

## การผลิตขนมขบเคี้ยวเสริมผงแคลเซียมเสริมกระดูกปลาแซลมอนโดยกระบวนการเอ็กซ์ทรูชัน

ภาพิมล ประจงพันธ์<sup>1</sup> ลลิตา ปานแก้ว<sup>2\*</sup> รังสิตา จันทร์หอม<sup>3</sup>

Received : January 12, 2023

Revised : October 12, 2023

Accepted : October 16, 2023

## บทคัดย่อ

วัตถุประสงค์ของงานวิจัยนี้คือศึกษาองค์ประกอบทางเคมีของผงกระดูกปลาแซลมอน และศึกษาองค์ประกอบทางเคมี คุณลักษณะทางเคมี-กายภาพ และทางประสาทสัมผัสของขนมขบเคี้ยวที่เสริมผงกระดูกปลาแซลมอน จากการศึกษาพบว่าผงกระดูกปลาแซลมอนที่ได้ 100 กรัม มีปริมาณความชื้นเท่ากับร้อยละ 1.58 พลังงานทั้งหมดเท่ากับ 371.08 กิโลแคลอรี ไขมันทั้งหมดเท่ากับร้อยละ 28.64 โปรตีนเท่ากับร้อยละ 26.75 แคลเซียมเท่ากับ 16,684 มิลลิกรัม และโซเดียมเท่ากับ 241.99 มิลลิกรัม เมื่อนำไปเสริมลงในสูตรขนมขบเคี้ยวสูตรมาตรฐานที่ได้ร้อยละ 10, 20 และ 30 พบว่าสูตรที่เติมผงกระดูกปลาแซลมอนร้อยละ 10 มีคะแนนประเมินคุณลักษณะทางประสาทสัมผัสจากผู้ทดสอบจำนวน 50 คน สูงที่สุดในทุกด้านและมีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ( $p < 0.05$ ) โดยประกอบไปด้วยแป้งข้าวโพดบดหยาบร้อยละ 57.69 แป้งข้าวเจ้าร้อยละ 34.61 น้ำตาลทรายร้อยละ 3.8 น้ำมันพืชร้อยละ 2.89 แคลเซียมคาร์บอเนตร้อยละ 0.96 และผงกระดูกปลาแซลมอนร้อยละ 10 ผลการศึกษาคุณลักษณะทางเคมี-กายภาพพบว่าค่าความเป็นกรด-ด่าง (pH) เท่ากับ  $6.67 \pm 0.01$  ปริมาณน้ำอิสระ ( $a_w$ ) เท่ากับ 0.48 ค่าสี  $L^*$  เท่ากับ  $82.51 \pm 0.60$  ค่า  $a^*$   $2.90 \pm 0.61$  และ  $b^*$  เท่ากับ  $31.03 \pm 1.48$  คุณลักษณะเนื้อสัมผัสค่าความแข็ง เท่ากับ  $1484 \pm 20.51$  กรัม และค่าความกรอบเท่ากับ  $1395 \pm 2.83$  กรัม องค์ประกอบทางเคมีของผลิตภัณฑ์ขนมขบเคี้ยวเสริมผงกระดูกปลาแซลมอนที่ได้ 100 กรัม ได้แก่ ปริมาณความชื้นร้อยละ 6.97 พลังงานทั้งหมด 383.23 กิโลแคลอรี โปรตีนร้อยละ 7.75 คาร์โบไฮเดรตร้อยละ 74.04 แคลเซียม 1,830 มิลลิกรัม และโซเดียม 25.60 มิลลิกรัม

**คำสำคัญ:** ขนมขบเคี้ยว ขยะอาหาร แคลเซียม ผงกระดูกปลาแซลมอน

<sup>1</sup> อาจารย์ คณะเทคโนโลยีคหกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลกรุงเทพ อีเมล: papimon.p@mail.mutk.ac.th

<sup>2</sup> ผู้ช่วยศาสตราจารย์ คณะเทคโนโลยีคหกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลกรุงเทพ  
อีเมล: lalita.p@mail.mutk.ac.th

<sup>3</sup> อาจารย์ คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏนครสวรรค์ อีเมล: rangsita.c@nsru.ac.th

\* ผู้นิพนธ์หลัก อีเมล: lalita.p@mail.mutk.ac.th

## PRODUCTION CALCIUM-SUPPLEMENTED SNACK FROM SALMON FISHBONE POWDER THROUGH EXTRUSION PROCESS

Papimon Prachongpun<sup>1</sup> Lalita Pankaew<sup>2\*</sup> Rangsit Chuhom<sup>3</sup>

### Abstract

The objective of this research was to analyze the chemical composition of salmon bone powder and investigate the chemical-physical characteristics and sensory attributes of a snack enriched with salmon bone powder. The results revealed that 100g of salmon bone powder had a moisture content of 1.58%, total energy of 371.08 kcal, total fat content of 28.64%, protein content of 26.75%, calcium content of 16,684 mg, and sodium content of 241.99 mg. When added to standard snack recipes at 10%, 20%, and 30%, it was observed that the formulation containing 10% salmon bone powder received the highest sensory evaluation scores from 50 participants in all aspects. This formulation was statistically different from the other formulations ( $p < 0.05$ ) and comprised 57.69% corn grits, 34.61% rice flour, 3.85% sugar, 2.89% vegetable oil, 0.96% calcium carbonate, and 10% salmon bone powder. The results of the study on chemical and physical characteristics indicated that the pH value was  $6.67 \pm 0.01$ , water activity was  $0.48 \pm 0.01$ ,  $L^*$  color value was  $82.51 \pm 0.60$ ,  $a^*$  value was  $2.90 \pm 0.61$ , and  $b^*$  value was  $31.03 \pm 1.48$ . Texture characteristics revealed a hardness value of  $1484 \pm 20.51$  g force and a crispness value of  $1395 \pm 2.83$  g force. Additionally, the chemical composition of 100 g of the salmon bone powder-supplemented snack product was as follows: moisture content of 6.97%, total energy of 383.23 kcal, protein content of 7.75%, carbohydrates content of 74.04%, calcium content of 1,830 mg, ash content of 5.01%, and sodium content of 25.60 mg.

