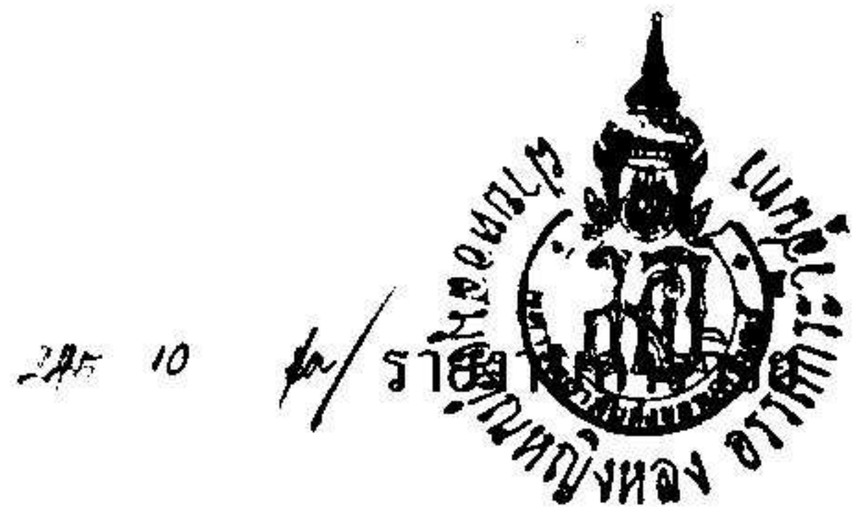


เรื่อง

การนำโปรตีนที่แยกได้จากวัสดุเศษเหลือปลาไปใช้ในผลิตภัณฑ์อาหารขบเคี้ยว

(Uses of Isolated Protein from Fish Wastes in Snack Food Products)

โดย

สาวลักษณ์ จิตรบรรเจิดกุล

ภาควิชาเทคโนโลยีอาหาร คณะอุตสาหกรรมเกษตร

มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ วิทยาเขตหาดใหญ่

Order Key 167716

BIB Key 148853

เลขหมู่ TP451.S67 ส716

เลขทะเบียน 1541 A.1

1 ธ.ค. 2547

บทคัดย่อ

สกัดโปรตีนจากหัวปลาทูน่าพันธุ์โอแถบ ได้โปรตีนสกัดที่มีปริมาณความชื้น โปรตีน ไขมัน และเถ้า ร้อยละ 25.32 76.54 2.97 และ 1.45 โดยน้ำหนักแห้งตามลำดับ นำมาใช้เป็นโปรตีนเสริมในอาหารขบเคี้ยว และใช้ฟักทองเป็นสารเสริมร่วมในการให้สีและเพิ่มคุณค่าด้วยวิตามิน ผลิตอาหารขบเคี้ยวด้วยเครื่องเอ็กซทรูเดอร์แบบสกรูเดียวที่อุณหภูมิ 180 องศาเซลเซียส โดยศึกษาสูตรในการผลิตอาหารขบเคี้ยวพบว่าอัตราส่วนที่เหมาะสม คือ ข้าวเหนียวบด ข้าวโพดบด และข้าวเจ้าบด อัตราส่วน 40:40:20 โดยน้ำหนัก ระดับโปรตีนที่เหมาะสมในการเสริมร้อยละ 2 และฟักทองแห้งในระดับร้อยละ 3 ผลิตภัณฑ์อาหารขบเคี้ยวที่ได้มีคุณภาพทางกายภาพดังนี้ อัตราการพองตัวเท่ากับ 2.96 ค่า A_w เท่ากับ 0.25 คุณภาพทางเคมีประกอบด้วยความชื้น โปรตีน ไขมัน และเถ้า ร้อยละ 5.54 8.54 0.43 และ 0.65 โดยน้ำหนักแห้งตามลำดับ กรดอะมิโนจำเป็นใกล้เคียงกับมาตรฐาน FAO/WHO (1973) มีปริมาณเบต้า-แคโรทีน 522.0 หน่วยสากลต่อ 100 กรัม วิตามิน B_1 และ B_2 ปริมาณ 55.4 และ 87.0 ไมโครกรัมต่อ 100 กรัม ตามลำดับ ผลการทดสอบทางประสาทสัมผัสมีคะแนนเฉลี่ยการยอมรับรวมเท่ากับ 7.20 ซึ่งอยู่ในเกณฑ์ยอมรับได้ (Hedonic scale คะแนน 1 มีการยอมรับน้อยที่สุด คะแนน 9 มีการยอมรับมากที่สุด) เมื่อนำผลิตภัณฑ์อาหารขบเคี้ยวมาพ่นเคลือบโดยใช้น้ำผึ้งเข้มข้น 0 25 30 35 40 45 และ 50 องศาบริกซ์ พบว่าตัวอย่างที่พ่นเคลือบโดยใช้น้ำผึ้งเข้มข้น 40 องศาบริกซ์ จะได้รับการยอมรับด้านความกรอบ ความหวาน กลิ่นน้ำผึ้ง และกลิ่นคาวปลาสูงสุด ซึ่ง จะมีค่า Cutting force เท่ากับ 1.44 และค่า A_w เท่ากับ 0.175

Abstract

Protein isolate from heads 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 supplementary for producing high protein snack. Dried pumpkin was added as the source of coloring and vitamin. Snack food was produced by single screw extruder. The snack base was composed of milled corn, milled glutinous rice and milled rice with the ratio of 40:40:20 (w/w/w). The result showed that the optimum formula contained 2% fish protein isolate and 3% dried pumpkin. The expansion ratio and water activity were 2.95 and 0.25, respectively. It contained moisture, protein, fat and ash 5.54, 8.58, 0.43 and 0.65% (dry weight basis), respectively. The essential amino acids profile were equivalent to the 1973 FAO/WHO amino acid scoring pattern. β-carotene was 522.0 IU/100g, vitamin B1 and B2 were 55.4 and 87.0μg/100 grams, respectively. Overall acceptability score of the product was 7.20. The product was coated by spraying with honey syrup of 0, 25, 35, 40 45 and 50° Brix. The sensory analysis of crispness, sweetness, honey flavor and fishy odor of the coated product with 40° Brix showed the highest score acceptability. Its physical properties exhibited cutting force of 1.44 and A_w of 0.175

สารบัญ

	หน้า
บทคัดย่อ	ก.
Abstract	ข.
สารบัญ	ค.
สารบัญตาราง	ง.
สารบัญภาพ	จ.
บทนำ	1.
วัตถุประสงค์	1.
ตรวจเอกสาร	2.
วัสดุ อุปกรณ์และวิธีการ	10.
ผลและวิจารณ์	
- องค์ประกอบทางเคมีของวัตถุดิบ	18.
- การพัฒนาสูตรอาหารขบเคี้ยว	18.
- การศึกษาระดับโปรตีนปลาสกัดและฟักทองแห้งที่เหมาะสม ในการผลิตอาหารขบเคี้ยว	21.
- การเปลี่ยนแปลงคุณภาพของผลิตอาหารขบเคี้ยวระหว่าง การเก็บรักษา	30.
- ผลิตภัณฑ์อาหารขบเคี้ยวเสริมโปรตีนสกัดเคลือบน้ำผึ้ง	40.
สรุป	42.
เอกสารอ้างอิง	43.

สารบัญตาราง

ตารางที่		หน้า
1.	ปริมาณกรดอะมิโนที่จำเป็นของวัตถุดิบอาหารขบเคี้ยวจากถั่วเขียวและมาตรฐานของ FAO/WHO ในหน่วยมิลลิกรัมของกรดอะมิโนต่อกรัมของโปรตีน	7
2.	ปริมาณกรดอะมิโนที่พบในเนื้อปลาเปรียบเทียบกับความต้องการของร่างกายคน	8
3.	อัตราการซึมผ่านความดันไอของฟิล์มชนิดต่าง ๆ	9
4.	ชุดการทดลองหาสูตรพื้นฐานในการผลิตอาหารขบเคี้ยว	13
5.	ชุดการทดลองศึกษาระดับโปรตีนปลาสกัดและเนื้อฟักทองแห้งที่เหมาะสม	17
6.	อัตราการพองตัวของอาหารขบเคี้ยวที่ผลิตจากส่วนผสมของข้าวเหนียวบด ข้าวเจ้าบด และข้าวโพดบดที่อัตราส่วนต่าง ๆ	20
7.	คะแนนเฉลี่ยจากการทดสอบการยอมรับทางประสามสัมผัสต่อคุณลักษณะผลิตภัณฑ์อาหารขบเคี้ยวที่ผลิตด้วยสูตรผสมของธัญพืชจากการวางแผนแบบมิกซ์เจอร์	20
8.	อัตราการพองตัวของผลิตภัณฑ์อาหารขบเคี้ยวเมื่อเติมโปรตีนปลาสกัดและฟักทองแห้งที่ระดับต่าง ๆ	23
9.	คะแนนเฉลี่ยการยอมรับทางประสาทสัมผัสต่อคุณลักษณะต่าง ๆ ของผลิตภัณฑ์อาหารขบเคี้ยว ที่เติมโปรตีนปลาสกัดและฟักทองแห้งระดับต่าง ๆ	23
10.	คะแนนเฉลี่ยจากการทดสอบคุณภาพทางประสาทสัมผัสของผลิตภัณฑ์อาหารขบเคี้ยวเสริมโปรตีนปลาสกัด	27
11.	องค์ประกอบทางเคมีของอาหารขบเคี้ยวสูตรพื้นฐาน และสูตรเสริมโปรตีนปลาสกัด	28
12.	ปริมาณกรดอะมิโน (มิลลิกรัมต่อ 1 กรัมโปรตีน) ของโปรตีนปลาสกัด อาหารขบเคี้ยวจากถั่วเขียว สูตรพื้นฐาน และสูตรเสริมโปรตีนปลาสกัดและมาตรฐานของ FAO/WHO (1973)	30
13.	ปริมาณวิตามินของอาหารขบเคี้ยวสูตรพื้นฐานและสูตรเสริมโปรตีนปลาสกัด	31
14.	ค่า Cutting force และค่า A_w ของอาหารขบเคี้ยวเสริมโปรตีนปลาสกัดเคลือบน้ำผึ้งเริ่มต้น	41
15.	คะแนนเฉลี่ยการยอมรับด้านความกรอบ ความหวาน กลิ่นน้ำผึ้งและกลิ่นคาวปลา	42

สารบัญภาพ

ภาพที่	หน้า
1. กรรมวิธีการผลิตโปรตีนปลาสกัด	11
2. การวางแผนการทดลองแบบมิกซ์เจอร์	14
3. กรรมวิธีการผลิตอาหารขบเคี้ยว	15
4. เครื่องเอ็กซทรูเดอร์	16
5. ลักษณะปรากฏของโปรตีนปลาสกัดที่ผลิตจากหัวปลาทูน่าพันธุ์โอแถบ	22
6. ลักษณะปรากฏของผลิตภัณฑ์อาหารขบเคี้ยวเสริมโปรตีนปลาสกัด	22
7. การเปลี่ยนแปลงความชื้นของผลิตภัณฑ์อาหารขบเคี้ยวเสริมโปรตีนปลาสกัด ที่เก็บรักษาในถุงเมททัลไลซ์ บรรจุน้ำหนัก 30 และ 300 กรัม ตั้งแต่สัปดาห์ ที่ 0 ถึงสัปดาห์ 8	33
8. การเปลี่ยนแปลงค่า Water activity ของผลิตภัณฑ์อาหารขบเคี้ยวเสริมโปรตีนปลาสกัดที่เก็บรักษาในถุงเมททัลไลซ์บรรจุ น้ำหนัก 30 และ 300 กรัม ตั้งแต่สัปดาห์ 0 ถึงสัปดาห์ที่ 8	34
9. การเปลี่ยนแปลงค่าทีบีเอของผลิตภัณฑ์อาหารขบเคี้ยวเสริมโปรตีนปลาสกัด ที่เก็บรักษาในถุงเมททัลไลซ์ บรรจุ น้ำหนัก 30 และ 300 กรัม ตั้งแต่สัปดาห์ ที่ 0 ถึงถังสัปดาห์ที่ 8	35
10. การเปลี่ยนแปลงคะแนนเฉลี่ยความกรอบของผลิตภัณฑ์อาหารขบเคี้ยวเสริมโปรตีนปลาสกัดที่เก็บรักษาในถุงเมททัลไลซ์บรรจุน้ำหนัก 30 และ 300 กรัม ตั้งแต่สัปดาห์ที่ 0 ถึงสัปดาห์ที่ 8	38
11. การเปลี่ยนแปลงคะแนนเฉลี่ยกลิ่นคาวปลาของผลิตภัณฑ์อาหารขบเคี้ยวเสริมโปรตีนปลาสกัดที่เก็บรักษาในถุงเมททัลไลซ์ บรรจุน้ำหนัก 30 และ 300 กรัม ตั้งแต่สัปดาห์ที่ 0 ถึงสัปดาห์ที่ 8	39
12. การเปลี่ยนแปลงค่าอัตราเฉลี่ยการยอมรับรวมของผลิตภัณฑ์อาหารขบเคี้ยวเสริมโปรตีนปลาสกัดที่เก็บรักษาในถุงเมททัลไลซ์ บรรจุน้ำหนัก 30 และ 300 กรัม ตั้งแต่สัปดาห์ที่ 0 ถึงสัปดาห์ที่ 8	40

บทนำ

โปรตีนเป็นสารอาหารที่จำเป็นและสำคัญต่อร่างกายซึ่งนับวันจะมีปริมาณไม่พอเพียงต่อความต้องการของประชากร ดังนั้นจึงได้มีการคิดค้นหาแหล่งโปรตีนใหม่และหาทางนำทรัพยากรโปรตีนที่มีอยู่มาใช้ให้เกิดประโยชน์อย่างคุ้มค่ามากยิ่งขึ้น Prasertsan และคณะ (1988) ทำการสำรวจโรงงานแปรรูปสัตว์น้ำในเขตจังหวัดสงขลา พบว่ามีวัสดุเศษเหลือที่เป็นของแข็งได้แก่ กระดูก หนัง เศษเนื้อปลา หัว และเครื่องใน โดยมีปริมาณส่วนหัวและเครื่องใน ประมาณร้อยละ 20-24 วัสดุเศษเหลือปลาเหล่านี้ทางโรงงานจะขายรวมกันในราคาประมาณ กิโลกรัมละ 1.50-3.00 บาท โดยมีการนำไปใช้ผลิตปลาป่นเพื่อเป็นอาหารสัตว์ Tanaka และคณะ (1983) รายงานว่า ส่วนหัวและเครื่องในปลายังคงมีคุณค่าทางอาหารโดยเฉพาะโปรตีน กล่าวคือ ปลาซาร์ดีนมีปริมาณโปรตีนร้อยละ 10.6 และเครื่องในมีโปรตีนร้อยละ 7.6 ดังนั้นการนำวัสดุเศษเหลือปลามาผลิตโปรตีนเพื่อใช้เป็นส่วนประกอบในอาหารคนจึงเป็นการเพิ่มคุณค่าให้กับ วัสดุเศษเหลือ และเนื่องจากปัจจุบันคนไทยนิยมรับประทานอาหารขบเคี้ยวกันอย่างแพร่หลายซึ่งส่วนใหญ่อาหาร ขบเคี้ยวจะใช้ธัญพืชเป็นวัตถุดิบในปริมาณสูง จึงมีการพัฒนาอาหารขบเคี้ยวเพื่อเพิ่มคุณภาพและความหลากหลายเพื่อสนองตอบต่อความต้องการของผู้บริโภค จึงมีการพัฒนาเติมโปรตีนปลาสกัดเพื่อเพิ่มคุณค่าทางโภชนาการและเป็นแนวทางนำไปสู่การพัฒนาผลิตภัณฑ์อาหารอื่นที่มีการใช้โปรตีนจากวัสดุเศษเหลือปลาต่อไป ซึ่งจะส่งผลให้เกิดการขยายตัวของการใช้ประโยชน์จากวัสดุเศษเหลือปลาอย่างกว้างขวาง อันเป็นการสนับสนุนให้เกิดการใช้ประโยชน์จากโปรตีนธรรมชาติอย่างเต็มที่

วัตถุประสงค์

1. เพื่อก่อให้เกิดการใช้ประโยชน์โปรตีนปลาได้มากยิ่งขึ้น
2. เพื่อพัฒนาผลิตภัณฑ์อาหารขบเคี้ยวที่มีคุณค่าทางอาหาร

ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

1. ทราบแนวทางการใช้ประโยชน์โปรตีนที่แยกได้จากวัสดุเศษเหลือจากปลานำไปสู่การเพิ่มมูลค่าวัสดุเศษเหลือ
2. เป็นแนวทางการนำโปรตีนจากวัสดุเศษเหลือปลาไปใช้ในการพัฒนาผลิตภัณฑ์อาหารประเภทอื่น ๆ ต่อไป
3. มีแหล่งอาหารโปรตีนหลากหลายขึ้น ทำให้เกิดการใช้ทรัพยากรธรรมชาติที่มีอยู่ได้อย่างมีประสิทธิภาพและเกิดประโยชน์สุงสุด

ตรวจเอกสาร

1. โปรตีนปลาสกัด

โปรตีนปลาสกัดเป็นผลิตภัณฑ์ที่สกัดได้จากปลาและวัสดุเศษเหลือปลาโดยอาศัยสมบัติการละลายของโปรตีนในน้ำที่มีค่าพีเอชที่เหมาะสมหรือสารละลายเกลือที่มีความเข้มข้นที่เหมาะสม แยกส่วนที่ไม่ละลาย ได้แก่ กระดูก เกล็ด หนัง และพังผืด เป็นต้น ออกจากสารละลายโปรตีนโดยการหมุนเหวี่ยงหรือการกรอง นำสารละลายมาปรับสภาวะให้เกิดการตกตะกอนของโปรตีน และกำจัดส่วนที่ไม่ต้องการ ได้แก่ กลิ่น สี ไขมัน เกลือ และตัวทำละลาย เป็นต้น (Meinke, *et al.*, 1972) แล้วทำแห้งด้วยวิธีที่เหมาะสม

1.1 คุณภาพของโปรตีนปลาสกัด

คุณภาพของโปรตีนปลาสกัดขึ้นอยู่กับคุณภาพของวัตถุดิบ สภาวะการสกัดวิธีการตกตะกอน กำจัดกลิ่น สี ไขมัน และการทำแห้ง Hall และ Ahmad (1992) รายงานว่าคุณภาพโปรตีนปลาสกัดที่ดีต้องมีปริมาณโปรตีนประมาณร้อยละ 90 ความชื้นไม่เกินร้อยละ 8 และปริมาณเถ้าไม่เกินร้อยละ 4 ทำนองเดียวกัน Tanaka และคณะ (1983) ศึกษาการสกัดโปรตีนจากปลาซาร์ดีนด้วยสารเกลือโซเดียมคลอไรด์ พบว่าสามารถสกัดโปรตีนได้ร้อยละ 80 ส่วน Meinke และคณะ (1973) ศึกษาคุณภาพโปรตีนปลาสกัดและโปรตีนของปลาสดจากปลาคราฟและปลาเก๋า พบว่าโปรตีนปลาสกัดมีสัดส่วนกรดอะมิโนที่จำเป็น (เว้นทริบโตเฟน) ต่อกรดอะมิโนที่จำเป็น มากกว่าปลาสดที่นำมาสกัด

1.2 การใช้ประโยชน์จากโปรตีนปลาสกัดในอาหารขบเคี้ยว

ในปี ค.ศ.1960 มีการวิจัยการผลิตโปรตีนปลาสกัดอย่างกว้างขวาง ผลิตภัณฑ์ที่ได้นิยมใช้เป็นอาหารสัตว์ (Keyes and Meinke, 1966) Bertullo และ Pereira (1970) ผลิตโปรตีนไฮโดรไลเสตจากปลาเพื่อเป็นอาหารสำหรับมนุษย์เป็นครั้งแรก และหลังจากนั้นมีการนำโปรตีนปลาสกัด และโปรตีนไฮโดรไลเสตจากปลามาใช้ประโยชน์ในรูปแบบต่าง ๆ เช่น ใช้แทนนมหรือเลียนแบบนม ซุป เครื่องดื่ม และเสริมในอาหารเด็กอ่อน เป็นต้น Wray (1982) รายงานว่าโปรตีนสกัดเป็นผลิตภัณฑ์ที่มีโปรตีนสูงถึงร้อยละ 90 โดยน้ำหนัก มีราคาถูก จึงมีการนำโปรตีนสกัดจากปลามาใช้เสริมคุณค่าทางอาหารในผลิตภัณฑ์ต่าง ๆ เช่น ผลิตภัณฑ์ซุปปลาผง ลูกชิ้นปลา บะหมี่ พิซซ่า ซอส และอาหารเพื่อสุขภาพ ซึ่งจะมีรสชาติและกลิ่นรสของเนื้อปลา Lee และคณะ (1982) ได้ นำโปรตีนสกัดจากปลาไปใช้ประโยชน์ในผลิตภัณฑ์ลูกชิ้นเนื้อและแฮมเบอเกอร์ พบว่าสามารถใช้โปรตีนสกัด ทดแทนเนื้อวัวได้ถึงร้อยละ 50 โดยไม่ทำให้ผลิตภัณฑ์สูญเสียรสชาติ กลิ่น และเนื้อสัมผัส ส่วน Yang และคณะ (1983) ได้สกัดโปรตีนจากปลาแล้วนำไปผสมกับแป้งสาลี ในปริมาณร้อยละ 3 ถึง 7 ในการทำบะหมี่ พบว่าคุณสมบัติของบะหมี่ในด้านความแข็ง การรวมตัวเป็นก้อนและลักษณะความเหนียวไม่แตกต่างกันจากการใช้แป้งสาลีเพียงอย่างเดียว และการผสมโปรตีนสกัดปริมาณร้อยละ 3 จะได้รับการยอมรับจากผู้บริโภคมากที่สุด ส่วน Moorjani (1982) นำโปรตีนสกัดจากปลา มาทำจาปาติ (Chapaties) โดยผสม

