รายงานการวิจัย

ผลของเอนไซม์โบรมีเลนและเอนไซม์ปาเปนในการย่อยวัตถุดิบเพื่อพัฒนาสูตรอาหารปลาดุกลูกผสมแบบลดต้นทุน

Effect of Enzyme Bromelain and Enzyme Papain in Digestible of Feed Stuffs for Hybrid Catfish Feed Formula Development in Cost Reduction

ณัฐรินทร์ ศิริรัตนนันท์ และคณะ

สาขาวิชาเอกการจัดการการเกษตรสมัยใหม่

คณะเทคโนโลยีการเกษตรและเทคโนโลยีอุตสาหกรรม

มหาวิทยาลัยราชภัฏเพชรบูรณ์

ประจำปีงบประมาณ 2565

65A145000018

รายงานวิจัยฉบับสมบูรณ์

ผลของเอนไซม์โบรมีเลนและเอนไซม์ปาเปนในการย่อยวัตถุดิบเพื่อพัฒนาสูตรอาหารปลาดุกลูกผสมแบบลดต้นทุน

Effect of Enzyme Bromelain and Enzyme Papain in Digestible of Feed Stuffs for Hybrid Catfish Feed Formula Development in Cost Reduction

ณัฐรินทร์ ศิริรัตนนันท์ สาขาวิชาเอกการจัดการการเกษตรสมัยใหม่
พรทิศา ทองสนิทกาญจน์ สาขาวิชาเอกการประมง
ธนภัทร วรปัสสุ สาขาวิชาเอกการประมง

คณะเทคโนโลยีการเกษตรและเทคโนโลยีอุตสาหกรรม
มหาวิทยาลัยราชภัฏเพชรบูรณ์

ทุนอุดหนุนโดย มหาวิทยาลัยราชภัฏเพชรบูรณ์
ทุนอุดหนุนงานวิจัย พัฒนาวิทยาศาสตร์ วิจัยและนวัตกรรม
งบประมาณผ่านกองทุนส่งเสริมวิทยาศาสตร์ วิจัยและนวัตกรรม (สกสว.)
ประจำปีงบประมาณ 2565

ชื่องานวิจัย ผลของเอนไซม์โบรมีเลนและเอนไซม์ปาเปนในการย่อยวัตถุดิบเพื่อพัฒนาสูตรอาหารปลาดุกลูกผสมแบบลดต้นทุน

ผู้วิจัย ณัฐรินทร์ ศิริรัตนนันท์

ผู้ร่วมวิจัย/ที่ปรึกษา พรทิศา ทองสนิทกาญจน์, ธนภัทร วรปัสสุ

สาขาวิชา เกษตรศาสตร์ (การจัดการการเกษตรสมัยใหม่)

มหาวิทยาลัยราชภัฏเพชรบูรณ์ **ปีเสร็จวิจัย** 2565

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาผลของการพัฒนาสูตรอาหารปลาดุกลูกผสมจากวัตถุดิบที่ผ่านการย่อยด้วยเอนไซม์ต่อการเจริญเติบโตของปลา และต้นทุนค่าอาหารปลาดุกลูกผสมที่ได้จากการพัฒนา โดยมีการวางแผนการทดลองแบบสุ่มสมบูรณ์ (CRD) จำนวน 3 ซ้ำ ทำการทดลองเลี้ยงปลาดุกลูกผสมด้วยอาหารทดลองทั้งหมด 4 สูตร ได้แก่ อาหารเสริมเปลือกกุ้งป่นที่ย่อยด้วยเอนไซม์โบรมีเลน (SMB) อาหารเสริมกระดูกปลาป่นที่ย่อยด้วยเอนไซม์โบรมีเลน (BMB) อาหารเสริมเปลือกกุ้งป่นที่ย่อยด้วยเอนไซม์ปาเปน (SMP) และอาหารเสริมกระดูกปลาป่นที่ย่อยด้วยเอนไซม์ปาเปน (BMP) ให้อาหารปลาดุกในปริมาณ 5 เปอร์เซ็นต์ของน้ำหนักตัวต่อวัน แบ่งให้วันละ 3 มื้อ ทำการสุ่มชั่งน้ำหนักเพื่อปรับปริมาณอาหารและเก็บข้อมูลการเจริญเติบโตทุก 2 สัปดาห์ เป็นระยะเวลา 2 เดือน

เมื่อสิ้นสุดการทดลอง พบว่า ปลาดุกลูกผสมที่ได้รับอาหารเสริมกระดูกปลาป่นที่ย่อยด้วยเอนไซม์โบรมีเลน (BMB) มีค่าน้ำหนักสุดท้าย น้ำหนักที่เพิ่มขึ้น และน้ำหนักที่เพิ่มขึ้นต่อวัน แตกต่างกับปลาดุกลูกผสมที่ได้รับอาหารเสริมเปลือกกุ้งป่นที่ย่อยด้วยเอนไซม์โบรมีเลน (SMB) ($P \leq 0.05$) ส่วนต้นทุนค่าอาหารผสมสำเร็จจากเปลือกกุ้งป่นและกระดูกปลาป่นที่ผ่านการย่อยด้วยเอนไซม์ พบว่า ต้นทุนของอาหารผสมสำเร็จในทุกชุดการทดลองมีต้นทุนที่ต่ำกว่าราคาจำหน่ายอาหารเม็ดสำเร็จรูปทั่วไปตามท้องตลาด

ดังนั้นการใช้กระดูกปลาป่นที่ย่อยด้วยเอนไซม์โบรมีเลน (BMB) เสริมในอาหารปลาดุกลูกผสม มีผลต่อการเจริญเติบโตของปลา และช่วยลดต้นทุนค่าอาหารสัตว์น้ำได้

คำสำคัญ : โบรมีเลน, ปาเปน, ปลาดุกลูกผสม

Title Effect of Enzyme Bromelain and Enzyme Papain in Digestible of Feed Stuffs for Hybrid Catfish Feed Formula Development in Cost Reduction

Researcher Nuttarin Sirirustananun

Co-researcher Porntisa Thongsanitkan, Thanaput Worapussu

Major Field Agriculture (Modern agriculture management)

Phetchabun Rajabhat University , **2022**

Abstract

The objective of this research was to study the effect of the development of hybrid catfish feed formulations from enzymatically digested raw materials on fish growth and cost of feed for hybrid catfish obtained from development. Three randomized, complete randomized trials (CRD) were planned. The hybrid catfish was cultured with a total of four feed regimens, Digested shrimp shell meal supplement by bromelain enzyme (SMB), Digested fish bone meal supplement by bromelain enzyme (BMB), Digested shrimp shell meal supplement by papain enzyme (SMP) and Digested fish bone meal supplement by papain enzyme (BMP). The catfish were fed at 5% of their body weight per day, divided into three meals a day. Weight to adjust food intake and growth data were collected every 2 weeks for a period of 2 month.

At the end of the experiment, hybrid catfish fed digested fish bone meal supplement by bromelain enzyme (BMB) had a final weight, weight gain and daily weight gain Compared ($P \leq 0.05$) to hybrid catfish fed digested shrimp shell meal supplement by bromelain enzyme (SMB). It was found that the cost of ready-mixed feed in all experimental batches was lower than the price of general instant food pellets in the market.

Therefore, the use of bone meal digested by bromelain enzyme (BMB) supplement in hybrid catfish diet affect the growth of fish and help reduce the cost of aquaculture feed.

Key words : Bromelain, Papain, Hybrid catfish

กิตติกรรมประกาศ

รายงานการวิจัยฉบับนี้สำเร็จลุล่วงไปได้ด้วยคำแนะนำต่าง ๆ จากคณาจารย์ในมหาวิทยาลัยราชภัฏเพชรบูรณ์ ผู้ร่วมวิจัยทุกท่าน ที่ได้ให้คำปรึกษา ข้อเสนอแนะต่าง ๆ อันเป็นประโยชน์อย่างยิ่งต่อการดำเนินการวิจัยในครั้งนี้ รวมไปถึงการร่วมมือร่วมใจกัน สรรค์สร้างผลงานวิจัยในครั้งนี้ให้มีความสำเร็จลุล่วงไปได้ด้วยดี และเป็นประโยชน์ต่อผู้ที่สนใจต่อไป และขอขอบคุณบุคลากรหลากหลายฝ่ายในคณะเทคโนโลยีการเกษตรและเทคโนโลยีอุตสาหกรรม ที่ได้ให้ความช่วยเหลือเป็นอย่างดียิ่ง รวมถึงนักศึกษาสาขาวิชาเอกการจัดการการเกษตรสมัยใหม่ และสาขาวิชาเอกการประมงที่ช่วยเหลือในการเก็บตัวอย่าง ซึ่งทำให้นักศึกษาได้ฝึกประสบการณ์ และเรียนรู้การทำงานในศาสตร์สาขาวิชาชีพ

ผู้วิจัย จึงขอขอบพระคุณ ผู้ที่มีส่วนเกี่ยวข้องทุกท่าน รวมถึงมหาวิทยาลัยราชภัฏเพชรบูรณ์ สถานที่ที่เปิดโอกาสให้ได้กระทำประโยชน์ สร้างองค์ความรู้ใหม่ ๆ และแหล่งทุนที่ช่วยจัดสรรงบประมาณในการวิจัยในครั้งนี้มา ณ ที่นี้ด้วย

ณัฐรินทร์ ศิริรัตนนันท์และคณะ

31 ตุลาคม 2565

สารบัญ

หน้า

บทคัดย่อภาษาไทย ..... ก
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ ..... ข
กิตติกรรมประกาศ ..... ค
สารบัญ ..... ง
สารบัญตาราง ..... ฉ
สารบัญรูป ..... ช
บทที่ 1 บทนำ 1
1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา 1
1.2 วัตถุประสงค์ของการวิจัย 2
1.3 ขอบเขตของโครงการวิจัย 3
1.4 ทฤษฎี สมมติฐาน (ถ้ามี) และกรอบแนวความคิดของโครงการวิจัย 3
1.5 คำสำคัญ (keywords) ของโครงการวิจัย 3
1.6 ประโยชน์ของการวิจัย 4
บทที่ 2 เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง 5
2.1 ปลาดุกลูกผสม 5
2.2 การไฮโดรไลซิสโปรตีน 12
2.3 เอนไซม์โบรมีเลน 15
2.4 เอนไซม์ปาเปน 15
2.5 อาหารสัตว์น้ำ 15
2.6 เปลือกกุ้งป่น 18
2.7 กระดูกปลาป่น 20
2.8 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง 21
บทที่ 3 วิธีการดำเนินการวิจัย 27
3.1 อุปกรณ์ 27
3.2 การดำเนินการวิจัย 28
3.3 ระเบียบวิธีวิจัย 29
3.4 สูตรอาหารทดลอง 29

สารบัญ (ต่อ)

หน้า

3.5 การเก็บผลข้อมูล 29
3.6 การวิเคราะห์ผลข้อมูล 30
3.7 สถานที่ทำการวิจัย 30
บทที่ 4 ผลการวิจัย 31
4.1 ผลของการศึกษาประสิทธิภาพการย่อยวัตถุดิบของเอนไซม์โบรมีเลน และเอนไซม์ปาเปน 31
4.2 ผลของการศึกษาการพัฒนาสูตรอาหารปลาดุกลูกผสมจากวัตถุดิบที่ผ่านการย่อยด้วยเอนไซม์ต่อการเจริญเติบโตของปลาและต้นทุนค่าอาหาร 32
บทที่ 5 วิจารณ์ผล สรุปผล และข้อเสนอแนะ 35
5.1 วิจารณ์ผลการวิจัย 35
5.2 สรุปผลการวิจัย 37
5.2 ข้อเสนอแนะ 38
บรรณานุกรม 39
ภาคผนวก 44
ภาคผนวก ก (ภาพประกอบงานวิจัย) 45
ประวัติคณะผู้วิจัย 49

สารบัญตาราง

ตารางที่ หน้า

2-1 องค์ประกอบทางเคมีของเปลือกกุ้ง 19
2-2 องค์ประกอบของกรดอะมิโนที่จำเป็นในเปลือกกุ้ง 20
2-3 องค์ประกอบทางเคมีของกระดูกปลานิล 21
3-1 วัตถุดิบอาหารในแต่ละสูตรอาหารทดลองที่มีโปรตีน 30 เปอร์เซ็นต์ 29
4-1 องค์ประกอบทางเคมีบางประการในเปลือกกุ้งและกระดูกปลาป่น 31
4-2 ประสิทธิภาพการเจริญเติบโตของปลาดุกลูกผสม 32
4-3 ประสิทธิภาพการใช้ประโยชน์และอัตราการรอดตายของปลาดุกลูกผสม 33
4-4 ต้นทุนการผลิตอาหาร 34

สารบัญรูป

รูปที่ หน้า

2-1 เพศผู้และเพศเมียของปลาดุก..... 7
ก-1 เปลือกกุ้งป่น..... 46
ก-2 กระดูกปลาป่น..... 46
ก-3 ใส่เอนไซม์เพื่อย่อยวัตถุดิบ แช่ทิ้งไว้ 60 นาที..... 47
ก-4 โปรตีนไฮโดรไลเซทจากเปลือกกุ้งและกระดูกปลา..... 47
ก-5 การผลิตอาหารทดลอง..... 48
ก-6 ปลาดุกลูกผสมที่ได้รับอาหารทดลอง..... 48

บทที่ 1
บทนำ

1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา

อาหารถือเป็นแหล่งรวมโภชนะหรือสารอาหาร (nutrients) ต่าง ๆ ได้แก่ โปรตีน คาร์โบไฮเดรต ไขมัน วิตามิน แร่ธาตุ และน้ำต่าง ๆ ที่มีความจำเป็นต่อการดำรงชีวิต การเจริญเติบโต การสืบพันธุ์ และการสร้างภูมิคุ้มกันเพื่อต้านทานโรค ซึ่งสัตว์น้ำจะมีความต้องการโภชนะที่แตกต่างกันไปตามชนิด ช่วงอายุ และขนาดของสัตว์น้ำ (อรพินท์, 2553) และโปรตีนเป็นโภชนะหลักที่สำคัญที่สุดสำหรับสัตว์น้ำ โดยความต้องการโปรตีนของสัตว์น้ำนั้น คือ เป็นโครงสร้างสำคัญในเนื้อเยื่อและอวัยวะของสัตว์น้ำ ในร่างกายของสัตว์ต้องการโปรตีนตลอดช่วงชีวิตในระดับที่ต่างกันไปตามขนาด ช่วงอายุ และชนิดของสัตว์น้ำ โดยสัตว์น้ำวัยอ่อนจะมีความต้องการโปรตีนในระดับปริมาณที่สูงกว่าสัตว์น้ำที่เติบโตเจริญวัยแล้ว สัตว์น้ำมีความต้องการโปรตีนเช่นเดียวกับสัตว์บกทั่วๆไป เพื่อซ่อมแซมส่วนที่สึกหรอของร่างกาย เป็นองค์ประกอบสำคัญในกระบวนการสร้างฮอร์โมน สร้างเอนไซม์ในระบบต่างๆ ของร่างกายตลอดจนสร้างองค์ประกอบที่เกี่ยวกับการสืบพันธุ์ โดยสารอาหารโปรตีนนั้น สัตว์น้ำจะได้รับจากอาหาร ทั้งอาหารธรรมชาติ และอาหารสำเร็จรูป ซึ่งวัตถุดิบที่เป็นแหล่งโปรตีนของอาหารสำเร็จรูปนั้นมาจากหลายแหล่งที่มา เช่น แหล่งโปรตีนจากพืชมาจาก กากถั่วเหลือง แหล่งโปรตีนจากสัตว์มาจาก ปลาป่น แกลบกุ้ง ขนไก่ป่น เป็นต้น (ศรีสกุลและรณชัย, 2539)

อาหารนับเป็นปัจจัยสำคัญ เนื่องจากต้นทุนการเลี้ยงปลาดุกประมาณ 60-70 เปอร์เซ็นต์เป็นค่าอาหาร อาหารที่ใช้เลี้ยงหากมีสารอาหารต่างๆ ครบถ้วนและมีปริมาณเพียงพอ จะส่งผลให้ปลามีสุขภาพสมบูรณ์แข็งแรง ปราศจากโรคต่างๆ อาหารที่ใช้เลี้ยงต้องมีสารอาหารครบถ้วนปริมาณเพียงพอ และจะต้องมีความสมดุลกันระหว่างสารอาหารแต่ละชนิดด้วย (อรพินท์, 2553)
ลักษณะของอาหาร อาหารที่ใช้เลี้ยงปลาดุกในปัจจุบัน แบ่งได้เป็น 2 ประเภท คือ อาหารสำเร็จรูปชนิดเม็ดลอยน้ำและจมน้ำ และอาหารสด

1. อาหารสำเร็จรูป มีระดับโปรตีนที่แตกต่างกัน ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับขนาดของปลาที่จะให้ มีหลายยี่ห้อและราคาแตกต่างกันไป วิธีการให้อาหารสำเร็จรูปค่อนข้างง่าย เพียงแต่สาดอาหารลงในบ่อเลี้ยงให้ปลากินก็เสร็จแล้ว แต่การเลือกซื้ออาหารสำเร็จรูปนั้นจะต้องพิจารณาจากความคงทนในน้ำ ควรอยู่ในน้ำได้นานไม่ต่ำกว่า 15 นาที ส่วนประกอบของอาหารควรละเอียด มิฉะนั้นจะย่อยยาก และราคาต้องเหมาะสมด้วย

2. อาหารสด ได้แก่ ไส้ไก่ ไส้ปลา ปลาเป็ด หรือเศษอาหารจากโรงงาน อาหารเหล่านี้สามารถหาซื้อได้ราคาถูก ควรนำมาใช้เสริมให้แก่ปลาด้วย ก่อนนำมาใช้ควรบดให้ละเอียดและผสมรำ การให้อาหารควรให้กินเป็นที่ และควรให้ที่เดิมทุกครั้ง อย่าสาดทั่วบ่อ เพราะจะทำให้น้ำเสียได้ง่ายขึ้น ติดโรคได้ง่าย การถ่ายน้ำบ่อยครั้งจะทำให้ปลาโตเร็วขึ้น เพราะการที่ปลาได้น้ำใหม่บ่อยๆ ทำให้ปลามีความกระปรี้กระเปร่าและกินอาหารได้มาก (Kaset Bay, 2014)

เอนไซม์ปาเปน (Papain) เป็นเอนไซม์ ในกลุ่ม Hydrolase ซึ่งจะย่อยสลายพันธะเพปไทด์ โดยสามารถตัดพันธะเพปไทด์ได้หลายตำแหน่ง มีความคงตัวดีที่อุณหภูมิ 4°C ค่า pH ที่เหมาะสมในการย่อยสลายคือ 6-7 และสามารถพบได้มากในผลและส่วนอื่น ๆ ของมะละกอ นอกจากนี้ พบว่ามีการนำมาประยุกต์ใช้ในอุสาหกรรมเครื่องดื่มและอาหาร โดยเฉพาะในการทำเบียร์ เพื่อช่วยเพิ่มความใสในกระบวนการตกตะกอน และใช้หมักเนื้อเพื่อทำให้เนื้อนุ่ม (Rao et al., 1998)

เอนไซม์โบรมีเลน (Bromelain) โบรมีเลนเป็นเอนไซม์ที่เร่งปฏิกิริยาการย่อยโปรตีน (propeolytic enzyme) ที่จัดอยู่ในกลุ่มซัลฟ์ไฮดริลโปรตีเอส สามารถเร่งปฏิกิริยาการย่อยโปรตีนเพปไทด์ และเอสเตอร์ของกรดอะมิโนและเพปไทด์ เช่นเดียวกับปาเปนจากมะละกอ แต่มีตำแหน่งจำเพาะในการย่อยแตกต่างกัน ซึ่งโบรมีเลนจะเข้าย่อยพันธะเพปไทด์ที่ตำแหน่งกรดอะมิโนไลซีน, อะลานีน, ไทโรซีน และไกลซีน โบรมีเลนสามารถพบได้ทุกส่วนของสับปะรดทั้ง ใบ ลำต้น แกน ของผล หรือผล แต่จะพบมากที่สุดที่แกนลำต้น และเหง้า อุณหภูมิและ pH ที่มีประสิทธิภาพสูงสุดใน การทำงานคือ 40-60 °C และที่ pH 4.0-8.0 (Rao et al., 1998)

จากข้อมูลดังกล่าวข้างต้น ทำให้ผู้วิจัยเล็งเห็นถึงการนำเศษเหลือจากครัวเรือน ร้านอาหาร หรือจากอุตสาหกรรมการแปรรูปต่างๆ มาเป็นวัตถุดิบอาหารสัตว์น้ำ โดยนำมาทดสอบการย่อยได้ จนได้เป็นโปรตีนไฮโดรไลเซท แล้วนำไปพัฒนาสูตรอาหารสำหรับเลี้ยงปลาดุกลูกผสมต่อไป เพื่อเป็นแนวทางในการพัฒนาสูตรอาหารสัตว์น้ำ และใช้ประโยชน์จากเศษเหลือให้กลายเป็นมูลค่า ช่วยลดต้นทุนการผลิตสัตว์น้ำได้

1.2 วัตถุประสงค์ของการวิจัย

1.2.1 เพื่อศึกษาผลของการพัฒนาสูตรอาหารปลาดุกลูกผสมจากวัตถุดิบที่ผ่านการย่อยด้วยเอนไซม์ต่อการเจริญเติบโตของปลา

1.2.2 เพื่อศึกษาต้นทุนค่าอาหารปลาดุกลูกผสมที่ได้จากการพัฒนา

1.3 ขอบเขตของโครงการวิจัย

1.3.1 ขอบเขตสถานที่: ร้านอาหาร ร้านปิ้งย่างหมูกระทะและอาหารทะเล กลุ่มเกษตรกรผู้เพาะเลี้ยงสัตว์น้ำ อำเภอเมือง จังหวัดเพชรบูรณ์ และอาคารปฏิบัติการเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำ มหาวิทยาลัยราชภัฏเพชรบูรณ์

1.3.2 ขอบเขตเนื้อหา: ข้อมูลประสิทธิภาพการย่อยวัตถุดิบที่เป็นเศษเหลือทิ้งจากครัวเรือนหรือร้านอาหารของเอนไซม์โบรมีเลนและปาเปน ที่ส่งผลต่อการเจริญเติบโตของปลาดุกลูกผสมหลักได้รับอาหารเสริมเปลือกกุ้งป่นและกระดูกปลาป่นที่ผ่านการย่อยด้วยเอนไซม์โบรมีเลนและปาเปนรวมถึงต้นทุนค่าอาหารเมื่อเทียบกับอาหารสำเร็จรูปที่มีจำหน่ายทั่วไปตามท้องตลาด

1.4 ทฤษฎี สมมติฐาน (ถ้ามี) และกรอบแนวความคิดของโครงการวิจัย

ปัจจัยนำเข้า	กระบวนการ	ผลลัพธ์
- เศษเหลือของการแปรรูปจากอุตสาหกรรมต่างๆ จากครัวเรือนหรือจากร้านอาหาร - ข้อมูลทั่วไปของเศษเหลือ เช่น เปลือกและหัวกุ้ง และกระดูกปลา - การลดต้นทุนอาหารสัตว์น้ำ	นำเศษเศษเหลือ ได้แก่ เปลือกและหัวกุ้ง และกระดูกปลา มาย่อยสลายโปรตีนด้วยเอนไซม์โบรมีเลนและปาเปน นำไปเลี้ยงปลาดุกลูกผสม	- สูตรอาหารปลาดุกที่ได้รับการพัฒนาโดยการนำเศษเหลือไปปรับปรุงคุณสมบัติให้สามารถใช้ประโยชน์ได้ดีขึ้น - ต้นทุนค่าอาหารสัตว์น้ำลดลง

