การพัฒนาอาหารขบเคี้ยวเสริมโปรตีนปลาสกัด

Development of Snack Food Supplemented with Fish Protein Isolate

อัจฉรา ชนะสิทธิ์

Achara Chanasit

วิทยานิพนธ์วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาเทคโนโลยีอาหาร

มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์

Master of Science Thesis in Food Technology

Prince of Songkla University

2541

เลขหมู่ TP371.C53 ช18 2541

Bib Key 144826

ชื่อวิทยานิพนธ์ การพัฒนาอาหารขบเคี้ยวเสริมโปรตีนปลาสกัด
ผู้เขียน นางสาวอัจฉรา ชนะสิทธิ์
สาขาวิชา เทคโนโลยีอาหาร

คณะกรรมการที่ปรึกษา

.....ประธานกรรมการ
(ผู้ช่วยศาสตราจารย์เสาวลักษณ์ จิตรบรรเจิดกุล)

.....(ลาศึกษาต่อ).....กรรมการ
(อาจารย์พิทยา อดุลยธรรม)

คณะกรรมการสอบ

.....ประธานกรรมการ
(ผู้ช่วยศาสตราจารย์เสาวลักษณ์ จิตรบรรเจิดกุล)

.....(ลาศึกษาต่อ).....กรรมการ
(อาจารย์พิทยา อดุลยธรรม)

.....กรรมการ
(รองศาสตราจารย์ไพบูลย์ ธรรมรัตน์วาสิก)

.....กรรมการ
(ดร.สุกัญญา จันทะชุม)

.....กรรมการ
(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ไพโรจน์ กลิ่นพิทักษ์)

บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ อนุมัติให้นับวิทยานิพนธ์ฉบับนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาเทคโนโลยีอาหาร

.....
(รองศาสตราจารย์ ดร. ก้าน จันทร์พรหมมา)
คณบดีบัณฑิตวิทยาลัย

ชื่อวิทยานิพนธ์ การพัฒนาอาหารขบเคี้ยวเสริมโปรตีนปลาสกัด
ผู้เขียน นางสาวอัจฉรา ชนะสิทธิ์
สาขาวิชา เทคโนโลยีอาหาร
ปีการศึกษา 2540

บทคัดย่อ

นำโปรตีนที่สกัดจากหัวปลาทูน่าพันธุ์โอแถบซึ่งมีองค์ประกอบทางเคมี คือ ความชื้น โปรตีน ไขมันและเถ้า ร้อยละ 25.35 76.54, 2.97 และ 1.45 โดยน้ำหนักแห้งตามลำดับมาเป็นโปรตีนเสริมในอาหารขบเคี้ยว โดยมีฟักทองเป็นสารเสริมร่วมในการให้สีและคุณค่าด้านวิตามิน ผลิตอาหารขบเคี้ยวด้วยเครื่องเอ็กซทรูเดอร์แบบสกรูเดี่ยว ที่อุณหภูมิ 180 องศาเซลเซียส สูตรพื้นฐานของอาหารขบเคี้ยวประกอบด้วยส่วนผสมของข้าวเหนียวบด ข้าวโพดบด และข้าวเจ้าบด อัตราส่วนเท่ากับ 40:40:20 โดยน้ำหนัก ศึกษาระดับโปรตีนปลาสกัดและฟักทองแห้งที่เหมาะสม พบว่าชุดการทดลองที่เหมาะสมในการผลิตอาหารขบเคี้ยวเสริมโปรตีนปลาสกัดจะใช้โปรตีนปลาสกัดร้อยละ 2 และฟักทองแห้งร้อยละ 3 ได้ผลิตภัณฑ์มีคุณภาพทางกายภาพดังนี้ อัตราการพองตัวเท่ากับ 2.96 ค่า A_w (water activity) เท่ากับ 0.25 คุณภาพทางเคมีประกอบด้วย ความชื้น โปรตีน ไขมัน และเถ้าร้อยละ 5.54 8.58 0.43 และ 0.65 โดยน้ำหนักแห้งตามลำดับ มีปริมาณกรดอะมิโนที่จำเป็นใกล้เคียงมาตรฐานของ FAO/WHO (1973) มีเบต้า-คาโรทีนปริมาณ 522.0 หน่วยสากลต่อ 100 กรัม วิตามินบี 1 และบี 2 ปริมาณ 55.4 และ 87.0 ไมโครกรัมต่อ 100 กรัม ตามลำดับ เมื่อทำการทดสอบทางประสาทสัมผัสมีคะแนนเฉลี่ยการยอมรับรวมเท่ากับ 7.20 ซึ่งเป็นคะแนนที่อยู่ในเกณฑ์ที่ผู้บริโภคยอมรับผลิตภัณฑ์

การเปลี่ยนแปลงคุณภาพของอาหารขบเคี้ยวเสริมโปรตีนปลาสกัดระหว่างการเก็บรักษา โดยบรรจุในถุงเมททัลไลซ์น้ำหนัก 30 และ 300 กรัม ที่อุณหภูมิห้องเป็นเวลา 8 สัปดาห์ พบว่าผลิตภัณฑ์มีคุณภาพอยู่ในเกณฑ์ที่ยอมรับได้ถึงสัปดาห์ที่ 8 และผลิตภัณฑ์ที่บรรจุในน้ำหนักแตกต่างกันมีการเปลี่ยนแปลงทางกายภาพ เคมี แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ แต่ทางประสาทสัมผัสไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ผลการสำรวจการยอมรับของผู้บริโภคต่อผลิตภัณฑ์อาหารขบเคี้ยวเสริมโปรตีนปลาสกัดเคลือบด้วยสารปรุงรสปาปริก้า พบว่ามีความถี่ของคะแนนความชอบรวมของผลิตภัณฑ์ส่วนใหญ่อยู่ในช่วงชอบปานกลาง คิดเป็นร้อยละ 41

Thesis Title	Development of Snack Food Supplemented with Fish Protein Isolate
Author	Miss. Achara Chanasit
Major Program	Food Technology
Academic Year	1997

Abstract

Protein isolated from head of Skipjack Tuna contained moisture protein , fat and ash 25.35 , 76.54 , 2.97 and 1.45 % dry weight basis respectively . It was used as supplemented material for producing high protein snack and dried pumkin was added as supplemented material for coloring and high vitamin . Snack food was produced by Single Screw Extruder . The Snack base composed of milled corn , milled glutinous rice and milled rice in ratio 40 : 40 : 20 by weight . The results showed that the optimum formular contained 2% of fish protein isolate and 3% of dried pumkin had expansion ratio and water activity equal to 2.95 and 0.25 respectively .It contained moisture and protein , fat and ash 5.54, 8.58 , 0.43 and 0.65 % dry weight basis respectively . Therefore , It contained essential amino acid nearly standard of FAO /WHO (1973) and beta - carotein 522.0 International Unit to 100 grams vitamin B1 and B 2 55.4 and 87.0 Micrograms to 100 grams respectively. The sensory analysis showed that the product was accepted from consumer. Because an overall acceptability score was 7.20.

The storage of the developed product weighted 30 and 300 grams , packed in metallized packaging, kept at ambient temperature for 2 months. It was found that the chemical and physical quality of product packed in difference weights changed significantly ($P<0.05$) . But they showed non -significantly ($P>0.05$) in sensory quality. Developed product packed in metallized packaging could be stored at ambient temperature for 2 months .The Result of consumer test using 100 people showed that developed product coated paprika flavor gained overall acceptability score in the range of medium like 41 %.

กิตติกรรมประกาศ

วิทยานิพนธ์ฉบับนี้สำเร็จลุล่วงไปได้ด้วยดี ข้าพเจ้าขอขอบพระคุณ ผู้ช่วยศาสตราจารย์เสาวลักษณ์ จิตรบรรเจิดกุล ประธานกรรมการที่ปรึกษา อาจารย์พิทยา อดุลยธรรม อาจารย์ที่ปรึกษาร่วมวิทยานิพนธ์ ที่ให้คำแนะนำในการค้นคว้าวิจัย และตรวจทานแก้ไขการเขียนวิทยานิพนธ์ ให้ถูกต้องสมบูรณ์และขอขอบพระคุณ รองศาสตราจารย์ไพบูลย์ ธรรมรัตน์วาสิก ดร.สุกัญญา จันทะชุม และผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. ไพโรจน์ กลิ่นพิทักษ์ ที่ให้คำแนะนำและแก้ไขวิทยานิพนธ์ฉบับนี้ให้สมบูรณ์ยิ่งขึ้น

ขอขอบคุณบัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ที่ให้ทุนอุดหนุนการวิจัย ขอบคุณ บริษัท แฟชั่นฟู้ด จำกัด ที่ให้ความอนุเคราะห์เครื่องเอ็กซทรูเดอร์และวัตถุดิบ บริษัทโชติวัฒน์ และบริษัททรอปิคอลแคนนิ่ง จำกัด มหาชน ที่ให้ความอนุเคราะห์วัตถุดิบ

ขอขอบพระคุณนายแพทย์ชนะ คุณาธรรมผู้อำนวยการศูนย์วิทยาศาสตร์การแพทย์ตรัง และนางวรรณา อริยะปรีชา ที่ให้โอกาสได้ศึกษาต่อครั้งนี้ และขอบคุณครูพรชัย ศรีไพบูลย์ พร้อมด้วยเจ้าหน้าที่คณะอุตสาหกรรมทุกท่านที่ช่วยเหลือในการใช้เครื่องเอ็กซทรูชัน

ขอกราบขอบพระคุณ คุณพ่อ คุณแม่ และพี่ ๆ ด้วยความเคารพที่เป็นกำลังใจสำคัญในการศึกษาตลอดมา ขอขอบคุณเพื่อนๆ พี่ๆ น้องๆ ที่ให้การช่วยเหลือ แนะนำและเป็นกำลังใจตลอดมา

อัจฉรา ชนะสิทธิ์

สารบาญ

	หน้า
บทคัดย่อ	(3)
Abstract	(5)
กิตติกรรมประกาศ	(7)
สารบาญ	(8)
รายการตาราง	(9)
รายการตารางภาคผนวก	(12)
รายการภาพ	(14)
บทที่	
1. บทนำ	1
บทนำต้นเรื่อง	1
ตรวจเอกสาร	4
วัตถุประสงค์	24
2. วัสดุ อุปกรณ์ และวิธีการ	25
3. ผลและวิจารณ์	38
4.สรุป	88
เอกสารอ้างอิง	91
ภาคผนวก	103
ภาคผนวก ก การวิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมี	103
ภาคผนวก ข การประเมินคุณภาพทางประสาทสัมผัส	110
ภาคผนวก ค ผลการวิเคราะห์ทางสถิติ	117
ภาคผนวก ง การประเมินต้นทุนของวัตถุดิบผลิตโปรตีนปลาสกัดและฟักทองแห้ง	137
ประวัติผู้เขียน	139

รายการตาราง

ตารางที่ หน้า

1. สถิติการนำเข้าอาหารสำเร็จรูปซึ่งทำจากธัญพืชที่ได้จากการทำให้พองหรือฟู และผลิตภัณฑ์ที่คล้ายกัน ในช่วงปี พ.ศ. 2527-2533 3

2.ปริมาณกรดอะมิโนที่จำเป็นของวัตถุดิบอาหารขบเคี้ยวจากถั่วเขียว และมาตรฐานของ FAO/WHO ในหน่วยมิลลิกรัมของกรดอะมิโนต่อกรัมของโปรตีน 18

3.ปริมาณกรดอะมิโนที่พบในเนื้อปลาเปรียบเทียบกับความต้องการกรดอะมิโนของร่างกายคน 19

4. อัตราการซึมผ่านความดันไอของฟิล์มชนิดต่าง ๆ 22

5. ชุดการทดลองการหาสูตรพื้นฐานในการผลิตอาหารขบเคี้ยว 33

6. ชุดการทดลองการศึกษาระดับโปรตีนปลาสกัดและเนื้อฟักทองแห้งที่เหมาะสม 35

7. องค์ประกอบทางเคมีของวัตถุดิบที่ใช้ในการผลิตอาหารขบเคี้ยว 39

8. อัตราการพองตัวของอาหารขบเคี้ยวที่ผลิตจากส่วนผสมของข้าวเหนียวบด ข้าวเจ้าบด และข้าวโพดบดที่อัตราส่วนต่างๆ 42

9. ปริมาณข้าวเหนียวบด ข้าวเจ้าบด และข้าวโพดบดในระดับสูงและต่ำต่อการพองตัวของอาหารขบเคี้ยว 43

10. คะแนนเฉลี่ยของคุณลักษณะผลิตภัณฑ์อาหารขบเคี้ยวที่ผลิตด้วยสูตรผสมของธัญพืชจากการวางแผนแบบมิกซ์เจอร์ 46

11. คะแนนเฉลี่ยจากการทดสอบการยอมรับทางประสาทสัมผัสต่อคุณลักษณะต่าง ๆ ของผลิตภัณฑ์อาหารขบเคี้ยวที่มีข้าวเหนียวบด ข้าวโพดบด และข้าวเจ้าบดในระดับสูงและต่ำ 47

ตารางที่ หน้า

12. อัตราการพองตัวของอาหารขบเคี้ยวเมื่อเติมโปรตีนปลาสกัดและฟักทองแห้งที่ระดับต่างๆ 50
13. คะแนนเฉลี่ยจากการทดสอบการยอมรับทางประสาทสัมผัสต่อคุณลักษณะต่างๆของผลิตภัณฑ์อาหารขบเคี้ยวที่เติมโปรตีนปลาสกัดและฟักทองแห้งระดับต่างๆ 51
14. คะแนนเฉลี่ยจาการทดสอบคุณภาพทางประสาทสัมผัสของอาหารขบเคี้ยวเสริมโปรตีนปลาสกัด 58
15. องค์ประกอบทางเคมีของอาหารขบเคี้ยวจากสูตรพื้นฐานและสูตรเสริมโปรตีนปลาสกัด 60
16. ปริมาณกรดอะมิโน(มิลลิกรัมต่อ 1 กรัมโปรตีน)ของโปรตีนปลาสกัด อาหารขบเคี้ยวจากถั่วเขียว สูตรพื้นฐาน สูตรเสริมโปรตีนปลาสกัด และมาตรฐานของ FAO/WHO 62
17. ปริมาณวิตามินของอาหารขบเคี้ยวสูตรพื้นฐาน และสูตรเสริมโปรตีนปลาสกัด 64
18. ข้อมูลทางประชากรศาสตร์และทัศนคติต่อการบริโภคอาหารขบเคี้ยวของผู้ตอบแบบสอบถามในอำเภอหาดใหญ่ จังหวัดสงขลา จำนวน 100 คน 77
19. คะแนนความชอบเฉลี่ยของผู้บริโภคแยกตามเพศและอายุ 79
20. ค่าสัมประสิทธ์สหสัมพันธ์ของค่าคะแนนความชอบในปัจจัยคุณภาพอาหารขบเคี้ยวเสริมโปรตีนปลาสกัด ของผู้บริโภคในอำเภอหาดใหญ่ จังหวัดสงขลา จำนวน 100 คน 84

ตารางที่ หน้า

21. ราคาวัตถุดิบที่ใช้ในการผลิตผลิตภัณฑ์อาหารขบเคี้ยว เสริมโปรตีนปลาสกัด 86

รายการตารางภาคผนวก

ตารางภาคผนวกที่ หน้า

1. ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนการทดสอบทางกายภาพของ ของผลิตภัณฑ์อาหารขบเคี้ยวที่ผลิตด้วยส่วนผสมของธัญพืช จากการวางแผนแบบมิกซ์เจอร์ 117
2. ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนการทดสอบทางประสาทสัมผัส ของผลิตภัณฑ์อาหารขบเคี้ยวที่ผลิตด้วยส่วนผสมของธัญพืช จากการวางแผนแบบมิกซ์เจอร์ 118
3. ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนการทดสอบทางกายภาพของ ของผลิตภัณฑ์อาหารขบเคี้ยวที่เติมโปรตีนปลาสกัดและฟักทอง แห้งระดับต่าง ๆ 120
4. ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนการทดสอบการยอมรับทาง ประสาทสัมผัสต่อปัจจัยคุณภาพต่าง ๆ ของผลิตภัณฑ์อาหาร ขบเคี้ยวที่เติมโปรตีนปลาสกัดและฟักทองแห้งระดับต่าง ๆ 121
5. ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนค่าปริมาณความชื้น Water activity และค่าทีบีเอ ผลิตภัณฑ์อาหารขบเคี้ยวเสริมโปรตีนปลาสกัด เก็บรักษาในถุงเมททัลไลซ์ บรรจุน้ำหนัก 30 และ 300 กรัม ตั้งแต่สัปดาห์ที่ 0 ถึง สัปดาห์ที่ 8 124
6. ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนผลการทดสอบคุณภาพทาง ประสาทสัมผัสผลิตภัณฑ์ของอาหารขบเคี้ยวเสริมโปรตีนปลาสกัด เก็บรักษาในถุงเมททัลไลซ์ บรรจุน้ำหนัก 30 และ 300 กรัม ตั้งแต่สัปดาห์ที่ 0 ถึง สัปดาห์ที่ 8 127

ตารางภาคผนวกที่ หน้า

7. การเปลี่ยนแปลงปริมาณความชื้น ของผลิตภัณฑ์อาหารขบเคี้ยว เสริมโปรตีนปลาสกัดเก็บรักษาในถุงเมททัลไลซ์ บรรจุน้ำหนัก 30 และ 300 กรัม ตั้งแต่สัปดาห์ที่ 0 ถึง สัปดาห์ที่ 8 129
8. การเปลี่ยนแปลงค่า Water activity ของผลิตภัณฑ์อาหารขบเคี้ยว เสริมโปรตีนปลาสกัดเก็บรักษาในถุงเมททัลไลซ์ บรรจุน้ำหนัก 30 และ 300 กรัม ตั้งแต่สัปดาห์ที่ 0 ถึง สัปดาห์ที่ 8 130
9. การเปลี่ยนแปลงค่าทีบีเอของผลิตภัณฑ์อาหารขบเคี้ยว เสริมโปรตีนปลาสกัดเก็บรักษาในถุงเมททัลไลซ์ บรรจุน้ำหนัก 30 และ 300 กรัม ตั้งแต่สัปดาห์ที่ 0 ถึง สัปดาห์ที่ 8 131
10. การเปลี่ยนแปลงคะแนนเฉลี่ยความกรอบของผลิตภัณฑ์อาหาร ขบเคี้ยวเสริมโปรตีนปลาสกัดเก็บรักษาในถุงเมททัลไลซ์ บรรจุน้ำหนัก 30 และ 300 กรัม ตั้งแต่สัปดาห์ที่ 0 ถึง สัปดาห์ที่ 8 132
11. การเปลี่ยนแปลงคะแนนเฉลี่ยกลิ่นคาวปลาของผลิตภัณฑ์ อาหารขบเคี้ยวเสริมโปรตีนปลาสกัดเก็บรักษาในถุงเมททัลไลซ์ บรรจุน้ำหนัก 30 และ 300 กรัม ตั้งแต่สัปดาห์ที่ 0 ถึง สัปดาห์ที่ 8 132
12. การเปลี่ยนแปลงคะแนนเฉลี่ยสีของผลิตภัณฑ์อาหารขบเคี้ยว เสริมโปรตีนปลาสกัดเก็บรักษาในถุงเมททัลไลซ์ บรรจุน้ำหนัก 30 และ 300 กรัม ตั้งแต่สัปดาห์ที่ 0 ถึง สัปดาห์ที่ 8 134
13. การเปลี่ยนแปลงคะแนนเฉลี่ยการยอมรับรวมของผลิตภัณฑ์ อาหารขบเคี้ยวเสริมโปรตีนเก็บรักษาในถุงเมททัลไลซ์ บรรจุน้ำหนัก 30 และ 300 กรัม ตั้งแต่สัปดาห์ที่ 0 ถึง สัปดาห์ที่ 8 135

รายการภาพ

ภาพที่ หน้า

1. เครื่องเอ็กซทรูเดอร์ 27
2. สกรู 28
3. ท่อล้อมสกรู 28
4. หน้าแปลน (Die) 29
5. ท่อสวมหน้าแปลน 29
6. กรรมวิธีการผลิตโปรตีนปลาสกัด 30
7. การวางแผนการทดลองแบบมิกเจอร์ 32
8. กรรมวิธีการผลิตอาหารขบเคี้ยว 34
9. ลักษณะปรากฏของโปรตีนปลาสกัดที่ผลิตจากหัวปลาทูน่าพันธุ์โอแถบ 39
10. ลักษณะปรากฏของผลิตภัณฑ์อาหารขบเคี้ยวเสริมโปรตีนปลาสกัด 57
11. การเปลี่ยนแปลงปริมาณความชื้น ของผลิตภัณฑ์อาหารขบเคี้ยว เสริมโปรตีนปลาสกัดเก็บรักษาในถุงเมททัลไลซ์ บรรจุน้ำหนัก 30 และ 300 กรัม ตั้งแต่สัปดาห์ที่ 0 ถึง สัปดาห์ที่ 8 66
12. การเปลี่ยนแปลงค่า Water activity ของผลิตภัณฑ์อาหารขบเคี้ยว เสริมโปรตีนปลาสกัดเก็บรักษาในถุงเมททัลไลซ์ บรรจุน้ำหนัก 30 และ 300 กรัม ตั้งแต่สัปดาห์ที่ 0 ถึง สัปดาห์ที่ 8 67
13. การเปลี่ยนแปลงค่าทีบีเอของผลิตภัณฑ์อาหารขบเคี้ยว เสริมโปรตีนปลาสกัดเก็บรักษาในถุงเมททัลไลซ์ บรรจุน้ำหนัก 30 และ 300 กรัม ตั้งแต่สัปดาห์ที่ 0 ถึง สัปดาห์ที่ 8 68
14. การเปลี่ยนแปลงคะแนนเฉลี่ยความกรอบของผลิตภัณฑ์อาหารขบเคี้ยว ขบเคี้ยวเสริมโปรตีนปลาสกัดเก็บรักษาในถุงเมททัลไลซ์ บรรจุน้ำหนัก 30 และ 300 กรัม ตั้งแต่สัปดาห์ที่ 0 ถึง สัปดาห์ที่ 8 70

ภาพที่ หน้า

15.การเปลี่ยนแปลงคะแนนเฉลี่ยกลิ่นคาวปลาของผลิตภัณฑ์ อาหารขบเคี้ยวเสริมโปรตีนปลาสกัดเก็บรักษาในถุงเมททัลไลซ์ บรรจุน้ำหนัก 30 และ 300 กรัม ตั้งแต่สัปดาห์ที่ 0 ถึง สัปดาห์ที่ 8 72

16. การเปลี่ยนแปลงคะแนนเฉลี่ยสีของผลิตภัณฑ์อาหารขบเคี้ยว เสริมโปรตีนปลาสกัดเก็บรักษาในถุงเมททัลไลซ์ บรรจุน้ำหนัก 30 และ 300 กรัม ตั้งแต่สัปดาห์ที่ 0 ถึง สัปดาห์ที่ 8 73

17. การเปลี่ยนแปลงคะแนนเฉลี่ยการยอมรับรวมของผลิตภัณฑ์ อาหารขบเคี้ยวเสริมโปรตีนปลาสกัดเก็บรักษาในถุงเมททัลไลซ์ บรรจุน้ำหนัก 30 และ 300 กรัม ตั้งแต่สัปดาห์ที่ 0 ถึง สัปดาห์ที่ 8 75

18. ระดับการยอมรับของผู้บริโภคต่อลักษณะปรากฏและสีของ อาหารขบเคี้ยวเสริมโปรตีนปลาสกัด 80

19. ระดับการยอมรับของผู้บริโภคต่อความกรอบและรสชาติรวม ของอาหารขบเคี้ยวเสริมโปรตีนปลาสกัด 81

20. ระดับการยอมรับของผู้บริโภคต่อการยอมรับรวมของอาหาร ขบเคี้ยวเสริมโปรตีนปลาสกัด 82

21. การตัดสินใจซื้อหากมีผลิตภัณฑ์วางขายในท้องตลาด 85

บทที่ 1

บทนำ

บทนำต้นเรื่อง

อุตสาหกรรมด้านอาหารขบเคี้ยวมีการเจริญเติบโตอย่างรวดเร็ว แนวทางการตลาดกว้างขวางหลากหลาย และมีการขยายตัวเพิ่มขึ้น Tettweile (1991) รายงานว่าในปี ค.ศ. 1979 -1988 ตลาดอาหารขบเคี้ยวในประเทศสหรัฐอเมริกาและยุโรปขยายตัวขึ้นร้อยละ 88 และ 80 คิดเป็นมูลค่า 10 และ 5.3 พันล้านเหรียญสหรัฐ ตามลำดับ ในปี ค.ศ. 1988 ตลาดอาหารว่างในญี่ปุ่นมีมูลค่า 3.5 พันล้านเหรียญสหรัฐ สำหรับประเทศไทยตลาดอาหารขบเคี้ยวมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นทุกๆปี มีการพัฒนาอาหารขบเคี้ยวโดยการผลิตอาหารขบเคี้ยวด้วยเครื่องเอ็กซทรูเดอร์ทำให้รูปแบบ เนื้อสัมผัส รสชาติของอาหารขบเคี้ยวหลากหลายมากขึ้น และมีการพัฒนาภาชนะบรรจุให้ดูสะอาด สวยงามและทันสมัย เป็นที่ดึงดูดใจของผู้บริโภค ในปี พ.ศ. 2538 บริษัทดีมาร์ จำกัด ได้สำรวจตลาดอาหารขบเคี้ยวของเมืองไทย พบว่าตลาดอาหารขบเคี้ยวมีมูลค่าถึง 5,820 ล้านบาท มีอัตราการเจริญร้อยละ 25 ต่อปี ซึ่งแบ่งออกเป็น 7 กลุ่มดังนี้ ขนมกรอบมีสัดส่วนร้อยละ 40 มันฝรั่งทอดกรอบร้อยละ 15 ถั่วร้อยละ 20 ข้าวเกรียบกุ้งร้อยละ 13 ปลาเส้นร้อยละ 5 ปลาหมึกร้อยละ 4 และข้าวโพดคั่วร้อยละ 3 โดยมีผู้ประกอบการรายใหญ่ๆ ประมาณ 7 – 10 ราย จากทั้งหมด 60 – 70 ราย (อภิรักษ์ โกษะโยธิ ,2539) อย่างไรก็ตามจากสถิติการนำเข้าอาหารสำเร็จรูปที่ทำจากธัญพืชมีปริมาณสูง และมูลค่าของผลิตภัณฑ์เพิ่มขึ้นทุกๆ ปี ดังแสดงในตารางที่ 1 ดังนั้นจึงควรมีการพัฒนาอาหารขบเคี้ยวเพิ่มขึ้น เพื่อเพิ่มคุณภาพ และความหลากหลาย สนองตอบต่อความต้องการของผู้บริโภคซึ่งมีปริมาณเพิ่มขึ้นทุกๆปี การเพิ่มคุณค่าทางโภชนาการของอาหารเป็นแนวทาง

หนึ่งที่จะปรับปรุงคุณภาพของอาหารขบเคี้ยว เนื่องจากอาหารว่างประเภทขบเคี้ยวส่วนใหญ่ใช้แป้งเป็นวัตถุดิบหลักในการผลิต ดังนั้นจึงมีส่วนประกอบของคาร์โบไฮเดรตและไขมันเป็นส่วนใหญ่ ขาดคุณค่าทางอาหารอื่น ๆ โดยเฉพาะโปรตีน การผลิตอาหารขบเคี้ยวให้มีคุณค่าทางโภชนาการ มีลักษณะเนื้อสัมผัสที่ดี ราคาพอประมาณ จะเป็นที่ต้องการของตลาดเพราะปัจจุบันลูกค้าหรือผู้บริโภคนอกจากกลุ่มวัยเด็กแล้วกลุ่มวัยวัยรุ่นหรือวัยทำงานก็นิยมรับประทานอาหารขบเคี้ยวแทนอาหารมื้อเช้าหรือมื้อเย็นเพราะสะดวกและสามารถรับประทานได้ตลอดเวลาไม่ว่าจะทำงาน หรืออยู่ในเวลาเดินทาง (ประชา บุญญศิริกูล ,2537)

ดังนั้นโครงการวิจัยนี้จึงมุ่งเน้นที่จะศึกษาการพัฒนาสูตรในการผลิตอาหารขบเคี้ยวจากแป้งเสริมโปรตีนสกัดจากวัสดุเศษเหลือปลา เพื่อเพิ่มคุณค่าทางโภชนาการของอาหารขบเคี้ยว

ตารางที่ 1 สถิติการนำเข้าอาหารสำเร็จรูปซึ่งทำจากธัญพืชหรือผลิตภัณฑ์ธัญพืชที่ได้จากการทำให้พองหรือฟู และผลิตภัณฑ์ที่คล้ายกัน ในช่วงปี พ.ศ. 2527 – 2533

ปี	ปริมาณ(กิโลกรัม)	มูลค่า(บาท)
2527	57,246	4,054,201
2528	55,935	5,054,201
2529	81,207	6,763,986
2530	82,708	7,506,936
2531	161,090	15,473,115
2532	305,769	28,953,750
2533	507,925	49,279,377

ที่มา : ดัดแปลงจากกรมศุลกากร(2534)

ตรวจเอกสาร

1 . อาหารขบเคี้ยว

อาหารว่างหรืออาหารขบเคี้ยว (snack food) หมายถึงผลิตภัณฑ์อาหารชนิดหนึ่งที่บริโภคได้ง่าย ไม่ได้บริโภคเป็นอาหารหลัก มีขนาดเล็ก สามารถรับประทานได้ทันทีหรือ อาจจะมีการปรุงแต่งเล็กน้อยก่อนการบริโภค อาจอยู่ในรูปผลิตภัณฑ์ร้อนหรือเย็น ของแข็งหรือของเหลว โดยปกติมักบริโภคในช่วงพักผ่อนหย่อนใจและในช่วงการเล่นกีฬา (Abustudo 1983 ; Tettweil ,1991) ชนิดและรูปแบบของอาหารขบเคี้ยวมีหลากหลาย Harper (1981) ได้แบ่งอาหารขบเคี้ยวออกเป็น 3 ยุค ลำดับก่อนหลังของการแพร่หลายดังนี้คือ อาหารขบเคี้ยวยุคแรก (first generation snack) ที่ผลิตและนิยม ได้แก่ มันฝรั่งทอด กล้วยฉาบ กล้วยทอด ข้าวโพดคั่ว ถั่วทอด และขนมปังกรอบแข็ง อาหารขบเคี้ยวยุคสอง (second generation snack) หมายถึงอาหารขบเคี้ยวที่ได้จากการป้อนวัตถุส่วนผสมเข้าไปในกระบวนการอัดพองทำให้ชื้นสุก และอัดให้พองเป็นรูปต่างๆ ตามรูเปิด แล้วอบให้แห้ง กรอบ แล้วนำมาปรุงแต่งกลิ่นรส ผลิตภัณฑ์ประเภทนี้ที่มีผลิตและจำหน่ายในเมืองไทย ได้แก่ กรอบกรอบเกษตร ผลิตภัณฑ์ประเภทพองกรอบยี่ห้อ คัมคัม กาก้า ซีสซ่าบอล ฮูเร่ ซีก้า ทวิสตี้ และคอร์นพัพ เป็นต้น และอาหารขบเคี้ยวยุคที่ 3 (third generation snack) เป็นอาหารขบเคี้ยวที่ผลิตโดยกระบวนการที่อัดให้ออกมาเป็นรูปทรงต่างๆเป็นประเภทที่ไม่ได้สุกพองหรือขยายตัวทันทีที่ออกจากเครื่องอัดพอง แต่มีลักษณะมันวาวใสเลื่อมและมีความชื้นค่อนข้างสูงเมื่ออัดผ่านรูเปิดของหน้าแปลนออกมา จึงต้องนำไปอบไล่ความชื้นทำให้ความชื้นลดลงเหลือต่ำกว่า หรือเท่ากับร้อยละ 12 เพื่อเก็บผลิตภัณฑ์ได้นานขึ้น แล้วก็สามารถนำไปทำให้สุกพองด้วยการทอดในน้ำมันแล้วเคลือบกลิ่นรส ผลิตภัณฑ์ลักษณะนี้ที่ผลิตและจำหน่ายในประเทศไทย ได้แก่ ยี่ห้อแพคกี้ ปาปริก้า โปเต้ คอกเทล คอนเน่ ไมโคร เป็นต้น

2 . แป้งที่ใช้เป็นวัตถุดิบหลักในการผลิตอาหารขบเคี้ยว

อาหารขบเคี้ยวส่วนใหญ่ทำจากวัตถุดิบที่มีส่วนประกอบของแป้งร้อยละ 60-70 และเป็นแป้งที่ได้จากธัญพืชและพืชหัวต่างๆได้แก่ ข้าวสาลี ข้าวไรน์ ข้าว เจ้า แป้งข้าวโพดและแป้งข้าวฟ่างเป็นต้น แป้งเหล่านี้ประกอบด้วยองค์ประกอบหลัก 2 ชนิดคือ อะไมโลส (amylose) และอะไมโลเพคติน (amylopectin) แป้งแต่ละชนิดจะมีสัดส่วนของอะไมโลส และอะไมโลเพคตินแตกต่างกันไป อัตราส่วนของอะไมโลสและอะไมโลเพคตินจะมีอิทธิพลต่อคุณลักษณะเนื้อสัมผัสของผลิตภัณฑ์มาก กล่าวคืออะไมโลเพคตินจะช่วยในการพองตัว ทำให้ความหนาแน่นต่ำ เปราะ แตกหักง่าย ในทางตรงกันข้ามถ้ามีอะไมโลสมากจะลดการ พอง ปริมาตรจำเพาะลดลง และมีลักษณะเนื้อสัมผัสแข็ง ผลิตภัณฑ์อาหารว่างควรมีอะไมโลสร้อยละ 5-20 (Charles,1969) ควรมีค่าความหนาแน่นปรากฏในช่วง 0.05-0.07 กรัมต่อลูกบาศก์เซนติเมตร อัตราการพองตัวในช่วง 3.8 - 4.2 และแรงตัดในช่วง 0.6 - 1.2 กรัมต่อลูกบาศก์เซนติเมตร (ประชา บุญญสิริกูล และคณะ , 2539)

2.1 แป้งข้าวโพด

ข้าวโพดประกอบด้วยแป้งร้อยละ 72 (Maiz , 1970) แป้งข้าวโพดทั่วไปมีปริมาณอะไมโลสร้อยละ 25 (Chinanaswamy and Hanna , 1988) ที่เหลือเป็นปริมาณอะไมโลเพคตินซึ่งดูดน้ำได้อย่างรวดเร็ว ทำให้ได้ผลิตภัณฑ์ที่มีการพองตัวส่วนใหญ่ขนมอบกรอบหรืออาหารขบเคี้ยวที่ทำโดยกระบวนการเอ็กซทรูชันนิยมใช้แป้งข้าวโพดเป็นองค์ประกอบหลัก

2.2 แป้งข้าวเจ้า

แป้งข้าวเจ้าสามารถนำมาใช้เป็นส่วนประกอบในการผลิตผลิตภัณฑ์อาหารว่างประเภทพองตัว โดยผลิตภัณฑ์จากแป้งข้าวเจ้าจะมีลักษณะกรอบ และร่วนกว่าผลิตภัณฑ์อาหารว่างที่ได้จากแป้งข้าวโพด และยังมีกลิ่นรส สี และความคงตัวในการเก็บรักษาที่ดีกว่า (Matz , 1984) ประกอบด้วยอะไมโลสและอะไมโลเพคตินร้อยละ 13.78 และ 77.42 ของน้ำหนักแห้ง ตามลำดับ (Jomduang and Mohamed , 1994)

2.3 แป้งข้าวเหนียว

แป้งข้าวเหนียวมีอะไมโลเพคตินสูงถึงประมาณร้อยละ 89.53 ของน้ำหนักแห้ง (Jomdung and Mohamed , 1994) เมื่อนำมาผลิตอาหารว่างประเภทพองตัว จะได้ผลิตภัณฑ์ที่พองตัวสูง ขนาดใหญ่ และมีลักษณะกรอบร่วน

2.4 ฟักทอง

ฟักทอง เป็นพืชผักที่มีสีเหลือง มีสารแคโรทีนซึ่งสามารถเปลี่ยนเป็นวิตามินเอได้ในร่างกาย จึงเป็นพืชผักที่มีประโยชน์ นิยมนำมารับประทาน เป็นอาหารหวาน คาว หรือ เติมเพื่อเสริมคุณค่าทางอาหาร เช่น ข้าวเกรียบ เป็นต้น

สมยศ จรรยาวิลาส และคณะ (2533) พัฒนากรรมวิธีการผลิตผลิตภัณฑ์อาหารว่างจากข้าวโพด โดยผสมแป้งข้าวโพดกับแป้งมันสำปะหลังในสัดส่วนต่างๆ พบว่าการผสมแป้งมันสำปะหลังในปริมาณร้อยละ 15 จะได้ผลิตภัณฑ์ที่มีความกรอบมากที่สุด ศิราพร วิเศษสุรการ และคณะ (2534) ศึกษาการใช้ปลายข้าวเจ้าในการพัฒนาผลิตภัณฑ์อาหารเช้าด้วยเครื่องเอ็กซทรูเดอร์ (Brabender model 8 23500) พบว่า การทดแทนบางส่วนของปลายข้าวเจ้าด้วยแป้งข้าวโพด ทำให้อัตราการพองตัวสูงขึ้น และอัตราส่วนของแป้งปลายข้าวเจ้าต่อแป้งข้าวโพดที่ได้รับคะแนนการยอมรับจากผู้บริโภคสูงสุดคือ 70:30 โดยมีอัตราการพองตัวเท่ากับ 3.36 เป็นค่าการพองตัวสูงกว่าสูตรที่ไม่มีข้าวโพดซึ่งมีอัตราการพองตัวเท่ากับ 2.7

3 . โปรตีนปลาสกัด

โปรตีนปลาสกัดเป็นผลิตภัณฑ์ที่สกัดได้จากปลา และวัสดุเศษเหลือปลาโดยอาศัยคุณสมบัติการละลายของโปรตีน ในน้ำที่มีค่าพีเอชที่เหมาะสมหรือสารละลายเกลือที่มีความเข้มข้นที่เหมาะสม แยกส่วนที่ไม่ละลาย ได้แก่ กระดูก เกล็ด หนัง และพังผืด เป็นต้น ออกจากสารละลายโปรตีนโดยการหมุนเหวี่ยงหรือการกรอง นำสารละลายมาปรับสภาวะให้เกิดการตกตะกอนของโปรตีน และกำจัดส่วนที่ไม่ต้องการ ได้แก่ กลิ่น สี ไขมัน เกลือ และ ตัวทำละลาย เป็นต้น (Meinke, *et al.*, 1972)

แล้วทำแห้งด้วยวิธีที่เหมาะสม

3.1 การสกัดและตกตะกอนโปรตีน

Tanaka และคณะ (1983) ศึกษาสภาวะที่เหมาะสมในการผลิตโปรตีนรายงานว่าสามารถสกัดโปรตีนจากหัวปลาซาร์ดีนโดยใช้สารละลายโซเดียมคลอไรด์ที่ความเข้มข้นต่ำได้สูงกว่าที่ความเข้มข้นสูงและพบว่าการสกัดด้วยสารละลายสกัดที่พีเอช 10.5 โดยไม่เติมสารละลายโซเดียมคลอไรด์ จะสามารถสกัดได้ปริมาณโปรตีนสกัดสูงสุด ขณะที่อุณหภูมิ 22 องศาเซลเซียสเป็นอุณหภูมิการสกัดที่ดีที่สุด และการตกตะกอนโปรตีนโดยการปรับพีเอชของสารละลายให้ใกล้เคียงพีเอช 5 ซึ่งเป็นพีเอชที่มีโปรตีนมีความสามารถในการละลายในสารสกัดได้ต่ำสุด ส่วน จิตรวดี ไตรเรกพันธ์ (2540) ศึกษาสภาวะที่เหมาะสมในการผลิตโปรตีนปลาสกัดจากหัวปลาทูน่า พบว่าสภาวะที่เหมาะสมในการสกัดโปรตีนคือ ใช้สารละลายโพแทสเซียมคลอไรด์ 0.2 โมลาร์เป็นสารสกัด อัตราส่วนของน้ำหนักวัตถุดิบต่อปริมาตรของสารละลายสกัดเท่ากับ 1 : 10 พีเอช 13 อุณหภูมิ 50 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 30 นาที และเมื่อตกตะกอนของสารละลายโปรตีนสกัดที่พีเอช 2.0 ถึง 6.0 พบว่า ที่พีเอช 4.5 สามารถตกตะกอน ได้สูงสุด

