รายงานการวิจัย พัฒนา และวิศวกรรมฉบับสมบูรณ์

รหัสโครงการ MZ-FD-42-005

การพัฒนาการผลิตซุปปลาทูน่าโปรตีนสูงจากน้ำนึ่งปลาทูน่า

Development of High Protein Tuna Soup Production from Tuna Condensate

คณะผู้วิจัย

นางก่องกาญจน์ กิจรุ่งโรจน์ ภาควิชาเทคโนโลยีอาหาร
นายศุภศิลป์ มณีรัตน์ ภาควิชาเทคโนโลยีชีวภาพ
นายเถวียน บัวตุ่ม ภาควิชาเทคโนโลยีอาหาร
คณะอุตสาหกรรมเกษตร มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์

เลขหมู่ TP370.3 ...
Bib Key 221193

สนับสนุนโครงการวิจัยโดยศูนย์พันธุวิศวกรรมและเทคโนโลยีชีวภาพแห่งชาติ
สำนักงานพัฒนาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีแห่งชาติ

บทคัดย่อ

จากการวิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมีของน้ำนึ่งปลาทูน่าที่แยกไขมันออก พบว่ามีปริมาณโปรตีน ไขมัน เถ้า เกลือและของแข็งทั้งหมด เท่ากับ ร้อยละ 6.0, 0.01, 1.58, 0.70 และ 8.3 ตามลำดับ มีปริมาณฮีสตามีน ไนอะซิน และค่าพีเอช เท่ากับ 9.3 พีพีเอ็ม 27.05 มิลลิกรัมต่อ 100 กรัม และ 6.42 ตามลำดับ กรดอะมิโนที่มีปริมาณสูง ได้แก่ ฮีสทิดีน ไกลซีน และกรดกลูตามิก จากการใช้เอนไซม์อัลคาเลสที่ระดับร้อยละ 0.025, 0.05, 0.075 และ 0.10 น้ำหนักโดยน้ำหนัก ที่ 55 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 1 ชั่วโมง พบว่าความเข้มข้นของเอนไซม์ไม่มีผลต่อการเพิ่มระดับการย่อยสลาย ($p>0.05$) และจากการทดสอบทางประสาทสัมผัสโดยวิธี Hedonic scale (9 คะแนน) ด้านลักษณะปรากฏ กลิ่นคาว กลิ่นรสและรสขม พบว่าผู้ทดสอบชอบตัวอย่างใช้เอนไซม์ระดับความเข้มข้นร้อยละ 0.05 ขึ้นไป การกรองน้ำนึ่งปลาทูน่าผ่านกระดาษกรองเบอร์หนึ่ง โดยใช้ diatomaceous earth ร้อยละ 1 เป็นสารช่วยกรองเป็นวิธีที่ดีที่สุดที่ทำให้ได้ผลิตภัณฑ์น้ำซุปที่มีความใสและไม่เกิดการตกตะกอนหลังจากการให้ความร้อนสูง (121 องศาเซลเซียส) การลดความคาวของน้ำซุป โดยการเติมเครื่องเทศ ได้แก่ ใบกระวาน ลูกผักชี ลูกจันทน์ ขิงและยี่หร่า ร้อยละ 0.5 ผลจากการทดสอบทางประสาทสัมผัสโดยวิธีพรรณนาเชิงปริมาณ (QDA) ใช้ผู้ทดสอบชิมที่ผ่านการฝึกฝน 15 คน พบว่าน้ำซุปที่เติมใบกระวาน ลูกผักชีและยี่หร่า มีคะแนนกลิ่นและกลิ่นรสคาวต่ำกว่าชุดควบคุม ($p<0.05$) และพบว่าการใช้ใบกระวานและลูกผักชีในอัตราส่วน 1:1 ในระดับร้อยละ 0.25 มีการยอมรับสูงสุดโดยวิธี Hedonic scale (9 คะแนน) นอกจากนี้การใช้ด่างกัมมันต์ร้อยละ 0.02 หรือสูงกว่า (ร้อยละ 0.4, 0.6, 0.8 และ 1.0) สามารถลดกลิ่นคาวและกลิ่นรสคาวของน้ำซุปปลาทูน่าเมื่อเทียบกับชุดควบคุม ($p<0.05$) เมื่อศึกษาการส่งผ่านความร้อนในการฆ่าเชื้อของน้ำซุปปลาทูน่าบรรจุกระป๋องขนาด 307x113 มีน้ำหนักบรรจุ 190 กรัม ทำการฆ่าเชื้อที่อุณหภูมิ 116 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 15 นาที พบว่า มีค่า F_0 เท่ากับ 4 ผลิตภัณฑ์น้ำซุปที่ได้มีปริมาณโปรตีนร้อยละ 6.2 ค่าพีเอชเท่ากับ 5.8 และผลิตภัณฑ์มีปริมาณกรดอะมิโนสูงกว่าน้ำนึ่งปลาทูน่าและมีปริมาณไนอะซิน 28.04 มิลลิกรัมต่อ 100 กรัม แต่วิตามินบีอื่นๆ ได้แก่ บี1 บี2 บี6 กรดเพนโทธินิก มีปริมาณน้อยมาก การศึกษาผลการเก็บรักษาที่อุณหภูมิห้องเป็นเวลา 3 เดือน ผลิตภัณฑ์น้ำซุปปลาทูน่าบรรจุกระป๋องมีค่า TBA ลดลงเล็กน้อย และการทดสอบทางประสาทสัมผัสโดยวิธี Multisample Difference Test (Rating) พบว่า ระยะเวลาเก็บรักษาไม่มีผลต่อกลิ่นและความใสแต่กลิ่นรสเปลี่ยนแปลงเล็กน้อย นอกจากนี้ตรวจไม่พบเชื้อจุลินทรีย์ทั้งหมดและจุลินทรีย์ที่สร้างสปอร์ทนร้อนตลอดระยะเวลาเก็บ 3 เดือน

การทดสอบผู้บริโภคจำนวน 200 คน พบว่าความชอบผลิตภัณฑ์ซุปปลาทูน่าสูงขึ้นเมื่ออายุของกลุ่มผู้ทดสอบสูงขึ้น ผู้บริโภคที่มีอายุสูงกว่า 36 ปี มีความชอบและความถี่ในการบริโภค

น้ำซุปโปรตีนสูงมากกว่าผู้บริโภคที่มีอายุต่ำกว่า 36 ปี คุณค่าทางอาหารและรสชาติเป็นปัจจัยสำคัญในการตัดสินใจซื้อผลิตภัณฑ์น้ำซุป ผู้บริโภคร้อยละ 49.2 มีความต้องการซื้อผลิตภัณฑ์น้ำซุปปลาทูน่า และผู้บริโภคร้อยละ 62.4 เห็นว่าราคาผลิตภัณฑ์ 40 บาท ต่อ 200 มิลลิลิตร เป็นราคาที่เหมาะสม นอกจากนี้ผู้บริโภคมีความชอบผลิตภัณฑ์น้ำซุปปลาทูน่าที่พัฒนามากกว่าน้ำซุปปลาทูน่าที่จำหน่ายในท้องตลาดในด้านลักษณะปรากฏ สี กลิ่นรสคาว ($p< 0.05$) ขณะที่ด้านกลิ่นคาวมีความชอบไม่แตกต่างกัน ($p> 0.05$)

Abstract

The separated-oil tuna condensate composed of 6.0% protein, 0.01% fat, 1.58% ash, 0.7% NaCl, 8.3% total solid, 9.3 ppm histamine, niacin 27.05 mg/100 g and pH 6.42. The major amino acids in tuna condensate were histidine, glycine and glutamic acid. The condensate was hydrolyzed by the Alcalase at the level of 0, 0.025, 0.05, 0.075, 0.10% (w/v) at 55 °C for 1 h. The enzyme hydrolyzed condensates showed no difference in the degree of hydrolysis ($p>0.05$). However, the results from Hedonic scale (appearance, fishy odour, fishy flavour and bitterness) showed panelists preferences to 0.05% or higher Alcalase added samples. The best clarifying process was obtained by filtration with 1% datomaceuos earth. To reduce unwanted flavour due to fishy odour, samples were seasoned with 0.5% either bay leaf, cumin seed, mace, coriander seed or ginger and evaluated by Quantitative Descriptive Analysis (QDA) with 15 trained panelists. The QDA results indicated that samples with bay leaf, cumin seed and coriander had significant lower fishy odour and flavour than the control ($p<0.05$). In addition, the results from 9-point hedonic scale showed 0.25% of bay leaf and coriander seed mixture (1:1) was the most acceptance sample. Addition of 0.02% or higher (0.4, 0.6, 0.8, 1.0) activated carbon resulted in less fish odour and flavour when compared to the control sample ($p<0.05$). The commercially sterilized process for can tuna soup (307x113 can, 190 g net weight) was 116 °C for 15 min (F_0= 4.0). The product obtained 6.2% protein, pH 5.8, 28.04 mg/ 100 g niacin and vitamin B1, B2, B6 and pantothenic acid were negligible. The amino acid content of the developed tuna soup is higher than that of tuna condensate. Storage stability of can tuna soup was carried out at room temperature (25-30 °C) for 3 months. Multisample Difference Test (Rating) results showed no change in off odour and clarily whereas off flavour slightly changed. In addition, the total bacteria, thermophilic spore were not found during 3 months of storage while TBA No. slightly decreased ($p<0.05$).

Consumer test was conducted with a total of 200 panelists. Consumers preference of high protein soup increased as age increased ($p<0.05$), particularly the age over 36. Those of the age over 36 consumed high protein soup more frequent than those of the younger age (15-35). Nutrition value and taste were the major determinant

for buying decision. Consumers generally preferred the developed tuna soup produced from tuna condensate over commercial tuna soup in terms of appearance, colour, and fishy flavour ($p<0.05$) but no significant difference in fishy odour. 4.92% of consumers were willing to buy the products and most consumer (62.4%) were willing to pay 40 Baht for 200 ml of tuna soup.

สารบาญ

	หน้า
บทนำ	1
ตรวจเอกสาร	
ปลาทูน่า	2
อุตสาหกรรมแปรรูปปลาทูน่า	2
ผลิตภัณฑ์ปลาทูน่าบรรจุกระป๋อง	2
ขั้นตอนการผลิตปลาทูน่าบรรจุกระป๋อง	3
วัสดุเศษเหลือจากอุตสาหกรรมแปรรูปปลาทูน่าบรรจุกระป๋อง	3
เอนไซม์ที่ใช้ในการย่อยสลายโปรตีน	5
โปรตีเอส	5
แหล่งของเอนไซม์โปรตีเอส	5
ประเภทของเอนไซม์โปรตีเอส	6
การใช้เอนไซม์โปรตีเอสย่อยสลายโปรตีน	8
คุณภาพทางประสาทสัมผัสของผลิตภัณฑ์โปรตีนที่ย่อยสลายด้วยเอนไซม์	8
ความขม	8
กลิ่นคาว	10
เครื่องเทศ	11
ใบกระวาน	11
ลูกผักชี	11
ยี่หร่า	12
ขิง	13
ลูกจันทน์และดอกจันทน์เทศ	13
วัตถุประสงค์ของโครงการวิจัย	15
วัสดุ อุปกรณ์	15
วิธีการทดลอง	15
ผลการทดลอง	22
สรุปผลการทดลอง	48
ข้อเสนอแนะ	50

สารบาญ (ต่อ)

	หน้า
เอกสารอ้างอิง	52
ภาคผนวก	57

สารบาญตาราง

ตารางที่	หน้า
1. องค์ประกอบทางเคมีของน้ำนึ่งปลาทูน่า	5
2. แหล่งและชนิดของเอนไซม์โปรตีเอสที่ใช้โดยทั่วไป	7
3. ระดับของการเกิดความขมจากสายเปปไทด์และอนุพันธ์ในการย่อยสลายโปรตีน	9
4. องค์ประกอบทางเคมีและจุลินทรีย์ของน้ำนึ่งปลาทูน่าที่แยกไขมันแล้ว	22
5. ปริมาณกรดอะมิโนในน้ำนึ่งปลาทูน่าที่แยกเอาไขมันออก	24
6. ผลการทดลองทางประสาทสัมผัสของซุปปลาทูน่าจากน้ำนึ่งปลาทูน่าที่ย่อยสลายด้วยเอนไซม์ Delvolase ในปริมาณต่างๆ	27
7. ผลการทดสอบทางประสาทสัมผัสของซุปปลาทูน่าที่ใช้เครื่องเทศชนิดต่างๆ ในการลดปัญหากลิ่นคาว	34
8. ผลการทดสอบทางประสาทสัมผัสโดยวิธี hedonic scale ของซุปปลาทูน่าที่ใช้เครื่องเทศชนิดต่างๆ ออกฤทธิ์ร่วมกันในการลดปัญหากลิ่นคาว	34
9. ผลการทดสอบทางประสาทสัมผัสโดยวิธี hedonic scale ของซุปปลาทูน่าที่ใช้เครื่องเทศระดับต่างๆ ในการลดปัญหากลิ่นคาว	35
10. คะแนนเฉลี่ยจากการทดสอบทางประสาทสัมผัสโดยใช้ QDA ของตัวอย่างน้ำซุปปลาทูน่าที่เติมถ่านกัมมันต์ในระดับต่างๆ	35
11. ผลการศึกษาการส่งผ่านความร้อนของผลิตภัณฑ์ซุปปลาทูน่าบรรจุกระป๋อง	36
12. ปริมาณกรดอะมิโนในน้ำนึ่งปลาทูน่าที่แยกเอาไขมันออก	38
13. ผลการเปลี่ยนแปลงของซุปปลาทูน่าบรรจุกระป๋องระหว่างการเก็บรักษา	39
14. ข้อมูลทั่วไปของผู้บริโภค	42
15. เปรียบเทียบอายุและรายได้	43
16. ความชอบในการบริโภคน้ำซุปโปรตีนสูง	44
17. ความถี่ในการบริโภคน้ำซุปโปรตีนสูง	44
18. ดัชนีความสำคัญของปัจจัยในการตัดสินใจซื้อน้ำซุปโปรตีนสูง	45
19. รสชาติของน้ำซุปโปรตีนสูง	45
20. คะแนนความชอบของตัวอย่างน้ำซุปปลาทูน่าที่พัฒนากับตัวอย่างน้ำซุปปลาทูน่าที่จำหน่ายในท้องตลาดจากการทดสอบชิมโดยใช้ Hedonic scale	46
21. ความต้องการซื้อผลิตภัณฑ์ซุปปลาทูน่าที่พัฒนาเมื่อมีจำหน่ายในท้องตลาด	46
22. ประเภทร้านค้าที่เหมาะสมในการจำหน่ายผลิตภัณฑ์น้ำซุปปลาทูน่าโปรตีนสูง	46

สารบาญภาพ

ภาพที่	หน้า
1. กระบวนการแปรรูปปลาทูน่าบรรจุกระป๋อง	4
2. ลักษณะของสายเปปไทด์ที่ทำให้เกิดความขมในการย่อยสลายโปรตีน	9
3. โครงสร้างของสารสำคัญในลูกผักชี	12
4. การผลิตซุปปลาทูน่าโดยวิธีการหมุนเหวี่ยงร่วมกับการกรองซุปปลาทูน่าที่ได้หลังการฆ่าเชื้อเมื่อใช้เอนไซม์ปริมาณต่างๆ ในการย่อยสลายน้ำนึ่งปลาทูน่า	17
5. ซุปปลาทูน่าที่ได้หลังการฆ่าเชื้อเมื่อใช้เอนไซม์ปริมาณต่างๆ ในการย่อยสลายน้ำนึ่งปลาทูน่า	25
6. การหาระดับการย่อยสลายของน้ำนึ่งปลาทูน่าเมื่อย่อยสลายด้วยเอนไซม์ปริมาณต่างๆ	27
7. ซุปปลาทูน่าที่ได้จากการผลิตโดยวิธีการหมุนเหวี่ยงและการกรอง	29
8. ซุปปลาทูน่าที่ได้จากการเติม diatomaceous earth ปริมาณต่างๆ ก่อนการกรอง	30
9. ซุปปลาทูน่าที่ได้จากการหมุนเหวี่ยง 10,000 รอบต่อนาที และเติม diatomaceous earth ปริมาณต่างๆ ก่อนการกรอง	31
10. ซุปปลาทูน่าที่ได้จากการหมุนเหวี่ยง 15,000 รอบต่อนาที และเติม diatomaceous earth ปริมาณต่างๆ ก่อนการกรอง	32
11. ลักษณะทางด้านประสาทสัมผัสของซุปปลาทูน่าระหว่างการเก็บรักษา	40

บทนำ

อุตสาหกรรมแปรรูปปลาทูน่าบรรจุกระป๋องเป็นอุตสาหกรรมที่ทำรายได้เข้าประเทศเป็นจำนวนมาก ในปี พ.ศ. 2542 มีการส่งออกปลาทูน่าบรรจุกระป๋องคิดเป็นมูลค่า 21,885.7 ล้านบาท (ชฎา บุญจร, 2543) การผลิตปลาทูน่าบรรจุกระป๋องก่อให้เกิดวัสดุเศษเหลือที่เป็นของแข็งและของเหลว โดยมีวัสดุเศษเหลือที่เป็นของแข็ง คือ เครื่องใน เศษเนื้อดำและหนัง หัวและก้างปลา สำหรับวัสดุเศษเหลือที่เป็นของเหลว คือ เลือดปลา น้ำนึ่งปลา วัสดุเศษเหลือที่เป็นของแข็งส่วนใหญ่ใช้ทำเป็นปลาป่นเพื่อนำไปเลี้ยงสัตว์ แต่วัสดุเศษเหลือที่เป็นของเหลวจะปล่อยทิ้งไป ซึ่งก่อให้เกิดปัญหากับการบำบัดน้ำเสีย เนื่องจากยังมีสารประกอบอินทรีย์อยู่สูง โดยเฉพาะน้ำนึ่งปลาทูน่าพบว่า มีไขมัน โปรตีน ของแข็งทั้งหมด เท่ากับร้อยละ 0.20, 5.63 และ 9.35 ตามลำดับ และซีโอดีเท่ากับ 66,573 มิลลิกรัมต่อลิตร จากการสอบถามโรงงานแปรรูปปลาทูน่าบรรจุกระป๋องในเขตจังหวัดสงขลา ทั้งหมด 4 โรงงาน ในปี พ.ศ. 2543 ได้แก่ บริษัท โชติวัฒน์อุตสาหกรรมการผลิต จำกัด (มหาชน) บริษัท สงขลาแคนนิ่ง จำกัด (มหาชน) บริษัท ทรอปิคอลแคนนิ่ง และบริษัท รอแยลแคนนิ่ง ซึ่งมีกำลังการผลิตประมาณ 100-120 ตันต่อวัน ทำให้มีน้ำนึ่งปลาเกิดขึ้นประมาณร้อยละ 25 คิดเป็นปริมาณ 25-30 ตันต่อวัน

การนำน้ำนึ่งปลาทูน่ามาใช้ประโยชน์โดยใช้เป็นวัตถุดิบในการผลิตผลิตภัณฑ์หลายชนิดในระดับอุตสาหกรรม เช่น น้ำมันปลา เจลาติน อาหารแมวบรรจุกระป๋อง น้ำสกัดเข้มข้นจากปลา นอกจากนี้มีการศึกษาถึงแนวทางในการนำน้ำนึ่งปลาทูน่ามาผลิตเป็นผลิตภัณฑ์อื่นๆ ที่มีมูลค่าสูงอีก เช่น การผลิตโปรตีนไฮโดรไลเสทเพื่อใช้เป็นเครื่องปรุงแต่งกลิ่นรสในอาหาร เครื่องปรุงซุปปลาอัดก้อนในบะหมี่กึ่งสำเร็จรูป และซอสปรุงรส ซึ่งเป็นการเพิ่มมูลค่าของวัสดุเศษเหลือและลดต้นทุนการบำบัดน้ำเสียของโรงงานด้วย

ปลาทูน่า

ปลาทูน่าจัดเป็นปลากระดูกแข็งและเป็นปลาผิวน้ำ ออกหากินเป็นฝูง เคลื่อนที่ว่องไว มีกล้ามเนื้อแข็งแรง อาศัยอยู่ตามบริเวณชายฝั่งและเขตน้ำลึก กินอาหารประเภทแพลงค์ตอน บางพันธุ์กินเนื้อ เช่น ปลา ปลาหมึก กุ้ง เป็นอาหาร ปลาทูน่าจัดอยู่ในครอบครัว Scombroidae วงศ์ Thunnidae ปลาทูน่าที่สำคัญที่นิยมนำมาแปรรูป ได้แก่ ปลาทูน่าพันธุ์โอแถบ (skipjack tuna, *Ketsuwonas pelamis*) ปลาทูน่าพันธุ์ครีบเหลือง (yellowfin tuna, *Thunnus albacores*) ปลาทูน่าพันธุ์ครีบยาว (albacoer tuna, *Thunnus alalunga*) ปลาทูน่าพันธุ์โอลาย (eastern little tuna, *Euthynus affinis*) และปลาทูน่าพันธุ์โอดำ (longtail tuna, *Thunnus longgol*) (วิมล เหมะจันทร, 2528)

ปลาทูน่าจัดเป็นปลาที่มีไขมันต่ำ (น้อยกว่าร้อยละ 5) แต่มีโปรตีนสูง (มากกว่าร้อยละ 15) ปริมาณของไขมัน โปรตีน และสารอื่นๆ ในปลาทูน่ามีความแตกต่างกันตามสายพันธุ์ (Kinsella, 1988) กล้ามเนื้อปลาทูน่าแบ่งออกเป็น 2 ชนิด คือ กล้ามเนื้อสีขาว (ordinary muscle) และกล้ามเนื้อสีดำ (dark muscle) โดยทั่วไปปลาทูน่ามีปริมาณกล้ามเนื้อสีดำมากกว่าร้อยละ 12 ของกล้ามเนื้อทั้งหมด ซึ่งพบอยู่ตามเส้นข้างลำตัว (Stansby, 1982)

อุตสาหกรรมแปรรูปปลาทูน่า

ปลาทูน่าจัดเป็นสัตว์น้ำที่มีความสำคัญในอุตสาหกรรมอาหาร เนื่องจากผู้บริโภคตระหนักได้ว่า ปลาทูน่าเป็นอาหารที่สามารถทดแทนเนื้อสัตว์ประเภทอื่น มีราคาไม่แพง และให้คุณค่าทางโภชนาการสูง เช่น กรดอะมิโนที่จำเป็นต่อร่างกาย และกรดไขมันไม่อิ่มตัวสูงชนิดโอเมกา-3 ซึ่งสามารถป้องกันหรือลดความเสี่ยงในการเป็นโรคต่างๆ เช่น โรคหัวใจ โรคความดันโลหิตสูง โรคไขข้ออักเสบ โรคมะเร็ง เป็นต้น (Kinsella, 1988) นอกจากนี้ยังมีบทบาทสำคัญในการพัฒนาสมองโดยเฉพาะด้านความจำและการเรียนรู้ การมองเห็น (Connor *et al.*, 1992; Suzuki, 1993) อีกด้วย อุตสาหกรรมแปรรูปปลาทูน่าของไทยสามารถนำรายได้เข้าประเทศปีละไม่ต่ำกว่า 20,000 ล้านบาท ในช่วงปี 2540-2542 (ชฎา บุญจร, 2543) โดยส่วนใหญ่ส่งออกในรูปของผลิตภัณฑ์ปลาทูน่าบรรจุกระป๋อง

ผลิตภัณฑ์ปลาทูน่าบรรจุกระป๋อง

ปลาทูน่านิยมนำมาแปรรูปเป็นปลาทูน่าบรรจุกระป๋อง โดยจะใช้ส่วนเนื้อขาวบรรจุกระป๋องแล้วเติมส่วนของของเหลว ได้แก่ น้ำมัน น้ำเกลือ และซอสมะเขือเทศ การแบ่งชั้นของผลิตภัณฑ์จะแบ่งตามขนาดของชิ้นเนื้อและสีของเนื้อปลา (อัจฉริยา เชื้อช่วยชู, 2539)

ขั้นตอนการผลิตปลาทูน่าบรรจุกระป๋อง

การผลิตปลาทูน่าบรรจุกระป๋องมีกระบวนการผลิตและวัสดุเศษเหลือเกิดขึ้น แสดงดังภาพที่ 1

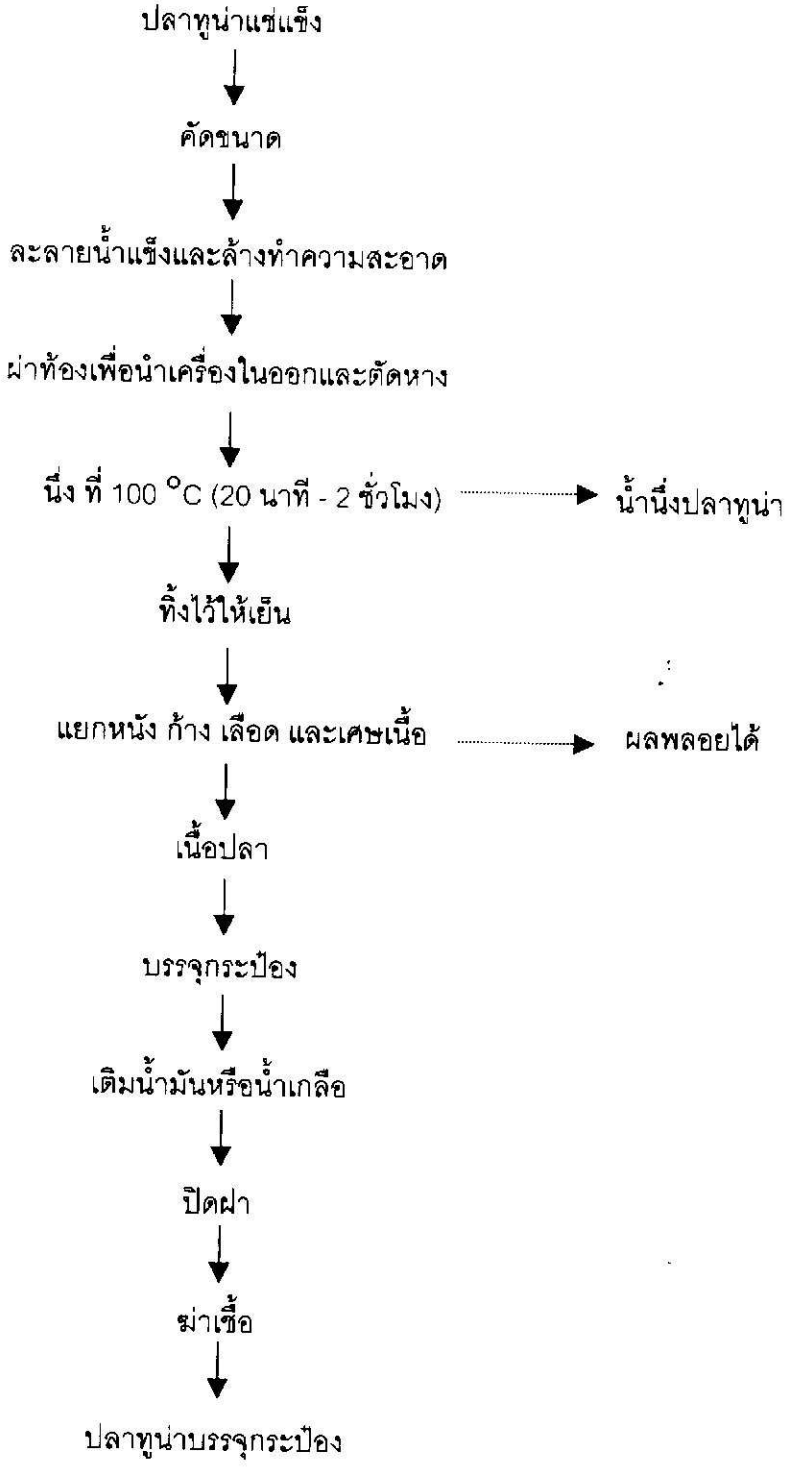
วัสดุเศษเหลือจากอุตสาหกรรมแปรรูปปลาทูน่าบรรจุกระป๋อง

จากแนวโน้มการขยายตัวของอุตสาหกรรมแปรรูปปลาทูน่าบรรจุกระป๋องที่เพิ่มขึ้นส่งผลให้มีปริมาณของวัสดุเศษเหลือเพิ่มมากขึ้นเป็นลำดับ สุมาลัย ศรีกำไลทอง และคณะ (2538) สำรวจโรงงานแปรรูปปลาทูน่าบรรจุกระป๋องในประเทศไทยจำนวนทั้งหมด 21 โรงงาน ในปี พ.ศ. 2537 พบว่ามีกำลังการผลิตทั้งสิ้น 647,000 ตันปลาสดต่อปี จากกระบวนการแปรรูปปลาทูน่าบรรจุกระป๋อง ดังภาพที่ 1 ได้ผลผลิตเนื้อปลาร้อยละ 35 วัสดุเศษเหลืออื่นๆ ประกอบด้วย วัสดุเศษเหลือที่เป็นของแข็ง ได้แก่ หัว หาง ก้าง และหนังปลาร้อยละ 28-30 ไส้ปลาร้อยละ 5-7 และวัสดุเศษเหลือที่เป็นของเหลว ได้แก่ เลือดปลาร้อยละ 10-12 และน้ำนึ่งปลาร้อยละ 20 การใช้ประโยชน์จากวัสดุเศษเหลือเหล่านี้ จึงเป็นอีกแนวทางหนึ่งที่ช่วยลดต้นทุนการผลิต โดยนำวัสดุเศษเหลือเหล่านี้ไปใช้เป็นวัตถุดิบในการผลิตผลิตภัณฑ์ต่างๆ

