



“ผำ” แหล่งวัตถุดิบโปรตีนทางเลือกของอาหารสัตว์ที่ยั่งยืนต่อการเพาะเลี้ยง
สัตว์น้ำ

สิทธิชน รัตนจันทร์

โปรแกรมวิชาวิทยาศาสตร์สุขภาพสัตว์
คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี
มหาวิทยาลัยราชภัฏเชียงราย

(งานวิจัยนี้ได้รับทุนสนับสนุนการทำวิจัยจากมหาวิทยาลัยราชภัฏเชียงราย)



“ผำ” แหล่งวัตถุดิบโปรตีนทางเลือกของอาหารสัตว์ที่ยั่งยืนต่อการเพาะเลี้ยง
สัตว์น้ำ

สิทธิชน รัตนจันทร์

โปรแกรมวิชาวิทยาศาสตร์สุขภาพสัตว์
คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี
มหาวิทยาลัยราชภัฏเชียงราย

(งานวิจัยนี้ได้รับทุนสนับสนุนการทำวิจัยจากมหาวิทยาลัยราชภัฏเชียงราย)

ชื่อเรื่อง : “ผ่า” แหล่งวัตถุดิบโปรตีนทางเลือกของอาหารสัตว์ที่ยั่งยืนต่อการเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำ

ชื่อผู้วิจัย : นายสิทธิชน รัตนจันทร์

สาขาวิชา/คณะ : โปรแกรมวิชาวิทยาศาสตร์สุขภาพสัตว์ คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี

ได้รับทุนอุดหนุนการวิจัยประจำปีงบประมาณ : 2567

ระยะเวลาที่ดำเนินการวิจัยปี : พฤษภาคม พ.ศ.2567 ถึง พฤษภาคม พ.ศ. 2568

บทคัดย่อ

การศึกษานี้มีวัตถุประสงค์เพื่อประเมินประสิทธิภาพของผ่า (ไข่น้ำ) ต่อการเจริญเติบโตของปลาหางนกยูง โดยทดลองเสริมผ่าในอาหารปลาสำเร็จรูปในสัดส่วน 15%, 30%, 45% และ 60% ผลการวิเคราะห์พบว่าผ่า 100 กรัม มีโปรตีน 22.16 กรัม คาร์โบไฮเดรต 49.2 กรัม ไขมัน 3.78 กรัม และให้พลังงาน 319.46 กิโลแคลอรี ปลาทุกกลุ่มมีน้ำหนักเพิ่มขึ้นตลอดการทดลอง แต่เริ่มพบความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติในสัปดาห์ที่ 5 เมื่อสิ้นสุดสัปดาห์ที่ 6 พบว่าปลากลุ่มที่ได้รับผ่า 60% มีน้ำหนักเฉลี่ยสูงสุด (0.66 ± 0.09 กรัม) รองลงมาคือกลุ่มที่ได้รับผ่า 45% (0.64 ± 0.11 กรัม) ทั้งสองกลุ่มมีน้ำหนักมากกว่ากลุ่มควบคุม (0.50 ± 0.14 กรัม) และกลุ่มที่ได้รับผ่า 15% และ 30% อย่างมีนัยสำคัญ ($p < 0.05$) ความยาวเฉลี่ยของปลายังเพิ่มตามสัดส่วนผ่า โดยกลุ่มที่ได้รับผ่า 60% มีความยาวมากที่สุด (3.78 ± 0.11 เซนติเมตร) ขณะที่กลุ่มที่ได้รับผ่า 45% มีประสิทธิภาพการเจริญเติบโตดีที่สุด ด้วยอัตราการเจริญเติบโตเฉลี่ยสูงสุด (0.00429 กรัม/วัน) และอัตราการเจริญเติบโตจำเพาะ (0.79%/วัน) อัตราการแลกเนื้อในกลุ่ม 45% และ 60% เท่ากับ 0.18 ซึ่งเป็นค่าดีที่สุด ส่วนอัตราการรอดชีวิตพบว่าสูงสุดในกลุ่มควบคุม และกลุ่ม 15% และ 30% ที่ 97.07% ขณะที่กลุ่ม 45% และ 60% อยู่ที่ 88.46% ซึ่งแตกต่างไม่ชัดเจนทางสถิติ ($P = 0.058$) ดังนั้นผลการศึกษานี้จึงสรุปได้ว่าการเสริมผ่าในสัดส่วน 45% เป็นระดับที่เหมาะสมที่สุดสำหรับการเลี้ยงปลาหางนกยูงโดยให้ผลการเจริญเติบโตดีที่สุด

คำสำคัญ : ผ่า, ไข่น้ำ, ปลาหางนกยูง, โปรตีนจากพืช, การเจริญเติบโต

Research Title: “Asian watermeal”, an alternative source of protein ingredient as sustainable animal feed on aquaculture

Author: Mr.Sitthichon Rattanachan

Faculty: Program of animal health science, Faculty of science and technology

Fiscal Year: 2024

Year of Research: May, 2024 to May, 2025

Abstract

This study aimed to evaluate the efficiency of Wolffia (watermeal) supplementation on the growth performance of guppy fish (*Poecilia reticulata*). Wolffia was added to the commercial fish diet at proportions of 15%, 30%, 45%, and 60%. Nutritional analysis revealed that 100 grams of Wolffia contained 22.16 grams of protein, 49.2 grams of carbohydrates, 3.78 grams of fat, and provided 319.46 kilocalories of energy. All groups of fish showed weight gain throughout the experiment, with significant differences observed from week 5 ($p < 0.05$). At week 6, the group receiving 60% Wolffia had the highest average weight (0.66 ± 0.09 g), followed by the 45% group (0.64 ± 0.11 g). Both groups had significantly higher weights than the control (0.50 ± 0.14 g) and the 15% and 30% groups. The average body length also increased with higher Wolffia supplementation, with the 60% group reaching the greatest length (3.78 ± 0.11 cm). However, the 45% group demonstrated the best growth efficiency, with the highest average daily growth rate (0.00429 g/day) and specific growth rate (0.79%/day). Feed conversion ratios in the 45% and 60% groups were the best at 0.18. The highest survival rate (97.07%) was recorded in the control and the 15% and 30% groups, while the 45% and 60% groups showed 88.46%, with no significant difference ($P = 0.058$). Therefore, the study concludes that a 45% Wolffia supplementation is the most suitable level for enhancing guppy growth performance.

Keywords: Wolffia, watermeal, guppy, plant protein, growth performance

กิตติกรรมประกาศ

ข้าพเจ้าขอขอบพระคุณสถาบันวิจัยและพัฒนา มหาวิทยาลัยราชภัฏเชียงราย เป็นอย่างยิ่งที่ได้ให้การสนับสนุนทุนวิจัยในโครงการเรื่อง “ผ้า แหล่งวัตถุดิบโปรตีนทางเลือกของอาหารสัตว์ที่ยั่งยืนต่อการเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำ” เลขที่สัญญา B367020 การสนับสนุนในครั้งนี้มีส่วนสำคัญอย่างยิ่งต่อความสำเร็จของงานวิจัย ทั้งในด้านการจัดหาอุปกรณ์ การดำเนินการทดลอง และการวิเคราะห์ข้อมูล ซึ่งล้วนเป็นองค์ประกอบที่ช่วยเสริมสร้างคุณภาพและความน่าเชื่อถือของผลงานวิจัยนี้

ทั้งนี้ ข้าพเจ้าขอแสดงความขอบคุณต่อ นางสาวธัญชนก มุลทาศรี นักศึกษาชั้นปีที่ 4 หลักสูตรวิทยาศาสตรบัณฑิต สาขาวิชาการพยาบาลสัตว์ ที่ได้รับผิดชอบหัวข้องานวิจัยตามมอบหมายในรายวิชา VNS4802 ปัญหาพิเศษ โดยได้ดำเนินการวิจัยอย่างมีความรับผิดชอบ และมีความละเอียดรอบคอบ นอกจากนี้ขอขอบคุณโรงพยาบาลสัตว์ มหาวิทยาลัยราชภัฏเชียงราย ที่ได้เอื้อเฟื้อสถานที่ในการดำเนินการทดลองจนแล้วเสร็จสมบูรณ์ และสุดท้ายขอขอบคุณ ผศ.สพ.ญ.ดร.ทรรศนีย์ บุณญทรรศนีย์ จากคณะสัตวแพทยศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีมหานคร สำหรับการประสานงานดำเนินการด้านจรรยาบรรณสัตว์ทดลองที่สำเร็จไปได้ด้วยดี ทำให้งานวิจัยสามารถบรรลุตามเป้าหมายและเป็นประโยชน์ต่อการพัฒนาการเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำอย่างยั่งยืนต่อไป

ลธิชชน รัตนจันทร์

พฤษภาคม 2568

สารบัญ

	หน้า
บทคัดย่อ	ก
กิตติกรรมประกาศ	ค
สารบัญ	ง
สารบัญตาราง	ฉ
สารบัญภาพ	ช
 บทที่	
1 บทนำ	
ความเป็นมาและความสำคัญของการศึกษา	1
วัตถุประสงค์ของการศึกษา	2
ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ	2
ขอบเขตของการศึกษา	2
กรอบแนวคิดของการศึกษา	3
สมมติฐานของการศึกษา	3
นิยามศัพท์เฉพาะ	3
 2 แนวคิด ทฤษฎี เอกสารงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง	
ความรู้และทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง	5
งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง	24
 3 วิธีดำเนินการวิจัย	
วัสดุและอุปกรณ์ที่ใช้ในการทดลอง	28
ประชากรและกลุ่มตัวอย่าง	29
การวางแผนการทดลอง	30
การเก็บรวบรวมข้อมูล	33
การวิเคราะห์ข้อมูล	33

สารบัญ (ต่อ)

บทที่	หน้า
4 ผลการวิจัย	
คุณค่าทางโภชนาการของผำ	35
น้ำหนักเฉลี่ยของปลาทองหางนกยูง	36
ความยาวลำตัวเฉลี่ยของปลาหางนกยูง	37
อัตราการรอดตาย	38
อัตราการแลกเนื้อ	38
น้ำหนักที่เพิ่มขึ้นเฉลี่ยต่อวัน	38
อัตราการเจริญเติบโตจำเพาะ	39
5 สรุป อภิปรายผลและข้อเสนอแนะ	
สรุปผลการศึกษา	41
อภิปรายผล	41
ข้อจำกัดในการศึกษา	44
ข้อเสนอแนะและแนวทางการนำผลการศึกษาไปใช้	44
บรรณานุกรม	46
ภาคผนวก	
ภาคผนวก ก ภาพตัวอย่างผำและกระบวนการเตรียม	51
ภาคผนวก ข ภาพขั้นตอนการเตรียมอาหารปลาที่เสริมผำ	54
ภาคผนวก ค ภาพการเตรียมน้ำและการเลี้ยงปลาหางนกยูง	56
ภาคผนวก ง ภาพการบันทึกข้อมูลดิบ	58
ภาคผนวก จ ตัวอย่างผลการวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติ	60
ประวัติผู้วิจัย	65

สารบัญตาราง

ตารางที่		หน้า
1	ชนิดของผ้าที่พบในปัจจุบัน	7
2	องค์ประกอบทางโภชนะของผ้าโดยน้ำหนักแห้ง	12
3	แสดงการเปรียบเทียบชนิดและสัดส่วนของกรดอะมิโนจากผ้าทั้ง 3 ชนิด	13
4	ตารางแสดงสถิติการส่งออกสัตว์น้ำสวยงามน้ำจืด เดือนมกราคม พ.ศ.2564	22
5	คุณค่าทางโภชนาการของตัวอย่างผ้าแห้ง 100 กรัม	35
6	น้ำหนักเฉลี่ย (กรัม) $\pm$ ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (S.D.) ของปลาหางนกยูงที่เลี้ยงด้วยสูตรอาหารต่างๆ	36
7	ความยาวเฉลี่ย (เซนติเมตร) $\pm$ ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (S.D.) ของปลาหางนกยูงที่เลี้ยงด้วยสูตรอาหารต่างๆ	37
8	ตารางแสดงประสิทธิภาพการเจริญเติบโตของปลาหางนกยูงที่ได้รับอาหารเสริมผ้าในสัดส่วนที่แตกต่างกัน	40

สารบัญภาพ

ภาพที่		หน้า
1	ผำ หรือไข่น้ำ	6
2	โครงสร้างของผำ หรือไข่น้ำที่ตรวจด้วยกล้องจุลทรรศน์	6
3	ลักษณะรูปร่างของต้นที่เรียกว่า Thallus หรือ Frond	9
4	ลักษณะรูปร่างของปลาหางนกยูงเพศผู้และปลาหางนกยูงเพศเมีย	16
5	พันธุ์ปลาหางนกยูงที่นิยมเลี้ยง	19

บทที่ 1

บทนำ

ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา

อาหารจัดเป็นปัจจัยหลักในการดำรงชีพ การเจริญเติบโต และการสืบพันธุ์ของสัตว์น้ำ ซึ่งนอกจากที่เกี่ยวข้องกับการเจริญเติบโตและการเพิ่มผลผลิตสัตว์น้ำของฟาร์มหรือสถานประกอบการเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำแล้วยังพบว่าอาหารสัตว์จัดเป็นหนึ่งในต้นทุนของการผลิตสัตว์น้ำที่สูงถึงร้อยละ 70 ของต้นทุนการเพาะเลี้ยง (วีรพงศ์ วุฒิพันธุ์ชัย และสุภัณฑิต นิมรัตน์, 2562) ทั้งนี้สารอาหารที่สัตว์น้ำต้องการในการดำรงชีพนั้นประกอบไปด้วยโปรตีน คาร์โบไฮเดรต ไขมัน วิตามิน และเกลือแร่ โดยวัตถุดิบที่นำมาใช้ในการผลิตอาหารสัตว์ที่มีมูลค่าสูง ได้แก่ วัตถุดิบอาหารประเภทโปรตีน ซึ่งการเจริญเติบโตและอัตราการแลกเนื้อของปลาหรือสัตว์น้ำนั้นขึ้นอยู่กับปริมาณและคุณภาพของวัตถุดิบโปรตีน ดังนั้นการนำโปรตีนที่มีคุณภาพสูงและมีราคาแพงมาใช้เป็นส่วนประกอบของอาหารสัตว์ เช่น ปลาป่น เป็นต้น ที่มีสัดส่วนของโปรตีนสูงถึง 55-60% (ธนาภรณ์ จิตตपालพงศ์, 2557) โดยมีราคาขายตั้งแต่ 27 บาท ไปจนถึง 38 บาทต่อกิโลกรัม (ข้อมูลราคาอาหารสัตว์และวัตถุดิบอาหารสัตว์-ค่าส่ง ข้อมูลวันที่ 15 มีนาคม พ.ศ.2567, กระทรวงพาณิชย์, 2567) ย่อมส่งผลให้ต้นทุนค่าอาหารสำหรับเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำสูงขึ้นจึงทำให้ปลาหรือสัตว์น้ำที่จำหน่ายมีราคาสูงขึ้นตามไปด้วย ดังนั้นทางผู้วิจัยจึงมีแนวคิดในการศึกษาวิจัยแหล่งโปรตีนทางเลือกที่มีคุณภาพ หาซื้อหรือเพาะเลี้ยงได้ง่ายซึ่งได้แก่ ผำ (หรือไข่น้ำ)

ผำ หรือที่เรียกว่าไข่น้ำ มีชื่อทางวิทยาศาสตร์คือ *Wolffia globosa* เป็นพรรณไม้น้ำประเภทลอยน้ำขนาดเล็กคล้ายแหนไม่มีใบไม่มีรากซึ่งพบในแหล่งหนองบึงหรือแหล่งน้ำขัง เป็นพืชที่มีการนำมาใช้เป็นวัตถุดิบประกอบอาหารพื้นเมืองและปัจจุบันผำกำลังได้รับความสนใจมากยิ่งขึ้นจนได้ถูกขนานนามว่า ซูเปอร์ฟู้ด (superfood) เนื่องจากผำอุดมไปด้วยสารอาหารต่างๆ ที่มีประโยชน์โดยมีโปรตีน 48.2% และมีกรดอะมิโนที่จำเป็นสูงถึง 10 ชนิด (Ruekaewma et al., 2015) อีกทั้งเป็นพืชที่สามารถเพาะขยายพันธุ์ได้ง่ายจึงทำมีความน่าสนใจในการศึกษาวิจัยถึงความเป็นไปได้และประสิทธิภาพของผำในการทดแทนวัตถุดิบอาหารจำพวกโปรตีนที่มีคุณภาพเพื่อเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำ โดยสัตว์น้ำที่ได้นำมาเป็นกลุ่มตัวอย่างในการทดลอง คือ ปลาหางนกยูง (Guppy) เนื่องจากเป็นปลาสวยงามที่มีการเพาะเลี้ยงในเชิงพาณิชย์ เป็นสัตว์น้ำที่กินอาหารได้ทั้งพืชและสัตว์ เลี้ยงง่ายและทนต่อการเปลี่ยนแปลงของสภาพแวดล้อมได้ดี

ด้วยคุณสมบัติทางด้านสารอาหารรวมถึงราคาและความง่ายในการเพาะปลูกของผำจึงเป็นเหตุผลที่ผู้วิจัยเล็งเห็นถึงความเป็นไปได้ในการนำมาใช้เพื่อเป็นวัตถุดิบอาหารสัตว์ที่มีคุณภาพ

ดังนั้นการศึกษาวิจัยนี้จึงมีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาประสิทธิภาพของผ้าที่มีผลต่อการเจริญเติบโตของปลาหางนกยูง รวมถึงใช้เป็นแหล่งอาหารทางเลือกที่จะสามารถช่วยประหยัดต้นทุนทางด้านค่าอาหารของเกษตรกรผู้เลี้ยงและเจ้าของกิจการฟาร์มเพาะเลี้ยงปลาสวยงาม

วัตถุประสงค์ของการศึกษา

1. เพื่อศึกษาประสิทธิภาพของผ้าที่มีผลต่อการเจริญเติบโตของปลาหางนกยูง
2. เพื่อศึกษาการเจริญเติบโตของปลาหางนกยูงที่เลี้ยงด้วยอาหารเสริมผ้าในสัดส่วนที่แตกต่างกัน เปรียบเทียบกับปลาหางนกยูงที่เลี้ยงด้วยอาหารสูตรการค้าทั่วไป

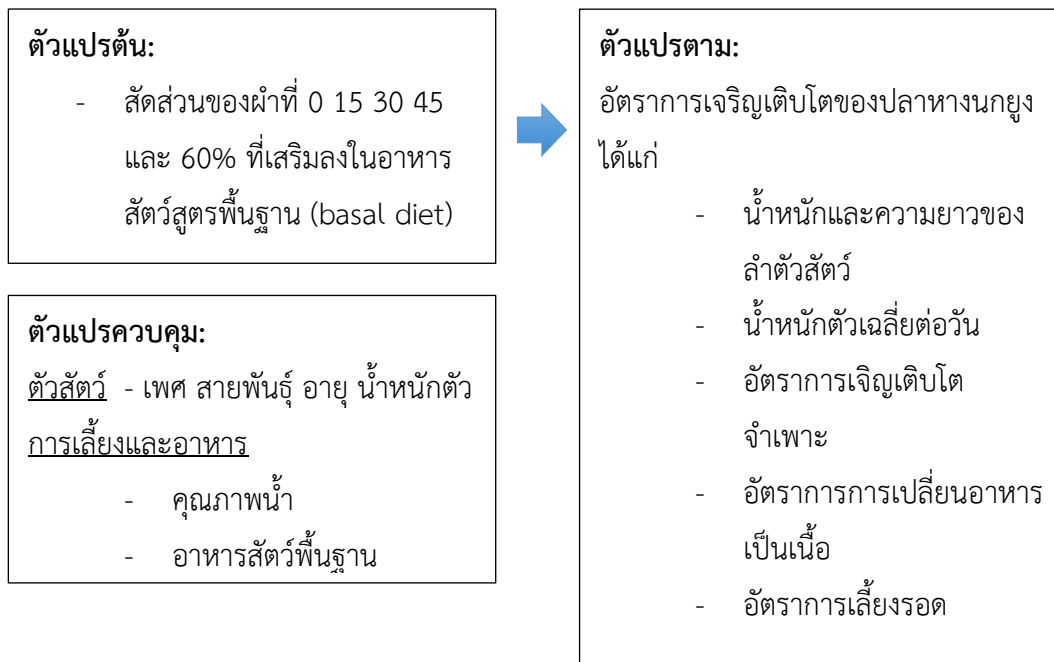
ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

- เป็นการเพิ่มมูลค่าให้กับวัตถุดิบท้องถิ่นที่มีราคาถูกและหาได้ง่ายตามธรรมชาติซึ่งสามารถนำมาใช้ผสมเป็นอาหารเลี้ยงปลาสวยงาม รวมทั้งช่วยประหยัดต้นทุนค่าอาหารสัตว์ของเกษตรกรผู้เลี้ยงและเจ้าของกิจการฟาร์มเพาะเลี้ยงปลาสวยงาม
- ช่วยส่งเสริมการเลี้ยงสัตว์น้ำสวยงาม ซึ่งเป็นธุรกิจที่สามารถสร้างรายได้ให้แก่เกษตรกรผู้เลี้ยงและเจ้าของกิจการฟาร์มเพาะเลี้ยงปลาสวยงามได้เป็นอย่างดี

ขอบเขตของการศึกษา

การศึกษาประสิทธิภาพของผ้าที่มีผลต่อการเจริญเติบโตของปลาหางนกยูงในสัดส่วนต่างๆ ได้แก่ 15, 30, 45 และ 60% ตามลำดับ เปรียบเทียบกับอาหารปลาหางนกยูงสำเร็จรูป ที่มีจำหน่ายโดยทั่วไป ซึ่งสถานที่ทำการทดลอง คือ โรงพยาบาลสัตว์ มหาวิทยาลัยราชภัฏเชียงราย โดยมีวัตถุประสงค์ เพื่อศึกษาประสิทธิภาพการเจริญเติบโตของปลาหางนกยูง ซึ่งสามารถวัดได้จากน้ำหนัก (กรัม) และความยาว (เซนติเมตร) ของปลาหางนกยูง น้ำหนักที่เพิ่มขึ้นเฉลี่ยต่อวัน (Average Daily weight Gain, ADG) อัตราการรอด (Survival rate) อัตราการแลกเนื้อ (Feed conversion ratio, FCR) และอัตราการเจริญเติบโตจำเพาะ (Specific growth rate, SGR)

กรอบแนวคิดของการศึกษา



สมมติฐานของการศึกษา

ผ้า สามารถนำมาใช้เป็นแหล่งโปรตีนทางเลือกที่มีผลต่อการเร่งการเจริญเติบโตของปลาหางนกยูง

นิยามศัพท์เฉพาะ

1. ปลาหางนกยูง (Guppy) หมายถึง ปลาน้ำจืดขนาดเล็กชนิดหนึ่ง ที่ผู้คนนิยมเลี้ยงเป็นปลาสวยงาม ซึ่งได้รับการคัดพันธุ์และปรับปรุงพันธุ์มาจากพันธุ์พื้นเมือง (Wild Guppy) ที่พบแพร่กระจายอยู่ในธรรมชาติ ลักษณะเด่นที่ใช้ในการปรับปรุงพันธุ์เพื่อให้ได้สายพันธุ์ใหม่ๆ คือ ลักษณะสีและลวดลายบนลำตัวและครีบหาง รวมถึงรูปแบบของครีบหางในลักษณะต่างๆ ในการเรียกสายพันธุ์ของปลาหางนกยูงนั้นจะถูกตั้งชื่อตามลักษณะดังกล่าว โดยปลาหางนกยูงเพศผู้มีขนาดเล็กกว่าปลาหางนกยูงเพศเมีย แต่มีครีบหางขนาดใหญ่สวยงามโดดเด่นกว่า ปลาหางนกยูงมีชื่อวิทยาศาสตร์ว่า *Poecilia reticulata* ชื่อสามัญ guppy เป็นปลาที่เลี้ยงง่าย ออกลูกดก และทนทานต่อสภาพน้ำที่มีออกซิเจนต่ำ ปัจจุบันนิยมเลี้ยงทั้งในประเทศและส่งออกจำหน่ายต่างประเทศ โดยสร้างรายได้ให้แก่ประเทศหลายร้อยล้านบาทต่อปีมีถิ่นกำเนิดในทวีปอเมริกาใต้แถบเวเนซุเอลา ไกยาน่า หมู่เกาะคาริเบียน

ของประเทศบาร์บาโดส และกลุ่มแถบลุ่มน้ำอเมซอน ตามธรรมชาติอาศัยอยู่ในแหล่งน้ำจืด และน้ำกร่อย ทั้งที่เป็นน้ำนิ่งจนถึงน้ำไหลเอื่อยๆ มักอยู่รวมกันเป็นฝูงและหากินบริเวณผิวน้ำ เช่น ไรแดง หนอนจิ๋ว ใส้เดือนน้ำ ลูกไรทะเลขนาดเล็ก เป็นต้น