จากกรอบแนวความคิดข้างต้น สามารถอธิบายได้ว่า จากการที่ครัวเรือนหรือร้านอาหาร จำพวกปิ้งย่างหมูกระทะและอาหารทะเลที่มีบริการอยู่เป็นจำนวนมาก ทำให้มีเศษเหลือจากการบริโภคเป็นจำนวนมากด้วยเช่นกัน เช่น ซึ่งเศษเหลือทิ้งจำพวกเปลือกกุ้ง และกระดูกปลา เมื่อศึกษาค้นคว้าข้อมูลแล้วพบว่า ยังมีคุณค่าทางโภชนาการอยู่บ้าง สามารถนำกลับมาใช้ประโยชน์ได้ โดยนำมาย่อยสลายโปรตีนด้วยเอนไซม์โบรมีเลนและปาเปน บดป่นให้ละเอียด เสริมในอาหารสัตว์น้ำ เพื่อเป็นวัตถุดิบทางเลือกที่ช่วยลดต้นทุนค่าอาหารสัตว์น้ำ

1.5 คำสำคัญ (keywords) ของโครงการวิจัย

โบรมีเลน, ปาเปน, ปลาดุกลูกผสม

1.6 ประโยชน์ของการวิจัย

1.6.1 ทราบถึงประสิทธิภาพในการย่อยวัตถุดิบที่เป็นเศษเหลือทิ้งจากครัวเรือนหรือร้านอาหาร ได้แก่ เปลือกกุ้งและกระดูกปลาได้

1.6.2 ได้สูตรอาหาร และทราบถึงผลการเจริญเติบโตของปลาดุกลูกผสมที่ได้รับอาหารเสริมเปลือกกุ้งป่นและกระดูกปลาป่นที่ย่อยด้วยเอนไซม์โบรมีเลนและปาเปน

1.6.3 ได้แนวทางการลดต้นทุนค่าอาหารสัตว์น้ำ

1.6.4 สามารถตีพิมพ์เผยแพร่ในวารสาร

บทที่ 2
เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

2.1 ปลาดุกลูกผสม

เกิดจากแม่พันธุ์ปลาดุกอุยผสมกับพ่อพันธุ์ปลาดุกยักษ์หรือปลาดุกเทศ เมื่อนำมาผสมกันได้ลูกผสมที่โตเร็ว และรสชาติคล้ายปลาดุกอุยมาก และช่วงระยะเวลาที่ใช้ในการเลี้ยงสำหรับตลาดประเทศไทยคือ 80 – 100 วัน ได้ปลาขนาด 3 – 4 ตัวต่อกิโลกรัม ปลาดุกลูกผสมมีลักษณะก้ำกึ่งระหว่างแม่ปลาดุกอุยและพ่อปลาดุกยักษ์ กะโหลกที่ท้ายทอยแหลมเป็น 3 หยัก รสชาติดี เนื้อเป็นสีเหลือง และไม่เหลว จึงเป็นที่นิยมของคนไทย (thanapon, 2015)

2.1.1 ปลาดุกลูกผสมหรือปลาดุกบิ๊กอุย

ปลาดุกลูกผสมเป็นปลาที่ผสมข้ามพันธุ์ด้วยวิธีผสมเทียมระหว่างพ่อพันธุ์ปลาดุกเทศ (*Clarias gariepinus*) กับแม่พันธุ์ปลาดุกอุย (*Clarias macrocephalus*) เจริญเติบโตรวดเร็ว ทนทานต่อโรคสูง ลักษณะเนื้อใกล้เคียงกับปลาดุกอุยคือ เนื้อนุ่ม เนื้อมีสีค่อนข้างเหลือง ซึ่งลูกผสมที่เกิดจากการผสมข้ามพันธุ์นี้มีชื่อว่า ปลาดุกเทศ แต่โดยทั่วไปชาวบ้านเรียกว่า ปลาดุกลูกผสม หรืออาจเรียกว่า อุยบ่อ หรือปลาดุกลูกผสม แต่ผู้เพาะเลี้ยงไม่นิยมนำปลาดุกลูกผสมมาผสมกันเอง เพราะได้จำนวนลูกปลาน้อยมาก

จากการที่ปลาดุกลูกผสมได้รวมลักษณะที่ดีเด่นของพ่อและแม่มาไว้ในตัวเดียวกัน จึงทำให้เกษตรกรนิยมเลี้ยงปลาดุกลูกผสมกันอย่างแพร่หลาย เนื่องจากเลี้ยงง่าย มีการเจริญเติบโตเร็ว จึงใช้ระยะเวลาเลี้ยงสั้นทำให้สามารถเลี้ยงได้หลายรุ่นในแต่ละปี สามารถกินอาหารได้แทบทุกชนิด ทนทานต่อโรคและสภาพแวดล้อมได้ดี อีกทั้งยังเป็นที่นิยมของผู้บริโภค เนื่องจากเนื้อมีรสชาติดีคล้ายปลาดุกอุยและราคาถูก จึงทำให้ปลาดุกลูกผสมเข้ามาแทนที่ตลาดปลาดุกอุยและปลาดุกด้านอย่างรวดเร็ว และต่อเนื่องมาจนถึงปัจจุบัน (พิพัฒน์, 2553)

2.1.2 การเตรียมบ่อเพาะพันธุ์ (ไทยเกษตรศาสตร์, 2556)

2.1.2.1 บ่อใหม่

- ใส่ปูนขาวเพื่อปรับสภาพดินในอัตรา 60-100 กิโลกรัมต่อไร่ โดยให้ทั่วพื้นบ่อ
- ใส่ปุ๋ยคอกอัตรา 200 กิโลกรัมต่อไร่ โดยโรยให้ทั่วบ่อ
- เติมน้ำให้ได้ระดับ 40-50 เซนติเมตร ทิ้งไว้ 1-2 วัน จนเริ่มเป็นสีเขียวระวังอย่าให้เกิดแมลง หรือศัตรูของปลา

2.1.2.2 บ่อเก่า

- หลังจากจับสัตว์น้ำออกจากบ่อหมดแล้ว สูบน้ำจากบ่อเลี้ยงให้แห้งพอหมาด เพราะการตากบ่อจนแห้งจะเป็นการฆ่าจุลชีพที่มีประโยชน์ในดินจนหมด กำจัดวัชพืชหรือหญ้าตามขอบบ่อออกให้มากที่สุด การเลี้ยงสัตว์น้ำโดยทั่วไปจะประสบผลสำเร็จในช่วง 1-2 ปี แรกเท่านั้น หลังจากนั้น หากไม่มีการพักหรือฟื้นฟูสภาพบ่อ เกษตรกรมักจะประสบปัญหาผลผลิตลดลง ปัญหาการเกิดโรคระบาด ทำให้ไม่สามารถได้ผลผลิตดีเหมือนกับที่เคยได้ จนต้องขาดทุนอยู่เสมอ ๆ ที่เป็นเช่นนี้เพราะ

1) เกษตรกรไม่มีการพักบ่อหรือเว้นระยะการเลี้ยง

2) สภาพดินในบ่อเสื่อมโทรม

3) เกิดการสะสมของสารอินทรีย์ในดินก้นบ่อ

4) เกิดการสะสมของสารพิษหรือก๊าซพิษในดิน

5) ดินพื้นบ่อกลายเป็นแหล่งสะสมของเชื้อโรค

6) จุลินทรีย์ที่เป็นประโยชน์ไม่สามารถเจริญได้

- สาดปูนขาวในอัตรา 100-120 กิโลกรัมต่อไร่ ให้ทั่วพื้นก้นบ่อ เพื่อเป็นการปรับสภาพความเป็นกรด-ด่าง ให้เหมาะสมต่อการเจริญเติบโตของจุลชีพในการย่อยสลายของเสียในบ่อ

- ตากบ่อทิ้งไว้ 1 สัปดาห์ จากนั้นพลิกกลับหน้าดินชั้นล่างขึ้นมา โดยใช้รถไถหรือคราด เพื่อให้ของเสียที่หมักหมมในดินสัมผัสกับอากาศและจุลินทรีย์จะทำการย่อยสลายของเสียได้ดียิ่งขึ้น

- สาดปูนขาวในอัตรา 100-120 กิโลกรัมต่อไร่ ให้ทั่วพื้นก้นบ่ออีกครั้ง จากนั้นตากบ่อไปอีกเป็นเวลา 1 สัปดาห์ ในบ่อที่ใช้งานมากกว่า 3 ปี ควรทำซ้ำอีกครั้ง จนครบ 3 ครั้ง หรือใช้เวลาตากบ่ออย่างน้อย 3 สัปดาห์

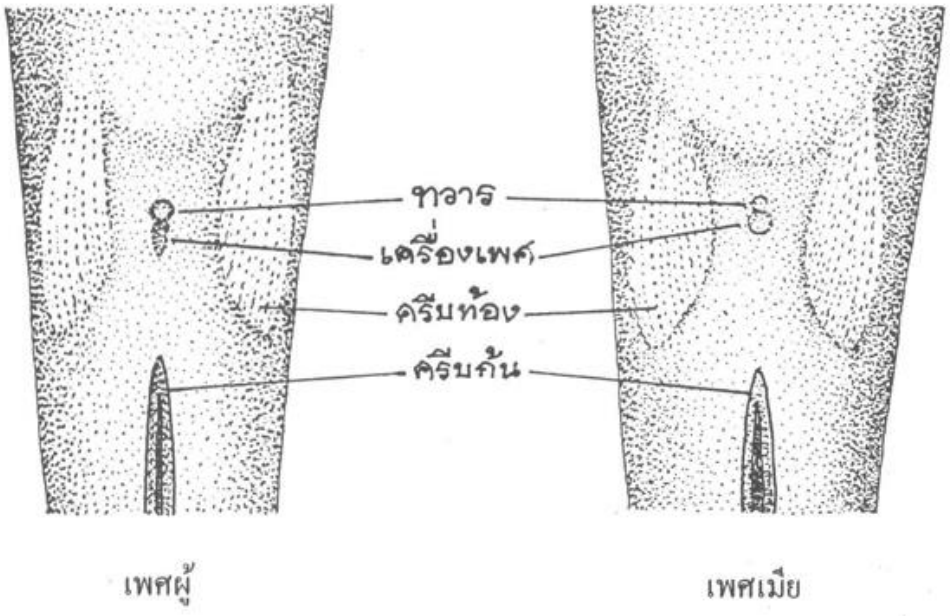
- นำน้ำเข้าบ่อเลี้ยง 1-2 วัน แล้วทำการปล่อยสัตว์น้ำ ก่อนปล่อยปลาควรตรวจวัดความเป็นกรด-ด่างของน้ำอีกครั้ง ถ้าไม่ถึง 7.5-8.5 ควรนำปูนขาวละลายน้ำสาดให้ทั่วบ่อเพื่อปรับความเป็นกรด-ด่าง ให้ได้ 7.5 -8.5

บ่อเพาะพันธุ์ สำหรับในภาคกลาง นิยมใช้บ่อเพาะมีเนื้อที่ตั้งแต่ 4-20 ไร่ ขึ้นอยู่กับขนาดพื้นที่และปัจจัยอื่นๆ สำหรับรูปร่างของบ่อเพาะพันธุ์ควรเป็นรูปสี่เหลี่ยมผืนผ้า ซึ่งสามารถจะดัดแปลงจากนาข้าว โดยขุดดินเป็นคูโดยรอบ ภายในกว้าง 3 เมตร ลึก 1.25 เมตร นำดินที่ขุดขึ้นมาไปทำคันหรือเสริมคันนาเดิมให้หนาแน่นและสูงขึ้น สามารถเก็บกักน้ำได้สูงจากพื้นนาประมาณ 60 เซนติเมตร บนพื้นนาปล่อยให้หญ้าขึ้นสูงตามธรรมชาติประมาณ 5 เซนติเมตร โดยทั่วไปแล้วขุดหลุมมีเส้นผ่าศูนย์กลางประมาณ 30 เซนติเมตร ลึก 20 เซนติเมตร จากพื้นนาแต่ละหลุมห่างกันประมาณ 3-4 เมตร โดยเฉลี่ยแล้วในบ่อเพาะเนื้อที่ 1 ไร่ จะขุดหลุมได้ประมาณ 100-120 หลุม

ภายในคูไม่ต้องขุดหลุม คูนี้มีไว้เพื่อสะดวกในการรวบรวมลูกปลาในขณะที่สูบน้ำออกเพื่อจับลูกปลาที่ตกค้าง และเลี้ยงพ่อแม่ปลาเมื่อได้ดำเนินการตามขั้นตอนของระบบการเพาะฟักปลาดุก ควรหลีกเลี่ยงปลาในคอกเดียวกันเพื่อป้องกันการผสมเลือดชิด

2.1.3 การวางไข่และฟักไข่ของปลาดุก (ไทยเกษตรศาสตร์, 2556)

ถ้าหากคัดปลาได้ดี คือ ปลามีไข่แก่และน้ำเชื้อดี ปลาจะผสมพันธุ์วางไข่ตอนรุ่งเช้าของวันถัดไป หากปลายังไม่วางไข่จะปล่อยพ่อแม่ปลาไว้อีก 1 คืน แต่ถ้าเช้าวันถัดไปปลายังไม่วางไข่แสดงว่าผู้เพาะ คัดปลาไม่ถูกต้อง คือปลาเพศเมียที่คัดมาเพาะมีรังไข่ยังไม่แก่จัดพอที่จะวางไข่ได้ จะต้องปล่อยพ่อแม่ปลาที่คัดมาเพาะกลับคืนลงบ่อเลี้ยง แต่ถ้าปลาวางไข่จะสังเกตได้ว่าน้ำในบ่อเพาะมีลักษณะเปลี่ยนแปลงไป โดยมักจะเกิดเมือกเป็นฟองตามผิวน้ำและรัง เมื่อพิจารณาที่รังจะเห็นว่ามีไข่ปลาดุก มีลักษณะเป็นเม็ดเล็กๆสีเหลืองอ่อนค่อนข้างใส เส้นผ่าศูนย์กลางประมาณ 1 มิลลิเมตร ติดอยู่ตามเส้นเชือกภายในรัง เม็ดไข่ที่ดูใสนี้แสดงว่าเป็นไข่ที่ได้รับการผสมหรือไข่ดีและจะมีเม็ดไข่ที่สีขุ่นขาวซึ่งเป็นไข่ที่ไม่ได้รับการผสมหรือเป็นไข่เสีย แม่ปลา 1 ตัวจะสามารถวางไข่ได้ครั้งละ 1,000 - 3,000 ฟอง ไข่จะใช้เวลาในการฟักตัวประมาณ 25-30 ชั่วโมง ภายใต้อุณหภูมิของน้ำประมาณ 25-30 องศาเซลเซียส ลูกปลาที่ฟักตัวออกจากไข่แล้วมักจะเกาะอยู่ที่รัง หรือว่ายน้ำออกไปเกาะอยู่ที่ผนังบ่อ รอจนเช้าวันที่ 3 หลังจากที่ปลาวางไข่จึงค่อยๆเขย่ารังเพื่อไล่ลูกปลาออกจากรัง แล้วปลดรังออก



รูปที่ 2-1 เพศผู้และเพศเมียของปลาดุก
ที่มา (ไทยเกษตรศาสตร์, 2556)

2.1.4 การอนุบาลปลาดุก (ไทยเกษตรศาสตร์, 2556)

2.1.4.1 การอนุบาลปลาดุกในกระชัง กระชังที่ใช้อนุบาลลูกปลาดุกใช้ขนาดเดียวกันกับที่ใช้เพาะฟักไข่ อาหารที่ให้ลูกปลาดุกในกระชัง ควรใช้ไข่แดงจากไข่ไก่ที่ต้มสุกแล้วนำมาบดให้ละเอียดในถ้วย แล้วเติมน้ำเล็กน้อย ใช้ช้อนคนให้ทั่วแล้วนำไปกรองด้วยผ้าบางไนลอน เมื่อจะนำไปใช้ก็เติมน้ำลงไปอีก 4-5 เท่า ใช้ช้อนตักสาดให้ลูกปลาในกระชังวันละ 4 ครั้ง การให้ไข่แดงเป็นอาหารไม่ควรเกิน 2 วัน มิฉะนั้นจะทำให้น้ำเสีย เป็นสาเหตุให้ลูกปลาตาย อาหารที่ดีที่สุดของลูกปลาดุกวัยอ่อนคือ ลูกไรเป็นๆ ซึ่งจะไม่ทำให้น้ำเสีย และลูกปลาแข็งแรงและโตเร็ว การอนุบาลลูกปลาดุกในกระชังซึ่งมีความหนาแน่นสูงนั้น ควรใช้ปฏิบัติในระยะเวลาสั้นๆ และมีจุดประสงค์เพียงเพื่อให้ลูกปลาโตขึ้น แข็งแรงพอที่จะนำไปอนุบาลในที่อื่นต่อไป

2.1.4.2 การอนุบาลในบ่อซีเมนต์ ขนาดที่ใช้มักจะใช้ขนาดเล็กหรือถังส้วมขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 1 เมตร สูง 50 เซนติเมตร สถานที่ตั้งบ่อซีเมนต์จะต้องมีหลังคาคลุมเพื่อป้องกันแดดและฝนได้ เติมน้ำในบ่อให้สูงประมาณ 30 เซนติเมตร ปล่อยลูกปลาดุกในอัตราส่วน 500-600 ตัวต่อตารางเมตร ให้อาหารประเภทไรแดงและเสริมด้วยอาหารสำเร็จรูป ปั้นเป็นก้อนให้วันละ 2 ครั้ง ในตอนเช้าก่อนที่จะให้อาหาร ต้องใช้สายยางดูดของเสียและเศษเหลือของอาหารจากก้นบ่อพร้อมทั้งดูดน้ำทิ้งประมาณ 1/3 ของบ่อ และเติมน้ำใหม่ให้เท่าระดับเดิม แล้วจึงให้อาหาร ปฏิบัติเช่นนี้ทุกๆ วัน จนกว่าลูกปลาจะโตได้ขนาด 2-3 เซนติเมตรโดยใช้เวลาเลี้ยงประมาณ 2-3 สัปดาห์ ซึ่งหลังจากนี้ก็สามารถจะนำลูกปลาไปเลี้ยงในบ่อดินเพื่อเลี้ยงขุนเป็นปลาขนาดใหญ่หรือขนาดตลาดต่อไป

บ่อซีเมนต์ขนาด 20-60 ตารางเมตร ควรเป็นบ่อรูปสี่เหลี่ยมผืนผ้าสร้างลอยบนพื้นดิน มีความสูงประมาณ 60 เซนติเมตร พื้นก้นบ่อเรียบและลาดเอียงเล็กน้อยไปทางหัวหรือท้ายบ่อ เพื่อสะดวกในการระบายน้ำรวบรวมลูกปลา การระบายน้ำเข้าออกทำเป็นแบบใช้ท่อที่มีลิ้นปิดเปิดได้ ขนาดของท่อและลิ้นปิดเปิดใหญ่หรือเล็กขึ้นอยู่กับขนาดของบ่อ ตัวบ่อดังกล่าวไม่จำเป็นต้องมีหลังคาปกคลุม การอนุบาลลูกปลาดุกในบ่อซีเมนต์ขนาดใหญ่มีวิธีการปฏิบัติดังนี้

วันที่ 1 เตรียมบ่อโดยทำความสะอาดบ่อ พร้อมทั้งเติมน้ำลงในบ่อให้สูงประมาณ 5-7 เซนติเมตร แล้วใช้อาหารสำเร็จรูป ในปริมาณอาหาร 120 กรัมต่อตารางเมตร โดยหว่านให้ทั่วบ่อ ทิ้งค้างไว้ 1 คืน

วันที่ 2 เติมน้ำให้สูงขึ้นเป็น 30 เซนติเมตร แล้วนำไรแดงที่มีชีวิตปล่อยลงในบ่ออัตราส่วนไรแดง 100 กรัมต่อเนื้อที่บ่อ 10 ตารางเมตร

วันที่ 3-4 ไรแดงจะขยายพันธุ์ในบ่อนี้ และจะขยายทวีจำนวนมากขึ้นอย่างรวดเร็ว สังเกตได้ตามขอบบ่อที่มีไรแดงเกาะเป็นกลุ่มก้อน

วันที่ 5 นำลูกปลาดุกที่รวบรวมหรืออนุบาลไว้ในกระชังชั่วคราว นำมาปล่อยในอัตราส่วน 250-300 ตัวต่อตารางเมตร

วันที่ 6 ให้อาหารเสริมซึ่งมีส่วนผสมของปลาป่น กากถั่ว รำละเอียด แป้งเหนียว และวิตามิน-แร่ธาตุ นำมาผสมน้ำปั้นเป็นก้อนโยนให้ปลากินทั่วบ่อ หรือจะใช้ปลาสดผสมรำละเอียดบดให้ละเอียดในอัตรา 9 : 1 แทนก็ได้

ภายหลังจากวันที่ 6 แล้ว ทุกๆ 3 วัน ต้องเติมน้ำในบ่อให้สูงขึ้นครั้งละประมาณ 5 เซนติเมตร ระหว่างการเลี้ยงไม่ต้องดูดสิ่งปฏิกูลก้นบ่อทิ้ง เมื่อครบ 2 สัปดาห์ ลูกปลาจะโตได้ขนาด 4-5 เซนติเมตร และมีอัตรารอดตายสูง จึงนับได้ว่าเป็นวิธีที่ดี ประหยัดเวลาและแรงงาน แต่มีข้อเสียในเรื่องค่าใช้จ่ายในการสร้างบ่อซีเมนต์ค่อนข้างสูงแต่คุ้มค่าในระยะยาว

2.1.4.3 การอนุบาลในบ่อดินหรือนาข้าว เหมาะสมที่จะนำไปปฏิบัติในภาคตะวันออกเฉียงเหนือ เพราะใช้ต้นทุนต่ำ บ่อที่ใช้ควรเป็นบ่อดินหรือนาข้าวขนาด 100-200 ตารางเมตร ที่สามารถเก็บกักน้ำให้สูงได้ ประมาณ 60-80 เซนติเมตร สำหรับนาข้าวที่ใช้อนุบาลลูกปลาดุกควรขุดคูโดยรอบภายในเช่นเดียวกับที่ใช้เลี้ยงปลา เพื่อให้ลูกปลามารวมตัวกันอยู่ในขณะที่ลดระดับน้ำจับปลา ส่วนบ่อดินควรจะขุดคูด้านใดด้านหนึ่งโดยเลือกจากทางด้านที่เอียงลาดต่ำให้มีขนาดกว้าง 1 เมตร ลึก 20 เซนติเมตร จากพื้นก้นบ่อ เพื่อใช้ประโยชน์ในการรวบรวมลูกปลาเช่นเดียวกัน

การเตรียมบ่อดินหรือนาข้าวเพื่ออนุบาลลูกปลา ควรปฏิบัติดังนี้

- ตากบ่อให้แห้งโดยใช้เวลา 2-3 วัน
- ใส่ปูนขาวอัตรา 100-150 กิโลกรัมต่อไร่
- ใส่ปุ๋ยคอกแห้งอัตรา 200-250 กิโลกรัมต่อไร่
- เติมน้ำเข้าบ่อให้มีระดับสูง 30 เซนติเมตร จากพื้น ทิ้งไว้ 5-7 วัน
- เติมเชื้อไรแดง 3-5 กิโลกรัมต่อไร่

อัตราส่วนที่ปล่อยลูกปลาลงเลี้ยงอนุบาล หลังจากที่สังเกตเห็นลูกไรเกิดขึ้นตามขอบบ่อพอสมควร โดยปกติจะหลังจากปล่อยเชื้อไรแดงแล้ว 2 วัน จึงปล่อยลูกปลาดุกลงเลี้ยงในอัตราส่วน 250-300 ตัวต่อตารางเมตร และทุกๆ 3 วัน เพิ่มปริมาณน้ำให้มีระดับสูงขึ้น 5 เซนติเมตร เริ่มหัดให้ลูกปลากินอาหารเสริม ภายหลังจากปล่อยปลา 1 วัน โดยเลือกที่ 2-3 จุดในบ่อเป็นที่ให้อาหารเป็นประจำ

