

เอกสารวิชาการฉบับที่ ๓/๒๕๖๖



Technical Paper No. 3/2023

การพัฒนาอาหารสำเร็จรูปในการอนุบาลลูกปลาช่อน
Development of Complete Feed for Nursing Early Stage
of Striped Snakehead (*Channa striata* (Bloch, 1793))

ดราวรรณ ยุทธยงค์

Darawan Yuttayong

นุชนรี ทองศรี

Nuchnaree Tongsri

จิระภา โพธิ์ศรี

Jirapa Pothsri

พิศมัย สมสืบ

Pisamai Somsueb

กองวิจัยและพัฒนาอาหารสัตว์น้ำ

Aquatic Animal Feed Research and

Development Division

กรมประมง

Department of Fisheries

กระทรวงเกษตรและสหกรณ์

Ministry of Agriculture and Cooperatives

เอกสารวิชาการฉบับที่ ๓/๒๕๖๖



Technical Paper No. 3/2023

การพัฒนาอาหารสำเร็จรูปในการอนุบาลลูกปลาช่อน
Development of Complete Feed for Nursing Early Stage
of Striped Snakehead (*Channa striata* (Bloch, 1793))

ดาราวรรณ ยุทธยงค์

Darawan Yuttayong

นุชนรี ทองศรี

Nuchnaree Tongsri

จิระภา โพธิ์ศรี

Jirapa Pothsri

พิศมัย สมสืบ

Pisamai Somsueb

กลุ่มวิจัยและพัฒนาการตรวจสอบคุณภาพอาหารสัตว์น้ำ

Aquatic animal Feed Quality Inspection

Research and Development Group

กองวิจัยและพัฒนาอาหารสัตว์น้ำ

Aquatic animal Feed Research and

Development Division

กรมประมง

Department of Fisheries

๒๕๖๖

2023

รหัสทะเบียนวิจัยเลขที่ 63 1 0900 63035 02

สารบัญ

	หน้า
บทคัดย่อ	1
Abstract	2
คำนำ	4
วัตถุประสงค์	5
วิธีดำเนินการ	6
1. การวางแผนการทดลอง	6
2. การทดลองที่ 1	6
3. การทดลองที่ 2	7
- วิธีดำเนินการทดลอง	7
- การวิเคราะห์ข้อมูล	8
ผลการศึกษา	9
1. การทดลองที่ 1	9
- กรรมวิธีการผลิตอาหารเม็ดสำเร็จรูป	9
2. การทดลองที่ 2	13
- น้ำหนักสุดท้าย	13
- ความยาวสุดท้าย	13
- เปอร์เซ็นต์น้ำหนักเพิ่ม	13
- อัตราการเจริญเติบโตจำเพาะ	13
- อัตรารอด	14
- คุณสมบัติของน้ำ	14
สรุปและวิจารณ์ผลการศึกษา	15
เอกสารอ้างอิง	17
ภาคผนวก	19
1. ขั้นตอนการผลิตอาหารเม็ดสำเร็จรูปสำหรับอนุบาลลูกปลาช่อน	21
2. การทดลองอนุบาลลูกปลาช่อน อายุ 7 – 22 วัน ด้วยอาหารเม็ดสำเร็จรูปที่พัฒนาขึ้นใหม่	24

สารบัญตาราง

ตารางที่	หน้า
1 สูตรอาหารทดลอง	10
2 คุณค่าทางโภชนาการของอาหารทดลอง	10
3 ชนิดและปริมาณกรดอะมิโนในอาหารทดลอง	11
4 ชนิดและปริมาณกรดไขมันในอาหารทดลอง	12
5 การเจริญเติบโตและอัตราการรอดของลูกปลาช่อน	14
ตารางผนวกที่	
1 ชนิดและปริมาณกรดอะมิโนที่จำเป็นในอาหารสำเร็จรูปและในไรแดง (%)	19
2 ชนิดและปริมาณกรดไขมันในอาหารทดลองและในไรแดง (%)	20

การพัฒนาอาหารสำเร็จรูปในการอนุบาลลูกปลาช่อน

ดาราพรรณ ยุทธยงค์^{*} นุชนรี ทองศรี^๑ จิระภา โพธิ์ศรี^๒ และพิศมัย สมสืบ^๓

^๑กองวิจัยและพัฒนาอาหารสัตว์น้ำ

^๒ศูนย์วิจัยและพัฒนาการเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำจืดอ่างทอง

^๓ข้าราชการบำนาญ

บทคัดย่อ

การพัฒนาอาหารเม็ดสำเร็จรูปในการอนุบาลลูกปลาช่อนแบ่งออกเป็น 2 การทดลอง การทดลองที่ 1 การพัฒนาอาหารเม็ดสำเร็จรูปสำหรับอนุบาลลูกปลาช่อน ใช้กรรมวิธีการผลิตที่ดัดแปลงมาจากการทำเบเกอร์และไข่ตุ๋น อาหารเม็ดสำเร็จรูปที่พัฒนามีค่าโปรตีน 52.62 % ไขมัน 15.93 % กาก 0.84 % และเถ้า 10.90 % ปริมาณและชนิดกรดอะมิโน และปริมาณและชนิดกรดไขมันมีค่าใกล้เคียงกับในไรแดงที่เลี้ยงด้วยคลอโรเลล่า ค่าความคงทนพบว่า ที่ 1, 2 และ 3 ชั่วโมงมีค่าเท่ากับ 91.14, 89.89 และ 86.35 % ตามลำดับ

การทดลองที่ 2 การทดลองใช้อาหารเม็ดสำเร็จรูปที่พัฒนาได้จากการทดลองที่ 1 ทดแทนไรแดงในการอนุบาลลูกปลาช่อนอายุ 7-22 วัน โดยแบ่งออกเป็น 5 ชุดการทดลอง ได้แก่ ชุดการทดลองที่ 1 ให้ไรแดงจำนวน 4 ครั้ง ส่วนชุดการทดลองที่ 2-4 ให้อาหารเม็ดสำเร็จรูปทดแทนการให้ไรแดง 1, 2, 3 และ 4 ครั้ง ตามลำดับ ทำการอนุบาลลูกปลาในกล่องโฟมขนาด 29.5x33.0x23.0 ซม. จำนวน 25 ใบ เติมน้ำลงในกล่องทดลองให้ได้ปริมาตร 20 ลิตร ปลอยลูกปลาช่อนอายุ 7 วัน กล่องละ 40 ตัว ทำการทดลองเป็นระยะเวลา 15 วัน พบว่าการเจริญเติบโตของลูกปลาช่อน (ค่าน้ำหนักสุดท้าย ความยาวสุดท้าย และอัตราการเจริญเติบโตจำเพาะ) ของชุดการทดลองที่ 1 ลูกปลามีค่าการเจริญเติบโตมากที่สุด ($p < 0.05$) และการเจริญเติบโตของลูกปลาในชุดการทดลองที่ 2-4 มีค่าลดลงเมื่อลูกปลาได้รับไรแดงลดลง โดยชุดการทดลองที่ 5 ลูกปลามีค่าการเจริญเติบโตน้อยที่สุด ($p < 0.05$) ชุดการทดลองที่ 1 ลูกปลา มีอัตราการรอดไม่แตกต่างกับชุดการทดลองที่ 2 และ 3 ($p > 0.05$) แต่มีค่ามากกว่าชุดการทดลองที่ 4 และ 5 อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$) และชุดการทดลองที่ 2, 3, 4 และ 5 ลูกปลามีอัตราการรอดไม่แตกต่างกัน ($p > 0.05$) จากการพัฒนาอาหารเม็ดสำเร็จรูปสำหรับอนุบาลลูกปลาช่อน สามารถนำไปใช้ในการอนุบาลลูกปลาช่อนในช่วงที่มีไรแดงไม่เพียงพอความต้องการของลูกปลา เมื่อใช้ร่วมกับไรแดง 50% ทำให้ลูกปลาช่อนมีค่าอัตราการรอดไม่แตกต่างจากการอนุบาลด้วยไรแดง 100 %

คำสำคัญ: ปลาช่อน อาหารเม็ดสำเร็จรูป

*ผู้รับผิดชอบ: 50 ถ.พหลโยธิน จตุจักร กรุงเทพมหานคร 10900 โทร. 029406548

E-mail: darawany16@gmail.com

Development of Complete Feed for Nursing Early Stage of Striped Snakehead (*Channa striata* (Bloch, 1793))

Darawan Yuttayong^{1*} Nuchnaree Tongsri¹ Jirapa Pothsri² and Pisamai Somsueb³

¹Aquatic animal Feed Research and Development Division

²Ang-Thong Inland Aquaculture Research and Development Center

³Retired Government Official

Abstract

The development of complete feed for nursing early stage of striped snakehead fish was divided into 2 experiments. Experiment 1 development of complete feed for snakehead fish nursery. The feed production process was adapted from making bakery and steamed eggs. The developed diet contained 52.62% protein, 15.93% fat, 0.84% fiber and 10.90% ash. Amino acid profile and fatty acid profile of developed diet were similar to that of *Moina sp* fed with chlorella. The persistence values at 1, 2 and 3 hours were 91.14, 89.89 and 86.35 % respectively.