กับแป้งสาลีและถั่วลิสงที่มีไขมันต่ำ ในสัดส่วนโปรตีนสกัดต่อ แป้งสาลี ต่อแป้งถั่วเหลือง อัตราส่วน 2:1:1 และมีการใช้โปรตีนสกัดจากปลาผสมในแป้งทำขนมปังและบิสกิต ในปริมาณร้อยละ 2.5 และมีการผสมโปรตีนปลารวมกับแป้งมันสำปะหลัง ในการผลิตบะหมี่ปลา ซึ่งจะเป็นผลิตภัณฑ์ที่มีลักษณะดีและมีคุณค่าทางโภชนาการ มีปริมาณโปรตีนสูง

2. อาหารว่าง

อาหารว่าง หมายถึง ผลิตภัณฑ์อาหารชนิดหนึ่งที่บริโภคได้ง่าย ไม่ได้บริโภคเป็นอาหารหลัก มีขนาดเล็ก อาจมีการปรุงแต่งเล็กน้อยก่อนการบริโภค อาจอยู่ในรูปผลิตภัณฑ์ร้อนหรือเย็น ของแข็งหรือของเหลว โดยปกติมักบริโภคในช่วงพักผ่อนหย่อนใจและในช่วงเล่นกีฬา (Abustudo 1983; Tettweil, 1991) โดยทั่วไปอาหารว่างเป็นอาหารจำพวกขบเคี้ยวและแบ่งออกเป็นประเภทต่าง ๆ ดังนี้คือ คอร์นชิพ มันฝรั่งทอด ป๊อปคอร์น ผลิตภัณฑ์อาหารว่างชนิดพองตัว ผลิตภัณฑ์อาหารว่างที่ทำจากเนื้อสัตว์ ผลิตภัณฑ์อาหารว่างชนิดขนมอบกรอบ และผลิตภัณฑ์อาหารว่างที่ทำจากถั่วต่าง ๆ (Matz, 1984)

3. วัตถุดิบในการผลิตอาหารขบเคี้ยว

อาหารขบเคี้ยวส่วนใหญ่ทำจากวัตถุดิบที่มีส่วนประกอบของแป้งร้อยละ 60-70 เป็นแป้งที่ได้จากธัญพืชและพืชหัวต่าง ๆ ได้แก่ ข้าวสาลี ข้าวไรน์ ข้าวเจ้า แป้งข้าวโพดและแป้งข้าวฟ่าง เป็นต้น แป้งเหล่านี้ประกอบด้วยองค์ประกอบหลัก 2 ชนิด คือ อะไมโลส และอะไมโลเพคตินแป้งแต่ละชนิดจะมีสัดส่วนของอะไมโลสและอะไมโลเพคตินแตกต่างกันไป อัตราส่วนของอะไมโลสและอะไมโลเพคตินจะมีอิทธิพลต่อคุณลักษณะเนื้อสัมผัสของผลิตภัณฑ์มาก กล่าวคือ อะไมโลเพคตินจะช่วยในการพองตัว ทำให้ความหนาแน่นต่ำ เปราะ แตกหักง่าย ในทางตรงกันข้ามถ้ามีอะไมโลสมากจะลดการพองปริมาตรจำเพาะลดลง และมีลักษณะเนื้อสัมผัสแข็ง ผลิตภัณฑ์อาหารว่างควรมีอะไมโลสร้อยละ 5-20 (Charles, 1969)

3.1 แป้งข้าวโพด

ข้าวโพดประกอบด้วยแป้งร้อยละ 72 (Maiz, 1970) แป้งข้าวโพดทั่วไปมีปริมาณอะไมโลสร้อยละ 25 (Chinnaswamy and Hanna, 1988) ที่เหลือเป็นปริมาณอะไมโลเพคตินซึ่งดูดน้ำได้อย่างรวดเร็ว ทำให้ได้ผลิตภัณฑ์ที่มีการพองตัว ส่วนใหญ่ขนมอบกรอบหรืออาหารขบเคี้ยวที่ทำโดยกระบวนการเอ็กซทรูชันแบบสกรูเดียวนิยมใช้แป้งข้าวโพดเป็นองค์ประกอบหลัก

3.2 แป้งข้าวเจ้า

แป้งข้าวเจ้าสามารถนำมาใช้เป็นส่วนประกอบในการผลิตผลิตภัณฑ์อาหารว่างประเภทพองตัว โดยผลิตภัณฑ์จากแป้งข้าวเจ้าจะมีลักษณะกรอบ และร่วนกว่าผลิตภัณฑ์อาหารว่างที่ได้จากแป้งข้าวโพด และยังมีกลิ่นรส สี และความคงตัวในการเก็บรักษาที่ดีกว่า (Matz, 1984) ประกอบ

ด้วยอะไมโลสและอะไมโลเพคตินร้อยละ 13.78 และ 77.42 ของน้ำหนักแห้ง ตามลำดับ (Jomduang and Mohamed, 1994)

3.3 แป้งข้าวเหนียว

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

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

4. อิทธิพลของน้ำต่อคุณภาพของผลิตภัณฑ์อาหารขบเคี้ยว

ปริมาณน้ำที่เติมลงไปในการทำผลิตภัณฑ์อาหารขบเคี้ยวมีผลอย่างมากต่อกลิ่นรส ลักษณะปรากฏและเนื้อสัมผัสของผลิตภัณฑ์ (Matz, 1984) เนื่องจากปริมาณน้ำที่ใช้มีผลต่อการแตกตัวของเม็ดแป้งมาก ถ้าใช้น้ำมากเกินไปเม็ดแป้งจะแตกตัวมาก ให้เจลที่เหนียว (Gutcho, 1973) ในทางตรงกันข้ามถ้าใช้น้ำน้อยเกินไปแป้งจะพองตัวน้อย Chiang และ Johnson (1977) ศึกษาถึงความสัมพันธ์ระหว่างความชื้นกับอุณหภูมิในระบบเอ็กซทรูชันได้รายงานว่าที่อุณหภูมิของเครื่องเอ็กซทรูชันต่ำ (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 พบว่าอัตราการพองตัวของผลิตภัณฑ์จะเพิ่ม

ขึ้นจาก 7.5 เป็น 14.2 เมื่อความชื้นของแป้งลดลงจากร้อยละ 30 เป็นร้อยละ 14 ของน้ำหนักแห้ง และเมื่อลดความชื้นลงไปอีกอัตราการพองตัวของแป้งจะลดลงอย่างรวดเร็ว โดยให้เหตุผลว่าที่ความชื้นต่ำมีผลไปขัดขวางการไหลของแป้งภายในเครื่องเอ็กซทรูเดอร์ทำให้แรงเฉือนเพิ่มขึ้น และเวลาที่วัตถุดิบอยู่ในเครื่องนานขึ้น ซึ่งมีผลทำให้การเกิดเจลเพิ่มขึ้น แต่ถ้าความชื้นต่ำเกินไปจะทำให้เกิดแรงเฉือนและเวลาที่อยู่ในเครื่องมากเกินไปเป็นเหตุให้อุณหภูมิของแป้งสูงขึ้น ในสภาวะเช่นนี้ แป้งจะถูกทำลาย และเกิดเป็นโมเลกุลเล็ก ๆ ซึ่งทำให้การพองตัวของแป้งลดลงโดยจะเห็นได้จากแป้งที่มีความชื้นร้อยละ 6 เมื่อผ่านกระบวนการเอ็กซทรูชัน ผลิตภัณฑ์ที่ได้จะมีสีเหลืองน้ำตาล ซึ่งเป็นลักษณะของแป้งโมเลกุลเล็ก

5. กระบวนการเอ็กซทรูชัน

กระบวนการเอ็กซทรูชันเป็นกระบวนการที่รวมหลายกระบวนการมาอยู่ในกระบวนการเดียวกัน เช่น กระบวนการผสม การเฉือน การนวด การทำให้สุก และการทำให้แห้ง กระบวนการนี้มีความสามารถในการผลิตสูงภายในระยะเวลาอันสั้นได้ผลิตภัณฑ์ที่มีความกรอบ เป็นรูพรุน และความชื้นต่ำ โดยอาศัยหลักการที่ว่าส่วนผสมจะเคลื่อนไปตามช่องสกรู ซึ่งระหว่างที่เคลื่อนไปจะได้รับความร้อนภายใต้ความดันสูง มีผลให้โครงสร้างของวัตถุดิบเปลี่ยนไปจากเดิมมีการเรียงตัวใหม่ของโมเลกุล และการเกิดเจล ให้ลักษณะที่เหนียวข้นเป็นเนื้อเดียวกัน (ประชา บุญญสิริกูล, 2537) เมื่อผ่านหน้าแปลนและออกจากเครื่อง ความดันภายนอกต่ำกว่าความดันภายในมากทำให้ผลิตภัณฑ์ที่ได้มีความพองตัว รูปแบบของผลิตภัณฑ์ขึ้นกับลักษณะรูของหน้าแปลน

5.1 ปัจจัยที่มีผลต่อคุณภาพของอาหารขบเคี้ยวที่ผลิตด้วยกระบวนการเอ็กซทรูชัน

Chinnaswamy และ Hanna (1988) ศึกษาสภาวะการทำงานของเครื่องเอ็กซทรูเดอร์ต่อการพองตัวของแป้งข้าวโพด พบว่าอัตราการพองตัวของแป้งข้าวโพดขึ้นกับอุณหภูมิในท่อที่ล้อมสกรู ความเร็วของสกรู อัตราการป้อนวัตถุดิบ อัตราส่วนความยาวของตัวสกรูต่อเส้นผ่านศูนย์กลาง (L/D) และความแรงของแรงเฉือน ทั้งนี้เนื่องจากอัตราการพองตัวของแป้งขึ้นกับปริมาณการเกิดเจล ดังนั้นการเพิ่มขึ้นของอัตราการพองตัวอาจเนื่องจากแป้งมีปริมาณการเกิดเจลสูงที่อุณหภูมินั้น แต่เมื่ออุณหภูมิในท่อสูงเกินระดับหนึ่งโมเลกุลของแป้งอาจถูกทำลายทำให้อัตราการพองตัวลดลง และอัตราการพองตัวของแป้งจะต่ำเมื่อความเร็วของสกูรและอัตราการป้อนของวัตถุดิบมีค่าสูงและต่ำมาก ทั้งนี้อาจเนื่องมาจากระดับของการเกิดเจลของแป้งจะต่ำที่ความเร็วของสกรูและอัตราการป้อนของวัตถุดิบสูง หรือเนื่องมาจากโมเลกุลของแป้งถูกทำลายที่ความเร็วของสกรูและอัตราการป้อนวัตถุดิบต่ำ เพราะว่าทั้งอัตราการป้อนวัตถุดิบและความเร็วของสกรูและอัตราการป้อนวัตถุดิบต่ำเพราะว่าทั้งอัตราการป้อนวัตถุดิบและความเร็วของสกรูมีผลต่อเวลาที่แป้งอยู่ในเครื่อง มีผลทำให้ปริมาณการเกิดเจลแตกต่างกัน

5.2 ประโยชน์และข้อจำกัดของกระบวนการเอ็กซทรูชัน

กระบวนการเอ็กซทรูชันสามารถเพิ่มความหลากหลายของผลิตภัณฑ์และสามารถลดการปนเปื้อนของจุลินทรีย์และการยับยั้งปฏิกิริยาของเอนไซม์บางชนิดได้ นอกจากนี้กระบวนการ

เอ็กซทรูชันสามารถปรับปรุงการย่อยของโปรตีนที่สะสมในพืชในส่วนที่ไม่สามารถย่อยด้วยเอนไซม์โปรติเอส (Phillips and Finley, 1989) Burgess และ Stanley (1976) รายงานว่าเมื่อนำถั่วเหลืองผ่านกระบวนการเอ็กซทรูชันพบว่าเกิดการแตกตัวของสารประกอบไดซัลไฟด์ และเกิดซัลฟ์ไฮดริลเพิ่มขึ้นส่งผลให้โปรตีนมีลักษณะเนื้อสัมผัสที่ดีขึ้น ส่วน Bastos และคณะ (1991) พบว่าสมบัติการละลาย และค่า emulsifying capacity ของโปรตีนจากตับ เพิ่มขึ้นเมื่อผ่านกระบวนการเอ็กซทรูชัน ส่วนข้อจำกัดของเครื่องเอ็กซทรูเดอร์ ได้แก่ การสูญเสียคุณค่า ทางอาหารทั้งนี้ขึ้นอยู่กับชนิดของอาหาร ความชื้น และอุณหภูมิ เช่น การใช้อุณหภูมิ 154 องศาเซลเซียสมีการสูญเสียไทอะมีน ร้อยละ 5 มีการสูญเสียไรโบฟลาวิน ไพริดอกซิน และ ไนอะซิน เพียงเล็กน้อย ขณะที่การสูญเสียวิตามินซีและวิตามินเอสูงถึงร้อยละ 50 ขึ้นอยู่กับเวลาในการให้ความดัน (Harper, 1978) การให้อุณหภูมิสูงและมีน้ำตาลเป็นส่วนผสมทำให้เกิดปฏิกิริยาการเกิดสีน้ำตาลและมีการสูญเสียโปรตีน การเติมสารให้กลิ่นรสกับส่วนผสมก่อนทำการเอ็กซทรูชันจะทำให้สารให้กลิ่นรสระเหยเมื่อวัตถุดิบผ่านหน้าแปลนออกมา จึงไม่ได้กลิ่นรสตามต้องการ นอกจากนี้วัตถุดิบบางชนิดไม่สามารถใช้เครื่องเอ็กซทรูเดอร์ในการแปรรูปได้ เนื่องจากจะเกิดการไหม้และการเกาะติดกับผนังท่อของท่อล้อมสกรูแต่ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับชนิดของเครื่องเอ็กซทรูเดอร์

6. การเพิ่มคุณค่าทางโภชนาการของอาหารขบเคี้ยว

อาหารขบเคี้ยวส่วนใหญ่จะใช้แป้งเป็นวัตถุดิบหลักในการผลิตองค์ประกอบหลักประกอบด้วยคาร์โบไฮเดรตและไขมัน และขาดสารอาหารอื่นโดยเฉพาะโปรตีนวัตถุดิบที่ใช้ เช่น ข้าวเจ้า ข้าวเหนียว และข้าวสาลี มีปริมาณโปรตีนและไลซีนต่ำซึ่งเป็นกรดอะมิโนที่จำเป็นน้อย จึงมีการศึกษาการใช้แหล่งโปรตีนจากพืชตระกูลถั่วร่วมกับธัญพืช

Tsen (1971) นำแป้งถั่วเหลืองมาเสริมในแป้งสาลี ผสมในขนมปัง ซึ่งจะทำให้เพิ่มปริมาณไลซีนร้อยละ 3.2-3.8 สมชาย ประภาวัติ และคณะ (2534) ศึกษาคุณภาพของข้าวเกรียบที่ทำจากแป้งมันสำปะหลังเสริมโปรตีนโดยผสมกับแป้งถั่วเหลืองพร่องไขมันและข้าวเกรียบจากแป้งมันสำปะหลังเสริมโปรตีนโดยการผสมกับแป้งถั่วเหลืองชนิดไขมันเต็มจะพบว่ามีปริมาณกรดอะมิโนเมทโธโอนีนกับซิสตีน และทริปโตเฟนต่อกรัมโปรตีนของผลิตภัณฑ์ สูงกว่าข้าวเกรียบที่ทำจากแป้งมันสำปะหลังอย่างเดียว พอใจ ลิ้มพันธุ์อุดม (2533) ผลิตอาหารโปรตีนสูงด้วยกระบวนการเอ็กซทรูชันโดยใช้แป้ข้าวเจ้าและแป้งข้าวเหนียวผสมกับแหล่งโปรตีนจากพืช ได้แก่ ถั่วเขียวซีก แป้งถั่วเหลืองชนิดสกัดไขมันและแป้งถั่วเหลืองชนิดไขมันเต็ม พบว่า ลักษณะผลิตภัณฑ์ที่ได้จากแป้งข้าวเจ้ามีลักษณะแข็งกรอบ ส่วนจากแป้งข้าวเหนียวมีลักษณะกรอบร่วน สามารถผสมถั่วเขียวซีกได้ในปริมาณร้อยละ 4 โดยที่ยังสามารถให้การพองตัวที่ดีและลักษณะปรากฏเป็นที่ยอมรับ ส่วนแป้งถั่วเหลืองชนิดสกัดไขมันสามารถผสมกับวัตถุดิบทั้ง 2 ชนิด ได้ร้อยละ 20 และสามารถผสมแป้งถั่วเหลืองชนิดไขมันเต็ม กับข้าวเหนียวได้เพียงร้อยละ 10 ในขณะที่ผสมกับแป้งข้าวเจ้าไม่สามารถให้ผลิตภัณฑ์อาหารขบเคี้ยวที่ยอมรับได้ ส่วนประชา บุญญสิริกูล และคณะ (2539) รายงานว่าข้าวเจ้าจะมีเมทไธโอนีนมาก และได้ผลิตอาหารขบเคี้ยวจากส่วนผสมของถั่วเขียวต่อแป้งข้าวเจ้าเท่ากับ 70:30 แป้งถั่วเหลือง ไขมันเต็ม ร้อยละ 7.5 และวิตามินร้อยละ 1 ปริมาณโปรตีน (ก่อนเคลือบกลิ่นรส) ร้อยละ 22.36 ปริมาณกรด อะมิโนที่ จำเป็นของวัตถุดิบ

และอาหารขบเคี้ยวที่ผลิตได้แสดงดังตารางที่ 1 โปรตีนจากสัตว์โดยเฉพาะปลามีกรดอะมิโนที่จำเป็นตามความต้องการของร่างกาย ดังตารางที่ 2 ปลามีปริมาณกรดอะมิโนไนโตรเจนสูง ได้แก่ ไลซีน อิสทีดีน อาร์จินีน (Stansby and Hall, 1967) ปลาจึงเหมาะจะเป็นแหล่งโปรตีนในอาหารขบเคี้ยว

นอกจากการเสริมโปรตีนแล้ว ยังมีการเติมผักและผลไม้เพื่อเพิ่มสี กลิ่นรส และสารอาหารเกลือแร่และวิตามินด้วย เพื่อเป็นการเพิ่มคุณค่าทางโภชนาการให้สูงขึ้น อาหารขบเคี้ยวที่ผสมผักและผลไม้ ได้แก่ ข้าวเกรียบฟักทอง ข้าวเกรียบเงาะ ข้าวเกรียบกล้วย เป็นต้น

ตารางที่ 1 ปริมาณกรดอะมิโนที่จำเป็นของวัตถุดิบอาหารขบเคี้ยวจากถั่วเขียวและมาตรฐานของ FAO/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 บุญญสิริกุล และคณะ (2539)

ตารางที่ 2 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)

7. การเคลือบกลิ่นรส (Flavor coating)

กลิ่นรสที่นิยมนำมาเคลือบอาหารขบเคี้ยว จากข้าวโพดที่ทำมาจากขบวนการอัดพอง คือ เนยแข็งเชดด้า (Cheddar cheese) วิธีการเคลือบที่ใช้กันอยู่นั้นมีอยู่ 2 วิธี Jin และ Huff (1994)

1. วิธีเคลือบแห้ง การเคลือบโดยวิธีนี้จะใช้ กลิ่นรสที่เป็นผง วิธีการเคลือบคือ นำเอาผลิตภัณฑ์ที่ได้จากขบวนการอัดพองมาสเปรย์ด้วยน้ำมันพืชแล้วโรยผงกลิ่นรส หรือวัตถุปรุงแต่ง กลิ่นรส ลงไปเคลือบทับบนตัวผลิตภัณฑ์

2. วิธีเคลือบเปียก วิธีการเคลือบแบบที่ 2 นี้ คือ นำเอาน้ำมันพืช กลิ่นรส และเครื่องเทศมาผสมรวมกันในถังผสมแล้วสเปรย์สารละลายกลิ่นรสนี้ลงไปเคลือบบนตัวผลิตภัณฑ์ขณะที่ตัวผลิตภัณฑ์หมุนอยู่ในถังเคลือบกลิ่นรส ที่มีรูปทรงเป็นรูปหลอดกลมตั้งอยู่ในแนวนอน สูตรผสมที่ใช้เคลือบมีดังนี้ ตัวผลิตภัณฑ์ น้ำมันมะพร้าว ผงเขยแข็งเชดด้า ผงเวย์ กลิ่นเนยแข็ง และเกลือร้อยละ 57-66, 5-9.3, 0-3.5 และ 0.2-3.0 ตามลำดับหลังจากที่เคลือบกลิ่นรสแล้วผลิตภัณฑ์ก็พร้อมที่จะบรรจุซอง

