บทที่ 2

ตรวจเอกสาร

1.อนุกรมวิธานของปลากะพงขาว

ปลากะพงขาวมีชื่อวิทยาศาสตร์ว่า *Lates calcarifer* (Bloch) มีชื่อสามัญว่า ปลากะพงขาว ปลากะพงน้ำจืด และมีชื่อสามัญภาษาอังกฤษว่า Asian seabass, giant seaperch, seabass (กรมประมง, 2530)

ลำดับอนุกรมวิธานของปลากะพงขาว

Phylum Chordata

Subphylum Vertebrate

Class Pisces

Subclass Teleostomi

Order Percomophi

Family Centropomidae

Genus *Lates*

Species *calcarifer*

ในปัจจุบันการเลี้ยงปลากะพงขาวเป็นอาชีพที่เกษตรกรให้ความสนใจ โดยการเลี้ยงปลากะพงขาวในประเทศไทยนิยมเลี้ยงใน 2 รูปแบบ (Boonyaratpalin, 1989) คือ

1. การเลี้ยงในบ่อ เป็นการเลี้ยงในบ่อดินและบ่อซิเมนต์ ทั้งบริเวณน้ำเค็ม น้ำกร่อย และน้ำจืด

2. การเลี้ยงในกระชังบริเวณที่เลี้ยง คือปากแม่น้ำหรือลำคลองที่ติดต่อกับทะเลอ่าว ทะเลสาบ หรือพื้นที่ที่มีคลื่นลมน้อย เป็นการเลี้ยงในน้ำกร่อยและน้ำเค็ม โดยแบ่งเป็น

2.1 การเลี้ยงในกระชังชนิดอยู่กับที่มักจะเลี้ยงในที่ที่มีการเปลี่ยนแปลงของน้ำขึ้น - น้ำลงน้อย โดยกระชังจะมีขนาด 5 x 5 x 2.5 เมตร หรือ 3 x 3 x 2.5 เมตร

2.2 การเลี้ยงในกระชังชนิดลอย มีการเลี้ยงในพื้นที่ที่มีการเปลี่ยนแปลงของน้ำขึ้น - น้ำลงมาก โดยกระชังจะมีขนาด 5 x 5 x 2.5 เมตร หรือ 3 x 3 x 2.5 เมตร

สำหรับอัตราการปล่อยปลาประมาณ 20 - 30 ตัวต่อตารางเมตร ขึ้นอยู่กับความลึก การหมุนเวียนของน้ำและขนาดของปลา

2. อุปนิสัยการกินอาหาร และชนิดของอาหารปลากะพงขาว

อุปนิสัยการกินอาหารปลากะพงขาวจากการตรวจอาหารในกระเพาะอาหาร พบว่ามี กุ้ง ปู และปลา ประมาณ 75 เปอร์เซ็นต์ของอาหารทั้งหมด สรุปได้ว่าปลากะพงขาวเป็นปลาที่กินสัตว์ที่มีชีวิตเป็นอาหาร แต่เมื่อนำมาเลี้ยงปลากะพงขาวสามารถกิน ปลาสด กุ้ง และปู ซึ่งตายแล้วได้ (Lewis, 1979)

อาหารที่ใช้ในการเลี้ยงปลากะพงขาว ต้องมีคุณค่าทางโภชนาการที่จำเป็นต่อการเจริญเติบโตของปลา และสูตรอาหารที่ใช้ในการเลี้ยงต้องมีความเหมาะสมกับ ชนิด และอุปนิสัยการกินอาหารของปลา (ประเสริฐ, 2521) ส่วนความต้องการสารอาหารประเภทโปรตีน พบว่าระดับโปรตีนที่เหมาะสมในอาหารปลากะพงขาวคือ 45-55 เปอร์เซ็นต์ (Sakaras *et al*., 1988, 1989)

Boonyaratpalin (1991) รายงานว่า อาหารที่ใช้ในการเลี้ยงปลากะพงขาว ตั้งแต่ระยะวัยอ่อน จนถึงขนาดที่ตลาดต้องการนั้น คือ ปลาสดบดละเอียด และปลาสับ ซึ่งอาหารสดเหล่านี้โดยทั่วไปแล้วยังไม่สมบูรณ์เพียงพอ กล่าวคือ ยังขาดสารอาหารที่จำเป็นในการเจริญเติบโต ทำให้ปลาที่เลี้ยงเกิดภาวะทุพโภชนาการส่งผลให้ปลามีอัตรารอดต่ำ

3. ความต้องการสารอาหารของปลากะพงขาว

3.1 โปรตีน (protein)

โปรตีนเป็นสารอาหารที่จำเป็นต่อการมีชีวิตและการเจริญเติบโต มีหน้าที่ในการซ่อมแซมส่วนที่สึกหรอของร่างกาย เป็นส่วนประกอบของเอนไซม์ ฮอร์โมน สารภูมิคุ้มกันโรคและฮีโมโกลบิน ดังนั้นปลาจึงมีความต้องการในปริมาณที่มากเพียงพอและต่อเนื่อง ปลาวัยอ่อนต้องการโปรตีนปริมาณมาก และความต้องการโปรตีนจะลดลงเมื่อปลาโตขึ้น การกำหนดปริมาณโปรตีนที่ปลาได้รับในวันหนึ่งๆ นอกจากจะพิจารณาถึง วัย ขนาด ชนิด และสภาวะแวดล้อม ปริมาณความต้องการโปรตีนของสัตว์น้ำยังแตกต่างกันไปตามอุณหภูมิและปริมาณของออกซิเจนในน้ำ ซึ่งมีผลต่อการใช้โปรตีนของสัตว์น้ำเป็นอย่างมากเพราะ อุณหภูมิและออกซิเจนในน้ำ จะช่วยเร่งอัตราการเผาผลาญอาหาร ขณะเดียวกันอาหารที่มีโปรตีนมากเกินไป นอกจากจะทำให้สัตว์น้ำไม่เจริญเติบโต อันเนื่องจากต้องสูญเสียพลังงานในกระบวนการ deamination ภายใน

