โครงการวิจัยที่ 4.3 การพัฒนาผลิตภัณฑ์ซุปปลาแซลมอนสกัดพร้อมดื่ม

หัวหน้าโครงการ: จุฑา มุกดาสนิท

ผู้ร่วมงานวิจัย: สุมิตรา บุญบำรุง

การพัฒนาผลิตภัณฑ์ซุปปลาแซลมอนสกัดพร้อมดื่ม

นายจุฑา มุกดาสนิท[1] และ นางสาวสุมิตรา บุญบำรุง[2]
[1]-คณะประมง มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ จตุจักร กรุงเทพ
[2]-สถาบันค้นคว้าและพัฒนาผลิตภัณฑ์อาหาร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ จตุจักร กรุงเทพ

บทคัดย่อ

งานวิจัยครั้งนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อพัฒนาผลิตภัณฑ์ซุปปลาแซลมอนสกัดพร้อมดื่มจากเนื้อท้องปลาแซลมอน เนื้อท้องปลาแซลมอนมีปริมาณความชื้น 50.24% โปรตีน 15.22% ไขมัน 23.86% และเถ้า 0.32% เนื่องจากตัวอย่างมีปริมาณไขมันสูงจึงจำเป็นต้องขจัดไขมันก่อนการแปรรูปเพื่อป้องกันการเกิดกลิ่นรสไม่พึงประสงค์ของผลิตภัณฑ์ สภาวะที่เหมาะสมในการผลิตโปรตีนไฮโดรไลเซตเพื่อทำซุปปลาแซลมอนคือ การใช้เอนไซม์ Flavourzyme ปริมาณ 5% (น้ำหนัก/น้ำหนัก) บ่มที่อุณหภูมิ 45^{0}C เป็นเวลา 5 ชั่วโมง การพัฒนาสูตรเพื่อผลิตซุปปลาแซลมอนสกัดพร้อมดื่มพบว่าการใช้แป้งดัดแปร (National Frigex®) สามารถปรับปรุงเนื้อสัมผัสของซุปปลาแซลมอนจนเป็นที่ยอมรับของผู้ทดสอบ การใช้สมุนไพร (ใบกระวานและลูกผักชี) และซอสสเต็กมีส่วนช่วยในการปรับปรุงด้านกลิ่นรสของซุปปลาแซลมอน ซุปปลาแซลมอนสกัดพร้อมดื่มบรรจุกระป๋องขนาด 307x113 ปริมาตรบรรจุ 180 มิลลิลิตรใช้สภาวะในการฆ่าเชื้อคือ อุณหภูมิ 116 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 17 นาที มีค่า F_o 8.5 นาที ผลิตภัณฑ์ที่ได้ประกอบด้วยกรดแอมิโนที่จำเป็นครบทุกชนิดและอุดมไปด้วยวิตามินบี 12 ผลิตภัณฑ์มีอายุการเก็บรักษาไม่น้อยกว่า 3 เดือน ต้นทุนในการผลิตประมาณ 25 บาทต่อกระป๋อง โดยไม่คิดรวมค่าไฟฟ้าและค่าแรง

คำสำคัญ: แซลมอน, ซุป, กรดแอมิโน, วิตามิน

Product Development of the ready-to-drink salmon soup

Juta Mookdasanit[1] and Sumitra Boonbumrung[2]
[1]-Faculty of Fisheries, Kasetsart University, Chatuchak, Bangkok
[2]- Institute of Food Research and Product Development, Kasetsart University, Chatuchak, Bangkok

Abstract

This research was aimed to develop a ready-to-drink salmon soup from belly salmon part. The belly salmon composed of 50.24% moisture, 15.22% protein, 23.86% fat and 0.32% ash. To protect the off-flavor formation in finish product, the belly salmon had to remove oil prior process. Optimization of protein hydrolysate production to produce salmon soup was the use of Flavourzyme 5% (w/w) at 45^0C for 5 hours. Modified starch (National Frigex®) could be applied in the ready-to-drink salmon soup for developing the soup texture. Herb (bay leaf and coriander seed) and the steak sauce were used to improve the soup flavor. One hundred and eighty milliliters of salmon soup were filled into the can sized 307x113 and sterilized under 116^0C for 17 minutes (F_o=8.5). The product composed of essential amino acid and also high content of vitamin B12. The product shelf life was at least 3 months. The production cost was 25 baths/can exclusion of power and labor cost.

Keywords: Salmon, soup, amino acid and vitamin

บทนำ

ประเทศไทยมีการนำเข้าปลาแซลมอนจากต่างประเทศเพื่อการแปรรูปเป็นผลิตภัณฑ์เพื่อการส่งออก (re-export) และบริโภคในประเทศ ซึ่งเมื่อเทียบกับปลาชนิดอื่นในประเทศแล้ว ปลาแซลมอนนับว่ามีราคาค่อนข้างสูง ผู้บริโภคปลาชนิดนี้ในประเทศไทยจึงเป็นผู้บริโภคในกลุ่มตลาดบน ซึ่งมีกำลังซื้อค่อนข้างสูง โดยเศษเหลือของปลาแซลมอนจากการแปรรูปคิดเป็น 48% จากปลาทั้งตัว (He *et al*., 2011) ดังนั้นการแปรรูปเศษเหลือของแปลแซลมอนที่มีอยู่มากมายในอุตสาหกรรมประมงจะเป็นการเพิ่มมูลค่าให้กับเศษเหลือ นอกจากเนื้อปลาจะเป็นโปรตีนที่ย่อยง่าย เป็นอาหารสุขภาพที่เหมาะกับคนทุกวัยรวมถึงผู้สูงอายุแล้ว จากการวิจัยพบว่าเศษเหลือจากปลาแซลมอนมีกรดแอมิโนจำเป็น (isoleucine, lysine, methionine) ส่วนน้ำมันจากปลาแซลมอนมีองค์ประกอบของกรดไขมันชนิดที่ไม่อิ่มตัวในกลุ่มโอเมก้า 3 ได้แก่ กรดไขมัน eicosapentaenoic acid (EPA) และ decosahexaenoic acid (DHA) ที่มีประโยชน์ต่อร่างกายสูง (Laiset *et al.,* 2002) อีกทั้งยังประกอบด้วยรงควัตถุประเภท astaxanthin ที่มีฤทธิ์เป็นสารต้านอนุมูลอิสระที่มีประสิทธิภาพสูง (Anderson, 2001 and Miki, 1991) ในปี 2551 ผลิตภัณฑ์บำรุงร่างกายที่เป็นเครื่องดื่มมีมูลค่าตลาดรวมสูงถึง 7,560 ล้านบาท จากการสำรวจของบริษัทเอซี นีลเส็น พบว่ามูลค่าตลาดซุปไก่สกัดเป็นตลาดใหญ่ที่สุดในกลุ่มผลิตภัณฑ์บำรุงร่างกาย ซึ่งมีมูลค่าตลาดประมาณ 2,800 ล้านบาท (สถาบันอาหาร, 2554) จะเห็นได้ว่ามูลค่าตลาดสินค้าประเภทนี้มีสูงมากในขณะที่ซุปพร้อมดื่มที่มีขายอยู่ในขณะนี้มีซุปไก่สกัดเป็นหลัก ดังนั้น ซุปปลาแซลมอนสกัดพร้อมดื่ม จึงน่าจะเป็นอีกทางเลือกหนึ่งให้ผู้บริโภคที่มีความสนใจในด้านสุขภาพและคำนึงถึงคุณค่าทางโภชนาการที่จะได้รับ (กรดแอมิโนจำเป็น) หันมาสนใจในผลิตภัณฑ์นี้มากยิ่งขึ้น และ เป็นทางเลือกให้กับผู้ที่สนใจในผลิตภัณฑ์เสริมอาหารซึ่งเหมาะกับบุคคลทุกเพศทุกวัยและทุกศาสนาเนื่องจากเป็นผลิตภัณฑ์ที่ทำมาจากปลา ปัจจุบันมีการนำเศษเหลือปลาแซลมอนมาใช้ประโยชน์ โดยใช้เป็นวัตถุดิบในการผลิตผลิตภัณฑ์หลายชนิดในระดับอุตสาหกรรมเช่น น้ำมันปลา, คอลลาเจน, เจลาติน และ โปรตีนไฮโดรไลเสท (Laiset *et al*., 2002, Pratoomyot *et al*., 2010, Pei *et al*., 2010) โปรตีนไฮโดรไลเสทที่ผลิตจากปลาแซลมอนมีคุณสมบัติในการป้องกันอันตรายจากโรคความดันโลหิตสูงได้ด้วย (Ewart *et al*., 2009) อีกทั้งยังมีการนำโปรตีนไฮโดรไลเสทไปประยุกต์ใช้ในการทำสารให้กลิ่นรส คอลลาเจน และเป็นแหล่งโปรตีนที่สำคัญของมนุษย์ (Herpandi *et al*., 2011)

เอนไซม์ย่อยสลายโปรตีน

เอนไซม์เป็นโปรตีนที่ทำหน้าที่เป็นตัวเร่งปฏิกิริยาทางชีวภาพ The Enzyme Commision (EC) แบ่งเอนไซม์เป็น 6 กลุ่มใหญ่ คือ Oxidoreductase, Tranferase, Hydrolase, Lyases, Isomerase and Lygases แต่มีเฉพาะเอนไซม์กลุ่ม Hydrolase คือ Protease ที่นิยมนำมาใช้ในอุตสาหกรรมไฮโดรไลเสท (Hall *et al*., 1992)

เอนไซม์ Protease

Protease เป็นเอนไซม์ที่สำคัญชนิดหนึ่งในการเร่งปฏิกิริยาการย่อยสลายโปรตีน ได้ผลผลิตเป็นเปปไทด์สายสั้นและกรดอะมิโนอิสระที่มีสมบัติการละลายสูง ในการผลิตเพื่อให้ได้มาซึ่งผลิตภัณฑ์สุดท้ายที่ต้องการนั้นจำเป็นต้องมีการคัดเลือกชนิดของเอนไซม์ที่ใช้และมีการควบคุมสภาวะที่เกี่ยวข้องกับกระบวนการย่อยสลาย เช่น pH, อุณหภูมิ และระยะเวลาการย่อย เป็นต้น (Hall *et al*., 1992)

การใช้เอนไซม์ Protease ในการย่อยสลายโปรตีนจากปลา

Foh และคณะ (2011) ได้ศึกษาการผลิตโปรตีนโฮโดรไลเสทจากปลานิลโดยใช้เอนไซม์ Alcalase, Neutrase and Flavourzyme พบว่า Alcalase มีความสามารถย่อยสลายโปรตีนได้สูงกว่า Neutrase and Flavourzyme มีรายงานของ Sathivel และคณะ (2011) ได้ศึกษาการผลิตโปรตีนโฮโดรไลเสทจากหัวปลาแซลมอนโดยใช้เอนไซม์ Alcalase, Flavourzyme, Palatase, Protex, GC106 and Neutrase พบว่า Alcalase, Protex and Neutrase มีความสามารถย่อยสลายโปรตีนได้สูงกว่าเอนไซม์ชนิดอื่นๆ

มีการพัฒนาซุปปลาสกัดเข้มข้นพร้อมดื่มจากน้ำนึ่งปลาทูน่า โดยการเหวี่ยงแยกน้ำมัน ย่อยสลายโปรตีนด้วยเอนไซม์อัลคาเลสปริมาณ 0.6% โดยน้ำหนักของโปรตีนที่อุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 1 ชั่วโมง หยุดปฏิกิริยาโดยการให้ความร้อนที่อุณหภูมิ 90 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 10 นาที กรองและระเหยน้ำออก ได้ซุปปลาสกัดเข้มข้นที่มีองค์ประกอบของกรดอะมิโนที่จำเป็นต่อร่างกายสูง มีสารปนเปื้อนต่ำมาก และไม่พบจุลินทรีย์ที่เป็นอันตรายต่อผู้บริโภค ได้รับการประเมินความพอใจทางประสาทสัมผัสในลักษณะโดยรวมสูงกว่าซุปไก่สกัดรสกลมกล่อมที่มีจำหน่ายในท้องตลาดอย่างมีนัยสำคัญ (สุมาลัย และคณะ 2545)

คุณภาพทางประสาทสัมผัสของผลิตภัณฑ์โปรตีนที่ย่อยสลายด้วยเอนไซม์

ปัญหาที่พบในผลิตภัณฑ์โปรตีนที่ย่อยสลายด้วยเอนไซม์คือความขมและกลิ่นคาวซึ่งจะมีผลต่อการยอมรับของผู้บริโภค

ความขม

ความขมเกิดขึ้นในผลิตภัณฑ์โปรตีนที่ย่อยสลายด้วยเอนไซม์ เกิดจากหมู่ไม่ชอบน้ำของกรดอะมิโนที่มีฤทธิ์เป็นกลางเช่น isoleusine, leusine, phenylalanine, tryptophane and valine ที่ต่อกันเป็นสายเปปไทด์ที่มีน้ำหนักโมเลกุลต่ำ โดยรสขมจะเพิ่มมากขึ้นเมื่อปลายของสายเปปไทด์ถูกจับด้วยโมเลกุลอื่นๆ เช่นหมู่อะซิทิล หมู่เมทิลเอสเทอร์ (Suh *et al*., 2000, Prieto *et al*., 2010)

การลดกลิ่นคาว

กลิ่นคาวของผลิตภัณฑ์ปลามีอิทธิพลมาจากความเข้มข้นของไขมันและสารประกอบโมเลกุลต่ำที่มีอยู่เช่น trimethylamine และ 2-butanol (Chung and Lee 2009, Serfert et al., 2010)

Kasahara และ Nishibori (1992) พบว่าการเติมน้ำมะนาวสามารถลดกลิ่นคาวในปลาซาร์ดีนได้ โดยสารที่ให้กลิ่นสามารถบดบังกลิ่นคาวของปลาซาร์ดีนได้แก่ α-pinene, β-pinene, limonene และ γ-terpinene ซึ่งในประเทศไทยมีพืชสมุนไพรหลายชนิดที่ใช้ในการปรุงอาหารเพื่อบดบังกลิ่นคาวในอาหารทะเลเช่นมะนาว, ข่า, ตะไคร้, ใบมะกรูด และโหระพา เป็นต้น

จากที่ได้อธิบายในบทนำเบื้องต้นสามารถสรุปได้ว่ามีความเป็นไปได้ในการใช้เศษเหลือปลาแซลมอนเพื่อพัฒนาเป็นซุปปลาแซลมอนสกัดพร้อมดื่มโดยใช้เอนไซม์ Protease ช่วยในการผลิต อีกทั้งสามารถใช้ของพืชสมุนไพรในการปรับปรุงกลิ่นรสของซุปที่จะพัฒนาขึ้นให้เป็นที่ยอมรับของผู้บริโภค โดยซุปที่พัฒนาขึ้นอาจใช้เป็นแหล่งของอาหารเสริมสำหรับบุคคลทุกเพศทุกวัย

