วารสารแก่นเกษตร
THAIJO

Content List Available at ThaiJo

Khon Kaen Agriculture Journal

Journal Home Page : https://li01.tci-thaijo.org/index.php/agkasetkaj

ผลของการล้างและสภาวะการให้ความร้อนต่อสมบัติเจลเนื้อปลาบดของปลาดุกอุยเทศและปลานิล

Effects of washing and heating conditions on gel properties of Hybrid catfish (*Clarias microcephalus x C. gariepinus*) and Nile tilapia (*Oreochromis niloticus*)

เยาวพา ความหมั่น[1]*, เสมอใจ บุรีนอก[1], ณัทธิยา ชำนาญค้า[2] และ บุญทิวา ชาติชำนิ[2]

Yaowapa Kwamman[1]*, Smerjai Bureenok[1], Nattiya Chumnanka[2] and Boonthiwa Chartchumni[2]

[1] สาขาเทคโนโลยีการเกษตรและสิ่งแวดล้อม คณะวิทยาศาสตร์และศิลปศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลอีสาน จังหวัดนครราชสีมา 30000
[1] Department of Agricultural Technology and Environment, Faculty of Sciences and Liberal Arts, Rajamangala University of Technology Isan, Nakhon Ratchasima, Thailand, 30000
[2] สาขาวิชาประมง คณะทรัพยากรธรรมชาติ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลอีสาน วิทยาเขตสกลนคร จังหวัดสกลนคร 47160
[2] Department of Fishery, Faculty of Natural Resources, Rajamangala University of Technology Isan, Sakon Nakhon Campus, Sakon Nakhon

บทคัดย่อ: งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาผลของการล้างและสภาวะการให้ความร้อนต่อสมบัติของเจลเนื้อปลาบดจากปลาดุกอุยเทศและปลานิล โดยนำเนื้อปลาบดจากปลาทั้ง 2 ชนิด ทั้งที่ไม่ผ่านการล้างและล้างด้วยน้ำเกลือร้อยละ 0.3 มาผ่านกระบวนการเตรียมเจล และทำให้เกิดเจลที่สภาวะการให้อุณหภูมิแตกต่างกัน 2 ระดับ คือ 40 และ 50 องศาเซลเซียส จากนั้นทำการวัดสมบัติของเจลจากเนื้อปลาประกอบด้วย ค่าความแข็งแรง ค่าความยืดหยุ่น และค่าความขาว จากผลการทดลองพบว่าการล้างและอุณหภูมิทำให้ค่าความแข็งแรงและค่าความยืดหยุ่นของเจลที่เตรียมจากเนื้อปลาทั้งสองชนิดมีความแตกต่างกันทางสถิติ ($p<0.05$) และทำให้เจลที่ได้มีค่าความแข็งแรงและค่าความยืดหยุ่นมีแนวโน้มเพิ่มขึ้น สำหรับค่าความขาวของเจลที่เตรียมจากเนื้อปลาทั้งสองชนิดพบว่ามีความแตกต่างกันทางสถิติ ($p<0.05$) โดยเจลที่เตรียมจากเนื้อปลานิลบดที่ผ่านการล้างด้วยน้ำเกลือร้อยละ 0.3 มีค่าความขาวสูงสุด (~72.5) จากผลการทดลองดังกล่าวแสดงให้เห็นว่าการล้างและสภาวะการให้ความร้อนมีผลต่อสมบัติของเจลจากเนื้อปลาดุกอุยเทศและปลานิล
คำสำคัญ: เนื้อปลาบด; ปลาดุกอุยเทศ; ปลานิล; เจล

ABSTRACT: The objective of this research was to study the effect of washing and heating conditions on the gel properties of Hybrid catfish and Nile tilapia. The gelation of the minced of both fish types were prepared from the unwashed mince and the washed mince using 0.3% NaCl solution. And heating to produce a gel at two different temperature conditions were 40 and 50 °C. The gel properties were measured consisting of the gel strength (breaking force), elasticity (deformation) and whiteness. The results showed that the washing and temperature had an impact on the gel strength and elasticity of the gels preparing from the two fish types ($p<0.05$) which the breaking force and deformation values trended to increase. The whiteness of the gel prepared from both fish types was significant difference ($p<0.05$) which the gel prepared from the washed Nile tilapia mince showed the highest of whiteness value (~72.5). These results indicated that the washing and heating conditions had an effect on the gel properties of Hybrid catfish and Nile tilapia.

