

# การใช้โปแตสเซียมโบรเมตและไข่ขาว เพื่อเพิ่มความสามารถในการเกิดเจลของซูริมิ

## Uses of Potassium Bromate and Egg White for Increasing Gel Forming Ability of Surimi

สุพรรณพันธ์ ชุมเรียง<sup>1</sup> มัทนา แสงจินดาวงษ์<sup>2</sup> และ คำนิง พลุกษวานิช<sup>3</sup>  
Supraewpan Chumreang, Mathana Sangjindavong and Kamnung Pluksawanich

### ABSTRACT

The effects of potassium bromate and egg white on gel forming ability of threadfin breams and mixed species surimi were studied using gel strength, pH and folding test as assessment. The effect of one and two-step heating was also studied. It was found that potassium bromate at 0.05, 0.10, 0.15, 0.20 and 0.25% could increase gel strength of both surimi samples. The highest gel strength values obtained in threadfin breams and mixed species surimi were at 0.20 and 0.25% potassium bromate, respectively. For egg white, the concentrations used in the study were 1, 2, 3, 4 and 5%. The highest gel strength was obtained with 3 and 3-4% in threadfin breams and mixed species surimi, respectively. Both potassium bromate and egg white slightly lowered the pH of both surimi.

The use of potassium bromate in combination with egg white increased gel strength as compared to using either potassium bromate or egg white alone. The highest gel strength was obtained at 3-4% egg white and 0.20-0.25% potassium bromate.

It was found that higher gel strength was obtained using two-step heating (40°C 20 min. and 90°C 20 min.) in surimi with potassium bromate, egg white or potassium bromate combined with egg white.

**Key words :** potassium bromate, egg white, threadfin breams, mixed species, gel strength, surimi

<sup>1</sup> ภาควิชาอุตสาหกรรมประมง คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีการประมง สถาบันเทคโนโลยีราชมงคล อ.ปากเกร็ด จ.ตรัง 92150  
Department of Fishery Industrial, Faculty of Science and Technology, Rajamongala Institute of Technology. 179 Sikao, Pak Meng Road, Trang 92150, Thailand.

<sup>2</sup> ภาควิชาผลิตภัณฑ์ประมง คณะประมง มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ กรุงเทพฯ 10900  
Department of Fishery Products, Faculty of Fisheries, Kasetsart University, Bangkok 10900, Thailand.

<sup>3</sup> บริษัท ทวีวงษ์ จำกัด 106-107 73/9 หมู่ 1 ซ.อ่อนนุช เขตประเวศ กรุงเทพฯ 10250  
Thaveevong Industry Co. Ltd. 106 - 107 73/9 Moo 1. Soi Onnuch, Suan Luang, Bangkok 10250, Thailand.

## บทคัดย่อ

โปแตสเซียมโบรเมตและไข่ขาว มีผลต่อความสามารถในการเกิดเจลของซูริมิที่ผลิตจากปลา 2 ชนิดคือ ปลาทรายแดงและปลาเบญจพรรณ ปริมาณโปแตสเซียมโบรเมตที่ทำให้ค่าความแข็งแรงของเจลสูงสุดในซูริมิที่ผลิตจากปลาทรายแดงคือ ระดับร้อยละ 0.20 ส่วนในซูริมิที่ผลิตจากปลาเบญจพรรณคือ ระดับร้อยละ 0.25 และปริมาณไข่ขาวที่ทำให้ค่าความแข็งแรงของเจลสูงสุดในซูริมิที่ผลิตจากปลาทรายแดงคือ ระดับร้อยละ 3 และปลาเบญจพรรณคือระดับร้อยละ 3 และร้อยละ 4 การใช้ไข่ขาวร่วมกับโปแตสเซียมโบรเมตในปริมาณดังกล่าวมีผลทำให้ค่าความแข็งแรงของเจลสูงขึ้นกว่าการใช้ไข่ขาวหรือโปแตสเซียมโบรเมตชนิดใดชนิดหนึ่งเพียงอย่างเดียว และการให้ความร้อนที่ 2 ระดับ (40°ซ นาน 20 นาที และ 90°ซ นาน 20 นาที) ทำให้ค่าความแข็งแรงของเจลสูงกว่าการให้ความร้อนเพียงระดับเดียว ทั้งในซูริมิที่เติมโปแตสเซียมโบรเมตหรือไข่ขาว หรือเติมโปแตสเซียมโบรเมตร่วมกับไข่ขาว

## คำนำ

ซูริมิ (Surimi) หรือเนื้อปลาคด หมายถึงผลิตภัณฑ์ที่ได้จากการนำปลาสดที่ผ่านการตัดหัวควักไส้ มาผ่านกรรมวิธี แยกเนื้อปลาแล้วบด จากนั้นนำเนื้อปลาคดมาล้างน้ำ ผ่านกรรมวิธีบีบน้ำแล้วผสมกับวัตถุดิบอาหาร นวดให้เข้ากัน ทำเป็นก้อนรูปสี่เหลี่ยมหรือรูปอื่น ๆ นำไปผ่านกรรมวิธีเยือกแข็งโดยให้ผ่านระยะเวลาการเกิดผลึกน้ำแข็งอย่างรวดเร็วแล้วจึงลดอุณหภูมิที่บริเวณจุดกึ่งกลางของผลิตภัณฑ์ให้ต่ำกว่า -18°ซ จากนั้นจึงนำไปเก็บรักษาโดยควบคุมอุณหภูมิของผลิตภัณฑ์ไว้ที่ -18°ซ หรือต่ำกว่าให้สม่ำเสมอตลอดเวลา (สำนักงานมาตรฐาน

ผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม, 2533 ; Suzuki, 1981)ซูริมิที่ผลิตได้นี้สามารถนำไปแปรรูปเป็นผลิตภัณฑ์หลายชนิด เช่น ลูกชิ้นปลา เบอเกอร์ปลา ปลาก้อน ไส้กรอกปลา ทอดมันปลา เป็นต้น จากสถิติของประเทศญี่ปุ่น ประมาณร้อยละ 25 ของปริมาณผลิตภัณฑ์ประมงภายในประเทศเป็นผลิตภัณฑ์ที่ผลิตจากซูริมิ (Suzuki, 1981) คุณภาพของซูริมิขึ้นอยู่กับความสามารถในการเกิดเจล และการเพิ่มความสามารถในการเกิดเจลของซูริมิสามารถทำได้หลายวิธี เช่น การเติมส่วนผสมที่ช่วยในการสกัด โปรตีนและสร้างโครงสร้างร่างแหของโปรตีน ซึ่งได้แก่ การเติมโซเดียมคลอไรด์ สารประกอบฟอสเฟต กลีเซอแลคซีและกรดแอสคอร์บิก และส่วนผสมที่ช่วยเสริมความแข็งแรงของเจลได้แก่ไข่ขาวกลูเตนและแป้งชนิดต่าง ๆ (Lee et al., 1992) ตั้งแต่ ค.ศ.1988 เป็นต้นมา ได้มีการนำเทคโนโลยีทางการผลิตซูริมามาเผยแพร่ในประเทศแถบเอเชียตะวันออกเฉียงใต้ โดยศูนย์พัฒนาการประมงแห่งเอเชียตะวันออกเฉียงใต้ (Southeast Asian Fisheries Development Center, MFRD, 1988) ทำให้การผลิตซูริมิในประเทศไทยเริ่มมีการพัฒนาขึ้น จากรายงานในปี พ.ศ.2540 มีโรงงานผลิตซูริมิในประเทศไทยประมาณ 14 โรง มีกำลังการผลิตซูริมิประมาณ 50,000 เมตริกตันต่อปี ซูริมิที่ผลิตได้ประมาณร้อยละ 90 ส่งไปยังประเทศญี่ปุ่นและเกาหลีใต้ (Min et al., 1994) นอกจากนี้มีการส่งออกไปยังประเทศสิงคโปร์ สหรัฐอเมริกา ฮองกง มาเลเซีย วัตถุประสงค์ที่ใช้ในการผลิตซูริมิ ส่วนใหญ่คือ ปลาทรายแดง (Threadfin breams) ปลาดาวหวาน (Big eye snapper) ปลาจวด (Croaker) ปลาตุ๊กแก (Lizard) และปลาเบญจพรรณ (mixed species) ปัญหาคุณภาพของซูริมิที่ผลิตได้ยังไม่ดีพอ เนื่องจากคุณภาพของวัตถุดิบและกระบวนการผลิต ดังนั้นการหาวิธีหรือส่วนผสมเพื่อช่วยเพิ่มความสามารถในการเกิดเจลจึงมีความจำเป็นอย่างยิ่ง ในการศึกษาครั้งนี้จึง

มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาปริมาณโปแตสเซียมโบรเมต และไข่ขาวที่เหมาะสมที่สุด รวมทั้งศึกษาระดับการให้ความร้อนที่เหมาะสม ในการปรับปรุงความสามารถในการเกิดเจลของซูริมที่ผลิตจากปลาทรายแดงและปลาเบญจพรรณ

## อุปกรณ์และวิธีการ

วัตถุดิบที่ใช้ในการทดลองคือซูริมปลาทรายแดง (*Nemipterus* sp., ชั้นคุณภาพ A) และซูริมปลาเบญจพรรณ (mixed species, ชั้นคุณภาพ B) นำซูริมทั้ง 2 ชนิดที่ผ่านการทำให้เย็นตัวมาศึกษาและตรวจสอบดังนี้คือ

1. ตรวจสอบคุณภาพของซูริมที่ใช้เป็นวัตถุดิบ โดยตรวจสอบทางเคมี ได้แก่ วัดค่าความเป็นกรด-เบส (Scott *et al.*, 1988) ปริมาณความชื้น ปริมาณโปรตีน ปริมาณไขมัน ปริมาณเถ้า การตรวจสอบคุณภาพทางจุลชีววิทยา ได้แก่ การตรวจวิเคราะห์ปริมาณจุลินทรีย์ทั้งหมด (total plate count) (AOAC, 1984) การตรวจวิเคราะห์แบคทีเรียไซโครโทรฟ (Psychrotrophs) (APHA, 1984) และการตรวจวิเคราะห์ *E. coli* (MPN method, AOAC, 1984) การตรวจ *Staphylococcus aureus*, *Salmonella* spp. และ *Vibrio cholerae* (AOAC, 1984)

