

**การใช้ประโยชน์จากของเหลือ โรงงานอุตสาหกรรมผลิตซูริมิ :
การผลิตโปรตีนสกัดชนิดผงในระดับห้องทดลอง
The Utilization of By-Product
from Surimi Industry :Laboratory Scale Production
of Spray Dried Fish Protein Hydrolysate**

**วรรณวิบูลย์ กาญจนกฤษร¹ สุปราณี แย้มพราย¹ และ สุนีย์ นิธิสินประเสริฐ²
Wunwiboon Garnjanagoonchorn, Supranee Yampei, and Sunee Nitisinprasert**

ABSTRACT

Heads and guts of threadfin bream, by-products from surimi industry, were ground and dried to 6.85% moisture content. Dried fish parts containing 49.92% protein, 9.32% fat and 31.12% ash (dry basis), was used as raw material for the study of fish protein hydrolysate (FPH) production. Pretreatment conditions of dried fish parts were compared among 3 groups : control (soaked in distilled water), heating in autoclave and soaking in alkali. Conditions of enzyme hydrolysis were investigated. The results showed that alkali treatment (NaOH at pH 8.5, 90 min. 10°C) followed by enzyme hydrolysis (alcalase activity 2.4 AU/gm, 0.075 ml per 100 gm dried fish) 150 min at 60°C, produced FPH with the highest emulsifying capacity. Enzyme activities were inhibited by heating the mixture to 100°C for 15 min. The aqueous solution of FPH was separated after being centrifuged. Drying conditions by means of spray dryer were studied. It was found that good quality FPH can be made from the following spray dry conditions : 160°C inlet air temperature, 5 kg/cm² air pressure for rotary atomizer and 300 ml/hr feed rate. The resulted spray dried FPH has 3% moisture content and 81% protein (TN × 6.25). Comparison of FPH and sodium caseinate functional properties showed that water holding capacity, emulsion stability and gel strength of 3% FPH were higher than those of the control (no extra protein) and 3% Na-caseinate sausage. However, the fishy odor of FPH in the sausage could be detected by taste-

1 ภาควิชาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีการอาหาร คณะอุตสาหกรรมเกษตร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ กรุงเทพฯ 10900

Department of Food Science and Technology, Faculty of Agro-Industry, Kasetsart University, Bangkok 10900, Thailand.

2 ภาควิชาเทคโนโลยีชีวภาพ คณะอุตสาหกรรมเกษตร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ กรุงเทพฯ 10900

Department of Biotechnology, Faculty of Agro-Industry, Kasetsart University, Bangkok 10900, Thailand.

panels. In order to maintain high quality, dried FPH was vacuum packed in aluminum foil/PE laminated bag to be kept away from humidity, O₂ and light.

Key words : fish protein hydrolysate, surimi by-product

บทคัดย่อ

เศษเหลือของปลาทรายแดง จากกระบวนการผลิตซูริมินำมาบดและทำแห้งจนเหลือความชื้นร้อยละ 6.85 มีองค์ประกอบที่สำคัญคือ โปรตีนร้อยละ 49.92 ไขมันร้อยละ 9.32 เกลือร้อยละ 31.12 (ของ น.น.แห้ง) นำมาศึกษาเพื่อผลิตเป็นไฮโดรไลเซตชนิดผงแห้งสำหรับใช้เป็นโปรตีนเสริมในไส้กรอกชนิดอิมัลชัน พบว่าก่อนทำการย่อยเศษปลาด้วยเอนไซม์-อัลคาเลส ควรแช่เศษปลาบดแห้งในด่างโซเดียมไฮดรอกไซด์ pH 8.5 นาน 90 นาที ที่ 10°C ซึ่งจะให้ผลดีกว่าการนำมาให้ความร้อนที่ 121°C ในหม้อความดัน ความดันหลังจากนั้นจึงย่อยด้วยอัลคาเลส (Activity 2.4 AU/กรัม) ซึ่งปริมาณที่เหมาะสมคือ 0.075 มิลลิกรัมต่อเศษปลาแห้ง 100 กรัม ใช้เวลาย่อย 150 นาที ที่ 60°C จากนั้นนำมาหยุดปฏิกิริยาของเอนไซม์โดยให้ความร้อนที่ 100°C 15 นาที แยกของเหลวใสหรือไฮโดรไลเซตด้วยการหมุนเหวี่ยงที่ความเร็วสูง ทำเป็นผงแห้งโดยใช้ spray dryer ที่สภาวะของลมร้อนขาเข้า 160°C แรงดันลมหมุนหัวเหวี่ยง 5 กก/ชม² อัตราการป้อนของเหลวคือ 300 มล.ต่อ ชม. ไฮโดรไลเซตผงที่ได้มีความชื้นร้อยละ 3 โปรตีนร้อยละ 81 (TN × 6.25) เมื่อนำไปทดลองเสริมในไส้กรอกหมูในปริมาณร้อยละ 3 ของน้ำหนักเนื้อหมู เทียบกับโซเดียมเคซีนในปริมาณเท่ากัน และไส้กรอกที่ไม่เสริมโปรตีนอื่น พบว่าข้อดีของไส้กรอกเสริมไฮโดรไลเซตปลา คือ มีค่าความสามารถในการอุ้มน้ำของโปรตีน ความคงตัวของอิมัลชันและแรงต้านการกดสูงกว่าตัวอย่างอื่นๆ แต่มี

กลิ่นรสปลาซึ่งตรวจสอบได้ชัดเจนโดยผู้ชิม

การเก็บรักษาไฮโดรไลเซตผงแห้ง เมื่อเปรียบเทียบสภาพการบรรจุแบบสุญญากาศและบรรยากาศปกติ โดยบรรจุถุง PE หรืออลูมิเนียมฟอยล์ลามิเนตด้วย PE พบว่าควรบรรจุในถุงที่ป้องกันความชื้น อากาศ และแสง นั่นคือใช้ถุงอลูมิเนียมฟอยล์ลามิเนตด้วย PE บรรจุสภาพสุญญากาศปิดผนึกด้วยความร้อน

