การพัฒนาผลิตภัณฑ์ปลาพร้อมบริโภคในถุงรีทอร์ตสำหรับผู้สูงอายุ

นายอนิรุทธิ์ สังฆะมงคลกิจ

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

บทคัดย่อและแฟ้มข้อมูลฉบับเต็มของวิทยานิพนธ์ตั้งแต่ปีการศึกษา 2554 ที่ให้บริการในคลังปัญญาจุฬาฯ (CUIR)
เป็นแฟ้มข้อมูลของนิสิตเจ้าของวิทยานิพนธ์ ที่ส่งผ่านทางบัณฑิตวิทยาลัย
The abstract and full text of theses from the academic year 2011 in Chulalongkorn University Intellectual Repository (CUIR)
are the thesis authors' files submitted through the University Graduate School.

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต
สาขาวิชาเทคโนโลยีทางอาหาร ภาควิชาเทคโนโลยีทางอาหาร
คณะวิทยาศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
ปีการศึกษา 2559
ลิขสิทธิ์ของจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

DEVELOPMENT OF READY-TO-EAT FISH PRODUCT IN RETORT POUCH FOR ELDERLY

Mr. Anirut Sangkamongkonkit

A Thesis Submitted in Partial Fulfillment of the Requirements
for the Degree of Master of Science Program in Food Technology
Department of Food Technology
Faculty of Science
Chulalongkorn University
Academic Year 2016
Copyright of Chulalongkorn University

หัวข้อวิทยานิพนธ์	การพัฒนาผลิตภัณฑ์ปลาพร้อมบริโภคในถุงรีทอร์ตสำหรับผู้สูงอายุ
โดย	นายอนิรุทธิ์ สังฆะมงคลกิจ
สาขาวิชา	เทคโนโลยีทางอาหาร
อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก	รองศาสตราจารย์ ดร.สายวรุฬ ชัยวานิชศิริ
อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ร่วม	รองศาสตราจารย์ ดร.ขนิษฐา ธนานุวงศ์

คณะวิทยาศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย อนุมัติให้นับวิทยานิพนธ์ฉบับนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญามหาบัณฑิต

.....คณบดีคณะวิทยาศาสตร์
(รองศาสตราจารย์ ดร.พลกฤษณ์ แสงวณิช)

คณะกรรมการสอบวิทยานิพนธ์

.....ประธานกรรมการ
(ดร.ศศิกานต์ กู้พงษ์ศักดิ์)

.....อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก
(รองศาสตราจารย์ ดร.สายวรุฬ ชัยวานิชศิริ)

.....อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ร่วม
(รองศาสตราจารย์ ดร.ขนิษฐา ธนานุวงศ์)

.....กรรมการ
(ดร.ศิริมา พ่วงประพันธ์)

.....กรรมการภายนอกมหาวิทยาลัย
(รองศาสตราจารย์ ดร.กัลยา เลาหสงคราม)

อนิรุทธ์ สังฆะมงคลกิจ : การพัฒนาผลิตภัณฑ์ปลาพร้อมบริโภคในถุงรีทอร์ตสำหรับผู้สูงอายุ (DEVELOPMENT OF READY-TO-EAT FISH PRODUCT IN RETORT POUCH FOR ELDERLY) อ.ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก: รศ. ดร.สายวรุษ ชัยวานิชศิริ, อ.ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ร่วม: รศ. ดร.ขนิษฐา ธนานุวงศ์, 76 หน้า.

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อพัฒนาผลิตภัณฑ์ปลาพร้อมบริโภคบรรจุถุงรีทอร์ต 2 ชนิด ได้แก่ 1) ผลิตภัณฑ์ปลานึ่งหั่นเป็นชิ้นติดกระดูกบรรจุรวมน้ำปรุงรสซีอิ๊ว 2) ผลิตภัณฑ์ปลาแล่เป็นชิ้นไม่ติดกระดูกบรรจุแยกน้ำปรุงรสซีอิ๊ว ที่มีคุณค่าทางโภชนาการที่เหมาะสำหรับผู้สูงอายุ ผลิตภัณฑ์ชนิดแรก แปรชนิดปลา 2 ชนิด ได้แก่ ปลาน้ำดอกไม้ (*Obtuse barracuda*) และปลากุเรา (*Indian salmon*) แช่สารละลายโซเดียมไตรพอลิฟอสเฟต (STPP) ที่ความเข้มข้น 0%, 2.5% และ 5% เป็นเวลา 1 ชั่วโมง พบว่าความเข้มข้นของ STPP ที่เหมาะสมคือ 2.5% เป็นความเข้มข้นที่ต่ำที่สุดที่ให้ร้อยละผลผลิต และความสามารถในการอุ้มน้ำของเนื้อปลาสดสูงที่สุด และร้อยละน้ำหนักที่สูญเสียไปของเนื้อปลานึ่งต่ำที่สุด ($p \leq 0.05$) เมื่อศึกษาการสเตอริไลส์ที่อุณหภูมิ 118 $^{\circ}$C, F_0 = 6 นาที พบว่าเนื้อปลาหลังสเตอริไลส์มีน้ำหนักและค่าสี L ลดลง แต่มีความแน่นเนื้อ (firmness) และค่าสี b เพิ่มขึ้น ($p \leq 0.05$) นอกจากนี้ยังพบว่าน้ำปรุงรสซีอิ๊วหลังสเตอริไลเซชั่น มีน้ำหนัก ค่าสี L, a, b และ pH เพิ่มขึ้น ($p \leq 0.05$) จากการทดสอบการยอมรับทางประสาทสัมผัส (5-point hedonic scale) พบว่าผลิตภัณฑ์ที่ทำจากปลาน้ำดอกไม้ มีคะแนนทางด้านสี รสชาติ และการยอมรับโดยรวมสูงกว่าปลากุเรา ($p \leq 0.05$) จึงเลือกผลิตภัณฑ์ที่ทำจากปลาน้ำดอกไม้เพื่อศึกษาภาวะสเตอริไลเซชันที่เหมาะสม แปรค่า F_0 เป็น 6 และ 10 นาทีที่ 118 $^{\circ}$C พบว่าที่ภาวะ F_0 = 6 นาที เนื้อปลามีค่าความแน่นเนื้อ ค่าสี a และ b ต่ำกว่า แต่มีค่า L สูงกว่าตัวอย่างที่สเตอริไลส์ที่ F_0 = 10 นาที ($p \leq 0.05$) และพบว่าผลิตภัณฑ์ที่สเตอริไลส์ที่ 118 $^{\circ}$C, F_0 = 6 และ 10 นาที มีคะแนนการยอมรับทางประสาทสัมผัสด้านต่างๆ ไม่แตกต่างกัน ($p > 0.05$) ดังนั้นจึงเลือกผลิตภัณฑ์ที่สเตอริไลส์ที่ 118 $^{\circ}$C, F_0 = 6 นาทีเป็นผลิตภัณฑ์สุดท้าย สำหรับผลิตภัณฑ์ชนิดที่ 2 ใช้ปลาแพนกาเซียสดอรี่ (*Pangasius hypophthalmus*) เป็นวัตถุดิบ พบว่าเนื้อปลาหลังผ่านกระบวนการสเตอริไลส์ที่ 118 $^{\circ}$C F_0 = 6 นาที มีน้ำหนักและค่าสี L ลดลง แต่มีความแน่นเนื้อเพิ่มขึ้น ($p \leq 0.05$) ในขณะที่ค่าสี a และ b ของเนื้อปลาไม่แตกต่างกัน ($p > 0.05$) ส่วนน้ำปรุงรสซีอิ๊วที่แยกฆ่าเชื้อที่ 118 $^{\circ}$C แปรค่า F_0 = 3 และ 6 นาที พบว่ามีค่า b น้อยกว่า ($p \leq 0.05$) ในขณะที่ค่า pH, ปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้, สี L และ a ไม่แตกต่างจากน้ำปรุงรสซีอิ๊วที่ไม่ผ่านการฆ่าเชื้อ ($p > 0.05$) จากการทดสอบการยอมรับทางประสาทสัมผัสของผลิตภัณฑ์ปลาดอรี่สเตอริไลส์ที่ 118 $^{\circ}$C, F_0 = 6 นาที เสิร์ฟร่วมกับน้ำปรุงรสสเตอริไลส์ที่ 118 $^{\circ}$C, F_0 = 3 หรือ 6 นาที พบว่ามีคะแนนการยอมรับโดยรวมไม่แตกต่างกัน ($p > 0.05$) จึงเลือกผลิตภัณฑ์ปลาดอรี่ฆ่าเชื้อที่อุณหภูมิ 118 $^{\circ}$C, F_0 = 6 นาที และน้ำปรุงรสซีอิ๊วฆ่าเชื้อที่อุณหภูมิ 118 $^{\circ}$C, F_0 = 3 นาที เป็นผลิตภัณฑ์สุดท้าย หนึ่งหน่วยบริโภคของทั้ง 2 ผลิตภัณฑ์ (เนื้อปลานึ่ง 60 g และน้ำปรุงรสซีอิ๊ว 40 g) มีโปรตีนสูง ไขมันต่ำ และมีปริมาณโซเดียมเหมาะสมสำหรับผู้สูงอายุที่ป่วยเป็นโรคไตเสื่อมระยะเริ่มต้น โรคเบาหวาน โรคไขมันในเลือดสูง และโรคความดันโลหิตสูง

ภาควิชา เทคโนโลยีทางอาหาร ลายมือชื่อนิสิต .....

สาขาวิชา เทคโนโลยีทางอาหาร ลายมือชื่อ อ.ที่ปรึกษาหลัก .....

ปีการศึกษา 2559 ลายมือชื่อ อ.ที่ปรึกษาร่วม .....

5672132023 : MAJOR FOOD TECHNOLOGY
KEYWORDS: STEAMED FISH / RETORT / ELDERLY

ANIRUT SANGKAMONGKONKIT: DEVELOPMENT OF READY-TO-EAT FISH PRODUCT IN RETORT POUCH FOR ELDERLY. ADVISOR: ASSOC. PROF. SAIWARUN CHAIWANICHSIRI, Ph.D., CO-ADVISOR: ASSOC. PROF. KANITHA TANANUWONG, Ph.D., 76 pp.

This research aimed to develop steamed fish with soy sauce in retort pouch and steamed fish fillet in retort pouch and separated soy sauce packed separately for elderly. For the first product, Obtuse barracuda (*Sphyraena obtusata*, OB) and Indian salmon *(Eleutheronema tetradactylum*, IS) were selected. Fish slices were soaked in 0%, 2.5% and 5% sodium tripolyphosphate (STPP) solution for 1 hour. It was found that 2.5% STPP was the most suitable concentration, providing significantly highest yield and water-holding capacity of the fresh fish and significantly lowest cooking loss ($p \leq 0.05$) after steaming. The steamed fish with soy sauce were sterilized at 118 $^{\circ}$C and F_0 = 6 min. After sterilization, weight loss and L value of the fish samples decreased but firmness and b value increased ($p \leq 0.05$). For the soy sauce after sterilization, L, a, b values and pH increased ($p \leq 0.05$). From the consumer acceptance test using 5-point hedonic scale, the product from OB obtained higher hedonic scores of color, taste and overall acceptance than those from IS ($p \leq 0.05$). Therefore, the product from OB was selected for further studying of the optimum sterilization condition (118 $^{\circ}$C, F_0 = 6 and 10 min). The results showed that the OB slices sterilized at F_0 = 6 min had the lower firmness, a and b values whereas L value was higher than those having F_0 = 10 min ($p \leq 0.05$). The result of acceptance test showed no significant difference between both samples ($p > 0.05$). Therefore, the best product was the OB sterilized at 118 $^{\circ}$C, F_0 = 6 min. For the second product, the Pangasiidae (*Pangasius hypophthalmus*, PS) fillet was sterilized at 118 $^{\circ}$C, F_0 = 6 min. It was found that the weight and L value of the sample sterilized at 118 $^{\circ}$C, F_0 = 6 min, decreased while the firmness increased ($p \leq 0.05$). However, a and b values did not change after sterilization ($p > 0.05$). The soy sauce was sterilized separately at 118 $^{\circ}$C, F_0 = 3 and 6 min. The results showed that the b value decreased ($p \leq 0.05$) while the pH, total soluble solids, L and a values were not different ($p > 0.05$). From the acceptance test, there was no difference between overall acceptance scores of the PS fillet sterilized at 118 $^{\circ}$C, F_0 = 6 min served with soy sauce sterilized at F_0 = 3 or 6 min ($p > 0.05$). Thus, the best product was the PS sterilized at 118 $^{\circ}$C, F_0 = 6 min and the soy sauce sterilized at 118 $^{\circ}$C, F_0 = 3 min. One serving size of both products (100 g, containing 60 g of fish slices) was high in protein, low in fat, and had acceptable amount of sodium for elderly consumers having chronic kidney diseases, diabetes, hyperlipidemia and hypertension.

Department:	Food Technology	Student's Signature	.....
Field of Study:	Food Technology	Advisor's Signature	.....
Academic Year:	2016	Co-Advisor's Signature	.....

กิตติกรรมประกาศ

ผู้วิจัยขอกราบขอบพระคุณ รองศาสตราจารย์ ดร.สายวรุฬ ชัยวานิชศิริ อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ และรองศาสตราจารย์ ดร.ขนิษฐา ธนานุวงศ์ อาจารย์ที่ปรึกษาร่วม เป็นอย่างสูงที่กรุณาให้คำแนะนำ คำปรึกษา ข้อคิดเห็นต่างๆ อันเป็นประโยชน์ และเป็นกำลังใจให้ข้าพเจ้าตลอด ระยะเวลาของการทำวิจัย ตลอดจนตรวจแก้ไขข้อบกพร่องต่างๆ เพื่อให้วิทยานิพนธ์สมบูรณ์ รวมทั้ง ได้อบรมสั่งสอนให้มีความรอบคอบ รับผิดชอบต่อหน้าที่ และตั้งใจปฏิบัติงาน ทำให้วิทยานิพนธ์ฉบับนี้สำเร็จลุล่วงไปได้ด้วยดี

ขอกราบขอบพระคุณ อาจารย์ ดร. ศศิกานต์ กู้พงษ์ศักดิ์ ประธานกรรมการสอบวิทยานิพนธ์ รองศาสตราจารย์ ดร. กัลยา เลาหสงคราม และอาจารย์ ดร. ศิริมา พ่วงประพันธ์ กรรมการสอบวิทยานิพนธ์ เป็นอย่างสูงที่กรุณาให้คำแนะนำเพื่อเป็นแนวทางในการปรับปรุงวิทยานิพนธ์ฉบับนี้ให้มีความสมบูรณ์ยิ่งขึ้น

ขอขอบพระคุณคณาจารย์ในภาควิชาเทคโนโลยีทางอาหาร คณะวิทยาศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย ที่ได้ประสิทธิ์ประสาทความรู้ให้แก่ข้าพเจ้าทั้งในด้านวิชาการและจริยธรรม

ขอขอบคุณสำนักงานคณะกรรมการวิจัยแห่งชาติ (วช.) ที่ให้ทุนสนับสนุนในการทำงานวิจัย

ขอบคุณพี่ น้องและเพื่อนๆ ภาควิชาเทคโนโลยีทางอาหาร ที่ให้ความช่วยเหลือและกำลังใจ ตลอดการทำวิจัย รวมถึงเจ้าหน้าที่ในภาควิชาเทคโนโลยีทางอาหารทุกท่านสำหรับการอำนวยความสะดวกในการวิจัย

สุดท้ายนี้ผู้วิจัยขอกราบขอบพระคุณบิดา มารดาที่ได้สั่งสอนให้ผู้วิจัยมีความอดทน มุมานะ พยายาม ให้กำลังใจและความห่วงใยพร้อมทั้งสนับสนุนในด้านทุนทรัพย์ให้แก่ผู้วิจัยเสมอมาจนสำเร็จการศึกษา

สารบัญ

หน้า

บทคัดย่อภาษาไทย ..... ง

บทคัดย่อภาษาอังกฤษ ..... จ

กิตติกรรมประกาศ ..... ฉ

สารบัญ ..... ช

สารบัญตาราง ..... ญ

สารบัญรูป ..... ฐ

บทที่ 1 บทนำ 1

บทที่ 2 วารสารปริทัศน์ 3

2.1 ผู้สูงอายุ 3

2.1.1 การเปลี่ยนแปลงประชากรผู้สูงอายุในประเทศไทย 3

2.1.2 โภชนาการผู้สูงอายุ 4

2.1.2.1 ความต้องการสารอาหารในผู้สูงอายุ 5

2.1.3 พฤติกรรมการบริโภคอาหารของผู้สูงอายุ 7

2.1.3.1 ความถี่ในการบริโภคอาหารต่างๆ 7

2.1.3.2 การบริโภคอาหารมื้อหลัก 7

2.1.3.3 เมนูอาหารที่ชื่นชอบ 7

2.2 ชนิดของปลา 8

2.2.1 ปลากุเรา หรือกุเราสี่เส้น 8

2.2.2 ปลาน้ำดอกไม้ หรือปลาสากเหลือง 9

2.2.3 ปลาแพนกาเซียสดอรี่ 10

2.3 โปรตีนในเนื้อสัตว์ 10

2.3.1 โปรตีนไมโอไฟบริลลา (Myofibrillar protein) 11

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

หน้า

2.3.1.1 ไมโอซิน (myosin) 11
2.3.1.2 แอกติน (actin) 11
2.3.1.3 โทรโปไมโอซิน (tropomyosin) 12
2.3.1.4 โทรโปนิน (troponin) 12
2.3.2 โปรตีนซาร์โคพลาสมิก (Sarcoplasmic protein) 12
2.3.3 โปรตีนสโตรมา (Stroma protein) 12
2.4 ผลของความร้อนต่อโปรตีนกล้ามเนื้อ 14
2.5 สารประกอบฟอสเฟต 16
2.5.1 การใช้ฟอสเฟตในผลิตภัณฑ์เนื้อสัตว์ 16
2.6 กระบวนการสเตอริไลเซชัน (sterilization) 20
2.6.1 การกำหนดเวลาในการฆ่าเชื้อ 20
2.6.1.1 ปัจจัยที่มีผลต่อปริมาณความร้อนในการฆ่าเชื้อ 20
2.6.1.2 ปัจจัยที่มีผลต่ออัตราการถ่ายโอนความร้อนสู่อาหารในภาชนะบรรจุ 21
2.6.2 การทดสอบการแทรกผ่านความร้อนในอาหาร (heat penetration test) 22
2.6.3 ถุงรีทอร์ต (retort pouch) 22
บทที่ 3 การดำเนินงานวิจัย 24
3.1 การเตรียมวัตถุดิบ 24
3.2 ขั้นตอนการดำเนินงาน 25
3.2.1 ผลิตภัณฑ์ปลานึ่งหั่นเป็นชิ้นติดกระดูกบรรจุรวมน้ำปรุงรสซีอิ๊ว 25
3.2.1.1 การหาความเข้มข้นของสารละลายโซเดียมไตรพอลิฟอสเฟต (STPP) ที่เหมาะสมสำหรับแช่ปลาเพื่อเตรียมตัวอย่างปลานึ่ง 25
3.2.1.2 น้ำปรุงรสซีอิ๊ว 27
3.2.1.3 ศึกษาผลของการฆ่าเชื้อระดับสเตอริไลเซชันต่อสมบัติทางเคมีกายภาพ จุลินทรีย์ และคุณภาพทางประสาทสัมผัสของผลิตภัณฑ์ 27

3.2.1.4 ศึกษาภาวะการฆ่าเชื้อระดับสเตอริไลเซชันทางการค้าที่เหมาะสมของผลิตภัณฑ์ปลานึ่งซีอิ๊ว 29

3.2.2 ผลิตภัณฑ์ปลาแล่เป็นชิ้นไม่ติดกระดูกบรรจุแยกน้ำปรุงรสซีอิ๊ว 30

3.2.2.1 ศึกษาสมบัติทางกายภาพของเนื้อปลา ก่อนและหลังนึ่ง 30

3.2.2.2 ศึกษาผลของการฆ่าเชื้อระดับสเตอริไลเซชันต่อสมบัติทางเคมีกายภาพและคุณภาพทางประสาทสัมผัสของผลิตภัณฑ์ 30

3.2.3 การวิเคราะห์สมบัติทางจุลินทรีย์และองค์ประกอบทางเคมี ของผลิตภัณฑ์สุดท้ายที่ได้จากข้อ 3.2.1 และ 3.2.2 32

3.2.3.1 สมบัติทางจุลินทรีย์ 32

3.2.3.2 องค์ประกอบทางเคมี เพื่อจัดทำฉลากโภชนาการ 32

3.2.4 การวิเคราะห์ทางสถิติ 32

บทที่ 4 ผลการทดลอง และวิจารณ์ 33

4.1 ผลิตภัณฑ์ปลาหั่นเป็นชิ้นติดกระดูกบรรจุรวมน้ำปรุงรสซีอิ๊ว 33

4.2 ผลิตภัณฑ์ปลาดอรี่แล่หั่นตามยาวเป็นชิ้นไม่ติดกระดูกบรรจุแยกน้ำปรุงรสซีอิ๊ว 51

บทที่ 5 สรุปผลการทดลอง 59

5.1 ผลิตภัณฑ์ปลาหั่นเป็นชิ้นติดกระดูกบรรจุรวมน้ำปรุงรสซีอิ๊ว 59

5.2 ผลิตภัณฑ์ปลาแล่เป็นชิ้นไม่ติดกระดูกบรรจุแยกน้ำปรุงรสซีอิ๊ว 60

รายการอ้างอิง 61

ประวัติผู้เขียนวิทยานิพนธ์ 76

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

สารบัญตาราง

หน้า

บทที่ 2

ตารางที่ 2.1 จำนวนและอัตราของผู้สูงอายุ พ.ศ. 2537, 2545, 2550, 2554 และ 2557 4

ตารางที่ 2.2 ปริมาณโปรตีนแต่ละชนิดในกล้ามเนื้อของสัตว์ชนิดต่างๆ 13

ตารางที่ 2.3 ปริมาณโปรตีนและกรดอะมิโนในเนื้อ และผลิตภัณฑ์เนื้อสัตว์ 100 กรัม 13

ตารางที่ 2.4 ปริมาณไลซีนที่มีอยู่ และความสามารถในการย่อยโปรตีนในหลอดทดลองของเนื้อปลาก่อนและหลังผ่านกระบวนการให้ความร้อนที่อุณหภูมิ 115 $^{\circ}$ และ 124 $^{\circ}$C ค่า F_0 = 8-32 นาที 15

บทที่ 4

ตารางที่ 4.1 ร้อยละผลผลิต และความสามารถในการอุ้มน้ำ ของเนื้อปลาสดหลังแช่สารละลาย STPP ที่ความเข้มข้นต่างๆ 34

ตารางที่ 4.2 ร้อยละน้ำหนักที่สูญเสียไป และความแน่นเนื้อของเนื้อปลานึ่งหลังแช่สารละลาย STPP ที่ความเข้มข้นต่างๆ 35

ตารางที่ 4.3 Come-up time, holding time และ cooling time ผลิตภัณฑ์ปลากุเรา และปลาน้ำดอกไม้นึ่งซีอิ๊วที่ผ่านกระบวนการสเตอริไลเซชันที่ 118 $^{\circ}$C, F_0 = 6 นาที 37

ตารางที่ 4.4 ร้อยละน้ำหนักที่สูญเสียไปของเนื้อปลา และร้อยละน้ำหนักที่เพิ่มขึ้น ของน้ำปรุงในผลิตภัณฑ์ปลากุเรา และปลาน้ำดอกไม้นึ่งซีอิ๊วที่ผ่านกระบวนการสเตอริไลเซชันที่ 118 $^{\circ}$C, F_0 = 6 นาที 37

ตารางที่ 4.5 ความแน่นเนื้อ ค่าสี (L, a, b) และความแตกต่างของสี (ΔE) ของเนื้อปลากุเรา และปลาน้ำดอกไม้หลังผ่านกระบวนการสเตอริไลเซชันที่ 118 $^{\circ}$C, F_0 = 6 นาที 38

ตารางที่ 4.6 ค่าความเป็นกรด-ด่างปริมาณของแข็งที่ละลายได้ทั้งหมด และค่าสีของน้ำปรุงรสหลังผ่านกระบวนการสเตอริไลเซชันที่ 118 $^{\circ}$C, F_0 = 6 นาที 40

ตารางที่ 4.7 สัดส่วนของผู้ทดสอบจำแนกตามระดับการศึกษา 41

ตารางที่ 4.8 สัดส่วนของผู้ทดสอบจำแนกตามผู้ดูแลในการดำเนินชีวิตประจำวัน 41

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

ตารางที่ 4.9 สัดส่วนของผู้ทดสอบจำแนกตามรายได้เฉลี่ยต่อเดือนของครอบครัว 41

ตารางที่ 4.10 สัดส่วนของผู้ทดสอบจำแนกตามโรคความดันโลหิตสูง 42

ตารางที่ 4.11 สัดส่วนของผู้ทดสอบจำแนกตามโรคไขมันในเลือดสูง 42

ตารางที่ 4.12 สัดส่วนของผู้ทดสอบจำแนกตามโรคเบาหวาน.....42

ตารางที่ 4.13 สัดส่วนของผู้ทดสอบจำแนกตามโรคไต (ภาวะไตเสื่อม).....43

ตารางที่ 4.14 สัดส่วนของผู้ทดสอบจำแนกตามการใช้ฟันปลอมในการบดเคี้ยวอาหาร 43

ตารางที่ 4.15 คะแนนการทดสอบทางประสาทสัมผัสของผลิตภัณฑ์ปลากุเรา และปลาน้ำดอกไม้นึ่งซีอิ๊วบรรจุในถุงรีทอร์ตสเตอริไลเซชันที่ 118 $^{\circ}$C, F_0 = 6 นาที.....44

ตารางที่ 4.16 Come-up time, holding time และ cooling time ผลิตภัณฑ์ปลาน้ำดอกไม้นึ่งซีอิ๊วที่ผ่านกระบวนการสเตอริไลเซชันที่ 118 $^{\circ}$C ค่า F_0 ต่างๆ.....44

ตารางที่ 4.17 ร้อยละน้ำหนักที่สูญเสียไปของเนื้อปลา และร้อยละน้ำหนักที่เพิ่มขึ้นของน้ำปรุงในผลิตภัณฑ์ปลาน้ำดอกไม้นึ่งซีอิ๊วที่ผ่านกระบวนการสเตอริไลเซชันที่ 118 $^{\circ}$C, F_0 = 6 และ 10 นาที 45

ตารางที่ 4.18 ความแน่นเนื้อ ค่าสี และความแตกต่างของสี ของเนื้อปลาน้ำดอกไม้หลังผ่านกระบวนการสเตอริไลเซชันที่ 118 $^{\circ}$C ค่า F_0 ต่างๆ.....46

ตารางที่ 4.19 ค่าความเป็นกรด-ด่าง ปริมาณของแข็งที่ละลายได้ทั้งหมด และค่าสี ของน้ำปรุงรสหลังผ่านกระบวนการสเตอริไลเซชันที่118 $^{\circ}$C ค่า F_0 ต่างๆ 47

ตารางที่ 4.20 คะแนนทางประสาทสัมผัสของผลิตภัณฑ์ปลาน้ำดอกไม้นึ่งซีอิ๊วบรรจุในถุงรีทอร์ตสเตอริไลเซชันที่ 118 $^{\circ}$C, F_0 = 6 และ 10 นาที 48

ตารางที่ 4.21 สมบัติทางจุลินทรีย์ในผลิตภัณฑ์ปลาน้ำดอกไม้นึ่งซีอิ๊วบรรจุในถุงรีทอร์ตฆ่าเชื้อที่ 118 $^{\circ}$C, F_0 = 6 นาที 49

ตารางที่ 4.22 ข้อมูลโภชนาการของผลิตภัณฑ์ปลาน้ำดอกไม้นึ่งซีอิ๊วบรรจุในถุงรีทอร์ตฆ่าเชื้อที่ 118 $^{\circ}$C, F_0 = 6 นาที 50

ตารางที่ 4.23 Come-up time, holding time และ cooling time ผลิตภัณฑ์ปลาดอรี่บรรจุถุงรีทอร์ตที่ผ่านกระบวนการสเตอริไลเซชันที่ 118 $^{\circ}$C ค่า F_0 = 6 นาที.....51

ตารางที่ 4.24 Come-up time, holding time และ cooling time ผลิตภัณฑ์ปรุงรสซีอิ๊วบรรจุถุง รีทอร์ตที่ผ่านกระบวนการสเตอริไลเซชันที่ 118 °C ค่า F_0 = 3 และ 6 นาที.....52

ตารางที่ 4.25 ความแน่นเนื้อ ค่าสี และความแตกต่างของสีของเนื้อปลาดอรี่ก่อนและหลังผ่านกระบวนการสเตอริไลเซชันที่ 118 °C, F_0 = 6 นาที.....53

ตารางที่ 4.26 ค่าความเป็นกรด-ด่าง ปริมาณของแข็งที่ละลายได้ทั้งหมด และค่าสีของน้ำปรุงรสก่อนและหลังผ่านการฆ่าเชื้อที่ 118 °C และค่า F_0 ต่างๆ.....54

ตารางที่ 4.27 คะแนนทางประสาทสัมผัสของผลิตภัณฑ์ปลาดอรี่ฆ่าเชื้อที่ 118 °C, F_0 = 6 นาที และน้ำปรุงรสซีอิ๊วฆ่าเชื้อที่ 118 °C และค่า F_0 ต่างๆ.....55

ตารางที่ 4.28 สมบัติทางจุลินทรีย์ในผลิตภัณฑ์ปลาดอรี่ฆ่าเชื้อที่ 118 °C, F_0 = 6 นาที.....56

ตารางที่ 4.29 สมบัติทางจุลินทรีย์ในผลิตภัณฑ์น้ำปรุงรสซีอิ๊วฆ่าเชื้อที่ 118 °C, F_0 = 3 นาที.....57

ตารางที่ 4.30 ข้อมูลโภชนาการของผลิตภัณฑ์ปลาดอรี่ฆ่าเชื้อที่ 118 °C, F_0 = 6 นาที และน้ำปรุงรสฆ่าเชื้อที่ 118 °C, F_0 = 3 นาที.....58

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

สารบัญรูป

หน้า

บทที่ 2

รูปที่ 2.1 ปลากุเรา (Fourfinger Threadfin, *Eleutheronema tetradactylum*) 9

รูปที่ 2.2 ปลาน้ำดอกไม้ หรือปลาสากเหลือง (Obtuse Barracuda, *Sphyraena obtusata*) 9

รูปที่ 2.3 ปลาแพนกาเซียสดอรี่ (Pangasiidae, *Pangasius hypophthalmus*) 10

รูปที่ 2.4 โปรตีนในเนื้อปลาก่อนและหลังผ่านกระบวนการให้ความร้อนที่อุณหภูมิ 115 ° และ 124 ℃ ค่า F_0 = 8-32 นาที แยกด้วยเทคนิค SDS-PAGE 14

รูปที่ 2.5 ลักษณะโครงสร้างทางจุลภาพตามภาพตัดขวางเส้นใยกล้ามเนื้อที่กำลังขยาย 500 เท่า ของ เนื้อออกไก่ดิบเมื่อไม่ผ่านการหมัก (Ctrl), แช่ด้วยน้ำกลั่น (DW), หมักด้วยโซเดียมคลอไรด์ ร้อยละ 5 (S), หมักด้วยโซเดียมคลอไรด์ร้อยละ 5 และโซเดียมไตรโพลี-ฟอสเฟตร้อยละ 1 (S/P), หมักด้วยโซเดียมคลอไรด์ร้อยละ 5 ร่วมกับโซเดียมไตรโพลี-ฟอสเฟตร้อยละ 1 และกรดซิตริกร้อยละ 0.02 (S/P/C), หมักด้วยโซเดียมคลอไรด์ร้อยละ 5 ร่วมกับโซเดียมไตรโพลีฟอสเฟตร้อยละ 1 และโซเดียมไบคาร์บอเนตร้อยละ 3 (S/P/B) 19

บทที่ 3

รูปที่ 3.1 (ก) ปลากุเราหั่นตามขวางเป็นชิ้นติดกระดูก และ (ข) ปลาน้ำดอกไม้หั่นตามขวางเป็นชิ้นติดกระดูก 25

บทที่ 4

รูปที่ 4.1 ผลิตภัณฑ์ปลาน้ำดอกไม้นึ่งซีอิ๊วบรรจุในถุงรีทอร์ตสเตอริไลเซชันที่ 118 °C (ก) F_0 = 6 นาที (ข) F_0 = 10 นาที 48

รูปที่ 4.2 ปลาดอรี่ภายหลังการละลายน้ำแข็ง และชิ้นปลาที่หั่นตามขวางพร้อมนึ่ง 51

รูปที่ 4.3 ผลิตภัณฑ์ปลาดอรี่บรรจุถุงรีทอร์ตหลังสเตอริไลเซชันที่ 118 °C, F_0 = 6 นาที 52

รูปที่ 4.4 (ก) ปลาดอรี่สเตอริไลเซชันที่ 118 °C, F_0 = 6 นาที (ข) น้ำปรุงรสสเตอริไลเซชันที่ 118 °C, F_0 = 3 และ 6 นาที 55