2. ศึกษาค่าความแข็งแรงของเจล นำซูริมที่ผ่านการทำให้เย็นตัวมาสับผสมกับเกลือร้อยละ 3 ต่อน้ำหนักซูริม ใช้เวลาในการสับนาน 30 นาที หลังจากสับผสมนาน 10 นาที จึงเติมเกลือครึ่งหนึ่ง จากนั้นสับผสมต่ออีก 10 นาที จึงเติมเกลือที่เหลือ สับผสมจนครบเวลา (ในระหว่างการสับต้องปรับความชื้นของซูริมให้เท่ากับร้อยละ 78 โดยการเติมน้ำเย็น) อุณหภูมิในการสับผสมไม่เกิน 10°C สุ่มตัวอย่างซูริมที่นำผสมกับเกลือมาตรวจสอบค่าความเป็นกรด-เบส (Scott *et al.*, 1988) และปริมาณความชื้น

(AOAC, 1984) นำซูริมที่สับผสมแล้วบรรจุในไส้โพลีเอทิลีน ขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 2.5 เซนติเมตร นำไปให้ความร้อนที่ 1 ระดับ (90°C นาน 30 นาที) และ 2 ระดับ (40°C นาน 20 นาที และ 90°C นาน 20 นาที) จากนั้นแช่ในน้ำเย็นทันที ประมาณ 10 นาที เก็บไว้ในตู้เย็น 18-24 ชั่วโมง จึงนำมาตรวจสอบคุณภาพโดยทดสอบการพับ (MFRD, 1988) และวัดค่าความแข็งแรงของเจล โดยใช้เครื่องมือ (material testing machine. (LLOYD MODEL 500) เครื่องมือประกอบด้วยตัวเครื่องทดสอบวัสดุกับชุดคอมพิวเตอร์และ software ชื่อ LLOYD เป็นตัวควบคุมการทำงานและเก็บข้อมูลนำเข้าประมวลผลแสดงออกทางจอในรูปของกราฟ ทำการวัด 6 ซ้ำ ใช้ตัวอย่าง 2 หลอด

3. ศึกษาระดับที่เหมาะสมของการใช้โปแตสเซียมโบรเมต ( $\text{KBrO}_3$ ) ในการปรับปรุงความสามารถในการเกิดเจลของซูริมจากปลาทรายแดงและปลาเบญจพรรณ โดยนำซูริมที่ผ่านการทำให้เย็นตัวมาสับผสมกับเกลือโซเดียมคลอไรด์ร้อยละ 3 และโปแตสเซียมโบรเมตในปริมาณร้อยละ 0.00, 0.05, 0.10, 0.15, 0.20 และ 0.25 โดยน้ำหนัก โดยเติมเกลือโปแตสเซียมโบรเมตและโซเดียมคลอไรด์ครึ่งหนึ่งก่อน หลังจากสับผสมไป 10 นาที จึงเติมส่วนที่เหลือ แล้วสับผสมจนครบ 30 นาที ระวังไม่ให้อุณหภูมิในการสับผสมสูงกว่า 10°C จากนั้นนำมาบรรจุในไส้โพลีเอทิลีน ขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 2.5 เซนติเมตร นำไปให้ความร้อนที่ 1 ระดับ (90°C นาน 30 นาที) และ 2 ระดับ (40°C นาน 20 นาที และ 90°C นาน 20 นาที) หลังจากนั้นนำไปแช่น้ำเย็น นาน 10 นาที เก็บในตู้เย็น 18-24 ชั่วโมง จึงนำมาผ่านการให้ความร้อน เพื่อให้ซูริมคืนตัวเร็วขึ้นแล้วจึงตรวจสอบคุณภาพตามข้อ 2

4. ศึกษาระดับที่เหมาะสมของการใช้ไข่ขาวผงในการปรับปรุงความสามารถในการเกิดเจลของซูริมจากปลาทรายแดงและปลาเบญจพรรณ

นำซูริมิที่ผ่านการทำให้กึ่งตัวมาสับผสมร่วมกับเกลือโซเดียมคลอไรด์ร้อยละ 3 และไข่ขาวในปริมาณร้อยละ 0, 1, 2, 3, 4 และ 5 ต่อน้ำหนัก สับผสมนาน 30 นาที โดยเติมเกลือโซเดียมคลอไรด์และไข่ขาวครึ่งหนึ่งหลังจากสับผสมนาน 10 นาที สับผสมต่ออีก 10 นาที จึงเติมเกลือโซเดียมคลอไรด์และไข่ขาวส่วนที่เหลือสับผสมต่อจนครบ 30 นาที นำซูริมิที่ผ่านการสับผสมมาบรรจุในไส้โพลีเอทิลีนขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 2.5 ซม. นำไปให้ความร้อนที่ 1 ระดับ (90°C นาน 30 นาที) และ 2 ระดับ (40°C นาน 20 นาที และ 90°C นาน 20 นาที) หลังจากนั้นนำไปแช่ในน้ำเย็นนานประมาณ 10 นาที แช่ในตู้เย็น 18-24 ชั่วโมง นำมาผ่านความร้อนเพื่อตรวจสอบคุณภาพตามข้อ 2

