

ผลของสารป้องกันการสูญเสียสภาพธรรมชาติของโปรตีนที่มีต่อคุณภาพเจลและ ลูกชิ้นปลาตาบลาว

Effects of cryoprotectants on qualities of Dorab wolf-herring gel and fish balls

กันภา สุขลิ้ม^{1*} สุภาพร พวงไต้² นันทภัทร์ ทองคำ³ และ ศุภวรรณ ถาวรชินสมบัติ⁴

¹อาจารย์ ²นักศึกษา ³ผู้ช่วยศาสตราจารย์ หลักสูตรวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีการอาหาร คณะเทคโนโลยีการเกษตร
มหาวิทยาลัยราชภัฏวไลยอลงกรณ์ ในพระบรมราชูปถัมภ์ จังหวัดปทุมธานี 13180

⁴ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ภาควิชาเทคโนโลยีอาหาร คณะเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยขอนแก่น จังหวัดขอนแก่น 40002

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาผลของสารป้องกันการสูญเสียสภาพธรรมชาติของโปรตีนที่มีต่อคุณภาพเจลและลูกชิ้นปลาตาบลาว โดยสารป้องกันการสูญเสียสภาพธรรมชาติของโปรตีน (cryoprotectant) ที่ใช้ได้แก่ น้ำตาลซูโครส 3 และ 6% ร่วมกับโซเดียมไตรโพลีฟอสเฟต (sodium tripolyphosphate; STPP) 0.3% และการแช่แข็ง-ละลาย (freeze-thaw cycle) 0, 3 และ 6 รอบ (แช่แข็งที่ -18 °C นาน 18 ชม. และละลายที่ 5 °C นาน 6 ชม.) ผลการศึกษาพบว่า การเติมน้ำตาลซูโครส 3 และ 6% ร่วมกับโซเดียมไตรโพลีฟอสเฟต 0.3% ในเนื้อปลาล้างน้ำทำให้ค่าความขาวของเจลสูงกว่าเนื้อปลาล้างน้ำเพียงอย่างเดียว และเนื้อปลาล้างน้ำที่การแช่แข็ง-ละลาย 0, 3 และ 6 รอบ ($P \leq 0.05$) และทำให้เจลมีค่า expressible moisture ต่ำกว่าเนื้อปลาล้างน้ำและเนื้อปลาล้างน้ำที่การแช่แข็ง-ละลาย 0, 3 และ 6 รอบ ($P \leq 0.05$) ส่วนลักษณะเนื้อสัมผัสด้านความแข็งแรงของเจล (gel strength) นั้นการเติมน้ำตาลซูโครส 3 และ 6% ร่วมกับโซเดียมไตรโพลีฟอสเฟต 0.3% ทำให้เจลมีความแข็งแรงสูงกว่าเจลที่ไม่ได้เติมการแช่แข็ง-ละลาย 0 รอบ อย่างเด่นชัด แต่ไม่ทำให้ความยืดหยุ่น (elasticity) แตกต่างจากเจลที่ไม่ได้เติมและเนื้อปลาล้างน้ำ ($P > 0.05$)

Abstract

The objectives of this study was to evaluate effects of cryoprotectants on Dorab wolf herring gel qualities using sucrose (3 and 6%) with sodium tripolyphosphate (STPP, 0.3%) as cryoprotectants at 0, 3 and 6 freeze-thaw cycle (-18 °C, 18 hr. freezing and 5 °C, 6 hr. thawing). The results showed that added 3 and 6% sucrose in combination with 0.3% STPP to washed minced fish resulted in whiter gel than washed minced fish with no cryoprotectants and unwashed minced fish at 0, 3 and 6 freeze-thaw cycles ($P \leq 0.05$). Besides, expressible moisture of washed minced fish with cryoprotectants added was found lower than washed minced fish with no cryoprotectants and unwashed minced fish at 0, 3 and 6 freeze-thaw cycle ($P \leq 0.05$). Textural properties i.e. washed minced fish with cryoprotectants gel strength (breaking force, g) was higher than washed minced fish with no cryoprotectants at 0 freeze-thaw cycle, but gel elasticity (deformation, cm.) was not statistically different ($P > 0.05$).

คำสำคัญ : ปลาตาบลาว สารป้องกันโปรตีนเสียสภาพจากการแช่แข็ง เจล คุณภาพ

Keywords : Dorab wolf-herring, cryoprotectant, gel, quality

*ผู้พิมพ์ประสานงานไปรษณีย์อิเล็กทรอนิกส์ kannapha@hotmail.com โทร. 0 2529 3002 ต่อ 10

1. บทนำ

ลูกชิ้นปลาเป็นผลิตภัณฑ์ที่นิยมกันบริโภคกันอย่างแพร่หลายในแถบเอเชียตะวันออกเฉียงใต้โดยเฉพาะในประเทศไทย สิงคโปร์ ญี่ปุ่น จีน เกาหลีใต้ และไต้หวัน (จักรี, 2544) Park (2005) รายงานว่าการบริโภคลูกชิ้นปลาในประเทศไทยนั้นสูงถึง 12,000 ตันต่อปี ส่วนในประเทศสิงคโปร์ถ้าคิดจากประชากรประมาณ 4 ล้านคน พบว่าปริมาณการบริโภคลูกชิ้นปลารวมกันถึง 70 ตันต่อวัน หรือคิดเป็น 6 กิโลกรัมต่อคนต่อปี ในประเทศไทยการผลิตลูกชิ้นปลามีการผลิตทั้งในโรงงานอุตสาหกรรมและครัวเรือนเพื่อจำหน่ายภายในประเทศไทยและส่งออก (สันตกิจและอัมพวัน, 2549) การผลิตลูกชิ้นปลาในประเทศไทยนิยมผลิตจากเนื้อปลาทะเลสด เช่น ปลาทรายแดง (threadfin bream) ปลาทรายขาว ปลาน้ำดอกไม้ ปลาแดงตาโต ปลาปากคม (lizardfish) ปลาอินทรี ปลาตาบลาว หรือปลาน้ำจืด เช่น ปลากราย ปลาสลาด เป็นต้น และมักใช้ปลาหลายชนิดผสมกันเนื่องจากปลาแต่ละชนิดมีคุณสมบัติที่แตกต่างกัน เช่น ปลาตาบลาว (ปลาไซตอ) จะเด่นในด้านความเหนียว ปลาข้างเหลืองจะเด่นในด้านความหอม ปลาน้ำดอกไม้จะเด่นในด้านความนุ่ม

การผลิตลูกชิ้นปลานอกจากจะใช้เนื้อปลาสดเป็นวัตถุดิบแล้วยังนิยมใช้ซูริมิหรือเนื้อปลาบดแช่เยือกแข็งเป็นวัตถุดิบอีกด้วยเนื่องจากมีข้อดีหลายประการเช่น ผู้ผลิตไม่จำเป็นต้องเตรียมเนื้อปลาทุกวัน ประหยัดเวลาและค่าใช้จ่าย และสามารถสำรองวัตถุดิบที่ใช้ในการผสมได้ในปริมาณมากๆ และเป็นเวลานาน (Miyake et al., 1985; MFRD, 1987; ปรีณา, 2539) การผลิตซูริมิต้องใช้ปลาที่มีคุณสมบัติในการเกิดเจลที่ดีเพื่อให้ได้ผลิตภัณฑ์ที่มีความเหนียวและยืดหยุ่น โดยทั่วไปปลาที่นิยมใช้ในการทำซูริมิมากที่สุดคือ Alaska Pollock เนื่องจากเป็นปลาทะเลที่มีไขมันน้อย ราคาถูก และมีปริมาณมาก ส่วนในประเทศไทยพบว่ามีการใช้ปลาหลายชนิดเช่น ปลาทรายแดง ปลาตาหวาน (bigeye snapper) ปลาจวด (croaker) ปลาปากคม ปลาเข็ม ปลาตักโต เป็นต้น (สุทธรวัฒน์, 2549) ซึ่งซูริมิจากปลาทรายแดงเป็นที่นิยมมากที่สุดในการนำมาทำเป็นลูกชิ้นปลา