คำนำ

ในปี พ.ศ.2533 ประเทศไทยผลิตซูริมิส่งออกไปยังต่างประเทศประมาณ 16,431.4 ตัน และ 29,128.49 ตันใน พ.ศ. 2534 โดยมีอัตราการขยายตัวของปลาบดและผลิตภัณฑ์ถึงร้อยละ 54 ในช่วง พ.ศ. 2532 ถึง พ.ศ. 2536 (วชิรปราชญ์, 2537) เศษเหลือจากกระบวนการผลิตซูริมิในขั้นตอนการตัดแต่งปลาถึงร้อยละ 40 ของน้ำหนักปลาทั้งตัว ซึ่งส่วนใหญ่เป็นส่วนของหัวและไส้ปลา ปกติจะขายในราคาถูกเพื่อเป็นวัตถุดิบในการผลิตปลาป่น (วรรณวิบูลย์, 2533) จากการวิเคราะห์องค์ประกอบของโปรตีนในเศษเหลือนี้พบว่ามีความชื้นร้อยละ 10.35 ขององค์ประกอบทั้งหมด (ข้อมูลจากการสุ่มวิเคราะห์เบื้องต้นของผู้วิจัย) จึงน่าจะนำมาพัฒนาเพื่อใช้ประโยชน์จากโปรตีน ซึ่ง Yu and Tan (1990) พบว่าการย่อยเนื้อปลาโดยเอนไซม์อัลคาเลสจะช่วยให้ไม่เกิดรสขมขึ้นในโปรตีนสกัดที่ได้ ซึ่งเอนไซม์นี้ผลิตจากเชื้อจุลินทรีย์ชนิด *Bacillus subtilis* ทำงานได้ดีที่ pH 6.5-8.5 ไม่มีความจำเพาะต่อสารตั้งต้น แต่ชอบย่อย neutral และ acidic amino acid ทำงานที่อุณหภูมิ 55-70°C โดย

สามารถกระตุ้นการทำงานได้ด้วย calcium ion สำหรับส่วนของกระดูกจะสกัดโปรตีนได้โดยการแช่ในสารละลายต่าง (Duerr and Earle, 1974) ด้วยเหตุผลดังกล่าวข้างต้น กลุ่มผู้วิจัยจึงทำการศึกษาเพื่อหากระบวนการที่เหมาะสมในการผลิตโปรตีนสกัดชนิดผงจากของเหลือโรงงานผลิตซูริมิ และศึกษาสมบัติทางหน้าที่บางประการของโปรตีนสกัดที่ผลิตได้

อุปกรณ์และวิธีการ

หัวและไส้ปลาทรายแดงนำมาบดโดยใช้เครื่องสับละเอียดชนิด silent cutter อบแห้งที่ 60°ซ ประมาณ 24 ชม. ในตู้อบลมร้อนแบบถาด หัวและไส้ปลาแห้งที่ได้ นำมาบดแล้วร่อนผ่านตะแกรงขนาด 16 เมช หรือ 1.18 มม. เพื่อเก็บเป็นวัตถุดิบในการทดลอง ซึ่งในที่นี้จะเรียกว่า เศษปลาบดแห้ง และทำการวิเคราะห์โปรตีน ไขมัน เถ้า ความชื้น และ คาร์โบไฮเดรต ตาม AOAC (1990) นำวัตถุดิบอบแห้งที่เตรียมนี้มาศึกษาเป็นลำดับดังนี้

1. ศึกษากระบวนการผลิตโปรตีนไฮโดรไลเซต

1.1 ศึกษาวิธีเตรียมตัวอย่างก่อนนำไปย่อยด้วยเอนไซม์

เปรียบเทียบผลของกระบวนการที่แตกต่างกัน 3 วิธี (ข้อ 1.1.1-1.1.3) ซึ่งจะทำให้ เศษปลาอยู่ในสภาพที่พร้อมที่จะนำมาย่อยด้วยเอนไซม์

1.1.1 การแช่ในสารละลายต่าง pH 8.5 โดยนำเศษปลาบดแห้งผสมน้ำอัตราส่วน 1:1 โดย น.น. มาปรับ pH เป็น 8.5 ด้วยสารละลายต่าง NaOH ความเข้มข้นร้อยละ 20 โดยน้ำหนักเปรียบเทียบเวลาในการแช่ที่ 10°ซ นาน 60, 90, 120, 150 และ 180 นาทีแช่ตลอดเวลา เมื่อครบกำหนดเติมเอนไซม์อัลคาเลส (NOVO Industri A/S Copenhagen/Denmark 2.4 Anson Unit/gm) ปริมาณ 0.075 มล. ต่อเศษปลา

บดแห้ง 100 กรัม ทำการย่อยนาน 150 นาที ที่ 60°ซ โดยเขย่าขวดขณะทำการย่อย หยุดปฏิกิริยาของเอนไซม์โดยให้ความร้อนที่ 100°ซ 15 นาที ตั้งให้เย็นลงของเหลวที่ได้คือ โปรตีนไฮโดรไลเซตชนิดเหลว นำไปทำการหมุนเหวี่ยงที่ 9400 รอบ/นาที ที่ 4°ซ 15 นาที แยกของแข็ง และไขมันที่ชั้นผิวหน้า ส่วนของเหลวใสนำไปวิเคราะห์ปริมาณโปรตีน (AOAC, 1990) และวัดค่า Emulsifying capacity (EC) โดยวิธีของ Swift *et al.* (1961) ทำการเลือกระยะเวลาที่เหมาะสมในการแช่ในสารละลายต่างโดยเปรียบเทียบผลของปริมาณโปรตีนและค่า EC ของแต่ละหน่วยทดลอง

1.1.2 การให้ความร้อนภายใต้ความดัน โดยนำส่วนผสมของเศษปลา และน้ำกลั่น (1:1) มาให้ความร้อนใน Autoclave ที่ 121°ซ เป็นเวลาต่างๆ กัน 30 60 และ 120 นาที ตั้งให้เย็น เติมเอนไซม์อัลคาเลส ทำการทดลองและวิเคราะห์ เช่นเดียวกับข้อ 1.1.1

1.1.3 ทำตัวอย่างควบคุม (control) โดยใช้ส่วนผสมของเศษปลาบดแห้งและน้ำกลั่น (1:1) ตั้งทิ้งไว้นาน 90 นาที จึงเติมเอนไซม์ทำการทดลองและวิเคราะห์เช่นเดียวกับข้อ 1.1.1

1.2 ศึกษาสภาวะการย่อยด้วยเอนไซม์อัลคาเลส ศึกษาระยะเวลาและความเข้มข้นของเอนไซม์ โดยใช้เศษปลาบดแห้งผสมน้ำในอัตราส่วน 1:1.25 โดยน้ำหนัก เตรียมตัวอย่างตามวิธีซึ่งให้ผลดีที่สุดที่ศึกษาจากการศึกษาในข้อ 1.1 เติมอัลคาเลสที่ปริมาณต่างๆ กันคือ 0.075, 0.125, 0.175, 0.225 มล.ต่อ น.น.เศษปลาบดแห้ง 100 กรัม ใช้เวลาย่อยต่างๆกันคือ 90, 120, 150 และ 180 นาที ทำการทดลองด้วยวิธีการดังกล่าวในข้อ 1.1.1 เปรียบเทียบค่า EC และปริมาณโปรตีนของแต่ละหน่วยทดลอง

1.3 ศึกษาสภาวะในการทำแห้ง ผลิตโปรตีนไฮโดรไลเซตตามวิธีการที่สรุปได้จากการศึกษาในข้อ 1.1 และ 1.2 นำมาทำแห้งด้วยเครื่องทำแห้งชนิดพ่นฝอย (spray dryer) ใช้อุณหภูมิ

