บทความวิจัย

ผลของการล้างต่อคุณภาพซูริมิปลายี่สก

ภัทรานิษฐ์ ฮุนตระกูล ชญานี ชีรคุปต์ และ สุธีรา ขันทพันธ์*
ภาควิชาเทคโนโลยีอุตสาหกรรมเกษตร อาหารและสิ่งแวดล้อม คณะวิทยาศาสตร์ประยุกต์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ

* ผู้นิพนธ์ประสานงาน โทรศัพท์ 0–2555–2000 ต่อ 4720 อีเมล: sutheera.k@sci.kmutnb.ac.th DOI: 10.14416/j.kmutnb.2017.07.003
รับเมื่อ 11 พฤษภาคม 2559 ตอบรับเมื่อ 14 กุมภาพันธ์ 2560 เผยแพร่ออนไลน์ 3 กรกฎาคม 2560
© 2017 King Mongkut's University of Technology North Bangkok. All Rights Reserved.

บทคัดย่อ

ปลายี่สกถูกนำมาเป็นวัตถุดิบในการผลิตซูริมิโดยผ่านขั้นตอนการล้างด้วยน้ำ 1, 2 และ 3 ครั้ง ใช้อัตราส่วนเนื้อปลาต่อน้ำล้างเป็น 1:4 โดยน้ำหนัก จากนั้นนำไปวิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมีเพื่อเปรียบเทียบกับเนื้อปลายี่สกบดที่ไม่ผ่านการล้างน้ำ พบว่าการล้างน้ำทำให้ปริมาณโปรตีนเพิ่มขึ้นจาก 88.26 เป็น 97.30% โดยจำนวนครั้งของการล้างที่เพิ่มขึ้นไม่ส่งผลให้ปริมาณโปรตีนแตกต่างกัน ($p\geq0.05$) แต่จำนวนครั้งของการล้างที่เพิ่มขึ้นทำให้ไขมันและเถ้ามีแนวโน้มลดลง ขณะที่ pH มีค่าเพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญ ($p<0.05$) ตามจำนวนครั้งของการล้างที่เพิ่มขึ้น เมื่อนำเนื้อปลาบดและซูริมิมาเตรียมเป็นเจล โดยการสับผสมกับเกลือในอัตราส่วน 3% โดยน้ำหนัก เป็นเวลา 5 นาที อัดใส่ไส้เทียมแล้วนำไปให้ความร้อนในอ่างน้ำควบคุมอุณหภูมิที่ 40°ซ นาน 30 นาที ตามด้วยที่ 90°ซ นาน 30 นาที พบว่าการล้างมีผลทำให้เจลซูริมิมีค่าแรงเจาะทะลุ (Breaking Force) ระยะทางก่อนการเจาะทะลุ (Deformation) และความขาว (Whiteness) เพิ่มขึ้นเมื่อเทียบกับเจลเนื้อปลาบด และจำนวนครั้งของการล้างที่เพิ่มขึ้นทำให้ความขาวเพิ่มขึ้น ($p<0.05$) และส่งผลให้ระยะทางก่อนการเจาะทะลุมีแนวโน้มเพิ่มขึ้น อย่างไรก็ตามการล้างด้วยจำนวนครั้งที่เพิ่มขึ้นไม่มีผลต่อค่าแรงเจาะทะลุ และค่าการสูญเสียของเหลวจากแรงบีบอัด (Expressible Drip) ($p\geq0.05$) ความแข็งแรงเจล (Gel Strength) ของซูริมิที่ได้มีค่าสูงกว่าค่ามาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมเนื้อปลาบดแช่เยือกแข็ง (ไม่น้อยกว่า 400 กรัม.เซนติเมตร) โดยมีค่าอยู่ในช่วง 1,017.35–1,175.30 กรัม.เซนติเมตร ชี้บ่งว่าซูริมิที่ผลิตจากปลายี่สกมีคุณภาพได้มาตรฐาน และสามารถปรับปรุงให้ดีขึ้นได้โดยการล้างน้ำ โดยการล้างน้ำ 2 และ 3 ครั้งให้ผลไม่ต่างกันในด้านแรงเจาะทะลุ ระยะทางก่อนการเจาะทะลุและการสูญเสียของเหลวจากแรงบีบอัด แต่การล้าง 3 ครั้งให้ซูริมิที่มีความขาวมากกว่า ดังนั้นการล้างน้ำ 3 ครั้งจึงเป็นการปรับปรุงคุณภาพซูริมิจากปลายี่สกได้ดีที่สุด

คำสำคัญ: ซูริมิ, เนื้อปลาบด, ปลายี่สก, การล้าง, ความแข็งแรงเจล, ความขาว, การสูญเสียของเหลวจากแรงบีบอัด

การอ้างอิงบทความ: ภัทรานิษฐ์ ฮุนตระกูล ชญานี ชีรคุปต์ และ สุธีรา ขันทพันธ์, "ผลของการล้างต่อคุณภาพซูริมิปลายี่สก," *วารสารวิชาการพระจอมเกล้าพระนครเหนือ*, ปีที่ 27, ฉบับที่ 3, หน้า 501–509, ก.ค.–ก.ย. 2560

Research Article

Effects of Washing Treatment on Qualities of Julian's Golden Carp Surimi

Pattranit Hoontrakul, Chayanee Cheerakupt and Sutheera Khantaphant*
Department of Agro-Industrial, Food and Environmental Technology, Faculty of Applied Science, King Mongkut's University of Technology North Bangkok, Bangkok, Thailand

* Corresponding Author, Tel. 0–2555–2000 Ext. 4720, E–mail: sutheera.k@sci.kmutnb.ac.th
DOI: 10.14416/j.kmutnb.2017.07.003
Received 11 May 2016; Accepted 14 February 2017; Published online: 3 July 2017
© 2017 King Mongkut's University of Technology North Bangkok. All Rights Reserved.