หนึ่งในขั้นตอนที่สำคัญของการผลิตซูริมิคือ การเติมสารป้องกันการสูญเสียสภาพธรรมชาติของโปรตีน (cryoprotectant) เช่น น้ำตาลซูโครส (sucrose) ซอร์บิทอล (sorbitol) และโพลีฟอสเฟต (polyphosphate) เพื่อป้องกันการสูญเสียสภาพธรรมชาติของโปรตีนไมโอไฟบริล (myofibril proteins) ในระหว่างการแช่แข็งซึ่งการสูญเสียสภาพธรรมชาติของโปรตีนไมโอไฟบริลจะทำให้โปรตีนสูญเสียสมบัติเชิงหน้าที่โดยเฉพาะความสามารถในการละลายและความสามารถในการเกิดเจลซึ่งมีผลต่อการใช้ประโยชน์ซูริมิ (จักรี, 2544) ดังนั้นการศึกษาการใช้สารป้องกันโปรตีนเสียสภาพจากการแช่แข็งจึงมีความสำคัญยิ่ง งานวิจัยครั้งนี้จึงมีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาผลของสารป้องกันโปรตีนเสียสภาพจากการแช่แข็งที่มีต่อคุณภาพเจลและลูกชิ้นปลาตาบลาวซึ่งเป็นหนึ่งในวัตถุดิบที่นิยมใช้ในการผลิตลูกชิ้นปลาของประเทศไทย

2. วิธีการทดลอง

2.1 การเตรียมเนื้อปลาตาบลาวบด

ปลาตาบลาว (*Chirocentrus dorab* หรือ Dorab wolf-herring) ที่ใช้ในการทดลองเป็นเนื้อปลาตาบลาวแล่จากโรงงานผลิตลูกชิ้นปลา (Ocean Goods Co., Ltd, กรุงเทพฯ) ซึ่งเป็นปลาที่จับจากบริเวณทะเลอันดามันและขึ้นท่าที่จังหวัดกระบี่ เนื้อปลาตาบลาวแล่ถูกเก็บรักษาแบบแช่น้ำแข็งในระหว่างการขนส่ง เมื่อขนส่งมาถึงห้องปฏิบัติการ เนื้อปลาตาบลาวถูกบดด้วยเครื่องบดเนื้อ (meat grinder) ที่มีขนาดรูตะแกรง 5 มม. ในที่นี้เรียกว่าเนื้อปลาบด จากนั้นทำการแบ่งเนื้อปลาตาบลาวบดออกเป็น 2 ส่วน คือ ส่วนที่ 1 เนื้อปลาตาบลาวบดไม่ล้างน้ำ ส่วนที่ 2 เนื้อปลาตาบลาวบดล้างน้ำ

โดยใช้ขั้นตอนการล้างดังนี้ ล้างเนื้อปลาตาบลาวบดด้วยน้ำเย็นที่มีอุณหภูมิประมาณ 5-10 องศาเซลเซียส จนกระทั่งเนื้อปลาไม่มีสีและกลิ่น โดยใช้อัตราส่วนเนื้อปลาตาบลาวบดต่อน้ำเย็น (1:3) และใช้อัตราส่วนน้ำต่อน้ำแข็ง (2:1) ทำการล้างอย่างน้อย 3 ครั้ง โดยในน้ำล้างครั้งที่ 3 เติมเกลือ 0.3% ระหว่างการล้างมีการกวหรือคนอย่างช้าๆ

อย่างสม่ำเสมอใช้ไม้พายกววน 5 นาที และตั้งทิ้งให้ตกตะกอน 5 นาที จากนั้นทำการร่อนแยกเนื้อกรองน้ำออกโดยใช้ผ้าขาวบางแล้วทำการบรรจุเนื้อปลาในถุงผ้า จากนั้นทำการปั่นเหวี่ยงเพื่อกำจัดน้ำออก ทำการวิเคราะห์คุณภาพทางเคมีและคุณภาพทางกายภาพเนื้อปลาตากแห้งทั้ง 2 ส่วนคือ เนื้อปลาทากแห้งไม่ล้างน้ำและเนื้อปลาทากแห้งล้างน้ำ

2.1.1 คุณภาพทางเคมี

วิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมีได้แก่ ความชื้น ไขมัน โปรตีน เส้นใย และเถ้า โดยใช้วิธีของ AOAC (AOAC, 2000) และคาร์โบไฮเดรตโดยวิธีการคำนวณ

2.1.2 คุณภาพทางกายภาพ

วิเคราะห์คุณภาพทางกายภาพได้แก่ ความขาว (whiteness) โดยใช้เครื่องวัดสี color reader ระบบ CIE L* a* b* คำนวณค่าความขาวจากสูตร $Whiteness = 100 - [(100-L^*)^2 + a^{*2} + b^{*2}]^{1/2}$

2.1.3 การวิเคราะห์ข้อมูล

วิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติโดยใช้ Independence Sample Test เพื่อเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยคุณภาพทางเคมีและกายภาพของเนื้อปลาทากแห้งไม่ล้างน้ำและเนื้อปลาทากแห้งล้างน้ำที่ระดับความเชื่อมั่น 95%

2.2 การเติมสารป้องกันการสูญเสียสภาพธรรมชาติของโปรตีน

นำเนื้อปลาส่วนที่ 2 (เนื้อปลาทากแห้งไม่ล้างน้ำ) เติมสารป้องกันการสูญเสียสภาพธรรมชาติของโปรตีนคือน้ำตาลซูโครส (sucrose) ร้อยละ 3 และ 6 และโซเดียมไตรโพลีฟอสเฟต (STPP) ร้อยละ 0.3 โดยใช้เครื่องผสมอาหาร (Kitchen aid, USA) ที่ระดับความเร็วต่ำเป็นเวลา 2 นาที บรรจุตัวอย่างในถุงโพลีเอทิลีน (polyethylene) ปิดผนึกถุง

นำตัวอย่างที่จะวิเคราะห์การแช่แข็ง – ละลายที่ 0, 3 และ 6 รอบ (-18 องศาเซลเซียส นาน 18 ชั่วโมง และ 5 องศาเซลเซียส นาน 6 ชั่วโมง) แช่แข็งโดยใช้เครื่องแช่แข็งแบบลมพ่น (air blast freezer) ที่ -40 องศาเซลเซียส นาน 4 ชั่วโมง ก่อนการเก็บรักษาที่ -18 องศาเซลเซียส

2.3 การเตรียมเจลเนื้อปลาทากแห้ง (ดัดแปลงจากวิธีของ Thawornchinsombut and Park, 2007)