ร่างกายของสัตว์น้ำโดยตรง สารประกอบไนโตรเจนที่ถูกขับถ่ายลงไปในน้ำจะทำให้คุณภาพน้ำเสื่อมลง เป็นผลให้ปลาเบื่ออาหาร การใช้ประโยชน์จากอาหารได้น้อย และอัตราการเจริญเติบโตต่ำ ดังนั้นปริมาณโปรตีนที่เหมาะสมต่อการเลี้ยงปลาคือ ปริมาณโปรตีนซึ่งน้อยที่สุดที่ทำให้สัตว์น้ำมีการเจริญเติบโตดีที่สุด (เวียง, 2528) นอกจากนี้การใช้ประโยชน์ของโปรตีนในสัตว์น้ำจะขึ้นอยู่กับชนิดของสัตว์น้ำ สิ่งแวดล้อม คุณภาพของโปรตีน ระดับโปรตีนที่เหมาะสม พลังงานที่มีในอาหาร ชนิดของแหล่งพลังงาน และปริมาณอาหารที่ปลากิน (Steffens, 1981) โดย Cuzon (1988) รายงานว่า ระดับโปรตีนรวมที่เหมาะสมในอาหารปลากะพงขาว คือ 45 - 55 เปอร์เซ็นต์ Sakaras และคณะ (1989) รายงานว่า ระดับโปรตีนรวมและไขมันที่เหมาะสมในอาหารปลากะพงขาววัยอ่อน คือ 45 และ18 เปอร์เซ็นต์ตามลำดับ Wong และChou (1989) รายงานว่าระดับโปรตีนรวม และไขมันที่เหมาะสมในอาหารปลากะพงขาวตัวเต็มวัยคือ 40 - 45 และ 12 เปอร์เซ็นต์ตามลำดับ

3.2 ไขมัน (lipid)

ไขมันเป็นแหล่งพลังงานที่สำคัญของร่างกายส่วนกรดไขมันที่จำเป็นซึ่งเป็นอนุพันธ์ของไขมัน มีบทบาทที่สำคัญอย่างมากต่อร่างกาย เช่น ช่วยในการดูดซึมวิตามินที่ละลายในไขมัน นอกจากนี้ไขมันยังเป็นองค์ประกอบที่สำคัญของเยื่อหุ้มเซลล์ ไขมันมีความจำเป็นต่อการเจริญเติบโตและทำให้กระบวนการเมแทบอลิซึมในร่างกายดำเนินไปตามปกติ นอกจากนั้นไขมันยังมีผลต่อรสชาติของอาหารและเนื้อปลาอีกด้วย Sakaras และคณะ (1988, 1989) รายงานว่าระดับไขมันที่เหมาะสมสำหรับอาหารปลากะพงขาวขนาดเล็ก (fingerling) คือ 15 และ 18 เปอร์เซ็นต์ เมื่อได้รับอาหารที่มีระดับโปรตีน 50 และ 45 เปอร์เซ็นต์ตามลำดับ โดย Buranapanidgit และคณะ (1989) รายงานว่าระดับกรดไขมันไม่อิ่มตัว (ω-3 HUFA) ที่เหมาะสมในอาหารปลากะพงขาว คือ 1.0 - 1.7 เปอร์เซ็นต์ แหล่งของกรดไขมันไม่อิ่มตัวที่ใช้คือ น้ำมันตับปลาหมึก

3.3 คาร์โบไฮเดรท (carbohydrate)

โดยทั่วไปอาหารของปลากะพงขาวในธรรมชาติจะมีโปรตีนสูงจึงสันนิษฐานว่าปลากะพงขาวใช้คาร์โบไฮเดรทได้ไม่ดี จากการศึกษาพบว่าปลาสามารถสังเคราะห์คาร์โบไฮเดรตจากสารอาหารประเภทไขมันและโปรตีน เพราะฉะนั้นคาร์โบไฮเดรทจึงไม่ค่อยมีความจำเป็นต่อปลากะพงขาว อย่างไรก็ตามสารอาหารประเภทคาร์โบไฮเดรทสามารถใช้เป็นตัวประสานทำให้อาหารมีความคงรูป และยังมีราคาถูกกว่าสารอาหารประเภทโปรตีน จากเหตุผลดังกล่าวทำให้มีการนำเอาคาร์โบไฮเดรทมาใช้เพื่อลดต้นทุนของอาหาร แต่ไม่ควรใช้คาร์โบไฮเดรทผสมในอาหารลูกปลากะพงขาวมากกว่า 20 เปอร์เซ็นต์ (Boonyaratpalin, 1991)

3.4 วิตามิน (vitamins)

วิตามินเป็นสารประกอบอินทรีย์ ซึ่งร่างกายต้องการเพียงปริมาณเล็กน้อยเท่านั้น แต่มีความจำเป็นต่อการเจริญเติบโตของร่างกาย การสืบพันธุ์และมีผลต่อสุขภาพของสัตว์ทุกชนิด อย่างไรก็ตามมีวิตามินบางชนิดเท่านั้นที่มีความจำเป็นต้องใส่ในอาหารปลากะพงขาว วิตามินบางชนิดปลากะพงขาวสามารถสังเคราะห์ได้ในปริมาณที่เพียงพอกับความต้องการของร่างกาย หรืออาจจะมีเพียงพออยู่แล้วในอาหาร ความต้องการวิตามินจะขึ้นอยู่กับ ขนาด ความสมบูรณ์ทางเพศ อัตราการเจริญเติบโต การปรับตัวตามสภาพแวดล้อม และความสัมพันธ์ระหว่างสารอาหารที่มีอยู่ในอาหาร ความต้องการวิตามินจะลดลงเมื่อปลาโตขึ้น โดย Boonyaratpalin (1991) ทำการศึกษาความต้องการปริมาณวิตามินในอาหารปลากะพงขาว 2 ชนิด คือ ไพริดอกซิน (pyridoxine) และ กรดแพนโททีนิก (pantothenic acid) พบว่ามีปริมาณความต้องการ คือ 700 มิลลิกรัมต่ออาหาร 1 กิโลกรัม

3.5 แร่ธาตุ (mineral)

แร่ธาตุเป็นสารอนินทรีย์ที่ร่างกายต้องการเพื่อนำมาใช้ในการเจริญเติบโต แต่ส่วนใหญ่ปลากะพงขาวจะได้รับแร่ธาตุในปริมาณที่เพียงพอกับความต้องการอยู่แล้วจากอาหารที่ปลากินและในสภาพแวดล้อมที่ปลาอาศัยอยู่ ปริมาณความต้องการแร่ธาตุนั้นไม่ค่อยมีการศึกษา เพราะการควบคุมความเข้มข้นของแร่ธาตุในอาหารทดลองทำได้ยาก แร่ธาตุที่มีการศึกษา คือ โมโนโซเดียมฟอสเฟต (monosodium phosphate) ปริมาณที่ต้องการ คือ 0.5 - 1.0 เปอร์เซ็นต์ของอาหารและฟอสฟอรัส (phosphorus) ปริมาณที่ต้องการ คือ 0.55 - 0.65 เปอร์เซ็นต์ (มะลิ และจูอะดี, 2533)

