บทที่ 3

การทดลองที่ 1 การคัดเลือกวัตถุดิบจากเศษเหลือโรงงานอุตสาหกรรมแปรรูปสัตว์น้ำที่เหมาะสมเพื่อนำมาใช้เป็นแหล่งโปรตีนในอาหารสัตว์น้ำ

3.1 บทคัดย่อ

คัดเลือกหัวปลาทูน่า เครื่องในปลาทูน่าและหัวกุ้งกุลาดำ เพื่อผลิตเป็นผลิตภัณฑ์ป่นและโปรตีนไฮโดรไลเสต เพื่อใช้ในอาหารปลากะพงขาว โดยพิจารณาจากปริมาณโปรตีน ปริมาณผลผลิตและองค์ประกอบกรดอะมิโนในผลิตภัณฑ์ พบว่าเครื่องในปลาทูน่าเมื่อผลิตเป็นผลิตภัณฑ์ป่นและโปรตีนไฮโดรไลเสตมีปริมาณโปรตีนสูงสุดเท่ากับ 63.99 และ 86.56 เปอร์เซ็นต์โดยน้ำหนักแห้งตามลำดับ สูงกว่าปริมาณโปรตีนในผลิตภัณฑ์ที่ผลิตจากหัวปลาทูน่าและหัวกุ้งกุลาดำอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.05$) เช่นเดียวกับองค์ประกอบกรดอะมิโนในผลิตภัณฑ์ทั้ง 2 ชนิดที่ผลิตจากเครื่องในปลาทูน่าจะมีปริมาณกรดอะมิโนสูงกว่าหัวปลาทูน่าและหัวกุ้งกุลาดำ สำหรับปริมาณผลผลิตในผลิตภัณฑ์ป่นจากหัวปลาทูน่ามีปริมาณผลผลิตสูงสุดเท่ากับ 24.60 เปอร์เซ็นต์โดยน้ำหนักแห้ง ส่วนปริมาณผลผลิตในโปรตีนไฮโดรไลเสตจากเครื่องในปลาทูน่ามีปริมาณผลผลิตสูงสุดเท่ากับ 20.10 เปอร์เซ็นต์โดยน้ำหนักแห้ง และเป็นปริมาณผลผลิตที่มากกว่าหัวกุ้งกุลาดำ ซึ่งมีปริมาณผลผลิตน้อยที่สุดเมื่อผลิตเป็นผลิตภัณฑ์ป่นและโปรตีนไฮโดรไลเสต

3.2 บทนำ

อุตสาหกรรมการแปรรูปปลาทูน่าของประเทศไทยสามารถผลิตผลิตภัณฑ์จากปลาทูน่าได้ปีละกว่า 200,000 เมตริกตัน และนำรายได้เข้าประเทศปีละไม่ต่ำกว่า 10,000 ล้านบาท ในช่วงปี พ.ศ. 2533 จนกระทั่งถึงปี พ.ศ. 2540 (กรมศุลกากร, 2540) นอกจากนี้กุ้งเป็นสัตว์น้ำอีกชนิดหนึ่งที่มีคุณค่าทางเศรษฐกิจสูง โดยในปี 2540 ประเทศไทยส่งออกกุ้งและผลิตภัณฑ์จากกุ้งสูงถึง 1.8 แสนตัน เป็นมูลค่าประมาณ 60,000 ล้านบาท (กรมเศรษฐกิจการพาณิชย์, 2540) จากแนวโน้มการขยายตัวของอุตสาหกรรมแปรรูปสัตว์น้ำ ทั้งปลาทูน่าบรรจุกระป๋องและผลิตภัณฑ์กุ้งที่เพิ่มขึ้น ส่งผลทำให้ปริมาณของวัสดุเศษเหลือเพิ่มมากขึ้น เนื่องจากขั้นตอนการแปรรูปสัตว์น้ำมีวัสดุเศษเหลือต่างๆ ได้แก่ หัวปลา เครื่องในปลา กระดูก หนังและเศษเนื้อดำ ประมาณ

ร้อยละ 25 – 30 ของวัตถุดิบทั้งหมดโดยเป็นหัวและเครื่องในประมาณร้อยละ 10 (อารยา, 2536) ในขณะที่อุตสาหกรรมกุ้งแช่เยือกแข็งก่อให้เกิดวัสดุเศษเหลือประมาณร้อยละ 37 โดยมีหัวกุ้งเป็นองค์ ประกอบหลัก (Bhuwapathapun, 1996) วัสดุเศษเหลือเหล่านี้ประกอบด้วยโปรตีนและกรดอะมิโนจำเป็นในปริมาณสูง (Shahidi *et al*., 1995) จึงมีการนำวัสดุเศษเหลือดังกล่าวมาใช้ให้ก่อประโยชน์หรือเพิ่มมูลค่า โดยส่วนใหญ่ผลิตเป็นปลาป่นหรือหัวกุ้งป่นเพื่อใช้เป็นโปรตีนในอาหารสัตว์ และผลิตเป็นโปรตีนไฮโดรไลเสต (protein hydrolysate) ซึ่งเป็นผลิตภัณฑ์ที่มีปริมาณโปรตีน และกรดอะมิโนจำเป็นในปริมาณสูง

3.3 วัตถุประสงค์

1. เพื่อศึกษาชนิดและการแปรรูปวัสดุเศษเหลือโรงงานอุตสาหกรรมแปรรูปสัตว์น้ำเป็นผลิตภัณฑ์ที่เหมาะสมเพื่อนำมาใช้เป็นแหล่งโปรตีนในอาหารสัตว์น้ำ

3.4 วัสดุ อุปกรณ์และวิธีการทดลอง

3.4.1 วัตถุดิบ วัสดุเศษเหลือจากโรงงานอุตสาหกรรมแปรรูปสัตว์น้ำที่นำมาใช้เป็นวัตถุดิบที่ใช้ในการทดลองได้แก่

