ผลการทดลองและวิจารณ์

1. ผลของพันธุ์ปลาทูน่าต่อองค์ประกอบของน้ำนึ่งปลาทูน่า

เมื่อทดลองเก็บตัวอย่างน้ำนึ่งปลาทูน่าจากปลาทูน่า 3 ชนิด คือ ปลาโอแถบ ปลาทูน่าครีบเหลือง และปลาทูน่าตาโต ขนาดต่าง ๆ กัน พบว่าการนึ่งปลาในหม้อนึ่งใช้อุณหภูมิและเวลาแตกต่างกันโดยขึ้นอยู่กับขนาดของตัวปลา เพื่อให้อุณหภูมิตรงกลางตัวปลาได้ตามกำหนดและน้ำนึ่งปลาทูน่าที่ได้มีองค์ประกอบแตกต่างกันตามชนิดและขนาดของตัวปลา เมื่อพิจารณาองค์ประกอบโปรตีนและไขมัน พบว่าน้ำนึ่งปลาจากปลาโอแถบขนาดเล็กมีปริมาณโปรตีนสูงและมีไขมันต่ำ ขณะที่น้ำนึ่งปลาจากปลาโอแถบขนาดใหญ่มีปริมาณโปรตีนต่ำและมีไขมันสูง แต่น้ำนึ่งปลาจากปลาทูน่าครีบเหลืองขนาดเล็กมีทั้งปริมาณโปรตีนและไขมันต่ำ ขณะที่น้ำนึ่งปลาจากปลาทูน่าครีบเหลืองขนาดใหญ่มีปริมาณโปรตีนและไขมันสูง สำหรับปลาทูน่าตาโตขนาดของปลามีผลต่อองค์ประกอบของน้ำนึ่งปลาน้อยมาก ผลการทดลองดังแสดงในตารางที่ 4 อย่างไรก็ตามปลาทูน่าที่ให้น้ำนึ่งปลาที่มีปริมาณโปรตีนและไขมันสูงคือ ปลาทูน่าครีบเหลืองขนาดใหญ่ โดยมีโปรตีน 59.8 กรัมต่อลิตร และมีไขมัน 3.17 กรัมต่อลิตร โดยเฉลี่ยน้ำนึ่งปลาทูน่าที่ได้มีโปรตีนอยู่ 42.16 กรัมต่อลิตรและมีไขมันอยู่ 2.04 กรัมต่อลิตร

2. การแยกโปรตีนจากน้ำนึ่งปลาทูน่า

2.1 การตกตะกอนโปรตีนโดยการปรับพีเอช

น้ำนึ่งปลาที่นำมาทดลองต่อไปในข้อ 2-5 เป็นน้ำนึ่งปลาทูน่าครีบเหลืองซึ่งทำการแยกไขมันออกก่อน น้ำนึ่งปลาทูน่าที่ได้มีพีเอช 6.0 แล้วแบ่งน้ำนึ่งปลาทูน่ามาปรับพีเอชให้เป็น 3.0, 4.0 และ 5.0 ด้วยกรด HCl 6 N และปรับพีเอชเป็น 7.0 ด้วย NaOH 20% กวนให้เข้ากันและตั้งทิ้งไว้ 1 ชั่วโมง หลังจากนั้นนำไปเหวี่ยงแยกด้วยเครื่องเหวี่ยงความเร็ว 7000 รอบต่อนาทีเป็นเวลา 10 นาที เมื่อเปรียบเทียบค่าความขุ่น (OD 600 nm) ของน้ำนึ่งปลาทูน่าก่อนและหลังการเหวี่ยงแยกพบว่าการปรับพีเอชให้เป็น 4.0 นั้นน้ำนึ่งปลาทูน่าหลังการเหวี่ยงแยกมีค่าความขุ่นต่ำสุดเป็น 0.55 การปรับพีเอชของน้ำนึ่งปลาทูน่าสูงหรือต่ำกว่านี้จะทำให้มีค่าความขุ่นเพิ่มขึ้น (ตารางที่ 5)

เมื่อปรับพีเอชน้ำนึ่งปลาทูน่าเป็น 4.0 แล้วนำไปเหวี่ยงแยกพบว่าน้ำนึ่งปลาทูน่ามีค่าความขุ่นลดลงมากที่สุด แสดงว่าสามารถลดสารแขวนลอย รวมทั้งโปรตีนลงได้มากที่สุด

ตารางที่ 4 องค์ประกอบทางเคมีของน้ำนึ่งปลาทูน่าจากปลาทูน่าชนิดต่าง ๆ

ชนิด	ขนาด (กก./ตัว)	อุณหภูมิการนึ่ง (องศาเซลเซียส)	เวลานึ่ง (นาที)	พีเอช	ของแข็งทั้งหมด (กรัม/ลิตร)	โปรตีน (กรัม/ลิตร)	ไขมัน (กรัม/ลิตร)
ปลาโอแถบ	1.9-2.4	103	68	5.8	8.45 ± 1.08	5.26 ± 0.63	0.42 ± 0.09
	2.5-3.4	103	75	5.9	6.48 ± 0.99	4.46 ± 0.79	2.02 ± 0.52
	3.5-4.5	103	83	5.9	5.39 ± 0.95	3.93 ± 0.78	2.88 ± 0.86
ปลาทูน่าครีบเหลือง	1.9-2.0	105	53	5.9	4.39 ± 1.63	2.80 ± 0.57	1.51 ± 0.36
	2.0-4.0	105	85	5.8	5.44 ± 0.82	4.04 ± 0.63	2.39 ± 0.90
	4.0-6.0	105	100	5.9	6.97 ± 1.24	5.98 ± 1.21	3.17 ± 1.18
ปลาทูน่าตาโต	3.5-4.5	103	73	5.9	5.85 ± 1.10	3.88 ± 0.45	1.78 ± 0.26
	4.5-6.0	103	98	5.9	5.22 ± 0.79	3.38 ± 0.47	2.16 ± 0.52
ค่าเฉลี่ย				5.9	60.15 ± 10.77	42.16 ± 6.85	2.04 ± 0.59

การที่โปรตีนตกตะกอนได้ดี เกี่ยวข้องกับคุณสมบัติด้านจุดไอโซอิเลคตริกของโปรตีน ซึ่งโปรตีนจะมีการละลายต่ำที่สุดที่จุดไอโซอิเลคตริก น้ำทิ้งจากการแปรรูปปลามีจุดไอโซอิเลคตริกอยู่ในช่วงพีเอช 4.5-5.0 (Ertz, *et al.*, 1977) และการแยกโปรตีนจากน้ำทิ้งโรงงานปลาป่น เมื่อปรับพีเอชให้เท่ากับ 4.3 สามารถลดโปรตีนในน้ำทิ้งลงได้ร้อยละ 30 (Marti, *et al.*, 1994)

ตารางที่ 5 การตกตะกอนโปรตีนโดยการปรับพีเอช

พีเอช	ความขุ่นของน้ำนึ่งปลาทูน่า (OD 600 nm)	
	ก่อนการเหวี่ยงแยก	หลังการเหวี่ยงแยก
3	3.79 ± 0.26	1.45 ± 0.07
4	4.06 ± 0.15	0.55 ± 0.05
5	5.96 ± 0.25	0.86 ± 0.14
6	3.07 ± 0.17	1.63 ± 0.14
7	2.66 ± 0.06	1.05 ± 0.42