ลมร้อนต่างกันคือ 160 และ 170°C ความดันลมเพื่อหมุนหัวเหวี่ยง (atomizer) ที่ต่างกันคือ 4 และ 5 กก/ชม² อัตราการป้อนอาหารเข้าเครื่องเป็น 300 มล./ชั่วโมง โปรตีนไฮโดรไลเซตผงที่ได้นำมาประเมินค่าการละลายโดยวิธีของ Adler-Nissen (1976) ค่า EC (Swift *et al.*, 1961) โปรตีนและความชื้น (AOAC, 1990) เลือกสภาวะการทำแห้งที่ให้โปรตีนไฮโดรไลเซตผงที่มีคุณสมบัติการละลายและ EC สูงสุด

1.4 ศึกษาวิธีเก็บรักษา

บรรจุโปรตีนไฮโดรไลเซตผงในถุง 2 ชนิดคือ PE (polyethylene) และอลูมิเนียมฟอยล์ลามิเนตด้วย PE บรรจุ 2 แบบคือสภาพบรรยากาศปกติและสภาพสุญญากาศ เก็บเป็นเวลา 5 สัปดาห์ที่ประมาณ 30°C ตรวจสอบค่าการละลาย EC โปรตีน ความชื้น ค่า TBA ตามวิธีของ Shibata and Kinumaki (1979) และค่าสี $L^*a^*b^*$ โดยใช้เครื่อง Hunter Lab เปรียบเทียบกับไฮโดรไลเซตผงที่ผลิตใหม่ (เก็บไม่มากกว่า 1 วัน)

2. ศึกษาสมบัติทางหน้าที่ของโปรตีนไฮโดรไลเซต

ผลิตโปรตีนไฮโดรไลเซตผงโดยวิธีที่สรุปจากการศึกษาข้อ 1.1 1.2 และ 1.3 เพื่อนำมาผสมในไส้กรอกแฟรงก์เฟอร์เตอร์หมูในปริมาณร้อยละ 3 ของน้ำหนักเนื้อหมูสด เปรียบเทียบกับไส้กรอกซึ่งเดิมโซเดียมเคซีนร้อยละ 3 และที่ไม่เติมโปรตีนเสริมอื่น โดยวิเคราะห์คุณภาพไส้กรอกดังนี้

- สมบัติทางประสาทสัมผัสใช้ 9 point hedonic scale ผู้ทดสอบจำนวน 10 คน

- ตรวจสอบความคงตัวของอิมัลชัน (Emulsifying stability) ตามวิธีของ Wimmer *et al.* (1993)

- ตรวจสอบความสามารถในการอุ้มน้ำ (WHC) ตามวิธีของ Bernthal *et al.* (1991)

- วัดค่าสีด้วยเครื่อง Hunter lab

- ประเมินลักษณะเนื้อสัมผัสโดยการวัด

ค่าความแข็งแรงของเจล ด้วย Instron Texture Measuring System model 1000 โดยใช้หัวเจาะแบบทรงกลมขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 1 ซม. และกดลงด้วยความเร็ว 50 มม/นาที

การทดลองในข้อ 1.1-1.4 และข้อ 2 ใช้แผนการทดลองแบบ Randomized Complete Block Design โดยการทดลองในข้อ 1.2 ทำการจัดหน่วยทดลองแบบ 4×4 Factorial และ ข้อ 1.3 เป็นแบบ 2×2 Factorial ข้อมูลที่ได้จากการศึกษาข้อ 1 และ 2 ทำการวิเคราะห์ทางสถิติแบบ ANOVA เปรียบเทียบความแตกต่างของผลของแต่ละหน่วยทดลองโดยใช้ Duncan's New Multiple Range Test ยกเว้นข้อ 1.4 เปรียบเทียบความแตกต่างของหน่วยทดลองด้วยวิธี Orthogonal Contrasts and Comparison (สุรพล, 2528)

3. ศึกษาปริมาณกรดอะมิโนในโปรตีนไฮโดรไลเซตปลา

ไฮโดรไลเซตที่เป็นของเหลวที่ได้จากการทดลองในข้อ 1.1 และ 1.2 (ก่อนนำไปทำแห้ง) และหัวผสมไส้ปลาสดแห้ง นำส่งวิเคราะห์ปริมาณกรดอะมิโนทั้งหมด โดยใช้เครื่อง Amino Acid Analyser ยี่ห้อ Backman รุ่น System 6300 ที่กรมวิทยาศาสตร์บริการ

ผลและวิจารณ์

1. ศึกษากระบวนการผลิตโปรตีนไฮโดรไลเซตปลา

หัวและไส้ปลาทรายแดงสดแห้งมีองค์ประกอบทางเคมีคือ โปรตีนร้อยละ 49.92 ไขมันร้อยละ 9.32 เกลือร้อยละ 31.12 โดย น.น.แห้ง และความชื้นร้อยละ 6.85 เก็บรักษาไว้ที่ 25-30°C นานประมาณ 2 เดือน เพื่อใช้เป็นวัตถุดิบในการศึกษา

1.1 ศึกษาวิธีเตรียมตัวอย่างก่อนย่อยด้วยเอนไซม์

เนื่องจากเศษปลาที่ใช้ในการทดลองมีส่วนกระดูกจากส่วนหัวและเนื้อเยื่อเกี่ยวพันอยู่มาก จึง

จำเป็นต้องปรับสภาพให้เหมาะสมต่อการย่อยด้วย เอนไซม์ ในที่นี้เลือกใช้ 2 วิธีคือ การแช่ในสารละลาย ด่าง และการให้ความร้อนภายใต้ความดันสูง โดย เปรียบเทียบกับ control ซึ่งใช้การแช่ในน้ำกลั่น พบว่า การแช่สารละลายด่าง NaOH pH 8.5 รักษาอุณหภูมิที่ 10°C (เพื่อชลอการเสื่อมเสีย) ที่เวลาต่างๆ กัน คือ 60 90 120 150 และ 180 นาที มีผลต่อความสามารถในการเกิดอิมัลชัน (EC) ของไฮโดรไลเซทอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P < 0.05$) (Table 1) โดยค่า EC สูงที่สุดเมื่อใช้เวลาแช่ด่างนาน 90 นาที แม้ว่าปริมาณโปรตีนของไฮโดรไลเซทที่เตรียมจากวิธีนี้จะมีค่าต่ำกว่าที่เวลาอื่นๆ แต่ความแตกต่างไม่มากนัก จากการศึกษาของ Duerr and Earle (1974) เมื่อใช้ด่างสกัดโปรตีนจากกระดูกสัตว์พบว่าต่างทำให้เนื้อเยื่อกระดูกเกิดการพองตัว และมีการสกัดโปรตีนออกมาในสารละลาย ซึ่งจากผลการทดลองกับเศษปลาสดแห้งในการศึกษาค้นคว้าพบว่าการแช่ด่างมีผลต่อการสกัดโปรตีนจากส่วนหัวและไส้ปลาทรายแดง โดยการแช่ด่าง pH 8.5 นาน 90 นาที ที่ 10°C ทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงที่พอเหมาะสำหรับเอนไซม์อัลคาเลสเข้าทำปฏิกิริยาย่อยสลายได้เปปไทด์ที่มีขนาดเหมาะสมในการทำหน้าที่เป็นอิมัลซิไฟเออร์ สำหรับวิธีการเตรียมตัวอย่างก่อนย่อย โดยใช้ความร้อนภายใต้ความดันเป็นเวลาต่างๆ กันคือ 30 60 และ 120 นาที พบ

