



## รายงานฉบับสมบูรณ์โครงการวิจัย

### เรื่อง

“การเพิ่มศักยภาพการผลิตปลานิลโดยการลดต้นทุนอาหารด้วยการเพิ่มประสิทธิภาพการใช้โปรตีนจากแหล่งโปรตีนในอาหารด้วยเอนไซม์สกัดจากธรรมชาติ”

**“The potentiality improvement of Nile tilapia culture by decrease feed cost with increasing the protein utilization from protein source in diet with natural enzyme”**

### ผู้วิจัย

ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.รุ่งกานต์ กล้าหาญ

ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.บัณฑิต ยวงสร้อย

มหาวิทยาลัยราชภัฏเพชรบุรี

[พ.ศ. 2560]

ลิขสิทธิ์ของมหาวิทยาลัยราชภัฏเพชรบุรี

(งานวิจัยนี้ได้รับงบประมาณแผ่นดิน ประจำปี ๒๕๖๐ งบวิจัย ประจำปีงบประมาณพ.ศ.2560)



## รายงานฉบับสมบูรณ์โครงการวิจัย

เรื่อง

“การเพิ่มศักยภาพการผลิตปลานิลโดยการลดต้นทุนอาหารด้วยการเพิ่ม  
ประสิทธิภาพการใช้โปรตีนจากแหล่งโปรตีนในอาหารด้วยเอนไซม์สกัด  
จากธรรมชาติ”

**“The potentiality improvement of Nile tilapia culture by  
decrease feed cost with increasing the protein utilization  
from protein source in diet with natural enzyme”**

ผู้วิจัย

ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.รุ่งกานต์ กล้าหาญ

คณะเทคโนโลยีการเกษตร มหาวิทยาลัยราชภัฏเพชรบุรี

ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.บัณฑิต ยวงสร้อย

## คณะเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น

### มหาวิทยาลัยราชภัฏเพชรบุรี

[พ.ศ. 2560]

### ลิขสิทธิ์ของมหาวิทยาลัยราชภัฏเพชรบุรี

(งานวิจัยนี้ได้รับงบประมาณแผ่นดินด้านการวิจัย ประจำปีงบประมาณพ.ศ.2560)

หัวข้อวิจัย	“การเพิ่มศักยภาพการผลิตปลานิลโดยการลดต้นทุนอาหารด้วยการเพิ่มประสิทธิภาพการใช้โปรตีนจากแหล่งโปรตีนในอาหารด้วยเอนไซม์สกัดจากธรรมชาติ”
ผู้ดำเนินการวิจัย	ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.รุ่งกานต์ กล้าหาญ และ ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.บัณฑิต ยวงสร้อย
สถาบัน	สาขาวิชาการเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำ คณะเทคโนโลยีการเกษตร มหาวิทยาลัยราชภัฏเพชรบุรี ภาควิชาประมง คณะเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น
ปีที่ทำการวิจัย	2560

งานวิจัยในครั้งนี้นำแบ่งเป็น 2 ปีการทดลอง ซึ่งการทดลองในครั้งนี้เป็นปีที่ 1 ซึ่งการทดลองในปีที่ 1 แบ่งเป็น 2 การทดลองย่อยได้แก่ การศึกษาระดับการเสริมโปรตีนที่เหมาะสมในอาหารปลานิลที่ระดับโปรตีนต่ำ ต่อการเจริญเติบโต ประสิทธิภาพการใช้อาหารและโปรตีน คุณภาพซาก และต้นทุนการผลิต และการทดลองที่ 2 คือ การศึกษาแนวทางการจัดการการให้อาหารที่เหมาะสมต่อการเลี้ยงปลานิล โดยทั้ง 2 การทดลอง มีวัตถุประสงค์เพื่อลดต้นทุน และเพิ่มผลผลิตการเลี้ยงปลานิลแดง โดยการทดลองที่ 1 แบ่งการทดลองเป็น 4 ชุดการทดลอง ชุดการทดลองละ 3 ซ้ำ ได้แก่ปลานิลแดงกลุ่มที่ได้รับอาหารระดับโปรตีน 32% ตลอดการทดลอง (ควบคุม; T1) ชุดการทดลองที่ได้รับอาหารโปรตีน 18 % เสริมโปรตีนชั้น 5% ตลอดการทดลอง (T2) ชุดการทดลองที่ได้รับอาหารโปรตีน 18 % เสริมโปรตีนชั้น 5% เดือนแรกและเดือนสุดท้ายของการทดลอง สลับกับอาหารควบคุม (T3) และชุดการทดลองที่ได้รับอาหารโปรตีน 18 % เสริมโปรตีนชั้น 5% เดือนแรกของการทดลอง และสองเดือนสุดท้ายให้อาหารควบคุม (T4) โดยทดลองในปลานิลแดงเพศผู้ล้วน ขนาด 17.86 – 18.40 กรัม/ตัว เลี้ยงในกระชังที่แขวนในบ่อดิน เป็นระยะเวลา 12 สัปดาห์ สำหรับการทดลองที่ 2 แบ่งชุดการทดลองตามความถี่ในการให้อาหารที่แตกต่างกันออกเป็น 4 ชุดการทดลอง

(Treatment) แต่ละชุดการทดลองมี 3 ซ้ำ ได้แก่ ปลานิลแดงกลุ่มที่ให้กินจมน้ำวันละ 2 ครั้ง (T1) กลุ่มที่ให้กินจมน้ำ วันเว้นวัน (T2) กลุ่มที่ให้กินจมน้ำ วันละ 2 ครั้ง 1 สัปดาห์ สลับกับการให้กินจมน้ำวันเว้นวัน 1 สัปดาห์ (T3) และปลากลุ่มที่ให้กินจมน้ำ วันละ 2 ครั้ง 1 สัปดาห์ สลับกับการให้กินในปริมาณครึ่งหนึ่งของ การกินจมน้ำวันละ 2 ครั้ง 1 สัปดาห์ (T4) โดยทดลองในปลานิลขนาด 11.39 – 11.47 กรัม/ตัว โดยใช้ อาหารจากการทดลองที่ 1 กลุ่ม T4 เป็นระยะเวลา 12 สัปดาห์ ผลการทดลองจากการทดลองที่ 1 พบว่า ปลานิลแดงชุดการทดลองที่ 4 (T4) มีการเจริญเติบโตไม่แตกต่างจากชุดควบคุม แต่สูงกว่าชุดการทดลองที่ 2 (T2) อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ( $P < 0.05$ ) ค่า B/C ratio ในแต่ละชุดการทดลองมีค่าไม่แตกต่างกันทางสถิติ ( $P > 0.05$ ) แต่ต้นทุนการผลิตปลานิลแดงชุดการทดลองที่ 4 (T4) มีค่าต่ำกว่าชุดการทดลองที่ 2 ( $P < 0.05$ ) ดังนั้นการเลี้ยงปลานิลด้วยอาหารโปรตีน 18 % เสริมโปรตีนชั้น 5% เดือนแรกของการทดลอง และสองเดือน สุกท้ายใช้อาหารกลุ่มควบคุม ให้การเจริญเติบโต และการใช้อาหารแบบปกติ รวมถึงต้นทุนการผลิต และค่า B/C ratio ไม่ต่างจากกลุ่มควบคุมที่ใช้อาหารโปรตีน 32% โปรตีน เมื่อพิจารณาจากค่าเปอร์เซ็นต์ซากพบมี ค่าไม่ต่างกันทางสถิติในแต่ละกลุ่มทดลอง ( $P > 0.05$ ) สำหรับองค์ประกอบทางเคมีของเนื้อปลากลุ่ม T3 และ T4 มีค่าใกล้เคียงกับกลุ่มควบคุม แต่สูงกว่ากลุ่ม T2 ค่าของปริมาณกรดอะมิโนในเนื้อปลากลุ่มควบคุมมีค่า ค่อนข้างสูงกว่ากลุ่มทดลองอื่น สำหรับผลการทดลองที่ 2 พบว่า การเจริญเติบโต และประสิทธิภาพการใช้อาหาร และโปรตีนของปลานิลแดงในกลุ่มทดลองที่ 2 มีค่าสูง และดีกว่ากลุ่มทดลองอื่น ( $P < 0.05$ ) นอกจากนี้เมื่อพิจารณาจากค่า ต้นทุนการผลิตพบว่าปลานิลแดงในกลุ่มที่ 2 ให้ต้นทุนการผลิตต่ำที่สุด ( $P < 0.05$ ) และค่า B/C ratio สูงกว่ากลุ่มทดลองอื่น ( $P < 0.05$ ) สำหรับค่าเปอร์เซ็นต์ซากพบปลากลุ่มทดลอง ที่ 2 มีค่าเปอร์เซ็นต์เนื้อส่วนกินได้ สูงกว่ากลุ่มทดลองอื่น ( $P < 0.05$ ) สำหรับองค์ประกอบทางเคมีของเนื้อปลา ในแต่ละกลุ่มมีค่าใกล้เคียงกัน ส่วนค่าของปริมาณกรดอะมิโนในเนื้อปลากลุ่มควบคุมมีค่าค่อนข้างสูงกว่ากลุ่ม ทดลองอื่น ดังนั้นการจัดการการใช้โปรตีน และการให้อาหารที่เหมาะสมต่อการเลี้ยงปลานิลแดงเพื่อการ เจริญเติบโตที่ดี และสามารถลดต้นทุนได้โดยไม่ส่งผลกระทบต่อสุขภาพของปลา และคุณภาพของเนื้อ ปลา คือ การให้อาหารที่มีโปรตีนต่ำได้ประมาณ 18% โปรตีน แต่ต้องมีการเสริมโปรตีนชั้นลงไปประมาณ 5% ในช่วงแรกของการเลี้ยงประมาณ 1 เดือน และให้อาหารสลับกับอาหารโปรตีนสูง ประมาณ 32% โปรตีน ในช่วงท้ายของการเลี้ยงประมาณ 2 เดือน และควรให้อาหารแบบวันเว้นวัน

**คำสำคัญ:** ปลานิล โปรตีนชั้น การเจริญเติบโต การให้อาหาร ต้นทุน

Research Title “The potentiality improvement of Nile tilapia culture by decrease feed cost with increasing the protein utilization from protein source in diet with natural enzyme”

Researcher Assistance Professor Rungkan Klahan, Ph.D.  
and Assistance Professor Bundit Yuangsoi, Ph.D

Organization Program in Aquaculture, Faculty of Agricultural Technology, Phetchaburi  
Rajabhat University, Phetchaburi  
Department of Fishery, Faculty of Agriculture, Khon Kean University,  
Khon Kean

Year 2017

This research set for two years and this year was the first year which divided into two experiments; Ex.1 study on the optimal of protein supplemented on Nile tilapia low protein feed

on growth performance, feed and protein utilization, carcass composition and cost of Nile tilapia cultured and Ex.2 study the appropriated of management on feed intake in Nile tilapia cultured. The goal of both Ex. 1 and Ex. 2 was decrease production cost and increase Nile tilapia yield. The Experiment 1 have 4 treatments with 3 replications were fish fed with 32% protein feed along trial (control group, T1), fish fed with 18% protein feed supplemented with 5% protein concentrate along trial (T2), fish fed with 18% protein feed supplemented with 5% protein concentrate for first and third month switch with 32 % protein feed (T3) and fish fed with 18% protein supplemented with 5% protein concentrate only first month and followed with 32 % protein feed (T4). Monosex male Nile tilapia size was 17.86 – 18.40 g/fish was cultured on net cage in the earth pond for 12 weeks. Experiment 2 divided into 4 treatments with 3 replications followed the feeding frequency in Nile tilapia of 11.39 – 11.47 g, was determined during 12 weeks. Fish fed twice time/day (T1, control), fish fed every other day (T2), fish fed twice time/day per week switch with fed every other day per week (T3) and fish fed twice time/day per week switch with half of meal twice time/day per week (T4). The results of Ex.1 showed that fish in T4 was similar in growth performance and feed utilization ( $P<0.05$ ) with control but higher than T2. In addition, benefit cost ratio (B/C ratio) were not significance among groups. Moreover, feed cost of T4 was lower than T2 ( $P<0.05$ ). This study indicated that low protein feed (18%) supplemented 5% with protein concentrate (40% protein) was served for some period in Nile tilapia culture have no negative effected on growth performance and feed utilization including feed cost and expanded B/C ratio. Percentage of Carcass composition was similar among groups ( $P>0.05$ ). Proximate analysis of fish flesh in T3 and T4 were closely with control group but higher than T2. Amino acid profile in fish flesh of control group quite higher than other groups. The results of Ex.2 presented that growth performance and feed and protein utilization of fish in T2 was highest ( $P<0.05$ ). in addition, fish in T2 has the lowest production cost and highest in benefit cost ratio (B/C ratio) ( $P<0.05$ ). Percentage of edible flesh of T2 was highest ( $P<0.05$ ) but proximate analysis of fish flesh each groups were closely. Amino acid profile in fish flesh of control group quite higher than other groups similar in Ex.1. Thus, the appropriate of protein and feed management for Nile tilapia culture is important and necessary for high growth performance and cost – effectiveness. The perfect protein and feed management that not has negative effect on fish health and flesh quality was fed Nile tilapia with 18% protein supplemented with 5% protein concentrate only first month and followed with 32 % protein feed and feeding every other day.

**Keywords:** Nile tilapia, protein concentrate, growth performance, feed utilization, cost

## กิตติกรรมประกาศ

ในการทำวิจัยครั้งนี้ ผู้วิจัยขอขอบคุณ มหาวิทยาลัยราชภัฏเพชรบุรี และสำนักงานคณะกรรมการวิจัยแห่งชาติ ที่ได้จัดสรรทุนวิจัยสำหรับการทำวิจัยในครั้งนี้ รวมถึงขอขอบคุณห้องอณูพันธุศาสตร์ คณะ

เทคโนโลยีการเกษตร มหาวิทยาลัยราชภัฏเพชรบุรี ภาควิชาประมง คณะเกษตรศาสตร์  
มหาวิทยาลัยขอนแก่น ที่ได้วิเคราะห์อุปกรณ์ เครื่องมือ และ สถานที่ ในการทำวิจัยครั้งนี้

รุ่งกานต์ กล้าหาญ

บัณฑิต ยวงสร้อย

2560



## สารบัญ

	หน้า
บทคัดย่อภาษาไทย	ก
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ	ค
กิตติกรรมประกาศ	จ
สารบัญ	ฉ
สารบัญตาราง	ช
บทที่ 1 บทนำ	1
บทที่ 2 เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง	4
บทที่ 3 อุปกรณ์และวิธีการดำเนินการ	8
บทที่ 4 ผลการวิจัยและวิจารณ์ผลการวิจัย	14
บทที่ 5 สรุปผลการวิจัย	27
บรรณานุกรม	28
ภาคผนวก	32
ประวัติผู้วิจัย	37

## สารบัญตาราง

ตารางที่		หน้า
1	สูตรอาหาร ค่าโภชนะและราคาของอาหารในแต่ละกลุ่มทดลอง	9
2	ชนิดและปริมาณของกรดอะมิโนในอาหารที่มีระดับโปรตีนต่างกัน	10
3	ตารางการเจริญเติบโตของปลานิลที่ได้รับอาหารที่มีระดับโปรตีนต่างกัน ในระยะเวลาต่าง ๆ	14
4	ประสิทธิภาพการใช้อาหาร และโปรตีนของปลานิลที่ได้รับอาหารที่มี ระดับโปรตีนต่างกันในระยะเวลาต่าง ๆ และต้นทุนอาหาร	16
5	เปอร์เซ็นต์ซาก ดัชนีตับ และค่าทางชีวเคมีของเลือดปลานิลที่ได้รับอาหาร ที่มีระดับโปรตีนต่างกัน	17
6	องค์ประกอบทางเคมี(%)ของเนื้อปลานิลที่ได้รับอาหารที่มีระดับโปรตีน ต่างกันในระยะเวลาต่าง ๆ	18
7	ชนิดและปริมาณของกรดอะมิโนในเนื้อปลานิลที่ได้รับอาหารที่มีระดับ โปรตีนต่างกันในระยะเวลา ต่าง ๆ	19
8	การเจริญเติบโตของปลานิลที่ได้รับอาหารจำนวนแตกต่างกัน	20
9	ประสิทธิภาพการใช้อาหาร และโปรตีนของปลานิลที่ได้รับอาหารจำนวน แตกต่างกัน	22
10	เปอร์เซ็นต์ซาก ดัชนีตับ และค่าทางชีวเคมีของเลือดปลานิลที่ได้รับอาหาร ที่จำนวนแตกต่างกัน	23
11	องค์ประกอบทางเคมี(%)ของเนื้อปลานิลที่ได้รับอาหารที่มีระดับโปรตีน ต่างกันในระยะเวลาต่าง ๆ	24
12	ชนิดและปริมาณของกรดอะมิโนในเนื้อปลานิลที่ได้รับอาหารที่มีระดับ โปรตีนต่างกันในระยะเวลา ต่าง ๆ	25