2. ผำ (*Wolffia* spp.) หมายถึง พรรณไม้น้ำประเภทลอยน้ำขนาดเล็กในวงศ์ *Lemnaceae* ผำมีชื่อวิทยาศาสตร์ว่า *W. globosa* และ *W. arrhiza* หรือที่ชาวบ้านเรียกกันว่า “ไขผำ” หรือ “ผำ” มีลักษณะสีเขียว รูปร่างคล้ายกับสาหร่าย หรือไขปลาขนาดเล็ก มีขนาดประมาณ 1 มิลลิเมตร ไม่มีรากและใบ มักเจริญเติบโตในน้ำสะอาด โดยจะลอยอยู่บนผิวน้ำ หรืออาจสอดแทรกปะปนกับพืชชนิดอื่น ๆ โดยทั่วไปผู้คนมักนิยมนำมาประกอบอาหาร เช่น คั่วผำ ไข่เจียวผำ ยำผำ เป็นต้น

3. การเจริญเติบโต (Growth) หมายถึง การเปลี่ยนแปลงที่เน้นไปที่ทางด้านร่างกาย ขนาด และสัดส่วน เป็นการเปลี่ยนแปลงในเชิงปริมาณและง่ายต่อการวัด เช่น ส่วนสูง น้ำหนัก เป็นต้น

4. ประสิทธิภาพ (Efficiency) หมายถึง ความสามารถ กระบวนการ วิธีการ หรือการกระทำใดๆ ที่นำไปสู่ผลสำเร็จ โดยใช้ทรัพยากรต่าง ๆ อันได้แก่ ทรัพยากรธรรมชาติ แรงงาน เงินทุน และวิธีการดำเนินการหรือประกอบการ ที่มีคุณภาพสูงสุดในการดำเนินการได้อย่างเต็มศักยภาพ

บทที่ 2

ทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

การศึกษาประสิทธิภาพของผ้า ที่มีผลต่อการเจริญเติบโตของปลาหางนกยูง ผู้วิจัยได้ศึกษาเอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้องเพื่อเป็นพื้นฐานความรู้และดำเนินการศึกษาตามลำดับ ดังนี้

1. ข้อมูลเกี่ยวกับผ้า
 - 1.1 ข้อมูลทั่วไปทางชีววิทยา
 - 1.2 การเจริญเติบโตและการเพาะเลี้ยงผ้า
 - 1.3 คุณค่าทางอาหารของผ้า
2. ข้อมูลเกี่ยวกับปลาหางนกยูง
 - 2.1 ข้อมูลทั่วไปของปลาหางนกยูง
 - 2.2 ข้อมูลทางวิทยาศาสตร์ของปลาหางนกยูง
 - 2.3 การแยกเพศปลาหางนกยูง
 - 2.4 สายพันธุ์ปลาหางนกยูง
 - 2.5 การเพาะเลี้ยงปลาหางนกยูง
 - 2.6 มูลค่าทางการค้าของปลาหางนกยูง
 - 2.7 อาหารและการเจริญเติบโตของปลาหางนกยูง
3. ผลงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

1. ข้อมูลเกี่ยวกับผำ

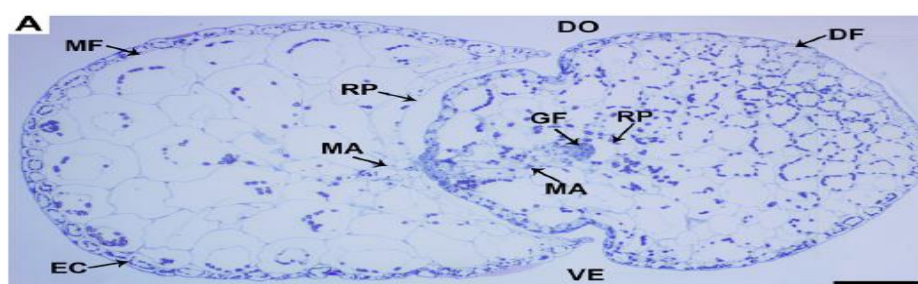
1.1 ข้อมูลทั่วไปทางชีววิทยา

1.1.1 ข้อมูลพื้นฐานวิทยา

ผำ หรือไข่น้ำ (Water meal) เป็นพืชน้ำกลุ่มแหวน (duckweed) จัดอยู่ในวงศ์ (Family) Lemnaceae (ภาพที่ 1) สกุล (Genus) *Wolffia* เป็นพืชลอยน้ำที่มีขนาดเล็กมองเห็นเป็นโครงสร้างเม็ดสีเขียวกลมหรือเกือบกลมมีรูปร่างลักษณะคล้ายรูปไข่ที่เรียกว่า ทัลลัส (Thallus) หรือ ฟรอนด์ (Frond) มีขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางประมาณ 0.5 – 1.5 มิลลิเมตร (ภาพที่ 1) มีดอก ออกดอกเป็นช่อประกอบด้วยดอกตัวผู้ 1 ดอก ดอกตัวเมีย 1 ดอก มีการสืบพันธุ์แบบอาศัยเพศโดยใช้เมล็ดซึ่งห่อหุ้มด้วยรังไข่ ส่วนการสืบพันธุ์แบบไม่อาศัยเพศโดยการแตกหน่อ เจริญเติบโตในแหล่งน้ำหรือบ่อน้ำนิ่ง โดยทั่วไปจะพบกระจายตัวหรือแทรกอยู่กับพืชน้ำชนิดอื่นซึ่งจะลอยตัวอยู่บนผิวน้ำ (วรรณิณี จันทรแก้ว และอัมพรรัตน์มุสิก, 2562) แต่ละต้น มีสีเขียว ไม่มีราก ไม่มีใบ ต้นประกอบด้วยเซลล์ชนิดพาเรงคิมาเป็นส่วนใหญ่ มีช่องอากาศแทรกอยู่ระหว่างเซลล์ทำให้เห็นเป็นฟองน้ำ (ภาพที่ 2) และช่วยให้มีการลอยตัวอยู่ในน้ำได้ (นิศาชล ฤแก้วมา, 2548) ปัจจุบันชนิดผำที่พบได้มีทั้งหมด 11 ชนิด (ตารางที่ 1) โดยในประเทศไทยมีอยู่ 2 ชนิด คือ *Wolffia globosa* และ *Wolffia arrhiza* ที่พบมากทางภาคเหนือและภาคตะวันออกเฉียงเหนือของประเทศไทย



ภาพที่ 1: ผำ หรือไข่น้ำ (ที่มา: Said et al., 2022)



ภาพที่ 2: โครงสร้างของผำ หรือไข่น้ำที่ตรวจด้วยกล้องจุลทรรศน์

(ที่มา: Yang et al., 2021)

ตารางที่ 1: ชนิดของผ้าที่พบในปัจจุบัน

สกุล (genus)	ชนิด (species)	Clone	แหล่ง (ประเทศ)
<i>Wolffia</i>	<i>angusta</i>	8878	มาเลเซีย
<i>Wolffia</i>	<i>arrhiza</i>	8618	เคนยา
		8853	บราซิล
		9528	เยอรมนี
<i>Wolffia</i>	<i>australiana</i>	7540	นิวซีแลนด์
<i>Wolffia</i>	<i>borealis</i>	9123	อเมริกา
<i>Wolffia</i>	<i>columbiana</i>	7155	อเมริกา
<i>Wolffia</i>	<i>cylindracea</i>	9056	ซิมบับเว
<i>Wolffia</i>	<i>elongata</i>	9188	โคลอมเบีย
<i>Wolffia</i>	<i>globosa</i>	5514	ไทย
		5515	
		5537	
		9498	อินเดีย
<i>Wolffia</i>	<i>microscopica</i>	2005	อินเดีย
<i>Wolffia</i>	<i>neglecta</i>	9149	ปากีสถาน

ที่มา: วนิดา, 2563

1.1.2 ข้อมูลอนุกรมวิธาน

ผ้าทั้ง 2 สกุลที่พบได้ในประเทศไทย ได้แก่ *Wolffia arrhizal* และ *Wolffia globosa* ซึ่งอยู่ในวงศ์เดียวกับแหนเป็ด สามารถจัดลำดับทางอนุกรมวิธานได้ดังนี้ (อมลพันธุ์ ฉัตรตระกูล และคณะ, 2555)

Domain: Eukaryota

Kingdom: Plantae

Clade: Angiosperms

Clade: Monocots

Order: Alismatales

Family: Araceae (formerly Lemnaceae)

Genus: *Wolffia*

Species: *W. globosa*, *W. arrhizal*

1.2 การเจริญเติบโตและการเพาะเลี้ยงผ้า

1.2.1 การเจริญเติบโตและการสืบพันธุ์ของผ้า

ผ้า เป็นหนึ่งในพืชที่มีการเจริญเติบโตอย่างรวดเร็วที่สุดในสภาพที่เหมาะสม โดยเฉลี่ยจะมีการแตกหน่อเพิ่มจำนวนทุกๆ 5-6 วัน หรืออาจใช้เวลาเพียง 1-2 วันในการเพิ่มจำนวน ส่วนต้นแม่จะมีอายุโดยเฉลี่ย 15 วัน (Ziegler et al., 2015) ส่วนใหญ่สืบพันธุ์โดยการไม่อาศัยเพศ ซึ่งหมายถึงการงอกใหม่จากพืชแม่ โดยสามารถสร้างพืชใหม่ได้อย่างรวดเร็ว ส่งผลให้เกิดมวลของผ้าที่หนาแน่นบนผิวน้ำ (Xu et al., 2021) นอกจากการสืบพันธุ์แบบไม่อาศัยเพศแล้ว ผ้ายังสามารถสืบพันธุ์โดยอาศัยเพศได้แต่จะเกิดขึ้นไม่บ่อยนัก การสืบพันธุ์ทางเพศนี้จะเกี่ยวข้องกับการสร้างดอกที่ผลิตเมล็ด แต่สภาพแวดล้อมมักจะเป็นตัวกำหนดว่าการสืบพันธุ์แบบนี้จะเกิดขึ้นหรือไม่ ความหลากหลายทางพันธุกรรมที่เกิดขึ้นจากการสืบพันธุ์ทางเพศสามารถเพิ่มความสามารถในการอยู่รอดของประชากรในสภาพแวดล้อมที่เปลี่ยนแปลง ในกรณีที่สภาวะแวดล้อมที่ไม่เหมาะสมน้ำแห้งขอดหรือปริมาณธาตุอาหารในน้ำลดลง ผ้าจะเข้าสู่ระยะพักโดยเกาะอยู่ตามรากแทนหรือพืชน้ำมีลักษณะเป็นเซลล์เดี่ยวเม็ดสีเขียวเล็กกลมแข็ง และจมฝังในพื้นดินก้นบ่อในสภาพพักตัวเรียกว่า turion หรือชาวบ้านเรียกว่า หางเหิน และสามารถเจริญเติบโตขึ้นมา ใหม่เมื่อสภาวะแวดล้อมเหมาะสมอีกครั้งเมื่อเข้าสู่ฤดูฝนในปีถัดไป ทั้งนี้สภาพการเจริญเติบโตที่เหมาะสมที่มีผลต่อการเจริญเติบโตของผ้าขึ้นอยู่กับปัจจัยของสิ่งแวดล้อม ดังนี้

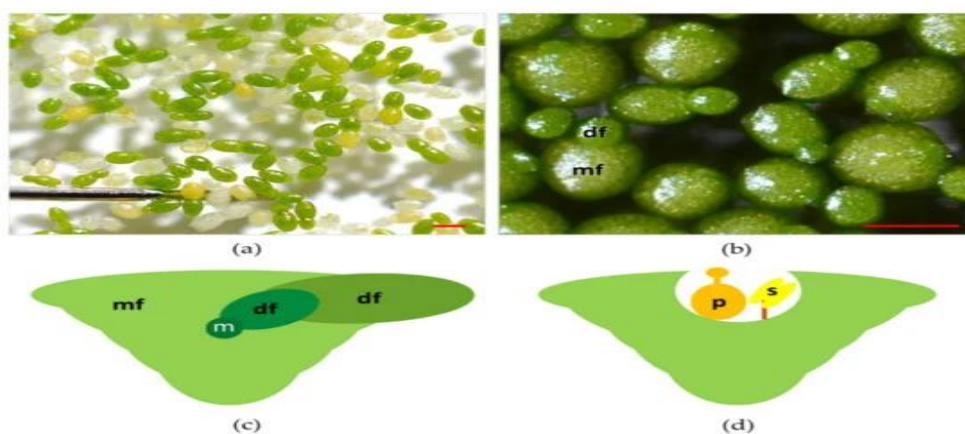
- อุณหภูมิ: อุณหภูมิที่เหมาะสมสำหรับการเจริญเติบโตอยู่ในช่วง 25 ถึง 30 °C อุณหภูมิที่อยู่นอกช่วงนี้อาจขัดขวางการเจริญเติบโตและส่งผลต่อสุขภาพโดยรวมของพืช (Appenroth et al., 2018)
- แสง: การมีแสงเพียงพอเป็นสิ่งสำคัญต่อการสังเคราะห์ด้วยแสง ซึ่งผ้าเจริญเติบโตได้ดีในสภาพที่มีแสงเพียงพอ ซึ่งเป็นสิ่งจำเป็นสำหรับการเพิ่มอัตราการเจริญเติบโต การศึกษาแสดงให้เห็นว่าความเข้มของแสงมีความสัมพันธ์โดยตรงกับอัตราการเจริญเติบโต โดยที่ความเข้มแสงที่สูงกว่าจะส่งเสริมการเจริญเติบโตที่เร็วขึ้น (Cui & Cheng, 2015)
- การมีสารอาหาร: ผ้าชอบสภาพแวดล้อมที่มีสารอาหารอุดมสมบูรณ์ โดยเฉพาะอย่างยิ่งมีปริมาณไนโตรเจนและฟอสฟอรัสสูง พืชสามารถดูดซับสารอาหารเหล่านี้ได้โดยตรงจากน้ำ ซึ่งสนับสนุนการเจริญเติบโตที่รวดเร็ว (Cheng et al., 2002) ลักษณะนี้ทำให้ผ้าเหมาะสมสำหรับการใช้ในระบบบำบัดน้ำเสียที่มีสารอาหารส่วนเกิน

- ค่า pH: ค่า pH ที่เหมาะสมสำหรับการเจริญเติบโตของฝำ คือ ระหว่าง 6.5 ถึง 7.5 หากอยู่นอกช่วงนี้อาจขัดขวางการเจริญเติบโตและส่งผลต่อสุขภาพโดยรวมของพืช (Ziegler et al., 2015)

การสืบพันธุ์ของฝำมี 2 แบบ คือ

1) การสืบพันธุ์แบบอาศัยเพศ (Sexual reproduction) ดอกของฝำจะเจริญเติบโตออกทางช่องข้างบนต้น ดอกไม่มีกลีบดอกและไม่มีกลีบเลี้ยง ดอกตัวผู้จะมีเกสรตัวผู้ 1 อัน ประกอบด้วยอับละอองเรณู 2 อับ ดอกตัวเมียจะมีรังไข่อยู่ 1 ช่องและมีไข่ออยู่ 1 ใบ ก้านเกสรตัวเมียสั้น ยอดเกสรตัว เมียมีลักษณะแบน เมล็ดมีขนาดเล็ก กลมเกลี้ยง ยังไม่ปรากฏว่ามีฝำชนิดที่มีดอกในประเทศไทย

2) การสืบพันธุ์แบบไม่อาศัยเพศ (Asexual reproduction) โดยการแตกหน่อที่ข้างๆ ทัลลัส หรือฟรอนด์ที่มีสีเขียวรูปทรงรีกลม มีลักษณะเป็น 2-3 พู มีรายงานว่าฝำจะแตกหน่อให้ต้นใหม่ (daughter frond) ทุก ๆ 5 วัน จากต้นเก่า (mother frond) (Romano และ Aronne, 2021) ขณะที่ Ziegler et al. (2015) ระบุว่าฝำจะมีการเพิ่มจำนวนอย่างรวดเร็วในช่วงวันที่ 1-2 ของการเลี้ยงในสภาพแวดล้อมที่เหมาะสม โดยลักษณะการแตกหน่อจะแตกออกทางด้านข้างของต้นเดิม (ภาพที่ 3)



ภาพที่ 3: ลักษณะรูปร่างของต้นที่เรียกว่า Thallus หรือ Frond มีลักษณะรูปร่างรีกลมสีเขียว (a) มีการสืบพันธุ์แบบไม่อาศัยเพศโดยการแตกหน่อ (b) ของฝำต้นใหม่ (daughter frond) จากต้นเดิม (mother frond) ส่วนภาพ 3c และ 3d แสดงถึงโครงสร้างตัดขวางของฝำ (ที่มา: Romano และ Aronne, 2021)

1.2.2 การเพาะเลี้ยงผ้า

ผ้า เป็นพืชที่เลี้ยงง่ายและใช้เวลาเพาะเลี้ยงเพียง 2 สัปดาห์ สามารถได้ผลผลิตเพื่อจำหน่าย ซึ่งในปัจจุบันการเพาะขยายพันธุ์ผ้าทางการเกษตรนิยมเลี้ยงในบ่อซีเมนต์ไว้ โดยมีรายละเอียด ดังนี้

- วัสดุอุปกรณ์ในการเพาะขยายพันธุ์ผ้า
 - บ่อซีเมนต์กลม เส้นผ่านศูนย์กลาง 120 เซนติเมตร
 - ปุ๋ย N-P-K สูตร 15-15-15 ปริมาณที่ใช้ 10 กรัมต่อ น้ำ 100 ลิตร
 - น้ำหมักมะขามป้อม 100 มิลลิลิตรต่อน้ำ 100 ลิตร
 - พันธุ์ผ้า 100 กรัมต่อตารางเมตร
 - ฝาปิดบ่อ ให้แสงผ่านได้ (ป้องกันเศษใบไม้ หรือ สิ่งสกปรกตกลงบ่อเลี้ยงผ้า)
- วิธีดำเนินการการเพาะขยายพันธุ์ผ้า
 - ล้างทำความสะอาดบ่อซีเมนต์ เติมน้ำสะอาดลงในบ่อลึก 25 เซนติเมตร เสร็จแล้วคำนวณหาปริมาณน้ำในบ่อเพื่อเติมปุ๋ย ได้ปริมาณน้ำ 237 ลิตร
 - ชั่งปุ๋ยเคมี 23.7 กรัม นำมาละลายน้ำคนจนปุ๋ยละลายหมด นำไปเทใส่ในบ่อที่เตรียมไว้แล้ว คนน้ำ ปุ๋ยกับน้ำในบ่อให้เข้ากัน
 - ชั่งพันธุ์ผ้า 95 กรัม แล้วนำไปปล่อยในบ่อที่เตรียมไว้
 - ปล่อยผ้าไว้ประมาณ 7 วันจึงเก็บเกี่ยวผลผลิตผ้า (ได้ปริมาณผลผลิต 500 650 กรัมต่อบ่อ)
 - การเก็บเกี่ยวผลผลิตผ้าแบบต่อเนื่อง ในทุกๆ 7 วันเก็บผ้าประมาณ 2 ใน 3 ของบ่อเลี้ยงเติมปุ๋ย 1 ช้อนแกง (ละลายน้ำแล้วนำไปใส่) เพื่อเป็นธาตุอาหารให้กับผ้า และทุก 15 วันทำความสะอาดคูตะกอนพื้น ก้นบ่อน้ำเศษของเสียสิ่งสกปรกออก
 - หมั่นตรวจสอบความบริสุทธิ์ของผ้า ทั้งนี้อาจมีแผนปะปนมาให้คอยหมั่นเก็บออก
 - หากมีสารร้ายสีเขียวขึ้น แก้ไขโดยปรับค่า (pH) ของน้ำเลี้ยงให้อยู่ระหว่าง 5.5 - 6.5
 - พบหนอนแดงหรือตัวอ่อนของแมลงน้ำ เป็นอาหารสำหรับเลี้ยงปลาได้ หรือถ้าหากไม่ต้องการ ควรเปลี่ยนถ่านน้ำเป็นประจำเพื่อกำจัดหนอนแดงออกจากบ่อ (กรณีที่นำไปบริโภค)
- คุณภาพน้ำในระหว่างการเพาะเลี้ยง
 - ค่า pH 8.0
 - Alkalinity 102 มิลลิกรัมต่อลิตร
 - Ammonia (NH₄, NH₃) 5 มิลลิกรัมต่อลิตร

1.3 ประโยชน์และคุณค่าทางอาหารของฝำ

1.3.1 ประโยชน์ของฝำ

1. อาหารสำหรับมนุษย์ นิยมรับประทานมากทางภาคตะวันออกเฉียงเหนือและภาคเหนือเนื่องจากฝำเป็นพืชที่มีคุณค่าทางอาหารสูง โดยเฉพาะโปรตีน วิตามิน และเกลือแร่ มีรสชาติเหมือนผักทั่วไป การนำฝำมาปรุงอาหารได้ง่าย พร้อมทั้งยังเพิ่มรสชาติให้กับอาหารได้เป็นอย่างดี

2. อาหารสำหรับสัตว์ ฝำมีโปรตีนอยู่ระหว่าง 19.3-45.0% ของน้ำหนักแห้ง ปริมาณโปรตีนในฝำจะผันแปรตามปริมาณสารอาหารในน้ำ (ศิริภาวี และคณะ, 2544) วิณกร ที่รัก (2555) ได้รายงานว่าการเสริมฝำร้อยละ 10 ในอาหารเม็ดสำเร็จรูปเพื่อเลี้ยงปลานิลแดง ส่งผลให้ปลานิลแดงมีน้ำหนักตัวที่เพิ่มขึ้น อัตราการเจริญเติบโตประสิทธิภาพการใช้โปรตีนสูงสุด มีปริมาณโปรตีนในเนื้อสูงที่สุด และปริมาณไขมันในเนื้อต่ำ การเสริมฝำร้อยละ 15 ส่งผลให้ปลานิลมีความเข้มข้นผิวและปริมาณแคโรทีนอยด์ในเนื้อปลาสูงที่สุด และการเสริมฝำในอาหารมีผลให้มีต้นทุนค่าอาหารต่อกิโลกรัม น้ำหนักตัวต่ำสุด

3. เป็นแหล่งของสารต้านอนุมูลอิสระ (antioxidant) โดย Hu et al., (2021) ได้ศึกษาการศึกษาเกี่ยวกับโภชนะและสัดส่วนและคุณสมบัติของสารต้านอนุมูลอิสระในฝำ *W. arrhiza* โดยนำฝำสดและฝำแห้งสกัดด้วยด้วยเอทานอล 95% ในอัตราส่วน 1:3 ที่อุณหภูมิ 50°C ใช้เวลา 30 นาที ได้สาร total phenolic compound เท่ากับ 0.26 ± 0.01 mg/g ในฝำสด และ 7.57 ± 0.04 mg/g ในฝำแห้ง ได้ total flavonoid compound เท่ากับ 1.42 ± 0.03 mg/g ในฝำสด และ 41.2 ± 0.13 mg/g ในฝำแห้ง และเมื่อทดสอบฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระด้วยวิธี DPPH และ ABTS พบว่าสารต้านอนุมูลอิสระที่แยกได้สามารถลดอนุมูลอิสระ Fe^{3+} ในหลอดทดลองได้อย่างมีประสิทธิภาพ

4. เป็นแหล่งของรงควัตถุ (pigment) ฝำมีสารสีหรือรงควัตถุหลายชนิดได้แก่ คลอโรฟิลล์ และเบต้าเลน (betalains) อูมาพร นิยะนุช และรัชฎา ตั้งวงศ์ไชย (2553) ได้รายงานว่างฝำมีสารสีในปริมาณที่สูงพบปริมาณคลอโรฟิลล์ 30.17 มิลลิกรัมต่อ 100 กรัม และนิตยา เกตุแก้ว และคณะ (2558) รายงานว่าปริมาณสารสีของฝำที่เพาะเลี้ยงด้วยน้ำจากบ่อปลาตุ้มมีแคโรทีนอยด์รวม 699.5 ไมโครกรัมต่อกรัมของน้ำหนักแห้ง นอกจากนี้ยังมีเบต้า-แคโรทีน 3210 ไมโครกรัมต่อน้ำหนักสด 1,000 กรัม

5. ช่วยบำบัดน้ำเสียและดูดซับธาตุอาหาร โดยบุญทิพา ซาติขานิ และคณะ (2556) ได้รายงานว่าการใช้ฝำดูดซับธาตุอาหารในน้ำหมักมูลปลานิล พบว่าปริมาณแอมโมเนียลดลงเป็น 0 มิลลิกรัมต่อลิตร และสามารถลดปริมาณไนเตรท ไนโตรเจนรวม ออร์โธฟอสเฟต และ

ฟอสฟอรัสรวมได้ การนำผำบำบัดน้ำเสียจากฟาร์มสุกรสามารถลดบีโอดีของแข็งแขวงลอยในน้ำได้มากกว่าร้อยละ 90

