เอกสารวิชาการฉบับที่ ๒/๒๕๖๒ Technical Paper No. 2/2019

# การผลิตและคุณภาพของเนื้อปลายี่สกเทศบด
# Production and Quality of Minced Rohu (*Labeo rohita*)

อาภานวล ธนะศรีสุธารัตน์ Arphanuan Thanasrisutarat
สุทธินี สีสังข์ Sutthinee Seesung
วัชรี คงรัตน์ Watcharee Kongrat

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

เอกสารวิชาการฉบับที่ ๒/๒๕๖๒ Technical Paper No. 2/2019

# การผลิตและคุณภาพของเนื้อปลายี่สกเทศบด
# Production and Quality of Minced Rohu (*Labeo rohita*)

อาภานวล ธนะศรีสุธารัตน์ Arphanuan Thanasrisutarat
สุทธินี สีสังข์ Sutthinee Seesung
วัชรี คงรัตน์ Watcharee Kongrat

กองวิจัยและพัฒนาเทคโนโลยีอุตสาหกรรมสัตว์น้ำ Fisheries Industrial Technology Research and Development Division
กรมประมง Department of Fisheries
๒๕๖๒ 2019
รหัสทะเบียนวิจัย 60-1-0504-60054

# สารบาญ


| | หน้า |
|---|---|
| บทคัดย่อ | 1 |
| Abstract | 2 |
| คำนำ | 3 |
| วัตถุประสงค์ | 5 |
| วิธีดำเนินการ | 6 |
| ผลการทดลองและวิจารณ์ผล | 15 |
| สรุปผลการทดลอง | 22 |
| คำขอบคุณ | 23 |
| เอกสารอ้างอิง | 23 |
| ภาคผนวก | 26 |

# สารบาญตาราง


| ตารางที่ | | หน้า |
|---|---|---|
| 1 | ร้อยละผลผลิตและความชื้นของเนื้อปลายี่สกเทศบดที่ผลิตโดยใช้เครื่อง Hydraulic press และเครื่อง Strainer ขนาดเล็ก | 15 |
| 2 | ร้อยละผลผลิตและความชื้นของเนื้อปลายี่สกเทศบดที่ผลิตโดยใช้เครื่อง Screw press และเครื่อง Strainer ขนาดใหญ่ | 16 |
| 3 | ลักษณะเนื้อสัมผัสของเจลปลายี่สกเทศบดที่ผลิตโดยใช้เครื่อง Hydraulic press และเครื่อง Strainer ขนาดเล็ก | 17 |
| 4 | ค่าสีของเจลปลายี่สกเทศบดที่ผลิตโดยใช้เครื่อง Hydraulic press และเครื่อง Strainer ขนาดเล็ก | 18 |
| 5 | ลักษณะเนื้อสัมผัสของเจลปลายี่สกเทศบดที่ผลิตโดยใช้เครื่อง Screw press และเครื่อง Strainer ขนาดใหญ่ | 18 |
| 6 | ค่าสีของเจลปลายี่สกเทศบดที่ผลิตโดยใช้เครื่อง Screw press และเครื่อง Strainer ขนาดใหญ่ | 19 |
| 7 | ผลวิเคราะห์ทางเคมีของเนื้อปลายี่สกเทศบดที่ผลิตโดยใช้เครื่อง Hydraulic press และเครื่อง Strainer ขนาดเล็ก | 20 |
| 8 | ผลวิเคราะห์ทางเคมีของเนื้อปลายี่สกเทศบดที่ผลิตโดยใช้เครื่อง Screw press และเครื่อง Strainer ขนาดใหญ่ | 21 |
| 9 | ผลวิเคราะห์ทางจุลชีววิทยาของเนื้อปลายี่สกเทศบดที่ผลิตโดยใช้เครื่อง Hydraulic press และเครื่อง Strainer ขนาดเล็ก | 21 |
| 10 | ผลการทดสอบทางประสาทสัมผัสของลูกชิ้นปลายี่สกเทศที่ผลิตเนื้อปลายี่สกเทศบดโดยใช้เครื่อง Hydraulic press และเครื่อง Strainer ขนาดเล็ก | 22 |
| 11 | ผลการทดสอบทางประสาทสัมผัสของลูกชิ้นปลายี่สกเทศที่ผลิตเนื้อปลายี่สกเทศบดโดยใช้เครื่อง Screw press และเครื่อง Strainer ขนาดใหญ่ | 22 |

# สารบาญภาพ


| ภาพที่ | | หน้า |
|---|---|---|
| 1 | ปลายี่สกเทศ (*Labeo rohita*) | 6 |
| 2 | อุปกรณ์และเครื่องมือที่ใช้ในการผลิต | 8 |
| 3 | วิธีการผลิตเนื้อปลายี่สกเทศบด | 10 |
| 4 | การเตรียมตัวอย่างเจลเพื่อทดสอบทางกายภาพ | 11 |
| 5 | ตัวอย่างเจลปลายี่สกเทศบดที่ใช้ในการทดสอบความแข็งแรงของเจล | 12 |
| 6 | ตัวอย่างเจลปลายี่สกเทศบดที่ใช้ในการทดสอบการพับ วิเคราะห์ค่าสีและค่าดัชนีความขาว | 12 |
| 7 | การทดสอบการพับเจล | 13 |
| 8 | การผลิตลูกชิ้นจากเนื้อปลายี่สกเทศบด | 14 |
| 9 | ลักษณะลูกชิ้นที่นำมาทดสอบทางประสาทสัมผัส | 15 |
| 10 | ลักษณะคราบไขมันลอยขึ้นด้านบนของผิวน้ำ ในขั้นตอนการล้างน้ำ | 19 |

ภาพผนวก

| | | |
|---|---|---|
| | แบบทดสอบทางประสาทสัมผัสผลิตภัณฑ์ลูกชิ้นปลา | 26 |

# การผลิตและคุณภาพของเนื้อปลายี่สกเทศบด

**อาภานวล ธนะศรีสุธารัตน์* สุทธินี สีสังข์ และ วัชรี คงรัตน์**
กองวิจัยและพัฒนาเทคโนโลยีอุตสาหกรรมสัตว์น้ำ

## บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาผลของการล้างเนื้อปลาและการใช้เครื่องจักรต่อร้อยละผลผลิต (% Yield) และคุณภาพของเนื้อปลายี่สกเทศบด โดยแปรจำนวนครั้งในการล้างที่แตกต่างกันและขนาดของเครื่องจักร 2 ขนาด กรณีการผลิตเนื้อปลาบดปริมาณน้อยใช้เครื่องจักรขนาดเล็ก ได้แก่ ตัวอย่างไม่ล้างน้ำ (UWS) ที่ผ่านการแยกก้างละเอียดด้วยเครื่อง Strainer ขนาดเล็ก ตัวอย่างล้างน้ำ 1 ครั้ง (W1S) และตัวอย่างล้างน้ำ 2 ครั้ง (W2S) ผ่านการบีบน้ำออกจากเนื้อปลาด้วยเครื่อง Hydraulic press และแยกก้างละเอียดด้วยเครื่อง Strainer ขนาดเล็ก ส่วนการผลิตเนื้อปลาบดปริมาณมากใช้เครื่องจักรขนาดใหญ่ ได้แก่ ตัวอย่างไม่ล้างน้ำ (UWB) ที่ผ่านการแยกก้างละเอียดด้วยเครื่อง Strainer ขนาดใหญ่ และตัวอย่างล้างน้ำ 1 ครั้ง (W1B) ผ่านการบีบน้ำออกจากเนื้อปลาด้วยเครื่อง Screw press และแยกก้างละเอียดด้วยเครื่อง Strainer ขนาดใหญ่ จากนั้นคำนวณหา % Yield ของเนื้อปลาบด รวมทั้งวิเคราะห์คุณภาพทางกายภาพ เคมี จุลชีววิทยา และการทดสอบทางประสาทสัมผัส ผลการทดลองผลิตเนื้อปลายี่สกเทศบดปริมาณน้อยด้วยเครื่องจักรขนาดเล็ก พบว่า % Yield ของ UWS, W1S และ W2S มีค่าร้อยละ 19.16$\pm$1.56, 12.37$\pm$1.44 และ 10.30$\pm$1.54 ตามลำดับ ตัวอย่างที่มีจำนวนครั้งในการล้างน้ำเพิ่มขึ้นมีค่า Gel Strength ลดลง แต่มีค่าดัชนีความขาวสูงขึ้นแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ($p\leq0.05$) ผลการวิเคราะห์ทางเคมี พบว่า UWS มี pH ต่ำกว่า และมีปริมาณไขมันสูงกว่า W1S และ W2S แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ($p\leq0.05$) ผลการวิเคราะห์ทางจุลชีววิทยา พบว่าทั้ง 3 ตัวอย่างมี Total Viable Count แตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญ ($p>0.05$) ส่วนผลการทดสอบทางประสาทสัมผัสของลูกชิ้นปลาที่ผลิตจากเนื้อปลาบด ผู้ทดสอบให้คะแนนด้านกลิ่นของ UWS, W1S และ W2S มีความแตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญ ($p>0.05$) แต่คะแนนด้านเนื้อสัมผัส และความชอบโดยรวมของ UWS มีคะแนนมากกว่า W1S และ W2S แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ($p\leq0.05$) ส่วนคะแนนด้านสีพบว่า UWS มีคะแนนน้อยกว่า W1S และ W2S แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ($p\leq0.05$) สำหรับการทดลองผลิตเนื้อปลายี่สกเทศบดปริมาณมากโดยใช้เครื่องจักรขนาดใหญ่ พบว่า % Yield ใน UWB และ W1B มีค่าร้อยละ 27.58 และ 9.17 ตามลำดับ UWB มีค่า Gel Strength สูงกว่า W1B และมีค่าดัชนีความขาวต่ำกว่า W1B แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ($p\leq0.05$) ผลการวิเคราะห์ทางเคมี พบว่า W1B มี pH สูงกว่า และมีปริมาณความชื้นต่ำกว่า UWB แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ($p\leq0.05$) ส่วนผลการทดสอบทางประสาทสัมผัสของลูกชิ้นปลา ผู้ทดสอบให้คะแนนด้านสี และกลิ่นของทั้ง 2 ตัวอย่างมีความแตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญ ($p>0.05$) แต่คะแนนด้านเนื้อสัมผัส และความชอบโดยรวมของ UWB มีคะแนนมากกว่า W1B แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ($p\leq0.05$)

**คำสำคัญ:** ปลายี่สกเทศ เนื้อปลาบด การล้าง เครื่องบีบน้ำ เครื่องแยกเอ็นและเกล็ด

* ผู้รับผิดชอบ: เกษตรกลาง เขตจตุจักร กรุงเทพฯ ๑๐๙๐๐ โทร. ๐ ๒๙๔๐ ๖๑๓๐-๔๕
e-mail: arphanuan@gmail.com

# Production and Quality of Minced Rohu (*Labeo rohita*)

**Arphanuan Thanasrisutarat* Sutthinee Seesung and Watcharee Kongrat**
Fisheries Industrial Technology Research and Development Division

## Abstract

This research aimed to study effects of washing and using machines on percent yield and qualities of minced Rohu. The number of washing (1 and 2 times) and the sizes of machine (small and large scale) were varied. In case of small scale productions, unwashed sample (UWS) was produced by using a low capacity strainer for separating any remaining skin, small bones, tissue and scale. The other samples were washed 1 time (W1S) and 2 times (W2S) and both dewatered by a hydraulic press machine and passed to the low capacity strainer in order to remove any remaining skin, small bones, tissue and scale. In case of large scale productions, unwashed sample (UWB) was produced by a screw press machine for dewatering and then was passed to a high capacity strainer. After that, percent yield, physical, chemical, microbiological and sensory qualities of all samples were examined. The result of small scale productions found that percent yield of UWS, W1S and W2S were 19.16$\pm$1.56, 12.37$\pm$1.44 and 10.30$\pm$1.54, respectively. The more washing cycles that applied, the lower gel strength and the higher whiteness index the minced Rohu got ($p \leq 0.05$). As regards chemical qualities, W1S and W2S had higher pH and lower fat than UWS ($p \leq 0.05$). For microbiological quality, total viable count of all samples were not significantly different ($p > 0.05$). The sensory evaluation of fish balls from minced Rohu revealed that odor scores of UWS, W1S and W2S were not significantly different ($p > 0.05$) but texture and overall scores of UWS were higher than those of W1S and W2S ($p \leq 0.05$). Color score of UWS was lower than that of W1S and W2S ($p \leq 0.05$). In addition, the result of large scale productions showed that percent yield of UWB and W1B were 27.58 and 9.17, respectively. UWB had higher gel strength than W1B but UWB had lower whiteness index than W1B ($p \leq 0.05$). The result of chemical and microbiological qualities indicated that W1B had higher pH and lower moisture content than UWB. Moreover, organoleptic properties of fish balls showed that scores of color and odor in both samples were not significantly different ($p > 0.05$) while texture and overall scores of UWB were higher than W1B ($p \leq 0.05$).