วัตถุประสงค์

1. พัฒนาการผลิตซุปปลาแซลมอนสกัดพร้อมดื่มจากเศษเหลือของการแปรรูปปลาแซลมอน
2. พัฒนาผลิตภัณฑ์ซุปปลาแซลมอนสกัดพร้อมดื่มให้มีกลิ่นรสเป็นที่ยอมรับของกลุ่มผู้บริโภค
3. ศึกษาคุณค่าทางอาหารของซุปปลาแซลมอนสกัดพร้อมดื่มที่ได้รับการยอมรับ
4. ศึกษาการเปลี่ยนแปลงคุณภาพของซุปปลาแซลมอนสกัดพร้อมดื่มบรรจุในกระป๋องเก็บรักษาที่อุณหภูมิห้อง

ระเบียบวิธีดำเนินการวิจัย

วัตถุดิบปลาแซลมอนและการเตรียมตัวอย่าง

เนื้อท้องปลาแซลมอนแช่เยือกแข็งผลิตโดยบริษัท Thai Union Frozen Products Public Company Limited ทำการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ -18 องศาเซลเซียสจนกว่าจะนำมาใช้ในการแปรรูป

วิธีการศึกษา

1. ศึกษาองค์ประกอบทางเคมีและคุณค่าทางอาหารของเนื้อปลาแซลมอน และซุปปลาแซลมอนสกัดพร้อมดื่ม

1.1 องค์ประกอบทางเคมี

วิเคราะห์ความชื้น โปรตีน ไขมัน และเถ้า โดยใช้วิธี AOAC (1995)

1.2 ปริมาณกรดแอมิโน

ปริมาณกรดแอมิโนในเนื้อปลา และในซุปปลาแซลมอนบรรจุกระป๋องวัดโดยวิธี HPLC method ส่งวิเคราะห์ที่ บริษัท ห้องปฏิบัติการกลาง (ประเทศไทย) จำกัด

1.3 ปริมาณวิตามิน B ในซุปปลาแซลมอนบรรจุกระป๋องวัดโดยวิธี HPLC และ micro assay method ส่งวิเคราะห์ที่ บริษัท ห้องปฏิบัติการกลาง (ประเทศไทย) จำกัด

2. การพัฒนาผลิตภัณฑ์ซุปปลาแซลมอนสกัดพร้อมดื่ม

2.1 นำเนื้อปลาแซลมอน (*Oncorhynchus mykiss*) (ภาพที่ 4.3.1-2) มาขอดเกล็ด ล้างน้ำทำความสะอาด (เนื้อ 1,000 กรัมต่อน้ำ 2,000 มิลลิลิตร) นำเนื้อที่ได้ไปบด (ภาพที่ 4.3.3)

ภาพที่ 4.3.1 เนื้อท้องปลาแซลมอนด้านใน

ภาพที่ 4.3.2 เนื้อท้องปลาแซลมอนด้านนอก

ภาพที่ 4.3.3 เนื้อปลาแซลมอนที่ผ่านการบดแล้ว

2.2. การต้มเพื่อแยกน้ำ เนื้อและไขมันปลา

วิธีการขจัดไขมันปลาแซลมอนสามารถทำได้โดยนำเนื้อปลาที่บดแล้วไปต้มในน้ำเดือด โดยอัตราส่วนระหว่างเนื้อต่อน้ำเป็น 1:1 ตั้งน้ำให้เดือดแล้วจึงใส่ปลาลงไป ต้มนาน 5 นาที กรองด้วยผ้าขาวบาง เนื้อปลาที่เหลือนำไปบีบแยกน้ำด้วยเครื่องบีบน้ำมันปลา ความชื้นของเนื้อปลาที่ได้ ไม่เกิน 65 เปอร์เซ็นต์ เก็บรักษาที่อุณหภูมิ -18 องศาเซลเซียสจนกระทั่งนำมาใช้

2.3. การผลิตโปรตีนไฮโดรไลเซตจากเนื้อปลาแซลมอน (Fish protein hydrolysate; FPH)

โปรตีนไฮโดรไลเซต หมายถึง โอลิโกเปปไทด์ที่เกิดจากปฏิกิริยาไฮโดรไลซิสของโปรตีนโดยเอนไซม์ ซึ่งทำให้มีคุณสมบัติเชิงหน้าที่ เช่น ความสามารถในการอุ้มน้ำ อิมัลซิไฟเออร์ ความหนืด และอื่น ๆ แตกต่างไปจากโปรตีนเริ่มต้น (พรอริยา, 2548) ในขั้นตอนการผลิตโปรตีนไฮโดรไลเซตจากเนื้อปลาแซลมอนสามารถทำได้โดยอุ่นเนื้อปลาในข้อ 2.2 (pre-incubate) (เนื้อ 30 กรัม น้ำกลั่น 150 มิลลิลิตร) ใน water bath shacker (Heto SBD 50) อ่างน้ำควบคุมอุณหภูมินาน 15 นาที ความเร็วในการหมุนเท่ากับ 180 rpm (ภาพที่ 4.3.4) เอนไซม์ที่ใช้คือ Flavourzyme® 500MG (Novo Nordisk, Denmark)สภาวะที่ใช้ในการทำโปรตีนไฮโดรไลเซตตามตารางที่ 4.3.1 เมื่อครบกำหนดเวลาจึงหยุดการทำงานของเอนไซม์ด้วยการให้ความร้อน 90 องศาเซลเซียส นาน 15 นาที (Muzaifa *et al*., 2012) หลังจากนั้นนำไปแยกน้ำและเนื้อ ด้วยการหมุนเหวี่ยงที่ 22,540 x g เป็นเวลา 20 นาที อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส (TOMY Suprema 21) (ภาพที่ 4.3.5) โปรตีนไฮโดรไลเซตที่ได้ (ภาพที่ 4.3.6) นำไปวิเคราะห์หาระดับการย่อยต่อไป

ตารางที่ 4.3.1 สภาวะที่ใช้ในการทำโปรตีนไฮโดรไลเซตจากเนื้อปลาแซลมอน (FPH)

ตัวแปร	สภาวะ
เวลา (ชั่วโมง)	1, 2, 3, 4 และ 5
ความเข้มข้นของเอนไซม์ (น้ำหนัก/น้ำหนัก; w/w)	1, 2, 3, 4 และ 5
อุณหภูมิ (องศาเซลเซียส)	45, 50 และ 55

ภาพที่ 4.3.4 อ่างน้ำควบคุมอุณหภูมิ

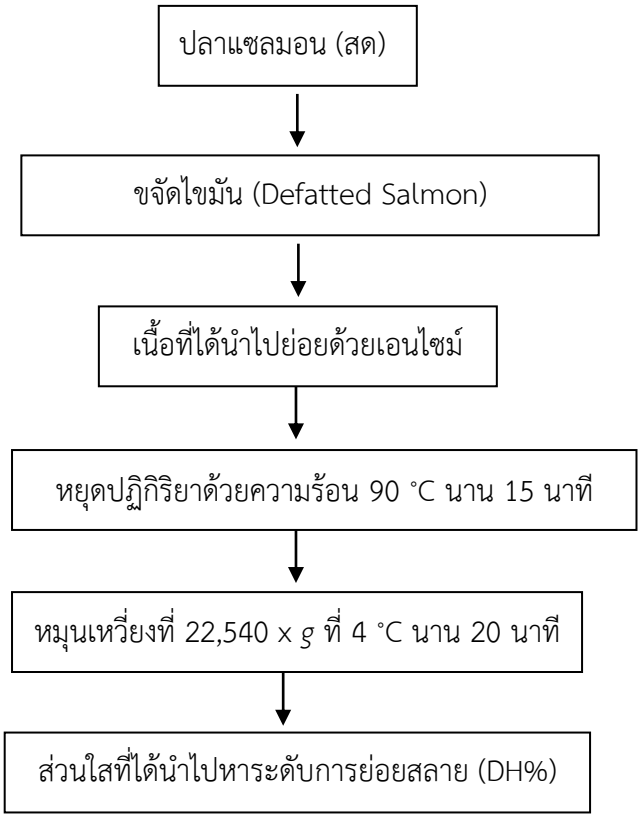
ภาพที่ 4.3.5 ตัวอย่างที่ผ่านการย่อยและนำไปหมุนเหวี่ยง

ภาพที่ 4.3.6 Fish Protein Hydrolysate (FPH) จากเนื้อปลาแซลมอน

2.4. ระดับการย่อยสลาย (Degree of hydrolysis - DH%)

ระดับการย่อยสลาย หมายถึง ร้อยละของจำนวนเปปไทด์ที่ถูกตัดระหว่างกระบวนการย่อยโปรตีน โดยคำนวณจากปริมาณกรดแอมิโนอิสระที่วัดได้เทียบกับปริมาณกรดแอมิโนทั้งหมดของตัวอย่างโปรตีน (Ovissipour *et al*., 2010) ระดับการย่อยสลายสามารถวัดได้โดยนำโปรตีนไฮโดรไลเซต 15 มิลลิลิตร ผสมกับ 20 เปอร์เซ็นต์สารละลายกรดไตรคลอโรอะซิติก (TCA) 15 มิลลิลิตร ตั้งทิ้งไว้ 10 นาทีเพื่อให้โปรตีนตกตะกอน จากนั้นนำไปหมุนเหวี่ยงที่ 9418 x g อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส นาน 15 นาที (Hettich Universal 32) ส่วนใสที่ได้นำไปวิเคราะห์ปริมาณไนโตรเจนทั้งหมดด้วยวิธี Kjeldahl method (AOAC, 1995) คำนวณระดับการย่อย (DH) ตามสูตรของ Ovissipour *et al*., 2010 ดังนี้

DH% = (10% TCA soluble N in sample/ Total N in raw material) X100



ภาพที่ 4.3.7 แผนภาพการทำโปรตีนไฮโดรไลเซตและการหาระดับการย่อยที่เหมาะสม

2.5 การพัฒนาสูตรเพื่อผลิตซุปปลาแซลมอนสกัดพร้อมดื่ม

2.5.1 การปรับปรุงกลิ่นรสโดยใช้สมุนไพร

นำโปรตีนไฮโดรไลเซตจากแซลมอน (FPH) ที่ระดับการย่อยสูงสุดมาทำการปรับปรุงกลิ่นรสเพื่อให้เหมาะสำหรับเป็นซุปปลาแซลมอนสกัด เนื่องจากไฮโดรไลเซตที่ได้มีกลิ่นคาวปลา รสชาติเค็ม และไม่มีเนื้อสัมผัส จึงได้ทำการปรับปรุงรสชาติ ส่วนการบดบังกลิ่นคาวใช้เครื่องเทศจากใบกระวานและลูกผักชี (ประยุกต์จาก ก่องกาญจน์ และคณะ 2542) โดยใช้ใบกระวานและลูกผักชี ในอัตราส่วน 1:1 นำซุปปลาแซลมอนมาเจือจางลง 50 เปอร์เซ็นต์ ใส่ใบกระวานและลูกผักชีลงในซุปปลา 0.10 และ 0.25 เปอร์เซ็นต์ (น้ำหนัก/ปริมาตร) จากนั้นต้มให้เดือดเป็นเวลา 10 นาที อุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียส เมื่อครบเวลาจึงกรองสมุนไพรออก นำซุปปลาที่ได้มาปรับปริมาตรให้เท่ากับก่อนต้ม นำส่วนผสมต่างๆ ตามตารางที่ 4.3.2 ใส่ลงไปในซุปปลาแซลมอนต้มต่ออีก 5 นาที อุณหภูมิ 80 องศาเซลเซียส เมื่อครบกำหนดเวลาจึงปรับปริมาตรให้เท่ากับก่อนต้มแล้วบรรจุลงกระป๋อง กระป๋องละ 180 มิลลิลิตร นำซุปปลาที่บรรจุลงกระป๋องแล้วไปฆ่าเชื้อที่อุณหภูมิ 116 องศาเซลเซียส นาน 20 นาที จากนั้นลดอุณหภูมิของกระป๋องอย่างรวดเร็วให้ได้ประมาณ 45 องศาเซลเซียส

ตารางที่ 4.3.2 แสดงอัตราส่วนต่างๆ ของซุปปลาแซลมอนเพื่อปรับปรุงกลิ่นรสในสูตรกลมกล่อม

Component	Control	Glu 2/ H 0.10	Glu 3/ H 0.10	Glu 2/ H 0.25	Glu 3/ H 0.25
Fish Protein Hydrolysate (ml)	100	95.4	94.4	95.25	94.25
Modified starch* (g)	0	2	2	2	2
Glucose (g)	0	2	3	2	3
Monosodium glutamate (g)	0	0.3	0.3	0.3	0.3
Herb$ (g)	0	0.10	0.10	0.25	0.25

* National Frigex®, National Starch Food Innovation

$ ใบกระวานและลูกผักชี ในอัตราส่วน (1:1)

Glu 2/H 0.10 = Glucose 2 % and Herb 0.1 % (w/v)

Glu 3/H 0.10 = Glucose 3 % and Herb 0.1 % (w/v)

Glu 2/H 0.25 = Glucose 2 % and Herb 0.25 % (w/v)

Glu 3/H 0.25 = Glucose 3 % and Herb 0.25 % (w/v)

2.5.2 การปรับปรุงเนื้อสัมผัสของซุปปลาแซลมอนสูตรกลมกล่อม

นำ FPH ที่ระดับการย่อยสูงสุดมาทำการปรับปรุงเนื้อสัมผัสเพื่อให้เหมาะสำหรับเป็นซุปปลาแซลมอนสกัดพร้อมดื่ม นำซุปปลาแซลมอนมาเจือจางลง 50 เปอร์เซ็นต์ ใส่ใบกระวานและลูกผักชีลงในซุปปลาตามสูตรที่ได้รับคัดเลือกจากข้อ 2.5.1 ต้มให้เดือดเป็นเวลา 10 นาที เมื่อครบเวลาจึงกรองสมุนไพรออก นำซุปปลาที่ได้มาปรับปริมาตรให้เท่ากับก่อนต้ม จากนั้นเติมส่วนผสมต่างๆ ตามตารางที่ 4.3.3 โดยมีการเติมแป้งดัดแปรในปริมาณต่างๆกัน ใส่ลงไปในซุปปลาแซลมอน ต้มต่ออีก 5 นาที เมื่อครบเวลาจึงปรับปริมาตรให้เท่ากับก่อนต้ม แล้วบรรจุลงกระป๋อง กระป๋องละ 180 มิลลิลิตร นำซุปปลาที่บรรจุลงกระป๋องแล้วไปฆ่าเชื้อที่อุณหภูมิ 116 องศาเซลเซียส นาน 20 นาที จากนั้นลดอุณหภูมิของกระป๋องอย่างรวดเร็วให้ได้ประมาณ 45 องศาเซลเซียส

ตารางที่ 4.3.3 แสดงอัตราส่วนต่างๆ ของซุปปลาแซลมอนสูตรกลมกล่อมเพื่อปรับปรุงเนื้อสัมผัส

	Control	Mod 1	Mod 1.5	Mod 2
Fish Protein Hydrolysate (ml)	100	96.6	96.1	95.6
Modified starch* (g)	0	1	1.5	2
Glucose (g)	0	2	2	2
Monosodium glutamate (g)	0	0.3	0.3	0.3
Herb$ (g)	0	0.1	0.1	0.1