3.2 คุณภาพของโปรตีนปลาสกัด

คุณภาพของโปรตีนปลาสกัดขึ้นอยู่กับคุณภาพวัตถุดิบ สภาวะการสกัด วิธีการตกตะกอน การกำจัดกลิ่น สี และไขมัน และการทำแห้ง Hall และ Ahmad (1992) รายงานว่าคุณภาพโปรตีนปลาสกัดที่ดี ต้องมีปริมาณโปรตีนประมาณร้อยละ 90 ปราศจากไขมัน ความชื้นไม่เกินร้อยละ 8 และปริมาณเถ้าไม่เกินร้อยละ 4 Hoyle และ Merrit (1994) ผลิตโปรตีนไฮโดรไลเสตจากปลาแฮริ่ง ได้ผลิตภัณฑ์ประกอบด้วยโปรตีน ความชื้น ไขมัน และเถ้า ร้อยละ 87.2 , 4.7 , 4.0 และ 12.5 ตามลำดับ และมีสัดส่วนของกรดอะมิโนต่อกรดอะมิโนที่ไม่จำเป็นมากกว่าปลาสดและโปรตีนปลาเข้มข้น ส่วน Mackie (1982) รายงานว่า โปรตีนปลาไฮโดรไลเสตจากเครื่องในและเนื้อปลาสดมีปริมาณกรดอะมิโนที่จำเป็นใกล้เคียงกันกล่าวคือ โปรตีนปลาไฮโดรไลเสตจากเครื่องในปลาคอดมี ไอโซลูซีน ลูซีน ไลซีน เมทิโอนีนและ ซิสติน ฟินิลอะลานีนและ

ทริปโตเฟน ทรีโอนีน และ วาลีน ปริมาณร้อยละ 2.86 , 6.27 , 7.26 , 2.90 , 3 .25 , 3.89 และ 3.55 ของน้ำหนักโปรตีน และโปรตีนปลาไฮโดรไลเสตจากเนื้อปลาคอดมีกรดอะมิโนที่จำเป็นดังกล่าวปริมาณร้อยละ 3.20 ,7.30 , 10.21 , 2.88 , 3.49 และ 3.75 ของน้ำหนักโปรตีน ตามลำดับ จิตรวดี ไตรเรกพันธ์ (2540) ศึกษาชนิดและปริมาณกรดอะมิโนในโปรตีนปลาสกัดจากหัวและเครื่องในของปลาซาร์ดีนและปลาทูน่า รายงานว่าโปรตีนปลาสกัดจากหัวปลาซาร์ดีนมีอัตราส่วนกรดอะมิโนที่จำเป็นต่อกรดอะมิโนทั้งหมดสูงสุด ขณะที่โปรตีนปลาสกัดจากหัวปลาทูน่ามีค่าต่ำสุด แต่มีปริมาณกรดอะมิโนรวมสูง และใกล้เคียงกับโปรตีนปลาสกัดจากหัวปลาซาร์ดีน และได้เปรียบเทียบปริมาณกรดอะมิโนที่จำเป็นแต่ละชนิด กับมาตรฐานของ FAO (Pomeranze,1991) โดยรายงานว่าโปรตีนปลาสกัดจากหัวปลาซาร์ดีน และเครื่องในของปลาทูน่ามีปริมาณกรดอะมิโนที่จำเป็นยกเว้นเมธไธโอนีน และไอโซลูซีนสูง กว่าข้อกำหนด และมีค่าใกล้เคียงกับโปรตีนสกัดจากถั่วเหลืองในงานวิจัยของ Woft และ Cowan (1986) และมีปริมาณกรดอะมิโนแต่ละชนิดสูงกว่าของโปรตีนสกัดจากดอกคำฝอย ในงานวิจัยของ Parades - Lopez และ Ordorica-Falomir (1986) สำหรับคุณภาพทางกายภาพของโปรตีนปลาสกัด ได้แก่ การละลาย และคุณภาพทางประสาทสัมผัสได้แก่ สี ความขมและกลิ่นคาวปลา มีความสำคัญต่อการยอมรับของโปรตีนปลาสกัด และการนำผลิตภัณฑ์ไปใช้ประโยชน์ด้วย

3.3 การใช้ประโยชน์จากโปรตีนปลาสกัดในอาหารขบเคี้ยว

ในปี ค.ศ. 1960 มีการวิจัยการผลิตโปรตีนปลาสกัดอย่างกว้างขวาง ผลิตภัณฑ์ที่ได้นิยมใช้เป็นอาหารสัตว์ (Keyes and Meinke ,1966) Bertullo และ Pereira (1970) ผลิตโปรตีนไฮโดไลเสตจากปลาเพื่อเป็นอาหารสำหรับมนุษย์เป็นครั้งแรก และหลังจากนั้นมีการนำโปรตีนปลาสกัด และโปรตีนไฮโดรไลเสตจากปลามาใช้ประโยชน์ในรูปแบบต่างๆ เช่นใช้แทนนมหรือเลียนแบบนม ซุป เครื่องดื่ม และเสริมในอาหารเด็กอ่อน เป็นต้น มีการนำโปรตีนปลาสกัดเป็นสารเสริมในอาหารที่มีคุณค่าทางโภชนาการต่ำ เช่น Yu และ Tan (1990) ศึกษาการผลิตอาหารขบเคี้ยวผสมโปรตีน

ไฮโดรไลเสตจากปลาหมอเทศ (*Oreochromis mossambicus*) ซึ่งย่อยด้วยเอนไซม์อัลคาเลส ในอัตราส่วนเอนไซม์ต่อวัตถุดิบซึ่งเตรียมในรูปสารละลาย (อัตราส่วนของวัตถุดิบต่อน้ำเท่ากับ 1 : 1) เท่ากับ 1 : 50 ที่พีเอช 8.0 ที่อุณหภูมิ 90 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 20 นาที ทำแห้งสารละลายที่ได้ด้วยวิธีทำแห้งแบบพ่นฝอย มีกรรมวิธีการผลิตอาหารขบเคี้ยวคล้ายการทำข้าวเกรียบดังนี้คือนำสูตรผสมของแป้งมันสำปะหลังกับโปรตีนไฮโดรไลเสต มานวดและอบด้วยไอน้ำ นาน 60-90 นาที แล้วเก็บไว้ที่อุณหภูมิห้องเย็น 1 คืน นำมาหั่นเป็นชิ้นบาง ๆ ทำให้แห้งแล้วนำมาทอด เมื่อเพิ่มปริมาณโปรตีนในสูตรผสมร้อยละ 2.5 - 25 พบว่า โปรตีนร้อยละ 10 จะให้การพองตัวสูงสุด โดยมีอัตราส่วนการขยายร้อยละ 113.9 เมื่อนำผลิตภัณฑ์ที่ได้เปรียบเทียบกับผลิตภัณฑ์อาหารขบเคี้ยวที่เติมเนื้อปลาหมอเทศ (*Oreochromis Mossambicus*) โดยการทดสอบคุณภาพทางประสาทสัมผัสในด้านลักษณะปรากฏ ความกรอบ และสี พบว่าการยอมรับจากผู้ทดสอบชิมต่อผลิตภัณฑ์ทั้งสามไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิตินอกจากนี้ได้ตั้งข้อสังเกตว่าปัญหาที่ก่อให้เกิดการยอมรับผลิตภัณฑ์น้อยเนื่องจากโปรตีนปลาสกัด มีรสขมและมีกลิ่นคาว

4. อิทธิพลของน้ำต่อคุณภาพของผลิตภัณฑ์อาหารขบเคี้ยว

ปริมาณน้ำที่ใช้เติมลงไปในส่วนผสมในอาหารขบเคี้ยวนั้นจะมีปริมาณน้อยมากเมื่อเปรียบเทียบกับการเติมลงไปในอาหารอื่นๆ แต่ปริมาณน้ำเพียงเล็กน้อยที่เติมลงไปในการทำผลิตภัณฑ์อาหารขบเคี้ยวมีผลอย่างมากต่อกลิ่นรส ลักษณะปรากฏและเนื้อสัมผัสของผลิตภัณฑ์ (Matz ,1984) เนื่องจากปริมาณน้ำที่ใช้มีผลต่อการแตกตัวของเม็ดแป้งมาก ถ้าใช้น้ำมากเกินไปเม็ดแป้งจะแตกตัวมาก ให้เจลที่เหนียว (Gutcho,1973) ในทางตรงกันข้ามถ้าใช้น้ำน้อยเกินไปแป้งจะพองตัวน้อย Chiang และ Johnson(1977) ศึกษาถึงความสัมพันธ์ระหว่างความชื้นกับอุณหภูมิในระบบการเอ็กซทรูชันได้รายงานว่าที่อุณหภูมิของเครื่องเอ็กซทรูชันต่ำ(อุณหภูมิ 65-80 องศาเซลเซียส)ปริมาณความชื้นจะมีผลต่อการเกิดเจลน้อย แต่จะมีผลต่อการเกิดเจลมากที่อุณหภูมิของเครื่องเอ็กซทรูชันสูง

(อุณหภูมิ 95 -110 องศาเซลเซียส) และเมื่อนำวัตถุดิบที่มีความชื้นค่อนข้างสูง (ปริมาณความชื้นร้อยละ 18 - 22) มาผลิตผลิตภัณฑ์โดยใช้เครื่องเอ็กซทรูเดอร์ที่อุณหภูมิ 88-104 องศาเซลเซียส ผลิตภัณฑ์ที่ได้มีการพองตัวต่ำ ลักษณะเนื้อสัมผัสที่แน่นแข็งและเหนียว แต่เมื่อนำวัตถุดิบที่มีความชื้นต่ำ (ปริมาณความชื้นร้อยละ 10 – 24) ผลิตด้วยเครื่องเอ็กซทรูเดอร์ที่อุณหภูมิ 93 -121 องศาเซลเซียส ได้ผลิตภัณฑ์ที่พองฟู เบา กรอบและนุ่ม ทั้งนี้เมื่อได้รับความร้อน ความชื้นที่เหลืออยู่ในผลิตภัณฑ์อย่างพอเหมาะจะทำให้เกิดความดันไอขึ้นในเนื้ออาหารจึงเกิดการพองตัวมีลักษณะรูพรุนทั่วอาหาร ดังนั้นถ้าความชื้นสูงเกินไปทำให้ไอน้ำที่มีอยู่ในวัตถุดิบไม่สามารถที่จะระเหยออกมาได้หมดในเวลาอันรวดเร็วที่ผลิตภัณฑ์ผ่านพ้นจากหน้าแปลน จึงทำให้น้ำเหลืออยู่ในโครงสร้างของผลิตภัณฑ์ปริมาณมาก การพองตัวไม่สามารถเกิดได้ดี แต่ถ้าความชื้นต่ำเกินไปจะได้ผลิตภัณฑ์ที่มีรอยร้าวที่ผิว (ศิราพร วิเศษสุรการ และคณะ , 2534) ส่วน Chinnaswamy และ Hanna (1988) ได้ศึกษาผลของความชื้นต่อการพองตัวของผลิตภัณฑ์จากแป้งข้าวโพด พบว่าอัตราการพองตัวของผลิตภัณฑ์จะเพิ่มขึ้นจาก 7.5 เป็น 14.2 เมื่อความชื้นของแป้งลดลงจากร้อยละ 30 เป็นร้อยละ 14 ของน้ำหนักแห้ง และเมื่อลดความชื้นลงไปอีกอัตราการพองตัวของแป้งจะลดลงอย่างรวดเร็ว โดยให้เหตุผลว่าที่ความชื้นต่ำมีผลไปขัดขวางการไหลของแป้งภายในเครื่องเอ็กซทรูเดอร์ทำให้แรงเฉือนเพิ่มขึ้น และเวลาที่วัตถุดิบอยู่ในเครื่องนานขึ้น ซึ่งมีผลทำให้การเกิดเจลเพิ่มขึ้น แต่ถ้าความชื้นต่ำเกินไปจะทำให้เกิดแรงเฉือนและเวลาที่อยู่ในเครื่องมากเกินไป เป็นเหตุให้อุณหภูมิของแป้งสูงขึ้น ในสภาวะเช่นนี้ แป้งจะถูกทำลาย และเกิดเป็นโมเลกุลเล็กๆ ซึ่งทำให้การพองตัวของแป้งลดลง โดยจะเห็นได้จากแป้งที่มีความชื้นร้อยละ 6 เมื่อผ่านกระบวนการเอ็กซทรูชัน ผลิตภัณฑ์ที่ได้จะมีสีเหลืองน้ำตาล ซึ่งเป็นลักษณะของแป้งโมเลกุลเล็ก

5 . กระบวนการเอ็กซทรูชัน

กระบวนการเอ็กซทรูชันเป็นกระบวนการที่รวมหลายกระบวนการมาอยู่ในกระบวนการเดียวกันเช่น กระบวนการผสม การเฉือน การนวด การทำให้สุก และการทำ

ให้แห้ง กระบวนการนี้มีความสามารถในการผลิตสูงภายในระยะเวลาอันสั้นได้ผลิตภัณฑ์ที่มี ความกรอบ เป็นรูพรุน และความชื้นต่ำ โดยอาศัยหลักการที่ว่าส่วนผสมจะเคลื่อนไปตามช่องสกรู ซึ่งระหว่างที่เคลื่อนไปจะได้รับความร้อนภายใต้ความดันสูง มีผลให้โครงสร้างของวัตถุดิบเปลี่ยนไปจากเดิมมีการเรียงตัวใหม่ของโมเลกุล และการเกิดเจล ให้ลักษณะที่เหนียวข้นเป็นเนื้อเดียวกัน (ประชา บุญญสิริกูล , 2537) เมื่อผ่านหน้าแปลนและออกจากเครื่อง ความดันภายนอกต่ำกว่าความดันภายในมากทำให้ผลิตภัณฑ์ที่ได้มีความพองตัว รูปแบบของผลิตภัณฑ์ขึ้นกับลักษณะรูของหน้าแปลน

5.1 ชนิดของเครื่องเอ็กซทรูเดอร์

Rossen และ Miller (1973) จัดแบ่งชนิดเครื่องเอ็กซทรูเดอร์ตามความร้อนที่เกิดขึ้น (Thermodynamically) ได้เป็น 3 ชนิด ดังนี้คือ

5.1.1 autogenous extruder เครื่องเอ็กซทรูเดอร์ชนิดนี้แหล่งความร้อนส่วนใหญ่ได้มาจากพลังงานกลจากการเสียดสีของวัตถุดิบที่มากพอจะทำให้วัตถุดิบนั้นสุกพองได้โดยวัตถุดิบที่ใช้ต้องมีความชื้นต่ำอยู่ในช่วง ร้อยละ 8 - 14 ทั้งนี้ความร้อนที่เกิดขึ้นจากการเสียดสีของวัตถุดิบจะขึ้นกับขนาดและประกอบของวัตถุดิบ นอกจากนี้ลักษณะของสกรูจะมีผลต่อการเปลี่ยนแปลงของอุณหภูมิด้วยเช่นกัน เครื่องมือประเภทนี้จึงมีข้อจำกัดในการใช้งานเพราะไม่สามารถควบคุมอุณหภูมิตามต้องการ เครื่องเอ็กซทรูเดอร์ที่จัดอยู่ในประเภทนี้ได้แก่ คอลเลตเอ็กซทรูเดอร์ (collet extruders)

5.1.2 isothermal extruder เป็นเครื่องเอ็กซทรูเดอร์ประเภทที่มีการควบคุมอุณหภูมิให้คงที่เท่ากันเป็นระยะตลอดความยาวของท่อที่ล้อมสกรู โดยความร้อนจะถูกลดหรือระบายออกผ่านทางช่องผนังสองชั้นของท่อที่ล้อมสกรู เครื่องเอ็กซทรูเดอร์ชนิดได้แก่ forming extruders

5.1.3 polytropic extruder เครื่องเอ็กซทรูเดอร์ชนิดนี้ ได้รับความร้อนทั้งสองทางคือ ความร้อนจากพลังงานกลเนื่องจากการเสียดสี และความร้อนที่ได้มาจาก

แหล่งความร้อนภายนอกที่ส่งผ่านมาทางช่องว่างของผนังท่อล้อมสกรู

5.2 ส่วนประกอบที่สำคัญและหน้าที่ของเครื่องเอ็กซทรูเดอร์(Harper ,1978)

5.2.1 ตัวป้อน (feed hopper) มีลักษณะเป็นกรวยขนาดพอที่จะรองรับวัตถุดิบ และ ป้อนให้กับส่วนที่เป็น feed section ของสกรู อาจประกอบด้วยภาชนะที่สามารถเติมน้ำ และ ไอน้ำ เพื่อให้ความร้อนหรือปรับสภาพของวัตถุดิบ และมีเครื่องกวนเพื่อป้องกันการเกาะติดเป็นก้อน

5.2.2 สกรู (extrusion screw) แบ่งเป็น 3 ส่วน แต่ละส่วนมีหน้าที่ดังนี้คือ

5.2.2.1 feed section ทำหน้าที่พาวัตถุดิบเข้าไปในท่อ สกรูส่วนนี้จะมีเกลียวลึก เพื่อสะดวกในการพาวัตถุดิบ

5.2.2.2 compression section ทำหน้าที่เพิ่มพลังงานกลให้กับวัตถุดิบ โดยการเพิ่มแรงบีบและแรงเฉือน เป็นเหตุให้อุณหภูมิสูงขึ้น สกรูส่วนนี้จะมีเกลียวตื้นขึ้น วัตถุดิบจะมีการเปลี่ยนแปลงทั้งทางเคมี และฟิสิกส์ ที่ปลายของส่วนนี้วัตถุดิบจะร้อนจนหลอมเป็นเนื้อเดียวกัน และมีลักษณะคล้ายโด

5.2.2.3 metering section ส่วนนี้จะมีเกลียวตื้นมาก ทำให้เกิดแรงเฉือนสูงสุด ดังนั้นอุณหภูมิของอาหารจึงเพิ่มขึ้นอย่างรวดเร็ว จนถึงจุดสูงสุดก่อนออกจากหน้าแปลน

สกรูของเครื่องเอ็กซทรูเดอร์ แบ่งออกเป็น 3 ชนิดได้แก่ ชนิดสกรูเดี่ยว สกรูคู่ และหลายสกรู (Dziezak ,1989) ชนิดสกรูคู่มีข้อได้เปรียบหลายอย่าง เช่น การเปลี่ยนแปลงส่วนประกอบได้ตามความต้องการมากกว่าทั้งในเรื่องขนาด ชนิดของวัตถุดิบและการควบคุมขบวนการผลิต

5.2.3 ท่อที่ล้อมรอบสกรู และท่อที่หุ้มรอบล้อมท่อที่ล้อมรอบสกรูผนังด้านในของท่อที่ล้อมรอบสกรูต้องทำด้วยวัสดุที่ทนต่อการกัดกร่อนสูง และผนังท่ออาจจะมีร่องเพื่อป้องกันการลื่นไถลของวัตถุดิบ ช่องระหว่างท่อที่ล้อมรอบสกรูกับท่อที่หุ้มรอบล้อมท่อที่ล้อมรอบสกรู จะเป็นที่ไหลวนของน้ำเย็น หรือ ไอน้ำ เป็นต้น เพื่อเพิ่มหรือลดอุณหภูมิของวัตถุดิบ

5.2.4 หน้าแปลน (die) เป็นรูเปิดเล็ก ๆ มีผลต่อลักษณะรูปร่างของผลิตภัณฑ์ วัตถุดิบที่ได้รับความร้อนสูงภายใต้ความดันสูง เมื่อผ่านมายังรูของหน้าแปลนความดันจะลดลงอย่างรวดเร็ว ทำให้น้ำซึ่งผสมอยู่ในวัตถุดิบกลายเป็นไออย่างรวดเร็ว และดันโครงสร้างของวัตถุดิบให้พองตัวขึ้นจนโครงสร้างแตกก็จะปล่อยไอน้ำระเหยออกไป เกิดเป็นรูพรุนขึ้นในผลิตภัณฑ์

5.2.5 ใบมีด ลักษณะเป็นใบมีดบาง ๆ ความเร็วของใบมีดจะเป็นตัวควบคุมขนาดความยาวของผลิตภัณฑ์

5.3 ปัจจัยที่มีผลต่อคุณภาพของอาหารขบเคี้ยวที่ผลิตด้วยกระบวนการเอ็กซทรูชัน

Chinnaswamy และ Hanna (1988) ศึกษาสภาวะการทำงานของเครื่องเอ็กซทรูเดอร์ต่อการพองตัวของแป้งข้าวโพด พบว่า อัตราการพองตัวของแป้งข้าวโพดขึ้นกับอุณหภูมิในท่อที่ล้อมสกรู ความเร็วของสกรู อัตราการป้อนวัตถุดิบ อัตราส่วนความยาวของตัวสกรูต่อเส้นผ่านศูนย์กลาง(L / D) และ ความแรงของแรงเฉือน ทั้งนี้เนื่องจากอัตราการพองตัวของแป้งขึ้นกับปริมาณการเกิดเจล ดังนั้นการเพิ่มขึ้นของอัตราการพองตัวอาจเนื่องจากแป้งมีปริมาณการเกิดเจลสูงที่อุณหภูมินั้น แต่เมื่ออุณหภูมิในท่อสูงเกินระดับหนึ่งโมเลกุลของแป้งอาจถูกทำลายทำให้อัตราการพองตัวลดลง และอัตราการพองตัวของแป้งจะต่ำเมื่อความเร็วของสกรูและอัตราการป้อนของวัตถุดิบมีค่าสูงและต่ำมาก ทั้งนี้อาจเนื่องมาจากระดับของการเกิดเจลของแป้งจะต่ำที่ความเร็วของสกรูและอัตราการป้อนของวัตถุดิบสูง หรือเนื่องมาจากโมเลกุลของแป้งถูกทำลายที่ความเร็วของสกรูและอัตราการป้อนวัตถุดิบต่ำเพราะว่าทั้งอัตราการป้อนวัตถุดิบและความเร็วของสกรูมีผลต่อเวลาที่แป้งอยู่ในเครื่อง มีผลทำให้ปริมาณการเกิดเจลแตกต่างกัน

5.4 ประโยชน์และข้อจำกัดของกระบวนการเอ็กซทรูชัน

กระบวนการเอ็กซทรูชันสามารถเพิ่มความหลากหลายของผลิตภัณฑ์ และสามารถลดการปนเปื้อนของจุลินทรีย์และการยับยั้งปฏิกิริยาของเอนไซม์บางชนิดได้ นอกจากนี้กระบวนการเอ็กซทรูชันสามารถปรับปรุงการย่อยของโปรตีนที่สะสมในพืชในส่วนที่ไม่สามารถย่อยด้วยเอนไซม์โปรติเอส (Phillips and Finley , 1989) Burgess

และ Stanley (1976) รายงานว่าเมื่อนำถั่วเหลืองผ่านกระบวนการเอ็กซทรูชันพบว่าเกิดการแตกตัวของสารประกอบไดซัลไฟด์ และเกิดซัลฟ์ไฮดริลเพิ่มขึ้นส่งผลให้โปรตีนมีลักษณะเนื้อสัมผัสที่ดีขึ้น ขณะที่ Bastos และคณะ (1991) พบว่าคุณสมบัติการ ละลาย และค่า emulsifying capacity ของโปรตีนจากตับ เพิ่มขึ้นเมื่อผ่านกระบวนการเอ็กซทรูชัน ส่วนข้อจำกัดของเครื่องเอ็กซทรูเดอร์ ได้แก่ การสูญเสียคุณค่าทางอาหารของอาหารที่ผ่านกระบวนการเอ็กซทรูชัน โดยขึ้นอยู่กับชนิดของอาหาร ความชื้น และอุณหภูมิ เช่น การใช้อุณหภูมิ 154 องศาเซลเซียสมีการสูญเสียไทอะมีนร้อยละ 5 มีการสูญเสียไรโบฟลาวิน ไพริดอกซิน ไนอะซิน เพียงเล็กน้อย ขณะที่การสูญเสียวิตามินซี และวิตามินเอสูงถึงร้อยละ 50 ขึ้นอยู่กับเวลาในการให้ความดัน (Harper , 1978) การใช้อุณหภูมิสูงและมีน้ำตาลเป็นส่วนผสมทำให้เกิดปฏิกิริยาการเกิดสีน้ำตาล (maillard reaction) และมีการสูญเสียโปรตีน การเติมสารให้กลิ่นรสกับส่วนผสมก่อนทำการเอ็กซทรูชันจะทำให้สารให้กลิ่นรสระเหยเมื่อวัตถุดิบผ่านหน้าแปลนออกมา จึงไม่ได้กลิ่นรสตามต้องการ นอกจากนี้วัตถุดิบบางชนิดไม่สามารถใช้เครื่องเอ็กซทรูเดอร์ในการแปรรูปได้ เนื่องจากจะเกิดการไหม้และการเกาะติดกับผนังท่อของท่อล้อมสกรูแต่ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับชนิดของเครื่องเอ็กซทรูเดอร์

5.5 กรรมวิธีการผลิตขนมอบกรอบด้วยคอลเลตเอ็กซทรูเดอร์

คอลเลตเอ็กซทรูเดอร์ ซึ่งมีลักษณะและการทำงานคล้ายคลึงกับเครื่องเอ็กซทรูเดอร์ที่ใช้ในการทดลองครั้งนี้ มีต้นกำเนิดที่สหรัฐอเมริกาแต่ที่คนไทยนำเข้ามาใช้ครั้งแรกทำมาจากไต้หวัน เป็นเครื่องเอ็กซทรูเดอร์ประเภทที่ทำให้เกิดแรงเฉือนสูง เนื่องจากมีพื้นผิวผนังท่อที่ล้อมสกรูเป็นร่องเกลียวและร่องเกลียวสกรูตื้นซึ่งมีหลายขนาด มีความยาวของตัวสกรูต่อเส้นผ่านศูนย์กลางน้อยประมาณ 3:1(L/D=3:1) ใช้ผลิตผลิตภัณฑ์ที่สุกพองทันที หรือขนมขบเคี้ยวรุ่นที่ 2 กระบวนการผลิตแบ่งออกได้เป็น 5 ขั้นตอนคือ วัตถุดิบ การผสม การอัด การทำแห้ง และการเคลือบวัตถุดิบที่ใช้ได้ดีกับคอลเลตเอ็กซทรูเดอร์ได้แก่ ข้าวโพดบดประกอบด้วยความชื้น โปรตีนและไขมันร้อยละ 10.5 - 13.0 ,6.0 - 8.0 และ 0.5 - 1.5 ตามลำดับ ปริมาณน้ำที่เติมผสมกับวัตถุดิบอยู่ระหว่างร้อยละ 1.0 - 3.5

เพื่อให้ความชื้นของวัตถุดิบก่อนเข้าเครื่องเอ็กซทรูเดอร์ มีค่าร้อยละ 13.0 ± 1.0 หลังจากผ่านกระบวนการเอ็กซทรูชัน ผลิตภัณฑ์ที่ได้จะมีความชื้นอยู่ระหว่างร้อยละ 6 - 9 จึงต้องนำมาอบแห้งที่อุณหภูมิ 120 -150 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 4 -10 นาที ความชื้นของผลิตภัณฑ์หลังอบจะเหลือประมาณร้อยละ 1 – 2 (ประชา บุญญสิริกูล , 2540)

6 . การเพิ่มคุณค่าทางโภชนาการของอาหารขบเคี้ยว

6.1.การเติมโปรตีนในอาหารขบเคี้ยว

อาหารขบเคี้ยวส่วนใหญ่ใช้แป้งเป็นวัตถุดิบหลักในการผลิต ดังนั้นจึงมีส่วนประกอบของคาร์โบไฮเดรตและไขมันเป็นส่วนใหญ่ ยังขาดสารอาหารอื่นโดยเฉพาะโปรตีน ในประเทศไทยการดำเนินงานตามแผนอาหารและโภชนาการในระยะที่ผ่านมาสามารถลดความรุนแรงของปัญหาทุพโภชนาการลงได้ระดับหนึ่ง แต่ปัญหาการขาดโปรตีนและแคลอรี่ยังเป็นปัญหาการขาดสารอาหารในประเทศไทยอยู่ ดังเห็นได้จากรายงานการเฝ้าระวัง และติดตามทางโภชนาการ กรมอนามัย งวดที่ 2 / 2535 (มกราคม 2535 - มีนาคม 2535) มีเด็กขาดสารอาหาร (โปรตีนและแคลอรี่) ระดับ 1 ร้อยละ 15.45 ระดับ 2 ร้อยละ 0.73 ระดับ 3 ร้อยละ 0.0057 (ลือชา วนรัตน์ ,2535) ถึงแม้อาหารขบเคี้ยวไม่ได้เป็นอาหารหลักประจำวัน แต่การที่ผู้บริโภคที่เป็นเด็กรับประทานอาหารขบเคี้ยวจนเป็นนิสัยมีผลทำให้ลดการบริโภคอาหารหลักลง ถ้าอาหารขบเคี้ยวมีคุณภาพต่ำทำให้เกิดปัญหาการขาดสารอาหารได้ Autret (1960) ได้กำหนดอาหารที่รับประทานเป็นประจำหรือรับประทานบ่อยๆนั้นควรมีปริมาณโปรตีน 2.5 - 3.0 กรัมต่อพลังงาน 100 แคลอรี่ หรืออย่างน้อยร้อยละ 10 - 12 ของพลังงาน นอกจากนี้โปรตีนควรประกอบด้วยกรดอะมิโนที่จำเป็นครบตามความต้องการของร่างกาย

ธัญพืช เช่น ข้าวเจ้า ข้าวเหนียว และข้าวสาลีมีปริมาณโปรตีนน้อยและมีไลซีนซึ่งเป็นกรดอะมิโนที่จำเป็นจำกัด จึงมีการศึกษาใช้แหล่งโปรตีนจากพืชตระกูล

ถั่วร่วมกับพวกธัญพืช และใช้กันอย่างแพร่หลายในประเทศต่างๆ ตั้งแต่ ค.ศ.1938 (Akiva *et al* , 1971 ; Bentey , 1975) Tsen (1971) นำแป้งถั่วเหลืองมาเสริมในแป้งสาลีเป็นครั้งแรกโดยเติมในขนมปัง ซึ่งจะเพิ่มไลซีนร้อยละ 3.2 - 3.8 Siegel (1974) เสริมแป้งถั่วเหลืองไขมันเต็มในเส้นก๋วยเตี๋ยวเพื่อใช้ในโครงการอาหารกลางวันของเด็กวัยก่อนเรียน ปรากฏว่าได้ค่า PER เท่ากับ 2.77 และมีค่า Biological Value (BV) สูงกว่าเส้นก๋วยเตี๋ยวในท้องตลาด สมชาย ประภาวัติ และคณะ (2534) รายงานว่าคุณภาพของข้าวเกรียบที่ทำจากแป้งมันสำปะหลังเสริมโปรตีนโดยการผสมกับแป้งถั่วลิสงพร่องไขมันปริมาณร้อยละ 20 และข้าวเกรียบจากแป้งมันสำปะหลังเสริมโปรตีนโดยการผสมกับแป้งถั่วเหลืองชนิดไขมันเต็มปริมาณร้อยละ 20 มีปริมาณของกรดอะมิโนเมทไธโอนีน+ซีสติน และทริปโตเพน ต่อกรัมโปรตีนของผลิตภัณฑ์ สูงกว่าข้าวเกรียบที่ผลิตจากแป้งมันสำปะหลังเพียงอย่างเดียว ต่อมามีการนำถั่วเขียวมาผสมในอาหารธัญพืชเนื่องจากถั่วเขียวมีปริมาณโปรตีนสูงและราคาถูกดังรายงานของ Lim และคณะ (1980) ที่ผลิตอาหารว่างโปรตีนสูงจากข้าวโพดและถั่วเขียวโดยใช้เครื่องเอ็กซทรูเดอร์ พบว่าได้ผลิตภัณฑ์อาหารว่างที่มีโปรตีนสูงถึงร้อยละ 14 พอใจ ลิ้มอุดม (2533) ผลิตอาหารโปรตีนสูงด้วยกระบวนการเอ็กซทรูชันโดยใช้แป้งข้าวเจ้าและแป้งข้าวเหนียวผสมกับแหล่งโปรตีนจากพืช ได้แก่ ถั่วเขียวซีก แป้งถั่วเหลืองชนิดสกัดไขมัน และแป้งถั่วเหลืองชนิดไขมันเต็ม พบว่า ลักษณะผลิตภัณฑ์ที่ได้จากแป้งข้าวเจ้ามีลักษณะกรอบแข็ง ส่วนที่ได้จากแป้งข้าวเหนียวมีลักษณะกรอบร่วน ความชื้นที่เหมาะสมของวัตถุดิบคือร้อยละ 12 อัตราส่วนการอัด 4 : 1 และสามารถผสมถั่วเขียวซีกได้ปริมาณสูงถึงร้อยละ 4 โดยที่ยังสามารถให้การพองตัวที่ดี และลักษณะปรากฏเป็นที่ยอมรับ ส่วนแป้งถั่วเหลืองชนิดสกัดไขมันสามารถผสมกับวัตถุดิบทั้งสองชนิดได้ร้อยละ 20 และสามารถผสมแป้งถั่วเหลืองชนิดไขมันเต็มกับแป้งข้าวเหนียวได้เพียงร้อยละ 10 ในขณะที่ผสมกับแป้งข้าวเจ้าไม่สามารถให้ผลิตภัณฑ์อาหารขบเคี้ยวที่ยอมรับได้ พจนา สีมันตร (2536) นำของเหลือจากโรงงานวุ้นเส้นมาสกัดโปรตีนแล้วผ่านการทำแห้งได้โปรตีนที่แยกจากถั่วเขียวมาผสมในอาหารว่างชนิดพองตัวโปรตีนสูง ได้ผลิตภัณฑ์อาหารว่าง ประกอบด้วยโปรตีนร้อยละ 18.44 แต่โปรตีนจากถั่วเขียวมีกรดอะมิโนที่จำ

เป็นคือเมทไธโอนีนและซิสตินจำกัด ส่วนประชา บุญญสิริกุลและคณะ (2539) รายงานว่าข้าวเจ้าจะมีเมทไธโอนีนมาก และได้ผลิตอาหารขบเคี้ยวจากส่วนผสมของถั่วเขียวต่อแป้งข้าวเจ้าเท่ากับ 70 : 30 แป้งถั่วเหลืองไขมันเต็ม ร้อยละ 7.5 และวิตามินร้อยละ 1 พบว่าอาหารขบเคี้ยวมีค่า PER เท่ากับ 2.07 เทียบเท่ากับร้อยละ 83 ของเคซีนในนม (PER = 2.50) ปริมาณโปรตีน (ก่อนเคลือบกลิ่นรส) ร้อยละ 22.36 โดยปริมาณกรดอะมิโนที่จำเป็นของวัตถุดิบและอาหารขบเคี้ยวที่ผลิตได้แสดงดังตารางที่ 2 การเพิ่มโปรตีนเพื่อให้มีปริมาณกรดอะมิโนที่จำเป็นครบถ้วนในอาหารขบเคี้ยวคือการใช้โปรตีนจากสัตว์ โดยเฉพาะปลาพบว่ามีกรดอะมิโนที่จำเป็นครบตามความต้องการของร่างกายดังตารางที่ 3 นอกจากนี้เมื่อเปรียบเทียบกับสัตว์เลี้ยงลูกด้วยน้ำนม ปลาจะมีปริมาณกรดอะมิโนไนโตรเจนสูงกว่าโดยเฉพาะ ไลซีน ฮีสทีดีน อาร์จินีน (Stansby and Hall ,1967) อาหารขบเคี้ยวผสมเนื้อปลาที่รู้จักกันดีคือข้าวเกรียบปลา

6.2.การเพิ่มวิตามินและแร่ธาตุ

การผลิตอาหารขบเคี้ยวเพื่อให้มีคุณค่าทางโภชนาการสูง นอกจากการเสริมโปรตีนแล้ว ยังมีการเติมผักและผลไม้เพื่อเพิ่มสี กลิ่นรส และสารอาหารพวกเกลือแร่และวิตามินอีกด้วย โดยเฉพาะวิตามินเป็นสารอินทรีย์ชนิดหนึ่งในอาหารจำเป็นสำหรับมนุษย์ถึงแม้ร่างกายต้องการในปริมาณน้อย แต่การขาดวิตามินจะทำให้อวัยวะต่างๆ ทำงานผิดปกติและเกิดโรคได้ อาหารขบเคี้ยวจากแป้งที่ผสมผักและผลไม้สดบดละเอียด ได้แก่ข้าวเกรียบฟักทอง ข้าวเกรียบเงาะ ข้าวเกรียบกล้วย ข้าวเกรียบเผือก ข้าวเกรียบมะม่วง ข้าวเกรียบขนุน ข้าวเกรียบข้าวโพดและอื่นๆ ข้าวเกรียบผักและผลไม้ที่ได้จะมีลักษณะเนื้อสัมผัส การพองตัว สีและรสชาติดี ผักและผลไม้ที่ใช้เป็นส่วนประกอบจะช่วยเพิ่มความอร่อย มีสี กลิ่นและรสตามธรรมชาติของผลไม้นั้นๆ (นิรนาม , 2527) นอกจากนี้มีการผสมผลไม้ในอาหารขบเคี้ยวที่ผลิตโดยเครื่องเอ็กซทรูเดอร์ ดังงานวิจัยของ Maga และ Kim (1989) เติมผลไม้แห้งที่ได้จากการบดผสม

ตารางที่ 2 ปริมาณกรดอะมิโนที่จำเป็นของวัตถุดิบอาหารขบเคี้ยวจากถั่วเขียวและมาตรฐานของFAO/WHO ในหน่วยมิลลิกรัมของกรดอะมิโนต่อกรัมของโปรตีน

กรดอะมิโนที่จำเป็น	ถั่วเขียว	แป้งข้าวเจ้า	แป้งถั่วเหลืองไขมันเต็ม	อาหารขบเคี้ยวจากถั่วเขียว	FAO/WHO (1973)
ไอโซลูซีน	37	35	36	38	40
ลูซีน	77	78	69	79	70
ไลซีน	67	35	62	67	55
เมทไธโอนีน +ซิสตีน	23	58	23	27	35
ฟีนิลอะลานีน +ไธโรซีน	90	90	83	92	60
ทรีโอนีน	33	34	38	35	40
ทริปโตเฟน	14	18	15	15	10
วาลีน	45	50	37	50	50
*PER (Casein=2.5)	-	-	-	2.07	-

ที่มา : ประชา บุญญสิริกูล และ คณะ (2539)

ตารางที่ 3 ปริมาณกรดอะมิโนที่พบในเนื้อปลาเปรียบเทียบกับความต้องการกรดอะมิโนของร่างกายคน

กรดอะมิโน	ความต้องการของร่างกาย * ต่อวัน (กรัม)	ปริมาณที่พบในเนื้อปลา 200 กรัม (กรัม)
ทรีโอนีน	1.0	1.6
วาลีน	1.6	2.0
ลูซีน	2.2	2.8
ไอโซลูซีน	1.4	2.0
ไลซีน	1.6	3.2
เมทไธโอนีน	2.2	1.2
ฟีนิลอะลานีน	2.2	1.4
ทริปโตเฟน	0.5	0.4

หมายเหตุ * น้ำหนัก 68 กิโลกรัม

ที่มา : Stansby และ Hall (1967)

ของลูกพรูน ลูกเกด ผลมะเดื่อ และแคนเบอรี ในปริมาณร้อยละ 0 , 10 และ 20 ของน้ำหนักแห้งและผสมน้ำผลไม้เข้มข้นเช่น น้ำส้ม สับประรด และองุ่น ในปริมาณร้อยละ 0 , 3.5 และ 7.5 ตามลำดับ ชุดการทดลองที่ใช้แป้งข้าวเจ้าแล้วเติมผลไม้แห้งและน้ำผลไม้เข้มข้นมีรสชาติดีกว่าชุดการทดลองที่มีแป้งข้าวเจ้าชนิดเดียว แต่ชุดการทดลองที่มีการเติมน้ำผลไม้จะลดแรงหมุนของเครื่องเอ็กซทรูเดอร์