Abstract

Mince of Julian's golden carp was used as raw material in producing surimi with the washing cycles of 1, 2 and 3 times at the weight ratio of mince fish to water at 1:4. Then, the washed mince fish was analyzed for its chemical composition compared with that of unwashed one. The results revealed that washing resulted in protein increasing from 88.26 to 97.30%, but the number of washing cycles showed no significant difference in protein content ($p \geq 0.05$). However, the pH increased significantly with the higher number of washing cycles ($p < 0.05$) while fat and ash content tended to be lower. Surimi gel was prepared by chopping surimi and mixed with 3% salt to obtain sol. The sol was then, incubated in warm water at 40 deg Celsius for 30 minutes prior to heating in hot water at 90 deg Celsius for 30 minutes. The result showed that surimi gel had higher breaking force, deformation, and whiteness than that of normal mince fish gel. Moreover, higher number of washing cycles yielded more whiteness ($p < 0.05$) and higher deformation. However, the higher number of washing cycles had no effect on breaking force and expressible drip ($p \geq 0.05$). Nevertheless, the strength of surimi gel treated with different washing cycles was higher than that of the Thai Industrial Standard value of frozen mince fish (not less than 400 gm.cm) with the range between 1,017.35 and 1,175.30 gm.cm indicating that the produced surimi from Julian's golden carp reached the standard quality which can be improved washing cycles. However, 2 and 3 washing cycles resulted in no difference on breaking force, deformation, and expressible drip. It can be concluded that 3 washing cycles yielded more whiteness, thus, was the most suitable treatment to gain Julian's golden carp surimi with better quality.

Keywords: Surimi, Fish Mince, Julian's Golden Carp, Washing, Gel Strength, Whiteness, Expressible Drip

Please cite this article as: P. Hoontrakul, C. Cheerakupt, and S. Khantaphant, "Effects of washing treatment on qualities of Julian's golden carp surimi," *The Journal of KMUTNB.*, vol. 27, no. 3, pp. 501–509, Jul.–Sep. 2017 (in Thai).

1. บทนำ

ซูริมิ (Surimi) เป็นภาษาญี่ปุ่นที่ใช้เรียกเนื้อปลาบดที่ผ่านการล้างน้ำ ซึ่งใช้เป็นวัตถุดิบสำหรับผลิตเป็นผลิตภัณฑ์หลายชนิด เช่น คามาโบโกะ เต้าหู้ปลา ลูกชิ้นปลา ปลาเส้น ปูเทียมหรือปูอัด เป็นต้น ประเทศไทยเป็นหนึ่งในฐานการผลิตซูริมิที่ใหญ่ที่สุดในเอเชียตะวันออกเฉียงใต้ และเป็นผู้ส่งออกซูริมิเป็นอันดับสองของโลกรองจากสหรัฐอเมริกา โดยมีกำลังการผลิตรวม 150,000 ตันต่อปี และยังคงสามารถขยายกำลังการผลิตได้อีก ทั้งนี้เนื่องจากซูริมิเป็นอาหารทะเลที่มีราคาไม่แพง ให้กลิ่นรสเสมือนจริง สะดวกและง่ายต่อการรับประทาน มีคุณค่าทางโภชนาการสูง โดยเป็นแหล่งของโปรตีนสูง ในขณะที่มีปริมาณไขมันต่ำ [1]

วัตถุดิบที่ใช้ในการผลิตซูริมิโดยทั่วไปคือปลาทะเลที่เป็นปลาเนื้อขาว (Lean Fish) ซึ่งมีไขมันต่ำ ทำให้ได้ซูริมิที่มีคุณภาพดีโดยปลาทะเลที่ใช้ผลิตซูริมิ ได้แก่ ปลาทรายแดง ปลาตาหวาน ปลาตาโต ปลาดาบ ปลาข้างเหลือง เป็นต้น ปัจจุบันปริมาณปลาทะเลที่ใช้เป็นวัตถุดิบในการผลิตดังกล่าวเริ่มขาดแคลน ส่งผลต่อศักยภาพของอุตสาหกรรมการผลิตซูริมิของประเทศไทย [2] ประกอบกับการใช้ประโยชน์จากปลาน้ำจืดยังมีอยู่อย่างจำกัด โดยเฉพาะอุตสาหกรรมเนื้อปลาบดหรือซูริมิ ดังนั้นการพัฒนาการผลิตซูริมิโดยใช้ปลาน้ำจืดเป็นวัตถุดิบจึงก่อให้เกิดประโยชน์ทั้งต่อภาคอุตสาหกรรมการผลิตซูริมิ และภาคเกษตรกรผู้เพาะเลี้ยงปลาน้ำจืด [3] อย่างไรก็ตามการใช้ปลาน้ำจืดเป็นวัตถุดิบในการผลิตซูริมิมักได้ผลิตภัณฑ์ที่มีความแข็งแรงเจลและความขาวต่ำ ซึ่งการล้างน้ำนอกจากช่วยลดสีคล้ำของเนื้อปลาได้แล้ว การล้างน้ำยังสามารถช่วยปรับปรุงให้เจลซูริมิมีความแข็งแรงเพิ่มขึ้นด้วย [4] โดยทั่วไปการล้างมักกระทำหลายครั้งเพื่อกำจัดโปรตีนที่ละลายน้ำออกให้หมด จนกระทั่งเนื้อปลาไม่มีสีและกลิ่น

ปลายี่สก (*Probarbus jullieni*) เป็นปลาน้ำจืดขนาดใหญ่ เนื้อขาว ปริมาณไขมันต่ำ จัดเป็นปลาน้ำจืดเศรษฐกิจของไทย มีมูลค่าทางการตลาดสูงถึง 36 ล้านบาท [5] ดังนั้นการนำเนื้อปลายี่สกมาเป็นวัตถุดิบเพื่อการผลิตซูริมิจึงเป็นทางเลือกหนึ่ง โดยผ่านการปรับปรุงสมบัติด้านความขาวและความแข็งแรงเจลให้ดียิ่งขึ้นโดยอาศัยการล้างน้ำเพื่อให้ได้ซูริมิปลายี่สกที่มีคุณภาพตามมาตรฐานซูริมิทางการค้า

