



ใบรับรองวิทยานิพนธ์
บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต (เพาะเลี้ยงสัตว์น้ำ)

ปริญญา

เพาะเลี้ยงสัตว์น้ำ

เพาะเลี้ยงสัตว์น้ำ

สาขา

ภาควิชา

เรื่อง การพัฒนาอาหารวัยอ่อนและการใช้ประโยชน์แป้งดัดแปรรูปในอาหารระยะเริ่มต้น
สำหรับปลาดุกลูกผสม (*Clarias macrocephalus* x *Clarias gariepinus*)

Development of Early Stage Feed and Utilization of Modified Starch in Starter Feed for
Hybrid Catfish (*Clarias macrocephalus* x *Clarias gariepinus*)

นามผู้วิจัย นายล้านแก้ว แพงอรุณ

ได้พิจารณาเห็นชอบโดย

อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก

(รองศาสตราจารย์ประทักษ์ ดาบทิพย์วรรณ, Doctorat de 3 cycle)

อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ร่วม

(รองศาสตราจารย์อรพินท์ จินตสถาพร, วท.ด.)

อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ร่วม

(อาจารย์สันติ พ่วงเจริญ, ประ.ด.)

หัวหน้าภาควิชา

(ผู้ช่วยศาสตราจารย์พงศ์เชษฐา พิชิตกุล, วท.ม.)

บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์รับรองแล้ว

(รองศาสตราจารย์กัญญา วีระกุล, D.Agr.)

คณบดีบัณฑิตวิทยาลัย

วันที่ เดือน พ.ศ.

สืบศิริ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

วิทยานิพนธ์

เรื่อง

การพัฒนาอาหารวัยอ่อนและการใช้ประโยชน์แป้งคัดแปรรูปในอาหารระยะเริ่มต้น
สำหรับปลาดุกลูกผสม (*Clarias macrocephalus* x *Clarias gariepinus*)

Development of Early Stage Feed and Utilization of Modified Starch in Starter Feed
for Hybrid Catfish (*Clarias macrocephalus* x *Clarias gariepinus*)

โดย

นายล้านแก้ว เพงอรุณ

เสนอ

บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์
เพื่อความสมบูรณ์แห่งปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต (เพาะเลี้ยงสัตว์น้ำ)

พ.ศ. 2554

ล้านแก้ว แพงอรุณ 2554: การพัฒนาอาหารวัยอ่อนและการใช้ประโยชน์แปรรูปในอาหารระยะเริ่มต้นสำหรับปลาดุกลูกผสม (*Clarias macrocephalus* x *Clarias gariepinus*) ปรินญาวิทยาศาสตร์มหาบัณฑิต (เพาะเลี้ยงสัตว์น้ำ) สาขาวิชาเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำ ภาควิชาเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำ
อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก: รองศาสตราจารย์ประทีภย์ ตาบทพิพัชรณ, Doctorat de 3 cycle.
63 หน้า

การทดลองด้านอาหารเพื่อการอนุบาลลูกปลาดุกผสมวัยอ่อนอายุ 3-10 วัน และ ในลูกปลาอายุ 13-28 วันด้วยอาหาร ได้แก่ ไรแดง มีโปรตีนร้อยละ 68.12 อาหารที่ประกอบด้วยยีสต์ โปรไบโอติก และพรีมิกซ์ มีโปรตีนร้อยละ 32.73 อาหารที่ 3 ประกอบด้วยยีสต์ โปรไบโอติก นมผง และพรีมิกซ์ มีโปรตีนร้อยละ 31.05 อาหารที่ 4 ประกอบด้วยยีสต์ และพรีมิกซ์มีโปรตีนร้อยละ 33.47 และอาหารที่ 5 อาร์ทีเมียฟลอกเปลือกมีโปรตีนร้อยละ 49.25 เป็นเวลา 7 วัน พบว่าการเจริญเติบโต อัตรารอด อัตราแลกเนื้อของลูกปลาที่อนุบาลด้วยอาร์ทีเมียฟลอกเปลือกดีกว่าทุกกลุ่มอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P<0.05$)

การทดลอง ที่2 อนุบาลลูกปลาดุกผสมอายุ 13 วันด้วยอาหาร 3 ชนิดคือ อาหารลูกปลาดุกวัยอ่อนชนิดผงโปรตีนร้อยละ 40.0 อาหารผสมแป้งมันสำปะหลังดัดแปรรูปทางกายภาพมีโปรตีนร้อยละ 32.87 และอาหารผสมแป้งมันสำปะหลังดัดแปรรูปทางเคมีมีโปรตีนร้อยละ 33.91 เป็นเวลา 14 วัน พบว่าการเจริญเติบโต อัตรารอดตายและอัตราแลกเนื้อไม่มีความแตกต่างทางสถิติ ($P>0.05$) องค์ประกอบทางเคมีของเนื้อปลาดีสุดคือกลุ่มที่อนุบาลด้วยอาหารปลาดุกวัยอ่อนชนิดผง (โปรตีนสูงและไขมันต่ำ) แต่มีต้นทุนค่าอาหารสูงกว่าทุกกลุ่มการทดลองทางสถิติ ($P<0.05$)

การทดลองที่ 3 อนุบาลลูกปลาดุกผสมอายุ 13 วัน ด้วยอาหาร 2 ชนิดคือ อาหารปลาดุกวัยอ่อนชนิดผงโปรตีนร้อยละ 40.0 และอาหารผสมสำเร็จแป้งข้าวเจ้าดัดแปรรูปมีโปรตีนร้อยละ 36.32 เป็นเวลา 14 วัน พบว่าการเจริญเติบโต อัตรารอดตายและอัตราแลกเนื้อไม่มีความแตกต่างทางสถิติ ($P>0.05$) ต้นทุนค่าอาหารของลูกปลาที่อนุบาลด้วยอาหารปลาดุกวัยอ่อนชนิดผงมีค่าสูงสุด ($P<0.05$) องค์ประกอบทางเคมีของเนื้อปลาดีด้านปริมาณโปรตีนดีสุดคือกลุ่มที่อนุบาลด้วยอาหารปลาดุกวัยอ่อน ($P<0.05$) แต่ปริมาณความชื้น ไขมัน และเถ้าในเนื้อปลาไม่แตกต่างกัน ($P>0.05$).

การทดลองที่ 4 ศึกษาประสิทธิภาพการย่อยโปรตีนและคาร์โบไฮเดรตโดยเอนไซม์จากปลาดุกที่กินอาร์ทีเมียฟลอกเปลือกในอาหารปลาดุกวัยอ่อนชนิดผง อาหารผสมแป้งมันดัดแปรรูปทางกายภาพ อาหารผสมแป้งมันดัดแปรรูปทางเคมี และอาหารผสมแป้งข้าวเจ้าดัดแปรรูปทางกายภาพ พบว่าเอนไซม์สามารถย่อยโปรตีนจากอาหารปลาดุกวัยอ่อนชนิดผงได้สูงสุด รองลงมาคืออาหารผสมแป้งข้าวเจ้าดัดแปรรูปทางกายภาพ อาหารผสมแป้งมันดัดแปรรูปทางเคมี และอาหารผสมแป้งมันดัดแปรรูปทางกายภาพ ($P<0.05$) ส่วนประสิทธิภาพการย่อยคาร์โบไฮเดรตพบว่า เอนไซม์สามารถย่อยคาร์โบไฮเดรตจากอาหารผสมแป้งข้าวเจ้ากายภาพได้สูงกว่าอาหารผสมแป้งมันดัดแปรรูป ($P<0.05$)

ลายมือชื่อนิติ

ลายมือชื่ออาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก

Lankeo Phengaloune 2011: Development of Early Stage Feed and Utilization of Modified Starch in Starter Feed for Hybrid Catfish (*Clarias macrocephalus* x *Clarias gariepinus*). Master of Science (Aquaculture), Major Field: Aquaculture, Department of Aquaculture. Thesis Advisor: Associate Professor Prathak Tabthipwon, Doctorat de 3 cycle. 63 pages.

Feeding experiments were conducted to investigate the diets for nursing of Hybrid Catfish (*Clarias macrocephalus* x *Clarias gariepinus*) of 3-10 days old and 13-28 days old. First experiment, 3 days old fish were fed with Feed.1 (*Moina* sp. protein 68.12%), Feed.2, brewery yeast with probiotic and premix (protein 32.73%), Feed.3, yeast with probiotic and powdered milk (protein 31.05%), Feed.4, yeast with probiotic (protein 33.47%) and Feed.5, decapsulated artemia cyst (protein 49.25%) for 7 days. The result showed that fish fed with decapsulated Artemia cysts obtained the better growth performances, feed conversion rate and survival rate than other group of feeding ($P < 0.05$).

The second experiment Hybrid Catfish (*Clarias macrocephalus* x *Clarias gariepinus*) of 13 days old were fed with Diet 1, commercial catfish powder diet (protein 40.0%), Diet 2 with physical modified cassava starch (protein 32.87%) and Diet 3 with chemical modified cassava starch (protein 33.91%) for 14 days. The result showed that there was no significantly different in growth, survival rate and feed conversion rate among the treatment ($P > 0.05$). Feed cost of fish fed with commercial feed obtained the higher cost than other group ($P < 0.05$). Body composition of fish fed with 40% protein powdered feed showed the best in protein and fat in tissue (high protein with low fat) than other group ($P < 0.05$).

In third experiment Hybrid Catfish of 13 days old were fed with commercial powdered feed (protein 40.0%) and Diet with modified rice starch (protein 36.32%) for 14 days. The result showed that there was no significantly different in growth, survival rate and feed conversion rate among the treatment ($P > 0.05$). Cost of feed for using of powdered feed was high ($P < 0.05$) and high protein content in chemical body composition ($P < 0.05$) but no significantly difference in moisture, fat and ash content ($P > 0.05$).

In fourth experiment, the studied of *In vitro* protein and carbohydrate digestibility by enzyme from fish fed with decapsulated artemia cyst on commercial feed, diet with physical modified cassava starch, diet with chemical modified cassava starch and diet with physical modified rice starch. The result showed that Protein digestibility were significantly in catfish powdered feed, followed with physical modified rice starch, diet with chemical modified cassava starch, and diet with physical modified cassava starch respectively ($P < 0.05$). Carbohydrate digestibility was not significant difference on diet with physical modified rice starch and commercial powdered feed ($P > 0.05$) but were higher than the diet with chemical modified cassava starch and diet with physical modified cassava ($P < 0.05$).

Student's signature

Thesis Advisor's signature

กิตติกรรมประกาศ

ขอกราบขอบพระคุณ รองศาสตราจารย์ ดร.ประทีปย์ ตาบทิพย์วรรณ ประธานกรรมการที่ปรึกษาเป็นอย่างยิ่งที่กรุณาให้คำปรึกษาแนะนำการทำวิทยานิพนธ์ตั้งแต่เริ่มต้นงานทดลองจนถึงการตรวจแก้ไขวิทยานิพนธ์

ขอกราบขอบพระคุณ รองศาสตราจารย์ ดร.อรพินท์ จินตสถาพร กรรมการที่ปรึกษาวิชาเอกเป็นอย่างยิ่งที่กรุณาให้ความช่วยเหลือในทุกๆ ด้านระหว่างการวิจัย ขอขอบพระคุณ ดร. สันติ พ่วงเจริญ กรรมการที่ปรึกษารองที่กรุณาให้คำแนะนำตลอดมา

ขอขอบพระคุณองค์การร่วมมือสากลแห่งประเทศไทย (Thailand International Development Cooperation agency, TICA) ที่สนับสนุนทุนการศึกษาตลอดระยะเวลาการศึกษา

สุดท้ายขอกราบขอบพระคุณ คุณพ่อ คุณแม่ พี่น้อง เพื่อนๆ ที่ช่วยเหลือและให้กำลังใจตลอดมา และขอระลึกถึงพระคุณของคุณครูและอาจารย์ที่อบรม สั่งสอน และประสิทธิ์ประสาทวิชาความรู้ ตั้งแต่เยาว์วัยจนถึงปัจจุบัน

ล้านแก้ว แพงอรุณ
เมษายน 2554

สารบัญ

หน้า

สารบัญ	(1)
สารบัญตาราง	(2)
สารบัญภาพ	(3)
คำนำ	1
วัตถุประสงค์	2
การตรวจเอกสาร	3
อุปกรณ์และวิธีการ	20
อุปกรณ์	20
วิธีการ	21
ผลและวิจารณ์	33
สรุปและข้อเสนอแนะ	57
เอกสารและสิ่งอ้างอิง	58
ประวัติการศึกษา และการทำงาน	63

สารบัญตาราง

ตารางที่		หน้า
1	คุณสมบัติของแป้งมันสำปะหลังตามมาตรฐานอุตสาหกรรม(ร้อยละของ น้ำหนักรวม)	11
2	ส่วนผสมของอาหาร (ร้อยละ) ในสูตรอาหารทดลองที่ 1	22
3	ผลวิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมี(ร้อยละ)ของอาหารทดลองที่ 1	23
4	ส่วนผสมของอาหาร (ร้อยละ) ในสูตรอาหารทดลองที่ 2	26
5	ผลวิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมี (ร้อยละ) ของอาหารทดลองที่ 2	26
6	ส่วนผสมของอาหาร (ร้อยละ) ในสูตรอาหารทดลองที่ 3	29
7	ผลวิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมี (ร้อยละ) ของอาหารทดลองที่ 3	29
8	อัตราการเจริญเติบโต อัตราการรอด การใช้ประโยชน์อาหารและต้นทุน ค่าอาหารในการอนุบาลลูกปลาคูกลูกผสมอายุ 3-10 วัน	35
9	อัตราการเจริญเติบโต อัตราการรอด การใช้ประโยชน์อาหาร และต้นทุน ค่าอาหารของลูกปลาคูกลูกผสมที่อนุบาลด้วยอาหารปลาคุณภาพอ่อนชนิดผง และอาหารผสมแป้งมันสำปะหลังดัดแปรรูปในช่วงอายุ 13-27 วัน	42
10	องค์ประกอบทางเคมีของเนื้อปลาคูกลูกผสมที่อนุบาลด้วยอาหารปลาคุณภาพ อ่อนชนิดผงและอาหารผสมแป้งมันสำปะหลังดัดแปรรูปในช่วงอายุ 13-27 วัน	44
11	อัตราการเจริญเติบโต อัตราการรอดการใช้ประโยชน์อาหาร และต้นทุน ค่าอาหารของลูกปลาคูกลูกผสมที่อนุบาลด้วยอาหารปลาคุณภาพอ่อนชนิดผง และอาหารผสมแป้งข้าวเจ้าดัดแปรรูปในช่วงอายุ 13-27 วัน	49
12	องค์ประกอบทางเคมีของเนื้อปลาคูกลูกผสมที่อนุบาลด้วยอาหารปลาคุณภาพ อ่อนชนิดผงและอาหารผสมแป้งข้าวเจ้าดัดแปรรูปในช่วงอายุ 13-27 วัน	51
13	ค่าการย่อยโปรตีนของอาหารปลาคุณภาพอ่อนชนิดผง และอาหารผสมแป้งดัด แปรรูปโดยเอนไซม์จากปลาที่กินอาร์ทีเมียฟลอกเปลิอิก	55
14	ค่าการย่อยคาร์โบไฮเดรตของอาหารปลาคุณภาพอ่อนชนิดผง และอาหารผสม แป้งดัดแปรรูปโดยเอนไซม์จากปลาที่กินอาร์ทีเมียฟลอกเปลิอิก	56

สารบัญภาพ

ภาพที่		หน้า
1	น้ำหนักเพิ่มเฉลี่ยต่อวันของลูกปลาดุกลูกผสมที่อนุบาลด้วยไรแดง อาหารผสมที่มียีสต์เป็นองค์ ประกอบหลัก และอาทิเมียฟลอกเปลือกในช่วงอายุ 3-10 วัน	35
2	ต้นทุนค่าอาหารของลูกปลาดุกลูกผสมที่อนุบาลด้วยไรแดงอาหารผสมที่มียีสต์เป็นองค์ประกอบหลัก และอาทิเมียฟลอกเปลือกในช่วงอายุ 3-10 วัน	36
3	อัตราการรอดของลูกปลาดุกลูกผสมที่อนุบาลด้วยไรแดงอาหารผสมที่มียีสต์เป็นองค์ประกอบหลัก และอาทิเมียฟลอกเปลือกในช่วงอายุ 3-10 วัน	36
4	เปอร์เซ็นต์น้ำหนักเพิ่ม และอัตราการตายของปลาดุกลูกผสมที่อนุบาลด้วยอาหารต่างชนิดกันเป็นเวลา 2 สัปดาห์	43
5	น้ำหนักสุดท้าย และน้ำหนักเพิ่มเฉลี่ยต่อวันของปลาดุกลูกผสมที่อนุบาลด้วยอาหารต่างชนิดกันเป็นเวลา 2 สัปดาห์	43
6	ต้นทุนค่าอาหารของปลาดุกลูกผสมที่อนุบาลด้วยอาหารต่างชนิดกันเป็นเวลา 2 สัปดาห์	44
7	ปริมาณโปรตีนไขมัน และเถ้าของเนื้อเยื่อปลาดุกลูกผสมที่อนุบาลด้วยอาหารต่างชนิดกันเป็นเวลา 2 สัปดาห์	45
8	เปอร์เซ็นต์น้ำหนักเพิ่ม และอัตราการตายของปลาดุกลูกผสมที่อนุบาลด้วยอาหารต่างชนิดกันเป็นเวลา 2 สัปดาห์	50
9	ปริมาณโปรตีนไขมัน และเถ้าในเนื้อปลาดุกลูกผสมที่อนุบาลด้วยอาหารต่างชนิดกันเป็นเวลา 2 สัปดาห์	52

การพัฒนาอาหารวัยอ่อนและการใช้ประโยชน์แปดัดแปรรูปในอาหารระยะเริ่มต้น สำหรับปลาดุกลูกผสม (*Clarias macrocephalus* x *Clarias gariepinus*)

Development of Early Stage Feed and Utilization of Modified Starch in Starter Feed for Hybrid Catfish (*Clarias macrocephalus* x *Clarias gariepinus*)

คำนำ

การเลี้ยงปลาดุกลูกผสมได้ขยายตัวอย่างรวดเร็วในช่วงหลายปีที่ผ่านมา เนื่องจากเป็นปลาที่เลี้ยงง่าย โตเร็ว แข็งแรงทนต่อสภาพแวดล้อม เนื้อมีรสชาติดี เป็นที่นิยมของผู้บริโภค ทั้งเป็นแหล่งโปรตีนราคาถูก ทำให้มีความต้องการลูกปลาเป็นจำนวนมาก จึงทำให้มีผู้ผลิตลูกปลาดุกลูกผสมในหลายพื้นที่ของประเทศ เพื่อขายให้ผู้เลี้ยงเป็นปลานาตลาด แต่ประสบปัญหาเกี่ยวกับการหาอาหารลูกปลาดุกลูกผสมวัยอ่อนที่เหมาะสมเป็นเหตุให้อัตรารอดตายของลูกปลาดำ การอนุบาลลูกปลาดุกลูกผสมส่วนใหญ่ใช้ไรแดงเป็นอาหารหลักเพื่อให้ลูกปลาระยะแรกแข็งแรง สมบูรณ์ และมีอัตราการรอดตายสูง แต่บางครั้งปริมาณไรแดงไม่เพียงพอกับความต้องการ และโอกาสที่ปลาจะเกิดโรคพยาธิที่ติดมากับไรแดงก็มีมาก จึงจำเป็นต้องจัดหาอาหารสำเร็จรูปมาใช้ เพื่อให้ปลาได้รับอาหารเพียงพอตามความต้องการตลอดระยะการอนุบาล

การอนุบาลปลาดุกลูกผสม เพื่อให้ได้ผลผลิตสูงคุ้มค่ากับการลงทุนนั้น ต้องคำนึงถึงหลายปัจจัยด้วยกัน และอาหารที่ใช้ในการอนุบาลลูกปลาก็เป็นปัจจัยหนึ่งที่มีผลต่ออัตราการเจริญเติบโต อัตราการรอดตาย และต้นทุนการผลิตซึ่งส่งผลถึงผลผลิตของลูกปลาในบ่อจากปัญหาเหล่านี้ทำให้มีผู้สนใจทำการศึกษาถึงความเหมาะสมของชนิดอาหารที่จะนำมาใช้ในการอนุบาลปลาดุกลูกผสมระยะเริ่มต้นทั้งทางด้านปริมาณ คุณภาพ ความสะดวกในการจัดหา และการเก็บรักษา

วัตถุประสงค์

1. เพื่อศึกษาพัฒนาอาหารสำหรับอนุบาลลูกปลาฉลามผสมระยะเริ่มต้น
2. เพื่อศึกษาผลของการใช้แป้งคัดแปรรูปจากมันสำปะหลัง และข้าวเจ้าต่อการเจริญเติบโต อัตรารอดตาย ประสิทธิภาพการใช้อาหาร และองค์ประกอบทางเคมีของเนื้อปลาฉลามผสมวัยอ่อน
3. เพื่อศึกษาต้นทุนค่าอาหารในการอนุบาลปลาฉลามผสมด้วยอาหารต่างชนิดกัน
4. เพื่อศึกษาการย่อยโปรตีน และคาร์โบไฮเดรตของอาหารการค้ำ อาหารผสมแป้งคัดแปรรูปทางกายภาพ และอาหารผสมแป้งคัดแปรรูปทางเคมีที่ใช้ในการทดลอง

การตรวจเอกสาร

ปลาดุกลูกผสม

ปลาดุกลูกผสม หรือปลาดุกบิกอูย หรือปลาดุกอุยเทศ เป็นปลาที่เกิดจากการผสมเทียมข้ามพันธุ์ของกลุ่มวิจัยการเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำ สถาบันวิจัยประมงน้ำจืด กรมประมงในปี พ.ศ.2531 โดยผสมระหว่างพ่อพันธุ์ปลาดุกเทศ (*Clarias gariepinus*) กับแม่พันธุ์ ปลาดุกอุย (*Clarias macrocephalus*) ทำให้มีลักษณะของปลาดุกอุย และปลาดุกเทศรวมอยู่ในตัว (กมลพร และคณะ, 2536) คือ เมื่อยังเล็กจะมีลายจุดขาวเรียงขวางลำตัวด้านบนเป็นแถวตามขวางลำตัว แต่ละแถวห่างกันมากกว่าของปลาดุกอุย และจำนวนแถวน้อยกว่า เมื่อโตขึ้นลายจุดจะจางลง ลำตัวมีสีเทาอมเหลือง และมีลักษณะต่าง โคนครีบบางมีแถบสีขาวจางๆ ท้ายทอยแหลม ส่วนท้องได้หัวถึงครีบท้องแนวกลางลำตัวเป็นสีขาว ด้านข้างเป็นสีเหลือง ครีบอกมีก้านครีบใหญ่ แข็งแรง หนึ่งอัน ยาวไม่เกินก้านครีบอก่อน ตัวโตเต็มวัยมีสีคล้ายปลาดุกอุยมาก แต่กะโหลกศีรษะค่อนข้างขรุขระ และหยาบแหลม ปลาเล็กจะสังเกตเห็นความแตกต่างค่อนข้างยาก โดยเฉพาะเมื่อเปรียบเทียบระหว่างปลาดุกยักษ์กับปลาดุกบิกอูย

อาหาร และความต้องการอาหารของปลา

อาหารเป็นปัจจัยที่มีความสำคัญต่อการดำรงชีวิต การเจริญเติบโต การสืบพันธุ์ และการให้ผลผลิตของสัตว์น้ำ สัตว์น้ำแต่ละชนิด แต่ละระยะของการเจริญเติบโต และการให้ผลผลิตนั้น ต้องการอาหารที่มีคุณค่า และปริมาณต่างกัน การที่สัตว์น้ำได้รับอาหารที่มีคุณภาพ และปริมาณตรงตามความต้องการจะทำให้มีการเจริญเติบโต และประสิทธิภาพการใช้อาหารดี ทำให้ผู้ประกอบการได้รับผลตอบแทนมากขึ้น (อรพินท์, 2550)

อาหารที่ใช้ในการเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำ ประกอบด้วยสารเคมีหรือกลุ่มของสารประกอบเคมี ซึ่งเป็นส่วนประกอบของวัตถุดิบอาหาร หรือสารที่เติมลงในส่วนผสมของวัตถุดิบอาหารต่างๆ เมื่อสัตว์น้ำกินเข้าไปแล้ว สามารถย่อย และดูดซึมไปใช้ประโยชน์ได้ สารประกอบเคมีเหล่านี้อาจจะอยู่ในรูปสารประกอบหรือไม่ก็ได้ เรียกสารที่มีในอาหารเหล่านี้ว่า โภชนะ (Nutrient) หรือสารอาหาร ซึ่งเป็นสารเคมีที่มีความสำคัญ และจำเป็นต่อร่างกาย ทำหน้าที่ควบคุมการทำงานของระบบต่างๆ ในร่างกายให้เป็นปกติ นอกจากนั้นยังทำหน้าที่เป็นโครงสร้าง และหน้าที่อื่นอีก

การดำรงชีวิต การเจริญเติบโต และการสืบพันธุ์ของสัตว์น้ำจำเป็นต้องได้รับพลังงานจากสารอาหารคาร์โบไฮเดรต ไขมัน และโปรตีน พลังงานเพื่อการดำรงชีพจะถูกนำไปใช้ในกระบวนการต่างๆ เพื่อการดำรงชีวิต และพลังงานจากอาหารจะต้องมีมากกว่าจึงจะเหลือเพื่อการเจริญเติบโต ในทางปฏิบัติเพื่อให้สัตว์น้ำได้รับพลังงานอย่างน้อยเท่ากับพลังงานสำหรับการดำรงชีวิต จึงจำเป็นต้องให้อาหารสัตว์น้ำในปริมาณสูงมากพอ ความต้องการพลังงานเพื่อการดำรงชีวิต และการเจริญเติบโตในสัตว์น้ำนอกจากจะขึ้นกับชนิดของสัตว์น้ำแล้วยังขึ้นกับปัจจัยต่างๆ เช่น 1). อุณหภูมิ น้ำซึ่งมีผลโดยตรงต่อการใช้พลังงานของสัตว์น้ำ กล่าวคือ อัตราการใช้พลังงานจะสูงขึ้นเมื่ออุณหภูมิสูงขึ้น 2). ขนาดของสัตว์น้ำ โดยสัตว์น้ำขนาดเล็กใช้พลังงานในอัตราสูงกว่าสัตว์น้ำขนาดใหญ่ 3). การไหลของน้ำทำให้สัตว์น้ำต้องใช้แรงต้านทานกระแสน้ำ และ 4). อาหาร และปริมาณอาหารที่ให้ มีผลโดยตรงต่อกิจกรรมการกินอาหารของสัตว์น้ำ คือการกินอาหารเพิ่มขึ้นตามปริมาณอาหารที่ให้ นอกจากนี้ยังมีปัจจัยอื่นอีก เช่น การอยู่รวมกันหนาแน่นเกินไป การสะสมของเสีย และการขาดออกซิเจน เป็นต้น (เวียง, 2543)

ความต้องการโปรตีน

โปรตีนเป็นสารอาหารที่จำเป็นสำหรับการดำรงชีวิต การเจริญเติบโต และการสืบพันธุ์ สัตว์น้ำแต่ละชนิดมีความต้องการโปรตีนแตกต่างกัน แม้ว่าจะเป็นสัตว์น้ำชนิดเดียวกันความต้องการโปรตีนยังมีความแตกต่างกันตามสภาพร่างกาย และสิ่งแวดล้อม เช่น อายุ ช่วงเวลาการสืบพันธุ์ อุณหภูมิ อัตราการให้อาหาร ระบบการเลี้ยง ตลอดจนคุณภาพของโปรตีนหรือความสมดุลของกรดอะมิโน และสัดส่วนของสารอาหารอื่นที่มีอยู่ในอาหารด้วย สัตว์น้ำวัยอ่อนมีความต้องการโปรตีนสูงกว่าตัวเต็มวัย ความต้องการโปรตีนจะลดลงตามขนาดหรืออายุที่มากขึ้น ทั้งนี้เป็นเพราะว่าสัตว์น้ำวัยอ่อนเป็นวัยที่กำลังเจริญเติบโตมีน้ำหนัก และขนาดเพิ่มขึ้น และเมื่อสัตว์น้ำมีขนาดรูปร่างใกล้เคียงกับตัวเต็มวัยแล้วอัตราการเจริญเติบโตจะลดลง และความต้องการโปรตีนก็จะลดลงตามด้วย (โชคชัย, 2548) อุณหภูมิมีความสัมพันธ์โดยตรงกับความต้องการโปรตีนของสัตว์น้ำ สัตว์น้ำเขตอบอุ่น และปลาเขตร้อนใช้ประโยชน์อาหารที่มีโปรตีนสูงได้ดีในน้ำที่มีอุณหภูมิสูง