## บทที่ 1

### บทนำ

#### ความเป็นมา และความสำคัญ

เป็นที่ทราบกันทั่วไปว่าปลานิลไม่ว่าจะเป็นปลานิลแดง หรือปลานิลดำ เป็นปลาเศรษฐกิจที่ได้รับความนิยมในการเลี้ยง และการบริโภค อีกทั้งตลาดของปลานิลมีทั้งตลาดในประเทศ และต่างประเทศ สามารถส่งออกได้ทั้งปลานิลทั้งตัว และเนื้อปลานิลแร่ จึงไม่ต้องสงสัยเลยว่าปลานิลเป็นปลาที่สร้างมูลค่าทางเศรษฐกิจที่สำคัญชนิดหนึ่ง จากข้อมูลสถิติกรมประมงพบว่าในปี พ.ศ. 2555 ผลผลิตปลานิลในประเทศไทยมีปริมาณ 203 พันตัน คิดเป็นปริมาณครึ่งหนึ่งของผลผลิตปลาน้ำจืดทั้งหมดของประเทศ (กรมประมง, 2558 ก) ซึ่งทั้งนี้กรมประมงได้ผลักดันให้ปลานิลเป็นสัตว์น้ำ 1 ใน 3 ชนิด ที่หนุนเข้าเกษตรแปลงใหญ่ โดยจะเน้นโครงการเพิ่มประสิทธิภาพการเลี้ยงปลานิลแบบครบวงจร ซึ่งจะมุ่งเน้นให้ดำเนินการใน 4 พื้นที่ ได้แก่จังหวัด วัด เชียงราย กาฬสนธิ ชลบุรี และนครศรีธรรมราช ซึ่งหนึ่งในโครงการที่กรมประมงได้ตั้งเป้าหมายไว้คือ ให้มีผลผลิตปลานิลเพิ่มขึ้นร้อยละ 10 สามารถลดต้นทุนการเลี้ยงปลานิลได้อย่างน้อยร้อยละ 10 มีการรวมกลุ่มแปรรูปได้ออย่างน้อย 5 กลุ่ม และมีฟาร์มที่ได้การรับรอง GAP อย่างน้อย 400 ฟาร์ม สามารถจัดตั้งวิสาหกิจชุมชนอย่างน้อย 4 กลุ่ม และจัดตั้งกลุ่มสหกรณ์ได้ 4 กลุ่ม ด้านการตลาดสามารถส่งจำหน่ายผลผลิตปลานิลในห้างสรรพสินค้าได้จังหวัดละ 1 แห่ง (กรมประมง, 2558ข) ซึ่งสอดคล้องกับการศึกษาในครั้งนี้ที่ทำการศึกษารลดต้นทุนการผลิตปลานิลแดงเช่นกัน จังหวัดเพชรบุรีเป็นจังหวัดศูนย์กลางของภาคตะวันตก ซึ่งประกอบด้วยจังหวัดตาก กาญจนบุรี ราชบุรี และประจวบคีรีขันธ์ ที่มียุทธศาสตร์ในการพัฒนาด้านอาหาร เช่นเดียวกับยุทธศาสตร์ของมหาวิทยาลัย ซึ่งเป็นที่แน่ชัดอยู่แล้วว่าวัตถุดิบต้นน้ำที่ใช้เป็นแหล่งอาหาร เช่นปลานิล ถือเป็นวัตถุดิบอาหารที่มีความสำคัญอย่างยิ่ง ประกอบกับผู้เลี้ยงปลานิลในเขตภาคตะวันตกมีจำนวนมาก มีผู้เลี้ยงในทุกจังหวัด นอกจากนี้ยังรวมถึงจังหวัดในภาคอื่นด้วย จากการที่ผู้วิจัยได้ลงพื้นที่เลี้ยงปลานิลแดงในกระชังในจังหวัดกาญจนบุรี และผู้เลี้ยงปลานิลดำในจังหวัดเชียงราย ได้พบปัญหาการเลี้ยงปลานิลในลักษณะเดียวกันคือ ปลาตัวแบน เนื้อไม่หนา สันเนื้อที่คอไม่ขึ้น และมักจะอ่อนแอ และตายในช่วงที่มีการเปลี่ยนเบอร์อาหาร ซึ่งเป็นปัญหาหลักที่พบตลอดการเลี้ยงใน นอกจากนี้ปัญหาที่พบในปัจจุบันจะเชื่อมโยงกับอาหารที่เลี้ยง เนื่องจากเป็นที่ทราบกันดีว่าต้นทุนอาหารที่สูงขึ้นจากวัตถุดิบแหล่งโปรตีนในอาหารได้แก่ ปลาป่นที่มีราคาสูงขึ้น โดยปลาป่นเกรดสำหรับอาหารกุ้ง จนถึงปลาป่นที่ได้จากอุตสาหกรรมสุริมีมีราคาอยู่ในช่วง 43 – 39.70 บาท/กิโลกรัม (สมาคมผู้ผลิตปลาป่นไทย, 2558) ซึ่งเป็นราคาวัตถุดิบหลักที่มีราคาแพงที่สุด จึงมีการใช้โปรตีนจากพืชทดแทนสูงขึ้น เช่น กากถั่วเหลือง ซึ่งแม้จะเป็นพืชโปรตีนที่มีคุณภาพดีที่สุด แต่ด้วยชนิด และระดับของกรดอะมิโนจำเป็นบางชนิดที่อาจไม่ครบถ้วน จึงมีผลต่อการใช้ประโยชน์จากโปรตีนและอาหารที่ลดลงของปลานิล ส่งผลต่อการเจริญเติบโต และสุขภาพของปลานิล นอกจากนี้

เกษตรกรยังให้อาหารปลาในปริมาณสูงกว่าความต้องการของปลานิล ทางผู้วิจัยสังเกตเห็นปัญหาที่คล้ายกันในพื้นที่เลี้ยงปลานิลไม่ว่าจะเป็นปลานิลแดง ปรีอปลานิลดำ ดังนั้นถ้าสามารถแก้ปัญหาดังกล่าวนี้ได้จะสามารถช่วยให้เกษตรกรผู้เลี้ยงได้ในหลายพื้นที่ให้สามารถเลี้ยงปลานิลได้อย่างมีประสิทธิภาพ สามารถแก้ปัญหาปลาสั้นไม่หนา อ่อนแอ และตายได้ รวมถึงยังสามารถลดต้นทุนด้านอาหารโดยการเพิ่มประสิทธิภาพการใช้โปรตีน และอาหารได้อย่างมีประสิทธิภาพ การเลี้ยงสัตว์น้ำไม่ว่าจะเป็นชนิดใดก็ตาม ต้นทุน 60 – 70% ของต้นทุนทั้งหมดมาจากอาหาร (Halver and Hardy, 2002) ดังนั้นถ้าสามารถใช้อาหารที่มีต้นทุนต่ำกว่า ได้อย่างมีประสิทธิภาพก็สามารถที่จะลดต้นทุนการผลิตได้ถึง 20 – 30% ซึ่งเป็นกำไรนั่นเอง อาหารปลานิล 1 กระสอบ จำนวน 20 กิโลกรัม ราคาประมาณ 480 – 550 บาท เฉลี่ย 24 – 28 บาท ซึ่งราคาจะสูงตามระดับโปรตีนในอาหาร ดังนั้นถ้าสามารถใช้อาหารที่มีระดับโปรตีนต่ำกว่าตามความต้องการของปลานิล แต่มีการเสริมโปรตีนจากภายนอกให้มีระดับโปรตีนเพิ่มขึ้นเท่ากับอาหารที่เกษตรกรใช้ในปัจจุบันที่มีระดับโปรตีนสูงเท่ากับอาหารปลาตุ๊ก รวมถึงมีการนำเอนไซม์สกัดจากธรรมชาติ เช่น เอนไซม์โบรมิเลนมาเสริมในอาหารเพื่อเพิ่มประสิทธิภาพการใช้โปรตีนในอาหาร เนื่องจากปัจจุบันการผลิตอาหารอินทรีย์เป็นที่ยอมรับและต้องการมากขึ้น การใช้สารสกัดจากธรรมชาติจึงเป็นอีกแนวทางหนึ่งในการเพิ่มมูลค่าของปลานิลได้ และการจัดการรูปแบบการให้อาหารโดยนำความรู้ทางด้านการเจริญเติบโตของปลาประกอบ จะเป็นการลดต้นทุนอาหารได้เป็นอย่างมาก และใช้ประโยชน์จากอาหารได้เต็มประสิทธิภาพ รวมถึงสามารถลดของเสียที่เป็นเศษอาหารเหลือ และสิ่งขับถ่ายจากปลาได้อย่างมาก ทางผู้วิจัยเห็นแล้วว่าการศึกษาในครั้งนี้สามารถแก้ปัญหาได้ทั้งในด้านลดต้นทุนการผลิต ซึ่งจะสามารถเพิ่มส่วนของกำไรจากการเลี้ยง และผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมด้วย และเกษตรกรสามารถปฏิบัติเองได้จริงในระดับฟาร์มโดยไม่ต้องเพิ่มต้นทุนใด ๆ

### วัตถุประสงค์ของโครงการวิจัย

1. ลดต้นทุนอาหารโดยใช้อาหารโปรตีนต่ำและเสริมโปรตีนเข้มข้น
2. ลดต้นทุนอาหารโดยใช้แนวทางการจัดการการให้อาหาร ที่เหมาะสม ต่อการเลี้ยงปลานิล เพื่อย่นระยะเวลาและต้นทุนในการเลี้ยง

### ขอบเขตของโครงการวิจัย

ใช้กระบวนการทางวิทยาศาสตร์ (Scientific method) ในการศึกษาข้อมูลพื้นฐานด้านการย่อยและการดูดซึมโปรตีน เพื่อพัฒนารูปแบบ และวิธีการให้อาหารเพื่อลดต้นทุนและเพิ่มประสิทธิภาพการเลี้ยงปลานิลเชิงพาณิชย์ นอกจากนี้ยังเป็นการตอบโจทย์สำหรับผู้เลี้ยงปลานิลในภาคตะวันตก ภาคเหนือ ภาคอีสาน และภาคกลางสำหรับการลดต้นทุนการเลี้ยงปลานิล เพิ่มผลกำไร และลดผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมจากของเสีย



## บทที่ 2

### เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

สัตว์น้ำโดยทั่วไปการเจริญเติบโตแบบปกติในลักษณะ s - curve เป็นการเจริญเติบโตแบบปกติ ซึ่งการเจริญเติบโตแบบปกติ (Normal Growth) คือการเพิ่มขนาดและน้ำหนักตัวของสัตว์น้ำภายใต้สภาวะแวดล้อมที่เปิดโอกาสให้สัตว์สามารถแสดงศักยภาพการเจริญเติบโตได้เต็มที่ ถ้าปลาไม่มีอาหารกินอุดมสมบูรณ์ อัตราการเจริญเติบโตก็จะเป็นไปตามปกติ และมีการเจริญเติบโตอย่างรวดเร็ว โดยเฉพาะในระยะแรกขณะที่ปลายังเล็ก อาหารที่ปลากินเข้าไปส่วนหนึ่ง จะเปลี่ยนเป็นพลังงานที่ใช้ในการเคลื่อนไหว ใช้ในการซ่อมแซมเนื้อเยื่อที่สึกหรอ แต่ส่วนใหญ่จะใช้ในการเจริญเติบโตเสริมสร้างเนื้อเยื่อของปลา จนกระทั่งปลาเจริญเติบโตเกือบเต็มวัย อาหารส่วนใหญ่จึงเริ่มใช้ในการเสริมสร้างอวัยวะเพศ เพื่อให้ปลาสามารถสืบพันธุ์ได้ (สารานุกรมไทยฉบับเยาวชนฯ เล่ม๑) ส่วนการเจริญเติบโตชดเชย คือ ช่วงการเจริญเติบโตผิดปกติอย่างรวดเร็วเป็นลักษณะที่พบมากในช่วงหลังได้รับอาหารจำกัด หรือช่วงที่เกิด nutrition stress (Jobling et al., 1994; Ali et al., 2003) การเจริญเติบโตชดเชยแสดงให้เห็นถึงการตอบสนองของปลาแต่ละกลุ่มที่แตกต่างกัน ที่การเจริญเติบโตชดเชยบางส่วน ชดเชยที่สมบูรณ์ หรือการเจริญเติบโตที่มากเกินไป เกิดขึ้นจากการที่ปลาถูกกีดกันอาหาร หรืออดอาหาร สำหรับความเครียดด้านอาหาร (Nutrition Stress) คือ ความไม่เพียงพอของอาหาร

ที่สัตว์ได้รับ ทั้งในด้านปริมาณและคุณภาพ ทำให้สัตว์ไม่สามารถแสดงศักยภาพทางพันธุกรรมได้เต็มที่ สัตว์อาจมีการเจริญเติบโตลดลง ในกรณีที่รุนแรงอาจมีการสูญเสียน้ำหนักร่างกาย (นิรนาม, 2558)

#### อัตราการจัดอาหาร (Restricted feed ration)

การใช้ประโยชน์จากการศึกษาการเจริญเติบโตของสัตว์ได้มีวิธีการให้อาหารในหลากหลายรูปแบบ เช่น การกีดกันอาหารหรือการอดอาหารทั้งหมดหรือบางส่วน ซึ่งอาจเป็นช่วงเวลาเดียวที่ถูกกีดกันอาหาร (Rueda et al., 1998; Tian and Qin, 2003) หรืออาจจะสลับช่วงเวลาที่กีดกันอาหารและให้อาหารในรอบของการให้อาหาร (Hayward et al., 2000; Nikki et al., 2004; Zhu et al., 2004) ระดับของเปอร์เซ็นต์โปรตีนในอาหารที่ต่างกัน (Adewolu and Adoti, 2010) และเปอร์เซ็นต์การให้อาหารที่ต่ำกว่าระดับการกินเต็มอิ่ม (Eroldogan et al., 2008) การศึกษาการเจริญเติบโตของสัตว์ส่วนมาก จะกำหนดช่วงระยะเวลาในการอดอาหารและให้อาหารกินเต็มอิ่มหลังจากถูกอดอาหาร หรือเป็นการให้อาหารที่ระดับสารอาหารต่อกว่าความต้องการ การศึกษาของ Abdel-Hakim et al. (2009) ได้ศึกษาวิธีการให้อาหารลูกปลาผสม *Tilapia (Oreochromis niloticus x Oreochromis aureus)* เป็นเวลา 6 สัปดาห์ ทั้งหมด 4 กลุ่มการทดลอง กลุ่มควบคุมให้อาหารกินเต็มอิ่ม 2 ครั้งต่อวัน ตลอดการทดลอง และอีก 3 กลุ่มการทดลองมีการอดอาหารที่ 1, 2 และ 3 วันต่อสัปดาห์ เป็นเวลา 4 เดือน และให้อาหารกินเต็มอิ่มต่อไปอีก 2 เดือน ปลาในกลุ่มที่อดอาหาร 1 และ 2 วันต่อสัปดาห์มีน้ำหนักตัวใกล้เคียงกับกลุ่มควบคุมซึ่งแสดงให้เห็นถึงลักษณะการเจริญเติบโตที่ดีและสามารถลดต้นทุนค่าอาหารได้ และจากการศึกษาของ Xie et al. (2001) ได้ศึกษาการเจริญเติบโตของปลา *Gibel carp (Carassius gibelio)* เป็นเวลา 8 สัปดาห์ ทั้งหมด 3 กลุ่มการทดลอง กลุ่มควบคุม และกลุ่มที่ถูกอดอาหาร 1 และ 2 สัปดาห์ และให้กินเต็มอิ่มต่อไปอีก 5 สัปดาห์ ไม่พบความแตกต่างที่มีนัยสำคัญในน้ำตัวสุดท้ายระหว่างสามกลุ่ม แสดงให้เห็นถึงการชดเชยที่สมบูรณ์ในปลาที่ถูกกีดกันอาหาร โดยจะมีน้ำหนักตัวเพิ่มเท่ากับกลุ่มควบคุม หลังจาก 2 สัปดาห์ของการได้รับอาหาร นอกจากนี้ยังมีการศึกษาของ Tian and Qin (2003) ที่ได้ศึกษาการเจริญเติบโตของลูกปลา *barramundi (Lates calcarifer)* เป็นเวลา 8 สัปดาห์ แบ่งปลาออกเป็น 4 กลุ่ม ให้ 1 กลุ่มเป็นกลุ่มควบคุมให้อาหารต่อเนื่อง และอีก 3 กลุ่มมีการอดอาหาร 1, 2 และ 3 สัปดาห์ ตามลำดับหลังจากนั้นมีการให้อาหารอย่างเต็มอิ่มจนถึงสัปดาห์ที่ 8 เมื่อสิ้นสุดการทดลองปลาที่อดอาหาร 1 สัปดาห์ มีน้ำหนักตัวเหมือนกับกลุ่มควบคุมหลังจากให้อาหาร 3 สัปดาห์ ซึ่งให้เห็นถึงการเจริญเติบโตชดเชยเช่นกัน Zhu et al. (2005) ได้ศึกษาการเจริญเติบโตของปลา *Chinese longsnout catfish (Leiocassis longirostris)* เป็นเวลา 7 สัปดาห์ จำนวน 3 กลุ่มการทดลอง กลุ่มที่หนึ่งเป็นกลุ่มควบคุมให้อาหารอย่างต่อเนื่อง อีกสองกลุ่มให้อาหาร 1 และ 2 สัปดาห์ ตามลำดับ จากนั้นมีให้อาหารอีกครั้งเป็นเวลา 4 สัปดาห์ พบว่าน้ำหนักตัวสุดท้ายในทั้ง 3 กลุ่มไม่แตกต่างกันแสดงให้เห็นว่าการชดเชยแบบสมบูรณ์ในการกีดกันอาหารของปลา Gaylord and Gatlin (2000) ได้ทดลองวิธีให้อาหารเพื่อประเมินผลการเจริญเติบโตของปลา *Channel catfish (Ictalurus punctatus)* โดยกำหนดระยะเวลาการให้อาหาร ทดลองในบ่อกลม 4 บ่อ ให้ 2 บ่อเป็นกลุ่มควบคุมที่ให้อาหารเต็มอิ่ม 1 ครั้งต่อวัน



ตลอดการทดลอง และอีก 2 บ่อไม่ให้อาหาร 4 สัปดาห์ และให้อาหารกินเต็มอิ่มทุกวันอีก 10 สัปดาห์ พบว่าในช่วงการให้อาหารกินเต็มอิ่ม 4 สัปดาห์แรก ปลาที่อดอาหารมีอัตราการเจริญเติบโตเพิ่มขึ้นไม่เพียงพอต่อน้ำหนักตัวที่สูญเสียในการอดอาหาร 4 สัปดาห์ แต่หลังจาก 8 สัปดาห์ของการกินอาหารเต็มอิ่ม น้ำหนักตัวที่เพิ่มขึ้น และน้ำหนักตัวรวมมีค่าเหมือนกลุ่มควบคุม Montserrat et al. (2007) ได้ศึกษาการเจริญเติบโตของปลา rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*) โดยให้ออดอาหาร 1, 2 หรือ 4 สัปดาห์ แล้วให้อาหารอีกครั้งอย่างเต็มอิ่มเป็นเวลา 4 สัปดาห์ พบว่าโครงสร้าง และส่วนประกอบ น้ำหนักตัว อัตราการเจริญเติบโตจำเพาะ และปัจจัยสัมพันธ์ลดลงระหว่างการอดอาหาร และการกลับมาให้อาหารใหม่อีกครั้งช่วยเร่งการเจริญเติบโตและฟื้นฟูน้ำหนักตัวสุดท้ายได้

การอดอาหารและการให้อาหารหลายรอบ (Multiple cycles deprivation and refeeding)

การศึกษารอบการให้อาหารระหว่างช่วงของการอดอาหารตามด้วยการให้อาหารได้มีการศึกษาถึงการเจริญเติบโตของปลาที่สมบูรณ์หลังจากที่ได้รับอาหารเต็มอิ่ม