**Key words:** Rohu, minced fish, washing, press machine, strainer

* Corresponding author: Kaset Klang, Chatuchak, Bangkok 10900 Tel. 0 2940 6130-45
e-mail: arphanuan@gmail.com

## คำนำ

ปัจจุบันการส่งออกผลิตภัณฑ์อาหารจากเนื้อปลาบดของไทยมีความหลากหลาย เช่น ลูกชิ้นปลา ไส้กรอก ปูอัด และเต้าหู้ปลา จากสถิติการส่งออกลูกชิ้นปลาในปี 2554 มีมูลค่าประมาณ 25 พันล้านบาท สูงขึ้นจากปี 2552 ที่มีมูลค่าประมาณ 20 พันล้านบาท (กระทรวงการคลัง, 2562) โดยส่วนใหญ่วัตถุดิบที่นิยมใช้ในการผลิตเนื้อปลาบดคือปลาทะเล ซึ่งในช่วงปี ค.ศ. 1970-2010 ปลาทะเลทั่วโลกมีปริมาณลดลงร้อยละ 50 (Tanzer *et al*., 2015) ทำให้ปลาทะเลที่นำมาใช้เป็นวัตถุดิบเนื้อปลาบดหาได้ยากขึ้น และมีราคาแพง การนำปลาน้ำจืดจากการเพาะเลี้ยงมาใช้ในการผลิตเนื้อปลาบด จึงเป็นทางเลือกให้แก่ผู้ผลิตและผู้บริโภค

ปลายี่สกเทศ (Rohu*, Labeo rohita*) อยู่ในตระกูล Cyprinidae กลุ่ม Indian Carps หรือกลุ่มปลาตะเพียนขาว มีถิ่นกำเนิดในประเทศอินเดีย มีลักษณะลำตัวเรียวแบน หัวค่อนข้างโต ปากแคบ ริมฝีปากหนา มีหนวดสั้นอยู่มุมปากบน 1 คู่ ลำตัวด้านหลังมีสีน้ำเงินปนเทา ด้านข้างมีสีน้ำเงิน และจางลงจนถึงส่วนท้อง เกล็ดตามแนวเส้นลำตัวมีจุดสีแดง ครีบทุกครีบมีสีชมพูอ่อน กินแพลงก์ตอนและพืชน้ำขนาดเล็กเป็นอาหาร (สันทนา, 2527) ปัจจุบันปลายี่สกเทศได้แพร่ขยายไปทั่วทุกภาคของประเทศไทย โดยกรมประมงสนับสนุนการเพาะเลี้ยง เนื่องจากเลี้ยงง่าย โตเร็ว และมีเนื้อเยอะ (มานพ และคณะ, 2528) นอกจากนี้ยังเป็นปลาที่มีไขมันต่ำ (เขมวัลย์, 2545) แต่มีก้างแทรกอยู่ในเนื้อปลา ราคาถูก ประมาณ 30-45 บาท/กิโลกรัม นิยมนำมาขูดเอาแต่เนื้อผสมกับเนื้อปลาอื่น ๆ เพื่อทำเนื้อปลาบดจำหน่าย หรือนำมาแปรรูปเป็นลูกชิ้นปลา แหนมปลา และทอดมันปลา เป็นต้น ซึ่งเนื้อปลาบดจากปลายี่สกเทศผลิตมากในเขตภาคกลาง เช่น จังหวัดสิงห์บุรี อ่างทอง และสุพรรณบุรี

การผลิตเนื้อปลาบดมีหลายขั้นตอน ซึ่งเนื้อปลาที่ได้มาจากแต่ละขั้นตอนเรียกชื่อแตกต่างกัน โดยการนำปลามาขอดเกล็ด ตัดหัว ควักไส้ แยกก้างและหนังออก แล้วนำไปบดให้มีขนาดเล็กลง เรียกว่าเนื้อปลาบด (Minced Fish) เมื่อนำเนื้อปลาบดไปล้างน้ำเพื่อกำจัดไขมันและส่วนประกอบที่ละลายน้ำได้ เรียกว่าซูริมิสดหรือซูริมิที่ไม่ผ่านการแช่เยือกแข็ง (Fresh Surimi หรือ Raw Surimi หรือ Unfrozen Surimi) ส่วนการนำซูริมิสดไปผสมกับสารป้องกันการเสียสภาพของโปรตีน เช่น น้ำตาลทราย และซอร์บิทอล และนำไปแช่เยือกแข็ง เรียกว่า ซูริมิแช่เยือกแข็ง (Frozen Surimi) (Flick and Martin, 2012) ทั้งนี้ Fresh Surimi มีข้อดีมากกว่า Frozen Surimi เช่น ต้นทุนการผลิตต่ำกว่า เนื่องจากไม่เติมสารป้องกันการเสียสภาพของโปรตีน ไม่มีขั้นตอนการแช่เยือกแข็ง และยังสามารถใช้เป็นวัตถุดิบในผลิตภัณฑ์ที่ไม่ใช้น้ำตาลทรายเป็นส่วนผสม (Pipatsattayanuwong *et al*., 1995) อย่างไรก็ตาม Fresh Surimi มีอายุการเก็บรักษาสั้น ดังนั้นการผลิต Frozen Surimi จึงมีข้อดีในด้านการยืดอายุการเก็บซูริมิให้นานขึ้น ทำให้เหมาะกับการขนส่งที่ต้องใช้ระยะเวลานาน (Park and Morrissey, 2000)

การตรวจสอบคุณภาพของซูริมินั้น อรวรรณ และคณะ (2541) ได้รายงานว่ามีองค์กรซึ่งได้กำหนดวิธีการตรวจสอบหลายองค์กร เช่น The Technical Subcommittee of the Surimi Committee of the National Fisheries Institute ประเทศสหรัฐอเมริกา The Fisheries Agency ประเทศญี่ปุ่น และ FAO/WHO Food Standards Programme, Codex Alimentarius Commission ส่วนวิธีตรวจสอบคุณภาพซูริมิของประเทศไทยนั้น สถาบันวิจัยและพัฒนาอุตสาหกรรมสัตว์น้ำ ได้กำหนดวิธีการตรวจสอบคุณสมบัติด้านองค์ประกอบของซูริมิ ได้แก่ โปรตีน ไขมัน ความชื้น ความเป็นกรดด่าง และสิ่งแปลกปลอม ตามวิธีเดียวกับ The Technical Subcommittee of the Surimi Committee of the National Fisheries Institute ประเทศสหรัฐอเมริกา และกำหนดวิธีการตรวจสอบคุณสมบัติเชิงหน้าที่ ได้แก่ ความแข็งแรงของเจลหรือความเหนียวของเจล (Gel Strength) ค่าสี การทดสอบการพับ (Folding Test) และการทดสอบการกัด (Teeth Cutting) โดยดัดแปลงจากวิธีของ The Fisheries Agency ประเทศญี่ปุ่น นอกจากนี้

สำนักงานมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม (2533) ได้กำหนดมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม เนื้อปลาบด (ซูริมิ) เยือกแข็ง (มอก.935-2533) ตามมาตรฐาน ดังนี้ ลักษณะทั่วไปและกลิ่นรสต้องเป็นตามธรรมชาติของผลิตภัณฑ์ ความเหนียวที่วัดด้วยเครื่อง Rheometer ไม่น้อยกว่า 400 กรัม.เซนติเมตร คะแนนเฉลี่ยการทดสอบการกัดไม่น้อยกว่า 6 ปริมาณความชื้นไม่เกินร้อยละ 80 รวมทั้งกำหนดชนิดและปริมาณวัตถุเจือปนอาหาร สารปนเปื้อน และเชื้อจุลินทรีย์ที่พบได้

สำหรับระดับคุณภาพของซูริมิ พบว่ามีการจัดเกณฑ์โดยองค์กรต่าง ๆ เช่น Japan Frozen Fish Meat Association ส่วนประเทศไทยได้จัดแบ่งระดับคุณภาพของซูริมิแช่เยือกแข็ง (Frozen Surimi) ตามความต้องการของผู้ซื้อ โดยกำหนดเป็น 4 ระดับ ทุกระดับชั้นกำหนดให้มีปริมาณความชื้นอยู่ในช่วงร้อยละ 77-78 และค่าความเป็นกรดด่าง (pH) อยู่ในช่วง 6.5-8 แต่การกำหนดค่า Gel Strength ของแต่ละระดับมีความแตกต่างกัน ระดับชั้นซูริมิที่สูงที่สุด คือ ระดับ SA มีค่า Gel Strength มากกว่า 700 กรัม.เซนติเมตร ระดับ AA, A และ B ค่า Gel Strength 450-700, 350-450 และน้อยกว่า 350 กรัม.เซนติเมตร ตามลำดับ ทั้งนี้การเลือกใช้ซูริมิที่ระดับคุณภาพใดนั้นขึ้นอยู่กับชนิดและคุณภาพของผลิตภัณฑ์ที่ต้องการ (อรวรรณ และคณะ, 2541)

คุณภาพของเนื้อปลาบดและซูริมิขึ้นอยู่กับหลายปัจจัย เช่น วิธีการและจำนวนครั้งในการล้างเนื้อปลาบด ชนิดและความสดของปลา และเครื่องมือและเครื่องจักรที่ใช้ในการผลิต (Hennigar *et al*., 1988) โดยทั่วไป เนื้อปลาบดมักเกิดการเสื่อมสภาพและเน่าเสียจากการเจริญของเชื้อจุลินทรีย์ที่ปนเปื้อนมาจากระบบทางเดินอาหารของปลา และองค์ประกอบของตัวปลา เช่น ไขมัน เลือด และเอนไซม์ ดังนั้นการกำจัดหรือลดปริมาณของปัจจัยดังกล่าวอาจช่วยปรับปรุงคุณภาพเนื้อปลาบดได้ วิธีการที่นิยมปฏิบัติเพื่อเพิ่มคุณภาพของเนื้อปลาบดคือการล้าง (washing) (สุธีรา และอมราภรณ์, 2556)

การล้างเนื้อปลาบดมีข้อดีคือช่วยลดหรือกำจัดปริมาณโปรตีนซาร์โคพลาสมิก (Sarcoplasmic protein) ซึ่งเป็นโปรตีนที่ละลายได้ดีในน้ำและไม่มีคุณสมบัติในการเกิดเจล ทำให้เนื้อปลาบดมีปริมาณโปรตีนไมโอไฟบริลลา (Myofibrillar protein) เข้มข้นขึ้น เนื่องจากเป็นโปรตีนที่ไม่ละลายน้ำ แต่ละลายได้ดีในสารละลายเกลือร้อยละ 1-8 และเป็นโปรตีนที่สามารถเกิดเจล (Gelation) ที่แข็งแรงได้ (Lanier, 2000) การเกิดเจลสามารถเกิดได้โดยการนำเนื้อปลาบดซึ่งมีโปรตีนไมโอไฟบริลลามาสับผสมกับเกลือร้อยละ 2-3 ทำให้โปรตีนบางส่วนแผ่ตัวออก โดยเกลือช่วยในการลดความเสถียรของแรงดึงดูดทางประจุระหว่างโมเลกุลของโปรตีนไมโอไฟบริลลาลง (Suzuki, 1981) เกิดเป็นลักษณะที่เรียกว่าโซล (Sol) เมื่อเกิดการจับตัวกับน้ำ ได้ลักษณะที่เรียกว่าเพส (Paste) และเมื่อนำไปให้ความร้อนเกิดการเปลี่ยนสภาพเป็นเจล (gel) ซึ่งเป็นลักษณะของโปรตีนที่เรียงตัวประสานกันเป็นโครงสร้างร่างแห 3 มิติ มีโมเลกุลของน้ำอยู่ระหว่างร่างแห ทำให้เกิดความสามารถในการอุ้มน้ำ ได้เนื้อสัมผัสที่ยืดหยุ่น (จิรวัฒน์, 2541) การให้ความร้อนมีผลต่อลักษณะของเจลโดยการให้ความร้อนที่อุณหภูมิ 30-50 องศาเซลเซียส เพื่อให้เกิดการจัดโครงสร้างเป็นเจล เจลที่ได้มีลักษณะขุ่น จากนั้นนำมาให้ความร้อนที่อุณหภูมิมากกว่าหรือเท่ากับ 75 องศาเซลเซียสเพื่อให้เจลคงตัวเจลที่ได้มีลักษณะทึบ (Suzuki, 1981) นอกจากนี้ Yongsawatdigul and Park (2004) ได้รายงานว่าเมื่อเก็บรักษาเจลที่ผ่านการให้ความร้อนจนคงตัวแล้วไว้ที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส นาน 18-24 ชั่วโมง พบว่า Gel Strength มีค่าเพิ่มขึ้น การล้างยังสามารถลดปริมาณเชื้อแบคทีเรีย ไขมัน เม็ดสี และสารที่ก่อให้เกิดกลิ่นไม่พึงประสงค์ เช่น สาร formaldehyde ได้ (Flick and Martin, 2012) ในการล้างเนื้อปลาบดนั้น นิยมเติมเกลือร้อยละ 0.3 ของน้ำล้าง ในน้ำล้างครั้งสุดท้าย เพื่อช่วยในการกำจัดน้ำออกจากเนื้อปลาได้ง่ายขึ้น (Dora and Dey, 2008) ส่วนจำนวนครั้งในการล้างเนื้อปลาบดนั้น สุธีรา และอมราภรณ์ (2556) ศึกษาการล้างน้ำเนื้อปลานิลบดจำนวน 2 และ 3 ครั้ง พบว่าจำนวนครั้งในการล้างที่เพิ่มขึ้น ส่งผลให้เจลที่ได้มีความแข็งแรงมากขึ้น เช่นเดียวกับการศึกษาของอรวรรณ และคณะ (2549) ได้ศึกษาค่า Gel Strength ของเนื้อปลาดุกอุยเทศบด

โดยเปรียบเทียบระหว่างเนื้อปลาบดไม่ล้างน้ำ (Minced Fish) และเนื้อปลาบดล้างน้ำ 1 ครั้ง (Fresh Surimi) พบว่าการล้างน้ำส่งผลให้ค่า Gel Strength มีค่าสูงขึ้น อย่างไรก็ตาม เชาวนีย์ (2543) ได้รายงานว่าจำนวนครั้งในการล้างที่เพิ่มขึ้นส่งผลให้ % Yield ลดน้อยลง 30-50 สุวรรณ และคณะ (2542) รายงานว่าเมื่อนำปลานิลมาผลิตเป็นเนื้อปลาบด (Minced Fish) พบว่าได้ % Yield ของเนื้อปลาบด 24.07 แต่เมื่อนำเนื้อปลาบดมาล้างน้ำ 3 ครั้ง (Fresh Surimi) % Yield ของเนื้อปลาบดลดลงเหลือ 12.11 เมื่อทดลองผลิตซูริมิแช่เยือกแข็ง (Frozen Surimi) ซึ่งมีการเติมสารป้องกันการเสียสภาพของโปรตีนทำให้ % Yield เพิ่มขึ้นเล็กน้อยเป็น 12.51 นุชนารถ (2550) ได้ศึกษาเนื้อปลานวลจันทร์น้ำจืดบดไม่ล้างน้ำ เปรียบเทียบกับเนื้อปลาบดล้างน้ำ 1 ครั้ง และเนื้อปลาบดล้างน้ำ 2 ครั้ง พบว่าเนื้อปลาบดมีค่า Gel Strength ลดลงอย่างมีนัยสำคัญ เช่นเดียวกับการล้างเนื้อปลาสวายบดในการศึกษาของ Tanuja *et al.* (2014) พบว่าตัวอย่างเนื้อปลาสวายบดที่ล้างน้ำ 2 ครั้ง มีค่า Gel Strength ต่ำกว่าการล้างน้ำ 1 ครั้ง และการศึกษาของ Murthy and Rajanna (2011) ได้ทดลองเปรียบเทียบเนื้อปลานิลบดไม่ล้างน้ำ และเนื้อปลานิลบดล้างน้ำ 3 ครั้ง พบว่าเนื้อปลานิลบดไม่ล้างน้ำมีค่า Gel Strength สูงที่สุด

