

เอกสารวิชาการฉบับที่ ๒/๒๕๖๓



Technical Paper No. 2/2020

การพัฒนาคุณภาพเนื้อสัมผัสลูกชิ้นปลาแช่เยือกแข็งจากซูริมิปลาซ่ง
(*Hypophthalmichthys nobilis* Richardson, 1845)

Development of Frozen Fish Ball Texture from Bighead Carp Surimi
(*Hypophthalmichthys nobilis* Richardson, 1845)

จันทร์เพ็ญ ขำมิน
วันวิสาข์ ยวงใย
วัชรี้ คงรัตน์

Janpen Khummin
Wanvisa Youngyai
Watcharee Kongrat

กองวิจัยและพัฒนาเทคโนโลยีอุตสาหกรรมสัตว์น้ำ

กรมประมง

กระทรวงเกษตรและสหกรณ์

Fisheries Industrial Technology
Research and Development Division
Department of Fisheries
Ministry of Agriculture and Cooperatives



การพัฒนาคุณภาพเนื้อสัมผัสลูกชิ้นปลาแช่เยือกแข็งจากซูริมิปลาซัง
(*Hypophthalmichthys nobilis* Richardson, 1845)

Development of Frozen Fish Ball Texture from Bighead Carp Surimi
(*Hypophthalmichthys nobilis* Richardson, 1845)

จันทร์เพ็ญ ขำมิน
วันวิสาข์ ยวงใย
วัชรี้ คงรัตน์

Janpen Khummin
Wanvisa Youngyai
Watcharee Kongrat

กองวิจัยและพัฒนาเทคโนโลยีอุตสาหกรรมสัตว์น้ำ

กรมประมง

กระทรวงเกษตรและสหกรณ์

Fisheries Industrial Technology
Research and Development Division

Department of Fisheries

Ministry of Agriculture and Cooperatives

รหัสทะเบียนวิจัย 61 1 0506 61095

สารบัญ

	หน้า
บทคัดย่อ	1
Abstract	2
คำนำ	3
วัตถุประสงค์	7
วิธีดำเนินการ	7
ผลการทดลองและวิจารณ์ผล	15
สรุปผลการทดลอง	32
กิตติกรรมประกาศ	32
เอกสารอ้างอิง	33
ภาคผนวก	37

สารบัญตาราง

ตารางที่		หน้า
1	ส่วนผสมลูกขึ้นปลาชิ่งแช่เยือกแข็งแปรปริมาณสารยัดเกาะแต่ละชนิด 3 ระดับ	11
2	ส่วนผสมลูกขึ้นปลาชิ่งแช่เยือกแข็งสูตรควบคุม (NTA) และสูตรใส่แป้งมันสำปะหลัง (SMH)	14
3	ร้อยละผลผลิตของซูริมิจากปลาชิ่ง (% yield)	15
4	ค่าความแข็งแรงของเจล และสีของซูริมิปลาชิ่ง	15
5	ร้อยละองค์ประกอบทางเคมีของซูริมิปลาชิ่ง	16
6	คุณภาพทางประสาทสัมผัสด้านกลิ่น และด้านเนื้อสัมผัสของลูกขึ้นปลาชิ่งแช่เยือกแข็งที่แปรปริมาณสารยัดเกาะแต่ละชนิดเป็น 3 ระดับ	17
7	ค่าความแข็งแรงของเจล (GS) ของลูกขึ้นปลาชิ่งแช่เยือกแข็งที่แปรปริมาณสารยัดเกาะแต่ละชนิดเป็น 3 ระดับ	18
8	ลักษณะเนื้อสัมผัส (Springiness) ของลูกขึ้นปลาชิ่งแช่เยือกแข็งที่แปรปริมาณสารยัดเกาะแต่ละชนิดเป็น 3 ระดับ	19
9	ลักษณะทางประชากรศาสตร์ของผู้ตอบแบบสอบถามในการทดสอบการยอมรับของผู้บริโภคจำนวน 104 ราย	20
10	ร้อยละองค์ประกอบทางเคมีของลูกขึ้นปลาชิ่งแช่เยือกแข็งสูตรต่าง ๆ	24
11	ค่าความแข็งแรงของเจล (GS) ของลูกขึ้นปลาชิ่งแช่เยือกแข็งสูตรต่าง ๆ	26
12	ค่า Springiness ของลูกขึ้นปลาชิ่งแช่เยือกแข็งสูตรต่าง ๆ	27
13	ค่าสีและค่าความขาวของลูกขึ้นปลาชิ่งแช่เยือกแข็งสูตรต่าง ๆ ระหว่างการเก็บรักษา 3 เดือน	28
14	ร้อยละ WHC ของลูกขึ้นปลาชิ่งแช่เยือกแข็งสูตรต่าง ๆ ระหว่างการเก็บรักษา 3 เดือน	30
15	ต้นทุนการผลิตของลูกขึ้นปลาชิ่งแช่เยือกแข็งของสารยัดเกาะ 3 ชนิด	31

สารบัญภาพ

ภาพที่		หน้า
1	กระบวนการผลิตซูริมิจากปลาชิ่ง	9
2	กระบวนการผลิตลูกชิ้นปลาชิ่งแช่เยือกแข็ง	12
3	ความชอบของผู้บริโภคต่อลูกชิ้นปลาในท้องตลาด	21
4	ความถี่ในการบริโภคลูกชิ้นปลาต่อสัปดาห์	21
5	การบริโภคลูกชิ้นปลาแช่เยือกแข็งจากท้องตลาด	21
6	ระดับความชอบของผู้บริโภคต่อนื้อสัมผัสของลูกชิ้นปลาชิ่งแช่เยือกแข็ง	22
7	การยอมรับนื้อสัมผัสของผู้บริโภคต่อลูกชิ้นปลาชิ่งแช่เยือกแข็ง	22
8	การยอมรับในกลิ่นของผู้บริโภคต่อลูกชิ้นปลาชิ่งแช่เยือกแข็ง	23
9	การตัดสินใจซื้อลูกชิ้นปลาชิ่งแช่เยือกแข็งของผู้บริโภค	23
10	การตัดสินใจของผู้บริโภค หากมีผลิตภัณฑ์ลูกชิ้นปลาชิ่งแช่เยือกแข็งวางจำหน่าย	24
11	จำนวนผู้ทดสอบที่ให้การยอมรับด้านกลิ่นของลูกชิ้นปลาชิ่งแช่เยือกแข็งระหว่างการเก็บรักษา 3 เดือน	25
12	จำนวนผู้ทดสอบด้านนื้อสัมผัสของลูกชิ้นปลาชิ่งแช่เยือกแข็งในระดับชอบมากถึงมากที่สุด ระหว่างการเก็บรักษา 3 เดือน	26

การพัฒนาคุณภาพเนื้อสัมผัสลูกชิ้นปลาแช่เยือกแข็งจากซูริมิปลาชิ่ง (*Hypophthalmichthys nobilis* Richardson, 1845)

จันทร์เพ็ญ ขำมิน*, วันวิสาข์ ยวงใย และ วชิรี คงรัตน์
กองวิจัยและพัฒนาเทคโนโลยีอุตสาหกรรมสัตว์น้ำ

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อพัฒนาคุณภาพเนื้อสัมผัสของลูกชิ้นปลาแช่เยือกแข็งจากซูริมิปลาชิ่ง ทำการทดลองผลิตซูริมิจากปลาชิ่งได้ผลผลิต (% yield) ร้อยละ 55.35 จากเนื้อปลาแล่ หรือร้อยละ 15.69 จากปลาทั้งตัว ค่าความแข็งแรงของเจล (GS) เท่ากับ $1,202.45 \pm 134.5$ กรัม.เซนติเมตร เมื่อพับ 4 ส่วน เนื้อไม่แตก มีคะแนนเท่ากับ AA ค่าสี ได้แก่ ค่าความสว่าง (L^*) ค่าสีแดง (a^*) ค่าสีเหลือง (b^*) และค่าความขาว เท่ากับ 76.70 ± 1.20 , -3.29 ± 0.13 , 6.35 ± 0.56 และ 75.62 ± 1.19 ตามลำดับ ปริมาณโปรตีน ไขมัน ความชื้น โยอาหาร และเกลือ ร้อยละ 18.34 ± 0.24 , 1.17 ± 0.05 , 1.63 ± 0.01 , 78.91 ± 0.47 , 0.16 ± 0.04 และ 0.29 ± 0.00 ตามลำดับ นำไปผลิตเป็นลูกชิ้นปลาชิ่งแช่เยือกแข็ง โดยแปรชนิดและปริมาณสารยัดเกาะ ได้แก่ ไข่ขาวผงร้อยละ 0.5, 1 และ 2 (EW1, EW2 และ EW3) แป้งมันสำปะหลังร้อยละ 1, 2 และ 3 (TA1, TA2 และ TA3) และโปรตีนถั่วเหลืองร้อยละ 0.5, 1 และ 2 (ISP1, ISP2 และ ISP3) นำมาทดสอบคุณภาพทางประสาทสัมผัส ด้านกลิ่นและเนื้อสัมผัส โดยผู้ทดสอบ จำนวน 20 ราย และวัดค่า GS และ TPA (Springiness) พบว่า ลูกชิ้นปลาชิ่งแช่เยือกแข็งที่ได้รับการยอมรับทางประสาทสัมผัสมากกว่าร้อยละ 75 และมีค่า GS หรือค่า Springiness ใกล้เคียงกับลูกชิ้นปลาแช่เยือกแข็งทางการค้า (PKB) ได้แก่ ไข่ขาวผงร้อยละ 0.5 (EW1) แป้งมันสำปะหลังร้อยละ 2 (TA2) และโปรตีนถั่วเหลืองร้อยละ 1 (ISP2) จึงนำทั้ง 3 สูตร มาศึกษาผลการยอมรับของผู้บริโภค จำนวน 104 ราย และศึกษาการเปลี่ยนแปลงในระหว่างการเก็บรักษานาน 3 เดือน สุ่มทดสอบทุกเดือน พบว่า ผู้บริโภคจำนวนมากกว่าร้อยละ 80 ยอมรับในกลิ่นและเนื้อสัมผัสของลูกชิ้นปลาแช่เยือกแข็งทั้ง 3 สูตร และในระหว่างการเก็บรักษา 3 เดือน พบว่า ผู้ทดสอบยังคงให้การยอมรับด้านกลิ่นและเนื้อสัมผัส และผลการตรวจวัดค่า GS ความสว่าง ความขาว และการอุ้มน้ำของทั้ง 3 สูตร แตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญ ($p > 0.05$) ต้นทุนซูริมิจากปลาชิ่งเท่ากับ 233.33 บาทต่อกิโลกรัม และต้นทุนการผลิตลูกชิ้นปลาชิ่งแช่เยือกแข็งเฉลี่ยของทั้ง 3 สูตร ได้แก่ สูตร EW1, ISP2 และ TA2 เท่ากับ 181.70, 179.85 และ 181.18 บาทต่อลูกชิ้นปลาชิ่งแช่เยือกแข็ง 1 กิโลกรัม ตามลำดับ

คำสำคัญ: ซูริมิ, ลูกชิ้นปลาแช่เยือกแข็ง, สารยัดเกาะ, ไข่ขาวผง, โปรตีนสกัดจากถั่วเหลือง, แป้งมันสำปะหลัง

*ผู้รับผิดชอบ: 50 เกษตรกลาง จตุจักร กรุงเทพฯ 10900 โทร. 0 2940 6130-45 ต่อ 4310

E-mail: Janpen.kh@gmail.com

Development of Frozen Fish Ball Texture from Bighead Carp Surimi (*Hypophthalmichthys nobilis* Richardson, 1845)

Janpen Khummin*, Wanvisa Youngyai and Watcharee Kongrat
Fisheries Industrial Technology Research and Development Division

Abstract

The objective of this research was to develop the texture of frozen fish ball from bighead carp surimi. The properties of surimi from bighead carp consisting of yield, gel strength (GS), folding test, color and chemical composition were analyzed before producing the frozen fish ball. The yield of surimi showed 55.35% calculated from the fillet and 15.69% calculated from the whole fish. The GS was $1,202.45 \pm 134.5$ g.cm while the folding test scored AA. The color measurement of L* (lightness), a* (red to green) and b* (yellow to blue) were 76.70 ± 1.20 , -3.29 ± 0.13 and 6.35 ± 0.56 , respectively and the whiteness was 75.62 ± 1.19 . The chemical composition consisting of the percentage of protein, ash, fat, moisture, fiber and salt were 18.34 ± 0.24 , 1.17 ± 0.05 , 1.63 ± 0.01 , 78.91 ± 0.47 , 0.16 ± 0.04 and 0.29 ± 0.00 , respectively. Three different binders were added to develop the texture of frozen bighead carp fish ball, by varying the amount of binders as 0.5%, 1% and 2% of egg white powder (EW1, EW2 and EW3), 1%, 2% and 3% of tapioca flour (TA1, TA2 and TA3) and 0.5%, 1% and 2% of isolated soy protein (ISP1, ISP2 and ISP3). The sensory evaluation considering on odor and texture attributes was performed by 20 panelists. The formulas that were accepted more than 75% would be further analyzed for GS and TPA (Springiness) by texture analyzer, the formulas which had insignificantly different GS and springiness values from the commercial frozen fish ball (PKB) were selected which were EW1 (0.5% egg white powder), ISP2 (1% isolated soy protein) and TA2 (2% tapioca flour). The three formulas were studied on consumer test and further the change of frozen fish ball during 3 months while storage at -20°C . The results showed that more than 80% of 104 consumers accepted all 3 chosen frozen fish balls formulas in odor and texture. After storage for 3 months, the panelists still accepted both odor and texture and the formulas had insignificant differences ($p > 0.05$) in gel strength, brightness, whiteness and water holding capacity (WHC). The cost per kilogram of bighead carp surimi is 233.33 baht and frozen fish ball of EW1, ISP2 and TA2 were 181.70, 179.85 and 181.18 baht, respectively.

Keywords: surimi, frozen fish ball, binder, egg white protein, isolated soy protein, tapioca flour

*Corresponding author: 50 Kaset-klang Chatuchak, Bangkok 10900 Tel. 0 2940 6130-45 ext. 4310
E-mail: Janpen.kh@gmail.com

คำนำ

ซูริมิ (Surimi) เป็นผลิตภัณฑ์แช่เยือกแข็งที่นิยมใช้เป็นวัตถุดิบในการนำมาแปรรูปเป็นผลิตภัณฑ์ต่าง ๆ ที่ต้องการเนื้อสัมผัสแบบเหนียวนุ่ม เช่น ลูกชิ้นปลา ไส้กรอกปลา คามาโบโกะ และปลาบดขึ้นรูปแบบต่าง ๆ เช่น ปูเทียม หอยเชลล์เทียม ซูริมิผลิตจากเนื้อปลาบดโดยใช้ปลาที่ใช้ประโยชน์ได้น้อย จับได้ในปริมาณมาก และมีเนื้อสีขาว กระบวนการผลิตซูริมิได้จากการนำปลามาตัดหัว ควักไส้ และแยกเนื้อปลาออกจากหนังและก้าง จากนั้นนำมาล้างด้วยน้ำเปล่า หรือน้ำเกลือเย็นจัดที่อุณหภูมิประมาณ 10-15 องศาเซลเซียส เพื่อขจัดโปรตีนที่ละลายน้ำ (Sarcoplasmic protein) ไขมัน เลือด เอนไซม์บางชนิด และกลีโคเจนปลา หลังจากนั้นบีบน้ำออก นำมาผสมกับน้ำตาลและสารประกอบพอลิฟอสเฟต เพื่อคงสภาพโครงสร้างของโปรตีน ยืดอายุการเก็บรักษา และรักษาสมบัติการอุ้มน้ำของเนื้อปลาก่อนนำไปแช่เยือกแข็ง ลักษณะของซูริมิที่ดี คือ มีสีขาว ไม่มีกลีโคเจนปลาหรือมีกลีโคเจนปลาล็กน้อย และมีความสามารถในการเกิดเจลได้ดี โดยขั้นตอนการเปลี่ยนแปลงของเจลจากเนื้อปลาจะเริ่มเปลี่ยนแปลง หลังจากนำซูริมิผสมกับเกลือร้อยละ 2-3 ไมโอไฟบริลาร์โปรตีนจะเริ่มละลาย และจับตัวกันเป็นแอกโตไมโอซิน (actomyosin) ทำให้เนื้อปลามีความหนืด ซึ่งเรียกว่าโซล (sol) และเมื่อให้ความร้อนโซลจะแปรสภาพเป็นซูวารี (suwari) หรือการเรียงตัว เกิดขึ้นที่อุณหภูมิ 5-30 องศาเซลเซียส ส่วนโมโดริ (modori) หรือการแตกตัว เป็นการให้ความร้อนที่อุณหภูมิ 60-70 องศาเซลเซียส และ อาชิ (ashi) หรือการตรึงเจล เป็นการให้ความร้อนที่อุณหภูมิ 80-90 องศาเซลเซียส ซึ่งอุณหภูมิดังกล่าวเป็นอุณหภูมิที่ทำให้เนื้อปลามีความยืดหยุ่นดีที่สุด (วุฒิจำน, 2553; Okada, 1992) ข้อดีของซูริมิ คือ ช่วยเพิ่มมูลค่าของปลาที่มีมูลค่าทางเศรษฐกิจต่ำ เก็บรักษาในสภาพแช่เยือกแข็งได้นาน เพื่อเป็นวัตถุดิบในการผลิตผลิตภัณฑ์ต่าง ๆ อีกทั้งช่วยประหยัดเวลาและลดค่าใช้จ่ายในการจัดหาวัตถุดิบสดของผู้ประกอบการแปรรูปสัตว์น้ำ การจัดระดับคุณภาพหรือการแบ่งเกรดของซูริมิของโรงงานซูริมิในประเทศไทย นิยมใช้ค่าความแข็งแรงของเจล (Gel Strength, GS) หรือ ความเหนียว เป็นเกณฑ์กำหนด ซึ่งเป็นค่าที่ได้จากการต้านทานของเจลเมื่อมีแรงกระทำโดยการเจาะทะลุ ด้วยหัววัดทรงกลมขนาด 5 มิลลิเมตร เป็นแรงที่ได้จากแรงที่ใช้ในการกระทำเพื่อให้เจลเกิดการเปลี่ยนตำแหน่ง ขนาด หรือการบิดเบี้ยวภายในเจล (Breaking force) คุณลักษณะการเปลี่ยนรูปร่าง (Distance) การจัดคุณภาพของซูริมิจากปลาแต่ละชนิด มีค่าแตกต่างกัน เช่น ซูริมิเกรด SA จากปลาพลลอก และปลาทรายแดง มีค่ามากกว่า 1,000 และ 900 กรัม.เซนติเมตร ตามลำดับ นิยมนำมาทำผลิตภัณฑ์ต่าง ๆ ซึ่งเป็นผลิตภัณฑ์ที่ต้องการความเหนียวนุ่มและสามารถอุ้มน้ำได้ดี ได้รับความนิยมจากผู้บริโภคมากที่สุด ส่วนเกรด AA มีความแข็งแรงของเจลมากกว่า 900 และ 600 กรัม.เซนติเมตร ตามลำดับ (FAO, 2007) คุณภาพซูริมิตามมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมเนื้อปลาบด (ซูริมิ) เยือกแข็ง (มอก.935-2533) คือ ซูริมิควรมีลักษณะคงความเป็นธรรมชาติของเนื้อปลา ไม่นิ่ม และไม่มีรอยไหม้แห้งจากการเก็บรักษา ไม่มีสีผิดไปจากธรรมชาติของผลิตภัณฑ์ มีกลิ่นธรรมชาติของผลิตภัณฑ์ ปราศจากกลิ่นหืน เมื่อทดสอบความเหนียวด้วยเครื่อง Rheometer ต้องมีค่าความเหนียวไม่ต่ำกว่า 400 กรัม.เซนติเมตร ทดสอบโดยวิธีการพับ ต้องได้คะแนนเฉลี่ยไม่น้อยกว่าระดับ A (แตกเล็กน้อยเมื่อพับเป็นสี่ส่วน) และมีความชื้นไม่เกินร้อยละ 80 (สำนักงานมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม, 2533)

ในประเทศไทย พบว่า มีการใช้ปลาทะเลหลายชนิดมาผลิตเป็นซูริมิ เช่น ปลาทรายแดง ปลาจวด ปลาตาหวาน ปลาปากคม ปลาเข็ม ปลาตาโต ปลาที่นิยมนำมาผลิตเป็นซูริมิมากที่สุด คือ ปลาทรายแดง (สุทธวัฒน์, 2549) แต่ในปัจจุบันทั่วโลก รวมทั้งประเทศไทยประสบปัญหาการผลิตซูริมิ เนื่องจากปลาทะเลมีปริมาณลดลง ทำให้วัตถุดิบจากปลาทะเลขาดแคลน มีราคาแพง ไม่เพียงพอต่อความต้องการของผู้บริโภค ส่งผลกระทบให้ต้นทุนการผลิตเพิ่มขึ้น อุตสาหกรรมการผลิตซูริมิเป็นหนึ่งในอุตสาหกรรมที่ได้รับผลกระทบ

