การทดแทนปลาป่นด้วยเศษไก่ป่นในอาหารสำหรับปลากะพงขาว *Lates calcarifer*

นางสาววรพรรณ มณีอินทร์

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต
สาขาวิชาเทคโนโลยีชีวภาพ
คณะวิทยาศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
ปีการศึกษา 2555
ลิขสิทธิ์ของจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

บทคัดย่อและแฟ้มข้อมูลฉบับเต็มของวิทยานิพนธ์ตั้งแต่ปีการศึกษา 2554 ที่ให้บริการในคลังปัญญาจุฬาฯ (CUIR)
เป็นแฟ้มข้อมูลของนิสิตเจ้าของวิทยานิพนธ์ที่ส่งผ่านทางบัณฑิตวิทยาลัย
The abstract and full text of theses from the academic year 2011 in Chulalongkorn University Intellectual Repository(CUIR)
are the thesis authors' files submitted through the Graduate School.

REPLACEMENT OF FISH MEAL BY POULTRY BY-PRODUCT MEAL IN DIETS FOR SEABASS *Lates calcarifer*

Miss Worraphan Maneein

A Thesis Submitted in Partial Fulfillment of the Requirements

for the Degree of Master of Science Program in Biotechnology

Faculty of Science

Chulalongkorn University

Academic Year 2012

Copyright of Chulalongkorn University

หัวข้อวิทยานิพนธ์	การทดแทนปลาป่นด้วยเศษไก่ป่นในอาหารสำหรับปลากะพงขาว *Lates calcarifer*
โดย	นางสาววรพรรณ มณีอินทร์
สาขาวิชา	เทคโนโลยีชีวภาพ
อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก	รองศาสตราจารย์ ดร. สมเกียรติ ปิยะธีรธิติวรกุล

คณะวิทยาศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย อนุมัติให้นับวิทยานิพนธ์ฉบับนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญามหาบัณฑิต

…….. คณบดีคณะวิทยาศาสตร์
(ศาสตราจารย์ ดร. สุพจน์ หารหนองบัว)

คณะกรรมการสอบวิทยานิพนธ์

……ประธานกรรมการ
(รองศาสตราจารย์ ดร.ไทยถาวร เลิศวิทยาประสิทธิ)

……... อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก
(รองศาสตราจารย์ ดร. สมเกียรติ ปิยะธีรธิติวรกุล)

……กรรมการ
(รองศาสตราจารย์ ดร. จันทร์เพ็ญ จันทร์เจ้า)

……กรรมการ
(รองศาสตราจารย์ ดร. วรณพ วิยกาญจน์)

……....กรรมการภายนอกมหาวิทยาลัย
(ดร. มะลิ บุณยรัตผลิน)

วรพรรณ มณีอินทร์ : การทดแทนปลาป่นด้วยเศษไก่ป่นในอาหารสำหรับปลากะพงขาว *Lates calcarifer* (REPLACEMENT OF FISH MEAL BY POULTRY BY-PRODUCT MEAL IN DIETS FOR SEABASS *Lates calcarifer*) อ. ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก: รศ. ดร. สมเกียรติ ปิยะธีรธิติวรกุล, 96 หน้า

ศึกษาระดับการใช้เศษไก่ป่นแทนปลาป่นที่เหมาะสมกับอาหารที่ใช้เลี้ยงปลากะพงขาว *Lates calcarifer* การศึกษาครั้งนี้ใช้ปลากะพงขาวขนาด 1.5 นิ้ว และ 3 นิ้ว จำนวน 40 และ 12 ตัว/บ่อ ตามลำดับ ในบ่อปูนความจุ 300 ลิตร ระบบน้ำแบบปิดเป็นระยะเวลา 4 สัปดาห์ และ 9 สัปดาห์ ตามลำดับ และระหว่างการทดลองมีการเปลี่ยนน้ำทุก 2-3 วัน ในปริมาณ 25-50% ของน้ำเลี้ยงในบ่อ ปลาทดลองมีการสร้างความคุ้นเคยกับอาหารทดลอง โดยให้อาหารทดลองเป็นเวลา 1 สัปดาห์ ก่อนการทดลอง โดยเปรียบเทียบอาหาร 5 สูตร ที่ใช้เศษไก่ป่นแทนปลาป่นในระดับ 0, 25, 50, 75 และ 100% ตามลำดับ โดยอาหารทดลองมีโปรตีนในระดับ 45-46% และมีไขมันในระดับ 10.5-10.8% ผลการศึกษาพบว่าปลาทดลองทั้งสองขนาดมีการเจริญเติบโตดีที่สุดเมื่อได้รับอาหารสูตรที่ 2 และให้ผลต่ำสุดเมื่อได้รับอาหารสูตรที่ 5 ที่ใช้เศษไก่ป่นแทนปลาป่น 100% โดยสูตรควบคุมไม่แตกต่างกับสูตร 2 และ 3 ($P > 0.05$) แต่การเปลี่ยนแปลงน้ำหนักของปลาขนาด 3 นิ้วไม่พบความแตกต่างกันทางสถิติเมื่อสิ้นสุดการทดลอง ($P > 0.05$) อัตราการรอดของปลาขนาด 1.5 นิ้ว พบว่าสูตรควบคุมมีอัตราการรอดสูงสุดคือ 88.75 % และมีค่าต่ำสุดในสูตรที่ 5 คือ 37.50 % โดยไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ ($P > 0.05$) ส่วนอัตราการรอดของปลาขนาด 3 นิ้ว สูตรที่ 3 มีอัตราการรอดสูงสุดคือ 70.83 % และมีค่าต่ำสุดในสูตรที่ 4 คือ 29.17 % โดยตลอดการทดลองพบว่าอัตราการรอดในแต่ละช่วงเวลาไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P > 0.05$) ระหว่างการทดลองปลาทดลองเกิดการติดเชื้อโปรโตซัวซึ่งอาจส่งผลให้อัตราการรอดที่ได้ต่ำ ผลการศึกษาสรุปว่าการใช้เศษไก่ป่นสามารถแทนปลาป่นในระดับ 50 % สำหรับปลาทดลองขนาด 1.5 นิ้ว และสามารถใช้เศษไก่ป่นแทนปลาป่นได้ถึง 75% สำหรับปลาทดลองขนาด 3 นิ้ว

สาขาวิชา.....เทคโนโลยีชีวภาพ.....ลายมือชื่อนิสิต.....

ปีการศึกษา.....2555.....ลายมือชื่อ อ.ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก.....

5272518223 : MAJOR BIOTECHNOLOGY

KEYWORDS: FISH MEAL; ALTERNATIVE PROTEIN SOURCES; POULTRY BY-PRODUCT MEAL; *Lates calcarifer*

WORRAPHAN MANEEIN: REPLACEMENT OF FISH MEAL BY POULTRY BY-PRODUCT MEAL IN DIETS FOR SEABASS *Lates calcarifer*. ADVISOR: ASSOC. PROF. SOMKIAT PIYATIRATITIVORAKUL, Ph.D., 96 pp.

A study of using poultry by-product meal as an alternated dietary protein for seabass *Lates calcarifer*. Seabass with initial length of 1.5 inches and 3 inches, were randomly selected at 40 and 12 fishes per tank of 300 liters in closed recirculating water system for 4 weeks and 9 weeks rearing period, respectively. During trial the water has changed every few day about 25-50% of total water for controlling water quality. Fishes were fed pelletting diet for a week to acclimatize prior to the experimental condition. Five experimental diets were formulated with poultry by-product meal 0% (PBM0), 25% (PBM25), 50% (PBM50), 75% (PBM75), and 100% (PBM100) replacing to fish meal. All the diets were isonitrogenous (45-46% protein) and isolipidic (10.5-10.8% total lipid). Results showed that there was no significant ($P > 0.05$) reduction in growth performance of the seabass fed the 25% replacement diet compared to the control diet (100% fishmeal) in both of trials. The control diet had no significant ($P > 0.05$) with diet 2 and 3 in growth performance of 1.5 inches fishes. At the replacement levels of 50%, 75%, and 100%, however, there was a reduction in growth performance but no significant ($P > 0.05$) in 3 inches fishes at the end of trial. Survivor of 1.5 inches were the highest in the control diet (88.75%) and lowest in PBM100 (37.50%) and survivor of 3 inches were highest in PBM50 (70.83%) and lowest in PBM75 (29.17%). Survivor of fish in all treatment of both trial was not significant difference ($P > 0.05$). However, during the trial fishes were infected with protozoa and may result in reduction of the survival rate. The overall result indicated that the PBM was possibly replaced fish meal at 50% for 1.5 inches seabass feed and was replaced fish meal at 75% for 3 inches seabass feed.

Department :……Biotechnology ……. Student's Signature :…….

Academic Year :……2012…….. Advisor's Signature :……

กิตติกรรมประกาศ

วิทยานิพนธ์ฉบับนี้เสร็จสมบูรณ์ได้โดยได้รับความกรุณา คำแนะนำ และความช่วยเหลือต่างๆ รวมไปถึงการแก้ไขวิทยานิพนธ์ฉบับนี้ จากอาจารย์ที่ปรึกษา รองศาสตราจารย์ ดร.สมเกียรติ ปิยะธีรธิติวรกุล ต้องขอกราบขอบพระคุณเป็นอย่างสูง

ขอขอบคุณ รองศาสตราจารย์ ดร.ไทยถาวร เลิศวิทยาประสิทธิ ที่ร่วมเป็นประธานในการสอบวิทยานิพนธ์ และขอขอบคุณ รองศาสตราจารย์ ดร. จันทร์เพ็ญ จันทร์เจ้า รองศาสตราจารย์ ดร. วรณพ วิยกาญจน์ และ ดร. มะลิ บุณยรัตผลิน ที่ร่วมเป็นคณะกรรมการตรวจสอบวิทยานิพนธ์ในครั้งนี้ รวมไปถึงคำแนะนำต่างๆ จากทุกท่าน เพื่อให้งานวิจัยนี้สำเร็จไปได้ด้วยดี

ขอขอบคุณบัณฑิตวิทยาลัย ที่ให้การสนับสนุนทุนอุดหนุนการทำวิทยานิพนธ์ในครั้งนี้

ขอขอบคุณ คุณเสรี ดอนเหนือ ที่ให้ความช่วยเหลือในการทำอาหารทดลอง การเตรียมสถานที่ในการทดลอง รวมไปถึงคำแนะนำในการทดลอง และคอยให้กำลังใจตลอดมา ทำให้การทดลองสำเร็จลุล่วงไปได้ด้วยดี

ขอขอบคุณ คุณฤทัย โลทะกะ และ คุณรัจนา บุญมี สำหรับความช่วยเหลือในการใช้เครื่องวิเคราะห์โปรตีน เครื่องวิเคราะห์เถ้า เครื่องวิเคราะห์ไขมัน และการเดินทางไปเอาสัตว์ทดลองตลอดมา

ขอขอบคุณ คุณวสันต์ กันใจแก้ว สำหรับความช่วยเหลือในการเตรียมสถานที่การทดลอง ให้ความช่วยเหลือในด้านต่างๆ ระหว่างการดำเนินงานวิจัย และให้กำลังใจเป็นอย่างดีตลอดมา

ขอขอบคุณเพื่อนๆ พี่ๆ น้องๆ นิสิตปริญญาตรี ปริญญาโท และปริญญาเอก ภาควิชาวิทยาศาสตร์ทางทะเล และสาขาวิชาเทคโนโลยีชีวภาพ ทั้งที่จบการศึกษาไปแล้ว และที่กำลังศึกษาอยู่ ที่คอยให้ความช่วยเหลือในด้านต่างๆ และให้กำลังใจตลอดระยะเวลาการทำวิจัยในครั้งนี้

การวิจัยครั้งนี้ทำที่ศูนย์เชี่ยวชาญเฉพาะทางด้านเทคโนโลยีชีวภาพทางทะเล คณะวิทยาศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

สุดท้ายนี้ขอกราบขอบพระคุณ คุณพ่อ คุณแม่ และครอบครัวที่คอยให้กำลังใจ ห่วงใยในเรื่องต่างๆ ตลอดมา ตลอดจนการสนับสนุนในการศึกษา และการทำวิจัยให้สำเร็จลุล่วงไปได้ด้วยดี จนสามารถจบการศึกษาในระดับปริญญามหาบัณฑิตได้อย่างมีคุณภาพ

สารบัญ

	หน้า
บทคัดย่อภาษาไทย……..	ง
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ…….	จ
กิตติกรรมประกาศ……..	ฉ
สารบัญ……	ช
สารบัญตาราง……..	ฌ
สารบัญรูป……	ฐ
บทที่	
1 บทนำ……..	1
2 เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง…….	3
3 วิธีดำเนินการวิจัย…….....	14
3.1 วัสดุอุปกรณ์และสารเคมี…….	14
3.2 วิธีการดำเนินการทดลอง…….	15
3.2.1 อาหารทดลอง…….....	15
3.2.2 ระบบเลี้ยงและน้ำ……...	17
3.2.3 ปลาทดลองและการดูแล…….	18
3.2.4 ปัจจัยควบคุม…….....	19
3.2.5 ปัจจัยที่ได้จากการศึกษา……..	19
3.2.5.1 การเจริญเติบโตของปลาทดลอง…….....	19
3.2.5.2 ประสิทธิภาพอาหารทดลอง……	20
3.2.6 การวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติ……	20
4 ผลการทดลอง…….....	21
4.1 ผลการทดลองที่ 1……	21
4.1.1 การเจริญเติบโตของปลาทดลองขนาด 1.5 นิ้ว……	21
4.1.1.1 น้ำหนักเฉลี่ย……..	21

หน้า

4.1.1.2 น้ำหนักที่เพิ่ม…….. 22
4.1.1.3 อัตราการเติบโตสัมพัทธ์ต่อวัน…… 22
4.1.1.4 อัตราการเจริญเติบโตจำเพาะ…….. 23
4.1.1.5 อัตราการรอด…….. 24
4.1.1.6 อัตราการแลกเนื้อ…… 24
4.1.2 คุณภาพน้ำ…… 25
4.2 ผลการทดลองที่ 2……. 26
4.2.1 การเจริญเติบโตของปลาทดลองขนาด 3 นิ้ว……... 26
4.2.1.1 น้ำหนักเฉลี่ย…… 26
4.2.1.2 น้ำหนักเพิ่มแต่ละช่วงเวลา…….. 27
4.2.1.3 อัตราการเติบโตสัมพัทธ์ต่อวัน……. 28
4.2.1.4 อัตราการเจริญเติบโตจำเพาะ…… 29
4.2.1.5 อัตราการรอด……... 30
4.2.1.6 Condition factor……..……. 31
4.2.1.7 อัตราการแลกเนื้อ……..…….. 32
4.2.1.8 ผลผลิต……. 33
4.2.1.9 ปริมาณโปรตีน ไขมัน ความชื้น และเถ้าในเนื้อปลาทดลอง…… 34
4.1.3 คุณภาพน้ำ……..…… 35
5 วิจารณ์ผลการทดลอง……. 36
6 สรุปผลการทดลอง และข้อเสนอแนะ…… 40
รายการอ้างอิง…… 43
ภาคผนวก……..…… 48
ภาคผนวก ก ขั้นตอนการวิเคราะห์คุณภาพอาหาร……. 49
ภาคผนวก ข ข้อมูลจากการทดลอง……... 54
ภาคผนวก ค เปรียบเทียบการเติบโตของปลาทดลอง……. 65
ภาคผนวก ง ผลการวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติ…….. 68
ประวัติผู้เขียนวิทยานิพนธ์…… 96

สารบัญตาราง

ตารางที่		หน้า
1	เปรียบเทียบส่วนประกอบทางโภชนาการระหว่างไก่ป่นและปลาป่นชนิดต่างๆ…	12
2	เปรียบเทียบปริมาณกรดอะมิโนในปลาป่นและเศษไก่ป่น……..	13
3	ส่วนประกอบของอาหารทดลอง…….....	16
4	คุณภาพน้ำระหว่างการเลี้ยงปลากะพงขาวเป็นระยะเวลา 4 สัปดาห์.....	25
5	น้ำหนักเฉลี่ยของปลากะพงขาวในการทดลองเป็นระยะเวลา 9 สัปดาห์.....	26
6	สมการแสดงความสัมพันธ์เชิงเส้นของการเติบโตของปลากะพงขาวขนาด 1.5 นิ้ว.....	31
7	สมการแสดงความสัมพันธ์เชิงเส้นของการเติบโตของปลากะพงขาวขนาด 1.5 และ 3 นิ้ว……..	32
8	ปริมาณโปรตีน ไขมัน ความชื้น และเถ้าในเนื้อปลาทดลองเป็นระยะเวลา 9 สัปดาห์ค่าเฉลี่ยจากการวิเคราะห์ 3 ซ้ำ ($\bar{x} \pm$ sd)…….....	35
9	คุณภาพน้ำระหว่างการเลี้ยงปลากะพงขาวเป็นระยะเวลา 9 สัปดาห์…….	35
10	น้ำหนักของปลากะพงขาวขนาด 1.5 นิ้ว ที่เลี้ยงด้วยอาหารสูตรต่างๆ สัปดาห์ที่ 0 (2 ซ้ำ)……..	54
11	น้ำหนักของปลากะพงขาวขนาด 1.5 นิ้ว ที่เลี้ยงด้วยอาหารสูตรต่างๆ สัปดาห์ที่ 4 (2 ซ้ำ)……..	55
12	ความยาวของปลากะพงขาวขนาด 1.5 นิ้ว ที่เลี้ยงด้วยอาหารสูตรต่างๆ สัปดาห์ที่ 4 (2 ซ้ำ)……..	56
13	การเจริญเติบโตของปลากะพงขาวขนาด 1.5 นิ้ว ที่เลี้ยงด้วยอาหารสูตรต่างๆ ในระยะเวลา 4 สัปดาห์ (2 ซ้ำ)……..	57
14	น้ำหนักของปลากะพงขาวขนาด 3 นิ้ว ที่เลี้ยงด้วยอาหารสูตรต่างๆ สัปดาห์ที่ 0 (2 ซ้ำ)……..	58
15	น้ำหนักของปลากะพงขาวขนาด 3 นิ้ว ที่เลี้ยงด้วยอาหารสูตรต่างๆ สัปดาห์ที่ 3 (2 ซ้ำ)……..	59
16	น้ำหนักของปลากะพงขาวขนาด 3 นิ้ว ที่เลี้ยงด้วยอาหารสูตรต่างๆ สัปดาห์ที่ 6 (2 ซ้ำ) ……..	60

ตารางที่ **หน้า**

17 น้ำหนักของปลากะพงขาวขนาด 3 นิ้ว ที่เลี้ยงด้วยอาหารสูตรต่างๆ สัปดาห์ที่ 9 (2 ซ้ำ)…… 61

18 ความยาวของปลากะพงขาวขนาด 3 นิ้วที่เลี้ยงด้วยอาหารสูตรต่างๆ สัปดาห์ที่ 12 (2 ซ้ำ)……... 62

19 การเจริญเติบโตของปลากะพงขาวขนาด 3 นิ้วที่เลี้ยงด้วยอาหารสูตรต่างๆ……. 63

20 ผลผลิตของปลากะพงขาวขนาด 1.5 และ 3 นิ้วที่เลี้ยงด้วยอาหารสูตรต่างๆ…….. 64

21 น้ำหนักและการเจริญเติบโตเฉลี่ย ($\bar{x}$ ± sd) ของปลากะพงขาวขนาด 1.5 นิ้ว ที่ได้รับอาหารสูตรต่างๆกันเป็นเวลา 4 สัปดาห์ …….. 65

22 น้ำหนัก, FCR และอัตราการรอดเฉลี่ย ($\bar{x}$ ± sd) ของปลากะพงขาวขนาด 3 นิ้ว ที่ได้รับอาหารสูตรต่างๆ กันเป็นเวลา 9 สัปดาห์…… 66

23 การเจริญเติบโตเฉลี่ย ($\bar{x}$ ± sd) ของปลากะพงขาวขนาด 3 นิ้ว ที่ได้รับอาหารสูตรต่างๆ กันเป็นเวลา 9 สัปดาห์……. 66

24 ผลผลิต ($\bar{x}$ ± sd) ของปลากะพงขาวขนาด 1.5 และ 3 นิ้ว ที่ได้รับอาหารสูตรต่างๆ กัน……. 67

25 สมการแสดงความสัมพันธ์เชิงเส้นของการเติบโตของปลากะพงขาวขนาด 1.5 นิ้ว……. 67

26 สมการแสดงความสัมพันธ์เชิงเส้นของการเติบโตของปลากะพงขาวขนาด 3 นิ้ว……. 67

27 เปรียบเทียบการเจริญเติบโตโดยน้ำหนักเฉลี่ยของปลากะพงขาวขนาด 1.5 นิ้ว ที่ได้รับอาหารสูตรต่างๆ (สัปดาห์ที่ 0) …….. 68

28 เปรียบเทียบการเจริญเติบโตโดยน้ำหนักเฉลี่ยของปลากะพงขาวขนาด 1.5 นิ้ว ที่ได้รับอาหารสูตรต่างๆ เป็นเวลา 4 สัปดาห์ (สัปดาห์ที่ 4)……. 69

29 เปรียบเทียบการเจริญเติบโตโดยน้ำหนักเพิ่มเฉลี่ยของปลากะพงขาวขนาด 1.5 นิ้ว ที่ได้รับอาหารสูตรต่างๆ เป็นเวลา 4 สัปดาห์…… 70

ตารางที่ **หน้า**

30 เปรียบเทียบอัตราการเจริญเติบโตสัมพัทธ์ต่อวันของปลากะพงขาวขนาด 1.5 นิ้ว ที่ได้รับอาหารสูตรต่างๆ เป็นเวลา 4 สัปดาห์…….. 71

31 เปรียบเทียบอัตราการเจริญเติบโตจำเพาะของปลากะพงขาวขนาด 1.5 นิ้ว ที่ได้รับอาหารสูตรต่างๆ เป็นเวลา 4 สัปดาห์ …… 72

32 เปรียบเทียบอัตราการแลกเนื้อของปลากะพงขาวขนาด 1.5 นิ้ว ที่ได้รับอาหารสูตรต่างๆ เป็นเวลา 4 สัปดาห์ ……... 73

33 เปรียบเทียบอัตราการรอดของปลากะพงขาวขนาด 1.5 นิ้ว ที่ได้รับอาหารสูตรต่างๆ เป็นเวลา 4 สัปดาห์ …… 74

34 เปรียบเทียบการเจริญเติบโตโดยน้ำหนักเฉลี่ยของปลากะพงขาวขนาด 3 นิ้ว ที่ได้รับอาหารสูตรต่างๆ (สัปดาห์ที่ 0)…….. 75

35 เปรียบเทียบการเจริญเติบโตโดยน้ำหนักเฉลี่ยของปลากะพงขาวขนาด 3 นิ้ว ที่ได้รับอาหารสูตรต่างๆ (สัปดาห์ที่ 3)……... 76

36 เปรียบเทียบการเจริญเติบโตโดยน้ำหนักเฉลี่ยของปลากะพงขาวขนาด 3 นิ้ว ที่ได้รับอาหารสูตรต่างๆ (สัปดาห์ที่ 6)…….. 77

37 เปรียบเทียบการเจริญเติบโตโดยน้ำหนักเฉลี่ยของปลากะพงขาวขนาด 3 นิ้ว ที่ได้รับอาหารสูตรต่างๆ (สัปดาห์ที่ 9)…….. 78

38 เปรียบเทียบการเจริญเติบโตโดยน้ำหนักเพิ่มของปลากะพงขาวขนาด 3 นิ้ว ที่ได้รับอาหารสูตรต่างๆ (สัปดาห์ 0-3)……. 79

39 เปรียบเทียบการเจริญเติบโตโดยน้ำหนักเพิ่มของปลากะพงขาวขนาด 3 นิ้ว ที่ได้รับอาหารสูตรต่างๆ (สัปดาห์ 3-6)…… 80

40 เปรียบเทียบการเจริญเติบโตโดยน้ำหนักเพิ่มของปลากะพงขาวขนาด 3 นิ้ว ที่ได้รับอาหารสูตรต่างๆ (สัปดาห์ 6-9)……..... 81

41 เปรียบเทียบอัตราการเจริญเติบโตสัมพัทธ์ต่อวันของปลากะพงขาวขนาด 3 นิ้ว ที่ได้รับอาหารสูตรต่างๆ (สัปดาห์ที่ 3)…… 82

ตารางที่ **หน้า**

42 เปรียบเทียบอัตราการเจริญเติบโตสัมพัทธ์ต่อวันของปลากะพงขาวขนาด 3 นิ้ว ที่ได้รับอาหารสูตรต่างๆ (สัปดาห์ที่ 6)..... 83

43 เปรียบเทียบอัตราการเจริญเติบโตสัมพัทธ์ต่อวันของปลากะพงขาวขนาด 3 นิ้ว ที่ได้รับอาหารสูตรต่างๆ (สัปดาห์ที่ 9)..... 84

44 เปรียบเทียบอัตราการเจริญเติบโตจำเพาะของปลากะพงขาวขนาด 3 นิ้ว ที่ได้รับอาหารสูตรต่างๆ (สัปดาห์ที่ 3)..... 85

45 เปรียบเทียบอัตราการเจริญเติบโตจำเพาะของปลากะพงขาวขนาด 3 นิ้ว ที่ได้รับอาหารสูตรต่างๆ (สัปดาห์ที่ 6)..... 86

46 เปรียบเทียบอัตราการเจริญเติบโตจำเพาะของปลากะพงขาวขนาด 3 นิ้ว ที่ได้รับอาหารสูตรต่างๆ (สัปดาห์ที่ 9)..... 87

47 เปรียบเทียบอัตราการแลกเนื้อของปลากะพงขาวขนาด 3 นิ้ว ที่ได้รับอาหารสูตรต่างๆ (สัปดาห์ที่ 0-3)..... 88

48 เปรียบเทียบอัตราการแลกเนื้อของปลากะพงขาวขนาด 3 นิ้ว ที่ได้รับอาหารสูตรต่างๆ (สัปดาห์ที่ 3-6)..... 89

49 เปรียบเทียบอัตราการแลกเนื้อของปลากะพงขาวขนาด 3 นิ้ว ที่ได้รับอาหารสูตรต่างๆ (สัปดาห์ที่ 6-9)..... 90

50 เปรียบเทียบอัตรารอดของปลากะพงขาวขนาด 3 นิ้ว ที่ได้รับอาหารสูตรต่างๆ..... 91

51 เปรียบเทียบโปรตีนในเนื้อปลากะพงขาวขนาด 3 นิ้ว ที่ได้รับอาหารสูตรต่างๆ..... 92

52 เปรียบเทียบไขมันในเนื้อปลากะพงขาวขนาด 3 นิ้ว ที่ได้รับอาหารสูตรต่างๆ..... 93

53 เปรียบเทียบความชื้นในเนื้อปลากะพงขาวขนาด 3 นิ้ว ที่ได้รับอาหารสูตรต่างๆ. 94

54 เปรียบเทียบเถ้าในเนื้อปลากะพงขาวขนาด 3 นิ้ว ที่ได้รับอาหารสูตรต่างๆ..... 95

สารบัญรูป

รูปที่		หน้า
1	ลักษณะทั่วไปของปลากะพงขาว……	4
2	การผลิตอาหารเม็ดสำเร็จรูปแบบจมน้ำ……..	15
3	ส่วนประกอบของระบบทดลอง……..	17
4	ระบบเลี้ยงน้ำหมุนเวียนแบบปิด……..	18
5	การบันทึกข้อมูลความยาวของปลาทดลอง……..	20
6	น้ำหนักเฉลี่ยของปลาทดลองเป็นระยะเวลา 4 สัปดาห์ ……..	21
7	น้ำหนักที่เพิ่มของปลาทดลองเป็นระยะเวลา 4 สัปดาห์ …….....	22
8	อัตราการเติบโตสัมพัทธ์ต่อวันของปลาทดลองเป็นระยะเวลา 4 สัปดาห์……..	23
9	อัตราการเจริญเติบโตจำเพาะของปลาทดลองเป็นระยะเวลา 4 สัปดาห์…….	23
10	อัตราการรอดของปลาทดลองในเวลา 4 สัปดาห์……...…….....	24
11	อัตราการแลกเนื้อของปลาทดลองในเวลา 4 สัปดาห์……..	25
12	น้ำหนักเฉลี่ยของปลาทดลองเป็นระยะเวลา 9 สัปดาห์……	27
13	น้ำหนักที่เพิ่มของปลาทดลองเป็นระยะเวลา 9 สัปดาห์……..	28
14	อัตราการเติบโตสัมพัทธ์ต่อวันของปลากะพงขาวในการทดลองเป็นระยะเวลา 9 สัปดาห์……	29
15	อัตราเจริญเติบโตจำเพาะของปลากะพงขาวในการทดลองเป็นระยะเวลา 9 สัปดาห์……	30
16	อัตราการรอดของปลากะพงขาวในการทดลองเป็นระยะเวลา 9 สัปดาห์……	30
17	อัตราการแลกเนื้อของปลากะพงขาวในการทดลองเป็นระยะเวลา 9 สัปดาห์…….	32
18	ผลผลิตของปลาทดลองเมื่อเลี้ยงด้วยอาหารทดลองเป็นเวลา 4 สัปดาห์……..	33