การเลือกใช้เครื่องจักรในการผลิตเนื้อปลาบดและซูริมิ ควรคำนึงถึงความเหมาะสมของปริมาณการผลิต ความสามารถของผู้ใช้เครื่องจักร และงบประมาณในการจัดหาเครื่องจักร ทั้งนี้เครื่องจักรแต่ละประเภทมีประสิทธิภาพที่แตกต่างกัน โดยในขั้นตอนการกำจัดน้ำหรือการบีบน้ำ (Dewatering) นั้นมีการใช้เครื่องจักรชนิดต่าง ๆ เช่น เครื่อง Centrifuge โดยใช้การหมุนเหวี่ยงด้วยความเร็วจนเกิดแรงหนีศูนย์กลาง (Centrifugal Force) เพื่อให้ของเหลวแยกออกจากของแข็ง (Majekodunmi, 2015) ซึ่งเป็นวิธีที่ใช้ในอดีตมีกำลังการผลิตต่ำ และเป็นขั้นตอนที่มีความล่าช้าที่สุดในอุตสาหกรรมการผลิตซูริมิ (Flick and Martin, 2012) เครื่อง Hydraulic press เป็นการใช้แรงกดเพื่อแยกของเหลวออกจากของแข็ง (More *et al*., 2015) ซึ่งเป็นการผลิตที่แยกออกเป็นแต่ละรุ่นของการผลิต (Batch) ส่วนการใช้เครื่องบีบน้ำแบบเกลียวอัด (Screw press) โดยการบีบอัดเพื่อแยกของเหลวออกจากของแข็งด้วยการบิดของเกลียวสกรู (Wessapan *et al*., 2010) ที่มีกำลังการผลิตสูง และเป็นการผลิตแบบต่อเนื่อง (Flick and Martin, 2012) นอกจากนี้ขั้นตอนการแยกก้างเกล็ด อวัยวะภายใน หนัง และเนื้อเยื่อเกี่ยวพันที่เหลืออยู่ในเนื้อปลาบดหลังจากการบีบน้ำมักใช้เครื่องแยกก้างละเอียด (Strainer) โดยขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางของรูไม่ควรเกิน 2 มิลลิเมตร (เชาวนีย์, 2543) ทั้งนี้การผลิตเนื้อปลาบดด้วยเครื่องจักรแต่ละประเภท หรือเครื่องจักรที่มีกำลังการผลิตที่แตกต่างกัน อาจส่งผลต่อ % Yield และคุณภาพของเนื้อปลาบดที่ผลิตได้

ดังนั้น การนำเนื้อปลายี่สกเทศมาเป็นวัตถุดิบสำหรับผลิตผลิตภัณฑ์สัตว์น้ำ เป็นอีกทางเลือกหนึ่งให้กับผู้ประกอบการและเพิ่มมูลค่าให้กับเนื้อปลาน้ำจืดได้ อย่างไรก็ตาม เพื่อให้ทราบถึงความเหมาะสมของวิธีการผลิตเนื้อปลายี่สกเทศที่จะนำไปใช้เป็นวัตถุดิบเนื้อปลาบดเพื่อแปรรูปเป็นผลิตภัณฑ์ต่าง ๆ นั้น จึงจำเป็นต้องศึกษาผลของการล้างเนื้อปลา และการใช้เครื่องจักรต่อ % Yield และคุณภาพของเนื้อปลายี่สกเทศบด

## วัตถุประสงค์

เพื่อศึกษาผลของการล้างเนื้อปลา การใช้เครื่องบีบน้ำและเครื่องแยกก้างละเอียดต่อร้อยละผลผลิตและคุณภาพของเนื้อปลายี่สกเทศบด

## วิธีดำเนินการ

### 1. วัสดุ อุปกรณ์ และเครื่องมือ

1.1 วัตถุดิบ

- ปลายี่สกเทศ ขนาด 1.3-2.3 กิโลกรัม/ตัว จากบ่อเลี้ยงในอำเภอบางคล้า จังหวัดฉะเชิงเทรา เก็บแช่น้ำแข็งในถังฉนวน ควบคุมอุณหภูมิไม่เกิน 5 องศาเซลเซียส ขนส่งทางรถยนต์มายังศูนย์บ่มเพาะผู้ประกอบการแปรรูปสัตว์น้ำ กรมประมง ตำบลบางพึ่ง อำเภอพระประแดง จังหวัดสมุทรปราการ ใช้เวลาขนส่งประมาณ 2 ชั่วโมง (ภาพที่ 1)

**ภาพที่ 1** ปลายี่สกเทศ (*Labeo rohita*)

- ส่วนผสม ได้แก่ เกลือ น้ำตาลทราย และพริกไทยขาว
- ไส้พลาสติก ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 25 มิลลิเมตร ยี่ห้อ Atlantis-PAK

1.2 สารเคมี

- สารเคมี เช่น โซเดียมไฮดรอกไซด์ กรดบอริค โปแตสเซียมซัลเฟต โซเดียมคาร์บอเนต โปแตสเซียมโครเมท ปิโตรเลียมอีเทอร์ กรดซัลฟูริค ซิลเวอร์ไนเตรท คอปเปอร์ซัลเฟต โบรโมไทมอลบลู กรดบอริก
- อาหารเลี้ยงเชื้อ ได้แก่ Plate Count Agar

1.3 อุปกรณ์และเครื่องมือ

1.3.1 อุปกรณ์ผลิตเนื้อปลาบด

- เครื่องขอดเกล็ด (กองวิจัยและพัฒนาเทคโนโลยีอุตสาหกรรมสัตว์น้ำ) มอเตอร์ 1.8 แรงม้า (ภาพที่ 2A)
- เครื่องแยกเนื้อปลาจากก้างและหนัง (Deboner) ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางของรู 5 มิลลิเมตร ยี่ห้อ Bibun รุ่น NDX 103 มอเตอร์ 1.2 แรงม้า (ภาพที่ 2B)
- เครื่องบีบน้ำแบบ Hydraulic press ยี่ห้อ Kawanishi รุ่น Kawanishi TK-5 มอเตอร์ 1 แรงม้า (ภาพที่ 2C)
- เครื่องบีบน้ำแบบ Screw Press ยี่ห้อ Bibon มอเตอร์ 1.9 แรงม้า ความยาวเกลียวอัด 95 เซนติเมตร (ภาพที่ 2D)

- เครื่องแยกก้างละเอียด ขนาดเล็ก (Strainer) ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางของรู 2 มิลลิเมตร ยี่ห้อ Bibun มอเตอร์ 2.7 แรงม้า (ภาพที่ 2E)
- เครื่องแยกก้างละเอียด ขนาดใหญ่ (Strainer) ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางของรู 2 มิลลิเมตร ยี่ห้อ Bibun รุ่น SUM420 มอเตอร์ 4.3 แรงม้า (ภาพที่ 2F)
- ตาข่ายไนลอนขนาด 16 ช่อง/ตารางนิ้ว (ภาพที่ 2G)

1.3.2 อุปกรณ์ผลิตลูกชิ้นปลา

- เครื่องนวดผสม หัวใบพาย ยี่ห้อ Bear (ภาพที่ 2H)

1.3.3 อุปกรณ์เตรียมตัวอย่างเพื่อทดสอบทางกายภาพ

- เครื่องสับผสมอาหารแบบสุญญากาศ (Vacuum cutter-mixer machine) ยี่ห้อ Stephan รุ่น UM 5 Universal (ภาพที่ 2I)
- เครื่องปิดผนึกสุญญากาศ ยี่ห้อ Hankovac

1.3.4 เครื่องมือที่ใช้ในการวิเคราะห์ทางเคมี

- เครื่องย่อยโปรตีน ยี่ห้อ Buchi รุ่น K-435
- เครื่องกลั่นเพื่อหาปริมาณไนโตรเจน ยี่ห้อ Buchi รุ่น B-324
- เครื่องสกัดไขมัน ยี่ห้อ Tecator รุ่น Soxtec System HT6
- เครื่องวัดความเป็นกรดด่าง (pH meter) ยี่ห้อ Radiometer รุ่น PHM 210
- ตู้อบ (Hot air oven) ยี่ห้อ Termaks รุ่น TS 8265
- เครื่องปั่นผสม (Homogenizer) ยี่ห้อ Ystral รุ่น X10/25

1.3.5 เครื่องมือวิเคราะห์ทางจุลชีววิทยา

- เครื่องตีผสม ยี่ห้อ AES Chemunex รุ่น Smasher
- เครื่องชั่ง ยี่ห้อ Sartorius รุ่น CP 3202S
- ตู้บ่มเชื้อ ยี่ห้อ Memmert รุ่น UNE 200-800

1.3.6 เครื่องมือวิเคราะห์ทางกายภาพ

- เครื่องวัดเนื้อสัมผัส (Texture analyser) ยี่ห้อ Stable Micro System รุ่น TA-XT2i
- เครื่องวัดสี ยี่ห้อ Konica Minolta รุ่น CM-5

**ภาพที่ 2** อุปกรณ์และเครื่องมือที่ใช้ในการผลิต

(A) เครื่องขอดเกล็ด (B) เครื่องแยกเนื้อปลาจากก้างและหนัง (Deboner)
(C) เครื่องบีบน้ำแบบ Hydraulic Press (D) เครื่องบีบน้ำแบบ Screw Press
(E) เครื่องแยกก้างละเอียด ขนาดเล็ก (Strainer) (F) เครื่องแยกก้างละเอียด ขนาดใหญ่ (Strainer)
(G) ตาข่ายไนลอนขนาด 16 ช่อง/ตารางนิ้ว (H) เครื่องนวดผสม
(I) เครื่องสับผสมอาหารแบบสุญญากาศ (Vacuum cutter-mixer machine)

## 2. วิธีดำเนินงาน

2.1 การผลิตเนื้อปลายี่สกเทศบด โดยดัดแปลงวิธีการผลิตจากวิธีของอรวรรณ และคณะ (2549) ดังนี้ นำปลามาขอดเกล็ด ตัดหัว ควักไส้ ล้างทำความสะอาด แล่เนื้อปลาเป็นชิ้น ตัดส่วนท้องและเนื้อดำออก จากนั้นแยกก้างและหนังออกด้วยเครื่อง Deboner (ภาพที่ 3) เนื้อปลาที่ได้นำมาล้างน้ำโดยแปรจำนวนครั้งในการล้างน้ำ แบ่งการทดลองเป็น 2 ชุด โดยชุดที่ 1 ผลิตเนื้อปลาบดด้วยเครื่องจักรขนาดเล็ก และชุดที่ 2 ผลิตเนื้อปลาบดด้วยเครื่องจักรขนาดใหญ่ โดยในการทดลองชุดที่ 2 เลือกศึกษาเฉพาะวิธีการผลิตตามข้อ 2.1.1 และ 2.1.2 เนื่องจากในการศึกษาเบื้องต้นพบว่าคุณภาพของเนื้อปลาบดที่ผลิตโดยการล้างน้ำ 1 ครั้ง และการล้างน้ำ 2 ครั้ง มีความแตกต่างกันเล็กน้อย

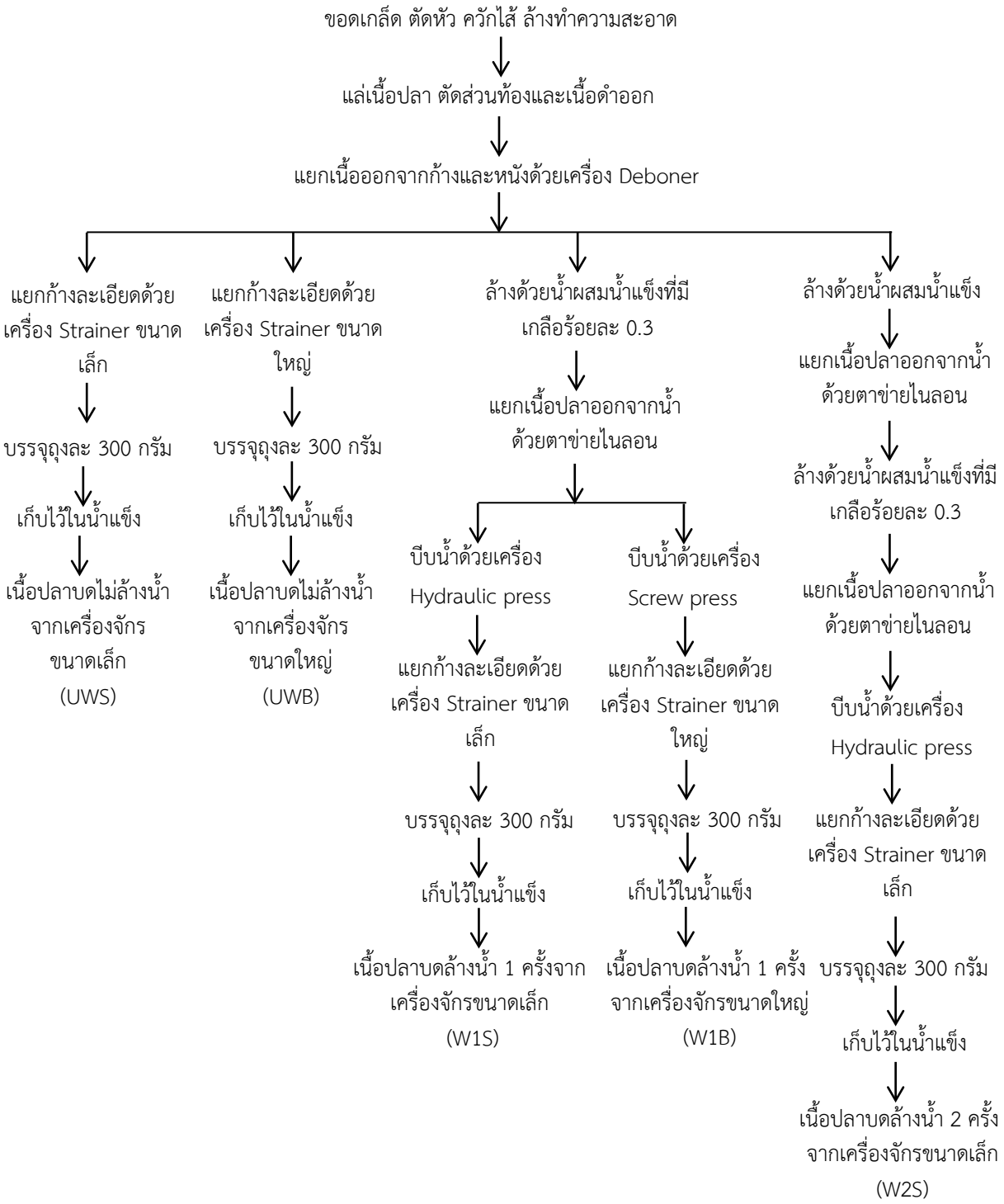
2.1.1 การเตรียมเนื้อปลาบดไม่ล้างน้ำ (Minced Fish)