โดยทั่วไปปลาต้องการโปรตีนในอาหาร 25-40 เปอร์เซ็นต์ ปลาขนาด 2-4 เซนติเมตร ต้องการโปรตีนในอาหาร 35-40 เปอร์เซ็นต์ ปลาขนาด 5-6 เซนติเมตรขึ้นไปต้องการอาหารที่มีโปรตีน 25-30 เปอร์เซ็นต์ ปลาพ่อแม่พันธุ์ต้องการโปรตีนในอาหาร 28-32 เปอร์เซ็นต์ (มะลิ, 2530) ปลาตู้ด้านวัยอ่อนที่เลี้ยงด้วยอาหารที่มีโปรตีน 30 เปอร์เซ็นต์ให้การเจริญเติบโต อัตราการรอดตาย และอัตราการเปลี่ยนอาหารเป็นเนื้อดีเท่ากับที่เลี้ยงด้วยอาหารที่มีโปรตีน 35, 40, 45 และ 50

เปอร์เซ็นต์ (Chuapoechuk, 1987) อำนวย และ เวียง (2525) รายงานว่าการเลี้ยงปลาอุกวัยรุ่นจนโตได้ขนาดตลาดต้องการ ควรให้อาหารที่มีโปรตีน 25-30 เปอร์เซ็นต์ อาหารที่มีโปรตีน 30 เปอร์เซ็นต์ ทำให้ปลามีการเจริญเติบโตดีที่สุด ส่วนอาหารที่มีโปรตีน 25 เปอร์เซ็นต์ทำให้ปลา มีอัตราการรอดตายสูง อัตราการเปลี่ยนเป็นเนื้อ อัตรการเจริญเติบโตอยู่ในเกณฑ์ดี และต้นทุนอาหารต่ำ Giri (2003) รายงานว่าปลาอุกถูกผสมจะเจริญเติบโตเมื่อให้อาหารที่มีโปรตีนระหว่าง 350-400 กรัมต่ออาหารหนึ่งกิโลกรัมโดยน้ำหนักแห้ง

ปลาคูกอุยเทศเจริญเติบโต และให้ค่าอัตราการเปลี่ยนอาหารเป็นเนื้อดีที่สุดเมื่อเลี้ยงด้วยอาหารที่มีโปรตีน 41 เปอร์เซ็นต์ แต่ค่าของระดับโปรตีนในอาหารที่ให้ผลตอบแทนทางเศรษฐศาสตร์ สูงสุดอยู่ในช่วง 33-36 เปอร์เซ็นต์ โดยมีค่าที่เหมาะสมทางเศรษฐศาสตร์เป็น 33.2 เปอร์เซ็นต์ (วิมล, 2538)

การใช้โปรตีนจากสัตว์ซึ่งมีคุณภาพสูงกว่าโปรตีนจากพืชเป็นวัตถุดิบในอาหารสำหรับปลาคูกเป็นสิ่งจำเป็น และการใช้ในปริมาณเพียงพอสามารถช่วยลดระดับโปรตีนในอาหารด้วย อาหารปลาคูกควรมีปลาป่นเป็นส่วนผสมในปริมาณที่ให้โปรตีนอย่างน้อย 20 เปอร์เซ็นต์ ของโปรตีนทั้งหมดในอาหาร (มะลิ, 2530) อาหารที่มีโปรตีน 25-29 เปอร์เซ็นต์ และมีโปรตีนจากปลาป่น 18-25 เปอร์เซ็นต์ ทำให้ปลาคูกด้านวัยรุ่นขนาด 2.9-8.7 กรัม มีการเจริญเติบโต ประสิทธิภาพในการเปลี่ยนอาหารเป็นเนื้อ และต้นทุนค่าอาหารไม่แตกต่างจากอาหารที่มีโปรตีน 25-40 เปอร์เซ็นต์ และมีโปรตีนจากปลาป่น 15-18 เปอร์เซ็นต์ (ดวงรัตน์, 2527)

สัดส่วนระหว่างพลังงานจากคาร์โบไฮเดรต และไขมันกับระดับโปรตีนในอาหารมีผลต่อการเจริญเติบโต อัตราการเปลี่ยนอาหารเป็นเนื้อ และอัตราการรอดตายของปลาคูก ปลาคูกขนาด 0.08 กรัม มีอัตราการเจริญเติบโตดีที่สุดเมื่อเลี้ยงด้วยอาหารที่มีโปรตีน 33.6 เปอร์เซ็นต์ และพลังงาน 3,625 กิโลแคลอรีต่อกิโลกรัม (บัญญัติ, 2532) ส่วนปลาคูกด้านขนาด 7 กรัม มีอัตราการเจริญเติบโต อัตราเปลี่ยนอาหารเป็นเนื้อ และอัตราการรอดตายสูงสุด เมื่อเลี้ยงด้วยอาหารที่มีโปรตีน 30.9 เปอร์เซ็นต์ และพลังงาน 1,800 กิโลแคลอรีต่อกิโลกรัม (ขวัญฤทัย, 2527)

วิมล และคณะ (2537) ได้ทำการทดลองหาอัตราส่วนสูงสุดที่เหมาะสมของคาร์โบไฮเดรต จากปลายข้าวดิบต่อไขมันในอาหารปลาคูกถูกผสม พบว่า อาหารปลาคูกถูกผสมที่มีโปรตีนเฉลี่ย 33 เปอร์เซ็นต์ พลังงานรวม 428-439 กิโลแคลอรีต่ออาหาร 100 กรัมสามารถมีคาร์โบไฮเดรตดิบในอาหารได้สูงสุดถึง 50.0 เปอร์เซ็นต์ หรือเทียบเป็นปริมาณปลายข้าวดิบได้ 52.5 เปอร์เซ็นต์ต่ออาหาร

นั้นควรมีไขมันไม่น้อยกว่า 4.4 เปอร์เซ็นต์ ซึ่งทำให้อัตราส่วนของ คาร์โบไฮเดรตต่อไขมันสูงสุด เท่ากับ 11.24:1 ทำให้ปลาเกิดการเติบโตดี ดับมีน้ำหนัก และไขมันเป็นปกติ

ความต้องการ คาร์โบไฮเดรต

คาร์โบไฮเดรตจัดได้ว่าเป็นแหล่งพลังงานที่มีราคาถูกที่สุด และสามารถใช้ได้ทันที ถ้าเหลือใช้ยังสามารถเก็บสะสมไว้เป็นแหล่งพลังงานสำรองเอาไว้ใช้ในยามที่ร่างกายขาดแคลน และยังเป็น ต้นกำเนิดของสารที่จำเป็นต่อการเจริญเติบโต เช่น กรดนิวคลีอิก และกรดอะมิโน รวมทั้งช่วย สำรองโปรตีนเพื่อการเจริญเติบโต และเพิ่มความต้านทานของสารอาหาร ด้วยเหตุนี้ในอาหารสัตว์ น้ำจึงควรมีคาร์โบไฮเดรตที่ใช้ประโยชน์ได้อยู่ด้วย ส่วนปริมาณที่มีอยู่ในอาหารแตกต่างกันไปตาม ชนิดของสัตว์น้ำ (โชคชัย, 2548)

ปลากินพืชย่อยแป้งได้ดีกว่าปลาที่กินทั้งพืช และสัตว์ ในขณะที่เดียวกันปลาที่กินทั้งพืช และ สัตว์ย่อยแป้งได้ดีกว่าปลาที่กินสัตว์ตามลำดับ ความแตกต่างในการย่อยขึ้นกับปริมาณน้ำย่อยใน ปลาแต่ละกลุ่ม กลุ่มปลากินสัตว์ และพืชเช่นปลาไนมีเอนไซม์ย่อยแป้งประมาณ 1,000 เท่าของปลา กินเนื้อเช่นปลาแซลมอน ปลาในเขตร้อน เช่น ปลาไน และปลากดหลวงใช้ประโยชน์จากแป้งได้ ดีกว่าปลาในเขตหนาว เช่น ปลาแซลมอน และปลาหางเหลือง การที่ปลาไน และปลากดหลวงใช้ ประโยชน์แป้งได้ดีเนื่องจากตับ และเนื้อเยื่อไขมันมีเอนไซม์หลายชนิดที่สามารถเปลี่ยนแป้งเป็น ไขมัน ส่วนปลาแซลมอนไม่สามารถเปลี่ยนแป้งเป็นไขมันได้เหมือนกับปลาไน และปลากดหลวง

สัตว์น้ำย่อยคาร์โบไฮเดรตที่มีโมเลกุลสลับซับซ้อนได้ยาก ค่าการย่อยได้อาจเป็นศูนย์ สำหรับเซลลูโลส สำหรับแป้งดิบ 45-55 เปอร์เซ็นต์ และเพิ่มเป็น 60-70 เปอร์เซ็นต์ สำหรับแป้งสุก และเกือบ 100 เปอร์เซ็นต์ สำหรับน้ำตาล ชนิดของคาร์โบไฮเดรต และปริมาณในอาหารยังมีผลต่อ การย่อยได้ของคาร์โบไฮเดรตเอง กล่าวคือ ถ้าอาหารมีปริมาณคาร์โบไฮเดรตมาก ประสิทธิภาพการ ย่อยได้ของคาร์โบไฮเดรตจะลดต่ำลง และยังกระทบต่อการใช้ประโยชน์ไขมันด้วย (เวียง, 2543)

ความต้องการคาร์โบไฮเดรตขึ้นกับชนิดของสัตว์น้ำ เช่นปลาเทราท์ไม่ควรมีคาร์โบไฮเดรต สูงกว่าร้อยละ 12 ปลาแซลมอนแอตแลนติก ไม่เกินร้อยละ 20 ปลาหางเหลืองไม่เกินร้อยละ 20 ปลาเรด ชิพรีมไม่เกินร้อยละ 30 ปลากดหลวงไม่เกินร้อยละ 35 ปลาไน และปลานิลไม่เกินร้อยละ 40 สำหรับในอาหารปลาคูควรมีอาหารจำพวกแป้งเช่น ข้าวโพด ปลายข้าว และมันสำปะหลังร้อยละ 35-50 (โชคชัย, 2548)

ลูกปลาอายุ 15 วันน้ำหนักเฉลี่ย 0.031 กรัมสามารถใช้ปลายข้าวเจ้าเป็นแหล่งคาร์โบไฮเดรตในปริมาณต่างกันอาหารได้โดยลูกปลามีการเจริญเติบโตไม่แตกต่างกันแต่มีอัตราการรอดตายสูงสุดในช่วงแรกๆ ของการอนุบาลด้วยปลายข้าวเจ้า นอกจากนั้นระดับคาร์โบไฮเดรตในอาหารจากปลายข้าวเจ้า 20-60 เปอร์เซ็นต์ยังทำให้ลูกปลามีการเจริญเติบโต และอัตราการรอดตายใกล้เคียงกันโดยระดับคาร์โบไฮเดรต 50 เปอร์เซ็นต์เป็นระดับที่เหมาะสมเพราะทำให้ลูกปลา มีการเจริญเติบโต และอัตราการรอดตายสูง เนื้อปลามีโปรตีนมากที่สุด ไขมันมีเพียงเล็กน้อย และมีไกลโคเจนสะสมอยู่ไม่แตกต่างจากระดับคาร์โบไฮเดรตอื่นๆ (วรารักษ์, 2536)

ความต้องการไขมัน

ไขมันเป็นแหล่งของพลังงาน กรดไขมันชนิดที่จำเป็น วิตามิน และสารสี ไขมันเป็นส่วนประกอบของเยื่อหุ้มเซลล์ และฮอร์โมนรวมทั้งเกี่ยวข้องกับการดูดซึมอาหาร โดยทำหน้าที่เป็นตัวนำพาสารอาหารที่ละลายในไขมัน ปริมาณไขมันที่สัตว์น้ำได้รับต้องมีเพียงพอกับความต้องการ การได้รับไขมันมากเกินไปสัตว์น้ำจะเพิ่มน้ำหนักขึ้นอย่างรวดเร็วพร้อมกับสะสมไขมันในร่างกายมากเกินไปเป็นเหตุให้สัตว์น้ำเคลื่อนไหวช้าลงอัตราการทำงานในร่างกายต่ำลง ใช้พลังงาน และกินอาหารน้อยลง ในที่สุดทำให้น้ำหนักลดลง การที่ได้รับไขมันน้อยเกินไปทำให้ร่างกายได้รับพลังงานน้อย และกรดไขมันชนิดที่จำเป็นก็น้อยตามไปด้วย ร่างกายจึงต้องหาพลังงานจากแหล่งอื่นมาชดเชยโดยการดึงโปรตีน และคาร์โบไฮเดรตจากอาหาร รวมทั้งการสลายไขมันที่สะสมในร่างกาย โปรตีนจึงถูกเผาผลาญเป็นพลังงานแทนที่จะถูกนำไปเพื่อการเจริญเติบโต ในที่สุดทำสัตว์น้ำผอม และมีน้ำหนักลดลง (เวียง, 2543)

สัตว์น้ำมีความสามารถในการเก็บสะสมไขมันในร่างกายได้สูง ดังนั้นการที่อาหารมีไขมันสูงแม้จะทำให้สัตว์น้ำอ้วนหรือมีไขมันในร่างกายมากแต่ก็ไม่ทำให้สัตว์น้ำเป็นโรคไกลโคเจนในตับเหมือนคาร์โบไฮเดรต อาหารปลาคูควรจะมีไขมัน 6-8 เปอร์เซ็นต์ (มะลิ, 2530) สำหรับปลาคูที่เลี้ยงในเขตร้อนอาจมีไขมันได้สูงถึง 10 เปอร์เซ็นต์ ซึ่งเป็นระดับเดียวกับที่ใช้ได้ดีในการเลี้ยงปลากดหลวง กรดไขมันที่ปลาคูต้องการในอาหารเป็นกรดไขมันที่ไม่อิ่มตัวสูงมีจุดหลอมเหลวต่ำ โดยเฉพาะกรดไขมัน โกลโนลินิก หรือโอเมกา-3 ซึ่งพบมากในน้ำมันตัวเหลือง และน้ำมันปลา ที่นิยมใช้เป็นส่วนผสมในอาหารสัตว์ อย่างไรก็ตามวิมล และพิศมัย (2538) พบว่าปลาคูอุยเทศต้องการทั้งโอเมกา-3 และโอเมกา-6 แต่ต้องการโอเมกา-6 มากกว่าโอเมกา-3 อาหารที่มีโอเมกา-6 และโอเมกา-3 ในสัดส่วน 1.25:1 ทำให้ปลาคูอุยเทศขนาด 0.5-19 กรัม เจริญเติบโต และอัตราการเปลี่ยนอาหารเป็นเนื้อดีที่สุด

ความต้องการวิตามิน

วิตามินเป็นสารอินทรีย์ที่พบในธรรมชาติในปริมาณน้อย และมีคุณสมบัติแตกต่างจากโปรตีน คาร์โบไฮเดรต และไขมัน ประกอบด้วยคาร์บอน ไฮโดรเจน และออกซิเจนเป็นธาตุหลัก นอกจากนั้นอาจมีไนโตรเจน ฟอสฟอรัส และกำมะถันเป็นองค์ประกอบอยู่ด้วย วิตามินที่สัตว์น้ำต้องการแบ่งออกเป็น 2 ชนิดคือ วิตามินที่ละลายในน้ำ และวิตามินที่ละลายในไขมัน วิตามินที่ละลายในน้ำมี 11 ชนิดได้แก่ กลุ่มวิตามินบีรวม (B complex) ซึ่งร่างกายต้องการในปริมาณน้อย และทำหน้าที่หลักเป็นโคเอนไซม์มี 8 ชนิด ไรโบฟลาวิน กรดแพนโทเทนิค ไพริดอกซัล โคบาลามิน ไบโอติน กรดโฟลิก และกลุ่มที่ร่างกายต้องการในปริมาณมากอีก 3 ชนิดคือ กรดแอสคอร์บิก โคลีนิ และอินอซิทอล ส่วนวิตามินที่ละลายในไขมันมี 4 ชนิด คือวิตามินเอ วิตามินดี วิตามินอี และวิตามินเค (เวียง, 2543)

ปลาฉลามขนาด 4-5 กรัมต้องการวิตามินบี 1 บี 2 บี 6 กรดแพนโทเทนิค กรดโฟลิก ในอะซิน และวิตามินซีในอาหาร และแสดงอาการขาดกรดแพนโทเทนิกรุนแรงกว่าวิตามินชนิดอื่นโดยมีการเจริญเติบโต และอัตราการรอดต่ำมาก ประเสริฐ (2535) ได้ทำการศึกษาผลของวิตามินที่ละลายในน้ำต่อการพัฒนาการของปลาฉลาม และได้ผลสรุปว่าปลาฉลามที่ขาดวิตามินที่ละลายน้ำแสดงอาการผิดปกติภายนอกคือหูดจุดโรคชักกระตุก และเสียการทรงตัวในการเคลื่อนไหว ลำตัวคดงอ ตกเลือด ครีบเปื่อย และสีตัวคล้ำเมื่อขาดวิตามินซี

ความต้องการแร่ธาตุ

แร่ธาตุเป็นสารที่จำเป็นสำหรับร่างกายของสัตว์น้ำ ปลาหรือสัตว์น้ำมีความต้องการแร่ธาตุน้อยมาก เมื่อเทียบกับน้ำหนักตัวแต่ขาดไม่ได้เพราะเป็นสารที่จำเป็นต่อการดำรงชีวิต และการเจริญเติบโต ความต้องการแร่ธาตุของสัตว์น้ำขึ้นกับชนิดของสัตว์น้ำ อาหาร อุณหภูมิ และปริมาณแร่ธาตุในน้ำ ความต้องการแร่ธาตุที่สำคัญของปลาได้แก่ แคลเซียม ร้อยละ 0.02-0.03 ฟอสฟอรัส ร้อยละ 0.45-0.70 โพแทสเซียม โซเดียม และคลอรีนร้อยละ 0.1-0.3 กำมะถันร้อยละ 0.3-0.5 แมกนีเซียมร้อยละ 0.03-0.07 สังกะสี 15-50 มิลลิกรัม ทองแดง 1-5 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัมอาหาร อย่างไรก็ตามการศึกษาความต้องการแร่ธาตุของปลาฉลามยังมีน้อย (โชคชัย, 2548)

การย่อยได้ของโปรตีน

การย่อยโปรตีนเกิดจากการทำงานของเอนไซม์ proteolytic enzyme หรือเอนไซม์ protease ซึ่งได้แก่เอนไซม์ pepsin, trypsin และ chymotrypsin เป็นต้น เอนไซม์นี้จะทำการย่อยโปรตีนโดยการตัดพันธะ peptide ของโปรตีน ซึ่งเอนไซม์ protease ที่ต่างชนิดกัน ก็จะทำหน้าที่ในการตัดพันธะ peptide ที่ตำแหน่งแตกต่างกัน ซึ่งการทำงาน หรือการตัดพันธะ peptide ของเอนไซม์ exopeptidase ทำการตัดพันธะ peptide บริเวณส่วนปลายของโปรตีน สำหรับเอนไซม์ endopeptidase ทำการตัดพันธะ peptide บริเวณภายในโปรตีน เอนไซม์ endopeptidase มีความจำเพาะในการทำงานเป็นอย่างมาก และจะทำงานภายในโมเลกุลของโปรตีน เพียงอย่างเดียว ซึ่งพันธะ peptide ที่ถูกย่อย หรือถูกไฮโดรไลซ์โดยเอนไซม์ endopeptidase แล้วจะมีความทนทานต่อการถูกไฮโดรไลซ์ด้วยเอนไซม์ชนิดอื่นอีก การทำงานของเอนไซม์ pepsin จะตัดพันธะ peptide บริเวณด้านที่เป็นกรดอะมิโน ส่วนเอนไซม์ chymotrypsin จะตัดพันธะ peptide ด้าน ที่เป็นหมู่คาร์บอกซิล และเอนไซม์ trypsin จะตัดพันธะระหว่างกรดอะมิโน arginine และ lysine ซึ่งเอนไซม์ทั้งสามชนิดนี้เป็นเอนไซม์ protease ที่มีความสำคัญในการย่อยโปรตีนในปลา สำหรับเอนไซม์ชนิด exopeptidase สามารถแบ่งได้สามกลุ่ม ได้แก่ carboxypeptidases, amino peptidases และ dipeptidases ซึ่งเอนไซม์ทั้งสามกลุ่มนี้มีความจำเพาะกับ substrate ในการทำปฏิกิริยา เอนไซม์ในกลุ่มเอนไซม์ carboxypeptidases ทำหน้าที่ในการย้าย หรือนำกรดอะมิโนที่อยู่ด้านปลายของหมู่คาร์บอกซิลออก ทำให้ปลายของหมู่คาร์บอกซิลเป็น free carboxyl ในขณะที่ เอนไซม์ในกลุ่ม amino peptidases ทำหน้าที่ในส่วนปลายของสาย polypeptide ด้านอื่น และทำหน้าที่ในการนำปลายส่วนที่เป็นกรดอะมิโนออกเพื่อที่จะได้ปลายส่วนที่เป็น free amino group (รุ่งกานต์, 2552)

การย่อยได้ของคาร์โบไฮเดรต

การย่อยคาร์โบไฮเดรตเกิดจากการทำงานของเอนไซม์ carbohydrase ซึ่งทำงานในกระเพาะ และในลำไส้โดยร่วมกับการทำงานของน้ำดี แต่แหล่งผลิตของเอนไซม์ carbohydrase ที่สำคัญคือตับอ่อน การทำงานของเอนไซม์ carbohydrase ทำงานโดยการ hydrolyse หรือย่อยแบ่งซึ่งเป็น starch หรือ glycogen ให้ได้เป็น oligosaccharide หรือ maltose โดยเอนไซม์ amylase หรือเป็นการย่อย disaccharide และ oligosaccharide ให้ได้เป็น monosaccharide ซึ่งการทำงานของเอนไซม์ amylase หรือ carbohydrase นี้ ขึ้นอยู่กับปริมาณคาร์โบไฮเดรตที่ปลาได้รับ เมื่อเปรียบเทียบกับเอนไซม์ protease จะพบว่าการทำงานของเอนไซม์ทั้งสองชนิดนี้จะขึ้นอยู่กับชนิดและปริมาณของอาหารที่ปลาได้รับ (รุ่งกานต์, 2552)

การย่อยได้ของไขมัน

การย่อยไขมันนั้นนับเป็นอวัยวะสำคัญที่สุด ทั้งนี้เนื่องจาก การย่อยไขมันต้องมือน้ำดีเป็นตัวช่วยในการย่อย ซึ่งอวัยวะที่ผลิตน้ำดีคือ ตับ ตับเป็นแหล่งผลิตน้ำดี และส่งไปเก็บไว้ที่ถุงน้ำดี น้ำดีจะถูกหลั่งออกมาในขบวนการย่อยไขมันต่อเมื่อมีอาหารมาถึงส่วนของลำไส้ สำหรับเอนไซม์ที่ใช้ในการย่อยไขมัน ได้แก่ เอนไซม์ในกลุ่ม lipolytic enzyme หรือเอนไซม์ lipase เอนไซม์ lipase จะพบในตับอ่อน pyrolic ceca และ ลำไส้ส่วนต้น เอนไซม์ lipase จะทำงานในส่วนของลำไส้เท่านั้น การย่อยของไขมันแตกต่างจากโปรตีน และคาร์โบไฮเดรต เนื่องจากความจำเพาะของเอนไซม์ lipase และ substrate มีค่าค่อนข้างน้อย และเอนไซม์ lipase สามารถย่อยไขมัน หรือ organic ester ได้หลายๆ ชนิด ในการย่อยไขมันผลผลิตสุดท้ายของการย่อย triglyceride จะได้กรดไขมันสามโมเลกุล และกลีเซอรอลหนึ่งโมเลกุล (รุ่งกานต์, 2552)

แป้ง และองค์ประกอบทางเคมีของแป้ง

แป้งเป็นคาร์โบไฮเดรตที่มีองค์ประกอบของคาร์บอน ไฮโดรเจน และออกซิเจนเป็นส่วนใหญ่ และมีสิ่งเจือปนอื่นๆ เช่น โปรตีน ไขมัน เกลือแร่ น้อยมาก ถ้าเป็นแป้งที่มีสิ่งเจือปนอยู่มาก เรียกว่าฟลาว (flour) ส่วนแป้งที่สิ่งเจือปนถูกสกัดออกไปจนเหลือแป้งบริสุทธิ์เป็นส่วนใหญ่เรียกว่า แป้ง (starch) แป้งเป็นโพลีแซคคาไรด์ (Polysaccharide) ที่สำคัญที่สุดในธรรมชาติเกิดจากโมโนแซคคาไรด์ (monosaccharide) หลายๆ หน่วยมาต่อกันสูตรทั่วไปคือ $(CH_2O)_n$ โดยปกติแล้วแป้งจะอยู่ในเมล็ด ราก และลำต้นของพืช ลักษณะของแป้งจะเป็นเม็ดเล็กมีรูปร่างแตกต่างกันไปตามชนิดของพืช แป้งมีส่วนประกอบที่สำคัญคือ

1. อัลฟา-อะไมเลส (Alpha-Amylase) ประกอบด้วยกลูโคสประมาณ 500-2,000 หน่วยมาเชื่อมต่อกันเป็นสายยาวด้วยพันธะ Alpha,1-4 glycosidic linkage น้ำหนักโมเลกุลแตกต่างกันไป ตั้งแต่ 2,000-500,000 คาลตันโดยทั่วไปอะไมเลสจะไม่ละลายน้ำแต่สามารถกระจายตัวอยู่ในน้ำเป็นไมเซลล์ และเมื่อรวมตัวกันกับไอโอดีนจะให้เป็นสีน้ำเงินมีอยู่ประมาณ 20-25 เปอร์เซ็นต์ของแป้งทั้งหมด

2. อะไมโลเพคติน (Amylopectin) เป็นแป้งที่มีโครงสร้างแตกแขนงโดยแต่ละแขนงจะประกอบไปด้วยหน่วยกลูโคสประมาณ 12 หน่วยแกนของอะไมโลเพคตินจะยึดกันด้วยพันธะ

Alpha1-4-glycosidic linkage)แต่ละจุดที่มีการแตกแขนงจะมีการยึดกันด้วยพันธะAlpha,1-6 glycosidic linkage โดยปกติอะไมโลเพคตินจะเป็นส่วนที่ไม่ละลายน้ำ น้ำหนักโมเลกุลเฉลี่ย 1,000,000 ดาลตัน เมื่อรวมตัวกับไอโอดีนจะให้สีม่วงแดง มีอยู่ประมาณ 75-80 เปอร์เซ็นต์ของแป้งทั้งหมด

คุณสมบัติของแป้งมันสำปะหลัง

แป้งมันสำปะหลังมีคุณสมบัติพิเศษคือ มีความมันวาวเมื่อผสมน้ำ และให้ความร้อนจะเหนียวเป็นกาวใส ขาวใสไม่มีสีไม่มีกลิ่น ไม่มีรส มีความเหมาะสมเมื่อนำมาใช้ประโยชน์ โดยเฉพาะในอาหารจะไม่มีสิ่งแปลกปลอม คุณสมบัติของแป้งตามมาตรฐานอุตสาหกรรมมีดังนี้