2.2 **การตกตะกอนโปรตีนโดยใช้** sodium hexametaphosphate

การทดลองตกตะกอนโปรตีนในน้ำนึ่งปลาทูน่าโดยใช้ sodium hexametaphosphate ร่วมกับการปรับพีเอชของน้ำนึ่งปลาทูน่าให้เป็น 4.0 และไม่ปรับพีเอช (พีเอช 6.0) ผลดังแสดงในตารางที่ 6 พบว่าการเติม sodium hexametaphosphate จะทำให้น้ำนึ่งปลาทูน่ามีลักษณะขุ่นเพิ่มขึ้น โดยเฉพาะน้ำนึ่งปลาทูน่ามีพีเอชเป็นกรด(พีเอช 4.0) และเมื่อนำน้ำนึ่งปลาทูน่าที่ได้ไปเหวี่ยงแยกตะกอน พบว่าในน้ำนึ่งปลาทูน่าที่เป็นกรดเมื่อใช้ sodium hexametaphosphate ที่ความเข้มข้นต่ำ ๆ ก็จะช่วยลดความขุ่นลงได้บ้าง แต่เมื่อใช้ความเข้มข้นสูงขึ้นไม่สามารถลดความขุ่นลงได้ แต่ในน้ำนึ่งปลาทูน่าที่ไม่ปรับพีเอช เมื่อเติม sodium hexametaphosphate ที่ความเข้มข้น 5 กรัมต่อลิตร จะมีความขุ่นมากที่สุด อย่างไรก็ตามหลังจากเหวี่ยงแยกตะกอนแล้วน้ำนึ่งปลาทูน่ามีความขุ่นลดลงเล็กน้อย และไม่แตกต่างจากชุดควบคุม การที่ sodium hexametaphosphate ไม่สามารถช่วยให้โปรตีนตกตะกอนน่าจะเนื่องมาจากการเป็นสาร polyeleotrolyte ที่ทำให้เกิด electrostatic repulsion จึงทำให้เกิดการแขวนลอยของโปรตีนดีขึ้น

ตารางที่ 6 การตกตะกอนโปรตีนในน้ำนึ่งปลาทูน่าโดยใช้ sodium hexametaphosphate.

sodium hexametaphosphate (กรัม/ลิตร)	ความขุ่นของน้ำนึ่งปลาทูน่า (OD 600 nm)			
	พีเอช 6.0		พีเอช 4.0	
	ก่อนเหวี่ยงแยก	หลังเหวี่ยงแยก	ก่อนเหวี่ยงแยก	หลังเหวี่ยงแยก
0	2.85 ± 0.03	1.74 ± 0.08	4.24 ± 0.06	1.33 ± 0.01
1.0	2.86 ± 0.06	1.32 ± 0.03	6.85 ± 0.22	2.16 ± 0.31
3.0	7.76 ± 0.68	3.85 ± 0.64	11.06 ± 0.66	8.41 ± 0.80
5.0	5.37 ± 0.10	1.49 ± 0.09	15.71 ± 0.19	13.72 ± 0.10
7.0	2.30 ± 0.01	1.80 ± 0.92	14.49 ± 0.60	15.11 ± 0.54
10.0	3.27 ± 0.02	1.14 ± 0.01	15.78 ± 0.14	16.28 ± 0.48

2.3 **การตกตะกอนโปรตีนโดยใช้ไคโตแซน**

การตกตะกอนโปรตีนในน้ำนึ่งปลาทูน่าโดยใช้ไคโตแซนร่วมกับการปรับพีเอช ของน้ำนึ่งปลาทูน่าเป็น 4.0 และ 6.0 โดยใช้ไคโตแซน 100-600 มิลลิกรัมต่อลิตร ผลการทดลองดังแสดงในตารางที่ 7 ในน้ำนึ่งปลาทูน่าที่มีพีเอช 6.0 เมื่อเติมไคโตแซนเพิ่มขึ้นจะทำให้น้ำนึ่งปลาทูน่ามีความขุ่นเพิ่มสูงขึ้น แต่หลังจากเหวี่ยงแยกน้ำนึ่งปลาทูน่าจะมีความขุ่นลดลง อยู่ในช่วง 0.30 - 0.88 ในขณะที่ชุดควบคุมมีความขุ่น 1.76 แต่ในน้ำนึ่งปลาทูน่าที่มีพีเอชเป็น 4.0 เมื่อเติมไคโตแซนมากขึ้น น้ำนึ่งปลาทูน่ากลับมีความขุ่นลดลงเล็กน้อย และหลังจากเหวี่ยงแยกน้ำนึ่งปลาทูน่ามีความขุ่นลดลง โดยมีค่า OD_{600} อยู่ในช่วง 0.10-0.59 ในขณะที่ชุดควบคุมมีความขุ่น 1.33 และการใช้ไคโตแซน 200 มิลลิกรัมต่อลิตร จะลดความขุ่นลงได้มากที่สุด โดยมีค่า OD_{600} เป็น 0.10 แสดงว่าการใช้ไคโตแซนร่วมกับการปรับพีเอชสามารถทำให้การตกตะกอนโปรตีนดีขึ้น

2.4 **การตกตะกอนโปรตีนโดยใช้** Lignosulphonates

การตกตะกอนโดยวิธีนี้ไม่ได้ทดลองเนื่องจากปัจจุบันไม่มีสารประกอบ lignosulphonate ขายในท้องตลาด

2.5 **การแยกโปรตีนโดยใช้** membrane filtration

การทดลองแยกโปรตีนจากน้ำนึ่งปลาทูน่าโดยใช้วิธีการ membrane filtration โดยใช้ การกรองระบบ hollow fiber system ซึ่งเยื่อกรองที่ใช้ทดลองมีขนาด molecular weight cut off 100,000 dalton เมื่อปล่อยน้ำนึ่งปลาทูน่าเข้าระบบโดยให้เกิดความดันกลับ (back pressure) 20ปอนด์ต่อตารางนิ้ว พบว่าเยื่อกรองเกิดการอุดตันภายใน 5 นาที จึงทำการทดลองใหม่โดยลดความดันกลับเป็น 10 ปอนด์ต่อตารางนิ้วพบว่าเยื่อกรองก็ยังเกิดการอุดตัน แสดงว่าในน้ำนึ่งปลาทูน่าต้องมีสารประกอบที่มีขนาดโมเลกุลต่างๆกัน และอาจมีตะกอนแขวนลอยบางส่วนที่ไปทำให้เยื่อกรองอุดตัน จึงได้ทำการเหวี่ยงแยกน้ำนึ่งปลาทูน่าก่อนด้วยความเร็ว 5000 รอบต่อนาทีเป็นเวลา 10 นาที แล้วจึงนำไปกรอง พบว่าแม้จะใช้น้ำนึ่งปลาทูน่าหลังการเหวี่ยงแยกแล้วเยื่อกรองก็เกิดการอุดตันอย่างรวดเร็ว การที่จะแยกโปรตีนจากน้ำนึ่งปลาทูน่าโดยใช้วิธีการ membrane filtration นอกจากจะต้องเหวี่ยงแยกน้ำนึ่งปลาทูน่าก่อนอาจจะต้องมีการปรับพีเอช และต้องคัดเลือกเยื่อกรองให้เหมาะสม โดยจะต้องใช้เยื่อกรองที่มีขนาด molecular weight cut off ขนาดใหญ่แยกก่อน แล้วจึงนำน้ำนึ่ง

ตารางที่ 7 การตกตะกอนโปรตีนในน้ำนึ่งปลาทูน่าโดยใช้ไคโตแซน

ไคโตแซน (มิลลิกรัม/ลิตร)	ความขุ่นของน้ำนึ่งปลาทูน่า (OD 660 nm)			
	พีเอช 6.0		พีเอช 4.0	
	ก่อนเหวี่ยงแยก	หลังเหวี่ยงแยก	ก่อนเหวี่ยงแยก	หลังเหวี่ยงแยก
0	2.88 ± 0.03	1.76 ± 0.08	4.74 ± 0.06	1.33 ± 0.01
100	3.06 ± 0.16	0.52 ± 0.10	4.19 ± 0.10	0.59 ± 0.14
200	3.46 ± 0.10	0.88 ± 0.07	4.16 ± 0.47	0.10 ± 0.06
400	5.79 ± 0.18	0.30 ± 0.01	3.66 ± 0.17	0.17 ± 0.00
600	6.44 ± 0.91	0.36 ± 0.01	3.46 ± 0.01	0.35 ± 0.05

ปลาทูน่าที่ผ่านเยื่อกรองหยาบนั้นไปกรองต่อโดยผ่านเยื่อกรองที่มีขนาดเล็กลง ซึ่งเป็นขั้นตอนที่ยุ่งยากประกอบกับไม่มีเยื่อกรองขนาดใหญ่กว่านี้ จึงไม่ได้ทดลองต่อไป