Hayward et al. (1997) ได้ศึกษาการเจริญเติบโตของปลาลูกผสม Sunfish (เป็นลูกผสมระหว่างตัวเมีย green sunfish *Lepomis cyanellus* กับตัวผู้ bliegill *Lepomis macrochirus*) ที่รอบซ้ำของการอดอาหารและการให้อาหารที่ 2, 4, 6, 10 และ 14 วัน พบว่าการเจริญเติบโตของปลาจะเกิดขึ้นทันทีหลังจากที่ได้กินอาหารเต็มอิ่ม จากการทดลอง 105 วัน ประสิทธิภาพของการเจริญเติบโตรวมในแต่ละกลุ่มการทดลองไม่แตกต่างกัน ในลักษณะเดียวกันการศึกษาในปลาลูกผสม Tilapia (*Oreochromis niloticus* x *Oreochromis aureus*) ที่มีการอดอาหารเป็นเวลา 1, 2, และ 3 วันต่อสัปดาห์ นาน 4 เดือน และมีการให้อาหารกินเต็มอิ่มต่อเนื่องอีก 2 เดือน พบว่าปลาที่อดอาหารเป็นเวลา 1-2 วัน มีน้ำหนักใกล้เคียงกับกลุ่มควบคุม แสดงให้เห็นถึงการเจริญเติบโตที่ดีในการลดค่าอาหารในรูปแบบของการอดอาหารที่ 1-2 วัน อย่างไรก็ตาม การอดอาหารที่ 3 วัน จะทำให้ลักษณะการเจริญเติบโตลดลง และอัตราการเจริญเติบโตช้ากว่าในระหว่างกลุ่มที่อดอาหาร Rosaure et al. (2009) ได้ศึกษาการเจริญเติบโตของปลาลูกผสม walleyes (*Sander Vitreus*) ได้กำหนดช่วงการให้อาหารต่อเนื่อง 5 วัน ตามด้วยการอดอาหาร 2 วัน และการให้อาหารต่อเนื่อง 3 วัน ตามด้วยการอดอาหาร 4 วัน เป็นระยะเวลา 8 สัปดาห์ พบว่าปลาลูกผสม walleyes (*Sander Vitreus*) มีการเจริญเติบโตของปลาที่สมบูรณ์ในการให้อาหารต่อเนื่อง 5 วันตามด้วยการอดอาหาร 2 วัน และพบการเจริญเติบโตของปลาบางส่วนในปลาที่ให้อาหารต่อเนื่อง 3 วัน ตามด้วยการอดอาหาร 4 วัน ซึ่งแสดงถึงความสำเร็จในการเจริญเติบโตของปลา Turano et al. (2008) ได้ศึกษารอบการอดอาหาร 3 สัปดาห์ ตามด้วยการให้อาหาร 3 สัปดาห์ ตามด้วยการให้อาหาร 6 สัปดาห์ เปรียบเทียบกับกลุ่มควบคุมที่ให้อาหารกินเต็มอิ่มต่อเนื่องทุกวัน 2 ครั้งต่อวัน ในปลาลูกผสม striped bass (*Morone chrysops* x *M. saxatilis*) พบว่าปลาในรอบการอดอาหารทั้ง 2 รอบ มีน้ำหนักตัวน้อยกว่ากลุ่มควบคุม ซึ่งแสดงถึงการชดเชยบางส่วนในการเจริญเติบโต นอกจากการจำกัดอาหารแล้ว การจำกัดโปรตีนก็เป็นการก่อให้เกิดการเจริญเติบโตของปลาอีกแบบเช่นกัน สำหรับการศึกษานี้ใช้การจำกัดโปรตีนเพื่อศึกษาการ

เจริญเติบโต ได้แก่ การศึกษาของ Adewolu and Adoti (2010) ได้ทดลองตารางการให้อาหารผสมของลูกปลา *Clarias gariepinus* ที่ระดับโปรตีนแตกต่างกัน 3 ระดับ ทั้งหมด 4 ชุดการทดลอง คือที่ ระดับ โปรตีน 25%(Low protein), 30% (medium Protein), 35%(High Protein) โดยให้อาหารอย่างต่อเนื่องทุกระดับโปรตีน และระดับโปรตีนผสมที่ Low protein 1 วันต่อ High Protein 1 วันตามลำดับ ให้อาหาร 2 ครั้งต่อวันที่ 3% ของน้ำหนักตัว ปลาที่ได้รับอาหารต่อเนื่องที่ระดับโปรตีน 35% มีอัตราการเจริญเติบโตและการใช้ประโยชน์จากอาหารสูงสุด Jiwyam (2010) พบการเจริญเติบโตชัดเจนในลูกปลา *Pangasius bocourti* จากการศึกษาการเจริญเติบโตชัดเจนและการตอบสนองต่อการเจริญเติบโตชัดเจน เป็นเวลา 16 สัปดาห์ แบ่งการทดลองออกเป็น 2 ช่วง ช่วงแรกเลี้ยงด้วยอาหารโปรตีน 40% ให้อัตราส่วนอาหารในระดับที่ต่างกันว่า 4%, 6%, 8%, 10%, และ 12% ของน้ำหนักตัวเริ่มต้นต่อวันเป็นเวลา 16 สัปดาห์ ช่วงที่ 2 ให้อาหารโปรตีน 25% ในอัตราส่วนเท่ากับช่วงแรก โดยให้อัตราการให้อาหาร 8 % ของน้ำหนักตัวต่อวัน เป็นระดับที่เหมาะสมต่อการเจริญเติบโตและประสิทธิภาพในการเปลี่ยนอาหาร สำหรับผลกระทบของวิธีการให้อาหาร โดยคำนึงถึงการเจริญเติบโตชัดเจน การเจริญเติบโตชัดเจนสามารถอธิบายถึงความสัมพันธ์ของการเปลี่ยนแปลงในการรอดอาหารที่แสดงให้เห็นถึงวิวัฒนาการที่ซับซ้อน ผลจากการที่ขนาดของร่างกายเพิ่มขึ้นแสดงให้เห็นถึงอัตราการเจริญเติบโตที่สูงสุดที่เป็นไปได้ทางสรีรวิทยา (Sibly and Calow, 1986; Arendt, 1997) อย่างไรก็ตาม อัตราในระหว่างการเจริญเติบโตชัดเจนที่มากเกินไป จะแสดงให้เห็นได้จากการให้อาหารอย่างต่อเนื่อง ซึ่งให้เห็นถึงผลที่ตามมาคือ ความต้องการอาหารอย่างมาก และอัตราการเจริญเติบโตที่ลดลงเมื่อเทียบกับอัตราสูงสุดที่เป็นไปได้ ข้อเสนอแนะนี้ชี้ให้เห็นถึงความสัมพันธ์ของผลเสียกับการเจริญเติบโตชัดเจนที่เปลี่ยนแปลงในทางตรงกันข้าม (Arendt, 1997; Metcalfe and Monaghan, 2001) ธรรมชาติของการเจริญเติบโตชัดเจนแตกต่างจากการเจริญเติบโตระยะยาว และ มีการเผาผลาญที่น้อยลง ในที่นี้อาจเกิดช่วงเวลาของอัตราการเจริญเติบโตอย่างรวดเร็วที่ผิดปกติจากการวิเคราะห์ธรรมชาติข้อเท็จจริงในช่วงการเจริญเติบโตชัดเจนเกี่ยวข้องกับรายละเอียดการสะสมพลังงานชนิดที่มีลักษณะเฉพาะต่อการเจริญเติบโต อย่างไรก็ตาม จากการศึกษาในลูกปลา three-spined sticklebacks และ rainbow trout ต่างไม่แสดงความผิดปกติของไขมัน หรือโปรตีนที่สะสมในช่วงการเจริญเติบโตชัดเจน (Boujard et al., 2000; Zhu et al., 2001)

สำหรับการใช้สารสกัดเอนไซม์ bromelain ที่สกัดได้จากสับประรด ซึ่งมีคุณสมบัติในการย่อยโปรตีน ช่วยเพิ่มประสิทธิภาพการทำงานของเอนไซม์ในระบบทางเดินอาหาร ได้แก่ trypsin and pepsin นอกจากนี้ เอนไซม์โบมีเลนยังช่วยเพิ่มการดูดซึมสาร quercetin ซึ่งมีผลในเรื่องของการกระตุ้นภูมิคุ้มกันด้วย (Bromelain (Pineapple enzyme), 2005) มีฤทธิ์ช่วยระบบการย่อยอาหารและสมานแผลในกระเพาะอาหารเพราะมีคุณสมบัติสามารถย่อยโปรตีนให้มีโมเลกุลเล็กลง นอกจากนี้ยังใช้ในอุตสาหกรรมผลิตยา ได้แก่ ยาช่วยย่อย และยาลดการอักเสบบางชนิด (Metroguy, 2551) ซึ่งคุณสมบัติดังกล่าวจะมีส่วนทำให้การย่อยโปรตีนดีขึ้น และใช้ประโยชน์จากโปรตีนในอาหารได้มากขึ้น เอนไซม์โบมีเลน (bromelain) เป็นเอนไซม์ย่อย

โปรตีนได้จากเนื้อและแกนผลสับประรดมีฤทธิ์ต้านการรวมตัวกันของเกล็ดเลือด ชักนำให้เกิดการหลังไซโทไคน์ที่ชักนำให้เซลล์เม็ดเลือดขาวกำจัดเซลล์มะเร็งได้มีรายงานว่าเมื่อให้โบมีเลนกับสัตว์ทดลองสามารถสลายไขมันที่อุดตันในหลอดเลือดได้ มีฤทธิ์ต้านอักเสบ ลดความเจ็บปวดจากการอักเสบ การป้องกันการติดเชื้อลดการกระจายตัวของเซลล์มะเร็งในสัตว์ทดลองโรมีเลน มีฤทธิ์ช่วยระบบการย่อยอาหารและสมานแผลในกระเพาะอาหารเพราะมีคุณสมบัติสามารถย่อยโปรตีนให้มีโมเลกุลเล็กลง นอกจากนี้ยังใช้ในอุตสาหกรรมผลิตยา ได้แก่ ยาช่วยย่อย และยาลดการอักเสบบางชนิด (Metroguy, 2551) คุณสมบัติของเอนไซม์โบมีเลนจากสับประรดช่วยเพิ่มประสิทธิภาพการทำงานของเอนไซม์ในระบบทางเดินอาหาร ได้แก่ trypsin and pepsin นอกจากนี้เอนไซม์โบมีเลนยังช่วยเพิ่มการดูดซึมสาร quercetin ซึ่งมีผลในเรื่องของการกระตุ้นภูมิคุ้มกันด้วย (Bromelain (Pineapple enzyme), 2005) ดังนั้นการนำโบมีเลนมาประยุกต์ใช้ในปลาหมอไทยน่าจะ สามารถช่วยเพิ่มการผลิตปลาหมอไทยได้อย่างมีประสิทธิภาพและปลอดภัย

การศึกษาการใช้เอนไซม์โบมีเลนในอาหารสัตว์น้ำยังมีน้อยมาก โดยจากการศึกษาของ Klahan and Sirithanawong (2015) พบว่าการใช้สารสกัดเอนไซม์โบมีเลนจากเปลือกสับประรดที่ระดับ 0.5 – 1 ml/g อาหาร ในกบนาตั้งแต่ระยะลูกอ๊อด ถึงกบโตเต็มวัย จะช่วยเพิ่มการเจริญเติบโตและอัตราการรอดตายให้สูงขึ้น ดังนั้นการใช้เอนไซม์โบมีเลนจากเปลือกสับประรดซึ่งเป็นเศษเหลือทางการเกษตรจะเป็นการกำจัดเศษเหลือทางการเกษตร และยังสามารถนำมาใช้ประโยชน์ในการเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำได้อีกด้วย

### บทที่ 3

#### วิธีดำเนินการวิจัย

การวิจัยครั้งนี้ศึกษาในปลานิลแดง (*Oreochromis niloticus*) ขนาดประมาณ 20 กรัม/ตัว วางแผนการทดลองแบบสุ่มตลอด (CRD : Completely Randomize Designed) โดยศึกษาการเจริญเติบโต ประสิทธิภาพการใช้โปรตีน และอาหาร สุขภาพปลาระหว่างการทดลอง รวมถึงต้นทุน และกำไร การทดลองในปีที่ 1 ทำการศึกษาการเสริมโปรตีนในอาหารเป็นปัจจัยในการทดลองแบ่งได้ 4 กลุ่มทดลอง แต่ละกลุ่มทดลองแบ่งออกเป็น 3 ซ้ำ สำหรับการทดลองที่ 2 ศึกษาการจัดการการให้อาหารโดยใช้อาหารในชุดการทดลองที่ 1 มีระยะเวลาในการให้อาหารที่แตกต่างกัน 4 กลุ่มทดลอง แต่ละกลุ่มทดลองแบ่งออกเป็น 3 ซ้ำ นำข้อมูลที่ได้ในแต่ละการทดลอง มาวิเคราะห์หาความแตกต่างของข้อมูลโดยการวิเคราะห์ความแปรปรวน (ANOVA) ที่ระดับความเชื่อมั่น 95 % และเปรียบเทียบความแตกต่างระหว่างค่าเฉลี่ยแต่ละชุดการทดลอง ด้วยวิธี Duncan New's Multiple Range Test

การทดลองที่ 1 การศึกษาระดับการเสริมโปรตีนที่เหมาะสมในอาหารปลานิลที่ระดับโปรตีนต่ำ ต่อการเจริญเติบโต ประสิทธิภาพการใช้อาหารและโปรตีน คุณภาพซาก และต้นทุนการผลิต

วางแผนการทดลองแบบสุ่มสมบูรณ์ (Completely Randomized Design, CRD) โดยแบ่งการทดลองออกเป็น 4 ชุดการทดลอง (Treatment) ตามระดับการเสริมโปรตีนชั้นที่ผสมในอาหาร ปลอยลูกปลานิลแดงในอัตราความหนาแน่น 60 ตัว/ตารางเมตร เลี้ยงในกระชังอวนโพลีขนาด 0.7×0.7×0.9 เมตร ซึ่งกางในบ่อดินขนาด 800 ตารางเมตร มีการเปลี่ยนเติมน้ำ 10% ทุกสัปดาห์ อาหารทดลองเป็นอาหารเม็ดสำเร็จรูปซึ่งระดับโปรตีนเท่ากับ 32 (กลุ่มควบคุม), และ 18 % เสริมโปรตีนชั้นที่ระดับ 35 กรัม ต่ออาหาร 1 กิโลกรัม เป็นอาหารทดลองสำหรับการเลี้ยง 90 วัน โดยการนำโปรตีนชั้นมาคลุกเคล้าให้ทั่วไป จากนั้นฝั่งให้แห้งและบรรจุถุงเก็บไว้ในที่ร่ม ให้อาหารทดลองวันละ 2 มื้อ เช้า และเย็น ชุดการทดลองสามารถแบ่งได้ดังนี้

ชุดการทดลองที่ 1 อาหารเม็ดลอยน้ำโปรตีน 32 % (ชุดควบคุม) ใช้ตลอดการทดลอง

ชุดการทดลองที่ 2 อาหารเม็ดลอยน้ำโปรตีน 18 % เสริมโปรตีนชั้น\* 50 กรัม/อาหาร 1 กิโลกรัม

## ใช้ตลอดการทดลอง

ชุดการทดลองที่ 3 อาหารเม็ดลอยน้ำโปรตีน 18 % เสริมโปรตีนชั้น\* 50 กรัม/อาหาร 1 กิโลกรัม

ใช้เดือนแรก และเดือนสุดท้ายของการทดลอง สลับกับอาหารกลุ่มควบคุม

ชุดการทดลองที่ 4 อาหารเม็ดลอยน้ำโปรตีน 18 % เสริมโปรตีนชั้น\* 50 กรัม/อาหาร 1 กิโลกรัม

ใช้เดือนแรกของการทดลอง สองเดือนสุดท้ายใช้อาหารกลุ่มควบคุม

\*หมายเหตุ: โปรตีนชั้น 100 กรัม มีระดับโปรตีนเท่ากับ 40 กรัม

ตารางที่ 1 สูตรอาหาร ค่าโภชนะและราคาของอาหารในแต่ละกลุ่มทดลอง

วัตถุดิบ	ปริมาณวัตถุดิบในสูตรอาหาร (%)	
	อาหารกลุ่มควบคุม	อาหารเสริมโปรตีนชั้น
ปลาป่น	25	10
กากถั่วเหลือง	33	15
รำละเอียด	17	32
โปรตีนชั้น*	0	5
ข้าวโพด	18	18
แป้งมันสำปะหลัง	2	20
น้ำมันพืช	2.5	2.5
น้ำมันปลา	2.5	2.5
รวม (กิโลกรัม)	100	100
ราคาอาหาร (บาท/กิโลกรัม)	24	25
โภชนะในอาหาร (%)		
โปรตีน	31.81 ± 0.18	23.03±0.04
ความชื้น	8.50 ± 0.01	9.46± 0.05
เถ้า	9.42 ± 0.09	8.46± 0.02
ไขมัน	9.48 ± 0.01	11.71±0.15
เยื่อใย	4.12 ± 0.23	5.07± 0.22
พลังงาน (แคลอรี/กรัม)	4295.83 ± 31.58	4292.73±4.56

หมายเหตุ:\*โปรตีนชั้น 100 กรัม มีระดับโปรตีนเท่ากับ 40 กรัม

ชนิดของกรดอะมิโนในอาหาร	อาหารชุดควบคุม (โปรตีน 31.81 %)	อาหารทดลอง (โปรตีน 23.03 %)
Alanine	3781	2844
Arginine	3326	2328
Aspartic acid	6288	3926
Cystine	1629	1560
Glutamic acid	9856	6138
Glycine	3594	2676
Histidine	1522	1839
Isoleucine	2696	1682
Leucine	4789	3201
Lysine	2876	1935
Methionine	777	585
Phenylalanine	3132	2067
Proline	1608	1375
Serine	3003	1938
Threonine	2756	1473
Tryptophan	243	283
Tyrosine	1534	973

ตารางที่ 2 ชนิดและปริมาณของกรดอะมิโนในอาหารที่มีระดับโปรตีนต่างกัน

### การเก็บรวบรวมข้อมูล

ทำการทดลองเลี้ยงปลานิลตามแผนการทดลอง ซึ่งน้ำหนักและนับจำนวนตัวของปลานิลแต่ละกระชัง ซึ่งชั่งน้ำหนักด้วยเครื่องชั่งหน่วยเป็นกรัมทุก 30 วัน เลี้ยงเป็นระยะเวลา 90 วัน เมื่อสิ้นสุดการทดลองทำการคำนวณอัตราการเจริญเติบโต ประสิทธิภาพการใช้อาหาร สุขภาพปลา และต้นทุนผลตอบแทนของปลานิล ดังนี้

1) เปอร์เซ็นต์น้ำหนักปลาที่เพิ่มขึ้น (Weight gain, %)

$$= (\text{นน.ปลาเมื่อสิ้นสุดการทดลอง} - \text{นน.ปลาเมื่อเริ่มต้นทดลอง}) / \text{นน.ปลาเมื่อเริ่มต้น} \times 100$$

2) การเจริญเติบโตจำเพาะ (SGR, %/วัน)

$$= (\ln \text{ นน.ปลาเมื่อสิ้นสุดการทดลอง} - \ln \text{ นน.ปลาเมื่อเริ่มการทดลอง}) / \text{ระยะเวลาทดลอง} \times 100$$

