.25s กดลงบนตรงกลางของตัวอย่าง ความเร็วหัวกด (test speed) 2 มิลลิเมตรต่อวินาที แรงกด 5 กรัม เป็นระยะทาง 5 มิลลิเมตร บันทึกผลเป็นแรงกด ในหน่วย นิวตัน โดยวัดตัวอย่างๆละ 10 ซ้ำ คำนวณค่าเฉลี่ยและส่วนเบี่ยงเบนของแต่ละตัวอย่าง ดัดแปลงจาก Salvador *et al*., (2009)

4.1.2 วัดค่าสีด้วยเครื่อง Spectrophotometer ยี่ห้อ Minolta รุ่น CM-3500d ในระบบ CIE L* a* b* ทำการเทียบมาตรฐานเครื่องวัดค่าสี Spectrophotometer วัดตัวอย่างๆละ 5 ซ้ำ คำนวณค่าเฉลี่ยและส่วนเบี่ยงเบนของแต่ละตัวอย่าง

4.1.3 วัดค่า a_w 3 ซ้ำ ด้วยเครื่องวัดค่า water activity ยี่ห้อ Novasina (MS1-Aw, Switzerland) ควบคุมอุณหภูมิที่ (25 ± 2) องศาเซลเซียส วัดตัวอย่างๆละ 3 ซ้ำคำนวณค่าเฉลี่ยและส่วนเบี่ยงเบนของแต่ละตัวอย่าง

4.2 การวิเคราะห์คุณภาพทางเคมี

4.2.1 วัดค่าปริมาณความชื้น ในขั้นตอนการผสม หลังอบลมร้อน หลังปิ้งด้วยเตาแก๊สอินฟาเรด และหลังอบแห้ง ด้วยวิธีการของ AOAC (2000) ทำการทดลองทั้งหมด 2 ซ้ำ วัดตัวอย่างๆละ 3 ซ้ำ คำนวณค่าเฉลี่ยและส่วนเบี่ยงเบนของแต่ละตัวอย่าง

4.3 การวิเคราะห์คุณภาพทางประสาทสัมผัส

4.3.1 การประเมินคุณภาพทางประสาทสัมผัสใช้วิธีการให้คะแนนความชอบ โดยใช้วิธี 9- point hedonic scales ด้วยผู้บริโภคทั่วไปอายุในช่วง 25 - 40 ปี จำนวน 50 คน เพื่อคัดเลือกสูตรที่ผู้บริโภคยอมรับมากที่สุด โดยมีคุณลักษณะที่ทดสอบคือ ลักษณะปรากฏ สี ความกรอบ รสหวาน รสเค็ม และความชอบโดยรวม และ Just About Right (JAR) เพื่อศึกษาความพอดีของ สี รสหวาน รสเค็ม และความกรอบของผลิตภัณฑ์ขนมขบเคี้ยวที่มีส่วนผสมของเนื้อปลา นำข้อมูลที่ได้จากการวัดค่าทางประสาทสัมผัสมาวิเคราะห์ความแปรปรวน (ANOVA) และเปรียบเทียบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยด้วยวิธี Duncan โดยใช้โปรแกรม SPSS Version 12.0

4.3.2 การประเมินคุณภาพทางประสาทสัมผัสเหมือนข้อ 3.2.1 โดยเปลี่ยนคุณลักษณะที่ทดสอบคือ ลักษณะปรากฏ สี กลิ่นปลา ความกรอบ รสหวาน รสเค็ม และความชอบโดยรวม และ Just About Right (JAR) เพื่อศึกษาความพอดีของสี กลิ่นปลา รสหวาน รสเค็ม และความกรอบของผลิตภัณฑ์ขนมขบเคี้ยวที่มีส่วนผสมของเนื้อปลา

ผลการวิจัย

1. การศึกษาสูตรพื้นฐานของผลิตภัณฑ์

การคัดเลือกสูตรเพื่อใช้เป็นสูตรพื้นฐานของขนมขบเคี้ยวที่มีส่วนผสมของเนื้อปลารายละเอียดตามข้อที่ 1 ทำการประเมินคุณภาพทางประสาทสัมผัสตามข้อที่ 4.3 ได้ผลดังตารางที่ 3 พบว่าคะแนนความชอบโดยเฉลี่ย ทางด้านลักษณะปรากฏ และสีของทั้ง 3 ตัวอย่าง มีคะแนนไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P>0.05$) ในขณะด้านความกรอบ รสหวาน รสเค็มของสูตรที่ 1 มีคะแนนความชอบมากที่สุดอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P\leq0.05$) โดยคะแนนความชอบทุกคุณลักษณะของสูตรที่ 1 อยู่ในช่วงชอบปานกลาง (6.7 - 7.5) ซึ่งสอดคล้องกับผลของความพอดี ตามตารางที่ 3 จะเห็นได้ว่า สูตรที่ 1 อยู่ในเกณฑ์ความพอดีทุกด้าน ยกเว้นด้านสี ที่ควรปรับให้เข้มมากขึ้น จึงเลือกสูตรที่ 1 นำมาทดสอบการยอมรับผลิตภัณฑ์ในขั้นตอนต่อไป