ตารางที่ 1 คุณสมบัติของแป้งมันสำปะหลังตามมาตรฐานอุตสาหกรรม (ร้อยละของน้ำหนักแห้ง)

คุณภาพ		ชั้น 1	ชั้น2	ชั้น3
ความชื้น	ไม่มากกว่า	13.0	14.0	14.0
แป้ง	ไม่น้อยกว่า	97.5	96.0	94.0
เถ้า	ไม่มากกว่า	0.15	0.3	0.5
โปรตีน	ไม่มากกว่า	0.3	0.3	0.3

การใช้ประโยชน์แป้งมันสำปะหลัง

1. การใช้แป้งมันสำปะหลังมากที่สุดคือการบริโภคในครัวเรือนกล่าวคือคนไทยบริโภคแป้งมันสำปะหลังประมาณ 7 กิโลกรัมต่อคนต่อปี ซึ่งจะเป็นการปรุงแต่งอาหารประจำวันในวันเรือนหรือร้านค้าต่างๆ ไป

2. อุตสาหกรรมแปรรูป แป้งที่ผลิตได้ส่วนใหญ่จะถูกนำมาเป็นวัตถุดิบสำหรับปฏิกิริยาเพื่อให้แป้งมีคุณสมบัติพิเศษเช่นเหนียวขึ้นทนความร้อนทนกรดได้ดีขึ้นแป้งมันสำปะหลังเหมาะ สมมากสำหรับการผลิตแปรรูปทั้งนี้เพราะแป้งมันมีความบริสุทธิ์สูง

3. ใช้ทำผงชูรส และไลซีน ทั้งผงชูรส และไลซีนเป็นกรดอะมิโนที่เป็นส่วนประกอบสำคัญของโปรตีน ผู้ผลิตรายใหญ่ของโลกผลิตผงชูรสคิดเป็นปริมาณแป้งที่ใช้จำนวนสูงสุดเมื่อเทียบกับ

อุตสาหกรรมอื่นๆ ส่วนไลซีนเป็นกรดอะมิโนที่จำเป็นต้องใช้ผสมในอาหารสัตว์ ทั้งผงชูรส และไลซีนประมาณว่าต้องใช้แพงมากกว่า 2 แสนตันต่อปี

4. สารให้ความเหนียว เช่นน้ำเชื่อมกลูโคส น้ำเชื่อมฟรักโทส ซอร์บิทอล และอื่นๆ ที่ได้จากการย่อยแป้งให้เล็กลงเป็นหน่วยของน้ำตาลต่างๆ มีความจำเป็นต้องใช้ในอุตสาหกรรมขนมหวาน ลูกกวาด ยาสีฟัน และยาใช้แพงสูงกว่าแสนตันต่อปี

5. อุตสาหกรรมอาหาร และสาข อุตสาหกรรมโดยทั่วไปใช้แป้งเป็นตัวทำให้เหนียวสร้างลักษณะเงาวาว และน้ำหนักให้กับเนื้ออาหาร ส่วนสาขเป็นอุตสาหกรรมที่ทำจากการเอาแป้งมาขึ้นรูปปริมาณการใช้แพงประมาณแสนตันต่อปี

6. อุตสาหกรรมกระดาษ มีแป้งเป็นตัวประสาน และเคลือบอยู่ประมาณร้อยละ 5 ของน้ำหนักกระดาษปริมาณการใช้ประมาณแสนตันต่อปี

7. อุตสาหกรรมสิ่งทอ ในการเคลือบเส้นใยของผ้าจำเป็นต้องใช้แป้งเคลือบปกตินิยมใช้แป้งดัดแปรโดยประมาณว่าปริมาณแป้งที่ใช้เท่ากับร้อยละ 1 ของน้ำหนักด้าย และมีปริมาณการใช้กว่า 2 หมื่นกว่าตันต่อปี

8. อุตสาหกรรมไม้อัด และกาว แป้งใช้ผสมกับสารเคมีต่างๆ เป็นกาวติดกระดาษ เช่นกระดาษลูกฟูก รวมทั้งใช้ในอุตสาหกรรมไม้อัดด้วย ประมาณ 3 หมื่นกว่าตันต่อปี

9. ส่วนการใช้แป้งในส่วนอื่นเช่น ในการผลิตยาเม็ด อาหารสัตว์ก็มีปริมาณสูงขึ้นเรื่อยๆ

คุณสมบัติของแป้งข้าวเจ้า

แป้งข้าวเจ้าเป็นแป้งที่ทำจากเมล็ดข้าวเจ้ามีลักษณะเป็นผงมีสีขาวจับแล้วสากมือเล็กน้อยเมื่อทำให้สุกจะมีลักษณะข้นร้อนถ้าทิ้งให้เย็นจะอยู่ตัวเป็นก้อนร้อนไม่เหนียวจึงเหมาะที่จะประกอบอาหารที่ต้องการความอยู่ตัวร้อนไม่เหนียวหนืด เช่น ขนมจีบ หนุ่ย ขนมกล้วย เส้นขนมจีน และอื่นๆ

การใช้ประโยชน์แป้งข้าวเจ้า

แป้งข้าวเจ้าใช้ประโยชน์ได้มากมายหลายอย่าง เช่น บะหมี่กึ่งสำเร็จรูปเส้นก๋วยเตี๋ยว เส้นหมี่ ขนมอบเคี้ยว ขนมจีน ขนมปัง แป้งแผ่น ฯลฯ

แป้งดัดแปรรูป

แป้งดัดแปรหมายถึงผลิตภัณฑ์ที่ได้จากการนำแป้ง เช่น แป้งมันสำปะหลัง แป้งข้าวโพด แป้งมันฝรั่ง และแป้งสาลี เป็นต้น มาเปลี่ยนแปลงคุณสมบัติทางเคมีหรือทางกายภาพจากเดิมด้วยความร้อนหรือเอนไซม์หรือสารเคมี ชนิดต่างๆ เพื่อให้เหมาะสมกับการนำไปใช้ในอุตสาหกรรมต่างๆ แป้งดัดแปรมีคุณลักษณะต่างๆ เช่น ละลายน้ำได้ดีขึ้น มีความคงตัวเพิ่มขึ้น ทนต่อกรด ความร้อน แรงเฉือน มีความหนืดเพิ่มขึ้นเมื่อเป็นเจล ความวาวมันเพิ่มขึ้น และไม่ต้องใช้ความร้อนเติมน้ำก็สุกได้ การดัดแปรแป้งสามารถทำได้โดยวิธีทางกายภาพ ทางเคมี และวิธีการใช้เอนไซม์

การดัดแปรแป้งโดยวิธีทางเคมี

การดัดแปรแป้งวิธีนี้จะมีการเปลี่ยนแปลงโครงสร้างโมเลกุลแป้งเพียงเล็กน้อยเท่านั้น ตัวอย่างเช่น การใช้กรดหรือออกซิไดซิงเอเจนต์ ทำลายโครงสร้างของแป้งให้มีขนาดเล็กลงเพื่อลดความหนืดของสารละลายแป้งเมื่อได้รับความร้อนปฏิกิริยาที่เกิดขึ้นมีหลายแบบ เช่น Cross-Linking อีเทอร์ฟิเคชัน (Etherification) และเอสเทอร์ฟิเคชัน (Esterification) การดัดแปรแป้งมีดังนี้

1. การทำ cross-linking การดัดแปรแป้งโดยการ Cross-Linking จะนำแป้งมาทำปฏิกิริยากับ Di-functional Reagent ซึ่งจะทำปฏิกิริยากับหมู่ไฮดรอกซิลบนโมเลกุล 2 โมเลกุล ที่แตกต่างกัน ภายในเม็ดแป้งทำให้ได้แป้งฟอสเฟต-เอสเทอร์ ดังนั้นแป้งจะทำปฏิกิริยากับฟอสฟอริลคลอไรด์ (PO_3Cl_2) หรือโซเดียมไตรเมตาฟอสเฟตในด่าง (Alkaline Slurry) แล้วทำให้แห้ง แป้งดัดแปรที่ได้จะลดความไวต่อภาวะที่ใช้ในการแปรรูปเช่นทนต่ออุณหภูมิสูง เวลานาน พิเศษต่ำ แรงเฉือนสูง การไฮโดรไลซิส และการบีบ และสารละลายที่ได้จะมีความหนืดเพิ่มขึ้น และมีน้ำหนัก เป็นต้น หากการเกิด Cross-Linking เพิ่มขึ้น เม็ดแป้งดัดแปรที่ได้จะมีความทนต่อภาวะทางกายภาพ และความเป็นกรดเพิ่มขึ้นด้วยแต่การกระจายตัวลดลง ดังนั้นหากแป้งดัดแปร มี Degree of Cross-Linking เพิ่มขึ้นจะมีความคงตัวต่อกรดเพิ่มขึ้น

2. การทำอีเทอร์ฟิเคชัน และเอสเทอร์ฟิเคชัน เนื่องจากแป้งธรรมชาติไม่สามารถเติมลงในอาหารแช่เยือกแข็งที่มีอุณหภูมิต่ำประมาณ -40 องศาเซลเซียสได้ และยังไม่สามารถเติมลงในอาหารบรรจุกระป๋องที่ต้องการใช้แป้งที่มีความเข้มข้นสูงๆ ได้ถึงแม้จะใช้แป้งดัดแปรชนิด Cross-linking ก็ตามจึงได้มีการพัฒนาหาวิธีการดัดแปรแป้งให้อยู่ในรูปอนุพันธ์อีเทอร์หรือเอสเทอร์โดยนำแป้งในสารละลายต่างมาทำปฏิกิริยากับ Strongly Nucleophilic reagent เช่น โพรพิลีนออกไซด์ (Propylene Oxide) ไตรโพลีฟอสเฟต (Tripolyphosphate) และแอซิดิกแอนไฮไดรด์ (Acetic Anhydride) ซักซินิกแอนไฮไดรด์ (Succinic Anhydride) แอนไฮไดรด์ผสมของกรดแอซิดิก ซึ่งจะได้เป็นแป้งอีเทอร์ และแป้งเอสเทอร์ ตามลำดับ

3. การทำ Acid-modified starch วิธีนี้เป็นการนำเอามีดแป้งมาให้ความร้อนที่อุณหภูมิที่ต่ำกว่าอุณหภูมิที่จะเกิดเจลาติไนเซชันในสารละลายกรดที่เจือจางจะทำให้โมเลกุลบางส่วนของแป้งถูกไฮโดรไลซ์ได้เป็น Thin-Boiling Starch ซึ่งมีความหนืดลดลงแต่ทำให้เจลแข็งแรงดีขึ้น และสารละลายที่ได้มีความใสมากขึ้นทำให้มีสมบัติที่เหมาะสมที่จะนำไปใช้ในการแปรรูปผลิตภัณฑ์เฉพาะอย่าง เช่น Gum Drop และ Confectionery เพราะขณะร้อนจะให้สารละลายที่มีลักษณะเหลวทำให้เทใส่พิมพ์ได้ง่าย และแข็งตัวเป็นเจลได้รวดเร็ว

4. การทำออกซิไดซ์แป้ง (Oxidized starch) วิธีการทำคล้าย Acid-Modified Starch เพียงแต่ใช้ Alkaline Hypochlorite แทนกรดเพื่อทำลายโมเลกุลธรรมชาติของแป้งโดยอาศัยปฏิกิริยาออกซิเดชันแทนที่จะเป็นปฏิกิริยาไฮโดรไลซิส ออกซิไดซ์แป้งที่ได้จะทำให้เกิดเจลที่มีลักษณะที่นิ่มกว่า Acid-Modified Starch

5. การทำแป้งฟอสเฟต (starch phosphates) แป้งฟอสเฟตเป็นแป้งเอสเทอร์ ชนิดหนึ่งซึ่งเกิดจากปฏิกิริยาเอสเทอร์ฟิเคชันของแป้งกับหมู่ฟอสเฟต แป้งดัดแปรที่ได้จะมีสมบัติในการป้องกันไม่ให้โมเลกุลของแป้งเกิดการรวมตัวกันใหญ่ขึ้นซึ่งเป็นสาเหตุของการเกิดริโทเกรเคชันเพราะแป้งดัดแปรหมู่ฟอสเฟตมีหมู่ไอออนิกเพิ่มมากขึ้น และเป็นประจุที่เหมือนกันเมื่อเข้ามาอยู่ใกล้กันจะผลักกัน

การดัดแปรแป้งโดยวิธีทางกายภาพ

วิธีการดัดแปรแป้งโดยใช้ความร้อน ความดัน แรงเฉือน และความชื้นซึ่งปัจจัยดังกล่าว จะทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงได้ 2 ลักษณะ

1. มีการเปลี่ยนแปลงโครงสร้างทางกายภาพของแป้งเช่นเกิดDisorganizationของเม็ดแป้ง

2. ทำลายโมเลกุลของแป้งการเปลี่ยนแปลงเหล่านี้จะมีผลทำให้แป้งดัดแปรที่ได้มี Functional Properties และคุณค่าทางโภชนาการเปลี่ยนไปซึ่งจะนำไปใช้ประโยชน์ในอุตสาหกรรมอาหาร และ อุตสาหกรรมอื่นๆ ได้แป้งดัดแปรที่นิยมใช้วิธีนี้เรียกว่า Pregelatinized starch

การดัดแปรแป้งโดยวิธีทางกายภาพนี้ภาวะที่เหมาะสมคือใช้อุณหภูมิประมาณ 95-110 องศาเซลเซียส ความชื้น 18-27% และใช้เวลานาน 12-16 ชั่วโมงผลของความร้อน และความชื้นจะทำให้โครงสร้างทางกายภาพของเม็ดแป้งเปลี่ยนไปสมบัติของเม็ดแป้งที่เปลี่ยนไปด้วยคือ Gelatinization behavior เม็ดแป้งโดยทั่วๆ ไปจะมีลักษณะโครงสร้างผลึก (Crystalline) เป็นได้ 3 แบบคือ

1. A-type เป็นลักษณะโครงสร้างผลึกของเม็ดแป้งที่ได้จากธัญพืชเช่นแป้งจากข้าวสาลี
2. B-type เป็นลักษณะโครงสร้างผลึกของเม็ดแป้งที่ได้จากพืชหัวเช่นแป้งจากมันฝรั่ง
3. C-type เป็นอินเทอร์มีเดียตของ 2 ชนิดแรกซึ่งมักเป็นเม็ดแป้งที่ได้จากถั่วและราก

การดัดแปรโดยใช้ความร้อน และความชื้นไม่ได้ทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงที่รูปร่างของเม็ดแป้งแต่ทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงที่ลักษณะโครงสร้างผลึก เช่น เม็ดแป้งที่มีลักษณะโครงสร้างผลึกเป็นB-Typeจะเปลี่ยนเป็นส่วนผสมของ B-Type และ A-Type เมื่อได้รับความร้อนที่อุณหภูมิ 102 องศาเซลเซียส ความชื้น 40% นาน 16 ชั่วโมง

การอนุบาลลูกปลาลูก

การอนุบาลลูกปลานั้นนับว่าเป็นขั้นตอนที่มีความสำคัญมากที่บ่งบอกถึงจำนวนผลผลิตทั้งด้านปริมาณและคุณภาพของลูกปลาที่ได้ การผลิตลูกปลาให้ได้รับผลสำเร็จนอกจากจะมีการดูแลเอาใจใส่เป็นอย่างดีแล้ว อาหารนับเป็นปัจจัยสำคัญ ปัจจุบันได้มีผู้ศึกษาไว้อย่างมากมาย และอาหารที่ใช้ในการอนุบาลลูกปลานั้นอาจเป็นอาหารมีชีวิตหรือ อาหารผสมสำเร็จรูปทั้งที่ทำเองและจำหน่ายในท้องตลาดก็ได้ แต่ที่สำคัญอาหารนั้นต้องมีคุณภาพดี กินง่าย ย่อยง่าย และเหมาะสมกับขนาดของปลา วิธิตา และ วิมล (2528) ได้ทดลองอนุบาลลูกปลาคูอุยอายุ 3 วันในบ่อเพาะไรแดงขนาด 50 ตารางเมตร และให้อาหารผสมสูตร สปช.12 เป็นอาหารสมทบ ในอัตราการปล่อย 240 ตัวต่อตารางเมตรเป็นระยะเวลา 15 วันพบว่าลูกปลาสามารถเจริญเติบโตมีความยาวเพิ่มขึ้นจาก

0.80 เซนติเมตร เป็น 4.13 เซนติเมตร น้ำหนักเฉลี่ยเพิ่มจาก 0.0066 กรัม เป็น 0.6100 กรัม และมีอัตราการรอดตายร้อยละ 63.66 แต่ก็ประสบกับปัญหาทางด้านคุณสมบัติของน้ำคือ เมื่อทำการอนุบาลไปเป็นเวลา 15 วัน ปริมาณออกซิเจนในน้ำจะลดต่ำลงจนเป็นอันตรายต่อลูกปลาได้ เนื่องจากการแพร่ขยายพันธุ์อย่างรวดเร็วของไรแดง และอาหารธรรมชาติที่เกิดขึ้นในบ่อ และการสลายตัวของอาหารเม็ดที่ใช้เป็นปุย

วรารณ (2536) ได้ทดลองอนุบาลลูกปลาคูอุยอายุ 15 วัน ด้วยอาหารที่ใช้ข้าวโพดข้าวเหนียว ปลาขี้เฒ่า และแป้งเหนียว เป็นส่วนประกอบจนถึงสัปดาห์ที่ 3 พบว่าลูกปลาที่อนุบาลด้วยอาหารที่ใช้ข้าวโพดเป็นส่วนประกอบจะมีการเจริญเติบโตสูงสุด รองลงมาคือลูกปลาที่อนุบาลด้วยอาหารที่ใช้ปลาขี้เฒ่า ข้าวเหนียว และแป้งเหนียว โดยมีการเจริญเติบโตด้านน้ำหนักสุดท้ายเท่ากับ 101.36, 95.41, 84.58 และ 80.11 มิลลิกรัม น้ำหนักเพิ่มต่อวันเท่ากับ 3.33, 3.05, 2.53 และ 2.32 มิลลิกรัม อัตราการเจริญเติบโตจำเพาะเฉลี่ยต่อวันพบว่าลูกปลาที่อนุบาลด้วยอาหารที่ใช้ข้าวโพดเป็นส่วนประกอบจะมีการเจริญเติบโตสูงสุด รองลงมาคือลูกปลาที่อนุบาลด้วยอาหารใช้ปลาขี้เฒ่า แป้งเหนียว และ ข้าวเหนียว โดยมีค่าเท่ากับ 2.58, 2.46, 2.37 และ 1.11 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ ความยาวเฉลี่ยเท่ากับ 22.73, 22.73, 21.87 และ 21.53 มิลลิเมตร ตามลำดับ อัตราการรอดตายของลูกปลาที่อนุบาลด้วยอาหารที่ใช้ปลาขี้เฒ่าเป็นส่วนประกอบมีค่าสูงสุด รองลงมาลูกปลาที่อนุบาลด้วยอาหารที่ใช้ข้าวโพด แป้งเหนียว และข้าวเหนียว โดยมีอัตราการรอดเท่ากับ ร้อยละ 77.67, 77.17, 69.33 และ 66.83 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ

นันทิยา และคณะ (2529) ทดลองอนุบาลลูกปลาคูอุยอายุ 4 วันจนอายุ 19 วัน ด้วยอาหารผงแห้งเปรียบเทียบกับไข่ตุ๋น และไรแดง ในตู้ด้วยอัตรา 10 ตัวต่อลิตรพบว่าลูกปลาที่อนุบาลด้วยอาหารผงมีอัตราการรอดตาย 65 เปอร์เซ็นต์ ลูกปลาที่อนุบาลด้วยไรแดง และไข่ตุ๋นเหลือรอด 49 และ 47 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ แต่ลูกปลาที่อนุบาลด้วยไรแดงเจริญเติบโตเฉลี่ยดีกว่าลูกปลาที่ได้รับอาหารผสมทั้ง 2 ชนิดคือมีน้ำหนักเฉลี่ย 0.35 กรัมส่วนอาหารไข่ตุ๋นผสม และอาหารสำเร็จรูปชนิดผงแห้งมีน้ำหนักตัวเฉลี่ย 0.21 และ 0.18 กรัมต่อตัว

สมเล็ก และคณะ (2531) ได้ทดลองอนุบาลลูกปลาคูอุยอายุ 4 วันเป็นเวลา 15 วันด้วยไรแดงผสมกับอาหารผงในอัตราส่วนแตกต่างกันคือไรแดง 100 เปอร์เซ็นต์ตลอดการทดลองไรแดง 75 เปอร์เซ็นต์ผสมอาหารผง 25 เปอร์เซ็นต์ ไรแดง 50 เปอร์เซ็นต์ ผสมอาหารผง 50 เปอร์เซ็นต์ ไรแดง 25 เปอร์เซ็นต์ผสมอาหารผง 75 เปอร์เซ็นต์ และอาหารผง 100 เปอร์เซ็นต์ ปล่อยลูกปลาในอัตราความหนาแน่น 100 ตัวต่อโอเกอร์ความจุ 8 ลิตร พบว่าลูกปลามีน้ำหนักเฉลี่ยเพิ่มขึ้นเป็น 51.5,

50.5, 45.3, 45.4 และ 27.7 มิลลิกรัม ลูกปลาที่อนุบาลด้วยอาหารผง 100 เปอร์เซ็นต์ มีอัตราการเจริญเติบโตต่ำสุด อัตราการตายเท่ากับ 72.0, 81.7, 76.3, 69.0 และ 50.0 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ โดยที่อัตราการตายสูงสุดคือกลุ่มที่อนุบาลด้วยไรแดง 75 เปอร์เซ็นต์ ผสมอาหารผง 25 เปอร์เซ็นต์ นอกจากนี้ ตำราย และ ประเสริฐ (2533) ได้ทดลองอนุบาลลูกปลาคูอุยอายุ 3 วัน จนได้ลูกปลาที่มีอายุ 17 วัน ด้วยไรแดงปริมาณที่แตกต่างกันคือ 50, 100, 150, 200 และ 300 เปอร์เซ็นต์ ของน้ำหนักตัวพบว่าอัตราการรอดตาย และอัตราการเจริญเติบโตของลูกปลาคูอุยที่อนุบาลด้วยไรแดง 200 เปอร์เซ็นต์ของน้ำหนักตัว มีอัตราการตายเฉลี่ยสูงสุด 85.33 เปอร์เซ็นต์ น้ำหนัก และความยาวเฉลี่ยเท่ากับ 0.08 ± 0.02 กรัม และ 21.63 ± 1.53 มิลลิเมตร ตามลำดับ ปริมาณไรแดงที่เหมาะสมสำหรับการอนุบาลลูกปลาคูอุยอยู่ระหว่าง 200-300 เปอร์เซ็นต์

ภาณุ และคณะ (2538) ได้ทดลองอนุบาลลูกปลาคูอุยอายุ 2 วัน ให้ได้ขนาดความยาว 2-3 เซนติเมตรในบ่อซีเมนต์ขนาด 1 ตารางเมตร อัตราการปล่อย 50,000 ตัวต่อบ่อ ด้วยไรแดง และอาหารสมทบจนมีอายุครบ 19 วันพบว่าอัตราการตายของลูกปลาเฉลี่ย ความยาวเฉลี่ย และน้ำหนักเฉลี่ยเท่ากับ 88.1 เปอร์เซ็นต์ 2.16 เซนติเมตร และ 58.3 มิลลิกรัมตามลำดับ

ภาณุ และคณะ (2538) ได้ทดลองอนุบาลลูกปลาคูอุยอายุ 3 วัน ความยาวเฉลี่ย 0.72 เซนติเมตร และน้ำหนักเฉลี่ย 0.004 กรัมในบ่อซีเมนต์ขนาด 5 ตารางเมตร แบ่งเป็น 4 กลุ่มการทดลองโดยใช้ตัวยา และสารเคมีเป็นตัวควบคุมปล่อยลูกปลาในอัตรา 2,000 ตัวต่อตารางเมตร โดยใช้ไรแดง และอาหารผงในอัตรา 8-10 เปอร์เซ็นต์ของน้ำหนักตัวเป็นเวลา 24 วันพบว่าอัตราการเจริญเติบโต และอัตราการตายของกลุ่มควบคุมซึ่งใช้เกลือแกงได้ลูกปลาที่มีความยาวเฉลี่ย 2.95 เซนติเมตร น้ำหนักเฉลี่ย 0.22 กรัม อัตราการตายเฉลี่ย 29.01 เปอร์เซ็นต์ กลุ่มที่ใช้ยาปฏิชีวนะออกซิเตตราไซคลินได้ลูกปลาที่มีความยาวเฉลี่ย 2.59 เซนติเมตร น้ำหนักเฉลี่ย 0.19 กรัม อัตราการตายเฉลี่ย 34.46 เปอร์เซ็นต์ กลุ่มที่ใช้ฟอร์มาลินได้ลูกปลาที่มีความยาวเฉลี่ย 2.58 เซนติเมตร น้ำหนักเฉลี่ย 0.19 กรัม อัตราการตายเฉลี่ย 34.18 เปอร์เซ็นต์ กลุ่มที่ใช้เบคโตเซลได้ลูกปลาที่มีความยาวเฉลี่ย 2.56 เซนติเมตร น้ำหนักเฉลี่ย 0.21 กรัม อัตราการตายเฉลี่ย 28.94 เปอร์เซ็นต์ นอกจากนี้ ภาณุ และคณะ (2538) ยังได้รายงานว่าการอนุบาลลูกปลาคูอุยขนาด 2-3 เซนติเมตร ให้ได้ขนาด 5-7 เซนติเมตร ด้วยยา และสารควบคุมต่างๆ ไม่มีผลแตกต่างกันต่อการเจริญเติบโตทั้งทางด้านความยาว และอัตราการตาย

ประเสริฐ (2524) แนะนำว่าการอนุบาลลูกปลาคูในบ่อดินลึก 20-30 เซนติเมตรในอัตรา การปล่อย 1,000-1,200 ตัวต่อตารางเมตร ควรให้อาหาร 20 เปอร์เซ็นต์ของน้ำหนักตัวจะได้ลูกปลา มีขนาดความยาว และอัตราการตายเท่ากับ 2.0-2.5 เซนติเมตร และ 25-30 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ

Kerdchuen and Legendre (1994) ได้ทดลองอนุบาลลูกปลา *Heterobranchus longifilis* โดยอาหาร 6 ชนิดต่างกันคือ อาร์ทิเมียมีชีวิต อาร์ทิเมียแช่แข็ง ไรแดงมีชีวิต ไรแดงแช่แข็ง อาหารผสมมีโปรตีน 48.3 เปอร์เซ็นต์ และอาหารสำเร็จรูปปลาเทรามีโปรตีน 55 เปอร์เซ็นต์ ตั้งแต่ลูกปลาไข่แดงยุบจนถึงปลาอายุครบ 14 วันพบว่าลูกปลาที่ได้รับอาหารอาร์ทิเมียมีชีวิตทำให้ลูกปลามีน้ำหนักเฉลี่ยสุดท้าย และอัตราการเจริญเติบโตจำเพาะดีกว่ากลุ่มการทดลองอื่น ส่วนอัตราการรอดตายพบว่าลูกปลาที่ได้รับอาหารทั้งอาร์ทิเมียมีชีวิต และแช่แข็ง ไรแดงมีชีวิต และแช่แข็ง และอาหารผสมมีค่าระหว่าง 79-92 เปอร์เซ็นต์ และ 61-73 เปอร์เซ็นต์

Ojutiku (2008) รายงานว่าปลา *Heteroclaris* และ *Clarias gariepinus* ที่กินไรแดงที่มีชีวิตมีการเจริญเติบโตดี แต่จะมีอัตราการรอดตายต่ำกว่าไรแดงแช่แข็ง ปลา *Heteroclaris* ที่เลี้ยงด้วยไรแดงมีชีวิต และแช่แข็งมีการเจริญเติบโต และอัตราการรอดตายดีกว่าปลา *Clarias gariepinus* ที่กินอาหารทั้งสองชนิดดังกล่าว