ว่าการใช้เวลาให้ความร้อนนาน 60 นาทีได้โปรตีนไฮโดรไลเซทที่มีค่า EC สูงกว่าที่เวลา 30 และ 120 นาที โดยมีปริมาณโปรตีนใกล้เคียงกัน (Table 2) เมื่อพิจารณาค่า EC ของไฮโดรไลเซทปลาที่ได้จากการเตรียมตัวอย่าง 3 วิธีคือ ตัวอย่างควบคุม (แช่น้ำกลั่น) แช่ด่าง และ ใช้ความร้อน 121°C (Table 3) พบว่าการแช่ด่าง pH 8.5 ที่ 10°C นาน 90 นาทีให้ไฮโดรไลเซทที่มีค่า EC สูงกว่าตัวอย่างอื่นๆ เกือบ 3 เท่าปริมาณโปรตีนต่างกันไม่มากนัก ความร้อนที่ 121°C ที่ 15 psig ทำให้การสกัดโปรตีนจากเศษปลาสดแห้งเกิดได้ดีได้ไฮโดรไลเซทที่มีปริมาณโปรตีนสูงถึงร้อยละ 20.16 แต่ค่า EC ต่ำซึ่งแสดงถึงการมีคุณสมบัติเป็นอิมัลซิไฟเออร์ที่ไม่ดีนัก ทั้งนี้ สอดคล้องกับคำอธิบายของ Ishikawa *et al.* (1987) และ Jelen *et al.* (1979) ที่ว่าการให้ความร้อนสูงกับส่วนกระดูกทำให้กระดูกอ่อนนุ่มเอนไซม์ย่อยได้ง่ายได้กรดอะมิโนจำนวนมาก ซึ่งไม่สามารถแสดงคุณสมบัติการเป็นอิมัลซิไฟเออร์ที่ดีได้ ดังนั้นในการผลิตไฮโดรไลเซทปลาครั้งนี้จึงใช้วิธีเตรียมตัวอย่างโดยการแช่เศษปลาสดแห้งในสารละลาย NaOH เข้มข้นร้อยละ 20 pH 8.5 นาน 90 นาที ที่ 10°C ก่อนเติมเอนไซม์อัลคาเลส

1.2 ศึกษาสภาวะที่เหมาะสมในการย่อยด้วยเอนไซม์อัลคาเลส

Table 1 Effect of soaking time for alkali pretreatment in the production of fish protein hydrolysate (FPH).

Soaking time (min)	Emulsifying capacity (ml oil/gm protein)	Protein (%) (TN × 6.25)
60	418.90 ^c	18.48 ^{ab}
90	466.07 ^a	17.88 ^b
120	434.39 ^b	19.18 ^a
150	423.23 ^{bc}	19.15 ^a
180	417.32 ^c	18.11 ^b

Different letters in the same column shows significant difference at 95% confident level.

จากการทดลองหาระยะเวลาและความเข้มข้นของเอนไซม์อัลคาเลสที่เหมาะสมในการย่อยสลายเศษปลาบดแห้งโดยแช่เศษปลาบดแห้งที่ผสมน้ำ (1:1.25) ในสารละลายต่าง pH 8.5 นาน 90 นาที (ผลการศึกษาในข้อ 1.1) ย่อยด้วยเอนไซม์อัลคาเลส ปริมาณ 0.075, 0.125, 0.175, 0.225 มล ต่อเศษปลาบดแห้ง 100 กรัม ทำการย่อยนาน 90, 120, 150 และ 180 นาทีที่ 60°C พบว่าความเข้มข้นของเอนไซม์และระยะเวลาในการย่อย รวมทั้งปฏิสัมพันธ์ (interaction) ของทั้ง 2 ปัจจัยมีผลอย่างมีนัยสำคัญยิ่ง ($P < 0.01$) ต่อความสามารถในการเกิดอิมัลชันของโปรตีน ไฮโดรไลเซทปลา (Table 4) โดยความสามารถในการเกิดอิมัลชันมีค่าสูงที่สุดเมื่อทำการย่อยโดยใช้อัลคาเลส ปริมาณ 0.075 มล.ต่อ 100 กรัมเศษปลาบดแห้ง ทำการย่อยนาน 150 นาทีที่ 60°C เมื่อเขียนกราฟแสดง

ความสัมพันธ์ระหว่างความสามารถในการเกิดอิมัลชันกับความเข้มข้นของเอนไซม์ที่แต่ละเวลาของการย่อยพบว่า ค่าความสามารถในการเกิดอิมัลชันมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นเมื่อเพิ่มปริมาณเอนไซม์จาก 0.075 เป็น 0.175 มิลลิตรต่อ 100 กรัมเศษปลาบดแห้ง และเริ่มลดลงเมื่อเพิ่มปริมาณเอนไซม์เป็น 0.225 มล (Figure 1) ค่าความสามารถในการเกิดอิมัลชันจะมีค่าสูงเมื่อใช้เวลาในการย่อยนาน 150 นาที โดยมีค่าต่างกันเพียงเล็กน้อยเมื่อใช้ปริมาณเอนไซม์ต่างๆ กัน (Table 4) สำหรับปริมาณโปรตีนในไฮโดรไลเซทพบว่าเวลาในการย่อยไม่มีผลโดยตรงแต่ความเข้มข้นของเอนไซม์และปฏิสัมพันธ์ของเวลากับความเข้มข้นของเอนไซม์มีผลต่อปริมาณโปรตีน โดยปริมาณโปรตีนมีค่าสูงที่สุดเมื่อใช้เอนไซม์ปริมาณ 0.075 มล ต่อ 100 กเศษปลาบดแห้ง ทั้งนี้ที่เวลาในการย่อย 180 นาทีจะ

Table 2 Effect of heating time at 121°C in autoclave, the pretreatment step in the production of fish protein hydrolysate.

Heating time (min)	Emulsifying capacity (ml oil/gm protein)	Protein (%) (TN × 6.25)
30	141.08 ^c	20.73
60	165.77 ^a	20.16
120	148.85 ^b	20.28

Different letters in the same column shows significant difference at 95% confident level.

Table 3 Comparison of pretreatment condition for fish protein hydrolysate production.

