บทที่ 2

วารสารปริทัศน์

2.1 วัตถุดิบสำหรับเนื้อปลาที่แยกกระดูกโดยเครื่อง

ในหลักการทั่วไป การแยกกระดูกโดยใช้เครื่องใช้ได้กับปลาทุกชนิด รวมทั้งปู และหอย แต่ในทางปฏิบัติวัตถุประสงค์ของการแยกเนื้อปลาโดยวิธีนี้ทำเพื่อเพิ่มผลผลิตจากปลาเศรษฐกิจหลังจากแล่ปลาเป็นชิ้นแล้ว โดยการนำเนื้อส่วนที่ติดกระดูกไปแยกเนื้ออีกครั้ง หรือมิฉะนั้นก็ใช้เครื่องในการแยกกระดูกจากปลาขนาดเล็กซึ่งการแล่ด้วยมือจะสิ้นเปลืองค่าใช้จ่ายมากเกินมูลค่าของผลิตภัณฑ์ที่ได้ (5) ปลาที่นิยมแยกกระดูกโดยเครื่องประกอบด้วยปลาต่าง ๆ ต่อไปนี้คือ

2.1.1 ปลาเศรษฐกิจ (Commercial Fish)

ปลาเศรษฐกิจที่นำส่วนโครงมาผ่านเครื่องแยกกระดูกเพื่อเพิ่มผลผลิตอีกได้แก่ ปลาคอด (Gadus) ปลาเฮก (Merluccius) ปลาแฮดดอก (Melanogrammus) ปลาพอลลอค (Theragra และ Pollachius) ปลาโคกเกอร์ (Micropogon) ปลาลิ้นหมา (Parophrys และ Microstomus spp) และปลาฟาวเดอร์ (Bothidae และ Pleuronectidae) (6,7)

2.1.2 ปลาที่ยังไม่ได้ใช้ประโยชน์เต็มที่ (Underutilized Fish)

ในประเทศที่พัฒนาแล้วมีปลาจำนวนหนึ่งยังไม่ได้นำไปใช้ประโยชน์เนื่องจากผู้บริโภคไม่คุ้นเคย เช่นปลา Grenadier (Coryphaenoides) ปลา Smoothhead (Alepocephalus) และปลา Rabbit fish (Chimaera spp) ปลาบูลไวติ้ง (Micromeoistius poutassou) สำหรับในประเทศฟิลิปปินส์ได้มีการทดลองทำไส้กรอกจากเนื้อปลาโคกเกอร์ (Otolithus spp) และปลาปากคม (Saurida spp) ซึ่งแยกกระดูกโดยเครื่องและพบว่าคุณภาพของไส้กรอกเป็นที่ยอมรับของผู้บริโภคและมีการผลิตขั้นอุตสาหกรรมขึ้น (8, 9, 10)

2.1.3 ปลาเป็ด (By-catch)

ปลาเป็ดซึ่งเป็นสัตว์น้ำที่มีปริมาณมากและราคาถูกเป็นปลาเบญจพรรณซึ่งคัดออกจากปลาและสัตว์น้ำที่มีคุณค่าทางเศรษฐกิจ โดยทั่วไปชาวประมงจะทิ้งปลาเป็ดที่ติดอวนขึ้นมาประมาณ 2-3 ล้านตันในแต่ละปี (11) ในปี 2526 ปริมาณปลาเป็ดในประเทศไทยมีถึง 803,337 เมตริกตัน คิดเป็นปริมาณ 38% ของปริมาณสัตว์น้ำทะเลที่จับได้ในปีนั้น (2) ปลาเป็ดประมาณ 92% ได้มาจากการประมงอวนลากซึ่งมุ่งจับปลาและสัตว์น้ำหน้าดินเป็นหลัก และประมาณ 95% ของปลาเป็ดใช้เป็นวัตถุดิบในการผลิตปลาป่นเพื่อใช้เป็นอาหารสัตว์ (12) ประเทศกัวนา อินเดีย อินโดนีเซีย และประเทศไทยได้นำปลาเป็ดมาใช้ประโยชน์กันอย่างแพร่หลายในรูปเนื้อปลาบด (13) ประเทศแถบอ่าวเม็กซิโก และทะเลคาริบเบียนได้นำปลาเป็ด อาทิปลา Sheephead (Archosargus) ปลา Black drum (Pogonias) ปลานิล (Tilapia) ปลาโคกเกอร์ (Micropogon) ปลาเทาร์ (Cynoscion) และปลากระบอก (Mugil) ไปใช้ผลิตปลาบดแช่แข็ง (14, 15, 16) สำหรับสภาวะการประมงปลาเป็ดในประเทศไทยนั้นพบว่า 92% ของปลาเป็ดได้มาจากการประมงอวนลากเดี่ยวและอวนลากคู่ ปลาเป็ดจากเรืออวนลากคิดเป็น 61-67% ของสัตว์น้ำที่จับได้ในหนึ่งชั่วโมง องค์ประกอบชนิดสัตว์น้ำที่พบในปลาเป็ดมีประมาณ 98 ชนิด (12) ซึ่งประกอบด้วยตัวอ่อนของสัตว์น้ำเศรษฐกิจ 33.29% (ปลาหน้าดิน 19.7% ปลาผิวน้ำ 7.65% และสัตว์น้ำไม่มีกระดูกสันหลัง 5.94%) สัตว์น้ำไม่นิยมบริโภค 66.74% (ปลาหน้าดิน 52.09% และสัตว์น้ำไม่มีกระดูกสันหลัง 14.65%) รายละเอียดองค์ประกอบของชนิดปลามีดังแสดงในภาคผนวก ก (ตารางที่ ก 1) (12) ในการทดลองนี้ใช้ปลาเป็ดเป็นวัตถุดิบสำหรับเนื้อปลาที่แยกกระดูกด้วยเครื่อง

2.1.4 ปลาผิวน้ำ (Pelagic Fish)

