การพัฒนาผลิตภัณฑ์แช่เยือกแข็งจากเศษเนื้อปลาทูน่าปรุงรสห่อด้วยผัก

Development of Frozen Product from Seasoned Tuna Meat Remainder Wrapped with Vegetable

อารยา เชาว์เรืองฤทธิ์

Araya Chaoruangrit

SH336.F9 ว14 2536 ค 2
033106
27 ก.ค. 2536

วิทยานิพนธ์วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาเทคโนโลยีอาหาร

มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์

Master of Science Thesis in Food Technology

Prince of Songkla University

2536

หัวข้อวิทยานิพนธ์ การพัฒนาผลิตภัณฑ์แช่เยือกแข็งจากเศษเนื้อปลาทูน่าปรุงรสห่อด้วยผัก

ผู้เขียน นางสาวอารยา เชาว์เรืองฤทธิ์

สาขาวิชา เทคโนโลยีอาหาร

คณะกรรมการที่ปรึกษา

.....ประธานกรรมการ
(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ไพรัตน์ โสภโณดร)

.....กรรมการ
(อาจารย์ธงชัย สุวรรณสิชณ์)

คณะกรรมการสอบ

.....ประธานกรรมการ
(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ไพรัตน์ โสภโณดร)

.....กรรมการ
(อาจารย์ธงชัย สุวรรณสิชณ์)

.....กรรมการ
(อาจารย์สุทธวัฒน์ เบญจกุล)

.....กรรมการ
(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.กนกอร อินทราฟิเชฐ)

บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ อนุมัติให้นับวิทยานิพนธ์ฉบับนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาเทคโนโลยีอาหาร

.....

(ดร.ไพรัตน์ สงวนไทร)

คณบดีบัณฑิตวิทยาลัย

หัวข้อวิทยานิพนธ์ การพัฒนาผลิตภัณฑ์แช่เยือกแข็งจากเศษเนื้อปลาทูน่าปรุงรสห่อด้วยผัก
ผู้เขียน นางสาวอารยา เชาว์เรืองฤทธิ์
สาขาวิชา เทคโนโลยีอาหาร
ปีการศึกษา 2536

บทคัดย่อ

การพัฒนาผลิตภัณฑ์แช่เยือกแข็งจากเศษเนื้อปลาทูน่าปรุงรสห่อด้วยผัก โดยใช้เศษเนื้อสีดำและเศษเนื้อสีขาวจากอุตสาหกรรมแปรรูปปลาทูน่าบรรจุกระป๋อง ด้วยวิธีการวางแผนการทดลองแบบมิกซ์เจอร์ เพื่อหาสัดส่วนผสมระหว่างเศษเนื้อสีดำต่อเศษเนื้อสีขาวต่อเศษผัก พบว่าสัดส่วนผสมที่เหมาะสมเป็นที่ยอมรับของผู้บริโภคคือ 65:10:25 ตามลำดับ สูตรเครื่องปรุงรสของผลิตภัณฑ์ประกอบด้วยน้ำกะทิ น้ำพริกแกงแดง ไข่ไก่และน้ำปลาร้อยละ 31.48, 9.26, 9.26 และ 3.70 โดยน้ำหนักตามลำดับ ทำการผสมส่วนผสมทั้งหมด นำไปขึ้นรูปและให้ความร้อน หลังจากผลิตภัณฑ์เย็นลงห่อด้วยใบกะหล่ำปลีที่ผ่านการลวกด้วยน้ำเดือด ทำการแช่เยือกแข็งผลิตภัณฑ์ที่บรรจุในบรรจุภัณฑ์ย่อย

ผลิตภัณฑ์ที่บรรจุในถาดพลาสติกพีวีซีและถาดโฟมพีเอส หุ้มด้วยฟิล์มยืดพีวีซีและบรรจุลงในกล่องกระดาษใช้เวลาในการแช่เยือกแข็งแบบกระแสลมเป่า 18 ถึง 21 ชั่วโมง ในขณะที่ใช้เครื่องแช่เยือกแข็งแบบเพลทสัมผัสใช้เวลา 1 ชั่วโมง 22 นาที ถึง 2 ชั่วโมง 57 นาที ตามลำดับ

การเปลี่ยนแปลงคุณภาพของผลิตภัณฑ์แช่เยือกแข็งจากเศษเนื้อปลาทูน่าปรุงรสห่อด้วยผักระหว่างการเก็บรักษาที่ -20 °ซ เป็นเวลา 3 เดือน ในบรรจุภัณฑ์ย่อย 2 ชนิดคือ ถาดโฟมพีเอสและถาดพลาสติกพีวีซี หุ้มด้วยฟิล์มยืดพีวีซีและบรรจุในกล่องกระดาษ พบว่าคุณภาพทางประสาทสัมผัส ทางเคมีและทางจุลินทรีย์ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญ ($P>0.05$) แต่คุณภาพทางประสาทสัมผัสของผลิตภัณฑ์มีแนวโน้มได้รับการยอมรับลดลงเมื่ออายุการเก็บรักษาเพิ่มขึ้น โดยในแต่ละปัจจัยที่ทำการตรวจสอบยังได้รับการ

ยอมรับอยู่ในระดับชอบเล็กน้อยถึงชอบปานกลาง ถาดโฟมพีเอสเป็นภาชนะบรรจุที่มีความเหมาะสมกับผลิตภัณฑ์แช่เยือกแข็งจากเศษเนื้อปลาทูน่าปรุงรสห่อด้วยผัก เนื่องจากราคาต่ำแต่มีความแข็งแรงจึงสะดวกต่อการขนส่งกว่าถาดพลาสติกพีวีซี

ผลการสำรวจการยอมรับผลิตภัณฑ์ของผู้บริโภคภายในมหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ จำนวน 100 คน พบว่าผู้บริโภคมีความชอบอยู่ในระดับชอบเล็กน้อยถึงชอบปานกลาง ผู้บริโภคร้อยละ 70 ยินดีที่จะซื้อผลิตภัณฑ์เมื่อมีการวางจำหน่าย ผู้บริโภคร้อยละ 47 เห็นว่าถาดโฟมพีเอสเป็นภาชนะบรรจุที่มีความเหมาะสม และผู้บริโภคร้อยละ 51 ยินดีที่จะซื้อผลิตภัณฑ์ในราคา 25 บาทต่อภาชนะบรรจุ

ต้นทุนการผลิตผลิตภัณฑ์แช่เยือกแข็งจากเศษเนื้อปลาทูน่าปรุงรสห่อด้วยผัก (เฉพาะวัสดุสิ้นเปลือง) เมื่อเปรียบเทียบผลิตภัณฑ์ในบรรจุภัณฑ์ย่อย 2 ชนิด พบว่าผลิตภัณฑ์ที่บรรจุถาดโฟมพีเอสมีต้นทุน 6.9 บาทต่อถาด ในขณะที่ผลิตภัณฑ์ที่บรรจุในถาดพลาสติกพีวีซีมีต้นทุนสูงกว่าคือ 7.3 บาทต่อถาด

Thesis title Development of Frozen Product from Seasoned Tuna Meat Remainder Wrapped with Vegetable

Author Miss Araya Chaoruangrit

Major program Food Technology

Academic year 1993

Abstract

Frozen product from tuna meat remainder seasoned, and wrapped with vegetable was developed from dark and white meat remainder from tuna canning industry. Using mixture design, it was found that the proportion of dark meat : white meat : cabbage remainder of 65:10:25 was the most acceptable ratio. The seasoning formulations contain coconut milk 31.48%, red curry paste 9.26%, egg 9.26% and fish sauce 3.70% (w/w). All seasonings and meat were mixed, mold and steam-cooked. After cooling, the cooked product was wrapped with blanched cabbage sheet, and then frozen in retail packages.

Freezing time of product packed in PVC plastic tray and PS foam tray, wrapped with PVC stretch film and then packed in paper box using air blast freezer was about 18-21 hours but was about 1 hour 22 minutes - 2 hours 57 minutes when contact plate freezer was used, respectively.

The storage stability of the developed product at -20 °C for 3 months in 2 types of packages : PS foam tray and PVC

plastic tray, then wrapped with PVC stretch film and packed in paper box was studied. The results showed that changes in chemical and microbiological quality were not significantly difference ($P>0.05$). Although, the acceptability was decreased when the storage time increased, it was still acceptable after 3 months storage. It was also found that PS foam tray was more suitable for this product than PVC plastic tray because of lower cost, more acceptability, more strength and easy for transportation.

Consumer test using 100 people in Prince of Songkla University showed that the developed product was moderately accepted. In addition 70% of consumers would be willing to buy if the product is available. Product packed in PS foam tray was considered to be most suitable retail package for the price of 25 Baht per package.

Total product cost of frozen product from seasoned tuna meat remainder wrapped with vegetable (only consumable materials) was 6.9 and 7.3 Baht per one retail package for PS foam tray and PVC plastic tray, respectively.

กิตติกรรมประกาศ

ข้าพเจ้าขอขอบพระคุณผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. ไพรัตน์ โสภโณดร ประธานกรรมการที่ปรึกษา อาจารย์ธงชัย สุวรรณสิชณ์ กรรมการที่ปรึกษาร่วม ที่กรุณาให้คำแนะนำในการค้นคว้าวิจัยและการเขียนวิทยานิพนธ์ฉบับนี้ ขอขอบพระคุณ อาจารย์สุทธวัฒน์ เบญจกุล กรรมการผู้แทนภาควิชาอุตสาหกรรมเกษตร ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. กนกอร อินทราพิเชฐ กรรมการผู้แทนบัณฑิตวิทยาลัย ที่กรุณาให้คำแนะนำและแก้ไขวิทยานิพนธ์ฉบับนี้ให้สมบูรณ์ยิ่งขึ้น

ขอขอบพระคุณ คุณพ่อ คุณแม่ และพี่ประสาน ที่อุปการะให้คำแนะนำ และกำลังใจในการศึกษาวิทยานิพนธ์นี้มาตลอด

ขอขอบพระคุณบัณฑิตวิทยาลัยที่ให้ความอนุเคราะห์สนับสนุนเงินทุนในการวิจัย บริษัทโชติวัฒน์อุตสาหกรรมการผลิต จำกัด ที่เอื้อเฟื้อเนื้อปลาทูน่า พี่พรชัย ศรีไพบูลย์ ที่ช่วยถ่ายรูปและทำสไลด์ และเจ้าหน้าที่ทุกคนของภาควิชาอุตสาหกรรมเกษตร ตลอดจนเพื่อน ๆ ทุกคน ที่ให้ความร่วมมือในการวิจัยครั้งนี้เป็นอย่างดี

อารยา เชาว์เรืองฤทธิ์

สารบาญ

	หน้า
รายการตาราง	ช
รายการรูป	ฎ
บทนำ	1
การตรวจเอกสาร	3
สรีรวิทยาและองค์ประกอบทางเคมีของปลาทูน่า	3
อุตสาหกรรมการแปรรูปปลาทูน่า	21
การใช้ประโยชน์วัสดุเศษเหลือจากอุตสาหกรรม	
การแปรรูปปลาทูน่าบรรจุกระป๋อง	27
การพัฒนาผลิตภัณฑ์แช่เยือกแข็งจากเศษเนื้อปลาทูน่าปรุงรสห่อด้วยผัก	30
- การแช่เยือกแข็ง	30
- ผลิตภัณฑ์อาหารแช่เยือกแข็ง	33
- ภาชนะบรรจุสำหรับผลิตภัณฑ์แช่เยือกแข็ง	34
- แนวทางการพัฒนาผลิตภัณฑ์	37
- ลักษณะของผลิตภัณฑ์ที่ต้องการพัฒนา	38
วัตถุประสงค์	42
วัสดุ อุปกรณ์ และวิธีการ	43
ผลและวิจารณ์	58
บทสรุป	100
เอกสารอ้างอิง	103
ภาคผนวก	114
ภาคผนวก ก การวิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมีและจุลินทรีย์	114
ภาคผนวก ข แบบทดสอบชิมและแบบสอบถาม	144
ภาคผนวก ค ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนทางสถิติ	155
ภาคผนวก ง การประเมินต้นทุนผลิตภัณฑ์	164

รายการตาราง

ตารางที่		หน้า
1	การจำแนกประเภทสัตว์น้ำ ตามปริมาณไขมันและโปรตีน	3
2	องค์ประกอบในกล้ามเนื้อสีขาวและสีดำของปลาทูน่า	10
3	องค์ประกอบของโปรตีนในกล้ามเนื้อสีขาวและสีดำของปลาทูน่าก่อนและหลังการให้ความร้อน	14
4	ปริมาณคอลลาเจนและอิลาสตินในโปรตีนเนื้อเยื่อเกี่ยวพันของกล้ามเนื้อสีขาวและสีดำของปลาทูน่า	15
5	ปริมาณของฮีโมโปรตีนในกล้ามเนื้อสีขาวและสีดำของปลาทูน่า	18
6	ความต้องการกรดอะมิโนของร่างกายมนุษย์และปริมาณกรดอะมิโนที่พบในเนื้อปลา เนื้อวัว และเนื้อไก่	22
7	ปริมาณการนำเข้าปลาทูน่ากระป๋องของสหรัฐอเมริกา	24
8	คุณสมบัติบางประการของพลาสติกบางชนิด	35
9	คุณค่าทางโภชนาการของกะหล่ำปลี	41
10	อัตราส่วนระหว่างปริมาณเศษเนื้อปลาทูน่าสีดำต่อเศษเนื้อสีขาวต่อเศษผักจากแผนการทดลองแบบมิกซ์เจอร์ ครั้งที่ 1	50
11	อัตราส่วนระหว่างปริมาณเศษเนื้อปลาทูน่าสีดำต่อเศษเนื้อสีขาวต่อเศษผักจากแผนการทดลองแบบมิกซ์เจอร์ ครั้งที่ 2	52
12	อัตราส่วนระหว่างปริมาณเศษเนื้อปลาทูน่าสีดำต่อเศษเนื้อสีขาวต่อเศษผัก เมื่อปริมาณเศษผักคงที่	53
13	สูตรเครื่องปรุงรสที่ทำการพัฒนา	54
14	องค์ประกอบทางเคมีของเศษเนื้อสีดำและเศษเนื้อสีขาวของปลาทูน่าและเศษผักกะหล่ำปลีที่ผ่านการให้ความร้อนแล้ว	59

รายการตาราง (ต่อ)

ตารางที่		หน้า
15	อัตราส่วนเฉลี่ยคุณภาพทางประสาทสัมผัสของผลิตภัณฑ์แช่เยือกแข็งจากเศษเนื้อปลาทูน่าปรุงรสห่อด้วยผัก (สูตรพื้นฐาน)	62
16	ค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ของค่าอัตราส่วนเฉลี่ยของคุณลักษณะทางประสาทสัมผัสของผลิตภัณฑ์แช่เยือกแข็งจากเศษเนื้อปลาทูน่าปรุงรสห่อด้วยผัก (สูตรพื้นฐาน)	65
17	คะแนนการยอมรับรวมทางประสาทสัมผัสของผลิตภัณฑ์แช่เยือกแข็งจากเศษเนื้อปลาทูน่าปรุงรสห่อด้วยผัก จากการวางแผนแบบมิกซ์เจอร์ครั้งที่ 1	66
18	คะแนนการยอมรับรวมทางประสาทสัมผัสของผลิตภัณฑ์แช่เยือกแข็งจากเศษเนื้อปลาทูน่าปรุงรสห่อด้วยผัก จากการวางแผนแบบมิกซ์เจอร์ครั้งที่ 2	68
19	คะแนนเฉลี่ยการยอมรับคุณลักษณะทางประสาทสัมผัสของผลิตภัณฑ์แช่เยือกแข็งจากเศษเนื้อปลาทูน่าปรุงรสห่อด้วยผัก	69
20	ค่าอัตราส่วนเฉลี่ยของแต่ละคุณลักษณะทางประสาทสัมผัสของผลิตภัณฑ์แช่เยือกแข็งจากเศษเนื้อปลาทูน่าปรุงรสห่อด้วยผักที่ทำการพัฒนาเครื่องปรุงรสและผลิตภัณฑ์ในอุดมคติ	72
21	คะแนนเฉลี่ยการยอมรับคุณภาพทางประสาทสัมผัสของผลิตภัณฑ์แช่เยือกแข็งจากเศษเนื้อปลาทูน่าปรุงรสห่อด้วยผักที่ใช้กระบวนการแช่เยือกแข็งและบรรจุภัณฑ์ย่อยต่างกัน	79
22	องค์ประกอบทางเคมีและองค์ประกอบอื่น ๆ ของผลิตภัณฑ์แช่เยือกแข็งจากเศษเนื้อปลาทูน่าปรุงรสห่อด้วยผักที่บรรจุถาดโฟมพีเอสและถาดพลาสติกพีวีซี หุ้มด้วยฟิล์มยืดพีวีซี ระหว่างการเก็บรักษาที่ -20 °ซ เป็นเวลา 3 เดือน	80

รายการตาราง (ต่อ)

ตารางที่		หน้า
23	ปริมาณจุลินทรีย์ทั้งหมดของผลิตภัณฑ์แช่เยือกแข็งจากเศษเนื้อปลาทูน่าปรุงรสห่อด้วยผักที่บรรจุถาดโฟมพีเอสและถาดพลาสติกพีวีซี หุ้มด้วยฟิล์มยืดพีวีซีระหว่างการเก็บรักษาที่ -20 °ซ เป็นเวลา 3 เดือน	83
24	คะแนนการยอมรับคุณภาพทางประสาทสัมผัสของผลิตภัณฑ์แช่เยือกแข็งจากเศษเนื้อปลาทูน่าปรุงรสห่อด้วยผักที่บรรจุในถาดโฟมพีเอสและถาดพลาสติกพีวีซี หุ้มด้วยฟิล์มยืดพีวีซี ระหว่างการเก็บรักษาที่ -20 °ซ เป็นเวลา 3 เดือน	84
25	ข้อมูลประชากรศาสตร์ทั่วไปของผู้บริโภคภายในมหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ วิทยาเขตหาดใหญ่ จำนวน 100 คน	87
26	ข้อมูลเกี่ยวกับพฤติกรรมการซื้อและการบริโภคของผู้บริโภคภายในมหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ วิทยาเขตหาดใหญ่ จำนวน 100 คน	89
27	ความถี่และคะแนนรวมของเหตุผลในการเลือกซื้อผลิตภัณฑ์ห่อหมกมารับประทานของผู้บริโภคภายในมหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ วิทยาเขตหาดใหญ่ จำนวน 100 คน	91
28	ค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ ของค่าคะแนนความชอบของคุณลักษณะทางประสาทสัมผัสของผลิตภัณฑ์แช่เยือกแข็งจากเศษเนื้อปลาทูน่าปรุงรสห่อด้วยผัก	95
29	ความคิดเห็นของผู้บริโภคภายในมหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ที่มีต่อชนิดของภาชนะบรรจุ ลักษณะการบรรจุและราคาของผลิตภัณฑ์แช่เยือกแข็งจากเศษเนื้อปลาทูน่าปรุงรสห่อด้วยผัก	96
30	การประเมินต้นทุนสิ้นเปลืองในการผลิตของผลิตภัณฑ์แช่เยือกแข็งจากเศษเนื้อปลาทูน่าปรุงรสห่อด้วยผัก (บาทต่อถาด)	98

รายการตาราง (ต่อ)

ตารางผนวกที่		หน้า
ก1	ปริมาณจุลินทรีย์ (Most Propable Number = MPN)/ตัวอย่างอาหาร 1ก (ใช้หลอดทดสอบ 3 หลอด/ปริมาณอาหาร 0.1, 0.01 และ 0.001 ก)	140
ค1	ค่าความแปรปรวนของคะแนนการยอมรับคุณภาพทางประสาทสัมผัสของผลิตภัณฑ์ที่คัดเลือกสัดส่วนผสมระหว่างเศษเนื้อสีดำต่อเศษเนื้อสีขาวต่อเศษผัก	155
ค2	ค่าความแปรปรวนของคะแนนการยอมรับคุณภาพทางประสาทสัมผัสของผลิตภัณฑ์ที่ใช้กระบวนการแช่เยือกแข็งและบรรจุภัณฑ์ย่อยต่างกัน	157
ค3	ค่าความแปรปรวนของคุณภาพทางเคมีของผลิตภัณฑ์แช่เยือกแข็งจากเศษเนื้อปลาทูน่าปรุงรสห่อด้วยผักที่บรรจุถาดโฟมพีเอสและถาดพลาสติกพีวีซี หุ้มด้วยฟิล์มยืดพีวีซีระหว่างการเก็บรักษาที่ -20 °ซ เป็นเวลา 3 เดือน	158
ค4	ค่าความแปรปรวนของคุณภาพทางจุลินทรีย์ของผลิตภัณฑ์แช่เยือกแข็งจากเศษเนื้อปลาทูน่าปรุงรสห่อด้วยผักที่บรรจุถาดโฟมพีเอสและถาดพลาสติกพีวีซี หุ้มด้วยฟิล์มยืดพีวีซีระหว่างการเก็บรักษาที่ -20 °ซ เป็นเวลา 3 เดือน	161
ค5	ค่าความแปรปรวนของคะแนนการยอมรับคุณภาพทางประสาทสัมผัสของผลิตภัณฑ์แช่เยือกแข็งจากเศษเนื้อปลาทูน่าปรุงรสห่อด้วยผักที่บรรจุถาดโฟมพีเอสและถาดพลาสติกพีวีซี หุ้มด้วยฟิล์มยืดพีวีซีระหว่างการเก็บรักษาที่ -20 °ซ เป็นเวลา 3 เดือน	162
ง1	ราคาวัตถุดิบที่ใช้ผลิตผลิตภัณฑ์	164
ง2	ค่าไฟฟ้าโดยคำนวณจากจำนวนกิโลวัตต์-ชั่วโมงหรือยูนิต	165

รายการรูป

รูปที่		หน้า
1	รูปร่างและลักษณะปลาทูน่าชนิดต่าง ๆ	5
2	ความแตกต่างของเนื้อสีขาวและเนื้อสีดำในปลาผิวน้ำและปลาน้ำลึก	9
3	ขนาดของเส้นผ่าศูนย์กลางของเส้นใยกล้ามเนื้อสีขาว (O=ordinary muscle) และสีดำ (D=dark muscle) ของปลาทูน่า	13
4	การเปลี่ยนแปลงความเหนียวของกล้ามเนื้อสีขาวและสีดำของปลาทูน่าเมื่อผ่านการให้ความร้อนที่อุณหภูมิต่าง ๆ	15
5	การเปลี่ยนแปลงกิจกรรมของ actomyosin Mg-ATPase ในกล้ามเนื้อสีขาวและสีดำของปลาทูน่าและปลาซาร์ดีน เมื่อให้ความร้อนที่อุณหภูมิต่าง ๆ	16
6	ขั้นตอนการผลิตปลาทูน่าบรรจุกระป๋องและของเสียที่เกิดขึ้น	28
7	กรรมวิธีการผลิตผลิตภัณฑ์แช่เยือกแข็งจากเศษเนื้อปลาทูน่าปรุงรสห่อด้วยผัก (สูตรพื้นฐาน)	48
8	แผนภาพการวางแผนทดลองแบบมิกซ์เจอร์ ครั้งที่ 1	50
9	แผนภาพการวางแผนทดลองแบบมิกซ์เจอร์ ครั้งที่ 2	52
10	เค้าโครงลักษณะทางประสาทสัมผัสของผลิตภัณฑ์แช่เยือกแข็งจากเศษเนื้อปลาทูน่าปรุงรสห่อด้วยผักที่ใช้เศษเนื้อสีขาวร้อยละ 100 (สูตรพื้นฐาน)	64
11	เค้าโครงลักษณะทางประสาทสัมผัสของผลิตภัณฑ์แช่เยือกแข็งจากเศษเนื้อปลาทูน่าปรุงรสห่อด้วยผักที่ใช้เศษเนื้อสีดำ:เศษเนื้อสีขาว:เศษผัก 65:10:25 (สูตรพัฒนา ก)	70

รายการรูป (ต่อ)

รูปที่		หน้า
12	เค้าโครงลักษณะทางประสาทสัมผัสของผลิตภัณฑ์แช่เยือกแข็งจากเศษเนื้อปลาทูน่าปรุงรสห่อด้วยผักที่พัฒนาสูตรเครื่องปรุงรสแล้ว (สูตรพัฒนา ข)	74
13	คะแนนเฉลี่ยความชอบของผู้ทดสอบต่อผลิตภัณฑ์แช่เยือกแข็งจากเศษเนื้อปลาทูน่าปรุงรสห่อด้วยผักที่พัฒนาสูตรเครื่องปรุงรสแล้ว (สูตรพัฒนา ข)	75
14	ผลิตภัณฑ์แช่เยือกแข็งจากเศษเนื้อปลาทูน่าปรุงรสห่อด้วยผักบรรจุในถาดโฟมพีเอส (ก) และถาดพลาสติกพีวีซี (ข)	76
15	อัตราการแช่เยือกแข็งผลิตภัณฑ์จากเศษเนื้อปลาทูน่าปรุงรสห่อด้วยผักด้วยเครื่องแบบเพลทสัมผัส (ก) และห้องแช่เยือกแข็งแบบกระแสลมเป่า (ข)	77
16	คะแนนความชอบเฉลี่ยของผลิตภัณฑ์แช่เยือกแข็งจากเศษเนื้อปลาทูน่าปรุงรสห่อด้วยผักของผู้บริโภคภายในมหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ วิทยาเขตหาดใหญ่ จำนวน 100 คน	92
17	ระดับการยอมรับผลิตภัณฑ์แช่เยือกแข็งจากเศษเนื้อปลาทูน่าปรุงรสห่อด้วยผักของผู้บริโภคภายในมหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ วิทยาเขตหาดใหญ่ จำนวน 100 คน	93
18	การเลือกซื้อผลิตภัณฑ์แช่เยือกแข็งจากเศษเนื้อปลาทูน่าปรุงรสห่อด้วยผักของผู้บริโภคภายในมหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ วิทยาเขตหาดใหญ่ จำนวน 100 คน	93

บทนำ

ปัจจุบันประเทศไทยได้เริ่มเปลี่ยนบทบาทจากประเทศเกษตรกรรมไปเป็นประเทศอุตสาหกรรม โดยเฉพาะอุตสาหกรรมอาหารมีการพัฒนาการใช้ประโยชน์จากวัตถุดิบ กระบวนการแปรรูปพร้อมทั้งการบรรจุภัณฑ์เพื่อการส่งออก ผลิตภัณฑ์อาหารที่ผลิตในระดับอุตสาหกรรม มักเป็นผลิตภัณฑ์ที่มีการแปรรูปเพื่อเพิ่มมูลค่าได้แก่ อาหารแช่เย็นและแช่เยือกแข็ง อาหารแห้ง อาหารกระป๋องและอาหารแปรรูปอื่น ๆ การผลิตและการส่งออกผลิตภัณฑ์อาหารมูลค่าเพิ่มของประเทศได้มีการขยายตัวเป็นอย่างมาก มูลค่าของการส่งออกสินค้ากลุ่มนี้เพิ่มขึ้นมากกว่า 3 เท่าในระหว่างปี 2526-2534 และสินค้าที่เพิ่มขึ้นอย่างมากคือ อาหารกระป๋องและอาหารแช่เยือกแข็ง ผลิตภัณฑ์อาหารแช่เยือกแข็งที่มีปริมาณการส่งออกเพิ่มขึ้นอย่างรวดเร็ว คือ ผลิตภัณฑ์ที่ประกอบด้วยเนื้อวัว หมู ไก่ กุ้ง ปูและปลา ที่ห่อด้วยผักต่าง ๆ เช่น กะหล่ำปลีที่ผ่านการลวกก่อนนำไปแช่เยือกแข็ง และได้มีการพัฒนารูปแบบผลิตภัณฑ์มาเป็นรูปแบบที่พร้อมจะนำไปประกอบอาหารได้ทันที โดยมีการตกแต่งรูปร่างลักษณะหรือการบรรจุในขนาดและน้ำหนักที่เหมาะสมกับการจำหน่ายปลีก (พงษ์ วนานุวัธ, 2534; Suwanrangsi, 1991)

อุตสาหกรรมปลาทูน่าบรรจุกระป๋อง มีความสำคัญต่อเศรษฐกิจและสังคมของประเทศไทยเป็นอย่างมากเพราะสามารถนำรายได้เข้าประเทศ ปีละไม่ต่ำกว่า 10,000 ล้านบาทใน ช่วงปี 2529-2532 (พูลทรัพย์ วิรุฬหกุล, 2534) และในปี 2534 มีมูลค่าส่งออกประมาณร้อยละ 62.7 ของมูลค่าส่งออกผลิตภัณฑ์อาหารทะเลบรรจุกระป๋อง โดยประเทศไทยส่งออกมากที่สุดในโลก (กัลยา เรืองพงษ์, 2535) องค์การอาหารและเกษตรแห่งสหประชาชาติ ได้ประเมินว่าความต้องการอาหารปลาทูน่าบรรจุกระป๋องในตลาดโลก มีแนวโน้มเพิ่มขึ้นอีกประมาณ 140,000 ตัน ในปี 2538 (คณะทำงานศึกษาการประมงปลาทูน่า, 2534) นอกจากนี้การบริโภคภายในประเทศ โดยเฉพาะในภูมิภาคเอเชียตะวันออกเฉียงใต้และตะวันออกกลางอาจเพิ่มอีกราว 30,000-40,000 ตัน ทำให้ตลาดการค้าปลาทูน่ากระป๋องมีแนวโน้มเพิ่มขึ้น แต่การนำปลาทูน่ามาใช้ในอุตสาหกรรมการแปรรูปบรรจุกระป๋องจะใช้เฉพาะส่วนของเนื้อสีขาว ดังนั้นวัสดุเศษเหลือประเภทหัว

เครื่องใน กระดูก หนัง และเศษเนื้อสีดำจึงมีปริมาณเพิ่มมากขึ้นตามไปด้วย การใช้ประโยชน์จากวัสดุเศษเหลือเหล่านี้ได้มีการนำมาผลิตเป็นอาหารสัตว์ ปลาป่น อาหารแมว บรรจุกระป๋อง และเจลาติน การใช้ประโยชน์เพื่อผลิตเป็นอาหารสำหรับการบริโภคยังมีค่อนข้างน้อยแต่พบว่าได้มีการนำเศษเนื้อสีดำมาผลิตเป็นไส้กรอกแฟรงค์เฟอร์เตอร์ และเนื้อปลาปรุงรส เป็นต้น (พูลทรัพย์ วิรุฬหกุล, 2534)

โดยทั่วไปปลาทูน่าจะมีปริมาณกล้ามเนื้อสีดำมากกว่าร้อยละ 12 ของปริมาณกล้ามเนื้อทั้งหมด ซึ่งปลาชนิดอื่น ๆ จะมีส่วนของกล้ามเนื้อสีดำไม่เกินร้อยละ 10 ของปริมาณกล้ามเนื้อทั้งหมด กล้ามเนื้อสีดำและกล้ามเนื้อสีขาวของปลาทูน่ามีลักษณะที่แตกต่างกัน เช่น องค์ประกอบทางเคมี ปริมาณกรดอะมิโนที่จำเป็นต่อร่างกาย คุณสมบัติที่เป็นจุดเด่นของกล้ามเนื้อสีดำ ได้แก่ ความคงทนต่อความร้อน ความเหนียว (toughness) และความแน่น (firmness) แต่จะพบคุณสมบัติที่ด้อยของกล้ามเนื้อสีดำ เช่น สีเข้ม กลิ่นคาวจัด และมีปริมาณสารประกอบไนโตรเจนที่ไม่ใช่โปรตีนในปริมาณที่ต่ำซึ่งมีผลต่อรสชาติ (Kanoh, *et al.*, 1986; Kanoh, *et al.*, 1988; Taguchi, *et al.*, 1989; Eskin, 1990; Hatae, *et al.*, 1990; Perez-villarreal and Pozo, 1990)

การนำเศษเนื้อสีดำที่เป็นวัสดุเศษเหลือจากโรงงานแปรรูปปลาทูน่าบรรจุกระป๋องมาเป็นวัตถุดิบในการพัฒนาผลิตภัณฑ์อาหารเพื่อการบริโภคในรูปของผลิตภัณฑ์แช่เยือกแข็งจากเศษเนื้อปลาทูน่าปรุงรสห่อด้วยผัก จึงใช้การเลียนแบบลักษณะผลิตภัณฑ์ที่ผู้บริโภคคุ้นเคยเป็นผลิตภัณฑ์คล้ายคลึงกับผลิตภัณฑ์ห่อหมกคือ มีการใช้เศษเนื้อสีขาวของปลาทูน่า การปรุงรสด้วยน้ำพริกแกงและเครื่องปรุงรสอื่น ๆ ซึ่งช่วยปรับปรุงคุณสมบัติที่ด้อยของเศษเนื้อสีดำของปลาทูน่า ประกอบกับการใช้ผักกะหล่ำปลีซึ่งเป็นผักที่นิยมบริโภคกับผลิตภัณฑ์ห่อหมก ดังนั้นแนวทางการพัฒนาผลิตภัณฑ์แช่เยือกแข็งจากเศษเนื้อปลาทูน่าปรุงรสห่อด้วยผักให้เหมาะสมกับวัตถุดิบ เพื่อให้การผลิตเป็นไปอย่างมีประสิทธิภาพตลอดจนสามารถนำไปประยุกต์ใช้ได้อย่างเหมาะสม อันจะนำไปสู่แนวทางการใช้ประโยชน์และเพิ่มมูลค่าวัสดุเศษเหลือ อีกทั้งเป็นการเพิ่มรายได้ให้กับผู้ประกอบการอีกทางหนึ่งด้วย

การตรวจเอกสาร

สรีรวิทยาและองค์ประกอบทางเคมีของปลาทูน่า

ปลาทูน่าจัดอยู่ในกลุ่มปลากระดูกแข็ง (Osteichthyes) และเป็นปลาผิวน้ำ (Pelagic fish) ที่หากินเป็นฝูง มีการเคลื่อนไหวว่องไว กล้ามเนื้อแข็งแรง มีลักษณะรูปร่างคล้ายกระสวย และมีลำตัวเป็นแบบฟูซิฟอร์ม (fusiform) คือ มีส่วนหัวโตและเรียวเล็กทางด้านหาง ส่วนหางค่อนข้างแบน (ประเสริฐ สายสิทธิ์, 2527) ตามหลักของ Romer ปลาทูน่าเป็นปลาที่อยู่ในชั้นสคอมบริดี (Scombridae) วงศ์ทุนนิดี (Thunnidae) (วิมล เหมะจักร, 2528) จากการจำแนกประเภทสัตว์น้ำตามปริมาณไขมันและโปรตีน ปลาทูน่าจัดเป็นปลาที่มีไขมันต่ำ แต่มีโปรตีนสูง (ตารางที่ 1)

ตารางที่ 1 การจำแนกประเภทสัตว์น้ำ ตามปริมาณไขมันและโปรตีน

ประเภท	ปริมาณไขมัน (ร้อยละ)	ปริมาณโปรตีน (ร้อยละ)	ชนิดของสัตว์น้ำ
ไขมันต่ำ - โปรตีนสูง	< 5	15-20	ปลาคอด
ไขมันปานกลาง - โปรตีนสูง	5-15	15-20	ปลาแมคเคอเรล
ไขมันสูง - โปรตีนต่ำ	> 15	< 15	ปลาเทราต์
ไขมันต่ำ - โปรตีนสูง	< 5	> 20	ปลาทูน่า
ไขมันต่ำ - โปรตีนต่ำ	< 5	< 15	หอยนางรม

ที่มา : ดัดแปลงจาก Stansby และ Hall (1967)

รูปร่างลักษณะของปลาทูน่าแต่ละชนิด ดังแสดงในรูปที่ 1 มีลักษณะแตกต่างกันคือ (นงลักษณ์ สุทธิวนิช, 2531)

- ทูน่าครีบยาว เป็นปลาที่มีความยาวโดยทั่วไป ประมาณ 40-100 เซนติเมตร ปลายครีบหางมีสีขาว เนื้อสีขาว เป็นที่ต้องการของโรงงานแปรรูป

- ทูน่าครีบเหลือง มีขนาดใหญ่ ความยาวเฉลี่ย 50-150 เซนติเมตร บริเวณส่วนหัวมีสีน้ำเงินดำ พื้นท้องสีเหลืองและสีเงิน มีจุดประทั่วไป

- ทูน่าครีบน้ำเงิน มีความยาวเฉลี่ย 40-180 เซนติเมตร บริเวณหัวและหลังมีสีน้ำเงินเข้มหรือดำ ใกล้พื้นท้องสีขาวเงิน พบมากในน่านน้ำออสเตรเลีย

- ทูน่าตาโต มีความยาวเฉลี่ย 60-180 เซนติเมตร มีสีน้ำเงินเข้มปนดำด้านบน พบตามน่านน้ำทั่วไป

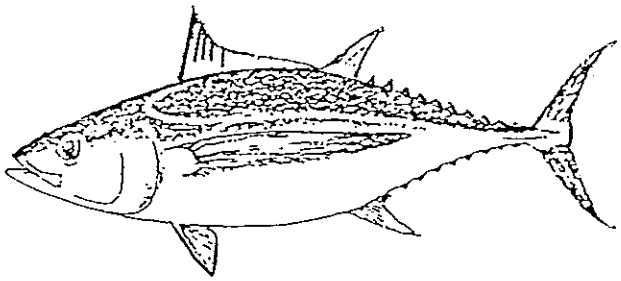
- ทูน่าหางยาว, โอดำ มีขนาดเล็ก ขนาดที่พบทั่วไปอยู่ในช่วง 40-70 เซนติเมตร ลำตัวค่อนข้างกลม มีสีน้ำเงินเข้มเกือบดำ พื้นท้องด้านข้างสีขาวปนสีน้ำเงิน มีจุดรูปไข่ด้านล่างของลำตัวยาวเกือบจรดหาง อาจมีแถบสีเขียวอมเหลืองที่บริเวณท้องใต้แนวครีบอกลงมา ครีบหางสีดำ มีเนื้อค่อนข้างขาว

- โอแกลบ มีความยาว 25-40 เซนติเมตร มีหัวสีน้ำเงินดำหรือเกือบดำ มีลายดำสั้น ๆ พาดเฉียง ๆ เริ่มตั้งแต่บริเวณครีบหลังอันแรก

- โอลาย, โอหม้อ มีขนาดกลาง ความยาวที่พบอยู่ในช่วง 50-60 เซนติเมตร สีน้ำเงินดำมีแถบเฉียงด้านบนลำตัวเริ่มตั้งแต่ครีบด้านบน ด้านพื้นท้องมีสีขาวเงิน มีจุดดำอยู่ระหว่างครีบอกและครีบท้อง

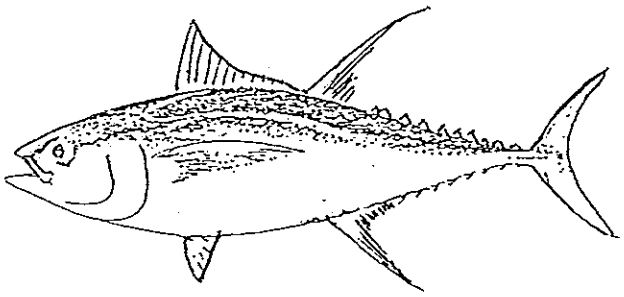
- โอท้องแถบ มีขนาดกลาง ความยาวเฉลี่ย 40-80 เซนติเมตร ลำตัวค่อนข้างกลม จำแนกได้ง่ายจากชนิดอื่น เนื่องจากมีแถบยาวสีดำปนน้ำเงินและม่วงบริเวณลำตัวด้านท้อง เริ่มจากครีบใต้ท้องจนถึงบริเวณหาง บริเวณลำตัวด้านบนมีจุดสีดำเล็ก ๆ กระจายตลอดความยาวของลำตัว

เนื้อปลาทูน่าจัดเป็นเนื้อที่มีรสโอชาถึงกับได้สมญาว่า ไก่ทะเล (chicken of sea) (ประเสริฐ สายสิทธิ์, 2514) ทั้งนี้เนื่องมาจากปลาทูน่ามีเนื้อสัมผัสแห้ง แน่น



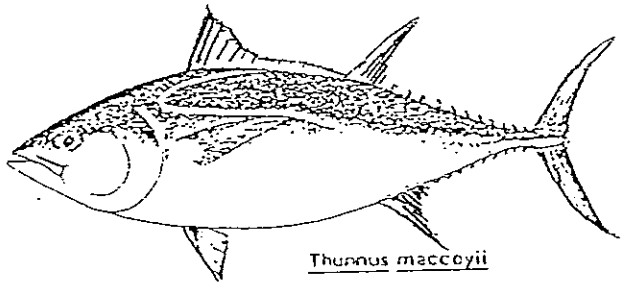
Thunnus alalunga

ทูน่าครีบยาว (Albacore)



Thunnus albacares

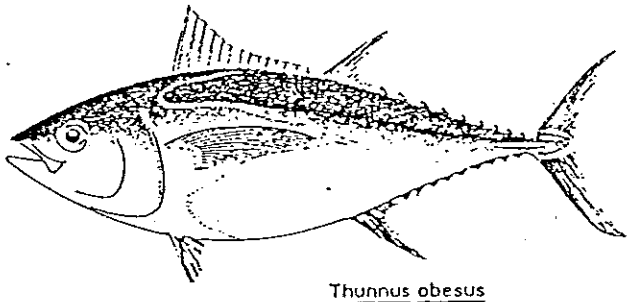
ทูน่าครีบเหลือง (Yellowfin tuna)



Thunnus maccoyii

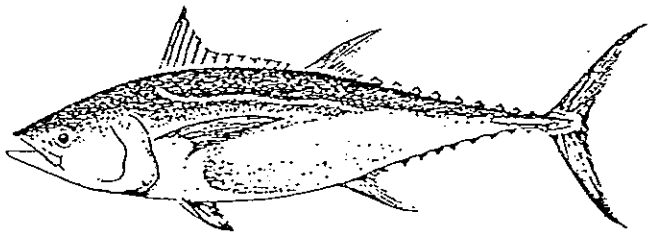
ทูน่าครีบน้ำเงิน (Southern bluefin tuna)

รูปที่ 1



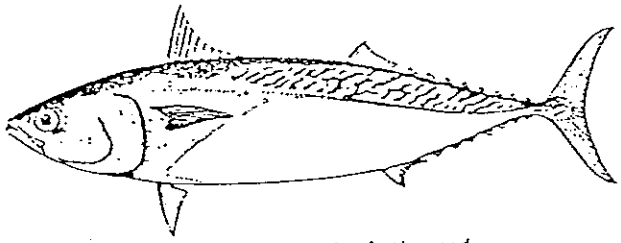
Thunnus obesus

ทูน่าตาโต (Bigeye tuna)



Thunnus tonggol

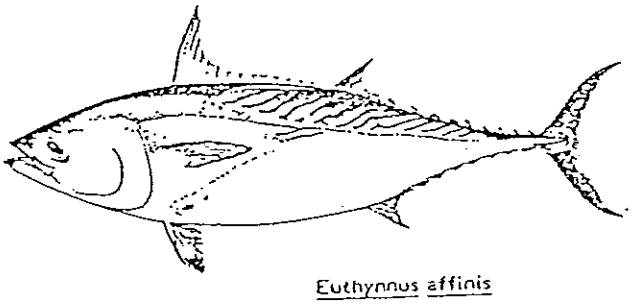
ทูน่าหางยาว, โอดำ (Longtail tuna)



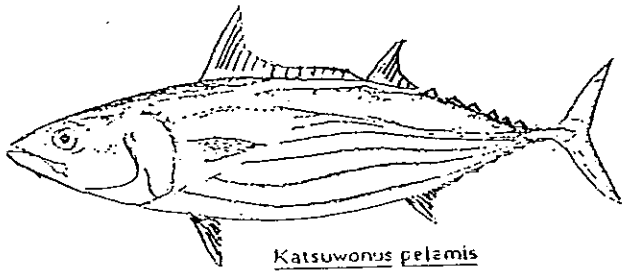
Auxis thazard

โอแกลบ (Frigate mackerel)

รูปที่ 1



โอลาย (Eastern little tuna)



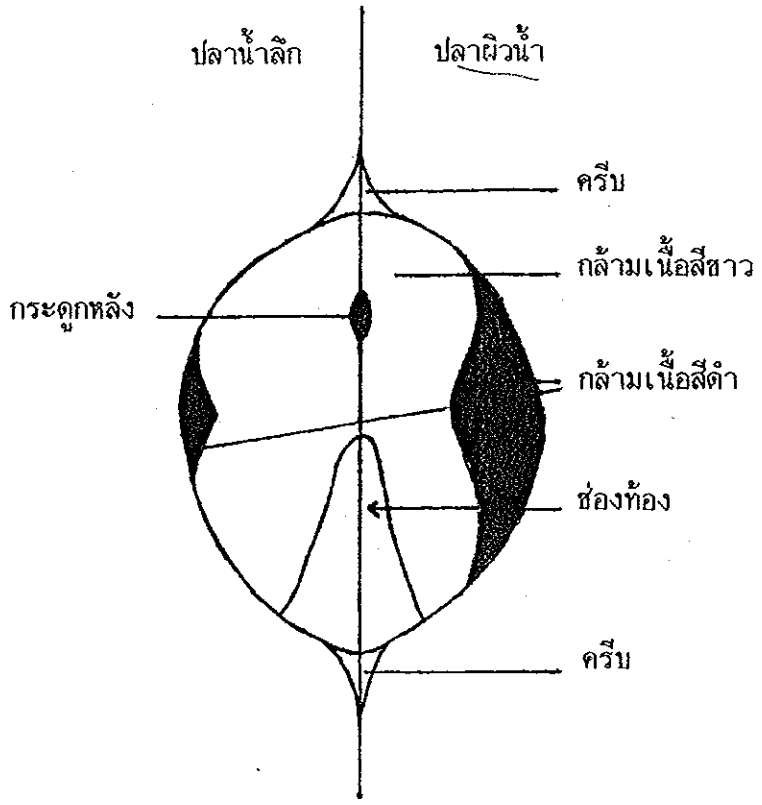
โอแถบ (Skipjack tuna)

รูปที่ 1 รูปร่างและลักษณะปลาทูน่าชนิดต่าง ๆ

ที่มา : ดัดแปลงจาก Collette และ Nauen (1983)

เหนียว ยืดหยุ่น และมีลักษณะเป็นชั้น ๆ (Hatae, *et al.*, 1988) ประกอบกับเป็นปลาที่มีอัตราการสลายตัวของสารประกอบอีโนซีนโมโนฟอสเฟต (Inosine monophosphate) ช้ากว่าปลาชนิดอื่น ๆ คือใช้เวลา 21 วัน เมื่อเทียบกับปลาแดงซึ่งใช้เวลา 3 วัน ในสภาพการเก็บรักษาโดยการใช้น้ำแข็ง (นงลักษณ์ สุทธิวนิช, 2531) กล้ามเนื้อของปลาทูน่าแบ่งออกเป็น 2 ชนิดคือ กล้ามเนื้อสีขาว และกล้ามเนื้อสีดำ (Kanoh, *et al.*, 1988; Taguchi, *et al.*, 1989; Eskin, 1990) โดยพบกล้ามเนื้อสีดำอยู่สองข้างตามเส้นข้างตัว โดยทั่วไปปลาผิวน้ำมีปริมาณกล้ามเนื้อสีดำมากกว่าปลาที่อาศัยบริเวณน้ำลึก (รูปที่ 2) ปลาทูน่าและปลาชาร์ดีนซึ่งจัดว่าเป็นปลาผิวน้ำจะมีปริมาณกล้ามเนื้อสีดำสูงเกินร้อยละ 12 ของปริมาณกล้ามเนื้อทั้งหมด (Taguchi, *et al.*, 1989) ส่วนปลาชนิดอื่น ๆ จะมีปริมาณของกล้ามเนื้อสีดำไม่เกินร้อยละ 10 ของปริมาณกล้ามเนื้อทั้งหมด (Eskin, 1990) อัตราส่วนของกล้ามเนื้อสีดำต่อกล้ามเนื้อทั้งหมดมีความสัมพันธ์กับขนาดของตัวปลา เมื่อขนาดของปลาเพิ่มขึ้นทั้งน้ำหนักและความยาวของตัวปลามีผลให้อัตราส่วนของกล้ามเนื้อสีดำต่อกล้ามเนื้อทั้งหมดสูงขึ้น Obatake และ Kawano (1988) ได้ทำการศึกษาในปลาแมกเคอเรลซึ่งจัดเป็นปลาผิวน้ำเช่นเดียวกับปลาทูน่า โดยใช้วิธีการแยกกล้ามเนื้อสีดำออกหลังจากการให้ความร้อนแก่ตัวปลา พบว่าอัตราส่วนของกล้ามเนื้อสีดำต่อกล้ามเนื้อทั้งหมดเพิ่มขึ้นประมาณร้อยละ 0.68 ต่อการเพิ่มน้ำหนักของปลา 100 กรัม และร้อยละ 0.29 ต่อการเพิ่มความยาวของปลา 1 เซนติเมตร ซึ่งนำไปใช้ประโยชน์ในการคาดคะเนหรือกำหนดขนาดของปลาผิวน้ำที่ใช้ในอุตสาหกรรมที่ต้องทำการแยกกล้ามเนื้อสีดำออก เพื่อลดต้นทุนการผลิต

กล้ามเนื้อทั้งสองชนิดของปลาทูน่ามีลักษณะที่แตกต่างกันตามหน้าที่ทางกายภาพ คุณค่าทางโภชนาการ องค์ประกอบทางเคมี โครงสร้างของโปรตีน ความคงทนต่อความร้อน ความสามารถในการรักษาสภาพความเป็นกรด-ด่าง ความแตกต่างด้านสี กลิ่น และรสชาติ กล้ามเนื้อสีขาวมีหน้าที่ช่วยในการเคลื่อนไหว ส่วนกล้ามเนื้อสีดำเป็นแหล่งสะสมไขมัน ไกลโคเจนและเมตาโบไลท์อื่น ๆ ซึ่งมีหน้าที่ช่วยเสริมหรือมีส่วนร่วมกับตับในการให้พลังงานแก่กล้ามเนื้อสีขาวเนื่องจากมีปริมาณไขมันสูงกว่า (Wittenberge, 1972;



รูปที่ 2 ความแตกต่างของเนื้อสีขาวและเนื้อสีดำในปลาผิวน้ำและปลาน้ำลึก

ที่มา : ดัดแปลงจาก Clucas (1981)

Perez-villarreal and Pozo, 1990) และพบว่าเป็นส่วนที่ให้ประโยชน์ด้านคุณค่าทางโภชนาการสูง เช่น กรดอะมิโนที่จำเป็นหลายชนิด ได้แก่ วาลีน ลูซีน ไอโซลูซีน ฟินิลอะลานีน ทรีโอนีน เมทิโอนีน อาร์จินิน และไลซีน เป็นต้น นอกจากนี้ยังพบว่าปริมาณกรดไขมันไม่อิ่มตัวชนิดโอเมกา 3 ปริมาณไวตามินหลายชนิดจะมีในกล้ามเนื้อสีดำสูงกว่าในกล้ามเนื้อสีขาว (Breakkan, 1959) ส่วนปริมาณของสารอนินทรีย์และกรดที่ละลายได้ รวมทั้งปริมาณฟอสฟอรัสในกล้ามเนื้อสีดำนั้นต่ำกว่าในกล้ามเนื้อสีขาว (นงลักษณ์ สุทธิวนิช, 2531)

