วนส. 0213

รายงานการวิจัย

เรื่อง

การใช้วัสดุเศษเหลือปลาจากโรงงานแปรรูปสัตว์น้ำเพื่อผลิตโปรตีน

Utilization of Fish Waste from Fishery Factories for Recovery of Proteins

โดย

นางสาวลักษณ์ จิตรบรรเจิดกุล

ภาควิชาเทคโนโลยีอาหาร คณะอุตสาหกรรมเกษตร

มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ วิทยาเขตหาดใหญ่

Order Key 15775
BIB Key 48862

เลขหมู่ TP453 P7 ส76 2541
เลขทะเบียน
19 ต.ค. 2541

บทคัดย่อ

การศึกษาสถานภาพของวัสดุเศษเหลือปลาจากโรงงานแปรรูปสัตว์น้ำ จำนวน 7 โรงงานในเขต จ.สงขลา พบว่า ส่วนใหญ่วัสดุเศษเหลือปลานำไปใช้เป็นอาหารสัตว์ จากการสำรวจปริมาณวัสดุเศษเหลือปลาจากโรงงานอาหารทะเลบรรจุกระป๋องจะเห็นว่าวัสดุเศษเหลือจากปลาทูน่ามีปริมาณมากกว่าปลาชนิดอื่น การวิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมีและปริมาณกรดอะมิโนของหัวและเครื่องในปลาทูน่า พบว่ามีปริมาณโปรตีนและกรดอะมิโนจำเป็นอยู่สูง จัดเป็นโปรตีนคุณภาพสูง จึงน่าจะนำมาศึกษาการใช้ประโยชน์เพื่อผลิตโปรตีนได้

ศึกษาสภาวะที่เหมาะสมในการสกัดโปรตีนจากหัวและเครื่องในปลาทูน่า โดยใช้ 0.2 โมลาร์ ของโฟแตสเซียมคลอไรด์ที่อัตราส่วนวัตถุดิบต่อ สารละลายสกัดเท่ากับ 1 ต่อ 10 พบว่าสภาวะสกัดที่เหมาะสมสำหรับหัวปลาทูน่า คือ พีเอช 13 อุณหภูมิ 50° ซ. เวลาสกัด 30 นาที และเครื่องในปลาทูน่าสกัดที่พีเอช 11 อุณหภูมิ 45° ซ. เวลาสกัด 120 นาที หลังจากนั้นตกตะกอนด้วยไอโซโพรพานอลอัตราส่วนโปรตีนสกัดต่อไอโซโพรพานอล เท่ากับ 1 ต่อ 3 โปรตีนสกัดที่ทำแห้งโดยระบบสุญญากาศ ของหัวปลาทูน่าและเครื่องใน มีปริมาณของโปรตีน ไขมัน เถ้าความชื้น เป็น 78.48 16.27 5.25 4.29 และ 87.10 4.75 8.14 5.01 ตามลำดับ ปริมาณกรดอะมิโนจำเป็นของโปรตีนจากเครื่องใน มีปริมาณสูงกว่าจากหัวและจากมาตรฐาน FAO/WHO (1973) เล็กน้อย

Abstract

Feasiblity study of fish wastes from fishery processing factories in Songkhla Prinee was found that fish wastes generally were used for feed. From canning processing factories, tuna wastes were present in higher amounts than others. The chemical composition and the essential amino acids profile of tuna heads and viscera showed high quility of protein therefore it could be improved utilization of tuna heads and viscera for protein production

Conditions for protein isolation of tuna heads and viscera were optimized. It showed that the maximum yield of protein isolate was obtained by extracting with 0.2 M KCl the ratio of raw matrial to extracting medium 1:10 , at pH 13, temperature 50°C, 30 minutes for tuna heads and at pH 11, temperature 45°C, 120 minutes for tuna viscera. and precipitation by isopropanol at the ratio of protein to isopropanol 1:3.

Vacuum dried protein isolated from heads and viscera indicated that the percentages of protein (dry weight basis), fat, ash, moisture content was 78.48, 16.27, 5.25, 4.29 and 87.10, 4.75, 8.14, 5.01 respectively. The amino acid profile of the protein isolate from viscera exhibited that all the essential amino acid were present in slightly higher amounts than those of the protein isolate from heads and those of 1973 FAO/WHO scoring pattern.

สารบัญ

หน้า

บทคัดย่อ ก.

Abstract ข.

สารบัญ ค.

สารบัญตาราง ง.

สารบัญภาพ จ.

บทนำ 1.

วัตถุประสงค์ 1.

ตรวจเอกสาร 2.

วัสดุ อุปกรณ์ และวิธีการ 13.

ผลการทดลองและวิจารณ์ 17.

- ผลการสำรวจข้อมูลเบื้องต้นของวัตถุดิบและเศษเหลือปลาจากโรงงานต่าง ๆ 17.
- การศึกษาสภาวะที่เหมาะสมต่อการสกัดและตกตะกอนโปรตีน 21.
- สมบัติของโปรตีนปลาสกัด 30.

สรุป 36.

เอกสารอ้างอิง 37.

สารบัญตาราง

ตารางที่ หน้า

1.องค์ประกอบทางเคมีของโปรตีนปลาสกัด และโปรตีนเส้นใย 8
2.แสดงปริมาณกรดอะมิโนในปลาสดและโปรตีนปลาสกัด 8
3.ชนิดปลาและเศษเหลือปลาจากโรงงานแปรรูปสัตว์น้ำในเขต จ.สงขลา จำนวน 7 โรงงาน 17
4.ราคาของเศษเหลือปลาจากโรงงานแปรรูปสัตว์น้ำในเขต จ. สงขลา 18
5.องค์ประกอบทางเคมีเริ่มต้นของหัวปลาทั้ง 6 ชนิด 19
6. .องค์ประกอบทางเคมีเริ่มต้นของเครื่องในปลาทั้ง 6 ชนิด 19
7.คุณภาพทางเคมีเริ่มต้นของหัวปลาทั้ง 6 ชนิด 20
8. คุณภาพทางเคมีเริ่มต้นของเครื่องในปลาทั้ง 6 ชนิด 20
9.ผลของชนิดและความเข้มข้นของสารละลายสกัดต่อปริมาณโปรตีนปลาสกัด 23
10.ผลการตกตะกอนโปรตีนปลาสกัดด้วยไอโซโพรพิลแอลกอฮอล์ที่อัตราส่วนต่างกัน และที่จุดไอโซอิเล็กตริก 29
11.ผลผลิตโปรตีนปลาสกัด 30
12.องค์ประกอบทางเคมีของโปรตีนปลาสกัด 31
13.ปริมาณกรดอะมิโนที่พบในตัวอย่างปลาสดและโปรตีนปลาสกัด 32
14.สมบัติเชิงหน้าที่ของโปรตีนปลาสกัด 34

สารบัญภาพ

ภาพที่ หน้า

1. ผลของระยะเวลาสกัดต่อปริมาณโปรตีน 25

2. ผลของอัตราส่วนของวัตถุดิบต่อสารละลายสกัด 26

3. ผลของอุณหภูมิในการสกัดต่อปริมาณโปรตีน 27

4. การตกตะกอนที่จุดไอโซอิเล็กตริก 29

บทนำ

โปรตีนเป็นสารอาหารที่จำเป็นและสำคัญต่อร่างกายมนุษย์ทุกเพศทุกวัย โดยเฉพาะอย่างยิ่งโปรตีนที่ได้จากสัตว์ ซึ่งเป็นแหล่งของกรดอะมิโนจำเป็นที่ครบถ้วน จึงพยายามหาลู่ทางนำโปรตีนจากทรัพยากรที่มีอยู่มาใช้ประโยชน์ให้ได้ประสิทธิภาพเต็มที่ ปลาเป็นอาหารโปรตีนจากธรรมชาติที่มีคุณภาพสูง กล่าวคือ มีองค์ประกอบกรดอะมิโนจำเป็นครบถ้วน ความต้องการบริโภคปลาจึงเพิ่มขึ้น ดังจะเห็นได้จากการที่ประเทศไทยมีปริมาณการจับปลาเพิ่มขึ้น จากประมาณ 2 แสนตัน เป็นประมาณ 2 ล้าน 6 แสนตันในช่วงปี พ.ศ. 2528 - 2530 (ศูนย์สถิติการเกษตร, 2532) และแนวโน้มการผลิตปลากระป๋องของไทยก็เพิ่มขึ้นเฉลี่ยปีละ 57.2% ในระหว่างปี พ.ศ. 2518 - 2528 โดยมีปลาที่ใช้เป็นวัตถุดิบในการผลิตปลากระป๋องส่วนใหญ่เป็นปลาทูน่า (รวมปลาโอ) ปลาหลังเขียวและปลาทูแขก (ศูนย์พัฒนาการประมงแห่งเอเซียตะวันออกเฉียงใต้, 2530)

สำหรับภาคใต้ของไทยซึ่งเป็นแหล่งอุตสาหกรรมแปรรูปสัตว์น้ำที่สำคัญแหล่งหนึ่ง มีการผลิต ผลิตภัณฑ์สัตว์น้ำเป็นปริมาณมากทั้งบรรจุกระป๋องและแช่เยือกแข็ง โดยในเขตจังหวัดสงขลามีการผลิตสัตว์น้ำบรรจุกระป๋องประมาณวันละ 400 ตัน ซึ่งในจำนวนนี้เป็นการผลิตปลาหลังเขียวและปลาทูแขก บรรจุกระป๋องประมาณ 100 ตันต่อวัน และในกรรมวิธีการผลิตปลาหลังเขียวและปลาทูแขกบรรจุกระป๋องนี้ปลาจะต้องถูกตัดหัวและเอาเครื่องในออกก่อนส่วนหัวและเครื่องในปลาจึง เป็นวัสดุเศษเหลือหลักของกระบวนการผลิตดังกล่าว ซึ่งมีปริมาณ 20-30% (Prasertsan,et al .,1988) แม้ว่าจะเป็นวัสดุเศษเหลือแต่หัวและเครื่องในปลายังคงมีคุณค่าทางอาหารโดยเฉพาะโปรตีน กล่าวคือ หัวปลาซาร์ดีนมีปริมาณโปรตีนร้อยละ 10.6 และส่วนเครื่องในมีโปรตีนร้อยละ 7.6 และที่สำคัญยิ่งกว่านี้โปรตีนในส่วนหัวและเครื่องในของปลายังมีองค์ประกอบกรดอะมิโนที่ทัดเทียมกับโปรตีนในกล้ามเนื้อปลาด้วย (Tanaka, et al ., 1983)

วัสดุเศษเหลือดังกล่าวจึงน่าจะสามารถนำมาใช้ประโยชน์เพื่อเพิ่มมูลค่าและลดปัญหามลพิษ งานวิจัยนี้จึงมุ่งศึกษาลู่ทางในการนำวัสดุเศษเหลือปลามาผลิตโปรตีนเพื่อใช้ประโยชน์ต่อไป

วัตถุประสงค์

1. เพื่อสำรวจสถานภาพวัสดุเศษเหลือปลาจากโรงงานแปรรูปสัตว์น้ำในจังหวัดสงขลา
2. เพื่อศึกษาความเป็นไปได้ของการนำวัสดุเศษเหลือปลามาผลิตเป็นโปรตีน เพื่อใช้บริโภค

ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

1.ได้รับข้อมูลที่ทันสมัยเกี่ยวกับสถานะภาพ องค์ประกอบทางเคมี รวมทั้งคุณภาพของวัสดุเศษเหลือปลาจากโรงงานแปรรูปสัตว์น้ำในเขตจังหวัดสงขลา

2.ได้ทราบทิศทางการใช้ประโยชนวัสดุเศษเหลือปลาในปัจจุบัน ซึ่งจะนำมาเป็นข้อมูลในการพัฒนาแนวทางการใช้ประโยชน์ในอนาคตต่อไป

3.ได้รับข้อมูลพื้นฐานในการนำไปสู่การผลิตโปรตีนเพื่อใช้บริโภค ซึ่งจะเป็นการเพิ่มมูลค่าให้กับวัสดุเศษเหลือปลา

ตรวจเอกสาร

โปรตีนปลาสกัด (Fish Protein Isolates)

โปรตีนปลาสกัดเป็นผลิตภัณฑ์ที่ได้จากการแยกโปรตีนออกจากแหล่งวัตถุดิบเช่น ปลาหรือวัสดุเศษเหลือจากปลามีองค์ประกอบของโปรตีนสูงมากกว่าร้อยละ 80 และมีคุณค่าทางโภชนาการโดยเฉพาะกรดอะมิโนที่จำเป็นปริมาณสูง โปรตีนปลาสกัดจากปลา Rockfish มีสีขาว มีกลิ่นเจือจางมีคุณสมบัติการทำหน้าที่ที่ดีและไม่มีเชื้อจุลินทรีย์ปนเปื้อน ประกอบด้วยโปรตีนร้อยละ 93.5 ไขมันร้อยละ 0.15 และฟอสเฟตร้อยละ 1.4 โดยน้ำหนักแห้ง มีค่า PER เท่ากับ 3.1 ซึ่ง สูงกว่าชุดควบคุมที่ใช้เคซีน (Spinelli, et al., 1972) อย่างไรก็ตามปัจจุบันยังไม่มีมาตรฐานกำหนดคุณภาพสำหรับโปรตีนปลาสกัดที่แน่นอน เนื่องจากไม่มีการผลิตเป็นการค้าอย่างแพร่หลายเหมือนเช่นโปรตีนถั่วเหลืองสกัด

กระบวนการผลิตโปรตีนปลาสกัด

การผลิตโปรตีนสกัดโดยทั่วไปมี 4 ขั้นตอน (Meinke, et al.,1972)

1. การสกัดโปรตีน ด้วยน้ำที่มีค่าพีเอชที่เหมาะสม หรือสารละลายเกลือที่มีความเข้มข้นที่เหมาะสม
2. การแยกส่วนที่ไม่ละลาย ได้แก่ กระดูก เกล็ด หนัง ผังผืด เป็นต้น ออกจากสารละลายโปรตีน โดยการหมุนเหวี่ยงหรือการกรอง
3. การตกตะกอนโปรตีนออกมาจากสารละลายที่พีเอชหรือการเจือจางที่เหมาะสม
4. การกำจัดส่วนอื่นที่ไม่ต้องการ ได้แก่ กลิ่น สี ไขมัน เกลือและตัวทำละลาย เป็นต้น แล้วทำแห้งด้วยวิธีการที่เหมาะสม

การสกัดโปรตีน

Tanaka และคณะ (1983) ผลิตโปรตีนปลาสกัดจากหัวและเครื่องในปลาซาร์ดีน (Sardinops melanostica) ในรูปเส้นใยโปรตีนโดยสกัดโปรตีนด้วยสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ที่ พีเอช 10.5 อุณหภูมิ 22 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 30 นาที ตกตะกอนโปรตีนที่พีเอช 5 หลังจากนั้นนำโปรตีนมาผลิตเส้นใย โดยละลายโปรตีนในสารละลายด่างที่มีอัตราส่วนของโซเดียมไฮดรอกไซด์ต่อโปรตีนประมาณ 3:100 และความเข้มข้นของโปรตีนจากหัวและเครื่องในเท่ากับ 45 มิลลิกรัม โปรตีนต่อกรัม และตัวอย่าง 55 มิลลิกรัม โปรตีนต่อกรัมตัวอย่าง แล้วผ่านเข้าเครื่องทำเป็นเส้นใยและทำให้คงตัวในสารละลายแอลกอฮอล์ร่วมกับกรดอะซิติกเข้มข้น 1 นอร์มอล ได้ผลิตภัณฑ์เส้นใยโปรตีนจากส่วนหัวและเครื่องในปลาซาร์ดีน ที่มีปริมาณโปรตีนร้อยละ 85.7 และ 74.1 ตามลำดับ

ส่วน Spinelli และคณะ (1972a) ผลิตโปรตีนสกัดจากปลา Pacific Ocean rockfish (Sebastes spp.) โดยใช้สารละลายโซเดียมคลอไรด์เข้มข้น 0.1 โมลาร์ อัตราส่วน 1:4 เวลา 10 นาที เพื่อแยกเอาส่วนประกอบของน้ำมัน สารประกอบไนโตรเจนที่ไม่ใช่โปรตีนและซาร์โคพลาสมิกออก

จากส่วนของโปรตีนไมโอไฟบริล และแยกออกจากกันโดยการหมุนเหวี่ยง จากนั้นนำส่วนตะกอนที่ประกอบด้วยไมโอไฟบริลมาสกัดซ้ำตะกอนต่อสารละลายโซเดียมคลอไรด์เข้มข้น 0.1 โมลาร์ อัตราส่วน 1:2 และตะกอนต่อน้ำในอัตราส่วน 1:2 ทำให้ได้โปรตีนไมโอไฟบริลที่มีความบริสุทธิ์มากขึ้น แล้วนำโปรตีนมาทำแห้งด้วยวิธีแช่เยือกแข็ง กระบวนการผลิตดังกล่าวมีการใช้โพรพิลแกลเลตร้อยละ 0.01 เติมในสารละลายโซเดียมคลอไรด์ที่ใช้สกัดเพื่อลดปริมาณมาโลนอัลดีไฮด์ที่เกิดขึ้นในระหว่างการผลิตและการเก็บรักษาเป็นเวลา 6 เดือน สำหรับการตกตะกอนซาร์โคพลาสมิกโปรตีนใช้สารละลายโซเดียมเฮกซะเมตาฟอสเข้มข้น 0.01 โมลาร์ (สารละลายโปรตีนเข้มข้นร้อยละ 1) ที่พีเอช 3.8-4.0 ปรับพีเอชด้วยกรดซัลฟูริก แล้วนำมาสกัดไขมันออกโดยใช้ไอโซโพรพิลแอลกอฮอล์ และทำแห้งแบบพ่นฝอย (Spinelli and Koury, 1970) นอกจากนี้ Spinelli และคณะ (1972b) ยังได้ปรับปรุงวิธีการผลิตโปรตีนสกัดจากปลา Rockfish เพื่อให้ได้โปรตีนที่มีคุณสมบัติเชิงหน้าที่ที่ดี โดยใช้เอนไซม์ Rhozyme-P-110 เพื่อไฮโดรไลซ์โปรตีนบางส่วน ก่อนนำมาตกตะกอนโดยใช้สารละลายโซเดียมเฮกซะเมตาฟอสเฟตเข้มข้นร้อยละ 5 ที่พีเอช 3 แล้วสกัดส่วนอื่น ๆ ออกโดยใชน้ำและไอโซโพรพิลแอลกอฮอล์ หลังจากนั้นปรับพีเอชให้เป็นกลางพร้อมผสมกลูโคสเพื่อลดการเปลี่ยนแปลงสภาพของโปรตีนเนื่องจากผลของการทำแห้ง หลังจากทำแห้งแบบพ่นฝอยโปรตีนสกัดที่ได้มีโปรตีน ร้อยละ 93.5 นอกจากนี้ Meinke และคณะ (1972) ผลิตโปรตีนสกัดจากปลา Golden croaker ภายใต้สภาวะสกัดที่เหมาะสม คือ ที่พีเอช 11 อัตราส่วนเนื้อปลาบดต่อสารละลายสกัด 1:3 ที่อุณหภูมิ 55 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 30 นาที และตกตะกอนที่พีเอช 6.0 โปรตีนสกัดที่ได้มีองค์ประกอบทางเคมี คือ โปรตีนร้อยละ 75.3 ไขมันร้อยละ 7.2 และเถ้าร้อยละ 3.2 ได้ผลผลิตโปรตีนร้อยละ 51 ของปริมาณโปรตีนในวัตถุดิบเริ่มต้น