1.3.2 คุณค่าทางอาหารของผำ

ศูนย์วิจัยและพัฒนาการเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำจืดพิจิตร (ม.ป.ป.) ได้อธิบายถึงคุณค่าทางโภชนาการของผำไว้ว่า องค์ประกอบทางสารอาหารของผำพบว่ามี โปรตีน เบต้าแคโรทีน และคลอโรฟิลล์ โดยปริมาณโปรตีนอยู่ในระดับเดียวกับเมล็ดถั่วชนิดต่าง ๆ เมล็ดธัญพืช มีเส้นใยสูง มีปริมาณกรดอะมิโนที่จำเป็นไม่ต่างกับไข่ไก่ สาหร่ายเกลียวทอง และคลอเรลล่า นอกจากนี้คลอโรฟิลล์ในผำเป็นสารต้านอนุมูลอิสระ (antioxidant) มากกว่าในสาหร่ายเกลียวทอง ซึ่งใช้รักษาอาการท้องผูก รักษาภาวะซีดในคนที่เป็นโรคโลหิตจางได้ โดยคุณค่าทางโภชนาการของผำสดในส่วนที่กินได้ 100 กรัม มีดังนี้ น้ำ 97.1 กรัม พลังงาน 9 กิโลแคลอรี โปรตีน 0.6 กรัม ไขมัน 0.1 กรัม คาร์โบไฮเดรต 1.5 กรัม ใยอาหาร 0.3 กรัม เกลือ 0.7 กรัม แคลเซียม 59 มิลลิกรัม ฟอสฟอรัส 25 มิลลิกรัม เหล็ก 6.6 มิลลิกรัม วิตามิน A 535 มิลลิกรัม วิตามินซี : 11 มิลลิกรัม ไทอะมิน (วิตามิน B1) 0.03 มิลลิกรัม ไรโบฟลาวิน (วิตามิน B2) 0.09 มิลลิกรัม และไนอะซิน (วิตามิน B3) : 0.4 มิลลิกรัม (กองโภชนาการ กรมอนามัย, 2544) และเมื่อวิเคราะห์โภชนาการของผำโดยน้ำหนักแห้ง พบว่ามีโปรตีนเฉลี่ย 35.06% ไขมัน 0.91% ใยอาหาร 12.78% มีแคโรทีนอยด์และเบต้าแคโรทีนสะสมอยู่ที่ 996.9 และ 360.4 มิลลิกรัม ตามลำดับ ในผำที่น้ำหนักแห้ง 1 กิโลกรัม และพบว่าระยะเวลาเก็บเกี่ยวผำที่ต่างกันไปมีผลต่อปริมาณสารอาหาร (ตารางที่ 2) (สุทิน สมบูรณ์, 2557)

ตารางที่ 2: องค์ประกอบทางโภชนาการของผำโดยน้ำหนักแห้ง

วันที่	ผลผลิตผำ (กก./ตร.ม.)	โปรตีน % นน. แห้ง	ไขมัน % นน. แห้ง	ใยอาหาร % นน. แห้ง	แคโรทีนอยด์ มก./กก. แห้ง	เบต้าแคโรทีน มก./กก. แห้ง
6	228	38.56	0.42	14.04	893.3	140.8
12	376	32.89	1.19	16.36	1,094	177.1
18	424	34.91	1.11	10.44	993.7	492
24	583	33.88	0.92	10.29	1006.8	631.9
30	518	-	-	-	986.2	682.4
รวม	2,129	35.06	0.91	12.78	996.9	360.4

หมายเหตุ: กก. คือ กิโลกรัม นน. คือ น้ำหนัก มก. คือ มิลลิกรัม ตร.ม. คือ ตารางเมตร
ที่มา: สุทิน สมบูรณ์, 2557

จากการศึกษาชนิดของกรดอะมิโนที่มีในผ้า พบว่าปริมาณกรดอะมิโนที่พบในผ้ามีด้วยกัน 17 ชนิด ประกอบด้วย อะลานีน (alanine, Ala) อาร์จินีน (arginine, Arg) กรดแอสพาร์ติก (aspartic acid, Asp) ซีสเทอีน (cysteine, Cys) กรดกลูตามิก (glutamic acid, Glu) ไกลซีน (glycine, Gly) ฮิสทีดีน (histidine, His) ไอโซลิวซีน (isoleucine, Ile) ลิวซีน (leucine, Leu) ไลซีน (lysine, Lys) เมไทโอนีน (methionine, Met) ฟีนิลอะลานีน (phenylalanine, Phe) โพรลีน (proline, Pro) ซีรีน (serine, Ser) ทรีโอนีน (threonine, Thr) ทริปโตเฟน (tryptophan, Trp) และวาลีน (valine, Val) (วนิดา, 2563) และจากการศึกษาของ Ruekaewma et al., (2015) ได้ศึกษาการเพาะเลี้ยงผ้าในระบบเพื่อผลิตแหล่งโปรตีนอาหารของมนุษย์และพบว่าโปรตีนที่ตรวจวิเคราะห์จากผ้าในรูปน้ำหนักแห้งมีโปรตีนสูงถึง 48.2 % และมีกรดอะมิโนที่จำเป็นสูงถึง 10 ชนิด โดยกรดอะมิโนชนิดทริปโตเฟน และซิสเทอีนพบได้ใน *W. globosa* และ *W. arrhiza* เท่านั้น (ตารางที่ 3)

ตารางที่ 3: แสดงการเปรียบเทียบชนิดและสัดส่วนของกรดอะมิโนจากผ้าทั้ง 3 ชนิด

Components	<i>Wolffia columbiana</i> (Rusoff et al., 1980)	<i>Wolffia arrhiza</i> (Jairakphan, 1999)	<i>Wolffia globosa</i>	
			Culture system (the present study)	Natural pond (Ruekaewma, 2011)
Protein (%)	44.7	20.15	48.2	33.3
Fat (%)	6.6	2.43	9.6	5.0
Crude fiber (%)	11.0	14.72	14.5	10.7
Amino acid (mg/100 g of Protein)				
Aspartic acid	5630	1209	4137	3539
Threonine	2550	641	1124	662
Serine	2280	565	2048	982
Glutamic acid	5760	1669	4378	2557
Proline	2410	674	2450	1279
Glycine	3040	831	2530	1507
Alanine	3750	1595	3213	3128
Cystine	-	104	1928	5457
Valine	3490	944	2410	1849
Methionine	870	201	843	571
Isoleucine	3060	685	1205	685
Leucine	5830	1300	3896	2032
Tyrosine	2170	374	1365	890
Phenylalanine	3600	758	924	502
Histidine	1180	309	402	2281
Lysine	3370	751	3333	530
Arginine	3780	804	2369	139
Tryptophan	-	201	120	346

ที่มา: Ruekaewma et al., 2015

2. ข้อมูลเกี่ยวกับปลาหางนกยูง

2.1 ข้อมูลทั่วไปของปลาหางนกยูง

ปลาหางนกยูง (Guppy) เป็นปลาน้ำจืดขนาดเล็กมีความสวยงามที่นิยมเลี้ยงมากชนิดหนึ่ง เนื่องจาก มีสีลำตัวหลากหลายและสวยงาม โดยมีลักษณะโดดเด่น คือ ลำตัวและครีบบีลวดลายและสีสันทหลายรูปแบบ รวมถึงมีครีบหางขนาดใหญ่ เป็นต้น นอกจากนี้ยังเป็นปลาสวยงามที่ออกลูกตก เลี้ยงง่าย และมีความทนต่อสภาพน้ำที่มีออกซิเจนต่ำ ปัจจุบันนิยมเลี้ยงทั้งในประเทศและต่างประเทศ โดยในปี พ.ศ. 2564 มีการส่งออกปลาหางนกยูง จำนวน 988,344 ตัว เพื่อจำหน่ายในต่างประเทศ โดยสร้างรายได้ 3,284,707 บาท (สถิติการนำเข้าส่งออกสัตว์น้ำทางท่าอากาศยานสุวรรณภูมิ เดือนมกราคม 2564)

2.2 ข้อมูลทางวิทยาศาสตร์ของปลาหางนกยูง

อนุกรมวิธาน (วรวิร์ วิทยา, 2558)

Phylum: Chordata
 Subphylum: Vertebrata
 Class: Actinoterygii
 Subclass: Neopterygii
 Order: Cyprinodontiformes
 Family: Poeciliidae
 Genus: *Poecilia*
 Species: *Poecilia reticulata*

ปลาหางนกยูงมีชื่อวิทยาศาสตร์ ปลาหางนกยูงมีชื่อวิทยาศาสตร์ว่า *Poecilia reticulata* และมีชื่อสามัญคือ Guppy เป็นสัตว์น้ำที่อยู่ในวงศ์ปลาซอด (Poeciliidae) และจัดอยู่ในกลุ่มเดียวกับปลากินยุง (Mosquito fish) และสามารถอยู่อาศัยได้ในน้ำที่มีออกซิเจนต่ำเนื่องจากอวัยวะที่ช่วยในการหายใจที่เรียกว่า labyrinth organ (วัฒนา และคณะ, 2544) อวัยวะช่วยหายใจของปลา ภายในมีอากาศบรรจุอยู่จำนวนมาก ลักษณะเหมือนเขาวงกตอยู่ในตำแหน่งเหนือฝาปิดเหงือก (operculum) ด้านบนของศีรษะและหลังดวงตาโดยอวัยวะดังกล่าวเป็นพื้นที่ของเนื้อเยื่อที่มีรอยย่นจำนวนมาก ซึ่งมีพื้นที่สำหรับรับออกซิเจนได้ในปริมาณมากขึ้น ทำให้สามารถแลกเปลี่ยนแก๊สได้อย่างเหมาะสม ดังนั้นจึงเป็นอวัยวะสำคัญที่มีส่วนช่วยในการหายใจของปลา (Tate et al., 2017) โดยจัดเป็นปลาน้ำจืด

ขนาดเล็กที่ออกลูกเป็นตัว (live bearing fish) ซึ่งเจริญมาจากไข่หลังการปฏิสนธิกับน้ำเชื้อ เมื่อโตเต็มวัยเพศผู้ มีขนาด 3-5 เซนติเมตร และเพศเมีย มีขนาด 5-7 เซนติเมตร ในธรรมชาติเพศเมียมีสีเทา เทาอมน้ำตาล น้ำตาลอ่อน หรือสีเขียวอมน้ำตาล บริเวณท้องมีสีขาวอมเทา และครีบต่างๆ มีสีส้มหรือลวดลายน้อยกว่าเพศผู้ ส่วนลักษณะสีบนลำตัวของปลาเพศผู้ นั้น จะมีจุดสีเขียว เหลือง แดง น้ำเงินหรือดำปรากฏอยู่บริเวณคอคอดหาง และมีครีบหางกลม ปลาหางนกยูงมีความแตกต่างกันในแต่ละสายพันธุ์ ส่วนใหญ่จะแตกต่างกันที่ปลายหาง ครีบ และสี ได้แก่ ชนิดหางกลมมนคล้ายพัด หรือชนิดหางเข็มหรือหางแฉกคล้ายดาบ (วรวิทย์ วิทยา, 2558)

2.3 การแยกเพศปลาหางนกยูง

ลักษณะทางเพศและการจำแนกเพศ การจำแนกเพศปลาหางนกยูงสามารถสังเกตได้จากลักษณะภายนอกได้หลายประการ คือ (วรวิทย์ วิทยา, 2558)

ก. ขนาดของลำตัว

ปลาเพศเมียมีขนาดตัวค่อนข้างใหญ่ ส่วนปลาหางนกยูงเพศผู้จะตัวเล็กเรียวยาว

ข. ความยาวของครีบ

ปลาเพศผู้จะมีครีบหลังและครีบหางยาวกว่าปลาเพศเมีย ส่วนปลาเพศเมียครีบหางสั้น

ค. สีของลำตัวและครีบ

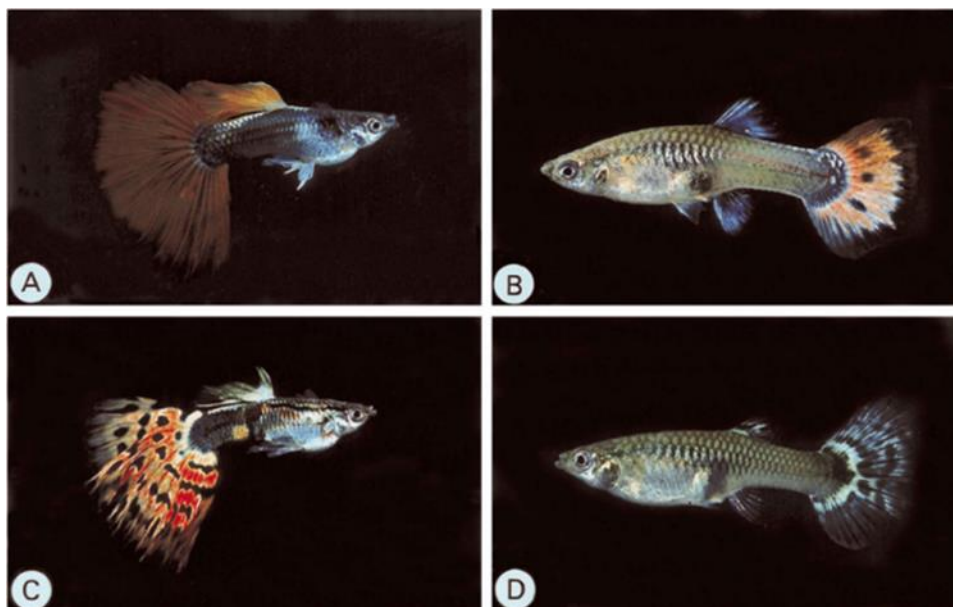
ปลาเพศผู้มีลำตัวและครีบที่มีสีส้มเข้มสด และมีหลายสีขึ้นอยู่กับการผสมพันธุ์ ส่วนปลาเพศเมีย ลำตัว ไม่มีสีส้ม แต่อาจมีสีบ้างที่ครีบหาง

ง. อวัยวะสืบพันธุ์

ปลาเพศผู้จะมีอวัยวะสืบพันธุ์ลักษณะเป็นท่อยาว ๆ เรียกท่อส่งน้ำเชื้อ (Gonopodium) ซึ่งเจริญมาจากครีบกันและไปอยู่ใต้ครีบท้อง ดังนั้นปลาเพศผู้จะไม่มีครีบกัน แต่ปลาเพศเมียจะมีครีบกันตามปกติ

จ. จุดดำท้ายส่วนท้อง

ปลาเพศเมียจะมีจุดหรือวงที่บริเวณท้ายของส่วนท้องซึ่งเป็นบริเวณที่มีผนังค่อนข้างบาง ถ้าเป็นแม่ปลาที่มีไข่ที่เจริญเต็มที่จะสามารถสังเกตจุดสีดำซึ่งเป็นลูกตาของลูกปลาในไข่ปลาได้ซึ่งจากลักษณะภายนอกของปลาหางนกยูงของเพศผู้และเพศเมียที่สามารถจำแนกความแตกต่างได้ 5 ลักษณะ ดังแสดงในภาพที่ 4



ภาพที่ 4: ลักษณะรูปร่างของปลาหางนกยูงเพศผู้ (A และ C) และปลาหางนกยูงเพศเมีย (B และ D)
(ที่มา: Khoo et al., 1999)

2.4 สายพันธุ์ปลาหางนกยูง

พันธุ์ปลาหางนกยูงที่นิยมเลี้ยงมีดังนี้ (ภาพที่ 5) กฤษณา แก้วช่อม และภีระ ไกรแสงศรี , 2545)

1. คอบร้า (Cobra)

พันธุ์ย่อย

- Yellow cobra/King cobra มีลักษณะเด่นที่ลำตัว และครีบหางสีเหลือง
- Red cobra มีลักษณะเด่นที่ลำตัว และครีบหางสีแดง
- Multicolour มีหลายสีผสมกัน
- ฯลฯ

ลักษณะลำตัว

- สีน้ำเงิน สีเหลือง สีม่วง สีแดง หรืออื่นๆ ผสมกัน
- มีลวดลายเป็นแถบยาวหรือสั้น พาดบริเวณลำตัวในทิศขวางลำตัวหรือตามยาว หรือพาดเฉียงจากลำตัวหรือเริ่มจากจุดใดจุดหนึ่งของลำตัวจนถึงปลายหาง ทำให้มีลวดลายคล้ายงู

ลักษณะครีบ

- ครีบหางรูปสามเหลี่ยม (Delta tail) หรือรูปพัด
- สีครีบหางมีหลากหลายสีตามสีของลำตัว

2. ทักซิโด้ (Tuxedo)

พันธุ์ย่อย

- Neon tuxedo มีลักษณะเด่นที่สันหลังสีขาวสะท้อนแสง
- Black tuxedo มีลักษณะเด่นที่ครีบทองสีดำ
- Golden tuxedo มีลักษณะเด่นที่ครีบทองสีส้มทอง

ลักษณะลำตัว

- ครีงตัวด้านท้ายมีสีดำ หรือน้ำเงินเข้ม ลำตัวครึ่งด้านหน้ามีหลายสี เช่น สีขาว สีแดง สีน้ำเงิน เป็นต้น

ลักษณะครีบทอง

- ครีบทองมีลักษณะเด่น คือ ครีบทอง และครีบทองหนาใหญ่ มีสี และลวดลายสัมพันธ์กับ ลำตัว เช่น สีขาว สีแดง
- ครีบทองมีหลากหลายแบบ ไม่มีจุดแต้ม

3. โมเสค (Mosaic)

พันธุ์ย่อย

- Red mosaic หรือ Redbutterfly หรือ ซิลี

ลักษณะลำตัว

- ลำตัวมีหลายสี ค่อนข้างใส เช่น สีขาว สีแดง สีน้ำเงิน ไม่มีจุดแต้มเป็นลาย ซึ่งแตกต่างกับ พันธุ์คอบร้าที่มีลายแต้มบนลำตัว

ลักษณะครีบทอง

- ครีบทองมีหลากหลายแบบ มีจุดแต้มทั้งครีบทอง และครีบทอง

4. กร้าซ (Grass)

พันธุ์ย่อย

- Grass tail มีลักษณะเด่นที่ครีบทองมีจุดแต้มคล้ายหญ้าแก้ว
- Grass tail albino มีลักษณะเด่นที่ครีบทองมีจุดแต้ม และเปลือกตาแดง

ลักษณะลำตัว

- ลำตัวมีหลายสี ค่อนข้างใส ไม่มีจุดแต้ม grass

ลักษณะครีบทอง

- ครีบทอง และครีบทองมีจุดแต้มขนาดเล็ก กระจายเป็นจุดคล้ายดอกหญ้า

5. นกยูงหางดาบ (Sword tail)

พันธุ์ย่อย

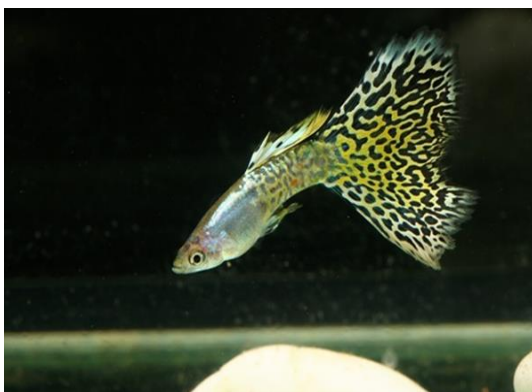
- Double sword มีครีบทางรูปกรรไกร
- Top sword มีครีบทางส่วนบนคล้ายดาบ
- Bottom sword มีครีบทางส่วนล่างคล้ายดาบ

ลักษณะลำตัว

- ลำตัวมีหลากหลายสี เช่น สีเทา ฟ้า เขียว เหลือง แดง ลำตัวโดยทั่วไปคล้ายพันธุ์พื้นเมือง อาจมีแตกต่างที่ครีบทาง และสีสันบนลำตัว Sword tail

ลักษณะครีบทาง

- ครีบทางเป็นแฉกโค้ง คล้ายปลายดาบ อาจโค้งในส่วนบน และส่วนล่างหรือด้านใดด้านหนึ่ง



คอปร้า (Cobra)



ทักษิโด (Tuxedo)



โมเสค (Mosaic)



กร๊าซ (Grass)



นกงูหางดาบ (Sword tail)

ภาพที่ 5: พันธุ์ปลาหางนกยูงที่นิยมเลี้ยง (ที่มา: กฤษณา แก้วชอุ่ม และภีระ ไกรแสงศรี, 2545)

2.5 การเพาะเลี้ยงปลาหางนกยูง

การเพาะเลี้ยงปลาหางนกยูง มีขั้นตอนดังนี้ (กฤษฎา แก้วขุ่ม และภีระ ไกรแสงศรี , 2545)

2.5.1 การคัดเลือกพันธุ์และพ่อแม่พันธุ์

ลักษณะที่ดีของปลาหางนกยูงที่ควรเลี้ยง

- ลักษณะลำตัวใหญ่ หนาสมส่วน รูปทรงปกติ ไม่คดงอ
- ลักษณะครีบหางใหญ่ แข็งแรง ครีบหางไม่ฉีกขาด ขณะว่ายน้ำพลิ้ว ครีบหางไม่พับ
- สี และลวดลาย ถูกต้องตามสายพันธุ์ คมเข้ม และชัดเจน

คัดพ่อแม่พันธุ์ตามที่ระบุข้างต้น โดยควรเป็นปลาที่มีอายุประมาณ 4-6 เดือน นำมาปล่อยรวมกัน ในสัดส่วนเพศผู้ : เพศเมีย เท่ากับ 1 : 3 หรือ 1 : 4 จำนวนการปล่อย 100-15 ตัวต่อลูกบาศก์เมตร อาหารที่ให้จะเป็นไรแดงในตอนเช้า และเย็น หรือให้อาหารสำเร็จรูปก็ได้

ปลาเพศเมียที่ผสมพันธุ์แล้วจะมีจุดสีดำบริเวณท้อง แม่ปลาหางนกยูง 1 ตัว ออกลูกปลาได้ประมาณ 30-80 ตัว และใช้เพาะพันธุ์ได้ 4-6 ครั้ง

2.5.2 การอนุบาลปลาวัยอ่อน

ลูกปลาหางนกยูงที่ออกมาใหม่จะยังไม่กินอาหาร เพราะอาศัยอาหารจากถุงไข่ แต่อีกประมาณ 3 วันถุงไข่จะหมดไป จากนั้นจึงเริ่มหากินอาหารเอง ระยะนี้เพื่อให้ลูกปลามีชีวิตรอดมากที่สุด จำเป็นต้องหาแหล่งอาหารให้ เช่น โรติเฟอร์ (Rotifer) อาร์ทีเมีย (Artemia) ไรแดง (Spider mite / Moina) รวมถึงอาหารสำเร็จรูปสำหรับลูกปลาวัยอ่อน

ลูกปลาจะออกประมาณ 25 – 30 วัน หลังจากแม่ปลาผสมพันธุ์แล้ว โดยให้คัดแยกพ่อแม่พันธุ์ออก ในระยะแรก (3-4 วันหลังออก) ให้ไรแดงเป็นอาหารในตอนเช้า และเย็นทุกวัน และหลังจาก 2 สัปดาห์ ให้อาหารสำเร็จรูป จนลูกปลามีอายุ 3 สัปดาห์ จะแยกเพศได้

หลังจากนั้น คัดขนาดและแยกเพศปลา เพื่อนำไปแยกเลี้ยงในบ่อ อัตรา 200 – 300 ตัวต่อลูกบาศก์เมตร โดยให้อาหารประเภทไรแดงในตอนเช้า และอาหารสำเร็จรูปในช่วงเย็น จนมีอายุประมาณ 3 เดือน พร้อมจับส่งจำหน่าย

2.5.3 การเลี้ยงหลังการอนุบาล

ปลาหางนกยูงที่จำหน่ายตามร้านขายปลานั้นมีอายุตั้งแต่ 3 เดือนขึ้นไป ซึ่งจะถูกนำมาเลี้ยงในภาชนะหรือบ่อในรูปแบบต่างๆ ได้แก่ การเลี้ยงในขวดโหล หรือการเลี้ยงในกระถางดินเผาหรือบ่อซีเมนต์

2.5.4 น้ำที่ใช้เลี้ยง

- ควรเป็นน้ำสะอาดปราศจากคลอรีน มีความเป็นกรด - ด่าง (pH) 6.5 - 7.5
- มีปริมาณออกซิเจนที่ละลายในน้ำ ไม่ต่ำกว่า 5 มิลลิกรัมต่อลิตร
- ความกระด้างของน้ำ 75-100 มิลลิกรัมต่อลิตร
- ความเป็นด่าง 100 - 200 มิลลิกรัมต่อลิตร
- อุณหภูมิ 25 - 32 องศาเซลเซียส
- ควรมีน้ำไหลหมุนเวียน ตลอดเวลา

โดย กระสินธุ์ (2552) ได้ให้ข้อมูลในเรื่องการเพาะเลี้ยงปลาหางนกยูงในส่วนของ ปริมาณน้ำสำหรับใช้เลี้ยงหากใช้บ่อซีเมนต์กลมซึ่งมีเส้นผ่านศูนย์กลางประมาณ 80-100 เซนติเมตร ให้ใส่น้ำลึกประมาณ 30 เซนติเมตร ซึ่งจะมีปริมาณน้ำทั้งหมดประมาณ 230 - 300 ลิตร (0.2 - 0.3 ลูกบาศก์เมตร) โดยควรที่จะปล่อยปลาประมาณ 45 - 50 ตัว