จากการขาดแคลนวัตถุดิบ โดยปี 2558 มีปริมาณการส่งออกซูริมิ 22,198.81 ตัน แต่ในปี 2559 มีปริมาณลดลงเหลือเพียง 11,921.36 ตัน (กลุ่มวิเคราะห์การค้าสินค้าประมงระหว่างประเทศ, 2560) จากปัญหาดังกล่าวเมื่อวัตถุดิบส่วนนี้ขาดหายไปทำให้ในปี 2558 กำลังการผลิตซูริมิของโรงงานลดลงถึงร้อยละ 60 ส่งผลให้ราคาสินค้าแปรรูปจากเนื้อปลา เช่น ลูกชิ้น ปูอัด มีราคาสูงขึ้นอย่างเห็นได้ชัด ผู้บริโภคได้รับผลกระทบด้านราคาผู้ประกอบการมีการแข่งขันกันทางตลาดเพิ่มสูงขึ้น ผู้ผลิตบางรายเลือกปรับลดคุณภาพผลิตภัณฑ์แต่ราคาสินค้ายังคงเดิม หรือเลือกปรับราคาสินค้าให้สูงขึ้นแต่คุณภาพผลิตภัณฑ์คงเดิม (ประชาชาติธุรกิจออนไลน์, 2558) ดังนั้น จึงจำเป็นต้องหาวัตถุดิบสัตว์น้ำจากแหล่งใหม่ ทางเลือกหนึ่งคือการพยายามนำปลาน้ำจืดมาทดแทนเนื่องจากปลาน้ำจืดมีราคาถูก เพาะเลี้ยงได้ง่าย สะดวกต่อการขนส่ง ทั้งนี้ยังเป็นการเพิ่มมูลค่า เพื่อส่งเสริมให้เกษตรกรมีอาชีพที่มั่นคงและยั่งยืน งานวิจัยของสำนักงานพัฒนาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีแห่งชาติ (2560) ได้เปรียบเทียบความแข็งแรงของเจลซูริมิจากปลาน้ำจืดจำนวน 3 ชนิด ได้แก่ ปลายี่สกเทศ ปลานิล และปลาจีน พบว่า ซูริมิจากปลาจีนมีค่าความแข็งแรงของเจลสูงที่สุด จากการทดสอบเบื้องต้นของกองวิจัยและพัฒนาเทคโนโลยีอุตสาหกรรมสัตว์น้ำ กรมประมง พบว่า ค่าความแข็งแรงของเจลจากซูริมิปลาชัง ซึ่งเป็นปลาในกลุ่มปลาจีน มีค่าอยู่ในช่วง 320-430 กรัม.เซนติเมตร ซึ่งค่าความแข็งแรงดังกล่าว ได้รับคำแนะนำจากบริษัทเอกชนผู้ผลิตผลิตภัณฑ์แช่เยือกแข็งว่าเหมาะสมจะนำมาผลิตเป็นลูกชิ้นปลาแช่เยือกแข็ง

ปลาจีนเป็นชื่อที่ใช้เรียกปลา 3 ชนิด คือ 1) ปลาเฉา เฉาฮ้อ หรือปลากินหญ้า 2) ปลาลิ้น ลิ้นฮ้อ หรือปลาเกล็ดเงิน และ 3) ปลาชัง ชังฮ้อ หรือปลาหัวโต ปลาทั้งสามชนิดนี้มีแหล่งกำเนิดอยู่ในภาคกลางและภาคใต้ของประเทศไทย แลบลุ่มแม่น้ำแยงซีเกียง สำหรับปลาชัง (ปลาหัวโต หรือ ชังฮ้อ : Bighead carp) มีชื่อวิทยาศาสตร์ว่า *Hypophthalmichthys nobilis* Richardson, 1845 ส่วนหัวมีความยาวประมาณ 1 ใน 3 ของลำตัว ปลาจีนมีอัตราการเจริญเติบโตเร็ว ไม่ค่อยพบปัญหาโรคระบาด มีตลาดค่อนข้างแน่นอน สามารถส่งเสริมให้เป็นปลาเศรษฐกิจสำหรับชาวประมงเพาะเลี้ยงต่อไปได้ (กรมประมง, 2560) นิยมเลี้ยงร่วมกับปลาน้ำจืดชนิดอื่น ๆ เช่น ปลานิล ปลายี่สกเทศ จากสถิติในปี 2560 มีการเพาะเลี้ยงปลาจีนทั้งประเทศประมาณ 267 ตัน (กลุ่มวิจัยและวิเคราะห์สถิติการประมง, 2562) มีปริมาณการจับจากธรรมชาติ 932.31 ตัน คิดเป็นมูลค่า 422.85 ล้านบาท (กลุ่มวิจัยและวิเคราะห์สถิติการประมง, 2561) ราคาปลาชังในปี 2561 สอบถามจากตลาดปลาบางเลน จังหวัดนครปฐม มีราคาประมาณ 30-35 บาทต่อกิโลกรัม ส่วนปลาทรายแดงเป็นปลาทะเลที่นิยมนำมาทำซูริมิ ราคาจากตลาดสะพานปลากรุงเทพ ประมาณ 45-50 บาทต่อกิโลกรัม เนื่องจากปลาจีนเป็นปลาที่มีรสชาติดี มีเนื้อนุ่ม และราคาไม่แพง ส่วนใหญ่ผู้บริโภคจึงนำมาประกอบเป็นอาหารประเภทต่าง ๆ เช่น ลูกชิ้น แหนมปลา และนิยมประกอบอาหารเป็นปลาจากรดับภัตตาคาร จากการศึกษาของ Muhammad and Salam (2010) รายงานว่า ปลาชังมีองค์ประกอบทางเคมี ประกอบด้วยโปรตีน ไขมัน คาร์โบไฮเดรต ความชื้น และเถ้า ร้อยละ 9.43-16.54, 0.18-6.37, 1.50, 73.86-84.54 และ 2.65-5.52 ตามลำดับ

ลูกชิ้นปลา ตามมาตรฐานผลิตภัณฑ์ชุมชน มผช.328/2557 หมายถึง ผลิตภัณฑ์ที่ทำจากเนื้อปลานำมาผสมกับเครื่องปรุงรส เช่น เกลือ และวัตถุเจือปนอาหารอื่น บดผสมกันจนละเอียดรวมเป็นเนื้อเดียวกัน อาจผสมส่วนประกอบอื่น เช่น สาหร่าย แครอท ต้นหอม แล้วขึ้นรูปตามขนาดและรูปร่างที่ต้องการก่อนลวกให้สุก ลักษณะทั่วไปต้องมีรูปร่างที่สมบูรณ์ มีสีที่ติดตามธรรมชาติของส่วนประกอบที่ใช้ มีกลิ่นรสที่ติดตามธรรมชาติของลูกชิ้นปลา ปราศจากกลิ่นรสอื่นที่ไม่พึงประสงค์ ลักษณะเนื้อต้องเหนียวนุ่ม ยืดหยุ่น ไม่ยุ่ย มีโพรงอากาศได้บ้าง (สำนักงานมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม, 2557) ลูกชิ้นปลานิยมบริโภคทั้งในรูปแบบการบริโภคโดยตรง ได้แก่ การต้ม ทอด หรือนำไปเป็นส่วนผสมของเมนูอาหารต่าง ๆ เช่น แกงเขียวหวานลูกชิ้นปลา แกงป่า นอกจากนี้ ยังนำไปเป็นส่วนประกอบช่วยเพิ่มคุณค่าทางอาหาร เช่น นำไปใส่ในก๋วยเตี๋ยว หรือยำ จากการสำรวจของสำนักงานมาตรฐานสินค้าเกษตรและอาหารแห่งชาติ (2549) พบว่า กลุ่มผู้บริโภคในช่วงอายุ 16-19 ปี

เป็นกลุ่มที่บริโภคลูกชิ้นมากที่สุดประมาณ 0.42 กรัม/คน/วัน โดยมีการคาดการณ์ว่าประเทศไทยบริโภคลูกชิ้นปลาประมาณ 12,000 ตันต่อปี (Park, 2005) เนื่องจากเป็นอาหารที่หารับประทานง่าย มีรสชาติอร่อย เมื่อความต้องการของผู้บริโภคมีมากขึ้น แต่การเก็บรักษาลูกชิ้นแบบแช่เย็น มีอายุการเก็บรักษาค่อนข้างสั้น ทำให้ในปัจจุบันพบผลิตภัณฑ์ลูกชิ้นปลาทะเลได้ทั้งแบบแช่เย็นและแช่เยือกแข็ง ซึ่งโดยทั่วไปการผลิตลูกชิ้นปลาเพื่อบริโภคในครัวเรือน มักเป็นลูกชิ้นปลาแช่เย็นที่ผลิตจากเนื้อปลาสด มีส่วนผสมไม่มากนัก ได้แก่ เนื้อปลาและเกลือ อาจใส่เครื่องปรุงชนิดอื่นลงไป เช่น น้ำตาล พริกไทย ส่วนโรงงานผลิตลูกชิ้นปลาจะมีสูตรที่แตกต่างกัน เพื่อให้ลูกชิ้นปลาที่ผลิตได้มีลักษณะเฉพาะ ตรงตามความต้องการของลูกค้า ปลาทะเลที่นิยมนำมาผลิตลูกชิ้นปลา ได้แก่ ปลาทรายแดง ปลาทรายขาว ปลาน้ำดอกไม้ ปลาดำโต ปลาปากคม ปลาอินทรี และปลาดาบขาว (กันภา และคณะ, 2557) อย่างไรก็ตาม การเก็บรักษาลูกชิ้นแบบแช่เย็นด้วยการแช่น้ำแข็ง มีอายุการเก็บรักษาประมาณ 1 สัปดาห์ จึงได้มีการพัฒนาลูกชิ้นปลาแช่เยือกแข็งซึ่งทำจากซูริมิ เนื่องจากมีอายุการเก็บรักษานานกว่า การจำหน่ายลูกชิ้นปลาแช่เยือกแข็ง พบบ้างในซูเปอร์มาร์เก็ต และร้านสะดวกซื้อ จากสถิติการส่งออกผลิตภัณฑ์ลูกชิ้นปลาในปี 2554 ประเทศไทยมีการส่งออกลูกชิ้นปลาแช่เยือกแข็งมูลค่าสูงถึง 25 ล้านบาท (กระทรวงการคลัง, 2556) การผลิตลูกชิ้นแบบแช่เยือกแข็งเพื่อยืดอายุการเก็บรักษามักใส่สารยึดเกาะ (Binder) เช่น แป้ง โปรตีนถั่วเหลืองสกัด และไข่ขาวผงลงไป ทำให้ลูกชิ้นยังคงมีคุณภาพด้านเนื้อสัมผัสที่ดี การใส่สารยึดเกาะเหล่านี้ มีวัตถุประสงค์เพื่อช่วยจับยึดตัวกันของชิ้นเนื้อ เพิ่มความสามารถในการอุ้มน้ำ ทำให้นเนื้อสัมผัสนุ่ม ลดการสูญเสียน้ำหนักขณะทำให้สุก และเพื่อเพิ่มมูลค่าให้กับผลิตภัณฑ์ นอกจากนี้ การแช่เยือกแข็งยังช่วยยืดอายุการเก็บรักษาอีกด้วย ชนิดของสารยึดเกาะที่นิยมใช้ ได้แก่ 1. สารยึดเกาะประเภทโปรตีนที่ไม่ใช่เนื้อสัตว์ เช่น โปรตีนสกัดจากถั่วเหลือง (Isolated Soy Protein : ISP) กลูเตนจากแป้งสาลี หางนมผง และโปรตีนจากไข่ขาว จะช่วยเสริมการยึดเกาะของชิ้นเนื้อที่ผ่านความร้อน ซึ่งความร้อนที่ใช้ในการเกิดเจลของโปรตีนประเภทนี้ต้องใช้อุณหภูมิที่สูงกว่าโปรตีนจากเนื้อสัตว์ (Terrell *et al.*, 1982) และ 2. วัตถุเจือปนอาหารที่มีคุณสมบัติเป็นสารยึดเกาะ ได้แก่ สารในกลุ่มของพอลิแซ็กคาไรด์ (Polysaccharide hydrocolloids) และสารประกอบฟอสเฟต โดยสารยึดเกาะในกลุ่มของพอลิแซ็กคาไรด์ เช่น กัม (Gum) อัลจิเนต (Alginate) แชนแทนกัม (Xanthan gum) มีคุณสมบัติอุ้มน้ำได้ดี แต่อาจทำให้นเนื้อสัมผัสและความคงตัวด้อยลงไป อีกทั้งมีราคาแพง (ธวัชชัย, 2537) ส่วนพอลิแซ็กคาไรด์ในกลุ่มของแป้งนั้น นิยมใช้ในผลิตภัณฑ์จากเนื้อปลาสด เนื่องจากช่วยปรับปรุงคุณภาพของเนื้อสัมผัส เมื่อนำไปแช่เย็นหรือแช่เยือกแข็ง สามารถรักษาสภาพของผลิตภัณฑ์ให้มีความคงตัว และมีราคาไม่แพง (Yang and Park, 1998)

โปรตีนถั่วเหลืองสกัด (Isolated Soy Protein : ISP) มีส่วนประกอบของโปรตีนมากกว่าร้อยละ 90 เป็นโปรตีนที่สกัดเอาสารพอลิแซ็กคาไรด์ที่ไม่ละลายน้ำ โอลิโกแซ็กคาไรด์ และสารที่มีมวลโมเลกุลขนาดเล็กออกจากถั่วเหลือง ใช้เป็นส่วนผสมในอาหารหลายชนิดเพื่อเพิ่มคุณค่าทางโภชนาการ นอกจากนี้ ISP ยังมีคุณสมบัติต่าง ๆ ที่น่าสนใจ คือ มีโครงสร้างโปรตีนจากถั่วเหลืองกลุ่มของลิพอฟิลิก (กลุ่มที่ยึดเกาะกับไขมัน) และไฮโดรฟิลิก (กลุ่มที่ยึดเกาะกับน้ำ) จึงมีคุณสมบัติเป็นอิมัลซิไฟเออร์ (Emulsifier) ช่วยทำให้อิมัลชัน (Emulsion) คงตัว นอกจากนี้ ยังสามารถสร้างเจลเป็นโครงสร้างคล้ายร่างแหที่สามารถห่อหุ้มเม็ดไขมัน ทำให้นเนื้อสัมผัสคงตัว และอุ้มน้ำได้ดี (Elizalde *et al.*, 1996; Akesson, 2008) ทำให้นเนื้อสัมผัสของผลิตภัณฑ์ดีขึ้น เช่น เพิ่มการจับกันของเนื้อสัตว์ที่ผ่านการบดละเอียด ได้แก่ ไส้กรอกซูริมิ และลูกชิ้น เป็นต้น (Singh *et al.*, 2008) ในส่วนของลูกชิ้นจากปลาน้ำจืด มีการศึกษาการผลิตลูกชิ้นปลาแช่เยือกแข็งจากซูริมิปลานิล โดยใช้โปรตีนสกัดจากถั่วเหลือง ซึ่งสามารถเก็บรักษาได้มากกว่า 6 เดือน (Angelini *et al.*, 2013)

ไข่ขาวผง ใช้กันมากในผลิตภัณฑ์เบเกอรี่ ขนมหวาน รวมถึงผลิตภัณฑ์จากเนื้อสัตว์ประเภทต่าง ๆ และซูริมิ จุดประสงค์ในการใช้ไข่ขาวผงแตกต่างกันไป เช่น เป็นอิมัลซิไฟเออร์ ปรับปรุงเนื้อสัมผัส และ

เพิ่มคุณค่าทางอาหาร เนื่องจากเป็นที่ทราบกันดีว่า ไข่ขาวผงมีโปรตีนและไขมันสูง (Lu and Chen, 1999; Burgarella *et al.*, 1985) Siegel *et al.* (1979) รายงานว่า นอกจากไข่ขาวจะทำปฏิกิริยากันเองแล้ว ยังทำปฏิกิริยากับโปรตีนของชิ้นเนื้อเกิดเป็นโครงร่างสามมิติเมื่อมีการให้ความร้อน และทำให้ชิ้นเนื้อยึดเกาะกันได้ดี สุพีญ (2547 อ้างจาก ธีระภัทร และวศิน, 2541) กล่าวว่า คุณภาพของเจลเมื่อปริมาณไข่ขาวเพิ่มขึ้น ความแข็งแรงของเจลและปริมาณการอุ้มน้ำจะเพิ่มขึ้นและมีค่าสูงสุดเมื่อเพิ่มไข่ขาวลงไปร้อยละ 6 หากใส่ไข่ขาวปริมาณสูงกว่านี้จะทำให้เกิดกลิ่นของไฮโดรเจนซัลไฟด์ (กลิ่นไข่เน่า) ในผลิตภัณฑ์ และค่าความแข็งแรงของเจลจะลดลง รวมถึงอาจเกิดกลิ่นคาวของไข่ขาวอย่างเด่นชัด และจากงานวิจัยของสันตกิจ และอัมพวัน (2549) รายงานว่า ลูกชิ้นปลาที่ผลิตจากซูริมิปลาตาหวาน เมื่อเติมไข่ขาวผงมีผลทำให้ค่าความแข็ง (Hardness) ซึ่งเป็นค่าแรงสูงสุดที่เกิดขึ้นระหว่างการกดหรือเทียบได้เท่ากับการเคี้ยวครั้งแรกนั้น สูงขึ้นจากสูตรควบคุมที่ไม่มีการเติมไข่ขาวผง แต่หากมีการเติมไข่ขาวผงมากกว่าร้อยละ 1 จะส่งผลให้ค่าความแข็งมีแนวโน้มลดลง ส่วนค่าความยืดหยุ่น (Springiness) ซึ่งเป็นการออกแรงกดแล้วกลับคืนรูปได้โดยไม่ยืดตัว หรือเสียรูปทรงนั้น มีแนวโน้มสูงขึ้น

แป้ง ใช้เพื่อปรับปรุงลักษณะเนื้อสัมผัสของผลิตภัณฑ์เนื้อปลาสด เพิ่มความแข็งแรงของเจลให้ผลิตภัณฑ์ ปกติใช้ในปริมาณร้อยละ 3-12 แป้งที่นิยมใช้ ได้แก่ แป้งสาลี แป้งข้าวโพด แป้งมันฝรั่ง และแป้งมันสำปะหลัง Yoon *et al.* (1997) รายงานว่า การใช้แป้งน้อยกว่าร้อยละ 3 ในซูริมิ จะให้ค่าความแข็งแรงของเจลดีที่สุด สอดคล้องกับงานวิจัยของ Zhang *et al.* (2013) ซึ่งได้ทดลองใส่แป้งมันฝรั่งและแป้งมันสำปะหลังร้อยละ 3 ในซูริมิจากเนื้อวัว พบว่า มีความแข็งแรงของเจลมากที่สุด Lyons *et al.* (1999) รายงานว่า แป้งมันสำปะหลังมีคุณสมบัติอุ้มน้ำได้ดีที่สุดเมื่อเทียบกับแป้งในผลิตภัณฑ์ไส้กรอกหมูไขมันต่ำ ส่วนงานวิจัยที่ใช้แป้งในผลิตภัณฑ์นั้น วรณวิบูลย์ และพิมลพรรณ (2537) ได้ทดลองปรับปรุงคุณภาพลูกชิ้นปลาแช่เยือกแข็งโดยใช้แป้งมันสำปะหลังร้อยละ 5 เปรียบเทียบกับลูกชิ้นปลาที่ไม่ได้ผสมแป้งใด ๆ และเก็บที่อุณหภูมิ -18 องศาเซลเซียส พบว่า ลูกชิ้นมีความแข็งแรงของเจลดีกว่าการไม่เติมแป้ง และสามารถเก็บรักษาได้นาน 10-12 สัปดาห์ ส่วนการศึกษาการใส่แป้งมันสำปะหลังและแป้งมันฝรั่งในลูกชิ้นจากปลาแมคเคอเรล (Spanish mackerel) นั้น พบว่า แป้งมันสำปะหลังช่วยให้ลูกชิ้นปลา มีความเหนียวนุ่ม อุ้มน้ำ และความคงตัว (Freeze-thaw study) สูงกว่าแป้งมันฝรั่ง (Tee and Slow, 2017)

การศึกษาครั้งนี้ จึงเลือกพัฒนาผลิตภัณฑ์ลูกชิ้นปลาแช่เยือกแข็งเพื่อเพิ่มมูลค่าให้กับปลาชัง และเพิ่มช่องทางการจำหน่ายลูกชิ้นจากปลาน้ำจืดแบบแช่เยือกแข็ง โดยแปรปริมาณ ไข่ขาวผง โปรตีนสกัดจากถั่วเหลือง และแป้งมันสำปะหลัง เพื่อช่วยรักษาคุณลักษณะทางเนื้อสัมผัสของลูกชิ้นปลาในระหว่างการเก็บรักษา

วัตถุประสงค์

เพื่อศึกษาผลของสารยัดเกาะที่มีผลต่อคุณภาพเนื้อสัมผัสของลูกชิ้นปลาแช่เยือกแข็ง

วิธีดำเนินการ

1. วัสดุ อุปกรณ์ และเครื่องมือ

1.1 วัตถุดิบ

1.1.1 ปลาซัง (*Hypophthalmichthys nobilis* Richardson, 1845) ขนาดตัวละประมาณ 1-3 กิโลกรัม จากตลาดปลาบางเลน จังหวัดนครปฐม ใส่ถังฉนวนบรรจุด้วยน้ำแข็ง ขนส่งมายังกองวิจัยและพัฒนาเทคโนโลยีอุตสาหกรรมสัตว์น้ำ เพื่อผลิตซูริมิ

1.1.2 ไข่ขาวผง (บริษัท VJ SUPPLIES EURONATIONS)

1.1.3 แป้งมันสำปะหลัง

1.1.4 โปรตีนถั่วเหลือง (บริษัทเคมีภัณฑ์ คอร์ปอเรชั่น จำกัด)

1.1.5 เกลือสมุทรป่น

1.1.6 น้ำตาล

1.1.7 พริกไทยขาวป่น

1.1.8 กระเทียมผง

1.1.9 ซอร์บิทอล (บริษัท แม็กซ์เวย์ จำกัด)

1.1.10 เอนไซม์ทรานส์กลูตามิเนส

1.1.11 โซเดียมไบคาร์บอเนต (NaHCO_3) (บริษัทเคมีภัณฑ์ คอร์ปอเรชั่น จำกัด)

1.1.12 โซเดียมไตรฟอสเฟต ($\text{Na}_5\text{P}_3\text{O}_{10}$) (บริษัทเคมีภัณฑ์ คอร์ปอเรชั่น จำกัด)

1.1.13 ลูกชิ้นปลาแช่เยือกแข็งทางการค้า 1 ยี่ห้อ

1.2 สารเคมีและอาหารเลี้ยงเชื้อ

1.2.1 กรดไฮโดรคลอริก (HCl) (บริษัท Ajax Finechem)

1.2.2 กรดซัลฟูริก (H_2SO_4) เข้มข้น 95-97% AR grade (บริษัท Merck)