บทที่ 1

บทนำ

ปลากะพงขาวเป็นปลาเศรษฐกิจที่มีความต้องการของตลาดในปริมาณมาก และเป็นสัตว์น้ำที่มีมูลค่าสูง ส่งผลให้จำนวนประชากรของปลากะพงขาวในธรรมชาติในปัจจุบันมีจำนวนลดลงอย่างรวดเร็ว อันเนื่องมาจากการทำการประมงที่เกินขนาด ทำให้มีการเพาะเลี้ยงปลากะพงขาวอย่างกว้างขวางเพื่อให้มีปริมาณที่เพียงพอต่อความต้องการ โดยมีแหล่งเพาะเลี้ยงที่สำคัญในแถบภูมิภาคเอเชียในหลายประเทศ อาทิเช่น ประเทศไทย มาเลเซีย อินโดนีเซีย ฟิลิปปินส์ และสิงคโปร์ ปลากะพงขาวสามารถเพาะพันธุ์ได้ในโรงเพาะฟักจึงเป็นปลาที่นิยมเลี้ยง มีรสชาติเป็นที่ต้องการของผู้บริโภค สามารถเลี้ยงได้ง่าย เจริญเติบโตได้อย่างรวดเร็ว สามารถเติบโตได้ดีในบริเวณที่มีความขุ่นมากและทนต่อการเปลี่ยนแปลงความเค็มได้สูง (Boonyaratpalin และคณะ, 1998)

อาหารที่ใช้เลี้ยงปลากะพงขาวใช้แหล่งโปรตีนที่มาจากปลาป่นเป็นส่วนมาก ซึ่งจะประสบปัญหาราคาสูงและไม่สามารถกำหนดปริมาณที่จับได้แน่นอน เนื่องมาจากในปัจจุบันจำนวนประชากรของปลาลดน้อยลงอย่างรวดเร็ว ปัญหาด้านคุณภาพและปริมาณของปลาป่นที่ไม่แน่นอนทำให้ปัจจุบันมีการหาแหล่งโปรตีนใหม่ทดแทนโปรตีนจากปลาป่น โดยเศษไก่ป่นถือเป็นอีกแหล่งโปรตีนหนึ่งที่เป็นส่วนที่เหลือทิ้งจากโรงงานแปรรูปอุตสาหกรรมสัตว์ปีกสามารถนำมาใช้ทดแทนโปรตีนจากปลาป่นได้ เนื่องจากมีปริมาณโปรตีนค่อนข้างสูงใกล้เคียงปลาป่นและมีราคาถูกกว่า ประกอบกับมีองค์ประกอบทางโภชนาการและความสามารถในการยอมรับของสัตว์น้ำใกล้เคียงปลาป่นมากที่สุด มีปริมาณโปรตีนสูงถึง 60 % (Lovell, 1989) จึงถือเป็นส่วนที่สามารถนำมาใช้ประโยชน์ได้ นอกจากนี้การใช้โปรตีนจากพืชมาทดแทนโปรตีนจากปลาป่นเป็นการลดต้นทุนในการผลิตอาหารเลี้ยงปลากะพงขาวไม่ส่งผลกระทบต่อจำนวนประชากรสัตว์น้ำที่จะนำมาทำเป็นปลาป่นและไม่ก่อให้เกิดมลพิษต่อสิ่งแวดล้อม แต่โปรตีนจากพืชนั้นมีคุณภาพต่ำกว่าโปรตีนจากสัตว์ เพราะมีกรดอะมิโนบางชนิดที่จำเป็นต่อความต้องการของสัตว์น้ำต่ำกว่า (นฤมล อัศวเกศมณี, 2550)

การเลี้ยงปลากะพงขาวต้องคำนึงถึงปริมาณโปรตีนและพลังงานที่เหมาะสมในอาหาร โดยสารอาหารที่มีจะนำไปใช้ในการเจริญเติบโต การสืบพันธุ์ และการทำงานในร่างกายด้านต่างๆ ประกอบด้วย โปรตีน เกลือแร่ วิตามิน และแหล่งให้พลังงาน (Lovell, 1989) นอกจากนี้วิเชียร สาคเรศ และคณะ (2532) พบว่าปริมาณโปรตีนที่ปลากะพงขาวต้องการคือ 45% และไขมัน 18% โดยในช่วงปลาระยะวัยอ่อนจะต้องการปริมาณโปรตีนที่สูงกว่าระยะที่ปลามีการเจริญเติบโตเต็มที่ จากปัญหาต่างๆ ที่พบในปัจจุบัน จึงเห็นความสำคัญในการพัฒนาสูตรอาหารเลี้ยงปลากะพงขาว โดยใช้โปรตีนจากแหล่งอื่นมาทดแทนโปรตีนจากปลาป่นเพื่อเป็นการลดต้นทุนและเป็นการอนุรักษ์สัตว์น้ำให้เจริญพันธุ์ต่อไป

การศึกษาวิจัยครั้งนี้เป็นการศึกษาระดับการทดแทนที่เหมาะสมของการใช้เศษไก่ป่นเป็นแหล่งโปรตีนทดแทนโปรตีนจากปลาป่นในอาหารเลี้ยงปลากะพงขาวที่ทำให้ปลากะพงขาวมีการเจริญเติบโตสูงสุด

วัตถุประสงค์

เพื่อสร้างสูตรอาหารโดยใช้โปรตีนจากเศษไก่ป่นมาทดแทนโปรตีนจากปลาป่นเพื่อเลี้ยงปลากะพงขาว

ประโยชน์จากการวิจัย

สามารถใช้เศษไก่ป่นเป็นแหล่งโปรตีนทดแทนโปรตีนจากปลาป่นในอาหารเลี้ยงปลากะพงขาวในระดับที่เหมาะสมเพื่อให้ปลากะพงขาวมีการเจริญเติบโตสูงสุด ทำให้สามารถสงวนทรัพยากรสัตว์น้ำในการถูกจับมาทำปลาป่น และลดต้นทุนการผลิตอาหารเลี้ยงปลากะพงขาวในปัจจุบันได้

บทที่ 2
เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

ปลากะพงขาว

ลักษณะโดยทั่วไป

ปลากะพงขาว (รูปที่ 1) จัดอยู่ในครอบครัว Latidae มีชื่อสามัญภาษาอังกฤษว่า giant perch, white seabass, silver seaperch, palmer, asian seabass, barramundi และ cock-up seabass โดยแต่ละชื่อนั้นขึ้นอยู่กับแต่ละประเทศที่พบ และมีชื่อวิทยาศาสตร์ว่า *Lates calcarifer* (Bloch) (กรมประมง, 2524)

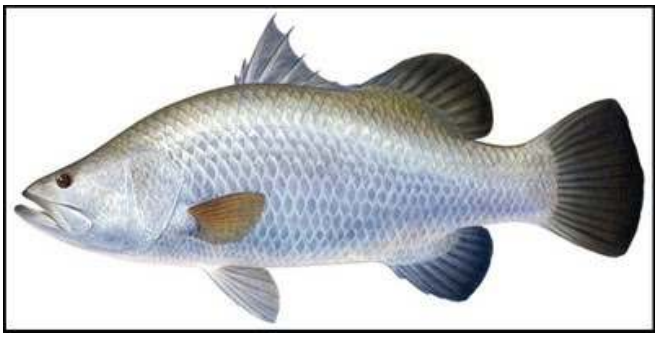
ปลากะพงขาวเป็นปลาเขตร้อน มีการแพร่กระจายอย่างกว้างขวาง ตามรายงานของกรมประมง (2524) พบว่าปลากะพงขาวจะกระจายตัวอยู่บริเวณละติจูด 50-165 องศาตะวันออก และสามารถแพร่กระจายไปถึงตอนใต้ของประเทศจีน รวมไปถึงชายฝั่งของประเทศออสเตรเลีย ปลากะพงขาวเป็นปลาน้ำกร่อย เป็นปลาที่ทนความเค็มได้ในช่วงกว้าง ปลากะพงขาววัยเต็มวัยพบในแหล่งน้ำบริเวณใกล้ฝั่งหรือในทะเล โดยจะผสมพันธุ์วางไข่ในทะเลลึกที่มีความเค็มประมาณ 28-32 ส่วนในพันล้านส่วน (ppt) แต่ระยะวัยรุ่นถึงวัยเจริญพันธุ์จะอาศัยบริเวณปากแม่น้ำ และยังสามารถอาศัยและเติบโตในบริเวณน้ำจืดได้

ปัจจัยในการแพร่กระจายคือ ความเค็มของน้ำทะเลที่มีผลต่อการอยู่รอดของปลากะพงขาววัยอ่อน และอุณหภูมิของน้ำ การเลี้ยงดูปลากะพงขาวระยะตัวอ่อน (larvae) ความเค็มควรมีค่าระหว่าง 25-30 ppt โดยในช่วง 15 วันแรกควรรักษาระดับความเค็มให้อยู่ระหว่าง 20-28 ppt ซึ่งปลาจะทนต่อน้ำจืดได้เมื่อมีความยาวเหยียด 4.5 มิลลิเมตร โดยช่วงนี้การเจริญเติบโตจะช้าลงแต่จะเจริญเติบโตได้ดีในน้ำเค็มและน้ำจืดในช่วงความยาว13.9-17.7 มิลลิเมตร (Boonyaratpalin,1997) จากรายงานของกรมประมง (2525) พบว่าปลากะพงขาวขนาดความยาวเฉลี่ย 2 เซนติเมตร มีการเจริญเติบโตดีที่สุดที่ความเค็ม 20 ppt

สำหรับอุณหภูมิที่เหมาะสมในการเลี้ยงปลากะพงขาววัยอ่อนอยู่ในช่วง 27 - 36 องศาเซลเซียส (Katersky และ Carter, 2005) อุณหภูมิในช่วงการเกิดของปลากะพงวัยอ่อนมีผลต่ออัตราการรอดของปลากะพงขาว โดยปลากะพงขาววัยอ่อนจะมีอัตราการรอดเพิ่มขึ้นจาก 11.39 - 66.45 % เมื่ออุณหภูมิเพิ่มขึ้นจาก 27 - 29 องศาเซลเซียส เป็น 34 - 35 องศาเซลเซียส (Ruangpanit และ Kongkumnerd, 1992 อ้างโดย Boonyaratpalin, 1997).

จากรายงานของกรมประมง (2524) กล่าวว่า สำหรับปลากะพงขาววัยอ่อนระยะแรกจะกินแพลงก์ตอนสัตว์เป็นอาหาร ที่มีชื่อทั่วไปว่า โรติเฟอร์ (rotifer) ชนิดที่ใช้เลี้ยงลูกปลากะพงขาวมีชื่อวิทยาศาสตร์ว่า *Brachionus plicatilis* โดยอาหารชนิดนี้จะใช้อนุบาลลูกปลาอายุ 3-14 วัน จึงหยุดให้โรติเฟอร์ และเมื่อลูกปลาอายุได้ 8 วันสามารถให้ไรน้ำเค็ม (อาร์ทิเมีย) ร่วมด้วยได้ นอกจากนี้ไรแดงก็สามารถใช้เป็นอาหารแก่ลูกปลาได้เช่นกัน โดยทั่วไปมักจะให้ไรแดงเมื่อปลามีอายุ 15 วันขึ้นไป จนมีอายุ 20 วัน เมื่อลูกปลามีอายุ 21 วันขึ้นไปสามารถฝึกให้กินเนื้อปลาสับละเอียดได้

การเลี้ยงปลากะพงขาวหากมีความหนาแน่นมากเกินไปจะทำให้อัตราการรอดต่ำ รายงานของกรมประมง (2524) กล่าวว่า ลูกปลาอายุ 8-15 วัน เลี้ยงความหนาแน่น 15,000-20,000 ตัวต่อน้ำ 1 ตัน มีอัตราการรอดเฉลี่ย 80.91% สำหรับลูกปลาอายุ 16-23 วัน เลี้ยงที่ความหนาแน่น 5,000-10,000 ตัวต่อน้ำ 1 ตัน มีอัตราการรอดเฉลี่ยอยู่ที่ 70.05% และลูกปลาอายุ 24-30 วัน เลี้ยงที่ความหนาแน่น 2,000-5,000 ตัวต่อน้ำ 1 ตัน พบมีอัตราการรอดเฉลี่ย 85.33%



www.reef.crc.org.au

รูปที่ 1 ลักษณะทั่วไปของปลากะพงขาว

โรคที่พบในปลากะพงขาว

ปัญหาในการเลี้ยงปลากะพงขาวส่วนหนึ่งมาจากโรค กรมประมง (2524) รายงานว่าโรคที่พบส่วนใหญ่เกิดจากโปรโตซัวซึ่งจะเกาะตามเหงือก ทำให้หายใจไม่สะดวก เกิดการระคายเคือง ปลาที่เป็นโรคจะพบว่าตัวมีสีคล้ำขึ้นจากสีปกติ กินอาหารได้น้อยหรืออาจจะไม่กินอาหารโดยจะมีการรวมตัวกันเป็นกลุ่ม โรคที่เกิดจากโปรโตซัวนี้เกิดการแพร่กระจายได้อย่างรวดเร็ว ส่งผลให้ปลาตายในที่สุด การรักษาคือการใช้ฟอร์มาลีนเข้มข้น 500 ppm แช่ไว้ 10-15 นาที ติดต่อกัน 2-3 วัน นอกจากนี้โรคที่เกิดขึ้นยังสามารถเกิดได้จากเชื้อแบคทีเรีย และขึ้นกับคุณภาพของน้ำได้อีกด้วย เนื่องจากแบคทีเรียหลายชนิดสามารถปะปนมากับน้ำและเมื่อน้ำมีคุณภาพที่ไม่ดี ก็จะทำให้แบคทีเรียขยายตัวได้เร็ว

ความต้องการสารอาหารของปลากะพงขาว

<u>โปรตีนและกรดอะมิโน</u>

ปลาหรือสัตว์น้ำทั่วไปต้องการโปรตีนมากเป็นอันดับหนึ่ง เพราะโปรตีนถือเป็นแหล่งกรดอะมิโนที่สำคัญโดยมีผลต่อการเจริญเติบโตของปลาได้หากได้รับในปริมาณที่ไม่เพียงพอ ถ้าปลาขาดโปรตีนจะมีอาการเบื่ออาหาร อัตราการเจริญเติบโตลดลง ประสิทธิภาพการใช้อาหารลดลง (นฤมล อัศวเกศมณี, 2550) โดยระดับโปรตีนที่เหมาะสมต่อการเจริญเติบโตของปลาในอาหารควรอยู่ในระดับ 25-50% (Lovell, 1989) โปรตีนเป็นส่วนประกอบของเอนไซม์ และฮอร์โมนหลายชนิดที่ควบคุมการทำงานของร่างกาย รวมไปถึงเป็นสารภูมิคุ้มกันโดยเฉพาะโปรตีนในเลือดที่จับสารแปลกปลอมได้ โดยถ้าโปรตีนมีปริมาณความต้องการที่เพียงพอและปลาสามารถย่อยได้ดี ก็จัดว่ามีคุณภาพที่ดี โดยโปรตีนจากปลาป่นถือเป็นโปรตีนที่มีคุณภาพดี เพราะมีกรดอะมิโนที่จำเป็นสูง โดยเฉพาะเมไธโอนีนและไลซีน ซึ่งมักไม่พอในอาหารเลี้ยงสัตว์ (นฤมล อัศวเกศมณี, 2550) ปลากะพงขาวหรือสัตว์น้ำทั่วไปเมื่อโตเต็มที่จะต้องการปริมาณโปรตีนลดลง ซึ่งถ้าได้รับโปรตีนปริมาณมากจะนำไปใช้เป็นพลังงานแทนการเจริญเติบโต (Cuzon, 1988; Wong และ Chou, 1989 อ้างโดย สุนิตย์ โรจนพิทยากุล และคณะ, 2547)

ระดับโปรตีนในอาหารแตกต่างกันไปขึ้นกับชนิดของปลา เนื่องจากปลาแต่ละชนิดจะมีความต้องการระดับโปรตีนที่เหมาะต่อการเจริญเติบโตที่แตกต่างกัน วิเชียร สาคเรศ และคณะ (2532) พบว่าปลากะพงขาวต้องการโปรตีน 45% และไขมัน 18% ซึ่งปริมาณโปรตีนที่ดีที่สุดสำหรับปลาที่มีการเจริญเติบโตที่ดี อยู่ในช่วง 40-45% และมีไขมัน 12% (Wong และ Chou, 1989 อ้างโดย Boonyaratpalin, 1997) รายงานของ Aquacop และคณะ (1989) พบว่าปลากะพงขาววัยอ่อนมีความต้องการโปรตีน 45-50% ในขณะที่มีความต้องการไขมัน 12% อัตราการแลกเนื้อปลากะพงขาวจะดีที่สุดเมื่อให้ไขมันที่ 12 หรือ18% ที่ปริมาณคาร์โบไฮเดรต 20% และไขมันที่ปริมาณ 12% คาร์โบไฮเดรต 15%

กรดอะมิโนเป็นส่วนประกอบหนึ่งของโปรตีน โดยแบ่งเป็น 2 ประเภท คือ กรดอะมิโนที่จำเป็นและไม่จำเป็น โดยกรดอะมิโนที่จำเป็นเป็นกรดอะมิโนที่สัตว์ไม่สามารถสังเคราะห์ขึ้นมาได้ การนำไปใช้ในการเจริญเติบโตจึงไม่เพียงพอ (Lovell, 1989) โดยกรดอะมิโนที่จำเป็นนี้ ถ้าขาดจะทำให้เกิดโรคได้ ส่วนกรดอะมิโนที่ไม่จำเป็นนั้นถ้าขาดก็ไม่เกิดอาการผิดปกติ อีกทั้งกรดอะมิโนที่ไม่จำเป็นบางชนิดก็สามารถทดแทนกรดอะมิโนที่จำเป็นได้บางส่วน เช่น ซิสทีนสามารถแทนเมทไธโอนีนได้ 50% (บุญล้อม ชีวะอิสระกุล, 2546 อ้างโดย นฤมล อัศวเกศมณี, 2550) ไทโรซีนสามารถแทนได้ 50% จากความต้องการเฟนิลอะลานีนของปลา channel catfish ได้ (Lovell, 1989) สำหรับปลากะพงขาวมีความต้องการกรดอะมิโนที่จำเป็นได้แก่ เมทไธโอนิน 2.24% ของโปรตีน ไลซีน 4.5% ของโปรตีน อาร์จินีน 3.8% ของโปรตีน และทริบโตเฟน 0.4% ของโปรตีน (Cuzon, 1988; Wong และ Chou, 1989; Millamena, 1994 อ้างโดย สุนิตย์ โรจนพิทยากุล และคณะ, 2547)

<u>ไขมันและกรดไขมัน</u>

ไขมันและกรดไขมันที่จำเป็นในอาหารมีความสำคัญเพราะเป็นแหล่งให้พลังงานปริมาณสูง ปลาจะใช้ไขมันเพื่อเป็นแหล่งพลังงานสำหรับกระบวนการเมแทบอลิซึมต่างๆ ในร่างกาย และเพื่อรักษาโครงสร้างในการสร้างเซลล์เมมเบรน อีกทั้งยังเป็นตัวช่วยให้อัดเม็ดอาหารได้ง่ายด้วย (นฤมล อัศวเกศมณี, 2550) ซึ่งถ้ามีไขมันในอาหารไม่เพียงพอ ปลาจะนำเอาโปรตีนที่ได้รับมาเปลี่ยนเป็นพลังงานแทนทำให้การเจริญเติบโตของปลานั้นต่ำ พบว่าความต้องการกรดไขมันที่จำเป็นของปลากะพงขาวมีค่าประมาณ 1.0-1.7% (Boonyaratpalin, 1997) ที่ระดับโปรตีน 45% ควร

มีระดับไขมันที่เหมาะสมสำหรับปลากะพงขาววัยอ่อน 18% และที่โปรตีน 50% ควรมีไขมัน 15% (วิเชียร สาคเรศ และคณะ, 2532) รายงานของ Catacutan และ Coloso (1997) พบว่าปริมาณไขมันที่เหมาะสมของปลากะพงขาวควรอยู่ในช่วง 6-18%

<u>คาร์โบไฮเดรต</u>

คาร์โบไฮเดรตจัดเป็นสารอาหารที่ให้พลังงาน ราคาถูก และหาได้ง่าย คาร์โบไฮเดรตที่ใช้เป็นอาหารสัตว์น้ำส่วนใหญ่คือ แป้ง รำ และข้าวโพด ส่วนมากจะไม่พบว่าปลาขาดคาร์โบไฮเดรต แต่ถ้าได้รับมากเกินไปจะทำให้มีไกลโคเจนสะสมในตับปลาได้ ถ้าสะสมมากถึง 16% ของน้ำหนักตับ ปลาอาจตายได้ (นฤมล อัศวเกศมณี, 2550) สำหรับความต้องการคาร์โบไฮเดรตของปลากะพงขาวนั้น พบว่ามีความต้องการปริมาณคาร์โบไฮเดรตไม่เกิน 20% (Boonyaratpalin และคณะ, 1988 อ้างโดย Boonyaratpalin, 1997) จากรายงานพบว่าเมื่อให้ปริมาณคาร์โบไฮเดรต 27% ปลากะพงขาวจะมีการเจริญเติบโตที่ลดลง (Boonyaratpalin, 1997) มีรายงานพบว่าการเจริญเติบโตของปลากะพงขาวจะดีที่สุดเมื่อให้คาร์โบไฮเดรต 20% (Catacutan และ Coloso, 1997) ซึ่งคาร์โบไฮเดรตยังเป็นตัวช่วยให้อาหารสามารถจับตัวกันได้ดี

<u>วิตามิน</u>

ปลามีความต้องการวิตามินและเกลือแร่ในปริมาณที่เหมาะสม ถึงแม้ว่าปลาจะมีความต้องการวิตามินในปริมาณน้อยแต่ก็ขาดไม่ได้เพราะถ้าปลาขาดวิตามินและเกลือแร่แล้วอาจส่งผลให้ปลามีความผิดปกติของร่างกายได้ นฤมล อัศวเกศมณี (2550) กล่าวว่าปลาที่ขาดวิตามินจะส่งผลให้ปลาเบื่ออาหาร การเจริญเติบโตช้า อัตราการแลกเนื้อสูง และลำตัวมีสีเข้มคล้ำขึ้นกว่าปกติ โดยความต้องการของวิตามินนั้นขึ้นอยู่กับขนาดของปลา ระยะการเจริญเติบโตเต็มวัย อัตราการเจริญเติบโต สภาพแวดล้อมและอาหาร (Boonyaratpalin, 1997) โดยมีรายงานพบว่าปลา salmonids ต้องการวิตามินต่างๆ ต่ออาหาร 1 กิโลกรัม คือ ต้องการวิตามินเอในระดับ 2,500 I.U. วิตามินดีในระดับ 2,400 I.U. วิตามินอีในระดับ 30 I.U. วิตามินเค 10 มิลลิกรัม ไทอามีน 10 มิลลิกรัม ไรโบฟลาวิน 20 มิลลิกรัม ไพริดอกซีน 10 มิลลิกรัม กรดแพนโทธินิค 40 มิลลิกรัม ไนอาซิน 150 มิลลิกรัม กรดโฟลิค 5 มิลลิกรัม วิตามินบี12 ระดับ 0.02 มิลลิกรัม ไบโอติน 0.1 มิลลิกรัม อินโนซิทอล 400 มิลลิกรัม โคลีน 3000 มิลลิกรัม และวิตามินซี 100 มิลลิกรัม (NRC, 1981 อ้างโดย Lovell, 1989)

หน้าที่ของวิตามินชนิดต่างๆ ในอาหารสัตว์น้ำมีดังนี้

วิตามินบีหนึ่ง : ร่วมในปฏิกิริยาการสันดาปคาร์โบไฮเดรต

วิตามินบีสอง : ร่วมในปฏิกิริยาการหายใจของเนื้อเยื่อที่เส้นเลือดไปเลี้ยงน้อย

วิตามินบีหก : ช่วยในปฏิกิริยาการสันดาปโปรตีนให้เป็น ATP

วิตามินบีสิบสอง : เกี่ยวกับการสร้างเม็ดเลือดแดง

วิตามินซี : เกี่ยวกับการสร้างโปรตีนคอลลาเจน เม็ดเลือดแดง ภูมิคุ้มกัน

วิตามินเอ : เกี่ยวกับการมองเห็น

วิตามินอี : เพื่อคงสภาพของเซลล์เมมเบรน

วิตามินเค : จำเป็นต่อการแข็งตัวของเลือด

กรดแพนโทธินิค : ร่วมปฏิกิริยาสันดาปโปรตีน ไขมัน คาร์โบไฮเดรต ในเนื้อเยื่อที่มีการหายใจสูง

ไนอาซิน : ร่วมปฏิกิริยาการถ่ายทอดอิเลคตรอน

ไบโอติน : ร่วมในปฏิกิริยาถ่ายเทคาร์บอนไดออกไซด์

กรดโฟลิค : เกี่ยวกับการสร้างเม็ดเลือดแดง

โคลีน : เป็นองค์ประกอบเซลล์ ลำเลียงไขมัน

อินโนซิทอล : เป็นองค์ประกอบเซลล์ ยึดเซลล์เข้าด้วยกัน

(วิมล จันทรโรทัย, 2537 อ้างโดย นฤมล อัศวเกศมณี, 2550)

ปริมาณวิตามินซีที่ปลากะพงขาวต้องการต้องมีปริมาณอย่างน้อย 500 มิลลิกรัมต่ออาหาร 1 กิโลกรัม (Boonyaratpalin และคณะ, 1989 อ้างโดย Boonyaratpalin, 1997) จากการศึกษาของสิทธิ บุณยรัตผลิน และคณะ (2532) พบว่าปริมาณวิตามินซีที่ปลากะพงขาวต้องการควรมีปริมาณ 0.25% ของน้ำหนักอาหารแห้ง ซึ่งเป็นระดับที่ทำให้ปลากะพงขาวมีความต้านทานโรคสูง

Phromkunthong และคณะ (1997) พบว่าปลากะพงขาวสามารถใช้ประโยชน์จาก ascorbyl-2-monophosphate-magnesium 30 มิลลิกรัมต่ออาหาร 1 กิโลกรัมในการแทนวิตามินซีได้อย่างมีประสิทธิภาพ การขาดวิตามินซีนั้นปลาจะแสดงอาการ เช่น พฤติกรรมการว่ายน้ำที่ผิดปกติ ครีบมีลักษณะไม่สมบูรณ์ ครีบขาดแหว่ง เลือดออกที่ผิวหนังและช่องท้อง และพบลักษณะกระดูกสันหลังคดงอ (นฤมล อัศวเกศมณี, 2550)

<u>แร่ธาตุ</u>

สำหรับแร่ธาตุนั้นปลาต้องการนำไปใช้ในกระบวนการ osmoregulation เพื่อรักษาสมดุลภายในร่างกายและใช้ในกระบวนการ metabolism เป็นหลัก ซึ่งปกติปลาสามารถรับเกลือแร่ได้โดยตรงโดยดูดซึมแร่ธาตุจากน้ำ แต่การเลี้ยงในระบบหนาแน่นปลาอาจได้รับแร่ธาตุไม่เพียงพอจึงจำเป็นต้องมีการเสริมในอาหาร (นฤมล อัศวเกศมณี, 2550) อัตราการดูดซึมแร่ธาตุขึ้นอยู่กับ ชนิดของปลา อุณหภูมิ ความเป็นกรดด่าง ปริมาณแร่ธาตุในน้ำ (กระสินธุ์ หังสพฤกษ์, 2535 อ้างโดย เฉลิมชล เกษจุโลม, 2541)

แหล่งโปรตีน

<u>โปรตีนจากพืช</u>

สำหรับการใช้โปรตีนจากแหล่งอื่นมาทดแทนปลาป่นเนื่องมาจากปัญหาราคาแพงและมีปริมาณจำกัด Boonyaratpalin และคณะ (1998) พบว่าสามารถใช้โปรตีนจากถั่วเหลืองในรูปแบบต่างๆ มาใช้แทนโปรตีนจากปลาป่นได้ประมาณ 37.5% ของโปรตีนจากปลาป่นหรือ 15% ปลาป่นในอาหารโดยถั่วเหลืองสกัดน้ำมันให้ผลดีที่สุด เช่นเดียวกับรายงานของ ธำมรงค์ ตันภิบาล (2539) พบว่าการใช้ถั่วเหลืองสกัดน้ำมันสามารถแทนโปรตีนจากปลาป่นมีผลให้ปลากะพงขาววัยอ่อนเจริญเติบโตได้เป็นอย่างดี เฉลิมชล เกษจุโลม (2541) พบว่าสามารถใช้กากถั่วเหลืองและกลูเตนจากข้าวโพดแทนปลาป่น 40% ในอาหารเลี้ยงปลากะพงแดง โดยจากรายงานของ จูอะดี พงศ์มณีรัตน์ และมะลิ บุณยรัตผลิน (2538) พบว่าการใช้กากถั่วเหลืองและโปรตีนจากข้าวโพด (corn gluten meal) สามารถใช้ในอาหารเลี้ยงปลากะพงขาวได้ไม่เกิน 17% และ 10% ตามลำดับ โดยแทนที่ปลาป่น 50% เมื่ออาหารนั้นมีปลาป่น 20% เป็นองค์ประกอบ ซึ่งโปรตีนจากข้าวโพดนี้ มีโปรตีนสูงถึง

62% น้ำมัน 4.5% นอกจากนี้ยังมีรายงานว่าการใช้เมล็ด Lupin เป็นแหล่งโปรตีนทดแทนโปรตีนจากปลาป่น 45% เพื่อใช้เลี้ยงปลากะพงขาว (Katersky และ Carter, 2009) รวมไปถึงการลดค่าใช้จ่ายโดยให้อาหารสำเร็จรูปที่มีระดับโปรตีนต่ำ (38.30%) สลับกับการให้อาหารที่มีระดับโปรตีนปกติ (45.48%) ได้ (สุนิตย์ โรจนพิทยากุล และคณะ, 2547)

กากถั่วเหลืองถือเป็นแหล่งโปรตีนจากพืชที่สำคัญซึ่งมีการนำมาใช้ประโยชน์ในปัจจุบันในปริมาณมาก กากถั่วเหลืองอัดน้ำมันมีโปรตีนประมาณ 42-44% ไขมัน 4-5% ส่วนกากถั่วเหลืองที่สกัดน้ำมันมีปริมาณโปรตีนประมาณ 45-47% ไขมันประมาณ 1% (นฤมล อัศวเกศมณี, 2550) จากรายงานของ Tantikitti และคณะ (2005) พบว่าการใช้ถั่วเหลืองสกัดน้ำมันสามารถแทนปลาป่นได้ 10% ของปริมาณโปรตีนปลาป่นในอาหารเลี้ยงปลากะพงขาว และยังลดของเสียที่เป็นไนโตรเจนได้เมื่อเทียบกับการให้อาหารโดยใช้เนื้อปลาสด