นำเนื้อปลาทากแห้งที่ผ่านการแช่แข็งละลาย 0, 3 และ 6 รอบ ทั้ง 4 สิ่งทดลองคือ 1) เนื้อปลาทากแห้งไม่ล้างน้ำ 2) เนื้อปลาทากแห้งล้างน้ำ 3) เนื้อปลาทากแห้งล้างน้ำ + 3% sucrose + 0.3% STPP และ 4) เนื้อปลาทากแห้งล้างน้ำ + 6% sucrose + 0.3% STPP มาละลายน้ำแข็งที่ 5 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 2 ชั่วโมง นำมาผสมกับเกลือ (NaCl) ร้อยละ 3 ของน้ำหนักเนื้อปลาทากแห้ง ทำการปรับความชื้นของเนื้อปลาทากแห้งเป็นร้อยละ 83 โดยการเติมน้ำแข็งที่ละน้อย เพื่อลดอุณหภูมิขณะนำผสมไม่ให้สูงกว่า 10-15 องศาเซลเซียส ทำการผสมในเครื่องผสมอาหารที่ระดับความเร็วต่ำเป็นเวลา 3 นาที และที่ระดับความเร็วสูง 2 นาที รวมทั้งหมดไม่เกิน 5 นาที นำมาบรรจุในถุงพลาสติก ทำการไล่อากาศและปิดผนึกโดยเครื่องปิดผนึกสุญญากาศ

นำเนื้อปลาทากแห้งมาบรรจุในท่อแสดงขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 2.5 เซนติเมตร จากนั้นนำมาแช่ที่อุณหภูมิ 50 องศาเซลเซียส 30 นาที ก่อนให้ความร้อนที่ 90 องศาเซลเซียส 15 นาที และนำมาลดอุณหภูมิอย่างรวดเร็วในอ่างผสมน้ำแข็ง 10 นาที นำเข้าเก็บในห้องเย็นอุณหภูมิ 5 องศาเซลเซียสเป็นเวลา 18-24 ชั่วโมง หลังจากนั้นนำไปวิเคราะห์คุณภาพของเจลเนื้อปลาทากแห้งดังต่อไปนี้

2.3.1 Expressible moisture (%) (Bigelow and Lee, 2007)

นำตัวอย่างเจลเนื้อปลาที่เตรียมไว้ในตู้เย็นที่อุณหภูมิ 5 องศาเซลเซียสออกมาพักไว้จนตัวอย่างมีอุณหภูมิใกล้เคียงกับอุณหภูมิห้อง ชั่งน้ำหนักหลอดปั่นเหวี่ยง ขนาดปริมาตร 50 มิลลิลิตร ชั่งน้ำหนักกระดาษกรองโดยใช้กระดาษกรองเบอร์ 1 จำนวน 2 แผ่น และกระดาษกรองเบอร์ 3 จำนวน 1 แผ่น ชั่งน้ำหนักตัวอย่าง 5 ± 0.2 กรัม ใส่ในกระดาษกรองโดยให้กระดาษกรองเบอร์ 3 อยู่ด้านในสุด พับกระดาษกรองใส่ลงในหลอดแล้วนำไปหมุนเหวี่ยงที่ความเร็วรอบ 4000xg นาน 15 นาที จากนั้นนำตัวอย่างเจลไปชั่งน้ำหนักอีกครั้งรายงานผลเป็นร้อยละของน้ำหนักที่สูญเสียไปของตัวอย่างเริ่มต้น (expressible moisture) ซึ่งมีวิธีคำนวณดังนี้

$$\text{Expressible moisture (\%)} = \frac{(\text{นน.ตัวอย่างเริ่มต้น} - \text{นน.ตัวอย่างสุดท้าย}) * 100}{\text{นน.ตัวอย่างเริ่มต้น}}$$

2.3.2 ความขาว (whiteness)

นำตัวอย่างเจลปลาตาบลาวออกมาพักไว้ที่อุณหภูมิห้อง 2 ชั่วโมง แล้วตัดเป็นท่อนขนาดยาว 2.5 ซม. แล้วนำมาวัดค่าสีด้วยเครื่อง color reader โดยใช้ระบบ CIE L* a* b* อ่านค่าเป็น L* a* b* คำนวณค่าความขาวจากสูตร

$$\text{Whiteness} = 100 - [(100 - L^*)^2 + a^{*2} + b^{*2}]^{1/2}$$

2.3.3 ลักษณะเนื้อสัมผัส (ตัดแปลงจากวิธีของ Thawornchinsombut and Park, 2007)

ตรวจวัดลักษณะเนื้อสัมผัสของเจลโดยตัดตัวอย่างเจลเส้นผ่าศูนย์กลาง 2.5 ซม. เป็นท่อนยาว 2.5 ซม. (ก่อนนำตัวอย่างเจลไปทดสอบตัวอย่างต้องอยู่ในถุงพลาสติกเพื่อหลีกเลี่ยงการสูญเสียน้ำและตัวอย่างมีอุณหภูมิใกล้เคียงกับอุณหภูมิห้อง) วัดลักษณะเนื้อสัมผัสของเจลด้วยเครื่อง Texture Analyzer TA.XT2i และใช้เทคนิค puncture test ในการวิเคราะห์ลักษณะเนื้อสัมผัส ใช้อัตราเร็วในการกด 60 มิลลิเมตรต่อวินาที ในการวิเคราะห์จะใช้หัววัด cylinder probe part (P/5S) เส้นผ่าศูนย์กลาง 5 มม. ทำการวิเคราะห์หัวแปรทางเนื้อสัมผัสดังนี้ แรง (breaking force) เป็นแรงสูงสุดที่ใช้ในการเจาะทะลุตัวอย่างมีหน่วยเป็น กรัม (g) และ ระยะทาง (deformation) ที่หัววัดเคลื่อนที่จากผิวหน้าตัวอย่างจนเจาะทะลุ มีหน่วยเป็น เซนติเมตร (cm)

2.3.4 การวางแผนการทดลองและการวิเคราะห์ข้อมูล

วางแผนการทดลองแบบ 3×4 Factorial in CRD โดยมี 2 ปัจจัยหลักคือ 1) การแช่แข็ง – ละลาย และ 2) การเติมสารป้องกันโปรตีนเสียสภาพ วิเคราะห์ข้อมูลโดยใช้การวิเคราะห์ความแปรปรวนที่ระดับความเชื่อมั่น 95% เมื่อพบว่าปัจจัยทั้งสองมีปฏิสัมพันธ์ (interaction) ทำการวิเคราะห์อิทธิพลย่อย (simple effects) ถ้าปัจจัยทั้งสองไม่มีปฏิสัมพันธ์จะทำการวิเคราะห์อิทธิพลหลัก (main effects) เปรียบเทียบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยโดยใช้ Duncan's New Multiple Range Test (DMRT)

2.4 การเตรียมลูกชิ้นปลาตาบลาว

การเตรียมลูกชิ้นปลาตาบลาวใช้ขั้นตอนเดียวกับการเตรียมเจลปลาตาบลาวดังนี้ นำเนื้อปลาตาบลาวบดแช่แข็งทั้ง 4 สิ่งทดลองมาละลายน้ำแข็งที่อุณหภูมิตู้เย็น (4 องศาเซลเซียส) เป็นเวลา 12 ชั่วโมง จากนั้นนำมาหั่นเป็นชิ้นเล็กๆ ตีผสมด้วยเครื่องผสมอาหารเป็นเวลา 1 นาที เติมน้ำเกลือร้อยละ 3 ของน้ำหนักเนื้อปลาบด ผสมต่อ 1 นาที เติมน้ำแข็งเพื่อปรับปริมาณความชื้นเป็นร้อยละ 83 ผสมต่อจนครบ 5 นาที นำมาปั้นเป็นทรงกลม เช็ทที่อุณหภูมิ 50 องศาเซลเซียส 30 นาที ก่อนให้ความร้อนที่ 90 องศาเซลเซียส 15 นาที และนำมาลวกอุณหภูมิลงอย่างรวดเร็วในอ่างผสมน้ำแข็ง 10 นาที เก็บในช่องเย็นอุณหภูมิ 5 องศาเซลเซียสเป็นเวลา 18-24 ชั่วโมง ก่อนนำไปทดสอบคุณภาพทางประสาทสัมผัส