5. ศึกษาผลของการใช้โปแตสเซียมโบรเมตร่วมกับไข่ขาวในการปรับปรุงความสามารถในการเกิดเจลของซูริมิ เติรียมตัวอย่างเช่นเดียวกับข้อ 3 และ 4 แต่ในช่วงการสับผสมจะเติมโปแตสเซียมโบรเมตและไข่ขาวในปริมาณต่างกัน (Table 1)

นำซูริมิเจลที่ได้นี้ไปผ่านการให้ความร้อนที่ 1 ระดับ (90°C นาน 30 นาที) และ 2 ระดับ (40°C นาน 20 นาที และ 90°C นาน 20 นาที) จากนั้นจึงนำมาตรวจสอบคุณภาพของซูริมิตามข้อ 2

6. การวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติ การทดลองใช้วิธี completely randomized design (CRD) factorial ประกอบด้วย 2 แฟกเตอร์คือ ระดับของโปแตสเซียมโบรเมตและไข่ขาว กับระดับของอุณหภูมิในการให้ความร้อน และเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยโดยวิธี Duncan's new multiple range test (DMRT) (สุรพล, 2528)

## ผลและวิจารณ์

การวิเคราะห์คุณภาพของซูริมิ

1. ผลการวิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมี

องค์ประกอบทางเคมีของซูริมิจากปลา 2 ชนิด แสดงไว้ใน Table 2

สำหรับค่าความเป็นกรด-เบสของซูริมิที่ผลิตจากปลาทรายแดงและปลาเบญจพรรณ เมื่อเติมโปแตสเซียมโบรเมตหรือไข่ขาวพบว่าค่าความเป็นกรด-เบสมีแนวโน้มลดลง โดยมีค่ากรด-เบสอยู่ในช่วง 6.95-6.60 และผลจากการทดสอบการพับของซูริมิเจลจากปลาทรายแดงและปลาเบญจพรรณ พบว่าไม่มีการเปลี่ยนแปลง

2. ผลการวิเคราะห์ทางจุลชีววิทยาของซูริมิที่ผลิตจากปลา 2 ชนิด แสดงไว้ใน Table 3

3. ผลการตรวจสอบค่าความแข็งแรงของเจลเมื่อใช้โปแตสเซียมโบรเมตและการให้ความร้อนที่ 1 ระดับ กับ 2 ระดับ

ปริมาณโปแตสเซียมโบรเมตร้อยละ 0.2 ให้ค่าความแข็งแรงของเจลสูงสุดในซูริมิที่ผลิตจากปลาทรายแดงและปริมาณโปแตสเซียมโบรเมตที่เหมาะสมในการเพิ่มความสามารถในการเกิดเจลในซูริมิจากปลาเบญจพรรณคือ ระดับร้อยละ 0.25 ซึ่งสอดคล้องกับผลการศึกษาของ Pacheco and Crawford (1994) ที่ได้ศึกษาค่าความแข็งแรงของเจลในซูริมิที่ผลิตจากปลา pacific whiting ที่มีส่วนผสมของโปแตสเซียมโบรเมตสูงกว่าร้อยละ 0.20 และให้ค่าความแข็งแรงของเจลสูงสุด นอกจากนี้ Jiang *et al.* (1986) ได้ศึกษาในปลา cod และปลา mackerel พบว่าระดับของโปแตสเซียมโบรเมตที่ได้ค่าความแข็งแรงของเจลสูงสุดคือ ระดับร้อยละ 0.20 โปแตสเซียมโบรเมตเป็นตัวเหนี่ยวนำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงจากหมู่มัลไฮดริลไปเป็นพันธะไดซัลไฟด์ ซึ่งมีผลทำให้ค่าความแข็งแรงของเจลสูงขึ้น (Gossett *et al.*, 1984)

เมื่อเปรียบเทียบค่าความแข็งแรงของเจลในซูริมิที่ผลิตจากปลาทรายแดงและปลาเบญจพรรณที่มีส่วนผสมของโปแตสเซียมโบรเมต และให้ความร้อนที่ 1 ระดับ และ 2 ระดับ พบว่าซูริมิจากปลาทราย

**Table 1** The quantity of egg white and KBrO<sub>3</sub>.

| Test | Egg white ( % ) | KBrO <sub>3</sub> ( % ) |
|------|-----------------|-------------------------|
| 1    | 0               | 0                       |
| 2    | 3               | 0                       |
| 3    | 3               | 0.20                    |
| 4    | 3               | 0.25                    |
| 5    | 0               | 0.20                    |
| 6    | 0               | 0.25                    |

**Table 2** Chemical composition of surimi prepared from threadfin breams and mixed species.

| Chemical composition | Percent                               |                                    |
|----------------------|---------------------------------------|------------------------------------|
|                      | Surimi prepared from threadfin breams | Surimi prepared from mixed species |
| Protein              | 17.05                                 | 16.58                              |
| Fat                  | 0.85                                  | 0.95                               |
| Moisture             | 76.23                                 | 77.46                              |
| Ash                  | 0.56                                  | 0.87                               |
| Others               | 5.31                                  | 4.14                               |

