บทที่ 2

วารสารปริทัศน์

2.1 <u>ปลานิล</u> <u>(Tilapia nilotica)</u>

ปลานิลเป็นปลาที่ได้พันธุ์มาจากประเทศญี่ปุ่นโดยเมื่อวันที่ 25 มีนาคม 2508 เจ้าฟ้าอากิฮิโต มกุฎราชกุมารแห่งประเทศญี่ปุ่น ได้จัดส่งปลานิลที่มีความยาวเฉลี่ยตัวละประมาณ 9 เซนติเมตร น้ำหนักประมาณ 14 กรัม เป็นจำนวน 500 ตัว มาทูลเกล้าฯถวายแด่พระบาทสมเด็จพระเจ้าอยู่หัว ในระยะแรกได้ทรงพระกรุณาโปรดเกล้าฯ ให้ปล่อยลงเลี้ยงในบ่อดินเนื้อที่ประมาณ 10 ตารางเมตร ในบริเวณสวนจิตรลดา พระราชวังดุสิต เมื่อเลี้ยงได้ 5 เดือนเศษ ปรากฏว่ามีลูกปลาเกิดขึ้นเป็นจำนวนมากจึงได้ทรงพระกรุณาโปรดเกล้าฯ ให้เจ้าหน้าที่สวนหลวงขุดบ่อขึ้นใหม่อีก 6 บ่อ มีเนื้อที่เฉลี่ยบ่อละประมาณ 70 ตารางเมตร ซึ่งในโอกาสนี้พระบาทสมเด็จพระเจ้าอยู่หัว ได้ทรงย้ายปลาด้วยพระองค์เอง โดยทรงย้ายจากบ่อเดิมไปปล่อยในบ่อใหม่ทั้ง 6 บ่อ และต่อจากนั้นทรงพระกรุณาโปรดเกล้าฯ มอบหมายให้กรมประมงจัดส่งเจ้าหน้าที่วิชาการตรวจสอบการเจริญเติบโตเป็นประจำทุกเดือน (6)

โดยที่ปลาชนิดนี้เป็นปลาจำพวกกินพืชที่เลี้ยงง่าย มีรสดี ออกลูกดก เจริญเติบโตได้รวดเร็วคือในเวลา 1 ปีจะมีน้ำหนักประมาณครึ่งกิโลกรัมและมีความยาวประมาณ 30 เซนติเมตร จึงได้มีพระราชดำริที่จะให้ปลานี้แพร่ขยายพันธุ์ อันจะเป็นประโยชน์แก่พสกนิกรของพระองค์ต่อไป พระองค์จึงทรงพระกรุณาโปรดเกล้าฯ พระราชทานชื่อปลาชนิดนี้ว่า "ปลานิล"และได้พระราชทานปลาที่มีขนาดความยาว 3-5 เซนติเมตร จำนวน 10,000 ตัว ให้กรมประมงนำไปเพาะเลี้ยงขยายพันธุ์ที่แผนกทดลองและเพาะเลี้ยงในบริเวณเกษตรกลาง บางเขน และสถานีประมงต่าง ๆ เพื่อดำเนินการเพาะเลี้ยงขยายพันธุ์ไปในเวลาเดียวกัน ซึ่งเมื่อปลานิลนี้แพร่ขยายพันธุ์ออกมาได้มากเพียงพอแล้ว ก็จะได้แจกจ่ายให้ ราษฎรนำไปเพาะเลี้ยงต่อไป (6)

ปลานิลเป็นปลาน้ำจืดตระกูล Cichlidae ซึ่งมีถิ่นกำเนิดเดิมอยู่ในทวีปอาฟริกา พบทั่วไปตามหนอง บึง และทะเลสาบในประเทศซูดาน อูแกนดา แทนแกนยิกา เนื่องจากปลาชนิดนี้เลี้ยงง่าย และเติบโตเร็ว จึงมีผู้สนใจเลี้ยงกันอย่างแพร่หลาย ปลานิลมีรูปร่างลักษณะคล้ายปลาหมอเทศ แต่มีลักษณะพิเศษคือ ริมฝีปากบนและล่างเสมอกัน มีเกล็ด 4 แถว ตรงบริเวณแก้ม และ

มีลายพาดขวางลำตัว ประมาณ 9-10 แถบ มีนิสัยชอบอาศัยอยู่รวมกันเป็นฝูงตามแม่น้ำ ลำคลอง หนอง บึง และทะเลสาบ เป็นปลาที่อยู่ได้ทั้งน้ำจืดและน้ำกร่อย มีความอดทนและสามารถปรับตัวให้เข้ากับธรรมชาติได้ง่าย เหมาะสมที่จะนำมาเพาะเลี้ยงในบ่อได้เป็นอย่างดี ถ้าบ่อเลี้ยงปลามีสภาพดีและมีการให้อาหารเพียงพอ ในเวลา 1 ปี แม่ปลาตัวหนึ่งจะสามารถแพร่พันธุ์ได้ประมาณ 3-4 ครั้ง ด้วยเหตุที่ปลานิลแพร่ขยายพันธุ์อย่างรวดเร็ว จึงไม่ควรปล่อยให้จำนวนปลาในบ่อมีปริมาณมากเกินไป เพราะถ้าปล่อยให้อยู่กันหนาแน่นจะไม่เจริญเติบโต และจะทำให้อัตราการแพร่พันธุ์ลดน้อยลงด้วย (6 7)