<u>โปรตีนจากสัตว์</u>

โปรตีนจากสัตว์มีกรดอะมิโนที่จำเป็นในปริมาณที่ใกล้เคียงความต้องการของสัตว์น้ำ จึงทำให้วัตถุดิบที่มาจากสัตว์มีคุณภาพที่ดีกว่าวัตถุดิบที่มาจากพืช ปลาป่นถือเป็นแหล่งโปรตีนที่ได้จากสัตว์ที่นำมาใช้ในการผลิตอาหารเลี้ยงสัตว์น้ำกันอย่างกว้างขวางเนื่องจากมีปริมาณโปรตีนสูง และมีกรดอะมิโนครบถ้วนตามความต้องการของสัตว์น้ำด้วยกัน จากรายงานของ Anderson และคณะ (1995) พบว่า ปลาป่นที่มาจากปลาแต่ละชนิดให้ปริมาณโปรตีนที่แตกต่างกันไป โดยปลาป่นจากปลา Herring ให้โปรตีนสูงประมาณ 80% และมีไขมันประมาณ 11% ปลาป่นที่ได้จากปลา Menhaden ให้โปรตีนประมาณ 68% และปลาป่นจากปลา Anchovy มีโปรตีนประมาณ 70% แต่เนื่องจากปัจจุบันมีปัญหาราคาสูง และผลผลิตมีน้อยจึงทำให้มีการหาแหล่งโปรตีนจากสัตว์อื่นมาทดแทนปลาป่น

เศษไก่ป่นเป็นวัตถุดิบที่ได้จากการป่นเศษเนื้อที่เป็นของเหลือใช้จากโรงงานซึ่งมีราคาต่ำกว่าปลาป่น โดยมีทั้งเนื้อผสมกระดูก และเนื้อป่นจากสัตว์ปีกอย่างเดียว พบว่ามีปริมาณโปรตีน 45-50% (นฤมล อัศวเกศมณี, 2550) และอาจจะมีโปรตีนสูงได้ถึง 65% (Johnson และคณะ, 1998 อ้างโดย Watson, 2006) นอกจากนี้บางรายงานยังนำเอาขนไก่ป่นมาผสมกับเศษไก่ป่นเพื่อใช้เป็นแหล่งโปรตีนทดแทนปลาป่นได้อีกด้วย เนื่องจากขนไก่ป่นเป็นแหล่งโปรตีนที่คุณภาพไม่ค่อยดีจึงควรใช้

ผสมกับแหล่งโปรตีนชนิดอื่น ขนไก่ป่นมีปริมาณโปรตีนสูง 85-89% แต่มีเคอราตินสูง ทำให้ย่อยได้ยาก และมีปริมาณกรดอะมิโนไม่สมดุล (นฤมล อัศวเกศมณี, 2550)

<u>การใช้เศษไก่ป่นเป็นแหล่งโปรตีนในอาหารสัตว์น้ำ</u>

เนื่องจากเศษไก่ป่นมีปริมาณโปรตีนที่ใกล้เคียงกับปลาป่น จึงมีการนำเศษไก่ป่นมาใช้แทนปลาป่นในอาหารเลี้ยงสัตว์น้ำหลายชนิด โดยมีรายงานการใช้เศษไก่ป่นที่ไม่มีการเสริมกรดอะมิโนและการเสริมกรดอะมิโนบางตัวลงไปเพื่อเพิ่มประสิทธิภาพของเศษไก่ป่น

การใช้เศษไก่ป่นแทนปลาป่นในอาหารเลี้ยงปลา chinook salmon, *Uncorhynchus tshawytscha* สามารถใช้ได้ในระดับ 20% โดยไม่มีการเสริมกรดอะมิโน และมีการเจริญเติบโตที่ลดลงเมื่อใช้เศษไก่ป่นแทนปลาป่นที่ระดับ 30 % (Fowler, 1991) รายงานของ Steffens (1994) กล่าวว่าอาหารปลา rainbow trout, *Oncorhynchus mykiss* สามารถใช้เศษไก่ป่นผสมกับขนไก่ป่นแทนปลาป่นได้ในระดับ 50% โดยไม่มีการเสริมกรดอะมิโน และพบว่าอาหารที่ใช้เศษไก่ป่นแทนปลาป่น 100% และมีการเสริมกรดอะมิโนไลซีน และเมทไธโอนีน ได้ผลดีกว่าสูตรอาหารที่ใช้เศษไก่ป่นแทนปลาป่น 100% และมีการเสริมกรดอะมิโนไลซีนเพียงอย่างเดียว ในรายงานของ Hasan และคณะ (1997) สามารถใช้เศษไก่และขนไก่ป่น (poultry-feather meal) มาทดแทนปลาป่นในอาหารเลี้ยงปลา Indian major carp, *Labeo rohita* fry ได้ดีที่สุดที่ 25% และให้ผลต่ำที่สุดเมื่อแทนปลาป่น 100% จากรายงาน Nengas และคณะ (1999) พบว่าสามารถใช้เศษไก่ป่นที่มีคุณภาพสูงทดแทนปลาป่นป่นได้ 75% โดยไม่ต้องเสริมกรดอะมิโนในอาหารเลี้ยงปลา gilthead seabream, *Sparus aurata* L และทดแทนปลาป่นได้ 100% ในอาหารเลี้ยงปลา red sea bream (Takagi และคณะ , 2000 อ้างโดย Shapawi และคณะ, 2007) Emre และคณะ (2003) ใช้เศษไก่ป่นในการเลี้ยงปลา mirror carp, *Cyprinus carpio* วัยอ่อน และสามารถใช้โปรตีนจากเศษไก่ป่นมาทดแทนปลาป่นได้ 33% สำหรับ Yang และคณะ (2004) กล่าวว่าเนื้อป่นและเศษไก่ป่นมีโปรตีนประมาณ 45-65% และสามารถใช้แทนปลาป่นในการเลี้ยงกุ้ง *Macrobrachium nipponense* ได้ 50% ในการทดลองเลี้ยงปลา black sea turbot, *Scophthalmus maeoticus* ด้วยเศษไก่ป่นสามารถทดแทนปลาป่นได้ 25% ในช่วงอุณหภูมิระหว่าง 6-8 องศาเซลเซียส (Turker และคณะ, 2005) รายงานของ Shapawi และคณะ (2007) สามารถใช้เศษไก่ป่นทดแทนปลาป่นในอาหารของปลา humpback grouper,

Cromileptes altivelis ได้มากกว่า 50% ของปลาป่น แต่การแทนเศษไก่ป่น 100% ทำให้การย่อยอาหารของปลาลดลง เนื่องจากได้รับกรดอะมิโนที่ไม่ครบถ้วน โดยเฉพาะไลซีน และเมทไธโอนีน รายงานของ Cruz-Suárez และคณะ (2007) พบว่าสามารถใช้เศษไก่ป่นแทนปลาป่นในอาหารเลี้ยงกุ้งขาว *Litopenaeus vannamei* ได้สูงถึง 80% ในการเลี้ยงปลา Gibel carp, *Carassius auratus gibelio* สามารถใช้วัตถุดิบผสมสองชนิดในอาหารคือ เศษไก่ป่นผสมเนื้อและกระดูกป่น มาทดแทนโปรตีนจากปลาป่นได้ 66.7% โดยมีการเสริมกรดอะมิโนไลซีนและเมทไธโอนีนในอาหารด้วย (Hu และคณะ, 2008) ดังรายงานดังกล่าว พบว่าสามารถใช้เศษไก่ป่นมาแทนปลาป่นในอาหารเลี้ยงสัตว์น้ำได้ และการเสริมกรดอะมิโนบางชนิดสามารถส่งผลให้ปลามีการเจริญเติบโตที่ดีขึ้นได้

ปลาป่นจัดเป็นโปรตีนที่มีคุณภาพ ปลาป่นแต่ละชนิดมีปริมาณโปรตีนที่แตกต่างกันดังแสดงในตารางที่ 1 โดยปลาป่นในไทยผลิตจากปลาเป็ดที่ไม่มีคุณภาพจึงทำให้มีปริมาณโปรตีนต่ำประมาณ 50-60% (นฤมล อัศวเกศมณี, 2550) จากรายงานของ Fowler (1991) เศษไก่ป่นมีปริมาณโปรตีน 70.5% และมีเถ้า 9.2% ในรายงานของ Margie และ Gad (1988) พบว่าเศษไก่ป่นมีโปรตีน 62% และเถ้า 14.5% เศษไก่ป่นที่มีปริมาณโปรตีนสูงจะมีปริมาณเถ้าที่ต่ำกว่าเศษไก่ป่นที่มีปริมาณโปรตีนต่ำ ดังแสดงในตารางที่ 1 นอกจากโปรตีนที่มีปริมาณสูงแล้ว ปลาป่นยังเป็นแหล่งโปรตีนที่มีกรดอะมิโนที่สมดุลโดยเฉพาะมีไลซีนและเมทไธโอนีนสูงดังแสดงในตารางที่ 2

ตารางที่ 1 เปรียบเทียบส่วนประกอบทางโภชนาการระหว่างไก่ป่นและปลาป่นชนิดต่างๆ

ส่วนประกอบ	ปลาป่นชนิด Menhaden[1]	ปลาป่นชนิด Anchovy[1]	เศษไก่ป่น[2]	เศษไก่ป่นที่มีเถ้าปริมาณต่ำ[2]
โปรตีน	67.70	70.40	64.58	68.75
ไขมัน	10.70	11.40	12.50	19.79
เถ้า	21.50	17.50	16.98	7.50

ที่มา : [1]Anderson และคณะ (1995)

[2]Johnson และคณะ (1998) อ้างโดย Watson (2006)

ตารางที่ 2 เปรียบเทียบปริมาณกรดอะมิโน ในปลาป่นและเศษไก่ป่น

กรดอะมิโนที่จำเป็น	% ของปริมาณโปรตีน			
	ปลาป่น[1]	เศษไก่ป่น[1]	เศษไก่ป่น[2]	เศษไก่ป่น[3]
เมทไธโอนีน (Met)	1.58	1.13	1.40	1.76
ซีสตีน (Cys)	0.50	0.98	0.70	0.87
ไลซีน (Lys)	4.54	3.10	3.40	4.12
ทริปโตเฟน (Trp)	0.62	0.50	0.40	0.63
อาร์จินีน (Arg)	3.69	4.03	3.80	5.64
ฮิสติดีน (His)	1.89	1.08	1.30	1.57
ทรีโอนีน (Thr)	2.49	2.08	2.00	2.70
ไอโซลิวซีน (Ile)	2.64	2.54	2.10	2.80
ลิวซีน (Leu)	4.09	4.28	3.90	4.99
วาลีน (Val)	2.98	3.06	2.70	3.30
เฟนิลอะลานีน (Phe)	2.32	1.97	2.20	2.84

ที่มา : [1]Lovell (1989)

[2] Subhadra และคณะ (2006)

[3] Shapawi และคณะ (2007) (Pet food-grade poultry by-products)

บทที่ 3

วิธีดำเนินการวิจัย

3.1 วัสดุอุปกรณ์และสารเคมี

<u>วัสดุอุปกรณ์</u>

- เครื่องวัดค่าพีเอช (pH meter) ยี่ห้อ YSI รุ่น 63/25FT YSI incorporated Yellow Springs, OHIO 45387.USA และยี่ห้อ YSI รุ่น 52CE YSI incorporated Yellow Springs, OHIO 45387.USA

- เครื่องวัดปริมาณออกซิเจนละลายน้ำ (DO meter) ยี่ห้อ YSI รุ่น 55 Yellow Springs Instrument, USA

- วัดความเค็มโดยใช้ salino-refractometer ยี่ห้อ Milwaukee รุ่น MR 100 ATC

- ชุดทดสอบไนไตรท์, แอมโมเนีย และอัลคาไลน์โดยใช้ชุดตรวจสอบ คุณภาพน้ำ (test kit) AQUA-VBC จากคณะสัตวแพทย์ศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

- เครื่องวิเคราะห์โปรตีน ยี่ห้อ FOSS ประกอบด้วย

1. เครื่องย่อยอาหาร ยี่ห้อ FOSS TECATOR™ DIGESTER AUTO
2. เครื่อง Scrubber ยี่ห้อ FOSS TECATOR SCRUBBER
3. EYELA CA-1112CE
4. KJELPE™ 8400 Analyzer Unit

- เครื่องวิเคราะห์ไขมัน ใช้เครื่อง Sotex system HT6

- ตู้อบ ยี่ห้อ WTC Binder 7200 TUTTLINGEN, Germany

- เครื่องชั่งน้ำหนักดิจิตอลแบบละเอียด

<u>สารเคมีสำหรับการวิเคราะห์โปรตีน</u> จากบริษัท รวมเคมี 1986 จำกัด และบริษัท T.S. Inter Lab Limited Partnership ประกอบด้วย โซเดียมไฮดรอกไซด์ กรดบอริค โซเดียมคาร์บอเนต โบรโมคลีซอลกรีนเมธิลเรด เอทานอล 95% กรดซัลฟูริกเข้มข้น กรดไฮโดรคลอไรด์ เข้มข้น 37% หรือ 12 mol/L และ ตัวเร่งปฏิกิริยา คอปเปอร์ซัลเฟต และโพแทสเซียมซัลเฟต

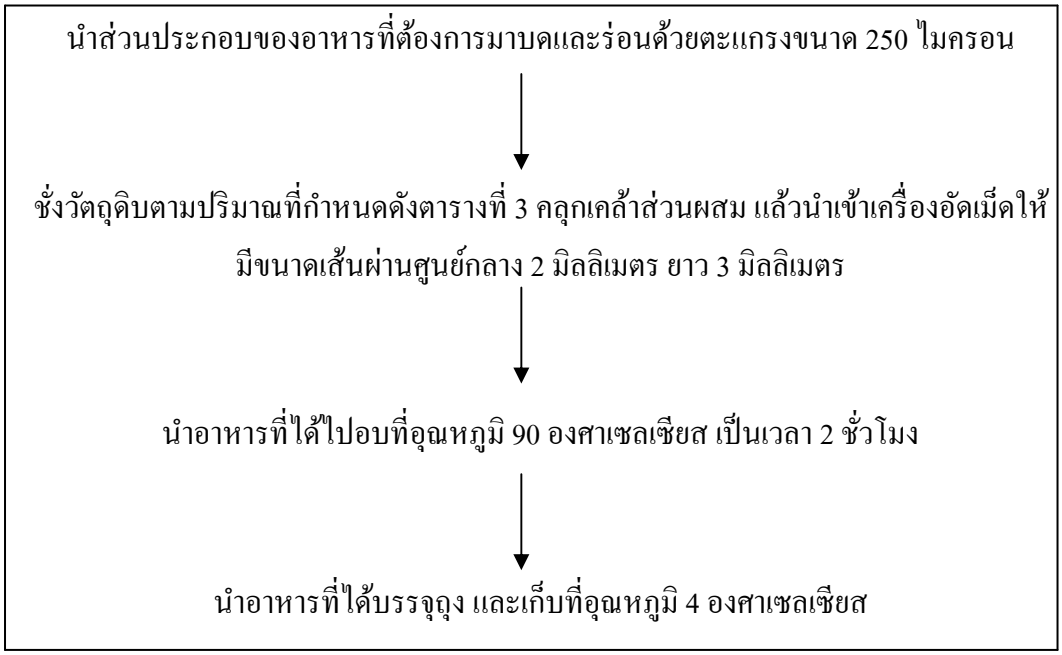
<u>สารเคมีสำหรับการวิเคราะห์ไขมัน</u> จากบริษัท รวมเคมี 1986 จำกัด คือ สารละลายปิโตรเลียมอีเธอร์

3.2 วิธีการดำเนินการทดลอง

การศึกษาครั้งนี้แบ่งการทดลองเป็น 2 การทดลอง โดยการทดลองที่ 1 ใช้ปลาขนาด 1.5 นิ้ว จำนวน 400 ตัว ในน้ำที่มีความเค็ม 15 ppt ส่วนการทดลองที่ 2 ใช้ปลาขนาด 3 นิ้ว จำนวน 120 ตัว ในน้ำที่มีความเค็ม 5 ppt

3.2.1 อาหารทดลอง

การผสมและการผลิตอาหารทดลองทำขึ้น ณ ห้องปฏิบัติการเทคโนโลยีอาหารสัตว์น้ำ ภาควิชาวิทยาศาสตร์ทางทะเล จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย อาหารทดลองเป็นอาหารสำเร็จรูปอัดเม็ดและจมน้ำ โดยมีขั้นตอนในการอัดเม็ดดังรูปที่ 2 ผลิตโดยเครื่องอัดเม็ดอาหาร (pelleting machine) จากบริษัท CPM ประเทศสหรัฐอเมริกา



รูปที่ 2 การผลิตอาหารเม็ดสำเร็จรูปแบบจมน้ำ

อาหารอัดเม็ดแบบจมน้ำที่ได้มีปริมาณโปรตีน 45% ไขมัน 12% ซึ่งแบ่งได้เป็น 5 สูตรการทดลอง คือ อาหารสูตรที่ 1 ใช้เศษไก่ป่นแทนปลาป่นในระดับ 0% และใช้ปลาป่น 100%
อาหารสูตรที่ 2 ใช้เศษไก่ป่นแทนปลาป่นในระดับ 25% และใช้ปลาป่น 75%
อาหารสูตรที่ 3 ใช้เศษไก่ป่นแทนปลาป่นในระดับ 50% และใช้ปลาป่น 50%
อาหารสูตรที่ 4 ใช้เศษไก่ป่นแทนปลาป่นในระดับ 75% และใช้ปลาป่น 25%
อาหารสูตรที่ 5 ใช้เศษไก่ป่นแทนปลาป่นในระดับ 100% และใช้ปลาป่น 0%

โดยปลาป่นที่นำมาใช้ในการทดลองมี ระดับโปรตีน 67.03% ไขมัน 8.25% และเถ้า 18.75% ส่วนเศษไก่ป่นมีโปรตีน 64.96% ไขมัน 15.00% และเถ้า 17.25% อาหารทดลองมีส่วนประกอบในอัตราส่วนดังแสดงในตารางที่ 3

ตารางที่ 3 ส่วนประกอบของอาหารที่ใช้ในการทดลองชุดที่ 1 และ 2

ส่วนประกอบ (%)	สูตรที่ 1	สูตรที่ 2	สูตรที่ 3	สูตรที่ 4	สูตรที่ 5
กากถั่วเหลือง	11.0	11.0	11.0	11.0	11.0
เศษไก่ป่น	0.0	13.20	25.80	38.70	51.70
ปลาป่น	49.80	37.00	25.00	12.50	0.0
กุ้งป่น	4.0	4.0	4.0	4.0	4.0
wheat flour	12.0	12.0	12.0	12.0	12.0
wheat gluten	3.0	3.0	3.0	3.0	3.0
แร่ธาตุ[1]	2.0	2.0	2.0	2.0	2.0
วิตามิน[2]	2.0	2.0	2.0	2.0	2.0
วิตามินซี[3]	1.10	1.10	1.10	1.10	1.1
น้ำมันปลา	7.31	6.38	5.48	4.58	3.6
เซลลูโลส	6.46	6.94	7.19	7.64	8.01
เมทไธโอนีน	1.33	1.38	1.43	1.48	1.50
รวม (%)	100	100	100	100	100
โปรตีน (%)	46.03	45.77	45.77	45.16	45.56
ไขมัน (%)	10.83	10.83	10.67	10.50	10.50
ความชื้น (%)	4.60	1.80	3.10	1.90	2.30
เถ้า (%)	12.33	12.50	12.00	11.67	11.83

หมายเหตุ: ปริมาณกรดอะมิโนอ้างจากรายงานของ Lovell (1989)

1 แร่ธาตุรวม ประกอบด้วย แคลเซียม 14.7% ฟอสฟอรัส 14.7% แมงกานีส 1.0% ทองแดง 0.36% เหล็ก0.20% ไอโอดีน 0.10% โคบอลท์ 0.10% ซีลีเนียม 0.006%

2 วิตามินรวม 1 กิโลกรัม ประกอบด้วย วิตามินเอ 107 IU วิตามินดี 3 106 IU วิตามินอี 0.01% วิตามินเค 0.001% วิตามินบี1 0.0005% วิตามินบี6 0.01% ดีแอลเมทไธโอนิน 0.016% และวิตามินซี 2500 มิลลิกรัม

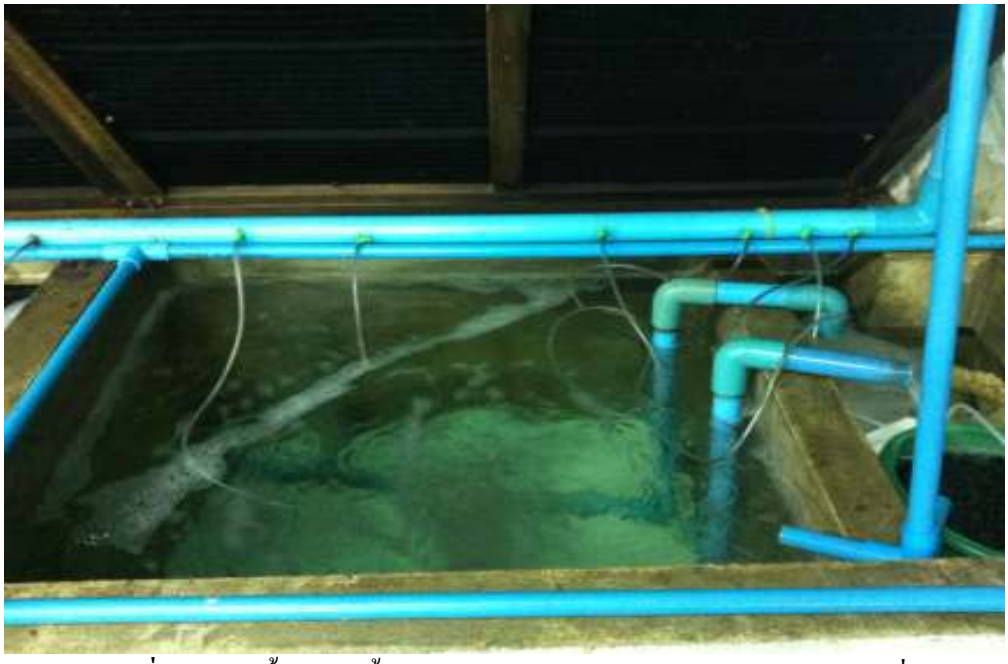
3 วิตามินซี (ascorbyl-2-polyphosphate; APP) (stay-c)

การวิเคราะห์คุณภาพอาหารและวัตถุดิบ

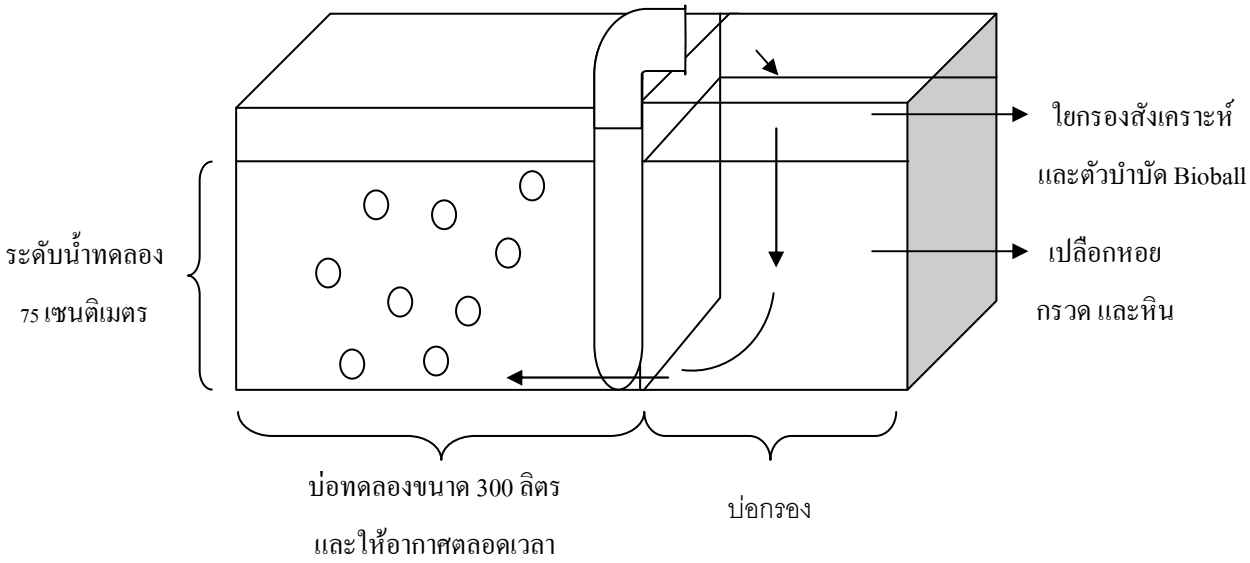
ทำการวิเคราะห์คุณค่าทางโภชนาการของอาหาร และโภชนาการในเนื้อปลาโดยใช้วิธีวิเคราะห์แบบ proximate analysis (AOAC, 1990 และ AOAC, 1995) ดังนี้ ปริมาณโปรตีนด้วยวิธี kjeldahl ปริมาณไขมันด้วยวิธี Ether extract ปริมาณความชื้นโดยใช้ตู้อบความร้อน (hot air oven) ปริมาณเถ้าด้วยวิธี muffle furnace combustion (ดังแสดงในภาคผนวก)

ระบบเลี้ยงและน้ำ

ระบบน้ำที่ใช้เป็นระบบน้ำหมุนเวียนแบบปิด โดยใช้ปั๊มดันน้ำจากบ่อทดลองเข้าสู่ระบบตัวกรองกายภาพ ที่ประกอบด้วย เปลือกหอย กรวด หิน และใยกรองสังเคราะห์ (รูปที่ 3 และ 4) มีการให้อากาศภายในบ่อตลอดเวลา โดยก่อนทำการทดลองทำการเตรียมน้ำให้มีการไหลเวียนเป็นเวลา 1 สัปดาห์เพื่อให้ระบบมีความเสถียร และระหว่างการทดลองทำการเปลี่ยนน้ำทุก 2-3 วัน ในปริมาณ 25-50% ต่อการเปลี่ยนน้ำ 1 ครั้ง และตรวจสอบคุณภาพน้ำทุกสัปดาห์ โดยวัดค่าพารามิเตอร์ต่างๆ ดังนี้คือ ไนไตรท์ แอมโมเนีย อัลคาไลนิตี้ ค่าความเป็นกรด – ด่าง ความเค็ม อุณหภูมิ ค่าออกซิเจนละลายน้ำ สำหรับน้ำเลี้ยงในการทดลองที่ 1 และ 2 มีความเค็ม 15 ppt และ 5 ppt ตามลำดับ



รูปที่ 3 ระบบเลี้ยงแบบน้ำหมุนเวียนแบบปิด (รายละเอียดอธิบายในรูปที่ 4)



รูปที่ 4 ส่วนประกอบของระบบทดลอง

3.2.3 <u>ปลาทดลองและการดูแล</u>

การทดลองแบ่งเป็น 2 การทดลอง นำปลาทดลองมาจาก บริษัทแม่น้ำบางปะกงฟาร์ม จำกัด จังหวัดฉะเชิงเทรา โดยการทดลองที่ 1 ใช้ปลากะพงขาวขนาด 1.5 นิ้ว จำนวน 400 ตัว โดยเลี้ยงจำนวน 40 ตัวในแต่ละบ่อ จำนวน 10 บ่อ (อาหารมีทั้งหมด 5 ชนิดชนิดละ 2 ซ้ำ) เป็นระยะเวลา 4 สัปดาห์ ส่วนการทดลองที่ 2 ใช้ปลากะพงขาวขนาด 3 นิ้ว จำนวน 120 ตัว โดยเลี้ยงปลากะพงขาวจำนวน 12 ตัวในแต่ละบ่อ จำนวน 10 บ่อ (อาหารมีทั้งหมด 5 ชนิดชนิดละ 2 ซ้ำ) เป็นระยะเวลา 9 สัปดาห์ การทดลองทั้ง 2 การทดลองทำการทดลองในบ่อปูนขนาดความจุ 300 ลิตร โดยมีการฝึกให้ปลามีความคุ้นกับอาหารที่ทดลองในช่วงแรกเป็นเวลา 1 สัปดาห์ หลังจากนั้นเริ่มให้อาหารในแต่ละสูตรที่เตรียมไว้ โดยมีการให้อาหารทดลองจนปลาอิ่มวันละ 3 ครั้ง เวลา 9.00 น. 12.00 น. และ 16.00 น. ทำการชั่งน้ำหนักของปลาเมื่อครบ 1 เดือน ในการทดลองที่ 1 และทุก 3 สัปดาห์ในการทดลองที่ 2 รวมไปถึงบันทึกปริมาณอาหารที่ให้ทุกอาทิตย์ และเก็บข้อมูลความยาวเมื่อสิ้นสุดการทดลอง

ในการทดลองที่ 2 เมื่อสิ้นสุดการทดลอง ทำการสุ่มตัวอย่างปลาจากสูตรอาหารที่ให้ สูตรละ 3 ตัวไปวิเคราะห์ปริมาณโปรตีนในเนื้อปลา โดยนำปลามาแล่เอาเฉพาะส่วนเนื้อ แล้วนำไปชั่งน้ำหนักหาน้ำหนักเปียก ก่อนนำไปอบในตู้อบอุณหภูมิ 100 องศาเซลเซียสเป็นเวลา 1 ชั่วโมง แล้วนำมาชั่งน้ำหนักของเนื้อแห้งเพื่อดูปริมาณความชื้น หลังจากนั้นนำเนื้อไปบดเพื่อใช้ในการวิเคราะห์โปรตีนในขั้นตอนต่อไป