**Table 3** Microbiological test of surimi from threadfin breams and mixed species.

| Microorganisms                   | Standard of frozen surimi* | Total microorganisms                  |                                    |
|----------------------------------|----------------------------|---------------------------------------|------------------------------------|
|                                  |                            | Surimi prepared from threadfin breams | Surimi prepared from mixed species |
| Total bacterial count (CFU/gm)   | $<1.7 \times 10^7$         | $2 \times 10^4$                       | $2.7 \times 10^4$                  |
| Psychrotrophs (CFU/gm)           | -                          | $4.5 \times 10^4$                     | $5.2 \times 10^4$                  |
| <i>Escherichia coli</i> (MPN/gm) | <100                       | <3                                    | <3                                 |
| <i>Staphylococcus aureus</i>     | ND                         | ND                                    | ND                                 |
| <i>Vibrio cholerae</i>           | ND                         | ND                                    | ND                                 |

\* สำนักงานมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม. มอก. 935-2533  
ND not detected

แดงและปลาเบญจพรรณในตัวอย่างที่ไม่มีการเติมโปแตสเซียมโบรเมต การให้ความร้อน 1 ระดับ ให้ค่าความแข็งแรงของเจลสูงกว่า 2 ระดับ ส่วนตัวอย่างที่มีการเติมโปแตสเซียมโบรเมตการให้ความร้อน 2 ระดับ ให้ค่าความแข็งแรงของเจลสูงกว่า 1 ระดับ ในซุริมิจากปลาทรายแดงเมื่อให้ความร้อน 1 ระดับมีค่าความแข็งแรงของเจลเฉลี่ย 144.80 นิวตัน-มิลลิเมตร และเมื่อให้ความร้อน 2 ระดับ มีค่าความแข็งแรงของเจลเฉลี่ย 153.85 นิวตัน-มิลลิเมตร จากการวิเคราะห์ทางสถิติค่าความแข็งแรงของเจลเมื่อให้ความร้อน 1 ระดับ และ 2 ระดับ พบว่ามีความแตกต่างกัน ( $P < 0.005$ )

เมื่อนำค่าความแข็งแรงของเจลของซุริมิจากปลาเบญจพรรณ มาวิเคราะห์ทางสถิติเมื่อให้ความร้อน 1 ระดับ และ 2 ระดับ มีค่าความแข็งแรงของเจลโดยเฉลี่ยเท่ากับ 128.17 และ 146.11 นิวตัน-มิลลิเมตร พบว่ามีความแตกต่างกัน ( $P < 0.05$ )

4. ผลการศึกษาปริมาณที่เหมาะสมของไข่ขาวต่อความสามารถในการเกิดเจลของซุริมิที่ผลิตจากปลาทรายแดงและปลาเบญจพรรณ โดยให้ความร้อนที่ 1 ระดับและ 2 ระดับ

ค่าความแข็งแรงของเจลเฉลี่ยในซุริมิจากปลาทรายแดงที่เติมไข่ขาว ร้อยละ 3.0 กับร้อยละ 4.0 มีค่าเท่ากับ 174.67 และ 172.12 นิวตัน-มิลลิเมตร ซึ่งเป็นค่าความแข็งแรงของเจลสูงสุด เมื่อเทียบกับการใช้ไข่ขาวร้อยละ 1, 2 และ 5 พบว่าค่าความแข็งแรงของเจลเฉลี่ยที่ได้มีความแตกต่างกัน ( $P < 0.05$ ) และการให้ความร้อน 2 ระดับ ให้ค่าเฉลี่ยสูงกว่าการให้ความร้อน 1 ระดับ แต่ถ้าตัวอย่างไม่เติมไข่ขาวพบว่าการให้ความร้อน 1 ระดับ ให้ค่าความแข็งแรงของเจลเฉลี่ยสูงกว่าการให้ความร้อน 2 ระดับ จากการวิเคราะห์ทางสถิติของค่าความแข็งแรงของเจลพบว่าการให้ความร้อน 1 ระดับ และ 2 ระดับ มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ( $P < 0.05$ )