- หัวปลาทูน่าพันธุ์ครีบเหลือง (*Thunnus albacares*) จากบริษัททรอปิคอลแคนนิ่ง จำกัด จำนวน 10 กิโลกรัม
- เครื่องในรวมปลาทูน่าพันธุ์ครีบเหลือง (*Thunnus albacares*) จากบริษัททรอปิคอลแคนนิ่ง จำกัด จำนวน 10 กิโลกรัม
- หัวกุ้งกุลาดำ จากบริษัทห้องเย็นโชติวัฒน์หาดใหญ่ จำกัด จำนวน 10 กิโลกรัม

นำวัตถุดิบมาล้างทำความสะอาด ทำให้สะเด็ดน้ำ บรรจุในถุงโพลีเอทิลีนถุงละ 1 กิโลกรัม นำไปแช่แข็งที่อุณหภูมิ – 20 องศาเซลเซียส จนกระทั่งนำมาใช้ในการทดลองโดยบดให้ละเอียดแล้วนำไปวิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมี ทำการวิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมีของวัตถุดิบทั้ง 3 ชนิดประกอบด้วย ความชื้น โปรตีน ไขมันและเถ้า ตามวิธีของ AOAC (1990)

3.4.2 การเตรียมผลิตภัณฑ์ปน

นำวัตถุดิบแต่ละชนิดมาล้างทำความสะอาดและทำให้สะเด็ดน้ำ

แล้วนำมาบดให้ละเอียด โดยใช้เครื่องบดเนื้อ นำไปนึ่งให้สุกที่อุณหภูมิ 85 – 90 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 15 นาทีหลังจากนั้นนำไปหมุนเหวี่ยงด้วยเครื่องหมุนเหวี่ยง เพื่อแยกเอาน้ำและไขมันออก และทำให้แห้งที่อุณหภูมิ 60 – 70 องศาเซลเซียส นำมาบดให้ละเอียดแล้วจึงเก็บใส่ถุงพลาสติก และนำไปเก็บรักษาที่อุณหภูมิ – 20 องศาเซลเซียส ก่อนการนำไปใช้ผสมในอาหารทดลอง

3.4.3 การเตรียมโปรตีนไฮโดรไลเสต

นำวัตถุดิบแต่ละชนิดมาล้างทำความสะอาดและทำให้สะเด็ดน้ำ แล้วนำมาบดให้ละเอียด ด้วยเครื่องบดเนื้อ นำมาผสมกับสารละลายบัพเฟอร์ในอัตราส่วน 1 : 1 (ใช้ ทริสไฮโดรคลอไรด์บัพเฟอร์เข้มข้น 0.2 โมลาร์) ปรับพีเอชให้เท่ากับ 8.0 จากนั้นเติมเอนไซม์อัลคาเลส 1.5 เปอร์เซ็นต์ของปริมาณโปรตีนในตัวอย่าง นำไปย่อยสลายที่อุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียสด้วยเครื่องเขย่าแบบควบคุมอุณหภูมิ เป็นเวลา 4 ชั่วโมง แล้วยับยั้งการย่อยสลายที่อุณหภูมิ 90 องศาเซลเซียส โดยใช้อ่างน้ำแบบควบคุมอุณหภูมิเป็นเวลา 2 นาที นำไปหมุนเหวี่ยงด้วยเครื่องหมุนเหวี่ยงแบบควบคุมอุณหภูมิที่ความเร็ว 10,000 รอบต่อนาทีเป็นเวลา 15 นาที นำส่วนที่เป็นของเหลวใสไปวิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมี และนำไปดึงน้ำออกด้วยเครื่องระเหยแบบสุญญากาศจนผลิตภัณฑ์ที่ได้มีลักษณะข้นแล้วจึงเก็บใส่ถุงพลาสติกและนำไปเก็บรักษาที่อุณหภูมิ – 20 องศาเซลเซียส ก่อนการนำไปใช้ผสมในอาหาร ส่วนการวิเคราะห์องค์ประกอบกรดอะมิโนนำส่วนที่เป็นของเหลวใสไปทำแห้งโดยวิธี lyophilization

3.4.4 การวิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมี ได้แก่ โปรตีน ไขมัน เถ้า ความชื้น ของตัวอย่างที่เป็นผลิตภัณฑ์ปั่นและโปรตีนไฮโดรไลเสต ตามวิธีการของ AOAC (1990) วิเคราะห์องค์ประกอบกรดอะมิโน ด้วยวิธี HPLC ที่ศูนย์เครื่องมือกลาง คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหิดล

3.4.5 การวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติ

นำข้อมูลองค์ประกอบทางเคมีมาหาค่าเฉลี่ย และวิเคราะห์ความแปรปรวนของข้อมูล (Analysis of Variance) และเปรียบเทียบหาความแตกต่างของค่าเฉลี่ยตัวแปรด้วยวิธี Duncan’s Multiple Range Test โดยใช้โปรแกรมสำเร็จรูปทางสถิติ SPSS 11.5

3.4.6 การคัดเลือกวัตถุดิบเพื่อนำไปใช้แทนที่ปลาป่น

คัดเลือกผลิตภัณฑ์ปั่นและโปรตีนไฮโดรไลเสตที่มีคุณภาพดีลำดับที่ 1 และ 2 จากวัตถุดิบทั้ง 3 ชนิด คือ หัวปลาทูน่า เครื่องในปลาทูน่า และหัวกุ้งกุลาดำ โดยพิจารณาจากผลวิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมี ได้แก่ โปรตีน ไขมัน เถ้า ความชื้น องค์ประกอบกรดอะมิโน และปริมาณผลผลิตของแต่ละผลิตภัณฑ์