**Keywords:** Snack, Food waste, Calcium, Salmon bone powder

---

<sup>1</sup> Lecturer, Home Economics Technology, Rajamangala University of Technology Krungthep,  
e-mail: papimon.p@mail.rmutk.ac.th

<sup>2</sup> Assistant Professor, Home Economics Technology, Rajamangala University of Technology Krungthep,  
e-mail: lalita.p@mail.rmutk.ac.th

<sup>3</sup> Lecturer, Faculty of Science and Technology, Nakhon Sawan Rajabhat University,  
e-mail: rangsit.c@nsru.ac.th

\* Corresponding author, e-mail: lalita.p@mail.rmutk.ac.th

## บทนำ

สถานการณ์อาหารโลกในภาพรวมยังมีประชากรในบางประเทศขาดแคลนอาหารประมาณ 800 ล้านคน หรือกระทั่งอดตายอยู่ในบางภูมิภาคของโลก แต่ก็ยังพบว่า ในทุก ๆ ปีในแต่ละประเทศมีอาหารที่ถูกทิ้ง (Food waste) หรืออาหารถูกปล่อยให้เน่าเสียไปอย่างเปล่าประโยชน์ประมาณ 1 ใน 3 ของอาหารที่ผลิตขึ้น ซึ่งในแต่ละปีมีอาหารในกลุ่มนี้มากถึง 1,300 ล้านตัน และปัญหาขยะอาหารเหล่านี้เริ่มส่งผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อม ในประเทศไทยซึ่งมีปริมาณขยะมูลฝอยเพิ่มขึ้นทุกปี มีรายงานว่าปริมาณขยะมูลฝอยกว่า 26.77 ล้านตัน ซึ่งในปริมาณนี้มีขยะอาหารมากถึง 64% เฉพาะในกรุงเทพฯ มีปริมาณขยะมูลฝอย 9,000 ตัน/วัน ในจำนวนนี้มีขยะอาหารมากถึง 50% อีกทั้งการกำจัดขยะด้วยวิธีฝังกลบที่ไม่ถูกต้องของประเทศที่มากขึ้น 2,024 แห่ง จากที่มีทั้งหมด 2,490 แห่ง จึงก่อปัญหาด้านสิ่งแวดล้อมจากการปนเปื้อนมลพิษจากขยะสู่ดิน แหล่งน้ำ ทั้งบนดินและใต้ดินเป็นแหล่งเพาะพันธุ์สัตว์พาหะนำโรคและส่งผลกระทบต่อภาวะโลกร้อนจากก๊าซมีเทนที่เกิดขึ้นจากกองขยะมูลฝอย กระทรวงทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อมมีโครงการผลักดันให้การจัดการขยะมูลฝอยเป็นวาระแห่งชาติ และปรับเปลี่ยนพฤติกรรมเรื่องขยะจากเดิมที่เน้นการกำจัดทิ้งมากที่สุดมาเป็นเน้นเรื่องการลดสร้างขยะตั้งแต่ต้นทาง (โพส্তুทุเคย์, 2559)

ปัจจุบันอุตสาหกรรมการแปรรูปปลาแชลมอนที่จำหน่ายในประเทศไทยก็เป็นอีกหนึ่งอุตสาหกรรมที่มีขยะจากอาหารเหลือทิ้งจากการแปรรูปปลาเป็นจำนวนมาก ซึ่งจะถูกนำไปเข้าสู่กระบวนการกำจัดขยะและเป็นการสร้างภาระค่าใช้จ่ายในการบวนการกำจัดให้กับอุตสาหกรรมการแปรรูปเพิ่มขึ้น โดยปกติโรงงานอุตสาหกรรมจะนำปลาส่วนที่เหลือทิ้งจากการแปรรูปปลา ได้แก่ หัว ไล่ และกระดูกปลาแชลมอนนั้นนำไปแปรรูปเป็นอาหารสัตว์หรือทิ้งเป็นขยะอาหาร โดยเฉพาะกระดูกปลาแชลมอนซึ่งเป็นแหล่งของแคลเซียมที่มีประโยชน์ต่อร่างกาย (พรรณทิพย์ สุวรรณสาครกุล และสิริรัตน์ จงฤทธิพร, 2555) จึงทำให้มีการศึกษาแคลเซียมและการใช้ประโยชน์จากกระดูกปลาแชลมอน ได้แก่ Marian et al. (2010) ศึกษาการดูดซึมแคลเซียมจากปลาแชลมอนและปลาเค็มในกลุ่มชายสุขภาพดี และ Toppe et al. (2007) ศึกษาองค์ประกอบทางเคมีปริมาณแร่ธาตุ และกรดอะมิโนและไขมันในกระดูกจากปลาชนิดต่าง ๆ สำหรับขนมขบเคี้ยวเป็นผลิตภัณฑ์อาหารสำเร็จรูปประเภทขนมหรือของทานเล่นที่ได้รับความนิยมในการบริโภค ดังข้อมูลในปี 2564 ตลาดขนมขบเคี้ยวได้เติบโต 7.1% จากปี 2563 และมีมูลค่าตลาดรวม 45,338 ล้านบาท (ศูนย์วิจัยวิจัยเพื่ออุตสาหกรรมอาหาร, 2564) ส่วนประกอบหลักจากแป้ง ธัญพืช หรือเนื้อสัตว์ มาทำการแปรรูป และปรุงรสผ่านกระบวนการทอดหรืออบให้มีความกรอบ สามารถเก็บรักษาไว้บริโภคได้นาน โดยมากมักมีรสเค็มและหวาน (ศูนย์วิจัยกสิกรไทย, 2555) แต่จากส่วนประกอบต่าง ๆ ของผลิตภัณฑ์ขนมขบเคี้ยวที่ส่งผลให้มีพลังงานสูงแต่คุณค่าทางโภชนาการอื่น ๆ ต่ำ (นิภาพร กุลณา และคณะ, 2561) ปัจจุบันมีการศึกษาการพัฒนาผลิตภัณฑ์ขนมขบเคี้ยวจากวัตถุดิบชนิดต่าง ๆ เพื่อเพิ่มประโยชน์และคุณค่าทางโภชนาการ เช่น Alex et al. (2009)

ศึกษาคุณลักษณะทางกายภาพและคุณค่าทางโภชนาการของขนมขบเคี้ยวจากแป้งถั่ว (*Phaseolus vulgaris* L.) ด้วยกระบวนการเอ็กซ์ทรูชัน Han et al. (2018) ศึกษาผลของใยอาหารชนิดต่าง ๆ ต่อคุณภาพของผลิตภัณฑ์ข้าวโพดอบกรอบ นอกจากนี้ Sangnark et al. (2015) ศึกษาปริมาณความชื้น อุณหภูมิ และความเร็วต่อผลิตภัณฑ์ขนมขบเคี้ยวจากข้าวหอมนิล เป็นต้น