ความแตกต่างทางด้านองค์ประกอบทางเคมี ในกล้ามเนื้อสีขาวจะมีปริมาณโปรตีนที่สูงกว่าแต่จะมีปริมาณไขมันในระดับที่ต่ำกว่ากล้ามเนื้อสีดำ (ตารางที่ 2) ปลาที่มีไขมันน้อยกว่าร้อยละ 5 เช่น ปลาทูน่า พบว่าในกล้ามเนื้อสีขาวมีปริมาณไขมันต่ำกว่าในกล้ามเนื้อสีดำ แต่ปลาจำพวกที่มีไขมันมากกว่าร้อยละ 6 ไขมันในกล้ามเนื้อสีขาวจะพบสูงกว่าในกล้ามเนื้อสีดำ (Vlieg and Murray, 1988)

ตารางที่ 2 องค์ประกอบในกล้ามเนื้อสีขาวและสีดำของปลาทูน่า (กรัมต่อ 100 กรัมตัวอย่าง)

ชนิดกล้ามเนื้อ	โปรตีน	ไขมัน	เถ้า	ความชื้น
กล้ามเนื้อสีขาว	20.99	2.98	1.27	69.42
กล้ามเนื้อสีดำ	18.34	3.69	1.32	71.71

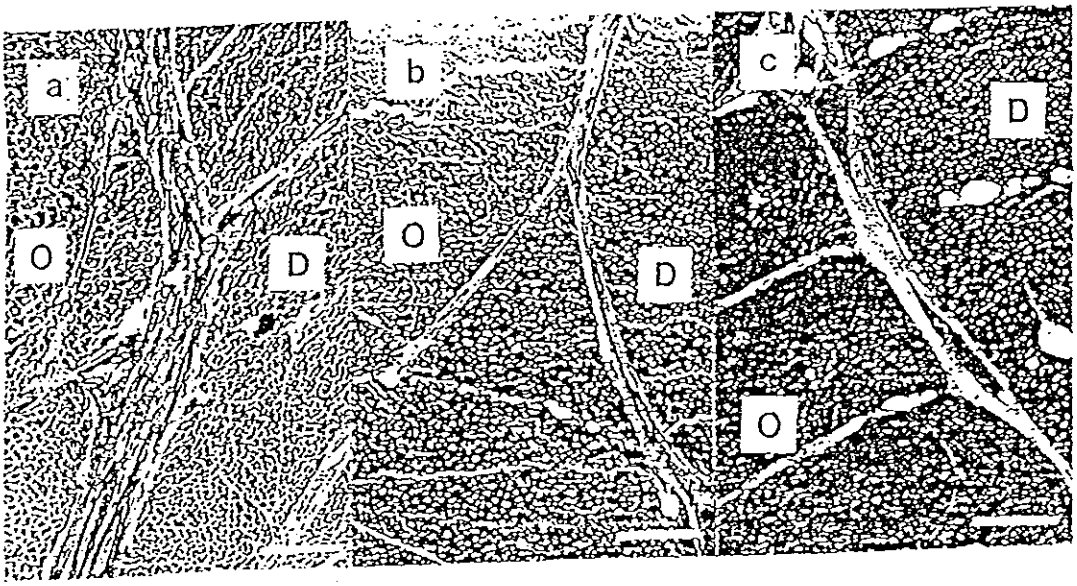
ที่มา : ดัดแปลงจาก Perez-villarreal และ Pozo (1990)

จากผลการศึกษาของ Dunajski (1979); Vlieg และ Murray (1988) พบว่าเนื้อปลาที่มีปริมาณของไขมันหรือความชื้นสูงจะมีลักษณะเนื้อสัมผัสที่นุ่มมากกว่า ปริมาณความชื้นและไขมันของกล้ามเนื้อสีขาวและกล้ามเนื้อสีดำมีความสัมพันธ์กันเป็นเส้นตรง โดยพบว่าที่ปริมาณไขมันเท่ากัน กล้ามเนื้อสีดำจะมีปริมาณความชื้นสูงกว่ากล้ามเนื้อสีขาวจึงเป็นเหตุให้กล้ามเนื้อสีดำมีโปรตีนต่ำลง ทั้งปริมาณไขมันและโปรตีนในกล้ามเนื้อสีดำสามารถนำมาใช้จำแนกประเภทหรือแบ่งกลุ่มของปลาได้เช่นเดียวกับใช้ในกล้ามเนื้อสีขาว ความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณไขมันกับความชื้น สามารถนำไปใช้ประโยชน์ในอุตสาหกรรมปลาทูน่าบรรจุกระป๋อง คือ ใช้ประมาณปริมาณไขมันในตัวปลาหรือใช้ปรับปริมาณไขมันในผลิตภัณฑ์โดยพิจารณาจากปริมาณความชื้น Takahashi (1960) กล่าวว่า ปลาทุกชนิดที่มีปริมาณความชื้นต่ำและโปรตีนสูงจะมีเนื้อที่แน่นกว่าเมื่อผ่านการทำให้สุก ความแตกต่างของลักษณะเนื้อสัมผัสของปลาที่ผ่านการทำให้สุกที่สังเกตได้ระหว่างปลาต่างชนิดกันนั้นมีสาเหตุมาจากความแตกต่างของปริมาณและชนิดของโปรตีน เช่น ซาร์โคพลาสมิกโปรตีน เมื่อมีปริมาณของซาร์โคพลาสมิกโปรตีนที่ถูกตกตะกอนด้วยความร้อนเพิ่มขึ้นมีผลทำให้ค่าความแน่นของเนื้อปลาเพิ่มขึ้นด้วย (Hatae, *et al.*, 1990) Eskin (1990) ได้กล่าวถึงการเกิดการหดตัวของกล้ามเนื้อระหว่างกล้ามเนื้อสีดำกับกล้ามเนื้อสีขาวในเนื้อปลาดิบ ไว้ว่าการหดตัวของกล้ามเนื้ออย่างรุนแรงภายหลังการตายในกล้ามเนื้อสีดำจะสูงกว่ากล้ามเนื้อสีขาวมาก ณ เวลาที่เท่ากัน จึงเป็นสาเหตุทำให้กล้ามเนื้อสีขาวมีความนุ่มของเนื้อมากกว่า Salo และคณะ (1986); Hatae และคณะ (1986; 1988) กล่าวว่าเนื้อปลาดิบที่มีปริมาณคอลลาเจนสูงจะมีความนุ่มของเนื้อน้อยกว่าเนื้อปลาที่มีคอลลาเจนต่ำ อย่างไรก็ตามในเนื้อปลาที่ผ่านการทำให้สุกแล้วพบว่าไม่มีความสัมพันธ์กันระหว่างปริมาณคอลลาเจนกับความนุ่มของเนื้อปลา โดยทั่วไปจะพบคอลลาเจนในเนื้อปลาเพียงเล็กน้อยเมื่อเทียบกับเนื้อสัตว์ชนิดอื่น ๆ เช่น เนื้อวัว ดังนั้นเนื้อปลาจึงนุ่มและย่อยง่าย และคอลลาเจนจะถูกทำลายได้ง่ายเมื่อให้ความร้อน (Kubote, *et al.*, 1975; Schikorski, 1984; Hatae, *et al.*, 1986)

Kanoh และคณะ (1988) พบว่ากล้ามเนื้อสีดำของปลาทูน่ามีขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางของเส้นใยกล้ามเนื้อเล็กกว่ากล้ามเนื้อสีขาวอยู่ถึง 3.5 เท่า (รูปที่ 3) จึงมีปริมาณของโปรตีนเนื้อเยื่อเกี่ยวพันที่ห่อหุ้มแต่ละเส้นใยกล้ามเนื้อสูงกว่า ถึง 5 เท่าของกล้ามเนื้อสีขาว (ตารางที่ 3) (Kanoh, *et al.*, 1986) เมื่อนำกล้ามเนื้อทั้งสองชนิดมาให้ความร้อน กล้ามเนื้อสีดำจะมีความแน่นของเนื้อสัมผัสมากกว่ากล้ามเนื้อสีขาว (รูปที่ 4) ซึ่งเป็นผลมาจากปริมาณของโปรตีนเนื้อเยื่อเกี่ยวพันที่แตกต่างกันนั่นเอง เมื่อพิจารณาถึงองค์ประกอบกรดอะมิโนในคอลลาเจนและอิลาสตินจะคล้ายกันทั้งในกล้ามเนื้อสีขาวและสีดำ และเมื่อเปรียบเทียบสัดส่วนของปริมาณคอลลาเจนกับอิลาสติน จะเห็นว่าในกล้ามเนื้อสีดำมีปริมาณอิลาสตินสูงกว่า ทำให้มีผลต่อความเหนียวของเนื้อปลา (ตารางที่ 4)

Kanoh และคณะ (1988); Taguchi และคณะ (1989) รายงานว่า ความแตกต่างของความเหนียวในกล้ามเนื้อสีขาวและสีดำของปลาทูน่าและปลาซาร์ดีนหลังจากการให้ความร้อนมีผลมาจากความคงทนต่อความร้อนของไมโอซินที่แตกต่างกัน ซึ่งไมโอซินในกล้ามเนื้อสีดำมีความคงทนต่อความร้อนได้ดีกว่าไมโอซินในกล้ามเนื้อสีขาวเนื่องจากมีกิจกรรมของแอคโตไมโอซิน แมกนีเซียม-เอทีพีเอส (Actomyosin Mg-ATPase) ต่ำกว่า (รูปที่ 5) และเป็นเพราะความสามารถในการเกิดเจลเมื่อได้รับความร้อนของไมโอซินในกล้ามเนื้อสีดำมีต่ำมาก เมื่อเปรียบเทียบกับไมโอซินในกล้ามเนื้อสีขาว นอกจากนี้ความแตกต่างในโครงสร้างที่เป็นเกลียวของส่วนหางในโมเลกุลของไมโอซิน ระหว่างกล้ามเนื้อทั้งสองชนิดทำให้ความเร็วในการจับกันของไมโอซินกับแอคตินเพื่อเป็นแอคโตไมโอซินต่างกันด้วย

Murai และคณะ (1982); Suyama และคณะ (1986) ได้ทำการศึกษาพบว่ากล้ามเนื้อของปลาทูน่ามีความสามารถในการต้านทานการเปลี่ยนแปลงพีเอชของบัฟเฟอร์สูง (buffering capacity) เนื่องจากปลาชนิดนี้มีปริมาณของกรดอะมิโนฮีสติดีนและสารไดเปปไทด์ชนิดแอนเซอรีน ซึ่งสารประกอบทั้ง 2 ชนิดนี้จัดเป็นสารกลุ่มอะมิโนที่มีความเป็นด่างสูงกว่าปลาชนิดอื่น ๆ จึงมีผลต่อคุณสมบัติในด้านความสามารถในการรักษาสภาพความเป็นกลางที่ดีกว่า สามารถพบปริมาณของกรดอะมิโนฮีสติดีนและสารไดเปปไทด์ชนิด



รูปที่ 3 ขนาดของเส้นผ่าศูนย์กลางของเส้นใยกล้ามเนื้อสีขาว (O=ordinary muscle) และสีดำ (D=dark muscle) ของปลาทูน่า

a) เนื้อปลาสด b) ให้ความร้อน 10 นาที อุณหภูมิ 60 °ซ

c) ให้ความร้อน 10 นาที อุณหภูมิ 100 °ซ

ที่มา : ดัดแปลงจาก Kanoh และคณะ (1988)

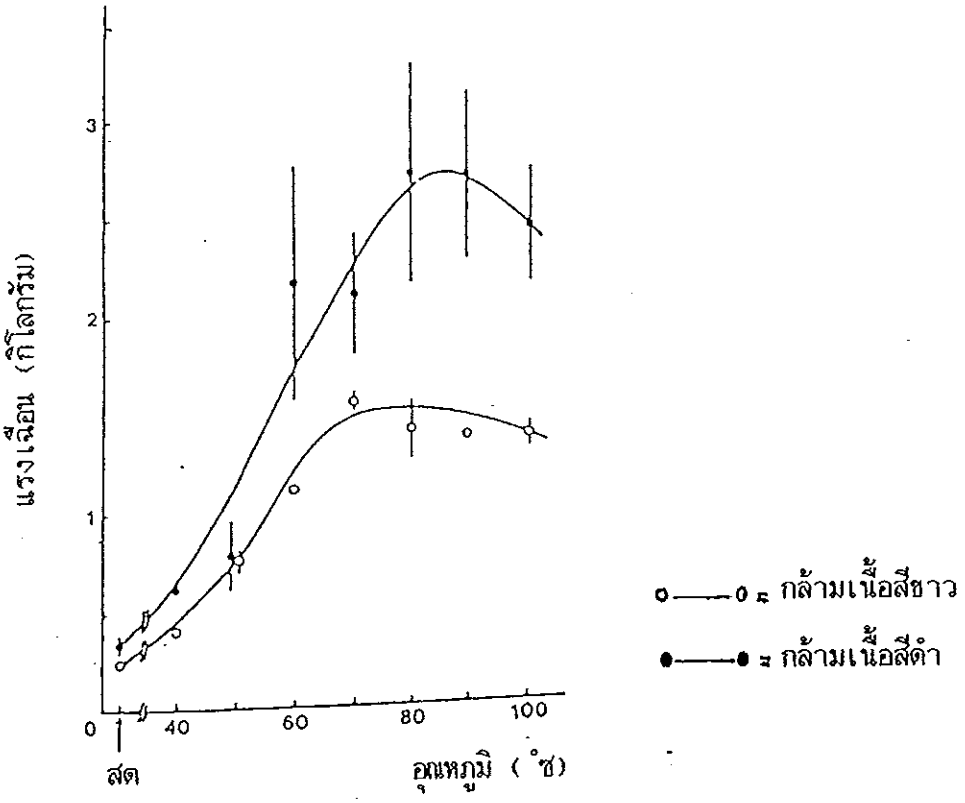
ตารางที่ 3 องค์ประกอบของโปรตีนในกล้ามเนื้อสีขาวและสีดำของปลาทูน่าก่อนและหลังการให้ความร้อน

(มิลลิกรัมไนโตรเจนต่อกรัม)

ชนิดของปลา	ชนิดของกล้ามเนื้อ	สารประกอบไนโตรเจนที่ไม่ใช่โปรตีน	สารประกอบไนโตรเจนโปรตีน			
			ซาร์โคพลาสมิค	ไมโอไฟบริลลาร์	อัลคาไลด์	สตรอมา
อัลบาคอร์	เนื้อขาวดิบ	6.2	15.5 (46.0)*	17.0 (50.4)	0.3 (0.9)	0.9 (2.7)
	เนื้อดำดิบ	3.5	11.6 (42.1)	10.3 (37.2)	1.6 (5.9)	4.1 (14.9)
	เนื้อขาวสุก	7.5	1.5 (4.9)	0.7 (2.3)	28.5 (92.3)	0.1 (0.3)
	เนื้อดำสุก	4.0	2.5 (8.2)	1.5 (4.9)	25.2 (82.4)	1.4 (4.6)
ทูน่าครีบเหลือง	เนื้อขาวดิบ	6.9	13.9 (42.6)	18.2 (55.9)	0.1 (0.2)	0.4 (1.3)
	เนื้อดำดิบ	3.5	12.2 (45.4)	11.3 (42.1)	2.7 (10.1)	1.7 (2.4)
	เนื้อขาวสุก	7.5	1.6 (4.5)	1.0 (2.8)	32.9 (92.5)	0.1 (0.2)
	เนื้อดำสุก	4.0	2.2 (7.4)	1.3 (4.2)	26.0 (86.5)	0.6 (2.0)
ปลาโอท้องแถบ	เนื้อขาวดิบ	8.2	15.0 (44.2)	18.1 (53.4)	0.2 (0.6)	0.6 (1.8)
	เนื้อดำดิบ	4.4	11.9 (37.0)	15.8 (49.1)	3.0 (9.3)	1.5 (4.7)
	เนื้อขาวสุก	8.8	1.4 (4.5)	1.5 (4.8)	28.3 (90.1)	0.2 (0.6)
	เนื้อดำสุก	5.2	1.5 (5.1)	1.0 (3.2)	27.7 (88.2)	1.1 (3.5)

* ร้อยละ

ที่มา : ดัดแปลงจาก Kanoh และคณะ (1986)



รูปที่ 4 การเปลี่ยนแปลงความเหนียวของกล้ามเนื้อสีขาวและสีดำของปลาทูน่าเมื่อผ่านการให้ความร้อนที่อุณหภูมิต่าง ๆ ข้อมูลที่แสดงคือค่าเฉลี่ย (± ค่าความคลาดเคลื่อนมาตรฐาน) ที่ได้จากการวิเคราะห์ตัวอย่าง 2 ชุด ๆ ละ 3 ซ้ำ

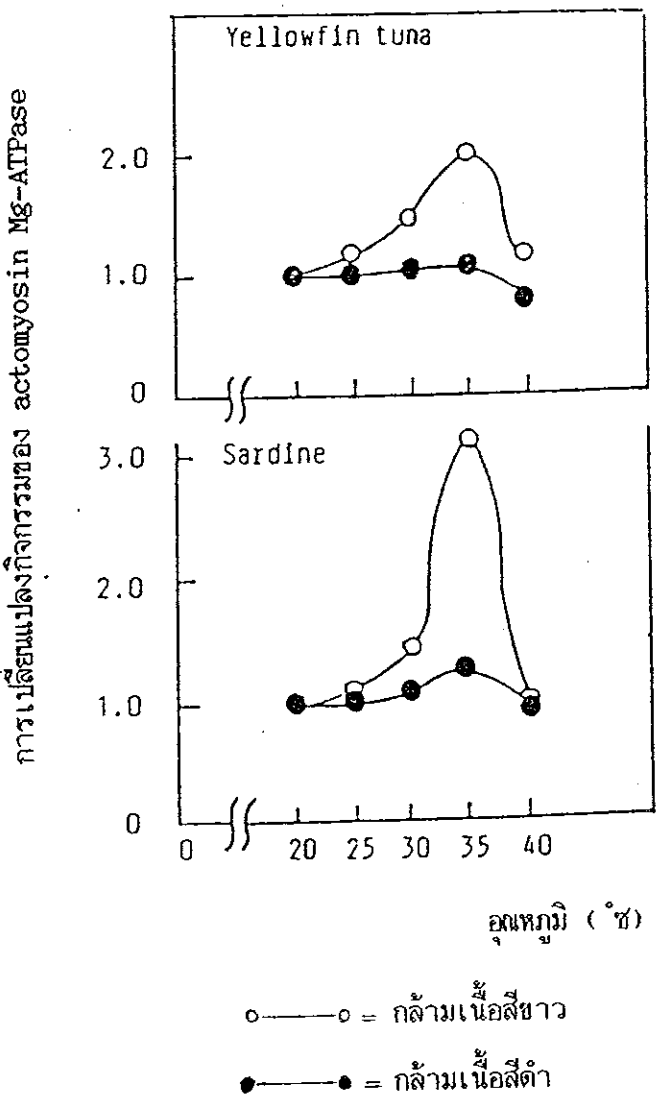
ที่มา : ดัดแปลงจาก Kanoh และคณะ (1988)

ตารางที่ 4 ปริมาณคอลลาเจนและอีลาสตินในโปรตีนเนื้อเยื่อเกี่ยวพันของกล้ามเนื้อสีขาวและสีดำของปลาทูน่า

(ร้อยละ)

ชนิด	อัลบาคอร์		ทูน่าครีบเหลือง		ปลาโอท้องแถบ	
	คอลลาเจน	อีลาสติน	คอลลาเจน	อีลาสติน	คอลลาเจน	อีลาสติน
กล้ามเนื้อสีขาว	98.0	2.0	97.4	2.6	90.8	9.2
กล้ามเนื้อสีดำ	97.4	2.6	94.1	5.9	87.6	12.4

ที่มา : ดัดแปลงจาก Kanoh และคณะ (1986)



รูปที่ 5 การเปลี่ยนแปลงกิจกรรมของ actomyosin Mg-ATPase ในกล้ามเนื้อสีขาว และสีดำของปลาทูน่าและปลาซาร์ดีน เมื่อให้ความร้อนที่อุณหภูมิต่าง ๆ

ที่มา : ดัดแปลงจาก Taguchi และคณะ (1989)

แอนเซอรีนในกล้ามเนื้อสีขาวอยู่ร้อยละ 36 และ 20 ของปริมาณสารประกอบไนโตรเจนที่ไม่ใช่โปรตีนตามลำดับซึ่งสูงกว่าในกล้ามเนื้อสีดำ ที่พบปริมาณรวมของฮีสติดีนและแอนเซอรีนประมาณร้อยละ 17 ของปริมาณสารประกอบไนโตรเจนที่ไม่ใช่โปรตีน สำหรับสารประกอบอื่น ๆ ที่ไม่มีองค์ประกอบของไนโตรเจน เช่น กรดแลกติคและกรดฟอสฟอริคพบในกล้ามเนื้อสีขาวสูงกว่าซึ่งมีส่วนทำให้ค่าพีเอชของกล้ามเนื้อสีขาวต่ำกว่ากล้ามเนื้อสีดำ และค่าพีเอชจะเพิ่มขึ้นเมื่อมีการให้ความร้อนพบทั้งในกล้ามเนื้อสีดำและสีขาว (Suyama, *et al.*, 1986; Suzuki, *et al.*, 1987)

ความแตกต่างทางด้านสี กล้ามเนื้อสีดำจะมีสีดำคล้ำขณะที่กล้ามเนื้อสีขาวมีสีที่อ่อนกว่ามากเนื่องจากเส้นเลือดที่แทรกอยู่ในกล้ามเนื้อสีดำจะมีมากกว่า ในกล้ามเนื้อสีดำของปลาทูน่าโดยทั่วไปจะพบฮีโมโปรตีน (โกลบิน) เป็นโปรตีนให้สีประกอบด้วยธาตุเหล็กและสารประกอบไนโตรเจนเป็นหลักในปริมาณที่สูงกว่าในกล้ามเนื้อสีขาวอยู่ 10-40 เท่า (Kanoh, *et al.*, 1986; Eskin, 1990) (ตารางที่ 5) ทำให้มีธาตุเหล็กมากซึ่งเป็นสารเริ่มต้น (Pro-oxidants) ในการเร่งให้เกิดปฏิกิริยาการเติมออกซิเจนได้ง่าย ทำให้สีที่คล้ำยิ่งคล้ำมากขึ้น จึงทำให้กล้ามเนื้อส่วนนี้มีสีที่เข้มกว่ากล้ามเนื้อสีขาว สีของเนื้อปลาจะเริ่มมีการเปลี่ยนแปลงทันทีที่ปลาตายลง การเปลี่ยนแปลงสีโดยมีสาเหตุจากการเกิดปฏิกิริยาการเติมออกซิเจนที่เม็ดสีฮีโมโกลบินและไมโอโกลบินในเลือดปลา เกิดเป็นสารประกอบออกซีฮีโมโกลบินและออกซีไมโอโกลบิน มีสีแดงสด แต่สารประกอบทั้งสองไม่คงตัวจะเปลี่ยนเป็นเมทฮีโมโกลบินและเมทไมโอโกลบิน ซึ่งเป็นสีน้ำตาลคล้ำจนเกือบดำ กล้ามเนื้อสีดำจะว่องไวต่อการเกิดปฏิกิริยาการเติมออกซิเจนได้ดีกว่ากล้ามเนื้อสีขาว (Koizumi, *et al.*, 1987) เนื่องจากในกล้ามเนื้อสีดำมีปริมาณของไขมันมากกว่าและเป็นบริเวณที่เส้นเลือดเข้ามาเลี้ยงมาก จึงทำให้กล้ามเนื้อบริเวณนี้มีการเปลี่ยนแปลงสีและกลิ่นได้เร็วกว่ากล้ามเนื้อสีขาว

จากการศึกษาของ Chow และคณะ (1985; 1988) พบว่าอัตราการเกิดเมทไมโอโกลบินในขั้นตอนการแช่เยือกแข็งและการทำละลายของปลาทูน่าครีบน้ำเงิน เมื่อใช้กระบวนการแช่เยือกแข็งแบบรวดเร็ว จะมีอัตราต่ำและยังขึ้นกับพีเอช แต่ถ้าใช้การ

ตารางที่ 5 ปริมาณของฮีโมโปรตีนในกล้ามเนื้อสีขาวและสีดำของปลาทูน่า

(มิลลิกรัมต่อกรัม)

ชนิดของปลา	ชนิดของกล้ามเนื้อ	การกระจายของฮีโมโปรตีน (ไมโอโกลบิน)
อัลบาคอร์	กล้ามเนื้อสีขาว	0.4
	กล้ามเนื้อสีดำ	18.2
ทูน่าครีบเหลือง	กล้ามเนื้อสีขาว	0.7
	กล้ามเนื้อสีดำ	23.6
ปลาโอท้องแถบ	กล้ามเนื้อสีขาว	2.1
	กล้ามเนื้อสีดำ	17.2

ที่มา : ดัดแปลงจาก Kanoh และคณะ (1986)

แช่เยือกแข็งแบบช้า อัตราการที่เกิดเมทไมโอโกลบินจะสูงขึ้นและไม่ขึ้นกับพีเอช อุณหภูมิสำหรับการทำละลาย (0-20 °ซ) มีผลค่อนข้างน้อย อย่างไรก็ตามเมื่ออุณหภูมิของการทำละลายสูงขึ้น อัตราการเกิดเมทไมโอโกลบินจะช้าลง สำหรับการเก็บรักษาปลาทูน่าโดยไม่ใช้กระบวนการแช่เยือกแข็งนั้น ควรเก็บรักษาเนื้อปลาทูน่าไว้ที่อุณหภูมิใกล้จุดเยือกแข็ง (-6 °ซ) จะช่วยชะลอการเกิดเมทไมโอโกลบินมากกว่าการเก็บที่อุณหภูมิจุดเยือกแข็ง (0 °ซ) ความแตกต่างของสีที่กล้ามเนื้อยังอาจมีสาเหตุมาจากปริมาณของไมโอซิน ซึ่งพบว่าปลาที่มีเนื้อสีเข้มจะมีปริมาณไมโอซินต่ำกว่าปลาที่มีเนื้อสีอ่อน เช่น ปลาทูน่าชนิดอัลบาคอร์อาจเปรียบเทียบได้จากปริมาณของไมโอไฟบริลลาร์โปรตีนที่พบในกล้ามเนื้อสีขาวสูงกว่ากล้ามเนื้อสีดำ คือ ร้อยละ 50.4 และ 37.2 ตามลำดับ (ตารางที่ 3) (Kanoh, *et al.*, 1986)

ความแตกต่างทางด้านกลิ่น กล้ามเนื้อสีดำจะมีกลิ่นคาวปลาที่รุนแรงกว่ากล้ามเนื้อสีขาว การเกิดกลิ่นคาวปลารุนแรงนั้น มยุรี จัยวัฒน์ (2532) กล่าวว่า มีสาเหตุมาจากเลือดปลา โดยปกติแล้วการกำจัดเลือดปลาออกจะทำให้เนื้อปลาที่นำไปปรุงอาหารหรือทำให้สุกมีกลิ่นคาวหรือกลิ่นเหม็นน้อยลงมาก ในกล้ามเนื้อสีดำของปลาทูน่าที่ตายแล้วจะมีปริมาณของไตรเมทธิลลามีน ไดเมทธิลลามีนและกรดไขมัน เพิ่มขึ้นอย่างรวดเร็ว ทั้งนี้เนื่องมาจากการย่อยสลายตัวเองของกล้ามเนื้อสีดำและยังพบปริมาณด่างที่ระเหยได้มากกว่าด้วย (Murata, *et al.*, 1980) เมื่อมีการให้ความร้อนหรือทำให้สุกสารประกอบไตรเมทธิลลามีนออกไซด์เปลี่ยนเป็นไตรเมทธิลลามีน ซึ่งมีกลิ่นคล้ายกลิ่นแอมโมเนียแต่อ่อนกว่า (Suzuki, *et al.*, 1987) ส่วนกลิ่นคาวปลานั้นเกิดจากการทำปฏิกิริยาระหว่างไตรเมทธิลลามีนกับไขมัน (Eitenmiller, 1991) ปลาสดควรมีกลิ่นคาวปลาเล็กน้อย การสูญเสียกลิ่นเฉพาะของปลาเกิดจากสารประกอบในธรรมชาติที่พบเป็นสารประกอบที่ไม่คงตัว การเกิดกลิ่นแปลกปลอมจะเกิดหลังจากการสูญเสียกลิ่นตามธรรมชาติไปแล้ว กลิ่นที่เกิดขึ้นเสมอคือกลิ่นหืน ซึ่งเกิดจากปฏิกิริยาเคมีของไขมันกับออกซิเจน ถ้ามีความร้อน แสง หรือสารเร่งปฏิกิริยา เช่น เหล็ก จะทำให้ไขมันที่มีอยู่มากบริเวณใกล้เคียงเสื่อมเสียได้ง่าย การเกิดกลิ่นหืนในเนื้อปลาที่ผ่านการทำให้สุกระหว่างการเก็บรักษา

CENTRAL LIBRARY
PRINCE OF SONGKLA UNIVERSITY

มีความสัมพันธ์กันอย่างมากกับปริมาณไขมันไม่อิ่มตัวและเม็ดสีในเลือด ซึ่งมีความสัมพันธ์มากกว่าองค์ประกอบของกรดไขมันในไขมันไม่อิ่มตัวและพบว่าค่าทีบีเอมีอัตราการเพิ่มที่สูงขึ้นในกล้ามเนื้อสีดำมากกว่าในกล้ามเนื้อสีขาว เป็นเพราะกล้ามเนื้อสีดำมีปริมาณไมโอโกลบินและไขมันในปริมาณที่สูงกว่านั่นเอง (Koizumi, *et al.*, 1987)

ความแตกต่างทางด้านรสชาติ โดยทั่วไปน้ำที่สกัดมาจากเนื้อปลาต้มสุก จะมีรสชาติที่เกิดจากสารประกอบที่มีน้ำหนักโมเลกุลสูง (High molecular weight compounds) เช่น ไกลโคเจนและโปรตีนที่ละลายน้ำร่วมกับสารประกอบไนโตรเจนที่ไม่ใช่โปรตีน รสชาติหลัก ๆ เมื่อรับประทานเนื้อปลาจะมาจากสารประกอบไนโตรเจนที่ไม่ใช่โปรตีน (Murata and Sakaguchi, 1990) โดยเฉพาะสารประกอบอีโนซีนโมโนฟอสเฟต สารประกอบไนโตรเจนที่ไม่ใช่โปรตีนนี้ไม่มีความสำคัญเกี่ยวกับคุณค่าทางอาหาร แต่สำคัญอย่างมากเกี่ยวกับลักษณะทางกลิ่นและรสชาติ จากการศึกษาของ Kanoh และคณะ (1986) พบว่าในกล้ามเนื้อสีดำมีปริมาณสารประกอบอีโนซีนโมโนฟอสเฟต ที่ต่ำกว่าในกล้ามเนื้อสีขาวคือ 2.73 และ 12.19 ไมโครโมลต่อกรัม ตามลำดับ และในกล้ามเนื้อสีดำมีสารประกอบอีโนซีน (Inosine) เป็นองค์ประกอบหลักในสารประกอบอะดีนาลีนไตรฟอสเฟต (Adenaline triphosphate; ATP) แต่ในทางตรงกันข้ามกล้ามเนื้อสีขาวจะมีสารประกอบอีโนซีนโมโนฟอสเฟตเป็นองค์ประกอบหลัก จึงเป็นสาเหตุทำให้กล้ามเนื้อสีดำมีรสชาติที่ด้อยกว่ากล้ามเนื้อสีขาว Obatake และคณะ (1988) ทำการศึกษาเกี่ยวกับอัตราการสลายตัวของสารประกอบอีโนซีนโมโนฟอสเฟตในกล้ามเนื้อปลา พบว่าการดิ้นทุรนทุรายประมาณ 30 นาทีของปลาก่อนตายจะมีผลต่ออัตราการสลายตัวของสารประกอบอีโนซีนโมโนเฟสเฟตในกล้ามเนื้อสีดำ โดยกล้ามเนื้อสีดำมีอัตราการสลายตัวของสารประกอบอีโนซีนโมโนฟอสเฟตเร็วกว่า การสลายตัวอย่างรวดเร็วนี้เนื่องมาจากการทำงานของเอนไซม์เป็นหลัก ซึ่งสอดคล้องกับการศึกษาของ Murata และ Sakaguchi (1989) กล่าวไว้ว่า การสูญเสียกลิ่นรสในกล้ามเนื้อสีดำจะเร็วกว่าในกล้ามเนื้อสีขาว เนื่องจากความแตกต่างกันในอัตราการลดลงของสารประกอบอีโนซีนโมโนฟอสเฟตระหว่างการเก็บรักษาโดยการใช้น้ำแข็ง คือในกล้ามเนื้อสีขาวจะมีการลดลงของสารประกอบ

033106

อีโนซีนโมโนฟอสเฟตอย่างช้า ๆ ขณะที่ระดับของสารประกอบอีโนซีนโมโนฟอสเฟตในกล้ามเนื้อสีดำจะลดลงอย่างรวดเร็ว การสลายตัวของสารประกอบอีโนซีนโมโนฟอสเฟตเป็นสารประกอบอีโนซีน และสารประกอบไฮโปแซนทีน (Hypoxanthine) เป็นตัวชี้ว่าเนื้อปลามีความสดลดลง การลดลงของความสดจะมีความสัมพันธ์อย่างมากกับการสูญเสียกลิ่นรส และในปลาทุกชนิดที่ได้สูญเสียกลิ่นรสไปแล้ว ถ้ามีการเพิ่มสารประกอบอีโนซีนโมโนฟอสเฟตประมาณ 1.0 ไมโครโมลต่อกรัม จะช่วยทำให้กลิ่นรสเพิ่มขึ้นจากเดิม การเพิ่มสารประกอบอีโนซีนโมโนฟอสเฟตลงในน้ำที่สกัดจากกล้ามเนื้อสีดำที่ได้สูญเสียกลิ่นรสไปในระหว่างการเก็บรักษา เป็นผลทำให้กลิ่นรสกลับคืนมา ขณะที่การเพิ่มสารประกอบกลูตาเมทจะไม่ช่วยให้กลิ่นรสเพิ่มขึ้น ซึ่งแตกต่างกับน้ำที่สกัดจากกล้ามเนื้อสีขาว ถ้าเพิ่มสารประกอบอีโนซีนโมโนฟอสเฟต หรือสารประกอบกลูตาเมทจะช่วยเพิ่มความแรงของกลิ่นและรสชาติ (Murata and Sakaguchi, 1989; Murata, *et al.*, 1990)

อุตสาหกรรมการแปรรูปปลาทูน่า

ทรัพยากรปลาทูน่าจัดเป็นสัตว์น้ำที่มีความสำคัญในวงการประมงโลก เนื่องจากผู้บริโภคตระหนักว่าปลาทูน่าเป็นอาหารทดแทนเนื้อสัตว์ประเภทอื่นที่มีราคาต่ำให้คุณประโยชน์มาก เช่น กรดอะมิโนที่จำเป็นต่อร่างกาย (ตารางที่ 6) มนุษย์บริโภคเนื้อปลาเพียงวันละ 200 กรัม จะได้ปริมาณกรดอะมิโนที่จำเป็นต่อร่างกายเป็นจำนวนมาก และพบกรดไขมันไม่อิ่มตัวชนิดโอเมกา 3 ที่มีคุณสมบัติช่วยลดความดันเลือด ช่วยลดปริมาณโคเลสเตอรอลในเลือด และช่วยป้องกันไม่ให้เลือดจับกันเป็นก้อนซึ่งเป็นสาเหตุสำคัญของการเป็นโรคหัวใจอย่างเฉียบพลัน (Eitenmiller, 1991; Tuley, 1991) เนื้อปลาทูน่าเป็นแหล่งที่ดีของธาตุไอโอดีน การขาดธาตุไอโอดีนเป็นสาเหตุทำให้เกิดโรคคอพอกขึ้นได้ จึงทำให้ผู้บริโภคหันมาบริโภคเนื้อปลาทูน่ากันมากขึ้น

จากรายงานคณะทำงานการศึกษาการประมงปลาทูน่า (2534) ได้กล่าวไว้ว่า ผลผลิตปลาทูน่าทั่วโลกได้เพิ่มขึ้นจาก 1.8 ล้านตันในปี 2523 เป็น 2.5 ล้านตันในปี

ตารางที่ 6 ความต้องการกรดอะมิโนของร่างกายมนุษย์และปริมาณกรดอะมิโนที่พบในเนื้อปลา เนื้อวัว และเนื้อไก่

กรดอะมิโนที่จำเป็น	กรัมต่อ 200 กรัมเนื้อปลา	กรัมต่อ 100 กรัมโปรตีน		
	ความต้องการของร่างกายต่อวัน*	เนื้อปลาทูน่า (กระป๋อง)	เนื้อวัว (ส่วนสัน)	เนื้อไก่ (ส่วนอก)
ไลซีน	1.6	10.0	10.4	10.7
เมทิโอนีนและซีสเตอีน	2.2	6.1	4.8	4.5
ทริโอนีน	1.0	5.4	6.2	5.3
ไอโซลูซีน	1.4	5.0	4.6	5.5
ลูซีน	2.2	8.9	9.8	9.6
วาลีน	1.6	6.1	5.8	6.2
ฟินิลอะลานีนและไทโรซีน	2.2	7.3	6.8	6.9
ทริปโตเฟน	0.5	1.3	1.2	1.4

* น้ำหนักร่างกาย 68 กิโลกรัม

ที่มา : ดัดแปลงจาก Stansby และ Hall (1967); Eitenmiller (1991)

2531 และองค์การอาหารและเกษตรแห่งสหประชาชาติ ได้ประเมินความต้องการอาหารปลาทูน่าบรรจุกระป๋องในปี 2538 ว่ามีแนวโน้มเพิ่มขึ้นในตลาดโลกอีกประมาณ 140,000 ตัน นอกจากนี้ยังอาจเพิ่มจากการบริโภคภายในประเทศ โดยเฉพาะในภูมิภาคเอเชียตะวันออกเฉียงใต้และตะวันออกกลางอีกราว 30,000-40,000 ตัน ทำให้ตลาดการค้าปลาทูน่าบรรจุกระป๋องมีแนวโน้มเพิ่มขึ้น

อุตสาหกรรมปลาทูน่าบรรจุกระป๋องของประเทศไทย สามารถนำรายได้เข้าประเทศปีละไม่ต่ำกว่า 10,000 ล้านบาทในช่วงปี 2529-2532 โดยในปี 2532 พบว่าโรงงานผลิตปลาทูน่าบรรจุกระป๋อง 22 โรงงาน มีปริมาณการใช้วัตถุดิบรวม 1,000 ตันต่อวัน และได้เพิ่มปริมาณเป็น 1,600 ตันต่อวันในปี 2533 หรือประมาณ 480,000 ตันต่อปี (พูลทรัพย์ วิรุฬหกุล, 2534) การผลิตปลาทูน่าบรรจุกระป๋องของประเทศไทยจึงเจริญรุดหน้าอย่างรวดเร็วทำให้ได้ชื่อว่าเป็นประเทศที่มีการส่งออกผลิตภัณฑ์ปลาทูน่ามากเป็นอันดับหนึ่งของโลก ปริมาณการส่งออกในแต่ละปีได้ขยายตัวอย่างรวดเร็วเพราะผู้ผลิตสามารถปรับปรุงสินค้าให้ได้มาตรฐานตามความต้องการของตลาด จึงทำให้คุณภาพและราคาเป็นที่ยอมรับ (ตารางที่ 7) และในปี 2534 มีมูลค่าส่งออกประมาณร้อยละ 62.7 ของมูลค่าส่งออกผลิตภัณฑ์อาหารทะเลบรรจุกระป๋อง (กัลยา เรืองพงษ์, 2535)

วัตถุดิบที่ใช้ในการผลิตปลาทูน่าบรรจุกระป๋องในประเทศไทยได้มาจาก 2 แหล่ง คือ (คณะทำงานการศึกษาการประมงปลาทูน่า, 2534)

1. จากการจับภายในประเทศ ซึ่งได้จากการประมงในน่านน้ำไทยเป็นสำคัญ ปลาทูน่าในน่านน้ำไทยเป็นปลาทูน่าขนาดเล็กซึ่งไทยเรียกว่า "ปลาโอ" ได้แก่ ปลาโอดำหรือโอหม้อ ปลาโอลาย ปลาโอแกลบ หรือโอกล้วย ปลาโอหลอด ปลาโอท้องแถบ โดยปลาโอหลอดและปลาโอท้องแถบจะพบเฉพาะในเขตทะเลอันดามัน และจะพบปลาทูน่าครีบเหลืองในบางฤดูอีกด้วย (Chullasorn and Martosubroto, 1986)

2. จากการนำเข้าจากต่างประเทศ สัดส่วนการใช้วัตถุดิบภายในประเทศเริ่มลดลงจากร้อยละ 68.8 ในปี 2525 เป็นร้อยละ 23.0 ในปี 2531 ปัจจุบันประมาณร้อยละ 80 ของวัตถุดิบทั้งหมดเป็นการนำเข้าจากต่างประเทศ ในที่นี้เป็นปลาโอแกลบ

ตารางที่ 7 ปริมาณการนำเข้าปลาทูน่ากระป๋องของสหรัฐอเมริกา

ปริมาณ : เมตริกตัน

ประเทศ	2530	2531	2532	2533
1. กลุ่มอาเซียน	71,808	94,638	139,527	116,320
-ไทย	62,048	81,594	112,762	93,168
-ฟิลิปปินส์	8,785	8,960	15,453	12,289
-อินโดนีเซีย	309	2,851	10,014	9,528
-มาเลเซีย	665	1,233	1,298	1,335
2. ไต้หวัน	9,196	10,652	12,664	7,910
3. เอลกวาดอร์	2,162	3,299	1,316	1,543
4. ญี่ปุ่น	2,077	1,511	1,115	640
5. เวเนซูเอลา	1,232	79	1,023	141
6. ประเทศอื่น ๆ	2,816	1,194	2,381	2,757
รวม	89,290	111,374	158,027	129,311

ที่มา : กฤษณา โสภณพงษ์ (2535)

ประมาณร้อยละ 90 ปลาทูน่าครีบเหลืองร้อยละ 8 ปลาทูน่าชนิดอัลบาคอร์ไม่เกินร้อยละ 2

สำนักงานมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม (2530) ได้กำหนดมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมปลาทูน่ากระป๋อง (มอก.142-2530) เกี่ยวกับรูปแบบในการบรรจุเนื้อปลาดังนี้

(1) ปลาชิ้นใหญ่ (solid) ทำจากเนื้อปลาทูน่าสุกไม่มีหนัง หรือเนื้อปลาทูน่าดิบมีหนัง ตัดเนื้อตามขวางให้มีขนาดพอดีที่จะบรรจุลงในกระป๋องได้เป็นชิ้นเดียว สำหรับกระป๋องที่มีน้ำหนักสุทธิไม่เกิน 450 กรัม ถ้ากระป๋องที่มีน้ำหนักสุทธิเกิน 450 กรัม ให้บรรจุเนื้อปลาได้หลายชิ้น ซึ่งความหนาของแต่ละชิ้นต้องสม่ำเสมอ และไม่น้อยกว่า 2.5 เซนติเมตร ในการวางชิ้นเนื้อปลาต้องวางให้ด้านขวางขนานกับฝากระป๋อง อาจเติมชิ้นเล็กได้ 1 ชิ้น เพื่อปรับน้ำหนักให้ได้ตามที่ระบุไว้ในฉลาก

(2) ปลาชิ้นเล็ก (chunk) ทำจากเนื้อปลาทูน่าสุกที่ตัดเป็นก้อน ซึ่งส่วนใหญ่ต้องมีขนาดไม่น้อยกว่า 1.2 เซนติเมตร และกล้ามเนื้อปลายังคงรูปเดิม

(3) ปลาชิ้นย่อย (flake) ทำจากเนื้อปลาทูน่าสุกที่เป็นชิ้นเล็กซึ่งแยกมาจากส่วนของกล้ามเนื้อปลา แต่ยังคงลักษณะของกล้ามเนื้อปลาอยู่

(4) ปลาชิ้นเศษ (grated or shredded) ทำจากเนื้อปลาทูน่าสุก ที่เป็นชิ้นเศษเล็กแต่ต้องไม่เละ

ปลาทูน่านอกจากจะผลิตเป็นผลิตภัณฑ์ปลาทูน่าบรรจุกระป๋องแล้วยังมีการบริโภคในรูปอื่น ๆ เช่น (พูลทรัพย์ วิรุฬหกุล, 2534)

(1) ปลาดิบ

เนื้อปลาทูน่าที่มีคุณภาพดีจะถูกนำไปขายเพื่อการบริโภคดิบ ซึ่งนิยมบริโภคกันมากในประเทศญี่ปุ่น ต่อมาอาหารญี่ปุ่นได้แพร่หลายไปในประเทศต่าง ๆ รวมทั้งสหรัฐอเมริกาด้วย ปลาดิบจึงเป็นอาหารที่นิยมแพร่หลาย

(2) เนื้อปลาทูน่าแช่เยือกแข็ง

ผลิตภัณฑ์ชนิดนี้เป็นผลิตภัณฑ์กึ่งสำเร็จรูป เพื่อเอาไปนึ่งและย่างก่อนบริโภคเป็นที่นิยมในยุโรปและสหรัฐอเมริกา เช่น ซูเปอร์มาร์เกตในสหรัฐอเมริกา มีชิ้นเนื้อปลาทูน่า

อัลบาคอร์แช่แข็งจำหน่าย รูปร่างลักษณะของเนื้อปลาทูน่าแช่เยือกแข็งมีลักษณะคล้ายเนื้อไก่ บริษัท Porter Frozen Food และ Marer ในสหราชอาณาจักร ได้ผลิตผลิตภัณฑ์นี้จำหน่ายในชื่อผลิตภัณฑ์ "เยลโลฟินสะเต็ก" (Yellowfin steak) ปัจจุบันมีผลิตภัณฑ์ที่มีลักษณะคล้ายคลึงกับผลิตภัณฑ์ดังกล่าวข้างต้นแต่มีวัตถุประสงค์เพื่อนำไปบรรจุลงกระป๋อง ผลิตภัณฑ์นี้บริษัทยูนิคอร์ดประเทศไทย เริ่มผลิตเมื่อปี 2532 เพื่อส่งไปจำหน่ายยังต่างประเทศและเรียกผลิตภัณฑ์นี้ว่า เนื้อปลาทูน่าสุกแช่เยือกแข็ง (Frozen cooked loin tuna) ในปี 2533 ประเทศไทยมีการผลิตเพื่อส่งออกแล้วประมาณ 1,000 ล้านบาท และในปี 2534 เพิ่มขึ้นเป็น 3,000 ล้านบาท (กฤษณา โสภณพงษ์, 2535)

(3) ผลิตภัณฑ์สำเร็จรูป

ผลิตภัณฑ์ประเภทนี้จะขึ้นอยู่กับการนึกคิดของนักพัฒนาผลิตภัณฑ์ เพื่อให้ถูกกับรสนิยมของประชาชนผู้บริโภคในประเทศที่นำไปจำหน่าย ซึ่งมีความชอบแตกต่างกันไป เช่น พายทูน่าและเห็ด เป็นผลิตภัณฑ์ที่ได้ออกจำหน่ายโดยบริษัท Tiffany Food, Sussex ในสหราชอาณาจักร ผลิตภัณฑ์ลาสอนยาทูน่า (tuna lasonna) ในสหรัฐอเมริกา เป็นต้น

(4) ผลิตภัณฑ์รมควัน

ปลาทูน่ารมควันได้รับความสำเร็จในการจำหน่ายในตลาดนิวซีแลนด์และออสเตรเลีย โดยบริษัท Waimix ซึ่งเป็นบริษัทในประเทศออสเตรเลีย บริษัทนี้ได้ผลิตปลาทูน่าชนิดครีบฟ้ารมควันจำหน่าย ซึ่งสามารถใช้แทนปลาซัลมอนรมควันได้ บรรจุในถุงพลาสติกชนิดดูดอากาศออก ขนาดบรรจุชิ้นละ 100 กรัม ในประเทศฟิจิมีการผลิตผลิตภัณฑ์รมควันจากปลาทูน่าชนิดอัลบาคอร์ ส่วนในยุโรปได้ผลิตผลิตภัณฑ์นี้จำหน่ายเป็นเวลานานแล้วและได้มีส่งไปจำหน่ายยังประเทศทางตะวันออกไกลและตะวันออกกลาง

(5) คัทซึโอบูชิ

เป็นผลิตภัณฑ์ที่มีลักษณะคล้ายท่อนไม้แห้งแข็งสีน้ำตาล ปลาโอ 1 ตัวสามารถผลิตคัทซึโอบูชิได้ 4 ชิ้น วิธีการบริโภคจะต้องเอากบไสเหมือนไม้ แล้วนำมาต้มเพื่อนำส่วนน้ำมาทำเป็นน้ำซุป น้ำจิ้มเทมปุระ หรือนำไปผัดปรุงรสหวานตามความนิยมของชาวญี่ปุ่น ผลิตภัณฑ์นี้ถือเป็นส่วนผสมของอาหารประจำบ้านของชาวญี่ปุ่นเช่นเดียวกับผงชูรส

(6) ผลิตภัณฑ์แห้ง

ผลิตภัณฑ์ปลาทูน่าตากแห้งเป็นผลิตภัณฑ์พื้นเมืองที่สามารถผลิตเพื่อส่งออกได้ เช่น ทูน่าเจอร์กี้ (tuna jerky) เป็นผลิตภัณฑ์ประเภทรับประทานเล่นโดยบริษัทในรัฐฮาวาย ประเทศสหรัฐอเมริกาเป็นผู้ผลิตผลิตภัณฑ์ชนิดนี้