ปัจจัยที่มีผลต่อการสกัดโปรตีน มีดังนี้ คือ

1. ค่าพีเอช

Tanaka และคณะ (1983) รายงานว่าค่าพีเอชมีผลต่อการสกัดโปรตีนจาก ทั้งหัวและเครื่องในปลาซาร์ดีน โดยสามารถสกัดโปรตีนจากหัวและเครื่องในปลาซาร์ดีนที่พีเอช 10.5 ได้สูงกว่าที่พีเอช 7.5 และพีเอช 2 การสกัดโปรตีนจากเครื่องในปลาซาร์ดีนที่พีเอช 2 จะได้ปริมาณไนโตรเจนทั้งหมดร้อยละ 90 เป็นปริมาณโปรตีนไนโตรเจนร้อยละ 60 และสกัดโปรตีนจากส่วนหัวได้ปริมาณไนโตรเจนทั้งหมดร้อยละ 60 เป็นปริมาณโปรตีนไนโตรเจนประมาณร้อยละ 50 Kahn และคณะ (1974) สกัดโปรตีนจากปลาหมึกกล้วยด้วยสารละลายโซเดียมไฮโรดรอกไซด์ ที่พีเอช 11 ได้ปริมาณโปรตีนสกัดมากกว่าร้อยละ 80 ของปริมาณโปรตีนเริ่มต้น นอกจากนี้ Montecalvo และ คณะ (1984a) สกัดโปรตีนปลา Flounder frame ด้วยสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ ที่พีเอช 11 ได้ปริมาณโปรตีนทั้งหมดร้อยละ 70

2.สมบัติเชิงหน้าที่

โดยทั่วไปการละลายของโปรตีนจะเพิ่มขึ้นในช่วงอุณหภูมิ 0 ถึง 40 องศาเซลเซียส เมื่ออุณหภูมิมากกว่า 40 หรือ 50 องศาเซลเซียส โปรตีนจะเกิดการแปลงสภาพมีผลให้การละลาย ลดลง (Zapaslis and Beck, 1985) Tanaka และคณะ (1983) ศึกษาการสกัดโปรตีนจากปลาซาร์ดีนที่อุณหภูมิ 15 22 30 และ 40 องศาเซียส พบว่าที่อุณหภูมิ 22 องศาเซลเซียส เป็นอุณหภูมิการสกัดที่ดีที่สุด โดยที่การสกัดโปรตีนจะเพิ่มขึ้นจากที่อุณหภูมิ 15 องศาเซลเซียส และลดลงที่อุณหภูมิ 30 และ 40 องศาเซลเซียส ขณะที่ Meinke และคณะ (1972) สกัดโปรตีนจากปลาเก๋าโดยใช้อุณหภูมิ 55 องศาเซลเซียส ที่พีเอช 6 และพีเอช 11 ได้ผลผลิตสูงกว่าที่อุณหภูมิ 22 องศาเซลเซียส ทั้งนี้ขึ้นกับพีเอชของสารละลายสกัดด้วย

3. เวลาที่ใช้ในการสกัด

เมื่อระยะเวลาสกัดเพิ่มขึ้น การละลายของไนโตรเจนจะเพิ่มขึ้นในช่วงเวลา 30-60 นาทีจนสูงสุดและมีแนวโน้มคงที่หรืออาจลดลงเล็กน้อย ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับปัจจัยอื่น ๆ เช่น อุณหภูมิการสกัดและค่าพีเอช เป็นต้น Tanaka และคณะ (1983) กล่าวถึงปริมาณโปรตีนสกัดจากเครื่องในปลาซาร์ดีน ภายใต้สภาวะที่อุณหภูมิต่าง ๆ ในช่วง 22-40 องศาเซลเซียสที่พีเอช 27.5 และ 10.5 ว่า ส่วนใหญ่สามารถสกัดไนโตรเจนทั้งหมดได้ร้อยละ 80 ภายในระยะเวลา 30 นาที เมื่อระยะเวลาสกัดนานขึ้น ปรากฏว่าปริมาณโปรตีนไนโตรเจนสกัดลดลง โดยเฉพาะภายใต้สภาวะอุณหภูมิ 22-40 องศาเซลเซียส พีเอช 2.5 และพีเอช 10.5 ซึ่งน่าจะเป็นผลมาจากการย่อยตัวเองของโปรตีนในเครื่องในปลา ส่วนกรณีการสกัดโปรตีนจากหัวปลาซาร์ดีนพบว่าปริมาณโปรตีนและปริมาณไนโตรเจนที่สกัดได้ต่ำกว่าปริมาณที่สกัดจากเครื่องในปลาซาร์ดีนในทุกสภาวะสามารถสกัดโปรตีนได้ปริมาณสูงสุด ร้อยละ 40-60 ภายในระยะเวลา 30 นาที เมื่อระยะเวลานานขึ้นปริมาณโปรตีนสกัดมีแนวโน้มคงที่ Montecalvo และคณะ(1984a) สามารถสกัดโปรตีนจากปลา Flounder frame ได้ปริมาณร้อยละ 86 ซึ่งเป็นระดับสูงสุดภายในเวลา 60 นาที (ที่พีเอช 11) เมื่อระยะเวลาการสกัดเพิ่มขึ้นเป็น 60-120 นาที ปริมาณโปรตีนที่สกัดได้มีปริมาณคงที่ ส่วนการสกัดโปรตีนจากปลาหมึกกล้วยสามารถสกัดได้ปริมาณโปรตีนสูงสุดภายในระยะเวลา 45 นาที (Kahn, et al., 1974)

4. ความแรงอิออนของสารละลายสกัด

ค่าความแรงอิออนของสารละลายเกลือ แต่ละชนิดขึ้นอยู่กับประจุของอิออนของเกลือและมีผลต่อการละลายโปรตีน เนื่องจากหมู่ที่มีประจุของโปรตีนทำปฏิกริยากับอิออนของเกลือทำให้การละลายเพิ่มขึ้นจนถึงระดับหนึ่ง แต่เมื่อความเข้มข้นของประจุสูงขึ้นเกิดการทำปฏิกิริยาระหว่างโปรตีนกับโปรตีนทำให้การละลายลดลง เช่นที่มีค่าความแรงอิออน 0.03 สกัดโปรตีนได้ร้อยละ 16.8 ของโปรตีนทั้งหมด และเมื่อค่าความแรง อิออนเป็น 0.12 จะสกัดโปรตีนได้ร้อยละ 22.8 (Zapaslis and Beck, 1985) และประสิทธิภาพการสกัดของโปรตีนปลาจะลดลงเมื่อค่าความแรงอิออนมากกว่า 1.0 (Dyer,et al., 1950)

5. อัตราส่วนปลาต่อสารละลายสกัด

ผลผลิตโปรตีนสกัดเพิ่มขึ้นเมื่อใช้ปริมาตรสารละลายสกัดต่อเนื้อปลาเพิ่มขึ้น เนื่องจากโมเลกุลโปรตีนมีพื้นที่สัมผัสกับสารละลายมากขึ้น แต่การใช้อัตราส่วนปริมาตรสารละลายสกัดต่อเนื้อปลาสูง จะทำให้สารละลายโปรตีนมีความเจือจางส่งผลเพิ่มต้นทุนการผลิต และทำให้เกิดน้ำทิ้งเพิ่มมากขึ้น ในทางกลับกันการเพิ่มส่วนของเนื้อปลาต่อสารละลายสกัด จะทำให้ได้สารละลายโปรตีนสกัดเข้มข้นขึ้นก่อให้เกิดปัญหาในการเพิ่มความหนืดหรือการเกิดเจล ดังนั้นจึงควรพิจารณาทั้งปริมาณผลผลิตโปรตีนที่ได้และความสะดวกต่อการกำจัดของเหลวเหลือทิ้ง เพื่อให้ได้อัตราส่วนที่เหมาะสมต่อการสกัดโปรตีน Tanaka และคณะ (1983) สกัดโปรตีนจากปลาซาร์ดีน โดยใช้อัตราส่วนปลาต่อสารละลายสกัด อัตราส่วน 1:10 เป็นอัตราส่วนเหมาะสมต่อการสกัดโปรตีนปลา ซึ่งเป็นอัตราส่วนที่สอดคล้องกับรายงานวิจัย การสกัดโปรตีนจากปลาเก๋า (Meinke, et al., 1972) การสกัดโปรตีนจากปลาหมึก (Kahn, et al., 1974) Montecalvo และคณะ (1984 a) ศึกษาอัตราส่วนเนื้อปลาต่อสารละลายสกัดในการสกัดปลา flounder frame พบว่าใช้อัตราส่วนปลาต่อสารละลาย สกัด อัตราส่วน 1:2 และอัตราส่วน 1:10 สกัดได้ปริมาณไนโตรเจนประมาณร้อยละ 75 และร้อยละ 90 ตามลำดับ จะเห็นได้ว่าเมื่อสัดส่วนเนื้อปลาต่อสารละลายสกัดลดลง จะสกัดปริมาณไนโตรเจนได้มากขึ้น

6. ขนาดชิ้นปลา

Kahn และคณะ(1974) ศึกษาผลของขนาดชิ้นปลาหมึกต่อปริมาณไนไตรเจนสกัด พบว่าเมื่อบดปลาหมึกให้มีขนาด 2.38 มิลลิเมตร สามารถสกัดไนโตรเจนได้มากกว่าร้อยละ 80 ในขณะที่เมื่อบดให้ชิ้นปลาหมึกมีขนาด 8 มิลลิเมตร จะสกัดไนโตรเจนได้ต่ำกว่าร้อยละ 50 ภายใต้สภาวะการสกัดเดียวกัน

7. เอนไซม์ย่อยโปรตีน

เอนไซม์ย่อยโปรตีนในปลาแบ่งออกเป็น 2 กลุ่ม คือ เอนไซม์ในเครื่องในและทางเดินอาหาร ได้แก่ ทริบซิน ไคโมทริบซิน และเปปซิน และอีกกลุ่ม คือ เอนไซม์ในเนื้อเยื่อ ได้แก่ คาเธปซิน เมื่อบดปลาทั้งตัวรวมทั้งเครื่องใน เอนไซม์จะย่อยเนื้อปลาในระยะเริ่มต้น และมีการย่อยเกิดขึ้นระหว่างการสกัด การหมุนเหวี่ยง จนถึงขั้นการทำให้บริสุทธิ์ ซึ่งการย่อยเริ่มต้นมีผลทำให้ปริมาณการสกัดเพิ่มมากกว่าปลาที่ไม่เกิดการย่อยเริ่มต้น โดยเฉพาะที่พีเอช 3 และ พีเอช 10 โดยที่การสกัดโปรตีนในสภาวะเป็นกรดจะช่วยเสริมกิจกรรมการทำงานของเอนไซม์ คาเธปซิน ส่วนการสกัดในสภาวะที่เป็นด่างจะเสริมการทำงานของเอนไซม์ย่อยตัวเองจากเครื่องใน

8 การแช่เยือกแข็งปลา

การแช่เยือกแข็งอย่างถูกวิธีเป็นการถนอมรักษาปลา เพื่อป้องกันการเสื่อมสลายทั้งจากจุลินทรีย์และเอนไซม์ย่อยตัวเอง แต่การเก็บในสภาพแช่เยือกแข็งไว้เป็นเวลานานอาจส่งผลต่อการแปลงสภาพของโปรตีน โดยพบว่าเมื่อละลายน้ำแข็ง ปลามีลักษณะเนื้อสัมผัสที่นุ่มและสูญเสียกลิ่น

รสที่ดี และเมื่อนำไปให้ความร้อนจะสังเกตเห็นว่าเนื้อปลาที่ได้มีความหยาบคล้ายเศษไม้แห้งและ สูญเสียความฉ่ำน้ำ (Dyer and Dingle, 1961) Meinke และคณะ (1972) ได้ศึกษาปริมาณโปรตีนที่สกัดด้วยด่างจากเนื้อปลาเก๋าที่ผ่านการแช่เยือกแข็งเปรียบเทียบกับปลาเก๋าสดจะมีปริมาณโปรตีนลดลงอย่างมีนัยสำคัญและเกิดการเปลี่ยนแปลงสภาพของไมโอไฟบริลลาโปรตีน อย่างไรก็ตาม Kahn และคณะ (1974) พบว่าปริมาณไนโตรเจนที่สกัดจากปลาหมึกสดและปลาหมึกที่แช่เยือกแข็ง มีค่าต่างกันเล็กน้อย

การตกตะกอนโปรตีน

วิธีการตกตะกอนที่นิยมใช้สำหรับการตกตะกอนโปรตีนปลา ได้แก่

1. การใช้ความร้อน

ความร้อนทำให้โปรตีนเกิดการแปลงสภาพแล้วรวมตัวกันตกตะกอนวิธีนี้มักใช้ร่วมกับวิธีอื่น Romo และ Anderson (1979) ศึกษาการตกตะกอนโปรตีนสกัดด้วยวิธีใช้ความร้อนที่อุณหภูมิ 90 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 5 นาที ร่วมกับวิธีปรับพีเอชให้เท่ากับ 5.7 การใช้ความร้อนในระยะสั้นทำให้โปรตีนตกตะกอนได้ดีขึ้นประมาณร้อยละ 4 และพบว่าเมื่อเพิ่มระยะเวลาการให้ความร้อนนานขึ้น โปรตีนจะไม่ตกตะกอนเพิ่มขึ้น

2. การปรับพีเอชของสารละลาย

วิธีนี้เป็นวิธีที่นิยมใช้ตกตะกอนโปรตีนปลาสกัด เนื่องจากสามารถควบคุมได้ง่าย ใช้พลังงานน้อย และใช้สารเคมีที่มีใช้แพร่หลาย การปรับพีเอชให้โปรตีนละลายได้น้อยที่สุดเรียกพีเอชในช่วงนี้ว่า จุดไอโซอิเล็กตริก โปรตีนจะตกตะกอนและสามารถแยกโปรตีนออกจากสารละลายหรือของผสมได้ ซึ่งโปรตีนปลามีจุดไอโซอิเล็กตริกประมาณพีเอช 4.5-5.0 ถ้าโปรตีนมีกรดอะมิโนชนิดเบสเป็นองค์ประกอบ ได้แก่ ฮิสติดีน ไลซีน อาร์จินีน อยู่มากค่าจุดไอโซอิเล็กตริกจะสูงกว่า 7 และเมื่อมีกรดอะมิโนชนิดแอซิดิกได้แก่ กรด แอสพาติก และกรดกลูตามิก เป็นองค์ประกอบอยู่มาก ค่าจุดไอโซเล็กตริกจะต่ำกว่า 7 เมื่อสารละลายโปรตีนมีพีเอชที่สูงกว่าจุดไอโซอิเล็กตริก โปรตีนจะมีประจุรวมเป็นลบ ถ้ามีพีเอชสูงขึ้นโปรตีนก็ยิ่งมีประจุลบเพิ่มขึ้น ทำให้โปรตีนละลายได้สูงขึ้นและตกตะกอนลดลง (บุญยืน สาริกะภูติ,2522)

Tanaka และคณะ (1983) ตกตะกอนโปรตีนสกัดจากหัวและเครื่องในปลาซาร์ดีนด้วยการปรับพีเอชของสารละลายให้ใกล้เคียงพีเอช 5 ซึ่งเป็นพีเอชที่มีปริมาณโปรตีนที่ละลายในสารสกัดต่ำสุด คือร้อยละ 4 - 15 Montecalvo และคณะ (1984a) ตกตะกอนโปรตีนสกัดจากปลา Flounder frame ด้วยการปรับค่าพีเอชเป็น 4.5-5.5 ได้ตะกอนโปรตีนร้อยละ 80 Meinke และคณะ (1972) ตกตะกอนโปรตีนสกัดจากปลาเก๋าด้วยการปรับพีเอชเป็น 6.0 ได้ตะกอนโปรตีนประมาณร้อยละ 63 Kahn และคณะ (1974) ตกตะกอนโปรตีนสกัดจากปลาหมึกด้วยการปรับค่าพีเอชเป็น 5.0 ได้ประมาณร้อยละ 65-70 Spinelli และคณะ (1972b) ตกตะกอนโปรตีนสกัดจากปลา Rockfish ด้วย

การปรับพีเอชเป็น 4.0-5.0 ได้ตะกอนโปรตีนร้อยละ 90 ส่วนการตกตะกอนโปรตีนอื่น ๆ ได้แก่ Tagawa และคณะ (1977) ตกตะกอนโปรตีนในน้ำทิ้งจากการผลิตคามาโบโกะด้วยการปรับค่าพีเอชเป็น 2 Toma และ Meyers (1975) ตกตะกอนโปรตีนจากการแปรรูปกุ้งด้วยการปรับพีเอชเป็น 4.4-4.7 ส่วน Hang และคณะ (1980) ตกตะกอนโปรตีนในน้ำล้างหอยลาย ด้วยการปรับพีเอชเป็น 4.0 เป็นต้น