2.5.5 ขั้นตอนการเพาะเลี้ยงปลาหางนกยูง

วรวิทย์ รายา (2558) อธิบายถึงพื้นฐานการเลี้ยงปลาหางนกยูงไว้ว่า การเลี้ยงปลาหางนกยูงนับเป็นเรื่องง่าย ปลาหางนกยูงเป็นปลาที่ชอบอยู่รวมกันเป็นฝูง กินสัตว์น้ำขนาดเล็กเป็นอาหาร รวมทั้งลูกปลากตัวเล็กๆ ที่เกิดใหม่ด้วย เมื่อปลาหางนกยูงมีอายุประมาณ 3 เดือน ก็สามารถผสมพันธุ์ได้แล้ว ดังนั้นผู้เลี้ยงจึงต้องแยกเพศผู้กับเพศเมียไว้คนละบ่อเพื่อป้องกันการผสมพันธุ์กันเอง การแยกเพศสามารถทำได้เมื่อปลามีอายุประมาณ 1 เดือนขึ้นไป ซึ่งวิธีการเลี้ยงปลาหางนกยูงมีขั้นตอนโดยสังเขป คือ เตรียมบ่อที่ใช้เลี้ยงตามต้องการ ทำความสะอาดบ่อให้แห้ง หลังจากนั้นเติมน้ำใส่แช่ทิ้งไว้ 1 วัน ก่อนปล่อยปลาลงเลี้ยง น้ำที่ใช้ใส่บ่อเลี้ยงปลาต้องเป็นน้ำสะอาด น้ำประปาต้องไม่มีคลอรีน เจือปนอยู่โดยพักน้ำทิ้งไว้ประมาณ 1 สัปดาห์ น้ำบาดาลทำเช่นเดียวกับน้ำประปา คือ พักทิ้งไว้ 1 สัปดาห์ และเติมออกซิเจนตลอดเพื่อเป็นการเพิ่มปริมาณออกซิเจนในน้ำ และวัดค่าความเป็น กรด - ด่าง (pH) โดยใช้กระดาษทดสอบค่า (pH) จุ่มน้ำที่ใช้เลี้ยงแล้วนำสีที่ได้มาเทียบค่าให้มีค่าประมาณ 6.5 - 7.5 ปลาหางนกยูงไม่ค่อยมีปัญหาเรื่องการติดเชื้อ หากผู้เลี้ยงหมั่นทำความสะอาดบ่อเลี้ยง กำจัดเศษอาหารที่ตกค้างออกจากบ่ออย่างสม่ำเสมอ ซึ่งอาจกระทำทุก 2 - 3 วันต่อครั้ง เป็นการเพียงพอ โดยนำน้ำเก่าออกจากภาชนะเดิมประมาณ 30% และนำน้ำที่สะอาดใส่เข้าไปแทนในปริมาณเท่าเดิม

2.6 มูลค่าทางการค้าของปลาหางนกยูง

สถิติการส่งออกสัตว์น้ำสวยงามน้ำจืด ปริมาณและมูลค่าการส่งออกสัตว์น้ำสวยงาม 10 อันดับแรกในเดือนมกราคม พ.ศ.2564 โดย ปลากัด มีปริมาณการถูกส่งออกสูงสุด คิดเป็นจำนวน 1,628,618 ตัว และมีมูลค่า 18,476,652 บาท อย่างไรก็ตาม ปลาเสือเยอรมัน มีปริมาณ การถูกส่งออกน้อยที่สุดคิดเป็นจำนวน 146,236 ตัว และ มีมูลค่า 574,209 บาท (สถิติ การส่งออกสัตว์น้ำสวยงามน้ำจืด เดือนมกราคม พ.ศ.2564 โดยด่านตรวจสัตว์น้ำท่าอากาศยาน สุวรรณภูมิ, 2564., น. 14) ดังแสดงในตารางที่ 4

ตารางที่ 4: ตารางแสดงสถิติการส่งออกสัตว์น้ำสวยงามน้ำจืด เดือนมกราคม พ.ศ.2564

ชนิดสัตว์น้ำ	ปริมาณ (ตัว)	มูลค่า (บาท)	ราคาเฉลี่ยต่อหน่วย
1. ปลากัด	1,628,618	18,476,652	11.34
2. ปลาหางนกยูง	975,965	3,156,527	3.23
3. ปลาลูกมั้ง	479,858	1,515,327	3.16
4. ปลาหมอสี	383,622	5,622,435	14.66
5. ปลาสอด	334,896	1,229,059	3.67
6. ปลาหางไหม้	201,454	828,793	4.11
7. กุ้งเชอรี่	201,269	1,297,090	6.44
8. ปลาทอง	195,542	3,381,742	17.29
9. ปลาจิ้งจอก	179,596	771,297	4.29
10. ปลาเสือเยอรมัน	146,236	574,209	3.93

(ที่มา : โดยด่านตรวจสัตว์น้ำท่าอากาศยานสุวรรณภูมิ, 2564., น. 14)

2.7 อาหารและการเจริญเติบโตของปลาหางนกยูง

2.7.1 อาหารสำหรับใช้เลี้ยงปลาหางนกยูง

ปลาหางนกยูงสามารถกินอาหารได้ทั้งพืชและสัตว์ (Omnivorous) ในการเลี้ยงพ่อแม่พันธุ์จึงสามารถให้อาหารจำพวกสัตว์น้ำ ขนาดเล็ก เช่น ลูกน้ำ ไรแดง (Moina) ไรสีน้ำตาล (Artemia) หรือหนอนแดง (Chironomus) หรืออาจจะเลี้ยงด้วยอาหารสำเร็จรูปที่มี ปริมาณโปรตีนไม่ต่ำกว่า 40% ส่วนอาหารสดก่อนให้ทุกครั้งควรฆ่าเชื้อโรคที่ติดมากับอาหาร โดยควรแช่อาหารในด่างทับทิมเข้มข้น 500 - 1,000 ส่วนในล้านส่วน (0.5 - 1.0 กรัมต่อน้ำ 1 ลิตร) เป็นเวลาประมาณ 10 - 20 วินาที ปริมาณอาหารสด ควรให้ 10% ของน้ำหนักตัว หรือให้กินแต่พออิ่ม ส่วนอาหารแห้งควรให้วันละ 2-4% ของน้ำหนักตัวปลา โดยให้อาหารวัน

ละ 2 ครั้ง ในตอนเช้าและตอนเย็น ส่วนการถ่ายเทน้ำควรทำทุกวัน สำหรับอาหารปลาหางนกยูงตามที่ได้กล่าวมาข้างต้น ปลาหางนกยูงจะกินสัตว์ขนาดเล็ก หรือที่เรียกว่าอาหารสดจำพวก ลูกน้ำ ไรแดง ไรสีน้ำตาล ไรทะเลที่มีชีวิต หรืออาหารสำเร็จรูปที่มีขายตามท้องตลาด อาหารควรให้ 2 เวลา คือ ตอนเช้า และตอนเย็น ตอนเช้าควรเป็นอาหารสดที่ผ่านการฆ่าเชื้อแล้วโดยการนำไปแช่ต่างหีบห่อตามที่ได้กล่าวไว้ข้างต้น ตอนเย็นอาจเปลี่ยนไปให้อาหารสำเร็จรูปแทนได้ โดยเมื่อให้อาหารปลาเสร็จแล้วควรดูว่าปลากินหมดหรือไม่ ให้น้อยไปหรือไม่ สังเกตได้จากปลากินหมดเร็วมากก็ให้เพิ่มอีก แต่หากให้อาหารในปริมาณมากเกินไป อาจทำให้มีเศษอาหารเหลือให้ตกทิ้ง สิ่งสำคัญที่ควรให้อาหารสดเป็นจำพวกไรแดง ไรทะเล ดีกว่าอาหารสำเร็จรูป เพราะปลาจะได้มีสีสันที่สวยงาม (วรวิทย์ รាយ, 2558)

2.7.2 การเจริญเติบโตของปลาหางนกยูง

วรวิทย์ รាយ (2558) ได้อธิบายถึงพื้นฐานการเลี้ยงปลาหางนกยูงในส่วนของการให้อาหารที่ใช้เลี้ยงปลาหางนกยูงซึ่งมีผลต่อการเจริญเติบโตของปลาหางนกยูงไว้ว่า สำหรับผู้เลี้ยงทั่วไปที่เลี้ยงปลาสวยงามเป็นงานอดิเรก ควรให้อาหารปลาสวยงามที่จำหน่ายตามร้านขายปลาสวยงามซึ่งมีราคาไม่แพงมากและสามารถใช้เลี้ยงปลาได้ดีโดยไม่จำเป็นต้องเลือกอาหารเฉพาะเจาะจงที่มีราคาสูงเพราะปลาหางนกยูงกินอาหารได้ง่ายและเจริญเติบโตได้ดี โดยควรให้อาหารวันละ 2 ครั้ง ในตอนเช้าและตอนเย็น ส่วนผู้เลี้ยงปลาหางนกยูงเพื่อเพาะพันธุ์ปลาออกจำหน่ายจำเป็นต้องเลี้ยงปลาจำนวนมากจะต้องพยายามลดต้นทุนการผลิตโดยอาจเลือกใช้อาหารเม็ดที่ใช้เลี้ยงปลาดุกเล็กซึ่งมีราคาถูกและมีสารอาหารครบถ้วน นำมาใช้เลี้ยงปลาก็จะทำให้ปลาเจริญเติบโตได้ดี ใช้เวลาเลี้ยงปลาประมาณ 45 – 60 วัน ก็สามารถส่งจำหน่ายได้ โดย (เกรียงศักดิ์ เม่งอำพัน และคณะ, 2545) ได้อธิบายถึงการเจริญเติบโตของปลาไว้ว่าการเจริญเติบโตของปลาแต่ละชนิดขึ้นอยู่กับเพศ เนื่องจากพบว่า ปลาเพศผู้และเพศเมียแต่ละชนิดมีความสามารถในการเจริญเติบโตที่แตกต่างกัน เช่น ปลาตะเพียนขาว ปลาหมอไทย หรือปลาไน เพศเมียจะโตเร็วกว่าเพศผู้ และ (สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี (สสวท.), 2562) ได้อธิบายถึงสิ่งจำเป็นต่อการเจริญเติบโตและการดำรงชีวิตของสัตว์ชนิดต่างๆ ในส่วนของชีวิตของปลาไว้ว่า ปลาเป็นสัตว์ที่อาศัยอยู่ในน้ำ มีส่วนต่างๆของร่างกายที่เหมาะสมกับการดำรงชีวิตในน้ำ เช่น มีครีบช่วยในการว่ายน้ำ มีเหงือกช่วยในการหายใจในน้ำ โดยสังเกตพบว่าปากของปลาจะอ้าและหุบอยู่ตลอดเวลาเพื่อนำน้ำเข้าสู่ร่างกาย ซึ่งในน้ำจะมีแก๊สออกซิเจนอยู่ เมื่อน้ำไหลผ่านเหงือก เหงือกจะทำหน้าที่กรองแก๊สออกซิเจนที่ละลายในน้ำ ทำให้ปลาได้รับทั้งน้ำและแก๊สออกซิเจนซึ่งเป็นสิ่งจำเป็นต่อการเจริญเติบโต และการดำรงชีวิตของปลา นอกจากนี้ปลายังต้องการอาหาร เพื่อให้

ร่างกายเจริญเติบโตและดำรงชีวิตได้อย่างปกติ ปลาแต่ละชนิดต้องการอาหารที่แตกต่างกันไป เช่น ปลาหางนกยูงจะกินสัตว์น้ำขนาดเล็ก ปลานิลจะกินสาหร่าย พืชน้ำหรือซากพืชซากสัตว์ ในการเลี้ยงปลาส่วนใหญ่จะเลี้ยงด้วยอาหารสำเร็จรูป อย่างไรก็ตามควรให้ตามความเหมาะสมกับชนิดของปลาและขนาดของปลาด้วย รวมทั้งต้องเลี้ยงปลาในน้ำสะอาดที่มีแก๊สออกซิเจนอย่างเพียงพอสำหรับการหายใจ เพื่อให้ปลาสามารถเจริญเติบโตและดำรงชีวิตอยู่ได้

3. งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

- Ruekaewma et al., (2015) ได้ศึกษาระบบการเพาะเลี้ยงปลา *W. globosa* ที่มีสุลักษณะที่เหมาะสมต่อการนำไปบริโภคในมนุษย์ โดยผ่าถูกเพาะเลี้ยงในระบบต่าง ๆ 5 ระบบ ได้แก่ ระบบนิ่ง ระบบให้อากาศในแนวดิ่ง ระบบกวนผิวน้ำในแนวนอน ระบบพ่นน้ำจากด้านบน และระบบขึ้นที่มีการพ่นน้ำจากด้านบน โดยมีการวัดน้ำหนักแห้งของผ่าทุกๆ 7 วัน ผลการทดลองพบว่าระบบกวนผิวน้ำในแนวนอนให้มวลสูงสุดที่ 42.94 ± 2.17 กรัม/ตารางเมตร และมีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญเมื่อเทียบกับระบบอื่นๆ ในระยะเวลา 28 วัน ($p < 0.05$) การเพาะเลี้ยง *W. globosa* เป็นเวลา 21 วันในระบบการหมุนเวียนแนวนอนให้ผลผลิตสูงสุดที่ 1.52 ± 0.04 กรัม น้ำหนักแห้ง/ตารางเมตร/วัน และมีค่าสูงกว่าผลผลิตในระบบอื่นอย่างมีนัยสำคัญ ขนาดใบของผ่าในการเพาะเลี้ยง 7 วันมีขนาดใหญ่ที่สุดในทุกระบบการเพาะเลี้ยง ซึ่งอย่างไรก็ตามไม่พบความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญระหว่างระบบการเพาะเลี้ยงส่วนผ่าที่ผลิตได้มีปริมาณโปรตีน 48.2% ที่ประกอบด้วยกรดอะมิโนจำเป็นครบถ้วน มีไขมัน 9.6% และเส้นใยหยาบ 14.5% พร้อมการปนเปื้อนของแบคทีเรียในระดับต่ำ
- Kattakdad et al., (2015) ได้ศึกษาถึงการทดแทนวัตถุดิบปลาป่นในการเร่งสีและเร่งการเจริญเติบโตของปลากัดไทย รวมถึงการสะสมของรงควัตถุที่ผิวหนังของปลาและลักษณะการเปลี่ยนแปลงของผนังลำไส้หลังได้รับอาหารที่ผสมผ่า โดยอาหารทดลองประกอบด้วย: อาหารควบคุม (W0), การแทนที่กากถั่วเหลืองด้วยผ่า *W. arrhiza* 5% (W5), 10% (W10), และ 15% (W15) ในปลากัดเพศผู้อายุ 2 เดือน เป็นเวลา 30 วัน ผลการทดลองพบว่า อัตราการรอดชีวิต ประสิทธิภาพการเจริญเติบโต และการใช้ประโยชน์จากอาหารไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญระหว่างกลุ่มการทดลอง ($p > 0.05$) การแสดงออกของสีแสดงให้เห็นว่าปลาที่ได้รับอาหารควบคุมมีค่าความสว่าง (L^*) และค่าสีแดง (a^*) สูงที่สุด ($p \leq 0.05$) นอกจากนี้ ค่า b^* ของปลาที่ได้รับ W15 สูงกว่ากลุ่มทดลองทั้งหมดอย่างมีนัยสำคัญ ($p \leq 0.05$) ตามด้วยปลาที่ได้รับ W10, W5 และ W0 ตามลำดับ การสะสมแคโรทีนอยด์ในอวัยวะ

ต่าง ๆ เพิ่มขึ้นในทุกกลุ่มทดลอง ปลาที่ได้รับ W15 แสดงการสะสมของแคโรทีนอยด์สูงสุดในผิวหนังและเกล็ดรวมถึงครีบหาง ($p \leq 0.05$) การตรวจสอบทางจุลกายวิภาคของลำไส้แสดงให้เห็นว่ามีการเพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญของเส้นผ่านศูนย์กลางลำไส้ในกลุ่มที่แทนที่ WA 5% (W5) ($p \leq 0.05$) การวิเคราะห์ลักษณะความสูงของรอยพับของลำไส้ไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญระหว่างกลุ่มทดลอง ($p > 0.05$) อย่างไรก็ตาม พบความแตกต่างอย่างชัดเจนในความสูงของเซลล์ลำไส้ซึ่งลดลงอย่างมีนัยสำคัญในกลุ่มควบคุม ($p \leq 0.05$) และพบความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญในความสูงของผนังลำไส้ส่วนไมโครวิลไล ($p \leq 0.05$)

- ศิริภาวิ ศรีเจริญ และคณะ (2544) ได้ศึกษาการเพาะเลี้ยงผ้า (*Wolffia arrhizal*) สำหรับการลดต้นทุนค่าอาหารปลา จากผลการศึกษาพบว่า การทดลองที่ 1 เป็นการเลี้ยงผ้าด้วยอาหาร 4 ชนิด คือ อาหารเลี้ยงสาหร่าย (BG-11 media) มูลสุกร มูลไก่ และมูลโค พบว่าการเลี้ยงผ้าด้วยมูลไก่ในวันที่ 3 จะให้ผลผลิตของน้ำหนักรวมมากที่สุดและจะให้จำนวนต้นมากที่สุดในวันที่ 4 แตกต่างจากการเลี้ยงด้วยอาหารชนิดอื่นๆอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$) การทดลองที่ 2 เป็นการเลี้ยงปลานิลด้วยอาหารสำเร็จรูปเสริมด้วยผ้า (อาหารสำเร็จรูป % - ผ้า % 4 ระดับ คือ สูตรที่ 1 (100-0), สูตรที่ 2 (85-15), สูตรที่ 3 (70-30) และสูตรที่ 4 (55-45) พบว่าอัตราการเจริญเติบโตของปลานิลแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$) แต่เมื่อเปรียบเทียบระหว่างคู่พบว่าอาหารสำเร็จรูปเสริมด้วยผ้าสูตรที่ 1 กับสูตรที่ 2 อัตราการเจริญเติบโตของน้ำหนักรวมของปลานิลมีค่าสูงสุดไม่แตกต่างกันทางสถิติ ($p > 0.05$) ดังนั้นการเสริมผ้าที่ระดับ 15% ทดแทนอาหารสำเร็จรูปจึงเป็นระดับที่เหมาะสม
- วรณิณี จันทร์แก้ว และคณะ (2563 : บทคัดย่อ) ได้ศึกษาการเปรียบเทียบคุณค่าทางโภชนาการโลหะหนักตกค้าง สารสี และฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระของผ้า (*Wolffia* sp.) จากธรรมชาติและการเลี้ยงโดยการศึกษาครั้งนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อเปรียบเทียบองค์ประกอบทางเคมีและฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระของผ้าจากธรรมชาติและจากการนำมาเลี้ยง ซึ่งผ้าจากธรรมชาติได้เก็บตัวอย่างมาจากอำเภอเขาชัยสน จังหวัดพัทลุง และนำผ้าจากธรรมชาติมาทำการเลี้ยงด้วยปุ๋ยมูลไก่เพื่อได้เป็นผ้าจากการเลี้ยง โดยวิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมีประกอบด้วย คุณค่าทางโภชนาการ ปริมาณแคโรทีนอยด์ ปริมาณสารประกอบฟีนอลิกรวมและฤทธิ์ยับยั้งอนุมูลอิสระของผ้าที่สกัดด้วยตัวทำละลายที่ต่างกัน 3 ชนิดได้แก่ เอทิลอะซิเตท เอทานอล และเมทานอล จากผลการศึกษาพบว่าผ้าจากธรรมชาติและจากการเลี้ยงมีคุณค่าทางโภชนาการ ปริมาณแคโรทีนอยด์ ปริมาณสารประกอบฟีนอลิกทั้งหมดและฤทธิ์ยับยั้งอนุมูลอิสระมีความแตกต่างกันทางสถิติ ($p < 0.05$) โดยพบว่าในสารสกัดผ้าจากธรรมชาติที่สกัดด้วยเมทานอลมีปริมาณฟีนอลิกสูงสุด เท่ากับ 38.499 ± 2.789 mg GAE/g extract ส่วน

ของฤทธิ์ยับยั้ง DPPH radical พบว่าสารสกัดผำจากธรรมชาติที่สกัดด้วยเอทานอลสามารถยับยั้งได้ดีที่สุด โดยมีค่า IC50 เท่ากับ 0.018 ± 0.00 mg/ml จากการวิเคราะห์ค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ของค่า IC50 ของฤทธิ์กำจัดอนุมูลอิสระกับสารประกอบฟีนอลิกทั้งหมดพบว่าสารประกอบฟีนอลิกทั้งหมดมีความสัมพันธ์เชิงลบกับค่า IC50 ของฤทธิ์กำจัดอนุมูลอิสระ ($r = -0.264$)

- Sirirustananun (2018) ได้ศึกษาสัดส่วนของผำที่เหมาะสมในการนำมาใช้ร่วมกับอาหารสำเร็จรูปในการเพาะเลี้ยงลูกปลานิล เพื่อประเมินอัตราการเจริญเติบโต โดยให้ลูกปลารับอาหารผสมระหว่างอาหารสำเร็จรูปและผงอาหารแห้งจากผำในสัดส่วน 100:0 (กลุ่มควบคุม), 70:30, 50:50 และ 30:70 เป็นเวลา 75 วัน โดยน้ำหนักเริ่มต้นเฉลี่ยของลูกปลา คือ 0.82 ± 0.02 กรัม, 0.85 ± 0.05 กรัม, 0.76 ± 0.11 กรัม และ 0.74 ± 0.04 กรัม ตามลำดับ ซึ่งไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญ ($p > 0.05$) ผลการทดลองพบว่าปลาเจริญเติบโตอย่างต่อเนื่องตลอดการทดลอง โดยน้ำหนักเพิ่มเฉลี่ย อัตราการเติบโตเฉลี่ยต่อวัน และอัตราการเติบโตเฉพาะเฉลี่ยของปลาที่ได้รับอาหารสำเร็จรูปต่อผำแห้งในสัดส่วน 100:0 ของอาหารสำเร็จรูปสูงกว่าอย่างมีนัยสำคัญ ($p < 0.05$) เมื่อเทียบกับกลุ่มอื่น ๆ (10.54 ± 1.15 กรัม, 0.14 ± 0.01 กรัม/วัน และ $3.54 \pm 0.14\%$ /วัน ตามลำดับ) ในส่วนของอัตราการเปลี่ยนอาหารปลาที่ได้รับอาหารสำเร็จรูปต่อผำแห้งในสัดส่วน 100:0 ต่ำกว่าอย่างมีนัยสำคัญ ($p < 0.05$) เมื่อเทียบกับกลุ่มอื่น (1.61 ± 0.18) แต่ไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญเมื่อเปรียบเทียบกับกลุ่มที่ได้รับอาหารสำเร็จรูปต่อผำแห้งสัดส่วน 70:30 (2.21 ± 0.58) การใช้ผำอาจไม่เหมาะสมสำหรับการให้อาหารโดยตรง แต่อาจช่วยลดการสะสมไขมันในตัวปลาเมื่อเทียบกับปลาที่ได้รับอาหารสำเร็จรูป 100% การให้อาหารผสมระหว่างอาหารสำเร็จรูปและผำแห้งในสัดส่วน 70:30 สามารถลดต้นทุนอาหารได้ประมาณ 12.60% และไม่มีแตกต่างในอัตราการเปลี่ยนอาหารเมื่อเทียบกับการให้อาหารสำเร็จรูป 100% ซึ่งเป็นทางเลือกที่ดีที่สุดสำหรับการใช้ประโยชน์จากผำ
- Gogoi et al., 2017 ได้ศึกษาประสิทธิภาพของผำ *W. arrhiza* และสาหร่ายสไปรูลีนาต่อการเจริญเติบโตและการเร่งสีของปลาหมออินเดีย (*Botia Dario*) โดยเตรียมอาหารทดลองทั้งหมด 6 สูตร ได้แก่อาหารสูตรที่ 1 (T1) ถูกเตรียมโดยไม่มีการเสริมสไปรูลีนาและวูลเฟีย ส่วนอาหารสูตร T2 เตรียมโดยมีสไปรูลีนาเป็นแหล่งคาร์โบไฮเดรต สำหรับอาหารสูตร T3, T4, T5 และ T6 ถูกเตรียมโดยการแทนที่ 25, 50, 75 และ 100 กรัม/กก. ระหว่างโปรตีนจากสาหร่ายสไปรูลีนาและวูลเฟียตามลำดับ ผลการทดลองพบว่ามีความสำคัญ ($p < .05$) ในด้านน้ำหนักเฉลี่ยสุดท้าย, น้ำหนักเพิ่มเฉลี่ย, การเพิ่มน้ำหนักตัว และอัตราการเติบโตเฉพาะ

(SGR) โดยพบอัตราการรอดชีวิต 100% ในกลุ่ม T4 และ T5 ปริมาณคาร์โบไฮเดรตที่ย่อยได้ (μg/g) ในผิวหนัง (166.39 ± 2.71) และกล้ามเนื้อ (10.67 ± 0.32) พบค่าสูงสุดในกลุ่ม T5 และในตับปลาทั้งตัวในกลุ่ม T6 (13.03 ± 0.95 μg/g) ค่าความแดง, ความเหลือง และความขาวไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญ ($p > .05$) ดังนั้นสามารถสรุปได้ว่าอาหารที่มีสไปรูลิหน้า 100 กรัม/กก. สามารถส่งเสริมการเจริญเติบโตได้ดี ในขณะที่อาหารที่มีสไปรูลิหน้า 25 กรัม/กก. และวูลเฟีย 150 กรัม/กก. สามารถเพิ่มอัตราการรอดชีวิตและการแสดงสีในปลาหมูได้