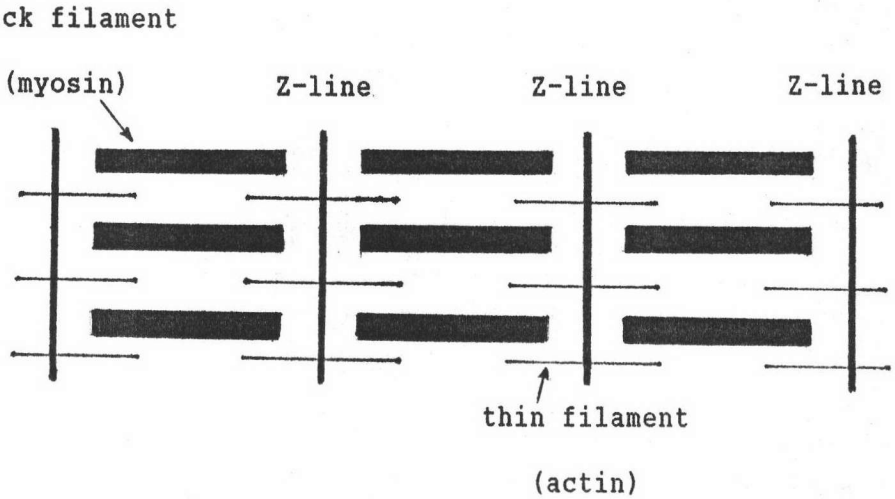
2.2 ปลาหลังเขียว

ปลาหลังเขียวหรือปลาซาร์ดีน (Goldstripe sardinella) เป็นปลาทะเลซึ่งมีชื่อทางวิทยาศาสตร์ว่า Sardinella gibbosa (Bleeker) และมีชื่อพ้องที่ใช้เรียกอยู่คือ Clupea gibbosa (Bleeker), Sardinella taiwanensis (Raja, Hiyama) เป็นปลาที่มีตัวเรียวยาว ลำตัวแบนข้าง ความลึกลำตัวจะเป็นหนึ่งส่วน 3.6-4.1 ของความยาวลำตัว สันท้องคม สีพื้นของลำตัวเป็นสีน้ำเงินเข้ม บริเวณท้องมีสีขาวมีแถบสีเหลืองพาดยาวจากมุมกระดูกแก้มไปจดโคนหางและมีจุดดำที่ฐานครีบหลัง มีขนาดตัว 5-18.5 เซนติเมตร แหล่งที่จับ ได้แก่ อ่าวไทยฝั่งตะวันออกบริเวณเกาะช้าง จันทบุรี ระยอง ชลบุรี อ่าวไทยตอนในอ่าวบริเวณจังหวัดสมุทรปราการ สมุทรสาคร สมุทรสงคราม เพชรบุรี หัวหิน ปราณบุรี อ่าวไทยฝั่งตะวันตกตอนบนบริเวณประจวบคีรีขันธ์ ชุมพร หลังสวน เกาะเต่า เกาะพงัน เกาะสมุย และอ่าวไทยฝั่งตะวันตกตอนล่างหลังเกาะสมุย สิชล เกาะกระ ปัตตานีและสงขลา (8) ปลาหลังเขียวชอบอยู่รวมเป็นฝูงบริเวณผิวน้ำ พวกที่มีขนาดเล็กมักอยู่บริเวณใกล้ฝั่งจนถึงระดับน้ำลึก 20 เมตร สำหรับปลาขนาดใหญ่พบแพร่กระจายทั่วไปในเขตน้ำลึกตั้งแต่ 20-50 เมตร สามารถวางไข่ได้ตลอดปี ปริมาณการจับปลาหลังเขียวจากปี 2512-2520 เพิ่มจาก 673 ตัน เป็น 24,077 ตัน (8)

2.3 โครงสร้างของกล้ามเนื้อและโปรตีนในเนื้อปลา

กล้ามเนื้อปลาประกอบด้วยกล้ามเนื้อลาย (Striated muscle) ซึ่งรวมตัวเป็นกลุ่มของเส้นใยกล้ามเนื้อ (Muscle fibre) กล้ามเนื้อปลาโดยทั่วไปแบ่งได้เป็น 2 ส่วน คือ ส่วนที่