ปลาผิวน้ำที่จับได้ทั้งหมดในแต่ละปี ประมาณครึ่งหนึ่งจะใช้เป็นวัตถุดิบของโรงงานปลาป่นและมีบางส่วนนำไปใช้ประโยชน์ในรูปเนื้อปลาบด ปลาที่นำมาใช้ทำปลาบดได้แก่ ปลาทู (Mackerels-Scomber) (17, 18) ปลาเฮอริ่ง (Clupea harengus) ปลาซาร์ดีน (Sardina และ Sardinops) (19) ปลาแอนโชวี่ (Engraulis และ Thrissocleus) และปลาเมนฮาเดน (Brevoortia) (20) แต่มักพบปัญหาเกี่ยวกับการเกิดปฏิกิริยาออกซิเดชั่น และการสลายของไขมัน เนื่องจากปลาผิวน้ำเป็นปลาที่มีไขมันประเภทไม่อิ่มตัวในปริมาณค่อนข้างสูงซึ่งง่ายต่อการเกิดปฏิกิริยาทั้ง 2 ชนิดดังกล่าว (4, 5)

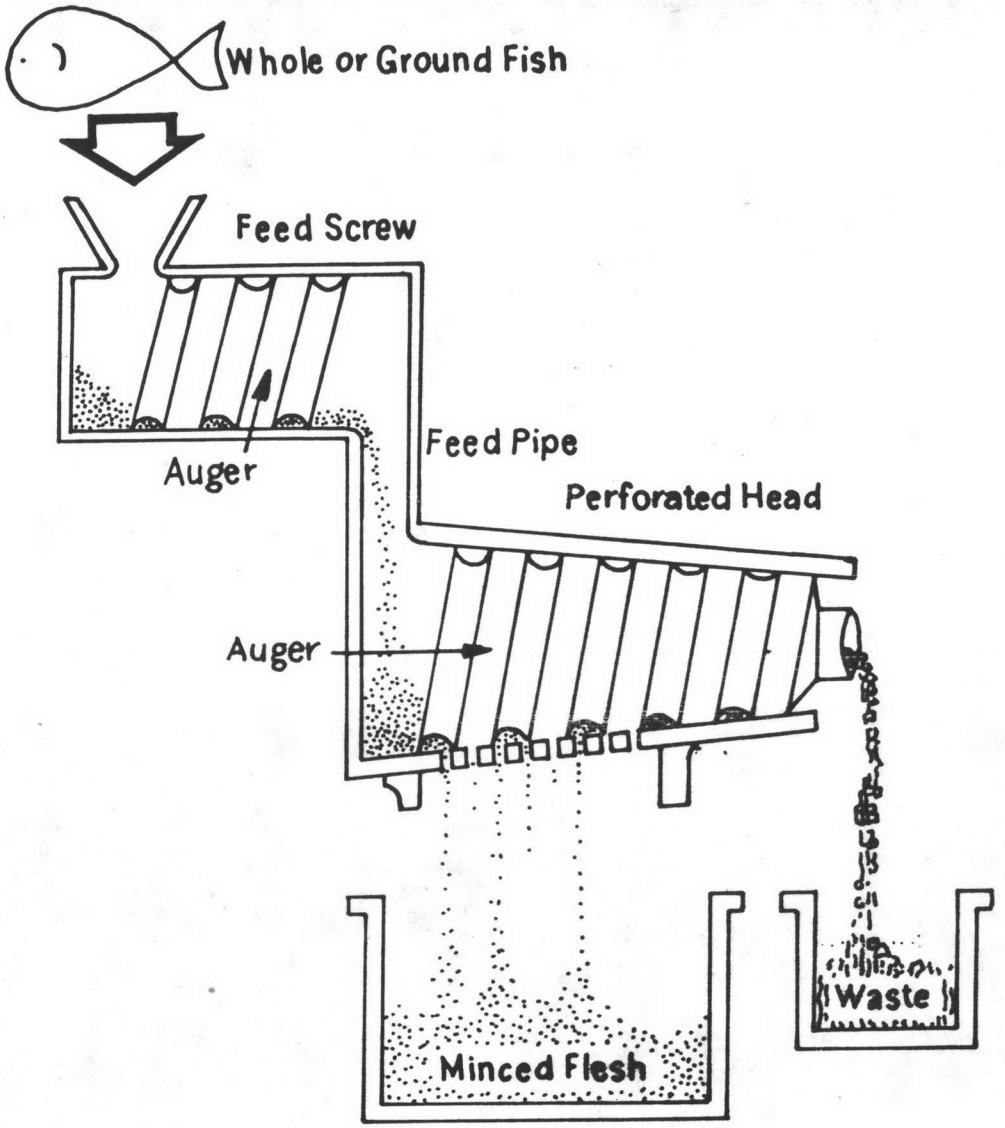
2.1.5 ปลาน้ำจืดและปลาที่ได้จากแหล่งเพาะเลี้ยง (Freshwater Fish)

ปลาน้ำจืดมีปริมาณการจับทั่วโลกในแต่ละปีประมาณ 10 ล้านตัน และเหมาะที่จะนำมาผ่านเครื่องแยกกระดูก เนื่องจากมีโครงสร้างกระดูกที่แล่เป็นชิ้นได้ยากโดยเฉพาะ ปลาน้ำจืดประเภทปลาหน้าดินสำหรับปลาน้ำจืดประเภทปลาผิวน้ำไม่เหมาะที่จะนำมาทำเนื้อปลาบด เนื่องจากมีปริมาณไขมันชนิดไม่อิ่มตัวสูงจะเกิดปฏิกิริยาออกซิเดชั่นได้ง่าย ในปัจจุบันมีผู้นำปลาน้ำจืดไปทำเนื้อปลาบดโดยผ่านเครื่องแยกกระดูกกันน้อยมากซึ่งทั้งนี้อาจเป็นเพราะปริมาณผลผลิต (yield) ค่อนข้างต่ำและไม่คุ้มทุนในการผลิตจึงนิยมบริโภคสดมากกว่า (5)