- Duangjarus et al., 2017 ได้ศึกษาคุณสมบัติการต้านจุลชีพและคุณลักษณะของโปรตีนและเปปไทด์ที่แยกได้จากผำ *W. globosa* โดยการสกัดด้วยคลื่นเสียงอัลตราซาวด์ และย่อยสลายด้วยเอนไซม์ Alcalase เพื่อให้ได้ไฮโดรไลเซตโปรตีนเข้มข้นซึ่งมีคุณสมบัติต้านจุลชีพ โดยสามารถลดจำนวน *Vibrio parahaemolyticus* และ *Candida albicans* ได้ 0.43 ± 1.31 log (66.21%) และ 3.70 ± 0.11 log (99.98%) ตามลำดับ นอกจากนี้โปรตีนและสารละลายโปรตีนที่สกัดจากผำยังแสดงความสามารถในการละลายสูงที่ pH 8 คือ 90.49% และ 86.84% ตามลำดับ โปรตีนที่สกัดจากผำแสดงความสามารถในการเกิดอิมัลชันสูงสุดที่ 71.29% ที่ pH 4 ในขณะที่เสถียรภาพของอิมัลชันสูงสุด (~98%) พบในโปรตีนที่สกัดจากผำที่ pH 6 และในสารละลายโปรตีนที่ pH 2 ตามลำดับ มวลโมเลกุล (Mw) หลักของ โปรตีนที่สกัดจากผำพบที่ 25, 45, 63 และ 100 kDa โดย Mw ของโปรตีนผำที่ย่อยด้วยเอนไซม์ลดลงเหลือน้อยกว่า 5 kDa แต่มีกรดอะมิโนรวมสูงที่สุด โดยมีกรดแอสปาร์ติกและกรดกลูตามิกเป็นส่วนประกอบหลัก ผลการศึกษานี้เปิดเผยถึงคุณสมบัติต้านจุลชีพและคุณสมบัติในการใช้งานของโปรตีนและไฮโดรไลเซตจากพืชตระกูลผำเป็นครั้งแรก ซึ่งแสดงถึงศักยภาพในการพัฒนาเพิ่มเติมเป็นส่วนผสมอาหารเพื่อสุขภาพต่อไป

บทที่ 3

วิธีการดำเนินการศึกษา

ในการศึกษาประสิทธิภาพของผ้าที่มีผลต่อการเจริญเติบโตของปลาหางนกยูงมีขั้นตอนและวิธีการในการดำเนินการศึกษา ดังนี้

สถานที่ทดลอง

ห้องวิจัย โรงพยาบาลสัตว์ คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏ เชียงราย

วัสดุและอุปกรณ์

1. วัสดุและอุปกรณ์ที่ใช้ในการทดลอง

1.1 ผ้า หรือที่เรียกว่าไขผ้าหรือไขน้ำ โดยมีปริมาณแตกต่างกันในแต่ละกลุ่มทดลอง ซึ่งแสดงปริมาณของผ้าที่สัดส่วนต่างๆในขั้นการวางแผนการทดลอง ซึ่งปริมาณสูตรอาหารปลาที่กำหนดไว้ แต่ละสูตรมีดังนี้

สูตรที่ 1 : (ไม่ผสมผ้า) 0% ให้เฉพาะอาหารสำเร็จรูปสำหรับเลี้ยงปลาหางนกยูง

สูตรที่ 2 : ผสมผ้า 15% ใช้ผ้าตากแห้งปั่นละเอียดผสมในอาหาร ปริมาณ 0.75 กรัม

สูตรที่ 3 : ผสมผ้า 30% ใช้ผ้าตากแห้งปั่นละเอียดผสมในอาหาร ปริมาณ 1.50 กรัม

สูตรที่ 4 : ผสมผ้า 45% ใช้ผ้าตากแห้งปั่นละเอียดผสมในอาหาร ปริมาณ 2.25 กรัม

สูตรที่ 5 : ผสมผ้า 60% ใช้ผ้าตากแห้งปั่นละเอียดผสมในอาหาร ปริมาณ 3.00 กรัม

โดยเป็นปริมาณที่ต้องเตรียมในระหว่างการทดลองจนถึงสิ้นสุดการทดลอง เป็นระยะเวลาทั้งหมด 6 สัปดาห์ ดังนั้นจะต้องใช้ผ้าทั้งหมด ประมาณ 45 กรัม

1.2 อาหารปลากินพืชยี่ห้อซีพี เบอร์ 9931 (โปรตีน 18%) ต้องใช้ในการทดลองตั้งแต่เริ่มทดลองจนถึงสิ้นสุดการทดลอง ประมาณ 150 กรัม (โดยแบ่งให้ทั้งหมด 5 กลุ่ม กลุ่มละ 5 กรัมต่อสัปดาห์ ทดลองเป็นเวลา 6 สัปดาห์)

1.3 กะละมัง สำหรับใช้เลี้ยงปลาหางนกยูง (ขนาด 29 x 10 เซนติเมตร) หรือ จำนวน 15 ใบ

1.4 ถาด ขนาด 28.5 x 38 x 4 เซนติเมตร จำนวน 1 ใบ ใช้สำหรับตากแห้งผ้า

1.5 ถูขีปลือก ขนาด 14 x 17 เซนติเมตร จำนวนประมาณ 20 ถู สำหรับคลุกผสมอาหาร และขนาด 9 x 13 เซนติเมตร จำนวนประมาณ 30 ถู สำหรับเก็บบรรจุอาหารปลาที่คลุกผสมผงผ้าแต่ละสูตร

- 1.6 แถบชุดตรวจวัดคุณภาพน้ำ (pH / water test kit)
- 1.7 ชุดทดสอบออกซิเจนในน้ำ (Monitor dissolved oxygen test kit)
- 1.8 สารเหนียว (Feed binder) ได้แก่ แป้งข้าวโพด สำหรับใช้เคลือบผากับอาหารเลี้ยงปลาหางนกยูง ใช้ในปริมาณ 0.1 กรัม (ปริมาณที่ต้องใช้ในการผสมแต่ละครั้ง)
- 1.9 ที่สำหรับตากแห้งอาหาร เพื่อใช้ในการป้องกันแมลงขณะตากแห้งผำ
- 1.10 ขวดสเปรย์ สำหรับใส่น้ำใช้ในขั้นตอนการเตรียมอาหารคลุกเคลือบผำ
- 1.11 ไยกรองน้ำ สำหรับทำความสะอาดโดยใช้กรองของเสียจากน้ำเก่า
- 1.12 เขยือกตวง ขนาด 300 มิลลิลิตร สำหรับชั่งตวงปริมาตรน้ำในการเปลี่ยนถ่ายน้ำ
- 1.13 ถังน้ำ ขนาด 30 ลิตร สำหรับใช้พักน้ำเลี้ยงปลา
- 1.14 กระชอนกรอง สำหรับใช้กรองของเสียจากน้ำเก่าที่ใช้เลี้ยงปลา

2. อุปกรณ์ที่ใช้ในการเก็บบันทึกข้อมูล

- 2.1 เครื่องชั่งดิจิตอล สำหรับชั่งน้ำหนักปลาหางนกยูง
 - 2.2 ไม้บรรทัด สำหรับวัดความยาวของปลาหางนกยูง
 - 2.3 แบบฟอร์ม สำหรับเก็บบันทึกข้อมูล (ข้อมูลคุณภาพน้ำ, ข้อมูลน้ำหนักและความยาว)
 - 2.4 เทอร์โมมิเตอร์ สำหรับวัดอุณหภูมิน้ำที่ใช้เลี้ยงปลาหางนกยูง
- 2.5 เขยือกตวง ขนาด 300 มิลลิลิตร ใช้เป็นภาชนะรองรับปลาขณะชั่งน้ำหนัก
- 2.6 กระชอนตักปลา สำหรับตักปลาเพื่อนำไปชั่งน้ำหนักและวัดความยาวในการบันทึกข้อมูล
- 2.7 กะละมัง ขนาด 25x25x10 เซนติเมตร สำหรับใช้แยกปลาขณะชั่งน้ำหนักและวัดความยาว

3. สัตว์ที่ใช้ในการทดลอง

- 3.1 ปลาหางนกยูง เพศเมีย สายพันธุ์พื้นเมือง อายุตั้งแต่ 3 เดือนขึ้นไป (หลังอนุบาล) จำนวน 135 ตัว

วิธีการทดลอง

1. ประชากรและกลุ่มตัวอย่าง

ประชากรเป็นปลาหางนกยูงเพศเมีย อายุตั้งแต่ 3 เดือนขึ้นไปหรือหลังอนุบาล สายพันธุ์พื้นเมือง (Wild supply) ซึ่งการกำหนดกลุ่มประชากรของปลาหางนกยูงในการศึกษาครั้งนี้ ได้ทำการคำนวณหาขนาดกลุ่มประชากรของปลาหางนกยูงจากโปรแกรม G – power เวอร์ชัน 3.1 โดยอ้างอิงค่าน้ำหนักเฉลี่ย (mean weight) และขนาดกลุ่มทดลองที่ผู้วิจัยต้องการศึกษา (size) มาจากงานวิจัยก่อนหน้าซึ่งได้ศึกษาในเรื่องของการทดแทนปลาปนด้วยผำในสูตรอาหารปลาทอง

(ศรัณย์ รักษาพรหมณ์ และณัฐพล ราชูภิมนต์, 2561) ซึ่งให้ค่า “effect size” เท่ากับ 0.3080192 หรือประมาณ 0.31 และนำค่า “effect size” ที่ได้มาคำนวณทางสถิติโดยใช้โปรแกรม G - power ในการทดสอบทางสถิติ (statistic test) โดยรูปแบบการทดสอบที่เลือกใช้ คือ ANOVA Fixed effects, omnibus, one – way analysis เมื่อคำนวณแล้วจะได้ขนาดประชากรของปลาหางนกยูงที่ต้องการศึกษาทั้งหมด 135 ตัว โดยเกณฑ์การคัดเข้าและคัดออก มีดังนี้

- เกณฑ์การคัดเข้า คือ ปลาหางนกยูงเพศเมีย อายุตั้งแต่ 3 เดือนขึ้นไปหรือหลังอนุบาลสาพันธุ์พื้นเมือง ที่มีความยาวลำตัวประมาณ 2 – 3 เซนติเมตร ซึ่งเป็นขนาดของปลาหางนกยูงเพศเมียที่อยู่ในช่วงอายุดังกล่าว และน้ำหนักตัวของปลาหางนกยูงเพศเมียแต่ละตัวนั้นจะต้องเท่ากันหรือใกล้เคียงกัน รวมทั้งมีสุขภาพแข็งแรง ไม่เป็นโรค มีลักษณะตามสายพันธุ์ที่ดี
- เกณฑ์การคัดออก คือ ปลาหางนกยูงที่อยู่ในช่วงอนุบาลหรือโตเต็มวัย เพศผู้ มีขนาดและน้ำหนักตัวที่ไม่ใกล้เคียงกับปลาหางนกยูงส่วนใหญ่ที่คัดเข้าศึกษา รวมถึง เป็นปลาที่มีสุขภาพไม่แข็งแรงหรือเป็นโรค และมีลักษณะไม่ถูกต้องตามสายพันธุ์ โดยปลาหางนกยูงที่มีลักษณะดังกล่าวจะไม่ได้รับการคัดเลือกให้เข้าไปเป็นกลุ่มประชากรของปลาหางนกยูงที่จะทำการศึกษาในครั้งนี้

2. การวางแผนการทดลอง

2.1 ขั้นตอนการเตรียมผำสำหรับใช้ผสมในอาหารเลี้ยงปลาหางนกยูง

2.1.1 นำผำสดที่ได้มาล้างให้สะอาด ก่อนนำไปตากแห้ง

2.1.2 นำผำสดดังกล่าวเทลงไปในถาดสำหรับใช้ตากแห้งผำ โดยเทให้กระจายทั่วถาดเพื่อให้มีการไล่ความชื้นออกในปริมาณที่เท่าๆ กัน จากนั้นนำไปวางในที่สำหรับตากแห้งอาหาร เพื่อใช้ในการป้องกันแมลง ตากผำจนให้แห้งสนิทไม่มีความชื้นหลงเหลืออยู่ ทำการตากแห้งเป็นเวลาทั้งหมด 2 - 4 วัน

2.1.3 นำผำที่แห้งสนิทแล้ว มาบรรจุลงในถุงซิปล็อค เพื่อเตรียมใช้สำหรับส่งตรวจวิเคราะห์คุณค่าทางโภชนาด้วยวิธี proximate analysis และใช้สำหรับคลุกผสมกับอาหารปลาหางนกยูงสำเร็จรูปที่มีโปรตีน 18%

2.1.4 หาปริมาณผำที่ต้องนำไปผสมกับอาหารสำหรับเลี้ยงปลาหางนกยูงในสัดส่วนต่างๆ ดังแสดงในขั้นตอนการเตรียมตัวสัตว์ทดลองและการออกแบบการทดลองคำนวณปริมาณ ของผำที่ต้องนำไปคลุกผสมในอาหารปลาหางนกยูงแต่ละสูตรที่ได้ กำหนดไว้ คือ 15%, 30%, 45%

และ 60% ตามลำดับ ซึ่งอ้างอิงจากงานวิจัยของ ศรัณย์ รักษาพรหมณ์ และณัฐพล ราชูภิมินต์, (2561) ที่สร้างสูตรอาหารทดลองในปลาทองโดยใช้ผงทดแทนปลาป่นที่ระดับ 20%, 40%, 60% และ 100% โดยคำนวณจากปริมาณอาหารสำเร็จรูปที่จะใช้เลี้ยงปลาหางนกยูง ซึ่งได้กำหนดไว้ที่ ปริมาณ 5 กรัม ต่อสัปดาห์ โดยมีแผนการให้อาหารเสริมผงตามรายละเอียดดังนี้

- กลุ่มที่ 1 กลุ่มที่เลี้ยงด้วยอาหารปลาหางนกยูงสำเร็จรูป (กลุ่มควบคุม) ใช้ผงผสมกับอาหารปลาหางนกยูง ในปริมาณ 0 กรัมต่ออาหารปลาหางนกยูง 5 กรัม
- กลุ่มที่ 2 กลุ่มที่เลี้ยงด้วยอาหารปลาหางนกยูงที่มีการผสมผง (15%) ใช้ผงผสมกับอาหารปลาหางนกยูง ในปริมาณ 0.75 กรัมต่ออาหารปลาหางนกยูง 5 กรัม
- กลุ่มที่ 3 กลุ่มที่เลี้ยงด้วยอาหารปลาหางนกยูงที่มีการผสมผง (30%) ใช้ผงผสมกับอาหารปลาหางนกยูง ในปริมาณ 1.5 กรัมต่ออาหารปลาหางนกยูง 5 กรัม
- กลุ่มที่ 4 กลุ่มที่เลี้ยงด้วยอาหารปลาหางนกยูงที่มีการผสมผง (45%) ใช้ผงผสมกับอาหารปลาหางนกยูง ในปริมาณ 2.25 กรัมต่ออาหารปลาหางนกยูง 5 กรัม
- กลุ่มที่ 5 กลุ่มที่เลี้ยงด้วยอาหารปลาหางนกยูงที่มีการผสมผง (60%) ใช้ผงผสมกับอาหารปลาหางนกยูง ในปริมาณ 3 กรัมต่ออาหารปลาหางนกยูง 5 กรัม

2.1.5 เมื่อคำนวณปริมาณผงที่ต้องใช้ผสมกับอาหารเลี้ยงปลาหางนกยูงแต่ละสูตรแล้ว นำผงที่เตรียมได้ไปผสมกับสารเหนียว (Feed binder) คือ แป้งข้าวโพด ในปริมาณ 0.1 กรัมต่ออาหาร 5 กรัม จากนั้นเขย่าผงแห้งบดผสมให้เข้ากันกับสารเหนียวก่อนนำไปผสมในอาหาร

2.1.6 เตรียมถุงซิปล็อคสำหรับคลุกผสมอาหาร จากนั้นเทอาหารสำเร็จรูปสำหรับใช้เลี้ยงปลาหางนกยูง ปริมาณ 5 กรัม ลงในถุงซิปล็อค จากนั้นทำการพรมน้ำด้วยสเปรย์พ่นให้ได้ความชื้นที่เหมาะสม โดยเทส่วนผสมของผง ผงกับแป้งข้าวโพดลงในถุงอาหารดังกล่าว และทำการผสมส่วนผสมดังกล่าวกับอาหารเลี้ยงปลาหางนกยูงพอให้เป็นเนื้อเดียวกัน จากนั้นเทใส่จานสำหรับผึ่งอาหารผสมผงผำไว้ในที่ร่มจนแห้ง ใช้เวลาประมาณ 1 คืนสำหรับการตากแห้งอาหารผสม ผงผำในที่ร่มแล้วจึงนำไปให้สัตว์น้ำ

2.1.7 จากนั้นบรรจุลงในซองซิปล็อค เพื่อใช้เก็บอาหารที่เตรียมได้ พร้อมทั้งทำเครื่องหมายติดในแต่ละซอง จำนวน 5 ซอง ตามแต่ละสูตร โดยจะทำการเตรียมอาหารผสมผงผำแต่ละสูตรในทุกๆ สัปดาห์ ซึ่งอาหารที่ผสมผงผำที่เตรียมไว้แต่ละครั้งจะเก็บรักษาไว้ที่ 4°C ประมาณ 1 สัปดาห์

2.2 ขั้นตอนการเตรียมสัตว์ทดลองและการออกแบบการทดลอง

2.2.1 นำปลาหางนกยูง จำนวน 135 ตัว มาทำการกักโรคก่อน เป็นเวลา 7 วัน

2.2.2 จากนั้นสุ่มปลาหางนกยูงที่ผ่านการกักโรคแล้ว นำไปใส่ในกะละมังที่เตรียมไว้ ซึ่งจะใส่ตามจำนวนจากการวางแผนการทดลองแบบสุ่มสมบูรณ์ (Completely Randomized Design, CRD) โดยแบ่งการทดลองออกเป็น 5 กลุ่ม และทำการทดลองซ้ำกลุ่มละ 3 ซ้ำ จากจำนวนประชากรของปลาหางนกยูงทั้งหมด คือ 135 ตัว จะได้กลุ่มตัวอย่าง กลุ่มละ 26 ตัว โดยกลุ่มซ้ำจะมีจำนวนปลาหางนกยูง ดังนี้

- กลุ่มซ้ำที่ 1 มีปลาหางนกยูง จำนวน 9 ตัว
- กลุ่มซ้ำที่ 2 มีปลาหางนกยูง จำนวน 9 ตัว
- กลุ่มซ้ำที่ 3 มีปลาหางนกยูง จำนวน 9 ตัว

ซึ่งได้ทำการจัดกลุ่มการทดลอง ดังต่อไปนี้

กลุ่มที่ 1 กลุ่มที่เลี้ยงด้วยอาหารปลาหางนกยูงสำเร็จรูป (กลุ่มควบคุม)

กลุ่มที่ 2 กลุ่มที่เลี้ยงด้วยอาหารปลาหางนกยูงสำเร็จรูปผสมผง 15 %

กลุ่มที่ 3 กลุ่มที่เลี้ยงด้วยอาหารปลาหางนกยูงสำเร็จรูปผสมผง 30 %

กลุ่มที่ 4 กลุ่มที่เลี้ยงด้วยอาหารปลาหางนกยูงสำเร็จรูปผสมผง 45 %

กลุ่มที่ 5 กลุ่มที่เลี้ยงด้วยอาหารปลาหางนกยูงสำเร็จรูปผสมผง 60 %

2.3 ขั้นตอนการทดลอง

2.3.1 เตรียมกะละมัง ขนาด 29 x 10 เซนติเมตร จำนวน 15 ใบ สำหรับใช้เลี้ยงปลา

2.3.2 ทำความสะอาดกะละมังก่อนเติมน้ำสำหรับใช้เลี้ยงปลา โดยพักน้ำไว้ในถังที่มีปริมาตรบรรจุ 30 ลิตร พักทิ้งไว้ประมาณ 3 วัน เพื่อเป็นการปรับสภาพน้ำก่อนนำปลาหางนกยูงลงไปเลี้ยง พร้อมทั้งทำเครื่องหมายกำกับกลุ่มทดลองไว้แต่ละกะละมัง

2.3.3 เมื่อผ่านไป 3 วัน ทำการตรวจวัดคุณภาพน้ำใหม่ (น้ำที่ผ่านการพักทิ้งไว้ 3 วัน) ตรวจด้วยชุดตรวจค่ากรดต่างของน้ำ (pH) และค่าออกซิเจน (dissolved oxygen) รวมถึงอุณหภูมิของน้ำ ซึ่งจะต้องอยู่ในเกณฑ์ที่เหมาะสมสำหรับการเลี้ยงปลาหางนกยูง

2.3.4 เมื่อคุณภาพน้ำที่ใช้เลี้ยงอยู่ในเกณฑ์ที่เหมาะสม ให้นำน้ำเก่าที่ใช้เลี้ยงปลาหางนกยูงขณะกักโรคใส่ในแต่ละกะละมัง ปริมาณ 0.5 ลิตร และนำน้ำใหม่ที่ผ่านการพักทิ้งไว้ประมาณ 3 วัน ใส่ตามลงไปประมาณ 3.5 ลิตร จากนั้นนำปลาหางนกยูงที่ผ่านการกักโรคแล้วเป็นเวลา 7 วัน ลงปล่อยในกะละมังแต่ละใบตามจำนวนที่กำหนดจากการวางแผนการทดลองจะได้จำนวน 15 หน่วยการทดลอง โดยใช้ระยะเวลาในการทดลอง 6 สัปดาห์

2.3.5 ให้อาหารตามกลุ่มทดลองแต่ละกลุ่มที่กำหนดไว้ วันละ 2 ครั้ง เช้าและเย็น โดยคำนวณปริมาณอาหารที่ต้องให้ จากปริมาณอาหารที่ปลาหางนกยูงควรได้รับต่อวัน คือ 2-4 % ของน้ำหนักตัว (Houlihan et al., 2001) ซึ่งน้ำหนักตัวของปลาหางนกยูงเฉลี่ยต่อตัว คือ 0.25 กรัม ดังนั้นอาหารที่ปลาได้รับต่อตัวคือ 0.01 กรัม คือ 4% ต่อน้ำหนักตัวปลาและปริมาณอาหารต่อปลา 1 ตัวต่อวัน นำค่าตัวเลขที่คำนวณได้ต่อตัวต่อวันดังกล่าวนำมาคำนวณปริมาณอาหารที่ผสมผาในสัดส่วนต่างๆ ได้แก่ 0%, 15%, 30%, 45% และ 60% ตามลำดับ ซึ่งปลาแต่ละกลุ่มการทดลองจะได้รับอาหาร 2-4% ต่อน้ำหนักตัวต่อวัน ตามที่ระบุไว้ข้อ 2.2.2 ซึ่งจะแบ่งให้วันละ 2 มื้อ

2.3.6 ระหว่างการทดลองมีการตรวจวัดอุณหภูมิและตรวจค่าคุณภาพน้ำของน้ำเก่าและน้ำใหม่ทุกครั้งที่ทำกรเปลี่ยนถ่ายน้ำ โดยเปลี่ยนถ่ายน้ำเก่าออกจากภาชนะเดิมประมาณ 30% หรือปริมาณ 1,200 มิลลิลิตร และนำน้ำที่สะอาดใส่เข้าไปแทนในปริมาณเท่าเดิม โดยจะทำการเปลี่ยนถ่ายน้ำทุกครั้งหลังพักน้ำไว้ 3 วัน

2.3.7 เก็บข้อมูลการทดลอง โดยชั่งน้ำหนักและวัดความยาวของปลาหางนกยูงทุกตัวในแต่ละกลุ่มทุกสัปดาห์เป็นระยะเวลา 6 สัปดาห์

3. ขั้นตอนการเก็บข้อมูล

3.1 บันทึกน้ำหนักและความยาวของปลาหางนกยูงแต่ละกลุ่มการทดลองลงในแบบฟอร์มสำหรับบันทึกข้อมูล ทุกสัปดาห์ จนสิ้นสุดการทดลอง

3.2 บันทึกค่าคุณภาพน้ำ (เช่น ค่าอุณหภูมิ, pH, Chlorine, Nitrate, Nitrite และ Dissolved Oxygen) ทุกครั้งที่มีการเปลี่ยนถ่ายน้ำเลี้ยงปลา โดยจะบันทึกค่าคุณภาพน้ำทั้งน้ำเก่าและน้ำใหม่ลงในแบบฟอร์มสำหรับบันทึกข้อมูลคุณภาพน้ำ จนสิ้นสุดการทดลอง

4. ขั้นตอนการวิเคราะห์ข้อมูล

4.1 นำข้อมูลน้ำหนักและความยาวของปลาหางนกยูงที่ได้จากการบันทึกข้อมูลมาวิเคราะห์หาความแตกต่างสถิติของปลาทดลองแต่ละกลุ่มด้วยสถิติความแปรปรวนแบบทางเดียว (One-way Analysis of Variance) ด้วยโปรแกรม SPSS หรือ Statistical Package for the Social Science เวอร์ชัน 25

4.2 ศึกษาประสิทธิภาพการเจริญเติบโตของปลาหางนกยูง สามารถวัดได้จากน้ำหนัก (กรัม) และความยาว (เซนติเมตร) ของปลาหางนกยูง โดยนำข้อมูลดิบมาคำนวณเป็นค่าเฉลี่ย ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน น้ำหนักที่เพิ่มขึ้นเฉลี่ยต่อวัน (Average Daily weight Gain, ADG), อัตราการรอด (Survival rate), อัตราการแลกเนื้อ (Feed conversion ratio, FCR) และอัตราการ

เจริญเติบโตจำเพาะ (Specific growth rate, SGR) (Ahmed and Ahmad, 2020) ส่วนความสัมพันธ์ของสัดส่วนผ้าที่เสริมในอาหารต่ออัตราการเจริญเติบโตเฉลี่ย อัตราการเจริญเติบโตจำเพาะ อัตราการแลกเนื้อ และอัตราการเลี้ยงรอด จะใช้สถิติ simple linear regression ด้วยโปรแกรม SPSS