7 . คุณภาพของผลิตภัณฑ์อาหารขบเคี้ยวระหว่างการเก็บรักษา

การเก็บรักษาผลิตภัณฑ์อาหารขบเคี้ยว โดยทั่วไปแล้วคุณภาพของผลิตภัณฑ์จะต่ำลงเมื่อระยะเวลาการเก็บเพิ่มขึ้น การเสื่อมเสียคุณภาพของอาหารขบเคี้ยวจนผู้บริโภคไม่ยอมรับคือการสูญเสียความกรอบกับการเหม็นหืน การสูญเสียความกรอบเนื่องจากผลิตภัณฑ์มีปริมาณความชื้นต่ำมาก ทำให้สามารถดูดซับความชื้นจากอากาศบริเวณข้างเคียงได้ง่าย ทำให้ความแข็งแรงของเนื้อสัมผัสของผลิตภัณฑ์เกิดการเปลี่ยนแปลง และยังพบว่าอาหารขบเคี้ยวสูญเสียความกรอบเนื่องจากแรงยึดเหนี่ยวระหว่างคาร์โบไฮเดรตซึ่งเป็นโมเลกุลใหญ่ที่เกาะกันเป็นตาข่ายด้วยพันธะไฮโดรเจนและแรงแวนเดอร์วาลซึ่งทำให้โมเลกุลของแป้งจัดรูปร่างเป็น crytalline - likezone ถูกทำลายซึ่งน้ำเป็นปัจจัยสำคัญที่ทำให้แรงยึดเหนี่ยวระหว่างโมเลกุลใหญ่เหล่านี้ลดลง และนี้ยังทำให้โมเลกุลขนาดใหญ่เกิดการเคลื่อนที่และเลื่อนผ่านแรงเฉือนตลอดการขบเคี้ยว ดังนั้นจึงจำเป็นต้องมีการควบคุมปริมาณน้ำ เพื่อป้องกันการสูญเสียความกรอบของผลิตภัณฑ์ นอกจากนี้ลักษณะเนื้อสัมผัสของอาหารมีความสัมพันธ์กับค่า A_w ค่า A_w ที่อยู่ในช่วง 0.35 - 0.5 เป็นสภาวะปกติของการเก็บรักษาอาหารขบเคี้ยวแต่ถ้าค่า A_w เกินจาก 0.5 ลักษณะเนื้อสัมผัสของผลิตภัณฑ์จะเกิดการเปลี่ยนแปลงเพราะค่า A_w ที่เกิดจากช่วงนี้จะมีผลลดแรงยึดเหนี่ยวภายใน crytalline-likezone เป็นเหตุให้ความกรอบลดลง (Katz and Labuza ,1981)

ส่วนการเหม็นหืนในผลิตภัณฑ์อาหารขบเคี้ยวเกิดจากปฏิกิริยาไฮโดรไลซิส และออกซิเดชันของไขมันที่เป็นองค์ประกอบของอาหารขบเคี้ยว ดังนั้นภาชนะบรรจุอาหารขบเคี้ยวควรมีคุณสมบัติป้องกันความชื้น ออกซิเจนและอุณหภูมิได้ เพื่อป้องกันการเสื่อมเสียจากสาเหตุดังกล่าว นอกจากนี้ต้องมีความแข็งแรงพอสมควรเพื่อป้องกันการแตกหักของผลิตภัณฑ์ ภาชนะบรรจุของอาหารขบเคี้ยวมีมากมายหลายอย่างที่นิยม ได้แก่ กล่องพับได้ซึ่งภายในบุด้วยอลูมิเนียมฟอยล์เคลือบด้วยฟิล์มชนิดต่าง ๆ ถุงที่ทำจากพวกฟิล์มที่เคลือบต่างๆ (laminate film) และถุงอลูมิเนียมฟอยล์ซึ่งเคลือบด้วยฟิล์มต่างๆ พลาสติกขึ้นรูป และกระป๋องโลหะเป็นต้น Sacharow และ Griffin (1980) กล่าวว่าภาชนะบรรจุสำหรับอาหารขบเคี้ยวควรมีออกซิเจนผ่านไม่น้อยกว่า 1 มิลลิลิตร ต่อ 1.6 ตารางเซ็นติเมตร ต่อ 24 ชั่งโมงที่ความดัน 1 บรรยากาศ อุณหภูมิ 23.9 องศาเซลเซียส และมีอัตราการซึมผ่านของไอ (Water Vapour Transmission Rate, WVTR) ต่ำกว่า 0.4 กรัมต่อ 1.6 ตารางเซ็นติเมตร ต่อ 24 ชั่วโมง ที่มีความชื้นสัมพัทธ์ร้อยละ 95 อุณหภูมิ 37.7 องศาเซลเซียส มีอัตราการซึมผ่านความไอของฟิล์มชนิดต่างๆ แสดงดังตารางที่ 4

ธงชัย สุวรรณสิชณน์ (2535) ศึกษาการเก็บรักษาอาหารขบเคี้ยวที่ทำจากแป้งถั่วลิสงไขมันต่ำ ผสมแป้งมันสำปะหลังพรีเจลาติไนซ์ กลิ่นรสเนยเคลือบคาราเมล ในถุงอลูมิเนียมฟอยล์ และถุงพลาสติกชนิดโพลีโพรพิลีน ที่อุณหภูมิ 25 องศาเซลเซียส และอุณหภูมิห้อง เป็นระยะเวลา 2 เดือน พบว่าปริมาณความชื้น ค่า A_w และค่าเปอร์ออกไซด์สูงขึ้น คุณภาพทางประสาทสัมผัส ได้แก่ กลิ่นหืน มีแนวโน้มเพิ่มสูงขึ้น และเมื่อระยะเวลาการเก็บนานขึ้นในทุกสภาวะการเก็บรักษาตัวอย่างที่เก็บในถุงอลูมิเนียมฟอยล์เกิดการเปลี่ยนแปลงคุณภาพน้อยกว่าตัวอย่างที่เก็บในถุงพลาสติกชนิดโพลีโพรพิลีน พจนา สีมันตร (2536) ศึกษาอายุการเก็บรักษาของผลิตภัณฑ์อาหารว่างชนิดพองตัวโปรตีนสูง พบว่า ค่า A_w ของผลิตภัณฑ์มีแนวโน้มเพิ่มขึ้นเมื่อเวลาเปลี่ยนแปลงไป ค่า A_w และค่าเฉลี่ยความหืนของผลิตภัณฑ์ที่บรรจุอยู่ในถุงพลาสติกโพลีเอธิลีนจะมีค่าที่สูงกว่าผลิตภัณฑ์ที่บรรจุอยู่ในถุงอลูมิเนียมฟอยด์ลามิเนทพลาสติก เทวี ทองแดง(2538)

ตารางที่ 4 อัตราการซึมผ่านความดันไอของฟิล์มชนิดต่างๆ

วัสดุ	อัตราการซึมผ่านความดันไอ (WVRT) (กรัม/ 100ตารางเมตร/ 24ชั่วโมง/ ความหนา 1 มม.)
อลูมิเนียมฟอยล์ (0.00035 นิ้ว)	0 - 0.02
โอเรียนท์โพลีโพรพิลีน(Oriented PP)	0.20 - 0.40
โพลีเอธิลลีนชนิดความหนาแน่นปานกลาง (Medium density PE)	0.70 - 1.00
โพลีเอธิลีนชนิดความหนาแน่นต่ำ (Low density PE)	1.00 - 2.00
อันโอเรียนเตดโพลีโพรพิลลีน (Unoriented PP)	0.60 - 0.90
โอเรียนท์โพลีโพรพิลีนที่เคลือบด้วยโพลิเมอร์(Polymer-Coated Oriented PP)	0.30 - 0.40

ที่มา : Matz (1984)

ศึกษาการเปลี่ยนแปลงคุณภาพของผลิตภัณฑ์ปลาสะเต๊ะแบบอบและแบบทอด ในถุงพลาสติกโพลีเอทิลีนชนิดความหนาแน่นสูง ตลอดระยะเวลา 8 สัปดาห์ ที่อุณหภูมิห้อง พบว่า ความชื้น ค่า A_w และค่าทีบีเอ เพิ่มสูงขึ้นตลอดระยะเวลาการเก็บรักษา และมีการเปลี่ยนแปลงคุณภาพทางจุลินทรีย์เล็กน้อย ส่วนคุณภาพทางประสาทสัมผัสของผลิตภัณฑ์ทั้งสองแบบพบว่า ลักษณะปรากฏ กลิ่นรสเครื่องเทศ และรสชาติ เกิดการเปลี่ยนแปลงน้อยมาก กลิ่นหืนเพิ่มขึ้น ขณะที่ความกรอบลดลง และพบว่าปลาสะเต๊ะแบบอบมีคุณภาพอยู่ในเกณฑ์ที่ยอมรับได้ถึงสัปดาห์ที่ 5 สำหรับปลาสเต๊ะแบบทอดยังมีคุณภาพอยู่ในเกณฑ์ที่ยอมรับได้ถึงสัปดาห์ที่ 8 ส่วน ประชา บุญญสิริกูล และคณะ (2539) รายงานว่า สามารถเก็บรักษาผลิตภัณฑ์อาหารขบเคี้ยวจากถั่วเขียว โดยใช้เครื่องเอ็กซทรูเดอร์สกรูคู่ในถุงชนิด OPP / Metallized PP หรือ OPP / Metallized PET ที่อุณหภูมิห้องได้นานกว่า 3 เดือน

วัตถุประสงค์

1.พัฒนาอาหารขบเคี้ยวเสริมโปรตีนที่สกัดจากวัสดุเศษเหลือปลา

2.ศึกษาการยอมรับของผู้บริโภคต่อผลิตภัณฑ์อาหารขบเคี้ยวเสริมโปรตีนปลาสกัด

3.ศึกษาการเปลี่ยนแปลงคุณภาพผลิตภัณฑ์ระหว่างการเก็บรักษา

บทที่ 2

วัสดุ อุปกรณ์และวิธีการ

วัสดุ

1. โปรตีนปลาสกัดจากหัวปลาทูน่าพันธุ์โอแถบ (Skipjack Tuna) จากบริษัท โชติวัฒน์อุตสาหกรรมการผลิต จำกัด และ บริษัททรอปิคอลแคนนิ่ง จำกัด มหาชน อำเภอหาดใหญ่ จังหวัดสงขลา โดยหัวปลาผ่านการแช่เยือกแข็งและนำเข้าจากต่างประเทศแถบมหาสมุทรแปซิฟิก ในช่วงเดือนสิงหาคม 2538 ถึงเดือนมกราคม 2539 สำหรับศึกษาปัจจัยการผลิตที่เหมาะสม และเดือนมีนาคม 2539 ถึงเดือนพฤษภาคม 2539 สำหรับผลิตโปรตีนปลาสกัด

2. วัตถุดิบสำหรับผลิตอาหารขบเคี้ยวได้แก่ ข้าวเจ้าและข้าวเหนียวบดมีขนาดเท่ากับ 425 - 850ไมครอน ข้าวโพดบด มีขนาดเท่ากับ 425 -1180 ไมครอน และ เนื้อฟักทองแห้ง มีขนาดเท่ากับ 850-1180 ไมครอน

3. วัสดุและเคมีภัณฑ์สำหรับการวิเคราะห์เคมีและใช้ในการสกัดโปรตีน

4. ถุงเมททัลไลซ์

อุปกรณ์

1. อุปกรณ์ที่ใช้ในการเตรียมโปรตีนปลาสกัด

1.1 เครื่องบดละเอียด

1.2 เครื่องหมุนเหวี่ยงแบบควบคุมอุณหภูมิ (Hitachi รุ่น SCR 20B Hitachi Koki Co., Ltd. ประเทศญี่ปุ่น)

1.3 ตะแกรงร่อนทองเหลืองมีขนาดรูเท่ากับ 425 , 850 และ 1180 ไมครอน

1.4 ตู้อบสุญญากาศ(รุ่นSY165 380 Sato Keiryoki MFG Co.,Ltd.ประเทศญี่ปุ่น)

1.5 ตู้อบร้อน

2. อุปกรณ์ที่ใช้ในการผลิตผลิตภัณฑ์ ประกอบด้วย

2.1 เอ็กซทรูเดอร์แบบสกรูเดียว(รุ่น MP- MB.Eastern Best Enterprise. ไต้หวัน) แสดงดังภาพที่ 1- 5

2.2 เครื่องโม่ละเอียด (รุ่น YC 90 L4. Nanking WEI - FEN Electric Motor. สาธารณรัฐประชาชนจีน)

2.3 เครื่องปิดผนึกภาชนะบรรจุ

3. อุปกรณ์และเครื่องมือสำหรับการวิเคราะห์ทางกายภาพ ประกอบด้วย

3.1 เครื่องวัดค่า A_w (Novasina รุ่น RS 232. ประเทศสวิตเซอร์แลนด์)

3.2 เวอร์เนียร์

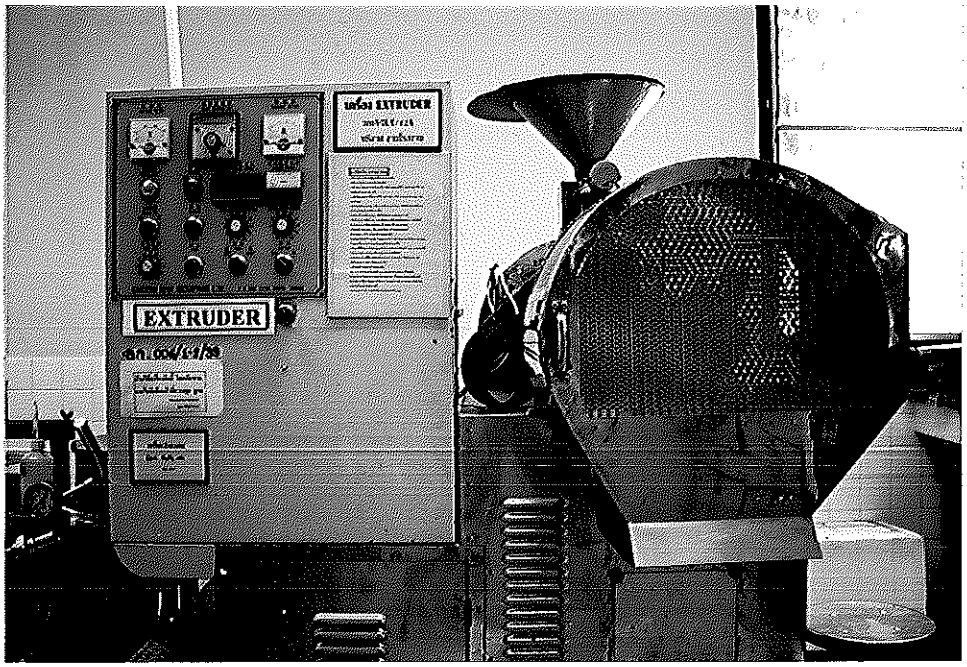
4. อุปกรณ์และเครื่องมือสำหรับวิเคราะห์ทางเคมี ได้แก่ โปรตีน ไขมัน ความชื้น และปริมาณของแข็งทั้งหมด

วิธีการ

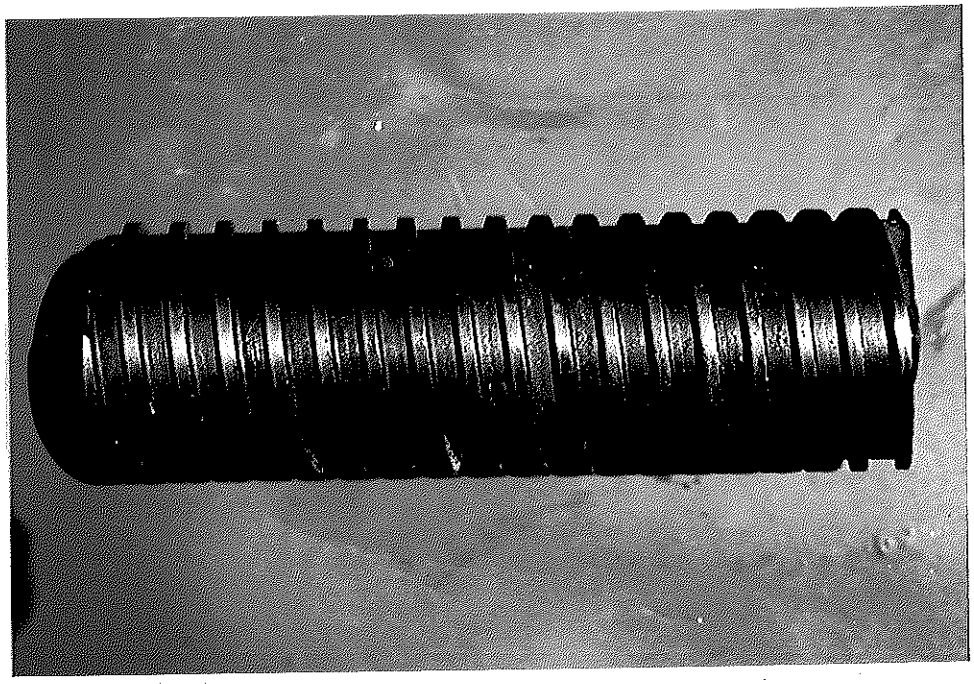
1. การเตรียมโปรตีนปลาสกัด

ทำการผลิตโปรตีนปลาสกัดตามวิธีดัดแปลงจาก Tanaka (1983) ดังแสดงในภาพที่ 6

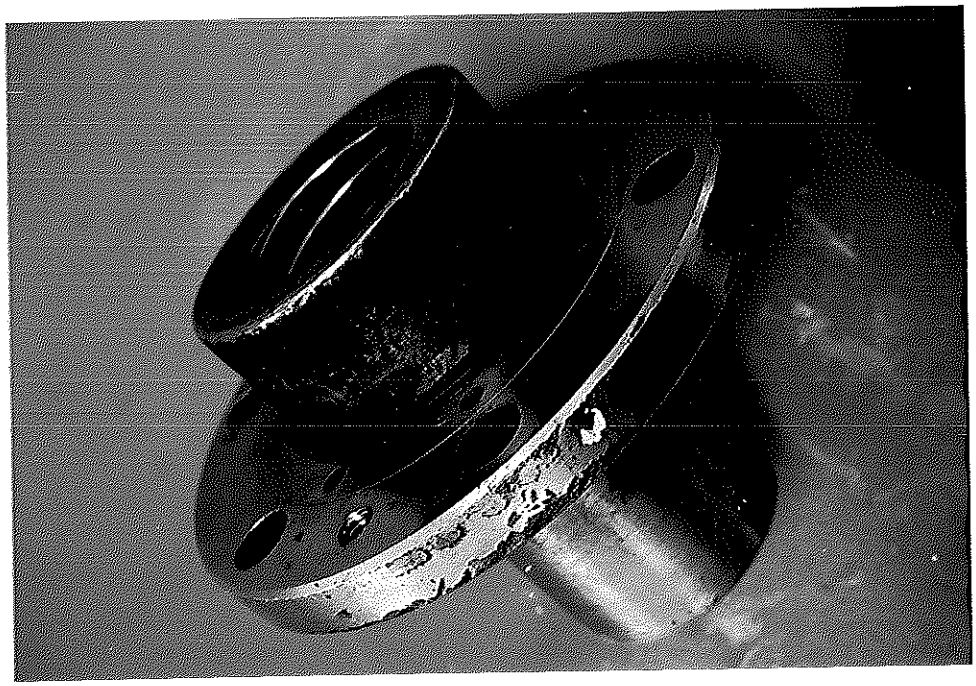
2 วิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมี ของโปรตีนปลาสกัด ข้าวเจ้าบด ข้าวเหนียวบด ข้าวโพดบด และฟักทองบด โดยทำการวิเคราะห์ ความชื้น โปรตีน เถ้า และ ไขมัน (A.O.A.C. , 1990)



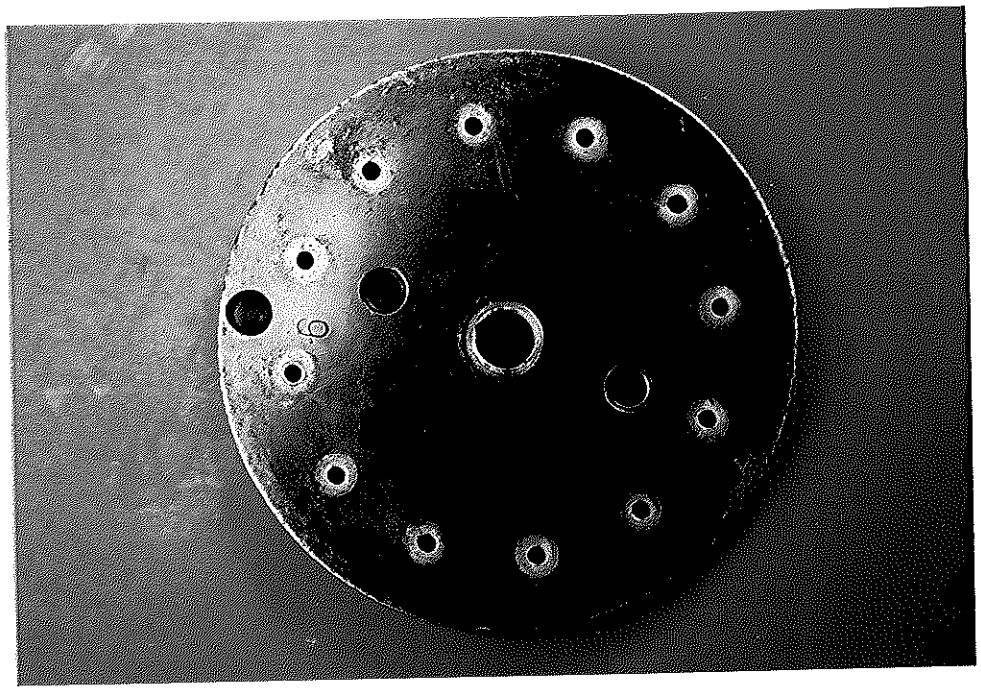
ภาพที่ 1 เครื่องเอ็กซทรูเดอร์



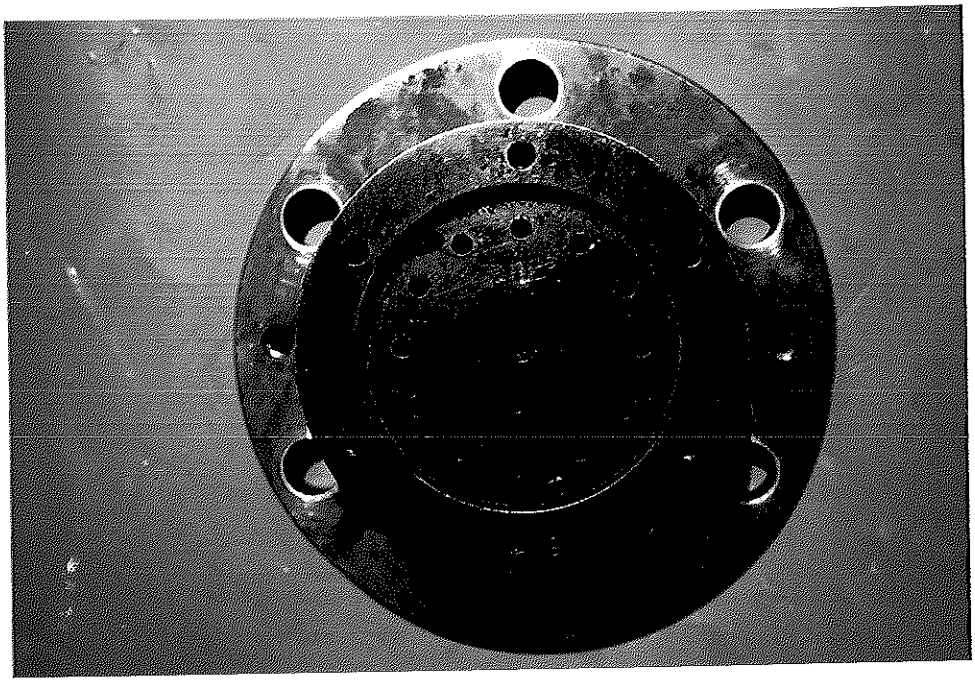
ภาพที่ 2 สกรู



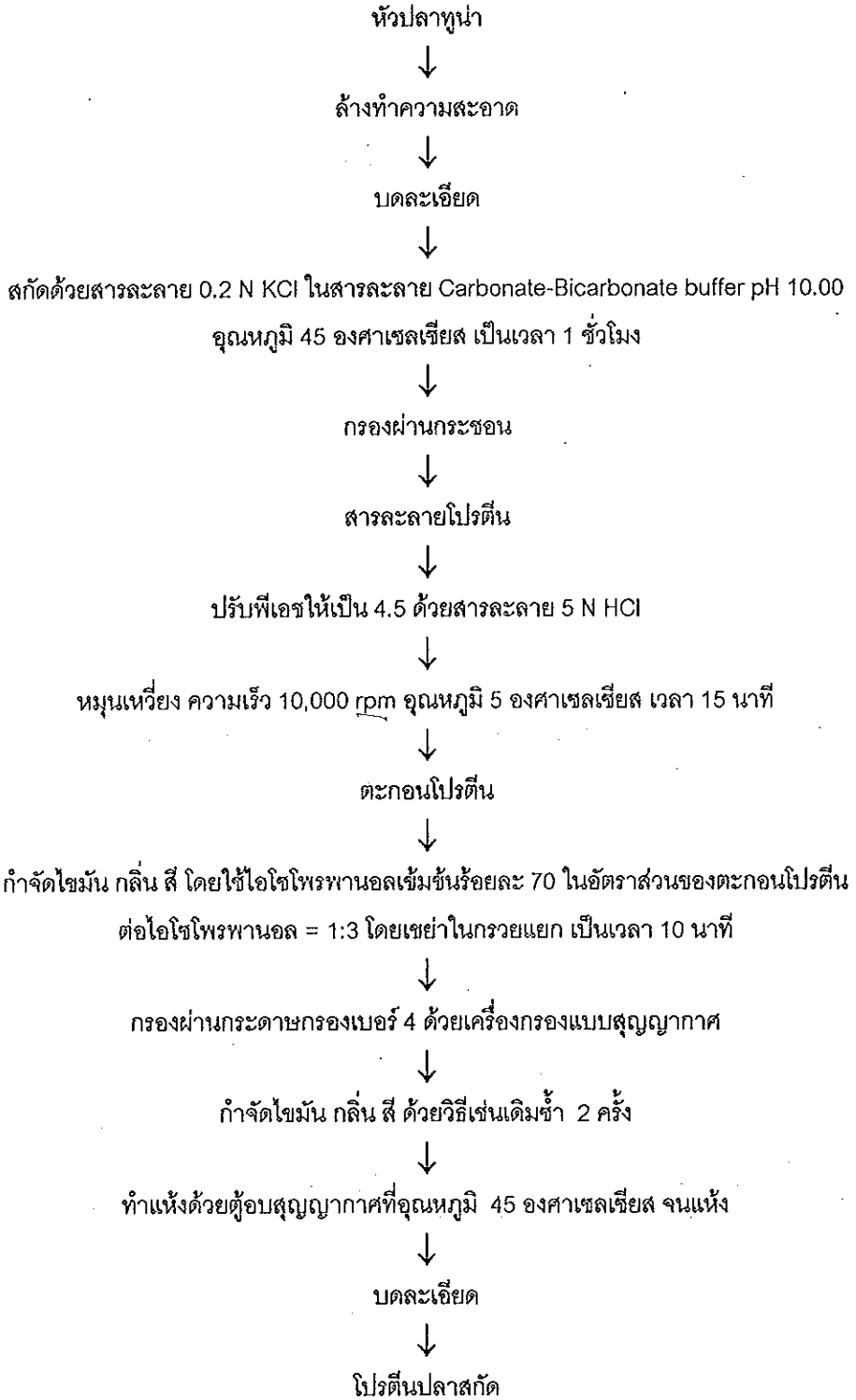
ภาพที่ 3 ท่อล้อมสกรู



ภาพที่ 4 หน้าแปลน



ภาพที่ 5 ท่อสวมหน้าแปลน(ได)



ภาพที่ 6 กรรมวิธีการผลิตโปรตีนปลาสกัด

ที่มา : ดัดแปลงมาจาก Tanaka (1983)

3. การพัฒนาสูตรอาหารขบเคี้ยว

ศึกษาสูตรที่เหมาะสมในการผลิตอาหารขบเคี้ยวเสริมโปรตีนปลาสกัด โดยมีส่วนประกอบดังนี้คือ ข้าวเหนียวบด ข้าวโพดบด ข้าวเจ้าบด โปรตีนปลาสกัด และเนื้อฟักทองบด

3.1 ศึกษาสูตรพื้นฐาน

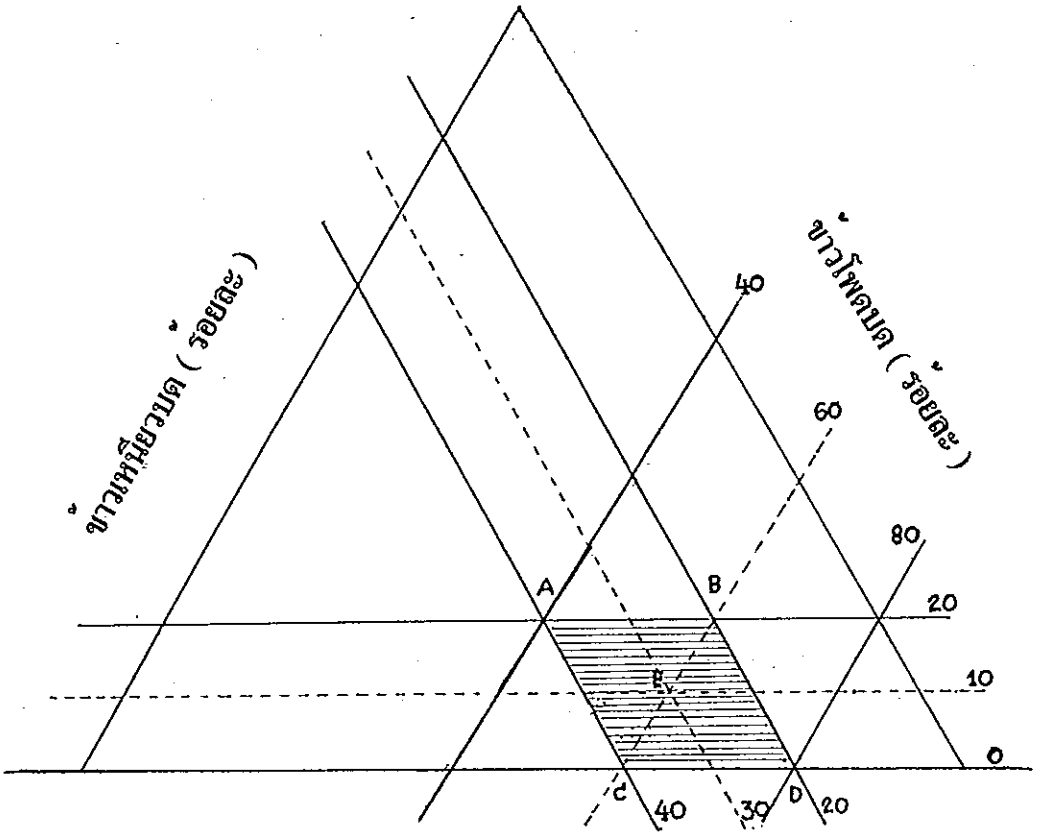
ปัจจัยที่ศึกษาได้แก่ อัตราส่วนผสมที่เหมาะสมของธัญพืช 3 ชนิดคือ ข้าวเหนียวบด ข้าวโพดบด และข้าวเจ้าบดปริมาณร้อยละ 40 - 80 , 20 – 40 และ 0 - 20 ตามลำดับ โดยวางแผนแบบมิกเจอร์ ได้สูตรแป้งจำนวน 5 สูตร (ภาพที่ 7) และตารางที่ 5 ผลิตอาหารขบเคี้ยวตามกรรมวิธีที่แสดงไว้ในภาพที่ 8 และตรวจสอบคุณภาพของผลิตภัณฑ์ที่ได้ดังนี้

3.1.1วัดอัตราการพองตัวจากค่าอัตราส่วนระหว่างเส้นผ่าศูนย์กลางของผลิตภัณฑ์กับเส้นผ่าศูนย์กลางของหน้าแปลน แล้วนำค่าที่ได้มาวิเคราะห์ความแปรปรวน

3.1.2ตรวจสอบคุณภาพทางประสาทสัมผัสโดยใช้ผู้ทดสอบชิมที่ได้รับการฝึกฝนประมาณ 16 คน ใช้แบบทดสอบชิมในเชิงพรรณา(QDA)(Ston.*et al*,1974) คุณลักษณะที่ทำการประเมินคือ ความพอง ความกรอบ ความเรียบผิว และความเหนียว ข้อมูลที่ได้นำมาวิเคราะห์เพื่อคัดเลือกชุดการทดลองที่เหมาะสม

3.2 ศึกษาระดับโปรตีนปลาสกัดและเนื้อฟักทองแห้งที่เหมาะสม

ปัจจัยที่ศึกษาคือโปรตีนปลาสกัด ร้อยละ 1 , 2 , 3 และ 4 ของน้ำหนักสูตรส่วนผสม และฟักทองแห้งร้อยละ 0 , 3 และ 5 ของน้ำหนักส่วนผสม โดยวางแผนการทดลองแบบ RCB (Ramdomized Completely Block) และจัดชุดการทดลองแบบ factorial design ทั้งหมด 12 ชุดการทดลอง และชุดที่ไม่เติมโปรตีนปลาสกัดและฟักทองแห้งอีก 1 ชุดการทดลอง รวมเป็น 13 ชุดการทดลอง ดังแสดงในตารางที่ 6 ใช้สูตรพื้นฐานที่คัดเลือกได้จากข้อ 3.1 ผลิตตามวิธีที่แสดงในภาพที่ 8 และตรวจสอบคุณภาพของผลิตภัณฑ์ที่ได้เช่นเดียวกับข้อ 3.1.1และ 3.1.2



พื้นที่ที่ใช้ในการทดลอง

ภาพที่ 7 การวางแผนการทดลองแบบมิกเจอร์

ที่มา : ไพโรจน์ วิริยจารี (2535)

ตารางที่ 5 ชุดการทดลองการหาสูตรพื้นฐานในการผลิตอาหารขบเคี้ยว

ชุดการทดลอง	ชนิดของธัญพืช (ร้อยละโดยน้ำหนักของสูตรผสม)		
	ข้าวเหนียวบด	ข้าวโพดบด	ข้าวเจ้าบด
1	80	20	0
2	60	40	0
3	60	30	10
4	60	20	20
5	40	40	20

ชั่งส่วนผสมของ ข้าวเหนียวบด, ข้าวโพดบด และข้าวเจ้าบด

↓

เติมน้ำร้อยละ 6 ของน้ำหนักส่วนผสม

↓

ผสมน้ำและส่วนผสมเข้าด้วยกัน

↓

ป้อนส่วนผสมเข้าเครื่องเอ็กซทรูเดอร์
ที่มีอุณหภูมิ 180 องศาเซลเซียส

↓

อบแห้งที่อุณหภูมิ 100-120 องศาเซลเซียส
เป็นเวลา 30 นาที

↓

ตรวจสอบคุณภาพทางกายภาพ
และประสาทสัมผัส

ภาพที่ 8 กรรมวิธีการผลิตอาหารขบเคี้ยว
ที่มา : ดัดแปลงจาก ประชา บุญญศิริกุล (2537)

ตารางที่ 6 ชุดการทดลองการศึกษาระดับโปรตีนปลาสกัดและเนื้อฟักทองแห้งที่เหมาะสม

ชุดการทดลอง	ปริมาณส่วนผสม (ร้อยละโดยน้ำหนัก)		
	สูตรผสมของธัญพืช	โปรตีนปลาสกัด	ฟักทองบด
1	100.0	0	0
2	99	1	0
3	98	2	0
4	97	3	0
5	96	4	0
6	96	1	3
7	95	2	3
8	94	3	3
9	93	4	3
10	94	1	5
11	97	2	5
12	98	3	5
13	91	4	5

4.ประเมินคุณภาพของผลิตภัณฑ์อาหารขบเคี้ยวเสริมโปรตีน

ผลิตผลิตภัณฑ์อาหารขบเคี้ยวตามสูตรที่เหมาะสมที่คัดเลือกได้จากข้อ 3.2 และประเมินคุณภาพของผลิตภัณฑ์ ดังนี้คือ

4.1 ตรวจสอบทางกายภาพ ได้แก่ ค่า A_w (โดยใช้ water activity meter)และอัตราการพองตัว โดยวัดจากค่าอัตราส่วนระหว่างเส้นผ่าศูนย์กลางของผลิตภัณฑ์กับเส้นผ่าศูนย์กลางของหน้าแปลน

4.2 ตรวจสอบคุณภาพทางเคมี ได้แก่

- องค์ประกอบทางเคมี ประกอบด้วย ปริมาณความชื้น ไขมัน โปรตีน และ เถ้า (A.O.A.C,1990)

- ชนิดและปริมาณของกรดอะมิโน วิเคราะห์โดยศูนย์เครื่องมือกลาง คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหิดล

- วิตามินบี1 บี2 และ เบต้า - คาโรทีน วิเคราะห์โดยกองวิทยาศาสตร์ชีวภาพ กรมวิทยาศาสตร์บริการ

4.3 คุณภาพทางประสาทสัมผัส ประเมินคุณภาพผลิตภัณฑ์ด้วยวิธีการวิเคราะห์คุณภาพทางประสาทสัมผัสเชิงพรรณาปริมาณ (QDA) เกี่ยวกับปัจจัยคุณภาพดังนี้คือ ความพอง ความกรอบ ลักษณะเนื้อสัมผัส กลิ่นคาวปลา และสี และตรวจสอบการยอมรับรวมของผลิตภัณฑ์ โดยการให้คะแนนความชอบประกอบด้วย 9 ระดับ คะแนน 1 หมายถึง ไม่ชอบมากสุด ไปจนถึงระดับคะแนน 9 หมายถึงชอบมากที่สุด

5. ศึกษาคุณภาพของผลิตภัณฑ์อาหารขบเคี้ยวเสริมโปรตีนปลาสกัดระหว่างการเก็บรักษา

นำผลิตภัณฑ์อาหารขบเคี้ยวเสริมโปรตีนปลาสกัดที่ผ่านการพัฒนาแล้วมาบรรจุในถุงอลูมิเนียมฟอยด์ที่ลามิเนทด้วยพลาสติก บรรจุน้ำหนัก 30 กรัม และ 300 กรัม เก็บรักษาที่อุณหภูมิห้อง จากนั้นนำผลิตภัณฑ์มาตรวจสอบคุณภาพทุกๆ 1 สัปดาห์ เป็นเวลา 2 เดือน ดังนี้

5.1 คุณภาพทางกายภาพ ได้แก่ ค่า A_w

5.2 คุณภาพทางเคมี ได้แก่ ความชื้น และ ทีบีเอ

5.3 คุณภาพทางประสาทสัมผัส ประเมินด้วยวิธีการวิเคราะห์ คุณภาพทางประสาทสัมผัสเชิงพรรณาปริมาณ (QDA) มีปัจจัยคุณภาพดังนี้คือ ความกรอบ สี และกลิ่นคาวปลา และตรวจสอบการยอมรับรวมของผลิตภัณฑ์ โดยการให้คะแนนความชอบประกอบด้วย 9 ระดับ คะแนน 1 หมายถึง ไม่ชอบมากสุด ไปจนถึงระดับคะแนน 9 หมายถึงชอบมากที่สุด

6. การทดสอบการยอมรับของผู้บริโภคต่อผลิตภัณฑ์อาหารขบเคี้ยวเสริมโปรตีนปลาสกัด

นำผลิตภัณฑ์อาหารขบเคี้ยวเสริมโปรตีนปลาสกัดที่ผ่านการพัฒนาแล้วมาเคลือบด้วยเครื่องปรุงรสซึ่งมีส่วนผสมของแป้งขนมปัง ปาปริก้า เกลือ น้ำตาล พริกขี้หนู และผงชูรส ร้อยละ 44.0 6.0 33.0 14.0 1.2 และ 1.8 โดยน้ำหนัก ตามลำดับ แล้วนำมาทดสอบการยอมรับของผู้บริโภคซึ่งเป็นประชาชนในจังหวัดสงขลา จำนวน 100 คน โดยการออกแบบสอบถามเนื้อหาทั่วไปเกี่ยวกับผู้ตอบแบบสอบถาม พฤติกรรมการบริโภคและความชอบผลิตภัณฑ์และประเมินผลิตภัณฑ์ได้แก่ ลักษณะปรากฏ ความกรอบ สี รสชาติ และ การยอมรับรวม โดยให้คะแนนความชอบประกอบด้วย 9 ระดับ คะแนน 1 หมายถึง ไม่ชอบมากสุด ไปจนถึงระดับคะแนน 9 หมายถึงชอบมากที่สุด

7. การประเมินต้นทุนของวัตถุดิบที่ใช้ในการผลิตผลิตภัณฑ์อาหารขบเคี้ยวเสริมโปรตีนปลาสกัด

บทที่ 3

ผลและวิจารณ์

1. ผลการวิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมีของวัตถุหลักที่ใช้ในการผลิตอาหารขบเคี้ยวเสริมโปรตีนปลาสกัด