น้ำนึ่งปลาทูน่า เป็นของเสียที่เกิดขึ้นในขั้นตอนการทำให้สุกในระยะเริ่มต้น (Pre-Cooking) ของกระบวนการผลิตปลาทูน่าบรรจุกระป๋อง ซึ่งให้ความร้อนโดยใช้ไอน้ำ ไอน้ำจะไปทำให้น้ำและสารประกอบพวกโปรตีนที่ละลายน้ำ เช่น เจลาติน ถูกสกัดออกจากตัวปลามาสะสมอยู่ในน้ำนึ่งปลารวมทั้งไขมันด้วย

จากการศึกษาการนำน้ำนึ่งปลาทูน่าซึ่งเป็นวัสดุเศษเหลือจากโรงงานมาใช้ประโยชน์ พบว่าน้ำนึ่งปลาทูน่ามีลักษณะเป็นสีน้ำตาลอ่อนถึงสีน้ำตาลเข้ม มีความข้นหนืด มีกลิ่นคาวจัดและมีชั้นไขมันบางๆ ลอยอยู่บริเวณผิวหน้า โดยน้ำนึ่งปลาทูน่าจากโรงงานโชติวัฒน์อุตสาหกรรมการผลิต และจากโรงงานทรอปิคอลแคนนิ่ง มีองค์ประกอบทางเคมี แสดงดังตารางที่ 1

ปัจจุบันมีการนำน้ำนึ่งปลาทูน่ามาใช้ประโยชน์ โดยใช้เป็นวัตถุดิบในการผลิตผลิตภัณฑ์หลายชนิดในระดับอุตสาหกรรม เช่น น้ำมันปลา เจลาติน อาหารแมวบรรจุกระป๋อง น้ำสกัดเข้มข้นจากปลา (fish extract) นอกจากนี้มีการศึกษาถึงแนวทางในการนำน้ำนึ่งปลาทูน่ามาผลิตเป็นผลิตภัณฑ์อื่นๆ ที่มีมูลค่าสูงอีก เช่น การผลิตโปรตีนไฮโดรไลเสทเพื่อใช้เป็นสารปรุงแต่งกลิ่นรสอาหาร (อาภัสรา สุขเจริญศักดิ์กุล, 2535) การผลิตโปรตีนไฮโดรไลเสทเพื่อใช้ในผลิตภัณฑ์บาบีคิวไก่ย่างและเครื่องปรุงซุปปลาอัดก้อนในบะหมี่กึ่งสำเร็จรูป (บุศราภา ลีละวัฒน์ และปราณี อ่านเปรื่อง, 2536) การผลิตซอสปรุงรส (อัญชลี สาระโบก, 2540)



ภาพที่ 1 กระบวนการแปรรูปปลาทูน่าบรรจุกระป๋อง

ที่มา : สุมาลัย ศรีกำไลทอง และคณะ (2538)

ตารางที่ 1 องค์ประกอบทางเคมีของน้ำนึ่งปลาทูน่า

องค์ประกอบ	ค่าวิเคราะห์
พีเอช	6.05-6.09
ไขมัน (ร้อยละ)	0.20-3.22
โปรตีน (ร้อยละ)	4.76-5.63
ของแข็งทั้งหมด (ร้อยละ)	8.22-9.35
ซีโอดี (มิลลิกรัมต่อลิตร)	66,573-157,080

ที่มา : สุวิทย์ สุวรรณโน (2539) และ ชุดินุช สุจริต (2540)

เอนไซม์ย่อยสลายโปรตีน

เอนไซม์เป็นโปรตีนที่สามารถทำหน้าที่เป็นตัวเร่งปฏิกิริยาทางชีวเคมี มีคุณสมบัติไม่ทนต่อความร้อน มีมวลโมเลกุลสูง และสามารถสังเคราะห์ขึ้นได้ภายในเซลของสิ่งมีชีวิต (เรืองลักขณา จามิกรณ์, 2536) The Enzyme Commission (EC.) แบ่งเอนไซม์ออกเป็น 6 กลุ่มใหญ่ๆ คือ กลุ่มออกซีโดรีดักเตส (Oxidoreductases) กลุ่มทรานส์เฟอเรส (Transferases) กลุ่มไฮโดรเลส (Hydrolases) กลุ่มไลเอส (Lyases) กลุ่มไอโซเมอเรส (Isomerases) และกลุ่มไลเกส (Lygases) แต่มีเฉพาะเอนไซม์ในกลุ่มไฮโดรเลสเท่านั้นที่นิยมใช้ในระดับอุตสาหกรรม และในการผลิตโปรตีนไฮโดรไลเสทจะใช้เอนไซม์ในกลุ่มไฮโดรเลส คือ โปรตีเอส (Protease) หรือโปรตีโอไลติกเอนไซม์ (Proteolytic enzyme) (Hall and Ahmad, 1992)

เอนไซม์โปรตีเอส

โปรตีเอสเป็นเอนไซม์ที่สำคัญชนิดหนึ่งที่ใช้ในการเร่งปฏิกิริยาการย่อยสลายโปรตีน ได้ผลผลิตเป็นเปปไทด์สายสั้นและกรดอะมิโนอิสระที่มีสมบัติการละลายสูง (Adler-Nessen, 1996) ในการผลิตเพื่อให้ได้มาซึ่งผลิตภัณฑ์สุดท้ายที่ต้องการนั้นจำเป็นต้องมีการคัดเลือกชนิดของเอนไซม์ที่ใช้ และมีการควบคุมสภาวะที่เกี่ยวข้องกับกระบวนการย่อยสลาย เช่น พีเอช อุณหภูมิ ระยะเวลาในการย่อยสลาย เป็นต้น (Windsor and Barlow, 1981)

แหล่งของเอนไซม์โปรตีเอส

แหล่งของเอนไซม์โปรตีเอสอาจได้จากพืช สัตว์ และจุลินทรีย์ โดยจุลินทรีย์ที่ผลิตเอนไซม์โปรตีเอสมีทั้งยีสต์ รา และแบคทีเรีย เช่น เอนไซม์ปาเปนจากยางมะละกอ เอนไซม์บรอมเมลินจากสับปะรด เอนไซม์ฟิซินจากผลมะเดื่อ เอนไซม์เรนนินจากกระเพาะลูกวัว เอนไซม์ Subtilisin และ Alcalase จากเชื้อ *Bacillus sp.* (Hall and Ahmad, 1992) เป็นต้น แสดงดังตารางที่ 2 ปัจจุบันในทางการค้าให้ความสำคัญกับการผลิตเอนไซม์จากจุลินทรีย์มากขึ้น เพราะมีความคงตัวสูงกว่าเอนไซม์จากพืชและสัตว์ สามารถผลิตได้ในปริมาณมากเนื่องจากจุลินทรีย์มีการเจริญเติบโตอย่าง

รวดเร็ว ควบคุมการผลิตได้ง่ายและมีคุณภาพสม่ำเสมอ นอกจากนี้สามารถเพิ่มผลผลิตได้โดยการปรับปรุงทางสายพันธุ์ทำให้ในปัจจุบันมีเอนไซม์โปรตีเอสทางการค้าหลายชนิดที่ผลิตจากจุลินทรีย์

ประเภทของเอนไซม์โปรตีเอส

จากการวิเคราะห์ถึงคุณสมบัติของเอนไซม์โปรตีเอส สามารถแบ่งประเภทของเอนไซม์โปรตีเอสได้หลายแบบ เช่น แบ่งตามความเป็นกรด-ด่างที่เอนไซม์สมารถดำเนินกิจกรรมได้ ได้แก่ เอนไซม์โปรตีเอสที่สามารถดำเนินกิจกรรมได้ในสภาวะที่เป็นกรด (acid protease) เอนไซม์โปรตีเอสที่สามารถดำเนินกิจกรรมได้ในสภาวะที่เป็นกลาง (neutral protease) และเอนไซม์โปรตีเอสที่สามารถดำเนินกิจกรรมได้ในสภาวะที่เป็นด่าง (alkaline protease) หรือแบ่งตามความจำเพาะเจาะจงต่อพันธะเปปไทด์ในโมเลกุลโปรตีน ได้แก่ เอนไซม์ที่ย่อยสลายพันธะเปปไทด์ภายในโซ่โมเลกุลโปรตีน (endopeptidase) และเอนไซม์ที่ย่อยสลายพันธะเปปไทด์ที่ปลายโซ่โมเลกุลโปรตีน (exopeptidase)

ปัจจุบันระบบการแบ่งประเภทของเอนไซม์โปรตีเอสถูกกำหนดโดย The Enzyme commission (EC) โดยแบ่งเอนไซม์โปรตีเอสตามลักษณะการทำงาน (machanism of action) ได้เป็น 4 กลุ่ม คือ ซีรีนโปรตีนเอส (Serine proteinase) ไทออลโปรตีนเอส (Thiol proteinase) แอซิดโปรตีนเอส (Acid proteinase) และ เมทัลโลโปรตีนเอส (Metallo proteinase) (Loffler, 1986) โดยปกติแล้วเอนไซม์โปรตีเอสมีบทบาทมากในอุตสาหกรรม สามารถนำไปใช้ประโยชน์ได้หลายด้าน เช่น การทำเนยแข็ง การฟอกหนัง การปรับปรุงคุณภาพเนื้อ การผสมในผงซักฟอก การปรับปรุงคุณภาพเบียร์ และในทางเภสัชกรรม (Shin and Zall, 1996 อ้างโดย อัจฉริยา เชื้อช่วยชู, 2539)

การใช้เอนไซม์โปรตีเอสเป็นตัวเร่งปฏิกิริยาการย่อยสลายโปรตีน จะให้อัตราการย่อยสลายสูงกว่าเมื่อใช้กรดและด่าง เนื่องจากเอนไซม์โปรตีเอสมีความจำเพาะเจาะจงในการตัดพันธะเปปไทด์ที่สูงกว่า และปฏิกิริยาเกิดได้ในสภาวะที่ไม่รุนแรง สามารถทำปฏิกิริยาที่อุณหภูมิห้องและพีเอชปานกลางได้ โดยความจำเพาะเจาะจงขึ้นกับบริเวณ active site ของเอนไซม์ ทั้งนี้มีข้อจำกัดขึ้นอยู่กับสับสเตรทและสภาวะที่เลือกใช้ (Adler-Nessen, 1986) ในขณะที่การย่อยสลายเมื่อใช้กรดและด่างเป็นตัวเร่งปฏิกิริยาจะไม่สามารถควบคุมการย่อยสลายของพันธะเปปไทด์ได้ กรดอะมิโนที่จำเป็นบางชนิดถูกทำลายไปในระหว่างการย่อยสลาย เช่น ทริปโตเฟน (tryptophane) ในบางสภาวะซีสเตอีน (cysteine) เซรีน (serine) และ ทรีโอนีน (treonine) อาจถูกทำลายไปด้วย นอกจากนี้อาจทำให้เกิดปฏิกิริยา racemization ของกรดอะมิโน ซึ่งเป็นปฏิกิริยาที่ทำให้กรดอะมิโนเปลี่ยนรูปจาก L-form เป็น D-form ที่ร่างกายมนุษย์ไม่สามารถนำไปใช้ได้ เป็นสาเหตุทำให้คุณค่าทางโภชนาการของโปรตีนลดลง (Hall and Ahmad, 1992) ดังนั้นการศึกษาเกี่ยวกับการใช้เอนไซม์โปรตีเอสในการย่อยสลายโปรตีนแทนการย่อยสลายด้วยสารเคมีจึงมีบทบาทมากขึ้น

ตารางที่ 2 แหล่งและชนิดของเอนไซม์โปรตีเอสที่ใช้โดยทั่วไป

Common name	Source	Nature of active site	Specificity	Application
Animal enzymes				
Chymotrypsin	Bovine, porcine panc reas	Serine protease	Phe, Try, Trp	Leather
Pancreatin	Bovine, porcine pancreas	As for trypsin, chymotrypsin	Very broad	Food
Trypsin	Bovine, porcine pancreas	Serine protease	Lys, Arg	Leather
Pepsin	Bovine, porcine stomach	Aspartic protease	Aromatic amino acids	Food
Rennet	Calf abomasum	Aspartic protease	Phe-Met in casein	Cheese
Plant enzymes				
Bromelain	Pineapple	Cystein protease	Lys, Arg, Phe, Try	Brewing
Ficin	Fig	Cystein protease	Phe, Try	Food
Papain	Papaya	Cystein protease	Lys, Arg,Phe	Meat
Bacterial enzymes				
Subtilisin	*B. subtilis*	Serine protease	Very broad	Detergents
Alcalase	*B. licheniformis*	Serine protease	Very broad	Detergents
Neutrase	*B. subtilis*	Metallo protease	Hydrophobic amino acids	Brewing
Fungal enzymes				
Rennilase	*Mucor miehei*	Aspartic protease	As for rennet	Cheese
Protease	*Aspergillus* spp.	Aspartic protease	Very broad	Baking

ที่มา : ดัดแปลงจาก Hall และ Ahmad (1992)

หมายเหตุ : Arg=arginine; Lsy=lysine; Met=methionine; Phe=phenylalanine; Tyr=tyrosine; Trp=tryptophane

การใช้เอนไซม์โปรตีเอสย่อยสลายโปรตีน

ธรรมชาติของเอนไซม์และปริมาณของเอนไซม์เป็นปัจจัยหนึ่งที่มีผลต่อการย่อยสลาย Mohr (1980 อ้างโดย อัจฉริยา เชื้อช่วยชู, 2539) กล่าวว่าเป็นการยากที่จะใช้วิธีการเปรียบเทียบโดยตรงถึงความแตกต่างระหว่างเอนไซม์ทางการค้าชนิดต่างๆ ในการย่อยสลายโปรตีนเพราะมีความแตกต่างกันในเรื่องความบริสุทธิ์ แต่โดยทั่วไปเอนไซม์เอนโดเปปทิเดส (endopeptidase) ที่ผลิตจากจุลินทรีย์ เช่น เอนไซม์แอลคาเลส (Alcalase) จะมีประสิทธิภาพในการย่อยสลายโปรตีนสูงกว่าเอนไซม์โปรตีเอสที่ผลิตจากสัตว์ เช่น เอนไซม์ทริปซิน (trypsin)

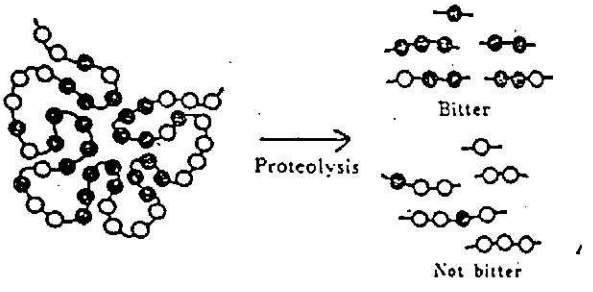
ไตรตะวัน คงแก้ว (2542) ได้ศึกษาการผลิตโปรตีนไฮโดรไลเสทและน้ำมันจากหัวกุ้งกุลาดำ โดยใช้เอนไซม์อัลคาเลส นิวแทรส และปาเปน พบว่าเอนไซม์อัลคาเลสมีความสามารถในการย่อยสลายสูงกว่าเอนไซม์นิวแทรสและปาเปน โดยพีเอชและอุณหภูมิที่เหมาะสมในการทำงานคือที่พีเอช 9.5 และอุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียส เช่นเดียวกับการศึกษาของ Benjakul และ Morrisey (1997) พบว่าอัลคาเลสมีกิจกรรมในการย่อยโปรตีนสูงกว่าเอนไซม์นิวแทรสในการย่อยสลายวัสดุเศษเหลือที่เป็นของแข็งจากปลาแปซิฟิกไวทิ้งและสภาวะที่เหมาะสมของการทำงานคือที่ พีเอช 9.5 และอุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียส สุปราณี แย้มพราย (2539) ใช้เอนไซม์อัลคาเลส ร้อยละ 0.075 นาน 150 นาที ในการย่อยโปรตีนไฮโดรไลเสทจากวัสดุเศษเหลือจากโรงงานซูริมิ นอกจากนี้มีการวิจัยอื่นๆ ที่ใช้เอนไซม์อัลคาเลสร้อยละ 0.5 ในการผลิตโปรตีนไฮโดรไลเสทจากปลาซาร์ดีน (Quaglia and Orban, 1987) และหัวปลาทูน่าโอแถบ (จิรศานท์ ชัยสุนทรานนท์, 2539; อัจฉริยา เชื้อช่วยชู, 2538)

คุณภาพทางประสาทสัมผัสของผลิตภัณฑ์โปรตีนที่ย่อยสลายด้วยเอนไซม์

คุณภาพทางประสาทสัมผัสของผลิตภัณฑ์โปรตีนที่ย่อยสลายด้วยเอนไซม์ที่สำคัญคือความขมและกลิ่นคาว ซึ่งจะมีผลต่อการยอมรับของผู้บริโภค

ความขม

ความขมที่เกิดขึ้นในผลิตภัณฑ์โปรตีนที่ย่อยสลายด้วยเอนไซม์ เกิดจากหมู่ที่ไม่ชอบน้ำของกรดอะมิโนที่มีฤทธิ์เป็นกลางโดยเฉพาะไอโซลูซีน (isoleusine) ลูซีน (leusine) ฟีนิลอะลานิน (phenylalanine) ทริปโตเฟน (tryptophane) และวาลีน (valine) ที่ต่อกันเป็นสายเปปไทด์ที่มีน้ำหนักโมเลกุลต่ำ โดยรสขมจะเพิ่มมากขึ้นเมื่อปลายของสายเปปไทด์ถูกจับด้วยโมเลกุลอื่นๆ เช่น หมู่อะซิทิล หมู่เมทิลเอสเทอร์ และความขมจะมีมากที่สุดเมื่อปลายทั้งสองด้านของสายเปปไทด์ถูกจับด้วยโมเลกุลดังกล่าว (Matoba and Hata, 1972; Pederson, 1994) แสดงได้ดังภาพที่ 2 และตารางที่ 3



ภาพที่ 2 ลักษณะของสายเปปไทด์ที่ทำให้เกิดความขมในการย่อยสลายโปรตีน

ที่มา : Matoba และ Hata (1972)

ตารางที่ 3 ระดับของการเกิดความขมจากสายเปปไทด์และอนุพันธ์ในการย่อยสลายโปรตีน

Strong	◄——— Bitterness ———►		Weak
Ac-A_1-A_2-Ome	H-A_1-A_2-OMe	H-A_1-A_2-OH	A_1+A_2
Ac-A_2-A_1-Ome	H-A_2-A_1-OMe	H-A_2-A_1-OH	
[A_1-A_2		Ac-A_1-A_2-OH	
[A_1-A_2		Ac-A_2-A_1-OH	

A_1, A_2 : leucine and/or phynylalanine residues

ที่มา : Matoba และ Hata (1972)

กลิ่นคาว

กลิ่นคาวของผลิตภัณฑ์ปลามีอิทธิพลมาจากความเข้มข้นของไขมัน (Sikorski and Naczk, 1981 อ้างโดย Hoyle and Merrit, 1994) และสารประกอบโมเลกุลต่ำที่มีอยู่ เช่น ไตรเมทิลลามีน (trimetylamine) 2-บิวทานอล (2-butanol) (Lalassidis and Sjoberg, 1978)

การลดกลิ่นคาว

Kasahara และ Osawa (1998) ได้ทำการศึกษาผลของเครื่องเทศต่อการบดบังกลิ่นคาวปลาซาร์ดีนต้มโดยใช้วิธีการทดสอบทางประสาทสัมผัสและ gas chromatography และ gas chromatography-mass spectrometry โดยพบว่าการใช้ perilla ร่วมกับ ใบอ่อนของพริกไทยญี่ปุ่น (Japanese pepper) ในอัตราส่วน 1 : 1 ให้ผลการบังคับกลิ่นที่สูงสุด ส่วนการใช้ perilla และการใช้ perilla ร่วมกับ Yuzu peel ให้ผลน้อยกว่า จากการศึกษาถึงสารที่ให้กลิ่นในเครื่องเทศ perilla และ Yuzu peel พบว่ามี perilladehyde และ gamma-terpinene เป็นองค์ประกอบตามลำดับ ส่วนใบอ่อนของพริกไทยญี่ปุ่นมี α-pinene, citronellal และ 2-undecanone เป็นองค์ประกอบ การใช้ perilla ร่วมกับใบอ่อนของพริกไทยญี่ปุ่น จะให้ผลส่งเสริมการบดบังกลิ่นได้มากขึ้น เนื่องจากใบอ่อนของพริกไทยญี่ปุ่นมี citronella ซึ่งจะร่วมกับ perillaldehyde ช่วยบดบังกลิ่นคาวปลาได้ดียิ่งขึ้น

Kasahara และ Nishibori (1995) ได้ทำการศึกษาเติมดอกเบญจมาศ (*Chrysanthenum coronarium L.*) ใน niboshi soup พบว่าสามารถบดบังกลิ่นคาวปลาในน้ำซุปได้ เมื่อทำการศึกษาสารที่ให้กลิ่นในดอกเบญจมาศ ซึ่งพบว่ามีองค์ประกอบเป็น myrcene, β-ocimeme และ trans-2-hexanal ซึ่งองค์ประกอบเหล่านี้มีผลต่อการบดบังกลิ่นคาวได้ นอกจากนี้ Kasahara และ Nishibori (1992) ได้ศึกษาการเติมน้ำมะนาวลงไปในปลาซาร์ดีนย่าง พบว่าสามารถลดกลิ่นคาวของปลาซาร์ดีนได้ โดยการทดสอบทางประสาทสัมผัส เมื่อทำการศึกษาสารให้กลิ่นที่สามารถบดบังกลิ่นคาวของปลาซาร์ดีน พบว่ามีสาร α-pinene, β-pinene, myecene, d-limonene และ gamma-terpinene

การทดลองผลิตโปรตีนไฮโดรไลเสทโดยย่อยสลายโปรตีนถั่วเขียวด้วยกรดเกลือความเข้มข้น 5 โมลาร์ อุณหภูมิ 110 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 3 ชั่วโมง เมื่อปฏิกิริยาเสร็จสิ้นใช้ผงถ่านกัมมันต์ ปริมาณร้อยละ 0.1 โดยน้ำหนัก ที่อุณหภูมิ 50 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 2 ชั่วโมง ดูดซับสารประกอบที่ให้สีและขจัดกลิ่นเค็มคาวคล้ายน้ำปลา ผลิตภัณฑ์ที่ได้มีสีอ่อนลงและมีกลิ่นเป็นที่ยอมรับของผู้บริโภคมากขึ้น (อรสา สุริยพันธ์, 2531 อ้างโดย อาภัสรา สุขเจริญศักดิ์กุล, 2535)

เครื่องเทศ

เครื่องเทศที่มักใช้ในอาหารทะเล ได้แก่ เทียนสัตตบุศย์ (anise), ใบกระวาน (bay leaf), chives, เทียนตากบ (laraway seed), เทียนดาตั๊กแตนหรือผักชีลาว (dill seed), ขิง, horseradish, ดอกจันทน์ (mace), marjoram, mint, mustard, ลูกจันทน์ (nutmeg), หัวหอม, oregano, พริก (parika), พริกไทย, poppy seed, rosemary, หญ้าฝรั่น (saffron), sage, summer sovory tarraon, thyme, น้ำมะนาว (Farrell, 1990)

ใบกระวาน (Bay leaf)

ใบกระวานเป็นพืชมีถิ่นกำเนิดทางประเทศแถบเมดิเตอร์เรเนียน โดยทั่วไปมักมีผู้เข้าใจว่าใบกระวานได้จากพืชชนิดเดียวกับกระวาน ซึ่งเอามาเฉพาะส่วนใบมาใช้ประโยชน์ แต่ความจริงเป็นพืชต่างชนิดกัน กล่าวคือ กระวานเป็นพืชในตระกูลซิงจิเบอราซีอี แต่ใบกระวานได้จากพืชตระกูลลอราซีอี (Lauraceae) มีชื่อทางวิทยาศาสตร์ว่า ลอรัส โนบิลิส (*Laurus nobilis* L.) เป็นพืชยืนต้นสำหรับกลิ่นหอมของพืชนี้เกิดจากส่วนของน้ำมันหอมระเหยซึ่งพบมากที่ใบ จึงนำใบมาใช้ประโยชน์โดยนำใบไปตากแห้งจึงทำให้ใบเปลี่ยนเป็นสีน้ำตาลแกมเขียวหรือน้ำตาลอ่อน

ใบกระวานนำมาใช้เป็นเครื่องปรุงรสอาหารประเภทซุป, ซอส, พุดดิ้ง, เนื้อสัตว์และสัตว์ปีก, ไส้กรอก, ของดองและอุตสาหกรรมผลิตน้ำส้ม (นิจศิริ เรืองรังษีและพยอม ตันติวัฒน์, 2534) ใบกระวานบดมักใช้เติมในอาหารทะเลดอง สตูว์ ซอสปลา (Farrell, 1990)

น้ำมันเบย์ (Laurel leaf oil) เป็นน้ำมันระเหยได้จากการกลั่นใบกระวานและกิ่งด้วยไอน้ำ ใบกระวานมีน้ำมันหอมระเหยอยู่ประมาณร้อยละ 0.3-3.1 น้ำมันมีส่วนประกอบเป็น cineol อยู่ประมาณร้อยละ 30-50 α-pinene ร้อยละ 12 linalool ร้อยละ 11 α-terpineol acetate ร้อยละ 10 นอกจากนี้สารดังกล่าวมาแล้วก็มี α-terpineol, β-pinene, sabinene, limonene, methyl eugenol, eugenol, p-cymene, cemphene และ dehydro-1,8-cinole

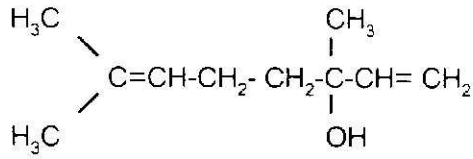
ลูกผักชี (Coriander)

ผักชีเป็นพืชพื้นเมืองของประเทศในแถบทะเลเมดเตอร์เรเนียน ปัจจุบันปลูกกันมากในทวีปยุโรป Morocco อินเดีย และทวีปอเมริกาใต้ ชื่อวิทยาศาสตร์ *Coriandrum sativum* Vern. Dhania วงศ์ Umbelliferae ชื่ออังกฤษ Coriander หรือ Chinese Parsley (นิจศิริ เรืองรังษีและพยอม ตันติวัฒน์, 2534)

ลำต้น ใบ รากและผลมีกลิ่นหอมชวนดม พืชทั้งต้นใช้แต่งกลิ่น Chutney และซอส ใบแต่งกลิ่นแกงและซุป ลูกผักชีใช้เป็นเครื่องเทศผสมในเครื่องแกง ผักดอง ไส้กรอก นอกจากนี้ยังใช้แต่งกลิ่นคุ้กกี้ ขนมปังนุ่ม (Bun) และขนมเค้ก ใช้แต่งกลิ่นใบยาสูบ ในสหรัฐอเมริกาและยุโรปใช้ลูก

ผักชีแต่งกลิ่นเหล้าโดยเฉพาะเหล้ายิน (Gin) นอกจากนี้ผักชีบดมักนำมาใช้ในการให้กลิ่นรสขนมหวาน พาย ครีม อาหารที่ประกอบด้วย เนยแข็ง ขนมปัง คุกกี้ เค้ก ซุป สตูว์ ส่วนใบอ่อนมักใช้ในซุปและสลัด (Farrell, 1990)

น้ำมันลูกผักชีเป็นน้ำมันใส ไม่มีสีหรือมีสีนวล มีกลิ่นหอมเหมือนลูกผักชี สารสำคัญที่อยู่ในน้ำมันคือ Coriandrol, d-Linalool ซึ่งมีในปริมาณต่างๆกัน มีได้ตั้งแต่ร้อยละ 45-70 สารอื่นๆที่พบมีปริมาณน้อยมี α และ β-pinene, p-cymene, dipentene, γ-terpinene, phellandrene, terpinolene, geraniol, boreol, n-decyclic aldehyde และ ester ของ acetic acid และ decyclic acid น้ำมันลูกผักชีถ้าถูกที่ผิวหนังเป็นเวลานานทำให้เกิดการระคายเคืองได้ น้ำมันส่วนใหญ่ใช้แต่งกลิ่นเหล้า โกโก้ และช็อกโกแลต ในทางยาใช้ขับลม แต่งกลิ่น กลบรสที่ไม่ดีของยาชนิดอื่น น้ำมันลูกผักชีมีส่วนดีคือคงทนไม่สลายตัว หากทิ้งไว้นานๆกลิ่นไม่เปลี่ยนแปลง



Linalool

ภาพที่ 3 โครงสร้างของสารสำคัญในลูกผักชี
ที่มา : นิจศิริ เรืองรังษี (2542)

ยี่หร่า (Cumin, Zeera)