Experiment 2, the replacement *Moina sp* with developed from experiment 1 in the nursery of striped snakehead fish larvae aged 7-22 days, divided into 5 experimental sets. Experimental set 1 gave *Moina sp* 4 time per day. The experimental set 2-4 gave developed feed instead of *Moina sp* 1, 2, 3 and 4 times per day, respectively. All experiment sets were carried out in 25 foam boxes sized 29.5x33.0x23.0 cm (water volume 20 liters containing 40 striped snakehead fish larvae aged 7 days. The experiment was conducted for 15 days. The growth (final weight, final length, and specific growth rate) of fish in experimental set 1, the fry had the highest growth ($p < 0.05$) and the growth of fry in experimental set 2-4 were decreased by the decreasing amount of *Moina sp*. The larvae in experimental set 5 showed the least growth ($p < 0.05$). The survival rate of fishes in first experimental set was not different from that of fish in the experimental set 2 and 3 ($p > 0.05$), but were statistical significantly higher than those in the 4th and 5th experimental set ($p < 0.05$). The survival rates of fish fry 2nd, 3rd, 4th, and 5th experimental set were no difference ($p > 0.05$). The development of feed for nursing striped snakehead fish can be used in the nursery of fish when *Moina sp* is insufficiency. The

complete feed developed can be used together with *Moina sp* 50%, the survival rates of striped snakehead fish fry was not different from the fish fry feed with *Moina sp* 100 %

Keywords: striped snakehead fish, feed

คำนำ

ปลาช่อนในประเทศไทยนั้นได้จากการจับจากธรรมชาติและการเพาะเลี้ยง โดยในปี พ.ศ. 2565 ประเทศไทยมีผลผลิตปลาช่อนจากการจับจากธรรมชาติประมาณ 6,068.16 ตัน (กลุ่มสถิติการประมง, 2566) และจากการเพาะเลี้ยงประมาณ 1,503 ตัน (กลุ่มสถิติการประมง, 2566) คิดเป็น 80.15 และ 19.85% ของผลผลิตทั้งหมด ตามลำดับ โดยการเพาะเลี้ยงปลาช่อนในประเทศไทยส่วนใหญ่อยู่ในพื้นที่ราบลุ่มบริเวณภาคกลางโดยเฉพาะจังหวัดสุพรรณบุรีและจังหวัดใกล้เคียงและจัดได้ว่าเป็นแหล่งผลิตปลาช่อนแหล่งใหญ่ของประเทศ (ยุพินท์, 2536) ปัจจุบันความต้องการบริโภคปลาช่อนเพิ่มมากขึ้นแต่ผลผลิตปลาช่อนธรรมชาติมีแนวโน้มลดลงเนื่องจากความเสื่อมโทรมของสิ่งแวดล้อม ทำให้การพึ่งพาผลผลิตปลาช่อนธรรมชาติเพื่อการบริโภคไม่มีความยั่งยืน ทั้งนี้การเพิ่มผลผลิตปลาช่อนจากการเพาะเลี้ยงให้มากขึ้นนับเป็นวิธีแก้ปัญหาที่จะทำให้มีปลาช่อนเพียงพอสำหรับการบริโภคในอนาคต

ปลาช่อนเป็นปลากินเนื้อ (Carnivorous fish) มีความยาวของทางเดินอาหารประมาณ 0.6 เท่าของความยาวลำตัว กระเพาะอาหารเป็นรูปตัวเจและมักหากินเวลากลางคืน โดยลูกปลาขนาดเล็กกินไรน้ำและโปรโตซัว ส่วนปลาวัยรุ่นกินสัตว์ขนาดเล็กเป็นอาหาร เช่น ลูกปลา กุ้ง ปู และอื่นๆ ขณะที่ปลาขนาดใหญ่กินสัตว์ทั้งมีและไม่มีชีวิต จากการศึกษากระเพาะอาหาร พบว่า ปลาช่อนกินอาหารหลากหลายชนิดแต่ส่วนใหญ่เป็นปลากบและเขียด (เวียง, 2542) ส่วนการศึกษาความต้องการสารอาหารของปลาช่อนในประเทศไทยมีน้อยมาก โดยที่ที่มีการศึกษาไว้แล้วคือระดับความต้องการโปรตีนที่มีค่าอยู่ในช่วง 25-43% (มะลิ, 2523) ความต้องการไขมันมีค่าประมาณ 6% (Boonyaratpalin, 1981) ใกล้เคียงกับการศึกษาของ จินตนา และ ทวี (2544) ที่พบว่าลูกปลาช่อนขนาด 2 เซนติเมตร ต้องการโปรตีนประมาณ 40 - 45% ส่วนพลังงานที่ย่อยได้นั้นมีค่าประมาณ 3,100 Kcal/อาหาร 100 กรัม (มะลิ, 2523) แม้มีการศึกษาความต้องการสารอาหารอื่นๆ น้อย แต่อาจกำหนดความต้องการจากปลาที่มีนิสัยการกินอาหารใกล้เคียงกัน เช่น คาร์โบไฮเดรต วิตามินและแร่ธาตุรวมที่กำหนดจากอาหารปลาถูกพบว่าไม่มีผลเสียต่อการเลี้ยงปลาช่อน ปัจจุบันมีงานวิจัยเกี่ยวกับปลาช่อนในหลายประเทศโดยเฉพาะมาเลเซียและอินเดีย เช่น Dayal *et al.* (2012) รายงานว่าลูกปลาช่อนที่เลี้ยงด้วยอาหารที่มีกากถั่วเหลืองเป็นองค์ประกอบหลัก ไม่ใช้ปลาป่นและใช้น้ำมันลินสีด (linseed oil) เป็นแหล่งไขมันนั้นเจริญเติบโตดีกว่าการใช้แหล่งไขมันอื่นๆ รองลงมาคือการใช้ไขมันที่เป็นแหล่ง n-3 HUFA ซึ่งแสดงให้เห็นว่าปลาช่อนต้องการกรดไขมันกลุ่ม n-3 โดยเฉพาะกรดไลโนเลนิก (18:3n-3, linolenic acid, LNA) และกรดไลโนเลอิก (18:2n-6, linoleic acid, LOA) ในสัดส่วนที่ใกล้เคียงกัน ทั้งนี้ปลาช่อนเป็นปลาน้ำจืด ที่ไม่สามารถสังเคราะห์กรดไขมันจำเป็นทั้งสองชนิดนี้ได้จำเป็นต้องได้รับจากอาหาร และสามารถใช้อกรดไขมันทั้งสองชนิดนี้สังเคราะห์กรดไขมันกลุ่ม n-3 HUFA และ n-6 HUFA ได้ เช่น EPA (20:5n-3, eicosapentaenoic acid) และ DHA (22:6n-3, docosahexaenoic acid) จาก LNA ได้ (Glencross, 2009) ขณะที่ Arockiaraj *et al.* (1999) รายงานว่าระดับคาร์โบไฮเดรตที่เหมาะสมสำหรับอาหารลูกปลาช่อนไม่ควรเกิน 12% อย่างไรก็ตามเมื่อศึกษาอัตราส่วน

ระหว่างโปรตีนและไขมันในอาหารสำหรับลูกปลาช่อนวัยอ่อนพบว่าระดับโปรตีนและไขมันที่เหมาะสมคือ 45 และ 6.5% ตามลำดับ โดยการเลี้ยงด้วยอาหารมีระดับโปรตีน 35% การเพิ่มไขมันในอาหารจาก 6.5 เป็น 9.0 และ 11.5% ทำให้การเจริญเติบโตของปลาช่อนดีขึ้น แต่หากเลี้ยงด้วยอาหารที่มีระดับโปรตีน 40% การเพิ่มระดับไขมันที่ได้ผลดีคือ 9.0% ขณะที่การเลี้ยงด้วยอาหารมีระดับโปรตีน 45% การเพิ่มไขมันมากกว่า 6.5% ทำให้การเจริญเติบโตของปลาช่อนลดลง (Aliyu-Paiko *et al.*, 2010)