* National Frigex®, National Starch Food Innovation;

$ Bay leaf and Coriander seed (1:1)

Mod1 = Modified starch 1%

Mod1.5 = Modified starch 1.5%

Mod2 = Modified starch 2%

2.5.3 การปรับปรุงกลิ่นของซุปปลาแซลมอนสูตรต้นตำรับ

นำ FHP ที่ระดับการย่อยสูงสุดมาทำการปรับปรุงเนื้อสัมผัสด้วยแป้งดัดแปรปริมาณ 1% เพื่อให้เหมาะสำหรับเป็นซุปปลาแซลมอนสกัดพร้อมดื่ม นำซุปปลาแซลมอนมาเจือจางลง 50 เปอร์เซ็นต์ ใส่วัตถุเจือปนที่ใช้ปรับปรุงกลิ่น ได้แก่ ควันเหลวและซอสสเต็ก ต้มให้เดือดเป็นเวลา 10 นาที จากนั้นนำส่วนผสมต่างๆ ตามตารางที่ 4.3.4 ใส่ลงไปในซุปปลาแซลมอน ต้มต่ออีก 5 นาที เมื่อครบเวลาจึงปรับปริมาตรให้เท่ากับก่อนต้มแล้วบรรจุลงกระป๋อง กระป๋องละ 180 มิลลิลิตร นำซุปปลาที่บรรจุลงกระป๋องแล้วไปฆ่าเชื้อที่อุณหภูมิ 116 องศาเซลเซียส นาน 20 นาที จากนั้นลดอุณหภูมิของกระป๋องอย่างรวดเร็วให้ได้ประมาณ 45 องศาเซลเซียส

ตารางที่ 4.3.4 แสดงอัตราส่วนต่างๆ ของซุปปลาแซลมอนเพื่อปรับปรุงกลิ่นในสูตรต้นตำรับ

	Control	LS 0.05	LS 0.10	SS 0.10	SS 0.25
Fish Protein Hydrolysate (ml)	96.7	96.65	96.6	93.6	96.45
Modified starch* (g)	1	1	1	1	1
Glucose (g)	2	2	2	2	2
Monosodium glutamate (g)	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3
Liquid Smoked[$](g)	0	0.05	0.10	0	0
Steak sauce[#] (g)	0	0	0	0.10	0.25

* National Frigex®, National Starch Food Innovation

[$] ยี่ห้อ Tones (ACH FOOD COMPANIES, INC., USA)

[#] ยี่ห้อ A.1. (KRAFT FOODS GLOBAL, INC. USA)

LS 0.05 = Liquid Smoked 0.05 % (w/v)

LS 0.10 = Liquid Smoked 0.10 % (w/v)

SS 0.10 = Steak sauce 0.10 % (w/v)

SS 0.25 = Steak sauce 0.25 % (w/v)

2.6 ประเมินคุณภาพทางประสาทสัมผัส

งานวิจัยนี้มีลักษณะเป็นงานวิจัยที่มีการควบคุมคุณภาพและทดสอบหาความแตกต่างของผลิตภัณฑ์ ไพโรจน์ (2545) กล่าวว่าผู้ทดสอบชิมในห้องปฏิบัติการเหมาะสำหรับงานวิจัยต้องการควบคุมคุณภาพ โดยเฉพาะอย่างยิ่งในสายงานด้านอาหารรวมทั้งการสร้างระดับของคุณภาพและการศึกษาด้านกลิ่น รสชาติของผลิตภัณฑ์ โดยพื้นฐานแล้วผู้ทดสอบในกลุ่มนี้จะแตกต่างจากผู้ทดสอบผู้บริโภคและผู้ทดสอบจำลองผู้บริโภค ซึ่งผู้ทดสอบผู้บริโภคและผู้ทดสอบจำลองผู้บริโภคมีข้อจำกัดในการทดสอบ โดยกลุ่มผู้ทดสอบชิมเหล่านี้จะใช้หลักเกณฑ์วัดความชอบหรือการยอมรับผลิตภัณฑ์เป็นหลัก ในขณะที่ผู้ทดสอบในห้องปฏิบัติการมีบทบาทสำคัญในการทดสอบหาความแตกต่างของผลิตภัณฑ์ ดังนั้นผู้ทดสอบที่ใช้ในงานวิจัยนี้ คือ ผู้บริโภคในห้องปฏิบัติการจำนวน 30 คน ทดสอบลักษณะปรากฏ สี กลิ่น รสชาติ เนื้อสัมผัส และความชอบรวม โดยใช้วิธีทดสอบความชอบ (hedonic scaling) ระดับคะแนน 1-9 ให้คะแนน 9 เป็นระดับความชอบมากที่สุด คะแนน 1 เป็นระดับไม่ชอบมากที่สุด (ภาคผนวก ก) กำหนดเกณฑ์คะแนนการยอมรับไม่ต่ำกว่าระดับความชอบเล็กน้อย (6 คะแนน) และทดสอบคุณลักษณะความเหมาะสมของผลิตภัณฑ์ด้านกลิ่นคาวปลา รสเค็ม รสหวาน รสขม และเนื้อสัมผัส ด้วยวิธี just about right scale (Morten, 1999)

2.7 ศึกษาสภาวะการส่งผ่านความร้อน (heat penetration)

ผลิตซุปปลาแซลมอนสกัดตามสูตรที่ได้รับการยอมรับมากที่สุด จำนวน 2 สูตรจากนั้นศึกษาสภาวะการให้ความร้อนที่ 116 องศาเซลเซียส เวลา 20 นาที มีขั้นตอนการทดลองดังนี้

2.7.1 ผลิตซุปปลาแซลมอนสกัดสูตรกลมกล่อมและสูตรต้นตำรับ จากสูตรที่ผู้ทดสอบทางประสาทสัมผัสให้การยอมรับสูงสุด (ตามวิธีทดสอบในข้อ 2.5 และ 2.6)

2.7.2 ติดตามการส่งผ่านความร้อนโดยนำ กระป๋องขนาด 307x113 มาเจาะรูด้านข้างติดตั้งเพื่อติดตั้งเข็มวัดอุณหภูมิ (thermocouple) โดยเจาะด้านปลายความสูงหนึ่งในสามของกระป๋องบรรจุซุปปลาแซลมอนสกัดปริมาตร 180 มิลลิลิตร แล้วติดตั้งเข็มวัดอุณหภูมิ

2.7.3 ไล่อากาศโดยการนึ่งที่อุณหภูมิ 90-100 องศาเซลเซียส 15 นาที ปิดฝากระป๋องด้วยเครื่องปิดฝาอย่างรวดเร็ว พร้อมตรวจสอบความเรียบร้อยของตะเข็บและนำกระป๋องทั้งหมดเข้าเครื่องฆ่าเชื้อ

2.7.4 ติดตั้งระบบวัดการส่งผ่านความร้อน โดยต่อสายวัดอุณหภูมิเข้ากับเครื่องวัดอุณหภูมิเปิดเครื่องวัดอุณหภูมิให้อยู่ในสภาพพร้อมทำงาน

2.7.5 ฆ่าเชื้อที่ 116 องศาเซลเซียส เวลา 20 นาที บันทึกอุณหภูมิทุกๆ 1 นาที จนกระทั่งถึงช่วงทำให้กระป๋องมีอุณหภูมิห้อง

2.7.6 นำข้อมูลที่ได้มาใช้ในการคำนวณค่า Lethality (F_o) โดยใช้ general method โดยไม่รวมช่วงทำความเย็น

2.7.7 ประเมินคุณภาพทางด้านจุลชีววิทยาของซุปปลาแซลมอนสกัดบรรจุกระป๋องคือปริมาณจุลินทรีย์ทั้งหมด flat sour ชนิด thermophilic และ mesophilic, และ sulfide spoilage (U.S. Food and drug Administration, 2013 และ มอก. 335 พ.ศ. 2523)

2.8 การวัดปริมาณกรดแอมิโนใช้วิธี HPLC [J. Assoc. Off. Anal. Chem. Vol 72. No.6, 1989]

2.9 การวัดปริมาณกรดไขมันใช้วิธี GC [AOAC (2010), 966.06]

2.10 การวัดปริมาณ B1, B2, B6 และ B12 [AOAC (2010), 942.23; J. Agric. Food Chem (1984), 32, p1326-1331; J. Agric. Food Chem (1984), 32, p1326-1331; AOAC (2010), 952.20 ตามลำดับ]

การวัดปริมาณกรดแอมิโน กรดไขมันและวิตามินบี ส่งตัวอย่างเพื่อวิเคราะห์ที่บริษัทห้องปฏิบัติการกลาง (ประเทศไทยจำกัด) กรุงเทพ

2.11 การศึกษาอายุการเก็บรักษาของผลิตภัณฑ์ซุปปลาแซลมอนสกัดบรรจุกระป๋อง เก็บรักษาเป็นเวลา 2 เดือน

2.11.1 วิเคราะห์คุณภาพทางจุลชีววิทยา วิเคราะห์คุณภาพทางจุลชีววิทยาโดยสุ่มแต่ละผลิตภัณฑ์ทุกเดือนๆละ 2 กระป๋อง ตลอดระยะเวลาเก็บรักษา 2 เดือน ด้วยวิธีการเดียวกันกับข้อ 2.7.7

2.11.2 วิเคราะห์คุณภาพทางประสาทสัมผัส

หลังจากประเมินคุณภาพด้านจุลชีววิทยาแล้วพบว่าผลิตภัณฑ์ปลอดภัยต่อการบริโภคจึงประเมินคุณภาพทางประสาทสัมผัสของซุปปลาแซลมอนสกัดบรรจุกระป๋อง โดยสุ่มจากผลิตภัณฑ์ที่เก็บรักษาที่อุณหภูมิห้อง นำมาประเมินผลการทดลองโดยใช้ผู้ทดสอบจำนวน 30 คน ตรวจสอบลักษณะผลิตภัณฑ์ ได้แก่ ลักษณะปรากฏ สี กลิ่น รสชาติ เนื้อสัมผัส และความชอบรวม ด้วยวิธีการให้คะแนนความชอบ 9 ระดับ (9 point hedonic scale) ให้คะแนน 9 เป็นระดับที่ชอบมากที่สุด กำหนดเกณฑ์คะแนนการยอมรับไม่ต่ำกว่าระดับความชอบเล็กน้อย (6 คะแนน)

2.11.3 วัดค่าสีในระบบ L* a* และ b* ด้วยเครื่องวัดสี (Spectrophotometer) Minolta CM-3500d

2.11.4 วัดค่า 2-thiobarbiturid acid (TBA) ตามวิธี AOCS (1997) Cd 19-90

2.12 วิธีการวิเคราะห์ทางสถิติ

คำนวณหาระดับ DH ที่เหมาะสมในการผลิตโปรตีนไฮโดรไลเสทวางแผนการทดลองแบบ 3x5x5 Factorial in CRD โดยปัจจัย A คือ อุณหภูมิในการย่อยมี 3 สภาวะคือ 45, 50และ 55 องศาเซลเซียส ส่วนปัจจัย B คือความเข้มข้นของเอนไซม์ มี 5 ระดับคือ 1, 2, 3, 4 และ 5% (น้ำหนัก/น้ำหนัก) สุดท้ายคือปัจจัย C คือระยะเวลาในการย่อย มี 5 ระดับคือ 1, 2, 3, 4 และ 5 ชั่วโมง วิเคราะห์ความแปรปรวน (Analysis of Variance) และเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยโดยใช้ Duncan’s new multiple range test (DMRT) คำนวณหาระยะเวลาที่เหมาะสมในการผลิตโปรตีนไฮโดรไลเสท ณ อุณหภูมิในการย่อย 45 องศาเซลเซียสที่ความเข้มข้นของเอนไซม์ 5% วางแผนการทดลองแบบ CRD วิเคราะห์ความแปรปรวน (Analysis of Variance) และเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยโดยใช้ DMRT

โดยใช้วิธีทดสอบความชอบ (Hedonic test) โดยใช้ ผู้ทดสอบจำนวน 30 คน ทดสอบลักษณะปรากฏ สี กลิ่น รสชาติ เนื้อสัมผัส และความชอบรวม วางแผนการทดลองแบบ RCBD วิเคราะห์ความแปรปรวน (Analysis of Variance) และเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยโดยใช้ DMRT

ผลและวิจารณ์ผลการวิจัย

1. องค์ประกอบทางเคมีและคุณค่าทางอาหารของเนื้อปลาแซลมอน

องค์ประกอบทางเคมีของเนื้อปลาแซลมอนสดและเนื้อปลาแซลมอนที่ผ่านการบีบแยกน้ำและไขมันออก ปริมาณองค์ประกอบของปลาที่ผลิตได้แสดงในตารางที่ 4.3.5 เนื้อปลาแซลมอนสดมีองค์ประกอบของความชื้นสูงที่สุด รองลงมาคือไขมันและโปรตีนตามลำดับ เพื่อป้องกันไม่ให้ผลิตภัณฑ์โปรตีนไฮโดรไลเซตที่จะนำมาผลิตเป็นซุปแซลมอนสกัดพร้อมดื่มมีสีดำคล้ำและมีกลิ่นรสไม่พึงประสงค์ในขั้นตอนการเตรียมตัวอย่างจำเป็นต้องมีการขจัดไขมันจากเนื้อส่วนท้องปลาแซลมอนเพื่อป้องกันการเกิดกลิ่นหืนและสารพิษอันเนื่องมาจากปฏิกิริยาออกซิเดชันของไขมันในผลิตภัณฑ์สุดท้าย รวมทั้งการเกิดปฏิกิริยาแอลดอนคอนเดนเซชัน (aldon condensation) ระหว่างสารประกอบคาร์บอนิลที่เป็นผลิตภัณฑ์จากปฏิกิริยาออกซิเดชันของไขมันกับโปรตีน (รุ่งอรุณ, 2545)

ส่วนเนื้อปลาแซลมอนที่ผ่านการขจัดไขมันออก (defatted Salmon) มีองค์ประกอบของความชื้นสูงที่สุด รองลงมาคือโปรตีนและไขมันตามลำดับ โดยจะพบว่าปริมาณไขมันลดลงอย่างมีนัยสำคัญจาก 47.95% เป็น 12.46% ของน้ำหนักแห้ง มีรายงานว่าปริมาณไขมันที่สูงในตัวอย่างอาจทำให้เกิดการหืนของผลิตภัณฑ์ขั้นสุดท้ายของโปรตีนไฮโดรไลเซต (Ovissipour *et al*., 2010) ดังนั้นเมื่อกำจัดไขมันในตัวอย่างออกก่อนจะทำให้ผลิตภัณฑ์ขั้นสุดท้ายของโปรตีนไฮโดรไลเซตจะสามารถเก็บผลิตภัณฑ์ได้นานขึ้น

ตารางที่ 4.3.5 แสดงผลการวิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมีของปลาแซลมอนที่ขจัดไขมัน