ตารางที่ 3 คะแนนความชอบโดยเฉลี่ยของปลาแผ่นอบกรอบ

คุณลักษณะ	สูตรที่ 1	สูตรที่ 2	สูตรที่ 3
ลักษณะปรากฏ^{ns}	6.98±1.344	6.90±1.317	6.42±1.566
สี^{ns}	6.70±1.370	6.60 ±1.216	6.26±1.536
ความกรอบ	7.48^{a}±1.074	6.70^{b}±1.165	5.90^{c}±1.418
รสหวาน	7.14^{a}±1.143	6.60^{b}±1.294	6.34^{b}±1.349
รสเค็ม	7.16^{a}±1.218	6.62^{b}±1.497	6.32^{b}±1.301
ความชอบโดยรวม	7.32^{a}±0.999	6.58^{b}±1.295	5.94^{c}±1.284

หมายเหตุ : ns Means within the same rows were not significantly difference ($p>0.05$)

: a, b Means within the same rows indicated significantly different ($P\leq0.05$)

ตารางที่ 4 คะแนนความพอดีของปลาแผ่นอบกรอบ

ตัวอย่าง	คุณลักษณะ	Jar(%)	NE(n)	TM(n)	Sum(max+min)	critical	ทิศทางในการปรับ
สูตรที่ 1	สี	54	20	3	23	17	เพิ่มขึ้น
	ความกรอบ	90					
	รสหวาน	78					
	รสเค็ม	80					
สูตรที่ 2	สี	64	10	8	18	14	ไม่ปรับ
	ความกรอบ	64	2	16	18	14	ลดลง
	รสหวาน	62	18	1	19	15	เพิ่มขึ้น
	รสเค็ม	66	5	12	17	13	ไม่ปรับ
สูตรที่ 3	สี	48	15	11	26	19	ไม่ปรับ
	ความกรอบ	48	6	20	26	19	ลดลง
	รสหวาน	62	17	2	19	15	เพิ่มขึ้น
	รสเค็ม	64	4	14	18	15	ไม่ปรับ

หมายเหตุ : ค่า Max มีค่ามากกว่าค่าวิกฤตจากตาราง แสดงว่าความถี่ของระดับ NE และ TM มีความแตกต่าง ต้องปรับปรุงคุณลักษณะนั้น โดยหากค่า Max มาจาก NE ให้ปรับคุณลักษณะนั้นเพิ่มขึ้น หากค่า Max มาจาก TM ให้ปรับคุณลักษณะนั้นลดลง

2. การศึกษาปริมาณแป้งมันสำปะหลัง และปลาบดที่มีผลต่อความชอบผลิตภัณฑ์

นำสูตรที่ได้จากข้อ 1 มาศึกษาอัตราส่วนแป้งมันสำปะหลัง และปลาบดทั้ง 3 ระดับ ที่ส่งผลต่อความชอบผลิตภัณฑ์ ด้วยแผนการทดลองแบบ Completely Randomized Design (CRD) ทำการปรับลดอัตราส่วนเนื้อปลาลง เป็นร้อยละ 70 65 และ 60 ส่วนผสมดังตารางที่ 2 ตามกระบวนการผลิตภาพที่ 1 ได้ผลคุณลักษณะทางกายภาพดังตารางที่ 5 พบว่า สูตรที่ 3 (ปลาร้อยละ60) มีค่าความสว่าง (L*) และค่า Hardness สูงที่สุดอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P \leq 0.05$) รองลงมาเป็นสูตรที่ 2 (ปลาร้อยละ 65) และสูตรที่ 1 (ปลาร้อยละ 70) แต่ค่าใกล้สีแดง (a*) และค่าใกล้สีเหลือง (b*) จะเห็นได้ว่าสูตรที่ 1 (ปลาร้อยละ 70) มีค่าสูงที่สุดอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P \leq 0.05$) แสดงให้เห็นว่าปริมาณแป้งเพิ่มมากขึ้นและลดปริมาณเนื้อปลาลง จะส่งผลกระทบต่อค่าความสว่าง (L*) และค่า Hardness ที่เพิ่มมากขึ้น แต่จะส่งผลต่อค่าค่าใกล้สีแดง (a*) และค่าใกล้สีเหลือง (b*) ที่ลดลง