3. วิธีการที่เหมาะสมในการตกตะกอนโปรตีนจากน้ำนึ่งปลาทูน่า

ผลการทดลองตกตะกอนโปรตีนจากน้ำนึ่งปลาทูน่าโดยวิธีการต่างๆพบว่าวิธีที่ดีที่สุดคือการปรับพีเอชร่วมกับการใช้ไคโตแซน 200 มิลลิกรัมต่อลิตร โดยจะได้น้ำนึ่งปลาทูน่าหลังจากการตกตะกอนโปรตีนและเหวี่ยงแยกมีค่าความขุ่นเป็น 0.10 (OD600 nm) อย่างไรก็ตามการปรับพีเอชน้ำนึ่งปลาทูน่าให้มีพีเอชเป็น 4.0 เพียงอย่างเดียวก็ทำให้โปรตีนตกตะกอนและน้ำนึ่งปลาทูน่าที่ได้หลังการเหวี่ยงแยกมีค่าความขุ่นเป็น 0.55 แต่การเติมไคโตแซนก็จะทำให้เพิ่มต้นทุนการผลิตจากไคโตแซน หากศึกษาภาวะที่เหมาะสมในการปรับพีเอชให้เป็นกรดก็จะช่วยทำให้โปรตีนตกตะกอนได้มากขึ้น

- จึงทำการทดลองโดยนำน้ำนึ่งปลาทูน่ามาแยกไขมันโดยนำไปอุ่นที่ 60 องศาเซลเซียส หลังจากนั้นไปเก็บในห้องเย็นที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 1 คืน พบว่าน้ำนึ่งปลาทูน่ามีลักษณะเป็นเจล มีชั้นไขมันลอยอยู่ที่ผิวหน้าเป็นชั้นบางๆสามารถตักไขมันออกได้โดยง่าย เมื่อตั้งทิ้งไว้ที่อุณหภูมิ 30 องศาเซลเซียสเป็นเวลา 3-4 ชั่วโมง น้ำนึ่งปลาทูน่าก็จะมีลักษณะเหลว ก่อนแยกไขมันน้ำนึ่งปลาทูน่ามีไขมันอยู่ 1.89 กรัมต่อลิตร เมื่อแยกไขมันแล้วเหลือไขมันอยู่ 0.24 กรัมต่อลิตร การทำให้ไขมันลอยตัวและตักไขมันที่ผิวหน้าทิ้งไป สามารถลดไขมันในน้ำนึ่งปลาทูน่าได้ร้อยละ 87.5 นำน้ำนึ่งปลาทูน่าที่แยกไขมันออกแล้วมาตกตะกอนโปรตีน โดยใช้พีเอชและความร้อน ที่ระดับต่าง ๆ ลักษณะน้ำนึ่งปลาทูน่าก่อนการปรับพีเอช มีสีน้ำตาลค่อนมาทางเหลืองขุ่น มีกลิ่นเหม็นคาวของน้ำนึ่งปลา และมีไขมันบาง ๆ ลอยอยู่ที่ผิวหน้าน้ำนึ่งปลาทูน่า เมื่อใช้กรดไฮโดรคลอริก 6 นอร์มอล ปรับพีเอชในน้ำนึ่งปลาทูน่าที่ผ่านการแยกไขมันมาก่อนให้ได้พีเอชที่ต้องการคือ 3.5, 4.0 และ 4.5 ตามลำดับ ลักษณะน้ำนึ่งปลาทูน่าหลังปรับพีเอชจะมีสีเหลืองเข้มและขุ่นมากขึ้น เพื่อให้ได้ตะกอนโปรตีนมากที่สุดจึงนำน้ำนึ่งปลาทูน่าหลังการปรับพีเอชไปให้ความร้อนที่อุณหภูมิ 100, 110 และ 121 องศาเซลเซียส แล้วจึงเหวี่ยงแยก ได้น้ำนึ่งปลาทูน่าที่ใส เมื่อเปรียบเทียบความใสและการลดลงของปริมาณโปรตีนในน้ำนึ่งปลา พบว่า การปรับพีเอช 4.5 และ ใช้อุณหภูมิ 121 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 15 นาที จะมีค่าความขุ่นน้อยที่สุด (ตารางที่ 8) จากการทดลองของ Civit และคณะ(1982) แยกโปรตีนจากน้ำเลือดที่เป็นน้ำทิ้ง ปรับพีเอชในช่วง 5.6-5.9 และใช้ความร้อนที่อุณหภูมิ 75-80 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 20 นาที นำไปหมุนเหวี่ยง

ตารางที่ 8 ปริมาณโปรตีนในส่วนใสหลังจากแยกไขมันแล้วตกตะกอนโปรตีนโดยใช้พีเอช และอุณหภูมิที่ระดับต่าง ๆ

พีเอช	อุณหภูมิที่ระดับต่าง ๆ ในการตกตะกอนโปรตีน					
	100 องศาเซลเซียส		110 องศาเซลเซียส		121 องศาเซลเซียส	
	% โปรตีน	OD 600 nm	% โปรตีน	OD 600 nm	% โปรตีน	OD 600 nm
3.5	4.96^{b}	2.12^{bc}	4.94^{b}	1.45^{b}	4.92^{b}	1.11^{c}
4.0	4.95^{b}	2.33^{b}	4.93^{b}	1.16^{b}	4.93^{b}	1.42^{b}
4.5	4.97^{a}	2.00^{c}	4.91^{c}	1.12^{c}	4.90^{c}	0.11^{d}
ชุดควบคุม	5.63^{a}	3.40^{a}	5.55^{a}	3.00^{a}	5.50^{a}	1.70^{a}

ปริมาณโปรตีนลดลงร้อยละ 90 ส่วน Marti และคณะ(1994) ได้ศึกษาการแยกโปรตีนจากน้ำทิ้งโรงงานปลาป่น โดยใช้การปรับพีเอชให้มีจุดไอโซอิเลกตริกเท่ากับ 4.3 และให้ความร้อนในการตกตะกอนโปรตีนที่ 100 องศาเซลเซียส สามารถลดปริมาณโปรตีนได้ร้อยละ 30

4. คุณลักษณะของน้ำนึ่งปลาทูน่าก่อนและหลังการแยกไขมันและโปรตีน

ผลการวิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมีและลักษณะทางกายภาพของน้ำนึ่งปลาทูน่าของโรงงานโชติวัฒน์อุตสาหกรรมการผลิต จำกัด พบว่าลักษณะทางกายภาพของน้ำนึ่งปลาทูน่าที่นำมาวิเคราะห์ มีสีเหลือง (วัดสีในระบบ HVC ,Hue,value and croma) เท่ากับ 1.14 Y 3.00/1.82) ข้นหนืด มีกลิ่นคาวจัดและมีชั้นไขมันบาง ๆ ลอยอยู่บริเวณผิวหน้า เมื่อเก็บที่อุณหภูมิต่ำที่ 4 องศาเซลเซียส จะมีลักษณะข้นหนืดคล้ายเจล เนื่องจากประกอบด้วยเจลาตินซึ่งเป็นโปรตีนจากกล้ามเนื้อปลา การให้ความร้อนในระหว่างการนึ่งปลาทูน่าทำให้โปรตีนที่ละลายน้ำได้จะถูกสกัดออกมาสะสมอยู่ในน้ำนึ่งปลาทูน่า เมื่อวิเคราะห์น้ำนึ่งปลาทูน่าทางเคมี(ตารางที่ 9) พบว่า มีค่าพีเอช 6.09 ค่าความขุ่น 2.23 (OD600nm)ซีโอดี เท่ากับ 66,573 มิลลิกรัมต่อลิตร ซึ่งค่าที่ได้ใกล้เคียงกับผลการวิเคราะห์น้ำนึ่งปลาทูน่าจากโรงงานทรอปิคอลแคนนิ่ง จำกัด มีค่าพีเอชและซีโอดี เท่ากับ 6.05 และ 73,612 มิลลิกรัมต่อลิตร ตามลำดับ (มาริสา จาตุพรพิพัฒน์, 2537) เมื่อวิเคราะห์ น้ำตาลรีดิวซ์ และน้ำตาลทั้งหมด มีค่าเท่ากับ 2,037 และ 4,900 มิลลิกรัมต่อลิตร ตามลำดับ รพีพร แสงศรี (2539) ได้วิเคราะห์น้ำนึ่งปลาทูน่าจากโรงงานโชติวัฒน์อุตสาหกรรมการผลิต จำกัด พบว่ามี พีเอช 6.1 ซีโอดีและน้ำตาลรีดิวซ์ เท่ากับ 49,476 และ 1,976 มิลลิกรัมต่อลิตร จากการวิเคราะห์ปริมาณโปรตีนในน้ำนึ่งปลาทูน่าพบว่ามี ร้อยละ 5.63 และปริมาณของแข็งทั้งหมดที่มีค่าสูงเท่ากับ 93,470 มิลลิกรัมต่อลิตร ของแข็งแขวนลอย ไขมันและกรีส และเกลือ มีค่าเท่ากับ 5,660 , 1,890 และ 2,192 มิลลิกรัมต่อลิตร ตามลำดับ เถ้าร้อยละ 1.60 การที่น้ำนึ่งปลาทูน่ามีองค์ประกอบทางเคมีในปริมาณต่าง ๆ กัน อาจขึ้นอยู่กับชนิดและขนาดของปลาทูน่า ระยะเวลาของการนึ่งปลา จุดเก็บตัวอย่างน้ำนึ่งปลาทูน่ามาทำการทดลองและวิธีการวิเคราะห์