ยี่หร่ามีชื่อวิทยาศาสตร์ *Cuminum cyminum* L. ใช้แต่งกลิ่นซุป แกง ขนมเค้ก เนยแข็ง ผสมในผงกระหรี่ และผักดอง (นิจศิริ เรืองรังษี และพยอม ตันติวัฒน์, 2534) ยี่หร่ามีน้ำมันหอมระเหยประมาณ 2.5-3.6% โดยพบว่าสารที่มีมากที่สุดคือ คัมมินอัลดีไฮด์ ประมาณ 35-62% เป็นสารอนุพันธ์ของ ไดไฮโดรคัมมินอัลดีไฮด์ (บัญญัติ สุขศรีงาม, 2527)

ยี่หร่าเมื่อนำมากลั่นด้วยไอน้ำจะให้น้ำมันหอมระเหยร้อยละ 2-4 ซึ่งมีกลิ่นรสเผ็ดร้อน ไม่ขวนดมและขม ในน้ำในจะมี cuminic aldehyde ร้อยละ 25-35 นอกจากนี้ยังพบ p-cymene, pinene, dipentene, cumene, cuminic alcohol, β-phellandrene และ α-terpeneol

ขิง (Ginger)

ขิงมีชื่อวิทยาศาสตร์ *Zingiber officinale* Vern. Adrak อยู่ในวงศ์ Zingiberaceae ขิงประกอบด้วยน้ำมันหอมร้อยละ 1-2 สารพวกชัน (resinous matter) ร้อยละ 5-8 แป้งและเมือก น้ำมันหอมซึ่งเป็นสิ่งที่ให้กลิ่นหอมประกอบด้วย sesquiterpene hydrocarbon ร้อยละ 50 หรือมากกว่า sesquiterpene alcohols, monoterpenoids, ester ของ acetic acid และ cuprylic acid และสารประเภท phenol ในปริมาณน้อยมาก

zingiberene (α และ β) zingiberene เป็นสารจำพวก sesquiterpene hydrocarbon ที่พบมากในน้ำมันขิง ประมาณร้อยละ 35.6 สาร sesquiterpene ชนิดอื่นๆ ที่พบ คือ ar-curcumene ร้อยละ 17.7 farnesene ร้อยละ 9.8 และมีสารอื่นๆ ที่พบในปริมาณน้อยคือ β-besabolene, γ-selinene, β-elemene และ β-sesquiphellandrene สารจำพวก sesquiterpene alcohol ที่พบในน้ำมันขิงคือ zingiberol ซึ่งเป็นสารผสมของ β-eudesmol stereoisomers สารพวก monoterpene hydrocarbon ที่ในน้ำมันมี camphene, α และ β-pinene, cumene, myrcene, limonene, p-cymene และ β-phellandrene สาร oxygenated monoterpene ที่พบมี 2-heptanol, 2-nonanol, n-nonanol, n-dacanol, linalool, geraniol และ neral (นิจศิริ เรืองรังษี, 2542)

ขิงเป็นเครื่องเทศที่มีกลิ่นหอมรสเผ็ดและเป็นเครื่องเทศที่ทุกคนรู้จักการนำมาใช้ทั้งขิงแห้ง สดและขิงดอง ใช้แต่งกลิ่นอาหารหลายชนิด นำมาเตรียมเป็นสิ่งสกัดน้ำมันชันและกลั่นเพื่อให้ได้น้ำมันหอม ขิงสด (Green Ginger) เป็นเครื่องเทศใช้ปรุงอาหาร ขิงสดบดมักใช้ในเนื้อแกะ เนื้อหมู อาหารทะเลและสัตว์ปีก นอกจากนี้ยังใช้ในของหวานพวกไอศครีม แอปเปิ้ลอบ เค้ก คุ้กกี้และพุดดิ้ง (Farrell, 1990) สำหรับขิงแห้ง (Dried Ginger) ใช้แต่งกลิ่นอาหารเช่น พาย ขนมนึ่ง ขนมปิ้ง คุกกี้ เป็นส่วนผสมในผงกะหรี่ เนื้อบดและปลา ขิงสามารถกลบกลิ่นคาวปลาได้ดี แต่งกลิ่นเครื่องดื่มได้หลายชนิด

ลูกจันทน์และดอกจันทน์เทศ

ลูกจันทน์และดอกจันทน์เทศได้จากพืชที่มีชื่อวิทยาศาสตร์ว่า *Myristica fragrans* Houtt (*M. officinalis* L.f) วงศ์ Myristicaceae ชื่ออังกฤษสำหรับลูกจันทน์เทศ Myristica หรือ Nutmeg สำหรับดอกจันทน์ Macis หรือ Mace

จันทน์เทศเป็นไม้ยืนต้นขนาดใหญ่ เป็นพืชดอกที่ดอกตัวผู้และตัวเมียแยกกันอยู่ต่างต้น ต้นจันทน์เทศจะให้ผลเมื่ออายุประมาณ 8-9 ปี ผลจันทน์เทศเป็นผลชนิดฉ่ำน้ำ เมื่อผลแก่จัดเต็มที่จะแตกครึ่งเห็นรกที่หุ้มเมล็ดเป็นสีแดงสด เมล็ดเป็นเมล็ดเดี่ยวสีน้ำตาล เปลือกแข็ง เมื่อกระเทาะเปลือกแข็งออกจะได้เนื้อในเมล็ด (Endosperm) ที่มีกลิ่นหอม ส่วนนี้คือส่วนที่เรียกทั่วไปว่าลูก

จันทน์เทศหรือลูกจันทน์ รกคือ Aril เป็นแผ่นบางมีหลายแฉกหุ้มเมล็ดอยู่ รกคือส่วนที่เรียกกันว่าดอกจันทน์เทศหรือดอกจันทน์

น้ำมันจันทน์เทศ (Nutmeg oil หรือ Myristica oil) เป็นน้ำมันที่ได้จากการนำเมล็ดในมากลั่นด้วยไอน้ำ นิยมใช้เมล็ดที่มีแมลงมากินเพราะแมลงช่วยกินแป้งภายในเมล็ดทำให้ได้ปริมาณของน้ำมันระเหย (volatile oil) สูง

จันทน์เทศมีน้ำมันหอยระเหยประมาณร้อยละ 2-6 น้ำมันระเหยยาก (fixed oil) มีประมาณร้อยละ 25.8-40 น้ำมันประกอบด้วย myristica acid และ triglyceride ของกรด lauric, tridecanoic, palmitic, stearic และ myristic นอกจากนี้มีแป้ง โปรตีนและ oleanolic acid

น้ำมันระเหยส่วนใหญ่ประกอบด้วย monoterpene hydrocarbons ซึ่งมี camphene และ pinene เป็นสารหลัก dipentene, sabinene, monoterpene alcohol ที่พบมี geraniol, d-borneol, linalool, terpineol ฯลฯ myristicin ร้อยละ 4-8, safrole และ elemicin ในปริมาณน้อยมาก สำหรับดอกจันทน์ประกอบด้วยสารที่คล้ายกับลูกจันทน์เทศแต่มีปริมาณของน้ำมันระเหยยากน้อยกว่า สาร myristicin มากกว่า (นิจศิริ เรืองรังษี, 2542)

ลูกจันทน์และดอกจันทน์เทศใช้เป็นเครื่องเทศแต่งกลิ่นอาหารได้หลายชนิด รวมทั้งแต่งกลิ่นเครื่องดื่มชนิดที่มีและไม่มีแอลกอฮอล์ แต่งกลิ่นอาหารจำพวกเนื้อ ซุป ขนมหวาน อาหารว่าง โดยทั่วไปลูกจันทน์มักใช้เติมในอาหารหวาน เช่น เค้กกล้วยหอม โดนัท ขนมปัง คุกกี้ ช็อกโกแลต และ คัสตาดพุดดิ้ง รวมทั้งในผลิตภัณฑ์เนื้อ ไก่ ซอสไก่ สตูว์ หอยกาบ และหอยนางรม (Farrell, 1990)

วัตถุประสงค์ของโครงการวิจัย

1. เพื่อพัฒนาการผลิตซุปปลาทูน่าโปรตีนสูงพร้อมดื่มจากน้ำนึ่งปลาทูน่า
2. เพื่อศึกษาการยอมรับของซุปปลาทูน่าโปรตีนสูงพร้อมดื่มจากน้ำนึ่งปลาทูน่า
3. เพื่อศึกษาการเปลี่ยนแปลงคุณภาพของซุปปลาทูน่าโปรตีนสูงพร้อมดื่มจากน้ำนึ่งปลาทูน่าระหว่างการเก็บรักษา
4. เพื่อประเมินต้นทุนในการผลิตซุปปลาทูน่าโปรตีนสูงพร้อมดื่มจากน้ำนึ่งปลาทูน่า

วัสดุ อุปกรณ์

1. น้ำนึ่งปลาทูน่าจากโรงงานโชติวัฒน์อุสาหกรรมการผลิต จำกัด (มหาชน) อ. หาดใหญ่ จ. สงขลา
2. เอนไซม์อัลคาเลส ซึ่งมีชื่อทางการค้าว่า Delvolase เป็นซีรีนโปรติเอสที่ผลิตจาก *Bacillus licheniformis* มีความคงตัวที่พีเอช 5-10 และมีกิจกรรมสูงสุดที่พีเอช 9.5 และ 10.5 โดยได้รับความอนุเคราะห์จากโรงงานโชติวัฒน์อุสาหกรรมการผลิต จำกัด (มหาชน)
3. อุปกรณ์และสารเคมีสำหรับวิเคราะห์ปริมาณของแข็งทั้งหมด ความชื้น ไขมัน โปรตีน เกลือ และฮีสตามีน
4. อุปกรณ์และอาหารเลี้ยงเชื้อสำหรับวิเคราะห์จำนวนจุลินทรีย์ทั้งหมดที่อุณหภูมิ 37 และ 55 องศาเซลเซียส
5. อุปกรณ์ทดสอบทางประสาทสัมผัส
6. เครื่องเทศ ได้แก่ ใบกระวาน ลูกผักชี ดอกจันทน์ ขิงสด และยี่หร่า

วิธีการทดลอง

1. **การแยกไขมันออกจากน้ำนึ่งปลาทูน่า** (อัญชลี สาระโบก, 2540)

1.1 กรองน้ำนึ่งปลาทูน่าผ่านผ้าขาวบางลงในภาชนะสะอาด เพื่อแยกเอาเศษเนื้อและสิ่งสกปรกออก

1.2 ต้มน้ำนึ่งปลาทูน่าที่อุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 10 นาที แล้วทิ้งไว้ให้เย็น

1.3 เก็บน้ำนึ่งปลาทูน่าที่ได้ที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 24 ชั่วโมง น้ำนึ่งปลาทูน่าจะมีลักษณะแข็งเป็นวุ้นและมีไขมันสีขาวเป็นชั้นอยู่บนผิวหน้า แล้วตักไขมันออกจนหมด

1.4 ต้มน้ำนึ่งปลาทูน่าอีกครั้งที่อุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 10 นาที

1.5 แยกน้ำนึ่งปลาทูน่าที่แยกไขมันออกแล้วใส่ภาชนะประมาณ 2 ลิตรต่อถัง แล้วเก็บไว้ที่อุณหภูมิ –20 องศาเซลเซียส เพื่อใช้ในการทดลองต่อไป

2. การวิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมีและจุลินทรีย์ของน้ำนึ่งปลาทูน่าที่แยกไขมันแล้ว

2.1 องค์ประกอบทางเคมี ได้แก่ ปริมาณของแข็งทั้งหมด ความชื้น ไขมัน โปรตีน และเกลือ (A.O.A.C., 1990)

2.2 องค์ประกอบของกรดอะมิโน โดย HPLC

2.3 ปริมาณวิตามินบี1 บี2 บี6 ไนอะซินและกรดเพนโทธีนิก โดย HPLC

2.4 ปริมาณฮีสตามีน โดยวิธี Fluorometric method (A.O.A.C., 1990)

2.5 ค่าพีเอช โดยใช้ pH meter

2.6 จำนวนจุลินทรีย์ทั้งหมด (A.O.A.C., 1990)

3. การศึกษาหาปริมาณเอนไซม์ที่เหมาะสมต่อการย่อยสลายน้ำนึ่งปลาทูน่า

นำน้ำนึ่งปลาทูน่าที่แยกไขมันออกแล้วมาย่อยสลายด้วยเอนไซม์อัลคาเลส ซึ่งมีชื่อทางการค้าว่า เอนไซม์ Delvolase ที่อุณหภูมิ 55 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 1 ชั่วโมง โดยใช้เอนไซม์ที่ระดับความเข้มข้นร้อยละ 0, 0.025, 0.050, 0.075 และ 0.100 หยุดปฏิกิริยาที่อุณหภูมิ 90 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 5 นาที นำสารละลายที่ได้ไปฆ่าเชื้อที่อุณหภูมิ 121 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 15 นาที

นำซุปปลาทูน่าที่ได้มาทดสอบผลของเอนไซม์ดังนี้

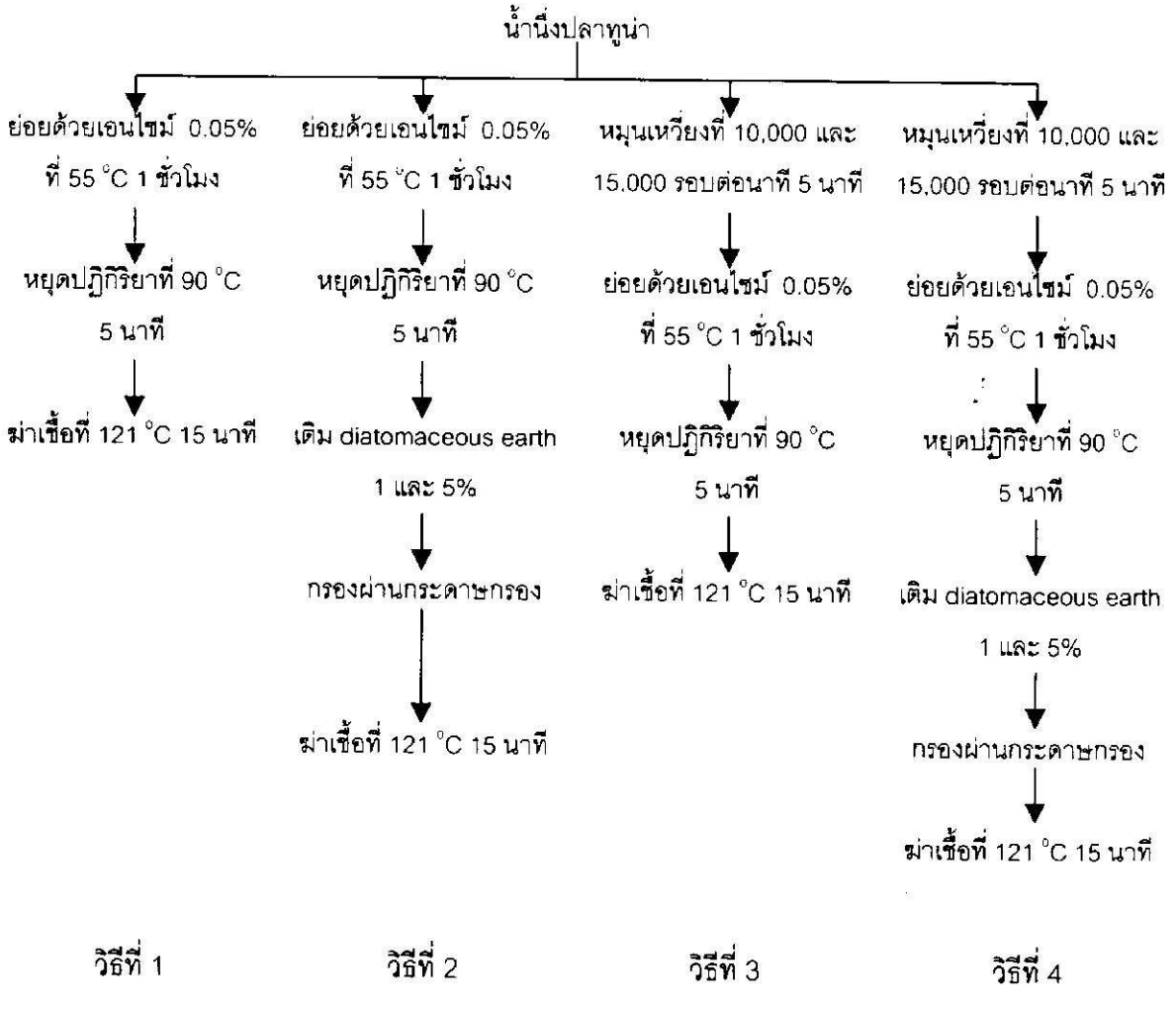
-คุณสมบัติทางประสาทสัมผัส โดยวิธี Hedonic scale (9 คะแนน) (Meilgaard *et al.*, 1991) ในด้านลักษณะปรากฏ กลิ่นคาว กลิ่นรสคาว และรสขม โดยใช้ผู้ทดสอบชิมที่ไม่ผ่านการฝึกฝนจำนวน 20 คน

-ระดับการย่อยสลาย (Degree of Hydrolysis, DH) โดยการนำน้ำนึ่งปลาทูน่าที่ผ่านการย่อยสลายด้วยเอนไซม์ที่ความเข้มข้นต่างๆ คือร้อยละ 0, 0.05, 0.2, 0.4, 0.6, 0.8 และ 1.0 โดยปริมาตร ที่อุณหภูมิ 55 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 60 นาที มาหาปริมาณไนโตรเจนทั้งหมดด้วยวิธีการของ Lowry (Engel, 1996) ที่ระดับการเจือจางที่เหมาะสม และหาปริมาณไนโตรเจนที่ละลายได้ โดยการผสมน้ำนึ่งปลาทูน่าที่ผ่านการย่อยสลายกับสารละลายกรดไตรคลอโรอะซิติก (TCA) ร้อยละ 20 ในอัตราส่วน 1 ต่อ 1 โดยปริมาตร เพื่อให้ความเข้มข้นของ TCA สุดท้ายเป็นร้อยละ 10 ทิ้งไว้ที่อุณหภูมิห้องนาน 10 นาที แล้วนำไปหมุนเหวี่ยงที่ 10,000 รอบต่อนาที เป็นเวลา 15 นาที แยกตะกอนออกแล้วนำส่วนใสไปวิเคราะห์หาปริมาณไนโตรเจนที่ละลายได้ ด้วยวิธีการของ Lowry ที่ระดับการเจือจางที่เหมาะสม แล้วหาระดับการย่อยสลายได้จากสมการด้านล่าง (Hoyle and Merritt, 1994)

$$\text{Degree of Hydrolysis (DH)} = \frac{\text{10\% TCA-soluble nitrogen in sample}}{\text{Total nitrogen in sample}} \times 100$$

4. การศึกษาหาวิธีการที่เหมาะสมในการลดปริมาณตะกอนของซุปปลาทูน่า

เนื่องจากซุปปลาทูน่าที่ได้จากข้อ 2 มีปัญหาเรื่องตะกอนที่เกิดขึ้นหลังจากการฆ่าเชื้อ จึงจำเป็นต้องหาวิธีการที่เหมาะสมในการผลิตซุปปลาทูน่า นำซุปปลาทูน่ามาผ่านขั้นตอนดังภาพที่ 3



ภาพที่ 4 การผลิตซุปปลาทูน่าโดยวิธีการหมุนเหวี่ยงร่วมกับการกรอง

5. การศึกษาชนิดของเครื่องเทศที่เหมาะสมต่อการกำจัดกลิ่นคาวในซุปปลาทูน่า

นำน้ำนึ่งปลาทูน่ามาย่อยสลายด้วยเอนไซม์ที่ระดับความเข้มข้นร้อยละ 0.05 ที่อุณหภูมิ 55 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 1 ชั่วโมง จากนั้นนำเครื่องเทศ ได้แก่ ใบกระวาน ลูกผักชี ดอกจันทน์ขิงสด และยี่หร่า ใส่ลงในซุปปลาทูน่าในอัตราส่วนร้อยละ 0.1 (น้ำหนักต่อปริมาตร) ต้มให้เดือดนาน 10 นาที แล้วนำไปฆ่าเชื้อที่อุณหภูมิ 121 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 15 นาที

นำซุปปลาทูน่าที่ได้มาทดสอบทางประสาทสัมผัส โดยวิธี Quantitative Descriptive Analysis (QDA) (Lawless and Heyman, 1998) และทดสอบแบบให้คะแนนประเภทไม่มีโครงสร้างซึ่งมีความยาวเส้นตรง 15 เซนติเมตร เพื่อหาความเข้มของคุณลักษณะทางประสาทสัมผัสในด้านกลิ่นคาว กลิ่นรสคาว และกลิ่นรสเครื่องเทศ ซึ่งเป็นคุณลักษณะที่แสดงความแตกต่างระหว่างตัวอย่างโดยการประชุมความเห็นของกลุ่มผู้ทดสอบที่ผ่านการฝึกฝนจำนวน 16 คน

6. การศึกษาอัตราส่วนเครื่องเทศที่เหมาะสมต่อการกำจัดกลิ่นคาวปลาในซุปปลาทูน่า

นำน้ำนึ่งปลาทูน่ามาย่อยสลายด้วยเอนไซม์ที่ระดับความเข้มข้นร้อยละ 0.05 อุณหภูมิ 55 องศาเซลเซียส เป็นเวลานาน 1 ชั่วโมง จากนั้นนำเครื่องเทศ ได้แก่ ใบกระวาน ลูกผักชี และยี่หร่า ใบกระวานกับลูกผักชี (1:1) ใบกระวานกับยี่หร่า (1:1) ลูกผักชีกับยี่หร่า (1:1) และใบกระวานกับลูกผักชีและยี่หร่า (1:1:1) ใส่ลงในซุปปลาทูน่าในอัตราส่วนร้อยละ 0.5 (น้ำหนักต่อปริมาตร) ต้มให้เดือดเป็นเวลา 10 นาที ปรับปริมาตรของซุปปลาทูน่าด้วยน้ำให้มีปริมาตรเท่ากับปริมาตรก่อนต้ม แล้วนำไปฆ่าเชื้อที่อุณหภูมิ 121 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 15 นาที

ทดสอบความชอบของซุปปลาทูน่าที่ได้ทางประสาทสัมผัส โดยวิธี Hedonic scale (9 คะแนน) ในด้านกลิ่นรสเครื่องเทศ โดยใช้ผู้ทดสอบชิมที่ไม่ผ่านการฝึกฝนจำนวน 49 คน ใช้แผนการทดลองแบบบล็อกไม่สมบูรณ์ (Balance Incomplete Block Design) (BIB, t=7,r=3)

7. การศึกษาหาระดับของเครื่องเทศที่เหมาะสมต่อการกำจัดกลิ่นคาวปลาในซุปปลาทูน่า

นำน้ำนึ่งปลาทูน่ามาย่อยสลายด้วยเอนไซม์ที่ระดับความเข้มข้นร้อยละ 0.05 อุณหภูมิ 55 องศาเซลเซียส เป็นเวลานาน 1 ชั่วโมง จากนั้นนำเครื่องเทศที่ได้รับการคัดเลือกจากข้อ 6 ใส่ลงในซุปปลาทูน่าในอัตราส่วนต่างๆ ได้แก่ ร้อยละ 0.25, 0.50 และ 0.75 (น้ำหนักต่อปริมาตร) ต้มให้เดือดเป็นเวลา 10 นาที ปรับปริมาตรของซุปปลาทูน่าให้มีปริมาตรเท่ากับปริมาตรก่อนต้มด้วยน้ำ แล้วนำไปฆ่าเชื้อที่อุณหภูมิ 121 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 15 นาที

ทดสอบความชอบของซุปปลาทูน่าที่ได้ โดยวิธี Hedonic scale (9 คะแนน) ในด้านความเข้มของกลิ่นรสเครื่องเทศ โดยใช้ผู้ทดสอบชิมที่ไม่ผ่านการฝึกฝนจำนวน 50 คน

8. การศึกษาผลของด่านกัมมันต์ในการลดกลิ่นคาว

นำน้ำนึ่งปลาทูน่ามาย่อยสลายสลายด้วยเอนไซม์ที่ระดับความเข้มข้นร้อยละ 0.05 อุณหภูมิ 55 องศาเซลเซียส เป็นเวลานาน 1 ชั่วโมง จากนั้นเติมด่านกัมมันต์ร้อยละ 0, 0.2, 0.4, 0.6 และ 0.8 ผสมแล้วทิ้งไว้ 10 นาที นำไปกรองผ่านกระดาษกรองและ diatomaceuos earth ร้อยละ 1 แล้วนำไปฆ่าเชื้อที่อุณหภูมิ 121 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 15 นาที

ทดสอบซุปปลาทูน่าที่ได้ทางประสาทสัมผัส โดยวิธี QDA แบบให้คะแนนประเภทไม่มีโครงสร้างซึ่งมีความยาวเส้นตรง 15 เซนติเมตรในด้านกลิ่นและกลิ่นรสคาว โดยใช้ผู้ทดสอบชิมที่ผ่านการฝึกฝนจำนวน 15 คน ซึ่งเป็นผู้กำหนดคุณลักษณะที่ทดสอบโดยเลือกคุณลักษณะที่แสดงความแตกต่างระหว่างตัวอย่าง

9. การศึกษาการส่งผ่านความร้อน (Heat Penetration, F_0)

นำน้ำนึ่งปลาทูน่ามาเตรียมตามวิธีที่ได้คัดเลือกจากข้อ 3-7 แล้วนำไปบรรจุกระป๋องขนาด 307x113 โดยบรรจุกระป๋องละ 190 กรัม ปิดฝาด้วยเครื่องปิดฝา แล้วศึกษาผลการส่งผ่านความร้อน ดังภาคผนวก ค

10. การวิเคราะห์องค์ประกอบของกรดอะมิโนและวิตามินบีในซุปปลาทูน่าบรรจุกระป๋อง

ผลิตซุปปลาทูน่าบรรจุกระป๋องและฆ่าเชื้อด้วยวิธีตามข้อ 9 แล้วนำซุปปลาทูน่าบรรจุกระป๋องที่ได้มาวิเคราะห์องค์ประกอบของกรดอะมิโนและวิตามินบีเช่นเดียวกับข้อ 2.2 และ 2.3 โดยสถาบันวิจัยวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีแห่งประเทศไทย กรุงเทพมหานคร

11. การศึกษาระยะเวลาในการเก็บรักษาซุปปลาทูน่า

นำน้ำนึ่งปลาทูน่ามาย่อยสลายด้วยเอนไซม์ Delvolase ที่ระดับความเข้มข้นร้อยละ 0.05 (ปริมาตรต่อปริมาตร) บ่มที่อุณหภูมิ 55 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 1 ชั่วโมง จากนั้นใส่เครื่องเทศลงในซุปปลาทูน่าโดยชนิดและปริมาณได้จากการศึกษาข้อที่ 6 และ 7 ต้มให้เดือดเป็นเวลา 10 นาที ปรับปริมาตรของซุปปลาทูน่าด้วยน้ำให้มีปริมาตรเท่ากับปริมาตรเริ่มต้น แล้วนำไปบรรจุกระป๋องขนาด 307x100 โดยบรรจุกระป๋องละ 190 กรัม ปิดฝาด้วยเครื่องปิดฝา แล้วนำไปฆ่าเชื้อด้วยหม้อนึ่งฆ่าเชื้อ (retort) ที่อุณหภูมิและเวลาที่ได้จากการศึกษาในข้อ 9

เก็บรักษาซุปปลาทูน่าบรรจุกระป๋องที่อุณหภูมิห้องเป็นเวลา 3 เดือน โดยเก็บตัวอย่างทุก 15 วัน เพื่อศึกษาคุณสมบัติทางด้านเคมี คือ Thiobarbituric acid (TBA) number โดยวิธีของ Pearson (1976) คุณสมบัติทางด้านจุลินทรีย์ คือ จำนวนจุลินทรีย์ทั้งหมด (TVC) และจำนวนสปอร์ทนร้อนทั้งหมด (Thermophilic spores) (Speck, 1984) และคุณสมบัติทางด้านประสาท

Central Library
Prince of Songkla University

สัมผัส โดยวิธี Multisample Difference Test (Rating) โดยใช้ผู้ทดสอบที่ผ่านการฝึกฝนจำนวน 15 คน ให้คะแนนแบบมีโครงสร้างซึ่งมีความยาวของเส้นตรง 15 เซนติเมตร ทางด้านความใส กลิ่นผิดปกติ และกลิ่นรสผิดปกติ

วิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติด้วยโปรแกรมสำเร็จรูป SPSS 9.0 for Window (Statistical Package for Social Science)

12. การทดสอบผู้บริโภค

12.1 การเตรียมตัวอย่าง

ผลิตน้ำซุปปลาทูน่าบรรจุกระป๋องและฆ่าเชื้อด้วยวิธีตามข้อ 9 จากนั้นนำตัวอย่างที่ได้และตัวอย่างน้ำซุปปลาทูน่าที่มีจำหน่ายในท้องตลาด บรรจุในถ้วยพลาสติกขนาด 20 มิลลิลิตร ปิดฝาแล้วติดฉลากด้วยเลขสุ่ม 3 ตัว

12.2 การเลือกกลุ่มตัวอย่าง

สุ่มผู้บริโภคที่อยู่ในเขตจังหวัดสงขลา มีอายุอยู่ในช่วง 15 ปี ขึ้นไป จำนวน 200 คน

12.3 การเตรียมแบบสอบถาม

โดยศึกษาเอกสารที่เกี่ยวข้องกับการวิจัยเพื่อกำหนดประเด็นในการศึกษาให้ถูกต้องครบถ้วนและนำมาสร้างแบบสอบถาม จากนั้นทดลองใช้แบบสอบถามกับกลุ่มประชากรจำนวน 20 คน ซึ่งเป็นตัวแทนของกลุ่มที่จะทำการศึกษาจริง ทำการแก้ไขปรับปรุง และเตรียมต้นฉบับครั้งสุดท้าย ดังภาคผนวก ง

