วารสารวิชาการและวิจัย มทร.พระนคร ฉบับพิเศษ
การประชุมวิชาการมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคล ครั้งที่ 5

ผลของสารป้องกันการสูญเสียสภาพธรรมชาติของโปรตีนที่มีต่อคุณภาพเจลและลูกชิ้นปลาดาบลาว

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

กันภา สุขลิ้ม[1*] สุภาพร พวงไต้[2] นันท์ปภัทร์ ทองคำ[3] และ ศุภวรรณ ถาวรชินสมบัติ[4]

[1]อาจารย์ [2]นักศึกษา [3]ผู้ช่วยศาสตราจารย์ หลักสูตรวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีการอาหาร คณะเทคโนโลยีการเกษตร มหาวิทยาลัยราชภัฏวไลยอลงกรณ์ ในพระบรมราชูปถัมภ์ จังหวัดปทุมธานี 13180
[4]ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ภาควิชาเทคโนโลยีอาหาร คณะเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยขอนแก่น จังหวัดขอนแก่น 40002

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาผลของสารป้องกันการสูญเสียสภาพธรรมชาติของโปรตีนที่มีต่อคุณภาพเจลและลูกชิ้นปลาดาบลาว โดยสารป้องกันการสูญเสียสภาพธรรมชาติของโปรตีน (cryoprotectant) ที่ใช้ได้แก่น้ำตาลซูโครส 3 และ 6% ร่วมกับโซเดียมไตรโพลีฟอสเฟต (sodium tripolyphosphate; STPP) 0.3% และการแช่แข็ง-ละลาย (freeze-thaw cycle) 0, 3 และ 6 รอบ (แช่แข็งที่ -18 °ซ นาน 18 ชม. และละลายที่ 5 °ซ นาน 6 ชม.) ผลการศึกษาพบว่าการเติมน้ำตาลซูโครส 3 และ 6% ร่วมกับโซเดียมไตรโพลีฟอสเฟต 0.3% ในเนื้อปลาบดล้างน้ำทำให้ค่าความขาวของเจลสูงกว่าเจลเนื้อปลาบดล้างน้ำเพียงอย่างเดียวและเจลเนื้อปลาบดไม่ล้างน้ำที่การแช่แข็ง-ละลาย 0, 3 และ 6 รอบ ($P \leq 0.05$) และทำให้เจลมีค่า expressible moisture ต่ำกว่าเจลเนื้อปลาบดล้างน้ำและเจลเนื้อปลาบดไม่ล้างน้ำที่การแช่แข็ง-ละลาย 0, 3 และ 6 รอบ ($P \leq 0.05$) ส่วนลักษณะเนื้อสัมผัสด้านความแข็งแรงของเจล (gel strength) นั้นการเติมน้ำตาลซูโครส 3 และ 6% ร่วมกับโซเดียมไตรโพลีฟอสเฟต 0.3% ทำให้เจลมีความแข็งแรงสูงกว่าเจลที่ไม่ได้เติมที่การแช่แข็ง-ละลาย 0 รอบ อย่างเด่นชัด แต่ไม่ทำให้ความยืดหยุ่น (elasticity) แตกต่างจากเจลที่ไม่ได้เติมและเจลเนื้อปลาบดไม่ล้างน้ำ ($P > 0.05$)

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 : ปลาดาบลาว สารป้องกันโปรตีนเสียสภาพจากการแช่แข็ง เจล คุณภาพ
Keywords : Dorab wolf-herring, cryoprotectant, gel, quality

[*] *ผู้นิพนธ์ประสานงานไปรษณีย์อิเล็กทรอนิกส์ 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 ปลาดาบลาว หรือปลาน้ำจืด เช่น ปลากราย ปลาสลาด เป็นต้น และมักใช้ปลาหลายชนิดผสมกันเนื่องจากปลาแต่ละชนิดมีคุณสมบัติที่แตกต่างกัน เช่น ปลาดาบลาว (ปลาไซตอ) จะเด่นในด้านความเหนียว ปลาข้างเหลืองจะเด่นในด้านความหอม ปลาน้ำดอกไม้จะเด่นในด้านความนุ่ม