การผลิตเนื้อปลาบดไม่ล้างน้ำจากเครื่องจักรขนาดเล็ก (UWS) นำเนื้อปลาบดที่ได้จากเครื่อง Deboner ครั้งละ 1-3 กิโลกรัม มาผ่านเครื่อง Strainer ขนาดเล็กเพื่อแยกก้างละเอียด ส่วนการผลิตเนื้อปลาบดไม่ล้างน้ำจากเครื่องจักรขนาดใหญ่ (UWB) นำเนื้อปลาบดที่ได้จากเครื่อง Deboner ครั้งละ 7-10 กิโลกรัม มาผ่านเครื่อง Strainer ขนาดใหญ่ นำเนื้อปลาบดมาบรรจุในถุงพลาสติกชนิด

Nylon/Polyethylene (Nylon/PE) ถุงละ 300 กรัม นำเก็บไว้ในน้ำแข็งที่อุณหภูมิ 0-4 องศาเซลเซียส (ภาพที่ 3) ทดสอบทางกายภาพ เคมี จุลชีววิทยา และประสาทสัมผัส พร้อมทั้งบันทึกน้ำหนักของเนื้อปลาบดที่ได้จากเครื่อง Strainer แต่ละขนาด เพื่อหา % Yield ของเนื้อปลาบดที่ได้โดยเปรียบเทียบกับน้ำหนักวัตถุดิบที่ใช้ทั้งหมด

2.1.2 การเตรียมเนื้อปลาบดล้างน้ำ 1 ครั้ง (Fresh Surimi) โดยนำเนื้อปลาบดที่ได้จากเครื่อง Deboner มาล้างด้วยน้ำผสมน้ำแข็งในอัตราส่วนเนื้อปลาต่อน้ำต่อน้ำแข็ง เท่ากับ 1:2:1 โดยเติมเกลือร้อยละ 0.3 ของน้ำผสมน้ำแข็ง อุณหภูมิน้ำผสมน้ำแข็งอยู่ในช่วง 5-10 องศาเซลเซียส กวนเป็นเวลา 20 นาที และตั้งทิ้งไว้ 10 นาที เพื่อให้เนื้อปลาตกตะกอนและไขมันลอยขึ้นบนผิวน้ำ ตักไขมันที่ลอยขึ้นทิ้ง จากนั้นแยกเนื้อปลาออกจากน้ำล้างด้วยตาข่ายไนลอน 2 ชั้น สำหรับการผลิตเนื้อปลาบดล้างน้ำ 1 ครั้งจากเครื่องจักรขนาดเล็ก (W1S) นำเนื้อปลาไปบีบน้ำออกด้วยเครื่อง Hydraulic press ใช้ความดัน 1.3 MPa แล้วแยกก้างละเอียดด้วยเครื่อง Strainer ขนาดเล็ก ส่วนการผลิตเนื้อปลาบดล้างน้ำ 1 ครั้งจากเครื่องจักรขนาดใหญ่ (W1B) นำเนื้อปลาไปบีบน้ำออกด้วยเครื่อง Screw press ความเร็วรอบเกลียวอัด 0.08 รอบ/นาที ความกว้างรูเปิด (Die opening, $l_{Die}$) 1.4 เซนติเมตร ก่อนแยกก้างละเอียดด้วยเครื่อง Strainer ขนาดใหญ่ นำเนื้อปลาบดบรรจุใส่ถุงพลาสติก เก็บไว้ในน้ำแข็ง (ภาพที่ 3) และจดบันทึกข้อมูลเช่นเดียวกับการเตรียมเนื้อปลาบดไม่ล้างน้ำ

2.1.3 การเตรียมเนื้อปลาบดล้างน้ำ 2 ครั้ง (Fresh Surimi) จากเครื่องจักรขนาดเล็ก (W2S) โดยล้างเนื้อปลาที่ได้จากเครื่อง Deboner ครั้งแรกด้วยน้ำผสมน้ำแข็งในอัตราส่วนเนื้อปลาต่อน้ำต่อน้ำแข็ง เท่ากับ 1:2:1 อุณหภูมิน้ำผสมน้ำแข็งอยู่ในช่วง 5-10 องศาเซลเซียส กวนเป็นเวลา 20 นาที และตั้งทิ้งไว้ 10 นาที แยกเนื้อปลาออกจากน้ำโดยผ่านตาข่ายไนลอน และล้างครั้งที่ 2 ด้วยวิธีการเดียวกับการล้างครั้งแรก แต่ใช้น้ำผสมน้ำแข็งที่มีเกลือละลายอยู่ร้อยละ 0.3 นำเนื้อปลามาบีบเอาน้ำออกด้วยเครื่อง Hydraulic press ใช้ความดัน 1.3 MPa ก่อนผ่าน Strainer ขนาดเล็ก จากนั้นบรรจุเนื้อปลาที่ได้ใส่ถุงพลาสติก เก็บไว้ในน้ำแข็ง (ภาพที่ 3) และจดบันทึกข้อมูลเช่นเดียวกับการเตรียมเนื้อปลาบดไม่ล้างน้ำ




**ภาพที่ 3** วิธีการผลิตเนื้อปลายี่สกเทศบด

2.2 การตรวจวิเคราะห์คุณภาพของเนื้อปลายี่สกเทศบด

2.2.1 การตรวจวิเคราะห์ทางกายภาพ ตรวจวัดความเหนียวโดยการทดสอบความแข็งแรงของเจล (Gel Strength) การทดสอบการพับ (Folding Test) การวัดสี และค่าดัชนีความขาว (Whiteness Index) ดัดแปลงจากวิธีของอรวรรณ และคณะ (2541) โดยมีวิธีการดังนี้

- การเตรียมตัวอย่างเจลเพื่อทดสอบทางกายภาพ นำตัวอย่างเนื้อปลาบด UWS, W1S, W2S, UWB และ W1B มานวดผสมกับเกลือร้อยละ 3 นาน 8 นาที ด้วยเครื่องสับผสมอาหารแบบ

สุญญากาศ อัดเนื้อปลาที่นวดใส่ในไส้พลาสติก ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 25 มิลลิเมตร ยาว 20 เซนติเมตร จากนั้นมัดหัวท้ายให้แน่น จำนวน 4-5 แท่งต่อตัวอย่าง นำไปต้มที่อุณหภูมิ 40±2 องศาเซลเซียส นาน 20 นาที แล้วต้มที่อุณหภูมิ 90±2 องศาเซลเซียส นาน 20 นาที แช่ในน้ำเย็น อุณหภูมิ 5±2 องศาเซลเซียส นาน 30 นาที แล้วเก็บในน้ำแข็ง อุณหภูมิ 0-4 องศาเซลเซียส นานประมาณ 22 ชั่วโมง นำตัวอย่างเจลตรวจวิเคราะห์คุณภาพทางกายภาพของเนื้อปลายี่สกเทศบดต่อไป โดยเอาตัวอย่างออกมาวางไว้ที่อุณหภูมิห้อง นานประมาณ 60 นาที ก่อนการตรวจวิเคราะห์ (ภาพที่ 4)

นวดผสมเนื้อปลาบดกับเกลือร้อยละ 3 นาน 8 นาที ด้วยเครื่องสับผสมอาหารแบบสุญญากาศ

↓

อัดเนื้อปลาใส่ไส้พลาสติก ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 25 มิลลิเมตร ยาว 20 เซนติเมตร มัดหัวท้ายให้แน่น

↓

ต้มที่อุณหภูมิ 40 องศาเซลเซียส นาน 20 นาที ก่อนนำไปต้มที่อุณหภูมิ 90 องศาเซลเซียส นาน 20 นาที

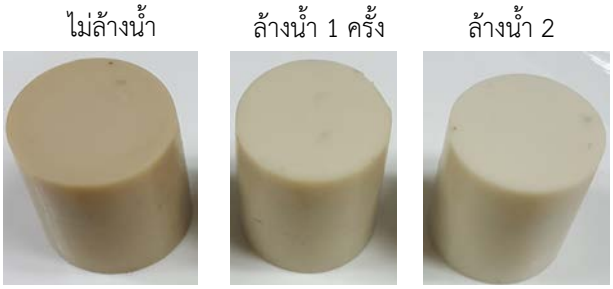
↓

แช่ในน้ำเย็นอุณหภูมิ 5±2 องศาเซลเซียส นาน 30 นาที และนำไปเก็บรักษาในน้ำแข็ง
นานประมาณ 22 ชั่วโมง อุณหภูมิ 0-4 องศาเซลเซียส

**ภาพที่ 4** การเตรียมตัวอย่างเจลเพื่อทดสอบทางกายภาพ

- การทดสอบความแข็งแรงของเจล (Gel Strength) นำตัวอย่างเจลมาตัดเป็นชิ้นหนาชิ้นละ 25 มิลลิเมตร เส้นผ่านศูนย์กลาง 25 มิลลิเมตร (ภาพที่ 5) วัดค่าแรงและระยะทาง ด้วยเครื่อง texture analyzer ใช้หัววัดที่มีหัวกดปลายมนทรงกลมขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 5 มิลลิเมตร ที่ความเร็วคงที่ 1.1 มิลลิเมตร/วินาที ระยะทาง 15 มิลลิเมตร น้ำหนักสูงสุดที่กดคือแรง (Breaking force) หรือค่าความแข็งของเจล (Hardness) แสดงค่าเป็นกรัม และความลึกหรือระยะทางที่หัวกดกดลงไปในตัวอย่างจนเกิดแรงสูงสุด

คือค่าความยืดหยุ่นของเจล (Deformation) แสดงค่าเป็นเซนติเมตร คำนวณค่าความแข็งแรงของเจล (Gel Strength) ได้จากแรงคูณระยะทาง มีหน่วยเป็น กรัม.เซนติเมตร




**ภาพที่ 5** ตัวอย่างเจลปลายี่สกเทศบดที่ใช้ในการทดสอบความแข็งแรงของเจล

- การทดสอบการพับ (Folding Test) นำตัวอย่างเจลมาตัดเป็นชิ้นหนาชิ้นละ 3 มิลลิเมตร เส้นผ่านศูนย์กลาง 25 มิลลิเมตร (ภาพที่ 6) แล้วทดสอบการพับ 4 ส่วน ตามแนวเส้นผ่านศูนย์กลาง (ภาพที่ 7) และประเมินผลดังนี้

ระดับ AA เจลมีความเหนียวดีมาก ไม่แตกเมื่อพับ 4 ส่วน

ระดับ A เจลมีความเหนียวดี ไม่แตกเมื่อพับครึ่ง แต่แตกเล็กน้อยเมื่อพับ 4 ส่วน

ระดับ B เจลมีความเหนียวปานกลาง แตกเล็กน้อยเมื่อพับครึ่ง

ระดับ C เจลมีความเหนียวน้อย แตกเมื่อพับครึ่ง แต่ทั้งสองส่วนยังติดกัน

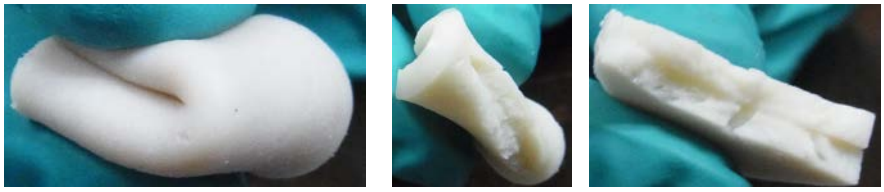
ระดับ D เจลไม่มีความเหนียวเลย แตกขาดออกจากกันเมื่อพับครึ่ง

- การวัดสี และค่าดัชนีความขาว นำตัวอย่างเจลมาตัดเป็นชิ้นหนาชิ้นละ 3 มิลลิเมตร (ภาพที่ 6) วัดสีในระบบ CIE (L*, a* และ b*) ด้วยเครื่องวัดสี โดยค่า L* หมายถึง ค่าความสว่าง มีค่าตั้งแต่ 0 (ดำ) จนถึง 100 (ขาว) ค่า +a* หมายถึง ค่าความเป็นสีแดง ค่า -a* หมายถึง ค่าความเป็นสีเขียว ค่า +b* หมายถึง ค่าความเป็นสีเหลือง และค่า -b* หมายถึง ค่าความเป็นสีน้ำเงิน นำค่าที่ได้มาคำนวณค่าดัชนีความขาว (whiteness Index) ตามสมการ