ตัวอย่าง	การวิเคราะห์โดยประมาณ (%)			
	ความชื้น	ไขมัน	โปรตีน	เถ้า
เนื้อท้องปลาแซลมอนสด	$50.24^{a} \pm 2.54$	$23.86^{a} \pm 3.63$ (47.95%*)	$15.22^{a} \pm 3.25$ (30.58%*)	$0.32^{a} \pm 0.03$ (0.64%*)
เนื้อท้องปลาแซลมอนที่ขจัดไขมัน (Defatted Salmon)	$60.69^{b} \pm 0.58$	$4.90^{b} \pm 0.19$ (12.46%*)	$26.43^{b} \pm 1.49$ (67.23%*)	$0.51^{b} \pm 0.05$ (1.30%*)

* ค่าเฉลี่ยคิดแบบน้ำหนักแห้ง (dry basis)

^{ab} ค่าเฉลี่ยที่ตามด้วยอักษรต่างกันในแนวตั้งแสดงว่ามีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ($p \leq 0.05$)

2. ระดับการย่อยสลาย (DH)

การหาสภาวะที่เหมาะสมในการผลิตซุปปลาแซลมอนสกัดโดยใช้เอนไซม์ flavourzyme หรือการผลิตโปรตีนไฮโดรไลเซตนั้น จะกระทำโดยนำเนื้อปลาแซลมอนที่ผ่านการขจัดไขมันแล้วไปย่อยด้วย flavourzyme ที่อุณหภูมิและระยะเวลาที่แตกต่างกันดังตารางที่ 4.3.1 โดยระดับการย่อยสลาย (DH) จะใช้เป็นดัชนีในการวัดกิจกรรมของ flavourzyme ที่ใช้ในการผลิตโปรตีนไฮโดรไลเซต โดยสภาวะที่ค่า DH สูงจะถูกเลือกเพื่อนำไปใช้เป็นสภาวะในการผลิตซุปปลาแซลมอนสกัดต่อไป

เพราะสภาวะการย่อยที่ให้ค่า DH สูงย่อมจะมีปริมาณกรดแอมิโนอิสระสูงส่งผลให้ซุปปลาที่ผลิตได้นั้นมีรสชาติที่ดี (รวิพิมพ์ และประพันธ์ 2537, Nilsang *et al*., 2005, Ovissipour *et al*., 2010) โดยปัจจัยที่มีอิทธิพลต่อการทำงานของ flavourzyme ระหว่างการย่อยคือ อุณหภูมิ, เวลา และความเข้มข้นของเอนไซม์ ระดับ DH ของเนื้อปลาแซลมอนที่บีบไขมันออก โดยใช้เอนไซม์ Flavourzyme ที่สภาวะต่างๆ แสดงในตารางที่ 4.3.6 จากผลการทดลองพบว่าระดับ DH สูงที่สุด ณ อุณหภูมิในการย่อย 45, 50 และ 55 องศาเซลเซียสที่ความเข้มข้นของเอนไซม์ 5% (w/w) เป็นเวลา 5 ชั่วโมงคือ 35.9, 32.1 และ 31.6% ตามลำดับ

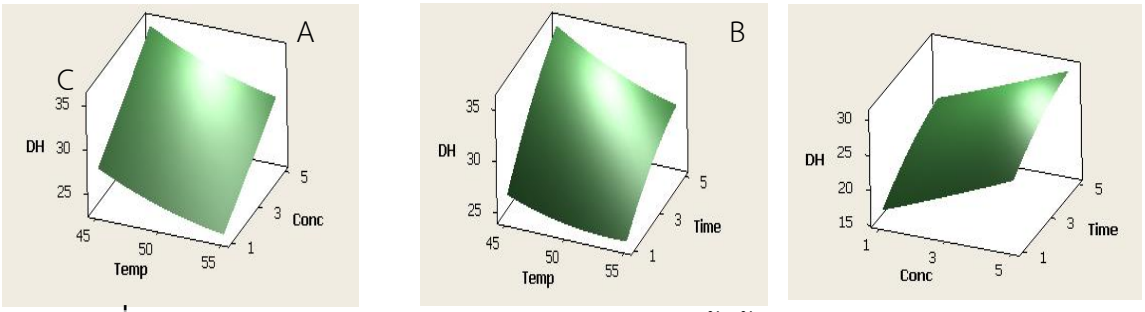
จากการวิเคราะห์ทางสถิติพบว่าความเข้มข้น, ระยะเวลาในการย่อยและอุณหภูมิที่ใช้ย่อยมีความสัมพันธ์กันอย่างมีนัยสำคัญโดยสามารถอธิบายความสัมพันธ์ดังแสดงในภาพที่ 4.3.8A, 4.3.8B และ4.3.8C พบว่าค่า DH จะเพิ่มขึ้นเมื่อความเพิ่มเข้มข้นของเอนไซม์และระยะเวลาในการในการย่อยแต่ต้องลดอุณหภูมิในการย่อย มีรายงานเกี่ยวกับการผลิตโปรตีนไฮโดรไลเสทจากปลาโดยเปรียบเทียบระดับ DH ที่ระดับความเข้มข้นของเอนไซม์ต่างๆ พบว่าเมื่อความเข้มข้นของเอนไซม์เพิ่มขึ้นจะทำให้ได้ค่า DH เพิ่มขึ้นด้วย อีกทั้งยังพบว่าเมื่อระยะเวลาที่ใช้ในการย่อยสลายเพิ่มขึ้นส่งผลให้ค่า DH เพื่อขึ้นด้วยเช่นกัน (Nilsang et al., 2005 and Ovissipour et al., 2009) จากการศึกษาครั้งนี้สภาวะที่ให้ค่า DH สูงที่สุดคือการย่อยอุณหภูมิ 45 องศาเซลเซียสที่ความเข้มข้นของเอนไซม์ 5% (w/w) เป็นระยะเวลา 5 ชั่วโมง

ตารางที่ 4.3.6 ระดับการย่อยสลายเนื้อปลาแซลมอนที่ขจัดไขมันด้วย Flavourzyme ที่สภาวะต่างๆ

อุณหภูมิ (องศาเซลเซียส)	ความเข้มข้นของเอนไซม์ (w/w)	ค่า DH เฉลี่ย ± ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน เวลา (ชั่วโมง)				
		1	2	3	4	5
45	1	18.69 ± 2.14^{aA}	20.04 ± 0.10^{aA}	23.20 ± 0.20^{bA}	26.42 ± 0.21^{cA}	28.11 ± 0.12^{cA}
45	2	20.59 ± 0.19^{aB}	22.03 ± 0.23^{bB}	25.45 ± 0.15^{cB}	27.59 ± 0.51^{dB}	28.82 ± 0.11^{eB}
45	3	23.42 ± 0.16^{aC}	25.65 ± 0.25^{bC}	27.74 ± 0.25^{cC}	28.46 ± 0.10^{dC}	29.99 ± 0.03^{eC}
45	4	25.20 ± 0.41^{aC}	27.89 ± 0.25^{bE}	30.46 ± 0.20^{cD}	33.21 ± 0.12^{dD}	34.27 ± 0.21^{eD}
45	5	21.34 ± 0.36^{aB}	27.33 ± 0.14^{bD}	32.68 ± 0.41^{cE}	34.76 ± 0.51^{dE}	35.97 ± 0.31^{eE}
50	1	16.20 ± 0.68^{aA}	20.17 ± 0.14^{bA}	21.36 ± 0.38^{cA}	23.47 ± 0.50^{dA}	24.65 ± 0.23^{eA}
50	2	18.27 ± 0.15^{aB}	22.02 ± 0.25^{bB}	23.88 ± 0.38^{cB}	26.66 ± 1.76^{dB}	26.94 ± 0.28^{dB}
50	3	21.63 ± 0.53^{aC}	22.92 ± 0.13^{bC}	25.98 ± 0.49^{cC}	28.45 ± 0.29^{dC}	29.25 ± 0.31^{eC}
50	4	22.41 ± 0.31^{aD}	25.68 ± 0.23^{bD}	27.61 ± 0.35^{cD}	29.43 ± 0.38^{dC}	31.02 ± 0.17^{eD}
50	5	22.96 ± 0.02^{aD}	26.56 ± 0.21^{bE}	28.18 ± 0.33^{cD}	31.70 ± 0.50^{dD}	32.14 ± 0.21^{dE}
55	1	15.48 ± 0.59^{aA}	18.16 ± 0.36^{bA}	20.28 ± 0.08^{cA}	22.36 ± 0.51^{dA}	24.36 ± 0.67^{eA}
55	2	20.00 ± 0.80^{aB}	22.74 ± 0.43^{bC}	23.80 ± 0.21^{cC}	24.06 ± 0.20^{cB}	25.28 ± 0.22^{dB}
55	3	20.36 ± 0.20^{aB}	23.83 ± 0.19^{bD}	23.96 ± 0.20^{bC}	24.21 ± 0.37^{bB}	26.04 ± 0.16^{cB}
55	4	20.62 ± 0.21^{aB}	20.81 ± 0.35^{aB}	21.66 ± 0.14^{bB}	26.32 ± 0.37^{cC}	27.55 ± 0.32^{dC}
55	5	26.93 ± 0.45^{aC}	28.52 ± 0.41^{bE}	29.36 ± 0.68^{bD}	30.83 ± 0.52^{cD}	31.63 ± 0.60^{cD}

abc ค่าเฉลี่ยที่ตามด้วยอักษรต่างกันในแนวนอนของแต่ละอุณหภูมิแสดงว่ามีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ($p\leq0.05$)

ABC ค่าเฉลี่ยที่ตามด้วยอักษรต่างกันในแนวตั้งแต่ของละอุณหภูมิแสดงว่ามีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ($p\leq0.05$)



ภาพที่ 4.3.8 A-กราฟแสดงอิทธิพลของอุณหภูมิและความเข้มข้นต่อค่า DH; B-กราฟแสดงอิทธิพลของอุณหภูมิและระยะเวลาต่อค่า DH; C-กราฟแสดงอิทธิพลของความเข้มข้นและระยะเวลาต่อค่า DH

แต่เมื่อพิจารณาจากค่า DH ในตารางที่ 4.3.6 และภาพ 4.3.8B พบว่าการย่อยปลาที่อุณหภูมิ 45 องศาเซลเซียสที่ความเข้มข้นของเอนไซม์ 5% (w/w) เป็นระยะเวลา 5 ชั่วโมงอาจจะใช้ระยะสั้นไปทางคณะผู้วิจัยจึงได้ทดลองเพิ่มระยะเวลาในการย่อยเป็น 7 ชั่วโมง ผลการทดลองได้แสดงในตารางที่ 4.3.7

ตารางที่ 4.3.7 แสดงระดับการย่อยสลายของเนื้อปลาแซลมอนที่บีบไขมันออก (defatted Salmon) ที่อุณหภูมิ 45 องศาเซลเซียส ความเข้มข้นของเอนไซม์ 5 เปอร์เซ็นต์

อุณหภูมิ (℃)	ความเข้มข้นของเอนไซม์ (w/w)	ค่า DH เฉลี่ย ± ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน					
		เวลา (ชั่วโมง)					
		1	2	3	4	5	7
45	5	21.34[a]	27.33[b]	32.6[c]	34.76[d]	35.97[e]	36.10[e]

[abc] - ค่าเฉลี่ยที่ตามด้วยอักษรต่างกันในแนวนอนของแต่ละอุณหภูมิแสดงว่ามีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ($p \leq 0.05$)

จากผลการทดลองพบว่าค่า DH ระหว่างระยะเวลาการย่อยที่ 5 และ 7 ชั่วโมงไม่แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญ ($p > 0.05$) ดังนั้นจึงสรุปได้ว่าสภาวะที่เหมาะสมในการผลิตโปรตีนไฮโดรไลเสทสำหรับพื้นท้องปลาแซลมอนคือสภาวะที่ให้ค่า DH สูงที่สุดโดยทำการย่อยอุณหภูมิ 45 องศาเซลเซียสที่ความเข้มข้นของเอนไซม์ 5% (w/w) เป็นระยะเวลา 5 ชั่วโมง โดยโปรตีนไฮโดรไลเสทที่ผลิตได้จะนำไปพัฒนาเพื่อผลิตซุปปลาแซลมอนสกัดพร้อมดื่มต่อไป

3. การพัฒนาสูตรเพื่อผลิตซุปปลาแซลมอนสกัดพร้อมดื่ม

3.1 การปรับปรุงกลิ่นรสโดยใช้สมุนไพรสำหรับสูตรกลมกล่อม

จากการทดสอบทางประสาทสัมผัสเบื้องต้นพบว่า FPH ที่ผลิตได้มีรสเค็ม และกลิ่นคาวปลาค่อนข้างแรง ในทางตรงกันข้ามมีรสขมน้อยมากและไม่มีเนื้อสัมผัสของของซุปเมื่อทดลองดื่ม FPH โดยความเค็มที่เกิดขึ้นมาจากปริมาณเกลือที่มีอยู่ใน Flavourzyme ดังนั้นเพื่อลดความเค็มทางคณะผู้วิจัยจึงเจือจาง FPH ด้วยน้ำกรองในอัตราส่วน 1:1 ส่วนการกลบกลิ่นคาวปลาสามารถทำได้โดยใช้เครื่องเทศใบกระวานและลูกผักชีในอัตราส่วน 1:1 (ดัดแปลงจากก่องกาญจน์ และคณะ, 2542) ส่วนการที่ FPH ที่ผลิตขึ้นมีรสขมน้อยมากเนื่องมาจากการใช้ Flavourzyme ซึ่งเป็น protease ที่มีประสิทธิภาพในการย่อยโปรตีนสูงอีกทั้งยังผลิตโปรตีนไฮโดรไลเสทที่ขมน้อยมาก (Nilsang *et al*., 2005) การเพิ่มลักษณะเนื้อสัมผัสของซุปปลาแซลมอนสามารถทำได้โดยการเติมแป้งดัดแปร โดยมีการทดลองการทนความร้อนของแป้งดัดแปรชนิด Frigex-W Starch (National Starch Food

Innovation) และสัดส่วนของแป้งดัดแปรต่อความหนืด โดยใช้ถุง retort pouches (29.2 cm. x 38.1 cm.) และใช้ความร้อนที่อุณหภูมิ 121 องศาเซลเซียส นาน 32 นาที จากผลการทดลองพบว่าความร้อนไม่มีผลต่อการลดลงของความหนืดของตัวอย่าง (Trevino, 2009) ดังนั้นคณะผู้วิจัยจึงเลือกใช้แป้งดัดแปรชนิด Frigex เพื่อปรับปรุงลักษณะเนื้อสัมผัสของซุปแซลมอนที่จะผลิตขึ้น