จากข้อมูลดังกล่าวหากนำกระดูกปลาแซลมอนซึ่งเป็นเศษเหลือจากการแปรรูปมาเป็นส่วนประกอบในการผลิตขนมขบเคี้ยวเพื่อเป็นการเพิ่มคุณค่าทางโภชนาการให้ผลิตภัณฑ์ขนมขบเคี้ยวดีต่อสุขภาพมากขึ้นได้ และยังเป็นการสร้างมูลค่าเพิ่มให้กับอุตสาหกรรมอาหารกลุ่มผู้ผลิตปลาแซลมอน และลดเศษเหลือทิ้งจากกระบวนการผลิตปลาแซลมอน

### วัตถุประสงค์ของการวิจัย

1. ศึกษาองค์ประกอบทางเคมีของผงกระดูกปลาแซลมอน
2. ศึกษาองค์ประกอบทางเคมี คุณลักษณะทางเคมี-กายภาพ และทางประสาทสัมผัสของขนมขบเคี้ยวที่เสริมผงกระดูกปลาแซลมอน

### วิธีดำเนินการวิจัย

#### 1. การเตรียมผงกระดูกปลาแซลมอน

การเตรียมผงก้างปลาแซลมอนดัดแปลงจากพรหมทิพย์ สุวรรณสาครกุล และสิริรัตน์ จงฤทธิพร (2555) นำก้างปลา (ก้างกลาง) ชูดเนื้อ ไชมัน ต้มในน้ำเดือด 100 องศาเซลเซียส นาน 30 นาที จากนั้นนำส่วนก้างปลาที่ได้ไปต้มภายใต้ความดัน 121 องศาเซลเซียส นาน 1 ชั่วโมง พักให้เย็นจากนั้นนำมาตัดเป็นท่อนขนาดท่อนละ 1 นิ้ว และนำไปอบแห้งที่ 70 องศาเซลเซียส นาน 60 นาที นำก้างปลาที่ผ่านการอบมาปั่นให้ละเอียดด้วยเครื่องปั่นอาหารแห้งจนละเอียด ร้อนผ่านตะแกรง 100 เมช วิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมี ได้แก่ ความชื้น โปรตีน ไชมัน เถ้า ใยอาหาร แร่ธาตุ ได้แก่ โซเดียมและแคลเซียม (Association of Official Analytical Chemists, 2019) พลังงานจากสารอาหาร คาร์โบไฮเดรต (Sullivan & Carpenter, 1993)

#### 2. การทดสอบการยอมรับทางประสาทสัมผัสของผลิตภัณฑ์ขนมขบเคี้ยวสูตรมาตรฐาน

รวบรวมสูตรขนมขบเคี้ยวจากกระบวนการเอ็กซ์ทรูชัน 3 สูตร (ตารางที่ 1) และทำผลิตภัณฑ์ขนมขบเคี้ยวตามสูตรด้วยเครื่องอัดรีดชนิดสกรูคู่ (CT Twin-Screw Extruder) รุ่น ZE 25 (ยี่ห้อ Bernstorff, ประเทศสวิสเซอร์แลนด์) จากนั้นทำการประเมินคุณลักษณะทางประสาทสัมผัสด้านสี กลิ่น รสชาติ เนื้อสัมผัส และความชอบโดยรวม ด้วยวิธีการให้คะแนนความชอบ 9 ระดับ (9-Points Hedonic Scale) โดยมีค่าคะแนนดังนี้ 1 = ไม่ชอบมากที่สุด 2 = ไม่ชอบมาก 3 = ไม่ชอบปานกลาง 4 = ไม่ชอบเล็กน้อย 5 = เฉย ๆ

6 = ชอบเล็กน้อย 7 = ชอบปานกลาง 8 = ชอบมาก และ 9 = ชอบมากที่สุด ใช้ผู้ทดสอบชิมจำนวน 50 คน เพื่อคัดเลือกสูตรที่เหมาะสมที่สุดนำมาใช้ในการพัฒนาขนมขบเคี้ยวเสริมแคลเซียมจากผงกระดูกปลาแซลมอน

ตารางที่ 1 ปริมาณวัตถุดิบของขนมขบเคี้ยวจากกระบวนการเอกซ์ทรูชันสูตรมาตรฐาน

วัตถุดิบ	ปริมาณ (%)		
	สูตร 1*	สูตร 2*	สูตร 3**
แป้งข้าวโพดบดหยาบ	59.90	46.10	57.69
แป้งข้าวเจ้า	20.00	46.10	34.61
น้ำตาลทราย	3.90	3.90	3.85
น้ำมันพืช	2.93	2.93	2.89
แคลเซียมคาร์บอเนต	0.87	0.97	0.96
แป้งมันฝรั่ง	12.43	0	0

หมายเหตุ \*สูตร 1 และ 2 ดัดแปลงจากจากรวรรณ คงพันธุ์, และคณะ (2552)

\*\*สูตร 3 ดัดแปลงจากปฐมพงศ์ สมัครการ (2557)

3. ศึกษาอัตราส่วนที่เหมาะสมของผงกระดูกปลาแซลมอนในการผลิตผลิตภัณฑ์ขนมขบเคี้ยว โดยกระบวนการเอกซ์ทรูชัน

การใช้ผงกระดูกปลาแซลมอนที่ร้อยละ 10 20 และ 30 ของปริมาณแป้งจากการทดสอบคุณภาพทางประสาทสัมผัสในข้อ 2 โดยนำส่วนผสมทั้งหมดผสมให้เป็นเนื้อเดียวกันด้วยเครื่องผสมอาหาร จากนั้นนำส่วนผสมทั้งหมดเทใส่เครื่องเอกซ์ทรูเดอร์ นำเข้าตู้อบลมร้อนที่อุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียส เวลา 10 นาที มีปริมาณน้ำอิสระเท่ากับ 0.48 ซึ่งไม่เกินตามเกณฑ์ของผลิตภัณฑ์ขนมขบเคี้ยวทั่วไปที่ต้องมีปริมาณน้ำอิสระต่ำกว่า 0.6 (Chittapalo & Songsanandr, 2014) เก็บใส่ภาชนะบรรจุคือถุงอลูมิเนียมฟอยล์ ซิปล็อกที่มีลักษณะทึบ และทดสอบคุณลักษณะทางประสาทสัมผัสด้านสี กลิ่น รสชาติ เนื้อสัมผัส และความชอบโดยรวมด้วยวิธีการให้คะแนนความชอบ 9 ระดับ (9-Points Hedonic Scale) ต่อไป