12.4 การเก็บรวบรวมและการวิเคราะห์ข้อมูล

เก็บรวบรวมข้อมูลโดยการสัมภาษณ์ แล้วนำข้อมูลที่ได้มาวิเคราะห์โดยใช้โปรแกรมสำเร็จรูป SPSS 9.0 for Window (Statistical Package for Social Science) วิเคราะห์ข้อมูลดังนี้

1. วิเคราะห์ข้อมูลทั่วไปของผู้บริโภค โดยใช้ค่าร้อยละของความถี่และการวิเคราะห์แบบตารางไขว้ (Cross-Tabulation)
2. การเปรียบเทียบคะแนนเฉลี่ยจากการทดสอบทางประสาทสัมผัสระหว่างตัวอย่างที่พัฒนาได้และตัวอย่างในท้องตลาด โดยใช้ Pair t-test
3. การวิเคราะห์ปัจจัยที่มีผลต่อความชอบกับลักษณะของกลุ่มผู้บริโภค โดยหาค่าไคสแควร์ (Chi-square, χ^2)
4. การเปรียบเทียบความสำคัญของปัจจัยในการตัดสินใจซื้อ โดยการคำนวณค่าดัชนี (indexing) (Lehman *et al.*, 1998)

13. **การประเมินต้นทุนการผลิตผลิตภัณฑ์ซุปปลาทูน่า** (ดัดแปลงจาก พรพงษ์ ลุทธิรักษ์, 2540)

ต้นทุนการผลิตผลิตภัณฑ์ซุปปลาทูน่าคำนวณจากค่าวัสดุ (รายละเอียดแสดงในภาคผนวก จ) ดังนี้

1. ต้นทุนทางตรง

-วัตถุดิบ

-เอนไซม์ Delvolase

-แรงงานตามอัตราแรงงานขั้นต่ำ

-เครื่องเทศ ได้แก่ ใบกระวาน และลูกผักชี

-ภาชนะบรรจุ

-กระดาษกรอง

2. ต้นทุนทางอ้อม

-พลังงานไฟฟ้า

-น้ำมันดีเซล

-น้ำ

ผลการทดลอง

1. ผลการวิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมีและจุลินทรีย์ของน้ำนึ่งปลาทูน่าที่แยกไขมันแล้ว

น้ำนึ่งปลาทูน่าจากโรงงานโชติวัฒน์อุตสาหกรรมการผลิต จำกัด (มหาชน) มีสีน้ำตาลและมีชั้นไขมันบางๆ สีขาวลอยอยู่โดยมีปริมาณไขมันร้อยละ 0.2-3.2 (สุวิทย์ สุวรรณโณ, 2539; ชุตินุช สุจริต, 2540) ผลการวิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมีและจุลินทรีย์ แสดงดังตารางที่ 4 จะเห็นว่าน้ำนึ่งปลาทูน่ามีไขมันเหลืออยู่ประมาณร้อยละ 0.04 หลังจากแยกไขมันออกแล้ว สาเหตุที่ต้องกำจัดไขมันออกเนื่องจากว่า ไขมันสามารถทำปฏิกิริยากับโปรตีนได้เป็นโปรตีนที่มีโมเลกุลเชิงซ้อน ทำให้โมเลกุลของโปรตีนถูกย่อยสลายได้น้อยลง (Sanguandeekul *et al.*, 1992) และทำให้เกิดกลิ่นคาว (Lalassidis and Sjoberg, 1978) นอกจากนี้จะเห็นว่าในน้ำนึ่งปลาทูน่าเป็นวัสดุเศษเหลือที่มีปริมาณโปรตีนค่อนข้างสูง ประมาณร้อยละ 6 จึงเหมาะสมที่จะนำกลับมาใช้ประโยชน์ในการผลิตเป็นซุปปลาทูน่าเพื่อเป็นการเพิ่มมูลค่า ในปัจจุบันมีการนำน้ำนึ่งปลาทูน่ากลับมาใช้ในการผลิตผลิตภัณฑ์หลายชนิด เช่น น้ำมันปลา (สมบัติ รุ่งศิลป์, 2542) โปรตีนไฮโดรไลเสท (อาภัสรา สุขเจริญศักดิ์กุล, 2535; บุศราภา ลีละวัฒน์ และปราณี อ่านเปรื่อง, 2536) และซอสปรุงรส (อัญชลี สาระโบก, 2540) ปริมาณฮีสตามีนที่ตรวจพบในน้ำนึ่งปลาทูน่าอยู่ในระดับที่ต่ำกว่าระดับที่กำหนดในมาตรฐาน ซึ่งระดับมาตรฐานของ FDA ที่อาจก่อให้เกิดอันตราย คือ 20 ส่วนในล้านส่วน

ตารางที่ 4 องค์ประกอบทางเคมีและจุลินทรีย์ของน้ำนึ่งปลาทูน่าที่แยกไขมันแล้ว

องค์ประกอบ	ปริมาณ
พีเอช	6.42
ของแข็งทั้งหมด (ร้อยละ)	7.32
ความชื้น (ร้อยละ)	92.89
ไขมัน (ร้อยละ)	0.04
โปรตีน (ร้อยละ)	5.99
เถ้า (ร้อยละ)	1.58
เกลือ (ร้อยละ)	0.70
ฮีสตามีน (ส่วนในล้านส่วน)	9.30
จุลินทรีย์ทั้งหมดที่อุณหภูมิ 37 องศาเซลเซียส (CFU/ml)	116
จุลินทรีย์ทั้งหมดที่อุณหภูมิ 55 องศาเซลเซียส (CFU/ml)	110

หมายเหตุ แสดงค่าเฉลี่ยที่ได้จากการวิเคราะห์ 3 ซ้ำ

จากการวิเคราะห์กรดอะมิโนของน้ำนึ่งปลาทูน่าที่แยกไขมันแล้ว ดังตารางที่ 5 พบว่า น้ำนึ่งปลาทูน่าประกอบด้วยกรดอะมิโนฮิสทีดีนปริมาณสูงสุด คือ 889.21 มิลลิกรัมต่อ 100 กรัม รองลงมาคือ ไกลซีน เท่ากับ 782.28 มิลลิกรัมต่อ 100 กรัม และมีกรดอะมิโนที่จำเป็น ได้แก่ เมทธิโอนีน ทรีโอนีน ฮีสทีดีน ไอโซลิวซีน ลิวซีน ไลซีน วาลีน และ ฟีนิลอะลานีน อยู่ครบถ้วน

เมื่อวิเคราะห์ปริมาณวิตามิน ในการวิจัยครั้งนี้วิเคราะห์เฉพาะวิตามินบีไม่ได้วิเคราะห์วิตามินที่ละลายในไขมัน เนื่องจากขั้นตอนแยกส่วนไขมันออกจากน้ำนึ่งปลาทูน่าทำให้มีปริมาณไขมันอยู่น้อยมาก (ร้อยละ 0.04) ผลการวิเคราะห์วิตามินบีพบว่ามีปริมาณไนอะซิน 27.05 มิลลิกรัมต่อ 100 กรัม กรดเพนโทธีนิก น้อยกว่า 0.047 มิลลิกรัมต่อ 100 กรัม วิตามินบี1 น้อยกว่า 0.08 มิลลิกรัมต่อ 100 กรัม วิตามินบี2 น้อยกว่า 0.04 มิลลิกรัมต่อ 100 กรัม และวิตามินบี 6 น้อยกว่า 0.56 มิลลิกรัมต่อ 100 กรัม ทั้งนี้เนื่องจากวิตามินบี1 บี2 บี6 และกรดเพนโทธีนิก ไม่คงตัวในสภาวะที่มีแสง ออกซิเจน และความร้อน (Karmas and Harris, 1984) เมื่อปลาทูน่าผ่านการแปรรูปด้วยความร้อนในขั้นตอนนึ่งปลาและสัมผัสกับอากาศเป็นเวลานานทำให้วิตามินบีดังกล่าวสูญเสียไปมาก ส่วนไนอะซินมีความคงตัวต่อความร้อน แสง สภาวะที่มีออกซิเจน และความเป็นกรด-ด่างสูง (Karmas and Harris, 1984) จึงทำให้มีปริมาณไนอะซินหลงเหลืออยู่หลังการแปรรูป

2. ผลการศึกษาหาปริมาณเอนไซม์ที่เหมาะสมต่อการย่อยสลายน้ำนึ่งปลาทูน่า

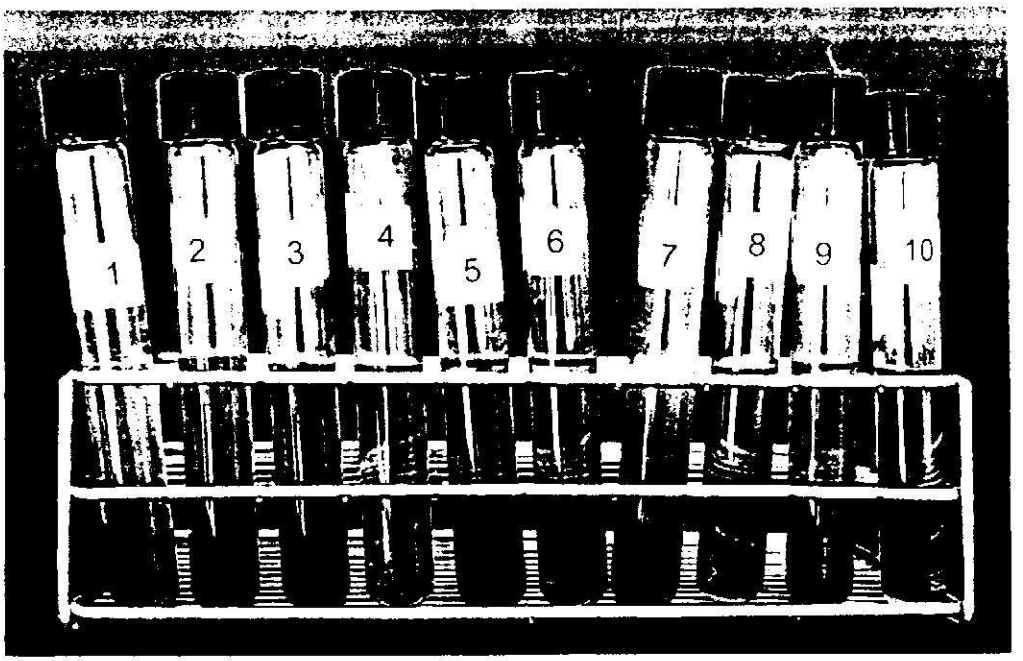
พีเอชของน้ำนึ่งปลาทูน่าหลังจากการแยกไขมันมีค่าประมาณ 6.42 (ตารางที่ 4) Adler-Nessen (1986) รายงานว่าพีเอชและอุณหภูมิที่เหมาะสมต่อการทำงานของเอนไซม์อัลคาเลส คือ พีเอช 6.5-8.5 และอุณหภูมิ 55-70 องศาเซลเซียส จากการทดลองพบว่าน้ำนึ่งปลาทูน่าที่ได้มีพีเอช 6.42 ซึ่งใกล้เคียงกับพีเอชที่เหมาะสมในการทำงานของเอนไซม์ ดังนั้นในการทดลองต่อไปจึงไม่มีการปรับพีเอชของน้ำนึ่งปลา และใช้อุณหภูมิในการย่อยสลายด้วยเอนไซม์ที่ 55 องศาเซลเซียส

จากการทดลองพบว่าซุปปลาทูน่าที่ได้หลังการฆ่าเชื้อมีตะกอนเกิดขึ้นเป็นจำนวนมาก ดังแสดงในภาพที่ 5 หมายเลข 1, 3, 5, 7 และ 9 เนื่องจากที่อุณหภูมิสูงกว่า 40-50 องศาเซลเซียส ทำให้โปรตีนมีความสามารถในการละลายลดลง โดยความร้อนมีผลต่อการเปลี่ยนแปลงโครงสร้างของโปรตีนเกิดปฏิกิริยาการตกตะกอนที่ซับซ้อน (Zayas, 1997) จึงนำซุปปลาดังกล่าวมากรองผ่านสำลีและกระดาษกรองเบอร์ 1 ก่อนนำไปทดสอบทางประสาทสัมผัส ซึ่งซุปปลาที่ได้หลังจากการกรองมีสีเหลืองใส ดังแสดงในภาพที่ 5 หมายเลข 2, 4, 6, 8 และ 10

ตารางที่ 5 ปริมาณกรดอะมิโนในน้ำนึ่งปลาทูน่าที่แยกเอาไขมันออก

ชนิดกรดอะมิโน	ปริมาณ (มิลลิกรัมต่อ 100 กรัม)
Aspartic acid	247.84
Theronine	130.47
Serine	146.34
Glutamic acid	465.21
Proline	375.82
Glycine	782.28
Alanine	406.36
Cystine	3.97
Valine	94.92
Methionine	64.61
Isoleucine	52.08
Leucine	146.65
Tyrosine	27.95
Phynylalanine	291.81
Histidine	889.21
Lysine	202.77
Arginine	296.81
Tryptophan	7.57

หมายเหตุ วิเคราะห์โดยสถาบันวิจัยวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีแห่งประเทศไทย



ภาพที่ 5 ซุปปลาทูน่าที่ได้หลังการฆ่าเชื้อเมื่อใช้เอนไซม์ปริมาณต่างๆ ในการย่อยสลายน้ำนึ่งปลาทูน่า

หมายเหตุ 1:ไม่กรอง, 2:กรอง, 3:เอนไซม์ 0.025% ไม่กรอง, 4:เอนไซม์ 0.025% กรอง, 5:เอนไซม์ 0.050% ไม่กรอง, 6:เอนไซม์ 0.050% กรอง, 7:เอนไซม์ 0.075% ไม่กรอง, 8:เอนไซม์ 0.075% กรอง, 9:เอนไซม์ 0.10% ไม่กรอง, 10:เอนไซม์ 0.10% กรอง

การทดสอบผลของเอนไซม์ทางประสาทสัมผัส ผลการทดลองแสดงดังตารางที่ 6 จะเห็นว่าผู้ทดสอบมีความชอบผลิตภัณฑ์ที่มีลักษณะใสมากกว่าขุ่น ซึ่งซุปปลาที่ผ่านการย่อยสลายด้วยเอนไซม์ตั้งแต่ปริมาณร้อยละ 0.05 ขึ้นไปมีลักษณะใส ทั้งนี้เนื่องจากเอนไซม์ดังกล่าวมีผลทำให้โปรตีนมีการละลายสูงขึ้น (Zayas, 1997) นอกจากนี้ซุปปลาที่ผ่านการย่อยสลายด้วยเอนไซม์ตั้งแต่ปริมาณร้อยละ 0.05 ขึ้นไปยังได้รับคะแนนความชอบด้านกลิ่นรสคาวสูงกว่าตัวอย่างชุดควบคุมที่ไม่เติมเอนไซม์ เนื่องจากการไฮโดรไลซิสทำให้โครงสร้างของโปรตีนเปลี่ยนแปลงซึ่งส่งผลให้ความสามารถในการจับกับสารประกอบให้กลิ่น (aroma compound) ลดลง และโปรตีนมีขนาดเล็กลงโดยโปรตีนอาหารที่มีขนาดน้อยกว่า 6,000 ดาลตัน มักจะไม่มีรสชาติ (tasteless) (Nielson, 1997) ดังนั้นสาเหตุดังกล่าวอาจมีส่วนทำให้กลิ่นรสของน้ำซุปที่ไม่ต้องการลดลง ส่วนคะแนนความชอบด้านรสขมมีความแตกต่างกันเล็กน้อยในระหว่างชุดทดลองแต่ละชุด โดยพบว่าการเติมเอนไซม์ในปริมาณสูงขึ้นจะทำให้ผลิตภัณฑ์มีรสขมขึ้น ทั้งนี้เนื่องจากการเกิดหมู่ที่ไม่ชอบน้ำของกรดอะมิโน โดยเฉพาะไอโซลูซีน ลูซีน ฟีนิลอะลานิน ทริปโตเฟน และวาลีนที่ต่อกันเป็นสายเปปไทด์ที่มีน้ำหนักโมเลกุลต่ำ โดยรสขมจะเพิ่มมากขึ้นเมื่อปลายของสายเปปไทด์ถูกจับด้วยโมเลกุลอื่นๆ เช่น หมู่อะซิทิล หมู่เมทิลเอสเทอร์ และความขมจะมีมากที่สุดเมื่อปลายทั้งสองด้านของสายเปปไทด์ถูกจับด้วยโมเลกุลดังกล่าว (Pederson, 1994) ส่วนกลิ่นคาวนั้นเกิดจากปริมาณไขมันและสารประกอบโมเลกุลต่ำ เช่น ไตรเมทิลามีน (trimethylamine) และ บิวทานอล (2-butanol) (Lalassidis and Sjoberg, 1978) และเมื่อทดสอบผลของเอนไซม์ในด้านระดับการย่อยสลาย (DH) ผลการทดลองแสดงดังภาพที่ 6 จะเห็นว่าเมื่อเติมเอนไซม์ลงไปในน้ำนึ่งปลาทูน่าร้อยละ 0.05 ย่อยสลายเป็นเวลา 1 ชั่วโมง มีระดับการย่อยสลายเท่ากับร้อยละ 55.75 และเมื่อเพิ่มปริมาณเอนไซม์ขึ้นเรื่อยๆ จนถึงร้อยละ 1.0 ระดับการย่อยสลายของน้ำนึ่งปลาทูน่าคงที่ ขณะที่การศึกษาของอัญชลี สาระโบก (2540) ใช้เอนไซม์ Alcalase® 0.6 L และ Neutrase® 0.5 L ย่อยสลายน้ำนึ่งปลาทูน่าพบว่าเมื่อใช้ปริมาณเอนไซม์เพิ่มขึ้น ระดับการย่อยสลายเพิ่มขึ้น โดยที่ระดับเอนไซม์ร้อยละ 2.0 โดยปริมาตร มีระดับการย่อยสลายเท่ากับร้อยละ 78 และ 76 ตามลำดับที่เวลา 60 นาที ทั้งนี้อาจเป็นผลจากระดับความเข้มข้นของเอนไซม์ที่ใช้มีความแตกต่างกันมาก ทำให้ผลการทดลองมีความแตกต่างกัน

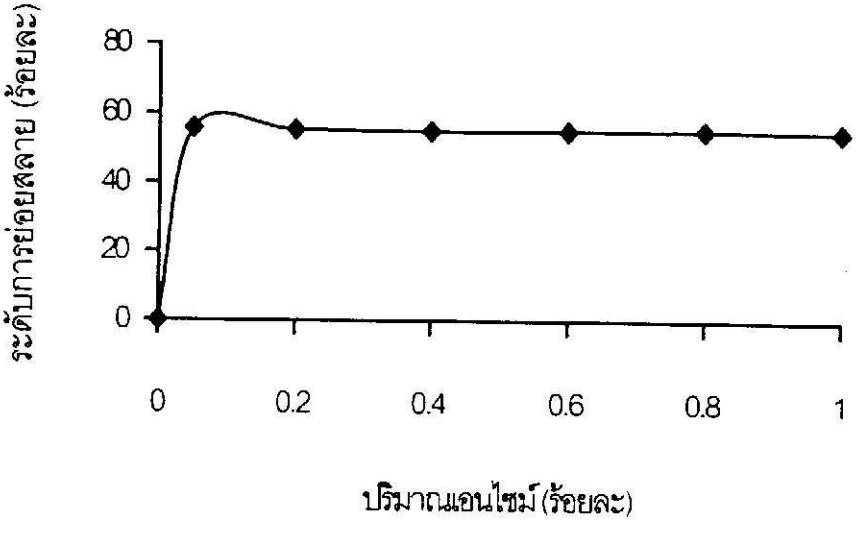
จากคะแนนความชอบเฉลี่ยของผู้ทดสอบโดยใช้ Hedonic scale (ดังตารางที่ 6) เมื่อพิจารณาทุกปัจจัยที่ทดสอบ พบว่าที่ปริมาณเอนไซม์ร้อยละ 0.05 เป็นปริมาณที่เหมาะสม เนื่องจากมีคะแนนความชอบด้านลักษณะปรากฏที่ดีที่สุดและมีคะแนนความชอบด้านกลิ่นคาว กลิ่นรสคาว และความขมสูงกว่าชุดควบคุมจึงเลือกเอนไซม์ที่ปริมาณดังกล่าวในการทดลองขั้นต่อไป

ตารางที่ 6 ผลการทดลองทางประสาทสัมผัสโดยใช้ Hedonic scale (9 คะแนน) ของซุปปลาทูน่าจากน้ำนึ่งปลาทูน่าที่ย่อยสลายด้วยเอนไซม์ Delvolase ในปริมาณต่างๆ

ลักษณะที่ทดสอบ	คะแนนเฉลี่ยจากผู้ทดสอบ				
	ปริมาณเอนไซม์ (ร้อยละ)				
	0	0.025	0.050	0.075	0.100
1. ลักษณะปรากฏ	3.60^{a**}	5.65^{c}	7.00^{c}	7.65^{c}	7.10
2. กลิ่นคาว	3.75^{a}	4.90^{ac}	5.70^{c}	5.80^{c}	5.70^{c}
3. กลิ่นรสคาว	4.05^{a}	4.90^{ac}	5.37^{c}	6.15^{c}	5.95^{c}
4. รสชม	5.05^{a}	5.05^{a}	5.20^{ac}	6.00^{c}	5.80^{ac}

หมายเหตุ 1=ไม่ชอบมากที่สุด, 2=ไม่ชอบมาก, 3=ไม่ชอบปานกลาง, 4=ไม่ชอบเล็กน้อย, 5= เฉยๆ, 6=ชอบเล็กน้อย, 7=ชอบปานกลาง, 8=ชอบมาก, 9=ชอบมากที่สุด

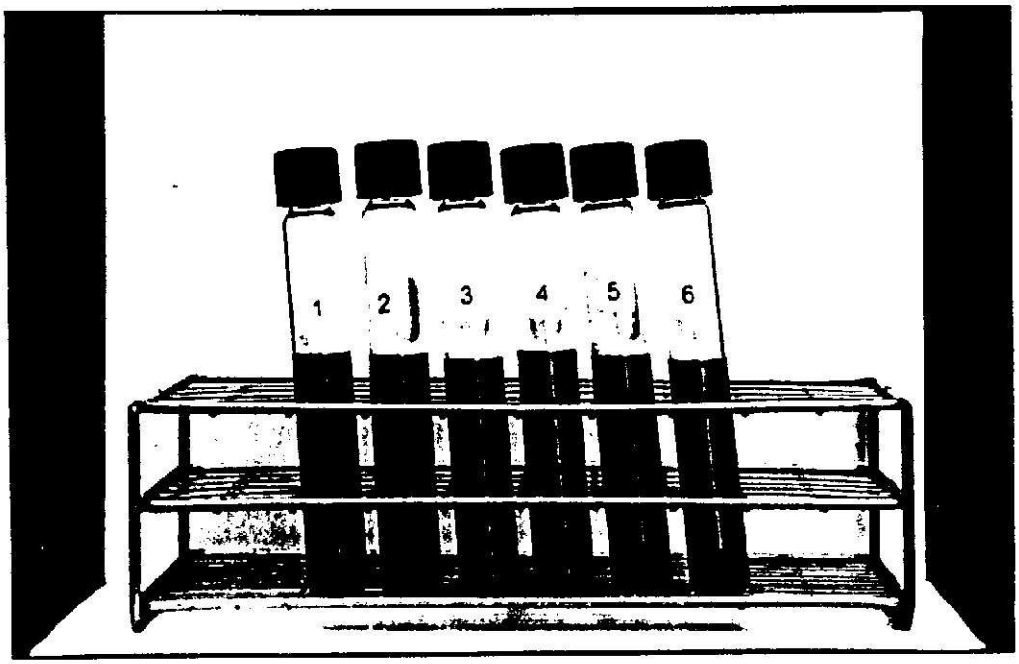
**ตัวอักษรที่เหมือนกันในแต่ละแถว แสดงว่าค่าเฉลี่ยไม่มีความแตกต่างกัน ($p>0.05$)



ภาพที่ 6 การหาระดับการย่อยสลายของน้ำนึ่งปลาทูน่าเมื่อย่อยสลายด้วยเอนไซม์ปริมาณต่างๆ

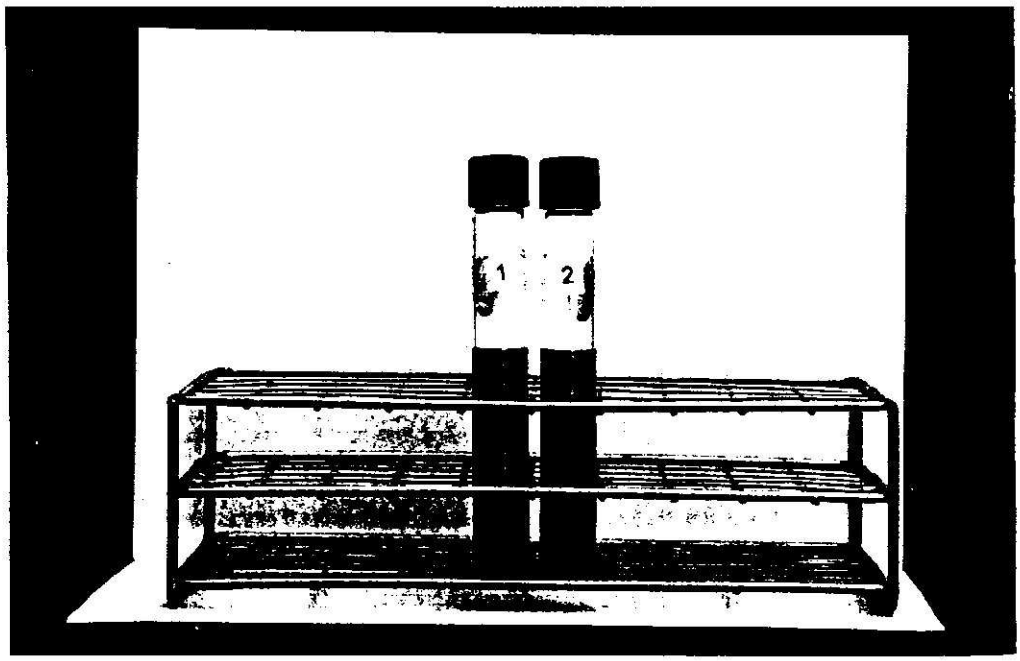
3. **ผลการศึกษาหาวิธีการที่เหมาะสมในการลดปริมาณตะกอนของซุปปลาทูน่า**

เนื่องจากซุปปลาทูน่าที่ได้มีปัญหาเรื่องตะกอนที่เกิดขึ้นหลังจากการฆ่าเชื้อ จึงจำเป็นต้องหาวิธีการที่เหมาะสมในการกำจัดตะกอนเหล่านั้นโดยใช้วิธีการหมุนเหวี่ยงและกรองผ่าน diatomaceous earth ดังภาพที่ 4 ซึ่ง diatomaceous earth มีองค์ประกอบหลักเป็นซิลิคอนไดออกไซด์ (Silicon Dioxide, SiO_2) มากกว่าร้อยละ 80 มีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางเล็กมากประมาณ 5-20 ไมโครเมตร ทำให้มีคุณสมบัติในการดูดซับสีและกลิ่นได้ดี ลักษณะของซุปปลาที่ได้แสดงดังภาพที่ 7 พบว่าในการผลิตซุปปลาด้วยวิธีที่ 3 คือ ใช้การหมุนเหวี่ยงด้วยความเร็วสูงก่อนย่อยสลายด้วยเอนไซม์ไม่สามารถแก้ปัญหาการเกิดตะกอนได้ ซุปปลาที่ได้มีลักษณะขุ่น เมื่อใช้วิธีที่ 4 คือมีการหมุนเหวี่ยงและกรองด้วย diatomaceous earth ทำให้ซุปปลามีความใสขึ้นอย่างเห็นได้ชัดเจน และนอกจากนี้จะเห็นว่า จากการผลิตซุปปลาด้วยวิธีที่ 2 คือ กรองด้วย diatomaceous earth โดยไม่มีการหมุนเหวี่ยง ซุปปลาที่ได้มีความใสไม่แตกต่างจากวิธีที่ 4 เมื่อเปรียบเทียบปริมาณ diatomaceous earth ที่ใช้ในการกรองพบว่า จากวิธีที่ 2 และ 4 ที่มีการกรองด้วย diatomaceous earth ร้อยละ 1 และ 5 ทำให้ซุปปลามีความใสไม่แตกต่างกัน ดังนั้นในการทดลองขั้นต่อไปจึงเลือกใช้การผลิตด้วยวิธีที่ 2 (นำน้ำนึ่งปลาทูน่ามาย่อยสลายด้วยเอนไซม์ที่ความเข้มข้นร้อยละ 0.05 ที่อุณหภูมิ 55 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 1 ชั่วโมง หยุดปฏิกิริยาที่อุณหภูมิ 90 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 5 นาที จากนั้นเติม diatomaceous earth ร้อยละ 1 (น้ำหนักต่อปริมาตร) แล้วกรองผ่านกระดาษกรอง และนำไปฆ่าเชื้อที่อุณหภูมิ 121 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 15 นาที