3.2.4 ปัจจัยที่ควบคุม

ทำการตรวจวัดคุณภาพน้ำทุกอาทิตย์ตลอดการทดลอง ได้แก่ อุณหภูมิ ความเป็นกรดเป็นด่าง ค่าออกซิเจนละลายน้ำ ไนไตรท์ แอมโมเนีย อัลคาลินิตี้ และความเค็ม

3.2.5 ปัจจัยที่ได้จากการศึกษา

การบันทึกข้อมูลการทดลอง ได้แก่ ปริมาณอาหารที่ให้ในแต่ละสัปดาห์ น้ำหนักที่เพิ่มขึ้นตลอดการทดลอง และเมื่อสิ้นสุดการทดลองทำการวัดความยาวเหยียด (total length) ของปลาทดลอง นำข้อมูลที่เก็บทั้งหมดมาประเมินการเจริญเติบโตของปลาทดลอง อัตราการรอดและประสิทธิภาพอาหารทดลอง (ตามวิธีการของ Shapawi และคณะ, 2007) ดังนี้

3.2.5.1 การเจริญเติบโตของปลาทดลอง

- น้ำหนักเฉลี่ยของปลาทดลอง (กรัม)

= น้ำหนักรวมสุดท้ายของปลาทดลองทุกตัว / จำนวนปลา

- น้ำหนักเพิ่มของปลาทดลอง (กรัม)

= น้ำหนักสุดท้าย – น้ำหนักเริ่มต้น

- อัตราการเจริญเติบโตสัมพัทธ์ต่อวัน (% ต่อวัน)

= (น้ำหนักเพิ่ม / (น้ำหนักเริ่มต้น x จำนวนวันที่เลี้ยง)) x 100

- อัตราการเจริญเติบโตจำเพาะ (% ต่อวัน)

= ((ln น้ำหนักสุดท้าย – ln น้ำหนักเริ่มต้น)/จำนวนวัน) x 100

- อัตราการรอดของปลาทดลอง (%)

= (จำนวนปลาที่เหลืออยู่ / จำนวนปลาเริ่มต้น) x 100

- ผลผลิต

= น้ำหนักเฉลี่ย (กรัม) x จำนวนปลา (ตัว)

3.2.5.2 ประสิทธิภาพอาหารทดลอง

- อัตราการแลกเนื้อของปลาทดลอง

= น้ำหนักอาหารที่ปลากิน / น้ำหนักปลาที่เพิ่มขึ้น

- ปริมาณโปรตีนที่พบในเนื้อปลา (%) (ตามวิธีของ AOAC, 1990 และ 1995)

- ปริมาณไขมันที่พบในเนื้อปลา (%) (ตามวิธีของ AOAC, 1990 และ 1995)

รูปที่ 5 การวัดความยาวของปลาทดลอง

3.2.6 การวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติ

วิเคราะห์ความแตกต่างทางสถิติด้วยวิธีวิเคราะห์ความแปรปรวนเปรียบเทียบความแตกต่างโดยวิธี Duncan's New Range Test ที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์ (ภัทรสินี ภัทรโกศล, 2550) รายละเอียดการวิเคราะห์ทางสถิติจะแสดงในภาคผนวก

บทที่ 4

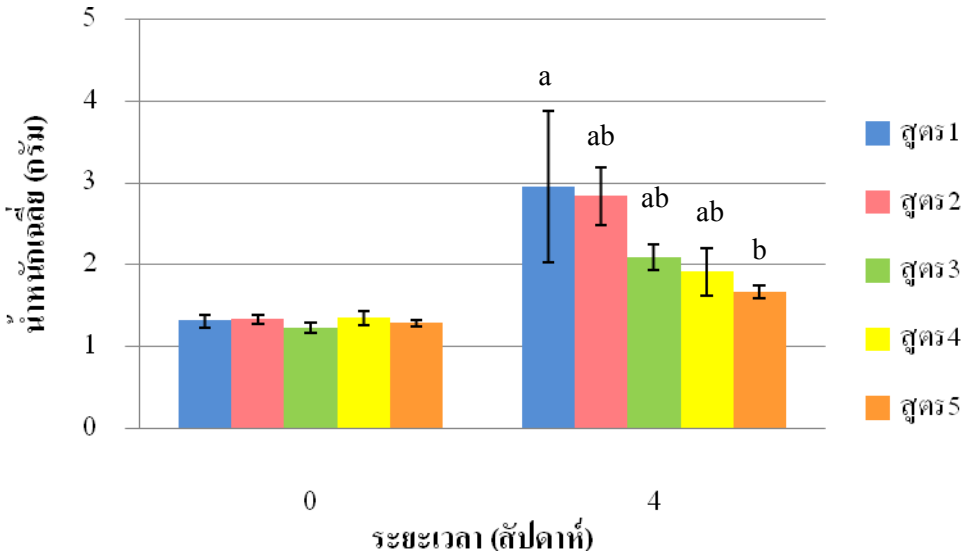
ผลการทดลอง

4.1 การทดลองที่ 1

4.1.1 การเจริญเติบโตของปลาทดลองขนาด 1.5 นิ้ว ที่เลี้ยงด้วยอาหารทดลองสูตรต่างๆ

4.1.1.1 น้ำหนักเฉลี่ย (กรัม)

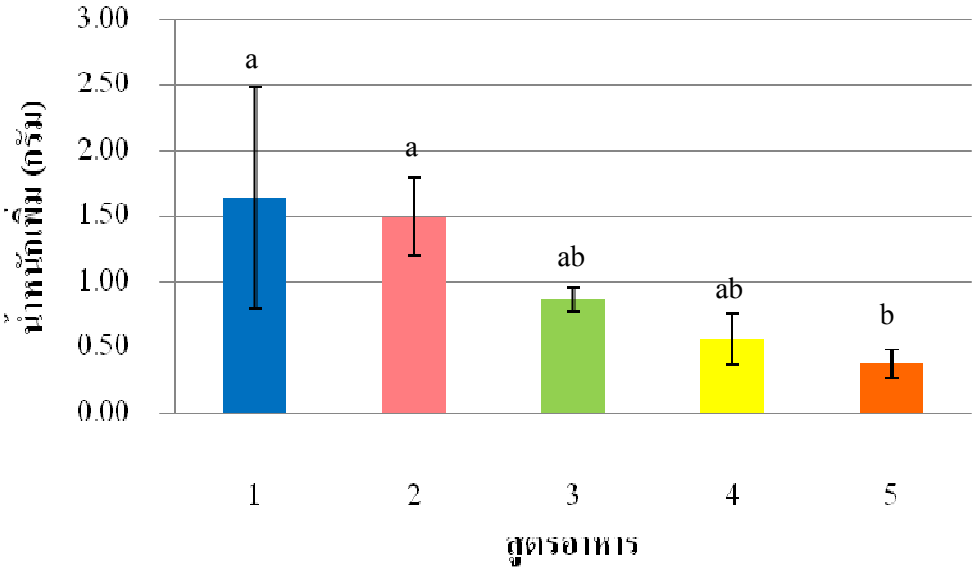
จากการทดลอง น้ำหนักเฉลี่ยเริ่มต้นก่อนการทดลองในสูตรอาหารที่ 1, 2, 3, 4 และ 5 คือ 1.31, 1.33, 1.23, 1.35 และ 1.28 กรัม ตามลำดับ ซึ่งไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P > 0.05$) และเมื่อสิ้นสุดการทดลองเป็นระยะเวลา 4 สัปดาห์ พบว่าน้ำหนักเฉลี่ยของปลาที่ได้รับอาหารสูตรควบคุมมีน้ำหนักเฉลี่ยสูงที่สุด แต่ไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญกับสูตรอาหารที่มีส่วนผสมของไก่ป่นในระดับ 25, 50 และ 75% แต่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญ ($P < 0.05$) ในอาหารสูตรที่ 5 ซึ่งเป็นสูตรอาหารที่ใช้เศษไก่ป่น 100% โดยน้ำหนักเฉลี่ยของปลาเมื่อสิ้นสุดการทดลองในสูตรอาหารที่ 1, 2, 3, 4 และ 5 คือ 2.95, 2.83, 2.09, 1.91 และ 1.66 กรัม ตามลำดับ ดังแสดงในรูปที่ 6



รูปที่ 6 น้ำหนักเฉลี่ยของปลาทดลองเมื่อเลี้ยงด้วยอาหารทดลองเป็นระยะเวลา 4 สัปดาห์

4.1.1.2 น้ำหนักที่เพิ่ม (กรัม)

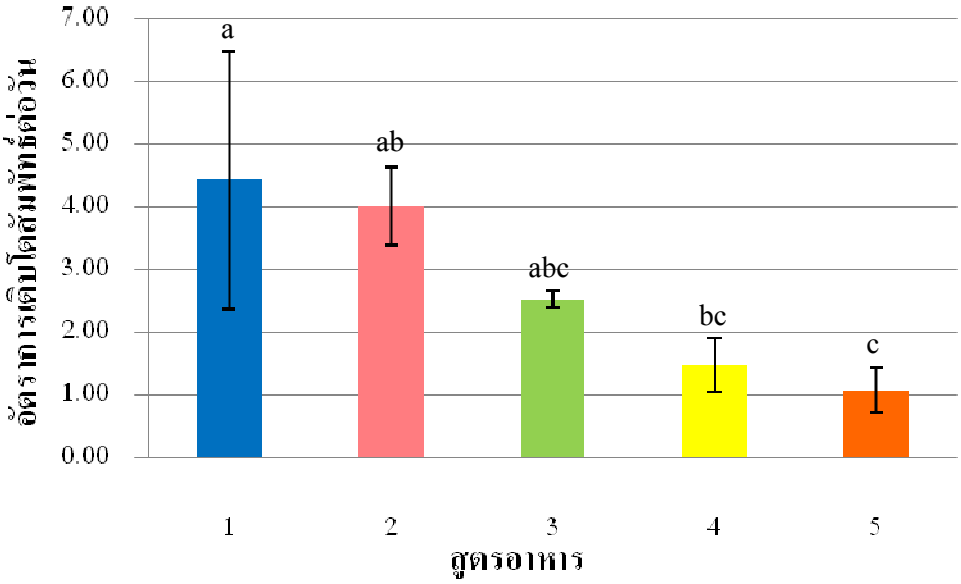
น้ำหนักเพิ่มของปลาในการทดลองเป็นเวลา 4 สัปดาห์ พบว่ามีน้ำหนักเพิ่มในสูตรอาหารที่ 1, 2, 3, 4 และ 5 คือ 1.64, 1.50, 0.87, 0.56 และ 0.38 กรัม ตามลำดับ โดยพบว่าน้ำหนักเพิ่มมากที่สุดคือสูตรควบคุม (1) รองลงมาคือ สูตรที่ 2 และมีค่าสูงกว่าอาหารสูตร 5 อย่างมีนัยสำคัญ ($P < 0.05$) ดังแสดงในรูปที่ 7



รูปที่ 7 น้ำหนักที่เพิ่มของปลาทดลองเมื่อเลี้ยงด้วยอาหารทดลองเป็นระยะเวลา 4 สัปดาห์

4.1.1.3 **อัตราการเติบโตสัมพัทธ์ต่อวัน (%ต่อวัน)**

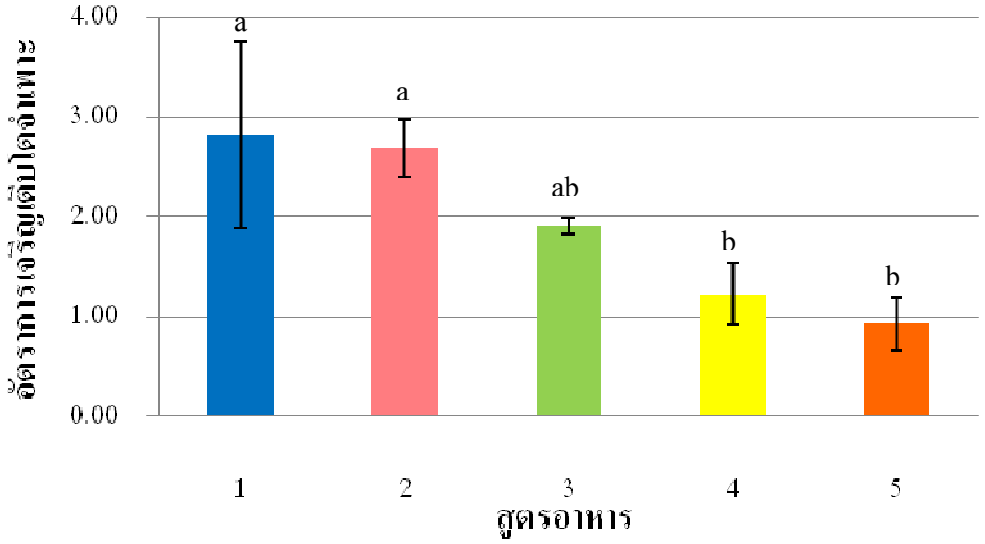
เมื่อสิ้นสุดการทดลองอัตราการเติบโตสัมพัทธ์ต่อวันในสูตรอาหาร 1, 2, 3, 4 และ 5 มีค่าคือ 4.43, 4.01, 2.52, 1.47 และ 1.07 (%ต่อวัน) ตามลำดับ โดยสูตรควบคุมมีอัตราการเติบโตสัมพัทธ์สูงที่สุดซึ่งไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญ ($P > 0.05$) กับอาหารที่ใช้เศษไก่ปั่นในระดับ 25% และ 50% แต่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญกับสูตรอาหารที่ 4 และ 5 ที่ใช้เศษไก่ปั่นในระดับ 75% และ 100% ตามลำดับ โดยสูตรอาหารที่ใช้เศษไก่ปั่นในระดับ 100% มีอัตราการเติบโตสัมพัทธ์ต่อวันน้อยที่สุด ดังแสดงในรูปที่ 8



รูปที่8 อัตราการเติบโตสัมพัทธ์ต่อวันของปลาทดลองเมื่อเลี้ยงด้วยอาหารทดลองเป็นเวลา 4 สัปดาห์

4.1.1.4 อัตราการเจริญเติบโตจำเพาะ (%ต่อวัน)

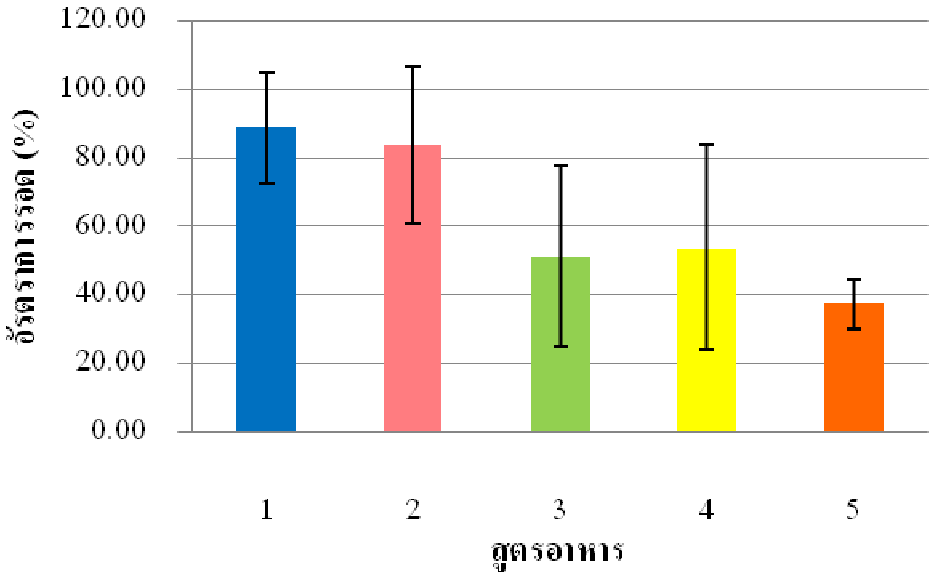
อัตราการเจริญเติบโตจำเพาะของปลาทดลองที่ได้รับอาหารสูตรที่ 1, 2, 3, 4 และ 5 เมื่อสิ้นสุดการทดลองมีค่าคือ 2.82, 2.69, 1.91, 1.23 และ 0.93 (%ต่อวัน) ตามลำดับ โดยสูตรอาหารควบคุมมีอัตราการเจริญเติบโตจำเพาะสูงที่สุดและมีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญ ($P < 0.05$) กับสูตรอาหารที่ 4 และ 5 ที่ใช้เศษไก่ปั่นในระดับ 75 % และ 100% ตามลำดับ และสูตรอาหารที่ใช้เศษไก่ปั่นในระดับ 100% มีอัตราการเจริญเติบโตจำเพาะต่ำที่สุด ดังแสดงในรูปที่ 9



รูปที่ 9 อัตราการเจริญเติบโตจำเพาะของปลาทดลองเมื่อเลี้ยงด้วยอาหารทดลองเป็นเวลา 4 สัปดาห์

4.1.1.5 อัตราการรอด (%)

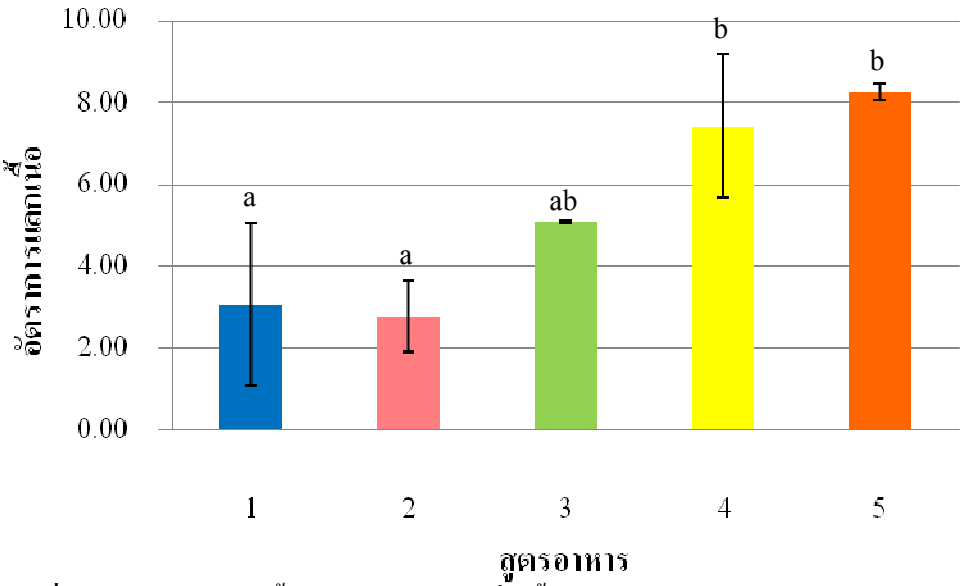
อัตราการรอดของปลาทดลองตั้งแต่เริ่มการทดลองจนถึงสิ้นสุดการทดลองพบว่าในอาหารสูตรควบคุมมีอัตราการรอดสูงสุดคือ 88.75 % รองลงมาคือสูตรที่ 2 มีอัตราการรอด 83.75 % และสูตรที่ 4, 3, และ 5 รองลงมาคือ 53.75, 51.25 และ 37.50 % ตามลำดับ โดยตลอดการทดลองพบว่าอัตราการรอดไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญ ($P > 0.05$) ดังแสดงในรูปที่ 10



รูปที่ 10 อัตราการรอดของปลาทดลองเมื่อเลี้ยงด้วยอาหารทดลองในเวลา 4 สัปดาห์

4.6 อัตราการแลกเนื้อ

อัตราการแลกเนื้อในแต่ละสูตรอาหารเมื่อสิ้นสุดการทดลองพบว่าสูตรอาหารที่ 1, 2, 3, 4 และ 5 มีค่า 3.08, 2.79, 5.10, 7.45 และ 8.29 ตามลำดับ โดยสูตรที่ 2 ที่ใช้เศษไก่ปน 25% มีอัตราการแลกเนื้อสูงที่สุด แต่ไม่แตกต่างกับอาหารสูตร 1 และ 3 อย่างมีนัยสำคัญ โดยสูตรทั้ง 3 นี้ให้อัตราการแลกเนื้อดีกว่าสูตร 4 และ5 อย่างมีนัยสำคัญ ($P < 0.05$) ดังรูปที่ 11



รูปที่ 11 อัตราการแลกเนื้อของปลาทดลองเมื่อเลี้ยงด้วยอาหารทดลองในเวลา 4 สัปดาห์

คุณภาพน้ำ ในการทดลองที่ 1 พบว่า ค่าไนไตรท์มีค่าในช่วง 0.1-0.3 มิลลิกรัมต่อลิตร อุณหภูมิมีค่า 27.0 - 31.0 องศาเซลเซียส ค่า pH มีค่า 7.5-8.3 ความเค็มมีค่า 15 ppt อัลคาลินิตี้มีค่า 90 - 120 มิลลิกรัมต่อลิตร แอมโมเนียมีค่าเท่ากับ 0 มิลลิกรัมต่อลิตร ในทุกสูตรทดลอง ส่วนออกซิเจนละลายน้ำมีค่าในช่วง 7.30 - 7.82 ดังแสดงในตารางที่ 4

ตารางที่ 4 คุณภาพน้ำระหว่างการเลี้ยงปลากะพงขาวเป็นระยะเวลา 4 สัปดาห์

คุณภาพน้ำ	ช่วงคุณภาพน้ำ (ต่ำสุด-สูงสุด)				
	สูตร 1	สูตร 2	สูตร 3	สูตร 4	สูตร 5
ไนไตรท์ (mg/l)	0.1-0.3	0.1-0.3	0.1-0.3	0.1-0.3	0.1-0.3
อุณหภูมิ (°C)	27.0-31.0	27.0-31.0	27.0-31.0	27.0-31.0	27.0-31.0
pH	7.5-8.3	7.5-8.3	7.5-8.3	7.5-8.3	7.5-8.3
ความเค็ม (ppt)	15.0	15.0	15.0	15.0	15.0
อัลคาลินิตี้ (mg/l)	90-120	90-120	90-120	90-120	90-120
แอมโมเนีย (mg/l)	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
ออกซิเจนละลายในน้ำ (mg/l)	7.39-7.56	7.38-7.70	7.38-7.68	7.30-7.82	7.31-7.44

4.2 การทดลองที่ 2

4.2.1 การเจริญเติบโตของปลาทดลองขนาด 3 นิ้ว ต่ออาหารทดลองสูตรต่างๆ

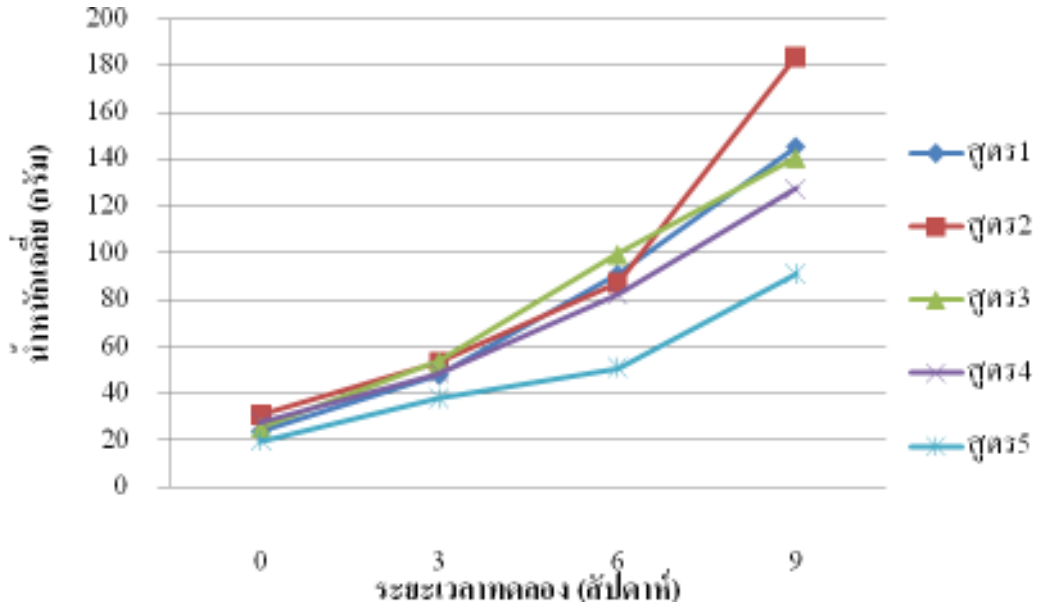
4.2.1.1 น้ำหนักเฉลี่ย (กรัม)

จากการทดลอง น้ำหนักเฉลี่ยเริ่มต้นก่อนการทดลองในสูตรอาหารที่ 1, 2, 3, 4 และ 5 คือ 24.12, 31.26, 25.50, 28.08 และ 19.90 กรัม ตามลำดับ ซึ่งไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญ ($P > 0.05$) ระหว่างทำการทดลองน้ำหนักเฉลี่ยไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญ และเมื่อสิ้นสุดการทดลองในระยะเวลา 9 สัปดาห์ พบว่าน้ำหนักเฉลี่ยในทุกสูตรอาหารไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญ ($P > 0.05$) โดยน้ำหนักเฉลี่ยของปลาทดลองในสูตรอาหารที่ 1, 2, 3, 4 และ 5 คือ 145.33, 184.04, 140.74, 127.66 และ 91.40 กรัม ตามลำดับ โดยสูตรอาหารที่มีน้ำหนักเฉลี่ยสูงที่สุดคือ สูตรอาหารที่ 2 ที่ใช้เศษไก่ปั่นแทนปลาป่น 25% และสูตรอาหารที่มีน้ำหนักเฉลี่ยน้อยที่สุดคือ สูตรอาหารที่ 5 คือใช้เศษไก่ปั่นแทนปลาป่น 100% ดังแสดงในตารางที่ 5 และรูปที่ 12

ตารางที่ 5 น้ำหนักเฉลี่ยของปลากะพงขาวในการทดลองเป็นระยะเวลา 9 สัปดาห์

สูตรอาหาร	น้ำหนักเฉลี่ยของปลาทดลอง (กรัม)			
	สัปดาห์ที่ 0	สัปดาห์ที่ 3	สัปดาห์ที่ 6	สัปดาห์ที่ 9
1	24.12 ± 1.85	48.07 ± 14.21	91.06 ± 13.28	145.33 ± 0.62
2	31.26 ± 3.57	53.65 ± 12.06	87.58 ± 3.08	184.04 ± 72.92
3	25.50 ± 0.19	53.70 ± 4.01	99.55 ± 5.11	140.74 ± 11.83
4	28.08 ± 10.61	48.92 ± 22.71	82.29 ± 30.16	127.66 ± 37.10
5	19.90 ± 0.18	38.23 ± 6.77	51.25 ± 10.25	91.40 ± 0.00

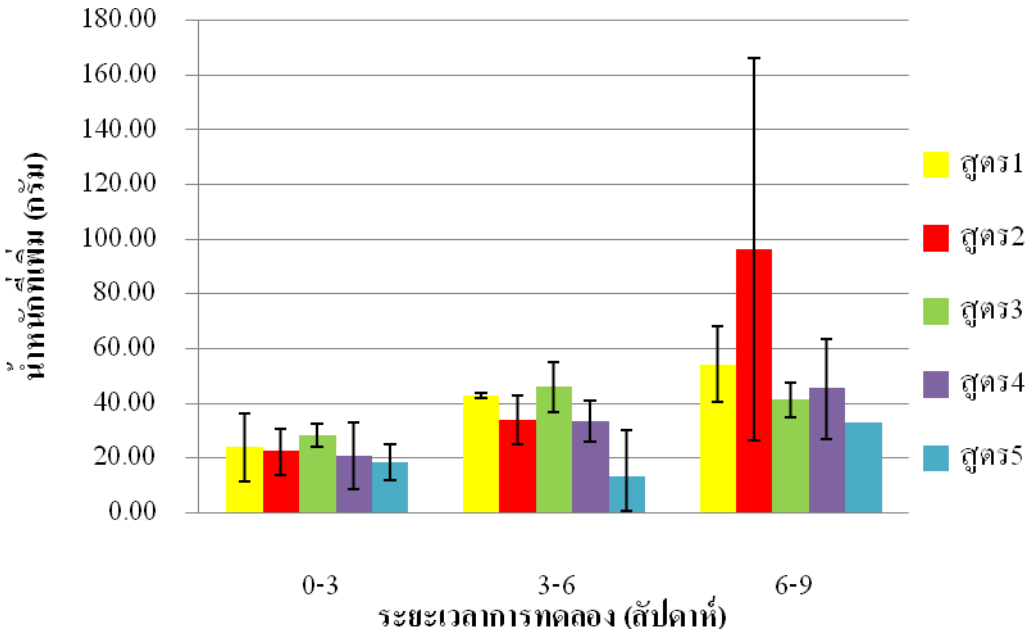
หมายเหตุ เปรียบเทียบทางสถิติในแนวตั้ง แสดงโดยใช้ตัวอักษร ถ้าเป็นตัวอักษรเดียวกันแสดงว่าไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ ถ้าเป็นตัวอักษรต่างกันแสดงว่ามีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์



รูปที่ 12 น้ำหนักเฉลี่ยของปลาทดลองเมื่อเลี้ยงด้วยอาหารทดลองเป็นเวลา 9 สัปดาห์

4.2.1.2 น้ำหนักที่เพิ่มในแต่ละช่วงเวลา (กรัม)