3.5 ผลและวิจารณ์

3.5.1 องค์ประกอบทางเคมีของวัตถุดิบ

องค์ประกอบทางเคมีของวัตถุดิบแต่ละชนิด คือ หัวปลาทูน่า เครื่องในปลาทูน่าและหัวกุ้งกุลาดำ ดังแสดงในตารางที่ 1 พบว่าหัวปลาทูน่า เครื่องในปลาทูน่า หัวกุ้งกุลาดำ มีปริมาณโปรตีนเท่ากับ 14.66 15.48 และ 13.18 เปอร์เซ็นต์ (โดยน้ำหนักตัวอย่าง) หรือ 42.90 56.24 และ 53.35 เปอร์เซ็นต์ (โดยน้ำหนักแห้ง) ตามลำดับ โดยเครื่องในปลาทูน่ามีปริมาณโปรตีนสูงสุดอย่างมีนัยสำคัญ ($p<0.05$) ปริมาณโปรตีนที่สูงในเครื่องใน เนื่องจากเครื่องในปลา ทูน่าประกอบด้วยส่วนของเนื้อสูงกว่าหัวปลาทูน่าและหัวกุ้งกุลาดำ ซึ่งมีโครงสร้างเป็นกระดูกและโครงร่างแข็ง ส่วนปริมาณไขมันพบว่าหัวปลาทูน่า เครื่องในปลาทูน่า หัวกุ้งกุลาดำ ประกอบด้วยไขมัน 12.26 7.25 และ 2.65 เปอร์เซ็นต์ (โดยน้ำหนักตัวอย่าง) หรือ 35.89 26.33 และ 10.71 เปอร์เซ็นต์ (โดยน้ำหนักแห้ง) ตามลำดับ โดยหัวปลาทูน่ามีปริมาณไขมันสูงที่สุดอย่างมีนัยสำคัญ ($p<0.05$) รองลงมาคือ เครื่องในปลาทูน่า และหัวกุ้งกุลาดำตามลำดับ เนื่องจาก หัวปลาทูน่ามีการสะสมของไขมันบริเวณกล้ามเนื้อรอบดวงตาและชั้นกล้ามเนื้อใต้ผิวหนัง (Nettelton, 1985) ส่วนเครื่องในปลาทูน่ามีการสะสมของไขมันมากในตับ กระเพาะอาหารและ ไข่ปลา สำหรับปริมาณเถ้าพบว่าหัวปลาทูน่า เครื่องในปลาทูน่า หัวกุ้งกุลาดำ ประกอบด้วยเถ้า 6.13 3.01 และ 7.29 เปอร์เซ็นต์ (โดยน้ำหนักตัวอย่าง) หรือ 17.95 10.94 และ 29.54 เปอร์เซ็นต์ (โดยน้ำหนักแห้ง) ตามลำดับ โดยหัวกุ้งกุลาดำมีปริมาณเถ้าสูงที่สุดอย่างมีนัยสำคัญ ($p<0.05$) รองลงมาคือ หัวปลาทูน่า และเครื่องในปลาทูน่า เนื่องจากหัวกุ้งกุลาดำประกอบด้วยโครงร่างแข็ง ซึ่งมีองค์ประกอบของแคลเซียมคาร์บอเนตในปริมาณสูง (ประจวบ, 2527) ในขณะที่หัวปลาทูน่าประกอบด้วยโครงกระดูก เหงือกและกระพุ้งแก้ม จึงทำให้วัตถุดิบทั้งสองชนิดมีปริมาณเถ้าสูงกว่าเครื่องกับใน ซึ่งคล้ายคลึงกับ ซึ่งคล้ายคลึงกับอัจฉริยา (2542) ศึกษาองค์ประกอบทางเคมีของ หัวและเครื่องในปลาทูน่าพันธุ์โอแถบ พบว่าส่วนหัวปลาทูน่ามีปริมาณโปรตีน ไขมัน และเถ้าเท่ากับ 51.54 22.08 และ 24.07 เปอร์เซ็นต์ (โดยน้ำหนักแห้ง) ตามลำดับ และส่วนเครื่องในมีค่าเท่ากับ 76.68 9.58 และ 11.63 เปอร์เซ็นต์ (โดยน้ำหนักแห้ง) ตามลำดับ และไตรตะวัน (2542) ศึกษาองค์ประกอบทางเคมีของหัวกุ้งกุลาดำประกอบด้วยโปรตีน ไขมัน และเถ้าเท่ากับ 12.48 6.32 และ 7.24 เปอร์เซ็นต์ (โดยน้ำหนักตัวอย่าง) ตามลำดับ

ตารางที่ 1 องค์ประกอบทางเคมีของวัตถุดิบชนิดต่าง ๆ (เปอร์เซ็นต์โดยน้ำหนักเปียกและวัตถุแห้ง) [1]

วัตถุดิบ	องค์ประกอบทางเคมี							
	โปรตีน		ไขมัน		เถ้า			
	น้ำหนักเปียก	วัตถุแห้ง	น้ำหนักเปียก	วัตถุแห้ง	น้ำหนักเปียก	วัตถุแห้ง	ความชื้น	วัตถุแห้ง
หัวปลาทูน่า	14.66 $\pm$ 0.20^{b}	42.90 $\pm$ 0.38^{c}	12.26 $\pm$ 0.34^{a}	35.89 $\pm$ 1.25^{a}	6.13 $\pm$ 0.02^{b}	17.95 $\pm$ 0.12^{b}	65.83 $\pm$ 0.26^{c}	34.17 $\pm$ 0.26^{a}
เครื่องในปลาทูน่า	15.48 $\pm$ 0.16^{a}	56.24 $\pm$ 0.61^{a}	7.25 $\pm$ 0.06^{b}	26.33 $\pm$ 0.18^{b}	3.01 $\pm$ 0.05^{c}	10.94 $\pm$ 0.20^{c}	72.47 $\pm$ 0.11^{b}	27.53 $\pm$ 0.11^{b}
หัวกุ้งกุลาดำ	13.18 $\pm$ 0.17^{c}	53.35 $\pm$ 0.36^{b}	2.65 $\pm$ 0.08^{c}	10.71 $\pm$ 0.19^{c}	7.29 $\pm$ 0.31^{a}	29.54 $\pm$ 1.59^{a}	75.30 $\pm$ 0.38^{a}	24.70 $\pm$ 0.36^{c}