* Corresponding author: yaowapa.kw@rmuti.ac.th

Keywords: mince; Hybrid catfish; Nile tilapia; gel

บทนำ

ปัจจุบันผลิตภัณฑ์จากปลาได้รับความนิยมจากผู้บริโภคเป็นอย่างมาก เนื่องจากปลาเป็นอาหารที่มีคุณค่าทางโภชนาการสูง โดยเฉพาะเป็นแหล่งโปรตีนที่มีปริมาณค่อนข้างสูง แต่มีปริมาณไขมันต่ำและร่างกายสามารถย่อยได้ง่าย สำหรับผลิตภัณฑ์ที่ผลิตจากเนื้อปลาที่นิยมบริโภคมีหลายชนิด เช่น ลูกชิ้น ไส้กรอกปลา ปลาเส้น เต้าหู้ปลา เนื้อปลาเทียม เนื้อกุ้งเทียม เนื้อปูเทียมหรือปูอัด เป็นต้น ซึ่งกลุ่มผลิตภัณฑ์ดังกล่าวมีลักษณะเนื้อสัมผัสเป็นเอกลักษณ์ คือ เนื้อสัมผัสที่มีความเหนียวและยืดหยุ่น ซึ่งเป็นสมบัติที่สำคัญของผลิตภัณฑ์ยืดหยุ่นจากปลา (fish jelly product) (จักรินทร์ และ จิราพร, 2563) ผลิตภัณฑ์ต่างๆเหล่านี้โดยทั่วไปผลิตจากเนื้อปลาบดแช่แข็งที่เรียกว่า ซูริมิ (surimi) ซึ่งซูริมิในประเทศไทยทำมาจากเนื้อปลาทะเลเป็นส่วนใหญ่ เช่น ปลาเข็ม ปลาตาโต ปลาจวด ปลาทรายแดง (สุทธวัฒน์ , 2549) สำหรับปลาน้ำจืด เช่น ปลานิลและปลาดุกอุยเทศได้มีผู้สนใจนำมาเพื่อผลิตเป็นซูริมิเพื่อใช้ในการพัฒนาเป็นผลิตภัณฑ์ต่างๆ เนื่องจากปลานิลและปลาดุกอุยเทศเป็นปลาน้ำจืดที่มีมูลค่าทางเศรษฐกิจที่นิยมเลี้ยงและบริโภคกันโดยทั่วไป อย่างไรก็ตามจากรายงานวิจัยพบว่าปลาน้ำจืดมีความสามารถในการเกิดเจลอยู่ในระดับปานกลาง (Martín-Sánchez et al., 2009 *อ้างโดย* จักรินทร์ และ จิราพร, 2563) ซึ่งความสามารถของการเกิดเจลและสมบัติของเจลขึ้นอยู่กับองค์ประกอบทางเคมีของปลาโดยเฉพาะโปรตีน ซึ่งส่งผลโดยตรงกับลักษณะเนื้อสัมผัสของผลิตภัณฑ์ ปลาแต่ละชนิดมีองค์ประกอบทางเคมี ได้แก่ โปรตีน ไขมัน และน้ำแตกต่างกัน ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับระยะการเจริญเติบโตและสภาวะทางโภชนาการ ซึ่งองค์ประกอบทางเคมีเหล่านี้มีผลต่อคุณภาพของปลาทั้งด้านคุณค่าทางโภชนาการ สมบัติเชิงหน้าที่ คุณภาพทางประสาทสัมผัสและอายุการเก็บรักษา (สุทธวัฒน์ , 2548; Wanger et al., 2004) จากการรายงานของ ปราณิศา และคณะ (2543) พบว่า ปลาดุกอุยเทศมีปริมาณน้ำ โปรตีน ไขมัน และเถ้าร้อยละ 74.50 18.10 4.40 และ 1.00 ตามลำดับ ซึ่งสอดคล้องกับการรายงานของ อรวรรณ และคณะ (2549) ซึ่งพบว่าปลาดุกอุยเทศมีปริมาณน้ำ โปรตีน ไขมัน และเถ้าร้อยละ 76.95 16.98 7.39 และ 1.13 ตามลำดับ สำหรับในกล้ามเนื้อปลานิลจากรายงานของเพิ่มพูน (2531) พบว่ามีปริมาณน้ำ โปรตีน ไขมัน และเถ้าร้อยละ 78.9 19.0 0.95 และ 1.1 ตามลำดับ นอกจากนี้จากการรายงานวิจัยพบว่ากระบวนการเตรียมเนื้อปลาในกระบวนการผลิตเนื้อปลาบด เช่น การลดขนาดของเนื้อปลา กระบวนการล้างเนื้อปลา และอุณหภูมิในการทำให้เกิดเจล มีผลต่อสมบัติของเจลเนื้อปลาบดที่ได้ (Chomnawang et al., 2008; จักรินทร์ และ จิราพร, 2563) ดังนั้นในงานวิจัยนี้จึงได้ทำการศึกษาการกระบวนการเตรียมเจลเนื้อปลาบด ประกอบด้วย การล้างและสภาวะการให้ความร้อนในการทำให้เกิดเจลต่อสมบัติของเจลจากปลาน้ำจืด 2 ชนิด คือ ปลาดุกอุยเทศและปลานิล เพื่อใช้เป็นแนวทางในการประยุกต์ใช้ในการพัฒนาผลิตภัณฑ์ยืดหยุ่นจากปลา