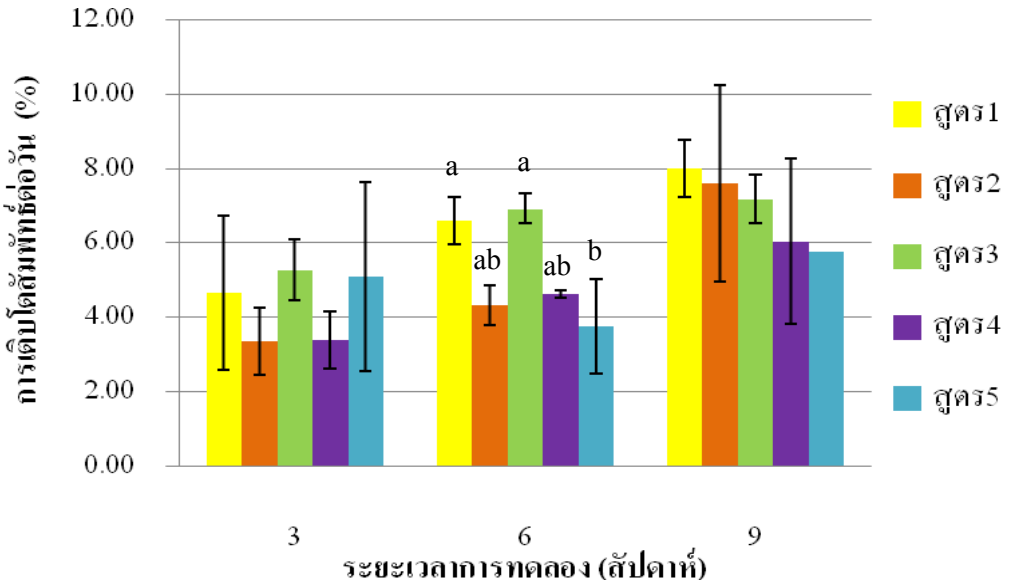
น้ำหนักที่เพิ่มของปลาในการทดลองตั้งแต่เริ่มการทดลองจนถึงสิ้นสุดการทดลองพบว่า ไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P > 0.05$) ในระยะเวลา 0 - 3 สัปดาห์ พบว่าสูตรอาหารที่ 1, 2, 3, 4, และ 5 มีน้ำหนักเพิ่มคือ 23.96, 22.39, 28.20, 20.84 และ 18.34 กรัม ตามลำดับ ในระยะเวลา 3 - 6 สัปดาห์พบว่ามีน้ำหนักเพิ่มในสูตรอาหาร 1, 2, 3, 4, และ 5 คือ 42.99, 33.93, 45.85, 33.37 และ 13.02 กรัม ตามลำดับ ในระยะเวลา 6 - 9 สัปดาห์ซึ่งเป็นช่วงการทดลองที่น้ำหนักเฉลี่ยปลาทดลองมีการเพิ่มมากที่สุด โดยพบว่ามีน้ำหนักเพิ่มคือ 52.27, 96.47, 41.19, 45.38 และ 32.91 กรัม ตามลำดับ เมื่อสิ้นสุดการทดลองพบว่าสูตรอาหารที่ 2 ที่ใช้เศษไก่ปั่นแทนปลาป่น 25% มีน้ำหนักเพิ่มสูงที่สุด และสูตรอาหารที่ 5 ที่ใช้เศษไก่ปั่น 100% มีน้ำหนักเพิ่มต่ำสุด ดังแสดงในรูปที่ 13



รูปที่ 13 น้ำหนักที่เพิ่มของปลาทดลองเมื่อเลี้ยงด้วยอาหารทดลองเป็นเวลา 9 สัปดาห์

4.2.1.3 อัตราการเติบโตสัมพัทธ์ต่อวัน (%ต่อวัน)

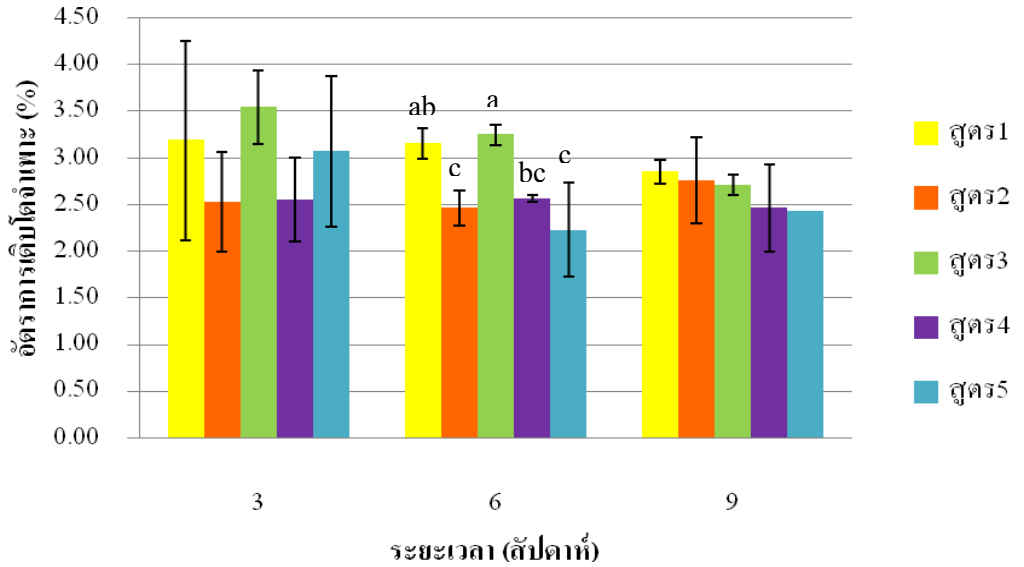
เมื่อเริ่มการทดลองอัตราการเติบโตสัมพัทธ์ต่อวันของปลาทดลองไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P > 0.05$) จนถึงสัปดาห์ที่ 6 จึงพบว่าอาหารสูตรควบคุม และสูตรที่ 3 มีความแตกต่างกับสูตร 5 อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P < 0.05$) โดยอาหารสูตรที่ 1, 2, 3, 4 และ 5 มีอัตราการเติบโตสัมพัทธ์ต่อวัน คือ 6.59, 4.33, 6.92, 4.62 และ 3.76 (%ต่อวัน) ตามลำดับ และเมื่อสิ้นสุดการทดลองไม่พบความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ โดยสูตรอาหารที่มีอัตราการเติบโตสัมพัทธ์ต่อวันสูงสุดในสัปดาห์สุดท้ายของการทดลองคือ สูตรที่ 2 ซึ่งเป็นสูตรอาหารที่ใช้เศษไก่ป่นแทนปลาป่น 25% และต่ำสุดในสูตรที่ 5 ซึ่งเป็นสูตรที่ใช้เศษไก่ป่นแทนปลาป่น 100% ดังแสดงในรูปที่ 14



รูปที่ 14 อัตราการเติบโตสัมพัทธ์ต่อวันของปลากะพงขาวในการทดลองเป็นระยะเวลา 9 สัปดาห์

4.2.1.4 อัตราการเจริญเติบโตจำเพาะ (%ต่อวัน)

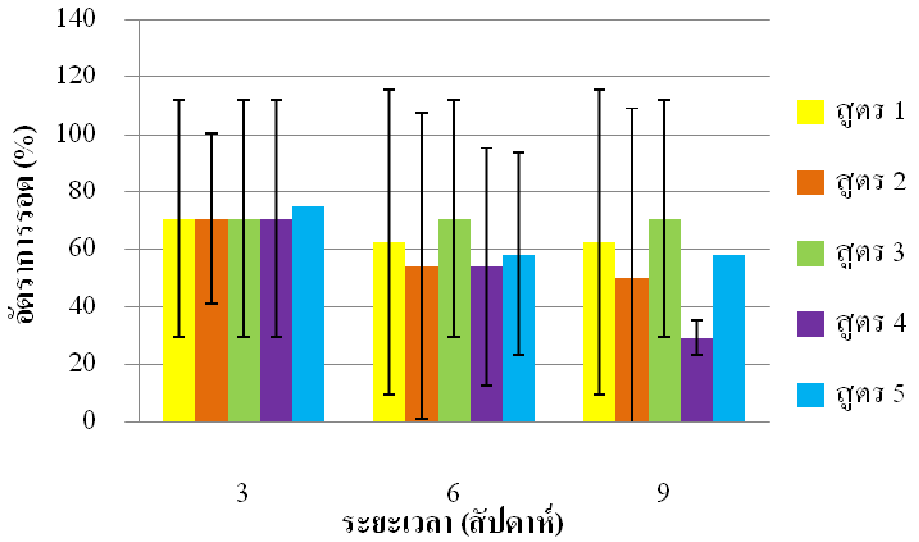
จากการทดลองหาอัตราการเจริญเติบโตจำเพาะตั้งแต่เริ่มการทดลองไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P > 0.05$) แต่พบว่าในสัปดาห์ที่ 6 มีอัตราการเจริญเติบโตจำเพาะแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P < 0.05$) สูตรอาหารที่ 1, 2, 3, 4 และ 5 มีอัตราการเจริญเติบโตจำเพาะคือ 3.16, 2.46, 3.25, 2.57 และ 2.23 (%ต่อวัน) ตามลำดับ โดยสูตรควบคุมแตกต่างทางสถิติกับสูตรที่ 2 และ 5 เมื่อสิ้นสุดการทดลองพบว่าอัตราการเจริญเติบโตจำเพาะของสูตรอาหารที่ 1, 2, 3, 4 และ 5 คือ 2.85, 2.76, 2.71, 2.46 และ 2.43 (%ต่อวัน) ตามลำดับ จะเห็นว่าสูตรอาหารที่มีค่าอัตราการเจริญเติบโตจำเพาะดีที่สุดคือสูตรที่ 1 ซึ่งเป็นสูตรควบคุม รองลงมาคือสูตรที่ 2 ซึ่งเป็นสูตรอาหารที่ใช้เศษไก่ปั่นแทนปลาป่น 25% และต่ำสุดในสูตรที่ 5 ซึ่งเป็นสูตรที่ใช้เศษไก่ปั่นแทนปลาป่น 100% แต่ไม่พบความแตกต่างกันทางสถิติเมื่อสิ้นสุดการทดลอง ($P > 0.05$) ดังแสดงในรูปที่ 15



รูปที่ 15 อัตราเจริญเติบโตจำเพาะของปลากะพงขาวในการทดลองเป็นระยะเวลา 9 สัปดาห์

4.2.1.5 อัตราการรอด (%)

อัตราการรอดของปลาทดลองตั้งแต่เริ่มการทดลองจนถึงสิ้นสุดการทดลองพบว่าในอาหารสูตรที่ 3 มีอัตราการรอดสูงสุดคือ 70.83 % รองลงมาคือสูตรที่ 1 มีอัตราการรอด 62.50 % และสูตรที่ 5, 2, และ 4 รองลงมาตามลำดับคือ 58.33, 50.00 และ 29.17 % ดังแสดงในรูปที่ 16 โดยตลอดการทดลองพบว่าอัตราการรอดในแต่ละช่วงเวลาไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P > 0.05$)



รูปที่ 16 อัตราการรอดของปลากะพงขาวในการทดลองเป็นระยะเวลา 9 สัปดาห์

4.2.1.6 Condition Factor

จากผลการทดลองพบว่าสมการแสดงความสัมพันธ์เชิงเส้นของการเติบโตของปลากะพงขาวขนาด 1.5 นิ้ว เมื่อสิ้นสุดการทดลอง สูตรอาหารแต่ละสูตรมีความแตกต่างกันของความสัมพันธ์ของน้ำหนักและความยาว โดยสูตรที่ให้ผลดีที่สุดคือสูตร 1 และ 2 มีค่าใกล้เคียง ค่า isometric (slope b = 3) มีค่าความชันสูงสุดคือ 2.90 - 2.99 แต่ สูตร 3, 4 และ 5 ที่อาหารมีการใช้ไก่ป่นแทนปลาป่น 50, 75 และ 100% มีค่า slope น้อยกว่า 3 โดยค่า b ที่สูงแสดงว่าปลามีน้ำหนักที่เพิ่มตามความยาว แต่ถ้าค่า b ต่ำ แสดงว่าน้ำหนักปลาไม่เพิ่มตามความยาวของลำตัว ทำให้ปลามีลักษณะผอม แต่ลำตัวยาว โดยปลาที่เลี้ยงด้วยอาหารสูตรที่ 3, 4 และ 5 พบว่าปลามีความยาวลำตัวมากกว่าปลาที่เลี้ยงด้วยอาหาร 2 แรก ดังสมการที่แสดงในตารางที่ 6

ส่วนสมการแสดงความสัมพันธ์เชิงเส้นของการเติบโตของปลากะพงขนาด 1.5 และ 3 นิ้ว พบว่าสมการไม่มีความแตกต่างกันโดยมีความชันใกล้เคียงกัน และมีค่า R^2 ที่มีค่าใกล้ 1 มากกว่าสมการของปลาขนาด 1.5 นิ้ว ดังแสดงในตารางที่ 7

ตารางที่ 6 สมการแสดงความสัมพันธ์เชิงเส้นของการเติบโตของปลากะพงขาวขนาด 1.5 นิ้ว

ชุดการทดลอง	$y = ax^b$	R^2
1	$y_1 = 0.02(lt)^{2.90}$	0.83
2	$\mathbf{y}_2 = 0.02(lt)^{2.99}$	0.84
3	$y_3 = 0.22(lt)^{1.38}$	0.30
4	$y_4 = 0.04(lt)^{2.33}$	0.62
5	$y_5 = 0.05(lt)^{2.24}$	0.56

หมายเหตุ y = น้ำหนัก, x = ความยาวตัวปลา, a = จุดตัดแกน y, b = ความชันของกราฟ

ตารางที่ 7 สมการแสดงความสัมพันธ์เชิงเส้นของการเติบโตของปลากะพงขาวขนาด 1.5 และ 3 นิ้ว

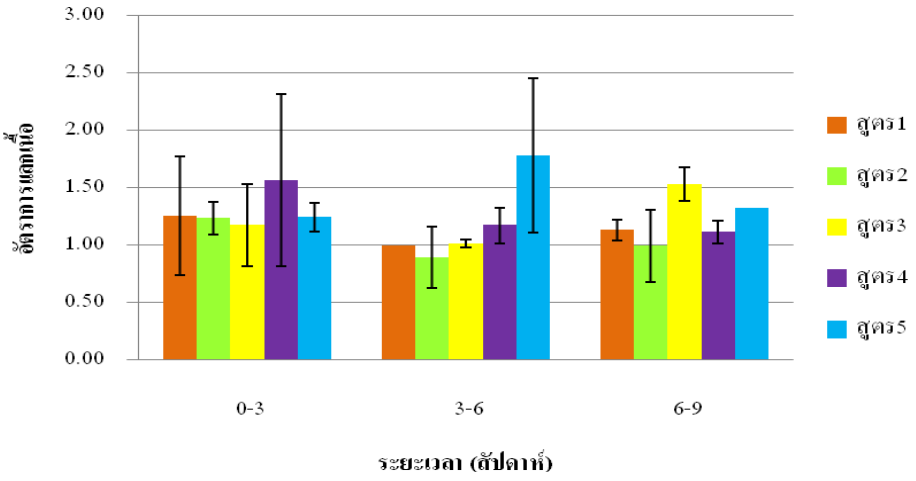
ชุดการทดลอง	$y = ax^b$	R^2
1	$y_1 = 0.02(lt)^{2.80}$	0.99
2	$\mathbf{y}_2 = 0.02(lt)^{2.80}$	0.99
3	$y_3 = 0.02(lt)^{2.73}$	0.99
4	$y_4 = 0.02(lt)^{2.89}$	0.99
5	$y_5 = 0.02(lt)^{2.77}$	0.99

หมายเหตุ y = น้ำหนัก, x = ความยาวตัวปลา, a = จุดตัดแกน y, b = ความชันของกราฟ

ประสิทธิภาพของอาหารทดลอง

4.2.1.7 อัตราการแลกเนื้อ

อัตราการแลกเนื้อของปลาทดลองจากการวิเคราะห์ทางสถิติพบว่าไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติตลอดการทดลอง ($P > 0.05$) โดยในสัปดาห์ที่ 0-3 พบว่าอาหารสูตรที่ 3 มีอัตราการแลกเนื้อต่ำที่สุด คือ 1.17 รองลงมาคือสูตรที่ 2, 5, 1 และ 4 มีค่า 1.23, 1.24, 1.25 และ 1.56 ตามลำดับ ในสัปดาห์ที่ 3 - 6 พบว่าอาหารสูตรที่ 2 มีอัตราการแลกเนื้อต่ำที่สุด มีค่าคือ 0.89 รองลงมาคือสูตรที่ 1, 3, 4 และ 5 โดยมีค่าคือ 0.99, 1.01, 1.17, 1.78 ตามลำดับ และในสัปดาห์ที่ 6 - 9 พบว่าสูตรอาหารที่ 2 มีอัตราการแลกเนื้อต่ำที่สุด มีค่าคือ 0.99 รองลงมาคือสูตรที่ 4, 1, 5, และ 3 ตามลำดับ สรุปอาหารสูตร 2 ให้อัตราการแลกเนื้อดีที่สุด ดังแสดงในรูปที่ 17

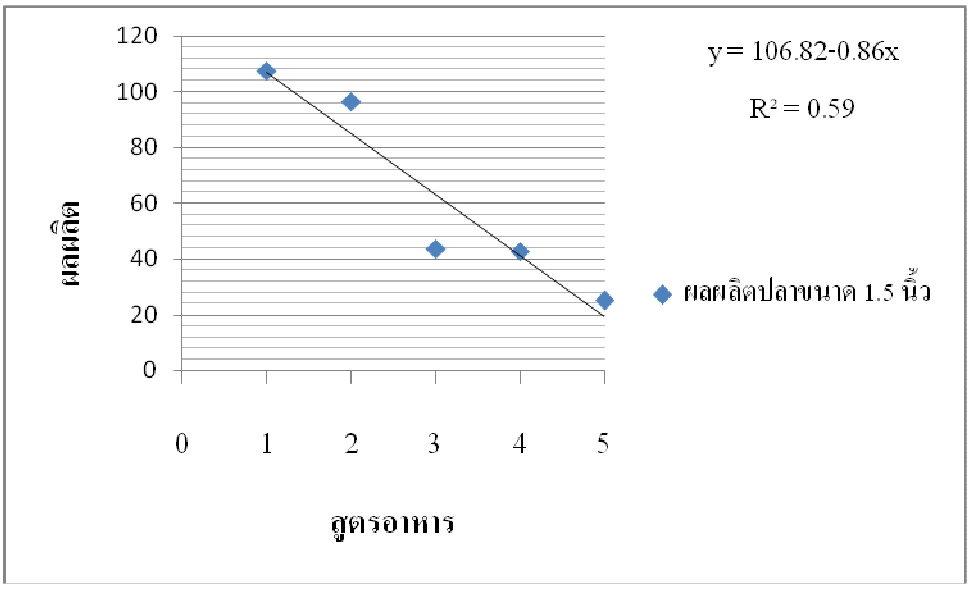


รูปที่ 17 อัตราการแลกเนื้อของปลากะพงขาวในการทดลองเป็นระยะเวลา 9 สัปดาห์

4.2.1.8 ผลผลิต

จากผลการทดลองพบว่าผลผลิตของปลากะพงขาวขนาด 1.5 นิ้ว มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P < 0.05$) โดยผลผลิตลดลงตามปริมาณเศษไก่ปั่นที่ใช้ในอาหารทดลอง และสูตรที่ 2 ให้ผลผลิตสูงที่สุด ดังแสดงในรูปที่ 18

ส่วนปลาขนาด 3 นิ้ว ไม่พบความแตกต่างของผลผลิตเมื่อสิ้นสุดการทดลอง ($P > 0.05$) ดังแสดงในภาคผนวก สำหรับการทดลองทั้ง 2 พบว่าสูตรอาหารที่ใช้เศษไก่ปั่นแทนปลาป่นในระดับ 25% (สูตร 2) ให้ผลผลิตดีที่สุด



รูปที่ 18 ผลผลิตของปลาทดลองเมื่อเลี้ยงด้วยอาหารทดลองเป็นเวลา 4 สัปดาห์

4.2.1.9 ปริมาณโปรตีน ไขมัน ความชื้น และเถ้าในเนื้อปลาทดลอง (%)

ปริมาณโปรตีน (%) ที่พบในเนื้อปลาตั้งแต่เริ่มการทดลองจนสิ้นสุดการทดลองพบว่า ปลาที่ได้รับอาหารสูตรที่ 1, 2, 3, 4 และ 5 มีโปรตีนในเนื้อคือ 79.32, 73.21, 79.62, 81.61 และ 83.44 % ตามลำดับ โดยพบว่าปลาที่ได้รับอาหารสูตร 2 มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญจากสูตรอื่นๆ ดังแสดงในตารางที่ 8

เมื่อสิ้นสุดการทดลองปริมาณไขมัน (%) ในเนื้อปลาปลาทุกสูตรอาหารไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญ ($P > 0.05$) โดยปลาที่ได้รับอาหารสูตรที่ 1, 2, 3, 4 และ5 มีไขมันในเนื้อคือ 4.33, 5.17, 2.67, 5.25 และ 2.83 % ตามลำดับ ดังแสดงในตารางที่ 8

ความชื้น (%) ในเนื้อปลาพบว่าปลาที่ได้รับอาหารสูตรที่ 4 มีความชื้นในเนื้อมากที่สุดคือ 73.93% และมีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญ ($P < 0.05$) กับปลาที่ได้รับอาหารสูตรควบคุม โดยความชื้นในเนื้อปลาที่มีค่าน้อยสุดคือปลาที่ได้รับอาหารในสูตรที่ 3 ซึ่งมีค่าความชื้นในเนื้อปลาคือ 62.70 %

เถ้า (%) ในเนื้อปลามีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญ ($P < 0.05$) โดยปลาที่ได้รับอาหารสูตรควบคุมมีปริมาณเถ้าในเนื้อปลาสูงที่สุดและไม่แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติกับปลาที่ได้รับอาหารสูตร 2 ปลาที่ได้ทดลองในสูตรอาหารที่ 1, 2, 3, 4, และ 5 มีปริมาณเถ้าคือ 3.50, 3.33, 3.00, 2.50 และ 2.50 % ตามลำดับ โดยปริมาณเถ้าลดลงตามเศษไก่ปั่นที่ใช้ ดังแสดงในตารางที่ 8

ตารางที่ 8 ปริมาณโปรตีน ไขมัน ความชื้น และเถ้าในเนื้อปลาทดลอง (%) เป็นระยะเวลา 9 สัปดาห์ ค่าเฉลี่ยจากการวิเคราะห์ 3 ซ้ำ ($\bar{x} \pm$ sd)

สูตรอาหาร	โปรตีน% น้ำหนักแห้ง	ไขมัน% น้ำหนักแห้ง	ความชื้น% น้ำหนักเปียก	เถ้า % น้ำหนักแห้ง
1	79.32 ^{a} ±1.39	4.33 ±1.13	67.93 ^{ab} ±2.49	3.50 ^{a} ±0.50
2	73.21 ^{b} ±4.99	5.17 ±2.02	70.00 ^{ab} ±1.38	3.33 ^{ab} ±0.29
3	79.62 ^{a} ±1.72	2.67 ±2.02	62.70 ^{a} ±0.56	3.00 ^{b} ±0.00
4	81.61 ^{a} ±1.81	5.25 ±2.47	73.93 ^{b} ±1.22	2.50 ^{c} ±0.00
5	83.44 ^{a} ±0.51	2.83 ±0.58	70.24 ^{ab} ±8.55	2.50 ^{c} ±0.00

หมายเหตุ เปรียบเทียบทางสถิติในแนวตั้ง แสดงโดยใช้ตัวอักษร ถ้าเป็นตัวอักษรเดียวกันแสดงว่าไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ ถ้าเป็นตัวอักษรต่างกันแสดงว่ามีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์

คุณภาพน้ำ ในการทดลองที่ 2 พบว่า ค่าไนไตรท์มีค่าในช่วง 0.1-0.3 มิลลิกรัมต่อลิตร อุณหภูมิมีค่า 27.0 - 31.0 องศาเซลเซียส ค่า pH มีค่า 7.5-8.3 ความเค็มมีค่า 5 ppt อัลคาลินิตี้มีค่า 80 - 120 มิลลิกรัมต่อลิตร แอมโมเนียมีค่าเท่ากับ 0 มิลลิกรัมต่อลิตร ในทุกสูตรทดลอง ส่วนออกซิเจนละลายน้ำมีค่าในช่วง 7.31 - 7.82 ดังแสดงในตารางที่ 9

ตารางที่ 9 คุณภาพน้ำระหว่างการเลี้ยงปลากะพงขาวเป็นระยะเวลา 9 สัปดาห์

คุณภาพน้ำ	ช่วงคุณภาพน้ำ (ต่ำสุด-สูงสุด)				
	สูตร 1	สูตร 2	สูตร 3	สูตร 4	สูตร 5
ไนไตรท์ (mg/l)	0.1-0.3	0.1-0.3	0.1-0.25	0.1-0.3	0.1-0.3
อุณหภูมิ (°C)	27.0-31.0	27.0-31.0	27.0-31.0	27.0-31.0	27.0-31.0
pH	7.5-8.3	7.5-8.3	7.5-8.3	7.5-8.3	7.5-8.3
ความเค็ม (ppt)	5.0	5.0	5.0	5.0	5.0
อัลคาลินิตี้ (mg/l)	80-120	80-120	80-120	80-120	80-120
แอมโมเนีย (mg/l)	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
ออกซิเจนที่ละลายในน้ำ (mg/l)	7.45-7.67	7.41-7.69	7.31-7.74	7.35-7.82	7.41-7.57

บทที่ 5
วิจารณ์ผลการทดลอง

อาหารที่ใช้ในการทดลองนี้ คืออาหารที่ใช้เศษไก่ปั่นแทนปลาป่นในอาหารเลี้ยงปลากะพงขาว เศษไก่ปั่นที่ใช้มีปริมาณโปรตีนในระดับสูงใกล้เคียงกับปลาป่น และมีการเสริมกรดอะมิโนเมทไธโอนีน โดยอาหารทดลองมีปริมาณโปรตีนที่ใช้ในช่วง 45 - 46 % และไขมันในระดับ 10.5 - 10.8 % ซึ่งเป็นปริมาณที่เหมาะสมสำหรับอาหารปลากะพงขาว โดยปลากะพงขาววัยอ่อนมีความต้องการโปรตีน 45-50% ไขมัน 12 % และคาร์โบไฮเดรต 20% เพื่อให้ปลามีอัตราการแลกเนื้อดีที่สุด (Aquacop และคณะ, 1989) Catacutan และ Coloso (1997) พบว่าในอาหารเลี้ยงปลากะพงขาวมีระดับไขมันที่เหมาะสมคือ 6-18% และต้องการกรดไขมันที่จำเป็น ประมาณ 1.0 - 1.7% (Boonyaratpalin, 1997)

ความเค็มที่ใช้ในการทดลองนี้มีด้วยกันสองค่า คือ 5 ppt ในการทดลองที่ 1 และ 15 ppt ในการทดลองที่ 2 โดยปลากะพงขาวเป็นปลาน้ำกร่อยที่สามารถเจริญเติบโตได้ในช่วงความเค็มที่กว้าง และยังสามารถเจริญเติบโตในน้ำจืดได้ (กรมประมง, 2524) จากรายงานของกรมประมง (2525) พบว่าปลากะพงขาวเจริญเติบโตได้ดีที่สุดที่ความเค็ม 20 ppt แต่ปลากะพงขาวที่นำมาจากฟาร์มนั้นถูกเลี้ยงด้วยความเค็มต่ำในระดับ 1 - 2 ppt ดังนั้นการทดลองจึงเลือกใช้ความเค็มที่ไม่สูงเกินไปเพื่อให้ปลาทดลองไม่ต้องมีการปรับตัวมาก ดังนั้นความเค็มทั้งสองระดับในการทดลองจึงเป็นค่าความเค็มที่เหมาะสม และปลากะพงขาวสามารถเจริญเติบโตได้

การเจริญเติบโตของปลากะพงขาวขนาด 1.5 นิ้วในการทดลองแรก พบว่าอัตราการเจริญเติบโตที่ดีที่สุดคือปลาที่ได้รับอาหารสูตรที่ 2 (PBM 25) ที่ใช้เศษไก่ปั่นแทนปลาป่นในระดับ 25% แต่อัตราการเจริญเติบโตไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญ ($P > 0.05$) เมื่อเทียบกับสูตรควบคุม ปลาที่ได้รับอาหารสูตรที่ 5 (PBM 100) ที่ใช้เศษไก่ปั่นแทนปลาป่น 100% มีอัตราการเจริญเติบโตที่ต่ำที่สุด ผลการทดลองนี้สอดคล้องกับการทดลองที่ 2 ที่ใช้ปลาทดลองขนาด 3 นิ้ว คือปลาที่ได้รับอาหารสูตรที่ 5 มีอัตราการเจริญเติบโตที่ต่ำที่สุด และปลาที่ได้รับอาหารสูตรที่ 2 ให้ผลที่ดีที่สุดเมื่อเทียบกับสูตรควบคุม การทดลองในการเลี้ยงปลา black sea turbot, *Scophthalmus maeoticus* พบว่าผลดีที่สุดเมื่อใช้เศษไก่ปั่นแทนปลาป่นในระดับ 25% (Turker และคณะ, 2005) และในอาหารเลี้ยงปลาแซลมอล *Uncorhynchus tshawytscha* ที่มีการเจริญเติบโตดีที่สุดเมื่อใช้เศษไก่ปั่นแทนปลาป่นในระดับ 20% และมีการเจริญเติบโตที่ลดลงเมื่อใช้เศษไก่ปั่นแทนปลาป่นที่ระดับ 30 % (Fowler, 1991) การเจริญเติบโตที่ลดลงเมื่อใช้เศษไก่ปั่นแทนปลาป่นในระดับ 100%