Pretreatment condition	Emulsifying capacity (ml oil/gm protein)	Protein (%) (TN × 6.25)
Control ¹	167.10 ^b	18.71 ^b
Heating 121°C 60 min	165.77 ^b	20.16 ^a
Alkali soaking 90 min pH 8.5	466.07 ^a	17.88 ^c

¹ control = soaked raw material in distilled water for 90 min

different letters in the same column shows significant difference at 95% confident level.

Table 4 Emulsifying capacity (EC) and protein content of fish protein hydrolysate made from different enzymatic hydrolysis conditions.

Enzyme concentration per 100 gm of dried fish (ml/100 gm dried fish)	Hydrolysis time (min)	EC (ml oil/gm protein)	Protein (%) (TN × 6.25)
0.075	90	438.32 ^{bcd}	17.61 ^{ab}
	120	303.98 ^c	16.57 ^{bcde}
	150	529.89 ^a	16.34 ^{bcde}
	180	407.40 ^d	18.60 ^a
0.125	90	456.05 ^{cd}	15.41 ^{de}
	120	429.59 ^{cd}	16.52 ^{bcde}
	150	456.02 ^{bcd}	16.86 ^{bc}
	180	462.81 ^{bcd}	16.05 ^{cde}
0.175	90	454.06 ^{bcd}	16.57 ^{bcde}
	120	484.14 ^{abc}	16.72 ^{bcd}
	150	501.24 ^{ab}	16.37 ^{bcde}
	180	526.29 ^a	16.56 ^{bcde}
0.225	90	411.29 ^d	15.35 ^c
	120	448.76 ^{bcd}	16.37 ^{bcde}
	150	487.15 ^{abc}	16.47 ^{bcde}
	180	443.09 ^{bcd}	16.44 ^{bcde}

Different letters in the same column shows significant difference at 95% confident level.

ให้ปริมาณโปรตีนสูงสุดคือร้อยละ 18.6 การเพิ่มความเข้มข้นของเอนไซม์เป็น 0.125-0.225 มล.ต่อ 100 ก. เศษปลาแห้งจะได้ไฮโดรไลเซตที่มีปริมาณโปรตีนใกล้เคียงกันคืออยู่ในช่วงร้อยละ 15-16.8

จากผลการศึกษาในข้อ 1.1 และ 1.2 สรุปสภาวะสำหรับการผลิตไฮโดรไลเซตปลาแห้งคือผสมเศษปลาแห้ง 1 ส่วนต่อน้ำ 1.25 ส่วนโดยน้ำหนัก เติมน้ำ NaOH เข้มข้นร้อยละ 20 เพื่อปรับ pH สารละลายเป็น 8.5 เขย่าตลอดเวลา 90 นาทีที่ 10°C เติมน้ำเอนไซม์อัลคาเลส (Activity 2.4 AU/กรัม) ในปริมาณ 0.075 มล.ต่อเศษปลาแห้ง 100 กรัมย่อนาน 150

นาทีที่ 60°C จึงแยกของเหลวใสโดยการหมุนเหวี่ยง

2. การศึกษาสภาวะการทำแห้ง

ไฮโดรไลเซตปลาที่เป็นของเหลวจากผลการศึกษาในข้อ 1.1 และ 1.2 นำมาทำเป็นผงแห้งแบบพ่นฝอยที่สภาวะต่างกันคือ ใช้ลมร้อนอุณหภูมิ 160°C และ 170°C ที่ความดันลมในการหมุนหัวเหวี่ยงเท่ากับ 4 และ 5 กก/ชม² อัตราการป้อนตัวอย่างเข้าเครื่องเท่ากับ 300 มล.ต่อชั่วโมง พบว่าโปรตีนไฮโดรไลเซตผงแห้งที่ได้จากการทำแห้งที่ 160°C 5 กก/ชม² มีค่า EC สูงที่สุด (Table 5) และพบว่าที่สภาวะการทำ

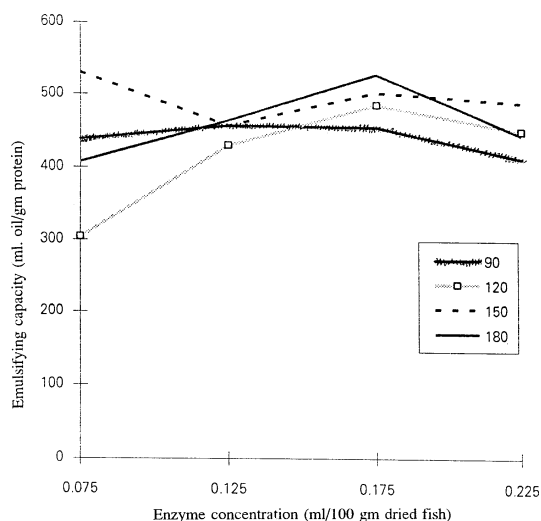


Figure 1 Emulsifying capacity of fish protein hydrolysate which produced from alcalase hydrolysis at different hydrolysis time and enzyme concentration.

แห้งต่างๆ กัน แต่ละตัวอย่างมีปริมาณร้อยละของความชื้นและโปรตีนอยู่ในช่วง 2.27-3.13 และ 81-85 ตามลำดับ ค่าดัชนีการละลายของไนโตรเจนสูงเมื่อใช้อุณหภูมิการทำแห้ง 160°C โดยที่ความดันลม 4 หรือ 5 กก/ชม² ไม่ทำให้เกิดความแตกต่างของค่าดัชนีการ

ละลายของไนโตรเจน อย่างมีนัยสำคัญ (Table 5) การเพิ่มอุณหภูมิการทำแห้งจาก 160°C เป็น 170°C ทำให้เกิดความร้อนเพิ่มขึ้น จนมีผลต่อคุณสมบัติการละลายของโปรตีน โปรตีนส่วนที่ละลายได้นี้ ทำหน้าที่ในการโอบล้อมเม็ดไขมันในระบบอิมัลชัน โดยหันด้านหนึ่งไปจับกับน้ำ และอีกด้านจับกับไขมัน Larson and Friberg (1990) รายงานว่าโปรตีนส่วนที่ละลายได้จะมีพื้นที่ผิวระหว่างโปรตีนกับไขมันมากกว่าโปรตีนที่มีการละลายต่ำกว่า ดังนั้นในการทดลองนี้จึงเลือกใช้สภาวะการทำแห้งไฮโดรไลเซทปลา ที่ 160°C แรงดันลมหมุนหัวเหวี่ยง 5 กก/ชม²

3. การศึกษาสภาวะของการเก็บรักษาไฮโดรไลเซทผง

จากการเปรียบเทียบสมบัติของโปรตีนไฮโดรไลเซทที่ผลิตใหม่กับไฮโดรไลเซทชนิดผงแห้งที่บรรจุในถุงพลาสติกชนิด PE กับถุงอลูมิเนียมฟอยล์-ลามิเนตด้วย PE ที่ปิดผนึกด้วยความร้อน โดยปรับสภาพการบรรจุในบรรยากาศปกติและสุญญากาศ เก็บรักษาที่อุณหภูมิห้อง (30°C) นาน 5 สัปดาห์ พบว่าสภาพการบรรจุมีผลต่อคุณภาพของโปรตีนไฮโดรไลเซทชนิดผงอย่างมีนัยสำคัญ ($P < 0.05$) โดยมีความแตกต่างของลักษณะคุณภาพดังแสดงใน Table 6 คือโปรตีนไฮโดรไลเซทผงที่บรรจุถุงอลูมิเนียม

Table 5 Emulsifying capacity (EC), protein content, moisture content and nitrogen solubility index (NSI) of spray dried fish protein hydrolysate made from different drying conditions.