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

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

2. วิธีการทดลอง

2.1 การเตรียมเนื้อปลาดาบลาวบด

ปลาดาบลาว (*Chirocentrus dorab* หรือ Dorab wolf-herring) ที่ใช้ในการทดลองเป็นเนื้อปลาดาบลาวแล่จากโรงงานผลิตลูกชิ้นปลา (Ocean Goods Co., Ltd, กรุงเทพฯ) ซึ่งเป็นปลาที่จับจากบริเวณทะเลอันดามันและขึ้นท่าที่จังหวัดกระบี่ เนื้อปลาดาบลาวแล่ถูกเก็บรักษาแบบแช่น้ำแข็งในระหว่างการขนส่ง เมื่อขนส่งมาถึงห้องปฏิบัติการเนื้อปลาดาบลาวถูกบดด้วยเครื่องบดเนื้อ (meat grinder) ที่มีขนาดรูตะแกรง 5 มม. ในที่นี้เรียกว่าเนื้อปลาบด จากนั้นทำการแบ่งเนื้อปลาดาบลาวบดออกเป็น 2 ส่วน คือ ส่วนที่ 1 เนื้อปลาดาบลาวบดไม่ล้างน้ำ ส่วนที่ 2 เนื้อปลาดาบลาวบดล้างน้ำ

โดยใช้ขั้นตอนการล้างดังนี้ ล้างเนื้อปลาดาบลาวบดด้วยน้ำเย็นที่มีอุณหภูมิประมาณ 5-10 องศาเซลเซียสจนกระทั่งเนื้อปลาไม่มีสีและกลิ่น โดยใช้อัตราส่วนเนื้อปลาดาบลาวบดต่อน้ำเย็น (1:3) และใช้อัตราส่วนน้ำต่อน้ำแข็ง (2:1) ทำการล้างอย่างน้อย 3 ครั้ง โดยในน้ำล้างครั้งที่ 3 เติมเกลือ 0.3% ระหว่างการล้างมีการกวนหรือคนอย่างช้าๆ

อย่างสม่ำเสมอใช้ไม้พายกวน 5 นาที และตั้งทิ้งให้ตกตะกอน 5 นาที จากนั้นทำการร่อนแยกเนื้อกรองน้ำออกโดยใช้ผ้าขาวบางแล้วทำการบรรจุเนื้อปลาในถุงผ้า จากนั้นทำการปั่นเหวี่ยงเพื่อกำจัดน้ำออก ทำการวิเคราะห์คุณภาพทางเคมีและคุณภาพทางกายภาพเนื้อปลาดาบลาวทั้ง 2 ส่วนคือ เนื้อปลาดาบลาวบดไม่ล้างน้ำและเนื้อปลาดาบลาวบดล้างน้ำ

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 เพื่อเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยคุณภาพทางเคมีและกายภาพของเนื้อปลาบดไม่ล้างน้ำและเนื้อปลาบดล้างน้ำที่ระดับความเชื่อมั่น 95%

2.2 การเติมสารป้องกันการสูญเสียสภาพธรรมชาติของโปรตีน

นำเนื้อปลาส่วนที่ 2 (เนื้อปลาดาบลาวบดล้างน้ำ) 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 การเตรียมเจลเนื้อปลาดาบลาวบด (ดัดแปลงจากวิธีของ Thawornchinsombut and Park, 2007)