4.2.1 น้ำหนักที่เพิ่มขึ้นเฉลี่ยต่อวัน (Average Daily weight Gain, ADG)

$$\begin{aligned} &\text{น้ำหนักที่เพิ่มขึ้นเฉลี่ยต่อวัน (average daily weight gain, ADG; กรัมต่อตัวต่อวัน)} \\ &= \frac{\text{น้ำหนักปลาเมื่อสิ้นสุดการทดลอง} - \text{น้ำหนักปลาเริ่มต้น}}{\text{ระยะเวลาทดลอง}} \end{aligned}$$

4.2.2 อัตราการรอด (Survival rate)

$$\begin{aligned} &\text{อัตราการรอด (survival rate; เปอร์เซ็นต์)} \\ &= \frac{\text{จำนวนปลาเมื่อสิ้นสุดการทดลอง}}{\text{จำนวนปลาเริ่มต้น}} \end{aligned}$$

4.2.3 อัตราการแลกเนื้อ (Feed conversion ratio, FCR)

$$\begin{aligned} &\text{อัตราแลกเนื้อ (feed conversion ratio, FCR)} \\ &= \frac{\text{น้ำหนักอาหารที่ปลากิน}}{\text{น้ำหนักปลาที่เพิ่มขึ้น}} \end{aligned}$$

4.2.4 อัตราการเจริญเติบโตจำเพาะ (Specific growth rate, SGR)

$$\begin{aligned} &\text{อัตราการเจริญเติบโตจำเพาะ (specific growth rate, SGR; เปอร์เซ็นต์ต่อวัน)} \\ &= \frac{(\ln \text{ น้ำหนักปลาเมื่อสิ้นสุดการทดลอง} - \ln \text{ น้ำหนักปลาเริ่มต้น})}{\text{ระยะเวลาทดลอง}} \times 100 \end{aligned}$$

บทที่ 4

ผลการศึกษาและการวิเคราะห์ข้อมูล

4.1 คุณค่าทางโภชนาการของผ้า

การศึกษาคคุณค่าทางโภชนาการของผ้าที่ได้จากตามท้องตลาดในพื้นที่จังหวัดเชียงราย โดยเมื่อวิเคราะห์คุณค่าทางโภชนาด้วยวิธี proximate analysis จากรายงานผลของศูนย์สิ่งแวดล้อมและทดสอบผลิตภัณฑ์ มหาวิทยาลัยราชภัฏเชียงราย พบว่าตัวอย่างผ้านากแห้งปริมาณ 100 กรัม มีโปรตีน 22.16 กรัม คาร์โบไฮเดรต 49.02 กรัม ไขมัน 3.78 กรัม ความชื้น 13.07 กรัม เถ้า 11.79 กรัม และพลังงาน 319.6 กิโลแคลอรี ดังแสดงในตารางที่ 5

ตารางที่ 5 คุณค่าทางโภชนาการของตัวอย่างผ้าแห้ง 100 กรัม

องค์ประกอบทางโภชนาการ	ผลการตรวจวิเคราะห์
1. องค์ประกอบทางเคมี	
- โปรตีน	22.16 กรัม
- คาร์โบไฮเดรต	49.02 กรัม
- ไขมัน	3.78 กรัม
2. องค์ประกอบทางกายภาพ	
- ความชื้น	13.07 กรัม
- เถ้า	11.79 กรัม
3. พลังงาน	
- พลังงาน	319.6 กิโลแคลอรี

4.2 ผลของการเสริมผ้าในอาหารต่อการเจริญเติบโตของปลาหางนกยูง

4.2.1 น้ำหนักตัวเฉลี่ย

ผลจากการเลี้ยงปลาหางนกยูงด้วยอาหารเสริมผ้าในแต่ละกลุ่มการทดลอง เป็นเวลา 6 สัปดาห์ โดยทุกกลุ่มการทดลองรายงานค่าน้ำหนักเฉลี่ยของปลาหางนกยูงด้วยหน่วยกรัม โดยแสดงข้อมูลดังตารางที่ 6

ตารางที่ 6 น้ำหนักเฉลี่ย (กรัม) $\pm$ ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (S.D.) ของปลาหางนกยูงที่เลี้ยงด้วยสูตรอาหารต่างๆ

กลุ่มทดลอง	เริ่มต้นทดลอง	สัปดาห์ที่ 1	สัปดาห์ที่ 2	สัปดาห์ที่ 3	สัปดาห์ที่ 4	สัปดาห์ที่ 5	สัปดาห์ที่ 6
กลุ่มควบคุม	0.48 $\pm$ 0.07 ^a	0.47 $\pm$ 0.07 ^b	0.48 $\pm$ 0.09 ^a	0.48 $\pm$ 0.06 ^a	0.49 $\pm$ 0.09 ^a	0.50 $\pm$ 0.10 ^b	0.50 $\pm$ 0.14 ^b
เสริมผ้า 15%	0.50 $\pm$ 0.08 ^a	0.48 $\pm$ 0.10 ^b	0.48 $\pm$ 0.09 ^a	0.48 $\pm$ 0.10 ^a	0.50 $\pm$ 0.11 ^a	0.54 $\pm$ 0.12 ^b	0.59 $\pm$ 0.12 ^b
เสริมผ้า 30%	0.47 $\pm$ 0.07 ^a	0.47 $\pm$ 0.07 ^b	0.47 $\pm$ 0.07 ^a	0.48 $\pm$ 0.09 ^a	0.48 $\pm$ 0.08 ^a	0.54 $\pm$ 0.08 ^b	0.57 $\pm$ 0.08 ^b
เสริมผ้า 45%	0.46 $\pm$ 0.08 ^a	0.51 $\pm$ 0.08 ^a	0.47 $\pm$ 0.10 ^a	0.52 $\pm$ 0.10 ^a	0.53 $\pm$ 0.13 ^a	0.60 $\pm$ 0.12 ^a	0.64 $\pm$ 0.11 ^a
เสริมผ้า 60%	0.50 $\pm$ 0.09 ^a	0.56 $\pm$ 0.07 ^a	0.52 $\pm$ 0.08 ^a	0.53 $\pm$ 0.10 ^a	0.55 $\pm$ 0.11 ^a	0.66 $\pm$ 0.09 ^a	0.66 $\pm$ 0.09 ^a
p-value	(p > 0.05)	(p < 0.05)	(p > 0.05)	(p > 0.05)	(p > 0.05)	(p < 0.05)	(p < 0.05)

หมายเหตุ : ตัวอักษรภาษาอังกฤษ (a,b) ที่แตกต่างกันตามแนวดิ่ง แสดงว่ามีความแตกต่างทางสถิติ

จากตารางที่ 6 พบว่า ในสัปดาห์ที่ 2, 3 และ 4 ปลาหางนกยูงมีน้ำหนักเฉลี่ยที่ไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p > 0.05$) และในสัปดาห์ที่ 1, 5 และ 6 พบว่า ปลาหางนกยูงมีน้ำหนักเฉลี่ยที่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$) และจากการบันทึกค่าน้ำหนักเฉลี่ยของปลาหางนกยูง เป็นเวลา 6 สัปดาห์ จะเห็นได้ว่าค่าน้ำหนักเฉลี่ยในสัปดาห์ที่ 1 และ 2 ของปลาหางนกยูง แต่ละกลุ่มมีทั้งค่าน้ำหนักเฉลี่ยที่เพิ่มขึ้นและลดลงเมื่อเทียบกับค่าน้ำหนักเฉลี่ยเริ่มต้นการทดลอง ซึ่งสาเหตุที่ทำให้ผลของค่าน้ำหนักเฉลี่ยอยู่ในลักษณะดังกล่าว เนื่องจากปลาหางนกยูงอยู่ในช่วงการ

ปรับตัวกับการกินอาหารใหม่ที่มีการเสริมผักลงไปในอาหารแต่ละสูตร และเมื่อปลาหางนกยูงปรับตัวได้แล้วจะเห็นว่าตั้งแต่สัปดาห์ที่ 4 เป็นต้นไป ค่าน้ำหนักเฉลี่ยของปลาหางนกยูงแต่ละกลุ่มมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นอย่างต่อเนื่อง โดยในสัปดาห์ที่ 6 พบว่ากลุ่มเสริมผัก 60 % มีน้ำหนักเฉลี่ยมากที่สุด คือ 0.66 ± 0.09 กรัม เมื่อเทียบกับกลุ่มควบคุม, กลุ่มเสริมผัก 15, 30 และ 45 % ที่มีน้ำหนักเฉลี่ยเท่ากับ 0.50 ± 0.14 , 0.59 ± 0.12 , 0.57 ± 0.08 และ 0.64 ± 0.11 กรัม ตามลำดับ

4.2.2 ความยาวลำตัวปลาทดลองเฉลี่ย

ผลจากการเลี้ยงปลาหางนกยูงด้วยอาหารเสริมผักในแต่ละกลุ่มการทดลอง เป็นเวลา 6 สัปดาห์ โดยทุกกลุ่มการทดลองรายงานค่าความยาวเฉลี่ยของปลาหางนกยูงด้วยหน่วยเซนติเมตร โดยแสดงข้อมูลดังตารางที่ 7

ตารางที่ 7 ความยาวเฉลี่ย (เซนติเมตร) $\pm$ ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (S.D.) ของปลาหางนกยูงที่เลี้ยงด้วยสูตรอาหารต่างๆ

กลุ่มการทดลอง	เริ่มต้น	สัปดาห์ที่1	สัปดาห์ที่2	สัปดาห์ที่3	สัปดาห์ที่4	สัปดาห์ที่5	สัปดาห์ที่6
กลุ่มควบคุม	3.30 ± 0.13^a	3.41 ± 0.11^a	3.43 ± 0.12^a	3.50 ± 0.12^a	3.50 ± 0.12^b	3.56 ± 0.15^b	3.60 ± 0.10^b
เสริมผัก 15%	3.29 ± 0.16^a	3.41 ± 0.13^a	3.43 ± 0.17^a	3.46 ± 0.17^a	3.47 ± 0.20^b	3.60 ± 0.10^b	3.64 ± 0.10^b
เสริมผัก 30%	3.31 ± 0.15^a	3.37 ± 0.16^a	3.42 ± 0.18^a	3.43 ± 0.17^a	3.48 ± 0.20^b	3.62 ± 0.11^b	3.72 ± 0.11^a
เสริมผัก 45%	3.36 ± 0.16^a	3.37 ± 0.18^a	3.43 ± 0.14^a	3.51 ± 0.17^a	3.56 ± 0.23^a	3.65 ± 0.13^b	3.73 ± 0.13^a
เสริมผัก 60%	3.36 ± 0.19^a	3.47 ± 0.16^a	3.53 ± 0.15^a	3.53 ± 0.18^a	3.61 ± 0.17^a	3.73 ± 0.14^a	3.78 ± 0.11^a
p-value	($p > 0.05$)	($p > 0.05$)	($p > 0.05$)	($p > 0.05$)	($p < 0.05$)	($p < 0.05$)	($p < 0.05$)

หมายเหตุ : ตัวอักษรภาษาอังกฤษ (a,b) ที่แตกต่างกันตามแนวตั้ง แสดงว่ามีความแตกต่างทางสถิติ

จากตารางที่ 7 พบว่า ในสัปดาห์ที่ 1, 2 และ 3 ปลาหางนกยูงมีความยาวเฉลี่ยที่ไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p > 0.05$) และในสัปดาห์ที่ 4, 5 และ 6 พบว่าปลาหางนกยูงมีความยาวเฉลี่ยที่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$) และจากการบันทึกค่าความยาวเฉลี่ยของ

ปลาหางนกยูงตั้งแต่เริ่มต้นทดลองจนถึงสิ้นสุดการทดลอง จะเห็นได้ว่าค่าความยาวเฉลี่ยของปลาหางนกยูงตั้งแต่เริ่มต้นทดลองจนถึงสัปดาห์ที่ 6 มีแนวโน้มเพิ่มขึ้นอย่างต่อเนื่อง ซึ่งในช่วงเริ่มต้นการทดลองจนถึงสัปดาห์ที่ 3 ค่าความยาวเฉลี่ยของปลาหางนกยูงแต่ละกลุ่มนั้นมีค่าเพิ่มขึ้นในทุกกลุ่มแต่แตกต่างกันไม่มาก เนื่องจากปลาหางนกยูงยังอยู่ในช่วงการปรับตัวกับการกินอาหารเช่นเดียวกับผลใน **ตารางที่ 6** และตั้งแต่สัปดาห์ที่ 4 เป็นต้นไปปลาหางนกยูงมีความยาวเฉลี่ยเพิ่มขึ้นอย่างต่อเนื่อง โดยในสัปดาห์ที่ 6 พบว่ากลุ่มเสริมผ้า 60 % มีความยาวเฉลี่ยมากที่สุด คือ 3.78 ± 0.11 เซนติเมตร เมื่อเทียบกับกลุ่มควบคุม, กลุ่มเสริมผ้า 15, 30 และ 45 % ที่มีความยาวเฉลี่ยเท่ากับ 3.60 ± 0.10 , 3.64 ± 0.10 , 3.72 ± 0.11 และ 3.73 ± 0.13 เซนติเมตร ตามลำดับ

4.3 การศึกษาประสิทธิภาพการเจริญเติบโตของปลาหางนกยูง

4.3.1 อัตราการรอดตาย (Survival rate)

ผลจากการเลี้ยงปลาหางนกยูงด้วยอาหารเสริมผ้าในแต่ละกลุ่มการทดลอง เป็นเวลา 6 สัปดาห์ โดยทุกกลุ่มการทดลองรายงานอัตราการรอดตายของปลาหางนกยูงด้วยหน่วยร้อยละหรือ% ตั้งแต่เริ่มการทดลองจนถึงสิ้นสุดการทดลอง พบว่าปลาหางนกยูงแต่ละกลุ่มมีอัตราการรอดตายดังนี้ กลุ่มควบคุม, กลุ่มเสริมผ้า 15 และ 30 % มีอัตราการรอด เท่ากับ 96.15 % ส่วนกลุ่มเสริมผ้า 45 และ 60 % มีอัตราการรอดตาย เท่ากับ 88.46 % ตามลำดับ (ตารางที่ 8)

4.3.2 อัตราการแลกเนื้อ (Feed Conversion Ratio: FCR)

ผลจากการเลี้ยงปลาหางนกยูงด้วยอาหารเสริมผ้าในแต่ละกลุ่มการทดลอง เป็นเวลา 6 สัปดาห์ โดยทุกกลุ่มการทดลองรายงานอัตราการแลกเนื้อของปลาหางนกยูงด้วยหน่วยปริมาณอาหารที่ให้ (กรัม) ต่อน้ำหนักปลาหางนกยูงที่เพิ่มขึ้น (กรัม) ในการคำนวณได้กำหนดปริมาณอาหารที่ให้จากปริมาณอาหารที่ปลาหางนกยูงควรได้รับต่อวัน ซึ่งคิดที่ 3 เปอร์เซ็นต์ของน้ำหนักตัวปลา และน้ำหนักปลาหางนกยูงที่เพิ่มขึ้นคิดจากน้ำหนักเฉลี่ยของปลาหางนกยูงแต่ละกลุ่ม ในสัปดาห์ที่ 6 ของการทดลอง พบว่าปลาหางนกยูงกลุ่มควบคุม, กลุ่มเสริมผ้า 15, 30, 45 และ 60 % มีอัตราการแลกเนื้อ เท่ากับ 0.24, 0.20, 0.21, 0.18 และ 0.18 กรัมต่อกรัม ตามลำดับ (ตารางที่ 8)

4.3.3 น้ำหนักที่เพิ่มขึ้นเฉลี่ยต่อวัน (Average Daily weight Gain: ADG)

ผลจากการเลี้ยงปลาหางนกยูงด้วยอาหารเสริมผ้าในแต่ละกลุ่มการทดลอง เป็นเวลา 6 สัปดาห์ โดยทุกกลุ่มการทดลองรายงานน้ำหนักที่เพิ่มขึ้นเฉลี่ยต่อวันของปลาหางนกยูงด้วยหน่วยกรัมต่อตัวต่อวัน ในการคำนวณได้กำหนดน้ำหนักปลาหางนกยูงเริ่มต้นแต่ละกลุ่มคิดจากน้ำหนักเฉลี่ยของปลาหางนกยูงแต่ละกลุ่มในสัปดาห์ที่ 1 ของการทดลอง กำหนดน้ำหนักปลาหางนกยูงเมื่อสิ้นสุดการ

ทดลองคิดจากน้ำหนักเฉลี่ยของปลาหางนกยูงแต่ละกลุ่มในสัปดาห์ที่ 6 ของการทดลอง และกำหนดระยะเวลาทดลอง (วัน) ตั้งแต่เริ่มการทดลองจนสิ้นสุดการทดลอง พบว่าปลาหางนกยูงกลุ่มควบคุมมีน้ำหนักที่เพิ่มขึ้นเฉลี่ยต่อวันเท่ากับ 0.00048 กรัมต่อตัวต่อวัน กลุ่มเสริมฟำ 30 % มีน้ำหนักที่เพิ่มขึ้นเฉลี่ยต่อวันเท่ากับ 0.00214 กรัมต่อตัวต่อวัน ส่วนกลุ่มเสริมฟำ 15, 45 และ 60 % มีน้ำหนักที่เพิ่มขึ้นเฉลี่ยต่อวันเท่ากับ 0.00238 0.00429 และ 0.00381 กรัมต่อตัวต่อวัน ตามลำดับ (ตารางที่ 8)

4.3.4 อัตราการเจริญเติบโตจำเพาะ (Specific Growth Rate: SGR)

ผลจากการเลี้ยงปลาหางนกยูงด้วยอาหารเสริมฟำในแต่ละกลุ่มการทดลอง เป็นเวลา 6 สัปดาห์ โดยทุกกลุ่มการทดลองรายงานอัตราการเจริญเติบโตจำเพาะของปลาหางนกยูงด้วยหน่วยร้อยละต่อวันหรือเปอร์เซ็นต์ต่อวัน ในการคำนวณได้กำหนดน้ำหนักปลาหางนกยูงเริ่มต้นแต่ละกลุ่มคิดจากน้ำหนักเฉลี่ยของปลาหางนกยูงแต่ละกลุ่มในสัปดาห์ที่ 1 ของการทดลอง กำหนดน้ำหนักปลาหางนกยูงเมื่อสิ้นสุดการทดลองคิดจากน้ำหนักเฉลี่ยของปลาหางนกยูงแต่ละกลุ่มในสัปดาห์ที่ 6 ของการทดลอง และกำหนดระยะเวลาทดลอง (วัน) ตั้งแต่เริ่มการทดลองจนสิ้นสุดการทดลอง พบว่าปลาหางนกยูงกลุ่มควบคุม, กลุ่มเสริมฟำ 15, 30, 45 และ 60 % มีอัตราการเจริญเติบโตจำเพาะ เท่ากับ 0.10, 0.39, 0.46, 0.79 และ 0.66 % ต่อวัน ตามลำดับ (ตารางที่ 8)

ตารางที่ 8 ตารางแสดงประสิทธิภาพการเจริญเติบโตของปลาหางนกยูงที่ได้รับอาหารเสริมผงใน
สัดส่วนที่ต่างกัน

พารามิเตอร์แสดงการ เจริญเติบโต	กลุ่มทดลอง					P-value
	กลุ่มควบคุม	15% ผำ	30% ผำ	45% ผำ	60% ผำ	
น้ำหนักตัวเฉลี่ยเริ่มต้น (กรัม)	0.48±0.07	0.50±0.08	0.47±0.07	0.46±0.08	0.50±0.09	0.443
น้ำหนักตัวเฉลี่ย สิ้นสุดการทดลอง (กรัม)	0.50±0.14 ^b	0.59±0.12 ^b	0.57±0.08 ^a	0.64±0.11 ^a	0.66±0.09 ^a	0.000
น้ำหนักที่เพิ่มขึ้นโดยเฉลี่ย (กรัม)	0.02±0.07 ^a	0.09±0.02 ^a	0.10±0.05 ^a	0.18±0.06 ^b	0.16±0.03 ^b	0.000
อัตราการเจริญเติบโต เฉลี่ยต่อวัน (g / day)	0.00048 ^a	0.00214 ^b	0.00238 ^b	0.00429 ^c	0.00381 ^c	0.000
อัตราการเจริญเติบโต จำเพาะ (% / day)	0.10	0.39	0.46	0.79	0.66	0.034
อัตราการแลกเนื้อ (FCR)	0.24	0.20	0.21	0.18	0.18	0.044
อัตราการเลี้ยงรอด (%)	96.15	96.15	96.15	88.46	88.46	0.058

หมายเหตุ: ค่าที่อยู่ในคอลัมน์เดียวกันแต่ไม่มีตัวอักษรยกกำลังร่วมกันจะแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ($P < 0.05$).
ค่า R^2 สำหรับ SGR, FCR และอัตราการรอดชีวิต เท่ากับ 0.822, 0.790 และ 0.750 ตามลำดับ. ADG = อัตราการ
เจริญเติบโตเฉลี่ยต่อวัน, SGR = อัตราการเจริญเติบโตเฉพาะ, FCR = อัตราส่วนแปลงอาหาร

บทที่ 5

สรุปผลการศึกษา อภิปรายผล และข้อเสนอแนะ

สรุปผลการศึกษา

จากผลการทดลองเลี้ยงปลาหางนกยูงด้วยสูตรอาหารที่มีการเสริมฟอสฟอรัสที่ต่างกันเป็นเวลา 6 สัปดาห์ พบว่าเมื่อสิ้นสุดการทดลอง กลุ่มทดลองที่ 4 สูตรอาหารที่มีการเสริมฟอสฟอรัส 45 % ซึ่งให้ค่าอัตราการเจริญเติบโตเฉลี่ยต่อวัน (ADG) อัตราการเจริญเติบโตเฉพาะ (SGR) และอัตราการแลกเนื้อ (FCR) ที่มีประสิทธิภาพดีที่สุด แม้ว่าการเสริมฟอสฟอรัสในอาหารในสัดส่วน 60% จะช่วยเพิ่มน้ำหนักตัวและความยาวลำตัวปลาสุดท้ายได้มากขึ้นแต่ประโยชน์ด้านการเจริญเติบโตกลับคงที่ และพบว่าการเสริมฟอสฟอรัสสัดส่วน 45-60 % ลงในอาหารให้ผลการเจริญเติบโตสูงที่สุดเมื่อเทียบกับปลาหางนกยูงที่ได้รับเพียงอาหารควบคุมและอาหารเสริมฟอสฟอรัสในสัดส่วน 15 และ 30 % ตามลำดับ แต่อย่างไรก็ตามการเสริมฟอสฟอรัสในปริมาณที่สูงขึ้นอาจส่งผลกระทบต่ออัตราการรอดชีวิตเล็กน้อย ซึ่งอาจเกิดจากการมีองค์ประกอบที่ย่อยไม่ได้เพิ่มมากขึ้น

อภิปรายผล

จากการเลี้ยงปลาหางนกยูงด้วยสูตรอาหารที่มีการเสริมฟอสฟอรัส ในแต่ละกลุ่มการทดลอง เป็นเวลา 6 สัปดาห์ จำนวนทั้งหมด 135 ตัว ทำการชั่งน้ำหนักและวัดความยาวทุกสัปดาห์ โดยเครื่องมือที่ใช้เป็นเครื่องชั่งดิจิตอลทศนิยมสองตำแหน่ง, ไม้บรรทัด และแบบบันทึกข้อมูล วิเคราะห์ข้อมูล โดยใช้การวิเคราะห์ความแปรปรวนแบบทางเดียว (One-way ANOVA) และ simple linear regression analysis ด้วยโปรแกรม SPSS (Statistical Package for the Social Sciences) พบว่า ในสัปดาห์ที่ 2, 3 และ 4 ปลาหางนกยูงมีน้ำหนักเฉลี่ยที่ไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P>0.05$) ซึ่งกลุ่มทดลองที่มีแนวโน้มของน้ำหนักเฉลี่ยมากที่สุดในแต่ละสัปดาห์ คือ กลุ่มทดลองที่ 5 ที่ได้รับอาหารเสริมฟอสฟอรัส 60 % โดยเฉพาะในสัปดาห์ที่ 5 และ 6 พบว่า น้ำหนักเฉลี่ยของปลาหางนกยูงแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P<0.05$) ซึ่งปลาหางนกยูงที่ได้รับอาหารเสริมฟอสฟอรัส 60% มีน้ำหนักตัวเฉลี่ยมากกว่ากลุ่มควบคุมและกลุ่มที่ได้รับอาหารเสริมฟอสฟอรัสในสัดส่วน 15 และ 30 % ในขณะที่น้ำหนักตัวเฉลี่ยของปลาหางนกยูงที่ได้รับอาหารเสริมฟอสฟอรัส 60 % ไม่ได้มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติเมื่อเทียบกับปลาหางนกยูงที่ได้รับอาหารเสริมฟอสฟอรัส 45 % ($P=0.508$) ซึ่งอาจบ่งชี้ถึงแนวโน้มของการชะลอใช้ประโยชน์จากอาหารต่อการเจริญเติบโตเมื่อเสริมฟอสฟอรัสเกินกว่า 45% และเมื่อพิจารณาจากน้ำหนักตัวที่เพิ่มขึ้นเมื่อสิ้นสุดการทดลองพบว่า ปลาหางนกยูงที่ได้รับอาหารเสริมฟอสฟอรัส 45 % มีน้ำหนักตัวเฉลี่ยเพิ่มขึ้นสูงสุด คือ 0.18 ± 0.06 กรัม รองลงมาคือ ปลาหางนกยูงที่ได้รับอาหารเสริมฟอสฟอรัส 60, 30,