2.1.5 การเลี้ยงปลาดุกลูกผสม

การเลี้ยงปลาดุกลูกผสมจะต้องมีการเตรียมบ่อที่ดี มิเช่นนั้นอาจเกิดปัญหาพื้นบ่อเน่าทำให้น้ำในบ่อเสีย และเกิดปัญหาต่อสุขภาพของปลาในที่สุด บ่อปลาดุกที่เลี้ยงมานานหลาย ๆ ปีโดยไม่มีการดูแลบ่อจะพบปัญหาปลาเป็นโรคบ่อย ๆ ยากต่อการแก้ไข ซึ่งการเลี้ยงปลาดุกลูกผสมในบ่อดิน

ให้ประสบความสำเร็จได้นั้น การเตรียมบ่อเป็นอีกขั้นตอนหนึ่งที่ผู้เลี้ยงจะต้องทำความเข้าใจและปฏิบัติอย่างถูกต้อง (thanapon, 2015)

2.1.6 การปล่อยปลาและอัตราการปล่อย

ช่วงเวลาที่เหมาะสมที่สุดสำหรับการปล่อยลูกปลาดุกลูกผสมลงเลี้ยงคือ ตอนเช้าและตอนเย็น เพราะน้ำในบ่อยังไม่ร้อน และในบ่อเริ่มมีออกซิเจน ไม่ควรปล่อยลูกปลาในช่วงกลางวันที่มีแดดจัด เนื่องจากอุณหภูมิของน้ำจะสูง เพราะเพียงแต่อุณหภูมิของน้ำในบ่อ กับน้ำในภาชนะลำเลียงต่างกันเพียง 5 องศาเซลเซียส ก็อาจทำให้ปลาช็อคตายได้เช่นกัน นอกจากนี้ไม่ควรปล่อยปลาในช่วงเที่ยงคืนถึงเช้า เพราะช่วงเวลาดังกล่าวจะมีออกซิเจนต่ำที่สุด โดยเฉพาะบ่อที่มีการใส่ปุ๋ย หลังจากปล่อยลูกปลาลงในบ่อเรียบร้อยแล้ว ในวันนั้นยังไม่ต้องให้อาหาร เนื่องจากลูกปลายังอ่อนเพลียจากการขนส่งและลูกปลายังตื่นอยู่ โดยจะเริ่มให้อาหารในวันถัดไป ในช่วงแรกนี้หากเป็นไปได้ควรเติมไรแดงลงไปในอัตรา 5 กิโลกรัมต่อไร่ด้วย เพื่อเป็นอาหารเสริมให้กับลูกปลา และเพื่อให้เวลากับลูกปลาในการปรับตัวให้กินอาหารผสมได้ ปริมาณการให้อาหารลูกปลาควรให้วันละประมาณ 3-5 เปอร์เซ็นต์ของน้ำหนักรวมของปลาที่เลี้ยงทั้งหมด แต่ควรจะสังเกตดูว่าอาหารที่ให้นั้นเหลือมากน้อยเพียงใด และทำการปรับปริมาณอาหารให้เหมาะสมกับพฤติกรรมการกินของปลา (พิพัฒน์, 2553)

2.1.7 โรคปลาดุก (กรมประมง, 2544)

สาเหตุที่ทำให้ปลาดุกเป็นโรคนั้นเนื่องมาจากปลาเครียดและอ่อนแอ ทำให้เชื้อแบคทีเรียเข้าสู่ตัวปลา แสดงพิษออกมาได้ง่ายขึ้น ซึ่งสาเหตุดังกล่าวนั้นมักเกิดขึ้นจากสาเหตุ ดังนี้

1.น้ำเสีย หรือน้ำในบ่อมีเศษอาหารเน่าเสียหมักหมมอยู่มาก

2.การปล่อยปลามีจำนวนมากเกินไปในบ่อเดียวกัน

3.โปรโตซัว เชื้อรา แบคทีเรีย ไวรัส

4.ปลาขาดธาตุอาหารและมีอาหารไม่เพียงพอในการเลี้ยง

การป้องกันการเกิดโรค (กรมประมง, 2544)

1. ไม่ปล่อยหรือเลี้ยงหนาแน่นจนเกินไป

2. รักษาคุณภาพน้ำให้ดีอยู่เสมอ

3. ให้อาหารที่มีคุณภาพและสม่ำเสมอ

4. หมั่นทำความสะอาดวัสดุหรืออุปกรณ์ที่ใช้เลี้ยง

5. มีบ่อพักน้ำคุณภาพดีสำหรับเปลี่ยนถ่าย

6. เน้นการจัดการสุขภาพสัตว์น้ำในช่วงวิกฤติ ที่จะโน้มนำทำให้สัตว์น้ำเกิด ความเครียด โดยเฉพาะช่วง เปลี่ยนแปลงสภาวะอากาศอย่างเฉียบพลัน อากาศร้อนติดต่อกันเป็นเวลานาน ฝนตก

ฟ้าครึ้มติดต่อกันหลายวัน น้ำหลาก ช่วงเปลี่ยนถ่ายน้ำใหม่ ช่วงรอยต่อระหว่างฤดู เช่น ร้อนและฝน หรือ ปลาย ฝนต้นหนาว

แนวทางการแก้ไขปัญหาเมื่อเกิดโรค (อุทัยรัตน์ ณ นคร, 2544)

1. ลดหรืองดให้อาหาร เนื่องจากโดยปกตินั้นมักพบว่าเมื่อปลาเริ่มป่วยอัตราการกินอาหารของปลาจะลดลง ดังนั้นเกษตรกรควรลดระดับการให้อาหารแก่ปลาเพื่อป้องกันการสูญเสียอาหารและการหมักหมมของอาหารเหลือที่อาจเป็นอาหารของเชื้อโรคในน้ำ

2. หาสาเหตุที่แท้จริงของการเกิดโรค โดยการนำตัวอย่างปลาป่วยส่งให้หน่วยงานของรัฐที่รับผิดชอบเพื่อทำการตรวจวินิจฉัยให้ทันท่วงที โดยปลาที่จะนำส่งตรวจนั้นต้องอยู่ในสภาพที่มีชีวิตเท่านั้นจึงจะทำให้การตรวจวินิจฉัยสามารถทำได้อย่างถูกต้องและแม่นยำที่สุด

3. ใช้ยาหรือสารเคมีอย่างมีเหตุผล ถูกต้อง ตามความจำเป็น เมื่อพบว่าสาเหตุที่แท้จริงของการเกิดโรคมาจากแบคทีเรีย แนวทางที่สามารถรักษาปลาที่มีประสิทธิภาพและเกษตรกรสามารถทำได้คือ การผสมอาหาร ซึ่งช่วงที่ถูกต้องที่สุดในการรักษาคือ ช่วงที่พบว่าปลามีอัตราการตายระหว่าง 1-3 เปอร์เซ็นต์แรก เนื่องจากเป็นช่วงที่ปลามีการติดเชื้อน้อยอยู่ หากปล่อยให้อัตราการตายสูงขึ้นมากกว่า 20-30 เปอร์เซ็นต์ ในขณะนั้นปลาส่วนใหญ่จะไม่กินอาหาร ทำให้การตอบสนองต่อการให้ยาปลาและความสำเร็จในการควบคุมโรคปลาให้มีโอกาสหายน้อยนำปลาที่เป็นโรคออกจากพื้นที่บ่อเลี้ยงหรือกระชัง โดยการนำไปฝัง เผาทำลายหรือใช้ความร้อนในการประกอบอาหาร จะเป็นการลดหรือตัดวงจรของการแพร่ระบาดของเชื้อโรคได้ โดยเฉพาะการเลี้ยงปลาในบ่อดินขนาดใหญ่ ซึ่งเป็นที่น่าสังเกตว่าปลาเป็นโรคส่วนใหญ่จะว่ายลอยบริเวณท้ายบ่อ ขณะที่ปลาแข็งแรงยังขึ้นกินอาหารที่หัวบ่อ เกษตรกรสามารถใช้อวนแหเพื่อจับปลาท้ายบ่อออกไปและให้ยาผสมอาหารสำหรับปลาที่ยังกินอาหาร ร่วมกับการเสริมวิตามิน ซี เพื่อเสริมความต้านทานของระบบภูมิคุ้มกันของปลาจะสามารถรักษาและลดอัตราการตายของปลาได้อย่างมีประสิทธิภาพ

จากการเกิดโรคระบาดดังกล่าวมีข้อสังเกตที่สำคัญคือ ก่อนปลาเกิดโรค ในการเลี้ยงในบ่อดินมักพบเสมอว่าสภาวะอากาศบริเวณพื้นที่การเลี้ยงจะร้อนจัดติดต่อกันหลายวัน หลังจากนั้นเมื่อมีฝนตกหรือครึ้มฟ้าครึ้มฝนติดต่อกัน 2-3 วัน ทำให้อุณหภูมิของน้ำในรอบวันแตกต่างกันมาก สภาวะดังกล่าวยังส่งผลถึงกระบวนการย่อยสลายเพื่อนำของเสียที่เกิดขึ้นในบ่อเลี้ยง โดยเฉพาะอาหารเหลือ ของเสียและสิ่งขับถ่ายจากปลาไปใช้ประโยชน์ของจุลชีพ โดยเฉพาะแบคทีเรียและแพลงก์ตอนพืช ทำให้เกิดการตายของสิ่งมีชีวิตเหล่านี้ตามมา เกิดการสะสมของอนินทรีย์และอินทรีย์สารจำนวนมหาศาลในบ่อ ส่งผลให้คุณภาพน้ำทั้งทางชีวภาพ กายภาพและเคมีเกิดการเปลี่ยนแปลงในทางเลวร้ายอย่างหนัก ในกรณีที่เลี้ยงในกระชังมักพบว่าก่อนการเกิดโรคนั้นน้ำในบริเวณแหล่งเลี้ยงจะนิ่งไม่มีการไหลเวียนของมวลน้ำ หรือมักมีมวลน้ำใหม่สีขุ่นไหลลงมาในแหล่งเลี้ยงปลาอย่างต่อเนื่องเป็นเวลานาน ซึ่งถือว่าเป็นช่วงระยะวิกฤติของการเลี้ยงปลา โดยเฉพาะอย่างยิ่งการ

เลี้ยงปลาในกระชัง เหตุดังกล่าวจะเป็นส่วนสำคัญที่ก่อให้เกิดสภาวะเครียดในปลาเนื่องจากปลาจะประสบกับภาวะที่ต้องใช้พลังงานในการปรับตัวเองให้อยู่รอดในสภาพที่เลวร้าย ส่งผลให้ปลามีสุขภาพอ่อนแอและยอมรับเชื้อโรคต่าง ๆ ได้ง่าย และส่งผลนำไปสู่การตายของปลาในรูปแบบต่างๆ ในที่สุด ปลามักจะแสดงอาการของโรคและทยอยตายเรื่อย ๆ ในช่วงแรก หรืออาจสูงถึง 80 เปอร์เซ็นต์ ภายใน 5-7 วันทั้งนี้อัตราการตายของปลาหรือความรุนแรงของการเกิดโรคจะมากหรือน้อยยังขึ้นอยู่กับการจัดการสุขภาพของปลาของผู้เลี้ยง รวมไปถึงความรุนแรงของสภาวะที่ก่อให้เกิดความเครียดต่าง ๆ ซึ่งส่วนใหญ่จะเป็นปัจจัยที่อยู่นอกเหนือความสามารถของเราที่จะจัดการได้ เช่น การเปลี่ยนแปลงของสภาพของน้ำ โดยเฉพาะการเลี้ยงในกระชัง ที่มีการไหลบ่าของน้ำลงมา

2.2 การไฮโดรไลซิสโปรตีน

การย่อยสลายโปรตีน หรือการไฮโดรไลซิสโปรตีน หรือโปรตีนไฮโดรไลเซท (Protein hydrolysates) คือ ผลิตภัณฑ์ที่ได้จากการเกิดปฏิกิริยาไฮโดรไลซ์ ซึ่งเป็นการย่อยสลายโปรตีนที่ได้จากแหล่งต่างๆ เช่น จากปลา นม ไข่ พืช เป็นต้น ที่บริเวณพันธะเปปไทด์เพื่อให้ได้เปปไทด์ที่สายสั้นและกรดอะมิโนอิสระ ซึ่งการปรับปรุงเปลี่ยนแปลงโครงสร้างจะส่งผลต่อสมบัติทางกายภาพและทางเคมีของโปรตีน (Severin, S. and Xia, W.S., 2006)

2.2.1 ชนิดของการไฮโดรไลซิสโปรตีน

2.2.1.1 การย่อยสลายด้วยกรด

กรดที่นิยมใช้ในการไฮโดรไลซ์โปรตีน ได้แก่ กรดซัลฟูริกและกรดไฮโดรคลอริก ซึ่งเมื่อย่อยโปรตีนด้วยกรดซัลฟูริก ทำให้อิออนซัลเฟต (SO_4^{2-}) ถูกแยกออก โดยการเติมแคลเซียมออกไซด์ (CaO) หรือแบเรียมไฮดรอกไซด์ ($Ba(OH)_2$) ทำปฏิกิริยาได้ตะกอนของแคลเซียมซัลเฟต ($CaSO_4$) หรือแบเรียมซัลเฟต ($BaSO_4$) ซึ่งตะกอนดังกล่าวสามารถดูดซับกรดอะมิโนที่ได้จากการย่อยโปรตีน ดังนั้นจึงนิยมใช้กรดไฮโดรคลอริกมากกว่ากรดซัลฟูริก การย่อยสลายโปรตีนด้วยกรดนั้น ทำได้โดยนำพืชหรือสัตว์มาผสมกับกรดไฮโดรคลอริกเข้มข้น 6 นอร์มัล ไฮโดรไลซ์ที่อุณหภูมิ 100 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 9-12 ชั่วโมง (Peterson, 1974) ซึ่งเวลาที่ใช้ขึ้นอยู่กับชนิดของโปรตีน ซึ่งในขั้นตอนนี้โปรตีนจะถูกเปลี่ยนไปเป็นกรดอะมิโน และปรับค่าพีเอชให้เป็นกลาง โดยใช้โซเดียมคาร์บอเนต หรือโซเดียมไฮดรอกไซด์ จากนั้นนำไปทำให้แห้งด้วยเครื่องทำแห้ง ซึ่งการย่อยสลายด้วยสารละลายกรดนั้น พันธะเพปไทด์ที่มีกรดอะมิโนแอสปาร์ติกอยู่ทางด้านปลายของสายจะถูกย่อยสลายได้เร็วกว่าพันธะเปปไทด์อื่นๆ ประมาณ 100 เท่า (Hudson, 1992) วิธีการนี้ ทำให้กรดอะมิโนชนิด ทริปโตเฟน ซีรีน ทรีโอนีน ซีสตีอีน และกรดอะมิโนที่มีหมู่ไฮดรอกซิลจะถูก

ทำลาย และยังทำให้กรดอะมิโนแอสพาราจีน และกลูตามีน ถูกย่อยสลายเป็นกรดอะมิโนแอสปาร์ติกและกลูตามิก (Peterson และ Johnson, 1978)

2.2.1.2 การย่อยสลายด้วยด่าง

การย่อยสลายโปรตีนด้วยด่างเข้มข้น เช่น โซเดียมไฮดรอกไซด์ แบเรียมไฮดรอกไซด์ หรือแคลเซียมไฮดรอกไซด์ การใช้โซเดียมไฮดรอกไซด์ 1.0 โมล ซึ่งให้อัตราการย่อยสลายดีและเร็วกว่าแบเรียมไฮดรอกไซด์ 0.2 โมล และโซเดียมไฮดรอกไซด์ 0.2 โมล (สุปราณี, 2539) แม้ว่าจะมีการสลายตัวของทริปโตเฟนน้อย แต่มีโอกาสที่กรดอะมิโนบางชนิดจะเกิดปฏิกิริยา racemization ซึ่งเป็นการเปลี่ยนจาก L-form เป็น D-form ที่ร่างกายไม่สามารถนำไปใช้ประโยชน์ได้ วิธีการย่อยสลายโปรตีนด้วยสารละลายด่างจึงไม่เป็นที่นิยม (Hill, 1965)

2.2.1.3 การย่อยสลายด้วยเอนไซม์

จากการที่ใช้สารเคมีทั้งกรดและด่างในการย่อยสลายให้เกิดโปรตีนไฮโดรไลเซทนั้น ได้ผลไม่ดีเท่าที่ควร กรดอะมิโนที่จำเป็นถูกทำลายไปมาก จึงมีการคิดค้นการใช้เอนไซม์ในการย่อยสลายเพื่อผลิตโปรตีนไฮโดรไลเซท โดยใช้เอนไซม์โปรติเอส ซึ่งในปัจจุบันการย่อยสลายโปรตีนโดยการใช้เอนไซม์โปรติเอสจากแหล่งต่างๆ กำลังได้รับความนิยม เพราะการใช้เอนไซม์โปรติเอสในการย่อยสลายโปรตีนที่บริเวณพันธะเพปไทด์จะทำให้ได้เพปไทด์ที่มีขนาดเล็ก และกรดอะมิโนอิสระปริมาณมาก สามารถควบคุมระดับการย่อย การกระจายตัวของขนาดโปรตีนไฮโดรไลเซทที่ได้นั้นดี และยังเป็นมิตรกับสิ่งแวดล้อมอีกด้วย (วาริท และ พูนสุข, 2545) ที่สำคัญเอนไซม์มีความจำเพาะกับสารตั้งต้น ค่าพีเอช และความคงทนต่อความร้อนของสภาวะที่ใช้ผลิตโปรตีนไฮโดรไลเซท จึงสามารถเลือกใช้เอนไซม์เพื่อให้ได้ผลผลิตตามความต้องการ การใช้เอนไซม์ย่อยสลายมีผลกระทบต่อโครงสร้างทางเคมีของผลิตภัณฑ์น้อยกว่าการใช้สารเคมี โดยการย่อยสลายด้วยสารเคมีมีผลทำให้โครงสร้างของกรดอะมิโนเปลี่ยนแปลงไปจาก L-form เป็น D-form ซึ่งไม่สามารถนำไปใช้ประโยชน์ได้ จึงเป็นสาเหตุให้คุณค่าทางโภชนาการของโปรตีนลดลง (Hall and Ahmad, 1992) เมื่อเปรียบเทียบโปรตีนไฮโดรไลเซทที่ได้จากการย่อยสลายด้วยสารเคมีและเอนไซม์โปรติเอส พบว่า การย่อยสลายด้วยเอนไซม์นั้น สามารถกำหนดขอบเขตการย่อยสลายและขนาดของเพปไทด์ได้ (Adler-Nissen, 1986) แต่ถึงแม้ว่าการย่อยด้วยเอนไซม์จะมีปฏิกิริยาไม่รุนแรง แต่โปรตีนไฮโดรไลเซทที่ได้อาจมีรสชาติขม เนื่องจากผลิตภัณฑ์ที่ได้จะเป็นกรดอะมิโนกลุ่มที่ไม่ชอบน้ำ เช่น ลิวซีน วาลีน ไอโซลิวซีน ไทโรซีน เฟนิลอะลานีน และทริปโตเฟน อาจมีผลต่อการยอมรับของคนและสัตว์ได้ (Bertoldi et al., 1983)

Hoyle และ Merritt (1994) ได้ศึกษาการย่อยสลายปลาแฮริ่งด้วยเอนไซม์ Alcalase 2.4 ลิตร ที่พีเอช 8.0-8.5 อุณหภูมิ 50-55 องศาเซลเซียส และเอนไซม์ปาเปนย่อยสลายที่พีเอช 6.0-7.0 อุณหภูมิ 60-65 องศาเซลเซียส ย่อยสลายเป็นเวลา 60 นาที พบว่า เอนไซม์ Alcalase 2.4 ลิตร

สามารถย่อยสลายโปรตีนในเนื้อปลาแฮริ่งได้ดีกว่าเอนไซม์ปาเปนที่ระดับการย่อยสลายเท่ากับร้อยละ 44.7 และ 43.1 ตามลำดับ

2.2.2 ปัจจัยที่มีผลต่อการผลิตโปรตีนไฮโดรไลเซทด้วยเอนไซม์

2.2.2.1 แหล่งโปรตีน

การเลือกใช้วัตถุดิบที่จะนำมาทำโปรตีนไฮโดรไลเซท ต้องเป็นวัตถุดิบที่มีปริมาณโปรตีนค่อนข้างสูง และมีกรดอะมิโนที่จำเป็นต่อร่างกาย โดยปัจจัยในการเลือกชนิดของโปรตีน คือ ราคา องค์ประกอบทางเคมี คุณสมบัติทางกายภาพและการยอมรับของคนหรือสัตว์ (Olsman, 1979) แหล่งของโปรตีนต่างชนิดกันจะให้โปรตีนไฮโดรไลเซท ที่มีคุณสมบัติ รสและกลิ่นแตกต่างกัน

2.2.2.2 ปริมาณไขมันและคาร์โบไฮเดรต

วัตถุดิบที่จะนำมาทำโปรตีนไฮโดรไลเซทควรจะเป็นวัตถุดิบที่มีปริมาณไขมันต่ำ เนื่องจากไขมันจะไปขัดขวางการไฮโดรไลซ์โปรตีน โดยจะเกิดเป็นสารประกอบเชิงซ้อนระหว่างไขมันและโปรตีน (lipo - protein complex) ซึ่งโครงสร้างดังกล่าว จะเป็นตัวต้านทานกระบวนการไฮโดรไลซ์โปรตีนของเอนไซม์ (อุบลรัตน์, 2535) และการมีปริมาณคาร์โบไฮเดรตมากเกินไปจะทำให้โปรตีนไฮโดรไลเซทมีปริมาณต่ำลง และผลผลิตที่ได้มีรสและกลิ่นที่ไม่พึงประสงค์

2.2.2.3 เวลา

เมื่อใช้เวลาในการย่อยสลายมากขึ้น โปรตีนจะถูกย่อยสลายมากขึ้น (Greenberg, 1979) ได้เป็นกรดอะมิโนและไดเพปไทด์ โดยที่ไดเพปไทด์บางชนิดมีความคงตัว จึงไม่ถูกย่อยสลายต่อไป ซึ่งโครงสร้างเหล่านี้เองที่เป็นองค์ประกอบสำคัญที่ทำให้เกิดกลิ่นรสของโปรตีนไฮโดรไลเซท ทั้งนี้ถ้าวัตถุดิบมีปริมาณโปรตีนมาก ระยะเวลาที่ใช้ย่อยสลายควรมากเช่นกัน

2.2.2.4 อุณหภูมิ

ในการผลิตโปรตีนไฮโดรไลเซท อุณหภูมิที่เพิ่มสูงขึ้นเรื่อยๆ เป็นผลดีในการเพิ่มพลังงานจลน์ให้กับระบบ ทำให้สารที่ถูกกระตุ้นมีพลังงานสูง ปฏิกิริยาจึงเกิดขึ้นได้เร็ว แต่ถ้าอุณหภูมิสูงเกินไป อาจทำให้เอนไซม์เสียสภาพ โครงสร้างเปลี่ยนแปลงไป และทำให้ปฏิกิริยาหยุดลงในที่สุด (พัชรา, 2543)

2.2.2.5 ปริมาณของเอนไซม์

ปริมาณหรือความเข้มข้นของเอนไซม์ที่เหมาะสมจะขึ้นอยู่กับปริมาณโปรตีนของวัตถุดิบ การเพิ่มปริมาณเอนไซม์จะช่วยเพิ่มโอกาสในการจับกับโมเลกุลโปรตีนได้มากขึ้น เป็นผลให้ค่าระดับการย่อยสลายเพิ่มขึ้น แต่เมื่อปริมาณเอนไซม์เพียงพอกับปริมาณโปรตีน แม้เพิ่มปริมาณเอนไซม์ แต่ค่าระดับการย่อยสลายก็จะคงที่

2.2.2.6 พีเอช

มีผลต่อค่าระดับการย่อยสลายของโปรตีนไฮโดรไลเซท เนื่องจากเอนไซม์จัดเป็นโปรตีนชนิดหนึ่ง ดังนั้นค่าพีเอชที่สูงหรือต่ำเกินไป ทำให้โครงสร้างของเอนไซม์ถูกทำลายและสูญเสียกิจกรรมของเอนไซม์ได้ โดยเอนไซม์แต่ละชนิดมีค่าพีเอชที่เหมาะสมแตกต่างกันไปในการทำงาน (Eskin และ Henderson, 1971)