4. วัสดุเศษเหลือจากโรงงานอุตสาหกรรมแปรรูปสัตว์น้ำและการใช้ประโยชน์

4.1 เศษเหลือจากการแปรรูปปลา

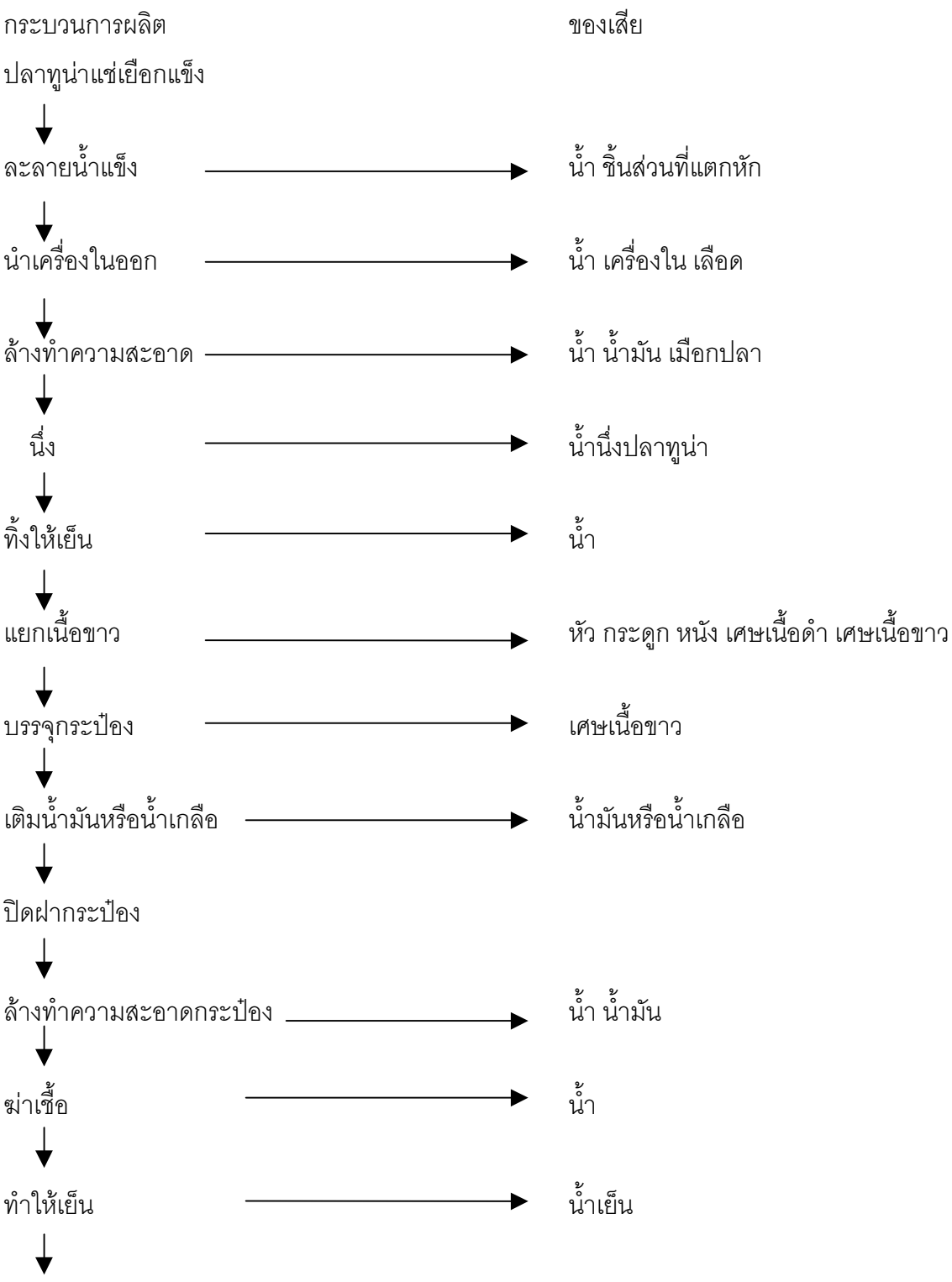
ในกระบวนการผลิตของโรงงานอุตสาหกรรมแปรรูปสัตว์น้ำทุกขั้นตอนจะมีวัสดุเศษเหลือเกิดขึ้น ทั้งที่เป็นของแข็งและของเหลว ซึ่งแนวโน้มการขยายตัวของอุตสาหกรรมที่เพิ่มมากขึ้น ส่งผลให้วัสดุเศษเหลือเพิ่มมากขึ้นตามลำดับ ได้แก่ หัวปลาและเครื่องในปริมาณ 10 เปอร์เซ็นต์ (คิดจากน้ำหนักปลาทั้งตัว) น้ำเลือดและน้ำนึ่งปลาปริมาณ 35 เปอร์เซ็นต์ กระดูกปลาและหนังปลาปริมาณ 5 เปอร์เซ็นต์ เศษเนื้อขาวและเศษเนื้อดำปริมาณ 20 เปอร์เซ็นต์ของวัตถุดิบเริ่มต้น (อารยา, 2536)

Prasertsan และคณะ (1988) สำรวจปริมาณวัสดุเศษเหลือจากโรงงานอุตสาห

กรรมอาหารทะเลในจังหวัดสงขลา พบว่าการผลิตปลาทูน่ากระป๋อง 4 โรงงาน มีปริมาณการใช้วัตถุดิบสูงถึง 135 ตันต่อวันและให้ผลผลิต 35 เปอร์เซ็นต์ ของปริมาณวัตถุดิบเริ่มต้น ส่วนที่เหลือเป็นส่วนวัสดุเศษเหลือซึ่งมี 2 ส่วนคือ

1. เศษวัสดุเหลือที่เป็นของแข็ง มีปริมาณ 25 – 30 เปอร์เซ็นต์ ของวัตถุดิบเริ่มต้น สำหรับโรงงานขนาด 35 – 40 ตันต่อวัน มีวัสดุเศษเหลือวันละประมาณ 12 ตัน ส่วนมากขายรวมให้กับโรงงานปลาป่น ในราคาประมาณ 1.50 – 3.00 บาทต่อกิโลกรัม