วิธีการศึกษา

1. วิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมีของเนื้อปลา ประกอบด้วย ปริมาณความชื้น โปรตีน ไขมัน และเถ้า ตามวิธีของ AOAC (2000)

2. วิธีการเตรียมเนื้อปลาบด

2.1 ปลานิลน้ำหนักตัวละ 800–1,200 กรัม ซื้อปลานิลที่มีชีวิตจากตลาดสดและแช่ในน้ำแข็งทันที (นานประมาณ 1 ชั่วโมง) จากนั้นทำการขอดเกล็ด ตัดหัว ควักไส้ แล้วล้างน้ำให้สะอาด แล่เอาเฉพาะเนื้อ จากนั้นบดเนื้อปลาด้วยเครื่องบดเนื้อ โดยใช้หน้าแว่นเหล็กที่มีขนาดรูบดเส้นผ่านศูนย์กลาง 2 มิลลิเมตร

2.2 ปลาดุกอุยเทศน้ำหนักตัวละ 300–500 กรัม ซื้อปลาดุกอุยเทศที่มีชีวิตจากตลาดสดและแช่ในน้ำแข็งทันที (นานประมาณ 1 ชั่วโมง) จากนั้นทำการตัดหัว ควักไส้ แล้วล้างน้ำให้สะอาด แล่เอาเฉพาะเนื้อ บดเนื้อปลาด้วยเครื่องบดเนื้อ โดยใช้หน้าแว่นเหล็กที่มีขนาดรูบดเส้นผ่านศูนย์กลาง 2 มิลลิเมตร

3. วิธีการเตรียมตัวอย่างเจล

นำเนื้อปลาดุกอุยเทศและปลานิลบด ทั้งที่ไม่ผ่านการล้างและล้างด้วยน้ำเกลือร้อยละ 0.3 (จำนวน 2 ครั้ง) สับผสมกับเกลือปริมาณร้อยละ 2 (โดยน้ำหนัก) ด้วยเครื่องสับผสม (Otto Model FP-393, ประเทศไทย) นาน 4 นาที แล้วบรรจุเนื้อปลาที่สับผสมแล้วในถุงพลาสติกชนิดไนลอน (Nylon/LLDPE) ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 25 มิลลิเมตร ยาว 10 นิ้ว จากนั้นนำตัวอย่างให้ความร้อนในขั้นตอนการเซ็ทตัว (setting) 2 สภาวะที่อุณหภูมิแตกต่างกัน คือ 40 และ 50 องศาเซลเซียส (^{o}ซ) นาน 20 นาที จากนั้นให้ความร้อนที่อุณหภูมิ 90 ^{o}ซ นาน 20 นาที และทำให้เย็นด้วยการแช่ในน้ำเย็นจัดนาน 10 นาที นำไปวิเคราะห์คุณสมบัติต่างๆ ซึ่งมีชุดการทดลองดังนี้แสดงใน **Table 1**

Table 1 Symbols and experimental conditions

Treatments	Symbols	Details of experimental conditions
1	UC-40^{o}C	Un-washing the minced Hybrid clarias catfish + heating at 40^{o}C
2	WC-40^{o}C	Washing the minced Hybrid clarias catfish + heating at 40^{o}C
3	UC-50^{o}C	Un-washing the minced Hybrid clarias catfish + heating at 50^{o}C
4	WC-50^{o}C	Washing the minced Hybrid clarias catfish + heating at 50^{o}C
5	UT-40^{o}C	Un-washing the minced Nile Tilapia + heating at 40^{o}C
6	WT-40^{o}C	Washing the minced Nile Tilapia + heating at 40^{o}C
7	UT-50^{o}C	Un-washing the minced Nile Tilapia + heating at 50^{o}C
8	WT-50^{o}C	Washing the minced Nile Tilapia + heating at 50^{o}C

4. วิเคราะห์สมบัติของเจล

4.1 วิเคราะห์ความแข็งแรงของเจล (gel strength: Breaking force (g)) และความยืดหยุ่นของเจล (cohesiveness/elasticity: Deformation (mm)) ด้วยเครื่องวัดลักษณะเนื้อสัมผัส (Texture Analyzer ยี่ห้อ Stable Micro System รุ่น TA XT Plus ประเทศอังกฤษ) ดัดแปลงจากวิธีของ Rawdkuen และ Benjakul (2007) โดยการเตรียมชิ้นตัวอย่างเป็นท่อนยาว 2.5 ซม. (∅ 25 มม.) จำนวนตัวอย่างละ 5 ซ้ำ โดยใช้หัววัด Cylinder Probe P/5S และใช้ความ เร็วในการวัด 2 มิลลิเมตรต่อวินาที และกดร้อยละ 60 ของชิ้นตัวอย่าง