ส่วนน้ำนึ่งปลาทูน่าหลังการแยกไขมันและโปรตีน มีสีเหลือง(วัดสีในระบบ HVC เท่ากับ 0.66 Y 2.97/1.91) เมื่อนำไปวิเคราะห์องค์ประกอบต่าง ๆ พบว่ามีค่าซีโอดี 52,416 มิลลิกรัมต่อลิตร มีปริมาณการลดลงร้อยละ 21.27 และของแข็งทั้งหมด ของแขวนลอย เถ้า น้ำตาลรีดิวซ์ น้ำตาลทั้งหมด และเกลือ(NaCl) มีการลดลงร้อยละ 12.80, 47.30, 4.76, 0.29, 4.08 และ 33.35 ตามลำดับ (ตารางที่ 9) จากการศึกษาของ Civit และคณะ (1982)

ตารางที่ 9 องค์ประกอบของน้ำนึ่งปลาทูน่าก่อนและหลังการแยกไขมันและโปรตีน

องค์ประกอบ (มิลลิกรัมต่อลิตร)	ก่อนการแยก	หลังการแยก	ปริมาณการลดลง(ร้อยละ)
พีเอช	6.09	4.5	---
ความขุ่น	2.230	0.118	94.71
ซีโอดี	66,573	52,416	21.27
ปริมาณโปรตีน[ก]	5.63	4.90	12.96
ของแข็งทั้งหมด	93,470	81,503	12.80
ของแข็งแขวนลอย	5,660	2,983	47.30
ไขมันและกรีส	1,890	235	87.57
เถ้า[ก]	1.68	1.60	4.76
น้ำตาลรีดิวซ์	2,037	2,031	0.29
น้ำตาลทั้งหมด	4,900	4,700	4.08
เกลือ	2,192	1,461	33.35

หมายเหตุ : ยกเว้น พีเอช และ ค่าความขุ่น ไม่มีหน่วย

ก : หน่วยเป็น ร้อยละ

แยกโปรตีนและไขมันในน้ำเลือดสามารถลดค่าซีโอดีลงร้อยละ 15 และค่าอื่น ๆ มีแนวโน้มลดลง

การตกตะกอนโปรตีนในน้ำนึ่งปลาทูน่า 1 ลิตร โดยปรับพีเอช 4.5 และใช้อุณหภูมิ 121 องศาเซลเซียสเวลา 15 นาที แล้วนำไปเหวี่ยงแยกและนำไปอบแห้ง ได้ตะกอนแห้ง 6.37 กรัม เมื่อนำตะกอนไปวิเคราะห์โปรตีน พบว่ามีโปรตีนร้อยละ 9.74 และส่วนที่เหลืออาจจะเป็นพวกของแข็งอื่นๆ

5. การใช้ประโยชน์ของโปรตีนจากน้ำนึ่งปลาทูน่า

เนื่องจากปริมาณโปรตีนที่แยกได้จากน้ำนึ่งปลาทูน่ามีปริมาณน้อยมาก กล่าวคือหลังจากการปรับพีเอชน้ำนึ่งปลาให้เป็นกรดเพื่อตกตะกอนโปรตีนแล้วนำไปเหวี่ยงแยก ได้ตะกอนหลังจากการอบแห้งเพียง หนัก 6.37 กรัมต่อน้ำนึ่งปลาทูน่า 1 ลิตร และในตะกอนแห้งนี้มีโปรตีนอยู่เพียง 0.62 กรัม เท่านั้น การที่จะต้องแยกโปรตีนปริมาณเพียงเล็กน้อยออกจากน้ำนึ่งปลาทูน่า จึงจัดเป็นวิธีการที่ไม่คุ้มทุน เพราะว่าต้องใช้เวลาในการปรับพีเอชและเหวี่ยงแยก แนวทางการนำโปรตีนที่แยกได้ไปใช้ประโยชน์ เช่น การเติมในน้ำซอสที่ใส่ปลาทูน่าบรรจุกระป๋อง หรือการเสริมโปรตีนในอาหารโปรตีนจากพืช จึงไม่น่าจะมีความเหมาะสมที่จะทดลองต่อไป คณะผู้วิจัยจึงได้เปลี่ยนแนวทางการวิจัยเป็นการหาทางใช้ประโยชน์จากน้ำนึ่งปลาทูน่าที่มีโปรตีนอยู่แล้วโดยตรง ผลิตเป็นซอสปรุงรส โดยใช้น้ำนึ่งปลาทูน่า และน้ำนึ่งปลาทูน่าที่ผ่านการย่อยสลายด้วยเอนไซม์โปรติเอส

5.1 องค์ประกอบของน้ำนึ่งปลาทูน่าที่ใช้ทำซอสปรุงรส

ในการทดลองครั้งนี้ได้นำน้ำนึ่งปลาทูน่าชุดใหม่มาทดลอง ซึ่งทำการวิเคราะห์องค์ประกอบของน้ำนึ่งปลาทูน่าก่อนและหลังการแยกไขมันออก เพื่อใช้ประกอบการทดลองต่อไป

น้ำนึ่งปลาทูน่าจากโรงงานโชติวัฒน์อุตสาหกรรมการผลิต จำกัด (มหาชน) มีสีน้ำตาลและมีไขมันบาง ๆ สีขาวลอยอยู่ ผลจากการวิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมี แสดงดังตารางที่ 10 พบว่า ค่าพีเอชในน้ำนึ่งปลาทูน่าที่ไม่แยกไขมันและแยกไขมัน มีค่า 6.06 และ 6.07 ตามลำดับ และมีค่าใกล้เคียงกับน้ำนึ่งปลาทูน่าจากโรงงานโชติวัฒน์อุตสาหกรรมการผลิต จำกัด ที่มีการศึกษามาก่อน ซึ่งมีค่า 6.20 (ธีรภัทร์ เด่นประเสริฐกุล, 2534) และจากโรงงานทรอปิคอลแคนนิ่ง จำกัด มีค่า 6.05 (สุวิทย์ สุวรรณโน, 2536)

ตารางที่ 10 องค์ประกอบของน้ำนึ่งปลาทูน่าที่ใช้ทำซอสปรุงรส

	ค่าวิเคราะห์ (%)	
	น้ำนึ่งปลาทูน่าที่ไม่แยกไขมัน	น้ำนึ่งปลาทูน่าที่แยกไขมัน
1.พีเอช	6.06[a]	6.07[a]
2.ความชื้น	93.00[a]	92.58[a]
3.ของแข็งทั้งหมด	7.44[a]	8.28[a]
4.ไขมัน	0.17[a]	0.10[b]
5.เกลือ	0.36[a]	0.25[a]
6.ความเป็นกรด	0.07[a]	0.09[a]
7.โปรตีน	4.76[a]	5.50[b]
8.ไนโตรเจนทั้งหมด	0.76[a]	0.88[b]
9.ไนโตรเจนที่ละลายได้	n	0.27
10.เถ้า	2.37[a]	2.37[a]