มีสีอ่อนเรียกว่ากล้ามเนื้อขาว (White muscle) และส่วนที่มีสีคล้ำเรียกว่ากล้ามเนื้อดำ (Dark muscle) กล้ามเนื้อดำนั้นจะอยู่ตามด้านข้างของลำตัวใต้ผิวหนังโดยมีเนื้อเยื่อเกี่ยวพันพยุงรอบ ๆ และมีปริมาณเส้นใยกล้ามเนื้อมากกว่าในกล้ามเนื้อขาว กล้ามเนื้อโดยทั่วไปประกอบด้วย Myofibril จำนวนมากเรียงตัวขนานกับ Sarcoplasm ซึ่งอยู่ตามช่องว่างของมัดกล้ามเนื้อ สำหรับ Myofibril ประกอบด้วยเส้นใยกล้ามเนื้อ 2 ชนิด ที่มีความหนาแตกต่างกันคือ Myosin เป็นส่วนประกอบหลักของเส้นใยหนา (Thick filament) และ Actin เป็นส่วนประกอบหลักของเส้นใยบาง (Thin filament) ดังรูป (1)



โปรตีนของเนื้อปลาประกอบด้วย Sarcoplasmic protein ซึ่งอยู่ในส่วนของพลาสมา Myofibrillar protein ซึ่งมี Myosin และ Actin เป็นส่วนประกอบ และ Stroma ซึ่งเป็นโปรตีนของเนื้อเยื่อเกี่ยวพันชนิดต่าง ๆ Sarcoplasmic protein ประกอบด้วยโปรตีนที่ละลายได้ในน้ำ (Water Soluble Protein, WSP) เป็นส่วนใหญ่ รวมเรียกว่า Myogen มักจะพบในปริมาณสูงในพวกปลาผิวน้ำ (Pelagic fish) เช่น ปลาซาร์ดีน และปลาแมคเคอเรล แต่จะพบน้อยในพวกปลาหน้าดิน (Dermasal fish) เช่น พวกปลากระพง Myofibrillar protein ซึ่งประกอบด้วย Myosin และ Actin เป็นโปรตีนที่ละลายได้ในน้ำเกลือ (Salt Soluble Protein, SSP) โดยเมื่อเติมเกลือระหว่างการนวด Myosin และ Actin จะละลายออกจากเซลกล้ามเนื้อปลาและรวมตัวเป็นสารประกอบ Actomyosin ซึ่งจะทำให้เกิดความเหนียวเพิ่มขึ้นในระหว่างการบดหรือนวดและเมื่อนำไปให้ความร้อนจะเกิดโครงสร้าง

หอสมุดกลาง สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ไมเลกุลแบบตาข่าย (Actomyosin network) ซึ่งเรียก gel ทำให้เนื้อปลามีความยืดหยุ่น ในส่วนของ Stroma จะประกอบด้วย Collagen และ Elastin ทั้ง 2 ชนิดเป็นโปรตีนที่ไม่ละลายในน้ำ กรดหรือด่าง และสารละลายเกลือ แต่จะถูกสกัดออกมาได้ด้วยความร้อนชื้น เป็น Water Soluble Gelatin สำหรับปลาที่มี Sarcoplasmic protein ในปริมาณมากจะมีผลในทางลบกับการเกิดเจลในผลิตภัณฑ์เพราะ Sarcoplasmic protein ซึ่งละลายได้ในน้ำทำให้อัตราการเกิดปฏิกริยาเกี่ยวพันข้ามพันธะ (Cross-linking) ระหว่างไมเลกุลของ Actomyosin ลดลง เป็นเหตุให้ความเหนียวของผลิตภัณฑ์ลดลง (1 9)

2.4 องค์ประกอบทางเคมีของเนื้อปลา

องค์ประกอบของปลาส่วนที่บริโภคได้แปรตามขนาด อายุ และเวลาที่จับได้ว่าเป็นระยะก่อนหรือหลังวางไข่ โดยทั่วไปประมาณได้ว่า 45-50% ของน้ำหนักปลาทั้งตัว เป็นส่วนที่บริโภคได้ องค์ประกอบทางเคมีที่สำคัญของเนื้อปลา ได้แก่ โปรตีน 15-24% ไขมัน 0.1-22.0% คาร์โบไฮเดรท 1-3% สารอนินทรีย์ 0.8-2.0% และน้ำ 66-84% (10) องค์ประกอบเหล่านี้จะเป็นปัจจัยที่กำหนดคุณภาพของเนื้อปลา เช่น ปริมาณ และชนิดของไขมันมีผลต่อการเกิดกลิ่นหืน (Rancidity) โดยเกิดปฏิกริยาออกซิเดชั่นเมื่อเก็บปลาไว้เป็นเวลานาน ปริมาณโปรตีนที่ละลายได้ในน้ำเกลือ (SSP) มีความสำคัญต่อลักษณะเนื้อสัมผัสของผลิตภัณฑ์จากเนื้อปลา และสำคัญด้านคุณค่าทางโภชนาการ นอกจากนั้นในเนื้อปลาทะเลยังมีสารประกอบเฉพาะอีกชนิดหนึ่ง คือ Trimethylamine oxide (TMAO) ซึ่งในระยะหลังการเกร็งตัวของเนื้อปลา TMAO จะเปลี่ยนเป็น Trimethylamine(TMA) ทำปฏิกิริยาให้เกิดกลิ่นคาว(Fishy odour)ของปลาขึ้น ปริมาณ TMAO ที่พบในกล้ามเนื้อสีดำจะมีมากกว่าในกล้ามเนื้อสีขาว ซึ่งในการทดลองนี้จะใช้ TMA เป็นดัชนีแสดงความสดของปลาด้วย เนื่องจากเมื่อความสดลดลง ปริมาณ TMA จะเพิ่มสูงขึ้น (1 11 12)