8. คุณภาพของผลิตภัณฑ์อาหารขบเคี้ยวระหว่างการเก็บรักษา

การเก็บรักษาผลิตภัณฑ์อาหารขบเคี้ยว โดยทั่วไปแล้วคุณภาพของผลิตภัณฑ์จะต่ำลงเมื่อระยะเวลาการเก็บเพิ่มขึ้น การเสื่อมเสียคุณภาพของอาหารขบเคี้ยวจนผู้บริโภคไม่ยอมรับคือ การสูญเสียความกรอบกับการเหม็นหืน การสูญเสียความกรอบ เนื่องจากผลิตภัณฑ์มีปริมาณความชื้นต่ำมาก ทำให้สามารถดูดซับความชื้นจากอากาศบริเวณข้างเคียงได้ง่าย ทำให้ความแข็งแรงของเนื้อสัมผัสของผลิตภัณฑ์เกิดการเปลี่ยนแปลง และพบว่าอาหารขบเคี้ยวสูญเสียความกรอบเนื่องจากแรงยึดเหนี่ยวระหว่างคาร์โบไฮเดรตซึ่งเป็นโมเลกุลใหญ่ที่เกาะกันเป็นตาข่ายด้วยพันธะไฮโดรเจนและแรงแวนเดอร์วาล ซึ่งทำให้โมเลกุลของแป้งจัดรูปร่าง

เป็น crytalline-likezone ถูกทำลายซึ่งน้ำเป็นปัจจัยสำคัญที่ทำให้แรงยึดเหนี่ยวระหว่างโมเลกุลใหญ่เหล่านี้ลดลง นอกจากนี้ยังทำให้โมเลกุลขนาดใหญ่เกิดการเคลื่อนที่และเลื่อนผ่านแรงเฉือนตลอดการขบเคี้ยว ดังนั้นจึงจำเป็นต้องมีการควบคุมปริมาณน้ำเพื่อป้องกันการสูญเสียความกรอบของผลิตภัณฑ์ นอกจากนี้ลักษณะเนื้อสัมผัสของอาหารมีความสัมพันธ์กับค่า A_w ค่า A_wที่อยู่ในช่วง 0.35- 0.5 เป็นสภาวะปกติของการเก็บรักษาอาหารขบเคี้ยวแต่ถ้าค่า A_w เกินจาก 0.5 ลักษณะเนื้อสัมผัสของผลิตภัณฑ์จะเกิดการเปลี่ยนแปลงเพราะค่า A_w ช่วงนี้จะมีผลลดแรง ยึดเหนี่ยวภายใน crytalline-likezone เป็นเหตุให้ความกรอบลดลง (Katz and Labuza, 1981)

ส่วนการเหม็นหืนในผลิตภัณฑ์อาหารขบเคี้ยวเกิดจากปฏิกิริยาไฮโดรไลซิสและปฏิกิริยาออกซิเดชันของไขมันที่เป็นองค์ประกอบของอาหารขบเคี้ยว ดังนั้นภาชนะบรรจุอาหารขบเคี้ยวควรมีคุณสมบัติป้องกันความชื้น ออกซิเจนและอุณหภูมิได้ เพื่อป้องกันการเสื่อมเสียจากสาเหตุดังกล่าว นอกจากนี้ต้องมีความแข็งแรงพอสมควรเพื่อป้องกันการแตกหักของผลิตภัณฑ์ ภาชนะบรรจุของอาหารขบเคี้ยวมีมากมายหลายอย่างที่นิยม ได้แก่ กล่องพับได้ซึ่งภายในบุด้วยอลูมิเนียมฟอยล์เคลือบด้วยฟิล์มชนิดต่าง ๆ ถุงที่ทำจากพวกฟิล์มที่เคลือบต่าง ๆ และถุงอลูมิเนียมฟอยล์ ซึ่งเคลือบด้วยฟิล์มต่าง ๆ พลาสติกขึ้นรูป และกระป๋องโลหะเป็นต้น Saccharow และ Griffin (1981) กล่าวว่าภาชนะบรรจุสำหรับอาหารขบเคี้ยวควรมีออกซิเจนผ่านไม่น้อยกว่า 1 มิลลิลิตร ต่อ 1.6 ตารางเซนติเมตร ต่อ 24 ชั่วโมงที่ความดัน 1 บรรยากาศ อุณหภูมิ 23.9 องศาเซลเซียส และมีอัตราการซึมผ่านของไอ (Water Vapour Transmission Rate, WVTR) ต่ำกว่า 0.4 กรัมต่อ 1.6 ตารางเซนติเมตร ต่อ 24 ชั่วโมง ที่มีความชื้นสัมพันธ์ร้อยละ 95 อุณหภูมิ 37.7 องศาเซลเซียส มีอัตราการซึมผ่านความไอของของฟิล์มชนิด ต่าง ๆ แสดงดังตารางที่ 3

ตารางที่ 3 อัตราการซึมผ่านความดันไอของฟิล์มชนิดต่าง ๆ

วัสดุ	อัตราการซึมผ่านความดันไอ (WVRT) (กรัม/100 ตารางเมตร/24 ชั่วโมง/ความหนา1 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)

วัสดุ อุปกรณ์ และวิธีการ

วัสดุ

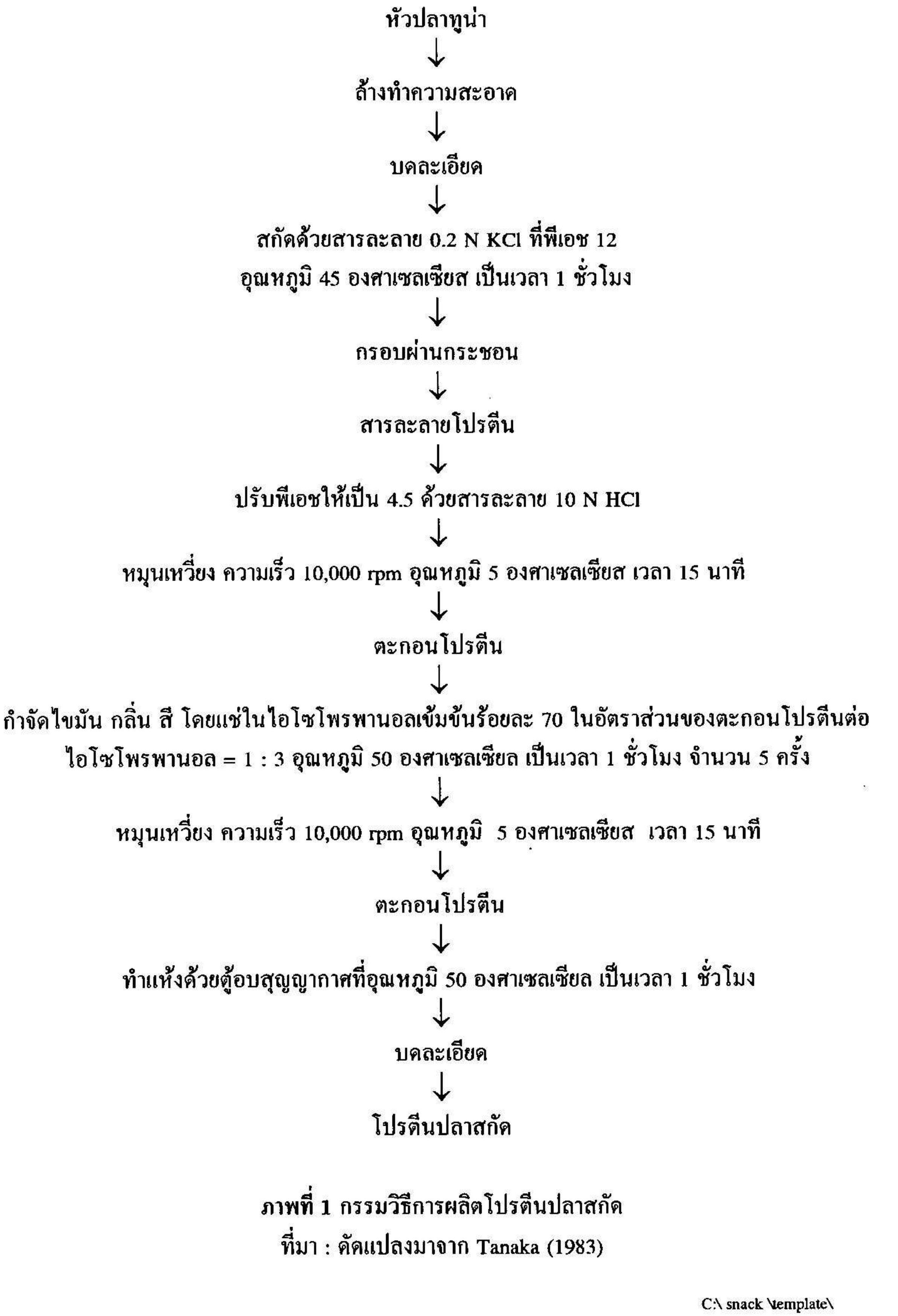
1. โปรตีนปลาสกัดจากหัวปลาทูน่าพันธุ์โอแถบ (Skipjack Tuna)
2. ข้าวเจ้าและข้าวเหนียวบด ขนาด 425 - 850 ไมครอน
3. ข้าวโพดบด ขนาด 425 - 1180 ไมครอน
4. เนื้อพักทองแห้ง ขนาด 850 - 1180 ไมครอน
5. น้ำผึ้ง
6. ถุงเมททัลไลซ์
7. ถุงอะลูมิเนียมฟอยล์ที่ลามินเนทด้วยพลาสติก
8. วัสดุและเคมีภัณฑ์ สำหรับใช้วิเคราะห์ทางเคมีและใช้สกัดโปรตีน

อุปกรณ์

1. อุปกรณ์ที่ใช้ในการเตรียมโปรตีนปลาสกัด
   1.1 เครื่องบดละเอียด
   1.2 เครื่องหมุนเหวี่ยงแบบควบคุมอุณหภูมิ (Hitachi รุ่น SCR 20B Hitachi Koki Co., Ltd. ประเทศญี่ปุ่น)
   1.3 ตะแกรงร่อนทองเหลืองขนาดรู 425, 850 และ 1180 ไมครอน
   1.4 ตู้อบสูญญากาศ (รุ่น SY 165 380 Sato Keiryoki MFG Co., Ltd. ประเทศญี่ปุ่น)
   1.5 ตู้อบลมร้อน
2. อุปกรณ์ในการผลิตอาหารขบเคี้ยว ประกอบด้วย
   2.1 เอ็กซทรูเดอร์แบบสกรูเดียว (รุ่น MP-MB.Eastevn Best Enterprise. ไต้หวัน)
   2.2 เครื่องโม่ละเอียด (รุ่น YC 90 L4. Nanking WEI - FEN Electvie Motov. สาธารณรัฐประชาชนจีน)
   2.3 เครื่องปิดผนึกภาชนะบรรจุ
   2.4 กระป๋องสเปรย์ (ขนาด 1 ลิตร รุ่น SG 112)
3. อุปกรณ์และเครื่องมือสำหรับวิเคราะห์ทางกายภาพ ประกอบด้วย
   3.1 เครื่องวัดค่า A_w (Novasina รุ่น RS 232. ประเทศสวิตเซอร์แลนด์)
   3.2 เครื่อง Instron Universal Test Machine และใช้หัวแบบ Wamer-Bratzler Shear
   3.3 เวอร์เนียร์
4. อุปกรณ์และเครื่องมือสำหรับวิเคราะห์ปริมาณโปรตีน ไขมัน ความชื้น และปริมาณของแข็งทั้งหมด

วิธีการ

1. เตรียมโปรตีนปลาสกัด โดยวิธีการดัดแปลงจาก Tanaka (1983) ดังแสดงในภาพที่ 1



ภาพที่ 1 กรรมวิธีการผลิตโปรตีนปลาสกัด
ที่มา : ดัดแปลงมาจาก Tanaka (1983)

2. วิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมี ได้แก่ ปริมาณความชื้น ปริมาณโปรตีน ปริมาณเถ้าและไขมัน (A.O.A.C.,1990) ของวัตถุดิบที่ใช้ในการผลิตอาหารขบเคี้ยวประกอบด้วยโปรตีนปลาสกัด ข้าวเจ้าบด ข้าวเหนียวบด ข้าวโพดบด และฟักทองบด

3. ศึกษาอัตราส่วนผสมเหมาะสมของอาหารขบเคี้ยวเสริมโปรตีนสกัด อัตราส่วนผสมระหว่าง ข้าวเหนียว ข้าวจ้าว และข้าวโพดบด ในอัตราส่วนปริมาณร้อยละ 40-80 0-20 และ 20-40 ตามลำดับดังตารางที่ 4 โดยการวางแผนการทดลองแบบ mixer designs ได้สูตรแป้ง 5 สูตร (ดังภาพที่ 2)

4. ผลิตอาหารขบเคี้ยวตามกระบวนการผลิตดังภาพที่ 3 โดยใช้เครื่องเอ็กซทรูเดอร์ดังแสดงในภาพที่ 4

5. ตรวจสอบคุณภาพทางประสาทสัมผัสด้านความพองตัว ความกรอบ ความเรียบผิวและความเหนียวติดฟันขณะเคี้ยว โดยผู้ที่ทดสอบชิมจากผู้ที่ได้รับการฝึกฝน 16 คน โดยใช้แบบทดสอบชิมในเชิงพรรณา (QDA) (Ston.et at, 1974) นำข้อมูลวิเคราะห์เพื่อคัดเลือกชุดการทดลองที่เหมาะสม

6. วัดอัตราการพองตัวของผลิตภัณฑ์อาหารขบเคี้ยวจากค่าอัตราส่วน ระหว่างเส้นผ่าศูนย์กลางของผลิตภัณฑ์กับเส้นผ่าศูนย์กลางของหน้าแปลน นำข้อมูลมาวิเคราะห์ความแปรปรวน

7. ศึกษาระดับส่วนผสมปริมาณโปรตีนปลาสกัด และเนื้อฟักทอง ใช้สูตรพื้นฐานอาหารขบเคี้ยวที่คัดเลือกได้จากข้อ 3 ปัจจัยที่ศึกษา คือ ปริมาณโปรตีนปลาสกัดร้อยละ 1, 2, 3 และ 4 ของน้ำหนักส่วนผสม และฟักทองแห้งร้อยละ 0 3 5 ของน้ำหนักส่วนผสม วางแผนการทดลองแบบ RCB (Randomized Completely Block) จัดชุดการทดลองแบบ factorial design ทั้งหมด 12 ชุด

8. ประเมินคุณภาพของผลิตภัณฑ์อาหารขบเคี้ยวเสริมโปรตีนปลาสกัด

9. ศึกษาคุณภาพของผลิตภัณฑ์อาหารขบเคี้ยวเสริมโปรตีนปลาระหว่างการเก็บรักษา

นำผลิตภัณฑ์อาหารขบเคี้ยวเสริมโปรตีนปลาสกัดที่ผ่านการพัฒนาแล้วมาบรรจุในถุงอลูมิเนียมฟอยด์ที่ลามิเนทด้วยพลาสติกบรรจุน้ำหนัก 30 กรัม และ 300 กรัม เก็บรักษาที่อุณหภูมิห้อง จากนั้นนำผลิตภัณฑ์มาตรวจสอบคุณภาพทุก 1 สัปดาห์ เป็นเวลา 8 สัปดาห์ ดังนี้

9.1 คุณภาพทางกายภาพ ได้แก่ ค่า A_w

9.2 คุณภาพทางเคมี ได้แก่ ความชื้น และทีบีเอ

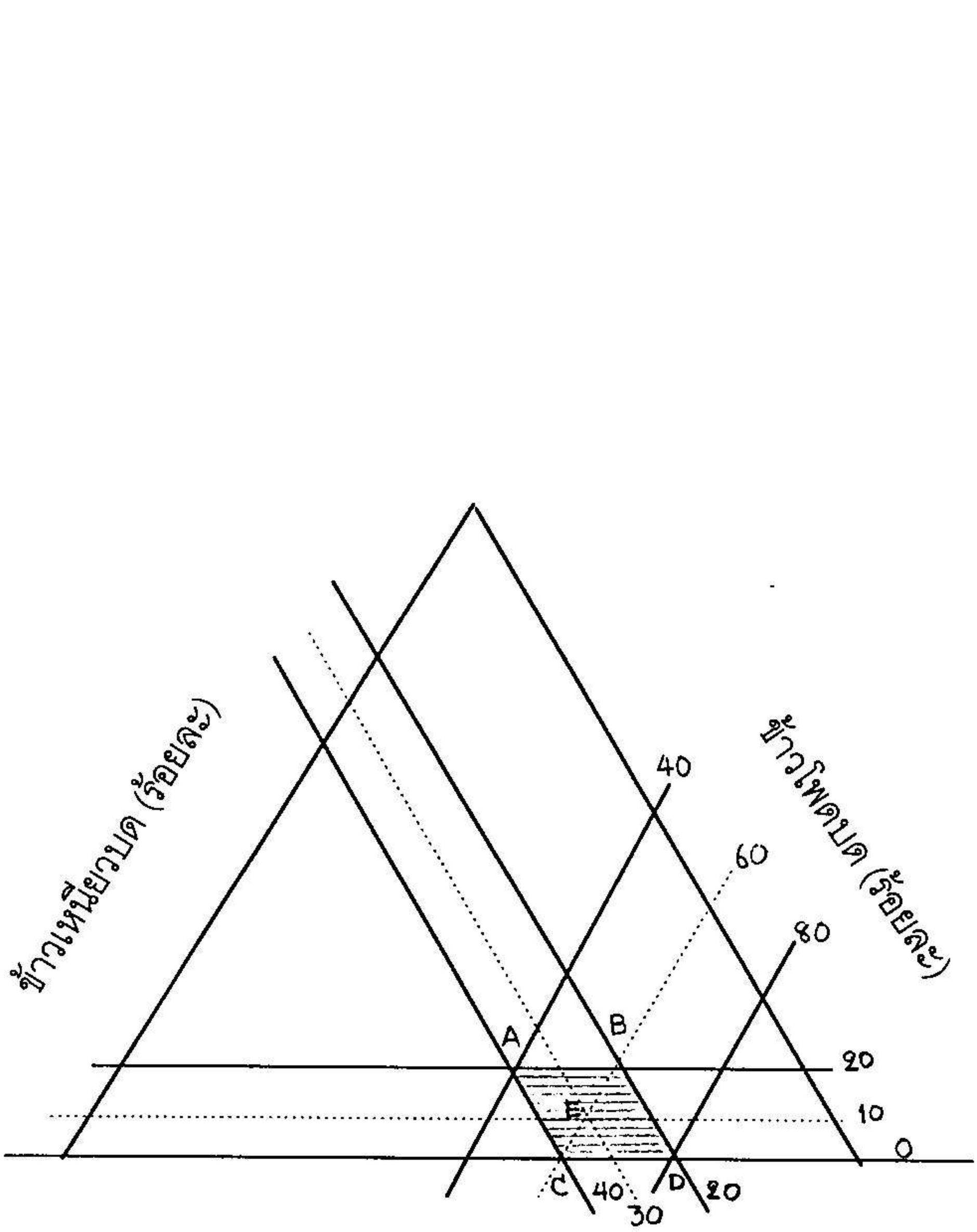
9.3 คุณภาพทางประสาทสัมผัส ประเมินด้วยวิธีการวิเคราะห์คุณภาพทางประสาทสัมผัสเชิงพรรณาปริมาณ (QDA) มีปัจจัยคุณภาพดังนี้คือ ความกรอบ สี และกลิ่นคาวปลา ด้วยวิธี Hedonic โดยการให้คะแนนความชอบประกอบด้วย 9 ระดับ คะแนน 1 หมายถึง ไม่ชอบมากที่สุดไปจนถึงระดับคะแนน 9 หมายถึงชอบมากที่สุด

10. ผลิตอาหารขบเคี้ยวเสริมโปรตีนปลาสกัดเคลือบน้ำผึ้ง โดยใช้สูตรที่เหมาะสมจากการคัดเลือกในข้อ 5. แล้วพ่นเคลือบน้ำผึ้งด้วยความดันลม 2 กิโลกรัมต่อตารางเซนติเมตร ใช้กระป๋องสเปรย์รุ่น SG 112 ขนาดหัวสเปรย์ 0.01 มิลลิเมตร พ่นเคลือบด้วยอัตราเร็ว 0.3 ลิตรต่อนาที โดยใช้ผลิตภัณฑ์ 300 กรัม ต่อน้ำผึ้ง 0.3 ลิตร ใช้ระดับความเข้มข้นของน้ำผึ้งเท่ากับ 50 45 40 35 30 และ 25 องศาบริกซ์ ตรวจสอบค่า A_w และค่า cutting force ทดสอบทางประสาทสัมผัส ด้วยวิธีทดสอบชิมเชิงพรรณา (QDA) ในด้านกลิ่นคาวปลา กลิ่นน้ำผึ้ง ความกรอบและความหวาน คัดเลือกระดับความเข้มข้นน้ำผึ้งที่