ไชยวัฒน์ และคณะ (2545) ได้ทดลองเปรียบเทียบการอนุบาลลูกปลาคูยเทศอายุ 10 วัน ด้วยอาหารแตกต่างกันคือไรแดง อาหารผงสำเร็จรูปชนิดที่ 1 มีโปรตีน 42.91 เปอร์เซ็นต์ และอาหารผงสำเร็จรูปชนิดที่ 2 มีโปรตีน 53.23 เปอร์เซ็นต์ในบ่อคอนกรีตกลมขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 2 เมตรในอัตราความหนาแน่น 8 ตัวต่อลิตรเป็นระยะเวลา 30 วัน พบว่าลูกปลาคูยเทศมีความยาวสุดท้ายเฉลี่ย 3.354, 3.606 และ 1.934 เซนติเมตร ตามลำดับ น้ำหนักสุดท้ายเฉลี่ย 0.334, 0.549 และ 0.095 กรัม อัตราการรอดตายเฉลี่ย 64.88, 62.30 และ 41.75 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ ซึ่งความยาวเฉลี่ย และอัตราการรอดตายเฉลี่ยของลูกปลาคูยเทศที่อนุบาลด้วยไรแดง และอาหารสำเร็จรูปชนิดที่ 1 สูงกว่าลูกปลาที่อนุบาลด้วยอาหารสำเร็จรูปที่ 2 ส่วนการเจริญเติบโตด้านน้ำหนักเฉลี่ยของลูกปลาที่อนุบาลด้วยอาหารสำเร็จรูปชนิดที่ 1 มีน้ำหนักเฉลี่ยสูงที่สุด และลูกปลาที่เลี้ยงด้วยไรแดงมีน้ำหนักเฉลี่ยสูงกว่าลูกปลาที่เลี้ยงด้วยอาหารสำเร็จรูปชนิดที่ 2 แต่ต่ำกว่าน้ำหนักตัวเฉลี่ยของลูกปลาที่เลี้ยงด้วยอาหารสำเร็จรูปชนิดที่ 1

Verret and Van Tongern (1989) ทดลองอนุบาลลูกปลา *Clarias gariepinus* เป็นเวลา 10 วัน โดยการให้อาร์ทิเมียฟลอกเป็ลือกเป็นเวลา 0, 2, 3, 5, 7 และ 10 วัน (0 วัน เป็นตัวควบคุมให้อาหารสำเร็จรูปตลอด และ 10 วัน ให้อาร์ทิเมียฟลอกเป็ลือกตลอด) หลังเกินช่วงนี้จะให้อาหารสำเร็จรูปจนครบ 10 วัน พบว่าน้ำหนักสุดท้าย อัตราการเจริญเติบโตของกลุ่มที่กินอาร์ทิเมียเป็นเวลา 5, 7 และ 10 วันไม่มีความแตกต่างทางสถิติ แต่แตกต่างจากกลุ่มที่ได้กินอาร์ทิเมียเพียง 0, 2 และ 3 วัน ($P < 0.05$) และพบว่าอัตราการรอดของกลุ่มที่ได้กินอาร์ทิเมีย 2, 5 และ 10 วันมีค่าสูงสุด

แต่ไม่แตกต่างกัน ($P>0.05$) อัตราแลกเนื้อของกลุ่มที่กินอาร์ทีเมียเพื่อแลกเปลี่ยน 0 วัน (หมายถึงให้อาหารสำเร็จรูปตลอด 10 วัน) มีอัตราแลกเนื้อสูงสุดและแตกต่างจากทุกกลุ่มอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P<0.05$)

Hecht (1981) ใช้ยีสต์ (โปรตีน 50-52 เปอร์เซ็นต์) แป้งถั่วเหลือง (โปรตีน 53 เปอร์เซ็นต์) แพลงก์ตอนพืช และแพลงก์ตอนสัตว์ (Phyto and zooplankton) ไข่แดงต้ม (hard boiled egg yolk) อาหารสำหรับลูกปลาเทร้า (trout starter pellet) และอาหารปลาโปรตีน 45 เปอร์เซ็นต์ อนุบาลลูกปลา *Clarias gariepinus* Burchell ในตู้กระจกขนาด 90 x 35 x 40 เซนติเมตรความจุ 75 ลิตร ปล่อยู่น้ำ 250 ตัวต่อตู้เป็นเวลา 10 วันพบว่าปลาที่เลี้ยงด้วยยีสต์ (yeast) มีอัตราการเจริญเติบโตและอัตราการรอดตาย (98.4 เปอร์เซ็นต์) ดีกว่าทุกกลุ่ม และกลุ่มที่ตายมากที่สุดคือพวกที่กินไข่แดงต้ม (4.4 เปอร์เซ็นต์)

Kamarudin (ม.ป.ป.) ใช้ตัวอ่อนอาร์ทีเมีย (*Artemia nauplii*) อาหารสำเร็จรูป และอาหารผสมระหว่างตัวอ่อนอาร์ทีเมีย และอาหารสำเร็จรูปอนุบาลลูกปลา *Clarias gariepinus* Burchell ในตู้กระจกเป็นเวลา 16 วันพบว่าอัตราการรอดตายสูงสุดคือปลาที่เลี้ยงด้วยอาหารผสม (78.8 เปอร์เซ็นต์) รองลงมาเป็นกลุ่มปลาที่กินตัวอ่อนอาร์ทีเมีย (73.4 เปอร์เซ็นต์) และอาหารสำเร็จรูป (63.0 เปอร์เซ็นต์) ตามลำดับ การเจริญเติบโตของลูกปลาที่อนุบาลด้วยตัวอ่อนอาร์ทีเมีย และอาหารสำเร็จรูปต่ำกว่าปลาที่อนุบาลด้วยอาหารผสมอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P<0.05$).

Diyaware *et al.* (2009) ได้เปรียบเทียบอาหารที่มีโปรตีนคือ 35, 40, 45, 50 และ 55 เปอร์เซ็นต์ ในการอนุบาลปลาดุกผสม *Heterobranchius bidorsalis* (male) x *Clarias anguillaris* (female) ในถุงพลาสติกขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 40 เซนติเมตรลึก 30 เซนติเมตรเป็นเวลา 30 วัน พบว่าการเจริญเติบโตเพิ่มขึ้นตามระดับโปรตีนที่เพิ่มขึ้น แต่กลุ่มปลาที่เลี้ยงด้วยอาหารที่มีระดับโปรตีน 50 เปอร์เซ็นต์จะทำให้มีน้ำหนักเพิ่มเฉลี่ย อัตราการเจริญเติบโตจำเพาะ อัตราการรอดตาย และอัตราการแลกเนื้อดีที่สุด

อุปกรณ์และวิธีการ

อุปกรณ์

1. สัตว์ทดลองใช้ปลาคูกลูกผสมระยะวัยอ่อนจากพ่อแม่พันธุ์ปลาคูแอฟริกัน (*Clarias gariepinus*) กับแม่พันธุ์ปลาคูกอูย (*Clarias macrocephalus*) โดยการฉีดฮอร์โมนผสมพันธุ์เทียมของโรงเพาะฟักเอกชน อำเภอ อางสามารณ จังหวัด ร้อยเอ็ด มาทดลองที่ภาควิชาเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ พักปลูกปลาวัยอ่อนอายุ 2- 3 วันในตู้กระจกโดยให้ไรแดงเป็นเวลา 1 วัน หลังจากนั้นแยกปลาใส่ตู้ทดลองให้อาหารลูกปลาวัยอ่อนตามแผนการทดลองที่กำหนดไว้

2. ตู้กระจก ขนาด 120 x 50 x 35 เซนติเมตร เติมน้ำระดับ 20 เซนติเมตรคิดเป็นปริมาตร 120 ลิตรจำนวน 30 ตู้ ทำความสะอาดตู้ และอุปกรณ์อื่นๆ เช่น หัวทราย สายลม เป็นต้นน้ำที่ใช้เป็นน้ำประปาที่ได้เก็บไว้ไม่น้อยกว่า 24 ชั่วโมง เพื่อให้ลดความเป็นพิษของคลอรีนให้อากาศตลอดเวลา

3. อาหารทดลองมีดังนี้

3.1 อาหารทดลองระยะวัยอ่อน (อายุ 3-10 วัน) ประกอบด้วย

3.1.1 ไรแดง จากโรงเพาะฟักไรแดงเอกชนที่ผลิตในบ่อซีเมนต์ขนาด 50 ตันโดยใช้ปุ๋ยเคมีผสมกากผงชูรส

3.1.2 อาหารผสมสำเร็จตามตารางที่ 2 โดยใช้ยีสต์จากโรงงานผลิตเบียร์รอบแห้งที่อุณหภูมิ 70-80 องศาเซลเซียส โปรไบโอติกใช้ในการทดลองประกอบด้วยแบคทีเรียกลุ่มบาซิลลัส และนมผงสำหรับลูกโคเป็นผลิตภัณฑ์ของบริษัทนูทริฟีดที่มีหางนมผสมโปรตีนถั่วเหลืองเข้มข้นและน้ำมันพืช

3.1.3 อาร์ทีเมียฟลอกเปลือกสำเร็จรูปจากประเทศรัสเซีย

3.2 อาหารทดลองระยะเริ่มต้นการเลี้ยง (อายุ 13-27 วัน) ประกอบด้วย

3.2.1 อาหารลูกปลาถูกวัยอ่อนชนิดผงของบริษัทเอกชน

3.2.2 อาหารผสมแป้งมันสำปะหลังดัดแปรรูปโดยวิธีกายภาพ และเคมีของบริษัท Cron product ส่วนผสมในสูตรอาหารทดลองที่ 2 (ตารางที่ 4)

3.2.3 อาหารผสมแป้งข้าวเจ้าดัดแปรรูปโดยวิธีกายภาพ (New text) ของบริษัท PGG ส่วนผสมในสูตรอาหารทดลองที่ 3 (ตารางที่ 6)

วิธีการ

การทดลองที่ 1 การพัฒนาอาหารผสมสำหรับปลาดุกลูกผสมวัยอ่อน (อายุ 3-10 วัน)

ทำการศึกษาผลของอาหารมีชีวิต และอาหารผสมสำเร็จต่อการเจริญเติบโต อัตรารอด อัตราแลกเนื้อ และต้นทุนค่าอาหารในการอนุบาลปลาดุกลูกผสมวัยอ่อน

1. แผนการทดลอง

ศึกษาการเจริญเติบโต อัตรารอด ประสิทธิภาพของอาหาร และ ต้นทุนการอนุบาลปลาดุกลูกผสมวัยอ่อน ด้วยอาหารมีชีวิต และอาหารผสมสำเร็จโดยใช้แผนการทดลองแบบสุ่มตลอด (Complete Random Design) แบ่งการทดลองออกเป็น 5 ชุด แต่ละชุดการทดลองมี 6 ซ้ำ แต่ละซ้ำมีลูกปลา 900 ตัว โดยให้อาหารทดลองดังนี้

ชุดการทดลองที่ 1 ใช้ไรแดง

ชุดการทดลองที่ 2 ใช้อาหารผสมระหว่าง ยีสต์ โปรไบโอติก และพรีมิกซ์

ชุดการทดลองที่ 3 ใช้อาหารผสมระหว่าง ยีสต์ โปรไบโอติก และนมผงสำหรับลูกโค

ชุดการทดลองที่ 4 ใช้ยีสต์ผสมพรีมิกซ์

ชุดการทดลองที่ 5 ใช้อาร์ทีเมียฟลอกเปลือกสำเร็จรูป

2. สัตว์ทดลอง

ใช้ปลาอุกกลุ่มผสมแรกเกิดอายุ 3 วัน น้ำหนักเฉลี่ย 5.56 มิลลิกรัม ใส่ในตู้ทดลองตู้ละ 900 ตัว พักไว้ 1 วันจึงเริ่มการทดลองเป็นเวลา 7 วัน

3. อาหารทดลอง

อาหารทดลองมี 5 สูตร สูตรที่ 1 ไรแดงจากฟาร์มเพาะเลี้ยงไรแดงในบ่อซีเมนต์ของเอกชนจังหวัดปทุมธานี สูตรที่ 2 ประกอบด้วยยีสต์จากโรงงานเบียร์ของเอกชน โปรไบโอติกจากบริษัทเอกชน และพรีมิกส์ สูตรที่ 3 ประกอบด้วย ยีสต์ โปรไบโอติก นมผงสำหรับลูกโคจากบริษัทเอกชน และพรีมิกส์ สูตรที่ 4 ประกอบด้วยยีสต์ และพรีมิกส์ สูตรที่ 5 อาร์ทีเมียฟลอกเป็ลือกจากรัสเซีย ซึ่งสูตรอาหาร และองค์ประกอบทางเคมีของอาหารทดลองแสดงไว้ในตารางที่ 2 และที่ 3

ตารางที่ 2 ส่วนผสมของอาหาร (ร้อยละ) ในสูตรอาหารทดลอง

ส่วนผสมของอาหาร	สูตรอาหารทดลอง				
	สูตรที่1	สูตรที่2	สูตรที่3	สูตรที่4	สูตรที่5
ไรแดง	100.00	-	-	-	-
ยีสต์แห้ง	-	98.70	68.70	99.00	-
โปรไบโอติก	-	0.30	0.30	-	-
นมผงสำหรับลูกโค	-	-	30.00	-	-
พรีมิกส์	-	1.00	1.00	1.00	-
อาร์ทีเมียฟลอกเป็ลือก	-	-	-	-	100.00
รวม	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00
ค่าอาหาร(บาท /กิโลกรัม)	80.00	25.98	28.68	25.98	100.00

หมายเหตุ ไรแดง 80 บาท/กิโลกรัม, ยีสต์แห้ง 25 บาท/กิโลกรัม, โปรไบโอติก 100 บาท/กิโลกรัม
นมผงสำหรับลูกโค 25 บาท/กิโลกรัม, อาร์ทีเมียฟลอกเป็ลือก 100 บาท/กิโลกรัม และ
พรีมิกส์ 100 บาท/กิโลกรัม

ตารางที่ 3 องค์ประกอบทางเคมีของอาหารทดลอง (ร้อยละ)

เปอร์เซ็นต์	สูตรที่1	สูตรที่2	สูตรที่3	สูตรที่4	สูตรที่5
โปรตีน	68.12	32.73	31.05	33.47	49.25
ไขมัน	4.86	5.17	7.12	5.39	4.18
ไขมัน	10.88	2.05	2.06	2.80	6.26
เยื่อใย	5.30	0.62	0.91	0.63	6.62

4. สภาพการทดลอง

ทำการเลี้ยงปลาคุณลักษณะในตู้กระจกขนาดความจุ 210 ลิตรที่มีปริมาตรน้ำ 120 ลิตร ให้อาหารในชุดการทดลองที่ 1 ปริมาณ 160 เปอร์เซ็นต์ของน้ำหนักตัว ชุดการทดลองที่ 2 -4 ให้อาหารปริมาณ 20 เปอร์เซ็นต์ของน้ำหนักตัว และชุดการทดลองที่ 5 ให้อาหารปริมาณ 60 เปอร์เซ็นต์ของน้ำหนักตัว โดยให้วันละ 3 มื้อคือเวลา 8, 12 และ เวลา 16 น. ทำการดูแลอาหารที่เหลือออกทุกๆ วัน วันละครึ่งแล้วเติมน้ำสู่ระดับเดิม

5. การบันทึกข้อมูล

เมื่อสิ้นสุดการทดลอง ทำการชั่งน้ำหนักลูกปลาตัวละ 50 ตัว และนับจำนวนปลาที่เหลือทั้งหมดเพื่อหาการเจริญเติบโตเฉลี่ย น้ำหนักเพิ่มเฉลี่ยต่อวัน เปอร์เซ็นต์น้ำหนักเพิ่ม อัตราการการเจริญเติบโตจำเพาะ อัตรารอดตาย อัตราแลกเนื้อ และต้นทุนการผลิต ในแต่ละชุดการทดลอง ซึ่งมีสูตรคำนวณดังนี้

น้ำหนักเพิ่มเฉลี่ยต่อวัน (Average Daily Gain, ADG)

$$ADG \text{ (mg/fish /day) } = \frac{\text{น้ำหนักเฉลี่ยเมื่อสิ้นสุดการทดลอง}-\text{น้ำหนักเฉลี่ยเริ่มต้นการทดลอง}}{\text{ระยะเวลาการทดลอง}}$$

เปอร์เซ็นต์น้ำหนักเพิ่ม (Percentage Weight Gain, PWG)

$$\text{PWG (\%)} = \frac{(\text{น้ำหนักเฉลี่ยเมื่อสิ้นสุดการทดลอง} - \text{น้ำหนักเฉลี่ยเริ่มต้นการทดลอง}) \times 100}{\text{น้ำหนักเฉลี่ยเริ่มต้น}}$$

อัตราการเจริญเติบโตจำเพาะ (Specific Growth Rate, SGR)

$$\text{SGR (\%)} = \frac{(\ln \text{น้ำหนักเฉลี่ยเมื่อสิ้นสุดการทดลอง} - \ln \text{น้ำหนักเฉลี่ยเริ่มต้นการทดลอง}) \times 100}{\text{ระยะเวลาการทดลอง}}$$

อัตราการรอด (Survival rate)

$$\text{อัตราการรอด (\%)} = \frac{\text{จำนวนปลาเมื่อสิ้นสุดการทดลอง} \times 100}{\text{จำนวนปลาเริ่มต้น}}$$

อัตราแลกเนื้อ

$$\text{อัตราแลกเนื้อ} = \frac{\text{อาหารที่ให้ปลากิน}}{\text{น้ำหนักปลาที่เพิ่มขึ้น}}$$

ต้นทุนค่าอาหาร

$$\text{ต้นทุนค่าอาหาร(บาท/1,000ตัว)} = \frac{\text{ต้นทุนค่าอาหารทั้งหมด} \times 1,000}{\text{จำนวนปลาที่เหลือ}}$$

6. การศึกษาองค์ประกอบทางเคมีของอาหารทดลอง

ทำการวิเคราะห์โภชนาการต่างๆในอาหารทดลองโดยวิเคราะห์ความชื้น โปรตีน ไขมัน เกลือ และ เถ้าด้วยวิธี Proximate analysis (A.O.A.C, 2000)

7. การวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติ

ศึกษาเปรียบเทียบการเจริญเติบโตเฉลี่ย น้ำหนักเฉลี่ยเพิ่มต่อวัน เปอร์เซ็นต์น้ำหนักเพิ่มเฉลี่ย อัตราการเจริญเติบโตจำเพาะ ประสิทธิภาพของอาหาร อัตรารอดตาย และต้นทุนการอนุบาล โดยวิเคราะห์ความแปรปรวนของข้อมูล (Analysis of variance) และเปรียบเทียบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยของชุดการทดลองด้วยวิธี Duncan's New Multiple Range Test ที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 โดยโปรแกรมสำเร็จรูป

การทดลองที่ 2 การศึกษาผลของอาหารผสมแป้งมันสำปะหลังดัดแปรรูปโดยวิธีกายภาพ และวิธีเคมีต่อการเจริญเติบโต อัตรารอด ประสิทธิภาพการใช้อาหาร ต้นทุนค่าอาหาร และองค์ประกอบทางเคมีของเนื้อปลาดุกลูกผสม

1. แผนการทดลอง

ศึกษาการเจริญเติบโต อัตรารอด ประสิทธิภาพการใช้อาหาร ต้นทุนค่าอาหาร และองค์ประกอบทางเคมีของเนื้อปลาดุกลูกผสมโดยใช้แผนการทดลองแบบสุ่มตลอด (Complete Random Design) แบ่งการทดลองออกเป็น 3 ชุด แต่ละชุดการทดลองมี 3 ซ้ำ แต่ละซ้ำมีลูกปลา 300 ตัว

2. สัตว์ทดลอง

ใช้ปลาดุกลูกผสมแรกเกิดที่อนุบาลโดยใช้ไรแดงร่วมกับอาร์ทีเมียฟอกเปลือกจนมีอายุ 13 วัน สุ่มปลาที่มีขนาดใกล้เคียงกันคือ น้ำหนักเฉลี่ย 42.54 มิลลิกรัม ใส่ในตู้ทดลองตู้ละ 300 ตัวจนครบตามจำนวนจึงเริ่มการทดลองเป็นเวลา 2 สัปดาห์

3. อาหารทดลอง

อาหารทดลองมี 3 ชนิด คือ อาหารลูกปลาดุกวัยอ่อนชนิดผง อาหารผสมแป้งมันสำปะหลังดัดแปรรูปโดยวิธีกายภาพ (Diet.1) และอาหารผสมแป้งมันสำปะหลังดัดแปรรูปโดยวิธีเคมี (Diet.2) ซึ่งสูตรอาหาร และองค์ประกอบทางเคมีของอาหารทดลองแสดงไว้ในตารางที่ 4 และที่ 5

ตารางที่ 4 ส่วนผสมของอาหาร (ร้อยละ) ในสูตรอาหารทดลอง

ส่วนผสมของอาหาร	อาหารทดลอง		
	อาหารลูก	อาหารผสมแป้งมัน	อาหารผสมแป้งมัน
	ปลาอุกวัยอ่อน ชนิดผง	ตัดแปรรูปทางกายภาพ (Diet.1)	ตัดแปรรูปทางเคมี (Diet.2)
อาหารปลาอุกวัยอ่อนชนิดผง	100.00	-	-
ปลาป่น	-	48.00	48.00
แป้งมันสำปะหลังตัดแปรรูปทางกายภาพ	-	25.00	-
แป้งมันสำปะหลังตัดแปรรูปทางเคมี	-	-	25.00
นมผงสำหรับลูกโค	-	24.00	24.00
รำ	-	0.80	0.80
ฟอสฟอรัส	-	2.20	2.20
รวม	100.00	100.00	100.00
ค่าอาหาร(บาท /กิโลกรัม)	50.00	22.56	22.56

หมายเหตุ อาหารลูกปลาอุกวัยอ่อนชนิดผง 50 บาท/กิโลกรัม ปลาป่น 25 บาท/กิโลกรัม นมผงสำหรับลูกโค 25 บาท/กิโลกรัม แป้งมันสำปะหลังตัดแปรรูป 18 บาท/กิโลกรัม รำ 5 บาท/กิโลกรัม และฟอสฟอรัส 100 บาท/กิโลกรัม

ตารางที่ 5 องค์ประกอบทางเคมีของอาหารทดลอง (ร้อยละ)

เปอร์เซ็นต์โดย น้ำหนักแห้ง	อาหารทดลอง		
	อาหารลูกปลาอุก วัยอ่อนชนิดผง	อาหารผสมแป้งมันตัดแปรรูปทาง กายภาพ (Diet.1)	อาหารผสมแป้งมันตัดแปรรูปทางเคมี (Diet.2)
ความชื้น	12.00	7.80	6.70
โปรตีน	40.00	32.87	33.91
เถ้า	13.00	13.40	12.30
ไขมัน	5.00	6.80	5.10
เยื่อใย	6.00	8.00	7.30

4. สภาพะการทดลอง

ทำการเลี้ยงปลาคุกลูกผสมในตู้กระจกขนาดความจุ 210 ลิตรที่มีปริมาตรน้ำ 120 ลิตร ให้อาหารปริมาณ 10-15 เปอร์เซ็นต์ของน้ำหนักตัว วันละ 3 มื้อคือเวลา 8, 12 และ 16 น. โดยอาหาร ลูกปลาคูวัยอ่อนชนิดผสมน้ำแล้วปั้นให้ปลากิน ส่วนอาหารผสมแป้งมันคั่วแปรรูปผสมน้ำร้อน แล้วปั้นเป็นก้อนให้ปลากิน ทำการดูแลสุขภาพที่เหลืออกทุกๆวันแล้วเติมน้ำสู่ระดับเดิม

5. การบันทึกข้อมูล

สุ่มตัวอย่างปลาจากตู้ทดลองตู้ละ 20 ตัวชั่งน้ำหนักทุกสัปดาห์ เพื่อวัดการเจริญเติบโต และ ปรับปริมาณอาหารที่ให้ และ เมื่อสิ้นสุดการทดลองทำการจับผลผลิตทั้งหมด เพื่อทำการเจริญเติบโตอัตราการรอดตาย อัตราแลกเนื้อ และต้นทุนค่าอาหารในแต่ละชุดการทดลอง ซึ่งมีสูตรคำนวณเช่นเดียวกับการทดลองที่ 1

6. การศึกษาองค์ประกอบทางเคมีของอาหาร

ทำการวิเคราะห์โภชนาการต่างๆในอาหารทดลองโดยวิเคราะห์ความชื้น โปรตีน ไขมัน เยื่อใย และเถ้าด้วยวิธี Proximate analysis (A.O.A.C, 2000)

7. การศึกษาองค์ประกอบทางเคมีของเนื้อปลาคูลูกผสม

หลังจากสิ้นสุดการทดลองนำปลาแต่ละชุดการทดลองซึ่งน้ำหนักก่อน และหลังอบแห้ง แล้วนำไปวิเคราะห์ความชื้น โปรตีน ไขมัน และเถ้าตามวิธีการ Proximate analysis (A.O.A.C, 2000)

8. การวิเคราะห์ทางสถิติ

ศึกษาเปรียบเทียบอัตราการเจริญเติบโต อัตราแลกเนื้อ อัตราการรอดตาย ต้นทุนค่าอาหาร และองค์ประกอบทางเคมีของเนื้อปลาโดยวิเคราะห์ความแปรปรวนของข้อมูล (Analysis of variance) และเปรียบเทียบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยของชุดการทดลองด้วยวิธี Duncan's New Multiple Range Test ที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95

การทดลองที่ 3 การศึกษาเปรียบเทียบผลของอาหารผสมแป้งข้าวเจ้าตัดแปรรูปโดยวิธีกายภาพ และอาหารลูกปลาอุกวัยอ่อนชนิดผงต่อการเจริญเติบโต อัตรารอดตาย อัตราแลกเนื้อ ต้นทุน ค่าอาหารและองค์ประกอบทางเคมีของเนื้อปลาอุกลูกผสม

เหตุผล เนื่องจากแป้งข้าวเจ้าตัดแปรรูปมีลักษณะย่อยง่ายกว่าแป้งธรรมชาติทั่วไปและมีราคาถูกจึงเหมาะที่จะประกอบอาหารสำหรับเลี้ยงสัตว์น้ำ

1. แผนการทดลอง

ศึกษาเปรียบเทียบการเจริญเติบโต อัตรารอด ประสิทธิภาพการใช้อาหาร ต้นทุนค่าอาหาร และองค์ประกอบทางเคมีของเนื้อปลาปลาคูกลูกผสมโดยใช้แผนการทดลองแบบเปรียบเทียบ (*T-test*) แบ่งการทดลองออกเป็น 2 ชุด แต่ละชุดการทดลองมี 3 ซ้ำ แต่ละซ้ำมีลูกปลา 300 ตัว

1.1 ชุดการทดลองที่ 1 อาหารควบคุม ใช้อาหารลูกปลาอุกวัยอ่อนชนิดผง

1.2 ชุดการทดลองที่ 2 อาหารผสมแป้งข้าวเจ้าตัดแปรรูปทางกายภาพ

2. สัตว์ทดลอง

ใช้ปลาคูกลูกผสมที่อนุบาลโดยใช้ไรแดงร่วมกับอาร์ทีเมียฟอกเปลือกจนมีอายุ 13 วัน สุ่มปลาที่มีขนาดใกล้เคียงกันคือ น้ำหนักเฉลี่ย 42.54 มิลลิกรัมใส่ในตู้ทดลองตู้ละ 300 ตัวจนครบตามจำนวน จึงเริ่มการทดลองเป็นเวลา 2 สัปดาห์

3. อาหารทดลอง

อาหารทดลองมี 2 ชนิดคือ อาหารปลาคูวัยอ่อนชนิดผง และอาหารผสมแป้งข้าวเจ้าตัดแปรรูปโดยวิธีทางกายภาพ (Diet.3) ซึ่งสูตรอาหาร และองค์ประกอบทางเคมีแสดงไว้ในตารางที่ 6 และที่ 7