2.5 ผลของความสดของปลาต่อคุณภาพสุริมิ

หลังจากที่ปลาตาย เนื้อปลาจะยังคงนิ่มอยู่ระยะหนึ่ง แต่หลังจากนั้นจะแข็งขึ้นเมื่อเข้าสู่ระยะการเกร็งตัว (Rigor mortis) และจะนิ่มอีกครั้งหลังระยะการเกร็งตัวเนื่องจากเนื้อปลาเริ่มมีการเสื่อมสภาพจากปฏิกริยาของเอนไซม์ (Enzyme) ในตัวปลาเองหรือจากแบคทีเรียทำให้

โปรตีนในเนื้อปลาเกิดการแปลงสภาพ ซึ่งหลังจากปลาตาย Adenosine triphosphate(ATP) ที่สะสมอยู่ในกล้ามเนื้อปลา จะสลายตัวกลายเป็น Adenosine diphosphate (ADP) ----› Adenosine monophosphate (AMP) ----› Inosine monophosphate (IMP) ----› Inosine หรือ Hypoxanthine riboside (HxR) และ Hypoxanthine (Hx) ตามลำดับ ความสดของปลาจึงลดลงสามารถวัดความสดได้โดยการหาค่า K (ภาคผนวก ก.3) ซึ่งเป็นดัชนีวัดความสดของปลาและปลาหมึก (Enzymatic freshness) (11) และนอกจากนั้น pH ของเนื้อปลามีการเปลี่ยนแปลงโดยในระยะแรกจะลดต่ำลงกว่า 7 หลังผ่านระยะการเกร็งตัวแล้ว pH จะสูงขึ้นทำให้ความสามารถในการเกิดเจล (Gel forming ability) ลดลง เนื่องจากความสามารถในการละลายของ Myofibrillar protein ในสารละลายเกลือลดลงโดยเฉพาะปลาอลาสก้าไพลอคและปลาซาร์ดีนจะสูญเสียความสามารถในการเกิดเจลลงประมาณครึ่งหนึ่งเมื่อผ่านระยะการเกร็งตัว (13) ทำให้ลักษณะเนื้อสัมผัสที่ต้องการในสุริมิ คือ ความยืดหยุ่น ความเหนียว (Gel strength) และการยึดเกาะ (Binding) ที่ดีสูญเสียไป (14)

2.6 ผลการแช่เยือกแข็งต่อคุณภาพของเนื้อปลาและคุณภาพของสุริมิ

การแช่เยือกแข็งเป็นวิธีการเก็บและรักษาความสดของปลาที่ดีวิธีหนึ่ง สามารถป้องกันการเน่าเสียและการย่อยสลายโดยตัวเอง (Autolysis) แต่ไม่สามารถป้องกันการแปลงสภาพและเสื่อมสภาพได้ ถ้าเก็บรักษาในสภาวะเยือกแข็งเป็นเวลานาน โปรตีนกล้ามเนื้อจะเกิดการแปลงสภาพโดยเฉพาะ Myofibrillar protein เนื้อปลาที่ผ่านการแช่เยือกแข็งจะสูญเสียคุณสมบัติด้านการเก็บกักน้ำไว้ในเซล (Water-holding capacity) และความสามารถในการเกิดเจล เนื่องจากการสูญเสียน้ำที่บริเวณผิว และจากการเกิดผลึกน้ำแข็งของน้ำในเนื้อเยื่อและการเสียน้ำจากเนื้อเยื่อในขั้นตอนการทำให้น้ำแข็งละลาย (Thaw) ก่อนนำไปใช้ (15 16 17 18 19 20 21) ทำให้ระดับความเข้มข้นของเกลือแร่ และสารอินทรีย์ภายในเนื้อเยื่อเข้มข้นขึ้น เป็นผลให้ pH และ Ionic strength เปลี่ยนแปลง นอกจากนั้นโมเลกุลของน้ำที่ละลายออกมาทำให้โมเลกุลของโปรตีนอยู่ใกล้กันมากขึ้น ทำให้เกิดการเกี่ยวพันข้ามพันธะ (Hydrogen bonds, Ionic bonds, Disulfide bonds) และความสามารถในการละลายของ SSP ลดลง เกิดเจลยากขึ้น และยังเกิด Auto-oxidation ขึ้นได้ระหว่างการเก็บรักษา ซึ่งจะทำให้

สุริมิที่ผลิตได้มีคุณภาพต่ำแต่ถ้าการแช่เยือกแข็งและเก็บรักษาปลาทำที่อุณหภูมิ -30 องศาเซลเซียส และ -80 องศาเซลเซียส SSP จะไม่มีการเปลี่ยนแปลงในช่วงเวลา 11 สัปดาห์ (18)