2.2 เครื่องมือสำหรับแยกเนื้อปลาจากกระดูก

เครื่องมือที่ใช้แยกเนื้อปลาจากกระดูกมีการพัฒนาขึ้นหลายแบบซึ่งลักษณะเนื้อปลาที่แยกได้มีตั้งแต่ละเอียดถึงหยาบขึ้นกับระบบการแยก ภาคผนวกที่ ก 2 แสดงถึงระบบการแยกลักษณะเนื้อ และผู้ผลิตเครื่องมือสำหรับแยกเนื้อปลาจากกระดูก (21)

2.2.1 เครื่องแยกเนื้อระบบ Auger หลักการในการทำงานของเครื่องแยกเนื้อระบบนี้มีดังแสดงในรูปที่ 1 ซึ่งปลาถูกส่งไปที่กระบอกสูบ ความดันจะดันเนื้อปลาผ่านออกไปทางรูเปิดเล็ก ๆ ขณะที่เศษกระดูกและก้างยังติดอยู่ภายใน และส่งผ่านไปอีกช่องทางหนึ่ง เครื่องแยกเนื้อระบบนี้จะมีอุปกรณ์ทำความเย็นติดที่หัวแยกเพื่อลดอุณหภูมิที่เพิ่มขึ้นระหว่างการแยก ประสิทธิภาพของการแยกควบคุมโดยการปรับความดันที่หัวแยก การเพิ่มความดันทำให้มีผลผลิตเพิ่มมากขึ้นแต่ปริมาณกระดูกที่ผ่านออกมาจะเพิ่มมากขึ้นด้วย (21)

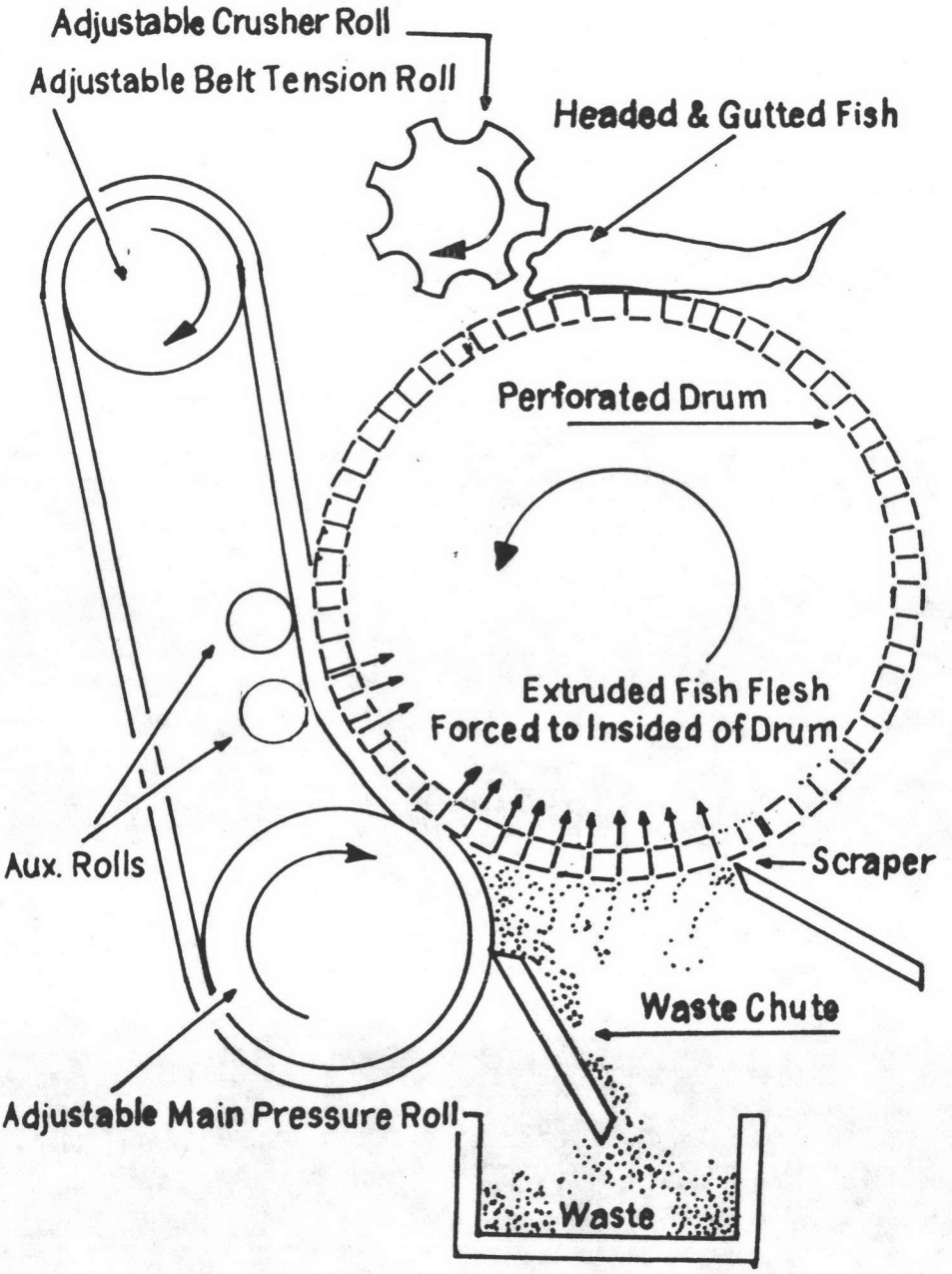


รูปที่ ๑ การแยกเนื้อปลาจากกระดูกระบบ Auger (21)