นำเนื้อปลาดาบลาวบดที่ผ่านการแช่แข็งละลาย 0, 3 และ 6 รอบ ทั้ง 4 สิ่งทดลองคือ 1) เนื้อปลาบดไม่ล้างน้ำ 2) เนื้อปลาบดล้างน้ำ 3) เนื้อปลาบดล้างน้ำ + 3% sucrose + 0.3% STPP และ 4) เนื้อปลาบดล้างน้ำ+ 6% sucrose + 0.3% STPP มาละลายน้ำแข็งที่ 5 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 2 ชั่วโมง นำมาผสมกับเกลือ (NaCl) ร้อยละ 3 ของน้ำหนักเนื้อปลาดาบลาวบด ทำการปรับความชื้นของเนื้อปลาดาบลาวบดเป็นร้อยละ 83 โดยการเติมน้ำแข็งทีละน้อย เพื่อลดอุณหภูมิขณะนวดผสมไม่ให้สูงกว่า 10-15 องศาเซลเซียส ทำการผสมในเครื่องผสมอาหารที่ระดับความเร็วต่ำเป็นเวลา 3 นาที และที่ระดับความเร็วสูง 2 นาที รวมทั้งหมดไม่เกิน 5 นาที นำมาบรรจุในถุงพลาสติก ทำการไล่อากาศและปิดผนึกถุงโดยเครื่องปิดผนึกสุญญากาศ

นำเนื้อปลาดาบลาวบดมาบรรจุในท่อแสตนเลส ขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 2.5 เซนติเมตร จากนั้นนำมาเซ็ทที่อุณหภูมิ 50 องศาเซลเซียส 30 นาที ก่อนให้ความร้อนที่ 90 องศาเซลเซียส 15 นาที และนำมาลดอุณหภูมิอย่างรวดเร็วในอ่างผสมน้ำแข็ง 10 นาที นำเข้าเก็บในห้องเย็นอุณหภูมิ 5 องศาเซลเซียสเป็นเวลา 18-24 ชั่วโมง หลังจากนั้นนำไปวิเคราะห์คุณภาพของเจลเนื้อปลาดาบลาวบดดังต่อไปนี้

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 4000×g นาน 15 นาที จากนั้นนำตัวอย่างเจลไปชั่งน้ำหนักอีกครั้งรายงานผลเป็นร้อยละของน้ำหนักที่สูญเสียไปของตัวอย่างเริ่มต้น (expressible moisture) ซึ่งมีวิธีคำนวณดังนี้

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

2.3.2 ความขาว (whiteness)

นำตัวอย่างเจลปลาดาบลาวออกมาพักไว้ที่อุณหภูมิห้อง 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 (ดัดแปลงจากวิธีของ Thawornchinsombut and Park, 2007)

ตรวจวัดลักษณะเนื้อสัมผัสของเจลโดยตัดตัวอย่างเจลเส้นผ่าศูนย์กลาง 2.5 ซม. เป็นท่อนยาว 2.5 ซม. (ก่อนนำตัวอย่างเจลไปทดสอบตัวอย่างต้องอยู่ในถุงพลาสติกเพื่อหลีกเลี่ยงการสูญเสียน้ำและตัวอย่างมีอุณหภูมิใกล้เคียงกับอุณหภูมิห้อง) วัดลักษณะเนื้อสัมผัสของเจลด้วยเครื่อง Texture Analyzer TA.XT2i และใช้เทคนิค puncture test ในการวิเคราะห์ลักษณะเนื้อสัมผัส ใช้อัตราเร็วในการกด 60 มิลลิเมตรต่อนาที ในการวิเคราะห์จะใช้หัววัด cylinder probe part (P/5S) เส้นผ่าศูนย์กลาง 5 มม. ทำการวิเคราะห์ตัวแปรทางเนื้อสัมผัสดังนี้ แรง (breaking force) เป็นแรงสูงที่สุดที่ใช้ในการเจาะทะลุตัวอย่างมีหน่วยเป็น 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 การเตรียมลูกชิ้นปลาดาบลาว