15 % และกลุ่มควบคุม ตามลำดับ (ตารางที่ 8) ซึ่งแสดงให้เห็นว่าการเสริมฟาลงในอาหารปลาโดยเฉพาะที่ระดับ 45 % ส่งผลดีต่อการเจริญเติบโต ซึ่งสอดคล้องกับรายงานของ Fadel et al., (2021) ที่ระบุว่า การให้อาหารปลาด้วยโปรตีนจากพืชคุณภาพสูงช่วยเพิ่มสมรรถนะการเจริญเติบโต นอกจากนี้ ผลการศึกษายังสอดคล้องกับงานของ Kithsiri et al., (2010) ซึ่งพบว่าปลาหางนกยูงมีการเจริญเติบโตสูงสุดเมื่อได้รับโปรตีนหยาดในระดับใกล้เคียง 43.6 % ซึ่งแนวโน้มของน้ำหนักตัวที่เพิ่มขึ้นมีทิศทางไปในทางเดียวกันกับความยาวเฉลี่ยของปลาหางนกยูง โดยในสัปดาห์ที่ 1, 2 และ 3 พบว่า ปลาหางนกยูงแต่ละกลุ่มการทดลองมีความยาวเฉลี่ยที่ไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P > 0.05$) แม้ว่าความแตกต่างจะไม่ชัดเจนในช่วงสัปดาห์แรก ๆ แต่ในสัปดาห์ที่ 6 พบว่าปลาที่ได้รับอาหารเสริมฟาล 60 % มีความยาวเฉลี่ยของลำตัวมากที่สุด (3.78 ± 0.11 ซม.) ซึ่งยาวกว่าอย่างมีนัยสำคัญเมื่อเทียบกับกลุ่มควบคุม (3.60 ± 0.10 ซม.) และกลุ่มที่ได้รับผักตบชวา 15% (3.64 ± 0.10 ซม.) ($P = 0.000$) อย่างไรก็ตาม ไม่พบความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญเมื่อเปรียบเทียบกับกลุ่มที่ได้รับ 30% (3.72 ± 0.11 ซม.) และ 45% (3.73 ± 0.13 ซม.) ($P > 0.05$)

และเมื่อพิจารณาจากผลการทดลองเพื่อประเมินประสิทธิภาพของการเสริมฟาลในสัดส่วนที่ต่างกันต่อประสิทธิภาพการเจริญเติบโต พบว่าน้ำหนักเฉลี่ยต่อวัน (ADG) สูงที่สุดในกลุ่มปลาหางนกยูงที่ได้รับฟาล 45% เท่ากับ 0.00429 กรัมต่อวัน แต่ไม่แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญเมื่อเปรียบเทียบกับกลุ่มที่ได้รับฟาล 60% ($P = 0.602$) ซึ่งปลาทั้งสองกลุ่มอัตราการเจริญเติบโตเฉพาะ (SGR) เท่ากับ 0.79 และ 0.66% ต่อวัน ตามลำดับ ส่วนกลุ่มควบคุมแสดงผลการเจริญเติบโตต่ำที่สุด ทั้งในด้าน ADG (0.00048 กรัมต่อวัน) และ SGR (0.10% ต่อวัน) (ตารางที่ 8) ในทำนองเดียวกัน อัตราการแลกเนื้อ (FCR) มีประสิทธิภาพดีที่สุดในกลุ่มที่ได้รับฟาล 45% และ 60% ซึ่งทั้งสองกลุ่มมีค่า FCR เท่ากับ 0.18 ในขณะที่ค่า FCR ที่สูงกว่าพบในกลุ่มควบคุม (0.24) และกลุ่มที่ได้รับฟาล 15% และ 30% (0.20–0.21) ที่น่าสนใจ คือ สัดส่วนฟาลที่เสริมลงในอาหารมากขึ้น ค่า FCR ที่วัดได้ในปลาทดลองมีการลดลงอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P = 0.044$) ซึ่งหมายถึงประสิทธิภาพการใช้อาหารที่ดีขึ้นเมื่อเพิ่มสัดส่วนของฟาลลงในอาหาร ข้อมูลนี้ชี้ให้เห็นว่าปริมาณโปรตีนสูงและความย่อยได้ดีของฟาลช่วยเสริมการใช้ประโยชน์ของสารอาหารในปลา ส่งผลให้ปลาสามารถเจริญเติบโตได้อย่างมีประสิทธิภาพต่อหน่วยอาหารที่บริโภค ผลการทดลองที่ได้ครั้งนี้สอดคล้องกับรายงานโดย Ahmed และ Ahmad (2002) ซึ่งพบว่าการเพิ่มระดับโปรตีนในอาหารจาก 300 เป็น 450 กรัมต่อกิโลกรัมอาหาร ส่งผลต่อการเจริญเติบโตและองค์ประกอบทางชีวเคมีในร่างกายของปลาอย่างมีนัยสำคัญ โดยช่วยปรับปรุงค่า FCR และประสิทธิภาพการเจริญเติบโตได้ในปลาหลายชนิด จากผลการทดลองที่มีความสอดคล้องกับรายงานวิจัยก่อนหน้านี้ได้เน้นย้ำถึงประสิทธิภาพของฟาลในฐานะวัตถุดิบอาหารเสริมจากพืชที่อุดมด้วยโปรตีน ซึ่งสามารถส่งเสริมการเจริญเติบโตของปลาและเพิ่มประสิทธิภาพการใช้ประโยชน์จากอาหารได้อย่างมีประสิทธิภาพ

ในส่วนอัตราการเลี้ยงรอดของปลาที่ได้รับผ่าสัดส่วนที่ต่างกัน พบว่ามีอัตราการรอดตาย ดังนี้ กลุ่มควบคุม, กลุ่มเสริมผ่า 15 และ 30 % มีอัตราการรอด เท่ากับ 96.15 % ส่วนกลุ่มเสริมผ่า 45 และ 60 % มีอัตราการรอด เท่ากับ 88.46 % ตามลำดับ ซึ่งถึงแม้ว่ามีอัตราการเลี้ยงรอดที่แตกต่างกัน แต่เมื่อพิจารณาถึงสัดส่วนของผ่าที่ให้ต่ออัตราการเลี้ยงรอดนั้นยังไม่แสดงความสัมพันธ์อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($r^2 = 0.75$, $P = 0.058$) ซึ่งชี้ให้เห็นว่าแม้แนวโน้มการรอดชีวิตจะลดลงเมื่อเพิ่มปริมาณผ่า แต่ความแปรปรวนที่พบยังไม่เพียงพอที่จะยืนยันความสัมพันธ์เชิงเส้นได้อย่างมั่นใจ ผลลัพธ์นี้สอดคล้องกับงานวิจัยอื่นในวงการเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำ ซึ่งพบว่าการเสริมแหล่งโปรตีนทางเลือก เช่น ผ่า ในระดับปานกลางมักช่วยส่งเสริมสุขภาพและอัตราการรอดชีวิตของปลาได้ดี แต่การเสริมในระดับสูงเกินไปอาจส่งผลเสียต่อความนำกินของอาหารหรือความสมดุลทางโภชนาการ เช่น รายงานของ El-Sayed (2003) ระบุว่า ผักตบชวน้ำ (*Lemna* spp.) สามารถเสริมในอาหารปลาไนล์ได้สูงถึง 40% โดยไม่ส่งผลเสียต่อการเจริญเติบโตหรือการรอดชีวิต แต่ในระดับที่สูงกว่านี้อาจทำให้คุณภาพอาหารลดลง เนื่องจากมีปริมาณเส้นใยเพิ่มขึ้นและความสามารถในการย่อยลดลง เช่นเดียวกับผลการศึกษานี้ที่พบว่าการลดลงของอัตราการรอดชีวิตในกลุ่มที่เสริม 45% และ 60% อาจเกิดจากสัดส่วนองค์ประกอบในอาหารไม่เหมาะสม หรือมีการบริโภคอาหารลดลงเมื่อมีการเสริมผ่าในระดับสูง โดยอัตราการรอดชีวิตที่ลดลงในปลาที่ได้รับอาหารจากพืชในปริมาณสูง อาจเป็นผลมาจากการเพิ่มขึ้นของสารพอลิแซ็กคาไรด์ที่ไม่ใช่แป้งที่พบได้ในผ่าและพืชอาหาร เช่น เซลลูโลส เฮมิเซลลูโลส และ เพกทิน ซึ่งแม้จะเป็นประโยชน์ต่อสุขภาพลำไส้ในปริมาณที่เหมาะสม แต่เมื่อบริโภคในปริมาณมากเกินไปอาจขัดขวางการดูดซึมสารอาหารได้ (Krogdahl et al., 2005; Dhamaratana et al., 2025) แต่อย่างไรก็ตามอัตราการเลี้ยงรอดนั้นยังต้องพิจารณาถึงปัจจัยทางสุขภาพของตัวสัตว์และสายพันธุ์ และปัจจัยสิ่งแวดล้อม เช่น คุณภาพน้ำและความหนาแน่นของการเลี้ยง ซึ่งอาจมีผลต่ออัตราการรอดชีวิตโดยไม่เกี่ยวข้องกับอาหาร แม้ว่าค่า r^2 ที่ 0.75 จะแสดงถึงความสัมพันธ์ในระดับค่อนข้างสูง แต่ค่า P (0.058) ยังคงสูงกว่าค่าระดับนัยสำคัญทั่วไป ($P < 0.05$) เล็กน้อย ซึ่งบ่งชี้ว่าควรมีการวิจัยเพิ่มเติมด้วยขนาดตัวอย่างที่มากขึ้นหรือระยะเวลาทดลองที่ยาวนานขึ้น เพื่อชี้แจงผลของการเสริมผักตบชวน้ำในระดับสูงต่ออัตราการรอดชีวิตของปลาให้ชัดเจนยิ่งขึ้น

ดังนั้นจากผลการศึกษาครั้งนี้แสดงให้เห็นว่าผ่า (*Wolffia* spp.) มีคุณค่าทางโภชนาการที่ดี โดยมีปริมาณโปรตีนและพลังงานสูง ซึ่งสนับสนุนศักยภาพของพืชชนิดนี้ในฐานะวัตถุดิบอาหารสัตว์น้ำที่ยั่งยืนเมื่อเสริมในอาหารปลาหางนกยูง ผ่าได้ช่วยเสริมประสิทธิภาพการเจริญเติบโตได้อย่างมีนัยสำคัญ โดยเฉพาะในระดับการเติม 45% ซึ่งให้ค่าอัตราการเจริญเติบโตเฉลี่ยต่อวัน อัตราการเจริญเติบโตเฉพาะ และอัตราการแลกเนื้อที่มีประสิทธิภาพดีที่สุด แม้ว่าการเสริมผ่าลงในอาหารในสัดส่วน 60% จะช่วยเพิ่มน้ำหนักตัวและความยาวลำตัวปลาสุดท้ายได้มากขึ้น แต่ประโยชน์ด้านการเจริญเติบโตกลับคงที่ และพบแนวโน้มการลดลงเล็กน้อยของอัตราการรอดชีวิต ซึ่งไม่แตกต่างอย่างมี

นัยสำคัญในระดับที่สูงขึ้น ข้อค้นพบเหล่านี้ชี้ให้เห็นว่าการผ่าในอาหารสามารถทดแทนวัตถุดิบอาหารสัตว์ทั่วไปได้อย่างมีประสิทธิภาพ

ข้อจำกัดในการศึกษา

1. ความยากของการรวบรวมข้อมูล ในขั้นตอนการวิเคราะห์การเจริญเติบโตของปลาหางนกยูง ซึ่งจะต้องเก็บข้อมูลทั้งน้ำหนักและความยาวของปลาหางนกยูงทุกตัว เพื่อลดความลำเอียงของการวิเคราะห์ค่าการเจริญเติบโตของปลาหางนกยูงในเรื่องของปัจจัยกวนที่ไม่สามารถควบคุมได้ คือ พฤติกรรมการกินอาหารของปลาหางนกยูงแต่ละตัว โดยประชากรของปลาหางนกยูงที่ใช้ทดลองมีจำนวนทั้งหมด 135 ตัว ซึ่งเป็นจำนวนที่มากเกินไปสำหรับการเก็บรวบรวมข้อมูลในแต่ละสัปดาห์ ตั้งแต่เริ่มการทดลองจนสิ้นสุดการทดลอง เป็นระยะเวลา 6 สัปดาห์ เนื่องจากผู้วิจัยจะต้องเก็บรวบรวมข้อมูลจำนวนมากทำให้เกิดข้อผิดพลาดในระหว่างการเก็บรวบรวมข้อมูลได้ รวมทั้งความยาก ในการเก็บข้อมูลจากปลาหางนกยูงที่ยังมีชีวิตอยู่ ซึ่งต้องระมัดระวังเป็นพิเศษ เพราะปลาหางนกยูงมีขนาดเล็กทำให้การจับบังคับควบคุมในระหว่างการเก็บบันทึกข้อมูลการเจริญเติบโต ซึ่งทำได้ค่อนข้างยาก

2. ความยากในการควบคุมตัวแปรเกิน/ปัจจัยกวน เนื่องจากปัจจัยกวนที่มีผลต่อการเจริญเติบโตของปลาหางนกยูงมีหลายปัจจัย โดยปัจจัยกวนที่สามารถควบคุมได้ คือ ปริมาณอาหารที่ปลาหางนกยูงควรได้รับต่อวัน (0.014 กรัมต่อตัวต่อวัน), ชนิด, สายพันธุ์, เพศ, อายุของปลา (ปลาหางนกยูงพันธุ์พื้นเมืองเทศเมีย อายุตั้งแต่ 3 เดือนขึ้นไป (หลังอนุบาล)), แหล่งน้ำและปริมาณน้ำที่ใช้เลี้ยงปลาหางนกยูง (น้ำประปา, ปริมาณ 4,000 มิลลิลิตร หรือ 4 ลิตร) และการเปลี่ยนถ่ายน้ำเลี้ยงปลา (เปลี่ยนถ่ายน้ำเลี้ยงปลาทุกครั้งหลังจากพักน้ำทิ้งไว้ 3 วัน) แต่ตัวแปรเกิน/ปัจจัยกวนที่ไม่สามารถควบคุมได้ คือ สภาพแวดล้อมภายนอก เช่น แสง, อุณหภูมิ และสภาพอากาศในระหว่างที่ทำการทดลอง ซึ่งทำให้มีผลต่อการเจริญเติบโต, พฤติกรรมการกินอาหาร และระบบภูมิคุ้มกันของปลาหางนกยูง รวมถึงมีผลต่อค่าคุณภาพน้ำที่ใช้ในการเลี้ยงปลาหางนกยูง โดยปัจจัยเหล่านี้เป็นสาเหตุหนึ่งที่ทำให้ปลาหางนกยูงป่วยหรือตายได้ในระหว่างการทดลอง

ข้อเสนอแนะและแนวทางการนำผลการศึกษาไปใช้

ในการศึกษาครั้งนี้มุ่งเน้นประเมินคุณค่าทางโภชนาการของผ่า ความเป็นไปได้ในการใช้ผ่าเสริมลงในอาหารสัตว์เพื่อทดแทนโปรตีนซึ่งเป็นสารอาหารที่สำคัญต่อการเจริญเติบโตของสัตว์น้ำ ประเมินถึงสัดส่วนของผ่าที่เหมาะสมต่อประสิทธิภาพการเจริญเติบโตของปลาหางนกยูง แต่อย่างไรก็ตามผลการศึกษานี้สามารถนำไปใช้เป็นข้อมูลพื้นฐานเพื่อต่อยอดงานวิจัยเชิงลึกเพื่อส่งเสริมผลก้นการนำผ่าไปใช้ประโยชน์เชิงพาณิชย์ เช่น การศึกษารูปแบบแปรรูปผ่าต่อประสิทธิภาพการเจริญเติบโต

ของสัตว์น้ำ การศึกษาเปรียบเทียบจำนวนและชนิดจุลินทรีย์ที่มีประโยชน์ในทางเดินอาหารของสัตว์น้ำที่ได้รับผ้าที่สัสดส่วนต่างกัน หรือการศึกษาการเปลี่ยนแปลงของสีลำตัวของปลาสวยงามที่ได้รับผ้าสัสดส่วนต่างกัน

จากการศึกษาครั้งนี้สามารถนำผลการศึกษาไปใช้ประโยชน์ ได้ดังนี้

1. สามารถใช้เป็นข้อมูลเบื้องต้นในการพัฒนาสูตรอาหารสำหรับใช้เลี้ยงสัตว์น้ำสวยงามต่อไป
2. เป็นแนวทางให้ผู้สนใจทำการศึกษา สามารถนำข้อมูลดังกล่าวไปเป็นข้อมูลสำหรับการวิจัยในขั้นสูงต่อไป
3. การเพิ่มมูลค่าให้กับผ้าที่เป็นวัตถุดิบท้องถิ่นที่มีราคาถูกและหาได้ง่ายตามธรรมชาติ โดยการนำมาเสริมในอาหารเลี้ยงปลาสวยงาม รวมทั้งช่วยประหยัดต้นทุนค่าอาหารสัตว์ของเกษตรกรผู้เลี้ยง และ เจ้าของกิจการฟาร์มเพาะเลี้ยงปลาสวยงาม

บรรณานุกรม

- กระสินธุ์ หังสพฤกษ์. (2552). การเพาะเลี้ยงปลาทางนกกุ้งและปลากัด. วารสารแม่โจ้ปริทัศน์, 10(1), 24-30.
- กระทรวงพาณิชย์. (2567). ข้อมูลราคาอาหารสัตว์และวัตถุดิบอาหารสัตว์-ค่าส่ง ข้อมูลวันที่ 15 มีนาคม พ.ศ.2567. สืบค้นจาก <https://www.moc.go.th/th/page/item/index/id/1>
- กฤษณา แก้วขุ่ม, ภิระ ไกรแสงศรี. (2545). สายพันธุ์และการเพาะเลี้ยงปลาทางนกกุ้ง อ้างอิงใน ปศุสัตว์.คอม สืบค้นจาก <https://pasusat.com/%E0%B8%9B%E0%B8%A5%E0%B8%B2%E0%B8%AB%E0%B8%B2%E0%B8%87%E0>
- เกรียงศักดิ์ เม่งอำพัน, ทิพสุคนธ์ พิมพ์พิมล, อานูภาพ วรรณคนาพล, เทพรัตน์ อึ้งเศรษฐ์พันธ์. (2545). การสำรวจข้อมูลด้านการพัฒนาระบบสืบพันธุ์ของปลาบึกในแหล่งน้ำธรรมชาติของ ประเทศไทยเพื่อการอนุรักษ์และขยายพันธุ์ (รายงานผลงานวิจัย). เชียงใหม่: มหาวิทยาลัยแม่โจ้.
- ธนาภรณ์ จิตตपालพงศ์ (2557). การสร้างสูตรอาหารสัตว์น้ำและสูตรอาหารสัตว์น้ำเศรษฐกิจ. ราชการบริหารส่วนกลาง. กรมประมง. กระทรวงเกษตรและสหกรณ์, 54 หน้า.
- ด่านตรวจสัตว์น้ำท่าอากาศยานสุวรรณภูมิ เขตปลอดอากร ตำบลราชาเทวะ อำเภอบางพลี จังหวัดสมุทรปราการ. (2564). สถิติการนำเข้าส่งออกสัตว์น้ำทางท่าอากาศยานสุวรรณภูมิ เดือนมกราคม 2564. สืบค้นจาก https://www4.fisheries.go.th/local/file_document/20210204192638_1_file.pdf
- นิตยา เกตุแก้ว, ดวงรัตน์ ชูเกิด, สุรพล จิตินากุล. (2558). การผลิตไข่ไข่ด้วยน้ำทิ้งจากบ่อเลี้ยงปลาตก. วารสารเกษตรพระจอมเกล้า, 33, 869-876.
- นิศาชล ฤกษ์แก้วมา. (2548). การศึกษาการใช้ประโยชน์จากไข่น้ำเพื่อใช้เป็นอาหารปลา. สถาบันวิจัยและฝึกอบรมการเกษตรสกลนคร, มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลอีสาน. สกลนคร. สืบค้นจาก https://www4.fisheries.go.th/local/file_document/20220926113628_1_file.pdf
- บุญทิศา ขาดิขานี, สุนันทา เลาวัญศิริ, กรรณิการ์ ชูเกียรติวัฒนา. (2556). การบำบัดน้ำเสียฟาร์มสุกรโดยใช้ไข่น้ำเพื่อเป็นอาหารเสริมเลี้ยงสัตว์. วารสารบัณฑิตศึกษา มหาวิทยาลัยราชภัฏสกลนคร, 10(50), 113-122.

- วรรณณี จันทร์แก้ว และอัมพร รัตนมุสิก. (2562). เปรียบเทียบคุณค่าทางโภชนาการ โลหะหนัก ตกค้าง สารสี และฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระของไข่น้ำ (*Wolffia*) จากธรรมชาติและการเลี้ยง. รายงานวิจัยฉบับสมบูรณ์งบประมาณเงินรายได้ 2562. นครศรีธรรมราช: คณะเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลศรีวิชัย.
- วรวิทย์ รอยา. (2558), การเพาะเลี้ยงปลาหางนกยูง. ข่าวสารเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, 60(2), 9-25.
- วนิดา ปานอุทัย. (2563). ผำ: พืชน้ำขนาดเล็กและแหล่งโปรตีนทางเลือกเพื่อสุขภาพ. *อาหาร*, 50 (4), 28-36.
- วัฒนา วัฒนกุล, อุไรวรรณ วัฒนกุล, จิโรจน์ พีระเกียรติขจร. (2544). การวิจัยและพัฒนาการเพิ่ม ประสิทธิภาพในการผลิตปลากัดไทย (รายงานการวิจัย). นครศรีธรรมราช: มหาวิทยาลัย เทคโนโลยีราชมงคลศรีวิชัย.
- วิณกร ที่รัก. (2555). ผลการเสริมไข่น้ำต่อประสิทธิภาพการผลิต และต้นทุนค่าอาหารของปลานิล แดง. นนทบุรี: มหาวิทยาลัยสุโขทัยธรรมาธิราช.
- วีรพงศ์ วุฒิพันธุ์ชัย, สุปันธิต นิมรัตน์. (2562) การพัฒนาสูตรอาหารเม็ดสำหรับเลี้ยงปลานิล ด้วยแนวทางการศึกษาประสิทธิภาพการย่อยอาหาร (รายงานวิจัยฉบับสมบูรณ์). ชลบุรี: มหาวิทยาลัยบูรพา.
- ศรัณย์ รักษาพรหมณ์, ณัฐพล ราชมินต์, (2561). ผลของการทดแทนปลาปนด้วยไข่น้ำในสูตร อาหารเลี้ยง ปลาทอง. การประชุมวิชาการระดับชาติ “วลัยลักษณ์วิจัย” ครั้งที่ 10, 1-5.
- ศิริภาวี ศรีเจริญ, นำชัย เจริญเทศประสิทธิ์, วิรัช จิวแหยม, พีระพงษ์ แพงไพร, รัศมี ชูชีพ. (2544). การเพาะเลี้ยงไข่น้ำ (*Wolffia arrhizal*) สำหรับการลดต้นทุนค่าอาหารปลา. *วารสารวิจัย มช.*, 6(2), 6-15.
- ศูนย์วิจัยและพัฒนาการเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำจืดพิจิตร, (ม.ป.ป). การเพาะขยายพันธุ์ผำในบ่อซีเมนต์ สืบค้นจาก : chrome-extension://efaidnbnmnibpcajpcglclefindmkaj/https://www4.fisheries.go.th/local/file_document/20221012095559_1_file.pdf
- สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี (สสวท.), (2564). สิ่งที่เป็นต่อการ เจริญเติบโตและการดำรงชีวิตของมนุษย์และสัตว์. สืบค้นจาก<https://www.scimath.org/video-science/item/10940-2019-10-18-04-48-23>
- สุทิน สมบูรณ์. (2558). การเพาะเลี้ยงและการใช้ประโยชน์จากไข่น้ำ (ไข่น้ำ). ข่าวสารเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, 60(2), 61-74.