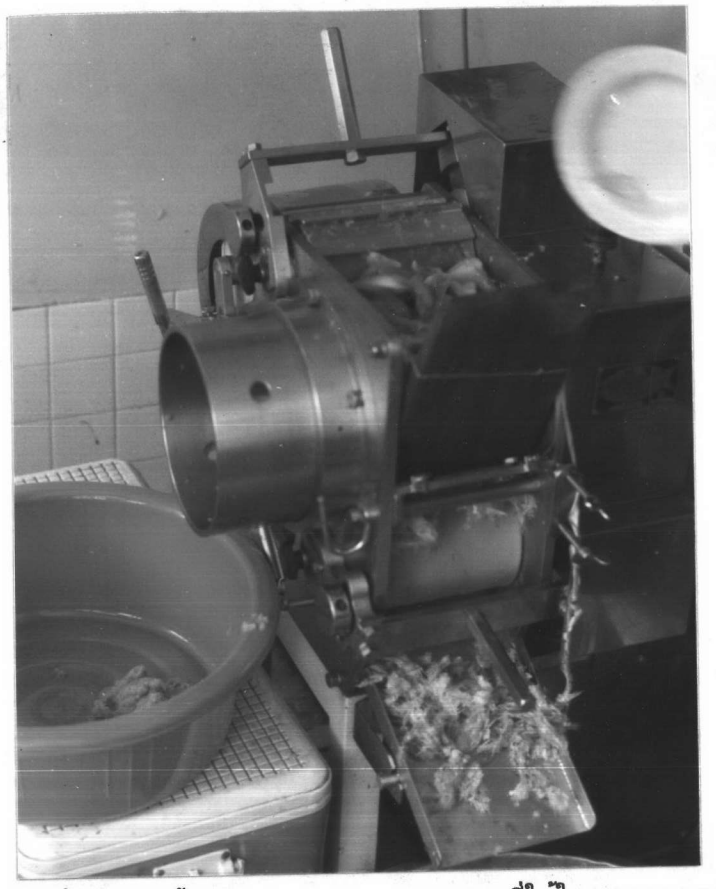
2.2.2 เครื่องแยกเนื้อระบบสายพานและลูกกลิ้ง (Drum type) หลักการทำงานของเครื่องแยกเนื้อระบบนี้มีดังแสดงในรูปที่ 2 ปลาที่ตัดหัว ควักไส้จะเคลื่อนที่ไประหว่างสายพานและลูกกลิ้งซึ่งปรับแรงกดได้ แล้วเนื้อจะผ่านแกนหมุนเข้ามาอยู่ส่วนในของลูกกลิ้งขณะที่ก้างและกระดูกอยู่ที่ผิวภายนอกแกนหมุนและมีใบมีดขูดออก ประสิทธิภาพของการแยกขึ้นกับการปรับแรงกดระหว่างสายพานและลูกกลิ้งและขนาดรูเปิดของแกนหมุน

ปัจจัยอันหนึ่งที่ควรพิจารณาในการเลือกชนิดเครื่องสำหรับแยกกระดูกปลาคือชนิดของผลิตภัณฑ์ที่จะทำจากเนื้อที่แยกได้ เพราะเครื่องแยกแต่ละแบบจะให้ลักษณะเนื้อ

ต่างกันไป เช่น ถ้าต้องการผลิตภัณฑ์ให้มีเนื้อเยื่อและความเหนียวควรใช้เครื่องแยกระบบแกนหมุนซึ่งในการวิจัยนี้ใช้เครื่องแยกระบบแกนหมุน ดังแสดงในรูปที่ 3 (21) เนื่องจากจะนำเนื้อปลาที่แยกได้ไปผลิตลูกชิ้นซึ่งเป็นผลิตภัณฑ์ที่ต้องการลักษณะเนื้อสัมผัสที่แน่นและเหนียว



รูปที่ 2 ระบบการทำงานของเครื่องแยกเนื้อ ระบบสายพานและแกนหมุน (21)



หอสมุดกลาง สถาบันวิทยบริการ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

รูปที่ 3 เครื่องแยกเนื้อระบบสายพานและแกนหมุนที่ใช้ในการทดลอง (21)

2.3 คุณภาพของเนื้อปลาที่แยกกระดูกโดยเครื่อง

2.3.1 ปริมาณผลผลิต

ผลผลิตเป็นปฏิภาคตรงกับต้นทุนในการผลิต ปลาที่ตัดหัวและควักไส้เมื่อผ่านเครื่องแยกเนื้อปลาจะได้ปริมาณเนื้อ 40-70% ของน้ำหนักตั้งต้นซึ่งจะขึ้นกับชนิดปลา ขนาด และชนิดของเครื่อง (5)

Finne (14) ได้ทดลองนำปลา Mullet ปลา Croaker และปลา Sandtrout ที่ตัดหัวควักไส้เรียบร้อยแล้วมาผ่านเครื่องแยกเนื้อปลาระบบสายพานและแกนหมุน ซึ่งมีรูเปิดเส้นผ่าศูนย์กลาง 3 มิลลิเมตร ปริมาณผลผลิตที่ได้คือ 34 47 และ 54% ตามลำดับ แสดงให้เห็นว่า ปลา Sandtrout ซึ่งเป็นปลาที่มีขนาดใหญ่กว่า ปลา Croaker และปลา Mullet ให้ปริมาณผลผลิตมากที่สุด ส่วนปลา Mullet ซึ่งมีขนาดเล็กที่สุดก็จะให้ปริมาณผลผลิตน้อยลงมาตามสัดส่วนขนาดของปลาที่ใช้

2.3.2 การเน่าเสีย

โดยทั่วไป เมื่อปลาตายจะมีการเปลี่ยนแปลงทางกายภาพ และทางชีวเคมี ซึ่งมีลำดับขั้นตอนดังนี้ (22)

2.3.2.1 การขับน้ำเมือกออกมาที่ผิว (Hyperaemia) เพื่อปรับตัวเองให้อยู่รอดในที่ ๆ ไม่เหมาะสม เมือกปลาประกอบด้วย glucoprotein mucin ซึ่งบักเตรีใช้เป็นอาหารได้จึงมีผลทำให้ปลามีกลิ่นเหม็น