2. วิธีการวิจัย

2.1 การเตรียมเนื้อปลาบดและการผลิตซูริมิ

ใช้ปลายี่สกขนาดน้ำหนักตัวประมาณ 1 กิโลกรัม แยกเอาเฉพาะส่วนของเนื้อปลามาบดด้วยเครื่องปั่นไฟฟ้า เพื่อให้เป็นเนื้อเดียวกัน นำเนื้อปลาบดที่ได้มาผ่านการล้างน้ำโดยใช้น้ำเย็นที่ควบคุมให้อุณหภูมิของไม่ให้เกิน 10°ซ ตลอดการผลิต อัตราส่วนเนื้อปลาบดต่อน้ำล้างเป็น 1 ต่อ 4 โดยน้ำหนัก กวนตลอดเวลาเป็นเวลา 10 นาที แล้วตั้งทิ้งไว้ 10 นาทีก่อนแยกเนื้อปลาบดออกจากน้ำล้างโดยการกรองผ่านผ้าขาวบาง 4 ชั้น จากนั้นบีบน้ำออกเพื่อควบคุมให้ความชื้นอยู่ในช่วง 80±3% โดยหากเป็นการล้างน้ำ 1 ครั้ง ให้ผสมเกลือลงในน้ำล้างให้มีความเข้มข้นเป็น 0.3% ส่วนการล้างน้ำ 2 และ 3 ครั้งกระทำด้วยวิธีการเดียวกัน แต่ให้ผสมเกลือลงในเฉพาะน้ำล้างครั้งสุดท้ายโดยให้มีความเข้มข้น 0.3% จากนั้นนำเนื้อปลาบดและซูริมิที่ได้จากจำนวนครั้งของล้างที่แตกต่างกันมาสับผสมกับสารป้องกันการเสียสภาพ (Cyoprotectant): ซอร์บิทอล (Sorbital) ซูโครส (Sucrose) และโซเดียมไตรพอลิฟอสเฟต (Sodium Tripolyphosphate) 4, 4 และ 0.3% ของน้ำหนักเนื้อปลาบดหรือซูริมิ ตามลำดับ จากนั้นบรรจุถุง ถุงละ 200 กรัม แล้วนำมาเก็บรักษาที่ –20°ซ ก่อนขั้นตอนการเตรียมเจล

2.2 การวิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมีและ pH ของเนื้อปลาบดและซูริมิ

สุ่มตัวอย่างเนื้อปลาบดหรือซูริมิก่อนการสับผสมกับสารป้องกันการเสียสภาพเพื่อวิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมี ได้แก่ ความชื้น โปรตีน ไขมันและเถ้า และวิเคราะห์คุณภาพทางกายภาพโดยการวัด pH

2.3 การเตรียมเจลซูริมิ

นำเนื้อปลาบดและซูริมิที่แช่เยือกแข็งทิ้งไว้ที่อุณหภูมิ

ตู้เย็น (7–10°ซ) เป็นเวลา 1 ชั่วโมงเพื่อให้อ่อนตัวลง ก่อนหั่นเป็นชิ้นเล็ก ๆ และสับผสมด้วยเครื่องปั่นไฟฟ้านาน 2 นาที เพื่อให้เป็นเนื้อเดียวกัน จากนั้นเติมเกลือ 3% ของน้ำหนักเนื้อปลาบดหรือซูริมิแล้วสับผสมต่อเป็นเวลา 5 นาที ควบคุมอุณหภูมิระหว่างการสับผสมให้ต่ำกว่า 10°ซ อัดตัวอย่างที่สับผสมแล้วใส่ในไส้คอลลาเจนขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 2.5 เซนติเมตร มัดหัวท้ายให้แน่นด้วยเชือก นำไปต้มในอ่างน้ำร้อนควบคุมอุณหภูมิ (Water Bath) โดยการให้ความร้อนต่อเนื่อง 2 ครั้ง คือที่อุณหภูมิ 40°ซ เป็นเวลา 30 นาที และ 90°ซ เป็นเวลา 30 นาที ตามลำดับ จากนั้นทำให้เย็นลงโดยการแช่ในน้ำผสมน้ำแข็งเป็นเวลา 20 นาที แล้วจึงนำเจลซูริมิที่ได้เก็บที่อุณหภูมิ 5°ซ เป็นเวลา 18–24 ชั่วโมง ก่อนการวิเคราะห์คุณภาพ

2.4 การวิเคราะห์คุณภาพเจลซูริมิ

2.4.1 การวัดค่าการสูญเสียของเหลวจากแรงบีบอัด (Expressible Drip)

นำเจลซูริมิวางไว้ที่อุณหภูมิห้องนาน 10 นาที แล้วตัดเจลให้มีขนาด 2×2×2.5 เซนติเมตร ชั่งและบันทึกน้ำหนักของชิ้นเจล จากนั้นใช้ก้อนน้ำหนักขนาด 5 กิโลกรัม วางทับบนชิ้นเจล โดยรองด้านล่างและด้านบนของชิ้นเจลด้วยกระดาษกรองจำนวน 3 และ 2 ชั้น ตามลำดับ ทิ้งก้อนน้ำหนักให้กดทับชิ้นเจลเป็นเวลา 2 และ 5 นาที ชั่งและบันทึกน้ำหนักของเจลหลังครบกำหนดเวลา ค่าร้อยละการสูญเสียของเหลวจากแรงบีบอัดคำนวณได้จากสมการ

$$\text{Expressible Drip (\%)} = [(W_1 - W_2)/W_1] \times 100$$

เมื่อ W_1 คือ น้ำหนักชิ้นเจลก่อนการกดทับ (กรัม)
W_2 คือ น้ำหนักชิ้นเจลหลังการกดทับ (กรัม)