หมายเหตุ ค่าที่ได้เป็นค่าเฉลี่ยจากการทดลอง 3 ครั้ง

a,b เป็นการเปรียบเทียบทางสถิติ ในแนวนอนตัวอักษรเดียวกันแสดงว่าไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ ตัวอักษรต่างกันแสดงว่ามีความแตกต่างกันทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95%

n ไม่ได้วิเคราะห์

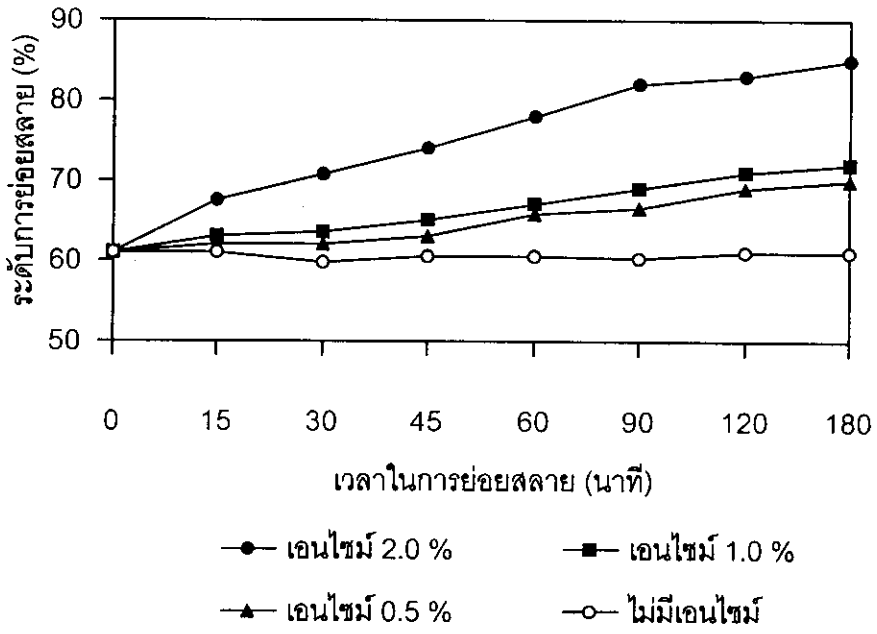
น้ำนึ่งปลาทูน่าก่อนการแยกไขมันมีปริมาณไขมันอยู่ เท่ากับ 0.17% เมื่อแยกไขมันแล้วมีไขมันเหลืออยู่ 0.10% เป็นที่น่าสังเกตคือ ก่อนการแยกไขมันน้ำนึ่งปลาทูน่ามีโปรตีนอยู่ 4.76% เมื่อแยกไขมันแล้วมีโปรตีนเป็น 5.50%

Sanguadeekul และคณะ (1992) กล่าวว่าการลดปริมาณไขมันในวัตถุดิบให้มีปริมาณน้อย มีความจำเป็นสำหรับการย่อยสลายโปรตีน เพราะไขมันสามารถทำปฏิกิริยากับโปรตีนกลายเป็นโมเลกุลเชิงซ้อน ทำให้โมเลกุลโปรตีนถูกย่อยสลายได้น้อยลง และจะเห็นได้ว่าน้ำนึ่งปลาทูน่ามีโปรตีนอยู่ในปริมาณสูง จึงเหมาะสมที่จะนำกลับมาใช้ประโยชน์ ซึ่งแนวทางหนึ่งในการนำกลับมาใช้ประโยชน์ คือทำเป็นซอสปรุงรสคล้ายซอสหอยนางรม

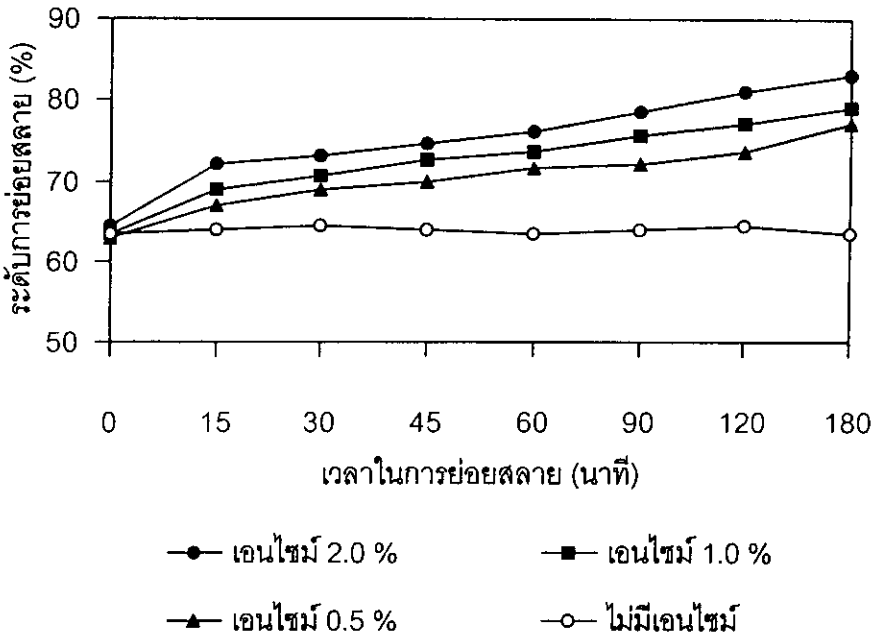
5.2 ปริมาณเอนไซม์ Alcalase® 0.6 L และ Neutrase® 0.5 L ที่เหมาะสมต่อการย่อยสลายโปรตีนในน้ำนึ่งปลาทูน่า

ผลการศึกษาหาปริมาณเอนไซม์ Alcalase® 0.6 L และ Neutrase® 0.5 L ที่เหมาะสมต่อการย่อยสลายน้ำนึ่งปลาทูน่า ในสภาวะที่เหมาะสมต่อการทำปฏิกิริยาของเอนไซม์แต่ละตัว แสดงดังรูปที่ 2 และ 3 ตามลำดับ พบว่า เอนไซม์ Alcalase® และ Neutrase® 2.0% สามารถย่อยสลายน้ำนึ่งปลาทูน่าได้สูงสุด ได้ปริมาณไนโตรเจนที่ละลายได้สูงสุด โดยมีระดับการย่อยสลายที่เวลา 180 นาที เท่ากับ 85.54% และ 83.09% ตามลำดับ จะเห็นว่าเอนไซม์ Alcalase® มีประสิทธิภาพในการย่อยสลายสูงกว่าเอนไซม์ Neutrase® ซึ่งได้ผลการทดลองที่มีแนวโน้มเช่นเดียวกับ Quaglia และ Orban (1987a) ที่ทำการย่อยสลายเนื้อปลาซาร์ดีนด้วยเอนไซม์ Alcalase®, Neutrase® และ Papain โดยพวกเขาพบว่าเอนไซม์ Alcalase® และ Papain มีประสิทธิ์ภาพในการย่อยสลายสูงกว่าเอนไซม์ Neutrase® จึงเลือกระดับเอนไซม์ Alcalase® 2.0% และ Neutrase® 2.0% เพื่อนำมาย่อยสลายน้ำนึ่งปลาทูน่า ทำเป็นซอสปรุงรส

ในปี 1992 Sanguandeekul และคณะ ศึกษาการย่อยสลายโปรตีนไฮโดรไลเสทจากน้ำนึ่งปลาเพื่อใช้เป็นสารปรุงแต่งกลิ่นรสอาหาร โดยใช้เอนไซม์ Neutrase® (0.5 unit/g) 0.5, 1.0, 1.5, 2.0 และ 2.5% ย่อยสลายน้ำนึ่งปลาทูน่าพันธุ์ Skipjack และพันธุ์รวม ที่อุณหภูมิ 45, 50, 55 และ 60 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 30 นาที พบว่า ระดับการย่อยสลายจะเพิ่มขึ้นเมื่อใช้ปริมาณเอนไซม์เพิ่มขึ้น โดยระดับการย่อยสลายสูงสุดประมาณ 77% และ 79% ตามลำดับ เมื่อย่อยสลายที่อุณหภูมิ 55 องศาเซลเซียส นอกจากนี้จากการศึกษาถึงเวลาและพีเอชในการย่อยสลายน้ำนึ่งปลาทูน่า พบว่า เมื่อระยะเวลาที่ใช้ในการย่อยสลายเพิ่มมากขึ้นทำให้ระดับการย่อยสลายเพิ่มขึ้น และระดับการย่อยสลายมีมากที่สุดเมื่อทำการย่อยสลายที่



รูปที่ 2 ผลของ Alcalase® 2.0% ต่อการย่อยสลายน้ำนึ่งปลาทูน่า
(พีเอชเริ่มต้น 8.0 และอุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียส)