2.3.2.2 การเกร็งตัวหลังตาย (rigor-mortis) การเกร็งของกล้ามเนื้อเกิดเนื่องจากกระบวนการทางชีวเคมีโดยในระยะแรก glycogen จะถูกย่อยสลายเป็นพลังงานจากปฏิกิริยาของ enzymes beta-amylase phosphorylase และ amylase (1, 6) glucosidase โดยสภาวะปราศจากออกซิเจนได้กรด lactic acid ซึ่งจะเป็นผลให้ pH ของเนื้อปลาลดลงถึงประมาณ 6.1-6.6 และกล้ามเนื้อปลาจะเกร็งแข็งเนื่องจากเกิดการหดตัว actin จะจับแน่นกับ myosin เป็นสารประกอบ actomyosin เนื่องจากไม่มี ATP ที่จะเกิดสารหล่อลื่น (Mg-ATP) การหดตัวของกล้ามเนื้อจึงเป็นไปอย่างถาวร ระยะที่เกิดการเกร็งตัวถือว่าปลายังมีความสดอยู่ (22)

2.3.2.3 การย่อยสลายตัวเอง ต่อจากระยะการเกร็ง enzymes ในกล้ามเนื้อจะย่อยเนื้อเยื่อส่วนต่าง ๆ ทำให้เนื้อปลามีลักษณะนุ่ม บักเตรีจะเข้าไปทำลายเนื้อเยื่อ โดยในขั้นแรกจะอาศัยอาหารจาก enzymes ของปลาเองและต่อมาจึงสร้าง enzymes ต่าง ๆ ขึ้นเอง ทำให้กลิ่นและรสของปลาเปลี่ยนไป (22)

เนื้อปลาที่แยกกระดูกด้วยเครื่อง โดยทั่วไปจะมีปริมาณ collagen และไขมันมากกว่าปกติประมาณ 3 เท่า (23) การเสื่อมสลายของไขมันเป็นปัญหาหนึ่งในการเก็บรักษาเนื้อปลาบดเพราะไขมันปลาประกอบด้วยกรดไขมันชนิดไม่อิ่มตัวในปริมาณสูง (20) จึงมีการเปลี่ยนแปลงที่ทำให้เกิดกลิ่นไม่พึงประสงค์จากปฏิกิริยา oxidation และนอกจากนั้นเนื้อปลาที่แยกกระดูกโดยเครื่องยังมีสาร haemoprotein และอาจมีการปนเปื้อนจากโลหะหนักบางชนิด เช่น Fe ซึ่งเป็นตัวเร่งปฏิกิริยาดังกล่าวนี้ด้วย (24) ทำให้รสชาติ สี เปลี่ยนแปลงได้เร็วและพบว่าไขมันจากเนื้อส่วนแนวหลัง (dark lateral muscle) ถ้าปนอยู่ในเนื้อปลาที่แยกกระดูกจะทำให้เกิดปฏิกิริยา oxidation ได้เร็วมาก (24, 25) การเสียของ

เนื้อปลาบดนอกจากเกิดจากปฏิกิริยา lipid oxidation แล้วยังเกิดได้เร็วจากปฏิกิริยาของจุลินทรีย์อีกด้วย หลังจากปลาเข้าสู่ระยะเกร็งตัวจะเกิดการสลายตัวของ ATP เป็น hypoxanthine ammonia และน้ำตาล ribose ซึ่ง ammonia จะไปทำให้ pH ของเนื้อปลาเพิ่มสูงขึ้นถึงระดับที่เหมาะแก่การเจริญเติบโตของบักเตรีทำให้เกิดการเน่าเสีย (26) ปฏิกิริยาจากบักเตรีเหล่านี้จะทำให้โปรตีนเปลี่ยนไปเป็น peptide amino acid และสารประกอบต่าง ๆ เหล่านี้คือ (26)

1. trimethylamine (TMA) และ dimethylamine (DMA) โดยปฏิกิริยาของบักเตรีในสกุล Micrococcus และ Achromobacter ซึ่งบักเตรีสองสกุลนี้มี enzymes triamino oxidase ซึ่งไปย่อยสลายโปรตีนได้

2. เอมีนอื่น ๆ จากกระบวนการ decarboxylation ของกรดอมิโน เช่น ฮีสตามีน ไทรามีน พิวเตรสติน และคาร์เดพเวอริน

3. กรดที่ระเหยได้ ได้แก่ กรดฟอร์มิค และกรดน้ำส้ม

สารประกอบต่าง ๆ นี้นำมาใช้เป็นดัชนีเพื่อชี้วัดความสดของปลาได้ ดังแสดงภาคผนวก ก 3

2.4 การรักษาความสดของเนื้อปลา

ความสดของปลาจะมีผลโดยตรงต่อคุณภาพของเนื้อปลา การรักษาความสดของเนื้อปลา ทำได้หลายวิธี แต่วิธีที่ยังทำให้เนื้อปลาคงลักษณะเดิมไว้ได้แก่

2.4.1 การใช้สารเคมียับยั้งการเจริญของบักเตรี (antimicrobial agent) สารที่ใช้ต้องไม่เป็นพิษเมื่อบริโภค ไม่มีกลิ่นไม่พึงประสงค์ ไม่มีผลกระทบต่อคุณค่าทางโภชนาการ ไม่เร่งปฏิกิริยา lipid oxidation ให้ผลตามวัตถุประสงค์ของผู้ใช้ และเป็นสารที่ไม่ต้องห้ามตามกฎหมาย (27) การยับยั้งการเจริญของจุลินทรีย์ โดยการยับยั้งระบบการแพร่พันธุ์ (interference with the genetic mechanism) ทำให้จุลินทรีย์ไม่สามารถขยายพันธุ์ได้ และตาย นอกจากนี้สารที่ใช้ต้องมีผลในการทำลายการทำงานของเยื่อหุ้มเซลล์ที่เป็นสาร protoplasmic และทำลาย enzymes ของจุลินทรีย์ โดยเฉพาะสารที่มีค่า H^+ จะทำให้ความเป็นกรด ด่าง ไม่เหมาะต่อการทำงานของ enzymes (28)