มีคะแนนความกรอบสูงสุด กลิ่นคาวปลาน้อยที่สุด เก็บรักษาที่อุณหภูมิห้องเป็นเวลา 1 เดือน แล้วทดสอบคุณภาพทางกายภาพ และทดสอบทางประสาทสัมผัส เช่นเดียวกับก่อนเก็บรักษา

ตารางที่ 4 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

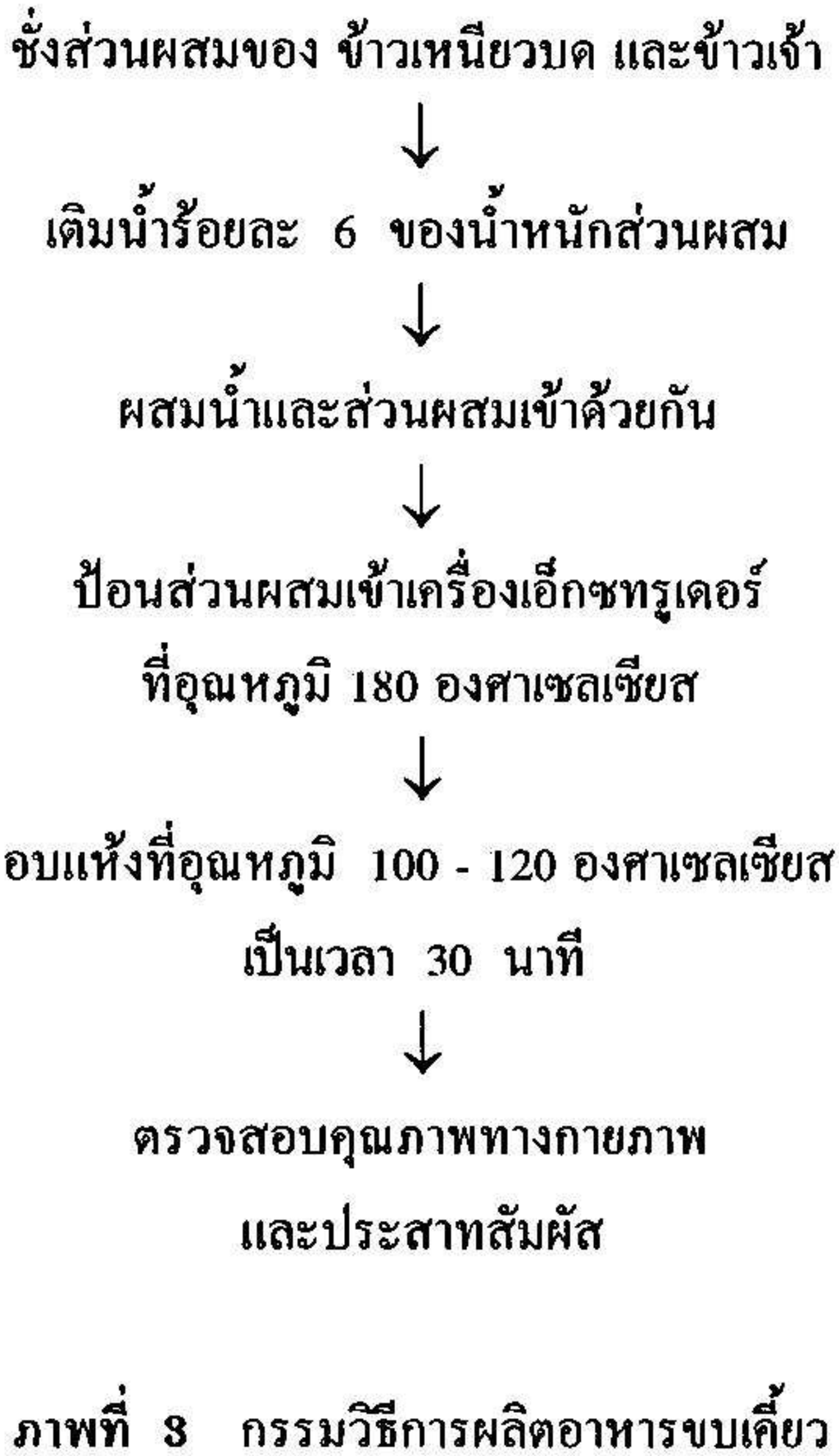


พื้นที่ที่ใช้ในการทดลอง

ภาพที่ 2 การวางแผนการทดลองแบบมิกเซอร์

ที่มา : ไพโรจน์ วิริยจารี (2535)

C:\ snack \template\



ภาพที่ 3 กรรมวิธีการผลิตอาหารขบเคี้ยว

ที่มา : ดัดแปลงจาก ประชา บุญญสิริกุล (2537)

ภาพที่ 4 เครื่องเอ็กซทรูเดอร์

ตารางที่ 5 ชุดการทดลองการศึกษาระดับโปรตีนปลาสกัดและเนื้อฟักทองแห้งที่เหมาะสม

ชุดการทดลอง	ปริมาณส่วนผสม (ร้อยละโดยน้ำหนัก)		
	สูตรผสมของธัญพืช	โปรตีนปลาสกัด	ฟักทองบด
1	100	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	93	2	5
12	92	3	5
13	91	4	5

ผลและวิจารณ์

1. องค์ประกอบทางเคมีของวัตถุดิบ

1.1 โปรตีนปลาสกัด

จากการศึกษาองค์ประกอบทางเคมีของหัวปลาทูน่าพันธุ์โอแถบ จากวัตถุดิบมีปริมาณความชื้นร้อนละ 81.99 โดยน้ำหนัก ปริมาณโปรตีน ไขมัน และถ้าปริมาณร้อยละ 67.11 8.20 และ 16.05 โดยน้ำหนักแห้งตามลำดับ หลังจากนำมาสกัดโปรตีนได้ผลิตภัณฑ์ที่มีลักษณะปรากฏเป็นผงสีน้ำตาล ดังแสดงในภาพที่ 5 และผลการวิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมีของโปรตีนสกัดจากปลาทูน่าพันธุ์โอแถบ พบว่ามีปริมาณความชื้น 25.35 โดยน้ำหนัก ปริมาณโปรตีน ไขมัน และเถ้า ปริมาณ ร้อยละ 76.39 2.97 และ 1.45 โดยน้ำหนักแห้ง ตามลำดับ จากรายงานของ Hall และ Ahmad (1992) กำหนดว่าคุณภาพโปรตีนปลาสกัดที่ดีควรปราศจากไขมันและปริมาณเถ้าไม่เกินร้อยละ 4 จะเห็นว่าโปรตีนปลาสกัดที่ได้จากการทดลองนี้แสดงว่าจะมีปริมาณไขมันเหลืออยู่บ้าง แต่ปริมาณโปรตีนที่ได้นั้นสูงและปริมาณเถ้าต่ำ ดังนั้นจึงน่าจะใช้เป็นแหล่งโปรตีนเสริมในผลิตภัณฑ์อาหารได้

1.2 ข้าวเจ้าบด ข้าวเหนียวบด ข้าวโพดบด และฟักทองแห้ง

องค์ประกอบทางเคมีของข้าวเจ้าบด ข้าวเหนียวบด ข้าวโพดบด และฟักทองแห้ง แสดงดังตารางที่ 7 พบว่า ข้าวเจ้าบด ข้าวเหนียวบด ข้าวโพดบด และฟักทองแห้ง มีองค์ประกอบทางเคมีใกล้เคียงกับผลจากคุณค่าทางโภชนาการของอาหารไทย (กองโภชนาการ, 2535) ข้าวโพดจะมีปริมาณโปรตีนค่อนข้างสูงเมื่อเทียบกับกลุ่มธัญพืช ด้วยกัน

2. การพัฒนาสูตรอาหารขบเคี้ยว

2.1 คุณภาพทางกายภาพ

อัตราการพองตัวจากทุกชุดการทดลอง แสดงผลในตารางที่ 6 พบว่าทุกชุดการทดลองจะมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ และชุดการทดลองที่มีส่วนผสมระหว่างข้าวเหนียวบด : ข้าวโพดบด : ข้าวเจ้าบด อัตราส่วน 40:40:20 มีอัตราการพองตัวสูงสุด คือ 3.08 ซึ่งเป็นค่าที่ต่ำเมื่อเทียบกับงานวิจัยของศิราพร วิเศษสุธการ และคณะ (2534) พบว่าซึ่งผลิตภัณฑ์ที่มีอัตราส่วนแป้งปลายข้าวเจ้าต่อแป้งข้าวโพดเท่ากับ 50:50 และส่วนผสมมีปริมาณความชื้นเริ่มต้นร้อยละ 13 ได้อัตราการพองตัวสูงสุดเท่ากับ 4.30 ทั้งนี้ขึ้นกับความสามารถในการทำงานของเครื่องเอ็กซทรูเดอร์ ความสามารถในการควบคุมการผลักพาส่วนประกอบของวัตถุดิบขณะผลิตภายในตัวเครื่องเอ็กซทรูเดอร์ เวลาในการผลิตอุณหภูมิแรงเฉือนและการกระจายความร้อนที่เกิดขึ้นและมีต่อส่วนประกอบของวัตถุดิบ โดยปัจจัยเหล่านี้จะมีผลต่อปริมาณการเกิดเจลของแป้งซึ่งมีผลต่อการพองตัวของผลิตภัณฑ์อาหารขบเคี้ยว (Chinnaswamy and Hanna, 1988)

จากการทดลองนี้จะเห็นได้ว่าทุกชุดการทดลองที่มีข้าวโพดบดมากจะมีอัตราการพองตัวเฉลี่ยสูงกว่าชุดการทดลองที่มีข้าวโพดน้อย เนื่องจากสภาวะการทำงานของเอ็กซทรูเดอร์ชนิดนี้ที่ใช้ทดลองเป็นสภาวะที่เหมาะสมต่อการพองตัวของข้าวโพด ส่วนชุดการทดลองที่มีข้าวเหนียวมากจะมี

อัตราการพองตัวต่ำกว่าชุดการทดลองที่ใช้ข้าวเหนียวน้อย เนื่องจากข้าวเหนียวบดมีขนาดเล็กกว่าข้าวโพดบด และข้าวเหนียวบดมีปริมาณอะไมโลเพคตินสูงจึงมีความสามารถในการอุ้มน้ำได้ดี ทำให้มีปริมาณน้ำในโครงสร้างมากส่งผลให้ส่วนผสมธัญพืชบดมีปริมาณความชื้นเพิ่มขึ้น ปริมาณความชื้นสูงจะส่งผลให้อุณหภูมิของวัตถุดิบต่ำ ทำให้เกิดเจลได้น้อย และปริมาณน้ำที่มากเกินไปจะทำให้ไม่สามารถเป็นไอและระเหยออกหมดได้ทันเวลาที่ผลิตภัณฑ์จะผ่านพันหน้าแปลน (ศิราพร วิเศษสุรการ และคณะ, 2534) ส่งผลให้ชุดการทดลองที่มีข้าวเหนียวบดสูงมีอัตราการพองตัวต่ำ ขณะที่ปริมาณของข้าวเจ้าบดและข้าวโพดบดจะทำให้มีอัตราการพองตัวเฉลี่ยสูงกว่าชุดการทดลองที่มีข้าวเจ้าและข้าวโพดบดน้อย เนื่องจากข้าวเจ้าบดมีโครงสร้างที่มีอะโมโลสสูงโดยมีประมาณร้อยละ 17-30 (อรรินทร์ โทรดี และประชา บุญญสิริกุล, 2522) มีความสามารถในการดูดน้ำน้อยกว่าข้าวเหนียวบด ส่งผลให้มีปริมาณความชื้นของสูตรธัญพืชบดผสมใกล้เคียงกับความชื้นของข้าวโพดบด ทำให้เกิดเจลมากกว่าอัตราการพองตัวของผลิตภัณฑ์จึงเพิ่มขึ้น

2.2 คุณภาพทางประสาทสัมผัสของอาหารขบเคี้ยวสูตรพื้นฐาน

ผลจากการศึกษาคุณลักษณะความพองตัว ความเรียบผิว ความเหนียวติดฟันและความกรอบแสดงในตารางที่ 7 จะได้ว่า ชุดการทดลองมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติยกเว้นค่าความกรอบที่ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ ชุดการทดลองที่ 5 ซึ่งมีอัตราส่วนผสมระหว่างข้าวเหนียวบด ข้าวโพดบด และข้าวเจ้าบด อัตราส่วน 40:40:20 เป็นชุดการทดลองที่ได้คะแนนเฉลี่ยด้านลักษณะความพองและความเรียบผิวสูงกว่าชุดอื่น และมีคะแนนเฉลี่ยความกรอบค่อนข้างสูง เมื่อเทียบกับชุดการทดลองอื่น จากการทดลองเปรียบเทียบคุณลักษณะจากสัดส่วนของข้าวโพดบด ข้าวเหนียวบด และข้าวเจ้าบดที่ปริมาณต่าง ๆ จะเห็นได้ว่าชุดการทดลองที่มีข้าวเจ้าและข้าวโพดที่ปริมาณสูงจะส่งผลให้คะแนนเฉลี่ยความพองตัวและความเรียบผิวมีค่าสูงขึ้น ขณะที่ความเหนียวติดฟันและความกรอบมีค่าต่ำลง ทั้งนี้ชุดการทดลองที่มีอัตราการพองตัวสูงเป็นชุดการทดลองที่มีสัดส่วนเหมาะสมต่อสภาวะการทำงานของเครื่องเอ็กซทรูเดอร์ซึ่งจากการทดลองใช้แบบสกรูเดียว ความร้อนที่จะให้แก่วัตถุดิบเพิ่มขึ้นเกิดจากการเปลี่ยนแปลงพลังงานกลที่เกิดจากการเสียดสีของวัตถุดิบ ความร้อนสูงจะทำให้เกิดการพองตัวสูงแต่ต้องมีความพอเหมาะเพราะถ้าอุณหภูมิสูงเกินไปจะทำให้แป้งเกิดเป็นเจล ผลิตภัณฑ์มีลักษณะเหนียวอุณหภูมิจะถูกควบคุมโดยองค์ประกอบของวัตถุดิบที่ใช้ เครื่องเอ็กซทรูเดอร์ในการทดลองนี้เหมาะกับอุณหภูมิต่ำและวัตถุดิบที่มีขนาดใหญ่ การพองตัวสูงจะมีผลต่อความเรียบผิวสูงด้วย พิจารณาคะแนนเฉลี่ยของความเหนียวติดฟันขณะเคี้ยวจะขึ้นกับปริมาณอะไมโลเพกตินในแป้ง ดังรายงาน อรรินทร์ โทรดี และประชา บุญญสิริกุล (2522) พบว่าข้าวเหนียวจับกันเป็นก้อนมากกว่าข้าวเจ้า เนื่องจากข้าวเหนียวมีอะไมโลเพคตินสูง มีอะไมโลสต่ำ (ไม่เกินร้อยละ 3) ขณะที่ข้าวเจ้ามีอะไมโลสร้อยละ 17-30 ในทำนองเดียวกับชุดการทดลองที่มีข้าวเหนียวสูง ผลิตภัณฑ์จะมีความเหนียวติดพันสูงด้วย ขณะที่ข้าวโพดมีอะไมโลสสูงร้อยละ 25 (Chinnasawamy and Hanna, 1988) เช่นเดียวกับข้าวเจ้า ทำให้ชุดการทดลองที่มีข้าวเจ้าบดหรือข้าวโพดบดสูงจะได้ผลิตภัณฑ์ที่มีความเหนียวติดฟันต่ำลง จึงทำให้การเพิ่มปริมาณข้าวเจ้าบดทำให้ความเหนียวของผลิตภัณฑ์ลดลง

ตารางที่ 6 อัตราการพองตัวของอาหารขบเคี้ยวที่ผลิตจากส่วนผสมของข้าวเหนียวบด ข้าวเจ้าบด และข้าวโพดบด ที่อัตราส่วนต่าง ๆ

ชุดการทดลอง	สูตรส่วนผสมโดยน้ำหนัก			อัตราการพองตัว
	ข้าวเหนียวบด	ข้าวโพดบด	ข้าวเจ้าบด	
T1	80	20	0	2.82±0.06*
T2	60	40	0	2.82±0.12
T3	60	30	10	2.96±0.10
T4	60	20	20	2.98±0.09
T5	40	40	20	3.08±0.06

* ค่าเฉลี่ย ± ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน จากการทดลอง 10 ซ้ำ

ตารางที่ 7 คะแนนเฉลี่ยจากการทดสอบการยอมรับทางประสาทสัมผัสต่อคุณลักษณะผลิตภัณฑ์อาหารขบเคี้ยวที่ผลิตด้วยสูตรผสมของธัญพืชจากการวางแผนแบบมิกซ์เจอร์

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

จากชุดการทดลองที่มีข้าวเหนียวบดมาก จะมีคะแนนเฉลี่ยความกรอบมากกว่าชุดการทดลองที่มีข้าวเหนียวบดน้อย ทั้งนี้จากการทดลองข้าวเหนียวบดมีขนาดเล็กกว่า ข้าวโพดบดโดยมีขนาด 425-850 ไมครอน และ 425-1180 ไมครอน ตามลำดับขนาดของวัตถุดิบจะมีผลต่อการพองตัว เนื้อสัมผัสและขนาดโพรงอากาศ ของผลิตภัณฑ์อาหารขบเคี้ยว วัตถุดิบที่มีขนาดโตจะทำทำให้อาหารขบเคี้ยวมีเนื้อสัมผัสกรอบแข็ง เนื่องจากผนังเซลล์โครงสร้างหนา รูอากาศโต แต่ถ้าวัตถุดิบมีขนาดเล็กอาหารขบเคี้ยวจะมีผนังเซลล์โครงสร้างบาง รูอากาศเล็ก จึงมีเนื้อสัมผัสกรอบนุ่ม (ประชา บุญญสิริกูล, 2540)

จากผลการวิเคราะห์คุณภาพทางกายภาพ และคุณภาพทางประสาทสัมผัสของอาหารขบเคี้ยว จึงเลือกชุดการทดลองที่ T5 ซึ่งมีอัตราส่วนผสมระหว่างข้าวเหนียวบด ข้าวโพดบด ข้าวเจ้าบด เท่ากับ 40:40:20 เป็นสูตรพื้นฐานในการพัฒนาอาหารขบเคี้ยวในขั้นตอนต่อไป เนื่องจากมีคะแนนเฉลี่ยคุณลักษณะต่าง ๆ สูง โดยเฉพาะมีอัตราการพองตัวสูงสุด จึงมีความเหมาะสมเนื่องจากการทดลองนี้จะต้องใช้ประโยชน์จากการเพิ่มปริมาณโปรตีนให้สูงเท่าที่จะทำได้ จึงเลือกสูตรที่มีความเหมาะสมกับการทำงานของเครื่องเอ็กซทรูเดอร์ เพื่อป้องกันการหยุดชะงักการทำงานของเครื่องเอ็กซทรูเดอร์ระหว่างการทดลองที่อาจเกิดจากการเพิ่มโปรตีนปลาสกัดแล้วเกิดปฏิกิริยาภายในมีผลยับยั้งการ พองตัวของแป้ง นอกจากนี้ชุดการทดลอง T5 มีคะแนนเฉลี่ยความเรียบสูงด้วยจึงเหมาะสมใช้เป็นสูตรพื้นฐานในการทดลองต่อไป

3. การศึกษาระดับโปรตีนปลาสกัดและฟักทองแห้งที่เหมาะสมในผลิตภัณฑ์อาหารขบเคี้ยว

3.1 คุณภาพทางกายภาพ

จากตารางที่ 8 จะพบว่าการทดสอบอัตราการพองตัวของผลิตภัณฑ์จะมีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ โดยชุดการทดลองที่ไม่เติมฟักทองเมื่อเพิ่มปริมาณโปรตีนปลาสกัดผลิตภัณฑ์จะมีอัตราการพองตัวลดลงสอดคล้องกับ Yu และคณะ (1981) ซึ่งรายงานว่า เมื่อเพิ่มเนื้อปลาในผลิตภัณฑ์อาหารขบเคี้ยว โดยกระบวนการเอ็กซทรูชัน อาหารขบเคี้ยวจะมีอัตราการพองตัวลดลง ทั้งนี้อาจจะเกิดปฏิกิริยาภายในของโปรตีน มีผลยับยั้งการพองตัวของแป้ง และดวงใจ ทิระบาล และนงนุช รักสกุลไทย (2523) ศึกษาปัจจัยบางประการที่มีผลต่อคุณภาพข้าวเกรียบปลา พบว่าเมื่อใช้ปริมาณปลาสูงขึ้น ปริมาณโปรตีนจะเพิ่มขึ้น แต่การขยายตัวข้าวเกรียบลดลง

3.2 คุณภาพทางประสาทสัมผัส

จากผลการทดลองตารางที่ 9 พบว่าทุกคุณลักษณะมีความแตกต่างกันทางสถิติเมื่อพิจารณาอิทธิพลหลัก และอิทธิพลร่วมจะได้ผลดังนี้