ค่าความแข็งแรงของเจลซุริมิที่ผลิตจากปลา

เบญจพรรณที่มีการเติมไข่ขาวในระดับต่าง ๆ ให้ผลคล้ายคลึงกับซุริมิจากปลาทรายแดง แต่ระดับที่เหมาะสมของไข่ขาวที่เพิ่มความสามารถในการเกิดเจลของซุริมิจากปลาเบญจพรรณ คือระดับร้อยละ 3 และการให้ความร้อน 2 ระดับ ทำให้ค่าความแข็งแรงของเจลโดยเฉลี่ยสูงกว่าการให้ความร้อน 1 ระดับ โดยมีค่าความแข็งแรงของเจลเฉลี่ย 152.60 นิวตัน-มิลลิเมตร ส่วนตัวอย่างที่ไม่ได้เติมไข่ขาวพบว่าการให้ความร้อน 1 ระดับให้ค่าความแข็งแรงของเจลเฉลี่ยสูงกว่า 2 ระดับ ผลจากการทดลองดังกล่าวสอดคล้องกับการทดลองของ Lee *et al.* (1992) ซึ่งกล่าวว่าซุริมิที่ผลิตจากปลา Alaska pollack ที่มีการเติมไข่ขาวจะมีค่าความยืดหยุ่นเพิ่มขึ้นการที่ไข่ขาวมีผลต่อค่าความแข็งแรงของเจลเพิ่มขึ้นเนื่องจากเมื่อมีการให้ความร้อน เพื่อให้โปรตีนคงตัวที่อุณหภูมิต่ำ ( $40^{\circ}\text{C}$ ) โปรตีนจากไข่ขาวและโปรตีนจากเนื้อปลาสูญเสียสภาพ มีการคลายตัวของสายโพลีเปปไทด์ ทำให้โครงสร้างโปรตีนเกิดเป็นสายยาวโดยมีโซ่ข้างที่ยังเกิดปฏิกิริยาได้ ซึ่ง Gossett *et al.* (1984) พบว่าโซ่ข้างของโปรตีนเหล่านี้เกิดปฏิกิริยาทางเคมีทั้งพันธะไฮโดรเจนและพันธะโควาเลนต์ โดยเกิดปฏิกิริยาของหมู่ซัลไฮดริล (-SH) ไปเป็นพันธะไดซัลไฟด์ (-S-S-) ปฏิกิริยาทางเคมีเหล่านี้ทำให้การติดเกาะของเนื้อปลาที่นำมาขึ้นรูปดีขึ้น เมื่อมีการให้ความร้อนแก่เนื้อปลาจนสุกพร้อมที่จะบริโภค โปรตีนจากเนื้อปลาและโปรตีนจากไข่ขาว ทำปฏิกิริยากันเกิดการสูญเสียสภาพอย่างสมบูรณ์ และปฏิกิริยานี้มีมากยิ่งขึ้น จึงทำให้ซุริมิที่ผ่านการให้ความร้อนมีค่าความแข็งแรงของเจลเพิ่มขึ้น

สำหรับซุริมิที่มีการใช้ไข่ขาวสูงกว่าร้อยละ 3 มีค่าความแข็งแรงของเจลต่ำลง เนื่องจากปริมาณไข่ขาวที่เติมลงไปนั้นส่วนหนึ่งไปทำปฏิกิริยากับโปรตีนมายโอซินของเนื้อปลาเอง และอีกส่วนหนึ่งทำปฏิกิริยากันเอง โปรตีนที่มีบทบาทต่อความแข็งแรงของเจลคือ โปรตีนส่วนที่ทำปฏิกิริยากับโปรตีนของ

เนื้อปลา สำหรับโปรตีนจากไข่ขาวที่ทำปฏิกิริยากันเองมีผลทำให้ความแข็งแรงของเจลซูริมีน้อยกว่า และถ้าโปรตีนส่วนนี้มีปริมาณเพิ่มขึ้นจะทำให้การยึดเกาะของโปรตีนลดลง เนื่องจากโปรตีนของไข่ขาวที่ทำปฏิกิริยากันเอง เมื่อเกิดการสูญเสียอย่างสมบูรณ์ จะมีคุณสมบัติเปราะและแตกหักง่าย

Burgarella *et al.* (1985) พบว่าการใช้ไข่ขาวเป็นส่วนผสมในซูริมีทำให้ผลิตภัณฑ์เนื้อสัมผัสดีขึ้น โดยมีค่าความแข็งแรงของเจลเพิ่มขึ้น Lee *et al.* (1992) ได้ศึกษาผลการเติมไข่ขาวในซูริมีจากปลา Pacific whiting พบว่ามีผลต่อการเพิ่มค่าความแข็งแรงของเจล

5. ผลการศึกษาปริมาณที่เหมาะสมของโปแตสเซียมโบรเมตและไข่ขาวร่วมกันในการเกิดเจลของซูริมีที่ผลิตจากปลาทรายแดงและปลาเบญจพรรณ และการให้ความร้อนที่ 1 และ 2 ระดับ

สำหรับค่าความแข็งแรงของเจลซูริมีปลาเบญจพรรณ พบว่าการใช้ไข่ขาวร้อยละ 3 และโปแตสเซียมโบรเมตร้อยละ 0.20 และ 0.25 ให้ค่าความแข็งแรงของเจลเฉลี่ยสูงใกล้เคียงกันคือ เท่ากับ 164.41 และ 166.48 นิวตันมิลลิเมตร โปแตสเซียมโบรเมตและไข่ขาวผงซึ่งเติมในซูริมีจะช่วยปรับปรุงคุณภาพของซูริมี โดยไข่ขาวและโปแตสเซียมโบรเมตจะมีความสามารถในการยับยั้งเอนไซม์อัลคาไลน์โปรตีเอส (alkaline protease) เมื่อทำปฏิกิริยาร่วมกันจึงมีผลทำให้ค่าความแข็งแรงของเจลสูงสุด โดยโปแตสเซียมโบรเมตทำให้เจลมีความแข็งแรงขึ้นโดยการเหนี่ยวนำให้เกิดพันธะไดซัลไฟด์ (Okada and Nakayama, 1961) จากนั้นไข่ขาวยังสร้างเจลในระหว่างการให้ความร้อน นอกจากนี้ Okada (1986) กล่าวว่า การเติมโปแตสเซียมโบรเมตลงปร้อยละ 0.05-0.1 ในซูริมีจากปลา Alaska pollack เกรดดำหรือปลา Horse mackerel จะช่วยปรับปรุงเนื้อสัมผัส