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

**ภาพที่ 6** ตัวอย่างเจลปลายี่สกเทศบดที่ใช้ในการทดสอบการพับ วิเคราะห์ค่าสีและค่าดัชนีความขาว

ระดับ AA ระดับ C ระดับ D



**ภาพที่ 7** การทดสอบการพับเจล

2.2.2 การตรวจวิเคราะห์ทางเคมี นำตัวอย่าง UWS, W1S และ W2S มาตรวจวิเคราะห์ความชื้นและปริมาณเกลือโซเดียมคลอไรด์ (NaCl) ตามวิธีของ AOAC (2016) ปริมาณโปรตีนด้วยวิธี In-house method ตามหลักการของ AOAC (2016) ปริมาณไขมันโดยใช้การสกัดไขมันด้วยวิธี Bligh and Dyer (1959) ค่าความเป็นกรดด่าง (pH) ตามวิธีของ SEAFDEC (1987) ปริมาณเถ้าด้วยวิธี ISO 936 (1998) ส่วนตัวอย่าง UWB และ W1B นำมาตรวจวิเคราะห์ค่า pH และความชื้น

2.2.3 การตรวจวิเคราะห์ทางจุลชีววิทยา นำตัวอย่างเนื้อปลาบด UWS, W1S, W2S, UWB และ W1B มาตรวจวิเคราะห์ปริมาณจุลินทรีย์ทั้งหมด (Total Viable Count) ตามวิธี BAM (2001)

2.2.4 การทดสอบทางประสาทสัมผัส นำตัวอย่างเนื้อปลาบด UWS, W1S, W2S, UWB และ W1B มาแปรรูปเป็นลูกชิ้นปลา ดัดแปลงสูตรและวิธีการผลิตของกองวิจัยและพัฒนาอุตสาหกรรมสัตว์น้ำ (2558) (ภาพที่ 8 และ 9) โดยนวดผสมเนื้อปลาบดร้อยละ 93.02 นาน 5 นาที ด้วยเครื่องนวดผสมที่ใช้หัวใบพาย ใส่เกลือร้อยละ 2.79 นวดต่อ 5 นาที เติมพริกไทยร้อยละ 0.93 และน้ำตาลทรายร้อยละ 3.26 นวด 15 นาที นำส่วนผสมที่นวดมาปั้นเป็นลูกชิ้นทรงกลมด้วยมือ โดยควบคุมอุณหภูมิส่วนผสมในระหว่างการนวดและที่นวดแล้วจนถึงการปั้นลูกชิ้นที่ 5-10 องศาเซลเซียส จากนั้นนำไปต้มที่อุณหภูมิ 40±2 องศาเซลเซียส นาน 20 นาที แล้วต้มที่อุณหภูมิ 80±2 องศาเซลเซียส นาน 20 นาที นำลูกชิ้นที่ได้แช่ในน้ำเย็นอุณหภูมิ 5±2 องศาเซลเซียส นาน 30 นาที บรรจุในถุงพลาสติกชนิด Nylon/PE เก็บไว้ในน้ำแข็ง อุณหภูมิ 0-4 องศาเซลเซียส นานประมาณ 22 ชั่วโมง ก่อนวิเคราะห์คุณภาพทางประสาทสัมผัส กับผู้ทดสอบที่มีความคุ้นเคยกับผลิตภัณฑ์จำนวน 18 คน ประเมินความชอบด้านสี กลิ่น เนื้อสัมผัส และความชอบโดยรวม ให้คะแนนความชอบแบบ 9-point hedonic scale โดยระดับ 9 = ชอบมากที่สุด 8 = ชอบมาก 7 = ชอบปานกลาง 6 = ชอบเล็กน้อย 5 = เฉย ๆ 4 = ไม่ชอบเล็กน้อย 3 = ไม่ชอบปานกลาง 2 = ไม่ชอบมาก 1 = ไม่ชอบมากที่สุด ดังแสดงในภาพผนวก

นวดผสมเนื้อปลาบด นาน 5 นาที ใส่เกลือ นวด 5 นาที
ใส่พริกไทยและน้ำตาลทราย นวด 15 นาที

↓

ปั้นเป็นลูกชิ้นทรงกลมด้วยมือ

↓

ต้มที่อุณหภูมิ 40±2 องศาเซลเซียส นาน 20 นาที ก่อนต้มที่อุณหภูมิ 80±2 องศาเซลเซียส นาน 20 นาที

↓

แช่ในน้ำเย็น อุณหภูมิ 5±2 องศาเซลเซียส นาน 30 นาที

↓

บรรจุในถุงพลาสติกชนิด Nylon/PE เก็บไว้ในน้ำแข็ง อุณหภูมิ 0-4 องศาเซลเซียส นานประมาณ 22 ชั่วโมง

**ภาพที่ 8** การผลิตลูกชิ้นจากเนื้อปลายี่สกเทศบด

**ภาพที่ 9** ลักษณะลูกชิ้นที่นำมาทดสอบทางประสาทสัมผัส

2.3 การประเมินผลทางสถิติ

วิเคราะห์ค่าทางสถิติแบบสุ่มในบล็อกสมบูรณ์ (Randomized complete block design: RCBD) วิเคราะห์ความแปรปรวนและเปรียบเทียบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยด้วยวิธี Duncan's new multiple rang test (DMRT) ด้วยโปรแกรมวิเคราะห์ทางสถิติ ที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95

## ผลการทดลองและวิจารณ์ผล

**1. ผลของการใช้เครื่องจักรและการล้างต่อร้อยละผลผลิตของเนื้อปลายี่สกเทศบด**

1.1 ร้อยละผลผลิต (% Yield) ของเนื้อปลายี่สกเทศบดที่ผลิตโดยใช้เครื่อง Hydraulic press และเครื่อง Strainer ขนาดเล็ก

จากผลการทดลองพบว่า W1S และ W2S มีค่า % Yield แตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญ ($p>0.05$) UWS มีค่า % Yield สูงกว่า W1S และ W2S อย่างมีนัยสำคัญ ($p\leq0.05$) (ตารางที่ 1) อาจเนื่องจากการล้างเนื้อปลาได้ชะล้างไขมัน โปรตีนที่ละลายน้ำได้ และเลือดออกจากเนื้อปลา จึงทำให้น้ำหนักของตัวอย่างลดลง สอดคล้องกับการศึกษาของสุวรรณ และคณะ (2542) ซึ่งรายงานว่าเมื่อนำปลานิลมาผลิตเป็นเนื้อปลาบดได้ % Yield เท่ากับ 24.07 แต่เมื่อนำเนื้อปลาบดมาล้างน้ำ 3 ครั้ง % Yield ลดลงเหลือ 12.11

**ตารางที่ 1** ร้อยละผลผลิตและความชื้นของเนื้อปลายี่สกเทศบดที่ผลิตโดยใช้เครื่อง Hydraulic press และเครื่อง Strainer ขนาดเล็ก

| รายละเอียด | UWS | W1S | W2S |
|---|---|---|---|
| ร้อยละผลผลิต | $19.16\pm1.56^{b}$ | $12.37\pm1.44^{a}$ | $10.30\pm1.54^{a}$ |
| ความชื้น (ร้อยละ) | $80.87\pm1.19^{a}$ | $81.24\pm0.98^{a}$ | $80.35\pm1.93^{a}$ |

[a, b] ค่าเฉลี่ยที่มีตัวอักษรยกกำลังต่างกันในแถวเดียวกัน แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ($p\leq0.05$)

หมายเหตุ UWS คือ ตัวอย่างเนื้อปลาบดไม่ล้างน้ำ ผลิตปริมาณน้อยด้วยเครื่องจักรขนาดเล็ก
W1S คือ ตัวอย่างเนื้อปลาบดล้างน้ำ 1 ครั้ง ผลิตปริมาณน้อยด้วยเครื่องจักรขนาดเล็ก
W2S คือ ตัวอย่างเนื้อปลาบดล้างน้ำ 2 ครั้ง ผลิตปริมาณน้อยด้วยเครื่องจักรขนาดเล็ก

1.2 ร้อยละผลผลิต (% Yield) ของเนื้อปลายี่สกเทศบดที่ผลิตโดยใช้เครื่อง Screw press และเครื่อง Strainer ขนาดใหญ่

จากผลการทดลองพบว่า % Yield ของ UWB มีปริมาณมากกว่า W1B โดยมีปริมาณร้อยละ 27.58 และ 9.17 ตามลำดับ (ตารางที่ 2) แสดงให้เห็นว่าการล้างน้ำส่งผลให้ % Yield ลดลง ซึ่งสอดคล้องกับผลการทดลองในข้อ 1.1

**ตารางที่ 2** ร้อยละผลผลิตและความชื้นของเนื้อปลายี่สกเทศบดที่ผลิตโดยใช้เครื่อง Screw press และเครื่อง Strainer ขนาดใหญ่

| รายละเอียด | UWB | W1B |
|---|---|---|
| ร้อยละผลผลิต | 27.58 | 9.17 |
| ความชื้น (ร้อยละ) | 79.60±0.31[b] | 75.29±0.27[a] |

[a, b] ค่าเฉลี่ยที่มีตัวอักษรยกกำลังต่างกันในแถวเดียวกัน แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ($p \leq 0.05$)

หมายเหตุ UWB คือ ตัวอย่างเนื้อปลาบดไม่ล้างน้ำ ผลิตปริมาณมากด้วยเครื่องจักรขนาดใหญ่

W1B คือ ตัวอย่างเนื้อปลาบดล้างน้ำ 1 ครั้ง ผลิตปริมาณมากด้วยเครื่องจักรขนาดใหญ่

**2. ผลของการใช้เครื่องจักรและการล้างต่อคุณภาพของเนื้อปลายี่สกเทศบด**

2.1 ทางกายภาพ

2.1.1 คุณภาพของเนื้อปลายี่สกเทศบดที่ใช้เครื่อง Hydraulic press และเครื่อง Strainer ขนาดเล็ก

- ค่าความแข็งแรงของเจล (Gel Strength) พบว่าจำนวนครั้งในการล้างเนื้อปลาบดที่เพิ่มขึ้น ส่งผลให้ค่า Gel Strength ลดลงอย่างมีนัยสำคัญ ($p \leq 0.05$) (ตารางที่ 3) ทั้งนี้อาจเนื่องมาจากการทำงานของเอนไซม์ที่มีอยู่ตามธรรมชาติในปลา เช่น เอนไซม์ทรานส์กลูตามิเนส (transglutaminase) ซึ่ง Folk and Finlayson (1977) รายงานว่าเอนไซม์ทรานส์กลูตามิเนสสามารถช่วยปรับปรุงคุณภาพของเจลให้ดีขึ้นได้ โดยไปกระตุ้นเอมีนกับโพลีเปปไทด์ให้รวมตัวกันเกิดเป็นพันธะโควาเลนท์ isopeptide หรือ γ-glutamyl polyamide และ Nowsad *et al*. (1994) รายงานว่าเอนไซม์ทรานส์กลูตามิเนสสามารถละลายได้ในน้ำ ทั้งนี้ UWS เป็นตัวอย่างที่ไม่มีขั้นตอนการล้างน้ำ ดังนั้นเอนไซม์ทรานส์กลูตามิเนสจึงไม่ได้ถูกกำจัดออก จึงอาจมีปริมาณของเอนไซม์มากกว่า W1S และ W2S และช่วยทำให้เกิดโครงสร้างของเจลแข็งแรงกว่า ส่วน W1S และ W2S มีการล้างน้ำ ดังนั้นเอนไซม์ทรานส์กลูตามิเนสจึงถูกกำจัดออกไป ค่า Gel Strength จึงมีค่าต่ำกว่า UWS นอกจากนี้ อาจเกิดจากบทบาทของเอนไซม์โปรติเนส (proteinase) ซึ่งเป็นเอนไซม์ที่มีอยู่ตามธรรมชาติในปลา สามารถก่อให้เกิดการแตกสลายของโครงสร้างตาข่ายโปรตีนในการเกิดเจลได้ และถึงแม้เอนไซม์นี้สามารถละลายน้ำได้ในขั้นตอนการล้างน้ำ แต่ยังพบว่าเอนไซม์ชนิดนี้หลงเหลืออยู่ในเนื้อปลาหลังจากการล้างน้ำ (Lanier, 2000) ซึ่งเอนไซม์ชนิดนี้ทำงานได้ดีที่ pH 5.5, 7 และ 8.5 (จิรวัฒน์, 2544) จากการทดลอง pH ของ W1S และ W2S มีค่า 6.76±0.09 และ 6.86±0.05 ตามลำดับ ซึ่งใกล้เคียงกับค่า pH ที่เอนไซม์ดังกล่าวทำงานได้ดีที่สุด จึงอาจเกิดการย่อยสลายโปรตีนในเนื้อปลาบดอย่างรวดเร็ว ค่า Gel Strength ของ W1S และ W2S จึงมีค่าน้อยกว่า UWS ซึ่งมีค่า pH เพียง 6.49±0.09 (ตารางที่ 7)

นอกจากอิทธิพลของเอนไซม์ตามที่กล่าวมาแล้ว ค่า Gel Strength ที่แตกต่างกันของแต่ละตัวอย่างอาจมีผลมาจากโปรตีนซาร์โคพลาสมิก แม้โปรตีนดังกล่าวไม่มีคุณสมบัติในการเกิดเจลได้เอง (จิรวัฒน์, 2541) แต่การศึกษาของ Morioka and Shimizu (1990) พบว่าโปรตีนซาร์โคพลาสมิกช่วยส่งเสริมให้การเกิดเจลจากโปรตีนไมโอไฟบริลลาร์ของปลา Pacific Mackeral มีค่า Gel Strength ที่สูงขึ้น สอดคล้องกับการศึกษาของจิรวัฒน์ (2556) เมื่อเติมโปรตีนซาร์โคพลาสมิกลงในซูริมิปลาทรายแดง Gel Strength มีค่าสูงขึ้น โดยมีสาเหตุจากความสามารถในการยับยั้งการทำงานของเอนไซม์โปรติเนส ซึ่ง UWS ไม่มีขั้นตอนการล้างน้ำจึงยังคงมีโปรตีนซาร์โคพลาสมิกเหลืออยู่มากกว่า เนื่องจากเป็นโปรตีนที่ละลายได้ดีในน้ำ (จิรวัฒน์, 2541) เป็นผลให้ UWS มีค่า Gel Strength สูงกว่า W1S และ W2S