ตารางที่ 5 คุณภาพทางกายภาพของปลาแผ่นอบกรอบสูตรปรับปริมาณแป้งมันสำปะหลัง และปลาบด

ตัวอย่าง		สูตรที่ 1 (ปลาร้อยละ 70)	สูตรที่ 2 (ปลาร้อยละ 65)	สูตรที่ 3 (ปลาร้อยละ60)
ค่าสี	L*	$66.37^{c} \pm 0.010$	$69.74^{b} \pm 0.602$	$72.76^{a} \pm 0.950$
	a*	$4.67^{a} \pm 0.168$	$3.51^{b} \pm 0.111$	$2.78^{c} \pm 0.180$
	b*	$21.93^{a} \pm 0.246$	$20.50^{b} \pm 0.208$	$19.40^{c} \pm 0.485$
a_w		$0.306^{b} \pm 0.012$	$0.344^{a} \pm 0.057$	$0.318^{b} \pm 0.006$
องศาเซลเซียส (°C)		25.1	25	25.1

ตารางที่ 5 คุณภาพทางกายภาพของปลาแผ่นอบกรอบสูตรปรับปริมาณแป้งมันสำปะหลัง และปลาบด (ต่อ)

ตัวอย่าง	สูตรที่ 1 (ปลาร้อยละ 70)	สูตรที่ 2 (ปลาร้อยละ 65)	สูตรที่ 3 (ปลาร้อยละ60)
Hardness (N)	22.85^{b} ±2.848	35.2^{b} ±3.725	45.12^{a} ±2.717

หมายเหตุ : ns Means within the same rows were not significantly difference (P>0.05)

: a, b Means within the same rows indicated significantly different (P≤0.05)

จากผลการทดลองตามตารางที่ 6 พบว่าคะแนนความชอบโดยเฉลี่ยของทั้ง 3 ตัวอย่าง มีคะแนนไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (P>0.05) ด้านลักษณะปรากฏ สี รสหวาน ในขณะด้านความกรอบ รสเค็ม และความชอบโดยรวมของสูตรที่ 2 มีคะแนนความชอบมากที่สุดแต่ไม่แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (P≤0.05) จากสูตรที่ 1 โดยคะแนนอยู่ในช่วงชอบเล็กน้อยถึงปานกลาง (6.7 - 7.1) ซึ่งสอดคล้องกับผลของความพอดี ตามตารางที่ 7 จะเห็นได้ว่า สูตรที่ 1 และ2 อยู่ในเกณฑ์ความพอดีทุกด้าน แต่สูตรที่ 2 ด้านสี ควรปรับให้เข้มมากขึ้น เนื่องจากสูตรที่ 2 มีอัตราส่วนปริมาณเนื้อปลาลดลง ปริมาณแป้งที่เพิ่มขึ้น มีต้นทุนในการผลิตที่ต่ำกว่า จึงเลือกสูตรที่ 2 นำมาทดสอบการยอมรับผลิตภัณฑ์ในขั้นตอนต่อไป

ตารางที่ 6 ความชอบโดยเฉลี่ยของปลาแผ่นอบกรอบสูตรปรับปริมาณแป้งมันสำปะหลัง และปลาบด

คุณลักษณะ	สูตรที่ 1	สูตรที่ 2	สูตรที่ 3
ลักษณะปรากฏ^{ns}	6.82±1.173	6.70±0.953	6.5±0.953
สี^{ns}	6.80±1.069	6.72±0.991	6.48±1.074
ความกรอบ	6.84^{a} ±1.235	7.14^{a} ±1.143	6.04^{b} ±1.384
รสหวาน^{ns}	6.82±1.063	7.02±1.169	6.64±1.102
รสเค็ม	6.90^{a} ±0.931	6.94^{a} ±1.284	6.38^{b} ±1.306
ความชอบโดยรวม	6.80^{a} ±0.948	7.10^{a} ±1.035	6.32^{b} ±1.347

หมายเหตุ : ns Means within the same rows were not significantly difference (P>0.05)

: a, b Means within the same rows indicated significantly different (P≤0.05)

ตารางที่ 7 คะแนนความพอดีของปลาแผ่นอบกรอบสูตรปรับปริมาณแป้งมันสำปะหลัง และปลาบด

ตัวอย่าง	คุณลักษณะ	Jar (%)	NE (n)	TM (n)	Sum (max+min)	critical	ทิศทางในการปรับ
สูตรที่ 1	สี	76					ไม่ปรับ
(ปลาร้อยละ70)	ความกรอบ	70					
	รสหวาน	72					
	รสเค็ม	72					
สูตรที่ 2	สี	68	14	2	16	13	เพิ่มขึ้น
(ปลาร้อยละ65)	ความกรอบ	90					
	รสหวาน	76					