Inlet air Temp. (°C)	Air pressure of rotary atomizer (kg/cm ²)	EC (ml oil/gm prot.)	Protein (%) (TN × 6.25)	Moisture (%)	NSI
160	4	420.18 ^b	83.06	2.27	99.11 ^a
160	5	458.71 ^a	81.35	3.13	96.36 ^a
170	4	425.91 ^b	85.56	2.84	84.10 ^b
170	5	424.38 ^b	84.57	2.42	85.39 ^b

Different letters in the same column shows significant difference at 95% confident level.

พอลิสภาพสุญญากาศเมื่อเก็บที่อุณหภูมิห้องประมาณ 5 สัปดาห์ยังคงมีค่า EC ปริมาณ โปรตีน ความชื้น ค่าที่บ่งชี้การเน่าเสียและการละลายของไนโตรเจนและค่าสี CIE $L^*a^*b^*$ ใกล้เคียงกับไฮโดรไลเซตผงที่ผลิตขึ้นใหม่ จะเห็นได้ว่า การเปลี่ยนแปลงสมบัติของโปรตีนไฮโดรไลเซตชนิดผงสามารถหาลอเวลาได้ด้วยการควบคุมปริมาณความชื้นออกซิเจนและแสงที่สัมผัสโดยตรงกับไฮโดรไลเซต ดังปรากฏในผลการทดลองของ Spinelli and Koury (1975) ที่พบว่าการเก็บ fish protein isolate ภายใต้สภาวะสุญญากาศนาน 2 เดือนจะทำให้ค่า EC ลดลงน้อยกว่าการเก็บที่บรรยากาศปกติเนื่องจากออกซิเจนเป็นปัจจัยหลักที่ทำให้เกิดปฏิกิริยาออกซิเดชันของกรดไขมันซึ่งจะถูกเร่งโดยแสงสารที่เกิดจากการออกซิเดชันนี้ กลายเป็นสารเริ่มต้นของปฏิกิริยา Maillard ซึ่งผลิตสารที่ให้สีน้ำตาล (Tsuchiya, 1992) ซึ่งทำให้เสียสมบัติในการละลายของโปรตีนและค่าสีเปลี่ยน แปลงไปจากเดิมด้วย

จากผลใน Table 5 ค่าที่บ่งชี้ของการบรรจุในถุง PE แบบสุญญากาศมีค่าสูงที่สุดเนื่องจากการแผ่กระจายของผงโปรตีนในถุงมีพื้นที่ผิวสัมผัสกับแสงความชื้นและออกซิเจนมากกว่าการบรรจุแบบอื่นๆ ดังนั้นการเก็บรักษาโปรตีนไฮโดรไลเซตปลาชนิดผงจึงแนะนำให้บรรจุในถุงอลูมิเนียมพอลิเอทิลีนทด้วย PE และปิดผนึกสนิทกันอากาศเข้าออก

4. การศึกษาสมบัติทางหน้าที่ของโปรตีนไฮโดรไลเซตปลาชนิดผง

จากการศึกษาสมบัติการเป็นสารอิมัลซิไฟเออร์ในอิมัลชันของไส้กรอกหมูของโปรตีนไฮโดรไลเซตปลาโดยผลิตไส้กรอกหมูแฟรงเฟอ์เตอร์ 3 ชนิด คือ ไส้กรอกที่ผลิตจากเนื้อหมูไม่เสริมโปรตีนอื่น ไส้กรอกเสริมโปรตีนไฮโดรไลเซตปลาผงร้อยละ 3 ของ น.น. เนื้อหมูและไส้กรอกที่เติม โซเดียมเคซีนทรอยล์ 3 ของ น.น.เนื้อหมู เปรียบเทียบคุณภาพทาง

ประสาทสัมผัสของทั้ง 3 ตัวอย่างข้างต้น พบว่าผู้ชิมให้คะแนนความชอบไส้กรอกที่เติมโซเดียมเคซีนทรอยล์ 3 ใกล้เคียงกับไส้กรอกที่ไม่ได้เติมโปรตีนเสริมโดยมีคะแนนความชอบเฉลี่ยของสี่ กลิ่นรส เนื้อสัมผัสความชุ่มฉ่ำ การยอมรับ ประมาณมากกว่า 7 ถึง 8.2 จากคะแนนเต็ม 9.0 ส่วนไส้กรอกที่เติมไฮโดรไลเซตปลาชนิดผงมีคะแนนความชอบด้านสี กลิ่นรส การยอมรับรวม ต่ำกว่าอย่างมีนัยสำคัญ ($P < 0.05$) โดยมีค่าเฉลี่ย 6.8 5.2 และ 5.6 ตามลำดับ (Table 6) โดยผู้ชิมให้ความเห็นว่าไส้กรอกมีกลิ่นรสของปลาปรากฏชัด ซึ่งหากใช้ในไส้กรอกปลาการยอมรับด้านกลิ่นรส น่าจะดีกว่านี้ Sen (1966) แนะนำให้แยกไขมันจากวัตถุดิบก่อนผลิตไฮโดรไลเซตเพื่อช่วยลดกลิ่นรสปลา ข้อได้เปรียบของโปรตีนไฮโดรไลเซตปลาคือช่วยให้ไส้กรอกมีค่าความสามารถในการอุ้มน้ำของโปรตีนและค่าแรงต้านการกด ความคงตัวของอิมัลชันสูงกว่าไส้กรอกที่ไม่เติมโปรตีนอื่นและไส้กรอกที่ใช้โซเดียมเคซีนทรอยล์แสดงใน Table 7 แต่สีของไส้กรอกจะคล้ำกว่าไส้กรอกที่เติมโซเดียมเคซีนทรอยล์และไม่เติมโปรตีนอื่นอยู่บ้าง จากผลการศึกษาข้างต้นนี้แสดงให้เห็นว่าโปรตีนไฮโดรไลเซตปลาชนิดผงที่ผลิตตามกรรมวิธีที่นำเสนอในการศึกษาวิจัยครั้งนี้ ให้สมบัติในการเป็นอิมัลซิไฟเออร์ในระบบอิมัลชันของเนื้อสัตว์ได้ใกล้เคียงกับโซเดียมเคซีนทรอยล์ที่มีการใช้อยู่ในเชิงพาณิชย์แต่จะมีปัญหาด้านกลิ่นคาวปลาอยู่บ้าง จึงเหมาะที่จะใช้ในผลิตภัณฑ์ปลา หรือศึกษาเพิ่มเติมเพื่อหาทางลดกลิ่นคาวปลาลงบ้าง