3) ประสิทธิภาพของโปรตีนในอาหาร (protein efficiency ratio, PER)

$$= \text{น้ำหนักปลาที่เพิ่มขึ้น} / \text{น้ำหนักโปรตีนที่ปลากิน}$$

4) โปรตีนที่เพิ่มขึ้นในตัวปลา (apparent net protein retention, ANPR; เปอร์เซ็นต์)

$$= [(W1 \times P1) - (W2 \times P2)] / P \times 100$$

W1 = น้ำหนักเฉลี่ยเมื่อสิ้นสุดการทดลอง (กรัม)

W2 = น้ำหนักเฉลี่ยเมื่อเริ่มต้นการทดลอง (กรัม)

P = น้ำหนักโปรตีนที่ปลากิน

P1 = ร้อยละของโปรตีนในตัวปลาเมื่อสิ้นสุดการทดลอง

P2 = ร้อยละของโปรตีนในตัวปลาเมื่อเริ่มต้นการทดลอง

5) น้ำหนักอาหารที่ปลากิน (TFI, กรัม/ตัว)

= นน.อาหารทั้งหมดที่ปลากิน/จำนวนปลา

6) อัตราการกินอาหาร (DFI % / วัน)

= (นน.อาหารที่ปลากินเฉลี่ยต่อวัน × 100)/[(นน.ปลาเริ่มต้น + นน.ปลาเมื่อสิ้นสุดการทดลอง)/2]

7) อัตราแลกเนื้อ (FCR)

= นน.อาหารที่ปลากิน/นน.ปลาที่เพิ่มขึ้น

8) อัตรารอด (Survival rate %)

= (จำนวนปลาเมื่อสิ้นสุดการทดลอง/จำนวนปลาเมื่อเริ่มต้น) × 100

9) ค่าดัชนีตัว = (น้ำหนักตัว/น้ำหนักตัวปลา) × 100

10) เปอร์เซ็นต์ซาก =  $\left\{ \frac{\text{น้ำหนักอวัยวะแต่ละชนิดของปลานิล}}{\text{น้ำหนักตัวของปลานิล}} \right\} \times 100$

11) ปริมาณไกลโคเจนในตับ ระดับกลูโคส และไตรกลีเซอไรด์ในเลือด

12) ปริมาณกรดอะมิโนในเนื้อปลาและอาหารทดลอง

13) ผลผลิต (กิโลกรัม/กระชัง)

ผลผลิต = น้ำหนักปลาเมื่อสิ้นสุดการทดลองในแต่ละกระชัง (Total Biomass)

14) ต้นทุนผลผลิตต่อปลา 1 กิโลกรัม (บาท)

ต้นทุนผลผลิต = ต้นทุนค่าอาหารปลา + ค่าพันธุ์ปลา

15) อัตราส่วนผลตอบแทนต่อต้นทุน (Benefit Cost ratio หรือ B/C ratio)

B/C ratio = มูลค่าปัจจุบันของผลตอบแทน / มูลค่าปัจจุบันของค่าใช้จ่าย

หรือ

B/C ratio = ราคาปลาต่อ กก. / ต้นทุนการผลิตปลาต่อ กก.

อัตราส่วนผลตอบแทนต่อต้นทุน (Benefit Cost ratio หรือ B/C ratio) เป็นการวิเคราะห์เปรียบเทียบระหว่างมูลค่าปัจจุบันของผลตอบแทน กับมูลค่าปัจจุบันของเงินลงทุนและค่าใช้จ่ายในโครงการ ถ้า B/C ratio มีค่ามากกว่า 1 แสดงว่าโครงการให้ผลตอบแทนคุ้มค่ากับที่ลงทุนไป แต่ถ้าค่าน้อยกว่า 1 แสดงว่า ผลตอบแทนที่ได้รับจากโครงการไม่คุ้มกับเงินลงทุนที่เสียไป



### การวิเคราะห์ทางสถิติ

นำข้อมูลที่รวบรวมได้ คำนวณค่าการเจริญเติบโตต่างๆ ไปวิเคราะห์ทางสถิติ โดยวิเคราะห์ความแปรปรวน (ANOVA) เพื่อศึกษาความแตกต่างของแต่ละทรีตเมนต์ เปรียบเทียบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยของทรีตเมนต์ โดยวิธี Duncan's New Multiple Range test ที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์

### การทดลองที่ 2 การศึกษาแนวทางการจัดการการให้อาหารที่เหมาะสมต่อการเลี้ยงปลานิล

วางแผนการทดลองแบบสุ่มตลอด (CRD : Completely Randomize Designed) แบ่งชุดการทดลองตามความถี่ในการให้อาหารที่แตกต่างกันออกเป็น 4 ชุดการทดลอง (Treatment) แต่ละชุดการทดลองมี 3 ซ้ำ โดยปล่อยลูกปลานิลขนาด 5 กรัม/ตัว ที่ความหนาแน่น 60ตัว/ตารางเมตร ในกระชังอวนโพลีลีนขนาด 0.7X 0.7X0.9 เมตร ซึ่งกางในบ่อดินขนาด 800 ตารางเมตร มีการเปลี่ยนเติมน้ำ 10% ทุกสัปดาห์ และทดลองเลี้ยงโดยใช้อาหารจากการทดลองที่ 1 ที่ให้การเจริญเติบโตดีที่สุด เป็นระยะเวลา 90 วัน ทำการสูบน้ำหนักและนับจำนวนตัวแต่ละกระชัง ทุก 30 วัน โดยแบ่งการทดลองออกเป็นตารางด้านล่างนี้

ชุดการทดลอง	ความถี่ในการให้อาหารต่อวัน
1	ให้อาหารวันละ 2 ครั้ง
2	ให้อาหารวันเว้นวัน
3	ให้อาหารวันละ 2 ครั้ง 1 สัปดาห์ สลับกับการให้อาหารวันเว้นวัน 1 สัปดาห์
4	ให้อาหารวันละ 2 ครั้ง 1 สัปดาห์ สลับกับการให้อาหารในปริมาณครึ่งหนึ่งของการให้อาหารวันละ 2 ครั้ง 1 สัปดาห์

### การเก็บรวบรวมข้อมูล

ทำการทดลองเลี้ยงปลานิลตามแผนการทดลอง ซึ่งน้ำหนักและนับจำนวนตัวของปลานิลแต่ละกระชัง ซึ่งชั่งน้ำหนักด้วยเครื่องชั่งหน่วยเป็นกรัมทุก 30 วัน เลี้ยงเป็นระยะเวลา 90 วัน เมื่อสิ้นสุดการทดลองทำการคำนวณอัตราการเจริญเติบโต ประสิทธิภาพการให้อาหาร สุขภาพปลา และต้นทุนผลตอบแทนของปลานิล ดังนี้

1) เปอร์เซ็นต์น้ำหนักปลาที่เพิ่มขึ้น (Weight gain, %)

$$= (\text{นน.ปลาเมื่อสิ้นสุดการทดลอง} - \text{นน.ปลาเมื่อเริ่มต้นทดลอง}) / \text{นน.ปลาเมื่อเริ่มต้น} \times 100$$

2) การเจริญเติบโตจำเพาะ (SGR, %/วัน)

$$= (\ln \text{นน.ปลาเมื่อสิ้นสุดการทดลอง} - \ln \text{นน.ปลาเมื่อเริ่มการทดลอง}) / \text{ระยะเวลาทดลอง} \times 100$$

3) ประสิทธิภาพของโปรตีนในอาหาร (protein efficiency ratio, PER)

= น้ำหนักปลาที่เพิ่มขึ้น/น้ำหนักโปรตีนที่ปลากิน

4) โปรตีนที่เพิ่มขึ้นในตัวปลา (apparent net protein retention, ANPR; เปอร์เซ็นต์)

$$= [(W1 \times P1) - (W2 \times P2)] / P \times 100$$

W1 = น้ำหนักเฉลี่ยเมื่อสิ้นสุดการทดลอง (กรัม)

W2 = น้ำหนักเฉลี่ยเมื่อเริ่มต้นการทดลอง (กรัม)

P = น้ำหนักโปรตีนที่ปลากิน

P1 = ร้อยละของโปรตีนในตัวปลาเมื่อสิ้นสุดการทดลอง

P2 = ร้อยละของโปรตีนในตัวปลาเมื่อเริ่มต้นการทดลอง

5) น้ำหนักอาหารที่ปลากิน (TFI, กรัม/ตัว)

= นน.อาหารทั้งหมดที่ปลากิน/จำนวนปลา

6) อัตราการกินอาหาร (DFI % / วัน)

$$= (\text{นน.อาหารที่ปลากินเฉลี่ยต่อวัน} \times 100) / [(\text{นน.ปลาเริ่มต้น} + \text{นน.ปลาเมื่อสิ้นสุดการทดลอง}) / 2]$$

7) อัตราแลกเนื้อ (FCR)

= นน.อาหารที่ปลากิน/นน.ปลาที่เพิ่มขึ้น

8) อัตรารอด (Survival rate %)

$$= (\text{จำนวนปลาเมื่อสิ้นสุดการทดลอง} / \text{จำนวนปลาเมื่อเริ่มต้น}) \times 100$$

9) ค่าดัชนีตัว = (น้ำหนักตัว/น้ำหนักตัวปลา) X100

$$10) \quad \text{เปอร์เซ็นต์ซาก} = \left\{ \frac{\text{น้ำหนักอวัยวะแต่ละชนิดของปลานิล}}{\text{น้ำหนักตัวของปลานิล}} \right\} \times 100$$

11) ปริมาณไกลโคเจนในตับ ระดับกลูโคส และไตรกลีเซอไรด์ในเลือด

12) ผลผลิต (กิโลกรัม/กระชัง)

ผลผลิต = น้ำหนักปลาเมื่อสิ้นสุดการทดลองในแต่ละกระชัง (Total Biomass)

13) ต้นทุนผลผลิตต่อปลา 1 กิโลกรัม (บาท)

ต้นทุนผลผลิต = ต้นทุนค่าอาหารปลา + ค่าพันธุ์ปลา

14) อัตราส่วนผลตอบแทนต่อต้นทุน (Benefit Cost ratio หรือ B/C ratio)

B/C ratio = มูลค่าปัจจุบันของผลตอบแทน / มูลค่าปัจจุบันของค่าใช้จ่าย

หรือ

B/C ratio = ราคาปลาต่อ กก. / ต้นทุนการผลิตปลาต่อ กก.

อัตราส่วนผลตอบแทนต่อต้นทุน (Benefit Cost ratio หรือ B/C ratio) เป็นการวิเคราะห์เปรียบเทียบระหว่างมูลค่าปัจจุบันของผลตอบแทน กับมูลค่าปัจจุบันของเงินลงทุนและค่าใช้จ่าย

ในโครงการ ถ้า B/C ratio มีค่ามากกว่า 1 แสดงว่าโครงการให้ผลตอบแทนคุ้มค่ากับที่ลงทุนไป แต่ถ้าค่าน้อยกว่า 1 แสดงว่า ผลตอบแทนที่ได้รับจากโครงการไม่คุ้มกับเงินลงทุนที่เสียไป

#### การวิเคราะห์ทางสถิติ

นำข้อมูลที่รวบรวมได้ คำนวณค่าการเจริญเติบโตต่างๆ ไปวิเคราะห์ทางสถิติ โดยวิเคราะห์ความแปรปรวน (ANOVA) เพื่อศึกษาความแตกต่างของแต่ละทรีตเมนต์ เปรียบเทียบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยของทรีตเมนต์ โดยวิธี Duncan's New Multiple Range test ที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์

หลังจากทำการทดลองสำเร็จแล้วนำผลการทดลองที่ได้ใช้เลี้ยงในพื้นที่จริงเปรียบเทียบกับการเลี้ยงของเกษตรกรที่เลี้ยงในปัจจุบัน ที่ จ.กาญจนบุรี และ จ.เชียงราย

สถานที่ทำการทดลอง คณะเทคโนโลยีการเกษตร มหาวิทยาลัยราชภัฏเพชรบุรี อำเภอเมือง

จังหวัดเพชรบุรี

คณะเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น อำเภอเมือง จังหวัดขอนแก่น

## บทที่ 4

### ผลการวิจัยและวิจารณ์ผลการวิจัย

การศึกษาเรื่อง การเพิ่มศักยภาพการผลิตปาล์มน้ำมันโดยการลดต้นทุนอาหารด้วยการเพิ่มประสิทธิภาพการใช้โปรตีนจากแหล่งโปรตีนในอาหารด้วยเอนไซม์สกัดจากธรรมชาติ แบ่งการทดลองออกเป็น 2 การทดลอง ได้แก่ การทดลองที่ 1 การศึกษาระดับการเสริมโปรตีนที่เหมาะสมในอาหารปาล์มน้ำมันที่ระดับโปรตีนต่ำต่อการเจริญเติบโต ประสิทธิภาพการใช้อาหารและโปรตีน คุณภาพซาก และต้นทุนการผลิต และการทดลองที่ 2 การศึกษาแนวทางการจัดการการให้อาหารที่เหมาะสมต่อการเลี้ยงปาล์มน้ำมัน ซึ่งได้ผลการทดลองดังต่อไปนี้

### การทดลองที่ 1 การศึกษาระดับการเสริมโปรตีนที่เหมาะสมในอาหารปลานิลที่ระดับโปรตีนต่ำ ต่อการเจริญเติบโต ประสิทธิภาพการใช้อาหารและโปรตีน คุณภาพซาก และต้นทุนการผลิต

จากการทดลองให้อาหารทดลองซึ่งแบ่งเป็น 4 กลุ่มทดลองได้แก่ อาหารเม็ดลอยน้ำโปรตีน 32 % (ชุดควบคุม) ใช้ตลอดการทดลอง(T1) อาหารเม็ดลอยน้ำโปรตีน 18 % เสริมโปรตีนชั้น\* 50 กรัม/อาหาร 1 กิโลกรัมใช้ตลอดการทดลอง (T2) อาหารเม็ดลอยน้ำโปรตีน 18 % เสริมโปรตีนชั้น\* 50 กรัม/อาหาร 1 กิโลกรัม ใช้เดือนแรก และเดือนสุดท้ายของการทดลอง สลับกับอาหารกลุ่มควบคุม (T3) และ อาหารเม็ดลอยน้ำโปรตีน 18 % เสริมโปรตีนชั้น\* 50 กรัม/อาหาร 1 กิโลกรัม ใช้เดือนแรกของการทดลอง สองเดือนสุดท้ายใช้อาหารกลุ่มควบคุม (T4) ในปลานิลแดงขนาด 17.86 – 18.40 กรัม/ตัว ทำการทดลองทั้งหมด 12 สัปดาห์ เมื่อสิ้นสุดการทดลองทำการเก็บข้อมูลการเจริญเติบโต ได้ผลการทดลองดังนี้

### ตารางที่ 3 การเจริญเติบโตของปลานิลที่ได้รับอาหารที่มีระดับโปรตีนต่างกัน ในระยะเวลาต่าง ๆ

หมายเหตุ : \*T1 อาหารเม็ดลอยน้ำโปรตีน 32 % (ชุดควบคุม) ใช้ตลอดการทดลอง T2 อาหารเม็ดลอยน้ำโปรตีน 18 % เสริมโปรตีนชั้น\* 50 กรัม/อาหาร 1 กิโลกรัม ใช้ตลอดการทดลอง T3 อาหารเม็ดลอยน้ำโปรตีน 18 % เสริมโปรตีนชั้น\* 50 กรัม/อาหาร 1 กิโลกรัม ใช้เดือนแรก และเดือนสุดท้ายของการทดลอง สลับกับอาหารกลุ่มควบคุม T 4 อาหารเม็ดลอยน้ำโปรตีน 18 % เสริมโปรตีนชั้น\* 50 กรัม/อาหาร 1 กิโลกรัม ใช้เดือนแรกของการทดลอง สองเดือนสุดท้ายใช้อาหารกลุ่มควบคุม

จากการทดลองพบว่า การเจริญเติบโตของปลานิลแดงแสดงในตารางที่ 2 พบว่า ในแต่ละกลุ่มทดลอง มีค่าการเจริญเติบโตได้แก่ น้ำหนักที่เพิ่มขึ้น น้ำหนักที่เพิ่มขึ้นต่อวัน การเจริญเติบโตจำเพาะ และ เปอร์เซ็นต์น้ำหนักปลาที่เพิ่มขึ้น ต่างกันทางสถิติ ( $P < 0.05$ ) โดยปลาที่ได้รับอาหารเม็ดลอยน้ำโปรตีน 18 % เสริม

การเจริญเติบโต	T1*	T2*	T3*	T4*	P - Value
น้ำหนักเริ่มต้น (กรัม/ตัว)	17.91± 1.84 <sup>a</sup>	17.86±2.31 <sup>a</sup>	17.98±0.99 <sup>a</sup>	18.40±0.37 <sup>a</sup>	0.9730
น้ำหนักสุดท้าย (กรัม/ตัว)	55.015±11.80 <sup>a</sup>	39.33±3.30 <sup>a</sup>	51.34±3.83 <sup>a</sup>	61.60±0.56 <sup>a</sup>	0.0607
น้ำหนักที่เพิ่มขึ้น (กรัม/ตัว)	36.15±10.67 <sup>a</sup>	20.20±2.26 <sup>b</sup>	33.36±3.76 <sup>ab</sup>	43.03 ± 0.89 <sup>a</sup>	0.0391
น้ำหนักที่เพิ่มขึ้นต่อวัน (กรัม/ตัว/วัน)	0.67±0.197 <sup>a</sup>	0.370±0.04 <sup>b</sup>	0.61±0.06 <sup>ab</sup>	0.80± 0.01 <sup>a</sup>	0.0362
การเจริญเติบโตจำเพาะ (%/วัน)	1.96±0.28 <sup>a</sup>	1.33±0.05 <sup>b</sup>	1.94±0.16 <sup>a</sup>	2.22±0.04 <sup>a</sup>	0.0142
อัตราการตาย (%)	76.66±4.71 <sup>a</sup>	73.33±9.42 <sup>a</sup>	86.66 ±9.42 <sup>a</sup>	68.89±3.84 <sup>a</sup>	0.1444
เปอร์เซ็นต์น้ำหนักปลาที่เพิ่มขึ้น (%)	190.24±45.17 <sup>a</sup>	105.41± 6.10 <sup>b</sup>	199.43±9.73 <sup>a</sup>	231.85± 8.94 <sup>a</sup>	0.0236

โปรตีนชั้น\* 50 กรัม/อาหาร 1 กิโลกรัมใช้ตลอดการทดลอง มีการเจริญเติบโตต่ำกว่ากลุ่มทดลองอื่น แต่อัตราการรอดตายของปลาในแต่ละกลุ่มทดลองมีค่าไม่แตกต่างกันทางสถิติ ( $P > 0.05$ ) ทั้งนี้เนื่องจากระดับโปรตีนในอาหารที่มีระดับไม่เท่ากัน ซึ่งอาหารในกลุ่มที่ 2 มีระดับโปรตีนในอาหารต่ำกว่าอาหารสูตรที่ 1 ดังแสดงใน