2.3 เอนไซม์โบรมีเลน

เอนไซม์โบรมีเลน (Bromelain) เป็นเอนไซม์ที่เร่งปฏิกิริยาการย่อยโปรตีน (propeolytic enzyme) ที่จัดอยู่ในกลุ่มซัลฟ์ไฮดริลโปรตีเอส สามารถเร่งปฏิกิริยาการย่อยโปรตีน เพปไทด์ และเอสเตอร์ของกรดอะมิโนและเพปไทด์ เช่นเดียวกับปาเปนจากมะละกอ และฟิซินจากมะเดื่อ แต่มีตำแหน่งจำเพาะในการย่อยแตกต่างกัน ซึ่งโบรมีเลนจะเข้าย่อยพันธะเพปไทด์ที่ตำแหน่งของกรดอะมิโนไลซีน อะลานีน ไทโรซีน และไกลซีน โบรมีเลนสามารถพบได้ทุกส่วนของสับปะรด ทั้งใบ ลำต้น หรือผล แต่จะพบมากที่สุดที่แกนลำต้น และเหง้า อุณหภูมิและ pH ที่มีประสิทธิภาพสูงสุดในการทำงานคือ 40-60 °C และที่ pH 4.0-8.0 (Rao et al., 1998)

2.4 เอนไซม์ปาเปน

เอนไซม์ปาเปน (Papain) หรือ Papaya peptidase 1; (EC 3.4.22.2) เป็นเอนไซม์ในกลุ่ม Hydrolase ซึ่งจะย่อยสลายพันธะเพปไทด์ โดยสามารถตัดพันธะเพปไทด์ได้หลายตำแหน่ง (Broad specificity) ยกเว้นตำแหน่งของกรดอะมิโนวาลีน ปาเปนมีน้ำหนักโมเลกุลประมาณ 21000 Da มีจุด Isoelectric point (pI) เท่ากับ 8.75 มีความคงตัวดีที่อุณหภูมิ 4 °C ค่า pH ที่เหมาะสมในการย่อยสลายคือ 6-7 และสามารถพบได้มากในผลและส่วนอื่น ๆ ของมะละกอ นอกจากนี้ พบว่ามีการนำมาประยุกต์ใช้ในอุสาหกรรมเครื่องดื่มและอาหาร โดยเฉพาะในการทำเบียร์ เพื่อช่วยเพิ่มความใสในกระบวนการตกตะกอน และใช้หมักเนื้อเพื่อทำให้เนื้อนุ่ม (Rao et al., 1998)

2.5 อาหารสัตว์น้ำ

อาหารสัตว์น้ำ ถือเป็นปัจจัยหนึ่งที่มีความสำคัญมากในการเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำ เนื่องจาก การเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำจะประสบผลสำเร็จได้นั้น ต้องอาศัยปัจจัยหลักๆ สามปัจจัย ได้แก่ พันธุ์สัตว์น้ำที่ดี โตเร็ว เลี้ยงและจัดการได้ง่าย ปลอดโรคและมีความต้านทานโรค ปัจจัยที่สองได้แก่ อาหารที่ดี มีคุณภาพ มีปริมาณสารอาหารเพียงพอ และครบถ้วนตามความต้องการโภชนะของสัตว์น้ำชนิดนั้นๆ และปัจจัยที่สามได้แก่ การจัดการด้านการเลี้ยงที่ดี รวมถึงการเตรียมบ่อ การจัดการคุณภาพน้ำ การป้องกันและรักษาโรค (อรพินท์, 2553)

2.5.1 ชนิดของอาหารสัตว์น้ำ (เวียง, 2543)

อาหารธรรมชาติ คือ อาหารของสัตว์น้ำที่เกิดขึ้นเองตามธรรมชาติ สัตว์น้ำสามารถหากินได้เองตามแหล่งน้ำ เช่น พืชน้ำ สาหร่าย แพลงก์ตอน ไรแดง ไรน้ำเค็ม และตัวอ่อนของแมลง

อาหารผสมสำเร็จหรืออาหารสำเร็จรูป คือ อาหารที่ผ่านการคำนวณสูตรอาหารโดยคำนวณตามความต้องการสารอาหารหรือโภชนะสำหรับสัตว์น้ำชนิดนั้นๆเป็นหลัก โดยเลือกใช้วัตถุดิบอาหารสัตว์ เช่น ปลาป่น กากถั่วเหลือง รำละเอียด ปลายข้าว ข้าวโพด เป็นต้น มาผ่านกระบวนการผลิตอาหารสัตว์น้ำสำเร็จรูป ออกมาเป็นรูปแบบต่างๆ ให้สามารถเลือกใช้ให้เหมาะสมกับชนิดพันธุ์ ขนาด และช่วงวัยของสัตว์น้ำ ได้แก่

อาหารผง ประกอบด้วยวัตถุดิบอาหารชนิดต่างๆ ที่มีลักษณะแห้งและเป็นผงละเอียดมาผสมรวมกัน และโรยให้ปลากิน หรือผสมน้ำปั้นเป็นก้อนให้ปลากิน เหมาะสำหรับสัตว์น้ำวัยอ่อน

อาหารเม็ดจมน้ำ ทำมาจากวัตถุดิบอาหารชนิดต่างๆ ผสมคลุกเคล้าให้เข้ากันนำมาผ่านเครื่องอัดเม็ด ที่มีอุณหภูมิและความดันภายในเครื่องไม่สูงมากนัก อาหารจะอัดออกมาในลักษณะเป็นท่อนๆ แล้วจึงนำไปผึ่งลมให้แห้ง จึงจะเก็บรักษาไว้ได้นาน

อาหารเม็ดลอยน้ำ เป็นอาหารที่ผ่านกรรมวิธีคล้ายกับการผลิตอาหารเม็ดชนิดจมน้ำ แต่ผ่านเครื่องอัดเม็ดที่มีความดัน และอุณหภูมิสูง ทำให้เม็ดอาหารที่ได้มีลักษณะพองตัว เบา และลอยน้ำได้

2.5.2 อาหารปลาดุก (Kaset Bay, 2014)

อาหารนับเป็นปัจจัยสำคัญ เนื่องจากต้นทุนการเลี้ยงปลาดุกประมาณ 60-70 เปอร์เซ็นต์เป็นค่าอาหาร อาหารที่ใช้เลี้ยงหากมีสารอาหารต่างๆ ครบถ้วนและมีปริมาณเพียงพอ จะส่งผลให้ปลามีสุขภาพสมบูรณ์แข็งแรง ปราศจากโรคต่างๆ อาหารที่ใช้เลี้ยงต้องมีสารอาหารครบถ้วนปริมาณเพียงพอ และจะต้องมีความสมดุลกันระหว่างสารอาหารแต่ละชนิดด้วย ปลาดุกเป็นปลาที่กินอาหารได้ทั้งพืชและเนื้อ ถึงกินซาก ซึ่งพอจะแบ่งออกเป็นพวกได้ดังนี้

2.5.2.1 อาหารจำพวกเนื้อ ได้แก่ เนื้อปลาและเนื้อสัตว์ต่างๆ ที่เหมาะสมตามแต่จะหามาได้ หรือเครื่องใน เช่น เครื่องในวัว ไก่ และสุกร ตลอดจนเลือดสัตว์และพวกแมลงต่างๆ เช่น ปลวก หนอน ตัวไหม และไส้เดือน เป็นต้น

2.5.2.2 อาหารจำพวกพืชผัก ได้แก่ รำข้าว ปลายข้าว กากถั่ว กากมัน แป้ง ข้าวโพด แป้งมัน เป็นต้น

โดยทั่วไปแล้วปลาดุกชอบกินอาหารประเภทเนื้อสัตว์มากกว่าอาหารประเภทพืชและแป้ง แต่การให้อาหารประเภทเนื้อสัตว์เพียงอย่างเดียวจะทำให้ปลาเจริญเติบโตไม่ได้สัดส่วน เช่น อาจทำให้

ตัวอ้วนสั้น มีไขมันมากเกินไป ดังนั้นเพื่อให้ปลาเจริญเติบโตได้สัดส่วนและน้ำหนักดี ควรจะให้อาหารประเภทเนื้อในอัตรา 30-50 เปอร์เซ็นต์ ของอาหารประเภทผักและแป้ง

ลักษณะของอาหาร อาหารที่ใช้เลี้ยงปลาดุกในปัจจุบัน แบ่งได้เป็น 2 ประเภท คือ อาหารสำเร็จรูปชนิดเม็ดลอยน้ำและจมน้ำ และอาหารสด

1) อาหารสำเร็จรูป มีระดับโปรตีนที่แตกต่างกัน ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับขนาดของปลาที่จะให้ มีหลายยี่ห้อและราคาแตกต่างกันไป วิธีการให้อาหารสำเร็จรูปค่อนข้างง่าย เพียงแต่สาดอาหารลงในบ่อเลี้ยงให้ปลากินก็เสร็จแล้ว แต่การเลือกซื้ออาหารสำเร็จรูปนั้นจะต้องพิจารณาจากความคงทนในน้ำ ควรอยู่ในน้ำได้นานไม่ต่ำกว่า 15 นาที ส่วนประกอบของอาหารควรละเอียด มิฉะนั้นจะย่อยยาก และราคาต้องเหมาะสมด้วย

2) อาหารสด ได้แก่ ไส้ไก่ ไส้ปลา ปลาเป็ด หรือเศษอาหารจากโรงงาน อาหารเหล่านี้สามารถหาซื้อได้ราคาถูก ควรนำมาใช้เสริมให้แก่ปลาด้วย ก่อนนำมาใช้ควรบดให้ละเอียดและผสมรำ การให้อาหารควรให้กินเป็นที่ และควรให้ที่เดิมทุกครั้ง อย่าสาดทั่วบ่อ เพราะจะทำให้น้ำเสียได้ง่ายขึ้น ติดโรคได้ง่าย การถ่ายน้ำบ่อยครั้งจะทำให้ปลาโตเร็วขึ้น เพราะการที่ปลาได้น้ำใหม่บ่อยๆ ทำให้ปลามีความกระปรี้กระเปร่าและกินอาหารได้มาก

2.5.3 กระบวนการผลิตอาหารสัตว์น้ำ (อรพินท์, 2553)

กระบวนการในการผลิตอาหารสัตว์น้ำนั้น ประกอบด้วย 5 ขั้นตอนหลักๆ ดังนี้

การบด เป็นขั้นตอนของการลดขนาดของวัตถุดิบอาหารสัตว์น้ำ ให้มีความละเอียดเพื่อช่วยเพิ่มประสิทธิภาพในกระบวนการผลิตอาหารให้ดีมากขึ้น อาหารสำเร็จรูปที่ได้ จะมีความแน่น และมีความคงทนของอาหารสูง

การชั่งน้ำหนัก เป็นการนำวัตถุดิบที่ผ่านการบดละเอียดแล้ว มาชั่งน้ำหนักให้ได้ตามสูตรอาหารที่คำนวณไว้

การผสม เป็นขั้นตอนของการนำเอาวัตถุดิบที่ชั่งน้ำหนักตามสูตรอาหารแล้ว มาผสมคลุกเคล้าให้เข้ากัน ทำให้วัตถุดิบทุกชนิดผสมเป็นเนื้อเดียวกัน

การอัดเม็ด เป็นกระบวนการขึ้นรูปอัดเม็ด ผ่านเครื่องอัดอาหาร โดยการนำวัตถุดิบที่ผสมเข้ากันดีแล้ว เทใส่เครื่องอัด และจะผ่านความร้อน ความดันของเครื่องอัดอาหาร มายังหน้าแป้นอัดอาหารที่มีอยู่หลายขนาด สามารถเลือกใส่ได้ตามความต้องการของขนาดเม็ดอาหาร และจะมีใบมีด คอยตัดอาหารให้ออกมาเป็นเม็ดสำเร็จรูป

การทำให้แห้งและเย็น เป็นขั้นตอนสุดท้าย โดยการนำเม็ดอาหารที่ผ่านเครื่องอัดอาหารแล้ว มาผึ่งลมในที่ร่ม หรืออบให้แห้ง เพื่อไล่ความชื้น ป้องกันการเกิดเชื้อรา ยืดอายุการเก็บรักษา ทำให้เก็บรักษาได้ง่ายขึ้นด้วย

2.6 เปลือกกุ้งป่น

เปลือกกุ้งเป็นผลพลอยได้จากอุตสาหกรรมการส่งออกกุ้งแช่แข็ง ซึ่งการส่งออกกุ้งในลักษณะดังกล่าวส่วนใหญ่มักมีการนำส่วนของหัว และเปลือกกุ้งออก หรือการนำทั้งส่วนหัว เปลือก และหางกุ้งออกด้วย จึงทำให้เกิดผลพลอยได้จากอุตสาหกรรมการส่งออกกุ้งแช่แข็ง ที่ประกอบด้วยส่วนหัว เปลือก และหางกุ้ง (Exoskeleton) ซึ่งสามารถนำเศษเหลือเหล่านี้ไปใช้ประโยชน์ในการเป็นแหล่งโปรตีนจากสัตว์ที่มีศักยภาพโดยการนำไปบดทำเป็นส่วนผสมในอาหารสัตว์ และสารสี Astaxanthin ที่เป็นองค์ประกอบในเปลือกกุ้งก็สามารถใช้ในการเพิ่มสีในเนื้อหรือไข่ของไก่ เป็ด หรือในกลุ่มปลาสวยงามได้ นอกจากนั้นหากมองลึกลงไปให้ถึงองค์ประกอบทางเคมีของเปลือกกุ้งและหัวกุ้งแล้ว สามารถนำมาใช้ประโยชน์ได้มากกว่านั้น โดยเฉพาะส่วนของสารโพลิแซ็กคาไรด์ซึ่งเป็นไบโอโพลิเมอร์ที่เรียกว่า ไคติน (Chitin) ซึ่งเป็นองค์ประกอบหลักที่มีอยู่มากในเปลือกกุ้งและหัวกุ้ง โดยสามารถนำไปใช้ประโยชน์ได้หลายด้านทั้งในอุตสาหกรรมยา เคมี เครื่องสาอาง อาหารและเครื่องดื่ม ตลอดจนใช้ในการบำบัดน้ำเสีย จึงเป็นที่น่าสนใจอย่างยิ่งในการนำเศษเหลือจากกุ้งมาใช้ให้เกิดประโยชน์สูงสุด

2.6.1 องค์ประกอบทางเคมีของเปลือกกุ้งป่น (Shrimp shell meal)

เปลือกกุ้งป่นมีศักยภาพในการใช้เป็นวัตถุดิบอาหารแหล่งโปรตีน และแหล่งแร่ธาตุในอาหารสัตว์ เนื่องจากมีโปรตีน แคลเซียม และฟอสฟอรัส ในระดับที่สูง ซึ่งองค์ประกอบทางเคมีของเปลือกกุ้ง ดังรายงานของ Mahata et al. (2008); Ingweye et al. (2008); Ojewola, and Udom (2005); Oduguwa et al. (2004) และ Fanimo et al. (2004) แสดงดังตารางที่ 2.1

ตารางที่ 2-1 องค์ประกอบทางเคมีของเปลือกกุ้ง

Nutritional composition (%)							References
Crude protein	**Ash**	**Crude fiber**	**Calcium**	**Total phosphorus**	**Chitin**	**Energy (Kcal/kg)**	
24.03	25.60	26.89	16.69	0.85	18.70	938	Mahata et al. (2008)
48.30	17.55	13.30	-	-	-	2,595	Ingweye et al. (2008)
53.47	16.8	1.18	0.74	0.31	-	1,312	Ojewola and Udom (2005)
40.20	16.20	10.90	-	-	-	-	Oduguwa et al. (2004)
39.45	24.00	12.30	15.77	0.45	-	-	Fanimo et al. (2004)

ดัดแปลงจาก (จรณี, 2552)

จากตารางที่ 2-1 เห็นได้ว่าองค์ประกอบทางเคมีของเปลือกกุ้งมีค่าผันแปรค่อนข้างมาก ตามแหล่งข้อมูลที่ต่างกัน ซึ่งองค์ประกอบทางเคมีของเปลือกกุ้งที่แตกต่างกันนั้น ขึ้นอยู่กับหลายปัจจัย ได้แก่ แหล่งที่มา สายพันธุ์กุ้ง และวิธีการแปรรูป (Meyers, Rutledge, and Sonu, 1973; Ngoan, Lindberg, Ogle, and Thomke, 2000) โดยกุ้งสายพันธุ์ใหญ่จะมีระดับโปรตีนสูงกว่า

ตารางที่ 2-2 องค์ประกอบของกรดอะมิโนที่จำเป็นในเปลือกกุ้ง

Amino acid (%)	Shrimp shell meal		
	Rosenfeld et al. (1997)	Gernat (2001)	Fanimo et al. (2004)
Lysine	2.93	3.07	1.66
Methionine	1.08	0.82	0.80
Threonine	2.05	1.59	1.42
Tryptophan	0.51	0.41	0.40
Arginine	3.40	2.49	1.60
Isoleucine	1.85	1.76	1.50
Leucine	3.16	3.01	2.18
Valine	2.19	2.19	1.98
Histidine	2.93	0.85	0.64
Phenylalanine	2.24	1.86	4.36

ดัดแปลงจาก (จรณี, 2552)

2.6.2 ข้อจำกัดในการใช้เปลือกกุ้งป่นในอาหารสัตว์ เปลือกกุ้งประกอบด้วยไคติน (Chitin) ซึ่งปริมาณของไคตินจะผันแปรไปตามสัดส่วนของหัว และหางกุ้ง ซึ่งไคตินเป็นส่วนที่ย่อยได้ยาก และนำมาใช้ประโยชน์ได้น้อยในการเลี้ยงสัตว์ นอกจากไคตินแล้ว ยังมีข้อจำกัดในการใช้เปลือกกุ้งป่นในอาหารสัตว์อีก คือ ปริมาณของเถ้า และเกลือ หากต้องการนำไปใช้เป็นวัตถุดิบอาหารสัตว์ ไม่ควรใช้ในปริมาณที่สูงเกินไป ควรใช้ร่วมกับแหล่งโปรตีนอื่น เพื่อช่วยลดระดับของเถ้า และเกลือในอาหารให้น้อยลง (สาโรช, 2547)

2.7 กระดูกปลาป่น

ตามประกาศกระทรวงเกษตรและสหกรณ์ เรื่อง กำหนดคุณภาพหรือมาตรฐานของอาหารสัตว์ควบคุมเฉพาะ ประเภทวัตถุดิบ พ.ศ. 2558 ได้ให้นิยามความหมายของคำว่า “ปลาและกระดูกปลาป่น” หมายถึง ผลิตภัณฑ์ที่ได้จากเศษปลาเล็กปลาน้อย หรือหัวปลา ก้างปลา ที่เหลือจากโรงงานแปรรูปสัตว์น้ำ นำมาผ่านกระบวนการอบแห้ง แล้วนำมาบดป่นจนเป็นผง โดยมีปริมาณโปรตีนไม่น้อยกว่าร้อยละ 40 ไขมัน ไม่มากกว่าร้อยละ 18 กาก ไม่มากกว่าร้อยละ 2 ความชื้น ไม่มากกว่าร้อยละ 10 เถ้า ไม่มากกว่าร้อยละ 33 และปริมาณเกลือ ไม่มากกว่าร้อยละ 3

2.7.1 องค์ประกอบทางเคมีของกระดูกปลานิล ผลวิเคราะห์พบว่า กระดูกปลานิลมีปริมาณเถ้าสูงที่สุด รองลงมาคือ โปรตีน ความชื้น และไขมัน โดยทั่วไปแล้วกระดูกปลามีโปรตีนอยู่ประมาณ 13.6 – 22.9 เปอร์เซ็นต์ (Faivishevskii et al., 1992) และมีแร่ธาตุอยู่ประมาณ 55 – 65 เปอร์เซ็นต์ ของน้ำหนักแห้ง ซึ่งมีแคลเซียมเป็นองค์ประกอบสูงสุด รองลงมาคือ ฟอสฟอรัส และแร่ธาตุอื่น ๆ เช่น แมกนีเซียม เหล็ก โซเดียม เป็นต้น จากการศึกษาองค์ประกอบทางเคมีในกระดูกปลานิลของ Vignesh และ Srinivasan (2012) พบว่า มีปริมาณโปรตีน 31.52 เปอร์เซ็นต์ สำหรับองค์ประกอบทางเคมีในกระดูกของปลาชนิดอื่น เช่น กระดูกปลากะพง วริศรา (2545) พบว่า มีโปรตีน เถ้า ความชื้น และไขมัน เท่ากับ 20.50 44.80 28.60 และ 5.78 เปอร์เซ็นต์ของน้ำหนักเปียกตามลำดับ หรือในกระดูกปลาคอด การศึกษาของ Toppe et al. (2007) รายงานว่า มีโปรตีน เถ้า ความชื้น และไขมัน เท่ากับ 35.70 52.60 7.70 และ 1.40 เปอร์เซ็นต์ของน้ำหนักแห้ง ตามลำดับ และกระดูกปลาแซลมอนมีโปรตีน เถ้า ความชื้น และไขมัน เท่ากับ 29.20 26.30 5.00 และ 38.1 เปอร์เซ็นต์ของน้ำหนักแห้ง ตามลำดับ

ตารางที่ 2-3 องค์ประกอบทางเคมีของกระดูกปลานิล

Compositions	**Percent (dry basis)**
Protein	24.43 ± 0.06
Fat	3.34 ± 0.03
Moisture	7.65 ± 0.03
Ash	60.82 ± 0.01

ที่มา (สุภาวดี, 2556)

2.8 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

จีรรัตน์ เกื้อแก้ว และคณะ (2555) ได้ทำการศึกษาการใช้โปรตีนไฮโดรไลเสตจากเศษทิ้งกุ้งเป็นแหล่งโปรตีนเพื่อทดแทนปลาป่นในอาหารสำเร็จรูปของกุ้งขาว *Litopenaeus vannamei* (Boone, 1931) โดยการใช้โปรตีนไฮโดรไลเสตจากการหมักเศษทิ้งกุ้งด้วยจุลินทรีย์ *Lactobacillus plantarum* สายพันธุ์ 541 ที่เลี้ยงด้วยน้ำสับปะรด สำหรับทดแทนปลาป่นในสูตรอาหารกุ้งขาวที่ระดับ 0, 10, 20 และ 30 เปอร์เซ็นต์ ในชุดการทดลองที่ 1 (ชุดควบคุม), 2, 3 และ 4 ตามลำดับ ชุดการทดลองละ 4 ซ้ำ เลี้ยงกุ้งขาวน้ำหนักเฉลี่ยเริ่มต้น 1.12 ± 0.01 กรัม ในตู้กระจกระบบน้ำหมุนเวียนกึ่งปิดจำนวน 30 ตัวต่อตู้ เป็นเวลา 8 สัปดาห์ พบว่ากุ้งขาวในชุดการทดลองที่ 2, 3 และ 4 มีผลการเจริญเติบโตมากกว่า ($P<0.05$) ชุดควบคุม พบอัตราการรอดตายสูงสุดในชุดการทดลองที่ 3 ไม่แตกต่าง ($P>0.05$) กบชุดการทดลองที่ 4 ในขณะที่อัตราการเปลี่ยนอาหารเป็นเนื้อ (FCR) ไม่แตกต่างกันทางสถิติ