ภาพที่ 5 ลักษณะปรากฏของโปรตีนปลาสกัดที่ผลิตจากหัวปลาทูน่าพันธุ์โอแถบ

ภาพที่ 6 ลักษณะปรากฏของผลิตภัณฑ์อาหารขบเคี้ยวเสริมโปรตีนปลาสกัด

ตารางที่ 8 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

หมายเหตุ ผู้ทดสอบชิม 13 คน
ชุดการทดลองเดียวกับตารางที่ 12

ตารางที่ 9 คะแนนเฉลี่ยการทดสอบการยอมรับทางประสาทสัมผัสต่อคุณลักษณะต่าง ๆ ของ ผลิตภัณฑ์อาหารขบเคี้ยวที่เติมโปรตีนปลาสกัดและฟักทองแห้งระดับต่าง ๆ

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
ชุดการทดสอบเดียวกับตารางที่ 12

ความพองตัว ให้ผลในทิศทางเดียวกับคุณภาพทางกายภาพด้านอัตราการพองตัว กล่าวคือ ชุดการทดลองที่ไม่เติมฟักทอง (การทดลองชุดที่ 1-5) เมื่อเพิ่มปริมาณโปรตีนปลาสกัดผลิตภัณฑ์จะมีอัตราการพองตัวลดลง ส่วนอิทธิพลร่วมของปัจจัยทั้งสองจะมีผลต่อความแตกต่างของคะแนนเฉลี่ยความพองตัวของอาหารขบเคี้ยวอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ชุดการทดลองที่มีการเติมโปรตีนปลาสกัดและฟักทองแห้งพบว่าที่ปริมาณโปรตีนเดียวกันการเพิ่มปริมาณฟักทองแห้งจากปริมาณร้อยละ 3 เป็นร้อยละ 4 ทำให้คะแนนเฉลี่ยความพองของอาหารขบเคี้ยวลดลงทุกระดับปริมาณโปรตีน ทั้งนี้นอกจากโปรตีนปลาสกัดมีผลต่อการพองตัวของอาหารขบเคี้ยวแล้วการเติมฟักทองแห้งและโปรตีนปลาสกัดทำให้ปริมาณของธัญพืชบดในสูตรผสมลดลงซึ่งส่งผลให้ปริมาณอะไมโลเพคตินลดลง ขณะเดียวกันความชื้นของโปรตีนปลาสกัดและฟักทองแห้ง ค่อนข้างสูงโดยมีปริมาณร้อยละ 25.35 และ 15.46 ตามลำดับ ขณะที่ปริมาณน้ำที่เติมในสูตรผสมมีปริมาณเท่ากันทุกชุดการทดลองคือเติมปริมาณร้อยละ 6 ของน้ำหลักสูตรผสม จึงอาจส่งผลให้ปริมาณความชื้นของสูตรผสมเพิ่มขึ้น แต่ความร้อนภายในเครื่องเอ็กซทรูเดอร์ที่ใช้ในการทดลองเกิดการเสียดสีของวัตถุดิบ จึงเหมาะกับวัตถุดิบที่มีความชื้นต่ำซึ่งจะมีผลไปขัดขวางการไหลของแป้งภายในเครื่องทำให้แรงเฉือนเพิ่มขึ้น เป็นเหตุให้อุณหภูมิภายในเครื่องเพิ่มขึ้น (Chinnaswamy and Hanna, 1988) ดังนั้นถ้าวัตถุดิบมีปริมาณความชื้นสูงจะให้ผลในทางตรงกันข้าม กล่าวคือ แรงเฉือนและอุณหภูมิในเครื่องเอ็กซทรูเดอร์ลดลง ความสามารถในการทำให้เกิดความดันน้อยลงและสูตรผสมมีอุณหภูมิต่ำลง เมื่อสูตรผสมผ่านมายังรูหน้าแปลนความดันภายในกับความดันภายนอกมีความแตกต่างกันน้อย ดังนั้นจึงทำให้น้ำที่มีปริมาณมากซึ่งผสมในสูตรผสมไม่สามารถกลายเป็นไอและระเหยออกมาได้หมดในเวลาที่รวดเร็วที่ผลิตภัณฑ์ผ่านพ้นหน้าแปลน (ศิราพร วิเศษสุรการ และคณะ,2534) จึงทำให้น้ำเหลืออยู่ในโครงสร้างมาก และน้ำที่ระเหยดัน โครงสร้างของวัตถุดิบให้เกิดการพองตัวน้อย การพองตัวจึงไม่สามารถเกิดขึ้นได้ดี

ความกรอบ โปรตีนปลาสกัดมีผลต่อคะแนนเฉลี่ยความกรอบอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ จะเห็นได้ว่าชุดการทดลองที่ไม่เติมฟักทอง เมื่อเพิ่มปริมาณโปรตีนร้อยละ 2 จะมีคะแนนเฉลี่ยความกรอบเพิ่มขึ้นเมื่อเปรียบเทียบกับที่ปริมาณโปรตีนร้อยละ 1 แต่การเติมโปรตีนร้อยละ 3 และ 4 จะมีคะแนนเฉลี่ยความกรอบลดลง ซึ่งมีผลให้ทิศทางทำนองเดียวกับการทดลองของ Yu และคณะ(1981) ผลิตอาการขบเคี้ยวโดยใช้อัตราส่วนของเนื้อปลาต่อแป้งเท่ากับ 20:80 , 30:70, 40:60, 50:50 และ 60:40 พบว่า เมื่อเพิ่มปริมาณโปรตีนทำให้คะแนนเฉลี่ยความกรอบลดลง ยกเว้นชุดการทดลองที่ใช้อัตราส่วนของเนื้อปลาต่อแป้งเท่ากับ 40:60 จะมีคะแนนเฉลี่ยความกรอบสูงสุด แสดงว่าชุดการทดลองที่มีคะแนนเฉลี่ยความกรอบสูงสุดมีปริมาณโปรตีนปลาสกัดที่ให้ความกรอบแข็งของผลิตภัณฑ์ที่พอเหมาะ ทั้งนี้อาจเนื่องจากโปรตีนมีผลต่อการเกิดความกรอบแข็งของอาหารขบเคี้ยว ดังงานวิจัยของพรรณี วงไกรศรีทอง (2530) รายงานว่าการใช้เนื้อปลาเพิ่มขึ้นจะทำให้ข้าวเกรียบที่ทำจากแป้งผสมแต่ละชนิดมีความกรอบแข็งเพิ่มขึ้น การที่เนื้อปลาที่ผลต่อการความแข็งของข้าวเกรียบเกิดจาก เนื้อปลาหุ้มเม็ดแป้งไว้ เม็ดแป้งจึงแตกตัวได้ยาก และจะแข็งตัวเมื่อแห้ง หรืออาจเป็นเพราะปลามีโปรตีนเมื่อถูกทำให้สุกจะแข็งตัว ทั้งสองปัจจัยนี้ทำให้ความแข็งของข้าวเกรียบเพิ่มขึ้น

ส่วนอิทธิพลร่วมของโปรตีนปลาสกัดและฟักทองแห้ง ไม่มีผลต่อความแตกต่างของคะแนนความเฉลี่ยกรอบอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ โดยพบว่าการเติมโปรตีนปลาสกัดร้อยละ 2 จะมีคะแนนเฉลี่ยความกรอบสูงสุดที่ทุกระดับปริมาณฟักทองแห้งแสดงว่าฟักทองแห้งไม่มีผลต่อคะแนนเฉลี่ยความกรอบ

เนื้อสัมผัส พบว่าโปรตีนปลาสกัดไม่ผลต่อเนื้อสัมผัสของผลิตภัณฑ์อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ทั้งนี้ลักษณะเนื้อสัมผัสของอาหารขบเคี้ยวขึ้นอยู่กับสัดส่วนของอะไมโลเพคตินและอะไมโลสที่เหมาะสม และขนาดของเม็ดแป้งกล่าวคือ อะไมโลเพคตินทำให้อาหารขบเคี้ยวพองตัวดี และมีความเปราะ ขณะที่อะไมโลสทำให้อาหารขบเคี้ยวมีการพองตัวต่ำและลักษณะเนื้อแน่นแข็ง และขนาดของเม็ดแป้งมีผลต่อเนื้อสัมผัสของอาหารขบเคี้ยว ถ้าเม็ดแป้งมีขนาดโตก็จะทำให้อาหารขบเคี้ยวมีเนื้อสัมผัสที่กรอบแข็ง เนื่องจากผนังเซลล์โครงสร้างหนา รูอากาศโต แต่ถ้าขนาดเม็ดแป้งของอาหารขบเคี้ยวมีขนาดเล็กจะมีผนังเซลล์โครงสร้างบาง รูอากาศเล็ก จึงมีเนื่อสัมผัสที่กรอบนุ่ม (ประชา บุญญสิริกูล,2540) สำหรับอิทธิพลร่วมของโปรตีนปลาสกัดและฟักทองแห้ง พบว่ามีผลทำให้ลักษณะเนื้อสัมผัสของผลิตภัณฑ์แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ทั้งนี้อาจเกิดจากการเติมฟักทองแห้งและโปรตีนปลาสกัดทำให้ปริมาณของธัญพืชบดในสูตรผสมลดลง ขณะเดียวกันความชื้นของโปรตีนปลาสกัดและฟักทองแห้งค่อนข้างสูง จึงมีผลให้ปริมาณความชื้นของสูตรผสมเพิ่มขึ้นซึ่งอาจทำให้เนื้อสัมผัสของอาหารขบเคี้ยวเกิดการเปลี่ยนแปลง เนื่องจากวัตถุดิบมีความชื้นสูงทำให้อุณหภูมิภายในของเครื่องเอ็กซทรูเดอร์ลดลง จากรายงานของ Chiang และ Johnson (1977) ซึ่งได้แสดงความสัมพันธ์ระหว่างความชื้นกับอุณหภูมิภายในเครื่องเอ็กซทรูเดอร์ว่าการใช้วัตถุดิบที่มีความชื้นค่อนข้างสูงขึ้นมีปริมาณความชื้นอยู่ระหว่างร้อยละ 18-22 ที่อุณหภูมิปานกลางซึ่งประมาณ 88-104 องศาเซลเซียส จะได้ผลิตภัณฑ์ที่มีลักษณะค่อนข้างแข็ง และโครงสร้างของเซลล์เล็ก ซึ่งจากผลการทดลองครั้งนี้จะเห็นได้ว่าชุดการทดลองที่เติมโปรตีนปลาสกัดและฟักทองแห้งจะมีคะแนนเฉลี่ยเนื้อสัมผัสใกล้เคียงและมากกว่าชุดควบคุมหรือชุดการทดลองที่ไม่เติมโปรตีนปลาสกัดและฟักทองแห้ง แสดงว่าเติมโปรตีนปลาสกัดและฟักทองแห้งทำให้เนื้อสัมผัสของอาหารขบเคี้ยวมีความละเอียดขึ้นหรือมีโครงสร้างของเซลล์เล็ก แต่มีความแข็ง ทำให้คะแนนเฉลี่ยเนื้อสัมผัสเพิ่มขึ้นไม่มาก

กลิ่นคาวปลา โปรตีนปลาสกัดมีผลต่อความแตกต่างของคะแนนเฉลี่ยกลิ่นคาวปลาอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ดังจะเห็นได้ว่าชุดการทดลองที่ไม่เติมฟักทองแต่มีการเพิ่มโปรตีนปลาสกัดทำให้กลิ่นคาวปลาของผลิตภัณฑ์เพิ่มขึ้น โดยระดับโปรตีนปลาสกัดร้อยละ 1 กับโปรตีนปลาสกัดร้อยละ 4 จะมีคะแนนเฉลี่ยกลิ่นคาวปลาแตกต่างอย่างชัดเจน ทั้งนี้โปรตีนปลาสกัดที่นำมาผสมในอาหารขบเคี้ยวผลิตจากหัวปลา จึงมีกลิ่นคาวสูงเนื่องจากบริเวณเหงือกและเมือกจะมีจุลินทรีย์ที่สามารถย่อยโปรตีนแล้วทำให้เกิดสารอะมีน แอมโมเนีย แอลกอฮอล์ และ ไนไตรท์ ซึ่งการสะสมของสารเหล่านี้ทำให้เกิดกลิ่นคาวปลา (นงลักษณ์ สุทธิวานิช, 2531) ส่วนอิทธิพลร่วมของโปรตีนปลาสกัดและฟักทองแห้งไม่มีผลกลิ่นคาวปลาของผลิตภัณฑ์แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ

สี โปรตีนปลาสกัดมีผลต่อความแตกต่างของคะแนนเฉลี่ยสีอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ จะเห็นได้ว่าชุดที่ไม่เติมฟักทองแห้ง การเพิ่มประมาณโปรตีนทำให้คะแนนเฉลี่ยสีลดลงอย่างเห็นได้ชัดคือผลิตภัณฑ์จะมีสีคล้ำ ทั้งนี้เนื่องจากโปรตีนปลาสกัดที่ผลิตขึ้นมีสีน้ำตาล นอกจากนี้โปรตีนปลาสกัดยังสามารถทำปฏิกิริยากับน้ำตาลในแป้งหรือฟักทองทำให้เกิดปฏิกิริยาสีน้ำตาลขึ้นด้วย เมื่อได้รับ

อุณหภูมิสูงในกระบวนการเอ็กซทรูชัน แต่อิทธิพลร่วมของโปรตีนปลาสกัดและฟักทองแห้งไม่มีผลต่อสีของผลิตภัณฑ์อย่างมีนัยสำคัญ การเพิ่มปริมาณฟักทองทำให้คะแนนเฉลี่ยสีมีทิศทางที่ไม่แน่นอนเมื่อเปรียบเทียบที่ปริมาณโปรตีนปลาสกัดเดียวกัน ถึงแม้ฟักทองแห้งจะมีสีเหลือง แต่ปริมาณที่เติมน้อยประกอบกับมีส่วนประกอบของน้ำตาลเช่นเดียวกับแป้ง จึงเกิดสีน้ำตาลจากการไหม้ของน้ำตาลเนื่องจากการใช้อุณหภูมิสูงในกระบวนการเอ็กซทรูชัน

จากการวิเคราะห์คุณภาพทางกายภาพและคุณภาพทางประสาทสัมผัสของผลิตภัณฑ์ เมื่อพิจารณาคุณลักษณะของความพอง ความกรอบ และลักษณะเนื้อสัมผัสพบว่าสามารถเพิ่มปริมาณโปรตีนปลาสกัดได้มากกว่าร้อยละ 4 เนื่องจากผลิตภัณฑ์ที่ได้มีคะแนนของคุณลักษณะ ดังกล่าวยังเป็นที่ยอมรับได้ ขณะที่สีของผลิตภัณฑ์สามารถแก้ไขได้โดยการเคลือบแต่มีข้อจำกัดของกลิ่นคาวจึงเลือกชุดการทดลองที่เติมโปรตีนปลาสกัดร้อยละ 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

จากการศึกษาลักษณะทางกายภาพของอาหารขบเคี้ยวเสริมโปรตีนปลา สกัดจะมีค่า A_w (Water activity) เท่ากับ 0.25 ซึ่งมีค่าอยู่ในช่วงการยอมรับได้ดังรายงานของ Katz และ Labuza (1981) รายงานว่าลักษณะเนื้อสัมผัสของอาหารมีความสัมพันธ์กับค่า A_w และค่า A_w อยู่ในช่วง 0.35-0.5 เป็นสภาวะปกติของการเก็บรักษาอาหารขบเคี้ยว หากค่า A_w เกินกว่า 0.5 ลักษณะของเนื้อสัมผัสของผลิตภัณฑ์จะเกิดการเปลี่ยนแปลงเพราะค่า A_w ที่เกิดในช่วงนี้จะมี ผลไปลดแรงยึดเหนียวภายใน เป็นเหตุให้ความกรอบลดลง อัตราการพองตัวมีค่าเท่ากับ 2.96 จากการรายงานของประชา บุญญสิริกุล และคณะ (2539) กำหนดว่าผลิตภัณฑ์ที่ดีควรมีค่าอัตราการพองตัวในช่วง 3.8-4.2 จากการทดลองมีค่าอัตราการพองตัวต่ำกว่าเกณฑ์ อาจเนื่องจากเครื่องเอ็กซทรูเดอร์ที่ใช้มีข้อจำกัด สภาวะที่เหมาะสมกับการทำงานของเครื่องเอ็กซทรูเดอร์ใช้วัตถุดิบที่มีความชื้นร้อยละ 14 และมีอนุภาคหยาบ เช่นข้าวโพดบดหยาบ ซึ่งจะได้ผลิตภัณฑ์ที่มีอัตราการพองตัวสูง แต่จะมีเนื้อสัมผัสที่หยาบ ไม่เป็นที่ยอมรับของผู้บริโภค การทดลองจึงนำธัญพืช เช่น ข้าวเหนียวบด และข้าวโพดบด ที่มีขนาดเล็กแป้งเล็ก ๆ อนุภาคประมาณ 425 ไมครอน มาเป็นส่วนผสม จึงได้ผลิตภัณฑ์ที่มีการพองตัวต่ำ

3.2 คุณภาพของประสาทสัมผัส

จากการทดสอบคุณภาพทางประสาทสัมผัสของผลิตภัณฑ์อาหารขบเคี้ยวเสริมโปรตีนปลาสกัด ดังแสดงในตารางที่ 10 พบว่าคะแนนเฉลี่ยความกรอบมีค่าเท่ากับ 8.4 มีค่าสูงและเป็นระดับที่ยอมรับได้ คะแนนเฉลี่ยของเนื้อสัมผัสมีค่าเท่ากับ 6.5 ผลิตภัณฑ์มีเนื้อสัมผัสไม่หยาบและแข็งมาก อัตราการพองตัวที่ดีอยู่ในช่วง 3.8-4.2 (ประชา บุญญาสิริกูล และคณะ,2539) ผลิตภัณฑ์ที่ได้มีค่าอัตราการพองตัวเท่ากับ 2.96 มีค่าต่ำกว่าเกณฑ์เล็กน้อย แต่ยังเป็นที่ยอมรับ ผลิตภัณฑ์จะมีกลิ่นคาวปลาเล็กน้อย คะแนนการยอมรับของสีผลิตภัณฑ์ค่อนข้างสูง

ตารางที่ 10 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

3.3 คุณภาพทางเคมี

3.3.1 องค์ประกอบทางเคมีของผลิตภัณฑ์

จากการศึกษาองค์ประกอบทางเคมีของผลิตภัณฑ์อาหารขบเคี้ยวเสริมโปรตีนสกัดและอาหารขบเคี้ยวสูตรพื้นฐาน ได้ผลดังตารางที่ 11 พบว่ามีปริมาณโปรตีนร้อยละ 8.58 และ 7.72 ของน้ำหนักแห้งตามลำดับ อาหารขบเคี้ยวเสริมโปรตีนปลาสกัดมีปริมาณโปรตีนเพิ่มขึ้นน้อยเมื่อเทียบกับสูตรพื้นฐาน เนื่องจากมีข้อจำกัดในการเติมโปรตีนสกัดเพราะจะมีผลให้กลิ่นคาวปลาสูงไม่เป็นที่ยอมรับ จากการศึกษาองค์ประกอบทางเคมีของอาหารขบเคี้ยวที่ใช้แป้งเป็นองค์ประกอบและเติมสารปรุงกลิ่นรสชนิดต่าง ๆ ได้แก่ ข้าวเกรียบกุ้ง ขนมอบกรอบรสกุ้ง รสปลาหมึก และรสไก่ ขนมปลาอบกรอบ และปลาเส้น จะมีค่าปริมาณโปรตีนร้อยละ 8.54, 5.85, 5.06, 5.76, 21.55 และ 24.47 ของน้ำหนักแห้งตามลำดับ จะได้ว่าอาหารขบเคี้ยวเสริมโปรตีนปลาสกัดมีปริมาณโปรตีนใกล้เคียงข้าวเกรียบกุ้ง แต่สูงกว่าขนมอบกรอบรสต่างๆ แต่ต่ำกว่าปลาอบกรอบและปลาเส้น ธงชัย สุวรรณสิชณน์ (2535) รายงานว่าอาหารขบเคี้ยวกลิ่นรสเนยเคลือบคาราเมล ประกอบด้วยปริมาณความชื้น และโปรตีนเท่ากับ 2.50 และ 3.90 โดยน้ำหนักตามลำดับ ผลการทดลองแสดงในตารางที่ 15 อาหารขบเคี้ยวเสริมโปรตีนปลาสกัด มีปริมาณความชื้นและโปรตีน เท่ากับ 5.54 และ 8.58 โดยน้ำหนักตามลำดับ พบว่าอาหารขบเคี้ยวเสริมโปรตีนปลาสกัดมีปริมาณโปรตีนสูงกว่าอาหารขบเคี้ยวกลิ่นรสเนยเคลือบคาราเมล สอดคล้องกับงานวิจัยของ ดวงใจ ทิระบาล และนงนุช รักสกุลไทย (2533) ทำข้าวเกรียบปลา โดยใช้สูตรเหมาะสมอัตราส่วนแป้งมันสำปะหลังต่อเนื้อปลา อัตราส่วน 65:35 มีปริมาณโปรตีนร้อยละ 7.42 โดยน้ำหนัก และศิราพร วิเศษสุรการ และคณะ (2534) ศึกษาผลิตภัณฑ์อาหารเช้าพบสูตรแป้งปลายข้าวเจ้าต่อแป้งข้าวโพด อัตราส่วน 60:40 โดยน้ำหนักมีปริมาณความชื้นและโปรตีนเท่ากับ 5.0 และ 3.63 โดยน้ำหนัก ตามลำดับ