ตารางที่ 7 คะแนนความพอดีของปลาแผ่นอบกรอบสูตรปรับปริมาณแป้งมันสำปะหลัง และปลาบด (ต่อ)

ตัวอย่าง	คุณลักษณะ	Jar (%)	NE(n)	TM(n)	Sum(max+min)	critical	ทิศทางในการปรับ
	รสเค็ม	72					
สูตรที่ 3	สี	48	19	7	26	19	เพิ่มขึ้น
(ปลาร้อยละ60)	ความกรอบ	50	9	16	25	18	ไม่ปรับ
	รสหวาน	66	8	9	17	13	ไม่ปรับ
	รสเค็ม	62	4	15	19	15	เพิ่มขึ้น

หมายเหตุ : ค่า Max มีค่ามากกว่าค่าวิกฤตจากตาราง แสดงว่าความถี่ของระดับ NE และ TM มีความแตกต่าง ต้องปรับปรุงคุณลักษณะนั้น โดยหากค่า Max มาจาก NE ให้ปรับคุณลักษณะนั้นเพิ่มขึ้น หากค่า Max มาจาก TM ให้ปรับคุณลักษณะนั้นลดลง

3. การศึกษาการทดแทนการใช้ซูโครสด้วยสารทดแทนความหวาน

นำสูตรที่ได้จากข้อ 2 มาศึกษาการทดแทนการใช้ซูโครสด้วยสารทดแทนความหวานเพื่อช่วยในด้านเนื้อสัมผัสวางแผนการทดลองแบบ Completely Randomized Design (CRD)ได้แก่ ซอร์บิทอล (Sorbitol), ไซลิทอล (Xylitol) มอลทิทอล (Maltitol) และซูโครสเป็นตัวอย่างควบคุมรวมทั้งหมด 4 สิ่งทดลอง ส่วนผสมตามดังตารางที่ 2 วิธีการผลิตดังภาพที่ 1 ได้ผลคุณลักษณะทางกายภาพดังตารางที่ 8 พบว่าค่าความสว่างของสูตรที่ 4 (มอลทิทอล) สูงที่สุดอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P\leq0.05$) ในขณะที่ค่าใกล้สีแดง (a*) และค่าใกล้สีเหลือง (b*) น้อยที่สุดอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P\leq0.05$) จะเห็นได้ว่ามีค่า a_w และค่า Hardness ของตัวอย่างที่ 2(ซอร์บิทอล) และ 3(ไซลิทอล) มากกว่าตัวอย่างที่ 1(ซูโครส) และ 4(มอลทิทอล)อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P\leq0.05$) ในขณะที่ ตัวอย่างที่ 1(ซูโครส) และ 4(มอลทิทอล) ไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P>0.05$)

ตารางที่ 8 คุณภาพทางกายภาพของปลาแผ่นอบกรอบที่ใช้สารทดแทนความหวาน

ตัวอย่าง		**สูตรที่ 1 (ซูโครส)**	**สูตรที่ 2 (ซอร์บิทอล)**	**สูตรที่ 3 (ไซลิทอล)**	**สูตรที่ 4 (มอลทิทอล)**
ค่าสี	L*	$66.85^{c}\pm0.059$	$67.46^{b}\pm0.065$	$66.36^{d}\pm0.331$	$70.40^{a}\pm0.313$
	a*	$3.42^{c}\pm0.160$	$3.63^{b}\pm0.027$	$3.87^{a}\pm0.149$	$2.65^{d}\pm0.139$
	b*	$20.38^{c}\pm0.514$	$21.95^{b}\pm0.122$	$22.92^{a}\pm0.127$	$19.06^{d}\pm0.347$
a_w		$0.272^{c}\pm0.002$	$0.306^{a}\pm0.004$	$0.284^{b}\pm0.002$	$0.264^{c}\pm0.002$
องศาเซลเซียส (°C)		25.1	25	25.1	25.2
Hardness (N)		$45.69^{b}\pm3.351$	$61.40^{a}\pm6.910$	$57.88^{a}\pm3.675$	$45.79^{b}\pm3.005$

หมายเหตุ : ns Means within the same rows were not significantly difference ($P>0.05$)

: a, b Means within the same rows indicated significantly different ($P\leq0.05$)