5. ศึกษาปริมาณกรดอะมิโนในโปรตีนไฮโดรไลเซตปลา

ผลการวิเคราะห์กรดอะมิโนในเศษปลาสดแห้งและโปรตีนไฮโดรไลเซตปลาที่ยังเป็นของเหลวก่อนการทำแห้ง แสดงใน Table 7 ซึ่งสรุปได้ว่าปริมาณกรดอะมิโนในโปรตีนไฮโดรไลเซตปลามีปริมาณสูงกว่าในวัตถุดิบเศษปลาสดแห้ง โดยมีชนิดของกรด

Table 6 Emulsifying capacity (EC), protein content, moisture content, TBA value, nitrogen solubility index (NSI) and color value (L*a*b*) of spray dried fish protein hydrolysate which were kept in different type of packaging for 5 wk at room temperature.

Packaging		EC (ml oil/gm prot.)	% Protein (TN × 6.25)		Moist.	TBA	NSI	Color		
Type	Condition		wet basis	dry basis				L *	a *	b *
Control ¹		420.61 ^a	83.94 ^a	90.13 ^a	7.36 ^d	4.33 ^d	99.45 ^a	48.13 ^a	+3.24 ^c	+19.47 ^a
PE	atmospheric pack	373.01 ^d	77.85 ^c	88.80 ^a	12.34 ^a	18.40 ^b	90.54 ^d	39.78 ^d	+5.01 ^a	+17.09 ^c
	vacuum pack	366.23 ^e	75.20 ^d	85.35 ^b	11.90 ^b	20.91 ^a	96.41 ^c	35.42 ^c	+5.04 ^a	+14.28 ^d
AL/PE	atmospheric pack	393.20 ^c	80.55 ^b	89.40 ^a	9.90 ^c	6.88 ^c	98.45 ^b	46.22 ^a	+4.47 ^b	+19.28 ^a
	vacuum pack	405.34 ^b	81.25 ^b	90.18 ^a	9.90 ^c	6.54 ^c	99.20 ^a	42.26 ^a	+4.44 ^b	+19.40 ^a

Different letters in the same column shows significant difference at 95% confident level.

¹ control = freshly made FPH.

Table 7 Water holding capacity (WHC), emulsion stability (ES), puncture force and color value (L*a*b*) of pork sausages that contained different protein binders.

Protein binder	WHC (%)	ES-Separation liquid		Puncture Force(Kg)	Color	
		Fat %(v/w)	Water %(v/w)		L*	a* b*
O	87.73	0.86 ^a	5.81 ^a	0.93 ^b	49.24 ^b	+6.01 ^b +11.82 ^b
3% Na-caseinate	89.35	0.63 ^b	4.79 ^b	0.87 ^b	51.56 ^a	+6.31 ^b +12.33 ^b
3% FPH	89.42	0.52 ^b	4.44 ^c	1.12 ^a	46.30 ^c	+6.99 ^a +13.22 ^a

Different letters in the same column shows significant difference at 95% confident level.

Table 8 Sensory evaluation of pork sausages that contained different protein binder.

Protein binder	Mean score ¹				
	Color	Flavor	Texture	Juiciness	Acceptability
O	7.9 ^a	7.5 ^a	8.2 ^a	7.7 ^a	7.8 ^a
3% Na-caseinate	7.8 ^a	7.6 ^a	7.6 ^a	7.5 ^a	7.7 ^a
3% FPH	6.8 ^b	5.2 ^b	7.7 ^a	7.4 ^a	5.6 ^b

Different letters in the same column shows significant difference at 95% confident level.

¹ mean score from 10 panels : 1 = dislike extremely 9 = like extremely

เหมือนกัน ซึ่งเปรียบเทียบกับไฮโดรไลเซทปลาสดจากรายงานของ Mackie (1982) พบว่ามีชนิดของกรดอะมิโนเหมือนกันแต่ปริมาณของกรดต่ำกว่าในปลาสดอยู่บ้าง ยกเว้นกรด glutamic และ glycine ซึ่งปลาสดจะต่ำกว่ามาก แสดงว่าชนิดของปลาและส่วนที่นำมาใช้เป็นวัตถุดิบ ทำให้เกิดความแตกต่างของชนิดและปริมาณกรดอะมิโน อย่างไรก็ตามปริมาณและชนิดของกรดอะมิโนจำเป็นในโปรตีนไฮโดรไลเซทปลาเมื่อเทียบกับค่ามาตรฐานของ FAO/WHO (1973) (อ้างตาม Rebeca *et al.*, 1991)

สรุป

ของเหลือจากโรงงานผลิตซูริมิ ซึ่งเป็นส่วนของหัวและไส้ปลาทรายแดงเมื่อนำมาทำแห้งและบดเป็นผง ขนาดอนุภาคน้อยกว่าหรือเท่ากับ 1.18 มม มีองค์ประกอบทางเคมีคือ โปรตีนร้อยละ 49.92 ไขมันร้อยละ 9.32 เกลือร้อยละ 31.12 (ของน้ำหนักแห้ง) และความชื้นร้อยละ 6.85 นำมาผลิตโปรตีนไฮโดรไลเซทโดยผสมเศษปลาบดแห้งต่อน้ำในอัตราส่วน 1:1.25 โดยน้ำหนัก แชนด่าง pH 8.5 เขย่าตลอดเวลานาน 90 นาทีที่ 10°C จึงเติมเอนไซม์อัลคาเลส (Activity 2.4 AU/gm) ในปริมาณ 0.075 มล ต่อเศษปลาบดแห้ง 100 กรัม ทำการย่อยนาน 150