[1] ตัวเลขที่นำเสนอเป็นค่าเฉลี่ย $\pm$ ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานจากการวิเคราะห์ 3 ซ้ำ

ค่าเฉลี่ยในสดมภ์ ที่มีตัวอักษรเหมือนกันกำกับ ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์ ($p \geq 0.05$)

3.5.2 องค์ประกอบทางเคมีของผลิตภัณฑ์ปั่น

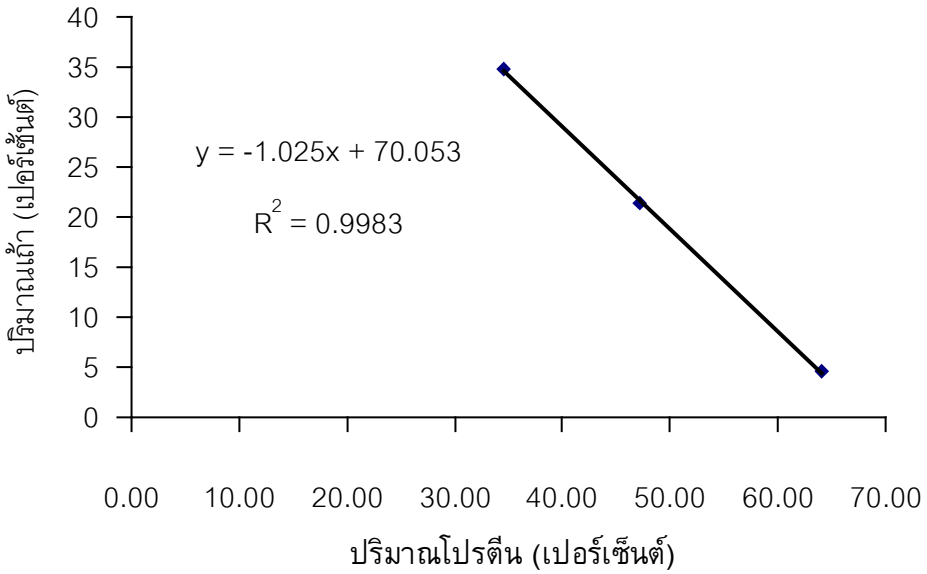
องค์ประกอบทางเคมีในผลิตภัณฑ์ปั่น ที่ผลิตจากหัวปลาทูน่า เครื่องในปลาทูน่าและหัวกุ้งกุลาดำ ดังแสดงในตารางที่ 2 พบว่าเครื่องในปลาทูน่าปั่นมีปริมาณโปรตีนสูงที่สุดอย่างมีนัยสำคัญ ($p<0.05$) เท่ากับ 63.99 เปอร์เซ็นต์ รองลงมาคือ หัวปลาทูน่าปั่น เท่ากับ 47.10 เปอร์เซ็นต์ และหัวกุ้งกุลาดำปั่นมีปริมาณโปรตีนต่ำที่สุดเท่ากับ 34.61 เปอร์เซ็นต์ สำหรับปริมาณไขมันในผลิตภัณฑ์ปั่นที่ได้จากวัตถุดิบชนิดต่าง ๆ พบว่าหัวปลาทูน่าปั่นมีปริมาณไขมันสูงสุดอย่างมีนัยสำคัญ ($p<0.05$) เท่ากับ 28.54 เปอร์เซ็นต์ ขณะที่เครื่องในปลาทูน่าปั่นและหัวกุ้งกุลาดำปั่นมีปริมาณไขมันไม่แตกต่างกัน โดยมีค่าเท่ากับ 25.70 และ 26.07 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ ส่วนปริมาณเถ้าในผลิตภัณฑ์ปั่นที่ได้จากวัตถุดิบทั้ง 3 ชนิด พบว่าปริมาณเถ้าใน หัวกุ้งกุลาดำปั่นมีค่าสูงสุดอย่างมีนัยสำคัญ ($p<0.05$) เท่ากับ 34.84 เปอร์เซ็นต์ รองลงมาคือ หัวปลาทูน่าปั่นเท่ากับ 21.31 เปอร์เซ็นต์ และเครื่องในปลาทูน่าปั่นมีปริมาณเถ้าต่ำที่สุดเท่ากับ 4.62 เปอร์เซ็นต์ เนื่องจากวัตถุดิบที่ใช้ได้แก่ หัวปลาทูน่า และหัวกุ้งกุลาดำ มีองค์ประกอบทางเคมีในวัตถุดิบ ได้แก่ ไขมันและเถ้าในปริมาณสูง ทำให้ผลิตภัณฑ์ปั่นที่ผลิตได้มีปริมาณโปรตีนต่ำและเถ้าสูงใกล้เคียงกับการศึกษาของ จูอะดี และคณะ (2538) ซึ่งพบว่าปลาปั่นที่ผลิตจากเศษปลาที่เหลือจากอุตสาหกรรมแปรรูปสัตว์น้ำมีปริมาณโปรตีน 50 - 58 เปอร์เซ็นต์ และปริมาณเถ้า 20 - 30 เปอร์เซ็นต์

เนื่องจากผลิตภัณฑ์ที่นำมาใช้เป็นแหล่งโปรตีนแทนที่ปลาป่นในอาหารสัตว์น้ำควรเป็นโปรตีนที่มีคุณภาพดี โดยทั่วไปปลาป่นคุณภาพดีจะมีปริมาณโปรตีนสูงและเถ้าต่ำ ดังนั้นผลิตภัณฑ์ปั่นและโปรตีนไฮโดรไลเสตที่เหมาะสมในการนำไปใช้ทดแทนปลาป่น จึงควรมีโปรตีนสูงและเถ้าต่ำเช่นเดียวกัน เมื่อวิเคราะห์ความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณโปรตีนและเถ้าในหัวปลาทูน่าปั่น เครื่องในปลาทูน่าปั่น และหัวกุ้งกุลาดำปั่น (ภาพที่ 4) พบว่ามีความสัมพันธ์ไปในทางผกผัน คือ เมื่อปริมาณโปรตีนในผลิตภัณฑ์ปั่นมีค่าสูงขึ้นปริมาณเถ้าในผลิตภัณฑ์ปั่นจะมีค่าลดลง