4.2 วัดสีระบบ CIE L* a* b* ด้วยเครื่องวัดสี Hunter Lab (รุ่น Colorflex, USA) และคำนวณหาค่าความขาว (Whiteness) ตามวิธีของ Park (1994) ตามสูตรดังสมการที่ 1

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

โดยที่ L* คือ ค่าความสว่าง (lightness) +L* แสดงถึงสีขาว, –L* แสดงถึงสีดำ

เมื่อ ค่า a* เป็นบวก (+ a*) มีความเป็นสีแดง ค่า a* เป็นลบ (-a*) มีความเป็นสีเขียว

เมื่อ ค่า b* เป็นบวก (+b*) มีความเป็นสีเหลือง ค่า b* เป็นลบ (-b*) มีความเป็นน้ำเงิน

5. การวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติ

วางแผนการทดลองแบบสุ่มอย่างสมบูรณ์ (Completely Randomized Design, CRD) ในการทดลอง 2 ซ้ำการทดลอง และนำข้อมูลที่ได้มาวิเคราะห์ค่าความแปรปรวน (ANOVA) และเปรียบเทียบความแตกต่างโดยใช้วิธี Duncan's Multiple Range Test (DMRT) ที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 จากโปรแกรมสำเร็จรูป

ผลการศึกษาและวิจารณ์

1. ผลการวิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมีของเนื้อปลาดุกอุยเทศและปลานิล

ผลการวิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมีของเนื้อปลาดุกอุยเทศและปลานิลที่ใช้ในการทดลองดังแสดงใน **Table 2** พบว่าเนื้อปลาดุกอุยเทศมีปริมาณความชื้น โปรตีน ไขมัน และเถ้า ร้อยละ 76.78±0.06 12.87±0.57 4.47±0.02 และ 2.43±0.00 ตามลำดับ ซึ่งให้ผลสอดคล้องกับการรายงานของ ปราณิศา และคณะ (2543) พบว่าปลาดุกอุยเทศมีปริมาณความชื้น โปรตีน ไขมัน และเถ้าร้อยละ 74.50 18.10 4.40 และ 1.00 ตามลำดับ นอกจากนี้ยังสอดคล้องกับการรายงานของอรวรรณ และคณะ (2549) ซึ่งพบว่ามีปริมาณความชื้น โปรตีน ไขมัน และเถ้าร้อยละ 76.95 16.98 7.39 และ 1.13 ตามลำดับ

สำหรับผลการวิเคราะห์องค์ประกอบของเนื้อปลานิล พบว่ามีปริมาณความชื้น โปรตีน ไขมัน และเถ้า ร้อยละ 79.30±0.07 13.31±0.01 3.10±0.49 และ 1.68±0.11 ตามลำดับ จากรายงานของเพิ่มพูน (2531) พบว่าเนื้อปลานิลมีปริมาณความชื้น โปรตีน ไขมัน และเถ้า ร้อยละ 78.9 19.0 0.95 และ 1.1 ตามลำดับ ปลาแต่ละชนิดจะมีองค์ประกอบทางเคมีที่แตกต่างกัน ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับระยะการเจริญเติบโตและสภาวะทางโภชนาการ ซึ่งองค์ประกอบทางเคมีเหล่านี้มีผลต่อคุณภาพของปลาทั้งด้านคุณค่าทางโภชนาการ สมบัติเชิงหน้าที่ คุณภาพทางประสาทสัมผัส และอายุการเก็บรักษา (สุทธวัฒน์, 2548; Wanger et al., 2004)

องค์ประกอบทางเคมีมีความสำคัญต่อการแปรรูปเป็นผลิตภัณฑ์ โดยเฉพาะโปรตีนจะมีความ สำคัญต่อผลิตภัณฑ์ประเภทที่มีการขึ้นรูป เช่น ลูกชิ้น ไส้กรอก เต้าหู้ปลา เป็นต้น สำหรับโปรตีนที่มีความสำคัญต่อการขึ้นรูปผลิตภัณฑ์ คือ โปรตีนไมโอไฟบริล โดยเฉพาะโปรตีนแอคโตไมโอซิน ซึ่งมีคุณสมบัติสามารถเกิดเจล (gelation) ได้ ทำให้ผลิตภัณฑ์มีความแข็งแรงและยืดหยุ่น (Lee, 1984)