3. การเติมตัวทำละลาย

Montecalvo และคณะ (1984b) ตกตะกอนโปรตีนปลา Flounder frame ที่สังเคราะห์พลาสติน ด้วยแอลกอฮอล์ร้อยละ 50 ได้ปริมาณผลผลิตร้อยละ 40.6-46 และพบปริมาณโปรตีนในองค์ประกอบสูงกว่าร้อยละ 90 เมื่อเติมแอลกอฮอล์และอะซิโตนลงในสารละลายมาก ทำให้เกิดแรงดึงดูดระหว่างอิออนของโปรตีนเพิ่มขึ้น โปรตีนแตกตัวเป็นอิออนได้น้อยลง จึงจับตัวเป็นก้อนและตกตะกอนโปรตีน เนื่องจากคุณสมบัติไดอิเล็กตริกของตัวทำละลายต่อการละลายโปรตีนเมื่อค่าคงตัวไดอิเล็กตริกน้อยลงแรงดึงดูดระหว่างประจุบวกกับประจุลบมีค่าเพิ่มขึ้นค่าคงตัว ไดอิเล็กตริกของแอลกอฮอล์และอิซิโตนมีค่า 24 และ 21.4 ตามลำดับ ซึ่งน้อยกว่าน้ำ ซึ่งมีค่าคงตัวไดอิเล็กตริก 80 (บุญยืน สาริกะภูติ, 2522)

4. การใช้สารประกอบฟอสเฟต

สารประกอบฟอสเฟตที่อยู่ในสภาพสารละลายจะแตกตัวให้ประจุลบมากกว่า 1 โดยเฉพาะโพโรฟอสเฟต โพลิฟอสเฟต และเฮกซะเมตาฟอสเฟต Spinelli และ Koury (1970) ศึกษาการใช้สารประกอบฟอสเฟต ได้แก่ โซเดียมไตรเมตาฟอสเฟต เตตราเมตาฟอสเฟต โซเดียมเฮกซะเมตาฟอสเฟตเข้มข้น 0.01 โมลาร์ ที่พีเอช 4.0 พบว่าการ ตกตะกอนของโปรตีนจะสัมพันธ์กับขนาดโมเกุลของสารประกอบฟอสเฟตนั่นคือสามารถตกตะกอนด้วยเฮกซะเมตาฟอสเฟตได้ปริมาณโปรตีนร้อยละ 98 สูงกว่าการใช้เตตราเมตาฟอสเฟต ไตรเมตา-ฟอสเฟต และเมตาฟอสฟอริกา ตามลำดับ Spinelli และคณะ (1972) ตกตะกอนโปรตีนสกัดจากปลา Rockfish โดยใช้โซเดียมเฮกซะเมตาฟอสเฟตร้อยละ 5 ที่พีเอช 2-5 สามารถตกตะกอนโปรตีนได้ทั้งหมด

5. การเติมกรด

กรดที่ใช้ได้แก่ กรดไตรคลอไรอะซิติก กรดทังสติก กรดพิกริก กรดฟอสโฟทังสติก กรดฟอสโฟโมลิบดิก กรดซัลไฟซาลิซิลิก กรดเพอร์คลอริก เป็นต้น โดยกรดดังกล่าวสามารถแตกตัวแล้วให้หมู่ไฮโดรเจนอิออน ทำให้โปรตีนในสารละลายที่มีประจุเป็นบวกรวมกับอนุมูลกรดที่มีขนาดใหญ่และมีประจุลบ เกิดเป็นเกลือที่ไม่ละลายน้ำทำให้โปรตีนตกตะกอนลงมา (บุญยืน สาริกะภูติ, 2522) เช่น การใช้กรดไตรคลอโรอะซิติกเข้มข้นร้อยละ 10 ตกตะกอนโปรตีน ไฮโดรไลซ์จากปลา Flounder frame ได้ปริมาณผลผลิตร้อยละ 27.3-33.8 ปริมาณโปรตีนร้อยละ 71-72.7 แต่จะทำให้โปรตีนสกัดที่ผลิตได้มีปริมาณเถ้าสูงถึงร้อยละ 18.9-19.4 (Montecalvo,et al., 1984b) การใช้กรดไตรคลอโรด์อะซิติกเข้มข้นร้อยละ 10 ตกตะกอนโปรตีนซีรัมอัลบูมิน เคอราติน ไมโอซิน เบต้าแลกโตกลอบูลิน และฮีโมโกลบิน ได้มากกว่าร้อยละ 80 การใช้กรดไตรคลอโรแอซิติกเข้มข้นร้อยละ 10 กรดทังสติก

เข้มข้นร้อยละ 1.0 และกรดซัลโฟซาลิซิลิกเข้มข้นร้อยละ 20 ตกตะกอนโปรตีนไฮโดรไลซ์จากไข่ขาวได้อย่างมีประสิทธิภาพ (Greenberg and Shipe, 1979)

คุณภาพโปรตีนปลาสกัด

โดยทั่วไปผลิตภัณฑ์ปลาสกัดที่ดีควรมีปริมาณโปรตีนสูง ประกอบด้วยกรดอะมิโนจำเป็นครบถ้วนในปริมาณสูง และไขมันต่ำ องค์ประกอบทางเคมีของโปรตีนปลาสกัด แสดงในตารางที่ 1 โดยมีปริมาณกรดอะมิโนดังแสดงในตารางที่ 2

ตารางที่ 1 องค์ประกอบทางเคมีของโปรตีนปลาสกัด และโปรตีนเส้นใย

ชนิดของโปรตีน	องค์ประกอบทางเคมี (ร้อยละ)				ที่มา
	โปรตีน	ไขมัน	เถ้า		
เส้นใยโปรตีนจากหัวปลาซาร์ดีน	85.7	1.2	2.2	-	Tanaka, et al., (1983)
เส้นใยโปรตีนจากเครื่องในปลาซาร์ดีน	74.1	1.6	0.6	-	Tanaka, et al., (1983)

ตารางที่ 2 แสดงปริมาณกรดอะมิโนในปลาสดและโปรตีนปลาสกัด

กรดอะมิโน	ปลาสด		โปรตีนปลาสกัด	
	ปลาคราฟ	ปลาเก๋า	ปลาคราฟ	ปลาเก๋า
กรดอะมิโนที่จำเป็น				
ไลซีน	7.4	6.9	9.5	7.8
ฮีสทีดีน	2.3	1.7	2.4	1.9
ทรีโอนีน	4.4	3.7	4.9	3.9
วาลีน	4.8	4.2	5.8	4.6
เมธไธโอนีน	3.9	2.7	3.2	2.6
ไอโซลูซีน	4.2	3.4	5.2	4.5*
ลูซีน	7.5	6.2	9.2	7.6*
ฟีนิลอะลานีน	4.1	3.3	4.7	3.7
รวม	**37.6**	**32.1**	**44.9**	**36.6**

กรดอะมิโน	ปลาสด		โปรตีนปลาสกัด	
	ปลาคราฟ	ปลาเก๋า	ปลาคราฟ	ปลาเก๋า
กรดอะมิโนที่ไม่จำเป็น				
อาร์จินีน	5.4	6.1	6.1	4.9
กรดแอสพาติก	9.9	8.1	11.5	8.9*
เซียรีน	4.4	3.5	4.6	3.8
กรดกลูตามิก	13.7	12.5	17.0	13.3
โปรลีน	5.9	5.2	4.3-	3.5-
ไกลซีน	10.2	8.9	5.7	4.1-*
อะลานีน	7.4	6.4	6.8	5.3
ไทโรซีน	3.0	2.7	3.8	3.2
รวม	**59.9**	**53.4**	**47.0**	**47.0**
รวมกรดอะมิโนทั้งหมด	**97.5**	**85.8**	**104.7**	**83.6**
อัตราส่วนกรดอะมิโนที่จำเป็น/ทั้งหมด	**38.6**	**37.5**	**42.9**	**43.8**

ที่มา : ดัดแปลงจาก Meinke และคณะ (1972)

คุณภาพทางประสาทสัมผัส

ลักษณะของสี กลิ่นคาวปลา และความขม เป็นคุณลักษณะทางประสาทสัมผัสสำคัญที่มีผลต่อการยอมรับผลิตภัณฑ์

1. สี สีของผลิตภัณฑ์โปรตีนปลา ขึ้นอยู่กับปริมาณเม็ดสีที่มีอยู่ในวัตถุดิบ และการเกิดสีน้ำตาลโดยปฏิกริยาที่ไม่เกิดจากเอนไซม์ในระหว่างการผลิต เช่น โปรตีนสกัดจากปลา Flounder frame ซึ่งสกัดในสารละลายด่างมีสีน้ำตาลอ่อนเมื่อใช้แคลเซียมไฮดรอกไซด์ปรับพีเอชในขณะที่ใช้โซเดียมไฮดรอกไซด์ปรับพีเอช ผลิตภัณฑ์มีสีน้ำตาลดำ (Montecalvo, et al., 1984a) โปรตีนสกัดจากปลา Rockfish มีสีขาวไม่ดูดความชื้น (Spinelli, et al., 1972b) โปรตีนเข้มข้นจากปลาซาร์ดีนทั้งตัวมีสีเทา โปรตีนปลาเข้มข้นจากเนื้อปลาซาร์ดีนมีสีขาว (Moorjani and Lahiry, 1970) การยอมรับของสีจะขึ้นอยู่กับการนำไปใช้ประโยชน์ หากนำไปใช้เติมในผลิตภัณฑ์ที่มีสี เช่น เนื้อคืนรูปซึ่งสีของโปรตีนจะกลมกลืนกับผลิตภัณฑ์ แต่อาจจะไม่เป็นที่ยอมรับหรือเป็นปัจจัยวิกฤตเมื่อใช้ในผลิตภัณฑ์ที่มีสีขาว (Sikorski and Naczk, 1981)

2. กลิ่น เป็นคุณภาพทางประสาทสัมผัสที่สำคัญต่อการยอมรับและการนำผลิตภัณฑ์ไปใช้งาน โปรตีนสกัดที่ดีควรไม่มีกลิ่นหรือมีกลิ่นคาวปลาอ่อน ๆ ซึ่ง เกิดจากสารประกอบเอมีนและสารประกอบที่มีซัลเฟอร์เป็นองค์ประกอบ สารประกอบเหล่านี้สามารถระเหยได้และถูกกำจัด

ออกโดยวิธีการกำจัดกลิ่น กลิ่นเฉพาะซึ่งส่วนใหญ่เกิดจากการออกซิเดชันของไขมันที่เหลืออยู่ในผลิตภัณฑ์ซึ่งมีความสัมพันธ์กับปริมาณไขมันที่มีอยู่ในองค์ประกอบโปรตีน ในทางการค้าโปรตีนสกัดควรมีปริมาณไขมันต่ำกว่าร้อยละ 0.2 เพื่อรักษาคุณภาพทางประสาทสัมผัสที่ดีของโปรตีนสกัดตลอดการเก็บรักษา (Spinelli, et al., 1972a) กลิ่นหืนและกลิ่นคาวปลาเป็นข้อด้อยที่ทำให้โปรตีนสกัดจากปลาถูกนำไปใช้ไม่แพร่หลายเท่าโปรตีนจากแหล่งอื่นทั้งที่คุณค่าทางโภชนาการสูงกว่า ดังนั้นจึงจำเป็นต้องเลือกผลิตภัณฑ์ให้เหมาะสมกับการนำมาใช้เป็นส่วนผสมในแต่ละประเภท

3. รส รสชาติของโปรตีนปลาสกัดขึ้นอยู่กับวิธีการผลิต และองค์ประกอบกรดอะมิโนในพันธะเปปไทด์ความขมที่เกิดขึ้นในผลิตภัณฑ์โปรตีนไฮโดรไลเสตเกิดจากปฏิกริยา ไฮโดรไลซ์ซึ่งขึ้นอยู่กับระดับการย่อยโปรตีนและความจำเพาะของเอนไซม์โปรตีน เช่น ขนาดและชนิดของพันธะเปปไทด์เกิดจากหมู่ไม่ชอบน้ำของกรดอะมิโน เช่น ไอโซลูซีน ลูซีน ฟีนิลอะลานีนและวาลีนที่รวมกันเป็นสายเปปไทด์ที่มีโมเลกุลต่ำ (Hevia and Olcott,1977) ส่วนรสยูมามิ (Umami) หรือรสคล้ายกลูตาเมตเกิดเนื่องจากมีพันธะเปปไทด์ที่ประกอบด้วยกรดกลูตามิกสูง (Noguchi, et al., 1975)

สมบัติเชิงหน้าที่ของโปรตีนสกัด

สมบัติการละลาย

โปรตีนปลาเข้มข้นและปลาป่นมีสมบัติการกระจายตัว การละลาย และความสามารถจับกับน้ำต่ำ เนื่องจากโปรตีนเกิดการแปลงสภาพอย่างรุนแรงจากการใช้ความร้อนและตัวทำละลายสกัด การปรับปรุงสมบัติเชิงหน้าที่สามารถทำได้หลายวิธี ได้แก่ วิธีทางเอนไซม์ เช่น ย่อยสลายโปรตีนปลาซาร์ดีน (Sardina pilchardus) ด้วยเอนไซม์ Acalase ที่ระดับการย่อยร้อยละ 20 ทำให้ได้โปรตีนที่สามารถละลายมากกว่าร้อยละ 90 ในช่วงพีเอช 5-9 (Quaglia and Orban, 1987) วิธีสกัดภายใต้อุณหภูมิต่ำและวิธีทางเคมี เช่น ใช้กรดอะซิติก หรือซัคซินิคแอนไฮโดรด์ หมู่ซัคซินิลจะเพิ่มประจุลบให้กับกรดอะมิโนของโปรตีน (Miller and Groninger, 1987) โดยทำปฏิกิริยากับหมู่ ε-อะมิโนของไลซีนและหมู่อื่นๆ เช่น ซัลไฟดริลของซีสตีน ฟีนอลิกของไทโรซีน และไฮดรอกซิลของเซอรีนและทรีโอนีน (Mackie, 1994) ทำให้โปรตีนสามารถจับน้ำและละลายได้สูงขึ้น เช่น การดูดซับน้ำเพิ่มขึ้นจากประมาณ 10 มิลลิเมตรต่อกรัม โปรตีนเป็น 50 มิลลิลิตรต่อกรัมโปรตีน (Miller and Groninger, 1976) ขั้นตอนในการผลิตโปรตีนสกัด โดยการใช้ไอโพรทานอล หรือเอทานอลในการกำจัดไขมัน ทำให้โปรตีนเกิดการแปลงสภาพไปบางส่วน ทำให้ความสามารถในการละลายของโปรตีนลดลง ส่งผลให้คุณสมบัติเชิงหน้าที่ของโปรตีนลดลงด้วย (Finch, 1970 อ้างโดย Holye and Merritt, 1994)

สมบัติการเป็นอิมัลชั่น

โปรตีนปลาเข้มข้นมีสมบัติการเป็นอิมัลชั่นต่ำ ในขณะที่โปรตีนปลาไฮโดรไลเสตมีสมบัติการปืนอิมัลชั่นที่ดี (Sikorski and Naczk, 1981) Spinelli และคณะ (1972b) สามารถปรับปรุงสมบัติอิมัลชั่นของโปรตีนสกัดจากปลา Rockfish ด้วยเอนไซม์และตกตะกอนด้วยฟอสเฟตเข้มข้น สมบัติการเป็นอิมัลชั่นและความคงตัวของอิมัลชั่นของโปรตีนปลาสกัดสูงสุด เมื่อไฮโดรไลซ์ด้วยเอนไซม์เป็นเวลา 30 นาที ซึ่งให้ค่าการเกิดอิมัลชั่น 225 กรัมน้ำมันต่อกรัมโปรตีน และความคงตัวของการเป็นอิมัลชั่นเท่ากับ 120 นาที และสมบัตินี้ลดลงในโปรตีนสกัดที่เอาไขมันออกด้วยตัวทำละลายที่อุณหภูมิสูง เช่น แอลกอฮอล์ ไอโซโพรพิลแอลกอฮอล์ โปรตีนสกัด เมื่อนำมาสกัดเอาไขมันออกด้วยไอโซโพรพิลแอลกอฮอล์ที่อุณหภูมิ 70 องศาเซลเซียส จะทำลายสมบัติการเกิดอิมัลชั่นทั้งหมด นอกจากนี้สมบัติการเป็นอิมัลชั่นของโปรตีนปลาสกัด มีความสัมพันธ์กับปริมาณความชื้น สมบัตินี้จะมีความคงตัวเมื่อปริมาณความชื้นร้อยละ 2.5 โดยสูญเสียสมบัติการเป็นอิมัลชั่น ร้อยละ 15-20 เมื่อมีปริมาณความชื้นต่ำกว่า 2.5 (Koury and Spinelli, 1975)

สมบัติการเกิดฟอง

โปรตีนปลาเข้มข้นสูญเสียความสามารถในการคงตัวและเกิดฟอง การปรับปรุงสมบัติการเกิดฟองในผลิตภัณฑ์โปรตีนสกัด ทำโดยดัดแปลงโปรตีนด้วยซัคซินิคแอนไฮโดรด์ ซึ่งทำให้โปรตีนมีความสามารถเกิดฟอง 900 มิลลิลิตร (3 กรัมต่อ 100 มิลลิลิตร) ในขณะที่ไข่ขาวและโปรตีนถั่วเหลืองสกัดมีสมบัติการเกิดฟอง 1100 และ 3000 มิลลิลิตร (4 กรัมต่อ 100 มิลลิเมตร) ตามลำดับ แต่จะมีความคงตัวของฟองมากกว่าโปรตีนจากไข่ขาวและโปรตีนถั่วเหลืองสกัด (Groninger and Miller, 1975) และเมื่อดัดแปลงด้วยซัคซินิค แอนไฮไดรด์ ร่วมกับการไฮโดรไลซ์จะทำให้ความสามารถในการเกิดฟองเพิ่มเป็น 1050 มิลลิลิตร (Miller and Groninger, 1976)