4. ศึกษาองค์ประกอบทางเคมี คุณลักษณะทางเคมี-กายภาพของขนมขบเคี้ยวเสริมแคลเซียมจากผงกระดูกปลาแซลมอน

4.1 วิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมี ได้แก่ ความชื้น โปรตีน ไขมัน เกล็ด โยอาหาร แร่ธาตุ ได้แก่ โซเดียมและแคลเซียม พลังงานจากสารอาหาร และคาร์โบไฮเดรต (Association of Official Analytical Chemists, 2019)

4.2 วิเคราะห์ค่าความเป็นกรด-ด่าง ทำการชั่งตัวอย่าง 5 กรัม เติมน้ำกลั่น 40 มิลลิลิตร กวนผสมด้วยแท่งแก้วคนสารเป็นเวลา 3 นาที ด้วยเครื่องวิเคราะห์ค่าความเป็นกรด-ด่าง รุ่น SI Analytics Lab 845 (ยี่ห้อ a xylem, ประเทศเยอรมนี)

4.3 วิเคราะห์ค่าสีด้วยเครื่องวัดสี ( $L^*$ ,  $a^*$ , และ  $b^*$ ) รุ่น Ultra Scan PRO (ยี่ห้อ Hunter Lab, ประเทศเยอรมนี)

4.4 วิเคราะห์ปริมาณน้ำอิสระ ( $a_w$ ) ด้วยเครื่องวิเคราะห์ปริมาณน้ำอิสระ รุ่น LabMaster-aw “Neo” (ยี่ห้อ Novasina, ประเทศสวิตเซอร์แลนด์)

4.5 วิเคราะห์เนื้อสัมผัสทำการวิเคราะห์คุณลักษณะเนื้อสัมผัสด้านความกรอบ (Crispness) สภาวะการทดสอบมีดังนี้ หัวprobe P/0.25s Pre-test speed 1 mm/s Test speed 1 mm/s Post-test speed 10 mm/s Distance 3 mm และความแข็ง (Hardness) สภาวะการทดสอบมีดังนี้ หัว probe P/3PB Pre-test speed 1 mm/s Test speed 1 mm/s Post-test speed 10 mm/s Distance 3 mm การใช้หัววัดที่ลักษณะแตกต่างกันในแต่ละคุณลักษณะเพื่อเป็นการเลียนแบบการเคี้ยวของมนุษย์ต่อผลิตภัณฑ์อาหาร วิเคราะห์เนื้อสัมผัส

#### 5. วิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติ

การวางแผนการทดลองแบบสุ่มสมบูรณ์ (Completely Randomized Design, CRD) สำหรับลักษณะการทดสอบทางเคมี-กายภาพ และวางแผนการทดลองแบบสุ่มสมบูรณ์ในบล็อก (Randomized Completely Block Design, RCBD) สำหรับการทดสอบลักษณะทางประสาทสัมผัส วิเคราะห์ความแปรปรวน (Analysis of Variance, ANOVA) และเปรียบเทียบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยโดยใช้ Duncan New Multiple Range’s Test (DMRT) และ Paired samples t-Test ด้วยโปรแกรมสำเร็จรูปสำหรับการวิเคราะห์ทางสถิติ ที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95

## ผลการวิจัยและอภิปรายผล

### 1. ผลการศึกษาองค์ประกอบทางเคมีของผงกระดุกปลาแชลมอน

เมื่อนำผงกระดุกปลาแชลมอนมาวิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมี ได้แก่ ความชื้น พลังงานทั้งหมด โปรตีน ไขมัน เถ้า ใยอาหาร แร่ธาตุ ได้แก่ โซเดียมและแคลเซียม พลังงานจากสารอาหาร และคาร์โบไฮเดรต พบว่า ผงกระดุกปลาแชลมอน 100 กรัม มีปริมาณความชื้น ไขมันทั้งหมด โปรตีน คาร์โบไฮเดรต เถ้า ร้อยละ 1.58, 28.64, 26.75, 1.58 และ 41.45 ตามลำดับ นอกจากนี้มีใยอาหารเท่ากับ 8.5 กรัม แคลเซียม และโซเดียมเท่ากับ 16,684 และ 241.99 มิลลิกรัม พลังงานทั้งหมดเท่ากับ 371.08 กิโลแคลอรี จากผลการวิจัยพบว่า ผงกระดุกปลาแชลมอนมีปริมาณโปรตีน ไขมัน และแคลเซียมที่สูงซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยของ Liaset & Espe (2002) ที่ศึกษาองค์ประกอบทางเคมีของชิ้นส่วนต่าง ๆ ของปลาแชลมอน ซึ่งจากงานวิจัยพบว่ากระดุกปลาแชลมอนที่ 100 กรัม มีปริมาณแคลเซียมประมาณ 16,700 มิลลิกรัม อีกทั้งปริมาณโปรตีนและไขมันที่พบก็มีปริมาณใกล้เคียงกับงานวิจัยของ Toppe et al. (2007) พบว่ากระดุกปลาแชลมอน มีปริมาณโปรตีนเท่ากับ 29.2% และมีปริมาณไขมันเท่ากับ 38.28%