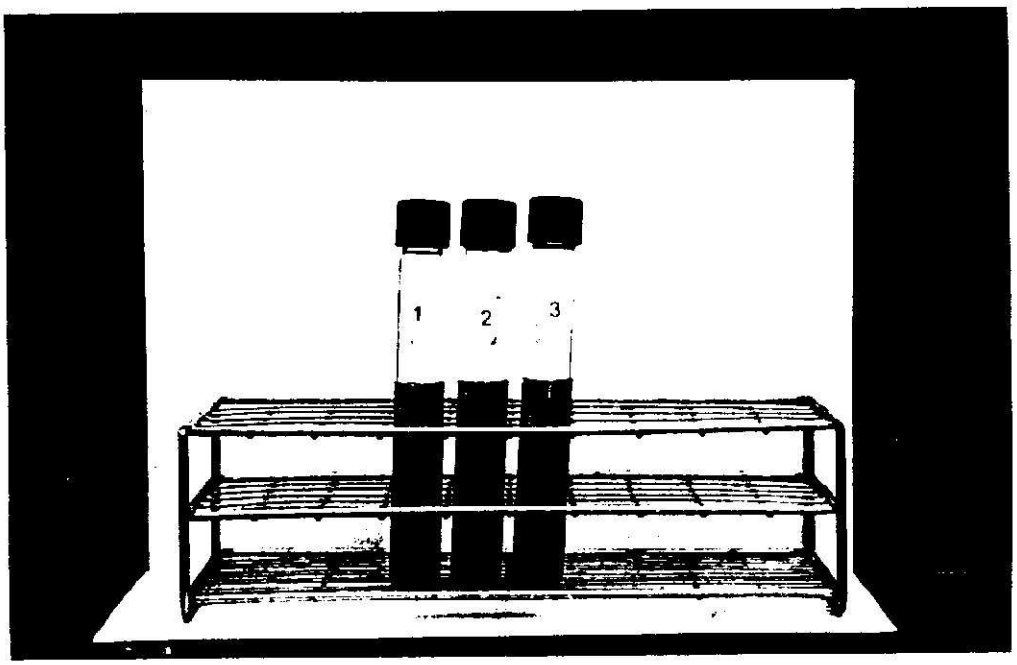
ภาพที่ 7 ซุปปลาทูน่าที่ได้จากการผลิตโดยวิธีการหมุนเหวี่ยงและการกรอง

หมายเหตุ 1:ไม่หมุนเหวี่ยง,ไม่กรอง, 2:ไม่หมุนเหวี่ยง,กรองด้วย diatomaceous earth 1%, 3:หมุนเหวี่ยง 10,000 รอบต่อนาที,ไม่กรอง, 4: หมุนเหวี่ยง 10,000 รอบต่อนาที, กรองด้วย diatomaceous earth 1%, 5: หมุนเหวี่ยง 15,000 รอบต่อนาที,ไม่กรอง, 6: หมุนเหวี่ยง 10,000 รอบต่อนาที, กรองด้วย diatomaceous earth 1%



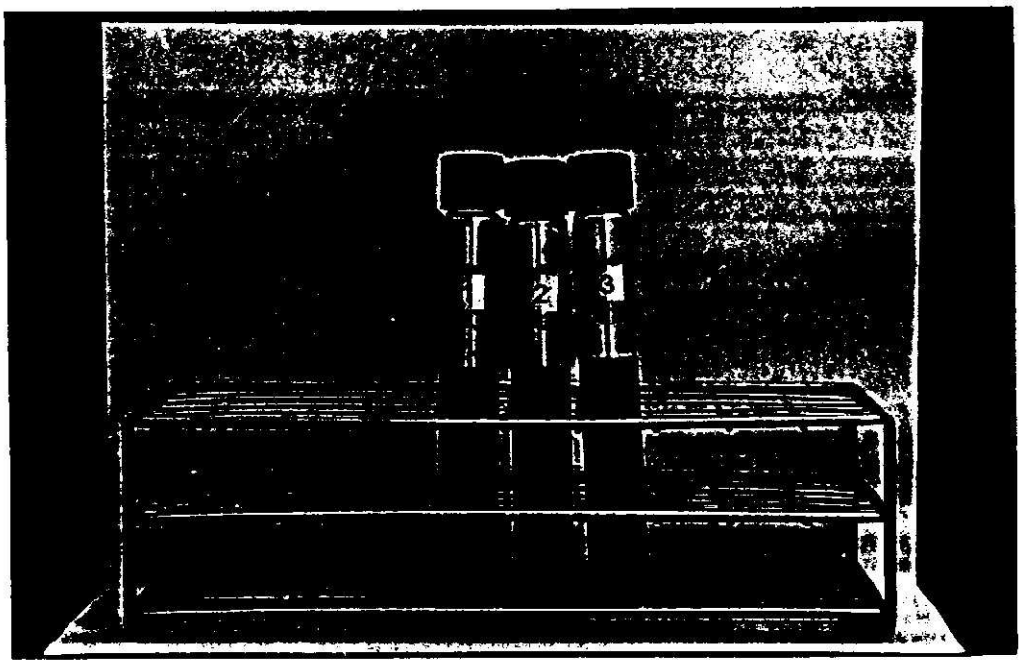
ภาพที่ 8 ซุปปลาทูน่าที่ได้จากการเติม diatomaceous earth ปริมาณต่างๆ ก่อนการกรอง

หมายเหตุ 1:ไม่หมุนเหวี่ยง,กรองด้วย diatomaceous earth 1%, 2:ไม่หมุนเหวี่ยง,กรองด้วย diatomaceous earth 5%



ภาพที่ 9 ซุปปลาทูน่าที่ได้จากการหมุนเหวี่ยง 10,000 รอบต่อนาที และเติม diatomaceous earth ปริมาณต่างๆ ก่อนการกรอง

หมายเหตุ 1:หมุนเหวี่ยง,กรองด้วย diatomaceous earth 1%, 2:หมุนเหวี่ยง,กรองด้วย diatomaceous earth 5%, 3:หมุนเหวี่ยง,กรองด้วย diatomaceous earth 10%



ภาพที่ 10 ซุปปลาทูน่าที่ได้จากการหมุนเหวี่ยง 15,000 รอบต่อนาที และเติม diatomaceous earth ปริมาณต่างๆ ก่อนการกรอง

หมายเหตุ 1:หมุนเหวี่ยง,กรองด้วย diatomaceous earth 1%, 2:หมุนเหวี่ยง,กรองด้วย diatomaceous earth 5%, 3:หมุนเหวี่ยง,กรองด้วย diatomaceous earth 10%

4. ผลการศึกษาชนิดของเครื่องเทศที่เหมาะสมต่อการกำจัดกลิ่นคาวในซุปปลาทูน่า

จากปัญหาเรื่องของกลิ่นคาวและกลิ่นรสคาวปลาในซุปปลาทูน่า จึงเลือกใช้เครื่องเทศในการลดปัญหาดังกล่าว ผลการทดสอบทางประสาทสัมผัสแสดงดังตารางที่ 7 พบว่าชนิดของเครื่องเทศที่ทำให้คะแนนกลิ่นคาวและกลิ่นรสคาวของตัวอย่างน้อยกว่าชุดควบคุม (ไม่มีเครื่องเทศ) คือ ใบกระวาน ลูกผักชี และยี่หร่า พบว่าเครื่องเทศทั้งสามชนิดดังกล่าวมีผลทำให้ผลิตภัณฑ์มีคะแนนกลิ่นเครื่องเทศสูงขึ้น ทั้งนี้เนื่องจากลูกผักชีและยี่หร่ามีกลิ่นใกล้เคียงกัน และมีกลิ่นคล้าย caraway จึงมีคุณสมบัติลดกลิ่นคาวได้ใกล้เคียงกัน นอกจากนี้พบว่า การวิจัยของ Kasahara และ Oswa (1998) ได้ศึกษาผลของการใช้เครื่องเทศบดบังกลิ่นคาวในปลาซาร์ดีนต้มพบว่า ใบอ่อนของพริกไทยญี่ปุ่น (Japanese pepper) ซึ่งประกอบด้วย α-pinene, citronellal และ 2-undecanone และ perilla ที่มี perilladehyde เป็นองค์ประกอบแล้ว ในอัตราส่วน 1 ต่อ 1 ให้ผลการบดบังกลิ่นที่สูงสุด Kasahara และ Nishibori (1995) พบว่าการเติมน้ำมะนาวสามารถลดกลิ่นคาวในปลาซาร์ดีนย่างได้เช่นกัน โดยสารที่ให้กลิ่นสามารถบดบังกลิ่นคาวของปลาซาร์ดีน ได้แก่ α-pinene, β-pinene, myrcene, ∂–limonene และ γ-terpinene ดังนั้นในใบกระวานซึ่งมี α-pinene และ linalool เป็นองค์ประกอบหลักของน้ำมันหอมระเหย และองค์ประกอบอื่นๆ คือ limonene, β-pinene ในลูกผักชีมีสารให้กลิ่นที่สำคัญ คือ ∂-linalool, α และ β-pinene, γ-terpinene ส่วนยี่หร่าประกอบด้วย pinene (Farrell, 1998) ทำให้เครื่องเทศทั้งสามดังกล่าวสามารถบดบังกลิ่นและกลิ่นรสคาวในน้ำซุปปลาทูน่าได้ นอกจากนี้ในยี่หร่ามี cuminaldehyde เป็นองค์ประกอบหลัก (นิจศิริ เรืองรังษี, 2542) สารดังกล่าวอาจมีผลบดบังกลิ่นคาวได้เช่นเดียวกัน สารอื่นๆ ที่มีผู้วิจัยศึกษามาแล้วข้างต้น จากตารางที่ 7 จะเห็นว่าขิงมีความสามารถบดบังกลิ่นรสคาวได้น้อยที่สุด เนื่องจากองค์ประกอบหลักของขิงเป็นสาร zingberene, ar-curcumene และ farnesene และมี α และ β-pinene, limonene และ linalool ในปริมาณเพียงเล็กน้อย (นิจศิริ เรืองรังษี, 2542) จึงไม่เพียงพอต่อการบดบังกลิ่นรสคาวดังกล่าวได้ เช่นเดียวกับดอกจันทน์ แม้ว่ามีสารระเหยได้แก่ pinene และ linalool เป็นสารประกอบ แต่พบว่าดอกจันทน์มีน้ำมันหอมระเหยเพียงร้อยละ 2-6 และน้ำมันหอมระเหยยาก (Fixed oil) ถึงร้อยละ 25-40 (นิจศิริ เรืองรังษี, 2542) จึงอาจทำให้น้ำมันหอมระเหยไม่เพียงพอต่อการบดบังกลิ่นคาวได้

ตารางที่ 7 ผลการทดสอบทางประสาทสัมผัสโดยใช้ QDAของซุปปลาทูน่าที่ใช้เครื่องเทศชนิดต่างๆ ในการลดกลิ่นคาว

ลักษณะที่ทดสอบ	คะแนนเฉลี่ยจากผู้ทดสอบชิม					
	ไม่ใส่เครื่องเทศ	ใบกระวาน	ลูกผักชี	ดอกจันทน์	ขิงสด	ยี่หร่า
1. กลิ่นคาว	4.67^{b*}	2.45^{a}	2.76^{a}	3.39^{ab}	4.23^{b}	2.84^{ab}
2. กลิ่นรสคาว	8.37^{b}	4.48^{a}	4.75^{a}	5.74^{ab}	5.91^{ab}	4.96^{a}
3. กลิ่นเครื่องเทศ	1.50^{a}	5.78^{c}	4.88^{bc}	2.80^{ab}	2.25^{a}	4.55^{bc}

หมายเหตุ *ตัวอักษรที่เหมือนกันในแต่ละแถว แสดงว่าค่าเฉลี่ยไม่มีความแตกต่างกัน ($p>0.05$)

5. ผลการศึกษาชนิดของเครื่องเทศที่ออกฤทธิ์ร่วมกันต่อการกำจัดกลิ่นคาวปลาในซุปปลาทูน่า

จากผลการทดลองที่ผ่านมาพบว่าเครื่องเทศที่สามารถลดปัญหากลิ่นคาวได้ คือ ใบกระวาน ลูกผักชี และยี่หร่า (ตารางที่ 7) จึงเลือกเครื่องเทศทั้งสามชนิดนี้มาศึกษาผลในการออกฤทธิ์ร่วมกัน ผลการทดสอบความชอบแสดงดังตารางที่ 8 จะเห็นว่าในชุดทดลองที่มีลูกผักชี จะได้รับคะแนนความชอบเฉลี่ยจากผู้ทดสอบสูงกว่าในชุดทดลองที่มีใบกระวานหรือยี่หร่า โดยการใช้เครื่องเทศผสมระหว่างใบกระวานและลูกผักชีได้รับคะแนนความชอบเฉลี่ยจากผู้ทดสอบสูงที่สุด ถึงแม้ว่าค่าเฉลี่ยไม่มีความแตกต่างกัน ($p>0.05$) กับตัวอย่างที่ใช้ลูกผักชีอย่างเดียว ตัวอย่างที่ใช้ลูกผักชีร่วมกับยี่หร่า และตัวอย่างที่ใช้ใบกระวานร่วมกับลูกผักชีและยี่หร่า จึงเลือกใช้เครื่องเทศผสมระหว่างใบกระวานและลูกผักชีในการลดกลิ่นคาวในการผลิตซุปปลาทูน่าขั้นต่อไป

ตารางที่ 8 ผลการทดสอบทางประสาทสัมผัสโดยวิธี hedonic scale (9 คะแนน)* ของซุปปลาทูน่าที่ใช้เครื่องเทศชนิดต่างๆ ออกฤทธิ์ร่วมกันในการลดปัญหากลิ่นคาว

ลักษณะที่ทดสอบ	คะแนนเฉลี่ยจากผู้ทดสอบ						
	1	2	3	1+2	1+3	2+3	1+2+3
กลิ่นรสเครื่องเทศ	4.90^{ab**}	5.52^{b}	4.81^{ab}	5.86^{b}	4.05^{a}	5.71^{b}	5.76^{b}

หมายเหตุ 1 คือ ใบกระวาน, 2 คือ ลูกผักชี, 3 คือ ยี่หร่า

*1=ไม่ชอบมากที่สุด, 2=ไม่ชอบมาก, 3=ไม่ชอบปานกลาง, 4=ไม่ชอบเล็กน้อย, 5= เฉยๆ, 6=ชอบเล็กน้อย, 7=ชอบปานกลาง, 8=ชอบมาก, 9=ชอบมากที่สุด

**ตัวอักษรที่เหมือนกัน แสดงว่าค่าเฉลี่ยไม่มีความแตกต่างกัน ($p>0.05$)

6. ผลการศึกษาหาระดับของเครื่องเทศที่เหมาะสมต่อการกำจัดกลิ่นคาวปลาในซุปปลาทูน่า

ผลการทดลองแสดงดังตารางที่ 9 พบว่าคะแนนความชอบเฉลี่ยจากผู้ทดสอบไม่มีความแตกต่างกันทั้ง 3 ระดับของเครื่องเทศ ดังนั้นจึงเลือกใช้เครื่องเทศที่ระดับร้อยละ 0.25 เพราะให้คะแนนความชอบเฉลี่ยสูงสุดและเป็นการใช้ปริมาณเครื่องเทศน้อยที่สุดซึ่งสามารถลดต้นทุนของการใช้เครื่องเทศได้

ตารางที่ 9 ผลการทดสอบทางประสาทสัมผัสโดยวิธี hedonic scale (9 คะแนน) ของซุปปลาทูน่าที่ใช้เครื่องเทศระดับต่างๆ ในการลดปัญหากลิ่นคาว

ลักษณะที่ทดสอบ	คะแนนเฉลี่ยจากผู้ทดสอบ		
	0.25%	0.50%	0.75%
ความเข้มของกลิ่นรสเครื่องเทศ	6.06[a**]	5.84[a]	5.62[a]

หมายเหตุ 1=ไม่ชอบมากที่สุด, 2=ไม่ชอบมาก, 3=ไม่ชอบปานกลาง, 4=ไม่ชอบเล็กน้อย, 5= เฉยๆ, 6=ชอบเล็กน้อย, 7=ชอบปานกลาง, 8=ชอบมาก, 9=ชอบมากที่สุด

** ตัวอักษรที่เหมือนกัน แสดงว่าค่าเฉลี่ยไม่มีความแตกต่างกัน ($p>0.05$)

7. การศึกษาผลของระดับถ่านกัมมันต์ที่เหมาะสมกับการกำจัดกลิ่นคาวในน้ำซุปปลาทูน่า

จากตารางที่ 10 จะเห็นว่าการเติมถ่านกัมมันต์ร้อยละ 0.2 หรือมากกว่าในน้ำซุปปลาทูน่ามีผลทำให้กลิ่นคาวและกลิ่นรสคาวลดลงจากตัวอย่างชุดควบคุม ($p<0.05$) เนื่องจากถ่านกัมมันต์มีคุณสมบัติดูดซับสารให้กลิ่นโดยเฉพาะสารประกอบที่ไม่ชอบน้ำ (Nielson, 1997) ทำให้กลิ่นรสคาวลดลง แม้ว่าการใช้ถ่านกัมมันต์จะช่วยลดกลิ่นที่ไม่พึงประสงค์ได้ แต่พบว่าการใช้ถ่านกัมมันต์จะทำให้โปรตีนสูญเสียในปริมาณมากเช่นกัน (Nielson, 1997) วัตถุประสงค์ของการวิจัยครั้งนี้ให้ความสำคัญกับปริมาณโปรตีน เนื่องจากต้องการผลิตภัณฑ์ที่มีโปรตีนสูงดังนั้นจึงเลือกใช้การลดความคาวโดยใช้เครื่องเทศในการศึกษาขั้นต่อไป

ตารางที่ 10 คะแนนเฉลี่ยจากการทดสอบทางประสาทสัมผัสโดยใช้ QDA ของตัวอย่างน้ำซุปปลาทูน่าที่เติมถ่านกัมมันต์ในระดับต่างๆ

ลักษณะที่ทดสอบ	ปริมาณถ่านกัมมันต์ (ร้อยละ)					
	0	0.2	0.4	0.6	0.8	1.0
กลิ่นคาว	6.09[b]	4.41[a]	4.98[a]	4.37[a]	4.79[a]	4.92[a]

หมายเหตุ ตัวอักษรที่เหมือนกัน แสดงว่าค่าเฉลี่ยไม่มีความแตกต่างกัน ($p>0.05$)

8. ผลการศึกษาการส่งผ่านความร้อน (Heat Penetration, F_0)

พบว่าซุปปลาทูน่าเมื่อบรรจุในกระป๋องขนาด 307x113 น้ำหนัก 190 กรัม ต้องใช้อุณหภูมิที่ 116 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 15 นาที ในการฆ่าเชื้อได้หมดตามที่ต้องการ ดังตารางที่ 11 จะเห็นว่าการฆ่าเชื้อน้ำซุปปลาทูน่าใช้อุณหภูมิต่ำ เนื่องจากในขั้นตอนการเตรียมน้ำซุปมีการให้ความร้อนในช่วงของการยับยั้งเอนไซม์และการต้มเพื่อสกัดกลิ่นเครื่องเทศทำให้เชื้อจุลินทรีย์เริ่มต้นมีปริมาณน้อย อีกทั้งผลิตภัณฑ์น้ำซุปเป็นของเหลวมีความหนืดต่ำ และไม่มีส่วนของของแข็ง ทำให้การส่งผ่านความร้อนเป็นไปอย่างรวดเร็ว หากใช้การฆ่าเชื้อที่อุณหภูมิสูงจะใช้ระยะเวลาสั้นมาก

ตารางที่ 11 ผลการศึกษาการส่งผ่านความร้อนของผลิตภัณฑ์ซุปปลาทูน่าบรรจุกระป๋อง

Product	Ready to Drink High Protein Tuna Soup
Can size	307x113 (2-pcs)
Net weight (gm)	190
Process Temp. (^{o}C) /Time (min)	116^{o}C / 15 min
Initial Temp. (^{o}C)	34.8
Come-up-time (mins)	8
Leathality (F_0)	4 (P)

หมายเหตุ (P) = Patashnik 's method

9. ผลการวิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมีและองค์ประกอบของกรดอะมิโนและวิตามินบีในซุปปลาทูน่าบรรจุกระป๋องก่อนการเก็บรักษา

องค์ประกอบของกรดอะมิโน

เมื่อนำน้ำซุปปลาทูน่าที่พัฒนาได้ มาบรรจุกระป๋องและผ่านการฆ่าเชื้อตามวิธีข้อ 8 พบว่ามีปริมาณโปรตีน ร้อยละ 6.2 ค่าพีเอช 5.8 และการวิเคราะห์ชนิดและปริมาณกรดอะมิโน ได้ผลดังแสดงในตารางที่ 12 พบว่าตัวอย่างทั้งสองมีปริมาณฮีสทีดีนสูงสุด รองลงมาคือไกลซีน และกรดกลูตามิก โดยมีซีสเตอีนต่ำสุดเช่นเดียวกับน้ำนึ่งปลาทูน่า (ตารางที่ 5) เมื่อเทียบปริมาณของกรดอะมิโนแต่ละชนิดจะเห็นว่าส่วนใหญ่ น้ำซุปปลาทูน่าที่พัฒนาได้มีปริมาณที่สูงกว่าในน้ำนึ่งปลาทูน่า ยกเว้นวาลีน เมทธีโอนีน และไอโซลิวซีน ทั้งนี้เนื่องจากเอนไซม์อัลคาเลสซึ่งเป็นซีรีนโปรติเอสสามารถย่อยสลายพันธะเปปไทด์ที่มีความจำเพาะในช่วงกว้าง ทำให้สลายพันธะเปปไทด์ของโปรตีนและได้กรดอะมิโนสูงขึ้น (Hall and Ahmed, 1992) เมื่อพิจารณาถึงกรดอะมิโนที่จำเป็นพบว่าซุปปลาทูน่าประกอบด้วยกรดอะมิโนที่จำเป็นครบถ้วน จึงสามารถเป็นอาหารที่เป็นแหล่งของโปรตีนสมบูรณ์ นอกจากนี้องค์ประกอบของกรดอะมิโนที่ให้กลิ่นรสที่ดี ได้แก่ กรดกลูตามิก กรด

แอสพาร์ติก ไกลซีน ทรีโอนีน อะลานีน ซีรีน และโพรลีน (Pan, 1990 อ้างโดย ไตรตะวัน คงแก้ว, 2542) ในน้ำซุปปลาทูน่ามีกรดอะมิโนที่ให้กลิ่นรสที่ดีดังกล่าว ได้แก่ ไกลซีน กลูตามิก อะลานีน และโพรลีนในปริมาณสูง จึงทำให้กลิ่นรสของน้ำซุปมีคะแนนความชอบด้านกลิ่นรสสูงขึ้น (ตารางที่ 5) โดยเฉพาะผลจากกรดกลูตามิกซึ่งให้กลิ่นรสอูมามิ (Umami flavour) มีคุณสมบัติเป็นสารเพิ่มกลิ่นรสเช่นเดียวกับโมโนโซเดียมกลูตาเมต (Nielson, 1997) ผลการวิเคราะห์ดังกล่าวสอดคล้องกับการศึกษาการใช้เอนไซม์อัลคาเลสในการผลิตโปรตีนไฮโดรไลเสทจากหัวปลาทูน่าพันธุ์โอแถบ (สุภาวดี ฟูกุล, 2542) วัสดุเศษเหลือจากการแปรรูปปลาแปซิฟิกไวทิ้ง (Benjakul and Morrissey, 1997) ซึ่งพบว่าโปรตีนไฮโดรไลเสทที่ได้ประกอบด้วยกรดกลูตามิก แอสพาร์ติก และไกลซีนอยู่สูง แต่น้ำซุปปลาทูน่ามีปริมาณกรดอะมิโนทั้งหมดต่ำกว่าโปรตีนไฮโดรไลเสทอยู่มาก เนื่องจากมีความเข้มข้นของโปรตีนที่แตกต่างกัน โดยโปรตีนไฮโดรไลเสทมีโปรตีนสูงร้อยละ 78-79 (สุภาวดี ฟูกุล, 2542) ขณะที่ในน้ำซุปปลาทูน่ามีโปรตีนร้อยละ 6.2 ส่วนปริมาณของกรดอะมิโนที่ไม่ชอบน้ำที่ให้รสขม ได้แก่ ไลซีน วาลีน เมทธีโอนีน ไอโซลิวซีน ลิวซีน ฟีนิลอะลานีน และโพรลีน (Rederson, 1994) ในน้ำซุปปลาทูน่ามีกรดอะมิโนดังกล่าวค่อนข้างต่ำ มีเพียงฟีนิลอะลานีน และโพรลีน ที่มีสัดส่วนที่สูง ทำให้ผลิตภัณฑ์น้ำซุปปลาทูน่ามีความขมที่ไม่แตกต่างจากตัวอย่างที่ไม่ได้ผ่านการย่อยด้วยเอนไซม์ (ตารางที่ 6)

ปริมาณวิตามินบี

การวิเคราะห์ปริมาณวิตามินบีในตัวอย่างน้ำซุปปลาทูน่าบรรจุกระป๋องพบว่า วิตามินบี1 บี2 บี6 และกรดแพนโทธีนิก มีปริมาณน้อยมากเช่นเดียวกับน้ำนึ่งปลาทูน่า และมีปริมาณไนอะซินใกล้เคียงกับน้ำนึ่งปลาทูน่าโดยมี 28.04 มิลลิกรัมต่อ 100 กรัม จะเห็นว่าการฆ่าเชื้อด้วยความร้อนตามการทดลองในข้อ 8 ไม่มีผลลดปริมาณไนอะซิน ดังนั้นการบริโภคน้ำซุปปลาทูน่าดังกล่าว 100 มิลลิลิตร ร่างกายจะได้ไนอะซินเพียงพอต่อความต้องการของร่างกาย โดยข้อกำหนดของฉลากโภชนาการ ระบุว่าปริมาณไนอะซินที่แนะนำให้ควรบริโภคประจำวันสำหรับคนไทยอายุตั้งแต่ 6 ปีขึ้นไป (Thai RDI) มีปริมาณ 20 มิลลิกรัม นอกจากนี้การกล่าวอ้างทางโภชนาการว่ามี "ปริมาณโปรตีนสูง" (high, rich, excellent source of protein) และการกล่าวอ้างทางโภชนาการว่า "เป็นแหล่งโปรตีน" (good source, contains, provides protein) จะต้องมีปริมาณโปรตีนไม่น้อยกว่า 5 กรัมต่ออาหาร 100 กรัม ผลิตภัณฑ์ดังกล่าวจะต้องมีปริมาณโปรตีนไม่น้อยกว่า 10 กรัมต่ออาหาร 100 กรัม น้ำซุปปลาทูน่ามีโปรตีนร้อยละ 6.2 ดังนั้นจึงกล่าวอ้างทางโภชนาการว่าเป็น "น้ำซุปปลาทูน่าที่เป็นแหล่งของโปรตีน" (good source of protein tuna sauce) (ประกาศกระทรวงสาธารณสุข ฉบับที่ 182, 2541)

ตารางที่ 12 ปริมาณกรดอะมิโนในน้ำนึ่งปลาทูน่าที่แยกเอาไขมันออก

ชนิดกรดอะมิโน	ปริมาณ (มิลลิกรัมต่อ 100 กรัม)
Aspartic acid	259.94
Theronine	131.20
Serine	158.79
Glutamic acid	505.38
Proline	412.35
Glycine	858.27
Alanine	446.08
Cystine	5.89
Valine	66.07
Methionine	59.08
Isoleucine	34.28
Leucine	150.55
Tyrosine	27.42
Phenylalanine	323.81
Histidine	983.45
Lysine	207.30
Arginine	302.10
Tryptophan	7.65

หมายเหตุ วิเคราะห์โดยสถาบันวิจัยวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีแห่งประเทศไทย

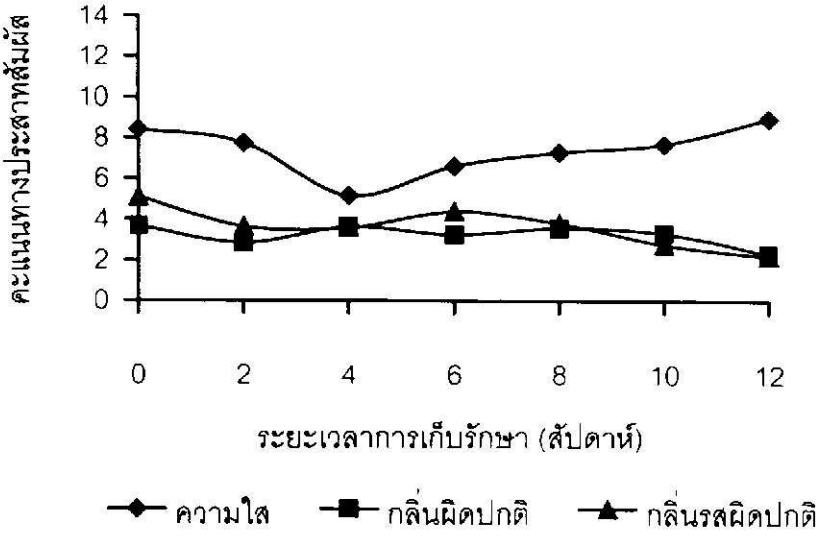
10. ผลการศึกษาระยะเวลาในการเก็บรักษาซุปปลาทูน่า