(P>0.05) ในทุกชุดการทดลอง อัตราการกินอาหารต่อวันมีค่าเพิ่มขึ้นตามการทดแทนด้วยโปรตีนไฮโดรไลเสต ในขณะที่ผลศึกษาการดึงดูดการกินอาหารที่มีค่าสูงสุดในชุดควบคุม แต่ไม่แตกต่าง (P>0.05) กับชุดการทดลองที่ 2 และ 3 เมื่อประเมินคุณสมบัติการใช้เป็นแหล่งโปรตีนของโปรตีนไฮโดรไลเสต พบว่าประสิทธิภาพการย่อยโปรตีน ประสิทธิภาพการใช้โปรตีน และการใช้ประโยชน์จากโปรตีนสุทธิในอาหารของกุ้งขาวมีค่าไม่แตกต่างกันทางสถิติ (P>0.05) ระหว่างชุดการทดลอง ในขณะที่ประสิทธิภาพการย่อยพลังงาน วัตถุแห้ง และองค์ประกอบทางเคมีในกุ้งขาวทดลองมีค่าไม่ต่างกัน (P>0.05) เมื่อทดแทนปลาป่นที่ระดับ 10, 20 และ 30 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ การศึกษาครั้งนี้แสดงให้เห็นว่าการทดแทนปลาป่นด้วย 30 เปอร์เซ็นต์โปรตีนไฮโดรไลเสตจากเศษทิ้งกุ้งเป็นระดับที่สามารถลดการใช้ปลาป่นได้สูงสุด ทั้งส่งเสริมการเจริญเติบโต อัตราการเปลี่ยนอาหารเป็นเนื้อ อัตราการรอดตาย และประสิทธิภาพการใช้โปรตีน แต่ถ้ามองในด้านการเพิ่มขึ้นของต้นทุนอาหารที่เกิดจากการทดแทนปลาป่นด้วยโปรตีนไฮโดรไลเสตนั้น การทดแทนปลาป่นที่ระดับ10 เปอร์เซ็นต์ ด้วยโปรตีนไฮโดรไลเสตจากเศษทิ้งกุ้งเป็นอีกทางเลือกหนึ่งที่เหมาะสมทั้งในด้านลดการใช้ปลาป่น การส่งเสริมการเจริญเติบโต และการดึงดูดการกินอาหาร

พรรณทิพย์ สุวรรณสาครกุลและสิริรัตน์ จงฤทธิพร (2555) ได้ทำการศึกษการพัฒนาผลิตภัณฑ์เพิ่มมูลค่าจากเศษเหลือของการแปรรูปปลาโมง (*Pangasius bocourti*) โดยการทดลองนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อพัฒนาผลิตภัณฑ์เพิ่มมูลค่าจากเศษเหลือจากการแปรรูปปลาโมง ประกอบด้วย หัว หนัง ไส้ เนื้อส่วนท้องกับไขมัน เศษเนื้อหลังตกแต่ง และก้างกลาง โดยพบว่า ปลาขนาดน้ำหนักมากกว่า 1000 กรัม (L) มีองค์ประกอบของเศษเหลือเหล่านี้คิดเป็นร้อยละ 19.3, 3.9, 5.5, 18.8, 10.0 และ 14.0 ตามลำดับ ในขณะที่ปลาขนาดน้ำหนักระหว่าง 600-1000 กรัม (S) มีองค์ประกอบเท่ากับ 24.2, 4.9, 5.4, 19.0, 5.7 และ 14.7 ตามลำดับ เมื่อนำเศษเหลือเหล่านี้ไปวิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมี พบว่าเศษเหลือของปลาขนาด L ประกอบด้วยความชื้นระหว่างร้อยละ 42.25-76.45 โปรตีนร้อยละ 12.40-31.51 ไขมันร้อยละ 9.28-41.99 และเถ้าร้อยละ 0.37-14.28 ส่วนเศษเหลือจากปลาขนาด S มีองค์ประกอบความชื้น โปรตีน ไขมัน และเถ้าเท่ากับร้อยละ 45.66-77.71, 12.63-27.2, 15.80-40.69 และ 0.42-13.72 ตามลำดับ นำเศษเหลือจากการแปรรูปปลาโมง มาทดลองพัฒนาผลิตภัณฑ์มูลค่าเพิ่มได้แก่ สารสกัดโปรตีนจากหัว และไส้ เจลาตินจากหนังปลา และแคลเซียมผงจากก้าง พบว่าสารสกัดโปรตีนหรือไฮโดรไลเสตจากการย่อยโปรตีนจากหัวและไส้ โดยใช้เอนไซม์ Protamex และ Flavourzyme ประกอบด้วย โปรตีนร้อยละ (โดยน้ำหนักแห้ง) 79.12 และ 75.88 ตามลำดับ และมีปริมาณกรดอะมิโนที่จำเป็นต่อร่างกาย เท่ากับ 399 และ 348.43 มิลลิกรัมต่อกรัมโปรตีน ตามลำดับ ซึ่งปริมาณและชนิดของกรดอะมิโนที่จำเป็นในไฮโดรไลเสต ที่ได้มีค่าใกล้เคียงกับค่ามาตรฐาน (amino acid scoring pattern) ของ WHO (1973) ส่วนการสกัดเจลาตินจากหนังปลาโมง ได้ผลผลิตแผ่นเจลาตินคิดเป็นร้อยละ 7.75 ของหนังปลาสด เจลาตินที่ได้มีความชื้นร้อยละ

9.48-9.72 ปริมาณเถ้าร้อยละ 0.22-0.38 ค่าความเป็นกรดด่างที่ 5.0-5.3 และมีความแข็งแรงของเจลเท่ากับ 485-550 กรัม และความหนืดระหว่าง 120-137 millipoise การผลิตแคลเซียมผงจากก้าง โดยแปรวิธีทดลองผลิต 2 วิธี ได้แก่ การนำก้างที่กำจัดโปรตีนและไขมันแล้วไปอบแห้งและบดเป็นผงละเอียด (CA) ส่วนอีกวิธีนำก้างกระดูกไปผ่านความร้อนภายใต้ความดันที่ 121°C นาน 1 ชั่วโมง แล้วจึงนำไปอบแห้งและบดเป็นผง (HCA) พบว่าผลผลิตแคลเซียมผง CA และ HCA เท่ากับร้อยละ 10.37 และ 9.0 ตามลำดับ มีปริมาณแคลเซียมใน CA และ HCA ร้อยละ (โดยน้ำหนักแห้ง) 26.67 และ 26.09 ตามลำดับ

พิเชต พลายเพชร (2559) ได้ศึกษาการแทนที่ปลาป่นด้วยไก่ป่นและเนื้อและกระดูกป่นในสูตรอาหารปลากะพงขาว โดยเลี้ยงปลากะพงขาวที่มีน้ำหนักเริ่มต้นเฉลี่ยเท่ากับ 3.56 กรัม ด้วยอาหาร 5 สูตร โดยอาหารสูตร 1 เป็นอาหารที่มีปลาป่น 20 เปอร์เซ็นต์ (สูตรควบคุม) อาหารสูตร 2 และ 3 แทนที่ปลาป่นด้วยไก่ป่น อัตรา 50 และ 100 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ และอาหารสูตร 4 และ 5 แทนที่ปลาป่นด้วยเนื้อและกระดูกหมูป่น อัตรา 50 และ 100 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ เลี้ยงปลาด้วยอาหารทดลองสูตรละ 3 ซ้ำ แบบให้กินจนอิ่ม วันละ 2 ครั้ง เป็นระยะเวลา 60 วัน ผลการทดลองพบว่าปลาที่เลี้ยงด้วยอาหารทุกสูตรมีอัตรารอดตายและอัตราการเจริญเติบโตจำเพาะไม่แตกต่างกัน ($P>0.05$) ปลาที่เลี้ยงด้วยอาหารที่แทนที่ปลาป่นด้วยไก่ป่น อัตรา 100 เปอร์เซ็นต์ (สูตร 3) และอาหารที่แทนที่ปลาป่นด้วยเนื้อและกระดูกหมูป่น อัตรา 100 เปอร์เซ็นต์ (สูตร 5) มีอัตราการกินอาหารสูงกว่าปลาที่เลี้ยงด้วยอาหารสูตรอื่น ๆ อย่างมีนัยสำคัญยิ่ง ($P<0.01$) แต่อัตราแลกเนื้อของปลาที่เลี้ยงด้วยอาหารทุกสูตรไม่แตกต่างกัน ($P>0.05$) ปลาที่เลี้ยงด้วยอาหารสูตรควบคุมมีประสิทธิภาพการใช้โปรตีนจากอาหารและการสะสมโปรตีนในร่างกายสูงกว่า ขณะที่ค่า nitrogen loading ต่ำกว่าปลาที่เลี้ยงด้วยอาหารสูตรอื่น ๆ อย่างมีนัยสำคัญยิ่ง ($P<0.01$) ปลาที่เลี้ยงด้วยอาหารทุกสูตรมีค่า condition factor และสัดส่วนเนื้อไม่แตกต่างกัน ($P>0.05$) แต่ปลาที่เลี้ยงด้วยอาหารที่แทนที่ปลาป่นด้วยไก่ป่นอัตรา 50 และ 100 เปอร์เซ็นต์ (สูตร 2 และ 3) มีสัดส่วนตับและสัดส่วนอวัยวะภายในสูงกว่าปลาที่เลี้ยงด้วยอาหารสูตรอื่น ๆ อย่างมีนัยสำคัญยิ่ง ($P<0.01$) ปลาที่เลี้ยงด้วยอาหารทุกสูตรมีปริมาณโปรตีนในร่างกายไม่แตกต่างกัน ($P>0.05$) แต่ปลาที่เลี้ยงด้วยอาหารที่แทนที่ปลาป่นด้วยไก่ป่น 50 และ 100 เปอร์เซ็นต์ (สูตร 2 และ 3) มีปริมาณไขมันสูงกว่า รวมทั้งมีปริมาณเถ้าในร่างกายต่ำกว่าปลาที่เลี้ยงด้วยสูตรอาหารสูตรอื่น ๆ อย่างมีนัยสำคัญยิ่ง ($P<0.01$)

ไตรตะวัน คงแก้ว และคณะ (2542) ได้ศึกษา การย่อยสลายโปรตีนจากหัวกุ้งกุลาดำโดยการใช้เอนไซม์ โดยการใช้เอนไซม์โปรตีเนส ได้แก่ เอนไซม์อัลคาเลส นิวเทรส และปาเปน นำหัวกุ้งมาบดละเอียดและสกัดไขมันออกโดยการใช้ไอโซโพรพานอล โดยใช้อัตราส่วนของแข็งต่อตัวทำละลายในอัตราส่วน 1:3 (น้ำหนัก/ปริมาตร) ที่อุณหภูมิ 50 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 30 นาที สภาวะที่เหมาะสมในการย่อยสลายโดยเอนไซม์อัลคาเลส นิวเทรส และปาเปน คือ 60 องศาเซลเซียส พีเอช

9.5, 55 องศาเซลเซียส พีเอช 7.0, และ 35 องศาเซลเซียส พีเอช 6.5 ตามลำดับ เอนไซม์อัลคาเลส สามารถย่อยสลายโปรตีนจากหัวกุ้งได้สูงกว่าเอนไซม์นิวเทรสและปาเปน ความเข้มข้นของเอนไซม์และระยะเวลาในการย่อยสลายมีผลต่อการย่อยสลายโปรตีนจากหัวกุ้งกุลาดำ ผลิตภัณฑ์ที่ได้จากการย่อยสลายจะอยู่ในรูปของอัลฟาอะมิโนแอซิดสูงขึ้น เมื่อความเข้มข้นของเอนไซม์สูงขึ้นระดับการย่อยสลายจะเพิ่มขึ้นจาก 53.19 เปอร์เซ็นต์ ถึง 79.86 เปอร์เซ็นต์ เมื่อใช้เอนไซม์อัลคาเลสช่วง 10 U/kg. ถึง 120 U/kg. โดยที่ระดับการย่อยสลายของเอนไซม์จะเพิ่มขึ้นจาก 12.21 เปอร์เซ็นต์ ถึง 35.67 เปอร์เซ็นต์ เมื่อใช้เอนไซม์นิวเทรสและปาเปน และเมื่อระยะเวลาในการย่อยสลายเพิ่มขึ้น ปริมาณของอัลฟาอะมิโนแอซิดก็จะสูงขึ้นเช่นกัน ดังนั้นเอนไซม์อัลคาเลสเป็นเอนไซม์ย่อยสลายโปรตีนที่มีประสิทธิภาพสูง เหมาะสำหรับการเตรียมโปรตีนไฮโดรไลเสทจากหัวกุ้งกุลาดำ

สุภาวดี จอดนาค (2556) ได้ศึกษา กิจกรรมทางชีวภาพของโปรตีนไฮโดรไลเสทจากกระดูกปลานิลและผลต่อเซลล์สร้างกระดูก พบว่า องค์ประกอบหลักของกระดูกปลานิล คือ เถ้าและโปรตีน ในปริมาณร้อยละ 60.82 และ 24.43 ของน้ำหนักแห้ง ตามลำดับ การสกัดโปรตีนจากกระดูกปลานิลด้วยสารละลายกรดซิตริก (ร้อยละ 5 โดยน้ำหนักต่อปริมาตร) และน้ำที่อุณหภูมิ 121 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 75 นาที ทำให้ได้ผลผลิตโปรตีนร้อยละ 70.38 และ 38.15 ตามลำดับ การย่อยโปรตีนที่สกัดได้ด้วยเอนไซม์เปปซินเป็นเวลา 6 ชั่วโมง พบว่า อัตราการย่อยโปรตีนที่สกัดได้โดยใช้สารละลายกรดมีค่าสูงสุด (ร้อยละ 45.48) ภายใน 2 ชั่วโมง และสูงกว่าอัตราการย่อยของโปรตีนสกัดที่ใช้น้ำร้อนประมาณ 2 เท่า การประเมินสมบัติต้านออกซิเดชันของโปรตีนไฮโดรไลเสททั้งสองชนิดด้วยค่าความสามารถต้านอนุมูลอิสระ DPPH และ ABTS ความสามารถรีดิวส์ ความสามารถจับอิออนของโลหะ และความสามารถจับแคลเซียม พบว่า โปรตีนไฮโดรไลเสทที่เตรียมจากโปรตีนสกัดด้วยน้ำร้อนมีค่าความสามารถต่าง ๆ สูงกว่าค่าความสามารถดังกล่าว ของโปรตีนไฮโดรไลเสทที่ตรียมจากโปรตีนสกัดด้วยสารละลายกรดอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P<0.05$) การประเมินผลของโปรตีนสกัดและโปรตีนไฮโดรไลเสทที่ได้จากการย่อยเป็นเวลา 1 และ 6 ชั่วโมง ต่อเซลล์สร้างกระดูก MC3T3-E1 พบว่า โปรตีนไฮโดรไลเสทที่ได้จากการย่อยโปรตีนสกัดที่เตรียมจากกระดูกปลานิลโดยใช้น้ำร้อนเป็นเวลา 6 ชั่วโมง สามารถเพิ่มจำนวนเซลล์สร้างกระดูกได้ในขณะที่โปรตีนที่สกัดได้โดยใช้สารละลายกรดร้อนและโปรตีนไฮโดรไลเสทที่ได้จากโปรตีนที่สกัดด้วยน้ำร้อน และย่อยเป็นเวลา 1 ชั่วโมง สามารถกระตุ้นกิจกรรมเอนไซม์อัลคาไลน์ฟอสฟาเตส และเพิ่มการสะสมแคลเซียมของเซลล์สร้างกระดูกได้ดีที่สุด เมื่อแยกโปรตีนสกัดและโปรตีนไฮโดรไลเสทดังกล่าวด้วยเทคนิคอัลตร้าฟิลเตรชั่นที่มีขนาดรูพรุนเท่ากับ 1 และ 5 กิโลดาลตัน พบว่า เปปไทด์ที่แยกได้มีความสามารถจับแคลเซียม ความสามารถจับอิออนของโลหะ และความสามารถรีดิวซ์ สูงกว่าตัวอย่างเริ่มต้นที่ไม่ผ่านการแยก ในขณะที่ความสามารถต้านอนุมูลอิสระ DPPH และ ABTS ของตัวอย่างเริ่มต้นสูงกว่าเปปไทด์ที่แยกได้ ในขณะที่เปปไทด์ที่แยกได้

จากโปรตีนไฮโดรไลเสทของโปรตีนสกัดจากกระดูกปลานิลด้วยน้ำร้อนมีความสามารถต้านออกซิเดชันได้ดีกว่าเปปไทด์ที่แยกจากโปรตีนสกัดด้วยสารละลายกรดร้อน โดยเฉพาะเปปไทด์ที่มีน้ำหนักโมเลกุลต่ำกว่า 1 กิโลดาลตัน ในขณะที่เปปไทด์ที่มีน้ำหนักโมเลกุลสูงกว่า 5 กิโลดาลตัน จากตัวอย่างทั้งสอง มีความสามารถรีดิวซ์สูงกว่าตัวอย่างที่ยังไม่ผ่านการแยก

พีริยา ไรเกษ และคณะ (2554) ได้ศึกษาการนำเศษเหลือจำพวกเครื่องในจากปลาทับทิมมาผลิตเป็นโปรตีนไฮโดรไลเซท เป็นการเพิ่มมูลค่าเศษเหลือใช้ให้เกิดประโยชน์ องค์ประกอบทางเคมีของเครื่องในปลาทับทิมประกอบไปด้วย โปรตีนร้อยละ 14.92 ไขมันร้อยละ 5.98 ความชื้นร้อยละ 76.73 เถ้าร้อยละ 1.61 และค่าความเป็นกรดด่างเท่ากับ 6.3 การศึกษาสภาวะที่เหมาะสมในการสกัดโปรตีนไฮโดรไลเซทจากเครื่องในปลาทับทิม โดยการย่อยด้วยเอนไซม์ปาเปน พบว่า การใช้เอนไซม์ปาเปน ปริมาณร้อยละ 0.75 ต่อวัตถุดิบ (w/w) ที่ค่าความเป็นกรดด่าง 6.3 อุณหภูมิ 25 องศาเซลเซียส และระยะเวลาการย่อย 90 นาที เป็นสภาวะที่ให้ระดับการย่อยสลายสูงสุด คือ ร้อยละ 83.83 ซึ่งให้ผลผลิตโปรตีนไฮโดรไลเซทเหลวร้อยละ 40 นอกจากนี้ โปรตีนไฮโดรไลเซทที่ผลิตได้มีปริมาณโปรตีนร้อยละ 23.13

สุณิสา สุวรรณพันธ์ และคณะ (2561) ได้ศึกษาการผลิตโปรตีนไฮโดรไลเซทจากเศษเหลือปลาดุกด้วยเอนไซม์จากพืช พบว่าปลาดุกลูกผสมหรือปลาดุกบิ๊กอุยนิยมที่นำมาเพาะเลี้ยงเพื่อบริโภคในประเทศไทย ซึ่งในระหว่างกระบวนการแปรรูปปลาทำให้เกิดเศษเหลือส่วนหัวและหนังเป็นจำนวนมาก (24 เปอร์เซ็นต์) เพื่อเป็นการเพิ่มมูลค่าให้กับเศษเหลือดังกล่าว งานวิจัยนี้จึงทำการผลิตโปรตีนไฮโดรไลเซทจากเศษเหลือส่วนหัวและหนังของปลาดุกบิ๊กอุย โดยการย่อยด้วยเอนไซม์ปาเปน (P) และโบรมิเลน (B) ในอัตราส่วน P30:B70, P50:B50 และ P70:B30 พบว่า P30:B70 มีระดับการย่อยสลายสูงสุด (63.32 เปอร์เซ็นต์) รองลงมา คือ P70:B30 (63.20 เปอร์เซ็นต์) และ P50:B50 (52.10 เปอร์เซ็นต์) เมื่อวิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมีของผงโปรตีนไฮโดรไลเซท พบว่าปริมาณโปรตีนของ P70:B30 (80.40 เปอร์เซ็นต์) และ P30:B70 (80.12 เปอร์เซ็นต์) สูงกว่า P50:B50 (70.46 เปอร์เซ็นต์) อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ในทางกลับกันปริมาณไขมันของ P50:B50 (11.27 เปอร์เซ็นต์) สูงกว่า P30:B70 (3.28 เปอร์เซ็นต์) และ P70:B30 (1.65 เปอร์เซ็นต์) อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ผงโปรตีน P30:B70 มีสีเหลือง ขณะที่ P50:B50 และ P70:B30 มีสีน้ำตาลเข้ม นอกจากนี้ P70:B30 มีความสามารถในการละลายน้ำได้ดีที่สุด รองลงมาคือ P30:B70 และ P50:B50 ขณะที่สมบัติการอุ้มน้ำของ P30:B70, P50:B50 และP70:B30 ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ แต่ความสามารถในการอุ้มน้ำมันของ P30:B70 สูงกว่า P50:B50 และ P70:B30 อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ P70:B30 สามารถเกิดอิมัลชันและมีความคงตัวของอิมัลชันดีที่สุด โปรตีนไฮโดรไลเซททั้งสามอัตราส่วนไม่มีความสามารถในการเกิดโฟม จากการศึกษาสมบัติการต้านอนุมูลอิสระของโปรตีนไฮโดรไลเซท พบว่า P50:B50 (36.93 เปอร์เซ็นต์) และ P70:B30

(35.63 เปอร์เซ็นต์) มีความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระมากกว่า P30:B70 (28.02 เปอร์เซ็นต์) อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ นอกจากนี้ยังมีการศึกษาสมบัติการยับยั้งการเจริญของแบคทีเรียของโปรตีนไฮโดรไลเซท พบว่า P30:B70, P50:B50 และ P70:B30 ไม่มีฤทธิ์ในการยับยั้งจุลินทรีย์ทั้งแบคทีเรียแกรมบวกและแกรมลบ แต่อย่างไรก็ตาม ผงโปรตีนไฮโดรไลเซทที่ผลิตขึ้นมีโปรตีนความเข้มข้นสูงและสมบัติการละลายน้ำที่ดี จึงอาจนำไปใช้เป็นสารเสริมโปรตีนต่อไป

บทที่ 3
วิธีการดำเนินการวิจัย

3.1 อุปกรณ์

3.1.1 การศึกษาประสิทธิภาพการย่อยวัตถุดิบของเอนไซม์โบรมีเลนและเอนไซม์ปาเปน

3.1.1.1 เปลือกกุ้ง

3.1.1.2 กระดูกปลา

3.1.1.3 หม้อนึ่ง

3.1.1.4 ถาดอลูมิเนียม

3.1.1.5 ถุงมือยาง

3.1.1.6 ตู้อบลมร้อน (Hot air oven)

3.1.1.7 ครกและสาก

3.1.1.8 เอนไซม์บรอมิเลนสกัด

3.1.1.9 เอนไซม์ปาเปนสกัด

3.1.2 การศึกษาการพัฒนาสูตรอาหารปลาดุกลูกผสมจากวัตถุดิบที่ผ่านการย่อยด้วยเอนไซม์ต่อการเจริญเติบโตของปลา และต้นทุนค่าอาหาร

3.1.2.1 ปลาป่น

3.1.2.2 กากถั่วเหลือง

3.1.2.3 รำละเอียด

3.1.2.4 ปลายข้าว

3.1.2.5 เปลือกกุ้งป่น (ที่ผ่านการย่อยด้วยเอนไซม์แล้ว)

3.1.2.6 กระดูกปลาป่น (ที่ผ่านการย่อยด้วยเอนไซม์แล้ว)