2.4.1 การทดสอบคุณภาพทางประสาทสัมผัส

ทดสอบคุณภาพทางประสาทสัมผัสของลูกชิ้นปลาตาบลาวด้านสี กลิ่นรสชาติ เนื้อสัมผัส และความชอบ โดยรวมโดยวิธี 9-point hedonic scale (1 = ไม่ชอบมากที่สุด, 9 = ชอบมากที่สุด) โดยใช้ผู้ทดสอบทั้งฝึกฝน จำนวน 20 คนเป็นนักศึกษาหลักสูตรวิทยาศาสตรและเทคโนโลยีการอาหาร มหาวิทยาลัยราชภัฏวไลยอลงกรณ์ ในพระบรมราชูปถัมภ์ ผู้ทดสอบชิมจะได้รับตัวอย่าง 4 ตัวอย่างเป็นลูกชิ้นปลาน้ำหนักประมาณ 250 กรัม ในถ้วยพลาสติกที่มีรหัสสุ่มเป็นเลข 3 หลัก ผู้ทดสอบทำการทดสอบชิมตัวอย่างตามลำดับที่กำหนดและให้คะแนนความชอบในด้านต่างๆ

2.4.2 การวางแผนการทดลองและการวิเคราะห์ข้อมูล

วางแผนการทดลองแบบสุ่มสมบูรณ์ในบล็อก (Randomized Complete Block Design, RCBD) วิเคราะห์ข้อมูลโดยใช้การวิเคราะห์ความแปรปรวนทางเดียว (One-way ANOVA) และเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยโดยใช้ Duncan's New Multiple Range Test (DMRT) ที่ระดับความเชื่อมั่น 95%

3. ผลการทดลองและวิจารณ์ผล

3.1 เนื้อปลาตบลาบด

วิเคราะห์คุณภาพทางเคมีและกายภาพของเนื้อปลาตบลาบดไม่ล้างน้ำและเนื้อปลาตบลาบดล้างน้ำก่อนศึกษาผลของการเติมสารป้องกันโปรตีนเสียสภาพจากการแช่แข็งที่มีต่อคุณภาพของเจลเนื้อปลาตบลาบ

3.1.1 คุณภาพทางเคมี

ตารางที่ 1 องค์ประกอบทางเคมีของเนื้อปลาตบลาบดไม่ล้างน้ำกับเนื้อปลาตบลาบดล้างน้ำ

องค์ประกอบทางเคมี (ร้อยละ)	เนื้อปลาตบลาบดไม่ล้างน้ำ	เนื้อปลาตบลาบดล้างน้ำ
ความชื้น	78.40 ^b ± 0.18	83.83 ^a ± 0.24
ไขมัน	1.59 ^a ± 0.17	1.20 ^b ± 0.20
โปรตีน	15.88 ^a ± 0.23	11.89 ^b ± 0.34
เส้นใย	0.15 ^a ± 0.23	0.06 ^b ± 0.01
เถ้า	2.44 ^a ± 0.09	1.70 ^b ± 0.09
คาร์โบไฮเดรต ^{ns}	1.51 ± 0.03	1.32 ± 0.20

หมายเหตุ ^{abc} ค่าเฉลี่ยที่มีตัวอักษรต่างกันในแนวนอนเดียวกันมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$)

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

จากตารางที่ 1 พบว่าเนื้อปลาตบลาบดไม่ล้างน้ำมีปริมาณไขมัน โปรตีน เส้นใย และเถ้า สูงกว่าเนื้อปลาตบลาบดล้างน้ำ แต่มีความชื้น (ร้อยละ 78.40) ต่ำกว่าเนื้อปลาตบที่ผ่านการล้างน้ำ (ร้อยละ 83.83) ซึ่งสอดคล้องกับ Kongpun et al. (2001) ที่วิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมีของเนื้อปลาตบลาบและเนื้อปลาตบลาบล้างน้ำ พบว่าเนื้อปลาตบลาบมีปริมาณโปรตีน ไขมัน และเถ้าสูงกว่าเนื้อปลาตบลาบล้างน้ำแต่จะมีปริมาณความชื้นต่ำกว่า นอกจากนี้ยังสอดคล้องกับ Rasekh et al. (1980) ที่ศึกษาองค์ประกอบทางเคมีของเนื้อปลาจวด (Atlantic croaker) ไม่ล้างน้ำและล้างน้ำ ซึ่งได้ผลว่าเนื้อปลาจวดไม่ล้างน้ำมีปริมาณไขมัน สูงกว่าเนื้อปลาจวดล้างน้ำที่ 0 เดือนของการเก็บรักษาสภาพแช่แข็ง นอกจากนี้การล้างน้ำเนื้อปลาจวดยังทำให้เกิดการสูญเสียของแข็งทั้งหมด (total solids) ประมาณร้อยละ 5.37 อีกด้วย (Rasekh et al., 1980) จะเห็นได้ว่าการล้างน้ำเนื้อปลาจะมีผลทำให้องค์ประกอบทางเคมีบางตัวลดลงเช่น ไขมัน โปรตีน เส้นใย เถ้า แต่ในทางตรงกันข้ามจะทำให้มีปริมาณความชื้นเพิ่มมากขึ้นเนื่องจากในขั้นตอนการจัดเรียงตัวของโปรตีนจะมีการสร้างโครงสร้างซึ่งจะอุ้มน้ำไว้ในโครงสร้างเช่นเดียวกันกับปริมาณน้ำในโครงสร้างของเจลเพิ่มมากขึ้น (จักรี, 2544)

3.1.2 คุณภาพทางกายภาพ (ความขาว)

จากตารางที่ 2 จะเห็นได้ว่าเนื้อปลาตบลาบดล้างน้ำมีค่าความขาวมากกว่าเนื้อปลาตบลาบดไม่ล้างน้ำ ($p \leq 0.05$) เนื่องจากการล้างเนื้อปลาบดจะกำจัดเลือด รงควัตถุที่ละลายในน้ำ ไขมัน เอนไซม์ โปรตีนที่ละลายน้ำ ออกจากโปรตีนไมโอไฟบริล และแยกไขมัน หนึ่ง สิ่งเจือปน กลิ่นที่ไม่ดี ทำให้เนื้อปลาบดมีความขาวขึ้น (เชาวนิย์, 2543) การล้างน้ำเนื้อปลาบดชนิดอื่น เช่น ปลาจวด (Atlantic croaker) มีผลทำให้เนื้อปลาที่มีสีขาวขึ้นเช่นกันเมื่อเปรียบเทียบกับเนื้อปลาไม่ล้างน้ำ และในระหว่างการเก็บรักษาแช่แข็งสังเกตเห็นการเปลี่ยนแปลงของสีน้อยมาก (Rasekh et al., 1980) สุทธิวัฒน์ (2549) กล่าวว่า การล้างเนื้อปลาบดจะช่วยปรับปรุงสีของซูริมี มีผลในการลดสีของเนื้อปลา และการล้างที่เพิ่มจำนวนครั้งขึ้นจะมีผลทำให้สีมีการยอมรับมากขึ้น