เมื่อเก็บรักษาซุปปลาทูน่าบรรจุกระป๋องเป็นเวลา 3 เดือน โดยสุ่มเก็บตัวอย่างเพื่อวิเคราะห์ทางด้านเคมี จุลินทรีย์ทุก 2 สัปดาห์ ผลการทดลองดังตารางที่ 13 พบว่า ความหืนในซุปปลาทูน่ามีแนวโน้มลดลงเล็กน้อย อาจเนื่องจากในกระป๋องมีสภาพเป็นสุญญากาศ ดังนั้นจึงไม่มีอากาศทำปฏิกิริยากับไขมันซึ่งเป็นสาเหตุการหืนทางหนึ่ง ส่วนการเปลี่ยนแปลงด้านจุลินทรีย์นั้น ตรวจไม่พบจุลินทรีย์ทั้งหมดและจุลินทรีย์ที่สร้างสปอร์ทนร้อน ตลอดระยะการเก็บรักษา 3 เดือน แสดงให้เห็นว่าการส่งผ่านความร้อนที่ 116 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 15 นาที สามารถฆ่าเชื้อได้อย่างสมบูรณ์

สำหรับการเปลี่ยนแปลงทางด้านประสาทสัมผัส (ภาพที่ 11) พบว่ากลิ่นรสผิดปกติมีการเปลี่ยนแปลงเล็กน้อย เมื่อพิจารณาด้านความใสและกลิ่นผิดปกติของซุปปลาที่เก็บรักษา พบว่าคะแนนที่ได้จากผู้ทดสอบชิมตลอดการเก็บรักษาทั้ง 3 เดือนนั้นไม่แตกต่างกับซุปปลาในสัปดาห์ที่ 0 แสดงให้เห็นว่าวิธีการกำจัดตะกอนในขั้นตอนการผลิตซุปปลามีความเหมาะสมและผ่านการฆ่าเชื้ออย่างสมบูรณ์ทำให้ตรวจไม่พบเชื้อจุลินทรีย์

ตารางที่ 13 ผลการเปลี่ยนแปลงของซุปปลาทูน่าบรรจุกระป๋องระหว่างการเก็บรักษา

ระยะเวลาการเก็บรักษา (สัปดาห์)	การเปลี่ยนแปลง		
	ด้านเคมี	ด้านจุลินทรีย์	
	TBA no. (mg MA/Kg sample)	จุลินทรีย์ทั้งหมด (CFU/ml)	สปอร์ทนร้อน (CFU/ml)
0	14.84^{a}	0	0
2	11.94^{ab}	0	0
4	10.63^{bc}	0	0
6	10.51^{bc}	0	0
8	7.97^{c}	0	0
10	7.59^{c}	0	0
12	10.11^{bc}	0	0



ภาพที่ 11 ลักษณะทางด้านประสาทสัมผัสของซุปปลาทูน่าระหว่างการเก็บรักษา

11. ผลการทดสอบผู้บริโภค

11.1 **ข้อมูลทั่วไปของผู้บริโภค**

กลุ่มผู้บริโภคที่เป็นตัวอย่างในการศึกษาส่วนใหญ่เป็นเพศหญิงมากกว่าเพศชาย โดยคิดเป็นร้อยละ 64.5 และ ร้อยละ 35.5 ตามลำดับ และมีอายุในช่วง 13-25 ปี มากที่สุด คือ ร้อยละ 32.5 รองลงมาคือช่วงอายุ 26-35 ปี คิดเป็นร้อยละ 21 การศึกษาส่วนใหญ่อยู่ในระดับปริญญาตรี คิดเป็นร้อยละ 33.0 มีรายได้น้อยกว่า 5,000 บาท คิดเป็นร้อยละ 33.5 และรายได้ 10,001-30,000 ร้อยละ 32.3 โดยรายได้มีความสัมพันธ์กับอายุ ผู้บริโภคที่มีอายุสูงมีแนวโน้มมีรายได้สูงกว่าผู้บริโภคที่มีอายุต่ำ ดังตารางที่ 14 ส่วนใหญ่มีอาชีพเป็นนักศึกษา สถานภาพสมรสของกลุ่มผู้บริโภคเป็นโสดร้อยละ 53 และสถานภาพสมรส ร้อยละ 38.5 รายละเอียดข้อมูลดังตารางที่ 14

11.2 **ข้อมูลเกี่ยวกับพฤติกรรมการบริโภคน้ำซุปโปรตีนสูง**

จากการสอบถามถึงความชอบในการบริโภคน้ำซุปโปรตีนสูง พบว่าส่วนใหญ่จะตอบว่าเฉยๆ คิดเป็นร้อยละ 39.9 รองลงมาคือไม่ชอบ คิดเป็นร้อยละ 33.8 และชอบบริโภคน้ำซุปโปรตีนสูง ร้อยละ 26.3 จากการวิเคราะห์ไคว์สแคว์ พบว่าความชอบขึ้นกับอายุ ($p<0.05$) โดยกลุ่มผู้บริโภคที่มีอายุน้อยคือในช่วง 13-25 และ 26-35 ปี จำนวนผู้ที่ไม่ชอบบริโภคน้ำซุปมากกว่าจำนวนของผู้ที่ชอบบริโภคน้ำซุป เนื่องจากไม่ชอบรสชาติโดยเฉพาะกลิ่นรสคาวของน้ำซุป ในขณะที่กลุ่มที่มีอายุ 56 ปีขึ้นไป จำนวนผู้ที่ชอบบริโภคน้ำซุปมีมากกว่าผู้ที่ไม่ชอบบริโภคน้ำซุป ทั้งนี้เนื่องจากวัยสูงอายุเป็นวัยที่สนใจในสุขภาพและนิยมบริโภคผลิตภัณฑ์อาหารเพื่อสุขภาพ (Fuller, 1994) จึงมีความคุ้นเคยต่อผลิตภัณฑ์ (ดังตารางที่ 16) และพบว่าผู้บริโภคส่วนใหญ่นิยมบริโภคน้ำซุปยี่ห้อ

แบรนด์ (ร้อยละ 67.05) รองลงมาคือยี่ห้อสก๊อต (ร้อยละ 25.43) และยี่ห้อสุพรีเดิร์มซึ่งเป็นน้ำซุปปลาทูน่า ร้อยละ 7.9 จากตารางที่ 17 แสดงความถี่ในการบริโภคน้ำซุปโปรตีนสูง พบว่าผู้บริโภคร้อยละ 66.5 ดื่มน้ำซุปน้อยกว่า 1 ครั้งต่อเดือน และพบว่าในกลุ่มที่มีอายุมาก (56 ปีขึ้นไป) ความถี่ในการบริโภคมีแนวโน้มสูงกว่ากลุ่มที่มีอายุน้อย ($p<0.05$)

จากการคำนวณค่าดัชนีปัจจัยการตัดสินใจซื้อผลิตภัณฑ์น้ำซุปโปรตีนสูงดังตารางที่ 18 การพิจารณาความสำคัญจะพิจารณาความแตกต่างและอัตราส่วนที่มีค่าต่ำมากที่สุดแสดงว่ามีความสำคัญมากที่สุด จะเห็นว่าผู้บริโภคให้ความสำคัญในด้านคุณค่าทางโภชนาการเป็นอันดับแรก รองลงมาคือด้านกลิ่นรส รสชาติของผลิตภัณฑ์และราคา ตามลำดับ รสชาติของน้ำซุปที่ผู้บริโภคต้องการเรียงลำดับจากน้อยไปหามาก ดังนี้ รสเค็ม รสหวาน รสจืด กลิ่นรสเครื่องเทศ และกลิ่นรสน้ำผึ้ง ดังตารางที่ 19

เมื่อให้ผู้บริโภคทดสอบความชอบผลิตภัณฑ์น้ำซุปปลาทูน่าที่พัฒนา เปรียบเทียบกับน้ำซุปปลาทูน่าที่จำหน่ายในท้องตลาด โดยวิธี Hedonic scale (9 คะแนน) ในด้านลักษณะปรากฏ (ความขุ่น/ใส) สี กลิ่น และรสชาติ พบว่าผู้บริโภคมีความชอบตัวอย่างที่พัฒนามากกว่าตัวอย่างที่จำหน่ายในตลาด ในด้านลักษณะปรากฏ สี และรสชาติ ($p<0.05$) เนื่องจากน้ำซุปปลาทูน่าที่พัฒนามีลักษณะใส มีสีอ่อน และมีกลิ่นรสคาวน้อยกว่าตัวอย่างในท้องตลาด ส่วนความชอบในด้านกลิ่น ไม่มีความแตกต่างกัน ($p>0.05$) ดังตารางที่ 20 และเมื่อสอบถามถึงการยอมรับในผลิตภัณฑ์น้ำซุปปลาทูน่าที่ได้พัฒนา ผู้บริโภคส่วนใหญ่คือร้อยละ 71.4 ยอมรับในผลิตภัณฑ์ดังกล่าว ส่วนผู้บริโภคที่ไม่ยอมรับผลิตภัณฑ์ (ร้อยละ 28.6) เนื่องจากไม่ชอบรับประทาน ไม่ชอบรสชาติโดยเฉพาะกลิ่นรสคาวของซุป แม้ว่าผู้บริโภคส่วนใหญ่จะยอมรับในผลิตภัณฑ์ แต่จากการสอบถามถึงความตั้งใจซื้อ พบว่าผู้บริโภคร้อยละ 50.8 จะไม่ซื้อผลิตภัณฑ์ เมื่อมีผลิตภัณฑ์ออกวางจำหน่าย เนื่องจากไม่ชอบรับประทาน ไม่ชอบในรสชาติ ไม่ชอบกลิ่นคาวของซุป แต่เมื่อพิจารณาผู้บริโภคในช่วงอายุต่างๆ พบว่าผู้บริโภคที่มีอายุ 36 ปีขึ้นไป มีความต้องการซื้อผลิตภัณฑ์มากกว่าผู้บริโภคในช่วงอายุน้อยกว่า 36 ปี ($p<0.05$) ดังแสดงในตารางที่ 21 ทั้งนี้เนื่องจากอายุมีความสัมพันธ์กับรายได้ ($p<0.05$) กลุ่มที่อายุสูงกว่า 36 ปี จะมีสัดส่วนของรายได้สูงกว่ากลุ่มที่มีอายุน้อยกว่า 36 ปี ดังแสดงในตารางที่ 15 ความเหมาะสมของราคาน้ำซุปปลาทูน่าที่พัฒนาหากมีการจำหน่ายในราคา 40 บาท ต่อ 200 มิลลิลิตร ส่วนใหญ่เห็นว่าเหมาะสมแล้ว (ร้อยละ 62.4) ส่วนบริโภคร้อยละ 37.6 มีความเห็นว่าราคาดังกล่าวไม่เหมาะสม โดยราคาที่คิดว่าเหมาะสมมีราคาตั้งแต่ 10 บาท ถึง 100 บาท ต่อ 200 มิลลิลิตร ค่าเฉลี่ยเท่ากับ 29 บาท ต่อ 200 มิลลิลิตร

สถานที่ที่เหมาะสมในการจำหน่ายผลิตภัณฑ์น้ำซุปปลาทูน่าเรียงลำดับจากมากไปน้อยดังนี้ ร้านซุปเปอร์มาร์เก็ต ร้านค้าสะดวกซื้อ ร้านอาหารสุขภาพ ร้านขายของชำ ภัตตาคารหรือร้านอาหาร และ ร้านอื่นๆ ได้แก่ สถานบริการน้ำมัน สถานศึกษา โรงพยาบาล ดังตารางที่ 22

ตารางที่ 14 ข้อมูลทั่วไปของผู้บริโภค

		เพศ (ร้อยละ)	
		ชาย (N=71)	หญิง (N=129)
อายุ (ปี)	13-25	10.5	22.0
	26-35	9.5	11.5
	36-45	2.5	11.0
	46-55	5.0	6.5
	56-65	2.5	8.0
	มากกว่า 65	5.5	5.5
ทั้งหมด		35.5	64.5
การศึกษา	ประถมศึกษา	3.0	6.5
	มัธยมศึกษาตอนต้น	1.5	5.5
	มัธยมศึกษาตอนปลาย	7.5	7.0
	อนุปริญญา	4.5	8.0
	ปริญญาตรี	16.5	33.0
	ปริญญาโท	2.5	3.5
	อื่นๆ	-	1.0
ทั้งหมด		35.5	64.5
รายได้ (บาทต่อเดือน)	ไม่มีรายได้	7.6	11.6
	น้อยกว่า 5,000	3.0	11.6
	5,000-10,000	8.6	20.7
	10,001-30,000	13.1	19.2
	30,001-50,000	2.0	1.5
	มากกว่า 50,000	0.5	0.5
ทั้งหมด		34.8	65.2

ตารางที่ 14 (ต่อ) ข้อมูลทั่วไปของผู้บริโภค

		เพศ (ร้อยละ)	
		ชาย (N=71)	หญิง (N=129)
อาชีพ	นักศึกษา	9.5	18.5
	รับราชการ	4.0	15.0
	รัฐวิสาหกิจ	3.5	1.5
	ธุรกิจส่วนตัว	2.5	6.0
	รับจ้าง	3.0	6.0
	แม่บ้าน	1.0	7.0
	พนักงานบริษัท	4.0	6.0
	เกษียณ	7.5	1.5
	อื่นๆ	0.5	3.0
ทั้งหมด		35.5	64.5
สถานภาพสมรส	โสด	18.5	34.5
	สมรส	14.0	24.5
	หย่า/ม่าย/แยกกันอยู่	3.0	5.5
ทั้งหมด		35.5	64.5

ตารางที่ 15 เปรียบเทียบอายุและรายได้

รายได้	อายุ (ปี) (ร้อยละ)						
(บาท)	13-25	26-35	36-45	46-55	56-65	มากกว่า65	ทั้งหมด
ไม่มีรายได้	47.7	4.8	3.7	4.3	4.8	10.0	19.0
น้อยกว่า 5,000	16.9	11.9	3.7	4.3	33.3	20.0	14.6
5,000-10,000	29.2	50.0	37.0	8.7	0.0	30.0	29,3
10,001-30,000	4.6	31.0	48.1	73.9	47.6	40.0	32.3
30,001-50,000	1.5	0.0	7.4	4.3	14.3	0.0	3.5
มากกว่า 50,000	0.0	2.4	0.0	4.3	0.0	0.0	1.0
ทั้งหมด	100	100	100	100	100	100	100

หมายเหตุ ร้อยละเทียบในกลุ่มอายุเดียวกัน ในแนวคอลัมน์

ตารางที่ 16 ความชอบในการบริโภคน้ำซุปโปรตีนสูง

อายุ	ความชอบน้ำซุปโปรตีนสูง (ร้อยละ)			
	ชอบ	ไม่ชอบ	เฉยๆ	ทั้งหมด
13-25	2.0	15.2	15.2	32.3
26-35	3.5	9.1	8.6	21.2
36-45	4.0	3.0	6.6	13.6
46-55	4.0	3.5	4.0	11.6
56-65	5.1	1.5	3.5	10.1
มากกว่า 65	7.6	1.5	2.0	11.1
ทั้งหมด	26.3	33.8	39.9	100.0

ตารางที่ 17 ความถี่ในการบริโภคน้ำซุปโปรตีนสูง

อายุ (ปี)	ความถี่ในการรับประทานน้ำซุปโปรตีนสูง (ร้อยละ)						
	ทุกวัน	1 ครั้ง/อาทิตย์	2 ครั้ง/อาทิตย์	> 2 ครั้ง/อาทิตย์	1 ครั้ง เดือน	< 1 ครั้ง/เดือน	ทั้งหมด
13-25	1.1	0.5	0.5	0.5	3.2	28.6	34.6
26-35	-	1.1	1.1	0.5	1.6	16.2	20.5
36-45	0.5	-	0.5	0.5	2.2	9.2	13.0
46-55	-	1.1	0.5	1.6	2.7	5.9	11.9
56-65	0.5	2.2	3.8	-	-	2.7	9.2
มากกว่า 65	-	3.8	2.7	-	0.5	3.8	10.8
ทั้งหมด	2.2	8.6	9.2	3.2	10.3	66.5	100.0

ตารางที่ 18 ดัชนีความสำคัญของปัจจัยในการตัดสินใจซื้อน้ำซุปโปรตีนสูง

ปัจจัย	ค่าคะแนน	ค่าความแตกต่าง	อัตราส่วน
สีและลักษณะปรากฏ (N=194)	2.17	0.155	1.08
กลิ่นรสและรสชาติ (N=197)	1.14	-0.605	0.699
คุณค่าทางอาหาร (N=198)	1.29	-0.725	0.640
ราคา (N=196)	2.06	0.045	1.072
ตรายี่ห้อ (N=194)	2.89	0.875	1.430
การโฆษณา (N=194)	2.90	0.885	1.439
ภาชนะบรรจุ (N=194)	2.15	0.135	1.067
อื่นๆ ได้แก่ ปริมาณ วิธีเปิดฝา มี อย. รับรอง แสดงคุณค่าทางอาหารที่แท้จริง (N=12)	1.67	-0.345	0.829

หมายเหตุ N แสดงจำนวนคำตอบ

ตารางที่ 19 รสชาติของน้ำซุปโปรตีนสูง

รสชาติ	จำนวนผู้บริโภค (ร้อยละ)	
	เลือก	ไม่เลือก
จืด	73.6	26.4
เค็ม	77.8	22.2
หวาน	73.7	26.3
เครื่องเทศ	64.6	35.4
น้ำผึ้ง	50.0	50.0
อื่นๆ ได้แก่ รสเปรี้ยวของมะนาว กลมกล่อม กลิ่นตามธรรมชาติ ไม่มีกลิ่นคาว กลิ่นชะเอม กลิ่นผลไม้	84.8	15.2

ตารางที่ 20 คะแนนความชอบของตัวอย่างน้ำซุปปลาทูน่าที่พัฒนากับตัวอย่างน้ำซุปปลาทูน่าที่จำหน่ายในท้องตลาดจากการทดสอบชิมโดยใช้ Hedonic scale

คุณลักษณะ	น้ำซุปที่พัฒนา	น้ำซุปในท้องตลาด
ลักษณะปรากฏ	5.13a*	3.64b
สี	5.04a	3.80b
กลิ่น	3.90a	3.68b
กลิ่นรส	3.99a	3.29a

หมายเหตุ * ตัวอักษรที่เหมือนกันในแต่ละแถวแสดงว่าไม่มีความแตกต่างกัน ($p>0.05$)

ตารางที่ 21 ความต้องการซื้อผลิตภัณฑ์ซุปปลาทูน่าที่พัฒนาเมื่อมีจำหน่ายในท้องตลาด

อายุ (ปี)	การตัดสินใจซื้อ (ร้อยละ)		ทั้งหมด
	ไม่ซื้อ	ซื้อ	
13-25	22.1	10.6	32.7
26-35	13.6	7.0	20.6
36-45	5.5	8.0	13.6
46-55	4.0	7.5	11.6
56-65	4.0	6.5	10.6
มากกว่า 65	1.5	9.5	11.1
ทั้งหมด	50.8	49.2	100.0

ตารางที่ 22 ประเภทร้านค้าที่เหมาะสมในการจำหน่ายผลิตภัณฑ์น้ำซุปปลาทูน่าโปรตีนสูง

ประเภทร้านค้า	จำนวนผู้บริโภค (ร้อยละ)	
	เลือก	ไม่เลือก
ร้านค้าสะดวกซื้อ	74.6	25.4
ร้านซุปเปอร์มาร์เก็ต	82.5	17.5
ร้านขายของชำ	14.5	85.5
ร้านอาหารสุขภาพ	68.5	31.5
ภัตตาคาร/ร้านอาหาร	12.5	87.5
อื่นๆ ได้แก่ สถานบริการน้ำมัน สถานศึกษา โรงพยาบาล	4.5	95.5

12. **การประมาณต้นทุนการผลิต**

จากการประมาณต้นทุนการผลิตน้ำซุปปลาทูน่าบรรจุกระป๋องพบว่ามีต้นทุนรวมทั้งสิ้น 4,015.60 บาท ในการผลิตภัณฑ์ 750 กระป๋อง (ขนาด 307x113) และมีราคาต่อหน่วยเท่ากับ 5.35 บาท ในการผลิตในปริมาณที่มากขึ้นและใช้เครื่องจักรที่มีประสิทธิภาพที่ดีกว่าในการทดลอง รวมทั้งการหาแหล่งวัตถุดิบ ได้แก่ เครื่องเทศ และสารเคมี ที่มีราคาถูกก็สามารถทำให้ต้นทุนการผลิตต่ำกว่าที่คำนวณได้ดังกล่าว จึงนับว่าผลิตภัณฑ์น้ำซุปปลาทูน่าเป็นผลิตภัณฑ์ที่สามารถขายได้มูลค่าสูงกว่าต้นทุนการผลิตมาก ซึ่งจะเห็นจากการทดสอบผู้บริโภค ผู้บริโภคร้อยละ 64.2 ยินดีจะซื้อผลิตภัณฑ์ในราคา 40 บาท ต่อขนาด 200 มิลลิลิตร ขณะที่มีต้นทุนเพียง 5.35 บาท

สรุปผลการทดลอง

1. น้ำนึ่งปลาทูน่าจากโรงงานโชติวัฒน์อุตสาหกรรมการผลิต จำกัด (มหาชน) มีสีน้ำตาลและมีชั้นไขมันบางๆ สีขาวลอยอยู่ หลังจากแยกไขมันน้ำนึ่งปลาทูน่ามีพีเอช 6.42 ของแข็งทั้งหมดร้อยละ 7.32 ความชื้นร้อยละ 92.89 ไขมันร้อยละ 0.04 โปรตีนร้อยละ 5.99 เกลือร้อยละ 0.70 ยีสตามีน 9.30 ส่วนในล้านส่วน กรดอะมิโนส่วนใหญ่ ได้แก่ ยีสตามีน ไกลซีน กรดกลูตามิก และมีไนอะซิน 28.04 มิลลิกรัมต่อ 100 กรัม สำหรับคุณสมบัติด้านจุลินทรีย์ มีจุลินทรีย์ทั้งหมดที่อุณหภูมิ 37 และ 55 องศาเซลเซียส เป็น 116 และ 110 โคโลนีต่อมิลลิลิตร

2. สภาวะที่เหมาะสมในการย่อยสลายน้ำนึ่งปลาทูน่าเพื่อผลิตซุปปลาทูน่าคือ ย่อยสลายด้วยเอนไซม์ Alcalase ความเข้มข้นร้อยละ 0.05 โดยปริมาตร ที่ 55 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 1 ชั่วโมง และหยุดปฏิกิริยาที่อุณหภูมิ 90 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 10 นาที พบว่ามีระดับการย่อยสลายเท่ากับร้อยละ 55.75

3. วิธีที่เหมาะสมในการลดปัญหาการเกิดตะกอนของซุปปลาทูน่าหลังจากฆ่าเชื้อคือ การใช้การกรองซุปปลาทูน่าผ่าน diatomaceous earth ร้อยละ 1 โดยน้ำหนัก การใช้ด่างทับทิมร้อยละ 0.2 สามารถลดกลิ่นและกลิ่นรสคาวของน้ำซุปปลาทูน่า

4. ชนิดของเครื่องเทศที่เหมาะสมในการลดกลิ่นคาวของซุปปลาทูน่า คือ การใช้ลูกผักชีและใบกระวานร่วมกันที่อัตราส่วน 1 ต่อ 1 โดยน้ำหนัก ที่ความเข้มข้นร้อยละ 0.25 โดยนำมาต้มเดือดกับซุปปลาทูน่าเป็นเวลา 10 นาที

5. การส่งผ่านความร้อนของผลิตภัณฑ์ซุปปลาทูน่าบรรจุกระป๋องโดยการฆ่าเชื้อที่ 116 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 15 นาที สามารถฆ่าเชื้อได้อย่างสมบูรณ์และไม่ทำให้ผลิตภัณฑ์เปลี่ยนแปลง

6. การศึกษาการเก็บรักษาซุปปลาทูน่าเป็นเวลา 3 เดือน ที่อุณหภูมิห้อง การเปลี่ยนแปลงทางเคมีด้านความหืนในซุปปลาทูน่ามีแนวโน้มลดลงเล็กน้อย การเปลี่ยนแปลงด้านจุลินทรีย์นั้นตรวจไม่พบจุลินทรีย์ทั้งหมดและจุลินทรีย์ที่สร้างสปอร์ทนร้อนตลอดระยะการเก็บรักษา 3 เดือน สำหรับการเปลี่ยนแปลงทางด้านประสาทสัมผัส เมื่อพิจารณาด้านความใสและกลิ่นผิดปกติของซุปปลาที่เก็บรักษา พบว่าไม่มีการเปลี่ยนแปลงระหว่างการเก็บรักษา ($p>0.05$) แต่กลิ่นรสผิดปกติเปลี่ยนแปลงเล็กน้อย

7. กลุ่มผู้บริโภคที่มีอายุมากกว่า 36 ปี มีความชอบและความถี่ในการซื้อผลิตภัณฑ์น้ำซุปโปรตีนสูงมากกว่ากลุ่มผู้บริโภคที่มีอายุ 13-35 ปี ผู้บริโภคมีความชอบตัวอย่างน้ำซุปปลาทูน่าที่ผลิตจากน้ำนึ่งปลาทูน่าด้านลักษณะปรากฏ สี และกลิ่นรสมากกว่าตัวอย่างน้ำซุปปลาทูน่าที่จำหน่ายในท้องตลาด แต่ความชอบในด้านกลิ่นไม่มีความแตกต่างกัน ผู้บริโภคที่มีอายุมากกว่า 36 ปี มีความต้องการซื้อผลิตภัณฑ์มากกว่าผู้บริโภคที่มีอายุน้อยกว่า 36 ปี ผู้บริโภคส่วนใหญ่เห็นว่าราคาจำหน่ายผลิตภัณฑ์ 40 บาทต่อ 200 มิลลิลิตร

ข้อเสนอแนะ

1. การลดความเค็มในน้ำนึ่งปลาทูน่า ในการวิจัยช่วงแรกตัวอย่างน้ำนึ่งปลาทูน่าที่ใช้ในการวิจัยมีระดับความเค็มไม่สูงมากนัก คือ ร้อยละ 0.5 แต่ถ้าหากปลาทูน่าที่ใช้เป็นวัตถุดิบในโรงงานแปรรูปปลาทูน่าบรรจุกระป๋องเป็นปลาที่แช่เยือกแข็งมาแล้ว จะมีการดองด้วยเกลือปริมาณสูงส่งผลทำให้น้ำนึ่งปลาทูน่าที่ได้มีความเค็มสูงด้วย คือ ร้อยละ 2.5-3.0 ซึ่งเป็นระดับที่มีความเค็มสูงมากไม่สามารถนำมาบริโภคเป็นน้ำซุปได้ ในการวิจัยขั้นต่อไปควรมีการศึกษาการลดระดับความเค็ม จากการศึกษาของ Shimatani และคณะ (1992) ในการผลิต lactose containing sialic acids ซึ่งเป็นสารเติมแต่งอาหารโดยนำหางนมผงมาผ่านการกรองด้วยอัลตราฟิวเตรชัน หรือให้ความร้อนเพื่อแยกโปรตีนออก จากนั้นทำการลดปริมาณเกลือโดยวิธีแลกเปลี่ยนไอออน โดยใช้ cation และ anion exchange resin ร่วมกันที่อุณหภูมิ 50-55 องศาเซลเซียสและอัตราการไหล 2-7 มิลลิลิตรต่อนาที หรืออาจใช้การแลกเปลี่ยนไอออนร่วมกับใช้ electrodialysis นอกจากนี้ Lee และคณะ (1989) ศึกษาการเตรียมผลิตภัณฑ์น้ำปลาจากปลา Skipjack (*Katsuwoni pelamis*) พบว่าการซอร์บิทอล กรดแลคติก และเอธานอลสามารถลดความเค็มของผลิตภัณฑ์ลงได้ และผลการทดสอบทางประสาทสัมผัสและทางเคมีระบุว่าน้ำปลามีคุณภาพใกล้เคียงกับซอสถั่วเหลืองที่จำหน่ายในท้องตลาด

2. การปรับปรุงรสชาติของผลิตภัณฑ์ แม้ว่าผลิตภัณฑ์ที่พัฒนาได้มีความคาวลดลง มีลักษณะปรากฏเป็นที่ยอมรับ แต่จากการทดสอบผู้บริโภคจะเห็นว่าผลิตภัณฑ์เป็นที่ยอมรับเฉพาะกลุ่ม โดยเฉพาะผู้สูงอายุ การปรับปรุงรสชาติโดยปรุงแต่งด้วยสารปรุงแต่งรสอื่นๆ ได้แก่ น้ำผึ้ง เครื่องเทศชนิดอื่นๆ หรือการศึกษาวิธีการลดกลิ่นคาวที่มีประสิทธิภาพมากกว่าการบดบังกลิ่น

3. การศึกษาการฆ่าเชื้อของผลิตภัณฑ์น้ำซุปปลาทูน่าที่บรรจุในบรรจุภัณฑ์ชนิดอื่นๆ เพื่อเป็นการขยายผลทางการตลาด และตอบสนองความต้องการผู้บริโภคให้มากขึ้น บรรจุภัณฑ์ก็เป็นปัจจัยหนึ่งในการตัดสินใจซื้อของผู้บริโภค (ตารางที่ 18) ดังนั้นหากนำผลิตภัณฑ์ที่บรรจุในภาชนะบรรจุชนิดอื่นๆ ได้แก่ ขวดแก้ว กล่องกระดาษ (Tetrapak) จึงจำเป็นต้องศึกษาการส่งผ่านความร้อนในการฆ่าเชื้อสำหรับผลิตภัณฑ์ที่มีบรรจุภัณฑ์ที่แตกต่างจากการวิจัยครั้งนี้ นอกจากนี้ในการศึกษาการเก็บรักษาในการวิจัยครั้งนี้ศึกษาเฉพาะการเปลี่ยนแปลงคุณภาพของผลิตภัณฑ์ระหว่างการเก็บรักษา ซึ่งพบว่าในระยะเวลา 3 เดือนผลิตภัณฑ์มีคุณภาพค่อนข้างคงที่ แต่ถ้าหากต้องการเก็บรักษานานกว่า 3 เดือนจึงควรศึกษาอายุการเก็บเพื่อประเมินอายุการเก็บของผลิตภัณฑ์ และสามารถระบุวันหมดอายุได้

4. การปรับปรุงผลิตภัณฑ์น้ำซุปปลาทูน่าในรูปแบบอื่นๆ แนวทางหนึ่งที่สามารถขยายตลาดของผลิตภัณฑ์ให้กว้างขวางยิ่งขึ้นโดยการแปรรูปน้ำซุปปลาทูน่าในรูปก้อนหรือผงเพื่อสามารถนำไปใช้ในอุตสาหกรรมอื่นๆ เช่น อุตสาหกรรมบะหมี่กึ่งสำเร็จรูป เนื่องมาจากน้ำซุปปลาทูน่ามีกรดอะมิโนที่ให้กลิ่นรสที่ดี ได้แก่ กรดกลูตามิก ซึ่งมีผลทำให้เกิดรสชาติที่ดีคล้ายกับการเติมผงชูรส จึงคาดว่าการผลิตซุปก้อนเป็นแนวทางหนึ่งที่น่าสนใจในการศึกษาต่อไป

เอกสารอ้างอิง

จิรศานท์ ชัยสุนทรานนท์. 2539. การศึกษาสภาวะที่เหมาะสมในการผลิตโปรตีนไฮโดรไลเสตจากหัวปลาโอแถบ. ปัญหาพิเศษ คณะอุตสาหกรรมเกษตร มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์.