2. เศษวัสดุเหลือที่เป็นของเหลวมีปริมาณ 30 – 35 เปอร์เซ็นต์ ส่วนใหญ่ยังไม่ได้มีการนำไปใช้ประโยชน์ซึ่งได้แก่ น้ำเลือดปลา 7 เปอร์เซ็นต์ และน้ำนึ่งปลาทูน่า 10 – 14 เปอร์เซ็นต์ ซึ่งประกอบด้วยสารอินทรีย์หลายชนิดที่สามารถนำมาใช้ประโยชน์ได้ เช่น โปรตีน ไขมัน เอนไซม์ และวิตามินต่างๆ ที่เกิดขึ้นในขั้นตอนการทำให้สุกในระยะเริ่มต้น จากกระบวนการแปรรูปปลาทูน่าบรรจุกระป๋อง ก่อให้เกิดวัสดุเศษเหลือ ดังแสดงในภาพที่ 1

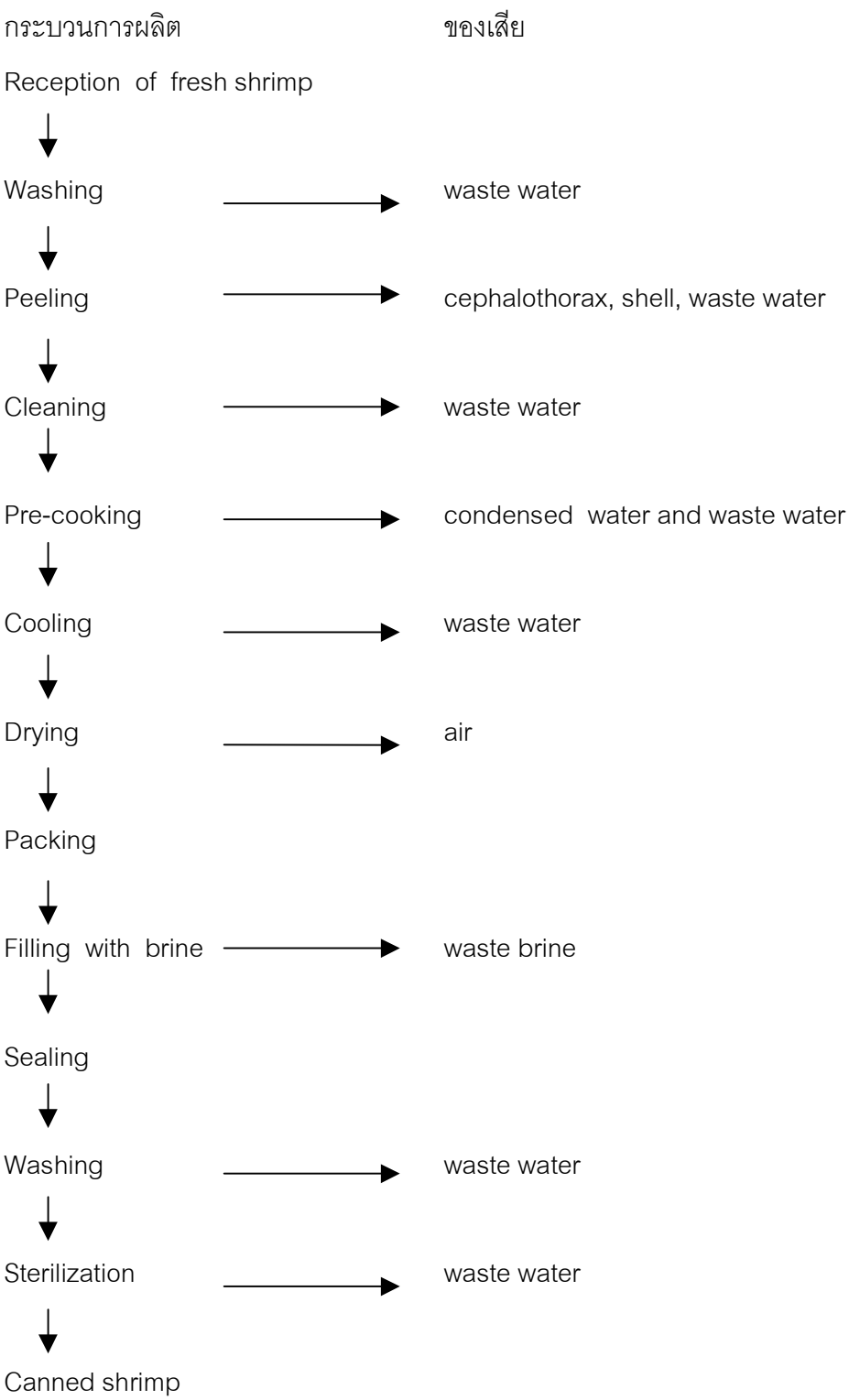


ภาพที่ 1 กระบวนการผลิตปลาทูน่ากระป๋องและวัสดุเศษเหลือที่เกิดขึ้น

ที่มา : วิภาวรรณ (2544)