การเพาะเลี้ยงปลาช่อนยังมีอุปสรรคสำคัญคือต้องพึ่งพาลูกพันธุ์ปลาช่อนจากธรรมชาติซึ่งไม่มีความแน่นอนทั้งเรื่องคุณภาพและปริมาณ อีกทั้งผลผลิตลูกปลาธรรมชาติมีแนวโน้มลดลงเนื่องจากความเสื่อมโทรมของสิ่งแวดล้อม ทำให้การเพิ่มผลผลิตปลาช่อนจากการเพาะเลี้ยงยังน้อย ในการอนุบาลลูกปลาช่อนใช้อาหารที่มีชีวิตได้แก่ โรติเฟอร์และไรแดง ซึ่งไรแดงมีคุณค่าทางโภชนาการสูง โดยมีโปรตีน 74.09% คาร์โบไฮเดรต 12.50% ไขมัน 10.19% และเถ้า 3.45 % (ทวี และเรวดี, 2538) แต่การเตรียมไรแดงมีความยุ่งยาก เนื่องจากต้องมีการเลี้ยงในบ่อซีเมนต์เป็นระยะเวลา 7 วัน อีกทั้งยังได้ผลผลิตที่ไม่แน่นอน และมีความเสี่ยงหากมีเชื้อโรคติดมากับไรแดง ทำให้ปลาช่อนมีการเจริญเติบโตช้า ลูกปลามีขนาดแตกต่างกัน และอัตราการรอดไม่สม่ำเสมอ ในปัจจุบันมีการใช้ไข่ม้วนอนุบาลสัตว์น้ำวัยอ่อนหลายชนิดเพื่อทดแทนการใช้อาหารมีชีวิต โดยนำไข่มาผสมกับนมผงและน้ำ นำไปนึ่งจนสุก แล้วนำมาให้ลูกสัตว์น้ำกินโดยตรง ซึ่งการเตรียมอาหารในลักษณะนี้ต้องทำใหม่ สด ทุกวัน ทำให้บางครั้งเกิดความไม่สะดวกในการผลิต มีการสูญเสียอาหารจากการละลายน้ำ รวมถึงคุณค่าทางโภชนาการของไข่ม้วนผสมนมผงเป็นแหล่งโปรตีนที่ขาดอาร์จินิน เพราะไข่ไก่มีอาร์จินินต่ำ (Tacon, 1987) มีงานวิจัยหลายเรื่องที่เติมแหล่งโปรตีนลงในไข่ม้วนเพื่อเพิ่มคุณค่าทางโภชนาการ (ศศิวิมล และชลธิศักดิ์, 2546; วรรณภา และคณะ, 2548; ศศิวิมล และคณะ, 2548; สุภฎา และอานุช, 2555) แต่การนำไปใช้ยังเป็นคงรูปแบบเดิมๆ คือ ให้สัตว์น้ำกินหลังจากการนึ่ง ยังไม่มีการนำมาทำในรูปแบบแห้ง

ดังนั้นการศึกษาพัฒนารูปแบบและวิธีการใช้อาหารสำเร็จรูปเพื่อนำมาใช้ทดแทนไรแดงเพื่ออนุบาลลูกปลาช่อนจึงมีความสำคัญเพื่อเสริมสร้างการเจริญเติบโต ช่วยลดต้นทุน และลดความเสี่ยงจากปัจจัยอื่นๆ นอกจากนี้ยังเป็นประโยชน์สำหรับนักวิชาการ เกษตรกรผู้ประกอบอาชีพเพาะเลี้ยงปลาช่อนตลอดจนผู้สนใจทั่วไปนำไปใช้เป็นแนวทางในการผลิตอาหารเพื่อพัฒนาการอนุบาลลูกปลาช่อนให้ได้ผลดีและมีประสิทธิภาพต่อไป

วัตถุประสงค์

1. เพื่อพัฒนาอาหารเม็ดสำเร็จรูปที่เหมาะสมสำหรับอนุบาลลูกปลาช่อนอายุ 7-22 วัน
2. เพื่อทราบผลการใช้อาหารเม็ดสำเร็จรูปที่พัฒนาทดแทนไรแดงในการอนุบาลลูกปลาช่อนอายุ 7-22 วัน โดยพิจารณาจากค่าการเจริญเติบโตและอัตราการรอด

วิธีดำเนินการ

การวางแผนการศึกษา

การทดลองที่ 1 การพัฒนาอาหารเม็ดสำเร็จรูปสำหรับอนุบาลลูกปลาช่อน

พัฒนาอาหารเม็ดสำเร็จรูปให้มีความเหมาะสมทางคุณค่าทางโภชนาการ รูปแบบ ขนาด และ ลักษณะอาหารสำหรับปลาวัยอ่อน ทั้งนี้อาหารเม็ดสำเร็จรูปดัดแปลงมาจากการทำเบเกอร์และอาหารพื้นฐาน สูตรไข่ตุน (ดัดแปลงจาก ศศิวิมล และคณะ, 2548) ซึ่งจะทำให้การพัฒนารูปแบบของอาหาร ให้มีความสอดคล้อง กับพฤติกรรมการกินอาหารของลูกปลาช่อนให้เป็นอาหารเม็ดสำเร็จรูปแบบแห้ง และประกอบสูตรอาหารตาม ความต้องการทางโภชนาการของลูกปลาช่อน จากนั้นนำไปวิเคราะห์หองค์ประกอบทางเคมี ชนิดและปริมาณ กรดอะมิโน ชนิดและปริมาณกรดไขมัน และความคงทน ตามวิธีดังต่อไปนี้

1. วิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมี

การวิเคราะห์เพื่อหาปริมาณโปรตีนโดยวิธี AOAC, 2016 (Method 2001.11) ปริมาณไขมันโดยวิธี AOAC, 2016 (Method 2003.05) ปริมาณความชื้นโดยวิธี AOAC, 2016 (Method 930.15) ปริมาณเถ้าโดยวิธี AOAC, 2016 (Method 942.05) ปริมาณกากโดยวิธี Inhouse method based on ISO 6865:2000

2. วิเคราะห์ชนิดและปริมาณกรดอะมิโน และชนิดและปริมาณกรดไขมัน

ดำเนินการส่งตัวอย่างอาหารทดลองวิเคราะห์ที่ สถาบันค้นคว้าและพัฒนาผลิตภัณฑ์อาหาร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ โดยชนิดและปริมาณกรดอะมิโนด้วยวิธี In-house method WI-TMC-06 based on Journal of Food Science (2000). 65(7): 1130-1133. ชนิดและปริมาณกรดไขมันทดสอบตามวิธี In-house method WI-TMC-05 based on Compendium of Methods for food Analysis. Thailand. 1st Edition. 2003.

3. วิเคราะห์ความคงทนของอาหารทดลอง ตามวิธีของ Hasting and Higgs (1978)

ทำการวิเคราะห์ความคงทนของอาหารทดลองเมื่อแช่อยู่ในน้ำ 1, 2 และ 3 ชั่วโมง โดยนำอาหารที่แช่น้ำตามเวลาดังกล่าวมาชั่งน้ำหนัก 10 กรัม (WO) ใส่ในถุงผ้าขนาดตา 200 ไมครอน ที่สามารถเคลื่อนไหวอิสระในน้ำ แล้วใส่ในโหลทดลอง ให้อากาศเป็นเวลา 10 นาที เก็บตัวอย่างอาหารที่เหลือในถุงผ้าเทใส่กระดาษฟอยด์ แล้วนำไปอบที่อุณหภูมิ 130 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 2 ชั่วโมง ทิ้งให้เย็นในโถดูดความชื้น นำมาชั่งน้ำหนัก (WT) เพื่อดำเนินการหาค่าเปอร์เซ็นต์ความคงทนของอาหารในน้ำ ดังสมการ

$$\begin{aligned} \text{ความคงทนของอาหารในน้ำ} &= \frac{\text{WT}}{\text{WO}} \times 100 \\ (\% \text{ as fed basis}) \end{aligned}$$

การทดลองที่ 2 การทดลองใช้อาหารเม็ดสำเร็จรูปที่พัฒนาได้จากการทดลองที่ 1 ทดแทนไรแดงในการ
อนุบาลลูกปลาช่อนเป็นระยะเวลา 15 วัน (ลูกปลาอายุ 7-22 วัน)