(7) ไส้กรอกปลา

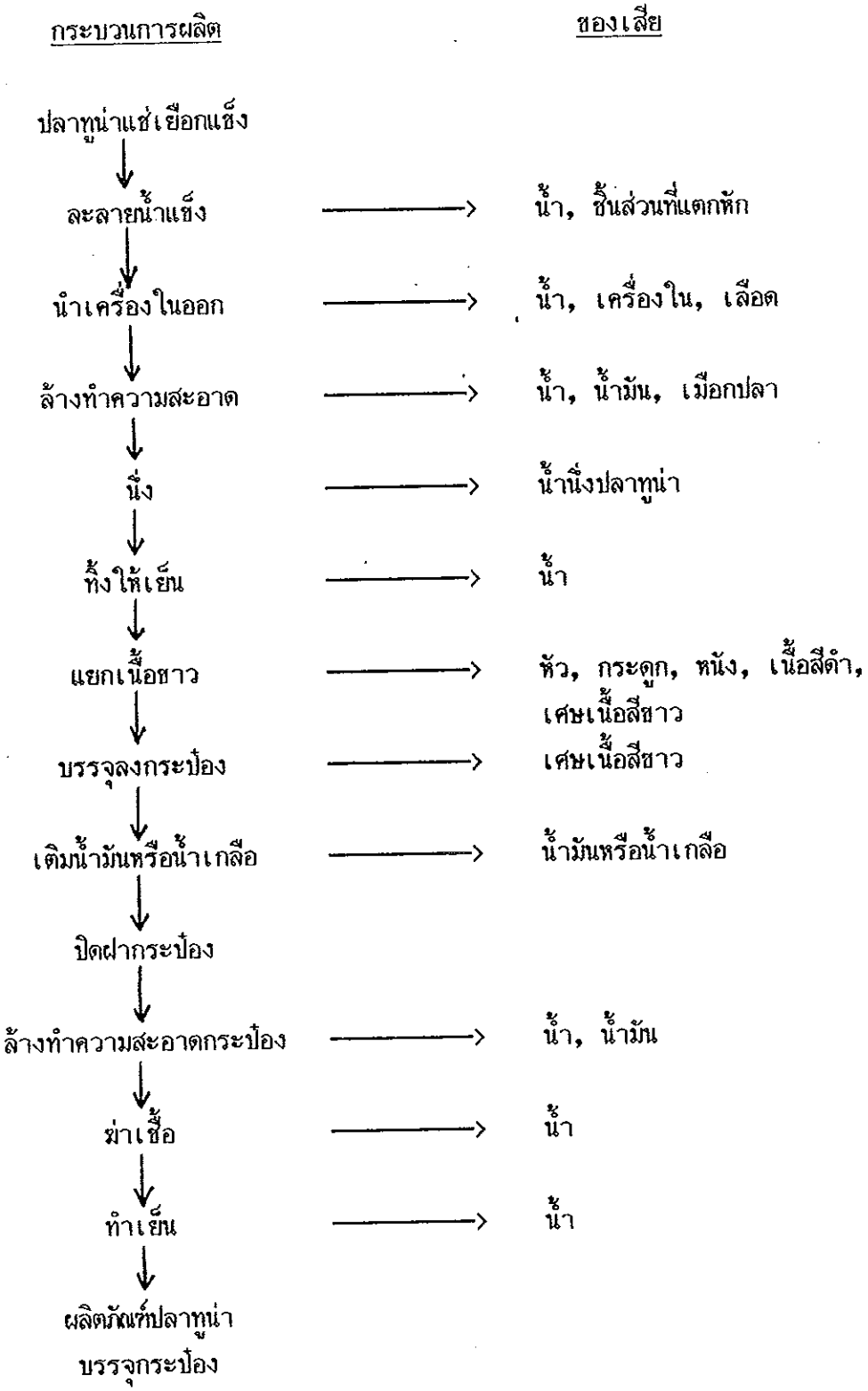
การผลิตไส้กรอกปลาทูน่าในญี่ปุ่น เริ่มในปี 2493 นิยมบริโภคเพิ่มขึ้นนับตั้งแต่หลังสงครามโลกครั้งที่ 2 และมีปริมาณการผลิตมากถึง 188,094 ตันในปี 2508 (Tanikawa, *et al.*, 1985)

การใช้ประโยชน์วัสดุเศษเหลือจากอุตสาหกรรมการแปรรูปปลาทูน่าบรรจุกระป๋อง

จากแนวโน้มการขยายตัวของอุตสาหกรรมการผลิตปลาทูน่าบรรจุกระป๋องที่เพิ่มขึ้น ส่งผลทำให้มีปริมาณของวัสดุเศษเหลือเพิ่มมากขึ้นเป็นลำดับ ชนิดของวัสดุเศษเหลือที่พบดังแสดงในรูปที่ 6 โดยพบว่ามีปริมาณรวมกันถึงร้อยละ 65 (คิดจากน้ำหนักปลาทูน่าทั้งตัว) (Wheaton and Lawson, 1985) สำหรับโรงงานแปรรูปปลาทูน่าบรรจุกระป๋องในเขตภาคใต้ของประเทศไทยมีปริมาณของวัสดุเศษเหลือประมาณร้อยละ 70 (คิดจากน้ำหนักปลาทูน่าทั้งตัว) อันได้แก่ หัวและเครื่องในร้อยละ 10 น้ำเลือดปลาและน้ำนึ่งปลาร้อยละ 35 กระดูกปลาและหนังปลาร้อยละ 5 เศษเนื้อสีขาวและเศษเนื้อสีดำร้อยละ 20 (ข้อมูลจากการสอบถาม, 2535)

Prasertsan และคณะ (1988) ทำการสำรวจวัสดุเศษเหลือจากโรงงานอุตสาหกรรมอาหารทะเลพบว่า การแปรรูปปลาทูน่ามีปริมาณการใช้วัตถุดิบสูงถึง 135 ตันต่อวัน ในจำนวนโรงงานแปรรูปปลาทูน่าในเขตจังหวัดสงขลา 4 โรงงาน โดยได้ผลผลิตเฉลี่ยร้อยละ 35 ที่เหลือจัดเป็นวัสดุเศษเหลือ ซึ่งแบ่งเป็น 2 ส่วนคือ

1. วัสดุเศษเหลือที่เป็นของแข็ง พบว่ามีปริมาณร้อยละ 25-30 ของวัตถุดิบ สำหรับโรงงานขนาด 35-40 ตันต่อวัน จะมีวัสดุเศษเหลือประมาณ 12 ตัน ส่วนมากมัก



รูปที่ 6 ขั้นตอนการผลิตปลาทูน่าบรรจุกระป๋องและของเสียที่เกิดขึ้น

ที่มา : ดัดแปลงจาก Soderquist (1970); Marisa (1987)

ขายรวมกันให้กับโรงงานปลาป่นในราคาประมาณ 1.50-3.00 บาทต่อกิโลกรัม เศษกระดูกหัว และหนังปลา ประมาณร้อยละ 20-24 นอกจากนี้ยังอาจพบเศษเนื้อปลาทูน่าที่มีขนาดเล็กทั้งที่ผ่านความร้อนแล้วและยังไม่ได้ผ่านความร้อน

2. วัสดุเศษเหลือที่เป็นของเหลว มีปริมาณร้อยละ 30-35 ส่วนใหญ่โรงงานแปรรูปยังไม่ได้มีการนำมาใช้ประโยชน์ จะปล่อยลงสู่ระบบบำบัดน้ำเสีย วัสดุเศษเหลือเหล่านี้ได้แก่ น้ำเลือดปลาประมาณร้อยละ 7 และน้ำนึ่งปลาทูน่าประมาณร้อยละ 10-14 ที่พบว่าประกอบด้วยสารประกอบอินทรีย์ที่สำคัญอาจนำมาใช้ประโยชน์ได้หลายอย่าง เช่น โปรตีน ไขมัน เอนไซม์ และไวตามินหลายชนิด

ผลิตภัณฑ์จากวัสดุเศษเหลือจากอุตสาหกรรมการแปรรูปปลาทูน่าบรรจุกระป๋องที่สามารถผลิตได้จนเป็นระดับอุตสาหกรรม เช่น (นิรนาม, 2534)

1. น้ำสกัดเข้มข้นจากปลา (fish extract)

เมื่อนำปลาทูน่าไปนึ่งให้สุกจะมีน้ำและน้ำมันแยกออกมา ซึ่งของเหลวนี้สามารถใช้เป็นวัตถุดิบในการทำน้ำสกัดเข้มข้นจากปลาโดยนำไปผ่านการย่อยด้วยเอนไซม์โปรตีเอสซึ่งจะย่อยโปรตีนให้มีโมเลกุลเล็กลง จนได้ปริมาณสารที่ละลายได้เพียงพอจึงหยุดปฏิกิริยาของเอนไซม์ด้วยความร้อน ทำการกรองเพื่อแยกกากออกไปแล้วจึงทำการฆ่าเชื้อด้วยความร้อน ต่อจากนั้นนำมาแยกชั้นของเหลวเพื่อกำจัดไขมันและสารแขวนลอยโดยการกรองละเอียด แล้วระเหยน้ำเพื่อให้เข้มข้นขึ้น น้ำสกัดเข้มข้นจากปลานี้สามารถใช้เป็นสารปรุงแต่งกลิ่นรสหรือทำเป็นเครื่องจิ้มอาหาร

2. น้ำมันปลา (fish oil)

น้ำมันปลาจะมีอยู่ในส่วนของเนื้อและเครื่องในปลาทูน่าพบว่าปลาทูน่าชนิดอัลบาคอร์มีน้ำมันอยู่ในเนื้อประมาณร้อยละ 0.7-13.2 ปลาทูน่าชนิดครีบฟ้ามีประมาณร้อยละ 0.5-14.1 และปลาทูน่าชนิดท้องแถบมีประมาณร้อยละ 0.2-11.0 สามารถแยกน้ำมันปลาจากส่วนของเครื่องในและของเหลวที่ออกจากตัวปลาในช่วงของการให้ความร้อน นำมาใช้ประโยชน์ได้หลายประการ คือ ใช้เป็นน้ำมันบริโภค ใช้ในอุตสาหกรรมยาและเครื่องสำอาง ทำอาหารสัตว์ เช่น อาหารกุ้ง ใช้ในอุตสาหกรรมฟอกหนังเพื่อให้หนังนิ่ม ทำหมึก

พิมพ์เพื่อช่วยให้หมึกติดทน เป็นต้น

3. เจลาติน (gelatin)

เป็นสารประกอบโปรตีนที่ได้จากหนังปลา นำไปใช้ประโยชน์คือใช้ในอุตสาหกรรมอาหาร อุตสาหกรรมฟิล์มถ่ายรูป เป็นต้น

4. อาหารแมวบรรจุกระป๋อง (canned pet food)

จะใช้วัตถุดิบจำพวก หัว หาง กระดูก หนังและเศษเนื้อสีดำ โดยบรรจุลงกระป๋องและมีส่วนผสมของเหลว เช่น น้ำเกลือ เจลลี หรือน้ำผัก ซึ่งจะมีชื่อเรียกตามส่วนผสมที่ใช้ เช่น ทูน่าในน้ำเกลือหรือเจลลี หรือน้ำผัก ทูน่าผสมไก่บดในน้ำเกลือหรือในเจลลี เป็นต้น

พูลทรัพย์ วิรุฬหกุล (2534) กล่าวว่าได้มีการนำเศษเนื้อสีดำของปลาทูน่ามาใช้ประโยชน์เพื่อการบริโภค เช่น ในคอสตาริกาใช้เศษเนื้อส่วนนี้ในการผลิตไส้กรอกชนิดแฟรงค์เฟอร์เตอร์ ซึ่งผลิตภัณฑ์นี้ถูกส่งไปขายยังสหรัฐอเมริกา ส่วนในประเทศญี่ปุ่นมีการนำเศษเนื้อสีดำมาผสมกับเครื่องปรุงรสต่าง ๆ เป็นเนื้อปลาปรุงรส (seasoning fish wafers)

การพัฒนาผลิตภัณฑ์แช่เยือกแข็งจากเศษเนื้อปลาทูน่าปรุงรสห่อด้วยผัก

การแช่เยือกแข็ง

การแช่เยือกแข็งเป็นวิธีที่สามารถนำมาใช้ถนอมอาหารได้ในระยะยาว จะสามารถรักษากลิ่นรส สี และคุณค่าทางอาหารได้อย่างมีประสิทธิภาพ แต่จะสามารถรักษาลักษณะเนื้อสัมผัสไว้ได้ในระดับปานกลางเท่านั้น การแช่เยือกแข็งประกอบด้วยการลดอุณหภูมิซึ่งโดยทั่วไปจะลดลงถึง -18 °ซ หรือต่ำกว่า และการตกผลึกของส่วนที่เป็นน้ำกับส่วนที่เป็นตัวถูกละลาย (ไพบูลย์ ธรรมรัตน์วาสิก, 2532) ปัจจุบันวิธีการแช่เยือกแข็งที่นิยมใช้กันมากในอุตสาหกรรมอาหารทะเลแช่เยือกแข็งมี 2 วิธีคือ

1. วิธีการแช่เยือกแข็งแบบกระแสลมเป่า (air blast freezer) เป็นการแช่เยือกแข็งด้วยอากาศที่มีอุณหภูมิ -18 °ซ ถึง -40 °ซ โดยให้อากาศเย็นหมุนเวียนอย่างรวดเร็วในห้องแช่เยือกแข็ง มีความเร็วลมตั้งแต่ 100 ถึง 3,500 ฟุตต่อนาที วิธีนี้จะทำให้ผลิตภัณฑ์เย็นลงอย่างรวดเร็ว สามารถใช้กับอาหารที่มีขนาดและรูปร่างต่าง ๆ กันได้ นำผลิตภัณฑ์เข้า-ออกได้สะดวก มีกำลังผลิตสูงและทำแบบต่อเนื่องได้ง่าย แต่วิธีนี้อาจมีข้อเสียคือ ถ้าควบคุมสภาวะไม่ดี จะทำให้เกิดการสูญเสียน้ำในผลิตภัณฑ์มากเกินไป โดยเฉพาะในผลิตภัณฑ์ที่ไม่บรรจุหีบห่อ เช่น ปลาจะสูญเสียน้ำหนักร้อยละ 1-8 (วิบูลย์ เกียรติ โมฬีรตานนท์, 2533) นอกจากนี้ภาชนะบรรจุอาจเกิดลักษณะโป่งออกได้หลังการแช่เยือกแข็ง ซึ่งเป็นลักษณะที่ไม่ต้องการ

2. วิธีการแช่เยือกแข็งแบบเพลทสัมผัส (contact plate freezer) วิธีนี้เป็นการให้อาหารสัมผัสกับผิวหน้าโลหะที่เย็น มีลักษณะเป็นแผ่นอลูมิเนียมอัลลอยด์ ประกบกันโดยมีน้ำยาทำความเย็นไหลผ่าน แผ่นโลหะจะจัดเรียงเป็นชั้น ๆ อาหารจะวางอยู่ระหว่างชั้นของแผ่นโลหะ ช่องว่างระหว่างชั้นสามารถปรับให้มากหรือน้อยได้เมื่อจะทำการแช่เยือกแข็ง โดยปรับให้ผิวหน้าสัมผัสกับอาหาร การทำเช่นนี้จะทำให้มีการถ่ายเทความร้อนได้เร็วและทำให้อาหารโดยเฉพาะที่บรรจุหีบห่อแล้วไม่เกิดลักษณะโป่งหรือบวมในระหว่างการแช่เยือกแข็ง (ไพบูลย์ ธรรมรัตน์วาสิก, 2532) สำหรับข้อเสียของวิธีนี้คือผลิตภัณฑ์ที่จะนำมาแช่เยือกแข็งต้องมีความสม่ำเสมอ มีกำลังการผลิตต่ำ

การเปลี่ยนแปลงคุณภาพของอาหารที่เกิดขึ้นระหว่างการแช่เยือกแข็ง ได้แก่

1. การเปลี่ยนแปลงคุณภาพทางกายภาพ

การเปลี่ยนแปลงทางกายภาพที่เกิดขึ้นระหว่างการแช่เยือกแข็ง เช่น การระเหยน้ำออกจากผลิตภัณฑ์ อาจเกิดขึ้นเนื่องจากการบรรจุหีบห่อที่ไม่ดี หรืออุณหภูมิภายในห้องเย็นไม่สม่ำเสมอ การสูญเสียน้ำนอกจากจะทำให้คุณภาพของผลิตภัณฑ์ด้อยลง ยังทำให้ผลิตภัณฑ์สูญเสียน้ำหนักด้วย และหากมีการสูญเสียน้ำมากเกินไปจะทำให้ผิวของผลิตภัณฑ์แห้งและแข็ง (freezer burn) นอกจากนี้ยังมีการเปลี่ยนแปลงลักษณะเนื้อสัมผัส โดยการเก็บในสภาพแช่เยือกแข็งจะมีผลต่อโปรตีน ความเย็นอาจทำให้โปรตีนบางชนิดเกิดการ

เปลี่ยนแปลงสภาพ ซึ่งมีผลทำให้เนื้อหยาบกระด้าง เนื้อเหมือนฟองน้ำ (spongelike texture) หรือมีเนื้อสัมผัสเหมือนยาง (rubber texture) (มยุรี จัยวัฒน์, 2532)

2. การเปลี่ยนแปลงคุณภาพทางเคมี

การแช่เยือกแข็งจัดเป็นการรักษาความสดของผลิตภัณฑ์อย่างถาวร อุณหภูมิที่ลดต่ำกว่า 10 °ซ จะช่วยลดอัตราของปฏิกิริยาทางเคมีลงได้ครึ่งหนึ่ง (Almas, 1981) การเปลี่ยนแปลงคุณภาพทางเคมีที่สำคัญคือ การเกิดการหืน ซึ่งเกี่ยวข้องกับปฏิกิริยา 2 อย่าง คือ ปฏิกิริยาออกซิเดชัน และปฏิกิริยาไฮโดรไลซีส ปฏิกิริยาไฮโดรไลซีสเกิดเนื่องจากเอนไซม์ไลเปสและความชื้นในอาหาร ทำให้เกิดกลิ่นซึ่งเป็นกลิ่นของกรดไขมันอิสระ ส่วนการหืนแบบออกซิเดชันเกิดจากปฏิกิริยาออโตออกซิเดชันของกรดไขมันชนิดไม่อิ่มตัวซึ่งเรียกว่า lipoxidase rancidity ทำให้เกิดสารพวกเพอร์ออกไซด์ อัลดีไฮด์และคีโตนได้ผลของการเกิดออกซิเดชัน จะทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงกลิ่น ผลิตภัณฑ์แต่ละชนิดมีกลิ่นเฉพาะของตัวเอง ซึ่งเกิดจากสารประกอบที่ไม่คงตัว และถูกทำลายเมื่อเก็บไว้นานขึ้น รวมทั้งทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงสีด้วย (มยุรี จัยวัฒน์, 2532)

3. การเปลี่ยนแปลงคุณภาพทางจุลินทรีย์

การแช่เยือกแข็งสามารถช่วยยับยั้งจุลินทรีย์บางชนิดได้ แต่จุลินทรีย์บางชนิดยังสามารถเจริญได้ จุลินทรีย์จะมีความไวต่อการแช่เยือกแข็งต่างกัน ขึ้นกับองค์ประกอบทางเคมีและสถานะทางกายภาพของตัวกลาง และพบว่าที่อุณหภูมิ -40 °ซ ปริมาณจุลินทรีย์ที่รอดชีวิตเท่ากับร้อยละ 20 ในขณะที่อุณหภูมิ -5 °ซ การรอดชีวิตจะสูงถึงร้อยละ 90 (Hawthurn and Ruffe, 1968)

Connell (1980) กล่าวว่า ที่อุณหภูมิ -30 °ซ ปริมาณร้อยละ 90 ของน้ำที่มีอยู่ในตัวปลาจะกลายเป็นน้ำแข็ง ทำให้การเสื่อมเสียเกิดขึ้นช้ามาก ปลาสดที่เก็บในสภาวะที่เหมาะสมที่อุณหภูมินี้ จะสามารถเก็บรักษาได้ 8-9 เดือน จะมีเพียงการเสื่อมคุณภาพของเนื้อสัมผัสและกลิ่นรสเท่านั้น สำหรับปลาทูน่าพบว่าอุณหภูมิ -40 °ซ สามารถรักษาสภาพความสดได้ดี เมื่ออุณหภูมิสูงขึ้นอายุการเก็บก็จะสั้นลง เช่น อุณหภูมิ -18 °ซ เป็นอุณหภูมิที่ใช้เก็บผลิตภัณฑ์แช่เยือกแข็ง จะสามารถเก็บรักษาได้ 2-4 เดือน แต่ที่อุณหภูมิ -3 °ซ

ถึง -5 °ซ ซึ่งปริมาณน้ำร้อยละ 60-80 ในผลิตภัณฑ์จะเป็นน้ำแข็ง การเสื่อมเสียจะเกิดขึ้นในไม่กี่สัปดาห์

ผลิตภัณฑ์อาหารแช่เยือกแข็ง

สุวรรณ สุทธิชจรกิจการ (2533) ได้แบ่งอาหารแช่เยือกแข็งตามประเภทของวิธีการปรุงทั้งอาหารกึ่งสำเร็จรูปและสำเร็จรูป ดังต่อไปนี้

1. อาหารประเภททอด เป็นอาหารกึ่งสำเร็จรูปแบบดิบหรือกึ่งสุกดิบ เช่น กุ้งและไก่คลุกขนมปังป่น ปอเปี๊ยะ วิธีปรุงเพียงแต่นำอาหารแช่แข็งใส่ลงในกระทะน้ำมันอุณหภูมิปานกลาง ทอดจนสุกทั้งข้างนอกข้างในให้กรอบเหลืองตามอุณหภูมิและเวลาที่แนะนำจากโรงงานหรือวิธีการข้างภาชนะบรรจุ

2. อาหารประเภทนึ่ง เป็นอาหารสำเร็จรูปแล้ว เพราะจะต้องผ่านความร้อนเพื่อให้เกิดการชั้นรูปร่างก่อนการแช่เยือกแข็ง เช่น ซาลาเปา ขนมจีบ ฮะเก๋า หรืออาจเป็นกึ่งสุกดิบ เช่น แป้งฮะเก๋าเป็นแบบเกือบสุกและไส้ยังดิบอยู่ ก็นำไปแช่เยือกแข็งได้และเมื่อต้องการบริโภคก็เพียงนำไปนึ่งหรือใช้ไมโครเวฟ

3. อาหารประเภทย่างสัมผัสเปลวไฟ เป็นอาหารสำเร็จรูปแบบสุก เช่น ไก่เสียบไม้ย่างแบบญี่ปุ่น หรือแบบดิบ เช่น ไก่บาร์บีคิว กุ้งบาร์บีคิว วิธีการปรุงนำไปอุ่นโดยการย่าง

4. อาหารประเภทอบด้วยความร้อน เป็นอาหารสำเร็จรูปแบบสุก เช่น สะโพกไก่ย่าง เนื้ออกไก่สเต็ก เนื้อน่องไก่สเต็ก มีทั้งแบบปรุงรสและไม่ปรุงรส วิธีการปรุงเพียงแต่นำไปอุ่นให้ร้อน

5. อาหารประเภทต้ม เป็นอาหารสำเร็จรูปแบบสุก เพราะผ่านการต้มโดยตรง เช่น อาหารประเภทผักห่อเนื้อสัตว์ อาหารประเภทนี้มักใช้ทำแกงจืด ต้มจืดได้ โดยนำอาหารแช่แข็งประเภทต้มใส่ลงในน้ำต้มเดือดและปรุงรสตามใจชอบ

6. อาหารประเภทผัด เป็นอาหารสำเร็จรูปแบบสุก เช่น ข้าวผัด การบริโภคจะนำไปอุ่นโดยเทข้าวผัดที่แช่เยือกแข็งลงในกระทะทำการผัดซ้ำ หรืออาหารผัด

อื่น ๆ เช่น เนื้อผัดน้ำมันหอยก็สามารถแช่เยือกแข็งได้

7. อาหารที่มีน้ำเป็นองค์ประกอบมาก เป็นอาหารกึ่งสำเร็จรูป เช่น แกงเผ็ด ต้มยำ แต่ยังไม่นิยมนำมาแช่เยือกแข็งทั้งที่ทำได้ การแช่เยือกแข็งต้องหาอุปกรณ์ภาชนะมารองรับ เช่น การบรรจุแกงเผ็ดลงในถุงสุญญากาศแล้วปิดสนิทจึงนำมาแช่เยือกแข็ง การบริโภคจะนำอาหารแช่เยือกแข็งที่ใส่ในถุงทนร้อน แช่ลงในน้ำอุ่นเพื่ออุ่นอาหารโดยตรงหรือนำเข้าไมโครเวฟ

ภาชนะบรรจุสำหรับผลิตภัณฑ์แช่เยือกแข็ง

ภาชนะบรรจุ คือ สิ่งที่ใช้บรรจุผลิตภัณฑ์อาหาร เพื่อป้องกันการปนเปื้อนจากสิ่งแปลกปลอมต่าง ๆ ปัจจุบันภาชนะบรรจุยังทำหน้าที่ช่วยเพิ่มมูลค่าของผลิตภัณฑ์ ในผลิตภัณฑ์อาหาร การใช้ภาชนะบรรจุจำเป็นต้องคำนึงถึงคุณสมบัติของภาชนะบรรจุด้วย ถ้าเลือกใช้ภาชนะบรรจุไม่เหมาะสมกับผลิตภัณฑ์อาหารจะทำให้ผลิตภัณฑ์นั้นเสื่อมเสียเร็วขึ้น เนื่องจากเกิดการเปลี่ยนแปลงทางด้านต่าง ๆ เช่น การสูญเสียความชื้น การเติมออกซิเจน กลิ่นหืน การเปลี่ยนแปลงกลิ่นและรส การสูญเสียคุณค่าทางอาหาร (ไวตามิน) และการแห้งของผลิตภัณฑ์ ภาชนะบรรจุอาหารแช่เยือกแข็งจะต้องมีคุณสมบัติที่ทนทานต่ออุณหภูมิต่ำถึง -35 °ซ และสามารถรักษาคุณภาพของผลิตภัณฑ์ไว้ระหว่างการเก็บในลักษณะแช่เยือกแข็ง วัสดุที่ใช้ควรมีการซึมผ่านของไอน้ำต่ำ มีความแข็งแรงเมื่อเปียก ไม่เกาะติดกับผลิตภัณฑ์ มีความหยุ่นตัว รักษากลิ่น ป้องกันไม่ให้เกิดการหยดของน้ำ ป้องกันการซึมผ่านของออกซิเจนและแสงได้ (อมรรัตน์ สวัสดิทัต, 2531) วัสดุที่สามารถนำมาใช้เป็นภาชนะบรรจุผลิตภัณฑ์แช่เยือกแข็ง ได้แก่ พลาสติก เช่น โพลีเอทีลิน โพลีสไตรีน และโพลีไวนิลคลอไรด์ พลาสติกกลุ่มนี้มีความแข็งแรงและทนทาน ซึ่งแต่ละชนิดมีคุณสมบัติต่าง ๆ กันไป (ตารางที่ 8)

ภาชนะบรรจุผลิตภัณฑ์สัตว์น้ำแช่เยือกแข็งที่ใช้เพื่อการส่งออก ได้แก่ ถุงโพลีเอทีลีน ชนิดแอลดีพีอี หรือเอชดีพีอี บรรจุในกล่องกระดาษแข็งซึ่งเคลือบไขหรือเคลือบโพลีเอทิลีนหรือเคลือบด้วยส่วนผสมของไขปิโตรเลียมและเรซิน นิยมใช้บรรจุผลิตภัณฑ์กุ้งเยือกแข็ง การห่อด้วยเซลโลเฟนหรือฟิล์มโพลิไวนิลคลอไรด์หรือถาดโฟมพีเอสหุ้มด้วยฟิล์มโพลิ

ตารางที่ 8 คุณสมบัติบางประการของพลาสติกบางชนิด

ชนิดพลาสติก	ความหนาแน่น[a]	การดูดซึมน้ำ (ร้อยละ)	อัตราการซึมผ่านไอน้ำ[b]	อัตราการซึมผ่านก๊าซออกซิเจน[c]	ความสามารถในการพิมพ์	ความใส
แอลดีพีอี/แอลแอลดีพีอี	900-930	0.01	16.24	7100-7800	ดี	เลว-ปานกลาง
เอ็มดีพีอี	930-945	0.01	11	3900-7800	ดี	เลว-ปานกลาง
เอชดีพีอี	945-965	0.01	4.7	2100-2900	ดี	เลว
พีวีซี (ชนิดไม่มีสารพลาสติไซเซอร์)	1350-1600	0.04-0.4	14-18	80-300	ดีเลิศ	ดี
พีวีซี (ชนิดมีสารพลาสติไซเซอร์)	1160-1400	0.15-0.75	80-500	80-9000	ดีเลิศ	ปานกลาง-ดี
พีเอส (ชนิดธรรมดา)	1040-1070	0.01-0.03	110-160	3900-5500	ดีเลิศ	ดีเลิศ
(ชนิดเหนียว)	1030-1070	0.05-0.07	120	2700	ดีเลิศ	เลว

[a] : กิโลกรัมต่อลูกบาศก์เมตร

[b] : ที่อุณหภูมิ 38 °ซ ความชื้นสัมพัทธ์ร้อยละ 90 (กรัมต่อ 25 ไมครอนต่อตารางเมตรต่อวัน)

[c] : ที่อุณหภูมิ 23/25 °ซ ความชื้นสัมพัทธ์ร้อยละ 50 (ลูกบาศก์เซนติเมตรต่อ 25 ไมครอนต่อตารางเมตรต่อวันต่อบรรยากาศ)

ที่มา : ดัดแปลงจาก British Standards Institution (1989)

เอทิลีนนิยมใช้กับปลาแล่เป็นชิ้น การบรรจุในถาดโฟมพีเอสเคลือบอีวีเอแล้วหุ้มด้วยฟิล์มเซอร์ลินเคลือบอีวีเอ นิยมใช้บรรจุกุ้งหรือหอยเชลล์ สำหรับผลิตภัณฑ์เนื้อแช่เยือกแข็งนิยมใช้ภาชนะบรรจุ ที่มีการห่อด้วยฟิล์มโดยตรง เช่น พีพี พีวีดีซี พลาสติกเคลือบพีวีดีซี หรืออลูมิเนียมฟอยด์เคลือบพลาสติก ภาชนะบรรจุสำหรับผลิตภัณฑ์สัตว์ปีกแช่เยือกแข็ง เช่น ไก่ชำแหละนิยมใส่ถาดและหุ้มห่อด้วยฟิล์มหด เช่น พีอี เน็ทเคลือบพีวีดีซีและอีวีเอ ผลิตภัณฑ์ไก่รมควันเพื่อป้องกันไม่ให้ผลิตภัณฑ์แห้งควรห่อด้วยฟิล์มพีอี พีพีหรือพีวีซี ส่วนผลิตภัณฑ์ไก่สุกบรรจุในถุงพลาสติกโพลีเอสเธอร์เคลือบพีอี ปิดผนึกแล้วบรรจุลงกล่องกระดาษ ปัจจุบันมีวิวัฒนาการเรียกว่า Vacumm skin packaging (VSP) เป็นการบรรจุที่ประหยัดโดยนำไก่หรือเนื้อสัตว์บรรจุในถาดหุ้มด้วยฟิล์มยืด สุญญากาศจะเกิดระหว่างการหุ้มของฟิล์มทำให้เกิด Skin-tight แล้วปิดผนึกข้างใต้ถาด วิธีนี้ป้องกันไม่ให้ผิวของผลิตภัณฑ์เกิดการแห้งและแข็ง สามารถยืดอายุของอาหารและผู้ซื้อพอใจ (อมรรัตน์ สวัสดิทัต, 2535)

Josephson และคณะ (1985) ได้ทำการศึกษาเปรียบเทียบการใช้ฟิล์มพลาสติกที่มีคุณสมบัติการซึมผ่านของออกซิเจนต่ำ บรรจุปลาแช่เยือกแข็งแบบสุญญากาศ กับการใช้ฟิล์มที่มีอัตราการซึมผ่านของออกซิเจนสูงทำการบรรจุแบบธรรมดา ทำการเก็บรักษาปลาแช่เยือกแข็งไว้ที่อุณหภูมิ -12 °ซ แล้ววิเคราะห์หาการหืนโดยวัดค่าทีบีเอ พบว่าฟิล์มที่มีอัตราการซึมผ่านของออกซิเจนต่ำจะช่วยป้องกันการเกิดกลิ่นหืนของปลาแช่เยือกแข็งได้ แต่ผลการทดลองพบว่าผู้บริโภคไม่สามารถแยกความแตกต่างในด้านคุณภาพทางประสาทสัมผัสของปลาที่เก็บในฟิล์มที่มีอัตราการซึมผ่านออกซิเจนต่ำต่างกันได้ แม้ว่าการบรรจุแบบสุญญากาศจะสามารถแก้ปัญหาเรื่องการหืนได้ แต่จะไม่เหมาะสำหรับผลิตภัณฑ์ที่มีไขมันต่ำ เช่น ปลาเฮ็ก (Santos and Regenstein, 1990) เนื่องจากการบรรจุแบบสุญญากาศจะทำให้เกิดการบีบรัดของฟิล์ม ผลิตภัณฑ์ที่มีไขมันต่ำเนื้อเยื่อจะมีความยืดหยุ่นน้อยทำให้โปรตีนเสียคุณสมบัติการอุ้มน้ำได้ นอกจากนี้ยังไม่เหมาะสำหรับผลิตภัณฑ์ที่มีองค์ประกอบของไนโตรเจนสูง เพราะจะทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงเป็นสารให้กลิ่นพวกเอมีน การบรรจุแบบสุญญากาศ โดยใช้ฟิล์มที่ป้องกันการซึมผ่านจะทำให้สารระเหยพวกนี้ระเหยออกสู่ภายนอกไม่ได้ จึงมีผลทำให้กลิ่นรสของผลิตภัณฑ์เสียไป ส่วนในสัตว์น้ำที่มีไขมันสูง เนื้อเยื่อมี

ความยืดหยุ่นสูง มีการเปลี่ยนแปลงของสารเอมีนต่ำจึงพบว่าการเก็บโดยบรรจุแบบสุญญากาศหรืออาจใช้ร่วมกับสารกันหืนหรือใช้ภาชนะบรรจุที่มีคุณสมบัติการซึมผ่านของออกซิเจนต่ำสามารถยืดอายุการเก็บไว้ได้นานขึ้น ในสภาวะที่มีระดับของออกซิเจนต่ำ การเพิ่มปริมาณของ *Listeria monocytogenes* อาจจะเกิดขึ้นกับผลิตภัณฑ์ที่ทำการบรรจุแบบสุญญากาศในระหว่างการเก็บรักษา Harrison และคณะ (1991) ได้ทำการศึกษาผลของปริมาณ *L. monocytogenes* ต่อการบรรจุผลิตภัณฑ์โดยนำปลาและกุ้งบรรจุลงถาดโฟมพีเอสหุ้มด้วยฟิล์มพีวีดีซีบรรจุแบบธรรมดา เปรียบเทียบกับที่บรรจุลงถาดโฟมพีเอสหุ้มด้วยฟิล์มแอลดีพีอีที่บรรจุแบบสุญญากาศ ทำการเก็บรักษาในน้ำแข็งเป็นเวลา 21 วัน และเก็บรักษาที่ -20 °ซ เป็นเวลา 3 เดือน พบว่าปริมาณเชื้อ *L. monocytogenes* ในผลิตภัณฑ์ปลาและกุ้งที่บรรจุแบบธรรมดาลงในถาดโฟมพีเอสหุ้มด้วยฟิล์มพีวีดีซี มีปริมาณน้อยกว่าการบรรจุแบบสุญญากาศที่ใช้ถาดโฟมพีเอสหุ้มด้วยฟิล์มแอลดีพีอี ทั้งที่เก็บรักษาในน้ำแข็งและที่ -20 °ซ ดังนั้นจึงอาจกล่าวได้ว่าสามารถใช้ฟิล์มพีวีดีซี เป็นฟิล์มสำหรับการปิดทับผลิตภัณฑ์แทนการบรรจุแบบสุญญากาศได้เนื่องจากฟิล์มพีวีดีซีมีคุณสมบัติการซึมผ่านของออกซิเจนต่ำ

แนวทางการพัฒนาผลิตภัณฑ์

อุตสาหกรรมปลาทูน่าบรรจุกระป๋อง มีแนวโน้มจะเพิ่มการใช้วัตถุดิบขึ้นเนื่องจากผู้ผลิตสามารถปรับปรุงสินค้าให้ได้มาตรฐานตามความต้องการของตลาด ทำให้เศษเนื้อสีดำที่เป็นวัสดุเศษเหลือจากกระบวนการผลิตมีปริมาณเพิ่มมากขึ้น การนำเศษเนื้อสีดำมาใช้ประโยชน์เพื่อการบริโภคยังมีค่อนข้างน้อย เนื่องจากเศษเนื้อสีดำมีสีคล้ำมากและกลิ่นคาวจัด ดังนั้นการนำมาใช้จึงควรมีการใช้ร่วมกับเครื่องปรุงรสต่าง ๆ เพื่อให้คุณลักษณะต่าง ๆ ที่ดีขึ้น ดังจะเห็นได้จากตัวอย่างผลิตภัณฑ์สำเร็จรูปและกึ่งสำเร็จรูปที่ใช้เนื้อปลาเป็นวัตถุดิบ ส่วนมากจะมีส่วนผสมของเครื่องแกงหรือเครื่องเทศเพื่อกำจัดกลิ่นคาวปลาและเพิ่มรสชาติ เช่น Akande (1990) ได้ศึกษาถึงการผลิตผลิตภัณฑ์เนื้อปลาบดปรุงรสแช่เยือกแข็งมีส่วนผสมดังนี้ เนื้อปลาบดร้อยละ 87.80 หัวหอมสับร้อยละ 4.00 ซอสมะเขือเทศร้อยละ 4.00 น้ำมันพืชร้อยละ 2.00 แตงบดร้อยละ 1.00 เกลือร้อยละ 0.70 พริกแดงป่น

ร้อยละ 0.40 แมกกี้ร้อยละ 0.06 ใบทามร้อยละ 0.02 และเครื่องแกงผงร้อยละ 0.02 จุมพฏ เมฆศิรินิ (2533) ได้ศึกษาถึงการผลิตผลิตภัณฑ์เนื้อปลาบดปรุงรสบรรจุกระป๋อง มีส่วนผสมดังนี้ เนื้อปลาบดร้อยละ 67 เกลือร้อยละ 3 ไข่ขาวร้อยละ 10 ไข่แดงร้อยละ 8 เครื่องแกงร้อยละ 12 น้ำกะทิและใบมะกรูดเล็กน้อย บุหลัน พิทักษ์ผล (2528) ได้ศึกษาถึงการผลิตผลิตภัณฑ์ห่อหมกจากปลาปน โดยมีส่วนผสมดังนี้ ปลาปนอนามัย 50 กรัม ไข่เป็ด 2 ฟอง น้ำกะทิ 340 กรัม เครื่องแกง 60 กรัม น้ำปลา 28 กรัม พริกแดงหั่น ใบผักชี ใบมะกรูดหั่นฝอยเล็กน้อย และกะหล่ำปลี 120 กรัม

ผลิตภัณฑ์เช่เยือกแข็งจากเศษเนื้อปลาทูน่าปรุงรสห่อด้วยผัก ซึ่งจะใช้วัตถุดิบจากเศษเนื้อสีดำเป็นหลักคือมากกว่าร้อยละ 50 โดยที่ผู้บริโภคยังยอมรับผลิตภัณฑ์ แนวทางในการพัฒนาผลิตภัณฑ์จึงใช้การเลียนแบบลักษณะผลิตภัณฑ์ที่ผู้บริโภคคุ้นเคยเป็นผลิตภัณฑ์ที่มีลักษณะคล้ายกับผลิตภัณฑ์ห่อหมก คือมีวิธีการปรุงรสด้วยน้ำพริกแกงและเครื่องปรุงรสอื่น ๆ ประกอบกับการใช้ผักกะหล่ำปลีซึ่งเป็นผักที่นิยมบริโภคกับผลิตภัณฑ์ห่อหมก

ลักษณะของผลิตภัณฑ์ที่ต้องการพัฒนา

1. กลิ่นและรสชาติ

ผลิตภัณฑ์ห่อหมกโดยทั่วไปจะมีกลิ่นหอมของเครื่องแกง กลิ่นคาวปลาอ่อน ๆ และมีรสเผ็ดเล็กน้อย เนื่องจากการใช้เศษเนื้อสีดำในปริมาณมากกว่าร้อยละ 50 จึงทำให้ผลิตภัณฑ์มีสีของเนื้อปลาที่คล้ำขึ้นและมีกลิ่นคาวจัด จึงมีการใช้เศษเนื้อสีขาว น้ำพริกแกง และน้ำปลา ในการปรับปรุงกลิ่นและรสชาติ โดย

เศษเนื้อสีขาว จะช่วยทำให้ลักษณะของผลิตภัณฑ์มีลักษณะเนื้อสัมผัสที่มีความนุ่มชื้น สี กลิ่นและรสชาติดีขึ้น ซึ่งจะพบว่าในเศษเนื้อสีขาวจะมีสารประกอบอีโนซีนโมโนฟอสเฟตที่สูงกว่าในเศษเนื้อสีดำ (Kanoh, *et al.*, 1986) ซึ่งมีความสำคัญอย่างมากเกี่ยวกับลักษณะทางกลิ่นและรสชาติ จะช่วยกระตุ้นให้ร่างกายขับน้ำย่อยออกมาเมื่อรับประทานเนื้อปลาเข้าไปหรือให้เนื้อปลามีรสชาติชวนให้รับประทานยิ่งขึ้น และยังพบสารไดเปปไทด์คือแอนเซอรีน ในเศษเนื้อสีขาวในปริมาณที่สูงกว่าเศษเนื้อสีดำ ทำให้เนื้อปลามีรสดีขึ้นแต่ยาก

ที่จะบอกว่ารสนั้นเป็นอย่างไร (Suzuki, *et al.*, 1987)

น้ำปลา จะช่วยให้เกิดรสเค็มขึ้นและช่วยเน้นรสของอาหารให้ดีขึ้น ซึ่งทำให้เกิดเอกลักษณ์เฉพาะของอาหารไทย ในด้านคุณค่าทางอาหารน้ำปลาให้สารประกอบไนโตรเจนถึงร้อยละ 7.5 ของปริมาณไนโตรเจนทั้งหมด (ประเสริฐ สายสิทธิ์, 2514)

น้ำพริกแกง จะช่วยบดบังกลิ่นคาวปลา ชูรสให้กลมกล่อมและสีที่ดี น้ำพริกแกงทุกชนิดเป็นส่วนผสมของเครื่องเทศต่าง ๆ ลักษณะพิเศษของเครื่องเทศคือมีความหอม รสเผ็ดร้อน หรือรสฝาด ซึ่งลักษณะทั้ง 3 ชนิดนี้มีฤทธิ์ไปกระตุ้นการหลั่งของน้ำลายและน้ำย่อย ทำให้ผู้บริโภครู้สึกเจริญอาหาร (อรรฆิศา นุชจำรูญ, 2532) เครื่องเทศที่นิยมใช้กันมาก เช่น พริกไทย ลูกผักชี ยี่หร่า รากผักชี ข่า ตะไคร้ ผิวมะกรูด เป็นต้น นอกจากเครื่องเทศที่เป็นองค์ประกอบหลักแล้วยังมีเครื่องแกง เช่น พริก กระเทียม หัวหอม และเกลือบริโภค ส่วนประกอบที่อาจมีได้ในน้ำพริกแกง เช่น กะปิ น้ำมันบริโภค เป็นต้น (มาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมน้ำพริกแกง มอก. 429-2525)

2. การเกาะตัวของผลิตภัณฑ์

เศษเนื้อสัตว์ที่นำมาใช้เป็นวัตถุดิบจะเป็นเศษเนื้อที่ผ่านการให้ความร้อนมาแล้ว ดังนั้นโปรตีนที่เป็นส่วนประกอบหลักจึงเสื่อมสภาพคุณสมบัติในการเกาะตัว ทำให้ลักษณะเนื้อค่อนข้างแห้งและกระด้าง ดังนั้นจึงได้นำเอากะทิและไข่ไก่มาช่วยทำให้เกิดลักษณะการเกาะรวมตัวกันในส่วนผสมที่ปรุงขึ้น โดย

กะทิ ในน้ำกะทิมีไขมันปริมาณ 10 เท่าของโปรตีน (Hagenmaier, *et al.*, 1974) ก่อให้เกิดระบบอีมัลชั่นในลักษณะของน้ำมันในน้ำ และกะทิทำหน้าที่เป็นตัวกลางช่วยให้เศษเนื้อปลา น้ำพริกแกงแดง ไข่ไก่และน้ำปลาผสมเข้ากันอย่างทั่วถึง และเมื่อไปผ่านการให้ความร้อนจะทำให้เกิดการเกาะรวมตัวดีขึ้น กะทิยังช่วยเพิ่มรสชาติของอาหารโดยเฉพาะรสมันทำให้อาหารมีรสดีขึ้น เช่น ผักต้มกะทิอร่อยกว่าผักต้มธรรมดา กะทิเป็นส่วนผสมที่นิยมใช้เป็นส่วนประกอบที่สำคัญในการประกอบอาหาร ซึ่งอาหารเหล่านั้นก็เป็นที่นิยมบริโภคในคนไทยทุกระดับ เช่น ห่อหมก พะแนง แกงเขียวหวาน เป็นต้น (Cheasakul, 1967)

ไข่ไก่ ช่วยเพิ่มปริมาณโปรตีนที่ยังไม่เสื่อมสภาพ เนื่องจากไข่มีคุณสมบัติการเป็นอิมัลซิไฟด์อย่างดี โปรตีนในไข่ใช้เป็นอิมัลซิไฟด์เออร์ ซึ่งจะเป็นตัวช่วยให้น้ำและน้ำมันที่ใช้ผสมเป็นเนื้อเดียวกัน โปรตีนในไข่ทั้งฟองมีอยู่ประมาณร้อยละ 12.8-13.4 (Powrie, 1973) ซึ่งโปรตีนที่อยู่ในไข่เหล่านี้ยังไม่เสื่อมสภาพเมื่อนำไปผสมลงในส่วนผสมต่าง ๆ และมีการให้ความร้อน โปรตีนในส่วนนี้จะตกตะกอนทำให้เกิดการเกาะตัวกันของเครื่องปรุงรสทุกชนิด ทำให้ผลิตภัณฑ์มีลักษณะเนื้อสัมผัสไม่กระด้างหรือแห้ง

3. การขึ้นรูป

ส่วนผสมของผลิตภัณฑ์ห่อหมกโดยทั่วไปมักบรรจุอยู่ภายในกระทงที่ทำจากใบตอง ซึ่งส่วนของใบตองนี้จะไม่ถูกรับประทานไปด้วยทำให้เป็นวัสดุเหลือทิ้ง จึงได้นำเอาผักกะหล่ำปลีที่มีคุณค่าทางโภชนาการสูง (ตารางที่ 9) มาใช้ห่อส่วนผสมของผลิตภัณฑ์ที่ทำการพัฒนาเพื่อให้เกิดรูปร่างและสามารถรับประทานได้ทั้งหมดโดยไม่เหลือเป็นวัสดุเหลือทิ้ง และยังช่วยเพิ่มเส้นใยในผลิตภัณฑ์ทำให้ร่างกายย่อยอาหารและมีระบบขับถ่ายดีขึ้น ในปัจจุบันพบว่ากะหล่ำปลีเป็นผักชนิดหนึ่งที่นิยมใช้เป็นส่วนประกอบในผลิตภัณฑ์แช่เยือกแข็งที่มีการแปรรูปเพื่อเพิ่มมูลค่า ซึ่งมีทั้งแบบกึ่งสุก (Semi-cooked) และสุก (Cooked) ตัวอย่างผลิตภัณฑ์ เช่น Frozen boiled seasoned roll cabbage, Frozen food seasoned roll cabbage และ Frozen food stick roll เป็นต้น (พงษ์วนานุวัช, 2534)

ผลิตภัณฑ์อาหารที่จะทำการพัฒนาจัดเป็นอาหารแช่เยือกแข็งประเภทนึ่ง เนื่องจากมีกระบวนการให้ความร้อนก่อนการแช่เยือกแข็งและเมื่อต้องการบริโภคจะนำไปให้ความร้อนโดยวิธีการนึ่งหรือใช้ไมโครเวฟ Thorne (1987) กล่าวว่า ผลิตภัณฑ์ที่ผ่านกระบวนการทำให้สุกก่อนนำไปแช่เยือกแข็งนั้นต้องควบคุมอุณหภูมิและเวลาระหว่างกระบวนการผลิตอย่างเข้มงวด เพื่อให้ได้ผลิตภัณฑ์ที่มีคุณภาพสูงสุดและปลอดภัยจากเชื้อจุลินทรีย์ที่อาจก่อให้เกิดโรคทางเดินอาหารและได้แนะนำว่าระยะเวลาหลังจากผลิตภัณฑ์ถูกทำให้สุกจนถึงกระบวนการแช่เยือกแข็งไม่ควรเกิน 15 นาที เช่น ขั้นตอนการห่อขึ้นผลิตภัณฑ์ด้วยผักการบรรจุลงภาชนะบรรจุ เป็นต้น และควรใช้เวลาเพียง 90 นาทีหลังจากผลิตภัณฑ์ถูกทำ

ตารางที่ 9 คุณค่าทางโภชนาการของกะหล่ำปลี

สารอาหาร	ปริมาณ
คาร์โบไฮเดรท (กรัม/กก.น้ำหนักสด)	45.0
โปรตีน (กรัม/กก.น้ำหนักสด)	14.0
ไขมัน (กรัม/กก.น้ำหนักสด)	1.3
กาก (กรัม/กก.น้ำหนักสด)	3.0
เถ้า (กรัม/กก.น้ำหนักสด)	5.8
แคลเซียม (มก./กก.น้ำหนักสด)	361.0
แมกนีเซียม (มก./กก.น้ำหนักสด)	154.0
เหล็ก (มก./กก.น้ำหนักสด)	5.0

ที่มา : ยุพดี สิทธิบุศย์ (2531)

ให้สุกเพื่อทำให้ผลิตภัณฑ์แข็งตัว ผลิตภัณฑ์ที่ผ่านกระบวนการทำให้สุกก่อนนำไปแช่เยือกแข็งจะมีคุณค่าทางอาหาร เช่น กรดแอสคอร์บิก ไทอะมิน ไรโบฟลาวินและกรดอะมิโนไลซีนสูงกว่าผลิตภัณฑ์ที่มีวิธีการปรุงตามแบบธรรมดา (Catering Research Unit, 1970)

Millross และคณะ (1973) ได้ทำการศึกษาผลของการให้ความร้อนต่อการสูญเสียคุณค่าทางอาหารของผักกะหล่ำปลี พบว่าจะเกิดการสูญเสียกรดแอสคอร์บิกร้อยละ 8.8 เมื่อใช้เวลาหลังจากทำให้สุกจนถึงกระบวนการแช่เยือกแข็ง 18 นาที และจะเกิดการสูญเสียถึงร้อยละ 39.2 เมื่อใช้เวลามากกว่า 55 นาที สำหรับคุณภาพทางประสาทสัมผัสของผลิตภัณฑ์ที่ใช้วิธีปรุงตามแบบธรรมดาไม่แตกต่างจากผลิตภัณฑ์ที่ผ่านการทำให้สุกก่อนนำไปแช่เยือกแข็ง