รูปที่ 3 ผลของ Neutrase® 2.0% ต่อการย่อยสลายน้ำนึ่งปลาทูน่า
(พีเอชเริ่มต้น 7.0 และอุณหภูมิ 45 องศาเซลเซียส)

พีเอช 7.5

5.3 การประเมินผลทางประสาทสัมผัสของซอสปรุงรสจากน้ำนึ่งปลาทูน่าที่ย่อยสลายด้วยเอนไซม์

การประเมินผลทางประสาทสัมผัสของซอสปรุงรสจากน้ำนึ่งปลาทูน่าที่ย่อยสลายด้วยเอนไซม์ Alcalase® 2.0% และ Neutrase® 2.0% เปรียบเทียบกับซอสหอยนางรมที่มีขายในท้องตลาด แสดงดังตารางที่ 11 และ 12 ตามลำดับ พบว่า คะแนนเฉลี่ยในทุกคุณลักษณะของซอสปรุงรสที่เตรียมได้และซอสหอยนางรมที่มีขายในท้องตลาด ไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95% แต่เมื่อพิจารณาในส่วนของการให้คะแนนของผู้ทดสอบชิม พบว่า มีความแตกต่างกันบ้างในคุณลักษณะบางประการตามความชอบของผู้ทดสอบชิมเอง เช่น คุณลักษณะด้านกลิ่นปลาและรสปลา ซอสปรุงรสที่เตรียมได้จะได้คะแนนรวมจากผู้ทดสอบชิมสูงกว่าซอสหอยนางรมที่มีขายในท้องตลาดอย่างเห็นได้ชัด โดยคะแนนรวมด้านกลิ่นปลาและรสปลาของซอสปรุงรสที่ย่อยสลายด้วยเอนไซม์ Neutrase® 2.0% มีมากกว่า นอกจากนี้คุณลักษณะด้านรสเค็ม พบว่า ซอสปรุงรสที่เตรียมได้จะได้คะแนนรวมจากผู้ทดสอบชิมต่ำกว่าซอสหอยนางรมที่มีขายในท้องตลาดมาก ส่วนคุณลักษณะด้านรสขม พบว่า ซอสปรุงรสที่เตรียมได้จะมีรสขมกว่าซอสหอยนางรมที่มีขายในท้องตลาด และผู้ทดสอบชิมสามารถรับรสขมได้มากขึ้นเมื่อซอสปรุงรสที่เตรียมจากน้ำนึ่งปลาทูน่าผ่านการย่อยสลายด้วยเอนไซม์เป็นเวลานานขึ้น ซึ่งรสขมเกิดจากหมู่ที่ไม่ชอบน้ำของกรดอะมิโนที่มีฤทธิ์เป็นกลาง (Matoba, 1972; Stanley, 1981; Pedersen, 1994) สำหรับการยอมรับเมื่อพิจารณาที่คุณลักษณะรวม พบว่าผู้ทดสอบชิมยอมรับซอสปรุงรสที่เตรียมจากน้ำนึ่งปลาทูน่าที่ย่อยสลายด้วยเอนไซม์ Neutrase® 2.0% เป็นเวลา 60 นาที มากที่สุด อย่างไรก็ตาม คะแนนการยอมรับของซอสปรุงรสที่เตรียมจากน้ำนึ่งปลาทูน่า และซอสหอยนางรมที่มีขายในท้องตลาด ไม่แตกต่างกันทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95%

ส่วนซอสปรุงรสที่ได้จากการย่อยสลายด้วยเอนไซม์ Alcalase® 2.0% ให้ผลที่มีแนวโน้มเช่นเดียวกับซอสปรุงรสที่ได้จากการย่อยสลายด้วยเอนไซม์ 2.0% โดยซอสปรุงรสที่ได้จากการย่อยสลายด้วยเอนไซม์ Alcalase® 2.0% เป็นเวลา 60 นาที ได้รับการยอมรับมากที่สุด อย่างไรก็ตาม คะแนนการยอมรับของซอสปรุงรสที่เตรียมจากน้ำนึ่งปลาทูน่า และซอสหอยนางรมที่มีขายในท้องตลาด ไม่แตกต่างกันทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95%

ตัวอย่างซอสปรุงรสที่ได้รับการยอมรับมากที่สุดทั้งที่เตรียมจากน้ำนึ่งปลาทูน่าที่ย่อยสลายด้วยเอนไซม์ Alcalase® และ Neutrase® มีสีน้ำตาลค่อนข้างเข้ม ลักษณะเนื้อเนียน

ตารางที่ 11 ผลการทดสอบชิมซอสปรุงรสจากน้ำนึ่งปลาทูน่าที่ย่อยสลายด้วยเอนไซม์ Alcalase® 2.0% และซอสหอยนางรมที่ขายในท้องตลาด

	คะแนนเฉลี่ยจากผู้ทดสอบชิม				
	ซอสปรุงรสที่ย่อยด้วย Alcalase® 2.0%				ซอสหอยนางรม
	0 นาที	30 นาที	60 นาที	120 นาที	
1. เนื้อสัมผัส	2.70^{a}	4.63^{b}	5.75^{b}	4.58^{b}	5.86^{b}
2. สี	2.46^{a}	3.25^{ab}	3.25^{ab}	4.30^{b}	3.63^{ab}
3. กลิ่น					
กลิ่นไหม้	1.50^{b}	1.56^{b}	1.48^{b}	1.45^{b}	1.83^{a}
กลิ่นหืน	3.32^{a}	2.53^{a}	3.12^{a}	3.20^{a}	1.88^{a}
กลิ่นปลา	5.16^{a}	4.19^{a}	5.19^{a}	4.78^{a}	2.69^{a}
4. รส					
รสเค็ม	3.94^{a}	3.91^{a}	3.75^{a}	3.69^{a}	4.21^{a}
รสเปรี้ยว	1.03^{a}	1.11^{a}	1.83^{a}	2.11^{a}	1.82^{a}
รสหวาน	3.80^{a}	3.55^{a}	2.94^{a}	2.88^{a}	3.34^{a}
รสขม,เฝื่อน	1.82^{a}	1.90^{a}	1.93^{a}	2.24^{a}	1.04^{a}
รสปลา	2.59^{a}	2.62^{a}	2.17^{a}	3.15^{a}	1.37^{a}
รสชาติรวม	4.44^{ab}	5.02^{abc}	5.96^{bc}	4.36^{a}	6.17^{c}
5. คุณลักษณะรวม	4.01^{a}	4.60^{ab}	5.85^{b}	4.46^{ab}	6.24^{b}

หมายเหตุ ใช้แผนการทดสอบชิมแบบ QDA แล้ววิเคราะห์ความแปรปรวนทางสถิติ a,b,c,d,e เป็นการเปรียบเทียบทางสถิติ ในแนวนอนตัวอักษรเดียวกันแสดงว่าไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ ตัวอักษรต่างกันแสดงว่ามีความแตกต่างกันทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95%

ตารางที่ 12 ผลการทดสอบชิมซอสปรุงรสจากน้ำนึ่งปลาทูน่าที่ย่อยสลายด้วยเอนไซม์ Neutrase® 2.0% และซอสหอยนางรมที่ขายในท้องตลาด

	คะแนนเฉลี่ยจากผู้ทดสอบชิม				
	ซอสปรุงรสที่ย่อยด้วย Neutrase® 2.0%				ซอสหอยนางรม
	0 นาที	15 นาที	60 นาที	120 นาที	
1. เนื้อสัมผัส	4.65^{ab}	3.39^{a}	5.36^{ab}	5.52^{ab}	5.86^{b}
2. สี	2.85^{a}	2.96^{a}	3.31^{a}	3.46^{a}	3.63^{a}
3. กลิ่น					
กลิ่นไหม้	2.62^{a}	2.26^{a}	2.24^{a}	2.41^{a}	1.83^{a}
กลิ่นหืน	2.27^{a}	2.60^{a}	1.93^{a}	1.98^{a}	1.88^{a}
กลิ่นปลา	5.10^{b}	4.95^{b}	4.79^{ab}	4.26^{ab}	2.69^{a}
4. รส					
รสเค็ม	2.68^{a}	3.35^{a}	3.20^{a}	2.90^{a}	4.21^{a}
รสเปรี้ยว	0.86^{a}	0.90^{a}	1.13^{a}	1.34^{a}	1.82^{a}
รสหวาน	2.98^{a}	2.83^{a}	3.18^{a}	3.23^{a}	3.34^{a}
รสขม,เฝื่อน	1.52^{a}	1.60^{a}	1.66^{a}	1.76^{a}	1.04^{a}
รสปลา	2.00^{a}	1.94^{a}	2.02^{a}	2.00^{a}	1.37^{a}
รสชาติรวม	4.23^{a}	4.57^{a}	4.96^{a}	4.64^{a}	6.17^{a}
5. คุณลักษณะรวม	4.72^{a}	4.78^{a}	5.24^{a}	4.84^{a}	6.24^{a}