4.2 เศษเหลือจากการแปรรูปกุ้ง

กุ้งเป็นสัตว์น้ำที่มีคุณค่าทางเศรษฐกิจสูง เนื่องจากมีคุณค่าทางอาหารสูง มีรสชาติดีและเป็นที่นิยมของผู้บริโภค โดยในปี 2540 ประเทศไทยส่งออกกุ้งและผลิตภัณฑ์จากกุ้งคิดเป็นมูลค่าประมาณ 6 หมื่นบาทหรือปริมาณกุ้งส่งออกประมาณ 1.8 แสนตัน จากมูลค่าการส่งออกดังกล่าวถือได้ว่าประเทศไทยเป็นผู้ส่งออกกุ้งกุลาดำอันดับต้นๆ ของโลก ทำให้กุ้งจัดเป็นสินค้าส่งออกที่สำคัญ ตลาดส่งออกที่สำคัญของไทยได้แก่ ญี่ปุ่น สหรัฐอเมริกา จีน สิงคโปร์ ไต้หวัน และฮ่องกงเป็นต้น โดยผลิตภัณฑ์กุ้งกุลาดำส่งออกส่วนใหญ่เป็นผลิตภัณฑ์กุ้งสดแช่เยือกแข็ง กุ้งต้มสุกแช่แข็งและกุ้งบรรจุกระป๋อง (กรมเศรษฐกิจการพาณิชย์, 2540) ในกระบวนการแปรรูปผลิตภัณฑ์กุ้งต่าง ๆ จะมีวัสดุเศษเหลือเกิดขึ้นประมาณร้อยละ 37 – 40 โดยมีหัวกุ้งเป็นองค์ประกอบหลัก (Bhuwapathapun, 1996) ซึ่งผลิตภัณฑ์กุ้งแช่เยือกแข็ง ได้แก่ กุ้งแช่เยือกแข็งที่ปอกเปลือกหมดจะมีเศษเหลือประมาณร้อยละ 42 – 50 กุ้งไว้หาง (tail – on) จะมีเปลือกและหัวกุ้งร้อยละ 40 – 50 และกุ้งเด็ดหัว (headless) จะมีเศษกุ้งเหลือร้อยละ 32 – 35 นอกจากนี้แนวโน้มการขยายตัวของอุตสาหกรรมกุ้งแช่เย็นและกุ้งแช่เยือกแข็ง ที่เพิ่มขึ้นส่งผลให้มีปริมาณของวัสดุเศษเหลือได้แก่ หัวกุ้ง เปลือกกุ้งและเศษเนื้อเพิ่มมากขึ้น โดยพบว่าวัสดุเศษเหลือที่เป็นของแข็งจากการผลิตมีประมาณ 40 – 80 เปอร์เซ็นต์ของวัตถุดิบขึ้นกับชนิดของกุ้ง ชนิดของผลิตภัณฑ์ ขนาดของโรงงานและขั้นตอนการแปรรูป (Narkviroj, 1987 อ้างโดย ไพรัตน์และคณะ, 2534) ดังแสดงในภาพที่ 2



ภาพที่ 2 กระบวนการผลิตกุ้งบรรจุกระป๋องและวัสดุเศษเหลือที่เกิดขึ้น

ที่มา : Hotrabhavananda (1988)

ในปัจจุบันมีการนำวัสดุเศษเหลือจากโรงงานอุตสาหกรรมแปรรูปสัตว์น้ำมาใช้เพื่อให้เกิดประโยชน์สูงที่สุด โดยนำมาใช้เพื่อเป็นวัตถุดิบในการผลิตเป็นผลิตภัณฑ์หลายประเภท เช่น น้ำสกัดเข้มข้นจากปลา (fish extract) น้ำมันปลา (fish oil) เจลาติน (gelatin) และอาหารแมวและสุนัขบรรจุกระป๋อง (canned pet food) (กองพัฒนาอุตสาหกรรม, 2534) นอกจากนี้วัสดุเศษเหลือของโรงงานอุตสาหกรรมแปรรูปสัตว์น้ำยังสามารถนำมาแปรรูปเป็นผลิตภัณฑ์โปรตีนหลายประเภท เช่น ปลาป่น ปลาหมัก โปรตีนเข้มข้น โปรตีนสกัด และโปรตีนไฮโดรไลเสต เป็นต้น (อัจฉริยา, 2542)

5. การใช้วัตถุดิบชนิดต่างๆ เป็นแหล่งโปรตีนทดแทนปลาป่นในอาหารปลา

อาหารปลาโดยทั่วไปจะมีโปรตีนประมาณ 30–60 เปอร์เซ็นต์ของน้ำหนักแห้ง โดยใช้ปลาป่นเป็นแหล่งโปรตีนที่สำคัญ ซึ่งมีปริมาณปลาป่นประมาณ 20 – 60 เปอร์เซ็นต์ของวัตถุดิบอาหาร เนื่องจากปลาป่นเป็นแหล่งโปรตีนที่มีคุณภาพดี มีกรดอะมิโนครบถ้วน และมีกลิ่นและรสชาติที่สัตว์น้ำชอบ (Lovell,1989) ดังนั้นการผลิตอาหารสำหรับปลากินเนื้อโดยส่วนใหญ่จึงใช้ปลาป่นเป็นแหล่งโปรตีน โดยในอาหารของปลากะพงยุโรป (European sea bass, *Dicentrachus labrax*) จะมีปริมาณปลาป่นประมาณ 77 เปอร์เซ็นต์ของวัตถุดิบอาหาร (Cahu *et al*., 1999) ส่วนอาหารสำหรับปลา Atlantic salmon (*Salmo salar*) จะมีปริมาณปลาป่นประมาณ 66 เปอร์เซ็นต์ของวัตถุดิบอาหาร (Berge *et al*., 1996) สำหรับอาหารปลาดุกด้านจะมีปริมาณปลาป่นประมาณ 20 เปอร์เซ็นต์ในอาหาร (Giri *et al*., 2000) ในปัจจุบันปลาป่นถูกนำมาใช้เป็นแหล่งโปรตีนในอาหารสัตว์น้ำเพิ่มมากขึ้น แต่ผลผลิตปลาจากการจับมีแนวโน้มลดลง ส่งผลให้ปลาป่นมีแนวโน้มหาได้ยากและราคาสูงขึ้น รวมทั้งคุณภาพไม่แน่นอน จึงจำเป็นที่จะต้องหาแหล่งโปรตีนอื่นที่หาได้ง่าย และราคาถูกกว่ามาใช้ทดแทนปลาป่นในอาหารสัตว์น้ำ เพื่อลดปริมาณการใช้ปลาป่น แหล่งโปรตีนที่นำมาใช้ทดแทนในอาหารปลากินเนื้อ ควรเป็นแหล่งโปรตีนที่มีคุณภาพดี รวมทั้งมีกรดอะมิโนชนิดที่จำเป็นในอัตราส่วนที่เหมาะสม และมีปริมาณเพียงพอ โดยทั่วไปการแทนที่โปรตีนจากปลาป่นในอาหารปลานิยมใช้แหล่งโปรตีนจากสัตว์ เช่น เนื้อป่น เลือดป่น หมึกป่น และกุ้งป่น เป็นต้น เนื่องจากโปรตีนจากสัตว์จะมีกรดอะมิโนชนิดจำเป็นเป็นองค์ประกอบที่เหมาะสม และเพียงพอต่อความต้องการของปลามากกว่าแหล่งโปรตีนจากพืช เช่น กากถั่วเหลือง ใบกระถินป่น และกากเมล็ดทานตะวัน เป็นต้น