ตารางที่ 1 ดังนั้นระดับโปรตีน และ กรดอะมิโนที่ต่ำกว่าส่งผลให้การเจริญเติบโตของปลาต่ำกว่ากลุ่มทดลองอื่น เนื่องจากปัจจัยสำคัญในการเจริญเติบโตของปลาหรือสัตว์น้ำได้แก่ กรดอะมิโน และโปรตีนที่เหมาะสม ซึ่งระดับโปรตีนที่เหมาะสมในการเจริญเติบโตของปลานิลอยู่ที่ 28 – 30 % (Halver and Hardy, 2002) ในขณะที่ปลากลุ่มทดลองอื่นได้รับอาหารที่มีระดับโปรตีนสูง และต่ำสลับกัน ทำให้การได้รับกรดอะมิโนมีความเหมาะสม และปลานิลมีความสามารถในการเก็บสะสมกรดอะมิโนเพื่อใช้ในการสังเคราะห์โปรตีนได้ (Halver and Hardy, 2002) และด้วยการเจริญเติบโตของปลานิลแดงในลักษณะที่ได้รับอาหารที่มีระดับโปรตีนสูงต่ำ สลับกันจะส่งผลให้มีการเจริญเติบโตในรูปแบบที่เรียกว่าการเจริญเติบโตชดเชยที่ไม่ใช้การเจริญเติบโตแบบปกติ ซึ่งจะส่งผลให้ปลามีการเจริญเติบโตไม่ต่างจากปลาที่ได้รับอาหารปกติ ช่วงการเจริญเติบโตผิดปกติอย่างรวดเร็ว หรือการเจริญเติบโตชดเชยเป็นลักษณะที่พบมากในช่วงหลังได้รับอาหารจำกัด หรือช่วงที่เกิด nutrition stress (Jobling et al., 1994; Ali et al., 2003) ซึ่งในการทดลองนี้ก็คือการจำกัดโปรตีน และกรดอะมิโน การเจริญเติบโตชดเชยแสดงให้เห็นถึงการตอบสนองของปลาที่เจริญเติบโตมากเกินไป ที่เกิดขึ้นจากการที่ปลาถูกกีดกันอาหาร หรืออดอาหาร สำหรับความเครียดด้านอาหาร (Nutrition Stress) คือ ความไม่เพียงพอของอาหารที่สัตว์ได้รับ ทั้งในด้านปริมาณและคุณภาพ ทำให้สัตว์ไม่สามารถแสดงศักยภาพทางพันธุกรรมได้เต็มที่ ด้วยเหตุผลดังกล่าวจึงทำให้ปลาที่ได้รับอาหารสลับระดับโปรตีนมีค่าการเจริญเติบโตไม่ต่างจากปลาในกลุ่มควบคุม

สำหรับการศึกษาที่ใช้การจำกัดโปรตีนเพื่อศึกษาการเจริญเติบโตที่คล้ายกับการทดลองในครั้งนี้นี้พบในหลายการศึกษาในสัตว์น้ำแต่ละชนิด และผลที่ได้จากการศึกษานี้คล้ายกับการศึกษาของ Adewolu and Adoti (2010) ได้ทดลองตารางการให้อาหารผสมของลูกปลา *Clarias gariepinus* ที่ระดับโปรตีนแตกต่างกัน 3 ระดับ ทั้งหมด 4 ชุดการทดลอง คือที่ ระดับ โปรตีน 25%(Low protein), 30% (medium Protein), 35%(High Protein) โดยให้อาหารอย่างต่อเนื่องทุกระดับโปรตีน และระดับโปรตีนผสมที่ Low protein 1 วันต่อ High Protein 1 วันตามลำดับ ให้อาหาร 2 ครั้งต่อวันที่ 3% ของน้ำหนักตัว ปลาที่ได้รับอาหารต่อเนื่องที่ระดับโปรตีน 35% มีอัตราการเจริญเติบโตและการใช้ประโยชน์จากอาหารสูงสุดและการทดลองของ Jiwym (2010) พบการเจริญเติบโตชดเชยในลูกปลา *Pangasius bocourti* จากการศึกษาการเจริญเติบโตชดเชยและการตอบสนองต่อการเจริญเติบโตชดเชย เป็นเวลา 16 สัปดาห์ แบ่งการทดลองออกเป็น 2 ช่วง ช่วงแรกเลี้ยงด้วยอาหารโปรตีน 40% ให้อัตราส่วนอาหารในระดับที่ต่างกันที่ 4%, 6%, 8%, 10%, และ 12% ของน้ำหนักตัวเริ่มต้นต่อวันเป็นเวลา 16 สัปดาห์ ช่วงที่ 2 ให้อาหารโปรตีน 25% ในอัตราส่วนเท่ากับช่วงแรก โดยให้อัตราการให้อาหาร 8 % ของน้ำหนักตัวต่อวัน เป็นระดับที่เหมาะสมต่อการเจริญเติบโตและประสิทธิภาพในการเปลี่ยนอาหาร

สำหรับประสิทธิภาพการใช้อาหาร และต้นทุนการผลิตรวมถึงความคุ้มค่าในส่วนของผลตอบแทน แสดงในตารางที่ 3 จากการทดลองพบว่า ประสิทธิภาพการใช้อาหารของปลาที่ได้รับอาหารที่มีการจำกัดโปรตีน สลับ

การให้แบบสูงต่ำ ต่างกันมีค่าใกล้เคียงกับกลุ่มควบคุม และมีค่าดีกว่ากลุ่มทดลองที่ 2 ที่ได้รับอาหารเม็ดลอยน้ำโปรตีน 18 % เสริมโปรตีนชั้น\* 50 กรัม/อาหาร 1 กิโลกรัม ใช้ตลอดการทดลอง( $P < 0.05$ ) ด้วยเหตุผลเดียวกันกับการเจริญเติบโตของปลา ทั้งนี้เนื่องจากการเจริญเติบโตของปลามีความเกี่ยวข้องกับประสิทธิภาพการใช้อาหารโดยตรง การเจริญเติบโตชัดเจนสามารถอธิบายถึงความสัมพันธ์ของการเปลี่ยนแปลงในการอดอาหารที่แสดงให้เห็นถึงวิวัฒนาการที่ซับซ้อน ผลจากการที่ขนาดของร่างกายเพิ่มขึ้น แสดงให้เห็นถึงอัตราการเจริญเติบโตที่สูงสุดที่เป็นไปได้ทางสรีรวิทยา (Sibly and Calow, 1986; Arendt, 1997) โดยเกิดจากประสิทธิภาพการใช้อาหารที่สูงขึ้น ด้วยประสิทธิภาพการใช้อาหารที่สูงขึ้น ส่งผลให้ต้นทุนการผลิตมีแนวโน้มที่ต่ำกว่ากลุ่มควบคุม และอัตราความคุ้มทุนมีแนวโน้มสูงกว่ากลุ่มควบคุมด้วยเช่นกัน

**ตารางที่ 4** ประสิทธิภาพการใช้อาหาร และโปรตีนของปลานิลที่ได้รับอาหารที่มีระดับโปรตีนต่างกัน ในระยะเวลาต่าง ๆ และต้นทุนอาหาร

ประสิทธิภาพการใช้อาหาร และโปรตีน	T1*	T2*	T3*	T4*	P - Value
อัตราการกินอาหาร (%/วัน)	38.06±3.61 <sup>c</sup>	56.53±1.64 <sup>a</sup>	44.89±2.708 <sup>b</sup>	38.02±0.43 <sup>c</sup>	0.0020
น้ำหนักอาหารที่ปลากิน (กรัม/ตัว)	56.23±0.68 <sup>a</sup>	58.10±0.80 <sup>a</sup>	55.89±0.77 <sup>a</sup>	54.97±0.38 <sup>a</sup>	0.4269
อัตราแลกเนื้อ	2.28±0.68 <sup>b</sup>	4.16±0.48 <sup>a</sup>	2.38±0.02 <sup>b</sup>	1.86±0.09 <sup>b</sup>	0.0191
ประสิทธิภาพการเปลี่ยนอาหาร เป็นเนื้อ (%)	45.91±0.68 <sup>a</sup>	24.21±2.82 <sup>b</sup>	42.05±0.43 <sup>ab</sup>	53.60±2.72 <sup>a</sup>	0.0585
ประสิทธิภาพการใช้โปรตีน	1.05±0.10 <sup>b</sup>	0.73±0.02 <sup>c</sup>	1.01±0.00 <sup>b</sup>	1.29±0.01 <sup>a</sup>	
การใช้ประโยชน์โปรตีนสุทธิ	27.02±2.83	14.29±0.26	20.76±1.83	26.29±0.12	
ต้นทุนผลผลิตต่อปลา 1 กิโลกรัม (บาท)	39.71±11.31 <sup>ab</sup>	57.51±7.79 <sup>a</sup>	36.74±1.18 <sup>b</sup>	37.03±0.61 <sup>b</sup>	0.1017

หมาย	อัตราส่วนผลตอบแทนต่อต้นทุน	0.99± 0.37 <sup>ab</sup>	0.93± 0.30 <sup>b</sup>	1.63±0.04 <sup>a</sup>	1.62±0.02 <sup>a</sup>	0.0775
------	----------------------------	--------------------------	-------------------------	------------------------	------------------------	--------

เหตุ :

T1 อาหารเม็ดลอยน้ำโปรตีน 32 % (ชุดควบคุม) ใช้ตลอดการทดลอง T2 อาหารเม็ดลอยน้ำโปรตีน 18 % เสริมโปรตีนชั้น\* 50 กรัม/อาหาร 1 กิโลกรัม ใช้ตลอดการทดลอง T3 อาหารเม็ดลอยน้ำโปรตีน 18 % เสริมโปรตีนชั้น\* 50 กรัม/อาหาร 1 กิโลกรัม ใช้เดือนแรก และเดือนสุดท้ายของการทดลอง สลับกับอาหารกลุ่มควบคุม T 4 อาหารเม็ดลอยน้ำโปรตีน 18 % เสริมโปรตีนชั้น\*

เปอร์เซ็นต์ซาก ดัชนีดับ และค่าทางชีวเคมีของเลือด	T1*	T2*	T3*	T4*	P - Value
อวัยวะภายใน (%)	8.42±0.08 <sup>a</sup>	8.43±0.52 <sup>a</sup>	8.58±0.31 <sup>a</sup>	8.71±0.36 <sup>a</sup>	0.8278
กระดูก(%)	58.65±3.74 <sup>ab</sup>	63.74±3.09 <sup>a</sup>	62.58±0.57 <sup>a</sup>	52.55±0.33 <sup>b</sup>	0.0333
เนื้อส่วนกินได้(%)	25.16±1.36 <sup>a</sup>	22.47±2.29 <sup>a</sup>	22.90 ±1.19 <sup>a</sup>	26.08±3.55 <sup>a</sup>	0.2638
ค่าดัชนีดับ (%)	1.39±0.24 <sup>a</sup>	1.22 ± 0.19 <sup>a</sup>	1.40±0.24 <sup>a</sup>	1.53±0.01 <sup>a</sup>	0.5851
ไกลโคเจนในตับ (mg/g)	2.32 ± 0.40 <sup>b</sup>	2.46 ± 0.20 <sup>b</sup>	3.54 ± 0.46 <sup>a</sup>	3.03 ± 0.40 <sup>a</sup>	0.0075

50 กรัม/อาหาร 1 กิโลกรัม ใช้เดือนแรกของการทดลอง สองเดือนสุดท้ายใช้อาหารกลุ่มควบคุม

ค่าเปอร์เซ็นต์ซากค่าดัชนีดับ ค่าไกลโคเจน และค่าชีวเคมีของเลือด แสดงในตารางที่ 5 พบว่าเปอร์เซ็นต์ซาก และค่าดัชนีดับของปลาในแต่ละกลุ่มทดลองมีค่าไม่แตกต่างกันทางสถิติ ( $P>0.05$ ) แต่ระดับไกลโคเจนในตับพบว่ามีค่าสูงในปลาในกลุ่มที่ได้รับอาหารเม็ดลอยน้ำโปรตีน 18 % เสริมโปรตีนชั้น\* 50 กรัม/อาหาร 1 กิโลกรัม ใช้เดือนแรก และเดือนสุดท้ายของการทดลอง สลับกับอาหารกลุ่มควบคุม และกลุ่มที่ได้รับอาหารเม็ดลอยน้ำโปรตีน 18 % เสริมโปรตีนชั้น\* 50 กรัม/อาหาร 1 กิโลกรัม ใช้เดือนแรกของการทดลอง สองเดือนสุดท้ายใช้อาหารกลุ่มควบคุมทั้งนี้ในกลุ่มดังกล่าวได้รับอาหารที่มีการจัดการโปรตีนแบบจำกัด ทำให้ร่างกายต้องมีการสะสมสารอาหารที่ผิดปกติออกไปเพื่อเก็บสะสมสาร อาหารและพลังงานสำหรับใช้ในการดำรงชีวิต และการเจริญเติบโต ซึ่งสารอาหารที่ร่างกายจะเก็บไว้เพื่อใช้เป็นพลังงาน และเก็บสะสมไว้ในตับก็คือกลุ่มของคาร์โบไฮเดรตที่อยู่ในรูปของไกลโคเจน หรือการสะสมแป้งในสัตว์นั่นเอง (Webster and Lim, 2002) จึงทำให้พบว่าปลาในกลุ่มดังกล่าวมีการสะสมไกลโคเจนที่ตับมากกว่ากลุ่มทดลองอื่น

ตารางที่ 5 เปอร์เซ็นต์ซาก ดัชนีดับ และค่าทางชีวเคมีของเลือดปลานิลที่ได้รับอาหารที่มีระดับโปรตีนต่างกัน

ปริมาณกลูโคสในเลือด (mmol)	5.63±0.20 <sup>a</sup>	5.47 ±0.07 <sup>a</sup>	4.74±0.35 <sup>b</sup>	2.84±0.08 <sup>c</sup>	0.0006
ปริมาณไตรกลีเซอไรด์ในเลือด(mmol)	3.09±0.03 <sup>b</sup>	2.5±0.09 <sup>c</sup>	4.80±0.19 <sup>a</sup>	1.44±0.03 <sup>d</sup>	0.0001

หมายเหตุ : T1 อาหารเม็ดลอยน้ำโปรตีน 32 % (ชุดควบคุม) ใช้ตลอดการทดลอง T2 อาหารเม็ดลอยน้ำโปรตีน 18 % เสริมโปรตีนชั้น\* 50 กรัม/อาหาร 1 กิโลกรัม ใช้ตลอดการทดลอง T3 อาหารเม็ดลอยน้ำโปรตีน 18 % เสริมโปรตีนชั้น\* 50 กรัม/อาหาร 1 กิโลกรัม ใช้เดือนแรก และเดือนสุดท้ายของการทดลอง สลับกับอาหารกลุ่มควบคุม T 4 อาหารเม็ดลอยน้ำโปรตีน 18 % เสริมโปรตีนชั้น\* 50 กรัม/อาหาร 1 กิโลกรัม ใช้เดือนแรกของการทดลอง สองเดือนสุดท้ายใช้อาหารกลุ่มควบคุม

สำหรับปริมาณกลูโคสจะมีค่าแปรผกผันกับการสะสมไกลโคเจนในตับเนื่องจากว่าปลาเป็นสัตว์ที่นำน้ำตาลเข้าสู่เซลล์ได้ช้า ดังนั้นการได้รับสารอาหารแบบปกติจะทำให้ร่างกายจะทำให้ร่างกายของปลามีการนำน้ำตาลเข้าสู่เซลล์แบบปกติ (De Silva and Anderson, 1995) แต่ในปลาที่ได้รับอาหารแบบจำกัดโปรตีนร่างกายจะมีการปรับสภาพให้ใช้น้ำตาลหรือกักเก็บน้ำตาลเข้าสู่เซลล์มากขึ้น และเร็วขึ้น ทำให้ระดับน้ำตาลในเลือดต่ำกว่ากลุ่มปกติ และน้ำตาลที่เก็บเข้าสู่เซลล์ที่เหลือจากการใช้จะถูกสะสมที่ตับในรูปของไกลโคเจนต่อไป (เวียง, 2543) สำหรับค่าไตรกลีเซอไรด์ในเลือดของสัตว์น้ำมักจะเกี่ยวข้องกับอาหารที่ได้รับ ซึ่งอาจเกี่ยวข้องกับระดับของสารอาหารที่ปลาได้รับด้วยเช่นกัน เมื่อสังเกตค่าไตรกลีเซอไรด์จะสวนทางกันกับค่ากลูโคสในเลือด เนื่องจากน้ำตาลที่ร่างกายดูดซึมเข้าสู่เซลล์แล้ว ยังเหลือจากการใช้ประโยชน์ ร่างกายจะเปลี่ยนกลูโคสเป็นไขมัน ซึ่งก็อยู่ในรูปของไตรกลีเซอไรด์ด้วยเช่นกัน จึงส่งผลให้กลุ่มที่มีระดับกลูโคสในเลือดต่ำ มีระดับไตรกลีเซอไรด์ในเลือดสูง (Halver and Hardy, 2002)

องค์ประกอบทางเคมีของเนื้อปลาได้แก่ ความชื้น โปรตีน ไขมัน เถ้า คาร์โบไฮเดรต และ พลังงาน ทั้งหมด ดังแสดงในตารางที่ 6 ของปลาแต่ละกลุ่มทดลองมีค่าใกล้เคียงกัน ยกเว้นในส่วนของคาร์โบไฮเดรตที่พบว่าปลาที่ได้รับอาหารเม็ดลอยน้ำโปรตีน 18 % เสริมโปรตีนชั้น\* 50 กรัม/อาหาร 1 กิโลกรัม ใช้ตลอดการทดลอง มีระดับสูงกว่ากลุ่มทดลองอื่น ค่อนข้างชัดเจน ทั้งนี้เนื่องจากปลาในกลุ่มดังกล่าวได้รับอาหารที่มีระดับโปรตีนต่ำกว่าการทดลองอื่น และอาหารที่ได้รับใช้วัตถุดิบที่เป็นแหล่งพลังงานสูงกว่ากลุ่มทดลองอื่น นอกจากนี้ยังไม่มีเสริมโปรตีนลงในอาหารอีกด้วย ซึ่งแตกต่างจากกลุ่มทดลองอื่น จึงส่งผลต่อการสะสมคาร์โบไฮเดรตในกล้ามเนื้อที่สูงกว่ากลุ่มทดลองอื่น แต่เมื่อพิจารณาจากค่าพลังงานในเนื้อของปลาพบว่าปลากลุ่มดังกล่าวมีค่าพลังงานในเนื้อต่ำกว่ากลุ่มทดลองอื่น ซึ่งชี้ให้เห็นว่า พลังงานที่ปลาได้รับถูกนำไปใช้สะสมในรูปของไกลโคเจนหรือรูปของแป้งในสัตว์ แต่พลังงานดังกล่าวอาจถูกเปลี่ยนเป็นไขมันได้น้อยกว่ากลุ่มทดลองอื่น เนื่องจากพลังงานที่ได้จากไขมันจะให้ค่าที่สูงกว่าพลังงานที่ได้จากแป้ง และโปรตีน ปลาในกลุ่มที่ได้รับอาหารที่พลังงานเท่ากัน แต่ได้รับโปรตีนต่ำกว่า ส่งผลให้ค่า P/E ต่ำกว่าค่ามาตรฐานซึ่งมีค่าประมาณ 9 – 10 จึงส่งผลให้การเปลี่ยนสารอาหารกลุ่มคาร์โบไฮเดรต และโปรตีน ไปเป็นพลังงาน และไขมัน มีค่าต่ำกว่ากลุ่มทดลองอื่น ส่งผลให้ระดับคาร์โบไฮเดรตในเนื้อมีประสิทธิภาพสูง แต่พลังงานในเนื้อปลาที่ได้กลับมีค่าน้อยกว่า (De Silva and Anderson, 1995; Halver and Hardy, 2002) ซึ่งผลที่ได้คล้ายกับการทดลอง