หมายเหตุ ใช้แผนการทดสอบชิมแบบ QDA แล้ววิเคราะห์ความแปรปรวนทางสถิติ a,b,c,d,e เป็นการเปรียบเทียบทางสถิติ ในแนวนอนตัวอักษรเดียวกันแสดงว่าไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ ตัวอักษรต่างกันแสดงว่ามีความแตกต่างกันทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95%

เป็นเนื้อเดียวกัน ไม่ขมเกินไป มีกลิ่นหอมของปลา รสกลมกล่อม ส่วนซอสที่ได้คะแนนรวมต่ำจะมีสีน้ำตาลอ่อนจาง ลักษณะเนื้อไม่ค่อยเนียน

6. องค์ประกอบทางเคมีและคุณสมบัติทางกายภาพของซอสปรุงรสจากน้ำนึ่งปลาทูน่าที่ได้จากการย่อยสลายด้วยเอนไซม์

ผลการวิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมีและคุณสมบัติทางกายภาพของซอสปรุงรสที่เตรียมจากน้ำนึ่งปลาทูน่าที่ได้จากการย่อยสลายด้วยเอนไซม์ Alcalase® 2.0% และ Nuetrase® 2.0% ที่ได้รับการยอมรับมากที่สุด เปรียบเทียบกับซอสหอยนางรมที่มีขายในท้องตลาด แสดงดังตารางที่ 13 และ 14 ตามลำดับ พบว่า ซอสปรุงรสจากน้ำนึ่งปลาทูน่าที่ย่อยสลายด้วยเอนไซม์ Alcalase® 2.0% เป็นเวลา 0 และ 60 นาที และซอสปรุงรสที่ย่อยสลายด้วยเอนไซม์ Nuetrase® 2.0% เป็นเวลา 0 และ 60 นาที มี pH เท่ากับ 5.94, 6.30, 5.50 และ 5.69 ตามลำดับ ปริมาณของแข็งมีค่าเท่ากับ 41.22%, 41.90%, 37.20% และ 44.50% ตามลำดับ และปริมาณเกลือโซเดียมคลอไรด์มีค่าเท่ากับ 1.47%,1.43%,1.58 % และ 1.49% ตามลำดับ ซึ่งคุณลักษณะทางเคมีของซอสหอยนางรมที่สำนักงานมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมกำหนดไว้ (มอก. 1317-2538) คือ ค่าพีเอช ไม่น้อยกว่า 4.4 ปริมาณของแข็งทั้งหมด ไม่น้อยกว่าร้อยละ 20 และปริมาณเกลือโซเดียมคลอไรด์ ไม่เกินร้อยละ 13 ดังนั้นซอสปรุงรสจากน้ำนึ่งปลาทูน่าที่เตรียมได้ทั้งจากการย่อยสลายด้วยเอนไซม์ Alcalase® 2.0% และ Nuetrase® 2.0% อยู่ในเกณฑ์มาตรฐานของสำนักงานมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม

ส่วนปริมาณโปรตีนและไนโตรเจนทั้งหมด เป็นองค์ประกอบที่มีความสำคัญและจำเป็นต่อคุณภาพด้านกลิ่น และรสชาติของผลิตภัณฑ์ประเภทซอสปรุงรส โดยที่มาตรฐานของน้ำซอสปรุงรส (มอก. 8-2513) น้ำปลาพื้นเมือง (มอก. 3-2525) และน้ำซีอิ้ว (มอก. 252-2521) ซึ่งเป็นผลิตภัณฑ์ใกล้เคียงกับซอสหอยนางรม ได้ใช้ค่าปริมาณโปรตีนเป็นปัจจัยกำหนดคุณภาพดังนั้นจึงเลือกใช้ปริมาณโปรตีนเป็นเกณฑ์กำหนดคุณภาพของซอสปรุงรสจากน้ำนึ่งปลาทูน่า จากการทดลอง พบว่า ซอสปรุงรสที่เตรียมได้จากน้ำนึ่งปลาทูน่ามีปริมาณโปรตีนมากกว่าซอสหอยนางรมที่มีขายในท้องตลาดมากกว่า 7 เท่า นอกจากนี้พบว่าซอสปรุงรสที่เตรียมได้จากน้ำนึ่งปลาทูน่าที่ย่อยสลายด้วยเอนไซม์ทั้ง 2 ชนิด มีปริมาณไนโตรเจนทั้งหมด ไนโตรเจนที่ละลายได้ และอะมิโนแอซิดไนโตรเจน สูงกว่าในซอสหอยนางรมที่มีขายในท้องตลาดด้วย และจะเห็นว่าปริมาณไนโตรเจนที่ละลายได้ และ อะมิโน

ตารางที่ 13 องค์ประกอบของซอสปรุงรสจากน้ำนึ่งปลาทูน่าที่ย่อยสลายด้วยเอนไซม์ Alcalase® 2.0% และซอสหอยนางรมที่ขายในท้องตลาด

	ค่าวิเคราะห์		
	ซอสปรุงรสที่ย่อยด้วย Alcalase® 2.0%		ซอสหอยนางรม
	0 นาที	60 นาที	
1.พีเอช	5.94	6.30	5.55
2.ความชื้น (%)	68.75^{c}	67.30^{b}	64.82^{a}
3.ของแข็งทั้งหมด (%)	41.22^{a}	41.90^{ab}	42.65^{b}
4.ไขมัน (%)	0.077^{b}	0.083^{c}	0.063^{a}
5.เกลือ (%)	1.47^{a}	1.43^{a}	12.53^{b}
6.ความเป็นกรด (%)	0.16^{b}	0.22^{c}	0.04^{a}
7.โปรตีน (%)	7.91^{b}	7.79^{b}	1.05^{a}
8.ไนโตรเจนทั้งหมด (%)	1.27^{b}	1.25^{b}	0.17^{a}
9.ไนโตรเจนที่ละลายได้ (%)	0.68^{b}	1.03^{d}	0.12^{a}
10.เถ้า (%)	6.44^{a}	6.63^{b}	10.97^{c}
11.อะมิโนแอซิดไนโตรเจน (%)	0.28^{b}	0.48^{c}	0.15^{a}
12.คาร์โบไฮเดรต (%)	16.82	18.20	25.12
13.ความหนืด (cm./นาที)	15.92^{c}	11.35^{b}	5.92^{a}
14. ค่าสี (JUKI รุ่น JP 7100F)			
L	24.49^{c}	21.08^{b}	6.04^{a}
a	2.16^{a}	2.27^{b}	3.27^{c}
b	6.91^{c}	6.06^{b}	1.09^{a}

หมายเหตุ ค่าที่ได้เป็นค่าเฉลี่ยจากการทดลอง 3 ครั้ง

a,b,c เป็นการเปรียบเทียบทางสถิติ ในแนวนอนตัวอักษรเดียวกันแสดงว่าไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ ตัวอักษรต่างกันแสดงว่ามีความแตกต่างกันทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95%

ตารางที่ 14 องค์ประกอบของซอสปรุงรสจากน้ำนึ่งปลาทูน่าที่ย่อยสลายด้วยเอนไซม์ Neutrase® 2.0% และซอสหอยนางรมที่ขายในท้องตลาด