การวางแผนการทดลองแบบสุ่มตลอด (Completely Randomized Design; CRD) โดยแบ่งชุด
การทดลองออกเป็น 5 ชุดการทดลอง แต่ละชุดการทดลองมี 5 ซ้ำ ดังนี้

ชุดการทดลองที่ 1 อนุบาลลูกปลาช่อนด้วยไรแดง 4 ครั้ง (ชุดควบคุม)

ชุดการทดลองที่ 2 อนุบาลลูกปลาช่อนด้วยอาหารเม็ดสำเร็จรูป 1 ครั้ง เวลา 8.30 น. และไรแดง 3 ครั้ง

ชุดการทดลองที่ 3 อนุบาลลูกปลาช่อนด้วยอาหารเม็ดสำเร็จรูป 2 ครั้ง เวลา 8.30, 11.00 น. และไรแดง
2 ครั้ง

ชุดการทดลองที่ 4 อนุบาลลูกปลาช่อนด้วยอาหารเม็ดสำเร็จรูป 3 ครั้ง เวลา 8.30, 11.00, 13.30 น.
และไรแดง 1 ครั้ง

ชุดการทดลองที่ 5 อนุบาลลูกปลาช่อนด้วยอาหารเม็ดสำเร็จรูป 4 ครั้ง

โดยให้อาหารในเวลา 8.30, 11.00, 13.30 และ 16.00 น. ปริมาณอาหารเม็ดสำเร็จรูปที่ให้ในแต่ละ
ครั้ง ให้เท่ากับปริมาณไรแดงโดยน้ำหนักแห้ง โดยปริมาณไรแดงได้จากการทดลองเบื้องต้น ทำการจดบันทึก
ปริมาณอาหารสำเร็จรูปและไรแดงที่ให้ในแต่ละครั้ง

วิธีดำเนินการ

การเตรียมภาชนะทดลอง

เตรียมกล่องโฟมขนาด 29.5x33x23 ซม. จำนวน 25 ใบ เติมน้ำลงในกล่องทดลองให้ได้ปริมาตร
20 ลิตร

การเตรียมลูกปลาทดลอง

นำลูกปลาช่อนอายุ 2 วัน ที่ได้จากการเพาะพันธุ์ในรุ่นเดียวกัน จากพ่อแม่พันธุ์ชุดเดียวกันมาปรับ
การกินอาหาร โดยให้อาหารทั้งไรแดงและอาหารเม็ดสำเร็จรูป เป็นระยะเวลา 5 วัน ก่อนส่งลูกปลาลงกล่องทดลอง
กล่องละ 40 ตัว จำนวน 25 กล่อง

การเตรียมอาหารทดลอง

1. ไรแดงได้มาจากการเพาะเลี้ยงที่ศูนย์วิจัยการเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำจืดอ่างทองนำมาฆ่าเชื้อด้วย
ด่างทับทิมที่ระดับความเข้มข้น 150 ส่วนในล้านส่วน นาน 3 นาที แล้วล้างด้วยน้ำสะอาดก่อนให้ปลาทดลองกิน
2. อาหารเม็ดสำเร็จรูปที่ใช้ในการทดลอง ได้จากการทดลองที่ 1

การจัดการการทดลอง

ในระหว่างการทดลองทำการดูดตะกอนและเติมน้ำให้เท่าระดับเดิมทุกครั้งก่อนให้อาหารทุกมือ ตรวจสอบคุณภาพน้ำทุก 7 วัน เวลา 8.30 น. โดยทำการวิเคราะห์คุณสมบัติน้ำโดยมีดัชนีที่วิเคราะห์ต่อไปนี้

ปริมาณออกซิเจนที่ละลายน้ำ (มิลลิกรัม/ลิตร) ด้วยเครื่อง DO meter ยี่ห้อ Lutron รุ่น YK-2005WA

อุณหภูมิน้ำ วัดด้วยเทอร์โมมิเตอร์

ความเป็นกรดเป็นด่าง วัดด้วยเครื่องวัดความเป็นกรด-ด่าง ยี่ห้อ HANNA รุ่น HI 991001

ความกระด้าง วิเคราะห์ด้วยวิธีไตเตรท อ้างตาม APHA, AWWA and WPCF (1989)

ความเป็นด่าง วิเคราะห์ด้วยวิธีไตเตรท อ้างตาม APHA, AWWA and WPCF (1989)

แอมโมเนียรวม วิเคราะห์ด้วยเครื่องวิเคราะห์แบบดิจิตอล ยี่ห้อ HANNA รุ่น HI 96733

การรวบรวมข้อมูล

เมื่อสิ้นสุดการทดลอง นับจำนวนลูกปลาที่เหลือรอด ชั่งน้ำหนักและวัดความยาวลูกปลาเพื่อหาค่าอัตราการเจริญเติบโตจำเพาะและเปอร์เซ็นต์น้ำหนักเพิ่มและค่าอัตราการรอด

นำข้อมูลมาคำนวณตามวิธีดังนี้

อัตราการเจริญเติบโตจำเพาะ (Specific growth rate, SGR; %/d)

$$= \frac{(\ln \text{ น้ำหนักปลาเมื่อสิ้นสุดการเลี้ยง} - \ln \text{ น้ำหนักปลาเริ่มต้น})}{\text{ระยะเวลาเลี้ยง (วัน)}} \times 100$$

เปอร์เซ็นต์น้ำหนักเพิ่ม (Percentage weight gain; %)

$$= \frac{\text{น้ำหนักเฉลี่ยเมื่อสิ้นสุดการทดลอง} - \text{น้ำหนักเฉลี่ยเมื่อเริ่มการทดลอง}}{\text{น้ำหนักเฉลี่ยเมื่อเริ่มการทดลอง}} \times 100$$

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

การวิเคราะห์ข้อมูล

ตรวจสอบค่าแปรปรวนของข้อมูลโดยใช้ Levene's test ทำการแปลงค่าข้อมูลที่เป็นเปอร์เซ็นต์ด้วย arcsine ทำการวิเคราะห์ค่าดัชนีในแต่ละชุดการทดลองโดยวิธีวิเคราะห์หว่าเรียนซ์ (one-way analysis of variance) และเปรียบเทียบความแตกต่างระหว่างค่าเฉลี่ยด้วยวิธี Duncan's new multiple range test ที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์ (Zar, 1996)

ผลการศึกษา

การทดลองที่ 1 การพัฒนาอาหารสำเร็จรูปสำหรับอนุบาลลูกปลาช่อน

จากการพัฒนาสูตรอาหารสำหรับอนุบาลลูกปลาช่อนได้สูตรอาหารตามตารางที่ 1 และมีกรรมวิธีการผลิตดังต่อไปนี้

กรรมวิธีการผลิตอาหารเม็ดสำเร็จรูป ดังต่อไปนี้

1. ชั่งวัตถุดิบตามสูตรอาหาร (ตารางที่ 1) โดยผสมวัตถุดิบแห้งทั้งหมดให้เข้ากันดี นำไปร่อนผ่านตะแกรงขนาด 500 ไมครอน
2. แยกไข่แดงออกจากไข่ขาว นำไข่แดงไปปั่นด้วยเครื่องปั่น ส่วนไข่ขาวใส่ในชามผสม ตีไข่ขาวให้ขึ้นฟู
3. นำน้ำมันปลา น้ำมันถั่วเหลือง เลซิธิน เติมลงในไข่แดง ปั่นผสมให้เข้ากัน
4. ผสมวัตถุดิบแห้งทั้งหมด แล้วนำไปร่อนผ่านตะแกรงขนาด 1,000 ไมครอน ใส่ภาชนะสำหรับผสม
5. นำส่วนผสมในข้อ 3 เทใส่ส่วนผสมวัตถุดิบแห้งในข้อ 4 ผสมให้เข้ากัน
6. นำไข่ขาวที่ตีจนขึ้นฟู มาใส่ในส่วนผสมแล้วคลุกเคล้าให้เป็นเนื้อเดียวกัน ปิดภาชนะผสมด้วยฟอยล์ จากนั้นหมักทิ้งไว้ 15 นาที เติมน้ำส้มสายชู คนให้เข้ากัน ใส่ถ้วยซิลิโคน นำไปนึ่งอุณหภูมิ 100 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 5-7 นาที
7. นำอาหารมาหั่นเป็นชิ้นสี่เหลี่ยม ผึ่งในที่ร่มให้หมาด จากนั้นปั่นให้ละเอียด แล้วตากในที่ร่มจนอาหารแห้ง นำไปร่อนผ่านตะแกรงขนาด 250, 500 และ 1,000 ไมครอน จากนั้นนำไปใช้ในการอนุบาลลูกปลา