การใช้ประโยชน์โปรตีนปลา

ผลิตภัณฑ์โปรตีนที่แปรรูปจากปลายังมีการใช้ประโยชน์ที่ไม่แพร่หลาย มักใช้เฉพาะในประเทศด้อยพัฒนาหรือประเทศที่ขาดแคลนอาหารโปรตีน เนื่องจากมีปัญหาในด้านราคาซึ่งมีราคาแพงกว่าเมื่อเปรียบเทียบกับราคาวัตถุดิบและขาดการพัฒนารูปแบบและคุณภาพอย่างไรก็ตาม พบว่าส่วนใหญ่มีการใช้ประโยชน์โปรตีนเข้มข้นในสูตรอาหารพวกเบเกอรี่ อาหารเช้าจากธัญพืช มักกะโรนี และซุปผัก สามารถนำไปใช้เป็นสารอาหารเสริมทดแทนโปรตีนจากธัญพืช (Yanez,et al., 1976) และสารทดแทนนมวัว (Mackie, 1974) ในประเทศญี่ปุ่นใช้มารีนบีฟผสมในสูตรอาหารพวกเนื้อคืนรูปและแฮมเบอเกอร์ โปรตีนสกัดที่ผลิตให้มีลักษณะเป็นเส้นใย (Mackic and Thomson, 1982 : Tanaka, et al., 1983) เป็นการปรับปรุงเนื้อสัมผัสและรูปแบบให้สามารถ พัฒนาผลิตภัณฑ์ได้มากขึ้น

Vareltzis และคณะ (1990) ใช้โปรตีนเข้มข้นผสมในสูตรเนื้อบด แฮมเบอเกอร์ซึ่งได้รับการยอมรับที่ดี แม้จะมีกลิ่นปลาเมื่อทดแทนโปรตีนเข้มข้นร้อยละ 20 โปรตีนไฮโดรไลเสตเหลวผสมกับถั่วเหลืองสำหรับโครงการอาหารกลางวัน ใช้เป็นซุป ขนมขบเคี้ยว ของหวาน ซอส และเนื้อเทียม ผลิตภัณฑ์แห้งใช้เป็นส่วนผสมในขนมปังกรอบ (Yu and Tan, 1990) Groninger และ Miller(1975) ใช้โปรตีนสกัดซึ่งดัดแปลงด้วยเอนไซม์และวิธีทางเคมีด้วย ซัคซินิคแอนไฮไดรด์ แทนไข่ขาวในสูตรอาหารหลายชนิด เช่น ของหวานเจลาติน ของหวานแช่แข็ง ของหวานแต่งหน้า โปรตีนสกัดซึ่งมีโครงสร้างแบบโปรตีนฟอสเฟตใช้แทนไข่ขาวในสูตรเค้กไข่ขาว เนื้อคืนรูปใน ผลิตภัณฑ์แฟรงเฟอเตอร์ เป็นต้น (Miller and Groninger, 1976 ; Spinelli, et al., 1977) Ostrander (1977) ใช้โปรตีนปลาสกัดซึ่งดัดแปลงเพื่อเพิ่มคุณสมบัติการตีขึ้น (Whippability) ร้อยละ 30 60 และ 100 แทนไข่ขาวในสูตรผลิตภัณฑ์เจลาติน พบว่าสูตรเสริมโปรตีนไม่มีความแตกต่างทั้งรสชาติ และลักษณะปรากฏจากสูตรปกติ ส่วนในงานวิจัยของ บุหลัน พิทักษ์ผล และคณะ (2531) ผลิตบะหมี่ปลาโดยผสมปลาแห้งซึ่งบดด้วยลูกกลิ้ง

จากการใช้ประโยชน์โปรตีนของปลาในหลาย ๆ รูปแบบ ให้เห็นแสดงว่าโปรตีนปลาสกัดซึ่งผลิตด้วยวิธีที่เหมาะสมต่อการบริโภค และยังคงไว้ซึ่งคุณภาพและสมบัติเชิงหน้าที่ของโปรตีนที่ดีจะสามารถเพิ่มศักยภาพในการใช้ประโยชน์จากโปรตีนสกัดให้แพร่หลายในอุตสาหกรรมอาหารได้เหมือนเช่นโปรตีนถั่วเหลืองสกัดมีจำหน่ายในระดับอุตสาหกรรมและมีการนำไปใช้ประโยชน์อย่างกว้างขวาง

วัสดุ อุปกรณ์ และวิธีการ

1. วัตถุดิบ

หัวและเครื่องในปลา

2. สารเคมี

- สารเคมีสำหรับการเตรียมโปรตีนสกัด
- สารเคมีสำหรับวิเคราะห์ทางเคมี

3. อุปกรณ์

- อุปกรณ์วิเคราะห์หาปริมาณความชื้น
- ชุดเครื่องมือวิเคราะห์หาปริมาณโปรตีน
- ชุดเครื่องมือวิเคราะห์หาปริมาณไขมัน
- อุปกรณ์วิเคราะห์หาเถ้าและปริมาณของแข็ง
- พีเอชมิเตอร์
- ชุดเครื่องมือวิเคราะห์หาค่า K
- ชุดเครื่องมือวิเคราะห์หาค่ TVB-N
- ชุดเครื่องมือวิเคราะห์ค่า TBA
- เครื่องหมุนเหวี่ยง ยี่ห้อ Himac รุ่น SCR 20B
- เครื่องอบไฟฟ้า
- เครื่องโฮโมจีไนซ์
- เครื่องสเปกโตรโฟมิเตอร์
- เครื่องชั่งไฟฟ้า

วิธีการทดลอง

1. ศึกษาสถานภาพของวัสดุเศษเหลือปลา จากโรงงานแปรรูปสัตว์น้ำในเขตจังหวัดสงขลา จำนวน 7 โรงงาน ใช้แบบสอบถามโดยให้โรงงานเป็นผู้ให้ข้อมูลในด้าน ชนิด ปริมาณ ราคา และการใช้ประโยชน์จากวัสดุเศษเหลือ

2. วิเคราะห์คุณภาพและองค์ประกอบทางเคมีของวัสดุเศษเหลือปลา

- วิเคราะห์หาค่า K	(Hasegawa, 1987)
- วิเคราะห์หาค่า TVB-N	(Hasegawa, 1987)
- วิเคราะห์หาค่า TBA	(Egan, et al., 1981)

-วิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมี ปริมาณโปรตีน ปริมาณเถ้า ปริมาณของแข็ง และปริมาณไขมัน ด้วยวิธี (A.O.A.C. 1990)

คัดเลือกวัสดุเศษเหลือปลาที่มีปริมาณโปรตีนสูง และไขมันต่ำ เพื่อนำไปใช้ในการศึกษาโปรตีนปลาสกัดต่อไป

3. ศึกษาปัจจัยที่มีผลต่อการสกัดโปรตีน และวิธีที่เหมาะสมในการตกตะกอนโปรตีนจากวัสดุเศษเหลือปลา

3.1 ศึกษาปัจจัยที่มีผลต่อการสกัดโปรตีน

สกัดโปรตีนจากส่วนหัวและเครื่องในจากวัสดุเศษเหลือปลาที่คัดเลือกจากข้อ2 โดยศึกษาชนิดและความเข้มข้นของสารละลายสกัด พีเอชของสารละลาย ระยะเวลาการสกัด อัตราส่วนน้ำหนักวัตถุดิบต่อปริมาตรสารละลายสกัด และอุณหภูมิที่ใช้สกัด ทั้งนี้ทำการสกัดโดยเติมสารละลายสกัดในสัดส่วนที่ต้องการ ปรับพีเอช เขย่า แล้วนำไปหมุนเหวี่ยงที่อุณหภูมิ 55 องศาเซลเซียส ความเร็ว 12,000 รอบ/นาที เป็นเวลา 10 นาที นำส่วนใสไปวิเคราะห์หาปริมาณโปรตีน โดยวิธี Lowry และคณะ (1951) วิเคราะห์ความแปรปรวนด้วยวิธี ANOVA และเปรียบเทียบความแตกต่างของปริมาณโปรตีนจากแต่ละชุดการทดลองโดยวิธี DMRT ทำการเลือกชุดการทดลองที่เหมาะสมในทุกปัจจัยโดยพิจารณาจากปริมาณโปรตีนส่วนใสที่มีปริมาณมากที่สุด

3.1.1 ชนิดและความเข้มข้นของสารละลายสกัด

เติมสารละลายสกัดชนิดและความเข้มข้นต่าง ๆ อัตราส่วนน้ำหนักวัตถุดิบต่อปริมาตรสารละลายสกัด เท่ากับ 1:10 ปรับพีเอชเป็น 7 อุณหภูมิการสกัด 25 องศาเซลเซียส ระยะเวลาสกัด 60 นาที โดยศึกษาชนิดและความเข้มข้นของสารละลายสกัด ดังต่อไปนี้

- สารละลายโพแทสเซียมคลอไรด์ที่มีความเข้มข้น 0.2 0.4 0.6 0.8 และ 1.0 โมลาร์
- สารละลายโซเดียมเฮกซะเมตาฟอสเฟตเข้มข้น 0.001 0.005 0.01 0.02 และ 0.05 โมลาร์
- สารละลายแอมโมเนียมซัลเฟตเข้มข้น 0.2 0.4 0.6 0.8 และ 1.0 โมลาร์

เลือกชนิดและความเข้มข้นของสารละลายสกัดที่เหมาะสมจากชุดการทดลองที่ให้ปริมาณโปรตีนในสารละลายส่วนใสมากที่สุด ไปใช้ในการทดลองขั้นต่อไป

3.1.2 พีเอช

ใช้ชนิดและความเข้มข้นสารละลายสกัดที่คัดเลือกจากข้อ 3.1.1 ปรับพีเอชเป็น 1 3 5 7 9 11 และ 13 ทำการสกัดในสภาวะเดียวกันกับข้อ 2.1.1 ศึกษาสภาวะพีเอชที่เหมาะสมที่สุดในการตกตะกอนโปรตีน เพื่อใช้ในการทดลองขั้นต่อไป

3.1.3 ระยะเวลาสกัด

นำชุดการทดลองที่คัดเลือกได้จากข้อ 2.1.1 และ 2.1.2 มาทำการสกัดโปรตีนที่ระยะเวลาสกัดต่าง ๆ คือ 30 60 และ 120 นาที ทำการทดลองทำนองเดียวกับข้อ 2.1.1 ศึกษาระยะเวลาในการสกัดที่เหมาะสมที่สุดในการตกตะกอนโปรตีน เพื่อใช้ในการทดลองขั้นต่อไป

3.1.4 อัตราส่วนน้ำหนักวัตถุดิบต่อปริมาณสารละลายสกัด

ทำการสกัดโปรตีนด้วยสารละลายสกัดที่คัดเลือกจากข้อ 2.1.1 โดยใช้อัตราส่วนน้ำหนักวัตถุดิบต่อปริมาตรสารละลาย อัตราส่วน 1:5 และ 1:10 ปรับพีเอช ตามชุดการทดลองที่คัดเลือกจากข้อ 2.1.2 และระยะเวลาการสกัดจากข้อ 2.1.3

3.1.5 อุณหภูมิการสกัด

ทำการสกัดโปรตีนด้วยสารละลายสกัดที่คัดเลือก จากข้อ 2.1.1 ปรับพีเอชตามชุดการทดลองที่คัดเลือกจากข้อ 2.1.2 และระยเวลาการสกัดจากข้อ 2.1.3 โดยใช้อัตราส่วนน้ำหนักวัตถุดิบต่อปริมาตรสารละลายจากชุดการทดลองที่คัดเลือกจากข้อ 2.1.4 สภาวะอุณหภูมิที่ใช้สกัดเป็น 25 35 45 50 และ 55 องศาเซลเซียส วิเคราะห์ข้อมูลที่สภาวะต่าง ๆ ที่เหมาะสมที่สุดต่อการสกัดโปรตีนปลา เพื่อนำไปศึกษาวิธีการตกตะกอนโปรตีนที่เหมาะสมต่อไป

3.2 ศึกษาวิธีการตกตะกอนโปรตีนที่เหมาะสม

นำสารละลายสกัดที่ได้จากสภาวะการสกัดที่เหมาะสมจากข้อ 2.1 มาตกตะกอนด้วยวิธีปรับพีเอช และตกตะกอนด้วยการใช้ไอโซโพรพิลแอลกอฮอล์ ปรับค่าพีเอชในการสกัดเท่ากับ 2.0 2.5 3.0 4.0 4.5 5.0 5.5 และ 6.0 โดยใช้กรดไฮโดรคลอริกเข้มข้น 10 โมลาร์ และโซเดียมไฮดรอกไซด์เข้มข้น 10 โมลาร์ แยกเก็บสารละลายส่วนใสเพื่อวิเคราะห์ปริมาณโปรตีนที่เหลืออยู่ โดยวิธีการของ Lowry และคณะ (1951) คัดเลือกชุดการทดลองที่มีปริมาณโปรตีนในสารละลายส่วนใสน้อยที่สุด เป็นจุดไอโซอิเล็กตริกของสารละลายโปรตีน ตกตะกอนโปรตีนออกจากสารละลายที่จุดไอโซอิเล็กตริก และนำสารละลายมาตกตะกอนโปรตีนด้วยไอโซโพรพิลแอลกอฮอล์โดยปรับสารละลายโปรตีนพีเอช 7 อัตราส่วนของสารละลายโปรตีนต่อไอโซโพรพิลแอลกอฮอล์อัตราส่วน 1:1 1:1.5 1:2 และ 1:3 ผสมให้เข้ากัน ทิ้งให้ตกตะกอนเป็นเวลา 60 นาที แยกโปรตีนออกจาก 4 ชุด การทดลองและวิเคราะห์ผลการทดลองทางสถิติตามวิธีการในข้อ 3.1 คัดเลือกสภาวะที่เหมาะสมสำหรับตกตะกอนโปรตีนด้วยไอโซโพรพิลแอลกอฮอล์

เปรียบเทียบผลการตกตะกอนชุดการทดลองระหว่างการใช้ไอโซโพรพิลแอลกอฮอล์กับการตกตะกอนโดยการปรับพีเอชที่จุดไอโซอิเล็กตริก คัดเลือกวิธีเหมาะสมในการตกตะกอนโปรตีน จากชุดการทดลองที่มีปริมาณโปรตีนในส่วนใสน้อยที่สุด

4. วิเคราะห์คุณภาพและองค์ประกอบทางเคมีของโปรตีนปลาสกัด

สกัดและตกตะกอนโปรตีนปลาภายใต้สภาวะการทดลองที่คัดเลือกจากข้อ 3.1 และข้อ 3.2 แยกเก็บตะกอนโปรตีน สกัดเอาไขมันบางส่วนออกโดยใช้ไอโซโพรพิลแอลกอฮอล์ร้อยละ 70 อัตราส่วน 1:3 โดยน้ำหนักโปรตีนเปียกต่อปริมาตรแอลกอฮอล์ กวนของผสมที่อุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 20 นาที และทิ้งให้ตกตะกอน เป็นเวลานาน 25 นาที หมุนเหวี่ยงด้วยความเร็ว 10,000 รอบ/นาที ที่อุณหภูมิ 5 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 10 นาที นำตะกอนมาทำแห้งโดยใช้ตู้อบไฟฟ้าแบบสุญญากาศที่ความดัน 15 ปอนด์ต่อตารางนิ้ว ที่อุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 10-12 ชั่วโมง บันทึกปริมาณผลผลิตนำโปรตีนสกัดมาวิเคราะห์คุณสมบัติ ดังนี้

4.1 องค์ประกอบทางเคมี ได้แก่ ความชื้น โปรตีน ไขมัน ชนิดและปริมาณกรดอะมิโน (A.O.A.C., 1990)

4.2 สมบัติเชิงหน้าที่ของโปรตีน

- การละลาย (Nitrogen Solubility Index) โดยวิธี Adler-Nissen (1986)
- การเกิดฟอง (Foam Capacity) โดยวิธี Olsen และ Adler-Nissen (1981)
- การเป็นอิมัลชั่น (Emulsifying Capacity) โดยวิธี Webb และคณะ (1970)

5. วิเคราะห์ศักยภาพของการใช้วัสดุเศษเหลือปลาเพื่อผลิตโปรตีนสกัด

พิจารณาความเป็นไปได้ในการนำวัสดุเศษเหลือปลาที่ทำการศึกษาจากข้างต้นมาพิจารณาถึง

- ปริมาณวัตถุดิบ
- ชนิดและปริมาณกรดอะมิโนจำเป็นต่อร่างกายของโปรตีนปลาสกัด
- ปริมาณผลผลิตโปรตีนปลาสกัด
- ต้นทุนวัตถุดิบในการผลิตโปรตีนปลาสกัด

ผลการทดลองและวิจารณ์

ตอนที่ 1. ผลการสำรวจข้อมูลเบื้องต้นของวัตถุดิบและเศษเหลือปลาจากโรงงานต่าง ๆ

1.1 ผลการสำรวจด้านชนิดของปลาและปริมาณเศษเหลือปลาในโรงงานแปรรูปสัตว์น้ำในปี พ.ศ.2536 จำนวน 7 โรงงานในเขตจังหวัดสงขลา ได้ผลดังตารางที่ 3

ตารางที่ 3 ชนิดปลาและเศษเหลือปลาจากโรงงานแปรรูปสัตว์น้ำในเขต จ.สงขลา จำนวน 7 โรงงาน

ประเภทโรงงาน	ชนิดวัตถุดิบ	ปริมาณเศษเหลือ				คิดรวมกัน (%)
		หัว	เครื่องใน+ไข่	ก้าง	เลือด	
อาหารทะเลแช่เยือกแข็ง	- ปลาตาหวาน	-	-	-	-	63.00
	- ปลาจวด	-	-	-	-	56.34
	- ปลาเหลน	-	-	-	-	49.60
	- ปลาหัวโม่ง,เม็ดขนุน	-	-	-	-	55.60
	- ปลามังกร	-	-	-	-	54.00
	- ปลาตาโต	-	-	-	-	20-25
	- ปลาแดง	-	-	-	-	20-25
	- ปลาทรายแดง	-	-	-	-	20-25
	- ปลาหนวดฤษี	-	-	-	-	20-25
	- ปลาฉลาม	48	10	7	-	65*
	- ปลา เซ็กล้า	40	5	5	-	50*
	- ปลาตาโต	40	5	5	-	50*
อาหารทะเลบรรจุกระป๋อง	- ปลาโอชนิดต่าง ๆ	15-20	6	7	7	35.0
	- ปลาข้างเหลือง	-	22	-	13	35*
	- ปลาทูแขก	-	-	-	-	40
	- ปลาหลังเขียว	-	-	-	-	40.00