การเตรียมลูกชิ้นปลาดาบลาวใช้ขั้นตอนเดียวกับการเตรียมเจลปลาดาบลาวดังนี้ นำเนื้อปลาดาบลาวบดแช่แข็งทั้ง 4 สิ่งทดลองมาละลายน้ำแข็งที่อุณหภูมิตู้เย็น (4 องศาเซลเซียส) เป็นเวลา 12 ชั่วโมง จากนั้นนำมาหั่นเป็นชิ้นเล็กๆ ตีผสมด้วยเครื่องผสมอาหารเป็นเวลา 1 นาที เติมเกลือร้อยละ 3 ของน้ำหนักเนื้อปลาบด ผสมต่อ 1 นาที เติมน้ำแข็งเพื่อปรับปริมาณความชื้นเป็นร้อยละ 83 ผสมต่อจนครบ 5 นาที นำมาปั้นเป็นทรงกลม เซ็ทที่อุณหภูมิ 50 องศาเซลเซียส 30 นาที ก่อนให้ความร้อนที่ 90 องศาเซลเซียส 15 นาที และนำมาลดอุณหภูมิลงอย่างรวดเร็วในอ่างผสมน้ำแข็ง 10 นาที เก็บในห้องเย็นอุณหภูมิ 5 องศาเซลเซียสเป็นเวลา 18-24 ชั่วโมง ก่อนนำไปทดสอบคุณภาพทางประสาทสัมผัส

2.4.1 การทดสอบคุณภาพทางประสาทสัมผัส

ทดสอบคุณภาพทางประสาทสัมผัสของลูกชิ้นปลาดาบลาวด้านสี กลิ่นรสชาติ เนื้อสัมผัส และความชอบโดยรวมโดยวิธี 9-point hedonic scale (1 = ไม่ชอบมากที่สุด, 9 = ชอบมากที่สุด) โดยใช้ผู้ทดสอบกึ่งฝึกฝน จำนวน 20 คนเป็นนักศึกษาหลักสูตรวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีการอาหาร มหาวิทยาลัยราชภัฏวไลยอลงกรณ์ ในพระบรมราชูปถัมภ์ ผู้ทดสอบชิมจะได้รับตัวอย่าง 4 ตัวอย่างเป็นลูกชิ้นปลาน้ำหนักประมาณ 250 กรัม ในถ้วยพลาสติกที่มีรหัสสุ่มเป็นเลข 3 หลัก ผู้ทดสอบทำการทดสอบชิมตัวอย่างตามลำดับที่กำหนดและให้คะแนนความชอบในด้านต่างๆ

2.4.2 การวางแผนการทดลองและการวิเคราะห์ข้อมูล

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

3. ผลการทดลองและวิจารณ์ผล

3.1 เนื้อปลาดาบลาวบด

วิเคราะห์คุณภาพทางเคมีและกายภาพของเนื้อปลาดาบลาวบดไม่ล้างน้ำและเนื้อปลาดาบลาวบดล้างน้ำก่อนศึกษาผลของการเติมสารป้องกันโปรตีนเสียสภาพจากการแช่แข็งที่มีต่อคุณภาพของเจลเนื้อปลาดาบลาว

3.1.1 คุณภาพทางเคมี

ตารางที่ 1 องค์ประกอบทางเคมีของเนื้อปลาดาบลาวบดไม่ล้างน้ำกับเนื้อปลาดาบลาวบดล้างน้ำ