ตารางที่ 6 ส่วนผสมของอาหาร (ร้อยละ) ในสูตรอาหารทดลอง

ส่วนผสมของอาหาร	อาหารทดลอง	
	อาหารลูกปลา วัยอ่อนชนิดผง	อาหารผสมแป้งข้าวเจ้าตัดแปรรูปทางกายภาพ (Diet.3)
อาหารปลาวัยอ่อนชนิดผง	100.00	-
ปลาป่น	-	60.00
แป้งข้าวเจ้าตัดแปรรูปทางกายภาพ	-	25.00
รำ	-	12.80
พรีมิกซ์	-	2.20
รวม	100.00	100.00
ค่าอาหาร(บาท /กิโลกรัม)	50.00	20.16

ตารางที่ 7 องค์ประกอบทางเคมีของอาหารทดลอง (ร้อยละ)

เปอร์เซ็นต์โดยน้ำหนักแห้ง	อาหารทดลอง	
	อาหารลูกปลา วัยอ่อนชนิดผง	อาหารผสมแป้งข้าวเจ้าตัดแปรรูปทางกายภาพ (Diet.3)
ความชื้น	12.00	7.00
โปรตีน	40.00	36.32
เถ้า	13.00	12.50
ไขมัน	5.00	5.30
เยื่อใย	6.00	7.60

4. สภาพการทดลอง

ทำการเลี้ยงปลาลูกผสมในตู้กระจกขนาดความจุ 210 ลิตรที่มีปริมาตรน้ำ 120 ลิตรให้อาหารปริมาณ 10 เปอร์เซ็นต์ของน้ำหนักตัววันละ 3 มื้อคือเวลา 8, 12 และ 16 น. โดยอาหารปลาวัยอ่อนชนิดผงผสมน้ำแล้วปั่นให้ปลากิน ส่วนอาหารผสมแป้งข้าวเจ้าตัดแปรรูปทางกายภาพผสมน้ำร้อนแล้วปั่นให้กินดูเศษอาหารที่เหลืออกทุกๆวันวันละครึ่งแล้วเติมน้ำสู่ระดับเดิม

5. การบันทึกข้อมูล

ระหว่างการทดลองจะสุ่มตัวอย่างปลาจากตู้ทดลอง ตู้ละ 20 ตัว ทำการชั่งน้ำหนักของลูกปลาทุกๆ สัปดาห์ เพื่อวัดการเจริญเติบโต และปรับปริมาณอาหารที่ให้ และเมื่อสิ้นสุดการทดลองทำการจับผลผลิตทั้งหมดเพื่อหาการเจริญเติบโตเฉลี่ย น้ำหนักเพิ่มต่อวัน เปอร์เซ็นต์น้ำหนักเพิ่ม อัตราการเจริญเติบโตจำเพาะ อัตราการรอด อัตราแลกเนื้อ และต้นทุนค่าอาหารในแต่ละชุดการทดลอง ซึ่งมีสูตรคำนวณเช่นเดียวกับการทดลองที่ 1

6. การศึกษาองค์ประกอบทางเคมีของอาหาร

ทำการวิเคราะห์โภชนาการต่างๆ ในอาหารทดลองโดยวิเคราะห์ความชื้น โปรตีน ไขมัน เกลือ และ เถ้าด้วยวิธี Proximate analysis (A.O.A.C, 2000)

7. การศึกษาองค์ประกอบทางเคมีของเนื้อปลาคูกลูกผสม

หลังจากสิ้นสุดการทดลองนำปลาแต่ละชุดการทดลองชั่งน้ำหนักก่อน และหลังอบแห้ง แล้วนำไปวิเคราะห์ความชื้น โปรตีนไขมัน และเถ้าตามวิธีการ Proximate analysis (A.O.A.C, 2000)

8. การวิเคราะห์ทางสถิติ

ศึกษาเปรียบเทียบการเจริญเติบโตเฉลี่ย น้ำหนักเพิ่มต่อวัน เปอร์เซ็นต์น้ำหนักเพิ่ม อัตราการเจริญเติบโตจำเพาะ อัตราแลกเนื้อ อัตราการรอดตาย ต้นทุนค่าอาหาร องค์ประกอบเคมีของเนื้อปลา โดยวิเคราะห์ความแปรปรวนของข้อมูลแบบ T-test

การทดลองที่ 4 ศึกษาประสิทธิภาพการย่อยโปรตีน และคาร์โบไฮเดรตแบบ *in vitro* ของอาหารปลาอุกวัยอ่อนชนิดผง และ อาหารผสมแป้งดัดแปรรูปโดยเอนไซม์สกัดจากปลาอุกที่กินอาร์ทีเมียฟลอกเปลีอก

1. อาหารที่ทำการทดลอง

อาหารปลาอุกวัยอ่อนชนิดผง อาหารผสมแป้งมันดัดแปรรูปทางกายภาพ อาหารผสมแป้งมันดัดแปรรูปทางเคมี และอาหารผสมแป้งข้าวเจ้าดัดแปรรูปทางกายภาพจากการทดลองที่ 2 และที่ 3

2. วิธีสกัดเอนไซม์

ซึ่งถูกปลาล้างด้วยอาร์ทีเมียฟลอกเปลีอกจากการทดลองที่ 1 ทำการสกัดเอนไซม์โดยนำลูกปลาทั้งตัวบดให้ละเอียดด้วยเครื่อง homogenizer บดตัวอย่างปลาผสมกับ Tris – HCl buffer ความเข้มข้น 50 mM P^H 8.0 ในอัตราส่วนน้ำหนักปลาต่อ Tris – HCl เท่ากับ 1:3 จากนั้นนำตัวอย่างที่ได้เข้าเครื่อง centrifuge ที่ความเร็วรอบ 12,000 rpm ที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียสนาน 15 นาทีเก็บส่วนที่เป็นของเหลวใสด้านบน (supernatant) ทำการ Centrifuge อีกครั้ง 10 นาทีเก็บส่วนที่เป็นของเหลวใสด้านบนไว้ที่ -80 องศาเซลเซียส เพื่อทำการทดลองต่อไปต่อไป

3. วิธีการเตรียมอาหารทดลองการย่อยได้

ซึ่งอาหารที่บดละเอียด 25 มิลลิกรัม เติม buffer- P^H 7.5 จำนวน 20 มิลลิลิตร ผสมให้เข้ากันบ่มที่อุณหภูมิห้อง 1 ชั่วโมง แล้วให้ความร้อนโดยการต้ม 20 นาที ทิ้งให้เย็น จากนั้นดูดตัวอย่างสารละลายวัตถุดิบอาหารชุดทดลองละประมาณ 20 มิลลิลิตร ผสมเอนไซม์ 250 ไมโครลิตร บ่มในเครื่องบ่ม (shaking incubator) เป็นเวลา 16-24 ชั่วโมงที่อุณหภูมิห้อง แล้วให้ความร้อนที่อุณหภูมิ 100 องศาเซลเซียสเป็นเวลา 5 นาที เพื่อทำการทดลองต่อไป

4. การวิเคราะห์การย่อยได้ของโปรตีน

นำตัวอย่างสารละลายอาหารที่ได้จากขั้นตอนการเตรียมจำนวน 1 มิลลิลิตร เติม Cd-ninhydrin ลง 1 มิลลิลิตร บ่มที่อุณหภูมิ 100 องศาเซลเซียสเป็นเวลา 5 นาที แล้วทำให้เย็นในน้ำแข็ง

ทันทีเป็นเวลา 5 นาที หลังจากนั้นวัดค่าการดูดกลืนแสงที่ความยาวคลื่น 507 nm ด้วยเครื่อง spectrophotometer

5. การวิเคราะห์การย่อยได้ของคาร์โบไฮเดรต

นำตัวอย่างสารละลายวัตถุดิบอาหารที่ได้จากเตรียมตามจำนวน 270 ไมโครลิตรผสม dinitro Salicylic acid) จำนวน 250 ไมโครลิตรบ่มที่อุณหภูมิห้อง 5 นาที ต้มให้เดือด 5 นาที แล้วเติมน้ำกลั่น 1.5 มิลลิลิตร หลังจากนั้นวัดค่าการดูดกลืนแสงที่ความยาวคลื่น 540nm ด้วยเครื่อง spectrophotometer

6. การวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติ

นำข้อมูลการย่อยโปรตีนและคาร์โบไฮเดรตแบบ *in vitro* ของอาหารการค้ำ และอาหารผสมแปรรูปวิเคราะห์ความแปรปรวนของข้อมูล (analysis of variance) และเปรียบเทียบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยด้วยวิธี Duncan's New Multiple Range Test ที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95

ผลและวิจารณ์

ผลการทดลองที่ 1 ศึกษาผลของอาหารมีชีวิต และอาหารผสมสำเร็จต่อการเจริญเติบโต อัตรารอดตาย อัตราแลกเนื้อ และต้นทุนค่าอาหารของปลาดุกลูกผสมวัยอ่อน (อายุ 3-10 วัน)

1. การเจริญเติบโต

การเจริญเติบโตของปลาดุกลูกผสมวัยอ่อนแสดงไว้ในตารางที่ 8 น้ำหนักเฉลี่ยเมื่อเริ่มทดลองเท่ากับ 5.56 ± 0.19 มิลลิกรัม เมื่อสิ้นสุดการทดลองพบว่า น้ำหนักเฉลี่ยแตกต่างกันทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญ ($P < 0.05$) ลูกปลาที่อนุบาลด้วยอาร์ทีเมียฟอกเปลือกมีการเจริญเติบโตสูงสุด รองลงมาคือลูกปลาที่อนุบาลด้วยอาหารสูตรที่ 1 (ไรแดง) อาหารผสมสูตรที่ 2 (ยีสต์ 98.7% + โปรไบโอติก 0.3% + ปริมิคส์ 1%) อาหารผสมสูตรที่ 4 (ยีสต์ 99% + ปริมิคส์ 1%) และอาหารผสมสูตรที่ 3 (ยีสต์ 68.7% + โปรไบโอติก 0.3% + นมผงสำหรับลูกโค 30% + ปริมิคส์ 1%) โดยมีน้ำหนักเฉลี่ยเท่ากับ 31.89 ± 0.31 , 24.50 ± 0.16 , 17.76 ± 0.24 , 15.91 ± 0.21 และ 15.0 ± 0.18 มิลลิกรัม

น้ำหนักเพิ่มเฉลี่ยต่อวัน (ภาพที่ 1) ของปลาดุกลูกผสมเมื่อสิ้นสุดการทดลองเท่ากับ 3.76 ± 0.04 , 2.71 ± 0.02 , 1.74 ± 0.03 , 1.48 ± 0.03 และ 1.35 ± 0.02 มิลลิกรัม เปอร์เซ็นต์น้ำหนักเพิ่มเท่ากับ 373.59 ± 5.74 , 240.68 ± 2.91 , 119.45 ± 4.36 , 86.18 ± 3.88 และ 70.47 ± 3.34 เปอร์เซ็นต์ อัตราการเจริญเติบโตจำเพาะเท่ากับ 24.890 ± 0.143 , 21.125 ± 0.094 , 16.53 ± 0.19 , 14.96 ± 0.19 และ 14.15 ± 0.17 เปอร์เซ็นต์ของลูกปลาที่อนุบาลด้วย อาหารสูตรที่ 5 (อาร์ทีเมียฟอกเปลือก) อาหารสูตรที่ 1 (ไรแดง) อาหารผสมสูตรที่ 2 (ยีสต์ 98.7% + โปรไบโอติก 0.3% + ปริมิคส์ 1%) อาหารผสมสูตรที่ 4 (ยีสต์ 99% + ปริมิคส์ 1%) และอาหารผสมสูตรที่ 3 (ยีสต์ 68.7% + โปรไบโอติก 0.3% + นมผงสำหรับลูกโค 30% + ปริมิคส์ 1%) ตามลำดับ ซึ่งเมื่อนำมาวิเคราะห์ผลทางสถิติพบว่ามีความแตกต่างทางสถิติ ($P < 0.05$) โดยพบว่าลูกปลาที่อนุบาลด้วยอาหารสูตรที่ 5 มีน้ำหนักเพิ่มเฉลี่ยต่อวัน เปอร์เซ็นต์น้ำหนักเพิ่ม และอัตราการเจริญเติบโตจำเพาะสูงสุดรองลงมาคือลูกปลาที่อนุบาลด้วยอาหารสูตรที่ 1, 2, 4 และ 3 ตามลำดับ

2. อัตรารอดตาย

อัตราการรอดตายของปลาดุกลูกผสมตลอดระยะเวลาการทดลองแสดงไว้ดังตารางที่ 8 รูปที่ 2 ผลวิเคราะห์ความแตกต่างของลูกปลาในแต่ละชุดการทดลองตั้งแต่เริ่มการทดลองถึงอายุ 10 วัน

พบว่าลูกปลาที่อนุบาลด้วยอาหารสูตรที่ 5 (อาร์ทีเมียฟลอกเปลิอิก) และอาหารสูตรที่ 1 (ไรแดง) มีอัตราการรอดตายสูงสุดใกล้เคียงกัน และไม่แตกต่างทางสถิติ ($P>0.05$) แต่แตกต่างกับลูกปลาที่อนุบาลด้วยอาหารผสมสูตรที่ 2 (ยีสต์ 98.7% + โปรไบโอติก 0.3% + ปริมาณ 1%) อาหารผสมสูตรที่ 3 (ยีสต์ 68.7% + โปรไบโอติก 0.3% + นมผงสำหรับลูกโค 30% + ปริมาณ 1%) และอาหารผสมสูตรที่ 4 (ยีสต์ 99% + ปริมาณ 1%) อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P<0.05$) โดยมีอัตราการรอดตายของลูกปลาที่ได้รับอาหารสูตรที่ 5 เท่ากับ 88.04 ± 0.92 สูตรที่ 1 เท่ากับ 87.59 ± 0.80 สูตรที่ 2 เท่ากับ 16.41 ± 1.31 สูตรที่ 3 เท่ากับ 7.96 ± 0.05 และ สูตรที่ 4 เท่ากับ 8.84 ± 0.20 เปอร์เซ็นต์ตามลำดับ

3. อัตราการแลกเนื้อ

อัตราการแลกเนื้อของปลาดุกลูกผสมตลอดระยะการทดลองแสดงไว้ดังตารางที่ 8 พบว่าลูกปลาที่อนุบาลด้วยอาหารสูตรที่ 5 (อาร์ทีเมียฟลอกเปลิอิก) มีอัตราการแลกเนื้อดีที่สุด รองลงมาคือลูกปลาที่อนุบาลด้วยอาหารสูตรที่ 1 (ไรแดง) อาหารผสมสูตรที่ 2 (ยีสต์ 98.7% + โปรไบโอติก 0.3% + ปริมาณ 1%) อาหารผสมสูตรที่ 4 (ยีสต์ 99% + ปริมาณ 1%) และอาหารผสมสูตรที่ 3 (ยีสต์ 68.7% + โปรไบโอติก 0.3% + นมผงสำหรับลูกโค 30% + ปริมาณ 1%) โดยมีอัตราการแลกเนื้อเท่ากับ 1.01 ± 0.01 , 3.75 ± 0.05 , 3.91 ± 0.33 , 8.51 ± 0.21 และ 10.35 ± 0.73 ตามลำดับ ซึ่งนำมาวิเคราะห์ทางสถิติพบว่าลูกปลาที่อนุบาลด้วยอาหารสูตรที่ 5 แตกต่างจากทุกชุดทดลองอย่างมีนัยสำคัญ ($P<0.05$) แต่สูตรที่ 1 และที่ 2 มีค่าใกล้เคียงกัน

4. ต้นทุนค่าอาหาร

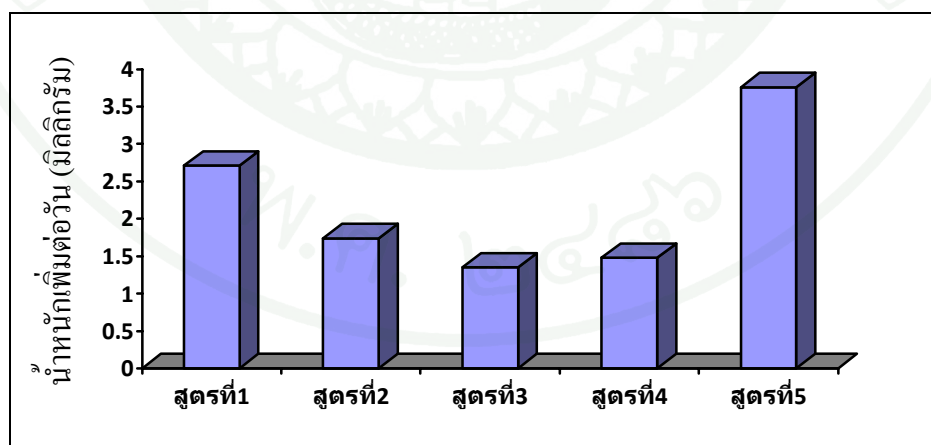
ต้นทุนค่าอาหารในการผลิตปลาดุกลูกผสมแสดงไว้ดังตารางที่ 8 ภาพที่ 1 พบว่าลูกปลาที่อนุบาลด้วยอาหารสูตรที่ 1 (ไรแดง) มีต้นทุนสูงสุด (5.68 ± 0.05 บาทต่อ 1,000 ตัว) รองลงมาคือลูกปลาที่อนุบาลด้วยอาหารสูตรที่ 5 (2.65 ± 0.02 บาทต่อ 1,000 ตัว) อาหารผสมสูตรที่ 3 (2.55 ± 0.16 บาทต่อ 1,000 ตัว) อาหารผสมสูตรที่ 4 (2.29 ± 0.05 บาทต่อ 1,000 ตัว) และอาหารผสมสูตรที่ 2 (1.24 ± 0.10 บาทต่อ 1,000 ตัว) ซึ่งนำมาวิเคราะห์ทางสถิติพบว่าลูกปลาที่อนุบาลอาหารสูตรที่ 2 มีต้นทุนต่ำกว่าทุกชุดทดลองอย่างมีนัยสำคัญ ($P<0.05$) ต้นทุนค่าอาหารลูกปลาที่อนุบาลอาหารสูตรที่ 3 และสูตรที่ 5 ไม่มีความแตกต่างทางสถิติ ($P>0.05$) ลูกปลาที่กินอาหารสูตรที่ 1 มีต้นทุนค่าอาหารสูงกว่าทุกสูตรอาหารทดลองอย่างมีนัยสำคัญ ($P<0.05$)

ตารางที่ 8 อัตราการเจริญเติบโต อัตราการอดตาย การใช้ประโยชน์อาหาร และต้นทุนค่าอาหารที่ใช้ในการอนุบาลลูกปลาตุลาคูผสม

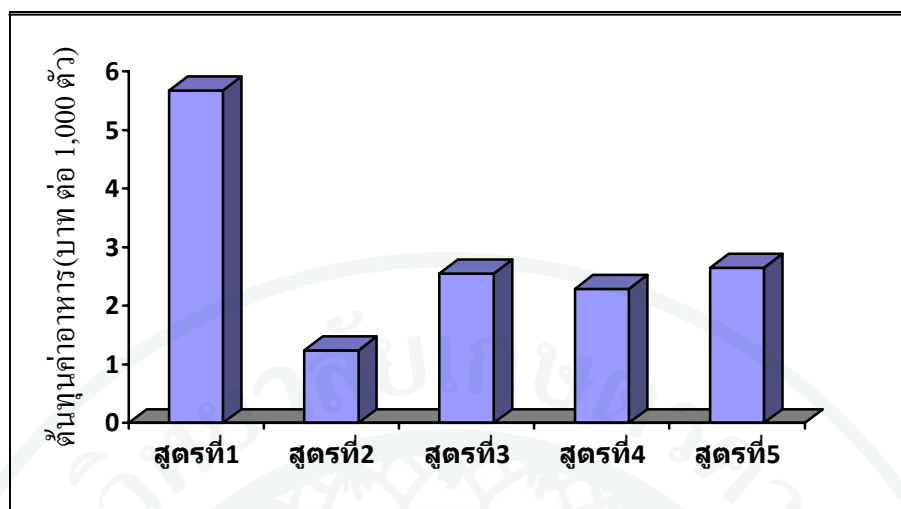
พารามิเตอร์	อาหารทดลอง					P-value
	สูตรที่1	สูตรที่2	สูตรที่3	สูตรที่4	สูตรที่5	
น้ำหนักเริ่มต้น (มิลลิกรัมต่อตัว)	5.56±0.19	5.56±0.19	5.56±0.19	5.56±0.19	5.56±0.19	
น้ำหนักสุดท้าย (มิลลิกรัมต่อตัว)	24.50±0.16 ^b	17.76±0.24 ^c	15.04±0.18 ^c	15.91±0.21 ^d	31.89±0.31 ^a	<0.0001
น้ำหนักเพิ่มเฉลี่ยต่อวัน (มิลลิกรัมต่อตัว)	2.71±0.02 ^b	1.74±0.03 ^c	1.35±0.02 ^c	1.48±0.03 ^d	3.76±0.04 ^a	<0.0001
เปอร์เซ็นต์น้ำหนักเพิ่ม (%)	240.68±2.91 ^b	119.45±4.36 ^c	70.47±3.34 ^c	86.18±3.88 ^d	373.59±5.74 ^a	<0.0001
อัตราการเติบโตจำเพาะ (%)	21.13±0.09 ^b	16.53±0.19 ^c	14.15±0.17 ^c	14.96±0.19 ^d	24.89±0.14 ^a	<0.0001
อัตราการอดตาย (%)	87.59±0.80 ^a	16.41±1.31 ^c	7.96±0.50 ^c	8.84±0.20 ^d	88.04±0.92 ^a	<0.0001
อัตราการแลกเนื้อ	3.75±0.05 ^b	3.91±0.33 ^b	10.35±0.73 ^d	8.51±0.21 ^c	1.01±0.01 ^a	<0.0001
ค่าอาหาร (บาท /1,000ตัว)	5.68±0.05 ^a	1.24±0.10 ^d	2.55±0.16 ^b	2.29±0.05 ^c	2.65±0.02 ^b	<0.0001

หมายเหตุ ±: ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน

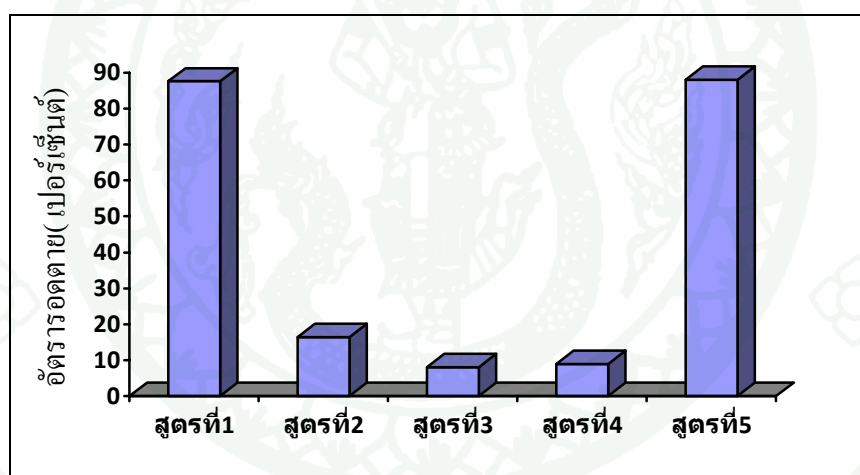
^{abce} ตัวอักษรต่างกันในแนวนอนแสดงความแตกต่างทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญ (P<0.05).



ภาพที่ 1 น้ำหนักเพิ่มเฉลี่ยต่อวันของปลาตุลาคูผสมที่อนุบาลด้วยอาหารต่างชนิดกัน



ภาพที่ 2 ต้นทุนค่าอาหารของลูกปลาดุกผสมที่อนุบาลด้วยอาหารต่างชนิดกัน



ภาพที่ 3 อัตราการรอดตายของลูกปลาดุกผสมที่อนุบาลด้วยอาหารต่างชนิดกัน

การอนุบาลปลาดุกผสมวัยอ่อนด้วยอาหารสูตรที่ 1 (ไรแดง) อาหารผสมสูตรที่ 2 (ยีสต์ 98.7% + โปรไบโอติก 0.3% + ฟรอมิกซ์ 1%) อาหารผสมสูตรที่ 3 (ยีสต์ 68.7% + โปรไบโอติก 0.3% + นมผงสำหรับลูกโค 30% + ฟรอมิกซ์ 1%) อาหารผสมสูตรที่ 4 (ยีสต์ 99% + ฟรอมิกซ์ 1%) และสูตรที่ 5 (อาร์ทิเมียฟลอกเปลิอิก) ตั้งแต่ลูกปลาที่มีอายุ 3 วันเป็นเวลา 7 วัน พบว่าลูกปลาที่อนุบาลด้วยอาหารสูตรที่ 5 (อาร์ทิเมียฟลอกเปลิอิก) มีการเจริญเติบโตด้านน้ำหนักเฉลี่ยสุดท้าย น้ำหนักเพิ่มเฉลี่ยต่อวัน เปอร์เซ็นต์น้ำหนักเพิ่มเฉลี่ย อัตราการเจริญเติบโตจำเพาะ อัตราการรอดตายเฉลี่ย และอัตราแลกเนื้อ

ดีกว่ากลุ่มอื่น เนื่องจากอาร์ทิเมียฟลอกเพลอิกมีความนำกินสูงย่อยง่าย และมีคุณค่าทางโภชนาการที่ประกอบด้วยโปรตีน 49.25 เปอร์เซ็นต์ไขมัน 6.26 เปอร์เซ็นต์ ทำให้ลูกปลากินอาหารได้มากกว่าการเติบโตจึงดีกว่า ส่วนกลุ่มที่อนุบาลด้วยไรแดงซึ่งเป็นอาหารธรรมชาติที่มีชีวิตขนาด 0.4-1.8 มิลลิเมตร (สันทนา, 1986) มีองค์ประกอบทางโภชนาที่สำคัญคือโปรตีน 68.12 เปอร์เซ็นต์ ไขมัน 10.88 เปอร์เซ็นต์ (ตารางที่ 2) เมื่อสัตว์น้ำได้รับไรแดงซึ่งเป็นอาหารที่มีชีวิตเหมือนได้รับเอนไซม์จากระบบทางเดินอาหารของไรแดงเพิ่มเสริมปริมาณเอนไซม์ในทางเดินอาหารของลูกปลาทำให้ประสิทธิภาพการย่อยอาหารดีขึ้นโดยเฉพาะการย่อยโปรตีนซึ่งเป็นสารอาหารที่ร่างกายต้องการนำไปใช้ในรูปโปรตีนและเปลี่ยนโปรตีนเป็นพลังงานในกรณีได้รับพลังงานไม่เพียงพอเพื่อตอบสนองความต้องการของร่างกายสัตว์น้ำซึ่งการได้รับเอนไซม์เสริมจากแหล่งภายนอกมีผลให้ประสิทธิภาพการย่อย และการดูดซึมอาหารดีขึ้นสัตว์น้ำจึงมีการเจริญเติบโตดี (อรพินท์, 2550) ส่วนกลุ่มที่อนุบาลด้วยยีสต์เป็นองค์ประกอบหลักในสูตรอาหารมีการเจริญเติบโต อัตรารอดเฉลี่ย และอัตราแลกเนื้อต่ำสุด เนื่องจากยีสต์ไม่ชักจูงลูกปลาเข้ามากินหรือลูกปลากินไปแล้วแต่ไม่สามารถย่อยได้ดีเท่าที่ควร เนื่องจากยีสต์มีผนังเซลล์หนา และเป็นสารประกอบคาร์โบไฮเดรตที่ย่อยได้ยากเช่น กลูแคนทำให้ไม่สามารถนำโภชนะที่มีในเซลล์ยีสต์มาใช้ได้มากเท่าที่ควรแม้ว่าเซลล์ยีสต์จะมีคุณค่าทางอาหารสูงเพียงพอต่อความต้องการของสัตว์น้ำวัยอ่อนก็ตามแต่การย่อยยากทำให้มีการเติบโตช้า ความสำเร็จในการกินอาหารในระหว่างที่ยังเป็นลูกปลาวัยอ่อนมีความสำคัญอย่างยิ่งต่ออัตรารอด และการเติบโต โดยอัตรารอดของลูกปลาจะดีขึ้นหากความหนาแน่นของเหยื่อเพิ่มมากขึ้นหมายความว่าเมื่อเหยื่อมีขนาดพอเหมาะ และความหนาแน่นของเหยื่อจะเป็นปัจจัยตัดสินถึงจำนวนลูกปลาที่ได้จากการอนุบาล ซึ่งจากผลการศึกษารั้งนี้การเจริญเติบโตด้านน้ำหนักเฉลี่ยของลูกปลาที่อนุบาลด้วยอาร์ทิเมียฟลอกเพลอิกใกล้เคียงกับการทดลองของ ภาณุ และคณะ (2538) ที่อนุบาลลูกปลาคูกอุยอายุ 2-19 วันด้วยไรแดง และอาหารสมทบได้ลูกปลามีน้ำหนักเฉลี่ย 58.3 มิลลิกรัม แต่ต่ำกว่าการทดลองของ สำราย และ ประเสริฐ (2533) ที่อนุบาลลูกปลาคูกอุยอายุ 3-17 วัน ด้วยไรแดงปริมาณ 200-300 เปอร์เซ็นต์ของน้ำหนักตัวได้ลูกปลาน้ำหนักเฉลี่ย 80.0 ± 20.0 มิลลิกรัม ลูกปลาคูก *Heteroclaris* และ *Clarias gariepinus* อนุบาลด้วยไรแดงที่มีชีวิตมีการเจริญเติบโตดี แต่จะมีอัตราการรอดตายต่ำกว่าลูกปลาที่อนุบาลด้วยไรแดงแช่แข็ง ลูกปลาคูก *Heteroclaris* ที่เลี้ยงด้วยไรแดงมีชีวิต และแช่แข็ง มีการเจริญเติบโต และอัตราการรอดตายดีกว่าลูกปลาคูก *Clarias gariepinus* ที่อนุบาลด้วยอาหารทั้งสองชนิดดังกล่าว (Ojutiku, 2008)