เมื่อทำการผลิตซุปปลาแซลมอนตามอัตราส่วนที่ระบุในตารางที่ 4.3.2 แล้วนำไปทดสอบทางประสาทสัมผัสโดยผลการทดสอบแสดงในตารางที่ 4.3.8 พบว่าตัวอย่างควบคุม (control) มีคะแนนความชอบด้านลักษณะปรากฏ, สี, กลิ่น, รสชาติ และเนื้อสัมผัส น้อยกว่าอย่างมีนัยสำคัญ ($p \leq 0.05$) เมื่อเทียบกับตัวอย่างที่มีการเติม สมุนไพร, MSG, น้ำตาล และแป้งดัดแปร ในเบื้องต้นจึงสรุปได้ว่าการใส่สมุนไพร, MSG, น้ำตาล มีส่วนทำให้ผู้ทดสอบชอบด้านกลิ่นและรสชาติของซุปปลาแซลมอนมากขึ้น ซึ่งสอดคล้องกับคะแนนสเกลวัดความพอดี (Just about right) ด้านรสหวานพบว่าผู้ทดสอบมากกว่าร้อยละ 50 ให้ความเห็นว่าความหวานในตัวอย่างควบคุมน้อยไป ในขณะที่ผู้ทดสอบร้อยละ 63 ให้คะแนนด้านกลิ่นคาวปลาในตัวอย่างควบคุมว่ามีกลิ่นคาวปลามากเกินไป แป้งดัดแปรมีส่วนทำให้เนื้อสัมผัสของซุปเป็นที่ยอมรับของผู้ทดสอบโดยคะแนนความชอบด้านเนื้อสัมผัสของตัวอย่างควบคุมเพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญ ($p \leq 0.05$) จาก 5.50 เป็น 6.27-6.47

ตารางที่ 4.3.8 ผลการทดสอบทางประสาทสัมผัสโดยวิธี Hedonic scale ของซุปปลาแซลมอน

	คะแนนเฉลี่ยจากผู้ทดสอบ				
	Control	Glu 2/H 0.10	Glu 3/H 0.10	Glu 2/H 0.25	Glu 3/H 0.25
ลักษณะปรากฏ	5.97 ± 1.61^{a}	6.83 ± 1.12^{b}	6.93 ± 1.44^{b}	6.87 ± 1.17^{b}	6.90 ± 0.92^{b}
สี	5.93 ± 1.41^{a}	6.80 ± 1.24^{b}	6.87 ± 1.50^{b}	6.70 ± 1.06^{b}	6.83 ± 1.02^{b}
กลิ่น	5.50 ± 1.78^{a}	6.47 ± 1.28^{bc}	6.60 ± 1.50^{c}	5.80 ± 1.30^{ab}	5.97 ± 1.63^{abc}
รสชาติ	4.33 ± 1.94^{a}	6.23 ± 1.61^{b}	6.40 ± 1.65^{b}	6.13 ± 1.11^{b}	6.27 ± 1.41^{b}
เนื้อสัมผัส	5.50 ± 1.66^{a}	6.27 ± 1.26^{b}	6.47 ± 1.36^{b}	6.47 ± 1.01^{b}	6.47 ± 1.11^{b}
ความชอบรวม	5.00 ± 1.72^{a}	6.57 ± 1.69^{bc}	7.05 ± 1.37^{c}	6.53 ± 0.78^{b}	6.50 ± 1.20^{bc}

^{abc} ค่าเฉลี่ยที่ตามด้วยอักษรต่างกันในแนวนอนแสดงว่ามีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ($p \leq 0.05$)
Control=ตัวอย่างควบคุมมีเพียง FPH อย่างเดียว
Glu 2/H 0.10 = Glucose 2 %, Herb 0.1 % (w/v), Modified Starch 2%, MSG 0.3%
Glu 3/H 0.10 = Glucose 3 %, Herb 0.1 % (w/v), Modified Starch 2%, MSG 0.3%
Glu 2/H 0.25 = Glucose 2 %, Herb 0.25 % (w/v), Modified Starch 2%, MSG 0.3%
Glu 3/H 0.25 = Glucose 3 %, Herb 0.25 % (w/v), Modified Starch 2%, MSG 0.3%

จากผลการทดสอบทางประสาทสัมผัสพบว่าการเพิ่มปริมาณน้ำตาลจาก 2% เป็น 3% ไม่มีผลทำให้คะแนนความชอบด้านรสชาติเพิ่มขึ้น อีกทั้งการเพิ่มปริมาณสมุนไพรจาก 0.1% เป็น 0.25% ก็ไม่มีผลทำให้คะแนนความชอบด้านกลิ่นเพิ่มขึ้นเช่นกัน การทดลองนำสมุนไพรมาเพื่อปรับปรุงกลิ่น

รสของซุปปลาแซลมอนจึงสรุปได้ว่าทรีทเมนต์ Glu 2/H 0.10 ที่มีการเติมน้ำตาล 2% สมุนไพร1% และ MSG 0.3% เป็นสูตรที่เหมาะสมในการทดลองต่อไป

3.2 การปรับปรุงเนื้อสัมผัสโดยใช้แป้งดัดแปรสำหรับสูตรกลมกล่อม

จากผลการทดสอบทางประสาทสัมผัสในข้อ 3.1 พบว่าการเติมแป้งดัดแปรในซุปปลาแซลมอนส่งผลให้การยอมรับในซุปปลาสูงขึ้นดังนั้นผู้วิจัยจึงทดสอบหาปริมาณแป้งดัดแปรที่เหมาะสมสำหรับการเติมลงในซุปแซลมอน โดยมีการเติมน้ำตาล 2% สมุนไพร1% และ MSG 0.3% ตามผลการทดลองในข้อ 3.1 จากนั้นทำการผลิตซุปปลาแซลมอนตามอัตราส่วนที่ระบุในตารางที่ 4.3.3 แล้วนำไปทดสอบทางประสาทสัมผัสโดยผลการทดสอบแสดงในตารางที่ 4.3.9

ตารางที่ 4.3.9 ผลการทดสอบทางประสาทสัมผัสโดยวิธี Hedonic scale เพื่อปรับปรุงเนื้อสัมผัสของซุปปลาแซลมอนด้วยแป้งดัดแปร

	คะแนนเฉลี่ยจากผู้ทดสอบ			
	Control	Mod 1	Mod 1.5	Mod 2
ลักษณะปรากฏ	6.33 ± 1.32^{a}	6.83 ± 1.29^{b}	6.77 ± 1.04^{ab}	6.47 ± 1.11^{ab}
สี	6.23 ± 1.33^{a}	6.47 ± 1.70^{a}	6.60 ± 1.16^{a}	6.47 ± 1.17^{a}
กลิ่น	4.90 ± 2.00^{a}	6.52 ± 1.37^{b}	6.55 ± 1.53^{b}	5.98 ± 1.72^{b}
รสชาติ	4.80 ± 1.88^{a}	6.67 ± 1.21^{b}	6.37 ± 1.30^{b}	6.10 ± 1.56^{b}
เนื้อสัมผัส	5.43 ± 1.49^{a}	6.87 ± 1.20^{b}	6.77 ± 1.16^{b}	6.43 ± 1.33^{b}
ความชอบรวม	5.20 ± 1.63^{a}	6.90 ± 1.06^{c}	6.83 ± 1.12^{bc}	6.38 ± 1.30^{b}

^{abc} ค่าเฉลี่ยที่ตามด้วยอักษรต่างกันในแนวนอนแสดงว่ามีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ($p \leq 0.05$)
Control=ตัวอย่างควบคุมมีเพียง FPH อย่างเดียว
Mod1 = Modified starch 1%, Herb 0.1 % (w/v), MSG 0.3%, Glucose 1%
Mod1.5 = Modified starch 1.5%, Herb 0.1 % (w/v), MSG 0.3%, Glucose 1%
Mod2 = Modified starch 2%, Herb 0.1 % (w/v), MSG 0.3%, Glucose 1%

จากการทดสอบปรับปรุงเนื้อสัมผัสโดยใช้แป้งดัดแปรที่ความเข้มข้นร้อยละ 1, 1.5 และ 2 นั้น (Mod1, Mod1.5 และ Mod2) ผลการทดสอบพบว่าการให้คะแนนความชอบด้านลักษณะปรากฏ สี กลิ่น รสชาติ เนื้อสัมผัสและความชอบรวม ไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญ($p>0.05$) แต่หากเปรียบเทียบกับตัวอย่างควบคุมที่ไม่ได้เติมแป้งดัดแปรจะพบว่าคะแนนความชอบด้านเนื้อสัมผัสของตัวอย่างที่มีการเติมแป้งดัดแปรนั้นสูงกว่าอย่างมีนัยสำคัญ ($p \leq 0.05$) โดยมีคะแนนเพิ่มจาก 5.43 เป็น 6.43-6.87 ซึ่งสอดคล้องกับคะแนนสเกลวัดความพอดี (Just about right) ด้านเนื้อสัมผัสพบว่าผู้ทดสอบมากว่าร้อยละ 50 ให้ความเห็นว่าเนื้อสัมผัสในตัวอย่างควบคุมข้นหนืดน้อยไป ในขณะที่ผู้ทดสอบร้อยละ 73 ให้คะแนนด้านเนื้อสัมผัสในตัวอย่าง Mod1 ว่ามีเนื้อสัมผัสที่พอดี ดังนั้นจึงสรุปได้ว่าปริมาณแป้งดัดแปรร้อยละ 1 เหมาะสมในการปรับปรุงเนื้อสัมผัสของซุปปลาแซลมอน

จากข้อมูลการทดสอบทางประสาทสัมผัสในหัวข้อ 3.1 และ 3.2 จึงสรุปได้ว่าการเติมน้ำตาล, MSG, แป้งดัดแปร (National Frigex®) และ สมุนไพร (ใบกระวานและลูกผักชี) มีส่วนทำให้กลิ่นรสและเนื้อสัมผัสของซุปปลาแซลมอนเป็นที่ยอมรับของผู้ทดสอบ ผลจากการทดลองพบว่าสูตร Mod 1 มีผู้ทดสอบร้อยละ 73 เห็นว่ามีคุณภาพด้านเนื้อสัมผัสของผลิตภัณฑ์ที่พอดี รสเค็มอยู่ที่ระดับพอดีร้อยละ 70.00 และรสขมอยู่ที่ระดับพอดีร้อยละ 70.00 (คือไม่ขม) อีกทั้งคะแนนความชอบรวมของทรีทเมนต์ Mod 1 สูงถึง 6.90 ซึ่งมีค่าสูงที่สุด ดังนั้นทรีทเมนต์ Mod1 ถูกเลือกให้เป็นสูตรกลมกล่อมที่จะนำไปศึกษาสภาวะการส่งผ่านความร้อน (heat penetration) ต่อไป

3.3 การปรับปรุงกลิ่นรสของซุปปลาแซลมอนสูตรต้นตำรับ

จากข้อมูลการทดสอบทางประสาทสัมผัสในข้อ 3.1 และ 3.2 พบว่าการที่ใช้เพียง FPH อย่างเดียวผู้ทดสอบจะไม่ยอมรับด้าน กลิ่น รสชาติ และเนื้อสัมผัส ดังนั้นจึงจำเป็นต้องมีการเติม น้ำตาล, MSG และแป้งดัดแปร คณะผู้วิจัยจึงทดสอบการเติมควันเหลว และ ซอสสเต็ก ในปริมาณต่างๆกัน เพื่อปรับปรุงด้านกลิ่นและรสชาติของซุปปลาแซลมอนสูตรต้นตำรับให้เป็นที่ยอมรับ โดยมีการเติมน้ำตาล 2% แป้งดัดแปร 1% และ MSG 0.3% ตามผลการทดลองในข้อ 3.1-3.2 จากนั้นทำการผลิตซุปปลาแซลมอนตามอัตราส่วนที่ระบุในตารางที่ 4.3.4 แล้วนำไปทดสอบทางประสาทสัมผัสโดยผลการทดสอบแสดงในตารางที่ 4.3.10

ตารางที่ 4.3.10 ผลการทดสอบทางประสาทสัมผัสโดยวิธี Hedonic scale ของซุปปลาแซลมอนสูตรต้นตำรับ

	คะแนนเฉลี่ยจากผู้ทดสอบ				
	Control	LS 0.05	LS 0.1	SS 0.1	SS 0.25
ลักษณะปรากฏ	6.38 ± 1.34^{a}	6.50 ± 1.06^{b}	6.37 ± 1.10^{ab}	6.29 ± 1.04^{ab}	6.08 ± 1.25^{ab}
สี	6.29 ± 0.91^{a}	6.58 ± 1.02^{a}	6.33 ± 1.20^{a}	6.62 ± 0.77^{a}	6.33 ± 1.20^{a}
กลิ่น	5.54 ± 1.82^{a}	5.87 ± 1.65^{ab}	5.62 ± 1.69^{ab}	6.37 ± 1.41^{c}	6.17 ± 1.52^{bc}
รสชาติ	5.83 ± 1.81^{a}	6.15 ± 1.54^{a}	5.92 ± 1.69^{a}	6.48 ± 1.61^{a}	6.17 ± 1.86^{a}
เนื้อสัมผัส	6.17 ± 1.40^{a}	6.46 ± 1.10^{a}	6.46 ± 1.44^{a}	6.21 ± 1.38^{a}	6.42 ± 1.38^{a}
ความชอบรวม	5.96 ± 1.43^{a}	6.25 ± 1.29^{ab}	6.08 ± 1.56^{a}	6.77 ± 1.32^{b}	6.25 ± 1.62^{ab}

^{abc} ค่าเฉลี่ยที่ตามด้วยอักษรต่างกันในแนวนอนแสดงว่ามีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ($p<0.05$)

Control= Modified starch 1%, MSG 0.3%, Glucose 1%

LS 0.05 = Liquid Smoke 0.05%, Modified starch 1%, Herb 0.1 % (w/v), MSG 0.3%, Glucose 1%

LS 0.1 = Liquid Smoke 0.10%, Modified starch 1%, Herb 0.1 % (w/v), MSG 0.3%, Glucose 1%

SS 0.1 = Steak Sauce 0.10%, Modified starch 1%, Herb 0.1 % (w/v), MSG 0.3%, Glucose 1%

SS 0.25 = Steak Sauce 0.25%, Modified starch 1%, Herb 0.1 % (w/v), MSG 0.3%, Glucose 1%

จากการทดสอบปรับปรุงกลิ่นโดยใช้ควันเหลว (ความเข้มข้น 0.05% และ 0.1%) และซอสสเต็ก (ความเข้มข้น 0.1% และ 0.25%) ทรีทเมนต์ SS 0.1 มีคะแนนความชอบด้านกลิ่นมากกว่าอย่างมีนัยสำคัญ ($p \leq 0.05$) เมื่อเปรียบเทียบกับ control, LS 0.05 และ LS 0.1 อีกทั้งคะแนนความชอบรวมของทรีทเมนต์ SS 0.1 สูงถึง 6.77 ซึ่งมีค่าสูงที่สุด ดังนั้นทรีทเมนต์ SS 0.1 ถูกเลือกให้เป็นสูตรต้นตำรับที่จะนำไปศึกษาสภาวะการส่งผ่านความร้อน (heat penetration) ต่อไป ซึ่งสามารถสรุปอัตราส่วนผสมเพื่อผลิตซุปปลาแซลมอนสกัดพร้อมดื่มได้ดังตารางด้านล่างนี้