ตารางที่ 11 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 ชนิดและปริมาณกรดอะมิโนของผลิตภัณฑ์ จากตารางที่ 12 แสดง ให้เห็นชนิดและปริมาณของกรดอะมิโนของผลิตภัณฑ์อาหารขบเคี้ยวเสริมโปรตีนสกัด พบว่าปริมาณกรดอะมิโนจำเป็นต่อร่างกาย คือ ไอโซลูซีน ลูซีน ไลซีน และทรีโอนีน จะมีค่าสูงกว่าอาหารขบเคี้ยวสูตรพื้นฐานปริมาณเล็กน้อย 3.0 2.0 8.0 และ 3.0 มิลลิกรัมต่อโปรตีน 1 กรัม ตามลำดับ สมชาย ประภาชัย และคณะ (2534) ผลิตข้าวเกรียบเสริมโปรตีนด้วยแป้งถั่วเหลืองชนิดไขมันเต็ม และแป้งถั่วลิสงพร่องมันเนย พบว่าผลิตภัณฑ์อาหารเสริมโปรตีนปลาสกัด มีปริมาณไอโซลูซีน ลูซีน เมทไธโอนีนรวมซิสตีน ทรีโอนีน และทารีนสูงกว่า เมื่อเปรียบเทียบกับงานวิจัยของ ประชา บุญญสิริกูล (2539) ซึ่งผลิตอาหารขบเคี้ยวจากถั่วเหลืองพบว่าผลิตภัณฑ์อาหารขบเคี้ยวเสริมโปรตีนปลาสกัดจะมีปริมาณลูซีน เมธไธโอนีนรวมซีสติน และทรีโอนีน สูงกว่า และมีปริมาณไอโซลูซีน และวารีนใกล้เคียงกัน ถึงแม้ว่าปริมาณโปรตีนปลาสกัดที่เติมในอาหาร ขบเคี้ยวจะใช้ปริมาณน้อย เนื่องจากมีข้อจำกัดของกลิ่นคาวปลา พิจารณาปริมาณไลซีน และฟินิลอะลานีนรวมไธโรซีน จะมีปริมาณต่ำกว่า จากสูตรพื้นฐานและงานวิจัยสองเรื่องที่ได้กล่าวไว้ แต่มีปริมาณฟินิลอะลานีนรวมไธไรซีน มีปริมาณสูงกว่าข้อกำหนดมาตรฐานของ FAO/WHO (1973)

3.3.3 วิตามิน

ปริมาณเบต้า-แคโรทีน วิตามินบี 1 และบี 2 ของผลิตภัณฑ์อาหารขบเคี้ยวเสริมโปรตีนปลาสกัดและสูตรพื้นฐาน แสดงผลดังตารางที่ 12 พบว่าอาหารขบเคี้ยวเสริมโปรตีนสกัดมีปริมาณเบต้า-คาโรทีนสูงกว่าอาหารขบเคี้ยวสูตรพื้นฐาน เนื่องจากมีการเติมส่วนผสมของข้าวโพดและฟักทองแห้งในอาหารขบเคี้ยวเสริมโปรตีนสกัด ดังข้อมูลของกองโภชนาการ (2535) รายงานว่าข้าวโพดและฟักทองมีวิตามินเอ เท่ากับ 42 และ 3266 หน่วยสากลต่อ 100 กรัมตัวอย่าง แต่ธัญพืชได้แก่ ข้าวเจ้า ข้าวเหนียว และพืชหัว ได้แก่ มันสำปะหลัง ไม่พบวิตามินเอ พืชตระกูลถั่ว ได้แก่ ถั่วลิสง ถั่วแดงเม็ดมะม่วงหิมพานต์ และพืชหัง ได้แก่ เผือก มันฝรั่ง และมันแกว จะพบวิตามินเอ แต่ปริมาณต่ำกว่าที่พบในผลิตภัณฑ์อาหารขบเคี้ยวเสริมโปรตีนสกัด เมื่อพิจารณาปริมาณวิตามินบี 1 และ บี 2 เปรียบเทียบกันระหว่างอาหารขบเคี้ยวเสริมโปรตีนปลาสกัดกับสูตรพื้นฐาน พบว่าปริมาณบี 1 ต่ำกว่าสูตรพื้นฐาน แต่ปริมาณวิตามินบี 2 จะเพิ่มขึ้น 3 เท่า จากสูตรพื้นฐาน เปรียบเทียบกับงานวิจัยของ ศิราพร วิเศษสุรการ และคณะ (2534) ศึกษาการใช้ปลายข้าวในผลิตภัณฑ์อาหารเช้า จากสูตรที่เหมาะสมมีวิตามินบี 1

และบี 2 เท่ากับ 20.0 และ 20.0 ไมโครกรัมต่อ 100 กรัม ตัวอย่างตามลำดับ และผลิตภัณฑ์เส้นบะหมี่และเส้นหมี่ ซึ่งไม่พบวิตามินบี 1 และบี 2 ในผลิตภัณฑ์ (กองโภชนาการ, 2535)

ตารางที่ 12 ปริมาณกรดอะมิโน (มิลลิกรัมต่อ 1 กรัมโปรตีน)ของโปรตีนปลาสกัด อาหารขบเคี้ยวจากถั่วเขียว สูตรพื้นฐาน และสูตรเสริมโปรตีนปลาสกัดและมาตรฐานของ FAO/WHO (1973)

กรดอะมิโน	โปรตีนปลาสกัดจากหัวปลาทูน่า[1] (มก.ต่อกรัมของโปรตีน)	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 บุญญสิริกุล (2539)

[3] ไม่รวมซีสติน

[4] ไม่รวมไธโรซีน

ตารางที่ 13 ปริมาณวิตามินของอาหารขบเคี้ยวสูตรพื้นฐานและสูตรเสริมโปรตีนปลาสกัด

วิตามิน	อาหารขบเคี้ยว	
	สูตรพื้นฐาน	สูตรเสริมโปรตีนปลาสกัด
- เบต้า-คาโรทีน (หน่วยสากลต่อ 100 กรัม)	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

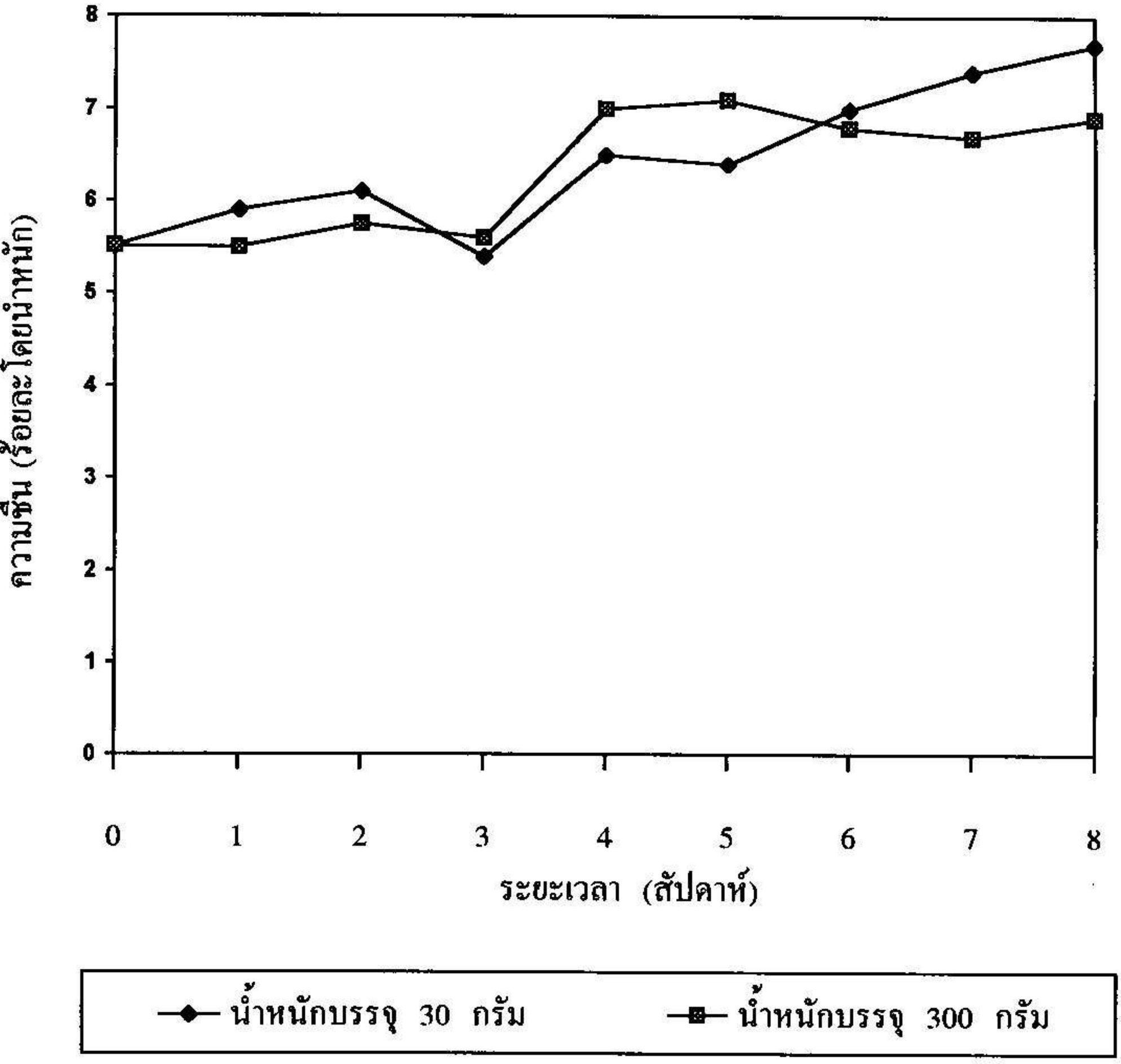
4. การเปลี่ยนแปลงคุณภาพของผลิตภัณฑ์อาหารขบเคี้ยวเสริมโปรตีนปลาสกัดระหว่างการเก็บรักษา

4.1 คุณภาพทางกายภาพและทางเคมี

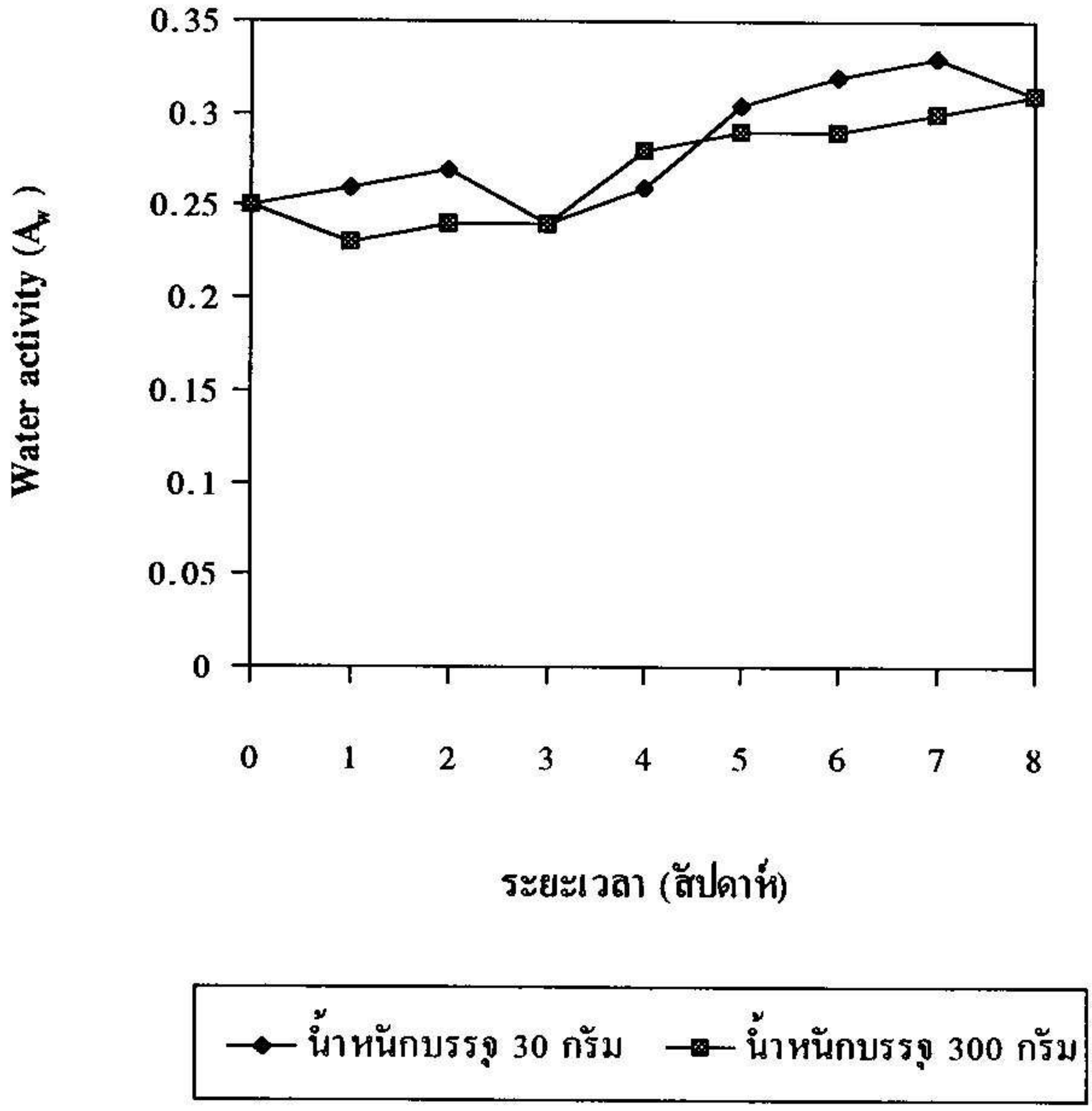
จากการศึกษาปริมาณความชื้นและค่า A_w ของผลิตภัณฑ์อาหารขบเคี้ยวเสริมโปรตีนปลาสกัด ระหว่างการเก็บรักษา 8 สัปดาห์ ได้ผลดังภาพที่ 11 และ 12 วิเคราะห์ผลทางสถิติ พบว่าน้ำหนักที่บรรจุระยะเวลาในการเก็บรักษาและอิทธิพลร่วมของปัจจัยทั้งสอง จะมีผลต่อความชื้นและค่า A_w อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ เมื่อระยะเวลาการเก็บรักษาตัวอย่างเพิ่มขึ้น จะมีผลให้ปริมาณความชื้นและค่า A_w เพิ่มขึ้นพบว่าตัวอย่างที่บรรจุน้ำหนัก 30 กรัม มีปริมาณความชื้นและค่า A_w เพิ่มขึ้นมากกว่าตัวอย่างที่บรรจุน้ำหนัก 300 กรัม อาจเกิดจากการทดลองครั้งนี้ไม่ได้ควบคุมอัตราส่วนของพื้นที่ภาชนะต่อน้ำหนักตัวอย่าง ตัวอย่างที่บรรจุ 30 กรัม บรรจุในถุงเมททัลไลซ์ ขนาด 17x19 ตารางเซนติเมตร ตัวอย่างที่บรรจุ 300 กรัม ใช้ถุงขนาด 32x32 ตารางเซนติเมตร อัตราส่วนพื้นที่ของภาชนะบรรจุต่อน้ำหนักตัวอย่างที่บรรจุ 30 กรัม จะสูงกว่า จึงมีพื้นที่ว่างมากกว่า ตัวอย่างสามารถดูดซับความชื้นจากอากาศได้มากกว่า ส่วนค่า A_w ของตัวอย่างบรรจุ 30 และ 300 กรัม หลังการเก็บรักษา 2 เดือน มีค่าเท่ากับ 0.34 และ 0.31 ตามลำดับมีค่าใกล้เคียงกัน ไม่มีความแตกต่างทางสถิติ อยู่ในช่วงการยอมรับค่า A_w เท่ากับ 0.30 - 0.50 เป็นช่วงสภาวะปกติของการเก็บรักษาอาหารขบเคี้ยว ถ้าค่า A_w อาหารขบเคี้ยวสูงกว่า 0.5 ผลิตภัณฑ์จะเกิดการเปลี่ยนแปลงลักษณะและไม่เป็นที่ยอมรับของผู้บริโภค Katz และ Labuza (1981)

จากการศึกษาค่าทีบีเอของผลิตภัณฑ์อาหารขบเคี้ยวเสริมโปรตีนปลาสกัดระหว่างการเก็บรักษา 2 เดือน ได้ผลดังภาพที่ 13 พบว่า น้ำหนักบรรจุระยะเวลาการเก็บรักษา และอิทธิพลร่วมของปัจจัยทั้งสอง มีผลให้ค่าทีบีเอเพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ จากการเปรียบเทียบตัวอย่างชนิดเดียวกันมีขนาดน้ำหนักบรรจุเท่ากัน จะเห็นว่าที่ระยะเวลาการเก็บรักษาเพิ่มขึ้นค่าทีบีเอจะเพิ่มขึ้นเห็นได้จากช่วงสัปดาห์ที่ 1-3 หลังจากสัปดาห์ที่ 4 เป็นต้นไป ค่าทีบีเอจะมีแนวโน้มคงที่ เมื่อศึกษาเปรียบเทียบตัวอย่างที่มีน้ำหนักบรรจุ 30 และ 300 กรัม ตลอดระยะการเก็บรักษา 8 สัปดาห์ จะพบว่าสัปดาห์ที่ 1-5

ตัวอย่างที่บรรจุน้ำหนัก 30 กรัม จะมีค่าทีบีเอสูงกว่าตัวอย่างที่บรรจุน้ำหนัก 300 กรัม เมื่อสัปดาห์ที่ 5-8 ตัวอย่างที่บรรจุน้ำหนัก 300 กรัม จะมีค่าทีบีเอสูงกว่า ตัวอย่างที่บรรจุน้ำหนัก 30 กรัม เล็กน้อย ค่าทีบีเอของตัวอย่างที่บรรจุน้ำหนัก 30 กรัม และ 300 กรัม มีค่าทีบีเอเท่ากับ 5.92 และ 6.14 มิลลิกรัมมาโลนอลดีไฮด์ตามลำดับ จะเห็นได้ว่าระหว่างระยะเวลาการเก็บผลิตภัณฑ์จะมีการเปลี่ยนแปลงค่าทีบีเอเพียงเล็กน้อย เนื่องจากค่าทีบีเอเป็นผลมาจากการเกิดปฏิกิริยาออกซิเดชันของผลิตภัณฑ์ ผลิตภัณฑ์จากการทดลองนี้มีปริมาณไขมันเป็นส่วนประกอบน้อยจึงทำให้ค่าทีบีเอเปลี่ยนแปลงน้อย