2.7 ผลของการใช้สาร Reducing agent ต่อคุณภาพสุริมิ

เนื่องจากการแช่เยือกแข็งทำให้โปรตีนในกล้ามเนื้อปลา โดยเฉพาะ Myofibrillar protein เกิดแปลงสภาพ และเมื่อนำไปผลิตสุริมิจะให้สุริมิที่คุณภาพต่ำ ลักษณะเนื้อสัมผัส เช่น ความยืดหยุ่น ความเหนียว ลดลง เคยมีผู้ทดลองใช้สาร Reducing agent ในกระบวนการผลิตสุริมิจากปลาแช่เยือกแข็ง และพบว่าผลิตภัณฑ์ที่ได้มีสมบัติด้านเนื้อสัมผัส ได้แก่ ความยืดหยุ่น ความเหนียว และการยึดเกาะดีขึ้น โดย Jiang, Lan และ Tsao (22) ได้ทดลองเติม Mercaptoethanol, Cysteine, Tannic acid, Sodium bisulfite และ Ascorbic acid ลงในเนื้อปลาคอดที่แช่เยือกแข็งแล้ว และนำไปผลิตเป็นสุริมิ พบว่าผลิตภัณฑ์ที่ได้มีสมบัติด้านความยืดหยุ่นและความเหนียวดีขึ้น ซึ่งผู้วิจัยอธิบายว่าเกิดเนื่องจากสารดังกล่าวสามารถเปลี่ยนพันธะไดซัลไฟด์ (S-S) เป็น -SH มากขึ้น ซึ่งเป็นผลให้โปรตีนมีความยืดหยุ่นดีมากขึ้น

2.8 การเกิดเจลและปัจจัยที่มีผลต่อการเกิดเจลในสุริมิ

Myofibrillar protein ซึ่งมีอยู่ประมาณ 66-77% ของโปรตีนทั้งหมดในเนื้อปลา เป็นโปรตีนที่ทำให้เกิดโครงสร้างที่เรียกเจลในผลิตภัณฑ์เนื้อสัตว์ เจลเป็นโครงสร้างของโปรตีนที่มีลักษณะเป็นร่างแห โครงสร้างดังกล่าวนี้เกิดจากปฏิกิริยาเกี่ยวพันข้ามพันธะระหว่างโมเลกุลของ Actomyosin และโครงสร้างนี้สามารถกักโมเลกุลของน้ำไว้ภายใน (19 20) กระบวนการในการเกิดเจลมี 3 ขั้นตอน คือ ขั้นตอนแรกเมื่อนวดเนื้อปลากับเกลือ 2-3% เนื้อปลาจะเหนียว (Sticky paste) เนื่องมาจากการละลายของ Myofibril และการรวมตัวของ Myosin กับ Actin เป็นโมเลกุลที่ใหญ่ขึ้นเรียกว่า Actomyosin ความสามารถในการละลายของ Myofibril มีผลต่อการเกิดเจลโดยตรง โดยอิทธิพลของความเข้มข้นของอิออน (Ionic concentration) และ pH ในขั้นตอนที่สองเนื้อปลาที่เหนียว (Fish meat paste) หรือ Actomyosin sol จากขั้นตอนที่หนึ่งสามารถที่จะเปลี่ยนเป็น Actomyosin gel ได้ง่ายและรวดเร็วเมื่อได้รับความร้อนที่อุณหภูมิพอเหมาะทำให้เนื้อปลามีความยืดหยุ่นดี เรียกปฏิกิริยานี้ว่า

Gel-setting หรือในภาษาญี่ปุ่นจะเรียกว่า Suwari (1 11 23) โดยที่โมเลกุลของ Actomyosin เกิดโครงสร้างรูปตาข่ายขึ้นและมีโมเลกุลของน้ำอยู่ภายใน ซึ่งปรากฏการณ์นี้จะเกิดได้ดีที่อุณหภูมิต่ำกว่า 50 องศาเซลเซียส เนื้อปลาจะไปร่งแสง (Translucent) ส่วนขั้นตอนสุดท้ายเป็นการทำให้ gel ที่เกิดขึ้นคงรูป (Gel fixation) โดยการให้ความร้อนที่อุณหภูมิสูงกว่า 80 องศาเซลเซียส ผลิตภัณฑ์ที่ได้จะมีสีขาวและสุกซึ่งภาษาญี่ปุ่นเรียกว่า Ashi แต่ถ้าในขั้นตอนนี้ให้ความร้อนที่อุณหภูมิต่ำเกินไป (ประมาณ 60 องศาเซลเซียส - 70 องศาเซลเซียส) เจลที่เกิดขึ้นจะนิ่มและเละ (Disintegration) เนื่องจากอุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียส เป็นอุณหภูมิที่เหมาะสำหรับการทำงานของ Alkaline proteinase ซึ่งจะมี Activity สูงที่สุดทำให้ค่า Gel strength ต่ำสุดและนอกจากนั้นยังพบว่าที่อุณหภูมิดังกล่าวนี้ทำให้เกิดพันธะไดซัลไฟด์ขึ้นด้วยเป็นผลให้ความยืดหยุ่นลดลง (2 13 24 25 26 27 28 29)