วัตถุประสงค์

1. เพื่อพัฒนาผลิตภัณฑ์แช่เยือกแข็งจากเศษเนื้อปลาทูน่าปรุงรสห่อด้วยผัก
2. เพื่อพิจารณาความเหมาะสมของภาชนะบรรจุต่อผลิตภัณฑ์แช่เยือกแข็งจากเศษเนื้อปลาทูน่าปรุงรสห่อด้วยผัก
3. เพื่อศึกษาการเปลี่ยนแปลงคุณภาพของผลิตภัณฑ์แช่เยือกแข็งจากเศษเนื้อปลาทูน่าปรุงรสห่อด้วยผักระหว่างการเก็บรักษา
4. เพื่อศึกษาการยอมรับของผลิตภัณฑ์แช่เยือกแข็งจากเศษเนื้อปลาทูน่าปรุงรสห่อด้วยผัก
5. เพื่อประเมินต้นทุนสิ้นเปลืองในการผลิตของผลิตภัณฑ์แช่เยือกแข็งจากเศษเนื้อปลาทูน่าปรุงรสห่อด้วยผัก

วัสดุ อุปกรณ์ และวิธีการ

วัสดุ

1. เศษเนื้อปลาทูน่าที่ผ่านการทำให้สุกด้วยไอน้ำแล้ว จากโรงงานโชติวัฒน์ อุตสาหกรรมการผลิตจำกัด อ.หาดใหญ่ จ.สงขลา ประกอบด้วย

- เศษเนื้อสีขาวจากปลาโอดำ *(Thunnus tonggol)* ชิ้นละเอียดขนาดเท่ากันที่ผ่านการแยกก้างออกแล้ว
- เศษเนื้อสีดำชิ้นละเอียดขนาดเท่ากัน ที่ผ่านการแยกก้างและก้อนเลือดออกแล้ว

2. กะหล่ำปลี (*Brassica oleracea* var *capitata* Linn.) ขนาดหัวที่มีเส้นผ่าศูนย์กลาง 15-20 เซนติเมตร

3. เครื่องปรุงรสผลิตภัณฑ์ประกอบด้วย กะทิผงสำเร็จรูป (ยี่ห้อชาวไทย) เครื่องแกงแดงกึ่งสำเร็จรูป (ยี่ห้อเรียม) น้ำปลา (ยี่ห้อปลาหมึก) ไข่ไก่ ใบผักชี ใบมะกรูด พริกชี้ฟ้าแดง

4. บรรจุภัณฑ์ย่อย

- ถาดโฟมพีเอส ขนาด 9.0x15.5 เซนติเมตร หุ้มด้วยฟิล์มยืดพีวีซี
- ถาดพลาสติกพีวีซี ขนาด 9.0x15.5 เซนติเมตร หุ้มด้วยฟิล์มยืดพีวีซี

5. กล่องกระดาษเคลือบไข ที่มีรูปแบบชนิดฝากล่องสวมทับตัวกล่องพอดี ขนาด 20.0x24.5x2.5 เซนติเมตร

6. วัสดุและเคมีภัณฑ์สำหรับการวิเคราะห์ทางเคมีที่เกี่ยวข้องกับ

- ปริมาณโปรตีน
- ปริมาณไขมัน
- ปริมาณฮีสตามีน
- ปริมาณทีบีเอ (thiobarbituric acid)

- ปริมาณสารประกอบไนโตรเจนที่ไม่ใช่โปรตีน (non-protein nitrogen)

- ปริมาณสารประกอบไนโตรเจนในรูปด่างที่ระเหยได้ทั้งหมด (total volatile base)

7. วัสดุและอาหารเลี้ยงเชื้อสำหรับการวิเคราะห์ทางจุลินทรีย์ที่เกี่ยวข้องกับ

- ปริมาณจุลินทรีย์ทั้งหมด (Total Viable Count)
- ปริมาณ Coliform และ *Escherichia coli*
- ปริมาณ *Staphylococcus aureus*
- ปริมาณ *Salmonella* spp.
- ปริมาณ *Vibrio parahaemolyticus*
- ปริมาณ *Clostridium perfringens*

อุปกรณ์

1. อุปกรณ์ที่ใช้ในการเตรียมวัตถุดิบประกอบด้วย เครื่องปั่นยี่ห้อเนชั่นแนล ชามสแตนเลสสำหรับใส่วัตถุดิบ และมีดตัดแต่งชิ้นกะหล่ำปลี

2. อุปกรณ์ที่ใช้ในการเตรียมผลิตภัณฑ์ประกอบด้วย ถ้วยพิมพ์และรังถึง

3. อุปกรณ์และเครื่องมือที่ใช้ในการแช่เยือกแข็งประกอบด้วย

- เครื่องแช่เยือกแข็งแบบเพลทสัมผัสอุณหภูมิเครื่อง -40 °ซ ยี่ห้อ SBS รุ่น CAJ 7-422 จาก Samifi Babcock Co., Ltd. ประเทศอิตาลี

- ห้องแช่เยือกแข็งแบบกระแสลมเป่าอุณหภูมิห้อง -20 °ซ รุ่น PK 64 จากบริษัทพัฒนกลการ จำกัด ประเทศไทย

- ห้องเย็นอุณหภูมิ 4 °ซ รุ่น FORDA 329 จากบริษัทพัฒน์กลการ จำกัด ประเทศไทย

4. อุปกรณ์และเครื่องมือสำหรับการวิเคราะห์ทางเคมีประกอบด้วย

- เครื่องชั่ง ความละเอียดทศนิยม 3 และ ยี่ห้อ Mettler รุ่น P163 และความละเอียดทศนิยม 4 ตำแหน่ง รุ่น H35 AR จาก Mettler Instrumente AG Co., Ltd. ประเทศสวิสเซอร์แลนด์

- เครื่องอบไฟฟ้า ยี่ห้อ Memmert รุ่น ULM50 จากบริษัท Memmert Co., Ltd. ประเทศเยอรมันตะวันตก

- เครื่องวัดความเป็นกรด-ด่าง ยี่ห้อ PR รุ่น PHM 61a จาก Radiometer A/S Copenhagen Co., Ltd. ประเทศเดนมาร์ก

- เครื่องปั่นผสม (Homogenizer) ยี่ห้อ ACE รุ่น AM-8 จาก Nihonseiki Kaisha Co., Ltd. ประเทศญี่ปุ่น

- สเปกโตรโฟโตมิเตอร์ ยี่ห้อ LKB รุ่น Utrospec II จาก LKB Biochrom Co., Ltd. ประเทศอังกฤษ

5. อุปกรณ์และเครื่องมือสำหรับการวิเคราะห์ปริมาณจุลินทรีย์ประกอบด้วย

- ตู้บ่มเชื้อจุลินทรีย์ ยี่ห้อ KSL รุ่น V.220 W.1200 PH1 TYPE 1B-H3 จาก KSL Engineering Co., Ltd. ประเทศไทย

6. อุปกรณ์และเครื่องมือสำหรับการประเมินคุณภาพทางประสาทสัมผัส

วิธีการ

ตอนที่ 1 การวิเคราะห์คุณภาพทางเคมีและทางจุลินทรีย์ของวัตถุดิบหลัก

1. เศษเนื้อสีดำและเศษเนื้อสีขาวของปลาทูน่าที่ผ่านการทำให้สุกด้วยไอน้ำแล้ว

1.1 ปริมาณความชื้น โดยวิธีอบในตู้ไฟฟ้า (A.O.A.C., 1990)

1.2 ปริมาณโปรตีน โดยวิธีเจลดาล (A.O.A.C., 1990)

1.3 ปริมาณไขมัน โดยวิธีซอคเลต (A.O.A.C., 1990)

1.4 ปริมาณเถ้า โดยวิธีเผาในเตาเผา (A.O.A.C., 1990)

1.5 ค่าพีเอช โดยใช้เครื่องพีเอชมิเตอร์ รุ่น PHM 61a

1.6 ค่าทีบีเอ (Egan, *et al.*, 1981)

1.7 ปริมาณฮีสตามีน โดยวิธี Colorimetric method (Egan, *et al.*, 1981)

1.8 ปริมาณสารประกอบไนโตรเจนในรูปต่างที่ระเหยได้ทั้งหมด โดยวิธีคอนเวย์ (Hasegawa, 1987)

1.9 ปริมาณสารประกอบไนโตรเจนที่ไม่ใช่โปรตีน โดยวิธีเจลดาล (Hasegawa, 1987)

1.10 ปริมาณจุลินทรีย์ทั้งหมด โดยวิธี pour plate (Hasegawa, 1987)

2. เศษผักกะหล่ำปลีที่ผ่านการให้ความร้อนแล้ว

ทำการวิเคราะห์เช่นเดียวกับการวิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมีและทางจุลินทรีย์ของเศษเนื้อสีดำและเศษเนื้อสีขาวของปลาทูน่าที่ผ่านการทำให้สุกด้วยไอน้ำแล้ว ในข้อ 1.1-1.5 และ 1.10

3. เครื่องแกงแดงกึ่งสำเร็จรูป (ยี่ห้อเรียม)

3.1 ปริมาณรา โดยวิธี spread plate(Marvin, 1976)

3.2 ปริมาณ Coliform และ *Escherichia coli* (Hasegawa, 1987)

3.3 ปริมาณ *Staphylococcus aureus* (Hasegawa, 1987)

3.4 ปริมาณ *Clostridium perfringens* (Marvin, 1976)

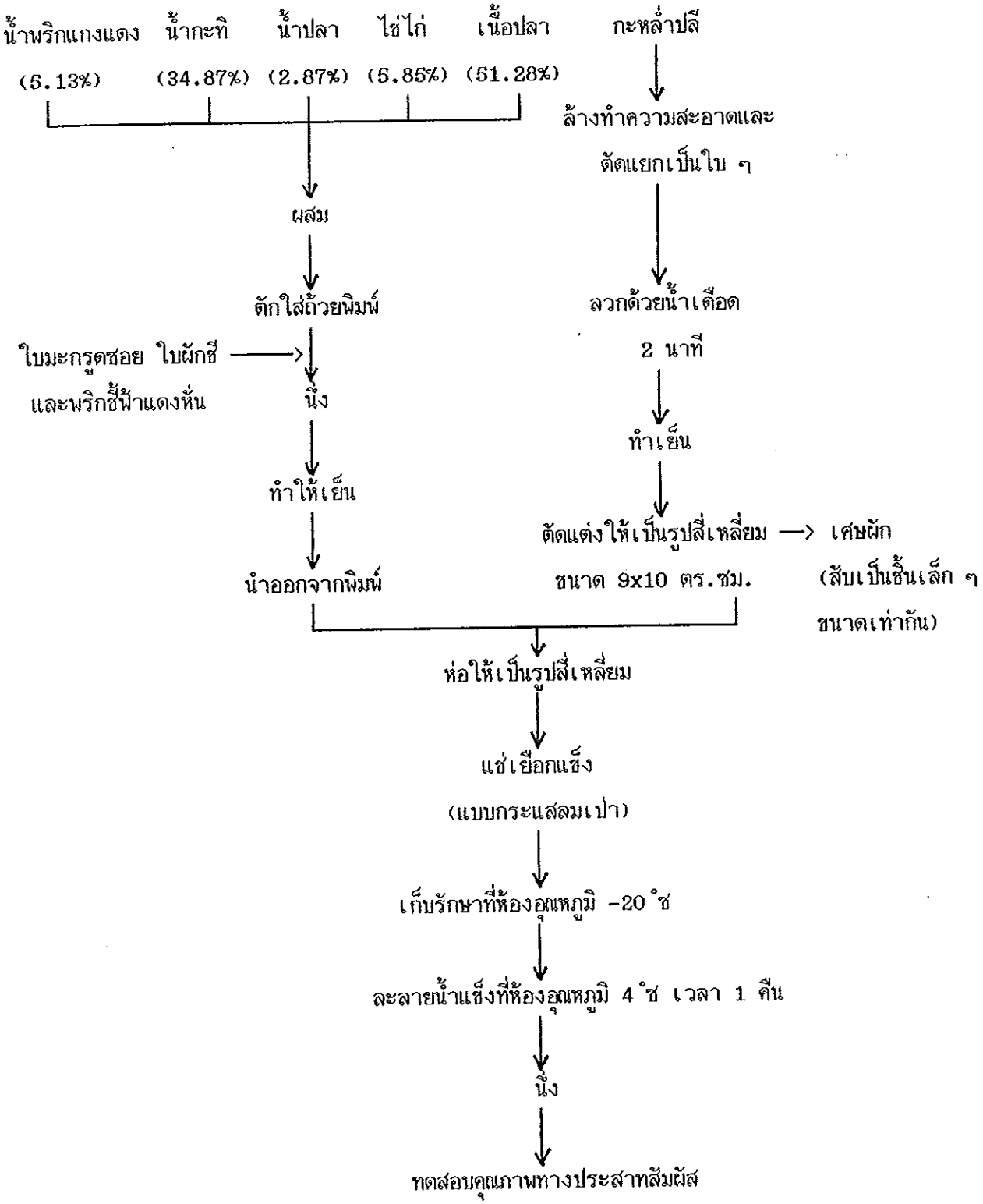
ทำการเก็บตัวอย่างเศษเนื้อสีดำและเศษเนื้อสีขาวของปลาทูน่า เศษผักกะหล่ำปลีและเครื่องแกงแดงกึ่งสำเร็จรูปจำนวน 2 ชุด แต่ละชุดจะทำการวิเคราะห์ 2 ซ้ำ รายละเอียดการวิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมีและทางจุลินทรีย์ของวัตถุดิบหลัก แสดงในภาคผนวก ก1-2

ตอนที่ 2 สำรวจความต้องการผลิตภัณฑ์แช่เยือกแข็งจากเศษเนื้อปลาทูน่าปรุงรสห่อด้วยผักของผู้บริโภค

เพื่อหาเค้าโครงลักษณะผลิตภัณฑ์ที่ต้องการของผู้บริโภค (Ideal Product) ทำการผลิต ผลิตภัณฑ์แช่เยือกแข็งจากเศษเนื้อปลาทูน่า (เศษเนื้อสีขาว) ปรุงรสห่อด้วยผัก ดังรายละเอียดใน หัวข้อส่วนผสมและวิธีการผลิตและรูปที่ 7 ทำการทดสอบคุณภาพทางประสาทสัมผัสเพื่อหาลักษณะเค้าโครงผลิตภัณฑ์ที่ทำการทดสอบเปรียบเทียบกับผลิตภัณฑ์ในอุดมคติซึ่งผู้บริโภคต้องการโดยวิธีประเมินคุณภาพแบบเรโชโพรไฟล์ (Ratio Profile Test:RPT) (ศิริลักษณ์ สินธวาลัย, 2531) ดังแบบสอบถามในภาคผนวก ช1 โดยใช้ผู้ทดสอบชิม 100 คน เปรียบเทียบกับลักษณะที่ผู้บริโภคต้องการในปัจจัยเรื่องความฉ่ำและการเกาะตัวของเนื้อปลา ความนุ่มและความเหนียวของผัก กลิ่นของเครื่องแกงและกลิ่นคาวปลา ความมัน รสเค็ม รสเผ็ด และความชอบรวม แล้วนำข้อมูลที่ได้มาคำนวณหาค่าอัตราส่วนเฉลี่ย (Ratio mean) ระหว่างค่าคะแนนตัวอย่างกับค่าอุดมคติของแต่ละปัจจัยที่ศึกษา ค่าอัตราส่วนเฉลี่ยของแต่ละปัจจัยที่ได้จะนำมาแสดงผลในลักษณะแผนภาพใยแมงมุม เพื่อนำไปใช้เป็นข้อมูลในการพัฒนาผลิตภัณฑ์ให้ตรงกับความต้องการของผู้บริโภคมากที่สุด และนำค่าอัตราส่วนเฉลี่ยที่ได้ไปวิเคราะห์สหสัมพันธ์ (correlation analysis) เพื่อหาความสัมพันธ์ระหว่างปัจจัยต่าง ๆ กับค่าการยอมรับ

ส่วนผสมและวิธีการผลิตผลิตภัณฑ์แช่เยือกแข็งจากเศษเนื้อปลาทูน่าปรุงรสห่อด้วยผัก

	ร้อยละ
1. เครื่องปรุง	
- น้ำพริกแกงแดง	5.13
- น้ำกะทิ	34.87
- น้ำปลา	2.87
- ไข่ไก่	5.85
- เศษเนื้อปลาชิ้นละเอียด	51.28
- พริกชี้ฟ้าแดงหั่น ใบผักชีและใบมะกรูดหั่นฝอยเล็กน้อย	



รูปที่ 7 กรรมวิธีการผลิตผลิตภัณฑ์แช่เยือกแข็งจากเศษเนื้อปลาทูน่าปรุงรสห่อด้วยผัก (สูตรพื้นฐาน)

2. วิธีการผลิต

- ผสมน้ำพริกแกงแดงกับน้ำกะทิ (กะทิผง:น้ำ = 1:8) ให้เข้ากัน เติมไข่ไก่ผสมจนส่วนผสมมีความข้นเหนียวเล็กน้อย เติมน้ำปลาและเศษเนื้อปลา ผสมให้เข้ากัน

- ตักใส่ถ้วยพิมพ์ขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 3 เซนติเมตร สูง 1.5 เซนติเมตร แล้ววางใบมะกรูดหั่นฝอย ใบผักชีและพริกชี้ฟ้าแดงตามลำดับ นำไปนึ่งจนสุก นาน 10 นาที ตั้งไว้ให้เย็น

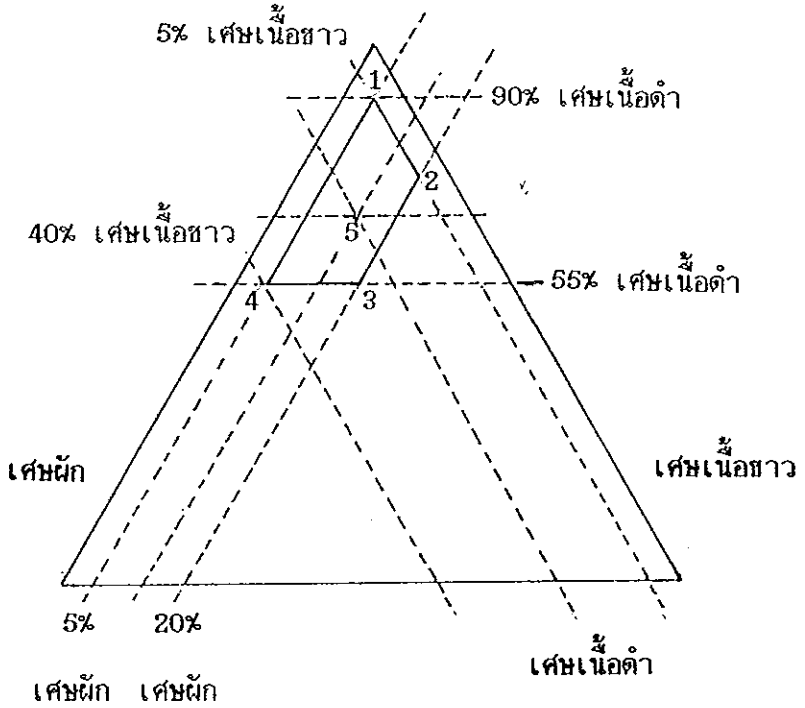
- นำใบกะหล่ำปลีที่ทำความสะอาดแล้ว ลวกด้วยน้ำเดือดนาน 2 นาที ทำเย็นทันทีด้วยน้ำอุณหภูมิ 4 °ซ แล้วตัดแต่งเป็นรูปสี่เหลี่ยมขนาด 9x10 ตารางเซนติเมตร

- นำส่วนผสมเศษเนื้อปลาปรุงรสออกจากถ้วยพิมพ์ โดยคว่ำถ้วยลงบนใบกะหล่ำปลีที่ตัดแต่งแล้ว จากนั้นทำการห่อให้เป็นรูปสี่เหลี่ยม น้ำหนักรวมต่อชิ้น เฉลี่ย 21 กรัม

- นำไปแช่เยือกแข็งด้วยวิธีกระแสลมเป่า อุณหภูมิ -20 °ซ เป็นเวลา 24 ชั่วโมง เก็บรักษาที่ห้องอุณหภูมิ -20 °ซ เป็นเวลา 1 วัน หลังจากนั้นนำมาละลายน้ำแข็งที่ห้องอุณหภูมิ 4 °ซ เป็นเวลา 1 คืน นำไปนึ่ง 3 นาที ทำการทดสอบคุณภาพทางประสาทสัมผัสขณะร้อน อุณหภูมิประมาณ 65-70 °ซ

ตอนที่ 3 ศึกษาหาสัดส่วนผสมระหว่างเศษเนื้อปลาทูน่าสีดำต่อเศษเนื้อสีขาวต่อเศษผัก

การศึกษาหาสัดส่วนผสมระหว่างเศษเนื้อสีดำต่อเศษเนื้อสีขาวต่อเศษผัก จะเน้นการใช้ประโยชน์จากเศษเนื้อสีดำมากกว่าร้อยละ 50 และเศษผักที่เหลือจากขั้นตอนการผลิตผลิตภัณฑ์นี้ โดยที่ผู้บริโภคยังยอมรับผลิตภัณฑ์อยู่ วางแผนการทดลองแบบ Mixture Design (Earle and Anderson, 1985) กำหนดช่วงเศษเนื้อสีดำอยู่ในช่วงร้อยละ 55-90 เศษเนื้อสีขาวอยู่ในช่วงร้อยละ 5-40 และเศษผักอยู่ในช่วงร้อยละ 5-20 ซึ่งจะได้สัดส่วนผสมทั้งหมด 5 สูตร ดังรูปที่ 8 และอัตราส่วนระหว่างปริมาณเศษเนื้อปลาทูน่าสีดำต่อเศษเนื้อสีขาวต่อเศษผักแสดงในตารางที่ 10 กำหนดให้ปริมาณของน้ำพริกแกงแดง น้ำกะทิ น้ำปลา ไข่ไก่ คงที่ทุกชุดการทดลองตามสัดส่วนที่กำหนดในตอนที่ 2 ทำการผลิต

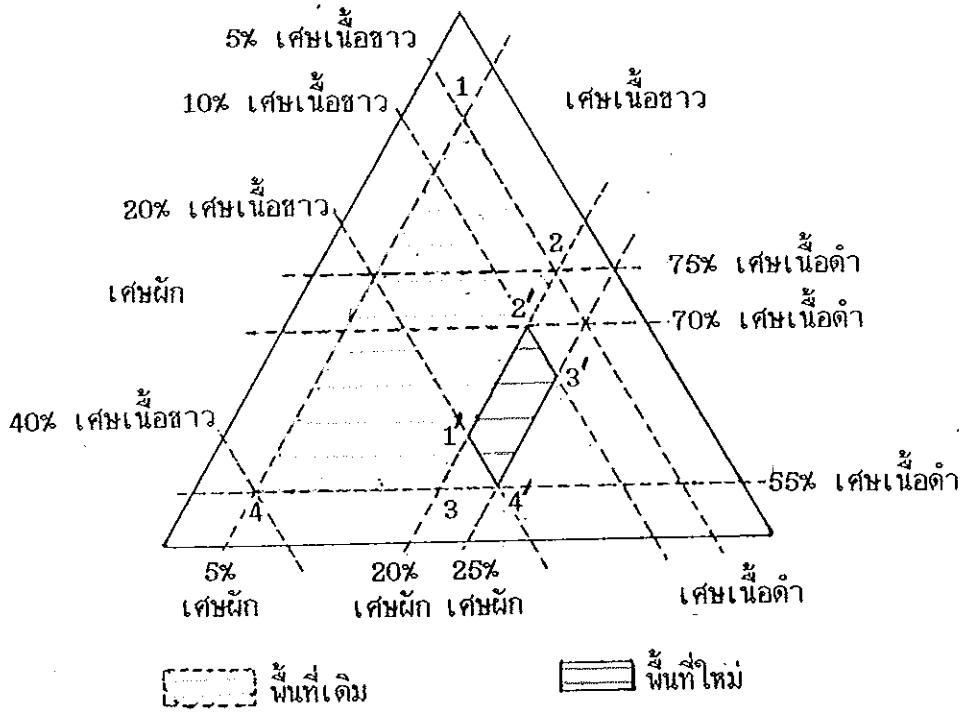


รูปที่ 8 แผนภาพการวางแผนทดลองแบบมิกซ์เจอร์ ครั้งที่ 1

ตารางที่ 10 อัตราส่วนระหว่างปริมาณเศษเนื้อปลาทูน่าสีดำต่อเศษเนื้อสีขาวต่อเศษผัก จากแผนการทดลองแบบมิกซ์เจอร์ ครั้งที่ 1

สูตรที่	ปริมาณ (ร้อยละ)		
	เศษเนื้อสีดำ	เศษเนื้อสีขาว	เศษผัก
1	90	5	5
2	75	5	20
3	55	25	20
4	55	40	5
5	68	19	13

ผลิตภัณฑ์แช่เยือกแข็งจากเศษเนื้อปลาทูน่าปรุงรสห่อด้วยผักเช่นเดียวกับตอนที่ 2 ทดสอบคุณภาพทางประสาทสัมผัสด้วยวิธีเรียงลำดับความชอบ (Ranking Preference) (Dov, 1988) ดังแบบสอบถามในภาคผนวก ข2 ใช้ผู้ทดสอบชิม 40 คน นำผลที่ได้จากการเรียงลำดับความชอบมาวิเคราะห์ทางสถิติหาสัดส่วนเศษเนื้อสีดำต่อเศษเนื้อสีขาวต่อเศษผักที่เป็นไปได้และทำการวางแผนแบบ Mixture Design อีกครั้ง กำหนดช่วงเศษเนื้อสีดำอยู่ในช่วงร้อยละ 55-70 เศษเนื้อสีขาวอยู่ในช่วงร้อยละ 10-20 และเศษผักอยู่ในช่วงร้อยละ 20-25 ซึ่งจะได้สัดส่วนผสมทั้งหมด 4 สูตร ดังรูปที่ 9 และอัตราส่วนระหว่างปริมาณเศษเนื้อปลาทูน่าสีดำต่อเศษเนื้อสีขาวต่อเศษผักแสดงในตารางที่ 11 ทดสอบคุณภาพทางประสาทสัมผัสด้วยวิธีเรียงลำดับความชอบ และเนื่องจากปริมาณเศษเหลือของผักที่เกิดจากกระบวนการผลิตอยู่ในช่วงร้อยละ 25-30 จึงได้ทำการทดลองผลิตผลิตภัณฑ์ โดยกำหนดให้ปริมาณเศษผักที่ใช้คงที่ที่ร้อยละ 25 และแปรผันเศษเนื้อสีดำอยู่ในช่วงร้อยละ 55-65 เศษเนื้อสีขาวอยู่ในช่วงร้อยละ 10-20 ซึ่งจะได้สัดส่วนผสมทั้งหมด 3 สูตร ดังแสดงในตารางที่ 12 ทำการประเมินคุณภาพความชอบด้านสี กลิ่น รสชาติ เนื้อสัมผัส และคุณลักษณะรวมของผลิตภัณฑ์ โดยการให้คะแนนความชอบ (Hedonic Scale) ประกอบด้วย 9 ระดับคะแนน กำหนดให้ระดับคะแนน 1 หมายถึง ไม่ชอบมากที่สุดไปจนถึงระดับคะแนน 9 หมายถึง ชอบมากที่สุด (Larmond, 1977) ดังแบบสอบถามในภาคผนวก ข3 คะแนนการทดสอบที่ได้นำมาวิเคราะห์ความแปรปรวน (ANOVA) โดยใช้แผนการทดลองแบบสุ่มภายในบล็อก (RCB) (ไพศาล เหล่าสุวรรณ, 2535) และเปรียบเทียบความแตกต่างระหว่างชุดการทดลองโดยใช้ DMRT (Duncan's Multiple Range Test) (Duncan, 1955) เพื่อคัดเลือกสัดส่วนผสมที่เหมาะสมที่สุด นำชุดการทดลองที่คัดเลือกสัดส่วนผสมแล้วมาทดสอบคุณภาพทางประสาทสัมผัสด้วยวิธีประเมินคุณภาพแบบเรโชโพรไฟล์ (ศิริลักษณ์ สินธวาลัย, 2531) ดังแบบสอบถามในภาคผนวก ข4 โดยใช้ผู้ทดสอบชิมที่ผ่านการฝึกฝนมาแล้ว 10 คน เพื่อเปรียบเทียบเค้าโครงลักษณะผลิตภัณฑ์ที่พัฒนากับผลิตภัณฑ์ที่ผู้บริโภคต้องการ (จากตอนที่ 2)



รูปที่ 9 แผนภาพการวางแผนทดลองแบบมิกซ์เจอร์ ครั้งที่ 2

ตารางที่ 11 อัตราส่วนระหว่างปริมาณเศษเนื้อปลาทูน่าสีดำต่อเศษเนื้อสีขาวต่อเศษผัก จากแผนการทดลองแบบมิกซ์เจอร์ ครั้งที่ 2

สูตรที่	ปริมาณ (ร้อยละ)		
	เศษเนื้อสีดำ	เศษเนื้อสีขาว	เศษผัก
1′	60	20	20
2′	70	10	20
3′	65	10	25
4′	55	20	25

ตารางที่ 12 อัตราส่วนระหว่างปริมาณเศษเนื้อปลาทูน่าสีดำต่อเศษเนื้อสีขาวต่อเศษผัก เมื่อปริมาณเศษผักคงที่

สูตรที่	ปริมาณ (ร้อยละ)		
	เศษเนื้อสีดำ	เศษเนื้อสีขาว	เศษผัก
1	65	10	25
2	60	15	25
3	55	20	25

ตอนที่ 4 การพัฒนาสูตรเครื่องปรุงรส

จากการเปรียบเทียบเค้าโครงลักษณะผลิตภัณฑ์ที่ได้ในตอนที่ 3 กับผลิตภัณฑ์ในอุดมคติที่ผู้บริโภคต้องการ จะนำมาเป็นแนวทางในการพัฒนาหาสูตรเครื่องปรุงรสที่เหมาะสมโดยการเพิ่มหรือลดปริมาณเครื่องปรุงรส เพื่อให้สอดคล้องกับลักษณะผลิตภัณฑ์ที่ผู้บริโภคต้องการ โดยทำการผลิตผลิตภัณฑ์ซึ่งใช้สัดส่วนผสมระหว่างเศษเนื้อสีดำต่อเศษเนื้อสีขาวต่อเศษผักที่คัดเลือกได้ในตอนที่ 3 และขั้นตอนการผลิตเช่นเดียวกับผลิตภัณฑ์สูตรพื้นฐาน (ตอนที่ 2) ทำการทดสอบคุณภาพทางประสาทสัมผัสโดยวิธีประเมินคุณภาพแบบเรโชโพรไฟล์ (ศิริลักษณ์ สินธวาลัย, 2531) ใช้ผู้ทดสอบชิมที่ผ่านการฝึกฝนมาแล้ว 10 คน เพื่อหาสูตรเครื่องปรุงรสที่เหมาะสมที่มีคุณภาพของผลิตภัณฑ์ใกล้เคียงกับปัจจัยคุณภาพของผลิตภัณฑ์ที่ผู้บริโภคต้องการ สรุปสูตรเครื่องปรุงรสที่ทำการพัฒนาขึ้นดังตารางที่ 13 ทำการประเมินคุณภาพความชอบ ด้านสี กลิ่น รสชาติ เนื้อสัมผัสและคุณลักษณะรวมของผลิตภัณฑ์ที่ทำการพัฒนาสูตรเครื่องปรุงรสแล้ว โดยการให้คะแนนความชอบ ประกอบด้วย 9 ระดับคะแนน

กำหนดให้ระดับคะแนน 1 หมายถึง ไม่ชอบมากที่สุด ไปจนถึงระดับคะแนน 9 หมายถึง ชอบมากที่สุด (Larmond, 1977) ดังแบบสอบถามในภาคผนวก ช3

ตารางที่ 13 สูตรเครื่องปรุงรสที่ทำการพัฒนา

สูตรที่	ปริมาณ (กรัม)			
	น้ำกะทิ	ไข่ไก่	น้ำพริกแกงแดง	น้ำปลา
1	68(1:6)*	13	12	6
2	68(1:5)	13	12	6
3	68(1:3)	18	15	9
4	68(1:2)	18	15	9
5	68(1:1)	18	15	9
6	68(1:1)	18	18	8
7	68(1:1)	20	20	8

* ตัวเลขในวงเล็บคืออัตราส่วนระหว่าง กะทิผง : น้ำ

ตอนที่ 5 ศึกษาสภาวะที่เหมาะสมต่อการแช่เยือกแข็ง

นำผลิตภัณฑ์เศษเนื้อปลาทูน่าปรุงรสห่อด้วยผักที่พัฒนาแล้วจากตอนที่ 4 มาหาสภาวะที่เหมาะสมในการแช่เยือกแข็ง โดยทำการบรรจุผลิตภัณฑ์ลงในบรรจุภัณฑ์ย่อย 2 ชนิดคือ ถาดโฟมพีเอสและถาดพลาสติกพีวีซี หุ้มด้วยฟิล์มยืดพีวีซีแล้วบรรจุลงในกล่องกระดาษ ส่วนหนึ่งนำไปแช่เยือกแข็งด้วยวิธีเพลทสัมผัสที่อุณหภูมิของเครื่อง -40 °ซ

อีกส่วนหนึ่งแช่เยือกแข็งด้วยวิธีกระแสลมเป่าที่อุณหภูมิของห้อง -20 °ซ บันทึกอุณหภูมิและเวลาในระหว่างการแช่เยือกแข็ง จนกระทั่งอุณหภูมิกึ่งกลางผลิตภัณฑ์เป็น -18 °ซ จากนั้นนำผลิตภัณฑ์ไปเก็บที่ห้องอุณหภูมิ -20 °ซ เป็นเวลา 1 คืน ทำการประเมินคุณภาพความชอบด้านสี กลิ่น รสชาติ เนื้อสัมผัสและคุณลักษณะรวมของผลิตภัณฑ์ จากการแช่เยือกแข็งทั้ง 2 วิธี โดยใช้ผู้ทดสอบชิมที่ผ่านการฝึกฝนมาแล้ว 10 คน ให้คะแนนความชอบ ประกอบด้วย 9 ระดับคะแนน กำหนดให้คะแนน 1 หมายถึง ไม่ชอบมากที่สุด ไปจนถึงระดับคะแนน 9 หมายถึง ชอบมากที่สุด (Larmond, 1977) ดังแบบสอบถามในภาคผนวก ช3 คะแนนการทดสอบที่ได้นำมาวิเคราะห์ความแปรปรวน (ANOVA) โดยใช้แผนการทดลองแบบสุ่มตลอด (CRD) (ไพศาล เหล่าสุวรรณ, 2535) และเปรียบเทียบความแตกต่างระหว่างชุดการทดลองโดยใช้ DMRT

ตอนที่ 6 พิจารณาความเหมาะสมของภาชนะบรรจุและศึกษาการเปลี่ยนแปลงคุณภาพของผลิตภัณฑ์แช่เยือกแข็งจากเศษเนื้อปลาทูน่าปรุงรสห่อด้วยผักระหว่างการเก็บรักษา

นำผลิตภัณฑ์ที่ได้พัฒนาขึ้นมาบรรจุลงในภาชนะบรรจุย่อยที่คัดเลือกโดยมีคุณสมบัติทนทานต่ออุณหภูมิในการแช่เยือกแข็ง หาได้ง่ายและนิยมนำมาใช้บรรจุผลิตภัณฑ์อาหารเพื่อการจำหน่ายปลีก ทำการแช่เยือกแข็งโดยวิธีกระแสลมเป่า ซึ่งภาชนะบรรจุย่อยที่นำมาพิจารณาประกอบด้วย ถาดโฟมพีเอสหุ้มด้วยฟิล์มยืดพีวีซี และถาดพลาสติกพีวีซีหุ้มด้วยฟิล์มยืดพีวีซี นำมาบรรจุลงในกล่องกระดาษอีกชั้นหนึ่ง ทำการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ -20 °ซ เป็นเวลา 3 เดือน ทำการทดลองชุดละ 2 ซ้ำ ประเมินคุณภาพทางด้านเคมี จุลินทรีย์และประสาทสัมผัสของผลิตภัณฑ์ทุก ๆ 1 เดือน ดังนี้คือ

- การประเมินคุณภาพทางเคมี

ทำการวิเคราะห์เช่นเดียวกับการวิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมีของเศษเนื้อสีดำและเศษเนื้อสีขาวของปลาทูน่าที่ผ่านการทำให้สุกด้วยไอน้ำแล้ว ในตอนที่ 1 ข้อ 1.1-1.7

- การประเมินคุณภาพทางจุลินทรีย์ ประกอบด้วย

1. ปริมาณจุลินทรีย์ทั้งหมด (Total Viable Count)(Hasegawa, 1987)
2. ปริมาณ Coliform และ *Escherichia Coli* (Hasegawa, 1987)
3. *Staphylococcus aureus* (Hasegawa, 1987)
4. *Salmonella* spp. (Hasegawa, 1987)
5. *Vibrio parahaemolyticus* (Hasegawa, 1987)

- การประเมินคุณภาพทางประสาทสัมผัส

ทำการประเมินคุณภาพความชอบของผลิตภัณฑ์ด้าน สี กลิ่น รสชาติ เนื้อสัมผัส และ คุณลักษณะรวม โดยใช้ผู้ทดสอบชิมที่ผ่านการฝึกฝนมาแล้วจำนวน 10 คน ให้คะแนนความชอบ ประกอบด้วย 9 ระดับคะแนน กำหนดให้ระดับคะแนน 1 หมายถึง ไม่ชอบมากที่สุด ไปจนถึงระดับคะแนน 9 หมายถึง ชอบมากที่สุด (Larmond, 1977) ดังแบบสอบถามในภาคผนวก ช3 คะแนนการทดสอบที่ได้นำมาวิเคราะห์ความแปรปรวน (ANOVA) โดยใช้แผนการทดลองแบบสุ่มตลอด (CRD) (ไพศาล เหล่าสุวรรณ, 2535) และเปรียบเทียบความแตกต่างระหว่างชุดการทดลองโดยใช้ DMRT

ตอนที่ 7 สำรวจการยอมรับของผู้บริโภคต่อผลิตภัณฑ์แช่เยือกแข็งจากเศษเนื้อปลาทูน่าปรุงรสห่อด้วยผัก

นำผลิตภัณฑ์ที่ผ่านการพัฒนาแล้วจากตอนที่ 4 มาทดสอบการยอมรับของผู้บริโภค ซึ่งเป็นบุคคลภายในมหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ วิทยาเขตหาดใหญ่ จำนวน 100 คน ทำการสอบถามเพื่อหาข้อมูลทั่วไปเกี่ยวกับผู้ตอบแบบสอบถาม พฤติกรรมการซื้อ พฤติกรรมการบริโภค ความชอบของผลิตภัณฑ์ได้แก่ลักษณะปรากฏทั่วไป สี กลิ่น รสชาติ เนื้อสัมผัส ความชอบรวม และการยอมรับผลิตภัณฑ์ รายละเอียดแบบสอบถามดังแสดงในภาคผนวก ช5

ตอนที่ 8 การประเมินต้นทุนการผลิตผลิตภัณฑ์แช่เยือกแข็งจากเศษเนื้อปลาทูน่าปรุงรสห่อด้วยผัก

คำนวณหาต้นทุนการผลิตผลิตภัณฑ์เฉพาะวัสดุสิ้นเปลือง โดยรวบรวมข้อมูลของราคาวัตถุดิบประกอบด้วยเศษเนื้อปลาทูน่า ผักกะหล่ำปลีและส่วนผสมต่าง ๆ ค่ากระแสไฟฟ้าในขั้นตอนการแช่เยือกแข็ง และราคาภาชนะบรรจุ เป็นต้น รายละเอียดวิธีการคำนวณต้นทุนการผลิตดังแสดงในภาคผนวก ง

ผลและวิจารณ์

ตอนที่ 1 การวิเคราะห์คุณภาพทางเคมีและทางจุลินทรีย์ของวัตถุดิบหลัก

1.1 เศษเนื้อสีดำและเศษเนื้อสีขาวของปลาทูน่า

ผลการวิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมีของเศษเนื้อสีดำและสีขาวของปลาทูน่าที่ผ่านการให้ความร้อนแล้ว ดังแสดงในตารางที่ 14 พบว่ามีโปรตีนในปริมาณที่สูง เหมาะสำหรับนำมาทำเป็นผลิตภัณฑ์ที่จะเป็นแหล่งอาหารโปรตีน ส่วนปริมาณไขมันพบร้อยละ 2.31 และ 0.74 ในกล้ามเนื้อสีดำและสีขาวตามลำดับ ซึ่งมีปริมาณค่อนข้างต่ำ เมื่อเปรียบเทียบกับผลการศึกษาของ Perez-villarreal และ Pozo (1990) คือ ร้อยละ 3.69 และ 2.98 ในกล้ามเนื้อสีดำและสีขาวตามลำดับ เนื่องจากเศษเนื้อปลาทูน่าที่นำมาทำการวิเคราะห์ผ่านการนึ่งจนสุกแล้ว ไขมันส่วนใหญ่จะละลายไปกับน้ำนึ่งปลา ส่วนปริมาณเถ้าพบว่าผลการทดลองมีค่าใกล้เคียงกับผลการศึกษาของ Perez-villarreal และ Pozo (1990) ปริมาณสารประกอบไนโตรเจนที่ไม่ใช่โปรตีนพบในเศษเนื้อสีดำต่ำกว่าในเศษเนื้อสีขาว ผลการทดลองใกล้เคียงกับผลการศึกษาของ Kanoh และคณะ (1986) คือพบ 400 และ 750 (มก.ไนโตรเจนต่อ 100 ก.ตัวอย่าง) ในกล้ามเนื้อสีดำและสีขาวของปลาทูน่าครีบเหลืองหลังผ่านการให้ความร้อนตามลำดับ และพบว่าในกล้ามเนื้อสีดำมีสารประกอบอีโนซีน ที่ได้จากการเปลี่ยนแปลงของสารประกอบอะดีนาลีนไตรฟอสเฟตมากที่สุด แต่ในทางตรงกันข้ามกล้ามเนื้อสีขาวจะมีสารประกอบอีโนซีนโมโนฟอสเฟตมากที่สุด (Kanoh, *et al.*, 1986) จากการที่เศษเนื้อสีขาวมีสารประกอบอีโนซีนโมโนฟอสเฟตที่สูงกว่าในเศษเนื้อสีดำ และเนื่องจากเป็นสารประกอบในกลุ่มสารประกอบไนโตรเจนที่ไม่ใช่โปรตีนที่มีความสำคัญต่อกลิ่นและรสชาติ เมื่อนำไปแปรรูปเพื่อการบริโภคจึงทำให้มีผลต่อกลิ่นและรสชาติที่ดีกว่า ปริมาณฮีสตามีนพบว่าในเศษเนื้อสีดำมีปริมาณที่สูงกว่าในเศษเนื้อสีขาวแต่ยังอยู่ในระดับเกณฑ์กำหนดคุณภาพมาตรฐาน ผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมปลาทูน่ากระป๋อง (มอก.142-2530) คือระดับ 20 มิลลิกรัมเปอร์เซ็นต์ ถือว่ายังไม่ก่อให้เกิดอันตรายต่อผู้

ตารางที่ 14 องค์ประกอบทางเคมีของเศษเนื้อสีดำและเศษเนื้อสีขาวของปลาทูน่า และเศษผักกะหล่ำปลีที่ผ่านการให้ความร้อนแล้ว

องค์ประกอบ	เศษเนื้อสีดำ	เศษเนื้อสีขาว	เศษผัก
ความชื้น (ร้อยละ)	67.77±0.03*	66.71±0.09	93.53±0.00
โปรตีน (ร้อยละ)	19.04±0.23	20.79±0.25	1.21±0.06
ไขมัน (ร้อยละ)	2.31±0.07	0.74±0.06	0.40±0.01
เถ้า (ร้อยละ)	1.70±0.01	1.63±0.03	0.10±0.00
สารประกอบไนโตรเจนที่ไม่ใช่โปรตีน (มก.ไนโตรเจนต่อ 100 ก.ตัวอย่าง)	466.17±5.50	733.89±8.09	-
ฮีสตามีน (มก.ต่อ 100 ก.ตัวอย่าง)	11.22±0.30	9.75±0.20	-
สารประกอบไนโตรเจนในรูปด่างที่ระเหยได้ทั้งหมด (มก.ไนโตรเจนต่อ 100 ก.ตัวอย่าง)	10.13±0.84	8.73±0.22	-
นีเอช	6.70±0.00	6.50±0.00	6.10±0.00
ทีบีเอ (มก.มาโลนอัลดีไฮด์ต่อกก.ตัวอย่าง)	6.80±0.07	2.59±0.16	-

* ค่าเฉลี่ย ± ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานจาก 2 ชุดการทดลอง ๆ ละ 2 ซ้ำ

บริโภค ปริมาณสารประกอบไนโตรเจนในรูปต่างที่ระเหยได้ทั้งหมดในเศษเนื้อสีดำพบว่ามีปริมาณที่สูงกว่าในเศษเนื้อสีขาว แสดงว่ามีการเสื่อมสลายของโปรตีนในเศษเนื้อสีดำสูงกว่า ทั้งนี้อาจเนื่องจากแหล่งวัตถุดิบที่ต่างกัน การเก็บตัวอย่างวัตถุดิบเศษเนื้อสีดำได้มาจากการรวบรวมจากปลาทูน่าหลายพันธุ์และใช้เวลานาน แต่เศษเนื้อสีขาวได้มาจากปลาทูน่าเพียงพันธุ์เดียว และส่งผลทำให้ค่าพีเอชของเศษเนื้อสีดำมีค่าสูงกว่าเศษเนื้อสีขาวด้วยเช่นกัน ซึ่งสอดคล้องกับผลการทดลองของ Suyama และคณะ (1986); Suzuki และคณะ (1987) คือ ค่าพีเอชของกล้ามเนื้อสีขาวจะต่ำกว่ากล้ามเนื้อสีดำ และจะเพิ่มขึ้นเมื่อมีการให้ความร้อนซึ่งเกิดขึ้นทั้งในกล้ามเนื้อสีดำและสีขาว สำหรับการเกิดกลิ่นหืนสามารถวัดโดยการหาค่าทีบีเอ พบว่าในเศษเนื้อสีดำมีปริมาณที่สูงกว่าในเศษเนื้อสีขาวมาก ซึ่งเป็นผลของการเกิดออกซิเดชันจากไขมันที่มีอยู่มากในเศษเนื้อสีดำ และอาจเนื่องมาจากโปรตีนพวกฮีโมโปรตีนในกล้ามเนื้อสีดำที่พบในปริมาณสูงกว่าในกล้ามเนื้อสีขาว (Kanoh, *et al.*, 1988; Eskin, 1990) ฮีโมโปรตีนเหล่านี้เป็นสารเริ่มต้น (pro-oxidant) ที่จะทำให้ไขมันที่มีอยู่มากบริเวณเดียวกันเปลี่ยนแปลงได้ง่าย (ประเสริฐ สายสิทธิ์, 2514) ผลการวิเคราะห์ปริมาณจุลินทรีย์ พบว่าปริมาณจุลินทรีย์เริ่มต้นของเศษเนื้อปลาทูน่าทั้งสองชนิดมีค่าใกล้เคียงกันคืออยู่ในช่วง $1.5\text{-}1.7\times10^{4}$ โคโลนีต่อกรัม

1.2 เศษผักกะหล่ำปลี

ผลการตรวจวิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมีของเศษผักกะหล่ำปลีสุก (ตารางที่ 14) พบว่า มีปริมาณความชื้น โปรตีน ไขมัน เถ้าร้อยละ 93.53, 1.21, 0.40 และ 0.10 ตามลำดับ ค่าพีเอชเป็น 6.10 สำหรับปริมาณจุลินทรีย์เริ่มต้นมีค่า 6.3×10^{2} โคโลนีต่อกรัม ซึ่งเป็นปริมาณจุลินทรีย์ที่ต่ำเนื่องจากเศษผักได้ผ่านกระบวนการล้างทำความสะอาดและผ่านการให้ความร้อน จะทำให้ช่วยลดปริมาณจุลินทรีย์ลงได้บางส่วน การลวกผักกะหล่ำปลีในกระบวนการผลิตมีวัตถุประสงค์เพื่อปรับปรุงลักษณะเนื้อสัมผัสให้ผักมีความอ่อนนุ่มเพื่อง่ายต่อการใช้ห่อเป็นรูปร่าง ทั้งยังช่วยทำความสะอาดและลดปริมาณจุลินทรีย์ลง

1.3 เครื่องแกงแดงกึ่งสำเร็จรูป

จากฉลากเครื่องแกงแดงกึ่งสำเร็จรูป (ยี่ห้อเรียม) มีองค์ประกอบตามที่ระบุไว้ดังนี้ น้ำมันถั่วเหลืองร้อยละ 30, พริกร้อยละ 16, กระเทียมร้อยละ 15, เกลือร้อยละ 10.5, หอมร้อยละ 10, กะปิร้อยละ 5 และเครื่องเทศร้อยละ 13.5 จากผลการตรวจสอบคุณภาพทางจุลินทรีย์ของเครื่องแกงแดงกึ่งสำเร็จรูปดังกล่าวได้ผลว่าไม่พบจุลินทรีย์พวกรา, Coliform, *Escherichia coli*, *Staphylococcus aureus* และ *Clostridium perfringens* ซึ่งจัดว่าเครื่องแกงแดงกึ่งสำเร็จรูปดังกล่าวมีคุณภาพอยู่ในมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมน้ำพริกแกง (มอก.429-2525) ที่ระบุว่า จำนวนราต่อกรัมของตัวอย่างต้องไม่เกิน 10 โคโลนี จำนวนอีโคไล โดยวิธี MPN ต่อกรัมของตัวอย่างน้อยกว่า 3 *Staphylococcus aureus* และ *Clostridium perfringens* ต้องไม่พบใน 0.01 กรัมของตัวอย่าง

ตอนที่ 2 การสำรวจความต้องการผลิตภัณฑ์แช่เยือกแข็งจากเศษเนื้อปลาทูน่าปรุงรสห่อด้วยผักของผู้บริโภค

ผลจากการสำรวจความต้องการผลิตภัณฑ์แช่เยือกแข็งจากเศษเนื้อปลาทูน่าปรุงรสห่อด้วยผักในอุดมคติของผู้บริโภค สามารถนำคะแนนไปใช้กำหนดจุดในอุดมคติของแต่ละคุณลักษณะที่ทดสอบ เพื่อเทียบเคียงให้กับผลิตภัณฑ์ที่จะทำการพัฒนาต่อไปในตอนที่ 3 และ 4 ค่าอัตราส่วนเฉลี่ย (ratio mean : S/I) ของแต่ละคุณลักษณะที่ทดสอบของผลิตภัณฑ์แสดงในตารางที่ 15 โดยพบว่า ผู้ทดสอบให้ค่าอัตราส่วนเฉลี่ยในแต่ละคุณลักษณะของผลิตภัณฑ์ส่วนใหญ่น้อยกว่า 1.0 ซึ่ง ศิริลักษณ์ สินธวาลัย (2531) ได้อธิบายไว้ว่าค่าอัตราส่วนเฉลี่ยของคุณลักษณะใดมีค่าเท่ากับ 1.0 หมายความว่าไม่จำเป็นต้องมีการเปลี่ยนแปลงคุณลักษณะที่ศึกษานั้น ถ้าค่าอัตราส่วนเฉลี่ยมากกว่า 1.0 หมายความว่าอาจมีความจำเป็นต้องลดความเข้มหรือความแรงของคุณลักษณะนั้น ๆ และถ้าค่าอัตราส่วนเฉลี่ยน้อยกว่า 1.0 มีความหมายว่าอาจมีความจำเป็นต้องเพิ่มความเข้มหรือความแรงของคุณลักษณะนั้น ๆ เพื่อ