ตารางที่ 2 องค์ประกอบทางเคมีของผลิตภัณฑ์ปั้นที่ผลิตจากวัตถุดิบต่าง ๆ (เปอร์เซ็นต์โดยน้ำหนักแห้ง) [1]

วัตถุดิบ	องค์ประกอบทางเคมี			
	โปรตีน	ไขมัน	เถ้า	ความชื้น
หัวปลาทูน่า	47.10± 0.23 [b]	28.54 ± 1.43 [b]	21.31 ± 0.18 [b]	5.35 ± 0.57 [a]
เครื่องในปลาทูน่า	63.99 ± 0.61 [a]	25.70 ± 0.42 [a]	4.62 ± 0.77 [c]	6.01 ± 0.28 [a]
หัวกุ้งกุลาดำ	34.61 ± 0.31 [c]	26.07 ± 1.50 [a]	34.84 ± 0.28 [a]	4.66 ± 0.57 [a]

[1] ตัวเลขที่นำเสนอเป็นค่าเฉลี่ย ± ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานจากการวิเคราะห์ 3 ซ้ำ
ค่าเฉลี่ยในสดมภ์ที่มีตัวอักษรเหมือนกันกำกับ ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์ ($p \geq 0.05$)



ภาพที่ 4 ความสัมพันธ์ของปริมาณโปรตีนและปริมาณเถ้าในหัวปลาทูน่าป่น เครื่องในปลาทูน่าป่น และหัวกุ้งกุลาดำป่น

3.5.3 องค์ประกอบทางเคมีของโปรตีนไฮโดรไลเสต

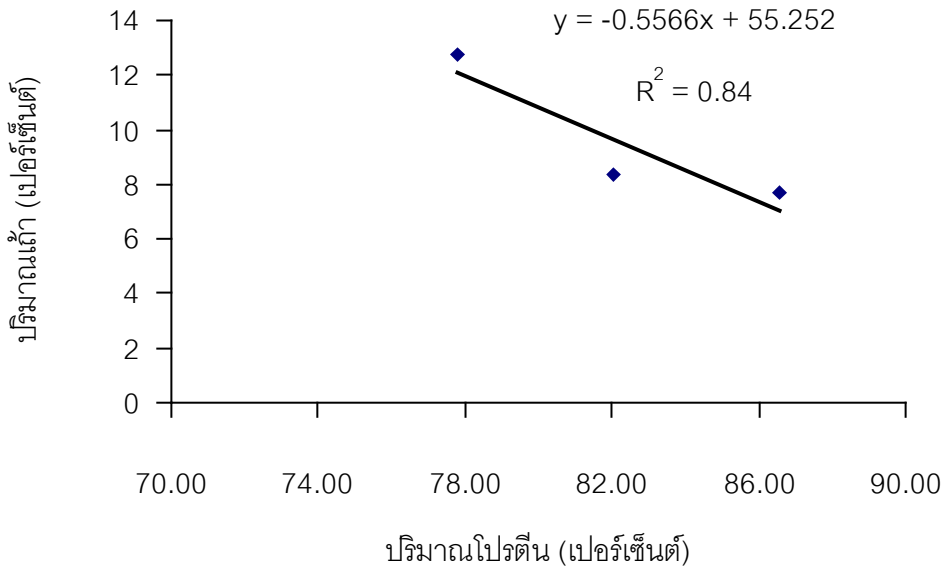
องค์ประกอบทางเคมีในโปรตีนไฮโดรไลเสตที่ผลิตจากหัวปลาทูน่า เครื่องในปลาทูน่าและหัวกุ้งกุลาดำดังแสดงในตารางที่ 3 พบว่าโปรตีนไฮโดรไลเสตจากเครื่องในปลาทูน่ามีปริมาณโปรตีนสูงที่สุดอย่างมีนัยสำคัญ ($p<0.05$) เท่ากับ 86.56 เปอร์เซ็นต์ รองลงมาคือ โปรตีนไฮโดรไลเสตจากหัวกุ้งกุลาดำเท่ากับ 82.06 เปอร์เซ็นต์ และหัวปลาทูน่ามีปริมาณโปรตีนต่ำสุดเท่ากับ 77.81 เปอร์เซ็นต์ ปริมาณไขมันในโปรตีนไฮโดรไลเสต ที่ได้จากวัตถุดิบชนิดต่าง ๆ พบว่าโปรตีนไฮโดรไลเสตจากหัวกุ้งกุลาดำมีปริมาณไขมันสูงสุดอย่างมีนัยสำคัญ ($p <0.05$) เท่ากับ 8.21 เปอร์เซ็นต์ รองลงมาคือโปรตีนไฮโดรไลเสตจากหัวปลาทูน่าเท่ากับ 5.56 เปอร์เซ็นต์ และเครื่องในปลาทูน่ามีปริมาณไขมันต่ำที่สุดเท่ากับ 2.52 เปอร์เซ็นต์ ส่วนปริมาณเถ้า พบว่าโปรตีนไฮโดรไลเสตจากหัวปลาทูน่ามีปริมาณเถ้าสูงสุดอย่างมีนัยสำคัญ ($p<0.05$) เท่ากับ 12.73 เปอร์เซ็นต์ รองลงมาคือโปรตีนไฮโดรเสตจากหัวกุ้งกุลาดำเท่ากับ 8.35 เปอร์เซ็นต์ และโปรตีนไฮโดรเสตจากเครื่องในปลาทูน่ามีปริมาณเถ้าต่ำที่สุดเท่ากับ 7.66 เปอร์เซ็นต์ โดยการศึกษาของวันชัย (2545) พบว่าปริมาณโปรตีน ไขมันและเถ้าในโปรตีนไฮโดรไลเสตจากเครื่องในปลาทูน่าเท่ากับ 62.26 – 72.01 เปอร์เซ็นต์ 1.63 – 2.52 เปอร์เซ็นต์ และ 14.00 – 15.41 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ ซึ่งองค์ประกอบทางเคมีมีค่าแตกต่างกัน เนื่องจากมีสภาวะการย่อยสลายแตกต่างกัน จึงส่งผลให้ปริมาณองค์ประกอบทางเคมีในผลิตภัณฑ์มีความแตกต่างกัน