คุณค่าทางโภชนาการของอาหารเม็ดสำเร็จรูปที่พัฒนา มีปริมาณโปรตีน ไขมัน กาก และเถ้า เท่ากับ 52.62, 15.93, 0.84 และ 10.90 % น้ำหนักแห้ง ตามลำดับ (ตารางที่ 2) ชนิดและปริมาณกรดอะมิโนในอาหารทดลองแสดงในตารางที่ 3 ชนิดและปริมาณกรดไขมันในอาหารทดลองแสดงในตารางที่ 4 และมีค่าความคงทนที่ 1, 2 และ 3 ชั่วโมงเท่ากับ 91.14, 89.89 และ 86.35 % ตามลำดับ

ตารางที่ 1 สูตรอาหาร

วัตถุดิบ	เปอร์เซ็นต์ (%)
ไข่ไก่ เบอร์ 3	31.66
ปลาป่น (60%)	29.32
วีทกลูเตน	9.38
แป้งข้าวเจ้า	8.21
แป้งสาลี	9.38
น้ำมันปลา	0.35
น้ำมันถั่วเหลือง	0.82
เลซิทิน	0.91
วิตามินและแร่ธาตุรวม*	0.35
วิตามินซี (35%)	0.23
ยีสต์	2.35
เนื้อปลาร้า	7.04
รวม	100.00

หมายเหตุ : *วิตามินรวมและแร่ธาตุรวม 1 กิโลกรัม ประกอบด้วย วิตามิน A 500,000 IU, D₃ 100,000 IU, E 10,000 IU,

K₃ 0.80 g, B₁ 0.75 g, B₂ 1.10 g, B₆ 1.20 g, B₁₂ 0.005 g, Biotin 0.02 mg, Pantothenic acid 3.00 g,

Niacin 2.15 g, Inositol 25.00 g, Folic acid 0.80 g, และแร่ธาตุ Copper 4.50 g, Zinc 20 g, Iron 20 g, Selenium 0.04 g

ตารางที่ 2 คุณค่าทางโภชนาการของอาหารทดลอง

พารามิเตอร์	เปอร์เซ็นต์น้ำหนักแห้ง
ความชื้น	11.54
โปรตีน	52.62
ไขมัน	15.93
กาก	0.84
เถ้า	10.90

ตารางที่ 3 ชนิดและปริมาณกรดอะมิโนในอาหารทดลอง

ลำดับที่	ชนิดกรดอะมิโน	ปริมาณ (มก./100 ก. อาหาร)
1	Alanine	2,387.00
2	Arginine*	2,145.00
3	Aspartic acid	3,434.00
4	Cystine	982.50
5	Glutamic acid	6,763.00
6	Glycine	1,989.00
7	Histidine*	873.06
8	Isoleucine*	1,728.00
9	Leucine*	2,901.00
10	Lysine*	2,189.00
11	Methionine*	1,119.00
12	Phenylalanine*	1,989.00
13	Proline	3,050.00
14	Serine	2,017.00
15	Threonine*	1,628.00
16	Tryptophan*	250.26
17	Tyrosine	1,237.00
18	Valine*	1,969.00

หมายเหตุ : * กรดอะมิโนที่จำเป็นสำหรับสัตว์น้ำ

ตารางที่ 4 ชนิดและปริมาณกรดไขมันในอาหารทดลอง

ลำดับที่	ชนิดกรดไขมันอิ่มตัว	ปริมาณ (ก./100 ก. อาหาร)
1	Lauric acid (C12:0)	0.06
2	Myristic acid (C14:0)	0.21
3	Pentadecanoic acid (C15:0)	0.03
4	Palmitic acid (C16:0)	3.54
5	Heptadecanoic acid (C17:0)	0.04
6	Stearic acid (C18:0)	1.16
7	Lignoceric acid (C24:0)	0.20
	ชนิดกรดไขมันไม่อิ่มตัว	ปริมาณ (ก./100 ก. อาหาร)
8	Palmitoleic acid (C16:1)	0.46
9	cis-10-Heptadecenoic acid (C17:1n10)	0.03
10	cis-9-Oleic acid (C18:1n9c)	5.27
11	cis-11-Eicosenoic acid (C20:1n11)	0.04
12	Linolenic acid (C18:2n6c)	3.04
13	alpha-Linolenic acid (C18:3n3)	0.19
14	cis-11,14-Eicosadienoic acid (C20:2)	0.02
15	cis-8,11,14-Eicosatrienoic acid (C20:3n6)	0.02
16	Arachidonic acid (C20:4n6)	0.29
17	Docosahexaenoic acid (C22:6n3)	0.43

การทดลองที่ 2 การทดลองใช้อาหารเม็ดสำเร็จรูปที่พัฒนาได้จากการทดลองที่ 1 ทดแทนไรแดงในการอนุบาลลูกปลาช่อนเป็นระยะเวลา 15 วัน (ลูกปลาอายุ 7-22 วัน)

จากการทดลองอนุบาลลูกปลาช่อนเป็นระยะเวลา 15 วัน (อายุ 7-22 วัน) ด้วยอาหารเม็ดสำเร็จรูปจากการทดลองที่ 1 ทดแทนไรแดง ได้ผลการทดลองดังนี้

น้ำหนักสุดท้าย (กรัม)

จากการทดลองอนุบาลลูกปลาช่อนด้วยไรแดงและอาหารเม็ดสำเร็จรูปเป็นเวลา 15 วัน พบว่าลูกปลาช่อนมีค่าน้ำหนักสุดท้ายเท่ากับ 278.64 ± 23.68 , 233.20 ± 8.41 , 195.69 ± 24.37 , 165.02 ± 27.63 และ 108.31 ± 23.78 มิลลิกรัม ตามลำดับ โดยชุดการทดลองที่ 1 มีค่าน้ำหนักสุดท้ายมากที่สุด ($p < 0.05$) และชุดการทดลองที่ 5 มีค่าน้ำหนักสุดท้ายน้อยที่สุด ($p < 0.05$) ชุดการทดลองที่ 2 มีค่ามากกว่าชุดการทดลองที่ 3 และ 4 อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$) และชุดการทดลองที่ 3 มีค่ามากกว่าชุดการทดลองที่ 4 อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$) (ตารางที่ 5)

ความยาวสุดท้าย (มิลลิเมตร)

จากการทดลองอนุบาลลูกปลาช่อนด้วยไรแดงและอาหารเม็ดสำเร็จรูปเป็นเวลา 15 วัน พบว่าลูกปลาช่อนมีค่าความยาวสุดท้ายเท่ากับ 30.50 ± 0.47 , 28.68 ± 0.34 , 27.15 ± 0.78 , 25.24 ± 1.49 และ 21.72 ± 1.51 มิลลิเมตร ตามลำดับ โดยชุดการทดลองที่ 1 มีค่าน้ำหนักสุดท้ายมากที่สุด ($p < 0.05$) และชุดการทดลองที่ 5 ค่าน้ำหนักสุดท้ายน้อยที่สุด ($p < 0.05$) ชุดการทดลองที่ 2 มีค่ามากกว่าชุดการทดลองที่ 3 และ 4 อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$) และชุดการทดลองที่ 3 มีค่ามากกว่าชุดการทดลองที่ 4 อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$) (ตารางที่ 5)

เปอร์เซ็นต์น้ำหนักเพิ่ม (เปอร์เซ็นต์)

จากการทดลองอนุบาลลูกปลาช่อนด้วยไรแดงและอาหารเม็ดสำเร็จรูปเป็นเวลา 15 วัน พบว่าลูกปลาช่อนมีค่าเปอร์เซ็นต์น้ำหนักเพิ่มเท่ากับ $2,951.93 \pm 259.35$, $2,454.22 \pm 92.16$, $2,043.42 \pm 266.95$, $1,707.49 \pm 302.62$ และ $1,086.35 \pm 260.51$ เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ โดยชุดการทดลองที่ 1 มีค่าแตกต่างอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติจากชุดการทดลองที่ 2 ($p > 0.05$) แต่มีค่ามากกว่าชุดการทดลองที่ 3, 4 และ 5 อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$) และ ชุดการทดลองที่ 2 มีค่าแตกต่างอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติจากชุดการทดลองที่ 3 ($p > 0.05$) แต่มีค่ามากกว่าชุดการทดลองที่ 4 และ 5 อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$) ชุดการทดลองที่ 4 มีค่าแตกต่างอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติจากชุดการทดลองที่ 3 ($p > 0.05$) แต่มีค่ามากกว่าชุดการทดลองที่ 5 อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$) ส่วนชุดการทดลองที่ 5 มีค่าน้อยที่สุด ($p < 0.05$) (ตารางที่ 5)