หมายเหตุ * เป็นปริมาณของเศษเหลือที่คำนวณมาจากเศษเหลือต่าง ๆ รวมกัน

จากแบบสอบถามสรุปได้ว่าปลาแต่ละชนิดมีเศษเหลือปลาแตกต่างกันตามชนิดของปลา และกรรมวิธีการแปรรูปของแต่ละโรงงาน และพบว่าเศษเหลือจากปลาตาหวานมีปริมาณร้อยละ 63.0 ปลาทูน่าพันธุ์โอแถบและปลาโอชนิดต่าง ๆ มีปริมาณมากรองลงมา ปริมาณร้อยละ 27-37 เนื่องด้วยโรงงานอาหารทะเลบรรจุกระป๋องใช้วัตถุดิบจากปลาทูน่าพันธุ์โอแถบเป็นส่วนใหญ่ และมีวัตถุดิบตลอดปี จึงน่าจะเป็นเศษเหลือปลาที่น่าสนใจ นำมาใช้ประโยชน์ในการศึกษาต่อไป

1.2 พิจารณาทางด้านราคาของเศษเหลือปลาจากบริษัทต่าง ๆ ได้ผลดังตารางที่ 4 ดังนี้

ตารางที่ 4 ราคาของเศษเหลือปลาจากโรงงานแปรรูปสัตว์น้ำในเขต จ.สงขลา

ชื่อโรงงาน	ราคาของเศษเหลือ (บาท/กิโลกรัม)				เศษเหลือขาย
	หัว	เครื่องใน	ก้าง	ไข่	รวมกันหมด (บาท/กิโลกรัม)
โรงงานที่ 1	-	-	-	-	2.0
โรงงานที่ 2	-	-	-	-	1.5
โรงงานที่ 3	-	-	-	-	2.0-3.0
โรงงานที่ 4.	-	-	-	-	-
โรงงานที่ 5.	3.70	1.60	2.70	15.0	-
โรงงานที่ 6.	-	-	-	-	2.40
โรงงานที่ 7.	-	-	-	-	2.50-3.0

หมายเหตุ เศษเหลือของปลาทุกชนิดทางบริษัทไม่ได้คัดแยก แต่จะนำมารวมกันหมด แล้วตีราคาขายรวมกัน

จากแบบสอบถามด้านราคาของเศษเหลือปลา พบว่า ราคาของเศษเหลือปลา จะอยู่ในช่วงที่ใกล้เคียงกัน คือจะมีค่าตั้งแต่ 1.5-3.0 บาท/กิโลกรัม จากตารางที่ 4 จะเห็นได้ว่าขายเศษเหลือปลาในราคาที่ต่ำสุดคือ 1.5 บาท/กิโลกรัม และมีราคาของเศษเหลือปลาสูงสุด คือ 2.50-3.0 บาท/กิโลกรัม

โดยส่วนรวมแล้วเศษเหลือปลาเกือบทุกชนิดของแต่ละโรงงาน จะไม่ได้ทำการแยกเป็นส่วนต่าง ๆ แต่จะนำเศษเหลือปลา ทั้งหมดมารวมกันแล้วตีราคาขายรวม ยกเว้นบางบริษัท ได้แยกส่วนต่าง ๆ ของเศษเหลือปลา เช่น หัว เครื่องใน ก้าง และไข่ แล้วตีราคาขายในแต่ละส่วน

1.3 พิจารณาทางด้านการนำเศษเหลือปลาไปใช้ประโยชน์

จากแบบสอบถามพบว่า เศษเหลือปลาของแต่ละโรงงานจะนำไปทำเป็นปลาป่นเพื่อทำเป็นอาหารเลี้ยงสัตว์ต่อไป ยกเว้นพวกไข่ปลา จะนำไปทำผลิตภัณฑ์ใหม่ในบางโรงงาน จะนำไข่ปลาไปทำแห้งหรือไม่ก็นำไข่ปลาไปขายตามตลาด จะขายเครื่องในปลา แก่ผู้ที่มารับซื้อเพื่อนำไปทำน้ำปลาและบูดูแต่ส่วนใหญ่แล้วเศษเหลือปลาเกือบทุกชนิด จะนำไปทำเป็นปลาป่น ดังนั้นหากสามารถนำเศษเหลือเหล่านี้มาผลิตโปรตีนเพื่อเพิ่มมูลค่าได้ก็จะเป็นประโยชน์มากขึ้น

2. การวิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมีและคุณภาพของวัสดุเศษเหลือปลา

2.1 องค์ประกอบทางเคมีเริ่มต้นของหัวปลาทั้ง 6 ชนิด แสดงดังตารางที่ 5

ตารางที่ 5 องค์ประกอบทางเคมีเริ่มต้นของหัวปลาทั้ง 6 ชนิด

ชนิดของปลา **ค่า parameter**	โอแถบ	ทูนาครีบเหลือง	ทรายแดง	หลังเขียว	ตาหวาน	จวด
โปรตีน (%)	59.76	78.98	58.51	63.34	60.44	41.14
ไขมัน (%)	5.43	12.05	7.87	11.81	7.37	15.67
เถ้า (%)	27.60	27.79	31.06	29.61	20.16	31.09
ความแข็งทั้งหมด (%)	25.50	24.51	23.65	27.78	21.07	21.11
ความชื้น (%)	77.20	76.33	76.76	73.62	78.18	78.18

2.2 องค์ประกอบทางเคมีเริ่มต้นของเครื่องในปลา ทั้ง 6 ชนิด แสดงดังตารางที่ 6

ตารางที่ 6 องค์ประกอบทางเคมีเริ่มต้นของเครื่องในปลาทั้ง 6 ชนิด

ชนิดของปลา **ค่า parameter**	โอแถบ	ทูนาครีบเหลือง	ทรายแดง	หลังเขียว	ตาหวาน	จวด
โปรตีน (%)	77.46	78.98	68.28	61.91	52.32	60.19
ไขมัน (%)	7.67	47.40	5.81	13.48	25.31	14.39
เถ้า (%)	8.06	7.06	25.54	12.83	11.31	8.28
TS (%)	25.55	25.34	19.65	23.18	19.77	19.33
ความชื้น (%)	74.22	74.34	79.84	73.33	79.01	80.32

2.3 คุณภาพทางเคมีเริ่มต้นของหัวปลาทั้ง 6 ชนิด ดังตารางที่ 7

ตารางที่ 7 คุณภาพทางเคมีเริ่มต้นของหัวปลาทั้ง 6 ชนิด

ชนิดของปลา ค่า parameter	**โอแถบ**	**ทูน่าครีบเหลือง**	**ทรายแดง**	**หลังเขียว**	**ตาหวาน**	**จวด**
pH	5.5	5.8	6.70	6.70	6.85	6.65
K (%)	5.03	5.55	16.50	41.0	7.39	23.69
TVB - N มก. ไนโตรเจน/100 กรัมตัวอย่าง	8.88	18.09	14.49	22.91	11.31	15.66
TBA มก. malonaldehyde/ กก. ตัวอย่าง	12.56	20.11	8.88	6.40	11.32	11.93

2.4 คุณภาพทางเคมีเริ่มต้นของเครื่องในปลาทั้ง 6 ชนิด ดังตารางที่ 8

ตารางที่ 8 คุณภาพทางเคมีเริ่มต้นของเครื่องในปลาทั้ง 6 ชนิด

ชนิดของปลา ค่า parameter	**โอแถบ**	**ทูน่าครีบเหลือง**	**ทรายแดง**	**หลังเขียว**	**ตาหวาน**	**จวด**
pH	5.5	6.15	6.85	6.40	6.50	6.30
K (%)	3.65	7.13	17.50	12.76	10.11	27.73
TVB - N มก. ไนโตรเจน/100 กรัมตัวอย่าง	49.19	33.32	24.24	28.83	19.39	19.91
TBA มก. malonaldehyde/ กก. ตัวอย่าง	3.02	5.12	1.22	3.60	5.31	4.69

จากการศึกษาองค์ประกอบทางเคมีของวัตถุดิบจากปลา 6 ชนิด ได้แก่ ปลาโอแถบ ปลาทูน่าครีบเหลือง ปลาทรายแดง ปลาหลังเขียว ปลาตาหวาน และปลาจวด พบว่าส่วนเครื่องในมีปริมาณโปรตีนสูงกว่าในส่วนหัว แต่มีปริมาณไขมันและเถ้าต่ำกว่า อาจเนื่องจากส่วนหัวปลาประกอบด้วยโครงกระดูก เหงือก และกระพุงแก้มขนาดใหญ่ จึงมีปริมาณเถ้าสูงกว่า ปริมาณโปรตีนสูงเนื่องจาก

เนื้อปลาประกอบด้วยมัดกล้ามเนื้อที่มีโปรตีนเป็นองค์ประกอบหลัก ปริมาณไขมันในส่วนหัวสูง เพราะไขมันสะสมอยู่บริเวณรอบกล้ามเนื้อขอบตาปลา และชั้นกล้ามเนื้อใต้ผิวหนังในขณะที่ส่วนเครื่องในมีปริมาณไขมันสะสมในตับ กระเพาะอาหาร และไข่ปลา ความแตกต่างทางองค์ประกอบอาจเกิดจาก อายุ ฤดูกาลและแหล่งที่อยู่อาศัย

จากการศึกษาวิเคราะห์คุณภาพปลา จะเห็นว่า วัตถุดิบ มีสภาพดี ยังไม่เน่าเสียมีค่า K อยู่ในช่วงยอมรับได้ ไม่เกินร้อยละ 60 (Ehira, 1976) จึงยังสามารถนำมาบริโภคได้ค่า TVB-N อยู่ในช่วง 8.88-49.19 มิลลิกรัมไนโตรเจนต่อ 100 กรัมตัวอย่าง ปลาคุณภาพดีมีค่า TVB-N ไม่สูงเกินกว่า 25 มิลลิกรัม ไนโตรเจนต่อ 100 กรัม ตัวอย่าง (Banks และคณะ 1980) และปลาที่มีคุณภาพดีมีค่า TBA 4-27 มิลลิกรัมมาโลอัลดีไฮด์ต่อกิโลกรัมตัวอย่าง (Sinnhuber and Yu, 1958) วัตถุดิบอยู่ในช่วงยอมรับได้ ยกเว้นเครื่องในปลาทรายแดงมีค่า 1.22 มิลลิกรัมมาโลอัลดีไฮด์ต่อกิโลกรัมตัวอย่าง ซึ่งต่ำกว่าเกณฑ์เล็กน้อย ความแตกต่างดังกล่าวอาจเกิดจากสายพันธุ์ปลา สภาวะในการเก็บรักษาและองค์ประกอบทางเคมี

จากการทดลองจะเห็นได้ว่าเศษเหลือจากปลาทูน่าพันธุ์โอแถบมีปริมาณโปรตีนในระดับสูงและมีปริมาณไขมันต่ำ และเป็นเศษเหลือจากโรงงานที่มีปริมาณมาก จึงเหมาะในการนำมาสกัดโปรตีนปลา เพื่อเพิ่มมูลค่าของเศษเหลือปลาต่อไป

ตอนที่ 2 การศึกษาสภาวะที่เหมาะสมต่อการสกัดและตกตะกอนโปรตีน

2.1 การสกัดโปรตีน

2.1.1 ผลของชนิดและความเข้มข้นของสารละลายสกัด

การสกัดโปรตีนส่วนหัวปลาทูน่า โดยใช้สารละลายโพแทสเซียมคลอไรด์ที่ความเข้มข้น 0.2 จนถึง 1.0 โมลาร์ ได้ผลแสดงดังตารางที่ 9 แสดงให้เห็นว่าที่ความเข้มข้น 0.2 และ 0.4 โมลาร์ สามารถสกัดโปรตีนได้ปริมาณสูง และไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ความเข้มข้น 0.6-1.0 โมลาร์ สามารถสกัดโปรตีนได้ในระดับต่ำ และไม่มีความแตกต่างทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญ จะเห็นได้ว่าการใช้โพแทสเซียมคลอไรด์ที่ความเข้มข้นต่ำ สามารถสกัดโปรตีนได้ปริมาณสูง เนื่องจากการแตกตัวของคลอไรด์อิออน ซึ่งเป็นตัวเพิ่มประจุลบแก่โปรตีน ทำให้เกิดแรงผลักระหว่างสายโซ่เปปไทด์ที่ติดต่อกัน โมเลกุลของน้ำจึงสามารถแทรกเข้าไปได้ ทำให้โปรตีนสามารถละลายได้เพิ่มขึ้น (Kinsella, 1982) Zapalis and Beck (1985) ศึกษาการละลายเกลือที่มีค่าความแรงอิออน 0.03 สกัดโปรตีนได้ ร้อยละ 16.8 ของโปรตีนทั้งหมด และเมื่อค่าความแรง อิออนเป็น 0.12 จะสกัดโปรตีนได้ร้อยละ 22.8 และประสิทธิภาพการสกัดของโปรตีนปลาจะลดลงเมื่อค่าความแรงอิออนมากกว่า 1.0 (Dyer,et al., 1950) จากการทดลองใช้ความเข้มข้นของแอมโมเนียมซัลเฟตต่ำเกินไป จึงไม่สามารถละลายโปรตีนได้มาก การเติมโพแทสเซียมคลอไรด์ ซึ่งเป็นเกลือที่มีสมบัติเป็นกลาง จำนวนเล็กน้อยในสารละลายโปรตีน ทำให้ globular protein ละลายได้ดี

การสกัดโปรตีนจากเครื่องในปลาทูน่า (ตารางที่ 9) พบว่า ชุดการทดลองที่ใช้โพแทสเซียมคลอไรด์ เข้มข้น 0.2 และ 0.4 โมลาร์ จะไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ และจะมีค่าการสกัดโปรตีนสูงเมื่อเปรียบเทียบ กับความเข้มข้น 0.6-1.0 โมลาร์ เพราะโพแทสเซียมคลอไรด์จะแตกตัวให้ประจุลบของคลอไรด์อิออน ทำให้เกิดการละลายได้ดีกว่าการใช้โซเดียมเฮกซะเมตาฟอสเฟตความเข้มข้น 0.001-0.05 โมลาร์ มีการสกัดโปรตีนได้ต่ำ แต่เมื่อความเข้มข้นของสารละลายเพิ่มขึ้น จะมีแนวโน้มสกัดโปรตีนได้สูงขึ้น แต่ที่ความเข้มข้น 0.05 โมลาร์ จะมีปริมาณโปรตีนสกัดลดลง อาจเนื่องจากที่ความเข้มข้นสูงระดับหนึ่ง เกลือมีอิออนเป็นลบเพิ่มขึ้น เกิดการไม่สมดุลย์กับโมเลกุลโปรตีนและแย่งจับน้ำจากโมเลกุลโปรตีน จึงทำให้โปรตีนละลายได้ลดลง การใช้สารละลายแอมโมเนียมซัลเฟตพบว่าเมื่อเพิ่มความเข้มข้นสูงขึ้น ปริมาณโปรตีนสกัดที่ได้ไม่แตกต่างกัน มีแนวโน้มลดลง มีปริมาณโปรตีนสกัดน้อยเมื่อเทียบการใช้สารละลายโพแทสเซียมคลอไรด์ พิจารณาปริมาณโปรตีนสกัดโดยใช้สารละลายสกัดทั้ง 3 ชนิด จากการสกัดทั้งส่วนหัวและส่วนเครื่องในปลาทูน่า พบว่าชุดการทดลองที่ใช้สารละลายโพแทสเซียมคลอไรด์เป็นสารละลายสกัดสามารถสกัดโปรตีนได้สูงสุด จึงคัดเลือกสารละลายโพแทสเซียมคลอไรด์ เข้มข้น 0.2 โมลาร์ ในการสกัดส่วนหัวและเครื่องในปลาทูน่าต่อไป เนื่องด้วยเครื่องในมีปริมาณไขมันเป็นองค์ประกอบสูง ผลการทดลองใช้สารละลายสกัดจึงแตกต่างไปจากการสกัดโปรตีนจากส่วนหัวปลา

ตารางที่ 9 ผลของชนิดและความเข้มข้นของสารละลายสกัดต่อปริมาณโปรตีนปลาสกัด

สารละลายสกัด	**ปริมาณโปรตีนสกัด (มิลลิกรัม / มิลลิลิตร)**	
	หัวทูน่า	**เครื่องในทูน่า**
โพแทสเซียมคลอไรด์ 0.2 โมลาร์	91.12±6.40^{b}	156.50±5.67^{b}
โพแทสเซียมคลอไรด์ 0.4 โมลาร์	105.70±5.06^{b}	166.67±7.35^{b}
โพแทสเซียมคลอไรด์ 0.6 โมลาร์	53.25±2.38^{a}	128.58±9.06^{a}
โพแทสเซียมคลอไรด์ 0.8 โมลาร์	58.77±6.26^{a}	127.30±4.70^{a}
โพแทสเซียมคลอไรด์ 1.0 โมลาร์	55.46±5.71^{a}	129.77±2.88^{a}
โซเดียมเฮกซะเมตาฟอสเฟต 0.001 โมลาร์	50.69±6.36^{a}	93.50±7.36^{ab}
โซเดียมเฮกซะเมตาฟอสเฟต 0.005โมลาร์	55.78±7.95^{a}	83.28±5.52^{a}
โซเดียมเฮกซะเมตาฟอสเฟต 0.01 โมลาร์	56.32±5.06^{a}	100.50±9.43^{b}
โซเดียมเฮกซะเมตาฟอสเฟต 0.02 โมลาร์	63.11±10.17^{a}	139.97±3.66^{d}
โซเดียมเฮกซะเมตาฟอสเฟต 0.05โมลาร์	64.73±8.79^{a}	118.40±5.48^{c}
แอมโมเนียมซัลเฟต 0.2 โมลาร์	57.94±2.07^{a}	110.36±3.41^{b}
แอมโมเนียมซัลเฟต 0.4โมลาร์	59.19±3.02^{a}	107.72±2.65^{b}
แอมโมเนียมซัลเฟต 0.6โมลาร์	58.89±6.90^{a}	101.45±2.15^{a}
แอมโมเนียมซัลเฟต 0.8โมลาร์	55.76±6.27^{a}	110.34±1.67^{b}
แอมโมเนียมซัลเฟต 1.0 โมลาร์	55.15±2.95^{a}	99.91±3.15^{a}