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

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

จากตารางที่ 1 พบว่าเนื้อปลาดาบลาวบดไม่ล้างน้ำมีปริมาณไขมัน โปรตีน เส้นใย และเถ้า สูงกว่าเนื้อปลาดาบลาวบดล้างน้ำ แต่มีความชื้น (ร้อยละ 78.40) ต่ำกว่าเนื้อปลาบดที่ผ่านการล้างน้ำ (ร้อยละ 83.83) ซึ่งสอดคล้องกับ Kongpun et al. (2001) ที่วิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมีของเนื้อปลาดาบลาวและเนื้อปลาดาบลาวล้างน้ำ พบว่าเนื้อปลาดาบลาวมีปริมาณโปรตีน ไขมัน และเถ้าสูงกว่าเนื้อปลาดาบลาวล้างน้ำแต่จะมีปริมาณความชื้นต่ำกว่า นอกจากนี้ยังสอดคล้องกับ Rasekh et al. (1980) ที่ศึกษาองค์ประกอบทางเคมีของเนื้อปลาจวด (Atlantic croaker) ไม่ล้างน้ำและล้างน้ำ ซึ่งได้ผลว่าเนื้อปลาจวดไม่ล้างน้ำมีปริมาณไขมัน สูงกว่าเนื้อปลาจวดล้างน้ำที่ 0 เดือนของการเก็บรักษาสภาพแช่แข็ง นอกจากนี้การล้างน้ำเนื้อปลาจวดยังทำให้เกิดการสูญเสียของแข็งทั้งหมด (total solids) ประมาณร้อยละ 5.37 อีกด้วย (Rasekh et al., 1980) จะเห็นได้ว่าการล้างน้ำเนื้อปลามีผลทำให้องค์ประกอบทางเคมีบางตัวลดลงเช่น ไขมัน โปรตีน เส้นใย เถ้า แต่ในทางตรงกันข้ามจะทำให้มีปริมาณความชื้นเพิ่มมากขึ้นเนื่องจากในชั้นการจัดเรียงตัวของโปรตีนจะมีการสร้างโครงสร้างซึ่งจะอุ้มน้ำไว้ในโครงสร้างเช่นเดียวกันกับปริมาณน้ำในโครงสร้างของเจลเพิ่มมากขึ้น (จักรี, 2544)

3.1.2 คุณภาพทางกายภาพ (ความขาว)

จากตารางที่ 2 จะเห็นได้ว่าเนื้อปลาดาบลาวบดล้างน้ำมีค่าความขาวมากกว่าเนื้อปลาดาบลาวบดไม่ล้างน้ำ ($p \leq 0.05$) เนื่องจากการล้างเนื้อปลาบดจะกำจัดเลือด รงควัตถุที่ละลายในน้ำ ไขมัน เอนไซม์ โปรตีนที่ละลายน้ำ ออกจากโปรตีนไมโอไฟบริล และแยกไขมัน หนัง สิ่งเจือปน กลิ่นที่ไม่ดี ทำให้เนื้อปลาบดมีความขาวขึ้น (เชาวนีย์, 2543) การล้างน้ำเนื้อปลาบดชนิดอื่น เช่น ปลาจวด (Atlantic croaker) มีผลทำให้เนื้อปลามีสีขาวขึ้นเช่นกันเมื่อเปรียบเทียบกับเนื้อปลาไม่ล้างน้ำ และในระหว่างการเก็บรักษาแช่แข็งสังเกตเห็นการเปลี่ยนแปลงของสีน้อยมาก (Rasekh et al., 1980) สุทธวัฒน์ (2549) กล่าวว่าการล้างเนื้อปลาบดจะช่วยปรับปรุงสีของซูริมิ มีผลในการลดสีของเนื้อปลา และการล้างที่เพิ่มจำนวนครั้งขึ้นจะมีผลทำให้สีมีการยอมรับมากขึ้น

ตารางที่ 2 ค่าความขาวของเนื้อปลาดาบลาวบดไม่ล้างน้ำและเนื้อปลาดาบลาวบดล้างน้ำ

เนื้อปลาดาบลาวบด	ค่าความขาว
เนื้อปลาดาบลาวบดไม่ล้างน้ำ	$53.74^{b} \pm 0.72$
เนื้อปลาดาบลาวบดล้างน้ำ	$65.43^{a} \pm 0.58$