1.1 โปรตีนปลาสกัด

องค์ประกอบทางเคมีของหัวปลาทูน่าพันธุ์โอแถบ ซึ่งเป็นวัตถุดิบที่ใช้ในการผลิตโปรตีนปลาสกัด มีปริมาณความชื้นร้อยละ 81.99 โดยน้ำหนัก ปริมาณโปรตีน ไขมัน และเถ้าร้อยละ 67.11 8.20 และ 16.05 โดยน้ำหนักแห้งตามลำดับ และหลังจากการสกัดโปรตีนได้โปรตีนปลาสกัดมีลักษณะเป็นผงละเอียดสีน้ำตาล มีลักษณะปรากฏดังภาพที่ 9 เมื่อวิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมีของโปรตีนปลาสกัดจากปลาทูน่าพันธ์โอแถบปรากฏว่ามี ปริมาณโปรตีน ไขมัน เถ้า มีค่าร้อยละ 76.39 , 2.97 และ 1.45 โดยน้ำหนักแห้ง ตามลำดับ (ตารางที่ 7) จะเห็นว่าปริมาณโปรตีนที่ได้ใกล้เคียงกับงานวิจัยของ จิตรวดี ไตรเรกพันธุ์ (2540) ซึ่งผลิตโปรตีนปลาสกัดหัวปลาทูน่าพันธุ์โอแถบ ได้โปรตีนปลาสกัดที่ประกอบด้วยปริมาณโปรตีนร้อยละ 78.48 โดยน้ำหนักแห้ง นอกจากนี้โปรตีนปลาสกัดจากการทดลองนี้มีเถ้าน้อยกว่าที่รายงานของ Hall และ Ahmad (1992) กำหนดว่าคุณภาพโปรตีนปลาสกัดที่ดีควรปราศจากไขมัน และปริมาณเถ้าไม่เกินร้อยละ 4 แม้ว่าจะยังคงมีปริมาณไขมันอยู่บ้างก็ตาม จะเห็นว่าโปรตีนปลาสกัดที่ได้จากหัวปลาทูน่าพันธุ์โอแถบนี้สามารถใช้เป็นแหล่งโปรตีนในการเสริมคุณค่าทางอาหารในการผลิตอาหาร

1.2 ข้าวเจ้าบด ข้าวเหนียวบด ข้าวโพดบด และฟักทองแห้ง

องค์ประกอบทางเคมีของข้าวเจ้าบด ข้าวเหนียวบด ข้าวโพดบด และฟักทองแห้ง แสดงในตารางที่ 7 พบว่า ข้าวเจ้าบด ข้าวเหนียวบด และข้าวโพดบด มีองค์

ภาพที่ 9 ลักษณะปรากฏของโปรตีนปลาสกัดที่ผลิตจากหัวปลาทูน่าพันธุ์โอแถบ

ตารางที่ 7 องค์ประกอบทางเคมีของวัตถุดิบที่ใช้ในการผลิตอาหารขบเคี้ยว

ชนิดวัตถุดิบ	ปริมาณองค์ประกอบทางเคมี (ร้อยละโดยน้ำหนักแห้ง)			
	ความชื้น*	โปรตีน	ไขมัน	เถ้า
ข้าวเจ้าบด	13.86±0.04	7.47±0.01	0.45±0.01	0.52±0.02
ข้าวเหนียวบด	12.10±0.01	5.58±0.01	0.23±0.01	0.41±0.02
ข้าวโพดบด	13.43±0.01	8.08±0.12	1.43±0.01	0.60±0.01
ฟักทองแห้ง	15.46±0.01	7.57±0.01	0.68±0.23	4.99±0.13
โปรตีนปลาสกัด	25.35±0.33	76.39±0.20	2.97±0.10	1.45±0.35

หมายเหตุ ค่าเฉลี่ย ± ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน 2 ชุดการทดลอง ๆ ละ 2 ซ้ำ
* ร้อยละโดยน้ำหนักตัวอย่าง

ประกอบทางเคมีมีค่าใกล้เคียงกับผลแสดงคุณค่าทางโภชนาการของอาหารไทย (กองโภชนาการ กรมอนามัย , 2535) และเมื่อเปรียบเทียบในกลุ่มธัญพืชด้วยกันข้าวโพดบดมีปริมาณโปรตีนค่อนข้างสูง

2. การพัฒนาสูตรอาหารขบเคี้ยว

2.1 สูตรพื้นฐานอาหารขบเคี้ยว

ศึกษาสูตรผสมที่เหมาะสมของธัญพืช คือข้าวเหนียวบด ข้าวโพดบด ข้าวเจ้าบด เมื่อตรวจสอบคุณภาพผลิตภัณฑ์ ได้ผลการทดลองดังนี้

2.1.1 คุณภาพทางกายภาพ

อัตราการพองตัว ของผลิตภัณฑ์จากทุกชุดการทดลองมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ และชุดการทดลอง T5 จะมีอัตราการพองตัวสูงสุดคือ 3.08 ดังแสดงในตารางที่ 8 แต่เป็นค่าที่ค่อนข้างต่ำเมื่อเปรียบเทียบกับงานวิจัยที่ใช้วัตถุดิบจากธัญพืชเช่นเดียวกันดังเช่น งานวิจัยของ ศิราพร วิเศษสุรการ และคณะ (2534) ศึกษาการใช้แป้งปลายข้าวเจ้าในการพัฒนาแป้งข้าวโพดโดยผลิตด้วยเครื่องเอ็กซทรูเดอร์ พบว่าชุดการทดลองที่มีการพองตัวสูงสุดมีอัตราส่วนแป้งปลายข้าวเจ้าต่อแป้งข้าวโพดเท่ากับ 50:50 และส่วนผสมมีปริมาณความชื้นเริ่มต้นร้อยละ 13 โดยมีอัตราการพองตัวเท่ากับ 4.30 ทั้งนี้ขึ้นกับความสามารถในการทำงานของเครื่องเอ็กซทรูเดอร์ได้แก่ ความสามารถผลิตกับวัตถุดิบหลายชนิดในปริมาณความชื้นตั้งแต่ต่ำถึงสูง ขนาดตั้งแต่เล็กถึงใหญ่ ความสามารถในการควบคุมการผลักพาส่วนประกอบของวัตถุดิบขณะผลิตภายในตัวเครื่องเอ็กซทรูเดอร์ เวลาในการผลิต อุณหภูมิ แรงเฉือนและการกระจายความร้อนที่เกิดขึ้นและมีต่อส่วนประกอบของวัตถุดิบ โดยปัจจัยเหล่านี้มีผลต่อปริมาณการเกิดเจลของแป้งซึ่งมีผลต่อการพองตัวของผลิตภัณฑ์อาหารขบเคี้ยว(Chinaswamy and Hanna ,1988)

เมื่อพิจารณาผลของข้าวเหนียวบด ข้าวโพดบด ข้าวเจ้าบด ต่ออัตราการพองตัวเฉลี่ยของผลิตภัณฑ์อาหารขบเคี้ยว จะเห็นได้ว่าชุดทดลองที่มีข้าวโพดมากจะมีอัตราการพองตัวเฉลี่ยสูงกว่าชุดทดลองที่มีข้าวโพดน้อย แสดงผลดังตารางที่ 9 ทั้งนี้ทุกชุดการทดลองจะใช้ปริมาณน้ำเท่ากันซึ่งเป็นปริมาณน้ำที่เหมาะสมต่อการพองตัวของ

ตารางที่ 8 อัตราการพองตัวของอาหารขบเคี้ยวที่ผลิตจากส่วนผสมของข้าวเหนียวบด ข้าวเจ้าบด และข้าวโพดบด ที่อัตราส่วนต่าง ๆ

ชุดการทดลอง	สูตรส่วนผสม โดยน้ำหนัก			อัตราการพองตัว
	ข้าวเหนียวบด	ข้าวโพดบด	ข้าวเจ้าบด	
T1	80	20	0	2.82 $\pm$0.06
T2	60	40	0	2.82 $\pm$ 0.12
T3	60	30	10	2.96 $\pm$ 0.10
T4	60	20	20	2.98 $\pm$ 0.09
T5	40	40	20	3.08 $\pm$ 0.06

หมายเหตุ ค่าเฉลี่ย $\pm$ ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน ชุดการทดลอง ๆ ละ 10 ซ้ำ

ตารางที่ 9 ปริมาณข้าวเจ้าบด ข้าวโพดบด และข้าวเหนียวบดในระดับสูงและต่ำต่ออัตราการพองตัวของอาหารขบเคี้ยว

สูตร	อัตราการพองตัวเฉลี่ย
ข้าวเหนียวบดมาก (T1)	2.82
ข้าวเหนียวบดน้อย (T5)	3.08
ข้าวโพดบดมาก (T2+T5)	2.95
ข้าวโพดบดน้อย (T1+T4)	2.90
ข้าวเจ้าบดมาก (T4+T5)	3.03
ข้าวเจ้าบดน้อย (T1+T2)	2.82

หมายเหตุ สูตรส่วนผสมชุดเดียวกับตารางที่ 8

ข้าวโพดบด โดยมีผลให้ส่วนผสมมีปริมาณความชื้นอยู่ระหว่างร้อยละ 16.85 - 17.10 โดยน้ำหนัก นอกจากนี้สภาวะการทำงานของเครื่องเอ็กซทรูเดอร์ที่ใช้ในการทดลอง ได้แก่ อุณหภูมิ ความเร็วสกรูและอัตราการป้อนวัตถุดิบ เป็นสภาวะที่เหมาะสมกับการพองตัวของข้าวโพด(ข้อจำกัดของเครื่อง) ดังนั้นชุดการทดลองที่มีสัดส่วนของข้าวโพดบดผสมมากจึงมีอัตราการพองตัวสูงกว่า และผลจากการทดลองพบว่าชุดทดลองที่มีข้าวเหนียวมากจะมีอัตราการพองตัวต่ำกว่าชุดทดลองที่มีข้าวเหนียวน้อย ทั้งนี้เนื่องจากข้าวเหนียวบดมีขนาดเล็กกว่าข้าวโพดบด ซึ่งเข็มทอง นิ่มจินดา (2538) รายงานว่าเม็ดแป้งที่มีขนาดใหญ่จะพองตัวและใสที่อุณหภูมิต่ำกว่าเม็ดแป้งขนาดเล็ก ดังนั้นอุณหภูมิของเครื่องเอ็กซทรูเดอร์ที่ใช้ในการทดลองซึ่งเหมาะสมต่อการพองตัวของข้าวโพดอาจจะไม่เหมาะสมกับข้าวเหนียวบดประกอบกับปริมาณน้ำในข้าวเหนียวบดสูงเกินไป เนื่องจากข้าวเหนียวบดมีอะไมโลเพคตินสูงจึงอุ้มน้ำได้ดี จึงทำให้มีปริมาณน้ำในโครงสร้างมากส่งผลให้มีปริมาณความชื้นของสูตรธัญพืชบดผสมสูง แต่ความร้อนภายในเครื่องเอ็กซทรูเดอร์ที่ใช้ในการทดลองเกิดจากการเสียดสีของวัตถุดิบ จึงเหมาะกับวัตถุดิบที่มีความชื้นต่ำซึ่งจะมีผลไปขัดขวางการไหลของแป้งภายในเครื่องทำให้แรงเฉือนเพิ่มขึ้นและเวลาที่วัตถุดิบอยู่ในเครื่องนานขึ้นเป็นเหตุให้อุณหภูมิของวัตถุดิบเพิ่มขึ้นซึ่งมีผลทำให้ปริมาณการเกิดเจลเพิ่มขึ้น ผลิตภัณฑ์ที่ได้จึงมีการพองตัวสูง(Chinnaswamy and Hanna , 1988) ดังนั้นถ้าวัตถุดิบมีปริมาณความชื้นสูงจะให้ผลในทางตรงกันข้าม กล่าวคืออุณหภูมิของวัตถุดิบจะต่ำ ปริมาณการเกิดเจลน้อย นอกจากนี้อาจทำให้ปริมาณของน้ำที่มากไม่สามารถกลายเป็นไอและระเหยออกมาได้หมดในเวลาที่รวดเร็วที่ผลิตภัณฑ์ผ่านพ้นหน้าแปลน (ศิราพร วิเศษสุรการ และคณะ , 2534) จึงทำให้น้ำเหลืออยู่ในโครงสร้างมากการพองตัวไม่สามารถเกิดขึ้นได้ดีส่งผลให้ชุดทดลองที่มีข้าวเหนียวบดสูงจึงมีอัตราการพองตัวต่ำ ขณะที่ปริมาณของข้าวเจ้าบดให้ผลต่ออัตราการพองตัวของผลิตภัณฑ์ไปในทิศทางเดียวกันกับข้าวโพดบดคือชุดทดลองที่มีข้าวเจ้าบดมากจะมีอัตราการพองตัวเฉลี่ยสูงกว่าชุดทดลองที่มีข้าวบดน้อย ทั้งนี้ข้าวเจ้าบดมีโครงสร้างที่มีอะไมโลสสูงโดยมีประมาณร้อยละ 17-30 (อรรินทร์ โทรดี และ ประชา บุญญสิริกูล , 2522) ความ

สามารถในการดูดน้ำน้อยกว่าข้าวเหนียวบด จึงส่งผลให้มีปริมาณความชื้นของสูตรธัญพืชบดผสมใกล้เคียงกับความชื้นของข้าวโพดบด ทำให้มีสภาวะที่เหมาะสมในการเกิดเจลมากกว่า อัตราการพองตัวของผลิตภัณฑ์จึงเพิ่มขึ้น

2.1.2 คุณภาพทางประสาทสัมผัสของอาหารขบเคี้ยวสูตรพื้นฐาน

ผลการทดลองดังตารางที่ 10 เมื่อนำไปวิเคราะห์ผลทางสถิติ พบว่าทุกชุดการทดลองมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญในทางสถิติ ในทุกคุณลักษณะ ยกเว้นคะแนนเฉลี่ยความกรอบ ชุดการทดลอง T5 ซึ่งมีอัตราส่วนของข้าวเหนียวบด ข้าวโพดบด ข้าวเจ้าบด เท่ากับ 40 : 40 : 20 เป็นชุดการทดลองที่ได้คะแนนเฉลี่ยด้านคุณลักษณะความพอง และ ความเรียบผิว สูงกว่าชุดการทดลองอื่น โดยมีคะแนนเท่ากับ 7.19 และ 6.83 ตามลำดับ และมีคะแนนเฉลี่ยความกรอบค่อนข้างสูงเมื่อเปรียบเทียบกับชุดการทดลองอื่นโดยมีคะแนนเท่ากับ 7.38

เมื่อพิจารณาผลของข้าวเหนียวบด ข้าวโพดบด และข้าวเจ้าบด ต่อคุณลักษณะของผลิตภัณฑ์อาหารขบเคี้ยว โดยเปรียบเทียบคะแนนเฉลี่ยคุณลักษณะของชุดการทดลองที่มีส่วนผสมของสิ่งที่กำลังศึกษาในระดับสูง กับชุดการทดลองที่มีส่วนผสมในการศึกษาในระดับต่ำ ได้แสดงผลดังตารางที่ 11 จะเห็นได้ว่าผลของธัญพืชบดต่อคะแนนเฉลี่ยความพองมีผลในทิศทางเดียวกับอัตราการพองตัวแล้วยังมีผลในทิศทางเดียวกับความเรียบผิว และความเหนียวติดฟันขณะเคี้ยวกล่าวคือ เมื่อเปรียบเทียบในธัญพืชชนิดเดียวกันชุดทดลองที่มีข้าวโพดบดหรือข้าวเจ้าบดมากจะมีคะแนนเฉลี่ยของคุณลักษณะดังกล่าวสูงกว่าชุดทดลองที่มีข้าวโพดบดหรือข้าวเจ้าบดน้อย แต่ข้าวเหนียวบดจะมีผลต่อคะแนนเฉลี่ยของคุณลักษณะดังกล่าวตรงกันข้ามกับข้าวโพดบดหรือข้าวเจ้าบด ทั้งนี้ชุดการทดลองที่มีการพองตัวสูงแสดงว่าเป็นชุดการทดลองที่สัดส่วนของธัญพืชบดเหมาะสมต่อสภาวะการทำงานของเครื่องเอ็กซทรูเดอร์ที่ใช้ในการทดลองซึ่งเป็นชนิดสกรูเดี่ยว ความร้อนที่ให้แก่วัตถุดิบเพิ่มขึ้นจากการเปลี่ยนแปลงของพลังงานกลที่เกิดจากการเสียดสีของวัตถุดิบ ดังนั้นอุณหภูมิจะถูกควบคุมโดยองค์ประกอบของวัตถุดิบ โดยเครื่องที่ใช้ในการทดลองนี้เหมาะกับวัตถุดิบที่มีความชื้นต่ำ และมีขนาดใหญ่ การ

ตารางที่ 10 คะแนนเฉลี่ยของคุณลักษณะผลิตภัณฑ์อาหารขบเคี้ยวที่ผลิตด้วยสูตรผสมของธัญพืชจากการวางแผนแบบมิกซ์เจอร์

ชุดการทดลอง	คะแนนเฉลี่ย			
	ความพองตัว	ความเรียบผิว	ความเหนียวติดฟันขณะเคี้ยว	ความกรอบ
T1	6.64 ^{bc}	6.25 ^{bc}	6.06 ^{bc}	7.46 ^{a}
T2	6.33 ^{ab}	5.61 ^{ab}	6.11 ^{bc}	7.23 ^{a}
T3	6.23 ^{ab}	6.28 ^{bc}	5.16 ^{a}	7.26 ^{a}
T4	6.59 ^{a}	4.88 ^{a}	6.50 ^{c}	7.43 ^{a}
T5	7.19 ^{c}	6.83 ^{c}	5.59 ^{ab}	7.38 ^{a}

หมายเหตุ ตัวอักษรที่เหมือนกันในแนวตั้งแสดงว่าไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ

ตารางที่ 11 คะแนนเฉลี่ยจากการทดสอบการยอมรับทางประสาทสัมผัสต่อคุณลักษณะต่างๆ ของผลิตภัณฑ์อาหารขบเคี้ยวที่มีข้าวเหนียวบด ข้าวโพดบด และข้าวเจ้าบด ในระดับสูงและต่ำ

สูตร	คะแนนเฉลี่ย			
	ความพอง	ความเรียบผิว	ความเหนียวติดฟันขณะเคี้ยว	ความกรอบ
ข้าวเหนียวบดมาก (T1)	6.64	6.25	6.06	7.49
ข้าวเหนียวบดน้อย (T5)	6.19	6.83	5.59	7.38
ข้าวโพดบดมาก (T2+T5)	6.76	6.22	5.85	7.25
ข้าวโพดบดน้อย (T1+T4)	6.61	5.56	6.26	7.44
ข้าวเจ้าบดมาก (T4+T5)	6.89	5.85	6.04	7.40
ข้าวเจ้าบดน้อย (T1+T2)	6.48	5.93	6.08	7.34

พองตัวดีส่งผลให้อาหารขบเคี้ยวมีความเรียบผิวสูงตาม และเมื่อพิจารณาคะแนนเฉลี่ยความเหนียวติดฟันขณะเคี้ยว พบว่าความเหนียวติดฟันขณะเคี้ยวของอาหารขบเคี้ยวขึ้นกับปริมาณของอะไมโลเพคตินในแป้ง ดังรายงานของ อรรินทร์ โทรดี และ ประชา บุญญสิริกุล (2522) กล่าวว่า ข้าวเหนียวและข้าวเจ้ามีอะไมโลสต่างกันข้าวเหนียวมีอะไมโลเพคตินเป็นจำนวนมาก แต่มีอะไมโลสอยู่น้อยมากไม่เกินร้อยละ 3 ข้าวเจ้ามีอะไมโลสประมาณร้อยละ 17- 30 เมื่อหุงข้าว อะไมโลเพคตินทำให้ข้าวจับกันเป็นก้อน ข้าวเหนียวจึงจับเป็นก้อนมากกว่าข้าวเจ้า ในทำนองเดียวกันชุดทดลองที่มีข้าวเหนียวสูงผลิตภัณฑ์ที่ได้จึงมีความเหนียวติดฟันขณะเคี้ยวสูง ขณะที่ข้าวโพดมีอะไมโลสสูงคือละร้อยละ 25 (Chinnasawamy and Hanna ,1988) เช่นเดียวกับข้าวเจ้า ทำให้ชุดทดลองที่มีข้าวเจ้าบดหรือข้าวโพดบดสูงได้ผลิตภัณฑ์มีความเหนียวติดฟันขณะเคี้ยวต่ำลง ดังนั้นการเพิ่มปริมาณข้าวเจ้าบดจึงช่วยให้ความเหนียวของผลิตภัณฑ์ลดลง และความรู้สึกขณะขบเคี้ยวในปากดีขึ้นกล่าวคือไม่ติดฟัน

ส่วนผลของธัญพืชบดต่อคะแนนเฉลี่ยความกรอบของอาหารขบเคี้ยว จะเห็นได้ว่าให้ผลในทางตรงกันข้ามกับคุณลักษณะข้างต้นคือชุดการทดลองที่มีข้าวเหนียวบดมากจะมีคะแนนเฉลี่ยความกรอบมากกว่าชุดการทดลองที่มีข้าวเหนียวบดน้อย ทั้งนี้จากการทดลองข้าวเหนียวบดมีขนาดเล็กกว่าข้าวโพดบดโดยมีขนาดเท่ากับ 425-850 ไมครอน และ 425 - 1180 ไมครอน ตามลำดับ ซึ่งขนาดของวัตถุดิบมีผลต่อเนื้อสัมผัสและขนาดของโพรงอากาศ ของอาหารขบเคี้ยว ถ้าวัตถุดิบมีขนาดโตก็จะทำให้อาหารขบเคี้ยวมีเนื้อสัมผัสที่กรอบแข็ง เนื่องจากผนังเซลล์โครงสร้างหนา รูอากาศโต แต่ถ้าวัตถุดิบมีขนาดเล็กอาหารขบเคี้ยวจะมีผนังเซลล์โครงสร้างบาง รูอากาศเล็ก จึงมีเนื้อสัมผัสที่กรอบนุ่ม (ประชา บุญญสิริกูล,2540)

จากผลการวิเคราะห์คุณภาพทางกายภาพ และคุณภาพของประสาทสัมผัสของอาหารขบเคี้ยว ได้เลือกชุดการทดลอง T5 ซึ่งมีอัตราส่วนของข้าวเหนียวบด ข้าวโพดบด ข้าวเจ้าบด เท่ากับ 40:40:20 เป็นสูตรพื้นฐานในการพัฒนาอาหารขบเคี้ยวขั้นต่อไปเนื่องจากมีคะแนนเฉลี่ยคุณลักษณะต่างๆสูง โดยเฉพาะมีอัตราการพองตัว

สูงกว่าทุกชุดการทดลอง ทั้งนี้การทดลองต้องการใช้ประโยชน์จากการเพิ่มปริมาณโปรตีนให้สูงเท่าที่จะทำได้ จึงมีความจำเป็นต้องเลือกสูตรที่ให้การพองตัวสูง และเหมาะสมกับการทำงานของเครื่องเอ็กซทรูเดอร์ เพื่อป้องกันการหยุดชะงักการทำงานของเครื่องเอ็กซทรูเดอร์ระหว่างการทดลองที่อาจเกิดจากการเพิ่มโปรตีนปลาสกัดแล้วเกิดปฏิกิริยาภายในมีผลยับยั้งการพองตัวของแป้ง และจะเห็นว่า ชุดการทดลอง T5 นอกจากมีการพองตัวสูงสุดแล้ว ยังมีคะแนนเฉลี่ยความเรียบสูงเช่นกัน แสดงว่าเป็นสูตรที่เหมาะสมกับการทำงานของเครื่องเอ็กซ์ทรูเดอร์มากที่สุด

2.2 ศึกษาระดับโปรตีนปลาสกัด และ ฟักทองแห้งที่เหมาะสมในผลิตภัณฑ์อาหารขบเคี้ยว

2.2.1 คุณภาพทางกายภาพ

จากตารางที่ 12 ทุกชุดการทดลองมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ และ อัตราการพองตัวของอาหารขบเคี้ยวที่ระดับโปรตีนต่างกัน มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ โดยชุดการทดลองที่ไม่เติมฟักทองเมื่อเพิ่มปริมาณโปรตีนปลาสกัดผลิตภัณฑ์จะมีอัตราการพองตัวลดลง สอดคล้องกับงานวิจัยของ Yu และคณะ (1981) ซึ่งรายงานว่า เมื่อเพิ่มเนื้อปลาในผลิตภัณฑ์อาหารขบเคี้ยว โดยกระบวนการเอ็กซทรูชัน อาหารขบเคี้ยวจะมีการพองตัวลดลง ทั้งนี้อาจจะเกิดปฏิกิริยาภายในของโปรตีน มีผลยับยั้งการพองตัวของแป้ง และ ดวงใจ ทิระบาล และ นงนุช รักสกุลไทย (2533) ศึกษาปัจจัยบางประการที่มีผลต่อคุณภาพของข้าวเกรียบปลา พบว่าเมื่อใช้ปริมาณปลาสูงขึ้น ปริมาณโปรตีนจะเพิ่มขึ้น แต่การขยายตัวของข้าวเกรียบจะลดลงเช่นกัน

2.2.2 คุณภาพทางประสาทสัมผัส

ผลการทดลองดังแสดงในตารางที่ 13 พบว่าทุกคุณลักษณะที่ทำการทดสอบของทุกชุดการทดลองมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ และเมื่อพิจารณาอิทธิพลโปรตีนปลาสกัด และอิทธิพลร่วมของสองปัจจัยต่อแต่ละคุณลักษณะของผลิตภัณฑ์ได้ผลดังนี้

ตารางที่ 12 อัตราการพองตัวของผลิตภัณฑ์อาหารขบเคี้ยวเมื่อเติมโปรตีนปลาสกัดและฟักทองแห้งที่ระดับต่าง ๆ

ชุดการทดลองที่	โปรตีนปลาสกัด	ฟักทองแห้ง	อัตราการพองตัว
1	0	0	3.18±0.05
2	1	0	3.09±0.09
3	2	0	3.06±0.05
4	3	0	2.95±0.02
5	4	0	2.91±0.06
6	1	3	2.81±0.05
7	2	3	2.96±0.06
8	3	3	2.88±0.01
9	4	3	2.83±0.01
10	1	5	2.79±0.02
11	2	5	2.85±0.01
12	3	5	2.80±0.03
13	4	5	2.79±0.08

ตารางที่ 13 คะแนนเฉลี่ยการทดสอบการยอมรับทางประสาทสัมผัสต่อคุณลักษณะต่างๆ ของผลิตภัณฑ์อาหารขบเคี้ยวที่เติมโปรตีนปลาสกัดและฟักทองแห้งระดับต่างๆ

ชุดการทดลอง	ความพอง	ความกรอบ	เนื้อสัมผัส	กลิ่นคาวปลา	สี
1	7.30	6.09	5.21	2.51	8.03
2	7.53	7.29	4.12	2.98	7.74
3	7.06	7.69	5.32	4.17	6.67
4	6.17	7.03	6.12	5.51	5.29
5	4.75	6.87	4.79	7.17	3.98
6	6.92	7.28	6.58	2.66	6.96
7	7.04	7.72	6.18	3.54	6.39
8	6.39	7.24	4.80	4.96	5.26
9	6.44	7.10	5.02	5.41	3.57
10	5.86	7.29	5.58	3.91	6.39
11	6.67	7.91	5.92	5.02	6.27
12	5.82	7.24	4.98	5.88	5.67
13	5.97	6.67	6.39	6.89	4.2

หมายเหตุ ผู้ทดสอบชิม 13 คน

ชุดการทดลองเดียวกับตารางที่ 12

ความพองตัว ให้ผลในทิศทางเดียวกับคุณภาพทางกายภาพด้านอัตราการพองตัว กล่าวคือ ชุดการทดลองที่ไม่เติมฟักทอง (การทดลองชุดที่ 1-5) เมื่อเพิ่มปริมาณโปรตีนปลาสกัดผลิตภัณฑ์จะมีอัตราการพองตัวลดลง ส่วนอิทธิพลรวมของปัจจัยทั้งสองจะมีผลต่อความแตกต่างของคะแนนเฉลี่ยความพองตัวของอาหารขบเคี้ยวอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ชุดการทดลองที่มีการเติมโปรตีนปลาสกัดและฟักทองแห้งพบว่าที่ปริมาณโปรตีนเดียวกันการเพิ่มปริมาณฟักทองแห้งจากปริมาณร้อยละ 3 เป็นร้อยละ 4 ทำให้คะแนนเฉลี่ยความพองของอาหารขบเคี้ยวลดลงทุกระดับปริมาณโปรตีน ทั้งนี้นอกจากโปรตีนปลาสกัดมีผลต่อการพองตัวของอาหารขบเคี้ยวแล้ว การเติมฟักทองแห้งและโปรตีนปลาสกัดทำให้ปริมาณของธัญพืชบดในสูตรผสมลดลงซึ่งส่งผลให้ปริมาณอะไมโลเพคตินลดลง ขณะเดียวกันความชื้นของโปรตีนปลาสกัดและฟักทองแห้งค่อนข้างสูงโดยมีปริมาณร้อยละ 25.35 และ 15.46 ตามลำดับ ขณะที่ปริมาณน้ำที่เติมในสูตรผสมมีปริมาณเท่ากันทุกชุดการทดลองคือเติมปริมาณร้อยละ 6 ของน้ำหนักสูตรผสม จึงอาจส่งผลให้ปริมาณความชื้นของสูตรผสมเพิ่มขึ้น แต่ความร้อนภายในเครื่องเอ็กซทรูเดอร์ที่ใช้ในการทดลองเกิดจากการเสียดสีของวัตถุดิบ จึงเหมาะกับวัตถุดิบที่มีความชื้นต่ำซึ่งจะมีผลไปขัดขวางการไหลของแป้งภายในเครื่องทำให้แรงเฉือนเพิ่มขึ้น เป็นเหตุให้อุณหภูมิภายในเครื่องเพิ่มขึ้น (Chinnaswamy and Hanna , 1988) ดังนั้นถ้าวัตถุดิบมีปริมาณความชื้นสูงจะให้ผลในทางตรงกันข้าม กล่าวคือแรงเฉือนและอุณหภูมิในเครื่องเอ็กซทรูเดอร์ลดลง ความสามารถในการทำให้เกิดความดันน้อยลงและสูตรผสมมีอุณหภูมิต่ำลง เมื่อสูตรผสมผ่านมายังรูหน้าแปลนความดันภายในกับความดันภายนอกมีความแตกต่างกันน้อย ดังนั้นจึงทำให้น้ำที่มีปริมาณมากซึ่งผสมในสูตรผสมไม่สามารถกลายเป็นไอและระเหยออกมาได้หมดในเวลาที่รวดเร็วที่ผลิตภัณฑ์ผ่านพ้นหน้าแปลน (ศิราพร วิเศษสุรการ และคณะ , 2534) จึงทำให้น้ำเหลืออยู่ในโครงสร้างมาก และน้ำที่ระเหยดันโครงสร้างของวัตถุดิบให้เกิดการพองตัวน้อย การพองตัวจึงไม่สามารถเกิดขึ้นได้ดี

ความกรอบ โปรตีนปลาสกัดมีผลต่อคะแนนเฉลี่ยความกรอบอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ จะเห็นได้ว่าชุดการทดลองที่ไม่เติมฟักทอง เมื่อเพิ่มปริมาณโปรตีนร้อยละ 2 จะมีคะแนนเฉลี่ยความกรอบเพิ่มขึ้นเมื่อเปรียบเทียบกับที่ปริมาณโปรตีนร้อยละ 1 แต่การเติมโปรตีนร้อยละ 3 และ 4 จะมีคะแนนเฉลี่ยความกรอบลดลง ซึ่งมีผลในทิศทางทำนองเดียวกับการทดลองของ Yu และ คณะ(1981) ผลิตอาหารขบเคี้ยวโดยใช้อัตราส่วนของเนื้อปลาต่อแป้งเท่ากับ 20 : 80 , 30 : 70 , 40 : 60 , 50 : 50 และ 60 : 40 พบว่า เมื่อเพิ่มปริมาณโปรตีนทำให้คะแนนเฉลี่ยความกรอบลดลง ยกเว้นชุดการทดลองที่ใช้อัตราส่วนของเนื้อปลาต่อแป้งเท่ากับ 40 : 60 จะมีคะแนนเฉลี่ยความกรอบสูงสุด แสดงว่าชุดการทดลองที่มีคะแนนเฉลี่ยความกรอบสูงสุดมีปริมาณโปรตีนปลาสกัดที่ให้ความกรอบแข็งของผลิตภัณฑ์ที่พอเหมาะ ทั้งนี้อาจเนื่องจากโปรตีนมีผลต่อการเกิดความกรอบแข็งของอาหารขบเคี้ยว ดังงานวิจัยของพรรณี วงค์ไกรศรีทอง (2530) รายงานว่าการใช้เนื้อปลาเพิ่มขึ้นจะทำให้ข้าวเกรียบที่ทำจากแป้งผสมแต่ละชนิดมีความกรอบแข็งเพิ่มขึ้น การที่เนื้อปลามีผลต่อความแข็งของข้าวเกรียบเกิดจาก เนื้อปลาหุ้มเม็ดแป้งไว้ เม็ดแป้งจึงแตกตัวได้ยาก และจะแข็งตัวเมื่อแห้ง หรืออาจเป็นเพราะปลามีโปรตีนเมื่อถูกทำให้สุกจะแข็งตัว ทั้งสองปัจจัยนี้ทำให้ความแข็งของข้าวเกรียบเพิ่มขึ้น

ส่วนอิทธิพลร่วมของโปรตีนปลาสกัดและฟักทองแห้ง ไม่มีผลต่อความแตกต่างของคะแนนความเฉลี่ยกรอบอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ โดยพบว่าการเติมโปรตีนปลาสกัดร้อยละ 2 จะมีคะแนนเฉลี่ยความกรอบสูงสุดที่ทุกระดับปริมาณฟักทองแห้งแสดงว่าฟักทองแห้งไม่มีผลต่อคะแนนเฉลี่ยความกรอบ

เนื้อสัมผัส พบว่าโปรตีนปลาสกัดไม่ผลต่อเนื้อสัมผัสของผลิตภัณฑ์อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ทั้งนี้ลักษณะเนื้อสัมผัสของอาหารขบเคี้ยวขึ้นอยู่กับสัดส่วนของอะไมโลเพคตินและอะไมโลสที่เหมาะสม และขนาดของเม็ดแป้งกล่าวคือ อะไมโลเพคตินทำให้อาหารขบเคี้ยวพองตัวดี และมีความเปราะ ขณะที่อะไมโลสทำให้อาหารขบเคี้ยวมีการพองตัวต่ำและลักษณะเนื้อแน่นแข็ง และขนาดของเม็ดแป้งมีผลต่อเนื้อสัมผัสของอาหาร

ขบเคี้ยว ถ้าเม็ดแป้งมีขนาดโตก็จะทำให้อาหารขบเคี้ยวมีเนื้อสัมผัสที่กรอบแข็ง เนื่องจากผนังเซลล์โครงสร้างหนา รูอากาศโต แต่ถ้าขนาดเม็ดแป้งของอาหารขบเคี้ยวมีขนาดเล็กจะมีผนังเซลล์โครงสร้างบาง รูอากาศเล็ก จึงมีเนื้อสัมผัสที่กรอบนุ่ม (ประชา บุญญสิริกูล,2540) สำหรับอิทธิพลร่วมของโปรตีนปลาสกัดและฟักทองแห้ง พบว่ามีผลทำให้ลักษณะเนื้อสัมผัสของผลิตภัณฑ์แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ทั้งนี้อาจเกิดจากการเติมฟักทองแห้งและโปรตีนปลาสกัดทำให้ปริมาณของธัญพืชบดในสูตรผสมลดลง ขณะเดียวกันความชื้นของโปรตีนปลาสกัดและฟักทองแห้งค่อนข้างสูง จึงมีผลให้ปริมาณความชื้นของสูตรผสมเพิ่มขึ้นซึ่งอาจทำให้เนื้อสัมผัสของอาหารขบเคี้ยวเกิดการเปลี่ยนแปลง เนื่องจากวัตถุดิบมีความชื้นสูงทำให้อุณหภูมิภายในของเครื่องเอ็กซทรูเดอร์ลดลง จากรายงานของ Chiang และ Johnson (1977) ซึ่งได้แสดงความสัมพันธ์ระหว่างความชื้นกับอุณหภูมิภายในเครื่องเอ็กซทรูเดอร์ว่าการใช้วัตถุดิบที่มีความชื้นค่อนข้างสูงซึ่งมีปริมาณความชื้นอยู่ระหว่างร้อยละ 18-22 ที่อุณหภูมิปานกลางซึ่งประมาณ 88 -104 องศาเซลเซียส จะได้ผลิตภัณฑ์ที่มีลักษณะค่อนข้างแข็ง และโครงสร้างของเซลล์เล็ก ซึ่งจากผลการทดลองครั้งนี้จะเห็นได้ว่าชุดการทดลองที่เติมโปรตีนปลาสกัดและฟักทองแห้งจะมีคะแนนเฉลี่ยเนื้อสัมผัสใกล้เคียงและมากกว่าชุดควบคุมหรือชุดการทดลองที่ไม่เติมโปรตีนปลาสกัดและฟักทองแห้ง แสดงว่าเติมโปรตีนปลาสกัดและฟักทองแห้งทำให้เนื้อสัมผัสของอาหารขบเคี้ยวมีความละเอียดขึ้นหรือมีโครงสร้างของเซลล์เล็ก แต่มีความแข็ง ทำให้คะแนนเฉลี่ยเนื้อสัมผัสเพิ่มขึ้นไม่มาก

กลิ่นคาวปลา โปรตีนปลาสกัดมีผลต่อความแตกต่างของคะแนนเฉลี่ยกลิ่นคาวปลาอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ดังจะเห็นได้ว่าชุดการทดลองที่ไม่เติมฟักทองแต่มีการเพิ่มโปรตีนปลาสกัด ทำให้กลิ่นคาวปลาของผลิตภัณฑ์เพิ่มขึ้น โดยระดับโปรตีนปลาสกัดร้อยละ 1 กับโปรตีนปลาสกัดร้อยละ 4 จะมีคะแนนเฉลี่ยกลิ่นคาวปลาแตกต่างอย่างชัดเจน ทั้งนี้โปรตีนปลาสกัดที่นำมาผสมในอาหารขบเคี้ยวผลิตจากหัวปลา จึงมีกลิ่นคาวสูงเนื่องจากบริเวณเหงือกและเมือก จะมีจุลินทรีย์ที่สามารถย่อยโปรตีนแล้วทำให้

เกิดสารอะมีน แอมโมเนีย แอลกอฮอล์ และไนไตรท ซึ่งการสะสมของสารเหล่านี้ทำให้เกิดกลิ่นคาวปลา(นงลักษณ์ สุทธิวานิช , 2531) ส่วนอิทธิพลร่วมของโปรตีนปลาสกัดและฟักทองแห้งไม่มีผลกลิ่นคาวปลาของผลิตภัณฑ์แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ

สี โปรตีนปลาสกัดมีผลต่อความแตกต่างของคะแนนเฉลี่ยสีอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ จะเห็นได้ว่าชุดที่ไม่เติมฟักทองแห้ง การเพิ่มปริมาณโปรตีนทำให้คะแนนเฉลี่ยสีลดลงอย่างเห็นได้ชัดคือผลิตภัณฑ์จะมีสีคล้ำ ทั้งนี้โปรตีนปลาสกัดที่ผลิตขึ้นมีสีน้ำตาล ซึ่งเกิดจากผลของการใช้ความร้อนในการสกัด และการทำแห้งโปรตีนปลาสกัด ทำให้เกิดปฏิกิริยาสีน้ำตาล (ไพรัตน์ โสภโณดร , 2539) นอกจากนี้โปรตีนปลาสกัดยังสามารถทำปฏิกิริยากับน้ำตาลในแป้งหรือฟักทองแห้งทำให้เกิดปฏิกิริยาสีน้ำตาลขึ้นด้วย เมื่อได้รับอุณหภูมิสูงในกระบวนการเอ็กซทรูชัน แต่อิทธิพลร่วมของโปรตีนปลาสกัดและฟักทองแห้งไม่มีผลต่อสีของผลิตภัณฑ์อย่างมีนัยสำคัญ การเพิ่มปริมาณฟักทองทำให้คะแนนเฉลี่ยสีมีทิศทางที่ไม่แน่นอนเมื่อเปรียบเทียบที่ปริมาณโปรตีนปลาสกัดเดียวกัน ถึงแม้ฟักทองแห้งจะมีสีเหลือง แต่ปริมาณที่เติมน้อย ประกอบกับมีส่วนประกอบของน้ำตาลเช่นเดียวกับแป้ง จึงเกิดสีน้ำตาลจากการไหม้ของน้ำตาลเนื่องจากการใช้อุณหภูมิสูงในกระบวนการเอ็กซทรูชัน