ของ Sevgili et al. (2012) ที่ทำการศึกษาการจำกัดโปรตีนในอาหารเลี้ยงปลา เรนโบว์เทร้าท์ โดยใช้โปรตีนในอาหารที่ระดับ 15, 22.5, 30 และ 37.5% protein และอาหารกลุ่มควบคุมที่ระดับโปรตีน 45% โดยทำการจำกัดโปรตีนเป็นระยะเวลา 3 สัปดาห์ และกลับมาให้อาหารที่ระดับปกติ รวมระยะเวลาในการทดลอง 9 สัปดาห์ โดยพบว่าในช่วงเวลาที่มีการจำกัดปริมาณโปรตีน ไขมันในกล้ามเนื้อมีค่าลดลง มวลกล้ามเนื้อลดลง แต่เมื่อกลับมาได้รับอาหารที่ระดับโปรตีนปกติ พบว่าระดับของโปรตีน ไขมัน และกล้ามเนื้อมีค่าเพิ่มมากขึ้นจากกลุ่มปกติ โดยแสดงลักษณะของการเจริญเติบโตชัดเจน

ตารางที่ 6 องค์ประกอบทางเคมี(%)ของเนื้อปลานิลที่ได้รับอาหารที่มีระดับโปรตีนต่างกันในระยะเวลาดัง ๆ

องค์ประกอบทางเคมีของเนื้อปลา	เริ่มต้น	T1*	T2*	T3*	T4*
ความชื้น	77.33	75.35	77.42	76.09	76.28
โปรตีน	19.61	20.21	18.21	19.73	19.59
ไขมัน	1.04	2.16	1.65	2.17	2.28
เถ้า	1.26	1.9	1.87	1.62	1.71
คาร์โบไฮเดรต	0.76	0.38	0.85	0.39	0.14
พลังงานทั้งหมด					
Kcal / 100 g	90.84	101.8	91.09	100.01	99.44

หมายเหตุ : T1 อาหารเม็ดลอยน้ำโปรตีน 32 % (ชุดควบคุม) ใช้ตลอดการทดลอง T2 อาหารเม็ดลอยน้ำโปรตีน 18 % เสริมโปรตีนชั้น\* 50 กรัม/อาหาร 1 กิโลกรัม ใช้ตลอดการทดลอง T3 อาหารเม็ดลอยน้ำโปรตีน 18 % เสริมโปรตีนชั้น\* 50 กรัม/อาหาร 1 กิโลกรัม ใช้เดือนแรก และเดือนสุดท้ายของการทดลอง สลับกับอาหารกลุ่มควบคุม T 4 อาหารเม็ดลอยน้ำโปรตีน 18 % เสริมโปรตีนชั้น\* 50 กรัม/อาหาร 1 กิโลกรัม ใช้เดือนแรกของการทดลอง สองเดือนสุดท้ายใช้อาหารกลุ่มควบคุม

ชนิด และปริมาณของกรดอะมิโนในเนื้อปลาแต่ละกลุ่มทดลองแสดงในตารางที่ 7 เมื่อพิจารณาจากค่าดังกล่าวจะเห็นได้ว่าปริมาณของกรดอะมิโนเกือบทั้งหมดในกลุ่มควบคุมมีค่าสูงกว่ากลุ่มทดลองอื่น โดยเฉพาะปลากลุ่มที่ได้รับอาหาร 18% โปรตีน และมีการเสริมโปรตีนชั้นตลอดการทดลอง ซึ่งระดับโปรตีนและกรดอะมิโนในอาหารมีความสัมพันธ์กัน และจะส่งผลต่อระดับกรดอะมิโนในเนื้อปลาด้วยเช่นกัน ดังนั้นการเสริมโปรตีนชั้นในอาหารแม้จะมีระดับโปรตีน และกรดอะมิโนที่เพิ่มขึ้น แต่ยังไม่เพียงพอต่อการนำมาใช้ในการสร้างกล้ามเนื้อ การเจริญเติบโต และเซลล์ต่างๆในร่างกาย ส่งผลต่อการเจริญเติบโตที่ต่ำกว่ากลุ่มทดลองอื่น แต่ในกลุ่มที่ได้รับอาหารกลุ่มควบคุม สลับกับอาหารทดลอง โปรตีน 18 % เสริมโปรตีนชั้น พบว่ามีการสะสมกรดอะมิโนในกล้ามเนื้อสูงกว่ากลุ่มที่ได้รับอาหารโปรตีน 18 % เสริมโปรตีนชั้น เพียงอย่างเดียวตลอดการทดลอง ซึ่งชี้ให้เห็นว่า การให้อาหารที่มีระดับกรดอะมิโนต่างกันสลับกัน มีผลต่อการสะสมของกรดอะมิโนในกล้ามเนื้อที่เพิ่มขึ้น เพียงพอต่อการเจริญเติบโตเทียบเท่ากับการได้รับอาหารที่มีระดับ

โปรตีน และกรดอะมิโนสูงตลอดเวลา ซึ่งการลดลงของโปรตีน และกรดอะมิโนในบางระยะเวลาไม่ส่งผลทางลบต่อการเจริญเติบโต และคุณภาพของเนื้อปลามากนัก

**ตารางที่ 7** ชนิดและปริมาณของกรดอะมิโนในเนื้อปลานิลที่ได้รับอาหารที่มีระดับโปรตีนต่างกันในระยะเวลาดังต่อไปนี้

ชนิดของกรดอะมิโน ในเนื้อปลา	เริ่มต้น	T1*	T2*	T3*	T4*
Alanine	2620	3342	1995	2709	2496
Arginine	1671	2303	1298	2159	1976
Aspartic acid	3715	4801	2356	3993	3838
Cystine	872	1152	789	942	908
Glutamic acid	5191	6792	4136	6099	5809
Glycin	1540	2320	1382	1929	1878
Histidine	1387	1802	1106	1563	1462
Isoleucine	1442	1887	1264	1457	1534
Leucine	3193	3990	2801	3357	3298
Lysine	2879	3630	2635	3350	3148
Methionine	1220	1587	1211	1233	1324
Phenylalanine	1739	2272	1533	1848	1856
Proline	878	782	727	781	602
Serine	1457	1935	1148	1703	1626
Threonine	1408	1803	1141	1593	1549
Tryptophan	236	180	260	241	255
Tyrosine	1283	1604	1089	1371	1356
Valine	1564	2076	1340	1669	1681

หมายเหตุ : T1 อาหารเม็ดลอยน้ำโปรตีน 32 % (ชุดควบคุม) ใช้ตลอดการทดลอง T2 อาหารเม็ดลอยน้ำโปรตีน 18 % เสริมโปรตีนชั้น\* 50 กรัม/อาหาร 1 กิโลกรัม ใช้ตลอดการทดลอง T3 อาหารเม็ดลอยน้ำโปรตีน 18 % เสริมโปรตีนชั้น\* 50 กรัม/อาหาร 1 กิโลกรัม ใช้เดือนแรก และเดือนสุดท้ายของการทดลอง สลับกับอาหารกลุ่มควบคุม T 4 อาหารเม็ดลอยน้ำโปรตีน 18 % เสริมโปรตีนชั้น\* 50 กรัม/อาหาร 1 กิโลกรัม ใช้เดือนแรกของการทดลอง สองเดือนสุดท้ายใช้อาหารกลุ่มควบคุม

ผลการทดลองดังกล่าวชี้ให้เห็นว่าการที่ปลาได้รับสารอาหารที่ไม่เพียงพอ และกลับมาได้รับสารอาหารที่สูงอีกครั้งหนึ่งร่างกายจะมีการปรับสภาพในการใช้ และเก็บรักษาสารอาหารเพื่อการเจริญเติบโตของร่างกายที่เป็นปกติ และในการทดลองนี้สรุปได้ว่าการให้อาหารที่มีระดับโปรตีนที่เหมาะสมต่อการเจริญเติบโต การใช้ประโยชน์จากอาหารได้ดีที่สุด มีต้นทุนต่ำ และส่วนตอบแทนสูงสุด และปลาสุขภาพดีที่สุดได้แก่การให้อาหารแบบใช้อาหารเม็ดลอยน้ำโปรตีน 18 % เสริมโปรตีนชั้น\* 50 กรัม/อาหาร 1 กิโลกรัม

ใช้เดือนแรกของการทดลอง สองเดือนสุดท้ายใช้อาหารกลุ่มควบคุม ซึ่งจะเป็นอาหารที่ใช้ในการทดลองที่ 2 ต่อไป

## การทดลองที่ 2 การศึกษาแนวทางการจัดการการให้อาหารที่เหมาะสมต่อการเลี้ยงปลานิล

จากการทดลองให้อาหารทดลองซึ่งแบ่งเป็น 4 กลุ่มทดลองได้แก่ ปลากลุ่มที่ให้กินจมน้ำวันละ 2 ครั้ง (T1) ปลากลุ่มที่ให้กินจมน้ำ วันเว้นวัน(T2)ปลากลุ่มที่ให้กินจมน้ำ วันละ 2 ครั้ง 1 สัปดาห์ สลับกับการให้กินจมน้ำวันเว้นวัน 1 สัปดาห์ (T3)และปลากลุ่มที่ให้กินจมน้ำ วันละ 2 ครั้ง 1 สัปดาห์ สลับกับการให้กินในปริมาณครึ่งหนึ่งของการกินจมน้ำวันละ 2 ครั้ง 1 สัปดาห์ (T4) ซึ่งทำการทดลองในปลานิลแดงขนาด 11.39 – 11.47 กรัม/ตัว โดยใช้สูตรการให้อาหารจากการทดลองที่ให้อาหารเม็ดลอยน้ำโปรตีน 18 % เสริมโปรตีนชั้น\* 35 กรัม/อาหาร 1 กิโลกรัม ใช้เดือนแรกของการทดลอง สองเดือนสุดท้ายใช้อาหารกลุ่มควบคุม ทำการทดลองทั้งหมด 12 สัปดาห์ เมื่อสิ้นสุดการทดลองทำการเก็บข้อมูลการเจริญเติบโต ได้ผลการทดลอง ดังนี้

ตารางที่ 8 การเจริญเติบโตของปลานิลที่ได้รับอาหารจำนวนแตกต่างกัน

การเจริญเติบโต	T1*	T2*	T3*	T4*	P - Value
น้ำหนักเริ่มต้น (กรัม/ตัว)	11.39± 0.01 <sup>a</sup>	11.47±0.01 <sup>a</sup>	11.42±0.13 <sup>a</sup>	11.47±0.03 <sup>a</sup>	0.5283
น้ำหนักสุดท้าย (กรัม/ตัว)	54.30±1.44 <sup>c</sup>	78.78±1.69 <sup>a</sup>	67.04±4.05 <sup>b</sup>	66.44±6.13 <sup>b</sup>	0.0082
น้ำหนักที่เพิ่มขึ้น (กรัม/ตัว)	42.91±1.42 <sup>c</sup>	67.31±1.68 <sup>a</sup>	55.62±4.17 <sup>b</sup>	54.96±6.11 <sup>b</sup>	0.0086
น้ำหนักที่เพิ่มขึ้นต่อวัน (กรัม/ตัว/วัน)	1.02±0.03 <sup>c</sup>	1.60±0.04 <sup>a</sup>	1.32±0.10 <sup>b</sup>	1.30±0.14 <sup>b</sup>	0.0092
การเจริญเติบโตจำเพาะ (%/วัน)	3.72±0.05 <sup>c</sup>	4.58±0.04 <sup>a</sup>	4.21±0.17 <sup>b</sup>	4.17±0.21 <sup>b</sup>	0.0098
อัตราการตาย (%)	100.00±0.00 <sup>a</sup>	100.00±0.00 <sup>a</sup>	100.00±0.00 <sup>a</sup>	100.00±0.00 <sup>a</sup>	1.000
เปอร์เซ็นต์น้ำหนักปลาที่เพิ่มขึ้น (%)	376.72±12.07 <sup>c</sup>	586.82±13.95 <sup>a</sup>	487.33±41.79 <sup>b</sup>	479.03±52.67 <sup>b</sup>	0.0109

หมายเหตุ : \*T1 ให้กินจมน้ำวันละ 2 ครั้ง (ชุดควบคุม) ใช้ตลอดการทดลอง T2 ปลากลุ่มที่ให้กินจมน้ำ วันเว้นวัน T3 ปลากลุ่มที่ให้กินจมน้ำวันละ 2 ครั้ง 1 สัปดาห์ สลับกับการให้กินจมน้ำวันเว้นวัน 1 สัปดาห์ T 4 ปลากลุ่มที่ให้กินจมน้ำ วันละ 2 ครั้ง 1 สัปดาห์ สลับกับการให้กินในปริมาณครึ่งหนึ่งของการกินจมน้ำวันละ 2 ครั้ง 1 สัปดาห์

การเจริญเติบโตของปลานิลในกลุ่มทดลองที่ 2 ที่ได้รับอาหารแบบให้กินจนอิ่ม วันเว้นวัน มีค่าสูงที่  $P < 0.05$ ) แต่อัตราการรอดตายมีค่าไม่ต่างกันทางสถิติ ( $P < 0.05$ ) ซึ่งจากผลการทดลองดังกล่าวชี้ให้เห็นถึงการเจริญเติบโตชดเชยแบบสมบูรณื นั่นคือช่วงการเจริญเติบโตผิดปกติอย่างรวดเร็วเป็นลักษณะที่พบมากในช่วงหลังได้รับอาหารจำกัด หรือช่วงที่เกิด nutrition stress (Jobling et al., 1994 and Ali et al., 2003) การทดลองดังกล่าวนี้เห็นผลชัดเจนจากการใช้ประโยชน์จากการศึกษาการเจริญเติบโตชดเชยโดยวิธีการให้อาหารแบบกีดกันอาหารหรือการอดอาหารทั้งหมดหรือบางส่วน ซึ่งอาจเป็นช่วงเวลาเดียวที่ถูกกีดกันอาหาร (Rueda et al., 1998; Tian and Qin, 2003) หรืออาจจะสลับช่วงเวลาที่กีดกันอาหารและให้อาหารในรอบของการให้อาหาร (Hayward et al., 1997; Wu et al., 2002; Nikki et al., 2004; Zhu et al., 2004) ผลในการทดลองนี้สอดคล้องกับหลายการทดลองที่ศึกษาเกี่ยวกับการเจริญเติบโตชดเชย เช่น การศึกษาของ Abdel-Hakim et al. (2009) ได้ศึกษาวิธีการให้อาหารลูกปลาผสม Tilapia (*Oreochromis niloticus* x *Oreochromis aureus*) เป็นเวลา 6 สัปดาห์ ทั้งหมด 4 กลุ่มการทดลอง กลุ่มควบคุมให้อาหารกินอิ่ม 2 ครั้งต่อวัน ตลอดการทดลอง และอีก 3 กลุ่มการทดลองมีการอดอาหารที่ 1, 2 และ 3 วันต่อสัปดาห์ เป็นเวลา 4 เดือน และให้อาหารกินเต็มอิ่มต่อไปอีก 2 เดือน ปลาในกลุ่มที่อดอาหาร 1 และ 2 วันต่อสัปดาห์มีน้ำหนักตัวใกล้เคียงกับกลุ่มควบคุมซึ่งแสดงให้เห็นถึงลักษณะการเจริญเติบโตที่ดีและสามารถลดต้นทุนค่าอาหารได้

การศึกษาของ Xie et al. (2001) ได้ศึกษาการเจริญเติบโตชดเชยในปลา gible carp (*Carassius gibelio*) เป็นเวลา 8 สัปดาห์ ทั้งหมด 3 กลุ่มการทดลอง กลุ่มควบคุม และกลุ่มที่ถูกอดอาหาร 1 และ 2 สัปดาห์ และให้กินเต็มอิ่มต่อไปอีก 5 สัปดาห์ ไม่พบความแตกต่างที่มีนัยสำคัญในน้ำหนักตัวสุดท้ายระหว่างสามกลุ่ม แสดงให้เห็นถึงการชดเชยที่สมบูรณืในปลาที่ถูกกีดกันอาหาร โดยจะมีน้ำหนักตัวเพิ่มเท่ากับกลุ่มควบคุมหลังจาก 2 สัปดาห์ของการได้รับอาหาร นอกจากนี้ยังมีการศึกษาของ Tian and Qin (2003) ที่ได้ศึกษาการเจริญเติบโตของลูกปลา barramundi (*Lates calcarifer*) เป็นเวลา 8 สัปดาห์ แบ่งปลาออกเป็น 4 กลุ่ม ให้ 1 กลุ่มเป็นกลุ่มควบคุมให้อาหารต่อเนื่อง และอีก 3 กลุ่มมีการอดอาหาร 1, 2 และ 3 สัปดาห์ ตามลำดับ หลังจากนั้นมีการให้อาหารอย่างเต็มอิ่มจนถึงสัปดาห์ที่ 8 เมื่อสิ้นสุดการทดลองปลาที่อดอาหาร 1 สัปดาห์ มีน้ำหนักตัวเหมือนกับกลุ่มควบคุมหลังจากให้อาหาร 3 สัปดาห์ ชี้ให้เห็นถึงการเจริญเติบโตชดเชยเช่นกัน Zhu et al. (2005) ได้ศึกษาการเจริญเติบโตชดเชยในปลา Chinese longsnout catfish (*Leiocassis longirostris*) เป็นเวลา 7 สัปดาห์ จำนวน 3 กลุ่มการทดลอง กลุ่มที่หนึ่งเป็นกลุ่มควบคุมให้อาหารอย่างต่อเนื่อง อีกสองกลุ่มให้ออดอาหาร 1 และ 2 สัปดาห์ ตามลำดับ จากนั้นมีให้อาหารอีกครั้งเป็นเวลา 4 สัปดาห์ พบว่าน้ำหนักตัวสุดท้ายในทั้ง 3 กลุ่มไม่แตกต่างกันแสดงให้เห็นว่ามีการชดเชยแบบสมบูรณืในการกีดกันอาหารของปลา Gaylord and Gatlin (2000) ได้ทดลองวิธีให้อาหารเพื่อประเมินผลการเจริญเติบโตชดเชยในปลา Channel catfish (*Ictalurus punctatus*) โดยกำหนดระยะเวลาการให้อาหาร ทดลองในบ่อกลม 4 บ่อ ให้ 2 บ่อเป็นกลุ่มควบคุมที่ให้อาหารเต็มอิ่ม 1 ครั้งต่อวัน ตลอดการทดลอง และอีก 2 บ่อไม่ให้อาหาร 4 สัปดาห์ และให้อาหารกินเต็มอิ่มทุกวันอีก 10 สัปดาห์ พบว่าในช่วงการให้อาหารกินเต็มอิ่ม 4 สัปดาห์แรก