### 2. ผลการทดสอบการยอมรับทางประสาทสัมผัสของผลิตภัณฑ์ขนมขบเคี้ยวสูตรมาตรฐาน

ผลการทดสอบการยอมรับทางประสาทสัมผัสของผลิตภัณฑ์ขนมขบเคี้ยวสูตรมาตรฐานจากกระบวนการเอกซ์ทรูชันสูตรมาตรฐาน 3 สูตร ด้านสี กลิ่น รสชาติ เนื้อสัมผัส และความชอบโดยรวม ดังแสดงในตารางที่ 2 พบว่า สูตรที่ 3 มีคะแนนคุณลักษณะในด้านสี กลิ่น รสชาติ เนื้อสัมผัส และความชอบโดยรวม แตกต่างกับสูตรที่ 1 และสูตรที่ 2 อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ( $p \leq 0.05$ ) โดยขนมขบเคี้ยวจากกระบวนการเอกซ์ทรูชัน สูตรมาตรฐานสูตรที่ 3 ได้รับคะแนนคุณลักษณะทางประสาทสัมผัสสูงกว่าสูตรที่ 1 และ 2 ในทุกด้าน โดยเฉพาะคุณลักษณะทางประสาทสัมผัสในด้านเนื้อสัมผัส ซึ่งสูตรที่ 3 มีความเนื้อสัมผัสที่มีลักษณะกรอบ ซึ่งเกิดจากการพองตัวของตัวของขนมของสูตรที่ 3 นั้นพองตัวมากกว่าสูตรอื่น โดยการพองตัวเกิดขึ้นจากองค์ประกอบที่เป็นแป้งเกิดเจลลาตินในเซชัน แป้งสุกและหลอมเหลวที่บริเวณหลังหน้าแปลน เมื่อความดันในเครื่องเพิ่มสูงขึ้น และแป้งที่หลอมเหลวถูกดันผ่านหน้าแปลนสู่ความดันบรรยากาศที่ต่ำกว่า ทำให้น้ำในอาหารเกิดการระเหยตัวอย่างรวดเร็วและดันเนื้ออาหารให้พองออกเกิดโครงสร้างเป็นรูพรุน ผลิตภัณฑ์จึงมีการพองตัวขึ้น (จุฬาลักษณ์ จารุณูช และคณะ, 2554) ดังนั้นจึงนำขนมขบเคี้ยวจากกระบวนการเอกซ์ทรูชันสูตรมาตรฐานสูตรที่ 3 มาศึกษาคุณลักษณะทางเคมีและกายภาพ องค์ประกอบทางเคมี เพื่อนำไปกำหนดปริมาณส่วนประกอบหลักสำหรับการผลิตขนมขบเคี้ยวเสริมแคลเซียมจากผงกระดุกปลาแชลมอนต่อไป

**ตารางที่ 2** ผลคะแนนประเมินผลคะแนนประเมินคุณลักษณะทางประสาทสัมผัสของขนมขบเคี้ยวจากกระบวนการเอกซ์ทรูชันสูตรมาตรฐาน

คุณลักษณะทางประสาทสัมผัส	สูตร 1	สูตร 2	สูตร 3
สี	7.10±1.28 <sup>b</sup>	7.04±1.26 <sup>b</sup>	7.52±1.29 <sup>a</sup>
กลิ่น	6.42±1.27 <sup>b</sup>	6.60±1.37 <sup>b</sup>	7.20±1.19 <sup>a</sup>
รสชาติ	6.32±1.46 <sup>b</sup>	6.46±1.52 <sup>b</sup>	7.62±1.27 <sup>a</sup>
เนื้อสัมผัส	6.40±1.47 <sup>c</sup>	6.80±1.41 <sup>b</sup>	8.14±0.99 <sup>a</sup>
ความชอบโดยรวม	6.54±1.35 <sup>b</sup>	6.82±1.11 <sup>b</sup>	7.92±0.96 <sup>a</sup>

หมายเหตุ ตัวอักษรในแนวอนที่ต่างกันหมายถึงค่าที่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05

3. ผลการศึกษาอัตราส่วนที่เหมาะสมในการเสริมแคลเซียมจากผงกระดูกปลาแซลมอนของผลิตภัณฑ์ขนมขบเคี้ยว

เมื่อประเมินคุณลักษณะทางประสาทสัมผัสของตัวอย่างขนมขบเคี้ยวเสริมแคลเซียมจากผงกระดูกปลาแซลมอน ร้อยละ 10 20 และ 30 ของปริมาณแป้ง พบว่า สูตรร้อยละ 10 มีคะแนนคุณลักษณะในด้านสี กลิ่น รสชาติ เนื้อสัมผัส และความชอบโดยรวมแตกต่างกับสูตรร้อยละ 20 และร้อยละ 30 อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ( $p \leq 0.05$ ) ดังแสดงในตารางที่ 3 เนื่องจากเมื่อใส่ผงกระดูกปลาแซลมอนเพิ่มขึ้นส่งผลให้สีของขนมขบเคี้ยวลักษณะเข้มขึ้น การพองตัวของขนมลดลง เนื่องจากการเพิ่มกระดูกปลาแซลมอนทำให้ปริมาณไขมันในสูตรเพิ่มสูงขึ้น จึงไปลดความหนืดของโดทำให้ผลิตภัณฑ์อาหารมีการพองตัวลดลง (สุภาษิต ชูกลิ่น, 2563) ขนมจึงมีลักษณะแข็งมากขึ้น ไม่พองเหมือนสูตรควบคุมและสูตรที่ใส่ผงกระดูกปลาแซลมอนร้อยละ 10 จากการวิเคราะห์ห่อองค์ประกอบทางเคมีของกระดูกปลาแซลมอนมีปริมาณไขมันสูงถึงร้อยละ 28.64 ทำให้ขนมขบเคี้ยวจากกระบวนการเอกซ์ทรูชันสูตรเสริมแคลเซียมจากกระดูกปลาแซลมอนร้อยละ 10 ที่มีคะแนนด้านเนื้อสัมผัสสูงที่สุดไม่แตกต่างกับสูตรมาตรฐาน จึงคัดเลือกสูตรเสริมแคลเซียมจากกระดูกปลาแซลมอนร้อยละ 10 มาศึกษาเปรียบเทียบองค์ประกอบทางเคมี คุณลักษณะทางเคมีและกายภาพกับสูตรมาตรฐานต่อไป

**ตารางที่ 3** ผลคะแนนประเมินคุณลักษณะทางประสาทสัมผัสของขนมขบเคี้ยวเสริมแคลเซียมจากผงกระดูกปลาแซลมอน ร้อยละ 10 20 และ 30 ของปริมาณแป้ง

คุณลักษณะทางประสาทสัมผัส	ปริมาณการเสริมผงกระดูกปลาแซลมอน (ร้อยละ)			
	control	10	20	30
สี	7.20±1.12 <sup>b</sup>	7.74±1.02 <sup>a</sup>	6.94±1.15 <sup>b</sup>	6.88±1.33 <sup>b</sup>
กลิ่น	6.84±1.20 <sup>b</sup>	7.32±1.49 <sup>a</sup>	6.44±1.28 <sup>b</sup>	6.12±1.18 <sup>c</sup>
รสชาติ	7.04±1.27 <sup>a</sup>	7.38±1.48 <sup>a</sup>	6.42±1.24 <sup>b</sup>	6.06±1.20 <sup>b</sup>
เนื้อสัมผัส	7.38±1.08 <sup>a</sup>	7.80±1.10 <sup>a</sup>	6.82±1.17 <sup>b</sup>	6.26±1.45 <sup>c</sup>
ความชอบโดยรวม	7.20±1.10 <sup>b</sup>	7.78±1.21 <sup>a</sup>	6.56±1.21 <sup>c</sup>	6.10±1.40 <sup>d</sup>