ตารางที่ 2 ค่าความขาวของเนื้อปลาตบลาบดไม่ล้างน้ำและเนื้อปลาตบลาบดล้างน้ำ

เนื้อปลาตบลาบด	ค่าความขาว
เนื้อปลาตบลาบดไม่ล้างน้ำ	53.74 ^b ± 0.72
เนื้อปลาตบลาบดล้างน้ำ	65.43 ^a ± 0.58

หมายเหตุ^{ab} ค่าเฉลี่ยที่มีตัวอักษรต่างกันในแนวตั้งเดียวกันมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$)

3.2 เจลเนื้อปลาตบลาบด

นำเนื้อปลาตบลาบดไม่ล้างน้ำและเนื้อปลาตบลาบดล้างน้ำมาทำเป็นเจลและศึกษาคุณภาพของเจล ได้แก่ expressible moisture, ความขาว (whiteness), pH, breaking force, deformation โดยเนื้อปลาตบลาบดล้างน้ำเป็นเนื้อปลาที่ผ่านการเติมสารป้องกันโปรตีนเสียสภาพได้แก่ 3% หรือ 6% sucrose ร่วมกับ 0.3% STPP ก่อนนำไปทำเจลเพื่อศึกษาผลของปัจจัย 1) การแช่แข็ง – ละลาย และ 2) การเติมสารป้องกันการสูญเสียธรรมชาติของโปรตีนที่มีต่อคุณภาพเจล

ผลการวิเคราะห์ทางสถิติพบว่าปัจจัยทั้ง 2 มีปฏิสัมพันธ์ (interaction) หรือมีอิทธิพลร่วมกัน จึงทำการวิเคราะห์ห่ออิทธิพลย่อย (simple effect) ของแต่ละปัจจัยดังนี้ ปัจจัย 1) การแช่แข็ง – ละลาย 2) การเติมสารป้องกันการสูญเสียสภาพธรรมชาติของโปรตีน โดยในที่นี้จะเน้นอิทธิพลของการเติมสารป้องกันการสูญเสียสภาพธรรมชาติของโปรตีน

3.2.1 Expressible moisture

ค่า expressible moisture เป็นตัวบ่งบอกถึงความสามารถในการอุ้มน้ำ (water holding capacity) ของเจล จากตารางที่ 3 พบว่าการเติมสารป้องกันการสูญเสียสภาพธรรมชาติของโปรตีนมีผลต่อค่า expressible moisture ที่การแช่แข็ง – ละลาย 0, 3 และ 6 รอบ ($p \leq 0.05$) เนื้อปลาบดล้างน้ำที่มีการเติมสารป้องกันโปรตีนเสียสภาพ (3 และ 6% sucrose + 0.3% STPP) จะมีค่า expressible moisture ที่ต่ำกว่าเจลเนื้อปลาบดล้างน้ำและเนื้อปลาบดไม่ล้างน้ำที่ไม่เติมสาร แสดงให้เห็นว่าการเติมสารป้องกันโปรตีนเสียสภาพสามารถช่วยชะลอการเสียสภาพของโปรตีนได้ในระหว่างการแช่แข็ง – ละลาย เนื่องจากการเติมสารป้องกันโปรตีนเสียสภาพช่วยเพิ่มความสามารถในการจับน้ำของโปรตีนและลดการเปลี่ยนแปลงโครงสร้างของโปรตีนระหว่างการแช่เยือกแข็ง สารป้องกันโปรตีนเสียสภาพ เช่น ซูโครส หรือ ซอร์บิทอล ช่วยให้แอคโตไมโอซินมีความคงตัว (Matsumoto, 1978) ป้องกันการดึงน้ำออกจากโครงสร้างโปรตีน เพิ่มแรงตึงผิวของน้ำ (Arakawa & Timasheff, 1982) และป้องกันการสูญเสียการละลายของโปรตีน (Herrera & Sampedro, 2002; Lim & Reid, 1991) นอกจากนี้ยังพบว่าเจลเนื้อปลาบดล้างน้ำมีค่า expressible moisture ที่ต่ำกว่าเนื้อปลาบดไม่ล้างน้ำ แสดงว่าการล้างน้ำมีผลทำให้ค่า expressible moisture ต่ำลงหรือความสามารถในการอุ้มน้ำของเจลสูงขึ้น เนื่องจากการล้างน้ำทำให้มีโปรตีนไมโอไฟบริลเข้มข้นมากขึ้น ส่งผลให้เนื้อปลาบดล้างน้ำมีคุณสมบัติในการอุ้มน้ำ การฟอร์มเจล การจับกับไขมันและคุณสมบัติเชิงหน้าที่อื่นๆ ของเนื้อปลาบดเพิ่มมากขึ้น (Park & Morrissey, 2000)

ตารางที่ 3 ผลของสารป้องกันการสูญเสียสภาพธรรมชาติของโปรตีนที่มีต่อค่า expressible moisture (%)

เจล	การแช่แข็ง – ละลาย		
	0 รอบ	3 รอบ	6 รอบ
เนื้อปลาตาบลาบดไม่ล้างน้ำ	54.04 ^a ± 0.76	58.22 ^a ± 1.49	53.37 ^a ± 0.18
เนื้อปลาตาบลาบดล้างน้ำ	52.05 ^a ± 1.55	52.06 ^b ± 1.62	50.37 ^b ± 1.02
เนื้อปลาตาบลาบดล้างน้ำ + 3% sucrose + 0.3% STPP	48.77 ^b ± 1.24	47.46 ^c ± 0.12	48.85 ^b ± 1.33
เนื้อปลาตาบลาบดล้างน้ำ + 6% sucrose + 0.3% STPP	46.13 ^c ± 1.12	46.74 ^c ± 0.62	41.24 ^c ± 1.66

หมายเหตุ ^{ab} ค่าเฉลี่ยที่มีตัวอักษรต่างกันในแนวตั้งเดียวกันมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$)

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

3.2.2 ความขาว (whiteness)

จากตารางที่ 4 จะเห็นได้ว่าการล้างน้ำมีผลทำให้เจลเนื้อปลาตาบขาวมากขึ้นเมื่อเปรียบเทียบกับเจลเนื้อปลาตาบไม่ล้างน้ำ โดยการล้างเนื้อปลาตาบจะกำจัดโปรตีนที่ละลายน้ำได้ เลือด เอนไซม์ ออกจากโปรตีนไมโอไฟบริล และแยกไขมัน หนึ่ง สิ่งเจือปน กลิ่นที่ไม่ดี ทำให้เนื้อปลาตาบมีความขาวขึ้น (เขาวนีย์, 2543) นอกจากนี้ยังพบว่าการเติมสารป้องกันการสูญเสียสภาพธรรมชาติของโปรตีน 3% และ 6% sucrose + 0.3% STPP ทำให้เจลเนื้อปลาตาบขาวกว่าเนื้อปลาตาบดล้างน้ำเพียงอย่างเดียวซึ่งตรงกันข้ามกับการศึกษาส่วนใหญ่ที่พบว่าการเติมน้ำตาลทำให้ความขาวของเจลลดลงเนื่องจากปฏิกิริยาเมลลาร์ดระหว่างน้ำตาลรีดิวซ์กับกรดอะมิโน (Nopianti et al., 2012) ความขาวของเนื้อปลาตาบมีแนวโน้มลดลงเรื่อยๆเมื่อผ่านการแช่แข็ง-ละลาย อาจเนื่องมาจากการรวมตัวระหว่างโปรตีนกล้ามเนื้อ (muscle proteins) และส่วนที่เป็นโปรตีนของรงควัตถุ (pigment proteins) ที่อาจหลงเหลืออยู่หลังจากการล้างน้ำ (Benjakul et al., 2005) และการออกซิเดชันของไขมันในระหว่างการเก็บรักษาซึ่งทำให้เกิดอนุมูลอิสระเหนี่ยวนำให้โปรตีนกล้ามเนื้อกับโปรตีนรงควัตถุเกิดปฏิกิริยาระหว่างดังที่กล่าวมา (Nopianti et al., 2012)