หมายเหตุ ตัวอักษร a, b, c, d ที่เหมือนกันในแนวตั้งเดียวกันของสารละลายแต่ละชนิดไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ ($P<0.05$)

ค่าที่แสดงเป็นค่าเฉลี่ย ± ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน จากการวิเคราะห์ 2 ครั้ง ๆ ละ 3 ซ้ำ

2.1.2 ผลร่วมของค่าพีเอชและสารละลายสกัด

จากการทดลองจะได้ว่าที่การสกัดโปรตีนในช่วงพีเอชเป็นด่าง สามารถสกัดโปรตีนได้มากกว่าช่วงพีเอชที่เป็นกรด เกิดจากค่าพีเอชต่ำ โมเลกุล โปรตีน ซึ่งมีประจุเป็นบวกถูกทำให้เป็นกลางด้วยคลอไรด์อิออน ทำให้ความสามารถในการจับน้ำลดลง เกิดการตกตะกอนโปรตีนบางส่วน สามารถสกัดโปรตีนจากหัวปลาทูนา ได้ต่ำสุดที่ช่วงพีเอช 3-5 ซึ่งเป็นช่วงไอโซอิเล็กตริกของโปรตีนปลา (Meinke, et al., 1972)

2.1.3 ผลของระยะเวลา

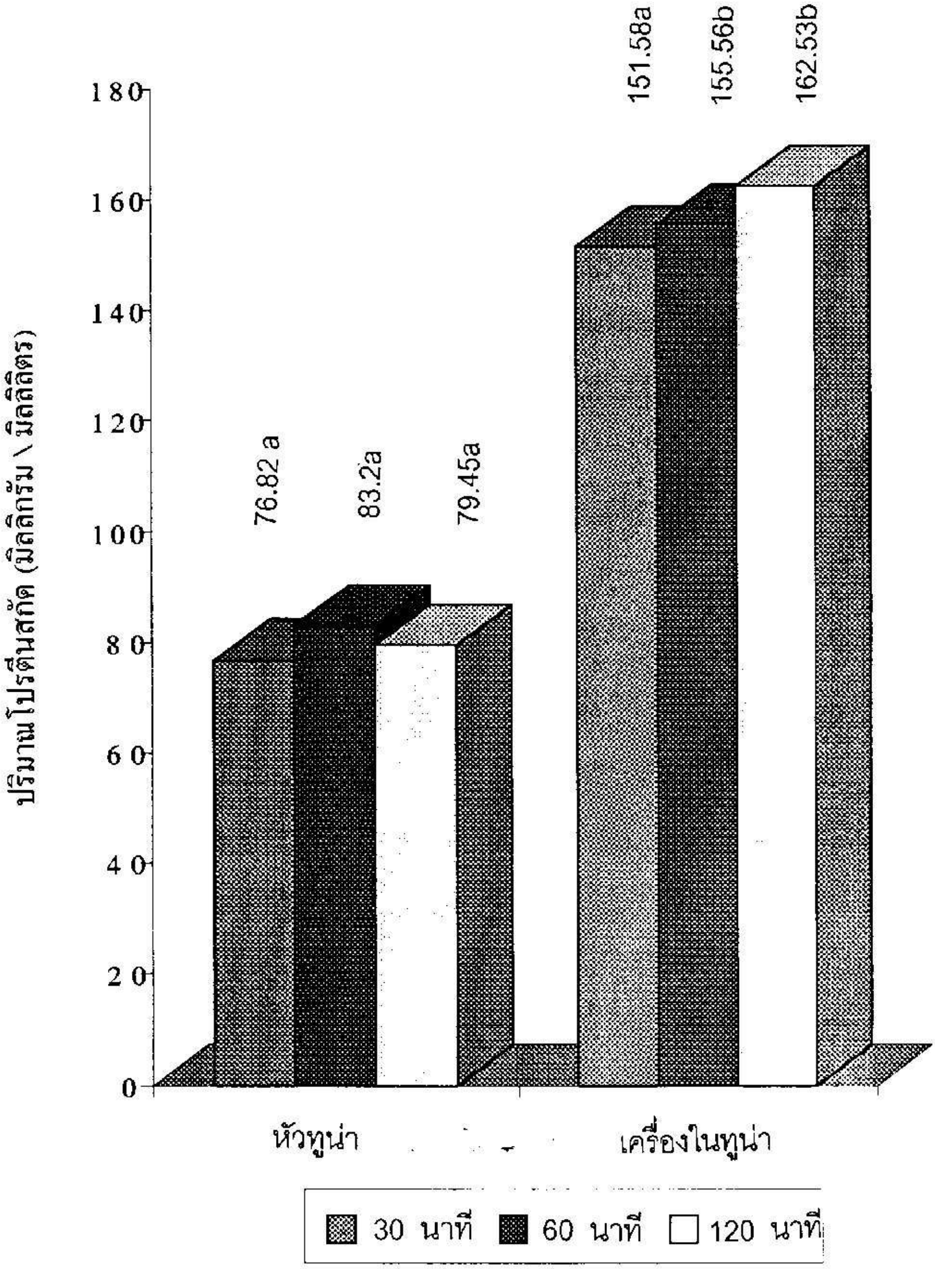
เวลาในการสกัดที่ 30 60 และ 120 นาที จากภาพที่ 1 พบว่าปริมาณโปรตีนสกัดจากหัวปลาทูน่า มีค่าไม่แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับ 95% เมื่อใช้เวลาสกัดเพิ่มขึ้น ส่วนวัตถุดิบชนิดอื่นเมื่อเพิ่มระยะเวลาในการสกัด มีผลทำให้ปริมาณโปรตีนสกัดเพิ่มขึ้น ทั้งนี้อาจมีความแตกต่างระหว่างสภาวะในการสกัดขนาดของชิ้นปลา และสายพันธุ์

2.1.4 ผลของอัตราส่วนของวัตถุดิบต่อสารละลายสกัด

จากการทดลองเตรียมวัตถุดิบในสารละลายสกัดที่มีอัตราส่วน 1:5 และ 1:10 แล้วทำการสกัดโปรตีนโดยใช้สารละลายโพแทสเซียมคลอไรด์ 0.4 โมลาร์และสารละลายโซเดียมเฮกซะเมตา ฟอสเฟตเข้มข้น 0.01 โมลาร์ ได้ผลดังแสดงในภาพที่ 2 พบว่าเมื่อใช้อัตราส่วน 1:10 ได้ปริมาณโปรตีนที่ละลายได้สูงกว่าชุดที่ใช้อัตราส่วน 1:5 สำหรับวัตถุดิบทุกชนิด แสดงว่าอัตรา ส่วนของสารละลายที่พอเหมาะช่วยเพิ่มโอกาสในการสัมผัสระหว่างโปรตีนกับสารละลายสกัด ทำให้สามารถสกัดโปรตีนได้สูงขึ้น ดังนั้นจึงคัดเลือกอัตราส่วนของน้ำหนักวัตถุดิบต่อปริมาตรของสารละลายต่อการสกัดโปรตีนปลาทูน่า เท่ากับ 1:10 ซึ่งสอดคล้องกับ Montecalvo และคณะ (1984) ที่รายงานว่า อัตราส่วน 1:10 มีความเหมาะสมต่อการสกัดโปรตีนจากปลา Flounder frame นอกจากนี้ยังกล่าวว่า การใช้สารสกัดที่เจือจางเกินไป แม้ทำให้สกัดโปรตีนได้เพิ่มขึ้นแต่ต้องสิ้นเปลืองค่าใช้จ่ายในการทำให้เข้มข้น และในทางกลับกันการเพิ่ม สัดส่วนของวัตถุดิบจะทำให้สารละลายสกัดเข้มข้นอาจส่งผลให้เกิดความหนืดและเกิดเจลได้ง่าย ส่งผลให้สกัดโปรตีนได้ลดลง เช่นเดียวกันกับ Kahn และคณะ (1974) เสนอแนะสภาวะสกัดโปรตีนจากปลาหมึกโดยใช้อัตราส่วน 1:10 และ Tanaka และคณะ (1983) ใช้อัตราส่วน 1:10 เพื่อสกัดโปรตีนจากหัวและเครื่องในปลาซาร์ดีน

2.1.5 ผลของอุณหภูมิในการสกัด

การสกัดโปรตีนที่อุณหภูมิ 25 35 45 50 และ 55 องศาเซลเซียส ต่อ การสกัดโปรตีนปลา จากภาพที่ 3 จะได้ว่าการเพิ่มอุณหภูมิในการสกัดโปรตีนเพิ่มมากขึ้นในทุกตัวอย่างจนถึงอุณหภูมิจุดหนึ่งแล้วลดลงพบว่าสามารถสกัดโปรตีนจากหัวปลาทูน่าได้สูงสุดที่ 50 องศาเซลเซียสและสามารถสกัดโปรตีนจากเครื่องในปลาทูน่า จากสารละลายโพแทสเซียมคลอไรด์เข้มข้น 0.2 โมลาร์ ได้สูงสุดที่อุณหภูมิ 45 องศาเซลเซียส ที่อุณหภูมิสูงอาจสกัดโปรตีนได้น้อยลง เนื่องจากการสกัดภายใต้สภาวะดังกล่าวจะเกิดการสูญเสียสภาพโปรตีนเกิดเป็นเจลและมีลักษณะข้นหนืด อุณหภูมิที่พอเหมาะอาจเนื่องจากสายพันธุ์ปลา ความคงทนต่ออุณหภูมิของโปรตีน เป็นต้น

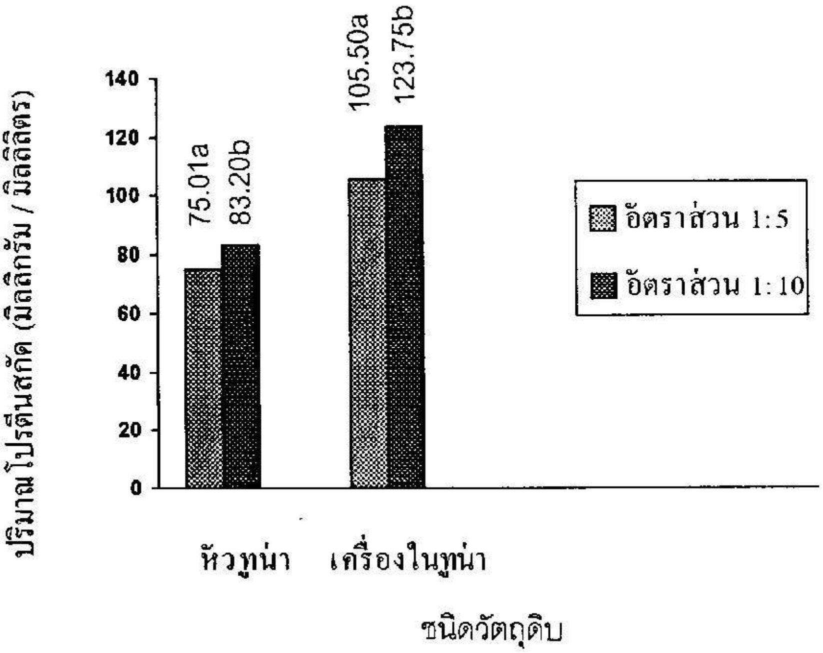


ภาพที่ 1 ผลของระยะเวลาสกัดต่อปริมาณโปรตีน

หมายเหตุ ตัวอักษร a,b,c,d เหมือนกันในชนิดตัวอย่างเดียวกันไม่มีความแตกต่างทางสถิติ (P<0.05)

หัวปลาทูน่าใช้ 0.2 M. KCl เป็นสารละลายสกัด

เครื่องในปลาทูน่าใช้ 0.2 M. KCl เป็นสารละลายสกัด

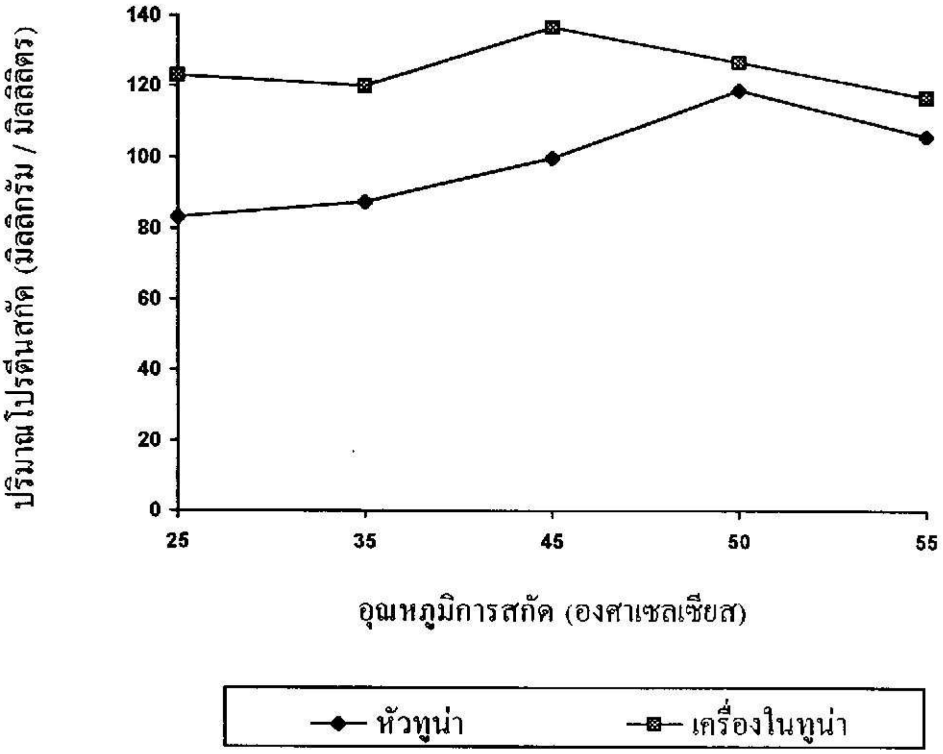


ภาพที่ 2 ผลของอัตราส่วนของวัตถุดิบต่อสารละลายสกัด

หมายเหตุ ตัวอักษร a,b,c,d เหมือนกันในชนิดตัวอย่างเดียวกันไม่มีความแตกต่างทางสถิติ (P<0.05)

หัวปลาทูน่าใช้ 0.2 M. KCl เป็นสารละลายสกัด

เครื่องในปลาทูน่าใช้ 0.2 M. KCl เป็นสารละลายสกัด



ภาพที่ 3 ผลของอุณหภูมิในการสกัดต่อปริมาณโปรตีน

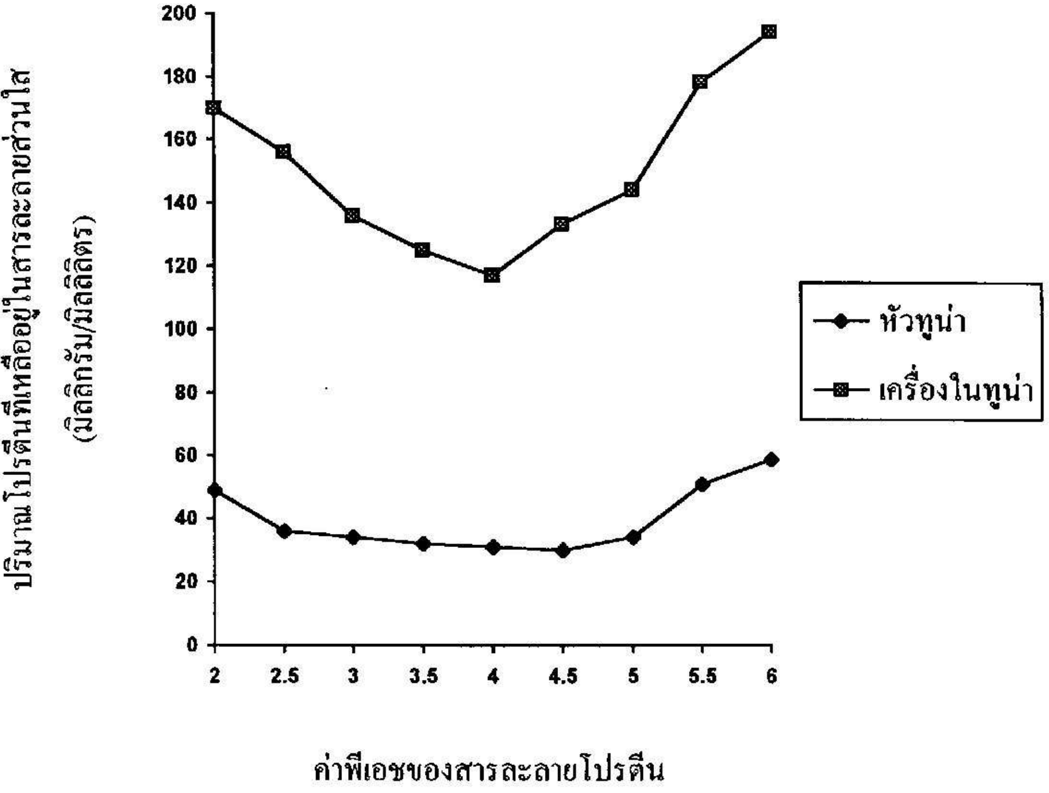
2. การตกตะกอนโปรตีน

2.2.1 การตกตะกอนที่จุดไอโซอิเล็กตริก

นำสารละลายโปรตีนที่ผ่านการสกัดภายใต้สภาวะที่เหมาะสมมาศึกษาการตกตะกอนที่พีเอช 2.0 ถึง 6.0 ได้ผลดังภาพที่ 4 ที่พีเอชเพิ่มขึ้นจาก 2.0 ปริมาณโปรตีนที่เหลือในสารละลายส่วนใส หลังจากแยกตะกอนแล้วลดลง จนถึงพีเอชที่มีปริมาณโปรตีนเหลืออยู่น้อยที่สุดเป็นสภาวะเหมาะสมในการตกตะกอนโปรตีนได้สูงสุด ซึ่งเรียกว่าจุดไอโซอิเล็กตริก โดยโปรตีนสกัดจากหัวปลาทูน่า หัวปลาซาร์ดีน และเครื่องในปลาซาร์ดีน โดยใช้โพแทสเซียมคลอไรด์เข้มข้น 0.4 โมลาร์ ตกตะกอนสูงสุดที่พีเอช 4.5 โปรตีนสกัดจากเครื่องในปลาทูน่า และเครื่องในปลาซาร์ดีนโดยใช้โซเดียมเฮกซะเมตาฟอสเฟตเข้มข้น 0.01 โมลาร์ ตกตะกอนสูงสุดที่พีเอช 4.0 จึงใช้เป็นสภาวะเหมาะสมในการทดลอง