ตารางที่ 15 อัตราส่วนเฉลี่ยคุณภาพทางประสาทสัมผัสของผลิตภัณฑ์เช่เยือกแข็งจากเศษเนื้อปลาทูน่าปรุงรสห่อด้วยผัก (สูตรพื้นฐาน)

คุณภาพทางประสาทสัมผัส	ค่าคะแนนในอุดมคติ (I)	ค่าคะแนนตัวอย่างสูตรพื้นฐาน (S)	ค่าอัตราส่วนเฉลี่ย (S/I)
เนื้อสัมผัส (ปลา)			
ความฉ่ำ	6.1±1.1*	5.1±1.8	0.8±0.3
การเกาะตัวกัน	6.4±1.2	5.2±1.6	0.8±0.3
เนื้อสัมผัส (ผัก)			
ความเหนียว	5.0±1.4	5.0±1.7	1.0±0.5
ความนุ่ม	5.4±1.3	4.8±1.4	0.9±0.4
กลิ่น			
เครื่องแกง	5.2±1.4	4.1±1.6	0.8±0.4
คาวปลา	3.2±1.5	3.4±1.6	1.1±0.7
รส			
ความมัน	5.8±1.3	4.0±1.5	0.7±0.4
เค็ม	4.9±1.1	4.4±1.3	0.9±0.2
เผ็ด	5.3±1.2	3.7±1.3	0.7±0.3
ความชอบรวม	6.8±1.1	5.2±1.5	0.8±0.2

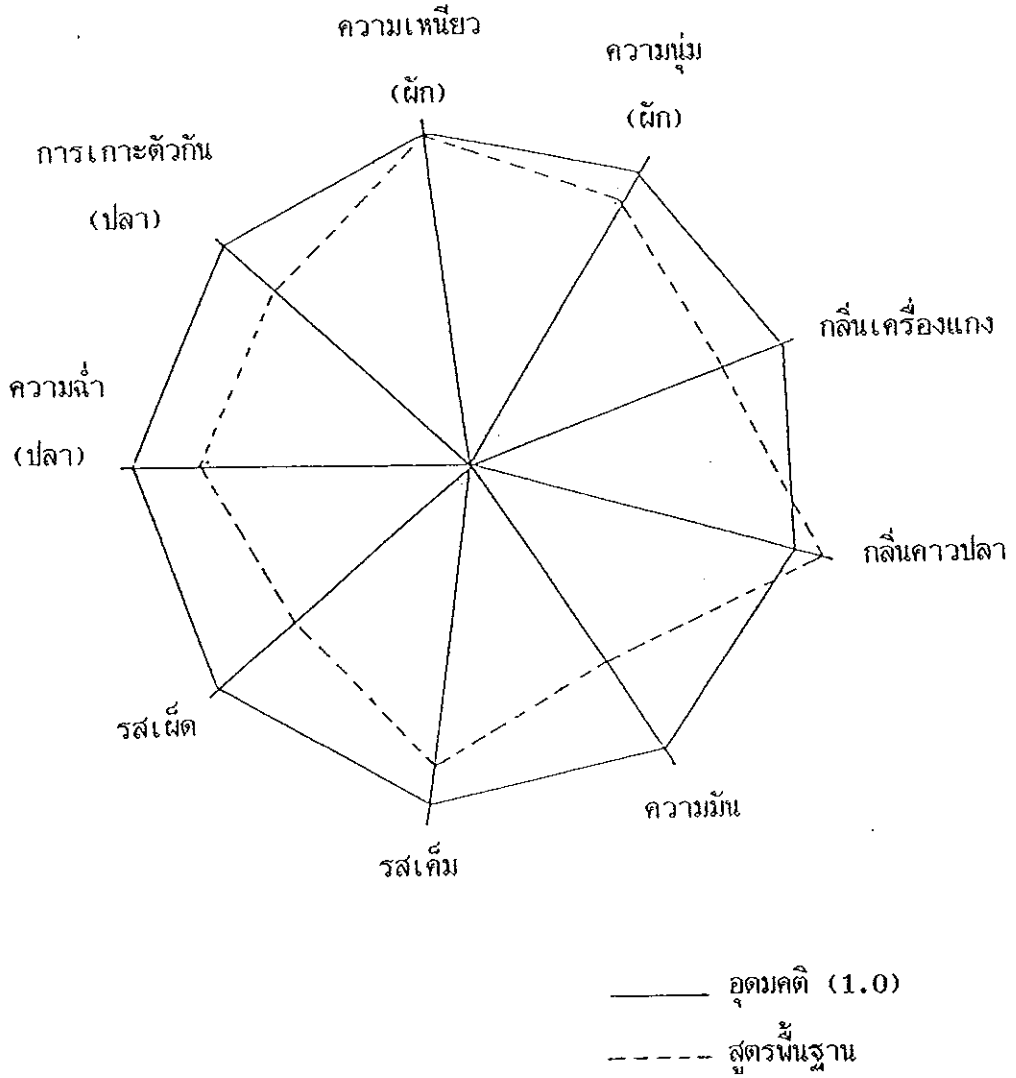
* ค่าเฉลี่ย ± ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานจากผู้บริโภค 100 คน

ให้การพัฒนาผลิตภัณฑ์ชั้นต่อไปมีคุณลักษณะที่ใกล้เคียงกับผลิตภัณฑ์ในอุดมคติของผู้บริโภค จำเป็นต้องทำการเพิ่มความเข้มหรือความแรงของทุกคุณลักษณะผลิตภัณฑ์แช่เยือกแข็งจากเศษเนื้อปลาทูน่าปรุงรสห่อด้วยผัก (สูตรพื้นฐาน) ที่ทำการทดสอบยกเว้นกลิ่นคาวปลาซึ่งมีค่าอัตราส่วนเฉลี่ยเท่ากับ 1.1 จึงต้องทำการลดกลิ่นคาวปลาลง เมื่อนำค่าอัตราส่วนเฉลี่ยของทุกคุณลักษณะที่ทำการทดสอบมาแสดงในลักษณะแผนภาพใยแมงมุม เพื่อดูเค้าโครงคุณลักษณะทางประสาทสัมผัสของผลิตภัณฑ์แช่เยือกแข็งจากเศษเนื้อปลาทูน่าปรุงรสห่อด้วยผัก (สูตรพื้นฐาน) เปรียบเทียบกับคุณลักษณะของผลิตภัณฑ์ในอุดมคติได้ผลดังแสดงในรูปที่ 10

เมื่อนำค่าอัตราส่วนเฉลี่ยของลักษณะความฉ่ำการเกาะตัวของเนื้อปลา กลิ่นของเครื่องแกง กลิ่นคาวปลา ความมัน รสเค็ม รสเผ็ดและความชอบรวม มาวิเคราะห์สหสัมพันธ์ (Correlation Analysis) เพื่อหาความสัมพันธ์ระหว่างคุณลักษณะทางประสาทสัมผัสกับค่าความชอบรวม พบว่า ค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ (Correlation Coefficient; r) ระหว่างความชอบรวมกับความฉ่ำของเนื้อปลา การเกาะตัวของเนื้อปลา รสเค็ม รสเผ็ด มีความสัมพันธ์กันทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญ ($P<0.05$) และเป็นไปในทิศทางเดียวกัน (ตารางที่ 16) ดังนั้นในการพัฒนาผลิตภัณฑ์ชั้นต่อไปจึงนำปัจจัยดังกล่าวมาพิจารณาร่วมเพื่อให้ได้ผลิตภัณฑ์ตรงกับความต้องการของผู้บริโภค

ตอนที่ 3 การศึกษาหาสัดส่วนผสมระหว่างเศษเนื้อปลาทูน่าสีดำต่อเศษเนื้อสีขาวต่อเศษผัก

การใช้สัดส่วนผสมระหว่างเศษเนื้อสีดำต่อเศษเนื้อสีขาวต่อเศษผักแทนการใช้เศษเนื้อสีขาวในการผลิตผลิตภัณฑ์แช่เยือกแข็งจากเศษเนื้อปลาทูน่าปรุงรสห่อด้วยผัก จากการวางแผนแบบมิกซ์เจอร์ ครั้งที่ 1 พบว่าคะแนนรวมเรียงลำดับความชอบไม่มีความแตกต่างทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญ ($P>0.01$) และเมื่อมีการใช้เศษเนื้อสีดำในปริมาณสูงขึ้นผู้บริโภคจะมีความชอบน้อยลง เป็นผลมาจากอิทธิพลของลักษณะด้อยของเศษเนื้อสีดำ เช่น สีคล้ำ กลิ่นคาวปลา เป็นต้น ส่วนการใช้เศษเนื้อสีขาวและเศษผักยิ่งมีการใช้ในปริมาณที่สูงขึ้นผู้บริโภคจะชอบผลิตภัณฑ์มากขึ้น (ตารางที่ 17) ส่วนผลการยอมรับทางประสาทสัมผัส



รูปที่ 10 เค้าโครงลักษณะทางประสาทสัมผัสของผลิตภัณฑ์เช่เยือกแข็งจากเศษเนื้อปลาทูน่าปรุงรสห่อด้วยผัก ที่ใช้เศษเนื้อสีขาวร้อยละ 100 (สูตรพื้นฐาน)

ตารางที่ 16 ค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ของค่าอัตราส่วนเฉลี่ยของคุณลักษณะทางประสาทสัมผัสของผลิตภัณฑ์แช่เยือกแข็งจากเศษเนื้อปลาทูน่าปรุงรสห่อด้วยผัก (สูตรพื้นฐาน)

	ความฉ่ำของเนื้อปลา	การเกาะตัวกันของเนื้อปลา	กลิ่นเครื่องแกง	กลิ่นคาวปลา	ความมัน	รสเค็ม	รสเผ็ด
การเกาะตัวกัน (ปลา)	0.219*						
กลิ่นเครื่องแกง	0.000	0.000					
กลิ่นคาวปลา	-0.032	0.000	-0.141				
ความมัน	0.000	0.000	0.613**	-0.084			
รสเค็ม	0.152	0.232*	-0.110	0.000	-0.200*		
รสเผ็ด	0.221*	0.145	0.205*	-0.032	0.000	0.351**	
ความชอบรวม	0.285**	0.224*	0.000	-0.055	0.000	0.217*	0.255**

** มีความแตกต่างทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญยิ่ง ($P<0.01$)

* มีความแตกต่างทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญ ($P<0.05$)

ตารางที่ 17 คะแนนการยอมรับรวมทางประสาทสัมผัสของผลิตภัณฑ์แช่เยือกแข็งจากเศษเนื้อปลาทูน่าปรุงรสห่อด้วยผัก จากการวางแผนแบบมิกซ์เจอร์ครั้งที่ 1

อัตราส่วน เศษเนื้อสีดำ : เศษเนื้อสีขาว : เศษผัก	คะแนนรวม* เรียงลำดับความชอบ[ns]
55 : 25: 20	143
55 : 40 : 5	134
68 : 19 : 13	120
75 : 5 : 20	103
90 : 5 : 5	100

* คะแนนรวมจากผู้ทดสอบ 40 คน กำหนดให้คะแนน 1 หมายถึง ชอบน้อยที่สุด ไปจนถึงคะแนน 5 หมายถึง ชอบมากที่สุด

[ns] ไม่มีความแตกต่างทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญ (P>0.01)

จากการวางแผนแบบมิกซ์เจอร์ครั้งที่ 2 พบว่าชุดการทดลองที่ใช้เศษผักร้อยละ 25 จะมีคะแนนความชอบของผู้บริโภคมากกว่าชุดการทดลองที่ใช้เศษผักร้อยละ 20 (ตารางที่ 18) อาจเป็นผลเนื่องจากผักช่วยลดกลิ่นคาวปลาและเสริมรสชาติให้กลมกล่อมไม่เลี่ยน ในการกำหนดช่วงของสัดส่วนผสมระหว่างเศษเนื้อปลาทูน่าสีดำต่อเศษเนื้อสีขาวต่อเศษผักให้ใกล้เคียงกับความต้องการของผู้บริโภคมากที่สุด โดยให้เศษผักคงที่ที่ร้อยละ 25 แล้วทำการทดสอบการยอมรับทางประสาทสัมผัส พบว่า ค่าคะแนนความชอบเฉลี่ยของคุณลักษณะรวมของทุกชุดการทดลองอยู่ในช่วง 6-7 (ตารางที่ 19) ซึ่งหมายถึง ชอบเล็กน้อยถึงชอบปานกลาง และยังได้รับการยอมรับจากผู้บริโภค โดยที่คุณภาพทางประสาทสัมผัสด้านสี กลิ่น รสชาติ เนื้อสัมผัส และคุณลักษณะรวมไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญ ($P>0.05$) (ตารางภาคผนวกที่ ค1) จึงเลือกชุดการทดลองที่ใช้สัดส่วนผสมระหว่างเศษเนื้อสีดำต่อเศษเนื้อสีขาวต่อเศษผัก คือ 65:10:25 ซึ่งต่อไปจะเรียกว่า "สูตรพัฒนา ก" ให้เป็นสัดส่วนผสมที่จะนำไปพัฒนาขั้นต่อไป การประเมินคุณภาพของผลิตภัณฑ์ที่ใช้สัดส่วนผสมระหว่างเศษเนื้อสีดำต่อเศษเนื้อสีขาวต่อเศษผักที่ทำการคัดเลือกแล้ว โดยใช้วิธีประเมินคุณภาพแบบเรโซโพรไฟล์ และหาค่าอัตราส่วนแจลลี่ (S/I) ของทุกคุณลักษณะที่ทำการทดสอบ ได้ผลดังแสดงในลักษณะแผนภาพใยแมงมุม (รูปที่ 11) เค้าโครงคุณลักษณะทางประสาทสัมผัสของผลิตภัณฑ์ยังอยู่ในระดับที่ต่ำกว่าคุณลักษณะของผลิตภัณฑ์ในอุดมคติ (จากตอนที่ 2) ยกเว้นกลิ่นคาวปลา ที่มีระดับสูงกว่าผลิตภัณฑ์ในอุดมคติ และพบว่าสูงกว่าผลิตภัณฑ์สูตรพื้นฐานอีกด้วย ทั้งนี้เนื่องมาจากลักษณะของเศษเนื้อสีดำมีกลิ่นคาวปลามากกว่าเศษเนื้อสีขาว ดังนั้นผลิตภัณฑ์ควรได้รับการพัฒนาในด้านเครื่องปรุงรส เพื่อให้ได้คุณลักษณะต่าง ๆ ที่ดีขึ้นใกล้เคียงกับผลิตภัณฑ์ในอุดมคติมากที่สุด

ตารางที่ 18 คะแนนการยอมรับรวมทางประสาทสัมผัสของผลิตภัณฑ์แช่เยือกแข็งจากเศษเนื้อปลาทูน่าปรุงรสห่อด้วยผัก จากการวางแผนแบบมิกซ์เจอร์ครั้งที่ 2

อัตราส่วน เศษเนื้อสีดำ : เศษเนื้อสีขาว : เศษผัก	คะแนนรวม* เรียงลำดับความชอบ
55 : 20 : 25	133[a1]
65 : 10 : 25	101[a]
60 : 20 : 20	86[b]
70 : 10 : 20	80[b]

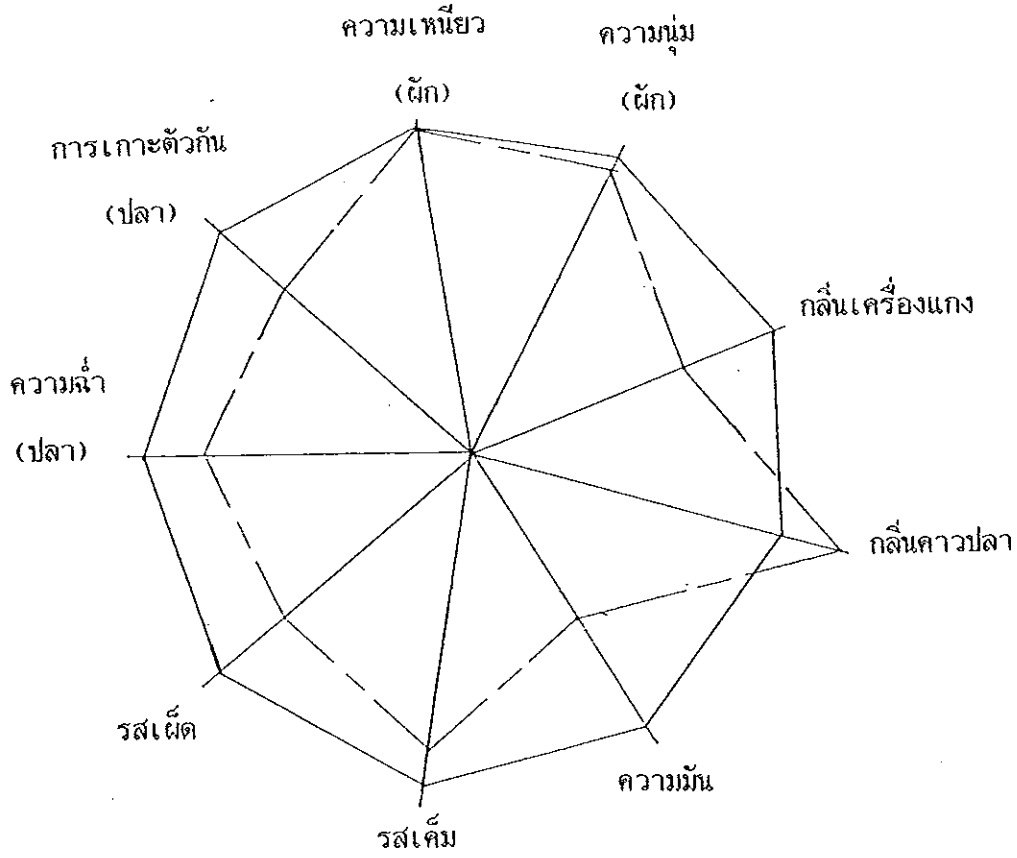
* คะแนนรวมจากผู้ทดสอบ 40 คน กำหนดให้คะแนน 1 หมายถึง ชอบน้อยที่สุด ไปจนถึงคะแนน 4 หมายถึง ชอบมากที่สุด

[1] ตัวอักษร a,b ในแนวตั้งที่เหมือนกันไม่มีความแตกต่างทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญ (P>0.01)

ตารางที่ 19 คะแนนเฉลี่ยการยอมรับคุณลักษณะทางประสาทสัมผัสของผลิตภัณฑ์แช่เยือกแข็งจากเศษเนื้อปลาทูน่าปรุงรสห่อด้วยผัก

อัตราส่วน เศษเนื้อสีดำ : เศษเนื้อสีขาว : เศษผัก	สี[ns]	กลิ่น[ns]	รสชาติ[ns]	เนื้อสัมผัส[ns]	คุณลักษณะรวม[ns]
65 : 10 : 25	6.00	5.68	6.20	5.80	6.33
60 : 15 : 25	6.13	5.73	6.23	5.85	6.38
55 : 20 : 25	6.50	5.78	6.43	6.03	6.38

[ns] ไม่มีความแตกต่างทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญ (P>0.05)



รูปที่ 11 เค้าโครงลักษณะทางประสาทสัมผัสของผลิตภัณฑ์แช่เยือกแข็งจากเศษเนื้อปลาทูน่าปรุงรสห่อด้วยผักที่ใช้เศษเนื้อสีดำ: เศษเนื้อสีขาว :เศษผัก 65:10:25 (สูตรพัฒนา ก)

ตอนที่ 4 การพัฒนาสูตรเครื่องปรุงรสที่เหมาะสมต่อผลิตภัณฑ์แช่เยือกแข็งจากเศษเนื้อปลาทูน่าปรุงรสห่อด้วยผัก

ผลการประเมินคุณภาพทางประสาทสัมผัสโดยใช้วิธีประเมินแบบเรโชโพรไฟล์ของผลิตภัณฑ์แช่เยือกแข็งจากเศษเนื้อปลาทูน่าปรุงรสห่อด้วยผักที่พัฒนาสูตรเครื่องปรุงรสทั้ง 7 สูตร พบว่ามีค่าอัตราส่วนเฉลี่ย (S/I) ดังแสดงในตารางที่ 20 เนื่องจากชุดการทดลองลำดับที่ 1-7 ได้มีการเพิ่มปริมาณของเครื่องปรุงรส ได้แก่ ความเข้มข้นน้ำกะทิ น้ำพริกแกงแดง ไข่ไก่และน้ำปลา เมื่อพิจารณาค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์จากตารางที่ 16 อาจกล่าวได้ว่าลักษณะความฉ่ำของเนื้อปลาและการเกาะตัวของเนื้อปลามีความสัมพันธ์ในทิศทางเดียวกันกับความชอบรวม นอกจากนี้รสเค็มและรสเผ็ดของผลิตภัณฑ์ก็มีความสัมพันธ์ในทิศทางเดียวกับความชอบรวมเช่นกัน เมื่อทำการเพิ่มความเข้มข้นของน้ำกะทิและปริมาณไข่ไก่ โดยมีสมมุติฐานว่าในน้ำกะทิจะมีไขมันปริมาณ 10 เท่าของโปรตีน (Hagenmaier, *et al.*, 1974) ก่อให้เกิดระบบอีมัลชันในลักษณะของน้ำมันในน้ำและกะทิทำหน้าที่เป็นตัวกลางทำให้เกิดการกระจายตัวของส่วนผสมต่าง ๆ ในผลิตภัณฑ์ สำหรับไข่ไก่จะช่วยเพิ่มปริมาณโปรตีนที่ยังไม่เสื่อมสภาพ ทำให้เกิดความคงตัวเมื่อมีการให้ความร้อน และเกิดการเกาะตัวกันของส่วนผสมทุกชนิดเพิ่มขึ้น จึงส่งผลให้ความฉ่ำของเนื้อสัมผัสเพิ่มขึ้นตามไปด้วย การเพิ่มความเข้มข้นของน้ำกะทิยังจะช่วยเพิ่มรสชาติโดยเฉพาะรสมันทำให้ผลิตภัณฑ์มีรสดีขึ้น ขณะเดียวกันจะทำให้รสเค็มลดลง เนื่องจากความมันและรสเค็มมีความสัมพันธ์ของค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ในทิศทางตรงข้ามกัน การเพิ่มปริมาณของน้ำปลาจะช่วยเพิ่มรสเค็มให้กับผลิตภัณฑ์เมื่อผลิตภัณฑ์มีรสเค็มขึ้นผู้บริโภคจะมีความชอบผลิตภัณฑ์มากขึ้นตามไปด้วย สำหรับการเพิ่มปริมาณน้ำพริกแกงแดงซึ่งจะช่วยเพิ่มรสเค็ม รสเผ็ด และความมันเนื่องจากมีความสัมพันธ์ของค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ในทิศทางเดียวกัน และยังให้กลิ่นของเครื่องแกงมากขึ้นทั้งจะช่วยลดกลิ่นคาวปลาในผลิตภัณฑ์ลงได้ คุณลักษณะของผลิตภัณฑ์จึงเข้าใกล้กับความต้องการของผู้บริโภคมากขึ้น และได้ทำการหยุดการพัฒนาเครื่องปรุงรสเมื่อได้สูตรที่ 7 ซึ่งเรียกว่า "สูตรพัฒนา ข" เนื่องจากคุณภาพของผลิตภัณฑ์ที่ทำการพัฒนาขึ้นนั้นใกล้เคียง

ตารางที่ 20 ค่าอัตราส่วนเฉลี่ยของแต่ละคุณลักษณะทางประสาทสัมผัสของผลิตภัณฑ์แช่เยือกแข็งจากเศษเนื้อปลาทูน่าปรุงรสห่อด้วยผักที่ทำการพัฒนาเครื่องปรุงรสและผลิตภัณฑ์ในอุดมคติ

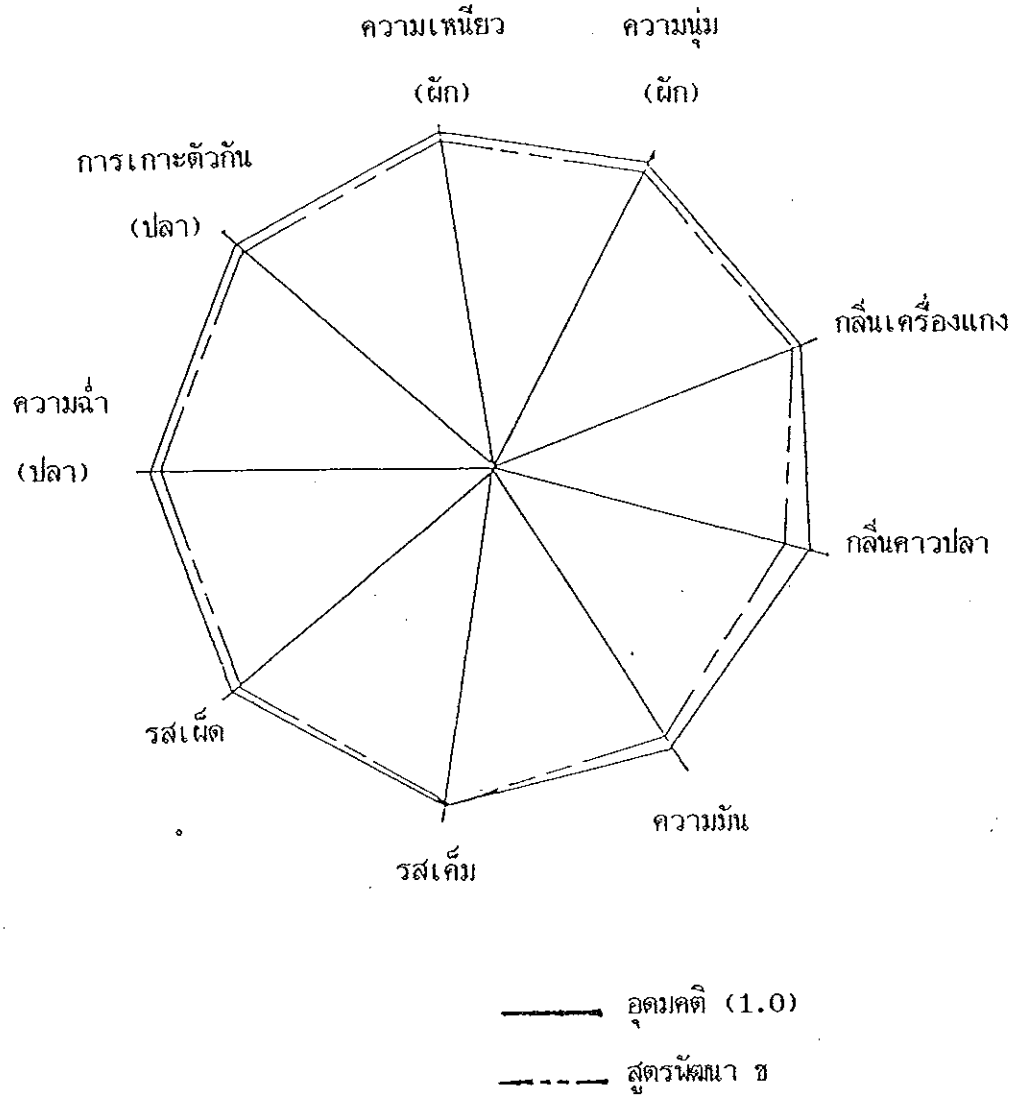
คุณลักษณะ / สูตร	เนื้อสัมผัสของปลา		เนื้อสัมผัสของผัก		กลิ่น		รส			ความชอบรวม
	ความฉ่ำ	การเกาะตัวกัน	ความเหนียว	ความนุ่ม	เครื่องแกง	คาวปลา	มัน	เค็ม	เผ็ด	
สูตรพัฒนา ก	0.80	0.75	0.98	0.93	0.69	1.16	0.61	0.88	0.74	0.71
1	0.84	0.83	0.97	0.94	0.89	0.95	0.78	0.90	0.83	0.82
2	0.87	0.83	1.00	0.96	0.90	0.92	0.84	0.90	0.85	0.89
3	0.93	0.90	0.99	0.98	0.93	0.88	0.87	1.24	0.87	0.91
4	0.95	0.93	0.98	0.97	0.92	0.89	0.90	1.11	0.84	0.94
5	0.94	0.94	0.98	0.98	0.95	0.83	0.95	1.10	0.83	0.96
6	0.96	0.94	0.97	0.97	0.97	0.90	0.95	0.99	0.92	0.97
7	0.99	0.95	0.98	0.98	0.99	0.90	0.99	1.00	0.98	1.02
อุดมคติ	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00

กับคุณภาพผลิตภัณฑ์ในอุดมคติของผู้บริโภคแล้ว คือค่าอัตราส่วนเฉลี่ยเข้าใกล้ 1 ในทุกปัจจัยที่ศึกษา และเมื่อพิจารณาจากแผนภาพใยแมงมุมในรูปที่ 12 จะเห็นว่าเค้าโครงลักษณะทางประสาทสัมผัสของผลิตภัณฑ์เข้าใกล้เค้าโครงลักษณะผลิตภัณฑ์ในอุดมคติมากที่สุด เมื่อนำผลิตภัณฑ์แช่เยือกแข็งจากเศษเนื้อปลาทูน่าปรุงรสห่อด้วยผัก (สูตรพัฒนา ข) มาทดสอบการยอมรับด้านสี กลิ่น รสชาติ เนื้อสัมผัสและคุณลักษณะรวมของผลิตภัณฑ์ได้ผลดังแสดงในรูปที่ 13 โดยพบว่าระดับการยอมรับต่อผลิตภัณฑ์ที่ทำการพัฒนาขึ้นอยู่ในระดับชอบเล็กน้อยถึงชอบปานกลาง ปริมาณสูตรเครื่องปรุงรสที่เหมาะสมตามสูตรพัฒนา ข ประกอบด้วยส่วนผสมดังนี้คือ

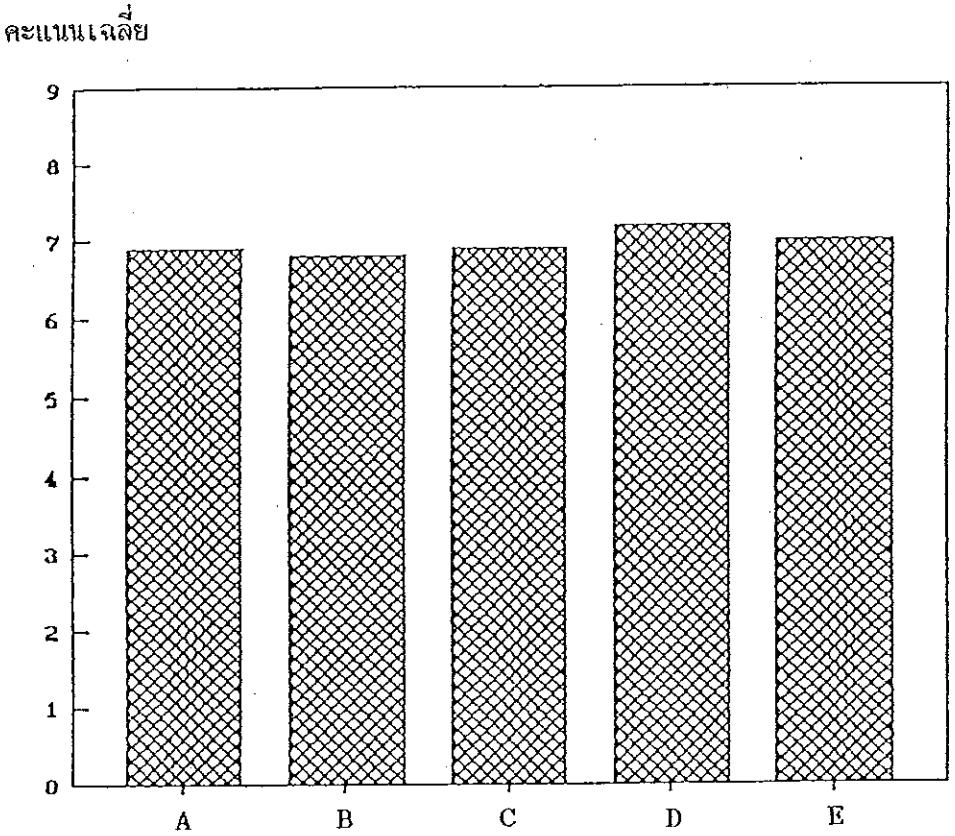
ส่วนผสม	ร้อยละ
เศษเนื้อสีดำ : เศษเนื้อสีขาว : เศษผัก (65:10:25)	46.30
น้ำกะทิ (กะทิผง : น้ำ = 1:1)	31.48
น้ำพริกแกงแดง	9.26
ไข่ไก่	9.26
น้ำปลา	3.70

ตอนที่ 5 การศึกษาสภาวะที่เหมาะสมต่อการแช่เยือกแข็ง

เมื่อได้ทำการพัฒนาผลิตภัณฑ์จากเศษเนื้อปลาทูน่าปรุงรสห่อด้วยผัก จนกระทั่งมีระดับการยอมรับผลิตภัณฑ์จากผู้บริโภคมากที่สุด ต่อมาจึงได้ศึกษาสภาวะที่เหมาะสมต่อการแช่เยือกแข็งโดยการบรรจุผลิตภัณฑ์ในบรรจุภัณฑ์ย่อย 2 ชนิดคือ ถาดโฟมพีเอสและถาดพลาสติกพีวีซีหุ้มด้วยฟิล์มยืดพีวีซีแล้วบรรจุลงในกล่องกระดาษ (รูปที่ 14 ก และ ข) และนำส่วนหนึ่งไปแช่เยือกแข็งด้วยวิธีเพลทสัมผัส อีกส่วนหนึ่งแช่เยือกแข็งด้วยวิธีกระแสลมเป่าเปรียบเทียบเวลาที่ใช้ในการแช่เยือกแข็งทั้ง 2 วิธี ได้ผลดังแสดงในรูปที่ 15 ก และ ข โดยพบว่า อัตราเร็วในการแช่เยือกแข็งจนกระทั่งอุณหภูมิที่จุดกึ่งกลางชิ้นผลิตภัณฑ์ถึง -18 °ซ



รูปที่ 12 เค้าโครงลักษณะทางประสาทสัมผัสของผลิตภัณฑ์แช่เยือกแข็งจากเศษเนื้อปลาทูน่าปรุงรสห่อด้วยผักที่นัดมาสูตรเครื่องปรุงรสแล้ว (สูตรนัดมา ข)

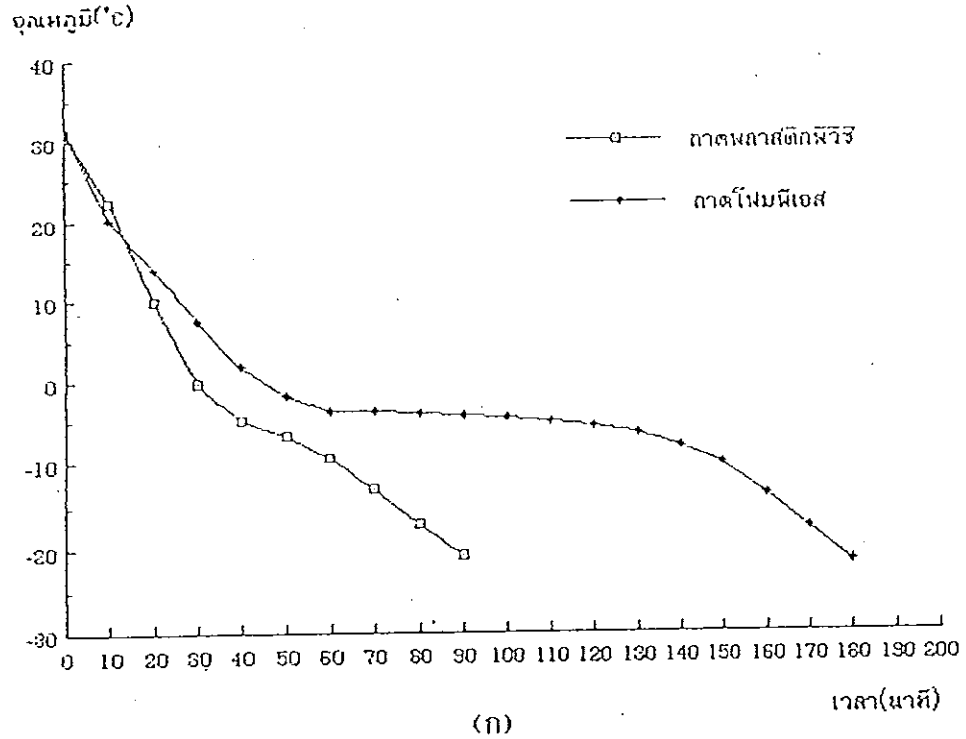


A = สี, B = กลิ่น, C = รสชาติ, D = เนื้อสัมผัส, E = คุณลักษณะรวม

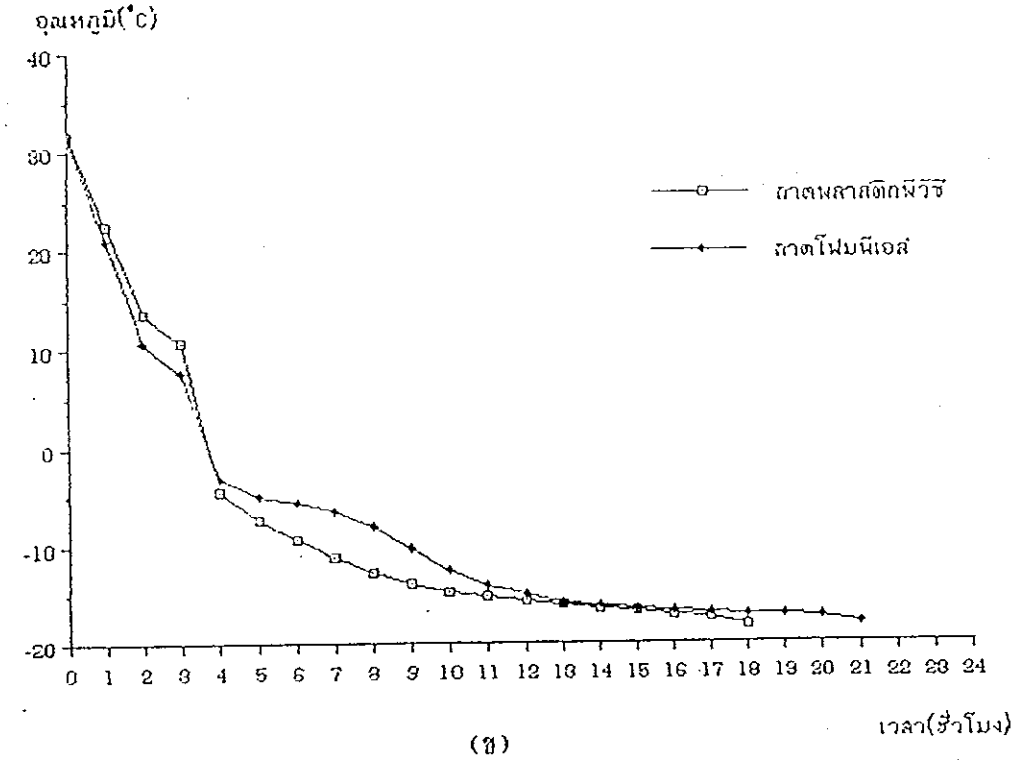
รูปที่ 13 คะแนนเฉลี่ยความชอบของผู้ทดสอบต่อผลิตภัณฑ์แช่เยือกแข็งจากเศษเนื้อปลาทูน่าปรุงรสห่อด้วยผักที่พัฒนาสูตรเครื่องปรุงรสแล้ว (สูตรพัฒนา ข)

(ก) (ข)

รูปที่ 14 ผลิตภัณฑ์แช่เยือกแข็งจากเศษเนื้อปลาทูน่าปรุงรสห่อด้วยผักบรรจุในถาดโฟมพีเอส (ก) และถาดพลาสติกพีวีซี (ข)



(ก)



(ข)

รูปที่ 15 อัตราการแช่เยือกแข็งผลิตภัณฑ์จากเศษเนื้อปลาทูน่าปรุงรสห่อด้วยผักด้วยเครื่องแบบเพลทสัมผัส (ก) และห้องแช่เยือกแข็งแบบกระแสลมเป่า (ข)

จะใช้เวลาที่แตกต่างกันคือ ผลิตภัณฑ์ที่บรรจุถาดโฟมพีเอสและถาดพลาสติกพีวีซีใช้เวลา 2 ชั่วโมง 57 นาที และ 1 ชั่วโมง 22 นาที สำหรับการแช่เยือกแข็งด้วยเครื่องแบบเพลทสัมผัส ส่วนการแช่เยือกแข็งแบบกระแสลมเป่าต้องใช้เวลา 21 ชั่วโมงและ 18 ชั่วโมง ตามลำดับ สำหรับผลการทดสอบการยอมรับทางประสาทสัมผัสของผลิตภัณฑ์จากการแช่เยือกแข็งทั้ง 2 วิธี และบรรจุภัณฑ์ย่อยทั้ง 2 ชนิด ในทุกปัจจัยได้รับคะแนนอยู่ในช่วง 6.8 ถึง 7.2 ซึ่งอยู่ในระดับชอบเล็กน้อยถึงชอบปานกลาง (ตารางที่ 21) และพบว่าผลการยอมรับทางด้านสี กลิ่น รสชาติ เนื้อสัมผัสและคุณลักษณะรวมไม่มีความแตกต่างทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญ ($P>0.05$) (ตารางภาคผนวกที่ ค2)

ตอนที่ 6 การพิจารณาความเหมาะสมของภาชนะบรรจุและศึกษาการเปลี่ยนแปลงคุณภาพของผลิตภัณฑ์แช่เยือกแข็งจากเศษเนื้อปลาทูน่าปรุงรสห่อด้วยผักระหว่างการเก็บรักษา

ในการศึกษาการเปลี่ยนแปลงคุณภาพระหว่างการเก็บรักษาของผลิตภัณฑ์แช่เยือกแข็งจากเศษเนื้อปลาทูน่าปรุงรสห่อด้วยผักที่ทำการพัฒนาได้จากตอนที่ 4 โดยการบรรจุผลิตภัณฑ์ในบรรจุภัณฑ์ย่อย 2 ชนิด คือถาดโฟมพีเอสและถาดพลาสติกพีวีซี หุ้มด้วยฟิล์มยืดพีวีซีแล้วบรรจุลงในกล่องกระดาษ และแช่เยือกแข็งด้วยวิธีกระแสลมเป่าจนอุณหภูมิที่จุดกึ่งกลางชิ้นผลิตภัณฑ์ถึง -18 °ซ ทำการเก็บรักษาผลิตภัณฑ์ไว้ที่ห้องอุณหภูมิ -20 °ซ โดยทำการตรวจวิเคราะห์คุณภาพทางเคมี ทางจุลินทรีย์ ทางประสาทสัมผัส และการเปลี่ยนแปลงของคุณภาพในระหว่างการเก็บรักษาเป็นเวลา 0, 1, 2 และ 3 เดือน ได้ผลดังแสดงในตารางที่ 22 ดังนี้

6.1 คุณภาพทางเคมี

6.1.1 องค์ประกอบทางเคมี

ผลิตภัณฑ์แช่เยือกแข็งจากเศษเนื้อปลาทูน่าปรุงรสห่อด้วยผักที่บรรจุในถาดโฟมพีเอสและถาดพลาสติกพีวีซี มีปริมาณความชื้น ไขมัน โปรตีนและเถ้า ในปริมาณใกล้เคียงกันตลอดระยะเวลาการเก็บรักษาที่ 0, 1, 2 และ 3 เดือน คือในช่วงร้อยละ 68.1-68.9, 7.9-8.6, 14.3-14.5 และ 0.8-0.9 ตามลำดับ การที่ผลิตภัณฑ์ที่ได้

ตารางที่ 21 คะแนนเฉลี่ยการยอมรับคุณภาพทางประสาทสัมผัสของผลิตภัณฑ์แช่เยือกแข็งจากเศษเนื้อปลาทูน่าปรุงรสห่อด้วยผักที่ใช้กระบวนการแช่เยือกแข็งและบรรจุภัณฑ์ย่อยต่างกัน

ภาชนะบรรจุ	สี^{ns}	กลิ่น^{ns}	รสชาติ^{ns}	เนื้อสัมผัส^{ns}	คุณลักษณะรวม^{ns}
แบบกระแสลมเป่า					
ถาดโฟมพีเอส	6.8	6.8	7.0	6.9	7.0
ถาดพลาสติกพีวีซี	6.8	7.0	6.8	6.8	7.1
แบบเพลทสัมผัส					
ถาดโฟมพีเอส	6.8	6.8	7.0	6.9	7.1
ถาดพลาสติกพีวีซี	7.0	7.0	7.0	7.0	7.2

^{ns} ไม่มีความแตกต่างทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญ ($P>0.05$)

ตารางที่ 22 องค์ประกอบทางเคมีและองค์ประกอบอื่น ๆ* ของผลิตภัณฑ์เช่เยือกแข็งจากเศษเนื้อปลาทูน่าปรุงรสห่อด้วยผักที่บรรจุถาดโฟม พีเอส และถาดพลาสติกพีวีซี หุ้มด้วยฟิล์มยืดพีวีซี ระหว่างการเก็บรักษาที่ -20 °ซ เป็นเวลา 3 เดือน

ระยะเวลาเก็บ (เดือน)	ผลิตภัณฑ์	ความชื้น (%)	ไขมัน (%)	โปรตีน (%)	เถ้า (%)	พีเอช	ทีบีเอ (มก.มาโลน อัลดีไฮด์ต่อ กก.ตัวอย่าง)	ฮีสตามีน (มก. ต่อ 100 ก.ตัวอย่าง)
0	ถาดพีเอส	68.27±1.29^{a1}	8.29±0.75^{a}	14.32±0.22^{a}	0.86±0.13^{a}	6.20±0.00^{a}	17.11±0.05^{d}	8.52±0.34^{a}
	ถาดพีวีซี	68.14±1.05^{a}	8.55±0.60^{a}	14.32±0.23^{a}	0.82±0.03^{a}	6.18±0.03^{a}	17.14±0.06^{d}	8.67±0.20^{a}
1	ถาดพีเอส	68.11±1.44^{a}	8.27±0.81^{a}	14.42±0.46^{a}	0.88±0.09^{a}	6.15±0.04^{b}	17.32±0.08^{c}	8.54±0.40^{a}
	ถาดพีวีซี	68.36±1.29^{a}	8.35±0.85^{a}	14.35±0.19^{a}	0.84±0.12^{a}	6.10±0.00^{b}	17.34±0.14^{c}	8.77±0.42^{a}
2	ถาดพีเอส	68.33±1.22^{a}	8.09±1.11^{a}	14.46±0.38^{a}	0.86±0.07^{a}	6.15±0.06^{b}	17.61±0.06^{b}	8.62±0.42^{a}
	ถาดพีวีซี	68.32±0.69^{a}	8.13±1.46^{a}	14.49±0.03^{a}	0.84±0.02^{a}	6.10±0.00^{b}	17.66±0.08^{b}	8.97±0.42^{a}
3	ถาดพีเอส	68.57±0.99^{a}	7.97±1.02^{a}	14.34±0.36^{a}	0.86±0.13^{a}	6.20±0.00^{a}	18.00±0.02^{a}	8.77±0.42^{a}
	ถาดพีวีซี	68.82±1.02^{a}	8.04±0.88^{a}	14.48±0.16^{a}	0.88±0.06^{a}	6.20±0.00^{a}	18.09±0.02^{a}	9.01±0.25^{a}

* ค่าเฉลี่ย ± ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานจากการทดลอง 2 ชุดการทดลอง ๆ ละ 2 ซ้ำ

[1] ตัวอักษร a,b,..d ในแนวตั้งที่เหมือนกันไม่มีความแตกต่างทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญ (P>0.05)

ทำการพัฒนาขึ้นมีปริมาณไขมันสูง เนื่องจากการใช้กะทิและน้ำพริกแกงแดง (มีส่วนผสมของน้ำมันถั่วเหลือง) ในสูตรเครื่องปรุงรส ซึ่งมีโอกาสที่ผลิตภัณฑ์จะเสื่อมเสียโดยเฉพาะการเกิดกลิ่นหืนเมื่อทำการเก็บรักษาเป็นเวลานานขึ้น แต่พบว่าระยะเวลาการเก็บรักษานาน 3 เดือนไม่มีผลต่อการเปลี่ยนแปลงปริมาณความชื้น ไขมัน โปรตีน และเถ้าของผลิตภัณฑ์อย่างมีนัยสำคัญ ($P>0.05$) (ตารางภาคผนวกที่ ค3)

6.1.2 องค์ประกอบอื่น ๆ

ค่าพีเอชของผลิตภัณฑ์แช่เยือกแข็งจากเศษเนื้อปลาทูน่าปรุงรสห่อด้วยผักที่บรรจุในถาดโฟมพีเอสและถาดพลาสติกพีวีซี ไม่มีความแตกต่างทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญ ($P>0.05$) (ตารางภาคผนวกที่ ค3) โดยพบว่ามีค่าอยู่ในช่วง 6.1-6.2 เมื่อพิจารณาระยะเวลาการเก็บรักษาพบว่า เมื่ออายุการเก็บรักษาเพิ่มขึ้นเป็น 1 และ 2 เดือน ค่าพีเอชลดลงอย่างมีนัยสำคัญ ($P<0.05$) แต่กลับเพิ่มขึ้นเมื่ออายุการเก็บรักษาเป็น 3 เดือน แต่จะไม่มีผลทำให้คะแนนการยอมรับทางประสาทสัมผัสที่มีต่อผลิตภัณฑ์ต่างกัน

ค่าทีบีเอซึ่งเป็นดัชนีบ่งบอกถึงการเกิดกลิ่นหืนของผลิตภัณฑ์ที่มีไขมันเป็นองค์ประกอบ พบว่าค่าทีบีเอของผลิตภัณฑ์แช่เยือกแข็งจากเศษเนื้อปลาทูน่าปรุงรสห่อด้วยผักที่บรรจุในภาชนะบรรจุทั้ง 2 ชนิดไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญ ($P>0.05$) โดยพบว่ามีค่าอยู่ในช่วง 17.1-18.1 มก.มาโลนอัลดีไฮด์ต่อ กก.ตัวอย่าง แต่เมื่อพิจารณาระยะเวลาการเก็บรักษาพบว่า ค่าทีบีเอมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญ ($P<0.05$) เมื่ออายุการเก็บรักษานานขึ้น อาจเนื่องมาจากปฏิกิริยาของเอนไซม์ไลเปสที่จุลินทรีย์สร้างขึ้นและความชื้นในผลิตภัณฑ์ ทำให้พันธะเอสเทอร์ของกลีเซอไรด์แตกตัวเป็นกรดไขมันอิสระและกลีเซอรอล นอกจากนี้ยังอาจเกิดจากการที่กรดไขมันไม่อิ่มตัวในเศษเนื้อปลาทูน่าเกิดการแตกตัวเนื่องจากปฏิกิริยาออโตออกซิเดชันกับออกซิเจนในอากาศ (นงลักษณ์ สุทธิวนิช, 2531) จึงมีแนวโน้มว่าผลิตภัณฑ์อาจเกิดกลิ่นหืนมากขึ้นเมื่อทำการเก็บรักษานานกว่า 3 เดือน