2.4.2 การวิเคราะห์เนื้อสัมผัส

เจลซูริมิถูกวิเคราะห์เนื้อสัมผัสโดยอาศัยเครื่องวัดเนื้อสัมผัส (Texture Analyzer) โดยนำเจลซูริมิที่เตรียมไว้วางไว้ที่อุณหภูมิห้องนาน 10 นาที จากนั้นตัดเจลซูริมิให้มีความยาวท่อนละ 2.5 เซนติเมตร ตัวอย่างแต่ละท่อนถูกกดด้วยหัววัดทรงกลม (Spherical Probe) ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 5 มิลลิเมตร เจาะทะลุชิ้นตัวอย่างด้วยอัตราเร็ว 60 มิลลิเมตร/นาที บันทึกค่าแรงเจาะทะลุ (Breaking Force) (กรัม) และระยะทางก่อนการเจาะทะลุ (Deformation) (เซนติเมตร)

2.4.3 การวัดความขาว (Whiteness)

ความขาวของเจลซูริมิถูกวัดโดยเครื่องวัดสี (Colorimeter) โดยนำเจลซูริมิที่เตรียมไว้มาวางไว้ที่อุณหภูมิห้องนาน 10 นาที แล้วตัดเจลซูริมิให้มีความยาวท่อนละ 2.5 เซนติเมตร นำไปวัดสีในระบบ CIE ($L^* a^* b^*$ Color System) จากนั้นนำค่า L^* a^* และ b^* ที่ได้คำนวณเป็นค่าความขาวของเจลซูริมิโดยใช้สมการ

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

2.5 การวิเคราะห์ทางสถิติ

วิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติโดยวิเคราะห์ความแปรปรวน (Analysis of Variance) ด้วยโปรแกรม SPSS version 22 ทำการทดลอง 3 ซ้ำ และเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยระหว่างทรีทเมนต์ด้วยวิธี Least Significant Difference Test (LSD) ที่ระดับความเชื่อมั่น 95%

3. ผลการวิจัยและอภิปรายผล

3.1 องค์ประกอบทางเคมีและ pH ของเนื้อปลาบดและซูริมิ

ความชื้นของเนื้อปลาบดและซูริมิมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นตามจำนวนครั้งของการล้าง (ตารางที่ 1) เนื่องจากจำนวนครั้งของการล้างที่เพิ่มขึ้นทำให้โปรตีนกล้ามเนื้อจับตัวกับน้ำได้มากขึ้น [6] ผลที่ได้เป็นไปในทิศทางเดียวกับงานวิจัยของ Antonomanolaki *et al.* [7] ที่ได้ศึกษาองค์ประกอบทางเคมีของเนื้อแกะบดที่ไม่ล้างน้ำและผ่านการล้างน้ำ 3 ครั้ง และพบว่าการล้างน้ำ 3 ครั้งทำให้ปริมาณความชื้นของเนื้อแกะบดเพิ่มขึ้นจาก 59.60 เป็น 82.67% เช่นเดียวกับงานวิจัยของ Karthikeyan *et al*. [8] ที่ศึกษาองค์ประกอบทางเคมีของซูริมิปลาทรายแดงที่ไม่ล้างและล้างน้ำ 3 ครั้ง ก็พบว่าการล้างที่เพิ่มขึ้นทำให้ความชื้นของซูริมิเพิ่มขึ้นเช่นกัน จาก 77.14 เป็น 84.24% อย่างไรก็ตาม

พบว่าเนื้อปลายี่สกบดที่ไม่ล้างน้ำมีความชื้นไม่แตกต่างกับซูริมิที่ผ่านการล้าง 1 ครั้ง ($p \geq 0.05$) ซึ่งคล้ายกับผลการศึกษาเนื้อปลาบดจากปลาบลูไวทิง (Blue Whiting) ที่ผ่านและไม่ผ่านการล้าง พบว่ามีปริมาณความชื้นไม่แตกต่างกัน [9]

ตารางที่ 1 องค์ประกอบทางเคมีของเนื้อปลาบดและซูริมิที่ล้างด้วยจำนวนครั้งที่แตกต่างกัน

ตัวอย่าง	ความชื้น*	โปรตีน**	ไขมัน**	เถ้า**
เนื้อปลาบด	$81.94^{b}\pm0.44$	$88.264^{b}\pm1.10$	$3.03^{a}\pm0.34$	$5.56^{a}\pm0.25$
ซูริมิจากการล้าง 1 ครั้ง	$81.94^{b}\pm0.77$	$97.30^{a}\pm2.65$	$2.07^{b}\pm0.25$	$2.75^{b}\pm0.31$
ซูริมิจากการล้าง 2 ครั้ง	$83.64^{b}\pm0.71$	$93.26^{a}\pm3.82$	$1.89^{b}\pm0.17$	$2.58^{bc}\pm0.09$
ซูริมิจากการล้าง 3 ครั้ง	$83.78^{b}\pm0.41$	$96.86^{a}\pm1.52$	$1.40^{c}\pm0.17$	$2.42^{c}\pm0.17$

หมายเหตุ: อักษรภาษาอังกฤษที่แตกต่างกันตามแนวตั้งหมายถึงค่าเฉลี่ยของข้อมูลที่แตกต่างกัน ($p < 0.05$)
* % โดยน้ำหนักเปียก
** % โดยน้ำหนักแห้ง