3.1.2.7 วิตามินพรีมิกซ์

3.1.2.8 ถังพลาสติก PE ขนาด 700 ลิตร

3.1.2.9 ลูกพันธุ์ปลาดุกลูกผสม จากฟาร์มจำหน่ายลูกพันธุ์สัตว์น้ำเอกชน

3.1.2.10 อาหารอนุบาลลูกพันธุ์ปลา

3.1.2.11 หัวทราย ท่อลม อุปกรณ์ให้อากาศ

3.1.2.12 เครื่องชั่งทศนิยม 2 ตำแหน่ง

3.2 การดำเนินการวิจัย

โครงการวิจัยนี้ แบ่งออกเป็น 2 การทดลองย่อย ๆ คือ

3.2.1 การศึกษาประสิทธิภาพการย่อยวัตถุดิบของเอนไซม์โบรมีเลนและเอนไซม์ปาเปน โดยนำวัตถุดิบทั้ง 2 ชนิด คือ เปลือกกุ้ง และกระดูกปลาที่เป็นเศษเหลือทิ้งจากครัวเรือน หรือร้านอาหาร มาต้มหรือนึ่งในน้ำเดือด นาน 20 นาที นำไปบดให้ละเอียด หลังจากนั้นนำมาผสมกับน้ำในสัดส่วน 1:1 (วัตถุดิบต่อน้ำ) เติมเอนไซม์โบรมีเลนสกัดร้อยละ 1.5 แช่ทิ้งไว้เป็นเวลา 60 นาที ที่อุณหภูมิห้อง จากนั้นหยุดปฏิกิริยาของเอนไซม์โดยให้ความร้อนที่อุณหภูมิ 85 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 15 นาที นำสารละลายที่ได้มากรอง นำส่วนสารละลายโปรตีนไฮโดรไลเซทที่ได้ไปวิเคราะห์ค่าองค์ประกอบทางเคมีบางประการ ได้แก่ โปรตีน (ในรูปแบบปริมาณไนโตรเจนทั้งหมด) ไขมัน แคลเซียม และฟอสฟอรัส โดยวิธี In-house methods ที่เอนไซม์ทั้ง 2 ชนิด สามารถย่อยเปลือกกุ้งป่นและกระดูกปลาป่นออกมาได้ เมื่อได้ค่าองค์ประกอบทางเคมีบางประการข้างต้นแล้ว นำไปคำนวณสร้างสูตรอาหารปลาดุกลูกผสมแบบลดต้นทุน ทำเช่นเดียวกันนี้ แต่เปลี่ยนจากเติมเอนไซม์โบรมีเลน เป็นเอนไซม์ปาเปน

3.2.2 การศึกษาการพัฒนาสูตรอาหารปลาดุกลูกผสมจากวัตถุดิบที่ผ่านการย่อยด้วยเอนไซม์ต่อการเจริญเติบโตของปลา และต้นทุนค่าอาหาร โดยนำโปรตีนไฮโดรไลเซทจากการทดลองย่อยที่ 1 มาเป็นวัตถุดิบเสริมในสูตรอาหารสำหรับเลี้ยงปลาดุกลูกผสม โดยนำมาสร้างสูตรอาหารปลาดุกที่มีโปรตีนรวม 30 เปอร์เซ็นต์ มีการใช้โปรตีนไฮโดรไลเซทจากเปลือกกุ้งป่นที่ผ่านการย่อยด้วยเอนไซม์โบรมีเลน, กระดูกปลาป่นที่ผ่านการย่อยด้วยเอนไซม์โบรมีเลน, เปลือกกุ้งป่นที่ผ่านการย่อยด้วยเอนไซม์ปาเปน และกระดูกปลาป่นที่ผ่านการย่อยด้วยเอนไซม์ปาเปน ในระดับปริมาณ 5 เปอร์เซ็นต์ของโปรตีนรวมในสูตรอาหาร โดยมีการวางแผนการทดลองแบบสุ่มสมบูรณ์ (CRD) จำนวน 3 ซ้ำ ทำการทดลองเลี้ยงปลาดุกลูกผสมด้วยอาหารทดลองทั้ง 4 สูตร โดยให้อาหารปลาดุกในปริมาณ 5 เปอร์เซ็นต์ของน้ำหนักตัวต่อวัน แบ่งให้วันละ 3 มื้อ ทำการสุ่มชั่งน้ำหนักเพื่อปรับปริมาณอาหารและเก็บข้อมูลการเจริญเติบโต ได้แก่ น้ำหนักสุดท้าย น้ำหนักเฉลี่ยที่เพิ่มขึ้น อัตราการเจริญเติบโตต่อวัน อัตราการกินอาหาร อัตราแลกเนื้อ และอัตรารอด ทุก 2 สัปดาห์ เป็นเวลา 2 เดือน นำข้อมูลทั้งหมดมาวิเคราะห์ความแปรปรวน (Analysis of variance) และเปรียบเทียบความแตกต่างของค่าเฉลี่ย โดยใช้วิธี Duncan’s New Multiple Range Test ทดสอบที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์ โดยใช้โปรแกรมวิเคราะห์ผลทางสถิติสำเร็จรูป

3.3 ระเบียบวิธีวิจัย

การวิจัยนี้มีการวางแผนการทดลองแบบสุ่มสมบูรณ์ (Completely Randomized Design: CRD) ประกอบด้วย 4 ชุดทดลอง ชุดการทดลองละ 3 ซ้ำ ได้แก่

ชุดการทดลองที่ 1 อาหารเสริมเปลือกกุ้งป่นที่ย่อยด้วยเอนไซม์โบรมีเลน (SMB)

ชุดการทดลองที่ 2 อาหารเสริมกระดูกปลาป่นที่ย่อยด้วยเอนไซม์โบรมีเลน (BMB)

ชุดการทดลองที่ 3 อาหารเสริมเปลือกกุ้งป่นที่ย่อยด้วยเอนไซม์ปาเปน (SMP)

ชุดการทดลองที่ 4 อาหารเสริมกระดูกปลาป่นที่ย่อยด้วยเอนไซม์ปาเปน (BMP)

3.4 สูตรอาหารทดลอง

สูตรอาหารทดลองที่มีการเสริมเปลือกกุ้งป่นและกระดูกปลาป่น ที่ผ่านการย่อยด้วยเอนไซม์โบรมีเลนและเอนไซม์ปาเปน เป็นโปรตีนไฮโดรไลเซท ใช้เสริมในอาหารปลาดุกลูกผสม โดยปริมาณที่เสริมลงในอาหาร คิดคำนวณตามปริมาณไนโตรเจนทั้งหมด ที่สะท้อนถึงค่าปริมาณโปรตีน ในระดับปริมาณ 5 เปอร์เซ็นต์ของโปรตีนรวมในสูตรอาหาร โดยสูตรอาหารสำหรับเลี้ยงปลาดุกลูกผสมนี้ มีโปรตีนรวมเท่ากับ 30 เปอร์เซ็นต์โปรตีน ประกอบด้วยวัตถุดิบดังแสดงในตารางที่ 3.1

ตารางที่ 3-1 วัตถุดิบอาหารในแต่ละสูตรอาหารทดลองที่มีโปรตีน 30 เปอร์เซ็นต์

วัตถุดิบอาหารสัตว์/กิโลกรัม	เปลือกกุ้งป่นที่ย่อยด้วยโบรมีเลน	กระดูกปลาป่นที่ย่อยด้วยโบรมีเลน	เปลือกกุ้งป่นที่ย่อยด้วยปาเปน	กระดูกปลาป่นที่ย่อยด้วยปาเปน
กากถั่วเหลือง44%	33.50	33.50	33.50	33.50
ปลาป่น60%	15.00	15.00	15.00	15.00
รำละเอียด	26.00	26.00	26.00	26.00
ปลายข้าว	22.00	22.00	22.00	22.00
น้ำมันพืช	3.50	3.50	3.50	3.50
โปรตีนไฮโดรไลเซท	0.48 L	1.50 L	0.56 L	1.50 L
รวม	100.00	100.00	100.00	100.00

3.5 การเก็บผลข้อมูล

ทำการเก็บข้อมูลการเจริญเติบโตทุก 2 สัปดาห์ เป็นเวลา 2 เดือน ได้แก่ ค่าน้ำหนักสุดท้าย ค่าน้ำหนักเฉลี่ยที่เพิ่มขึ้น ค่าน้ำหนักที่เพิ่มขึ้นเฉลี่ยต่อวัน ค่าอัตราการกินอาหาร ค่าอัตราแลกเนื้อ และค่าอัตรารอด โดยมีการคำนวณ ดังนี้

3.5.1 น้ำหนักเพิ่มขึ้นเฉลี่ย (weight gain: กรัมต่อตัว)

= น้ำหนักสุดท้าย – น้ำหนักเริ่มต้น

3.5.2 น้ำหนักเพิ่มขึ้นเฉลี่ยต่อวัน (กรัมต่อตัวต่อวัน)

$$= \frac{\text{น้ำหนักปลาเมื่อสิ้นสุดการทดลอง – น้ำหนักปลาเมื่อเริ่มต้นการทดลอง}}{\text{ระยะเวลาในการทดลอง}}$$

3.5.3 ปริมาณอาหารที่กิน (กรัมต่อตัวต่อวัน) Feed Intake, FI

$$= \frac{\text{ปริมาณอาหารที่กินทั้งหมด}}{\text{ระยะเวลาที่เลี้ยง}}$$

3.5.4 อัตราแลกเนื้อ (Feed Conversion Ratio: FCR)

$$= \frac{\text{น้ำหนักอาหารที่ให้}}{\text{น้ำหนักที่เพิ่มขึ้น}}$$

3.5.5 อัตราการรอดตาย Survival (เปอร์เซ็นต์)

$$= \frac{\text{จำนวนปลาสุดท้าย x 100}}{\text{จำนวนปลาเริ่มต้น}}$$

ที่มา : (วิมล จันทรโรทัย และคณะ, 2535)

3.6 การวิเคราะห์ผลข้อมูล

นำข้อมูลทั้งหมดมาวิเคราะห์ความแปรปรวน (Analysis of variance) และเปรียบเทียบความแตกต่างของค่าเฉลี่ย โดยใช้วิธี Duncan's New Multiple Range Test ทดสอบที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์ โดยใช้โปรแกรมวิเคราะห์ผลทางสถิติสำเร็จรูป

3.7 สถานที่ทำการวิจัย

โรงเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำ อาคารปฏิบัติการเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำ และอาคารปฏิบัติการทางการเกษตร คณะเทคโนโลยีการเกษตรและเทคโนโลยีอุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยราชภัฏเพชรบูรณ์

บทที่ 4
ผลการวิจัย

4.1 ผลของการศึกษาประสิทธิภาพการย่อยวัตถุดิบของเอนไซม์โบรมีเลนและเอนไซม์ปาเปน

จากการศึกษาองค์ประกอบทางเคมีบางประการของโปรตีนไฮโดรไลเซทจากเปลือกกุ้งป่นและกระดูกปลาป่นที่ผ่านการย่อยด้วยเอนไซม์โบรมีเลนและเอนไซม์ปาเปน โดยการเก็บรวบรวมเปลือกกุ้งและกระดูกปลาที่เป็นเศษเหลือทิ้งมาจากครัวเรือนหรือร้านอาหาร นำมาบดป่นให้ละเอียดแช่ในเอนไซม์โบรมีเลนสกัดและเอนไซม์ปาเปนสกัดเป็นเวลา 60 นาที หลังจากนั้นกรองเอาเศษเปลือกกุ้งป่นและกระดูกปลาป่นออก จะได้น้ำโปรตีนไฮโดรไลเซท นำไปวิเคราะห์ค่าองค์ประกอบทางเคมีบางประการ ได้แก่ โปรตีน (ในรูปปริมาณไนโตรเจนทั้งหมด) ไขมัน แคลเซียม และฟอสฟอรัส โดยวิธี In-house methods ได้ผลการวิจัยดังแสดงค่าในตารางที่ 4-1

ตารางที่ 4-1 องค์ประกอบทางเคมีบางประการในเปลือกกุ้งป่นและกระดูกปลาป่น

สูตรอาหารทดลอง	ปริมาณไนโตรเจนทั้งหมด (%)	ไขมัน (%)	แคลเซียม mg/100g	ฟอสฟอรัส mg/100g
เปลือกกุ้งป่นย่อยด้วยเอนไซม์โบรมีเลน (SMB)	0.31	0.22	33.38	11.40
กระดูกปลาป่นย่อยด้วยเอนไซม์โบรมีเลน (BMB)	0.10	0.11	21.76	5.28
เปลือกกุ้งป่นย่อยด้วยเอนไซม์ปาเปน (SMP)	0.27	0.09	36.70	7.84
กระดูกปลาป่นย่อยด้วยเอนไซม์ปาเปน (BMP)	0.10	0.07	16.44	2.32

จากผลในตารางที่ 4-1 จะเห็นได้ว่าประสิทธิภาพการย่อยเปลือกกุ้งป่นและกระดูกปลาป่นของเอนไซม์โบรมีเลนและเอนไซม์ปาเปน เอนไซม์ทั้ง 2 ชนิด มีประสิทธิภาพในการย่อยที่ไม่แตกต่างกัน ซึ่งสามารถย่อยได้ทั้งเปลือกกุ้งป่นและกระดูกปลาป่น โดยที่ในเปลือกกุ้งป่นมีปริมาณไนโตรเจนทั้งหมดที่สะท้อนถึงปริมาณโปรตีน ปริมาณไขมัน ปริมาณแคลเซียม และปริมาณฟอสฟอรัส สูงกว่าในกระดูกปลาป่น

4.2 ผลของการศึกษาการพัฒนาสูตรอาหารปลาดุกลูกผสมจากวัตถุดิบที่ผ่านการย่อยด้วยเอนไซม์ต่อการเจริญเติบโตของปลา และต้นทุนค่าอาหาร

การศึกษาการพัฒนาสูตรอาหารปลาดุกลูกผสมจากเปลือกกุ้งป่นและกระดูกปลาป่นที่ผ่านการย่อยด้วยเอนไซม์โบรมีเลนและเอนไซม์ปาเปนต่อการเจริญเติบโตของปลา และต้นทุนค่าอาหาร โดยการนำโปรตีนไฮโดรไลเซทที่ได้จากการย่อยเปลือกกุ้งป่นและกระดูกปลาป่นด้วยเอนไซม์โบรมีเลนและเอนไซม์ปาเปน มาเป็นวัตถุดิบเสริมในสูตรอาหารเพื่อช่วยลดต้นทุน ลดปริมาณเศษเหลือทิ้งในธรรมชาติ เมื่อนำไปทดลองเลี้ยงปลาดุกลูกผสมเป็นเวลา 2 เดือน ได้ผลการเจริญเติบโตของปลา และต้นทุนค่าอาหารปลา ดังแสดงค่าในตารางที่ 4-2 และ 4-4

ตารางที่ 4-2 ประสิทธิภาพการเจริญเติบโตของปลาดุกลูกผสม

พารามิเตอร์	ชุดการทดลอง				
	SMB	**BMB**	**SMP**	**BMP**	**p-value**
น้ำหนักเริ่มต้น (กรัมต่อตัว)	7.18 ± 0.10	7.19 ± 0.07	7.20 ± 0.07	7.18 ± 0.10	0.990
น้ำหนักสุดท้าย (กรัมต่อตัว)	12.23 ± 2.06^{b}	16.50 ± 1.41^{a}	14.45 ± 0.47^{ab}	13.37 ± 2.03^{ab}	0.060
น้ำหนักที่เพิ่มขึ้น (กรัมต่อตัว)	5.06 ± 2.05^{b}	9.31 ± 1.47^{a}	7.26 ± 0.40^{ab}	6.19 ± 2.12^{ab}	0.066
น้ำหนักที่เพิ่มขึ้นต่อวัน (กรัมต่อตัวต่อวัน)	0.09 ± 0.04^{b}	0.17 ± 0.03^{a}	0.13 ± 0.01^{ab}	0.11 ± 0.04^{ab}	0.064

หมายเหตุ : ค่าที่แสดงเป็นค่าเฉลี่ย ± ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน ที่ตามด้วยตัวอักษรที่ต่างกันในแนวนอนมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P \leq 0.05$)

จากตารางที่ 4-2 จะเห็นได้ว่า ผลของการเสริมโปรตีนไฮโดรไลเซทจากเศษเหลือทิ้งอย่างเปลือกกุ้งและกระดูกปลาที่ผ่านการย่อยด้วยเอนไซม์โบรมีเลนและเอนไซม์ปาเปนในอาหารปลาดุกลูกผสม เพื่อศึกษาการเจริญเติบโตของปลา พบว่า ค่าน้ำหนักเริ่มต้นเท่ากับ 7.18 ± 0.10, 7.19 ± 0.07, 7.20 ± 0.07 และ 7.18 ± 0.10 กรัมต่อตัว ค่าน้ำหนักสุดท้ายเท่ากับ 12.23 ± 2.06, 16.50 ± 1.41, 14.45 ± 0.47 และ 13.37 ± 2.03 กรัมต่อตัว ค่าน้ำหนักที่เพิ่มขึ้นเท่ากับ 5.06 ± 2.05, 9.31 ± 1.47, 7.26 ± 0.40 และ 6.19 ± 2.12 กรัมต่อตัว ค่าน้ำหนักที่เพิ่มขึ้นต่อวันเท่ากับ 0.09 ± 0.04, 0.17 ± 0.03, 0.13 ± 0.01 และ 0.11 ± 0.04 กรัมต่อตัวต่อวัน ตามลำดับชุดการทดลอง ในแต่ละชุดการทดลองมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P \leq 0.05$) โดยปลาดุกลูกผสมที่ได้รับอาหารเสริม

กระดูกปลาป่นที่ผ่านการย่อยด้วยเอนไซม์โบรมีเลน (BMB) มีค่าน้ำหนักสุดท้าย ค่าน้ำหนักที่เพิ่มขึ้น และค่าน้ำหนักที่เพิ่มขึ้นต่อวันสูงกว่าปลาดุกลูกผสมที่ได้รับอาหารเสริมเปลือกกุ้งป่นที่ผ่านการย่อยด้วยเอนไซม์โบรมีเลน (SMB) แต่ไม่แตกต่าง ($P > 0.05$) กับปลาดุกลูกผสมที่ได้รับอาหารเสริมเปลือกกุ้งป่นที่ผ่านการย่อยด้วยเอนไซม์ปาเปน (SMP) และปลาดุกลูกผสมที่ได้รับอาหารเสริมเกระดูกปลาป่นที่ผ่านการย่อยด้วยเอนไซม์ปาเปน (BMP)

ตารางที่ 4-3 ประสิทธิภาพการใช้ประโยชน์ และอัตราการรอดตายของปลาดุกลูกผสม

พารามิเตอร์	**ชุดการทดลอง**				
	SMB	**BMB**	**SMP**	**BMP**	**p-value**
ปริมาณอาหารที่กิน (กรัมต่อตัวต่อวัน) ^{ns}	0.40 ± 0.01	0.45 ± 0.02	0.44 ± 0.05	0.42 ± 0.06	0.461
อัตราการเปลี่ยนอาหารเป็นเนื้อ ^{ns}	5.04 ± 2.44	2.74 ± 0.40	3.37 ± 0.24	4.05 ± 1.05	0.263
อัตราการรอดตาย (เปอร์เซ็นต์) ^{ns}	74.44 ± 5.39	83.33 ± 0.00	84.44 ± 5.09	83.33 ± 8.82	0.545

หมายเหตุ ns หมายถึง คุณลักษณะปรากฏที่มีค่าเฉลี่ยไม่แตกต่างกันในแนวนอน อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P > 0.05$)

พบว่า ค่าปริมาณอาหารที่กินเท่ากับ 0.40 ± 0.01, 0.45 ± 0.02, 0.44 ± 0.05 และ 0.42 ± 0.06 กรัมต่อตัวต่อวัน อัตราการเปลี่ยนอาหารเป็นเนื้อเท่ากับ 5.04 ± 2.44, 2.74 ± 0.40, 3.37 ± 0.24 และ 4.05 ± 1.05 และค่าอัตราการรอดตายของปลาดุกลูกผสมเท่ากับ 74.44 ± 5.39, 83.33 ± 0.00, 84.44 ± 5.09 และ 83.33 ± 8.82 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับชุดการทดลอง ในแต่ละชุดการทดลองไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P > 0.05$)

ตารางที่ 4-4 ต้นทุนการผลิตอาหาร

วัตถุดิบ (ราคา/บาท/กิโลกรัม)	**ราคาวัตถุดิบ**			
	SMB	**BMB**	**SMP**	**BMP**
ปลายข้าว	2.64	2.64	2.64	2.64
รำละเอียด	3.9	3.9	3.9	3.9
ปลาป่น 60%	7.2	7.2	7.2	7.2
กากถั่วเหลือง 44%	7.37	7.37	7.37	7.37
น้ำมันพืช	1.75	1.75	1.75	1.75
โปรตีนไฮโดรไลเซท (ต้นทุนค่าเอนไซม์สกัด)	2.37	2.37	1.38	1.38
รวม	25.23	25.23	24.24	24.24
รวมราคา บาท/ 1 กิโลกรัม	25.23 บาท	25.23 บาท	24.24 บาท	24.24 บาท

จากการศึกษาต้นทุนค่าอาหารปลาดุกลูกผสมเสริมโปรตีนไฮโดรไลเซทที่ได้จากการนำเปลือกกุ้งและกระดูกปลา ซึ่งเป็นเศษเหลือทิ้งจากครัวเรือนหรือร้านอาหาร มาผ่านการย่อยด้วยเอนไซม์โบรมีเลนและเอนไซม์ปาเปนสกัด พบว่า ต้นทุนอาหารทั้ง 4 สูตร เท่ากับ 25.23, 25.23, 24.24 และ 24.24 บาทต่อกิโลกรัม ตามลำดับชุดการทดลอง ซึ่งต้นทุนการผลิตอาหารเอง ขึ้นอยู่กับสถานการณ์ราคาของวัตถุดิบหลักในสูตรอาหาร การเลือกใช้วัตถุดิบท้องถิ่น เศษเหลือจากการแปรรูปทางภาคการเกษตรและอุตสาหกรรม หรือเศษเหลือทิ้งในธรรมชาติมาเสริมในสูตรอาหารสัตว์น้ำ จะช่วยลดต้นทุนการผลิตอาหารได้ อีกประการหนึ่งคือการใช้เอนไซม์สกัดเพื่อย่อยโมเลกุลของวัตถุดิบให้มีขนาดเล็กลง มีการดูดซึมและการนำสารอาหารไปใช้ประโยชน์ได้ดีขึ้นนั้น เอนไซม์สกัดที่ดี มีคุณภาพสูง มักมีราคาแพง อาจจะเป็นส่วนเพิ่มต้นทุนค่าอาหารได้ หากต้องการลดต้นทุนให้ต้นทุนต่ำลงอีก อาจจะเลือกใช้เอนไซม์จากส่วนประกอบต่าง ๆ ของพืช เช่น แกนสับปะรด หรือเปลือกของผลมะละกอดิบ เป็นต้น ซึ่งการลดต้นทุนด้านอาหารลงได้ ถือว่าเป็นการลดต้นทุนในกระบวนการผลิตสัตว์น้ำได้อย่างมาก เนื่องจากต้นทุนค่าอาหารถือเป็นต้นทุนหลักในการผลิตคิดเป็น 70-80 เปอร์เซ็นต์ ของต้นทุนการผลิตรวมทั้งหมด ซึ่งการเสริมเปลือกกุ้งป่นและกระดูกปลาป่นที่ผ่านการย่อยด้วยเอนไซม์โบรมีเลนและเอนไซม์ปาเปนในอาหารปลาดุกลูกผสม ทำให้ได้ต้นทุนที่ต่ำกว่าอาหารสำเร็จรูปที่มีขายโดยทั่วไปตามท้องตลาดที่มีราคาขายอยู่ระหว่าง 28 - 30 บาทต่อกิโลกรัม