ปริมาณฮีสตามีนเป็นดัชนีบ่งบอกการเสื่อมคุณภาพของผลิตภัณฑ์และอาจเกิดอันตรายต่อผู้บริโภคได้ จากการวิเคราะห์พบว่าตลอดระยะเวลาการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ -20 °ซ

เป็นเวลา 3 เดือนของผลิตภัณฑ์ที่บรรจุในภาชนะบรรจุทั้ง 2 ชนิด ไม่มีความแตกต่างทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญ (P>0.05) (ตารางภาคผนวกที่ ค3) โดยมีปริมาณของฮีสตามีนค่อนข้างคงที่ อยู่ในช่วง 8.5-9.1 มก.ต่อ 100 ก.ตัวอย่าง ซึ่งนับว่าเป็นปริมาณที่ต่ำ โอกาสที่จะก่อให้เกิดอาหารเป็นพิษที่เรียกว่าสคอมบรอยด์ พอยซันนิ่ง (Scombroid poisoning) จึงมีน้อยเมื่อผู้บริโภครับประทานผลิตภัณฑ์แช่เยือกแข็งจากเศษเนื้อปลาทูน่าปรุงรสห่อด้วยผัก

6.2 คุณภาพทางจุลินทรีย์

ผลการวิเคราะห์ปริมาณจุลินทรีย์ทั้งหมดของผลิตภัณฑ์แช่เยือกแข็งจากเศษเนื้อปลาทูน่าปรุงรสห่อด้วยผักดังแสดงในตารางที่ 23 พบว่า ปริมาณจุลินทรีย์ทั้งหมดเริ่มต้นอยู่ในช่วง $4.75-4.95 \times 10^3$ โคโลนีต่อกรัม แต่เมื่อระยะเวลาการเก็บรักษาที่ -20 °ซ นานขึ้นปริมาณจุลินทรีย์ทั้งหมดจะลดลงจากเดิมอย่างมีนัยสำคัญ (P<0.05) และมีปริมาณที่คงที่คืออยู่ในช่วง $2.5-4.4 \times 10^2$ โคโลนีต่อกรัม ทั้งนี้เพราะกรรมวิธีการแช่เยือกแข็งจะมีส่วนช่วยทำลายและยับยั้งการเจริญของเชื้อจุลินทรีย์ได้ จึงมีผลทำให้ปริมาณจุลินทรีย์ในระหว่างการเก็บรักษามีปริมาณต่ำกว่าเริ่มต้น การใช้ภาชนะบรรจุที่แตกต่างกันทั้ง 2 ชนิดในการบรรจุผลิตภัณฑ์แช่เยือกแข็งจากเศษเนื้อปลาทูน่าปรุงรสห่อด้วยผัก ให้ผลต่อการเปลี่ยนแปลงคุณภาพทางจุลินทรีย์ที่ไม่แตกต่างกันทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญ (P>0.05) โดยตรวจไม่พบ Coliform และ *Escherichia coli*, *Staphylococcus aureus*, *Salmonella* spp. และ *Vibrio parahaemolyticus* ตลอดระยะเวลาการเก็บรักษา แสดงว่าไม่มีการปนเปื้อนของผลิตภัณฑ์ก่อนและหลังการแช่เยือกแข็ง ดังนั้นผลิตภัณฑ์จึงถูกสุขอนามัยและมีความปลอดภัยต่อการบริโภค

6.3 คุณภาพทางประสาทสัมผัส

การทดสอบคุณภาพทางประสาทสัมผัสของผลิตภัณฑ์แช่เยือกแข็งจากเศษเนื้อปลาทูน่าปรุงรสห่อด้วยผัก โดยใช้ผู้ทดสอบชิมที่ผ่านการฝึกฝนมาแล้วจำนวน 10 คน ให้คะแนนความชอบประกอบด้วย 9 ระดับคะแนน กำหนดให้คะแนน 1 หมายถึง ไม่ชอบมากที่สุด ไปจนถึงระดับคะแนน 9 หมายถึง ชอบมากที่สุด ได้ผลคะแนนเฉลี่ยการยอมรับดังแสดงในตารางที่ 24 ดังนี้คือ เมื่ออายุการเก็บรักษานานขึ้นการยอมรับคุณภาพทางประสาทสัมผัส

ตารางที่ 23 ปริมาณจุลินทรีย์ทั้งหมดของผลิตภัณฑ์แช่เยือกแข็งจากเศษเนื้อปลาทูน่าปรุงรสห่อด้วยผักที่บรรจุถาดโฟมพีเอส และถาดพลาสติกพีวีซีหุ้มด้วยฟิล์มยืดพีวีซี ระหว่างการเก็บรักษาที่ -20 °ซ เป็นเวลา 3 เดือน

ระยะเวลาเก็บ (เดือน)	ภาชนะบรรจุ	จุลินทรีย์ทั้งหมด* (โคโลนีต่อกรัม)
0	ถาดพีเอส	$(4.75\pm2.33)\times10^{3}$ a1
	ถาดพีวีซี	$(4.95\pm1.73)\times10^{3}$ a
1	ถาดพีเอส	$(4.05\pm1.04)\times10^{2}$ b
	ถาดพีวีซี	$(4.40\pm1.45)\times10^{2}$ b
2	ถาดพีเอส	$(3.85\pm1.67)\times10^{2}$ b
	ถาดพีวีซี	$(4.05\pm2.00)\times10^{2}$ b
3	ถาดพีเอส	$(2.50\pm1.40)\times10^{2}$ b
	ถาดพีวีซี	$(2.90\pm1.73)\times10^{2}$ b

* ค่าเฉลี่ย $\pm$ ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานจากการทดลอง 2 ชุดการทดลอง ๆ ละ 2 ซ้ำ

[1] ตัวอักษร a,b,..d ในแนวตั้งที่เหมือนกันไม่มีความแตกต่างทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญ ($P>0.05$)

ตารางที่ 24 คะแนนการยอมรับ* คุณภาพทางประสาทสัมผัสของผลิตภัณฑ์แช่เยือกแข็งจากเศษเนื้อปลาทูน่าปรุงรสห่อด้วยผักที่บรรจุถาดโฟมพีเอส และถาดพลาสติกพีวีซีหุ้มด้วยฟิล์มยืดพีวีซีระหว่างการเก็บรักษาที่ -20 °ซ เป็นเวลา 3 เดือน

ระยะเวลาเก็บ (เดือน)	ภาชนะบรรจุ	คะแนนการยอมรับเฉลี่ย				
		สี	กลิ่น	รสชาติ	เนื้อสัมผัส	คุณลักษณะรวม
0	ถาดพีเอส	7.55±0.80^{a1}	7.25±1.09^{a}	7.30±0.82^{a}	7.25±0.72^{a}	7.35±0.78^{a}
	ถาดพีวีซี	7.40±0.66^{a}	7.20±1.06^{a}	7.15±0.75^{a}	7.10±0.97^{a}	7.15±0.67^{a}
1	ถาดพีเอส	6.95±1.07^{b}	7.00±0.88^{ab}	6.95±1.50^{a}	6.65±1.49^{ab}	6.90±0.97^{ab}
	ถาดพีวีซี	6.75±1.48^{b}	7.05±0.99^{ab}	6.95±1.21^{a}	6.85±1.18^{ab}	6.80±1.09^{ab}
2	ถาดพีเอส	6.50±1.03^{bc}	6.75±0.64^{ab}	6.70±1.16^{ab}	6.40±0.88^{b}	6.60±1.02^{b}
	ถาดพีวีซี	6.40±1.05^{bc}	6.75±0.64^{ab}	6.65±1.06^{ab}	6.40±0.99^{b}	6.45±1.17^{b}
3	ถาดพีเอส	6.30±1.06^{c}	6.45±0.96^{b}	6.40±1.15^{b}	6.30±1.18^{b}	6.55±1.17^{b}
	ถาดพีวีซี	6.30±0.95^{c}	6.35±1.16^{b}	6.25±0.79^{b}	6.25±1.06^{b}	6.50±1.18^{b}

* ค่าเฉลี่ย ± ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานจากผู้ทดสอบ 10 คน
(คะแนนสูงสุด คือ 9 = ชอบมากที่สุด, ..., คะแนนต่ำสุดคือ 1 = ไม่ชอบมากที่สุด)

[1] ตัวอักษร a,b,..d ในแนวตั้งที่เหมือนกันไม่มีความแตกต่างทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญ (P>0.05)

ของผลิตภัณฑ์จะลดลงอย่างมีนัยสำคัญ ($P<0.05$) ทั้งทางด้านสี กลิ่น รสชาติ เนื้อสัมผัส และคุณลักษณะรวม แต่ยังมีค่าคะแนนความชอบในทุกปัจจัยที่ตรวจสอบสูงกว่าระดับชอบเล็กน้อย โดยที่คะแนนความชอบเริ่มต้นในทุกปัจจัยมีค่าอยู่ในระดับชอบปานกลางถึงชอบมากคือ 7.10-7.55 และคะแนนความชอบลดลงมาอยู่ในระดับชอบเล็กน้อยถึงชอบปานกลางคือ 6.25-6.55 เมื่ออายุการเก็บรักษา 3 เดือน การเปลี่ยนแปลงคุณภาพทางประสาทสัมผัสในด้านสี กลิ่น รสชาติ เนื้อสัมผัส และคุณลักษณะรวมของผลิตภัณฑ์ที่บรรจุถาดโฟมพีเอสและถาดพลาสติกพีวีซีให้ผลที่ไม่แตกต่างกันทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญ ($P>0.05$) (ตารางภาคผนวกที่ ค5) โดยในแต่ละปัจจัยยังมีคะแนนความชอบอยู่ในระดับชอบเล็กน้อยถึงชอบปานกลาง

การพิจารณาความเหมาะสมของภาชนะบรรจุ

การพิจารณาความเหมาะสมของภาชนะบรรจุสำหรับผลิตภัณฑ์แช่เยือกแข็งจากเศษเนื้อปลาทูน่าปรุงรสห่อด้วยผัก ระหว่างถาดโฟมพีเอสกับถาดพลาสติกพีวีซี หุ้มด้วยฟิล์มยืดพีวีซี โดยพิจารณาถึงการเปลี่ยนแปลงคุณภาพของผลิตภัณฑ์ตลอดอายุการเก็บรักษานาน 3 เดือน พบว่าคุณภาพทางด้านเคมี จุลินทรีย์และคุณภาพทางประสาทสัมผัสไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญ ($P>0.05$) แต่เมื่อมาพิจารณาถึงต้นทุนการผลิตของภาชนะบรรจุทั้ง 2 ชนิด ผลิตภัณฑ์ที่บรรจุในถาดโฟมพีเอสจะมีต้นทุนต่ำกว่าถาดพลาสติกพีวีซี 0.40 บาทต่อถาด จากข้อมูลการสอบถามทัศนคติของผู้บริโภคต่อความเหมาะสมของภาชนะบรรจุสำหรับผลิตภัณฑ์ พบว่าผู้บริโภคมีความเห็นว่าถาดโฟมพีเอสมีความเหมาะสมถึงร้อยละ 47.0 เนื่องมาจากถาดโฟมพีเอสจะช่วยทำให้ผลิตภัณฑ์ถูกเน้น ดูน่าสนใจขึ้น และถาดโฟมพีเอสมีลักษณะแข็งแรงกว่าถาดพลาสติกพีวีซี ซึ่งช่วยทำให้สะดวกต่อการขนส่งหรือการลำเลียง แต่เมื่อมาพิจารณาในด้านปัญหาสิ่งแวดล้อม ถาดโฟมพีเอสจะก่อให้เกิดปัญหาสิ่งแวดล้อมมากกว่า เนื่องจากขั้นตอนการผลิตและการทำลายถาดโฟมพีเอสมีส่วนเกี่ยวข้องกับสารคลอโรฟลูออโรคาร์บอนหรือซีเอฟซี ซึ่งก่อให้เกิดปัญหาสภาวะเรือนกระจก ถ้าจะพิจารณาให้ถาดโฟมพีเอสเป็นภาชนะบรรจุที่เหมาะสมสำหรับผลิตภัณฑ์แช่เยือกแข็งจากเศษเนื้อปลา

ทูน่าปรุงรสห่อด้วยผักจากเหตุผลด้านต้นทุนการผลิต ทัศนคติของผู้บริโภค และการขนส่ง ที่ได้เปรียบกว่าถาดพลาสติกพีวีซี ควรมีข้อจำกัดว่าจะไม่เป็นตัวการสำคัญสำหรับปัญหาสิ่งแวดล้อม โดยผู้ประกอบการควรสั่งซื้อถาดโฟมพีเอสจากบริษัทผู้ผลิตถาดโฟมพีเอสที่ไม่ใช้สารซีเอฟซีในการผลิต รังสรรค์ ปิ่นทอง (2535) กล่าวว่า กระบวนการผลิตถาดโฟมพีเอสสามารถใช้สารเพนเทน บิวเทน และสารอื่น ๆ ที่ทำให้เกิดการพองตัวแทนการใช้สารซีเอฟซีได้ หรือควรมีมาตรการรับซื้อถาดโฟมพีเอสที่ใช้แล้วจากประชาชน แล้วส่งให้บริษัทผู้ผลิตถาดโฟมพีเอสนำมาผลิตเป็นถาดใหม่ ซึ่งจะช่วยรักษาสภาพแวดล้อมประหยัดทรัพยากรและลดต้นทุนการผลิตอีกด้วย

ตอนที่ 7 การสำรวจการยอมรับของผู้บริโภคต่อผลิตภัณฑ์แช่เยือกแข็งจากเศษเนื้อปลาทูน่าปรุงรสห่อด้วยผัก

7.1 ลักษณะทางประชากรศาสตร์

ลักษณะทางประชากรศาสตร์ของผู้บริโภคที่ใช้ในการทดสอบผลิตภัณฑ์ซึ่งเป็นบุคคลภายในมหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ วิทยาเขตหาดใหญ่ จังหวัดสงขลา จำนวน 100 คน ได้ผลดังแสดงในตารางที่ 25 ซึ่งพอสรุปได้ดังนี้คือ ผู้บริโภคส่วนใหญ่เป็นเพศหญิงถึงร้อยละ 69 ผู้บริโภคจำนวนดังกล่าวมีอายุอยู่ในช่วง 21 ถึง 40 ปี คิดเป็นร้อยละ 86 มีสถานะภาพแต่งงานแล้วร้อยละ 59 และมีอาชีพลูกจ้างเป็นส่วนมากคือร้อยละ 32 รองลงมาเป็นนักศึกษา ข้าราชการและอาจารย์ร้อยละ 28, 26 และ 14 ตามลำดับ รายได้อยู่ในช่วง 4,001 ถึง 6,000 บาท ค่าใช้จ่ายสำหรับค่าอาหารต่อวันอยู่ในช่วง 50 ถึง 80 บาท และมีจำนวนสมาชิกในครอบครัว 2 ถึง 3 คน

7.2 ทัศนคติและพฤติกรรมการซื้อและการบริโภคอาหาร

ข้อมูลเกี่ยวกับพฤติกรรมการซื้อและการบริโภคของผู้บริโภคภายในมหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ วิทยาเขตหาดใหญ่ จำนวน 100 คน ดังแสดงในตารางที่ 26 พบว่ามื้ออาหารที่ผู้บริโภคซื้ออาหารปรุงสำเร็จมารับประทาน ได้แก่มื้อกลางวันร้อยละ 41.3 มื้อ

ตารางที่ 25 ข้อมูลประชากรศาสตร์ทั่วไปของผู้บริโภคภายในมหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ วิทยาเขตหาดใหญ่ จำนวน 100 คน

ข้อมูล		ร้อยละ
เพศ		
	ชาย	31
	หญิง	69
อายุ		
	ต่ำกว่า 20 ปี	4
	21-25 ปี	26
	26-30 ปี	16
	31-35 ปี	24
	36-40 ปี	20
	มากกว่า 40 ปี	10
สถานะ		
	โสด	38
	แต่งงาน	59
	หย่าร้าง	3
อาชีพ		
	นักศึกษา	28
	ลูกจ้าง	32
	ข้าราชการ	26
	อาจารย์	14

ตารางที่ 25 (ต่อ)

ข้อมูล	ร้อยละ
รายได้ต่อเดือน	
ต่ำกว่า 2,000 บาท	10
2,000-4,000 บาท	21
4,001-6,000 บาท	34
6,001-8,000 บาท	21
มากกว่า 8,000 บาท	14
ค่าใช้จ่ายสำหรับค่าอาหารต่อวัน	
ต่ำกว่า 50 บาท	15
50-80 บาท	41
81-120 บาท	34
มากกว่า 120 บาท	10
จำนวนบุคคลรวมทั้งตัวท่านที่รับประทานอาหารร่วมกัน	
1 คน	14
2-3 คน	45
4-6 คน	30
มากกว่า 6 คน	11

ตารางที่ 26 ข้อมูลเกี่ยวกับพฤติกรรมการซื้อและการบริโภคของผู้บริโภคภายในมหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ วิทยาเขตหาดใหญ่ จำนวน 100 คน

ข้อมูล	ร้อยละ
มื้ออาหารที่ซื้ออาหารปรุงสำเร็จมารับประทาน	
มื้อกลางวัน	41.3
มื้อเย็น	39.8
มื้อเช้า	18.9
สถานที่ที่รับประทานหรือซื้ออาหารปรุงสำเร็จ	
สถานที่จำหน่ายอาหารใกล้ร้านโวค มอ.	28
โรงอาหารใหญ่ มอ.	22
โรงอาหารใกล้หอพัก มอ.	20
โรงอาหารหลังตึกฟิสิกส์ มอ.	15
สโมสรอาจารย์ มอ.	4
นอก มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์	11
เหตุผลที่เลือกซื้ออาหารปรุงสำเร็จ	
ราคาอาหารไม่แพง	33.0
ไม่มีเวลาในการประกอบอาหาร	26.5
เปลี่ยนบรรยากาศ	15.7
ไม่มีสถานที่ในการประกอบอาหาร	11.3
จำนวนสมาชิกในครอบครัวน้อย	12.2
อื่น ๆ	1.3
ความชอบรับประทานผลิตภัณฑ์จากเนื้อปลา	
ชอบ	94
เฉย ๆ	5
ไม่ชอบ	1
การรับประทานผลิตภัณฑ์ห่อหมก	
เคยรับประทาน	100
ความชอบรับประทานผลิตภัณฑ์ห่อหมกปลา	
ชอบ	80
เฉย ๆ	20

เย็นร้อยละ 39.8 และมื้อเช้าร้อยละ 18.9 สถานที่ที่ผู้บริโภครับประทานและซื้ออาหารปรุงสำเร็จมากที่สุดคือร้อยละ 28 คือสถานที่จำหน่ายอาหารใกล้ร้านโวค มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ สำหรับเหตุผลที่ผู้บริโภคเลือกซื้ออาหารปรุงสำเร็จมารับประทานมากที่สุด คือ ราคาไม่แพง สำหรับความชอบรับประทานอาหารจากปลาพบว่า ผู้บริโภคทั้ง 100 คน ชอบรับประทานผลิตภัณฑ์ที่ปรุงจากเนื้อปลาถึงร้อยละ 94 และทุกคนเคยรับประทานผลิตภัณฑ์ห่อหมกโดยร้อยละ 80 มีความชอบรับประทาน และร้อยละ 20 มีความรู้สึกเฉย ๆ ต่อผลิตภัณฑ์ห่อหมก จากการให้คะแนนลำดับความสำคัญ (Ranking) ต่อปัจจัยที่ใช้ในการพิจารณาเลือกซื้อผลิตภัณฑ์ห่อหมกมารับประทาน พบว่าผู้บริโภคให้ความสำคัญกับรสชาติมาเป็นอันดับหนึ่ง รองลงมาคือความสะดวกในการซื้อและการบริโภค ลักษณะปรากฏ คุณค่าทางอาหาร ราคาและภาชนะบรรจุ ตามลำดับ (ตารางที่ 27)

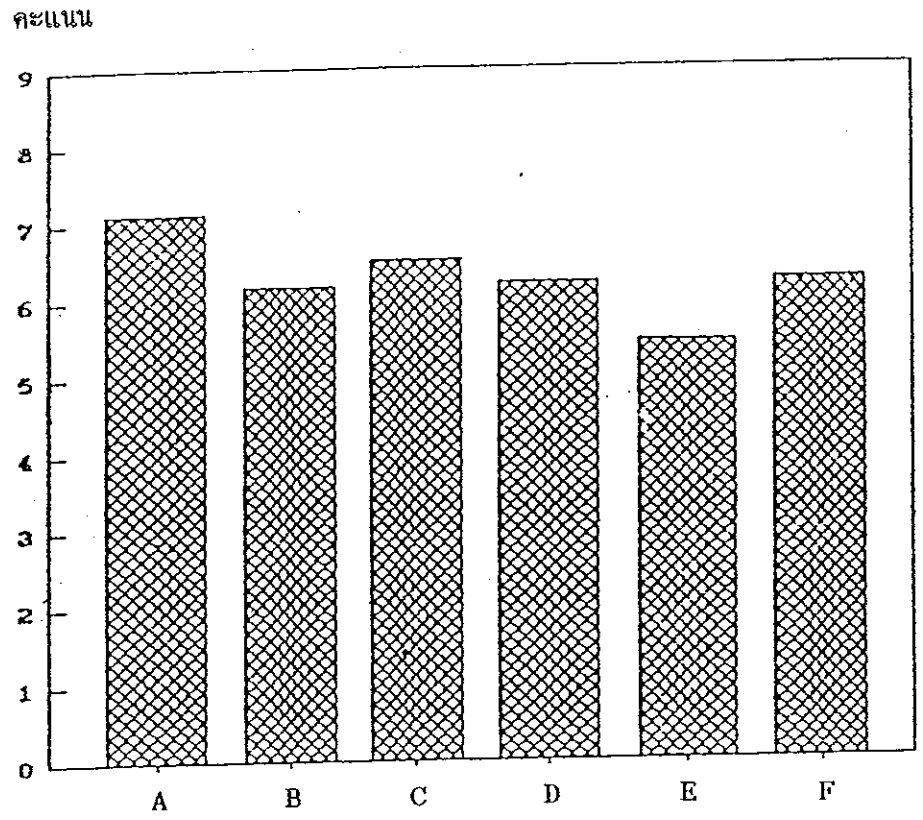
7.3 ทัศนคติของผู้บริโภคต่อผลิตภัณฑ์แช่เยือกแข็งจากเศษเนื้อปลาทูน่าปรุงรสห่อด้วยผัก

ผลการทดสอบความชอบผลิตภัณฑ์โดยการให้คะแนนความชอบ (Hedonic scale) ได้ผลดังแสดงในรูปที่ 16 ปรากฏว่าผู้บริโภคมีความชอบในระดับชอบปานกลางถึงชอบมาก ในปัจจัยของลักษณะปรากฏทั่วไป โดยมีคะแนนเฉลี่ย 7.12 ส่วนปัจจัยด้านสี กลิ่น รสชาติและความชอบรวมมีความชอบอยู่ในระดับชอบเล็กน้อยถึงชอบปานกลาง โดยมีคะแนนเฉลี่ย 6.18, 6.51, 6.20 และ 6.25 ตามลำดับ สำหรับปัจจัยด้านเนื้อสัมผัสซึ่งผู้บริโภคมีความชอบอยู่ในช่วงเฉย ๆ ถึงชอบเล็กน้อย โดยมีคะแนนเฉลี่ย 5.44 ส่วนระดับการยอมรับผลิตภัณฑ์แช่เยือกแข็งจากเศษเนื้อปลาทูน่าปรุงรสห่อด้วยผักจากผู้บริโภคพบว่าอยู่ในระดับการยอมรับปานกลางร้อยละ 70 (รูปที่ 17) และผู้บริโภคจะเลือกซื้อผลิตภัณฑ์นี้ถึงร้อยละ 70 (รูปที่ 18) แต่พบว่าผู้บริโภคที่ให้การยอมรับผลิตภัณฑ์ในระดับปานกลาง มีความไม่แน่ใจที่จะซื้อผลิตภัณฑ์ร้อยละ 17 เนื่องจากยังมีความพอใจในรสชาติต่ำและรสชาติเป็นเหตุผลที่สำคัญมากที่สุดในการเลือกซื้อผลิตภัณฑ์ห่อหมกมารับประทานการวิเคราะห์สหสัมพันธ์เพื่อศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างความชอบรวมกับคุณลักษณะทางประสาทสัมผัสของผลิตภัณฑ์คือ ลักษณะปรากฏ สี กลิ่น รสชาติ เนื้อสัมผัส พบว่าค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์

ตารางที่ 27 ความถี่และคะแนนรวมของเหตุผลในการเลือกซื้อผลิตภัณฑ์ห่อหมกมารับประทานของผู้บริโภคภายในมหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ วิทยาเขตหาดใหญ่ จำนวน 100 คน

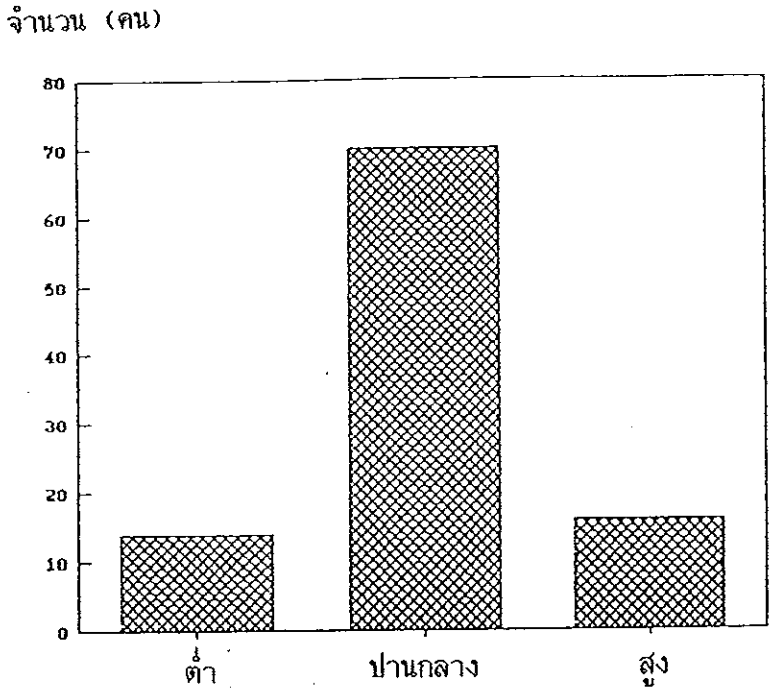
คะแนนความสำคัญ	ความถี่					
	รสชาติ	ความสะดวกในการซื้อและการบริโภค	ลักษณะปรากฏ	คุณค่าทางอาหาร	ราคา	ภาชนะบรรจุ
1=สำคัญมากที่สุด	25	31	14	16	14	0
2=สำคัญมาก	30	12	19	18	17	5
3=สำคัญพอสมควร	20	10	22	18	25	4
4=สำคัญน้อย	14	18	25	22	13	9
5=สำคัญน้อยมาก	10	19	17	22	19	13
6=สำคัญน้อยที่สุด	1	10	3	4	12	69
คะแนนรวม*	257	312	321	328	342	537

* คะแนนรวม = ความถี่ x ระดับคะแนนความสำคัญ

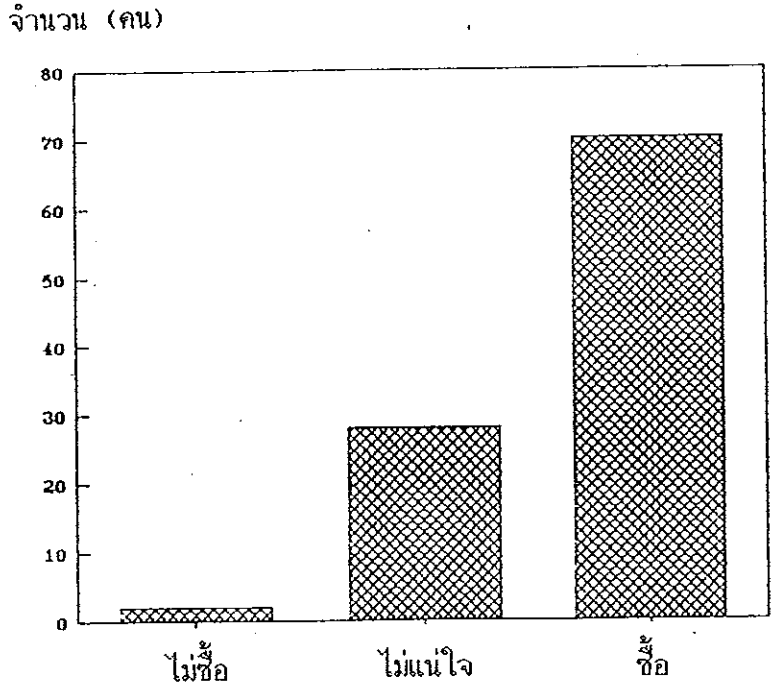


A = ลักษณะปรากฏ, B = สี, C = กลิ่น, D = รสชาติ, E = เนื้อสัมผัส, F = ความชอบรวม

รูปที่ 16 คะแนนความชอบเฉลี่ยของผลิตภัณฑ์แช่เยือกแข็งจากเศษเนื้อปลาทูน่าปรุงรสห่อด้วยผักของผู้บริโภคภายในมหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ วิทยาเขตหาดใหญ่ จำนวน 100 คน



รูปที่ 17 ระดับการยอมรับผลิตภัณฑ์แช่เยือกแข็งจากเศษเนื้อปลาทูน่าปรุงรสห่อด้วยผักชอง ผู้บริโภคภายในมหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ วิทยาเขตหาดใหญ่จำนวน 100 คน



รูปที่ 18 การเลือกซื้อผลิตภัณฑ์แช่เยือกแข็งจากเศษเนื้อปลาทูน่าปรุงรสห่อด้วยผักชอง ผู้บริโภคภายในมหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ วิทยาเขตหาดใหญ่จำนวน 100 คน

ระหว่างความชอบรวมกับสี กลิ่น รสชาติ เนื้อสัมผัสมีความสัมพันธ์กันทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญยิ่ง ($P<0.01$) และเป็นไปในทิศทางเดียวกัน (ตารางที่ 28) ซึ่งจะเห็นได้ว่า ค่าคะแนนความชอบรสชาติกับความชอบรวม จะมีความสัมพันธ์กันสูงกว่าคุณลักษณะอื่น ๆ โดยจะมีค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์เท่ากับ 0.778 นั่นแสดงว่า ถ้าผู้บริโภคให้คะแนนความชอบรสชาติสูงจะทำให้คะแนนความชอบรวมสูงตามไปด้วยถึงร้อยละ 77.8 รองลงมาคือคะแนนความชอบเนื้อสัมผัส กลิ่น และสี ถ้าผู้บริโภคให้คะแนนสูงขึ้น จะทำให้คะแนนความชอบรวมสูงตามไปด้วยถึงร้อยละ 77.7, 60.8 และ 34.6 ตามลำดับ ดังนั้นการปรับปรุงคุณภาพผลิตภัณฑ์ทางด้านรสชาติ เนื้อสัมผัสและกลิ่นจะมีผลทำให้ผลิตภัณฑ์มีคะแนนความชอบรวมสูงขึ้น และโอกาสในการยอมรับผลิตภัณฑ์น่าจะสูงตามไปด้วย มีผลทำให้ผลิตภัณฑ์นี้สามารถจำหน่ายได้สูงขึ้น และผู้บริโภคที่ไม่แน่ใจที่จะซื้อผลิตภัณฑ์มีโอกาสที่จะหันมาซื้อผลิตภัณฑ์มากขึ้นได้ หากต้องการให้ผู้บริโภคชอบผลิตภัณฑ์แช่เยือกแข็งจากเศษเนื้อปลาทูน่าปรุงรสห่อด้วยผักมากขึ้นอาจมีการปรับปรุงในส่วนของเครื่องปรุงรส ได้แก่ ใช้น้ำตาล แป้ง พริก กะปิ เครื่องเทศสด เช่น ลูกผักชี เป็นต้น ผู้บริโภคที่จะซื้อผลิตภัณฑ์แช่เยือกแข็งจากเศษเนื้อปลาทูน่าปรุงรสห่อด้วยผักมีความเห็นเกี่ยวกับความเหมาะสมของภาชนะบรรจุทั้ง 2 ชนิดคือ ถาดโฟมพีเอสหุ้มด้วยฟิล์มยืดพีวีซี และถาดพลาสติกพีวีซีหุ้มด้วยฟิล์มยืดพีวีซี โดยพบว่าร้อยละ 47 เห็นว่าถาดโฟมพีเอสเหมาะสม ร้อยละ 23 มีความเห็นว่าถาดพลาสติกพีวีซีเหมาะสมและร้อยละ 29 เห็นว่าทั้งถาดโฟมพีเอสและถาดพลาสติกพีวีซีมีความเหมาะสมที่จะเป็นภาชนะบรรจุผลิตภัณฑ์ สำหรับจำนวนชิ้นของผลิตภัณฑ์ต่อภาชนะบรรจุ ผู้บริโภคร้อยละ 84 มีความเห็นว่าเหมาะสมแล้ว อีกร้อยละ 16 มีความเห็นว่าไม่เหมาะสม ควรลดจำนวนชิ้นของผลิตภัณฑ์ลงเหลือเพียง 6-9 ชิ้น ในด้านราคาของผลิตภัณฑ์จำนวน 12 ชิ้นต่อถาดที่สอบถามผู้บริโภค พบว่าผู้บริโภคร้อยละ 51 มีความเห็นว่าควรจำหน่ายในราคา 25 บาทต่อถาด ร้อยละ 29 เห็นว่าควรจำหน่ายในราคา 20 บาทต่อถาด อีกร้อยละ 19 มีความเห็นว่าควรจำหน่ายในราคา 30 บาทต่อถาด ที่เหลืออีกร้อยละ 1 เห็นว่าควรจำหน่ายในราคา10 บาทต่อถาด ผลการสำรวจดังแสดงในตารางที่ 29

ตารางที่ 28 ค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ของค่าคะแนนความชอบของคุณลักษณะทางประสาทสัมผัสของผลิตภัณฑ์แช่เยือกแข็งจากเศษเนื้อปลาทูน่าปรุงรสห่อด้วยผัก

	ลักษณะปรากฏ	สี	กลิ่น	รสชาติ	เนื้อสัมผัส
สี	0.481**				
กลิ่น	0.316**	0.495**			
รสชาติ	0.000	0.285**	0.482**		
เนื้อสัมผัส	-0.063	0.251*	0.417**	0.731**	
ความชอบรวม	0.109	0.346**	0.608**	0.778**	0.777**

** = มีความแตกต่างทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญยิ่ง (P<0.01)

* = มีความแตกต่างทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญ (P<0.05)

ตารางที่ 29 ความคิดเห็นของผู้บริโภคภายในมหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ที่มีต่อชนิดของภาชนะบรรจุ ลักษณะการบรรจุและราคาของผลิตภัณฑ์แช่เยือกแข็งจากเศษเนื้อปลาทูน่าปรุงรสห่อด้วยผัก

ปัจจัย	ร้อยละ
ความเหมาะสมของภาชนะบรรจุ	
ถาดโฟมพีเอส (A)	47
ถาดพลาสติกพีวีซี (B)	23
เหมาะสมทั้ง A และ B	29
ไม่เหมาะสมทั้ง A และ B	1
ความเหมาะสมของจำนวนชิ้นผลิตภัณฑ์ต่อภาชนะบรรจุ	
เหมาะสม	84
ไม่เหมาะสม	16
ราคาของผลิตภัณฑ์ที่ควรจำหน่ายต่อหน่วยภาชนะบรรจุ	
20 บาท	29
25 บาท	51
30 บาท	19
10 บาท	1

ตอนที่ 8 การประเมินต้นทุนการผลิตผลิตภัณฑ์แช่เยือกแข็งจากเศษเนื้อปลาทูน่าปรุงรสห่อด้วยผัก

ต้นทุนการผลิตผลิตภัณฑ์แช่เยือกแข็งจากเศษเนื้อปลาทูน่าปรุงรสห่อด้วยผักในการทดลองครั้งนี้ คำนวณจากต้นทุนวัสดุสิ้นเปลืองที่แยกออกเป็น 3 ส่วนคือ วัตถุดิบ ภาชนะบรรจุ และพลังงานที่ใช้ในการทำให้สุกและค่ากระแสไฟฟ้าการแช่เยือกแข็ง ซึ่งไม่รวมค่าเครื่องมือ อุปกรณ์ ค่าเสื่อมราคา และค่าแรงงาน มีดังนี้คือ

1. ต้นทุนวัตถุดิบ

วัตถุดิบที่ใช้ผลิตเป็นผลิตภัณฑ์แช่เยือกแข็งจากเศษเนื้อปลาทูน่าปรุงรสห่อด้วยผักประกอบด้วย ผักกะหล่ำปลี เศษเนื้อปลาทูน่าสีขาวและสีดำ ผักชี พริกชี้ฟ้าแดง ใบมะกรูด ไข่ไก่ น้ำปลา กะทิผงและน้ำพริกแกงแดง มีต้นทุนการผลิตประมาณ 5.128 บาทต่อถาด (จำนวน 12 ชิ้น) เมื่อบรรจุในถาดโฟมพีเอสและถาดพลาสติกพีวีซีหุ้มด้วยฟิล์มยืดพีวีซีและบรรจุอยู่ในกล่องกระดาษคิดเป็นร้อยละ 73.8 และ 69.7 ของต้นทุนทั้งหมดตามลำดับ (ตารางที่ 30)

2. ต้นทุนบรรจุภัณฑ์

บรรจุภัณฑ์ของผลิตภัณฑ์แช่เยือกแข็งจากเศษเนื้อปลาทูน่าปรุงรสห่อด้วยผักซึ่งประกอบด้วยถาดโฟมพีเอสหุ้มด้วยฟิล์มยืดพีวีซีบรรจุในกล่องกระดาษและถาดพลาสติกพีวีซีหุ้มด้วยฟิล์มยืดพีวีซีบรรจุในกล่องกระดาษ มีต้นทุนร้อยละ 22.5 และ 27.4 ของต้นทุนทั้งหมดตามลำดับ เนื่องจากบรรจุภัณฑ์ย่อยแต่ละชนิดมีราคาต่อหน่วยแตกต่างกันไป โดยราคาถาดพลาสติกพีวีซีจะสูงกว่าถาดโฟมพีเอสเท่ากับ 0.45 บาทต่อถาด ดังนั้นผลิตภัณฑ์ที่บรรจุในถาดโฟมพีเอสหุ้มด้วยฟิล์มยืดพีวีซีบรรจุในกล่องกระดาษและถาดพลาสติกพีวีซีหุ้มด้วยฟิล์มยืดพีวีซีบรรจุในกล่องกระดาษ จึงมีต้นทุนบรรจุภัณฑ์ประมาณ 1.563 และ 2.013 บาทต่อถาดตามลำดับ

3. ต้นทุนพลังงาน

พลังงานในการผลิตผลิตภัณฑ์แช่เยือกแข็งจากเศษเนื้อปลาทูน่าปรุงรสห่อด้วยผัก

ตารางที่ 30 การประเมินต้นทุนสิ้นเปลืองในการผลิตของผลิตภัณฑ์แช่เยือกแข็งจากเศษเนื้อปลาทูน่าปรุงรสห่อด้วยผัก (บาทต่อถาด)

ต้นทุน	ผลิตภัณฑ์บรรจุถาดโฟมพีเอส	ผลิตภัณฑ์บรรจุถาดพลาสติกพีวีซี
วัตถุดิบ	5.128(73.8)*	5.128(69.7)
ภาชนะบรรจุ	1.563(22.5)	2.013(27.4)
พลังงาน		
แก๊ส	0.038(0.5)	0.038(0.5)
การแช่เยือกแข็ง	0.223(3.2)	0.178(2.4)
ต้นทุนรวมของผลิตภัณฑ์	6.9(100.0)	7.3(100.0)

* ตัวเลขในวงเล็บคือร้อยละของต้นทุนสิ้นเปลืองทั้งหมด

ประกอบด้วยค่าแก๊สสำหรับการทำผลิตภัณฑ์ให้สุกและค่ากระแสไฟฟ้าสำหรับการแช่เยือกแข็งแบบกระแสลมเป่า มีต้นทุนพลังงานรวมร้อยละ 3.7 และ 2.9 ของต้นทุนทั้งหมดในผลิตภัณฑ์ที่บรรจุถาดโฟมพีเอสและถาดพลาสติกพีวีซีหุ้มด้วยฟิล์มยืดพีวีซีบรรจุในกล่องกระดาษตามลำดับ พบว่าเป็นต้นทุนค่าแก๊สสำหรับทำผลิตภัณฑ์ให้สุกประมาณ 0.038 บาทต่อถาด สำหรับต้นทุนค่ากระแสไฟฟ้าการแช่เยือกแข็งจะแตกต่างกันไปขึ้นกับชนิดของภาชนะบรรจุ โดยผลิตภัณฑ์ที่บรรจุในถาดโฟมพีเอสจะใช้เวลาในการแช่เยือกแข็งนานกว่าจึงมีต้นทุนสูงกว่าคือ 0.223 บาทต่อถาด ขณะที่ผลิตภัณฑ์ที่บรรจุถาดพลาสติกพีวีซีใช้เวลาในการแช่เยือกแข็งสั้นกว่าจึงมีต้นทุนในส่วนนี้ต่ำกว่าคือ 0.178 บาทต่อถาด ทั้งนี้อาจเนื่องมาจากถาดโฟมมีคุณสมบัติในการส่งผ่านความร้อนต่ำกว่าเมื่อเทียบกับถาดพลาสติก เวลาการแช่เยือกแข็งจึงมากกว่า

รายละเอียดการคำนวณต้นทุนสิ้นเปลืองในการผลิตผลิตภัณฑ์แช่เยือกแข็งจากเศษเนื้อปลาทูน่าปรุงรสห่อด้วยผักแสดงในภาคผนวก ง ต้นทุนการผลิตผลิตภัณฑ์แช่เยือกแข็งจากเศษเนื้อปลาทูน่าปรุงรสห่อด้วยผักเปรียบเทียบระหว่างผลิตภัณฑ์ที่บรรจุในถาดโฟมพีเอสกับผลิตภัณฑ์ที่บรรจุในถาดพลาสติกพีวีซี พบว่าผลิตภัณฑ์ที่บรรจุในถาดโฟมพีเอสมีต้นทุนต่ำกว่าคือ 6.9 บาทต่อถาด ในขณะที่ผลิตภัณฑ์ที่บรรจุในถาดพลาสติกพีวีซีมีต้นทุนสูงกว่าคือ 7.3 บาทต่อถาด การเลือกใช้ภาชนะบรรจุสำหรับผลิตภัณฑ์มีผลต่อต้นทุนการผลิตที่แตกต่างกัน ดังนั้นจึงควรพิจารณาร่วมกับความต้องการของตลาด การขนส่งและปัญหาสิ่งแวดล้อม เป็นต้น ผลิตภัณฑ์แช่เยือกแข็งจากเศษเนื้อปลาทูน่าปรุงรสห่อด้วยผักมีความเป็นไปได้ในการเพิ่มมูลค่าให้แก่วัสดุเศษเหลือจากอุตสาหกรรมการแปรรูปปลาทูน่าบรรจุกระป๋องและลดต้นทุนการผลิต ยังเป็นผลิตภัณฑ์มูลค่าเพิ่มที่ให้ผลตอบแทนในรูปของกำไรสูง ส่งผลทำให้ผลิตภัณฑ์นี้สามารถสร้างกำไรให้กับบริษัทได้เพิ่มขึ้นอีก

บทสรุป

การพัฒนาผลิตภัณฑ์แช่เยือกแข็งจากเศษเนื้อปลาทูน่าปรุงรสห่อด้วยผักให้เป็นผลิตภัณฑ์ที่มีลักษณะคล้ายกับผลิตภัณฑ์ห่อหมก โดยใช้เศษเนื้อสีดำที่แยกออกในขั้นตอนการทำความสะอาดและเศษเนื้อสีขาวที่เหลือจากอุตสาหกรรมแปรรูปปลาทูน่าบรรจุกระป๋อง ด้วยวิธีการวางแผนการทดลองแบบ Mixture Design เพื่อหาสัดส่วนผสมระหว่างเศษเนื้อสีดำต่อเศษเนื้อสีขาวต่อเศษผัก พบว่าสัดส่วนผสมที่เหมาะสมเป็นที่ยอมรับของผู้บริโภคคือ 65:10:25 ตามลำดับ

การพัฒนาสูตรเครื่องปรุงรสเพื่อให้สอดคล้องกับความต้องการของผู้บริโภคพบว่าสูตรเครื่องปรุงรสประกอบด้วย น้ำกะทิ (กะทิผง:น้ำ=1:1) น้ำพริกแกงแดง ไข่ไก่ น้ำปลา ร้อยละ 31.48, 9.26, 9.26 และ 3.70 โดยน้ำหนักตามลำดับ

ผลิตภัณฑ์แช่เยือกแข็งจากเศษเนื้อปลาทูน่าปรุงรสห่อด้วยผักที่พัฒนาขึ้นสามารถนำไปแช่เยือกแข็งจนอุณหภูมิที่จุดกึ่งกลางชิ้นผลิตภัณฑ์ลดลงถึง -18 °ซ ในห้องแช่เยือกแข็งแบบกระแสลมเป่า ใช้เวลา 18-21 ชั่วโมง ในขณะที่ใช้เครื่องแช่เยือกแข็งแบบเพลทสัมผัสใช้เวลา 1 ชั่วโมง 22 นาที - 2 ชั่วโมง 57 นาที เมื่อบรรจุผลิตภัณฑ์ในถาดพลาสติกพีวีซีและถาดโฟมพีเอสหุ้มด้วยฟิล์มยืดพีวีซีและบรรจุอยู่ในกล่องกระดาษย่อย ตามลำดับ โดยที่คุณภาพการยอมรับทางประสาทสัมผัสของผลิตภัณฑ์ทุกปัจจัยไม่แตกต่างกันทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญ ($P>0.05$)

จากการประเมินคุณภาพทางประสาทสัมผัส ทางเคมีและทางจุลินทรีย์ของผลิตภัณฑ์ระหว่างการเก็บรักษาที่ -20 °ซ ในบรรจุภัณฑ์ย่อยที่แตกต่างกันคือ ถาดโฟมพีเอสและถาดพลาสติกพีวีซีหุ้มด้วยฟิล์มยืดพีวีซี พบว่าไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญ ($P>0.05$) แต่คุณภาพทางประสาทสัมผัสของผลิตภัณฑ์มีแนวโน้มได้รับการยอมรับลดลงเมื่ออายุการเก็บรักษาเพิ่มขึ้น อย่างไรก็ตามผลิตภัณฑ์ยังเป็นที่ยอมรับของผู้บริโภคเมื่อเก็บรักษาครบ 3 เดือน โดยในแต่ละปัจจัยที่ทำการตรวจสอบยังได้รับการยอมรับอยู่ในระดับชอบเล็กน้อยถึงชอบปานกลาง การพิจารณาความเหมาะสมของภาชนะบรรจุ พบว่า

ถาดโฟมพีเอสเป็นภาชนะบรรจุที่เหมาะสมสำหรับผลิตภัณฑ์ เนื่องจากเหตุผลด้านต้นทุนการผลิต ทัศนคติของผู้บริโภคและการขนส่งที่ได้เปรียบกว่าถาดพลาสติกพีวีซี

การสำรวจการยอมรับผลิตภัณฑ์ของผู้บริโภค พบว่า ผู้บริโภคมีความชอบอยู่ในระดับชอบเล็กน้อยถึงชอบปานกลาง ผู้บริโภคร้อยละ 70 ยินดีที่จะซื้อผลิตภัณฑ์เมื่อมีการวางจำหน่าย ผู้บริโภคร้อยละ 47 เห็นว่าถาดโฟมพีเอสเป็นภาชนะบรรจุที่มีความเหมาะสมสำหรับผลิตภัณฑ์แช่เยือกแข็งจากเศษเนื้อปลาทูน่าปรุงรสห่อด้วยผัก ผู้บริโภคร้อยละ 84 มีความเห็นว่าจำนวนชิ้นผลิตภัณฑ์ 12 ชิ้นต่อภาชนะบรรจุมีความเหมาะสมและผู้บริโภคร้อยละ 51 ยินดีที่จะซื้อผลิตภัณฑ์ในราคา 25 บาทต่อภาชนะบรรจุ

การประเมินต้นทุนการผลิตผลิตภัณฑ์แช่เยือกแข็งจากเศษเนื้อปลาทูน่าปรุงรสห่อด้วยผัก (เฉพาะวัสดุสิ้นเปลือง) เมื่อเปรียบเทียบผลิตภัณฑ์ในบรรจุภัณฑ์ย่อย 2 ชนิด พบว่าผลิตภัณฑ์ที่บรรจุถาดโฟมพีเอสมีต้นทุน 6.9 บาทต่อถาด ในขณะที่ผลิตภัณฑ์ที่บรรจุในถาดพลาสติกพีวีซีมีต้นทุนสูงกว่าคือ 7.3 บาทต่อถาด

ข้อเสนอแนะ

1. ขั้นตอนการเตรียมเศษเนื้อปลาทูน่า ควรระมัดระวังการแยกก้างปลา เพราะก้างปลาอาจจะทำให้ได้รับอันตรายในขณะรับประทานผลิตภัณฑ์ และไม่ควรให้ก้อนเลือดปลาปะปนไปกับเศษเนื้อปลาทูน่าสีดำ เพราะจะทำให้เศษเนื้อปลามีลักษณะเนื้อสัมผัสที่ไม่เป็นเส้นใยและเกิดกลิ่นหืนได้ง่าย เมื่อเก็บรักษาเป็นเวลานานขึ้น

2. ผลิตภัณฑ์แช่เยือกแข็งจากเศษเนื้อปลาทูน่าปรุงรสห่อด้วยผักเป็นผลิตภัณฑ์ที่ผ่านกระบวนการทำให้สุกก่อนนำไปแช่เยือกแข็ง จึงควรต้องควบคุมอุณหภูมิและเวลาระหว่างกระบวนการผลิตอย่างเข้มงวด โดยระยะเวลาหลังจากผลิตภัณฑ์ถูกทำให้สุกจนถึงกระบวนการแช่เยือกแข็งไม่ควรเกิน 15 นาที เพื่อให้ได้ผลิตภัณฑ์ที่มีคุณภาพสูงสุดและปลอดภัยจากเชื้อจุลินทรีย์ที่อาจก่อให้เกิดโรคทางเดินอาหาร

3. ผลิตภัณฑ์ที่ทำการพัฒนาขึ้นได้รับการยอมรับอยู่ในระดับปานกลาง จึงควรมีการศึกษาเพิ่มเติมเพื่อพัฒนาและปรับปรุงชนิดของเครื่องปรุงรสที่ใช้ในน้ำพริกแกงแดง

(ยี่ห้อเรียม) นอกจากนี้ควรจะมีการสำรวจความต้องการและการทดสอบผู้บริโภคทั่วไปให้กว้างขวางมากขึ้น เพื่อประโยชน์ในการผลิตในระดับอุตสาหกรรม

4. ควรมีการศึกษาเพิ่มเติมเพื่อพัฒนาลักษณะการบรรจุผลิตภัณฑ์และชนิดของภาชนะบรรจุที่ใช้ เพื่อยืดอายุการเก็บรักษาของผลิตภัณฑ์ให้นานขึ้น สะดวกต่อการใช้งานและดูสวยงามเพื่อดึงดูดใจผู้บริโภคมากขึ้น เช่น การบรรจุแบบสุญญากาศ ภาชนะบรรจุที่สามารถใช้กับตู้อบไมโครเวฟหรือฟิล์มที่มีอัตราการซึมผ่านของออกซิเจนต่ำ เช่น ฟิล์มโพลีเอทิลีน (เอชดีพีอี) ฟิล์มหรือถาดโพลีเอทิลีนเทอร์ฟะทาเลต เป็นต้น

เอกสารอ้างอิง

กฤษณา โสภณพงษ์. 2535. ปัญหาการส่งออกผลิตภัณฑ์ประมง. ว.การประมง 45(6): 1133-1143.