ปลาที่อดอาหารมีอัตราการเจริญเติบโตเพิ่มขึ้นไม่เพียงพอต่อน้ำหนักตัวที่สูญเสียในการอดอาหาร 4 สัปดาห์

ประสิทธิภาพการใช้อาหาร และโปรตีน	T1*	T2*	T3*	T4*	P - Value
อัตราการกินอาหาร (%/วัน)	2.12±0.01 <sup>a</sup>	1.04±0.14 <sup>c</sup>	1.43±0.18 <sup>b</sup>	1.62±0.06 <sup>b</sup>	0.0002
น้ำหนักอาหารที่ปลากิน (กรัม/ตัว)	25.60±6.26 <sup>a</sup>	17.63±1.10 <sup>b</sup>	23.63±1.98 <sup>ab</sup>	26.43±1.26 <sup>a</sup>	0.0487
อัตราแลกเนื้อ	2.04±0.00 <sup>a</sup>	0.81±0.05 <sup>c</sup>	1.28±0.19 <sup>b</sup>	1.45±0.09 <sup>b</sup>	0.0004

แต่หลังจาก 8 สัปดาห์ของการกินอาหารเต็มอิ่ม น้ำหนักตัวที่เพิ่มขึ้น และน้ำหนักตัวรวมมีค่าเหมือนกลุ่มควบคุม และ Montserrat et al. (2007) ได้ศึกษาการเจริญเติบโตชดเชยในปลา rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*) โดยให้ออดอาหาร 1, 2 หรือ 4 สัปดาห์ แล้วให้อาหารอีกครั้งอย่างเต็มอิ่มเป็นเวลา 4 สัปดาห์ พบว่าโครงสร้าง และส่วนประกอบ น้ำหนักตัว อัตราการเจริญเติบโตจำเพาะ และปัจจัยสัมประสิทธิ์ลดลงระหว่างการอดอาหาร และการกลับมาให้อาหารใหม่อีกครั้งช่วยเร่งการเจริญเติบโตและฟื้นฟูน้ำหนักตัวสุดท้ายได้

เมื่อพิจารณาจากค่าประสิทธิภาพการใช้อาหาร (ตารางที่ 9) พบว่าสอดคล้องกับการเจริญเติบโตของปลาเช่นกันโดยพบว่าปลากลุ่มที่ได้รับอาหาร กินจนอิ่ม วันเว้นวัน ซึ่งเกิดจากการปรับตัวของร่างกายให้มีการเจริญเติบโต และมีการใช้อาหารแบบการเจริญเติบโตชดเชย สำหรับกลุ่มทดลองอื่นที่มีการจำกัดอาหาร แต่ไม่พบการเจริญเติบโตแบบการเจริญเติบโตชดเชย ทั้งนี้เนื่องจากการจำกัดอาหารในรูปแบบที่ไม่เหมาะสมหรือไม่ถูกต้องปลาจะไม่สามารถใช้อาหารหรือเจริญเติบโตได้ในสภาพการเจริญเติบโตแบบชดเชย เรียกว่ามีการเจริญเติบโตแบบชดเชยไม่สมบูรณ์ หรือการเจริญเติบโตชดเชยบางส่วน

**ตารางที่ 9** ประสิทธิภาพการใช้อาหาร และโปรตีนของปลานิลที่ได้รับอาหารจำนวนแตกต่างกัน

ประสิทธิภาพการเปลี่ยนอาหารเป็นเนื้อ (%)	48.98±0.21 <sup>c</sup>	123.85±9.36 <sup>a</sup>	79.05±11.58 <sup>b</sup>	69.19±4.88 <sup>b</sup>	0.0005
ประสิทธิภาพการใช้โปรตีน	1.06±0.20 <sup>b</sup>	1.74±0.10 <sup>c</sup>	1.04±0.05 <sup>b</sup>	1.35±0.06 <sup>a</sup>	0.0045
การใช้ประโยชน์โปรตีนสุทธิ	28.02±1.83	30.05±0.25	21.26±1.63	28.29±0.13	0.0036
ต้นทุนผลผลิตต่อปลา 1 กิโลกรัม (บาท)	49.21±0.94 <sup>a</sup>	30.69±0.92 <sup>c</sup>	38.05±2.80 <sup>b</sup>	39.45±3.18 <sup>b</sup>	0.0020
อัตราส่วนผลตอบแทนต่อต้นทุน	1.22±0.02 <sup>c</sup>	1.95±0.06 <sup>a</sup>	1.58±0.11 <sup>b</sup>	1.52±0.12 <sup>b</sup>	0.0022

หมายเหตุ : \*T1 ให้กินจันอิมวันละ 2 ครั้ง (ชุดควบคุม) ใช้ตลอดการทดลอง T2 ปลากลุ่มที่ให้กินจันอิม วันเว้นวัน T3 ปลากลุ่มที่ให้กินจันอิมวันละ 2 ครั้ง 1 สัปดาห์ สลับกับการให้กินจันอิมวันเว้นวัน 1 สัปดาห์ T 4 ปลากลุ่มที่ให้กินจันอิม วันละ 2 ครั้ง 1 สัปดาห์ สลับกับการให้กินในปริมาณครึ่งหนึ่งของการกินจันอิมวันละ 2 ครั้ง 1 สัปดาห์

ผลที่ได้จากการศึกษานี้พบว่าคล้ายกับหลายการทดลองที่พบว่าการอดอาหาร หรือจำกัดอาหารจะทำให้ปลาเกิดการเจริญเติบโตชะงักได้ แต่ถ้าจำกัดหรืออดอาหารแบบไม่เหมาะสมจะทำให้ปลาเกิดการเจริญเติบโตช้าได้เช่นกัน เช่น Hayward et al. (1997) ได้ศึกษาการเจริญเติบโตชะงักของปลาลูกผสม Sunfish (เป็นลูกผสมระหว่างตัวเมีย green sunfish *Lepomis cyanellus* กับ ตัวผู้ bliegill (*Lepomis macrochirus*) ที่รอบเช้าของการอดอาหารและการให้อาหารที่ 2, 4, 6, 10 และ 14 วัน พบว่าการเจริญเติบโตชะงักจะเกิดขึ้นทันทีหลังจากที่ได้กินอาหารเต็มอิม จากการทดลอง 105 วัน ประสิทธิภาพของการเจริญเติบโตรวมในแต่ละกลุ่มการทดลองไม่แตกต่างกัน ในลักษณะเดียวกันการศึกษาในปลาลูกผสม Tilapia (*Oreochromis niloticus* x *Oreochromis aureus*) ที่มีการอดอาหารเป็นเวลา 1, 2, และ 3 วันต่อสัปดาห์ นาน 4 เดือน และมีการให้อาหารกินเต็มอิมต่อเนื่องอีก 2 เดือน พบว่าปลาที่ถูกอดอาหารเป็นเวลา 1-2 วัน มีน้ำหนักใกล้เคียงกับกลุ่มควบคุม แสดงให้เห็นถึงการเจริญเติบโตที่ดีในการลดค่าอาหารในรูปแบบของการอดอาหารที่ 1-2 วัน อย่างไรก็ตาม การอดอาหารที่ 3 วัน จะทำให้ลักษณะการเจริญเติบโตลดลง และอัตราการเจริญเติบโตช้ากว่าในระหว่างกลุ่มที่อดอาหาร Rosaure et al. (2009) ได้ศึกษาการเจริญเติบโตชะงักของลูกปลา walleyes (*Sander Vitreus*) ได้กำหนดช่วงการให้อาหารต่อเนื่อง 5 วัน ตามด้วยการอดอาหาร 2 วัน และการให้อาหารต่อเนื่อง 3 วัน ตามด้วยการอดอาหาร 4 วัน เป็นระยะเวลา 8 สัปดาห์ พบว่าลูกปลา walleyes (*Sander Vitreus*) มีการเจริญเติบโตชะงักที่สมบูรณ์ในการให้อาหารต่อเนื่อง 5 วันตามด้วยการอดอาหาร 2 วัน และพบการเจริญเติบโตชะงักบางส่วนในปลาที่ให้อาหารต่อเนื่อง 3 วัน ตามด้วยอดอาหาร 4 วัน ซึ่งแสดงถึงความสำเร็จในการเจริญเติบโตชะงักในผลผลิตของลูกปลา ซึ่งคล้ายกับการทดลองของ Turano et al. (2008) ที่ได้ศึกษารอบการอดอาหาร 3 สัปดาห์ ตามด้วยการให้อาหาร 3 สัปดาห์ ตามด้วยการให้อาหาร 6 สัปดาห์ เปรียบเทียบกับกลุ่มควบคุมที่ให้อาหารกินเต็มอิมต่อเนื่องทุกวัน 2 ครั้งต่อวัน ในปลาลูกผสม striped bass (*Morone chrysops* x *M. saxatilis*) จากการศึกษาพบว่าปลาในรอบการอดอาหารทั้ง 2 รอบ มีน้ำหนักตัวน้อยกว่ากลุ่มควบคุม ซึ่งแสดงถึงการชะงักบางส่วนในการเจริญเติบโต เมื่อพิจารณาจากปริมาณอาหารที่กินน้อยกว่า และประสิทธิภาพการใช้อาหารที่ต่ำกว่าจึงส่งผลให้ต้นทุนที่ผลิตต่ำกว่ากลุ่มทดลองอื่น และทำให้ค่าอัตราส่วนผลตอบแทนต่อต้นทุนสูงกว่ากลุ่มทดลองอื่นอย่างเห็นได้ชัด

สำหรับเปอร์เซ็นต์ซาก และสุขภาพของปลาพิจารณาจากค่าดัชนีตับ และค่าทางชีวเคมีของเลือด แสดงในตารางที่ 10 มีค่าคล้ายกับผลการทดลองที่ 4

**ตารางที่ 10** เปอร์เซ็นต์ซาก ดัชนีตับ และค่าทางชีวเคมีของเลือดปลาที่ได้รับอาหารที่จำนวนแตกต่างกัน  
หมายเหตุ : \*T1 ให้กินจมน้ำวันละ 2 ครั้ง (ชุดควบคุม) ใช้ตลอดการทดลอง T2 ปลากลุ่มที่ให้กินจมน้ำ วันเว้นวัน T3 ปลากลุ่มที่ให้

เปอร์เซ็นต์ซาก ดัชนีตับ และค่าทางชีวเคมีของเลือด	T1*	T2*	T3*	T4*	P - Value
อวัยวะภายใน (%)	8.52±0.09 <sup>a</sup>	8.63±0.42 <sup>a</sup>	8.53±0.32 <sup>a</sup>	8.61±0.46 <sup>a</sup>	0.8378
กระดูก (%)	59.65±3.54 <sup>ab</sup>	65.74±3.19 <sup>a</sup>	63.58±0.47 <sup>a</sup>	54.55±0.23 <sup>b</sup>	0.0323
เนื้อส่วนกินได้(%)	26.16±1.46 <sup>c</sup>	32.47±2.29 <sup>a</sup>	30.90 ±1.29 <sup>b</sup>	21.08±3.45 <sup>b</sup>	0.0238
ค่าดัชนีตับ (%)	1.49±0.25 <sup>a</sup>	1.32 ± 0.29 <sup>a</sup>	1.41±0.14 <sup>a</sup>	1.63±0.11 <sup>a</sup>	0.5951
ไกลโคเจนในตับ (mg/g)	2.35 ± 0.40 <sup>b</sup>	3.56 ± 0.20 <sup>a</sup>	3.74 ± 0.46 <sup>a</sup>	3.13 ± 0.40 <sup>a</sup>	0.0074
ปริมาณกลูโคสในเลือด (mmol)	5.53±0.10 <sup>a</sup>	5.49 ±0.08 <sup>a</sup>	4.64±0.25 <sup>b</sup>	2.94±0.18 <sup>c</sup>	0.0006
ปริมาณไตรกลีเซอไรด์ในเลือด(mmol)	3.19±0.04 <sup>b</sup>	2.60±0.10 <sup>c</sup>	4.70±0.20 <sup>a</sup>	1.54±0.05 <sup>d</sup>	0.0001

กินจมน้ำวันละ 2 ครั้ง 1 สัปดาห์ สลับกับการให้กินจมน้ำวันเว้นวัน 1 สัปดาห์ T 4 ปลากลุ่มที่ให้กินจมน้ำ วันละ 2 ครั้ง 1 สัปดาห์ สลับกับการให้กินในปริมาณครึ่งหนึ่งของการกินจมน้ำวันละ 2 ครั้ง 1 สัปดาห์

ผลที่ได้นี้คล้ายกับผลที่ได้จากการทดลองที่ 1 เนื่องจากการจำกัดสารอาหารเช่นเดียวกัน โดยปริมาณกลูโคสจะมีค่าแปรผกผันกับการสะสมไกลโคเจนในตับเนื่องจากว่าปลาเป็นสัตว์ที่นำน้ำตาลเข้าสู่เซลล์ได้ช้า ดังนั้นการได้รับสารอาหารแบบปกติจะทำให้ร่างกายจะทำให้ร่างกายของปลามีการนำน้ำตาลเข้าสู่เซลล์แบบปกติ (De Silva and Anderson, 1995) แต่ในปลาที่ได้รับอาหารแบบจำกัดโปรตีนร่างกายจะมีการปรับสภาพให้ใช้น้ำตาลหรือกักเก็บน้ำตาลเข้าสู่เซลล์มากขึ้น และเร็วขึ้น ทำให้ระดับน้ำตาลในเลือดต่ำกว่ากลุ่มปกติ และน้ำตาลที่เก็บเข้าสู่เซลล์ที่เหลือจากการใช้จะถูกสะสมที่ตับในรูปของไกลโคเจนต่อไป (เวียง, 2543) สำหรับค่าไตรกลีเซอไรด์ในเลือดของสัตว์น้ำมักจะเกี่ยวข้องกับอาหารที่ได้รับ ซึ่งอาจเกี่ยวข้องกับระดับของสารอาหารที่ปลาได้รับด้วยเช่นกัน เมื่อสังเกตค่าไตรกลีเซอไรด์จะสวนทางกันกับค่ากลูโคสในเลือด เนื่องจากน้ำตาลที่ร่างกายดูดซึมเข้าสู่เซลล์แล้ว ยังเหลือจากการใช้ประโยชน์ ร่างกายจะเปลี่ยนกลูโคสเป็นไขมัน ซึ่งก็อยู่ในรูปของไตรกลีเซอไรด์ด้วยเช่นกัน จึงส่งผลให้กลุ่มที่มีระดับกลูโคสในเลือดต่ำ มีระดับไตรกลีเซอไรด์ในเลือดสูง (Halver and Hardy, 2002)

องค์ประกอบทางเคมีของเนื้อปลาได้แก่ ความชื้น โปรตีน ไขมัน เถ้า คาร์โบไฮเดรต และ พลังงาน ทั้งหมด แสดงในตารางที่ 11ซึ่งพบว่า ความชื้น โปรตีน ไขมัน เถ้า คาร์โบไฮเดรต และ พลังงานทั้งหมดของปลาในกลุ่มทดลองที่ 2 ได้แก่ปลาที่ได้รับอาหารอาหารเม็ดลอยน้ำโปรตีน 18 % เสริมโปรตีนชั้น\* 50 กรัม/

อาหาร 1 กิโลกรัม ใช้เดือนแรกของการทดลอง สองเดือนสุดท้ายใช้อาหารกลุ่มควบคุม และให้อาหารแบบกินจนอิ่ม วันเว้นวัน มีระดับโปรตีนในเนื้อสูงกว่ากลุ่มทดลองอื่น ทั้งนี้เนื่องจากปลาในกลุ่มดังกล่าวมีค่าประสิทธิภาพการใช้โปรตีน และการใช้ประโยชน์จากโปรตีนสุทธิ ดีกว่ากลุ่มทดลองอื่น ส่งผลให้ระดับการสะสมโปรตีนในกล้ามเนื้อมีค่าสูงกว่ากลุ่มทดลองอื่นด้วย ซึ่งผลดังกล่าวชี้ให้เห็นการเจริญเติบโตชัดเจน ซึ่งผลที่ได้คล้ายกับการทดลองของ Azodi, et al. (2015) ที่ศึกษาการเจริญเติบโตของปลา rainbow trout โดยให้อาหารแบบติดต่อกันทุกวัน วันละ 2 ครั้งให้กินจนอิ่ม กลุ่ม T1 อดอาหาร 1 สัปดาห์กับการให้อาหาร 2 วัน กลุ่ม T2 อดอาหาร 1 วัน สลับกับการให้อาหาร 4 วัน กลุ่ม T3 อดอาหาร 3 วัน สลับกับการให้อาหาร 12 วัน และกลุ่ม T4 อดอาหาร 4 วัน สลับกับการให้อาหาร 16 วัน ทำการทดลอง 60 วัน จากการทดลองพบว่า กลุ่ม T3 อดอาหาร 3 วัน สลับกับการให้อาหาร 12 วัน ให้ค่าเปอร์เซ็นต์โปรตีนของปลาสูงกว่ากลุ่มทดลองอื่น

**ตารางที่ 11** องค์ประกอบทางเคมี(%)ของเนื้อปลานิลที่ได้รับอาหารที่มีระดับโปรตีนต่างกันในระยะเวลาดังกล่าว

องค์ประกอบทางเคมีของเนื้อปลา	เริ่มต้น	T1*	T2*	T3*	T4*
ความชื้น	77.33	75.35	77.42	76.09	76.28
โปรตีน	19.61	20.21	21.21	19.73	19.59
ไขมัน	1.04	2.16	2.15	2.17	2.28
เถ้า	1.26	1.9	1.57	1.62	1.71
คาร์โบไฮเดรต	0.76	0.38	0.35	0.39	0.14
พลังงานทั้งหมด					
Kcal / 100 g	90.84	101.8	101.09	100.01	99.44