บทที่ 5
วิจารณ์ผล สรุปผล และข้อเสนอแนะ

5.1 วิจารณ์ผลการวิจัย

5.1.1 ผลของการศึกษาประสิทธิภาพการย่อยวัตถุดิบของเอนไซม์โบรมีเลนและเอนไซม์ปาเปน

พบว่า เปลือกกุ้งป่นและกระดูกปลาป่นที่ผ่านการย่อยด้วยเอนไซม์โบรมีเลนและเอนไซม์ปาเปน มีปริมาณของโภชนะละลายตัวอยู่ในน้ำโปรตีนไฮโดรไลเซท โดยมีค่าปริมาณไนโตรเจนทั้งหมดเท่ากับ 0.31, 0.10, 0.27 และ 0.10 เปอร์เซ็นต์ ค่าปริมาณไขมันเท่ากับ 0.22, 0.11, 0.09 และ 0.07 เปอร์เซ็นต์ ส่วนปริมาณแคลเซียมเท่ากับ 33.38, 21.76, 36.70 และ 16.44 mg/100g และค่าปริมาณฟอสฟอรัสเท่ากับ 11.40, 5.28, 7.84 และ 2.32 mg/100g ตามลำดับชุดการทดลอง จะเห็นได้ว่าเอนไซม์ทั้ง 2 ชนิด มีความสามารถในการย่อยโมเลกุลของโภชนะในเปลือกกุ้งป่นและกระดูกปลาป่นได้ ซึ่งประสิทธิภาพการย่อยวัตถุดิบของเอนไซม์โบรมีเลนและเอนไซม์ปาเปนนั้น มีประสิทธิภาพในการย่อยที่ไม่แตกต่างกัน ซึ่งสามารถย่อยได้ทั้งเปลือกกุ้งป่นและกระดูกปลาป่น โดยที่ในเปลือกกุ้งป่นมีปริมาณไนโตรเจนทั้งหมดที่สะท้อนถึงปริมาณโปรตีน ปริมาณไขมัน ปริมาณแคลเซียม และปริมาณฟอสฟอรัส สูงกว่าในกระดูกปลาป่น สามารถใช้เอนไซม์ทั้ง 2 ชนิดนี้ช่วยย่อยวัตถุดิบให้มีขนาดโมเลกุลเล็กลง และปลดปล่อยโภชนะให้ร่างกายของสัตว์น้ำสามารถย่อยและดูดซึมนำไปใช้ประโยชน์ได้ เช่นเดียวกับ สุภาวดี จอดนาค (2556) ที่ได้ศึกษา กิจกรรมทางชีวภาพของโปรตีนไฮโดรไลเสทจากกระดูกปลานิลและผลต่อเซลล์สร้างกระดูก พบว่าองค์ประกอบหลักของกระดูกปลานิล คือ เถ้าและโปรตีน ในปริมาณร้อยละ 60.82 และ 24.43 ของน้ำหนักแห้ง ตามลำดับ

5.1.2 ผลของการศึกษาการพัฒนาสูตรอาหารปลาดุกลูกผสมจากวัตถุดิบที่ผ่านการย่อยด้วยเอนไซม์ต่อการเจริญเติบโตของปลา และต้นทุนค่าอาหาร

พบว่า จากผลการทดลองในตารางที่ 4-2 – 4-4 จะเห็นได้ การเสริมเปลือกกุ้งป่นและกระดูกปลาป่นในอาหารปลาดุกลูกผสม ต่อการเจริญเติบโต ประกอบด้วยชุดการทดลอง 4 ชุดการทดลอง ได้แก่ อาหารเสริมเปลือกกุ้งป่นที่ย่อยด้วยเอนไซม์โบรมิเลน (SMB) อาหารเสริมกระดูกปลาป่นที่ย่อยด้วยเอนไซม์โบรมีเลน (BMB) อาหารเสริมเปลือกกุ้งป่นที่ย่อยด้วยเอนไซม์ปาเปน (SMP) และอาหารเสริมกระดูกปลาป่นที่ย่อยด้วยเอนไซม์ปาเปน (BMP) ทำการทดลองเป็นระยะเวลา 2 เดือน เมื่อสิ้นสุดการทดลอง พบว่า ปลาดุกลูกผสมที่ได้รับอาหารเสริมกระดูกปลาป่นที่ย่อยด้วยเอนไซม์

โบรมีเลน (BMB) มีค่าน้ำหนักสุดท้าย น้ำหนักที่เพิ่มขึ้นเฉลี่ย และน้ำหนักที่เพิ่มขึ้นเฉลี่ยต่อวัน ไม่แตกต่างกัน ($P > 0.05$) กับปลาดุกลูกผสมที่ได้รับอาหารเสริมเปลือกกุ้งป่นที่ย่อยด้วยเอนไซม์ปาเปน (SMP) และปลาดุกลูกผสมที่ได้รับอาหารเสริมกระดูกปลาป่นที่ย่อยด้วยเอนไซม์ปาเปน (BMP) แต่มีค่าแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P \leq 0.05$) กับปลาดุกลูกผสมที่ได้รับอาหารเสริมเปลือกกุ้งป่นที่ย่อยด้วยเอนไซม์โบรมิเลน (SMB) เนื่องจากเอนไซม์โบรมิเลน (Bromelain) สามารถเร่งปฏิกิริยาการย่อยสลายโปรตีนได้ ในปัจจุบันความต้องการเอนไซม์โบรมิเลนเพิ่มสูงขึ้น และมีการใช้อย่างแพร่หลายในอุตสาหกรรมต่าง ๆ เช่น อุตสาหกรรมอาหารใช้เอนไซม์โบรมิเลนทำให้เนื้อนุ่ม ใช้ในการผลิตเบียร์ และยังช่วยในการเร่งกระบวนการหมักน้ำปลาไส้ตัน (กรองกาญจน์ กิ่งแก้ว, 2563) และในส่วนของเปลือกกุ้งป่นจะมีสารไคตินและไคโตซานเป็นองค์ประกอบ ซึ่งเป็นสารที่มีคุณสมบัติ ความสามารถในการละลายได้ไม่ดีนัก จึงเป็นการยากที่จะนำมาใช้ในอาหาร ต้องนำไปผ่านกระบวนการไฮโดรไลต์ไคโตซานด้วยเอนไซม์ที่ทำหน้าที่เป็นตัวเร่งปฏิกิริยาเพื่อให้ได้โอลิโกแซคคาไรด์ของไคโตซานที่มีขนาดโมเลกุลเล็กลง จะช่วยให้ไคโตซานสามารถละลายได้ดีขึ้น (Kim and Rajapakse, 2005) ส่งผลดีต่อการย่อยได้ของสัตว์น้ำ ทั้งนี้ วิธีการไฮโดรไลต์ไคโตซานด้วยเอนไซม์ ถือเป็นการสกัดไคตินและไคโตซานทางชีวภาพ ซึ่งเป็นวิธีที่ใช้เวลาในการสกัดค่อนข้างนาน และมีค่าใช้จ่ายสูงกว่าการสกัดหรือไฮโดรไลต์โปรตีนด้วยกรดหรือด่าง แต่จะให้ไคตินและไคโตซานที่มีน้ำหนักโมเลกุลสูง มีโครงสร้างที่แน่นอน มีความบริสุทธิ์ เป็นมิตรต่อสิ่งแวดล้อม และมีความปลอดภัยเมื่อเปรียบเทียบกับวิธีการสกัดทางเคมี จากงานวิจัยของ Younes et al. (2014) ซึ่งได้ทำการสกัดไคตินจากเปลือกกุ้ง เปลือกปู และแกนหมึก ด้วยเชื้อจุลินทรีย์สายพันธุ์ *Bacillus mojavensis* A21 ในการย่อยโปรตีนที่อัตราส่วนเอนไซม์ต่อสับสเตรทต่าง ๆ 0, 1, 5 และ 10 U/mg ที่ pH 9 อุณหภูมิ 50 °C เป็นเวลา 3 ชั่วโมง พบว่า อัตราส่วนเอนไซม์ต่อสับสเตรทที่ 10 U/mg ให้ร้อยละการสลายโปรตีนของเปลือกกุ้ง เปลือกปูและแกนหมึกเท่ากับ 70, 89 และ 94 ตามลำดับ จากนั้นนำไคตินที่สกัดได้ไปหาลักษณะของไคตินด้วยเทคนิค Fourier-transform infrared spectroscopy (FTIR) พบว่า ไคตินที่สกัดได้จากเปลือกกุ้งและเปลือกปูมีลักษณะเป็น α-chitin ส่วนไคตินที่สกัดได้ จากแกนหมึกมีลักษณะเป็น β-chitin และการศึกษาของ Younes et al. (2012) ที่ได้ศึกษาการเตรียมไคตินและไคโตซานจากเปลือกกุ้งโดยใช้เอนไซม์จากเชื้อจุลินทรีย์ เอนไซม์โบรมิเลน และเอนไซม์อะคาเลสในการกำจัดโปรตีน พบว่าส่วนสกัดหยาบของโปรติเอสจากจุลินทรีย์ต่าง ๆ นำมาใช้ในการสกัดไคตินจากเปลือกกุ้งในสภาวะที่เหมาะสม คือ อัตราส่วนของเอนไซม์ต่อสับสเตรท 7.75 U/mg อุณหภูมิ 60 °C และระยะเวลาบ่ม 6 ชั่วโมง สามารถกำจัดโปรตีนที่ได้ร้อยละ 88 ± 5 จากนั้นนำมาเข้าสู่กระบวนการดึงแร่ธาตุ เพื่อให้ได้ไคตินและเปลี่ยนไปเป็นไคโตซานโดยกระบวนการดึงหมู่อะซิติล และตรวจสอบฤทธิ์ต้านแบคทีเรียของเชื้อแบคทีเรียชนิดต่าง ๆ พบว่าไคโตซานที่ความเข้มข้น 50 mg/ml สามารถยับยั้งการเจริญเติบโต

ของแบคทีเรียแกรมบวกและแกรมลบได้ จะเห็นได้ว่า ต้องใช้ระยะเวลาในการแช่หรือบ่มให้เอนไซม์ทำการไฮโดรไลต์โปรตีนค่อนข้างนาน ซึ่งการทดลองในครั้งนี้ใช้เวลาในการแช่เปลือกกุ้งป่นในเอนไซม์โบรมิเลนเป็นระยะเวลา 2 ชั่วโมง ทำให้ประสิทธิภาพการย่อย การใช้ประโยชน์ได้จากเปลือกกุ้งป่นยังละลายตัวออกมาได้น้อย ส่งผลต่อการเจริญเติบโตที่ไม่ดีเท่าที่ควรของปลาดุกลูกผสม นอกจากนี้กระดูกปลาป่นมีปริมาณโปรตีนค่อนข้างสูง แม้จะมีกรดอะมิโนเมทไธโอนีน ซีสตีน และทริปโตเฟนต่ำ แต่มีปริมาณไลซีนสูง ซึ่งการทำงานของเอนไซม์โบรมิเลนจะมีตำแหน่งจำเพาะในการย่อยแตกต่างจากเอนไซม์ปาเปน โดยเอนไซม์โบรมิเลนจะเข้าย่อยพันธะเพปไทด์ที่ตำาแหน่งกรดอะมิโนไลซีน อะลานีน ไทโรซีน และไกลซีน (Rao et al., 1998) เมื่อกระดูกปลาป่นมีปริมาณของกรดอะมิโนไลซีนสูง จึงส่งผลต่อประสิทธิภาพการทำงานของเอนไซม์โบรมิเลนได้เป็นอย่างดี ทำให้ปลาดุกลูกผสมที่ได้รับอาหารเสริมกระดูกปลาป่นที่ย่อยด้วยเอนไซม์โบรมิเลนมีค่าการเจริญเติบโตที่ดีกว่าปลาดุกลูกผสมที่ได้รับอาหารเสริมเปลือกกุ้งป่นที่ย่อยด้วยเอนไซม์โบรมิเลน ที่ต้องอาศัยระยะเวลาในการย่อยที่นานกว่า และมีปริมาณไลซีนต่ำกว่า ส่วนของต้นทุนค่าอาหารทดลองทั้ง 4 สูตรนั้น มีต้นทุนอยู่ระหว่าง 25 - 26 บาทต่อกิโลกรัม ซึ่งต่ำกว่าราคาอาหารตามท้องตลาดโดยทั่วไป ที่มีราคาอยู่ระหว่าง 28 - 30 บาทต่อกิโลกรัม และยังมีผลการศึกษาที่ขัดแย้งกับงานวิจัยของเอกสิทธิ์ ดิษฐ์แก้วและคณะ (2551) ที่ได้ศึกษาผลของการเสริมเอนไซม์ปาเปนในอาหารต่อสมรรถภาพการผลิตในไก่เนื้อ ที่พบว่าต้นทุนในการเสริมเอนไซม์ปาเปนมีผลทำให้ต้นทุนในด้านค่าอาหารสูงขึ้นตามระดับในการเสริมเอนไซม์

5.2 สรุปผลการวิจัย

จากการศึกษาผลของการเสริมโปรตีนไฮโดรไลเซทจากเศษเหลือทิ้งจากครัวเรือนหรือร้านอาหารอย่างเปลือกกุ้งและกระดูกปลา นำมาบดป่นผ่านการย่อยด้วยเอนไซม์โบรมีเลนและเอนไซม์ปาเปน ในอาหารปลาดุกลูกผสม พบว่า ปลาดุกลูกผสมที่ได้รับอาหารเสริมกระดูกปลาป่นที่ย่อยด้วยเอนไซม์โบรมีเลน (BMB) มีค่าน้ำหนักสุดท้าย น้ำหนักที่เพิ่มขึ้นเฉลี่ย และน้ำหนักที่เพิ่มขึ้นเฉลี่ยต่อวัน แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P \leq 0.05$) กับปลาดุกลูกผสมที่ได้รับอาหารเสริมเปลือกกุ้งป่นที่ย่อยด้วยเอนไซม์โบรมิเลน (SMB) เอนไซม์โบรมีเลนมีคุณสมบัติและการทำงานที่เหมาะสมกับการย่อยกระดูกปลาป่นมากกว่าเปลือกกุ้งป่น ส่งผลต่อการเจริญเติบโตและอัตราการรอดตายของปลาดุกลูกผสม ในส่วนของต้นทุนการผลิตอาหาร ถูกกว่าอาหารสำเร็จรูปที่มีจำหน่ายทั่วไปตามท้องตลาด สามารถช่วยลดต้นทุนได้

5.3 ข้อเสนอแนะ

5.3.1 ควรเพิ่มเวลาในการทำงานของเอนไซม์โบรมีเลนและเอนไซม์ปาเปน เพื่อเพิ่มเวลาในการย่อยโมเลกุลของโภชนะในเปลือกกุ้งป่นและกระดูกปลาป่นให้มีคุณสมบัติดีขึ้น ให้สัตว์น้ำสามารถนำไปใช้ประโยชน์ได้ดีขึ้น

5.3.2 ควรเพิ่มระยะเวลาทดลองเลี้ยงปลาดุกลูกผสมด้วยอาหารทดลองให้นานขึ้น เพื่อให้ค่าเฉลี่ยผลการเจริญเติบโตของปลามีแนวโน้มที่เห็นได้ชัดเจนมากขึ้น

บรรณานุกรม

กรมประมง. 2544. **การเพาะเลี้ยงปลาดุกบิ๊กอุย.** โรงพิมพ์ชุมนุมสหกรณ์การเกษตรแห่งประเทศไทยจำกัด, กรุงเทพฯ. 30 หน้า.

กรองกาญจน์ กิ่งแก้ว. 2563. โบรมิเลน เอนไซม์ย่อยโปรตีนจากสับปะรด. **วารสารวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี** 35(2): 28-29.

จรณี จิตสัจจพงศ์. 2552. **ผลของเปลือกกุ้งป่นต่อสมรรถนะการผลิต การเปลี่ยนแปลงประชากรจุลินทรีย์และการตอบสนองภูมิคุ้มกันของไก่เนื้อ**. วิทยานิพนธ์ปริญญาโท. มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี.

จีรรัตน์ เกื้อแก้ว พิเชต พลายเพชร ประดิษฐ์ ชนชื่นชอบ และสุพิศ ทองรอด. 2555. **การใช้โปรตีนไฮโดรไลเสตจากเศษทิ้งกุ้งเป็นแหล่งโปรตีนเพื่อทดแทนปลาป่นในอาหารสำเร็จรูปของกุ้งขาว *Litopenaeus vannamei* (Boone, 1931)**. เอกสารวิชาการฉบับที่ 30/2555. สถาบันวิจัยอาหารสัตว์น้ำชายฝั่ง สำนักวิจัยและพัฒนาประมงชายฝั่ง กรมประมง, กรุงเทพฯ.

ไตรตะวัน คงแก้ว สุทธวัฒน์ เบญจกุล อรัญ หันพงศ์กิตติกูล และวรพงษ์ อัศวเกศมณี. 2542. การย่อยสลายโปรตีนจากหัวกุ้งกุลาดำโดยการใช้เอนไซม์. หน้า 101-109. ใน **การประชุมทางวิชาการของมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ ครั้งที่ 37 (สาขาอุตสาหกรรมเกษตร)**. มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

ไทยเกษตรศาสตร์. 2556. **การเพาะเลี้ยงปลาดุก**. [online]. การทำประมง. แหล่งที่เข้าถึง https://www.thaikasetsart.com/การเพาะเลี้ยงปลาดุก/ [15 สิงหาคม 2565].

พรรณทิพย์ สุวรรณสาครกุลและสิริรัตน์ จงฤทธิพร. 2555. **การพัฒนาผลิตภัณฑ์เพิ่มมูลค่าจากเศษเหลือการแปรรูปปลาโมง**. เอกสารวิชาการฉบับที่ 1 /2555. กองพัฒนาอุตสาหกรรมสัตว์น้ำ กรมประมง กระทรวงเกษตรและสหกรณ์, กรุงเทพฯ.

พัชรา วีระกะลัส. 2543. **เอนไซม์**. สำนักพิมพ์จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, กรุงเทพฯ.

พิเชต พลายเพชร. 2559. การแทนที่ปลาป่นด้วยไก่ป่นและเนื้อและกระดูกป่นในสูตรอาหารปลากะพงขาว. **วารสารการประมง** 69(4): 351-364.

พิพัฒน์ อินทรมาตย์. 2553. **ปลาดุกบิ๊กอุย**. เกษตรสยามบุ๊คส์, กรุงเทพฯ. 136 น.

พีริยา ไรเกษ โอรส รักชาติ เหรียญทอง สิงห์จานุสงค์ และปวีนา น้อยทัพ. 2554. โปรตีนไฮโดรไลเซทจากเศษเหลือปลา: สภาวะการย่อยเครื่องในปลาทับทิม (*Oreochromis niloticus*) โดยเอนไซม์ปาเปน. **วารสารมหาวิทยาลัยนเรศวร: วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี** 8(1): 101 – 108.

วริศรา สุวรรณ. 2545. **การผลิตเจลาตินจากกระดูกปลากะพงแดง**. วิทยานิพนธ์ปริญญาโท. มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

วาริท หมัดหมาน และ พูนสุข ประเสริฐสรรพ์. 2545. ผลิตภัณฑ์จากการแปรสภาพวัสดุเศษเหลือโรงงานแปรรูปอาหารทะเลด้วยวิธีเทคโนโลยีชีวภาพและการประยุกต์ใช้. **วารสารสงขลานครินทร์**. เม.ย.-มิ.ย. 2545, 24(2): 341-356.

วิมล จันทรโรทัย, ประเสริฐ สีตะสิตะธิ์, ศิริมล ชุ่มสูงเนิน และสมฤกษ์ ชินมุข. 2535. **อาหารที่ระดับโปรตีนต่างกันแต่พลังงานคงที่ต่อการเจริญเติบโตและไขมันสะสมในปลาสวยงาม.** เอกสารวิชาการฉบับที่ 124. สถาบันวิจัยประมงน้ำจืด กรมประมง.

เวียง เชื้อโพธิ์หัก. 2543. **โภชนศาสตร์และการให้อาหารสัตว์น้ำ**. สำนักพิมพ์มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ.

ศรีสกุล วรจันทรา และรณชัย สิทธิไกรพงษ์. 2539. **โภชนศาสตร์สัตว์**. สำนักพิมพ์โอเดียนสโตร์, กรุงเทพฯ.

สาโรช ค้าเจริญ. 2547. **อาหารและการให้อาหารสัตว์ไม่เคี้ยวเอื้อง**. ภาควิชาสัตวศาสตร์ คณะเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น . โรงพิมพ์คลังนานาวิทยา, ขอนแก่น.

สุณิสา สุวรรณพันธ์ สุภาพร พาเจริญ และพาขวัญ ทองรักษ์. 2561. **การผลิตโปรตีนไฮโดรไลเซทจากเศษเหลือปลาดุกด้วยเอนไซม์จากพืช**. รายงานการวิจัย. คณะเทคโนโลยีการเกษตรและอุตสาหกรรมเกษตร มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลสุวรรณภูมิ.

สุปราณี แย้มพราย. 2539. **การผลิตโปรตีนไฮโดรไลเซทจากของเหลือจากโรงงานผลิตซูริมิเพื่อใช้เป็นสารอิมัลซิไฟเออร์**. สาขาวิชาวิทยาศาสตร์การอาหาร ภาควิชาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีการอาหาร คณะอุตสาหกรรมการเกษตร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

สุภาวดี จอดนาค. 2556. **กิจกรรมทางชีวภาพของโปรตีนไฮโดรไลเสทจากกระดูกปลานิลและผลต่อเซลล์สร้างกระดูก**. วิทยานิพนธ์ปริญญาโท. มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์.

อรพินท์ จินตสถาพร. 2553. **วิชาอาหารสัตว์น้ำ (251371)**. เอกสารประกอบการสอน ภาควิชาเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำ คณะประมง มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ.

อุทัยรัตน์ ณ นคร. 2544. **การเลี้ยงปลาดุกลูกผสม.** สำนักพิมพ์มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์. บางเขน, กรุงเทพฯ. 140 หน้า.

อุบลรัตน์ สิริภัทราวรรณ. 2535. **การผลิตไฮโดรไลซ์เวเจตเทเบิ้ลโปรตีนจากโปรตีนถั่วเขียวเพื่อใช้เป็นสารปรุงแต่งกลิ่นรสอาหาร**. จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, กรุงเทพฯ.

เอกสิทธิ์ ดิษฐ์แก้ว, เพิ่มศักดิ์ ศิริวรรณ, นรินทร์ ทองวิทยา และวีรศักดิ์ ปรกติ. 2551. ผลของการเสริมเอนไซม์ปาเปนในอาหารต่อสมรรถภาพการผลิตในไก่เนื้อ. **วารสารวิจัยและส่งเสริมวิชาการเกษตร** 25 (2): 17-23.

Adler-Nissen, J. 1986. **Enzymic Hydrolysis of Food Protein**. Vanderbilt, New York. 421 p.

Bertoldi, M., G, Vallini and A. Pera. 1983. The biology of composting: A review Waste Manage. **And Res**. 1:157-176. CRC Press, London.

Eskin, N.A.M. and Henderson, H.M. 1971. **Biochemistry of food**. Academic Press, New York. 240 p.

Faivishevskii, M.L., T.N. Lisina, S.I. Khvyiya and T.G. Kuznctsova. 1992. Utilization of bone protein fractions. **Myasnaya Promyshlennost**. 2: 14-15.

Fanimo, A. O., Oduguwa, B. O., Oduguwa, O. O., Ajas, O. Y., and Jegede, O. (2004). Feeding value of shrimp meal for growing pig. **Arch. Zootec**. 53: 77-85.

Greenberg, N.A. and W.F. Shipe. 1979. Comparison of abilities of TCA, picric, sulphosalicylic and tungstic acids to precipitate protein hydrolysates and proteins. **J. Food Sci**. 44:735-737.

Hall, G.M. and N.H. Ahmad. 1992. Fanctional properties of fish protein hydrolysates. pp. 249-274. **In G.M. Hall, ed. Fish Processing Technology**. Van Nostrand Reinhold, New York.

Hill, R.L. 1965. Hydrolysis of proteins. **Adv Protein Chem**. 20: 37–107.

Hoyle, N.T. and J.H. Merritt. 1994. Quality of fish protein hydrolysates from herring. **J. Food Sci**. 59: 76-79.

Hudson, B.J.F. 1992. **Biochemistry of Food Proteins**. Elsevier Applied Science, London. p. 235-248.

Ingweye, J. N., Okon, B. I., Ubua, J. A., and Essien, A. I. (2008). Performance of broiler chickens fed fish and shrimp wastes. **Asian J. Anim. Sci**. 2(2): 58-63.

Kaset Bay. 2014. **อาหารและการให้อาหารปลาดุก**. [online]. ความรู้ด้านการเกษตร. แหล่งที่เข้าถึง http://knowledge.kasetbay.com/117-ปลาดุก/408-อาหารและการให้อาหารปลาดุก [22 สิงหาคม 2565]

Kim, S. and Rajapakse, N. 2005. Enzymatic production and biological activities of chitosan oligosaccharides (COS): A review. **Carbohydrate Polymers**. 62(4): 357-368.