บทที่ 1
บทนำ

จากการเปลี่ยนแปลงโครงสร้างประชากรของประเทศไทยในช่วง 45 ปีที่ผ่านมาพบว่าประเทศไทยมีการเปลี่ยนแปลงอย่างรวดเร็วโดยประชากรผู้สูงอายุ (อายุมากกว่า 60 ปีบริบูรณ์) จากบทสรุปสำหรับผู้บริหารการสำรวจประชากรผู้สูงอายุในประเทศไทย พ.ศ. 2537 พบว่าประเทศไทยมีประชากรผู้สูงอายุคิดเป็น 6.8% ของประชากรทั้งประเทศ ซึ่งในปี พ.ศ. 2545 2550 และ 2554 ประเทศไทยมีประชากรผู้สูงอายุเพิ่มขึ้นเป็น 9.4%, 10.7% และ 12.2% ตามลำดับ และในปี พ.ศ. 2557 พบว่าประเทศไทยมีประชากรผู้สูงอายุ 14.9% คิดเป็นจำนวนประมาณ 10 ล้านคน ซึ่งสามารถคาดการณ์ว่าปี พ.ศ. 2567 ประชากรผู้สูงอายุอาจเพิ่มขึ้นถึง 28% ทำให้ประเทศไทยกำลังเข้าสู่สังคมผู้สูงอายุอย่างสมบูรณ์ (สำนักงานสถิติแห่งชาติ, 2557) การเปลี่ยนแปลงดังกล่าวกำลังนำประเทศไทยไปสู่สภาวะที่เรียกว่า “ภาวะประชากรผู้สูงอายุ” (aging population) จากสภาพร่างกายและความเสื่อมตามวัย ทำให้ผู้สูงอายุมีความเสี่ยงที่จะเกิดโรคเรื้อรังและเพิ่มความเสี่ยงต่อภาวะทุพพลภาพโดยเฉพาะอย่างยิ่งโรคเรื้อรังหรือโรคไม่ติดต่อ (non-communicable diseases, NCDs) ที่จำเป็นต้องการการดูแลบำบัดในระยะยาวเช่น โรคไตเสื่อมเรื้อรัง โรคเบาหวาน โรคหัวใจ โรคไขมันในเลือดสูง และโรคความดันโลหิตสูง เป็นต้น จากการสำรวจพบว่า ผู้ที่ป่วยเป็นโรคเบาหวานมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นจาก 33.33 คนต่อแสนคนในปี พ.ศ. 2528 เป็น 91.0 คนต่อแสนคนในปี พ.ศ. 2537 และเป็น 380.7 คนต่อแสนคนในปี พ.ศ. 2546 และจากการสำรวจในปี พ.ศ. 2539 ยังพบว่าผู้ป่วยโรคเบาหวาน 2 ล้านคน มีผู้ป่วยร้อยละ 51.3 ที่ไม่ทราบว่าตัวเองเป็นโรคเบาหวาน นอกจากนี้โรคเบาหวานยังเป็นสาเหตุการตายสูงในผู้สูงอายุโดยเพิ่มขึ้นจาก 28.8 คนต่อแสนคนในปี พ.ศ. 2534 เป็น 66.7 คนต่อแสนคนในปี พ.ศ. 2546 และมีแนวโน้มเพิ่มขึ้น สำหรับโรคความดันโลหิตสูงพบว่าในปี พ.ศ. 2537-2538 ผู้สูงอายุที่ป่วยเป็นโรคความดันโลหิตสูงมีถึงร้อยละ 24.3 ซึ่งโรคความดันโลหิตสูงเป็นสาเหตุการตายสูงเป็นอันดับ 3 ของคนไทย โดยโรคความดันโลหิตสูงอาจก่อให้เกิดปัญหาของโรคเรื้อรัง อาทิโรคหัวใจ โรคไต ส่วนภาวะไขมันในเลือดสูงก็เป็นสาเหตุที่ทำให้เกิดโรคหลายชนิด เช่น โรคหัวใจ โรคเบาหวาน โรคหลอดเลือดสมอง โดยในปี พ.ศ. 2546 มีรายงานว่าโรคหัวใจและเบาหวานเป็นสาเหตุการตายอันดับต้นๆ ของผู้สูงอายุไทยและมีแนวโน้มเพิ่มขึ้น (กรมการแพทย์, 2549)

การเกิดโรคไม่ติดต่อชนิดเรื้อรังในผู้สูงอายุมักมีสาเหตุมาจากพฤติกรรมการบริโภคอาหาร สิ่งแวดล้อม และวิถีชีวิต ซึ่งปัญหาเหล่านี้จะชะลอหรือป้องกันได้ โดยผู้สูงอายุควรเลือกรับประทานอาหารที่มีปริมาณพลังงานน้อยลง ลดปริมาณคาร์โบไฮเดรต (วิทยาลัยวิทยาศาสตร์สาธารณสุข

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, 2554) ปริมาณพลังงานที่ควรได้รับประจำวันสำหรับคนไทยที่มีอายุมากกว่า 71 ปี สำหรับเพศชายและหญิง คือ 1,750 และ 1,550 kcal ตามลำดับ (สำนักโภชนาการ, 2546) ความต้องการสารอาหารในผู้สูงอายุกลุ่มที่มีน้ำหนักอยู่ในเกณฑ์มาตรฐาน (ดัชนีมวลกาย 18.5-24.9) ที่ป่วยเป็นโรคเบาหวาน ความดันโลหิตสูง และภาวะไขมันในเลือดสูง ควรได้รับพลังงานจากสารอาหารประเภทโปรตีน 10-15%, คาร์โบไฮเดรต 45-50% และไขมันทั้งหมดน้อยกว่า 30% ของปริมาณพลังงานที่ได้รับในแต่ละวัน ควรได้รับใยอาหาร 20-35 กรัมต่อวัน และควรลดปริมาณโซเดียมให้น้อยกว่า 2,400 มิลลิกรัมต่อวัน (สถาบันเวชศาสตร์ผู้สูงอายุ, 2549) สำหรับผู้ป่วยที่เป็นโรคภาวะไตเสื่อมระยะเริ่มต้น ควรได้รับสารอาหารประเภทโปรตีนน้อยกว่า 0.8 กรัมต่อกิโลกรัมน้ำหนักตัว เพื่อทำให้ไตส่วนที่เหลือทำงานน้อยลง แต่ต้องไม่ต่ำกว่า 0.6 กรัมต่อกิโลกรัมน้ำหนักตัว เพื่อไม่ให้ร่างกายขาดโปรตีนได้ (ชวลิต รัตนกุล, 2557) และควรได้รับปริมาณโซเดียมน้อยกว่า 2,400 มิลลิกรัมต่อวัน

จากรายงานการวิจัย เรื่อง การพัฒนาผลิตภัณฑ์อาหารสำหรับผู้สูงอายุไทยอายุ 75 ปีขึ้นไป ที่ได้สำรวจพฤติกรรมการบริโภคอาหารของผู้สูงอายุที่มีอายุ 75 ปีขึ้นไป จำนวน 130 คน พบว่าเมนูอาหารที่ผู้สูงอายุให้คะแนนสูงสุด 3 อันดับแรก ได้แก่ น้ำพริกกะปิ-ปลาทูทอด ปลานึ่งซีอิ๊ว และต้มจืดหมูสับ ตามลำดับ (สายวรุฬ ชัยวานิชศิริ และคณะ, 2559) เนื่องจากปลาเป็นแหล่งของโปรตีนคุณภาพดีย่อยง่าย มีปริมาณไขมันและแคลอรี่ต่ำ (ประเสริฐ อัสสันตชัย, 2553) และปัจจุบันอาหารที่บรรจุในถุงรีทอร์ตได้รับความนิยมเพิ่มมากขึ้นเพราะสะดวกในการบริโภค และการขนส่ง มีน้ำหนักเบา ซึ่งผลิตภัณฑ์ปลาพร้อมบริโภคในถุงรีทอร์ตที่อยู่ตามท้องตลาดในปัจจุบันมีปริมาณโซเดียม และข้อจำกัดทางด้านเนื้อสัมผัสของผลิตภัณฑ์ เช่น ความแข็ง ไม่เหมาะกับผู้บริโภคกลุ่มผู้สูงอายุ ดังนั้นงานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อพัฒนาผลิตภัณฑ์ปลาพร้อมบริโภคบรรจุถุงรีทอร์ต ที่มีคุณค่าทางโภชนาการเหมาะสำหรับผู้บริโภคที่มีอายุ 75 ปีขึ้นไปที่ใช้ฟันบดเคี้ยวอาหารได้ และอาจเป็นโรคความดันโลหิตสูง ไขมันในเลือดสูง เบาหวาน หรือภาวะไตเสื่อมระยะเริ่มต้น โดยศึกษาภาวะที่เหมาะสมในการเตรียมส่วนประกอบของอาหารก่อนการฆ่าเชื้อ และศึกษาภาวะในการฆ่าเชื้อระดับสเตอริไลเซชันที่เหมาะสม

บทที่ 2
วารสารปริทัศน์

2.1 ผู้สูงอายุ

ผู้สูงอายุ คือบุคคลที่มีอายุมากกว่า 60 ปีขึ้นไป ในแต่ละประเทศจะมีเกณฑ์อายุของผู้สูงอายุแตกต่างกันไป เช่น ประเทศญี่ปุ่นมีการนิยามผู้สูงอายุในประเทศของตนเอง คือ 75 ปี ปัจจุบันประเทศไทยได้นิยามความหมายของผู้สูงอายุไว้อย่างเป็นทางการคือ ผู้ที่มีอายุ 60 ปีบริบูรณ์ขึ้นไป ตามพระราชบัญญัติผู้สูงอายุ พ.ศ. 2546 (รศรินทร์ เกรย์ และคณะ, 2556) เนื่องจากผู้สูงอายุมีความสามารถในการช่วยเหลือตนเองลดลงเมื่อมีอายุเพิ่มขึ้น วิภากร สอนสนาม และหทัยรัตน์ นาคเรืองศรี (2556) ได้จำแนกผู้สูงอายุในประเทศไทยออกเป็น 2 กลุ่มหลักๆ คือ วัยสูงอายุระยะแรก (young old) คือผู้สูงอายุที่มีอายุ 60-75 ปี (หรือ 80 ปี) เป็นผู้สูงอายุที่มีความแข็งแรง สามารถช่วยเหลือตนเองได้ และวัยสูงอายุระยะหลัง (old old) คือ ผู้สูงอายุที่มีอายุมากกว่า 75 หรือ 80 ปี เป็นผู้สูงอายุที่มีการเปลี่ยนแปลงของร่างกายมากจนขาดความคล่องแคล่วว่องไวในการเดิน ความสามารถในการช่วยเหลือตนเองเกี่ยวกับชีวิตประจำวันลดลง ต้องมีคนคอยดูแลช่วยเหลือ

2.1.1 การเปลี่ยนแปลงประชากรผู้สูงอายุในประเทศไทย

จากการติดตามการเปลี่ยนแปลงโครงสร้างทางประชากรในประเทศไทย พบว่าประเทศไทยกำลังเปลี่ยนแปลงไปสู่สภาวะที่เรียกว่า “ภาวะประชากรผู้สูงอายุ (population aging)” จากการสำรวจประชากรผู้สูงอายุในประเทศไทย ปี พ.ศ. 2557 ของสำนักงานสถิติแห่งชาติ (2557) พบว่า ปี พ.ศ. 2537 ประเทศไทยมีผู้สูงอายุคิดเป็นร้อยละ 6.8 ของประชากรทั้งหมด ซึ่งในปี พ.ศ. 2545 และปี 2550 ประเทศไทยมีผู้สูงอายุเพิ่มขึ้นเป็นร้อยละ 9.4 และ 10.7 ของประชากรทั้งหมด และในปี พ.ศ. 2554 เพิ่มขึ้นเป็นร้อยละ 12.2 (ตารางที่ 2.1) จากข้อมูลดังกล่าวสามารถกล่าวได้ว่าประเทศไทยกำลังเข้าสู่สังคมของผู้สูงวัย (aging society) (ประชากรอายุ 60 ปีขึ้นไป มากกว่าร้อยละ 10 ของประชากรทั้งหมดภายในประเทศ) (สำนักงานสถิติแห่งชาติ, 2557) สาเหตุสำคัญของการเพิ่มขึ้นของสัดส่วนประชากรผู้สูงอายุอย่างรวดเร็วเนื่องจากการลดลงของภาวะเจริญพันธุ์ หรือภาวะการเกิด ดังนั้นโครงสร้างประชากรไทยในปัจจุบันจึงเปลี่ยนจากประชากรเยาว์วัยเป็นประชากรสูงวัย (วิพรรณ ประจวบเหมาะ และชลธิชา อัศวนิรันดร, 2554)

ตารางที่ 2.1 จำนวนและอัตราของผู้สูงอายุ พ.ศ. 2537, 2545, 2550, 2554 และ 2557

ปีที่สำรวจ (พ.ศ.)	จำนวนผู้สูงอายุ	อัตราผู้สูงอายุ*
2537	4,011,854	6.8
2545	5,969,030	9.4
2550	7,020,959	10.7
2554	8,266,304	12.2
2557	10,014,705	14.9

*อัตราผู้สูงอายุ หมายถึง อัตราส่วนของผู้สูงอายุต่อประชากร 100 คน

ที่มา: สำนักงานสถิติแห่งชาติ (2557)

จากสภาพร่างกายและความเสื่อมตามวัย ทำให้ผู้สูงอายุมีความเสี่ยงที่จะเกิดโรคเรื้อรัง และเพิ่มความเสี่ยงต่อภาวะทุพพลภาพ โดยเฉพาะอย่างยิ่งโรคเรื้อรังหรือโรคไม่ติดต่อที่จำเป็นต้องการการดูแลบำบัดในระยะยาว (กรมการแพทย์, 2549) ดังนั้นโภชนาการมีบทบาทสำคัญต่อการป้องกันและบรรเทาความเจ็บป่วยดังกล่าว

2.1.2 โภชนาการผู้สูงอายุ

ผู้สูงอายุ เป็นวัยที่ระบบการทำงานของอวัยวะต่างๆ ในร่างกายเปลี่ยนแปลงไป ซึ่งอาจส่งผลกระทบกับภาวะโภชนาการได้ทั้งปัญหาภาวะขาดสารอาหาร เช่น การขาดแร่ธาตุแคลเซียม ธาตุเหล็ก และวิตามินต่างๆ และถ้าผู้สูงอายุได้รับสารอาหารบางชนิดมากเกินไป ก็อาจเกิดปัญหาโรคเรื้อรัง เช่น โรคอ้วน โรคเบาหวาน ไขมันอุดตันในหลอดเลือด และความดันสูง เป็นต้น ซึ่งปัญหาเหล่านี้จะชะลอหรือป้องกันได้ โดยผู้สูงอายุควรเลือกรับประทานอาหารที่มีปริมาณพลังงานน้อยลง ลดปริมาณไขมันและคาร์โบไฮเดรต (วิทยาลัยวิทยาศาสตร์สาธารณสุข จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, 2554)

2.1.2.1 ความต้องการสารอาหารในผู้สูงอายุ

1) พลังงาน (Energy)

ความต้องการพลังงานในผู้สูงอายุจะน้อยกว่าวัยกลางคน (40-60 ปี) เนื่องจากการทำงานของอวัยวะต่างๆ ภายในร่างกายลดลง มีการเคลื่อนไหวช้าลง ทำให้การเผาผลาญภายในร่างกายลดลง ซึ่งปริมาณพลังงานที่ควรได้รับประจำวันสำหรับคนไทยที่มีอายุมากกว่า 71 ปี สำหรับเพศชายและหญิง คือ 1,750 และ 1,550 kcal ตามลำดับ (สำนักโภชนาการ, 2546) นอกจากนี้ผู้สูงอายุควรได้รับพลังงานไม่น้อยกว่า 1,200 kcal ต่อวัน เนื่องจากจะทำให้ร่างกายได้รับพลังงานไม่เพียงพอ (กิ่งทิพย์ แต้มทอง, 2546) และควรหลีกเลี่ยงสารอาหารที่ให้พลังงานสูง เช่น ไขมันและคาร์โบไฮเดรตเพราะจะทำให้ร่างกายได้รับพลังงานเกินความต้องการของร่างกาย แต่ให้คงคุณภาพและปริมาณของโปรตีน วิตามินและแร่ธาตุ (ประไพศรี ศิริจักรวาล และประภาศรี ภูวเสถียร, 2533)

2) โปรตีน (Protein)

ผู้สูงอายุกลุ่มที่มีน้ำหนักอยู่ในเกณฑ์มาตรฐาน (ดัชนีมวลกาย 18.5-24.9) ที่ป่วยเป็นโรคเบาหวาน ความดันโลหิตสูง และภาวะไขมันในเลือดสูง ควรได้รับพลังงานจากสารอาหารประเภทโปรตีน 10-15% ของปริมาณพลังงานที่ได้รับในแต่ละวัน (สถาบันเวชศาสตร์ผู้สูงอายุ, 2549) แต่ควรระวังไม่กินอาหารประเภทโปรตีนมากเกินไป เพราะการได้รับโปรตีนมากเกินความต้องการ ร่างกายจะเผาผลาญเป็นพลังงานหรือเก็บสะสมไว้ในรูปของไขมันทำให้อ้วนได้ และยังทำให้ไตทำงานหนักขึ้นเนื่องจากต้องขับสารยูเรียซึ่งเป็นสารที่เกิดขึ้นจากกระบวนการที่ร่างกายเผาผลาญโปรตีน ออกทางปัสสาวะมากขึ้น ในทางกลับกันถ้าได้รับโปรตีนน้อยเกินไป ร่างกายจะสลายโปรตีนจากเนื้อเยื่อต่างๆ มาเป็นพลังงานแทน ทำให้ร่างกายทรุดโทรม ผู้สูงอายุจึงควรได้รับปริมาณโปรตีนให้เหมาะสมในแต่ละวัน (กิ่งทิพย์ แต้มทอง, 2546) สำหรับผู้ป่วยที่เป็นโรคภาวะไตเสื่อมระยะเริ่มต้นควรได้รับสารอาหารประเภทโปรตีนน้อยกว่า 0.8 กรัมต่อกิโลกรัมน้ำหนักตัว เพื่อให้เกิดของเสียน้อยลงทำให้ไตส่วนที่เหลือทำงานน้อยลง แต่ต้องไม่ต่ำกว่า 0.6 กรัมต่อกิโลกรัมน้ำหนักตัว เนื่องจากจะทำให้ร่างกายขาดโปรตีนได้ (ชวลิต รัตนกุล, 2557)

3) ไขมัน (Lipid)

ผู้สูงอายุกลุ่มที่มีน้ำหนักอยู่ในเกณฑ์มาตรฐาน (ดัชนีมวลกาย 18.5-24.9) ที่ป่วยเป็นโรคเบาหวาน ความดันโลหิตสูง และภาวะไขมันในเลือดสูง ควรได้รับพลังงานจากสารอาหารประเภทไขมันไม่เกิน 30% ของปริมาณพลังงานที่ได้รับในแต่ละวัน และกรดไขมันอิ่มตัวไม่เกิน 10% ของปริมาณพลังงานที่ได้รับในแต่ละวัน (สถาบันเวชศาสตร์ผู้สูงอายุ, 2549) ส่วนคอเลสเตอรอลในอาหารไม่ควรเกิน 300 มิลลิกรัมต่อวัน การที่ผู้สูงอายุได้รับสารอาหารประเภทไขมันมากเกินไปทำให้ผู้สูงอายุเสี่ยงต่อภาวะไขมันในเลือดสูง ส่งผลให้เกิดโรคไม่ติดต่อชนิดเรื้อรังต่างๆ ได้ ดังนั้นผู้สูงอายุควรลดการรับประทานอาหารที่มีคอเลสเตอรอล และกรดไขมันอิ่มตัว โดยกรดไขมันอิ่มตัวจะพบมากในผลิตภัณฑ์อาหารเนื้อสัตว์ และน้ำมันมะพร้าว เป็นต้น (วีนัส ตันติบูล และคณะ, 2536)

4) คาร์โบไฮเดรต (Carbohydrate)

ผู้สูงอายุกลุ่มที่มีน้ำหนักอยู่ในเกณฑ์มาตรฐาน (ดัชนีมวลกาย 18.5-24.9) ที่ป่วยเป็นโรคเบาหวาน ความดันโลหิตสูง และภาวะไขมันในเลือดสูง ควรได้รับพลังงานจากสารอาหารประเภทคาร์โบไฮเดรต 45-50% ของปริมาณพลังงานที่ได้รับในแต่ละวัน (สถาบันเวชศาสตร์ผู้สูงอายุ, 2549)

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

5) วิตามิน และแร่ธาตุต่างๆ (Vitamins and Minerals)

ผู้สูงอายุมักมีปัญหาเรื่องระบบย่อยอาหาร และฟัน มักเลือกรับประทานอาหารอ่อนที่เคี้ยวง่าย ซึ่งอาจมีผลต่อการบริโภควิตามินได้ เนื่องจากแหล่งของวิตามินส่วนใหญ่อยู่ในผักและผลไม้ ดังนั้นผู้สูงอายุควรได้รับผัก และผลไม้ให้เพียงพอในแต่ละวัน นอกจากนี้เกลือแร่ยังทำหน้าที่เป็นส่วนประกอบในกระบวนการของธาตุอื่นๆ ของร่างกายและมีส่วนเกี่ยวข้องกับภาวะโภชนาการของผู้สูงอายุ (กิ่งทิพย์ แต้มทอง, 2546) โดยผู้สูงอายุควรรับประทานใยอาหาร 20-35 กรัมต่อวัน และควรลดปริมาณโซเดียมให้น้อยกว่า 2,400 มิลลิกรัมต่อวัน (สถาบันเวชศาสตร์ผู้สูงอายุ, 2549)

2.1.3 พฤติกรรมการบริโภคอาหารของผู้สูงอายุ

จากรายงานการวิจัยผลการสำรวจพฤติกรรมการบริโภคอาหารของผู้บริโภคกลุ่มที่มีอายุ 75 ปีขึ้นไป จำนวน 130 คนในเขตกรุงเทพฯ และปริมณฑล ซึ่งประกอบด้วยเพศชายจำนวน 24 คน และเพศหญิง 106 คน (สายวรุฬ ชัยวานิชศิริ และคณะ, 2559) เพื่อนำข้อมูลมาช่วยในการกำหนดเมนูอาหารที่จะพัฒนาสามารถสรุปสาระสำคัญได้ดังนี้

2.1.3.1 ความถี่ในการบริโภคอาหารต่างๆ

จากผลการสำรวจ พบว่าความถี่ในการซื้ออาหารสำเร็จรูปของผู้สูงอายุมารับประทาน คือ 1-2 วัน/สัปดาห์ คิดเป็นร้อยละ 20, ความถี่ในการกินอาหารรสเค็มจัด คือ 1-2 วัน/สัปดาห์ คิดเป็นร้อยละ 33.08, ความถี่ในการกินอาหารปิ้ง ย่าง คือ 1-2 วัน/สัปดาห์ คิดเป็นร้อยละ 46.92, ความถี่ในการกินผักและผลไม้ ไม่น้อยกว่า 500 กรัม คือทุกวัน คิดเป็นร้อยละ 31.54, ความถี่ในการกินผักอย่างน้อยสามสีคือ 3-4 วัน/สัปดาห์ คิดเป็นร้อยละ 30, ความถี่ในการกินอาหารที่มีผักก้านยาวคือทุกวัน คิดเป็นร้อยละ 30, ความถี่ในการกินอาหารประเภท ต้ม นึ่ง ลวก อบ คือทุกวัน คิดเป็นร้อยละ 36.92, ความถี่ในการกินอาหารทอดคือ 1-2 วัน/สัปดาห์ คิดเป็นร้อยละ 42.31, ความถี่ในการกินผลิตภัณฑ์เนื้อสัตว์คือ 1-2 วัน/สัปดาห์ คิดเป็นร้อยละ 46.15, ความถี่ในการกินอาหารประเภทผัดคือ 1-2 วัน/สัปดาห์ คิดเป็นร้อยละ 43.08 และความถี่ในการกินอาหารที่มีไขมันสูงคือ 1-2 วัน/สัปดาห์ คิดเป็นร้อยละ 46.92

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

2.1.3.2 การบริโภคอาหารมื้อหลัก

จากผลการสำรวจ พบว่าร้อยละ 54.62 ของผู้สูงอายุรับประทานอาหารมื้อหลักในแต่ละวันครบ 3 มื้อ โดยผู้สูงอายุรับประทานอาหารในปริมาณมากในช่วงมื้อกลางวัน คิดเป็นร้อยละ 46.15 อาหารมื้อหลักของผู้สูงอายุส่วนใหญ่คือข้าว และกับข้าวหลายอย่างคิดเป็นร้อยละ 72.31 และความถี่ในการรับประทานคือทุกวันคิดเป็นร้อยละ 48

2.1.3.3 เมนูอาหารที่ชื่นชอบ

จากผลการสำรวจเมนูอาหารที่ชื่นชอบ พบว่าเมนูอาหารที่ผู้สูงอายุชื่นชอบ 3 อันดับแรก ได้แก่ น้ำพริกกะปิ-ปลาทูทอดคิดเป็นร้อยละ 15.50, ปลานึ่งซีอิ๊วคิดเป็นร้อยละ 13.95 และต้มจืดใส่หมูสับคิดเป็นร้อยละ 10.85 ตามลำดับ โดยปัจจัยที่ผู้บริโภคให้ความสำคัญในการเลือก

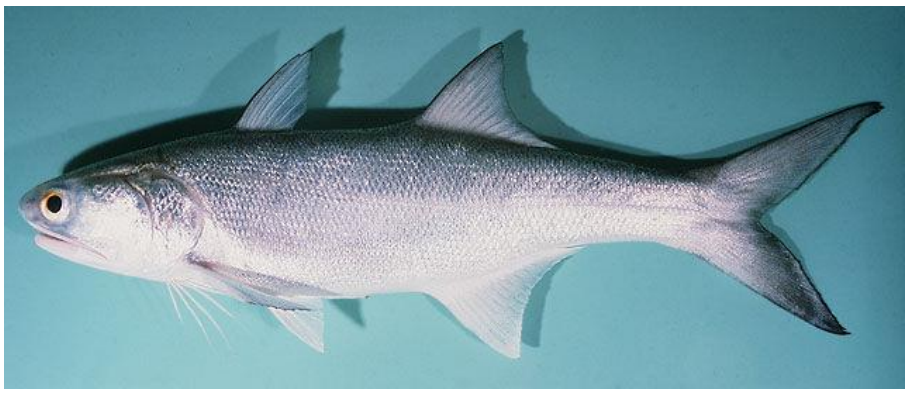
เมนูอาหารดังกล่าว 3 อันดับแรก ได้แก่ รสชาติที่อร่อยคิดเป็นร้อยละ 43.41, รับประทานง่ายคิดเป็นร้อยละ 25.58 และมีคุณค่าทางโภชนาการคิดเป็นร้อยละ 17.83 โดยความถี่ในการบริโภคอาหารที่ชื่นชอบของผู้สูงอายุส่วนใหญ่คือ 3-4 วัน/สัปดาห์ คิดเป็นร้อยละ 49.23

2.2 ชนิดของปลา

เนื้อปลา เป็นแหล่งของโปรตีนคุณภาพดี ย่อยง่าย และมีประโยชน์ต่อร่างกาย ปริมาณไขมันในเนื้อปลาขึ้นอยู่กับชนิดของปลา นอกจากนี้ในเนื้อปลายังมีกรดไขมันที่มีประโยชน์ต่อร่างกายซึ่งมีคุณค่าในแง่ของการลดการจับตัวของเกล็ดเลือด และช่วยในการป้องกันโรคต่างๆ เช่น โรคหลอดเลือดหัวใจ ไขมันในเลือดสูง เป็นต้น นอกจากนี้เครื่องใน ตับปลา ก็จะมีน้ำมันและวิตามินในกลุ่มที่ละลายได้ดีในไขมัน ได้แก่ วิตามินเอ ดี อี เค และแร่ธาตุต่างๆ (ประเสริฐ อัสสันตชัย, 2553) ปลาบางชนิดผู้บริโภคสามารถรับประทานทั้งก้าง หรือครีบได้ เช่น ปลาซิว ปลาเห็ดโคน ปลากะตัก เป็นต้น ผู้บริโภคก็จะได้รับแคลเซียมด้วย

2.2.1 ปลากุเรา หรือกุเราสี่เส้น

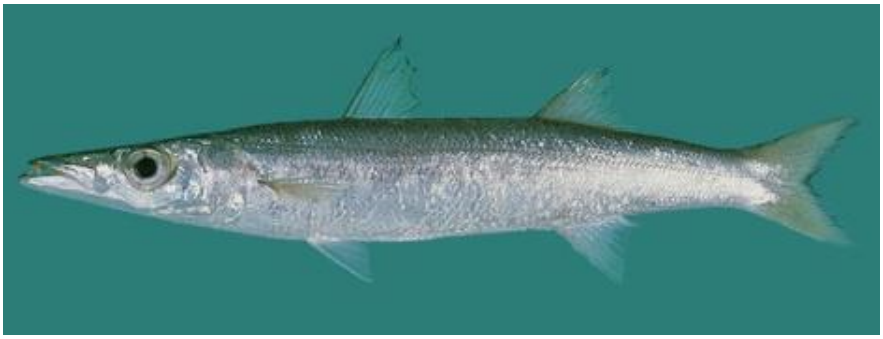
ปลากุเรา หรือกุเราสี่เส้น (Fourfinger threadfin) เป็นปลาทะเล ชื่อวิทยาศาสตร์คือ *Eleutheronema tetradactylum* ลักษณะเด่นของปลาชนิดนี้คือ มีรูปร่างยาว ลำตัวแบน ฟันแหลมคม มีครีบหลัง 2 ครีบ ครีบหางเป็นแฉกลึก สีของลำตัวมีสีเทาปนเขียว ลักษณะเด่นคือมีเส้นระยางค์ 4 เส้นอยู่บริเวณส่วนล่างของครีบหู ขนาดโดยทั่วไปมีความยาวประมาณ 40-60 เซนติเมตร พบในอ่าวไทย บางครั้งอาศัยอยู่ในน้ำกร่อย (รูปที่ 2.1) เนื้อปลากุเรามีรสชาติดี ผู้บริโภคส่วนใหญ่นิยมนำมาทำปลาร้า ปลาเค็ม (มานพ เพชรจูด, 2548) จากงานวิจัยของ Nurnadia และคณะ (2011) พบว่าปลากุเรา 100 กรัม มีองค์ประกอบทางเคมีโดยประมาณ ได้แก่ ความชื้น 78.22%, โปรตีน 20.14% และไขมัน 2.10%



รูปที่ 2.1 ปลากุเรา (Fourfinger Threadfin, *Eleutheronema tetradactylum*)
ที่มา: Randall (2005)

2.2.2 ปลาน้ำดอกไม้ หรือปลาสากเหลือง

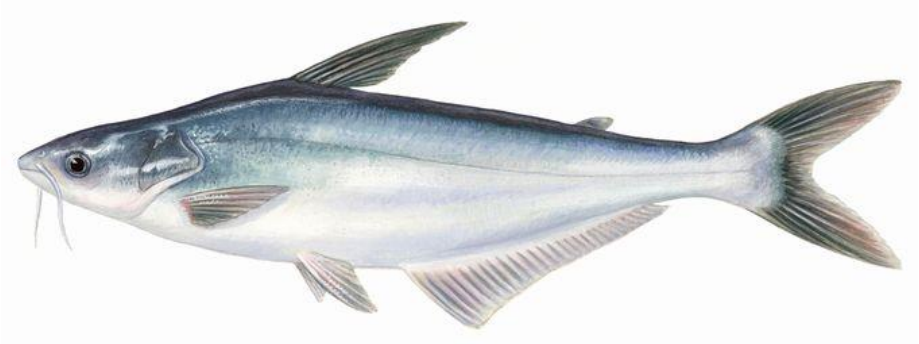
ปลาน้ำดอกไม้ หรือปลาสากเหลือง (Obtuse barracuda) เป็นปลาทะเล ชื่อวิทยาศาสตร์คือ *Sphyraena obtusata* เป็นปลาที่อยู่ในวงศ์ปลาสาก (Sphyraenidae) มีลักษณะรูปร่างยาว ฟันแหลมคม ลำตัวกลมรี ด้านบนมีสีเทา ลำตัวมีสีเหลืองอ่อน ท้องมีสีขาวเงิน ครีบหางมีสีเหลืองแต่ครีบท้องมีสีขาว ขนาดโดยทั่วไปมีความยาวโดยเฉลี่ย 20-30 เซนติเมตร (รูปที่ 2.2) พบในทะเลเขตร้อนต่าง ๆ ทั่วโลก อ่าวไทย และอันดามัน เป็นปลาเศรษฐกิจ ผู้บริโภคส่วนใหญ่นิยมนำเนื้อไปทำข้าวต้มหรือปลาเค็ม (กรมประมง, 2559) จากตารางแสดงคุณค่าทางโภชนาการอาหารไทย (2544) พบว่าองค์ประกอบทางเคมีของปลาน้ำดอกไม้ 100 กรัม ประกอบด้วยความชื้น 80.2%, โปรตีน 17.6% และไขมัน 4.5%