2.2.2 การตกตะกอนด้วยไอโซโพรพิลแอลกอฮอล์

ไอโซโพรพิลแอลกอฮอล์เป็นตัวทำลายนำมาใช้ในการสกัดไขมันออกจากโปรตีนปลาเข้มข้น (TYPE B) (Suzuki, 1981) และสามารถช่วยในการตกตะกอนของโปรตีนได้ เนื่องจากคุณสมบัติไดอิเล็กตริก โดยมีค่าคงตัวไดอิเล็กตริกที่ต่ำกว่าน้ำ จึงนำมาใช้เพื่อศึกษาการตกตะกอนที่อัตราส่วนต่าง ๆ กัน ที่พีเอชเป็นกลาง ใช้อัตราส่วนของปริมาตรสารละลายโปรตีนต่อปริมาตรไอโซโพรพิลแอลกอฮอล์ เท่ากับ 1:1 1:1.5 1:2 และ 1:3 พร้อมกับการตกตะกอนด้วยวิธีไอโซอิเล็กตริกที่เหมาะสมตามที่ได้คัดเลือกจากข้อ 2.2.1 พบว่าเมื่อสัดส่วนของไอโซโพรพิลแอลกอฮอล์เพิ่มขึ้นสามารถตกตะกอนโปรตีนได้ปริมาณสูงขึ้น (ตารางที่ 10) โดยเมื่อใช้อัตราสวน 1:3 พบว่าปริมาณโปรตีนที่เหลือในสารละลายส่วนใสหลังจากการแยกโปรตีนต่ำกว่าที่อัตราส่วนอื่น (P>0.05) นั่นคือ มีปริมาณโปรตีนที่เหลือในสารละลายส่วนใสภายหลังการตกตะกอนโปรตีนสกัดจากหัวปลาทูน่า เครื่องในปลาทูน่า โดยใช้โพแทสเซียมคลอไรด์ มีค่า 23.60±2.08 และ 59.01±1.50 มิลลิกรัมต่อมิลลิลิตร ตามลำดับ เมื่อเปรียบเทียบกับการตกตะกอนที่จุดไอโซอิเล็กตริก พบว่าการใช้ไอโซโพรพิลแอลกอฮอล์โดยใช้อัตราส่วน 1:3 สามารถตกตะกอนโปรตีนสกัดจากส่วนหัวและส่วนเครื่องในปลาทูน่าได้สูงกว่าวิธีไอโซอิเล็กตริก (P>0.05) อาจเกิดจากโปรตีนปลาทูน่ามีส่วนที่ไม่ชอบน้ำอยู่ในองค์ประกอบสูงส่งผลให้จับกับไอโซโพรพิลแอลกอฮอล์ได้สูง จึงทำให้การละลายลดลงและตกตะกอนลงมาโดยสังเกตพบว่าตะกอนเป็นเนื้อละเอียดอัดเรียงตัวกันแน่นและสารละลายส่วนใสมีสีเข้ม เนื่องจากการใช้ไอโซโพรพิลแอลกอฮอล์จะสกัดสีและไขมันบางส่วนออกพร้อมกันไปด้วย ส่วนกรณีโปรตีนสกัดจากส่วนหัวและเครื่องในปลาซาร์ดีน พบว่าสามารถตกตะกอนด้วยวิธีไอโซอิเล็กตริกได้สูงกว่า การใช้ไอโซโพรพิลแอลกอฮอล์ อัตราส่วน 1:3 ซึ่งอาจเกิดเนื่องจากโปรตีนปลาซาร์ดีนโดยเฉพาะจากเครื่องในปลามีขนาดโมเลกุลเล็กจึงสามารถกระจายตัวได้ดีและมีไขมันเป็นองค์ประกอบสูง ทำให้ไอโซโพรพิลแอลกอฮอล์มีประสิทธิภาพลดลง ดังนั้นจึงคัดเลือกวิธีตกตะกอนที่เหมาะสม โดยใช้วิธีวิธีไอโซโพรพิลแอลกอฮอล์ อัตราส่วน 1:3 สำหรับหัวและเครื่องในปลาทูน่า เพื่อใช้ในการทดลองต่อไป



ภาพที่ 4 การตกตะกอนที่จุดไอโซอิเล็กตริก

ตารางที่ 10 ผลการตกตะกอนโปรตีนปลาสกัดด้วยไอโซโพรพิลแอลกอฮอล์ที่อัตราส่วนต่างกันและที่จุดไอโซอิเล็กตริก

ชนิดสารละลาย	ปริมาณโปรตีนที่เหลืออยู่ในสารละลายส่วนใส (มิลลิกรัมต่อมิลลิลิตร)[1]				
	ไอโซอิเล็กตริก	อัตราส่วนของสารละลายโปรตีนสกัดต่อไอโซโพรพิลแอลกอฮอล์			
	(PI)	1:3	1:2	1:1.5	1:1
หัวทูน่า[1]	52.13±0.85^{b} (pI 4.5)	23.60±2.08^{a}	60.17±2.91^{c}	77.42±1.95^{d}	124.02±1.94^{e}
เครื่องในทูน่า[1]	83.72±1.26^{c} (pI 4.0)	59.01±1.50^{a}	73.24±1.71^{b}	82.27±4.74^{c}	90.42±1.24^{d}

หมายเหตุ ตัวอักษร a, b, c, d ที่เหมือนกันในแนวนอนเดียวกันไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ ($P<0.05$)

[1] ใช้ 02 M. KCl เป็นสารละลายสกัด

ตอนที่ 3 สมบัติของโปรตีนปลาสกัด

โปรตีนปลาสกัดที่ผลิตภายใต้สภาวะที่เหมาะสม ได้ผลิตภัณฑ์ที่มีกลิ่นปลา และกลิ่นไอโซโพรพิลแอลกอฮอล์เล็กน้อย ผลิตภัณฑ์สีน้ำตาลอ่อนถึงสีน้ำตาลดำ อาจเกิดจากเม็ดสีปริมาณต่างกัน ฮีโมโกลบิน กล้ามเนื้อดำ ไขมันเริ่มต้นของวัตถุดิบ และปฏิกิริยาสีน้ำตาลที่เกิดระหว่างการผลิต มีผลจากค่าพีเอช อุณหภูมิ และไอโซโพรพิลแอลกอฮอล์ที่ใช้สกัดไขมัน โปรตีนสกัดจากเครื่องในปลาซาร์ดีนโดยใช้โพแทสเซียมคลอไรด์ จะมีสีเข้มกว่าการใช้โซเดียมเฮกซะเมตาฟอสเฟต อาจเกิดจากคุณสมบัติของเกลือต่างชนิดกันกับการใช้โพแทสเซียมคลอไรด์สกัดต้องใช้ควบคู่กับพีเอชที่สูงกว่า ดังรายงานวิจัย Montecalvo และคณะ (1984) กล่าวว่าการใช้โซเดียมไฮดรอกไซด์ปรับพีเอชโปรตีนปลา Flounder frame จะได้ผลิตภัณฑ์ที่มีสีเข้มกว่าใช้แคลเซียมไฮดรอกไซด์ ปริมาณโปรตีนจากโปรตีนสกัดจากส่วนหัวและเครื่องในปลาทูน่าและปลาซาร์ดีน ดังแสดงในตารางที่ 11 ซึ่งความ แตกต่างระหว่างส่วนเครื่องในกับส่วนหัวอาจเกิดจากขั้นตอนการตกตะกอนโปรตีนแยกตะกอนโปรตีนออกจากสารละลายโปรตีนสกัดจากส่วนเครื่องในได้ต่ำกว่าส่วนหัวมาก

ตารางที่ 11 ผลผลิตโปรตีนปลาสกัด

ชนิดโปรตีนสกัด	ผลผลิต (ร้อยละ)	
	คำนวณจากน้ำหนักแห้ง	คำนวณจากปริมาณโปรตีน
หัวปลาทูน่า	64.78	38.40
เครื่องในปลาทูน่า	54.33	17.99

หมายเหตุ [1] ใช้ 0.2 M. KCl เป็นสารละลายสกัด

ตัวอย่างการคำนวณ

หัวปลาทูน่า 100 กรัม (ปริมาณโปรตีนร้อยละ 39.84) สกัดได้โปรตีนสกัดแห้ง 19.50 กรัม (ปริมาณโปรตีนร้อยละ 78.48)

1. วัตถุดิบแห้ง (100-69.90 กรัม) ให้ตะกอนโปรตีนแห้ง = 19.50 กรัม

   วัตถุดิบแห้ง 100 กรัม ให้ตะกอนโปรตีนแห้ง = $\frac{19.50\text{x}100}{30.1}$ กรัม

ผลผลิตคำนวณจากน้ำหนักแห้งของหัวปลาทูน่า ร้อยละ 64.78

2. โปรตีนในวัตถุดิบ 39.84 กรัม ให้ผลิตภัณฑ์ที่มีโปรตีน = 19.50x 0.7848 กรัม

   โปรตีนในวัตถุดิบ 100 กรัม ให้ผลิตภัณฑ์ที่มีโปรตีน = $\frac{15.30\text{x}100}{39.84}$ กรัม

ผลผลิตคำนวณจากปริมาณโปรตีน ร้อยละ 38.40

3.1 องค์ประกอบทางเคมีของโปรตีนปลาสกัด

การวิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมีของโปรตีนปลาสกัด จากตารางที่ 12 จะมีความแตกต่างระหว่างปริมาณโปรตีนในองค์ประกอบ เนื่องมาจากองค์ประกอบทางเคมีของวัตถุดิบ เช่น เครื่องในปลาทูน่ามีโปรตีนในวัตถุดิบสูง โปรตีนในผลิตภัณฑ์โปรตีนสกัดจึงสูงด้วย และกรรมวิธีในการผลิต ปริมาณเถ้าจากโปรตีนปลาสกัดอยู่ในช่วงร้อยละ 5.25 - 10.45 มีค่าต่ำกว่าปริมาณเถ้าในวัตถุดิบมาก โดยเฉพาะส่วนหัวปลาเนื่องจากมีการแยกกระดูก ผังผืด ก้าง ออกหลังจากสกัดโปรตีน ทำให้ปริมาณเถ้าลดลง

ชนิดและปริมาณกรดอะมิโนในวัตถุดิบและในโปรตีนปลาสกัด จากตารางที่ 13 ปริมาณกรดอะมิโนแต่ละชนิดมีสัดส่วนสูงกว่าในวัตถุดิบ แสดงว่าโปรตีนสกัดมีคุณค่าทางโภชนาการสูงขึ้น ยกเว้นโปรตีนสกัดจากเครื่องในปลา มีไลซีนและไกลซีนต่ำกว่าวัตถุดิบเล็กน้อย โปรตีนสกัดจากส่วนหัวปลามีปริมาณกรดแอสพาติกและกลูตามิกสูงกว่าส่วนเครื่องใน และพบว่าอัตราส่วนกรดอะมิโนที่จำเป็นมีค่าสูงกว่าในวัตถุดิบ ส่วนหัวปลาทูน่าเหมาะใช้เป็นวัตถุดิบในการผลิตโปรตีนสกัดเพราะมีปริมาณกรดอะมิโนรวมสูง กว่ามาตรฐานกำหนด

ตารางที่ 12 องค์ประกอบทางเคมีของโปรตีนปลาสกัด

ชนิดโปรตีนปลาสกัด	ปริมาณ (ร้อยละ)			
	โปรตีน[1]	ไขมัน[1]	เถ้า[1]	ความชื้น
หัวปลาทูน่า	78.48±1.65	16.27±1.14	5.25±0.69	4.29±0.07
เครื่องในปลาทูน่า	87.10±1.01	4.75±0.66	8.14±0.52	5.01±0.16

หมายเหตุ

ค่าที่แสดงเป็นค่าเฉลี่ย±ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานจากการวิเคราะห์ 2 ครั้ง ๆ ละ 3 ซ้ำ

[1] คำนวณจากน้ำหนักแห้งของตัวอย่าง

ใช้ 0.2 M. KCl เป็นสารละลายสกัด

ตารางที่ 13 ปริมาณกรดอะมิโนที่พบในตัวอย่างปลาสดและโปรตีนปลาสกัด (กรัมของกรดอะมิโน/100 กรัมของตัวอย่าง)

กรดอะมิโน	**ปลาสด**		**โปรตีนสกัด**		**FAO[1]**
	หัวทูน่า	**เครื่องในทูน่า**	**หัวทูน่า**	**เครื่องในทูน่า**	**ref.**
กรดอะมิโนที่จำเป็น					
ไลซีน	2.69	4.80	3.92	4.52	4.20
ฮีสทีดีน	1.11	1.18	1.61	2.10	-
ทรีโอนีน	1.89	3.15	2.29	3.86	2.80
วาลีน	2.27	4.47	3.42	4.53	4.20
เมธไธไอนีน	0.56	1.65	1.45	1.59	2.20
ไอโซลูซีน	1.56	3.36	2.83	3.71	4.20
ลูซีน	2.96	5.91	5.56	6.51	4.80
ฟีนิลอะลานีน	1.59	2.73	2.74	3.74	2.80
รวม	**14.63**	**27.25**	**23.82**	**30.56**	**25.20**
กรดอะมิโนที่ไม่จำเป็น					
อาร์จินีน	2.54	3.97	3.68	4.83	-
เอสพาติก	3.91	5.94	6.92	7.07	-
เซียรีน	1.87	3.11	1.97	3.70	-
กลูตามิก	5.76	8.92	10.70	8.67	-
โปรลีน	2.83	3.43	3.33	3.40	-
ไกลซีน	4.74	4.74	5.23	4.34	-
อะลานีน	3.36	4.38	4.61	4.32	-
ไทโรซีน	1.17	2.58	2.36	3.24	-
รวม	**26.5**	**37.57**	**39.63**	**40.05**	-
รวมกรดอะมิโนทั้งหมด	**41.13**	**64.82**	**63.45**	**70.61**	-
อัตราส่วน กรดอะมิโนที่จำเป็น/ทั้งหมด					
	0.356	**0.420**	**0.375**	**0.443**	-

หมายเหตุ 1 ดัดแปลงจาก Pomeranz (1991)

3.2 สมบัติเชิงหน้าที่ของโปรตีน

ผลการศึกษาสมบัติเชิงหน้าที่ของโปรตีนปลาสกัด พบว่าโปรตีนสกัดจากเครื่องในมีความสามารถหาการละลายในรูป NSI (Nitrogen Solubility Index) สูงกว่าโปรตีนจากส่วนหัว อาจเกิดจากลักษณะโครงสร้างของโปรตีน สัดส่วนปริมาณกรดอะมิโนที่มีประจุ ถ้ามีสูงกว่าสามารถจับกับพันธะไฮโดรเจนในโมเลกุลของน้ำได้มากกว่า และการจัดเรียงตัวของกรดอะมิโน ถ้ามีส่วนยื่นออกไปจับกับน้ำมากขึ้น ส่งผลให้เกิดการละลายสูงขึ้น (Paredes-Lopez and Ordorica-Falomir, 1986) ถึงแม้ว่าโปรตีนจากการทดลองจะมีค่าการละลายไม่สูง แต่โปรตีนสกัดที่ผลิตได้ ยังสามารถนำไปผสมในผลิตภัณฑ์ที่ไม่ต้องการเนื้อสัมผัสละเอียด เช่น ขนมปังกรอบ ธัญพืช อาหารเช้า ข้าวเกรียบ เป็นต้น

สมบัติอิมัลชัน พบว่าโปรตีนสกัดจากหัวและเครื่องในปลาทูน่ามีค่า 125.66-130.33 มิลลิลิตรน้ำมันต่อกรัมโปรตีน โปรตีนสกัดที่ผลิตได้มีค่าอิมัลชั่นต่ำกว่าโปรตีนสกัดจากปลา Rockfish ในงานวิจัยของ Spinelli และคณะ (1972 a,b) สมบัติอิมัลชั่นมีค่า 145 กรัม น้ำมันต่อกรัมโปรตีน อาจเกิดจากการใช้ไอโซโพรพิลแอลกอฮอล์กำจัดไขมันก่อนการทำแห้งมีผล ในการลดความสามารถในการเกิดอิมัลชั่นของโปรตีน (Spinelli, et al., 1970a) โปรตีนสกัดจากส่วนหัวและเครื่องในปลาทูน่ามีความสามารถการเกิดอิมัลชั่นระดับหนึ่ง จึงสามารถนำไปเป็นส่วนผสมในสูตรขนมคุกกี้ น้ำสลัด ครีม เป็นต้น

สมบัติการเกิดฟองและความคงตัวของฟอง พบว่าโปรตีนสกัดเครื่องในปลาทูน่า มีสมบัติการเกิดฟองและความคงตัวของฟองสูงกว่า ส่วนหัวปลาทูน่า ค่าการเกิดฟองลดลง เมื่อใช้พีเอชและอุณหภูมิในการสกัดสูงขึ้น อาจเกิดจากโครงสร้างของโมเลกุลโปรตีนและ ความสามารถทนต่อการเปลี่ยนแปลงสภาพโปรตีนต่างชนิดกัน