จากผลการศึกษา Gel Strength ในเนื้อปลายี่สกเทศบดในงานวิจัยนี้พบว่าสอดคล้องกับการศึกษาของนุชนารถ (2550) ที่ศึกษาการล้างเนื้อปลานวลจันทร์น้ำจืดบดเปรียบเทียบระหว่าง

เนื้อปลาบดไม่ล้างน้ำ เนื้อปลาบดล้างน้ำ 1 ครั้ง และเนื้อปลาบดล้างน้ำ 2 ครั้ง ซึ่งการล้างเนื้อปลาบดมีผลทำให้ค่า Gel Strength ลดลงแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ เช่นเดียวกับการศึกษาของ Tanuja *et al.* (2014) ศึกษาการล้างเนื้อปลาสวายบดเปรียบเทียบระหว่างการล้างน้ำ 1 ครั้งและการล้างน้ำ 2 ครั้ง พบว่าตัวอย่างเนื้อปลาบดล้างน้ำ 2 ครั้ง มีค่า Gel Strength ต่ำกว่าเนื้อปลาบดล้างน้ำ 1 ครั้ง แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ และการศึกษาของ Murthy and Rajanna (2011) ได้ทดลองเปรียบเทียบเนื้อปลานิลบดไม่ล้างน้ำ และเนื้อปลานิลบดล้างน้ำ 3 ครั้ง พบว่าเนื้อปลานิลบดไม่ล้างน้ำมีค่า Gel Strength สูงกว่าเนื้อปลาบดล้างน้ำ 3 ครั้ง

**ตารางที่ 3** ลักษณะเนื้อสัมผัสของเจลปลายี่สกเทศบดที่ผลิตโดยใช้เครื่อง Hydraulic press และเครื่อง Strainer ขนาดเล็ก

| การทดสอบ | UWS | W1S | W2S |
|---|---|---|---|
| Gel Strength (g*cm) | 388.77±17.27 [c] | 256.48±17.27[b] | 196.99±12.29[a] |
| Hardness (g) | 408.08±12.92 [b] | 337.93±12.92 [a] | 305.45±16.68[a] |
| Deformation (cm) | 0.97±0.05[c] | 0.77±0.05[b] | 0.58±0.07[a] |

[a, b] ค่าเฉลี่ยที่มีตัวอักษรยกกำลังต่างกันในแถวเดียวกัน แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ($p \leq 0.05$)

หมายเหตุ UWS คือ ตัวอย่างเนื้อปลาบดไม่ล้างน้ำ ผลิตปริมาณน้อยด้วยเครื่องจักรขนาดเล็ก
W1S คือ ตัวอย่างเนื้อปลาบดล้างน้ำ 1 ครั้ง ผลิตปริมาณน้อยด้วยเครื่องจักรขนาดเล็ก
W2S คือ ตัวอย่างเนื้อปลาบดล้างน้ำ 2 ครั้ง ผลิตปริมาณน้อยด้วยเครื่องจักรขนาดเล็ก

- ผลทดสอบการพับ พบว่า UWS, W1S และ W2S จัดอยู่ในระดับ AA, C และ D ตามลำดับ โดยสังเกตพบว่า UWS เป็นตัวอย่างที่มีผลการพับอยู่ในระดับที่สูงที่สุด และมีค่า Gel Strength สูงที่สุด อาจเนื่องจากเอนไซม์ที่เกี่ยวข้องกับโปรตีนในกล้ามเนื้อปลาและบทบาทของโปรตีนซาร์โคพลาสมิกตามที่กล่าวข้างต้น

- ค่าสี ได้แก่ค่า L*, a* และ b* และค่าดัชนีความขาว (Whiteness Index) (ตารางที่ 4) พบว่า UWS มีค่าดัชนีความขาวต่ำที่สุด ส่วน W2S มีค่าดัชนีความขาวสูงที่สุด อย่างมีนัยสำคัญ ($p \leq 0.05$) แสดงให้เห็นว่าจำนวนครั้งในล้างเนื้อปลาบดที่เพิ่มขึ้น ส่งผลให้เนื้อปลาบดมีค่าดัชนีความขาวเพิ่มขึ้น อาจเนื่องจากเม็ดสีไมโอโกลบินในกล้ามเนื้อปลาซึ่งเป็นโปรตีนซาร์โคพลาสมิกที่สามารถละลายน้ำได้ง่าย ได้ถูกชะล้างออกไป (จิรวัฒน์, 2541) สอดคล้องกับการศึกษาของ Tanuja *et al.* (2014) ได้ศึกษาเปรียบเทียบรงควัตถุของเนื้อปลาสวายบด โดยพบว่าเนื้อปลาบดล้างน้ำ 2 ครั้ง มีค่าเม็ดสีที่ต่ำกว่าเนื้อปลาบดล้างน้ำ 1 ครั้ง และเนื้อปลาบดไม่ล้างน้ำตามลำดับ ส่วนการศึกษาของนุชนารถ (2550) พบว่าการล้างเนื้อปลานวลจันทร์น้ำจืดบดมีผลให้ค่าดัชนีความขาวเพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญ โดยพบว่าตัวอย่างล้างน้ำ 2 ครั้งมีค่าดัชนีความขาวสูงกว่าตัวอย่างล้างน้ำ 1 ครั้ง และตัวอย่างไม่ล้างน้ำ ตามลำดับ

**ตารางที่ 4** ค่าสีของเจลปลายี่สกเทศบดที่ผลิตโดยใช้เครื่อง Hydraulic press และเครื่อง Strainer ขนาดเล็ก

| การวัดค่า | UWS | W1S | W2S |
|---|---|---|---|
| Whiteness Index | 67.21±1.88[a] | 74.90±2.21[b] | 77.21±2.20[c] |
| L* | 70.13±2.42[a] | 77.05±2.46[b] | 79.49±2.76[c] |
| a* | 0.38±0.80[b] | -2.58±0.28[a] | -2.39±0.32[a] |
| b* | 13.39±0.85[b] | 9.75±0.73[a] | 9.46±0.80[a] |

[a, b, c] ค่าเฉลี่ยที่มีตัวอักษรยกกำลังต่างกันในแถวเดียวกัน แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ($p \leq 0.05$)

หมายเหตุ UWS คือ ตัวอย่างเนื้อปลาบดไม่ล้างน้ำ ผลิตปริมาณน้อยด้วยเครื่องจักรขนาดเล็ก
W1S คือ ตัวอย่างเนื้อปลาบดล้างน้ำ 1 ครั้ง ผลิตปริมาณน้อยด้วยเครื่องจักรขนาดเล็ก
W2S คือ ตัวอย่างเนื้อปลาบดล้างน้ำ 2 ครั้ง ผลิตปริมาณน้อยด้วยเครื่องจักรขนาดเล็ก

2.1.2 คุณภาพของเนื้อปลายี่สกเทศบดที่ใช้เครื่อง Screw press และเครื่อง Strainer ขนาดใหญ่

- ค่า Gel Strength พบว่าตัวอย่าง UWB มีค่าสูงกว่าตัวอย่าง W1B (ตารางที่ 5) อาจมีสาเหตุจากเอนไซม์ที่เกี่ยวข้องกับโปรตีนในกล้ามเนื้อปลาและบทบาทของโปรตีนซาร์โคพลาสมิกตามที่กล่าวมาแล้วข้างต้น

**ตารางที่ 5** ลักษณะเนื้อสัมผัสของเจลปลายี่สกเทศบดที่ผลิตโดยใช้เครื่อง Screw press และเครื่อง Strainer ขนาดใหญ่

| การทดสอบ | UWB | W1B |
|---|---|---|
| Gel Strength (g*cm) | 488.99±44.14[b] | 368.15±46.56[a] |
| Hardness (g) | 492.71±23.32[a] | 581.42±47.05[b] |
| Deformation (cm) | 0.99±0.06[b] | 0.63±0.03[a] |

[a, b] ค่าเฉลี่ยที่มีตัวอักษรยกกำลังต่างกันในแถวเดียวกัน แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ($p \leq 0.05$)

หมายเหตุ UWB คือ ตัวอย่างเนื้อปลาบดไม่ล้างน้ำ ผลิตปริมาณมากด้วยเครื่องจักรขนาดใหญ่
W1B คือ ตัวอย่างเนื้อปลาบดล้างน้ำ 1 ครั้ง ผลิตปริมาณมากด้วยเครื่องจักรขนาดใหญ่

- ผลการทดสอบการพับ พบว่าตัวอย่าง W1B อยู่ในช่วงระดับ C ซึ่งเป็นระดับที่ต่ำกว่า UWB ที่มีผลการพับอยู่ในระดับ AA ทั้งนี้ ผลการทดสอบดังกล่าวสอดคล้องกับค่า Gel Strength โดยตัวอย่างที่มีค่า Gel Strength สูง มีผลการทดสอบการพับในระดับที่สูงกว่าตัวอย่างที่มีค่า Gel Strength ต่ำ

- ค่าดัชนีความขาว พบว่า W1B มีค่าดัชนีความขาวสูงกว่า UWB อย่างมีนัยสำคัญ ($p \leq 0.05$) (ตารางที่ 6) ซึ่งเป็นไปในทิศทางเดียวกันกับผลการทดลองในข้อ 2.1.1 ดังนั้น การล้างน้ำสามารถเพิ่มค่าดัชนีความขาวในตัวอย่างเนื้อปลายี่สกเทศบดได้

**ตารางที่ 6** ค่าสีของเจลปลายี่สกเทศบดที่ผลิตโดยใช้เครื่อง Screw press และเครื่อง Strainer ขนาดใหญ่

| การวัดค่า | UWB | W1B |
|---|---|---|
| Whiteness Index | 68.97±0.18[a] | 75.27±0.32[b] |
| L* | 71.88±0.17[a] | 77.53±0.35[b] |
| a* | 0.64±0.04[b] | -2.31±0.07[a] |
| b* | 13.10±0.08[b] | 10.07±0.12[a] |

[a, b] ค่าเฉลี่ยที่มีตัวอักษรยกกำลังต่างกันในแถวเดียวกัน แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ($p \leq 0.05$)

หมายเหตุ UWB คือ ตัวอย่างเนื้อปลาบดไม่ล้างน้ำ ผลิตปริมาณมากด้วยเครื่องจักรขนาดใหญ่

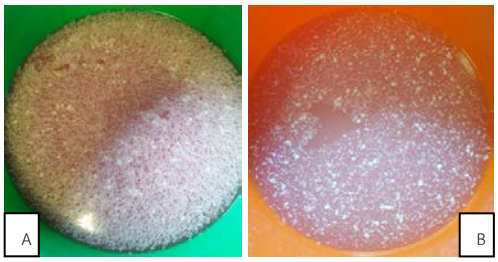
W1B คือ ตัวอย่างเนื้อปลาบดล้างน้ำ 1 ครั้ง ผลิตปริมาณมากด้วยเครื่องจักรขนาดใหญ่

2.2. ทางเคมี

2.2.1 คุณภาพของเนื้อปลายี่สกเทศบดที่ใช้เครื่อง Hydraulic press และเครื่อง Strainer ขนาดเล็ก

ค่า pH ของตัวอย่าง UWS มีค่าต่ำกว่า W1S และ W2S แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญ ($p \leq 0.05$) (ตารางที่ 7) อาจเนื่องจากน้ำชะล้างโปรตีนที่ละลายได้ดีในน้ำออกไป ทำให้ค่า pH ของ W1S และ W2S มีค่าสูงขึ้น โดย pH ของ W1S และ W2S พบว่ามีค่า 6.76±0.09 และ 6.86±0.05 ตามลำดับ (ตารางที่ 7) ซึ่งเป็นค่าที่ใกล้เคียงกับ pH ที่เหมาะสมมากที่สุดในการทำงานของเอนไซม์โปรติเนส โดยจิรวัฒน์ (2544) รายงานว่าเอนไซม์โปรติเนสเกิดกิจกรรมการย่อยกล้ามเนื้อปลาสูงสุดที่ pH 5.5, 7 และ 8.5 ซึ่งทำให้เจลที่ได้ไม่แข็งแรง สอดคล้องกับค่า Gel Strength ของ W1S และ W2S ที่มีค่าต่ำกว่า UWS อย่างมีนัยสำคัญ ($p \leq 0.05$) (ตารางที่ 3) ทั้งนี้ pH จากผลการทดลองในงานวิจัยนี้สอดคล้องกับการทดลองของอรวรรณ และคณะ (2549) ที่พบว่าเนื้อปลาดุกอุยเทศบดล้างน้ำมี pH สูงกว่าเนื้อปลาดุกอุยเทศบดไม่ล้างน้ำ

ส่วนปริมาณไขมัน พบว่าถึงแม้ W1S และตัวอย่าง W2S มีปริมาณไขมันแตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญ แต่ปริมาณไขมันใน UWS มีมากกว่า W1S และ W2S อย่างมีนัยสำคัญ ($p \leq 0.05$) (ตารางที่ 7) เนื่องจากผลของการล้างน้ำ ได้ชะล้างไขมันออกไป โดยสังเกตได้จากในขั้นตอนการล้างน้ำครั้งที่ 1 พบว่ามีคราบไขมันลอยขึ้นบนผิวน้ำจำนวนมาก (ภาพที่ 10A) ส่วนในการล้างน้ำครั้งที่ 2 (ภาพที่ 10B) พบคราบไขมันลอยขึ้นบนผิวน้ำเล็กน้อย สอดคล้องกับการรายงานของ Flick and Martin (2012) กล่าวว่าการล้างน้ำส่งผลให้ปริมาณไขมันของเนื้อปลาบดลดลง




**ภาพที่ 10** ลักษณะคราบไขมันลอยขึ้นด้านบนของผิวน้ำ ในขั้นตอนการล้างน้ำ
(A) คราบไขมันลอยขึ้นด้านบนของผิวน้ำ ในขั้นตอนการล้างน้ำครั้งที่ 1
(B) คราบไขมันลอยขึ้นด้านบนของผิวน้ำ ในขั้นตอนการล้างน้ำครั้งที่ 2