ตารางที่ 4 ผลของสารป้องกันการสูญเสียสภาพธรรมชาติของโปรตีนต่อค่าความขาว

เจล	การแช่แข็ง – ละลาย		
	0 รอบ	3 รอบ	6 รอบ
เนื้อปลาตาบลาบดไม่ล้างน้ำ	71.18 ^d ± 0.26	67.18 ^c ± 0.75	66.64 ^c ± 0.56
เนื้อปลาตาบลาบดล้างน้ำ	73.40 ^c ± 0.23	71.22 ^b ± 0.97	68.98 ^b ± 0.31
เนื้อปลาตาบลาบดล้างน้ำ + 3% sucrose + 0.3% STPP	74.82 ^b ± 0.43	74.00 ^a ± 0.68	74.05 ^a ± 0.29
เนื้อปลาตาบลาบดล้างน้ำ + 6% sucrose + 0.3% STPP	75.43 ^a ± 0.36	74.94 ^a ± 0.15	74.59 ^a ± 0.23

หมายเหตุ ^{abcd} ค่าเฉลี่ยที่มีตัวอักษรต่างกันในแนวตั้งเดียวกันมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$)

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

3.2.3 ค่า pH

จากตารางที่ 5 จะเห็นได้ว่าการแช่แข็ง – ละลาย 0 รอบ การล้างน้ำทำให้ pH เนื้อปลาตาบลดลงจาก 7.29 เหลือ 6.92 และการเติมสารป้องกันโปรตีนเสียสภาพ 3 และ 6% sucrose + 0.3% STPP ในเนื้อปลาตาบดล้างน้ำทำให้ค่า pH ลดลงจาก 6.92 เหลือประมาณ 6.53-6.58 ซึ่งตรงกันข้ามกับผลการทดลองของ Nopianti et al. (2012) ที่ศึกษาผลของการเติมน้ำตาลชนิดต่างๆ ที่มีผลต่อคุณสมบัติทางเคมีกายภาพของซูริมิปลาทรายแดง พบว่าการเติมน้ำตาล 6% sucrose ร่วมกับ 0.3% STPP นั้นทำให้ค่า pH เพิ่มขึ้นจาก 6.98 เป็น 7.04-7.07 เนื่องมาจากผลของ

ฟอสเฟตที่ทำให้ pH เพิ่มขึ้นเล็กน้อยนอกเหนือไปจากการทำให้โปรตีนไมโอไฟบริลสามารถอุ้มน้ำได้เพิ่มมากขึ้น (Lee et al., 1992)

ตารางที่ 5 ผลของสารป้องกันการสูญเสียสภาพธรรมชาติของโปรตีนที่มีต่อค่า pH

เจล	การแช่แข็ง – ละลาย		
	0 รอบ	3 รอบ	6 รอบ
เนื้อปลาตาบลาวบดไม่ล้างน้ำ	7.29 ^a ± 0.03	7.33 ^a ± 0.01	6.81 ^b ± 0.04
เนื้อปลาตาบลาวบดล้างน้ำ	6.92 ^b ± 0.11	7.14 ^b ± 0.01	7.25 ^a ± 0.09
เนื้อปลาตาบลาวบดล้างน้ำ + 3% sucrose + 0.3% STPP	6.58 ^c ± 0.05	7.16 ^b ± 0.03	7.14 ^a ± 0.02
เนื้อปลาตาบลาวบดล้างน้ำ + 6% sucrose + 0.3% STPP	6.53 ^c ± 0.03	7.04 ^c ± 0.01	6.92 ^b ± 0.08

หมายเหตุ^{abc} ค่าเฉลี่ยที่มีตัวอักษรต่างกันในแต่ละแถวเดียวกันมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$)

3.2.4 Breaking force

ค่า breaking force เป็นค่าที่บ่งบอกถึงความแข็งแรงของเจล (gel strength) จากตารางที่ 6 จะเห็นได้ว่าการเติมสารป้องกันโปรตีนเสียสภาพมีผลต่อค่า breaking force ของเจลที่การแช่แข็ง – ละลาย 0, 3 และ 6 รอบ โดยการล้างน้ำมีผลทำให้เจลมีความแข็งแรงเพิ่มขึ้นโดยเฉพาะอย่างยิ่งที่การแช่แข็ง – ละลาย 0 รอบ ค่า breaking force เพิ่มขึ้นจาก 37.07 เป็น 126.36 กรัมหรือคิดเป็น 70.66% ส่วนการเติมสารป้องกันโปรตีนเสียสภาพในเนื้อปลาตาบลาวบดล้างน้ำก็ส่งผลให้เจลมีความแข็งแรงมากกว่าเจลเนื้อปลาตาบที่ไม่มีการเติมสารป้องกันโปรตีนเสียสภาพและเจลเนื้อปลาตาบที่ไม่ล้างน้ำ (ยกเว้นที่การแช่แข็ง – ละลาย 3 รอบ) เนื่องจากการล้างน้ำทำให้โปรตีนชาร์โค-พลาสมิกละลายออกไป ส่งผลให้โปรตีนไมโอไฟบริลเข้มข้นขึ้นซึ่งเป็นโปรตีนที่สำคัญต่อการฟอร์มเจล (Toyoda et al., 1992)

ตารางที่ 6 ผลของสารป้องกันการสูญเสียสภาพธรรมชาติของโปรตีนที่มีต่อค่า breaking force (g)

เจล	การแช่แข็ง – ละลาย		
	0 รอบ	3 รอบ	6 รอบ
เนื้อปลาตาบลาวบดไม่ล้างน้ำ	37.07 ^d ± 3.70	38.20 ^b ± 4.15	42.56 ^c ± 2.79
เนื้อปลาตาบลาวบดล้างน้ำ	126.36 ^c ± 4.23	60.14 ^a ± 2.83	77.08 ^a ± 8.39
เนื้อปลาตาบลาวบดล้างน้ำ + 3% sucrose + 0.3% STPP	162.41 ^a ± 10.55	33.72 ^c ± 3.15	55.08 ^b ± 4.55
เนื้อปลาตาบลาวบดล้างน้ำ + 6% sucrose + 0.3% STPP	142.15 ^b ± 6.88	37.19 ^{bc} ± 2.42	82.56 ^a ± 4.60

หมายเหตุ^{abc} ค่าเฉลี่ยที่มีตัวอักษรต่างกันในแต่ละแถวเดียวกันมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$)

3.2.5 Deformation

ค่า deformation เป็นค่าที่บ่งบอกถึงความยืดหยุ่น (elasticity) ของเจล จากการวิเคราะห์ทางสถิติพบว่า ปัจจัย 1) การแช่แข็ง-ละลาย และปัจจัย 2) การเติมสารป้องกันโปรตีนเสียสภาพ ไม่มีปฏิสัมพันธ์หรือมีอิทธิพลร่วม จึงวิเคราะห์อิทธิพลหลักของทั้งสองปัจจัยที่มีต่อ deformation ดังแสดงในตารางที่ 7 และตารางที่ 8