การทดลองทั้งสองการทดลองให้ผลสอดคล้องกับการทดลองในปลา humpback grouper, *Cromileptes altivelis* และผู้ศึกษาให้ข้อสังเกตว่าเนื่องจากทำให้การย่อยอาหารของปลาลดลง และกรดอะมิโนไม่ครบถ้วนโดยเฉพาะกรดไลซีนและกรดเมทไธโอนีน (Shapawi และคณะ, 2007) การเติบโตของปลา Indian major carp, *Labeo rohita* fry ให้ผลต่ำที่สุดเมื่อใช้เศษไก่และขนไก่ป่น (poultry-feather meal) มาทดแทนปลาป่นในอาหารเลี้ยง 100% (Hasan และคณะ, 1997) และทั้งนี้ในอาหารที่ใช้ในการทดลองได้มีการเสริมเมทไธโอนีนเพียงตัวเดียวซึ่งอาจจะไม่เพียงพอหรือให้ผลไม่เทียบเท่ากับการเสริมไลซีนและเมทไธโอนีนทั้งสองชนิด โดยสอดคล้องกับการใช้เศษไก่ป่นแทนปลาป่นในอาหารของปลา rainbow trout, *Oncorhynchus mykiss* ที่พบว่าอาหารที่ใช้เศษไก่ป่นแทนปลาป่น 100% และมีการเสริมกรดอะมิโนไลซีน และเมทไธโอนีน ได้ผลดีกว่าสูตรอาหารที่ใช้เศษไก่ป่นแทนปลาป่น 100% และมีการเสริมกรดอะมิโนไลซีนเพียงอย่างเดียว (Steffens, 1994) และในอาหารทดลองสูตรที่ 5 ขาดกรดไขมันที่จำเป็น เนื่องจากสูตรที่ 5 ใช้เศษไก่ป่น 100% ทำให้ขาดกรดไขมันที่จำเป็นได้ ซึ่งอาจส่งผลให้การเจริญเติบโตของปลาต่ำ เนื่องจากกรดไขมันที่จำเป็นนั้นสำคัญมากในการเจริญเติบโตของปลาขนาดเล็ก

อัตราการรอดในการทดลองแรกพบว่าปลาทดลองมีอัตราการรอดอยู่ในช่วง 37.50 - 83.75% และในการทดลองที่สองมีอัตราการรอดอยู่ในช่วง 29.17 - 62.50% ซึ่งทั้งสองการทดลองไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติในทุกช่วงเวลาของการทดลอง ($P > 0.05$) แต่สาเหตุของการมีอัตราการรอดที่ต่ำอาจเนื่องมาจากปริมาณของวิตามินอาจจะไม่เพียงพอต่อการเจริญเติบโตที่เพิ่มขึ้นอย่างรวดเร็ว ปริมาณวิตามินซีที่ปลากะพงขาวต้องการต้องมีปริมาณอย่างน้อย 500 มิลลิกรัมต่ออาหาร 1 กิโลกรัม (Boonyaratpalin, 1997) สิทธิ บุณยรัตผลินและคณะ (2532) พบว่าปริมาณวิตามินซีที่ปลากะพงขาวต้องการควรมีปริมาณ 0.25% ของน้ำหนักอาหารแห้ง โดยในอาหารทดลองได้ใส่วิตามินซีในปริมาณที่เหมาะสมต่อการเจริญเติบโต แต่วิตามินซีเป็นสารที่มีการสลายตัวเร็วซึ่งอาจเป็นไปได้ว่าอาหารที่ทำและเก็บไว้อาจจะมีการเสื่อมสลายของวิตามินซีประกอบกับการเจริญเติบโตที่รวดเร็วของปลาทดลองโดยเฉพาะปลาขนาด 3 นิ้ว ในการทดลองที่ 2 ทำให้ปริมาณวิตามินซีในอาหารถูกนำไปใช้ได้อย่างไม่เพียงพอ ทำให้ปลาไม่แข็งแรง ส่งผลให้อัตราการรอดต่ำ และอาจเกิดมาจากการติดเชื้อจากโปรโตซัวภายนอก ทำให้ตามลำตัวปลาพบเป็นรอยด่างและมีแผล ส่งผลให้ปลามีความอ่อนแอและตายในที่สุด โดยโปรโตซัวที่พบอาจเนื่องมาจากคุณภาพน้ำที่มีความเหมาะสมต่อการเจริญเติบโตของโปรโตซัวอย่างรวดเร็ว และทำให้เกิดการติดต่อกันอย่างรวดเร็ว ซึ่งช่วยได้โดยการเปลี่ยนถ่ายน้ำ และในระหว่างการทดลองมีการใช้สารเคมีเพื่อกำจัดโปรโตซัว เช่น การใช้ฟอร์มาลิน และด่างทับทิม เป็นต้น แต่การติดต่อกันอย่างรวดเร็ว และเมื่อเป็น

แผลแล้วก่อให้เกิดความอ่อนแอทำให้การใช้ยาให้ประสิทธิภาพต่ำ อัตราการรอดของปลาที่พบจึงค่อนข้างต่ำ

ค่า condition factor เป็นค่าที่บอกความสัมพันธ์ของความยาวและน้ำหนักของปลาทดลอง โดยแสดงออกมาในรูปของสมการแสดงความสัมพันธ์เชิงเส้น โดยถ้าชุดการทดลองไม่มีความแตกต่างกันจะทำให้ค่าความชัน (ค่า b ในสมการ) มีค่าใกล้เคียงกัน จากผลการทดลองที่ 1 ปลาที่ได้รับอาหารสูตรที่ 2 คือใช้ไก่ป่นแทนปลาป่น 25% ดีที่สุด และอาหารสูตรที่ 3 ที่ใช้ไก่ป่นแทนปลาป่น 50% ให้ผลต่ำสุดโดยแสดงให้เห็นว่าปลามีน้ำหนักน้อย แต่มีความยาวมาก ซึ่งอาจเนื่องมาจากการติดเชื้อของปลาทดลองทำให้น้ำหนักไม่เพิ่มเมื่อความยาวเพิ่ม แต่เมื่อนำเอาข้อมูลการทดลองของปลาขนาด 1.5 นิ้ว และ 3 นิ้ว มาวิเคราะห์สมการเชิงเส้นรวมกันพบว่าทุกชุดการทดลองให้ผลไม่แตกต่างกัน และสมการมีค่า R^2 ที่ใกล้เคียง 1 ซึ่งมีความน่าเชื่อถือมากกว่าการทดลองแรก

อัตราการแลกเนื้อเป็นค่าที่บอกถึงประสิทธิภาพของอาหาร โดยอาหารมีประสิทธิภาพดีปลาจะสามารถนำอาหารที่กินไปเปลี่ยนเป็นเนื้อได้สูง ค่าอัตราการแลกเนื้อต่ำแสดงให้เห็นถึงอาหารมีประสิทธิภาพที่ดี เนื่องจากปลาสามารถใช้อาหารในปริมาณน้อยเพื่อนำไปเปลี่ยนเป็นเนื้อ 1 หน่วย จากผลการทดลองที่ 1 ปลาที่ได้รับอาหารสูตรที่ 5 คือใช้ไก่ป่น 100% นั้นมีค่าอัตราการแลกเนื้อสูงที่สุด ซึ่งหมายถึงประสิทธิภาพการเปลี่ยนอาหารเป็นเนื้อนั้นต่ำสุด และให้ผลดีที่สุดเมื่อปลาได้รับอาหารสูตรที่ 2 คือใช้ไก่ป่นแทนปลาป่น 25% ซึ่งให้ผลสอดคล้องกับการทดลองที่ 2 เช่นกัน การใช้เศษไก่ป่นในอาหาร mirror carp เมื่อใช้เศษไก่ป่นแทนปลาป่น 100% มีค่าอัตราการแลกเนื้อสูงสุดคือ 2.81 และมีอัตราการแลกเนื้อดีที่สุดเมื่อใช้เศษไก่ป่นแทนปลาป่นในระดับ 33% (Emre และคณะ, 2003) และเมื่อใช้เศษไก่ป่น 100% ในอาหารเลี้ยงปลา black sea turbot ก็มีค่าอัตราการแลกเนื้อสูงสุดเช่นกันคือ 2.54 (Terker และคณะ, 2005) ในอาหารเลี้ยงปลา rainbow trout, *Oncorhynchus mykiss* ที่ใช้เศษไก่ป่นผสมกับขนไก่ป่นแทนปลาป่นได้ในระดับ 50% มีอัตราการแลกเนื้อดีที่สุด และมีค่าอัตราการแลกเนื้อสูงสุดเมื่อใช้เศษไก่ป่น 100% (Steffens, 1994) ในการทดลองที่ 1 จะพบว่าอัตราการแลกเนื้อมีค่าค่อนข้างสูงอาจเนื่องมากจากปลาที่นำมาทดลองมีขนาดเล็กจึงต้องการอาหารปริมาณมากในการเติบโต และอาจเนื่องมากจากการให้อาหารที่มากเกินไปทำให้ค่าที่คำนวณได้นั้นมีค่าสูงเกินความจริง

ผลผลิตเป็นค่าที่บอกถึงผลผลิตรวมที่เกิดขึ้นเมื่อสิ้นสุดการทดลอง โดยผลผลิตที่สูงได้มาจากจำนวน และน้ำหนักเฉลี่ยของปลาทดลองที่มีมากที่สุด จากผลการทดลองพบว่าปลาขนาด 1.5 นิ้ว มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ($P < 0.05$) โดยผลผลิตลดลงตามปริมาณการใช้เศษไก่ป่นในอาหารทดลอง โดยอาหารสูตรที่ 2 ที่ใช้เศษไก่ป่น 25% ให้ผลผลิตดีที่สุด ส่วนปลาขนาด 3 นิ้ว

ไม่มีความแตกต่างกันของผลผลิต ($P > 0.05$) และอาหารสูตรที่ 2 ให้ผลผลิตดีที่สุดเช่นกัน ซึ่งการทดลองในปลาขนาด 3 นิ้ว พบว่าปลามีการตายเนื่องจากการติดเชื้อในช่วงปลายของการทำลอง ทำให้ผลผลิตที่ได้นั้นไม่เห็นความแตกต่างได้อย่างชัดเจน

จากการทดลองครั้งนี้การใช้เศษไก่ป่นทดแทนปลาป่นในอาหารปลากะพงขาวสามารถใช้เศษไก่ป่นแทนปลาป่นในอาหารปลากะพงขาวได้ เช่นเดียวกับอาหารเลี้ยงสัตว์น้ำอื่นๆ โดยสามารถใช้เศษไก่และขนไก่ป่น (poultry-feather meal) มาทดแทนปลาป่นในอาหารเลี้ยงปลา Indian major carp, *Labeo rohita* fry ได้ดีที่สุดที่ 25% (Hasan และคณะ, 1997) ในอาหารเลี้ยงปลา gilthead seabream, *Sparus aurata* L สามารถใช้เศษไก่ป่นที่มีคุณภาพสูงทดแทนปลาป่นป่นได้ 75% (Nengas และคณะ, 1999) ในอาหารปลา mirror carp, *Cyprinus carpio* วัยอ่อนสามารถใช้เศษไก่ป่นแทนปลาป่นได้ 33% (Emre และคณะ, 2003) ในการทดลองเลี้ยงปลา black sea turbot, *Scophthalmus maeoticus* ด้วยเศษไก่ป่นสามารถทดแทนปลาป่นได้ 25% (Turker และคณะ, 2005) ในการเลี้ยงกุ้ง *Macrobrachium nipponense* สามารถใช้เศษไก่ป่นแทนปลาป่น ได้ 50% (Yang และคณะ, 2004) ในอาหารของปลา humpback grouper, *Cromileptes altivelis* ได้มากกว่า 50% ของปลาป่น (Shapawi และคณะ, 2007) ในการใช้เศษไก่ป่นทดแทนปลาป่นในอาหารเลี้ยงกุ้งขาว *Litopenaeus vannamei* สามารถแทนปลาป่นได้ 80% (Cruz-Suárez และคณะ, 2007) ในการเลี้ยงปลา Gibel carp, *Carassius auratus gibelio* สามารถใช้วัตถุดิบผสมสองชนิดในอาหารคือ เศษไก่ป่น ผสมเนื้อและกระดูกป่น มาทดแทนโปรตีนจากปลาป่นได้ 66.7% โดยมีการเสริมกรดอะมิโนไลซีนและเมไธโอนีนในอาหารด้วย (Hu และคณะ, 2008)

บทที่ 6

สรุปผลการทดลอง และข้อเสนอแนะ

ผลของอาหารที่ใช้เศษไก่ปั่นแทนปลาป่นต่อการเจริญเติบโต อัตราการเจริญเติบโตสัมพัทธ์ อัตราการเติบโตจำเพาะของปลากะพงขาว

จากการศึกษาผลของอาหารในการใช้เศษไก่ปั่นแทนปลาป่น 5 ระดับ สำหรับปลากะพงขาวขนาด 1.5 นิ้ว แบ่งได้เป็น 5 ชุดการทดลอง พบว่าอาหารสูตรที่ 2 คืออาหารที่ใช้เศษไก่ปั่นแทนปลาป่นในระดับ 25% มีการเจริญเติบโตสูงที่สุดเมื่อเทียบกับการใช้เศษไก่ปั่นแทนปลาป่นในระดับอื่นๆ เมื่อสิ้นสุดการทดลองเป็นระยะเวลา 1 เดือน ในสูตรที่ 2 ปลาทดลองมีน้ำหนักเฉลี่ยเท่ากับ 2.83 ± 0.35 กรัม อัตราการเติบโตสัมพัทธ์ต่อวันเท่ากับ 4.01±0.62 %ต่อวัน และอัตราการเติบโตจำเพาะเท่ากับ 2.69 ± 0.29 %ต่อวัน แต่เมื่อดูข้อมูลทางสถิติพบว่าสูตรที่ 3 ไม่มีความแตกต่าง ($P > 0.05$) จากสูตรควบคุมเช่นกัน สามารถสรุปได้ว่าปลาขนาด 1.5 นิ้ว สามารถใช้เศษไก่ปั่นแทนปลาป่นในระดับ 50% ได้ โดยไม่มีการเจริญเติบโตแตกต่างจากสูตรควบคุม

จากการศึกษาผลของอาหารในการใช้เศษไก่ปั่นแทนปลาป่น 5 ระดับ สำหรับปลากะพงขาวขนาด 3 นิ้ว โดยมี 5 ชุดการทดลอง พบว่าอาหารสูตรที่ 2 คืออาหารที่ใช้เศษไก่ปั่นแทนปลาป่นในระดับ 25% มีการเจริญเติบโตสูงที่สุดเมื่อเทียบกับการใช้เศษไก่ปั่นแทนปลาป่นในระดับอื่นๆ เมื่อสิ้นสุดการทดลองเป็นระยะเวลา 9 สัปดาห์ โดยปลาที่ได้รับอาหารสูตรที่ 2 มีน้ำหนักเฉลี่ยเท่ากับ 184.04 ± 72.92 กรัม อัตราการเติบโตสัมพัทธ์ต่อวันเท่ากับ 7.61 ± 2.65 %ต่อวัน และอัตราการเติบโตจำเพาะเท่ากับ 2.76 ± 0.46 %ต่อวัน แต่เมื่อดูข้อมูลทางสถิติพบว่า ปลาที่ได้รับอาหารสูตรที่ 4 ที่ใช่เศษไก่ปั่นแทนปลาป่นในระดับ 75% และสูตรที่ 5 ที่ใช้เศษไก่ปั่นแทนปลาป่น 100% มีการเจริญเติบโตที่ไม่แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญ ($P > 0.05$) กับสูตรควบคุมเช่นกัน แต่สูตรที่ 4 มีการเจริญเติบโตที่ดีกว่าสูตรที่ 5 ดังนั้นจึงสรุปได้ว่าปลาขนาด 3 นิ้ว สามารถใช้เศษไก่ปั่นแทนปลาป่นได้ในระดับ 75% ได้ โดยไม่มีการเจริญเติบโตแตกต่างจากสูตรควบคุม

จากการศึกษาผลของ Condition factor พบว่าปลาขนาด 1.5 นิ้ว เหมาะกับอาหารที่ใช้ไก่ป่นแทนปลาป่นในระดับ 25% และปลาขนาด 3 นิ้ว สามารถใช้ไก่ป่นแทนปลาป่นได้ในระดับ 100% เนื่องจากไม่มีความแตกต่างกันของค่าความชันในสมการตามข้อมูลทางสถิติ แต่ปลาทดลองที่ได้รับอาหารสูตรที่ 4 ที่ใช้เศษไก่ป่นในระดับ 75% มีค่า condition factor ที่สูงกว่าสูตรที่ 5 ดังนั้นปลาขนาด 3 นิ้ว จึงเหมาะกับอาหารที่ใช้เศษไก่ป่นแทนปลาป่นในระดับ 75%

สรุปได้ว่าอาหารที่เหมาะสมต่อการเจริญเติบโตของปลากะพงขาวขนาด 1.5 นิ้ว คือ อาหารสูตรที่ 3 ที่ใช้เศษไก่ป่นแทนปลาป่นในระดับ 50% และอาหารที่เหมาะสมต่อการเจริญเติบโตของปลากะพงขาวขนาด 3 นิ้ว คือ อาหารสูตรที่ 4 ที่ใช้เศษไก่ป่นแทนปลาป่นในระดับ 75% โดยทั้งสองการทดลองสูตรอาหารที่ใช้เศษไก่ป่นแทนปลาป่นในระดับ 100% ให้ผลการเจริญเติบโตต่ำที่สุด

ผลของชนิดอาหารต่ออัตราการแลกเนื้อ อัตราการรอดตาย และผลผลิต ของปลากะพงขาว

จากการศึกษาอัตราการแลกเนื้อของปลากะพงขาวขนาด 1.5 นิ้ว พบว่าปลาที่ได้รับอาหารในสูตรที่ 2 ให้ผลดีที่สุดเมื่อสิ้นสุดการทดลองเป็นระยะเวลา 1 เดือน ซึ่งเป็นสูตรที่มีการใช้เศษไก่ป่นแทนปลาป่นในระดับ 25% โดยมีอัตราการแลกเนื้อคือ 2.79 ± 0.88 และไม่แตกต่างจากสูตรที่ 3 ที่ใช้เศษไก่ป่นแทนปลาป่นในระดับ 50% ดังนั้นจึงสามารถใช้เศษไก่ป่นแทนปลาป่นได้ 50% ในอาหารปลาขนาด 1.5 นิ้ว สำหรับปลาขนาด 3 นิ้วพบว่าอัตราการแลกเนื้อดีที่สุดคือปลาที่ได้รับอาหารสูตรที่ 2 เช่นเดียวกัน เมื่อสิ้นสุดการทดลองในระยะเวลา 9 สัปดาห์ ปลาที่ได้รับอาหารสูตรที่ 2 มีค่าอัตราการแลกเนื้อ คือ 0.99 ± 0.32 โดยสูตรที่ 4 ไม่มีความแตกต่างจากสูตรควบคุมเช่นกัน ดังนั้นระดับที่เหมาะสมที่สามารถใช้เศษไก่ป่นแทนปลาป่นได้ในปลาขนาด 3 นิ้วคือ 75% เนื่องจากไม่มีความแตกต่างทางสถิติกับสูตรควบคุมเมื่อสิ้นสุดการทดลอง

จากการศึกษาอัตราการรอดของปลาทดลองขนาด 1.5 นิ้วพบกว่าปลาที่ได้รับอาหารสูตรที่ 2 ที่มีการใช้เศษไก่ป่นแทนปลาป่นในระดับ 25% มีอัตราการรอดสูงที่สุดเมื่อเทียบกับการใช้เศษไก่ป่นแทนปลาป่นในระดับอื่นๆ โดยมีค่าคือ 83.75 ± 22.98 % ส่วนปลาขนาด 3 นิ้วพบว่าอาหารสูตรที่ 3 มีอัตราการรอดสูงสุดคือ 70.83 ± 41.25 % โดยทั้งสองการทดลอง อัตราการรอดไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ ($P > 0.05$) ในทุกสูตรอาหาร ดังนั้นปลาขนาด 1.5 นิ้วสามารถใช้เศษไก่ป่น

แทนปลาป่นในระดับ 75% เนื่องจากมีอัตราการรอดที่ดีกว่าระดับ 100% และปลาขนาด 3 นิ้ว สามารถใช้เศษไก่ป่นแทนปลาป่นได้ 100% ตามข้อมูลทางสถิติ

ผลการศึกษาพบว่าปลาทดลองขนาด 1.5 นิ้ว ผลผลิตที่ดีที่สุดคือสูตรที่ 2 ที่มีการใช้เศษไก่ป่นแทนปลาป่นในระดับ 25 % และลดลงตามปริมาณเศษไก่ป่นที่ใช้ในอาหาร ส่วนปลาขนาด 3 นิ้ว ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ และสูตรที่ 2 เป็นสูตรที่มีผลผลิตดีที่สุดเช่นกัน โดยปลาขนาด 1.5 นิ้วสามารถใช้เศษไก่ป่นแทนปลาป่นในระดับ 50% และปลาขนาด 3 นิ้วสามารถใช้เศษไก่ป่นแทนปลาป่นได้ในระดับ 75% เนื่องจากไม่มีความแตกต่างทางสถิติ ($P > 0.05$)

จากผลการทดลอง ปลาขนาด 1.5 นิ้วสามารถใช้เศษไก่ป่นแทนปลาป่นได้ในระดับ 50% และปลาขนาด 3 นิ้วสามารถใช้เศษไก่ป่นแทนปลาป่นได้ในระดับ 75% เนื่องจากไม่มีความแตกต่างทางสถิติในด้านการเจริญเติบโต และผลของชนิดอาหาร ($P > 0.05$)

ข้อเสนอแนะ

1. ควรทำการตรวจวัดระดับกรดอะมิโนในวัตถุดิบและอาหารเพื่อไม่ให้เกิดปัญหาการขาดกรดอะมิโนของปลาทดลอง และควรมีการปรับกรดไขมันจำเป็นให้มีความเหมาะสมในแต่ละสูตรอาหาร

2. ควรมีการทดลองซ้ำให้มากกว่านี้ และสัตว์ทดลองที่นำมาควรมีการปรับให้รับอาหารให้ดีก่อนทำการทดลองจริง และคัดเลือกขนาดปลาที่มีขนาดกลางเท่านั้นมาใช้ในการทดลอง

3. การทดลองนี้ไม่สามารถทำตามเป้าหมายได้ เนื่องจากโรคที่เกิดขึ้นในระหว่างการทดลอง

รายการอ้างอิง

ภาษาไทย

กรมประมง. 2524. การเพาะพันธุ์ปลากะพงขาว. เอกสารวิชาการฉบับที่ 1. สถาบันเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำชายฝั่งแห่งชาติ กรมประมง. 24 หน้า

กรมประมง. 2525. การทดลองเลี้ยงลูกปลากะพงขาวในน้ำที่มีระดับความเค็มต่างๆ. เอกสารวิชาการฉบับที่ 3. สถาบันเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำชายฝั่งแห่งชาติ กรมประมง. 27 หน้า

จูอะดี พงศ์มณีรัตน์ และมะลิ บุณยรัตผลิน. 2538. การใช้แหล่งโปรตีนพืชบางชนิดในอาหารสำหรับปลากะพงขาว. เอกสารวิชาการฉบับที่ 14/2538. สถาบันวิจัยการเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำชายฝั่ง จังหวัดสงขลา. 12 หน้า

เฉลิมชล เกษจุโลม. 2541. การใช้ประโยชน์จากกากถั่วเหลืองและกลูเตนจากข้าวโพดเป็นแหล่งโปรตีนแทนสำหรับปลากะพงแดง *Lutjanus argentimaculatus* วัยรุ่น. วิทยานิพนธ์ปริญญามหาบัณฑิต ภาควิชาวิทยาศาสตร์ทางทะเล คณะวิทยาศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ธำมรงค์ ตันภิบาล. 2539. การศึกษาประสิทธิภาพการย่อยโปรตีน และไขมันของอาหารทดลองซึ่งมีถั่วเหลืองที่ผ่านกรรมวิธีต่างๆ ในอาหารปลากะพงขาววัยอ่อน. วิทยานิพนธ์ปริญญามหาบัณฑิต (วิทยาศาสตร์การประมง) สาขาวิชาวิทยาศาสตร์การประมง มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

วิเชียร สาคเรศ มะลิ บุณยรัตนผลิน นันทิยา อุ่นประเสริฐ และพรชัย ขำแป้ง. 2532. ระดับโปรตีนและพลังงานที่เหมาะสมในอาหารปลากะพงขาว-II. เอกสารวิชาการฉบับที่ 8/2532. สถานีประมงน้ำกร่อย จังหวัดระยอง กองประมงน้ำกร่อย กรมประมง. 22 หน้า

นฤมล อัศวเกศมณี. 2550. อาหารและการให้อาหารปลา. เทคโนโลยีการเกษตร มหาวิทยาลัยราชภัฏสงขลา จังหวัดสงขลา. 330 หน้า

ภัทรสินี ภัทรโกศล. 2550. สถิติเพื่อการวิจัยทางวิทยาศาสตร์. จำนวน 2000 เล่ม. พิมพ์ครั้งที่ 1. สำนักพิมพ์แห่งจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย. ถนนพญาไท เขตปทุมวัน กรุงเทพฯ.

สิทธิ บุณยรัตผลิน กิจการ ศุภมาตย์ และสถาพร ดิเรกบุษราคม. 2532. ผลของวิตามินซีต่อการเจริญเติบโต องค์ประกอบเลือดและความต้านทานโรคของปลากะพงขาว. เอกสารวิชาการฉบับที่ 6/2532. สถาบันวิจัยการเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำชายฝั่ง จังหวัดสงขลา. 18 หน้า

สุนิตย์ โรจนพิทยากุล เจนจิตต์ คงกำเนิด และอัตรา ไชยมงคล. 2547. การเลี้ยงปลากะพงขาว *Lates calcarifer* (BLOCH) ด้วยอาหารสำเร็จรูปที่มีระดับโปรตีนต่ำสลับกับอาหารที่มีระดับโปรตีนปกติต่อการเจริญเติบโตและประสิทธิภาพการใช้อาหาร. สถาบันวิจัยการเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำชายฝั่ง จังหวัดสงขลา. 15 หน้า

ภาษาอังกฤษ

Anderson, J.S., La11, S.P., Anderson, D.M. and McNiven, M.A. 1995. Availability of amino acids from various fish meals fed to Atlantic salmon (*Salmo salar*). Aquaculture 138:291-301

AOAC. 1990. Official Methods of Analysis, 15th ed., vol.1. Association of Official Analysis Chemists, Arlington, VA, USA.

AOAC. 1995. Official Methods of Analysis, 16th ed., vol.1. Association of Official Analysis Chemists, Arlington, VA, USA.

Aquacop., Cuzon, G., Chou, R. and Fuchs, J. 1989. Nutrition of the seabass *Lates calcarifer*. Advances in tropical aquaculture Tahiti. Aquacop Ifremer Actes de Colloque 9: 757-763.

Boonyaratpalin, M. 1997. Nutrient requirements of marine food fish cultured in Southeast Asia. Aquaculture 151: 283-313.

Boonyaratpalin, M., Suraneiranat, P. and Tunpibal, T. 1998. Replacement of fish meal with various types of soybean products in diets for the Asian seabass *Lates calcarifer*. Aquaculture 161: 67–78.

Catacutan, M.R. and Coloso, R.M. 1997. Growth of juvenile Asian seabass, *Lates calcarifer,* fed varying carbohydrate and lipid levels. Aquaculture 149: 137-144.

Cruz-Suárez, L.E., Nieto-López, M., Guajardo-Barbosa, C., Tapia-Salazar, M., Scholz, U. and Ricque-Marie, D. 2007. Replacement of fish meal with poultry by-product meal in practical diets for *Litopenaeus vannamei*, and digestibility of the tested ingredients and diets. Aquaculture 272: 466-476.

Emre, Y., Sevgili, H. and Diler, I. 2003. Replacing fish meal with poultry by-product meal in practical diets for mirror carp (*Cyprinus carpio*) fingerlings. Turkish Journal of Fisheries and Aquatic Sciences 3: 81-85.

Fowler, L.G. 1991. Poultry by-product meal as a dietary protein source in fall chinook salmon diets. Aquaculture 99: 309-321.

Hasan, M., Haq, M., Das, P. and Mowlah, G. 1997. Evaluation of poultry-feather meal as a dietary protein source for Indian major carp, *Labeo rohita* fry. Aquaculture 151: 47-54.

Hu, M., Wang, Y., Wang, Q., Zhao, M., Xiong, B., Qian, X., Zhao, Y. and Luo, Z. 2008. Replacement of fish meal by rendered animal protein ingredients with lysine and methionine supplementation to practical diets for gibel carp, *Carassius auratus gibelio*. Aquaculture 275: 260-265.

Katersky, R.S. and Carter, C.G. 2005. Growth efficiency of juvenile barramundi, *Lates calcarifer*, at high temperatures. Aquaculture 250: 775-780.

Katersky, R.S. and Carter, C.G. 2009. Growth and protein synthesis of barramundi, *Lates calcarifer*, fed lupin as a partial protein replacement. Comparative Biochemistry and Physiology, A 152: 513–517.

Lovell, T. 1989. Nutrition and Feeding of Fish. AVI Book, Van Nostrand Reinhold New York. pp 260.

Magie, L.G. and Gad, D. 1988. Poultry meal and poultry oil as sources of protein and lipid in the diet of European eels *(Angzdla anguilla)*. Aquaculture 73: 177-187.

Nengas, I., Alexis, M.N. and Davies, S.J. 1999. High inclusion levels of poultry meals and related by-products in diets for gilthead seabream *Sparus aurata* L. Aquaculture 179: 13-23.

Phromkunthong, W., Boonyaratpalin, M. and Starch, V. 1997. Different concentrations of ascorbyl-2-monophosphate-magnesium as dietary sources of vitamin C for seabass, *Lates calcarifer*. Aquaculture 151: 225-243.

Shapawi, R., Ng, W. and Mustafa, S. 2007. Replacement of fish meal with poultry by-product meal in diets formulated for the humpback grouper, *Cromileptes altivelis*. Aquaculture 273: 118–126.

Steffens, W. 1994. Replacing fish meal with poultry by-product meal in diets for rainbow trout, *Oncorhynchus mykiss*. Aquaculture 124: 27-34.