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

3.2 เจลเนื้อปลาดาบลาวบด

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

ผลการวิเคราะห์ทางสถิติพบว่าปัจจัยทั้ง 2 มีปฏิสัมพันธ์ (interaction) หรือมีอิทธิพลร่วมต่อกัน จึงทำการวิเคราะห์อิทธิพลย่อย (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 ต่ำลง หรือความสามารถในการอุ้มน้ำของเจลสูงขึ้น เนื่องจากการล้างน้ำทำให้มีโปรตีนไมโอไฟบริลเข้มข้นมากขึ้น ส่งผลให้เนื้อปลาบดล้างน้ำมีคุณสมบัติในการอุ้มน้ำ การฟอร์มเจล การจับกับไขมันและคุณสมบัติเชิงหน้าที่อื่นๆ ของเนื้อปลาบดเพิ่มมากขึ้น (Park & Morrissey, 2000)

ตารางที่ 3 ผลของสารป้องกันการสูญเสียสภาพธรรมชาติของโปรตีนที่มีต่อค่า expressible moisture (%)

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

หมายเหตุ ^{ab}ค่าเฉลี่ยที่มีตัวอักษรต่างกันในแนวตั้งเดียวกันมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (p≤0.05)
^{ns} ค่าเฉลี่ยในแนวตั้งเดียวกันมีความแตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ (p>0.05)

3.2.2 ความขาว (whiteness)

จากตารางที่ 4 จะเห็นได้ว่าการล้างน้ำมีผลทำให้เจลเนื้อปลาบดขาวมากขึ้นเมื่อเปรียบเทียบกับเจลเนื้อปลาบดไม่ล้างน้ำ โดยการล้างเนื้อปลาบดจะกำจัดโปรตีนที่ละลายน้ำได้ เลือด เอนไซม์ ออกจากโปรตีนไมโอไฟบริล และแยกไขมัน หนัง สิ่งเจือปน กลิ่นที่ไม่ดี ทำให้เนื้อปลาบดมีความขาวขึ้น (เชาวนีย์, 2543) นอกจากนี้ยังพบว่าการเติมสารป้องกันการสูญเสียสภาพธรรมชาติของโปรตีน 3% และ 6% sucrose + 0.3% STPP ทำให้เจลเนื้อปลาขาวกว่าเนื้อปลาบดล้างน้ำเพียงอย่างเดียวซึ่งตรงกันข้ามกับการศึกษาส่วนใหญ่ที่พบว่าการเติมน้ำตาลทำให้ความขาวของเจลลดลง เนื่องจากปฏิกิริยาเมลลาร์ดระหว่างน้ำตาลรีดิวซ์กับกรดอะมิโน (Nopianti et al., 2012) ความขาวของเนื้อปลาบดมีแนวโน้มลดลงเรื่อยๆเมื่อผ่านการแช่แข็ง-ละลาย อาจเนื่องมาจากการรวมตัวระหว่างโปรตีนกล้ามเนื้อ (muscle proteins) และส่วนที่เป็นโปรตีนของรงควัตถุ (pigment proteins) ที่อาจหลงเหลืออยู่หลังจากการล้างน้ำ (Benjakul et al., 2005) และการออกซิเดชั่นของไขมันในระหว่างการเก็บรักษาซึ่งทำให้เกิดอนุมูลอิสระเหนี่ยวนำให้โปรตีนกล้ามเนื้อกับโปรตีนรงควัตถุเกิดปฏิกิริยาระหว่างดังที่กล่าวมา (Nopianti et al., 2012)

ตารางที่ 4 ผลของสารป้องกันการสูญเสียสภาพธรรมชาติของโปรตีนต่อค่าความขาว

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

หมายเหตุ ^{abcd} ค่าเฉลี่ยที่มีตัวอักษรต่างกันในแนวตั้งเดียวกันมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (p≤0.05)
^{ns} ค่าเฉลี่ยในตั้งเดียวกันมีความแตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ (p>0.05)