ตารางที่ 14 สมบัติการทำหน้าที่ของโปรตีนปลาสกัด

ชนิดโปรตีนสกัด	สมบัติเชิงหน้าที่			
	การละลาย (NSI) (ร้อยละ)	การเป็นอิมัลชั่น (มิลลิกรัมน้ำมันต่อกรัมโปรตีน)	การเกิดฟอง (ร้อยละ)	ความคงตัวของฟอง (ร้อยละ)
โปรตีนสกัดที่ผ่านการทำแห้ง				
หัวปลาทูน่า	21.90 ± 1.06^{b}	130.33 ± 5.85^{d}	33.33 ± 4.08^{b}	2.87 ± 3.19^{a}
เครื่องในปลาทูน่า	24.37 ± 3.57^{bc}	125.66 ± 5.32^{cd}	46.67 ± 9.83^{c}	17.01 ± 3.22^{b}
โปรตีนสกัดไม่ที่ผ่านการทำแห้ง				
หัวปลาทูน่า	84.11 ± 2.52^{b}	143.30 ± 5.24^{a}	48.33 ± 5.16^{a}	26.67 ± 7.24^{a}
เครื่องในปลาทูน่า	96.64 ± 2.62^{c}	135.00 ± 8.37^{a}	49.33 ± 8.16^{a}	38.45 ± 5.40^{ab}

หมายเหตุ ตัวอักษร a,b,c,dที่เหมือนกันในแนวตั้งเดียวกันไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P<0.05$)

ใช้ 0.2 M. KCl เป็นสารละลายสกัด

4.วิเคราะห์ศักยภาพของการใช้วัสดุเศษเหลือปลาเพื่อผลิตโปรตีนสกัด

การประเมินต้นทุนของวัตถุดิบโปรตีนปลาสกัด

ต้นทุนของวัตถุดิบที่ใช้ในการผลิตโปรตีนปลาสกัด

การผลิตโปรตีนปลาสกัดใช้หัวปลา 1 กิโลกรัม จะได้โปรตีนปลาสกัด 203.2 กรัม

สารเคมีที่ใช้มีดังนี้คือ

1.โพแตสเซียมคลอไรด์ ราคากรัมละ 0.57 บาท ปริมาณ 149 กรัม

2. โซเดียมคาณ์บอเนตแอนด์ไฮดรัส ราคากรัมละ 1.54บาท ปริมาณ 53 กรัม

3. โซเดียมไฮโดรคาร์บอเนตราคากรัมละ 0.35 บาท ปริมาณ 1.68 กรัม

4. ไอโซโพรพานอล ราคาลิตรละ 202.1 บาท ปริมาณ 3.70 ลิตร

5. กรดไฮโดรคลอริก ราคาลิตรละ 197.2 บาท ปริมาณ 0.12 ลิตร

หัวปลาทูน่า กิโลกรัมละ 5 บาท

ต้นทุนของวัตถุดิบที่ใช้ในการผลิตโปรตีนปลาสกัด 1 กรัม

$$= (5+(149\text{x}0.57)+(53\text{x}1.54)+(1.68\text{x}0.35)+(3.70\text{x}202.1)+(0.12\text{x}197.2))/203.2 \text{ บาท}$$

$$= 4.64 \text{ บาท}$$

จากการศึกษาองค์ประกอบทางเคมีของโปรตีนปลาสกัดจะพบว่ามีปริมาณโปรตีนทัดเทียมกับปลาสด ปริมาณกรดอะมิโนของโปรตีนปลาสกัดจากส่วนหัวและเครื่องในปลาทูน่าสูงกว่าปลาสด และมีค่าใกล้เคียงมาตรฐานกำหนด กรดอะมิโนจำเป็นรวมจากเครื่องในปลามีค่าสูงกว่ามาตรฐาน ส่วนหัวมีค่าต่ำกว่ามาตรฐานเล็กน้อย ดังนั้นเมื่อพิจารณาถึงปริมาณวัตถุดิบ และคุณภาพของปริมาณโปรตีนปลาสกัดที่ได้ จะเห็นว่าวัสดุเศษเหลือจากปลาทูน่ามีศักยภาพพอที่จะนำมาใช้ประโยชน์เพื่อผลิตโปรตีนได้ แต่จากการคำนวณต้นทุนการผลิตยังสูงมาก จำเป็นต้องมีวิธีการพัฒนากรรมวิธีการผลิตและทดลองขยายระดับการผลิต ซึ่งอาจจะทำให้ต้นทุนการผลิตลดลงจนสามารถนำไปผลิตเชิงอุตสาหกรรมได้

สรุป

การผลิตโปรตีนจากหัวปลาทูน่า ให้ผลผลิตสูงสุด คือ ร้อยละ 64.98 ซึ่งสามารถผลิตโดยใช้สภาวะที่เหมาะสมสำหรับการสกัดและตกตะกอนโปรตีนได้สูงสุดดังนี้ คือ ใช้โพแทสเซียมคลอไรด์เข้มข้น 0.2 โมลาร์ ที่พีเอช 13 อัตราส่วน 1:10 เป็นสารละลายสกัด ภายใต้สภาวะที่แตกต่างกันเล็กน้อย คือ โปรตีนสกัดจากเครื่องในปลาทูน่า ให้ผลผลิตโดยน้ำหนักแห้ง รองลงมา คือ ร้อยละ 54.33 แต่ประกอบด้วยปริมาณโปรตีนร้อยละ 87.10 และกรดอะมิโนรวมสูงสุด และมีคุณสมบัติการเกิดฟองความคงตัวของฟอง และการเป็นสารอิมัลชั่นสูงสุด สามารถผลิตโดยใช้โพแทสเซียมคลอไรด์เข้มข้น 0.2 โมลาร์ ที่พีเอช 11 เป็นสารสกัด โดยใช้อัตราส่วน 1:10 ที่อุณหภูมิ 45 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 120 นาที และตกตะกอนด้วยไอโซโพรพิลแอลกอฮอล์ อัตราส่วน 1: 3

โปรตีนสกัดจากหัวปลาและเครื่องในปลาทูน่า มีองค์ประกอบของโปรตีนสูงและมีสัดส่วนของปริมาณกรดอะมิโนใกล้เคียงกับโปรตีนถั่วเหลืองสกัดในงานวิจัย ของ Wolf และ Cowan (1986) และมีปริมาณกรดอะมิโนจำเป็นครบถ้วน ซึ่งแม้ว่ามีความสามารถในการละลายเพียงร้อยละ 15.50 - 24.37 แต่ เนื่องจากสามารถเกิดอิมัลชั่น 120-130.33 มิลลิลิตรน้ำมันต่อกรัมโปรตีนและเกิดฟองร้อยละ 33.33-46.67 จึงมีความเป็นไปได้ที่จะใช้ในสูตรอาหารที่มีส่วนผสมของน้ำมันหรือมีการตีปั่น เช่น คุกกี้ ขนมปังกรอบ และ พวกขนมขบเคี้ยว เป็นต้น ซึ่งถ้ามีการพัฒนากระบวนการผลิตรูปแบบโปรตีนสกัด และรูปแบบของสูตรอาหารให้เหมาะสม จะเป็นการเพิ่มศักยภาพในการนำโปรตีนแหล่งใหม่จากโปรตีนปลาสกัด ไปใช้ประโยชน์อย่างแพร่หลายมากขึ้นต่อไป

เอกสารอ้างอิง

ศูนย์พัฒนาการประมงแห่งเอเชียตะวันออกเฉียงใต้. 2530. อนาคตประมงไทย. รายงานผลการสัมมนาร่วมภาครัฐบาลและเอกชน เมื่อวันที่ 4-6 มิถุนายน 2530.

ศูนย์สถิติการเกษตร. 2532. สถิติการเกษตรของประเทศไทยปีการเพาะปลูก 2531/32. เอกสารสถิติการเกษตรเลขที่ 414. สำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร กระทรวงเกษตรและสหกรณ์ กรุงเทพมหานคร.

บุญยืน สาริกะภูติ. 2522. โปรตีน. ภาควิชาเคมี คณะวิทยาศาตร์ มหาวิทยาลัยมหิดล.

บุหลัน พิทักษ์ผล, สุภารัตน์ เรืองมณีไพฑูรย์, มาฤดี ผ่องพิพัฒน์พงศ์ และ พรรณทิพย์ สุวรรณสาครกุล. 2531. การพัฒนาอาหารจากปลาเหลือใช้จากอุตสาหกรรมอาหารในประเทศไทย. รายงานการค้นคว้าประจำปี 2526-2530 สถาบันค้นคว้า และพัฒนาผลิตภัณฑ์อาหาร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์. หน้า 66-74.

Adler-Nessen, J. 1986. Enzymic Hydrolysis of Food Protein. Elsevrier Applied Science Publishers. London. ;p. 126-131.

A.O.A.C. 1990. Official Methods of Analysis of Association of Official Analytical Chemists 15th ed. The Association of Official Analytical Chemists , Inc. Verginia Alrington.

Dyer, W.I., French, H.V. and Snow, J.M. 1950. Proteins in Fish muscle. 1.Extraction of protein. J. Fish. Res. Board. Can. 7:585 Cited by Spinelli, J., Babara, K. and Ruth, M. 1972. Approches to the utilization of fish for the preparation of protein isolate. : Enzymic modifications of myofibrillar fish protein. J. of Food Sci. 37 ;604-608.

Dyer, W.J. and Dingle, J.R. 1961. Fish Proteins with Reference to Freezing. In Fish as Food vol 1. Borgstorm, G. (Ed.) Academi Press. New york. ;p. 275-327.

Egan, H., Kirk, R.S. and Sawyer, R. 1984. Pearson' s Chemical Analytical of Foods. Churchchill Livingstone, London. ;p. 404.

Ehira, S.A., 1976. Biochemical study on the freshness of fish. Bull. Tokai Reg. Fish. Res. Lab. 88 : 1-9.

Greenberg, N.A. and Shipe, W.F. 1979. Comparison of the abilitis of trichloroacetic picric sulfosalicylic and tungstic acids to precipitate pritein hydrolysates and protein. J. of Food Sci. 44 : 735-737.

Groninger, H.S.Jr. and Miller, R. 1975. Preparation of aeration properties of an enzyme modified succinylated fish protien. J. Food Sci. 40 : 237-233.

Hang, Y.D., Woodams, E.E. and Parsons, G.F. 1980. Isolation and chemical evaluation of protein from clam wash water. J. of Food Sci. 45 : 1040-1041.

Hasegawa, H. 1987. Laboratory Mannaul on Analytical. Methods and procedures for Fish and Products Marine Fisheries Reserch Department. SEAFDEC : Singapore.

Hevia,P. and Olcot,H.S. 1977. Flavour of enzyme-solubilise fish protein concentrate with proteolytic enzymes. J. Agric. Food Chem. 25 : 772-775.

Hoyle, T.N. and Mettit, H.J. 1994. Fish protein hydrolysate from Herring (Clupea harengus). J. Food Sci. 5: 76-79.

Kahn, L.N., Berk, Z., Pariser, E.R., Goldblith, S.A. and Flink, J.M. 1974. Squid protein isolate : In Food Proteins. Fox, P.F. and Condon, J.J. (Eds.) Applied Science publisher. London. ;p. 50-101.

Kinsella, J.E. 1982. Relationships Between Structure and Functional Properties of Food Proteins. In Food Proteins, Fox, P.F. and Condon, J.J. (Eds.) Applied Science publisher. London. ; p. 50-101

Koury, B.J. and Spinelli, J.1975. Effect of moisture , carbohydrate and atmosphere on the fuctional stsbility of fish protein isolates. J. of Food Sci. 40 : 58-61.

Lowry, O.H., Rosebrough, N.J., Ferr, A.L. and Randall, R.J. 1951. Protein measurement with the folin phenol reagent. J. Biol. Chem. 193 : 265-275.

Mackie, I.M. 1982. Fish protien hydrolysates. Proc Biochem. Jan/Feb. : 26-28.

Mackie, I.M. and Thomson, B.W. 1982. ——. J. Food Technol. 17 : 483-498 Cited by : Tannka, M., Suzuki, K. and Taguchi, T. 1983. Recovery of proteins as a spun product from sardine viscera and heads. Bull. of Jap. Soc. Sci. Fish. 49 : 1701-1705

Mackie, I.M. 1994. Fish Protein In New and Developing Sources of Food Protein. Hudson, B.J.F. (Ed) Chapman & Hall. London.; p. 100-143

Meinke, W.W., Rahman, M.A and Mattil, K.F. 1972. Some factors influencing the production of protein isolates from whole fish. J. of Food. Sci. 37: 195-198

Miller, R. and Groninger, H.S. 1976. Functional properties of enzyme-modified acylated fish protein derivatives. J of Food Sci. 41:268-272

Montecalvo, J.Jr., Constantinides, S.M. and Yang, C.S.T. 1984a. Optimization of processing parameters fof the preparation of flounder frame protein product. J. of Food Sci. 49: 172-187

Montecalvo, J.Jr., Constantinides, S.M. and Yang, C.S.T. 1984b. Enzymatic modification of fish frame protein isolate. J. of Food Sci. 49 : 1350-1309

Moorjani, M.N. and Lahiry N.H. 1970. The fish protein concentrate story : 9. Efforts in India. Food Technol. 24 : 56-59

Noguchi, M.,Arai, S., Yamashita, M., Kato, H. and Fujimaki, M. 1975. Isolation snd identification of acidic oligopeptides occurring in flavor potentiating fraction from a fish protein hydrolysate. J.Agri. Food Chem. 23 (1) : 49-53

Olsen, H.S. and Alder-Nissen, J. 1981. Application of Ultra and Hyperfitration during Production of Enzymatically Modified Protein. ACS Symp. Ser 154:133-169

Paredes-Lopez, O. and Ordorica-Falomir, C. 1986. Production of safflower protein isolates: Composition, Yield and protein quality. J. Sci. Food Agric. 37:1097-1103

Pomeranz, Y. 1991. Functionality of Proteins. In Functional Properties of Food Components. 2nd ed. Acadimic Press, Inc. San Diego California; p. 148-192.

Prasertsan, P., Wuttijumnong, P., Sophanodora, p. and Choorit, W. 1988. Seafood processing industries within Songkhle-Hat yai region : The survey of basic data emphasis on waste. Songkhlanakarin. J. Sci. Technol. 20 : 17-21

Quaglia, G.B. and Orban,E. 1987. Influence of the degree of hydrolysis on the solubility of the protein hydrolysates from sardine (Sardina pilchardus).J. Sci. Food Agric. 38: 271-276

Sikorski, Z.E. and Naczk, K.M. 1981. Modification of protein concentrate. Crit. Rev. Food Sci. Nutrit. 38:201-230

Spinelli, J. and Koury, B. 1970. Phosphate complexes of soluble fish proteins: Their formation and possible uses. J. Agric. Food Chem. 18 (2) : 284-288 Cited by Mackie, I.M. 1982. New Approaches in the Use of Fish Poteins. In Derelopmants in Food Proteins. Applied Science Publishers. London,; p. 215-260

Spinelli, J., Koury, B. and Miller, R. 1972a. Approaches to the utilization of fish for the preparation of protein isolates. :Enzymic modifications of myofibrillar fish protein. J. of Food Sci. 37 : 604-608

Spinelli, J., Koury, B., Groninger, H. Jr. and Miller, R. 1977. Expanded uses of fish protein from underutilized species. Food Technol. 31(5) : 184-187

Suzuki, T. 1981. Characteristics of Fish Meat and Fish Protein In Fish and Krill Protein : Processing Technology. Applied Science Publishers Ltd. London ; p. 1-55

Tagawa, S., Kochi, M. Oba, Y., Yamada, K. and Kojima, Y. 1977. Removal of constituents from the waste water discharged from "Kamaboko" processing plants by an pH shifting method. Chem. Abs. 87,1972326y.

Tanaka, M., Suzuki, K. and Taguchi, T. 1983. Recovery of proteins as a spun product from sardine viscera and heads. Bull. Jap. Soc. Sci. Fish. 49 (11) : 1701-1705

Toma, R.B. and Meyers, S.P. 1975. Isolation and chemical evaluation of protein from shrimp cannery effluent. J. Agfi. Food Chem. 23(4) : 632-635

Webb, N.B., Ivey, H.B., Jones, V.A. and Monroe. R.J. 1970. The measurement of emulsifying capacity by electrical resistance. J. of Food Sci. 35 : 501-504

Vareltzis, K., Soultos, N., Zetou, F. and Tsiaras, I. 1990. Proximate composition and quality of a hamburger type product made from minced beef and fish protein concentrate. Lebensm.

ภาคผนวก

แบบฟอร์มรายละเอียดวัตถุดิบของโรงงานแปรรูปสัตว์น้ำในเขต จ.สงขลา

1. ชื่อโรงงาน...

2. ประเภทของโรงงาน...
สถานที่ตั้ง..

3. ชนิดของวัตถุดิบที่นำเข้า (ปลา และราคาที่รับซื้อ (บาท/กิโลกรัม)
   -
   -
   -

4. ประเภทการแปรรูปวัตถุดิบแต่ละชนิด
   -
   -
   -

5. ปริมาณเศษเหลือทิ้งของวัตถุดิบแต่ละชนิด
   -
   -
   -

6. ปริมาณเศษเหลือทิ้งของวัตถุดิบโดยแยกตามส่วนประกอบ

ชนิดของวัตถุดิบ	ปริมาณที่เหลือ (%)				
	หัว	เครื่องใน	ก้าง	ไข่	อื่น ๆ
-					
-					
-					
-					

7. การนำเศษเหลือทิ้งไปใช้ประโยชน์

-
-
-
-

8. ราคาของเศษเหลือทิ้งแต่ละประเภท

ชนิดของปลา	ราคา (บาท/กิโลกรัม)				
	หัว	เครื่องใน	ก้าง	ไข่	อื่น ๆ
-					
-					
-					
-					

9. ผู้กรอกแบบสอบถาม / ตำแหน่ง..

10. วันที่..