จากตารางที่ 7 จะเห็นว่าการแช่แข็ง-ละลายมีผลต่อความยืดหยุ่นของเจล โดยรอบของการแช่แข็ง – ละลายที่เพิ่มขึ้นทำให้เจลมีความยืดหยุ่นลดลงโดยเฉพาะที่ 6 รอบ การแช่แข็งมีผลทำลายโปรตีนกล้ามเนื้อ เหนียวน่าให้เกิดโปรตีนเสียสภาพ และโปรตีนสูญเสียคุณสมบัติเชิงหน้าที่ เช่น การเกิดเจล (Herrera & Sampedro, 2002; Okada, 1992; Park & Morrissey, 2000) และเมื่อเติมสารป้องกันโปรตีนเสียสภาพลงไปจะเป็นตัวสร้างพันธะกับโมเลกุล

ของโปรตีนและสร้างพันธะกับน้ำช่วยเพิ่มความสามารถในการจับน้ำของโปรตีนและลดการเปลี่ยนแปลงโครงสร้างของโปรตีนระหว่างการแช่เยือกแข็ง (Matsumoto & Noguchi, 1992) มีรายงานว่า ซูโครส กลูโคส และซอร์บิทอลมีประสิทธิภาพสูงในการป้องกันโปรตีนเสียสภาพเนื่องจากการแช่แข็งโปรตีนไมโอไฟบริลของปลาคาร์พ (Matsumoto & Arai, 1986; Matsumoto et al., 1985) อย่างไรก็ตามการเติมสารป้องกันโปรตีนเสียสภาพในเนื้อปลาบดลี้ยงน้ำ (3 และ 6 sucrose + 0.3% STPP) ไม่ทำให้เจลมีความยืดหยุ่นต่างไปจากเจลของเนื้อปลาบดไม่ลี้ยงน้ำและเนื้อปลาบดลี้ยงน้ำ (ตารางที่ 8)

ตารางที่ 7 ผลของการแช่แข็ง - ละลายที่มีต่อค่า deformation (cm)

การแช่แข็ง - ละลาย	deformation (cm)
0 รอบ	$1.05^a \pm 0.27$
3 รอบ	$1.04^a \pm 0.37$
6 รอบ	$0.73^b \pm 0.35$

หมายเหตุ^{ab} ค่าเฉลี่ยที่มีตัวอักษรต่างกันในแนวตั้งเดียวกันมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$)

ตารางที่ 8 ผลของสารป้องกันการสูญเสียสภาพธรรมชาติของโปรตีนที่มีต่อค่า deformation (cm)

ตัวอย่าง	deformation ^{ns} (cm.)
เนื้อปลาบดลี้ยงน้ำ	0.91 ± 0.41
เนื้อปลาบดลี้ยงน้ำ	0.95 ± 0.34
เนื้อปลาบดลี้ยงน้ำ + 3% sucrose + 0.3% STPP	0.96 ± 0.38
เนื้อปลาบดลี้ยงน้ำ + 6% sucrose + 0.3% STPP	0.93 ± 0.36

หมายเหตุ^{ns} ค่าเฉลี่ยในแนวตั้งเดียวกันมีความแตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ ($p > 0.05$)

3.3 ลูกชิ้นปลาบดลี้ยงน้ำ

จากคะแนนการยอมรับลูกชิ้นปลาบดลี้ยงน้ำแสดงในตารางที่ 9 พบว่าผู้ทดสอบให้คะแนนความชอบรวมลูกชิ้นปลาที่ทำมาจากเนื้อปลาบดลี้ยงน้ำ + 3% sucrose + 0.3% STPP และเนื้อปลาบดลี้ยงน้ำ + 6% sucrose + 0.3% STPP สูงที่สุด (7.48 และ 7.50 คะแนน ตามลำดับ) เมื่อพิจารณาในแต่ละคุณลักษณะจะเห็นว่าคะแนนความชอบรวม 7.48 และ 7.50 คะแนน (ชอบปานกลางถึงชอบมาก) นั้นเป็นผลเนื่องมาจากลูกชิ้นปลามีสี กลิ่น และเนื้อสัมผัสที่ดีกว่าลูกชิ้นปลาที่ทำจากเนื้อปลาบดไม่ลี้ยงน้ำ และเนื้อปลาบดลี้ยงน้ำ

อย่างไรก็ตามเมื่อพิจารณาคะแนนด้านรสชาติจะพบว่าลูกชิ้นปลาที่ทำมาจากเนื้อปลาบดลี้ยงน้ำ + 6% sucrose + 0.3% STPP (5.58 คะแนน) มีคะแนนต่ำกว่าลูกชิ้นปลาที่ทำจากเนื้อปลาบดลี้ยงน้ำ + 3% sucrose + 0.3% STPP (6.65 คะแนน) เนื่องจากรสชาติที่หวานเกินไป ดังนั้นการผลิตลูกชิ้นปลาจากเนื้อปลาบดลี้ยงน้ำแช่แข็งนั้นควรใช้เนื้อปลาบดลี้ยงน้ำที่เติมซูโครส 3% ร่วมกับโซเดียมไตรฟอสเฟต 0.3%

ตารางที่ 9 คะแนนการยอมรับทางประสาทสัมผัสของลูกชิ้นปลา

คุณลักษณะ	ลูกชิ้นปลาตลาดลาว			
	เนื้อปลาตลาดลาวบดไม่ ล้างน้ำ	เนื้อปลาตลาดลาวบดล้าง น้ำ	เนื้อปลาตลาดลาวบดล้าง น้ำ + 3% sucrose + 0.3% STPP	เนื้อปลาตลาดลาวบด ล้างน้ำ + 6% sucrose + 0.3% STPP
สี*	3.42 ^c ±0.56	5.07 ^b ±0.74	7.45 ^a ±0.70	7.27 ^a ±0.73
กลิ่น*	4.53 ^b ±0.76	6.22 ^a ±0.60	6.25 ^a ±0.78	6.28 ^a ±0.69
รสชาติ*	5.10 ^c ±0.75	6.28 ^a ±0.65	6.65 ^a ±0.76	5.58 ^b ±0.68
เนื้อสัมผัส*	4.18 ^c ±0.64	5.07 ^b ±0.73	7.05 ^a ±0.72	7.42 ^a ±0.77
ความชอบโดยรวม*	4.23 ^c ±0.59	5.82 ^b ±0.56	7.48 ^a ±0.66	7.50 ^a ±0.57

หมายเหตุ * ค่าเฉลี่ยในแนวนอนเดียวกันมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$)

4. สรุป

เมื่อนำเนื้อปลาตลาดลาวมาผ่านกระบวนการทำเนื้อปลาบดแช่เยือกแข็งหรือซูริมิ และเติมสารป้องกันการสูญเสียสภาพธรรมชาติของโปรตีนในระหว่างการแช่แข็ง ได้แก่ น้ำตาลซูโครส 3 และ 6% ร่วมกับโซเดียมไตรฟอสเฟต 0.3% ปรากฏว่าการเติมสารป้องกันการสูญเสียสภาพธรรมชาติของโปรตีนทำให้เจลมีค่า expressible moisture ต่ำลงเมื่อเปรียบเทียบกับเจลเนื้อปลาบดล้างน้ำและไม่ล้างน้ำเมื่อผ่านการแช่แข็ง-ละลาย 0, 3 และ 6 รอบ นอกจากนี้ยังทำให้เจลมีความแข็งแรง (gel strength) สูงกว่าเจลที่ไม่ได้เติมสารป้องกันการสูญเสียสภาพธรรมชาติของโปรตีนที่การแช่แข็ง-ละลาย 0 รอบถึง 70.66% แต่ไม่พบว่าทำให้ความยืดหยุ่น (elasticity) ของเจลแตกต่างกันแต่การเติมน้ำตาลซูโครส 6% พบว่าทำให้ลูกชิ้นปลาตลาดลาวมีรสชาติที่หวานเกินไปทำให้คะแนนการยอมรับทางประสาทสัมผัสด้านรสชาติต่ำกว่าการเติมซูโครส 3% อย่างไรก็ตามคะแนนความชอบโดยรวมไม่แตกต่างกันทางสถิติ ($p > 0.05$)