นาทีที่ 60°C หยุดปฏิกิริยาของเอนไซม์ด้วยความร้อน จากนั้นหมุนเหวี่ยงแยกของเหลวใสหรือไฮโดรไลเซทที่ 9400 รอบ/นาที 4°C นาน 15 นาที นำไฮโดรไลเซทเหลวนี้ไปทำแห้งโดยใช้เครื่องทำแห้งแบบฉีดพ่นเป็นฝอยที่อุณหภูมิลมร้อน 160°C แรงดันลมหมุนหัวเหวี่ยง 5 กก/ชม² อัตราการป้อนของเหลว 300 มล ต่อ ชม จะได้ไฮโดรไลเซทผง ที่มีความชื้นประมาณร้อยละ 3 โปรตีนร้อยละ 81-85 (TN × 6.25) ค่า EC 458.7 มล. น้ำมันต่อกรัมโปรตีนและค่าดัชนีการละลายของไนโตรเจน (NSI) เป็น 96 และมีปริมาณกรดอะมิโนจำเป็นใกล้เคียงกับค่ามาตรฐานของ FAO/WHO (1973) เมื่อใช้เติมในไส้กรอกแฟรงเฟอ์เตอร์หมูในปริมาณร้อยละ 3 ของ น.น. เนื้อหมู พบว่าไส้กรอกที่ได้มีค่าความสามารถในการอุ้มน้ำของโปรตีน ค่าความคงตัวของอิมัลชันและค่าแรงต้านการกดสูงกว่าไส้กรอกที่ไม่เติมโปรตีนอื่นและไส้กรอกที่เติมโซเดียมเคซีนทร้อยละ 3 แต่กลิ่นรสปลาในไฮโดรไลเซทปรากฏชัดในไส้กรอกจึงทำให้ไส้กรอกที่เติมไฮโดรไลเซทปลาได้รับคะแนนความชอบต่ำกว่าตัวอย่างอื่นๆ จึงควรเลือกใช้ไฮโดรไลเซทปลาผงในผลิตภัณฑ์ปลาซึ่งมีกลิ่นรสเดียวกัน หรือทำการศึกษาเพื่อหาวิธีกำจัดกลิ่นปลาในไฮโดรไลเซทต่อไป

Table 9 Amino acid content of fish protein hydrolysate (FPH).

Amino acid	Content (mg/gm protein)				
	Threadfin	FPH ¹	FPH ²	Casein ³	FAO/WHO ⁴
	bream headssguts	from threadfin bream	from cod		(1973)
Essential amino acid :					
Treonine	33.89	40.74	47	46.6	40
Valine	41.92	53.31	46.6	67.4	50
Cystine + Methionine	32.48	33.56	38.3	31.5	35
Isoleucine	33.26	41.32	41.6	54.1	40
Leucine	62.22	78.35	75.7	95.1	70
Tyrosine + Phenylalanine	64.13	69.57	67.2	110.6	60
Lysine	64.15	84.71	90.9	81.2	55
Tryptophane	11.47	9.92	11.9	16.8	10
Non essential amino acid:					
Aspartic acid	76.97	94.38	98.6		
Serine	34.66	36.53	49.8		
glutamic acid	143.16	192.98	144.8		
Proline	64.17	71.32	44.0		
Glycine	104.12	110.50	63.0		
Alanine	80.46	97.02	66.3		
Histidine	14.16	14.79	26.0		
Arginine	27.74	24.38	56.7		

¹ FPH from the production of this experiment² from Mackie (1982)³ from Yanez **et. al.** (1976)⁴ from Rebeca **et. al.** (1991)

เอกสารอ้างอิง

วชิรปราชญ์ คล้ายทอง. 2537. ศึกษาการส่งออกสินค้า
ประมงไทยในตลาดญี่ปุ่น. เศรษฐกิจการประมง
1:3-4.
วรรณวิบูลย์ กาญจนกฤษ. 2529. เทคโนโลยี

ผลิตภัณฑ์ประมง. คณะอุตสาหกรรมเกษตร
กรุงเทพฯ. 177 น.

_____ 2533. ชูริมิ ผลิตภัณฑ์ที่น่าจับตามอง.
อุตสาหกรรมเกษตร 1 : 20-26.

สุรพล อุปติสสกุล. 2528. การตรวจสอบความแตกต่าง
ของค่าเฉลี่ย. ศูนย์ส่งเสริมและฝึกอบรมแห่งชาติ

- มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ. 145 น.
- Adler-Nissen, J. 1976. Enzymatic hydrolysis of proteins for increased solubility. *J. Agric. Food Chem.* 24 : 190-105.
- AOAC. 1990. Official Method of the Association of Official Analytical Chemists 14th ed., Association of Official Analytical Chemists, Washington D.C. 975p.
- Bernthel, P.H., A.M. Booren, and J.I. Gray. 1991. Effect of reduced sodium chloride concentration and tetrasodium pyrophosphate on pH, water holding capacity and extractable protein of pre-rigor and post-rigor ground beef. *Meat Sci.* 29 : 69-82.
- Duerr, P.E. and M.D. Earle. 1974. The extraction of beef bones with water, dilute sodium hydroxide and dilute potassium chloride. *J. Sci. Food Agric.* 25 : 121-128.
- Ishikawa, M., S. Mori, H. Watanabe, and Y. Sakai. 1987. Softening of fish bone. 1. relation between softening rate and solubilization rate of organic from fish bone. *J. Food Process. Preser.* 11 : 277-287.
- Jelen, P., M. Earle and W. Edwardson. 1979. Recovery of meat protein from alkaline extracts of beef bones. *J. Food Sci.* 44 : 327.
- Larson, K. and S. E. Friberg. 1990. *Food Emulsions*. Marcel Dekker Inc., New York. 505p.
- Mackie, J.M. 1982. Fish protein hydrolysates. *Process. Biochem.* 17 : 26-31.
- Rebeca, B.D., M.T. Pena-vera, and M. Dizacastaneda. 1991. Production of fish protein hydrolysate with bacterial protease : yield and nutritional value. *J. Food Sci.* 56 : 309-314.
- Sen, D.P. 1966. Fish odors and the problem of their removal. *Fish Technology Experiment Station, Mangalore.* 148p.
- Shibata, N. and Y. Kinumaki. 1979. An improvement of TBA procedure as the measure of the oxidative deterioration occurring in fish oil II. intact sample procedure. *Bulletin of the Japanese Society of scientific Fisheries* 4 : 505-509.
- Spinelli, J. and J. Koury. 1975. Effect of moisture, carbohydrate and atmosphere on the functional stability of fish protein isolate. *J. Food Sci.* 40 : 58-61.
- Swift, C.E., C. Lockett, and A.J. Fryer. 1961. Comminuted meat emulsion the capacity of meat for emulsifying fats. *Food Tech.* 15 : 468.
- Tsuchiya, T. 1992. Biochemistry of fish oil, pp. 211-257. *In* T. Kaneko and T. Endo. (eds.). *Fish as Food : Nutrition, Sanitation and Utilization*. Govt. Chem. Ind. Research Institute. Tokyo, Japan.
- Wimmer, M.P., J.G. Sebranek, and F.K. Mckeith. 1993. Washed mechanically separated pork as a surimi-like meal product ingredient. *J. Food Sci.* 58 : 254-258.
- Yanez, E., D. Ballester, and F. Monckeber. 1976. Enzymatic fish protein hydrolysate : chemical composition, nutritive value and use as a supplement to cereal protein. *J. Food Sci.* 41 : 1289-1292.
- Yu, S.Y. and L.K. Tan. 1996. Acceptability of cracker (Keropok) with fish protein hydrolysate. *International J. of Food Sci. and Tech.* 25 : 204-208.

วันรับเรื่อง : 7/กค./40

วันรับตีพิมพ์ : 9/ธค./40