จากการศึกษากลไกของการเกิดเจลซูริมี พบว่าเจลของซูริมีจะเกิดอย่างรวดเร็วเมื่อได้รับความร้อนที่

80-90°C แต่เกิดอย่างช้า ๆ ที่ 40-50°C และให้เจลที่แข็งแรงกว่า ซึ่งแสดงให้เห็นว่าการให้ความร้อนเพื่อให้โปรตีนคงตัว (setting) ที่ 40°C จะเพิ่มความแข็งแรงและความยืดหยุ่นของเจลซูริมี การเกิดเจลจะเกิดเมื่อโซลได้รับความร้อนประมาณ 50°C โซลจะเปลี่ยนเป็นเจลซึ่งเรียกว่า ซูวารีเจล (suwari gel) มีลักษณะค่อนข้างยืดหยุ่น เมื่อเจลได้รับความร้อนถึง 60-70°C จะมีลักษณะนิ่มลงเรียกว่า โมโดริ (modori) เนื่องจากโครงสร้างบางส่วนถูกทำลายโดยเอนไซม์อัลคาไลน์โปรตีเอสที่ทนความร้อน (Lanier, 1986) พบในปลาบางชนิด เช่น ปลา Atlantic croaker (Lanier *et al.*, 1980) ปลา white croaker (Deng *et al.*, 1979) และปลา Atlantic menhaden ถึงแม้ว่าเอนไซม์นี้จะไม่เป็นปัญหาสำคัญสำหรับการใช้ซูริมีในผลิตภัณฑ์เลียนแบบอาหารทะเล (seafood analog) ซึ่งปกติให้ความร้อนอย่างรวดเร็วที่ 80-90°C แต่อาจเป็นข้อจำกัดสำหรับการใช้ซูริมีเป็นส่วนผสมในผลิตภัณฑ์เนื้อชนิดอิมัลชันที่ทำให้สุกโดยให้ความร้อนอย่างช้า ๆ จนอุณหภูมิถึง 70°C จึงมีการศึกษาการยับยั้งเอนไซม์นี้ซึ่งอาจทำได้โดยให้เจลผ่านช่วงอุณหภูมินี้อย่างรวดเร็ว และศึกษาการใช้สารบางอย่างเพื่อยับยั้งกิจกรรมของเอนไซม์นี้ ได้แก่ การใช้ไข่ขาวผง น้ำสกัดจากมันฝรั่ง เป็นต้น (Lanier *et al.*, 1980)

จากการทดลองการให้ความร้อน 2 ระดับ (40°C 20 นาที และ 90°C 20 นาที) ให้ค่าความแข็งแรงของเจลสูงกว่า 1 ระดับ สอดคล้องกับรายงานของ Pacheco and Crawford (1994) ซึ่งทดลองในซูริมีที่ผลิตจากปลา Pacific whiting ที่มีการเติมโปแตสเซียมโบรเมต เนื่องจากโปแตสเซียมโบรเมต มีผลในการยับยั้งกิจกรรมของเอนไซม์อัลคาไลน์โปรตีเอส แต่ถ้าไม่ใส่โปแตสเซียมโบรเมต การให้ความร้อน 1 ระดับ (90°C 30 นาที) จะให้ค่าความแข็งแรงของเจลสูงสุด เนื่องจากเอนไซม์อัลคาไลน์โปรตีเอสจะมีกิจกรรมสูงสุดที่อุณหภูมิ 50-60°C การใช้ความร้อนที่ 90°C

จึงทำลายเอนไซม์ที่ย่อยสลายโปรตีนฟองเพ็ญและคณะ (2537) ได้เปรียบเทียบวิธีการให้ความร้อนแก่ซูริมิที่ผลิตจากปลาชนิด พบว่าการให้ความร้อนที่อุณหภูมิ 40°C ก่อนให้ความร้อนที่ 90°C จะให้ค่าความแข็งแรงของเจลสูงกว่าการให้ความร้อนที่อุณหภูมิสูง โดยไม่ผ่านการให้ความร้อนที่อุณหภูมิต่ำเพื่อให้โปรตีนคงตัวจากการศึกษาครั้งนี้มีข้อสรุปที่สำคัญคือ

1. ปริมาณโปแตสเซียมโบรเมตที่เหมาะสมในการเพิ่มความสามารถของการเกิดเจลอยู่ที่ระดับร้อยละ 0.25 ในซูริมิจากปลาเบญจพรรณและอยู่ที่ระดับร้อยละ 0.20 ในซูริมิจากปลาทรายแดง

2. ปริมาณไข่ขาวที่เหมาะสมในการเพิ่มความสามารถของการเกิดเจลอยู่ที่ระดับร้อยละ 3 ในซูริมิจากปลาทรายแดง และอยู่ที่ระดับร้อยละ 3 และ 4 ในซูริมิจากปลาเบญจพรรณ