Table 2 Chemical compositions of Hybrid clarias catfish and Nile tilapia

Samples	**Moisture** (%)	**Protein** (%)	**Fat** (%)	**Ash** (%)
Hybrid clarias catfish	76.78±0.06	12.87±0.57	4.47±0.02	1.68±0.11
Nile tilapia	79.30±0.07	13.31±0.01	3.10±0.49	2.43±0.00

Mean ± Standard Deviation (n=2)

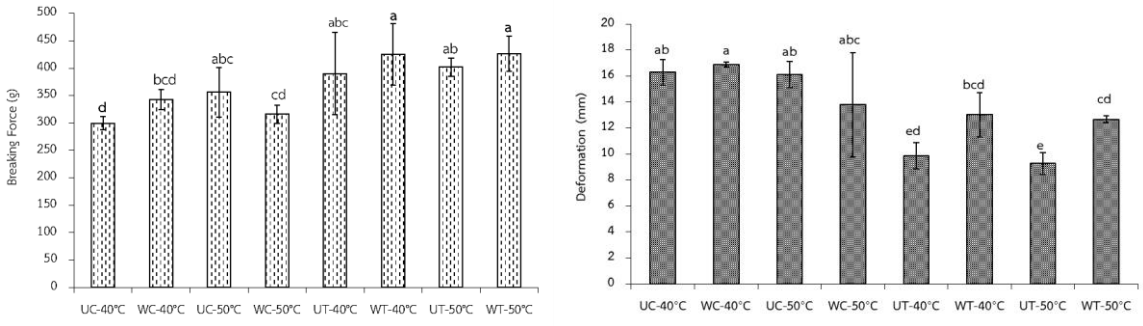
2. สมบัติของเจลจากเนื้อปลาดุกอุยเทศและปลานิล

2.1 ค่าความแข็งแรงและความยืดหยุ่นของเจล

จากผลการทดลองพบว่า การล้างเนื้อปลาบดของปลาทั้งสองชนิดด้วยน้ำเกลือร้อยละ 0.3 ทำให้เจลที่ได้มีค่าความแข็งแรงของเจลและค่าความยืดหยุ่นมีแนวโน้มเพิ่มขึ้น ยกเว้นชุดการทดลองที่ใช้เนื้อปลาดุกอุยเทศบดและให้อุณหภูมิที่ 50°ซ ซึ่งพบว่าเจลที่ได้มีความแข็งแรงและความยืดหยุ่นลดลง ปลาแต่ละชนิดมีผลต่อความสามารถในการเกิดเจล ซึ่งอาจเป็นผลเนื่องจากปัจจัยทางด้านความคงตัวต่อความร้อนของแอกโตไมโอซินของปลาแต่ละชนิดแตกต่างกัน การเพิ่มขึ้นของค่าความแข็งแรงของเจลและค่าความยืดหยุ่น ทั้งนี้เนื่องจากการล้างสามารถแยกส่วนประกอบที่ไม่มีสมบัติในการเกิดเจลออกไป เช่น โปรตีนซาร์โคพลาสมิก โปรตีนเนื้อเยื่อเกี่ยวพันและไขมัน เป็นต้น

ส่งผลให้ทำให้โปรตีนแอคโตไมโอซินมีความเข้มข้นสูงขึ้นและสามารถจับเรียงตัว (aggregation) กันได้มาก ทำให้โครงข่ายของเจลมีความแข็งแรงเพิ่มขึ้น (Toyoda et al., 1992) Luo และคณะ (2004) รายงานว่าความเข้มข้นของโปรตีนแอคโตไมโอซินมีผลต่อคุณสมบัติของเจลซูริมิของปลาอลาสกาพอลลอค (Alaska Pollock) และปลาไน (Common carp) เมื่อพิจารณาผลของการล้างร่วมกับอุณหภูมิที่ใช้ในการให้ความร้อนในการเกิดเจลของเนื้อปลาดุกอุยเทศบด โดยเมื่อเพิ่มอุณหภูมิในการเกิดเจลจาก 40 °ซ เป็น 50 °ซ พบว่าค่าความแข็งแรงของเจลและค่าความยืดหยุ่นไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ ($p>0.05$) Luo และคณะ (2008) โดยทำการศึกษาผลของอุณหภูมิ (30 40 และ 50 °ซ) ต่อการเซ็ทตัวของเจล (ซูวาริ) ซึ่งพบว่าการให้ความร้อนที่อุณหภูมิ 40 °ซ เจลของปลา silver carp ที่ได้มีค่าความแข็งแรงและค่าความยืดหยุ่นสูงสุด และพบว่าเจล ของปลา silver carp ที่เซ็ทตัวที่อุณหภูมิ 50 °ซ มีค่าความแข็งแรงและค่าความยืดหยุ่นต่ำสุด Sano และคณะ (1990) รายงานว่า การจัดเรียงตัวเป็นร่างแหของโปรตีนจากปลา carp เกิดขึ้น 2 ระยะคือ ระยะแรกที่อุณหภูมิ 30-40°ซ ระยะนี้เกิดจากการทำปฏิกิริยาของส่วนหางของไมโอซิน ระยะที่ 2 ที่อุณหภูมิระหว่าง 51-80 °ซ เกิดจากการจับตัวของโปรตีนโดยอันตรกิริยาไฮโดรโฟบิก (hydrophobic interaction) ของกรดอะมิโนที่ไม่ละลายน้ำ ซึ่งพบบริเวณส่วนหัวของไมโอซิน