หมายเหตุ ตัวอักษรในแนวนอนที่ต่างกันหมายถึงค่าที่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05

4. ผลการศึกษาองค์ประกอบทางเคมี คุณลักษณะทางเคมี-กายภาพขนมขบเคี้ยวจากกระบวนการเอกซ์ทรูชันสูตรมาตรฐานสูตรที่ 3 และขนมขบเคี้ยวเสริมแคลเซียมจากผงกระดูกปลาร้อยละ 10

ผลการวิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมีของขนมขบเคี้ยวจากกระบวนการเอกซ์ทรูชันสูตรมาตรฐานสูตรที่ 3 และขนมขบเคี้ยวเสริมแคลเซียมจากผงกระดูกปลาร้อยละ 10 พบว่า จากการเติมผงกระดูกปลาแซลมอนร้อยละ 10 ลงไปทำให้ปริมาณความชื้นลดลงจากร้อยละ 7.20 เป็นร้อยละ 6.97 พลังงานและปริมาณน้ำตาลทั้งหมดลดลงเล็กน้อย ในขณะที่ไขมัน โปรตีน โยอาหารเพิ่มขึ้นเล็กน้อย ส่วนที่เพิ่มขึ้นในปริมาณสูง ได้แก่ ปริมาณเถ้าเพิ่มขึ้นจากร้อยละ 1.38 เป็น ร้อยละ 5.01 ปริมาณแคลเซียมเพิ่มขึ้นจาก 416.11 มิลลิกรัม เป็น 1,830 มิลลิกรัม และปริมาณโซเดียมเพิ่มขึ้นจาก 4.67 มิลลิกรัมเป็น 25.60 มิลลิกรัม ดังแสดงในตารางที่ 4 เนื่องจากผงกระดูกปลาแซลมอนมีปริมาณเถ้า และแคลเซียมในปริมาณสูง (Liaset & Espe, 2002)

**ตารางที่ 4** ผลการศึกษาองค์ประกอบทางเคมีของขนมขบเคี้ยวสูตรมาตรฐานและสูตรเสริมแคลเซียมจากผงกระดูกปลาแซลมอน ร้อยละ 10

องค์ประกอบทางเคมี	สูตรมาตรฐาน	สูตรเสริมแคลเซียมผงกระดูกปลาแซลมอน ร้อยละ 10
ความชื้น (%)	7.20 <sup>a</sup>	6.97 <sup>b</sup>
ไขมันทั้งหมด (%)	4.01 <sup>b</sup>	6.23 <sup>a</sup>
โปรตีน (%)	5.86 <sup>b</sup>	7.75 <sup>a</sup>
คาร์โบไฮเดรต (%)	81.55 <sup>a</sup>	74.04 <sup>b</sup>
ใยอาหาร (%)	0.93 <sup>b</sup>	1.63 <sup>a</sup>
เถ้า (%)	1.38 <sup>b</sup>	5.01 <sup>a</sup>
น้ำตาลทั้งหมด (กรัม) <sup>ns</sup>	4.62	4.17
แคลเซียม (มิลลิกรัม)	416.11 <sup>b</sup>	1,830 <sup>a</sup>
โซเดียม (มิลลิกรัม)	4.67 <sup>b</sup>	25.60 <sup>a</sup>
พลังงานทั้งหมด (กิโลแคลอรี)	385.73 <sup>a</sup>	383.23 <sup>b</sup>

หมายเหตุ ตัวอักษรในแนวนอนที่ต่างกันหมายถึงค่าที่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05

<sup>ns</sup> หมายถึงค่าที่ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติระดับ 0.05

จากผลการศึกษาคุณลักษณะทางเคมีและกายภาพของขนมขบเคี้ยวเสริมแคลเซียมจากผงกระดูกปลาแซลมอน ร้อยละ 10 พบว่าค่าความเป็นกรด-ด่าง (pH) ปริมาณน้ำอิสระ ( $a_w$ ) ค่าสี และลักษณะเนื้อสัมผัสของขนมขบเคี้ยวเสริมแคลเซียมจากผงกระดูกปลาแซลมอน ร้อยละ 10 ไม่แตกต่างกับสูตรมาตรฐานอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ( $p > 0.05$ ) (ตารางที่ 5) โดยพบว่าค่า pH ของผลิตภัณฑ์เพิ่มขึ้นเล็กน้อยจาก 6.64 เป็น 6.67 ซึ่งก็ยังคงจัดเป็นอาหารประเภท Low acid food (ทิพาพร อยุวิทยา, 2536) โดยการทดลองค่า pH ของขนมขบเคี้ยวเสริมแคลเซียมจากผงกระดูกปลาแซลมอนร้อยละ 10 ที่จัดอยู่ในช่วงเป็นกลางจะมีรสชาติที่เป็นกลาง (Rahman, 1999) ในขณะที่ปริมาณน้ำอิสระ ( $a_w$ ) เพิ่มขึ้นเล็กน้อยจาก 0.43 เป็น 0.48 ซึ่งเป็นค่าที่ต่ำกว่า 0.60 ทำให้ผลิตภัณฑ์ขนมขบเคี้ยวสูตรมาตรฐานและสูตรเสริมแคลเซียมจากผงกระดูกปลาแซลมอน ร้อยละ 10 มีความปลอดภัยจากจุลินทรีย์ (นิธิยา รัตนาปนนท์, 2551) ค่าสีของผลิตภัณฑ์ ได้แก่ ค่าความสว่าง ( $L^*$ ) ขนมขบเคี้ยวจากกระบวนการเอกซทราซันสูตรมาตรฐานสูตรที่ 3 มีค่าเท่ากับ 82.12 เมื่อเติมผงกระดูกแคลเซียม ร้อยละ 10 มีค่า  $L^*$  เท่ากับ 82.51 ซึ่งมาแตกต่างกัน ส่วนค่าความเป็นสีแดง ( $a^*$ ) เพิ่มขึ้นจาก 1.06 เป็นเท่ากับ 2.90