5.1 วัตถุดิบพืช

วัตถุดิบพืชที่นำมาใช้เป็นแหล่งโปรตีนทดแทนปลาป่นในอาหารปลามีหลายชนิด ได้แก่ ถั่วเหลือง กากเมล็ดฝ้าย กากเมล็ดทานตะวัน ใบกระถินป่น กากเรปซีส และกากถั่วลิสงเป็นต้น ซึ่งผลการศึกษาพบว่า การแทนที่โปรตีนจากปลาป่นในอาหารด้วยวัตถุดิบพืชในปลากะพงยุโรป (European sea bass) และปลา gilthead sea bream สามารถใช้ทดแทนปลาป่นได้ที่ระดับ 20 – 30 เปอร์เซ็นต์ (Gouveia and Davies, 2000; Robaina *et al*., 1995; Kissil *et al*., 2000; Pereira and Oliva-Teles, 2002) ขณะที่ มะลิ และคณะ (2539) พบว่าการใช้โปรตีนจากถั่วเหลือง สามารถแทนที่โปรตีนจากปลาป่นในอาหารปลากะพงขาวได้ถึง 37.5 เปอร์เซ็นต์ และการใช้กากถั่วเหลืองร่วมกับโปรตีนข้าวโพด ในอาหารปลากะพงสามารถแทนที่โปรตีนจากปลาป่นได้ถึง 50 เปอร์เซ็นต์ (จูอะดี และคณะ, 2538) นอกจากนี้ยังมีการศึกษาการแทนที่ปลาป่นด้วยวัตถุดิบพืชในปลา rainbow trout พบว่า การใช้กากเมล็ดทานตะวันสามารถทดแทนปลาป่นในอาหารได้ถึง 40 เปอร์เซ็นต์ (Sanz *et al*., 1994) ส่วนการใช้ lupin seed meal และกากเรปซีส สามารถทดแทนปลาป่นได้ 30 และ 20 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ (Nengas *et al*., 1996; Hardy and Sullivan, 1993) ส่วนการใช้วัตถุดิบพืชแทนที่ปลาป่นในอาหารปลานิลพบว่าปลานิลสามารถใช้กากถั่วเหลืองที่สกัดน้ำมันออกด้วยเฮกเซน (hexane) และถั่วเหลืองอุดมไขมัน แทนปลาป่นในอาหารได้ 30 เปอร์เซ็นต์ (Shiau *et al*., 1990)

5.2 วัตถุดิบจากสัตว์บก

การใช้วัตถุดิบจากสัตว์บกทดแทนปลาป่นในอาหารปลามีการใช้ในปลา Salmon (Bureau *et al*., 1999) โดยวัตถุดิบที่ใช้ได้แก่ เลือดป่น (blood meal) ขนไก่ป่น (feather meal) เนื้อและกระดูกป่น (meat and bone meal) และวัสดุเศษเหลือจากการแปรรูปไก่ (poultry by-product meal) นอกจากนี้ยังมีการศึกษาในปลานิลโดย El-Sayed (1998) ที่ใช้แหล่งโปรตีนจากสัตว์ได้แก่ เนื้อและกระดูกป่น เลือดป่น เลือดป่นผสมกับเนื้อและกระดูกป่น และผลพลอยได้จากสัตว์ปีกป่น พบว่าเนื้อและกระดูกป่น และผลพลอยได้จากสัตว์ปีกป่นสามารถใช้ทดแทนปลาป่นได้ทั้งหมด (100 เปอร์เซ็นต์) สอดคล้องกับการทดลองของ Serna และคณะ (1996) ซึ่งทดลองเลี้ยงปลานิล *(O. niloticus*) วัยอ่อน (ขนาด 0.1 กรัม) โดยอาหารทดลองมีระดับโปรตีน 40 เปอร์เซ็นต์ ผลการทดลองพบว่าสามารถใช้ผลพลอยได้จากสัตว์ทดแทนปลาป่นได้ทั้งหมดโดยการเจริญเติบโตของปลาเป็นปกติ นอกจากนี้ยังมีการทดลองของ Belal และคณะ (1995) สรุปว่าสามารถใช้ไส้ไก่หมัก (chicken offal silage) ในสูตรอาหารเลี้ยงปลานิลได้มากกว่า 20 เปอร์เซ็นต์ นอกจากนั้น Tacon และคณะ (1983) พบว่าเนื้อและกระดูกป่นที่ผ่านการสกัดด้วยเฮกเซน หรือ

เนื้อและกระดูกป่นผสมกับเลือดป่นในอัตรา 4:1 และเสริมด้วยเมทไธโอนีนสามารถทดแทนปลาป่นได้สูงถึง 50 เปอร์เซ็นต์สำหรับอาหารเลี้ยงปลานิลวัยรุ่น สอดคล้องกับผลการทดลองของ Viola และ Zohar (1984) ซึ่งรายงานว่าสามารถแทนที่ปลาป่นได้สูงถึง 50 เปอร์เซ็นต์ โดยใช้ผลพลอยได้จากสัตว์ปีกป่นที่ใช้เลี้ยงปลานิลลูกผสม นอกจากนี้ Stone และคณะ (2000) พบว่า การใช้เนื้อป่นในอาหารปลา Silver perch สามารถแทนที่ปลาป่นในอาหารได้ถึง 50 เปอร์เซ็นต์ และสามารถทดแทนปลาป่นในอาหารปลากะพงขาว ปลา gilthead sea bream ปลา yellowtail และปลา rainbow trout ได้บางส่วน

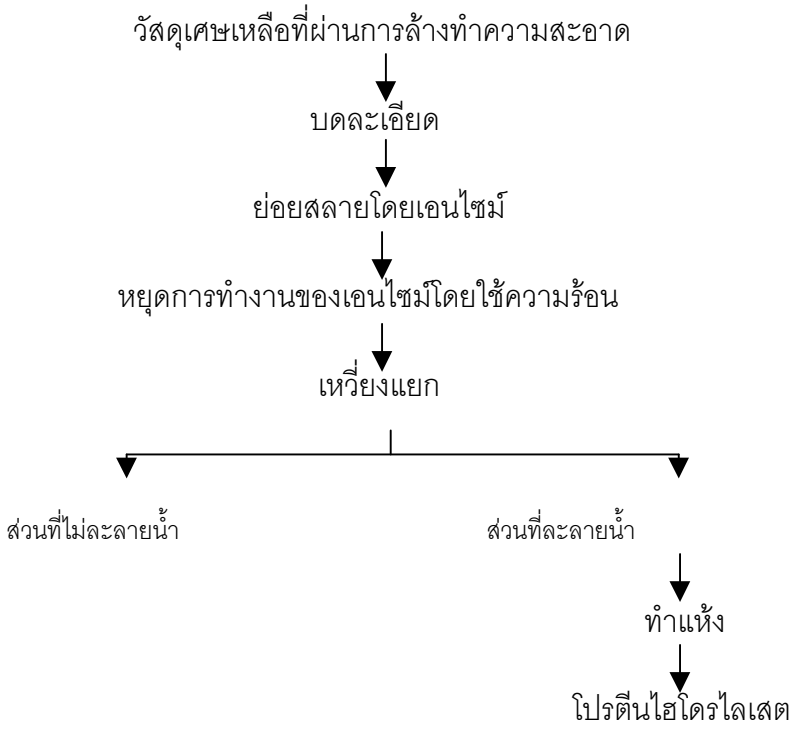
5.3 วัตถุดิบจากเศษเหลือโรงงานอุตสาหกรรมแปรรูปสัตว์น้ำ