3.2.3 ค่า pH

จากตารางที่ 5 จะเห็นได้ว่าที่การแช่แข็ง – ละลาย 0 รอบ การล้างน้ำทำให้ pH เนื้อปลาบดลดลงจาก 7.29 เหลือ 6.92 และการเติมสารป้องกันโปรตีนเสียสภาพ 3 และ 6% sucrose + 0.3% STPP ในเนื้อปลาบดล้างน้ำทำให้ค่า 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
เนื้อปลาดาบลาวบดไม่ล้างน้ำ	$7.29^{a} \pm 0.03$	$7.33^{a} \pm 0.01$	$6.81^{b} \pm 0.04$
เนื้อปลาดาบลาวบดล้างน้ำ	$6.92^{b} \pm 0.11$	$7.14^{b} \pm 0.01$	$7.25^{a} \pm 0.09$
เนื้อปลาดาบลาวบดล้างน้ำ + 3% sucrose + 0.3% STPP	$6.58^{c} \pm 0.05$	$7.16^{b} \pm 0.03$	$7.14^{a} \pm 0.02$
เนื้อปลาดาบลาวบดล้างน้ำ + 6% sucrose + 0.3% STPP	$6.53^{c} \pm 0.03$	$7.04^{c} \pm 0.01$	$6.92^{b} \pm 0.08$

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

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% ส่วนการเติมสารป้องกันโปรตีนเสียสภาพในเนื้อปลาบดล้างน้ำก็ส่งผลให้เจลมีความแข็งแรงมากกว่าเจลเนื้อปลาบดที่ไม่มีการเติมสารป้องกันโปรตีนเสียสภาพและเจลเนื้อปลาบดที่ไม่ล้างน้ำ (ยกเว้นที่การแช่แข็ง– ละลาย 3 รอบ) เนื่องจากการล้างน้ำทำให้โปรตีนซาร์โค- พลาสมิกละลายออกไป ส่งผลให้โปรตีนไมโอไฟบริลเข้มข้นขึ้นซึ่งเป็นโปรตีนที่สำคัญต่อการฟอร์มเจล (Toyoda et al., 1992)

ตารางที่ 6 ผลของสารป้องกันการสูญเสียสภาพธรรมชาติของโปรตีนที่มีต่อค่า breaking force (g)

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

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

3.2.5 Deformation

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

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

ของโปรตีนและสร้างพันธะจับกับน้ำช่วยเพิ่มความสามารถในการจับน้ำของโปรตีนและลดการเปลี่ยนแปลงโครงสร้างของโปรตีนระหว่างการแช่เยือกแข็ง (Matsumoto & Noguchi, 1992) มีรายงานว่า ซูโครส กลูโคส และซอร์บิทอลมีประสิทธิภาพสูงในการป้องกันโปรตีนเสียสภาพเนื่องจากการแช่แข็งโปรตีนไมโอไฟบริลของปลาคาร์พ (Matsumoto & Arai, 1986; Matsumoto et al., 1985) อย่างไรก็ตามการเติมสารป้องกันโปรตีนเสียสภาพในเนื้อปลาบดล้างน้ำ (3 และ 6 sucrose + 0.3% STPP) ไม่ทำให้เจลมีความยืดหยุ่นต่างไปจากเจลของเนื้อปลาบดไม่ล้างน้ำและเนื้อปลาบดล้างน้ำ (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.)
เนื้อปลาดาบลาวบดไม่ล้างน้ำ	0.91 ± 0.41
เนื้อปลาดาบลาวบดล้างน้ำ	0.95 ± 0.34
เนื้อปลาดาบลาวบดล้างน้ำ + 3% sucrose + 0.3% STPP	0.96 ± 0.38
เนื้อปลาดาบลาวบดล้างน้ำ + 6% sucrose + 0.3% STPP	0.93 ± 0.36