ปัจจัยที่มีผลต่อการเกิดเจลในสุริมิ ได้แก่

2.8.1 <u>ชนิดของปลา</u> เนื้อปลาบางชนิดมีความยืดหยุ่นสูงเนื่องจากปริมาณและคุณภาพของโปรตีนที่ละลายในน้ำเกลือสูง ปริมาณไขมันและโปรตีนที่ละลายในน้ำจะทำให้ความยืดหยุ่นของเนื้อปลาลดลงโดยจะขัดขวางการเรียงตัวของ Myosin และ Actin ทำให้ไม่สามารถเรียงตัวเป็นโครงสร้างรูปตาข่ายได้ ดังนั้นเพื่อเพิ่มความเหนียวแก่เนื้อปลาในระหว่างการเตรียมปลาจะต้องกำจัดไขมันและโปรตีนที่ละลายน้ำออกไปโดยการล้างเนื้อปลาก่อนการนวดผสมซึ่งจะช่วยขจัดสีและกลิ่นของปลาอีกด้วย

2.8.2 <u>ความสดของปลา</u> เมื่อความสดของปลาลดลงความเหนียวจะลดลงด้วยเนื่องมาจากการแปลงสภาพของโปรตีนในเนื้อปลาทำให้ปริมาณโปรตีนที่ละลายได้ในสารละลายเกลือลดลง (30)

2.8.3 <u>ความเป็นกรดด่างของเนื้อปลา</u> ความเหนียวของเนื้อปลาจะมากที่สุด ถ้าเนื้อปลามี pH 6.5-7.0 เพราะ Myosin และ Actin ละลายได้มากที่สุดที่ pH ช่วงนี้ ทำให้มีความยืดหยุ่นดี เจลแข็งแรง (31 32)

2.8.4 <u>ความเข้มข้นของเกลือ</u> เนื้อปลาและผลิตภัณฑ์จะมีความเหนียวดีที่สุดเมื่อเติมเกลือ 3% โดยน้ำหนัก ซึ่งจะทำให้มีความเข้มข้นของเกลือในเนื้อปลา ประมาณ 3.5% หรือ 0.6 โมล ซึ่งเป็นความเข้มข้นที่ Myosin ละลายได้ดีที่สุด แต่ถ้าใช้เกลือในปริมาณสูงเกินไปจะเกิด Salting out คือ โปรตีนตกตะกอนออกมาเพราะเกลือไปแย่งน้ำซึ่งละลายโปรตีนอยู่ มาละลายตัวเองทำให้โปรตีนไม่ละลายในน้ำเกลือและไม่เกิดเจล ปริมาณเกลือ 2% (0.4 โมล) เป็นปริมาณน้อยที่สุดที่สกัด Myosin จากเนื้อปลาได้ (32 33 34 35)

2.8.5 <u>อุณหภูมิ</u> ต้องควบคุมอุณหภูมิและเวลาในการนวดให้นานพอที่จะทำให้เกิดการสกัดโปรตีนที่สมบูรณ์ เกิดเจลได้ดี Lee และ Toledo (24) แนะนำว่าอุณหภูมิของเนื้อปลาขณะนวดควรต่ำกว่า 16 องศาเซลเซียส ซึ่งปัจจุบันในประเทศญี่ปุ่นมีกฎหมายกำหนดว่า อุณหภูมินวดที่เหมาะสมสำหรับเนื้อปลาอลาสก้าไพลอค ที่ใช้เป็นวัตถุดิบในการผลิตสุริมิต้องไม่สูงกว่า 10 องศาเซลเซียส อย่างไรก็ตามอุณหภูมิในขั้นตอนนี้ขึ้นอยู่กับชนิดของปลาด้วย ปลาในเขตร้อนและเขตน้ำอุ่นจะทนต่ออุณหภูมิสูงได้ดีกว่าปลาในเขตหนาว (3)

2.9 <u>การปรับปรุงความสามารถในการเกิดเจล</u>

2.9.1 <u>กระบวนการล้าง</u> (Leaching)

เนื้อปลาบดที่ผ่านเครื่องแยกเนื้อปลา (Mechanical deboner) จะมีสีแดงคล้ำเนื่องจากการปนเปื้อนของเลือดและไขมันบางส่วนจากกระเพาะและไต เนื้อปลาบดที่ได้จะมีกลิ่นคาวแต่เมื่อล้างด้วยน้ำเย็น (10-15 องศาเซลเซียส) ผสมเกลือ 0.2% และ 0.3% ปริมาณ 4-5 เท่าของน้ำหนักปลา 2-3 ครั้ง เพื่อกำจัดไขมันออกจากเนื้อปลา เนื้อปลาที่ได้จะมีสีขาวปราศจากกลิ่นคาวและไขมัน นอกจากนั้นการล้างยังสามารถกำจัด WSP ซึ่งมีปฏิกริยายับยั้งการเกิดเจลที่ดีของเนื้อปลาอีกด้วย