จากการวิเคราะห์คุณภาพทางกายภาพ และคุณภาพทางประสาทสัมผัสของผลิตภัณฑ์ เมื่อพิจารณาคุณลักษณะของความพอง ความกรอบ และลักษณะเนื้อสัมผัส พบว่าสามารถเพิ่มปริมาณโปรตีนปลาสกัดได้มากกว่าร้อยละ 4 เนื่องจากผลิตภัณฑ์ที่ได้มีคะแนนของคุณลักษณะดังกล่าวยังเป็นที่ยอมรับได้ ขณะที่สีของผลิตภัณฑ์สามารถแก้ไขได้โดยการเคลือบแต่มีข้อจำกัดของกลิ่นคาวปลาจึงเลือกชุดการทดลองที่เติมโปรตีนปลาสกัดร้อยละ 2 และฟักทองแห้งร้อยละ 3 เป็นชุดทดลองสำหรับผลิตภัณฑ์อาหารขบเคี้ยวปลาสกัด ทั้งนี้เป็นชุดทดลองที่มีคุณลักษณะต่าง ๆ ได้แก่ ความพอง ความกรอบ เนื้อสัมผัส กลิ่นคาวปลา สี ได้คะแนนค่อนข้างดี คือ 7.04 7.72 6.18 3.54 และ 6.39 ตามลำดับ

3. การประเมินคุณภาพของผลิตภัณฑ์อาหารขบเคี้ยวเสริมโปรตีนปลาสกัด

3.1 คุณภาพทางกายภาพ

ลักษณะปรากฏผลิตภัณฑ์อาหารขบเคี้ยวเสริมโปรตีนปลาสกัดแสดงดังภาพที่ 10 ค่า A_w (Water activity)เท่ากับ 0.25 ความชื้นร้อยละ 5.54 และมีอัตราการพองตัวเท่ากับ 2.96 จะเห็นได้ว่ามีค่า A_w อยู่ในเกณฑ์ที่ยอมรับของ Katz และ Labuza (1981) รายงานว่า ลักษณะเนื้อสัมผัสของอาหารมีความสัมพันธ์กับค่า A_w และ ค่า A_w ที่อยู่ในช่วง 0.35 - 0.50 เป็นสภาวะปกติของการเก็บรักษาอาหารขบเคี้ยวแต่ถ้าค่า A_w เกินจาก 0.50 ลักษณะเนื้อสัมผัสของผลิตภัณฑ์จะเกิดการเปลี่ยนแปลงเพราะค่า A_w ที่เกิดจากช่วงนี้ จะมีผลลดแรงยึดเหนี่ยวภายในเป็นเหตุให้ความกรอบลดลง แต่มีอัตราการพองตัวต่ำกว่ารายงานของ ประชา บุญญสิริกุลและ คณะ (2539) ซึ่งกำหนดผลิตภัณฑ์ที่ดีควรมีค่าอัตราการพองในช่วง 3.8 - 4.20 จากการทดลองครั้งนี้มีอัตราการพองตัวเพียง 2.96 ทั้งนี้การทดลองใช้เครื่องเอ็กซทรูเดอร์ชนิดที่มีข้อจำกัด สภาวะการทำงานของเครื่องเหมาะกับวัตถุดิบที่มีความชื้นต่ำๆ ประมาณร้อยละ 14 และอนุภาคที่มีขนาดหยาบ ๆ เช่น ข้าวโพดบดหยาบ จะได้ผลิตภัณฑ์ที่มีการพองตัวสูงแต่มีเนื้อสัมผัสหยาบไม่เป็นที่ยอมรับของผู้บริโภค แต่การทดลองครั้งนี้นำธัญพืชเช่น ข้าวเหนียวบดและข้าวเจ้าบด ซึ่งมีขนาดเม็ดแป้งประมาณ 425 ไมครอน มาผสม จึงได้ผลิตภัณฑ์ที่มีการพองตัวต่ำ

3.2. คุณภาพทางประสาทสัมผัส

คะแนนเฉลี่ยของการทดสอบปัจจัยคุณภาพทางประสาทสัมผัสของผลิตภัณฑ์อาหารขบเคี้ยวเสริมโปรตีนปลาสกัดแสดงดังตารางที่ 14 พบว่าคะแนนความกรอบค่อนข้างสูง คือ คะแนนเฉลี่ยเท่ากับ 8.4 ดังนั้นการพองตัวระดับนี้จึงเป็นที่ยอมรับได้ และมีคะแนนเฉลี่ยของเนื้อสัมผัสเท่ากับ 6.5 เป็นคะแนนที่แสดงว่าผลิตภัณฑ์มีเนื้อสัมผัสไม่หยาบและแข็งมาก ดังนั้นถึงแม้ผลิตภัณฑ์จะมีค่าอัตราการพองเท่ากับ 2.96 ซึ่งมีค่าต่ำกว่าช่วงอัตราการพองที่ดีคือในช่วง 3.8-4.2(ประชา บุญญสิริกุล และคณะ,2539) แต่ก็ยังได้รับการยอมรับจากผู้บริโภคทั้งด้านความกรอบ และเนื้อสัมผัสผลิตภัณฑ์ที่ได้จะ

ภาพที่ 10 ลักษณะปรากฏของผลิตภัณฑ์อาหารขบเคี้ยวเสริมโปรตีนปลาสกัด

ตารางที่ 14 คะแนนเฉลี่ยจากการทดสอบคุณภาพทางประสาทสัมผัสของผลิตภัณฑ์อาหารขบเคี้ยวเสริมโปรตีนปลาสกัด

ปัจจัยคุณภาพ	คะแนนเฉลี่ย
ความพอง	6.90 $\pm$ 0.94
ความกรอบ	8.40 $\pm$ 1.25
เนื้อสัมผัส	6.50 $\pm$0.08
กลิ่นคาวปลา	1.82 $\pm$ 0.75
กลิ่นหืน	0.86 $\pm$ 0.70
สี	7.62 $\pm$ 1.06
การยอมรับรวม	7.20 $\pm$ 0.66

จะมีกลิ่นคาวปลาเล็กน้อย คะแนนการยอมรับของสีผลิตภัณฑ์ค่อนข้างสูง และคะแนนการยอมรับรวมเท่ากับ 7.20 ซึ่งเป็นคะแนนที่อยู่ในเกณฑ์ที่ผู้บริโภคยอมรับผลิตภัณฑ์

3.3 คุณภาพทางเคมี

3.3.1 องค์ประกอบทางเคมีของผลิตภัณฑ์

องค์ประกอบทางเคมีของผลิตภัณฑ์อาหารขบเคี้ยวเสริมโปรตีนปลาสกัดและอาหารขบเคี้ยวสูตรพื้นฐานแสดงในตารางที่ 15 พบว่ามีปริมาณโปรตีนร้อยละ 8.58 และ 7.72 ของน้ำหนักแห้งตามลำดับ อาหารขบเคี้ยวเสริมโปรตีนปลาสกัดมีปริมาณโปรตีนเพิ่มขึ้นน้อยเมื่อเปรียบเทียบกับสูตรพื้นฐาน ทั้งนี้เพราะว่าสามารถเติมโปรตีนปลาสกัดได้น้อยเนื่องจากมีข้อจำกัดของกลิ่นคาวของโปรตีนปลาสกัด อย่างไรก็ตามเมื่อเปรียบเทียบกับอาหารขบเคี้ยวที่ใช้แป้งเป็นวัตถุดิบหลักและเติมสารปรุงแต่งกลิ่นรสจากตลาด ได้แก่ ข้าวเกรียบกุ้ง ขนมอบกรอบรสกุ้ง รสปลาหมึก และรสไก่ ขนมปลาอบกรอบและปลาเส้น ซึ่งจากการวิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมี พบว่าประกอบด้วยโปรตีนร้อยละ 8.54 , 5.85 , 5.06 , 5.76 , 21.55 และ 24.47 ของน้ำหนักแห้งตามลำดับ และจากรายงานของ ธงชัย สุวรรณสิชณน์ (2535) รายงานว่าอาหารขบเคี้ยวกลิ่นรสเนยเคลือบคาราเมลจากตลาดประกอบด้วยปริมาณความชื้น และ โปรตีน เท่ากับ 2.50 และ 3.90 โดยน้ำหนัก ตามลำดับ จะเห็นได้ว่าอาหารขบเคี้ยวเสริมโปรตีนปลาสกัดมีปริมาณโปรตีนใกล้เคียงข้าวเกรียบกุ้งและสูงกว่าขนมอบกรอบรสต่าง ๆ แต่ต่ำกว่าปลาอบกรอบและปลาเส้น เมื่อเปรียบเทียบกับงานพัฒนาอาหารขบเคี้ยวให้มีคุณค่าทางโภชนาการโดยการนำวัตถุดิบที่มีโปรตีนสูงผสมในสูตรผสม พบว่าอาหารขบเคี้ยวเสริมโปรตีนปลาสกัดมีปริมาณโปรตีนสกัดสูงกว่า กล่าวคืองานวิจัยของดวงใจ ทิระบาลและ นงนุช รักสกุลไทย (2533) ทดลองทำข้าวเกรียบปลา พบว่า สูตรที่เหมาะสมใช้อัตราส่วนแป้งมันสำปะหลังต่อเนื้อปลา เท่ากับ 65 : 35 มีปริมาณโปรตีนร้อยละ 7.42 โดยน้ำหนัก และศิราพร วิเศษสุรการ และ คณะ (2534) ศึกษาการใช้ปลายข้าวในการพัฒนาผลิตภัณฑ์อาหารเช้าพบว่าสูตรที่เหมาะสมมีอัตราส่วนของแป้งปลายข้าวเจ้าต่อแป้งข้าวโพดเท่ากับ 60 : 40โดยน้ำหนัก ประกอบด้วยปริมาณความชื้น และ โปรตีน เท่ากับ 5.0 และ 3.63 โดยน้ำหนัก ตามลำดับ

ตารางที่ 15 องค์ประกอบทางเคมีของอาหารขบเคี้ยวสูตรพื้นฐานและสูตรเสริมโปรตีนปลาสกัด

องค์ประกอบทางเคมี (ร้อยละโดยน้ำหนักแห้ง)	อาหารขบเคี้ยว	
	สูตรพื้นฐาน	สูตรเสริมโปรตีนปลาสกัด
ความชื้น*	5.49 ± 0.01	5.54 ± 0.04
โปรตีน	7.72 ± 0.01	8.58 ± 0.01
ไขมัน	1.03 ± 0.02	0.43 ± 0.02
เถ้า	0.63 ± 0.01	0.65 ± 0.04

หมายเหตุ *ร้อยละโดยน้ำหนักตัวอย่าง

3.3.2 ชนิดและปริมาณของกรดอะมิโนของผลิตภัณฑ์

ชนิดและปริมาณของกรดอะมิโนของผลิตภัณฑ์อาหารขบเคี้ยวเสริมโปรตีนสกัดแสดงในตารางที่ 16 พบว่าปริมาณกรดอะมิโนที่จำเป็นต่อร่างกายคือ ไอโซลูซีน ลูซีน ไลซีน และทรีโอนีน สูงกว่าอาหารขบเคี้ยวสูตรพื้นฐาน 3.0 2.0 8.0 และ 3.0 มิลลิกรัม ต่อ โปรตีน 1 กรัม ตามลำดับ ทั้งนี้ในโปรตีนปลาสกัดจากหัวปลาทูน่าจะมีไลซีนและกรดอะมิโนที่จำเป็นต่อร่างกายปริมาณสูง(จิตรวดี ไตรเรกพันธ์ ,2540) ขณะที่พวกธัญพืชมีชนิดและกรดอะมิโนดังกล่าวต่ำ และเมื่อเปรียบเทียบกับการทดลองของ สมชาย ประภาวัต และคณะ (2534) ซึ่งผลิตข้าวเกรียบเสริมโปรตีนด้วยแป้งถั่วเหลืองชนิดไขมันเต็มและแป้งถั่วลิสงพร่องมันเนย พบว่า ผลิตภัณฑ์อาหารเสริมโปรตีนปลาสกัด จะมีปริมาณ ไอโซลูซีน ลูซีน เมทไธโอนีนรวมซิสตีน ทรีโอนีน และวารีนสูงกว่า และเมื่อเปรียบเทียบกับงานวิจัยของ ประชา บุญญสิริกูล (2539) ผลิตอาหารขบเคี้ยวจากถั่วเหลือง จะเห็นได้ว่าผลิตภัณฑ์อาหารเสริมโปรตีนปลาสกัด จะมีปริมาณ ลูซีน เมทไธโอนีนรวมซิสตีน และทรีโอนีน สูงกว่า และมีปริมาณ ไอโซลูซีน และวารีนใกล้เคียงกัน แม้ว่าปริมาณโปรตีนปลาสกัดที่เติมในอาหารขบเคี้ยวน้อยเนื่องจากข้อจำกัดของกลิ่นคาวปลา เมื่อพิจารณาปริมาณ ไลซีน และฟินิลอะลานีนรวมไธโรซีน พบว่ามีปริมาณ ต่ำกว่าสูตรพื้นฐานและงานวิจัยทั้งสองดังกล่าว อย่างไรก็ตาม พบว่าปริมาณฟินิลอะลานีนรวมไธโรซีน มีปริมาณสูงกว่าข้อกำหนดมาตรฐานของ FAO / WHO (1973) จะเห็นได้ว่าอาหารขบเคี้ยวเสริมโปรตีนปลาสกัด นอกจากจะมีปริมาณกรดอะมิโนที่จำเป็นสูงจากโปรตีนปลาสกัดแล้วยังมีปริมาณเมทไธโอนีนรวมซิสตีนจากข้าวเจ้าบดส่งผลให้ผลิตภัณฑ์ที่ได้มีกรดอะมิโนที่จำเป็นต่อร่างกายใกล้เคียงกับข้อกำหนดมาตรฐานของ FAO / WHO (1973)

ตารางที่ 16 ปริมาณกรดอะมิโน(มิลลิกรัมต่อ 1กรัมโปรตีน)ของโปรตีนปลาสกัด อาหารขบเคี้ยวจากถั่วเขียว สูตรพื้นฐาน และสูตรเสริมโปรตีนปลาสกัด และมาตรฐานของ FAO/WHO (1973)

กรดอะมิโน	โปรตีนปลาสกัดจากหัวปลาทูน่า[1] (มก.ต่อ กรัมของโปรตีน)	อาหารขบเคี้ยวจากถั่วเขียว[2] (มก.ต่อ กรัมของโปรตีน)	อาหารขบเคี้ยวสูตรพื้นฐาน (มก.ต่อ กรัมของโปรตีน)	อาหารขบเคี้ยวเสริมโปรตีนปลาสกัด (มก.ต่อ กรัมของโปรตีน)	FAO/WHO (1973) (มก.ต่อ กรัมของโปรตีน)
- ไอโซลูซีน	37	38	35	38	40
- ลูซีน	75	79	105	107	77
- ไลซีน	52	67	27	35	55
- เมทไธโอนีน + ซีสติน	20[3]	27	52	33	35
-ฟีนิลอะลานีน+ไธโรซีน	35[4]	92	84	66	60
- ทรีโอนีน	31	35	34	37	40
- ทริบโตเฟน	-	15	-	-	10
- วาลีน	45	50	49	49	50
-กรดแอสพาติก	92	-	75	67	-
- เซรีน	27	-	48	44	-
- กรดกลูตามิก	146	-	19	18	-
- โพรลีน	45	-	80	68	-
- ไกลซีน	69	-	38	38	-
- อะลานีน	61	-	58	65	-
- ฮีสตามีน	-	-	22	26	-
- อะจีนีน	49	-	59	43	-

หมายเหตุ วิเคราะห์โดยศูนย์เครื่องมือกลางคณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหิดล

[1] ดัดแปลงมาจาก จิตรวดี ไตรเรกพันธุ์ (2540)

[2] ประชา บุญญสิริกูล (2539)

[3] ไม่รวมซีสติน

[4] ไม่รวมไธโรซีน

3.3.2 วิตามิน

ปริมาณเบต้า-คาโรทีน วิตามินบี 1 และ บี 2 ของผลิตภัณฑ์อาหารขบเคี้ยวเสริมโปรตีนปลาสกัดและสูตรพื้นฐานแสดงดังตารางที่ 17 พบว่า ผลิตภัณฑ์อาหารขบเคี้ยวเสริมโปรตีนปลาสกัดมีปริมาณเบต้า-คาโรทีน สูงและมากกว่าอาหารขบเคี้ยวสูตรพื้นฐาน ทั้งนี้มีส่วนผสมของข้าวโพดและฟักทองแห้งซึ่งมีวิตามินเอสูงขณะที่แป้งข้าวเจ้าและข้าวเหนียวไม่พบสารดังกล่าว ดังข้อมูลของกองโภชนาการ กรมอนามัย (2535) รายงานว่าข้าวโพดและฟักทองมีวิตามินเอเท่ากับ 42 และ 3266 หน่วยสากล ต่อ 100 กรัมตัวอย่าง แต่ธัญพืช ได้แก่ ข้าวเจ้า ข้าวเหนียว และพืชหัวได้แก่ มันสำปะหลัง ไม่พบวิตามินเอ สำหรับพืชตระกูลถั่ว ได้แก่ ถั่วลิสง ถั่วแดง ถั่วเขียว และเม็ดมะม่วงหิมพานต์ และพืชหัว ได้แก่ เผือก มันฝรั่ง และมันแกว พบวิตามินเอ แต่ปริมาณต่ำกว่าที่พบในผลิตภัณฑ์อาหารขบเคี้ยวเสริมโปรตีนปลาสกัด และเมื่อพิจารณาวิตามินบี 1 และ บี 2 โดยเปรียบเทียบกับสูตรพื้นฐาน พบว่าผลิตภัณฑ์อาหารขบเคี้ยวเสริมโปรตีนปลาสกัดมีปริมาณวิตามินบี 2 เพิ่มขึ้นถึง 3 เท่า ทั้งนี้ฟักทองสดมีวิตามินบี 2 สูงกว่าข้าวเจ้า ข้าวเหนียว และข้าวโพด(สุปราณี แจ้งบำรุงและ คณะ,2531) แต่จะเห็นได้ว่าวิตามินบี 1 ลดลงเล็กน้อย อย่างไรก็ตามพบว่ามีปริมาณวิตามินบี 1 และบี 2 สูงกว่างานวิจัยของ ศิราพร วิเศษสุรการ และ คณะ (2534) ซึ่งศึกษาการใช้ปลายข้าวในการพัฒนาผลิตภัณฑ์อาหารเช้า พบว่าสูตรที่เหมาะสมมีวิตามินบี 1 และ บี 2 เท่ากับ 20.0 และ20.0ไมโครกรัม ต่อ 100 กรัมตัวอย่าง และผลิตภัณฑ์เส้นบะหมี่และเส้นหมี่ซึ่งไม่พบวิตามินบี 1 และ บี 2 ในผลิตภัณฑ์(กองโภชนาการ , 2535)

ตารางที่ 17 ปริมาณวิตามินของอาหารขบเคี้ยวสูตรพื้นฐานและสูตรเสริมโปรตีนปลาสกัด

วิตามิน	อาหารขบเคี้ยว	
	สูตรพื้นฐาน	สูตรเสริมโปรตีนปลาสกัด
- เบต้า-คาโรทีน(หน่วยสากลต่อ 100กรัม)	452.7	522.0
- บี 1 (ไมโครกรัมต่อ 100 กรัม)	62.7	55.4
- บี 2(ไมโครกรัมต่อ 100 กรัม)	28.4	87.0

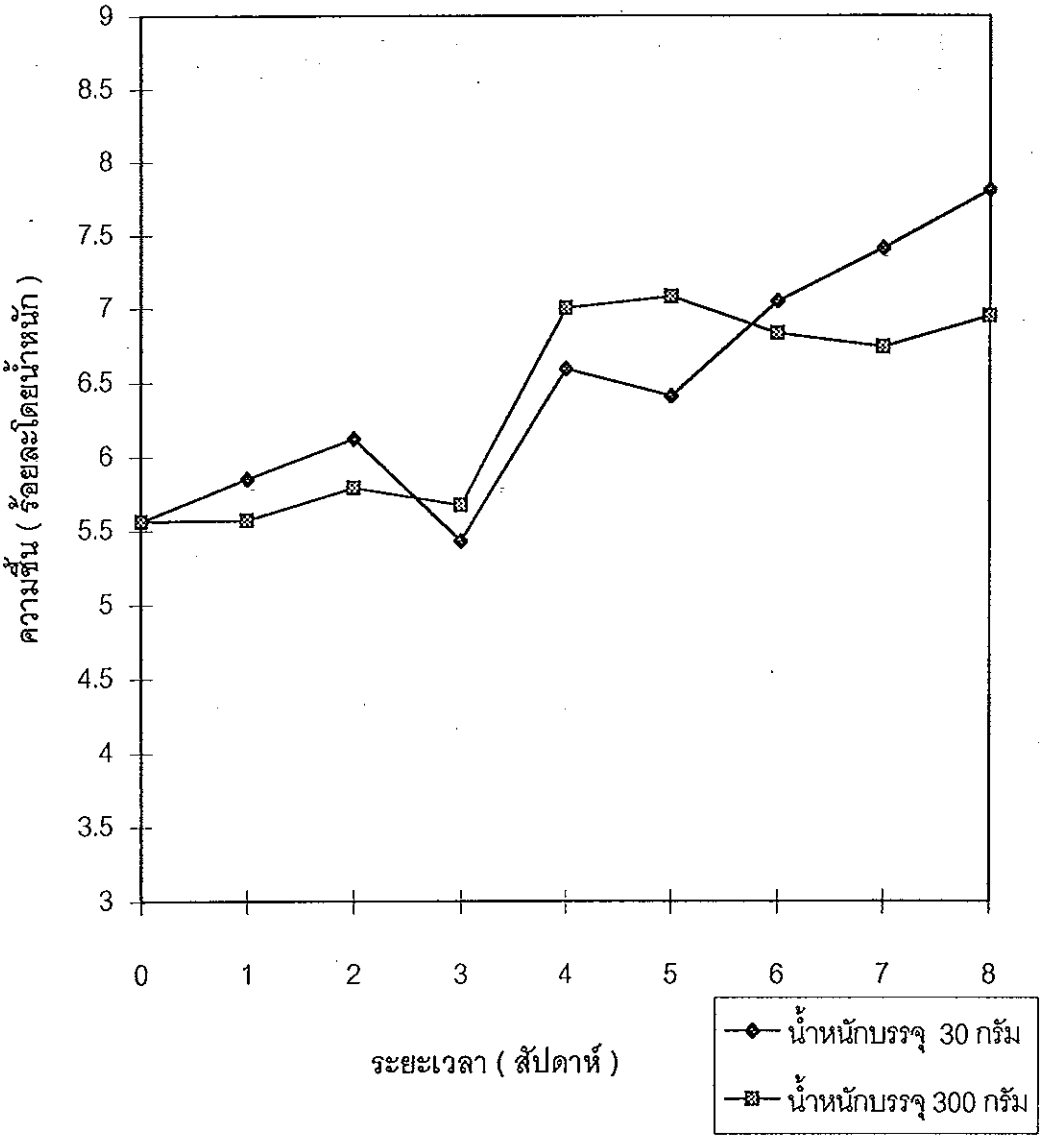
หมายเหตุ วิเคราะห์โดยกองวิทยาศาสตร์ชีวภาพ กรมวิทยาศาสตร์บริการ

4.0 ศึกษาการเปลี่ยนแปลงคุณภาพของผลิตภัณฑ์อาหารขบเคี้ยวเสริมโปรตีนปลาสกัดระหว่างการเก็บรักษา

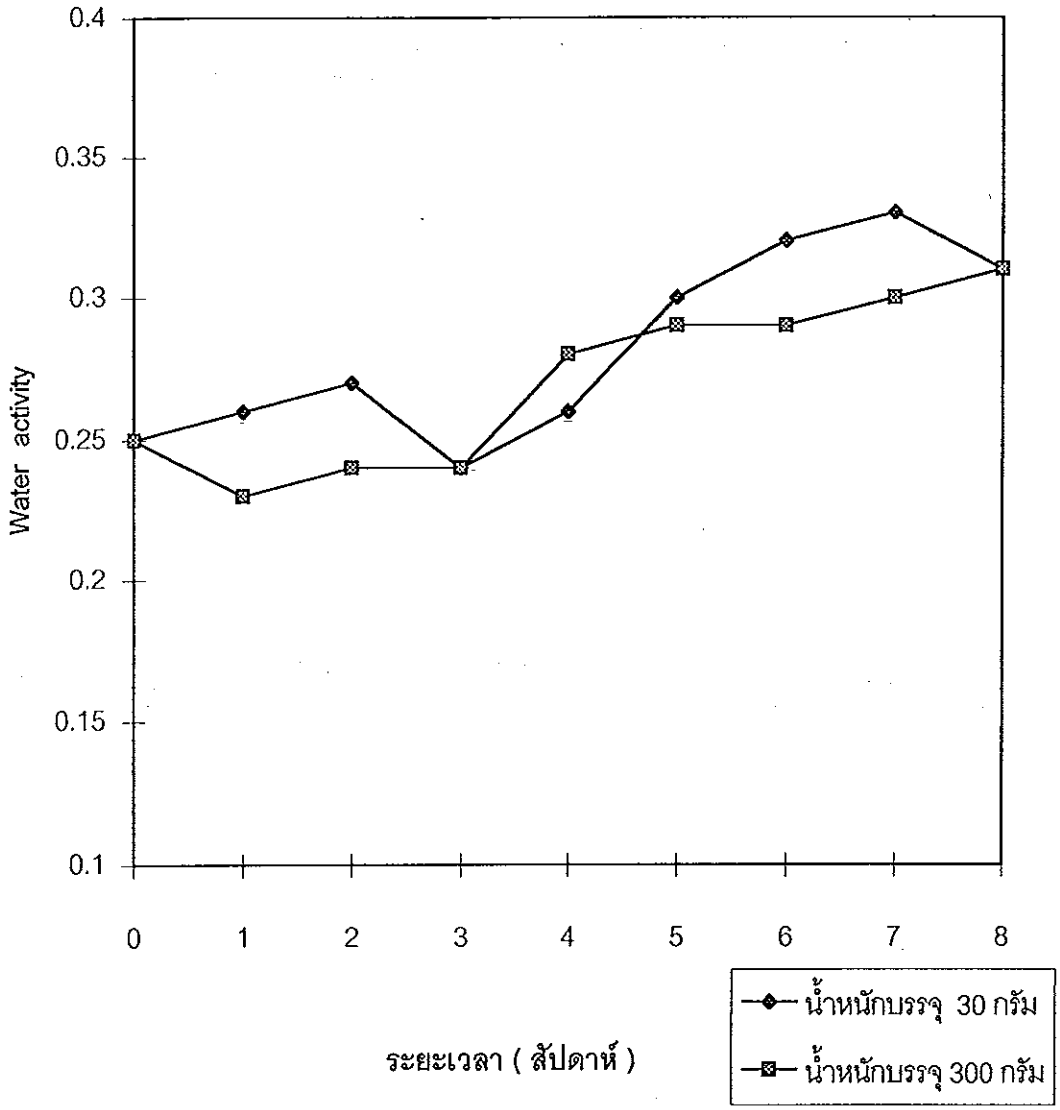
4.1 คุณภาพทางกายภาพและทางเคมี

ปริมาณความชื้นและ A_w ของผลิตภัณฑ์อาหารขบเคี้ยวเสริมโปรตีนปลาสกัดระหว่างการเก็บรักษา ได้ผลดังภาพที่ 11 และ 12 จากการวิเคราะห์ทางสถิติ พบว่าน้ำหนักที่บรรจุ ระยะเวลาการเก็บรักษา และอิทธิพลร่วมของปัจจัยทั้งสอง มีผลต่อความชื้น และ ค่าA_w อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ โดยเมื่อเปรียบเทียบตัวอย่างจากการบรรจุในปริมาณน้ำหนักเท่ากัน ระยะเวลาการเก็บรักษาตัวอย่างเพิ่มขึ้นมีผลทำให้ความชื้นและ ค่าA_w เพิ่มขึ้น และ พบว่าตัวอย่างที่บรรจุน้ำหนัก 30 กรัม ปริมาณความชื้น และค่า A_w เพิ่มขึ้นมากกว่าตัวอย่างที่บรรจุน้ำหนัก 300 กรัม ทั้งนี้อาจเกิดจากการทดลองครั้งนี้ไม่ได้ควบคุมอัตราส่วนของพื้นที่ของภาชนะบรรจุต่อน้ำหนักตัวอย่าง กล่าวคือตัวอย่างที่บรรจุ 30 และ 300 กรัม บรรจุในถุงเมทัลไลซ์ที่มีขนาดเท่ากับ 17 x 19 และ 32 x 32 ตารางเซ็นติเมตร ดังนั้นตัวอย่างที่บรรจุ 30 กรัม จึงมีอัตราส่วนของพื้นที่ของภาชนะบรรจุน้ำต่อน้ำหนักตัวอย่างสูงกว่า ทำให้มีพื้นที่ว่างสำหรับบรรจุอากาศสูงกว่า ส่งผลให้ตัวอย่างสามารถดูดซับความชื้นจากอากาศได้มากกว่า อย่างไรก็ตามค่า A_w ของตัวอย่างที่บรรจุน้ำหนัก 30 กรัม และ 300กรัม เมื่อเก็บรักษาเป็นเวลา 2 เดือน ยังคงมีค่า A_w เท่ากับ 0.34 และ 0.31 ตามลำดับ ซึ่งอยู่ในช่วงที่ Katz และ Labuza (1981) รายงานว่าค่า A_w เท่ากับ 0.30-0.50 เป็นช่วงสภาวะปกติของการเก็บรักษาอาหารขบเคี้ยว แต่ถ้า ค่า A_w อาหารขบเคี้ยวเกินจาก 0.5 ลักษณะของผลิตภัณฑ์จะเกิดการเปลี่ยนแปลงและไม่เป็นที่ยอมรับของผู้บริโภค

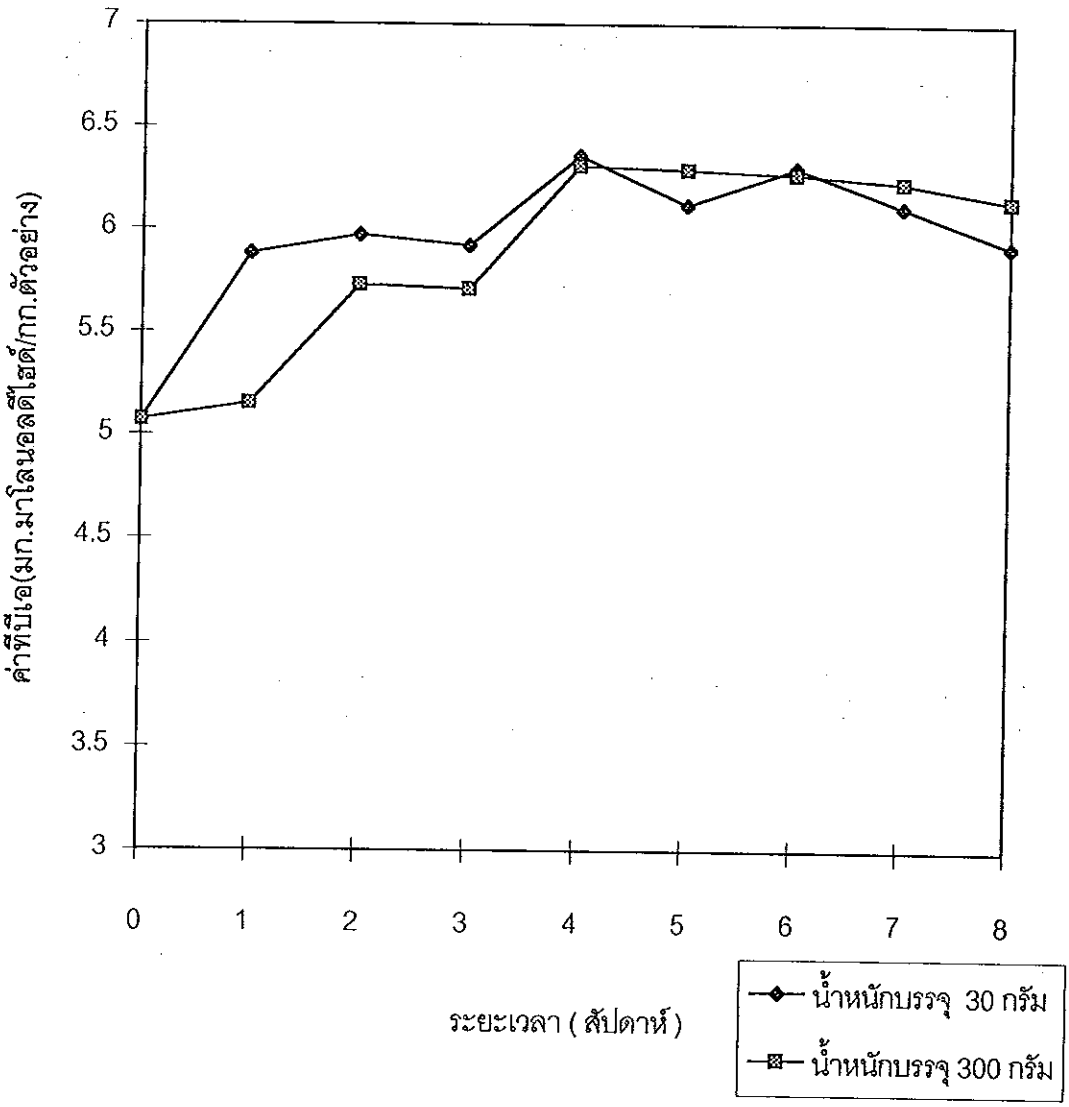
ค่าทีบีเอ ของผลิตภัณฑ์อาหารขบเคี้ยวเสริมโปรตีนปลาสกัดระหว่างการเก็บรักษาได้ผลดังภาพที่ 13 พบว่า น้ำหนักที่บรรจุ ระยะเวลาการเก็บรักษาและอิทธิพลร่วมของปัจจัยทั้งสอง มีผลต่อค่าทีบีเออย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ โดยเมื่อเปรียบเทียบตัวอย่างจากการบรรจุในปริมาณน้ำหนักเท่ากันการเก็บรักษาตัวอย่างในสัปดาห์ที่ 1 - 3 ค่าทีบีเอเพิ่มขึ้น แต่หลังจากสัปดาห์ที่ 4 เป็นต้นไปค่าทีบีเอมีแนวโน้มคงที่ และเมื่อเปรียบเทียบตัวอย่างจากการบรรจุในปริมาณน้ำหนักต่างกัน



ภาพที่ 11 การเปลี่ยนแปลงความชื้นของผลิตภัณฑ์อาหารขบเคี้ยวเสริมโปรตีนปลาสกัดที่เก็บรักษาในถุงเมททัลไลซ์ บรรจุน้ำหนัก 30 และ 300 กรัม ตั้งแต่สัปดาห์ที่ 0 ถึงสัปดาห์ที่ 8



ภาพที่ 12 การเปลี่ยนแปลงค่า Water activity ของผลิตภัณฑ์อาหารขบเคี้ยวเสริมโปรตีนปลาสกัด ที่เก็บรักษาในถุงเมทัลไลซ์บรรจุน้ำหนัก 30 และ 300 กรัม ตั้งแต่สัปดาห์ที่ 0 ถึงสัปดาห์ที่ 8



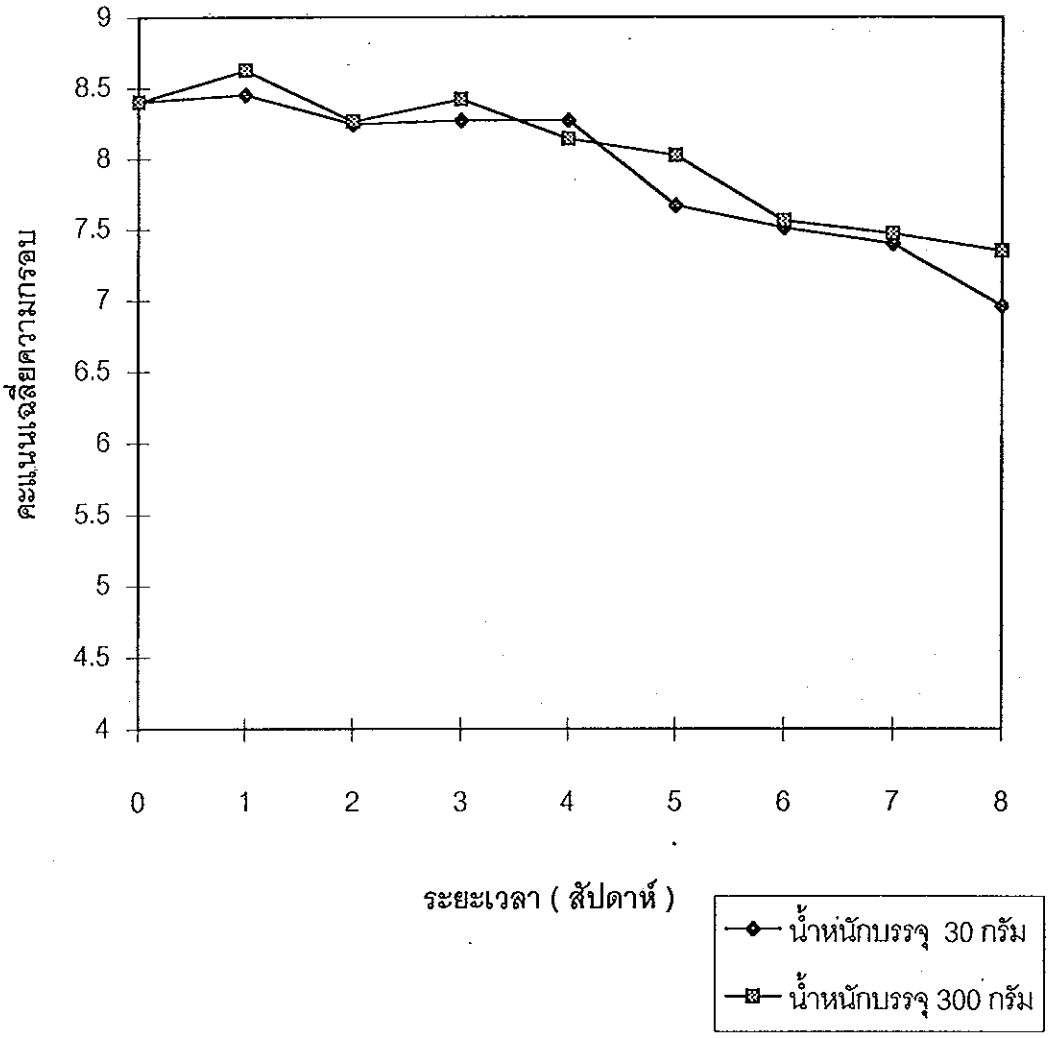
ภาพที่ 13 การเปลี่ยนแปลงค่าทีบีเอของผลิตภัณฑ์อาหารขบเคี้ยวเสริมโปรตีนปลาสกัดที่เก็บรักษาในถุงเมททัลไลซ์ บรรจุน้ำหนัก 30 และ 300 กรัม ตั้งแต่สัปดาห์ที่ 0 ถึงสัปดาห์ที่ 8

คือ น้ำหนัก 30 กรัม และ 300 กรัม พบว่า สัปดาห์ที่ 5 -8 ตัวอย่างที่บรรจุน้ำหนัก 300 กรัม จะมีค่าทีบีเอสูงกว่า ตัวอย่างที่บรรจุน้ำหนัก 30 กรัม เล็กน้อย จะเห็นว่าระหว่างการเก็บรักษาผลิตภัณฑ์มีการเปลี่ยนแปลงน้อย โดยสัปดาห์ที่ 8 ตัวอย่างที่บรรจุน้ำหนัก 30 และ 300 กรัม มีค่าทีบีเอเท่ากับ 5.92 และ 6.14 มิลลิกรัมมาโลนอลดีไฮด์ ตามลำดับ ทั้งนี้ผลิตภัณฑ์มีส่วนประกอบของไขมันน้อย การเปลี่ยนแปลงค่าทีบีเอซึ่งเป็นผลจากการเกิดปฏิกิริยาออกซิเดชันของไขมันที่มีอยู่ในผลิตภัณฑ์จึงน้อยเช่นกัน