สำหรับผลของการล้างร่วมกับอุณหภูมิที่ใช้ในการให้ความร้อนในการเกิดเจลของเนื้อปลานิลบด โดยเมื่อเพิ่มอุณหภูมิในการเกิดเจลจาก 40 °ซ เป็น 50 °ซ พบว่าค่าความแข็งแรงของเจลไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ ($p>0.05$) (**Figure 1A**) ซึ่งให้ผลการทดลองในทำทองเดียวกันกับการศึกษาของ อรทัย และ จิราพร (2546) พบว่า ความสามารถในการเกิดเจลของเนื้อปลานิลและปลาลิ้นหมามีความแตกต่างกันโดยเนื้อปลานิลที่ผ่านการ ล้างและบ่มไว้ที่อุณหภูมิ 50 °ซ นาน 20 นาที ให้ค่าความแข็งแรงของเจลสูงสุด นอกจากนี้ยังพบว่าเนื้อปลาที่ผ่านการล้างมีความสามารถในการเกิดเจลได้สูงกว่าเนื้อปลาที่ไม่ผ่านการล้างที่อุณหภูมิและเวลาในการให้ความร้อนสภาวะเดียวกัน Ko และคณะ (2007) ได้ทำการศึกษาผลของอุณหภูมิ (25-95 °ซ) และเวลา (10-60 นาที) ต่อการเปลี่ยนแปลงโครงสร้าง (conformation) และหมู่ซัลไฟด์ (sulfhydryl group) ของโปรตีนแอคโตไมโอซินปลานิล พบว่าที่อุณหภูมิ 45 °ซ โปรตีนแอคโตไมโอซินสามารถเกิดการจับเรียงตัวกันได้ดีด้วยพันธะที่ไม่ใช่โควาเลนท์ด้วยอันตรกิริยาไฮโดรโฟบิก ซึ่งไม่พบการจับกันด้วยพันธะไดซัลไฟด์ (disulfide bond) โดยพบว่าที่อุณหภูมิ 55 และ 65 °ซ โมเลกุลของโปรตีนสามารถจับกันได้ด้วยพันธะไดซัลไฟด์ และที่อุณหภูมิ 75 °ซ ขึ้นไปจะเกิดการจับเรียงตัวกันของโปรตีนแอคโตไมโอซิน โดยไมโอซินและแอคติน



(A) **(B)**

Figure 1 Gel strength (A ɛl deformation (B) of minced Hybrid clarias ca d Nile tilapia

a–e Different letters in the column represent significant differences ($p\leq0.05$)

2.2 ค่าความขาวของเจลเนื้อปลาดุกอุยเทศและปลานิลบด

ค่าความขาวของเจลเนื้อปลาดุกอุยเทศและปลานิลบดดังแสดงใน **Figure 2** จากการทดลองพบว่าการล้างมีผลต่อค่าความขาวของเจลของปลาทั้งสองชนิด ($p<0.05$) สำหรับเจลของปลาที่ให้ค่าความขาวสูงที่สุด คือ เจลที่เตรียมจากเนื้อปลานิลบดที่ผ่านการล้างด้วยน้ำเกลือร้อยละ 0.3 โดยมีค่าความขาวประมาณ 72.5 ทั้งนี้เนื่องจากการล้างสามารถกำจัดสารประกอบของฮีม (heme) ได้แก่ ไมโอโกลบิน (myoglobin) และฮีโมโกลบิน (hemoglobin) ซึ่งเป็นสารประกอบของฮีมที่ให้สีแดงในเนื้อปลาออกได้ (สุทธวัฒน์, 2549) จึงทำให้เจลของปลาที่ผ่านการล้างมีค่าความขาวสูงกว่า ($p<0.05$) เจลของปลาที่ไม่ผ่านการล้างของปลาทั้งสองชนิด