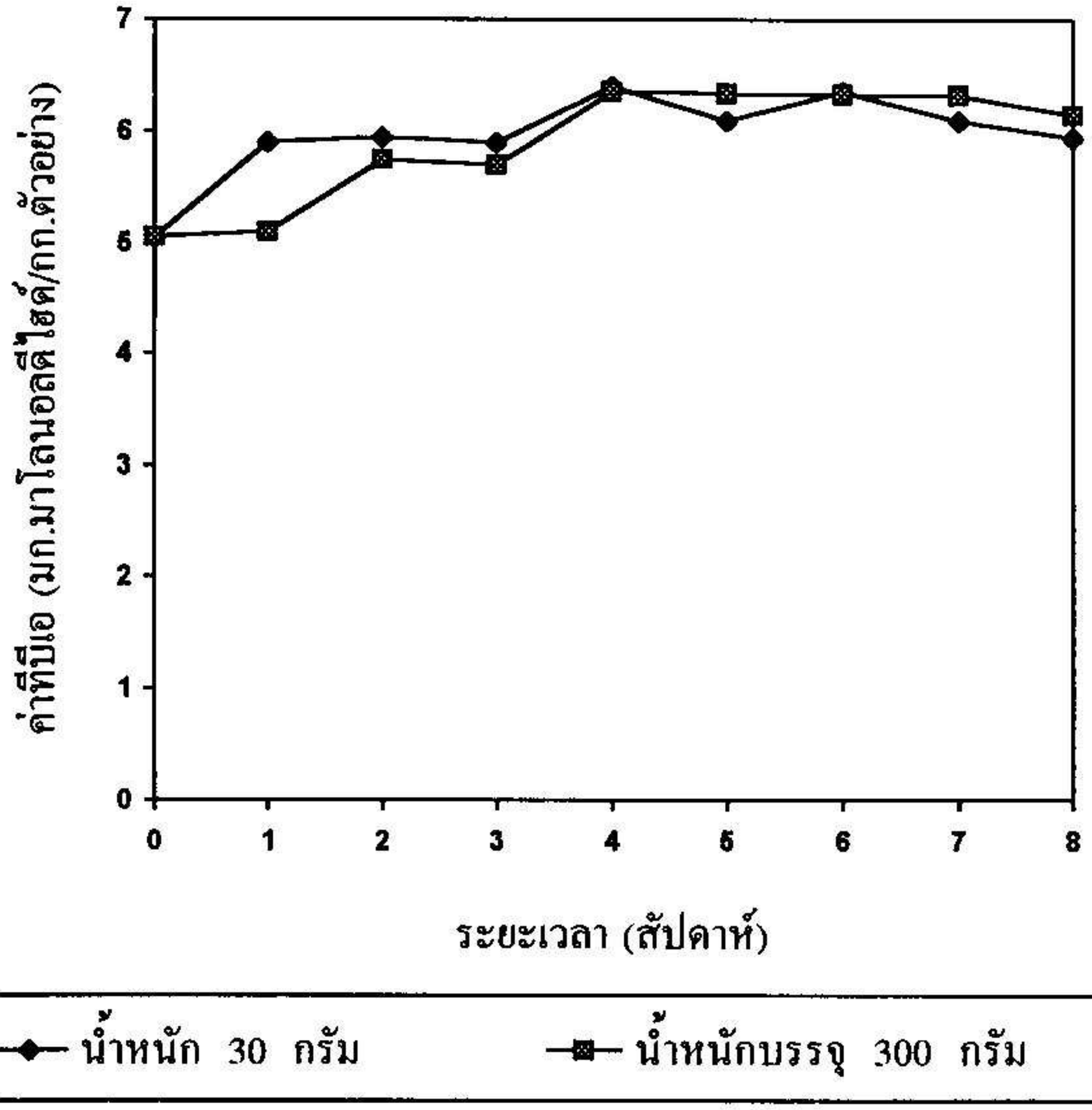


ตารางที่ 7 การเปลี่ยนแปลงความชื้นของผลิตภัณฑ์อาหารขบเคี้ยวเสริมโปรตีนปลาสกัดที่เก็บรักษาในถุงเมททัลไลซ์ บรรจุน้ำหนัก 30 และ 300 กรัม ตั้งแต่สัปดาห์ที่ 0 ถึงสัปดาห์ที่ 8



ภาพที่ 8 การเปลี่ยนแปลงค่า Water activity ของผลิตภัณฑ์อาหารขบเคี้ยวเสริมโปรตีนปลาสกัดที่เก็บรักษาในถุงเมททัลไลซ์บรรจุน้ำหนัก 30 และ 300 กรัม ตั้งแต่สัปดาห์ที่ 0 ถึงสัปดาห์ที่ 8

ภาพที่ 9 การเปลี่ยนแปลงค่าทีบีเอของผลิตภัณฑ์อาหารขบเคี้ยวเสริมโปรตีนปลาสกัดที่เก็บรักษาในถุงเมททัลไลซ์ บรรจุน้ำหนัก 30 และ 300 กรัม ตั้งแต่สัปดาห์ที่ 0 ถึงสัปดาห์ที่ 8



ภาพที่ 9 การเปลี่ยนแปลงค่าทีบีเอของผลิตภัณฑ์อาหารขบเคี้ยวเสริมโปรตีนปลาสกัดที่เก็บรักษาในถุงเมททัลไลซ์ บรรจุน้ำหนัก 30 และ 300 กรัม ตั้งแต่สัปดาห์ที่ 0 ถึงสัปดาห์ที่ 8

4.2 คุณภาพทางประสาทสัมผัส

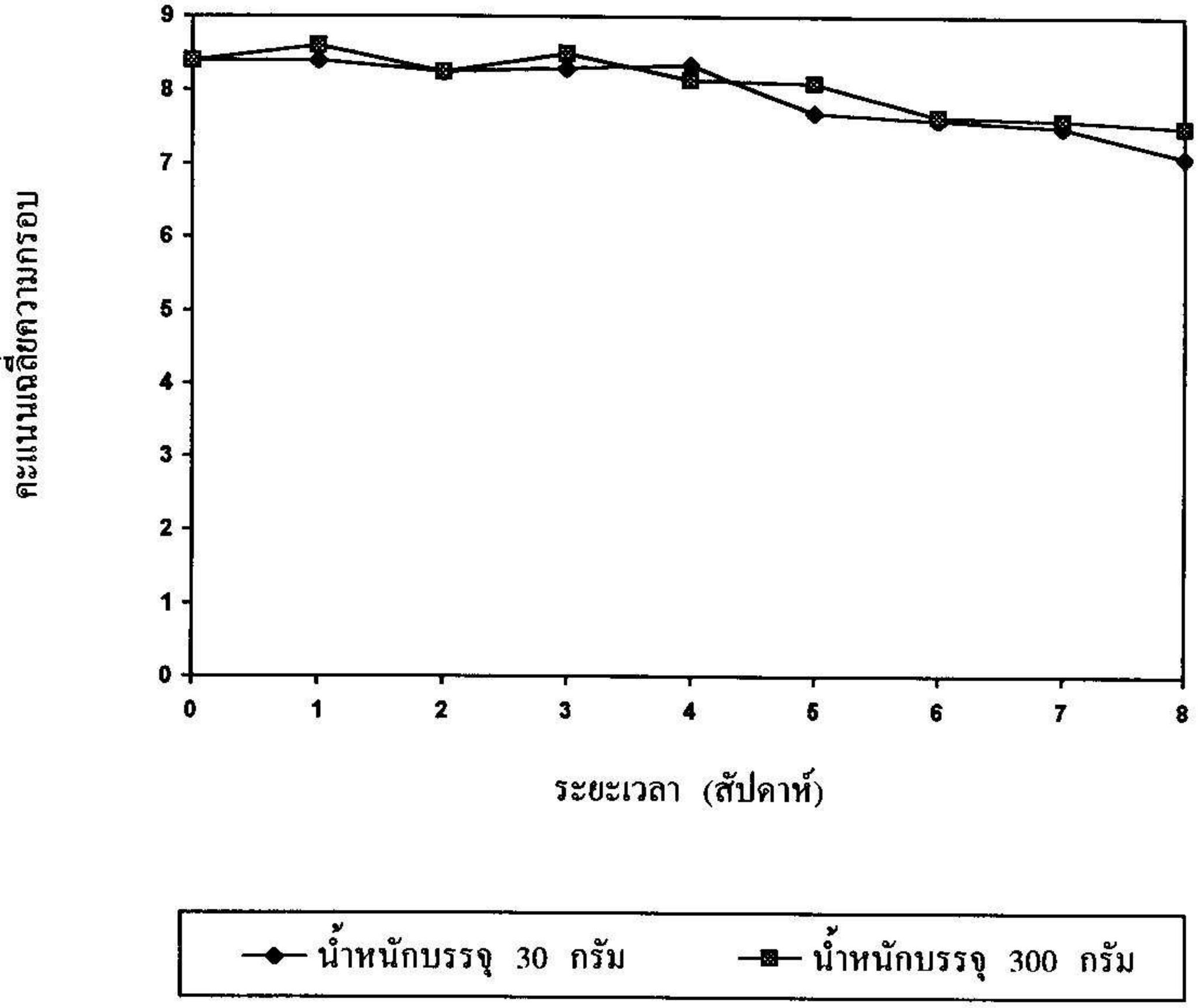
ความกรอบ คะแนนเฉลี่ยของความกรอบ ของผลิตภัณฑ์อาหารขบเคี้ยวเสริมโปรตีนปลาสกัด ระหว่างการเก็บรักษาได้ผลดังภาพที่ 14 พบว่าระยะเวลาการเก็บรักษา มีผลต่อความแตกต่างของคะแนนเฉลี่ยความกรอบอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ แต่น้ำหนักที่บรรจุ และอิทธิพลร่วมของเวลาและน้ำหนักไม่มีผลต่อความแตกต่างของคะแนนเฉลี่ยความกรอบอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ กล่าวคือตัวอย่างทั้งสองชุดการทดลองจะมีคะแนนเฉลี่ยความกรอบไกล้เคียงกันและมีการเปลี่ยนแปลงของคะแนนเฉลี่ยความกรอบไปในทิศทางเดียวกัน โดยเมื่อเปรียบเทียบตัวอย่างจากการบรรจุในปริมาณน้ำหนักเท่ากัน ระยะเวลาเก็บรักษาเพิ่มขึ้นคะแนนเฉลี่ยความกรอบของตัวอย่างลดลง ซึ่งมีการเปลี่ยนแปลงตามความชื้นและค่า A_w สัปดาห์ที่ 8 ตัวอย่างจากการบรรจุน้ำหนัก 30 กรัม และ 300 กรัม มีคะแนนเฉลี่ยความกรอบเท่ากับ 6.96 และ 7.36 ตามลำดับ ซึ่งอยู่ในเกณฑ์ที่ยอมรับได้

กลิ่นคาวปลา คะแนนเฉลี่ยของกลิ่นคาวปลาของผลิตภัณฑ์อาหารขบเคี้ยวเสริมโปรตีนปลาสกัด ระหว่างการเก็บรักษาได้ผลดังภาพที่ 15 พบว่า ระยะเวลาการเก็บรักษามีผลต่อความแตกต่างของคะแนนเฉลี่ยของกลิ่นคาวปลาอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ แต่น้ำหนักที่บรรจุและอิทธิพลร่วมของเวลาและน้ำหนักไม่มีผลต่อความแตกต่างของคะแนนเฉลี่ยของกลิ่นคาวปลาอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ กล่าวคือตัวอย่างทั้งสองชุดการดลองมีคะแนนเฉลี่ยของกลิ่นคาวปลาใกล้เคียงกันและมีการเปลี่ยนแปลงของคะแนนเฉลี่ยกลิ่นคาวปลาของไปในทิศทางเดียวกัน โดยเมื่อเปรียบเทียบตัวอย่างจากการบรรจุในปริมาณน้ำหนักเท่ากัน สัปดาห์ที่ 1 คะแนนเฉลี่ยกลิ่นคาวปลามีค่าลดลง ทั้งนี้เกิดจากการของสารที่ก่อให้เกิดกลิ่นคาวปลาออกระเหยจากผลิตภัณฑ์ และหลังจากนั้นคะแนนเฉลี่ยกลิ่นคาวปลาเพิ่มขึ้นเมื่อเวลาการเก็บรักษาเพิ่มขึ้นเนื่องจากเกิดเปลี่ยนแปลงของโปรตีน หรือเกิดจากการออกซิเดชันของไขมันที่เหลืออยู่ในผลิตภัณฑ์ ทั้งนี้กลิ่นคาวปลาของผลิตภัณฑ์โปรตีนปลาสกัดมีอิทธิพลมาจากไขมัน และสารประกอบโมเลกุลต่ำ เช่น ไตรเมทิลลามี 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

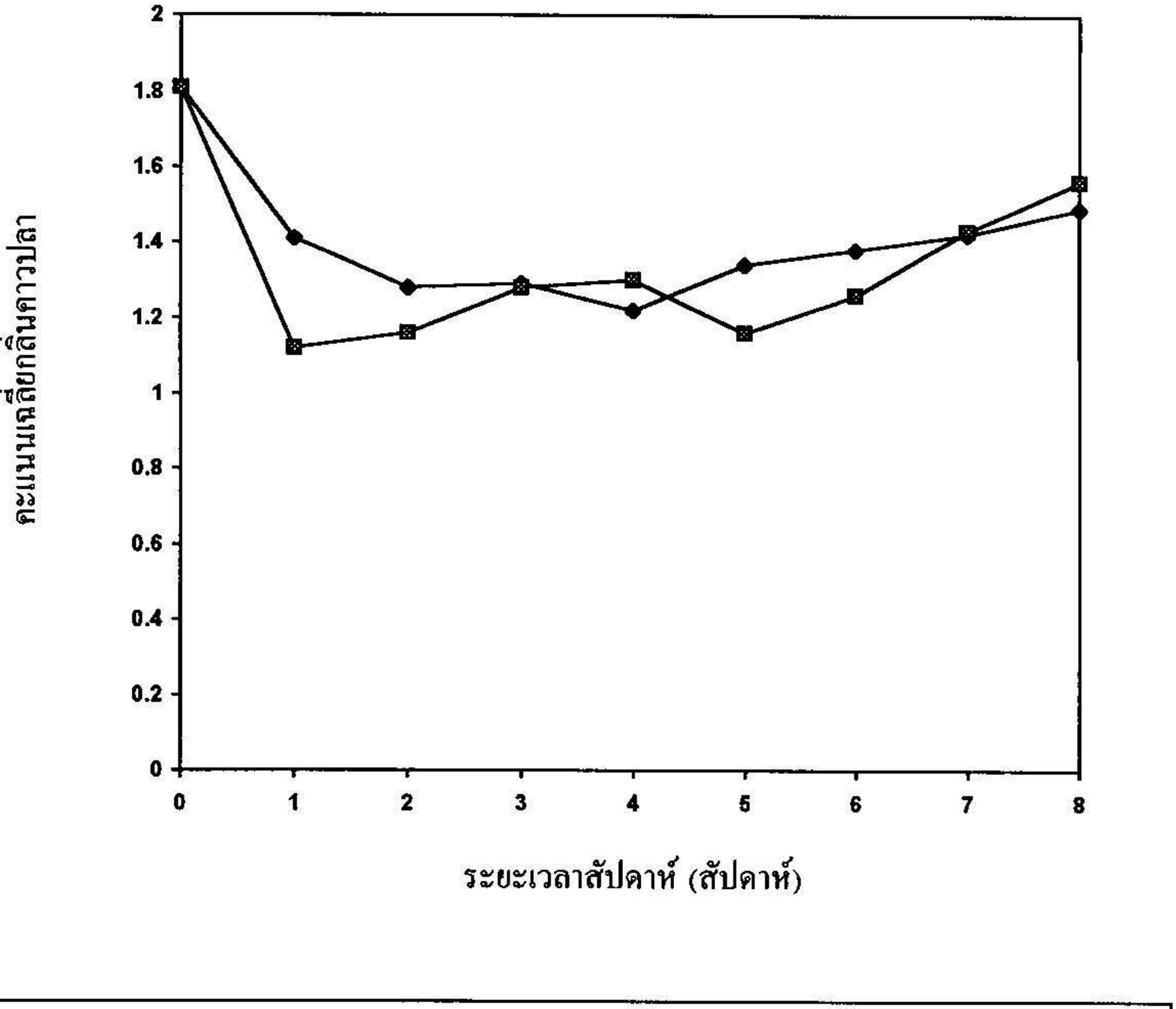
สี คะแนนเฉลี่ยของสีของผลิตภัณฑ์อาหารขบเคี้ยวเสริมโปรตีนปลาสกัด ระหว่างการเก็บรักษาได้ผลดังภาพที่ 16 พบว่า ระยะเวลาการเก็บรักษาต่อน้ำหนักที่บรรจุ และอิทธิพลร่วมของปัจจัยทั้งสอง ไม่มีผลต่อความแตกต่างของคะแนนเฉลี่ยของสีอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ โดยตัวอย่างจากการบรรจุน้ำหนัก 30 กรัม และ 300 กรัม มีคะแนนเฉลี่อยู่ในช่วง 7.11-7.87 และ 7.11 - 7.78 ตามลำดับ และสัปดาห์ที่ 8 มีคะแนนเฉลี่ยสีเท่ากับ 7.12 และ 7.33 ตามลำดับ ซึ่งเป็นคะแนนที่ผลิตภัณฑ์มีสีเหลืองยังเป็นที่ยอมรับของผู้บริโภค จึงอยู่ในเกณฑ์ที่ ยอมรับได้

การยอมรับรวม คะแนนเฉลี่ยของการยอมรับรวมของผลิตภัณฑ์อาหารขบเคี้ยวเสริมโปรตีนปลาสกัดระหว่างการเก็บรักษาได้ผลดังภาพที่ 17 พบว่าระยะเวลาการเก็บรักษามีผลต่อความแตกต่างของคะแนนเฉลี่ยของการยอมรับรวมอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ โดยเมื่อเปรียบเทียบตัวอย่างจากการบรรจุในปริมาณน้ำหนักเท่ากันเมื่อระยะเวลาการเก็บรักษาเพิ่มขึ้นคะแนนเฉลี่ยการยอมรับรวมลดลง โดยเฉพาะสัปดาห์ที่ 7 และ 8 แต่น้ำหนักที่บรรจุ และอิทธิพลร่วมของปัจจัยทั้งสอง ไม่มีผลต่อความแตกต่างของคะแนนเฉลี่ยการยอมรับรวมอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ กล่าวคือ ตัวอย่างทั้งสองชุดการทดลองมีคะแนนเฉลี่ยการยอมรับรวมใกล้เคียงกันและมีการเปลี่ยนแปลงของคะแนนเฉลี่ยการ ยอมรับรวมไปในทิศทางเดียวกัน

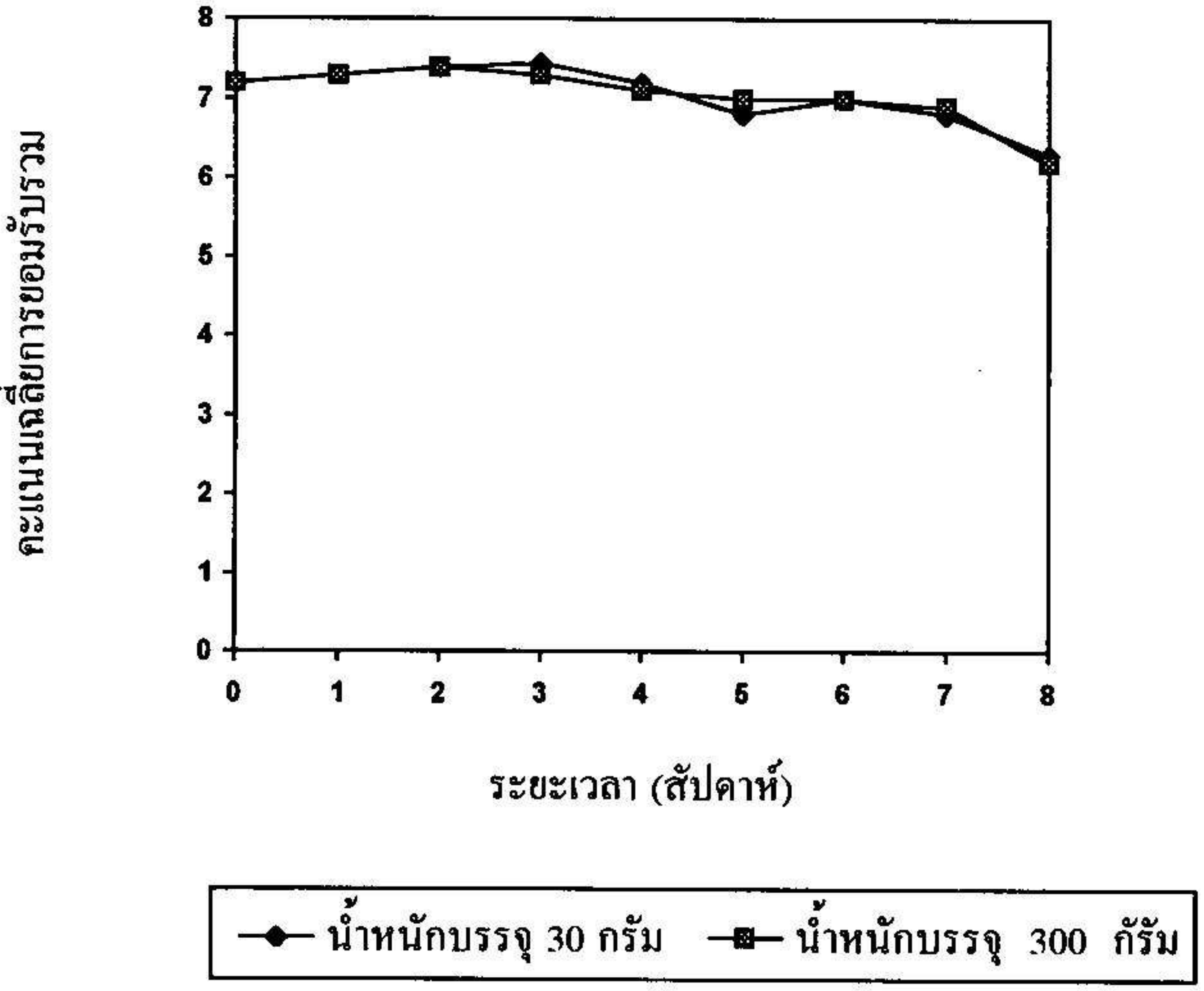
ผลการตรวจสอบคุณภาพทางกายภาพ เคมี และทางประสาทสัมผัส พบว่าคุณภาพทั้งสามจะมีความสัมพันธ์กันระหว่างการเก็บรักษา จะเห็นได้ว่าการเปลี่ยนแปลงคะแนนเฉลี่ยของความกรอบให้ผลทิศตรงกันข้ามกับการเปลี่ยนแปลงของความชื้นและค่า A_w คือความกรอบจะลดลงเมื่อความชื้นและค่า A_w เพิ่มขึ้น ทั้งเมื่อความชื้นจะเพิ่มขึ้นทำให้เนื้อสัมผัสของผลิตภัณฑ์นิ่มจึงต้องใช้แรงในการทำให้ผลิตภัณฑ์แตกหักเพิ่มขึ้น (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 ประชา บุญญสิริกูล และคณะ(2539) รายงานว่า ผลิตภัณฑ์อาหารขบเคี้ยวจากถั่วเขียวบรรจุในถุงชนิด OPP/Metallized PP หรือ OPP/Metallized PET สามารถเก็บรักษาที่อุณหภูมิห้องได้นานกว่า 3 เดือน