อัตราการรอดตายของลูกปลาที่อนุบาลด้วยไรแดง และอาร์ทิเมียฟลอกเพลอิกเท่ากับ 87.59 และ 88.04 เปอร์เซ็นต์ ใกล้เคียงกับการทดลองของภาณุ และคณะ (2538) ที่อนุบาลลูกปลาคูกอุย อายุ 2-19 วัน ด้วยไรแดง และอาหารสมทบได้ลูกปลามีอัตราการรอดตายเท่ากับ 88.1 เปอร์เซ็นต์ และ สำราย

และ ประเสริฐ (2533) ที่อนุบาลลูกปลาอุกอายุ 3 วัน จนได้อายุ 17 วัน ด้วยไรแดงปริมาณ 200-300 เปอร์เซ็นต์ของน้ำหนักตัวลูกปลามีอัตราการอดเฉลี่ยสูงสุดถึง 85.33 เปอร์เซ็นต์ แต่สูงกว่าการศึกษาของสมเล็ก และคณะ (2531) อนุบาลลูกปลาอุกอายุ 4 วัน เป็นเวลา 15 วัน ด้วยไรแดงผสมกับอาหารผงในอัตราส่วน 75:25 ได้ลูกปลามีอัตราการอดตาย 81.7 เปอร์เซ็นต์ ลูกปลาอุก *Heterobranchus longifilis* อายุแรกเกิดถึง 14 วัน ที่อนุบาลด้วยอาร์ทิเมียมีชีวิตรอด อาร์ทิเมียแช่แข็ง ไรแดงมีชีวิตรอด แช่แข็ง และอาหารผสมมีโปรตีน 48.3 เปอร์เซ็นต์ มีอัตราการอดระหว่าง 79-92 เปอร์เซ็นต์ (Kerdchuen and Legendre, 1994) ส่วนอัตราการอดตายของลูกปลาที่อนุบาลด้วยอาหารที่มียีสต์เป็นองค์ประกอบหลักมีค่าระหว่าง 7.96-15.74 เปอร์เซ็นต์ มีค่าใกล้เคียงกับการรายงานของ Petkham *et al.* (2001) ที่ใช้อาหารผงสำเร็จรูป และอาหารผสมสำเร็จรูปชนิดเปลี่ยนอนุบาลลูกปลาอุกอยู่เป็นเวลา 21 วันมีอัตราการอดตาย 12.78-17.22 เปอร์เซ็นต์ แต่ต่ำกว่าการทดลองของ Hecht (1981) ที่ใช้ *Torula yeast* (*Candida utilis*) อนุบาลลูกปลาอุก *Clarias gariepinus* Burchell ในตู้กระจกเป็นเวลา 10 วันได้ลูกปลามีอัตราการอดตายถึง 98.40 เปอร์เซ็นต์ เนื่องจาก *Torula yeast* มีคุณค่าทางโภชนาการสูงที่ประกอบด้วยโปรตีน 50-52 เปอร์เซ็นต์และมีกรดอะมิโนที่จำเป็นอีกหลายชนิดที่ครบถ้วน

อัตราการแลกเนื้อของปลาคูกผสมที่อนุบาลด้วยอาหารสูตรที่ 5 ดีที่สุดเท่ากับ 1.01 สูงกว่าการทดลองของภาณุ และคณะ (2538) มีค่าเท่ากับ 0.56 แต่ต่ำกว่ารายงานของ Chuapoechuk (1987) ที่ระดับโปรตีนในสูตรอาหาร 40 เปอร์เซ็นต์มีอัตราแลกเนื้อเท่ากับ 1.32 ส่วนลูกปลาที่อนุบาลด้วยอาหารสูตรที่ 2, 3 และที่ 4 มีอัตราการแลกเนื้อสูงมากเมื่อเทียบกับ Chuapoechuk (1987) ทั้งนี้เนื่องจากอาหารกลุ่มดังกล่าวปลาไม่สามารถนำไปใช้ประโยชน์ได้อย่างเต็มที่ ทำให้มีการเจริญเติบโตน้อย

ต้นทุนค่าอาหารในการผลิตปลาคูกผสมที่อนุบาลด้วยสูตรที่ 1 (ไรแดง) มีต้นทุนสูงสุดคือ 5.68 ± 0.05 บาทต่อ 1,000 ตัว ทั้งนี้เพราะไรแดงมีราคาแพงกว่าอาหารผสมที่มียีสต์เป็นองค์ประกอบหลักถึง 3 เท่าอีกอย่างหนึ่งอัตราแลกเนื้อก็สูงพอสมควร แต่อย่างไรก็ตามผลการทดลองนี้ยังต่ำกว่ารายงานของภาณุ และคณะ (2538) ที่มีต้นทุนในการอนุบาลลูกปลาอุกเป็นเวลา 19 วันเท่ากับ 11.12 บาทต่อ 1,000 ตัว เนื่องจากระยะเวลาการทดลองแตกต่างกันทำให้การสะสมการกินอาหารได้มากจึงมีต้นทุนการผลิตลูกปลามากกว่าการทดลองนี้

ผลการทดลองที่ 2 การศึกษาผลของอาหารผสมแป้งมันสำปะหลังดัดแปรรูปโดยวิธีกายภาพ และวิธีเคมีต่อการเจริญเติบโต อัตรารอด ประสิทธิภาพการใช้อาหาร ต้นทุนค่าอาหาร และองค์ประกอบทางเคมี ของเนื้อปลาอุกผสม

1. การเจริญเติบโต

การเจริญเติบโตของปลาคูกลูกผสมแสดงไว้ในตารางที่ 9 รูปที่ 3 น้ำหนักเฉลี่ยเมื่อเริ่มทดลองเท่ากับ 42.54 ± 2.65 มิลลิกรัม เมื่อสิ้นสุดการทดลอง พบว่าไม่มีความแตกต่างแตกต่างกันทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญ ($P > 0.05$) ลูกปลาที่อนุบาลด้วยอาหารปลาคูวัยอ่อนชนิดผง ลูกปลาที่อนุบาลด้วยอาหารผสมแป้งมันสำปะหลังดัดแปรรูปทางเคมี และอาหารผสมแป้งมันสำปะหลังดัดแปรรูปทางกายภาพ มีน้ำหนักสุดท้ายเฉลี่ยเท่ากับ 133.57 ± 16.95 , 131.40 ± 6.38 และ 123.57 ± 2.89 มิลลิกรัมต่อตัว ตามลำดับ

น้ำหนักเพิ่มเฉลี่ยต่อวันของปลาคูกลูกผสมในแต่ละชุดการทดลองตั้งแต่เริ่มการทดลอง (อายุ 13 วัน) จนถึงอายุ 27 วัน พบว่าไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ ($P > 0.05$) โดยลูกปลาที่อนุบาลด้วยอาหารปลาคูวัยอ่อนชนิดผง ลูกปลาที่อนุบาลด้วยอาหารผสมแป้งมันสำปะหลังดัดแปรรูปทางเคมี และอาหารผสมแป้งมันสำปะหลังดัดแปรรูปทางกายภาพ มีน้ำหนักเฉลี่ยเท่ากับ 6.50 ± 1.21 , 6.35 ± 0.46 และ 5.79 ± 0.21 มิลลิกรัมต่อวันตามลำดับ

เปอร์เซ็นต์น้ำหนักที่เพิ่มขึ้นทั้งหมดของปลาคูกลูกผสมตลอดระยะการทดลองของชุดการทดลองที่ 1, 2 และ ที่ 3 แสดงไว้ดังตารางที่ 9 รูปที่ 3 ผลวิเคราะห์ความแตกต่างของการเจริญเติบโตของลูกปลาโดยพิจารณาเปอร์เซ็นต์ น้ำหนักเฉลี่ยที่เพิ่มขึ้นของลูกปลาในแต่ละชุดการทดลอง ตั้งแต่เริ่มการทดลอง (อายุ 13 วัน) จนถึงอายุ 27 วัน พบว่าไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ ($P > 0.05$) โดยลูกปลาที่อนุบาลด้วยอาหารปลาคูวัยอ่อนชนิดผง ลูกปลาที่อนุบาลด้วยอาหารผสมแป้งมันสำปะหลังดัดแปรรูปทางกายภาพและอาหารผสมแป้งมันสำปะหลังดัดแปรรูปทางเคมีมีเปอร์เซ็นต์น้ำหนักเพิ่มเฉลี่ยเท่ากับ 213.91 ± 39.83 , 211.79 ± 13.20 และ 208.81 ± 15.00 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ

อัตราการเจริญเติบโตจำเพาะของปลาคูกลูกผสมตลอดระยะการทดลองของชุดการทดลองที่ 1, 2 และที่ 3 แสดงไว้ดังตารางที่ 9 รูปที่ 4 ผลวิเคราะห์ความแตกต่างของอัตราการเจริญเติบโตจำเพาะของลูกปลาในแต่ละชุดการทดลองตั้งแต่เริ่มการทดลอง (อายุ 13 วัน) จนถึงอายุ 27 วัน พบว่าไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ ($P > 0.05$) ลูกปลาที่อนุบาลด้วยอาหารปลาคูวัยอ่อนชนิดผง ลูกปลา

ที่อนุบาลด้วยอาหารผสมแป้งมันสำปะหลังคัดแปรรูปทางเคมี และอาหารผสมแป้งมันสำปะหลังคัดแปรรูปทางกายภาพมีอัตราการเจริญเติบโตจำเพาะเท่ากับ 8.14 ± 0.93 , 8.05 ± 0.34 และ 7.62 ± 0.17 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ

2. อัตราการรอดตาย

อัตราการรอดตายของปลาดุกลูกผสมตลอดระยะเวลาการทดลองของชุดการทดลองที่ 1, 2 และที่ 3 แสดงไว้ดังตารางที่ 9 รูปที่ 3 ผลวิเคราะห์ความแตกต่างของอัตราการรอดตายของลูกปลาในแต่ละชุดการทดลอง ตั้งแต่เริ่มการทดลอง (อายุ 13 วัน) จนถึง อายุ 27 วัน พบว่าไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติแต่มีแนวโน้ม ($P=0.053$) ลูกปลาที่อนุบาลด้วยอาหารปลาดุกวัยอ่อนชนิดผง มีอัตราการรอดตายสูงสุดรองลงมาคือลูกปลาที่อนุบาลด้วยอาหารผสมแป้งมันสำปะหลังคัดแปรรูปทางกายภาพ และอาหารผสมแป้งมันสำปะหลังคัดแปรรูปทางเคมีโดยมีอัตราการรอดตายเท่ากับ 79.44 ± 3.67 , 76.89 ± 0.51 และ 73.67 ± 1.20 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ

3. อัตราการแลกเนื้อ

อัตราการแลกเนื้อของปลาดุกลูกผสมตลอดระยะเวลาการทดลองของชุดการทดลองที่ 1, 2 และที่ 3 แสดงไว้ดังตารางที่ 9 รูปที่ 4 ผลวิเคราะห์ความแตกต่างของอัตราการแลกเนื้อของลูกปลาในแต่ละชุดการทดลอง ตั้งแต่เริ่มการทดลอง (อายุ 13 วัน) จนถึง อายุ 27 วัน พบว่าไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ ($P>0.05$) ลูกปลาที่อนุบาลด้วยอาหารปลาดุกวัยอ่อนชนิดผง ลูกปลาที่อนุบาลด้วยอาหารผสมแป้งมันสำปะหลังคัดแปรรูปทางเคมี และอาหารผสมแป้งมันสำปะหลังคัดแปรรูปทางกายภาพ มีอัตราการแลกเนื้อเท่ากับ 1.37 ± 0.29 , 1.52 ± 0.07 และ 1.62 ± 0.05 ตามลำดับ

4. ต้นทุนค่าอาหาร

ต้นทุนค่าอาหารในการผลิตปลาดุกลูกผสมของชุดการทดลองที่ 1, 2 และที่ 3 แสดงไว้ดังตารางที่ 9 รูปที่ 4 ผลวิเคราะห์ความแตกต่างของต้นทุนค่าอาหารของลูกปลาในแต่ละชุดการทดลอง ตั้งแต่เริ่มการทดลอง (อายุ 13 วัน) จนถึงอายุ 27 วัน พบว่าต้นทุนค่าอาหารของลูกปลาที่อนุบาลด้วยอาหารปลาดุกวัยอ่อนชนิดผงสูงกว่าอาหารผสมแป้งคัดแปรรูปทางกายภาพ และอาหารผสมแป้งคัดแปรรูปทางเคมีอย่างมีนัยสำคัญ ($P<0.01$) ลูกปลาที่อนุบาลด้วยอาหารผสมสูตรที่ 2 และ ที่ 3 มีต้นทุน

ค่าอาหารไม่แตกต่างกันทางสถิติ ($P>0.05$) โดยมีค่าเท่ากับ 6.05 ± 0.30 , 2.96 ± 0.03 และ 3.04 ± 0.15 บาทต่อ 1,000 ตัวตามลำดับ

5. องค์ประกอบทางเคมีของเนื้อปลา

องค์ประกอบทางเคมีของเนื้อปลาเมื่อสิ้นสุดการทดลองที่ 2 แสดงไว้ดังตารางที่ 10 รูปที่ 5

5.1 ปริมาณความชื้น

ผลวิเคราะห์ความแตกต่างของปริมาณความชื้นในเนื้อปลาเมื่อสิ้นสุดการทดลองพบว่าไม่มีความแตกต่างทางสถิติ ($P>0.05$) ลูกปลาที่อนุบาลด้วยอาหารปลาคุณภาพอ่อนชนิดผง ลูกปลาที่อนุบาลด้วยอาหารผสมแป้งมันสำปะหลังคัดแปรรูปทางเคมี และอาหารผสมแป้งมันสำปะหลังคัดแปรรูปทางกายภาพโดยมีปริมาณความชื้นในเนื้อปลาเท่ากับ 74.37 ± 0.45 , 74.35 ± 1.15 และ 74.27 ± 1.14 เปอร์เซ็นต์ตามลำดับ

5.2 ปริมาณโปรตีน

ผลวิเคราะห์ความแตกต่างของปริมาณโปรตีนในเนื้อปลาเมื่อสิ้นสุดการทดลองพบว่าลูกปลาที่อนุบาลด้วยอาหารปลาคุณภาพอ่อนชนิดผง มีปริมาณโปรตีนในเนื้อปลาสูงกว่าทุกชุดการทดลองอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P<0.05$) ลูกปลาที่อนุบาลด้วยอาหารผสมแป้งมันสำปะหลังคัดแปรรูปทางกายภาพและอาหารผสมแป้งมันสำปะหลังคัดแปรรูปทางเคมี มีปริมาณโปรตีนในเนื้อปลาไม่แตกต่างกัน ($P>0.05$) โดยมีปริมาณโปรตีนในเนื้อปลาเท่ากับ 13.21 ± 0.29 , 10.68 ± 0.27 และ 10.48 ± 0.06 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ

5.3 ปริมาณไขมัน

ผลวิเคราะห์ความแตกต่างของปริมาณไขมันในเนื้อปลาเมื่อสิ้นสุดการทดลองพบว่า ลูกปลาที่อนุบาลด้วยอาหารผสมแป้งมันสำปะหลังคัดแปรรูปทางเคมีมีปริมาณไขมันในเนื้อปลาสูงกว่าทุกชุดการทดลองอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P<0.05$) ทั้งลูกปลาที่อนุบาลด้วยอาหารปลาคุณภาพอ่อนชนิดผงและอาหารผสมแป้งมันสำปะหลังคัดแปรรูปทางกายภาพมีปริมาณไขมันในเนื้อ

ปลาไม่แตกต่างกัน ($P>0.05$) โดยมีปริมาณไขมันในเนื้อปลาเท่ากับ 3.20 ± 0.10 , 2.21 ± 0.08 และ 2.08 ± 0.09 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ

5.4 ปริมาณเถ้า

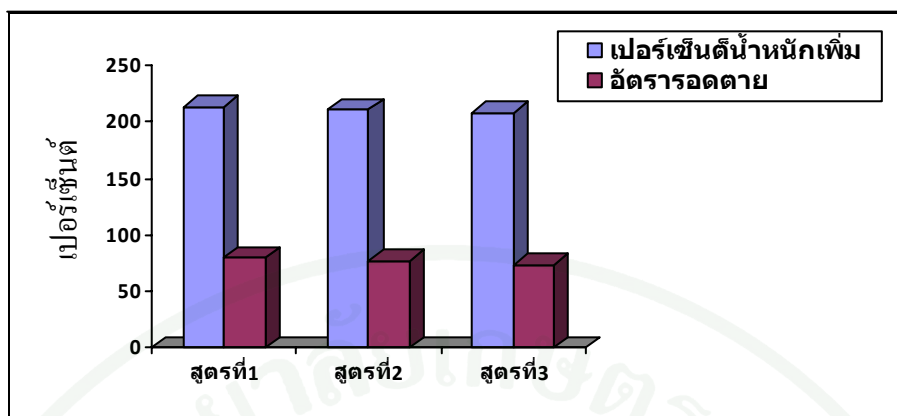
ผลวิเคราะห์ความแตกต่างของปริมาณเถ้าในเนื้อปลาเมื่อสิ้นสุดการทดลอง พบว่า ลูกปลาที่อนุบาลด้วยอาหารผสมแป้งมันสำปะหลังดัดแปรรูปทางเคมีมีปริมาณเถ้าในเนื้อปลาสูงกว่าทุกชุดการทดลองอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P<0.05$) ลูกปลาที่อนุบาลด้วยอาหารผสมแป้งมันสำปะหลังดัดแปรรูปทางกายภาพ และอาหารปลาอุกวัยอ่อนชนิดผงมีปริมาณเถ้าในเนื้อปลาไม่แตกต่างกัน ($P>0.05$) โดยมีปริมาณเถ้าในเนื้อปลาเท่ากับ 5.17 ± 0.36 , 3.71 ± 0.44 และ 3.07 ± 0.18 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ

ตารางที่ 9 อัตราการเจริญเติบโต อัตราอดตาย การใช้ประโยชน์อาหาร และต้นทุนค่าอาหารที่ใช้ในการอนุบาลลูกปลาอุกผสม

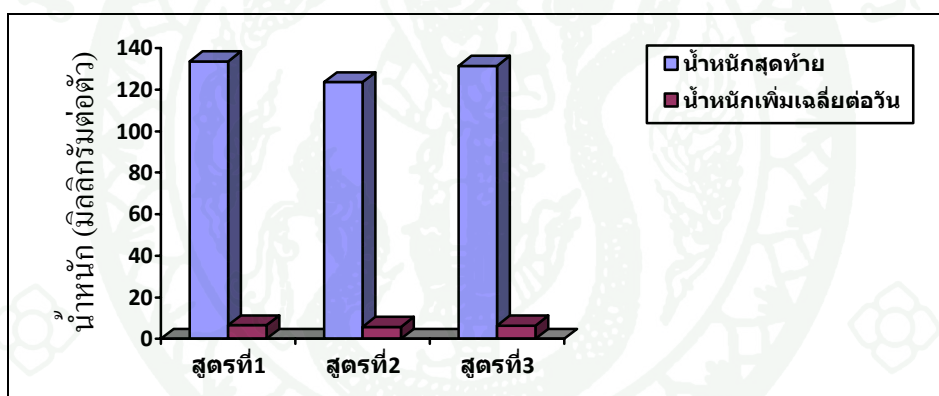
พารามิเตอร์	อาหารทดลอง			p-value
	อาหารปลาอุก	อาหารผสมแป้งมัน	อาหารผสมแป้ง	
	วัยอ่อน ชนิดผง	ดัดแปรรูปทางกายภาพ (Diet.1)	มันดัดแปรรูปทางเคมี (Diet.2)	
น้ำหนักเริ่มต้น(มิลลิกรัมต่อตัว)	42.54 ± 2.65^a	42.54 ± 2.65^a	42.54 ± 2.65^a	-
น้ำหนักสุดท้าย (มิลลิกรัมต่อตัว)	133.57 ± 16.95^a	123.57 ± 2.89^a	131.40 ± 6.38^a	0.5159
น้ำหนักเพิ่มเฉลี่ยต่อวัน (มิลลิกรัมต่อตัว)	6.50 ± 1.21^a	5.79 ± 0.21^a	6.35 ± 0.46^a	0.5188
เปอร์เซ็นต์น้ำหนักเพิ่ม (%)	213.91 ± 39.83^a	211.79 ± 13.20^a	208.81 ± 15.00^a	0.9709
อัตราการเติบโตจำเพาะ (%)	8.14 ± 0.93^a	7.62 ± 0.17^a	8.05 ± 0.34^a	0.5390
อัตราอดตาย (%)	79.44 ± 3.67^a	76.89 ± 0.51^a	73.67 ± 1.20^a	0.0533
อัตราการแลกเนื้อ	1.37 ± 0.29^a	1.62 ± 0.05^a	1.52 ± 0.07^a	0.2745
ต้นทุนค่าอาหาร(บาท /1,000ตัว)	6.05 ± 0.30^a	2.96 ± 0.03^b	3.04 ± 0.15^b	< 0.0001

หมายเหตุ $\pm$: ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน

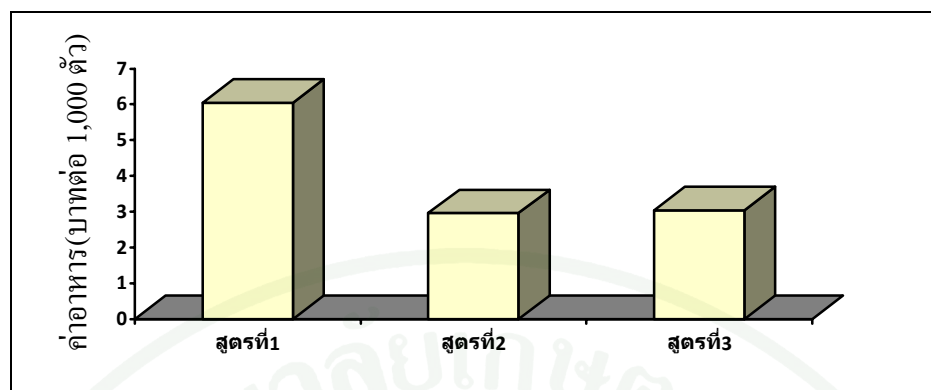
^{abc} ตัวอักษรต่างกันในแนวนอนแสดงความแตกต่างทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญ ($P<0.05$)



ภาพที่ 4 เปอร์เซนต์น้ำที่เพิ่ม และอัตราการตายของลูกปลาที่อนุบาลด้วยอาหารต่างกันเป็นเวลา 2 สัปดาห์



ภาพที่ 5 น้ำที่ดื่ม และน้ำที่เพิ่มเฉลี่ยต่อวันของปลาที่อนุบาลด้วยอาหารต่างกันเป็นเวลา 2 สัปดาห์



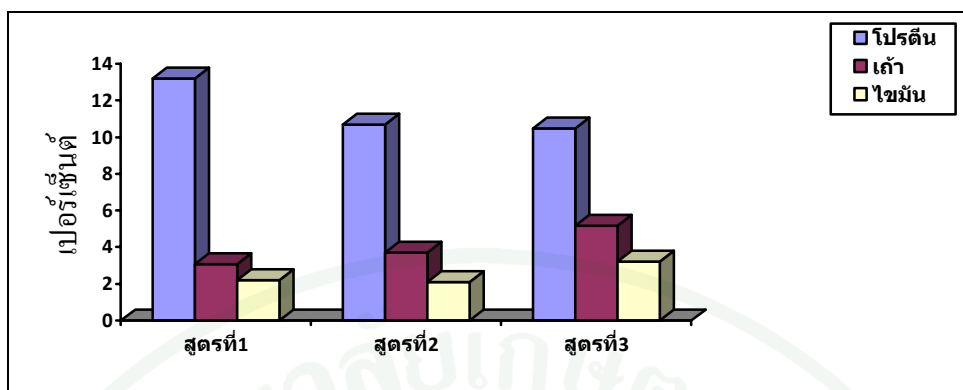
ภาพที่ 6 ต้นทุนค่าอาหารของลูกปลาที่อนุบาลด้วยอาหารต่างกันเป็นเวลา 2 สัปดาห์

ตารางที่ 10 องค์ประกอบทางเคมีของเนื้อปลาที่ได้จากการทดลอง

เปอร์เซ็นต์(%)	อาหารทดลอง			P-value
	อาหารปลาดุกวัย อ่อนชนิดผง	อาหารผสมแป้งมันคั้ด แปรรูปทางกายภาพ (Diet.1)	อาหารผสมแป้งมันคั้ด แปรรูปทางเคมี (Diet.2)	
ความชื้น	74.37±0.45 ^a	74.27±1.14 ^a	74.35±1.15 ^a	0.9905
โปรตีน	13.21±0.29 ^a	10.68±0.27 ^b	10.48±0.06 ^b	<0.0001
ไขมัน	2.21 ±0.08 ^b	2.08±0.09 ^b	3.20±0.10 ^a	0.0023
เถ้า	3.07 ±0.18 ^b	3.71±0.44 ^b	5.17±0.36 ^a	0.0189

หมายเหตุ ±: ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน

^{abc} ตัวอักษรต่างกันในแนวนอนแสดงความแตกต่างทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญ (P<0.05)



ภาพที่ 7 ปริมาณโปรตีน ไขมัน และไขมันในเนื้อปลาตุ๋นผสมที่อนุบาลด้วยอาหารต่างกัน เป็นเวลา 2 สัปดาห์