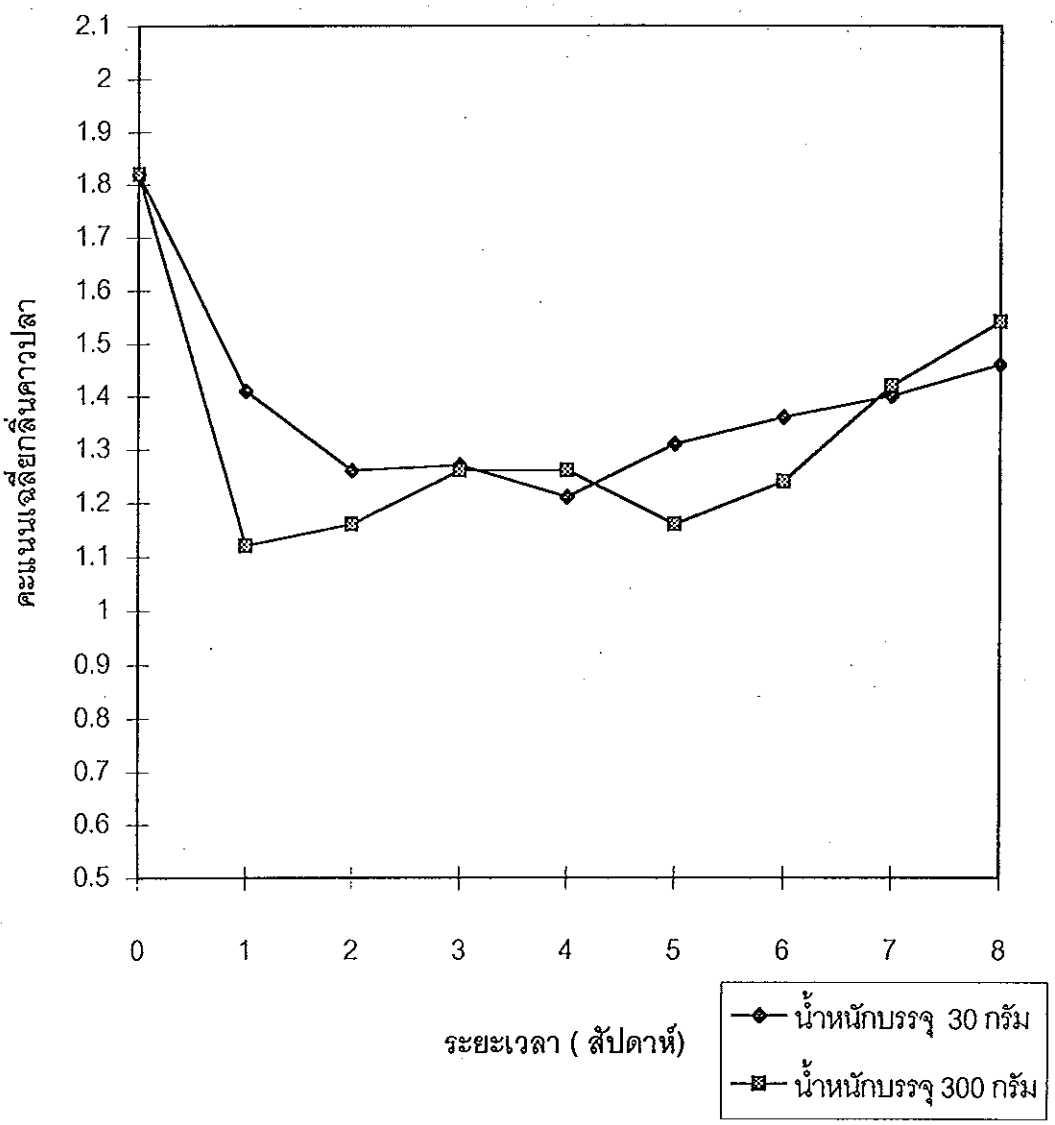
4.2 คุณภาพทางประสาทสัมผัส

ความกรอบ คะแนนเฉลี่ยของความกรอบ ของผลิตภัณฑ์อาหารขบเคี้ยวเสริมโปรตีนปลาสกัด ระหว่างการเก็บรักษาได้ผลดังภาพที่ 14 พบว่า ระยะเวลาการเก็บรักษา มีผลต่อความแตกต่างของคะแนนเฉลี่ยความกรอบอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ แต่น้ำหนักที่บรรจุ และอิทธิพลร่วมของเวลาและน้ำหนักไม่มีผลต่อความแตกต่างของคะแนนเฉลี่ยความกรอบอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ กล่าวคือตัวอย่างทั้งสองชุดการทดลองมีคะแนนเฉลี่ยความกรอบใกล้เคียงกันและมีการเปลี่ยนแปลงของคะแนนเฉลี่ยความกรอบไปในทิศทางเดียวกัน โดยเมื่อเปรียบเทียบตัวอย่างจากการบรรจุในปริมาณน้ำหนักเท่ากัน ระยะเวลาเก็บรักษาเพิ่มขึ้นคะแนนเฉลี่ยความกรอบของตัวอย่างลดลง ซึ่งมีการเปลี่ยนแปลงตามความชื้นและ ค่า A_w สัปดาห์ที่ 8 ตัวอย่างจากการบรรจุน้ำหนัก 30 กรัม และ 300 กรัม มีคะแนนเฉลี่ยความกรอบเท่ากับ 6.96 และ 7.36 ตามลำดับ ซึ่งอยู่ในเกณฑ์ที่ยอมรับได้

กลิ่นคาวปลา คะแนนเฉลี่ยของกลิ่นคาวปลาของผลิตภัณฑ์อาหารขบเคี้ยวเสริมโปรตีนปลาสกัด ระหว่างการเก็บรักษาได้ผลดังภาพที่ 15 พบว่า ระยะเวลาการเก็บรักษา มีผลต่อความแตกต่างของคะแนนเฉลี่ยของกลิ่นคาวปลาอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ แต่น้ำหนักที่บรรจุ และอิทธิพลร่วมของเวลาและน้ำหนักไม่มีผลต่อความแตกต่างของคะแนนเฉลี่ยของกลิ่นคาวปลาอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ กล่าวคือตัวอย่างทั้งสองชุดการทดลองมีคะแนนเฉลี่ยของกลิ่นคาวปลาใกล้เคียงกันและมีการเปลี่ยนแปลง



ภาพที่ 14 การเปลี่ยนแปลงคะแนนเฉลี่ยความกรอบของผลิตภัณฑ์อาหารขบเคี้ยวเสริมโปรตีนปลาสกัด ที่เก็บรักษาในถุงเมททัลไลซ์บรรจุน้ำหนัก 30 และ 300 กรัม ตั้งแต่สัปดาห์ที่ 0 ถึงสัปดาห์ที่ 8

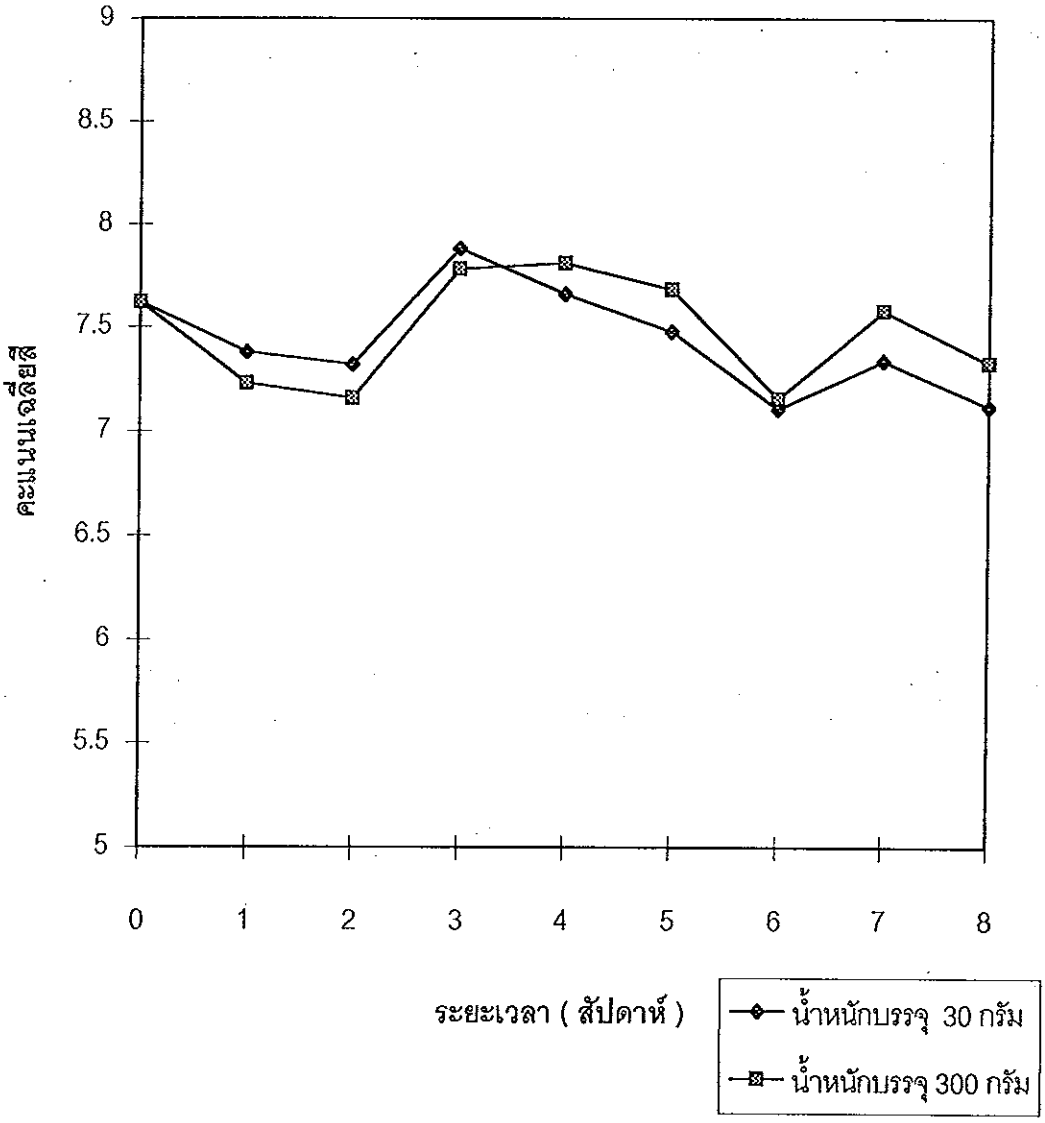


ภาพที่ 15 การเปลี่ยนแปลงคะแนนเฉลี่ยกลิ่นคาวปลาของผลิตภัณฑ์อาหารขบเคี้ยวเสริโปรตีนปลาสกัด ที่เก็บรักษาในถุงเมทัลไลซ์บรรจุน้ำหนัก 30 และ 300 กรัม ตั้งแต่สัปดาห์ที่ 0 ถึงสัปดาห์ที่ 8

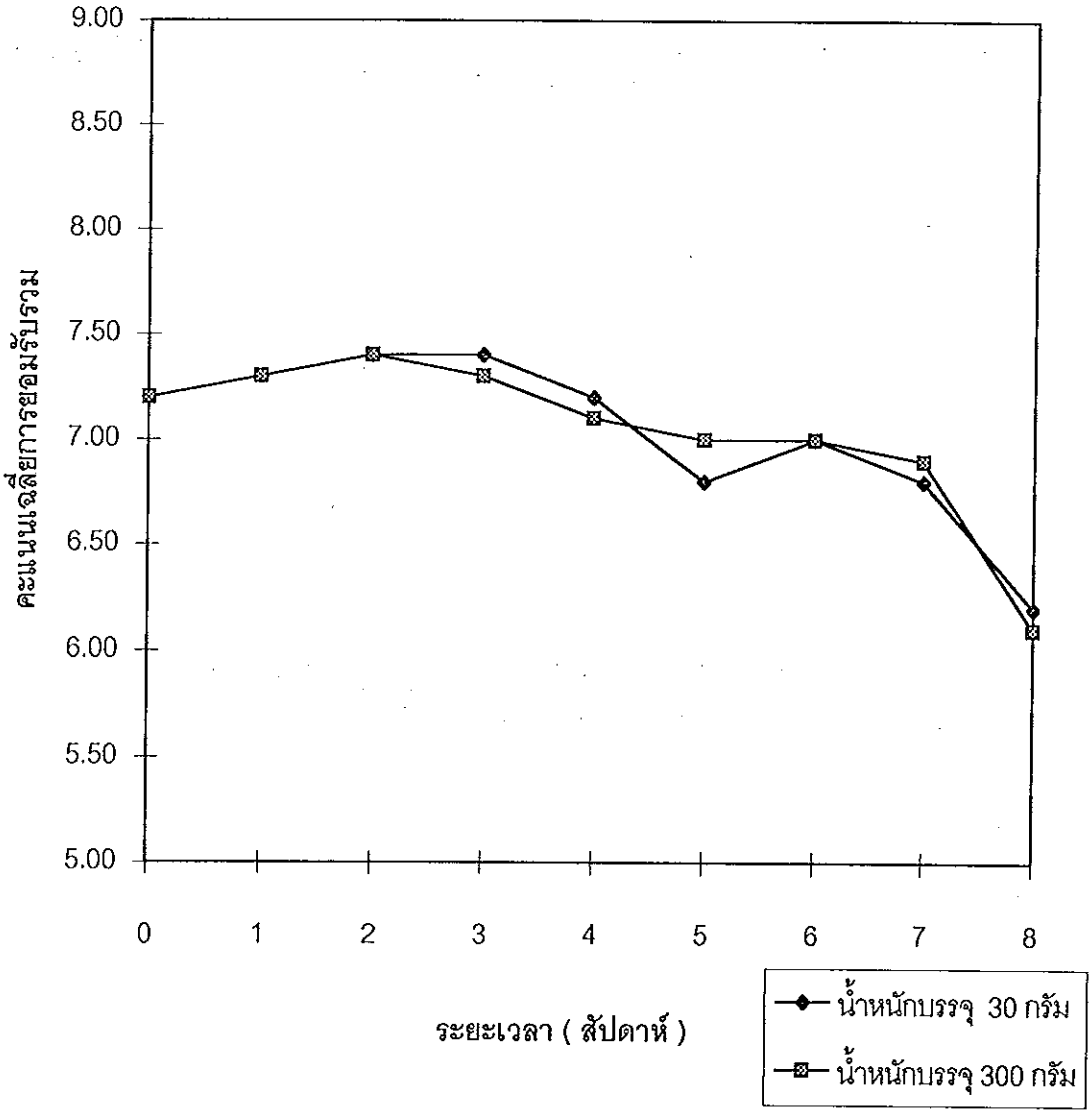
ของคะแนนเฉลี่ยกลิ่นคาวปลาของไปในทิศทางเดียวกัน โดยเมื่อเปรียบเทียบตัวอย่างจากการบรรจุในปริมาณน้ำหนักเท่ากัน สัปดาห์ที่ 1 คะแนนเฉลี่ยกลิ่นคาวปลามีค่าลดลง ทั้งนี้เกิดจากการของสารที่ก่อให้เกิดกลิ่นคาวปลาออกระเหยจากผลิตภัณฑ์ และหลังจากนั้นคะแนนเฉลี่ยกลิ่นคาวปลาเพิ่มขึ้นเมื่อเวลาการเก็บรักษาเพิ่มขึ้นเนื่องจากเกิดเปลี่ยนแปลงของโปรตีน หรือเกิดจากการออกซิเดชันของไขมันที่เหลืออยู่ในผลิตภัณฑ์ ทั้งนี้กลิ่นคาวปลาของผลิตภัณฑ์โปรตีนปลาสกัดมีอิทธิพลมาจากไขมัน และสารประกอบโมเลกุลต่ำ เช่น ไตรเมทิลลามีน และ 2-บิวทานอล (Lalasidis and Sjoberg , 1978) อย่างไรก็ตามคะแนนเฉลี่ยกลิ่นคาวปลามีค่าต่ำและยังอยู่ในเกณฑ์ที่ยอมรับ เนื่องจากมีการเติมโปรตีนปลาสกัดปริมาณน้อยรวมทั้งโปรตีนปลาสกัดมีส่วนประกอบของไขมันน้อย จึงมีการเปลี่ยนแปลงของกลิ่นคาวปลาน้อย ดังจะเห็นได้ว่าตัวอย่างจากการบรรจุน้ำหนัก 30 กรัม และ 300 กรัม มีคะแนนเฉลี่ยกลิ่นคาวปลาอยู่ระหว่าง 1.21-1.82 และ 1.12 - 1.82 ตามลำดับ สัปดาห์ที่ 8 คะแนนเฉลี่ยกลิ่นคาวปลาเท่ากับ 1.46 และ 1.54 ตามลำดับ ซึ่งเป็นคะแนนที่ผู้บริโภคยังยอมรับผลิตภัณฑ์

สี คะแนนเฉลี่ยของสีของผลิตภัณฑ์อาหารขบเคี้ยวเสริมโปรตีนปลาสกัดระหว่างการเก็บรักษาได้ผลดังภาพที่ 16 พบว่า ระยะเวลาการเก็บรักษา ต่อน้ำหนักที่บรรจุ และอิทธิพลร่วมของปัจจัยทั้งสอง ไม่มีผลต่อความแตกต่างของคะแนนเฉลี่ยของสีอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ โดยตัวอย่างจากการบรรจุน้ำหนัก 30 กรัม และ 300 กรัม มีคะแนนเฉลี่ยอยู่ในช่วง 7.11-7.87 และ 7.11-7.78 ตามลำดับ และสัปดาห์ที่ 8 มีคะแนนเฉลี่ยสีเท่ากับ 7.12 และ 7.33 ตามลำดับ ซึ่งเป็นคะแนนที่ผลิตภัณฑ์มีสีเหลืองยังเป็นที่ยอมรับของผู้บริโภค จึงอยู่ในเกณฑ์ที่ยอมรับได้

การยอมรับรวม คะแนนเฉลี่ยของการยอมรับรวมของผลิตภัณฑ์อาหารขบเคี้ยวเสริมโปรตีนปลาสกัดระหว่างการเก็บรักษาได้ผลดังภาพที่ 17 พบว่า ระยะเวลาการเก็บรักษามีผลต่อความแตกต่างของคะแนนเฉลี่ยของการยอมรับรวมอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ โดยเมื่อเปรียบเทียบตัวอย่างจากการบรรจุในปริมาณน้ำหนักเท่ากันเมื่อระยะเวลาการเก็บรักษาเพิ่มขึ้นคะแนนเฉลี่ยการยอมรับรวมลดลง โดยเฉพาะ สัปดาห์ที่



ภาพที่ 16 การเปลี่ยนแปลงคะแนนเฉลี่ยสีของผลิตภัณฑ์อาหารขบเคี้ยวเสริมโปรตีนปลาสกัดที่เก็บรักษาในถุงเมททัลไลซ์ บรรจุน้ำหนัก 30 และ 300 กรัม ตั้งแต่สัปดาห์ที่ 0 ถึงสัปดาห์ที่ 8



ภาพที่ 17 การเปลี่ยนแปลงค่าอัตราเฉลี่ยการยอมรับรวมของผลิตภัณฑ์อาหารขบเคี้ยวเสริมโปรตีนปลาสกัด ที่เก็บรักษาในถุงเมททัลไลซ์บรรจุน้ำหนัก 30 และ 300 กรัม ตั้งแต่สัปดาห์ที่ 0 ถึงสัปดาห์ที่ 8

7 และ 8 แต่ น้ำหนักที่บรรจุ และอิทธิพลร่วมของปัจจัยทั้งสอง ไม่มีผลต่อความแตกต่างของคะแนนเฉลี่ยการยอมรับรวมอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ กล่าวคือตัวอย่างทั้งสองชุดการทดลองมี คะแนนเฉลี่ยการยอมรับรวมใกล้เคียงกันและมีการเปลี่ยนแปลงของคะแนนเฉลี่ยการยอมรับรวมไปในทิศทางเดียวกัน

ผลการตรวจสอบคุณภาพทางกายภาพ เคมี และทางประสาทสัมผัส พบว่าคุณภาพทั้งสามจะมีความสัมพันธ์กันระหว่างการเก็บรักษา จะเห็นได้ว่าการเปลี่ยนแปลงคะแนนเฉลี่ยของความกรอบให้ผลทิศตรงกันข้ามกับการเปลี่ยนแปลงของความชื้นและค่า A_w คือความกรอบจะลดลงเมื่อความชื้นและค่า A_w เพิ่มขึ้น ทั้งเมื่อความชื้นจะเพิ่มขึ้นทำให้เนื้อสัมผัสของผลิตภัณฑ์นิ่มจึงต้องใช้แรงในการทำให้ผลิตภัณฑ์แตกหักเพิ่มขึ้น (ประชา บุญญสิริกูล และคณะ,2539) ความกรอบจึงลดลง จากการทดลองจะเห็นได้ว่าผลิตภัณฑ์มีการเปลี่ยนแปลงของคุณภาพทางกายภาพ เคมี และทางประสาทสัมผัสน้อย ทั้งนี้เนื่องจากบรรจุผลิตภัณฑ์ในถุงเมททัลไลซ์ซึ่งมีคุณสมบัติกั้นความชื้นได้ดี (อัญชลี กมลรัตนกุล , 2537) ดังนั้นปริมาณก๊าซออกซิเจน ซึ่งเป็นสาเหตุการเกิดปฏิกิริยาเหม็นหืนจากไขมันของผลิตภัณฑ์จะน้อย นอกจากนี้ผลของภาชนะบรรจุยังทำให้สีของผลิตภัณฑ์ซึ่งสามารถเกิดปฏิกิริยาสีน้ำตาลได้ในสภาวะที่มีออกซิเจนมีการเปลี่ยนแปลงน้อยเช่นกัน ผลิตภัณฑ์ที่บรรจุถุงเมททัลไลซ์บรรจุน้ำหนัก 30 กรัม และ 300 กรัม ที่อุณหภูมิห้อง จึงสามารถเก็บรักษาได้มากกว่า 2 เดือน ให้ผลสอดคล้องกับงานวิจัย ของ ประชาและคณะ (2539) รายงานว่า ผลิตภัณฑ์อาหารขบเคี้ยวจากถั่วเขียวบรรจุในถุงซนิด OPP / Metallized PP หรือ OPP / Metallized PET สามารถเก็บรักษาที่อุณหภูมิห้อง ได้นานกว่า 3 เดือน

5. ทดสอบการยอมรับของผู้บริโภคต่อผลิตภัณฑ์อาหารขบเคี้ยวเสริมโปรตีนปลาสกัด

นำผลิตภัณฑ์อาหารขบเคี้ยวเสริมโปรตีนปลาสกัด มาทดสอบการยอมรับของผู้บริโภค ซึ่งประกอบด้วยนักศึกษา และ บุคคลทั่วไป ในอำเภอหาดใหญ่ จังหวัดสงขลา จำนวน 100 คน โดยทำการสอบถามเพื่อหาข้อมูลทั่วไปเกี่ยวกับผู้ตอบแบบสอบถามพฤติกรรมการบริโภคอาหารขบเคี้ยว และความชอบในอาหารขบเคี้ยวเสริมโปรตีนปลาสกัด ได้แก่ ลักษณะปรากฏ สี ความกรอบ รสชาติรวม และการยอมรับรวม ผลการทดลองมีดังนี้

5.1 ข้อมูลทางประชากรศาสตร์และทัศนคติต่อการบริโภคอาหารขบเคี้ยว

ลักษณะทางประชากรศาสตร์ของผู้บริโภค ในอำเภอหาดใหญ่ จังหวัดสงขลา จำนวน 100 คน ประกอบด้วยเพศชายร้อยละ 50 และหญิงร้อยละ 50 มีอายุ 21 - 30 ปี ร้อยละ 63 สำหรับทัศนคติต่อการบริโภคอาหารขบเคี้ยว พบว่า ผู้ตอบแบบสอบถามร้อยละ 13 ไม่ชอบรับประทานอาหารขบเคี้ยวเป็นเพศชายและหญิงร้อยละ 6 และ 7 ตามลำดับและมีอายุต่ำกว่า 20 , 21 - 30 และ มากกว่า 30 ปี ร้อยละ 3 , 8 และ 2 ตามลำดับ จากจำนวนผู้ตอบแบบสอบถามที่ไม่ชอบรับประทานอาหารขบเคี้ยว พบว่าสาเหตุที่ไม่ชอบอาหารขบเคี้ยวเนื่องจากไม่ชอบรับประทานอาหารจุกจิกร้อยละ 69.23 เนื่องจากเป็นอาหารไม่มีประโยชน์ร้อยละ 15.38 และ เนื่องจากไม่ชอบรับประทานอาหารจุกจิก และเป็นอาหารไม่มีประโยชน์ ร้อยละ 15.38

ตารางที่ 18 ลักษณะทางประชากรศาสตร์และทัศนคติต่อการบริโภคอาหารขบเคี้ยวของผู้ตอบแบบสอบถามในอำเภอหาดใหญ่ จังหวัดสงขลา จำนวน 100 คน

ข้อมูล	ร้อยละ		
	ชาย	หญิง	รวม
1.ลักษณะทางประชากรศาสตร์			
1.1 เพศ	50	50	100
1.2 อายุ			
- ต่ำกว่า 20 ปี	-	-	25
- 21 - 30 ปี	-	-	63
- มากกว่า 30 ปี	-	-	12
2.ทัศนคติต่อการบริโภคอาหารขบเคี้ยว			
2.1 ชอบอาหารขบเคี้ยว	44	43	87
2.2 ไม่ชอบอาหารขบเคี้ยว	6	7	13
2.3 สาเหตุไม่ชอบอาหารขบเคี้ยว (เฉพาะผู้สอบแบบตอบถามที่ไม่ชอบ)			
2.3.1 ไม่ชอบรับประทานอาหารจุกจิก	-	-	69.23
2.3.2 เป็นอาหารไม่มีประโยชน์	-	-	15.38
2.3.3 ข้อ 2.3.1 และ 2.3.2	-	-	15.38

5.2 ผลการยอมรับของผู้บริโภคต่อผลิตภัณฑ์อาหารขบเคี้ยวเสริมโปรตีนปลาสกัด

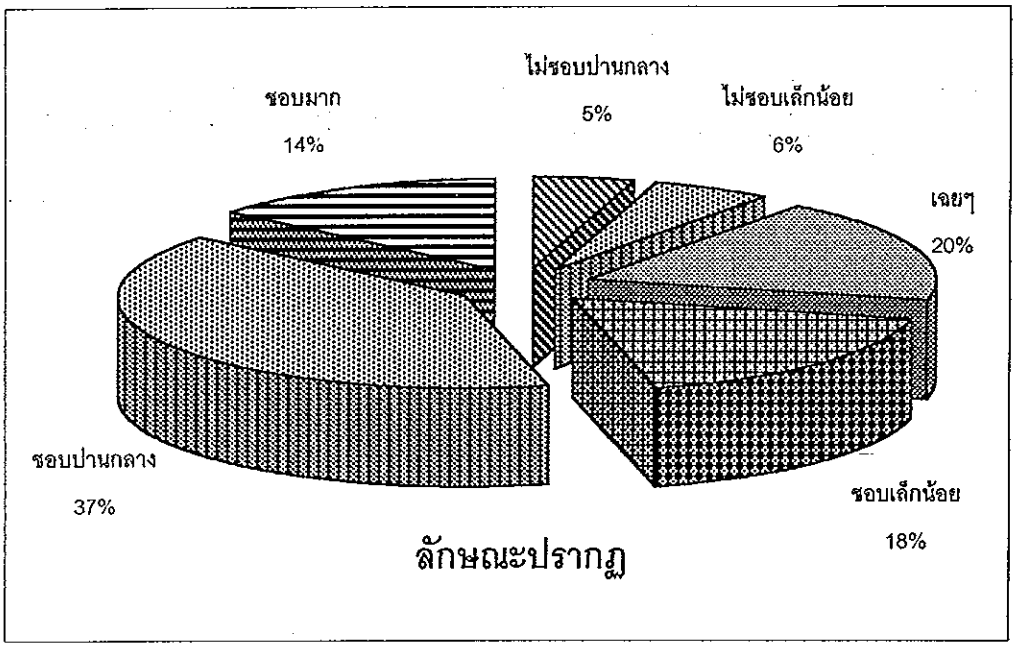
นำผลิตภัณฑ์อาหารขบเคี้ยวเสริมโปรตีนปลาสกัดมาเคลือบเครื่องปรุงรส ซึ่งมีส่วนผสมดังนี้ แป้งขนมปัง เกลือ ปาปริก้า น้ำตาล ผงชูรส และพริกขี้หนู ร้อยละ 44.0 33.0 6.0 14.0 1.8 และ 1.2 ตามลำดับมาทดสอบการยอมรับของผู้บริโภคที่ชอบรับประทานอาหารขบเคี้ยว ซึ่งเป็นประชาชน ในอำเภอหาดใหญ่ จังหวัดสงขลา จำนวน 100 คน โดยการให้คะแนนความชอบ (1 = ไม่ชอบมากที่สุด 9 = ชอบมากที่สุด) ผลการทดลองแสดงดังตารางที่ 19 และภาพที่ 18-20 ปรากฏว่าผู้บริโภคมีความชอบในระดับชอบเล็กน้อย ถึงชอบปานกลาง ในปัจจัยของลักษณะปรากฏทั่วไป สี ความกรอบ รสชาติรวม และความชอบรวม โดยมีคะแนนเฉลี่ยเท่ากับ 6.25 , 6.74 , 6.97 , 6.02 และ 6.22 ตามลำดับ

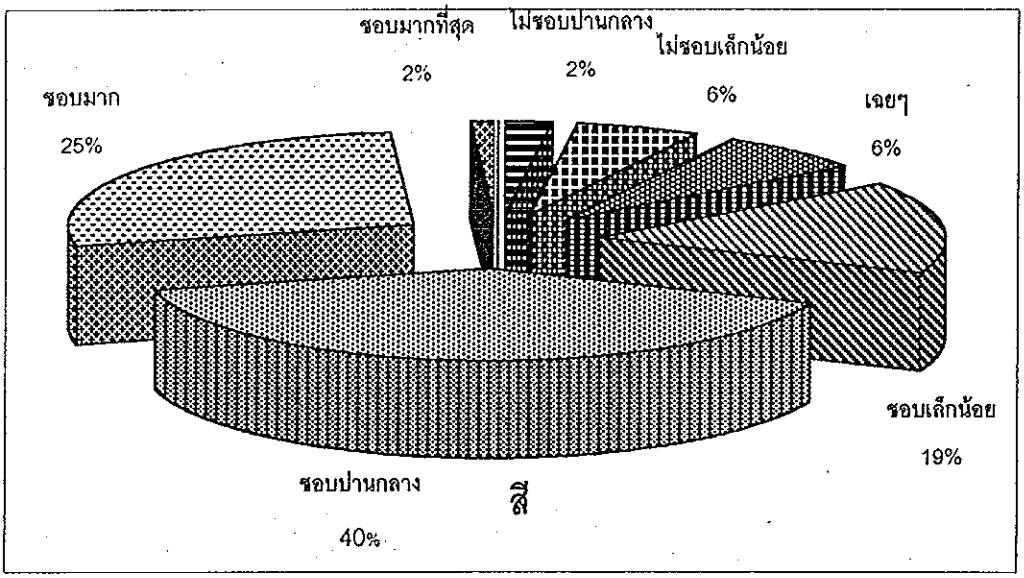
เมื่อพิจารณาคะแนนความชอบเฉลี่ยของปัจจัยคุณภาพต่าง ๆ แยกตามเพศ พบว่า เพศชาย จะให้คะแนนเฉลี่ยของลักษณะปรากฏทั่วไป สี และความกรอบสูงแต่ให้คะแนนเฉลี่ยของรสชาติรวม และ การยอมรับรวม ต่ำกว่าเพศหญิง เมื่อแยกตามอายุของผู้บริโภคพบว่าผู้บริโภคที่มีอายุ 21-30 ปี จะให้คะแนนเฉลี่ยความชอบรวมมากกว่ากลุ่มผู้บริโภคที่มีอายุต่ำกว่า 21 ปีและ อายุมากกว่า 30 ให้คะแนนเฉลี่ยความชอบรวม เท่ากับ 6.88 เมื่อพิจารณาความถี่ของช่วงคะแนนต่อปัจจัยคุณภาพของผลิตภัณฑ์ พบว่าปัจจัยคุณภาพลักษณะปรากฏทั่วไปของผลิตภัณฑ์ มีความถี่ของคะแนนส่วนใหญ่อยู่ในช่วงเฉย ๆ และชอบปานกลางคิดเป็นร้อยละ 20 และ 37 ตามลำดับ ปัจจัยคุณภาพของสีของผลิตภัณฑ์ มีความถี่ของคะแนนส่วนใหญ่อยู่ในช่วงชอบปานกลาง จนถึงชอบมาก คิดเป็นร้อยละ 40 และ 25 ตามลำดับ ปัจจัยคุณภาพของความกรอบของผลิตภัณฑ์ มีความถี่ของคะแนนส่วนใหญ่อยู่ในช่วงชอบเล็กน้อย ชอบปานกลาง จนถึงชอบมาก คิดเป็นร้อยละ 17 , 17 และ 33 ตามลำดับ

ตารางที่ 18 คะแนนความชอบเฉลี่ยของผู้บริโภคแยกตามเพศและอายุ

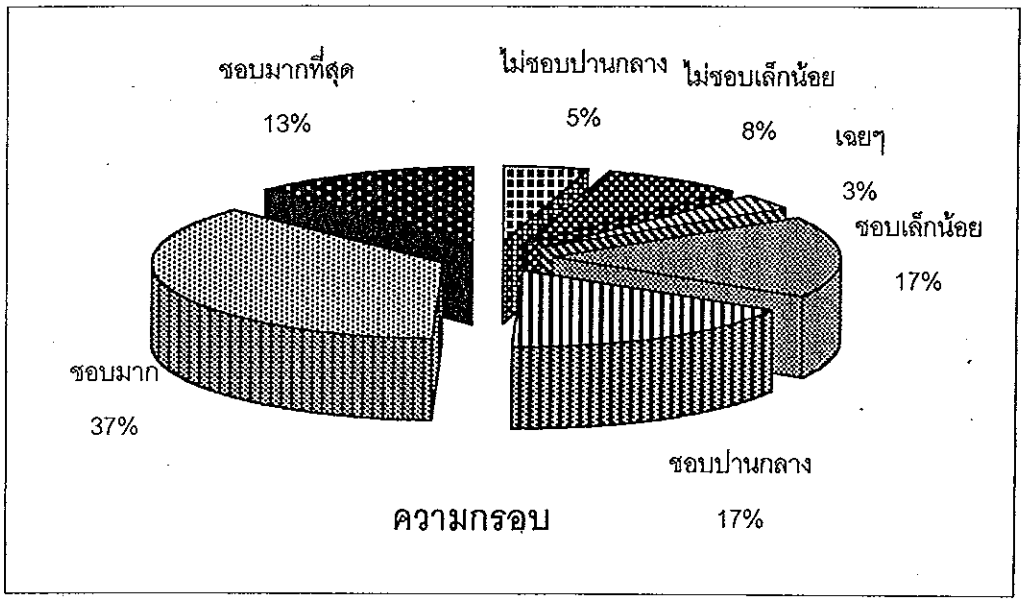
ปัจจัยคุณภาพ	เพศ		อายุ			เฉลี่ย
	ชาย	หญิง	ต่ำกว่า 20 ปี	21-30 ปี	มากกว่า 30 ปี	
ลักษณะปรากฏทั่วไป	6.50[a]	6.00[a]	5.91	5.81	7.03	6.25
สี	6.75[a]	6.72[a]	6.14	5.83	6.78	6.74
ความกรอบ	7.25[a]	6.67[a]	6.40	6.04	6.31	6.97
รสชาติรวม	5.91[a]	6.14[a]	5.85	7.33	5.57	6.02
ความชอบรวม	6.18[a]	6.37[a]	5.95	6.88	5.93	6.28

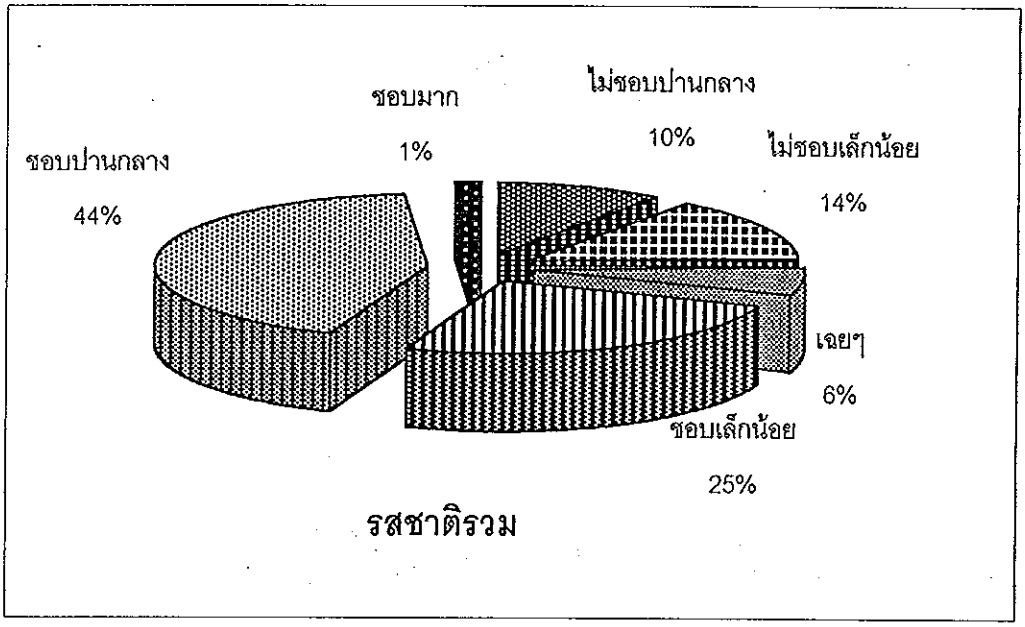
หมายเหตุ ตัวอักษรเหมือนกันในแนวนอนแสดงว่าไม่มีความแตกต่างทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญ



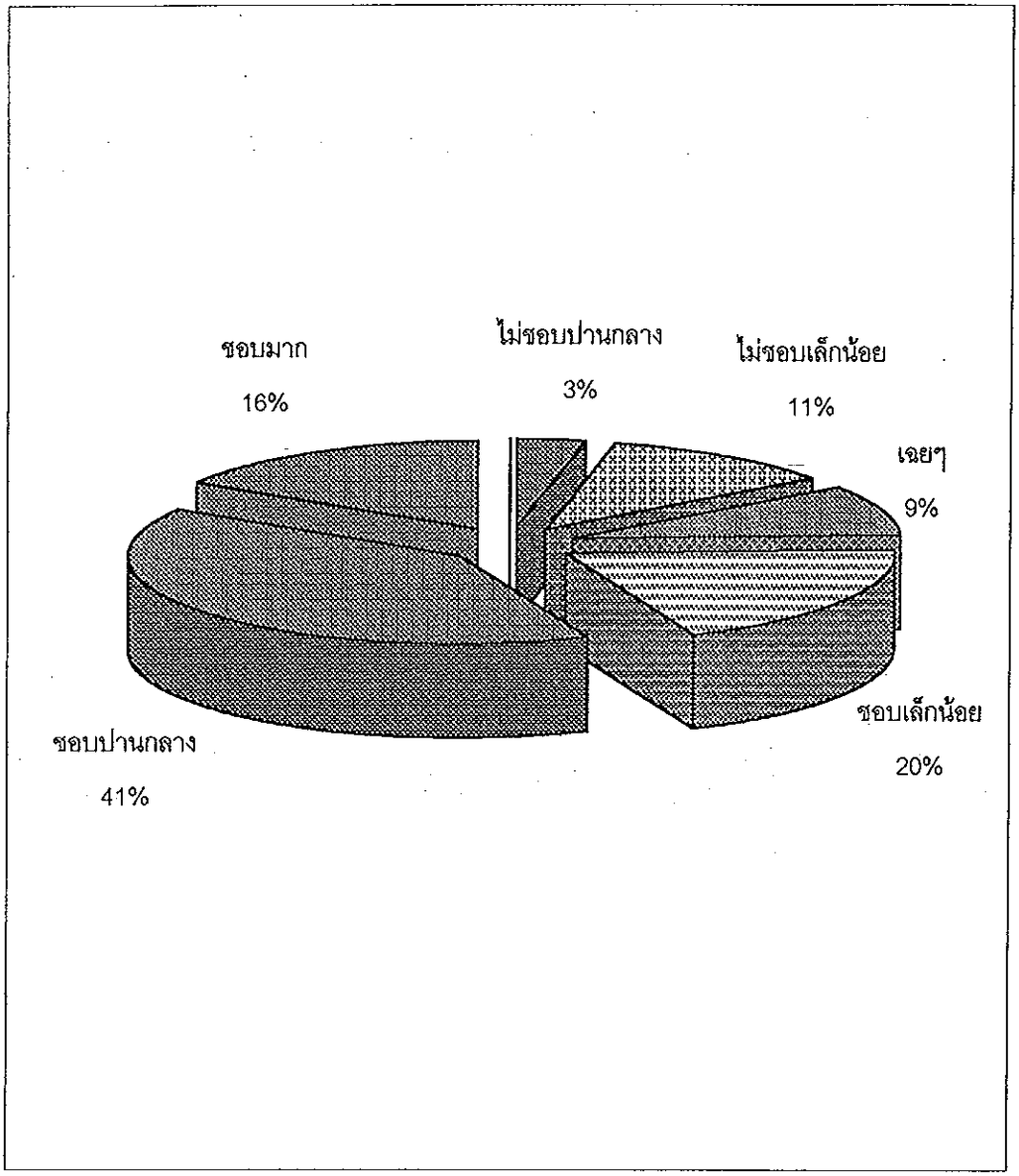


ภาพที่ 18 ระดับการยอมรับของผู้บริโภคต่อลักษณะปรากฏและสีของอาหารขบเคี้ยวเสริมโปรตีนปลาสกัด