หมายเหตุ : \*T1 ให้กินจนอิ่มวันละ 2 ครั้ง (ชุดควบคุม) ใช้ตลอดการทดลอง T2 ปลากลุ่มที่ให้กินจนอิ่ม วันเว้นวัน T3 ปลากลุ่มที่ให้กินจนอิ่มวันละ 2 ครั้ง 1 สัปดาห์ สลับกับการให้อาหารวันเว้นวัน 1 สัปดาห์ T 4 ปลากลุ่มที่ให้กินจนอิ่ม วันละ 2 ครั้ง 1 สัปดาห์ สลับกับการให้อาหารในปริมาณครึ่งหนึ่งของการกินจนอิ่มวันละ 2 ครั้ง 1 สัปดาห์

เมื่อพิจารณาจากค่าดังกล่าวจะเห็นได้ว่าปริมาณของกรดอะมิโนเกือบทั้งหมดในกลุ่มควบคุมมีค่าสูงกว่ากลุ่มทดลองอื่น โดยเฉพาะปลากลุ่มที่ได้รับอาหาร 18% โปรตีน และมีการเสริมโปรตีนขึ้นตลอดการทดลอง ซึ่งระดับโปรตีน และกรดอะมิโนในอาหารมีความสัมพันธ์กัน และจะส่งผลต่อระดับกรดอะมิโนในเนื้อปลาด้วยเช่นกัน ดังนั้นการเสริมโปรตีนขึ้นในอาหารแม้จะมีระดับโปรตีน และกรดอะมิโนที่เพิ่มขึ้น แต่ยังไม่เพียงพอต่อการนำมาใช้ในการสร้างกล้ามเนื้อ การเจริญเติบโต และเซลล์ต่างๆในร่างกาย ส่งผลต่อการเจริญเติบโตที่ต่ำกว่ากลุ่มทดลองอื่น แต่ในกลุ่มที่ได้รับอาหารกลุ่มควบคุม สลับกับอาหารทดลอง โปรตีน 18



การทดลอง ซึ่งให้อาหารที่มีโนต่างกัน การสะสมของกล้ามเนื้อที่ต่อการเทียบเท่ากับการระดับโปรตีนสูงตลอดเวลา ซึ่งโปรตีน และบางระยะเวลาไม่ การเจริญเติบโต เนื้อปลามากนัก	พบว่ามีการสะสมกรดอะมิโนในกล้ามเนื้อสูงกว่ากลุ่มที่ได้รับอาหารโปรตีน 18 % เสริมโปรตีนชั้น เพียง						อย่างเดี่ยวดตลอด ซึ่งให้เห็นว่า การระดับกรดอะมิโนในกล้ามเนื้อเพิ่มขึ้น เพียงพอเจริญเติบโต ได้รับอาหารที่มีและกรดอะมิโนในการลดลงของกรดอะมิโนในส่งผลทางลบต่อและคุณภาพของ
	ชนิดของกรดอะมิโนในเนื้อปลานิล	เริ่มต้น	T1*	T2*	T3*	T4*	
Alanine	2622	3341	1994	2707	2495		
Arginine	1669	2301	1298	2158	1977		
Aspartic acid	3714	4803	2357	3994	3839		
Cystine	871	1152	788	943	907		
Glutamic acid	5193	6793	4135	6097	5808		
Glycin	1538	2322	1381	1928	1879		
Histidine	1367	1803	1105	1564	1461		
Isoleucine	1443	1888	1265	1458	1533		
Leucine	3191	3992	2802	3356	3297		
Lysine	2876	3631	2636	3351	3147		

ตารางที่ 12 ชนิดและปริมาณของกรดอะมิโนในเนื้อปลานิลที่ได้รับอาหารที่มีระดับโปรตีนต่างกันในระยะเวลาดังกล่าว

Methionine	1218	1588	1212	1234	1323
Phenylalanine	1741	2271	1534	1847	1854
Proline	876	781	726	782	603
Serine	1456	1934	1149	1704	1625
Threonine	1409	1802	1142	1592	1548
TryptopHan	235	181	261	242	256
Tyrosine	1285	1603	1087	1372	1357
Valine	1563	2075	1341	1668	1682

หมายเหตุ : \*T1 ให้กินจมนอิมวันละ 2 ครั้ง (ชุดควบคุม) ใช้ตลอดการทดลอง T2 ปลากลุ่มที่ให้กินจมนอิม วันเว้นวัน T3 ปลากลุ่มที่ให้กินจมนอิมวันละ 2 ครั้ง 1 สัปดาห์ สลับกับการให้กินจมนอิมวันเว้นวัน 1 สัปดาห์ T 4 ปลากลุ่มที่ให้กินจมนอิม วันละ 2 ครั้ง 1 สัปดาห์ สลับกับการให้กินในปริมาณครึ่งหนึ่งของการกินจมนอิมวันละ 2 ครั้ง 1 สัปดาห์

จากผลการทดลองของทั้งสองการทดลองสรุปได้ว่า การใช้อาหารที่มีระดับโปรตีนต่ำ และมีการเสริมโปรตีนชั้นเพื่อเพิ่มโปรตีน และกรดอะมิโนจากสัตว์ และมีวิธีการให้ที่เหมาะสมคือ อาหารเม็ดลอยน้ำโปรตีน 18 % เสริมโปรตีนชั้น\* 35 กรัม/อาหาร 1 กิโลกรัม ใช้เดือนแรกของการทดลอง สองเดือนสุดท้ายใช้อาหารกลุ่มควบคุม และให้อาหารแบบกินจมนอิม แบบวันเว้นวัน จะทำให้ปลานิลแดงมีการเจริญเติบโตดีที่สุด สามารถลดต้นทุนอาหารได้ 37.63% ซึ่งต้นทุนอาหารคิดเป็น 60% ของต้นทุนทั้งหมด เท่ากับสามารถลดต้นทุนการผลิตได้ถึง 1 ใน 3 ของต้นทุนการผลิตทั้งหมด ดังแสดงในตารางที่ 13

ตารางที่ 13 แสดงความคุ้มทุน และต้นทุนที่ลดลง

การเลี้ยงปลา	อัตราการเปลี่ยน อาหารเป็นเนื้อ	อาหารที่ใช้	ราคาอาหาร	ส่วนต่างที่ลดลง	ส่วนที่ต้องจ่ายจริง
1,000 กิโลกรัม	1.5	1,500 กิโลกรัม	520 บาท/20 กิโลกรัม เท่ากับ 39,000 บาท	37.60% เท่ากับ 14,664 บาท	39000 – 14664 = 24,336บาท
1,000 กิโลกรัม	1.0	1,000 กิโลกรัม	520 บาท/20 กิโลกรัม เท่ากับ 26,000 บาท	37.60% เท่ากับ 9,776บาท	26,000 – 9,776 = 16,224บาท
1,000 กิโลกรัม	2	2,000 กิโลกรัม	520 บาท/20 กิโลกรัม เท่ากับ 52,000 บาท	37.60% เท่ากับ 19,522 บาท	52,000 – 19,522 = 32,478 บาท

## บทที่ 5

### สรุปผลการวิจัย

จากผลการทดลองของทั้งสองการทดลองสรุปได้ว่า การใช้อาหารที่มีระดับโปรตีนต่ำ และมีการเสริมโปรตีนชั้นเพื่อเพิ่มโปรตีน และกรดอะมิโนจากสัตว์ และมีวิธีการให้ที่เหมาะสมคือ อาหารเม็ดลอยน้ำโปรตีน 18 % เสริมโปรตีนชั้น\* 35 กรัม/อาหาร 1 กิโลกรัม ใช้เดือนแรกของการทดลอง สองเดือนสุดท้ายใช้อาหารกลุ่มควบคุม และให้อาหารแบบกินจนอิ่ม แบบวันเว้นวัน จะทำให้ปลานิลแดงมีการเจริญเติบโตดีที่สุดที่สามารถลดต้นทุนอาหารได้ 37.63% ซึ่งต้นทุนอาหารคิดเป็น 60% ของต้นทุนทั้งหมด เท่ากับสามารถลดต้นทุนการผลิตได้ถึง 1 ใน 3 ของต้นทุนการผลิตทั้งหมด

### บรรณานุกรม

- กรมประมง. 2558ก. สถิติการประมงแห่งประเทศไทย. กลุ่มวิจัยและวิเคราะห์สถิติการประมงศูนย์  
สารสนเทศ.[ระบบออนไลน์]. แหล่งที่มา<http://www.fisheries.go.th> (1 สิงหาคม 2558).
- กรมประมง. 2558ข. ข่าวประชาสัมพันธ์: กรมประมงจัดแถลงข่าว... เปิดตัว “สัตว์น้ำ 3 ชนิด” หนุนเข้า  
“แปลงใหญ่” ตามนโยบายกระทรวงเกษตรและสหกรณ์. ฝ่ายประชาสัมพันธ์ สำนักงาน  
เลขาธิการกรม กรมประมง. [ระบบออนไลน์]. แหล่งที่มา<http://www.fisheries.go.th> (1  
สิงหาคม 2558).
- นิรนาม. 2558. การเจริญเติบโตสดเชย. [ระบบออนไลน์]. แหล่งที่มา[http://www.as.mju.ac.th/E-  
Book/t\\_sutus/Aniglowth](http://www.as.mju.ac.th/E-Book/t_sutus/Aniglowth). 25 สิงหาคม 2558.
- เวียง เชื้อโพธิ์หัก. 2543. โภชนศาสตร์สัตว์น้ำและการให้อาหารสัตว์น้ำ พิมพ์ครั้งที่ 2 พิมพ์ลักษณะ  
กรุงเทพฯ.
- สมาคมผู้ผลิตปลาป่นไทย. 2558. ประกาศราคาปลาป่นประจำวัน. [ระบบออนไลน์]. แหล่งที่มา  
<http://www.thaifishmeal.com/index.php>
- A.O.A.C.2000. Official methods of analysis. Virginia : Association of Official Analytical  
Chemist, Inc.
- Abdel-Hakim, N.F., Abo State, H.A., Al-Azab, A.A., & El-Kholy, F.K. (2009). Effect of feeding

- regimes on growth performance of juvenile hybrid tilapia (*Oreochromis niloticus* x *Oreochromis aureus*). World Journal of Agricultural Science, 5 (1), 49-54.
- Adeyolu, M.A., Adoti A.J., 2010. Effect of Mixed Feeding Schedules with Varying Dietary Crude Protein Levels on the Growth and Feed Utilization of *Clarias gariepinus* (Burchell, 1822) Fingerlings. Journal of fisheries and aquatic science. 5(4):304-310.
- Arendt, J. D. 1997. Adaptive Intrinsic Growth Rates: An Integration Across Taxa. The Quarterly Review of Biology 72(2): 49-177.
- Ali, M., Nicieza, A., and Wootton, R. J. 2003. Compensatory growth in fishes: a response to growth depression. Fish Fish. (Oxf.) 4,147–190.
- Azodi, M., E. Ebrahimi, O. Farhadian, N. M. Soofiani and V. Morshedi. 2015. Compensatory growth response of rainbow trout *Oncorhynchus mykiss* Walbaum following short starvation periods. Chinese Journal of Oceanology and Limnology, 33 (4): 928–933.
- Bezerra, R.S., E.J.F. Lins, R.B. Alencar, P.M.G. Paiva, M.E.C. Chaves, C.B.B. Luana and L.B.Jr. 2005. Alkaline proteinase from intestine of Nile tilapia (*Oreochromis niloticus*). Proc.Biochem. 40: 1829 – 1834.
- Bhattacharyya. B.K. 2008. Bromelain : An overview. Natural production radiance. 7: 359 – 363.
- Boujard, T., M. Jourdan, M. Kentouri and P. Divanach. 1996. Diel feeding activity and the effect of time-restricted self-feeding on growth and feed conversion in European sea bass. Aquaculture 127, 129–137.
- Bromelain (Pineapple enzyme). 2005. Bromelain (Pineapple enzyme). [ระบบออนไลน์]. แหล่งที่มา [http://www.worldhealth.net/news/bromelain\\_pineapple\\_enzyme/](http://www.worldhealth.net/news/bromelain_pineapple_enzyme/) (7 สิงหาคม 2557)
- De Silva, S.S. and T.A. Anderson. 1995. Fish nutrition in aquaculture. United Kingdom: Chapman & Hall. 319 pp.
- Eroldogan, O.T., C. Suzer., O. Tasbozan. And S. Tabakoglu. 2008. The effects of rate restricted feeding regimes in cycles on digestive enzymes of gilthead sea bream, *Sparus aurata*. Turkish Journal of Fisheries and Aquatic Sciences. 8:49-54.
- Fageer, A.S.M. and A.H. El – Tinay. 2004. Effect of genotype, malt pretreatment and cooking on in vitro protein digestibility and protein fraction of corn. Food Chem. 84(4): 613 – 619.
- Gaylord, T.G. and D.M. Gatlin. 2001. Dietary protein and energy modifications to maximize

- compensatory growth of channel catfish (*Ictalurus punctatus*). *Aquaculture*. 194:337-348.
- Gimenez, A.V.F., I. Fernandez, R.M. Preciado, M. Oliva, D. Tova and H. Nolasco. 1999. The activity of digestive enzyme during the molting stage of the arched swimming *Callinectes Arcutus orday*, 1863. (Crustacea : decapoda: portunidae). *Bull. Mar. Sci.* 65(1): 1 – 9.
- Hale, L. P., P. K. Greer, C. T. Trinh and C. L. James. 2005. Proteinase activity and stability of natural bromelain preparations. *International Immunopharmacology*. 5(4): 783–793.
- Halver, J.E. and R. w. Hardy. 2002. *Fish Nutrition*. 3th Ed., Academic Press, New York.
- Hayward, R. S., D. N. Wang and B. Noltie. 2000. Group holding impedes compensatory growth of hybrid sunfish. *Aquaculture* 183 (3–4) : 299-305.
- Jiwyam, W. 2010. Growth and compensatory growth of juvenile *Pangasius bocourti* Sauvage, 1880 relative to ration. *Aquaculture* 306 (1–4) : 393-397.
- Jobling, M., Meløy, O. H., Santos, J. and Christiansen, B. 1994. The compensatory growth response of the Atlantic cod: effects of nutritional history. *Aquac. Int.* 2, 75–90.
- Klahan R. and B. sirthawong. 2015. Growth performance and feed utilization of common lowland frog (*Rana rugulosa* Wiegmann) fed with supplementation by bromelain extraction from pine apple feed at different levels. The 6<sup>th</sup> ICERD-International Conference on Environmental and Rural Development. Bohol, Philippines.
- Klomklao, S., H. Kishimura, M. Yabe and S. Benjakul. Purification and characterization of two pepsins from the stomach of pectoral rattail (*Coryphaenoides pectoralis*). *Comp. Biochem. Physiol B: Biochem. and Molec. Biol.*147(4): 682-689.
- Montserrat, N., J. C., Gabillard, E. Capillac, M. I. Navarro and J. Gutiérrez. 2007. Role of insulin, insulin-like growth factors, and muscle regulatory factors in the compensatory growth of the trout (*Oncorhynchus mykiss*). *General and Comparative Endocrinology* 150 (3) : 462-472.
- Metcalf, N.B. and P.Monaghan. 2001. Compensation for a bad start:grow now, pay later? *Trends Ecol. Evol.*, 16: 254–260.

- Metroguy. 2551. “เอนไซม์โบรมีเลน” จากสับประรด. Enzyme: enzyme สับประรด. [ระบบออนไลน์]. แหล่งที่มา <http://myenzyme.blogspot.com/> (7 สิงหาคม 2557)
- Nikki, J., J. Pirhonen, M. Jobling and J. Karjalainen. 2004. Compensatory growth in juvenile rainbow trout, *Oncorhynchus mykiss* (Walbaum), held individually. *Aquaculture* 235 (1-4) : 285-296.
- Rosauer, D. R., J. E. Morris and R. D. Clayton. 2009. Role of compensatory growth in walleye fingerling production. *North American Journal of Aquaculture*, Bethesda, 71(1): 35-38.
- Performance and economic analysis of the production of Nile tilapia submitted to different feeding management (PDF Download Available). Available from: [https://www.researchgate.net/publication/306233908\\_Performance\\_and\\_economic\\_analysis\\_of\\_the\\_production\\_of\\_Nile\\_tilapia\\_submitted\\_to\\_different\\_feeding\\_management](https://www.researchgate.net/publication/306233908_Performance_and_economic_analysis_of_the_production_of_Nile_tilapia_submitted_to_different_feeding_management) [accessed Dec 21 2017].
- Rueda, F.M., F.J. Martinez, S. Zamora, M. Kentouri, P. Divanach. 1998. Effect of fasting and refeeding on growth and body composition of red porgy, *Pagrus pagrus* L. *Aquacult Res.* 29:447-452.
- Sevgili H., B. Hoşsu, Y.Emre and M. Kanyılmaz. 2012. Compensatory growth after various levels of dietary protein restriction in rainbow trout, *Oncorhynchus mykiss*. *Aquaculture* 344 – 349: 126-134.
- Sibly, R. and P.Calow. 1986. *Physiological ecology of animals: an evolutionary approach*. Blackwell Scientific Publications, Oxford. 179 pages
- Tian, X. and J.G. Qin. 2003. A single phase of food deprivation provoked compensatory growth in barramundi *Lates calcarifer*. *Aquaculture*. 39:1514-1523.
- Turano, M.J., R.J. Borski and H.V. Daniels. 2007. Compensatory growth of pond-reared hybrid striped bass, *Morone chrysops* x *M. saxatilis*, Çngerlings. *Journal of the World Aquaculture Society* 38: 250 – 261.
- Won, E. T. and R. J. Borski. 2013. Endocrine regulation of compensatory growth in fish. *Front. Endocrinol.*, 01 July 2013. <https://doi.org/10.3389/fendo.2013.00074>
- Worldhealth. 2005. Bromelain (Pineapple enzyme). [source] online: [http://www.worldhealth.net/news/bromelain\\_pineapple\\_enzyme/](http://www.worldhealth.net/news/bromelain_pineapple_enzyme/) August 2014, 15
- Xie, S., Zhu, X., Cui, Y., Wooton, R. J., Lei, W., & Yang, Y. (2001). Compensatory growth in



the gibel carp following feed deprivation: Temporal patterns in growth, nutrient deposition, feed intake and body Composition. Journal of Fish Biology, 58(4), 99-1009. doi: 10.1111/j.1095-8649.2001.tb00550.x

Zhu, X., S. Xie, W. Lei, Y. Cui, Y. Yang, and R.J. Wootton. 2005. Compensatory growth in the Chinese longsnout catfish, *Leiocassis longirostris* following feed deprivation: Temporal patterns in growth, nutrient deposition, feed intake and body composition. Aquaculture. 248:307-314.