ซูริมิที่ผ่านการล้างมีปริมาณโปรตีนเพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญเมื่อเทียบกับเนื้อปลาบด ($p<0.05$) เนื่องจากน้ำที่ใช้ล้างทำหน้าที่สกัดองค์ประกอบอื่นที่ละลายน้ำได้ออกจากเนื้อปลาบด ส่งผลให้ปริมาณโปรตีนไมโอไฟบริลมีสัดส่วนเพิ่มขึ้น [6] จึงทำให้ปริมาณโปรตีนเพิ่มขึ้นดังผลปรากฏ แต่ปริมาณโปรตีนของซูริมิที่ผ่านการล้างด้วยจำนวนครั้งที่เพิ่มขึ้นกลับไม่มีความแตกต่างกัน ($p \geq 0.05$) ซึ่งอาจเป็นเพราะการล้างในครั้งแรกมีประสิทธิภาพเพียงพอในการกำจัดโปรตีนอื่นที่ละลายน้ำได้ออกจากเนื้อปลาบดเกือบทั้งหมด จึงทำให้ปริมาณโปรตีนภายหลังการล้างด้วยจำนวนครั้งที่เพิ่มขึ้นไม่แตกต่างกัน Jin *et al.* [10] ได้รายงานผลลักษณะเดียวกันนี้ของปริมาณโปรตีนที่พบในซูริมิขาหมูและซูริมิอกไก่ที่ผ่านการล้าง 2 และ 4 ครั้ง ว่ามีปริมาณโปรตีนไม่แตกต่างกัน

ปริมาณไขมันและเถ้าของซูริมิที่ผ่านการล้างด้วยจำนวนครั้งที่เพิ่มขึ้นมีแนวโน้มลดลง เนื่องจากการล้างช่วยกำจัดไขมัน โปรตีนซาร์โคพลาสมิกและแร่ธาตุบางชนิดที่สามารถละลายน้ำได้ออกไปจากเนื้อปลาบดรวมทั้งการกวนในระหว่างการล้างเนื้อปลาบดช่วยแยกไขมันและน้ำมันออกจากเนื้อปลาบดให้ลอยขึ้นสู่ผิวหน้า ทำให้ง่ายต่อการกำจัด เมื่อเปรียบเทียบเนื้อปลาบดกับซูริมิที่ผ่านการล้าง 3 ครั้ง พบว่าการล้างมีผลให้ปริมาณไขมันและเถ้าลดลงถึง 53 และ 56% ตามลำดับ

ด้าน pH (ตารางที่ 2) พบว่าเนื้อปลาบดและซูริมิที่ผ่านการล้าง 1 ครั้งมี pH ไม่แตกต่างกัน ($p \geq 0.05$) ในขณะที่ซูริมิที่ผ่านการล้างด้วยจำนวนครั้งที่เพิ่มขึ้นมี pH เพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญ ($p<0.05$) อาจเนื่องมาจากการล้างด้วยจำนวนครั้งที่เพิ่มขึ้นทำให้ปริมาณน้ำในกล้ามเนื้อเพิ่มมากขึ้น (ความชื้นในตารางที่ 1) ซึ่งน้ำที่ใช้ในกระบวนการล้างมี pH เท่ากับ 7.48 จึงน่าจะเป็นสาเหตุที่ทำให้ pH เพิ่มขึ้น งานวิจัยของ Antonomanolaki *et al*. [7] ใช้น้ำที่มี pH เท่ากับ 7.8 ในการล้างเนื้อแกะ 3 ครั้งก็ส่งผลให้ pH ของเนื้อแกะบดเพิ่มขึ้นเช่นเดียวกัน อย่างไรก็ตาม pH ของซูริมิไม่ควรอยู่ในช่วง 7.5–8.0 เพราะเป็นช่วง pH ที่เหมาะสมต่อการทำงานของเอนไซม์โปรติเอสที่ทำให้เกิดการอ่อนตัวของเจล (Modori) ในระหว่างการให้ความร้อนที่ช่วงอุณหภูมิ 50–70°ซ ได้ [11] ดังนั้น pH ของเนื้อปลายี่สกบดและซูริมิที่ได้จากงานวิจัยนี้จึงมีโอกาสเกิดการอ่อนตัวของเจลขณะให้ความร้อนได้น้อย และทำให้ได้เจลที่มีความแข็งแรง

ตารางที่ 2 pH ของเนื้อปลาบดและซูริมิที่ล้างด้วยจำนวนครั้งที่แตกต่างกัน

ตัวอย่าง	pH
เนื้อปลาบด	$7.03^{c}\pm0.00$
ซูริมิจากการล้าง 1 ครั้ง	$7.04^{c}\pm0.01$
ซูริมิจากการล้าง 2 ครั้ง	$7.28^{b}\pm0.03$
ซูริมิจากการล้าง 3 ครั้ง	$7.32^{a}\pm0.01$

หมายเหตุ: อักษรภาษาอังกฤษที่แตกต่างกันตามแนวตั้งหมายถึงค่าเฉลี่ยของข้อมูลที่แตกต่างกัน ($p < 0.05$)