วัสดุเศษเหลือจากโรงงานอุตสาหกรรมแปรรูปสัตว์น้ำประกอบด้วยโปรตีนและกรดอะมิโนจำเป็นในปริมาณสูง (Shahidi *et al*., 1995) สำหรับการใช้ประโยชน์จากวัสดุเศษเหลือดังกล่าวส่วนใหญ่นำมาผลิตเป็นผลิตภัณฑ์ป่น และโปรตีนไฮโดรไลเสต (protein hydrolysate) ซึ่งเป็นผลิตภัณฑ์ที่มีปริมาณโปรตีนและกรดอะมิโนจำเป็นในปริมาณสูง จึงสามารถนำไปใช้เป็นแหล่งโปรตีนในอาหารสัตว์น้ำ เป็นการนำวัสดุเศษเหลือดังกล่าวมาใช้ให้ก่อประโยชน์หรือเพิ่มมูลค่า

5.3.1 เศษเหลือป่น เป็นส่วนของแข็งที่ได้จากการกำจัดน้ำและไขมันออกจากวัตถุดิบ ได้แก่ ปลาที่มีคุณค่าทางเศรษฐกิจต่ำ หรือวัสดุเศษเหลือจากโรงงานอุตสาหกรรมแปรรูปสัตว์น้ำ โดยวิธีการบีบอัดและปั่นเหวี่ยง มีคุณค่าทางโภชนาการสูง ซึ่งสามารถใช้เป็นแหล่งโปรตีนในอาหารสัตว์น้ำได้ ปลาป่นที่ผลิตจากเศษปลาซึ่งเป็นวัสดุเศษเหลือจากโรงงานอุตสาหกรรมแปรรูปสัตว์น้ำ มีระดับโปรตีนและเถ้าอยู่ระหว่าง 50 – 58 เปอร์เซ็นต์ และ 20 – 30 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ และมีปริมาณกรดไขมันไม่อิ่มตัวที่จำเป็นต่อการเจริญเติบโตของสัตว์น้ำในปริมาณสูง (จูอะดี และคณะ, 2538) เสาวนิต (2537) รายงานว่าหัวกุ้งป่นประกอบด้วยโปรตีน 30.59 เปอร์เซ็นต์ ความชื้น 10.28 เปอร์เซ็นต์ ไขมัน 3.77 เปอร์เซ็นต์ เถ้า 38.52 เปอร์เซ็นต์ และเยื่อใย 10.55 เปอร์เซ็นต์ ขณะที่ปลาป่นจากปลาที่มีคุณภาพดีประกอบด้วยโปรตีน 50 – 77 เปอร์เซ็นต์ ความชื้น 6 – 12 เปอร์เซ็นต์ ไขมัน 5 – 15 เปอร์เซ็นต์ เถ้า 8 – 33 เปอร์เซ็นต์ เยื่อใยน้อยกว่า 1 เปอร์เซ็นต์ มีกรดอะมิโนจำเป็นที่สำคัญคือ ไลซีน (lysine) และวิตามินบางชนิดได้แก่ ไซยาโนโคบาลามิน (cyanocobalamin, B_{12}) โคลีน (choline) และไนอะซิน (niacin) เป็นต้น (Ockerman, 1992)

5.3.2 โปรตีนไฮโดรไลเสต เป็นผลิตภัณฑ์ที่ได้จากปลาหรือวัสดุเศษเหลือจากปลาที่เกิดจากปฏิกิริยาไฮโดรไลซีส (hydrolysis) ของโปรตีนด้วยสารเคมีหรือเอนไซม์

กลุ่มโปรติเอส โดยควบคุมสภาวะการย่อยสลายต่างๆ เช่น ระยะเวลา อุณหภูมิ และพีเอชให้เหมาะสม ทำให้เกิดการตัดสายเปปไทด์ (peptide) ที่มีสายโซ่ยาวให้เป็นกรดอะมิโนอิสระหรือเปปไทด์สายสั้นๆ (ภาพที่ 3) โปรตีนไฮโดรไลเสตส่วนใหญ่มีปริมาณโปรตีนสูงกว่า 80 เปอร์เซ็นต์ โดยโปรตีนไฮโดรไลเสตที่ได้จากหัวและเครื่องในปลาทูน่าพันธุ์โอแถบมีปริมาณโปรตีนเท่ากับ 84.49 – 84.90 และ 80.33 – 80.86 เปอร์เซ็นต์ ปริมาณไขมันเท่ากับ 0.24 – 0.30 และ 0.21 – 0.26 เปอร์เซ็นต์ ปริมาณความชื้นเท่ากับ 6.19 – 9.77 เปอร์เซ็นต์ ปริมาณเถ้าเท่ากับ 9.34 – 13.67 และ 4.73 – 6.07 เปอร์เซ็นต์ (อัจฉริยา, 2542) ส่วนโปรตีนไฮโดรไลเสตจากหัวกุ้งกุลาดำมีโปรตีน ไขมัน เถ้าและความชื้นเท่ากับ 87.72 0.29 7.71 และ 3.25 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ (ไตรตะวัน, 2542) นอกจากนี้พบว่าโปรตีนไฮโดรไลเสตจากหัวกุ้งกุลาดำประกอบด้วยกรดอะมิโน เช่น กรดกลูทามิก (glutamic acid) ไลซีน (lysine) กรดแอสพาร์ติก (aspartic acid) ไกลซีน (glycine) อะลานีน (alanine) ลูซีน (leucine) ไอโซลูซีน (isoleucine) และอาร์จีนีน (arginine) ในปริมาณสูง ซึ่งเป็นกรดอะมิโนที่ให้กลิ่นรสสูง ดังนั้นจึงได้มีการใช้เป็นส่วนผสมในอาหารเลี้ยงสัตว์น้ำ เช่น ปลาและกุ้ง (Pan, 1990)