อัตราการเจริญเติบโตจำเพาะ (เปอร์เซ็นต์ต่อวัน)

จากการทดลองอนุบาลลูกปลาช่อนด้วยไรแดงและอาหารเม็ดสำเร็จรูปเป็นเวลา 15 วัน พบว่าลูกปลาช่อน มีค่าอัตราการเจริญเติบโตจำเพาะเท่ากับ 22.77 ± 0.56 , 21.60 ± 0.24 , 20.39 ± 0.81 , 19.21 ± 1.21 และ 16.37 ± 1.39 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ โดยชุดการทดลองที่ 1 มีค่าอัตราการเจริญเติบโตจำเพาะมากที่สุด ($p < 0.05$)

และชุดการทดลองที่ 5 ค่าอัตราการเจริญเติบโตจำเพาะน้อยที่สุด ($p<0.05$) ชุดการทดลองที่ 2 มีค่ามากกว่าชุดการทดลองที่ 3 และ 4 อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.05$) และชุดการทดลองที่ 3 มีค่ามากกว่าชุดการทดลองที่ 4 อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.05$) (ตารางที่ 5)

อัตราการรอด (เปอร์เซ็นต์)

เมื่อสิ้นสุดการทดลอง พบว่าลูกปลาช่อนที่อนุบาลด้วยไรแดงและอาหารเม็ดสำเร็จรูปมีค่าอัตราการรอดเท่ากับ 98.50 ± 2.24 , 95.0 ± 4.68 , 95.5 ± 3.26 , 93.0 ± 3.26 และ 92.5 ± 3.54 % ตามลำดับ โดยชุดการทดลองที่ 1 มีค่าอัตราการรอดแตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติกับชุดการทดลองที่ 2 และ 3 ($p>0.05$) แต่มีค่ามากกว่าชุดการทดลองที่ 4 และ 5 อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.05$) และชุดการทดลองที่ 2, 3, 4 และ 5 มีค่าแตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ ($p>0.05$) (ตารางที่ 5)

ตารางที่ 5 การเจริญเติบโตและอัตราการรอดของลูกปลาช่อน

พารามิเตอร์	ชุดการทดลองที่				
	1	2	3	4	5
น้ำหนักเริ่มต้น (มก.)	9.13 ± 4.88	9.13 ± 4.88	9.13 ± 4.88	9.13 ± 4.88	9.13 ± 4.88
ความยาวเริ่มต้น (มม.)	5.99 ± 0.87	5.99 ± 0.87	5.99 ± 0.87	5.99 ± 0.87	5.99 ± 0.87
น้ำหนักสุดท้าย (มก.)	278.64 ± 23.68^a	233.20 ± 8.41^b	195.69 ± 24.37^c	165.02 ± 27.63^d	108.31 ± 23.78^e
ความยาวสุดท้าย (มม.)	30.50 ± 0.47^a	28.68 ± 0.34^b	27.15 ± 0.78^c	25.24 ± 1.49^d	21.72 ± 1.51^e
เปอร์เซ็นต์น้ำหนักเพิ่ม (%)	$2,951.93\pm259.35^a$	$2,454.22\pm92.16^{ab}$	$2,043.42\pm266.95^{bc}$	$1,707.49\pm302.62^c$	$1,086.35\pm260.51^d$
อัตราการเจริญเติบโต จำเพาะ (%/วัน)	22.77 ± 0.56^a	21.60 ± 0.24^b	20.39 ± 0.81^c	19.21 ± 1.21^d	16.37 ± 1.39^e
อัตราการรอด (%)	98.50 ± 2.24^a	95.00 ± 4.68^{ab}	95.50 ± 3.26^{ab}	93.00 ± 3.26^b	92.50 ± 3.54^b

คุณสมบัติของน้ำ

คุณสมบัติของน้ำจากการทดลอง พบว่า ปริมาณออกซิเจนที่ละลายในน้ำมีค่าระหว่าง 260.00-360.00 มก./ลิตร ความเป็นกรดเป็นด่างมีค่าระหว่าง 8.00-8.20 ความเป็นด่างมีค่าระหว่าง 374.00-425.00 มก./ลิตร as

CaCO₃ ความกระด้างมีค่าระหว่าง 400.00-450.00 มก./ลิตร as CaCO₃ อุณหภูมิน้ำมีค่าระหว่าง 26.00-26.50 องศาเซลเซียส แอมโมเนียรวมมีค่า 0.00 มก.แอมโมเนีย-ไนโตรเจน/ลิตร ไนโตรที่มีค่า 0.00 มก.ไนโตรเจน-ไนโตรเจน/ลิตร

สรุปและวิจารณ์ผล

จากการพัฒนาสูตรอาหารสำหรับอนุบาลลูกปลาช่อนโดยใช้กรรมวิธีการผลิตที่ดัดแปลงมาจากการทำเบเกอร์และไข่ตุ๋น ให้คุณค่าทางโภชนาการโดยน้ำหนักแห้งมีค่าโปรตีน 52.62 % ไขมัน 15.93 % กาก 0.84 % และเถ้า 10.90 % ชนิดและปริมาณกรดอะมิโน ชนิดและปริมาณกรดไขมันมีค่าใกล้เคียงกับในไรแดงที่เลี้ยงด้วยคลอเรลล่า ยกเว้น กรดไขมัน alpha-Linolenic acid (C18:3n3) จะพบมากในไรแดงมากแต่ในอาหารเม็ดสำเร็จรูปพบน้อย แต่กรดไขมัน Linolenic acid (C18:2n6c) จะพบในอาหารเม็ดสำเร็จรูปมาก แต่ในไรแดงมีน้อย ตามตารางผนวกที่ 1 และ 2 ในส่วนของค่าความคงทนพบว่าที่ 1, 2 และ 3 ชั่วโมง มีค่าเท่ากับ 91.14, 89.89 และ 86.35 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ แสดงว่าอาหารเม็ดสำเร็จรูปที่พัฒนารูปแบบใหม่ขึ้นมาสามารถอยู่ในน้ำได้นาน

จากการทดลองอนุบาลลูกปลาช่อนเป็นระยะเวลา 15 วัน (ลูกปลาอายุ 7 - 22 วัน) ด้วยไรแดงและอาหารเม็ดสำเร็จรูป พบว่าการเจริญเติบโตของลูกปลาช่อน (ค่าน้ำหนักสุดท้าย ความยาวสุดท้าย และอัตราการเจริญเติบโตจำเพาะ) ของชุดการทดลองที่ 1 อนุบาลด้วยไรแดงทั้ง 4 ครั้ง มีค่าการเจริญเติบโตมากที่สุด ($p < 0.05$) และค่าการเจริญเติบโตลดลงตามจำนวนครั้งที่อนุบาลด้วยไรแดงลดลง และมีค่าการเจริญเติบโตน้อยที่สุด ($p < 0.05$) เมื่ออนุบาลด้วยอาหารเม็ดสำเร็จรูปทั้ง 4 ครั้ง ทั้งนี้เนื่องมาจากในไรแดงมีเอนไซม์ที่ใช้ในการย่อยอาหาร แต่ในอาหารเม็ดสำเร็จรูปไม่มี ซึ่งในช่วงปลาวัยอ่อน อวัยวะที่ทำหน้าที่สังเคราะห์เอนไซม์ยังไม่พัฒนา ลูกปลาย่อยอาหารโดยใช้เอนไซม์จากไรแดง ซึ่งการใช้อาหารมีชีวิตร่วมกับอาหารสำเร็จรูปขนาดเล็กสามารถเพิ่มเอนไซม์ทรिปีซินมากกว่าการให้อาหารมีชีวิตอย่างเดียวหรืออาหารสำเร็จรูปอย่างเดียว (Pedroza-Islas *et al.*, 2004) Mikdarullah and Nugraha (2019) ได้ทำการทดลองอนุบาลลูกปลาช่อนด้วยไรแดงและอาหารสำเร็จรูปพบว่าการทำงานของเอนไซม์อะไมเลสในลูกปลาช่อนที่อนุบาลด้วยไรแดงค่อนข้างสูงกว่าเมื่อเทียบกับกิจกรรมของอะไมเลสในลูกปลาช่อนที่อนุบาลด้วยอาหารสำเร็จรูป เนื่องจากได้รับเอนไซม์ย่อยอาหารจากไรแดง กิจกรรมของอะไมเลสในช่วงการเปลี่ยนจากไรแดงเป็นอาหารสำเร็จรูปลดลง ทั้งนี้อาจเนื่องมาจากลูกปลาช่อนหลังจาก 15 วัน ลูกปลาสามารถสร้างเอนไซม์ย่อยอาหารได้เอง Micale *et al.* (2006) ทำการศึกษาพบว่ากิจกรรมของเอนไซม์โปรติเอส ในทางในทางเดินอาหารของปลากินเนื้อสูงทั้งที่อนุบาลด้วยอาหารมีชีวิตและอาหารสำเร็จรูป กิจกรรมของเอนไซม์โปรติเอส จะลดลงหากในทางเดินอาหารของปลาไม่มีอาหารและจะเพิ่มขึ้นอีกครั้งเมื่อมีอาหารอยู่ในทางเดินอาหาร