1.2.3 อินดิเคเตอร์ (indicator) ผสม Sher mix indicator (บริษัท Buchi)

1.2.4 โซเดียมไฮดรอกไซด์ (NaOH) (บริษัท Ajax Finechem)

1.2.5 ตัวเร่งปฏิกิริยา (Catalyst) ($\text{K}_2\text{SO}_4\cdot\text{CuSO}_4$) อัตราส่วน 9:1 (บริษัท Oskon)

1.2.6 กรดบอริก (H_3BO_3) AR grade (บริษัท Ajax Finechem)

1.3 อุปกรณ์และเครื่องมือ

1.3.1 เครื่องแยกเนื้อปลาจากก้างและหนัง (Deboner) ยี่ห้อ BIBUN รุ่น NDX103

1.3.2 เครื่องอัดรีดน้ำ (Hydraulic screw press) รุ่น Model 1000 มอเตอร์ 1.5 Kw

1.3.3 เครื่องแยกเอ็นและก้าง (Strainer) ยี่ห้อ BIBUN

1.3.4 เครื่องปั่นผสม (Silent cutter) ยี่ห้อ BIBUN รุ่น AP40AW

1.3.5 เครื่องแช่เยือกแข็งแบบแผ่นสัมผัส (Contact plate freezer) ยี่ห้อ SAMIFI BABCOCK

1.3.6 เครื่องนึ่งไอน้ำ ยี่ห้อ BIBUN

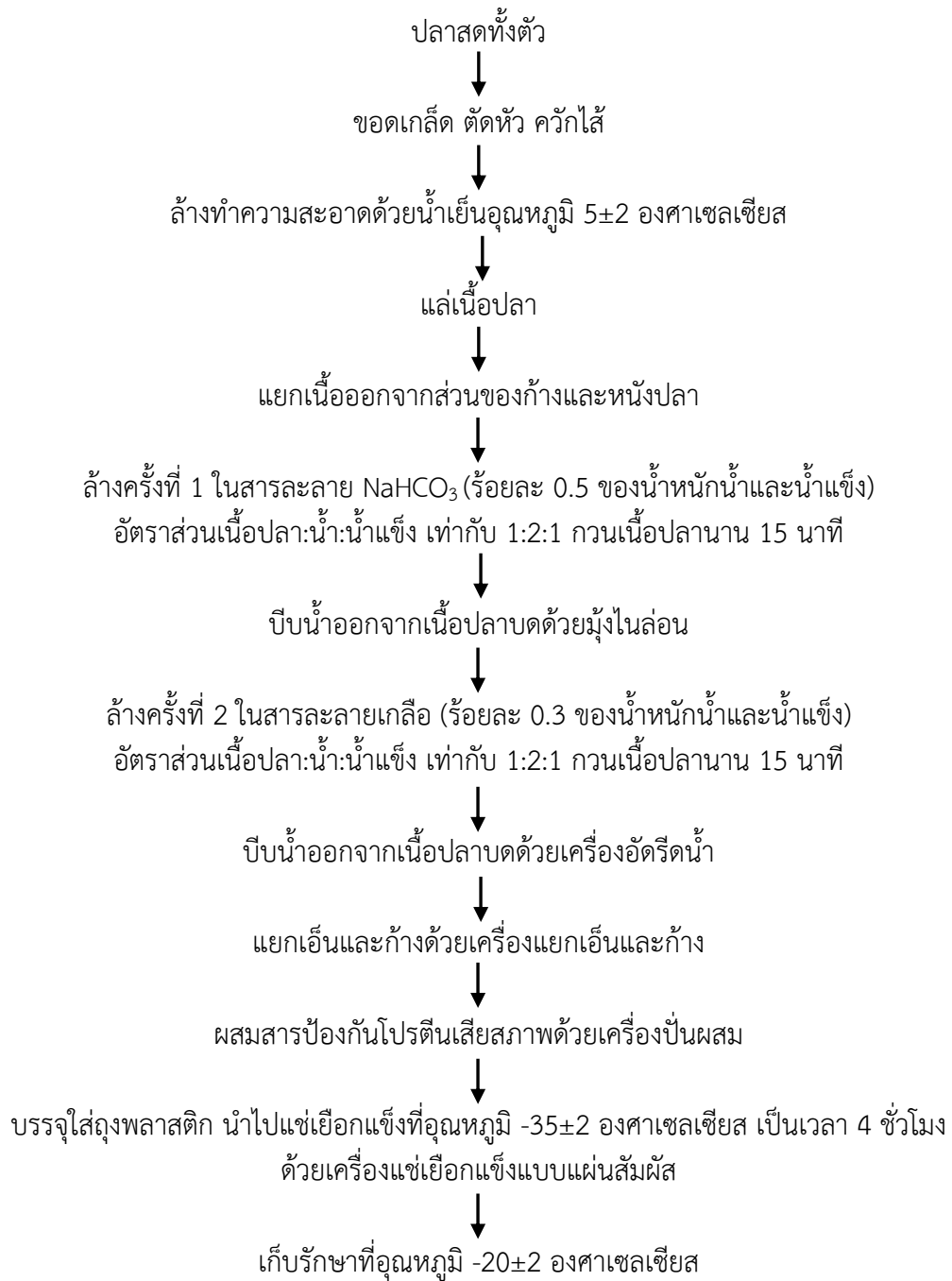
1.3.7 เครื่องปั่นลูกชิ้น

- 1.3.8 หม้อต้มไฟฟ้าควบคุมอุณหภูมิ
- 1.3.9 เครื่องบรรจุสุญญากาศ ยี่ห้อ Hankovac รุ่น 2900
- 1.3.10 เครื่องวัดเนื้อสัมผัส (Texture analyser) ยี่ห้อ Stable Micro Systems รุ่น TA-XT2i
- 1.3.11 เครื่องวัดสี (Chroma meter) ยี่ห้อ Konica Minolta รุ่น CM-5
- 1.3.12 เครื่องชั่ง 2 ตำแหน่ง ยี่ห้อ Sartorius รุ่น CP3202S
- 1.3.13 ตู้แช่เยือกแข็ง -20 องศาเซลเซียส
- 1.3.14 เครื่องย่อยโปรตีน ยี่ห้อ Buchi รุ่น K-436
- 1.3.15 เครื่องดักไอรอด ยี่ห้อ Buchi รุ่น K-415
- 1.3.16 เครื่องกลั่นโปรตีน ยี่ห้อ Buchi รุ่น K-355
- 1.3.17 เครื่องสกัดไขมัน ยี่ห้อ Tecator Soxtec System รุ่น HT6
- 1.3.18 เครื่องควบคุมอุณหภูมิความร้อน Tecator 1046 Soxtec Service Unit
- 1.3.19 เครื่องนวดผสม ยี่ห้อ Stephan รุ่น UM05-X1
- 1.3.20 เครื่องปิดผนึกถุงพลาสติกแบบสุญญากาศ ยี่ห้อ Hankovac รุ่น 2900

2. วิธีดำเนินงาน

2.1 ผลิตซูรีมิจากปลาชิ่ง ดัดแปลงจากวิธีของ Cortez *et al.* (2015)

นำปลาชิ่งสดมาขอดเกล็ด ตัดหัว ควักไส้ ล้างทำความสะอาดด้วยน้ำเย็น (อุณหภูมิ 5 ± 2 องศาเซลเซียส) แล่นื้อปลา จากนั้นแยกก้างและหนังออกจากนื้อปลาด้วยเครื่องแยกนื้อปลา นำนื้อปลาชิ่งบดที่ได้มาล้าง 2 ครั้ง ล้างครั้งที่ 1 ในสารละลาย NaHCO_3 (ร้อยละ 0.5 ของน้ำหนักน้ำและน้ำแข็ง) อัตราส่วนนื้อปลา:น้ำ:น้ำแข็ง เท่ากับ 1:2:1 กวนนื้อปลานาน 15 นาที ปีบน้ำออกด้วยมุ้งไนลอน แล้วนำไปล้างครั้งที่ 2 ในสารละลายเกลือ (ร้อยละ 0.3 ของน้ำหนักน้ำและน้ำแข็ง) อัตราส่วนนื้อปลา:น้ำ:น้ำแข็ง เท่ากับ 1:2:1 กวนนื้อปลานาน 15 นาที ปีบน้ำด้วยเครื่องอัดรีดน้ำที่ความเร็ว 0.08 รอบ/นาที จากนั้นนำนื้อปลาชิ่งบดผ่านเครื่องแยกเอ็นและก้าง ปั่นผสมรวมกับสารป้องกันโปรตีนเสียสภาพ (น้ำตาลร้อยละ 4, ซอร์บิทอลร้อยละ 4 และ โซเดียมไตรฟอสเฟตร้อยละ 0.2) บรรจุใส่ถุงพลาสติกชนิดพอลิเอทิลีน (Polyethylene) ถุงละ 500 กรัม จัดวางเรียงลงในกล่องสแตนเลสกล่องละ 2 ถุง ปิดด้วยฝาสแตนเลสด้านบน แล้วนำไปแช่เยือกแข็งด้วยเครื่องแช่เยือกแข็งแบบแผ่นสัมผัสที่อุณหภูมิ -35 ± 2 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 4 ชั่วโมง และเก็บรักษาที่อุณหภูมิ -20 ± 2 องศาเซลเซียส จนกว่าจะนำไปผลิตลูกชิ้น (ภาพที่ 1)



ภาพที่ 1 กระบวนการผลิตซูริมิจากปลาชัง

2.1.1 ร้อยละผลผลิตซูริมิ

ร้อยละผลผลิตซูริมิ (% yield) คำนวณได้ 2 วิธี 1) คำนวณจากเนื้อปลาแล่ (Jin *et al.*, 2007) และ 2) คำนวณจากปลาทั้งตัว ซึ่งวิธีที่ 2 เป็นวิธีที่โรงงานผลิตซูริมิส่วนใหญ่นิยมใช้ เนื่องจากสามารถคำนวณต้นทุนได้ครอบคลุมมากกว่า สูตรคำนวณ ดังนี้

$$\text{ร้อยละของผลผลิตซูริมิ (คิดจากเนื้อปลาแล่)} = \left(\frac{\text{น้ำหนักเนื้อปลาแล่-น้ำหนักซูริมิ}}{\text{น้ำหนักเนื้อปลาแล่}} \right) \times 100 \quad (1)$$

$$\text{ร้อยละของผลผลิตซูริมิ (คิดจากปลาทั้งตัว)} = \left(\frac{\text{น้ำหนักปลาทั้งตัว-น้ำหนักซูริมิ}}{\text{น้ำหนักปลาทั้งตัว}} \right) \times 100 \quad (2)$$

2.1.2 ตรวจสอบวิเคราะห์คุณภาพของซูริมิปลาชัง

2.1.2.1 ด้านกายภาพ

เตรียมตัวอย่างเจล โดยนำซูริมิที่เก็บรักษาที่อุณหภูมิ -20 ± 2 องศาเซลเซียส วางที่อุณหภูมิ 4 ± 2 องศาเซลเซียส ประมาณ 12-18 ชั่วโมง นำมาตัดเป็นชิ้นเล็ก ๆ นวดให้เป็นเนื้อเดียวกันด้วยเครื่องนวดผสม นาน 3 นาที เติมเกลือร้อยละ 3 นวดต่อ 3 นาที อัดใส่ใส่พลาสติกเส้นผ่านศูนย์กลางประมาณ 25 มิลลิเมตร นำไปต้มที่อุณหภูมิ 45 ± 2 องศาเซลเซียส นาน 20 นาที แล้วนำไปต้มที่อุณหภูมิ 90 ± 2 องศาเซลเซียส นาน 20 นาที แช่ในน้ำเย็นอุณหภูมิ 5 ± 2 องศาเซลเซียส เพื่อลดอุณหภูมิของเจล หลังจากนั้นนำไปแช่น้ำแข็งเก็บไว้ในถังฉนวนเป็นเวลา 24 ± 2 ชั่วโมง นำมาวางไว้ที่อุณหภูมิห้องประมาณ 1 ชั่วโมง (สถาบันวิจัยและพัฒนาอุตสาหกรรมสัตว์น้ำ, 2541) ก่อนนำไปทดสอบดังต่อไปนี้

1) วัดความแข็งแรงของเจล (Gel Strength, GS) ตัดตัวอย่างเจลเป็นท่อนยาว 25 มิลลิเมตร แล้วนำไปวัดความแข็งแรงของเจลด้วยเครื่องวัดเนื้อสัมผัส โดยใช้หัววัดทรงกลมที่มีเส้นผ่านศูนย์กลาง 5 มิลลิเมตร Pre test speed 1 มิลลิเมตร/วินาที Test speed 1 มิลลิเมตร/วินาที Post test speed 10 มิลลิเมตร/วินาที และระยะทางการกดของหัววัดเท่ากับร้อยละ 60 ของความสูงตัวอย่าง (Cortez *et al.*, 2015)

2) ทดสอบการพับ (Folding test) (สถาบันวิจัยและพัฒนาอุตสาหกรรมสัตว์น้ำ, 2541) ตัดตัวอย่างเจลเป็นแผ่นหนา 5 มิลลิเมตร แล้วนำมาทดสอบการพับ โดยให้คะแนน ดังนี้

- | | |
|----|---------------------------------|
| AA | ไม่แตกเมื่อพับ 4 ส่วน |
| A | แตกเล็กน้อยเมื่อพับ 4 ส่วน |
| B | แตกเล็กน้อยเมื่อพับครึ่ง |
| C | แตกเมื่อพับครึ่ง (แต่ยังติดกัน) |
| D | แตกขาดออกจากกันเมื่อพับครึ่ง |

3) วัดค่าสี (สถาบันวิจัยและพัฒนาอุตสาหกรรมสัตว์น้ำ, 2541) ตัดตัวอย่างเจลให้มีความหนา 25 มิลลิเมตร จากนั้นนำไปวัดค่าสี ด้วยเครื่อง Chroma meter และคำนวณค่าความขาว ดังนี้

$$\text{Whiteness} = 100 - [(100 - L^*)^2 + a^{*2} + b^{*2}]^{0.5} \quad (3)$$

- โดย
- L^* คือ ความสว่าง หมายถึง ระดับสีดำถึงสีขาว
 - a^* คือ ระดับของสีแดง (+) ถึงสีเขียว (-)
 - b^* คือ ระดับของสีเหลือง (+) ถึงสีน้ำเงิน (-)

2.1.2.2 ด้านเคมี

วิเคราะห์โปรตีน (In house method base on Kjeldahl method) ไขมัน ความชื้น และเกลือ (AOAC 2016) เถ้า (ISO 936:1998(E)) และใยอาหาร (In house method based on ISO 6865 : 2000)

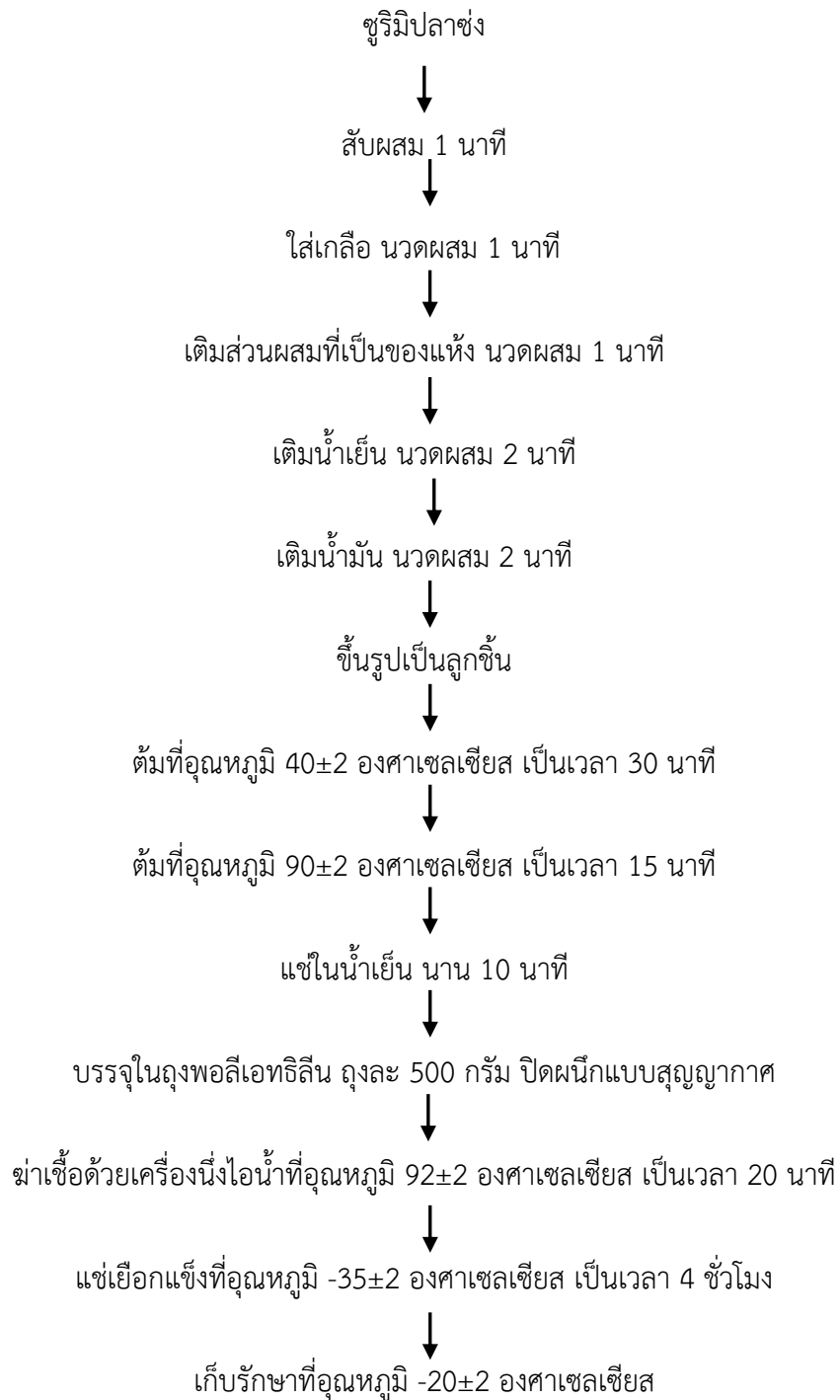
2.2 ศึกษาผลของสารยึดเกาะต่อคุณภาพของลูกชิ้นปลาแช่เยือกแข็ง

นำซูริมิปลาแช่ที่เก็บรักษาที่อุณหภูมิ -20 ± 2 องศาเซลเซียส วางไว้ที่อุณหภูมิ 4 ± 2 องศาเซลเซียส ประมาณ 12-18 ชั่วโมง จากนั้นนำมาผลิตลูกชิ้นปลาแช่เยือกแข็ง โดยใช้ส่วนผสมหลัก เช่นเดียวกับบริษัทผู้ผลิตลูกชิ้นปลาแช่แข็ง และแปรปริมาณสารยึดเกาะ 3 ชนิด (ไข่ขาวผง โปรตีนถั่วเหลือง และแป้งมันสำปะหลัง) ชนิดละ 3 ระดับ (ตารางที่ 1) โดยควบคุมให้มีความชื้นประมาณร้อยละ 95 ก่อนการปั้น ลูกชิ้น วิธีการผลิตลูกชิ้นปลาแช่เยือกแข็ง มีดังนี้ นำซูริมิปลาแช่มาผสมด้วยเครื่องนาน 1 นาที จากนั้นเติม เกลือนวดผสมต่ออีก 1 นาที แล้วเติมส่วนผสมที่เป็นของแข็ง (พริกไทยขาวป่น เอนไซม์ทรานกลูตามิเนส กระเทียมผง โมโนโซเดียมกลูตาเมต และสารยึดเกาะ) นวดผสมนาน 1 นาที ตามด้วยการเติมน้ำเย็นนวดผสม 2 นาที และเติมน้ำมันเป็นส่วนผสมสุดท้าย นวดผสมต่ออีก 2 นาที นำมาขึ้นรูปด้วยเครื่องปั้นลูกชิ้น ขนาด เส้นผ่านศูนย์กลางประมาณ 2 เซนติเมตร นำไปต้มที่อุณหภูมิ 40 ± 2 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 30 นาที ต่อด้วย การต้มอุณหภูมิ 90 ± 2 องศาเซลเซียส อีก 15 นาที แช่ในน้ำเย็นทันที นาน 10 นาที วางให้สะเด็ดน้ำ 5 นาที จึงนำไปบรรจุใส่ถุงพลาสติกชนิดพอลิเอทิลีน ถุงละ 500 กรัม ปิดผนึกถุงในสภาวะสุญญากาศ แล้วนำไปฆ่าเชื้อ ด้วยเครื่องนึ่งไอน้ำ อุณหภูมิ 92 ± 2 องศาเซลเซียส นาน 20 นาที จากนั้นจึงนำไปแช่ในน้ำเย็น 10 นาที วางเรียง ในถาดสแตนเลสเพื่อนำไปแช่เยือกแข็งด้วยเครื่องแช่เยือกแข็งแบบแผ่นสัมผัส อุณหภูมิ -35 ± 2 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 4 ชั่วโมง ก่อนนำมาเก็บรักษาไว้ที่อุณหภูมิ -20 ± 2 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 1 สัปดาห์ (ภาพที่ 2) แล้ว นำมาทดสอบคุณภาพทางประสาทสัมผัส และการยอมรับของผู้บริโภคโดยเปรียบเทียบกับลูกชิ้นทางการค้า (PKB) ดังนี้