เมื่อเปรียบเทียบค่าความขาวของเจลที่เตรียมจากเนื้อปลาดุกอุยเทศและเนื้อปลานิล พบว่าเจลของเนื้อปลานิลมีค่าความขาวสูงกว่า ($p<0.05$) เจลของเนื้อปลาดุกอุยเทศ เนื่องจากปลานิลเป็นปลาที่มีเนื้อสีขาวส่วนปลาดุกเป็นปลาที่มีสีเนื้อค่อนข้างเหลือง ทั้งนี้อาจเป็นผลเนื่องจากองค์ประกอบในเนื้อปลาดุกโดยเฉพาะไขมัน เมื่อพิจารณาผลจากการวิเคราะห์ใน **Table 2** พบว่าเนื้อปลาดุกมีปริมาณไขมันสูงกว่าในเนื้อปลานิล จากการศึกษาของ อมรรัตน์ ถนนแก้ว และคณะ (มปป) พบว่าในเนื้อปลาดุกอุยเทศมีปริมาณไขมันร้อยละ 4.89±0.15 ประกอบด้วย ไตรกลีเซอไรด์ (Triglyceride) ไดกลีเซอไรด์ (Diglyceride) และฟอสโฟลิปิด (Phospholipid**)** ร้อยละ 76.44±7.92 1.16±1.09 และ 22.39±7.07 ตามลำดับ (ร้อยละของไขมันทั้งหมด)

เมื่อพิจารณาผลของอุณหภูมิต่อค่าความขาวของเจลที่เตรียมจากเนื้อปลาแต่ละชนิด พบว่าอุณหภูมิไม่มีผลต่อค่าความขาวของเจลที่เตรียมจากเนื้อปลาทั้งปลาดุกอุยเทศและปลานิล

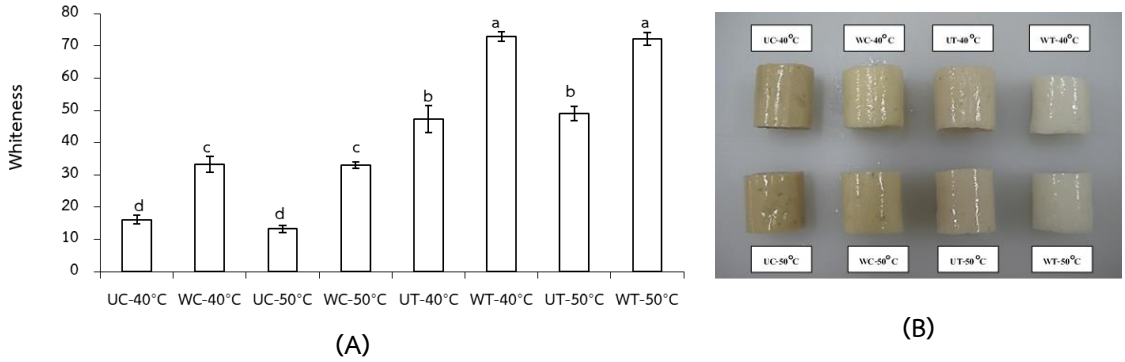


Figure 2 Whiteness (A) and photograph (B) of minced-gel from Hybrid catfish and Nile Tilapia

[a–d] Different letters in the column represent significant differences ($p \leq 0.05$)

สรุป

การล้างและอุณหภูมิมีต่อการเกิดเจลของเนื้อปลาดุกอุยเทศและปลานิลบด โดยการเกิดเจลของเนื้อปลาดุกอุยเทศและปลานิลบดที่ผ่านการล้างด้วยน้ำเกลือร้อยละ 0.3 จำนวน 2 ครั้ง และให้ความร้อนในขั้นตอนการเซ็ทตัวที่อุณหภูมิ 40 และ 50 °ซ นาน 20 นาที พบว่าเจลที่ได้มีค่าความแข็งแรงของเจลและค่าความยืดหยุ่นมีแนวโน้มเพิ่มขึ้น ยกเว้นชุดการทดลองที่ใช้เนื้อปลาดุกอุยเทศบดและให้อุณหภูมิที่ 50 °ซ ซึ่งพบว่าเจลที่ได้มีความแข็งแรงและความยืดหยุ่นลดลง สำหรับค่าความขาวพบว่าการล้างมีผลต่อค่าความขาวของเจลของปลาทั้งสองชนิด ($p<0.05$) โดยเจลที่เตรียมจากเนื้อปลานิลบดที่ผ่านการล้างด้วยน้ำเกลือร้อยละ 0.3 มีค่าความขาวสูงสุด อย่างไรก็ตามพบว่าอุณหภูมิไม่มีผลต่อค่าความขาวของเจลที่เตรียมจากเนื้อปลาทั้งปลาดุกอุยเทศและปลานิลที่สภาวะเดียวกัน จากผลการทดลองดังกล่าวสามารถนำไป

ประยุกต์ใช้ในกระบวนการพัฒนาผลิตภัณฑ์ขึ้นรูปจากเนื้อปลาบดที่ต้องการความยืดหยุ่นของผลิตภัณฑ์ เช่น ผลิตภัณฑ์ลูกชิ้น ปลายอ และเต้าหู้ปลา เป็นต้น

คำขอบคุณ

ขอขอบคุณมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลอีสานที่ให้ทุนสนับสนุนการทำวิจัยครั้งนี้

เอกสารอ้างอิง

จักรินทร์ ตรีอินทอง และ จิราพร รุ่งเลิศเกรียงไกร. 2563. ผลของสภาวะการล้างและการให้ความร้อนต่อสมบัติของเจลปลาดุกบิ๊กอุย (*Clarias macrocephalus x C. gariepinus*). วารสารวิจัยมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลตะวันออก. 13: 82-91.