อัตราการรอดของลูกปลาช่อนที่อนุบาลด้วยอาหารเม็ดสำเร็จรูปที่พัฒนาใหม่ 1 และ 2 ครั้งต่อวัน มีค่าไม่แตกต่างจากการอนุบาลด้วยไรแดง 4 ครั้งต่อวัน ($p > 0.05$) และลูกปลาช่อนที่อนุบาลด้วยอาหารเม็ดสำเร็จรูปที่พัฒนาใหม่อย่างเดียว ทำให้ลูกปลามีอัตราการรอดไม่แตกต่างจากการให้ไรแดงเป็นอาหาร 1 และ 2 ครั้งต่อวัน

($p > 0.05$) ทั้งนี้อาจเนื่องมาจากอาหารเม็ดสำเร็จรูปที่พัฒนาใหม่มีคุณค่าทางโภชนาการเหมาะสมกับลูกปลาช่อนวัยอ่อน และมีขนาดใกล้เคียงกับไรแดง ทำให้ลูกปลาสามารถกินอาหารเม็ดสำเร็จรูปได้ไม่แตกต่างจากการกินไรแดง และพบว่าอาหารสำเร็จรูปที่พัฒนาใหม่มีความคงทนในน้ำได้นาน ละลายน้ำช้า และไม่พบเมือกติดอยู่บริเวณข้างกล่องโฟมและก้นกล่องโฟมที่ใช้ในการอนุบาลลูกปลาช่อนตลอดการอนุบาล ซึ่งสอดคล้องกับ Yufera *et al.* (2000) กล่าวว่าคุณสมบัติของอาหารสำเร็จรูปสำหรับอนุบาลลูกปลาจะต้องมีลักษณะสำคัญ คือ รูปร่างและขนาดอาหารต้องง่ายต่อการมองเห็นและการกินของปลา มีความคงตัวในน้ำค่อนข้างสูง มีความน่ากินและกระตุ้นการกินอาหารของปลาได้ ปลาสามารถย่อยและนำสารอาหารไปใช้ได้ดี และจากการทดลองพบว่ากรดไขมัน alpha-Linolenic acid (C18:3n3) จะพบมากในไรแดงมากแต่ในอาหารเม็ดสำเร็จรูปมีน้อย แต่กรดไขมัน Linolenic acid (C18:2n6c) จะพบในอาหารเม็ดสำเร็จรูปมาก แต่ในไรแดงมีน้อย ซึ่งปลาช่อนต้องการกรดไขมันกลุ่ม n-3 โดยเฉพาะกรดไลโนเลนิก (18:3n-3, linolenic acid, LNA) และกรดไลโนเลอิก (18:2n-6, linoleic acid, LOA) ในสัดส่วนที่ใกล้เคียงกัน (Dayal *et al.*, 2012) ดังนั้นการใช้อาหารเม็ดสำเร็จรูปที่พัฒนาใหม่ร่วมกับการใช้ไรแดงจึงทำให้ลูกปลาช่อนมีอัตราการรอดสูง ในการทดลองครั้งนี้ คุณภาพน้ำมีค่าอยู่ในเกณฑ์ที่เหมาะสมต่อการเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำ (ไมตรี และจารุวรรณ, 2528)

จากการพัฒนาอาหารเม็ดสำเร็จรูปสำหรับอนุบาลลูกปลาช่อน สามารถนำไปใช้ในการอนุบาลลูกปลาช่อนช่วงที่มีปริมาณไรแดงไม่เพียงพอกับความต้องการของลูกปลาเมื่อใช้ร่วมกับไรแดง 50% ทำให้ลูกปลาช่อนมีอัตราการรอดไม่แตกต่างจากการอนุบาลด้วยไรแดง

เอกสารอ้างอิง

- กลุ่มสถิติการประมง. 2566. สถิติผลการจับสัตว์น้ำจืดจากธรรมชาติ ประจำปี 2565. เอกสารฉบับที่ 6/2566. กองนโยบายและแผน กรมประมง. 42 หน้า.
- กลุ่มสถิติการประมง. 2566. สถิติผลการเลี้ยงสัตว์น้ำจืดจากธรรมชาติ ประจำปี 2565. เอกสารฉบับที่ 9/2566. กองนโยบายและแผน กรมประมง. 209 หน้า.
- จินตนา ไตรชนะโกศา และ ทวี วิพุทธานุมาศ. 2544. ความต้องการโปรตีนที่เหมาะสมสำหรับลูกปลาช่อน. เอกสารวิชาการฉบับที่ 11/2544. สถานีประมงน้ำจืดสิงห์บุรี กรมประมง. 19 หน้า.
- มะลิ บุญยรัตผลิน. 2523. การศึกษาปริมาณโปรตีนที่ปลาช่อนต้องการ, หน้า 37-38. ใน รายงานประจำปีสถาบันประมงน้ำจืดแห่งชาติ กรมประมง. กรุงเทพฯ
- ไมตรี ดวงสวัสดิ์ และ จารุวรรณ สมศิริ. 2528. คุณสมบัติของน้ำและวิธีวิเคราะห์สำหรับงานวิจัยทางการประมง. กรุงเทพฯ: สถาบันประมงน้ำจืดแห่งชาติ กรมประมง. 115 หน้า.
- ทวี วิพุทธานุมาศ และ เรวดี ศรีประเสริฐ. 2538. การเพาะเลี้ยงไรแดงโดยใช้รำละเอียดหมัก. กองประมงน้ำจืด. กรมประมง. 32 หน้า.
- ยุพินท์ วิวัฒน์ชัยเศรษฐ์. 2536. การเลี้ยงปลาช่อนที่สุพรรณบุรี. วารสารการประมง 46(4): 315-319.
- วรรณภา รังสินธุ์, ศศิวิมล ปิติพรชัย, สุพิศ ทองรอด และ เชิดศักดิ์ วงษ์กมลชุนท์. 2548. ผลของแหล่งโปรตีนชนิดต่างๆ ในอาหารไขตุนต่อการเจริญเติบโตและอัตราการรอดของกุ้งก้ามกราม. ใน บทคัดย่อการประชุมวิชาการประมง ประจำปี 2548 กรมประมง. วันที่ 12-13 กรกฎาคม 2548. โรงแรมเอเชียแอร์พอร์ท. 69 หน้า.
- เวียง เชื้อโพธิ์หัก. 2542. โภชนศาสตร์สัตว์น้ำและการให้อาหารสัตว์น้ำ. สำนักพิมพ์มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ. 255 หน้า.
- ศศิวิมล ปิติพรชัย และ ชลธิศักดิ์ ขาวปากน้ำ. 2546. การอนุบาลลูกปลาชะโอนวัยอ่อนด้วยอาหารต่างชนิด. ใน บทคัดย่อการสัมมนาวิชาการประมง ประจำปี 2546 กรมประมง. วันที่ 7-9 กรกฎาคม 2546. หน้า 35.
- ศศิวิมล ปิติพรชัย, ลัดดาวัลย์ ครองพงษ์ และ สุพิศ ทองรอด. 2548. ระดับโปรตีนในอาหารไขตุนที่เหมาะสมต่อการเจริญเติบโตและอัตราการรอดของลูกกุ้งก้ามกราม. สำนักวิจัยและพัฒนาประมงน้ำจืด, กรมประมง. สารวิชาการประมง 2: 96-98.
- สุภภา ศิริรัฐนิคม และ อานุช ศิริรัฐนิคม. 2555. การศึกษาประเภทของอาหารที่เหมาะสมสำหรับอนุบาลลูกปลาตุ๊กลาพันธ์ (*Clarias nieuhofii*). วารสารวิจัยเทคโนโลยีการประมง 6(1): 1-10.
- Aliyu-Paiko, M., R. Hashim and A.C. Shu-CHien. 2010. Influence of Dietary Lipid/Protein Ratio on Survival, Growth, Body Indices and Digestive Lipase Activity in Snakehead (*Channa striatus* Bloch 1793) Fry Reared in Re-circulating Water System. *Aquaculture Nutrition* 16: 466-474.