ตัวอย่างที่มีจำนวนครั้งในการล้างน้ำเพิ่มขึ้น มีปริมาณเถ้าลดลงแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญ ($p \leq 0.05$) (ตารางที่ 7) ซึ่งปริมาณเถ้าคือสารอนินทรีย์ ได้แก่ แร่ธาตุต่าง ๆ ดังนั้นในขั้นตอนการล้างน้ำ แร่ธาตุบางชนิด เช่น แคลเซียม ฟอสฟอรัส และเหล็ก อาจถูกชะล้างออกไป การตรวจวัดปริมาณเถ้าที่มีในตัวอย่างจึงพบได้น้อย สอดคล้องกับการศึกษาของอรวรรณ และคณะ (2549) ซึ่งพบว่าเนื้อปลาดุกอุยเทศบดล้างน้ำ มีปริมาณเถ้าต่ำกว่าเนื้อปลาดุกอุยเทศบดไม่ล้างน้ำ

นอกจากนี้ พบว่า UWS, W1S และ W2S มีปริมาณความชื้น ปริมาณเกลือ และปริมาณโปรตีน แตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญ ($p > 0.05$) (ตารางที่ 7) แม้ว่าในตัวอย่างที่มีการล้างน้ำมีการเติมเกลือร้อยละ 0.3 ในน้ำล้างสุดท้าย แต่เนื่องจากปริมาณที่เติมน้อยมากจึงไม่ส่งผลต่อความแตกต่างของปริมาณเกลือที่พบในเนื้อปลาบดแต่ละตัวอย่าง นอกจากนี้ การล้างอาจสามารถชะล้างองค์ประกอบอื่นที่ละลายน้ำได้ออกจากเนื้อปลาบด เช่น หนัง เลือด เอนไซม์ รวมทั้งโปรตีนที่ละลายน้ำได้ (Sarcoplasmic protein) แต่ทำให้ปริมาณโปรตีนที่ไม่ละลายน้ำ (Myofibrillar protein) ในเนื้อปลาบดมีความเข้มข้นขึ้น (จิรวัฒน์, 2541) เมื่อวิเคราะห์ปริมาณโปรตีนทั้งหมดจึงพบว่าแต่ละตัวอย่างแตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญ

**ตารางที่ 7** ผลวิเคราะห์ทางเคมีของเนื้อปลายี่สกเทศบดที่ผลิตโดยใช้เครื่อง Hydraulic press และเครื่อง Strainer ขนาดเล็ก

| องค์ประกอบทางเคมี | ตัวอย่าง | | |
|---|---|---|---|
| | UWS | W1S | W2S |
| ค่าความเป็นกรดด่าง (pH) | 6.49±0.09[a] | 6.76±0.09[b] | 6.86±0.05[b] |
| ไขมัน (ร้อยละของน้ำหนักแห้ง) | 15.22±3.97[b] | 8.04±2.37[a] | 9.26±3.43[a] |
| เถ้า (ร้อยละของน้ำหนักแห้ง) | 5.87±0.11[c] | 3.04±0.15[b] | 2.27±0.20[a] |
| ความชื้น (ร้อยละ) | 80.87±1.19[a] | 81.24±0.98[a] | 80.35±1.93[a] |
| เกลือ (ร้อยละของน้ำหนักเปียก) | 0.25±0.16[a] | 0.31±0.23[a] | 0.31±0.23[a] |
| โปรตีน (ร้อยละของน้ำหนักแห้ง) | 92.71±6.05[a] | 94.59±0.82[a] | 96.38±0.15[a] |

[a, b, c] ค่าเฉลี่ยที่มีตัวอักษรยกกำลังต่างกันในแถวเดียวกัน แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ($p \leq 0.05$)

หมายเหตุ UWS คือ ตัวอย่างเนื้อปลาบดไม่ล้างน้ำ ผลิตปริมาณน้อยด้วยเครื่องจักรขนาดเล็ก
W1S คือ ตัวอย่างเนื้อปลาบดล้างน้ำ 1 ครั้ง ผลิตปริมาณน้อยด้วยเครื่องจักรขนาดเล็ก
W2S คือ ตัวอย่างเนื้อปลาบดล้างน้ำ 2 ครั้ง ผลิตปริมาณน้อยด้วยเครื่องจักรขนาดเล็ก

2.2.2 คุณภาพของเนื้อปลายี่สกเทศบดที่ใช้เครื่อง Screw press และเครื่อง Strainer ขนาดใหญ่

ผลการวิเคราะห์ค่า pH พบว่า W1B มีค่าสูงกว่า UWB อย่างมีนัยสำคัญ ($p \leq 0.05$) (ตารางที่ 8) ซึ่งมีทิศทางเดียวกันกับผลการทดลองในข้อ 2.2.1 ส่วนปริมาณความชื้นของ W1B มีปริมาณน้อยกว่า UWB อย่างมีนัยสำคัญ ($p \leq 0.05$) (ตารางที่ 8) เนื่องจากการผลิต W1B มีขั้นตอนการล้างน้ำเนื้อปลาบดและนำเนื้อปลาบดไปบีบน้ำด้วยเครื่อง Screw press มีการตั้งค่าความเร็วรอบของเครื่อง Screw press ต่ำ จึงใช้เวลาในการบีบน้ำออกจากเนื้อปลาบดภายในเครื่องจักรเป็นเวลานาน ส่งผลให้เนื้อปลาบด W1B มีความชื้นต่ำ ส่วน UWB ไม่ได้ผ่านขั้นตอนการล้างน้ำและการบีบน้ำ

**ตารางที่ 8** ผลวิเคราะห์ทางเคมีของเนื้อปลายี่สกเทศบดที่ผลิตโดยใช้เครื่อง Screw press และเครื่อง Strainer ขนาดใหญ่

| ลักษณะที่ทดสอบ | UWB | W1B |
|---|---|---|
| ค่าความเป็นกรดด่าง (pH) | 6.35±0.01[a] | 6.55±0.02[b] |
| ความชื้น (ร้อยละ) | 79.60±0.31[b] | 75.29±0.27[a] |

[a, b] ค่าเฉลี่ยที่มีตัวอักษรยกกำลังต่างกันในแถวเดียวกัน แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ($p \leq 0.05$)

หมายเหตุ UWB คือ ตัวอย่างเนื้อปลาบดไม่ล้างน้ำ ผลิตปริมาณน้อยด้วยเครื่องจักรขนาดใหญ่
W1B คือ ตัวอย่างเนื้อปลาบดล้างน้ำ 1 ครั้ง ผลิตปริมาณน้อยด้วยเครื่องจักรขนาดใหญ่

2.3 ทางจุลชีววิทยา

2.3.1 คุณภาพของเนื้อปลายี่สกเทศบดที่ใช้เครื่อง Hydraulic press และเครื่อง Strainer ขนาดเล็ก

พบว่าตัวอย่างที่มีจำนวนครั้งในการล้างเพิ่มขึ้น ปริมาณ Total Viable Count มีแนวโน้มลดลงอย่างไม่มีนัยสำคัญ ($p>0.05$) โดย Flick and Martin (2012) กล่าวว่าการล้างน้ำสามารถช่วยลดปริมาณเชื้อแบคทีเรียลงได้ อาจเนื่องมาจากเกิดการชะล้างเชื้อแบคทีเรียออกไปด้วยในระหว่างขั้นตอนการล้างน้ำ

**ตารางที่ 9** ผลวิเคราะห์ทางจุลชีววิทยาของเนื้อปลายี่สกเทศบดที่ผลิตโดยใช้เครื่อง Hydraulic press และเครื่อง Strainer ขนาดเล็ก

| ชนิดจุลินทรีย์ | UWS | W1S | W2S |
|---|---|---|---|
| Total Viable Count (log CFU/g) | 4.19±0.21[a] | 3.55±0.89[a] | 3.24±0.59[a] |

[a] ค่าเฉลี่ยที่มีตัวอักษรยกกำลังเหมือนกันในแถวเดียวกัน แตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญ ($p>0.05$)

หมายเหตุ UWS คือ ตัวอย่างเนื้อปลาบดไม่ล้างน้ำ ผลิตปริมาณน้อยด้วยเครื่องจักรขนาดเล็ก
W1S คือ ตัวอย่างเนื้อปลาบดล้างน้ำ 1 ครั้ง ผลิตปริมาณน้อยด้วยเครื่องจักรขนาดเล็ก
W2S คือ ตัวอย่างเนื้อปลาบดล้างน้ำ 2 ครั้ง ผลิตปริมาณน้อยด้วยเครื่องจักรขนาดเล็ก

2.3.2 คุณภาพของเนื้อปลายี่สกเทศบดที่ใช้เครื่อง Screw press และเครื่อง Strainer ขนาดใหญ่

พบว่าปริมาณ Total Viable Count ของ W1B มีค่า 3.17 log CFU/g ซึ่งต่ำกว่า UWB ที่มีค่า 3.19 log CFU/g เล็กน้อย สอดคล้องกับผลการทดลองในข้อ 2.3.1

2.4 ทางประสาทสัมผัส

2.4.1 คุณภาพของลูกชิ้นปลาที่ผลิตจากเนื้อปลายี่สกเทศบดที่ใช้เครื่อง Hydraulic press และเครื่อง Strainer ขนาดเล็ก

พบว่า UWS มีคะแนนความชอบด้านสีต่ำกว่า W1S และ W2S อย่างมีนัยสำคัญ ($p \leq 0.05$) (ตารางที่ 10) ส่วนคะแนนความชอบด้านกลิ่นของ UWS, W1S และ W2S มีความแตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญ ($p>0.05$) และเมื่อพิจารณาผลการทดสอบความชอบด้านเนื้อสัมผัส และความชอบโดยรวมของ W1S และ W2S พบว่าคะแนนการยอมรับมีความแตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญ ($p>0.05$) แต่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญกับ UWS ($p \leq 0.05$) โดย UWS มีคะแนนความชอบเฉลี่ยสูงกว่า W1S และ W2S

**ตารางที่ 10** ผลการทดสอบทางประสาทสัมผัสของลูกชิ้นปลายี่สกเทศที่ผลิตเนื้อปลายี่สกเทศบดโดยใช้เครื่อง Hydraulic press และเครื่อง Strainer ขนาดเล็ก

| ลักษณะที่ทดสอบ | ตัวอย่าง | | |
|---|---|---|---|
| | UWS | W1S | W2S |
| สี | 4.51±1.73[a] | 5.06±1.46[b] | 4.95±1.48[b] |
| กลิ่น | 4.90±1.52[a] | 4.52±1.72[a] | 4.49±1.53[a] |
| เนื้อสัมผัส | 5.31±1.78[b] | 4.50±1.91[a] | 4.16±1.61[a] |
| ความชอบโดยรวม | 5.18±1.52[b] | 4.55±1.81[a] | 4.36±1.48[a] |

[a, b] ค่าเฉลี่ยที่มีตัวอักษรยกกำลังต่างกันในแถวเดียวกัน แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ($p \leq 0.05$)

หมายเหตุ UWS คือ ตัวอย่างเนื้อปลาบดไม่ล้างน้ำ ผลิตปริมาณน้อยด้วยเครื่องจักรขนาดเล็ก
W1S คือ ตัวอย่างเนื้อปลาบดล้างน้ำ 1 ครั้ง ผลิตปริมาณน้อยด้วยเครื่องจักรขนาดเล็ก
W2S คือ ตัวอย่างเนื้อปลาบดล้างน้ำ 2 ครั้ง ผลิตปริมาณน้อยด้วยเครื่องจักรขนาดเล็ก

2.4.2 คุณภาพของลูกชิ้นปลาที่ผลิตจากเนื้อปลายี่สกเทศบดที่ใช้เครื่อง Screw press และเครื่อง Strainer ขนาดใหญ่

พบว่า UWB และ W1B มีคะแนนความชอบด้านสี และกลิ่นแตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญ ($p>0.05$) (ตารางที่ 11) แต่คะแนนความชอบด้านเนื้อสัมผัสและความชอบโดยรวมของ UWB มีคะแนนสูงกว่า W1B อย่างมีนัยสำคัญ ($p \leq 0.05$)

**ตารางที่ 11** ผลการทดสอบทางประสาทสัมผัสของลูกชิ้นปลายี่สกเทศที่ผลิตเนื้อปลายี่สกเทศบดโดยใช้เครื่อง Screw press และเครื่อง Strainer ขนาดใหญ่

| ลักษณะที่ทดสอบ | ตัวอย่าง | |
|---|---|---|
| | UWB | W1B |
| สี | 5.23±1.49[a] | 5.33±1.40[a] |
| กลิ่น | 5.09±1.42[a] | 4.92±1.72[a] |
| เนื้อสัมผัส | 4.08±1.99[b] | 2.92±2.01[a] |
| ความชอบโดยรวม | 4.29±1.65[b] | 3.26±1.92[a] |

[a, b] ค่าเฉลี่ยที่มีตัวอักษรยกกำลังต่างกันในแถวเดียวกัน แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ($p \leq 0.05$)

หมายเหตุ UWB คือ ตัวอย่างเนื้อปลาบดไม่ล้างน้ำ ผลิตปริมาณมากด้วยเครื่องจักรขนาดใหญ่
W1B คือ ตัวอย่างเนื้อปลาบดล้างน้ำ 1 ครั้ง ผลิตปริมาณมากด้วยเครื่องจักรขนาดใหญ่

## สรุปผลการทดลอง

1. การผลิตเนื้อปลายี่สกเทศบดด้วยเครื่องจักรขนาดเล็ก โดยใช้เครื่อง Hydraulic press และเครื่อง Strainer ขนาดเล็ก ได้ % Yield ของ UWS, W1S และ W2S เท่ากับ 19.16±1.56, 12.37±1.44 และ 10.30±1.54 ตามลำดับ ส่วนเนื้อปลายี่สกเทศบดที่ได้จากเครื่องจักรขนาดใหญ่โดยใช้เครื่อง Screw press และ Strainer ขนาดใหญ่ ได้ % Yield ของ UWB และ W1B เท่ากับ 27.58 และ 9.17 ตามลำดับ
2. จำนวนครั้งการล้างน้ำที่เพิ่มขึ้นของการผลิตเนื้อปลายี่สกเทศบดด้วยเครื่องจักรขนาดเล็ก และเครื่องจักรขนาดใหญ่ ทำให้ค่า Gel Strength ลดลง แต่ค่าดัชนีความขาวเพิ่มขึ้น อย่างมีนัยสำคัญ ($p \leq 0.05$)