ตารางที่ 4.3.11 ส่วนผสมในการผลิตซุปปลาแซลมอนสกัดพร้อมดื่ม

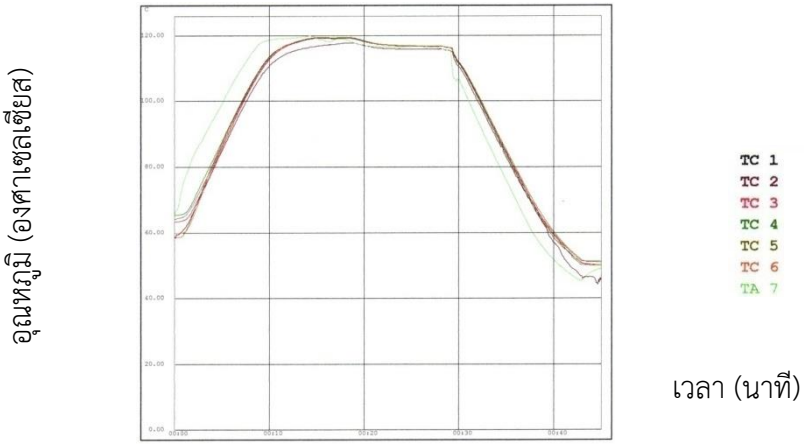
ส่วนประกอบ	ปริมาณ (%)	
	สูตรกลมกล่อม	สูตรต้นตำรับ
โปรตีนปลาไฮโดรไลเซต	96.6	96.6
แป้งดัดแปร (Frigex®)	1	1
กลูโคส	2	2
MSG	0.3	0.3
สมุนไพร (ใบกระวานและลูกผักชี)	0.1	-
ซอสสเต็ก	-	0.1

4. ศึกษาสภาวะการส่งผ่านความร้อน (heat penetration)

จากการผลิตซุปปลาแซลมอนสกัดพร้อมดื่มบรรจุกระป๋อง พร้อมทั้งศึกษาการส่งผ่านความร้อนของผลิตภัณฑ์และคำนวณเวลาในการฆ่าเชื้อ พบว่าผลิตภัณฑ์ซุปปลาแซลมอนสกัดพร้อมดื่มสูตรกลมกล่อมที่อุณหภูมิ 116 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 17 นาที มีค่า F_0 8.5 นาที เพื่อให้เพียงพอต่อการฆ่าเชื้อดังแสดงในตารางที่ 4.3.12

ตารางที่ 4.3.12 ผลการศึกษาการส่งผ่านความร้อนของซุปปลาแซลมอนสกัดพร้อมดื่มบรรจุกระป๋อง

สภาวะและอุปกรณ์	ซุปปลาแซลมอนสกัด สูตรกลมกล่อม	ซุปปลาแซลมอนสกัด สูตรต้นตำรับ
ขนาดกระป๋อง	307X113 (2-pc)	307X113 (2-pc)
ปริมาณตัวอย่าง (ml)	180	180
อุณหภูมิเริ่มต้น (°C)	60	60
อุณหภูมิฆ่าเชื้อ(°C) /ระยะเวลา (นาที)	116 °C/17 นาที	116 °C/17 นาที
Come-up-time (นาที)	11	11
Lethality (F_o)	8.5 นาที	8.5 นาที



ภาพที่ 4.3.9 อุณหภูมิภายในเครื่องฆ่าเชื้อและอุณหภูมิภายในกระป๋องของผลิตภัณฑ์ซุป

ปลาแซลมอนสกัดบรรจุกระป๋อง ฆ่าเชื้อที่ 116 องศาเซลเซียส 17 นาที

TC 1-3 ผลิตภัณฑ์ซุปปลาแซลมอนสกัดสูตรกลมกล่อม

TC 4-6 ผลิตภัณฑ์ซุปปลาแซลมอนสกัดสูตรต้นตำรับ

TC 7 อุณหภูมิภายในเครื่องฆ่าเชื้อ

การทดลองนี้ใช้ที่อุณหภูมิต่ำในการฆ่าเชื้อคือ 116 องศาเซลเซียส เพราะในขั้นตอนการเตรียม FPH นั้นได้มีการใช้ความร้อนเพื่อหยุดปฏิกิริยาของ Flavourzyme ซึ่งมีส่วนทำให้จุลินทรีย์เริ่มต้นมีปริมาณน้อยอีกทั้งผลิตภัณฑ์ซุปแซลมอนเป็นของเหลวที่มีความข้นหนืดต่ำและไม่มีของแข็งทำให้การส่งผ่านความร้อนเป็นไปอย่างรวดเร็ว หากใช้อุณหภูมิสูงจะใช้เวลาในการฆ่าเชื้อสั้นมาก

5. ผลการวิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมีและองค์ประกอบกรดแอมิโน วิตามิน และกรดไขมันของซุปปลาแซลมอนสกัดบรรจุกระป๋อง

ผลการวิเคราะห์องค์ประกอบของผลิตภัณฑ์ แสดงในตารางที่ 4.3.13 พบว่าลักษณะของกระป๋องไม่มีความผิดปกติ ไม่พบการกัดกร่อนทั้งภายในและภายนอกกระป๋อง เนื่องจากซุปแซลมอนสกัดสูตรกลมกล่อมและสูตรต้นตำรับนั้นมีมีอัตราส่วนประกอบเหมือนกันถึงร้อยละ 99.9 ส่งผลให้ค่าองค์ประกอบทางเคมีของผลิตภัณฑ์ทั้ง 2 มีค่าใกล้เคียงกันมากโดยมีโปรตีนระหว่าง 2.02-2.08%, ไขมัน 0.034-0.036%, เกลือ 0.28-0.29% และ ความชื้น 94.55-94.73% จากที่ได้กล่าวไปแล้วในเบื้องต้นว่าซุปแซลมอนสกัดสูตรกลมกล่อมและสูตรต้นตำรับนั้นมีมีอัตราส่วนประกอบเหมือนกันถึงร้อยละ 99.9 อีกทั้งผลการวิเคราะห์องค์ประกอบของผลิตภัณฑ์ทั้ง 2 ชนิดมีค่าใกล้เคียงกันมากทางคณะผู้วิจัยจึงเลือกเพียง 1 ผลิตภัณฑ์คือ ซุปแซลมอนสกัดสูตรกลมกล่อมเพื่อใช้เป็นตัวแทนของตัวอย่างผลิตภัณฑ์ไปวิเคราะห์หาปริมาณกรดแอมิโน วิตามิน และกรดไขมัน ต่อไป

ตารางที่ 4.3.13 องค์ประกอบทางเคมีของซุปปลาแซลมอนสกัดพร้อมดื่มบรรจุกระป๋อง

องค์ประกอบ	ปริมาณเฉลี่ย±ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน* (ร้อยละ)	
	สูตรกลมกล่อม	สูตรต้นตำหรับ
โปรตีน	2.02±0.01	2.08±0.02
ไขมัน	0.036±0.002	0.034±0.006
เกลือ	0.29±0.01	0.28±0.02
ความชื้น	94.55±0.01	94.73±0.01

องค์ประกอบของกรดแอมิโน

การวิเคราะห์ชนิดและปริมาณกรดแอมิโนในตัวอย่างเนื้อท้องปลาแซลมอนสด และซุปปลาแซลมอนสกัดแสดงในตารางที่ 4.3.14 พบว่าองค์ประกอบของปริมาณของกรดแอมิโนทุกชนิดในตัวอย่างซุปฯจะมีปริมาณน้อยกว่าเมื่อเทียบกับตัวอย่างเนื้อท้องปลาแซลมอนสดซึ่งอาจเป็นผลมาจากในตัวอย่างซุปฯมีความชื้นสูงถึง 94.55% ในขณะที่เนื้อท้องปลาแซลมอนมีความชื้นเพียง 50.24% เมื่อพิจารณาชนิดของกรดแอมิโนที่จำเป็นต่อการเจริญเติบโตของร่างกายพบว่าในซุปปลาแซลมอนสกัดมีกรดแอมิโนที่จำเป็นครบทั้ง 9 ชนิด คือ isoleucine, leucine, lysine, methionine histidine, phenylalanine, threonine, valine และ tryptophan ดังนั้นซุปปลาแซลมอนจึงเป็นแหล่งโปรตีนที่เหมาะสมต่อผู้บริโภคทุกวัย นอกจากนี้ยังมีกรดแอมิโนที่ให้รสชาติที่ดีได้แก่ glutamic acid, aspartic acid, glysine, threonine และ alanine (รวิพิมพ์ และ ประพันธ์ 2537) ซึ่งซุปปลาแซลมอนมีกรดแอมิโนเหล่านี้เป็นองค์ประกอบส่งผลให้ซุปฯมีความอร่อยและเป็นที่ยอมรับของผู้ทดสอบ

ปริมาณวิตามินบี

ผลการวิเคราะห์ปริมาณวิตามินบี1 บี2 บี6 และบี12 แสดงในตารางที่ 4.3.15 โดยตัวอย่างเนื้อท้องปลาแซลมอนสดพบว่ามีเพียงวิตามินบี1 (0.06 mg/100g) และบี12 (1.87 µg/100g) เมื่อทำการแปรรูปเป็นซุปปลาแซลมอนบรรจุกระป๋องปริมาณวิตามินบี1 ลดลงจนไม่สามารถตรวจพบได้ซึ่งน่าจะเป็นผลมาจากความร้อนทำให้วิตามินบี1สลายตัวไป ในขณะที่วิตามินบี12ในซุปปลาฯมีปริมาณ 0.24 µg/100g เท่านั้นโดยพบในปริมาณไม่สูงนักเมื่อเทียบกับความต้องการของร่างกายต่อวัน แต่เนื่องจากซุปปลาแซลมอนบรรจุกระป๋องนั้นมีปริมาณของซุปฯเท่ากับ 180 ml หรือ 184 g ดังนั้นหากรับประทานซุปแซลมอน 1 กระป๋องเท่ากับว่าจะได้รับวิตามินบี12 ในปริมาณ 0.44 µg ซึ่งพอเพียงต่อความต้องการของเด็กใน 1 วัน

ตารางที่ 4.3.14 ปริมาณกรดแอมิโนในตัวอย่างเนื้อท้องปลาแซลมอนสด และซุปปลาแซลมอนสกัดบรรจุกระป๋อง

ชนิดกรดอะมิโน	ปริมาณ			
	ปลาแซลมอนสด (มก./100ก.)	ซุปปลาแซลมอนสกัด (มก./100มล.)	ปริมาณที่แนะนำ* (มก./วัน)	
			ผู้ใหญ่	เด็ก
Isoleucine[a]	224.60	49.82	700	1,000
Leucine[a]	526.20	129.50	1,100	1,500
Lysine[a]	693.13	119.40	800	1,600
Methionine[a]	164.96	98.03	1,100	800
Histidine[a]	459.17	76.94	-	-
Phenylalanine[a]	402.85	72.20	1,100	800
Threonine[a]	391.13	75.54	500	1,00
Valine[a]	260.71	59.72	800	900
Tryptophan[a]	84.56	22.60	250	-
Alanine	641.48	156.63	-	-
Arginine	577.85	124.10	-	-
Aspartic acid	794.10	210.58	-	-
Cystine	101.98	201.97	-	-
Glutamic acid	1137.02	583.09	-	-
Glysine	479.44	200.10	-	-
Hydroxyproline	-	63.15	-	-
Proline	372.60	128.37	-	-
Serine	386.67	96.70	-	-
Tyrosine	315.29	48.61	-	-

* ปริมาณกรดอะมิโนที่แนะนำต่อวันสำหรับผู้ใหญ่และเด็กโดย FAO (2002)

[a] กรดอะมิโนจำเป็น

ตารางที่ 4.3.15 ปริมาณวิตามินบีในตัวอย่างเนื้อท้องปลาแซลมอนสด และซุปปลาแซลมอนสกัดบรรจุกระป๋อง

วิตามิน	ปริมาณ		
	ปลาแซลมอนสด	ซุปปลาแซลมอนสกัด	ปริมาณที่แนะนำ*
วิตามิน บี 1	0.06 (mg/100g)	nd[1]	0.9 (mg/100g)
วิตามิน บี 2	nd[2]	nd[2]	0.3-1.3 (mg/100g)
วิตามิน บี 6	nd[3]	nd[3]	0.1-1.7 (mg/100g)
วิตามิน บี 12	1.87 (µg/100g)	0.24 (µg/100g)	0.4-2.4 (µg/day)

* ปริมาณวิตามินที่ควรได้รับประจำวันสำหรับคนไทยโดยสำนักโภชนาการ กรมอนามัย กระทรวงสาธารณสุข (2550)

[1]-nd; Not detection (<0.002 mg/100g)

[2]-nd; Not detection (<0.001 mg/100g)

[3]-nd; Not detection (<0.005 mg/100g)

ปริมาณกรดไขมัน

ผลการวิเคราะห์ปริมาณกรดไขมันของซุปปลาแซลมอนสกัดบรรจุกระป๋องได้แสดงในตาราง 4.13.16 จากความสามารถในการตรวจกรดไขมันจำนวน 37 ชนิด โดยพบกรดไขมันเพียงชนิดเดียว คือ Olieic acid (18:1n-9) ปริมาณ 0.01 mg/100 ml โดยไม่พบกรดไขมันไม่อิ่มตัวกลุ่มโอเมก้า-3 ที่สำคัญเช่น EPA และ DHA ซึ่งสาเหตุที่มีกรดไขมันน้อยมากในซุปปลาแซลมอนฯเนื่องมาจากกระบวนการขจัดไขมันระหว่างการแปรรูปเพื่อป้องกันการเกิดออกซิเดชันในซุปปลาแซลมอนสกัดบรรจุกระป๋อง

ตารางที่ 4.3.16 ปริมาณกรดไขมันในซุปปลาแซลมอนสกัดบรรจุกระป๋อง

ชนิดกรดไขมัน	ปริมาณ (mg/100 ml)
18:1n-9	0.01
20:5n-3 (EPA)	ไม่พบ
22:6n-3 (DHA)	ไม่พบ

* กรดไขมันที่ทำการวิเคราะห์ทั้งหมด 37 ชนิดได้แก่ C4:0, C6:0, C8:0, C10:0, C11:0, C12:0, C13:0, C14:0, C15:0, C16:0, C17:0, C18:0, C20:0, C21:0, C22:0, C23:0, C24:0, C14:1, C15:1n10, C16:1n7, C17:1n10, C18:1n9t, C18:1n9c, C20:1n11, C22:1n9, C24:1n9, C18:2n6t, C18:2n6, C18:3n6, C18:3n3, C20:2, C20:3n6, C20:3n3, C20:4n6, C22:2, C20:5n3 และ C22:6n3

6. ผลการศึกษาการเปลี่ยนแปลงคุณภาพของผลิตภัณฑ์ซุปปลาแซลมอนบรรจุกระป๋องระหว่างการเก็บรักษาเป็นเวลา 3 เดือน

ค่าสี

ผลการวิเคราะห์คุณภาพทางกายภาพและเคมีของผลิตภัณฑ์โดยสุ่มตัวอย่างหลังจากผลิตเสร็จเดือนที่ 0 และในแต่ละเดือนครั้งละ 3 กระป๋อง ตลอดระยะเวลาในการเก็บรักษา 2 เดือน การติดตามการเปลี่ยนแปลงด้านกายภาพคือสีของซุปฯที่เปลี่ยนไประหว่างการเก็บรักษาได้แสดงในรูปของค่า L* a* และ b* ดังตารางที่ 4.3.17