ในขั้นตอนหลังกวนผสมก่อนขึ้นรูป มีลักษณะเหลว เนื่องจากโปรตีนจากเนื้อปลาในระหว่างการผสม โครงสร้างของเนื้อปลา เริ่มเกิดการเปลี่ยนแปลงโดยโปรตีนไมโอไฟบริลล่า ได้แก่ ไมโอซิน (Myosim) และแอกติน (Actin) ที่จะละลายเพิ่มขึ้นตามเวลาที่ใช้ในการผสม เมื่อไมโอซินและแอกตินจับตัวกันเป็นแอกโตไมโอซิน (Actomysin) ส่งผลให้เนื้อปลามีความหนืด ซึ่งเรียกว่า โซล อีกทั้งเม็ดสตาร์ชจะดูดซับน้ำที่มีอยู่ในเนื้อปลาจนเกิดการพองตัวและจับตัวกันเป็นร่างแห รวมทั้งโมเลกุลของซูโครสจะแทรกตัวอยู่ระหว่างสารพอลิเมอร์ส่งผลให้มีความหนืด เนื่องจากขนมขบเคี้ยวที่มีส่วนผสมของเนื้อปลาต้องอาศัยการพองตัวด้วยการทำให้สวนผสมของโดร้อนจนอุณหภูมิสูงกว่า100 องศาเซลเซียส เพื่อให้เกิดแรงดันของน้ำ ผลิตภัณฑ์จึงมีลักษณะพองกรอบ หลังจากนั้นนำไปอบไล่ความชื้น แล่วเคลือบกลิ่นรสต่างๆ ตามความต้องการ (Moore, 1994) จะเห็นได้ว่าความชื้นมีผลต่อคุณภาพของผลิตภัณฑ์ ดังนั้นจึงได้ทำการตรวจวัดปริมาณความชื้นของตัวอย่างในขณะกระบวนการผลิตเพื่อศึกษาถึงความแตกต่างของตัวอย่าง ได้ผลดังตารางที่ 9

ตารางที่ 9 ร้อยละความชื้นของปลาแผ่นอบกรอบที่ใช้สารทดแทนความหวาน

ตัวอย่าง	ความชื้น (%)			
	ตอนผสมก่อนขึ้นรูป	หลังอบ 110°C เป็นเวลา 10 นาที	หลังปิ้งเตาอินฟาเรด 1 นาที	หลังอบ 65°C เป็นเวลา 120 นาที
1 (ซูโครส)	52.16^{c} ±0.382	16.22^{d} ±0.425	11.35^{b} ±0.173	4.818^{a} ±0.094
2 (ซอร์บิทอล)	53.69^{b} ±0.012	21.40^{a} ±0.416	7.29^{c} ±0.466	3.801^{c} ±0.125
3 (ไซลิทอล)	54.80^{a} ±0.29	20.66^{b} ±0.215	6.60^{d} ±0.071	3.404^{d} ±0.536
4 (มอลทิทอล)	51.16^{d} ±0.874	20.92^{ab} ±0.050	14.55^{a} ±0.260	4.173^{b} ±0.729

จะเห็นได้ว่าค่าความชื้นทั้ง 4 ตัวอย่างจากตารางที่ 9 ตัวอย่างที่ใช้ มอลทิทอลมีค่าปริมาณความชื้นน้อยที่สุดอย่างมีนัยสำคัญในขั้นตอนการผสม ซึ่งอาจเป็นไปได้ว่า สารมอลทิทอลมีน้ำหนักโมเลกุลมากที่สุด รองลงมาคือ ซูโครส ซอร์บิทอล และไซลิทอล ได้แก่ 344, 342, 182 และ 152.15 ตามลำดับ (Embuscado and Patil, 2001) อีกทั้งเป็นซูโครสแอลกอฮอล์โมเลกุลคู่ ส่งผลให้พันธะไฮโดรเจนเกาะจับกันโมเลกุลของน้ำได้ดีกว่า แต่เมื่อนำไปอบร้อนที่ 110°C 10 นาที กลับพบว่า ตัวอย่างที่1(ซูโครส)มีปริมาณความชื้นน้อยที่สุดอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P \leq 0.05$) แสดงให้เห็นว่าสารทดแทนความหวานสามารถกับเก็บความชื้น ด้วยการเกาะจับโมเลกุลของน้ำได้ดีกว่าซูโครส (birkhed *et al.*,1984) โดยจะเห็นได้ว่าตัวอย่างที่ใช้ซอร์บิทอล และไซลิทอลมีค่าความชื้นสูงที่สุดอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P \leq 0.05$) ซึ่งสอดคล้องกับ Ryu *et al.*,(1993) ที่ได้กล่าวว่า การใช้ซอร์บิทอล และไซลิทอลกับผลิตภัณฑ์ที่มีส่วนผสมของแป้ง จะส่งผลให้การเกิดเจลาติไนเซชันที่สูงขึ้น รวมทั้งการเกิดรีโทรเกรเดชันจะถูกเร่งให้เกิดเร็วขึ้น เมื่อเทียบกับซูโครสแอลกอฮอล์ตัวอื่นๆ แต่เมื่อนำปลาแผ่นไปปิ้งบนเตาอินฟาเรด ที่อุณหภูมิสูงถึง 110-130 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 1 นาที ตัวอย่างที่ใช้มอลทิทอลมีความชื้นมากที่สุด รองลงมาคือซูโครส ซอร์บิทอล และไซลิทอล อาจเป็นเพราะไซลิทอล และซอร์บิทอลมีจุดหลอมเหลวที่ 96 และ 100 องศาเซลเซียส (Embuscado และ Patil, 2001) ซึ่งเป็นอุณหภูมิที่ต่ำกว่า ส่งผลให้พันธะไฮโดรเจนถูกทำลาย น้ำระเหยออก เมื่อนำไปอบต่อที่อุณหภูมิ 65°C เป็นเวลา 120 นาที จะเห็นได้