รูปที่ 2.2 ปลาน้ำดอกไม้ หรือปลาสากเหลือง (Obtuse Barracuda, *Sphyraena obtusata*)
ที่มา: Randall (2005)

2.2.3 ปลาแพนกาเซียสดอรี่

ปลาแพนกาเซียสดอรี่ (Pangasiidae) เป็นปลาน้ำจืด ชื่อวิทยาศาสตร์คือ *Pangasius hypophthalmus* มีลักษณะลำตัวยาว ส่วนหัวมีขนาดเล็ก ผิวหนังไม่มีเกล็ด มีฟันขนาดเล็ก มีหนวดสองคู่ หนวดด้านบนมีขนาดสั้นกว่าด้านล่าง ครีบมีสีเทาหรือสีดำ ลำตัวส่วนบนมีสีเทาหรือสีดำ ลำตัวส่วนท้องมีสีขาว (สิงหา วงศโรจน, 2547) (รูปที่ 2.3) จากงานวิจัยของ Orban และคณะ (2008) ศึกษาองค์ประกอบทางเคมีของปลาแพนกาเซียสดอรี่ พบว่าเนื้อปลา 100 กรัม มีองค์ประกอบทางเคมีโดยประมาณ ได้แก่ความชื้น 83.57%, โปรตีน 13.60% และไขมัน 1.84%



รูปที่ 2.3 ปลาแพนกาเซียสดอรี่ (Pangasiidae, *Pangasius hypophthalmus*)
ที่มา: Soest (2016)

ในประเทศไทยมีการนำเข้าอาหารประเภท สัตว์น้ำ ได้แก่ ปลา โดยเฉพาะจากประเทศเวียดนามมากถึง 88.65% ของปริมาณการนำเข้าทั้งหมดจากกลุ่มประเทศอาเซียน รองลงมาได้แก่ ประเทศมาเลเซีย และประเทศเมียนมาร์ 5.10% และ 3.19% ตามลำดับ โดยชนิดของปลาที่นำเข้าจากประเทศเวียดนามมากที่สุดได้แก่ ปลาแพนกาเซียสดอรี่ (วันวลิต นิธิศมงคล และจงรักษ์ ผลประเสริฐ, 2558)

2.3 โปรตีนในเนื้อสัตว์

เนื้อสัตว์เป็นแหล่งของโปรตีนที่มีคุณภาพ โปรตีนที่ได้จากสัตว์เป็นส่วนกล้ามเนื้อของสัตว์ โดยกล้ามเนื้อของสัตว์จะมีปริมาณโปรตีนแตกต่างกัน กล้ามเนื้อของสัตว์บางชนิดมีสีเข้มเรียกว่า red muscle เนื่องจากกล้ามเนื้อสัตว์ชนิดนี้มีปริมาณไมโอโกลบินมากกว่าเนื้อสัตว์ที่มีสีอ่อน (นิธิยา รัตนา

ปนนท์, 2551) โดยทั่วไปเนื้อสัตว์จะประกอบด้วยโปรตีนหลายชนิด แต่ละชนิดจะมีหน้าที่และความสามารถแตกต่างกันไป โดยสามารถแบ่งกลุ่มของโปรตีนของกล้ามเนื้อหลักๆ ได้ ดังนี้

2.3.1 โปรตีนไมโอไฟบริลลา (Myofibrillar protein)

โดยทั่วไปเนื้อสัตว์น้ำจะประกอบด้วยโปรตีนชนิดนี้ร้อยละ 40-60 โดยโปรตีนในกลุ่มนี้มีบทบาทสำคัญในการยืดหดตัวของกล้ามเนื้อ ความสามารถในการอุ้มน้ำของเนื้อ และความสามารถในการเกิดเจล โปรตีนพวกนี้สามารถละลายได้ในน้ำเกลือเข้มข้น โปรตีนไมโอไฟบริลประกอบด้วย (Suzuki, 1981; สุทธวัฒน์ เบญจกุล, 2544)

2.3.1.1 ไมโอซิน (myosin)

เป็นโปรตีนสำคัญของฟิลาเมนท์หนา (thick filament) มีอยู่ประมาณร้อยละ 45 ของโปรตีนไมโอไฟบริล ประกอบด้วยโซ่พอลิเปปไทด์เหมือนกัน 2 โซ่ มีโครงสร้างเป็นแอลฟา-เฮลิกซ์ (**α**-helical structure) โมเลกุลของไมโอซินมีเอนไซม์ ATPase อยู่บริเวณหัวของพอลิเปปไทด์ทั้งสองซึ่งสามารถมีอันตรกิริยา (interaction) กับแอกตินได้ ไมโอซินมีน้ำหนักโมเลกุลประมาณ 500,000 ดัลตัน

2.3.1.2 แอกติน (actin)

เป็นโปรตีนสำคัญของฟิลาเมนท์บาง (thin filament) มีประมาณร้อยละ 20 ของโปรตีนไมโอไฟบริล มีรูปร่างคล้ายเมล็ดถั่ว 2 เมล็ดที่มีขนาดเท่ากันเรียงต่อกัน มีน้ำหนักโมเลกุลประมาณ 42,000 ดัลตัล จับอยู่กับโทรโปนิน และโทรโปไมโอซิน สามารถเกิดอันตรกิริยากับส่วนหัวของไมโอซิน และสามารถสกัดโดยใช้สารละลายเกลือ ในกล้ามเนื้อของสัตว์โปรตีนไมโอซินจะเรียงสลับซ้อนกับโปรตีนแอกตินเป็นชั้นๆ มีส่วนสำคัญเกี่ยวกับการคลายตัว (relaxation) และการหดตัว (contraction) ของกล้ามเนื้อ โดยการคลายตัวของกล้ามเนื้อเกิดจากโปรตีนแอกตินเคลื่อนตัวออกจากกัน ส่วนการหดตัวของกล้ามเนื้อเกิดจากโปรตีนแอกตินเคลื่อนที่เข้าหากัน

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

2.3.1.3 โทรโปไมโอซิน (tropomyosin)

มีปริมาณร้อยละ 5 ของโปรตีนไมโอไฟบริล มีลักษณะคล้ายส่วนหางของไมโอซิน มีน้ำหนักโมเลกุลประมาณ 68,000 ดัลตัน

2.3.1.4 โทรโปนิน (troponin)

มีปริมาณร้อยละ 8-10 ของโปรตีนไมโอไฟบริล เป็นโปรตีนชนิดโกลบูลาร์ สามารถจับกับแคลเซียม และมีบทบาทสำคัญต่อการหดตัวของกล้ามเนื้อ โดยสภาวะกล้ามเนื้อคลายตัว ประจุแคลเซียมจะเก็บอยู่ในซาโคพลาสมิกเรติคิวลัม โทรโปนินและโทรโพไมโอซิน จะทำหน้าที่ร่วมกันในการป้องกันการจับตัวกันของแอกตินและไมโอซิน แต่ในสภาวะกล้ามเนื้อหดตัวประจุแคลเซียมที่เก็บอยู่ในซาโคพลาสมิกเรติคิวลัมจะเพิ่มขึ้น โทรโปนินจะจับกับประจุแคลเซียม จึงทำให้โทรโปไมโอซินและโทรโปนิน แยกออกจากกัน ส่งผลให้แอกตินและไมโอซินเกิดครอสบริดจ์ (crossbridge) เกิดเป็นแอกโตไมโอซิน (actomyosin)

2.3.2 โปรตีนซาร์โคพลาสมิก (Sarcoplasmic protein)

มีอยู่ประมาณร้อยละ 30 ของโปรตีนทั้งหมด สามารถละลายน้ำหรือน้ำเกลือเจือจาง เป็นโปรตีนที่หุ้มรอบๆ โปรตีนไมโอไฟบริลลา โปรตีนชนิดนี้ ได้แก่ ไมโอโกลบิน ฮีโมลโกลบิน และเอนไซม์ที่เกี่ยวข้องกับไกลโคไลซิส วัฏจักรกรดซิตริก และเกี่ยวกับการขนส่งอิเล็กตรอน (Foegeding et al., 1996)

2.3.3 โปรตีนสโตรมา (Stroma protein)

เป็นโปรตีนที่ไม่ละลายทั้งในน้ำหรือน้ำเกลือ กลุ่มโปรตีนชนิดนี้เป็นองค์ประกอบของเนื้อเยื่อเกี่ยวพันในกลุ่ม คอลลาเจน (collagen) อิลาสติน (elastin) เรติคิวลิน (reticulin) และสารประกอบไนโตรเจนที่ไม่ใช่โปรตีน (non-protein nitrogen) โปรตีนชนิดนี้มีประมาณร้อยละ 3 ของโปรตีนทั้งหมด (Foegeding et al., 1996; Suzuki, 1981)

กล้ามเนื้อของสัตว์แต่ละชนิดจะมีปริมาณโปรตีนทั้ง 3 ชนิดแตกต่างกัน (ตารางที่ 2.2) โดยเนื้อสัตว์เลี้ยงลูกด้วยนมจะมีปริมาณโปรตีนสโตรมาสูงกว่าเนื้อปลา จึงเป็นสาเหตุให้เนื้อปลาสามารถถูกย่อยได้ง่ายในระบบทางเดินอาหารมากกว่าเนื้อสัตว์ชนิดอื่น (นิธิยา รัตนาปนนท์, 2551)

ตารางที่ 2.2 ปริมาณโปรตีนแต่ละชนิดในกล้ามเนื้อของสัตว์ชนิดต่างๆ

ชนิดของโปรตีน	สัตว์เลี้ยงลูกด้วยนม	สัตว์ปีก	ปลา
โปรตีนไมโอไฟบริล	49-55	60-65	65-75
โปรตีนซาร์โคพลาสมิก	30-34	30-34	20-30
โปรตีนสโตรมา	10-17	5-10	1-3

ที่มา: นิธิยา รัตนาปนนท์ (2551)

โปรตีนจากเนื้อสัตว์ เป็นโปรตีนคุณภาพดีซึ่งประกอบไปด้วยกรดอะมิโน (amino acid) ที่จำเป็นต่อร่างกายมนุษย์ เพราะร่างกายไม่สามารถสังเคราะห์ขึ้นมาได้ กรดอะมิโนเหล่านี้ได้แก่ Phenylalanine, Threonine, Isoleucine, Leucine, Lysine, Valine และ Methionine (สัญชัย จตุรสิทธา, 2547) (ตารางที่ 2.3)

ตารางที่ 2.3 ปริมาณโปรตีนและกรดอะมิโนในเนื้อ และผลิตภัณฑ์เนื้อสัตว์ 100 กรัม

ชนิดของกรดอะมิโน	ชนิดของเนื้อสัตว์					
	เนื็อโค (ไหล่)	เนื็อแกะ (สันหลัง)	เนื็อสุกร (สันหลัง)	เนื็อลูกวัว (ไหล่)	เนื้อไก่	เนื้อปลา
Protein (%)	18.6	14.9	16.4	19.4	20.6	14.9
Tryptophan (g)	0.217	0.193	0.213	0.255	0.250	0.148
Threonine (g)	0.821	0.682	0.761	0.841	0.870	0.646
Isoleucine (g)	0.973	0.772	0.842	1.024	1.088	0.756
Leucine (g)	1.524	1.154	1.207	1.422	1.490	1.125
Lysine (g)	1.625	1.206	1.346	1.620	1.810	1.306
Phenylalanine (g)	0.765	0.606	0.646	0.788	0.811	0.553
Valine (g)	1.033	0.734	0.859	1.003	1.012	0.394
Methionine (g)	0.461	0.358	0.409	0.444	0.537	0.434

ที่มา: สัญชัย จตุรสิทธา (2547)

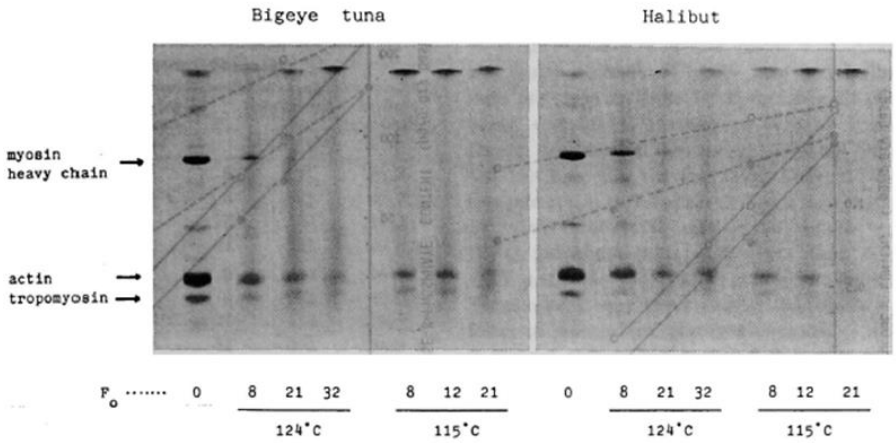
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

2.4 ผลของความร้อนต่อโปรตีนกล้ามเนื้อ

เมื่อมีการให้ความร้อนเนื้อสัตว์จะเกิดการเปลี่ยนแปลงลักษณะปรากฏ กลิ่นรส ลักษณะเนื้อสัมผัส และคุณค่าทางโภชนาการ ซึ่งมีความสัมพันธ์กับการเปลี่ยนแปลงสภาพธรรมชาติของโปรตีน ความร้อนเป็นสาเหตุสำคัญที่ทำให้เส้นสายโปรตีนเกิดการจับตัวกัน เกิดพันธะระหว่างเส้นสายโปรตีน และเกิดเป็นเจล (Foegeding et al., 1996; Brewer and Novakofski, 1999) โดยทั่วไปโปรตีนไมโอซินของสัตว์น้ำมีความคงตัวต่อความร้อนน้อยกว่าโปรตีนไมโอซินของสัตว์เลี้ยงลูกด้วยนม (Connell, 1961)

Tanaka และ Kimura (1988) ศึกษาการเปลี่ยนแปลงของโปรตีนในเนื้อปลา bigeye tuna และ halibut ก่อนและหลังผ่านกระบวนการสเตอริไลเซชันที่อุณหภูมิ 115 ° และ 124 °C แปรค่า F_0 = 8-32 นาที พบว่า ที่ค่า F_0 เท่ากัน เนื้อปลา bigeye tuna และ halibut ที่ผ่านกระบวนการให้ความร้อนที่อุณหภูมิ 115 °C มีแถบโปรตีนไมโอซิน แอกติน และโทรโพไมโอซินสีจางลง (รูปที่ 2.4) อย่างไรก็ตาม พบว่าด้านบนเจลมีสีเข้มขึ้นเนื่องจากความร้อนทำให้โปรตีนเกิดการเสียสภาพ รวมตัวเป็นโปรตีนที่มีโมเลกุลใหญ่ที่ไม่สามารถเคลื่อนที่ผ่านเจลได้ โดยที่อุณหภูมิ 124 °C แถบโปรตีนไมโอซิน แอกติน และโทรโพไมโอซินชัดเจนกว่าที่อุณหภูมิ 115 °C เนื่องจากระยะเวลาในกระบวนการให้ความร้อนที่อุณหภูมิ 124 °C สั้นกว่าที่อุณหภูมิ 115 °C นอกจากนี้ยังพบว่า เมื่อค่า F_0 เพิ่มขึ้นเนื้อปลาที่ผ่านกระบวนการให้ความร้อนที่อุณหภูมิ 115 ° และ 124 °C มีปริมาณไลซีนและความสามารถในการย่อยโปรตีนในเนื้อปลาในหลอดทดลองลดลง เนื่องจากปฏิกิริยาเมลลาร์ดที่เกิดขึ้น (ตารางที่ 2.4)

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



รูปที่ 2.4 โปรตีนในเนื้อปลาก่อนและหลังผ่านกระบวนการให้ความร้อนที่อุณหภูมิ 115 ° และ 124 ℃ ค่า F_0 = 8-32 นาที แยกด้วยเทคนิค SDS-PAGE
ที่มา: Tanaka และ Kimura (1988)

ตารางที่ 2.4 ปริมาณไลซีนที่มีอยู่ และความสามารถในการย่อยโปรตีนในหลอดทดลองของเนื้อปลาก่อนและหลังผ่านกระบวนการให้ความร้อนที่อุณหภูมิ 115 ° และ 124 °C ค่า F_0 = 8-32 นาที

ชนิดปลา	อุณหภูมิ (°C)	F_0 (นาที)	ปริมาณไลซีนทั้งหมด (µg/mgN)	ความสามารถในการย่อยโปรตีน (%)
Bigeye tuna	115	0	641	96.8
		8	598	95.7
		12	580	94.2
		21	532	90.8
	124	0	634	96.7
		8	592	96.2
		21	510	95.9
		32	452	94.9
Halibut	115	0	604	96.1
		8	559	94.9
		12	541	94.0
		21	513	93.0
	124	0	595	96.1
		8	559	96.4
		21	490	93.4
		32	426	94.0

ที่มา: Tanaka และ Kimura (1988)

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

2.5 สารประกอบฟอสเฟต

สารประกอบฟอสเฟตจัดเป็นวัตถุเจือปนในอาหารที่ได้รับการรับรองให้มีความปลอดภัย (Generally recognized as safe, GRAS) นิยมนำมาใช้ในอุตสาหกรรมอาหารหลายชนิด เช่น เนื้อสัตว์ สัตว์น้ำ เป็นต้นลักษณะโครงสร้างทางเคมีของฟอสเฟตจะประกอบด้วย PO_4^{3-} จับกับอะตอมอื่นโดยการใช้ออกซิเจนอะตอมร่วมกัน (Molins, 1991)

พอลิฟอสเฟต (polyphosphates) เป็นสารประกอบฟอสเฟตที่นิยมใช้กันมากในเนื้อ และผลิตภัณฑ์เนื้อ เนื่องจากมีคุณสมบัติเชิงหน้าที่หลายประการ เช่น ปรับปรุงคุณลักษณะเนื้อสัมผัส ลดการสูญเสียน้ำหนักหลังการให้ความร้อน เพิ่มความสามารถในการอุ้มน้ำ (water holding capacity) ลดการเกิดปฏิกิริยาออกซิเดชัน ปรับปรุงสี และยับยั้งการเจริญของจุลินทรีย์ (Lee et al., 1998; Martin et al., 2002) โดยคุณสมบัติทางเคมีที่สำคัญคือ ควบคุมการเปลี่ยนแปลงค่า pH (คุณสมบัติการเป็นบัฟเฟอร์) จับกับอนุมูลของโลหะ และเป็นสารประกอบประเภท Polyanion ทำให้สามารถเพิ่มความแรงของอิออน (ionic strength) และเพิ่มค่า pH ของสารละลายได้ (Dziezak, 1990) พอลิฟอสเฟตจะมีอิทธิพลต่อประจุในโมเลกุลของโปรตีนโดยส่งผลต่อความแรงของอิออน และค่า pH ที่เปลี่ยนแปลงไป (Unal et al., 2006) โดยสารละลายฟอสเฟตจะช่วยเพิ่ม pH ของโปรตีนให้อยู่ห่างจากจุดไอโซอิเล็กทริก (isoelectric point) ส่งผลเพิ่มแรงผลักระหว่างประจุไฟฟ้า (electrostatic repulsive forces) ของโปรตีน ทำให้เกิดช่องว่างขนาดใหญ่ระหว่างโปรตีนแอกติน และโปรตีนไมโอซิน ซึ่งช่องว่างที่เกิดขึ้นมีขนาดใหญ่พอที่ให้โมเลกุลของน้ำสามารถสร้างพันธะได้ ความสามารถในการอุ้มน้ำของเนื้อสัตว์จึงเพิ่มขึ้น (Feiner, 2006)

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

2.5.1 การใช้ฟอสเฟตในผลิตภัณฑ์เนื้อสัตว์

ในผลิตภัณฑ์ประเภทเนื้อสัตว์ เช่น แฮม ไส้กรอก สารประกอบฟอสเฟตช่วยทำให้โปรตีนไมโอไฟบริล ที่ประกอบด้วยโปรตีนแอกโตไมโอซิน ละลายออกมาได้มากขึ้น และทำให้โปรตีนแอกโตไมโอซินสามารถแยกตัวออกจากกันเป็นแอกติน และไมโอซินเข้าไปจับน้ำและหยดไขมัน เกิดเป็นโครงสร้างที่มีความคงตัวเพิ่มขึ้น (Theno et al., 1978) นอกจากนี้สารประกอบฟอสเฟตยังช่วยให้ผลิตภัณฑ์มีคุณภาพคงที่ สม่ำเสมอ โดยไปควบคุมการเปลี่ยนแปลงค่าความเป็นกรด-ด่างของอาหาร รวมทั้งก่อให้เกิดความคงตัวของอิมัลชัน (emulsion) และสามารถยับยั้งการเจริญเติบโตของจุลินทรีย์ได้ โดยทำปฏิกิริยากับอนุมูลโลหะ ซึ่งจำเป็นสำหรับการเจริญเติบโตของจุลินทรีย์ (ศิวาพร ศิวเวชช, 2529) องค์การอาหารและยาแห่งสหรัฐอเมริกา (The United States of America Food and Drug Administration, USFDA) ระบุชนิดของฟอสเฟตที่เป็นส่วนหนึ่งของ GRAS คือ เกลือ

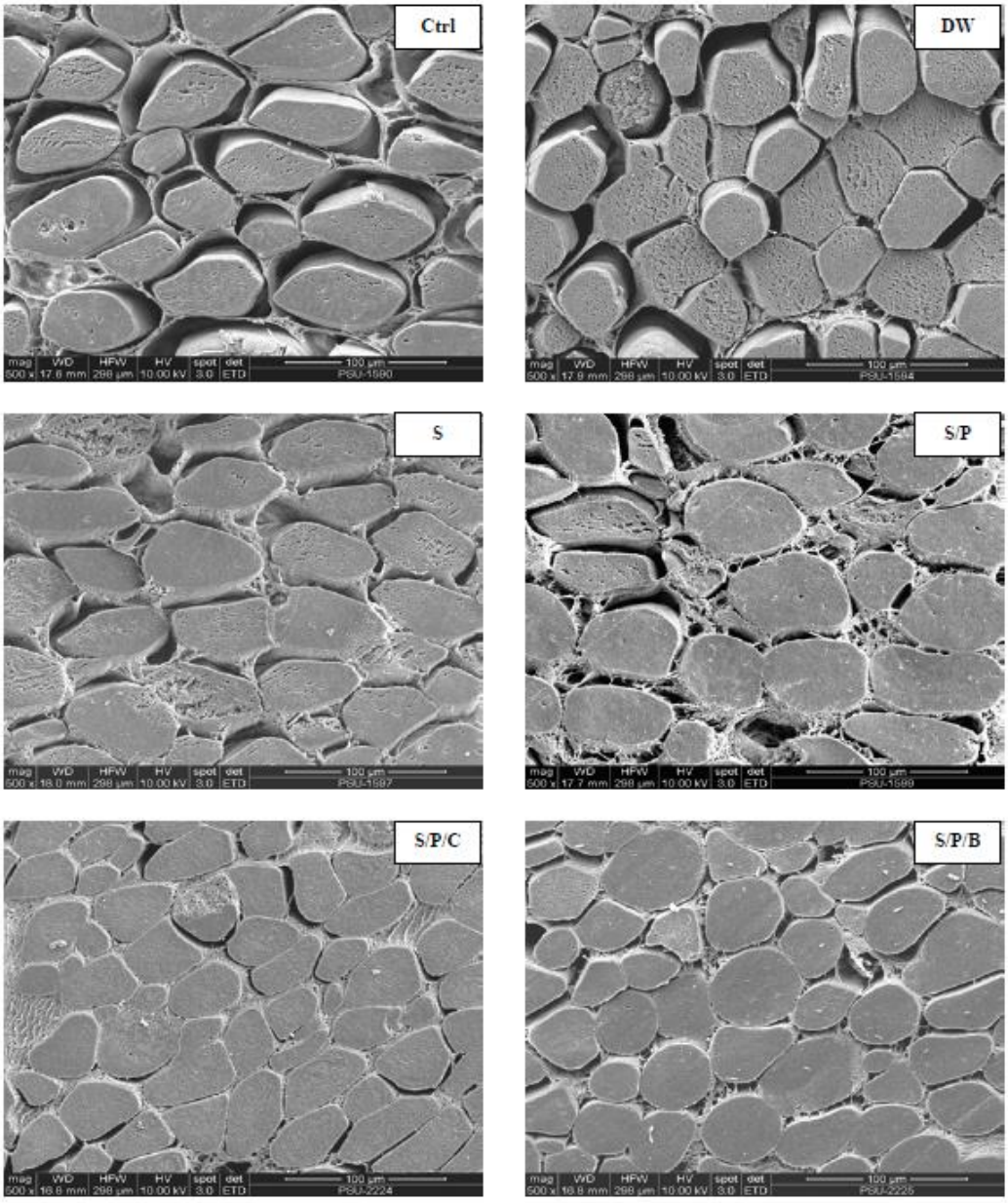
แคลเซียม โพแตสเซียม โซเดียม และแอมโมเนียมของออโทฟอสเฟตและพอลิฟอสเฟต โดยปริมาณฟอสเฟตสูงสุดที่ กฎหมายอนุญาตให้มีได้ในเนื้อสัตว์และผลิตภัณฑ์ต้องไม่เกิน 0.5% โดยน้ำหนัก (Long et al., 2011)

Li และคณะ (1993) ได้ศึกษาผลของการใช้โซเดียมไตรพอลิฟอสเฟต (STPP) กับผลิตภัณฑ์เนื้อไก่งวงบด ทั้งหมด 3 ตัวอย่าง คือ เนื้อไก่งวงบดผสมน้ำ 5% โดยน้ำหนัก เนื้อไก่งวงบดผสมสารละลาย STPP 0.5% โดยน้ำหนักแล้วผ่านความร้อน และเนื้อไก่งวงบดที่ผ่านความร้อนแล้วจึงผสมสารละลาย STPP 0.5% โดยน้ำหนัก ตรวจวัดปริมาณออโทฟอสเฟต (orthophosphate) ความสามารถในการอุ้มน้ำ (WHC) และความเป็นกรด-ด่าง (pH) ภายหลังให้ความร้อนด้วยเครื่อง rotary heat oven จนอุณหภูมิใจกลางภายในชิ้นไก่งวงมีอุณหภูมิ 65° , 75° และ 85 °C พบว่าตัวอย่างเนื้อไก่งวงบดผสมสารละลาย STPP 0.5% แล้วผ่านความร้อนมีค่า WHC และปริมาณออโท-ฟอสเฟตมากกว่าเนื้อไก่งวงบดที่ผ่านความร้อนแล้วจึงผสมสารละลาย STPP 0.5% และเนื้อไก่งวงบดผสมน้ำ 5% ตามลำดับ นอกจากโซเดียมไตรพอลิฟอสเฟตจะช่วยเพิ่มความสามารถในการอุ้มน้ำแล้วยังช่วยลดผลกระทบจากความร้อนต่อค่า WHC ของเนื้อไก่งวงบด และความร้อนมีผลต่อการสลายตัวของสารประกอบฟอสเฟตไปอยู่ในรูปออโทฟอสเฟตมากขึ้นด้วย

อาสีนะ หมัดเจริญ (2546) ศึกษาผลของสารประกอบฟอสเฟต 5 ชนิด ได้แก่ โมโนโพแทสเซียมฟอสเฟต (MKP) โซเดียมแอซิดไพโรฟอสเฟต (SAPP) เตตระโซเดียมไพโรฟอสเฟต (TSPP) โซเดียมไตรพอลิฟอสเฟต (STPP) และโซเดียมเฮกซะเมตาฟอสเฟต (SHMP) ที่ความเข้มข้น 2 ระดับ คือ 2.5% และ 5% ที่อุณหภูมิ 4 °C ที่มีการกวนตลอดเวลาเป็นระยะเวลา 1 ชั่วโมง ตรวจวัดน้ำหนักของกุ้งกุลาดำภายหลังการแช่ ผลผลิตภายหลังการให้ความร้อน ปริมาณฟอสเฟตในกล้ามเนื้อ วิเคราะห์ปริมาณโซเดียมคลอไรด์ และตรวจสอบรูปแบบโปรตีนของเนื้อกุ้งกุลาดำที่ผ่านการแช่สารประกอบฟอสเฟต พบว่า ตัวอย่างกุ้งกุลาดำดิบที่ผ่านการแช่ STPP ที่ความเข้มข้น 2.5% และ 5% มีน้ำหนักภายหลังการแช่เพิ่มขึ้น 5.95% และ 5.42% ตามลำดับ ขณะที่ตัวอย่างควบคุม มีน้ำหนักภายหลังการแช่เพิ่มขึ้น 1.89% นอกจากนี้ยังพบว่าการแช่สารละลายฟอสเฟตทุกชนิดที่ความเข้มข้น 5% ทำให้น้ำหนักของกุ้งกุลาดำลดลงเมื่อเทียบกับการแช่ตัวอย่างที่ความเข้มข้น 2.5% อย่างไรก็ตามความเข้มข้นของสารประกอบฟอสเฟต MKP, TSPP, STPP และ SHMP ไม่มีผลต่อผลผลิตของกุ้งกุลาดำภายหลังการให้ความร้อน ยกเว้นการแช่ตัวอย่างในสารละลาย SAPP ที่ความเข้มข้น 5% ให้ผลผลิตกุ้งภายหลังการให้ความร้อนน้อยกว่าการแช่ในสารละลายที่ความเข้มข้น 2.5% จากการวิเคราะห์ปริมาณโซเดียมคลอไรด์ในเนื้อกุ้งกุลาดำ พบว่า เนื้อกุ้งกุลาดำ มีปริมาณโซเดียมคลอไรด์ 0.28% และปริมาณโซเดียมคลอไรด์ในเนื้อมีค่าเพิ่มขึ้นเมื่อความเข้มข้นฟอสเฟตเพิ่มขึ้น โดยกุ้งกุลาดำที่แช่ในสารละลาย TSPP ที่ความเข้มข้น 2.5% และ 5% มีปริมาณโซเดียมคลอไรด์ 0.25%

และ 0.32% ตามลำดับ ซึ่งอาจเกิดจากการที่สารประกอบฟอสเฟตสามารถจับคลอไรด์บางส่วนไว้ในกล้ามเนื้อทำให้การสูญเสียคลอไรด์จากเนื้อเยื่อลดลง

ประกายแก้ว โกมลตรี (2555) ได้ศึกษาผลของสารหมักเนื้อไก่ที่เหมาะสม เพื่อใช้ในผลิตภัณฑ์ไก่กอและ โดยการหมักเนื้อไก่ประกอบด้วย 6 ชุดการทดลอง ได้แก่ 1) เนื้อไก่ดิบ (Ctrl) 2) เนื้อไก่แช่ด้วยน้ำกลั่น (DW) 3) เนื้อไก่แช่ด้วยสารละลายโซเดียมคลอไรด์ร้อยละ 5 (S) 4) เนื้อไก่แช่ด้วยสารละลายโซเดียมคลอไรด์ร้อยละ 5 ร่วมกับโซเดียมไตรโพลีฟอสเฟต (STPP) ร้อยละ 1 (S/P) 5) เนื้อไก่แช่ด้วยสารละลายโซเดียมคลอไรด์ร้อยละ 5 ร่วมกับ STPP ร้อยละ 1 และกรดซิตริกร้อยละ 0.02 (S/P/C) และ 6) เนื้อไก่แช่ด้วยสารละลายโซเดียมคลอไรด์ร้อยละ 5 ร่วมกับ STPP ร้อยละ 1 และโซเดียมไบคาร์บอเนตร้อยละ 3 (S/P/B) อัตราส่วนการหมักเนื้อไก่ต่อสารละลายเท่ากับ 1:2 (น้ำหนัก/ปริมาตร) แช่ที่อุณหภูมิ 4 $^{\circ}$C เป็นเวลา 2 ชั่วโมง จากนั้นนำเนื้อไก่ทั้ง 6 ชุดการทดลองมาผลิตเป็นไก่กอและ พบว่า เนื้อไก่ที่มีการใช้สารหมักเนื้อ คือชุดการทดลอง S, S/P, S/P/C และ S/P/B มีการบวมพองของเส้นใยกล้ามเนื้อจากการดูดซับสารหมัก สังเกตได้อย่างชัดเจน โดยเฉพาะชุดการทดลอง S/P/C และ S/P/B เมื่อเปรียบเทียบกับชุดควบคุม (Ctrl) (รูปที่ 2.5) และมีค่าการสูญเสียน้ำหนักภายหลังการให้ความร้อนต่ำกว่าชุดควบคุม (Ctrl) ($p \leq 0.05$) จากการวิเคราะห์ค่าความเป็นกรด-ด่าง (pH) ของไก่กอและ พบว่าไก่กอและที่หมักด้วย S/P/B มีค่า pH สูงที่สุด (7.02) ($p \leq 0.05$) เมื่อเปรียบเทียบกับชุดการทดลองอื่น เนื่องจากสารละลายเกลือนอกจากจะเพิ่มกลิ่นรสให้กับผลิตภัณฑ์แล้วยังช่วยสกัดโปรตีนที่ละลายได้ในเกลือออกมาด้วย นอกจากนี้การใช้สารละลายกรดในการหมักเนื้อ สารละลายกรดจะให้ประจุบวกหรือไฮโดรเจนอิออน (H^{+}) จากหมู่คาร์บอกซิล (carboxyl group) กับโมเลกุลของโปรตีนในเนื้อ ทำให้ค่า pH ของเนื้อต่ำกว่า isoelectric point การเพิ่มของประจุบวกส่งผลให้เกิดแรงผลักระหว่างประจุที่เหมือนกัน เพิ่มช่องว่างระหว่างโปรตีนแอคตินและโปรตีนไมโอซิน ทำให้เนื้อสามารถรับน้ำหรือสารหมักเข้าไปภายในโครงสร้างได้มากขึ้น และการหมักเนื้อด้วยสารกลุ่มกรดจะมีผลทำให้เกิดความนุ่มของเนื้อด้วย จากการทดสอบทางประสาทสัมผัสของผลิตภัณฑ์ไก่กอและ พบว่าไก่กอและที่ผ่านการหมักด้วยสารหมักเนื้อจากชุดการทดลอง S/P/C ได้รับคะแนนการยอมรับทางประสาทสัมผัส สูงที่สุดในด้านลักษณะปรากฏ เนื้อสัมผัส รสชาติ และการยอมรับโดยรวม