ตารางที่ 4.3.17 ค่าสีของผลิตภัณฑ์ซุปปลาแซลมอนสกัดบรรจุกระป๋อง

สูตร	จำนวนวันที่เก็บรักษา (วัน)	L*	a*	b*	Δ-E
ต้นตำรับ	0	78.79 ± 0.14^{a}	2.67 ± 0.03^{c}	34.70 ± 0.04^{c}	86.13 ± 0.12^{a}
	30	78.82 ± 2.04^{a}	2.92 ± 0.19^{b}	37.94 ± 0.31^{b}	87.53 ± 1.96^{ab}
	60	79.23 ± 0.05^{a}	3.05 ± 0.01^{b}	38.12 ± 0.04^{b}	87.97 ± 0.06^{ab}
	90	79.57 ± 0.67^{a}	3.86 ± 0.08^{a}	39.27 ± 0.17^{a}	88.82 ± 0.67^{a}
รสกลมกล่อม	0	77.84 ± 0.43^{c}	3.01 ± 0.03^{c}	36.57 ± 0.12^{d}	86.06 ± 0.44^{c}
	30	79.88 ± 0.56^{b}	3.38 ± 0.08^{b}	40.38 ± 0.03^{c}	89.57 ± 0.48^{b}
	60	80.08 ± 0.37^{ab}	3.38 ± 0.06^{b}	41.02 ± 0.02^{b}	90.04 ± 0.32^{b}
	90	80.83 ± 0.09^{a}	3.75 ± 0.02^{a}	41.14 ± 0.04^{a}	90.77 ± 0.10^{a}

^{abcd} อักษรที่ต่างกันในแนวตั้งแสดงว่ามีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญ ($p<0.05$)

จากค่าสีของซุปปลาแซลมอนสกัดทั้ง 2 สูตรมีค่า a* และ b* เพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญซึ่งแสดงว่าผลิตภัณฑ์มีลักษณะสีที่เข้มขึ้นเมื่อดูด้วยสายตาพบว่าซุปปลาฯทั้ง 2 สูตรมีสีน้ำตาลที่เพิ่มขึ้น การเพิ่มขึ้นของสีน้ำตาลเป็นเหตุมากจาก Maillard reaction ซึ่งเป็นปฏิกิริยาระหว่างกรดแอมิโนและ reducing sugar (Nielsen 1998) โดยที่ซุปปลาแซลมอนนั้นประกอบไปด้วยกรดแอมิโนและน้ำตาลกลูโคส (เป็น reducing sugar) จึงอาจสามารถอธิบายได้ว่าการเกิดสีน้ำตาลระหว่างการเก็บรักษาของซุปปลาแซลมอนมีสาเหตุมาจาก Maillard reaction

ค่า Thiobarbituric acid (TBA)

ปริมาณของ Thiobarbituric acid เป็นค่าที่แสดงความหืนที่เกิดขึ้นในผลิตภัณฑ์ ผลของการวัดค่า TBA ของผลิตภัณฑ์ซุปปลาแซลมอนบรรจุกระป๋องได้แสดงในตารางที่ 4.3.18

ตารางที่ 4.3.18 การวัดค่า TBA ของผลิตภัณฑ์ซุปปลาแซลมอนสกัด

จำนวนวันที่เก็บรักษา (วัน)	TBA value ± ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน	
	สูตรต้นตำรับ	สูตรรสกลมกล่อม
0	0.79 ± 0.35^{a}	0.80 ± 0.19^{b}
30	0.94 ± 0.07^{a}	1.05 ± 0.20^{ab}
60	1.10 ± 0.04^{a}	1.12 ± 0.02^{a}
90	1.13 ± 0.02^{a}	1.14 ± 0.03^{a}

^{ab} ค่าที่ต่างกันในแนวตั้งแสดงว่ามีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญ ($p<0.05$)

จากผลการทดลองพบว่าค่า TBA ในซุปปลาแซลมอนสกัดบรรจุกระป๋องทั้ง 2 สูตรไม่มีการเปลี่ยนแปลงอย่างมีนัยสำคัญ ($p>0.05$) ซึ่งแสดงว่าการเกิดปฏิกิริยาออกซิเดชันมีต่ำมากอาจเป็นเพราะซุปปลาฯมีปริมาณไขมันอยู่น้อยมากจึงทำให้การเกิดออกซิเดชันน้อย อีกทั้งผู้ทดสอบทางประสาทสัมผัสก็ไม่ได้กลิ่นหืนของผลิตภัณฑ์ที่เก็บรักษาเป็นเวลา 90 วัน

ผลการวิเคราะห์คุณภาพทางจุลชีววิทยา

การตรวจสอบปริมาณจุลินทรีย์ระหว่างการเก็บรักษาที่อุณหภูมิห้องเป็นระยะเวลา 3 เดือน ตรวจไม่พบ total plate count, flat sour spoilage, putrefactive anaerobe, thermophilic anaerobe, sulfide spoilage ตลอดระยะเวลาการเก็บรักษาเป็นเวลา 3 เดือน แสดงว่าผลิตภัณฑ์ดังกล่าวมีความปลอดภัยต่อการบริโภค

ผลการวิเคราะห์คุณภาพทางประสาทสัมผัส

ผลการทดสอบคุณภาพทางประสาทสัมผัสด้านในคุณลักษณะปรากฏ สี กลิ่น รสชาติ เนื้อสัมผัส และความชอบรวม โดยแสดงในตารางที่ 4.13.19 โดยเกณฑ์การยอมรับในผลิตภัณฑ์คือต้องมีค่าคะแนนความชอบไม่ต่ำกว่า 6 (ชอบเล็กน้อย)

ตารางที่ 4.3.19 ค่าเฉลี่ยคะแนนการทดสอบทางประสาทสัมผัสที่ 0 30 60 และ 90 วันของซุปปลาแซลมอนสกัดบรรจุกระป๋อง

สูตร	จำนวนวันที่เก็บรักษา (วัน)	ค่าเฉลี่ยคะแนน ± ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน					
		ลักษณะปรากฏ	สี	กลิ่น	รสชาติ	เนื้อสัมผัส	ความชอบรวม
ต้นตำรับ	0	6.00 ± 1.25^{c}	6.30 ± 1.18^{b}	6.03 ± 1.67^{a}	5.95 ± 1.86^{a}	5.87 ± 1.50^{b}	6.15 ± 1.80^{a}
	30	7.00 ± 0.98^{ab}	6.90 ± 1.06^{a}	6.00 ± 1.44^{a}	6.30 ± 1.99^{a}	6.47 ± 1.63^{ab}	6.47 ± 1.43^{a}
	60	6.53 ± 1.07^{bc}	6.80 ± 0.81^{ab}	6.27 ± 1.44^{a}	6.60 ± 1.10^{a}	6.47 ± 1.17^{ab}	6.53 ± 1.20^{a}
	90	7.13 ± 0.86^{a}	7.07 ± 0.94^{a}	6.47 ± 1.52^{a}	6.60 ± 1.13^{a}	6.90 ± 1.03^{a}	6.87 ± 1.04^{a}
สูตรกลมกล่อม	0	6.83 ± 1.29^{a}	6.47 ± 1.70^{a}	6.52 ± 1.37^{a}	6.67 ± 1.21^{a}	6.87 ± 1.20^{a}	6.90 ± 1.06^{a}
	30	6.73 ± 1.08^{a}	6.80 ± 1.19^{a}	6.40 ± 1.69^{a}	6.43 ± 1.57^{a}	6.20 ± 1.32^{b}	6.57 ± 1.50^{a}
	60	6.97 ± 1.03^{a}	7.03 ± 1.07^{a}	6.43 ± 1.38^{a}	6.63 ± 1.07^{a}	6.37 ± 1.10^{ab}	6.60 ± 1.25^{a}
	90	7.17 ± 0.87^{a}	7.00 ± 1.05^{a}	6.63 ± 1.59^{a}	6.60 ± 1.00^{a}	6.67 ± 0.92^{ab}	7.03 ± 0.96^{a}

^{abc} ค่าที่ต่างกันในแนวตั้งแสดงว่ามีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญ ($p<0.05$)

ผลการทดลองพบว่าระหว่างการเก็บรักษาเป็นเวลา 3 เดือน ผู้ทดสอบยังยอมรับในคุณภาพของซุปปลาฯทั้ง 2 สูตรในทุกคุณลักษณะโดยคะแนนความชอบรวมนั้นเกิน 6 ตลอดระยะเวลาการเก็บรักษาเป็นเวลา 3 เดือน

7. การศึกษาปริมาณผลผลิตที่ได้ (% yield) และ การคำนวณต้นทุนการผลิตในการผลิตซุปปลาแซลมอนสกัดพร้อมดื่มบรรจุกระป๋อง

เนื้อท้องปลาแซลมอน 1000 กรัมสามารถผลิตโปรตีนไฮโดรไลเซตเพื่อทำซุปปลาแซลมอนสกัดพร้อมดื่มบรรจุกระป๋องได้ 10 กระป๋อง โดยปริมาณบรรจุ 180 ml ต่อกระป๋อง

ต้นทุนในการผลิตโปรตีนไฮโดรไลเซตจากเนื้อท้องปลาแซลมอน โดยมีปริมาณเนื้อท้องปลาแซลมอนเริ่มต้น 1 กิโลกรัม ดังแสดงในตารางที่ 4.3.20

ตารางที่ 4.3.20 ต้นทุนในการผลิตโปรตีนไฮโดรไลเซตจากเนื้อท้องปลาแซลมอนจำนวน 1 กิโลกรัม

วัตถุดิบ	ราคา	ปริมาณที่ใช้ในการผลิต	ราคา (บาท)
1. ต้นทุนในการผลิตโปรตีนไฮโดรไลเซตจากเนื้อท้องปลาแซลมอน			
1.1 เนื้อท้องปลาแซลมอน	150.00 บาท/กก.	1,000.00 กรัม	150.00
1.2 เอนไซม์ Flavourzyme	2,500.00 บาท/กก.	11.20 กรัม	28.00
รวมต้นทุนในการผลิตโปรตีนไฮโดรไลเซต			178.00

หมายเหตุ ราคานี้ไม่รวมค่าไฟฟ้า น้ำประปาและค่าแรงในการผลิต

ตารางที่ 4.3.21 ต้นทุนในการผลิตซุปปลาแซลมอนสกัดพร้อมดื่มบรรจุกระป๋องสูตรกลมกล่อม จำนวน 1 กระป๋องปริมาตร 180 มิลลิลิตร

วัตถุดิบ	ราคา	ปริมาณที่ใช้ในการผลิต	ราคา (บาท)
1. ต้นทุนในการผลิตซุปปลาแซลมอนสกัดพร้อมดื่มบรรจุกระป๋องสูตรต้นตำรับ			
1.1 โปรตีนไฮโดรไลเซตจากปลาแซลมอน	102.30 บาท/ลิตร	180 มิลลิลิตร	18.41
1.2 เครื่องเทศ			
- ใบกระวาน	1,600 บาท/กก.	0.09 กรัม	0.14
- เม็ดผักชี	220.00 บาท/กก.	0.09 กรัม	0.02
1.3 ส่วนผสม			
- MSG	90 บาท/กก.	0.54 กรัม	0.05
- แป้งดัดแปร	1,000 บาท/กก.	1.8 กรัม	1.8
- กลูโคส	196.00 บาท/กก.	3.6 กรัม	0.71
1.4 บรรจุภัณฑ์	3.80 บาท/กระป๋อง	1 กระป๋อง	3.00
รวมต้นทุนในการซุปปลาแซลมอนสกัดพร้อมดื่มบรรจุกระป๋อง			24.93

หมายเหตุ ราคานี้ไม่รวมค่าไฟฟ้า น้ำประปาและค่าแรงในการผลิต

ตารางที่ 4.3.22 ต้นทุนในการผลิตซุปปลาแซลมอนสกัดพร้อมดื่มบรรจุกระป๋องสูตรต้นตำรับจำนวน 1 กระป๋องปริมาตร 180 มิลลิลิตร

วัตถุดิบ	ราคา	ปริมาณที่ใช้ในการผลิต	ราคา (บาท)
1. ต้นทุนในการผลิตซุปปลาแซลมอนสกัดพร้อมดื่มบรรจุกระป๋องสูตรต้นตำรับ			
1.1 โปรตีนไฮโดรไลเซตจากปลาแซลมอน	102.30 บาท/ลิตร	180 มิลลิลิตร	18.41
1.2 วัตถุเจือปนให้กลิ่น			
- ซอสสเต็ก	0.75 บาท/กรัม	0.18 กรัม	0.135
1.3 ส่วนผสม			
- MSG	90 บาท/กก.	0.54 กรัม	0.05
- แป้งดัดแปร	1,000 บาท/กก.	1.8 กรัม	1.8
- กลูโคส	196.00 บาท/กก.	3.6 กรัม	0.71
1.4 บรรจุภัณฑ์	3.80 บาท/กระป๋อง	1 กระป๋อง	3.00
รวมต้นทุนในการซุปปลาแซลมอนสกัดพร้อมดื่มบรรจุกระป๋อง			24.91

หมายเหตุ ราคานี้ไม่รวมค่าไฟฟ้า น้ำประปาและค่าแรงในการผลิต

ต้นทุนการผลิต

จากการคำนวณต้นทุนการผลิตซุปปลาแซลมอนสกัดพร้อมดื่มบรรจุกระป๋องทั้งสูตรกลมกล่อมและสูตรต้นตำรับพบว่าต้นทุนประมาณ 25 บาท/กระป๋อง แต่ต้นทุนที่คำนวณได้นี้เป็นการคำนวณที่ยังไม่รวมค่าไฟฟ้าและค่าแรงงานของคนงาน ซึ่งในการผลิตระดับอุตสาหกรรมต้นทุนอาจจะถูกลงกว่านี้เนื่องจากใช้เครื่องจักรที่มีประสิทธิภาพดีกว่าในระดับทดลอง รวมถึงการหาแหล่งวัตถุดิบเช่นปลาแซลมอน, เครื่องเทศ, เอนไซม์ ในราคาที่ถูกกว่าคณะผู้วิจัย จึงน่าจะเป็นสาเหตุให้ต้นทุนที่ใช้ในการผลิตต่ำลง

สรุปผลการวิจัย

1. สภาวะที่เหมาะสมในการผลิตโปรตีนไฮโดรไลเซตเพื่อทำซุปปลาแซลมอนคือ อัตราส่วนของเนื้อปลาที่ขจัดไขมันต่อน้ำคือ 1:5 เติมเอนไซม์ Flavourzyme 5% (น้ำหนัก/น้ำหนักเนื้อปลา) บ่มที่อุณหภูมิ 45^{0}C เป็นเวลา 5 ชั่วโมง

2. การพัฒนาสูตรเพื่อผลิตซุปปลาแซลมอนสกัดพร้อมดื่มพบว่าการใช้แป้งดัดแปร (National Frigex®) สามารถปรับปรุงเนื้อสัมผัสของซุปปลาแซลมอนจนเป็นที่ยอมรับของผู้ทดสอบ ส่วนการปรับปรุงด้านกลิ่นรสพบว่าการใช้สมุนไพร (ใบกระวานและลูกผักชี) สามารถกลบกลิ่นคาวปลาได้ในซุปปลาแซลมอนสูตรกลมกล่อม ส่วนการใช้ซอสสเต็ก A.1. มีส่วนช่วยในการปรับปรุงด้านกลิ่นรสของซุปปลาแซลมอนสูตรต้นตำรับ