สารเคมีที่อนุญาตให้ใช้เพื่อป้องกันการเน่าเสียของอาหารมีหลายชนิด เช่น acetic acid propionic acid benzoic acid และอื่น ๆ benzoic acid กระทรวงสาธารณสุขอนุญาตให้ใช้ในอาหารในขนาด 1,000 ppm หรือ 0.1% แต่ benzoic acid ละลายน้ำได้ไม่ดีนัก จึงนิยมใช้เกลือ sodium benzoate แทนซึ่งขนาดที่อนุญาตให้ใช้ยังคงเป็น 1,000 ppm หรือ 0.1% เช่นกัน benzoate มีฤทธิ์ในการทำลาย cell - membrane หรือทำลาย coenzyme ทำให้ไม่เพียงพอต่อการทำงานของ enzyme และ benzoate ยังสามารถยับยั้งการเกิดสารประกอบที่จำเป็นต่อกระบวนการ metabolism ของเซลล์ด้วย (27) ในปัจจุบันมีการใช้ benzoic acid sodium benzoate และ - parahydroxybenzoic acid อย่างกว้างขวางโดยใช้ผสมในรูปผงหรือสารละลาย หรือผสมกับ inert carrier เช่นแป้งก่อนใช้ ได้มีการใช้ benzoate ใส่ในน้ำแข็งเพื่อเก็บรักษาความสดของปลาแต่ยังไม่แพร่หลายนัก และนอกจากนั้นยังมีผู้ใช้ benzoate เพื่อยืดอายุการเก็บของปลาคอดเค็มที่มีความชื้น 40-45% ใช้ในผลิตภัณฑ์ปลาดอง (pickle fish) และไข่ปลา caviar ดองโดยใส่ในรูปผงก่อนใส่เกลือ (28)

2.4.2 การป้องกันการเกิดกลิ่นหืนในเนื้อปลาบด การเกิดกลิ่นหืนเป็นปัญหาหนึ่งในการเก็บรักษาเนื้อปลาบด ไขมันในเนื้อปลาบดประกอบด้วย กรดไขมันชนิดไม่อิ่มตัวในปริมาณสูง (20) จึงเกิดการเปลี่ยนแปลงซึ่งทำให้เกิดกลิ่นไม่พึงประสงค์จากปฏิกิริยา auto-oxidation (29, 30) การป้องกันการเกิดกลิ่นหืนทำได้โดยใช้สารกันหืน (antioxidants) ซึ่งนิยมใช้ในเนื้อสัตว์ได้แก่ butylated hydroxy anisole (BHA) butylated hydroxy toluene (BHT) propylgallate (PG) (31, 32) สำหรับเนื้อปลาบดมีความชื้นค่อนข้างสูงคือ 80-85% สารกันหืนประเภทละลายน้ำได้จึงน่าที่จะเหมาะสมมากกว่าในอุตสาหกรรมประมงได้มีการใช้ sodium erythorbate เป็นสารกันหืนกันมาก เนื่องจากละลายน้ำได้ดีเป็น reducing agent ที่มีฤทธิ์แรงและยังราคาไม่แพง Morris (33) ทดลองใช้ sodium erythorbate ร่วมกับ sodium tripolyphosphate ในเนื้อปลาบดซึ่งเก็บที่อุณหภูมิแช่แข็ง เพื่อศึกษาอัตราเร็วของการเกิดกลิ่นหืน ปรากฏว่าค่า thiobarbituric acid (TBA) ของเนื้อปลาที่เติมสาร sodium erythorbate จะต่ำกว่าเนื้อปลาที่ไม่ได้เติม 2, 4 และ 5 เท่า เมื่อเก็บ 1, 3 และ 6 เดือนตามลำดับและหลังจากเก็บเป็นเวลา 6 - เดือน ค่า TBA สูงเพียง 0.6 mg malonaldehyde ต่อเนื้อปลา 1 กิโลกรัม

2.4.3 การรักษาความสดโดยใช้อุณหภูมิต่ำ เป็นการถนอมอาหารให้มีสภาพใกล้เคียงสภาพตามธรรมชาติมากที่สุด ความเย็นต่ำที่ 0-5 °C จะชลอการเจริญของบักเตรีซึ่งเป็นตัวการที่ทำให้ปลาเกิดการเน่าเสีย และขณะเดียวกันจะลดปฏิกิริยาการย่อยสลายองค์ประกอบต่าง ๆ ในเนื้อปลาอีกด้วย อุณหภูมิ -10 °C จะทำให้บักเตรีทั่ว ๆ ไปหยุดการเจริญเติบโต (34)

น้ำแข็งมีสมบัติในการลดอุณหภูมิเนื้อปลาได้ดี มีราคาไม่แพง หาง่าย และสะดวกต่อการนำไปใช้ น้ำแข็งสามารถลดอุณหภูมิปลาให้ต่ำใกล้เคียงจุดเยือกแข็ง (35) อัตราส่วนการใช้น้ำแข็งในการเก็บรักษาขึ้นกับระยะเวลาในการเก็บ อุณหภูมิอากาศ อุณหภูมิปลาก่อนเก็บรักษา การลดอุณหภูมิปลาจาก 28-30 °C ไปเป็น 0 °C จะต้องใช้น้ำแข็งประมาณร้อยละ 45 ของน้ำหนักปลา และปริมาณน้ำแข็งที่ต้องการในการรักษาอุณหภูมิให้คงที่จะมีขนาดประมาณ 3 กก./ชม. อายุการเก็บรักษาปลาในน้ำแข็งจะสั้นหรือยาวขึ้นกับการเริ่มต้นใช้น้ำแข็ง ปลาที่จับได้แล้วถ้าทิ้งไว้ในเรือ 10 ชั่วโมงจึงใส่น้ำแข็งจะเน่าเสียในเวลา 2 วันแต่ถ้าใส่น้ำแข็งทันทีหลังจับจะเก็บได้นานถึง 7 วัน (36)