- AOAC. 2016. Official Methods of Analysis of AOAC International. 20th Edition. Association of Official Analytical Chemists, Washington DC.
- Arockiaraj, A.J., M. Muruganandam, K. Marimuthu and M.A. Haniffa. 1999. Utilization of Carbohydrates as a Dietary Energy Source by Striped Murrel *Channa striatus* (Bloch) Fingerlings. *Acta Zoologica Taiwanica* 10(2): 103-111.
- APHA - AWWA and WPCF. 1989. Standard Methods for The examination of Water and Wastewater. 17th ed. American Public Health Association. Washington DC. 1397 pp.
- Boonyaratpalin, M. 1981. Lipid Requirements of Snakehead Fingerling, p 30. In Progress Report of The regional of The Regional Project RAS/76/003. Network of Aquaculture Centre in Asia, Bangkok, Thailand.
- Dayal, R., P.P. Srivastava, A. Bhatnagar, S. Chowdhary, A.K. Yadav and W.S. Lakra. 2012. Comparative Utilization Impact of Various Dietary Lipids, on Growth Indices, in Striped Murrel, *channa striatus* (bloch) fingerlings. *Online Journal of Animal Feed Research* 2(1): 64-69.
- Glencross, B.D. 2009. Exploring the Nutritional Demand for Fatty Acids by Aquaculture species. *Review in Aquaculture* 1(2): 71-124.
- Hasting, W.H. and D. Higgs. 2017. Feed Milling Processes. Fish Feed Technology, Chapter 18. FAO publication. <http://www.fao.org/docrep/X5738e0j.html>. February 20, 2020.
- Micale, V., M. Garaffo, L. Genovese, M.T. Spedicato and U. Muglia. 2006. The ontogeny of the Alimentary Tract during Larval Development in Common Pandora *Pagellus erythrinus* L. *Aquaculture* 251: 354-365.
- Mikdarullah and A. Nugraha. 2019. Amylase Enzyme Activity Test in Cork Fish Larvae, *Channa striata* with Different Feeding. *Aquaculture Litkayasa Engineering Bulletin* 17 (2): 115-129
- Pedroza-Islas, R., P. Gllardo, E.J. Vernon-carter, T. Garcia- Galano, C. Rosal, C. Pascual and G. Gaxiola. 2004. Growth, Survival, Quality and Digestive Enzyme Activities of Larval Shrimp Fed Microencapsulated, Mixed and Live Diets. *Aquaculture Nutrition* 10(3): 167-173. (in Maxican, English Abstract)
- Tacon, A. G. J. 1987. The Nutrition and Feeding of Farmed Fish and Shrimp a Training Manual FAO Feld Document, Project GCP/RLA/075/ITA, Field document 5/E No.5, Brasil. 129 p.
- Yufera, M., C. Fernandez-Diaz, E. Pascual, M.C. Sarasquete, F.J. Moyano, M. Diaz, F.J. Alarcon, M. Garcia-Gallego and G. Parra. 2000. Toward an Inert Diet for First-feeding Gilthead Seabream *Sparus aurata* L. larvae. *Aquaculture Nutrition* 6: 143–152
- Zar, J. H. 1996. Biostatistical Analysis. Prentice-Hall International Editions, London. 662 pp.

ภาคผนวก

ตารางผนวกที่ 1 ชนิดและปริมาณกรดอะมิโนที่จำเป็นในอาหารสำเร็จรูปและในไรแดง (%)

ลำดับที่	ชนิด	อาหารสำเร็จรูป	ไรแดง*
ชนิดกรดอะมิโนที่จำเป็น			
1	Arginine	5.55	12.18
2	Histidine	2.26	9.15
3	Isoleucine	4.47	5.25
4	Leucine	7.51	8.38
5	Lysine	5.66	10.19
6	Methionine	2.90	2.11
7	Phenylalanine	5.15	3.37
8	Threonine	4.21	4.55
9	Tryptophan	0.65	-
10	Valine	5.09	1.66
ชนิดกรดอะมิโนไม่จำเป็น			
11	Alanine	6.18	5.77
12	Asparagine	-	1.38
13	Aspartic acid	8.88	4.56
14	Cystine	2.54	-
15	Glutamic acid	17.50	12.92
16	Glycine	5.15	6.94
17	Proline	7.89	3.24
18	Serine	5.22	6.20
19	Tyrosine	3.20	2.25

*ที่มา: Hasan *et.al.* (2023)

ตารางผนวกที่ 2 ชนิดและปริมาณกรดไขมันในอาหารทดลองและในไรแดง (%)

ลำดับที่	ชนิดกรดไขมัน	อาหารสำเร็จรูป	ไรแดง*
ชนิดกรดไขมันอิ่มตัว			
1	Lauric acid (C12:0)	0.40	-
2	Myristic acid (C14:0)	1.40	1.84
3	Pentadecanoic acid (C15:0)	0.20	1.93
4	Palmitic acid (C16:0)	23.55	18.28
5	Heptadecanoic acid (C17:0)	0.27	1.55
6	Stearic acid (C18:0)	7.72	1.32
7	Arachidic acid (C20:0)	0.00	0.91
8	Behenic acid (C22:0)	0.00	2.18
9	Lignoceric acid (C24:0)	1.33	-
ชนิดกรดไขมันไม่อิ่มตัว			
10	Palmitoleic acid (C16:1)	3.06	-
11	Palmitoleic acid (C16:1n7)	-	7.15
12	cis-10-Heptadecenoic acid (C17:1n10)	0.20	-0
13	cis-9-Oleic acid (C18:1n9c)	35.06	20.63
14	cis-11-octadecenoic acid (C18:1n7)	-	6.38
15	cis-11-Eicosenoic acid (C20:1n11)	0.27	0
16	9-Eicosenoic acid (C20:1n9)	0.00	2.21
17	Linolenic acid (C18:2n6c)	20.23	8.37
18	alpha-Linolenic acid (C18:3n3)	1.26	18.35
19	cis-11,14-Eicosadienoic acid (C20:2)	0.13	-
20	cis-8,11,14-Eicosatrienoic acid (C20:3n6)	0.13	1.44
21	Arachidonic acid (C20:4n6)	1.93	1.34
22	Eicosapentaenoic acid (C20:5n3)	-	1.88
23	Docosapentaenoic acid (C22:5n3)	-	2.64
24	Docosahexaenoic acid (C22:6n3)	2.86	1.42

*ที่มา: Hasan *et.al.* (2023)

ขั้นตอนการผลิตอาหารเม็ดสำเร็จรูปสำหรับอนุบาลลูกปลาช่อน

1. วัตถุดิบที่ใช้ในการผลิตอาหารทดลอง



2. การแยกไข่แดงออกจากไข่ขาว



3. การตีไข่ขาวให้ขึ้นฟู



4. การผสมน้ำมันปลา น้ำมันถั่วเหลือง เลซิติน ลงในไข่แดง ปั่นผสมให้เข้ากัน



5. ผสมวัตถุดิบแห้งทั้งหมด แล้วนำไปร่อน



6. นำส่วนผสมในข้อ 3 เทใส่ส่วนผสมวัตถุดิบแห้งในข้อ 4 ผสมให้เข้ากัน



7. นำไข่ขาวที่ตีจนขึ้นฟู มาใส่ในส่วนผสมแล้วคลุกเคล้าให้เป็นเนื้อเดียวกัน



8. นำส่วนผสมใส่พิมพ์และนำไปนึ่ง



9. อาหารที่ได้นำมาหั่นเป็นชิ้นสี่เหลี่ยม



10. ปั่นละเอียดแล้วตากในที่ร่ม



11. ร่อนผ่านตะแกรงขนาด 250, 500 และ 1,000 ไมครอน



12. อาหารเม็ดสำเร็จรูปที่พัฒนาขึ้นมาใหม่



การทดลองอนุบาลลูกปลาช่อน อายุ 7 – 22 วัน ด้วยอาหารเม็ดสำเร็จรูปที่พัฒนาขึ้นใหม่

1. การเตรียมภาชนะทดลอง



2. การเตรียมลูกปลาทดลอง



3. อาหารทดลอง



4. การให้อาหารทดลอง