	ค่าวิเคราะห์		
	ซอสปรุงรสที่ย่อยด้วย Neutrase® 2.0%		ซอสหอยนางรม
	0 นาที	60 นาที	
1.พีเอช	5.50	5.69	5.55
2.ความชื้น (%)	66.03^{c}	62.80^{a}	64.82^{b}
3.ของแข็งทั้งหมด (%)	37.20^{a}	44.50^{b}	42.65^{c}
4.ไขมัน (%)	0.072^{b}	0.087^{c}	0.063^{a}
5.เกลือ (%)	1.58^{a}	1.49^{a}	12.53^{b}
6.ความเป็นกรด (%)	0.15^{b}	0.19^{c}	0.04^{a}
7.โปรตีน (%)	7.92^{b}	7.53^{b}	1.05^{a}
8.ไนโตรเจนทั้งหมด (%)	1.26^{b}	1.21^{b}	0.17^{a}
9.ไนโตรเจนที่ละลายได้ (%)	0.67^{b}	0.89^{c}	0.12^{a}
10.เถ้า (%)	6.09^{a}	5.95^{a}	10.97^{b}
11.อะมิโนแอซิดไนโตรเจน (%)	0.28^{b}	0.45^{c}	0.15^{a}
12.คาร์โบไฮเดรต (%)	19.88	23.44	25.12
13.ความหนืด (cm./นาที)	12.43^{c}	8.27^{b}	5.92^{a}
14. ค่าสี (JUKI รุ่น JP 7100F)			
L	21.17^{c}	18.69^{b}	6.04^{a}
a	4.52^{b}	4.67^{c}	3.27^{a}
b	8.28^{c}	7.22^{b}	1.09^{a}

หมายเหตุ ค่าที่ได้เป็นค่าเฉลี่ยจากการทดลอง 3 ครั้ง

a,b,c เป็นการเปรียบเทียบทางสถิติในแนวนอนตัวอักษรเดียวกันแสดงว่าไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ ตัวอักษรต่างกันแสดงว่ามีความแตกต่างกันทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95%

แอซิดไนโตรเจน จะมีปริมาณมากขึ้นเมื่อใช้เอนไซม์ย่อยสลาย เมื่อเปรียบเทียบระหว่างซอสปรุงรสที่ได้จากการย่อยสลายด้วยเอนไซม์ทั้ง 2 ชนิด ที่ได้รับการยอมรับมากที่สุด พบว่า ซอสปรุงรสที่ได้จากการย่อยสลายด้วยเอนไซม์ Alcalase® มีปริมาณไนโตรเจนที่ละลายได้และปริมาณอะมิโนแอซิดไนโตรเจนสูงกว่าซอสปรุงรสที่ได้จากการย่อยสลายด้วยเอนไซม์ Neutrase® แสดงให้เห็นว่าเอนไซม์ Alcalase® มีระดับการย่อยสลายสูงกว่าเอนไซม์ Neutrase® เช่นเดียวกับผลการทดลองของ Quaglia and Orban (1987a)

ความหนืดของซอสปรุงรสทั้งที่เตรียมจากน้ำนึ่งปลาทูน่าที่ย่อยสลายด้วยเอนไซม์ Alcalase® และ Neutrase® มีลักษณะเป็นเจลเมื่อตั้งทิ้งไว้ทั้งที่อุณหภูมิห้องและอุณหภูมิตู้เย็น เมื่อเปรียบเทียบกับซอสหอยนางรมที่มีขายในท้องตลาด พบว่า ซอสปรุงรสที่เตรียมได้จากน้ำนึ่งปลาทูน่าที่ผ่านการย่อยสลายด้วยเอนไซม์ทั้ง 2 ชนิด มีความหนืดน้อยกว่าซอสหอยนางรมที่มีขายในท้องตลาด อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95% และซอสปรุงรสที่เตรียมได้จากน้ำนึ่งปลาทูน่าที่ผ่านการย่อยสลายด้วยเอนไซม์ Alcalase® มีความหนืดน้อยกว่าซอสปรุงรสจากน้ำนึ่งปลาทูน่าที่ผ่านการย่อยสลายด้วยเอนไซม์ Neutrase® และพบว่า เมื่อใช้เวลาในการย่อยสลายด้วยเอนไซม์นานขึ้น ทำให้ซอสปรุงรสมีความหนืดมากขึ้น ซึ่งจากการย่อยสลายด้วยเอนไซม์ Alcalase® และ Neutrase® ให้ผลการทดลองที่มีแนวโน้มเช่นเดียวกัน

ส่วนปริมาณเถ้า พบว่า ซอสปรุงรสจากน้ำนึ่งปลาทูน่าที่ไม่ได้ผ่านการย่อยสลายด้วยเอนไซม์ และซอสปรุงรสที่ผ่านการย่อยสลายด้วยเอนไซม์เป็นเวลา 60 นาที จากทั้ง 2 เอนไซม์ มีปริมาณเถ้าไม่แตกต่างกันทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95% และในซอสปรุงรสที่เตรียมได้จากการย่อยสลายด้วยเอนไซม์ทั้ง 2 ชนิด มีปริมาณเถ้าอยู่น้อยกว่าในซอสหอยนางรมที่มีขายในท้องตลาด และเมื่อเปรียบเทียบระหว่างซอสปรุงรสที่เตรียมได้ พบว่า ซอสปรุงรสที่ได้จากการย่อยสลายด้วยเอนไซม์ Alcalase® มีปริมาณเถ้ามากกว่าในซอสปรุงรสที่ย่อยสลายด้วยเอนไซม์ Neutrase® เนื่องจากเอนไซม์ Alcalase® เป็นเอนไซม์ที่ทำงานได้ดีในสภาพที่เป็นด่าง จึงมีการเติมด่างเพื่อปรับสภาพของส่วนผสมให้เหมาะสมต่อการทำงานของเอนไซม์ Alcalase® (Hoyle and Merritt, 1994)

Quaglia และ Orban (1987a) ศึกษาองค์ประกอบทางเคมีของโปรตีนไฮโดรไลเสทที่ผลิตจากปลาซาร์ดีน โดยใช้เอนไซม์ Alcalase® และ Papain พบว่า ผลิตภัณฑ์ที่ได้จากการย่อยสลายของเอนไซม์ทั้ง 2 ชนิดมีค่าปริมาณไนโตรเจนที่ละลายได้เท่ากัน แต่ปริมาณเถ้าแตกต่างกัน โดยเมื่อใช้เอนไซม์ Alcalase® มีปริมาณเถ้า 9.1% และ เมื่อใช้เอนไซม์ Papain

มีปริมาณเถ้า 7.2% ซึ่งเป็นผลมาจากปริมาณด่าง (NaOH) ที่เติมเพื่อปรับสภาพพีเอชของผลิตภัณฑ์ที่ได้จากการย่อยสลายด้วยเอนไซม์ Alcalase® มีปริมาณมากกว่า

จากผลการวัดค่าสีโดยใช้เครื่อง JUKI รุ่น JP 7100F พิจารณาเฉพาะ ค่า L ซึ่งหมายถึง ความสว่าง ค่า a หมายถึง สีแดง-สีเขียว และค่า b หมายถึง สีน้ำเงิน-สีเหลือง (ไพบูลย์ ธรรมรัตนวาสิก, 2531) พบว่า ซอสปรุงรสจากน้ำนึ่งปลาทูน่าที่ย่อยสลายด้วยเอนไซม์ Alcalase® 2.0% และ Neutrase® 2.0% มีสีอ่อนกว่าซอสหอยนางรมที่มีขายในท้องตลาดอย่างชัดเจน เมื่อพิจารณาเฉพาะซอสปรุงรสที่เตรียมได้ จะเห็นว่า ซอสปรุงรสจากน้ำนึ่งปลาทูน่าที่ย่อยสลายด้วยเอนไซม์จะมีสีเข้มกว่าซอสปรุงรสจากน้ำนึ่งปลาทูน่าที่ไม่ได้ย่อยสลายด้วยเอนไซม์ โดยการทดลองที่ได้จากการย่อยสลายด้วยเอนไซม์ทั้ง 2 ชนิด ให้ผลการทดลองที่มีแนวโน้มเช่นเดียวกัน นอกจากนี้จะเห็นว่าชนิดของเอนไซม์ที่ใช้ในการย่อยสลายมีผลต่อสีของซอสปรุงรส โดยซอสปรุงรสที่ได้จากการย่อยสลายด้วยเอนไซม์ Alcalase® มีสีอ่อนกว่าหรือมีความสว่างมากกว่าซอสปรุงรสที่ได้จากการใช้เอนไซม์ Neutrase®