2.5 ลูกชิ้นปลา

ลูกชิ้นปลาเป็นผลิตภัณฑ์ชนิดหนึ่งจากเนื้อปลาบด มีสีขาวนวล ไม่มีกลิ่นคาวปลามาก ผิวนอกเงามัน เนื้อสัมผัสแน่นและเหนียว โดยทั่วไปรับประทานกับก๋วยเตี๋ยว แกงจืด ผัดผัก ทอดและอื่น ๆ

2.5.1 ลักษณะโครงสร้างการตลาดของลูกชิ้นปลาในประเทศไทย (37) ลูกชิ้นปลาที่ผลิตในประเทศไทยผลิตโดยโรงงานหรือร้านขายก๋วยเตี๋ยวเพื่อขายปลีกและขายส่ง การขายปลีกมักขายในตลาดสด การผลิตส่วนใหญ่ผลิตเป็นอุตสาหกรรมขนาดย่อม มีคนงาน 4-10 คน ระยะเวลาการผลิต 2-4 ชั่วโมงในแต่ละวัน เครื่องจักรกลที่เกี่ยวข้องกับการผลิตมีเครื่องบดเนื้อปลา เครื่องนวดและเครื่องปั้มลูก ในกรุงเทพมหานครมีโรงงานผลิตลูกชิ้นปลา 40 โรงงาน ต่างจังหวัดมีโรงงานผลิตลูกชิ้นและทอดมัน 64 โรงงานใช้วัตถุดิบในแต่ละวันรวมทั้งสิ้นประมาณ 60 ตันวัตถุดิบที่ใช้ประกอบด้วย ปลาฉลาม 0.43% ปลาดาบลาว 13.22% ปลาน้ำดอกไม้ 6.86% ปลาปากคม 2.51% ปลาสีกุน 12.7% ปลาตาโต 16.85% ปลาอินทรี 2.22% ปลาอินทรี 2.22% และปลาเบญจพรรณ 45.21% (3)

2.5.2 กรรมวิธีผลิตลูกชิ้น

ปลาที่ใช้แบ่งได้เป็น 2 ประเภทใหญ่ ๆ คือ ปลาที่มีราคาถูก เช่น ปลาตาหวาน ปลาปากคม ปลาทรายแดง ปลาน้ำดอกไม้ ปลาดาบเงิน กับปลาที่มีราคาแพง เช่น ปลาลิ้นหมา ปลาไหลทะเล ปลาอินทรี และปลาหางเหลือง

กรรมวิธีผลิตลูกชิ้นในประเทศไทยแบ่งออกเป็นขั้นตอนใหญ่ ๆ ได้ดังนี้ (38) ขั้นแรกบดเนื้อปลา (mincing) ในกรณีที่ใช้เนื้อปลาแล่เป็นวัตถุดิบต้องบดเนื้อปลาโดยใช้เครื่องบด 3-6 ครั้ง ขณะบดเติมน้ำแข็งเพื่อควบคุมอุณหภูมิไม่ให้สูงเกิน 10 $^{\circ}$C จากนั้นจึงนวด (kneading) ขั้นตอนนี้มีการเติมเกลือและเครื่องปรุงต่าง ๆ มักจะนวดเป็นเวลา 10-20 นาที ขณะนวดเติมน้ำแข็งเพื่อควบคุมอุณหภูมิ เครื่องมือที่ใช้นวดมีลักษณะเป็นถังมีแกน 2 อันอยู่ตรงกลางเพื่อเป็นตัวตีเนื้อปลาขณะนวด หลังจากนวดก็ถึงขั้นตอน การขึ้นรูป (forming) เนื้อปลาที่นวดจนได้ที่แล้วจะนำมาปั้นเป็นรูปทรงต่าง ๆ โดยใช้มือหรือเครื่องขึ้นรูปแล้วจึงทำให้ gel แข็งแรง (setting) โดยการแช่ลูกชิ้นในน้ำอุ่นอุณหภูมิ 40-45 $^{\circ}$C จนกระทั่งแข็งตัว ซึ่งมักใช้เวลาประมาณ 20-30 นาที ขึ้นกับชนิดของเนื้อปลาที่ใช้จากนั้นจึงต้ม (cooking) ในน้ำเดือดประมาณ 5 นาที เมื่อต้มได้ที่ลูกชิ้นจะลอยขึ้นบนผิวน้ำแล้วจึงตักขึ้นและทำให้เย็น (cooling) โดยใช้น้ำ น้ำแข็งหรือพัดลมเป่า ในประเทศสิงคโปร์ก็มีการผลิตลูกชิ้นกันมาก กรรมวิธีผลิตก็คล้ายคลึงกับประเทศไทยแต่มักใช้เนื้อปลาบดล้างน้ำเกลือ หรือซูริมิ เป็นวัตถุดิบ (39)

2.6 ปัจจัยที่มีผลกับคุณภาพลูกชิ้นปลา

2.6.1 การล้าง (leaching)

เนื้อปลาบดที่ผ่านเครื่องแยกเนื้อปลาจะมีอัตราการปนเปื้อนสูง เนื่องจากมีส่วนของไตและอวัยวะภายในติดมาด้วยซึ่งอวัยวะเหล่านี้ผลิตสาร formaldehyde และ dimethylamine formaldehyde เป็นสารซึ่งมีปฏิกิริยาในการเร่งการเสื่อมสลายของโปรตีน (40) การล้างเป็นการกำจัดเลือดและสิ่งปนเปื้อนในเนื้อปลา และช่วยเพิ่มความเหนียวของผลิตภัณฑ์หลังการนวดรวมทั้งช่วยขจัดกลิ่นที่ไม่ต้องการถ้าเนื้อปลาไม่สด แต่มีข้อเสียคือสูญเสียโปรตีนที่ละลายในน้ำ (WSP) วิตามิน เกลือแร่ และปริมาณผลผลิต (41, 42)