ภาพที่ 19 ระดับการยอมรับของผู้บริโภคต่อความกรอบและรสชาติรวมของอาหารขบเคี้ยวเสริมโปรตีนปลาสกัด



ภาพที่ 20 ระดับการยอมรับของผู้บริโภคต่อการยอมรับรวมของอาหารขบเคี้ยวเสริมโปรตีนปลาสกัด

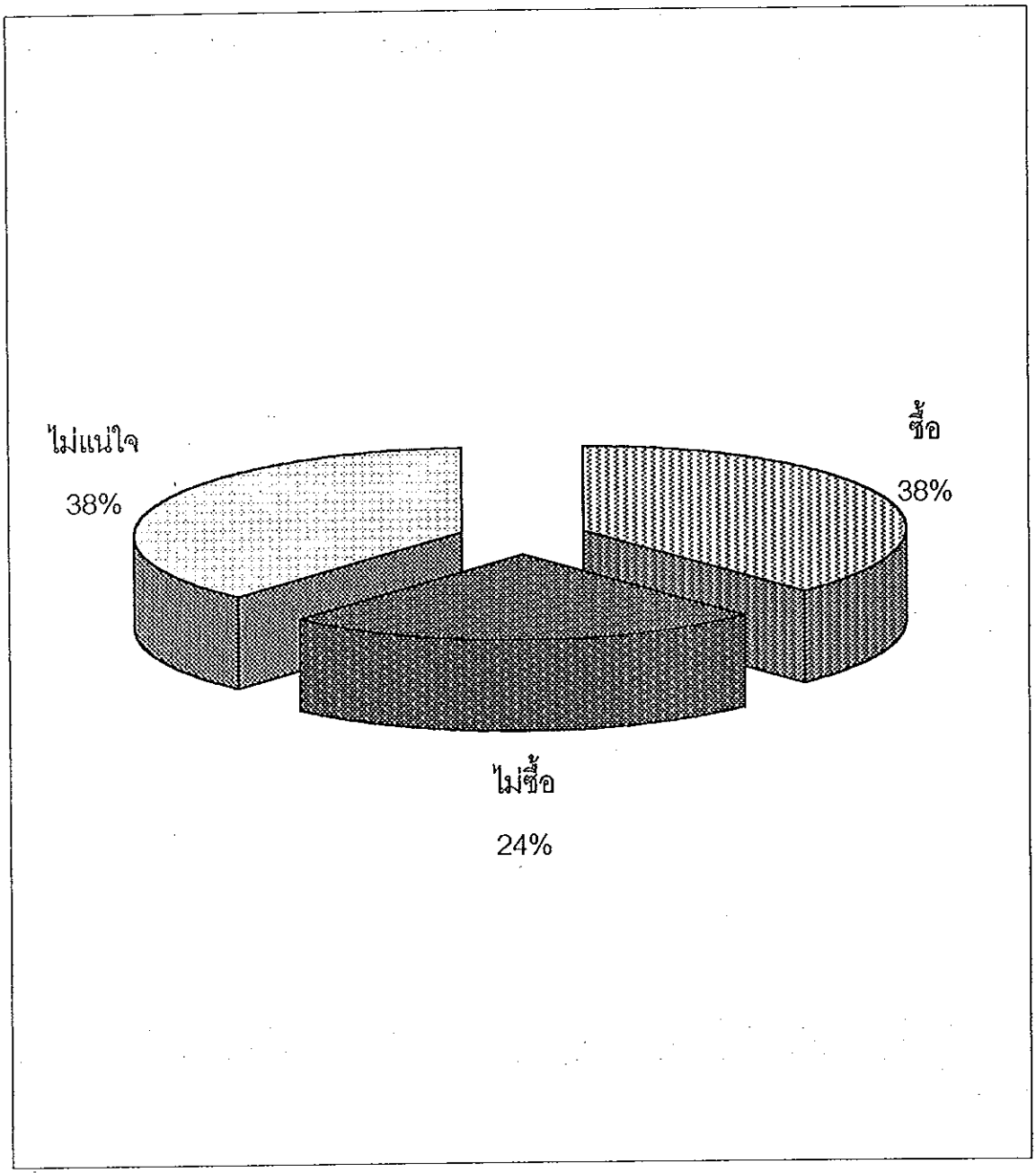
ปัจจัยคุณภาพของรสชาติรวมของผลิตภัณฑ์ มีความถี่ของคะแนนส่วนใหญ่อยู่ในชอบเล็กน้อย และชอบปานกลาง คิดเป็นร้อยละ 25 และ 44 ตามลำดับ และปัจจัยคุณภาพของความชอบรวมของผลิตภัณฑ์ มีความถี่ของคะแนนส่วนใหญ่อยู่ในชอบเล็กน้อย และชอบปานกลาง จนถึงชอบมาก คิดเป็นร้อยละ 17 , 41 และ 16 ตามลำดับ

เมื่อวิเคราะห์สหสัมพันธ์เพื่อศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างค่าคะแนนเฉลี่ยของปัจจัยคุณภาพทางประสาทสัมผัสของอาหารขบเคี้ยวเสริมโปรตีนปลาสกัดคือ ลักษณะปรากฏ สี ความกรอบ และรสชาติรวม ผลแสดงดังตารางที่ 20 พบทุกปัจจัยคุณภาพจะมีความสัมพันธ์กับความชอบรวมโดยเฉพาะ คะแนนเฉลี่ยของรสชาติรวมกับความชอบรวม จะมีความสัมพันธ์สูงกว่าตัวแปรอื่น ๆ โดยมีค่าสัมประสิทธิ์สัมพันธ์เท่ากับ 0.672 แสดงว่าถ้าผู้บริโภคให้คะแนนเฉลี่ยรสชาติรวมสูง จะทำให้คะแนนเฉลี่ยความชอบรวมสูงตามไปด้วย

หากมีผลิตภัณฑ์อาหารขบเคี้ยวเสริมโปรตีนปลาสกัด จำหน่ายในท้องตลาด ผู้บริโภคจะตัดสินใจ ดังการทดลองภาพที่ 21 พบว่ามีผู้บริโภคจะซื้อ ไม่แน่ใจจะซื้อ และแน่ใจไม่ซื้อคิดเป็นร้อยละ 38 , 38 และ 24 ตามลำดับ

ตารางที่ 20 ค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ของค่าคะแนนความชอบในปัจจัยคุณภาพผลิตภัณฑ์อาหารขบเคี้ยวเสริมโปรตีนปลาสกัด ของผู้บริโภคในจังหวัดสงขลา จำนวน 100 คน

	ลักษณะปรากฏ	สี	ความกรอบ	รสชาติรวม
สี	0.469			
ความกรอบ	0.206	0.152		
รสชาติรวม	0.354	0.289	0.322	
ความชอบรวม	0.526	0.430	0.368	0.672



ภาพที่ 18 การตัดสินใจซื้อหากมีผลิตภัณฑ์อาหารขบเคี้ยวเสริมโปรตีนปลาสกัดวางขายในท้องตลาด

6. การประเมินต้นทุนวัตถุดิบที่ใช้ในการผลิตผลิตภัณฑ์อาหารขบเคี้ยวเสริมโปรตีนปลาสกัด

ต้นทุนในการผลิตผลิตภัณฑ์อาหารขบเคี้ยวเสริมโปรตีนปลาสกัด ประเมินจากค่าวัตถุดิบ แต่ไม่ได้รวมค่าพลังงาน ค่าเครื่องมือ อุปกรณ์ ค่าเสื่อมราคา และค่าแรงงาน ราคาวัตถุดิบที่ใช้ (บาทต่อกิโลกรัม) แสดงดังตารางที่ 21

ตารางที่ 21 ราคาวัตถุดิบที่ใช้ในการผลิตผลิตภัณฑ์อาหารขบเคี้ยวเสริมโปรตีนปลาสกัด

วัตถุดิบ	บาทต่อกิโลกรัม
โปรตีนปลาสกัด[1]	4,640.00
โปรตีนปลาสกัด(ไม่คิดราคาไอโซโพรพานอล)[1]	960.00
ข้าวเจ้า	10.00
ข้าวเหนียว	16.00
ข้าวโพด	17.00
ฟักทองแห้ง[1]	50.99

หมายเหตุ [1]รายละเอียดการคำนวณแสดงดังภาคผนวก ง

การผลิตอาหารขบเคี้ยวเสริมโปรตีนปลาสกัด วัตถุดิบที่ใช้มีส่วนผสมดังนี้คือข้าวเหนียวบด ข้าวโพดบด ข้าวเจ้าบด โปรตีนปลาสกัด และฟักทองแห้งร้อยละ 38 , 38 ,19 , 2 และ 3 โดยน้ำหนัก ตามลำดับ โดยส่วนผสมของวัตถุดิบ 1 กิโลกรัม สามารถผลิตอาหารขบเคี้ยวเสริมโปรตีนปลาสกัดได้ 710 กรัม ดังนั้นถ้าต้องการผลิตภัณฑ์ 1 กิโลกรัม จะต้องใช้วัตถุดิบ 1408 กรัม

ต้นทุนวัตถุดิบ = 1480((0.38X0.016)+(0.38X0.017)+(0.19X0.01)+(0.02X4.64)
+(0.03X0.05)) บาท
= 161 บาท ต่อผลิตภัณฑ์ 1 กิโลกรัม
หรือ = 7.25 บาท ต่อผลิตภัณฑ์ 45 กรัม

ต้นทุนวัตถุดิบ(ไม่คิดราคาไอโซโพรพานอล) = 1480((0.38X0.016)+(0.38X0.017)
+(0.19X0.01)+(0.02X0.96)
+(0.03X0.05)) บาท
= 52.01 บาท ต่อผลิตภัณฑ์ 1 กิโลกรัม
หรือ = 2.3 บาท ต่อผลิตภัณฑ์ 45 กรัม

จากการสำรวจผลิตภัณฑ์อาหารขบเคี้ยวที่มีขายในท้องตลาดเช่นข้าวเกรียบกุ้งมีราคาประมาณ 10 บาทต่อผลิตภัณฑ์ 45 กรัม จะเห็นได้ว่าต้นทุนการผลิตผลิตภัณฑ์อาหารขบเคี้ยวสูงเมื่อคิดราคาไอโซโพรพานอล แต่ถ้าสามารถลดขั้นตอนการกำจัดกลิ่น สี และไขมันโดยไอโซโพรพานอล หรือลดปริมาณไอโซโพรพานอลลง หรือมีระบบการระเหยและกลับมาใช้ใหม่ จะทำให้ต้นทุนการผลิตลดลงจึงสามารถสู้กับคู่แข่งขันในตลาดได้

บทที่ 4

สรุป

การพัฒนาอาหารขบเคี้ยวเสริมโปรตีนปลาสกัดสามารถ แบ่งขั้นตอนการศึกษาดังนี้คือการเตรียมโปรตีนปลาสกัด การวิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมีของวัตถุดิบ การพัฒนาสูตรผลิตภัณฑ์อาหารขบเคี้ยว การประเมินคุณภาพของผลิตภัณฑ์ การศึกษาคุณภาพของผลิตภัณฑ์ระหว่างการเก็บรักษา การทดสอบการยอมรับของผู้บริโภคต่อผลิตภัณฑ์ และการประเมินต้นทุนของวัตถุดิบผลิตภัณฑ์ สามารถสรุปผลในขั้นตอนต่างๆ ได้ดังต่อไปนี้

1. การเตรียมโปรตีนปลาสกัด สกัดโปรตีนจากหัวปลาทูน่าพันธุ์โอแถบซึ่งมีองค์ประกอบทางเคมีคือ ความชื้นร้อยละ 81.99 โปรตีน ไขมัน และเถ้าร้อยละ 67.11 8.2 และ 16.05 โดยน้ำหนักแห้งตามลำดับ โปรตีนปลาสกัดที่ผลิตได้มีลักษณะเป็นผงสีน้ำตาล คุณภาพทางเคมีประกอบด้วยความชื้นร้อยละ 25.35 โปรตีน ไขมัน และเถ้าร้อยละ 76.54 2.97 และ1.45 โดยน้ำหนักแห้งตามลำดับ

2. การพัฒนาสูตรอาหารขบเคี้ยว พบว่าสูตรพื้นฐานของอาหารขบเคี้ยวที่เหมาะสม ประกอบด้วยส่วนผสมของข้าวเหนียวบด ข้าวโพดบดและข้าวเจ้าบดในอัตราส่วนเท่ากับ 40:40:20 และระดับโปรตีนปลาสกัดร้อยละ 2 และฟักทองแห้งร้อยละ 3 เป็นชุดการทดลองที่เหมาะสมในการผลิต อาหารขบเคี้ยวเสริมโปรตีนปลาสกัด

3. การประเมินคุณภาพของผลิตภัณฑ์ อาหารขบเคี้ยวเสริมโปรตีนปลาสกัดมีคุณภาพทางกายภาพคือ มีอัตราการพองตัวเท่ากับ 2.96 ค่า A_w (water activity) เท่ากับ 0.25 คุณภาพทางเคมีประกอบด้วย ความชื้น ร้อยละ 5.54 โปรตีน ไขมันและเถ้าร้อยละ 8.58 0.43 และ 0.65 โดยน้ำหนักแห้งตามลำดับ มีปริมาณกรดอะมิโนที่จำเป็นต่อร่างกายใกล้เคียงกับมาตรฐานของ FAO / WHO (1973) และประกอบด้วย เบต้าคาโรทีนปริมาณ 522.0 หน่วยสากลต่อ 100 กรัม วิตามินบี 1 และบี 2 ปริมาณ 55.4 และ 87.0 ไมโครกรัมต่อ 100 กรัม ตามลำดับ

4. การศึกษาคุณภาพของผลิตภัณฑ์ระหว่างการเก็บรักษา โดยบรรจุในถุงเมททัลไลซ์น้ำหนัก 30 กรัม และ 300 กรัม ที่อุณหภูมิห้อง พบว่าผลิตภัณฑ์ที่บรรจุในน้ำหนักต่างกันมีการเปลี่ยนแปลงทางกายภาพ และเคมี แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ แต่ประสาทสัมผัสไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ และสามารถเก็บรักษาผลิตภัณฑ์เป็นเวลา 8 สัปดาห์ โดยเวลาการเก็บรักษามีผลต่อการเปลี่ยนแปลงของความชื้นและ ค่า Aw เพิ่มขึ้นเล็กน้อย แต่ผลิตภัณฑ์ยังมีคุณภาพทางกายภาพและทางประสาทสัมผัสอยู่ในเกณฑ์ที่ยอมรับ

5. การทดสอบการยอมรับของผู้บริโภคต่อผลิตภัณฑ์เคลือบกลิ่นรสป่าปริก้า ผลการสำรวจการยอมรับของผู้บริโภคพบว่าให้การยอมรับผลิตภัณฑ์ กล่าวคือมีคะแนนเฉลี่ยความชอบรวมของผลิตภัณฑ์เท่ากับ 6.28 (คะแนน = 1 หมายถึงไม่ชอบมากที่สุด, คะแนน = 9 หมายถึงชอบมากที่สุด) มีความถี่ของคะแนนความชอบรวมส่วนใหญ่อยู่ในช่วงชอบปานกลางคิดเป็นร้อยละ 41 และถ้าหากมีผลิตภัณฑ์อาหารขบเคี้ยวเสริมโปรตีนปลาสกัด จำหน่ายในท้องตลาด พบว่ามีผู้บริโภคจะซื้อคิด ไม่แน่ใจจะซื้อ และไม่ซื้อคิดเป็นร้อยละ 38 , 38 และ 22 ตามลำดับ

ข้อเสนอแนะ

1. กรรมวิธีการผลิตโปรตีนปลาสกัดควรมีการแก้ไขดังนี้คือ
   1.1 ควรใช้วัตถุดิบที่มีความสด และศึกษาเพิ่มเติมในวัตถุดิบชนิดอื่น เพื่อจะได้โปรตีนที่มีคุณภาพ และสามารถลดขั้นตอนการปรับปรุงคุณภาพของโปรตีนซึ่งจะเป็นการลดต้นทุนการผลิตด้วย
   1.2 ควรเลือกวิธีการสกัดโปรตีนที่เหมาะสมแทนวิธีทางเคมี เช่น การย่อยด้วยเอนไซม์ เป็นต้น เพื่อให้ได้โปรตีนที่มีคุณสมบัติเชิงหน้าที่ที่ดีและสามารถนำไปใช้ประโยชน์ได้หลากหลายยิ่งขึ้น
   1.3 ควรเปลี่ยนวิธีการกำจัดกลิ่น สีและไขมันโดยการใช้สารไอโซโพรพานอลด้วยวิธีอื่น เนื่องจากเป็นสารที่อันตรายและมีราคาแพง แต่ถ้าจำเป็นต้องใช้ควรมีระบบการระเหยและกลับมาใช้ใหม่
   1.4 ควรทำแห้งด้วยวิธีที่สามารถรักษาคุณภาพของโปรตีน เช่น การทำแห้งแบบแช่เยือกแข็ง

2. ควรใช้เครื่องเอ็กซทรูเดอร์ ที่มีประสิทธิภาพที่ดี สามารถควบคุมสภาวะการทำงานของเครื่อง ได้แก่ อุณหภูมิ ความเร็วสกรู และอัตราการป้อนวัตถุดิบ ใช้ได้กับธัญพืชหลากหลายชนิด และไม่จำกัดขนาดของเม็ดแป้ง สามารถเพิ่มปริมาณโปรตีนปลาสกัดได้มากขึ้น และได้ผลิตภัณฑ์ที่มีคุณภาพทางประสาทสัมผัสเป็นที่ยอมรับของผู้บริโภคมากขึ้น

3. ควรศึกษาชนิดของสารให้กลิ่นรส ที่ใช้ในการเคลือบให้หลากหลายมากกว่านี้โดยเฉพาะชนิดที่มีสีซึ่งสามารถปกปิดสีคล้ำของผลิตภัณฑ์เนื่องจากโปรตีนปลาสกัด จะทำให้อาหารขบเคี้ยวได้รับการยอมรับมากขึ้น และสามารถสู้ตลาดคู่แข่งซึ่งมีการเปลี่ยนแปลงตลอดเวลานอกจากนี้ควรมีการสำรวจความต้องการ และทดสอบผู้บริโภคโดยเฉพาะในกลุ่มนักเรียนระดับประถมและมัธยม

เอกสารอ้างอิง

กรมศุลกากร .2534 . สถิติการนำเข้าอาหารสำเร็จรูปซึ่งทำจากธัญพืชหรือผลิตภัณฑ์ธัญพืชที่ได้จากการทำให้พองหรือฟูด้วยความร้อน อบ หรือ ปิ้ง เช่น พัฟโรส์ คอร์นเฟรดและผลิตภัณฑ์ที่คล้ายกัน พ.ศ. 2527-2533 .สถิติการนำเข้าสินค้าแยกตามประเภท . กระทรวงการคลัง .กรุงเทพ .

กองโภชนาการ . 2535 . คุณค่าทางโภชนาการอาหารไทย . กรมอนามัย . กระทรวงสาธารณสุข.

เข็มทอง นิ่มจินดา . 2538 . ทฤษฎีอาหาร .ตำรา-เอกสารวิชาการ ฉบับที่ 81 .ภาควิชาพัฒนาตำราและเอกสารวิชาการ . หน่วยศึกษานิเทศน์.

จิตรวดี ไตรเรกพันธ์ . 2540 . การผลิตโปรตีนปลาสกัดจากหัวปลาและเครื่องในปลา . วิทยานิพนธ์ปริญญาโท . มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ .

ณรงค์ นิยมวิทย์ .2526 . วิทยาศาสตร์การประกอบอาหาร .ภาควิชาคหกรรมศาสตร์. คณะเกษตร . มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ .กรุงเทพ .441 หน้า.

ดวงใจ ทิระบาล และนงนุช รักสกุล .2533 . ปัจจัยบางประการที่มีต่อคุณภาพของข้าวเกรียบปลา . อาหาร . 20(1) : 11-16 .

เทวี ทองแดง .2538. การผลิตปลาสเต๊ะจากปลามูลค่าต่ำ . วิทยานิพนธ์ปริญญาโท . มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ .

นงลักษณ์ สุทธิวานิช . 2531 . คุณภาพสัตว์น้ำ . คณะอุตสาหกรรมเกษตร มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ วิทยาเขตหาดใหญ่.

นิรนาม . 2535 . ตลาดอาหารขบเคี้ยว (Snack) . คู่แข่งธุรกิจ . 2 (77): 55

นิรนาม ไม่ระบุปี . ข้าวเกรียบผลไม้ . น. 1-15 . ในเอกสารเผยแพร่งานถนอมอาหารและเทคโนโลยีอาหาร . กองวิทยาศาสตร์ชีวภาพ กรมวิทยาศาสตร์บริการ .

ประชา บุญญสิริกูล . 2537 . บทบาทของเอ็กซทรูดเดอร์ที่มีต่ออุตสาหกรรมอาหารในประเทศไทย . อาหาร . 24 (1) : 1-12

ประชา บุญญสิริกูล . 2539 . การผลิตอาหารขบเคี้ยวจากถั่วเหลืองโดยใช้เครื่องเอ็กซทรูดเดอร์สกรูคู่ . อาหาร . 26 (1) :14-33 .

ประชา บุญญสิริกูล . 2540 . การพัฒนาอาหารด้วยวิธีการหุงต้มแบบเอ็กซทรูชัน . อาหาร . 27 (2) :79-99.

พจนา สีมันตร . 3536 . การใช้ประโยชน์จากโปรตีนถั่วเขียวในการผลิตอาหารว่างชนิดพองตัวสูง .วิทยานิพนธ์ปริญญาโท . มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ . กรุงเทพฯ

พรรณี วงไกรศรีทอง . 2530 .การผลิตข้าวเกรียบปลาโดยใช้เครื่องรีดแผ่น . วิทยานิพนธ์ปริญญาโท . มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ . กรุงเทพฯ.

พอใจ ลิ้มพันธ์อุดม . 2533 . อาหารขบเคี้ยวโปรตีนสูงโดยกระบวนการเอ็กซ์ทรูชัน . ว . เกษตรพระจอมเกล้า . 8 : 32-40

ไพรัตน์ โสภโณดร .2539. เอกสารคำสอนวิชาเทคโนโลยีการแปรรูปโปรตีน . ภาควิชาเทคโนโลยีอาหาร คณะอุตสาหกรรมเกษตร มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ วิทยาเขตหาดใหญ่.

ไพโรจน์ วิริยจารี . 2535 . การวางแผนและการวิเคราะห์ทางด้านประสาทสัมผัส . ภาควิชาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีอาหาร คณะเกษตร มหาวิทยาลัยเชียงใหม่ .

ลือชา วนรัตน์ . 2535 . สภาวะโภชนาการของคนไทย. การสัมมนาเรื่องการพัฒนาผลิตภัณฑ์สัตว์น้ำที่มีมูลค่าต่ำเพื่อปรับปรุงสภาวะโภชนาการของชาวไทย ณ ห้องประชุม FAO ถนนพระอาทิตย์ กรุงเทพมหานคร .29 – 30 กันยายน 2535 . 15 หน้า . .

ศิราพร วิเศษสุรการ , เกรียรติศักดิ์ ดวงมาลย์ และ โสภา อิทธิวจนะ . 2534 . การใช้ปลายข้าวเจ้าในการพัฒนาอาหารเช้า . อาหาร 21 (1) : 24-36

สุปราณี แจ้งบำรุง ,ดุษณี สุทธิปรียาศิริ , ภักดี โพธิศิริ และ ทรงศักดิ์ ศรีอนุชาด . 2531 . เอกสารการสอนชุดวิชาโภชนศาสตริสาธารณสุข .สาขาวิชาวิทยาศาสตร์ สุขภาพ มหาวิทยาลัยสุโขทัยธรรมาธิราช .

สมชาย ประภาวัต , วันเพ็ญ มีสมญา และเพลินใจ ตังคณะกุล . 2540 . การทำข้าวเกรียบเสริมโปรตีนด้วยถั่วเหลืองชนิดไขมันเต็มและแป้งถั่วลิสงพร่องไขมัน.ว. . วิชาการเกษตร กษ .9 : 93-101.

สมยศ จรรยาวิลาส , รัศมี ศุภศรี และ สุคนธ์ ศรีงาม . 2533 . การพัฒนากรรมวิธีการผลิตผลิตภัณฑ์อาหารว่างจากข้าวโพด . อาหาร . 20 (1) : 35-43 .

อัญชลี กมลรัตนกุล . 2537 . ถุงบรรจุสินค้าเพื่อการขายปลีก .วารสารการบรรจุภัณฑ์ . 2(4) :5-12.

อภิรักษ์ โกษะโยธิ . 2539 . ฉายภาพตลาดสแน็กปี 2000 ผ่านมุมมองดาวรุ้งเป๊ปซี่โคฟูดส์.ฐานเศรษฐกิจ 16 (999) : 54 .

อรรินทร์ โทรดี และ ประชา บุญญศิริกูล. 2522 . อาหาร .พิมพ์ครั้งที่ 2 .

Abustudo , W . 1983 . Flexible packaging of snacks . เอกสารประกอบการสัมมนาเรื่องการหีบห่อ และการพัฒนาคุณภาพอาหาร.ศูนย์การบรรจุหีบห่อไทย. สถาบันวิจัยวิทยาศาสตร์แห่งประเทศไทย ณ. โรงแรมอิมพีเรียล 23 - 24 พฤศจิกายน 2531 . หน้า 119-124 .

A.O.A.C. 1990 . Official Method of Analysis of the Association of Official Analytical Chemists 15th ed . Verginia : The Association of Official Analytical Chemists . Inc .

Autret , M . 1969 . World protein supplies and need . *In* protein as Human food . Lawrie , R.A. ,ed pp 3-19 .The AVI Publishing Co,Inc . Westport .Conn.

Bastos , D.H.M., Domenech , C.H. and Areas, J.A.G. 1991 . Optimization of

extrusion cooking of lung protien by response surface methodology . Inter . J. of Food Science and Technol . 26 :403-408

Bently , O . G . 1975 . Soybean and people . *In* Soybean Production , Protection and Utilization . Hhigham , D.K ., ed . pp . 159-170 .Int . Agr . Publ ., Illmois .

Bertullo , U . H . ,Pereire , C.R. 1970 . Protein hydrolysis.US Ptent 3,516,349.

Burgess , L . D . and Stanley , D . W. 1976 . A possible mechanism for thermal texturization of soybean protein . Can . Inst . J . Food Sci . 9 : 228 .

Camire , M . E . and King , C .C .1991. Protein and fiber supplementation effects on extruded cornmeal snack quality . J . food Sci . 56 (3) : 760-763.

Charles , F . 1969 . Extruded starch - based snacks . Cereal Sci . Today . 14 : 212 - 214 .

Cheftel ,C .,Ahearn , M .,Wang , D and Tannenbaum , S .R.1971 . Enzymatic solubility of fish protein concentration , batch studies application to continucous recycling process . J .Agric . Food Chem . 19 : 155

Chiang , B.Y. and Jonhson , J.A. 1977 . Gelatinization of starch in extruded products . Creal Chem . 54 (3) : 436 .

Chinnaswamy , R and Hanna , M.A. 1988 . Optimum extrution cooking condition for maximum expansion of corn starch .J .Food Sci . 53 (3) : 834-836 .

Dziezak , D.J. 1989 . Single and Twin Extruder in Food Processing . Food Technol . 43 :164 .

Egan , H ., Rick , R . S . and Sawyer , R . 1981 . Pearson chemical analytical of food 8th ed . Edinburgh : Churchill Livingstone .

FAO/WHO . 1973 . Energy and protein requirement .Report of a Joint FAO/WHO and Hoc Expert . Food and Agriculture Organization of the United Nations.

Gutcho , M . 1973 . Prepared Snack Food . Noyes Data Corperration , New Jersey .

Hall , G.M. and Ahmad , N.H. 1992 Funtional Properties of Fish Protein Hydrolysate.*In* : Fish Processing Technology . G.M.Hall.ed . pp.249- 270 .London : blackie Academic Professionnal.

Harper , M.J. 1978 . Extrusion processing of food . Food Technol .32 : 67

Harper , M.J. 1981 . Extrusion of food . Vol . II Boca Raton , Florida .อ้างโดย ประชา บุญญสิริกูล . 2537 . บทบาทของเอ็กซ์ทรูดเดอร์ที่มีต่ออุตสาหกรรมอาหารในประเทศไทย . อาหาร . 24 (1) : 1-12

Harris , A . and Robins , D .1985 . Nutrition in caterring . Red wood Burn ltd ., Trowbridge ,wilts . pp . 41-51 .

Hoyle , T.N.and Merrit , H.J. 1994. Fish protein hydrolysate from Herring (*Clupea harengus*) .J .Food Sci . 59 : 76-79 .

Jomduang , S ., Mohamed , S .1994 . Effect of amylose / amylopectin content , milling methods , particle size , suger , salt and oil on puffed protduct characteristics of a traditional Thai rice based snack food (Khao kriap) . J .Sci Food Agric . 65 : 85-93 .

Katz , E.E. and Labuza , T.P. 1981 . Effect of water activity on the sensory crispness and mechanical deformation of snack food products . J . Food Sci . 46 (2) : 403-409 .

Keyes , C . W ., Meinke , W .W . 1966 . Method of processing fish . US Patent 3 ,247,442 (to inventers) .

Lalasidis , G . and Sjoberg , L.B. 1978 . Two new methods of debitter protein hydrolysate and a fraction of hydrolysate with exceptionly high content of essential amino acides . J . Agric . Food Chem . 26 : 742-749 .

Lim , K. K ., Ang , H.G. and Theng , C.Y.1980 .High protein extruded snack food . Proceeding of 8th Asean Workshop of Extruder Technology , Held at Institute of Food Research and Product Development , Bangkok .128 p.

Mackie , I.M., 1982 . Fish protein hydrolysate . Proc . Biochem . 6 : 127-134 .

Maga , J . A . and Kim , C.H. 1989 . Co-extrusion of rice flour with dried fruits and fruit juice concentrate. Lebensmittel-Wissensthaft und-Technologie . 22 : 182-187 .

Maiz , S.A.1970. Ceral Technology . The AVI Publish Company ,Inc., Westport Connecticut .

Matz , S . A . 1984 . Snack Food Technology . 2nd ed . AVI Publish Company , Inc . ,Westport Connecticut .

Meinke , W.W.,Rahman ,M.A. and Matti , K.F. 1972 . Some factors influencing the production of protein isolate from whole fish . J .of Food Sci . 137 : 195-198 .

Meinke , W.W. and Mattil , K.F. 1973 . Autolysis as a factor in the production of protein isolates from whole fish . J . Food Sci . 38 : 864-866

Montecalor , J . Jr ., Constantinides , S . M . and Yang , C .S .T . 1984 . Optimization of processing parameter for the Preparation or Flounder frame protien . J .of Food Sci . 49 : 172-187 .

Morhr , V .1978 . Fish Protein Concentrate Production by Enzymic Hydrolysis . *In* : Biochemical Aspects of New Protein Food . Adler-Nissen ,J . Eggum , B .O ., Munck , L ., Olsen , H.S. ,eds . pp . 53-62 . London : progamon press . oxford .

Morr , C.V.,German , B., Kinsella , J.E. , Regenstein , J.M., Vanburen , J.P.,Kilava , A., Lewis ,B.A. and Margino ,M.E. 1985,Acollaborative study to develop a standardized food protein solubility procedure .J . Food Sci . 50 : 1715-1718 .

Ordorica-Falomir , C . and Paredes-Lopez , O. 1991 . Effect of safflower protien isolates on cookie characteristics . Inter. J. of . Food Science and Technology . 26: 39-43 .

Ostrander , J.G., Nystrom , P.J. and Martinsen , C.S. 1977 . Utilization of a fish protein in whipped gelation desserts . J .Food Sci . 42 : 559-560 .

Paredes- Lopez , O.and . Ordorica-Falomir , C .1986.Production of safflower protein isolate :composition .Yield and Protein quality . J . Sci . Food Agric . 18 : 42 – 45 .

Phillips , R . D . and Finley , J.W. 1989 . Protein quality and the effects of processing .p 219-243 .New York and Basel. : Marcel Dekker , Inc

Peri , C., Barbleri ,R . and Casiraghi , E.M. 1983 . Physical , chemical and nutritional quality of extruded corn germ flour and milk protein blends . J. Food Technol . 18 : 42-45 .

Pomeranz , Y . 1991 . Functionlity of Protein. *In* : Functionl of Food Components . 2nd ed.pp.148-192.Acadimic Press , Inc . San Diego California .

Rossen ,L.J. and Miller , R.C. 1973 . Food Extrusion .Food Technol .27:46.

Saccharow , S. and Griffin ,R.C. 1981 . Principle of Food packaging . The AVI publishing Co ., Westport ,connecticut . 484 p .

Siegel , A . 1974 . Develop ment acceptability and nutrition evaluation of new high protein rice based food that children .Ph . D. thesis , Kasas state University , Kansas .

Sinnsuber , R.O. and Yu, T.C.1985 .2- Thiobabituric acid methods of the measunement of rancidity in fishery product . The quantitative determination of malonaldehyde .Food Tech . 2:9 .

Stanby ,M.E. and Hall , aA.S. 1967 . Chemical compisition of commercially important fish of the United State . Fishery Industrial Res . 3(4) . อ้างโดย นงลักษณ์ สุทธิวนิช .2531.คุณภาพสัตว์น้ำ .ภาควิชาอุตสาหกรรมเกษตร คณะทรัพยากรธรรมชาติ มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์.

Ston , J . , Sidel , J . , Olive , S . and Woolsey , A . 1974 . Sensory evaluation by qualitative descriptive analysis . Food Technol . 28 (11) : 24-34 .

Tamura , M . 0 ., Mori , N ., Miyoshi , T ., Koyama , S ., Kohri , H . and Okai , H . 1990 . Practical debittering using model peptides and related compound . Agric . Bio. Chem . 54 : 41-51.

Tanaka , M., Suzuki , K and Taquchi , T .1983 . Recovery of protein as a spun product from sardine viscera and heads . Bulletin of the Japanese , Society of Scientific Fisheries , 49 : 1701-1705

Tettweiler , P . 1991 . Snack food worldwide . Food Technol . 45 : 58-62 .

Tsen , C.C.1971. New Concepts for use of soyflour in baking . *In* Amer ASS. of Cereal Chem . pp .122-131 . The Wonder Bean . AACC ., California .

Vlieg , P., Habib ,G .and Clement , G . I. T .1983 . Proximate compisition of Skipjack tuna *Katsuwonas Pelamis* from New Zewland Caledonia water , N.Z.N. Sci . 26 :243-249 .

Windsor , M . L. and Barlow , s . 1978 . Hydrolysed Fish Product .*In* : Introduction to Fishery by-product . pp . 100-110. Farnham : Fishing New Books .

Wolf , W.J. and Cowan ,J.C. 1986 . Soybean As a food . Ohio Cleveland : CRC press,Inc .

Yanez , E . , Ballester , D . and Monckeberg , F . 1976 . Enzymatic fish protein hydrolysate : chemical composition , nutrition value and use as a supplement to cereal protein .J . Food Sci . 41 : 1289 - 1292 .

Yu , S.Y. , Mitchell , J.R. and Abdullah . 1981 . Production and acceptability testing of fish crackers (keropok) prepared by the extrusion method . J . Food Technol .16 : 51-58 .

Yu , S .Y. and Tan , L . K . 1990 . Acceptability of (keropok) with fish hydrolysate . International Journal of Science and Technology . 25 : 204-108 .