3. การใช้ไข่ขาวร้อยละ 3 ร่วมกับโปแตสเซียมโบรเมตร้อยละ 0.25 โดยผ่านความร้อน 2 ระดับ (40°C นาน 20 นาที และ 90°C นาน 20 นาที) มีผลทำให้ค่าความแข็งแรงของเจลสูงที่สุด

4. การให้ความร้อน 1 ระดับ (90°C นาน 30 นาที) ให้ค่าความแข็งแรงของเจลสูงกว่าการให้ความร้อน 2 ระดับ ในซูริมิที่ไม่มีการเติมโปแตสเซียมโบรเมตหรือไข่ขาว

5. การให้ความร้อน 2 ระดับ (40°C นาน 20 นาที และ 90°C นาน 20 นาที) ให้ค่าความแข็งแรงของเจลสูงสุดในตัวอย่างที่มีการเติมไข่ขาวหรือ  $KBrO_3$  อย่างใดอย่างหนึ่ง หรือเติมไข่ขาวร่วมกับ  $KBrO_3$

## เอกสารอ้างอิง

ฟองเพ็ญรัตตกุล, อรวรรณ คงพันธุ์, และวิสันต์แสงสิงห์. 2537. การผลิตเนื้อปลาสดจากปลาชนิด, น. 699-709. ในรายงานการสัมมนาวิชาการประจำปี 2536. กรมประมง กระทรวงเกษตรและสหกรณ์,

กรุงเทพฯ.

สุรพล อุบัติสกูล. 2528. การตรวจสอบความแตกต่างของค่าเฉลี่ย. โรงพิมพ์ศูนย์ส่งเสริมและฝึกอบรมการเกษตรแห่งชาติ, กรุงเทพฯ. 105 น.

สำนักงานมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม. 2533. มาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมเนื้อปลาสด (ซูริมิ) เขือกแข็ง. กระทรวงอุตสาหกรรม, กรุงเทพฯ. 13 น.

AOAC. 1984. Official Methods of Analysis. 14 th ed., Association of Official Analytical Chemistry, Washington, D.C. 1141 p.

APHA. 1984. Compendium of Methods for Microbiological Examination of Foods. American Publishing, Co., Inc., Washington, D.C. 314 p.

Burgarella., J.C., T.C. Lanier, and D.D. Hamann. 1985. Effects of added egg white or whey protein concentrate on thermal transitions in rigidity of croaker surimi. J. Food Sci. 50:1588-1594, 1606.

Deng, C.S., D.D. Hamann, N.B. Nebb, and T. Akahane. 1979. Effect of species and storage time on minced fish gel texture. J. Food Sci. 11:515-518.

Gossett, P.W., S.W. Rizvil, and R.C. Baker. 1984. Quantitative analysis of gelation in egg protein systems. Food Technol. 38:67-74.

Jiang. S.T., C.C. Lan, and C.Y. Taso. 1986. New approach to improve the quality of minced fish products from freeze-thawed cod and mackerel. J. Food Sci. 51:310-312.

Lanier, T.C. 1986. Functional properties of surimi. Food Technol. 40:107-114, 124.

Lanier, T.C., T.S.Lin, D.D. Hamann, and F.B. Thomas. 1980. Effects of alkaline protease on

- minced fish on texture of heat processed gels. *J. Food Sci.* 46:1647.
- Lee, C.M., M.C. Wu, and M. Okada. 1992. Ingredient and formulation technology for surimi based products, pp.273-302. *In* T.C. Lanier and C.M.-Lee (eds.). *Surimi Technology*. Marcel Dekker. Inc., New York.
- MFRD, 1988. Handbook on the Processing of Frozen Surimi and Fish Jelly Products in Southeast Asia. Marine Fisheries Development Center, Singapore. 30 p.
- Min, T.S., K. Miwa, and S. Konaga. 1994. Advance in the fish processing industry in Southeast Asia, pp.43-53. *In* Proceeding of the International Seafood Research Meeting of Mie University. Academic Press., Japan.
- Okada, M. 1986. Ingredient on gel texture, pp.515-530. *In* R.E. Martin and R. Collette. (eds.). *International Symposium on Engineered Seafood* including Surimi. National Fisheries Institute. Washington, D.C.
- Okada, M. and M. Nakayama. 1961. The effects of oxidation on jelly strength of kamaboko. *Bullin. Jap. Soc. Sci.* 27:203-208.
- Pacheco, R. and D.L. Crawford. 1994. Potassium bromate on gel forming ability of Pacific whiting surimi. *J. Food Sci.* 58:1509-1513.
- Scott, D.N., R.W. Poorter, G. Kudo, R. Miller, and B. Koury. 1988. Effect of freezing and frozen storage of Alaska pollack on the chemical and gel-forming properties of surimi. *J. Food Sci.* 53:353-358.
- Suzuki, T. 1981. *Fish and Krill Protein : Processing and Technology*. Applied Sci. Publisher, London. 260 p.

---

วันรับเรื่อง : 22 เม.ย. 41  
 วันรับตีพิมพ์ : 7 ก.ค. 41