รูปที่ 2.5 ลักษณะโครงสร้างทางจุลภาพตามภาพตัดขวางเส้นใยกล้ามเนื้อที่กำลังขยาย 500 เท่าของเนื้ออกไก่ดิบเมื่อไม่ผ่านการหมัก (Ctrl), แช่ด้วยน้ำกลั่น (DW), หมักด้วยโซเดียมคลอไรด์ ร้อยละ 5 (S), หมักด้วยโซเดียมคลอไรด์ร้อยละ 5 และโซเดียมไตรโพลีฟอสเฟตร้อยละ 1 (S/P), หมักด้วยโซเดียมคลอไรด์ร้อยละ 5 ร่วมกับโซเดียมไตรโพลีฟอสเฟตร้อยละ 1 และกรดซิตริกร้อยละ 0.02 (S/P/C), หมักด้วยโซเดียมคลอไรด์ร้อยละ 5 ร่วมกับโซเดียมไตรโพลีฟอสเฟตร้อยละ 1 และโซเดียมไบคาร์บอเนตร้อยละ 3 (S/P/B)

ที่มา: ประกายแก้ว โกมลตรี (2555)

2.6 กระบวนการสเตอริไลเซชัน (sterilization)

กระบวนการสเตอริไลเซชัน คือการให้ความร้อนแก่ผลิตภัณฑ์โดยใช้อุณหภูมิสูงกว่า 100 °C โดยจุดประสงค์ในการให้ความร้อนในระดับนี้เพื่อทำลายเซลล์และสปอร์ของจุลินทรีย์ ซึ่งการให้ความร้อนในระดับนี้อาจทำให้ผลิตภัณฑ์มีลักษณะเนื้อสัมผัส สี กลิ่นรส และคุณค่าทางโภชนาการของอาหารไม่เป็นที่ยอมรับของผู้บริโภคได้ ดังนั้นในอุตสาหกรรมอาหาร จะใช้ความร้อนในการฆ่าเชื้อในระดับ “การฆ่าเชื้อเชิงการค้า (commercial sterilization)” ที่จะต้องมีระดับความร้อนที่เพียงพอในการทำลายหรือกำจัดเชื้อจุลินทรีย์หลักๆ ได้แก่ 1) จุลินทรีย์ที่สร้างสารพิษที่สำคัญๆ ได้แก่ คลอสตริ-เดียม โบทูลินั่ม (*Clostridium botulinum*) นอกจากนี้ยังรวมไปถึงจุลินทรีย์ที่ทำให้เกิดโรคชนิดอื่นๆ ในอาหารด้วย 2) จุลินทรีย์ที่ทำให้อาหารเน่าเสีย โดยการฆ่าเชื้อเชิงการค้าจะทำให้สปอร์ของจุลินทรีย์ไม่สามารถเจริญได้ภายใต้การเก็บรักษาที่อุณหภูมิปกติ (ประภาศรี เทพรักษา, 2547)

2.6.1 การกำหนดเวลาในการฆ่าเชื้อ

ในกระบวนการฆ่าเชื้ออาหารต้องบรรจุในภาชนะปิดสนิทและต้องได้รับความร้อนเพียงพอและนานพอที่จะทำให้อาหารปลอดภัยต่อผู้บริโภค ทั้งนี้อาหารต้องยังคงคุณภาพเป็นที่ยอมรับของผู้บริโภคด้วย (สายวรุฬ ชัยวานิชศิริ, 2547) เนื่องจากอาหารแต่ละชนิดมีคุณสมบัติแตกต่างกัน ระดับความร้อนที่ใช้ในการฆ่าเชื้อของอาหารในภาชนะบรรจุปิดสนิทแต่ละชนิดก็มีความแตกต่างกันออกไปด้วย โดยอาหารที่ต้องระวังเป็นพิเศษคือ อาหารที่มีความเป็นกรดต่ำ (low-acid foods) อาหารชนิดนี้มีค่าความเป็นกรด-ด่าง (pH) สูงกว่า 4.6 และมีค่าวอเตอร์แอคติวิตี้ (water activity, a_w) สูงกว่า 0.85 (กระทรวงสาธารณสุข, 2556) ซึ่งสภาวะดังกล่าวเหมาะแก่การเจริญเติบโตของจุลินทรีย์ที่เป็นอันตรายในอาหาร โดยเฉพาะเชื้อคลอสตริเดียม โบทูลินั่ม ที่สามารถเจริญได้ในที่ที่ไม่มีออกซิเจนหรืออากาศ และยังสามารถสร้างสปอร์ที่สร้างสารพิษโบทูลิน ซึ่งสปอร์ของเชื้อนี้สามารถทนความร้อนได้ถึง 121 °C (กองควบคุมอาหาร, 2551)

2.6.1.1 ปัจจัยที่มีผลต่อปริมาณความร้อนในการฆ่าเชื้อ

1) ชนิด จำนวน และความสามารถในการทนความร้อนของจุลินทรีย์

2) องค์ประกอบและธรรมชาติของอาหาร

- ค่าความเป็นกรด-ด่าง ของอาหาร เช่น อาหารที่มีค่าความเป็นกรดด่างสูง สปอร์ของจุลินทรีย์บางชนิดไม่สามารถเจริญได้

- ค่าวอเตอร์แอคติวิตี้ อาหารที่มีค่า $a_w > 0.98$ จุลินทรีย์และสปอร์สามารถเจริญได้ดีกว่าอาหารที่มีค่า $a_w < 0.95$

- ความข้นหนืด (viscosity) อาหารที่มีความข้นหนืดต่ำจะมีอัตราการถ่ายโอนความร้อนสูงกว่าอาหารมีความข้นหนืดที่สูง

- ขนาดของชิ้นอาหาร อาหารที่มีชิ้นขนาดเล็กจะมีอัตราการถ่ายโอนความร้อนสูงกว่าชิ้นอาหารที่มีขนาดใหญ่ (สายวรุฬ ชัยวานิชศิริ, 2547)

3) ลักษณะการถ่ายโอนความร้อน หรือการแทรกผ่านความร้อนของอาหารภายในภาชนะบรรจุปิดสนิท

- การนำความร้อน (conduction) พบในอาหารที่เป็นของแข็งหรืออาหารที่มีความข้นหนืดสูง อาหารจะได้รับความร้อนทุกทิศทางผ่านมาผิวของภาชนะบรรจุผ่านไปยังโมเลกุลของอาหารโดยทิศทางไปยังจุดที่ร้อนช้าสุด (ทิพาพร อยู่วิทยา, 2558)

- การพาความร้อน (convection) พบในอาหารที่เป็นของเหลวหรืออาหารที่มีชิ้นของแข็งขนาดเล็กในของเหลว เมื่ออาหารได้รับความร้อนส่วนที่เป็นของเหลวจะได้รับความร้อนก่อนเกิดการเคลื่อนที่ขึ้นด้านบนของภาชนะบรรจุเนื่องจากความหนาแน่นของอาหารเหลวน้อยลง ในขณะที่ส่วนของเหลวที่ได้รับความร้อนต่ำกว่าจะเคลื่อนที่ลงด้านล่างเนื่องจากความหนาแน่นของอาหารเหลวมากกว่า ทำให้เกิดการหมุนเวียนของอาหารภายในภาชนะบรรจุ (สายวรุฬ ชัยวานิชศิริ, 2547)

- การถ่ายความร้อนแบบผสม (complex heating) พบในอาหารที่มีส่วนผสมของสารให้ความหนืด หรืออาหารมีชิ้นอาหารขนาดใหญ่ในของเหลว ในช่วงแรกของการให้ความร้อนจะเป็นแบบการพาความร้อน เมื่อให้ความร้อนนานขึ้นอาหารจะมีความข้นหนืดมากขึ้น ช่วงหลังของการให้ความร้อนจึงเป็นแบบการนำความร้อน (ทิพาพร อยู่วิทยา, 2558)

2.6.1.2 ปัจจัยที่มีผลต่ออัตราการถ่ายโอนความร้อนสู่อาหารในภาชนะบรรจุ

1) ปัจจัยเนื่องจากผลิตภัณฑ์ เช่น ขนาด รูปร่าง และการเรียงตัวของชิ้นอาหารภายในกระป๋อง สูตรและความข้นหนืด สัดส่วนของแข็งต่อของเหลว และน้ำหนักบรรจุ (fill weight) เป็นต้น

2) ปัจจัยที่ไม่ใช่ผลิตภัณฑ์ เช่น การวางและตำแน่งของภาชนะบรรจุในเครื่องรีทอร์ต เวลาที่อุณหภูมิรีทอร์ตขึ้นถึงอุณหภูมิฆ่าเชื้อที่ต้องการ (come-up time, CUT) รวมถึงตำแหน่งที่วัดอุณหภูมิภายในภาชนะบรรจุที่ต้องเป็นจุดร้อนช้าที่สุด เป็นต้น

2.6.2 การทดสอบการแทรกผ่านความร้อนในอาหาร (heat penetration test)

ประกาศกระทรวงสาธารณสุข ฉบับที่ 349 พ.ศ. 2556 เรื่อง วิธีการผลิต เครื่องมือเครื่องใช้ในการผลิตและการเก็บรักษาอาหารในภาชนะบรรจุปิดสนิทที่มีความเป็นกรดต่ำและชนิดที่ปรับกรด ได้กำหนดว่าผู้ผลิตต้องจัดทำเอกสารที่เกี่ยวกับการศึกษาการแทรกผ่านความร้อนในอาหารภายใต้ปัจจัยเกี่ยวกับการทำลายสปอร์ของจุลินทรีย์เป้าหมายคือ คลอสตริเดียม โบทูลินั่ม หรือกรณีใช้จุลินทรีย์เป้าหมายอื่น ต้องมีหลักฐานทางวิชาการว่ามีค่าความต้านทานความร้อนเทียบเท่าหรือสูงกว่าสปอร์ของ คลอสตริเดียม โบทูลินั่ม (ทิพาพร อยู่วิทยา, 2558) การทดสอบอัตราการแทรกผ่านความร้อนจำเป็นต้องทราบการเปลี่ยนแปลงของอุณหภูมิของผลิตภัณฑ์ที่อยู่ในตำแหน่งที่ร้อนช้าสุดในเครื่องรีทอร์ตตลอดการฆ่าเชื้อและต้องทราบอุณหภูมิภายในเครื่องรีทอร์ต เพื่อใช้ในการคำนวณค่าอำนาจในการฆ่าเชื้อทั้งหมด (total lethality, F_0) ที่ต้องการ (สายวรุฬ ชัยวานิชศิริ, 2547)

2.6.3 ถุงรีทอร์ต (retort pouch)

ถุงรีทอร์ต เป็นถุงที่มีความสามารถในการทนต่อความร้อนสูง ประกอบด้วยฟิล์มพลาสติกหลายชั้น ชั้นนอกของถุงรีทอร์ตอาจทำจากพอลิเอสเทอร์ (polyester, PE) ไนลอน (nylon) หรือพอลิเอทิลีนเทเรฟทาเลต (polyethylene terephthalate, PET) เป็นต้น ในชั้นนี้มีความแข็งแรงและสามารถพิมพ์ลวดลายต่างๆ ลงไปได้ ส่วนของชั้นในสุดที่สัมผัสอาหารทำจากพอลิโพรพิลีน (polypropylene, PP) ที่สามารถปิดผนึกด้วยความร้อนได้ ทั้งนี้อาจมีชั้นอลูมิเนียมฟอยล์ (aluminum foil, Al) แทรกอยู่ระหว่างชั้น PE และชั้น PP ด้วย ซึ่ง Al สามารถป้องกันการซึมผ่านของออกซิเจนและไอน้ำได้ (Varalakshmi et al., 2014) หากถุงรีทอร์ตเป็นถุงชนิดที่ไม่มีชั้น Al ถุงรีทอร์ตสามารถนำเข้าไมโครเวฟได้ ในส่วนของชั้น PP มีจุดหลอมเหลวสูงถึง 138 °C ซึ่งสูงกว่าอุณหภูมิที่ใช้ในกระบวนการฆ่าเชื้อทางการค้า (121 °C) (Jun et al., 2006) ข้อดีของถุงรีทอร์ตเมื่อเปรียบเทียบกับกระป๋องคือ อาหารที่บรรจุด้วยถุงรีทอร์ตแล้วผ่านการฆ่าเชื้อจะใช้เวลาและพลังงานที่ใช้ในกระบวนการฆ่าเชื้อน้อยกว่าอาหารที่บรรจุด้วยกระป๋องส่งผลต่อลักษณะและคุณภาพของผลิตภัณฑ์เช่น มันฝรั่งปอกเปลือกบรรจุในถุงรีทอร์ตและกระป๋องผ่านการฆ่าเชื้อที่ค่า F_0 เท่ากัน พบว่ามันฝรั่งบรรจุในถุงรีทอร์ตมีเนื้อสัมผัสดีกว่ามันฝรั่งบรรจุในกระป๋อง (Hinman and Pierson,

1990) นอกจากส่งผลต่อเนื้อสัมผัสของผลิตภัณฑ์แล้ว กระบวนการฆ่าเชื้อที่ใช้ระยะเวลานานยังส่งผลต่อการสูญเสียคุณค่างทางโภชนาการของผลิตภัณฑ์อีกด้วย (Catauro and Perchonok, 2012) ข้อดีอื่นๆ ของถุงรีทอร์ต เช่น น้ำหนักเบา ราคาถูกกว่ากระป๋อง เป็นต้น

Byun และคณะ (2010) ได้ศึกษาคุณภาพของปลาแซลมอนบรรจุในถุงรีทอร์ตขนาด 10.1x12.7 cm 4 ชนิด ได้แก่ cast polypropylene (CPP), polyethyleneterephthalate (PET)/silicon oxide-coated nylon/CPP (SIOX), Aluminum oxide-coated PET/nylon/CPP (ALOX) และ PET/aluminum foil/CPP (FOIL) จำนวน 1 ชิ้น บรรจุแบบสุญญากาศน้ำหนักสุทธิ 60 g โดยฆ่าเชื้อที่อุณหภูมิ 121 °C กำหนดค่า F_0 = 6 นาที พบว่า เวลาในการให้ความร้อน (holding time) คือ 23 นาที เก็บรักษาตัวอย่างที่อุณหภูมิ 37.7 °C ความชื้นสัมพัทธ์ 90% ตรวจวัดค่า thiobarbituric acid reactive substances (TBARS) และทดสอบการยอมรับคุณภาพทางประสาทสัมผัสทางด้าน สี กลิ่นรสปลา และความชอบโดยรวมของผลิตภัณฑ์ที่มีอายุการเก็บไม่เกิน 12 สัปดาห์ พบว่าปลาแซลมอนที่บรรจุในถุงรีทอร์ต ชนิด CPP และ FOIL มีค่า TBARS สูงที่สุดและต่ำที่สุด ตามลำดับตลอดระยะเวลาการเก็บ และปลาที่บรรจุในถุงรีทอร์ต ชนิด SIOX มีค่า TBARS มากกว่าปลาที่บรรจุในถุงชนิด ALOX ภายหลังการเก็บรักษา 8 สัปดาห์ จากการทดสอบทางประสาทสัมผัส พบว่าภายหลังการเก็บ 8 สัปดาห์ ปลาที่บรรจุในถุงรีทอร์ตชนิด ALOX ได้รับคะแนนความชอบโดยรวมเทียบเท่ากับปลาที่บรรจุถุงรีทอร์ต ชนิด FOIL (ทางการค้า) ซึ่งได้รับคะแนนความชอบโดยรวมสูงที่สุด รองลงมาคือปลาที่บรรจุในถุงรีทอร์ตชนิด SIOX ส่วนปลาที่บรรจุในถุงรีทอร์ตชนิด CPP ได้รับคะแนนความชอบโดยรวมต่ำที่สุด

ปกรณ์ อินทรดิษฐ์ (2546) ศึกษากระบวนการผลิตปลานวลจันทร์ทะเลย่างซีอิ๊วบรรจุกระป๋องขนาด 307x113 (8.7x4.3 cm) น้ำหนักสุทธิ 150 g (น้ำหนักเนื้อ 100 g) และให้ความร้อน โดยใช้กระบวนการฆ่าเชื้อ 4 ภาวะ ได้แก่ อุณหภูมิ 118 °C เวลาในการให้ความร้อน (ไม่รวมช่วงทำให้เย็น) 50 และ 60 นาที และอุณหภูมิ 121 °C เวลาในการให้ความร้อน (ไม่รวมช่วงทำให้เย็น) 50 และ 60 นาที พบว่ามีค่า F_0 เป็น 6.4, 14.9, 14.9 และ 26.2 นาที ตามลำดับ จากการตรวจวิเคราะห์ทางจุลชีววิทยาและทดสอบคุณภาพทางประสาทสัมผัส พบว่า เมื่อเพิ่มเวลาและอุณหภูมิการฆ่าเชื้อทำให้คะแนนความชอบของผลิตภัณฑ์ลดลง ผลิตภัณฑ์มีสีเข้มขึ้นเนื่องจากปฏิกิริยาเมลลาร์ด และปฏิกิริยาคาราเมลไลเซชัน ผลิตภัณฑ์สูญเสียน้ำเพิ่มขึ้น มีรสหวานเข้มขึ้น เนื้อปลาแห้งและแข็งมากขึ้น ผู้ทดสอบให้คะแนนการยอมรับทางประสาทสัมผัสด้านความชอบโดยรวมต่อผลิตภัณฑ์ที่ผ่านการฆ่าเชื้อที่อุณหภูมิ 121 °C เวลา 50 นาที สูงที่สุด รองลงมาคือ 118 °C เวลา 50 และ 60 นาที ส่วนผลิตภัณฑ์ที่ฆ่าเชื้อที่ 121 °C 60 นาที ได้รับคะแนนดังกล่าวต่ำที่สุด

บทที่ 3
การดำเนินงานวิจัย

3.1 การเตรียมวัตถุดิบ

ปลากุเรา และปลาน้ำดอกไม้ ซื้อจากองค์การสะพานปลากรุงเทพฯ มีน้ำหนักประมาณ 0.5 กิโลกรัม/ตัว บรรจุลงในกล่องโฟมเก็บความเย็นรวมกับน้ำแข็ง และขนส่งมายังห้องปฏิบัติการแปรรูปและห้องปฏิบัติการประกันคุณภาพอาหารและพัฒนาผลิตภัณฑ์ ภาควิชาเทคโนโลยีทางอาหาร คณะวิทยาศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัยภายในเวลาไม่เกิน 4 ชั่วโมง แล้วนำมาขอดเกล็ด ควักไส้ ตัดส่วนหัวทิ้ง ล้างให้สะอาดและเก็บรักษาในกล่องโฟมเก็บความเย็นรวมกับน้ำแข็งไม่เกิน 8 ชั่วโมง จนกว่าจะนำไปใช้ในการทดลอง

ปลาแพนกาเซียสดอรี่แช่แข็งแล่ตามยาวเป็นชิ้นไม่ติดกระดูกและไม่มีหนัง (fillet) และผ่านการแช่สารละลายเพื่อปรับปรุงคุณภาพชิ้นปลาแล้ว ได้รับความอนุเคราะห์และเตรียมจากบริษัทเจริญโภคภัณฑ์อาหาร จำกัด โดยบรรจุในถุงพลาสติกชนิด LDPE (Low-density polyethylene) น้ำหนักรวมประมาณ 1 กิโลกรัม/ถุง มีจำนวน 4-5 ชิ้น น้ำหนักชิ้นละ 170-220 กรัม เก็บรักษาที่อุณหภูมิ -18 $^{\circ}$C จนกว่าจะนำไปใช้ในการทดลอง

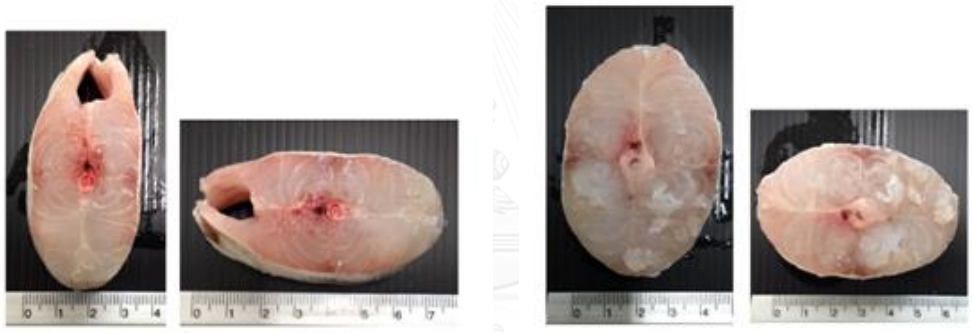
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

3.2 ขั้นตอนการดำเนินงาน

3.2.1 ผลิตภัณฑ์ปลานึ่งหั่นเป็นชิ้นติดกระดูกบรรจุรวมน้ำปรุงรสซีอิ๊ว

3.2.1.1 การหาความเข้มข้นของสารละลายโซเดียมไตรพอลิฟอสเฟต (STPP) ที่เหมาะสมสำหรับแช่ปลาเพื่อเตรียมตัวอย่างปลานึ่ง

หั่นปลากุเราและปลาน้ำดอกไม้ตามขวางเป็นชิ้นติดกระดูกให้มีน้ำหนักชิ้นละประมาณ 40-45 กรัม มีความหนาประมาณ 2 เซนติเมตร/ชิ้น (รูปที่ 3.1)



(ก) (ข)

รูปที่ 3.1 (ก) ปลากุเราหั่นตามขวางเป็นชิ้นติดกระดูก และ (ข) ปลาน้ำดอกไม้หั่นตามขวางเป็นชิ้นติดกระดูก

แช่ชิ้นปลาในสารละลายโซเดียมไตรพอลิฟอสเฟต (STPP) (ได้รับความอนุเคราะห์จากบริษัท อดิตยา เบอร์ล่า เคมีคัลส์จำกัด, ประเทศไทย) ที่ความเข้มข้น 0%, 2.5% และ 5% (w/w) ที่อุณหภูมิ 4 $^{\circ}$C เป็นเวลา 1 ชั่วโมง อัตราส่วนระหว่างชิ้นปลาสด และสารละลาย STPP คือ 1:2 (w/v) (ดัดแปลงวิธีของอาสีนะ หมัดเจริญ, 2546) ดังรายละเอียดแสดงในภาคผนวก ก.1 วัดสมบัติต่างๆ ดังนี้

1) ค่าร้อยละผลผลิต (% yield) ของชิ้นปลาสดหลังแช่สารละลายคำนวณโดยใช้สมการที่ 3.1 (ทดลอง 4 ซ้ำ)

$$\% \text{ yield} = (B/A) \times 100 \qquad (3.1)$$

เมื่อ A คือ น้ำหนักเนื้อปลาสดก่อนแช่สารละลาย STPP (กรัม)

B คือ น้ำหนักเนื้อปลาสดหลังแช่สารละลาย STPP (กรัม)

2) ความสามารถในการอุ้มน้ำ (water-holding capacity, WHC) ของชิ้นปลาสดหลังแช่สารละลาย ตามวิธีของ Zhang และคณะ (1995) ดังรายละเอียดแสดงในภาคผนวก ก.2 (ทดลอง 4 ซ้ำ)

จากนั้นนำชิ้นปลามานึ่งที่อุณหภูมิน้ำเดือด เป็นเวลา 12 นาที จนอุณหภูมิใจกลางชิ้นปลา ≥ 80 $^{\circ}$C วัดสมบัติต่างๆ ดังนี้

1) ร้อยละน้ำหนักที่สูญเสียไปของเนื้อปลานึ่ง (% cooking loss) โดยใช้สมการที่ 3.2 (ทดลอง 4 ซ้ำ)

$$\% \text{ cooking loss} = ((A-B)/A) \times 100 \qquad (3.2)$$

เมื่อ A คือ น้ำหนักเนื้อปลาสดก่อนนึ่ง (กรัม)

B คือ น้ำหนักเนื้อปลาสดหลังนึ่ง (กรัม)

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

2) ความแน่นเนื้อ (firmness) ของเนื้อปลานึ่ง วัดด้วยเครื่องวัดเนื้อสัมผัส (Texture Analyzer, Model TA-XT2, Texture Technology Corp, UK) ใช้ Cylinder probe ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 6 มิลลิเมตร (P/6) วัดค่าความแน่นเนื้อ (firmness) ดังรายละเอียดแสดงในภาคผนวก ค.1 (ทดลอง 15 ซ้ำ โดยแต่ละซ้ำของการทดลองคือเนื้อปลา 1 ชิ้น วัดค่า 4 ตำแหน่ง)

คัดเลือกระดับความเข้มข้นของสารละลาย STPP ที่เหมาะสม 1 ระดับ สำหรับปลาแต่ละชนิด โดยพิจารณาจาก % yield ค่า WHC สูงสุดของเนื้อปลาสดหลังแช่สารละลาย และ % cooking loss เนื้อปลานึ่งที่ต่ำที่สุด

3.2.1.2 น้ำปรุงรสซีอิ๊ว

ในการเตรียมน้ำปรุงรสปลานึ่งซีอิ๊วคำนึงถึงคุณค่าทางโภชนาการที่เหมาะสำหรับผู้สูงอายุที่เป็นโรคความดันโลหิตสูง ไขมันในเลือดสูง เบาหวาน และภาวะไตเสื่อมระยะเริ่มต้น ที่กำหนดให้มีปริมาณโซเดียมไม่เกิน 0.8 กรัมต่อหนึ่งหน่วยบริโภค (40 กรัม) โดยคำนวณจากปริมาณโซเดียมสำหรับผู้ป่วยโรคภาวะไตเสื่อมระยะเริ่มต้นที่ควรได้รับไม่เกิน 2.4 กรัม/วัน (สถาบันเวชศาสตร์ผู้สูงอายุ, 2549) แบ่งออกเป็น 3 มื้อ มื้อละ 0.8 กรัม ดังนั้นจึงได้สูตรน้ำปรุงรสปลานึ่งซีอิ๊ว ประกอบด้วย ซีอิ๊วขาว (ซีอิ๊วขาวเห็ดหอม ตราเด็กสมบูรณ์) 19%, ขิงผง (ขิงผงสำเร็จรูปตราจินเจน สูตร 100%) 4% และน้ำต้มสกัดขึ้นฉ่าย 77% (w/w) ดังรายละเอียดแสดงในภาคผนวก ข

3.2.1.3 ศึกษาผลของการฆ่าเชื้อระดับสเตอริไลเซชันต่อสมบัติทางเคมีกายภาพ จุลินทรีย์ และคุณภาพทางประสาทสัมผัสของผลิตภัณฑ์

นำชิ้นปลากุเรา และปลาน้ำดอกไม้แช่ในสารละลาย STPP ที่ความเข้มข้นที่คัดเลือกได้จากข้อ 3.2.1.1 ที่อุณหภูมิ 4 $^{\circ}$C ไม่เกิน 1 ชั่วโมง นำชิ้นปลาไปนึ่งที่อุณหภูมิน้ำเดือดเป็นเวลา 12 นาทีจนอุณหภูมิใจกลางชิ้นปลา ≥80 $^{\circ}$C บรรจุชิ้นปลานึ่งลงในถุงรีทอร์ตแบบใส ชนิด 12 µm polyethylene terephthalate/ 15 µm nylon/ 70 µm casted polypropylene ขนาด 14 cm x 17 cm (บริษัท รอแยลแคนอินดัสทรีส์ จำกัด, ประเทศไทย) บรรจุชิ้นปลานึ่ง 2 ชิ้น/ถุง น้ำหนักรวม 70-75 กรัม/ถุง เติมน้ำปรุงรสปลานึ่งซีอิ๊วที่เตรียมจากข้อ 3.2.1.2 โดยบรรจุขณะร้อน (≥ 80 $^{\circ}$C) น้ำหนักสุทธิไม่เกิน 100 กรัม/ถุง ปิดผนึกแบบปกติด้วยเครื่องซีลปิดปากถุง (Goldenpack, FRD1000LW, Thailand) ก่อนนำไปฆ่าเชื้อที่อุณหภูมิ 118 $^{\circ}$C กำหนดค่า F_0 = 6 นาที (ปกรณ์ อินทรดิษฐ์, 2546; Byun et al., 2010) ด้วยเครื่องฆ่าเชื้อแบบ water immersion (Hisaka simulator retort, Model RCS-40RTGN, Japan) จากการศึกษาการแทรกผ่านความร้อน (heat penetration) เพื่อหาเวลาในการให้ความร้อนที่เหมาะสมอย่างน้อย 2 ซ้ำในทุกตัวอย่าง วัดสมบัติทางเคมี กายภาพ ทางจุลินทรีย์ และประเมินคุณภาพทางประสาทสัมผัสของผลิตภัณฑ์ ดังนี้

1) เนื้อสัมผัสเนื้อปลานึ่งก่อนและหลังกระบวนการสเตอริไลเซชันตามวิธีในข้อ 3.2.1.1

2) สีของเนื้อปลานึ่งก่อนและหลังผ่านกระบวนการสเตอริไลเซชัน ในระบบ Hunter (L, a, b) ด้วยเครื่องวัดสี Chroma meter (Minolta, Model CR-400 Series, Japan) โดยลอกเอาหนังและก้างปลาออกใช้แท่งแก้วคน (stirring rod) บดเนื้อปลาให้ละเอียด นำเนื้อปลาที่ผ่านการบดใส่ลงในหัววัด Granular-materials attachment (CR-A50) ดังรายละเอียดแสดงใน

ภาคผนวก ค.2 (ทดลอง 6 ซ้ำ โดยแต่ละซ้ำของการทดลองคือเนื้อปลา 1 ชิ้น แต่ละชิ้นวัดค่าสี 3 ค่า) และคำนวณค่าความแตกต่างของสี (ΔE) ของเนื้อปลานึ่งก่อนและหลังผ่านกระบวนการสเตอริไลเซชัน ตามสมการที่ 3.3

$$\Delta E = [(L_2-L_1)^2+(a_2-a_1)^2+(b_2-b_1)^2]^{1/2} \qquad (3.3)$$

เมื่อ L_2 คือ ค่าความสว่างของตัวอย่างหลังผ่านกระบวนการสเตอริไลเซชัน

L_1 คือ ค่าความสว่างของตัวอย่างก่อนผ่านกระบวนการสเตอริไลเซชัน

a_2 คือ ค่าความเป็นสีแดงของตัวอย่างหลังผ่านกระบวนการสเตอริไลเซชัน

a_1 คือ ค่าความเป็นสีแดงของตัวอย่างก่อนผ่านกระบวนการสเตอริไลเซชัน

b_2 คือ ค่าความเป็นสีเหลืองของตัวอย่างหลังผ่านกระบวนการสเตอริไลเซชัน

b_1 คือ ค่าความเป็นสีเหลืองของตัวอย่างก่อนผ่านกระบวนการสเตอริไลเซชัน

3) สีของน้ำปรุงรสก่อนและหลังผ่านกระบวนการสเตอริไลเซชัน ในระบบ Hunter (L, a, b) ด้วยเครื่องวัดสี Chroma meter (Minolta, Model CR-400 Series, Japan) โดยใส่น้ำปรุงรสซีอิ๊วลงในหัววัดสำหรับของเหลว (CM-A99) ดังรายละเอียดแสดงในภาคผนวก ค.3 (ทดลอง 6 ซ้ำ แต่ละซ้ำของการทดลองคือ น้ำปรุงที่เตรียมได้ในแต่ละรอบสำหรับตัวอย่างก่อนรีทอร์ตและน้ำปรุงที่มาจากถุงผลิตภัณฑ์ 1 ถุงสำหรับตัวอย่างหลังรีทอร์ต) และคำนวณค่าความแตกต่างของสี (ΔE) ของน้ำปรุงรสก่อนและหลังผ่านกระบวนการสเตอริไลเซชันตามสมการที่ 3.3

4) ปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้ (total soluble solids, TSS) ของน้ำปรุงรสก่อนและหลังผ่านกระบวนการสเตอริไลเซชันด้วยเครื่อง Hand refractometer (ATAGO, Japan) (ทดลอง 6 ซ้ำ)

5) ค่าความเป็นกรด-ด่าง (pH) ของน้ำปรุงรสก่อนและหลังผ่านกระบวนการสเตอริไลเซชันด้วยเครื่อง pH meter (Mettler-Toledo, Model FE20/FG, Switzerland) (ทดลอง 6 ซ้ำ)