3.2 คุณภาพของเจลเนื้อปลาบดและเจลซูริมิ

3.2.1 การสูญเสียของเหลวจากแรงบีบอัด

เมื่อเปรียบเทียบค่าการสูญเสียของเหลวจากแรงบีบอัดที่ 2 และ 5 นาที ระหว่างเจลเนื้อปลาบดกับเนื้อปลายี่สกสด (ตารางที่ 3) พบว่าเจลเนื้อปลาบดมีค่าการสูญเสียของเหลวจากแรงบีบอัดต่ำกว่าอย่างเห็นได้ชัดเจน ($p<0.05$) ทั้งนี้เป็นเพราะโปรตีนไมโอไฟบริลสามารถละลายได้เพิ่มขึ้นเมื่อสับผสมซูริมิกับเกลือ และเมื่อให้ความร้อน โปรตีนไมโอไฟบริลจึงเกิดการจัดเรียงตัวเป็นโครงร่างตาข่ายสามมิติ ทำให้ผลิตภัณฑ์ที่ได้มีความยืดหยุ่นและมีความสามารถในการอุ้มน้ำได้ดี [12] ส่งผลให้การสูญเสียของเหลวจากแรงบีบอัดมีค่าลดลง นอกจากนี้พบว่าเจลซูริมิที่ผ่านการล้างมีค่าการสูญเสียของเหลวจากแรงบีบอัดลดลงอย่างมีนัยสำคัญ ($p<0.05$) เมื่อเทียบกับเจลเนื้อปลาบด ทั้งนี้อาจเนื่องมาจากความเข้มข้นของโปรตีนไมโอไฟบริลที่เพิ่มขึ้นภายหลังการล้าง ทำให้ซูริมิที่ผ่านการล้างมีการจัดเรียงตัวของโปรตีนไมโอไฟบริลเป็นโครงร่างตาข่ายสามมิติที่เสถียรมากขึ้น ค่าการสูญเสียของเหลวจากแรงบีบอัดจึงลดลงดังผลปรากฏ งานวิจัยของ Karthikeyan *et al*. [8] ได้รายงานผลการวิจัยลักษณะเดียวกัน กล่าวคือเจลซูริมิปลาทรายแดงที่ผ่านการล้างมีค่าการสูญเสียของเหลวจากแรงบีบอัดลดลงจาก 29.47 เป็น 19.73% เมื่อเทียบกับเจลเนื้อปลาทรายแดงที่ไม่ผ่านการล้าง ในขณะที่ค่าความแข็งแรงเจลเพิ่มขึ้นจาก 304.93 เป็น 604.47 กรัม.เซนติเมตร

อย่างไรก็ตามในการกดทับเจลตัวอย่างเป็นเวลา 2 นาที พบว่าจำนวนครั้งในการล้างที่เพิ่มขึ้นไม่มีผลต่อค่าการสูญเสียของเหลวจากแรงบีบอัด ($p\geq0.05$) ชี้บ่งว่าในสภาวะที่ถูกแรงกระทำที่เท่ากันในระยะเวลาที่เท่ากัน โครงสร้างเจลโปรตีนของซูริมิที่ผ่านการล้างด้วยจำนวน 1, 2 และ 3 ครั้ง มีความสามารถกักเก็บน้ำไว้ในโครงสร้างได้ไม่แตกต่างกัน แต่เมื่อระยะเวลาที่ถูกแรงกระทำเพิ่มเป็น 5 นาที กลับพบว่าเจลซูริมิที่ผ่านการล้าง 3 ครั้ง มีค่าการสูญเสียของเหลวจากแรงบีบอัดต่ำสุด โดยเจลซูริมิที่ผ่านการล้าง 1 และ 2 ครั้งมีค่าการสูญเสียของเหลวจากแรงบีบอัดเพิ่มขึ้น 71–73% เมื่อเทียบกับค่าที่เวลาการกดทับ 2 นาที ขณะที่ค่าการสูญเสียของเหลวจากแรงบีบอัดของเจลซูริมิที่ผ่านการล้าง 3 ครั้งมีค่าเพิ่มขึ้นเพียง 57% ชี้บ่งถึงความแข็งแรงของโครงสร้างเจลโปรตีนที่สามารถกักเก็บน้ำไว้ได้ดีกว่าเมื่อเทียบกับเจลซูริมิที่ผ่านการล้าง 1 และ 2 ครั้ง อาจเป็นเพราะการล้าง 3 ครั้งสามารถลดปริมาณไขมันและเถ้า (ตารางที่ 1) ที่อาจขัดขวางการจัดเรียงตัวของโปรตีนได้มากกว่า จึงส่งผลให้เจลโปรตีนภายหลังการล้าง 3 ครั้งมีความสามารถในการกักเก็บน้ำไว้ในโครงสร้างได้ดีกว่า

ตารางที่ 3 ค่าการสูญเสียของเหลวจากแรงบีบอัด (Expressible Drip) ค่าแรงเจาะทะลุ (Breaking Force) และระยะทางก่อนการเจาะทะลุ (Deformation) ของเนื้อปลายี่สกสด เจลเนื้อปลาบดและเจลซูริมิที่ล้างด้วยจำนวนครั้งที่แตกต่างกัน

ตัวอย่าง	Expressible Drip (%)		Breaking Force (g)	Deformation (cm)
	2 นาที	5 นาที		
เนื้อปลายี่สกสด	$17.15^{a}\pm1.35$	$20.75^{a}\pm0.25$	-	-
เจลเนื้อปลาบด	$6.10^{b}\pm0.46$	$9.62^{b}\pm0.61$	$668.43^{b}\pm31$	$1.07^{c}\pm0.09$
เจลซูริมิจากการล้าง 1 ครั้ง	$5.00^{a}\pm0.37$	$8.57^{c}\pm0.55$	$867.21^{a}\pm73$	$1.22^{b}\pm0.04$
เจลซูริมิจากการล้าง 2 ครั้ง	$5.13^{c}\pm0.27$	$8.91^{c}\pm0.41$	$774.17^{a}\pm49$	$1.37^{a}\pm0.02$
เจลซูริมิจากการล้าง 3 ครั้ง	$4.56^{c}\pm0.05$	$7.16^{d}\pm0.36$	$763.24^{a}\pm33$	$1.41^{a}\pm0.06$

หมายเหตุ: อักษรภาษาอังกฤษที่แตกต่างกันตามแนวตั้งหมายถึงค่าเฉลี่ยของข้อมูลที่แตกต่างกัน ($p < 0.05$)