ในส่วนของปลาเนื้อแดง (Red meat fish) เช่น ปลาซาร์ดีนหรือปลาหลังเขียว โดยปกติความสามารถในการเกิดเจลต่ำเนื่องจาก pH ในเนื้อปลาค่อนข้างต่ำ (<6) และปริมาณไขมันสูง การปรับปรุงความสามารถในการเกิดเจลทำได้โดยใช้กระบวนการ Alkaline

leaching โดยเติม Sodium bicarbonate 0.20% ร่วมกับ Sodium chloride 0.15% ในน้ำล้างเนื้อปลาครั้งแรก เพื่อปรับ pH เนื้อปลาให้อยู่ระหว่าง 6.8-7.0

2.9.2 การให้ความร้อนสองจังหวะ (Double-step heating) (13 24)

การให้ความร้อนสองจังหวะทำให้การเกิดเจลดีขึ้น ขั้นตอนนี้ประกอบด้วยการ Setting คือ การทำให้เกิดโครงสร้างแบบตาข่ายของ Actomyosin ที่คงรูป ที่อุณหภูมิ 40-50 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 15-20 นาที อุณหภูมิระดับนี้ทำให้เกิดความยืดหยุ่นของเนื้อปลาดี ถ้าอุณหภูมิที่ใช้สูงเกินไป เช่น 60-65 องศาเซลเซียส จะทำให้ความยืดหยุ่นน้อยลงกว่า และทำให้เจลเกิดการแตกตัวด้วย การให้ความร้อนครั้งที่ 2 เป็นการต้ม (Cooking) ผลิตภัณฑ์ให้สุกที่อุณหภูมิ 90 องศาเซลเซียส ใช้เวลาประมาณ 20 นาที การให้ความร้อนระดับนี้นอกจากจะทำให้ผลิตภัณฑ์สุกแล้วยังช่วยลดปริมาณจุลินทรีย์ที่ปนเปื้อน ในลักษณะนี้ผลิตภัณฑ์ที่ได้จะยังมีความยืดหยุ่นอยู่ในระดับที่ดี

2.10 ผลของการเก็บสุริมิในสภาวะแช่เยือกแข็ง

การแช่เยือกแข็งเป็นวิธีการเก็บรักษาสุริมิก่อนนำไปแปรรูปเป็นผลิตภัณฑ์ที่อุณหภูมิต่ำกว่า -25 องศาเซลเซียสจะสามารถเก็บรักษาสุริมิไว้ได้เป็นเวลาประมาณ 1 ปี โดยลักษณะเนื้อสัมผัสไม่เปลี่ยนแปลง แต่ทั้งนี้ขึ้นกับคุณภาพของปลาที่เป็นวัตถุดิบในการผลิตสุริมิด้วย คือ ปลาต้องสด จึงเก็บได้นาน ถ้าเก็บ ที่ -10 องศาเซลเซียส สมบัติด้านความเหนียวจะลดลงและเสื่อมคุณภาพภายใน 3 เดือน และเมื่อใช้ปลาไม่สดในการผลิตการเสื่อมคุณภาพจะเกิดได้เร็วยิ่งขึ้น (36 37)

ในระหว่างการเก็บรักษาสุริมิที่อุณหภูมิต่ำกว่าหรือเท่ากับ -20 องศาเซลเซียสผลิตภัณฑ์จะเสียน้ำ ทำให้เกิดการแปลงสภาพของโปรตีน เนื่องจากความเข้มข้นของเกลือในเนื้อปลาเพิ่มจากเดิม 1.0-1.5% ทำให้อัตราการละลายของโปรตีนลดลงและมีการตกตะกอนเกิดขึ้น ความเหนียวของสุริมิจะลดลง นอกจากนั้นอุณหภูมิผันผวนขณะเก็บรักษาก็มีผลทำให้โปรตีนแปลงสภาพและทำให้คุณภาพของผลิตภัณฑ์ด้อยลงเช่นกัน (14)

2.11 **สารป้องกันการแปลงสภาพระหว่างการแช่เยือกแข็ง** (Cryoprotectant)

การยืดอายุการเก็บสุริมิ ทำได้โดยการเติมสารป้องกันการแปลงสภาพระหว่างการแช่เยือกแข็ง สารดังกล่าวควรจะมีโครงสร้างดังนี้คือ โมเลกุลที่จำเป็นอย่างน้อย 1 กรุ๊ป ควรมีกลุ่ม -OH, -COOH อาจมีกลุ่มอื่นเพิ่มเติมได้อีก เช่น -OH, -COOH, $-NH_2$, -SH, $-SO_3H$ ซึ่งได้แก่ สารประกอบพวก Amino acids, Hydroxylic acids, Dicarboxylic acids, Pentoses, Hexoses, Disaccharides, Oligosaccharides และ Polyalcohols (1 3) และนอกจากนั้น Functional group ของโมเลกุลต้องมีช่องว่าง และมีการเรียงตัวที่เหมาะสมกับกลุ่มอื่น ๆ และควรเป็นสารที่มีโมเลกุลขนาดเล็ก