ชฎา บุญจร. 2543. การส่งออกปลาทูน่า. ว. ผู้ส่งออก 14(306):8-16.

ชุดินุช สุจริต. 2540. การเลี้ยงยีสต์ในน้ำนึ่งปลาทูน่าหลังการแยกโปรตีนและไขมัน. วิทยานิพนธ์วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาเทคโนโลยีชีวภาพ มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์.

ไตรตะวัน คงแก้ว. 2542. โปรตีนไฮโดรไลเสทและน้ำมันดิบจากหัวกุ้งกุลาดำ. วิทยานิพนธ์วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาเทคโนโลยีอาหาร มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์.

นิจศิริ เรืองรังษี. 2542. เครื่องเทศ. คณะเภสัชศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

นิจศิริ เรืองรังษีและพยอม ตันติวัฒน์. 2534. พืชสมุไพร. โอเดียนสโตร์. กรุงเทพฯ.

บัญญัติ สุขศรีงาม. 2527. เครื่องเทศที่ใช้เป็นสมุนไพร. บูรพาสาส์น. กรุงเทพฯ.

บุศราภา ลีละวัฒน์ และปราณี อ่านเปรื่อง. 2536. การผลิตสารสกัดจากปลาอย่างต่อเนื่องโดยใช้เครื่องปฏิกรณ์ชีวภาพโปรติเอสตรึงรูป ตอนที่ 1 : การศึกษาลักษณะเครื่องปฏิกรณ์ชีวภาพปาเปนและนิวเตรสตึงรูปสำหรับผลิตสารสกัดจากปลาจากน้ำนึ่งปลา. อาหาร. 23(2) : 115-127.

ประกาศกระทรวงสาธารณะสุข (ฉบับที่ 182). 2541. ฉลากโภชนาการ. กองโภชนาการ. กระทรวงสาธารณะสุข. กรุงเทพฯ.

พรพงษ์ สุทธิรักษ์. 2540. การพัฒนาผลิตภัณฑ์ชิ้นมังคุดแช่เยือกแข็งโดยวิธีไอคิวเอฟ. วิทยานิพนธ์วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาเทคโนโลยีอาหาร มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์.

เรืองลักขณา จามิกรณ์. 2536. ชีวเคมี 2. ภาควิชาเคมี คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยรามคำแหง.

วิมล เหมะจันทร. 2528. ชีววิทยาของปลา. ภาควิชาวิทยาศาสตร์ทางทะเล คณะวิทยาศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

สุปราณี แย้มพราย. 2539. การผลิตโปรตีนไฮโดรไลเสตจากของเหลือจากโรงงานผลิตซูริมิเพื่อใช้เป็นสารอิมัลซิไฟเออร์. วิทยานิพนธ์วิทยาศาสตร์มหาบัณฑิต จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

สุภาวดี ฟูกุล. 2542. ซอสปรุงรสจากโปรตีนปลาไฮโดรไลเสตจากหัวปลาทูน่าพันโอแถบ. วิทยานิพนธ์วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาเทคโนโลยีอาหาร มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์.

สุมาลัย ศรีกำไลทอง, เรวดี นาคดี, จีระวัฒน์ เอี่ยมวัฒน์, สมนึก อาษา, พิศมัย เจนวนิชปัญจกุล และปาริชาติ หลายชูไทย. 2538. การพัฒนาเพื่อเพิ่มมูลค่าของเหลือใช้ในอุตสาหกรรมปลากระป๋อง : การผลิต PUFA จากวัสดุเศษเหลือใช้จากอุตสาหกรรมปลากระป๋อง. รายงานฉบับที่ 1 เรื่องกรดไขมันไม่อิ่มตัวชนิดโอเมก้า-3 จากน้ำนึ่งปลาของอุตสาหกรรมปลาทูน่ากระป๋อง. สถาบันวิจัยวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีแห่งประเทศไทย. กรุงเทพฯ.

สุวิทย์ สุวรรณโน. 2539. การผลิตโปรตีนเซลล์เดียวจากน้ำนึ่งปลาทูน่าโดย *Candida tropicalis* TISTR 5136. ว. สงขลานครินทร์ วทท. 18(1):43-48.

สมบัติ รุ่งศิลป์. 2541. การผลิตน้ำมันปลาที่มีสารโอเมก้า 3 พูฟา จากน้ำนึ่งปลาทูน่า. วิทยานิพนธ์วิทยาศาสตร์มหาบัณฑิต สาขาเทคโนโลยีอาหาร มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์.

อัจฉริยา เชื้อช่วยชู. 2539. การผลิตโปรตีนไฮโดรไลเสตจากหัวและเครื่องในปลาโอแถบ (*Katsuwanas pelamis*) โดยการใช้เอนไซม์. วิทยานิพนธ์วิทยาศาสตร์มหาบัณฑิต สาขาเทคโนโลยีอาหาร มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์.

อัญชลี สาระโบก. 2540. การย่อยสลายน้ำนึ่งปลาทูน่าโดยเอนไซม์เพื่อผลิตซอสปรุงรส. โครงงานนักศึกษา คณะอุตสาหกรรมเกษตร มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์.

อาภัสรา สุขเจริญศักดิ์กุล. 2535. การผลิตโปรตีนไฮโดรไลเสทจากน้ำนึ่งปลาทูน่าเพื่อใช้เป็นสารปรุงแต่งกลิ่นรสอาหาร. วิทยานิพนธ์วิทยาศาสตร์มหาบัณฑิต สาขาเทคโนโลยีอาหาร มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์.

Adler-Nessen, J. 1986. Enzymatic Hydrolysis of Food Protein. London : Elsevier Applied Science.

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

Benjakul, S. and Morrissey, M.T. 1997. Protein hydrolysate from pacific whiting solid wastes. J. Agric. Food Chem. 45:3423-3430.

Connor, W.E., Neuringer, M. and Reisbick, S. 1992. Essential fatty acids : the importance of *n*-3 fatty acids in the retina and brain. Nutr. Rev. 50(4):21-29.

Engel, P.C. 1996. Enzymology Labfax. Oxford : BIOS scientific Publishers Limited.

Farrell, K.T. 1990. Spices, Condiments and Seasonings. New York : Van Nostrand Reinhold.

Fuller, G.W. 1994. New Food Product Development. Buca Raton : CRC Press, Inc.

Hall, G.M. and Ahmad, N.H. 1992. Functional Properties of Fish Protein Hydrolysates, *In* Fish Processing Technology. (ed. G.M. Hall). pp. 249-270. London : Blackie Academic Professional.

Hoyle, N.T. and Merritt, J,H. 1994. Quality of Fish Protein Hydrolysates from Herring (*Clupea harengus*). J. Food Sci. 59:76-79, 129.

Karmas, E. and Harris, R.S. 1984. Nutrition Evaluation of Food Processing. 3rd ed. New York : Van Nostrand Reinhold Company. pp 1-8.

Kasahara, K. and Nishaibori, K. 1992. Suppressing effect of lemon juice on the odor of roasted Sardine. Fish Sci. 58:529-531.

Kasahara, K. and Oswa, c. 1998. Combination effects of spices on mashing of odor in boiled sardine. Fish Sci. 64:415-418.

Kinsella, J.E. 1988. Food lipids and fatty acids importance in food quality, nutrition and health. Food Technol. 42(10):124-145.

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

Lawless, H.T. and Heyman, H. 1998. Sensory Evaluation of Food Principles and Practice. New York : Chapman & Hall. pp 341-378.

Lehman, D.R., Gupta, S., Steckel, J.H. 1998. Marketing Research. Harlow : Addison-Wesley Educational Publishers Inc. pp 373-374.

Loffler,A. 1986. Proteolytic enzymes : sources and applications. Food Technol. 40 (12):63-70.

Meilgard, M., Civille, G.V. and Carr, B.T. 1991. Sensory Evaluation Techniques. 2nd ed. Boca Raton : CRC Press, Inc. pp 201-226.

Nielson, P.M. 1997. Functionality of Protein Hydrolysates. *In* Food Proteins and Their Applications. (eds. S. Damodaran). pp. 443-472. New York : Marcel Pekker, Inc.

Pearson, D. 1976. The Chemical Analysis of Foods. 7th ed. Edinbergh : Churchill Living stone. pp 496-497.

Pedersen, B. 1994. Removing bitterness from protein hydrolysates. Food Technol. 58: 96-98.

Quaglia, G.B. and Orban, E. 1987. Enzymatic solubilization of protein of sardine (*Sardinea pilchardus*) by commercial enzymes. J. Sci. Food Agric. 38:263-269.

Motaba, T. and Hata, T. 1972. Relationship between bitterness of peptides and their chemical structures. Agro. Biol. Chem. 36(8):1423-1431.

Winder, M.L. and Barlaow, S. 1981. Hydrolysated Fish Product. *In* Introduction to Fishery By-Product. Farnham : Fishing News Books.

Sanguandeekul, R., Jantawat, P. and Sukcharoensakkul, A. 1992. Production of protein hydrolysate as food flavour from tuna precooking water. Bangkok : Department of Food Technology, Faculty of Science, Chulalongkorn University. pp 307-317.

Speck, M.L. 1984. Compendium of Methods for the Microbiological Examination of Food. *In* America Puplic Health Association. (ed. D.C. Wick). pp 1707-1709. Washington : Academic Press.

Stansby, M.E. 1978. Properties of Fish Oils and Their Application to Handling of Fish and Nutritional and Industrial Use. *In* Chemistry and Biochemistry of Marine food products. (eds. R.E. Martin). pp 75-92. Connecticut : The AVI Publishing Co.

Stansby, M.E. 1990. Classes of lipids in fish. *In* Fish Oils in Nutrition. (ed. M.E. Stansby). pp 3-5. New York : Van Nostrand Reinhold.

Suzuki, H. 1993. Eat fish for good brain. Infofish International 4:23-26.

Zayas, J. F. 1997. Functionality of Proteins in Food. Heidelberg : Springer-Verlag Berlin Heidelberg.

ภาคผนวก

ภาคผนวก ก การวิเคราะห์ทางเคมี

1. Thiobarbituric acid (TBA) number (Pearson, 1976)

อุปกรณ์

1. ชุดกลั่น
2. ลูกแก้ว
3. เตาไฟฟ้า
4. หลอดทดลองฝาเกลียวขนาดกลาง
5. เครื่องวัดค่าการดูดกลืนแสง

สารเคมี

1. สารละลายกรดไฮโดรคลอริก ความเข้มข้น 4 นอร์มอล
2. สารป้องกันการเกิดฟอง (antifoam)
3. สารละลายกรดไธโอบาบิวทิริก (เตรียมโดยละลาย 0.2883 กรัม ของกรดไธโอบาบิวทิริก ลงในกรดอะซิติกเข้มข้นร้อยละ 90 ปริมาตร 100 มิลลิลิตร)

วิธีการ

1. ชั่งตัวอย่าง 10 กรัม ลงในขวดกลั่น เติมน้ำกลั่นปริมาตร 47.5 มิลลิลิตร
2. เติมสารละลายกรดไฮโดรคลอริก ความเข้มข้น 4 นอร์มอล ปริมาตร 2.5 มิลลิลิตร เพื่อปรับพีเอชเป็น 1.5
3. เติมลูกแก้วและสารป้องกันการเกิดฟอง
4. กลั่นให้ได้ของเหลวประมาณ 50 มิลลิลิตร
5. ปิเปตสารที่กลั่นได้ปริมาตร 5 มิลลิลิตร ลงในหลอดทดลองฝาเกลียวขนาดกลาง
6. เติมสารละลายกรดไธโอบาบิวทิริกปริมาตร 5 มิลลิลิตร เขย่าและให้ความร้อนในน้ำเดือด เป็นเวลา 35 นาที
7. ทำ Blank โดยใช้น้ำกลั่นแทนสารละลายที่กลั่นได้
8. นำตัวอย่างวัดค่าการดูดกลืนแสงที่ความยาวคลื่น 538 นาโนเมตร

การคำนวณ

ค่าความหืน = 7.8 x ค่าการดูดกลืนแสงที่ความยาวคลื่น 538 นาโนเมตร

(มก. มาโลนอัลดีไฮด์/กก. ตัวอย่าง)

2. เกลือ (A.O.A.C., 1990)

อุปกรณ์

1. เตาไฟฟ้า
2. เครื่องชั่งไฟฟ้า 4 ตำแหน่ง
3. ตู้ดูดควัน

สารเคมี

1. สารละลายซิลเวอร์ไนเตรต ความเข้มข้น 0.1 โมลาร์
2. กรดไนตริกเข้มข้น
3. สารละลายแอมโมเนียมเฟอร์ริกซัลเฟตอิ่มตัว
4. เฟอร์ริกอินดิเคเตอร์
5. สารละลายแอมโมเนียมไธโอไซยาเนต ความเข้มข้น 0.1 โมลาร์

วิธีการ

1. ชั่งตัวอย่างให้ได้น้ำหนักแน่นอนประมาณ 1 กรัม ใส่ขวดรูปชมพู่ขนาด 250 มิลลิลิตร
2. เติมสารละลายซิลเวอร์ไนเตรต ความเข้มข้น 0.1 โมลาร์ ปริมาตร 35 มิลลิลิตร
3. เติมกรดไนตริกเข้มข้นปริมาตร 20 มิลลิลิตร ย่อยบนเตาไฟฟ้าที่ระดับความร้อนน้อยๆ ในตู้ดูดควัน เป็นเวลา 15 นาที แล้วทำให้เย็น
4. เติมน้ำปริมาตร 50 มิลลิลิตร และเฟอร์ริกอินดิเคเตอร์ปริมาตร 5 มิลลิลิตร
5. ไตเตรตด้วยสารละลายแอมโมเนียมไธโอไซยาเนต ความเข้มข้น 0.1 โมลาร์ จนได้สารละลายเป็นสีน้ำตาลคงตัว

การคำนวณ

$$\text{เกลือ (ร้อยละ)} = \frac{0.0058 \times (a-b) \times 100}{W}$$

โดยที่ a = ปริมาตรของสารละลายซิลเวอร์ไนเตรต (มิลลิลิตร)

b = ปริมาตรของสารละลายแอมโมเนียมไธโอไซยาเนต (มิลลิลิตร)

W = น้ำหนักตัวอย่าง (กรัม)

3. **ความชื้น** (A.O.A.C., 1990)

อุปกรณ์

1. ตู้อบไฟฟ้าอุณหภูมิ 105 องศาเซลเซียส
2. ภาชนะหาความชื้น (moisture can)
3. โถดูดความชื้น
4. เครื่องชั่งไฟฟ้า 4 ตำแหน่ง

วิธีการ

1. อบภาชนะหาความชื้นในตู้อบไฟฟ้าอุณหภูมิ 105 องศาเซลเซียส ประมาณ 3 ชั่วโมง เมื่อนำออกจากตู้อบแล้วใส่ในโถดูดความชื้นประมาณ 30 นาที ชั่งน้ำหนัก ถ้าน้ำหนักไม่คงที่ให้อบซ้ำจนน้ำหนักของภาชนะคงที่

2. ชั่งตัวอย่างให้ได้น้ำหนักแน่นอนประมาณ 1-3 กรัม ลงในภาชนะหาความชื้น

3. นำไปอบในตู้อบไฟฟ้าอุณหภูมิ 105 องศาเซลเซียส ชั่งน้ำหนักคงที่ของภาชนะและตัวอย่างภายหลังอบ

การคำนวณ

$$\text{ความชื้น (ร้อยละ)} = \frac{(\text{น้ำหนักภาชนะและตัวอย่างก่อนอบ} - \text{น้ำหนักภาชนะและตัวอย่างหลังอบ}) \times 100}{\text{น้ำหนักตัวอย่างก่อนอบ}}$$

4. โปรตีน โดยวิธีเจลดาล (A.O.A.C., 1990)

อุปกรณ์

1. ชุดย่อยโปรตีน
2. ชุดกลั่นโปรตีน
3. ลูกแก้ว
4. กระดาษกรอง
5. บิวเรต
6. เครื่องชั่งไฟฟ้า 4 ตำแหน่ง

สารเคมี

1. กรดซัลฟิวริกเข้มข้น
2. สารเร่งปฏิกิริยา (คอปเปอร์ซัลเฟต 1 ส่วน ต่อ โปแทสเซียมซัลเฟต 9 ส่วน โดยน้ำหนัก)
3. สารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ ความเข้มข้นร้อยละ 60
4. สารละลายกรดบอริก ความเข้มข้นร้อยละ 4
5. สารละลายกรดไฮโดรคลอริก ความเข้มข้น 0.02 นอร์มอล
6. อินดิเคเตอร์ fashiro indicator เตรียมเป็น stock solution (ชั่งเมทธิลีนบลู 0.2 กรัม ละลายในเอธานอล 200 มิลลิลิตร และเมทธิลีนเรด 0.05 กรัม ละลายในเมธานอล 50 มิลลิลิตร) เวลาใช้ให้นำมาผสมกันในอัตาส่วน stock solution 1 ส่วน ต่อเอธานอล 1 ส่วน ต่อน้ำกลั่น 2 ส่วน

วิธีการ

1. ชั่งตัวอย่างให้ได้น้ำหนักแน่นอนประมาณ 1-2 กรัม ลงในขวดย่อยโปรตีน
2. เติมสารเร่งปฏิกิริยาประมาณ 5 กรัม และกรดซัลฟิวริกเข้มข้นปริมาตร 20 มิลลิลิตร
3. ใส่ลูกแก้ว นำไปย่อยบนเตาย่อยโปรตีน ที่อุณหภูมิ 200 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 30 นาที และอุณหภูมิ 350 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 60 นาที ได้สารละลายสีฟ้าใส ปล่อยทิ้งไว้ให้เย็น
4. จัดอุปกรณ์กลั่น นำขวดรูปชมพู่ขนาด 250 มิลลิลิตร เติมกรดบอริก ความเข้มข้นร้อยละ 4 ปริมาตร 5 มิลลิลิตร ผสมน้ำกลั่น 5 มิลลิลิตร และเติมอินดิเคเตอร์ 1-2 หยด ไปรองรับของเหลวที่จะกลั่น โดยให้ส่วนปลายท่อกลั่นจุ่มอยู่ในสารละลาย
5. นำหลอดย่อยตัวอย่างใส่ในช่องใส่ตัวอย่าง
6. เติมสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ ความเข้มข้นร้อยละ 60 จนสารละลายตัวอย่างเป็นสีดำ และกลั่นจนได้ปริมาตรสารละลายในขวดรูปชมพู่ประมาณ 150 มิลลิลิตร
7. ไตเตรตสารละลายที่กลั่นได้ด้วยสารละลายกรดไฮโดรคลอริก ความเข้มข้น 0.02 นอร์มอล จนได้จุดยุติเป็นสีม่วง
8. ทำ Blank โดยใช้น้ำกลั่นแทนตัวอย่างด้วยวิธีการเดียวกัน

การคำนวณ

$$\text{โปรตีน (ร้อยละ)} = \frac{(a-b) \times N \times 14.007 \times \text{factor}}{W}$$

โดยที่ a = ปริมาตรของสารละลายกรดไฮโดรคลอริก (ปริมาตร)

b = ปริมาตรของสารละลายกรดไฮโดรคลอริกที่ใช้ไตเตรตกับ Blank (มิลลิลิตร)

N = ความเข้มข้นของสารละลายกรดไฮโดรคลอริก (นอร์มอล)

W = น้ำหนักตัวอย่าง (กรัม)

Factor = 6.25

(น้ำหนักอนุมูลของไนโตรเจน = 14.007)

5. **โปรตีน โดยวิธีลาวรี** (Engel, 1996)

อุปกรณ์

1. หลอดทดลองขนาดเล็ก

2. เครื่องวัดค่าการดูดกลืนแสง

สารเคมี

สารละลาย A : 1% (w/v) $CuSO_4.5H_2O$ ในน้ำกลั่น

สารละลาย B : 1% (w/v) Sodium potassium tartrate ในน้ำกลั่น

สารละลาย C : 1% (w/v) Na_2CO_3 ใน 0.1 M NaOH

สารละลาย WS1 : ผสมสารละลาย A และ B ในอัตราส่วน 1:1 (v/v) แล้วเติมสารละลาย C 98 ส่วน

สารละลาย WS2 : เจือจาง Folin-Ciocalteu reagent ด้วยน้ำในอัตราส่วน 1:1 (v/v)

สารละลาย A, B และ C คงตัวที่อุณหภูมิห้องนานหลายเดือน แต่สารละลาย WS1 และ WS2 (Working solution) ต้องเตรียมใหม่ทุกครั้งที่ใช้

วิธีการ

1. เตรียมตัวอย่างที่ความเข้มข้นที่เหมาะสม 0.2 มิลลิลิตร เติมสารละลาย WS1 ปริมาตร 2.1 มิลลิลิตร ผสมทิ้งไว้เป็นเวลา 10 นาที

2. เติมสารละลาย WS2 ปริมาตร 0.2 มิลลิลิตร ผสมให้เข้ากันทันที ทิ้งไว้ที่อุณหภูมิห้องเป็นเวลา 30 นาที

3. ทำ Blank โดยใช้น้ำกลั่นแทนตัวอย่างด้วยวิธีเดียวกัน

4. วัดค่าการดูดกลืนแสงที่ความยาวคลื่น 750 นาโนเมตร

5. ทำกราฟมาตรฐานโปรตีน โดยใช้โบวินซีรัมอัลบูมิน (Bovine Serum Albumin, BSA) เป็นโปรตีนมาตรฐาน

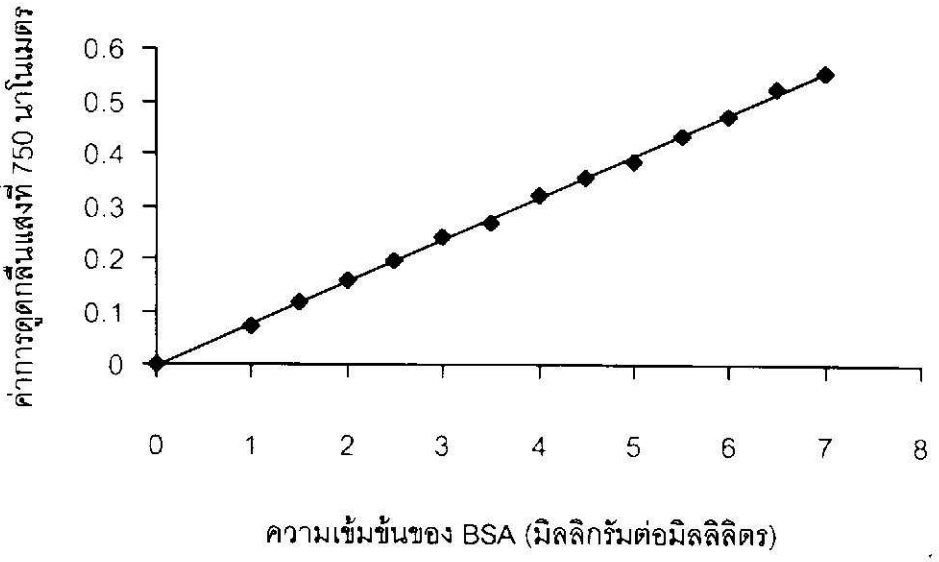
การเตรียมกราฟมาตรฐานโปรตีน

1. ละลายโบวินซีรัมอัลบูมิน 0.1 กรัม ในน้ำกลั่นปริมาตร 0.1 มิลลิลิตร จะได้ stock solution ความเข้มข้น 1,000 ไมโครกรัมต่อมิลลิลิตร

2. นำ stock solution ปริมาตร 0, 0.5, 1.0, 1.5, 2.0, 2.5 และ 3.0 มิลลิลิตร แล้วปรับปริมาตรเป็น 10 มิลลิลิตร ด้วยน้ำกลั่น จะได้สารละลายโบวินซีรัมอัลบูมินความเข้มข้น 0, 50, 100, 150, 200, 250 และ 300 ไมโครกรัมต่อมิลลิลิตร ตามลำดับ

3. หาปริมาณโปรตีนของแต่ละความเข้มข้นตามวิธีการข้างต้น

4. เขียนกราฟมาตรฐานโปรตีนของโบวินซีรัมอัลบูมินระหว่างค่าการดูดกลืนแสงที่ความยาวคลื่น 750 นาโนเมตร กับความเข้มข้นของสารละลายโบวินซีรัมอัลบูมิน



ภาพภาคผนวก ก1 กราฟมาตรฐานโปรตีนโบวินซีรัมอัลบูมิน

6. **เถ้า** (A.O.A.C., 1990)

อุปกรณ์

1. เตาเผาเถ้า
2. ถ้วยกระเบื้องสำหรับเผา
3. โถดูดความชื้น
4. เครื่องชั่งไฟฟ้า 4 ตำแหน่ง

วิธีการ

1. เผาถ้วยกระเบื้องในเตาเผาที่อุณหภูมิ 600 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 3 ชั่วโมง รอให้อุณหภูมิในเตาเผาลดลง แล้วนำใส่ในโถดูดความชื้น ประมาณ 30 นาที แล้วชั่งน้ำหนักถ้วยกระเบื้อง ถ้าน้ำหนักไม่คงที่ให้เผาซ้ำอีก จนได้น้ำหนักของถ้วยคงที่

2. ชั่งตัวอย่างให้ได้น้ำหนักแน่นอนประมาณ 2 กรัม ลงในถ้วยกระเบื้อง

3. นำไปเผาในตู้ควันจนหมดควัน แล้วนำเข้าเตาเผาอุณหภูมิ 600 องศาเซลเซียส ชั่งน้ำหนักคงที่ของถ้วยกระเบื้องและตัวอย่างหลังเผา

การคำนวณ

$$\text{เถ้า (ร้อยละ)} = \frac{(\text{น้ำหนักถ้วยและตัวอย่างก่อนเผา} - \text{น้ำหนักถ้วยและตัวอย่างหลังเผา}) \times 100}{\text{น้ำหนักตัวอย่างก่อนอบ}}$$

7. **ของแข็งทั้งหมด** (A.O.A.C., 1990)

อุปกรณ์

1. ตู้อบไฟฟ้าอุณหภูมิ 105 องศาเซลเซียส
2. ถ้วยกระเบื้องสำหรับระเหย
3. อ่างน้ำควบคุมอุณหภูมิ
4. โถดูดความชื้น
5. เครื่องชั่งไฟฟ้า 4 ตำแหน่ง

วิธีการ

1. อบถ้วยกระเบื้องที่อุณหภูมิ 105 องศาเซลเซียส จนได้น้ำหนักคงที่ของถ้วยกระเบื้อง
2. ตวงตัวอย่างปริมาตร 20 มิลลิลิตร ใส่ในถ้วยกระเบื้อง แล้วชั่งน้ำหนักตัวอย่างพร้อมถ้วยกระเบื้อง
3. นำไประเหยให้แห้งบนอ่างน้ำควบคุมอุณหภูมิที่ 90 องศาเซลเซียส
4. นำไปอบในตู้อบไฟฟ้าอุณหภูมิ 105 องศาเซลเซียส จนได้น้ำหนักคงที่ของภาชนะและตัวอย่างภายหลังอบ