ภาพที่ 10 การเปลี่ยนแปลงคะแนนเฉลี่ยความกรอบของผลิตภัณฑ์อาหารขบเคี้ยวเสริมโปรตีนปลาสกัดที่เก็บรักษาในถุงเมททัลไลซ์บรรจุน้ำหนัก 30 และ 300 กรัม ตั้งแต่สัปดาห์ที่ 0 ถึงสัปดาห์ที่ 8



ภาพที่ 11 การเปลี่ยนแปลงคะแนนเฉลี่ยกลิ่นคาวปลาของผลิตภัณฑ์อาหารขบเคี้ยวเสริมโปรตีนปลาสกัด ที่เก็บรักษาในถุงเมททัลไลซ์บรรจุน้ำหนัก 30 และ 300 กรัม ตั้งแต่สัปดาห์ที่ 0 ถึงสัปดาห์ที่ 8



ภาพที่ 12 การเปลี่ยนแปลงคะแนนเฉลี่ยการยอมรับรวมของผลิตภัณฑ์อาหารขบเคี้ยวเสริม โปรตีนปลาสกัดที่เก็บรักษาในถุงเมททัลไลซ์บรรจุน้ำหนัก 30 และ 300 กรัม ตั้งแต่สัปดาห์ที่ 0 ถึงสัปดาห์ที่ 8

5. ผลิตภัณฑ์อาหารขบเคี้ยวเสริมโปรตีนสกัดเคลือบน้ำผึ้ง

51 คุณลักษณะทางกายภาพของอาหารขบเคี้ยวเสริมโปรตีนปลาสกัดเคลือบน้ำผึ้ง

5.1.1 ผลจากการศึกษาค่า Cutting force ของอาหารขบเคี้ยวเสริมโปรตีนปลาสกัดเคลือบน้ำผึ้งที่ระดับความเข้มข้นต่าง ๆ แสดงผลดังตารางที่ 14

ตารางที่ 14 ค่า Cutting force และค่า A_w ของอาหารขบเคี้ยวเสริมโปรตีนปลาสกัดเคลือบน้ำผึ้งเริ่มต้น

ลักษณะ	ความเข้มข้นน้ำผึ้ง (องศาบริกซ์)						
	0	25	30	35	40	45	50
ting force	1.07±0.06	1.15±0.01	1.27±0.12	1.33±0.12	1.44±0.19	1.55±0.12	1.61±0.14
	0.153±0.001	0.162±0.002	0.167±0.001	0.172±0.001	0.175±0.003	0.183±0.002	0.194±0.0

จากการศึกษาอาหารขบเคี้ยวเสริมโปรตีนปลาสกัดเคลือบน้ำผึ้งที่ระดับความเข้มข้น 0 25 30 35 40 45 และ 50 องศาบริกซ์ พบว่าค่า Cutting forceที่บอกลักษณะเนื้อสัมผัสของผลิตภัณฑ์จะมีค่าเพิ่มขึ้นตามระดับความเข้มข้นของน้ำผึ้งที่ใช้เคลือบ ตัวอย่างที่เคลือบน้ำผึ้งเข้มข้น 45 และ 50 องศาบริกซ์ จะมีค่าสูงกว่าช่วงยอมรับได้เล็กน้อย อาจเกิดจากที่ระดับความเข้มข้นน้ำผึ้งสูง มีน้ำในอัตราส่วนต่ำ จึงทำให้ผลิตภัณฑ์ดูดความชื้นจากภายนอกทำให้ค่า cutting force สูงขึ้น ค่า cutting force ของอาหารขบเคี้ยวเท่ากับ 1.060-1.517 กิโลกรัม เป็นช่วงที่ยอมรับได้ (ฤทัยพันธ์ ศิรพล, 2537)

ค่า A_w ของผลิตภัณฑ์อาหารขบเคี้ยวเคลือบน้ำผึ้ง เพิ่มขึ้นตามความเข้มข้นของน้ำผึ้งที่ใช้เคลือบ ตัวอย่างที่เคลือบน้ำผึ้งเข้มข้น 25 30 35 และ 40 องศาบริกซ์ มีค่า A_w ไม่สูง เนื่องจากมีความเข้มข้นน้ำผึ้งต่ำมีน้ำเป็นองค์ประกอบในอัตราส่วนสูง จึงไม่เกิดการดูดความชื้นจากภายนอก ค่า A_w เท่ากับ 0.5 เป็นค่าที่ยอมรับของผู้บริโภค (Katz and Labula, 1981) ซึ่งค่า A_w ของตัวอย่างที่ทุกระดับความเข้มข้นของน้ำผึ้งอยู่ในเกณฑ์ยอมรับได้

5.2 ผลการทดสอบทางประสาทสัมผัสของอาหารขบเคี้ยวเสริมโปรตีนปลาสกัด

ตารางที่ 15 คะแนนเฉลี่ยการยอมรับด้านความกรอบ ความหวาน กลิ่นน้ำผึ้ง และกลิ่นคาวปลา

ความเข้มข้นน้ำผึ้ง (องศาบริกซ์)	คะแนนเฉลี่ย			
	ความกรอบ	ความหวาน	กลิ่นน้ำผึ้ง	กลิ่นคาวปลา
0	6.24^{c}	0.53^{a}	0.1^{a}	2.91^{c}
25	4.48^{a}	1.81^{a}	2.80^{ab}	1.37^{ab}
30	5.02^{ab}	2.93^{ab}	3.89^{ab}	1.20^{ab}
35	5.02^{ab}	3.82^{ab}	4.83^{ab}	0.98^{ab}
40	5.51^{c}	5.01^{c}	5.05^{c}	0.72^{a}
45	5.01^{ab}	5.30^{c}	5.42^{c}	0.62^{a}
50	4.91^{ab}	5.79^{c}	5.68^{c}	0.38^{a}

หมายเหตุ ตัวอักษร a, ab, c ที่เหมือนกันในแนวตั้งเดียวกันไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ ($P<0.05$)

จากตารางที่ 15 แสดงให้เห็นว่าตัวอย่างที่ไม่เคลือบน้ำผึ้ง จะได้รับคะแนนการยอมรับด้านความกรอบจากผู้บริโภคสูงสุด และผลไม่แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญกับตัวอย่างที่เคลือบน้ำผึ้งเข้มข้น 40 องศาบริกซ์ อาจเนื่องจากตัวอย่างที่เคลือบน้ำผึ้งที่มีความเข้มข้นต่ำจะมีอัตราส่วนน้ำสูง และตัวอย่างที่เคลือบน้ำผึ้งที่มีความเข้มข้นสูงจะมีอัตราส่วนน้ำต่ำจึงเกิดการดูดความชื้นจากภายนอก เป็นสาเหตุให้ความกรอบลดลง เนื่องจากแรงยึดเหนี่ยวระหว่างคาร์โบไฮเดรตเกาะเป็นตาข่ายด้วย พันธะไฮโดรเจน และแรงวันเดอร์วาล ทำให้แป้งจัดรูปเป็น Crystaline -like zone ถูกทำลาย น้ำจะเป็นสาเหตุทำให้แรงยึดเหนี่ยวโมเลกุลเหล่านี้ลดลง (Katz and Labuz, 1981)

ส่วนคะแนนการยอมรับด้านความหวาน กลิ่นน้ำผึ้ง และกลิ่นคาวปลา พบว่า ที่ระดับความเข้มข้น 50 องศาบริกซ์ จะมีคะแนนเฉลี่ยของความหวานไม่แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญกับตัวอย่างที่เคลือบน้ำผึ้งเข้มข้น 40 องศาบริกซ์ กลิ่นน้ำผึ้งจะมีค่าเพิ่มขึ้นตามความเข้มข้นของน้ำผึ้ง ที่ระดับความเข้มข้น 50 องศาบริกซ์มีคะแนนกลิ่นน้ำผึ้งสูงสุดแต่ผลไม่แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญกับตัวอย่างที่เคลือบน้ำผึ้งเข้มข้น 40 องศาบริกซ์ ส่วนกลิ่นคาวปลาจะมีคะแนนเฉลี่ยลดลงกับความเข้มข้นน้ำผึ้ง เนื่องจากความเข้มข้นสูง กลิ่นของน้ำผึ้งจะไปเจือจางกลิ่นคาวปลา ทำให้กลิ่นของผลิตภัณฑ์มีการยอมรับได้ที่ความเข้มข้นสูง กลิ่นคาวปลาที่ความเข้มข้น 50 องศาบริกซ์ มีค่าเฉลี่ยน้อยสุด แต่ผลที่ได้ไม่แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญกับตัวอย่างที่เคลือบน้ำผึ้งเข้มข้น 40 องศาบริกซ์

จากการทดลองจะเห็นได้ว่าที่ระดับความเข้มข้นน้ำผึ้ง 40 องศาบริกซ์ ได้รับการยอมรับทุกคุณลักษณะ จึงเหมาะสมที่จะใช้ความเข้มข้นนี้เคลือบอาหารขบเคี้ยวเสริมโปรตีนปลาสกัดและเมื่อเก็บบรรจุในถุงเมททัลไลซ์ และอลูมิเนียมฟอล์ยเก็บรักษาที่อุณหภูมิห้องเป็นเวลา 30 วัน พบว่าค่า Cutting force และค่า A_w ยังอยู่ในเกณฑ์ยอมรับผลการทดสอบทางประสาทสัมผัสด้านความกรอบมีค่าเพิ่มขึ้นเล็กน้อย ส่วนความหวาน กลิ่นน้ำผึ้ง และกลิ่นคาวปลาลดลง แต่ยังอยู่ในเกณฑ์ที่ผู้บริโภคยอมรับได้

สรุป

การเตรียมโปรตีนปลาสกัด การวิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมีของวัตถุดิบการพัฒนาสูตรผลิตภัณฑ์อาหารขบเคี้ยวเสริมโปรตีนปลาสกัด การประเมินคุณภาพของผลิตภัณฑ์ การศึกษาคุณภาพของผลิตภัณฑ์ระหว่างการเก็บรักษา การทดสอบการยอมรับของผู้บริโภคต่อผลิตภัณฑ์ สามารถสรุปผลในขั้นตอนต่าง ๆ ได้ดังต่อไปนี้

1. การเตรียมโปรตีนปลาสกัด สกัดโปรตีนจากหัวปลาทูน่าพันธุ์โอแถบซึ่งมีองค์ประกอบทางเคมี คือ ความชื้นร้อยละ 81.99 โปรตีน ไขมัน และเถ้าร้อยละ 67.11 8.2 และ 16.05 โดยน้ำหนักแห้งตามลำดับได้ โปรตีนปลาสกัดที่มีลักษณะเป็นผงสีน้ำตาล คุณภาพทางเคมีประกอบด้วยความชื้นร้อยละ 25.35 โปรตีน ไขมัน และเถ้าร้อยละ 76.54 2.97 และ 1.45 โดยน้ำหนักแห้งตามลำดับ

2. การพัฒนาสูตรอาหารขบเคี้ยว พบว่าสูตรพื้นฐานของอาหารขบเคี้ยวที่เหมาะสมประกอบด้วยส่วยผสมของข้าวเหนียวบด ข้าวโพดบดและข้าวเจ้าบดในอัตราส่วนเท่ากับ 40:40:20 และระดับโปรตีนปลาสกัดร้อยละ 2 และฟักทองแห้งร้อยละ 3 เป็นชุดการทดลองที่เหมาะสมในการผลิตอาหารขบเคี้ยวเสริมโปรตีนปลาสกัด

3. การประเมินคุณภาพของผลิตภัณฑ์อาหารขบเคี้ยวเสริมโปรตีนปลาสกัดมีคุณภาพทางกายภาพคือ มีอัตราการพองตัวเท่ากับ 2.96 ค่า A_w (water actvity) เท่ากับ 0.25 คุณภาพทางเคมีประกอบด้วย ความชื้น ร้อยละ 5.54 โปรตีน ไขมันและเถ้าร้อยละ 8.58 0.43 และ 0.65 โดยน้ำหนักแห้งตามลำดับ มีปริมาณกรดอะมิโนที่จำเป็นต่อร่างกายใกล้เคียงกับมาตรฐานของ FAO/WHO (1973) และประกอบด้วยเบต้า คาโรทีน ปริมาณ 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

5. การใช้น้ำผึ้งเคลือบผลิตภัณฑ์อาหารขบเคี้ยวพบว่าที่ความเข้มข้น 40 องศาบริกซ์ ได้รับการยอมรับด้านความกรอบสูงสุด และได้รับการยอมรับด้านความหวาน กลิ่นน้ำผึ้ง และกลิ่นคาวปลาในระดับสูงมีค่า cutting force เท่ากับ 1.44 และ A_w เท่ากับ 0.175 หลังจากเก็บที่อุณหภูมิห้องเป็นเวลา 30 วัน พบว่าผลิตภัณฑ์ยังมีค่าเป็นที่ยอมรับของผู้บริโภคและมีค่า cutting force เท่ากับ 1.72 A_w เท่ากับ 0.243 ซึ่งยังมีอยู่ในช่วงของการยอมรับ

เอกสารอ้างอิง

กองโภชนาการ . 2535 . คุณค่าทางโภชนาการอาหารไทย . กรมอนามัย . กระทรวงสาธารณสุข.

จิตรวดี ไตรเรกพันธ์ . 2540 . การผลิตโปรตีนปลาสกัดจากหัวปลาและเครื่องในปลา .
วิทยานิพนธ์ปริญญาโท . มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์.

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

นงลักษณ์ สุทธิวานิช. 2531. คุณภาพสัตว์น้ำ . คณะอุตสาหกรรมเกษตร มหาวิทยาลัย
สงขลานครินทร์ วิทยาเขตหาดใหญ่.

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

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

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

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

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

ไพโรจน์ วิริยจารี . 2535 . การวางแผนและการวิเคราะห์ทางด้านประสาทสัมผัส.
ภาควิชาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีอาหาร คณะเกษตร มหาวิทยาลัยเชียงใหม่.

ฤทัยพันธ์ ศิริพล .2537. การศึกษาสภาวะที่เหมาะสมในการผลิตขนมอบกรอบจากธัญชาติด้วยเอ็กทรูเดอร์. วิทยานิพนธ์ วิศวกรรมศาสตร์บัณฑิต

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

สมชาย ประภาวัต , วันเพ็ญ มีสมญา และเพลินใจ ตังคณะกุล. 2540 . การทำข้าวเกรียบเสริมโปรตีนด้วยถั่วเหลืองชนิดไขมันเต็มและแป้งถั่วลิสงพร่อมไขมัน . 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.

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

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

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

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

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

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 crospness and mechanical deformation of snack food products . J. Food Sci . 46 (2) : 403-409.

Keyes, C.W., Meinke , and 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.

Lee, E.H., Cho, D.J., Jeon, J.K., Cha, Y.J. and Kim, S.K. 1982. Processing conditions and quality stability during storage of meaty textured fish protein conccntvate II : Quality stability during storage and utilization of meaty textured fish protein corcentrate from file fish and sand fish. FSTA (1983) : 15(3).

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

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 isolated from whole fish . J. Food Sci . 38 : 864-866

Moorjani, M.N. 1982. Research and Development work on fish-chriched protein foods from inexpensive varities of fish (Review). 4(4) : 46-49.

Phillip, R.D. and Finley, J.W. 1989. Protein Quality and the Effects of Processung. p219-243. New York and Basel ; Marcel Dekker, Inc.

Prasertsan, P., Wuttijumnong, P. Sophanodora, P. and Choorit, W. 1988. Seafood processing industries within Songkhlanakarin. J. Sci Technol. 10:447-451.

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

Stansby , 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 qualtative descriptive analysis. Food Technol. 28 (11) :24-34.

Tanaka, M., Suzuki , Kand Taquchi , T. 1983. Fecovery 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 eorldwide. 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., Californai.

Wray, I. 1982. More and more foods now include FPC. Fishing News International 21 (8) :48-49.

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.

Yang, H.C., Yang, B.H. and Lim, M.H. 1983. Studies on the preparation and utilization of filefish protein concentrate (FPC) III : The preparation and Characteristice of dried noodles using FPC-wheat composite flour. FSTA (1985) 17(5).

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 : 51-583

ภาคผนวก

การประเมินคุณภาพทางประสาทสัมผัส

ภาคผนวกที่ 1. แบบทดสอบชิม แบบพรรณาเชิงปริมาณ เพื่อศึกษาสูตรพื้นฐาน

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

อธิบาย กรุณาชิมตัวอย่างอาหารขบเคี้ยวที่เสนอให้ตามเข็มนาฬิกาและประเมินคุณลักษณะต่าง ๆ โดยขีดเส้นตรงตัดกับเส้นแสดงปัจจัยคุณภาพที่กำหนดให้ ณ. ตำแหน่งที่ตรงกับ ความรู้สึกของท่านเมื่อพิจารณาตัวอย่างที่เสนอให้พร้อมทั้งเขียนรหัสตัวอย่าง

คำแนะนำ กรุณาบ้วนปากก่อนชิมแต่ละตัวอย่างทุกครั้ง

รหัสตัวอย่าง _____ _____ _____ _____ _____

1. ความพอง

น้อย มาก

2. ความเรียบผิว

น้อย มาก

3. ความกรอบ

น้อย มาก

4. ความเหนียวติดฟันขณะเคี้ยว

น้อย มาก

วิจารณ์และข้อเสนอแนะ.....

ขอบคุณ

ภาคผนวกที่ 2 แบบทดสอบชิม แบบพรรณาเชิงปริมาณเพื่อศึกษาระดับโปรตีนปลาสกัดและฟักทองที่เหมาะสม

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

อธิบาย กรุณาชิมตัวอย่างอาหารขบเคี้ยวที่เสนอให้ตามเข็มนาฬิกาและประเมินคุณลักษณะต่าง ๆ โดยขีดเส้นตรงตัดกับเส้นแสดงปัจจัยคุณภาพที่กำหนดให้ ณ. ตำแหน่งที่ตรงกับความรู้สึกของท่านเมื่อพิจารณาตัวอย่างที่เสนอให้พร้อมทั้งเขียนรหัสตัวอย่าง

คำแนะนำ กรุณาบ้วนปากก่อนชิมแต่ละตัวอย่างทุกครั้ง

รหัสตัวอย่าง

1. ความพอง

น้อย มาก

2. สี

น้อย มาก

3. ความกรอบ

น้อย มาก

4. ลักษณะเนื้อสัมผัส

น้อย มาก

5. กลิ่นคาวปลา

น้อย มาก

ขอบคุณ

ภาคผนวกที่ 3

แบบทดสอบชิม แบบพรรณาเชิงปริมาณ เพื่อศึกษาคุณภาพของผลิตภัณฑ์อาหาร ขบเคี้ยวโปรตีนปลาสกัดระหว่างการเก็บรักษา

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

คำอธิบาย กรุณาชิมตัวอย่างอาหารขบเคี้ยวที่เสนอให้จากซ้ายไปขวาและประเมินคุณลักษณะต่าง ๆ โดยขีดเส้นตรงตัดกับเส้นแสดงปัจจุยคุณภาพที่กำหนดให้ ณ. ตำแหน่งที่ตรงกับความรู้สึกของท่านเมื่อพิจารณาตัวอย่างที่เสนอให้พร้อมทั้งเขียนรหัสตัวอย่าง

คำแนะนำ กรุณาบ้วนปากก่อนชิมแต่ละตัวอย่างทุกครั้ง

รหัสตัวอย่าง _____ _____

1. สี _____

น้อย มาก

2. ความกรอบ _____

น้อย มาก

3. กลิ่นคาวปลา _____

น้อย มาก

ขอบคุณ

C:\ snack \template\

ภาคผนวกที่ 4

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

ชื่อผลิตภัณฑ์อาหารขบเคี้ยวเสริมโปรตีนปลาสกัด

คำชี้แจง โปรดทดสอบตัวอย่างต่อไปนี้ จากซ้ายไปขวา และให้ระดับความชอบและไม่ชอบต่อผลิตภัณฑ์ตัวอย่าง

	ระดับคะแนน
ชอบมากที่สุด	9
ชอบมาก	8
ชอบปานกลาง	7
ชอบเล็กน้อย	6
เฉย ๆ	5
ไม่ชอบเล็กน้อย	4
ไม่ชอบปานกลาง	3
ไม่ชอบมาก	2
ไม่ชอบมากที่สุด	1

คุณลักษณะ	**ผลิตภัณฑ์ตัวอย่าง**				
	____	____	____	____	____
ความกรอบ					
สี					
กลิ่นคาวปลา					

วิจารณ์และข้อเสนอแนะ.....

ขอบคุณ