และมีค่าความเป็นสีเหลือง ( $b^*$ ) เปลี่ยนจาก 26.88 เป็น 31.03 โดยการเติมผงกระดูกปลาแชลมอนทำให้ค่าความเป็นสีแดงและสีเหลืองเพิ่มขึ้นและเมื่อพิจารณาผลการศึกษาคูณลักษณะเนื้อสัมผัสของ 2 ผลิตภัณฑ์พบว่าค่าความแข็ง (Hardness) ลดลง ในส่วนของค่าความกรอบเพิ่มขึ้น ส่งผลให้ผลิตภัณฑ์ที่ได้มีคุณลักษณะเนื้อสัมผัสที่ดีขึ้น

**ตารางที่ 5** ผลการศึกษาคุณลักษณะทางเคมีและกายภาพของขนมขบเคี้ยวสูตรมาตรฐานและสูตรเสริมแคลเซียมจากผงกระดูกปลาแชลมอน ร้อยละ 10

คุณลักษณะทางเคมีและกายภาพ	สูตรมาตรฐาน	สูตรเสริมแคลเซียมผงกระดูกปลาแชลมอน ร้อยละ 10
ค่าความเป็นกรด-ด่าง (pH) <sup>ns</sup>	6.64±0.06	6.67±0.01
ปริมาณน้ำอิสระ ( $a_w$ ) <sup>ns</sup>	0.43±0.01	0.48±0.01
ค่าสี		
$L^*$ <sup>ns</sup>	82.12±0.99	82.51±0.60
$a^*$ <sup>ns</sup>	1.06±0.44	2.90±0.61
$b^*$ <sup>ns</sup>	26.88±1.56	31.03±1.48
ค่าลักษณะเนื้อสัมผัส (g force)		
Hardness <sup>ns</sup>	1,681±4.24	1,484±20.51
Crispness	1,359±22.00 <sup>b</sup>	1,395±2.83 <sup>a</sup>

หมายเหตุ ตัวอักษรในแนวนอนที่ต่างกันหมายถึงค่าที่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05

<sup>ns</sup> หมายถึงค่าที่ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05

## สรุป

จากการพัฒนาผลิตภัณฑ์ขนมขบเคี้ยวเสริมแคลเซียมจากผงกระดูกปลาแชลมอน สามารถสรุปผลได้ดังนี้ ผลการวิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมี พบว่า ผงกระดูกปลาแชลมอนที่ 100 กรัม มีปริมาณความชื้นเท่ากับ 1.58 เปอร์เซ็นต์ พลังงานทั้งหมดเท่ากับ 371.08 กิโลแคลอรี ไขมันทั้งหมดเท่ากับ 28.64 เปอร์เซ็นต์ โปรตีนเท่ากับ 26.75 เปอร์เซ็นต์ คาร์โบไฮเดรตเท่ากับ 1.58 เปอร์เซ็นต์ โยอาหารเท่ากับ 8.5 กรัม แคลเซียมเท่ากับ 16.684 มิลลิกรัม เถ้าเท่ากับ 41.45 เปอร์เซ็นต์ และโซเดียมเท่ากับ 241.99 มิลลิกรัม

สูตรมาตรฐานของขนมขบเคี้ยวที่ได้จากการประเมินคุณลักษณะทางประสาทสัมผัสจากผู้บริโภคจำนวน 50 คน พบว่า มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ( $p < 0.05$ ) โดยขนมขบเคี้ยวจากกระบวนการเอกซ์ทรูชันสูตรมาตรฐานสูตรที่ 3 ได้รับคะแนนคุณลักษณะทางประสาทสัมผัสสูงกว่าสูตรที่ 1 และ 2 ซึ่งประกอบไปด้วยแป้งข้าวโพดบดหยาบ 57.69 % แป้งข้าวเจ้า 34.61 น้ำตาลทราย 3.85 น้ำมันพืช 2.89 และแคลเซียมคาร์บอเนต 0.96 โดยมีค่าความเป็นกรด-ด่าง (pH) เท่ากับ 6.64 ค่าปริมาณน้ำอิสระ (aw) เท่ากับ 0.43 ค่าสี ได้แก่  $L^*$ ,  $a^*$  และ  $b^*$  มีค่าเท่ากับ 82.12, 1.06 และ 26.88 ตามลำดับ ในขณะที่ค่าความแข็งเท่ากับ 1,681 g force และค่าความกรอบเท่ากับ 1,359 g force

ผลิตภัณฑ์ที่ได้จากงานวิจัยนี้คือขนมขบเคี้ยวเสริมแคลเซียมจากผงกระดูกปลาแซลมอนร้อยละ 10 โดยมีคะแนนประเมินคุณลักษณะทางประสาทสัมผัสสูงสุดในทุกด้านและมีความแตกต่างกับสูตรอื่นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ( $p < 0.05$ ) และเมื่อนำไปวิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมี ดังนี้ ปริมาณความชื้นเท่ากับ 6.97 เปอร์เซ็นต์ พลังงานทั้งหมดเท่ากับ 383.23 กิโลแคลอรี พลังงานจากไขมัน 56.07 กิโลแคลอรี ไขมันทั้งหมดเท่ากับ 6.23 เปอร์เซ็นต์ โปรตีนเท่ากับ 7.75 เปอร์เซ็นต์ คาร์โบไฮเดรตเท่ากับ 74.04 เปอร์เซ็นต์ โยอาหารเท่ากับ 1.63 กรัม น้ำตาลเท่ากับ 4.17 กรัม เกลือเท่ากับ 5.01 เปอร์เซ็นต์ แคลเซียมเท่ากับ 1,830 มิลลิกรัม เกลือเท่ากับ 5.01 เปอร์เซ็นต์ และโซเดียมเท่ากับ 25.60 มิลลิกรัม

### ข้อเสนอแนะ

ควรศึกษาอายุการเก็บรักษาของผลิตภัณฑ์ขนมขบเคี้ยวเสริมแคลเซียมจากผงกระดูกปลาแซลมอนและอาจทดลองปรับปรุงสูตรขนมขบเคี้ยวโดยการใช้วัตถุดิบชนิดอื่น เพื่อเพิ่มคุณค่าทางโภชนาการที่ดีขึ้น

### กิตติกรรมประกาศ

งานวิจัยเรื่องการผลิตขนมขบเคี้ยวเสริมผงแคลเซียมจากกระดูกปลาแซลมอนโดยกระบวนการเอกซ์ทรูชัน ได้รับทุนสนับสนุนการวิจัยจากงบประมาณเงินรายได้ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลกรุงเทพ ปี พ.ศ. 2564