ตัวอย่างที่ใช้ไซลิทอล และซอร์บิทอล มีร้อยละของปริมาณความชื้นน้อยกว่าซูโครสอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P \leq 0.05$) แต่มีค่า a_w ตามตารางที่ 8 ที่มากกว่าตัวอย่างที่ 1(ซูโครส)อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P \leq 0.05$)

ตารางที่ 10 คะแนนความชอบโดยเฉลี่ยของปลาแผ่นอบกรอบที่ใช้สารทดแทนความหวาน

คุณลักษณะ	สูตรที่ 1	สูตรที่ 2	สูตรที่ 3	สูตรที่ 4
ลักษณะปรากฏ^{ns}	7.20±1.069	7.00±1.212	7.12±1.003	7.16 ±0.934
สี^{ns}	6.42±1.144	6.62±1.123	6.70±1.129	6.46±1.164
กลิ่นปลา^{ns}	6.08±1.639	6.26±1.575	6.48±1.374	6.60±1.498
ความกรอบ	7.42^{a}±1.071	6.04^{b}±1.829	6.14^{b}±1.525	7.78^{a}±0.815
รสหวาน	7.00^{a}±1.125	6.34^{b}±1.394	6.92^{a}±1.192	7.10^{a}±1.147
รสเค็ม	6.96^{a}±1.124	6.32^{b}±1.421	6.86^{a}±1.125	7.14^{a}±1.125
ความชอบโดยรวม	6.74^{ab}±1.139	6.10^{c}±1.374	6.50^{bc}±1.374	7.10^{a}±1.233

หมายเหตุ : ns Means within the same rows were not significantly difference ($P>0.05$)

: a, b Means within the same rows indicated significantly different ($P \leq 0.05$)

จากผลการทดลองตามตารางที่ 10 พบว่า คะแนนความชอบโดยเฉลี่ยทางด้านลักษณะปรากฏ สี และกลิ่นปลา ของทั้ง 4 ตัวอย่าง มีคะแนนไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P>0.05$) แต่ตัวอย่างที่ใช้ซอร์บิทอลมีคะแนนความชอบด้านรสหวานน้อยกว่าตัวอย่างอื่นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P \leq 0.05$) ซึ่งสอดคล้องกับคะแนนความพอดี (Just About Right) ตามตารางที่ 11 ที่ควรปรับรสหวานเพิ่มมากขึ้น รวมทั้งคุณลักษณะด้านความกรอบ รสเค็มที่ควรปรับเพิ่มขึ้นเช่นกัน ในขณะที่ตัวอย่างสูตรที่ 1(ซูโครส) 3(ไซลิทอล) และ 4(มอลทิทอล) มีคะแนนความชอบด้าน ความกรอบ รสหวาน และรสเค็ม ไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P>0.05$) หากแต่ตัวอย่างที่ 3(ไซลิทอล) มีคะแนนความชอบด้านความกรอบน้อยกว่าตัวอย่างที่ 1(ซูโครส) และ 4(มอลทิทอล) ซึ่งเป็นคุณลักษณะที่สำคัญของผลิตภัณฑ์ขนมขบเคี้ยวส่งผลให้คะแนนความชอบโดยรวมลดลง สอดคล้องกับผลทางกายภาพ ดังตารางที่ 11 จะเห็นได้ว่ามีค่า Hardness และค่าa_w ของตัวอย่างที่ 2(ซอร์บิทอล)มีค่าสูงที่สุด ในขณะที่ ตัวอย่างที่ 1(ซูโครส) และ 4(มอลทิทอล) ไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P>0.05$) แสดงให้เห็นว่าเมื่อค่า a_w เพิ่มขึ้นจะทำให้ความกรอบลดลง โดยองค์ประกอบของอาหารที่มีน้ำตาล จะมีความไวต่อการเปลี่ยนแปลงค่า a_w มากกว่าองค์ประกอบที่ไม่มีน้ำตาล เนื่องจากน้ำตาลเป็นพลาสติไซเซอร์ทำให้อาหารมีค่า Tg ต่ำ นอกจากนี้ น้ำตาลในอาหารยังชอบดูดซับความชื้นจากบรรยากาศทำให้เพิ่มปริมาณพลาสติไซเซอร์ในอาหาร