3.2.2 เนื้อสัมผัสของเจลเนื้อปลาบดและเจลซูริมิ

จากตารางที่ 3 พบว่าการล้างเนื้อปลาบดทำให้ได้เจล

ซูริมิที่มีค่าแรงเจาะทะลุ (Breaking Force) และระยะทางก่อนการเจาะทะลุ (Deformation) เพิ่มขึ้นเมื่อเปรียบเทียบกับเจลเนื้อปลาบดที่ไม่ผ่านการล้าง ($p<0.05$) โดยมีค่าสูงกว่าของเจลเนื้อปลาบด 1.1–1.3 เท่า และพบว่าเจลซูริมิที่ผ่านการล้างด้วยจำนวนครั้งที่แตกต่างกันมีค่าแรงเจาะทะลุไม่ต่างกัน ($p\geq0.05$) ในขณะที่ระยะทางก่อนการเจาะทะลุของเจลซูริมิที่ผ่านการล้าง 2 และ 3 ครั้งมีค่าไม่ต่างกัน ($p\geq0.05$) และมีค่าสูงกว่าของเจลซูริมิที่ผ่านการล้าง 1 ครั้ง ค่าแรงเจาะทะลุที่เพิ่มขึ้นบ่งบอกถึงความแข็งแรงของโครงสร้างเจลที่มากขึ้น ส่วนระยะทางก่อนการเจาะทะลุที่เพิ่มขึ้นแสดงถึงลักษณะความยืดหยุ่นของเจลที่ดีขึ้น ทั้งนี้เนื่องจากจำนวนครั้งของการล้างที่เพิ่มขึ้นสามารถกำจัดองค์ประกอบที่ละลายน้ำ และองค์ประกอบอื่นที่ขัดขวางการเกิดเจล เช่น เลือด ไขมัน รวมทั้งเอนไซม์ต่าง ๆ ออกไปได้มากขึ้น ทำให้โปรตีนไมโอไฟบริลมีความเข้มข้นมากขึ้น และสามารถจัดเรียงตัวกันเป็นโครงร่างตาข่ายสามมิติได้ดีขึ้น [12] การที่เจลซูริมิที่ผ่านการล้างด้วยจำนวนครั้งที่ไม่เท่ากันแต่ให้ค่าแรงเจาะทะลุไม่แตกต่างกัน อาจเนื่องมาจากการล้างในครั้งแรกมีประสิทธิภาพเพียงพอในการกำจัดองค์ประกอบอื่น ๆ ที่อาจขัดขวางการเกิดเจลออกจากเนื้อปลาบดได้เกือบทั้งหมด

เมื่อพิจารณาระยะทางก่อนการเจาะทะลุร่วมกับผลค่าการสูญเสียของเหลวจากแรงบีบอัดที่เวลากดทับนาน 5 นาที อาจกล่าวได้ว่า การล้างด้วยจำนวนครั้งที่มากขึ้นมีแนวโน้มทำให้เจลสามารถกักเก็บน้ำไว้ในโครงสร้างได้ดียิ่งขึ้น ส่งผลให้ค่าการสูญเสียของเหลวจากแรงบีบอัดมีแนวโน้มลดลง และเป็นผลให้ได้เจลที่มีลักษณะยืดหยุ่นมากขึ้นดังแสดงผลออกมาในรูปของระยะทางก่อนการเจาะทะลุที่มีแนวโน้มเพิ่มขึ้น

ตามมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมเนื้อปลาบด (ซูริมิ) เยือกแข็ง [13] ได้กำหนดให้คุณลักษณะด้านความแข็งแรงเจล (Gel Strength) (คำนวณได้จากผลคูณของแรงเจาะทะลุและระยะทางก่อนการเจาะทะลุ) ของซูริมิต้องมีค่าไม่น้อยกว่า 400 กรัม.เซนติเมตร จากผลที่ได้พบว่า ทั้งเจลเนื้อปลาบดและเจลซูริมิที่ผ่านการล้างที่แตกต่างกันมีค่าความแข็งแรงเจลมากกว่า 400 กรัม.เซนติเมตร จึงกล่าวได้ว่า เนื้อปลายี่สกที่ไม่ผ่านการล้างน้ำก็สามารถนำมาผลิตเป็นซูริมิที่ให้คุณภาพด้านความแข็งแรงเจลที่ดีได้เช่นกัน แต่อย่างไรก็ตามการล้างสามารถปรับปรุงคุณภาพด้านความแข็งแรงเจลให้ดียิ่งขึ้น

3.2.3 ความขาวของเจลซูริมิ

ความขาวของเจลซูริมิแสดงในตารางที่ 4 พบว่าการล้างน้ำทำให้ค่าความขาวของเจลซูริมิเพิ่มขึ้น ($p<0.05$) และการล้างด้วยจำนวนครั้งที่เพิ่มขึ้นก็ทำให้เจลซูริมิมีความขาวเพิ่มขึ้น ($p<0.05$) ทั้งนี้เนื่องจากการล้างช่วยกำจัดโปรตีนซาร์โคพลาสมิกส่วนใหญ่ออกไป โดยเฉพาะไมโอโกลบิน (Myoglobin) ที่เป็นรงควัตถุในเนื้อสัตว์ [14] นอกจากนี้ Kim *et al*. [15] ได้รายงานว่าสีของซูริมิสามารถปรับปรุงได้โดยการเพิ่มจำนวนครั้งของการล้าง ด้วยเหตุนี้จึงทำให้เจลซูริมิมีค่าความขาวเพิ่มขึ้นตามจำนวนครั้งของการล้างที่เพิ่มขึ้น

ตารางที่ 4 ค่าความขาว (Whiteness) ของเจลเนื้อปลาบดและเจลซูริมิที่ได้จากจำนวนครั้งของการล้างที่แตกต่างกัน

ตัวอย่าง	Whiteness
เจลเนื้อปลาบด	$68.65^{d}\pm1.10$
เจลซูริมิจากการล้าง 1 ครั้ง	$73.60^{c}\pm1.48$
เจลซูริมิจากการล้าง 2 ครั้ง	$77.18^{b}\pm0.58$
เจลซูริมิจากการล้าง 3 ครั้ง	$79.36^{a}\pm0.39$

หมายเหตุ: อักษรภาษาอังกฤษที่แตกต่างกันตามแนวตั้งหมายถึงค่าเฉลี่ยของข้อมูลที่แตกต่างกัน ($p < 0.05$)