### เอกสารอ้างอิง

จุฬาลักษณ์ จารุณุช, นิพัทธ์ ลิ้มสงวน, วราภรณ์ ประเสริฐ, และพิสุทธิ์ บุตรสุวรรณ. (2554). อิทธิพลของสภาวะการผลิตแบบเอกซ์ทรูชันต่อปริมาณสารซเพื่อสุขภาพและคุณลักษณะของผลิตภัณฑ์อาหารขบเคี้ยวชนิดกรอบที่มีข้าวหักและถั่วลิ้นเตาสีทองเป็นองค์ประกอบหลัก. (รายงานผลการวิจัย). กรุงเทพฯ: มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

- ทิพาพร อยู่วิทยา. (2536). สาระนั้น่ารู้เกี่ยวกับอาหารกระป๋องที่มีความเป็นกรดต่ำ. *อาหาร*, 23(1), 47-53.
- นิธิยา รัตนานพนธ์. (2551). *เคมีอาหาร*. (พิมพ์ครั้งที่ 3). กรุงเทพฯ: โอเดียนสโตร์.
- นิภาพร กุลณา, ปาริสุทธิ เฉลิมชัยวัฒน์, นื่องนุช ศิริวงศ์, และวศะพร จันทรพัฒน์. (2561). คุณค่าทางโภชนาการ สมบัติทางกายภาพและการยอมรับทางประสาทสัมผัสของขนมขบเคี้ยวที่ได้รับผลจากอัตราส่วนของแป้งข้าวสาลีแก่แป้งข้าวฟ่างดำที่แตกต่างกัน. *วารสารวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี*, 28(3), 419-428.
- ปฐมพงศ์ สม่ครการ. (2557). *การพัฒนาผลิตภัณฑ์ขนมขบเคี้ยวจากน้ำนมข้าวผงด้วยเทคโนโลยีเอกซทรูชัน* (รายงานผลการวิจัย). นนทบุรี: มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลสุวรรณภูมิ.
- พรรณทิพย์ สุวรรณสาครกุล, และสิริรัตน์ จงฤทธิพร. (2555). *การพัฒนาผลิตภัณฑ์เพิ่มมูลค่าจากเศษเหลือการแปรรูปปลาโม่* (รายงานผลการวิจัย). กรุงเทพฯ: กองพัฒนาอุตสาหกรรมสัตว์น้ำ กรมประมง กระทรวงเกษตรและสหกรณ์.
- โพสท์ทูเดย์. (2559). *มลพิษจากอาหารเหลือ*. สืบค้นจาก <https://www.posttoday.com/life/healthy/464509>.
- ศูนย์วิจัยกสิกรไทย. (2555). *บทวิเคราะห์เศรษฐกิจอุตสาหกรรมอาหาร: ขนมขบเคี้ยว*. สืบค้นจาก <https://www.kasikornresearch.com/th/analysis/k-econ/Pages/30534.aspx>.
- ศูนย์วิจัยระยะเพื่ออุตสาหกรรมอาหาร. (2564). *ส่วนแบ่งตลาดอาหารในประเทศไทย ส่วนแบ่งขนมขบเคี้ยวในปี 2564*. สืบค้นจาก <https://fic.nfi.or.th/market-intelligence-detail.php?smid=362>.
- สุภาชิต ชุกกลิ่น. (2563). *การพัฒนาขนมขบเคี้ยวจากข้าวไร้พื้นเมืองนครเสริมโปรตีนผงจิ้งหรีดด้วยเครื่องเอกซทรูเดอร์สกรูคู่ผู้ผลิตภัณ์ทางการค้า* (รายงานผลการวิจัย). สงขลา: มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลศรีวิชัย
- อรวรรณ คงพันธุ์, วัชรี คงรัตน์, และรัศมีพร จิระเดชประไพ. (2556). *การพัฒนาผลิตภัณฑ์อาหารขบเคี้ยวจากกุ้งขาวแวนนาไมด้วยเครื่องเอกซทรูเดอร์สกรูคู่* (รายงานผลการวิจัย). กรุงเทพฯ: กองพัฒนาอุตสาหกรรมสัตว์น้ำ กรมประมง กระทรวงเกษตรและสหกรณ์.
- Alex, A., Anton, Gary, R., Fulcher & Susan, D., Arntfield. (2009). Physical and nutritional impact of fortification of corn starch-based extruded snacks with common bean (*Phaseolus vulgaris* L.) flour: Effects of bean addition and extrusion cooking. *Food Chemistry* 113(4), 989-996.

- Association of Official Analytical Chemists. (2019). **Official Methods of Analysis of the Association of the Official Analysis Chemists.** (21<sup>st</sup>ed.). Maryland: AOAC International.
- Chittapalo, T., & Songsanandr, P. (2014). Product development of black glutinous rice cracker with Panang flavor and its quality changes. **International Food Research Journal**, 21(5), 2025-2029.
- Han, Y.J., Tra Tran, T.T., & Man Le, V.V. (2018). Corn snack with high fiber content: Effects of different fiber types on the product quality. **LWT**, 96, 1-6.
- Liaset, B., Julshamn, K., & Espe, M. (2002). Chemical composition and theoretical nutritional evaluation of the produced fractions from enzymic hydrolysis of salmon frames with Protamex. **Process Biochemistry**, 38, 1747-1759.
- Marian, K., Maldel, Susanne Bügel, Mette Kristensen, Ketil Malde, Ingvild, E. Graff & Jan I. Pedersen. (2010). Calcium from salmon and cod bone is wellabsorbed in young healthy men: a double-blinded randomised crossover design. **Nutrition & Metabolism**, 7, 61.
- Rahman, M.S. (1999). **Handbook of Food Preservation.** New York: CRC Press.
- Sangnark, A., Limroongreungrat, K., Yuenyongputtakal, W., Ruengdech, A. & Siripatrawan, U. (2015). Effect of Hom Nil rice flour moisture content, barrel temperature and screw speed of a single screw extruder on snack properties. **International Food Research Journal**, 22(5), 2155-2161.
- Sullivan, D.M. & Carpenter, D. E. (1993). **Methods of Analysis for Nutrition Labeling** (1st ed.). Oregon: AOAC International.
- Toppe, J., Sissel, A., Britt, H. & Aksnes, A. (2007). Chemical composition, mineral content and amino acid and lipid profiles in bones from various fish species. **Comparative Biochemistry and Physiology**, 146(3), 395-401.