เมื่อวิเคราะห์ความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณโปรตีน และปริมาณเถ้าในโปรตีนไฮโดรไลเสตจากหัวปลาทูน่า เครื่องในปลาทูน่า และหัวกุ้งกุลาดำ ดังแสดงในภาพที่ 5 พบว่ามีความสัมพันธ์ไปในทางผกผัน คือ เมื่อผลิตภัณฑ์มีปริมาณโปรตีนสูงจะมีปริมาณเถ้าต่ำ ขณะที่ผลิตภัณฑ์ที่มีปริมาณโปรตีนต่ำจะมีปริมาณเถ้าสูง

ตารางที่ 3 องค์ประกอบทางเคมีของโปรตีนไฮโดรไลเสตที่ผลิตจากวัตถุดิบต่าง ๆ (เปอร์เซ็นต์โดยน้ำหนักแห้ง)[1]

วัตถุดิบ	องค์ประกอบทางเคมี			
	โปรตีน	ไขมัน	เถ้า	ความชื้น
หัวปลาทูน่า	77.81± 0.97 [c]	5.56 ± 0.41[b]	12.73 ± 0.06[a]	92.04 ± 0.64 [a]
เครื่องในปลาทูน่า	86.56 ± 0.26 [a]	2.52 ± 0.07 [c]	7.66 ± 0.07 [c]	93.14 ± 0.47 [a]
หัวกุ้งกุลาดำ	82.06 ± 0.46 [b]	8.21 ± 0.47 [a]	8.35 ± 0.21[b]	94.27 ± 0.04 [a]

[1] ตัวเลขที่นำเสนอเป็นค่าเฉลี่ย ± ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานจากการวิเคราะห์ 3 ซ้ำ
ค่าเฉลี่ยในสดมภ์ที่มีตัวอักษรเหมือนกันกำกับ ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์ ($p \geq 0.05$)



ภาพที่ 5 ความสัมพันธ์ของปริมาณโปรตีนและปริมาณเถ้าในโปรตีนไฮโดรไลเสตจากหัวปลาทูน่า เครื่องในปลาทูน่าและหัวกุ้งกุลาดำ

3.5.4 ปริมาณผลผลิตของผลิตภัณฑ์

ปริมาณผลผลิตของผลิตภัณฑ์ปั่นและโปรตีนไฮโดรไลเสตที่ได้จากหัวปลาทูน่า เครื่องในปลาทูน่า หัวกุ้งกุลาดำ ดังแสดงในตารางที่ 4 พบว่าผลิตภัณฑ์ปั่นจากหัวปลาทูน่า เครื่องในปลาทูน่า หัวกุ้งกุลาดำ มีปริมาณผลผลิตเท่ากับ 24.60 12.60 และ 13.20 เปอร์เซ็นต์โดยน้ำหนักแห้งตามลำดับ ซึ่งการใช้หัวปลาทูน่าในการผลิตเป็นหัวปลาทูน่าปั่นให้ผลผลิตสูงกว่าวัตถุดิบอื่น ๆ อย่างมีนัยสำคัญ ($p<0.05$) เนื่องจากส่วนหัวประกอบด้วยโครงกระดูก เนื้อเยื่อเกี่ยวพันต่าง ๆ และหนังในปริมาณมาก ดังนั้นเมื่อมีการดึงน้ำและไขมันออกจากวัตถุดิบเหลือเพียงส่วนของแข็ง หัวปลาทูน่าจึงมีการสูญเสียน้อยกว่า ส่วนโปรตีนไฮโดรไลเสตจากหัวปลาทูน่า เครื่องในปลาทูน่า หัวกุ้งกุลาดำ มีปริมาณผลผลิตเท่ากับ 17.20 20.10 และ 10.00 เปอร์เซ็นต์โดยน้ำหนักแห้ง ตามลำดับ ซึ่งปริมาณผลผลิตจากเครื่องในปลาทูน่าสูงกว่าหัวปลาทูน่าและหัวกุ้งกุลาดำอย่างมีนัยสำคัญ ($p<0.05$) เนื่องจากหัวปลาทูน่าประกอบด้วยเนื้อเยื่อเกี่ยวพันและโครงกระดูก ซึ่งไม่สามารถย่อยสลายได้ด้วยเอนไซม์โปรติเอส (Hall and Ahmad, 1992) จึงทำให้การย่อยสลายเกิดได้น้อยกว่าเครื่องในปลาทูน่า

ในการผลิตผลิตภัณฑ์ปั่นหัวปลาทูน่าเป็นวัตถุดิบที่ให้ปริมาณผลผลิตสูงกว่าเครื่องในปลาทูน่าและหัวกุ้งกุลาดำ ขณะที่เครื่องในปลาทูน่าจะให้ปริมาณผลผลิตสูงเมื่อผลิตเป็นโปรตีนไฮโดรไลเสต

ตารางที่ 4 ปริมาณผลผลิตของผลิตภัณฑ์ปั่นและโปรตีนไฮโดรไลเสตที่ได้จากวัตถุดิบชนิดต่างๆ (เปอร์เซ็นต์โดยน้ำหนักแห้ง) [1]