3. ตัวอย่างเนื้อปลายี่สกเทศบดที่ได้จากเครื่องจักรขนาดเล็ก UWS มีค่า pH ต่ำกว่า และปริมาณไขมันสูงกว่า W1S และ W2S อย่างมีนัยสำคัญ ($p \leq 0.05$) ปริมาณเถ้าของเนื้อปลายี่สกเทศบดลดลงตามจำนวนครั้งที่ล้างเพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญ ($p \leq 0.05$) โดยเรียงลำดับดังนี้ UWS>W1S>W2S ปริมาณโปรตีน ปริมาณความชื้น และปริมาณเกลือของ UWS, W1S และ W2S แตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญ ($p>0.05$) สำหรับตัวอย่างเนื้อปลายี่สกเทศบดที่ได้จากเครื่องจักรขนาดใหญ่มีปริมาณความชื้นของ W1B ต่ำกว่า แต่มี pH สูงกว่า UWB
4. ทดสอบให้คะแนนความชอบลูกชิ้นจากเนื้อปลายี่สกเทศบดที่ได้จากเครื่องจักรขนาดเล็กด้านกลิ่นของ UWS, W1S, W2S แตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญ ($p>0.05$) แต่ให้คะแนนด้านเนื้อสัมผัสและความชอบโดยรวมของ UWS สูงกว่า W1S และ W2S อย่างมีนัยสำคัญ ($p \leq 0.05$) และให้คะแนนความชอบด้านสีของ UWS ต่ำกว่า W1S และ W2S อย่างมีนัยสำคัญ ($p \leq 0.05$) ส่วนคะแนนความชอบลูกชิ้นจากเนื้อปลายี่สกเทศบดที่ได้จากเครื่องจักรขนาดใหญ่ ผู้ทดสอบให้คะแนนความชอบด้านสี และกลิ่นของ UWB และ W1B มีความแตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญ ($p>0.05$) แต่ให้คะแนนด้านเนื้อสัมผัส และความชอบโดยรวมของ UWB สูงกว่า W1B มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ($p \leq 0.05$)

## คำขอบคุณ

คณะผู้วิจัยขอขอบพระคุณผู้อำนวยการ และคณะกรรมการวิชาการกองวิจัยและพัฒนาเทคโนโลยีอุตสาหกรรมสัตว์น้ำ ที่ได้ให้คำปรึกษาแนะนำในการดำเนินการวิจัย รวมทั้งช่วยตรวจสอบแก้ไขต้นฉบับเอกสารวิชาการนี้ สุดท้ายขอขอบคุณเจ้าหน้าที่กลุ่มวิจัยและพัฒนาเทคโนโลยีการบรรจุผลิตภัณฑ์สัตว์น้ำ ที่ช่วยเหลือในการจัดเก็บข้อมูล วิเคราะห์ทดสอบ จนงานวิจัยนี้สำเร็จลุล่วงด้วยดี

## เอกสารอ้างอิง

กระทรวงการคลัง. 2562. คลินิกภาษีผลิตภัณฑ์ลูกชิ้นปลา.http://taxclinic.mof.go.th/pdf/BEDCDE17_A863_F5F1_0B18_293DB5FF10F6.pdf. 14 มกราคม 2562.

กองวิจัยและพัฒนาอุตสาหกรรมสัตว์น้ำ. 2558. การแปรรูปสัตว์น้ำ. หจก.วนิดาการพิมพ์, นนทบุรี. 69 หน้า.

เขมวัลย์ เพชรฤทธิ์. 2545. ผลของการใช้สารทรีฮาโลส น้ำตาลซูโครสและซอร์บิทอลเป็นไครโอโพรเทกแทนต์ต่อคุณภาพซูริมิที่ได้จากปลาน้ำจืดเศรษฐกิจ. วิทยานิพนธ์วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต. จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, กรุงเทพมหานคร. 95 หน้า.

จิรวัฒน์ ยงสวัสดิกุล. 2541. การเกิดเจลของโปรตีนกล้ามเนื้อปลา. วารสารอาหาร. 28(4): 245-254.

จิรวัฒน์ ยงสวัสดิกุล. 2544. โปรติเนสและทรานสกลูตามิเนสในปลาน้ำจืดเศรษฐกิจ. รหัสโครงการ SUT3-305-43-24-35. มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี. 5 หน้า.

จิรวัฒน์ ยงสวัสดิกุล. 2556. การใช้วัสดุเหลือทิ้งจากอุตสาหกรรมประมง เพื่อผลิตสารเสริมคุณภาพเจลและเพปไทด์ที่ยับยั้ง ACE และต้านออกซิเดชั่น. รหัสโครงการ SUT3-305-51-24-05. มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี. 91 หน้า.

เชาวนีย์ ลือประเสริฐ. 2543. การพัฒนาลูกชิ้นปลาจากซูริมิปลาสีกุนข้างเหลือง. วิทยานิพนธ์วิทยาศาสตร-มหาบัณฑิต. มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพมหานคร. 111 หน้า.

นุชนารถ เพริศพรพรรณ. 2550. สมบัติทางเคมีกายภาพของโปรตีนจากปลานวลจันทร์น้ำจืด (*Cirrhina microlepis*). วิทยานิพนธ์วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต. มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพมหานคร. 94 หน้า.

มานพ ตั้งตรงไพโรจน์, ประโยชน์ แผ้วสาสน์, วิจัย ศรีสุวรรณธัช, สมศักดิ์ ล้วนปรีดา, สุภัทรา อุไรวรรณ์, สมศรี งามวงศ์ชน, พรรณศรี เชิดชูพรรณเสรี, สุจินต์ หนูขวัญ, อภิรัตนา คุ้มเณร, ปรัชชัย วีรสิทธิ์ และ วิสูตร ศรีชุมพวง. 2528. การผสมเทียมพันธุ์ปลาน้ำจืดที่มีคุณค่าทางเศรษฐกิจ. สถาบันประมงน้ำจืดแห่งชาติ, กรมประมง. 67 หน้า.

สันทนา ดวงสวัสดิ์. 2527. การศึกษาชีววิทยาของปลายี่สกเทศ. เอกสารวิชาการฉบับที่ 42/2527. สถาบันประมงน้ำจืดแห่งชาติ, กรมประมง. 29 หน้า.

สำนักงานมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม. 2533. มาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมเนื้อปลาบด (ซูริมิ) เยือกแข็ง. มอก.935-2533.

สุธีรา ขันทพันธ์ และ อมราภรณ์ แก้วชะฎา. 2556. ผลของการล้างน้ำและสารประกอบฟอสเฟตต่อสมบัติของเจลโปรตีนจากเนื้อปลานิล. วารสารวิทยาศาสตร์ประยุกต์. 12(2): 39-47.

สุวรรณ วิรัชกุล, พูลทรัพย์ วิรุฬหกุล, อรวรรณ คงพันธุ์, จริยา วิรัชกุล, อารยา เชาว์เรืองฤทธิ์ และ ศุภวรรณ ถาวรชินสมบัติ. 2542. การใช้ประโยชน์สูงสุดของปลานิล : การพัฒนาการผลิตเนื้อปลาบด (ซูริมิ) และผลิตภัณฑ์มูลค่าเพิ่มจากเศษเหลือ. ศูนย์พันธุวิศวกรรมและเทคโนโลยีชีวภาพแห่งชาติ สำนักงานพัฒนาวิทยาศาสตร์ และเทคโนโลยีแห่งชาติ. 126 หน้า.

อรวรรณ คงพันธุ์, พรรณทิพย์ สุวรรณสาครกุล และ จิราภรณ์ รุ่งทอง. 2541. การตรวจสอบคุณภาพซูริมิ. เอกสารเผยแพร่ฉบับที่ 1/2541. สถาบันวิจัยและพัฒนาอุตสาหกรรมสัตว์น้ำ, กรมประมง. 63 หน้า.

อรวรรณ คงพันธุ์, รัศมีพร จิระเดชประไพ และ ประทุมวัลย์ สงคง. 2549. การพัฒนาผลิตภัณฑ์เนื้อปลาบดจากปลาดุกอุยเทศ (*Clarias macrocephalus x C. gariepinus*). เอกสารวิชาการฉบับที่ 3/2549. กองพัฒนาอุตสาหกรรมสัตว์น้ำ, กรมประมง. 26 หน้า.

Association of Official Analytical Chemists (AOAC). 2016. Official Methods of Analysis. 20th edition. Arlington, Virginia, USA.

Bacteriological Analytical Manual (BAM). (2001). Chapter 3 Aerobic Plate Count. USFDA. https://www.fda.gov/food/foodscienceresearch/laboratorymethods/ucm063346.htm. 23 เมษายน 2562.

Bligh E.G. and W. J. Dyer. 1959. A Rapid Method of Total Lipid Extraction and Purification. *J. Biochem. Physiol.* 37(8): 911–917.

Dora, K.C. and S.S. Dey. 2008. Effect of Water Washing on Biochemical and Gel Characteristics of Minced Meat from Croaker Fish (*Johnius gangeticus*). *J. Fish. Res*. 12(2): 235-241.

Flick, G. J. and R. E. Martin. 2012. The Seafood Industry. Springer Science & Business Media, New York. 445 pp.

Folk, J. E., and J. S., Finlayson. 1977. The ε-(γ-Glutamyl) Lysine Crosslink and the Catalytic Role of Transglutaminases. *Adυ. Protein Chem*. 31: 1-133.

Hennigar, C. J., E. M. Buck, H. O. Hultin, M. Peleg and K. Vareltzis. 1988. Effect of Washing and Sodium Chloride on Mechanical Properties of Fish Muscle Gels. *J. Food Sci.* 53(3): 963-964.

ISO 936. 1998. Meat and Meat Products-Determination of Total Ash. 9 pp.

Lanier, T. C. 2000. Surimi Gelation Chemistry. **In**: Park, J. W. (eds.). Surimi and Surimi Seafood. Marcel Dekker, New York. p. 237-265.

Majekodunmi, S. O. 2015. A Review on Centrifugation in the Pharmaceutical Industry. *J. Biomed Eng*. 5(2): 67-78.

More, D. A., N. K. Chhapkhane and R. Kolhe. 2015. Design, Development and Optimization of Hydraulic Press. *IJRASET*. 3(6): 902-907.

Morioka, K. and Y. Shimizu. 1990. Contribution of Sarcoplasmic Proteins to Gel Formation of Fish Meat. *Nippon Suisan Gakkaishi*. 56(6): 929-933.

Murthy, L. N. and K. B. Rajanna. 2011. Effect of Washing on Composition and Properties of Proteins from Tilapia (*Oreochromis mossambicus*) Meat. *Fish Technol*. 48(2): 125-132.

Nowsad, A. A., S. Kanoh and E. Niwa. 1994. Setting of Transglutaminase-free Actomyosin Paste Prepared from Alaska Pollack Surimi. *Fisheries Sci*. 60(3): 295-297.

Park, J. W. and M. T. Morrissey. 2000. Manufacturing of Surimi from Light Muscle. **In**: Park, J. W. (eds.). Surimi and Surimi Seafood. Marcel Dekker, New York. p. 23-58.

Pipatsattayanuwong, S., J. W. Park and M. T. Morrissey. 1995. Functional Properties and Shelf Life of Fresh Surimi from Pacific Whiting. *J. Food Sci.* 60(6): 1241-1244.

Southeast Asian Fisheries Development Center (SEAFDEC). 1987. Laboratory Manual on Analytical Methods and Procedures for Fish and Fish Products. p. A-3.1-A-3.2.

Suzuki, T. 1981. Fish and Krill Protein Processing Technology. Applied Science Publishers Ltd, London. 260 pp.

Tanuja, S., P. Viji, A. A. Zynudheen, G. Ninan and C. G. Joshy. 2014. Composition, Textural Quality and Gel Strength of Surimi Prepared from Striped Catfish (*Pangasianodon hypophthalmus*, Souvage, 1878). *Fish Technol*. 51: 106-111.

Tanzer, J., C. Phua, B. Jeffries, A. Lawrence, A. Gonzales, P. Gamblin and T. Roxburgh (eds.). 2015. Living Blue Planet Report Species, Habitats and Human Well-Being. WWF, Gland. 68 pp.

Wessapan, T., N. Somsuk and T. Borirak. 2010. Design and Development of a Compact Screw-Press Biomass Briquetting Machine for Productivity Improvement and Cost Reduction. The First TSME International Conference on Mechanical Engineering. 20-22 October 2010. Ubon Ratchathani, Thailand. 6 pp.

Yongsawatdigul, J. and J. Park. 2004. Gelation of Threadfin Bream Surimi as Affected by Thermal Denaturation, Transglutaminase and Proteinase(s) Activities. **In**: Sakaguchi, M. (eds.). More Efficient Utilization of Fish and Fisheries Products. Elsevier Ltd., Oxford. p. 343-356.

## ภาคผนวก

แบบทดสอบทางประสาทสัมผัสผลิตภัณฑ์ลูกชิ้นปลา

รหัสตัวอย่าง.....
ชื่อผู้ทดสอบ.....
วันที่ทดสอบ.....

กรุณาทดสอบตัวอย่างที่เสนอให้ แล้วให้คะแนนตามความชอบตัวอย่างในแต่ละด้านที่ใกล้เคียงกับความรู้สึกของท่านมากที่สุด โดยขีดเส้นลงบนเส้นด้านล่าง ซ้ายสุดของเส้นที่กำหนดให้ คือไม่ชอบมากที่สุด ส่วนขวาสุดของเส้นที่กำหนดให้ คือ ชอบมากที่สุด

สี ไม่ชอบมากที่สุด ———————————|——————————— ชอบมากที่สุด

กลิ่น ไม่ชอบมากที่สุด ———————————|——————————— ชอบมากที่สุด

เนื้อสัมผัส ไม่ชอบมากที่สุด ———————————|——————————— ชอบมากที่สุด

ความชอบโดยรวม ไม่ชอบมากที่สุด ———————————|——————————— ชอบมากที่สุด

ความคิดเห็นอื่นๆ

.....
.....
.....
.....
.....