สารป้องกันการแปลงสภาพที่นิยมใช้ ได้แก่ Sucrose, Glucose, Sorbitol, Galactose Fructose และ Xylytol สำหรับ Sucrose และ Sorbitol นิยมใช้มากในกระบวนการผลิตสุริมิ แต่การใช้ Sucrose ถึง 8% ตามสูตรของญี่ปุ่นทำให้ผลิตภัณฑ์ที่ได้มีรสหวานจัด อาจเลือกใช้ Sorbitol ควบคู่กับ Sucrose ในอัตราส่วน 1 : 1 เพื่อลดความหวาน ในปัจจุบันประเทศสหรัฐอเมริกาใช้ Polydextrose (Pfizer Inc., New York) แทน Sucrose เพื่อลดความหวานของสุริมิ (28)

2.12 **ผลิตภัณฑ์ที่ให้ความเหนียว** (Fish jelly products)

โดยทั่วไปเมื่อนำเนื้อปลาที่นวดกับเกลือจนเหนียวแล้วมาเติมเครื่องปรุงแต่งกลิ่นรสก็จะได้ผลิตภัณฑ์จากเนื้อปลาซึ่งมีลักษณะเนื้อสัมผัสที่นุ่มเหนียว วิธีการที่กล่าวข้างต้นเป็นกระบวนการดั้งเดิมที่ใช้ทำผลิตภัณฑ์พวกลูกชิ้น ฮื่อก้วย ฯลฯ ในแถบเอเชียตะวันออกเฉียงใต้ผลิตภัณฑ์ที่เป็นที่รู้จักกันเป็นอย่างดีในประเทศแถบนี้ คือ ลูกชิ้นปลา (Fish ball) และปลาก้อน (Fish Cake) ลูกชิ้นปลาที่มีคุณภาพดีต้องมีสีขาวตามธรรมชาติของเนื้อปลา มีความหยุ่นตัวดี และมีรสชาติถูกปากผู้บริโภค ลูกชิ้นปลาอาจผลิตจากเนื้อปลาสด หรือจากสุริมิก็ได้ นอกจากลูกชิ้นแล้วยังสามารถนำสุริมิไปแปรรูปเป็นผลิตภัณฑ์ชนิดอื่นได้อีกหลายชนิด ผลิตภัณฑ์ที่ผลิตจากสุริมิจะมีคุณภาพดีสม่ำเสมอ ชนิดที่เป็นที่นิยมบริโภคอยู่ในปัจจุบันได้แก่ เนื้อปลาม้วนใส่กุ้ง เนื้อปลาม้วนกับไข่ บะหมี่ปลา ชิกูว่า ขาปูเทียม หอยเชลล์เทียม เป็นต้น

2.13 อายุการเก็บของสุริมิและผลิตภัณฑ์จากสุริมิ

โดยทั่วไปการเก็บรักษาผลิตภัณฑ์ที่ผ่านการแช่เยือกแข็งแล้วมักเก็บในห้องเย็น (Cold storage) ที่อุณหภูมิประมาณ -18 องศาเซลเซียส หรือต่ำกว่า ซึ่งเป็นอุณหภูมิที่จะสามารถเก็บรักษาสุริมิได้เป็นเวลาประมาณ 1 ปี (3) มีผู้ศึกษาอายุการเก็บของสุริมิที่ผลิตจากปลาคอดและพบว่าถ้าเก็บไว้ที่ 0 องศาเซลเซียส ในเวลาเพียง 1 สัปดาห์ คุณภาพของสุริมิจะเริ่มด้อยลง คือ ความเหนียวลดลง สีคล้ำขึ้น และความชื้นเพิ่มสูงขึ้น (38) นอกจากอุณหภูมิแล้วอายุการเก็บของสุริมิยังขึ้นกับวัตถุดิบที่ใช้ผลิต สุริมิจากปลาสดจะมีอายุการเก็บนานกว่าสุริมิที่ผลิตจากปลาไม่สด เช่น สุริมิที่ผลิตจากปลาคอดที่มีค่า TVB ต่ำกว่า 20 mg% Actomyosin ซึ่งเป็นตัวการการเกิดเจลจะแปลงสภาพที่อุณหภูมิ 20-25 องศาเซลเซียส ในขณะที่สุริมิจากปลาคอดที่ไม่สดค่า TVB สูงกว่า 20 mg% Actomyosin จะแปลงสภาพที่ 10 องศาเซลเซียส เช่นเดียวกับผลิตภัณฑ์จากสุริมิถ้าผ่านการแช่เยือกแข็งแล้วเก็บรักษาไว้ที่อุณหภูมิ -18 องศาเซลเซียส หรือต่ำกว่าจะเก็บไว้ได้เป็นเวลานานกว่าพวกที่เก็บที่อุณหภูมิสูงกว่านี้ และอุณหภูมิในระหว่างการเก็บรักษาต้องคงที่ตลอดระยะเวลาที่เก็บรักษา ผลิตภัณฑ์จึงจะคงสภาพดีอยู่ได้เป็นเวลานาน (3 37)