การอนุบาลลูกปลาทูอายุ 13 วันเป็นเวลา 14 วันด้วยอาหารปลาตุ๋นอ่อนชนิดผง อาหารผสมแป้งมัลต์ดัดแปรรูปทางกายภาพ และอาหารผสมแป้งมันดัดแปรรูปทางเคมี พบว่าการเจริญเติบโตมีค่าใกล้เคียงกัน ($P>0.05$) แสดงว่าลูกปลามีระบบทางเดินอาหารที่สามารถย่อย และดูดซึมอาหารทั้ง 3 ชนิดได้ดี ซึ่งผลการทดลองนี้มีค่าเฉลี่ยการเจริญเติบโตมากกว่า วราภรณ์ (2536) ที่ได้ทดลองอนุบาลลูกปลาทูอายุ 15 วันด้วยอาหารที่ใช้ข้าวโพด ข้าวเหนียว ปลาข้าวเจ้า และแป้งเหนียว เป็นส่วนประกอบเลี้ยงจนถึงสัปดาห์ที่ 3 ได้ลูกปลาที่มีการเจริญเติบโตด้านน้ำหนักสุดท้ายเท่ากับ 80.11-101.36 มิลลิกรัม น้ำหนักเพิ่มต่อวันเท่ากับ 2.32-3.33 มิลลิกรัม อัตราการเจริญเติบโตจำเพาะเฉลี่ยต่อวัน 1.11-2.58 เปอร์เซ็นต์ แต่ต่ำกว่าการรายงานของไชยวัฒน์ และคณะ (2545) ที่ได้อนุบาลลูกปลาทูอายุ 10 วัน ด้วยไรแดง อาหารผงสำเร็จรูปชนิดโปรตีน 42.91 เปอร์เซ็นต์ เป็นระยะเวลา 30 วัน ได้ลูกปลาทูที่มีน้ำหนักสุดท้ายเฉลี่ย 334.0 และ 549.0 มิลลิกรัม ส่วนอัตราการแลกเนื้อของลูกปลาที่อนุบาลด้วยอาหารปลาตุ๋นอ่อนชนิดผง และอาหารผสมแป้งมันสำปะหลังดัดแปรรูปมีค่าระหว่าง 1.37-1.6 2 ซึ่งดีกว่าการศึกษาของ Giri (2003) ที่ใช้อาหารที่มีระดับโปรตีน 30-40 เปอร์เซ็นต์ อนุบาลปลาทูผสมเป็นเวลา 30 วัน มีอัตราแลกเนื้อระหว่าง 1.60-1.80

อัตราการตายจากผลการทดลองครั้งนี้มีค่า 73.67-79.44 เปอร์เซ็นต์ ใกล้เคียงกับการทดลองของ วราภรณ์ (2536) ที่ได้ทดลองอนุบาลลูกปลาทูอายุ 15 วัน ด้วยอาหารที่ใช้ข้าวโพด ข้าวเหนียว ปลาข้าวเจ้า และแป้งเหนียว เป็นส่วนประกอบเลี้ยงจนถึงสัปดาห์ที่ 3 ได้ลูกปลาที่มีอัตราการรอดตายระหว่าง 66.83-77.67 เปอร์เซ็นต์ แต่สูงกว่ารายงานของไชยวัฒน์ และคณะ (2545) ที่อนุบาล

ลูกปลาดุกเทศอายุ 10 วันด้วยอาหารไรแดง อาหารผงสำเร็จรูปโปรตีน 42.91 เปอร์เซ็นต์ และอาหารผงสำเร็จรูปโปรตีน 53.23 เปอร์เซ็นต์ในบ่อคอนกรีตกลมขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 2 เมตร เป็นระยะเวลา 30 วันมีอัตราการตายเฉลี่ยระหว่าง 41.75-64.88 เปอร์เซ็นต์

ผลวิเคราะห์ความแตกต่างต้นทุนค่าอาหารของการอนุบาลลูกปลาในแต่ละชุดการทดลอง พบว่าต้นทุนค่าอาหารของลูกปลาที่อนุบาลด้วยอาหารปลาดุกวัยอ่อนชนิดผง (6.05 บาท/1,000ตัว) สูงกว่าการใช้แป้งมันสำปะหลังคั่วแปรรูป (2.69-3.04บาท/1,000ตัว) ทั้งนี้เป็นเพราะว่าค่าอาหารปลาดุกวัยอ่อนชนิดผงที่ใช้ในการทดลองมีราคาสูงกว่าอาหารผสมแป้งมันคั่วแปรรูปทางกายภาพ และอาหารผสมแป้งคั่วแปรรูปทางเคมี ถึงแม้ว่าอัตราการแลกเนื้อจะต่ำกว่าทุกชุดการทดลองก็ตาม แต่ว่าอาหารมีราคาแพงกว่าก็ทำให้ต้นทุนการผลิตแพงไปด้วย แต่ต่ำกว่าเมื่อเปรียบเทียบกับ การทดลองของไชยวัฒน์ และคณะ (2545) ที่ใช้ไรแดง อาหารผงสำเร็จรูปโปรตีน 42.91 เปอร์เซ็นต์ และอาหารผงสำเร็จรูปโปรตีน 53.23 อนุบาลลูกปลาดุกเทศอายุ 10 วันเป็นเวลา 30 วันได้ลูกปลา มีต้นทุนเฉพาะค่าอาหารระหว่าง 128.41-273.28บาท/1,000 ตัว

องค์ประกอบทางเคมีของเนื้อปลาที่ได้รับอาหารปลาดุกวัยอ่อนชนิดผง (40 เปอร์เซ็นต์) และอาหารผสมแป้งมันสำปะหลังคั่วแปรรูปทางกายภาพ และอาหารผสมทางเคมีที่มีโปรตีนต่ำกว่า (32.87-33.9 เปอร์เซ็นต์) พบว่าปริมาณความชื้นของลูกปลาไม่แตกต่างกัน ($P>0.05$) โดยมีปริมาณความชื้นในเนื้อปลาระหว่าง 74.27-74.37 เปอร์เซ็นต์ ใกล้เคียงกับการรายงานของวรภรณ์ (2536) ที่อนุบาลลูกปลาดุกเทศอายุ 15 วัน ด้วยอาหารที่มีระดับคาร์โบไฮเดรตร้อยละ 20-60 ได้ปลา มีปริมาณความชื้นระหว่าง 72.43-77.45 เปอร์เซ็นต์โดยทั่วไปความชื้นในเนื้อปลาจะผันแปรตามขนาดอายุ และปริมาณไขมันเนื้อเยื่อของปลาที่เพิ่มมากขึ้นกล่าวคือเมื่อปลาอายุมากขึ้นไขมันจะมีมากขึ้นขณะที่ปริมาณความชื้นในเนื้อปลาจะมีค่าน้อยลง (อรพินท์, 2550) ลูกปลาที่อนุบาลด้วยอาหารปลาดุกวัยอ่อนชนิดผงมีปริมาณโปรตีนในเนื้อปลาสูงสุดคือร้อยละ 13.21 เมื่อเทียบกับอาหารทดลองสูตรอื่นๆ ทั้งนี้เนื่องจากว่าปลาได้รับอาหารที่มีโปรตีนเพียงพอกับการเจริญเติบโต จึงมีการสะสมโปรตีนไว้ในร่างกาย ใกล้เคียงกับการทดลองของ วรภรณ์ (2536) ที่ระดับการใช้คาร์โบไฮเดรต 50 เปอร์เซ็นต์ในสูตรอาหารซึ่งมีโปรตีนในเนื้อเยื่อเท่ากับร้อยละ 14.50 ลูกปลาที่อนุบาลด้วยอาหารผสมแป้งมันสำปะหลังคั่วแปรรูปโดยวิธีเคมี มีปริมาณไขมันในเนื้อปลาสูง (3.20 เปอร์เซ็นต์) กว่าทุกชุดการทดลองซึ่งต่ำกว่าการทดลองของของวรภรณ์ (2536) ที่ระดับการใช้คาร์โบไฮเดรต 20-60 เปอร์เซ็นต์ในสูตรอาหารซึ่งมีค่าปริมาณไขมันสะสมในร่างกายเท่ากับร้อยละ 6.51 ทั้งนี้เนื่องจากว่าปลาในการศึกษานี้ได้รับพลังงานเพียงพอ และมีส่วนเหลือถูกเปลี่ยนรูปมาเก็บสะสมเป็นไขมันในตัวปลาไม่มากนัก ส่วนปริมาณเถ้าในเนื้อปลาเมื่อสิ้นสุดการทดลองพบว่าลูกปลา

ที่อนุบาลด้วยอาหารผสมแป้งคัดแปรรูปโดยวิธีเคมี มีปริมาณเถ้าในเนื้อปลาสูง (5.17 เปอร์เซ็นต์) กว่าทุกชุดการทดลองอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ซึ่งสูงกว่าการรายงานของของวารภรณ์ (2536) ที่ระดับการใช้คาร์โบไฮเดรต 20-60 เปอร์เซ็นต์ในสูตรอาหารซึ่งมีค่าปริมาณเถ้าระหว่าง 1.08-3.69 เปอร์เซ็นต์

ดังนั้นจะพบว่าการใช้แป้งมันสำปะหลังคัดแปรรูปด้วยวิธีทางกายและเคมีในการผลิตอาหาร ทำให้ประสิทธิภาพการเติบโตดีกว่าการใช้คาร์โบไฮเดรตจากแหล่งอื่นๆ เนื่องจากการใช้แป้งคัดแปรรูปผลิตอาหารโปรตีนต่ำ (32.87-33.91 เปอร์เซ็นต์) กว่าอาหารปลาดุกวัยอ่อนชนิดผง (40 เปอร์เซ็นต์โปรตีน) ลูกปลาก็ยังมีการเติบโตใกล้เคียงกัน แต่อย่างไรก็ตามระดับโปรตีน 32.87-33.91 เปอร์เซ็นต์ที่ใช้ในการอนุบาลปลาดุกผสมอาจจะต่ำไปเล็กน้อย จึงมีผลให้โปรตีนสะสมในร่างกายต่ำ และมีไขมันสะสมสูง การเพิ่มปริมาณโปรตีนให้สูงขึ้นจะทำให้การเติบโตดีขึ้น

ผลการทดลองที่ 3 การศึกษาเปรียบเทียบผลของอาหารผสมแป้งข้าวเจ้าคัดแปรรูปโดยวิธีกายภาพ และอาหารปลาดุกวัยอ่อนชนิดผงต่อการเจริญเติบโต ประสิทธิภาพการใช้อาหาร อัตรารอด ต้นทุนค่าอาหาร และองค์ประกอบทางเคมีของเนื้อปลาดุกผสม

1. การเจริญเติบโต

การเจริญเติบโตของปลาดุกผสมแสดงไว้ในตารางที่ 11 รูปที่ 6 น้ำหนักเฉลี่ยเมื่อเริ่มทดลองเท่ากับ 42.54 ± 2.65 มิลลิกรัม เมื่อสิ้นสุดการทดลอง พบว่าไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญ ($P > 0.05$) ลูกปลาที่อนุบาลด้วยอาหารปลาดุกวัยอ่อนชนิดผง และลูกปลาที่อนุบาลด้วยอาหารผสมแป้งข้าวเจ้าคัดแปรรูปทางกายภาพ มีน้ำหนักเฉลี่ยเท่ากับ 133.57 ± 16.95 และ 132.67 ± 5.61 มิลลิกรัม ตามลำดับ

น้ำหนักเพิ่มเฉลี่ยต่อวันของปลาดุกผสมเมื่อสิ้นสุดการทดลองได้แสดงไว้ดังตารางที่ 11 ผลวิเคราะห์ความแตกต่างของการเจริญเติบโตของลูกปลาโดยพิจารณาน้ำหนักเพิ่มเฉลี่ยต่อวันของลูกปลาในแต่ละชุดการทดลอง ตั้งแต่เริ่มการทดลอง (อายุ 13 วัน) จนถึงอายุ 27 วันพบว่าไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ ($P > 0.05$) ลูกปลาที่อนุบาลด้วยอาหารปลาดุกวัยอ่อนชนิดผง และลูกปลาที่อนุบาลด้วยอาหารผสมแป้งข้าวเจ้าคัดแปรรูปทางกายภาพมีน้ำหนักเพิ่มเฉลี่ยเท่ากับ 6.50 ± 121 และ 6.44 ± 0.40 มิลลิกรัม ต่อวันตามลำดับ

เปอร์เซ็นต์น้ำหนักที่เพิ่มขึ้นทั้งหมดของปลาคูกลูกผสมตลอดระยะเวลาการทดลองของชุดการทดลองที่ 1 และที่ 2 แสดงไว้ดังตารางที่ 11 รูปที่ 6 ผลวิเคราะห์ความแตกต่างของการเจริญเติบโตของลูกปลาโดยพิจารณาเปอร์เซ็นต์น้ำหนักเฉลี่ยที่เพิ่มขึ้นของลูกปลาในแต่ละชุดการทดลองแต่เริ่มการทดลอง (อายุ 13 วัน) จนสิ้นสุดการทดลองพบว่าไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ ($P>0.05$) ลูกปลาที่อนุบาลด้วยอาหารปลาคูวัยอ่อนชนิดผง และลูกปลาที่อนุบาลด้วยอาหารผสมแป้งข้าวเจ้าคัดแปรรูปทางกายภาพมีค่าเปอร์เซ็นต์น้ำหนักที่เพิ่มขึ้นเท่ากับ 213.91 ± 39.83 และ 211.79 ± 13.20 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ

อัตราการเจริญเติบโตจำเพาะของปลาคูกลูกผสมตลอดระยะเวลาการทดลองของชุดการทดลองที่ 1 และที่ 2 แสดงไว้ดังตารางที่ 11 รูปที่ 7 ผลวิเคราะห์ความแตกต่างของอัตราการเจริญเติบโตจำเพาะของลูกปลาในแต่ละชุดการทดลอง ตั้งแต่เริ่มการทดลอง (อายุ 13 วัน) จนถึงอายุ 27 วัน พบว่าไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ ($P>0.05$) ลูกปลาที่อนุบาลด้วยอาหารปลาคูวัยอ่อนชนิดผง และลูกปลาที่อนุบาลด้วยอาหารผสมแป้งข้าวเจ้าคัดแปรรูปทางกายภาพมีอัตราการเจริญเติบโตจำเพาะเท่ากับ 8.14 ± 0.93 และ 8.12 ± 0.31 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ

2. อัตราการรอดตาย

อัตราการรอดตายของปลาคูกลูกผสมตลอดระยะเวลาการทดลองของชุดการทดลองที่ 1 และที่ 2 แสดงไว้ดังตารางที่ 11 รูปที่ 6 ผลวิเคราะห์ความแตกต่างของอัตราการรอดตายของลูกปลาในแต่ละชุดการทดลอง ตั้งแต่เริ่มการทดลอง (อายุ 13 วัน) จนสิ้นสุดการทดลองพบว่าไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ ($P>0.05$) ลูกปลาที่อนุบาลด้วยอาหารปลาคูวัยอ่อนชนิดผง และลูกปลาที่อนุบาลด้วยอาหารผสมแป้งข้าวเจ้าคัดแปรรูปทางกายภาพมีค่าอัตราการรอดตายเท่ากับ 79.44 ± 3.67 และ 77.11 ± 1.39 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ

3. อัตราการแลกเนื้อ

อัตราการแลกเนื้อของปลาคูกลูกผสมตลอดระยะเวลาการทดลองของชุดการทดลองที่ 1 และที่ 2 แสดงไว้ดังตารางที่ 11 รูปที่ 7 ผลวิเคราะห์ความแตกต่างของอัตราการแลกเนื้อของลูกปลาในแต่ละชุดการทดลอง ตั้งแต่เริ่มการทดลอง (อายุ 13 วัน) จนสิ้นสุดการทดลองพบว่าไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ ($P>0.05$) ลูกปลาที่อนุบาลด้วยอาหารปลาคูวัยอ่อนชนิดผง และลูกปลาที่

อนุบาลด้วยอาหารผสมแป้งข้าวเจ้าตัดแปรรูปทางกายภาพมีค่าอัตราการแลกเนื้อเท่ากับ 1.37 ± 0.29 และ 1.42 ± 0.07 ตามลำดับ

4. ต้นทุนค่าอาหาร

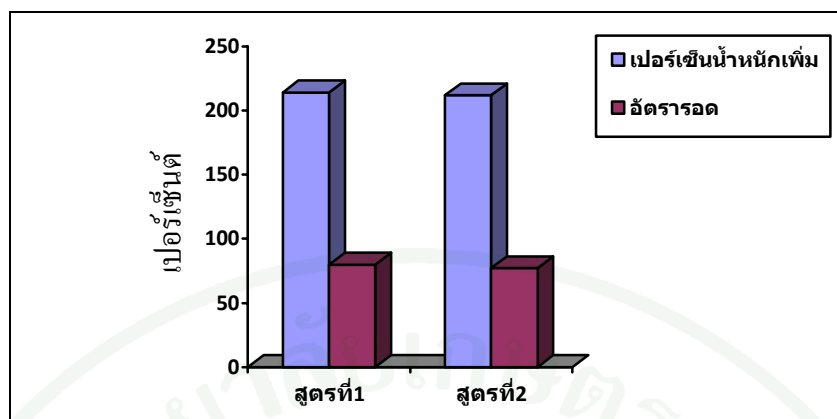
ต้นทุนค่าอาหารในการผลิตปลาอุกผสมของชุดการทดลองที่ 1 และที่ 2 แสดงไว้ดังตารางที่ 11 รูปที่ 7 ผลวิเคราะห์ความแตกต่างของต้นทุนค่าอาหารของลูกปลาในแต่ละชุดการทดลองแต่เริ่มการทดลอง (อายุ 13 วัน) จนถึงสิ้นสุดการทดลองพบว่ามีความแตกต่างกันทางสถิติ ($P < 0.05$) ลูกปลาที่อนุบาลด้วยอาหารปลาอุกวัยอ่อนชนิดผงมีต้นทุนสูงกว่าลูกปลาที่อนุบาลด้วยอาหารผสมแป้งข้าวเจ้าตัดแปรรูปทางกายภาพโดยมีค่าเท่า 6.05 ± 0.30 และ 2.89 ± 0.07 บาท/1,000 ตัว

ตารางที่ 11 อัตราการเจริญเติบโต อัตราอดตาย การใช้ประโยชน์อาหาร และต้นทุนค่าอาหารที่ใช้ในการอนุบาลลูกปลาอุกผสม

พารามิเตอร์	อาหารทดลอง		P-Value
	อาหารลูกปลาอุกวัยอ่อนชนิดผง	อาหารผสมแป้งข้าวเจ้าตัดแปรรูปทางกายภาพ (Diet.3)	
น้ำหนักเริ่มต้น(มิลลิกรัมต่อตัว)	42.54 ± 2.65^a	42.54 ± 2.65^a	0.9346
น้ำหนักสุดท้าย (มิลลิกรัมต่อตัว)	133.57 ± 16.95^a	132.67 ± 5.61^a	
น้ำหนักเพิ่มเฉลี่ยต่อวัน(มิลลิกรัมต่อตัว)	6.50 ± 1.21^a	6.44 ± 0.40^a	0.9357
เปอร์เซ็นต์น้ำหนักเพิ่ม (%)	213.91 ± 39.83^a	211.79 ± 13.20^a	0.9346
อัตราการเติบโตจำเพาะ (%)	8.14 ± 0.93^a	8.12 ± 0.31^a	0.9823
อัตราอดตาย (%)	79.44 ± 3.67^a	77.11 ± 1.39^a	0.3615
อัตราการแลกเนื้อ	1.37 ± 0.29^a	1.42 ± 0.07^a	0.7659
ต้นทุนค่าอาหาร(บาท /1,000ตัว)	6.05 ± 0.30^a	2.89 ± 0.07^b	<0.0001

หมายเหตุ $\pm$: ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน

^{ab}ตัวอักษรต่างกันในแนวนอนแสดงความแตกต่างทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญ ($P < 0.05$)



ภาพที่ 8 เปอร์เซนต์น้ำหนักเพิ่ม และอัตราลดตายของลูกปลาที่อนุบาลด้วยอาหารต่างกันเป็นเวลา 2 สัปดาห์

5. องค์ประกอบทางเคมีของเนื้อปลา

องค์ประกอบทางเคมีของเนื้อปลาเมื่อสิ้นสุดการทดลองที่ 3 แสดงไว้ดังตารางที่ 12 รูปที่ 8

5.1 ปริมาณความชื้น

ผลวิเคราะห์ความแตกต่างของปริมาณความชื้นในเนื้อปลาเมื่อสิ้นสุดการทดลองพบว่าไม่มีความแตกต่างทางสถิติ ($P > 0.05$) ลูกปลาที่อนุบาลด้วยอาหารปลาคุณภาพอ่อนชนิดผง มีปริมาณความชื้นเท่ากับ 74.37 ± 0.4 เปอร์เซนต์ และลูกปลาที่อนุบาลด้วยอาหารผสมแป้งคัดแปรรูปทางกายภาพมีปริมาณความชื้นในเนื้อปลาเท่ากับ 73.83 ± 1.00 เปอร์เซนต์น้ำหนักแห้ง

5.2 ปริมาณโปรตีน

ผลวิเคราะห์ความแตกต่างของปริมาณโปรตีนในเนื้อปลาเมื่อสิ้นสุดการทดลองพบว่ามีความแตกต่างทางสถิติ ($P < 0.05$) โดยลูกปลาที่อนุบาลด้วยอาหารปลาคุณภาพอ่อนชนิดผง มีปริมาณโปรตีนเท่ากับ 13.21 ± 0.29 เปอร์เซนต์ และลูกปลาที่อนุบาลด้วยอาหารผสมแป้งคัดแปรรูปทางกายภาพมีปริมาณโปรตีนในเนื้อปลาเท่ากับ 12.60 ± 0.13 เปอร์เซนต์

5.3 ปริมาณไขมัน

ผลวิเคราะห์ความแตกต่างของปริมาณไขมันในเนื้อปลาเมื่อสิ้นสุดการทดลอง พบว่า ไม่มีความแตกต่างทางสถิติ ($P>0.0502$) แต่ลูกปลาที่อนุบาลด้วยอาหารผสมแป้งคัดแปรรูปทางกายภาพมีปริมาณไขมันในเนื้อปลาสูงสุดเท่ากับ 3.34 ± 0.36 เปอร์เซ็นต์ และลูกปลาที่อนุบาลด้วยอาหารปลาคุณภาพอ่อนชนิดผงมีปริมาณไขมันในเนื้อปลาเท่ากับ 2.21 ± 0.08 เปอร์เซ็นต์

5.4 ปริมาณเถ้า

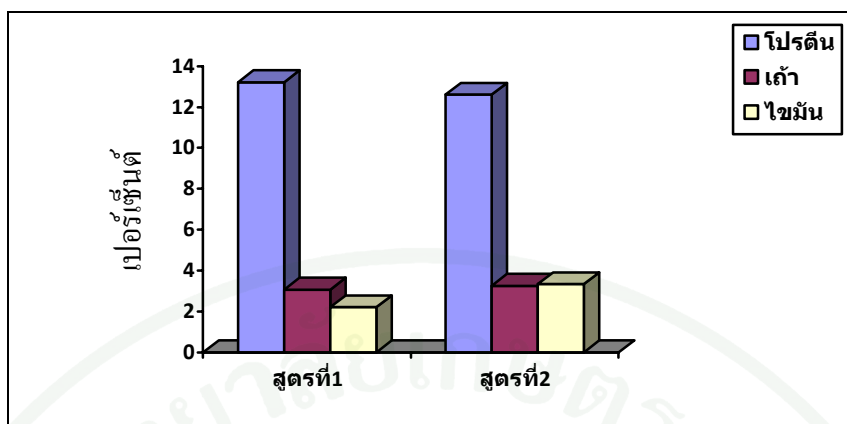
ผลวิเคราะห์ความแตกต่างของปริมาณเถ้าในเนื้อปลาเมื่อสิ้นสุดการทดลองพบว่า ไม่มีความแตกต่างทางสถิติ ($P>0.05$) โดยลูกปลาที่อนุบาลด้วยอาหารผสมแป้งคัดแปรรูปทางกายภาพ มีปริมาณเถ้า 3.26 ± 0.11 เปอร์เซ็นต์ และลูกปลาที่อนุบาลด้วยอาหารปลาคุณภาพอ่อนชนิดผง มีปริมาณเถ้า 3.07 ± 0.18 เปอร์เซ็นต์

ตารางที่ 12 องค์ประกอบทางเคมีของเนื้อปลาที่ได้จากการทดลอง

เปอร์เซ็นต์ (%)	อาหารทดลอง		p-Value
	อาหารปลาคุณภาพอ่อนชนิดผง	อาหารผสมแป้งข้าวเจ้าคัดแปรรูปทางเคมี (Diet.3)	
ความชื้น	74.37 ± 0.45^a	73.83 ± 1.00^a	0.4440
โปรตีน	13.21 ± 0.29^a	12.60 ± 0.13^b	0.0298
ไขมัน	2.21 ± 0.08^a	3.34 ± 0.36^a	0.0502
เถ้า	3.07 ± 0.18^a	3.26 ± 0.11^a	0.3393

หมายเหตุ $\pm$: ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน

^{ab} ตัวอักษรต่างกันในแนวนอนแสดงความแตกต่างทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญ ($P<0.05$)



ภาพที่ 9 ปริมาณโปรตีน ไขมัน และไขมันในเนื้อปลาคูกผสมที่อนุบาลด้วยอาหารต่างกันเป็นเวลา 2 สัปดาห์

การเจริญเติบโตของปลาคูกผสมเมื่อสิ้นสุดการทดลองพบว่าลูกปลาที่อนุบาลด้วยอาหารปลาคูกวัยอ่อนชนิดผง และอาหารผสมแป้งข้าวเจ้าตัดแปรรูปทางกายภาพ มีการเจริญเติบโตด้านน้ำหนักสุดท้าย น้ำหนักเพิ่มเฉลี่ยต่อวัน เปอร์เซ็นต์น้ำหนักเพิ่ม และอัตราการเจริญเติบโตจำเพาะใกล้เคียงกันอาจเป็นเพราะว่าลูกปลามีความสามารถในการใช้ประโยชน์จากอาหารผสมที่มีส่วนประกอบของแป้งข้าวเจ้าตัดแปรรูปโดยวิธีกายภาพได้ดีเท่ากับกลุ่มปลาที่ได้รับอาหารปลาคูกวัยอ่อนชนิดผง ทั้งนี้เนื่องจากว่าแป้งข้าวเจ้าตัดแปรรูปโดยวิธีนี้ทำให้โครงสร้างโมเลกุลมีการเปลี่ยนแปลงน้อยจากลูกปลาสามารถทำงานได้ทั่วถึง และเกิดการดูดซึมนำไปใช้ประโยชน์ได้ดี ถึงแม้ว่าระดับโปรตีนในอาหารจะมีค่าแตกต่างกันแต่ก็อาจเพียงพอกับความต้องการของลูกปลา จากผลการทดลองนี้มีค่าต่ำกว่าการทดลองของนันทยา และคณะ(2529) ที่อนุบาลลูกปลาอายุ 4 วัน เป็น 2 เวลาสัปดาห์ด้วยอาหารผงแห้ง เปรียบเทียบกับไข่ตุ๋น และไรแดงในตู้ได้ลูกปลามีน้ำหนักเฉลี่ยระหว่าง 0.18-0.35 กรัม

อัตราการรอดตายของของลูกปลาที่อนุบาลด้วยอาหารปลาคูกวัยอ่อนชนิดผง และอาหารผสมแป้งตัดแปรรูปทางกายภาพ มีค่าระหว่าง 77.11-79.44 เปอร์เซ็นต์ ทั้งนี้เนื่องจากปลามีขนาดใกล้เคียงกันตลอดการทดลองโอกาสที่จะกินกันเองมีไม่มากนักอีกอย่างหนึ่งระหว่างอนุบาลในการจัดการการเลี้ยงเป็นอย่างดีทำให้ปลารอดตายจำนวนมาก จากการทดลองนี้จะเห็นว่าอัตราการรอดตายสูงกว่าการรายงานของนันทยา และคณะ (2529) ที่อนุบาลลูกปลาอายุ 4 วัน จนอายุ 19 วันด้วยอาหารผงแห้ง เปรียบเทียบกับไข่ตุ๋น และไรแดงในตู้ด้วยอัตรา 10 ตัวต่อลิตรได้ลูกปลา