ปราณิศา เชื้อโพธิ์หัก นงนุช รักสกุลไทย และ วันชัย วรวัฒนเมธีกุล. 2543. การพัฒนาผลิตภัณฑ์ไส้กรอกปลาและอายุการเก็บรักษา. วารสารอาหาร. 30: 261-273.

เพิ่มพูน ศักดิ์เกษม . 2531. ปลานิล. พิมพ์ครั้งที่ 1. ศูนย์ส่งเสริมและพัฒนาอาชีพการเกษตร กรุงเทพมหานคร.

สุทธวัฒน์ เบญจกุล. 2548. เคมีและคุณภาพสัตว์น้ำ. พิมพ์ครั้งที่ 1. สำนักพิมพ์โอเดียนสโตร์.กรุงเทพมหานคร.

สุทธวัฒน์ เบญจกุล. 2549. ซูริมิ. พิมพ์ครั้งที่ 1. สำนักพิมพ์โอเดียนสโตร์.กรุงเทพมหานคร.

อมรรัตน์ ถนนแก้ว ถาวร จันทโชติ ผุสดี ตังควัชรินทร์ วราภรณ์ เรืองรัตน์ และ อารีรัตน์ อักษรเนียม. มปป. องค์ประกอบทางเคมีของปลาดุกธรรมชาติ (*Clarias macrocephalus*) และปลาดุกเลี้ยง (hybrid, *Clarias macrocephalu* x *Clarias gariepinus*). 33rd Congress on Science and Technology of Thailand.

อรวรรณ คงพันธุ์ รัศมีพร จิระเดชประไพ และ ประทุมวัลย์ สงคง. 2549. การพัฒนาผลิตภัณฑ์เนื้อปลาบดจากปลาดุกอุยเทศ. การประชุมวิชาการกรมประมง. 215-230.

A.O.A.C. 2000. Official Method of Analysis of the Association Official Analytical Chemists. 17thed. The association of Official Analytical Chemist, Inc. Washington, D. C.

Benjakul, S., W. Visessanguan, and C. Srivilai. 2001. Porcine plasma protein as proteinase inhibitor in bigeye snapper (*Priacanthus tayenus*) muscle and surimi. Journal of the Science of Food and Agriculture. 81: 1039-1046.

Chomnawang, C., K. Nantachai, J. Yongsawatdigul, and S. Thawornchinsombut. 2008. Hybrid catfish gel formation and its textural properties. RMUTI Journal. 1: 6-26.

Ko W, C. Yub, C. C. and K. C. Hsu. 2007. Changes in conformation and sulfhydryl groups of tilapia actomyosin by thermal treatment. Journal of Food Science and Technology. 40: 1316–1320.

Lee, C. M. 1984. Surimi process technology. Food Technology. 38: 69-80.

Luo, Y., H. Shen, D. Pan, and G. Bu. 2008. Gel properties of surimi from silver carp (*Hypophthalmichthys molitrix*) as affected by heat treatment and soy protein isolate. Food Hydrocolloids. 22: 1513-1519.

Park, J. W. 1994. Functional protein additives in surimi gels. Journal of Food Science. 59: 525–527.

Rawdkuen, S., and S. Benjakul. 2008. Whey protein concentrate: Autolysis inhibition and effects on the gel properties of surimi prepared from tropical fish. Food Chemistry. 106: 1077-1084.

Sano, T., .F. Noguchi, SJ.J. Matsumoto, and T. Tsuchiya. 1990. Thermal gelation characteristics of myosin sub-fragments. Journal of Food Science. 55: 55.

Toyoda, K., I. Kimura, T. Fujita, S.F. Noguchi, and M.C. Lee. 1992. The surimi manufacturing process In Surimi Technology. T.C. Lanier and M.C. Lee (eds). Marcel Dekker, Inc. New York.

Wanger, G. N., S. K. Balfry, D. A. Higgs, S. P. Lall, and A. P. Farrell. 2004. Dietary fatty acid composition affects the repeat swimming performance of Atlantic salmon in seawater. Comparative Biochemistry and Physiology Part A: Molecular & Integrative Physiology. 137: 567-576.