Mahata, M. E., Dharma, A., Ryanto, H. I., and Rizal, Y. (2008). Effect of substituting shrimp waste hydrolysate of Penaeus merguensis for fish meal in broiler performance. **Pakistan J. Nutr**. 7(6): 806-810.

Meyers, S. P., Rutledge, J. M., and Sonu, S. C. (1973). Variability in proximate analysis of different processed shrimp meals. **Feedstuffs**. 45: 34-35.

Ngoan, L. D., Lindberg, J. E., Ogle, B., and Thomke, S. (2000). Anatomical proportions and chemical and amino acid composition of common shrimp species in central vietnam. **Asian-Aust. J. Anim. Sci**. 13: 1422-1428.

Oduguwa, O. O., Fanimo, A. O., Olayemi, V. O., and Oteri, N. (2004). The feeding value of sundried shrimp-waste meal based diets for starter and finisher broilers. **Arch. Zootec**. 53: 87-90.

Ojewola, G. S., and Udom, S. F. (2005). Chemical evaluation of the nutrient composition of some unconventional animal protein sources. **Poult. Sci**. 4(10): 745-747.

Olsman, H. 1979. Hydrolyzed and Autolyzed Vegetable Protein as Functional Food Ingredients. **Journal of American Oil Chemists' Society**. 56(3):375-376.

Peterson, J. 1974. **Encyclopedia of Food Technology**. Van Nostrand reinhold company, New York.

Peterson, M.S. and A.H. Johnson. 1978. **Encyclopedia of food science**. University of Michigan. Avi Pub. Co. 1005 p.

Rao, M.B., Tanksale, A.M., Ghatge, M.S. and Deshpande, W. 1998. Molecular and Biotechnological Aspects of Microbial Proteases. **Microbiology and molecular biology reviews**. 62(3): 597-635.

Severin, S. and Xia, W.S. (2006). Enzymatic hydrolysis of whey proteins by two different proteases and their effect on the functional properties of resulting protein hydrolysates. **Journal of Food Biochemistry** 30(1):77-97.

Thanapon kakhao. 2015. **มารู้จักปลาดุกบิ๊กอุยกันก่อน**. [online]. การเลี้ยงปลาดุกบิ๊กอุย. แหล่งที่เข้าถึง http://thanaponmunsood.blogspot.com/2015/08/blog-post.html [24 สิงหาคม 2565]

Toppe, J., Albrektsen, S., Hope, B. and Aksnes, A. 2007. Chemical composition, mineral content and amino acid and lipid profiles in bones from various fish species. **Com Biochem Phys B**. 146: 395-401.

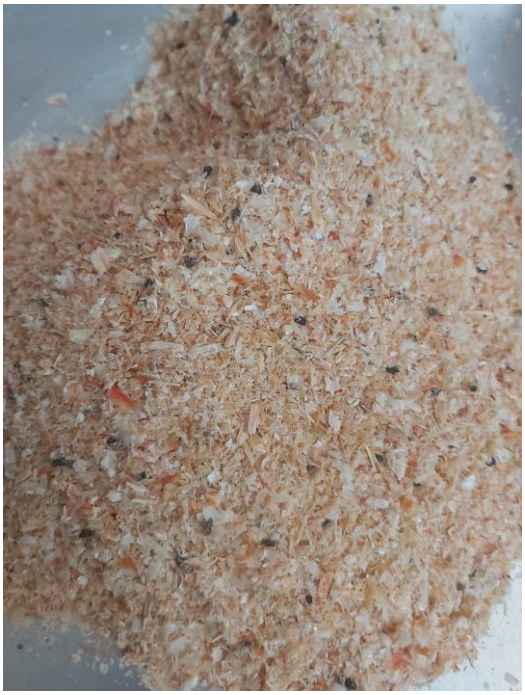
Vignesh, R. and Srinivasan, M. 2012. Nutritional quality of processed head and bone flours of Tilapia (Oreochromis mossambicus, Peters 1852) from Parangipettai estuary, South East Coast of India. **Asian Pac J Trop Biomed**. 2: 368-372.

Younes, I., Ghorbel-Bellaaj, O., Nasri, R., Chaabouni, M., Rinaudo, M. and Nasri, M. 2012. Chitin and chitosan preparation from shrimp shells using optimized enzymatic deproteinization. **Process Biochemistry**. 47: 2032-2039.

ภาคผนวก

ภาคผนวก ก

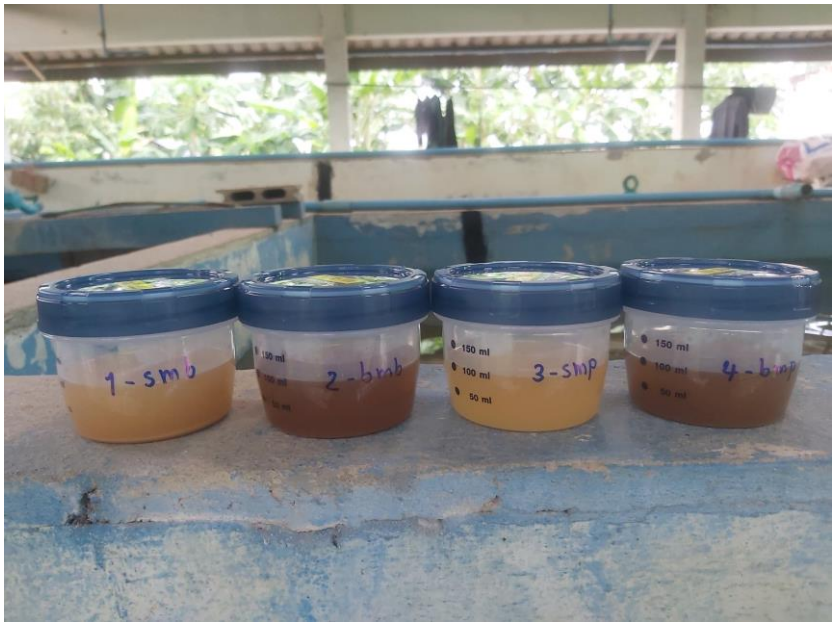
ภาพประกอบงานวิจัย



รูปที่ ก-1 เปลือกกุ้งป่น

รูปที่ ก-2 กระดูกปลาป่น

รูปที่ ก-3 ใส่เอนไซม์เพื่อย่อยวัตถุดิบ แช่ทิ้งไว้ 60 นาที



รูปที่ ก-4 โปรตีนไฮโดรไลเซทจากเปลือกกุ้งและกระดูกปลา

รูปที่ ก-5 การผลิตอาหารทดลอง

รูปที่ ก-6 ปลาดุกลูกผสมที่ได้รับอาหารทดลอง

ประวัติคณะผู้วิจัย

1. ชื่อ – นามสกุล นางสาวณัฐรินทร์ ศิริรัตนนันท์
Miss.Nuttarin Sirirustananun

2. เลขหมายบัตรประจำตัวประชาชน 5670100015358

3. ตำแหน่งปัจจุบัน พนักงานมหาวิทยาลัยสายวิชาการ
เวลาที่ใช้ทำวิจัย (ชั่วโมง : สัปดาห์) 15 ชั่วโมง : สัปดาห์

4. หน่วยงานและสถานที่อยู่ที่ติดต่อได้สะดวก
คณะเทคโนโลยีการเกษตรและเทคโนโลยีการเกษตร
มหาวิทยาลัยราชภัฏเพชรบูรณ์ ต.สะเดียง อ.เมือง จ.เพชรบูรณ์
โทรศัพท์ 095-639-9090 e-mail : snuttarin@gmail.com

5. ประวัติการศึกษา

ปีที่จบ	ระดับ	ปริญญา	สาขา	วิชาเอก	สถาบัน	ประเทศ
2548	ตรี	วท.บ.	การประมง	-	มหาวิทยาลัยนเรศวร วิทยาเขตสารสนเทศพะเยา	ไทย
2551	โท	วท.ม.	วิทยาศาสตร์การประมง	-	สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง	ไทย

6. สาขาวิชาการที่มีความชำนาญพิเศษ (แตกต่างจากวุฒิการศึกษา) ระบุสาขาวิชาการ

-

7. ประสบการณ์ที่เกี่ยวข้องกับการบริหารงานวิจัยทั้งภายในและภายนอกประเทศ โดยระบุสถานภาพในการทำการวิจัยว่าเป็นผู้อำนวยการโครงการวิจัย หัวหน้าโครงการวิจัย หรือผู้ร่วมวิจัยในแต่ละผลงานวิจัย

7.1 ผู้อำนวยการโครงการวิจัย : ชื่อโครงการวิจัย

7.2 หัวหน้าโครงการวิจัย : ชื่อโครงการวิจัย

- ความหลากชนิดของปลาในอ่างเก็บน้ำห้วยป่าแดง ต.สะเดียง อ.เมือง จ.เพชรบูรณ์ ระหว่างเดือนมิถุนายน 2555 ถึง กันยายน 2555
- สัดส่วนที่เหมาะสมของการใช้แหนสดร่วมกับอาหารเม็ดสำเร็จรูปในการเลี้ยงลูกปลานิล
- ความหนาแน่นที่เหมาะสมต่อการเจริญเติบโตของสาหร่ายเตา และความสามารถในการดูดซึมปริมาณแอมโมเนียที่ละลายในน้ำ

7.3 งานวิจัยที่ทำเสร็จแล้ว : ชื่อผลงานวิจัย ปีที่พิมพ์ การเผยแพร่ และแหล่งทุน

- Genmanee, M., Sirirustananun, N. and Jarayabhand. 2010. Energy budget of the Thai abalone *Haliotisasinina*reared in a semiclosed recirculating land-based system. **Journal of Shellfish Research.** 29 (3) : 637-642. (ผู้ร่วมวิจัย)
- Sirirustananun, N., Chen, J.-C., Lin, Y.-C., Yeh, S.-T., Liou, C.-H., Chen, L.-L., Sim, S.-S. and Chiew, S.-L. 2011. Dietary administration of a *Gracilariatenuistipitata* extract enhances the immune response and resistance against *Vibrio alginolyticus* and white spot syndrome virus in the white shrimp *Litopenaeus vannamei.***Fish&Shellfish Immunology.**31 : 848-855. (ผู้ร่วมวิจัย)
- ณัฐรินทร์ ศิริรัตนนันท์ ธีรภาพ หมู่เจริญทรัพย์ และเกรียงยศ ไทยช้อย. 2555. **ความหลากชนิดของปลาในอ่างเก็บน้ำห้วยป่าแดง ต.สะเดียง อ.เมือง จ. เพชรบูรณ์ ระหว่างเดือนมิถุนายน 2555 ถึง กันยายน 2555.**รายงานการวิจัย ฉบับสมบูรณ์ สาขาวิชาการจัดการการเกษตร คณะเทคโนโลยีการเกษตร มหาวิทยาลัยราชภัฏเพชรบูรณ์.ทุนสนับสนุนจากมหาวิทยาลัยราชภัฏเพชรบูรณ์ ประเภททั่วไป ประจำปีงบประมาณ 2555. 46 หน้า. (หัวหน้าโครงการวิจัย)
- ณัฐรินทร์ ศิริรัตนนันท์. 2556. **สัดส่วนที่เหมาะสมของการใช้แหนสดร่วมกับอาหารเม็ดสำเร็จรูปในการเลี้ยงลูกปลานิล.** รายงานการวิจัยฉบับสมบูรณ์ สาขาวิชาการจัดการการเกษตร คณะเทคโนโลยีการเกษตร มหาวิทยาลัยราชภัฏเพชรบูรณ์. ทุนสนับสนุนจากมหาวิทยาลัยราชภัฏเพชรบูรณ์ประเภทนักวิจัยหน้าใหม่ ประจำปีงบประมาณ 2556. 40 หน้า. (หัวหน้าโครงการวิจัย)

- พิพัฒน์ ชนาเทพาพร และณัฐรินทร์ ศิริรัตนนันท์. 2557. **ความแปรปรวนของปัจจัยทางสิ่งแวดล้อมที่มีผลต่อการเจริญเติบโตของสาหร่ายเตาและสาหร่ายลอนในแหล่งน้ำธรรมชาติของจังหวัดเพชรบูรณ์.** รายงานการวิจัยฉบับสมบูรณ์ คณะเทคโนโลยีการเกษตร มหาวิทยาลัยราชภัฏเพชรบูรณ์.ทุนสนับสนุนจากมหาวิทยาลัยราชภัฏเพชรบูรณ์ประเภทงบประมาณแผ่นดิน ประจำปีงบประมาณ 2556. 49 หน้า. (ผู้ร่วมวิจัย)
- ณัฐรินทร์ ศิริรัตนนันท์ และพิพัฒน์ ชนาเทพาพร. 2558. ปริมาณสารอาหารในน้ำ และการเจริญเติบโตของสาหร่ายเตาในแหล่งน้ำจังหวัดเพชรบูรณ์.**วารสารวิจัย และส่งเสริมวิชาการเกษตร.** 32(1): 58 – 66. **(**หัวหน้าโครงการวิจัย)
- ความหนาแน่นที่เหมาะสมต่อการเจริญเติบโตของสาหร่ายเตา และความสามารถในการดูดซึมปริมาณแอมโมเนียที่ละลายในน้ำ

7.4 งานวิจัยที่กำลังทำ : ชื่อข้อเสนอการวิจัย แหล่งทุน และสถานภาพในการทำวิจัยว่าได้ทำการวิจัยลุล่วงแล้วประมาณร้อยละเท่าใด

- การใช้หนอนแมลงวันลายสดเสริมอาหารเม็ดสำเร็จรูปในการเลี้ยงลูกปลาดุกภายใต้โครงการวิจัย การบูรณาการและพัฒนาผลิตภัณฑ์ปลาดุกเชิงพาณิชย์ เพื่อเป็นอาหารสุขภาพสำหรับผู้สูงอายุในจังหวัดเพชรบูรณ์ ตามหลักปรัชญาเศรษฐกิจพอเพียง ลุล่วงไปแล้ว ร้อยละ 90

ผู้ร่วมโครงการวิจัย

1. ชื่อ – นามสกุล นางสาวพรทิศา ทองสนิทกาญจน์
Miss. Porntisa Thongsanitkan
2. เลขหมายบัตรประจำตัวประชาชน 1659900321840
3. ตำแหน่งปัจจุบัน พนักงานมหาวิทยาลัยสายวิชาการ (อาจารย์)
เวลาที่ใช้ทำวิจัย (ชั่วโมง : สัปดาห์) 15 ชั่วโมง : สัปดาห์
4. หน่วยงานและสถานที่อยู่ที่ติดต่อได้สะดวก
คณะเทคโนโลยีการเกษตรและเทคโนโลยีอุตสาหกรรม
มหาวิทยาลัยราชภัฏเพชรบูรณ์ ต.สะเดียง อ.เมือง จ.เพชรบูรณ์
โทรศัพท์ 089-461-3395 e-mail : aiko_vs@hotmail.com

5. ประวัติการศึกษา

ปีที่จบ	ระดับ	ปริญญา	สาขา	วิชาเอก	สถาบัน	ประเทศ
2553	ตรี	วท.บ.	ประมง	-	มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ บางเขน	ไทย
2556	โท	วท.ม.	เพาะเลี้ยงสัตว์น้ำ	-	มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ บางเขน	ไทย

6. สาขาวิชาการที่มีความชำนาญพิเศษ (แตกต่างจากวุฒิการศึกษา) ระบุสาขาวิชาการ

6.1 อาหารสัตว์น้ำ, การสร้างสูตรอาหารสัตว์น้ำเพื่อลดต้นทุน

7. ประสบการณ์ที่เกี่ยวข้องกับการบริหารงานวิจัยทั้งภายในและภายนอกประเทศ โดยระบุสถานภาพในการทำการวิจัยว่าเป็นผู้อำนวยการโครงการวิจัย หัวหน้าโครงการวิจัย หรือผู้ร่วมวิจัย ในแต่ละผลงานวิจัย

7.1 ผู้อำนวยการโครงการวิจัย : ชื่อโครงการวิจัย

7.2 หัวหน้าโครงการวิจัย : ชื่อโครงการวิจัย

7.2.1 ผลของการเสริมโปรตีนไฮโดรไลเซทจากรังไหมอีรี่ในอาหารกุ้งขาว ต่อการเจริญเติบโตและระบบภูมิคุ้มกัน

7.2.2 การเสริมโปรตีนเซริซินในอาหารปลานิลต่อระบบภูมิคุ้มกัน

7.2.3 การเสริมเมล็ดมะขามในอาหารปลานิล

7.2.4 การศึกษาคุณภาพน้ำและความหลากหลายของแพลงก์ตอนพืชในอ่างเก็บน้ำรัตนัย อำเภอเขาค้อ จังหวัดเพชรบูรณ์

7.2.5 การพัฒนาสูตรอาหารปลาดุกจากเศษเหลือของการแปรรูปโคเนื้อ

7.3 งานวิจัยที่ทำเสร็จแล้ว : ชื่อผลงานวิจัย ปีที่พิมพ์ การเผยแพร่ และแหล่งทุน

7.3.1 พรทิศา ทองสนิทกาญจน์ อรพินท์ จินตสถาพร และเรืองวิชญ์ ยุ้นพันธุ์. 2556. ผลของการเสริมโปรตีนไฮโดรไลเซทจากรังไหมอีรี่ในอาหารกุ้งขาว ต่อการเจริญเติบโตและระบบภูมิคุ้มกัน. วิทยานิพนธ์ปริญญาโท, มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์. 72 หน้า.

7.3.2 พรทิศา ทองสนิทกาจน์ ณัฐรินทร์ ศิริรัตนนันท์ และธนภัทร วรปัสสุ. 2559. การเสริมโปรตีนเซริซินในอาหารปลานิลต่อระบบภูมิคุ้มกัน. รายงานการวิจัย, มหาวิทยาลัยราชภัฏเพชรบูรณ์. 45 หน้า.

7.3.3 พรทิศา ทองสนิทกาจน์ ณัฐรินทร์ ศิริรัตนนันท์ และธนภัทร วรปัสสุ. 2560. การเสริมเมล็ดมะขามในอาหารปลานิล. รายงานการวิจัย, มหาวิทยาลัยราชภัฏเพชรบูรณ์. 56 หน้า.

7.3.4 พรทิศา ทองสนิทกาจน์ ณัฐรินทร์ ศิริรัตนนันท์ และธนภัทร วรปัสสุ. 2562. การศึกษาคุณภาพน้ำและความหลากหลายของแพลงก์ตอนพืชในอ่างเก็บน้ำรัตนัย อำเภอเขาค้อ จังหวัดเพชรบูรณ์. รายงานการวิจัย, มหาวิทยาลัยราชภัฏเพชรบูรณ์. 41 หน้า.

7.3.5 พรทิศา ทองสนิทกาจน์ ณัฐรินทร์ ศิริรัตนนันท์ และธนภัทร วรปัสสุ. 2563. การพัฒนาสูตรอาหารปลาดุกจากเศษเหลือของการแปรรูปโคเนื้อ. รายงานการวิจัย, มหาวิทยาลัยราชภัฏเพชรบูรณ์. 61 หน้า.

7.4 งานวิจัยที่กำลังทำ : ชื่อข้อเสนอการวิจัย แหล่งทุน และสถานภาพในการทำวิจัยว่าได้ทำการวิจัยลุล่วงแล้วประมาณร้อยละเท่าใด

-

ผู้ร่วมโครงการวิจัย

1.ชื่อ – นามสกุล นายธนภัทร วรปัสสุ

Mr.Thanaput Worapussu

2. เลขหมายบัตรประจำตัวประชาชน 1420400042066

3. ตำแหน่งปัจจุบัน พนักงานมหาวิทยาลัยสายวิชาการ

เวลาที่ใช้ทำวิจัย (ชั่วโมง : สัปดาห์) 15 ชั่วโมง : สัปดาห์

4. หน่วยงานและสถานที่อยู่ที่ติดต่อได้สะดวก

คณะเทคโนโลยีการเกษตรและเทคโนโลยีอุตสาหกรรม

มหาวิทยาลัยราชภัฏเพชรบูรณ์ ต.สะเดียง อ.เมือง จ.เพชรบูรณ์

โทรศัพท์ 092-532-6545 e-mail : thanaput_07@hotmail.com

5. ประวัติการศึกษา

ปีที่จบ	ระดับ	ปริญญา	สาขา	วิชาเอก	สถาบัน	ประเทศ
2552	ตรี	วท.บ.	การประมง	-	มหาวิทยาลัยแม่โจ้	ไทย
2555	โท	วท.ม.	เทคโนโลยีการประมง	-	มหาวิทยาลัยแม่โจ้	ไทย

6. สาขาวิชาการที่มีความชำนาญพิเศษ (แตกต่างจากวุฒิการศึกษา) ระบุสาขาวิชาการ

-

7. ประสบการณ์ที่เกี่ยวข้องกับการบริหารงานวิจัยทั้งภายในและภายนอกประเทศ โดยระบุสถานภาพในการทำการวิจัยว่าเป็นผู้อำนวยการโครงการวิจัย หัวหน้าโครงการวิจัย หรือผู้ร่วมวิจัยในแต่ละผลงานวิจัย

7.1 ผู้อำนวยการโครงการวิจัย : ชื่อโครงการวิจัย

7.2 หัวหน้าโครงการวิจัย : ชื่อโครงการวิจัย

- ผลของ 17 beta estradiol ต่อการแปลงเพศปลาหมอ
- ผลของยีสต์ *Saccharomyces cerevisiae* ต่อการเจริญเติบโตของปลาหมอ
- ผลของไคโตซานต่อการเจริญเติบโตของปลาหมอ

7.3 งานวิจัยที่ทำเสร็จแล้ว : ชื่อผลงานวิจัย ปีที่พิมพ์ การเผยแพร่ และแหล่งทุน

- ธนภัทร วรปัสสุ เทพรัตน์ อึ้งเศรษฐพันธ์ ประจวบ ฉายบุ เกรียงศักดิ์ เม่งอำพัน และจอมสุดา ดวงวงษา. 2554. ผลของพรีไบโอติกและโพรไบโอติกต่อการเจริญเติบโตและระบบภูมิคุ้มกันของปลานิลแปลงเพศ (*Oreochromis niloticus*). น. 249-256 ใน **งานประชุมวิชาการ มอบ.วิจัย ครั้งที่ 5**. โรงแรมสุนีย์แกรน แอนด์ คอนเวนชั่น เซ็นเตอร์ จังหวัดอุบลราชธานี ระหว่างวันที่ 4-5 สิงหาคม 2554. อุบลราชธานี: มหาวิทยาลัยอุบลราชธานี. (ผู้ร่วมวิจัย)
- เทพรัตน์ อึ้งเศรษฐพันธ์ ทิพสุคนธ์ พิมพ์พิมล และ ธนภัทร วรปัสสุ. 2554. การอนุบาลลูกปลาหมอในกระชังด้วยสูตรอาหารและความหนาแน่นที่ต่างกัน. **วารสารเทคโนโลยีการประมง** 5(2): 1-11 (ผู้ร่วมวิจัย)
- ผลของไคโตซานต่อการเจริญเติบโตของปลาหมอ

7.4 งานวิจัยที่กำลังทำ : ชื่อข้อเสนอการวิจัย แหล่งทุน และสถานภาพในการทำวิจัยว่าได้ทำการวิจัยลุล่วงแล้วประมาณร้อยละเท่าใด

- การจัดการขยะอินทรีย์ครัวเรือน โดยใช้หนอนแมลงวันลายและเทคโนโลยีที่เหมาะสม ภายใต้โครงการวิจัย การบูรณาการและพัฒนาผลิตภัณฑ์ปลาดุกเชิงพาณิชย์ เพื่อเป็นอาหารสุขภาพสำหรับผู้สูงอายุในจังหวัดเพชรบูรณ์ ตามหลักปรัชญาเศรษฐกิจพอเพียง ลุล่วงไปแล้ว ร้อยละ 90
- ศักยภาพทรัพยากรทางน้ำเพื่อการพัฒนาการประมงในเขตลุ่มน้ำป่าสักตอนบนอย่างยั่งยืนของจังหวัดเพชรบูรณ์ ลุล่วงไปแล้ว ร้อยละ 90