วัตถุดิบ	ปริมาณผลผลิต	
	ผลิตภัณฑ์ปั่น	โปรตีนไฮโดรไลเสต
หัวปลาทูน่า	24.60± 0.14 [a]	17.20 ± 0.28 [b]
เครื่องในปลาทูน่า	12.60 ± 0.14 [b]	20.10 ± 0.14 [a]
หัวกุ้งกุลาดำ	13.20 ± 0.42 [b]	10.00 ± 0.28 [c]

[1] ตัวเลขที่นำเสนอเป็นค่าเฉลี่ย ± ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานจากการวิเคราะห์ 3 ซ้ำ
ค่าเฉลี่ยในสดมภ์ที่มีตัวอักษรเหมือนกันกำกับ ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์ ($p \geq 0.05$)

3.5.5 องค์ประกอบกรดอะมิโนของผลิตภัณฑ์

องค์ประกอบของกรดอะมิโนในผลิตภัณฑ์ปั่นจาก หัวปลาทูน่า เครื่องในปลาทูน่าและหัวกุ้งกุลาดำ ดังแสดงในตารางที่ 5 หัวปลาทูน่าปั่นมีกรดกลูตามิกในปริมาณสูงสุดเท่ากับ 4.25 เปอร์เซ็นต์ รองลงมาคือ กรดแอสพาร์ติกเท่ากับ 3.15 เปอร์เซ็นต์ ไกลซีนเท่ากับ 3.15 เปอร์เซ็นต์ และอาร์จินีนเท่ากับ 2.91 เปอร์เซ็นต์ โดยพบไอโซลูซีนในปริมาณต่ำที่สุดเท่ากับ 1.49 เปอร์เซ็นต์ ในขณะที่เครื่องในปลาทูน่าปั่นมี อาร์จินีนสูงสุดเท่ากับ 5.32 เปอร์เซ็นต์ รองลงมาคือ กรดกลูตามิกเท่ากับ 3.88 เปอร์เซ็นต์ ลูซีนเท่ากับ 3.35 เปอร์เซ็นต์ ฟีนิลอะลานีนเท่ากับ 2.79 เปอร์เซ็นต์ และไกลซีนเท่ากับ 2.67 เปอร์เซ็นต์ โดยพบโปรลีนในปริมาณต่ำที่สุดเท่ากับ 1.99 เปอร์เซ็นต์ ส่วนหัวกุ้งกุลาดำปั่นประกอบด้วยกรดกลูตามิกในปริมาณสูงสุดเท่ากับ 2.96 เปอร์เซ็นต์ รองลงมาคือฟีนิลอะลานีนเท่ากับ 2.67 เปอร์เซ็นต์ ไทโรซีนเท่ากับ 2.33 เปอร์เซ็นต์ และอาร์จินีนเท่ากับ 2.17 เปอร์เซ็นต์ โดยพบไลซีนในปริมาณต่ำที่สุดเท่ากับ 0.63 เปอร์เซ็นต์

องค์ประกอบกรดอะมิโนในโปรตีนไฮโดรไลเสตจากหัวปลาทูน่าเครื่องในปลาทูน่าและหัวกุ้งกุลาดำ ดังแสดงในตารางที่ 6 พบว่าโปรตีนไฮโดรไลเสตจากหัวปลา ทูน่าประกอบด้วยกรดกลูตามิกในปริมาณสูงสุดเท่ากับ 5.09 เปอร์เซ็นต์ รองลงมาคือ อาร์จินีนเท่ากับ 3.53 เปอร์เซ็นต์ ไกลซีนเท่ากับ 3.20 เปอร์เซ็นต์ และกรดแอสพาร์ติกเท่ากับ 2.95 เปอร์เซ็นต์ โดยพบไอโซลูซีนในปริมาณต่ำที่สุดเท่ากับ 1.59 เปอร์เซ็นต์ เช่นเดียวกับโปรตีนไฮโดรไลเสตจากเครื่องใน

ปลาทูน่าที่มีกรดกลูตามิกในปริมาณสูงสุดเท่ากับ 4.85 เปอร์เซ็นต์ รองลงมาคือ อาร์จินีนเท่ากับ 4.04 เปอร์เซ็นต์ ลูซีนเท่ากับ 3.36 เปอร์เซ็นต์ และกรดแอสพาร์ติกเท่ากับ 3.18 เปอร์เซ็นต์ โดยพบฮีสทิดีนในปริมาณต่ำที่สุดเท่ากับ 1.93 เปอร์เซ็นต์ ส่วนโปรตีนไฮโดรไลเสตจากหัวกุ้งกุลาดำประกอบด้วยกรดกลูตามิกในปริมาณสูงสุดเท่ากับ 6.24 เปอร์เซ็นต์ รองลงมาคือ อะลานีนเท่ากับ 3.59 เปอร์เซ็นต์ ไกลซีนเท่ากับ 3.50 เปอร์เซ็นต์ และ อาร์จินีนเท่ากับ 3.38 เปอร์เซ็นต์ โดยพบซีรีนในปริมาณต่ำที่สุดเท่ากับ 1.69 เปอร์เซ็นต์ องค์ประกอบกรดอะมิโนในเครื่องในปลาทูน่าป่น และโปรตีนไฮโดรไลเสตจากเครื่องในปลาทูน่า ประกอบด้วยกรดอะมิโนชนิดจำเป็น ซึ่งได้แก่ อาร์จินีน ลูซีน และทรีโอนีนเป็นส่วนใหญ่ รองลงมาได้แก่ ไลซีน วาลีน ไอโซลูซีน ลูซีน และฟีนิลอะลานีน และพบฮีสติดีนในปริมาณต่ำ