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

3.3 ลูกชิ้นปลาดาบลาว

จากคะแนนการยอมรับลูกชิ้นปลาดาบลาวดังแสดงในตารางที่ 9 พบว่าผู้ทดสอบให้คะแนนความชอบรวมลูกชิ้นปลาที่ทำมาจากเนื้อปลาดาบลาวบดล้างน้ำ + 3% sucrose + 0.3% STPP และเนื้อปลาดาบลาวบดล้างน้ำ + 6% sucrose + 0.3% STPP สูงที่สุด (7.48 และ 7.50 คะแนน ตามลำดับ เมื่อพิจารณาในแต่ละคุณลักษณะจะเห็นว่าคะแนนความชอบรวม 7.48 และ 7.50 คะแนน (ชอบปานกลางถึงชอบมาก) นั้นเป็นผลเนื่องมาจากลูกชิ้นปลามีสี กลิ่น และเนื้อสัมผัสที่ดีกว่าลูกชิ้นปลาที่ทำจากเนื้อปลาดาบลาวบดไม่ล้างน้ำ และเนื้อปลาดาบลาวบดล้างน้ำ

อย่างไรก็ตามเมื่อพิจารณาคะแนนด้านรสชาติจะพบว่าลูกชิ้นปลาที่ทำมาจากเนื้อปลาดาบลาวบดล้างน้ำ + 6% sucrose + 0.3% STPP (5.58 คะแนน) มีคะแนนต่ำกว่าลูกชิ้นปลาที่ทำจากเนื้อปลาดาบลาวบดล้างน้ำ + 3% sucrose + 0.3% STPP (6.65 คะแนน) เนื่องจากรสชาติที่หวานเกินไป ดังนั้นการผลิตลูกชิ้นปลาจากเนื้อปลาดาบลาวบดแช่แข็งนั้นควรใช้เนื้อปลาดาบลาวบดล้างน้ำที่เติมซูโครส 3% ร่วมกับโซเดียมไตรโพลีฟอสเฟต 0.3%

ตารางที่ 9 คะแนนการยอมรับทางประสาทสัมผัสของลูกชิ้นปลา

คุณลักษณะ	ลูกชิ้นปลาดาบลาว			
	เนื้อปลาดาบลาวบดไม่ล้างน้ำ	เนื้อปลาดาบลาวบดล้างน้ำ	เนื้อปลาดาบลาวบดล้างน้ำ + 3% sucrose + 0.3% STPP	เนื้อปลาดาบลาวบดล้างน้ำ + 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 ($p \leq 0.05$)

4. สรุป

เมื่อนำเนื้อปลาดาบลาวมาผ่านกระบวนการทำเนื้อปลาบดแช่เยือกแข็งหรือซูริมิ และเติมสารป้องกันการสูญเสียสภาพธรรมชาติของโปรตีนในระหว่างการแช่แข็ง ได้แก่ น้ำตาลซูโครส 3 และ 6% ร่วมกับโซเดียมไตรโพลีฟอสเฟต 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% พบว่าทำให้ลูกชิ้นปลาดาบลาวมีรสชาติที่หวานเกินไปทำให้คะแนนการยอมรับทางประสาทสัมผัสด้านรสชาติต่ำกว่าการเติมซูโครส 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. **การพัฒนาลูกชิ้นปลาจากซูริมปลาสีกุนข้างเหลือง.** ปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต (พัฒนาผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมเกษตร) ภาควิชาพัฒนาผลิตภัณฑ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

ปวีณา น้อยทัพ. 2539. **การพัฒนาการผลิตลูกชิ้นปลาผสมปลาหมึกและการเก็บรักษา**. วิทยานิพนธ์มหาบัณฑิต (ผลิตภัณฑ์ประมง) มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

สันตกิจ นิลอุดมศักดิ์ และอันพวัน ตั๊นสกุล. 2549. ผลของปริมาณแป้งมันสำปะหลังดัดแปรและไข่ขาวผงต่อลักษณะเนื้อสัมผัสของลูกชิ้นปลา. **วารสารวิจัยและพัฒนา มจธ.** 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., Ooizumi, 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.