ตารางที่ 1 ส่วนผสมลูกชิ้นปลาแช่เยือกแข็งแปรปริมาณสารยึดเกาะแต่ละชนิด 3 ระดับ

ส่วนผสม (กรัม)	ไข่ขาวผง (ร้อยละ)			โปรตีนถั่วเหลือง (ร้อยละ)			แป้งมันสำปะหลัง (ร้อยละ)		
	0.5	1.0	1.5	0.5	1	2	1	2	3
	(EW1)	(EW2)	(EW3)	(ISP1)	(ISP2)	(ISP3)	(TA1)	(TA2)	(TA3)
ซูริมิ	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000
เกลือ	35	35	35	35	35	35	35	35	35
เอนไซม์ทรานกลูตามิเนส	2	2	2	2	2	2	2	2	2
น้ำมันถั่วเหลือง	56	56	56	56	56	56	56	56	56
กระเทียมผง	3	3	3	3	3	3	3	3	3
พริกไทยขาวป่น	11	11	11	11	11	11	11	11	11
โมโนโซเดียมกลูตาเมต	3	3	3	3	3	3	3	3	3
น้ำ*	529	533	537	529	533	541	533	541	549
ไข่ขาวผง	5	10	15	0	0	0	0	0	0
โปรตีนถั่วเหลือง	0	0	0	5	10	20	0	0	0
แป้งมันสำปะหลัง	0	0	0	0	0	0	10	20	30

* ควบคุมความชื้นร้อยละ 95



ภาพที่ 2 กระบวนการผลิตลูกชิ้นปลาซังแช่เยือกแข็ง

2.2.1 ทดสอบคุณภาพทางประสาทสัมผัส

นำลูกชิ้นแช่เยือกแข็งที่วางไว้ที่อุณหภูมิ 4 ± 2 องศาเซลเซียส ให้ผู้ทดสอบให้คะแนนความชอบด้านกลิ่นของลูกชิ้นปลาแช่เยือกแข็งก่อนการนึ่ง เพื่อทดสอบการยอมรับต่อกลิ่นโคลน กลิ่นคาว กลิ่นหืนหรือกลิ่นไม่พึงประสงค์อื่น ๆ โดยใช้ผู้ทดสอบ จำนวน 20 ราย ส่วนการทดสอบด้านเนื้อสัมผัสให้ผู้ทดสอบชิมลูกชิ้นหลังจากละลายแล้ว นึ่งเป็นเวลา 1 นาที รายละเอียดดังแสดงในภาคผนวก ก คัดเลือกสูตรที่เหมาะสมของสารยัดเกาะแต่ละชนิด ซึ่งมีจำนวนผู้ทดสอบให้การยอมรับมากกว่าหรือเท่ากับร้อยละ 75 นำมาทดสอบด้านความแข็งแรงของเจล (GS) และค่า Springiness ตามข้อ 2.2.2

2.2.2 ทดสอบคุณภาพด้านเนื้อสัมผัสด้วยเครื่องวัดเนื้อสัมผัส

2.2.2.1 วัดความแข็งแรงของเจล (Gel Strength, GS) วัดลูกชิ้นปลาแช่เยือกแข็งด้วยเครื่องวัดเนื้อสัมผัสเช่นเดียวกับข้อ 2.1.2.1 (1) แต่ใช้ลูกชิ้นทั้งลูกในการวัดความแข็งแรงของเจล

2.2.2.2 วัด Texture Profile Analyser (TPA) เป็นวิธีทดสอบเพื่อวิเคราะห์เนื้อสัมผัสของอาหารโดยใช้แรงกดด้วยหัวทดสอบแบบแผ่นแบน มีเส้นผ่านศูนย์กลางขนาดใหญ่กว่าลูกชิ้น กดลงบนลูกชิ้น 2 ครั้ง เพื่อจำลองการใช้ฟันบดอาหาร โดยใช้ค่าความยืดหยุ่นของอาหารเมื่อออกแรงกดแล้วกลับคืนรูปได้ไม่ยืดตัวหรือเสียรูปทรง (Springiness) ใช้หัววัดที่มีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 75 มิลลิเมตร กำหนด Pre test speed เท่ากับ 3 มิลลิเมตร/วินาที Test speed เท่ากับ 1 มิลลิเมตร/วินาที Post test speed เท่ากับ 3 มิลลิเมตร/วินาที และกดลงไปร้อยละ 60 ของความสูงตัวอย่าง (จันทร์จิรา และนิสานารถ, 2552; Tee and Siow, 2017)

เลือกสูตรของสารยัดเกาะแต่ละชนิดที่ให้ค่า GS และ TPA ใกล้เคียงกับลูกชิ้นทางการค้า (PKB) เพื่อนำไปทดสอบในขั้นต่อไป

2.2.3 ทดสอบการยอมรับของผู้บริโภค

นำลูกชิ้นปลาแช่เยือกแข็งสูตรที่ได้รับการคัดเลือกจากข้อ 2.2.2 รวมทั้งสูตรใส่แป้งมันสำปะหลังร้อยละ 5.6 (SMH) ซึ่งเป็นสูตรของลูกชิ้นแช่เยือกแข็งส่งออก และสูตรควบคุม (NTA) (ตารางที่ 2) วางที่อุณหภูมิ 4 ± 2 องศาเซลเซียส ประมาณ 12-18 ชั่วโมง นำไปนึ่ง 1 นาที แล้วนำไปทดสอบการยอมรับของผู้บริโภคอย่างน้อย 100 ราย โดยมีกลุ่มเป้าหมายเป็นบุคคลวัยทำงานและนักศึกษา รายละเอียดของแบบทดสอบดังแสดงในภาคผนวก ข

2.3 ศึกษาคุณภาพระหว่างการเก็บรักษา

นำลูกชิ้นปลาแช่เยือกแข็งสูตรที่ดีที่สุดจากสารยัดเกาะแต่ละชนิด จากข้อ 2.2.2 รวมทั้งสูตร SMH และสูตร NTA ไปทดลองเก็บรักษาแบบแช่เยือกแข็งที่อุณหภูมิ -20 ± 2 องศาเซลเซียส สุ่มทดสอบเดือนละ 1 ครั้ง นาน 3 เดือน โดยนำลูกชิ้นปลาแช่เยือกแข็ง มาวางไว้ที่อุณหภูมิ 4 ± 2 องศาเซลเซียส ประมาณ 12-18 ชั่วโมง แล้วนำมาทดสอบ ดังนี้

2.3.1 ทดสอบการยอมรับของผู้ทดสอบทางประสาทสัมผัส ด้านกลิ่นและด้านเนื้อสัมผัส เช่นเดียวกับข้อ 2.2.1

2.3.2 ทดสอบคุณภาพด้านเนื้อสัมผัสด้วยเครื่องวัดเนื้อสัมผัส เช่นเดียวกับข้อ 2.2.2

2.3.3 วัดสี ผ่าครึ่งลูกชิ้นเป็นสองส่วน จากนั้นนำไปวัดด้วยวิธีการเดียวกับข้อ 2.1.2.1 (3)

2.3.4 ทดสอบการอุ้มน้ำ (Water Holding Capacity, WHC) ดัดแปลงจากวิธีของ Tee and Siow (2017) โดยนำตัวอย่างลูกชิ้นวางระหว่างกระดาษกรอง Whatman เบอร์ 1 ด้านบน 2 แผ่น ด้านล่าง 2 แผ่น กดด้วยน้ำหนัก 5 กิโลกรัม เป็นเวลา 2 นาที ชั่งน้ำหนักลูกชิ้นก่อนกดและหลังกด

$$\text{สูตรคำนวณ} \quad \% \text{ WHC} = \left[\frac{\text{น้ำหนักลูกชิ้นก่อนกด} - \text{น้ำหนักลูกชิ้นหลังกด}}{\text{น้ำหนักลูกชิ้นก่อนกด}} \right] \times 100 \quad (4)$$

2.4 การวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติ

ข้อมูลที่ได้ทำการวิเคราะห์ความแตกต่างทางสถิติ โดยใช้แผนการทดลองแบบสุ่มสมบูรณ์ (Completely Randomized Design: CRD) ในการทดลองเลือกสูตรที่เหมาะสมที่สุด (ข้อ 2.2) และแผนการทดลองแบบบล็อกสุ่มสมบูรณ์ (Randomized Completely Block Design : RCBD) ในการทดลองแบบเก็บรักษา (ข้อ 2.3) ทดสอบความแปรปรวนแบบ ANOVA ที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 ($p \leq 0.05$) เปรียบเทียบค่าเฉลี่ย โดยวิธี Duncan's Multiple Range Test (DMRT) ทำการทดลอง 3 ซ้ำ

ตารางที่ 2 ส่วนผสมลูกชิ้นปลาซังแช่เยือกแข็งสูตรควบคุม (NTA) และสูตรใส่แป้งมันสำปะหลัง (SMH)

ส่วนผสม (กรัม)	สูตรควบคุม (NTA)	สูตรใส่แป้งมันสำปะหลัง (SMH)
ซูริมิ	1,000	1,000
เกลือ	35	35
เอนไซม์ทรานกลูตามิเนส	2	2
น้ำมันถั่วเหลือง	56	56
กระเทียมผง	3	3
พริกไทยขาวป่น	11	11
โมโนโซเดียมกลูตาเมต	3	3
น้ำ*	525	571
แป้งมันสำปะหลัง	0	56

* ควบคุมความชื้นร้อยละ 95

ผลการทดลองและวิจารณ์ผล

1. ผลการผลิตซูริมิจากปลาชิ่ง

1.1 ร้อยละผลผลิตซูริมิ (% yield)

ปลาชิ่งสด 100 กิโลกรัม ได้ปริมาณเนื้อปลาแล้ 35.14±1.47 กิโลกรัม ผลิตเป็นซูริมิ ได้ 15.69±0.74 กิโลกรัม คิดเป็นร้อยละ 55.35 ของผลผลิตซูริมิจากเนื้อปลาแล้ และคิดเป็นร้อยละ 15.69 จากปลาทั้งตัว (ตารางที่ 3) ซึ่งมี % yield ต่ำกว่าปลาทะเล โดยปลาทะเลส่วนใหญ่ มี % yield สูงกว่าร้อยละ 20 (FAO, 2007) และจากการสอบถามโรงงานแห่งหนึ่งในจังหวัดสมุทรสาคร พบว่า การผลิตซูริมิจากปลาทรายแดง ได้ % yield ประมาณร้อยละ 20 ในขณะที่จากการศึกษาครั้งนี้ การผลิตซูริมิจากปลาชิ่งได้ผลผลิตซูริมิเพียงร้อยละ 15.69

ตารางที่ 3 ร้อยละผลผลิตของซูริมิจากปลาชิ่ง (% yield)

ปลาชิ่งสด (กก.)	เนื้อปลาแล้ (กก.)	ซูริมิ (กก.)	ร้อยละผลผลิตของซูริมิ	
			ปลาทั้งตัว	เนื้อปลาแล้
100	35.14 ±1.47	15.69±0.74	15.69	55.35

1.2 ผลการตรวจวิเคราะห์คุณภาพของซูริมิปลาชิ่ง

1.2.1 ด้านกายภาพ

จากตารางที่ 4 พบว่า ซูริมิปลาชิ่งมีความแข็งแรง (Breaking force) และระยะทางที่เปลี่ยนรูปร่าง (Distance) เท่ากับ 952.16±73.73 กรัม และ 1.29±0.08 เซนติเมตร ตามลำดับ ค่า GS มีค่าเท่ากับ 1,202.45±134.5 กรัม.เซนติเมตร การทดสอบด้วยการพับ (Folding test) เมื่อนำตัวอย่างมาพับเป็น 4 ส่วน เนื้อไม่แตก มีคะแนนการพับเท่ากับ AA ผลการวัดสี มีค่าความสว่าง (L*) ค่าสีแดง (a*) ค่าสีเหลือง (b*) และค่าความขาวเท่ากับ 76.70±1.20, -3.29±0.13, 6.35±0.56 และ 75.62±1.19 ตามลำดับ เมื่อนำซูริมิปลาชิ่งมาพิจารณาคุณภาพตาม FAO (2007) พบว่า คุณภาพด้านความแข็งแรงของเจลของซูริมิปลาชิ่ง ซึ่งมีค่าเท่ากับ 1,202.45±134.5 กรัม.เซนติเมตร จัดอยู่ในเกรด FA เช่นเดียวกับซูริมิปลาพอลลอก และอยู่ในเกรด SSA เมื่อเทียบกับซูริมิปลาทรายแดง ส่วนค่าสีอยู่ในระดับ SA เช่นเดียวกับซูริมิจากปลาพอลลอก ปลาแปซิฟิกไวทิง และปลาทรายแดง ซึ่งค่าความสว่างมากกว่า 75 (ภาคผนวก ค)

ตารางที่ 4 ค่าความแข็งแรงของเจล และสีของซูริมิปลาชิ่ง

	Breaking force (g)	Distance (cm)	Gel Strength (g.cm)	Folding test
ซูริมิปลาชิ่ง	952.16±73.73	1.29±0.08	1,202.45±134.5	AA
	Lightness (L*)	(a*)	(b*)	Whiteness
	76.70±1.20	-3.29±0.13	6.35±0.56	75.62±1.19

1.2.2 ด้านเคมี

จากการทดสอบ พบว่า องค์ประกอบทางเคมีของซูริมิปลาชิ่ง มีปริมาณโปรตีน ไข่ ไขมัน ความชื้น ไยอาหาร และเกลือร้อยละ 18.34 ± 0.24 , 1.17 ± 0.05 , 1.63 ± 0.01 , 78.91 ± 0.47 , 0.16 ± 0.04 และ 0.29 ± 0.00 ตามลำดับ (ตารางที่ 5) มีงานวิจัยที่ศึกษาองค์ประกอบทางเคมีของซูริมิจากปลาทะเล และปลาน้ำจืด เช่น งานวิจัยของ Orawan (1999) ศึกษาซูริมิจากปลาปากคม (Lizard fish) พบว่า มีปริมาณโปรตีน ไข่ ไขมัน และความชื้น ร้อยละ 19.55 ± 0.13 , 1.64 ± 0.14 , 1.95 ± 0.02 และ 78.33 ± 0.15 ตามลำดับ ซูริมิจากปลาแปซิฟิกไวกิง มีค่า 13.34 ± 1.20 , 0.50 ± 0.02 , 0.64 ± 0.19 และ 77.26 ± 1.28 ตามลำดับ (Lee *et al.*, 1990) และซูริมิปลาน้ำจืด เช่น ซูริมิจากปลานิล มีค่า 16.57 ± 0.32 , 0.92 ± 0.00 , 1.23 ± 0.04 และ 78.92 ± 0.60 ตามลำดับ (Orawan, 1999) และซูริมิจากปลาลิ้น (Silver carp) มีค่า 16.12 ± 0.53 , 0.56 ± 0.07 , 0.63 ± 0.08 และ 82.45 ± 1.34 ตามลำดับ (Hossain *et al.*, 2004)

ตารางที่ 5 ร้อยละองค์ประกอบทางเคมีของซูริมิปลาชิ่ง

	โปรตีน	ไข่	ไขมัน	ความชื้น	ใยอาหาร	เกลือ
ซูริมิปลาชิ่ง	18.34 ± 0.24	1.17 ± 0.05	1.63 ± 0.01	78.91 ± 0.47	0.16 ± 0.04	0.29 ± 0.00

หากเปรียบเทียบซูริมิจากปลาชิ่งที่ผลิตได้กับมาตรฐานของซูริมิภายในประเทศ พบว่า ซูริมิปลาชิ่งที่ผลิตได้ผ่านเกณฑ์กำหนด มาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมเนื้อปลาสด (ซูริมิ) เยือกแข็ง (มอก.935-2533) กำหนดให้ซูริมิต้องมีค่าความเหนียว (ค่าความแข็งแรงของเจล) ไม่ต่ำกว่า 400 กรัม.เซนติเมตร ทดสอบโดยวิธีการพับต้องได้คะแนนเฉลี่ยไม่น้อยกว่าระดับ A (แตกเล็กน้อยเมื่อพับเป็นสี่ส่วน) และมีความชื้นไม่เกินร้อยละ 80 (สำนักงานมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม, 2533)

2. ผลของสารยึดเกาะต่อคุณภาพของลูกชิ้นปลาชิ่งแช่เยือกแข็ง

2.1 ผลการทดสอบการยอมรับคุณภาพทางประสาทสัมผัส ด้านกลิ่น และเนื้อสัมผัสของลูกชิ้นปลาชิ่งแช่เยือกแข็งโดยผู้ทดสอบจำนวน 20 ราย หลังจากลูกชิ้นปลาชิ่งแช่เยือกแข็งผ่านการแช่เยือกแข็งนาน 1 สัปดาห์ ผลแสดงในตารางที่ 6 ดังนี้

2.1.1 ไข่ขาวผง (EW) พบว่า เมื่อปริมาณไข่ขาวผงเพิ่มขึ้น ผู้ทดสอบให้การยอมรับด้านกลิ่นลดลง เนื่องจากกลิ่นของไข่ขาวผงแรงขึ้น และมีลักษณะเนื้อสัมผัสที่นิ่ม และ ไม่ยืดหยุ่นเพิ่มมากขึ้น โดยผู้ทดสอบที่ยอมรับด้านกลิ่นสูตร EW1, EW2 และ EW3 มีจำนวน 19, 15 และ 8 ราย คิดเป็นร้อยละ 95, 75 และ 40 ตามลำดับ ซึ่งเป็นไปทำนองเดียวกับการยอมรับด้านเนื้อสัมผัส ซึ่งผู้ทดสอบให้การยอมรับ จำนวน 19, 16 และ 6 ราย หรือคิดเป็นร้อยละ 95, 80 และ 30 ตามลำดับ

2.1.2 โปรตีนถั่วเหลือง (ISP) พบว่า ผู้ทดสอบให้คะแนนการยอมรับด้านกลิ่นลดลง เมื่อเพิ่มปริมาณของโปรตีนถั่วเหลืองเช่นเดียวกับไข่ขาวผง เนื่องจากมีกลิ่นเฉพาะชัดเจน ผู้ทดสอบให้การยอมรับ สูตร ISP1, ISP2 และ ISP3 จำนวน 16, 15 และ 3 ราย คิดเป็นร้อยละ 80, 75 และ 15 ตามลำดับ แต่การยอมรับด้านเนื้อสัมผัส ผู้ทดสอบให้การยอมรับจำนวน 20, 20 และ 18 ราย คิดเป็นร้อยละ 100, 100 และ 90 ตามลำดับ แสดงว่าการเพิ่มปริมาณโปรตีนถั่วเหลือง ผู้ทดสอบยังคงยอมรับด้านเนื้อสัมผัส แต่มีผลต่อการยอมรับด้านกลิ่น เนื่องจากมีกลิ่นของโปรตีนถั่วเหลืองที่แรงขึ้น สอดคล้องกับ สันตกิจ (2544) ที่รายงานว่า การเติมโปรตีนถั่วเหลืองสามารถเพิ่มความแข็งแรงของเจลได้ แต่ไม่สามารถใช้ในปริมาณที่สูงเกินไปได้ เพราะมีผลทำให้ผลิตภัณฑ์ไม่มี

ความเลื่อมมัน เปลี่ยนเป็นสีเหลือง และมีกลิ่นฉุนที่เด่นชัด ส่งผลต่อการยอมรับของผู้ทดสอบ โดยทั่วไป มักจะใส่ในลูกชิ้นไม่เกินร้อยละ 5

2.1.3 แป้งมันสำปะหลัง (TA) เมื่อเพิ่มปริมาณแป้งมันสำปะหลัง เป็นร้อยละ 1, 2 และ 3 พบว่า ผู้ทดสอบทั้งหมดยอมรับคุณภาพด้านกลิ่นของทั้ง 3 สูตร ร้อยละ 100 อาจเนื่องมาจากแป้งมันสำปะหลัง ไม่มีกลิ่นเหมือนไข่ขาวผงและโปรตีนถั่วเหลือง ส่วนผลการทดสอบด้านเนื้อสัมผัส ผู้ทดสอบให้การยอมรับสูตร TA1, TA2 และ TA3 จำนวน 20, 20 และ 18 ราย คิดเป็น ร้อยละ 100, 100 และ 90 ตามลำดับ

ดังนั้น ในการศึกษานี้ จึงไม่ทดสอบคุณภาพด้านเนื้อสัมผัสด้วยเครื่องวัดเนื้อสัมผัสของ ลูกชิ้นปลาซังแช่เยือกแข็งสูตร EW3 และ ISP3 เนื่องจากผู้ทดสอบไม่ยอมรับเพราะมีกลิ่นแรงเกินไป

ตารางที่ 6 คุณภาพทางประสาทสัมผัสด้านกลิ่น และด้านเนื้อสัมผัสของลูกชิ้นปลาซังแช่เยือกแข็งที่ แปรปริมาณสารยัดเกาะแต่ละชนิดเป็น 3 ระดับ

สารยัดเกาะ	สูตร	กลิ่น		ลักษณะเนื้อสัมผัส	
		ยอมรับ (ร้อยละ)	ไม่ยอมรับ (ร้อยละ)	ยอมรับ (ร้อยละ)	ไม่ยอมรับ (ร้อยละ)
ไข่ขาวผง (ร้อยละ)	0.5 (EW1)	95	5	95	5
	1 (EW2)	75	25	80	20
	1.5 (EW3)	40	60	30	70
โปรตีนถั่วเหลือง (ร้อยละ)	0.5 (ISP1)	80	20	100	0
	1 (ISP2)	75	25	100	0
	2 (ISP3)	15	85	90	10
แป้งมันสำปะหลัง (ร้อยละ)	1 (TA1)	100	0	100	0
	2 (TA2)	100	0	100	0
	3 (TA3)	100	0	90	10

2.2 การทดสอบคุณภาพด้านเนื้อสัมผัสด้วยเครื่องวัดเนื้อสัมผัส

2.2.1 ผลการทดสอบค่าความแข็งแรงของเจล (Gel Strength, GS)

ค่าความแข็งแรงของเจล (GS) ของการแปรปริมาณไข่ขาวผง โปรตีนถั่วเหลือง และแป้งมันสำปะหลังแตกต่างกันไปขึ้นอยู่กับปริมาณของสารยัดเกาะแต่ละชนิด รายละเอียดดังแสดงในตารางที่ 7