6) วิเคราะห์ *Clostridium botulinum* ในผลิตภัณฑ์หลังผ่านกระบวนการสเตอริไลเซชัน (ส่งตรวจวิเคราะห์ที่บริษัท ห้องปฏิบัติการกลาง (ประเทศไทย) จำกัด โดยอ้างอิงตามวิธีการของ FDA BAM, 2001 (Chapter 17))

7) ประเมินการยอมรับทางประสาทสัมผัสด้านสี กลิ่นรส รสชาติ เนื้อสัมผัส และความชอบโดยรวมของเนื้อปลาและน้ำปรุงรสซีอิ๊วหลังผ่านกระบวนการสเตอริไลเซชัน โดยใช้แบบทดสอบชนิด 5-point hedonic scale ใช้ผู้ทดสอบที่มีอายุ 75 ปีขึ้นไปที่ใช้ฟันบดเคี้ยวอาหารได้ จำนวน 50 คน จากบ้านพักคนชราชายมูลนิธิธารนุเคราะห์บางเขนจำนวน 25 คน และบ้านพักคนชราหญิงติวานนท์จำนวน 25 คน ก่อนเสิร์ฟให้แก่ผู้ทดสอบอุ่นตัวอย่างทั้งถุงรีทอร์ต (สัดส่วนเนื้อปลาต่อน้ำปรุงรสซีอิ๊ว 60/40 w/w) ในน้ำเดือดเป็นเวลา 3-5 นาที ตัวอย่าง 1 ถุงสามารถแบ่งเสิร์ฟให้ผู้ทดสอบได้ 8 ตัวอย่าง (13 g/ตัวอย่าง) โดยใช้แบบทดสอบทางประสาทสัมผัสในด้านความชอบต่อผลิตภัณฑ์ปลาพร้อมบริโภคในถุงรีทอร์ตดังรายละเอียดแสดงในภาคผนวก ง

คัดเลือกปลา 1 ชนิด ที่ผู้บริโภคให้การยอมรับมากที่สุดเพื่อใช้ในการศึกษาภาวะการฆ่าเชื้อระดับสเตอริไลเซชันทางการค้าที่เหมาะสม

3.2.1.4 ศึกษาภาวะการฆ่าเชื้อระดับสเตอริไลเซชันทางการค้าที่เหมาะสมของผลิตภัณฑ์ปลานึ่งซีอิ๊ว

เตรียมตัวอย่างปลาที่คัดเลือกได้จากข้อ 3.2.1.3 บรรจุรวมกับน้ำปรุงรสซีอิ๊วที่ได้จากข้อ 3.2.1.2 และนำไปฆ่าเชื้อที่อุณหภูมิ 118°C โดยแปรค่า F_0 = 6 และ 10 นาที ซึ่งคาดว่าการฆ่าเชื้อที่ F_0 เพิ่มขึ้น (F_0 = 10 นาที) เนื้อปลาน่าจะมีเนื้อสัมผัสที่นิ่ม เคี้ยวง่าย เหมาะสมกับผู้สูงอายุกลุ่มดังกล่าว ด้วยเครื่องฆ่าเชื้อแบบ water spray retort (OFM, PP500, Thailand) จากการศึกษาการแทรกผ่านความร้อนเพื่อหาเวลาในการให้ความร้อนที่เหมาะสมอย่างน้อย 2 ซ้ำในทุกตัวอย่าง วัดสมบัติทางกายภาพ เคมี ทางจุลินทรีย์ และคุณภาพทางประสาทสัมผัสของเนื้อปลาและน้ำปรุงรสซีอิ๊ว รวมถึงประเมินการยอมรับทางประสาทสัมผัสของผลิตภัณฑ์ ตามวิธีในข้อ 3.2.1.3 เลือกภาวะการฆ่าเชื้อที่ให้ตัวอย่างที่ผู้บริโภคยอมรับมากที่สุดเพื่อใช้เป็นผลิตภัณฑ์สุดท้าย

3.2.2 ผลิตภัณฑ์ปลาแล่เป็นชิ้นไม่ติดกระดูกบรรจุแยกน้ำปรุงรสซีอิ๊ว

3.2.2.1 ศึกษาสมบัติทางกายภาพของเนื้อปลา ก่อนและหลังนึ่ง

นำตัวอย่างปลาแพนกาเซียสดอรี่หรือปลาดอรี่แล่ (fillet) มาละลายน้ำแข็งที่อุณหภูมิตู้เย็น (4±1 °C) เป็นเวลา 20 ชั่วโมง คำนวณร้อยละการสูญเสียน้ำของเนื้อปลา (% drip loss) ภายหลังการละลาย จากสมการที่ 3.4 (ทดลอง 3 ซ้ำ)

$$\%\text{drip loss} = ((A-B)/A) \times 100 \qquad (3.4)$$

เมื่อ A คือ น้ำหนักเนื้อปลาก่อนละลายน้ำแข็ง (กรัม)

B คือ น้ำหนักเนื้อปลาหลังละลายน้ำแข็ง (กรัม)

หั่นแบ่งเนื้อปลาที่ผ่านการละลายน้ำแข็งแล้วตามขวาง เป็น 2 ชิ้นให้มีน้ำหนักชิ้นละประมาณ 85-90 กรัม ก่อนนำมานึ่งที่อุณหภูมิน้ำเดือด เป็นระยะเวลา 12 นาที จนอุณหภูมิใจกลางชิ้นปลา ≥ 80 °C วัดสมบัติต่างๆ ดังนี้

1) ร้อยละน้ำหนักที่สูญเสียไปของเนื้อปลานึ่ง (% cooking loss) จากสมการที่ 3.2 (ทดลอง 6 ซ้ำ โดยแต่ละซ้ำของการทดลองคือเนื้อปลา 1 ชิ้นที่หั่นแบ่งตามขวางแล้ว)

2) ความแน่นเนื้อ (firmness) ของเนื้อปลานึ่งตามวิธีในข้อ 3.2.1.1 (ทดลอง 6 ซ้ำ โดยแต่ละซ้ำของการทดลองคือเนื้อปลา 1 ชิ้น จะวัดค่า 4 ตำแหน่ง)

3.2.2.2 ศึกษาผลของการฆ่าเชื้อระดับสเตอริไลเซชันต่อสมบัติทางเคมีกายภาพและคุณภาพทางประสาทสัมผัสของผลิตภัณฑ์

เตรียมตัวอย่างส่วนปลานึ่งโดยบรรจุเนื้อปลาดอรี่นึ่งในถุงรีทอร์ตแบบใส ชนิด 12 µm polyethylene terephthalate/ 15 µm nylon/ 70 µm casted polypropylene ขนาด 14 cm x 17 cm (บริษัท รอแยลแคนอินดัสทรีส์ จำกัด, ประเทศไทย) 1 ชิ้น/ถุง น้ำหนักประมาณ 60-65 กรัม/ถุง ปิดผนึกแบบสุญญากาศ ก่อนนำไปฆ่าเชื้อที่อุณหภูมิ 118 °C กำหนดค่า F_0 = 6 นาที ด้วยเครื่องฆ่าเชื้อแบบ water spray retort (OFM, PP500, Thailand) ศึกษา heat penetration อย่างน้อย 2 ซ้ำ

เตรียมตัวอย่างน้ำปรุงรสซีอิ๊ว โดยนำน้ำปรุงรสซีอิ๊วสูตรเบื้องต้นที่ได้จากข้อ 3.2.1.2 บรรจุขณะร้อน (≥ 80 °C) ในถุงรีทอร์ตแบบใส ชนิด 12 µm polyethylene terephthalate/ 15 µm nylon/ 70 µm casted polypropylene ขนาด 11 cm x 14 cm (บริษัท รอแยลแคนอินดัสทรีส์ จำกัด, ประเทศไทย) ปริมาณ 40 g/ถุง นำไปฆ่าเชื้อที่อุณหภูมิ 118 °C โดยแปรค่า F_0 = 3 และ 6 นาที ด้วยเครื่องฆ่าเชื้อแบบ water spray retort (OFM, PP500, Thailand) ศึกษา heat penetration อย่างน้อย 2 ซ้ำในทุกตัวอย่าง

วัดสมบัติทางเคมี กายภาพ และประเมินคุณภาพทางประสาทสัมผัสของปลานึ่ง น้ำปรุงรสซีอิ๊ว และผลิตภัณฑ์สุดท้าย ดังนี้

1) เนื้อสัมผัสเนื้อปลานึ่งก่อนและหลังกระบวนการสเตอริไลเซชัน ตามวิธีการในข้อ 3.2.1.1 (ทดลอง 6 ซ้ำ โดยแต่ละซ้ำของการทดลองคือเนื้อปลา 1 ชิ้น จะวัดค่า 4 ตำแหน่ง)

2) สีของเนื้อปลานึ่งก่อนและหลังผ่านกระบวนการสเตอริไลเซชันตามวิธีการในข้อ 3.2.1.3 (ทดลอง 6 ซ้ำ โดยแต่ละซ้ำของการทดลองคือเนื้อปลา 1 ชิ้น แต่ละชิ้นจะวัดค่าสี 3 ค่า) คำนวณค่าความแตกต่างของสี (ΔE) ของเนื้อปลานึ่งก่อนและหลังผ่านกระบวนการสเตอริไล-เซชันตามสมการที่ 3.3

3) สีของน้ำปรุงรสก่อนและหลังผ่านกระบวนการสเตอริไลเซชั่นตามวิธีการในข้อ 3.2.1.3 คำนวณค่าความแตกต่างของสี (ΔE) ของน้ำปรุงรสก่อนและหลังผ่านกระบวนการสเต-อริไลเซชันตามสมการที่ 3.3 (ทดลอง 3 ซ้ำ แต่ละซ้ำของการทดลองคือ น้ำปรุงที่เตรียมได้ในแต่ละรอบสำหรับตัวอย่างก่อนรีทอร์ต และน้ำปรุงที่มาจากถุงผลิตภัณฑ์ 1 ถุงสำหรับตัวอย่างหลังรีทอร์ต)

4) ปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้ (total soluble solids, TSS) ของน้ำปรุงรสก่อนและหลังผ่านกระบวนการสเตอริไลเซชันตามวิธีการในข้อ 3.2.1.1.2 (ทดลอง 3 ซ้ำ)

5) ค่าความเป็นกรด-ด่าง (pH) ของน้ำปรุงรสก่อนและหลังผ่านกระบวนการสเตอริไลเซชันตามวิธีการในข้อ 3.2.1.3 (ทดลอง 3 ซ้ำ)

6) ประเมินการยอมรับทางประสาทสัมผัสด้านสี กลิ่นรส รสชาติ เนื้อสัมผัส และความชอบโดยรวมของเนื้อปลาและน้ำปรุงรสซีอิ๊วหลังผ่านกระบวนการสเตอริไลเซชัน โดยใช้แบบทดสอบชนิด 5-point hedonic scale ใช้ผู้ทดสอบที่มีอายุ 75 ปีขึ้นไปที่ใช้ฟันบดเคี้ยวอาหารได้จำนวน 50 คน จากบ้านพักคนชราชายมูลนิธิธารนุเคราะห์บางเขนจำนวน 25 คน และบ้านพักคนชราหญิงติ-วานนท์จำนวน 25 คน ก่อนเสิร์ฟให้แก่ผู้ทดสอบ อุ่นตัวอย่างปลาดอรี่ และน้ำปรุงรสซีอิ๊วทั้งถุงรีทอร์ตในน้ำเดือดเป็นเวลา 3-5 นาที ตัวอย่างเนื้อปลา 1 ถุง (60 g) และน้ำปรุงรสซีอิ๊ว 1

ถุง (40 g) สามารถแบ่งเสิร์ฟให้ผู้ทดสอบได้ 8 ตัวอย่าง (13 g/ตัวอย่าง) โดยใช้แบบทดสอบทางประสาทสัมผัสในด้านความชอบต่อผลิตภัณฑ์ปลาพร้อมบริโภคในถุงรีทอร์ตดังรายละเอียดแสดงในภาคผนวก ง. เลือกภาวะการฆ่าเชื้อน้ำปรุงรสซีอิ๊วที่ผู้บริโภคยอมรับมากที่สุดเพื่อใช้เป็นผลิตภัณฑ์สุดท้าย

3.2.3 การ วิเคราะห์สมบัติทางจุลินทรีย์และองค์ประกอบทางเคมี ของผลิตภัณฑ์สุดท้ายที่ได้จากข้อ 3.2.1 และ 3.2.2

3.2.3.1 สมบัติทางจุลินทรีย์

วิเคราะห์สมบัติทางจุลินทรีย์ตามมาตรฐานวิธีวิเคราะห์อาหารทางจุลินทรีย์สำหรับอาหารที่มีความเป็นกรดต่ำ ตามวิธี มอก. 335-2523 เล่ม 1 (สำนักงานมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม, 2523) ในผลิตภัณฑ์สุดท้าย (ส่งวิเคราะห์ที่สถาบันอาหาร กระทรวงอุตสาหกรรม)

3.2.3.2 องค์ประกอบทางเคมี เพื่อจัดทำฉลากโภชนาการ

วิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมี ได้แก่ ไขมัน คอเลสเตอรอล โปรตีน คาร์โบไฮเดรต ใยอาหาร โซเดียม แคลเซียม เหล็ก และวิตามินต่างๆ ในผลิตภัณฑ์สุดท้าย (ส่งวิเคราะห์ที่บริษัท เอแอลเอส แลบอราทอรี กรุ๊ป ประเทศไทยจำกัด) เพื่อจัดทำฉลากโภชนาการ

3.2.4 การ วิเคราะห์ทางสถิติ

สำหรับการวัด/วิเคราะห์สมบัติทางกายภาพและเคมี วางแผนการทดลองทางสถิติแบบ Completely Randomized Design ส่วนการทดสอบการยอมรับทางประสาทสัมผัส วางแผนการทดลองทางสถิติแบบ Randomized Complete Block Design วิเคราะห์ความแปรปรวน (Analysis of Variance) และเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยด้วยวิธี Duncan's New Multiple Range Test ที่ระดับความเชื่อมั่น 95% ใช้โปรแกรม SPSS Version 22

บทที่ 4
ผลการทดลอง และวิจารณ์

4.1 ผลิตภัณฑ์ปลาหั่นเป็นชิ้นติดกระดูกบรรจุรวมน้ำปรุงรสซีอิ๊ว

จากการแช่ปลากุเรา และปลาน้ำดอกไม้ในสารละลายโซเดียมไตรพอลิฟอสเฟต (sodium tripolyphosphate, STPP) ที่อุณหภูมิ 4 $^{\circ}$C นาน 1 ชั่วโมง พบว่าการแช่ในสารละลาย STPP ทำให้ร้อยละผลผลิต (% yield) และความสามารถในการอุ้มน้ำ (water holding capacity, WHC) ของชิ้นปลาสดมีค่าเพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญ ($p \leq 0.05$) เมื่อเทียบกับตัวอย่างควบคุม (0% STPP) เนื่องจากการใช้อัลคาไลน์ฟอสเฟต (alkaline phosphate) ในผลิตภัณฑ์เนื้อสัตว์ ทำให้ pH ภายในของผลิตภัณฑ์มีค่าเพิ่มขึ้น ส่งผลให้ค่า pH อยู่ห่างจากค่า isoelectric point ของโปรตีน เกิดแรงผลักระหว่างประจุไฟฟ้า (electrostatic repulsive forces) ทำให้เกิดช่องว่างขนาดใหญ่ระหว่างโปรตีนแอกติน และโปรตีนไมโอซิน ซึ่งช่องว่างมีขนาดใหญ่พอที่โมเลกุลของน้ำสามารถสร้างพันธะได้ ความสามารถในการอุ้มน้ำของเนื้อปลาจึงเพิ่มขึ้น (Feiner, 2006) สอดคล้องกับงานวิจัยของ Goncalves และ Riberio (2009) ที่ศึกษาการใช้ STPP ในผลิตภัณฑ์กุ้งแดงแช่เยือกแข็งพบว่า กุ้งแดงที่แช่สารละลาย STPP ภายหลังการให้ความร้อนมีร้อยละผลผลิตและคะแนนการยอมรับทางประสาทสัมผัสทางด้านต่างๆ สูงกว่ากุ้งแดงที่ไม่ได้แช่สารละลาย STPP (ตัวอย่างควบคุม) นอกจากนี้เมื่อเปรียบเทียบตัวอย่างเนื้อปลาที่ผ่านการแช่สารละลาย STPP ที่ความเข้มข้น 2.5% และ 5% พบว่าเนื้อปลากุเราที่ผ่านการแช่สารละลาย STPP ที่ความเข้มข้น 2.5% และ 5% มีร้อยละผลผลิตและความสามารถในการอุ้มน้ำไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ($p > 0.05$) ในส่วนของปลาน้ำดอกไม้พบว่าเนื้อปลามีร้อยละผลผลิตลดลงเมื่อผ่านการแช่สารละลายที่ความเข้มข้น 2.5% และ 5% ตามลำดับ ($p \leq 0.05$) อย่างไรก็ตามปลาน้ำดอกไม้ที่แช่ในสารละลาย STPP เข้มข้น 5% มีร้อยละผลผลิตลดลงเทียบกับความเข้มข้น 2.5% อย่างมีนัยสำคัญ ($p \leq 0.05$) (ตารางที่ 4.1) ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยของอาสีนะ หมัดเจริญ (2546) พบว่ากุ้งกุลาดำที่แช่ในสารละลาย STPP ที่ความเข้มข้น 5% มีร้อยละผลผลิตลดลงเมื่อเทียบกับความเข้มข้น 2.5% เนื่องจากความเข้มข้นของสารละลาย STPP ที่มากเกินไปอาจไปทำลายโครงสร้างของโมเลกุลโปรตีน ทำให้โปรตีนมีความสามารถในการจับกับโมเลกุลน้ำลดลงส่งผลต่อร้อยละผลผลิตและความสามารถในการอุ้มน้ำของกุ้งกุลาดำลดลง

จากงานวิจัยของประกายแก้ว โกมลศรี (2555) พบว่าความสามารถในการอุ้มน้ำของเนื้อไก่ที่ใช้ฟอสเฟตเป็นสารหมักร่วมจะมีความสามารถในการอุ้มน้ำสูงกว่าเนื้อไก่ที่ไม่ผ่านการหมัก (ตัวอย่างควบคุม) ซึ่งอาจเป็นผลมาจากคุณสมบัติของสารประกอบฟอสเฟตช่วยเพิ่มจำนวนประจุให้กับโมเลกุลของโปรตีน ทำให้เพิ่มความสามารถในการจับกับโมเลกุลของน้ำได้มากขึ้น (Wynveen et al., 2001;

Sen et al., 2005) โดยสารละลายฟอสเฟตจะช่วยเพิ่มช่องว่างระหว่างเส้นใยไมโอซิน และเส้นใยแอกติน ทำให้น้ำจากภายนอกเข้ามาในโครงสร้างได้มากขึ้น ความสามารถในการอุ้มน้ำของเนื้อจึงเพิ่มขึ้น (Rust, 1987; Lawrie, 1991) จากการทดลองยังพบว่าเนื้อไก่ที่ไม่ผ่านการหมักด้วยสารใดๆ (ตัวอย่างควบคุม) หรือเนื้อไก่ที่แช่ด้วยน้ำกลั่น มีการสูญเสียน้ำหนักหลังการให้ความร้อนมากกว่าเนื้อไก่ที่ผ่านการแช่สารละลายฟอสเฟต ดังนั้นสารละลายฟอสเฟตสามารถลดการสูญเสียน้ำหนักหลังการให้ความร้อน (cooking loss) ของเนื้อไก่ได้ ซึ่งงานวิจัยของ Bertram และคณะ (2008) พบว่าการใช้ STPP สามารถลดการสูญเสียน้ำหนักหลังการให้ความร้อนของเนื้อหมูได้มากกว่าเนื้อหมูที่ไม่มีการหมักสารใดๆ (ตัวอย่างควบคุม)

ตารางที่ 4.1 ร้อยละผลผลิต และความสามารถในการอุ้มน้ำ ของเนื้อปลาสดหลังแช่สารละลาย STPP ที่ความเข้มข้นต่างๆ

ชนิดปลา	STPP (%)	ผลผลิต (%)	ความสามารถในการอุ้มน้ำ (%)
ปลากุเรา	0%	102.67^{b} ±0.57	9.64^{b} ±1.06
	2.5%	104.88^{a} ±1.48	13.95^{a} ±1.79
	5%	104.15^{ab} ±0.46	15.37^{a} ±1.44
ปลาน้ำดอกไม้	0%	104.20^{b} ±1.23	11.54^{b} ±0.72
	2.5%	109.20^{a} ±2.67	16.34^{a} ±1.48
	5%	104.49^{b} ±1.25	18.28^{a} ±1.78

ผลการทดลองแสดงเป็นค่าเฉลี่ย ± ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานจากการทดลอง 4 ซ้ำ

a, b ค่าเฉลี่ยที่มีอักษรกำกับแตกต่างกันในคอลัมน์เดียวกันสำหรับปลาแต่ละชนิด มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$)

เมื่อนำปลากุเรา และปลาน้ำดอกไม้ที่แช่ในสารละลาย STPP ความเข้มข้น 2.5% และ 5% ไปนึ่งจนอุณหภูมิที่จุดกึ่งกลาง ≥80 $^{\circ}$C พบว่าร้อยละน้ำหนักที่สูญเสียไปของเนื้อปลานึ่ง (% cooking loss) ลดลงและความแน่นเนื้อ (firmness) ของปลานึ่งเพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญ ($p \leq 0.05$) (ตารางที่ 4.2) การลดลงของร้อยละน้ำหนักที่สูญเสียไปสอดคล้องกับความสามารถในการอุ้มน้ำของโปรตีนในกล้ามเนื้อปลาที่เพิ่มขึ้น (ตารางที่ 4.1) นอกจากนี้ยังพบว่า ร้อยละน้ำหนักที่สูญเสียไป และความแน่นเนื้อของปลานึ่งที่ความเข้มข้น 2.5% และ 5% STPP ไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ($p > 0.05$) ดังนั้นความเข้มข้นของสารละลาย STPP ที่เหมาะสมในการแช่ปลาทั้ง 2 ชนิด คือ 2.5% ซึ่งเป็นความ

เข้มข้นที่ต่ำที่สุดที่ให้ร้อยละผลผลิต และความสามารถในการอุ้มน้ำของเนื้อปลาสดสูงที่สุด และร้อยละน้ำหนักที่สูญเสียไปของเนื้อปลานึ่งต่ำที่สุด

ตารางที่ 4.2 ร้อยละน้ำหนักที่สูญเสียไป และความแน่นเนื้อของเนื้อปลานึ่งหลังแช่สารละลาย STPP ที่ความเข้มข้นต่างๆ

ชนิดปลา	STPP (%)	น้ำหนักที่สูญเสียไป (%)	ความแน่นเนื้อ (g force)
ปลากุเรา	0%	19.93[a] ±1.00	156.77[b] ±17.35
	2.5%	12.90[b] ±0.65	173.67[a] ±16.91
	5%	14.05[b] ±0.96	174.98[a] ±31.44
ปลาน้ำดอกไม้	0%	27.41[a] ±1.71	188.36[b] ±15.11
	2.5%	22.30[b] ±1.63	224.31[a] ±31.88
	5%	22.06[b] ±0.74	225.68[a] ±19.16

ผลการทดลองแสดงเป็นค่าเฉลี่ย ± ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานจากการทดลองอย่างน้อย 4 ซ้ำ

a, b ค่าเฉลี่ยที่มีอักษรกำกับแตกต่างกันในคอลัมน์เดียวกันสำหรับปลาแต่ละชนิด มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$)

ในการเตรียมน้ำปรุงรสปลานึ่งซีอิ๊วคำนึงถึงคุณค่าทางโภชนาการที่เหมาะสำหรับผู้สูงอายุที่เป็นโรคความดันโลหิตสูง ไขมันในเลือดสูง เบาหวาน และภาวะไตเสื่อมระยะเริ่มต้น ที่กำหนดให้มีปริมาณโซเดียมไม่เกิน 0.8 กรัมต่อหนึ่งหน่วยบริโภค (40 กรัม) โดยคำนวณจากปริมาณโซเดียมสำหรับผู้ป่วยโรคภาวะไตเสื่อมระยะเริ่มต้นที่ควรได้รับไม่เกิน 2.4 กรัม/วัน (สถาบันเวชศาสตร์ผู้สูงอายุ, 2549) แบ่งออกเป็น 3 มื้อ มื้อละ 0.8 กรัม น้ำปรุงรสมีส่วนผสมดังนี้

1) น้ำต้มสกัดขึ้นฉ่าย จากการศึกษาภาวะในการสกัดโดยแปรสัดส่วนระหว่างขึ้นฉ่ายหั่นละเอียดต่อน้ำเดือด 3 ระดับคือ 5, 10 และ 15% (w/w) และระยะเวลาในการต้มสกัด 3 ระดับคือ 5, 10 และ 15 นาที ทดสอบทางประสาทสัมผัสเบื้องต้น โดยประเมินการยอมรับทางประสาทสัมผัสด้านความชอบโดยรวม ใช้ผู้ทดสอบที่เป็นนิสิตระดับปริญญาโท ภาควิชาเทคโนโลยีทางอาหาร คณะวิทยาศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย จำนวน 5 คน พบว่าผู้ทดสอบมีความชอบโดยรวมต่อตัวอย่างน้ำต้มสกัดขึ้นฉ่ายที่มีสัดส่วนระหว่างขึ้นฉ่ายหั่นละเอียดต่อน้ำเดือด 10% (w/w) ระยะเวลาในการต้มสกัด 10 นาทีมากที่สุด โดยให้ข้อเสนอแนะว่าตัวอย่างน้ำต้มสกัดขึ้นฉ่ายที่สัดส่วนขึ้นฉ่ายหั่นละเอียด

ต่อน้ำเดือด 5% (w/w) ระยะเวลาในการต้มสกัด 5, 10 และ 15 นาที มีกลิ่นขึ้นฉ่ายที่อ่อนเกินไป ส่วนตัวอย่างน้ำต้มสกัดขึ้นฉ่ายสัดส่วน 15% (w/w) ระยะเวลาในการต้มสกัด 5, 10 และ 15 นาทีมีรสชาติขม และมีกลิ่นของขึ้นฉ่ายที่แรงเกินไป

2) ซีอิ๊วขาว (ซีอิ๊วขาวเห็ดหอม ตราเด็กสมบูรณ์) จากการศึกษาสัดส่วนของซีอิ๊วขาวต่อน้ำต้มสกัดขึ้นฉ่าย 2 ระดับ คือ 1:3 และ 1:4 (w/w) และทดสอบทางประสาทสัมผัสเบื้องต้นตามที่ระบุไว้ในข้อ 1) พบว่าสัดส่วนซีอิ๊วขาวต่อน้ำต้มสกัดขึ้นฉ่าย 1:3 มีรสชาติเค็มกว่าอัตราส่วน 1:4 ดังนั้นจึงเลือกสัดส่วนซีอิ๊วขาวต่อน้ำต้มสกัดขึ้นฉ่าย 1:4 มาพัฒนาต่อไป

3) ขิงผง (ขิงผงสำเร็จรูปตราจินเจน สูตร 100%) จากการศึกษาสัดส่วนของซีอิ๊วขาวต่อน้ำต้มสกัดขึ้นฉ่าย 1:4 (w/w) ปริมาณ 100 กรัม และปริมาณขิงผง 3 ระดับคือ 3, 4 และ 5 กรัม จากการทดสอบทางประสาทสัมผัสเบื้องต้น ตามที่ระบุไว้ในข้อ 1) พบว่า ตัวอย่างซีอิ๊วขาวต่อน้ำต้มสกัดขึ้นฉ่าย 1:4 ปริมาณ 100 กรัม ที่ใส่ขิงผง 3 กรัม มีกลิ่นรสของขิงที่อ่อนเกินไป และตัวอย่างซีอิ๊วขาวต่อน้ำต้มสกัดขึ้นฉ่าย 1:4 ปริมาณ 100 กรัม ที่ใส่ขิงผง 5 กรัม มีกลิ่นของขิงผงที่แรงเกินไป ดังนั้นจึงเลือกตัวอย่างซีอิ๊วขาวต่อน้ำต้มสกัดขึ้นฉ่าย 1:4 ปริมาณ 100 กรัม ที่ใส่ขิงผง 4 กรัม มาทำการปรับปรุงสูตรต่อไป

ดังนั้นเมื่อคำนึงถึงคุณค่าทางโภชนาการที่เหมาะสำหรับผู้สูงอายุกลุ่มดังกล่าว กำหนดให้มีปริมาณโซเดียมไม่เกิน 0.8 กรัมต่อหนึ่งหน่วยบริโภค (40 กรัม) จึงได้สูตรน้ำปรุงรสปลานึ่งซีอิ๊วประกอบด้วย ซีอิ๊วขาว (ซีอิ๊วขาวเห็ดหอม ตราเด็กสมบูรณ์) 19%, ขิงผง (ขิงผงสำเร็จรูปตราจินเจน สูตร 100%) 4% และน้ำต้มสกัดขึ้นฉ่าย 77% (w/w)

จากการศึกษาการแทรกผ่านความร้อน (heat penetration) ในตัวอย่างปลานึ่งซีอิ๊วในระหว่างกระบวนการสเตอริไลเซชันที่ 118 $^{\circ}$C, F_0 = 6 นาที ด้วยเครื่องรีทอร์ตแบบ water immersion พบว่าปลากุเรา มี come-up time (CUT), holding time และ cooling time ดังแสดงในตารางที่ 4.3 ซึ่งสอดคล้องความแน่นเนื้อของปลาน้ำดอกไม้ที่มีค่ามากกว่าปลากุเราเนื่องจากระยะเวลาช่วงฆ่าเชื้อ (holding time) ในกระบวนการสเตอริไลเซชันนานกว่า

ตารางที่ 4.3 Come-up time, holding time และ cooling time ผลิตภัณฑ์ปลากุเรา และปลาน้ำดอกไม้นึ่งซีอิ๊วที่ผ่านกระบวนการสเตอริไลเซชันที่ 118 °C, F_0 = 6 นาที

ชนิดปลา	come-up time (นาที)	holding time (นาที)	cooling time (นาที)
ปลากุเรา	7	22	21
ปลาน้ำดอกไม้	7	30	21

ผลการทดลองแสดงเป็นค่าจากการทดลอง 2 ซ้ำ โดยแต่ละซ้ำเวลาห่างกันไม่เกิน 1 นาที

จากการฆ่าเชื้อตัวอย่างที่ 118 °C พบว่าผลิตภัณฑ์ปลากุเรานึ่งซีอิ๊วมีน้ำหนักเนื้อปลาที่สูญเสียไปมากกว่า และมีน้ำหนักน้ำปรุงเพิ่มขึ้นมากกว่าผลิตภัณฑ์ปลาน้ำดอกไม้อย่างมีนัยสำคัญ ($p \leq 0.05$) (ตารางที่ 4.4)

ตารางที่ 4.4 ร้อยละน้ำหนักที่สูญเสียไปของเนื้อปลา และร้อยละน้ำหนักที่เพิ่มขึ้น ของน้ำปรุง ในผลิตภัณฑ์ปลากุเรา และปลาน้ำดอกไม้นึ่งซีอิ๊วที่ผ่านกระบวนการสเตอริไลเซชันที่ 118 °C, F_0 = 6 นาที

ชนิดปลา	เนื้อปลา (% weight loss)	น้ำปรุง (% weight gain)
ปลากุเรา	11.80^{a} ±2.28	30.37^{a} ±8.39
ปลาน้ำดอกไม้	8.06^{b} ±2.33	19.70^{b} ±5.82

ผลการทดลองแสดงเป็นค่าเฉลี่ย ± ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานจากการทดลองอย่างน้อย 10 ซ้ำ

a, b ค่าเฉลี่ยที่มีอักษรกำกับแตกต่างกันในคอลัมน์เดียวกัน มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$)

นอกจากนี้ยังพบว่าความแน่นเนื้อของเนื้อปลาหลังกระบวนการสเตอริไลเซชันมีค่าเพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญ ($p \leq 0.05$) (ตารางที่ 4.5) เนื่องจากในระหว่างการให้ความร้อนแก่เนื้อสัตว์ โปรตีนในเนื้อสัตว์จะเกิดการเสียสภาพ และเกิดอันตรกิริยาระหว่างโมเลกุลของโปรตีนด้วยกัน (protein-protein interaction) (Devine and Dikeman, 2014) ซึ่งการเกิด protein-protein interaction ที่มากขึ้น ทำให้โครงสร้างกล้ามเนื้อปลาอุ้มน้ำได้น้อยลง ส่งผลให้เกิดการเคลื่อนที่ของน้ำและของแข็งที่ละลายน้ำได้ทั้งหมด (total soluble solids, TSS) ในเนื้อปลาออกมาสู่น้ำปรุงมากขึ้น ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยของ Tanaka และ Kimura (1988) ที่ศึกษาการเปลี่ยนแปลงของโปรตีนในเนื้อปลา bigeye tuna และ halibut ก่อนและหลังผ่านกระบวนการให้ความร้อนที่อุณหภูมิ 115 ° และ 124