4. สรุป

การล้างเนื้อปลาบดทำให้ปริมาณโปรตีนมีค่าเพิ่มขึ้น และการล้างด้วยจำนวนครั้งที่เพิ่มขึ้นทำให้ปริมาณไขมันและเถ้ามีแนวโน้มลดลง ความขาวของเจลซูริมิเพิ่มขึ้นตามจำนวนครั้งของการล้าง ค่าแรงเจาะทะลุของเจลซูริมิมีค่าไม่ต่างกัน ในขณะที่ระยะทางก่อนการเจาะทะลุมี

แนวโน้มเพิ่มขึ้นตามจำนวนครั้งในการล้างที่เพิ่มขึ้น และซูริมิที่ได้มีค่าความแข็งแรงเจลสูงกว่าค่าที่กำหนดไว้ตามมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมเนื้อปลาบดเยือกแข็ง นอกจากนี้การสูญเสียของเหลวจากแรงบีบอัด (เมื่อกดทับด้วยแรงคงที่เป็นเวลานาน 5 นาที) มีแนวโน้มลดลงตามจำนวนครั้งของการล้างที่เพิ่มขึ้น ดังนั้นเมื่อพิจารณาผลของคุณภาพด้านลักษณะเนื้อสัมผัสและความขาวแล้วทำให้สรุปได้ว่าการผลิตซูริมิจากปลายี่สกโดยอาศัยการล้างเพื่อปรับปรุงคุณภาพควรใช้การล้างน้ำ 3 ครั้ง เพื่อให้ได้ซูริมิที่มีคุณภาพดีที่สุด

5. กิตติกรรมประกาศ

ผู้วิจัยขอขอบคุณคณะวิทยาศาสตร์ประยุกต์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ ที่สนับสนุนทุนอุดหนุนการวิจัยประจำปีงบประมาณ 2558 (เลขที่สัญญารับทุน 5844104) และขอขอบคุณภาควิชาเทคโนโลยีอุตสาหกรรมเกษตร อาหารและสิ่งแวดล้อม คณะวิทยาศาสตร์ประยุกต์ สำหรับการเอื้อเฟื้อสถานที่และอุปกรณ์ในการทำวิจัย

เอกสารอ้างอิง

[1] Fisher Statistics Analysis and Research Group. (2015, August). Surimi. Office of Agricultural Economics, Ministry of Agriculture and Cooperatives, Thailand. [Online]. Available: http://oae.go.th/ewtadmin/oae_baer/ewt_news.php?nid=378&filename=index. (in Thai).

[2] Y. A. Arfat and S. Benjakul, "Gelling characteristics of surimi from yellow stripe trevally (Selaroides leptolepis)," *International Aquatic Research*, vol. 4, no. 5, pp. 1–13, 2012.

[3] National Science and Technology Development Agency, (2014, March). Surimi products from freshwater fish. Thailand. [Online]. Available: www.nstda.or.th/nstda-knowledge/8251-20120324-surimi. (in Thai).

[4] S. Khantaphant and A. Kaewchada, "Effects of washing cycles and phosphate compound on properties of Tilapia protein gel," *The Journal of Applied Science*, vol. 12, no. 2, pp. 39–47, 2013. (in Thai).

[5] Fisher Statistics Analysis and Research Group, (2015, May). FreshwaterAquaculture Production Survey 2013. Department of Fisheries, Ministry of Agriculture and Cooperatives, [Online]. Available: www.fisheries.go.th/itstat/images/stories/freshwater/freshwater_2556.pdf (in Thai).

[6] C. M. Lee, "Surimi process technology," *Food Technology*, vol. 38, no. 11, pp. 69–80, 1984.

[7] R. E. Antonomanolaki, K. P. Vareltzis, S. A. Georgakis, and E. Kaldrymidou, "Thermal gelation properties of surimi-like material made from sheep meat," *Meat Science*, vol. 52, pp. 429–435, 1999.

[8] M. Karthikeyan, A. O. Dileep, and B. A. Shamasundar, "Effect of water on the functional and rheological properties of protein from threadfin bream (*Nemipterus japonicus*) meat," *Journal of Food Science*, vol. 41, pp. 1002–1010, 2006.

[9] Y. S. Yumiko, T. Mariko, F. Kazuyuki, K. Mitsutoshi, and O. Mariko, "Bioactivities of surimi from southern blue whiting prepared by different ways," *Food Chemistry*, vol. 113, pp. 47–52, 2009.

[10] S. K. Jin, I. S. Kim, S. J. Kim, K. Jeong, Y. J. Choi, and S. J. Hur, "Effect of muscle type and washing times on physic-chemical characteristics and qualities of surimi," *Journal of Food Engineering*, vol. 81, pp. 618–623, 2007.

[11] T. C. Lanier, T. S. Lin, D. D. Hamann, and F. B. Thomas, "Effects of alkaline protease in minced

fish on texture of heat-processed gels," *Journal of Food Science*, vol. 46, pp. 1643–1645, 1981.

[12] S. Benjakul, *Surimi: Science and Technology of Fish Mince*. Bangkok: Odeon Store, 2006 (in Thai).

[13] Thai Industrial Standards, "Standard for frozen minced fish (surimi)," Thai Industrial Standard Institute, Thailand, TIS-935, 1990 (in Thai).

[14] M. P. Wimmer, J. G. Sebranek, and F. K. Mckeith, "Washed mechanically separated pork as a surimi-like meat product ingredient," *Journal of Food Science*, vol. 58, pp. 254–258, 1993.

[15] J. M. Kim, C. H. Liu, J. B. Eun, J. W. Park, R. Oshimi, K. Hayasi, B. Ott, T. Aramaki, M. Sekine, V. Horikita, K. Fujimoto, T. Alkawa, L. Welch, and R. Long, "Surimi from fillet frames of channel catfish," *Journal of Food Science*, vol. 61, pp. 428–432, 1996.