2.2.1.1 ผลของการแปรปริมาณไข่ขาวผง พบว่า ปริมาณไข่ขาวผงร้อยละ 0.5 (EW1) และร้อยละ 1 (EW2) มีค่า GS แตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญ ($p>0.05$) คือ 360.99 ± 92.36 และ 247.25 ± 52.33 กรัม.เซนติเมตร ตามลำดับ และเมื่อเปรียบเทียบกับลูกชิ้นทางการค้า (PKB) ลูกชิ้นผสมไข่ขาวผงสูตร EW1 มีค่า GS แตกต่างอย่างไม่มีนัยสำคัญ ($p>0.05$) จากงานวิจัยของจันทร์จิรา และนิสาณารถ (2552) รายงานว่า เมื่อเติมไข่ขาวผงร้อยละ 10 จะเกิดปฏิกิริยาระหว่างโปรตีนของเนื้อปลาและโปรตีนไข่ขาวผงในขณะให้ความร้อน โดยเกิดเป็นโครงร่างตาข่ายสามมิติเพิ่มมากขึ้น ความร้อนทำให้โมเลกุลของโปรตีนเกิดการคลายตัว และหันด้านที่ไม่มีขั้วออกมาภายนอก เกิดพันธะไฮโดรโฟบิกและพันธะไดซัลไฟด์ระหว่างโมเลกุล ทำให้เกิดการยึดเกาะกันระหว่างโปรตีนของเนื้อปลาและโปรตีนไข่ขาวผง ส่งผลให้ลูกชิ้นมีค่าความยืดหยุ่นและค่าความแข็งแรงของเจลสูงขึ้น แต่จะทำให้เกิดกลิ่นของไฮโดรเจนซัลไฟด์ (กลิ่นไข่เน่า) และมีรสชาติของไข่ขาวกลบรสชาติของลูกชิ้นปลา ทำให้ผู้ทดสอบให้คะแนนความชอบลดลง และไม่ยอมรับในรสชาติของลูกชิ้นในที่สุด Burgarella *et al.* (1985) ได้ศึกษาผลของการเติมไข่ขาวผงต่อเนื้อสัมผัสของซูริมีปลา Croaker โดยให้ความร้อน 2 ระดับ พบว่า การให้ความร้อน

ในระดับแรกที่อุณหภูมิ 40 องศาเซลเซียส ระยะเวลา 30 นาที ความร้อนจะทำให้โปรตีนของไข่ขาวผงแข็งตัว ทำให้เจลของซูริมีมีลักษณะยืดหยุ่นที่ดี อย่างไรก็ตาม การให้ความร้อนในขั้นสุดท้ายหากให้อุณหภูมิสูงกว่า 90 องศาเซลเซียส มีผลทำให้ผลิตภัณฑ์เปราะบางและมีความยืดหยุ่นลดลง เนื่องจากไข่ขาวผงจะช่วยให้เกิดเจลที่แข็งแรงที่สุดที่อุณหภูมิไม่เกิน 85 องศาเซลเซียส ในขณะที่เจลของเนื้อปลาจะให้ความยืดหยุ่นที่ดีที่สุดที่อุณหภูมิ 80-90 องศาเซลเซียส ซึ่งความแตกต่างของการทนต่อความร้อนที่แตกต่างกันระหว่างโปรตีนจากเนื้อปลาและโปรตีนไข่ขาวผง ทำให้ไข่ขาวผงไม่มีผลโดยตรงต่อการเกิดเจลของผลิตภัณฑ์ แต่ช่วยในการเสริมโครงสร้างของเจล (Burgarella *et al.*, 1985)

2.2.1.2 ผลของการแปรโปรตีนถั่วเหลือง พบว่า ค่า GS ของโปรตีนถั่วเหลืองสูตร ISP1 และ ISP2 ทั้งสองสูตรแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ($p \leq 0.05$) กับสูตร PKB การเพิ่มปริมาณของโปรตีนถั่วเหลืองทำให้ค่าความแข็งแรงของเจลมีแนวโน้มเพิ่มขึ้น จาก 309.72 ± 74.24 เป็น 331.21 ± 70.90 กรัม.เซนติเมตร อาจเนื่องมาจากโครงสร้างโปรตีนจากถั่วเหลืองมีกลุ่มของลิพอฟิลิกที่ยึดเกาะกับไขมันและไฮโดรฟิลิกที่ยึดเกาะกับน้ำ จึงสามารถสร้างเจลเป็นโครงสร้างคล้ายร่างแหที่สามารถห่อหุ้มเม็ดไขมัน ทำให้ผลิตภัณฑ์คงตัวได้ดีและอุ้มน้ำได้ดีขึ้น (Elizalde *et al.*, 1996; Akesowan, 2008) ทำให้เนื้อสัมผัสของลูกชิ้นดีขึ้นเมื่อเพิ่มปริมาณโปรตีนถั่วเหลือง

2.2.1.3 ผลของการแปรแป้งมันสำปะหลัง พบว่า สูตร TA1, TA2 และ TA3 มีค่า GS แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ เมื่อเปรียบเทียบกับสูตร PKB ($p \leq 0.05$) ทั้ง 3 สูตรมีค่าความแข็งแรงของเจล เท่ากับ 312.36 ± 42.57 , 273.11 ± 44.95 และ 189.73 ± 108.42 กรัม.เซนติเมตร ตามลำดับ ซึ่งมีค่าต่ำกว่าสูตร PKB การเติมแป้งยังทำให้ลักษณะปรากฏของลูกชิ้นมีผิวเรียบเนียนมากขึ้น การบวมของเม็ดแป้งสามารถเกิดขึ้นในระดับปานกลางที่อุณหภูมิ 75 องศาเซลเซียส และจะบวมอย่างมากที่อุณหภูมิ 90 องศาเซลเซียส แป้งจะแทรกตัวตามโครงข่ายไมโอไฟบริลาร์โปรตีน โดยไม่ทำปฏิกิริยาใด ๆ กับโปรตีน (สันตกิจ และอัมพวัน, 2549) เมื่อมีปริมาณแป้งเพิ่มมากขึ้นทำให้ความสามารถในการดูดซึมน้ำเพิ่มมากขึ้น ส่งผลให้ลูกชิ้นมีความนุ่มมากขึ้น (Kim and Lee, 1987)

ตารางที่ 7 ค่าความแข็งแรงของเจล (GS) ของลูกชิ้นปลาซังแซ่เยือกแข็งที่แปรปริมาณสารยึดเกาะแต่ละชนิด เป็น 3 ระดับ

สารยึดเกาะ	สูตร	ค่าความแข็งแรงของเจล (กรัม.เซนติเมตร)
ไข่ขาวผง (ร้อยละ)	0.5 (EW1)	360.99 ± 92.36^{ab}
	1 (EW2)	247.25 ± 52.33^a
	ลูกชิ้นทางการค้า (PKB)	445.22 ± 149.76^b
โปรตีนถั่วเหลือง (ร้อยละ)	0.5 (ISP1)	309.72 ± 74.24^a
	1 (ISP2)	331.21 ± 70.90^a
	ลูกชิ้นทางการค้า (PKB)	445.22 ± 149.76^b
แป้งมันสำปะหลัง (ร้อยละ)	1 (TA1)	312.36 ± 42.57^b
	2 (TA2)	273.11 ± 44.95^b
	3 (TA3)	189.73 ± 108.42^a
	ลูกชิ้นทางการค้า (PKB)	445.22 ± 149.76^c

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

2.2.2 ผลของการวัด Texture Profile Analyser (TPA)

2.2.2.1 ผลของการแปรไข่ขาวผง พบว่า เมื่อเติมไข่ขาวมากขึ้น ค่า Springiness มีค่าสูงขึ้น โดยสูตร EW1 และ EW2 มีค่าเท่ากับ 0.851 ± 0.41 และ 0.861 ± 0.02 มิลลิเมตร ตามลำดับ (ตารางที่ 8) ซึ่งทั้ง 2 สูตร แตกต่างอย่างไม่มีนัยสำคัญ ($p>0.05$) กับลูกขึ้นแช่เยือกแข็งทางการค้า (PKB)

2.2.2.2 ผลของการแปรโปรตีนถั่วเหลือง พบว่า เมื่อเพิ่มโปรตีนถั่วเหลือง ค่า Springiness เพิ่มขึ้นเช่นเดียวกับการเพิ่มปริมาณไข่ขาวผง โดยสูตร ISP1 และ ISP2 มีค่าเท่ากับ 0.813 ± 0.14 และ 0.829 ± 0.10 มิลลิเมตร ตามลำดับ (ตารางที่ 8) ซึ่งสูตร ISP 2 แตกต่างอย่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญ ($p>0.05$) กับสูตร PKB

2.2.2.3 ผลของการแปรแป้งมันสำปะหลัง พบว่า เมื่อเพิ่มแป้งมันสำปะหลัง ค่า Springiness ลดลง โดยสูตร TA1, TA2 และ TA3 มีค่าเท่ากับ 0.881 ± 0.01 , 0.872 ± 0.01 และ 0.832 ± 0.12 มิลลิเมตร ตามลำดับ ซึ่งค่า Springiness ของแป้งมันสำปะหลังทั้ง 3 สูตรแตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญ ($p>0.05$) กับสูตร PKB (ตารางที่ 8)

ตารางที่ 8 ลักษณะเนื้อสัมผัส (Springiness) ของลูกขึ้นปลาช่งแช่เยือกแข็งที่แปรปริมาณสารยึดเกาะแต่ละชนิดเป็น 3 ระดับ

สารยึดเกาะ	สูตร	Springiness (มิลลิเมตร)
ไข่ขาวผง (ร้อยละ)	0.5 (EW1)	0.851 ± 0.41^a
	1 (EW2)	0.861 ± 0.02^a
	ลูกขึ้นทางการค้า (PKB)	0.863 ± 0.03^a
โปรตีนถั่วเหลือง (ร้อยละ)	0.5 (ISP1)	0.813 ± 0.14^a
	1 (ISP2)	0.829 ± 0.10^{ab}
	ลูกขึ้นทางการค้า (PKB)	0.863 ± 0.03^b
แป้งมันสำปะหลัง (ร้อยละ)	1 (TA1)	0.881 ± 0.01^b
	2 (TA2)	0.872 ± 0.01^{ab}
	3 (TA3)	0.832 ± 0.12^a
	ลูกขึ้นทางการค้า (PKB)	0.863 ± 0.03^{ab}

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

จากการทดสอบด้านกายภาพ ทั้งด้านประสาทสัมผัสและทดสอบด้วยเครื่องวัดเนื้อสัมผัส พบว่า

- ค่า GS ของสูตร EW1 แตกต่างอย่างไม่มีนัยสำคัญ ($p>0.05$) กับสูตร PKB ส่วนค่า Springiness ของสูตร EW1 และ EW2 แตกต่างอย่างไม่มีนัยสำคัญ ($p>0.05$) ดังนั้น จึงเลือกไข่ขาวผงร้อยละ 0.5 (EW1) ในการทดสอบการยอมรับของผู้บริโภคและการทดลองเก็บรักษา

- ค่า GS ของสูตร ISP1 และ ISP2 แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญ ($p\leq 0.05$) แต่ค่า Springiness ของสูตร ISP2 แตกต่างอย่างไม่มีนัยสำคัญ ($p>0.05$) กับสูตร PKB ดังนั้น จึงเลือกโปรตีนถั่วเหลืองร้อยละ 1 (ISP2) ในการทดสอบการยอมรับของผู้บริโภคและการทดลองเก็บรักษา

- ค่า GS ของ TA ทั้ง 3 สูตร ได้แก่ TA1, TA2 และ TA3 แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญ ($p\leq 0.05$) แต่ค่า Springiness ของสูตร TA2 มีค่าใกล้เคียงกับสูตร PKB มากที่สุด ดังนั้น จึงเลือกแป้งมันสำปะหลังร้อยละ 2 (TA2) ในการทดสอบการยอมรับของผู้บริโภคและการทดลองเก็บรักษา

2.2.3 ผลการทดสอบการยอมรับของผู้บริโภค

ผลการทดสอบการยอมรับของผู้บริโภค จำนวน 104 ราย ต่อลูกชิ้นปลาแช่เยือกแข็ง ทั้ง 3 สูตร ได้แก่ EW1, ISP2 และ TA2 รวมทั้งลูกชิ้นสูตรควบคุม (NTA) และสูตรใส่แป้งมันสำปะหลังร้อยละ 5.6 (SMH) หลังจากแช่แข็งมานาน 1 สัปดาห์ โดยข้อมูลของผู้บริโภคและผลการทดสอบ มีดังนี้

2.2.3.1 ลักษณะทางประชากรศาสตร์

ผู้ตอบแบบสอบถามเป็นผู้ชายร้อยละ 35.6 ผู้หญิงร้อยละ 64.4 อายุอยู่ในช่วง 31-35 ปี คิดเป็นร้อยละ 40.4 รายได้ต่อเดือนอยู่ในช่วงน้อยกว่า 15,000 บาท คิดเป็นร้อยละ 48.1 รองลงมา คือ รายได้อยู่ในช่วง 30,001-50,000 บาท คิดเป็นร้อยละ 37.5 (ตารางที่ 9) จะเห็นได้ว่า ผู้บริโภคส่วนใหญ่ เป็นกลุ่มวัยทำงาน มีแนวโน้มของการยอมรับนวัตกรรมใหม่มากกว่าช่วงอายุอื่น เนื่องจากมีรายได้เพียงพอที่จะซื้อสินค้า หรือผลิตภัณฑ์แปลกใหม่ได้

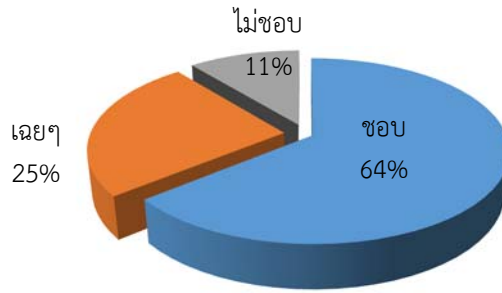
ตารางที่ 9 ลักษณะทางประชากรศาสตร์ของผู้ตอบแบบสอบถามในการทดสอบการยอมรับของผู้บริโภค จำนวน 104 ราย

ลักษณะทางประชากรศาสตร์		ร้อยละ
เพศ	ชาย	64.4
	หญิง	35.6
อายุ (ปี)	<20	0
	20-25	13.5
	26-30	9.6
	31-35	40.4
	36-40	7.7
	>40	28.8
รายได้ต่อเดือน (บาท)	<15,000	48.1
	15,000-30,000	14.4
	30,001-50,000	37.5
	>50,000	0

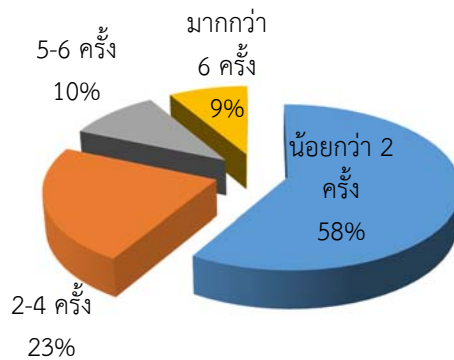
2.2.3.2 ผลการสำรวจพฤติกรรมและทัศนคติของผู้บริโภคต่อผลิตภัณฑ์ลูกชิ้นปลา

ในท้องตลาด

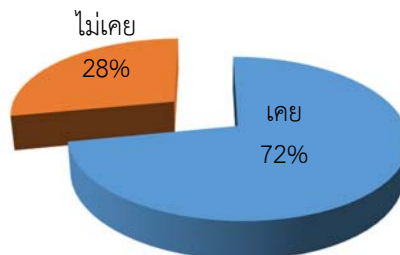
ผู้บริโภคร้อยละ 64 ชอบรับประทานลูกชิ้นปลา ร้อยละ 25 เคย ๑ และร้อยละ 11 ไม่ชอบรับประทาน ดังภาพที่ 3 สำหรับความถี่ในการบริโภคลูกชิ้นปลาของผู้บริโภคนั้น ส่วนใหญ่บริโภคน้อยกว่า 2 ครั้งต่อสัปดาห์ (ร้อยละ 58) รองลงมา คือ รับประทานสัปดาห์ละ 2-4 ครั้ง (ร้อยละ 23) (ภาพที่ 4) ส่วนการรับประทานลูกชิ้นปลาแช่เยือกแข็ง มีผู้บริโภคร้อยละ 72 เคยรับประทาน และร้อยละ 28 ไม่เคยรับประทานลูกชิ้นปลาแช่เยือกแข็ง ดังภาพที่ 5



ภาพที่ 3 ความชอบของผู้บริโภคต่อลูกชิ้นปลาในท้องตลาด



ภาพที่ 4 ความถี่ในการบริโภคลูกชิ้นปลาต่อสัปดาห์

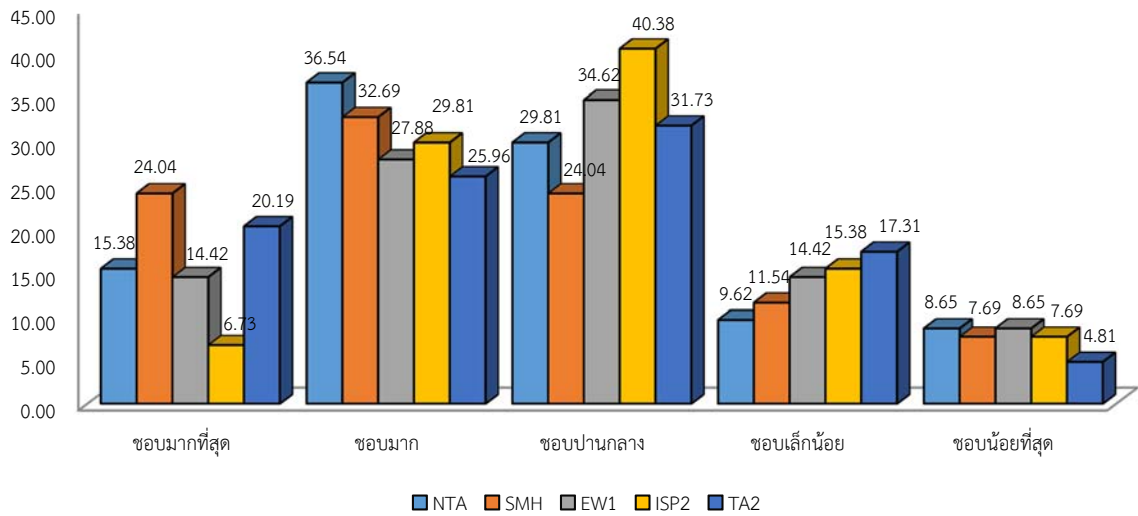


ภาพที่ 5 การบริโภคลูกชิ้นปลาแช่เยือกแข็งจากท้องตลาด

2.2.3.3 ผลการทดสอบทางประสาทสัมผัสของผู้บริโภคต่อลูกชิ้นปลาแช่เยือกแข็ง

1) ความชอบต่อลักษณะเนื้อสัมผัส

ผู้บริโภคชอบลักษณะของเนื้อสัมผัสลูกชิ้นปลาแช่เยือกแข็ง โดยเน้นด้านความเหนียวของผลิตภัณฑ์ ซึ่งผู้ทดสอบให้คะแนนในระดับชอบมากที่สุดและชอบมากของสูตร NTA, SMH, EW1, ISP2 และ TA2 เท่ากับร้อยละ 51.92, 56.73, 42.3, 36.54 และ 46.15 ตามลำดับ ส่วนความชอบในระดับชอบปานกลาง มีค่าเท่ากับ 29.81, 24.04, 34.62, 40.38 และ 31.73 แสดงให้เห็นว่าลูกชิ้นปลาแช่เยือกแข็งทั้ง 5 สูตร ได้รับการยอมรับจากผู้บริโภคเนื่องจากลูกชิ้นปลาแช่เยือกแข็งที่นำมาทดสอบอยู่ในระยะเริ่มต้นการเก็บรักษาเพียง 1 สัปดาห์ ทำให้ยังไม่มีปัจจัยเรื่องผลของการอุ้มน้ำ หรือการเสียสภาพของลูกชิ้นเมื่อเก็บรักษาเป็นเวลานาน ผู้ทดสอบให้คะแนนในระดับชอบน้อยที่สุดทั้ง 5 สูตร อยู่ในช่วงร้อยละ 4-8 (ภาพที่ 6)

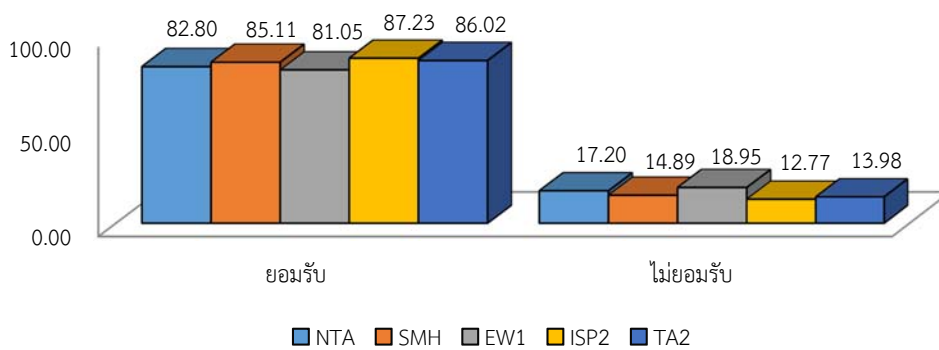


- NTA หมายถึง ลูกชิ้นปลาชงแช่เยือกแข็งสูตรควบคุม
- SMH หมายถึง ลูกชิ้นปลาชงแช่เยือกแข็งสูตรที่เติมแป้งมันสำปะหลังร้อยละ 5.6
- EW1 หมายถึง ลูกชิ้นปลาชงแช่เยือกแข็งสูตรที่เติมไข่ขาวผงร้อยละ 0.5
- ISP2 หมายถึง ลูกชิ้นปลาชงแช่เยือกแข็งสูตรที่เติมโปรตีนถั่วเหลืองร้อยละ 1
- TA2 หมายถึง ลูกชิ้นปลาชงแช่เยือกแข็งสูตรที่เติมแป้งมันสำปะหลังร้อยละ 2