- อมลณัฐ ฉัตรตระกูล, ศันสนีย์ อุดมอ่าง, วิลาสินี ดีปัญญา, กฤษฎ์พนธ์ พรรณรัตน์ชัย. (2555). เทคโนโลยีการผลิตและการใช้ประโยชน์ของไข่น้ำในเชิงพาณิชย์ (รายงานวิจัยฉบับสมบูรณ์). เพชรบูรณ์: คณะเทคโนโลยีการเกษตร มหาวิทยาลัยราชภัฏเพชรบูรณ์.
- อุมาพร นิยะนุช, รัชฎา ตั้งวงศ์ไชย. (2553) การเปลี่ยนแปลงหลังการเก็บเกี่ยวขององค์ประกอบและ กิจกรรมในการต้านออกซิเดชันของไข่น้ำ (วิทยานิพนธ์). มหาวิทยาลัยขอนแก่น. สืบค้นจาก DOI : https://doi.nrct.go.th/ListDoi/listDetail?Resolve_DOI=10.14457/KKU.the.2010.158
- Ahmed, I., and Ahmad, I. (2020). Effect of dietary protein levels on growth performance, hematological profile and biochemical composition of fingerlings rainbow trout, *Oncorhynchus mykiss* reared in Indian himalayan region. *Aquac. Rep.* 16: 100268.
- Appenroth, Klaus-J., Sree, K. S., Bog, M., Ecker, J., Seeliger, C., Böhm, V., Lorkowski, S., Sommer, K., Vetter, W., Tolzin-Banasch, K., Kirmse, R., Leiterer, M., Dawczynski, C., Liebisch, G., & Jahreis, G. (2018). Nutritional value of the duckweed species of the genus *Wolffia* (Lemnaceae) as human food. *Frontiers in Chemistry*, 6.
- Cheng, J., Bergmann, B. A., Classen, J. J., Stomp, A. M., & Howard, J. W. (2002). Nutrient recovery from swine lagoon water by *Spirodela punctata*. *Bioresource Technology*, 81(1), 81–85.
- Cui, W., Cheng, J. J. (2014). Growing duckweed for biofuel production: a review. *Plant Biology*, 17(s1), 16–23.
- Duangjarus, N., Chaiworapuek, W., Rachtanapun, C., Ritthiruangdej, P., Charoensiddhi, S. (2022). Antimicrobial and functional properties of duckweed (*Wolffia globosa*) protein and peptide extracts prepared by ultrasound-assisted extraction. *Foods*. 11, 2348.
- El-sayed, A. (2003). Effects of fermentation methods on the nutritive value of water hyacinth for Nile tilapia *Oreochromis niloticus* (L.) fingerlings. *Aquaculture*. 218: 471-478.
- Fadel, A., Lamin, A., Ali, R., and Momen, K. (2021). Effect of different dietary protein levels on survival rate and growth performance of guppy (*Poecilia reticulata*). *Al-Mukhtar J. Sci.* 36: 175-181.

- Gogoi, S., Mandal, S., Patel, A. (2017). Effect of dietary *Wolffia arrhiza* and *Spirulina platensis* on growth performance and pigmentation of Queen loach *Botia dario* (Hamilton, 1822). *Aquaculture Nutrition*, 24(1), 285-291.
- Houlihan, D., Boujard, T., & Jobling, M. (2001). Food Intake in Fish. In Wiley eBooks. <https://doi.org/10.1002/9780470999516>
- Hu, Zhubin., Fang, Yang., Yi, Zhuolin., Tian, Xueping., Li, Jinmeng., Jin, Yanling., He, Kai-Ze., Liu, Penghui., Du, Anping., Huang, Yuhong., Zhao, Hai. (2021). Determining the nutritional value and antioxidant capacity of duckweed (*Wolffia arrhiza*) protein under artificial conditions. *LWT*, 153.
- Kattakdad, S., Suratip, N., Phungam, N., Udduang, S. (2021). The effect of substituting soybean meal with duckweed (*Wolffia arrhiza*) in the diet of Siamese fighting fish (*Betta splendens* Regan, 1910). In *AACL Bioflux*. 14(6), 3654–3655.
- Khoo L., Lim T.M., Chan W.K., Phang V.P.E. (1999). Genetic basis of the variegated tail pattern in the guppy, *Poecilia reticulata*. *Zool. Sci*, 16, 431–437.
- Kithsiri, H. M., Sharma, A., Zaidi, S., Pal, A., and Gudipati, V. (2010). Growth and reproductive performance of female guppy, *Poecilia reticulata* (Peters) fed diets with different nutrient levels. *Indian J. Fish.* 57: 65-71.
- Krogdahl, A., Hemre, G.-I., and Momsen, T. P. (2005). Carbohydrates in fish nutrition: digestion and absorption in postlarval stages. *Aquac. Nutr.* 11(2): 103–122.
- Romano LE., Aronne G. (2021). The world smallest plants (*Wolffia* Sp.) as potential species for bioregenerative life support systems in space. *Plants*, 10(9), 1896.
- Ruekaewma, Nisachol., Piyatiratitivorakul, Somkiat., Powtongsook, Sorawit. (2015). Culture system for *Wolffia globosa* L. (Lemnaceae) for hygiene human food. *Songklanakarin Journal of Science and Technology*, 37, 575-580.
- Said, S. D., Chrismadha, T., Mayasari, N., Febrianti, D., Suri, A. (2022). Nutrition value and growth ability of aquatic weed *Wolffia globosa* as alternative feed sources for aquaculture system. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*, 950.

- Sirirustananun, N. (2018). Appropriate proportion of water meal (*Wolffia arrhiza* (L.)) and commercial diet in combined feeding for tilapia fingerlings rearing. *International Journal of Agricultural Technology*, 14(2), 249–258.
- Tate, M., McGoran, R.E., White, C.R., Portugal, S.J. (2017). Life in a bubble: the role of the labyrinth organ in determining territory, mating and aggressive behaviours in anabantoids. *J Fish Biol*, 91(3), 723-749.
- Xu, J., Shen, Y., Zheng, Y., Smith, G., Sun, X. S., Wang, D., Yong, Z., Zhang, W., Li, Y. (2021). Duckweed (Lemnaceae) for potentially nutritious human food: A review. *Food Reviews International*, 39(7), 3620–3634.
- Yang, J., Zhao, X., Li, G., Hu, S., Hou, H. (2021). Frond architecture of the rootless duckweed *Wolffia globosa*. *BMC Plant Biol*, 21, 387.
- Ziegler, P., Adelmann, K., Zimmer, S., Schmidt, C., Appenroth, K. (2014). Relative in vitro growth rates of duckweeds (Lemnaceae) – the most rapidly growing higher plants. *Plant Biology*, 17(s1), 33–41.

ภาคผนวก ก

ภาพตัวอย่างผ้า กระบวนการเตรียม
และผลการตรวจวิเคราะห์โภชนาการ

ภาพตัวอย่างผ้าและกระบวนการเตรียม



ผ้าสด สำหรับใช้ตากแห้ง



นำผ้าสดมาล้างน้ำให้สะอาด



กรองเฉพาะผ้าสดใส่ถาดสำหรับตากแห้ง



นำผ้าที่เตรียมได้ไปตากแห้ง



ผ้าที่ผ่านการตากแห้งมาเป็นเวลา 2 วัน



ผ้าแห้งที่เตรียมได้ (375 กรัม)



รายงานผลการทดสอบ

ศูนย์สิ่งแวดล้อม และทดสอบผลิตภัณฑ์
มหาวิทยาลัยราชภัฏเชียงราย เลขที่ 80 หมู่ 9
ตำบลบ้านดู่ อำเภอเมืองเชียงราย จังหวัดเชียงราย 57100
โทรศัพท์ 053-776054

รายงานผลเลขที่ : 575/2567
รหัสปฏิบัติการเลขที่ : 571-08/07/67
วันที่ออกรายงานผล : 1 สิงหาคม 2567

ชื่อลูกค้า : มหาวิทยาลัยราชภัฏเชียงราย
ที่อยู่ : 80 หมู่ 9 ตำบลบ้านดู่ อำเภอเมืองเชียงราย จังหวัดเชียงราย 57100
ข้อมูลติดต่อ : โทรศัพท์ 081-4308444
วันที่รับตัวอย่าง : 8 กรกฎาคม 2567
ชื่อตัวอย่าง : ผ้าม่านห่ม
ลักษณะตัวอย่าง : ผ้าม่านห่ม สีเขียว บรรจุในถุงพลาสติกซีปล็อก
: จำนวน 3 ถุง ปริมาณ 300 กรัม (100 กรัมต่อถุง)

วันที่ทำการทดสอบ : 8-25 กรกฎาคม 2567

อุปกรณ์ขอรับ : -

ลำดับ	รายการทดสอบ	ผลการทดสอบ	หน่วย	LOD	วิธีทดสอบ
1	Ash	11.79	g/100 g	-	AOAC (2019) 920.153
2	Carbohydrate	49.20	g/100 g	-	Method of Analysis for Nutrition Labeling (1993), Chapter 6 Proximate and Mineral Analysis
3	Energy	319.46	Kcal/100 g	-	
4	Fat	3.78	g/100 g	-	AOAC (2019) 948.15
5	Moisture	13.07	g/100 g	-	AOAC (2019) 950.46 (B)
6	Protein	22.16	g/100 g	-	AOAC (2019) 991.20

สิ้นสุดรายงานผลการทดสอบ

ISO/IEC 17025

EPTEC
ENVIRONMENT AND PRODUCT TESTING CENTER


(นางสาวอริศนา ไทสีริ่งเรืองฤทธิ์)
หัวหน้าฝ่ายปฏิบัติการ


(นายอานันท์ คุณะนันท)
หัวหน้าห้องปฏิบัติการ

รายงานผลการทดสอบนี้เป็นเอกสารเฉพาะของทางศูนย์ไม่ได้เป็นความลับและเป็นเอกสารที่จัดทำจากมหาวิทยาลัยราชภัฏเชียงราย ยกเว้นสำเนาที่ฉบับ
รายงานนี้มิได้มีผลผูกพันกับตัวอย่างที่นำมาทดสอบ ค่าที่ทดสอบได้เป็นไปตามสภาพตัวอย่างที่นำส่งเท่านั้น

แบบบันทึกการรายงานผล ฉบับที่ 2 วันที่ออก 18 มกราคม 2564

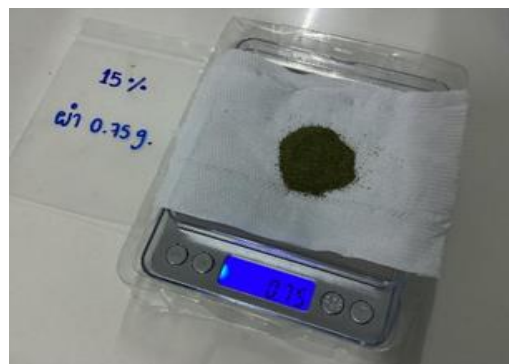
หน้า 1 จาก 1

ภาคผนวก ข

ภาพขั้นตอนการเตรียมอาหารปลาที่เสริมฟำ



ชั่งน้ำหนักอาหารปลา



ชั่งน้ำหนักผ่ำตามสัดส่วนของอาหารปลา



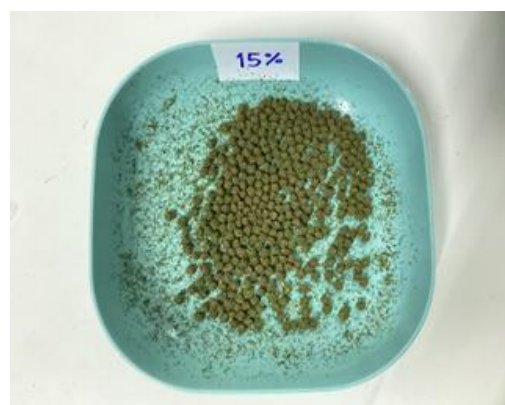
เตรียมสารเหนียว (แป้งข้าวโพด)



ผสมผ่ำและสารเหนียวให้เข้ากัน



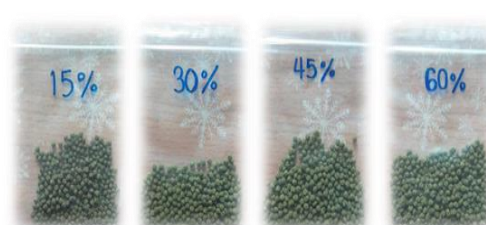
ผสมผ่ำ สารเหนียว และอาหารปลา เข้าด้วยกัน



ได้เม็ดอาหารปลาที่เสริมผ่ำ



เก็บที่อุณหภูมิ 4°C 1 คืน



ได้เม็ดอาหารที่พร้อมทดลอง

ภาคผนวก ค

ภาพการเตรียมน้ำและการเลี้ยงปลาหางนกยูง



น้ำ และถังพักน้ำสำหรับเลี้ยงปลาทดลอง



ชุดตรวจคุณภาพน้ำสำเร็จรูป



ชุดตรวจค่าการละลายตัวของออกซิเจนในน้ำ



ภาชนะเลี้ยงปลาทดลอง



ปลาหางนกยูงที่เลี้ยงโดยแบ่งตามกลุ่มที่ได้รับผำในสัดส่วนที่ต่างกัน ที่อุณหภูมิ 25° C

ภาคผนวก ง
ภาพการบันข้อมูลดิบ

ตารางบันทึกข้อมูลดิบ

1	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N	O	P	Q	R
2		กลุ่มทดลอง	น้ำหนักตัวรวมของกลุ่มทดลองแต่ละกลุ่ม (กิโลกรัม) (เก็บตัวน้ำหนักทดลอง - ต้นฤดูการทดลอง)															
3			15/6/2567	22/6/2567	29/6/2567	6/7/2567	13/7/2567	20/7/2567	27/7/2567									
4		กลุ่มควบคุม	0.48	0.48	0.49	0.49	0.50	0.50	0.51									
5		กลุ่มทดลองที่ 1 ตัวหนัก 15%	0.50	0.49	0.48	0.48	0.50	0.55	0.60									
6		กลุ่มทดลองที่ 2 ตัวหนัก 30%	0.48	0.48	0.47	0.48	0.49	0.54	0.58									
7		กลุ่มทดลองที่ 3 ตัวหนัก 45%	0.47	0.51	0.47	0.52	0.54	0.60	0.65									
8		กลุ่มทดลองที่ 4 ตัวหนัก 60%	0.50	0.56	0.53	0.54	0.55	0.67	0.67									
9																		
10																		
11		กลุ่มทดลอง	ความยาวเฉลี่ยรวมของกลุ่มทดลองแต่ละกลุ่ม (เซนติเมตร) (เก็บตัวน้ำหนักทดลอง - ต้นฤดูการทดลอง)															
12			15/6/2567	22/6/2567	29/6/2567	6/7/2567	13/7/2567	20/7/2567	27/7/2567									
13		กลุ่มควบคุม	3.30	3.41	3.43	3.51	3.51	3.57	3.60									
14		กลุ่มทดลองที่ 1 ตัวหนัก 15%	3.29	3.42	3.43	3.47	3.48	3.60	3.64									
15		กลุ่มทดลองที่ 2 ตัวหนัก 30%	3.31	3.38	3.43	3.44	3.48	3.62	3.72									
16		กลุ่มทดลองที่ 3 ตัวหนัก 45%	3.37	3.37	3.44	3.52	3.56	3.64	3.73									
17		กลุ่มทดลองที่ 4 ตัวหนัก 60%	3.36	3.37	3.53	3.54	3.61	3.74	3.78									
18																		
19																		
20																		
21																		

น้ำหนักตัวรวมของกลุ่มทดลองแต่ละกลุ่ม (กิโลกรัม) (เก็บตัวน้ำหนักทดลอง - ต้นฤดูการทดลอง)

■ กลุ่มควบคุม ■ กลุ่มทดลองที่ 1 ตัวหนัก 15% ■ กลุ่มทดลองที่ 2 ตัวหนัก 30% ■ กลุ่มทดลองที่ 3 ตัวหนัก 45%

ความยาวเฉลี่ยรวมของกลุ่มทดลองแต่ละกลุ่ม (เซนติเมตร) (เก็บตัวน้ำหนักทดลอง - ต้นฤดูการทดลอง)

■ กลุ่มควบคุม ■ กลุ่มทดลองที่ 1 ตัวหนัก 15% ■ กลุ่มทดลองที่ 2 ตัวหนัก 30% ■ กลุ่มทดลองที่ 3 ตัวหนัก 45%

ภาคผนวก จ

ตัวอย่างผลการวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติ

ตัวอย่างการวิเคราะห์ความแปรปรวนทางเดียว

1. น้ำหนักตัวก่อนทดลอง

ANOVA

กรัม

	Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Between Groups	.026	4	.006	.940	.443
Within Groups	.864	125	.007		
Total	.890	129			

Multiple Comparisons

Dependent Variable: กรัม

	(I) กลุ่มทดลอง	(J) กลุ่มทดลอง	Mean Difference (I-J)	Std. Error	Sig.	95% Confidence Interval	
						Lower Bound	Upper Bound
Tukey HSD	กลุ่มควบคุม	15% ผ่า	-.02154	.02306	.883	-.0854	.0423
		30% ผ่า	.00231	.02306	1.000	-.0615	.0661
		45% ผ่า	.01192	.02306	.986	-.0519	.0758
		60% ผ่า	-.02423	.02306	.831	-.0881	.0396
	15% ผ่า	กลุ่มควบคุม	.02154	.02306	.883	-.0423	.0854
		30% ผ่า	.02385	.02306	.839	-.0400	.0877
		45% ผ่า	.03346	.02306	.596	-.0304	.0973
		60% ผ่า	-.00269	.02306	1.000	-.0665	.0611
	30% ผ่า	กลุ่มควบคุม	-.00231	.02306	1.000	-.0661	.0615
		15% ผ่า	-.02385	.02306	.839	-.0877	.0400
		45% ผ่า	.00962	.02306	.994	-.0542	.0734
		60% ผ่า	-.02654	.02306	.779	-.0904	.0373
	45% ผ่า	กลุ่มควบคุม	-.01192	.02306	.986	-.0758	.0519
		15% ผ่า	-.03346	.02306	.596	-.0973	.0304
		30% ผ่า	-.00962	.02306	.994	-.0734	.0542
		60% ผ่า	-.03615	.02306	.521	-.1000	.0277
	60% ผ่า	กลุ่มควบคุม	.02423	.02306	.831	-.0396	.0881
		15% ผ่า	.00269	.02306	1.000	-.0611	.0665
		30% ผ่า	.02654	.02306	.779	-.0373	.0904
		45% ผ่า	.03615	.02306	.521	-.0277	.1000

2. น้ำหนักตัวสัตว์สัปดาห์สุดท้ายของการทดลอง

ANOVA

น้ำหนักตัวG

	Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Between Groups	.414	4	.103	8.125	.000
Within Groups	1.591	125	.013		
Total	2.005	129			

Multiple Comparisons

Dependent Variable: น้ำหนักตัวG

			Mean Difference (I-J)	Std. Error	Sig.	95% Confidence Interval	
(I) กลุ่มG	(J) กลุ่มG	Lower Bound				Upper Bound	
Tukey HSD	กลุ่มควบคุม	15% ผ่า	-.08654	.03129	.050	-.1732	.0001
		30% ผ่า	-.06615	.03129	.221	-.1528	.0205
		45% ผ่า	-.13885*	.03129	.000	-.2255	-.0522
		60% ผ่า	-.15962*	.03129	.000	-.2462	-.0730
	15% ผ่า	กลุ่มควบคุม	.08654	.03129	.050	-.0001	.1732
		30% ผ่า	.02038	.03129	.966	-.0662	.1070
		45% ผ่า	-.05231	.03129	.455	-.1389	.0343
		60% ผ่า	-.07308	.03129	.141	-.1597	.0135
	30% ผ่า	กลุ่มควบคุม	.06615	.03129	.221	-.0205	.1528
		15% ผ่า	-.02038	.03129	.966	-.1070	.0662
		45% ผ่า	-.07269	.03129	.145	-.1593	.0139
		60% ผ่า	-.09346*	.03129	.028	-.1801	-.0068
	45% ผ่า	กลุ่มควบคุม	.13885*	.03129	.000	.0522	.2255
		15% ผ่า	.05231	.03129	.455	-.0343	.1389
		30% ผ่า	.07269	.03129	.145	-.0139	.1593
		60% ผ่า	-.02077	.03129	.964	-.1074	.0658
	60% ผ่า	กลุ่มควบคุม	.15962*	.03129	.000	.0730	.2462
		15% ผ่า	.07308	.03129	.141	-.0135	.1597
		30% ผ่า	.09346*	.03129	.028	.0068	.1801
		45% ผ่า	.02077	.03129	.964	-.0658	.1074

3. ความยาวลำตัวก่อนทดลอง

ANOVA

เซนติเมตร

	Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Between Groups	.129	4	.032	1.180	.323
Within Groups	3.412	125	.027		
Total	3.540	129			

Multiple Comparisons

Dependent Variable: เซนติเมตร

	(I) กลุ่มทดลอง	(J) กลุ่มทดลอง	Mean Difference (I-J)	Std. Error	Sig.	95% Confidence Interval	
						Lower Bound	Upper Bound
Tukey HSD	กลุ่มควบคุม	15% ผ่า	.01154	.04582	.999	-.1153	.1384
		30% ผ่า	-.00769	.04582	1.000	-.1345	.1191
		45% ผ่า	-.06538	.04582	.612	-.1922	.0614
		60% ผ่า	-.05769	.04582	.717	-.1845	.0691
	15% ผ่า	กลุ่มควบคุม	-.01154	.04582	.999	-.1384	.1153
		30% ผ่า	-.01923	.04582	.993	-.1461	.1076
		45% ผ่า	-.07692	.04582	.451	-.2038	.0499
		60% ผ่า	-.06923	.04582	.557	-.1961	.0576
	30% ผ่า	กลุ่มควบคุม	.00769	.04582	1.000	-.1191	.1345
		15% ผ่า	.01923	.04582	.993	-.1076	.1461
		45% ผ่า	-.05769	.04582	.717	-.1845	.0691
		60% ผ่า	-.05000	.04582	.811	-.1768	.0768
	45% ผ่า	กลุ่มควบคุม	.06538	.04582	.612	-.0614	.1922
		15% ผ่า	.07692	.04582	.451	-.0499	.2038
		30% ผ่า	.05769	.04582	.717	-.0691	.1845
		60% ผ่า	.00769	.04582	1.000	-.1191	.1345
	60% ผ่า	กลุ่มควบคุม	.05769	.04582	.717	-.0691	.1845
		15% ผ่า	.06923	.04582	.557	-.0576	.1961

4. ความยาวลำตัวสัปดาห์สุดท้ายของการทดลอง

ANOVA

ความยาวลำตัวG

	Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Between Groups	.550	4	.138	10.826	.000
Within Groups	1.588	125	.013		
Total	2.139	129			

Multiple Comparisons

Dependent Variable: ความยาวลำตัวG

	(I) กลุ่มG	(J) กลุ่มG	Mean Difference (I-J)	Std. Error	Sig.	95% Confidence Interval	
						Lower Bound	Upper Bound
Tukey HSD	กลุ่มควบคุม	15% ผ่า	-.03846	.03127	.734	-.1250	.0481
		30% ผ่า	-.11923 [*]	.03127	.002	-.2058	-.0327
		45% ผ่า	-.12692 [*]	.03127	.001	-.2135	-.0404
		60% ผ่า	-.18077 [*]	.03127	.000	-.2673	-.0942
	15% ผ่า	กลุ่มควบคุม	.03846	.03127	.734	-.0481	.1250
		30% ผ่า	-.08077	.03127	.080	-.1673	.0058
		45% ผ่า	-.08846 [*]	.03127	.043	-.1750	-.0019
		60% ผ่า	-.14231 [*]	.03127	.000	-.2288	-.0558
	30% ผ่า	กลุ่มควบคุม	.11923 [*]	.03127	.002	.0327	.2058
		15% ผ่า	.08077	.03127	.080	-.0058	.1673
		45% ผ่า	-.00769	.03127	.999	-.0942	.0788
		60% ผ่า	-.06154	.03127	.288	-.1481	.0250
	45% ผ่า	กลุ่มควบคุม	.12692 [*]	.03127	.001	.0404	.2135
		15% ผ่า	.08846 [*]	.03127	.043	.0019	.1750
		30% ผ่า	.00769	.03127	.999	-.0788	.0942
		60% ผ่า	-.05385	.03127	.424	-.1404	.0327
	60% ผ่า	กลุ่มควบคุม	.18077 [*]	.03127	.000	.0942	.2673
		15% ผ่า	.14231 [*]	.03127	.000	.0558	.2288
		30% ผ่า	.06154	.03127	.288	-.0250	.1481
		45% ผ่า	.05385	.03127	.424	-.0327	.1404

ประวัติผู้วิจัย

ประวัตินักวิจัย

ชื่อ - สกุล นายสิทธิชน รัตนจันทร์

วัน เดือน ปี เกิด 27 กรกฎาคม 2524

ที่อยู่ปัจจุบัน

เลขที่ 186 หมู่ 6 ถนนบ้านฝางหมื่น ตำบลริมกก

อำเภอเมืองเชียงราย จังหวัดเชียงราย

ประวัติการศึกษา

พ.ศ. 2549	สัตวแพทยศาสตรบัณฑิต (สพ.บ. เกียรตินิยม) คณะสัตวแพทยศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีมหานคร
พ.ศ. 2557	ปรัชญาดุษฎีบัณฑิต สาขาวิชาชีววิทยา คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหิดล

ประสบการณ์การทำงาน

พ.ศ. 2549 – 2557	อาจารย์ประจำภาควิชาคลินิกสัตว์น้ำ คณะสัตวแพทยศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีมหานคร เขตหนองจอก จังหวัดกรุงเทพมหานคร
พ.ศ. 2557 - 2566	ผู้ช่วยคณบดีฝ่ายวิเทศสัมพันธ์/ ผู้ช่วยศาสตราจารย์ คณะสัตวแพทยศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีมหานคร เขตหนองจอก จังหวัดกรุงเทพมหานคร
พ.ศ. 2566 - ปัจจุบัน	อาจารย์ประจำโปรแกรมวิชาวิทยาศาสตร์สุขภาพสัตว์ / ผู้ช่วยศาสตราจารย์ / และประธานโปรแกรมวิชา คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏ เชียงราย อำเภอเมือง จังหวัดเชียงราย