Subhadra, B., Lochmann, R., Rawles, S. and Chen, R. 2006. Effect of fish-meal replacement with poultry by-product meal on the growth, tissue composition and hematological parameters of largemouth bass (Micropterus salmoides) fed diets containing different lipids. Aquaculture 260: 221-231.

Tantikitti, C., Sangpong, W. and Chiavareesajja, S. 2005. Effects of defatted soybean protein levels on growth performance and nitrogen and phosphorus excretion in Asian seabass (*Lates calcarifer*)**.** Aquaculture 248: 41-50.

Turker, A., Yigit, M., Ergun, S., Karaali, B. and Erteken, A. 2005. Potential of poultry by-product meal as a substitute for fishmeal in diets for black sea turbot, *Scophthalmus Maeoticus*: growth and nutrient utilization in winter. Aquaculture 57: 49-61.

Watson, H. 2006. Poultry meal vs poultry by-product meal. Dogs in Canada magazine January.

Yang, Y., Xie, S., Lei, W., Zhu, X. and Yang, Y. 2004. Effect of replacement of fish meal by meat and bone meal and poultry by-product meal in diets on the growth and immune response of *Macrobrachium nipponense.* Fish and Shellfish Immunology 17: 105-114.

ภาคผนวก

ภาคผนวก ก

1. การวิเคราะห์ความชื้น โดยใช้ตู้อบความร้อน (hot air oven) (ตามวิธีการของ AOAC, 1990)

1. นำ plate เข้าตู้อบอุณหภูมิ 100 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 40 นาที และทำให้เย็นโดยใส่ในโถดูดความชื้น

2. ชั่งและบันทึกน้ำหนักของ plate โดยละเอียด

3. ชั่งตัวอย่างใส่ plate ประมาณ 10 กรัม โดยบันทึกน้ำหนักอย่างละเอียด

4. นำตัวอย่างเข้าตู้อบความร้อน โดยใช้อุณหภูมิ 100 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 1 ชั่วโมง

5. นำตัวอย่างที่อบแล้วใส่โถดูดความชื้นทิ้งไว้ให้เย็น บันทึกน้ำหนักของตัวอย่าง

6. ทำซ้ำตามข้อ 1 ถึง 5 จนกระทั่งน้ำหนักที่ได้คงที่ โดยน้ำหนักที่หายไปคือน้ำหนักของความชื้น

คำนวณ % ความชื้นด้วยสมการ

$$\% \text{ ความชื้น} = \frac{(a - b) \times 10}{w}$$

เมื่อ a = น้ำหนักของอาหารก่อนอบแห้ง

b = น้ำหนักของอาหารหลังอบแห้ง

w = น้ำหนักของอาหารก่อนอบ

2. การวิเคราะห์ปริมาณเถ้า ด้วยวิธี muffle furnace combustion (ตามวิธีการของ AOAC, 1990)

1. ชั่งตัวอย่างอาหาร 2 กรัม ใส่ในถ้วยกระเบื้องเคลือบ

2. นำไปเผาในเตาเผาที่อุณหภูมิ 550 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 5 ชั่วโมง จนเถ้ามีสีขาว

3. นำเข้าโถอบแห้ง เพื่อให้ดูดความชื้น และเมื่อตัวอย่างอาหารเย็นดีแล้ว นำออกชั่งทันที

คำนวณ % เถ้าจากสมการ

$$\% \text{ เถ้า} = \frac{(b - a) \times 10}{w}$$

เมื่อ a = น้ำหนักของถ้วยกระเบื้องเคลือบ

b = น้ำหนักของถ้วยกระเบื้องเคลือบกับน้ำหนักของเถ้าหลังการเผา

w = น้ำหนักของอาหารก่อนเผา

3. การวิเคราะห์หาโปรตีน ด้วยวิธี Kjeldahl (ตามวิธีการของ AOAC, 1990)

<u>สารเคมี</u>

1. กรดซัลฟูริก (H_2SO_4) เข้มข้น 93-98 %

2. สารเร่งรวม (catalyst mixture), ชั่งคอปเปอร์ซัลเฟต ($CuSO_4$) 0.8 กรัม กับโปแตสเซียมซัลเฟต (K_2SO_4) 7 กรัม ผสมให้เข้ากัน

3. โซเดียมไฮดรอกไซด์ (NaOH) เข้มข้น 40 % โดยละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ 4000 กรัม ในน้ำกลั่น 10 ลิตร

4. สารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์เข้มข้น 1 โมล/ลิตร โดยปิเปตสารละลายจากข้อ 3 มา 25 มิลลิลิตร แล้วเจือจางด้วยน้ำกลั่นให้เป็น 250 มิลลิลิตร

5. สารละลายโซเดียมไฮดรอกซ์เข้มข้น 0.1 โมล/ลิตร โดยเตรียมจากสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์เข้มข้น 1 โมล/ลิตร (จากข้อ 4) โดยปิเปตมา 25 มิลลิลิตร แล้วเจือจางด้วยน้ำกลั่นให้เป็น 250 มิลลิลิตร

6. สารละลาย Bromocresol green เตรียมโดยละลาย Bromocresol green 0.1 กรัม ในเอทานอล 100 มิลลิลิตร

7. สารละลาย Methyl red เตรียมโดยละลาย Methyl red 0.1 กรัม ในเอทานอล 100 มิลลิลิตร

8. สารละลาย mixed indicator เตรียมโดยละลาย bromocresol green และ methyl red อย่างละ 0.1 กรัม ในเอทานอล 100 มิลลิลิตร

9. สารละลายกรดบอริก เข้มข้น 1% เตรียมโดยละลายกรดบอริก 100 กรัม ในน้ำกลั่น 9 ลิตร แล้วเติมสารละลายในข้อ 6 และสารละลายในข้อ 7 ลงไป 100 มิลลิลิตร และ 70 มิลลิลิตร ตามลำดับ ปรับปริมาตรให้เป็น 10 ลิตร ด้วยน้ำกลั่นและเขย่าให้ละลายเป็นเนื้อเดียวกัน

10. สารละลายกรดมาตรฐาน 0.1 โมล/ลิตร HCl เตรียมโดยตวง HCl เข้มข้น มา 8.2 มิลลิลิตร แล้วเจือจางด้วยน้ำกลั่นให้เป็น1 ลิตร

<u>วิธีการ</u>

1. ชั่งตัวอย่างอาหารให้ได้น้ำหนักประมาณ 0.5 กรัม โดยชั่งด้วยกระดาษกรองแล้วใส่ในขวดแก้ววิเคราะห์โปรตีน

2. เติมสารเร่งรวม ชั่งคอปเปอร์ซัลเฟต 0.8 กรัม และโปแตสเซียมซัลเฟต 7 กรัม

3. เติมกรดซัลฟูริกเข้มข้น 12 มิลลิลิตร

4. นำไปย่อยด้วยชุดเครื่องย่อยโปรตีน ที่อุณหภูมิ 460 องศาเซลเซียส กระทั่งสารละลายในขวดแก้ววิเคราะห์โปรตีนเป็นสีเขียวอมฟ้าใส ทิ้งไว้ให้เย็น

5. นำขวดวิเคราะห์เข้าเครื่องกลั่นแล้วจดปริมาณโปรตีนที่ได้

4. การวิเคราะห์หาไขมัน ด้วยวิธี ether extract (ใช้เครื่อง Sotex system HT6)

สารเคมี

สารละลายปิโตรเลียมอีเธอร์

วิธีการ

1. อบขวดแก้ว ที่อุณหภูมิ 100 องศาเซลเซียส 2 ชั่วโมง ทิ้งไว้ให้เย็นในโถดูดความชื้น

2. น้ำขวดแก้วมาชั่งน้ำหนักและจดบันทึก

3. อบตัวอย่างที่จะวิเคราะห์ที่อุณหภูมิ 80 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 1 ชั่วโมง ทิ้งให้เย็นในโถดูดความชื้น

4. ชั่งตัวอย่างใส่กระดาษกรองเบอร์ 1 ประมาณ 2 กรัม แล้วห่อให้มิดชิดใส่ในไส้กรอง (thimble) ที่เตรียมไว้แล้วนำไปใส่ในขวดแก้ววิเคราะห์

5. เทปิโตรเลียมอีเธอร์ให้ปริ่มที่ก้นของไส้กรอง

6. นำขวดแก้วเข้าเครื่อง Sotex system HT6

7. เปิดเครื่อง ปรับอุณหภูมิไปที่ 150 องศาเซลเซียส เปิดน้ำเข้าเครื่อง เปิดวาล์ว เลื่อนปุ่มไปที่ boiling กลั่นนาน 6 ชั่วโมง และคอยเติมปิโตเลียมอีเธอร์เมื่อมีปริมาณปิโตรเลียมอีเธอร์ลดลง

8. ปิดเครื่องอากาศและน้ำ แล้วเลื่อนปุ่ม evaporation กลับที่เดิมนำขวดแก้ววิเคราะห์ออกจากเครื่อง แล้วนำไปอบที่ 100 องศาเซลเซียสเป็นเวลา 1 ชั่วโมง

9. นำขวดแก้ววิเคราะห์ออกมาใส่โถดูดความชื้น ทิ้งไว้ให้เย็น แล้วนำมาชั่งน้ำหนัก (W_3)

การคำนวณหา % ไขมัน

$$\% \text{ ไขมัน} = \frac{(W_3 - W_1) \times 100}{W_2}$$

เมื่อ W_1 = น้ำหนักถ้วยพร้อมลูกแก้ว

W_2 = น้ำหนักตัวอย่าง

W_3 = น้ำหนักถ้วยพร้อมลูกแก้วและไขมันหลังอบ

ภาคผนวก ข

ตารางที่ 10 น้ำหนักของปลากะพงขาวขนาด 1.5 นิ้ว ที่เลี้ยงด้วยอาหารสูตรต่างๆ สัปดาห์ที่ 0 (2 ซ้ำ)

ปลาทดลอง	สูตรที่ 1/1	สูตรที่ 1/2	สูตรที่ 2/1	สูตรที่ 2/2	สูตรที่ 3/1	สูตรที่ 3/2	สูตรที่ 4/1	สูตรที่ 4/2	สูตรที่ 5/1	สูตรที่ 5/2
1	1.4	1.3	1.2	1.4	1.3	1.2	1.2	1.2	1.3	1.1
2	1.3	1.2	1.4	1.5	1.7	1.4	1.6	1.3	1.5	1.2
3	1.6	1.4	1.0	1.5	1.4	1.1	1.3	1.3	1.2	1.1
4	1.2	1.2	1.4	1.2	1.1	1.2	1.3	1.1	1.3	1.2
5	1.2	1.1	1.5	1.2	1.4	1.4	1.3	1.5	1.1	1.3
6	1.5	1.2	1.3	1.5	1.2	1.2	1.1	1.5	1.5	1.1
7	1.5	1.0	1.4	1.5	1.0	1.3	1.4	1.4	1.3	1.3
8	1.3	1.3	1.5	1.2	1.4	1.0	1.5	1.7	1.5	1.5
9	1.1	1.6	1.4	1.2	1.5	1.3	1.4	1.6	1.2	1.4
10	1.5	1.3	1.4	1.3	1.2	1.0	1.0	1.7	1.1	1.7
11	1.5	1.4	1.4	1.2	1.2	1.0	1.0	1.4	1.1	1.4
12	1.2	1.0	1.5	1.3	1.3	1.2	1.1	1.4	1.3	1.4
13	1.2	1.5	1.3	1.2	1.1	1.0	1.5	1.3	1.1	1.1
14	1.2	1.3	1.6	1.2	1.1	1.2	1.1	1.6	1.0	1.2
15	1.3	1.2	1.4	1.2	1.3	1.1	1.5	1.7	1.3	1.7
16	1.1	1.0	1.1	1.2	1.2	0.9	1.3	1.4	1.3	1.3
17	1.4	1.3	1.4	1.5	1.4	1.5	1.2	1.2	1.3	1.2
18	1.5	1.0	1.4	0.7	1.0	1.2	1.5	1.3	1.2	1.4
19	1.5	1.5	1.3	1.3	1.6	1.2	1.2	1.3	1.1	1.2
20	1.7	1.1	1.4	1.4	1.0	1.2	1.3	1.3	1.3	1.2
เฉลี่ย	1.36	1.25	1.37	1.29	1.27	1.18	1.29	1.41	1.25	1.30

ตารางที่ 11 น้ำหนักของปลากะพงขาวขนาด 1.5 นิ้ว ที่เลี้ยงด้วยอาหารสูตรต่างๆ สัปดาห์ที่ 4 (2 ซ้ำ)

ปลาทดลอง	สูตรที่ 1/1	สูตรที่ 1/2	สูตรที่ 2/1	สูตรที่ 2/2	สูตรที่ 3/1	สูตรที่ 3/2	สูตรที่ 4/1	สูตรที่ 4/2	สูตรที่ 5/1	สูตรที่ 5/2
1	4.5	2.3	1.4	6.6	2.2	2.7	1.8	2.1	1.4	1.7
2	3.1	2.5	2.8	3.2	1.9	2.3	1.4	1.2	1.3	1.5
3	2.3	2.7	3.1	1.1	1.8	2.1	1.4	2.4	1.8	1.4
4	4.9	2.8	3.8	3.7	2.7	1.8	2	3	1.7	1.2
5	2	2.6	2.4	3	2	2.2	2.4	2.2	1.5	1.8
6	2.1	2	2.3	1.7	1.8	2	1.8	2.5	1.5	1.8
7	5.1	2	2.6	3.5	2.5	2.2	2.1	4.1	1.8	1.4
8	2.7	2.7	2.3	1	1.6	1.8	1.6	1.9	1.8	1
9	5.2	2.6	2.3	2.3	2	2	1.5	1.6	1.9	1.8
10	3.4	2	4.6	3.3	1.9	1.7	1.3	1.9	1.7	2.2
11	5.3	2.7	6.8	1.9	2	1.5	1.8	2.3	1.3	1.4
12	4.9	3.4	5.7	1.8	2.1	1.8	1.4	2.4	2	1.6
13	4.7	2.7	3.2	4.7	2.1	1.6	1.7	2.4	2.5	2
14	3.1	1.6	3	3.2	2			2	1.8	
15	2.3	2.6	3.1	1.7	1.7			2.2	1.5	
16	2.8	3.9	2.5	1.3	3.1			2	1.5	
17	2.9	1.6	3.7	3.8	1.6			2.2	2	
18	5.8	1.7	2.6	1.8	1.9			2.4		
19	5	1.8	3.2	2.1	2			1.9		
20	4.5	3	4.8	2.2	3.2			1.6		
21	3.9	1.2	2.2	3.1	2.4			2.4		
22	2.8	2	3.7	1.7	3.2			2.2		
23	1.9	1.7	4	1.9	2.7			1.8		
24	4.3	2.6	1.9	1.5	2			2.1		
25	4.2	2.7	2.8	3.4	3.3			2.1		
26	2.9	1.3	3.3	1.5	1.4			2.1		
27	2.5	1.5	1.6	2.7	2.1			1.5		
28	7	2.4	3.1		2.3			2.1		
29	2	2.4	2.5					1.3		
30	2.3	2.5	2.9					1.5		
31	1.8	1.6	2.8							
32	8.1		3.1							
33	2.8		2.5							
34	4.2		4.2							
35	2.3		3.1							
36	2.2		2.7							
37	3.3		3.6							
38	2.1		1.9							
39	3.1		2.1							
40	3.5		2.8							
เฉลี่ย	3.60	2.29	3.08	2.58	2.20	1.98	1.71	2.11	1.71	1.60

ตารางที่ 12 ความยาวของปลากะพงขาวขนาด 1.5 นิ้ว ที่เลี้ยงด้วยอาหารสูตรต่างๆ สัปดาห์ที่ 4 (2 ซ้ำ)

ปลาทดลอง	สูตรที่ 1/1	สูตรที่ 1/2	สูตรที่ 2/1	สูตรที่ 2/2	สูตรที่ 3/1	สูตรที่ 3/2	สูตรที่ 4/1	สูตรที่ 4/2	สูตรที่ 5/1	สูตรที่ 5/2
1	7.0	5.5	5.2	6.5	5.3	5.4	5.0	5.7	5.0	5
2	6.2	5.7	5.9	5.6	4.9	4.9	4.9	5.0	4.5	5.1
3	5.5	5.6	5.7	4.4	5.0	5.0	4.9	5.7	5.1	4.8
4	6.5	5.5	5.9	6.2	5.5	4.0	5.7	6.0	5.0	4.7
5	4.7	5.5	5.7	5.5	5.0	5.2	5.7	5.5	5.0	5.0
6	5.0	5.0	6.0	5.0	5.2	4.3	5.0	5.7	4.8	4.9
7	6.4	5.4	5.3	6.4	5.7	5.0	5.5	6.5	5.2	4.5
8	5.8	6.1	5.3	4.5	5.4	4.4	4.5	5.4	5.0	4.4
9	7.0	6.0	5.7	5.0	5.4	4.9	4.7	5.5	5.0	5.5
10	5.7	5.7	6.9	6.1	5.4	5.0	4.5	5.5	4..7	5.2
11	7.7	5.7	7.8	5.0	5.7	4.5	5.2	5.7	4.5	5.2
12	6.5	5.5	6.9	5.0	5.2	5.5	5.0	5.7	5.4	5.0
13	6.7	5.5	5.8	6.3	5.5	4.9	5.3	5.5	5.5	5.5
14	6.3	5.0	5.8	5.6	5.2			5.5	5.0	
15	5.3	5.8	5.9	5.0	5.3			5.0	4.5	
16	5.9	6.1	5.6	4.4	5.9			5.5	4.5	
17	5.7	5.6	6.1	6.2	5.0			5.5	5.0	
18	7.0	5.5	5.4	4.7	5.2			5.5		
19	7.0	5.0	6.2	5.4	5.2			4.6		
20	6.6	5.5	6.6	5.3	6.0			5.7		
21	6.1	4.5	5.0	5.5	4.8			5.8		
22	5.6	5.0	6.3	4.8	5.5			5.6		
23	5.0	5.0	6.4	4.7	5.2			5.0		
24	6.5	5.5	4.5	4.7	5.0			5.2		
25	6.5	5.6	5.9	5.7	5.8			5.2		
26	5.2	5.0	6.0	4.5	4.9			5.4		
27	6.0	5.0	4.8	5.3	5.0			5.0		
28	7.7	5.4	6.0		5.4			5.0		
29	4.9	5.4	5.4					4.7		
30	5.3	5.5	5.5					4.8		
31	4.9	5.0	5.5							
32	8.5		6.1							
33	5.4		5.4							
34	6.5		6.7							
35	5.0		6.0							
36	5.2		6.1							
37	5.7		6.2							
38	5.5		5.4							
39	6.4		5.3							
40	6.0		5.9							
เฉลี่ย	6.06	5.42	5.85	5.31	5.31	4.85	5.07	5.41	4.94	4.98

<u>ตารางที่ 13</u> การเจริญเติบโตของปลากะพงขาวขนาด 1.5 นิ้ว ที่เลี้ยงด้วยอาหารสูตรต่างๆ ในระยะเวลา 1 เดือน (2 ซ้ำ)

ชุดการทดลอง	น้ำหนักเพิ่ม	อัตราการเจริญเติบโตสัมพัทธ์ต่อวัน	อัตราการเจริญเติบโตจำเพาะ	FCR	อัตราการรอด
สูตร 1/1	2.24	5.88	3.48	1.67	100
สูตร 1/2	1.04	2.97	2.16	4.49	77.5
สูตร 2/1	1.71	4.45	2.89	2.17	100
สูตร 2/2	1.29	3.57	2.48	3.41	67.5
สูตร 3/1	0.93	2.62	1.96	5.11	70.0
สูตร 3/2	0.80	2.42	1.85	5.08	32.5
สูตร 4/1	0.42	1.16	1.01	8.69	32.5
สูตร 4/2	0.70	1.77	1.44	6.20	75.0
สูตร 5/1	0.46	1.31	1.12	8.43	42.5
สูตร 5/2	0.30	0.82	0.74	8.15	32.5

ตารางที่ 14 น้ำหนักของปลากะพงขาวขนาด 3 นิ้ว ที่เลี้ยงด้วยอาหารสูตรต่างๆ สัปดาห์ที่ 0 (2 ซ้ำ)

ปลาทดลอง	สูตรที่ 1/1	สูตรที่ 1/2	สูตรที่ 2/1	สูตรที่ 2/2	สูตรที่ 3/1	สูตรที่ 3/2	สูตรที่ 4/1	สูตรที่ 4/2	สูตรที่ 5/1	สูตรที่ 5/2
1	24.1	22.4	26.2	25.1	22.0	23.2	20.4	32.5	25.9	23.0
2	34.8	23.6	41.1	29.6	34.5	25.0	26.1	36.0	14.3	14.0
3	37.2	35.2	35.1	34.3	20.9	32.6	17.8	40.5	20.9	22.5
4	24.4	18.0	24.6	27.9	19.7	20.1	23.9	37.0	17.8	18.7
5	24.6	32.4	40.4	26.6	33.9	29.9	23.9	36.8	19.3	24.6
6	27.2	18.3	42.5	36.0	22.9	23.0	17.3	28.0	15.1	26.8
7	21.1	18.4	43.1	22.2	24.1	25.3	19.4	43.6	19.9	19.9
8	18.6	20.4	32.0	36.2	18.9	21.5	23.4	29.7	21.6	12.0
9	20.5	21.0	28.0	28.1	20.7	21.8	19.3	34.7	23.3	17.5
10	26.4	17.7	33.5	22.7	28.8	31.0	21.7	37.8	25.2	17.8
11	29.5	27.7	27.9	36.3	26.2	26.8	16.5	33.5	14.7	23.1
12	16.6	18.6	30.9	19.8	31.7	27.3	17.1	36.8	19.2	20.3
เฉลี่ย	25.42	22.81	33.78	28.73	25.36	25.63	20.57	35.58	19.77	20.02

ตารางที่ 15 น้ำหนักของปลากะพงขาวขนาด 3 นิ้ว ที่เลี้ยงด้วยอาหารสูตรต่างๆ สัปดาห์ที่ 3 (2 ซ้ำ)

ปลาทดลอง	สูตรที่ 1/1	สูตรที่ 1/2	สูตรที่ 2/1	สูตรที่ 2/2	สูตรที่ 3/1	สูตรที่ 3/2	สูตรที่ 4/1	สูตรที่ 4/2	สูตรที่ 5/1	สูตรที่ 5/2
1	46.6	27.1	45.4	51.4	68.9	56.5	37.1	56.9	28.8	28.6
2	58.9	48.9	43.6	27.4	62.0	48.7	27.5	52.0	38.3	50.5
3	60.8	19	62.9	32.0	44.2	64.3	30.6	79.1	26.4	29.9
4	63.5	30.6	46.7	60.3	58.5	53.0	23.2	78.4	47.5	61.3
5	42.6	64.5	79.7	74.1	42.3	31.8	45.9	50.1	29.8	39.0
6	43.3		94.7	42.0	51.0			61.2	37.8	34.1
7	61.5			49.2	47.9			61.9	34.4	54.2
8	62.0			31.0	63.8			72.4	27.2	48.3
9	45.1			30.3	78.2			70.1	30.8	41.3
10	83.4			61.4	52.6			50.4		
11	53.7			37.2	69.2			74.0		
12	76.0				39.7			73.1		
เฉลี่ย	58.12	38.02	62.17	45.12	56.53	50.86	32.86	64.97	33.44	43.02

ตารางที่ 16 น้ำหนักของปลากะพงขาวขนาด 3 นิ้ว ที่เลี้ยงด้วยอาหารสูตรต่างๆ สัปดาห์ที่ 6 (2 ซ้ำ)

ปลาทดลอง	สูตรที่ 1/1	สูตรที่ 1/2	สูตรที่ 2/1	สูตรที่ 2/2	สูตรที่ 3/1	สูตรที่ 3/2	สูตรที่ 4/1	สูตรที่ 4/2	สูตรที่ 5/1	สูตรที่ 5/2
1	76.7	132.4	34.2	44.0	102.3	109.5	17.8	85.0	51.9	44.0
2	106.0	38.3	145.3	38.9	111.9	101.3	70.3	91.6	53.6	
3	93.9	74.3		120.8	72.8	73.4	65.2	114.3	45.2	
4	108.2			97.8	89.9	111.0	64.2	93.9	68.7	
5	99.1			62.9	93.0	120.6	87.3	107.2	28.9	
6	75.3			99.3	74.1			118.1	72.3	
7	123.0			81.4	101.4			132.5	88.8	
8	83.9			134.3	115.9			86.3		
9	133.8			90.0	127.0					
10	100.6			54.7	106.2					
11	100.7			115.3	85.9					
12	104.2				70.7					
เฉลี่ย	100.45	81.67	89.75	85.40	95.93	103.16	60.96	103.61	58.49	44.00

ตารางที่ 17 น้ำหนักของปลากะพงขาวขนาด 3 นิ้ว ที่เลี้ยงด้วยอาหารสูตรต่างๆ สัปดาห์ที่ 9 (2 ซ้ำ)

ปลาทดลอง	สูตรที่ 1/1	สูตรที่ 1/2	สูตรที่ 2/1	สูตรที่ 2/2	สูตรที่ 3/1	สูตรที่ 3/2	สูตรที่ 4/1	สูตรที่ 4/2	สูตรที่ 5/1	สูตรที่ 5/2
1	111.1	224.1	235.6	139.8	104.9	154.7	112.0	167.8	107.9	No data
2	156.1	136.0		94.7	108.6	162.4	117.3	146.3	83.4	
3	149.0	77.2		114.1	128.1	155.8	136.9	94.1	92.2	
4	153.9			131.3	156.0	150.8	110.8		33.2	
5	139.0			149.9	162.7	120.1			135.0	
6	168.8			56.9	132.9				81.2	
7	186.1			172.5	144.6				106.9	
8	148.6			188.7	128.7					
9	144.5			200.4	126.5					
10	144.5			54.6	152.8					
11	108.6			154.4	143.1					
12	128.5				103.6					
เฉลี่ย	144.89	145.77	235.60	132.48	132.71	148.76	119.25	136.07	91.40	No data

<u>ตารางที่ 18</u> ความยาวของปลากะพงขาวขนาด 3 นิ้วที่เลี้ยงด้วยอาหารสูตรต่างๆ เมื่อสิ้นสุดการทดลอง (2 ซ้ำ)

ปลาทดลอง	สูตรที่ 1/1	สูตรที่ 1/2	สูตรที่ 2/1	สูตรที่ 2/2	สูตรที่ 3/1	สูตรที่ 3/2	สูตรที่ 4/1	สูตรที่ 4/2	สูตรที่ 5/1	สูตรที่ 5/2
1	26.0	27.5	28.5	18.6	23.5	25.5	22.2	24.0	24.2	No data
2	25.0	25.0		19.5	25.2	23.6	22.0	25.0	20.5	
3	23.9	20.0		28.8	22.4	25.2	24.5	26.0	20.2	
4	24.0			27.3	23.0	25.0	24.0		22.6	
5	23.7			26.6	24.5	22.5				
6	25.5			24.4	23.7					
7				22.2	24.7					
8				23.8	21.9					
9				26.0	25.0					
10				24.7						
11				26.5						
12										
เฉลี่ย	24.70	24.20	28.50	24.40	23.80	24.40	23.20	25.00	21.90	No data

ตารางที่ 19 การเจริญเติบโตของปลากะพงขาวขนาด 3 นิ้วที่เลี้ยงด้วยอาหารสูตรต่างๆ

อาหาร	น้ำหนักเพิ่ม (ทุก 3สัปดาห์)			อัตราการเจริญเติบโตสัมพัทธ์ต่อวัน			อัตราการเจริญเติบโตจำเพาะ			FCR (ทุก 3 สัปดาห์)			อัตราการรอด (%)
	1-3	3-6	6-9	3	6	9	3	6	9	1-3	3-6	6-9	
สูตร 1/1	32.70	42.33	44.44	6.13	7.03	7.46	3.94	3.27	2.76	0.88	0.99	1.19	50.00
สูตร 1/2	15.21	43.65	64.10	3.18	6.14	8.56	2.43	3.04	2.94	1.61	0.99	1.06	25.00
สูตร 2/1	28.39	27.58	145.85	4.00	3.95	9.48	2.90	2.33	3.08	1.13	0.70	0.76	8.33
สูตร 2/2	16.39	40.28	47.08	2.72	4.70	5.73	2.15	2.59	2.43	1.33	1.08	1.21	91.67
สูตร 3/1	31.17	39.40	36.78	5.85	6.63	6.72	3.82	3.17	2.63	0.91	1.03	1.42	75.00
สูตร 3/2	25.23	52.30	45.60	4.69	7.20	7.63	3.26	3.32	2.79	1.42	0.98	1.63	41.67
สูตร 4/1	12.29	28.10	58.29	2.85	4.68	7.61	2.23	2.59	2.79	2.09	1.06	1.04	33.33
สูตร 4/2	29.39	38.64	32.46	3.93	4.55	4.48	2.87	2.54	2.13	1.03	1.28	1.18	25.00
สูตร 5/1	13.67	25.05	32.91	3.29	4.66	5.75	2.50	2.58	2.43	1.33	1.30	1.32	33.33
สูตร 5/2	23.00	0.98	No data	6.90	2.85	No data	3.64	1.87	No data	1.15	2.25	No data	No data

ตารางที่ 20 ผลผลิตของปลากะพงขาวขนาด 1.5 และ 3 นิ้วที่เลี้ยงด้วยอาหารสูตรต่างๆ

อาหาร	ผลผลิตของปลาขนาด 1.5 นิ้ว	ผลผลิตของปลาขนาด 3 นิ้ว
สูตร 1/1	144.00	1738.68
สูตร 1/2	70.99	437.31
สูตร 2/1	123.20	235.60
สูตร 2/2	69.66	1457.28
สูตร 3/1	61.60	1592.52
สูตร 3/2	25.74	743.80
สูตร 4/1	22.23	477.00
สูตร 4/2	63.30	408.21
สูตร 5/1	29.07	639.80
สูตร 5/2	20.80	No data