5. กิตติกรรมประกาศ

งานวิจัยนี้ได้รับการสนับสนุนจากสำนักงานคณะกรรมการวิจัยแห่งชาติประจำปีงบประมาณ 2552 ภายใต้ชุดโครงการวิจัยและพัฒนาระบบการบริหารจัดการความปลอดภัยด้านอาหารและเกษตรในจังหวัดปทุมธานีและพื้นที่การศึกษามหาวิทยาลัยราชภัฏวไลยอลงกรณ์ ในพระบรมราชูปถัมภ์ และความอนุเคราะห์เครื่องมือจากโรงงานต้นแบบแปรรูปสัตว์น้ำ คณะประมง มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

6. เอกสารอ้างอิง

- จักรี ทองเรือง. 2544. ซูริมิ. พิมพ์ครั้งที่ 1. ศูนย์หนังสือแห่งจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย. กรุงเทพฯ.
- เชาวนีย์ ลือประเสริฐ. 2543. การพัฒนาลูกชิ้นปลาจากซูริมิปลาถิ่นข้างเหลือง. ปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต (พัฒนาผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมเกษตร) ภาควิชาพัฒนาผลิตภัณฑ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.
- ปวีณา น้อยทพ. 2539. การพัฒนาการผลิตลูกชิ้นปลาผสมปลาหมึกและการเก็บรักษา. วิทยานิพนธ์มหาบัณฑิต (ผลิตภัณฑ์ประมง) มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.
- สันติกิจ นิลอุดมศักดิ์ และอันพวัน ตันสกุล. 2549. ผลของปริมาณแป้งมันสำปะหลังดัดแปรและไข่ขาวผงต่อลักษณะเนื้อสัมผัสของลูกชิ้นปลา. วารสารวิจัยและพัฒนา มจร. 29(1): 17-36.
- สุทธวัฒน์ เบญจกุล. 2549. ซูริมิ: วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีเนื้อปลาบด. โอเดียนสโตร์ กรุงเทพฯ.
- Arakawa, T., & Timasheff, S. N. 1982. Stabilization of protein structure by sugar. *Biochemistry*. 21(25): 6536-6544.

- AOAC. 2000. **Official Methods of Analysis**. 16th ed. Association of Official Analytical Chemists. Virginia.
- Benjakul, S., Visessanguan, W., Thongkaew, C., and Tanaka, M. 2005. Effect of frozen storage on chemical and gel-forming properties of fish commonly used for surimi production in Thailand. **Food Hydrocolloid**. 19(2): 197-207.
- Bigelow, W. and Lee, C.M. 2007. Evaluation of various infused cryoprotective ingredients for their freeze-thaw stabilizing and texture improving properties in frozen red hake muscle. **Journal of Food Science**. 72: 56-64.
- Herrera, J., & Sampedro, L. 2002. Effects of various cryostabilisers on protein functionality in frozen- stored minced blue whiting muscle: The importance of inhibiting formaldehyde production. **European Food Research Technology**. 214: 382-387.
- Kongpun, O., Suwansakornkul, P., and Predalumpabut, P. 2001. Effect of formaldehyde on the gel forming ability of fish meat. **Kasetsart Journal (National Science)**. 35: 318-325.
- Lee, C.M., Wu, M-C., and Okada, M. 1992. Ingredients and formulation technology for surimi-based products. In T. C. Lanier & C. M. Lee (Eds.) **Surimi Technology** (pp. 357-388). New York: Marcel Dekker Inc.
- Lim, M., & Reid, D. 1991. Studies of reaction kinetics in relation to the Tg of polymers in frozen model systems. In H. Levine & L. Slade (Eds.) **Water Relationships in Foods** (pp. 103-122). New York: Plenum Press.
- Matsumoto, J.J. 1978. Minced fish technology and its potential for developing countries. In **Proceeding on Fish Utilization Technology and Marketing** (Vol. 18, Sec. III, p. 267), Indo-Pacific Fisheries Commission, Bangkok. Matsumoto, I., & Arai, K. 1986. Comparison of protective effects of several sugars on thermal and freeze denaturation of fish myofibrillar protein. **Nippon Suisan Gakkaishi**. 52: 2033-2038.
- Matsumoto, J.J. & Noguchi, S.F. 1992. Cryostabilization of protein in surimi. In T. C. Lanier & C. M. Lee (Eds.) **Surimi Technology** (pp. 357-388). New York: Marcel Dekker Inc.
- Matsumoto, I., Oozumi, T., & Arai, K. 1985. Protective effect of sugar on freeze-denaturation of carp myofibrillar protein. **Bulletin of the Japanese Society of Scientific Fisheries**. 51(5): 833-839.
- MFRD (Marine Fisheries Research Department). 1987a. **Handbook on Processing of Frozen Surimi and Fish Jelly Products in Southeast Asia**. SEAFDEC Singapore.
- Miyake, Y., Hirasawa, Y., and Miynabe, M. 1985. Technology of surimi manufacturing. **INFOFISH**. 5: 21-22.
- Nok, T.N. 2005. **Biochemical and physical factors affecting fish ball**. Master Thesis in Food Science and Technology. Oregon State University.
- Nopianti, R., Huda, N., Fazilah, A., Ismail, N., and Essa, A.M. 2012. Effect of different types of low sweetness sugar on physicochemical properties of threadfin bream surimi (*Nemipterus* spp.) during frozen storage. **International Food Research Journal**. 19(3): 1011-1021.

- Okada, M. 1992. History of surimi technology in Japan. In T. C. Lanier & C. M. Lee (Eds.) **Surimi Technology** (pp. 3–21). New York: Marcel Dekker Inc.
- Park, J. W., & Morrissey, M. T. 2000. Manufacturing of surimi from light muscle fish. In J. W. Park (Ed.) **Surimi and Surimi Seafood** (pp. 23–58). New York: Marcel Dekker Inc.
- Park, J.W. 2005. Code of practice of frozen surimi. In Park, J.W. (ed) **Surimi and Surimi Seafood**. CRC Press, N.Y.
- Rasekh, J.G., Waters, M.E., and Sidwell, V.D. 1980. The effect of washing on the quality characteristics of minced fresh croaker, *Micropogon undulates*, held in frozen storage. **Marine Fisheries Review**. 42(11): 26-30.
- Thawornchinsombut, S., and Park, J.W. 2007. Effect of NaCl on gelation characteristics of acid- and alkali-treated Pacific whiting fish protein isolates. **Journal of Food Biochemistry**. 31: 427-455.
- Toyoda, K., Kimura, I., Fukita, T., Noguchi, S.F., and Lee, C.M. 1992. The surimi manufacturing process. In T.C. Lanier & C.M. Lee (Eds.) **Surimi Technology** (pp. 3–21). New York: Marcel Dekker Inc.