ผลิตภัณฑ์ป่นและโปรตีนไฮโดรไลเสตที่ผลิตได้จากหัวปลาทูน่า เครื่องในปลาทูน่า และหัวกุ้งกุลาดำมีปริมาณกรดอะมิโนคือ ลูซีน ไลซีน และไกลซีนต่ำกว่าปลาป่น แต่ปริมาณอาร์จินีนและอีสติดีนในผลิตภัณฑ์ป่นและโปรตีนไฮโดรไลเสตจากเครื่องในปลาทูน่ามีปริมาณสูงกว่าในปลาป่น โดยสมาคมผู้ค้าปลาป่นไทย (2544) รายงานว่าปลาป่นมีปริมาณลูซีนสูงสุดเท่ากับ 4.05 เปอร์เซ็นต์ รองลงมาคือ ไลซีน และไกลซีนเท่ากับ 4 เปอร์เซ็นต์ และมีทริปโตเฟนต่ำที่สุดเท่ากับ 0.59 เปอร์เซ็นต์โดยน้ำหนักแห้ง

จากการศึกษาของวันชัย (2545) พบว่ากรดอะมิโนในโปรตีนไฮโดรไลเสตจากเครื่องในรวมปลาทูน่าประกอบด้วยกรดกลูตามิกในปริมาณสูงที่สุดเท่ากับ 6.16 เปอร์เซ็นต์ รองลงมาคือกรดแอสพาร์ติกเท่ากับ 4.26 เปอร์เซ็นต์ ไกลซีนเท่ากับ 4.17 เปอร์เซ็นต์ ลูซีนเท่ากับ 3.91 เปอร์เซ็นต์ และพบอีสติดีนในปริมาณที่ต่ำสุดเท่ากับ 1.60 เปอร์เซ็นต์ สำหรับกรดอะมิโนในโปรตีนไฮโดรไลเสตจากหัวกุ้งกุลาดำ ประกอบด้วยกรดกลูตามิกสูงสุดเท่ากับ 6.42 เปอร์เซ็นต์ รองลงมาคือไกลซีนเท่ากับ 4.15 เปอร์เซ็นต์ กรดแอสพาร์ติกเท่ากับ 3.96 เปอร์เซ็นต์ อะลานีนเท่ากับ 3.92 เปอร์เซ็นต์ และพบไทโรซีนในปริมาณน้อยที่สุดเท่ากับ 0.64 เปอร์เซ็นต์

ตารางที่ 5 องค์ประกอบกรดอะมิโนของผลิตภัณฑ์ปั่นจากหัวปลาทูน่า เครื่องในปลาทูน่า และหัวกุ้งกุลาดำ (มก/100 มก.น้ำหนักแห้ง)

กรดอะมิโน	เปอร์เซ็นต์			
	ปลาปั่น[2]	หัวปลาทูน่า	เครื่องในปลาทูน่า	หัวกุ้งกุลาดำ
กรดอะมิโนที่จำเป็น[1]				
Arginine	3.40	2.91	5.32	2.17
Histidine	1.21	1.74	2.02	1.69
Isoleucine	2.50	1.49	2.04	1.33
Leucine	4.05	2.67	3.35	1.79
Lysine	4.00	1.82	2.14	0.63
Phenylalanine	-	2.35	2.79	2.67
Threonine	2.29	1.95	2.43	1.48
Valine	2.85	1.75	2.30	1.43
กรดอะมิโนที่ไม่จำเป็น	-			
Alanine	-	2.37	2.32	1.49
Aspartic acid	-	3.15	2.49	1.73
Glycine	4.00	3.15	2.67	2.09
Glutamic acid	-	4.25	3.88	2.96
Proline	-	2.07	1.99	1.49
Serine	-	1.71	2.13	1.22
Tyrosine	-	2.03	2.68	2.33
กรดอะมิโนที่จำเป็น	-	16.77	22.39	13.19
กรดอะมิโนที่ไม่จำเป็น	-	18.72	18.17	13.31

[1] Methionine และ Tryptophan ไม่มีผลการวิเคราะห์

[2]สมาคมผู้ผลิตปลาป่นไทย (2544) ไม่มีผลการวิเคราะห์ Alanine, Aspartic acid, Glutamic acid Methionine, Phenylalanine, Proline, Serine, Tryptophan และ Tyrosine

ตารางที่ 6 องค์ประกอบกรดอะมิโนของโปรตีนไฮโดรไลเสตจากหัวปลาทูน่า เครื่องในปลาทูน่า และหัวกุ้งกุลาดำ (มก/100 มก.น้ำหนักแห้ง)

กรดอะมิโน	เปอร์เซ็นต์			
	ปลาป่น[2]	หัวปลาทูน่า	เครื่องในปลาทูน่า	หัวกุ้งกุลาดำ
กรดอะมิโนที่จำเป็น[1]				
Arginine	3.40	3.53	4.04	3.38
Histidine	1.21	2.26	1.93	2.06
Isoleucine	2.50	1.59	2.20	2.30
Leucine	4.05	2.90	3.36	3.37
Lysine	4.00	2.63	2.33	2.16
Phenylalanine	-	2.26	2.80	3.30
Threonine	2.29	2.18	2.59	2.38
Valine	2.85	1.94	2.52	2.67
กรดอะมิโนที่ไม่จำเป็น	-			
Alanine	-	2.84	2.49	3.59
Aspartic acid	-	2. 95	3. 18	2.92
Glycine	4.00	3.20	2.85	3.50
Glutamic acid	-	5.09	4.85	6.24
Proline	-	1.93	2.22	2.83
Serine	-	1.68	2.39	1.69
Tyrosine	-	1.88	2.22	2.44
กรดอะมิโนที่จำเป็น	-	19.29	21.75	21.62
กรดอะมิโนที่ไม่จำเป็น	-	15.58	20.20	23.21

[1] Methionine และ Tryptophan ไม่มีผลการวิเคราะห์

[2]สมาคมผู้ผลิตปลาป่นไทย (2544) ไม่มีผลการวิเคราะห์ Alanine, Aspartic acid, Glutamic acid Methionine, Phenylalanine, Proline, Serine, Tryptophan และ Tyrosine