ภาคผนวก ค

ตารางที่ 21 น้ำหนักและการเจริญเติบโตเฉลี่ย ($\bar{x} \pm$ sd) ของปลากะพงขาวขนาด 1.5 นิ้ว ที่ได้รับอาหารสูตรต่างๆ กันเป็นเวลา 1 เดือน

ชุดการทดลอง	ระดับการใช้เศษไก่ป่นแทนปลาป่น (%)	น้ำหนักเพิ่ม (กรัม)	อัตราการเจริญเติบโตสัมพัทธ์ต่อวัน	อัตราการเจริญเติบโตจำเพาะ	FCR	อัตราการรอด
1	0	1.64±0.85	4.43±2.06	2.82±0.93	3.08±1.99	88.75±15.91
2	25	1.50±0.30	4.01±0.62	2.69±0.29	2.79±0.88	83.75±22.98
3	50	0.87±0.09	2.52±0.14	1.91±0.08	5.10±0.02	51.25±26.52
4	75	0.56±0.20	1.47±0.43	1.23±0.30	7.45±1.76	53.75±30.05
5	100	0.38±0.11	1.07±0.35	0.93±0.27	8.29±0.20	37.50±7.07

ตารางที่ 22 น้ำหนัก, FCR และอัตราการรอดเฉลี่ย ($\bar{x} \pm$ sd) ของปลากะพงขาวขนาด 3 นิ้ว ที่ได้รับอาหาร

ชุดการทดลอง	ระดับการใช้เศษไก่ปั่นแทนปลาป่น (%)	น้ำหนักเพิ่ม			FCR			อัตราการรอด
		สัปดาห์1-3	สัปดาห์3-6	สัปดาห์6-9	สัปดาห์1-3	สัปดาห์3-6	สัปดาห์6-9	
1	0	23.96±12.37	42.99±0.93	54.27±13.90	1.25±0.52	0.99±0.00	1.13±0.09	62.50±53.03
2	25	22.39±8.49	33.93±8.98	96.47±69.84	1.23±0.14	0.89±0.27	0.99±0.32	50.00±58.93
3	50	28.20±4.20	45.85±9.12	41.19±6.24	1.17±0.36	1.01±0.04	1.53±0.15	70.83±41.25
4	75	20.84±12.09	33.37±7.45	45.38±18.26	1.56±0.75	1.17±0.16	1.11±0.10	29.17±5.89
5	100	18.34±6.60	13.02±17.02	32.91±0.00	1.24±0.13	1.78±0.67	1.32±0.00	58.33±0.00

สูตรต่างๆ กันเป็นเวลา 9 สัปดาห์

ตารางที่ 23 การเจริญเติบโตเฉลี่ย ($\bar{x} \pm$ sd) ของปลากะพงขาวขนาด 3 นิ้ว ที่ได้รับอาหารสูตรต่างๆ กันเป็นเวลา 9 สัปดาห์

ชุดการทดลอง	ระดับการใช้เศษไก่ปั่นแทนปลาป่น(%)	อัตราการเจริญเติบโตสัมพัทธ์ต่อวัน			อัตราการเจริญเติบโตจำเพาะ		
		สัปดาห์3	สัปดาห์6	สัปดาห์9	สัปดาห์ 3	สัปดาห์6	สัปดาห์9
1	0	4.66±2.09	6.59±0.63	8.01±0.78	3.19±1.07	3.16±0.16	2.85±0.13
2	25	3.36±0.91	4.33±0.53	7.61±2.65	2.53±0.53	2.46±0.18	2.76±0.46
3	50	5.27±0.82	6.92±0.40	7.18±0.64	3.54±0.40	3.245±0.11	2.71±0.11
4	75	3.39±0.76	4.62±0.09	6.05±2.21	2.55±0.45	2.57±0.04	2.46±0.47
5	100	5.10±2.55	3.76±1.28	5.75±0.00	3.07±0.81	2.23±0.50	2.43±0.00

ตารางที่ 24 ผลผลิต ($\bar{x} \pm$ sd) ของปลากะพงขาวขนาด 1.5 และ 3 นิ้ว ที่ได้รับอาหารสูตรต่างๆ กัน

สูตรอาหาร	ผลผลิตปลาขนาด 1.5 นิ้ว	ผลผลิตปลาขนาด 3 นิ้ว
1	107.50±51.63	1088.00±920.21
2	96.43±37.86	846.44±863.86
3	43.67±25.36	1168.16±600.14
4	42.77±29.04	442.61±48.64
5	24.94±5.85	639.80±0.00

ตารางที่ 25 สมการแสดงความสัมพันธ์เชิงเส้นของการเติบโตของปลากะพงขาวขนาด 1.5 นิ้ว

ชุดการทดลอง	$y = ax^b$	R^2
1	$y_1 = 0.02(lt)^{2.90}$	0.83
2	$\mathbf{y}_2 = 0.02(lt)^{2.99}$	0.84
3	$y_3 = 0.22(lt)^{1.38}$	0.30
4	$y_4 = 0.04(lt)^{2.33}$	0.62
5	$y_5 = 0.05(lt)^{2.24}$	0.56

หมายเหตุ y = น้ำหนัก, x = ความยาวตัวปลา, a = จุดตัดแกน y, b = ความชันของกราฟ

ตารางที่ 26 สมการแสดงความสัมพันธ์เชิงเส้นของการเติบโตของปลากะพงขาวขนาด 3 นิ้ว

ชุดการทดลอง	$y = ax^b$	R^2
1	$y_1 = 0.02(lt)^{2.80}$	0.99
2	$\mathbf{y}_2 = 0.02(lt)^{2.80}$	0.99
3	$y_3 = 0.02(lt)^{2.73}$	0.99
4	$y_4 = 0.02(lt)^{2.89}$	0.99
5	$y_5 = 0.02(lt)^{2.77}$	0.99

หมายเหตุ y = น้ำหนัก, x = ความยาวตัวปลา, a = จุดตัดแกน y, b = ความชันของกราฟ

ภาคผนวก ง

ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวน ANOVA แบบสองทาง และเปรียบเทียบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยด้วยวิธี Duncan ที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์

ตารางที่ 27 เปรียบเทียบการเจริญเติบโตโดยน้ำหนักเฉลี่ยของปลากะพงขาวขนาด 1.5 นิ้ว ที่ได้รับอาหารสูตรต่างๆ (สัปดาห์ที่ 0)

ANOVA

weight

	Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Between Groups	.019	4	.005	1.107	.445
Within Groups	.022	5	.004		
Total	.041	9			

Post Hoc Tests

Homogeneous Subsets

weight

Duncan[a]

diet	N	Subset for alpha = 0.05
		1
diet3	2	1.2250
diet5	2	1.2750
diet1	2	1.3050
diet2	2	1.3300
diet4	2	1.3500
Sig.		.128

Means for groups in homogeneous subsets are displayed. a. Uses Harmonic Mean Sample Size = 2.000.

ตารางที่ 28 เปรียบเทียบการเจริญเติบโตโดยน้ำหนักเฉลี่ยของปลากะพงขาวขนาด 1.5 นิ้ว ที่ได้รับอาหารสูตรต่างๆ เป็นเวลา 1 เดือน (สัปดาห์ที่ 4)

ANOVA

weight

	Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Between Groups	2.616	4	.654	2.991	.130
Within Groups	1.093	5	.219		
Total	3.710	9			

Post Hoc Tests

Homogeneous Subsets

weight

Duncan[a]

		Subset for alpha = 0.05	
diet	N	1	2
diet5	2	1.6550	
diet4	2	1.9100	1.9100
diet3	2	2.0900	2.0900
diet2	2	2.8300	2.8300
diet1	2		2.9450
Sig.		.061	.087

Means for groups in homogeneous subsets are displayed.

a. Uses Harmonic Mean Sample Size = 2.000.

ตารางที่ 29 เปรียบเทียบการเจริญเติบโตโดยน้ำหนักเพิ่มเฉลี่ยของปลากะพงขาวขนาด 1.5 นิ้ว ที่ได้รับอาหารสูตรต่างๆ เป็นเวลา 1 เดือน

ANOVA

Weight gain

	Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Between Groups	2.510	4	.628	3.613	.096
Within Groups	.869	5	.174		
Total	3.379	9			

Post Hoc Tests

Homogeneous Subsets

Weight gain

Duncan[a]

		Subset for alpha = 0.05	
diet	N	1	2
diet5	2	.3800	
diet4	2	.5600	.5600
diet3	2	.8650	.8650
diet2	2		1.5000
diet1	2		1.6400
Sig.		.308	.056

Means for groups in homogeneous subsets are displayed.

a. Uses Harmonic Mean Sample Size = 2.000.

ตารางที่ 30 เปรียบเทียบอัตราการเจริญเติบโตสัมพัทธ์ต่อวันของปลากะพงขาวขนาด 1.5 นิ้ว ที่ได้รับอาหารสูตรต่างๆ เป็นเวลา 1 เดือน

ANOVA

Daily growth rate

	Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Between Groups	17.845	4	4.461	4.509	.065
Within Groups	4.947	5	.989		
Total	22.792	9			

Post Hoc Tests

Homogeneous Subsets

Daily growth rate

Duncan[a]

		Subset for alpha = 0.05		
diet	N	1	2	3
diet5	2	1.0650		
diet4	2	1.4650	1.4650	
diet3	2	2.5200	2.5200	2.5200
diet2	2		4.0100	4.0100
diet1	2			4.4250
Sig.		.214	.056	.122

Means for groups in homogeneous subsets are displayed.

a. Uses Harmonic Mean Sample Size = 2.000.

ตารางที่ 31 เปรียบเทียบอัตราการเจริญเติบโตจำเพาะของปลากะพงขาวขนาด 1.5 นิ้ว ที่ได้รับอาหารสูตรต่างๆ เป็นเวลา 1 เดือน

ANOVA

Specific growth rate

	Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Between Groups	5.717	4	1.429	6.346	.034
Within Groups	1.126	5	.225		
Total	6.843	9			

Post Hoc Tests

Homogeneous Subsets

Specific growth rate

Duncan[a]

		Subset for alpha = 0.05	
diet	N	1	2
diet5	2	.9300	
diet4	2	1.2250	
diet3	2	1.9050	1.9050
diet2	2		2.6850
diet1	2		2.8200
Sig.		.102	.120

Means for groups in homogeneous subsets are displayed.

a. Uses Harmonic Mean Sample Size = 2.000.

ตารางที่ 32 เปรียบเทียบอัตราการแลกเนื้อของปลากะพงขาวขนาด 1.5 นิ้ว ที่ได้รับอาหารสูตรต่างๆ เป็นเวลา 1 เดือน

ANOVA

FCR

	Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Between Groups	49.607	4	12.402	7.864	.022
Within Groups	7.885	5	1.577		
Total	57.492	9			

Post Hoc Tests

Homogeneous Subsets

FCR

Duncan[a]

		Subset for alpha = 0.05	
diet	N	1	2
diet2	2	2.7900	
diet1	2	3.0800	
diet3	2	5.0950	5.0950
diet4	2		7.4450
diet5	2		8.2900
Sig.		.134	.057

Means for groups in homogeneous subsets are displayed.

a. Uses Harmonic Mean Sample Size = 2.000.

ตารางที่ 33 เปรียบเทียบอัตราการรอดของปลากะพงขาวขนาด 1.5 นิ้ว ที่ได้รับอาหารสูตรต่างๆ เป็นเวลา 1 เดือน

ANOVA

survivor

	Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Between Groups	3935.000	4	983.750	2.018	.230
Within Groups	2437.500	5	487.500		
Total	6372.500	9			

Post Hoc Tests

Homogeneous Subsets

survivor

Duncan[a]

diet	N	Subset for alpha = 0.05
		1
diet5	2	37.5000
diet3	2	51.2500
diet4	2	53.7500
diet2	2	83.7500
diet1	2	88.7500
Sig.		.077

Means for groups in homogeneous subsets are displayed.

a. Uses Harmonic Mean Sample Size = 2.000.

ตารางที่ 34 เปรียบเทียบการเจริญเติบโตโดยน้ำหนักเฉลี่ยของปลากะพงขาวขนาด 3 นิ้ว ที่ได้รับอาหารสูตรต่างๆ (สัปดาห์ที่ 0)

ANOVA

weight

	Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Between Groups	145.457	4	36.364	1.411	.352
Within Groups	128.875	5	25.775		
Total	274.332	9			

Post Hoc Tests

Homogeneous Subsets

weight

Duncan[a]

diet	N	Subset for alpha = 0.05
		1
diet5	2	19.8950
diet1	2	24.1150
diet3	2	25.4950
diet4	2	28.0750
diet2	2	31.2550
Sig.		.085

Means for groups in homogeneous subsets are displayed.

a. Uses Harmonic Mean Sample Size = 2.000.

ตารางที่ 35 เปรียบเทียบการเจริญเติบโตโดยน้ำหนักเฉลี่ยของปลากะพงขาวขนาด 3 นิ้ว ที่ได้รับอาหารสูตรต่างๆ (สัปดาห์ที่ 3)

ANOVA

weight

	Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Between Groups	318.577	4	79.644	.431	.783
Within Groups	924.845	5	184.969		
Total	1243.422	9			

Post Hoc Tests

Homogeneous Subsets

weight

Duncan[a]

diet	N	Subset for alpha = 0.05
		1
diet5	2	38.2300
diet1	2	48.0700
diet4	2	48.9150
diet2	2	53.6450
diet3	2	53.6950
Sig.		.318

Means for groups in homogeneous subsets are displayed.

a. Uses Harmonic Mean Sample Size = 2.000.

ตารางที่ 36 เปรียบเทียบการเจริญเติบโตโดยน้ำหนักเฉลี่ยของปลากะพงขาวขนาด 3 นิ้ว ที่ได้รับอาหารสูตรต่างๆ (สัปดาห์ที่ 6)

ANOVA

weight

	Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Between Groups	2732.715	4	683.179	2.785	.146
Within Groups	1226.433	5	245.287		
Total	3959.149	9			

Post Hoc Tests

Homogeneous Subsets

weight

Duncan[a]

		Subset for alpha = 0.05	
diet	N	1	2
diet5	2	51.2450	
diet4	2	82.2850	82.2850
diet2	2	87.5750	87.5750
diet1	2	91.0600	91.0600
diet3	2		99.5450
Sig.		.059	.334

Means for groups in homogeneous subsets are displayed.

a. Uses Harmonic Mean Sample Size = 2.000.

ตารางที่ 37 เปรียบเทียบการเจริญเติบโตโดยน้ำหนักเฉลี่ยของปลากะพงขาวขนาด 3 นิ้ว ที่ได้รับอาหารสูตรต่างๆ (สัปดาห์ที่ 9)

ANOVA

weight

	Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Between Groups	20747.990	4	5186.998	2.656	.156
Within Groups	9764.492	5	1952.898		
Total	30512.482	9			

Post Hoc Tests

Homogeneous Subsets

weight

Duncan[a]

		Subset for alpha = 0.05	
diet	N	1	2
diet5	2	45.7000	
diet4	2	127.6600	127.6600
diet3	2	140.7350	140.7350
diet1	2	145.3300	145.3300
diet2	2		184.0400
Sig.		.083	.271

Means for groups in homogeneous subsets are displayed.

a. Uses Harmonic Mean Sample Size = 2.000.

ตารางที่ 38 เปรียบเทียบการเจริญเติบโตโดยน้ำหนักเพิ่มของปลากะพงขาวขนาด 3 นิ้ว ที่ได้รับอาหารสูตรต่างๆ (สัปดาห์ 0-3)

ANOVA

Weight gain

	Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Between Groups	108.849	4	27.212	.315	.857
Within Groups	432.321	5	86.464		
Total	541.170	9			

Post Hoc Tests

Homogeneous Subsets

Weight gain

Duncan[a]

diet	N	Subset for alpha = 0.05
		1
diet5	2	18.3350
diet4	2	20.8400
diet2	2	22.3900
diet1	2	23.9550
diet3	2	28.2000
Sig.		.348

Means for groups in homogeneous subsets are displayed.

a. Uses Harmonic Mean Sample Size = 2.000.

ตารางที่ 39 เปรียบเทียบการเจริญเติบโตโดยน้ำหนักเพิ่มของปลากะพงขาวขนาด 3 นิ้ว ที่ได้รับอาหารสูตรต่างๆ (สัปดาห์ 3-6)

ANOVA

Weight gain

	Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Between Groups	1323.744	4	330.936	3.245	.114
Within Groups	509.949	5	101.990		
Total	1833.693	9			

Post Hoc Tests

Homogeneous Subsets

Weight gain

Duncan[a]

		Subset for alpha = 0.05	
diet	N	1	2
diet5	2	13.0150	
diet4	2	33.3700	33.3700
diet2	2	33.9300	33.9300
diet1	2		42.9900
diet3	2		45.8500
Sig.		.100	.285

Means for groups in homogeneous subsets are displayed.

a. Uses Harmonic Mean Sample Size = 2.000.

ตารางที่ 40 เปรียบเทียบการเจริญเติบโตโดยน้ำหนักเพิ่มของปลากะพงขาวขนาด 3 นิ้ว ที่ได้รับอาหารสูตรต่างๆ (สัปดาห์ 6-9)

ANOVA

Weight gain

	Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Between Groups	6797.366	4	1699.341	1.420	.349
Within Groups	5985.039	5	1197.008		
Total	12782.405	9			

Post Hoc Tests

Homogeneous Subsets

Weight gain

Duncan[a]

diet	N	Subset for alpha = 0.05
		1
diet5	2	16.4550
diet3	2	41.1900
diet4	2	45.3750
diet1	2	54.2700
diet2	2	96.4650
Sig.		.078

Means for groups in homogeneous subsets are displayed.

a. Uses Harmonic Mean Sample Size = 2.000.

ตารางที่ 41 เปรียบเทียบอัตราการเจริญเติบโตสัมพัทธ์ต่อวันของปลากะพงขาวขนาด 3 นิ้ว ที่ได้รับอาหารสูตรต่างๆ (สัปดาห์ที่ 3)

ANOVA

DGR

	Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Between Groups	6.792	4	1.698	.656	.648
Within Groups	12.942	5	2.589		
Total	19.735	9			

Post Hoc Tests

Homogeneous Subsets

DGR

Duncan[a]

diet	N	Subset for alpha = 0.05
		1
diet2	2	3.3600
diet4	2	3.3900
diet1	2	4.6550
diet5	2	5.0950
diet3	2	5.2700
Sig.		.300

Means for groups in homogeneous subsets are displayed.

a. Uses Harmonic Mean Sample Size = 2.000.

ตารางที่ 42 เปรียบเทียบอัตราการเจริญเติบโตสัมพัทธ์ต่อวันของปลากะพงขาวขนาด 3 นิ้ว ที่ได้รับอาหารสูตรต่างๆ (สัปดาห์ที่ 6)

ANOVA

DGR

	Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Between Groups	16.095	4	4.024	8.092	.021
Within Groups	2.486	5	.497		
Total	18.582	9			

Post Hoc Tests

Homogeneous Subsets

DGR

Duncan[a]

		Subset for alpha = 0.05	
diet	N	1	2
diet5	2	3.7550	
diet2	2	4.3250	
diet4	2	4.6150	
diet1	2		6.5850
diet3	2		6.9150
Sig.		.288	.659

Means for groups in homogeneous subsets are displayed.

a. Uses Harmonic Mean Sample Size = 2.000.

ตารางที่ 43 เปรียบเทียบอัตราการเจริญเติบโตสัมพัทธ์ต่อวันของปลากะพงขาวขนาด 3 นิ้ว ที่ได้รับอาหารสูตรต่างๆ (สัปดาห์ที่ 9)

ANOVA

DGR

	Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Between Groups	34.359	4	8.590	1.457	.340
Within Groups	29.480	5	5.896		
Total	63.839	9			

Post Hoc Tests

Homogeneous Subsets

DGR

Duncan[a]

diet	N	Subset for alpha = 0.05
		1
diet5	2	2.8750
diet4	2	6.0450
diet3	2	7.1750
diet2	2	7.6050
diet1	2	8.0100
Sig.		.098

Means for groups in homogeneous subsets are displayed.

a. Uses Harmonic Mean Sample Size = 2.000.

ตารางที่ 44 เปรียบเทียบอัตราการเจริญเติบโตจำเพาะของปลากะพงขาวขนาด 3 นิ้ว ที่ได้รับอาหารสูตรต่างๆ (สัปดาห์ที่ 3)

ANOVA

SGR

	Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Between Groups	1.511	4	.378	.776	.585
Within Groups	2.433	5	.487		
Total	3.944	9			

Post Hoc Tests

Homogeneous Subsets

SGR

Duncan[a]

diet	N	Subset for alpha = 0.05
		1
diet2	2	2.5250
diet4	2	2.5500
diet5	2	3.0700
diet1	2	3.1850
diet3	2	3.5400
Sig.		.217

Means for groups in homogeneous subsets are displayed.

a. Uses Harmonic Mean Sample Size = 2.000.

ตารางที่ 45 เปรียบเทียบอัตราการเจริญเติบโตจำเพาะของปลากะพงขาวขนาด 3 นิ้ว ที่ได้รับอาหารสูตรต่างๆ (สัปดาห์ที่ 6)

ANOVA

SGR

	Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Between Groups	1.602	4	.401	6.165	.036
Within Groups	.325	5	.065		
Total	1.927	9			

Post Hoc Tests

Homogeneous Subsets

SGR

Duncan[a]

		Subset for alpha = 0.05		
diet	N	1	2	3
diet5	2	2.2250		
diet2	2	2.4600		
diet4	2	2.5650	2.5650	
diet1	2		3.1550	3.1550
diet3	2			3.2450
Sig.		.250	.068	.738

Means for groups in homogeneous subsets are displayed.

a. Uses Harmonic Mean Sample Size = 2.000.

ตารางที่ 46 เปรียบเทียบอัตราการเจริญเติบโตจำเพาะของปลากะพงขาวขนาด 3 นิ้ว ที่ได้รับอาหารสูตรต่างๆ (สัปดาห์ที่ 9)

ANOVA

SGR

	Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Between Groups	3.665	4	.916	1.343	.370
Within Groups	3.411	5	.682		
Total	7.075	9			

Post Hoc Tests

Homogeneous Subsets

SGR

Duncan[a]

diet	N	Subset for alpha = 0.05
		1
diet5	2	1.2150
diet4	2	2.4600
diet3	2	2.7100
diet2	2	2.7550
diet1	2	2.8500
Sig.		.115

Means for groups in homogeneous subsets are displayed.

a. Uses Harmonic Mean Sample Size = 2.000.

ตารางที่ 47 เปรียบเทียบอัตราการแลกเนื้อของปลากะพงขาวขนาด 3 นิ้ว ที่ได้รับอาหารสูตรต่างๆ (สัปดาห์ที่ 0-3)

ANOVA

FCR

	Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Between Groups	.193	4	.048	.243	.902
Within Groups	.994	5	.199		
Total	1.188	9			

Post Hoc Tests

Homogeneous Subsets

FCR

Duncan[a]

diet	N	Subset for alpha = 0.05
		1
diet3	2	1.1650
diet2	2	1.2300
diet5	2	1.2400
diet1	2	1.2450
diet4	2	1.5600
Sig.		.425

Means for groups in homogeneous subsets are displayed.

a. Uses Harmonic Mean Sample Size = 2.000.

ตารางที่ 48 เปรียบเทียบอัตราการแลกเนื้อของปลากะพงขาวขนาด 3 นิ้ว ที่ได้รับอาหารสูตรต่างๆ (สัปดาห์ที่ 3-6)

ANOVA

FCR

	Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Between Groups	1.008	4	.252	2.295	.193
Within Groups	.549	5	.110		
Total	1.557	9			

Post Hoc Tests

Homogeneous Subsets

FCR

Duncan[a]

diet	N	Subset for alpha = 0.05
		1
diet2	2	.8900
diet1	2	.9900
diet3	2	1.0050
diet4	2	1.1700
diet5	2	1.7750
Sig.		.051

Means for groups in homogeneous subsets are displayed.

a. Uses Harmonic Mean Sample Size = 2.000.

ตารางที่ 49 เปรียบเทียบอัตราการแลกเนื้อของปลากะพงขาวขนาด 3 นิ้ว ที่ได้รับอาหารสูตรต่างๆ (สัปดาห์ที่ 6-9)

ANOVA

FCR

	Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Between Groups	.773	4	.193	.954	.504
Within Groups	1.013	5	.203		
Total	1.785	9			

Post Hoc Tests

Homogeneous Subsets

FCR

Duncan[a]

diet	N	Subset for alpha = 0.05
		1
diet5	2	.6600
diet2	2	.9850
diet4	2	1.1100
diet1	2	1.1250
diet3	2	1.5250
Sig.		.124

Means for groups in homogeneous subsets are displayed.

a. Uses Harmonic Mean Sample Size = 2.000.

ตารางที่ 50 เปรียบเทียบอัตรารอดของปลากะพงขาวขนาด 3 นิ้ว ที่ได้รับอาหารสูตรต่างๆ

ANOVA

Survivor

	Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Between Groups	2888.844	4	722.211	.371	.821
Within Groups	9722.945	5	1944.589		
Total	12611.789	9			

Post Hoc Tests

Homogeneous Subsets

Survivor

Duncan[a]

diet	N	Subset for alpha = 0.05
		1
diet4	2	29.1650
diet5	2	29.1650
diet2	2	50.0000
diet1	2	62.5000
diet3	2	70.8300
Sig.		.398

Means for groups in homogeneous subsets are displayed.

a. Uses Harmonic Mean Sample Size = 2.000.

ตารางที่ 51 เปรียบเทียบโปรตีนในเนื้อปลากะพงขาวขนาด 3 นิ้ว ที่ได้รับอาหารสูตรต่างๆ

ANOVA

Protein

	Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Between Groups	178.464	4	44.616	6.700	.007
Within Groups	66.586	10	6.659		
Total	245.050	14			

Post Hoc Tests

Homogeneous Subsets

Protein

Duncan[a]

		Subset for alpha = 0.05	
diet	N	1	2
diet2	3	73.2133	
diet1	3		79.3167
diet3	3		79.6233
diet4	3		81.6067
diet5	3		83.4367
Sig.		1.000	.098

Means for groups in homogeneous subsets are displayed.

a. Uses Harmonic Mean Sample Size = 3.000.

ตารางที่ 52 เปรียบเทียบไขมันในเนื้อปลากะพงขาวขนาด 3 นิ้ว ที่ได้รับอาหารสูตรต่างๆ

ANOVA

fat

	Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Between Groups	16.940	4	4.235	1.450	.295
Within Groups	26.292	9	2.921		
Total	43.232	13			

Post Hoc Tests

Homogeneous Subsets

fat

Duncan[a,b]

diet	N	Subset for alpha = 0.05
		1
diet3	3	2.6667
diet5	3	2.8333
diet1	3	4.3333
diet2	3	5.1667
diet4	2	5.2500
Sig.		.137

Means for groups in homogeneous subsets are displayed.

a. Uses Harmonic Mean Sample Size = 2.727.

b. The group sizes are unequal. The harmonic mean of the group sizes is used. Type I error levels are not guaranteed.

ตารางที่ 53 เปรียบเทียบความชื้นในเนื้อปลากะพงขาวขนาด 3 นิ้ว ที่ได้รับอาหารสูตรต่างๆ

ANOVA

moisture

	Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Between Groups	202.967	4	50.742	3.056	.069
Within Groups	166.058	10	16.606		
Total	369.025	14			

Post Hoc Tests

Homogeneous Subsets

moisture

Duncan[a]

diet	N	Subset for alpha = 0.05	
		1	2
diet3	3	62.7000	
diet1	3	67.9333	67.9333
diet2	3	69.9967	69.9967
diet5	3	70.2400	70.2400
diet4	3		73.9300
Sig.		.061	.124

Means for groups in homogeneous subsets are displayed.

a. Uses Harmonic Mean Sample Size = 3.000.

ตารางที่ 54 เปรียบเทียบเถ้าในเนื้อปลากะพงขาวขนาด 3 นิ้ว ที่ได้รับอาหารสูตรต่างๆ

ANOVA

ash

	Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Between Groups	2.567	4	.642	9.625	.002
Within Groups	.667	10	.067		
Total	3.233	14			

Post Hoc Tests

Homogeneous Subsets

ash

Duncan[a]

		Subset for alpha = 0.05		
diet	N	1	2	3
diet4	3	2.5000		
diet5	3	2.5000		
diet3	3		3.0000	
diet2	3		3.3333	3.3333
diet1	3			3.5000
Sig.		1.000	.145	.448

Means for groups in homogeneous subsets are displayed.

a. Uses Harmonic Mean Sample Size = 3.000.

ประวัติผู้เขียนวิทยานิพนธ์

นางสาววรพรรณ มณีอินทร์ เกิดเมื่อวันที่ 8 ธันวาคม พ.ศ. 2529 ที่จังหวัดสุพรรณบุรี สำเร็จการศึกษาระดับมัธยมศึกษาที่โรงเรียนเบ็ญจะมะมหาราช จังหวัดอุบลราชธานี ในปีการศึกษา 2547 และสำเร็จการศึกษาระดับปริญญาบัณฑิตจาก ภาควิชา วิทยาศาสตร์ทางทะเล คณะวิทยาศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย ในปีการศึกษา 2551 และเข้าศึกษาต่อระดับปริญญามหาบัณฑิตที่สาขาเทคโนโลยีชีวภาพ คณะวิทยาศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย ในปีการศึกษา 2552 โดยในระหว่างการศึกษาได้มีการนำเสนอผลงานดังนี้

- นำเสนอผลงานทางวิชาการ (poster presentation) เรื่อง USE POULTRY BY-PRODUCT MEAL IN SEABASS, *Lates calcarifer* DIET ในการประชุมทางวิชาการของสมาคมวิทยาศาสตร์แห่งประเทศไทยในพระบรมราชูปถัมภ์ ที่จังหวัดเชียงใหม่ ในวันพุธที่ 17 ตุลาคม 2555