ภาคผนวก

ภาคผนวก ก การวิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมี

1. การวิเคราะห์ปริมาณความชื้นโดยวิธีอบในตู้อบไฟฟ้า (A.O.A.C. 1990)

อุปกรณ์

1. ตู้อบอุณหภูมิ 105 องศาเซลเซียส
2. ภาชนะหาความชื้น (จานอลูมิเนียมพร้อมฝา)
3. โถดูดความชื้น
4. เครื่องชั่งไฟฟ้า

วิธีการ

1. อบภาชนะสำหรับหาความชื้นในตู้อบไฟฟ้าที่อุณหภูมิ 105 องศาเซลเซียส เวลา 3 ชั่วโมง แล้วนำออกจากตู้อบใส่ไว้ในโถดูดความชื้น ปล่อยทิ้งไว้จนกระทั่งอุณหภูมิของภาชนะลดลงเท่ากับอุณหภูมิห้องแล้วชั่งน้ำหนัก

2. กระทำเช่นข้อ 1 ซ้ำจนได้ผลต่างของน้ำหนักที่ชั่งทั้งสองครั้งติดต่อกันไม่เกิน 1 - 3 มิลลิกรัม

3. ชั่งตัวอย่างอาหารที่ต้องการหาความชื้นให้ได้น้ำหนักที่แน่นอน 1 - 3 มิลลิกรัม ใส่ลงในภาชนะหาความชื้น ซึ่งทราบน้ำหนักแล้วนำไปอบในตู้อบไฟฟ้าที่อุณหภูมิ 105 องศาเซลเซียส นาน 5 - 6 ชั่วโมง นำออกจากตู้อบใส่ไว้ในโถดูดความชื้น แล้วชั่งน้ำหนักภาชนะพร้อมตัวอย่างนั้น จากนั้นนำกลับไปเข้าตู้อบอีก แล้วกระทำเช่นเดิม จนได้ผลต่างของน้ำหนักที่ชั่งทั้งสองครั้งติดต่อกันไม่เกิน 1 - 3 มิลลิกรัม

การคำนวณ

$$M = [(W_1 - W_2) \times 100] / W_1$$

เมื่อ M คือ ปริมาณความชื้น (ร้อยละโดยน้ำหนัก)

W_1 คือ น้ำหนักตัวอย่างก่อนอบ

W_2 คือ น้ำหนักตัวอย่างหลังอบ

2. การวิเคราะห์ปริมาณไขมัน (A.O.A.C., 1990)

อุปกรณ์

1. อุปกรณ์ชุดสกัดไขมัน (soxhlet apparatus) ประกอบด้วยขวดกลมสำหรับใส่ตัวทำละลาย ซอคเลต (soxhlet) เครื่องควบแน่น (condenser) และเตาให้ความร้อน (heating mantle)

2. หลอดใส่ตัวอย่าง (extraction thimble)

3. สำลี

4. ตู้อบไฟฟ้า

5. เครื่องชั่งไฟฟ้าอย่างละเอียด

วิธีการ

1. อบขวดกลมสำหรับหาปริมาณไขมัน ซึ่งมีขนาดความจุ 250 มิลลิลิตร ในตู้อบไฟฟ้าทิ้งให้เย็นในโถดูดความชื้น และชั่งน้ำหนักที่แน่นอน

2. ชั่งตัวอย่างบนกระดาษกรองที่ทราบน้ำหนัก ประมาณ 1 - 2 กรัม ห่อให้มิดชิดแล้วใส่ลงในหลอดสำหรับใส่ตัวอย่าง คลุมด้วยสำลีเพื่อให้สารทำละลายมีการกระจายอย่างสม่ำเสมอ

3. นำตัวอย่างใส่ลงในซอคเลต

4. เติมสารตัวทำละลายปิโตรเลี่ยม อีเทอร์ ลงในขวดหาไขมันปริมาณ 150 มิลลิลิตร แล้ววางบนเตาให้ความร้อน

5. ทำการสกัดไขมันเป็นเวลา 14 ชั่วโมง โดยปรับความร้อนให้หยดของสารทำละลายกลั่นตัวจากอุปกรณ์ควบแน่นด้วยอัตรา 150 หยดต่อนาที

6. เมื่อครบ 14 ชั่วโมง นำหลอดใส่ตัวอย่างออกจากซอดเลต และกลั่นเก็บสารทำละลาย จนเหลือสารละลายในขวดกลมเพียงเล็กน้อยด้วยเครื่องละเหยตัวทำละลาย

7. นำขวดหาไขมันนั้นไปอบในตู้อบที่อุณหภูมิ 80 - 90 องศาเซลเซียสจนแห้งทิ้งให้เย็นในโถดูดความชื้น

8. ชั่งน้ำหนักและอบซ้ำครั้งละ 30 นาที จนกระทั่งผลต่างของน้ำหนักที่ชั่งทั้งสองครั้งติดต่อกันไม่เกิน 1 - 3 มิลลิกรัม

การคำนวณ

$$\text{ปริมาณไขมัน(ร้อยละโดยน้ำหนัก)} = \frac{\text{น้ำหนักไขมันหลังอบ}}{\text{น้ำหนักตัวอย่างเริ่มต้น}} \times 100$$

3. การวิเคราะห์หาปริมาณโปรตีน โดยวิธีเจลดาล (A.O.A.C., 1990)

อุปกรณ์

1.อุปกรณ์ย่อยโปรตีน ประกอบด้วยเตา (VELP DK 6) และหลอดใส่ตัวอย่าง

2.อุปกรณ์กลั่นโปรตีน

3.ปิเปต

4.ขวดรูปชมพู่ (erlenmeyer flash) ขนาด 250 มิลลิลิตร

5.บูเรตต์ ขนาด 25 มิลลิลิตร

6.เครื่องชั่งไฟฟ้าทศนิยม 4 ตำแหน่ง

สารเคมี

1.กรดซัลฟุริกเข้มข้น

2.สารเร่งปฏิกิริยา ใช้คอปเปอร์ซัลเฟต ($CuSO_4$) 1 ส่วนต่อโปรแตสเซียมซัลเฟต (K_2SO_4) 9 ส่วน

3.โซเดียมไฮดรอกไซด์เข้นข้น ร้อยละ 40

4.กรดบอริกเข้มข้น ร้อยละ

5.สารละลายกรดเกลือเข้นข้น 0.02 นอร์มัล

6.อินดิเคเตอร์(indicater) เป็นสารผสมระหว่าง เมทธิลลีนบลู เมทธิลเรดและโบรโมครีซอลกรีน

วิธีการ

1.ชั่งตัวอย่างอาหาร(ของแข็ง) ให้ได้น้ำหนักแน่นอน ประมาณ 1 - 2 กรัม (ตัวอย่างของเหลวใช้ปริมาตร 10-15 มิลลิลิตร) ใส่ลงในขวดย่อยโปรตีน และทำแบลงค์ด้วย

2.เติมสารเร่งปฏิกิริยา 5 กรัม

3.เติมกรดซัลฟุริกเข้มข้น 20 มิลลิลิตร

4.วางหลอดย่อยในเตาย่อยแล้วประกอบสายยางระหว่างฝาครอบ ขวดใส่ด่างและเครื่องจับไอกรดให้เรียบร้อย

5.เปิดสวิทช์เครื่อง scrubber และเตาย่อย แล้วตั้งอุณหภูมิเป็น 200 องศาเซลเซียล เวลา 30 นาที จากนั้นปรับอุณหภูมิเป็น 350 องศาเซลเซียล ย่อยต่ออีก 60 นาที จนได้สารละลายใส

6.ปล่อยทิ้งให้เย็น

7.จัดอุปกรณ์กลั่น แล้วเปิดสวิทช์ไฟ แล้วเปิดน้ำหล่อเย็นและเครื่องควบแน่น

8.นำขวดรูปชมพู่ขนาด 250 มิลลิลิตรเติมกรดบอริกเข้มข้นร้อยละ 2 ปริมาณ 50มิลลิลิตรและน้ำกลั่น 5 มิลลิลิตร ซึ่งเติมอินดิเคเตอร์ เรียบร้อยแล้วไปรองรับของเหลวที่จะกลั่น โดยให้ส่วนปลายของอุปกรณ์ควบแน่นจุ่มลงในสารละลาย

9.ต่อหลอดเข้ากับเครื่องกลั่น เติมสารละลาย โซเดียมไฮดรอกไซด์จนสีของสารละลายตัวอย่างเปลี่ยนเป็นสีดำ

10.กลั่นให้ได้ของเหลว ประมาณ 100-150 มิลลิลิตร

11.ไตเตรตสารละลายที่กลั่นได้กับสารละลายกรดเกลือ ที่มีความเข้มข้น 0.02 นอร์มัล สีของสารละลายจะเปลี่ยนจากสีเขียวเป็นสีม่วง

การคำนวณ

$$\text{ปริมาณโปรตีน(ร้อยละโดยน้ำหนัก)} = \frac{(a-b) \times N \times 14.007 \ F}{w}$$

โดยที่ a = ปริมาณของสารละลายกรดเกลือที่ใช้เป็น มิลลิลิตร

b = ปริมาณของสารละลายกรดเกลือที่ใช้กับ blank เป็น มิลลิลิตร

N = ความเข้มข้นของสารละลายกรดเกลือเป็นนอร์มัล

W = น้ำหนักตัวอย่างเป็นกรัม

Factor = ตัวเลขที่เหมาะสม 6.25

(น้ำหนักกรัมสมมูลย์ของไนโตรเจน = 14.007)

4. การวิเคราะห์หาปริมาณเถ้า (A.O.A.C., 1990)

อุปกรณ์

1. เตาเผา (muffle furnace)
2. ถ้วยกระเบื้องเคลือบ (porcelain)
3. โถดูดความชื้น
4. เครื่องชั่งไฟฟ้าอย่างละเอียด

วิธีการ

1. เผาถ้วยกระเบื้องเคลือบในเตาเผาที่อุณหภูมิ 600 องศาเซลเซียส เป็นเวลาประมาณ 3 ชั่วโมง ปิดสวิทซ์เตาเผาแล้วรอประมาณ 30-45 นาที เพื่อให้อุณหภูมิภายในเตาเผาลดลงก่อน แล้วนำออกจากเตาเผาใส่ในโถดูดความชื้น ปล่อยให้เย็นจนถึงอุณหภูมิห้องแล้วชั่งน้ำหนัก

2. เผาซ้ำอีกครั้งละประมาณ 30 นาที และกระทำเช่นข้อ 1 จนได้ผลต่างของน้ำหนักทั้งสองครั้งติดต่อกันไม่เกิน 1 - 3 มิลลิกรัม

3. ชั่งตัวอย่างให้ได้น้ำหนักแน่นอนประมาณ 2 กรัม ใส่ในถ้วยกระเบื้องเคลือบที่รู้น้ำหนักแน่นอนแล้ว นำไปเผาในตู้ควันจนหมดควัน แล้วจึงนำเข้าเตาเผาอุณหภูมิ 600 องศาเซลเซียส กระทำเช่นเดียวกับข้อ 1 - 2

การคำนวณ

$$\text{ปริมาณเถ้า (ร้อยละโดยน้ำหนัก)} = 100 \times \frac{\text{น้ำหนักตัวอย่างหลังเผา}}{\text{น้ำหนักตัวอย่างเริ่มต้น}}$$

5. การหาค่าความหืน ใช้วิธีการหา TBA No. (Egan , et al ., 1981)

อุปกรณ์

1. ชุดกลั่น
2. ลูกแก้ว
3. เตาไฟฟ้า
4. ปิเปต
5. หลอดทดลองชนิดมีจุก
6. เครื่องวัดการดูดกลืนแสง (Spectrophotometer)

สารเคมี

1. สารละลายกรดเกลือ 4 นอร์มัล
2. สารป้องกันการเกิดฟอง
3. สารละลายกรดไธโอบาบิทูริก ละลาย 0.2883 กรัม ของกรดไธโอบาบิทูริกในกรดอะซิติกเข้มข้นร้อยละ 90

วิธีการ

1. ชั่งตัวอย่างอาหาร 10 กรัม ลงในขวดกลั่น เติมน้ำกลั่น 97.5 มิลลิลิตร
2. เติม 2.5 มิลลิลิตร ของสารละลายกรดเกลือความเข้มข้น 4 นอร์มัล (pH ควรจะเป็น 1.5) แล้วเติมลูกแก้วและสารป้องกันการเกิดฟอง
3. กลั่นให้ได้ของเหลว 50 มิลลิลิตร ภายใน 10 นาที
4. ดูดสารที่กลั่นได้ 5 มิลลิลิตร ลงในหลอดทดสอบที่มีจุกปิด

5. เติม 5 มิลลิลิตร ของสารละลายกรดไธโอบาบิทูริก เขย่าและให้ความร้อนด้วยน้ำเดือดเป็นเวลา 35 นาที

6. ทำ blank โดยใช้วิธีเดียวกัน ใช้ 5 มิลลิลิตร ของน้ำกลั่นให้ความร้อน 35 นาที

7. นำตัวอย่างและ blank ที่เย็นแล้ววัดค่าดูดกลืนแสงที่ 532 นาโนเมตร

การคำนวณ

ค่าความหืน(มก.มาโลนอัลดีไฮด์/กก.ตัวอย่าง) = 7.8×ค่าดูดกลืนแสงของตัวอย่างที่หัก blankแล้ว

ภาคผนวก ข . การประเมินคุณภาพทางประสาทสัมผัส

ภาคผนวก ข 1 แบบทดสอบชิม แบบพรรณาเชิงปริมาณ เพื่อศึกษาสูตรพื้นฐาน

ชื่อผู้ทดสอบ.....วันที่.....เวลา.....

คำอธิบาย กรุณาชิมตัวอย่างอาหารขบเคี้ยวที่เสนอให้ตามเข็มนาฬิกา และประเมินคุณลักษณะต่าง ๆ โดยขีดเส้นตรงตัดกับเส้นแสดงปัจจัยคุณภาพที่กำหนดให้ ณ . ตำแหนงที่ตรงกับความรู้สึกของท่านเมื่อพิจารณาตัวอย่างที่เสนอให้ พร้อมทั้งเขียนรหัสตัวอย่าง

คำแนะนำ กรุณาบ้วนปากก่อนชิมแต่ละตัวอย่างทุกครั้ง

รหัสตัวอย่าง _____ _____ _____ _____ _____

1. ความพอง

น้อย มาก

2. ความเรียบผิว

น้อย มาก

3.ความกรอบ

น้อย มาก

4.ความเหนียวติดฟันขณะเคี้ยว

น้อย มาก

วิจารณ์และข้อเสนอแนะ.....

ขอบคุณ

ภาคผนวก ข 2 แบบทดสอบชิม แบบพรรณาเชิงปริมาณเพื่อศึกษาระดับโปรตีนปลาสกัดและฟักทองที่เหมาะสม

ชื่อผู้ทดสอบ.....วันที่.....เวลา.....

คำอธิบาย กรุณาชิมตัวอย่างอาหารขบเคี้ยวที่เสนอให้ตามเข็มนาฬิกา และประเมินคุณลักษณะ ต่าง ๆ โดยขีดเส้นตรงตัดกับเส้นแสดงปัจจัยคุณภาพที่กำหนดให้ ณ . ตำแหน่งที่ตรงกับความรู้สึกของท่านเมื่อพิจารณาตัวอย่างที่เสนอให้ พร้อมทั้งเขียนรหัสตัวอย่าง

คำแนะนำ กรุณาบ้วนปากก่อนชิมแต่ละตัวอย่างทุกครั้ง

รหัสตัวอย่าง

1. ความพอง

น้อย มาก

2. สี

สีน้ำตาล สีเหลือง

3. ความกรอบ

น้อย มาก

4. ลักษณะเนื้อสัมผัส

หยาบแข็ง ละเอียดนุ่ม

6. กลิ่นคาวปลา

น้อย มาก

ขอบคุณ

ภาคผนวก ข 3 แบบทดสอบชิม แบบพรรณาเชิงปริมาณ เพื่อประเมินคุณภาพของผลิตภัณฑ์อาหารขบเคี้ยวเสริมโปรตีนปลาสกัด

ชื่อผู้ทดสอบ.....วันที่.....เวลา.....คำ

อธิบาย กรุณาชิมตัวอย่างอาหารขบเคี้ยวที่เสนอให้ตามเข็มนาฬิกา และประเมินคุณลักษณะต่าง ๆ โดยขีดเส้นตรงตัดกับเส้นแสดงปัจจัยคุณภาพที่กำหนดให้ ณ .ตำแหน่งที่ตรงกับความรู้สึกของท่านเมื่อพิจารณาตัวอย่างที่เสนอให้ พร้อมทั้งเขียนรหัสตัวอย่าง

คำแนะนำ กรุณาบ้วนปากก่อนชิมแต่ละตัวอย่างทุกครั้ง

รหัสตัวอย่าง

1. ความพอง

น้อย มาก

2. สี

สีน้ำตาล สีเหลือง

3. ความกรอบ

น้อย มาก

4. ลักษณะเนื้อสัมผัส

หยาบแข็ง ละเอียดนุ่ม

6. กลิ่นคาวปลา

น้อย มาก

7. ระดับการยอมรับ

กรุณาขีดเครื่องหมาย / ตรงช่องรูปภาพที่ตรงกับความรู้สึกของท่านมากที่สุด

ระดับการยอมรับ	1 ไม่ยอมรับมากที่สุด	2 ไม่ยอมรับมาก	3 ไม่ยอมรับปานกลาง	4 ไม่ยอมรับเล็กน้อย	5 เฉยๆ	6 ยอมรับเล็กน้อย	7 ยอมรับปานกลาง	8 ยอมรับมาก	9 ยอมรับมากที่สุด
กรุณาใส่เครื่องหมาย /									

ขอบคุณ

ภาคผนวก ข 4 แบบทดสอบชิม แบบพรรณาเชิงปริมาณ เพื่อศึกษาคุณภาพของผลิตภัณฑ์อาหารขบเคี้ยวโปรตีนปลาสกัดระหว่างการเก็บรักษา

ชื่อผู้ทดสอบ.....วันที่.....เวลา.....

คำอธิบาย กรุณาชิมตัวอย่างอาหารขบเคี้ยวที่เสนอให้จากซ้ายไปขวา และประเมินคุณลักษณะต่าง ๆ โดยขีดเส้นตรงตัดกับเส้นแสดงปัจจัยคุณภาพที่กำหนดให้ ณ . ตำแหนงที่ตรงกับความรู้สึกของท่านเมื่อพิจารณาตัวอย่างที่เสนอให้ พร้อมทั้งเขียนรหัสตัวอย่าง

คำแนะนำ กรุณาบ้วนปากก่อนชิมแต่ละตัวอย่างทุกครั้ง

รหัสตัวอย่าง _____ _____

1. สี

สีน้ำตาล ——————————— สีเหลือง

2. ความกรอบ

น้อย ——————————— มาก

3. กลิ่นคาวปลา

หยาบ ——————————— ละเอียด

4. ระดับการยอมรับ

กรุณาขีดเครื่องหมาย / ตรงช่องรูปภาพที่ตรงกับความรู้สึกของท่านมากที่สุด

ระดับการยอมรับ	1 ไม่ยอมรับมากที่สุด	2 ไม่ยอมรับมาก	3 ไม่ยอมรับปานกลาง	4 ไม่ยอมรับเล็กน้อย	5 เฉยๆ	6 ยอมรับเล็กน้อย	7 ยอมรับปานกลาง	8 ยอมรับมาก	9 ยอมรับมากที่สุด
กรุณาใส่เครื่องหมาย /									

ขอบคุณ

ภาคผนวก ข 5 แบบสอบถามการสำรวจการยอมรับผลิตภัณฑ์ของผู้บริโภค

แบบสอบถาม

โครงการวิทยานิพนธ์ : การพัฒนาอาหารขบเคี้ยวเสริมโปรตีนปลาสกัด

คำชี้แจง : แบบสอบถามนี้เป็นงานวิจัยเพื่อทำวิทยานิพนธ์ของ นางสาวอัจฉรา ชนะสิทธิ์ นักศึกษาปริญญาโท ภาควิชาเทคโนโลยีการอาหาร คณะบัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ จึงขอความร่วมมือกับท่านช่วยตอบแบบสอบถาม ข้อมูลทุกอย่างที่ท่านตอบมาจะเป็นประโยชน์อย่างยิ่งสำหรับงานวิจัยครั้งนี้ และไม่มีผลใด ๆ ต่อผู้ตอบทั้งสิ้น ขอขอบพระคุณทุกท่านที่ได้ให้ความร่วมมือมา ณ. ที่นี้ด้วย

คำแนะนำ กรุณาทำเครื่องหมาย / ลงในวงเล็บ ( ) หน้าคำตอบที่ท่านเห็นว่าเหมาะสมที่สุด

ส่วนที่ 1 รายละเอียดผู้ตอบแบบสอบถาม

1.1 เพศ

( ) หญิง ( ) ชาย

1.2 อายุ.....ปี

ส่วนที่ 2 ข้อมูลเกี่ยวกับพฤติกรรมการบริโภค

2.1 ท่านชอบรับประทานอาหารขบเคี้ยวหรือไม่

( ) ชอบ ( ) ไม่ชอบ

2.2 สาเหตุที่ท่านไม่ชอบอาหารขบเคี้ยว

( ) ไม่ชอบรับประทานอาหารจุกจิก

( ) เป็นอาหารที่ไม่มีประโยชน์

( ) อื่น ๆ ระบุ.....

ส่วนที่ 3 ข้อมูลเกี่ยวกับผลิตภัณฑ์อาหารขบเคี้ยวเสริมโปรตีนปลาสกัด

กรุณาชิมตัวอย่างที่เสนอให้และขีดเครื่องหมาย / ตรงช่องตารางที่ตรงกับความรู้สึกของท่านมากที่สุด

ปัจจัยคุณภาพ	ความชอบ								
	ไม่ชอบมากที่สุด	ไม่ชอบมาก	ไม่ชอบปานกลาง	ไม่ชอบเล็กน้อย	เฉยๆ	ชอบเล็กน้อย	ชอบปานกลาง	ชอบมาก	ชอบมากที่สุด
ลักษณะปรากฏ									
สี									
ความกรอบ									
รสชาติรวม									
ความชอบรวม									

-ถ้ามีผลิตภัณฑ์นี้จำหน่ายในราคา ขนาด และปริมาณเท่ากับท้องตลาดที่ขาย (5 บาท /ซอง) ท่านคาดว่าจะซื้อหรือไม่

( ) ซื้อ ( ) ไม่ซื้อ

( ) ไม่แน่ใจ เพราะ.....

-สาเหตุที่ท่านไม่ยอมรับผลิตภัณฑ์อาหารขบเคี้ยวเสริมโปรตีนปลาสกัด

( ) กลิ่นคาวปลา

( ) ไม่ชอบรสปาปริกา

( ) ความเหนียวของผลิตภัณฑ์หรือลักษณะเนื้อสัมผัส

( ) อื่น ๆ โปรดระบุ

ขอบคุณ

ภาคผนวก ค ผลการวิเคราะห์ทางสถิติ

ตารางภาคผนวก ค1 ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนของผลการทดสอบทางกายภาพของผลิตภัณฑ์อาหารขบเคี้ยวที่ผลิตด้วยส่วนผสมของธัญพืชจากการวางแผนแบบมิกซ์เจอร์

	SV	DF	SS	MS	F
อัตราการพองตัว	treatment (T)	4	0.52	0.13	16.95**
	block (b)	9	0.08	0.01	1.15 ns
	error	36	0.28	0.01	
	total	49	0.87		

หมายเหตุ ns : ไม่มีความแตกต่างทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญ

** : แตกต่างทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 99 %

ตารางภาคผนวก ค 2 ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนของผลการทดสอบทางประสาทสัมผัสของผลิตภัณฑ์อาหารขบเคี้ยวที่ผลิตด้วยส่วนผสมของธัญพืชจากการวางแผนแบบมิกซ์เจอร์

ปัจจัยคุณภาพ	SV	DF	SS	MS	F
ความพอง	treatment (T)	4	13.80	3.50	5.37**
	block (b)	15	64.30	4.30	6.66**
	error	60	38.60	0.60	
	total	79	116.70		
ความเรียบของผิว	treatment (T)	4	35.47	8.86	7.41**
	block (b)	15	104.34	6.95	5.82**
	error	60	71.75	1.19	
	total	79	211.56		
ความกรอบ	treatment (T)	4	0.63	0.16	<1 ns
	block (b)	15	170.48	11.36	23.47**
	error	60	29.06	0.48	
	total	79	200.17		

ตารางภาคผนวก ค 2 (ต่อ)

ปัจจัยคุณภาพ	SV	DF	SS	MS	F
ความเหนียว	treatment (T)	4	11.86	2.96	3.38*
ติดฟันขณะเคี้ยว	block (b)	15	402.09	26.80	30.57**
	error	60	52.62	0.87	
	total	79	466.57		

หมายเหตุ ns : ไม่มีความแตกต่างทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญ

* : แตกต่างทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95 %

** : แตกต่างทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 99 %

ตารางภาคผนวก ค 3 ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนของการทดสอบทางกายภาพของผลิตภัณฑ์อาหารขบเคี้ยวที่เติมโปรตีนปลาสกัดและฟักทองแห้งระดับต่าง ๆ

	SOV	DF	SS	MS	F
อัตราการพองตัว	replication	1	0.00	0.00	2.64 ns
	treatment (T)	12	0.39	0.03	13.34**
	T-Con	1	0.14	0.14	60.90**
	Amo-T	11	0.24	0.02	9.02**
	โปรตีน (p)	3	0.04	0.14	5.78*
	ฟักทอง (v)	2	0.16	0.08	33.50**
	p X v	6	0.03	0.00	2.48 ns
	error	12	0.02	0.00	
	total	25	0.42		

ตารางภาคผนวก ค 4 ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนของการทดสอบการยอมรบทางประสาทสัมผัสต่อปัจจัยคุณภาพต่างๆของผลิตภัณฑ์อาหารขบเคี้ยวที่เติมโปรตีนปลาสกัดและฟักทองแห้งระดับต่าง ๆ

ปัจจัยคุณภาพ	SOV	DF	SS	MS	F
ความพอง	rep	1	0.21	0.21	3.14 ns
	treatment (T)	12	13.67	1.14	16.70**
	T-Con	1	1.56	1.56	22.82**
	Amo-T	11	12.11	1.10	16.15**
	โปรตีน (p)	3	5.67	1.89	27.73**
	ฟักทอง (v)	2	1.52	0.76	11.19**
	p X v	6	4.92	0.82	12.01**
	error	12	0.82	0.06	
	total	25	14.70		
สี	rep	1	0.02	0.02	0.14ns
	treatment (T)	12	46.13	3.84	32.95**
	T-Con	1	9.97	9.97	85.49**
	Amo-T	11	36.15	3.29	28.17**
	โปรตีน (p)	3	33.53	11.18	95.79**
	ฟักทอง (v)	2	0.62	0.31	2.65ns
	p X v	6	2.01	0.33	2.87ns
	error	12	1.40	0.12	
	total	25	47.54		

ตารางภาคผนวก ค 4 (ต่อ)

ปัจจัยคุณภาพ	SOV	DF	SS	MS	F
ความกรอบ	rep	1	0.16	0.16	1.46 **
	treatment (T)	12	5.35	0.44	4.13 *
	T-Con	1	2.56	2.56	23.77 **
	Amo-T	11	2.78	0.25	2.34 *
	โปรตีน (p)	3	2.47	0.82	7.62 **
	ฟักทอง (v)	2	0.54	0.02	0.25 ns
	p X v	6	0.26	0.04	0.40 ns
	error	12	1.29	0.10	
	total	25	6.80		
ลักษณะเนื้อสัมผัส	rep	1	0.13	0.13	0.52 ns
	treatment (T)	12	12.92	1.08	4.17 **
	T-Con	1	0.14	0.14	0.54 ns
	Amo-T	11	12.78	1.16	4.50 **
	โปรตีน (p)	3	0.88	0.29	1.13 ns
	ฟักทอง (v)	2	1.88	0.94	3.65 ns
	p X v	6	10.02	1.67	6.47 **
	error	12	3.10	0.26	
	total	25	16.16		

ตารางภาคผนวก ค 4 (ต่อ)

ปัจจัยคุณภาพ	SOV	DF	SS	MS	F
กลิ่นคาวปลา	rep	1	0.09	0.91	0.26 ns
	treatment (T)	12	55.57	4.63	13.17**
	T-Con	1	10.05	10.05	28.58**
	Amo-T	11	45.52	4.13	11.76**
	โปรตีน (p)	3	37.19	12.39	35.24**
	ฟักทอง (v)	2	6.75	3.37	9.59**
	p × v	6	1.52	0.26	0.75ns
	error	12	4.22	0.35	
	total	25	59.89		

หมายเหตุ ns : ไม่มีความแตกต่างทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญ

* : แตกต่างทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95 %

** : แตกต่างทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 99 %

ตารางภาคผนวก ค 5 ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวน ค่าปริมาณความชื้น Water activity และค่าทีบีเอ ของผลิตภัณฑ์อาหารขบเคี้ยวเสริมโปรตีนปลาสกัด เก็บรักษาในถุงเมททัลไลซ์ บรรจุน้ำหนัก 30 กรัม และ 300 กรัม ตั้งแต่สัปดาห์ที่ 0 ถึง สัปดาห์ที่ 8

ปัจจัยคุณภาพ	SV	DF	SS	MS	F
ปริมาณความชื้น	replication	1	0.007	0.072	1.45 ns
	treatment	17	18.511	1.089	219.27 **
	weight (w)	1	0.119	0.119	23.97 **
	time (t)	8	16.410	2.051	413.04 **
	w × t	8	1.982	0.247	49.91 **
	error	17	0.084	0.005	

ตารางภาคผนวก ค 5 (ต่อ)

ปัจจัยคุณภาพ	SV	DF	SS	MS	F
Water activity	replication	1	0.000	0.000	< 1 ns
	treatment	17	0.040	0.002	73.85 **
	weight (w)	1	0.002	0.002	82.93 **
	time (t)	8	0.034	0.004	132.57 **
	w X t	8	0.004	0.000	14.00 **
	error	17	0.006	0.000	
	total	35	0.041		

ตารางภาคผนวก ค 5 (ต่อ)

ปัจจัยคุณภาพ	SV	DF	SS	MS	F
ค่าทีบีเอ	replication	1	0.00	0.00	< 1 ns
	treatment	17	6.20	0.36	113.58 **
	weight (w)	1	0.06	0.06	20.24 **
	time (t)	8	5.46	0.68	212.75 **
	w X t	8	0.67	0.08	26.09 **
	error	17	0.05	0.00	
	total	35	6.26		

หมายเหตุ ns : ไม่มีความแตกต่างทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญ

* : แตกต่างทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95 %

** : แตกต่างทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 99 %

ตารางภาคผนวก ค 6 ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนผลการทดสอบคุณภาพทางประสาทสัมผัส ของผลิตภัณฑ์อาหารขบเคี้ยวเสริมโปรตีนปลาสกัด ที่เก็บรักษาในถุงเมทัลไลซ์ บรรจุน้ำหนัก 30 กรัม และ 300 กรัม ตั้งแต่สัปดาห์ที่ 0 ถึง สัปดาห์ที่ 8

ปัจจัยคุณภาพ	SV	DF	SS	MS	F
สี	replication	8	86.74	10.82	17.30 ns
	treatment	17	9.68	0.56	<1
	weight (w)	1	0.11	0.11	<1
	time (t)	8	8.66	1.08	1.73 ns
	w × t	8	0.90	0.11	<1
	error	136	85.26	0.62	
	total	161	181.64		
ความกรอบ	replication	8	110.74	13.83	15.80 **
	treatment	17	36.54	2.14	2.45 **
	weight (w)	1	0.56	0.56	<1
	time (t)	8	34.99	4.37	4.99 **
	w × t	8	0.97	0.21	<1
	error	136	119.14	0.88	
	total	161	266.42		

ตารางภาคผนวก ค 6 (ต่อ)

ปัจจัยคุณภาพ	SV	DF	SS	MS	F
กลิ่นคาวปลา	replication	8	68.90	8.61	25.44 **
	treatment	17	6.18	0.36	1.07 ns
	weight (w)	1	0.14	0.14	<1
	time (t)	8	5.56	0.69	2.05 *
	w × t	8	0.48	0.06	<1
	error	136	46.05	0.34	
	total	161	121.137		
การยอมรับรวม	replication	8	83.60	10.45	45.76*
	treatment	17	22.94	1.34	5.91*
	weight (w)	1	0.00	0.00	<1
	time (t)	8	22.49	2.81	12.31
	w × t	8	0.44	0.05	<1
	error	136	31.06	0.22	
	total	161	137.60		

หมายเหตุ ns : ไม่มีความแตกต่างทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญ

* : แตกต่างทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95 %

** : แตกต่างทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 99 %

ตารางภาคผนวก ค7 การเปลี่ยนแปลงปริมาณความชื้นของผลิตภัณฑ์อาหารขบเคี้ยวเสริมโปรตีนปลาสกัดเก็บรักษาในถุงเมททัลไลซ์ บรรจุน้ำหนัก 30 กรัม และ 300 กรัม ตั้งแต่สัปดาห์ที่ 0 ถึง สัปดาห์ที่ 8 31

สัปดาห์ที่	ปริมาณความชื้น(ร้อยละโดยน้ำหนัก)	
	น้ำหนัก 30 กรัม	น้ำหนัก 300 กรัม
0	5.55 h,ns	5.55 e**
1	5.85 g**	5.57 e**
2	6.12 f**	5.79 d**
3	5.43 h**	5.67 de**
4	6.58 d**	7.00 a**
5	6.41 e**	7.08 a**
6	7.05 c**	6.83 bc**
7	7.41 b**	6.74 c**
8	7.81 a**	6.95 ab**

หมายเหตุ ตัวอักษร a,...,h ที่เหมือนกันในแนวตั้งของน้ำหนักบรรจุแต่ละขนาด ไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ

ns ไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ในแนวนอนเดียวกัน

** มีความแตกต่างกันทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญยิ่ง ($p < 0.01$)

ตารางภาคผนวก ค8 การเปลี่ยนแปลงค่า Water activity ของผลิตภัณฑ์อาหารขบเคี้ยวเสริมโปรตีนปลาสกัดเก็บรักษาในถุงเมททัลไลซ์ บรรจุน้ำหนัก 30 กรัม และ 300 กรัม ตั้งแต่สัปดาห์ที่ 0 ถึงสัปดาห์ที่ 8

สัปดาห์ที่	Water activity	
	น้ำหนัก 30 กรัม	น้ำหนัก 300 กรัม
0	0.25 fg,ns	0.25 d,ns
1	0.26 de**	0.23 e**
2	0.27 d**	0.24 de**
3	0.24 g,ns	0.24 de,ns
4	0.25 ef**	0.28 c**
5	0.30 c,ns	0.29 bc,ns
6	0.32 b**	0.30 ab**
7	0.33 a**	0.30 ab**
8	0.34 a**	0.31 a**

หมายเหตุ ตัวอักษร a,...,g ที่เหมือนกันในแนวตั้งของน้ำหนักบรรจุแต่ละขนาด ไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ

ns ไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ในแนวนอนเดียวกัน

** มีความแตกต่างกันทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญยิ่ง

ตารางภาคผนวก ค9 การเปลี่ยนแปลงค่าทีบีเอของผลิตภัณฑ์อาหารขบเคี้ยวเสริมโปรตีนปลาสกัดเก็บรักษาในถุงเมทัลไลซ์ บรรจุน้ำหนัก 30 และ 300 กรัม ตั้งแต่สัปดาห์ที่ 0 ถึง สัปดาห์ที่ 8

สัปดาห์ที่	ค่าทีบีเอ(มก.มาโลนอลดีไอด์/กก.ตัวอย่าง)	
	น้ำหนัก 30 กรัม	น้ำหนัก 300 กรัม
0	5.07 d,ns	5.07 d,ns
1	5.88 c**	5.14 d**
2	5.97 c**	5.73 c**
3	5.92 c**	5.71 c**
4	6.36 a,ns	6.31 a,ns
5	6.12 b**	6.28 a**
6	6.30 a,ns	6.27 a,ns
7	6.11 b*	6.23 ab*
8	5.92 c**	6.14 b**

หมายเหตุ ตัวอักษร a,...,d ที่เหมือนกันในแนวตั้งของน้ำหนักบรรจุแต่ละขนาด ไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ

ns ไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติในแนวนอนเดียวกัน

* มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ

** มีความแตกต่างกันทางสถิติ อย่างมีนัยสำคัญยิ่ง

ตารางภาคผนวก ค10 การเปลี่ยนแปลงคะแนนเฉลี่ยความกรอบของผลิตภัณฑ์อาหารขบเคี้ยวเสริมโปรตีนปลาสกัดเก็บรักษาในถุงเมททัลไลซ์ บรรจุน้ำหนัก 30 กรัม และ 300 กรัม ตั้งแต่สัปดาห์ที่ 0 ถึงสัปดาห์ที่ 8

สัปดาห์ที่	อัตราส่วนเฉลี่ยความกรอบ	
	น้ำหนัก 30 กรัม	น้ำหนัก 300 กรัม
0	8.40 ab,ns	8.40 ab,ns
1	8.54 a,ns	8.62 a,ns
2	8.24 abc,ns	8.26 abc,ns
3	8.27 abc,ns	8.42 ab,ns
4	8.27 abc,ns	8.14 abc,ns
5	8.67 a-d,ns	8.04 abc,ns
6	7.51 bcd,ns	7.66 abc,ns
7	7.40 cd,ns	7.48 bc,ns
8	6.96 d,ns	7.36 c,ns

หมายเหตุ ตัวอักษร a,...,d ที่เหมือนกันในแนวตั้งของน้ำหนักบรรจุแต่ละขนาด ไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ

ns ไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติในแนวนอนเดียวกัน

ตารางภาคผนวก ค11 การเปลี่ยนแปลงคะแนนเฉลี่ยกลิ่นคาวปลาของผลิตภัณฑ์อาหารขบเคี้ยวเสริมโปรตีนปลาสกัดเก็บรักษาในถุงเมททัลไลซ์ บรรจุน้ำหนัก 30 กรัม และ 300 กรัม ตั้งแต่สัปดาห์ที่ 0 ถึง สัปดาห์ที่ 8

สัปดาห์ที่	อัตราส่วนเฉลี่ยกลิ่นคาวปลา	
	น้ำหนัก 30 กรัม	น้ำหนัก 300 กรัม
0	1.82 a,ns	1.82 a,ns
1	1.41 a,ns	1.12 b,ns
2	1.26 a,ns	1.16 b,ns
3	1.27 a,ns	1.26 ab,ns
4	1.21 a,ns	1.26 ab,ns
5	1.31 a,ns	1.16 b,ns
6	1.36 a,ns	1.24 ab,ns
7	1.40 a,ns	1.42 ab,ns
8	1.46 a,ns	1.54 ab,ns

หมายเหตุ ตัวอักษร a,b ที่เหมือนกันในแนวตั้งของน้ำหนักบรรจุแต่ละขนาด ไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ

ns ไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติในแนวนอนเดียวกัน

ภาคผนวก ค12 การเปลี่ยนแปลงคะแนนเฉลี่ยสีของผลิตภัณฑ์อาหารขบเคี้ยวเสริมโปรตีนปลาสกัดเก็บรักษาในถุงเมททัลไลซ์ บรรจุน้ำหนัก 30 กรัม และ 300 กรัม ตั้งแต่สัปดาห์ที่ 0 ถึง สัปดาห์ที่ 8

สัปดาห์ที่	อัตราส่วนเฉลี่ยสี	
	น้ำหนัก 30 กรัม	น้ำหนัก300 กรัม
0	7.62 a,ns	7.62 a,ns
1	7.37 a,ns	7.23 a,ns
2	7.32 a,ns	7.16 a,ns
3	7.87 a,ns	7.78 a,ns
4	7.65 a,ns	7.81 a,ns
5	7.47 a,ns	7.67 a,ns
6	7.11 a,ns	7.16 a,ns
7	7.34 a,ns	7.58 a,ns
8	7.12 a,ns	7.33 a,ns

หมายเหตุ ตัวอักษร a ที่เหมือนกันในแนวตั้งของน้ำหนักบรรจุแต่ละขนาด ไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ

ns ไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติในแนวนอนเดียวกัน

ตารางภาคผนวก ค13 การเปลี่ยนแปลงคะแนนเฉลี่ยการยอมรับรวมของผลิตภัณฑ์อาหารขบเคี้ยวเสริมโปรตีนโปรตีนปลาสกัดเก็บรักษาในถุงเมททัลไลซ์ บรรจุน้ำหนัก 30 กรัม และ 300 กรัม ตั้งแต่สัปดาห์ที่ 0 ถึง สัปดาห์ที่ 8

สัปดาห์ที่	อัตราส่วนเฉลี่ยการยอมรับรวม	
	น้ำหนัก 30 กรัม	น้ำหนัก 300 กรัม
0	7.2 ab,ns	7.2 ab,ns
1	7.2 a,ns	7.3 ab,ns
2	7.4 a,ns	7.4 a,ns
3	7.4 a,ns	7.3 ab,ns
4	7.2 ab,ns	7.1 ab,ns
5	6.8 b,ns	7.0 ab,ns
6	7.0 ab,ns	7.0 ab,ns
7	6.8 b,ns	6.9 b,ns
8	6.2 c,ns	6.1 c,ns

หมายเหตุ ตัวอักษรที่เหมือนกันในแนวตั้งของน้ำหนักบรรจุแต่ละขนาด ไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ

ns ไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติในแนวนอนเดียวกัน

ภาคผนวก ค14 การวิเคราะห์ความแปรปรวนค่าคะแนนความเฉลี่ยของผู้บริโภคแยกตามเพศต่อผลิตภัณฑ์อาหารขบเคี้ยวเสริมโปรตีนปลาสกัด

ปัจจัยคุณภาพ	SOV	DF	SS	MS	F
ลักษณะทั่วไป	เพศ	1	5.44	5.44	3.14 ns
	ERROR	85	147.00	1.73	
	Total	86	152.44		
สี	เพศ	1	0.02	0.02	0.01 ns
	ERROR	85	136.90	1.61	
	Total	86	136.92		
ความกรอบ	เพศ	1	7.20	7.20	2.71 ns
	ERROR	85	225.69	2.65	
	Total	86	232.89		
รสชาติรวม	เพศ	1	1.15	1.15	0.49 ns
	ERROR	85	196.79	196.79	
	Total	86	197.95		
การยอมรับรวม	เพศ	1	0.78	0.78	0.53 ns
	ERROR	85	126.59	1.49	
	Total	86	127.38		

หมายเหตุ ns : ไม่มีความแตกต่างทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ

ภาคผนวก ง การประเมินต้นทุนของวัตถุดิบผลิตโปรตีนปลาสกัดและฟักทองแห้ง

ภาคผนวก ง 1 ต้นทุนของวัตถุดิบที่ใช้ในการผลิตโปรตีนปลาสกัด

การผลิตโปรตีนปลาสกัด ใช้หัวปลา 1 กิโลกรัมจะได้โปรตีนปลาสกัด 203.2 กรัมสารเคมีที่ใช้มีดังนี้คือ

1.โพตัสเซียมคลอไรด์ ราคากรัมละ 0.57 บาท ปริมาณ 149 กรัม

2.โซเดียมคาร์บอเนตแอนด์ไฮดรัส ราคากรัมละ1.54 บาท ปริมาณ 53 กรัม

3.โซเดียม์ไฮโดรเจนคาร์บอเนต ราคากรัมละ 0.35 บาท ปริมาณ 1.68 กรัม

4.ไอโซโพรพานอล ราคาลิตรละ 202.1 บาท ปริมาณ 3.7 0 ลิตร

5.กรดไฮโดรคลอริค ราคาลิตรละ 197.2 บาท ปริมาณ 0.12 ลิตร

หัวปลาทูน่ากิโลกรัมละ 5 บาท

ต้นทุนวัตถุดิบที่ใช้ในการผลิตโปรตีนปลาสกัด 1 กรัม = (5+(149X0.57)+(53 X1.54)
+(1.68X0.35)+(3.70X202.1)
+(0.12X197.2))/203.2 บาท
= 4.64 บาท

ต้นทุนวัตถุดิบที่ใช้ในการผลิตโปรตีนปลาสกัด 1 กรัม (ไม่คิดราคาไอโซโพรพานอล)
= (5+(149X0.57)+(53 X1.54) +(1.68X0.35) +(0.12X197.2))/203.2 บาท
= 0.96 บาท

ภาคผนวก ง 2 ต้นทุนของวัตถุดิบที่ใช้ในการผลิตฟักทองแห้ง

การผลิตฟักทองแห้งใช้ฟักทองสด 1 กิโลกรัม จะได้ฟักทองแห้ง 176.5 กรัม โดยฟักทองสด มีราคากิโลกรัมละ 9 บาท

ต้นทุนวัตถุดิบที่ใช้ในการผลิตฟักทองแห้ง 1 กรัม $= \frac{9}{176.5}$ บาท

$= 0.050$ บาท

ประวัติผู้เขียน

ชื่อ นางสาวอัจฉรา ชนะสิทธิ์

วัน เดือน ปีเกิด 25 มกราคม 2509

วุฒิการศึกษา

วุฒิ	ชื่อสถาบัน	ปีที่สำเร็จการศึกษา
วิทยาศาสตรบัณฑิต (อุตสาหกรรมเกษตร)	มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์	2530

ตำแหน่ง และสถานที่ทำงาน

-นักวิทยาศาสตร์การแพทย์ 3 ฝ่ายเคราะห์อาหารเคมี กองวิเคราะห์อาหารส่งออก กรมวิทยาศาสตร์การแพทย์ (พ.ศ.2534-2536)

-นักวิทยาศาสตร์การแพทย์ 4 กลุ่มงานคุ้มครองผู้บริโภคด้านอาหาร ศูนย์วิทยาศาสตร์การแพทย์ ตรัง (พ.ศ.2537-ปัจจุบัน)