ดังนั้นจะเห็นได้ว่าตัวอย่างที่ 4(มอลทิทอล) มีคะแนนความชอบที่ใกล้เคียงกับตัวอย่างที่ 1(ซูโครส) ในทุกๆด้านอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P>0.05$) โดยคะแนนอยู่ในช่วงความชอบเล็กน้อยถึงปานกลาง (6.6 - 7.7) ซึ่งสอดคล้องกับผลของความพอดี ตามตารางที่ 11 จะเห็นได้ว่า สูตรที่ 4 อยู่ในเกณฑ์ความพอดีทุกด้านยกเว้นด้านสี ที่ควรปรับให้เข้มมากขึ้น ซึ่งสอดคล้องกับผลคุณภาพทางกายภาพ ที่ตัวอย่างใช้มอลทิทอล มีค่าความสว่าง (L*) มากที่สุดอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P>0.05$) ในขณะที่ตัวอย่างควบคุม(ซูโครส)มีค่าน้อยที่สุด

เนื่องจากมอลทิทอลจัดเป็นสารในกลุ่มของซูโครสแอลกอฮอล์ ไม่มีหมู่ที่เป็นอัลดีไฮด์และคีโตนอยู่ จึงไม่สามารถเกิดปฏิกิริยาเมลลาร์ด (maillard reaction) ได้ (Rozzi, 2007 and Lin *et al.*, 2003)

ตารางที่ 11 คะแนนความพอดีของปลาแผ่นอบกรอบที่ใช้สารทดแทนความหวาน

ตัวอย่าง	คุณลักษณะ	Jar (%)	NE (n)	TM (n)	Sum (max+min)	critical	ทิศทางในการปรับ
1 (ซูโครส)	สี	54	23	0	23	17	เพิ่มขึ้น
	กลิ่นปลา	64	9	9	18	14	ไม่ปรับ
	ความกรอบ	96					
	รสหวาน	84					
	รสเค็ม	80					
2 (ซอร์บิทอล)	สี	70					
	กลิ่นปลา	56	9	13	22	17	ไม่ปรับ
	ความกรอบ	56	18	4	22	17	เพิ่มขึ้น
	รสหวาน	62	16	3	19	15	เพิ่มขึ้น
	รสเค็ม	62	16	3	19	15	เพิ่มขึ้น
3 (ไซลิทอล)	สี	72					
	กลิ่นปลา	58	12	9	21	16	ไม่ปรับ
	ความกรอบ	56	15	7	22	17	ไม่ปรับ
	รสหวาน	80					
	รสเค็ม	74					
4 (มอลทิทอล)	สี	60	20	0	20	15	เพิ่มขึ้น
	กลิ่นปลา	48	6	20	26	19	ลดลง
	ความกรอบ	90					
	รสหวาน	76					
	รสเค็ม	72					

หมายเหตุ : ค่า Max มีค่ามากกว่าค่าวิกฤตจากตาราง แสดงว่าความถี่ของระดับ NE และ TM มีความแตกต่าง ต้องปรับปรุงคุณลักษณะนั้น โดยหากค่า Max มาจาก NE ให้ปรับคุณลักษณะนั้นเพิ่มขึ้น หากค่า Max มาจาก TM ให้ปรับคุณลักษณะนั้นลดลง

สรุปผลและข้อเสนอแนะ

ในการผลิตขนมขบเคี้ยวที่มีส่วนผสมของเนื้อปลา สามารถใช้มอลทิทอลแทนซูโครสได้ทั้งหมดโดยไม่ส่งผลต่อคุณภาพทางประสาทสัมผัส กายภาพ และเคมี แต่การใช้ไซลิทอล และซอร์บิทอลเพื่อเพิ่มความชุ่มชื้นแก่ตัวอย่าง กลับส่งผลเสียต่อคุณลักษณะด้านความกรอบ ซึ่งเป็นคุณสมบัติที่ผู้บริโภคให้เป็นสิ่งสำคัญขั้นพื้นฐานของขนมขบเคี้ยว จึงไม่เหมาะในการทดแทนในปริมาณทั้งหมด

เอกสารอ้างอิง

กนกกาญจน์ ปานจันทร์. (2559). [ออนไลน์]. สารให้ความหวานแทนซูโครส. [5 ธันวาคม 2560]. จาก http://lib3.dss.go.th/fulltext/dss_j/2559_64_202_p27-28.pdf.

ชาติชาย สุกสง. (2549). ซูโครสกับวัฒนธรรมการบริโภครสหวานในสังคมไทย พ.ศ. 2504-2539. มหาบัณฑิต สาขาวิชาประวัติศาสตร์. คณะศิลปะศาสตร์. มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์.