ภาพที่ 6 ระดับความชอบของผู้บริโภคต่อนื้อสัมผัสของลูกชิ้นปลาชงแช่เยือกแข็ง

2) การยอมรับเนื้อสัมผัส

ผู้บริโภคมากกว่าร้อยละ 80 ยอมรับเนื้อสัมผัสของลูกชิ้นปลาชงแช่เยือกแข็งทั้ง 5 สูตร โดยให้เหตุผลว่าทั้ง 5 สูตร มีลักษณะเนื้อสัมผัสแบบลูกชิ้นปลา ซึ่งสูตร NTA, SMH, EW1, ISP2 และ TA2 มีค่าการยอมรับต่อนื้อสัมผัสคิดเป็นร้อยละ 82.80, 85.51, 81.05, 87.23 และ 86.02 ตามลำดับดังภาพที่ 7

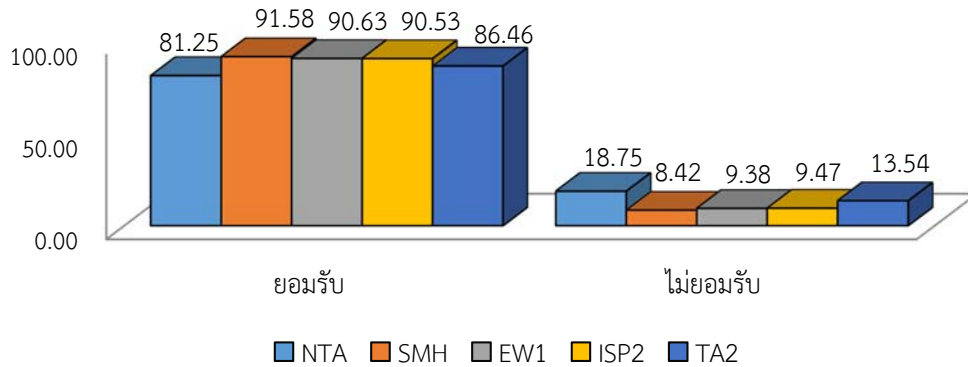


- NTA หมายถึง ลูกชิ้นปลาชงแช่เยือกแข็งสูตรควบคุม
- SMH หมายถึง ลูกชิ้นปลาชงแช่เยือกแข็งสูตรที่เติมแป้งมันสำปะหลังร้อยละ 5.6
- EW1 หมายถึง ลูกชิ้นปลาชงแช่เยือกแข็งสูตรที่เติมไข่ขาวผงร้อยละ 0.5
- ISP2 หมายถึง ลูกชิ้นปลาชงแช่เยือกแข็งสูตรที่เติมโปรตีนถั่วเหลืองร้อยละ 1
- TA2 หมายถึง ลูกชิ้นปลาชงแช่เยือกแข็งสูตรที่เติมแป้งมันสำปะหลังร้อยละ 2

ภาพที่ 7 การยอมรับเนื้อสัมผัสของผู้บริโภคต่อลูกชิ้นปลาชงแช่เยือกแข็ง

3) การยอมรับในกลิ่น

ผู้บริโภคมากกว่าร้อยละ 80 ยอมรับกลิ่นของลูกชิ้นปลาซังแช่เยือกแข็งทั้ง 5 สูตร เช่นเดียวกับการยอมรับเนื้อสัมผัสของลูกชิ้นปลาซังแช่เยือกแข็ง สูตร NTA, EW1, ISP2, TA2 และ SMH มีค่าการยอมรับในกลิ่นคิดเป็นร้อยละ 81.25, 90.63, 90.53, 86.46 และ 91.58 ตามลำดับ ดังภาพที่ 8



- NTA หมายถึง ลูกชิ้นปลาซังแช่เยือกแข็งสูตรควบคุม
- SMH หมายถึง ลูกชิ้นปลาซังแช่เยือกแข็งสูตรที่เติมแป้งมันสำปะหลังร้อยละ 5.6
- EW1 หมายถึง ลูกชิ้นปลาซังแช่เยือกแข็งสูตรที่เติมไข่ขาวผงร้อยละ 0.5
- ISP2 หมายถึง ลูกชิ้นปลาซังแช่เยือกแข็งสูตรที่เติมโปรตีนถั่วเหลืองร้อยละ 1
- TA2 หมายถึง ลูกชิ้นปลาซังแช่เยือกแข็งสูตรที่เติมแป้งมันสำปะหลังร้อยละ 2

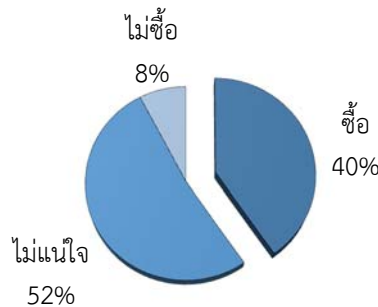
ภาพที่ 8 การยอมรับในกลิ่นของผู้บริโภคต่อลูกชิ้นปลาซังแช่เยือกแข็ง

2.2.3.4 การตัดสินใจของผู้บริโภค หากมีผลิตภัณฑ์ลูกชิ้นปลาซังแช่เยือกแข็ง

วางจำหน่าย

จากภาพที่ 9 พบว่า ผู้บริโภคร้อยละ 40 ตัดสินใจซื้อ ร้อยละ 52 ไม่แน่ใจว่าจะซื้อ ผลิตภัณฑ์ชนิดนี้หรือไม่ เนื่องจากต้องการทราบราคาของผลิตภัณฑ์ประกอบการตัดสินใจก่อนซื้อ เพราะเกรงว่าจะมีราคาแพงเกินไป และยังมีนิยมบริโภคลูกชิ้นแช่เย็น เนื่องจากหาซื้อได้ง่ายและราคาถูกกว่า

การตัดสินใจซื้อลูกชิ้นปลาซังแช่เยือกแข็งของผู้บริโภค

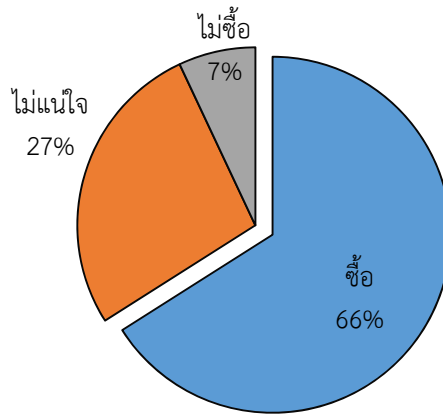


ภาพที่ 9 การตัดสินใจซื้อลูกชิ้นปลาซังแช่เยือกแข็งของผู้บริโภค

2.2.3.5 ราคาที่ผู้บริโภคมอบรับได้

จากการตอบแบบสอบถามการตัดสินใจซื้อของผู้บริโภค หากจำหน่ายลูกชิ้นปลาชั่งแช่เยือกแข็งขนาดบรรจุ 200 กรัมต่อถุง (ประมาณ 33 ลูก) จำหน่ายในราคา 35 บาท ผู้บริโภคร้อยละ 66 ตัดสินใจซื้อ และร้อยละ 27 ตอบว่าไม่แน่ใจ (ภาพที่ 10) เหตุผลที่ผู้บริโภคตัดสินใจว่าจะซื้อผลิตภัณฑ์ เพราะเห็นว่ามีความคุ้มค่า และปริมาณค่อนข้างเยอะ

การตัดสินใจของผู้บริโภค หากมีผลิตภัณฑ์ลูกชิ้นปลาชั่งแช่เยือกแข็งวางจำหน่าย



ภาพที่ 10 การตัดสินใจของผู้บริโภค หากมีผลิตภัณฑ์ลูกชิ้นปลาชั่งแช่เยือกแข็งวางจำหน่าย

3 ผลการศึกษาคุณภาพระหว่างการเก็บรักษาลูกชิ้นปลาชั่งแช่เยือกแข็ง 3 เดือน

ลูกชิ้นปลาชั่งแช่เยือกแข็งที่ได้รับการคัดเลือกจากสารยึดเกาะแต่ละชนิด คือ EW1, ISP2 และ TA2 รวมทั้งสูตร NTA และ SMH ก่อนเก็บรักษา พบว่า มีองค์ประกอบทางเคมี ได้แก่ โปรตีน ไขมัน ความชื้น และใยอาหาร อยู่ในช่วงร้อยละ 10.14 ± 1.02 - 11.26 ± 0.23 , 1.21 ± 0.07 - 1.30 ± 0.06 , 2.76 ± 0.45 - 3.58 ± 0.26 , 77.56 ± 0.09 - 78.15 ± 0.53 และ 0.21 ± 0.12 - 0.32 ± 0.08 ตามลำดับ (ตารางที่ 10)

ตารางที่ 10 ร้อยละองค์ประกอบทางเคมีของลูกชิ้นปลาชั่งแช่เยือกแข็งสูตรต่าง ๆ

สูตร	โปรตีน	ไขมัน	ไขมัน	ความชื้น	ใยอาหาร
NTA	11.08 ± 0.18	1.30 ± 0.06	3.22 ± 0.37	78.15 ± 0.53	0.31 ± 0.15
SMH	10.14 ± 1.02	1.22 ± 0.05	2.76 ± 0.45	77.65 ± 0.18	0.30 ± 0.05
EW1	11.26 ± 0.23	1.29 ± 0.05	3.58 ± 0.26	77.56 ± 0.09	0.26 ± 0.13
ISP2	10.72 ± 0.94	1.21 ± 0.07	3.37 ± 0.10	78.12 ± 0.49	0.32 ± 0.08
TA2	10.35 ± 0.19	1.22 ± 0.05	3.09 ± 0.44	78.01 ± 0.14	0.21 ± 0.12

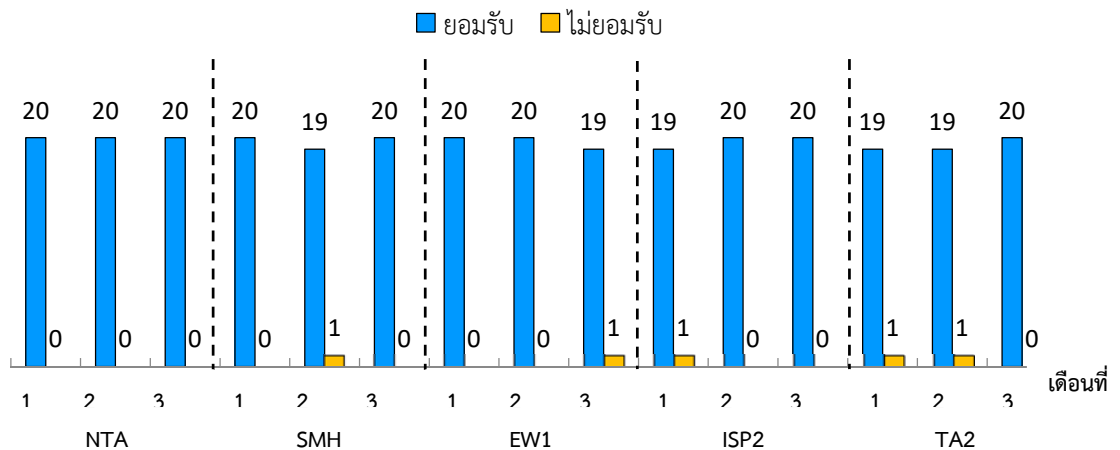
NTA	หมายถึง	ลูกชิ้นปลาชั่งแช่เยือกแข็งสูตรควบคุม
SMH	หมายถึง	ลูกชิ้นปลาชั่งแช่เยือกแข็งสูตรที่เติมแป้งมันสำปะหลังร้อยละ 5.6
EW1	หมายถึง	ลูกชิ้นปลาชั่งแช่เยือกแข็งสูตรที่เติมไข่ขาวผงร้อยละ 0.5
ISP2	หมายถึง	ลูกชิ้นปลาชั่งแช่เยือกแข็งสูตรที่เติมโปรตีนถั่วเหลืองร้อยละ 1
TA2	หมายถึง	ลูกชิ้นปลาชั่งแช่เยือกแข็งสูตรที่เติมแป้งมันสำปะหลังร้อยละ 2

3.1 ผลการทดสอบการยอมรับของผู้ทดสอบด้านประสาทสัมผัส

3.1.1 ด้านกลิ่น

ในเดือนแรกของการเก็บรักษา ผู้ทดสอบทั้ง 20 ราย ให้การยอมรับในกลิ่นของ ลูกชิ้นปลาซังแช่เยือกแข็งสูตร NTA, SMH และ EW1 และในเดือนที่ 3 ผู้ทดสอบยังคงให้การยอมรับในสูตร NTA, SMH และ ISP2 ส่วน TA2 ผู้ทดสอบให้การยอมรับในเดือนที่ 1 และ 2 จำนวน 19 ราย และเพิ่มขึ้นเป็น 20 รายในเดือนที่ 3 อย่างไรก็ตาม จะเห็นว่าสูตรที่ได้รับการคัดเลือกทั้ง 3 สูตร ยังคงได้รับการยอมรับตลอดระยะเวลาการเก็บรักษานาน 3 เดือน (ภาพที่ 11)

การยอมรับด้านกลิ่นของลูกชิ้นปลาซังแช่เยือกแข็ง



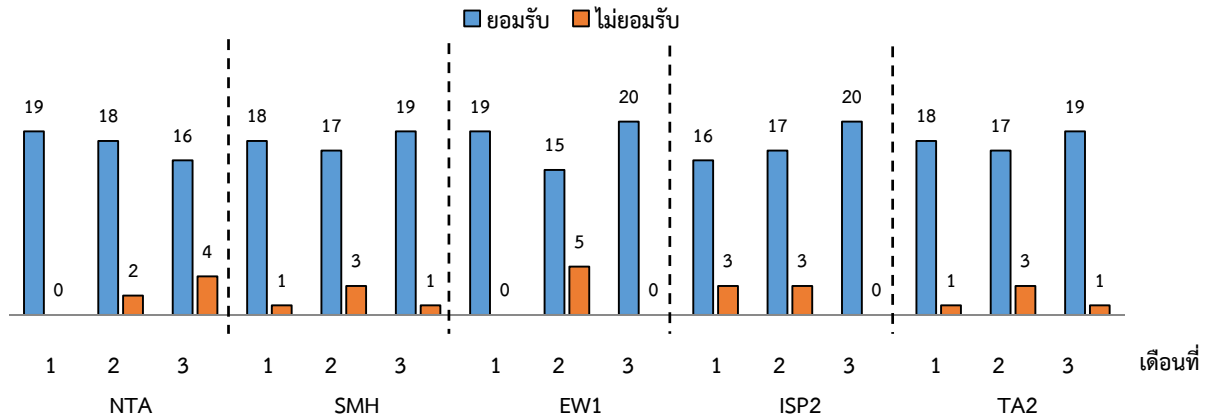
- NTA หมายถึง ลูกชิ้นปลาซังแช่เยือกแข็งสูตรควบคุม
 SMH หมายถึง ลูกชิ้นปลาซังแช่เยือกแข็งสูตรที่เติมแป้งมันสำปะหลังร้อยละ 5.6
 EW1 หมายถึง ลูกชิ้นปลาซังแช่เยือกแข็งสูตรที่เติมไข่ขาวผงร้อยละ 0.5
 ISP2 หมายถึง ลูกชิ้นปลาซังแช่เยือกแข็งสูตรที่เติมโปรตีนถั่วเหลืองร้อยละ 1
 TA2 หมายถึง ลูกชิ้นปลาซังแช่เยือกแข็งสูตรที่เติมแป้งมันสำปะหลังร้อยละ 2

ภาพที่ 11 จำนวนผู้ทดสอบที่ให้การยอมรับด้านกลิ่นของลูกชิ้นปลาซังแช่เยือกแข็งระหว่างการเก็บรักษา 3 เดือน

3.1.2 ด้านเนื้อสัมผัส

ในเดือนแรกของการเก็บรักษา สูตรที่ได้รับการยอมรับมากกว่าร้อยละ 80 ได้แก่ สูตร NTA, SMH, EW1 และ TA2 ส่วนในเดือนที่ 3 ผู้ทดสอบให้คะแนนการยอมรับสูตร NTA ลดลงเหลือเพียงร้อยละ 80 ส่วนสูตร SMH และ EW1 ผู้ทดสอบให้การยอมรับในด้านเนื้อสัมผัสของลูกชิ้นปลาซังแช่เยือกแข็งจำนวน 19 ราย และสูตร ISP2 และ TA2 ผู้ทดสอบให้การยอมรับเพิ่มขึ้นเป็น 20 ราย จะเห็นว่าสูตรที่ได้รับการคัดเลือกทั้ง 3 สูตร รวมทั้งสูตร SMH ผู้ทดสอบยังคงได้รับการยอมรับตลอดระยะเวลาการเก็บรักษานาน 3 เดือน ส่วนสูตร NTA มีแนวโน้มการยอมรับด้านเนื้อสัมผัสลดลง (ภาพที่ 12)

การยอมรับด้านเนื้อสัมผัสของลูกชิ้นปลาชงแช่เยือกแข็ง



- NTA หมายถึง ลูกชิ้นปลาชงแช่เยือกแข็งสูตรควบคุม
- SMH หมายถึง ลูกชิ้นปลาชงแช่เยือกแข็งสูตรที่เติมแป้งมันสำปะหลังร้อยละ 5.6
- EW1 หมายถึง ลูกชิ้นปลาชงแช่เยือกแข็งสูตรที่เติมไข่ขาวผงร้อยละ 0.5
- ISP2 หมายถึง ลูกชิ้นปลาชงแช่เยือกแข็งสูตรที่เติมโปรตีนถั่วเหลืองร้อยละ 1
- TA2 หมายถึง ลูกชิ้นปลาชงแช่เยือกแข็งสูตรที่เติมแป้งมันสำปะหลังร้อยละ 2

ภาพที่ 12 จำนวนผู้ทดสอบด้านเนื้อสัมผัสของลูกชิ้นปลาชงแช่เยือกแข็งในระดับชอบมากถึงมากที่สุด ระหว่างการเก็บรักษา 3 เดือน

3.2 ผลการวิเคราะห์เนื้อสัมผัสด้วยเครื่องวัดเนื้อสัมผัส

3.2.1 ผลการทดสอบค่าความแข็งแรงของเจล (Gel Strength)

จากตารางที่ 11 พบว่า ตลอดระยะเวลาการเก็บรักษา 3 เดือน สูตร NTA, SMH, EW1, ISP2 และ TA2 แตกต่างอย่างไม่มีนัยสำคัญ ($p > 0.05$) มีค่าอยู่ในช่วง $372.26 \pm 92.12 - 393.09 \pm 42.42$, $315.63 \pm 76.56 - 354.61 \pm 62.34$, $288.83 \pm 31.30 - 311.42 \pm 58.62$, $325.31 \pm 75.67 - 351.82 \pm 91.31$ และ $298.71 \pm 31.55 - 337.88 \pm 64.50$ กรัม.เซนติเมตร ตามลำดับ

ตารางที่ 11 ค่าความแข็งแรงของเจล (GS) ของลูกชิ้นปลาชงแช่เยือกแข็งสูตรต่าง ๆ

เดือน	ความแข็งแรงของเจล (กรัม.เซนติเมตร)				
	NTA ^{NS}	SMH ^{NS}	EW1 ^{NS}	ISP2 ^{NS}	TA2 ^{NS}
0 ^{NS}	372.26±92.12	354.61±62.34	297.56±48.18	331.72±43.15	298.71±31.55
1 ^{NS}	393.09±42.42	324.83±66.49	311.42±58.62	333.24±100.79	305.02±77.03
2 ^{NS}	385.50±94.31	344.68±95.32	307.60±11.84	351.82±91.31	337.88±64.50
3 ^{NS}	388.01±111.12	315.63±76.56	288.83±31.30	325.31±75.67	300.95±56.81

^{NS} แสดงถึงความแตกต่างอย่างไม่มีนัยสำคัญของการเก็บรักษา ($p > 0.05$)

- NTA หมายถึง ลูกชิ้นปลาชงแช่เยือกแข็งสูตรควบคุม
- SMH หมายถึง ลูกชิ้นปลาชงแช่เยือกแข็งสูตรที่เติมแป้งมันสำปะหลังร้อยละ 5.6
- EW1 หมายถึง ลูกชิ้นปลาชงแช่เยือกแข็งสูตรที่เติมไข่ขาวผงร้อยละ 0.5
- ISP2 หมายถึง ลูกชิ้นปลาชงแช่เยือกแข็งสูตรที่เติมโปรตีนถั่วเหลืองร้อยละ 1
- TA2 หมายถึง ลูกชิ้นปลาชงแช่เยือกแข็งสูตรที่เติมแป้งมันสำปะหลังร้อยละ 2

3.2.2 ผลการทดสอบค่า Springiness ระหว่างการเก็บรักษา

3.2.2.1 พิจารณาจากเดือนเดียวกันในแต่ละสูตร

ค่า Springiness ในแต่ละสูตรของเดือนเดียวกันแตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญ ($p>0.05$) เดือนที่ 0, 1, 2 และ 3 มีค่า Springiness อยู่ในช่วง 0.856 ± 0.01 - 0.866 ± 0.01 , 0.858 ± 0.01 - 0.872 ± 0.01 , 0.861 ± 0.01 - 0.875 ± 0.01 และ 0.857 ± 0.01 - 0.870 ± 0.01 มิลลิเมตร ตามลำดับ (ตารางที่ 12)

3.2.2.2 พิจารณาจากสูตรเดียวกันในแต่ละเดือน

- สูตรควบคุม (NTA) ที่เก็บรักษาเป็นเวลา 1, 2 และ 3 เดือน ค่า Springiness แตกต่างอย่างไม่มีนัยสำคัญ ($p>0.05$) มีค่าอยู่ในช่วง 0.866 ± 0.01 - 0.871 ± 0.01 มิลลิเมตร

- สูตรที่เติมแป้งมันสำปะหลังร้อยละ 5.6 (SMH) พบว่า ค่า Springiness มีแนวโน้มเพิ่มขึ้น เมื่อเก็บรักษานานขึ้น มีค่าในช่วง 0.865 ± 0.01 - 0.875 ± 0.01 มิลลิเมตร

- สูตรที่เติมไข่ขาวผงร้อยละ 0.5 (EW1) เมื่อเก็บรักษาในเดือนที่ 1, 2 และ 3 พบว่า ค่า Springiness แตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญ ($p>0.05$) มีค่าอยู่ในช่วง 0.857 ± 0.01 - 0.861 ± 0.01 มิลลิเมตร ตามลำดับ