ภาพที่ 3 กระบวนการผลิตโปรตีนไฮโดรไลเสตโดยใช้เอนไซม์

ที่มา : Quaglia และ Orban (1987)

การใช้โปรตีนที่ผลิตได้จากวัสดุเศษเหลือโรงงานอุตสาหกรรมแปรรูปสัตว์น้ำทดแทนโปรตีนจากปลาป่นสามารถใช้ได้ในระดับ 25 –100 เปอร์เซ็นต์ ในอาหารปลาที่ใช้เลี้ยงปลาชนิดต่างๆ เช่น ปลาดุกด้าน (*Clarias batrachus*) ปลาไนวัยอ่อน (*Cyprinus carpio*) ปลากะพงยุโรป (*Dicentrachus labrax*) และปลา turbot (*Scophthalmus maximus*) เป็นต้น โดยพบว่าปลาดุกด้านที่เลี้ยงโดยใช้โปรตีนจากเครื่องในปลาอบแห้งแทนปลาป่นในอาหารที่ระดับ 100 เปอร์เซ็นต์ มีการเจริญเติบโต และประสิทธิภาพการใช้โปรตีน ใกล้เคียงกับชุดควบคุมที่ได้รับอาหารที่มีปลาป่นเป็นแหล่งโปรตีน (Giri *et al*., 2000) ส่วนการทดลองเลี้ยงปลากะพงยุโรป (*Dicentrachus labrax*) และปลาไนวัยอ่อน *(Cyprinus carpio*) ด้วยโปรตีนไฮโดรไลเสตร่วมกับยีสต์ พบว่าปลากะพงยุโรปสามารถใช้โปรตีนไฮโดรไลเสตร่วมกับยีสต์แทนปลาป่นในอาหาร โดยปลามีอัตรารอดตายสูงกว่าการใช้โปรตีนเข้มข้นจากถั่วเหลืองและยีสต์ และการใช้ปลาป่นเพียงอย่างเดียว ส่วนปลาไนวัยอ่อน *(Cyprinus carpio*) พบว่าปลาสามารถใช้โปรตีนไฮโดรไลเสตร่วมกับยีสต์แทนปลาป่นในอาหาร โดยปลามีการเจริญเติบโตและอัตรารอดตายสูงสุด (Cahu *et al*., 1998) ในขณะที่ปลา turbot วัยรุ่น (*Scophthalmus maximus*) ที่ได้รับอาหารซึ่งใช้โปรตีนไฮโดรไลเสต แทนปลาป่นที่ระดับ 25 เปอร์เซ็นต์ มีประสิทธิภาพการย่อยโปรตีน และการเจริญเติบโตไม่แตกต่างกับชุดควบคุม ซึ่งได้รับอาหารที่มีปลาป่นเป็นแหล่งโปรตีน (Aires *et al*., 1999) นอกจากนี้ปลากะพงยุโรปวัยอ่อน ที่ได้รับอาหารซึ่งใช้โปรตีนไฮโดรไลเสตทดแทนปลาป่นที่ระดับ 25 เปอร์เซ็นต์ มีการเจริญเติบโตไม่แตกต่างกับชุดควบคุมซึ่งได้รับอาหารที่มีปลาป่นเป็นแหล่งโปรตีน แต่มีอัตราการรอดตายสูงกว่าชุดควบคุมซึ่งได้รับอาหารที่มีปลาป่นเป็นแหล่งโปรตีน(Cahu *et al*., 1999) และพบว่า ปลา red drum สามารถใช้ red salmon head meal ทดแทนปลาป่นในอาหารได้ 25 เปอร์เซ็นต์ โดยมีการเจริญเติบโตไม่แตกต่างกับชุดควบคุม ซึ่งได้รับอาหารที่มีปลาป่นเป็นแหล่งโปรตีน (Li *et al*., 2004)

การใช้วัตถุดิบพืชและวัตถุดิบจากสัตว์ เป็นแหล่งโปรตีนทดแทนปลาป่นในอาหารสัตว์น้ำ สามารถใช้ได้เพียงบางส่วนเท่านั้น เนื่องจากโปรตีนที่ได้มีคุณค่าทางอาหารต่ำกว่าปลาป่น และ เมื่อมีการใช้วัตถุดิบดังกล่าวเหล่านี้เป็นแหล่งโปรตีนในอาหารในปริมาณที่สูง สัตว์น้ำมีการเจริญเติบโตและประสิทธิภาพการใช้อาหารต่ำ รวมทั้งอาจมีการเปลี่ยนแปลงทางพยาธิสภาพ เนื่องจากวัตถุดิบมีปัจจัยจำกัด กล่าวคือ มีความไม่สมดุลของสารอาหารสำหรับสัตว์น้ำ เช่น มีกรดอะมิโนเมทไธโอนีน และไลซีน ในปริมาณต่ำ โดยวัตถุดิบพืชมีสารต้านโภชนาการ (anti – nutritional factor) เช่น สารยับยั้งทริปซิน โกสสิโพล (gossypol) กรดไขมันไซโคลโพรเพน (cyclopropene fatty acid) และมิโมซีน (mimosine) เป็นต้น นอกจากนั้นแหล่งวัตถุดิบพืชยังมีเยื่อใยสูง และถ้าใช้

วัตถุดิบพืชระดับสูงในอาหารจะลดความน่ากินของอาหารและมีผลต่อคุณภาพเม็ดอาหาร นอกจากนี้ชนิดปลาและขนาดปลาก็เป็นปัจจัยจำกัดในการใช้วัตถุดิบต่างๆ เพื่อแทนที่ปลาป่นในอาหารปลา

6. **วัตถุประสงค์ของการวิจัย**

1. เพื่อศึกษาชนิดและการแปรรูปวัสดุเศษเหลือจากโรงงานอุตสาหกรรมแปรรูปสัตว์น้ำเป็นผลิตภัณฑ์ที่เหมาะสมเพื่อนำมาใช้เป็นแหล่งโปรตีนในอาหารสัตว์น้ำ
2. เพื่อศึกษาระดับที่เหมาะสมของการแทนที่โปรตีนจากปลาป่นด้วยผลิตภัณฑ์ที่แปรรูปจากเศษเหลือจากโรงงานอุตสาหกรรมแปรรูปสัตว์น้ำต่อการเจริญเติบโต ประสิทธิภาพการใช้อาหารและประสิทธิภาพการใช้โปรตีนของปลากะพงขาว