Yasumatsu (43) กล่าวว่าในการล้างเนื้อปลาบดควรใช้น้ำเกลือเข้มข้น 0.01-0.3% สำหรับการล้างครั้งสุดท้าย เพื่อให้แยกน้ำออกจากเนื้อปลาได้ง่ายขึ้นและไม่ทำให้เนื้อปลาอุ้มน้ำอีกวิธีหนึ่งที่ได้ผลเช่นเดียวกันคือการลด pH ของน้ำที่ใช้ล้างให้ใกล้เคียงกับ isoelectric point ของกล้ามเนื้อปลา เพื่อให้บีบน้ำออกจากเนื้อปลาได้ดี

Rodger (42) อธิบายว่าการล้างเนื้อปลาทำให้ TMAO substrate ลดลงไปและยังไปลด haemoglobin ซึ่งเป็นตัวเร่งปฏิกิริยาการสลายตัวของไขมันเป็นกรดไขมันอิสระที่ถ้ามีเกิดขึ้นจะทำปฏิกิริยากับโปรตีนและทำให้โปรตีนสูญเสียสมบัติด้านการละลาย เนื้อปลาที่ล้างแล้วจะมีปริมาณโปรตีนที่ละลายในน้ำเกลือ (SSP) ต่อหน่วยน้ำหนักเพิ่มมากขึ้น เนื่องจากโปรตีนที่ละลายในน้ำและไขมันลดลงจึงทำให้ผลิตภัณฑ์มีความเหนียวเพิ่มมากขึ้นด้วย แต่การล้างเนื้อปลาไม่สามารถลดอัตราการเกิดปฏิกิริยา lipid oxidationได้ (4)

2.6.2 การนวด (kneading)

การนวดเนื้อปลาเพื่อให้เหนียวมีขั้นตอนดังนี้คือ (41) ขั้นแรกเริ่มนวดเนื้อปลาเพียงอย่างเดียวก่อน เพื่อให้เซลล์ของเนื้อเยื่อแยกตัวซึ่งจะทำให้สะดวกต่อการที่เกลือจะเข้าไปทำปฏิกิริยากับโปรตีน ขั้นต่อไปเติมเกลือเพื่อสกัด SSP จากเนื้อปลา SSP ที่ละลายออกมาจะมีลักษณะเหนียวข้นซึ่งจะทำให้เนื้อสัมผัสผลิตภัณฑ์เหนียวตามไปด้วย ขั้นสุดท้ายเติมสารปรุงแต่งกลิ่นรส เช่น น้ำตาล สารแต่งกลิ่นและรสชาติอื่น ๆ นวดให้เข้ากันอาจเติมแป้งเพื่อเพิ่มปริมาณผลิตภัณฑ์และเพิ่มความเหนียวในขั้นตอนนี้ด้วยก็ได้

2.6.3 สภาวะทางเคมีของโปรตีนในเนื้อปลาบด

โปรตีนในเนื้อปลาประกอบด้วย sarcoplasmic protein และ myofibrillar protein ซึ่ง sarcoplasmic protein ประกอบด้วย WSP และ myofibrillar protein ประกอบด้วย SSP ซึ่งมีปริมาณต่างกันในปลาแต่ละชนิด (ภาคผนวกที่ ก 4) SSP จากปลาหน้าดินเมื่อได้รับความร้อนที่อุณหภูมิ 90 $^{\circ}$C เป็นเวลา 10 นาที จะ coagulate ประมาณ 65-75% แต่ถ้าเป็นปลาผิวน้ำเมื่อได้รับความร้อนที่อุณหภูมิเท่ากัน SSP จะ coagulate ประมาณ 75-95% โปรตีนที่ coagulate นี้จะไปจับ myofibrillar protein ส่วนที่ไม่ coagulate ทำให้ไม่เกิดเป็น gel ซึ่งเป็นเหตุให้เมื่อนำปลาผิวน้ำไปทำผลิตภัณฑ์ที่ต้องการลักษณะเนื้อสัมผัสที่เหนียวได้ยาก actomyosin ซึ่งเป็นองค์ประกอบที่

สำคัญของ SSP สกัดได้ด้วยน้ำเกลือที่มีค่า ionic strength 0.45-0.6 ดังนั้นถ้าปลาอยู่ในระยะการเกร็งตัวการละลายของ SSP ลดลงและจะทำให้ความเหนียวของผลิตภัณฑ์ลดลงด้วย (44, 45, 46)

การละลายของโปรตีนยังขึ้นกับ pH ของเนื้อปลาและอุณหภูมิขณะเก็บรักษา ด้วย Shimizu (47) รายงานว่า pH ของเนื้อปลาที่ทำให้ kamaboko เหนียวที่สุดอยู่ในช่วง 6.5-7.0 ถ้า pH เพิ่มมากขึ้นความเหนียวจะอ่อนตัวลงเพราะโปรตีนจะละลายได้ดีที่ pH 6.5-7.0

2.6.4 ปริมาณเกลือ (salt)

เกลือ 3% โดยน้ำหนักจะให้เนื้อปลาและผลิตภัณฑ์มีความเหนียวดีที่สุด เพราะเนื้อปลาบดมีความชื้นประมาณ 85% เมื่อเติมเกลือ 3% จะทำให้มีความเข้มข้นของเกลือในเนื้อปลา ประมาณ 3.5% หรือ 0.6 โมลซึ่งเป็นความเข้มข้นที่ myosin ละลายได้ดีที่สุดแต่ถ้าใช้เกลือในปริมาณสูงเกินไปจะเกิด salting out คือโปรตีนตกตะกอนออกมา เพราะเกลือไปแย่งน้ำซึ่งละลายโปรตีนอยู่มาละลายตัวเองทำให้โปรตีนไม่ละลายในน้ำเกลือและไม่เกิด gel ปริมาณเกลือ 2% (0.4 mole) เป็นปริมาณน้อยที่สุดที่สกัด myosin จากเนื้อปลาได้ (47)

012450