- สูตรที่เติมโปรตีนถั่วเหลืองร้อยละ 1 (ISP2) เมื่อเก็บรักษาเป็นเวลา 1, 2 และ 3 เดือน ค่า Springiness แตกต่างอย่างไม่มีนัยสำคัญ ($p>0.05$) แต่ในเดือนที่ 3 มีค่า Springiness แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญกับลูกชิ้นปลาซ่งแซ่เยือกแข็งก่อนเก็บรักษา ($p\leq 0.05$) มีค่าอยู่ในช่วง 0.856 ± 0.01 - 0.863 ± 0.01 มิลลิเมตร

- สูตรที่เติมแป้งมันสำปะหลังร้อยละ 2 (TA2) เมื่อเก็บรักษานาน 3 เดือน พบว่า ค่า Springiness แตกต่างอย่างไม่มีนัยสำคัญ ($p>0.05$) มีค่าอยู่ในช่วง 0.864 ± 0.01 - 0.868 ± 0.01 มิลลิเมตร

ตารางที่ 12 ค่า Springiness ของลูกชิ้นปลาซ่งแซ่เยือกแข็งสูตรต่าง ๆ

เดือน	Springiness (มิลลิเมตร)				
	NTA	SMH	EW1	ISP2	TA2
0 ^{NS}	0.866 ± 0.01^a	0.865 ± 0.01^a	0.857 ± 0.01^a	0.856 ± 0.01^a	0.865 ± 0.01^a
1 ^{NS}	0.870 ± 0.01^a	0.872 ± 0.01^{ab}	0.858 ± 0.01^a	0.862 ± 0.01^{ab}	0.864 ± 0.01^a
2 ^{NS}	0.871 ± 0.01^a	0.875 ± 0.01^b	0.861 ± 0.01^a	0.862 ± 0.01^{ab}	0.867 ± 0.01^a
3 ^{NS}	0.870 ± 0.01^a	0.870 ± 0.01^{ab}	0.857 ± 0.01^a	0.863 ± 0.01^b	0.868 ± 0.01^a

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

^{NS} ในแต่ละเดือนของสูตรที่ต่างกันมีค่าแตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญ ($p>0.05$)

NTA	หมายถึง ลูกชิ้นปลาซ่งแซ่เยือกแข็งสูตรควบคุม
SMH	หมายถึง ลูกชิ้นปลาซ่งแซ่เยือกแข็งสูตรที่เติมแป้งมันสำปะหลังร้อยละ 5.6
EW1	หมายถึง ลูกชิ้นปลาซ่งแซ่เยือกแข็งสูตรที่เติมไข่ขาวผงร้อยละ 0.5
ISP2	หมายถึง ลูกชิ้นปลาซ่งแซ่เยือกแข็งสูตรที่เติมโปรตีนถั่วเหลืองร้อยละ 1
TA2	หมายถึง ลูกชิ้นปลาซ่งแซ่เยือกแข็งสูตรที่เติมแป้งมันสำปะหลังร้อยละ 2

3.3 ผลการเปลี่ยนแปลงของค่าความสว่างและค่าความขาว

จากตารางที่ 13 พบว่า ก่อนการเก็บรักษา (เดือนที่ 0) ลูกชิ้นทุกสูตรมีค่าความสว่าง (L^*) อยู่ในช่วง 75.06 ± 1.57 - 76.25 ± 0.46 และมีค่าความขาวอยู่ในช่วง 73.32 ± 1.32 - 74.33 ± 0.43 สูตรที่มีความสว่างและค่าความขาวมากที่สุด คือ EW1 สอดคล้องกับงานวิจัยของสุภาพรรณ (2529) รายงานว่า การเติมไข่ขาวผงเพิ่มขึ้นนั้น ส่งผลให้ซูริมีมีค่าความขาวเพิ่มขึ้น เพราะไข่ขาวมีผลทำให้ผลิตภัณฑ์มีสีขาวมันวาวขึ้น

ค่าความสว่างและค่าความขาวของทุกสูตรมีค่าลดลงเมื่อเก็บรักษานาน 1 เดือน โดยทุกสูตรมีค่าความสว่างลดลงอย่างมีนัยสำคัญ ($p \leq 0.05$) ดังนี้ สูตร NTA ค่าความสว่างลดลงจาก 75.58 ± 0.54 เป็น 71.33 ± 0.57 สูตร SMH ลดลงจาก 75.06 ± 1.57 เป็น 72.67 ± 0.91 สูตร EW1 ลดลงจาก 76.25 ± 0.46 เป็น 72.42 ± 0.55 สูตร ISP2 ลดลงจาก 75.13 ± 0.94 เป็น 72.57 ± 1.02 และสูตร TA2 ลดลงจาก 75.31 ± 0.14 เป็น 72.46 ± 0.52 ค่าความขาวมีแนวโน้มลดลงเช่นเดียวกับค่าความสว่าง ดังนี้ สูตร NTA ลดลงจาก 73.86 ± 0.50 เป็น 69.86 ± 0.62 สูตร SMH ลดลงจาก 73.32 ± 1.32 เป็น 71.28 ± 0.88 สูตร EW1 ลดลงจาก 74.33 ± 0.43 เป็น 70.86 ± 0.63 สูตร ISP2 ลดลงจาก 73.39 ± 0.81 เป็น 70.93 ± 1.01 และสูตร TA2 ลดลงจาก 73.64 ± 0.11 เป็น 70.99 ± 0.51 อย่างไรก็ตาม ในเดือนที่ 2 และ 3 ค่าความสว่างและค่าความขาวของทุกสูตรเพิ่มสูงขึ้นจากเดือนที่ 1 โดยสูตร NTA, EW1 และ TA2 มีค่าความสว่างและค่าความขาวแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ($p \leq 0.05$) กับเดือนที่ 2 และ 3 ส่วนสูตร SMH มีค่าความสว่างและค่าความขาวเพิ่มขึ้น เมื่อเก็บรักษานานขึ้นเช่นกัน แต่แตกต่างกันไม่มีนัยสำคัญ ($p > 0.05$) และสูตร ISP2 ค่าความสว่างและค่าความขาวมีค่าเพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญ ($p \leq 0.05$) ในเดือนที่ 3

ตารางที่ 13 ค่าสีและค่าความขาวของลูกชิ้นปลาซังแช่เยือกแข็งสูตรต่าง ๆ ระหว่างการเก็บรักษา 3 เดือน

สูตร	เดือน ^{NS}	L^*	a^*	b^*	ค่าความขาว
NTA	0	75.58 ± 0.54^b	-1.33 ± 0.17^{ns}	9.19 ± 0.10^{ns}	73.86 ± 0.50^b
	1	71.33 ± 0.57^a	-1.36 ± 0.30^{ns}	9.18 ± 0.39^{ns}	69.86 ± 0.62^a
	2	74.33 ± 1.49^b	-1.17 ± 0.28^{ns}	9.08 ± 0.67^{ns}	72.74 ± 1.64^b
	3	74.22 ± 0.84^b	-1.06 ± 0.16^{ns}	9.40 ± 0.14^{ns}	72.53 ± 0.79^b
SMH	0	75.06 ± 1.57^b	$-1.37800.15^{ns}$	9.30 ± 0.63^{ns}	73.32 ± 1.32^b
	1	72.67 ± 0.91^a	-1.41 ± 0.33^{ns}	8.68 ± 0.08^{ns}	71.28 ± 0.88^a
	2	74.07 ± 0.27^{ab}	-1.40 ± 0.10^{ns}	8.76 ± 0.26^{ns}	72.59 ± 0.21^{ab}
	3	74.45 ± 0.38^{ab}	-1.38 ± 0.21^{ns}	8.94 ± 0.38^{ns}	72.89 ± 0.23^{ab}
EW1	0	76.25 ± 0.46^c	-1.17 ± 0.27^{ns}	9.65 ± 0.07^b	74.33 ± 0.43^c
	1	72.42 ± 0.55^a	-1.34 ± 0.26^{ns}	9.28 ± 0.32^a	70.86 ± 0.63^a
	2	75.32 ± 0.37^{bc}	-1.24 ± 0.25^{ns}	9.49 ± 0.11^{ab}	73.53 ± 0.31^{bc}
	3	74.88 ± 0.78^b	-1.15 ± 0.17^{ns}	9.43 ± 0.30^{ab}	73.13 ± 0.63^b
ISP2	0	75.13 ± 0.94^b	-1.20 ± 0.18^{ns}	9.37 ± 0.25^{ns}	73.39 ± 0.81^b
	1	72.57 ± 1.02^a	-1.35 ± 0.14^{ns}	9.42 ± 0.22^{ns}	70.93 ± 1.01^a
	2	74.03 ± 0.86^{ab}	-1.19 ± 0.16^{ns}	9.44 ± 0.35^{ns}	72.28 ± 0.93^{ab}
	3	74.70 ± 0.75^b	-1.18 ± 0.12^{ns}	9.59 ± 0.35^{ns}	72.96 ± 0.57^b

ตารางที่ 13 (ต่อ)

สูตร	เดือน	L*	a*	b*	ค่าความขาว
TA2	0	75.31±0.14 ^b	-1.12±0.08 ^{ns}	9.13±0.38 ^{ns}	73.64±0.11 ^b
	1	72.46±0.52 ^a	-1.30±0.32 ^{ns}	8.96±0.39 ^{ns}	70.99±0.51 ^a
	2	74.72±0.33 ^b	-1.31±0.15 ^{ns}	9.13±0.49 ^{ns}	73.90±0.44 ^b
	3	75.00±1.49 ^b	-1.28±0.18 ^{ns}	9.01±0.31 ^{ns}	73.38±1.34 ^b

^{ns} ในแต่ละสูตรในแนวตั้งมีค่าแตกต่างอย่างไม่มีนัยสำคัญ ($p>0.05$)

^b ตัวอักษรต่างกันในแนวตั้งของสูตรเดียวกันแสดงถึงความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญของการเก็บรักษาในแต่ละเดือน ($p<0.05$)

^{ns} ในแต่ละสูตรในเดือนเดียวกัน มีค่าแตกต่างอย่างไม่มีนัยสำคัญ ($p>0.05$)

NTA	หมายถึง	ลูกชิ้นปลาซ่งแช่เยือกแข็งสูตรควบคุม
SMH	หมายถึง	ลูกชิ้นปลาซ่งแช่เยือกแข็งสูตรที่เติมแป้งมันสำปะหลังร้อยละ 5.6
EW1	หมายถึง	ลูกชิ้นปลาซ่งแช่เยือกแข็งสูตรที่เติมไข่ขาวผงร้อยละ 0.5
ISP2	หมายถึง	ลูกชิ้นปลาซ่งแช่เยือกแข็งสูตรที่เติมโปรตีนถั่วเหลืองร้อยละ 1
TA2	หมายถึง	ลูกชิ้นปลาซ่งแช่เยือกแข็งสูตรที่เติมแป้งมันสำปะหลังร้อยละ 2

3.4 ผลการเปลี่ยนแปลงของการอุ้มน้ำ (Water Holding Capacity, WHC)

ความสามารถในการอุ้มน้ำ (WHC) หมายถึง ความสามารถในการอุ้มน้ำของผลิตภัณฑ์เมื่อถูกแรงตัดหรือแรงกด (Tee and Siow, 2017; Yang and Park, 1998) จากตารางที่ 14 พบว่า ตลอดระยะเวลาการเก็บรักษานาน 3 เดือน คุณสมบัติในการอุ้มน้ำของแต่ละสูตรแตกต่างอย่างไม่มีนัยสำคัญ ($p>0.05$) และยังคงอุ้มน้ำได้มากกว่าร้อยละ 80 แต่เมื่อเปรียบเทียบในเดือนเดียวกัน ทั้ง 5 สูตร มีค่า WHC แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญ ($p<0.05$) โดยในเดือนที่ 1 สูตร SMH มีคุณสมบัติในการอุ้มน้ำดีที่สุด คือ 85.19 ± 0.36 รองลงมา คือ สูตร TA2, NTA, ISP2 และ EW1 มีค่าเท่ากับ 83.64 ± 0.20 , 82.89 ± 0.34 , 82.50 ± 0.79 และ 80.68 ± 2.47 ตามลำดับ และเป็นในทำนองเดียวกันในเดือนที่ 2 และ 3

กลไกการอุ้มน้ำของสารยึดเกาะแต่ละชนิดอธิบายได้ ดังนี้ Kim and Lee (1987) กล่าวว่า แป้งมีคุณสมบัติช่วยในการอุ้มน้ำ ซึ่งอาจเกิดจากเม็ดแป้งที่แทรกตัวอยู่ในเมทริกซ์เจลของโปรตีน หลังจากได้รับความร้อนเม็ดแป้งจะขยายตัวก่อให้เกิดโครงสร้างเจลที่แข็งแรง และดูดซึมน้ำเข้าไปกักเก็บไว้ในเม็ดแป้ง ซึ่งการเกาะตัวกันของน้ำตามโครงข่ายไมโอไฟบริลาร์โปรตีน ส่งผลให้ความสามารถในการอุ้มน้ำเพิ่มมากขึ้น นอกจากนี้ อัตราส่วนของอะไมโลสต่ออะไมโลเพกตินมีความสำคัญในการกำหนดค่าการอุ้มน้ำด้วยเช่นกัน โดยแป้งที่มีอะไมโลเพกตินมากกว่าจะมีแนวโน้มที่จะมีความสามารถในการกักเก็บน้ำได้ดีกว่า (Zhang *et al.*, 2013) ดังนั้น สูตร SMH ซึ่งมีปริมาณแป้งมันสำปะหลังร้อยละ 5.6 จึงมีค่า WHC สูงกว่าสูตร TA2 ซึ่งมีปริมาณแป้งมันสำปะหลังเพียงร้อยละ 2 เนื่องจากมีอะไมโลเพกตินมากกว่า ซึ่งโดยปกติแล้วแป้งมันสำปะหลังจะมีอะไมโลเพกตินมากกว่าอะไมโลส ในอัตราส่วนอะไมโลเพกตินต่ออะไมโลส เท่ากับ 83: 17 (Van Beynum and Roels, 1985) ส่วนการอุ้มน้ำของไข่ขาวผงและโปรตีนถั่วเหลืองนั้น เกิดในลักษณะเดียวกับแป้ง คือ สารยึดเกาะทั้ง 2 ชนิด จะทำหน้าที่เป็นสารเติมเต็มในโครงสร้างของเจล ซึ่งจะทำให้เมทริกซ์ของเจลโปรตีนสามารถจับกับน้ำทำให้เกิดการอุ้มน้ำได้ เช่นเดียวกับแป้งมันสำปะหลัง (สุทรวัฒน์, 2549) ผลของการเกิดปฏิกิริยาระหว่างโปรตีนซูริมิและโปรตีนไข่ขาวผง ในขณะที่ให้ความร้อนทำให้เกิดโครงข่ายสามมิติเพิ่มมากขึ้น ก่อให้เกิดโครงข่ายตาข่ายจัดเรียงตัวอย่างเป็นระเบียบจึงทำให้เจลที่ได้มีความแข็งแรงและสามารถกักเก็บน้ำไว้ได้ปริมาณสูง นอกจากนี้ การเพิ่มความแข็งแรงของเจล เป็นผลมาจากโปรตีนโอวัลบูมินในไข่ขาวผง ประกอบไปด้วยกรดอะมิโนที่มีหมู่ซัลไฮดริล ซึ่งมีผลทำให้เกิดพันธะไดซัลไฟด์กับหมู่ซัลไฮดริลในกล้ามเนื้อปลา เมื่อมีการให้ความร้อนจะเกิดโครงข่ายสามมิติ ทำให้สามารถจับและกักเก็บโมเลกุลของน้ำเข้าไปในโครงข่ายสามมิตินั้น จึงให้ความสามารถในการอุ้มน้ำ

เพิ่มมากขึ้น (นิสานารถ และคณะ, 2560) ส่วนโปรตีนถั่วเหลืองจะสามารถเกิดเจลได้ต้องอาศัยปัจจัยหลายอย่าง ได้แก่ อุณหภูมิของการให้ความร้อน pH และความแรงของไอออน การเกิดเจลด้วยความร้อนของโปรตีนถั่วเหลืองเป็นกระบวนการที่ประกอบด้วย 2 ขั้นตอน คือ การสูญเสียโครงสร้างด้วยความร้อน จากนั้นจะเริ่มสร้างเจลในสภาวะที่อุณหภูมิต่ำลง โปรตีนจะเรียงตัวเข้าหากันเป็นโครงสร้างสามมิติและมีการกักเก็บน้ำและสารละลายบางส่วนไว้ในโครงสร้าง จากโครงสร้างเจลที่เป็นตาข่าย จึงทำให้เกิดความสามารถในการอุ้มน้ำ เมื่อความเข้มข้นของโปรตีนถั่วเหลืองเพิ่มขึ้นความสามารถในการอุ้มน้ำของเจลเพิ่มขึ้น เนื่องจากโปรตีนถั่วเหลืองมีกรดอะมิโนไฮโดรฟิลิกส่งผลให้มีการจับโมเลกุลน้ำไว้ภายในเจลมาก (สุนันทา, 2550)

ตารางที่ 14 ร้อยละ WHC ของลูกชิ้นปลาซ่งแช่เยือกแข็งสูตรต่าง ๆ ระหว่างการเก็บรักษา 3 เดือน

สูตร	เดือน			
	0	1	2	3
NTA ^{NS}	83.14±1.09 ^{ab}	82.89±0.34 ^{abc}	82.88±1.02 ^{ab}	82.92±0.68 ^{bc}
SMH ^{NS}	84.40±1.62 ^b	85.19±0.36 ^c	85.11±0.57 ^b	85.23±0.44 ^d
EW1 ^{NS}	81.61±1.88 ^a	80.68±2.47 ^a	80.92±2.90 ^a	81.52±0.50 ^a
ISP2 ^{NS}	82.71±1.62 ^{ab}	82.50±0.79 ^{ab}	81.97±1.38 ^{ab}	82.45±0.76 ^{ab}
TA2 ^{NS}	83.58±0.71 ^{ab}	83.64±0.20 ^{bc}	84.04±0.76 ^{ab}	83.53±0.67 ^c

^{NS} ในแนวนอนของแต่ละสูตรมีค่าแตกต่างกันอย่างไม่นัยสำคัญ (p>0.05)

^{ab} ตัวอักษรต่างกันในแนวตั้งของเดือนเดียวกัน แสดงถึงความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญของการเก็บรักษาในแต่ละสูตร (p≤0.05)

NTA	หมายถึง ลูกชิ้นปลาซ่งแช่เยือกแข็งสูตรควบคุม
SMH	หมายถึง ลูกชิ้นปลาซ่งแช่เยือกแข็งสูตรที่เติมแป้งมันสำปะหลังร้อยละ 5.6
EW1	หมายถึง ลูกชิ้นปลาซ่งแช่เยือกแข็งสูตรที่เติมไข่ขาวผงร้อยละ 0.5
ISP2	หมายถึง ลูกชิ้นปลาซ่งแช่เยือกแข็งสูตรที่เติมโปรตีนถั่วเหลืองร้อยละ 1
TA2	หมายถึง ลูกชิ้นปลาซ่งแช่เยือกแข็งสูตรที่เติมแป้งมันสำปะหลังร้อยละ 2

4. ผลผลิตและต้นทุนการผลิต

4.1 ต้นทุนการผลิตซูริมิ

การคำนวณต้นทุนการผลิต โดยใช้สูตรคำนวณ ดังนี้

$$\begin{aligned}
 \text{ต้นทุนการผลิตซูริมิ} &= \frac{\text{ราคาปลาต่อกิโลกรัม}}{(\text{ร้อยละผลผลิตซูริมิ}/100)} \\
 &= \frac{35}{(15/100)} \\
 &= 233.33 \text{ บาท/กิโลกรัม}
 \end{aligned}$$

จากการศึกษาครั้งนี้ พบว่า ต้นทุนซูริมิจากปลาซ่งต่อซูริมิ 1 กิโลกรัม มีราคา 233.33 บาท ซึ่งจะเห็นว่าต้นทุนการผลิตซูริมิจากปลาซ่งมีราคาสูง ทั้งนี้เนื่องจาก % yield ของซูริมิที่ได้จากปลาซ่งต่ำกว่าจากปลาทะเล โดยปกติซูริมิจากปลาทะเลมีราคาประมาณ 100-200 บาท/กิโลกรัม ขึ้นอยู่กับความขาวและชนิดของปลา

4.2 ต้นทุนผลผลิตลูกชิ้นปลาซ่งแช่เยือกแข็งของสารยึดเกาะทั้ง 3 ชนิด

ซูริมิปลาซ่งแช่เยือกแข็ง จำนวน 10 กิโลกรัม ผลิตเป็นลูกชิ้นได้ประมาณ 13.5 กิโลกรัม ต้นทุนทั้งหมดต่อการผลิตของสูตรไข่ขาวผงร้อยละ 0.5 โปรตีนถั่วเหลืองร้อยละ 1 และแป้งมันสำปะหลังร้อยละ 2 คือ 2,453, 2,428 และ 2,446 บาท หรือคิดเป็น 181.70, 179.85 และ 181.18 บาทต่อลูกชิ้นปลาซ่งแช่เยือกแข็ง 1 กิโลกรัม ตามลำดับ ซึ่งราคาดังกล่าวยังไม่ได้รวมค่าบรรจุภัณฑ์ ค่าแรง ค่าน้ำ ค่าไฟ และค่าเสื่อมของอุปกรณ์ (ตารางที่ 15)