$^{\circ}$C แปรค่า F_0 = 8-32 นาที พบว่าเนื้อปลาที่ผ่านกระบวนการให้ความร้อนที่อุณหภูมิ 115 $^{\circ}$C มีแถบสีของโปรตีนไมโอซิน แอกติน และโทรโปไมโอซินจางกว่าเนื้อปลาที่อุณหภูมิ 124 $^{\circ}$C ที่ค่า F_0 เท่ากัน เมื่อวิเคราะห์ด้วยเทคนิค Sodium Dodecyl Sulfate-Polyacrylamide Gel Electrophoresis (SDS-PAGE) นอกจากนี้ยังพบว่าเนื้อปลาที่ให้ความร้อนที่อุณหภูมิ 115 $^{\circ}$C มีแถบของโปรตีนที่มีโมเลกุลใหญ่ (ด้านบนเจล) ชัดเจนกว่าที่อุณหภูมิ 124 $^{\circ}$C ที่ค่า F_0 เท่ากัน เนื่องจากการให้ความร้อนที่อุณหภูมิ 115 $^{\circ}$C ใช้เวลาในการฆ่าเชื้อนานกว่า 124 $^{\circ}$C การให้ความร้อนที่นานขึ้นส่งผลให้โปรตีนเกิดการเสียสภาพ และเกิดเป็นโครงสร้างใหม่ที่มีขนาดมวลโมเลกุลใหญ่ขึ้น และจากการวัดค่าสีของเนื้อปลาภายหลังกระบวนการสเตอริไลเซชัน พบว่าความสว่าง (L) ของเนื้อปลามีค่าลดลง และความเป็นสีเหลือง (b) มีค่าเพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญ ($p \leq 0.05$) เนื่องจากปฏิกิริยาเมลลาร์ด (Maillard reaction) และการแพร่ของสีน้ำตาลที่อยู่ในน้ำปรุงสู่เนื้อปลา อย่างไรก็ตามพบว่าค่าความแตกต่างของสี (ΔE) ของเนื้อปลามีค่ามากกว่า 10 ซึ่งเป็นระดับที่ตามนุษย์สามารถสังเกตความแตกต่างได้ (Tananuwong et al., 2012) (ตารางที่ 4.5)

ตารางที่ 4.5 ความแน่นเนื้อ ค่าสี (L, a, b) และความแตกต่างของสี (ΔE) ของเนื้อปลากุเรา และปลาน้ำดอกไม้หลังผ่านกระบวนการสเตอริไลเซชันที่ 118 $^{\circ}$C, F_0 = 6 นาที

ชนิดปลา	สเตอริไล-เซชัน	ความแน่นเนื้อ (g)	ค่าสี			ΔE
			L	a	b	
ปลากุเรา	ก่อน	173.67^{b} ±16.91	52.25^{a} ±0.52	1.05^{NS} ±0.08	6.37^{b} ±0.34	-
	หลัง	191.90^{a} ±15.78	40.09^{b} ±0.53	0.91^{NS} ±0.18	7.80^{a} ±0.22	12.25
ปลาน้ำดอกไม้	ก่อน	224.31^{b} ±31.88	53.66^{a} ±0.50	0.68^{NS} ±0.41	6.32^{b} ±0.24	-
	หลัง	290.57^{a} ±28.71	37.84^{b} ±0.86	1.04^{NS} ±0.29	6.94^{a} ±0.29	15.84

ผลการทดลองแสดงเป็นค่าเฉลี่ย ± ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานจากการทดลองอย่างน้อย 6 ซ้ำ

a, b ค่าเฉลี่ยที่มีอักษรกำกับแตกต่างกันในคอลัมน์เดียวกันสำหรับปลาแต่ละชนิด มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$)

NS หมายถึง ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p > 0.05$)

จากการวิเคราะห์สมบัติทางเคมีและกายภาพของน้ำปรุงหลังผ่านกระบวนการฆ่าเชื้อ พบว่าปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้ทั้งหมด (TSS) มีค่าลดลง และค่าความเป็นกรด-ด่าง (pH) เพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญ ($p \leq 0.05$) (ตารางที่ 4.6) ซึ่งอาจเนื่องจากความสามารถของโปรตีนในการจับโมเลกุลของน้ำลดลง (Damodaran, 1996) เป็นผลให้น้ำแพร่ออกจากชิ้นปลา เกิดการเจือจางของน้ำปรุง

(dilution effect) สังเกตได้จากสอดคล้องกับ % weight gain ของน้ำปรุงที่เพิ่มขึ้นหลังผ่านกระบวนการฆ่าเชื้อ (ตารางที่ 4.4) ทำให้ค่า TSS ของน้ำปรุงลดลงภายหลังกระบวนการฆ่าเชื้อ อย่างไรก็ตามอาจมีการแพร่ของสารบางกลุ่มออกจากชิ้นปลา เช่น กรดอะมิโนที่มีโมเลกุลประกอบด้วยหมู่ $-NH_2$ (เอมีน) หรือกรดอะมิโนที่มีโซ่ข้างเป็นเบส (basic amino acids) เช่น อาร์-จินีน (arginine), ไลซีน (lysine) และฮิสติดีน (histidine) ในเนื้อปลาละลายออกมาในน้ำปรุงระหว่างกระบวนการฆ่าเชื้อ นอกจากการแพร่ของ basic amino acids แล้วอาจมีการแพร่ของสารละลาย STPP ออกมาสู่น้ำปรุงด้วย ซึ่งการแพร่ของ basic amino acids และ alkaline phosphate ส่งผลต่อค่า pH ของน้ำปรุงที่เพิ่มขึ้นภายหลังกระบวนการฆ่าเชื้อ

จากการวัดค่าสีของน้ำปรุงหลังผ่านการฆ่าเชื้อพบว่า มีค่าความสว่าง (L) ค่าความเป็นสีแดง (a) และค่าความเป็นสีเหลือง (b) เพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญ ($p \leq 0.05$) (ตารางที่ 4.6) ซึ่งอาจเนื่องจากการเกิดปฏิกิริยาสีน้ำตาลในน้ำปรุงในระหว่างกระบวนการให้ความร้อน เช่น ปฏิกิริยาเมลลาร์ด ส่งผลให้ค่าความเป็นสีแดง (a) และค่าความเป็นสีเหลือง (b) ของน้ำปรุงเพิ่มขึ้น อย่างไรก็ตามค่าความแตกต่างของสี (ΔE) ของน้ำปรุงมีค่าน้อยกว่า 2 ซึ่งไม่สามารถสังเกตความแตกต่างของสีได้ด้วยตามนุษย์ (Tananuwong et al., 2012) (ตารางที่ 4.6) จากการวิเคราะห์เชื้อ *Clostridium botulinum* ในผลิตภัณฑ์ปลานึ่งซีอิ๊วที่ผ่านกระบวนการสเตอริไลเซชันที่ 118 $^{\circ}C$, F_0 = 6 นาทีไม่พบเชื้อดังกล่าวในผลิตภัณฑ์

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ตารางที่ 4.6 ค่าความเป็นกรด-ด่างปริมาณของแข็งที่ละลายได้ทั้งหมด และค่าสีของน้ำปรุงรสหลังผ่านกระบวนการสเตอริไลเซชันที่ 118 ^{o}C, F_0 = 6 นาที

ชนิดปลา	สเตอริไล-เซชัน	pH	TSS (^{o}Brix)	ค่าสี			ΔE
				L	a	b	
ปลากุเรา	ก่อน	5.43^{b} ±0.01	9.78^{NS} ±0.09	22.42^{b} ±0.09	0.87^{b} ±0.06	2.67^{b} ±0.08	-
	หลัง	6.46^{a} ±0.03	9.66^{NS} ±0.19	23.74^{a} ±0.26	1.46^{a} ±0.19	3.27^{a} ±0.14	1.57
ปลาน้ำดอกไม้	ก่อน	5.43^{b} ±0.01	9.78^{a} ±0.09	22.42^{b}±0.09	0.87^{b}±0.06	2.67^{b}±0.08	-
	หลัง	6.50^{a} ±0.08	9.58^{b} ±0.15	22.99^{a} ±0.19	1.94^{a} ±0.39	3.20^{a} ±0.32	1.33

ผลการทดลองแสดงเป็นค่าเฉลี่ย ± ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานจากการทดลองอย่างน้อย 6 ซ้ำ

a, b ค่าเฉลี่ยที่มีอักษรกำกับแตกต่างกันในคอลัมน์เดียวกันสำหรับปลาแต่ละชนิด มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$)

NS หมายถึง ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p > 0.05$)

จากการทดสอบทางประสาทสัมผัสในด้านความชอบต่อผลิตภัณฑ์ปลาพร้อมบริโภคในถุงรี-ทอร์ต ผู้ทดสอบทั้งหมด 50 คน จากบ้านพักคนชราชายมูลนิธิธารนุเคราะห์บางเขนจำนวน 25 คน และบ้านพักคนชราหญิงติวานนท์จำนวน 25 คน มีอายุอยู่ในช่วง 74-90 ปี (อายุเฉลี่ย 79.45 ปี) โดยผู้ทดสอบมีน้ำหนักอยู่ในช่วง 38-80 กิโลกรัม (น้ำหนักเฉลี่ย 57.81 กิโลกรัม) ส่วนสูงอยู่ในช่วง 140-175 เซนติเมตร (ส่วนสูงเฉลี่ย 158.25 เซนติเมตร) รอบเอวอยู่ในช่วง 24-42 นิ้ว (รอบเอวเฉลี่ย 34.50 นิ้ว) ผู้ทดสอบมีสถานภาพโสดจำนวน 25 คน คิดเป็น 50% สถานะสมรสจำนวน 20 คน คิดเป็น 40% และสถานะหย่าร้างจำนวน 5 คน คิดเป็น 10% ผู้ทดสอบส่วนใหญ่มีระดับการศึกษาต่ำกว่ามัธยมศึกษาตอนปลาย (ตารางที่ 4.7) และได้รับการดูแลจากเจ้าหน้าที่บ้านพัก (ตารางที่ 4.8) โดยมีรายได้เฉลี่ยต่อเดือนต่ำกว่า 7,000 บาท (ตารางที่ 4.9)

ตารางที่ 4.7 สัดส่วนของผู้ทดสอบจำแนกตามระดับการศึกษา

ระดับการศึกษา	จำนวน (คน)	สัดส่วน (%)
ต่ำกว่ามัธยมศึกษาตอนปลาย	40	80
มัธยมศึกษาตอนปลายหรือ ปวช.	7	14
อนุปริญญาหรือ ปวส.	1	2
ปริญญาตรี	2	4
สูงกว่าปริญญาตรี	0	0

ผลการทดลองแสดงเป็นค่าเฉลี่ย ผู้ทดสอบทั้งหมด 50 คน

ตารางที่ 4.8 สัดส่วนของผู้ทดสอบจำแนกตามผู้ดูแลในการดำเนินชีวิตประจำวัน

ผู้ดูแลในการดำเนินชีวิตประจำวัน	จำนวน (คน)	สัดส่วน (%)
ได้รับการดูแลเจ้าหน้าที่บ้านพัก	25	50
ได้รับการดูแลจากลูกหลาน	10	20
ได้รับการดูแลจากเพื่อน คนรู้จัก	0	0
อื่นๆ	15	30

ผลการทดลองแสดงเป็นค่าเฉลี่ย ผู้ทดสอบทั้งหมด 50 คน

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ตารางที่ 4.9 สัดส่วนของผู้ทดสอบจำแนกตามรายได้เฉลี่ยต่อเดือนของครอบครัว

รายได้เฉลี่ยต่อเดือนของครอบครัว (บาท)	จำนวน (คน)	สัดส่วน (%)
ต่ำกว่า 7,000	45	90
7,001- 12,000	3	6
12,001- 20,000	2	4
20,001 - 50,000	0	0
มากกว่า 50,000	0	0

ผลการทดลองแสดงเป็นค่าเฉลี่ย ผู้ทดสอบทั้งหมด 50 คน

นอกจากนี้จากการวินิจฉัยจากแพทย์พบว่าผู้ทดสอบป่วยเป็นโรคความดันโลหิตสูงจำนวน 24 คน คิดเป็น 48% (ตารางที่ 4.10) โรคไขมันในเลือดสูงจำนวน 6 คน คิดเป็น 12% (ตารางที่ 4.11) โรคเบาหวานจำนวน 12 คน คิดเป็น 24% (ตารางที่ 4.12) โรคไต (ภาวะไตเสื่อม) จำนวน 9 คน คิดเป็น 18% (ตารางที่ 4.13) อย่างไรก็ตามพบว่าผู้ทดสอบส่วนใหญ่ไม่ได้ใช้ฟันปลอมในการบดเคี้ยวอาหารจำนวน 27 คน คิดเป็น 54% (ตารางที่ 4.14)

ตารางที่ 4.10 สัดส่วนของผู้ทดสอบจำแนกตามโรคความดันโลหิตสูง

โรคความดันโลหิตสูง	จำนวน (คน)	สัดส่วน (%)
เป็น	24	48
ไม่เป็น	26	52
ไม่เคยตรวจโรคนี้/จำไม่ได้	0	0

ผลการทดลองแสดงเป็นค่าเฉลี่ย ผู้ทดสอบทั้งหมด 50 คน

ตารางที่ 4.11 สัดส่วนของผู้ทดสอบจำแนกตามโรคไขมันในเลือดสูง

โรคไขมันในเลือดสูง	จำนวน (คน)	สัดส่วน (%)
เป็น	6	12
ไม่เป็น	39	78
ไม่เคยตรวจโรคนี้/จำไม่ได้	5	10

ผลการทดลองแสดงเป็นค่าเฉลี่ย ผู้ทดสอบทั้งหมด 50 คน

ตารางที่ 4.12 สัดส่วนของผู้ทดสอบจำแนกตามโรคเบาหวาน

โรคเบาหวาน	จำนวน (คน)	สัดส่วน (%)
เป็น	12	24
ไม่เป็น	37	74
ไม่เคยตรวจโรคนี้/จำไม่ได้	1	2

ผลการทดลองแสดงเป็นค่าเฉลี่ย ผู้ทดสอบทั้งหมด 50 คน

ตารางที่ 4.13 สัดส่วนของผู้ทดสอบจำแนกตามโรคไต (ภาวะไตเสื่อม)

โรคไต	จำนวน (คน)	สัดส่วน (%)
เป็น	9	18
ไม่เป็น	38	76
ไม่เคยตรวจโรคนี้/จำไม่ได้	3	6

ผลการทดลองแสดงเป็นค่าเฉลี่ย ผู้ทดสอบทั้งหมด 50 คน

ตารางที่ 4.14 สัดส่วนของผู้ทดสอบจำแนกตามการใช้ฟันปลอมในการบดเคี้ยวอาหาร

การใช้ฟันปลอมในการบดเคี้ยวอาหาร	จำนวน (คน)	สัดส่วน (%)
ใช้	23	46
ไม่ได้ใช้	27	54

ผลการทดลองแสดงเป็นค่าเฉลี่ย ผู้ทดสอบทั้งหมด 50 คน

จากการทดสอบทางประสาทสัมผัสโดยใช้ผู้ทดสอบสูงอายุ (≥75 ปี) พบว่าผลิตภัณฑ์ปลาน้ำดอกไม้นึ่งซีอิ๊วบรรจุในถุงรีทอร์ตมีคะแนนด้านสี รสชาติ และการยอมรับโดยรวม มากกว่าผลิตภัณฑ์ที่ทำจากปลากุเราอย่างมีนัยสำคัญ ($p \leq 0.05$) ส่วนคะแนนทางด้านกลิ่นรส และเนื้อสัมผัสมีค่าไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ($p > 0.05$) ทั้งนี้ผู้ทดสอบให้ข้อเสนอแนะว่าผลิตภัณฑ์ที่ทำมาจากปลากุเรามีเนื้อสัมผัสที่ยุ่ยเละและมีกลิ่นคาวปลา มากกว่าผลิตภัณฑ์ที่ทำมาจากปลาน้ำดอกไม้ (ตารางที่ 4.15) ซึ่งสอดคล้องกับค่าความแน่นเนื้อของเนื้อปลาภายหลังสเตอริไลเซชัน (ตารางที่ 4.5) ที่พบว่าเนื้อปลากุเรามีความแน่นเนื้อต่ำกว่าปลาน้ำดอกไม้ ดังนั้นจึงเลือกผลิตภัณฑ์ปลาน้ำดอกไม้ไปศึกษาภาวะการฆ่าเชื้อระดับสเตอริไลเซชันทางการค้าที่ 118 $^{\circ}C$, F_0 = 6 และ 10 นาที ต่อไป

ตารางที่ 4.15 คะแนนการทดสอบทางประสาทสัมผัสของผลิตภัณฑ์ปลากุเรา และปลาน้ำดอกไม้นึ่งซีอิ๊วบรรจุในถุงรีทอร์ตสเตอริไลเซชันที่ 118 °C, F_0 = 6 นาที

ชนิดปลา	สี	กลิ่นรส^{NS}	รสชาติ	เนื้อสัมผัส^{NS}	การยอมรับโดยรวม
ปลากุเรา	3.67^{b} ±0.74	3.53±0.99	3.80^{b} ±0.97	4.24±0.83	4.07^{b} ±0.75
ปลาน้ำดอกไม้	3.84^{a} ±0.60	3.71±0.87	4.16^{a} ±0.99	4.47±0.63	4.31^{a} ±0.76

ผลการทดลองแสดงเป็นค่าเฉลี่ย ± ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานจากผู้ทดสอบ 45 คน (5-point hedonic scale)

a, b ค่าเฉลี่ยที่มีอักษรกำกับแตกต่างกันในคอลัมน์เดียวกัน มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$)

NS หมายถึง ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p > 0.05$)

คะแนน 1 หมายถึง ไม่ชอบมากที่สุด และ 5 หมายถึง ชอบมากที่สุด

จากการศึกษาการแทรกผ่านความร้อนในผลิตภัณฑ์ปลาน้ำดอกไม้นึ่งซีอิ๊วผ่านกระบวนการสเตอริไลเซชันด้วยเครื่อง water spray retort พบว่าที่ 118 °C, F_0 = 6 และ 10 นาที มี CUT, holding time และ cooling time ดังแสดงในตารางที่ 4.16

ตารางที่ 4.16 Come-up time, holding time และ cooling time ผลิตภัณฑ์ปลาน้ำดอกไม้นึ่งซีอิ๊วที่ผ่านกระบวนการสเตอริไลเซชันที่ 118 °C ค่า F_0 ต่างๆ

ค่า F_o (นาที)	come-up time (นาที)	holding time (นาที)	cooling time (นาที)
6	12	27	20
10	12	37	20

ผลการทดลองแสดงเป็นค่าจากการทดลอง 2 ซ้ำ ค่าเวลาในแต่ละซ้ำห่างกันไม่เกิน 1 นาที

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

จากการสเตอริไลเซชันที่ 118 °C, F_0 = 6 และ 10 นาที พบว่าผลิตภัณฑ์ปลาน้ำดอกไม้นึ่งซีอิ๊วที่ผ่านกระบวนการสเตอริไลเซชันที่ F_0 = 10 นาที มีน้ำหนักเนื้อปลาที่สูญเสียไปมากกว่า และมีน้ำหนักน้ำปรุงเพิ่มขึ้นมากกว่าผลิตภัณฑ์ปลาน้ำดอกไม้นึ่งซีอิ๊วที่ผ่านกระบวนการสเตอริไลเซชันที่ F_0 = 6 นาทีอย่างมีนัยสำคัญ ($p \leq 0.05$) (ตารางที่ 4.17)

ตารางที่ 4.17 ร้อยละน้ำหนักที่สูญเสียไปของเนื้อปลา และร้อยละน้ำหนักที่เพิ่มขึ้นของน้ำปรุงในผลิตภัณฑ์ปลาน้ำดอกไม้นึ่งซีอิ๊วที่ผ่านกระบวนการสเตอริไลเซชันที่ 118 °C, F_0 = 6 และ 10 นาที

ค่า F_0 (นาที)	เนื้อปลา (% weight loss)	น้ำปรุง (% weight gain)
6	10.54^{b} ±4.08	24.67^{b} ±9.62
10	17.13^{a} ±3.25	41.45^{a} ±9.84

ผลการทดลองแสดงเป็นค่าเฉลี่ย ± ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานจากการทดลองอย่างน้อย 10 ซ้ำ

a, b ค่าเฉลี่ยที่มีอักษรกำกับแตกต่างกันในคอลัมน์เดียวกัน มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$)

นอกจากนี้ยังพบว่าความแน่นเนื้อของเนื้อปลาภายหลังสเตอริไลเซชัน (ตารางที่ 4.18) มีค่าเพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญ ($p \leq 0.05$) เนื่องจากความร้อนทำให้โปรตีนในเนื้อปลาเสียสภาพ จึงขับน้ำและองค์ประกอบที่ละลายน้ำได้ออกไปสู่น้ำปรุง ดังที่ได้กล่าวแล้วข้างต้น ความแตกต่างทั้งด้านการเปลี่ยนแปลงน้ำหนักเนื้อและความแน่นเนื้อเกิดขึ้นมากกว่าที่ภาวะการฆ่าเชื้อที่ 118 °C, F_0 = 10 นาที อาจเนื่องจากการฆ่าเชื้อที่ F_0 = 10 นาที ใช้เวลาในการฆ่าเชื้อ (holding time) นานกว่าการฆ่าเชื้อที่ F_0 = 6 นาที ระยะเวลาในการฆ่าเชื้อที่นานขึ้น ส่งผลให้เกิด protein-protein interaction ในระดับที่สูงขึ้น ทำให้เกิดการเคลื่อนที่ของน้ำและของแข็งที่ละลายน้ำได้ทั้งหมดในเนื้อปลาออกมา เนื้อปลาจึงมีความแน่นเนื้อที่ภาวะการฆ่าเชื้อที่ F_0 = 10 นาที มีค่ามากกว่าที่ F_0 = 6 นาที จากการวัดค่าสีของเนื้อปลาพบว่าเมื่อค่า F_0 เพิ่มขึ้น ค่าความสว่าง (L) มีค่าลดลง ความเป็นสีเหลือง (b) และความแตกต่างของสี (ΔE) มีค่าเพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญ ($p \leq 0.05$) (ตารางที่ 4.18) เนื่องจากปฏิกิริยาเมลลาร์ดและการแพร่ของรงควัตถุสีน้ำตาลของซีอิ๊วที่เป็นส่วนผสมในน้ำปรุงสู่เนื้อปลา ซึ่งสีน้ำตาลในซีอิ๊วเกิดจากปฏิกิริยาเมลลาร์ด ในกระบวนการหมักและกระบวนการให้ความร้อนเพื่อปรุงแต่งกลิ่นรส รวมทั้งในระหว่างการเก็บรักษา (Yokotsuka, 1960, 1986) สังเกตได้ว่าเนื้อปลาที่ผ่านการฆ่าเชื้อที่ F_0 = 6 นาที มีค่าความสว่าง (L) มากกว่า มีค่าความเป็นสีแดง (a) และค่าความเป็นสีเหลือง (b) น้อยกว่าเนื้อปลาที่ผ่านการฆ่าเชื้อที่ F_0 = 10 นาที เนื่องจากการฆ่าเชื้อที่ F_0 = 10 นาที ใช้เวลานานกว่าการฆ่าเชื้อที่ F_0 = 6 นาที โดยปฏิกิริยาการเกิดสีน้ำตาลที่ไม่อาศัยเอนไซม์จะเกิดขึ้นที่อุณหภูมิสูง และ

แปรผันตามระยะเวลาและอุณหภูมิที่ใช้ (นิธิยา รัตนาปนนท์, 2551) กล่าวคือระยะเวลาในกระบวนการสเตอริไลเซชันที่นานขึ้น ทำให้เกิดปฏิกิริยาการเกิดสีน้ำตาลที่ไม่อาศัยเอนไซม์มากขึ้นด้วย

ตารางที่ 4.18 ความแน่นเนื้อ ค่าสี และความแตกต่างของสี ของเนื้อปลาน้ำดอกไม้หลังผ่านกระบวนการสเตอริไลเซชันที่ 118 $^{\circ}$C ค่า F_0 ต่างๆ

สเตอริไลเซชัน	ความแน่นเนื้อ (g force)	ค่าสี			ΔE
		L	a	b	
ก่อน	224.31^{c} ±31.88	53.66^{a} ±0.50	0.68^{b} ±0.41	6.32^{c} ±0.24	-
F_0 = 6 นาที	282.44^{b} ±24.83	47.45^{b} ±1.31	0.85^{b} ±0.21	6.94^{b} ±0.43	6.25
F_0 = 10 นาที	338.90^{a} ±26.59	41.40^{c} ±0.20	1.61^{a} ±0.34	8.67^{a} ±0.23	12.46

ผลการทดลองแสดงเป็นค่าเฉลี่ย ± ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานจากการทดลองอย่างน้อย 6 ซ้ำ

a, b, c ค่าเฉลี่ยที่มีอักษรกำกับแตกต่างกันในคอลัมน์เดียวกัน มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$)

จากการวิเคราะห์สมบัติทางเคมีและกายภาพของน้ำปรุงรสที่ผ่านการสเตอริไลเซชัน พบว่าเมื่อค่า F_0 เพิ่มขึ้น น้ำปรุงมีค่า pH เพิ่มขึ้น แต่ปริมาณของแข็งที่ละลายได้ทั้งหมด (TSS) ลดลง อย่างมีนัยสำคัญ ($p \leq 0.05$) (ตารางที่ 4.19) การให้ความร้อนโดยใช้เวลาฆ่าเชื้อที่นานขึ้นจะส่งผลให้เกิดอันตรกิริยาระหว่างโมเลกุลโปรตีนด้วยกันเองมากขึ้น จึงขับน้ำและองค์ประกอบที่ละลายน้ำได้ (ซึ่งมีผลต่อค่า pH) ออกไปสู่น้ำปรุงได้มากขึ้น เกิด dilution effect และส่งผลให้ค่า pH ของน้ำปรุงที่ผ่านการฆ่าเชื้อที่ F_0 = 10 นาทีมีค่ามากกว่า และมีค่า TSS น้อยกว่าน้ำปรุงที่ผ่านการฆ่าเชื้อที่ F_0 = 6 นาที ผลการทดลองดังกล่าวยังสอดคล้องกับค่าการเปลี่ยนแปลงน้ำหนักที่สูญเสียไปของเนื้อปลา และน้ำหนักที่เพิ่มขึ้นของน้ำปรุงจากตารางที่ 4.17 ด้วย อย่างไรก็ตามค่าสีของน้ำปรุงหลังผ่านการฆ่าเชื้อมีค่าความสว่าง (L) ลดลง ค่าความเป็นสีแดง (a) และค่าความแตกต่างของสี (ΔE) เพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญ ($p \leq 0.05$) เนื่องจากปฏิกิริยาการเกิดสีน้ำตาลในระหว่างกระบวนการให้ความร้อนที่เกิดขึ้นในน้ำปรุง ซึ่งปฏิกิริยาการเกิดสีน้ำตาลจะเกิดได้มากขึ้นเมื่อเวลาในการฆ่าเชื้อเพิ่มขึ้น ดังที่ได้กล่าวมาแล้ว

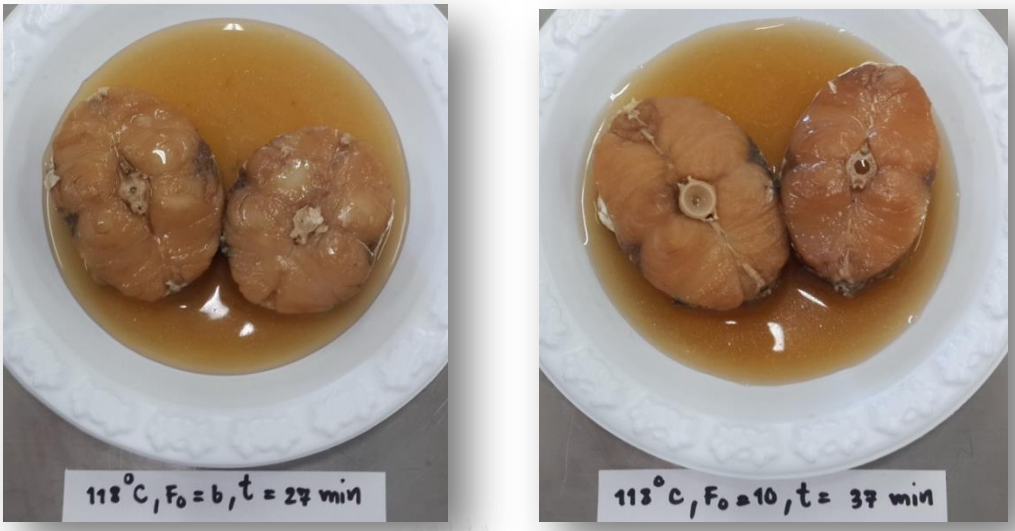
ตารางที่ 4.19 ค่าความเป็นกรด-ด่าง ปริมาณของแข็งที่ละลายได้ทั้งหมด และค่าสี ของน้ำปรุงรสหลังผ่านกระบวนการสเตอริไลเซชันที่118 °C ค่า F_0 ต่างๆ

สเตอริไลเซชัน	pH	TSS (°Brix)	ค่าสี			ΔE
			L	a	b	
ก่อน	5.43^{c} ±0.01	9.78^{a} ±0.09	22.42^{b} ±0.09	0.87^{c} ±0.06	2.67^{b} ±0.08	-
F_0 = 6 นาที	6.32^{b} ±0.05	9.59^{b} ±0.04	22.91^{a} ±0.36	1.80^{b} ±0.31	3.04^{a} ±0.10	1.12
F_0 = 10 นาที	6.89^{a} ±0.17	9.31^{c} ±0.06	20.61^{c} ±0.40	2.58^{a} ±0.03	2.70^{b} ±0.08	2.50

ผลการทดลองแสดงเป็นค่าเฉลี่ย ± ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานจากการทดลองอย่างน้อย 6 ซ้ำ

a, b, c ค่าเฉลี่ยที่มีอักษรกำกับแตกต่างกันในคอลัมน์เดียวกัน มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ($p \leq 0.05$)

จากการทดสอบทางประสาทสัมผัสโดยใช้ผู้ทดสอบสูงอายุ (≥75 ปี) จำนวน 50 คน ที่มีคุณสมบัติเบื้องต้นตามตารางที่ 4.7 – 4.14 พบว่าผลิตภัณฑ์ปลาน้ำดอกไม้นึ่งซีอิ๊วบรรจุในถุงรีทอร์ตฆ่าเชื้อที่ 118 °C, F_0 = 6 และ 10 นาที (รูปที่ 4.1) มีคะแนนด้านสี กลิ่นรส รสชาติ เนื้อสัมผัส และการยอมรับโดยรวมต่อผลิตภัณฑ์ ไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ($p>0.05$) ซึ่งผู้ทดสอบให้คะแนนทุกด้านของผลิตภัณฑ์มากกว่า 3 คะแนน (ตารางที่ 4.20) จึงเลือกผลิตภัณฑ์ปลาน้ำดอกไม้นึ่งซีอิ๊วบรรจุถุงรีทอร์ตฆ่าเชื้อที่ 118 °C, F_0 = 6 นาที มาทำการวิเคราะห์ทางเคมีเพื่อจัดทำฉลากโภชนาการต่อไป



(ก) (ข)

รูปที่ 4.1 ผลิตภัณฑ์ปลาน้ำดอกไม้นึ่งซีอิ๊วบรรจุในถุงรีทอร์ตสเตอริไลเซชันที่ 118 °C
(ก) F_0 = 6 นาที (ข) F_0 = 10 นาที

ตารางที่ 4.20 คะแนนทางประสาทสัมผัสของผลิตภัณฑ์ปลาน้ำดอกไม้นึ่งซีอิ๊วบรรจุในถุงรีทอร์ตสเตอริไลเซชันที่ 118 °C, F_0 = 6 และ 10 นาที

F_o (นาที)	สี[NS]	กลิ่นรส[NS]	รสชาติ[NS]	เนื้อสัมผัส[NS]	การยอมรับโดยรวม[NS]
6	3.82±0.75	3.66±0.69	3.96±0.78	3.92±0.70	3.94±0.74
10	3.78±0.74	3.72±0.73	3.92±0.85	3.88±0.75	3.98±0.74

ผลการทดลองแสดงเป็นค่าเฉลี่ย ± ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานจากผู้ทดสอบ 50 คน (5-point hedonic scale)
NS หมายถึง ไม่มีความแตกต่างกันในคอลัมน์เดียวกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p>0.05$)
คะแนน 1 หมายถึง ไม่ชอบมากที่สุด และ 5 หมายถึง ชอบมากที่สุด

จากการวิเคราะห์สมบัติทางจุลินทรีย์ในผลิตภัณฑ์ปลาน้ำดอกไม้นึ่งซีอิ๊วบรรจุในถุงรีทอร์ตฆ่าเชื้อที่ 118 °C, F_0 = 6 นาที พบว่าเป็นไปตามมาตรฐานทางจุลินทรีย์สำหรับอาหารที่มีความเป็นกรดต่ำตามวิธี มอก. 335-2523 เล่ม 1 (สำนักงานมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม, 2523) (ตารางที่ 4.21)