อัตราการรอดตายระหว่าง 47-65 เปอร์เซ็นต์ และสูงกว่าการใช้อาหารอัดเม็ดจมโปรตีน 49.47 เปอร์เซ็นต์ และอาหารเม็ดลอยโปรตีน 33.9 เปอร์เซ็นต์ มีอัตราการรอดตายระหว่าง 52.33-60.67 เปอร์เซ็นต์ (นันทิยา และ ถาวร, 2532) แต่ต่ำกว่าการรายงานของ Petkham *et al.* (2001) ที่อนุบาลลูกปลาดุกอยู่เป็นเวลา 21 วัน โดยใช้อาหารคือ 1) *Artemia nauplii* ตลอด 21 วัน 2). ใช้ *Artemia nauplii* 15 วัน และอาหารผง 6 วัน 3). ใช้ *Artemia nauplii* 10 วัน และอาหารผง 11 วัน มีอัตราการรอดระหว่าง 84.26-87.87 เปอร์เซ็นต์ ในขณะที่ Adeyemo *et al.* (1994) ใช้อาหารสำเร็จรูปเชิงการค้าอนุบาลลูกปลาดุก *Heterobranchus bidorsalis*, *Clarias gariepinus* Burchell และ *Heteroclaris* มีอัตราการรอดตายระหว่าง 68-75 เปอร์เซ็นต์ อัตราการรอดตายเพิ่มขึ้นตามระดับโปรตีนที่เพิ่มขึ้น และดีที่สุดที่ระดับโปรตีน 50 เปอร์เซ็นต์ (Diyaware, 2009)

องค์ประกอบทางเคมีของเนื้อปลาที่ได้รับอาหารปลาดุกวัยอ่อนชนิดผง (40 เปอร์เซ็นต์ โปรตีน) และอาหารผสมแป้งข้าวเจ้าตัดแปรรูปทางกายภาพ (36.32 เปอร์เซ็นต์โปรตีน) พบว่า ปริมาณความชื้นของลูกปลามีค่าใกล้เคียงกัน ($P>0.05$) โดยมีปริมาณความชื้นในเนื้อปลาระหว่าง 73.83-74.37 เปอร์เซ็นต์ ต่ำกว่าการรายงานของ Singh *et al.* (2009) ที่ได้การทดลองอนุบาลลูกปลา ด้านด้วยอาหารที่มีระดับโปรตีน 28-40 เปอร์เซ็นต์ และมีการควบคุมอุณหภูมิเป็นเวลา 60 วัน ได้ลูกปลามีความชื้นในเนื้อปลาระหว่าง 77.02- 78.96 เปอร์เซ็นต์ ลูกปลาที่อนุบาลด้วยอาหารปลาดุกวัยอ่อนชนิดผง และอาหารผสมแป้งข้าวเจ้าตัดแปรรูปทางกายภาพ มีปริมาณโปรตีนในเนื้อปลาระหว่าง 12.60-13.21 เปอร์เซ็นต์ ต่ำกว่าการทดลองของ Singh *et al.* (2009) ที่ใช้อาหารที่มีระดับโปรตีน 28-40 เปอร์เซ็นต์ อนุบาลลูกปลาดุกด้านเป็นเวลา 60 วัน ได้ลูกปลามีปริมาณโปรตีนในเนื้อปลาระหว่าง 14.40-15.92 เปอร์เซ็นต์

ปริมาณไขมันในเนื้อปลาเมื่อสิ้นสุดการทดลอง พบว่ามีความแตกต่างทางสถิติ ($P<0.05$) ลูกปลาที่อนุบาลด้วยอาหารผสมแป้งข้าวเจ้าตัดแปรรูปทางกายภาพ มีปริมาณไขมันในเนื้อปลา สูงสุดเท่ากับ 3.34 เปอร์เซ็นต์ ใกล้เคียงกับ Singh *et al.* (2009) ที่ได้การทดลองอนุบาลลูกปลาดุก ด้านด้วยอาหารที่มีระดับโปรตีน 28-40 เปอร์เซ็นต์ เป็นเวลา 60 วัน ได้ลูกปลามีปริมาณไขมันในเนื้อปลาระหว่าง 3.20-4.29 เปอร์เซ็นต์ แต่ต่ำกว่าการรายงานของ Giri *et al.* (2003) ที่ใช้อาหารที่มีระดับโปรตีน 25-40 เปอร์เซ็นต์ อนุบาลปลาดุกผสมเป็นเวลา 30 วัน ได้ลูกปลามีปริมาณไขมันในเนื้อปลาระหว่าง 12.0-15.5 เปอร์เซ็นต์ ส่วนปริมาณเถ้าในเนื้อปลาที่เลี้ยงด้วยอาหารปลาดุกวัยอ่อนชนิดผง และอาหารผสมแป้งตัดแปรรูปทางกายภาพ พบว่ามีค่าไม่แตกต่างกันคือมีค่าเท่ากับ 3.07 และ 3.26 เปอร์เซ็นต์ ใกล้เคียงกับการรายงานของ Singh *et al.* (2009) ที่ใช้อาหารที่มีระดับโปรตีน 28-40 เปอร์เซ็นต์ อนุบาลลูกปลาดุกด้านเป็นเวลา 60 วัน ได้ลูกปลามีปริมาณเถ้าในเนื้อปลาระหว่าง 2.17-

3.32. เปอร์เซ็นต์ แต่ต่ำกว่าการรายงานของ Giri *et al.* (2003) ที่ใช้อาหารโปรตีน 25-40 เปอร์เซ็นต์ อนุบาลปลาดุกลูกผสมเป็นเวลา 30 วันได้ลูกปลาที่มีปริมาณเถ้าในเนื้อปลาระหว่าง 6.60-6.90 เปอร์เซ็นต์

ผลการทดลองที่ 4 ศึกษาประสิทธิภาพการย่อยโปรตีน และการโบไฮเดรตแบบ *in vitro* ของอาหาร ปลาดุกวัยอ่อนชนิดผง และอาหารผสมแป้งคัดแปรรูปโดยเอนไซม์จากลูกปลาดุกที่กินอาร์ทีเมีย ฟอกเปลือก

1. ประสิทธิภาพการย่อยโปรตีนของอาหารโดยเอนไซม์จากลูกปลาดุก

ผลการศึกษาประสิทธิภาพการย่อยได้ของโปรตีนในอาหารปลาดุกวัยอ่อนชนิดผง และอาหารผสมแป้งมันคัดแปรรูปทางกายภาพ อาหารผสมแป้งมันคัดแปรรูปเคมี อาหารผสมแป้งข้าวเจ้าคัดแปรรูปทางกายภาพ จากการทดลองที่ 2 และที่ 3 โดยเอนไซม์ที่สกัดได้จากลูกปลาดุกลูกผสมที่กินอาร์ทีเมียฟอกเปลือก ผลการศึกษาแสดงในตารางที่ 13 พบว่าการย่อยได้ของอาหารปลาดุกวัยอ่อนชนิดผงมีค่าสูงสุดรองลงมาก็อาหารผสมแป้งข้าวเจ้าคัดแปรรูปทางกายภาพ อาหารผสมแป้งมันคัดแปรรูปทางเคมีและอาหารผสมแป้งมันคัดแปรรูปทางกายภาพอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P < 0.05$) ตามลำดับ อาจเนื่องจากว่าอาหารปลาดุกวัยอ่อนชนิดผง มีปริมาณโปรตีนสูงกว่าอาหารผสมชนิดอื่น ส่วนการย่อยโปรตีนของอาหารผสมแป้งคัดแปรรูป พบว่าอาหารผสมแป้งข้าวเจ้าคัดแปรรูปทางกายภาพดีกว่าเป็นเพราะว่าอาหารผสมดังกล่าวมีปริมาณโปรตีนมากกว่าอาหารผสมแป้งคัดแปรรูปทางกายภาพและทางเคมี เมื่อพิจารณาถึงระดับโปรตีนในสูตรอาหารจะมีทิศทางในแนวเดียวกันกับการย่อยได้คือ อาหารที่มีโปรตีนสูงจะการย่อยได้สูงตามไปด้วยเช่นกัน แต่ก็ไม่มีผลต่อการเจริญเติบโต อัตรารอด และประสิทธิภาพการใช้อาหารของลูกปลาในการทดลองที่ 2 และที่ 3

ตารางที่ 13 การย่อยโปรตีนของอาหารปลาดุกวัยอ่อนชนิดผง และอาหารผสมโดยเอนไซม์จากลูกปลาดุกที่กินอาร์ทีเมียฟลอกเปลือก

ประเภทของอาหาร	เปอร์เซ็นต์โปรตีน	ปริมาณกรดอะมิโน กรัมต่อมิลลิกรัม
อาหารปลาดุกวัยอ่อนชนิดผง	40.00	4.07±0.6 ^a
อาหารผสมแป้งมันคั่วแปรรูปทางกายภาพ	32.80	1.74±0.3 ^d
อาหารผสมแป้งมันคั่วแปรรูปทางเคมี	33.90	1.88±0.1 ^c
อาหารผสมแป้งข้าวเจ้าคั่วแปรรูปทางกายภาพ	36.30	3.00 ±0.6 ^b
p-value		0.0186

หมายเหตุ ตัวอักษร abcd ในแนวดิ่งเดียวกันเหมือนกัน ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ ($P>0.05$)

2. ประสิทธิภาพการย่อยคาร์โบไฮเดรตของอาหารโดยเอนไซม์จากลูกปลาดุก

ผลการศึกษาประสิทธิภาพการย่อยได้ของคาร์โบไฮเดรตในอาหารปลาดุกวัยอ่อนชนิดผง และอาหารผสมแป้งมันคั่วแปรรูปทางกายภาพ อาหารผสมแป้งมันคั่วแปรรูปทางเคมี และอาหารผสมแป้งข้าวเจ้าคั่วแปรรูปทางกายภาพจากการทดลองที่ 2 และที่ 3 โดยเอนไซม์ที่สกัดได้จากลูกปลาดุกผสมที่กินอาร์ทีเมียฟลอกเปลือก ผลการศึกษาแสดงในตารางที่ 14 พบว่าการย่อยได้ของอาหารผสมแป้งข้าวเจ้าคั่วแปรรูปทางกายภาพมีค่าสูงสุด (1.36 ± 0.05) รองลงมาคืออาหารปลาดุกวัยอ่อนชนิดผง (1.33 ± 0.05) ไม่แตกต่างกันทางสถิติ ($P>0.05$) แต่แตกต่างกับการย่อยได้ของอาหารผสมแป้งมันคั่วแปรรูปทางเคมีและอาหารผสมแป้งมันคั่วแปรรูปทางกายภาพอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P<0.05$) ซึ่งโดยทั่วไปการย่อยได้ของคาร์โบไฮเดรตจะขึ้นกับชนิดของปลา ปริมาณแป้งแหล่งที่มา และกระบวนการผลิต แป้งที่ทำให้สุกจะมีความสามารถในการย่อยได้ดีกว่าแป้งดิบ อาหารที่มีปริมาณแป้งมากจะทำให้ประสิทธิภาพการย่อยได้น้อยลง จากผลการทดลองนี้จะเห็นว่าอาหารปลาดุกวัยอ่อนชนิดผง และอาหารผสมแป้งข้าวเจ้าคั่วแปรรูปทางกายภาพมีปริมาณแป้งในสูตรอาหารต่ำ และผ่านกระบวนการให้ความร้อนจึงทำให้ประสิทธิภาพการย่อยได้ดีกว่าอาหารผสมแป้งคั่วแปรรูปอีกสองชนิด และอีกอย่างหนึ่งอาหารผสมแป้งข้าวเจ้าคั่วแปรรูปมีปริมาณเชื้อเอนไซม์ (7.6 เปอร์เซ็นต์) ต่ำกว่าแป้งมันคั่วแปรรูปทางกายภาพ (8.0 เปอร์เซ็นต์) แต่ก็ไม่มีผลต่อการเติบโต แต่จะมีผลทำให้การเก็บสะสมโปรตีนในเนื้อเยื่อปลาแตกต่างกันคืออาหารที่มีการย่อยได้ของ

คาร์โบไฮเดรตต่ำจะทำให้การเก็บสะสมโปรตีนในเนื้อเยื่อต่ำ อาจเป็นเพราะว่าปลาได้มีการดึงเอาโปรตีนมาใช้เป็นแหล่งพลังงานทดแทนในการดำรงชีวิตประจำวัน

ตารางที่ 14 การย่อยคาร์โบไฮเดรตของอาหารปลาคูวักอ่อนชนิดผง และอาหารผสมโดยเอนไซม์จากลูกปลาคูวักที่กินอาร์ทีเมียฟลอกเปิล็อก

ประเภทของอาหาร	% คาร์โบไฮเดรต	ปริมาณน้ำตาล กรัมต่อมิลลิกรัม
อาหารปลาคูวักอ่อนชนิดผง	24.00	1.33±0.05 ^a
อาหารผสมแป้งมันคัลดแปรรูปทางกายภาพ	31.13	0.97±0.05 ^c
อาหารผสมแป้งมันคัลดแปรรูปทางเคมี	34.69	1.17±0.05 ^b
อาหารผสมแป้งข้าวเจ้าคัลดแปรรูปทางกายภาพ	31.28	1.36 ±0.05 ^a
p-value		0.001

หมายเหตุ ตัวอักษร abc ในแนวดิ่งเดียวกันเหมือนกัน ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ ($P>0.05$)

สรุปและข้อเสนอแนะ

1. การอนุบาลลูกปลาลูกผสมวัยอ่อนอายุ 3-10 วัน ด้วยไรแดง อาหารผสมที่มียีสต์เป็นองค์ประกอบหลักและอาร์ทีเมียฟลอกเปลือกเห็นว่าอาร์ทีเมียฟลอกเปลือกเป็นอาหารที่เหมาะสมสำหรับอนุบาลลูกปลาผสมวัยอ่อนเนื่องจากทำให้ลูกปลามีอัตราการเจริญเติบโต และอัตราการรอดตายดีกว่าอาหารผสมชนิดอื่น แม้ว่าต้นทุนการผลิตค่อนข้างสูงเมื่อเทียบกับยีสต์ที่มีต้นทุนต่ำมาก แต่การเจริญเติบโตไม่ดี แต่ถึงอย่างไรก็ตามในสภาวะปัจจุบัน อาร์ทีเมียมีราคาแพงขึ้นทุกวันอาจส่งผลต่อต้นทุนการผลิตในอนาคต การเสริมโปรไบโอติก ร่วมกับยีสต์จะทำให้การใช้ประโยชน์อาหารดีขึ้นส่งผลให้อัตราการรอดและการเติบโตดีขึ้นควรจะมีการศึกษาการใช้ประโยชน์จากยีสต์ในรูปแบบอื่นๆ ให้มากขึ้นเพื่อรองรับปัญหาการขาดแคลนอาหารสำหรับอนุบาลลูกปลาในอนาคต

2. การใช้แป้งมันสำปะหลังดัดแปรรูปด้วยวิธีกายภาพ และเคมีผลิตอาหารอนุบาลลูกปลา ลูกผสมอายุ 13-27 วัน ทำให้การเจริญเติบโต อัตราการรอด และอัตราแลกเนื้อดีใกล้เคียงกับอาหารปลาผสมวัยอ่อนชนิดผง แต่เมื่อพิจารณาถึงต้นทุนการผลิตเห็นว่าการใช้การแปรรูปแป้งมันสำปะหลังดัดแปรรูปด้วยวิธีกายภาพผลิตอาหารมีต้นทุนค่าอาหารต่ำสุด ดังนั้นเพื่อเป็นการลดต้นทุนและเพิ่มผลกำไรจึงควรเลือกใช้แป้งมันสำปะหลังดัดแปรรูปด้วยวิธีกายภาพผลิตอาหารอนุบาลลูกปลาผสม

3. การใช้แป้งข้าวเจ้าดัดแปรรูปทางกายภาพผลิตอาหารอนุบาลลูกปลาผสมช่วงอายุ 13-27 วัน ให้ผลใกล้เคียงกับการใช้อาหารปลาผสมวัยอ่อนชนิดผง แต่เมื่อพิจารณาถึงต้นทุนการผลิตเห็นว่าการใช้แป้งข้าวเจ้าดัดแปรรูปมีต้นทุนต่ำสุด ควรเลือกใช้วัตถุดิบดังกล่าวเพื่อเพิ่มผลกำไรในการผลิตลูกปลา

4. ประสิทธิภาพการย่อยโปรตีนจากอาหารปลาผสมวัยอ่อนชนิดผงโดยเอนไซม์จากลูกปลามีค่าสูงสุด ซึ่งการย่อยได้ของโปรตีนจะมีทิศทางในแนวเดียวกันกับระดับโปรตีนที่เพิ่มขึ้น ส่วนการย่อยคาร์โบไฮเดรตจากอาหารผสมแป้งข้าวเจ้าดัดแปรรูปทางกายภาพ และอาหารปลาผสมวัยอ่อนชนิดผงดีกว่าอาหารผสมแป้งดัดแปรรูปชนิดอื่น ซึ่งการย่อยได้จะเกี่ยวข้องกับกระบวนการแปรรูปและปริมาณเชื้อเอนไซม์ของแป้งด้วย

เอกสารและสิ่งอ้างอิง

กมลพร ทองอุไทย, สุปราณี ชินบุตร, ชลอ ลิมสุวรรณ, เต็มดวง สมศิริ, พรเลิศ จันทรรักษ์กุล และ สมเกียรติ์ กาญจนาคาร. 2536. คู่มือการเพาะเลี้ยง และป้องกันโรคปลาอุกอุกผสม. สถาบันวิจัยสุขภาพสัตว์น้ำ.

กล้าณรงค์ ศรีรอด, เกื้อกูล ปิยะจอมขวัญ, วัชร เลิศมงคล, จำลอง เจียมจันรรจ, ปิยะ ดวงพัตรา, เอ็จ สโรบล, ปิยะวุฒิ พูลสงวน, เจริญศักดิ์ โรจนฤทธิ์พิเชษฐ์ และ วิจารย์ วิชชกิจ. 2542. การแปรรูป และการใช้ประโยชน์มันลำปะหลัง เอกสารเผยแพร่ทางวิชาการ. โครงการเพื่อบรรเทาผลกระทบทางสังคมเนื่องจากวิกฤตทางเศรษฐกิจ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ.

ขวัญฤทัย ถนอมเกียรติ. 2527. ผลของอาหารเม็ดที่มีอัตราส่วนของโปรตีนต่อพลังงานต่างกันต่อการเจริญเติบโต และอัตราการรอดของปลาดุกด้าน *Clarias batrachus* (Linnaeus). วิทยานิพนธ์ปริญญาโท, มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

โชคชัย เหลืองธูพรารัต. 2548. หลักการเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำ. แผนกวิชาเทคโนโลยีการประมง คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์, สงขลา.

ไชยวัฒน์ รัตนดาฉาย, จริยา ปลัดอิม และ ดวงแข อังศุภานิช. 2545. เปรียบเทียบการอนุบาลลูกปลาดุกอุยเพศด้วยไรแดง และอาหารผงสำเร็จรูป. เอกสารวิชาการฉบับที่ 33, สถานีประมงน้ำจืดจังหวัดพัทลุง, พัทลุง.

ดวงรัตน์ มีแก้ว. 2527. การเจริญเติบโตของปลาดุกด้านที่เลี้ยงด้วยอาหารผสมโปรตีนจากพืชต่างระดับ. วิทยานิพนธ์ปริญญาโท, มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

นันทิยา อุ่นประเสริฐ และ ถาวร สินธุเสน. 2529. การศึกษาเบื้องต้นในการใช้อาหารสำเร็จรูปอนุบาลลูกปลาดุกอุยวัยอ่อน. สถาบันประมงน้ำจืดแห่งชาติ, กรมประมง, กรุงเทพฯ.

นันทยา อุณประเสริฐ และ ถาวร สิมะเสน. 2532. เปรียบเทียบอาหารชนิดต่างๆ ต่อการเลี้ยงปลาอุกอุย. เอกสารวิชาการฉบับที่ 103, สถาบันประมงน้ำจืดแห่งชาติ, กรุงเทพฯ.

บัญญัติ ศิริธนาวงศ์. 2532. การเจริญเติบโตของลูกปลาอุกอุย (*Clarias macrocephalus* Gunther) ที่เลี้ยงด้วยอาหารผสมที่มีอัตราส่วนของโปรตีนต่อพลังงานต่างๆ กัน. วิทยานิพนธ์ปริญญาโท, มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

ประเสริฐ สีตะสิทธิ์. 2535. ผลของวิตามินละลายน้ำที่จำเป็นต่อการพัฒนาการของลูกปลาดุกด้าน. เอกสารวิชาการ ฉบับที่ 126, สถาบันวิจัยประมงน้ำจืด กรมประมง, กรุงเทพฯ.

_____. 2524. “การอนุบาลลูกปลาดุกด้านด้วยอาหารผสม.” วารสารการประมง 34 (2): 169-176.

ภาณุ เทวรัตน์มณีกุล, สุจินต์ หนูขวัญ และ วีระ วัชรกรโยธิน. 2538. การพัฒนาการเจริญพันธุ์และการอนุบาลลูกปลาดุกอุย. เอกสารวิชาการฉบับที่ 166, สถาบันวิจัยประมงน้ำจืด, กรุงเทพฯ.

มะลิ บุญขรรค์ผลิน. 2530. “อาหารปลาดุก.” วารสารเกษตรวันนี 6 (69): 47-82.

วิมล จันทรโรทัย. 2538. “การประเมินค่าโปรตีนในอาหารปลาดุกอุยผสมที่ระดับให้ผลตอบแทนทางเศรษฐศาสตร์สูงสุด.” วิทยาสารเกษตรศาสตร์ (วิทย.) 29: 38-44.

_____, ประเสริฐ สีตะสิทธิ์ และ ศิริพร ราชภักดี. 2537. “อัตราส่วนสูงสุดของคาร์โบไฮเดรตจากปลายข้าวดิบ ต่อลิปิดในอาหารปลาดุกอุยผสม.” วิทยาสารเกษตรศาสตร์ (วิทย.) 28 (28): 49-57.

_____ และ พิศมัย สมสืบ. 2538. “ระดับที่เหมาะสมของกรดไขมันที่จำเป็นสำหรับการเจริญเติบโต และการแลกเปลี่ยนของปลาดุกผสม (*Clarias macrocephalus* x *Clarias gariepinus*).” วิทยาสารเกษตรศาสตร์ (วิทย.) 29: 479-485.

วิรัตน์ สิตะสิทธิ์ และ วิมล จันทโรทัย. 2528. “การอนุบาลลูกปลาคูอยู่ในบ่อเพาะไรแดง.”

วารสารการประมง 39 (1): 71-78.

วรารณณ์ แจ่มสุทธีรวัฒน์. 2536. ระดับของคาร์โบไฮเดรตที่เหมาะสมในอาหารสำหรับการอนุบาล. วิทยานิพนธ์ปริญญาโท, มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

เวียง เชื้อโพธิ์หัก. 2543. โภชนศาสตร์สัตว์น้ำและการให้อาหารสัตว์น้ำ. ภาควิชาเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำ คณะประมง มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ.

ลำรวย เสริมกิจ และ ประเสริฐ สิตะสิทธิ์. 2533. ปริมาณไรแดงในการอนุบาลลูกปลาคู. เอกสารวิชาการฉบับที่ 109, สถาบันประมงน้ำจืดแห่งชาติ กรมประมง, กรุงเทพฯ.

สมเล็ก เอื้อวรธรรม, วินิจ ดันสกุล และ นงนุช เลหาะวิสุทธิ. 2531. การอนุบาลลูกปลาคูด้วยไรแดงและอาหารสำเร็จรูปในอัตราส่วนต่าง. สถาบันประมงน้ำจืดแห่งชาติ ประชุมวิชาการมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ ครั้งที่ 26, กรุงเทพฯ.

สันทนา ดวงสวัสดิ์. 2529. ชีวิตประวัติและการเพาะเลี้ยงไรแดง. เอกสารเผยแพร่ ฉบับที่ 3 สถาบันประมงน้ำจืดแห่งชาติ, กรุงเทพฯ.

รุ่งกานต์ กล้าหาญ. 2552. กิจกรรมของเอนไซม์ในระบบย่อยอาหาร ประสิทธิภาพการย่อยอาหาร และผลของการเสริมเอนไซม์ต่อการใช้ประโยชน์ของอาหารในปลานิล. วิทยานิพนธ์ปริญญาโท, มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

อำนวย โชติญาณวงศ์ และ เวียง เชื้อโพธิ์หัก. 2525. “ความต้องการโปรตีนของปลาคูก้าน.” วารสารการประมง 35 (3): 251-260.

อรพินท์ จินตสถาพร. 2550. วิชาอาหารสัตว์น้ำ. ภาควิชาเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำ คณะประมง มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ.

อุทัยรัตน์ ฌ นกร. 2538. การเพาะพันธุ์และการเลี้ยง. ภาควิชาการเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำ คณะประมง มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ.

Adeyemo, A. A., G. A. Oladosu and A. O. Ayinla. 1994. "Growth and survival of fry of African catfish species, *Clarias gariepinus* Burchell, *Heterobranchus bidorsalis* Geoffery and *Hetero clarias* reared on *Moina dubia* in comparison with other first feed sources." **Aquaculture** 119: 41-45.

A.O.A.C. 2000. **Official Method of Analysis**. The Association of Official Analytical Chemists, Washington, D.C.

Chuapohuk, W. 1987. "Protein requirement of walking catfish, *Clarias batrachus* (Linnaeus) fry." **Aquaculture** 63: 215-219.

Diyaware, M. Y., B. M. Modu and A. O. Ayinla. 2009. "Effect of different dietary protein levels on growth performance and feed utilization of hybrid catfish (*Heterobranchus bidorsalis* x *Clarias anguillaris*) fry." **African Journal of Biotechnology** 8: 3954-3957.

Giri, S. S., S. K. Sahoo, A. K. Sahu and P. K. Meher. 2003. "Effect of dietary protein level on growth, survival, feed utilisation and body composition of hybrid *Clarias* catfish (*Clarias batrachus* x *Clarias gariepinus*)." **Animal Feed Science and Technology** 104: 169-178.

Hecht, T. 1981. "Rearing of sharptooth catfish larvae (*Clarias gariepinus* Burchell, 1822: Clariidae) under controlled conditions." **Aquaculture** 24: 301-303.

Kerdchuen and Marc Legendre. 1994. "Larval rearing of an African catfish, *Heterobranchus longifilis* (Teleostei ,Clariidae): a comparison between natural and artificial diet." **Aquat.Living Resour** 7: 247-253.

Kamarudin, M. S. n.d. **Effect of live food artificial and mixed diet on the survival, growth and digestive enzyme activities of *Clarias gariepinus* (Burchell) larvae.** Aquatic biotechnology research group, faculty of agriculture University, pertanian Malaysia.

Ojutiku, R. O. 2008. "Comparative survival and growth rate of *Clarias gariepinus* and *Heteroclarus* Hatheling fed live and frozen Daphnids." **Pakistan Journal of nutrition** 7 (4): 527-529.

Rakpong, P., G. Eric and E. Moodie. 2001. "Food particle size, feeding frequency, and the use of prepared food to culture larval walking catfish(*Clarias macrocephalus*)."

Aquaculture 194: 349-362.

Singh, R. K., A. S. Desai, S. L. Chavan and P. A. Khandagale. 2009. "Effect of watertemperature on dietary proteinrequirement,growth and body composition of Asiancatfish, *Clarias batrachus* fry." **Journal of Thermal Biology** 34: 8–13.

Verret, J. and M.van Tongeren. 1989. "Weaning time in *Clarias gariepinus* (Burchell) larvae."

Aquaculture 83: 81-88.

ประวัติการศึกษา และการทำงาน

ชื่อ นายล้านแก้ว แพงอรุณ
เกิดวันที่ 23 กันยายน 2517
สถานที่เกิด จังหวัดจำปาสัก สาธารณรัฐประชาธิปไตยประชาชนลาว
ประวัติการศึกษา จบปริญญาตรี ที่มหาวิทยาลัยเชียงใหม่ ปี 2541
ตำแหน่งปัจจุบัน —
สถานที่ทำงานปัจจุบัน จังหวัดจำปาสัก ประเทศลาว
ผลงานดีเด่นและ/หรือรางวัลทางวิชาการ —
ทุนการศึกษาที่ได้รับ องค์กรร่วมมือสากลแห่งประเทศไทย (TICA)