กัลยา เรืองพงษ์. 2535. ผลิตภัณฑ์อาหารทะเลแปรรูปของประเทศไทย. ว.ผู้ส่งออก 5(114) : 10-12.

ข้อมูลจากการสอบถาม. 2535. โรงงานแปรรูปปลาทูน่าบรรจุกระป๋องในภาคใต้ของประเทศไทย.

คณะทำงานศึกษาการประมงปลาทูน่า. 2534. แนวทางพัฒนาการประมงปลาทูน่าของไทย. ว.การประมง 44(2) : 116-122.

จุมพฏ เมฆศิรินิ. 2533. ผลของวัตถุให้ความคงตัวที่มีต่อเนื้อปลาบดปรุงรสบรรจุกระป๋อง. ปัญหาพิเศษ ภาควิชาอุตสาหกรรมเกษตร คณะทรัพยากรธรรมชาติ มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์.

นิรนาม. 2534. อุตสาหกรรมเกษตรสินค้าจากเศษเหลือ (by products) จากโรงงานปลาทูน่าบรรจุกระป๋อง. เอกสารเผยแพร่จากกองพัฒนาอุตสาหกรรม กรมส่งเสริมอุตสาหกรรม กระทรวงอุตสาหกรรม.

นงลักษณ์ สุทธิวนิช. 2531. คุณภาพสัตว์น้ำ. ภาควิชาอุตสาหกรรมเกษตร คณะทรัพยากรธรรมชาติ มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์.

บุหลัน พิทักษ์ผล. 2528. ปลาปนอนามัย. อาหาร 15(2) : 86-93.

ประเสริฐ สายสิทธิ์. 2514. ผลิตภัณฑ์ประมงและหลักการถนอม. คณะเกษตร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

————. 2527. กรรมวิธีอุตสาหกรรมประมง. สถาบันค้นคว้าและพัฒนาผลิตภัณฑ์อาหาร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

พูลทรัพย์ วิรุฬหกุล. 2534. เทคโนโลยีหลังการจับปลาทูน่า ว.การประมง 44(2) : 123-132.

พงษ์ วนานุวัธ. 2534. บทส่งท้าย. อาหาร 21(3) : 237-238.

ไพบูลย์ ธรรมรัตน์วาสิก. 2532. กรรมวิธีการแปรรูปอาหาร. ภาควิชาอุตสาหกรรมเกษตร คณะทรัพยากรธรรมชาติ มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์.

ไพศาล เหล่าสุวรรณ. 2535. สถิติสำหรับการวิจัยทางเกษตร. คณะทรัพยากรธรรมชาติ มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์.

มยุรี จัยวัฒน์. 2532. การให้ความเย็นผลิตภัณฑ์สัตว์น้ำ. ภาควิชาผลิตภัณฑ์ประมง คณะประมง มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

มอก. 2525. มาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมน้ำพริกแกง (มอก.429). สำนักงานมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม กระทรวงอุตสาหกรรม.

————. 2530. มาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมปลาทูน่ากระป๋อง (มอก.142). สำนักงานมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม กระทรวงอุตสาหกรรม.

ยุพดี สิทธิบุศย์. 2531. คุณค่าทางโภชนาการของผัก. นสพ. กสิกร 16(2) : 165-168.

รังสรรค์ ปิ่นทอง. 2535. โฟมกับปัญหาสิ่งแวดล้อม. ว.ฉลาดบริโภค 17(2) : 49-53.

วิบูลย์เกียรติ โฆษิรตานนท์. 2533. เทคโนโลยีในการผลิตอาหารแช่แข็ง. เอกสารประกอบการสัมมนาทางวิชาการ เรื่องอุตสาหกรรมอาหารแช่แข็งเพื่อการส่งออก บริษัทบิสซิเนส เอ็กซ์เพรส จำกัด. ณ โรงแรมวินเซอร์ กรุงเทพฯ. วันที่ 26-27 เมษายน 2533 หน้า 55-94.

วิมล เหมะจันทร. 2528. ชีววิทยาปลา. สำนักพิมพ์จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย. กรุงเทพฯ.

ศิริลักษณ์ สินธวาลัย. 2531. การใช้ Ratio Profile Test ในงานพัฒนาผลิตภัณฑ์. อาหาร 18(1) : 11-22.

สุวรรณ สุทธิชจร. 2533. เมืองไทยกับอาหารแช่แข็ง. ว.อุตสาหกรรมเกษตร 1(3) : 36-40.

อมรรัตน์ สวัสดิทัต. 2531. กรรมวิธีการบรรจุหีบห่อ คุณภาพและมาตรฐานของผลิตภัณฑ์อาหารแช่เยือกแข็งเพื่อการส่งออก. การประชุมสัมมนาทางวิชาการ เรื่อง แนวทางการพัฒนาและการลงทุนในอุตสาหกรรมอาหารแช่เยือกแข็ง ภาควิชาอุตสาหกรรมเกษตร คณะทรัพยากรธรรมชาติ มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์. ณ โรงแรมแกรนด์พลาซ่า หาดใหญ่. วันที่ 16-16 มกราคม 2531 หน้า 1-7.

————. 2535. การบรรจุหีบห่ออาหารแช่เยือกแข็ง. ว.ผู้ส่งออก 5(122) : 85-90.

อรรมิศา นุชจำรูญ. 2532. น้ำพริกแกงผงสำเร็จรูป. ว.การเกษตรเพื่อเกษตรกร 33(6) : 63-70.

Akande, G.R. 1990. Stunted tilapia : new ideas on an old problem. Infofish International 6 : 14-16.

Almas, K.A. 1981. Chemistry and Microbiology of Fish and Fish Processing. Norway : University of Trondhein.

A.O.A.C. 1990. Official Methods of Analysis. The Association of Official Analytical Chemists. 15th ed. Verginia : Arlington

Breakkan, O.R. 1959. A comparative study of vitamins in the trunk muscles of fishes. Fisk. Dir. Skr. Tekn. Undersok. 3 : 1-42. Cited by : Kanoh, S., Polo, J.M.A., Kariya, Y., Kameko, T., Watebe, S. and Hashimoto, K. 1988. Heat-induced textural and histological changes of ordinary and dark muscles of yellowfin tuna. J. Food Sci. 53(3) : 673-678.

British Standard Institution. 1989. Packaging Code Section 22 Packaging in Plastics Containers. London : British Standard Institution.

Catering Research Unit. 1970. An Experiment in Hospital Catering Using the Cook/Freeze System, University of Leeds. Cited by : Thorne, S. 1987. Developments in Food Preservation-4. London : Elsevier Applied Science Publishers.

Cheasakul, U. 1967. Preparation of a Stabilized Coconut Milk. Research Programme No. 29 Applied Scientific Research Coorperation of Thailand, Bangkok.

Chow, C., Ochiai, Y. and Hashimoto, K. 1986. Effects of freezing and thawing on the autoxidation of bluefin tuna myoglobin. Bull. Jap. Soc. Sci. Fish 51(2) : 2073-2078.

Chow, C., Ochiai, Y., Watabe, S. and Hashimoto, K. 1988. Autoxidation of bluefin tuna myoglobin at around freezing point. Bull. Jap. Soc. Sci. Fish 54(3) : 473-478.

Chullasorn, S. and Martosubroto, P. 1986. Geographic Distribution of Habitat, Spawing and Fishing Groups of Major Species Groups. Rome : Food and Agriculture Organization of the Nations.

Clucas, I.J. 1981. Fish Handling Preservation and Processing in the Tropics. Part I.G. 144. London : Tropical Products Inst.

Connell, J.J. 1980. Control of Fish Quality. Scottland : Torry Research Station.

Dov, B. 1988. Critical values of differences among ranks sums for multiple comparisons. Food Technol. 42(1) : 79-84.

Dunajski, E. 1979. Texture of fish muscle. J. Texture Studies 10 : 301-306.

Duncan, D.B. 1955. Multiple range and multiple F tests. Biometrices 11 : 1-42.

Earle, M.D. and Anderson, A.M. 1985. Product and Procss Development in the Food Industry. New York: The Harwood Academic Publishing.

Egan,H., Kirk, R.S. and Sawyer, R. 1981. Pearson's Chemical Analysis of Foods. London : Churchill Livingstone.

Eitenmiller, R.R. 1991. Chemistry and Biochemistry of Seafoods. The Seafood Technology Workshop. Hatyai : Prince of Songkla University.

Eskin, N.A.M. 1990. Biochemistry of Foods. California: The Academic Press Publishing.

Hagenmainer, R., Mattil, K.F. and Cater, C.M. 1974. Dehydrated coconut skim milk as a food product : composition and functionality. J. Food Sci. 39(1) : 196-199.

Harrison, M.A., Huang, Y., Chao, C. and Shineman, T. 1991. Fate of *Listeria monocytogenes* on packaged, refrigerated and frozen seafood. J. Food Protection 54(7) : 524-527.

Hasegawa, H. 1987. Laboratory Manual on Analytical Methods and Procedures for Fish and Fish Products. Marine Fisheries Research Department. Singapore : SEAFDEC.

Hatae, K., Tobimatasu, A., Takeyama, M. and Matsumoto, J.J. 1986. Contribution of the connective tissues on the texture difference of various fish species. Bull. Jap. Soc. Sci. Fish 52(11) : 2001-2006.

Hatae, K., Yoshimatsu, F. and Matsumoto, J.J. 1988. An intergrated quantitative correlation of textural profile of fish. J. Food Sci. 53(3) : 679-683.

————. 1990. Role of muscle fibers in contributing firmness of cooked fish. J. Food Sci. 55(3) : 693-696.

Hawthorn, J. and Roffe, E.J. 1968. Low Temperature Biology of Foodstuff. New York : Pergamon Press.

Josephson, B., Lindsay, C. and Stubice, A. 1985. Effect of handling and packaging on the quality of frozen white fish. J. Food Sci. 50(1) : 1-4.

Kanoh, S., Polo, J.M.A., Kariya, Y., Kameko, T., Watebe, S. and Hashimoto, K. 1988. Heat-induced textural and histological changes of ordinary and dark muscles of yellowfin tuna. J. Food Sci. 53(3) : 673-678.

Kanoh, S., Suzuki, T., Maeyama, K., Takewa, T., Watabe, S. and Hashimoto, K. 1986. Comparative studies on ordinary and dark muscles of tuna fish. Bull. Jap. Soc. Sci. Fish 52 (10) : 1807-1816.

Koizumi, C., Wada, S. and Ohshima, T. 1987. Factors affecting development of rancid off odor in cooked fish meats during

storage at 5 °C. Bull. Jap. Soc. Sci. Fish 53(11) : 2003-2009.

Kubota, M. and Kimura, S. 1975. The distribution of collagen and some properties of intramuscular collagen in fish. Hikaku Kagaku 21 : 80-85.

Larmond, E. 1977. Laboratory Method for Sensory Evaluation of Food. Ottawa : Canadian Government Publishing Centre.

Marisa, H. 1987. The Survey of the Situation of Fishery Industry in Asean Contries. Volume II Canned Tuna. Ministry of Industry Thai Industrial Standards Institute. Office of National Codex Alimentarius Committee Thailand.

Marvin, L.S. 1984. Compendium of Methods for the Microbiological Examination of Foods. 2nd ed. Washington D.C. : American Public Heath Association.

Millross, J., Speht, A., Holdsworth, K. and Glew, G. 1973. The Utilisation of the Cook/Freez Catering System for School Meals, University of Leeds. Cited by : Thorne, S. 1987. Developments in Food Preservation-4. London : Elsevier Applied Science Publishers.

Murai, T., Hirasawa, Y., Akiyama, T. and Nose, T. 1982. Free ninhydrin reactive substances in the white muscle, dark muscle and liver of cultured and wild bluefin tuna juvenile. Bull. Jap. Soc. Sci. Fish 48(11) : 1633-1637.

Murata, M. and Sakaguchi, M. 1989. The effects of phosphatase treatment of yellowfin muscle extracts and subsequent

addition of IMP on flavor intensity. Bull. Jap. Soc. Sci. Fish 55(9) : 1599-1603.

————. 1990. Influence of the ethanol treatment on pHs of boiled meat extracts of fish, shellfish and domestic animals. Bull. Jap. Soc. Sci. Fish 56(10) : 1697.

Murata, M., Sakaguchi, M. and Kawai, A. 1980. Formation of trimethylamine and dimethylamine in bloody muscle, ordinary muscle and liver of yellowtail during iced storage. Bull. Res. Inst. Food Sci. 43 : 18 อ้างโดย นงลักษณ์ สุทธิวนิช. 2531. คุณภาพสัตว์น้ำ. ภาควิชาอุตสาหกรรมเกษตร คณะทรัพยากรธรรมชาติ มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์.

Murata, M., Sakaguchi, M., Shimizu, T. and Eguchi, H. 1990. Changes in flavor profile in boiled muscle extracts of yellowtial *Seriola quinqueradiata* stored in ice. Bull. Jap. Soc. Sci. Fish 56(4) : 697.

Obatake, A., Doi, T. and Ono, T. 1988. Post-mortem degradation of inosinic acid and related enzyme activity in the dark muscle of fish. Bull. Jap. Soc. Sci. Fish 54(2) : 283-288.

Obatake, A. and Kawano, M. 1988. Relationship between dark muscle content and body size in common mackerel. Bull. Jap. Soc. Sci. Fish 54(5) : 885.

Pearson, D. 1976. The Chemical Analysis of Foods. 6th ed. London : Churchill Livingstone.

Perez-villarreal, B. and Pozo, R. 1990. Chemical composition and ice spoilage of albacore (*Thunnus alalunga*). J. Food Sci. 55(3) : 678-682.

Powrie, W.D. 1973. Chemistry of Eggs and Egg Products. Westport Connecticut : The AVI Publishing Company.

Prasertsan, P., Wuttijumnong, P., Sophanodora, P. and Choorit, W. 1988. Seafood processing industries within Songkla-Hatyai region : The survey of basic data emphasis on wastes Songklanakarin. J. Sci. Technol. 10 : 447-451.

Salo, K., Yoshinaka, R., Sato, M. and Shimizu, Y. 1986. Collagen content in the muscle of fishes in association with their swimming movement and meat texture. Bull. Jap. Soc. Sci. Fish 52(10) : 1595-1600.

Santos, E.E.M. and Regenstein, J.M. 1990. Effect of vacuum packaging, glacing and erthorbic acid on the shelf-life of frozen white hake and mackerel. J. Food Sci. 55(1): 64-70.

Schikorski, Z.E., Scott, D.N. and Buisson, D.H. 1984. The role of collagen in the quality and processing of fish. CRC. Crit. Rev. Food Sci. Nutr. 20 : 301.

Soderquist, M.R., Williamson, K.J., Blanton, G.I., Philips, D.C., Low, D.K. and Crawford, D.L. 1970. Current Practice in Seafoods Processing Waste Treatment. Waste Pollution Control Research Series 12060 ECF 04/70. Corvallis : Environmental Protection Agency.

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

Suwanrangsi, S. 1991. Prospects of value-added seafood products from Thailand. Thai Fisheries Gazette. 44(5) : 453-457.

Suyama, M., Hirano, T. and Suzuki, T. 1986. Buffering capacity of free histidine and its related dipeptides in white and dark muscles of yellowfin tuna. Bull. Jap. Soc. Sci. Fish 52(12) : 2171-2175.

Suzuki, T., Hirano, T. and Suyama, M. 1987. Changes in extractive components of white and dark meats of bigeye tuna by thermal processing at high temperature of Fo value of 4. Bull. Jap. Soc. Sci. Fish 53(9) : 1633-1636.

Taguchi, T., Lo, J.R., Tanaka,M., Nagashima, Y. and Amano, K. 1989. Thermal activation of actomyosin Mg-ATPases from ordinary and dark muscles tuna and sardine. J. Food Sci. 54 (4) : 1521-1529.

Takahaski, T. 1960. Shajuku gyokainiku nitsuite no shogensho. New Food Ind. 2 : 38. Cited by : Hatae, K., Yoshimatsu, F. and Matsumoto, I.I. 1990. Role of muscle fibers in contributing firmness of cooked fish. J. Food Sci. 55(3) : 693-696.

Tanikawa, E., Motohiro, T. and Akiba, M. 1985. Marine Products in Japan. Tanikawa : Koseisha Koseikaku Publishers.

Thorne, S. 1987. Developments in Food Preservation-4. London : Elsevier Applied Science Publishers.

Tuley, L. 1991. Plenty of fish in the sea. Food Manufacture October : 36-40.

Vlieg, P. and Murray, T. 1988. Proximate composition of albacore tuna, *Thunnus alalunga*, from the temperate South Pacific and Tasman Sea. N.Z.J. Mar. Freshwat. Res. 22(4) : 491-496.

Wheaton, F.W. and Lawson, T.B. 1985. Processing Aquatic Food Products. Toronto : A Wiley-Interscience Publication.

Wittenberge, C. 1972. The glycogen turnover rate in mackeral muscles. Mar. Biol. 16 : 279. Cited by : Kanoh, S., Polo, J.M. A., Kariya, Y., Kameko, T., Watebe, S. and Hashimoto, K. 1988. Heat-induced textural and histological changes of ordinary and dark muscles of yellowfin tuna. J. Food Sci. 53(3) : 673-678.

ภาคผนวก

ภาคผนวก ก การวิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมีและจุลินทรีย์

ภาคผนวก ก1 การวิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมี

1.1 การวิเคราะห์ปริมาณความชื้น โดยวิธีอบในตู้อบไฟฟ้า (A.O.A.C., 1990)

อุปกรณ์

1. ตู้อบอุณหภูมิ 105 °ซ
2. ภาชนะหาความชื้น (จานอลูมิเนียม พร้อมฝา)
3. โถดูดความชื้น
4. เครื่องชั่งไฟฟ้า

วิธีการ

1. อบภาชนะสำหรับหาความชื้นในตู้อบไฟฟ้า ที่อุณหภูมิ 105 °ซ เวลา 3 ชั่วโมง แล้วนำออกจากตู้อบใส่ไว้ในโถดูดความชื้น ปล่อยทิ้งไว้ จนกระทั่งอุณหภูมิของภาชนะลดลงเท่ากับอุณหภูมิห้องแล้วชั่งน้ำหนัก

2. กระทำเช่นข้อ 1 ซ้ำ จนได้ผลต่างของน้ำหนักที่ชั่งทั้งสองครั้งติดต่อกันไม่เกิน 1-3 มก.

3. ชั่งตัวอย่างอาหารที่ต้องการหาความชื้นให้ได้น้ำหนักที่แน่นอน 1-3 ก. ใส่ลงในภาชนะหาความชื้นซึ่งทราบน้ำหนักแล้วนำไปอบในตู้อบไฟฟ้าที่อุณหภูมิ 105 °ซ นาน 5-6 ชั่วโมง นำออกจากตู้อบใส่ไว้ในโถดูดความความชื้น แล้วชั่งน้ำหนักภาชนะพร้อมตัวอย่างนั้น จากนั้นนำกลับไปเข้าตู้อบอีก และกระทำเช่นเดิมจนได้ผลต่างของน้ำหนักที่ชั่งทั้งสองครั้งติดต่อกันไม่เกิน 1-3 มก.

การคำนวณ

$$\text{ปริมาณความชื้น(ร้อยละ)} = \frac{100 \times \text{ผลต่างของน้ำหนักตัวอย่างก่อนอบและหลังอบ}}{\text{น้ำหนักตัวอย่างก่อนอบ}}$$

1.2 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
6. โถดูดความชื้น

วิธีการ

1. อบขวดกลมสำหรับหาปริมาณไขมัน ซึ่งมีขนาดความจุ 250 มล. ในตู้อบไฟฟ้า ทิ้งให้เย็นในโถดูดความชื้น และชั่งน้ำหนักที่แน่นอน
2. ชั่งตัวอย่างบนกระดาษกรองที่ทราบน้ำหนัก ประมาณ 1-2 ก. ห่อให้มิดชิดแล้วใส่ลงในหลอดสำหรับใส่ตัวอย่าง คลุมด้วยสำลีเพื่อให้สารทำละลายมีการกระจายอย่างสม่ำเสมอ

3. นำหลอดตัวอย่าง ใส่ลงในซอคเลต

4. เติมสารตัวทำละลายปิโตรเลียม อีเทอร์ ลงในขวดหาไขมันปริมาณ 150 มล. แล้ววางบนเตาให้ความร้อน

5. ทำการสกัดไขมันเป็นเวลา 14 ชั่วโมง โดยปรับความร้อนให้หยดของสารทำละลายกลั่นตัวจากอุปกรณ์ควบแน่นด้วยอัตรา 150 หยดต่อนาที

6. เมื่อครบ 14 ชั่วโมง นำหลอดใส่ตัวอย่างออกจากซอคเลต และกลั่นเก็บสารทำละลายจนเหลือสารละลายในขวดกลมเพียงเล็กน้อยด้วยเครื่องระเหยตัวทำละลาย

7. นำขวดหาไขมันนั้นไปอบในตู้อบที่อุณหภูมิ 80-90 °ซ จนแห้ง ทิ้งให้เย็นในโถดูดความชื้น

8. ชั่งน้ำหนัก แล้วอบซ้ำครั้งละ 30 นาที จนกระทั่งผลต่างของน้ำหนักสองครั้งติดต่อกัน ไม่เกิน 1-3 มก.

การคำนวณ

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

1.3 การวิเคราะห์ปริมาณโปรตีน ใช้วิธีเจลดาล (A.O.A.C., 1990)

อุปกรณ์

1. ขวดย่อยโปรตีน (Kjeldahl flask) ขนาด 250-300 มล.
2. ชุดกลั่นโปรตีน (semi-microdistillation apparatus)
3. ขวดปรับปริมาตรขนาด 100 มล. (Volumetric flask)
4. ขวดรูปชมพู่ขนาด 50 มล. (Erlenmeyer flask)
5. ปิเปต ขนาด 5, 10 มล. (Volumetric pipett)

6. บิวเรต ขนาด 25 มล. (Bruett)

7. ลูกแก้ว

8. กระดาษกรอง

สารเคมี

1. กรดซัลฟุริกเข้มข้น

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

3. สารละลายของโซเดียมไฮดรอกไซด์ และโซเดียมไธโอซัลเฟต เข้มข้นร้อยละ 60 ชั่งสารโซเดียมไฮดรอกไซด์ 60 ก. และโซเดียมไธโอซัลเฟต 5 ก. ละลายในน้ำกลั่นปรับปริมาตรเป็น 100 มล.

4. สารละลายกรดบอร์ริกเข้มข้น ร้อยละ 4 ละลายกรดบอร์ริก 40 ก. ด้วยน้ำกลั่นปรับปริมาตรให้ได้ 1000 มล.

5. สารละลายกรดเกลือ เข้มข้น 0.02 นอร์มัล

6. อินดิเคเตอร์ใช้ fashiro indicator เตรียมเป็น stock solution (ชั่งเมทธิลลีนบูล (methylene blue) 0.2 ก. ละลายในเอทธานอล (ethanol) 200 มล. และชั่งเมทธิลเรด (mehtyl red) 0.05 ก. ละลายในเอทธานอล 50 มล.) เวลาใช้นำมาผสมในอัตราส่วน stock solution 1 ส่วน : เอทธานอล 1 ส่วน : น้ำกลั่น 2 ส่วน

วิธีการ

1. ชั่งตัวอย่างอาหารบนกระดาษกรอง ให้ได้น้ำหนักแน่นอน ประมาณ 1-2 ก. ห่อให้มิดชิดใส่ลงในขวดย่อยโปรตีน

2. เติมสารเร่งปฏิกิริยา 5 ก. และกรดซัลฟุริกเข้มข้น 20 มล.

3. ใส่ลูกแก้ว 2 เม็ด นำไปย่อยบนเตาไฟในตู้ควันจนกระทั่งได้สารละลายใส

ปล่อยทิ้งให้เย็น

4. เติมน้ำกลั่นร้อนลงไปล้างบริเวณคอขวดให้ทั่ว และให้ความร้อนต่อไปจนเกิดควันของกรดซัลฟุริก ปล่อยทิ้งให้เย็น

5. นำมาถ่ายลงในขวดปรับปริมาตร ขนาด 100 มล. ใช้น้ำกลั่นล้างขวดย่อยโปรตีน ให้หมดสารละลายตัวอย่าง แล้วปรับปริมาตรให้ได้ 100 มล.

6. จัดอุปกรณ์กลั่น

7. นำขวดรูปชมพู่ขนาด 50 มล. เติมกรดบอร์ริกเข้มข้นร้อยละ 4 ลงไป 5 มล. ผสมน้ำกลั่น 5 มล. และเติมอินดิเคเตอร์เรียบร้อยแล้วไปรองรับของเหลวที่จะกลั่น โดยให้ส่วนปลายของอุปกรณ์ควบแน่นจุ่มลงในสารละลายกรดนี้

8. ดูดสารละลายตัวอย่างด้วยปิเปตขนาดความจุ 10 มล. ใส่ลงในช่องใส่ตัวอย่าง แล้วเติมสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ลงไป 20 มล.

9. กลั่นประมาณ 10 นาที ล้างปลายอุปกรณ์ควบแน่นด้วยน้ำกลั่นลงในขวดรองรับ

10. ไตเตรตสารละลายที่กลั่นได้กับสารละลายกรดเกลือ ที่มีความเข้มข้น 0.02 นอร์มัล จะได้จุดยุติเป็นสีม่วง

11. ทำ blank ด้วยวิธีการเดียวกันตั้งแต่ข้อ 2-10

การคำนวณ

$$\text{ปริมาณโปรตีน (ร้อยละ)} = \frac{(a-b) \times N \times 14 \times \text{Factor}}{W}$$

โดยที่ a = ปริมาณของสารละลายกรดเกลือที่ใช้เป็น มล.

b = ปริมาณของสารละลายกรดเกลือที่ใช้กับ blank เป็น มล.

N = ความเข้มข้นของสารละลายกรดเกลือเป็น นอร์มัล

W = น้ำหนักตัวอย่างเป็น ก.

Factor = ตัวเลขที่เหมาะสม 6.25

(น้ำหนักกรัมสมมูลย์ของไนโตรเจน = 14.007)

1.4 การวิเคราะห์ปริมาณเถ้า (A.O.A.C., 1990)

อุปกรณ์

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

วิธีการ

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

2. เผาซ้ำอีกครั้งละประมาณ 30 นาที และกระทำเช่นข้อ 1 จนได้ผลต่างของน้ำหนักทั้ง 2 ครั้ง ติดต่อกันไม่เกิน 1-3 มก.

3. ชั่งตัวอย่างให้ได้น้ำหนักแน่นอนประมาณ 2 ก. ใส่ในถ้วยกระเบื้องเคลือบที่รู้น้ำหนักแน่นอนแล้ว นำไปเผาในตู้ควันจนหมดควัน แล้วจึงนำเข้าเตาเผาอุณหภูมิ 600 °ซ และกระทำเช่นเดียวกับข้อ 1-2

การคำนวณ

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

1.5 การวัดความเป็นกรด - ด่าง (Pearson, 1976)

อุปกรณ์

1. เครื่อง pH meter รุ่น PHM 61a
2. เครื่อง magnetic stirrer, magnetic bar
3. ปีกเกอร์ขนาด 50 มล.
4. กระบอกตวง ขนาด 50 มล.

วิธีการ

1. ชั่งตัวอย่างอาหาร น้ำหนักประมาณ 10 ก. ใส่ในปีกเกอร์ขนาด 50 มล. เติมน้ำกลั่น 10 มล. ผสมให้เข้ากันด้วยเครื่อง magnetic stirrer
2. วัดความเป็นกรด-ด่างด้วยเครื่อง pH meter

1.6 การวิเคราะห์ปริมาณฮีสตามีน (Egan, *et al.*, 1981)

อุปกรณ์

1. ion exchange column
2. Homoginizer
3. pH meter

สารเคมี

1. สารละลายกรดไตรคลอโรอะซิติก (Trichloroacetic acid) เข้มข้นร้อยละ 10

2. สารละลายโซเดียมไฮดรอกซ์ เข้มข้นร้อยละ 10

3. สารละลายกรดเกลือ เข้มข้น 0.2 นอร์มัล

4. สารละลายอะซิเตรต บัฟเฟอร์ เข้มข้น 0.4 นอร์มัล (pH 4.6) ละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ 8 ก. กับสารละลายกรดอะซิติก 22.9 มล. ด้วยน้ำกลั่นปรับปริมาตรให้ได้ 1000 มล.

5. สารละลายอะซิเตรต บัฟเฟอร์ เข้มข้น 0.2 นอร์มัล (pH 4.6) นำสารละลายอะซิเตรต บัฟเฟอร์เข้มข้น 0.4 นอร์มัล ไปเจือจางเท่าตัวด้วยน้ำกลั่น

6. สารละลายโซเดียมคาร์บอเนต เข้มข้น 1.5 นอร์มัล ละลายโซเดียมคาร์บอเนต 7.95 ก. ด้วยน้ำกลั่นและปรับปริมาตรให้ได้ 100 มล.

7. สารละลายโซเดียมคาร์บอเนต เข้มข้น 1.1 นอร์มัล ละลายโซเดียมคาร์บอเนต 5.83 ก. ด้วยน้ำกลั่นและปรับปริมาตรให้ได้ 100 มล.

8. สารละลาย diazonium reagent

8.1 ละลาย 0.9 ก. ของกรดซัลฟานิลิค (Sulfanilic acid) ใน 100 มล. ของสารละลายกรดเกลือ ร้อยละ 10

8.2 ละลาย 5 ก. ของโซเดียมไนไตรท์ ในน้ำกลั่น 100 มล. ผสมสารละลายที่ได้จากข้อ 8.1 10 มล. กับ 10 มล. ของสารละลายที่ได้จากข้อ 8.2 ทำให้เย็นโดยแช่ในถาดน้ำแข็ง 20 นาที ก่อนนำไปใช้

9. สารละลายฮีสตามีนมาตรฐาน

9.1 Stock solution 100 ไมโครกรัมต่อมล. ละลายฮีสตามีน 0.1656 ก. ด้วยน้ำกลั่นจนมีปริมาตร 1000 มล.

9.2 Working solution 5 ไมโครกรัมต่อมล. เจือจาง Stock solution 5 มล. ด้วยเมทธิลอัลกอฮอล์ 5 มล. แล้วปรับปริมาตรด้วยน้ำกลั่นจนมีปริมาตร

100 มล.

10. Ion-exchange column ใช้ 1 ก. ของ cation exchange resin (Amberite cG-50type 100-200 mesh) ล้างด้วยสารละลายอะซิเตรต บัฟเฟอร์เข้มข้น 0.4 นอร์มัล แล้วเทลงในคอลัมน์ ขนาด 9x150 มม. จนสูงประมาณ 5 ซม.

วิธีการ

- การสกัดฮีสตามีน

1. ชั่งตัวอย่าง 10 ก. เติมน้ำเย็น 20 มล.และ 10% TCA ที่เย็น 20 มล. ผสมให้เข้ากัน โดยใช้เครื่องโฮโมจิไนซ์เซอร์

2. กรองด้วยกระดาษกรอง (ทำการสกัดซ้ำอีกครั้ง) ปรับปริมาตรให้ได้ 50 มล.

3. นำสารละลาย TCA-extract ที่กรองได้ 10 มล. มาปรับให้มี pH 4.5-4.7 ด้วย 10% NaOH

4. เติม 0.4 นอร์มัล Acetate buffer (pH 4.6) จำนวน 10 มล.

5. รินสารละลายช้า ๆ (3-4 มล./นาที) ผ่าน exchange column

6. ล้าง column ด้วย 80 มล. ของ 0.2 นอร์มัล Acetate buffer

7. ชะฮีสตามีนที่ถูกดูดซับบนเรซิน ด้วย 0.2 นอร์มัล HCl จำนวน 20 มล.

8. ปรับสภาพสารละลายที่ผ่าน column ด้วย 1.5 นอร์มัล Na_2CO_3 จนมี pH 7 แล้วเติมน้ำกลั่นจนมีปริมาตร 25 มล.

- การวัดค่าฮีสตามีน

1. เติม 2 มล. diazonium reagent ลงในหลอดทดสอบซึ่งบรรจุ 5 มล. ของ 1.1 นอร์มัล Na_2CO_3 ปล่อยทิ้งไว้ 1 นาที ในอ่างใส่น้ำแข็ง

2. เติมสารตัวอย่างที่สกัดมาได้ 2 มล. แล้วเขย่าทันทีประมาณ 1 นาที

3. วัดค่า Absorbance ที่ 510 นาโนเมตร (ต้องวัดให้ทันภายในเวลา 2-4 นาที ถ้าเวลาเกิน 5 นาที สีจะเปลี่ยนไป)

4. ทำแบลงก์ โดยใช้น้ำกลั่นแทนสารตัวอย่าง

- การเตรียมกราฟมาตรฐาน

1. นำ working solution ปริมาณ 2,4,6,8 มล. มาผสมน้ำกลั่นจนมีปริมาตร 10 มล. ตามลำดับ แล้วเติม 0.4 นอร์มัล Acetate buffer (pH 4.6) จำนวน 10 มล. จะได้ความเข้มข้นของฮีสตามีน เท่ากับ 10,20,30, 40 ไมโครกรัม

2. เทสารละลายในข้อ 1 ผ่าน resin column ที่ activated ด้วย 0.2 นอร์มัล Acetate buffer (pH 4.6) แล้ว

3. ชะฮีสตามีนที่อยู่ใน resin ด้วย 20 มล. ของ 0.2 นอร์มัล HCL ปรับ pH จนเป็น 7 ด้วย 1.5 นอร์มัล Na_2CO_3 แล้วปรับปริมาตรจนเป็น 25 มล.

4. ใช้สารละลายในข้อ 3 จำนวน 2 มล. ทำปฏิกิริยากับ diazonium เช่นเดียวกับตัวอย่าง

5. ทำกราฟมาตรฐาน (OD & ความเข้มข้น)

จากนั้นจึงนำค่า OD ของตัวอย่างมาเทียบกับ กราฟมาตรฐาน เพื่อให้ได้ความเข้มข้นออกมาเป็นกรัม แล้วทำการคำนวณหาปริมาณฮีสตามีน ที่มีในตัวอย่าง

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

อุปกรณ์

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

สารเคมี

1. สารละลายกรดเกลือ 4 นอร์มัล.

2. สารป้องกันการเกิดฟอง (antifoam liquid)

3. สารละลายกรดไธโอบาบิทูริก ละลาย 0.2883 ก. ของกรดไธโอบาบิทูริก ลงในกรดอะซิติกเข้มข้น ร้อยละ 90

วิธีการ

1. แช่ตัวอย่างอาหาร 10 ก. ด้วยน้ำกลั่น 50 มล. เป็นเวลา 2 นาที แล้วถ่ายลงในขวดกลั่นใช้น้ำ 47.5 มล. ล้างภาชนะที่ใส่ตัวอย่างแล้วเทลงขวด

2. เติม 2.5 มล. ของสารละลายกรดเกลือความเข้มข้น 4 นอร์มัล (pH ควรจะเป็น 1.5) แล้วเติมลูกแก้วและสารป้องกันการเกิดฟอง

3. กลั่นให้ได้ของเหลว 50 มล. ภายใน 10 นาที

4. ดูดสารที่กลั่นได้ 5 มล. ลงในหลอดทดสอบที่มีจุกปิด

5. เติม 5 มล. ของสารละลายกรดไธโอบาบิทูริก เขย่าและให้ความร้อนด้วยน้ำเดือดเป็นเวลา 35 นาที

6. ทำ blank โดยใช้วิธีเดียวกัน ใช้ 5 มล. ของน้ำกลั่นให้ความร้อน 35 นาที

7. นำตัวอย่างและ blank ที่เย็นแล้ววัดค่าการดูดกลืนแสงที่ 532 นาโนเมตร

การคำนวณ

ค่าความหืน (มก.มาโลนอัลดีไฮด์/กก.ตัวอย่าง) = 7.8 x ค่าดูดกลืนแสงของตัวอย่างที่หัก blank แล้ว

1.8 การวิเคราะห์ปริมาณไนโตรเจนในรูปต่างที่ระเหยได้ทั้งหมด ใช้วิธีคอนเวย์ (Hasegawa, 1987)

อุปกรณ์

1. จานระเหยแบบคอนเวย์ (conwey unit)
2. ไมโครบิวเรต (micro burett) ขนาด 10 มล.
3. ปิเปต ขนาด 1, 10 มล.
4. ถ้วยบด
5. กระดาษกรอง

สารเคมี

1. วาสลีน (Vasaline)
2. อินดิเคเตอร์ ใช้ Tashiro อินดิเคเตอร์ วิธีการเตรียมเช่นเดียวกับการวิเคราะห์ปริมาณโปรตีน
3. สารละลายของวงแหวนชั้นใน (Inner ring)ละลาย 10 ก. ของกรดบอร์ริกในเอทธานอล ปริมาตร 200 มล. เติมอินดิเคเตอร์ 10 มล. แล้วปรับปริมาตรด้วยน้ำกลั่นจนได้ 1,000 มล.
4. สารละลายอิ่มตัวของโปตัสเซียมคาร์บอเนต ละลายโปตัสเซียมคาร์บอเนต 60 ก. ในน้ำกลั่นปริมาตร 50 มล. นำไปต้มให้เดือดประมาณ 10 นาทีทำให้เย็นแล้วกรองผ่านกระดาษกรอง
5. สารละลายกรดไตรคลอโรอะซิติก (Trichloroacetic acid) เข้มข้นร้อยละ 4 ชั่งกรดไตรคลอโรอะซิติก 40 ก. ละลายในน้ำกลั่นปรับปริมาตรให้ได้ 1,000 มล.
6. สารละลายกรดเกลือเข้มข้น 0.02 นอร์มัล

วิธีการ

1. สกัดตัวอย่างอาหาร นำตัวอย่างอาหารทราบน้ำหนักแน่นอนประมาณ 2 ก. ใส่ในถ้วยบด เติมสารละลายกรดไตรคลอโรอะซิติกความเข้มข้นร้อยละ 4 ปริมาตร 10 มล. บดให้ละเอียดปล่อยทิ้งไว้ 30 นาที จากนั้นนำไปกรองด้วยกระดาษกรอง No.41 สารละลายที่ได้หากไม่สามารถวิเคราะห์ได้ทันที นำไปเก็บไว้ที่อุณหภูมิ -20 °ซ

2. วิเคราะห์

2.1 ทาวาสลีนที่ขอบจานคอนเวย์

2.2 ปิเปต 1 มล. ของสารละลายของวงแหวนชั้นใน (Inner ring) ใส่ในขอบจานชั้นใน

2.3 ปิเปต 1 มล. ของสารละลายอิ่มตัวของโปตัสเซียมคาร์บอเนต ใส่ในขอบจานชั้นนอก

2.4 ปิเปต 1 มล. ของสารละลายตัวอย่างที่สกัดได้ ลงในขอบจานชั้นนอกอีกด้านหนึ่ง ระวังไม่ให้ผสมกับสารละลายอิ่มตัวของโปตัสเซียมคาร์บอเนต

2.5 ปิดจานคอนเวย์ ให้สารละลายตัวอย่าง และสารละลายอิ่มตัวของโปตัสเซียมคาร์บอเนตผสมกัน ตั้งทิ้งไว้ที่อุณหภูมิ 37 °ซ เวลา 1 ชั่วโมง

2.6 ไตเตรตสารละลายชั้นในด้วยสารละลายกรดเกลือความเข้มข้น 0.02 นอร์มัล จนกระทั่งได้จุดยุติสีม่วง

2.7 ทำ blank ด้วยวิธีการเดียวกันแต่ใช้สารละลายกรดไตรคลอโรอะซิกติกความเข้มข้นร้อยละ 4 ปริมาตร 1 มล. แทนสารละลายตัวอย่าง

การคำนวณ

$$\text{ปริมาณด่างที่ระเหยได้ทั้งหมด (มก.ไนโตรเจน/100 ก.ตัวอย่าง)} = \frac{(a-b) \times N \times 14 \times V \times 100}{W}$$

โดยที่ a = ปริมาณของสารละลายกรดเกลือที่ใช้เป็นมล.

b = ปริมาณของสารละลายกรดเกลือที่ใช้กับ blank เป็นมล.

N = ความเข้มข้นของสารละลายกรดเกลือเป็น นอร์มัล.

V = ปริมาตรรวมของตัวอย่างและกรดไตรคลอโรอะซิติกที่ใช้ในการเตรียมตัวอย่างเป็น มล.

W = น้ำหนักของตัวอย่างเป็น ก.

(น้ำหนักกรัมสมมูลย์ของไนโตรเจน = 14.007)

1.9 การวิเคราะห์ปริมาณไนโตรเจนที่ไม่ใช่โปรตีน (Hasegawa, 1987)

อุปกรณ์

1. เครื่องปั่นผสม (homogenizer)
2. เครื่องเหวี่ยง (centrifuge) ที่ 9,000 รอบต่อนาที
3. ปิเปต ขนาด 10,20, และ 40 มล. (volumetric pipett)
4. กระดาษกรอง
5. ขวดย่อยโปรตีน (kjeldahl flask) ขนาด 250-300 มล.
6. ชุดกลั่นโปรตีน (semi-microdistillation apparatus)

สารเคมี

1. สารละลายกรดไตรคลอโรอะซิติก (Trichloroacetic acid) เข้มข้นร้อยละ 25 ชั่งกรดไตรคลอโรอะซิติก 25 ก. ละลายในน้ำกลั่นปรับปริมาตรให้ได้ 100 มล.
2. สารละลายโปแตสเซียมคลอไรด์ 0.1 นอร์มัล
3. กรดซัลฟุริกเข้มข้น

4. สารเร่งปฏิกิริยา ใช้คอปเปอร์ซัลเฟต ($CuSO_4$) 1 ส่วน ต่อโปแตสเซียมซัลเฟต (K_2SO_4) 9 ส่วน

5. สารละลายของโซเดียมไฮดรอกไซด์ และโซเดียมไธโอซัลเฟต เข้มข้นร้อยละ 60 ชั่งสารโซเดียมไฮดรอกไซด์ 60 ก. และโซเดียมไธโอซัลเฟต 5 ก. ละลายในน้ำกลั่นปรับปริมาตรเป็น 100 มล.

6. สารละลายกรดบอร์ริกเข้มข้นร้อยละ 4 ละลายกรดบอร์ริก 40 ก. ด้วยน้ำกลั่นปรับปริมาตรให้ได้ 1000 มล.

7. สารละลายกรดเกลือเข้มข้น 0.1 นอร์มัล

8. อินดิเคเตอร์ใช้ fashiro indicator เตรียมเป็น stock solution (ชั่งเมทธิลลีนบูล (methylene blue) 0.2 ก. ละลายในเอทธานอล (ethanol) 200 มล. และชั่งเมทธิลเรด (methyl red) 0.05 ก. ละลายในเอทธานอล 50 มล.) เวลาใช้นำมาผสมในอัตราส่วน Stock solution 1 ส่วน : เอธานอล 1 ส่วน : น้ำกลั่น 2 ส่วน

วิธีการ

1. ชั่งตัวอย่างอาหารให้ได้น้ำหนักแน่นอน 10 ก. ผสมกับสารละลายโปแตสเซียมคลอไรด์ 0.1 นอร์มัล 200 มล. ผ่านเข้าเครื่องปั่นผสม (homogenizer) เป็นเวลา 4 นาที นำของเหลวที่ได้มาแช่น้ำเย็น 2 ชั่วโมง จากนั้นนำไปเข้าเครื่องเหวี่ยง (centrifuge) ที่ 9,000 รอบต่อนาที ที่ 5 °ซ เป็นเวลา 40 นาที

2. ปิเปตสารละลายส่วนใสมา 40 มล. เติมสารละลายกรดไตรคลอโรอะซิติกความเข้มข้นร้อยละ 25 ปริมาตร 10 มล. ทิ้งไว้ 30 นาที ในน้ำเย็นโดยคนเป็นครั้งคราว จากนั้นนำมากรองด้วยกระดาษกรอง No.41

3. ปิเปตสารละลายที่กรองได้มา 40 มล. ใส่ในขวดย่อยโปรตีน

4. เติมสารเร่งปฏิกิริยา 5 กรัมและกรดซัลฟุริกเข้มข้น 20 มล.

5. ใส่ลูกแก้ว 2 เม็ด นำไปย่อยบนเตาไฟในตู้ควันจนกระทั่งได้สารละลายใส ปล่อยทิ้งให้เย็น

6. เติมน้ำกลั่นร้อนลงไปล้างบริเวณคอขวดให้ทั่ว และให้ความร้อนต่อไปจนเกิดควันของกรดซัลฟุริก ปล่อยทิ้งให้เย็น

7. นำมาถ่ายลงในขวดปรับปริมาตร ขนาด 100 มล. ใช้น้ำกลั่นล้างขวดย่อยโปรตีนให้หมดสารละลายตัวอย่าง แล้วปรับปริมาตรให้ได้ 100 มล.

8. จัดอุปกรณ์กลั่น

9. นำขวดรูปชมพู่ขนาด 50 มล. เติมกรดบอร์ริกเข้มข้นร้อยละ 4 ลงไป 5 มล. ผสมน้ำกลั่น 5 มล. และเติมอินดิเคเตอร์เรียบร้อยแล้วไปรองรับของเหลวที่จะกลั่น โดยให้ส่วนปลายของอุปกรณ์ควบแน่นจุ่มลงในสารละลายกรดนี้

10. ดูดสารละลายตัวอย่างด้วยปิเปตขนาดความจุ 10 มล. ใส่ลงในช่องใส่ตัวอย่างแล้วเติมสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ลงไป 20 มล.

11. กลั่นประมาณ 10 นาที ล้างปลายอุปกรณ์ควบแน่นด้วยน้ำกลั่นลงในขวดรองรับ

12. ไตเตรตสารละลายที่กลั่นได้กับสารละลายกรดเกลือ ที่มีความเข้มข้น 0.1 นอร์มัล จะได้จุดยุติเป็นสีม่วง

13. ทำ blank ด้วยวิธีการเดียวกันตั้งแต่ข้อ 1-12

การคำนวณ

$$Wnpn = 40^{a} \times \frac{40^{b}}{50} \times \frac{W_1}{W_1 + 200}$$

$$\text{ปริมาณไนโตรเจนที่ไม่ใช่โปรตีน (มก. ไนโตรเจน/100 ก. ตัวอย่าง)} = \frac{(A-B) \times N \times 14 \times 100}{Wnpn}$$

โดยที่

40^a = ปริมาณของสารละลายส่วนใสที่ผ่านเครื่องเหวี่ยงเป็นมล.

40^b = ปริมาณของสารละลายที่ผ่านการกรองเป็น มล.

50 = ปริมาณของสารละลายส่วนใสที่ผ่านเครื่องเหวี่ยงรวมกับ 10 มล. ของสารละลายกรดไตรคลอโรอะซิติกเป็น มล.

W1 = น้ำหนักตัวอย่างอาหารเริ่มต้นเป็น ก.

200 = ปริมาณของสารละลายโปแตสเซียมคลอไรด์เป็นมล.

Wnpn = น้ำหนักตัวอย่างที่ใช้คำนวณหาปริมาณไนโตรเจนที่ไม่ใช่โปรตีนเป็น ก.

A = ปริมาณของสารละลายกรดเกลือที่ใช้เป็นมล.

B = ปริมาณของสารละลายกรดเกลือที่ใช้กับ blank เป็นมล.

N = ความเข้มข้นของสารละลายกรดเกลือเป็นนอร์มัล

(น้ำหนักรัมสมมูลย์ของไนโตรเจน = 14.007)

ภาคผนวก ก2 การวิเคราะห์องค์ประกอบทางจุลินทรีย์

2.1 การวิเคราะห์ปริมาณจุลินทรีย์ทั้งหมด (Total Viable Count) โดยวิธี pour plate (Hasegawa , 1987)

อาหารเลี้ยงเชื้อ

1. Plate count agar (PCA)
2. 0.85% normal saline solution

วิธีการ

1. การเตรียมตัวอย่าง

1.1 ชั่งตัวอย่าง 10 ก. ลงในถ้วยบดตัวอย่างที่ปลอดเชื้อ

1.2 เติม 0.85% normal saline solution จำนวน 90 มล. แล้วปั่นด้วยความเร็วต่ำเป็นเวลา 1 นาที นำไปตั้งทิ้งในตู้เย็น 30 นาที

1.3 ทำการเจือจางให้เป็น 1:100, 1:1000 และ 1:10000 ตามลำดับ โดยใช้ 0.85% normal saline solution

2. การตรวจนับจุลินทรีย์

2.1 ดูดตัวอย่างจากข้อ 1.3 อย่างละ 1 มล. (ทำ 2 ซ้ำ) ลงในจานเพาะเชื้อ ที่ฆ่าเชื้อแล้ว

2.2 เททับด้วยอาหาร PCA (Plate count agar) ประมาณ 15 มล.