ตารางที่ 4.21 สมบัติทางจุลินทรีย์ในผลิตภัณฑ์ปลาน้ำดอกไม้นึ่งซีอิ๊วบรรจุในถุงรีทอร์ตฆ่าเชื้อที่ 118 $^{\circ}$C, F_0 = 6 นาที

ลักษณะ		หน่วย	ผลการทดสอบที่อุณหภูมิ 36±1 $^{\circ}$C เวลา 14 วัน	ผลการทดสอบที่อุณหภูมิ 55±1 $^{\circ}$C เวลา 7 วัน
Total Plate Count		cfu/g	< 10	< 10
Coliform		0.1 g	ไม่พบ	ไม่พบ
Flat-sour	Thermophile	0.2 g	ไม่พบ	ไม่พบ
	Mesophile	0.2 g	ไม่พบ	ไม่พบ
Putrefactive anaerobes		0.2 g	ไม่พบ	ไม่พบ
Salmonella		20 g	ไม่พบ	ไม่พบ
Staphylococcus		0.01 g	ไม่พบ	ไม่พบ
Streptococcus		0.2 g	ไม่พบ	ไม่พบ
Sulfide spoilage		0.1 g	ไม่พบ	ไม่พบ
Thermophilic anaerobes		0.2 g	ไม่พบ	ไม่พบ
Incubation test		-	ปกติ	ปกติ
Color		-	ปกติ	ปกติ
Odor		-	ปกติ	ปกติ

ผลการทดลองแสดงเป็นค่า < 10 หมายถึง ไม่พบการเจริญเติบโตของจุลินทรีย์

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

จากตารางที่ 4.22 จะเห็นว่าผลิตภัณฑ์ปลาน้ำดอกไม้นึ่งซีอิ๊วหนึ่งหน่วยบริโภค (100 กรัม) ประกอบด้วยปลานึ่ง 65 กรัม มีปริมาณไขมันทั้งหมด 1.5 กรัม ปริมาณโปรตีน 20 กรัม และปริมาณโซเดียม 340 มิลลิกรัม นอกจากนี้ผลิตภัณฑ์มีปริมาณวิตามินเอ 4%, วิตามินบี 1 2%, วิตามินบี 2 2%, แคลเซียม 25% และเหล็ก 4% ของปริมาณสารอาหารที่แนะนำให้บริโภคประจำวันสำหรับคนไทยอายุตั้งแต่ 6 ปีขึ้นไป (THAI RECOMMENDED DAILY INTAKES, THAI RDI) โดยสารอาหารประเภท วิตามินเอ คือ 800 ไมโครกรัม อาร์อีต่อวัน, วิตามินบี 1 คือ 1.5 มิลลิกรัมต่อวัน วิตามินบี 2 คือ 1.7 มิลลิกรัมต่อวัน แคลเซียม คือ 800 มิลลิกรัมต่อวัน และเหล็ก คือ 15 มิลลิกรัมต่อวัน ดังนั้น

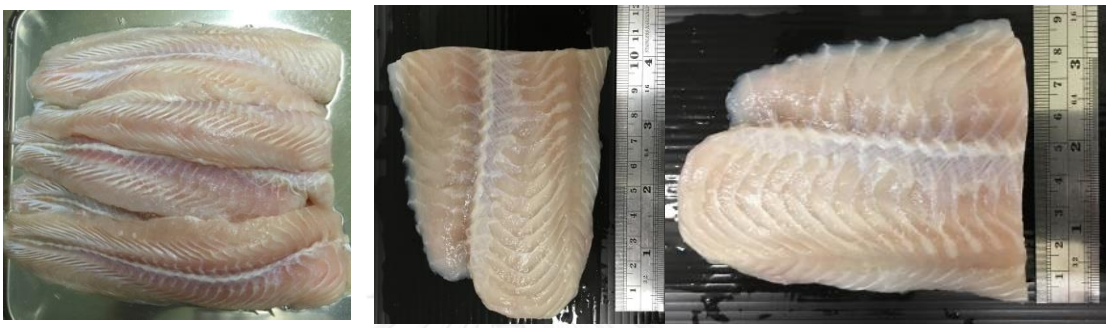
ผลิตภัณฑ์นี้มีปริมาณโปรตีนสูง (≥10 g/100 g อาหาร) ไขมันต่ำ (≤3 g/100 g อาหาร) (กระทรวงสาธารณสุข, 2541) และมีปริมาณโซเดียมเหมาะสม (< 800 mg) สำหรับผู้สูงอายุที่ป่วยเป็นโรคไตเสื่อมระยะเริ่มต้น โรคเบาหวาน โรคหัวใจ โรคไขมันในเลือดสูง และโรคความดันโลหิตสูง ซึ่งผลิตภัณฑ์ที่ได้มีเนื้อสัมผัส รสชาติ และกลิ่นรสที่ผู้บริโภคให้การยอมรับ

ตารางที่ 4.22 ข้อมูลโภชนาการของผลิตภัณฑ์ปลาน้ำดอกไม้นึ่งซีอิ๊วบรรจุในถุงรีทอร์ตฆ่าเชื้อที่ 118 $^{\circ}$C, F_0 = 6 นาที

ข้อมูลโภชนาการ			
หนึ่งหน่วยบริโภค : 1 ถุง (100 กรัม)			
จำนวนหน่วยบริโภคต่อถุง : 1			
คุณค่าทางโภชนาการต่อหนึ่งหน่วยบริโภค			
พลังงานทั้งหมด 90 กิโลแคลอรี (พลังงานจากไขมัน 15 กิโลแคลอรี)			
			ร้อยละของปริมาณที่แนะนำต่อวัน *
ไขมันทั้งหมด 1.5 ก.			2%
ไขมันอิ่มตัว 0.5 ก.			3%
โคเลสเตอรอล 60 มก.			20%
โปรตีน 20 ก.			
คาร์โบไฮเดรตทั้งหมด 0 ก.			0%
ใยอาหาร 0 ก.			0%
น้ำตาล 0 ก.			
โซเดียม 340 มก.			14%
ร้อยละของปริมาณที่แนะนำต่อวัน *			
วิตามินเอ	4%	**วิตามินบี 1**	2%
วิตามินบี 2	2%	**แคลเซียม**	25%
เหล็ก	4%		
* ร้อยละของปริมาณสารอาหารที่แนะนำให้บริโภคต่อวันสำหรับคนไทยอายุตั้งแต่ 6 ปีขึ้นไป (Thai RDI) โดยคิดจากความต้องการพลังงานวันละ 2,000 กิโลแคลอรี			
ความต้องการพลังงานของแต่ละบุคคลแตกต่างกัน ผู้ที่ต้องการพลังงานวันละ 2,000 กิโลแคลอรี ควรได้รับสารอาหารต่าง ๆ ดังนี้			
ไขมันทั้งหมด	น้อยกว่า	65	ก.
ไขมันอิ่มตัว	น้อยกว่า	20	ก.
โคเลสเตอรอล	น้อยกว่า	300	มก.
คาร์โบไฮเดรตทั้งหมด		300	ก.
ใยอาหาร		25	ก.
โซเดียม	น้อยกว่า	2,400	มก.
พลังงาน (กิโลแคลอรี) ต่อกรัม : ไขมัน = 9 ; โปรตีน = 4 ; คาร์โบไฮเดรต = 4			

4.2 ผลิตภัณฑ์ปลาดอรี่แล่หั่นตามยาวเป็นชิ้นไม่ติดกระดูกบรรจุแยกน้ำปรุงรสซีอิ๊ว

จากการหาค่าร้อยละการสูญเสียน้ำหนักของเนื้อปลาแพนกาเซียสดอรี่แช่แข็งแล่ตามยาวเป็นชิ้นไม่ติดกระดูกและไม่มีหนัง (fillet) ผ่านการแช่สารละลายเพื่อปรับปรุงคุณภาพชิ้นปลามาแล้วภายหลังการละลายน้ำแข็ง (รูปที่ 4.2) พบว่ามีค่าเท่ากับ 19.42±0.72 และร้อยละน้ำหนักที่สูญเสียไปหลังการนึ่ง (% cooking loss) เท่ากับ 20.63±2.17



รูปที่ 4.2 ปลาดอรี่ภายหลังการละลายน้ำแข็ง (ซ้าย) และชิ้นปลาที่หั่นตามขวางพร้อมนึ่ง (ขวา)

จากการศึกษาการแทรกผ่านความร้อนในผลิตภัณฑ์ปลาดอรี่บรรจุถุงรีทอร์ต ในระหว่างกระบวนการฆ่าเชื้อด้วยเครื่อง water spray retort พบว่าที่ 118 $^{\circ}$C, F_0 = 6 นาที มี CUT, holding time และ cooling time ดังแสดงในตารางที่ 4.23

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ตารางที่ 4.23 Come-up time, holding time และ cooling time ผลิตภัณฑ์ปลาดอรี่บรรจุถุงรีทอร์ตที่ผ่านกระบวนการสเตอริไลเซชันที่ 118 $^{\circ}$C ค่า F_0 = 6 นาที

ค่า F_0 (นาที)	come-up time (นาที)	holding time (นาที)	cooling time (นาที)
6	12	21	20

ผลการทดลองแสดงเป็นค่าจากการทดลอง 2 ซ้ำ ค่าเวลาในแต่ละซ้ำห่างกันไม่เกิน 1 นาที

จากการศึกษาการแทรกผ่านความร้อนในผลิตภัณฑ์น้ำปรุงรสซีอิ๊วบรรจุถุงรีทอร์ต ในระหว่างกระบวนการฆ่าเชื้อด้วยเครื่อง water spray retort พบว่าที่ 118 $^{\circ}$C, F_0 = 3 และ 6 นาที มี CUT holding time และ cooling time ดังแสดงในตารางที่ 4.24

ตารางที่ 4.24 Come-up time, holding time และ cooling time ผลิตภัณฑ์ปรุงรสซีอิ๊วบรรจุถุงรีทอร์ตที่ผ่านกระบวนการสเตอริไลเซชันที่ 118 °C ค่า F_0 = 3 และ 6 นาที

ค่า F_o (นาที)	come-up time (นาที)	holding time (นาที)	cooling time (นาที)
3	12	5	20
6	12	11	20

ผลการทดลองแสดงเป็นค่าจากการทดลอง 2 ซ้ำ ค่าเวลาในแต่ละซ้ำห่างกันไม่เกิน 1 นาที

จากการฆ่าเชื้อผลิตภัณฑ์ปลาดอรี่ที่ 118 °C, F_0 =6 นาที พบว่าภายหลังการฆ่าเชื้อปลาดอรี่มีน้ำหนักเนื้อปลาลดลงร้อยละ 10.93±2.80 และความแน่นเนื้อปลามีค่าเพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญ ($p \leq 0.05$) (ตารางที่ 4.25) เนื่องจากความร้อนส่งผลให้เกิดอันตรกิริยาระหว่างโมเลกุลของโปรตีนในเนื้อปลาเพิ่มขึ้น เกิดการเคลื่อนที่ของน้ำภายในเนื้อปลาออกมาในระหว่างกระบวนการให้ความร้อน เช่นเดียวกับผลิตภัณฑ์ปลาน้ำดอกไม้นึ่งซีอิ๊วพร้อมบริโภคในถุงรีทอร์ต สังเกตได้จากรูปที่ 4.3 จะเห็นได้ว่าผลิตภัณฑ์ปลาดอรี่บรรจุถุงรีทอร์ตภายหลังการฆ่าเชื้อที่ 118 °C, F_0 = 6 นาที มีน้ำออกมาจากเนื้อปลาอยู่ภายในถุงรีทอร์ต เมื่อแกะถุงนำชิ้นปลามาซับน้ำออกแล้วชั่งน้ำหนักพบว่าน้ำหนักเนื้อปลามีค่าลดลง

รูปที่ 4.3 ผลิตภัณฑ์ปลาดอรี่บรรจุถุงรีทอร์ตหลังสเตอริไลเซชันที่ 118 °C, F_0 = 6 นาที

จากการวัดค่าสีของเนื้อปลาดอรี่ (ตารางที่ 4.25) พบว่าภายหลังการฆ่าเชื้อด้วยความร้อนเนื้อปลามีค่าความสว่าง (L) ลดลง แต่ค่าความเป็นสีแดง (a) และค่าความเป็นสีเหลือง (b) มีค่าไม่แตกต่างกับเนื้อปลาก่อนผ่านการฆ่าเชื้อด้วยความร้อนอย่างมีนัยสำคัญ ($p>0.05$) นอกจากนี้ยังพบว่าค่าความแตกต่างของสี (ΔE) ของเนื้อปลามีค่าน้อยกว่า 10 ซึ่งเป็นระดับที่ตามนุษย์อาจไม่สามารถแยกความแตกต่างได้ (Tananuwong et al., 2012)

ตารางที่ 4.25 ความแน่นเนื้อ ค่าสี และความแตกต่างของสีของเนื้อปลาดอรี่ก่อนและหลังผ่านกระบวนการสเตอริไลเซชันที่ 118 °C, F_0 = 6 นาที

สเตอริไลเซชัน	ความแน่นเนื้อ (g force)	ค่าสี			ΔE
		L	a^{NS}	b^{NS}	
ก่อน	131.62^{b} ±11.15	55.59^{a} ±0.25	-0.21±0.10	3.76±0.25	-
F_0 = 6 นาที	151.39^{a} ±14.92	50.46^{b} ±0.77	-0.42±0.24	3.42±0.55	5.15

ผลการทดลองแสดงเป็นค่าเฉลี่ย ± ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานจากการทดลองอย่างน้อย 3 ซ้ำ

a, b ค่าเฉลี่ยที่มีอักษรกำกับแตกต่างกันในคอลัมน์เดียวกัน มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p\leq0.05$)

NS หมายถึง ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p>0.05$)

จากการฆ่าเชื้อน้ำปรุงรสที่ 118 °C, F_0 = 3 และ 6 นาที พบว่าน้ำปรุงที่ผ่านการฆ่าเชื้อด้วยความร้อนมีค่า pH, TSS, L และค่า a ไม่แตกต่างจากน้ำปรุงรสที่ไม่ผ่านการฆ่าเชื้ออย่างมีนัยสำคัญ ($p>0.05$) แต่พบว่าน้ำปรุงรสที่ผ่านการฆ่าเชื้อที่ค่า F_0 = 3 และ 6 นาที มีค่า b น้อยกว่าน้ำปรุงรสที่ไม่ผ่านการฆ่าเชื้ออย่างมีนัยสำคัญ ($p\leq0.05$) เมื่อพิจารณาค่าความแตกต่างของสี (ΔE) ของน้ำปรุงรสที่ 118 °C, F_0 = 3 และ 6 นาที มีค่าเท่ากับ 0.23 และ 0.31 ตามลำดับ (ตารางที่ 4.26) แสดงว่าไม่สามารถสังเกตความแตกต่างของสีได้ด้วยตามนุษย์ (Tananuwong et al., 2012)

ตารางที่ 4.26 ค่าความเป็นกรด-ด่าง ปริมาณของแข็งที่ละลายได้ทั้งหมด และค่าสีของน้ำปรุงรสก่อนและหลังผ่านการฆ่าเชื้อที่ 118 °C และค่า F_0 ต่างๆ

สเตอริไล-เซชัน	pH^{NS}	TSS^{NS} (°Brix)	ค่าสี			ΔE
			L^{NS}	a^{NS}	b	
ก่อน	5.43±0.01	9.78±0.09	22.42±0.09	0.87±0.06	2.67^{a} ±0.08	-
F_0 = 3 นาที	5.39±0.01	9.80±0.13	22.50±0.12	0.84±0.05	2.45^{b} ±0.04	0.23
F_0 = 6 นาที	5.38±0.15	9.87±0.31	22.54±0.28	0.79±0.01	2.38^{b} ±0.01	0.31

ผลการทดลองแสดงเป็นค่าเฉลี่ย ± ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานจากการทดลองอย่างน้อย 3 ซ้ำ

a, b ค่าเฉลี่ยที่มีอักษรกำกับแตกต่างกันในคอลัมน์เดียวกัน มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$)

NS หมายถึง ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p > 0.05$)

จากการทดสอบทางประสาทสัมผัสโดยใช้ผู้ทดสอบสูงอายุ (≥75 ปี) จำนวน 50 คน และมีคุณสมบัติเบื้องต้นตามตารางที่ 4.7 – 4.14 พบว่าผลิตภัณฑ์ปลาดอรี่ฆ่าเชื้อที่ 118 °C, F_0 = 6 นาที และน้ำปรุงรสฆ่าเชื้อที่ 118 °C, F_0 = 3 และ 6 นาที (รูปที่ 4.4) มีคะแนนทางด้านสีเนื้อสัมผัส และการยอมรับโดยรวมต่อผลิตภัณฑ์ ไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ($p > 0.05$) ซึ่งผู้ทดสอบให้คะแนนทุกด้านของผลิตภัณฑ์มากกว่า 3 คะแนน (ตารางที่ 4.27) จึงเลือกผลิตภัณฑ์ปลาดอรี่ฆ่าเชื้อที่ 118 °C, F_0 = 6 นาที และน้ำปรุงรสฆ่าเชื้อที่ 118 °C, F_0 = 3 นาทีไปวิเคราะห์ทางเคมีเพื่อจัดทำฉลากโภชนาการต่อไป

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

(ก) (ข)

รูปที่ 4.4 (ก) ปลาดอรี่สเตอริไลเซชันที่ 118 °C, F_0 = 6 นาที (ข) น้ำปรุงรสสเตอริไลเซชันที่ 118 °C, F_0 = 3 และ 6 นาที

ตารางที่ 4.27 คะแนนทางประสาทสัมผัสของผลิตภัณฑ์ปลาดอรี่ฆ่าเชื้อที่ 118 °C, F_0 = 6 นาที และน้ำปรุงรสซีอิ๊วฆ่าเชื้อที่ 118 °C และค่า F_0 ต่างๆ

F_o (นาที)	สี^{NS}	กลิ่นรส	รสชาติ	เนื้อสัมผัส^{NS}	การยอมรับโดยรวม^{NS}
3	3.88±0.59	3.94^{a}±0.51	3.88^{a}±0.92	4.04±0.67	3.90±0.86
6	3.80±0.61	3.70^{b}±0.68	3.52^{b}±0.86	4.00±0.70	3.70±0.76

ผลการทดลองแสดงเป็นค่าเฉลี่ย ± ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานจากผู้ทดสอบ 50 คน (5-point hedonic scale)

a, b ค่าเฉลี่ยที่มีอักษรกำกับแตกต่างกันในคอลัมน์เดียวกัน มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$)

NS หมายถึง ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p > 0.05$)

คะแนน 1 หมายถึง ไม่ชอบมากที่สุด และ 5 หมายถึง ชอบมากที่สุด

จากการวิเคราะห์สมบัติทางจุลินทรีย์ในผลิตภัณฑ์ปลาดอรี่ฆ่าเชื้อที่ 118 °C, F_0 = 6 นาที (ตารางที่ 4.28) และน้ำปรุงรสฆ่าเชื้อที่ 118 °C, F_0 = 3 นาที (ตารางที่ 4.29) พบว่าเป็นไปตามมาตรฐานทางจุลินทรีย์สำหรับอาหารที่มีความเป็นกรดต่ำ ตามวิธี มอก. 335-2523 เล่ม 1 (สำนักงานมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม, 2523)

ตารางที่ 4.28 สมบัติทางจุลินทรีย์ในผลิตภัณฑ์ปลาดอรี่ฆ่าเชื้อที่ 118 °C, F_0 = 6 นาที

ลักษณะ		หน่วย	ผลการทดสอบที่อุณหภูมิ 36±1 °C เวลา 14 วัน	ผลการทดสอบที่อุณหภูมิ 55±1 °C เวลา 7 วัน
Total Plate Count		cfu/g	< 10	< 10
Coliform		0.1 g	ไม่พบ	ไม่พบ
Flat-sour	Thermophile	0.2 g	ไม่พบ	ไม่พบ
	Mesophile	0.2 g	ไม่พบ	ไม่พบ
Putrefactive anaerobes		0.2 g	ไม่พบ	ไม่พบ
Salmonella		20 g	ไม่พบ	ไม่พบ
Staphylococcus		0.01 g	ไม่พบ	ไม่พบ
Streptococcus		0.2 g	ไม่พบ	ไม่พบ
Sulfide spoilage		0.1 g	ไม่พบ	ไม่พบ
Thermophilic anaerobes		0.2 g	ไม่พบ	ไม่พบ
Incubation test		-	ปกติ	ปกติ
Color		-	ปกติ	ปกติ
Odor		-	ปกติ	ปกติ

ผลการทดลองแสดงเป็นค่า < 10 หมายถึง ไม่พบการเจริญเติบโตของจุลินทรีย์

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ตารางที่ 4.29 สมบัติทางจุลินทรีย์ในผลิตภัณฑ์น้ำปรุงรสซีอิ๊วฆ่าเชื้อที่ 118 °C, F_0 = 3 นาที

ลักษณะ		หน่วย	ผลการทดสอบที่อุณหภูมิ 36±1 °C เวลา 14 วัน	ผลการทดสอบที่อุณหภูมิ 55±1 °C เวลา 7 วัน
Total Plate Count		cfu/g	< 10	< 10
Coliform		0.1 g	ไม่พบ	ไม่พบ
Flat-sour	Thermophile	0.2 g	ไม่พบ	ไม่พบ
	Mesophile	0.2 g	ไม่พบ	ไม่พบ
Putrefactive anaerobes		0.2 g	ไม่พบ	ไม่พบ
Salmonella		20 g	ไม่พบ	ไม่พบ
Staphylococcus		0.01 g	ไม่พบ	ไม่พบ
Streptococcus		0.2 g	ไม่พบ	ไม่พบ
Sulfide spoilage		0.1 g	ไม่พบ	ไม่พบ
Thermophilic anaerobes		0.2 g	ไม่พบ	ไม่พบ
Incubation test		-	ปกติ	ปกติ
Color		-	ปกติ	ปกติ
Odor		-	ปกติ	ปกติ

ผลการทดลองแสดงเป็นค่า < 10 หมายถึง ไม่พบการเจริญเติบโตของจุลินทรีย์

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

จากตารางที่ 4.30 พบว่าผลิตภัณฑ์ปลาดอรี่ฆ่าเชื้อที่ 118 °C, F_0 = 6 นาที และน้ำปรุงรสฆ่าเชื้อที่ 118 °C, F_0 = 3 นาที หนึ่งหน่วยบริโภค 100 กรัม ประกอบด้วยปลานึ่ง 60 กรัม และน้ำปรุงรสซีอิ๊ว 40 กรัมมีปริมาณไขมันทั้งหมด 1 กรัม ปริมาณโปรตีน 13 กรัม และปริมาณโซเดียม 620 มิลลิกรัม นอกจากนี้ผลิตภัณฑ์มีปริมาณเหล็ก 2% ของปริมาณสารอาหารที่แนะนำให้บริโภคประจำวันสำหรับคนไทยอายุตั้งแต่ 6 ปีขึ้นไป โดยสารอาหารประเภทเหล็ก คือ 15 มิลลิกรัมต่อวัน ดังนั้นผลิตภัณฑ์นี้มีปริมาณโปรตีนสูง (≥10 g/100 g อาหาร) ไขมันต่ำ (≤3 g/100 g อาหาร) (กระทรวงสาธารณสุข, 2541) และมีปริมาณโซเดียมเหมาะสม (< 800 mg) สำหรับผู้สูงอายุที่ป่วย

เป็นโรคไตเสื่อมระยะเริ่มต้น โรคเบาหวาน โรคหัวใจ โรคไขมันในเลือดสูง และโรคความดันโลหิตสูง ซึ่งผลิตภัณฑ์ที่ได้มีเนื้อสัมผัส รสชาติ และกลิ่นรสที่ผู้บริโภคให้การยอมรับ

ตารางที่ 4.30 ข้อมูลโภชนาการของผลิตภัณฑ์ปลาดอรี่ฆ่าเชื้อที่ 118 $^{\circ}$C, F_0 = 6 นาที และน้ำปรุงรสฆ่าเชื้อที่ 118 $^{\circ}$C, F_0 = 3 นาที

ข้อมูลโภชนาการ				
หนึ่งหน่วยบริโภค : 1 ถุง (100 กรัม)				
จำนวนหน่วยบริโภคต่อถุง : 1				
คุณค่าทางโภชนาการต่อหนึ่งหน่วยบริโภค				
พลังงานทั้งหมด 70 กิโลแคลอรี (พลังงานจากไขมัน 10 กิโลแคลอรี)				
				ร้อยละของปริมาณที่แนะนำต่อวัน *
ไขมันทั้งหมด 1 ก.				2%
ไขมันอิ่มตัว 0 ก.				0%
โคเลสเตอรอล 30 มก.				10%
โปรตีน 13 ก.				
คาร์โบไฮเดรตทั้งหมด 1 ก.				0%
ใยอาหาร 1 ก.				2%
น้ำตาล 1 ก.				
โซเดียม 620 มก.				26%
ร้อยละของปริมาณที่แนะนำต่อวัน *				
วิตามินเอ	0%	**วิตามินบี 1**		0%
วิตามินบี 2	0%	**แคลเซียม**		0%
เหล็ก	2%			
* ร้อยละของปริมาณสารอาหารที่แนะนำให้บริโภคต่อวันสำหรับคนไทยอายุตั้งแต่ 6 ปีขึ้นไป (Thai RDI) โดยคิดจากความต้องการพลังงานวันละ 2,000 กิโลแคลอรี				
ความต้องการพลังงานของแต่ละบุคคลแตกต่างกัน ผู้ที่ต้องการพลังงานวันละ 2,000 กิโลแคลอรี ควรได้รับสารอาหารต่าง ๆ ดังนี้				
ไขมันทั้งหมด	น้อยกว่า	65	ก.	
ไขมันอิ่มตัว	น้อยกว่า	20	ก.	
โคเลสเตอรอล	น้อยกว่า	300	มก.	
คาร์โบไฮเดรตทั้งหมด		300	ก.	
ใยอาหาร		25	ก.	
โซเดียม	น้อยกว่า	2,400	มก.	
พลังงาน (กิโลแคลอรี) ต่อกรัม : ไขมัน = 9 ; โปรตีน = 4 ; คาร์โบไฮเดรต = 4				

บทที่ 5
สรุปผลการทดลอง

จากการพัฒนาผลิตภัณฑ์ปลานึ่งซีอิ๊วบรรจุถุงรีทอร์ตสำหรับผู้สูงอายุ ในงานวิจัยนี้มีการพัฒนาผลิตภัณฑ์ทั้งหมด 2 กลุ่ม ได้แก่

5.1 ผลิตภัณฑ์ปลาหั่นเป็นชิ้นติดกระดูกบรรจุรวมน้ำปรุงรสซีอิ๊ว

จากการศึกษาหาความเข้มข้นของสารละลาย STPP ที่เหมาะสมในการแช่ปลาน้ำดอกไม้และปลากุเรา พบว่าความเข้มข้นของสารละลาย STPP ที่ 2.5% เป็นความเข้มข้นที่ต่ำที่สุดที่ให้ร้อยละผลผลิต และความสามารถในการอุ้มน้ำของเนื้อปลาสดสูงที่สุด และมีร้อยละน้ำหนักที่สูญเสียไปของเนื้อปลานึ่งต่ำที่สุดอย่างมีนัยสำคัญ ($p \leq 0.05$) ถึงแม้ว่ากระบวนการสเตอริไลเซชันจะทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงของเนื้อสัมผัสและสีของเนื้อปลา แต่เมื่อพิจารณาคะแนนการยอมรับทางประสาทสัมผัสของผลิตภัณฑ์ที่ผ่านกระบวนการสเตอริไลเซชัน พบว่าผู้บริโภคให้คะแนนการยอมรับทางประสาทสัมผัสทุกด้านของผลิตภัณฑ์จากปลาทั้งสองชนิด มากกว่า 3 คะแนนจากคะแนนเต็ม 5 คะแนน อย่างไรก็ตามผลิตภัณฑ์จากปลาน้ำดอกไม้มีคะแนนการยอมรับทางประสาทสัมผัสทางด้านสี รสชาติ และการยอมรับโดยรวมสูงกว่าผลิตภัณฑ์ที่ทำจากปลากุเราอย่างมีนัยสำคัญ ($p \leq 0.05$) จากการศึกษาภาวะการฆ่าเชื้อระดับสเตอริไลเซชันทางการค้าที่เหมาะสมของผลิตภัณฑ์ปลาน้ำดอกไม้นึ่งซีอิ๊ว พบว่าเนื้อปลาที่ผ่านการฆ่าเชื้อที่อุณหภูมิ 118 $^{\circ}$C, F_0 = 10 นาที มีน้ำหนักเนื้อปลาที่สูญเสียไป ความแน่นเนื้อมากกว่า และค่าความสว่างลดลง เมื่อเปรียบเทียบกับเนื้อปลาที่ผ่านการฆ่าเชื้อที่ F_0 = 6 นาที อย่างไรก็ตามคะแนนการยอมรับทางประสาทสัมผัสของผลิตภัณฑ์ปลาน้ำดอกไม้ที่ผ่านการฆ่าเชื้อที่ F_0 = 6 และ 10 นาทีมีคะแนนการยอมรับทางประสาทสัมผัสทุกด้าน ไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ($p > 0.05$) โดยมีคะแนนมากกว่า 3 คะแนนจากคะแนนเต็ม 5 คะแนน ดังนั้นจึงเลือกผลิตภัณฑ์ปลาน้ำดอกไม้นึ่งซีอิ๊วบรรจุในถุงรีทอร์ตฆ่าเชื้อที่ 118 $^{\circ}$C, F_0 = 6 นาทีเป็นผลิตภัณฑ์สุดท้าย จากการวิเคราะห์สมบัติทางจุลินทรีย์ในผลิตภัณฑ์สุดท้าย พบว่าเป็นไปตามมาตรฐานวิธีวิเคราะห์อาหารทางจุลินทรีย์สำหรับอาหารที่มีความเป็นกรดต่ำตามวิธี มอก. 335-2523 เล่ม 1 (สำนักงานมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม, 2523) และจากการจัดทำฉลากโภชนาการ พบว่าผลิตภัณฑ์หนึ่งหน่วยบริโภค (100 กรัม) มีปริมาณโปรตีนสูง ไขมันต่ำ และมีปริมาณโซเดียมเหมาะสมสำหรับผู้สูงอายุที่ป่วยเป็นโรคไตเสื่อมระยะเริ่มต้น โรคเบาหวาน โรคหัวใจ โรคไขมันในเลือดสูง และโรคความดันโลหิตสูง

5.2 ผลิตภัณฑ์ปลาแล่เป็นชิ้นไม่ติดกระดูกบรรจุแยกน้ำปรุงรสซีอิ๊ว

จากการฆ่าเชื้อผลิตภัณฑ์ปลาดอรี่ที่ 118 $^{\circ}$C, F_0 =6 นาทีพบว่าภายหลังการฆ่าเชื้อ เนื้อปลาดอรี่มีความแน่นเนื้อเพิ่มขึ้น น้ำหนักเนื้อปลาและค่าความสว่างลดลง ($p \leq 0.05$) การทดสอบทางประสาทสัมผัสของปลาดอรี่และน้ำปรุงรสซีอิ๊ว พบว่าเนื้อปลาดอรี่ที่ผ่านการฆ่าเชื้อที่อุณหภูมิ 118 $^{\circ}$C, F_0 = 6 นาที และน้ำปรุงที่ผ่านการฆ่าเชื้อที่อุณหภูมิ 118 $^{\circ}$C, F_0 = 3 นาที มีคะแนนการยอมรับทางประสาทสัมผัสทางด้านกลิ่นรส และรสชาติมากกว่าน้ำปรุงที่ฆ่าเชื้อที่ F_0 = 6 นาทีอย่างมีนัยสำคัญ ($p \leq 0.05$) แต่ไม่พบความแตกต่างของคะแนนทางด้านสี เนื้อสัมผัส และการยอมรับโดยรวม ($p > 0.05$) อย่างไรก็ตามพบว่าคะแนนการทดสอบทางประสาทสัมผัสของเนื้อปลาดอรี่ที่ฆ่าเชื้อที่ F_0 = 6 นาที และน้ำปรุงที่ผ่านการฆ่าเชื้อที่ F_0 = 3 และ 6 นาที มีคะแนนการยอมรับทางประสาทสัมผัสทุกด้านมากกว่า 3 คะแนนจากคะแนนเต็ม 5 คะแนน ดังนั้นจึงเลือกผลิตภัณฑ์ปลาดอ-รี่ที่ผ่านการฆ่าเชื้อที่อุณหภูมิ 118 $^{\circ}$C, F_0 = 6 นาที และน้ำปรุงรสซีอิ๊วที่ผ่านการฆ่าเชื้อที่อุณหภูมิ 118 $^{\circ}$C, F_0 = 3 นาทีเป็นผลิตภัณฑ์สุดท้าย จากการวิเคราะห์สมบัติทางจุลินทรีย์ในผลิตภัณฑ์สุดท้าย พบว่าเป็นไปตามมาตรฐานวิธีวิเคราะห์อาหารทางจุลินทรีย์สำหรับอาหารที่มีความเป็นกรดต่ำ ตามวิธี มอก. 335-2523 เล่ม 1 (สำนักงานมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม, 2523) และจากการวิเคราะห์ทางเคมีเพื่อจัดทำฉลากโภชนาการ พบว่าผลิตภัณฑ์หนึ่งหน่วยบริโภค (100 กรัม) มีปริมาณโปรตีนสูง ไขมันต่ำ และมีปริมาณโซเดียมเหมาะสมสำหรับผู้สูงอายุที่ป่วยเป็นโรคไตเสื่อมระยะเริ่มต้น โรคเบาหวาน โรคหัวใจ โรคไขมันในเลือดสูง และโรคความดันโลหิตสูง

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

รายการอ้างอิง

เอกสารอ้างอิงภาษาไทย

กรมการแพทย์. 2549. โครงการวิจัย การสำรวจและศึกษาภาวะสุขภาพของผู้สูงอายุ 4 ภาคของไทย. พิมพ์ครั้งที่ 1. นนทบุรี: ชุมนุมสหกรณ์การเกษตรแห่งประเทศไทย.