การคำนวณ

$$\text{ของแข็งทั้งหมด (ร้อยละ)} = \frac{(\text{น้ำหนักถ้วยและตัวอย่างก่อนอบ} - \text{น้ำหนักถ้วยและตัวอย่างหลังอบ}) \times 100}{\text{น้ำหนักตัวอย่างก่อนอบ}}$$

8. **ไขมัน** (A.O.A.C., 1990)

อุปกรณ์

1. ถ้วยกระเบื้องสำหรับระเหย
2. ตู้อบไฟฟ้าอุณหภูมิ 105 องศาเซลเซียส
3. อ่างน้ำควบคุมอุณหภูมิ
4. โถดูดความชื้น
5. เครื่องชั่งไฟฟ้า 4 ตำแหน่ง
6. กระดาษกรอง
7. ขวดรูปชมพู่ขนาด 250 มิลลิลิตร

สารเคมี

ปิโตรเลียมอีเทอร์

วิธีการ

1. ปิเปตตัวอย่างปริมาตร 10 มิลลิลิตร นำมาหาปริมาณของแข็งทั้งหมดตามวิธีการข้อ 6
2. ละลายไขมันด้วยปิโตรเลียมอีเทอร์ปริมาตร 60 มิลลิลิตร โดยละลาย 3 ครั้ง ครั้งละ 20 มิลลิลิตร
3. กรองสารละลายที่ได้ผ่านกระดาษกรองลงสู่ขวดรูปชมพู่ที่ทราบน้ำหนักแน่นอนแล้ว นำขวดรูปชมพู่ไปอบที่อุณหภูมิ 105 องศาเซลเซียส จนได้น้ำหนักคงที่ของภาชนะและตัวอย่างภายหลังอบ

การคำนวณ

$$\text{ไขมัน (ร้อยละ)} = \frac{\text{น้ำหนักไขมัน (มิลลิกรัม)} \times 100}{\text{น้ำหนักตัวอย่าง (กรัม)}}$$

ภาคผนวก ข การวิเคราะห์ทางจุลินทรีย์

1. ปริมาณจุลินทรีย์ทั้งหมด (Total Viable Count) **โดยวิธี** pour plate (Speck, 1984)

อาหารเลี้ยงเชื้อ

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

วิธีการ

1. ล้างกระป๋องซุปปลาทูน่าให้สะอาดและเช็ดให้แห้ง
2. เปิดกระป๋องโดยวิธีปลอดเชื้อ โดยใช้ที่เปิดกระป๋องจุ่มในเอธานอล ความเข้มข้นร้อยละ 95 ลนไฟ แล้วจึงนำไปเปิดกระป๋อง
3. ปิเปตตัวอย่างมาเจือจางด้วย 0.85% normal saline solution ในระดับที่เหมาะสม
4. ปิเปตัวอย่างที่ได้จากข้อ 3 ลงในจานเพาะเชื้อจานละ 1 มิลลิลิตร (ทำการทดลอง 3 ซ้ำต่อระดับเจือจาง)
5. เททับด้วยอาหาร PCA ประมาณ 1.5 มิลลิลิตร
6. หมุนจานเพาะเชื้อเบาๆ เพื่อให้ตัวอย่างกระจายตัวสม่ำเสมอ ทิ้งไว้จนอาหารเลี้ยงเชื้อแข็ง
7. บ่มเชื้อที่อุณหภูมิ 37 องศาเซลเซียส ประมาณ 24-48 ชั่วโมง
8. ตรวจนับโคโลนีจากจานเพาะเชื้อที่มีจำนวนโคโลนีประมาณ 30-300 โคโลนี รายงานผลเป็นจำนวนโคโลนีต่อมิลลิลิตรตัวอย่าง (CFU/ml)

การคำนวณ

CFU/ml = จำนวนโคโลนีเฉลี่ย x ระดับการเจือจาง

2. **ปริมาณสปอร์ทนร้อน** (Thermophilic spore) **โดยวิธี** pour plate (Speck, 1984)

อาหารเลี้ยงเชื้อ

1. Plate count agar (PCA)

2. 0.85% normal saline solution

วิธีการ

1. ล้างกระป๋องซุปปลาทูน่าให้สะอาดและเช็ดให้แห้ง

2. เปิดกระป๋องโดยวิธีปลอดเชื้อ โดยใช้ที่เปิดกระป๋องจุ่มในเอธานอล ความเข้มข้นร้อยละ 95 ลนไฟ แล้วจึงนำไปเปิดกระป๋อง

3. ปิเปตตัวอย่างประมาณ 50 มิลลิลิตร ลงในขวดที่ปลอดเชื้อ ต้มในน้ำเดือดเป็นเวลา 10 นาที เพื่อทำลายตัวเซลล์

4. ทำการทดลองเหมือนกับการหาปริมาณจุลินทรีย์ทั้งหมดตามวิธีการข้อ 3-6

5. บ่มเชื้อที่อุณหภูมิ 55 องศาเซลเซียส ประมาณ 24-48 ชั่วโมง

6. ตรวจนับโคโลนีจากจานเพาะเชื้อที่มีจำนวนโคโลนีประมาณ 30-300 โคโลนี รายงานผลเป็นจำนวนโคโลนีต่อมิลลิลิตรตัวอย่าง (CFU/ml)

การคำนวณ

CFU/ml = จำนวนโคโลนีเฉลี่ย x ระดับการเจือจาง

ภาคผนวก ค การศึกษาการส่งผ่านความร้อน (F_0)

วัสดุและวิธีการ

1. เครื่องคอมพิวเตอร์บันทึกอุณหภูมิยี่ห้อ Ellab มีการบันทึกเป็นระบบตัวเลขและส่งสัญญาณต่อเข้าเครื่องพิมพ์ ทำงานด้วยช่องรับสัญญาณการอ่านจากสายเทอร์โมคอปเปิ้ลจำนวน 15 สาย โดยกำหนดให้เครื่องกวาดรับสัญญาณการอ่านทุกๆ 1 นาที สายเทอร์โมคอปเปิ้ล (Copper/Canstantan) ความยาว 15 เมตร ถูกต่อเข้าหม้อฆ่าเชื้อผ่านชุดเชื่อมต่อปลอกเกลียวล็อคกันซึมและทนแรงดัน ส่วนปลายสายซึ่งอยู่ภายในหม้อฆ่าเชื้อถูกเชื่อมเป็นเข็มเทอร์โมคอปเปิ้ล Copper/Canstantan ชนิด T โดยมีปลอกสแตนเลสหุ้มตามขนาดที่เหมาะสมของการวัด และถูกติดตั้งตามจุดที่คาดว่าร้อนช้าที่สุดในหม้อฆ่าเชื้อ นอกจากสายแบบมีปลายเข็มวัดสำหรับติดตั้งวัดอุณหภูมิภายในภาชนะบรรจุแล้ว ยังมีสายเทอร์โมคอปเปิ้ลแบบ Free lead เพื่อใช้วัดอุณหภูมิของตัวกลางถ่ายเทความร้อนภายในหม้อฆ่าเชื้อ โดยจะทำการวัดเปรียบเทียบและติดตามการอ่านอุณหภูมิไปพร้อมกับเครื่องมือวัดอุณหภูมิของหม้อฆ่าเชื้อ (เทอร์โมมิเตอร์แบบปรอทในหลอดแก้ว M.I.G. Thermometer และเกจวัดความดัน)

2. เตรียมอาหารกระป๋องเพื่อใช้ในการทดสอบโดยเพิ่มน้ำหนักบรรจุจากปกติ 10% เพื่อเพิ่มอัตราส่วนของของแข็งต่อของเหลวในผลิตภัณฑ์เท่าที่จะเป็นไปได้ในการผลิต

3. ติดตั้งเทอร์โมคอปเปิ้ลที่จุดร้อนช้าที่สุดของภาชนะที่ใช้ในการทดสอบ (ที่กึ่งกลางของกระป๋อง)

4. นำผลิตภัณฑ์ชิ้นที่ใหญ่ที่สุดเสียบไว้ที่ปลายเข็มของเทอร์โมคอปเปิ้ล โดยให้ปลายเข็มอยู่บริเวณกึ่งกลางของชิ้นผลิตภัณฑ์

5. รวบรวมข้อมูลการส่งผ่านความร้อนของผลิตภัณฑ์อย่างน้อยที่สุดจำนวน 15 กระป๋องจากการทดสอบจำนวน 2 รอบ ในแต่ละแบบและขนาดของการบรรจุ

6. ทดลองที่อุณหภูมิเริ่มต้นของผลิตภัณฑ์อยู่ในระดับต่ำที่สุดเท่าที่จะเป็นไปได้ในการผลิต

7. วางผลิตภัณฑ์ที่จะทดสอบในจุดที่ร้อนช้าที่สุดของหม้อฆ่าเชื้อ (ขนาด 3 ตะกร้า) จากนั้นบรรจุกระป๋องจำลองให้เต็มทุกตะกร้าด้วยกระป๋องจำลองขนาด 307x113 (2 ชิ้น) การจัดเรียงแบบใช้แผ่นกั้นระหว่างชั้น

8. ขั้นตอนการไล่อากาศในหม้อฆ่าเชื้อของห้องปฏิบัติการของคณะอุตสาหกรรมเกษตร (ขนาด 3 ตะกร้า) มีรายละเอียดในการไล่อากาศดังต่อไปนี้

-สำหรับการไล่อากาศและดึงอุณหภูมิให้ถึงจุดกำหนดของหม้อฆ่าเชื้ออย่างมีประสิทธิภาพและถูกต้อง ต้องไม่ทำการไล่อากาศเมื่อความดันของท่อไอน้ำหลักต่ำกว่า 100 psi

-ผู้ทำหน้าที่ควบคุมหม้อฆ่าเชื้อจะต้องปฏิบัติตามขั้นตอนการไล่อากาศนี้อย่างเข้มงวด เพื่อให้มั่นใจว่าอากาศได้ระบายออกจากหม้อฆ่าเชื้ออย่างสมบูรณ์

-ขั้นตอนการไปอากาศสำหรับกระป๋องขนาด 307x113 (2 ชิ้น) หรือใหญ่กว่า การจัดเรียงแบบมีแผ่นกั้นระหว่างชั้นในตะกร้าสำหรับหม้อฆ่าเชื้อของห้องปฏิบัติการของคณะอุตสาหกรรมเกษตร (ขนาด 3 ตะกร้า)

ขั้นที่ 1 : เปิดวาล์วท่อระบายอากาศ และท่อระบายน้ำ (ด้านหลัง) เต็มที่

ขั้นที่ 2 : เปิดวาล์วท่อไอน้ำเข้าไปเต็มที่ทั้งที่ท่อติดเครื่องควบคุมไอน้ำอัตโนมัติและท่อผ่านของไอน้ำโดยตรง บันทึกเวลา 0 นาที

ขั้นที่ 3 : ปิดวาล์วท่อระบายน้ำเมื่อ เอ็ม.ไอ.จี เทอร์โมมิเตอร์อุณหภูมิถึง 104 องศาเซลเซียส หลังจากผ่านขั้นที่ 2 อย่างน้อย 5 นาที หรืออาจจะนานกว่านั้น

ขั้นที่ 4 : ปิดวาล์วท่อระบายอากาศเมื่อ เอ็ม.ไอ.จี เทอร์โมมิเตอร์อุณหภูมิถึง 114 องศาเซลเซียส หลังจากผ่านขั้นตอนที่ 3 อย่างน้อย 2 นาที หรืออาจจะนานกว่านั้น

ขั้นที่ 5 : เริ่มนับเวลาฆ่าเชื้อเมื่อ เอ็ม.ไอ.จี เทอร์โมมิเตอร์อุณหภูมิถึงอุณหภูมิที่กำหนดไว้ (หลังจากผ่านขั้นที่ 4 อย่างน้อย 1 นาที)

ตารางภาคผนวก ค1 การศึกษาการนำความร้อนในผลิตภัณฑ์ซุปปลาทูน่าโปรตีนสูง ครั้งที่ 1

เวลา (นาที)	อุณหภูมิหม้อฆ่าเชื้อ (องศาเซลเซียส)	อุณหภูมิต่ำสุด (องศาเซลเซียส)	Lethal Rate	
0	38.5	38.5	-	
1	73.8	39.6	-	
2	93.6	50.9	-	
3	100.0	77.4	-	
4	100.6	93.7	0.002	
5	100.7	98.0	0.005	
6	101.4	99.5	0.007	
7	106.2	100.6	0.009	
8	117.2	105.2	0.026	เวลาในการไล่อากาศ
9	118.3	113.9	0.191	
10	117.5	116.4	0.331	
11	116.2	116.7	0.363	
12	115.3	116.4	0.331	
13	115.4	115.9	0.302	
14	115.5	115.9	0.302	
15	115.8	115.8	0.295	
16	115.9	115.8	0.295	
17	116.0	115.9	0.302	
18	116.2	115.9	0.316	
19	116.4	116.1	0.316	
20	115.6	116.1	0.316	
21	115.6	116.0	0.309	
22	115.8	115.9	0.302	
23	115.8	115.9	0.302	
		รวมค่า F_0	4.002	

ตารางภาคผนวก ค2 การศึกษาการนำความร้อนในผลิตภัณฑ์ซุปปลาทูน่าโปรตีนสูง ครั้งที่ 2

เวลา (นาที)	อุณหภูมิหม้อฆ่าเชื้อ (องศาเซลเซียส)	อุณหภูมิต่ำสุด (องศาเซลเซียส)	Lethal Rate
0	34.8	34.8	-
1	57.9	35.9	-
2	87.2	55.6	-
3	98.5	80.6	-
4	100.4	92.9	0.002
5	100.6	97.6	0.004
6	103.2	99.3	0.007
7	105.0	101.5	0.011
8	116.0	104.5	0.022 เวลาในการไล่อากาศ
9	116.1	112.3	0.132
10	116.2	114.3	0.209
11	116.5	115.4	0.269
12	114.7	115.3	0.263
13	116.2	115.4	0.269
14	116.0	115.7	0.288
15	115.7	115.8	0.296
16	116.2	115.8	0.295
17	116.5	116.0	0.309
18	116.1	116.1	0.316
19	116.2	116.1	0.316
20	116.2	116.2	0.324
21	115.9	116.1	0.316
22	115.7	116.1	0.316
23	115.9	116.0	0.309
		รวมค่า F_0	4.272

ภาคผนวก ง แบบทดสอบผู้บริโภค

แบบสอบถามนี้เป็นส่วนหนึ่งของงานวิจัยการพัฒนาผลิตน้ำซุปปลาทูน่าโปรตีนสูงพร้อมดื่ม ของคณาจารย์คณะอุตสาหกรรมเกษตร มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ เพื่อสำรวจการยอมรับของผู้บริโภคที่มีต่อผลิตภัณฑ์น้ำซุปปลาทูน่าโปรตีนสูง แล้วนำข้อมูลที่ได้เพื่อใช้เป็นแนวทางในการปรับปรุงผลิตภัณฑ์ ข้อมูลเหล่านี้จะไม่มีผลกระทบใดๆต่อท่านทั้งสิ้น ขอขอบพระคุณที่ท่านได้ให้ความร่วมมือมา ณ โอกาสนี้ ด้วย

คำอธิบาย : น้ำซุปโปรตีนสูงพร้อมดื่มสำหรับในแบบสอบถามชุดนี้ หมายถึง น้ำซุปที่มีส่วนประกอบของโปรตีนสูงและพร้อมรับประทานได้ทันทีโดยไม่ต้องผ่านการปรุง

ตอนที่ 1 ข้อมูลทั่วไปของผู้ตอบแบบสอบถาม

1. เพศ ☐ sex

( ) ชาย ( ) หญิง

2. อายุ ☐ age

( ) 13 – 25 ปี ( ) 46 – 55 ปี

( ) 26 – 35 ปี ( ) 56 - 65 ปี

( ) 36 – 45 ปี ( ) มากกว่า 65 ปี

3. การศึกษาสูงสุด ☐ edu

( ) ประถมศึกษา ( ) ปริญญาตรี

( ) มัธยมศึกษาตอนต้น. ( ) สูงกว่าปริญญาตรี

( ) มัธยมศึกษาตอนปลาย / ปวช. ( ) อื่นๆ (โปรดระบุ).....

( ) อนุปริญญา / ปวส.

4. รายได้ต่อเดือน ☐ income

( ) ยังไม่มีรายได้ ( ) 10,001 – 30,000 บาท

( ) ต่ำกว่า 5,000 บาท ( ) 30,001 – 50,000 บาท

( ) 5,000 – 10,000 บาท ( ) มากกว่า 50,000 บาท

5. อาชีพ ☐ occ

( ) นักเรียน / นักศึกษา ( ) แม่บ้าน

( ) รับราชการ ( ) พนักงานบริษัทเอกชน

( ) พนักงานรัฐวิสาหกิจ ( ) เกษตรกรรม - ประมง

( ) ค้าขาย หรือธุรกิจส่วนตัว ( ) เกษียณ

( ) รับจ้าง ( ) อื่นๆ.....

6. สถานภาพสมรส ☐ status

( ) โสด

( ) แต่งงาน

( ) หย่า/ หม้าย/ แยกกันอยู่

ตอนที่ 2 ข้อมูลเกี่ยวกับพฤติกรรมการบริโภคน้ำซุปเพื่อสุขภาพ

7. ท่านชอบรับประทานน้ำซุปโปรตีนสูงพร้อมดื่มหรือไม่ ☐ like

( ) ชอบ ( ) ไม่ชอบ ( ) เฉยๆ

8. น้ำซุปโปรตีนสูงพร้อมดื่มยี่ห้อใดที่ท่านชอบรับประทาน ☐ Bran B

( ) แบรนด์ ( ) สุพรีเดิร์ม ( ) สก็อต

9. ความถี่ในการรับประทานน้ำซุปโปรตีนสูงพร้อมดื่ม ☐ freq

( ) ทุกวัน ( ) มากกว่า 2 ครั้ง /สัปดาห์

( ) 1 ครั้ง /สัปดาห์ ( ) 1 ครั้ง /เดือน

( ) 2 ครั้ง /สัปดาห์ ( ) น้อยกว่า 1 ครั้ง /เดือน

10. กรุณาให้คะแนนตามความสำคัญสำหรับปัจจัยในการเลือกซื้อน้ำซุปโปรตีนสูงพร้อมดื่มโดย 1 = สำคัญมาก และ 5 = ไม่สำคัญมาก

ปัจจัย	ความสำคัญ					
	สำคัญมาก (1)	สำคัญ (2)	สำคัญบ้าง (3)	ไม่สำคัญ (4)	ไม่สำคัญมาก (5)	
สีและลักษณะปรากฏ (ความขุ่นใส)						☐ Colour
กลิ่นและรสชาติ						☐ Flavour
คุณค่าอาหาร						☐ Nutri
ราคา						☐ Price
ตรายี่ห้อ						☐ Brand
การโฆษณา						☐ Ad
ภาชนะบรรจุ						☐ Pack
อื่นๆ โปรดระบุ.....						☐ etc.

11. ท่านคิดว่าน้ำซุปโปรตีนสูงพร้อมดื่มที่ท่านชอบควรมีรสชาติเป็นอย่างไร (ตอบได้มากกว่า 1 ข้อ)

( ) จืด ☐ Test 1

( ) เค็ม ☐ Test 2

( ) หวาน ☐ Test 3

( ) มีกลิ่นรสเครื่องเทศ ☐ Test 4

( ) มีกลิ่นรสน้ำผึ้ง ☐ Test 5

( ) อื่นๆ..... ☐ Test 6

ตอนที่ 3 ข้อมูลเกี่ยวกับการยอมรับผลิตภัณฑ์

12. กรุณาทดสอบผลิตภัณฑ์ทั้ง 2 ตัวอย่าง แล้วขีด (√) ให้คะแนนความชอบตามความรู้สึกของท่าน

ความรู้สึก	ลักษณะปรากฏ		สี		กลิ่น		รสชาติ	
	136	598	136	598	136	598	136	598
ชอบมากที่สุด								
ชอบมาก								
ชอบเล็กน้อย								
เฉยๆ								
ไม่ชอบเล็กน้อย								
ไม่ชอบมาก								
ไม่ชอบมากที่สุด								

☐ AppT
☐ AppM
☐ ColorT
☐ ColorM
☐ OdorT
☐ OdorM
☐ TasteT
☐ TasteM

13. ท่านยอมรับผลิตภัณฑ์น้ำซุปปลาทูน่าโปรตีนสูงพร้อมดื่มตัวอย่าง 598 หรือไม่

☐ Accep

( ) ยอมรับ

( ) ไม่ยอมรับ เนื่องจาก.....

14. ถ้าหากมีผลิตภัณฑ์น้ำซุปปลาทูน่าโปรตีนสูงพร้อมดื่มตัวอย่าง 598 ขายท้องตลาดท่านจะซื้อหรือไม่

☐ Buy

( ) ซื้อ

( ) ไม่ซื้อ เนื่องจาก.....

15. หากมีผลิตภัณฑ์นี้ขายในท้องตลาดในราคา 40 บาทต่อ 200 มิลลิลิตร (ขนาดเท่ากับนมยูเอชทีกล่องเล็ก) ท่านคิดว่าราคานี้เหมาะสมหรือไม่

☐ Price T

( ) เหมาะสม

( ) ไม่เหมาะสม

ท่านคิดว่าราคาที่เหมาะสมควรเป็น.....บาทต่อ 200 มิลลิลิตร

หมายเหตุ ราคาซุปไก่สกัด 28-29 บาทต่อ 70 มิลลิลิตร

16.ท่านคิดว่าร้านค้าประเภทใดที่เหมาะสมสำหรับผลิตภัณฑ์ซุปทูน่าโปรตีนสูงพร้อมดื่ม (ตอบได้มากกว่า 1 ข้อ)

( ) ร้านค้าสะดวกซื้อ เช่น เซเว่นอิเลเว่น, ซีเลค(Select), AM/PM ☐ place C

( ) ร้านซุปเปอร์มาร์เก็ต ☐ place S

( ) ร้านขายของชำทั่วไป ☐ place M

( ) ร้านอาหารสุขภาพ ☐ place H

( ) ภัตตาคาร/ร้านอาหาร ☐ place R

( ) อื่นๆ โปรดระบุ..... ☐ place E

ภาคผนวก จ การประมาณต้นทุนการผลิตน้ำซุปปลาทูน่าบรรจุกระป๋อง

ต้นทุนการผลิตน้ำซุปปลาทูน่า ประกอบด้วยต้นทุนทางตรงและต้นทุนทางอ้อม

1. ต้นทุนทางตรง

- น้ำนึ่งปลาทูน่า	-	บาท
- ค่าแรงขั้นต่ำ วันละ	113	บาท
- สารเคมี ได้แก่		
- diatomaceous earth กิโลกรัมละ	25.6	บาท
(580 บาท ต่อ 22.7 กิโลกรัม)		
- เอนไซม์ Delvolase กิโลกรัมละ	850	บาท
- เครื่องเทศ		
- ใบกระวาน 100 กรัม	90	บาท
- ลูกผักชี 100 กรัม	17	บาท
- กระดาษกรองขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 32 เซนติเมตร	650 บาท / 100 แผ่น	
- กระป๋อง ขนาด 307x113	3.317 บาท /กระป๋อง	

2. ต้นทุนทางอ้อม

- ค่าไฟฟ้า	
อัตราค่าไฟฟ้าใช้ไม่เกิน 150 หน่วย หน่วยละ	2 บาท
- ค่าน้ำ ลูกบาศก์เมตรละ	21.5 บาท
- ค่าน้ำมันดีเซล	12.5 บาท / ลิตร

การคำนวณเป็นค่าการประมาณค่าโดยคิดจากการผลิตน้ำซุปปลาทูน่าขนาดบรรจุ 190 กรัม จำนวน 750 กระป๋อง (ขนาด 307x113)

1. ต้นทุนทางตรง

1.1 น้ำนึ่งปลาทูน่าที่ใช้ผลิตผลิตภัณฑ์ 750 กระป๋อง จะต้องใช้น้ำนึ่งปลาทูน่าที่แยกไขมันออกแล้ว 200 ลิตร แต่เนื่องจากน้ำนึ่งปลาทูน่า โรงงานมักจะทิ้งลงสู่ระบบบำบัดน้ำเสีย จึงไม่มีค่าใช้จ่ายในส่วนนี้

1.2 ต้นทุนแรงงาน ใช้แรงงาน 3 คน คนละ 113 บาท

คิดเป็นต้นทุนแรงงานทั้งหมด 339 บาท

1.3 ค่าสารเคมี

-diatomaceous earth ร้อยละ 1 ของน้ำนึ่งปลาทูน่า จากน้ำนึ่งปลาทูน่า 200 จะต้องใช้ diatomaceous earth ทั้งหมด 2 กิโลกรัม คิดเป็นเงิน 51.6 บาท

-Devolase ใช้ปริมาณร้อยละ 0.05 ของน้ำนึ่งปลาทูน่า ดังนั้นปริมาณของ Devolase ที่ใช้ทั้งหมด 100 กรัม คิดเป็นเงิน 85 บาท

1.4 เครื่องเทศ

-ลูกผักชี ใช้ปริมาณร้อยละ 0.125 ของน้ำนึ่งปลาทูน่า ในการผลิตน้ำนึ่งปลาทูน่า 200 ลิตร จะต้องใช้ลูกผักชี 250 กรัม คิดเป็นเงิน 42.5 บาท

-ใบกระวาน ใช้ปริมาณร้อยละ 0.125 ของน้ำนึ่งปลาทูน่า ในการผลิตน้ำนึ่งปลาทูน่า 200 ลิตร จะต้องใช้ลูกผักชี 250 กรัม คิดเป็นเงิน 225 บาท

1.5 กระดาษกรอง 2 แผ่น คิดเป็นเงิน 13 บาท

1.6 กระป๋อง 750 กระป๋อง คิดเป็นเงิน 2,487.75 บาท

2. ต้นทุนทางอ้อม

2.1 ค่าน้ำมันดีเซล

น้ำมันดีเซลที่ใช้ในหม้อต้มไอน้ำ ในช่วงแรกเพื่อให้ไอน้ำมีแรงดันเพียงพอ ใช้น้ำมันประมาณ 20 ลิตร จากนั้นจะมีอัตราการใช้น้ำมัน 1.5 ลิตรต่อนาที การบรรจุน้ำซุปปลาทูน่าบรรจุแบบร้อนจึงไม่ต้องผ่านการไล่อากาศ ในขั้นตอนการฆ่าเชื้อในหม้อฆ่าเชื้ออัดความดันใช้เวลาประมาณ 25 นาที (ระบายอากาศ (venting) 8 นาที และฆ่าเชื้อ 15 นาที) ดังนั้นใช้น้ำมันดีเซล 37.5 ลิตร รวมประมาณน้ำมันดีเซลที่ใช้ทั้งหมด 57.5 ลิตร คิดเป็นเงิน 718.75 บาท

2.2 ค่าไฟฟ้า

-หม้อต้มไอน้ำ ใช้ไฟฟ้า 2.05 กิโลวัตต์ ใช้เวลาประมาณ 1 ชั่วโมง คิดเป็น 2.05 หน่วยบาท (1 กิโลวัตต์ชั่วโมงเท่ากับ 1 หน่วย)

-เครื่องปิดฝากระป๋อง ใช้ไฟฟ้า 0.373 กิโลวัตต์ กำลังการผลิตเท่ากับ 4 กระป๋องต่อนาที ดังนั้นการผลิต 750 กระป๋องใช้เวลา 188 นาที คิดเป็น 1.12 หน่วย

-ปั๊มลม ใช้ไฟฟ้า 3.730 กิโลวัตต์ ใช้ในการรักษาความดันในหม้อฆ่าเชื้ออัดความดันเป็นเวลา 10 นาที คิดเป็น 0.62 หน่วย

-ชุดกรอง ใช้ไฟฟ้า 0.746 กิโลวัตต์ ระยะเวลาในการกรองประมาณ 30 นาที คิดเป็น 0.37 หน่วย

รวมใช้ไฟฟ้าทั้งหมด 4.16 หน่วย หรือประมาณ 5 หน่วย เนื่องจากมีค่าน้อยกว่า 150 หน่วย จึงคิดเป็นเงิน 10 บาท

2.3 ค่าน้ำ

-น้ำหล่อเย็น (cooling) คิดจากปริมาตรของหม้อฆ่าเชื้อ (retort) ซึ่งมีขนาด 0.93 ลูกบาศก์เมตร

-น้ำล้างกระป๋องและอุปกรณ์ต่างๆ ประมาณ 1 ลูกบาศก์เมตร

รวมใช้น้ำทั้งหมดประมาณ 2 ลูกบาศก์เมตร คิดเป็นเงิน 43 บาท

ตารางผนวก จ1 การประมาณต้นทุนการผลิตน้ำซุปปลาทูน่าบรรจุกระป๋อง

รายการ	ค่าใช้จ่าย (บาท)
1. ต้นทุนทางตรง	
- แรงงาน	339.00
- สารเคมี	136.60
- เครื่องเทศ	267.50
- บรรจุภัณฑ์	2,487.75
- กระดาษกรอง	13.00
รวม	3,243.85
2. ต้นทุนทางอ้อม	
- ค่าน้ำมัน	718.75
- ค่าไฟฟ้า	10.00
- ค่าน้ำ	43.00
รวม	771.75
รวมทั้งสิ้น	4,015.60
ต้นทุนต่อหน่วย (บาทต่อกระป๋อง)	5.35