ตารางที่ 15 ต้นทุนการผลิตของลูกชิ้นปลาซ่งแช่เยือกแข็งของสารยึดเกาะ 3 ชนิด

ส่วนผสม (กรัม)	ไข่ขาวผง ร้อยละ 0.5		โปรตีนถั่วเหลือง ร้อยละ 1		แป้งมันสำปะหลัง ร้อยละ 2	
	ปริมาณที่ใช้	ราคา	ปริมาณที่ใช้	ราคา	ปริมาณที่ใช้	ราคา
	(กรัม)	(บาท)	(กรัม)	(บาท)	(กรัม)	(บาท)
ซูริมิ	10,000	2,230	10,000	2,230	10,000	2,230
เกลือ	350	20	350	20	350	20
เอนไซม์ทรานกลูตามิเนส	20	50	20	50	20	50
น้ำมันถั่วเหลือง	560	25	560	25	560	25
กระเทียมผง	30	50	30	50	30	50
พริกไทยขาวป่น	110	30	110	30	110	30
โมโนโซเดียมกลูตาเมท	30	5	30	5	30	5
ไข่ขาวผง	50	43	-	-	-	-
โปรตีนถั่วเหลือง	-	-	100	18	-	-
แป้งมันสำปะหลัง	-	-	-	-	200	36
รวม	11,150	2,453	11,200	2,428	11,300	2,446
ราคาลูกชิ้นปลาซ่งแช่เยือกแข็ง (บาท/กิโลกรัม)						
		181.70		179.85		181.18

เอกสารอ้างอิง

- กรมประมง. 2560. ปลาจีน. แหล่งที่มา <http://www.fisheries.go.th/if-suratthani/1plajeen.htm>. 26 มิถุนายน 2560.
- กระทรวงการคลัง. 2556. คลินิกภาษี : ผลิตภัณฑ์ลูกชิ้นปลา. แหล่งที่มา <http://www.taxclinic.mof.go.th/products/detail.php?ID=69>. 20 สิงหาคม 2560.
- กลุ่มวิจัยและวิเคราะห์สถิติการประมง. 2561. สถิติผลการจับสัตว์น้ำจืดจากธรรมชาติ ประจำปี พ.ศ. 2560. เอกสารฉบับที่ 16/2561. กองนโยบายและยุทธศาสตร์พัฒนาการประมง, กรมประมง. 41 หน้า.
- กลุ่มวิจัยและวิเคราะห์สถิติการประมง. 2562. สถิติการประมงแห่งประเทศไทย พ.ศ. 2560. เอกสารเผยแพร่ฉบับที่ 9/2562. กองนโยบายและยุทธศาสตร์พัฒนาการประมง, กรมประมง. 92 หน้า.
- กลุ่มวิเคราะห์การค้าสินค้าประมงระหว่างประเทศ. 2560. รายงานปริมาณและมูลค่าการส่งออกสินค้าประมงทั้งหมดของไทยรายพิกัด. แหล่งที่มา http://www.fisheries.go.th/strategy-tradestat/index.php?option=com_goods&view=imports&layout=search&Itemid=140. 29 มิถุนายน 2560.
- กันภา สุขลัม, สุภาพร พวงใต้, มนันทปภัทร์ ทองคำ และ ศุภวรรณ ถาวรชินสมบัติ. 2557. ผลของสารป้องกัน การสูญเสียสภาพธรรมชาติของโปรตีนที่มีต่อคุณภาพเจลและลูกชิ้นปลาตาบลาว. ใน: การประชุมวิชาการ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลครั้งที่ 5. แหล่งที่มา https://repository.rmutp.ac.th/bitstream/handle/123456789/1571/IRD_58_79.pdf?sequence=1. 29 มิถุนายน 2560.
- จันทร์จิรา ชาวสวน และ นิสานารถ กระแสร์ชล. 2552. ผลของการใช้แป้งบุกและไข่ขาวผงต่อคุณภาพของ ลูกชิ้นปลาสีกุนข้างเหลือง. ว. วิทย์. กษ. 40:1 (พิเศษ): 437-440.
- ธวัชชัย ศุภวิทพัฒนา. 2537. การใช้ไข่ขาวผงในผลิตภัณฑ์เนื้อขึ้นรูป. วิทยานิพนธ์วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต, มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์. กรุงเทพฯ. 118 หน้า.
- นิสานารถ กระแสร์ชล, นฤมล บำรุงศาสตร์ และ วัชรารภรณ์ เทศศิริ. 2560. ผลของแคลเซียมคลอไรด์และไข่ขาวผงต่อคุณภาพของผลิตภัณฑ์ปลาทรงเครื่องจากเนื้อปลาลัง (*Rastrelliger kanagurta*). วารสาร วิทยาศาสตร์บูรพา 22 (3): 569-580.
- ประชาชาติธุรกิจออนไลน์. 2558. อุตสาหกรรมแปรรูปปลาระง่ำลดผลิต 60% ปิดน่านน้ำอินโดนีเซียทำพิษ เร่งนายกช่วยเจรจา. แหล่งที่มา http://www.prachachat.net/news_detail.php%3Fnewsid%3D1426478247&ei. 18 สิงหาคม 2560.
- วุฒิพจน์ ศุภวิริยากร. 2553. คู่มือปฏิบัติการ วิชาเทคโนโลยีการแปรรูปผลิตภัณฑ์ประมง. <http://www.fishtech.mju.ac.th/e-learning/FA451/PDF/คู่มือปฏิบัติการเทคโนโลยี การแปรรูปผลิตภัณฑ์ ประมง.pdf>. 15 กันยายน 2562.
- วรรณวิบูลย์ กาญจนกฤษ และ พิมลพรรณ ฮั่นไพศาล. 2537. การปรับปรุงคุณภาพลูกชิ้นปลาแช่เยือกแข็ง: บทบาทของแป้งและไขมัน. ว. เกษตรศาสตร์ (วิทย์.) 28: 441-450.
- สถาบันวิจัยและพัฒนาอุตสาหกรรมสัตว์น้ำ. 2541. การตรวจคุณภาพซูริมิ. กรมประมง. กรุงเทพฯ. 63 หน้า.
- สำนักงานมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม. 2533. มาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม : เนื้อปลาบด (ซูริมิ) เยือกแข็ง (มอก. 935/2533). กระทรวงอุตสาหกรรม, กรุงเทพฯ. 11 หน้า.
- สำนักงานมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม. 2557. มาตรฐานผลิตภัณฑ์ชุมชนลูกชิ้น มพช. 328/2557. กระทรวงอุตสาหกรรม, กรุงเทพฯ. 7 หน้า.

- สำนักงานมาตรฐานสินค้าเกษตรและอาหารแห่งชาติ. 2549. ข้อมูลการบริโภคอาหารของประเทศไทย. โรงพิมพ์ชุมนุมสหกรณ์การเกษตรแห่งประเทศไทย, กรุงเทพฯ. 261 หน้า.
- สำนักงานพัฒนาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีแห่งชาติ. 2560. ผลิตภัณฑ์ซูริมิปลาสำเร็จ. แหล่งที่มา <https://www.nstda.or.th/th/nstda-knowledge/2343-20120324-surimi>. 20 พฤษภาคม 2560
- สุทธวัฒน์ เบญจกุล. 2549. ซูริมิ: วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีเนื้อปลาสด. โอเดียนสโตร์, กรุงเทพฯ. 327 หน้า.
- สุนันทา ทรงกัลยาณวัตร. 2550. สมบัติของเจลโปรตีนถั่วเหลืองสกัดที่เตรียมโดยทรานส์กลูตามิเนสและการประยุกต์ใช้ในผลิตภัณฑ์ลูกชิ้นปลา. วิทยานิพนธ์วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต. จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, กรุงเทพมหานคร. 137 หน้า.
- สุเพ็ญ ด้วงทอง. 2547. รายงานการวิจัย เรื่อง การศึกษาและการพัฒนาผลิตภัณฑ์ลูกชิ้นปลาแช่เยือกแข็งจากปลาช่อนทะเล. แหล่งที่มา http://osevice.sku.ac.th/ebook/lesson.asp?title_code=402&type=3&no=13. อ้างตาม ธีรภัทร วงศ์พิเชษฐ และวศิน ดับโศก. 2541. โครงการงานนักศึกษาการผลิตลูกชิ้นจากปลาเม็ตขนุน. มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์, สงขลา. 16 กรกฎาคม 2562.
- สุภาพรรณ สุขประทุม. 2529. ซูริมิและผลิตภัณฑ์จากซูริมิ. การประมง, 45(3): 833-838.
- สันตกิจ นิลอุดมศักดิ์ และ อัมพวัน ต้นสกุล. 2549. ผลของปริมาณแป้งมันสำปะหลังตัดแปรและไข่ขาวผงต่อลักษณะเนื้อสัมผัสลูกชิ้นปลา. วารสารวิจัย มจร. 29 (1): 17-36.
- สันตกิจ นิลอุดมศักดิ์. 2544. ผลของส่วนประกอบต่อลักษณะเนื้อสัมผัสของลูกชิ้นปลา. วิทยานิพนธ์วิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต. มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี, กรุงเทพฯ. 95 หน้า.
- Akesowan, A. 2008. Effect of Soy Protein Isolate on Quality of Light Pork Sausages Containing Konjac Flour. *Afr. J. Biotechnol.* 7: 4586-4590.
- Angelini, M. F. C., J. A. Galvão, A. D. F. Vieira, L. K. Savay-da-Silva, L. D. Shirahigue, I. S. R. Cabral, R. D. Modesta, C. R. Gallo and M. Oetterer. 2013. Shelf Life and Sensory Assessment of Tilapia Quenelle During Frozen Storage. *Pesq. agropec. bras.* 48(8):1080-1087.
- Burgarella, J. C., T. C. Lanier and D. D. Hamann. 1985. Effects of Added Egg White or Whey Protein Concentrate on Thermal Transitions in Rigidity of Croaker Surimi. *J. food Sci.* 50(6): 1588-1606.
- Cortez, V. W. R., G. G. Fonseca and C. Prentice. 2015. Optimization of Parameters for Obtaining Surimi-Like Material from Mechanically Separated Chicken Meat Using Response Surface Methodology. *J. Food Sci. Tech. Mys.* 52(2): 763-772.
- Elizalde, B. E., G. B. Bartholomai and A. M. R. Pilosof. 1996. The Effect of pH on the Relationship Between Hydrophilic/Lipophilic Characteristics and Emulsification Properties of Soy Proteins. *LWT-Food Sci. and Technol.* 29(4): 334-339.
- FAO. 2007. World Surimi Market. Vol. 89. FAO, Rome. 128 pp.
- Hossain, I. M., M. M. Kamal, F. H. Shikha and MD. S. Hoque. 2004. Effect of Washing and Salt Concentration on the Gel Forming Ability of Two Tropical Fish Species. *Int. J. Agri. Biol.* 6(5): 762-766.
- International Organization for Standardization. 1998. Meat and Meat Products - Determination of Total Ash (ISO 936:1998 (E)). 24 pp.

- Jin, S. K., I. S. Kim, S. J. Kim, K. J. Jeong, Y. J. Choi and S. J. Hur. 2007. Effect of Muscle Type and Washing Times on Physico-Chemical Characteristics and Qualities of Surimi. *J. Food Eng.* 81: 618–623.
- Kim, J. M. and C. M. Lee. 1987. Effect of Starch of Textural Properties of Surimi Gel. *J. Food Sci.* 52: 722-725.
- Lee, C. M. V., L. E. Lampil, and D. L. Crawford. 1990. Yield and Composition of Surimi from Pacific Whiting (*Merluccius productus*) and the Effect of Various Protein Additives on Gel Strength. *J. Food Sci.* 55: 83-86.
- Lu, G. H. and T. C. Chen. 1999. Application of Egg White and Plasma Powders as Muscle Food Binding Agents. *J. Food Eng.* 42: 147-151.
- Lyons, P. H., J. F. Kerry, P. A. Morrissey and D. J. Buckley. 1999. The Influence of Added Whey Protein/Carrageenan Gels and Tapioca Starch on the Textural Properties of Low Fat Pork Sausages. *Meat Sci.* 51: 43-52.
- Muhammad, N. and A. Salam. 2010. Proximate Composition of Fresh Water Bighead Carp, *Aristichthys nobilis*, in Relation to Body Size and Condition Factor from Islamabad, Pakistan. *Afr. J. Biotechnol.* 9 (50): 8687-8692.
- Official Methods of Analysis of AOAC International. 2016. 991.36: Fat (crude) in Meat and Meat Products.
- Official Methods of Analysis of AOAC International. 2016. 950.46: Loss on Drying (Moisture) in Meat. B. Air Drying (b).
- Official Methods of Analysis of AOAC International. 2016. 937.09: Salt (Chlorine as Sodium Chloride) in Seafood.
- Orawan, K. 1999. The Gel Forming Ability of Washed & Unwashed Fish Meat. *Kasetsart J. (Nat. Sci.)* 33: 258–269.
- Okada, M. 1992. History of Surimi Technology in Japan. In: Surimi Technology, Tyre C. L. and M. L. Chong (eds.). Marcle Dekker, Inc., New York, ISBN: 0-8247-8470-7. 3-21 pp.
- Park, J. W. 2005. Surimi and Surimi Seafood. CRC Press, USA. ISBN: 9780824726492. 923 pp.
- Siegel, D. G., K. E. Church and G. R. Schmidt. 1979. Gel Structure of Nonmeat Proteins as Related to Their Ability to Bind Meat Pieces. *J. Food Sci.* 44: 1276-1279.
- Singh, P., R. Kumar, S. N. Sabapathy and A. S. Bawa. 2008. Functional and Edible Uses of Soy Protein Products. *Compr. Rev. Food Sci. F.* 7: 14-28.
- Tee, E. T. and L. F. Siow. 2017. Effect of Tapioca and Potato Starch on the Physical Properties of Frozen Spanish Mackerel (*Scomberomorus guttatus*) Fish Balls. *IFRJ.* 24(1): 182-190.
- Terrell, R. N., C. H. Crenwelge, T. R. Dutson and G. C. Smith. 1982. A Technique to Measure Binding Properties of Non-meat Proteins in Muscle-Juncture Formation. *J. Food Sci.* 47: 711-713.
- Van Beynum, C. M. A., and Roels. J. A., 1985, Starch Conversion Technology, Marcel Dekker, Inc., New York. 362 pp.

- Yang, H. and J. W. Park. 1998. Effects of Starch Properties and Thermal-Processing Conditions on Surimi-Starch Gels. *LWT - Food Sci.* 31: 344- 353.
- Yoon, W. B., J. W. Park and B. Y. Kim. 1997. Linear Programming in Blending Various Components of Surimi Seafood. *J. Food Sci.* 62: 561-564.
- Zhang, F., L. Fang, C. Wang, L. Shi, T. Chang, H. Yang and M. Cui. 2013. Effects of Starches on the Textural, Rheological, and Color Properties of Surimi-Beef Gels with Microbial Transglutaminase. *Meat Sci.* 93: 533-537.

ภาคผนวก ก

แบบสอบถามการยอมรับผลิตภัณฑ์

วันที่.....

ผลิตภัณฑ์ลูกชิ้นปลาซ่งแซ่เยือกแข็ง

โปรดทำเครื่องหมาย ✓ ในช่องที่ท่านแสดงถึงการยอมรับในลูกชิ้นปลาซ่งแซ่เยือกแข็งในแต่ละสูตร

1.1 ท่านคิดว่าผลิตภัณฑ์ที่ท่านชิม เนื้อสัมผัสเป็นลูกชิ้นหรือไม่

การยอมรับเนื้อสัมผัส	รหัสตัวอย่าง				
ใช่ (/) ไม่ใช่ (x)					

ข้อคิดเห็น.....

1.2 ท่านยอมรับกลิ่นของลูกชิ้นหรือไม่

การยอมรับกลิ่น	รหัสตัวอย่าง				
ยอมรับ (/) ไม่ยอมรับ(x)					

ข้อคิดเห็น.....

ภาคผนวก ข

แบบทดสอบชิมผลิตภัณฑ์และแบบสอบถามการยอมรับผลิตภัณฑ์

วันที่.....

คำแนะนำ : กรุณาทำเครื่องหมาย ✓ ลงในวงเล็บ () หน้าคำตอบที่ท่านเห็นว่าเหมาะสมที่สุดหรือกรอก
ข้อความลงในช่องว่าง

ส่วนที่ 1 ข้อมูลส่วนตัว

1. เพศ

() ชาย

() หญิง

2. อายุ

() ต่ำกว่า 20 ปี

() 21-25 ปี

() 26-30 ปี

() 31-35 ปี

() 36-40 ปี

() มากกว่า 40 ปี ขึ้นไป

3. รายได้

() ต่ำกว่า 15,000 บาท

() 15,001-30,000 บาท

() 30,001-50,000 บาท

() 50,000 บาทขึ้นไป

ส่วนที่ 2 ข้อมูลเกี่ยวกับพฤติกรรมการบริโภค

1. ปกติท่านชอบรับประทานผลิตภัณฑ์ลูกชิ้นปลาหรือไม่

() ชอบ

() เฉย ๆ

() ไม่ชอบเพราะ.....

2. ความถี่ในการรับประทานลูกชิ้นปลาของท่านต่อสัปดาห์

() น้อยกว่า 2 ครั้ง

() 2-4 ครั้ง

() 5-6 ครั้ง

() มากกว่า 6 ครั้ง

3. ท่านชอบรับประทานผลิตภัณฑ์จากปลาน้ำจืดหรือไม่

() ชอบ

() เฉย ๆ

() ไม่ชอบเพราะ.....

ส่วนที่ 3 แบบทดสอบทางประสาทสัมผัส

ผลิตภัณฑ์ลูกชิ้นปลาช่องแช่เยือกแข็ง

3.1 ด้านความชอบ

โปรดทำเครื่องหมาย ✓ ในช่องที่ท่านชอบที่สุดของลูกชิ้นแช่เยือกแข็งในแต่ละตัวอย่าง

รหัส ตัวอย่าง	เนื้อสัมผัส				
	(5)ชอบมากที่สุด	(4) ชอบมาก	(3) ชอบปาน กลาง	(2) ชอบเล็กน้อย	(1) ชอบน้อย ที่สุด
701					
894					
458					
921					
670					

3.2 ด้านการยอมรับในผลิตภัณฑ์

3.2.1 ท่านคิดว่าผลิตภัณฑ์ที่ท่านชิม เนื้อสัมผัสเป็นลูกชิ้นหรือไม่

การยอมรับเนื้อ สัมผัส	รหัสตัวอย่าง				
	701	894	458	921	670
ยอมรับ (/)					
ไม่ยอมรับ (x)					

3.2.2 ท่านยอมรับกลิ่นของลูกชิ้นหรือไม่

การยอมรับกลิ่น	รหัสตัวอย่าง				
	701	894	458	921	670
ยอมรับ (/) ไม่ยอมรับ (x)					

ข้อคิดเห็น.....

ส่วนที่ 4 ข้อมูลเกี่ยวกับการตัดสินใจของผู้บริโภคต่อลูกชิ้นปลาช่องแช่เยือกแข็ง

1. ท่านเคยรับประทานลูกชิ้นปลาช่องแช่เยือกแข็งหรือไม่

() เคยรับประทาน () ไม่เคยรับประทาน

2. ถ้ามีผลิตภัณฑ์ชนิดนี้จำหน่ายท่านจะซื้อหรือไม่

() ซื้อ เพราะ..... () ไม่ซื้อ เพราะ.....

() ไม่แน่ใจ เพราะ.....

3. ถ้ามีผลิตภัณฑ์ลูกชิ้นปลาช่องแช่เยือกแข็ง จำนวน 200 กรัมต่อถุง (ประมาณ 33 ลูก) จำหน่ายในราคา 35 บาทท่านจะซื้อหรือไม่

() ซื้อ เพราะ..... () ไม่ซื้อ เพราะ.....

() ไม่แน่ใจ เพราะ.....

.....ขอบคุณค่ะ.....

ภาคผนวก ค

1. คุณภาพของซูริมิแบ่งตามความแข็งแรงของเจล (Gel Strength) (FAO, 2007)

Surimi grade	Gel Strength (g.cm)							
	Pollock Surimi		Pacific whiting surimi		Northern blue whiting surimi	Itoyori (threadfin bream) surimi		Jack mackerel
	Factory trawler	Shore plant	Factory trawler	Shore plant	Factory trawler	Thailand	India	
SSA	-	-	-	-	-	-	>1,000	-
SA	>1,000	>1,000	>1,000	-	>1,200	-	>900	-
FA	>900	>900	>900	>900	>1,000	-	>750	>600
AA	>900	>750	>800	>700	-	>600	>600	-
A	>750	>600	>700	>600	>900	>500	>400	>400
KA	>600	>500	>500	>400	>600	>300	>300	>300
KB	>500	>400	>400	>300	>400	-	-	-
RA	>400	>200	>300	>200	-	-	-	-
B	-	-	-	-	-	-	-	>200

Factory trawler คือ การผลิตซูริมิบนเรือ; Shore plant คือ การผลิตซูริมิในโรงงาน

2. คุณภาพของซูริมิแบ่งตามสี (FAO, 2007)

Surimi grade	สี															
	Pollock Surimi				Pacific whiting surimi				Northern blue whiting surimi	Itoyori (threadfin bream) surimi				Jack mackerel		
	Factory trawler		Shore plant		Factory trawler		Shore plant		Factory trawler	Thailand		India				
	L*	b*	L*	b*	L*	b*	L*	b*	L*	b*	L*	b*	L*	b*	L*	b*
SSA	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	>78	<6	-	-
SA	>75	<4	>75	<4	>75	<4	-	-	>75	<5	-	-	>76	<6	-	-
FA	>75	<4	>75	<4	>75	<4	>75	<4	>75	<5	-	-	>75	<6	>72	<10
AA	>75	<4	>74	<4	>75	<4	>75	<4	-	-	>76	<10	>75	<8	-	-
A	>74	<4	>74	<4	>74	<4	>74	<4	>74	<6	>76	<12	>75	<8	>70	<10
KA	>72	<6	>72	<6	>72	<6	>74	<6	>72	<8	>76	<12	>74	<10	>70	<12
KB	>70	<10	>70	<8	>70	<10	>70	<8	>70	<10	-	-	-	-	-	-
RA	>70	<10	>70	<10	>70	<10	>70	<10	-	-	-	-	-	-	-	-
B	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	>68	<14

Factory trawler คือ การผลิตซูริมิบนเรือ; Shore plant คือ การผลิตซูริมิในโรงงาน

L* คือ ค่าความสว่าง หมายถึง ระดับสีดำ (-) ถึงสีขาว (+) b* คือ ระดับของสีเหลือง (+) ถึงสีน้ำเงิน (-)