นคร บรรดิจ. และปิยนุสร์ น้อยด้วง. (2558). “การใช้มอลทิทอลและซูคราโลสในการผลิตคุกกี้เนยแคลอรี่ต่ำ,” สมาคมสถาบันอุดมศึกษาเอกชนแห่งประเทศไทย 4(2): 42-51

ประวีณา ว่องไว และอารีย์ เดชเพชร. (2546). การพัฒนาผลิตภัณฑ์เนื้อปลาแผ่น. วิทยาศาสตร์บัณฑิตปริญญาตรี. สาขาวิทยาศาสตร์ปละเทคโนโลยีการอาหาร. คณะเทคโนโลยีการเกษตร. สถาบันราชภัฏเพชรบุรี.

วันเพ็ญ มีสมญา, สมจิต อ่อนเหม, ศรุดา โลหะนะ, วันชัย วรวัฒนเมธีกุล และชมดาว สิกขะมณฑล. (2556). การศึกษาการผลิตปลาสวรรค์แผ่นฮาลาลจากปลาทะเล. โครงการวิจัย. สาขาเกษตรศาสตร์. สถาบันค้นคว้าและพัฒนาผลิตภัณฑ์อาหาร. มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

วันชัย วรวัฒนเมธีกุล และณัฐธร อินทริวัฒน์. (2551). เทคโนโลยีการผลิตขนมขบเคี้ยวที่มีส่วนผสมของเนื้อปลา. โครงการวิจัย. ภาควิชาผลิตภัณฑ์ประมง คณะประมง. มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

ศิวรักษ์ กิจชนะไพบูลย์. (2550). วิธีคิดและกระบวนการตัดสินใจในเรื่องพฤติกรรมการลดน้ำหนักของวัยรุ่นอ้วนในเขตกรุงเทพมหานคร. วิทยาศาสตร์มหาบัณฑิต. สาขาสุขศึกษาและพฤติกรรมบัณฑิตวิทยาลัย. มหาวิทยาลัยมหิดล.

Baera, M.R., V.V. Terzieva, and I.N. Panchev. (2003). “Structural development of sucrose-sweetened and sucrose-free sponge cakes during baking,” **Nahrung/Food** 47(3): 154-160.

Dhiman, N., A. Kaur, U. Bajwa and K. Kaur. (2005). “Sucrose alcohols and their applications in food,” **Beverage Food World** 32: 30-34.

Embuscado, M.E. and Patil, S.K. (2001). “Erythritol.” In O’Brien Naors, L. (ed.), Alternative Sweeteners. 3 ed. Revised and Expanded. New York: Macel Dekker, Inc.

Lin, S.D., Hwang, C.F. and Yeh, C.H. (2003). "Physical and sensory characteristics of chiffon cake
prepared with erythritol as replacement for sucrose," **Journal of Food Science** 68: 2107-2110.

Moore, G. (1994). The Technology of Extrusion Cooking - Snack Food Extrusion. Chapman and Hall, Wester Cleddens Road, Bishopbriggs: In N.D. Frame (ed.) pp 110 –143.

New Nutrition Business. (2559). [ออนไลน์]. 10 เทรนด์ตลาดอาหารและเครื่องดื่มในปี 2559. [5 ธันวาคม 2560]. จาก http://fic.nfi.or.th/MarketOverviewWorldDetail.php?id=84.

Ronda, F., M. Gomez, C.A. Blanco, and P.A. Caballero. (2004). "Effects of polyols and nondigestible oligosaccharides on the quality of sucrose-free sponge cakes," **Food Chemistry** 90: 549–555.

Rozzi, N. L., (2007). "Sweet Facts about Maltitol," **Food product design** 17(10): 1-2.

Ryu, G. H., P. E. Neumann and C. E. Walker. (1993). "Pasting of wheat flour extrudates containing
conventional baking ingredients," **J. Food Sci** 58: 567-573.

Salvador, A., P. Varela, T. Sanz and S.M. Fiszman. (2009). "Understanding potato chips crispy texture by simultaneous fracture and acoustic measurements, and sensory analysis," **LWT – J. Food Sci** 42(3): 763–767.

กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบคุณมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ คณะอุตสาหกรรมเกษตร ภาคพัฒนาผลิตภัณฑ์ที่สนับสนุนงานวิจัยระดับบัณฑิตศึกษา

ประวัตินักวิจัย

รศ.ดร.เสาวณีย์ เลิศวรสิริกุล
หน่วยงาน มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ คณะอุตสาหกรรมเกษตร
ภาคพัฒนาผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมเกษตร
ความเชี่ยวชาญ การพัฒนาผลิตภัณฑ์และกระบวนกาผลิต
การประเมินประสิทธิภาพกระบวนการผลิต