กรมอนามัย และกระทรวงสาธารณสุข. 2544. ตารางแสดงคุณค่าทางโภชนาการของอาหารไทย. กรุงเทพมหานคร: กรมอนามัย กระทรวงสาธารณสุข.

กระทรวงสาธารณสุข. 2556. วิธีการผลิต เครื่องมือเครื่องใช้ในการผลิตและการเก็บรักษาอาหารในภาชนะบรรจุที่ปิดสนิทชนิดที่มีความเป็นกรดต่ำ และชนิดที่ปรับกรด. แนบท้ายประกาศกระทรวงสาธารณสุข (ฉบับที่ 349) พ.ศ. 2556

กองควบคุมอาหาร. 2551. โครงการวิจัยเชิงประยุกต์ในการใช้บรรจุภัณฑ์อ่อนตัวแทนบรรจุภัณฑ์แบบกระป๋อง. เสนอต่อสำนักงานคณะกรรมการอาหารและยา. กรุงเทพมหานคร, ประเทศไทย.

กิ่งทิพย์ แต้มทอง. 2546. ปัจจัยที่ส่งผลต่อภาวะโภชนาการในผู้สูงอายุ: ศึกษากรณีหมู่บ้านท่าช้าง อำเภอบ้านลาด จังหวัดเพชรบูรณ์. วิทยานิพนธ์ปริญญามหาบัณฑิต. ภาควิชาสังคมวิทยาและมานุษยวิทยา คณะรัฐศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

ชวลิต รัตนกุล. 2557. อาหารบำบัดในผู้ป่วยโรคไตเรื้อรังระยะก่อนฟอกเลือด. [ออนไลน์]. แหล่งที่มา: http://www.nephrothai.org [19 เมษายน 2557]

ทิพาพร อยู่วิทยา. 2558. การใช้ความร้อนเพื่อฆ่าเชื้ออาหาร. เอกสารประกอบการสอนวิชา วิศวกรรมอาหาร. ภาควิชาวิศวกรรมอาหาร คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี.

นิธิยา รัตนาปนนท์. 2551. เคมีอาหาร. พิมพ์ครั้งที่ 3. กรุงเทพมหานคร: โอเดียนสโตร์.

ปกรณ์ อินทรดิษฐ์. 2546. การพัฒนาผลิตภัณฑ์ปลานวลจันทร์ทะเล (*Chanos chanos*) บรรจุกระป๋อง. ปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาผลิตภัณฑ์ประมง ภาควิชาผลิตภัณฑ์ประมง คณะประมง มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

ประกายแก้ว โกมลตรี. 2555. ผลของสารหมักเนื้อและเทคนิค Sous Vide ต่อคุณภาพของไก่กอและพร้อมบริโภค. ปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาวิทยาศาสตร์การอาหารและโภชนาการ คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์.

ประไพศรี ศิริจักรวาล และประภาศรี ภูวเสถียร. 2533. โภชนาการสำหรับผู้สูงอายุ. วารสารพยาบาล.

ประภาศรี เทพรักษา. 2547. การผลิตอาหารภายในภาชนะปิดสนิทด้วยความร้อน. หลักการผลิตและฆ่าเชื้ออาหารในภาชนะปิดสนิทด้วยความร้อน. พิมพ์ครั้งที่ 1. กรุงเทพมหานคร: สถาบันอาหาร.

ประเสริฐ อัสสันตชัย. 2553. เรื่องปลา...ปลา.... [ออนไลน์]. แหล่งที่มา: http://www.si.mahidol.ac.th [8 เมษายน 2557]

มานพ เพชรจูด. 2548. การจัดการประมงปลากุเรา บริเวณอ่าวตราด จังหวัดตราด. ปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต (การจัดการประมง) สาขาการจัดการประมง ภาควิชาการจัดการประมง คณะประมง มหาวิทยาเกษตรศาสตร์.

รศรินทร์ เกรย์, อุมาภรณ์ ภัทรวานิช, เฉลิมพล แจ่มจันทร์ และเรวดี สุวรรณนพเก้า. 2556. มโนทัศน์ใหม่ของนิยามผู้สูงอายุ มุมมองเชิงจิตวิทยาสังคมและสุขภาพ. พิมพ์ครั้งที่ 1. นครปฐม: สถาบันวิจัยประชากรและสังคม.

วันวลิต นิธิศมงคล และจงรักษ์ ผลประเสริฐ. 2558. การศึกษาความเสี่ยงด้านสุขภาพสินค้านำเข้ากลุ่มสัตว์น้ำปลาแพนกาเซียส ดอร์รี่. วิศวกรรมสารธรรมศาสตร์. 3(1): 45-53.

วิทยาลัยวิทยาศาสตร์สาธารณสุข จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย. 2554. โภชนาการกับผู้สูงอายุ. [ออนไลน์]. แหล่งที่มา: http://www.surveillance.cphs.chula.ac.th [19 เมษายน 2557]

วิพรรณ ประจวบเหมาะ และชลธิชา อัศวนิรันดร. 2554. สถานการณ์ผู้สูงอายุไทย พ.ศ. 2554. วิทยาลัยประชากรศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

วิภากร สอนสนาม และหทัยรัตน์ นาคเรืองศรี. 2556. รายงานการวิจัยเรื่อง: สภาวะสุขภาพ การรับรู้ความสามารถตนเองในการเสริมสร้างสุขภาพ การดูแลตัวเองเมื่อเจ็บป่วย และแรงสนับสนุนทางสังคมของผู้สูงอายุ. มหาวิทยาลัยราชภัฏสวนสุนันทา.

วีนัส ตันติบูล, ในจรัสวรรณ เทียนประภาส และพัชรี ตันศิริ. 2536. โภชนาการสำหรับผู้สูงอายุ. การพยาบาลผู้สูงอายุ. กรุงเทพมหานคร: โรงพิมพ์รุ่งเรืองธรรม.

ศิวาพร ศิวเวชช. 2529. วัตถุเจือปนอาหาร 1. ภาควิชาเทคโนโลยีทางอาหาร คณะเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

สถาบันเวชศาสตร์ผู้สูงอายุ. 2549. แนวทางเวชปฏิบัติ การดูแลโภชนบำบัดในโรคเบาหวาน โรคความดันโลหิตสูง และภาวะไขมันในเลือดผิดปกติสำหรับผู้สูงอายุ. กรมการแพทย์. กระทรวงสาธารณสุข. [ออนไลน์]. แหล่งที่มา: http://www.dms.moph.go.th [19 เมษายน 2557]

สัญชัย จตุรสิทธา. 2547. การจัดการเนื้อสัตว์. พิมพ์ครั้งที่ 3. ภาควิชาสัตวศาสตร์ คณะเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่.

สายวรุฬ ชัยวานิชศิริ. 2547. หลักการฆ่าเชื้อด้วยความร้อน. หลักการผลิตและฆ่าเชื้ออาหารในภาชนะปิดสนิทด้วยความร้อน. พิมพ์ครั้งที่ 1. กรุงเทพมหานคร: สถาบันอาหาร.

สายวรุฬ ชัยวานิชศิริ, กัลยา เลาหสงคราม, ขนิษฐา ธนานุวงศ์ และศิริมา พ่วงประพันธ์. 2559. การพัฒนาผลิตภัณฑ์อาหารสำหรับผู้สูงอายุไทยอายุ 75 ปีขึ้นไป โครงการวิจัยย่อยที่ 2: การพัฒนาอาหารพร้อมบริโภคบรรจุถุงรีทอร์ทสำหรับผู้สูงอายุ. สำนักงานคณะกรรมการวิจัยแห่งชาติ.

สำนักงานมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม. 2523. วิธีวิเคราะห์อาหารทางจุลชีววิทยา เล่มที่ 1 อาหารกระป๋อง. มอก. 335-2523. กรุงเทพมหานคร: กระทรวงอุตสาหกรรม.

สำนักงานสถิติแห่งชาติ. 2557. รายงานผลเบื้องต้น การสำรวจประชากรผู้สูงอายุในประเทศไทย พ.ศ. 2557. [ออนไลน์]. แหล่งที่มา: http://www.nso.go.th/ [20 ตุลาคม 2559]

สำนักโภชนาการ. 2546. ปริมาณสารอ้างอิงที่ควรได้รับสำหรับคนไทย พ.ศ. 2546. [ออนไลน์]. แหล่งที่มา: http://nutrition.anamai.moph.go.th [19 เมษายน 2557]

สิงหา วงศโรจน. 2547. การศึกษาอนุกรมวิธานของปลาน้ำจืดในพื้นที่กรุงเทพมหานครฝ งตะวันออก. ปริญญานิพนธ์ตามหลักสูตรปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาชีววิทยา คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ.

สุทธวัฒน์ เบญจกุล. 2544. องค์ประกอบทางเคมีของสัตว์น้ำ. ภาควิชาเทคโนโลยีทางอาหาร คณะอุตสาหกรรมเกษตร มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ หาดใหญ่. สงขลา.: 27-86.

อาสีนะ หมัดเจริญ. 2546. ผลของสารประกอบฟอสเฟตต่อคุณภาพและสมบัติของกล้ามเนื้อกุ้งกุลาดำ. วิทยานิพนธ์ปริญญามหาบัณฑิต ภาควิชาเทคโนโลยีอาหาร คณะอุตสาหกรรมเกษตร มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์.

เอกสารอ้างอิงภาษาอังกฤษ

AOAC. 1995. Official Methods of Analysis 16th ed. Washington D.C: Association of Official Analytical Chemists.

Bertram, C. H., Meyer, L. R., Wu, Z., Zhou, X., and Andersen, J. H. 2008. Water Distribution and Microstructure in Enhanced Pork. Journal of Agricultural and Food Chemistry. 56: 7201-7207.

Brewer, M. S., and Novakofski, J. 1999. Cooking rate, pH and final endpoint temperature effects on color and cook loss of a lean ground beef model system. Meat Science. 52(4): 443-451.

Byun, Y., Bae, H. J., Cooksey, K., and Whiteside, S. 2010. Comparison of the quality and storage stability of salmon packaged in various retort pouches. Food Science and Technology. 43(3): 551-555.

Catauro, P. M., and Perchonok, M. 2012. Assessment of the Long-Term Stability of Retort Pouch Foods to Support Extended Duration Spaceflight. Journal of Food Science. 71(1): 29-39.

Connell, J. J. 1961. The relative stabilities of skeletal muscle myosin of some animal. Biochemistry Journal. 80: 503-509.

Damodaran, S. 1996. Amino acids, peptides, and protein. In Food Chemistry. In Fennema, O.R. (ed.), Marcel Dekker. New York: 321-430.

Devine, C., and Dikeman, M. 2014. Encyclopedia of meat sciences. Elsevier, London, UK.

Dziezak, J. D. 1990. Phosphates improve many foods. Food Technology. 44(4): 80-92.

Feiner, G. 2006. Meat products handbook. Practical science and technology. Woodhead Publishing Ltd, Cambridge, England.

Foegeding, E. A., Lanier, T. C., and Hultin, H. O. 1996. Characteristics of edible muscle tissues. In Food Chemistry. In Fennema, O.R. (ed.), Chapter 15, Vol. 3: 879-942.

Goncalves, A. A., and Ribeiro, J. L. D. 2009. Effects of phosphate treatment on quality of red shrimp (Pleoticus muelleri) processed with cryomechanical freezing. LWT-Food Science and Technology. 42(8): 1435–1438.

Hinman, D. L., and Pierson, T. R. 1990. Feasibility of Packaging Potatoes In Institutional Size Retort Pouches. Journal of Food Distribution Research. 21(2): 91-98.

Jun, S., Cox, L. J., and Huang, A. 2006. Using the Flexible Retort Pouch to Add Value to Agricultural Products. Food Safety and Technology: 1-6.

Lawrie, R. A. 1991. Meat Science. 5th ed. Pergamon Press. New York, NY.

Lee, B. J., Hendricks, D. G., and Cornforth, D. P. 1998. Effect of sodium phytate, sodium pyrophosphate and sodium tripolyphosphate on physico-chemical characteristics of restructured beef. Meat Science. 50(3): 273-283.

Li, W., Bowers, J. A., Craig, J. A., and Perng, S. K. 1993. Sodium tripolyphosphate stability and effect in ground turkey meat. Journal of Food Science. 58(3): 501-504.

Long, N. H. B. S., Gal, R., and Bunka, F. 2011. Use of phosphates in meat products. African Journal of Biotechnology. 10(86): 19874-19882.

Martin, F. F., Cofrades, S., Carballo, J., and Jimenez-Colmenero, F. 2002. Salt and phosphate effects on the gelling process of pressure/heat treated pork batters. Meat Science. 61: 15-23.

Molins, R. A. 1991. Antimicrobial uses of food preservatives. In Molins, R.A. (ed.), Phosphate in food. CRC Press, Boca Raton, FL: 207-234.

Nurnadia, A. A., Azrina, A., and Amin, I. 2011. Proximate composition and energetic value of selected marine fish and shellfish from the West coast of Peninsular Malaysia. International Food Research Journal. 18: 137-148.

Orban, E., Nevigato, T., Lena, G. D., Masci, M., Casini, I., Gambelli, L., and Caproni, R. 2008. New trends in the seafood market. Sutchi catfish (Pangasius hypophthalmus) fillets from Vietnam: Nutritional quality and safety aspects. Food Chemistry. 110(2): 383-389.

Randall, J. E. 2005. Reef and Shore Fishes of the South Pacific: New caledonia to Tahiti and the Pitcairn Islands. University of Hawaii Press, Honolulu, Hawaii, USA. (7): 707.

Rust, R. E. 1987. Science of Meat and Meat Products. 3rd ed. Food and Nutrition Press Inc.Trumbull, CT.

Sen, A. R., Naveena, B. M., Muthukumar, M., Babij, Y., and Murthy, T. R. 2005. Effects of chilling, polyphosphate and bicarbonate on quality characteristics of broiler breast meat. British Poultry Science. 46(4): 451-456.

Soest, G. V. 2016. The WWF seafood guide. [ออนไลน์]. แหล่งที่มา: http://master.seafoodinfo.eu/ [6 ธันวาคม 2557]

Solomon, H. M., and Lilly, T. J. 2001. Bacteriological Analytical Manual Chapter 17 Clostridium botulinum. U.S. Food and Drug Administration.

Suzuki, T. 1981. Fish and Krill: Processing Technology. Applied Science Publishers, London, UK. 18: 260.

Tanaka, M., and Kimura, S. 1988. Effect of Heating Condition on Protein Quality of Retort Pouched Fish Meat. Nippon Suisan Gakkaishi. 54(2): 265-270.

Tananuwong, K., Chitsakun, T., and Tattiyakul, J. 2012. Effects of high-pressure processing on inactivation of *Salmonella Typhimurium*, eating quality, and microstructure of raw chicken breast fillets. Journal of Food Science. 77: E321-E327.

Theno, D. M., Siegel, D. G., and Schmidt, G. R. 1978. Meat massaging: Effects of salt and phosphate on the microstructure of binding junctions in sectioned and formed hams. Journal of Food Science. 43: 493-498.

Unal, S. B., Erdogdu, F., and Ekiz, H. I. 2006. Effect of temperature on phosphate diffusion in meats. Journal of Food Engineering. 76(2): 119-127.

Varalakshmi, K., Devadason, P., Babji, Y., and Rajkumar, R. S. 2014. Retort Pouch Technology for Ready to Eat Products - An Economic Analysis of Retort Processing plant. IOSR Journal of Agriculture and Veterinary Science. 7(1): 78-84.

Wynveen, E. J., Bowker, B. C., Grant, A. L., Lamkey, J. W., Fennewalk, K. J., Henson, L., and Gerrard, D. E. 2001. Pork quality is affected by early postmortem phosphate and bicarbonate injection. Journal of Food Science. 66(6): 886-891.

Yokotsuka, T. 1960. Aroma and flavour of Japanese soy sauce. Advances in Food Research. 10: 75-134.

Yokotsuka, T. 1986. Soy sauce biochemistry. Advances in Food Research. 30: 195-329.

Zhang, M., Mittal, G. S., and Barbut, S. 1995. Effects of test conditions on the water holding capacity of meat by a centrifugal method. LWT-Food Science and Technology. 28(1): 50-55.

ภาคผนวก

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ภาคผนวก ก
การวิเคราะห์คุณภาพของเนื้อปลาสด

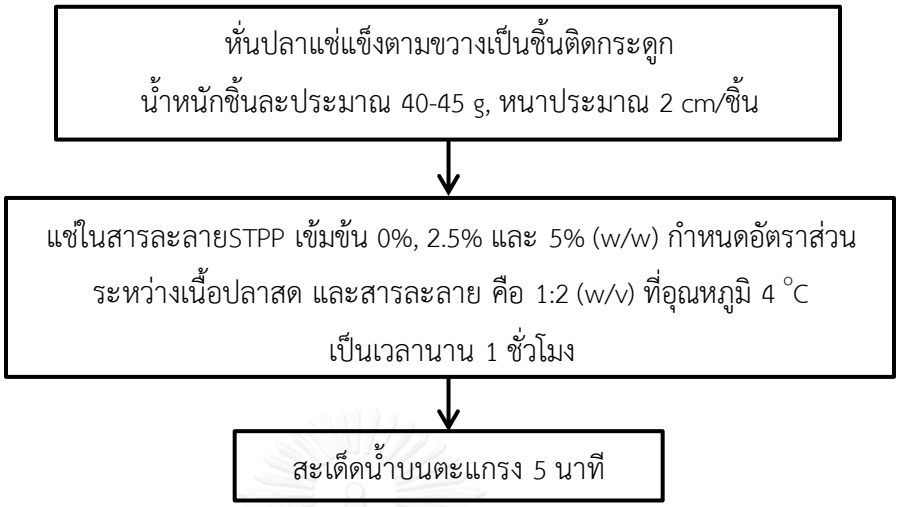
ภาคผนวก ก.1 การเตรียมตัวอย่างเนื้อปลาสดแช่ในสารละลาย STPP (ดัดแปลงวิธีการของอาสีนะ หมัดเจริญ, 2546)

วัตถุดิบ และสารเคมี

1. โซเดียมไตรพอลิฟอสเฟต (STPP) (บริษัท อดิตยา เบอร์ล่า เคมีคัลส์ จำกัด, ประเทศไทย)
2. ปลาน้ำดอกไม้ และปลากุเรา ขนาด 0.5 kg/ตัว (องค์การสะพานปลากรุงเทพฯ)

วิธีการทดลอง

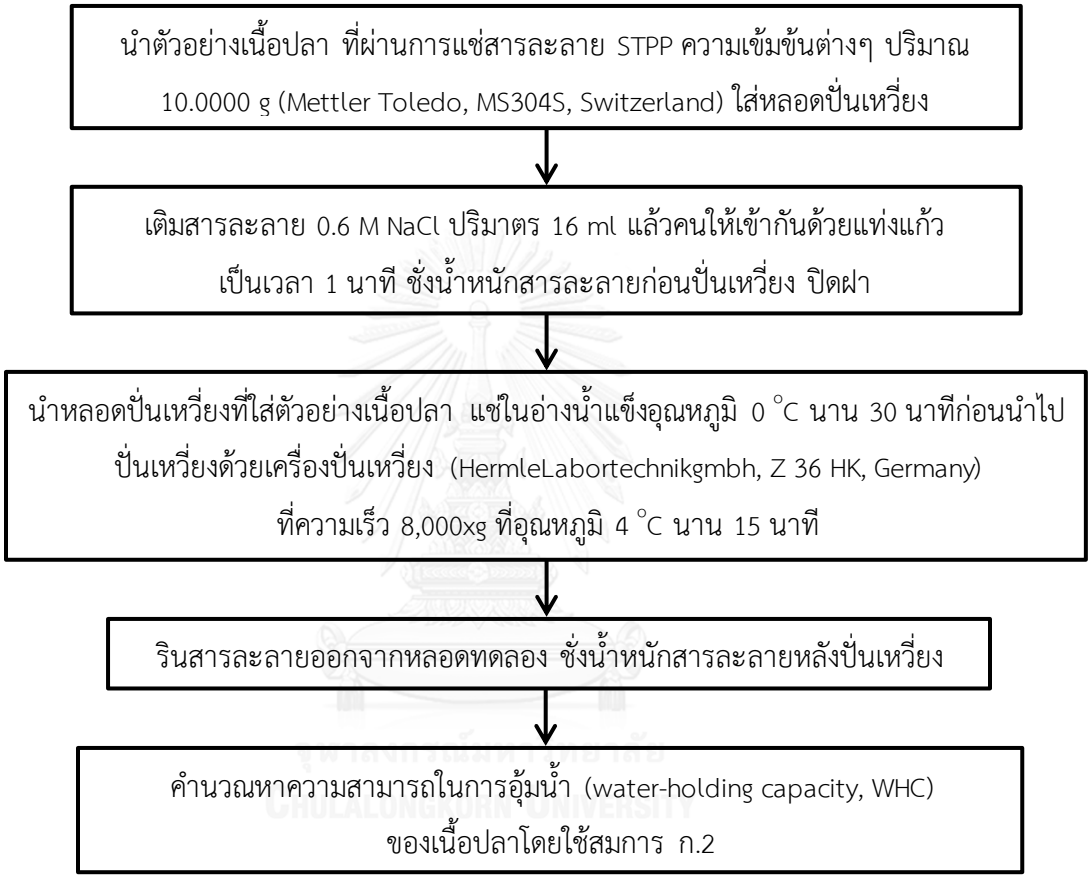
วิธีการทดลอง (ต่อ)



จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ภาคผนวก ก.2 การวัดความสามารถในการอุ้มน้ำของเนื้อปลาสดหลังแช่สารละลาย STPP (Zhang et al., 1995)

วิธีการทดลอง



$$\%WHC = ((A-B)/C) \times 100 \qquad \text{(ก. 2)}$$

เมื่อ A คือ น้ำหนักสารละลายก่อนปั่นเหวี่ยง (กรัม)

B คือ น้ำหนักสารละลายที่ออกมาจากเนื้อปลาหลังปั่นเหวี่ยง (กรัม)

C คือ น้ำหนักตัวอย่าง (กรัม)

ภาคผนวก ข
การเตรียมตัวอย่างน้ำปรุงรสปลานึ่งซีอิ๊ว

วัตถุดิบและอุปกรณ์

1. ซีอิ๊วขาวเห็ดหอม ตราเด็กสมบูรณ์ สูตรเห็ดหอม
2. ขิงผงสำเร็จรูป 100% ตราจินเจน สูตรไม่มีน้ำตาล
3. ขิ้นฉ่ายสด (องค์การตลาดเพื่อเกษตรกร)

วิธีการทดลอง

ล้างขิ้นฉ่ายให้สะอาด ตัดส่วนรากทิ้ง หั่นขิ้นฉ่ายให้ละเอียด ความกว้างประมาณ 2-5 มิลลิเมตร ต้มน้ำให้เดือด หลังจากนั้นใส่ขิ้นฉ่ายหั่นละเอียดลงไป โดยใช้ขิ้นฉ่ายต่อน้ำในอัตราส่วน 1:10 (w/w) ต้มนาน 10 นาที กรองด้วยตะแกรงขนาด 12 mesh เก็บส่วนน้ำมาใช้เป็น น้ำสกัดขิ้นฉ่าย โดยสูตรน้ำปรุงรสซีอิ๊วมีส่วนผสม คือ น้ำสกัดขิ้นฉ่าย 77%, ขิงผง 4% และซีอิ๊วขาว 19% คนส่วนผสมทั้งหมดให้เข้ากัน

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ภาคผนวก ค

การวิเคราะห์คุณภาพของเนื้อปลาและน้ำปรุงรสซีอิ๊วก่อนและหลังผ่านกระบวนการสเตอริไลเซชัน

ภาคผนวก ค.1 เนื้อสัมผัสเนื้อปลา

เครื่องมือ

1. เครื่องวัดเนื้อสัมผัส (Texture Analyzer, Model TA-XT2, Texture Technology Corp, UK)

2. หัววัดทรงกระบอก Cylinder probe P/6 ขนาด 6 มิลลิเมตร พร้อม adapter

การตั้งค่าอุปกรณ์ดังนี้

1.1 Return distance: 50 mm

1.2 Return speed: 10 mm/s

1.3 Contact force: 10 g

1.4 Pre-test speed: 1.5 mm

1.5 Test speed: 1.5 mm/s

1.6 Post-test speed: 10 mm/s

1.7 Target mode strain 30%

1.8 Trigger force 5 g

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

วิธีการทดลอง

วางชิ้นปลากุเราและปลาน้ำดอกไม้ตามขวาง หรือเนื้อปลาดอรี่ ลงบนฐานกด เลือก probe ทรงกระบอกขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 6 มิลลิเมตร เลือกวัดค่าความแน่นเนื้อ (firmness) วัดเนื้อสัมผัสของเนื้อปลา 4 ตำแหน่งสำหรับเนื้อปลา 1 ชิ้น ข้อมูลที่ได้จะเป็นค่าแรงสูงสุดที่ใช้ในการกด เป็นค่าความแน่นเนื้อของเนื้อปลา หน่วยเป็นกรัม

ภาคผนวก ค.2 สีเนื้อปลา

เครื่องมือ

1. เครื่องวัดสี Chroma meter (Minolta, Model CR-400 Series, Japan)
2. หัววัด Granular-materials attachment (CR-A50)
3. หัววัดสำหรับของเหลว (CM-A99)

วิธีทดลอง

เปิดเครื่อง ทำการ calibrate เครื่อง เลือกวัดสีในระบบ Hunter (L a b) เตรียมตัวอย่างปลา โดยลอกหนังและก้างปลาออก นำส่วนเนื้อปลาบดให้ละเอียดใส่ลงในหัววัด granular-materials attachment (CR-A50) วัดสีของเนื้อปลา โดยเนื้อปลาแต่ละชิ้นจะวัดค่าสี 3 ค่า

ภาคผนวก ค.3 สีของน้ำปรุงรสซีอิ๊ว

วิธีทดลอง

เปิดเครื่อง ทำการ calibrate เครื่อง เลือกวัดสีในระบบ Hunter (L a b) ใส่น้ำปรุงรสซีอิ๊ว ใส่ลงในหัววัดสำหรับของเหลว (CM-A99) วัดค่าสี 3 ค่า สำหรับน้ำปรุงรส 1 ถุง

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ภาคผนวก ง

แบบทดสอบทางประสาทสัมผัสในด้านความชอบต่อผลิตภัณฑ์ปลาพร้อมบริโภคในถุงรีทอร์ต

ส่วนที่ 1 ข้อมูลทั่วไป

คำชี้แจง โปรดทำเครื่องหมาย✓ลงใน☐หรือเติมข้อความลงในช่องว่างที่ตรงกับความเป็นจริง

1. เพศ ☐ ชาย ☐ หญิง

2. อายุ.....ปี

3. สถานภาพสมรส ☐ โสด ☐ สมรส ☐ หย่าร้าง

4. ระดับการศึกษา

☐ ต่ำกว่ามัธยมศึกษาตอนปลาย ☐ มัธยมศึกษาตอนปลายหรือ ปวช.

☐ อนุปริญญาหรือ ปวส. ☐ ปริญญาตรี ☐ สูงกว่าปริญญาตรี

5. ใครคือผู้ดูแลท่านในการดำเนินชีวิตประจำวัน

☐ ได้รับการดูแลเจ้าหน้าที่บ้านพัก ☐ ได้รับการดูแลจากลูกหลาน

☐ ได้รับการดูแลจากเพื่อน คนรู้จัก ☐ อื่นๆ โปรดระบุ.....

6. รายได้เฉลี่ยต่อเดือนของครอบครัว (ครอบครัวของลูกหลานหรือครอบครัวที่ดูแลท่านในข้อ 5.)

☐ ต่ำกว่า 7,000 บาท ☐ 7,001- 12,000 บาท

☐ 12,001 – 20,000 บาท ☐ 20,000 - 50,000 บาท

☐ >50,000 บาท

7. ท่านมีน้ำหนักตัว.....กิโลกรัม (ชั่งน้ำหนักมาแล้วไม่เกิน 1 เดือน)

ส่วนสูง.....เซนติเมตร

รอบเอว.....เซนติเมตร (โดยการวัด)

8. ท่านได้รับการวินิจฉัยจากแพทย์ว่าป่วยเป็นโรคประจำตัว ดังต่อไปนี้หรือไม่

ความดันโลหิตสูง	☐ เป็น	☐ ไม่เป็น	☐ ไม่เคยตรวจโรคนี้/จำไม่ได้
ไขมันในเลือดสูง	☐ เป็น	☐ ไม่เป็น	☐ ไม่เคยตรวจโรคนี้/จำไม่ได้
เบาหวาน	☐ เป็น	☐ ไม่เป็น	☐ ไม่เคยตรวจโรคนี้/จำไม่ได้
โรคไต (หรือภาวะไตเสื่อม)	☐ เป็น	☐ ไม่เป็น	☐ ไม่เคยตรวจโรคนี้/จำไม่ได้

☐ อื่นๆ โปรดระบุ .....

9. เมื่อรับประทานอาหาร ท่านใช้ฟันปลอมในการบดเคี้ยวอาหารหรือไม่

□ ใช้ □ ไม่ได้ใช้

ส่วนที่ 2 แบบทดสอบทางด้านความชอบของผลิตภัณฑ์ปลาพร้อมบริโภคในถุงรีทอร์ต

คำชี้แจง กรุณาชิมตัวอย่าง เพื่อประเมินคุณลักษณะด้านต่างๆ ทางประสาทสัมผัสของตัวอย่างดังต่อไปนี้ โปรดทำเครื่องหมาย ✓ลงใน □ ที่ตรงตามความรู้สึกของท่านมากที่สุด

รหัสตัวอย่าง.....

10. สีของเนื้อปลา

□	□	□	□	□
ไม่ชอบมาก	ไม่ชอบปานกลาง	เฉยๆ	ชอบปานกลาง	ชอบมาก

11. กลิ่นรสของผลิตภัณฑ์

□	□	□	□	□
ไม่ชอบมาก	ไม่ชอบปานกลาง	เฉยๆ	ชอบปานกลาง	ชอบมาก

12. รสชาติของผลิตภัณฑ์

□	□	□	□	□
ไม่ชอบมาก	ไม่ชอบปานกลาง	เฉยๆ	ชอบปานกลาง	ชอบมาก

13. เนื้อสัมผัสของเนื้อปลา

□	□	□	□	□
ไม่ชอบมาก	ไม่ชอบปานกลาง	เฉยๆ	ชอบปานกลาง	ชอบมาก

14. ความชอบโดยรวมของผลิตภัณฑ์

□	□	□	□	□
ไม่ชอบมาก	ไม่ชอบปานกลาง	เฉยๆ	ชอบปานกลาง	ชอบมาก

ข้อเสนอแนะ

.....

.....

.....

---- ขอขอบพระคุณทุกท่านเป็นอย่างสูงที่ให้ความร่วมมือในการตอบแบบสอบถามในครั้งนี้ ----

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ประวัติผู้เขียนวิทยานิพนธ์

นาย อนิรุทธิ์ สังฆะมงคลกิจ เกิดวันที่ 20 ธันวาคม 2532 ที่จังหวัดกรุงเทพมหานคร สำเร็จการศึกษาระดับปริญญาวิทยาศาสตรบัณฑิต เกียรตินิยมอันดับ 2 สาขาวิชาวิทยาศาสตร์การอาหารและโภชนาการ คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ เมื่อปีการศึกษา 2554 และเข้าศึกษาต่อในหลักสูตรวิทยาศาสตร์มหาบัณฑิต ภาควิชาเทคโนโลยีทางอาหาร คณะวิทยาศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย ในปีการศึกษา 2556 เคยได้รับทุนวิทยบัณฑิต ระดับปริญญาโท คณะวิทยาศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย และรางวัล "Honorable mention in Poster Competition" เรื่อง "Development of steamed fish with soy sauce in retort pouch for elderly" ในงาน Food innovation Asia Conference 2015 (FIAC 2015).

ผลงานนำเสนอทางวิชาการ

Anirut Sangkamongkonkit, Saiwarun Chaiwanichsiri, and Kanitha Tananuwong. Development of Steamed Fish with Soy Sauce in Retort Pouch for Elderly. The 17th Food Innovation Asia Conference 2015, 18-19 June 2015, BITEC Bangna, Bangkok, Thailand.

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University