2.3 หมุนจานเพาะเชื้อเบา ๆ แล้วตั้งทิ้งให้วุ้นแข็งตัวประมาณ 15 นาที

2.4 อบเพาะเชื้อที่ 35 °ซ ในลักษณะคว่ำจานเพาะเชื้อเป็นเวลา 48 ชั่วโมง

2.5 ตรวจนับจำนวนโคโลนีจากจานเพาะเชื้อที่มีจำนวนประมาณ 30-300 โคโลนี รายงานผลเป็นจำนวนโคโลนีต่อกรัมตัวอย่าง (CFU/g)

CFU/g = Average no. of colonies x dilution factor

2.2 การวิเคราะห์ปริมาณรา โดยวิธี spread plate (Marvin, 1976)

อาหารเลี้ยงเชื้อ

1. Potato dextrose agar (PDA)
2. สารละลายฟอสเฟตบัฟเฟอร์

วิธีการ

1. ชั่งตัวอย่างอาหาร 10 ก. ลงในถ้วยบดตัวอย่างที่ปลอดเชื้อ
2. เติมสารละลายฟอสเฟตบัฟเฟอร์ (phosphate buffer) จำนวน 90 มล. แล้วปั่นด้วยความเร็วต่ำเป็นเวลา 1 นาที นำไปตั้งทิ้งในตู้เย็น 30 นาที
3. ทำการเจือจางอาหารด้วยสารละลายฟอสเฟตบัฟเฟอร์ 9 มล. ให้มีระดับความเจือจางเป็น 1:100, 1:1000 และ 1:10000 ตามลำดับ
4. ปิเปตตัวอย่างอาหารจากระดับความเจือจาง 4 ระดับ ระดับละ 2 ซ้ำ ลงบนจานเพาะเชื้อที่มีอาหาร PDA (Potato Dextrose Agar) จานละ 0.1 มล. ใช้แท่งแก้วงอที่ฆ่าเชื้อแล้วเกลี่ยจนผิวหน้าของอาหารแห้ง
5. บ่มที่อุณหภูมิห้อง (30 $\pm$ 2 °ซ) เวลา 72 ชั่วโมง

2.3 การวิเคราะห์ปริมาณ Coliforms และ *Escherichia coli* (Hasegawa, 1987)

อาหารเลี้ยงเชื้อ

1. Lauryl sulphate tryptose broth (LST)
2. EC medium

3. Levine's Eosin Methylene Blue Agar (EMB)

4. Lactose broth

วิธีการ

1. Presumptive test

ใช้ตัวอย่างที่เตรียมเช่นเดียวกับการหาปริมาณจุลินทรีย์ทั้งหมด (ข้อ 1.1-1.3) โดยใช้ปิเปตที่นึ่งฆ่าเชื้อแล้วดูดตัวอย่างละ 1 มล. ใส่ในหลอดทดสอบที่มี Lauryl sulphate tryptose broth (LST) พร้อม Durham tube ทำตัวอย่างละ 3 ความเจือจาง (1:10, 1:100 และ 1:1000) ความเจือจางละ 3 หลอด อบเพาะเชื้อที่ 35-37 °ซ เป็นเวลา 24-48 ชั่วโมง ตรวจผลหลอดทดสอบที่เกิดแก๊สใน Durham tube

2. Confirmed test

เลือกหลอดที่เกิดแก๊สมาทำ confirmed test โดยใช้เข็มเขี่ยเชื้อที่ลนไฟฆ่าเชื้อแล้วจุ่มลงในหลอดที่เลือกไว้ แล้วเขี่ยลงในหลอดเลี้ยงเชื้อที่มี EC medium (E.C) พร้อม Durham tube บ่มที่ 35 °ซ เป็นเวลา 48 ชั่วโมง ตรวจผลการวิเคราะห์ หลอดที่เกิดแก๊ส อ่านผลเป็น coliforms ในรูป Most Probable Numbers (MPN) จากตารางภาคผนวกที่ ก1

3. Complete test

เลือกหลอด EC ที่เกิดแก๊ส เขี่ยลงบนจานอาหาร Levine's Eosin Methylene Blue (EMB) agar บ่มที่ 35±0.5 °ซ เป็นเวลา 24 ชั่วโมง ตรวจผลโคโลนีที่มีสีเขียวเหลือบมันที่มีสีเข้มตรงกลาง (Metallic sheen) โดยใช้เข็มเขี่ยเชื้อแยกเอาโคโลนีเขียวเหลือบมันในแต่ละจานเพาะเชื้อ ใส่ลงในหลอด Lactose broth ที่มี Durham tube บ่มที่ 35±0.5 °ซ เป็นเวลา 24-48 ชั่วโมง ตรวจผลการทดลองโดยสังเกตแก๊สที่เกิดขึ้นในหลอด Lactose broth นำเชื้อไปทดสอบการสร้างอินโดล, MR VP และการใช้ citrate ซึ่งถ้าเป็น *E. coli* จะให้ผลเป็น + + - - ตามลำดับ

2.4 การวิเคราะห์ *Salmonella* spp. (Hasegawa, 1987)

อาหารเลี้ยงเชื้อ

1. Lactose Broth
2. Selenite Cysteine Broth (SCB)
3. Tetrathionate Brilliant Green Broth (TBGB)
4. Brilliant Green Agar (BGA)
5. Brilliant Sulfite Agar (BSA)
6. Triple Sugar Iron Agar (TSI)
7. Lysine Iron Agar (LIA)

วิธีการ

1. การเตรียมตัวอย่าง (Pre-enrichment)

1.1 ชั่งตัวอย่าง 10 กรัม ใส่ลงในถ้วยบดตัวอย่างปลอดเชื้อ

1.2 เติม lactose broth จำนวน 90 มล. แล้วปั่นด้วยความเร็วต่ำเป็นเวลา 1 นาที

1.3 อบเพาะเชื้อที่ 35 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 24 ชั่วโมง

2. Selective enrichment

2.1 ผสม pre-enrichment culture ให้เข้ากัน แล้วดูดมา 1 มล. เติมลงใน TBGB 10 มล. และ SCB 10 มล. อย่างละหลอด

2.2 อบเพาะเชื้อในอ่างน้ำควบคุมอุณหภูมิที่ 43±0.5 °ซ เป็นเวลา 24 ชั่วโมง

3. การเพาะเชื้อใน selective agar

3.1 นำตัวอย่างจาก selective enrichment medium (2.2) มาเพาะลงบน BGA และ BSA plates

3.2 อบเพาะเชื้อที่ 35 °ซ เป็นเวลา 24 ชั่วโมง

3.3 ตรวจผลลักษณะโคโลนีที่เกิดขึ้นดังนี้

- อาหาร BGA : โคโลนีของ *Salmonella* คือ ไม่มีสี ใสหรือทึบ หรือมีสีชมพูแดง ในขณะที่อาหารมีสีชมพูหรือแดง
- อาหาร BSA : โคโลนีของ *Salmonella* จะมีสีน้ำตาลเข้มถึงดำ บางครั้งอาจมีโคโลนีสะท้อนแสงอาหารรอบ ๆ โคโลนีมีสีน้ำตาล

4. การจำแนกและการทดสอบทางชีวเคมี

4.1 เลือกเฉพาะโคโลนีที่คาดว่าเป็น *Salmonella* จากอาหาร BGA และ BSA ถ่ายลงใน TSI และ LIA โดย streaking the slant และ stabbing the butt.

4.2 อบเพาะเชื้อที่ 35 °ซ เป็นเวลา 24 ชั่วโมง

4.3 ลักษณะเฉพาะของ *Salmonella* บนอาหาร TSI จะพบสีแดงที่ slant (สภาพเป็นด่าง) และพบสีเหลืองที่ butt (สภาพเป็นกรด) อาจจะมีการสร้าง H_2S ด้วยหรือไม่ก็ได้ (สังเกตสีดำของ butt) ลักษณะเฉพาะของ *Salmonella* บนอาหาร LIA จะพบเชื้อสามารถเจริญได้ทั้งบริเวณผิวและตามรอยที่แทงลูป อาหารจะมีสีม่วงทั่วหลอด ถ้ามีการสร้าง H_2S จะเห็นเป็นสีดำ

2.5 การวิเคราะห์ *Staphylococcus aureus* (Hasegawa, 1987)

อาหารเลี้ยงเชื้อ

1. Baird Parker medium (BP)
2. Brain Heart Infusion broth (BHI)
3. Rabbit plasma

วิธีการ

1. การเตรียมตัวอย่าง

ทำเช่นเดียวกับการหาปริมาณจุลินทรีย์ทั้งหมด (ข้อ 1.1-1.3)

2. การตรวจหา *S. aureus* (Spread plate method)

2.1 ดูดตัวอย่างจากข้อ 1.3 จากระดับความเจือจางที่เหมาะสม จำนวน 0.1 มล. ลงบน BP agar plate จำนวน 2 ซ้ำ

2.2 ใช้แท่งแก้วปราศจากเชื้อเกลี่ยตัวอย่างให้กระจายทั่วจาน

2.3 อบเพาะเชื้อที่ 35 °ซ เป็นเวลา 48 ชั่วโมง

2.4 ตรวจสอบลักษณะโคโลนี เมื่อครบ 30 ชั่วโมง เลือกนับโคโลนีที่มีสีดำขอบขาว และแววใสรอบโคโลนีมีบริเวณใส (clear zone) เลือกจานที่มีเชื้อเจริญ 30-300 โคโลนี

2.5 ทำเครื่องหมายตำแหน่งของโคโลนีที่มีลักษณะดังกล่าว แล้วนำจานอาหารไปบ่มต่ออีก 18 ชั่วโมง ให้นับโคโลนีที่มีสีดำแววที่มีหรือไม่มีขอบขาวและไม่มีบริเวณใสด้วย

2.6 ถ่ายโคโลนีที่คาดว่าเป็น *S. aureus* ลงใน BHI แล้วอบเพาะเชื้อที่ 35 °ซ เป็นเวลา 24 ชั่วโมง

2.7 ดูดตัวอย่างจาก 2.6 จำนวน 0.1 มล. ลงในหลอดทดสอบแล้วเติม rabbit plasma จำนวน 0.3 มล. (ใช้ sterile tube)

2.8 อบเพาะเชื้อที่ 35 °ซ แล้วตรวจผลการแข็งตัวของพลาสมาหลังจาก 4 ชั่วโมง ถ้าพลาสมายังไม่แข็งตัว ให้เก็บหลอดไว้ที่อุณหภูมิห้องแล้วตรวจผลอีกครั้ง เมื่อครบ 2 ชั่วโมง

2.6 การวิเคราะห์ *Vibrio parahaemolyticus* (Hasegawa, 1987)

อาหารเลี้ยงเชื้อ

1. Glucose-salt-teepol broth (GSTB)
2. Thiosulphate citrate bile salts sucrose agar (TCBS)
3. Triple sugar iron agar (TSI)
4. Peptone water
5. SIM medium
6. Nutrient gelatin
7. Decarboxylase medium base
8. Phosphate buffer
9. Mannitol salt agar

วิธีการ

1. การเตรียมตัวอย่าง

ทำเช่นเดียวกันกับการหาปริมาณจุลินทรีย์ทั้งหมด (ข้อ 1.1-1.3) แต่ใช้ 3% saline solution เป็นสารเจือจาง

2. การตรวจหา *V. parahaemolyticus*

2.1 ดูดตัวอย่างจากความเข้มข้นสูงสุด (1:10) จำนวน 1 มล. ใส่ลงใน 9 มล. double strength GSTB จำนวน 3 หลอด และสำหรับความเข้มข้นรองลงมา (1:100, 1:1000) ให้ดูดมาจำนวน 1 มล. ใส่ลงใน 9 มล. single strength GSTB อย่างละ 3 หลอด

2.2 อบเพาะเชื้อที่ 35 °ซ เป็นเวลา 24 ชม. ตรวจและรายงานผล MPN จากตารางภาคผนวกที่ ก1

2.3 ถ่ายตัวอย่างจาก GSTB จำนวน 1 loopful ลงบนจานเพาะเชื้อที่มีอาหาร TCBS (เลือกหลอดที่มีความชุ่น)

2.4 อบเพาะเชื้อที่ 35 °ซ เป็นเวลา 24 ชม.

2.5 ทำการตรวจโคโลนีที่มีสีน้ำเงินเขียวและสีดำตรงกลาง

2.6 ทำการแยกโคโลนีที่คาดว่าเป็น *V. parahaemolyticus* โดยการเกลี่ยลงบนอาหารต่อไปนี้ และอบเพาะเชื้อที่ 35 °ซ เป็นเวลา 24 ชม.

TSI agar	K/Acid (no gas, no H_2S)
Indole (SIM)	+
Motility (SIM)	+
L-lysine HCl	+

2.7 ถ่ายเชื้อจาก TSI ลงใน peptone water (ที่มีร้อยละ 3, 8 และ 10 ของโซเดียมคลอไรด์) และอบเพาะเชื้อที่ 35 °ซ เป็นเวลา 24 ชม.

2.8 ทำการทดสอบทางชีวเคมีเพื่อยืนยันผล

Nutrient gelatin	+
Mannitol	+

2.9 คำนวณค่า MPN ของ *V. parahaemolyticus* จากจำนวนหลอด GSTB ที่ให้ผลบวกและได้รับการยืนยันว่าเป็น *V. parahaemolyticus*

$$\text{Most Probable Number (MPN)} = \frac{\text{Index}}{10} \times (90 + W) \times \frac{1}{W}$$

เมื่อ W = น้ำหนักตัวอย่างเป็นกรัม

Index จากตารางที่ ก1

2.7 การวิเคราะห์ *Clostridium perfringens* โดยวิธี spread plate (Marvin, 1976)

อาหารเลี้ยงเชื้อ

1. Tryptose sulfite cycloserine agar (TSC)
2. *Clostridium welchii* egg yolk agar (CWEY)

วิธีการ

1. การเตรียมตัวอย่าง

ทำเช่นเดียวกับการหาปริมาณรา (ข้อ 1-3)

2. การตรวจหา *C. perfringens* (Spread plate method)

2.1 ดูดตัวอย่างจากระดับความเจือจางต่าง ๆ จำนวน 0.1 มล. ระดับละ 2 ซ้ำ ลงบนจานเพาะเชื้อที่มีอาหาร TSC

2.2 ใช้แท่งแก้วงอที่ฆ่าเชื้อแล้วเกลี่ยตัวอย่างให้กระจายทั่วจาน

2.3 อบเพาะเชื้อในสภาพไม่มีอากาศที่ 35 °ซ เป็นเวลา 24 ชั่วโมง

2.4 ตรวจนับจำนวนโคโลนีที่มีลักษณะโคโลนีสีดำ แสดงว่ามีปฏิกิริยาของ Lecithinase เลือกจานที่มีเชื้อเจริญ 30-300 โคโลนี

2.5 เกลี่ย antitoxin type A ของ *C. perfringens* 0.1 มล. ลงบนจานเพาะเชื้อที่มีอาหาร CWEY ประมาณครึ่งจานเพาะเชื้อ

2.6 เขี่ยเชื้อที่คาดว่าเป็น *C. perfringens* ลากเชื้อผ่านจานเพาะเชื้อทั้ง 2 ด้าน อบเพาะเชื้อในสภาพไม่มีอากาศที่ 35 °ซ เป็นเวลา 24 ชั่วโมง

2.7 อาหาร CWEY ด้านที่มี antitoxin จะไม่เกิดปฏิกิริยาของ Lecithinase (positive)

2.8 คำนวณจำนวน *C. perfringens* ต่อกรัม

ตารางภาคผนวกที่ ก1 ปริมาณจุลินทรีย์ (Most Propable Number=MPN)/ตัวอย่างอาหาร 1 ก. (ใช้หลอดทดสอบ 3 หลอด/ปริมาณอาหาร 0.1, 0.01 และ 0.001 ก.)

จำนวนหลอดที่เกิดปฏิกิริยา			ค่า MPN
ปริมาณอาหาร 0.1 ก.	ปริมาณอาหาร 0.01 ก.	ปริมาณอาหาร 0.001 ก.	/ปริมาตร
จำนวน 3 หลอด	จำนวน 3 หลอด	จำนวน 3 หลอด	10 มล.
0	0	0	<3
0	0	1	3
0	0	2	6
0	0	3	9
0	1	0	3
0	1	1	6.1
0	1	2	9.2
0	1	3	12
0	2	0	6.2
0	2	1	9.3
0	2	2	12
0	2	3	16
0	3	0	9.4
0	3	1	13
0	3	2	16
0	3	3	19
1	0	0	4

ตารางภาคผนวกที่ ก1 (ต่อ)

จำนวนหลอดที่เกิดปฏิกิริยา			ค่า MPN
ปริมาณอาหาร 0.1 ก.	ปริมาณอาหาร 0.01 ก.	ปริมาณอาหาร 0.001 ก.	/ปริมาตร
จำนวน 3 หลอด	จำนวน 3 หลอด	จำนวน 3 หลอด	10 มล.
1	0	1	7
1	0	2	11
1	0	3	15
1	1	0	7
1	1	1	11
1	1	2	15
1	1	3	19
1	2	0	11
1	2	1	15
1	2	2	20
1	2	3	24
1	3	0	16
1	3	1	20
1	3	2	24
1	3	3	29
2	0	0	9
2	0	1	14
2	0	2	20
2	0	3	26

ตารางภาคผนวกที่ ก1 (ต่อ)

จำนวนหลอดที่เกิดปฏิกิริยา			ค่า MPN
ปริมาณอาหาร 0.1 ก.	ปริมาณอาหาร 0.01 ก.	ปริมาณอาหาร 0.001 ก.	/ปริมาตร
จำนวน 3 หลอด	จำนวน 3 หลอด	จำนวน 3 หลอด	10 มล.
2	1	0	15
2	1	1	20
2	1	2	27
2	1	3	34
2	2	0	21
2	2	1	28
2	2	2	35
2	2	3	42
2	3	0	29
2	3	1	36
2	3	2	44
2	3	3	53
3	0	0	23
3	0	1	39
3	0	2	64
3	0	3	95
3	1	0	43
3	1	1	75
3	1	2	120

ตารางภาคผนวกที่ ก1 (ต่อ)

จำนวนหลอดที่เกิดปฏิกิริยา			ค่า MPN
ปริมาณอาหาร 0.1 ก.	ปริมาณอาหาร 0.01 ก.	ปริมาณอาหาร 0.001 ก.	/ปริมาตร
จำนวน 3 หลอด	จำนวน 3 หลอด	จำนวน 3 หลอด	10 มล.
3	1	3	160
3	2	0	93
3	2	1	150
3	2	2	210
3	2	3	290
3	3	0	240
3	3	1	460
3	3	2	1100
3	3	3	2400

ที่มา : ดัดแปลงจาก Hasegawa (1987)

ภาคผนวก ข แบบทดสอบชิมผลิตภัณฑ์และแบบสอบถามการสำรวจการยอมรับผลิตภัณฑ์

ภาคผนวก ข1 แบบทดสอบชิมเพื่อหาเค้าโครงผลิตภัณฑ์ในอุดมคติ

ผู้ทดสอบ..... วันที่.....เวลา.....

คำอธิบาย กรุณาชิมตัวอย่างผลิตภัณฑ์ (คล้ายคลึงห่อหมก) แล้วขีดเส้นตั้งฉากกับเส้นแนวนอนของแต่ละปัจจัย ตรงบริเวณที่ตรงกับความรู้สึกของท่านมากที่สุดและกำกับอักษร S และ I โดยที่

S (Sample) คือ คุณภาพของผลิตภัณฑ์ตัวอย่างที่ประเมินได้

I (Ideal) คือ คุณภาพของผลิตภัณฑ์ตัวอย่างที่ต้องการ

คำแนะนำ กรุณาบ้วนปากก่อนชิมตัวอย่าง

1. เนื้อสัมผัส (ปลา)

ความฉ่ำ

น้อย มาก

การเกาะตัวกัน

น้อย มาก

2. เนื้อสัมผัส (ผัก)

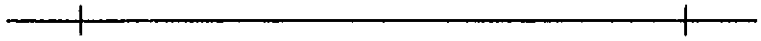
ความเหนียว

น้อย มาก

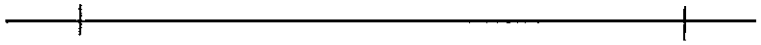
ความนุ่ม

เละ กรอบ

3. กลิ่น

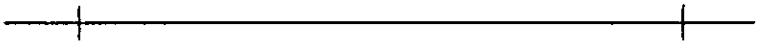
เครื่องแกง 

อ่อน แรง

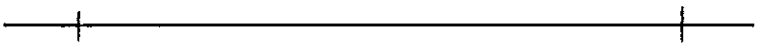
คาวปลา 

อ่อน แรง

4. รส

ความมัน 

น้อย มาก

เค็ม 

น้อย มาก

เผ็ด

น้อย มาก

5. ความชอบรวม

น้อย มาก

วิจารณ์และข้อเสนอแนะ.....

.....

ขอบคุณ

ภาคผนวก ข2 แบบทดสอบชิมเรียงลำดับความชอบ (Ranking)

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

คำอธิบาย กรุณาชิมตัวอย่างผลิตภัณฑ์ที่เสนอให้จากซ้ายไปขวา และเรียงลำดับความชอบของผลิตภัณฑ์ โดยกำหนดให้ 1 = ชอบน้อยที่สุด

2 = ชอบน้อย

3 = ชอบพอสมควร

4 = ชอบมาก

5 = ชอบมากที่สุด

คำแนะนำ กรุณาบ้วนปากก่อนชิมตัวอย่างและระหว่างการชิมตัวอย่างทุกครั้ง

รหัสตัวอย่าง	ลำดับความชอบ
_____	_____
_____	_____
_____	_____
_____	_____
_____	_____

วิจารณ์และข้อเสนอแนะ.....

.....

.....

ขอบคุณ

ภาคผนวก ข3 แบบทดสอบชิมให้คะแนนความชอบ (Hedonic Scale)

ชื่อผู้ทดสอบ.....วันที่.....เวลา.....

คำอธิบาย กรุณาชิมตัวอย่างผลิตภัณฑ์ที่เสนอให้จากซ้ายไปขวา แล้วให้คะแนนความชอบของแต่ละตัวอย่างตามความรู้สึกของท่าน โดยกำหนดให้

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

คำแนะนำ กรุณาบ้วนปากก่อนชิมตัวอย่างและระหว่างการชิมตัวอย่างผลิตภัณฑ์ทุกครั้ง

ตัวอย่าง / คุณภาพ				
สี				
กลิ่น				
รสชาติ				
เนื้อสัมผัส				
คุณลักษณะรวม				

วิจารณ์และข้อเสนอแนะ.....

ขอบคุณ

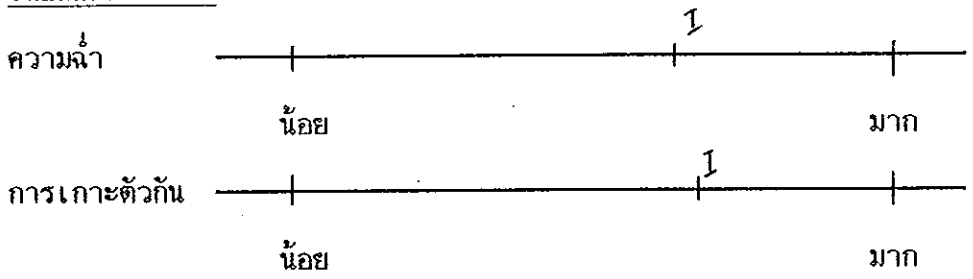
ภาคผนวก ข4 แบบทดสอบชิมเพื่อหาสูตรเครื่องปรุงรส

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

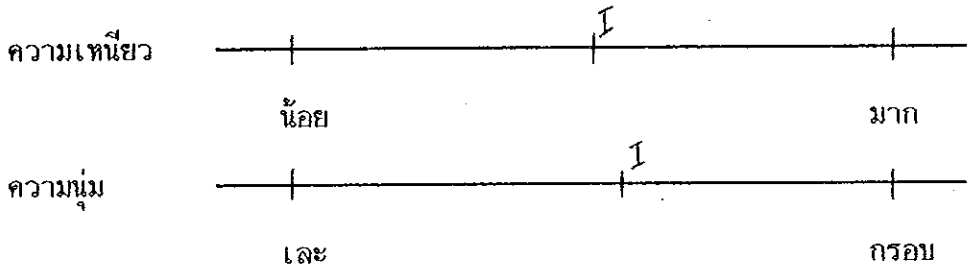
คำอธิบาย กรุณาชิมตัวอย่างผลิตภัณฑ์ (คล้ายคลึงห่อหมก) แล้วขีดเส้นตั้งฉากกับเส้นแนวนอนของแต่ละปัจจัย ตรงบริเวณที่ตรงกับความรู้สึกของท่านมากที่สุด

คำแนะนำ กรุณาบ้วนปากก่อนชิมตัวอย่าง

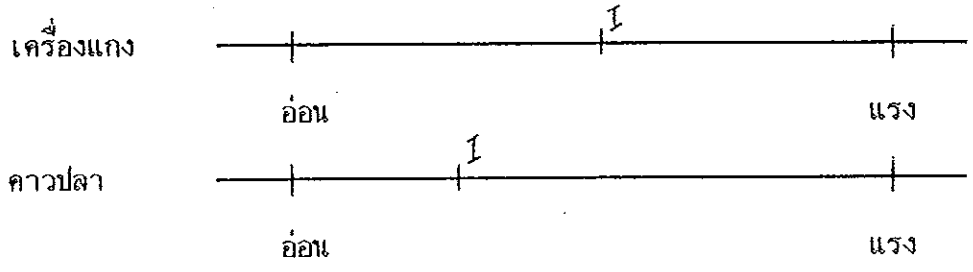
1. เนื้อสัมผัส (ปลา)



2. เนื้อสัมผัส (ผัก)

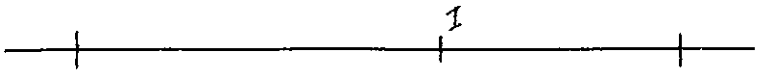


3. กลิ่น



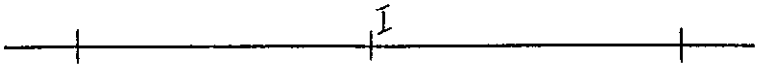
4. <u>รส</u>

ความมัน



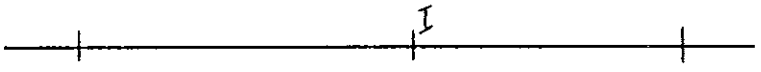
น้อย มาก

เค็ม



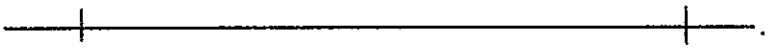
น้อย มาก

เผ็ด



น้อย มาก

5. <u>ความชอบรวม</u>



น้อย มาก

วิจารณ์และข้อเสนอแนะ.....

.....

ขอบคุณ

ภาคผนวก ข5 แบบสอบถามการสำรวจการยอมรับผลิตภัณฑ์ของผู้บริโภค

แบบสอบถาม

เรื่อง การยอมรับของผู้บริโภคต่อผลิตภัณฑ์แช่เยือกแข็งจากเศษเนื้อปลาทูน่าปรุงรสห่อด้วยผัก

คำอธิบาย : ผลิตภัณฑ์แช่เยือกแข็งจากเศษเนื้อปลาทูน่าปรุงรสห่อด้วยผักเป็นผลิตภัณฑ์คล้ายคลึงผลิตภัณฑ์ห่อหมกมีส่วนผสมหลักคือ เศษเนื้อปลาทูน่า น้ำพริกแกงแดงและกะหล่ำปลีเป็นอาหารรับประทานในมื้อหลักหรืออาหารว่าง

คำแนะนำ : กรุณาทำเครื่องหมาย / ลงในวงเล็บ ( ) หน้าคำตอบที่ท่านเห็นว่าเหมาะสมที่สุด หรือกรอกข้อความหน้าช่องว่าง ข้อมูลที่ท่านตอบจะเป็นประโยชน์อย่างยิ่งสำหรับงานวิจัยนี้เนื่องจากต้องการพัฒนาผลิตภัณฑ์ให้มีลักษณะเหมาะสมตรงกับความต้องการของผู้บริโภคและเพื่อที่จะสามารถนำไปสู่ระบบอุตสาหกรรมในอนาคต โดยข้อมูลเหล่านี้จะไม่มีผลกระทบใด ๆ ต่อท่านทั้งสิ้น ขอขอบพระคุณท่านที่ได้ให้ความร่วมมือมา ณ ที่นี้ด้วย

ข้อมูลเกี่ยวกับพฤติกรรมการซื้อ

คำอธิบาย : อาหารปรุงสำเร็จ หมายถึง อาหารสำเร็จรูปพร้อมรับประทานที่ซื้อตามร้านขายอาหารหรือตลาด เช่น อาหารถุง หรือหมายถึงอาหารกึ่งสำเร็จรูปที่ต้องนำมาปรุงหรือให้ความร้อน เพิ่มอีกเล็กน้อยก่อนรับประทานมีจำหน่ายตามซุปเปอร์มาร์เก็ต เช่น ทอดมัน แกงเผ็ด และบะหมี่กึ่งสำเร็จรูป เป็นต้น

1. อาหารมื้อใดที่ท่านหรือคนในครอบครัวของท่าน จะซื้ออาหารปรุงสำเร็จมารับประทานบ่อยที่สุด (ตอบได้มากกว่า 1 มื้อ)

( ) เช้า ( ) กลางวัน

( ) เย็น ( ) ไม่มี

2. สถานที่ที่ท่านนิยมไปรับประทานอาหารปรุงสำเร็จ หรือซื้อมารับประทานในบ้านบ่อยครั้งที่สุด

( ) โวค ( ) โรงช้าง ( ) โรงอาหารหลังดิกฟิสิกส์

( ) คาเฟต ( ) สโมสรอาจารย์

( ) นอกมหาวิทยาลัย ระบุ.....

3. เหตุผลที่ท่านเลือกซื้ออาหารปรุงสำเร็จ (ตอบได้มากกว่า 1 ข้อ)

( ) ไม่มีเวลาในการประกอบอาหาร

( ) ราคาอาหารไม่แพง

( ) เปลี่ยนบรรยากาศ

( ) ไม่มีสถานที่ในการประกอบอาหาร

( ) จำนวนสมาชิกในครอบครัวน้อย

( ) อื่น ๆ ระบุ.....

ข้อมูลเกี่ยวกับพฤติกรรมการบริโภค

4. ท่านชอบรับประทานผลิตภัณฑ์จากเนื้อปลาหรือไม่

( ) ชอบ ( ) เฉย ๆ ( ) ไม่ชอบ เพราะ.....

5. ท่านเคยรับประทานผลิตภัณฑ์ห่อหมกหรือไม่

( ) เคยรับประทาน ( ) ไม่เคยรับประทาน เพราะ.....

6. ท่านชอบรับประทานผลิตภัณฑ์ห่อหมกปลาหรือไม่

( ) ชอบ ( ) เฉย ๆ ( ) ไม่ชอบ เพราะ.....

7. กรุณาเรียงลำดับความสำคัญของเหตุผลในการเลือกซื้อผลิตภัณฑ์ห่อหมกจาก 1 ถึง 6 โดยกำหนดให้

1 = มีความสำคัญมากที่สุด 2 = มีความสำคัญมาก

3 = มีความสำคัญพอสมควร 4 = มีความสำคัญน้อย

5 = มีความสำคัญน้อยมาก 6 = ไม่มีความสำคัญ

( ) ราคา ( ) ความสะดวกในการซื้อและการบริโภค

( ) รสชาติ ( ) ภาชนะบรรจุ

( ) ลักษณะปรากฏ เช่น สี ( ) คุณค่าทางอาหาร

ข้อมูลเกี่ยวกับผลิตภัณฑ์

8. กรุณาชิมตัวอย่างที่เสนอให้และขีดเครื่องหมาย / ในช่องที่ตรงกับความรู้สึกของท่านมากที่สุด

ความชอบ ปัจจัยคุณภาพ	ไม่ชอบมากที่สุด	ไม่ชอบมาก	ไม่ชอบปานกลาง	ไม่ชอบเล็กน้อย	เฉย ๆ	ชอบเล็กน้อย	ชอบปานกลาง	ชอบมาก	ชอบมากที่สุด
ลักษณะปรากฏทั่วไป สี กลิ่น รสชาติ เนื้อสัมผัส ความชอบรวม									

9. ท่านยอมรับผลิตภัณฑ์ที่ชิมนี้เพียงใด โปรดระบุระดับการยอมรับ

ระดับการยอมรับ	มากที่สุด	มาก	ปานกลาง	น้อย	น้อยที่สุด
กรุณาใส่เครื่องหมาย /					

10. ถ้ามีผลิตภัณฑ์ชนิดนี้จำหน่าย ท่านจะซื้อหรือไม่

( ) ซื้อ ( ) ไม่ซื้อ ( ) ไม่แน่ใจ เพราะ.....

11. ท่านคิดว่าภาชนะบรรจุของผลิตภัณฑ์เลียนแบบห่อหมกชนิดใดที่เหมาะสม

( ) A ( ) B ( ) เหมาะสมทั้ง A และ B

( ) ไม่เหมาะสมทั้ง A และ B (กรุณาตอบข้อ 12)

12. ในกรณีที่ท่านเห็นว่าไม่เหมาะสมทั้ง A และ B ท่านคิดว่าผลิตภัณฑ์เลียนแบบห่อหมกควรบรรจุอยู่ในภาชนะบรรจุประเภทใด

( ) กล่องพลาสติกใส ( ) กล่องพลาสติกทึบ

( ) ถุงพลาสติก ( ) อื่น ๆ ระบุ.....

13. จำนวนชิ้นผลิตภัณฑ์ต่อภาชนะบรรจุ (12 ชิ้น) เหมาะสมหรือไม่

( ) เหมาะสม ( ) ไม่เหมาะสม เพราะ.....

14. ถ้ามีผลิตภัณฑ์เศษเนื้อปลาทูน่าปรุงรสห่อด้วยผักแช่เยือกแข็ง จำนวน 12 ชิ้นต่อถาด จำหน่าย ท่านคิดว่าควรจำหน่ายในราคาเท่าใด

( ) 20 บาท ( ) 25 บาท

( ) 30 บาท ( ) อื่น ๆ ระบุ ..... บาท

ข้อมูลเกี่ยวกับผู้ตอบแบบสอบถาม

15. เพศ

( ) ชาย ( ) หญิง

16. อายุ

( ) ต่ำกว่า 20 ปี ( ) 21-25 ปี

( ) 26-30 ปี ( ) 31-35 ปี

( ) 36-40 ปี ( ) มากกว่า 40 ปีขึ้นปี

17. สถานะ

( ) โสด ( ) แต่งงานแล้ว ( ) หย่าร้าง

18. อาชีพ

( ) นักศึกษา ( ) ลูกจ้าง ( ) ข้าราชการ

( ) อาจารย์ ( ) อื่น ๆ ระบุ.....

19. รายได้ต่อเดือนของท่าน

( ) ต่ำกว่า 2,000 บาท ( ) 2,000-4,000 บาท

( ) 4,001-6,000 บาท ( ) 6,001-8,000 บาท

( ) มากกว่า 8,000 บาทขึ้นไป

20. ท่านเสียค่าใช้จ่ายสำหรับค่าอาหารต่อวันประมาณเท่าไร

( ) ต่ำกว่า 50 บาท ( ) 50-80 บาท

( ) 81-120 บาท ( ) มากกว่า 120 บาท

21. จำนวนบุคคลในครอบครัวของท่านรวมทั้งตัวท่านที่รับประทานอาหารกับท่านเป็นประจำ

( ) 1 คน ( ) 2-3 คน

( ) 4-6 คน ( ) มากกว่า 6 คน

ภาคผนวก ค. ตารางการวิเคราะห์ความแปรปรวนทางสถิติ

ตารางภาคผนวกที่ ค1 ค่าความแปรปรวนของคะแนนการยอมรับคุณภาพทางประสาทสัมผัสของผลิตภัณฑ์ที่คัดเลือกสัดส่วนผสมระหว่างเศษเนื้อสีดำต่อเศษเนื้อสีขาวต่อเศษผัก

คุณภาพ	SV	df	SS	MS	F
สี	Block	39	179.79	4.61	5.24**
	Treatment	2	5.42	2.71	3.08ns
	Error	78	68.58	0.88	
	Total	119	253.79	2.13	
กลิ่น	Block	39	203.26	5.21	6.72**
	Treatment	2	0.20	0.10	0.13ns
	Error	78	60.47	0.78	
	Total	119	263.93	2.22	
รสชาติ	Block	39	147.70	3.79	3.54**
	Treatment	2	1.22	0.61	0.57ns
	Error	38	83.45	1.07	
	Total	119	232.37	1.95	

ตารางภาคผนวกที่ ค1 (ต่อ)

คุณภาพ	SV	df	SS	MS	F
เนื้อสัมผัส	Block	39	202.93	5.20	7.58**
	Treatment	2	1.12	0.56	0.81ns
	Error	38	53.55	0.69	
	Total	119	257.59	2.17	
คุณลักษณะรวม	Block	39	168.93	4.33	4.65**
	Treatment	2	0.07	0.03	0.04ns
	Error	78	72.60	0.93	
	Total	119	241.59	2.03	

** = มีความแตกต่างทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญยิ่ง (P<0.01)

ns = ไม่มีความแตกต่างทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญ (P>0.05)

ตารางภาคผนวกที่ ค2 ค่าความแปรปรวนของคะแนนการยอมรับคุณภาพทางประสาทสัมผัสของผลิตภัณฑ์ที่ใช้กระบวนการแช่เยือกแข็งและบรรจุภัณฑ์ย่อยต่างกัน

คุณภาพ	SV	DF	SS	MS	F
สี	Treatment	3	0.30	0.10	0.08^{ns}
	Error	36	42.80	1.19	
	Total	39	43.10	1.11	
กลิ่น	Treatment	3	0.40	0.13	0.15^{ns}
	Error	36	33.20	0.92	
	Total	39	33.60	0.86	
รสชาติ	Treatment	3	0.30	0.10	0.12^{ns}
	Error	36	29.60	0.82	
	Total	39	29.90	0.77	
เนื้อสัมผัส	Treatment	3	0.20	0.07	0.08^{ns}
	Error	36	29.40	0.82	
	Total	39	29.60	0.76	
คุณลักษณะรวม	Treatment	3	0.20	0.07	0.12^{ns}
	Error	36	19.40	0.54	
	Total	39	19.60	0.50	

^{ns} = ไม่มีความแตกต่างทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญ (P>0.05)

ตารางภาคผนวกที่ ค3 ค่าความแปรปรวนของคุณภาพทางเคมีของผลิตภัณฑ์เช่เยือกแข็งจากเศษเนื้อปลาทูน่าปรุงรสห่อด้วยผักที่บรรจุถาดโฟมพีเอสและถาดพลาสติกพีวีซี หุ้มด้วยฟิล์มยืดพีวีซีระหว่างการเก็บรักษาที่ -20 °ซ เป็นเวลา 3 เดือน

คุณภาพ	SV	DF	SS	MS	F
ความชื้น	Treatment	7	1.49	0.21	<1
	Product (p)	1	0.07	0.07	<1
	Time (t)	3	1.20	0.40	<1
	p x t	3	0.22	0.07	<1
	Error	24	31.56	1.31	
	Total	31	33.04		
ไขมัน	Treatment	7	1.02	0.15	<1
	Product (p)	1	0.10	0.10	<1
	Time (t)	3	0.86	0.29	<1
	p x t	3	0.06	0.02	<1
	Error	24	22.50	0.94	
	Total	31	23.52		
โปรตีน	Treatment	7	0.15	0.02	<1
	Product (p)	1	0.00	0.00	<1
	Time (t)	3	0.10	0.03	<1
	p x t	3	0.04	0.01	<1
	Error	24	1.93	0.08	<1
	Total	31	2.09		

ตารางภาคผนวกที่ ค3 (ต่อ)

คุณภาพ	SV	DF	SS	MS	F
เถ้า	Treatment	7	0.01	0.00	<1
	Product (p)	1	0.00	0.00	<1
	Time (t)	3	0.00	0.00	<1
	p x t	3	0.01	0.00	<1
	Error	24	0.20	0.01	
	Total	31	0.21		
พีเอช	Treatment	7	0.02	0.00	2.33^{ns}
	Product (p)	1	0.00	0.00	<1
	Time (t)	3	0.02	0.01	5.00^{**}
	p x t	3	0.00	0.00	<1
	Error	24	0.03	0.00	
	Total	31	0.05		
ทีบีเอ	Treatment	7	3.87	0.55	103.88^{**}
	Product (p)	1	0.02	0.02	3.67^{ns}
	Time (t)	3	3.84	1.28	240.82^{**}
	p x t	3	0.06	0.00	<1
	Error	24	0.13	0.01	
	Total	31	3.99		

ตารางภาคผนวกที่ ค3 (ต่อ)

คุณภาพ	SV	DF	SS	MS	F
ฮีสตามีน	Treatment	7	0.92	0.13	1.03^{ns}
	Product (p)	1	0.46	0.46	3.59^{ns}
	Time (t)	3	0.42	0.14	1.10^{ns}
	p x t	3	0.04	0.01	<1
	Error	24	3.07	0.13	
	Total	31	3.99		

** = มีความแตกต่างทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญยิ่ง (P<0.01)

ns = ไม่มีความแตกต่างทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญ (P>0.05)

ตารางภาคผนวกที่ ค4 ค่าความแปรปรวนของคุณภาพทางจุลินทรีย์ของผลิตภัณฑ์แช่เยือกแข็งจากเศษเนื้อปลาทูน่าปรุงรสห่อด้วยผักที่บรรจุถาดโฟมพีเอสและถาดพลาสติกพีวีซี หุ้มด้วยฟิล์มยืดพีวีซีระหว่างการเก็บรักษาที่ -20 °ซ เป็นเวลา 3 เดือน

คุณภาพ	SV	DF	SS	MS	F
จุลินทรีย์ทั้งหมด	Treatment	7	12127.62	1732.52	16.24**
	Product (p)	1	3.38	3.38	<1
	Time (t)	3	12119.01	4039.67	37.86**
	p x t	3	5.23	1.74	<1
	Error	24	2560.68	106.69	
	Total	31	14688.30		

** = มีความแตกต่างทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญยิ่ง (P<0.01)

ตารางภาคผนวกที่ ค5 ค่าความแปรปรวนของคะแนนการยอมรับคุณภาพทางประสาทสัมผัสของผลิตภัณฑ์แช่เยือกแข็งจากเศษเนื้อปลาทูน่าปรุงรสห่อด้วยผักที่บรรจุถาดโฟมพีเอสและถาดพลาสติกพีวีซี หุ้มด้วยฟิล์มยืดพีวีซี ระหว่างการเก็บรักษาที่ -20 °ซ เป็นเวลา 3 เดือน

คุณภาพ	SV	DF	SS	MS	F
สี	Treatment	7	16.90	2.41	2.25*
	Product (p)	1	0.25	0.25	<1
	Time (t)	3	16.53	5.51	5.15**
	p x t	3	0.11	0.04	<1
	Error	72	77.08	1.07	
	Total	79	93.97		
กลิ่น	Treatment	7	7.75	1.11	1.21ns
	Product (p)	1	0.01	0.01	<1
	Time (t)	3	7.68	2.56	2.79*
	p x t	3	0.06	0.02	<1
	Error	72	65.95	0.92	
	Total	79	73.70		
รสชาติ	Treatment	7	9.12	1.30	1.11ns
	Product (p)	1	0.15	0.15	<1
	Time (t)	3	8.88	2.96	2.53ns
	p x t	3	0.08	0.03	<1
	Error	72	84.22	1.17	
	Total	79	93.35		

ตารางภาคผนวกที่ ค5 (ต่อ)

คุณภาพ	SV	DF	SS	MS	F
เนื้อสัมผัส	Treatment	7	10.10	1.44	1.24^{ns}
	Product (p)	1	0.00	0.00	<1
	Time (t)	3	9.78	3.26	2.79*
	p x t	3	0.33	0.11	<1
	Error	72	84.10	1.17	
	Total	79	94.20		
คุณลักษณะรวม	Treatment	7	7.49	1.07	1.03^{ns}
	Product (p)	1	0.31	0.31	<1
	Time (t)	3	7.11	2.37	2.28^{ns}
	p x t	3	0.06	0.02	<1
	Error	72	74.90	1.04	
	Total	79	82.39		

** = มีความแตกต่างทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญยิ่ง (P<0.01)

* = มีความแตกต่างทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญ (P<0.05)

ns = ไม่มีความแตกต่างทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญ (P>0.05)

ภาคผนวก ง การประเมินต้นทุนการผลิตผลิตภัณฑ์แช่เยือกแข็งจากเศษเนื้อปลาทูน่าปรุงรสห่อด้วยผัก (เฉพาะวัสดุสิ้นเปลือง)

1. ต้นทุนวัตถุดิบที่ใช้ในการผลิต ผลิตภัณฑ์แช่เยือกแข็งจากเศษเนื้อปลาทูน่าปรุงรสห่อด้วยผักมีราคาดังตารางภาคผนวกที่ ง1

ตารางภาคผนวกที่ ง1 ราคาวัตถุดิบที่ใช้ผลิตผลิตภัณฑ์

วัตถุดิบ	บาทต่อกิโลกรัม
กะหล่ำปลี	16.00
เศษเนื้อสีขาวปลาทูน่า	27.00
เศษเนื้อสีดำปลาทูน่า	2.50
ผักชี	20.00
พริกชี้ฟ้าแดง	15.00
ใบมะกรูด	15.00
ไข่ไก่	34.00
น้ำปลา	28.00
กะทิผง	122.00
น้ำพริกแกงแดง	140.00

2. ต้นทุนบรรจุภัณฑ์ มีราคาดังนี้

ถาดโฟมพีเอส	100 ถาด	ราคา	45	บาท
ถาดพลาสติกพีวีซี	100 ถาด	ราคา	90	บาท
ฟิล์มยืดพีวีซีขนาดความยาว 30 เมตร		ราคา	35	บาท
(ใช้ความยาว 20 เซนติเมตรต่อหน่วยภาชนะบรรจุ)				
กล่องกระดาษ จำนวน 100 กล่อง		ราคา	88	บาท

3. การคำนวณต้นทุนค่ากระแสไฟฟ้าสำหรับการผลิตผลิตภัณฑ์

กำลังการผลิตของห้องแช่เยือกแข็งแบบกระแสลมเป่าผลิตได้ครั้งละ 31.5 กิโลกรัม กระแสไฟฟ้า มีอัตราค่าไฟฟ้าในช่วงต่าง ๆ ดังตารางภาคผนวกที่ ง2

ตารางภาคผนวกที่ ง2 ค่าไฟฟ้าโดยคำนวณจากจำนวนกิโลวัตต์-ชั่วโมงหรือยูนิต

จำนวนกิโลวัตต์-ชั่วโมง (KW/hr.)	ราคาต่อหน่วยกิโลวัตต์-ชั่วโมง (บาท)
0 - 5	1.00
6 - 15	0.70
16 - 25	0.90
26 - 35	1.17
35 - 100	1.67

ที่มา : ข้อมูลจากการสอบถามเจ้าหน้าที่การไฟฟ้าฝ่ายผลิตแห่งประเทศไทย จังหวัดสงขลา (2536)

วิธีการแช่เยือกแข็งแบบกระแสลมเป่า

ห้อง Air Blast Freezer รุ่น PK 64 จากบริษัทพัฒนกลการ จำกัด

สารทำความเย็นที่ใช้เป็น Freon 502 มีปริมาณทำความเย็น 5783.5 Kcal/h.

ที่อุณหภูมิทางดูด -25 °ซ ขับด้วยสายพานตัววีกับมอเตอร์มีส่วนประกอบที่สำคัญคือ

- คอนเดนเซอร์ ระบายความร้อนด้วยอากาศ
- คอมเพรสเซอร์ "BITZER" โมเดล V แบบเปิด ชนิดลูกสูบอัดชั้นเดียว

มอเตอร์ 5.50 แรงม้า หรือเท่ากับ 4.103 กิโลวัตต์

ค่าไฟฟ้า : ถาดโฟมพีเอส เวลาที่ใช้ในการแช่เยือกแข็ง 21 ชั่วโมง

พลังงานไฟฟ้าที่ใช้ 86.163 กิโลวัตต์-ชั่วโมง (4.103 KW x 21 h.)

ค่าไฟฟ้าที่ใช้ = (5x1)+(10x0.7)+(20x0.90)+(30x1.17)+(21.163x1.67)

= 100.442 บาทต่อการผลิต 1 ครั้ง

: ถาดพลาสติกพีวีซี เวลาที่ใช้ในการแช่เยือกแข็ง 18 ชั่วโมง

พลังงานไฟฟ้าที่ใช้ 73.854 กิโลวัตต์-ชั่วโมง (4.103 KW x 18 h.)

ค่าไฟฟ้าที่ใช้ = (5x1)+(10x0.7)+(20x0.90)+(30x1.17)+(8.854x1.67)

= 79.886 บาทต่อการผลิต 1 ครั้ง

4. การคำนวณต้นทุนราคาแก๊สสำหรับการผลิตผลิตภัณฑ์

ราคาแก๊ส 160 บาทต่อการใช้ 180 ชั่วโมง

ค่าแก๊ส : ขั้นตอนการลวกผัก ใช้เวลา 3.15 ชั่วโมง

: ขั้นตอนการนึ่ง ใช้เวลา 15.90 ชั่วโมง

$$\text{คิดเป็นเงิน} = \frac{19.05}{180} \times 160 = 16.93 \text{ บาทต่อการผลิต 1 ครั้ง}$$

5. การคำนวณต้นทุนส่วนประกอบของผลิตภัณฑ์

ส่วนประกอบของผลิตภัณฑ์ 31.5 กิโลกรัม จะประกอบด้วย เศษเนื้อสีดำปลาทูน่า 9,481.5 ก., เศษเนื้อสีขาวปลาทูน่า 1,458.5 ก., น้ำปลา 1,165.5 ก., ไข่ไก่ 2,916.9 ก., กะทิผง 4,958.1 ก., น้ำพริกแกงแดง 2,916.9 ก., ใบมะกรูด 2,700 ก., พริกชี้ฟ้าแดง 3,600 ก., ใบผักชี 4,500 ก. และกะหล่ำปลี 57,194.6 ก.

ต้นทุนส่วนประกอบทั้งหมด = (9,481.5x0.0025)+(1,458.5x0.027)
+(1,165.5x0.028)+(2,916.9x0.034)
+(4,958.1x0.122)+(2,916.9x0.14)
+(2,700+0.015)+(3,600x0.015)
+(4,500x0.02)+(57,194.6x0.016)
= 2,307.76 บาทต่อการผลิต 1 ครั้ง

6. การคำนวณต้นทุนผลิตภัณฑ์แช่เยือกแข็งจากเศษเนื้อปลาทูน่าปรุงรสห่อด้วยผักส่วนผสม 31.5 กิโลกรัม สามารถนำมาผลิตเป็นผลิตภัณฑ์ได้จำนวน 450 ถาด (12 ชิ้นต่อถาด)

ต้นทุนผลิตภัณฑ์บรรจุถาดโฟมพีเอส 1 ถาด

= ต้นทุนภาชนะบรรจุ + ต้นทุนวัตถุดิบ + ต้นทุนแก๊ส + ต้นทุนการแช่เยือกแข็ง

= 1.563 + 5.128 + 0.038 + 0.223 = 6.952 บาทต่อถาด

ต้นทุนผลิตภัณฑ์บรรจุถาดพลาสติกพีวีซี 1 ถาด

= 2.013 + 5.128 + 0.038 + 0.178 = 7.357 บาทต่อถาด