3. สามารถพัฒนาผลิตภัณฑ์ซุปปลาแซลมอนสกัดพร้อมดื่มบรรจุกระป๋อง 2 สูตรคือ สูตรกลมกล่อม และสูตรต้นตำรับ โดยสภาวะในการฆ่าเชื้อคือ อุณหภูมิ 116 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 17 นาที มีค่า F_o 8.5 นาที และต้นทุนในการผลิตประมาณ 25 บาทต่อกระป๋อง (ไม่รวมค่าไฟฟ้าและค่าแรงงาน)

4. ซุปปลาแซลมอนสกัดพร้อมดื่มบรรจุกระป๋องเป็นแหล่งของกรดแอมิโนที่สมบูรณ์และมีปริมาณวิตามินบี12 ที่พอเพียงต่อความต้องการของเด็กในหนึ่งวันเมื่อรับประทานซุปปลาแซลมอนอย่างน้อย 1 กระป๋องต่อวัน

5. ผลิตภัณฑ์ที่พัฒนาขึ้นมีความปลอดภัยในการบริโภคและมีอายุการเก็บรักษาไม่น้อยกว่า 3 เดือน

ข้อเสนอแนะ

ควรมีการศึกษากลไกการกลบกลิ่นคาวปลาโดยการใช้สมุนไพร เพื่อประโยชน์ในการทำวิจัยเชิงลึกเกี่ยวกับการปรับปรุงและพัฒนาผลิตภัณฑ์ประมงต่อไป

สรุปแผนงานวิจัย

โครงการวิจัยที่ 4.3 การพัฒนาผลิตภัณฑ์ซุปปลาแซลมอนสกัดพร้อมดื่ม

แผนงานวิจัย	ผลที่ได้
1. วิเคราะห์องค์ประกอบของเนื้อปลา	โปรตีน 26.4%, ไขมัน 4.9%, ความชื้น 60.9% (เนื้อปลาที่ขจัดไขมัน)
2. ศึกษาปริมาณเอนไซม์ที่เหมาะสมต่อการย่อยสลายเศษเหลือปลาแซลมอน	ใช้เอนไซม์ 5% (w/w) บ่มที่ 45 ^{0}C นาน 5 ชั่วโมง
3. การลดความขม FPH ด้วยวัสดุดูดซับ	ไม่จำเป็นต้องใช้วัสดุดูดซับเพราะ FPH ที่ผลิตได้ผู้ทดสอบยอมรับ (ไม่ขม)
4. พัฒนาผลิตภัณฑ์ซุปปลาแซลมอนสกัดพร้อมดื่มบรรจุกระป๋อง อย่างน้อย 2 สูตร	1) ซุปปลาแซลมอนสกัดพร้อมดื่มสูตรกลมกล่อม 2) ซุปปลาแซลมอนสกัดพร้อมดื่มสูตรต้นตำรับ
5. ศึกษาสภาวะการส่งผ่านความร้อน (F_0)	อุณหภูมิ 116 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 17 นาที มีค่า F_o 8.5 นาที
6. ศึกษาคุณค่าทางโภชนาการของวัตถุดิบและซุปปลาแซลมอนสกัดพร้อมดื่มบรรจุกระป๋อง	ได้ดำเนินการตรวจวัดปริมาณกรดแอมิโน, กรดไขมัน และวิตามิน
7. คุณภาพทางด้านจุลชีววิทยาของซุปปลาแซลมอนสกัดบรรจุกระป๋อง	ไม่พบ total plate count, flat sour spoilage, putrefactive anaerobe , thermophilic anaerobe, sulfide spoilage

ตารางแผนเปรียบเทียบการดำเนินการวิจัยในภาพรวม

กิจกรรม	เดือน											
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
หาสภาวะที่เหมาะสมของการทำงานของเอมไซม์	***	***	***									
คัดเลือกซุปปลาสกัดด้วยการทดสอบทางประสาทสัมผัส				***	***	***						
ปรับแต่งกลิ่นรสให้เป็นที่ยอมรับของกลุ่มผู้ทดสอบ					***	***	***					
ได้สภาวะการส่งผ่านความร้อนของซุปปลาสกัดบรรจุกระป๋อง							***	***				
หาคุณค่าทางโภชนาการของซุปปลาสกัดที่ผ่านการยอมรับจากผู้ทดสอบ							***	***				
ศึกษาการเปลี่ยนแปลงคุณภาพระหว่างการเก็บรักษาที่อุณหภูมิห้อง								***	***	***		
สรุปผลการทดลองและเขียนรายงานฉบับสมบูรณ์											***	***

เอกสารอ้างอิง

ก่องกาญจน์ กิจรุ่งโรจน์, ศุภศิลป์ มณีรัตน์ และ เถวียน บัวตุ่ม. 2542. **การพัฒนาการผลิตซุปปลาทูน่าโปรตีนสูงจากน้ำนึ่งปลาทูน่า:** รายงานการวิจัยพัฒนาและวิศวกรรมฉบับสมบูรณ์ต่อศูนย์พันธุวิศวกรรมและเทคโนโลยีชีวภาพแห่งชาติ, สำนักงานพัฒนาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีแห่งชาติ

พรอริยา ฉิรินัง. 2548. **การผลิตซอสเห็ดปรุงรสโดยการย่อยด้วยกรด ด่าง และเอนไซม์.** วิทยานิพนธ์ปริญญาโท, มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี.

ไพโรจน์ วิริยจารี. 2545. **การประเมินทางประสาทสัมผัส (Sensory Evaluation).** คณะอุตสาหกรรมเกษตร, มหาวิทยาลัยเชียงใหม่.

รวิพิมพ์ ฉวีสุข และ ประพันธ์ ปิ่นศิโรดม. 2537. **การศึกษาการผลิตโปรตีนไฮโดรไลเสทจากน้ำต้มกุ้งเพื่อเป็นสารปรุงแต่งกลิ่นรส**. รายงานผลการวิจัยฉบับสมบูรณ์ต่อสำนักงานคณะกรรมการวิจัยแห่งชาติ.

รุ่งอรุณ ตระการชัยวงศ์. 2545. **การผลิตโปรตีนไฮโดรไลเซตไขมันต่ำจากของเหลือจากอุตสาหกรรมการผลิตซูริมิ.** วิทยานิพนธ์ปริญญาโท, มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

สถาบันอาหาร. 2554. **อุตสาหกรรมผลิตภัณฑ์เสริมอาหาร (Dietary Supplement).** แหล่งที่มา: http://fic.nfi.or.th/th/thaifood/product52-diatary.asp, 24 กรกฎาคม 2554.

สำนักโภชนาการ กรมอนามัย กระทรวงสาธารณสุข. 2550. **ปริมาณสารอ้างอิงที่ควรได้รับประจำวันสำหรับคนไทย พ.ศ.2546 ตอนที่ 4 วิตามินบี และโฟเลท.** แหล่งที่มา: http://nutrition.anamai.moph.go.th/dri/3.pdf, 22 สิงหาคม 2556.

สุมาลัย ศรีกำไลทอง , วิไลวรรณ พิทยานุกูล, วุฒิกฤษ วิรภัทรสุนทร และ ศรีศักดิ์ ตรังวัชรกุล. 2545. **ซุปปลาสกัดเข้มข้นและพร้อมดื่มจากน้ำนึ่งปลาของอุตสาหกรรมปลาทูน่ากระป๋อง.** การประชุมทางวิชาการของมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ ครั้งที่ 40 สาขาอุตสาหกรรมเกษตร, p. 251-257.

Anderson, S. 2001. Salmon Color and the Consumer., pp. . *In* **Proceedings of the Tenth Biennial Conference of the International Institute of Fisheries Economics and Trade.** 10-14 July 2000, International Institute of Fisheries Economics and Trade (IIFET). Oregon, USA

AOAC. 1995. **Official Methods of Analysis.** 16 th ed., Association of Official Analytical Chemists. Arlington, Virginia.

AOCS. 1997. Official Method Cd 19-90.Sampling and Analysis of Commercial Fats and Oils.

Chung, K.H. and K.Y. Lee. 2009. *Removal of trimethylamine by adsorption over zeolite catalysts and deodorization of fish oil.* **Journal of Hazardous Materials**. 172(2-3): p. 922-927.

FAO. 1981. **The prevention of losses in cured fish**. FAO Fisheries Technical Paper No. 219.

FAO. 2002. **Joint FAO/WHO/UNU Expert Consultation on Energy and Protein Requirements.** Available Source: http://www.fao.org/docrep/meeting/004/m3013e/m3013e00.htm, August 22, 2013.

He, S., C. Franco and W. Zhang. 2011. Characterisation of processing wastes of Atlantic Salmon (*Salmo salar*) and Yellowtail Kingfish (*Seriola lalandi*) harvested in Australia. **Int J Food Sci Tech.** 46: 1989-1904.

Kasahara, K. and K. Nishibori. 1992. *Suppressing effect of lemon juice on the odor of roasted sardine.* **Bulletin of the Japanese Society of Scientific Fisheries**. 58(3): p. 529-531.

Laiset, B., R. Nortvedt, E. Lied and M. Espe. 2002. Studies on the nitrogen recovery in enzymic hydrolysis of Atlantic salmon (*Salmo salar*, L.) frames by Protamex™ protease. **Proc Biochem.** 37: 1263-1269.

Miki, W. 1991. Biological functions and activities of animal carotenoids. **Pure Appl Chem.** 63 (2): 141-146.

Morten, M.G., V. Civile and B.T. Car. 1999. **Sensory Evaluation Techniques**. CRC Press, Florida.

Muzaifa, M., N. Safriani and F. Zakaria. 2012. Production of protein hydrolysates from fish by-product prepared by enzymatic hydrolysis. **AACL Bioflux.** 5: 36-39.

Nieisen, S.S. 1998. **Food Analysis**. Aspen Publishers, Maryland.

Nilsang, S., S. Lertsiri, M. Suphantharika and A. Assavanig. 2005. Optimization of enzymatic hydrolysis of fish soluble concentrate by commercial proteases. **J. Food Eng.** 70: 571-578.

Ovissipour, M., M. Taghiof, A. Motamedzadegan, B. Rasco and A.E. Molla. 2009. Optimization of enzymatic hydrolysis of visceral waste proteins of beluga sturgeon *Huso huso* using Alcalase. **Int Aquat Res.** 1: 31-38.

_____, S. Benjakul, R. Safari and A. Motamedzadegan. 2010. Fish protein hydrolysates production from yellowfin tuna *Thunnus albacares* head using Alcalase and Protamex. **Int Aquat Res**. 2: 87-95.

Prieto, C.A., E.M. Guadix, and A. Guadix. 2010 *Recent patents on whey protein hydrolysates manufactured by proteolysis coupled to membrane ultrafiltration.* **Recent Patents on Chemical Engineering**. 3(2): p. 115-128.

Serfert, Y., S. Drusch, and K. Schwarz. 2010 *Sensory odour profiling and lipid oxidation status of fish oil and microencapsulated fish oil.* **Food Chemistry**. 123(4): p. 968-975.

Suh, H.J., S.H. Bae, and D.O. Noh. 2000. *Debittering of corn gluten hydrolysate with active carbon.* **Journal of the Science of Food and Agriculture**. 80(5): p. 614-618.

Trevino, J.A. 2009. **Effect of Oscillating and Static Retort Thermal Processing Technology Using and Institutional Size Puch**. M.E. Thesis, Clemson University. South Carolina, USA.

U.S. Food and drug Administration. 2013. **Bacteriological Analytical Manual (BAM)**. Available Source: http://www.fda.gov/Food/FoodScienceResearch/LaboratoryMethods/ucm2006949.htm., June 13, 2013.

ภาคผนวก

แบบทดสอบความชอบซุปปลาแซลมอนสกัด

วันที่ ..... เพศ ..... อายุ ..... ปี

ข้อมูลทั่วไปของผู้ทดสอบ ☐ ทานซุปไก่สกัด ☐ ไม่ทานซุปไก่สกัด

กรุณาชิมตัวอย่างที่ได้รับ ตามลำดับ แล้วให้คะแนน ***ความชอบ*** ตามที่รู้สึกในแต่ละคุณลักษณะ ดังนี้

คะแนน 1 หมายถึง ไม่ชอบมากที่สุด คะแนน 4 หมายถึง ไม่ชอบเล็กน้อย คะแนน 7 หมายถึง ชอบปานกลาง

คะแนน 2 หมายถึง ไม่ชอบมาก คะแนน 5 หมายถึง เฉยๆ คะแนน 8 หมายถึง ชอบมาก

คะแนน 3 หมายถึง ไม่ชอบปานกลาง คะแนน 6 หมายถึง ชอบเล็กน้อย คะแนน 9 หมายถึง ชอบมากที่สุด

รหัสตัวอย่าง	คะแนนความชอบ					
	ลักษณะปรากฏ	สี	กลิ่น	รสชาติ	เนื้อสัมผัส	ความชอบรวม

คะแนนสเกลวัดความพอดี

วันที่ ..... เพศ ..... อายุ ..... ปี

กรุณาประเมินความเข้มของแต่ละตัวอย่างต่อคุณลักษณะต่างๆ ขณะชิมซุปปลาแซลมอนสกัด

โดยที่ช่องว่างทางซ้ายมือมีความเข้มน้อยกว่าทางขวามือและตำแหน่งกลางคือ ***JR*** หมายความว่า ***พอดี***

		JR	
เนื้อสัมผัส	จางไป	☐☐☒☐☐	เข้มข้นมากไป
รสหวาน	น้อยมาก	☐☐☒☐☐	มากเกินไป
รสเค็ม	น้อยมาก	☐☐☒☐☐	มากเกินไป
รสขม	น้อยมาก	☐☐☒☐☐	มากเกินไป
กลิ่นคาวปลา	น้อยมาก	☐☐☒☐☐	มากเกินไป

คุณลักษณะ	**รหัสตัวอย่าง**				
	270	**136**	**897**	**541**	**398**
เนื้อสัมผัส	☐☐☒☐☐	☐☐☒☐☐	☐☐☒☐☐	☐☐☒☐☐	☐☐☒☐☐
รสหวาน	☐☐☒☐☐	☐☐☒☐☐	☐☐☒☐☐	☐☐☒☐☐	☐☐☒☐☐
รสเค็ม	☐☐☒☐☐	☐☐☒☐☐	☐☐☒☐☐	☐☐☒☐☐	☐☐☒☐☐
รสขม	☐☐☒☐☐	☐☐☒☐☐	☐☐☒☐☐	☐☐☒☐☐	☐☐☒☐☐
กลิ่นคาวปลา	☐☐☒☐☐	☐☐☒☐☐	☐☐☒☐☐	☐☐☒☐☐	☐☐☒☐☐

หมายเหตุ **หากไม่พบ**คุณลักษณะ **รสขม** กรุณาเขียนเครื่องหมายกากบาทในช่องสี่เหลี่ยมที่มีเส้นทึบ