



โครงการ การเรียนการสอนเพื่อเสริมประสบการณ์

ชื่อโครงการ ผลกระทบจากความยาวคลื่นแสงที่แตกต่างกันต่อพฤติกรรม
การตอบสนองและศึกษาโครงสร้างชั้นเซลล์รับภาพของปลากะพงขาว
Lates calcarifer (Bloch, 1790) ระยะวัยรุ่น

ชื่อนิสิต นางสาวตดานันท์ แก้วปราณี

ภาควิชา วิทยาศาสตร์ทางทะเล
ปีการศึกษา 2561

คณะวิทยาศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

บทคัดย่อและแฟ้มข้อมูลฉบับเต็มของโครงการทางวิชาการที่ให้บริการในคลังปัญญาจุฬาฯ (CUIR)
เป็นแฟ้มข้อมูลของนิสิตเจ้าของโครงการทางวิชาการที่ส่งผ่านทางคณะที่สังกัด
The abstract and full text of senior projects in Chulalongkorn University Intellectual Repository(CUIR)
are the senior project authors' files submitted through the faculty.

ผลกระทบจากความยาวคลื่นแสงที่แตกต่างกันต่อพฤติกรรมการตอบสนองและศึกษาโครงสร้าง
ชั้นเซลล์รับภาพของปลากระพงขาว *Lates calcarifer* (Bloch, 1790) ระยะวัยรุ่น

นางสาวศดานันท์ แก้วปราณี

โครงการการเรียนการสอนเพื่อเสริมประสบการณ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตร
ปริญญาวิทยาศาสตรบัณฑิต ภาควิชาวิทยาศาสตร์ทางทะเล
คณะวิทยาศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

Effects of the different light wavelengths on behavioral response and the structure of the retinal layer in the juvenile seabass *Lates calcarifer*
(Bloch, 1790)

Sadanun Kaewpranee

A Senior Project in Partial Fulfillment of the Requirements
for the Degree of Bachelor of Science in Marine Science
Department of Marine Science, Faculty of Science,
Chulalongkorn University Academic Year 2019

ชื่อโครงการ	ผลกระทบจากความยาวคลื่นแสงที่แตกต่างกันต่อพฤติกรรมการตอบสนองและ ศึกษาโครงสร้างชั้นเซลล์รับภาพของปลากะพงขาว <i>Lates calcarifer</i> (Bloch, 1790) ระยะวัยรุ่น
ชื่อนิสิต	นางสาวศดานันท์ แก้วปราณี
ชื่ออาจารย์ที่ปรึกษา	อาจารย์ ดร. เจษฎ์ เกษตรระทัต
อาจารย์ที่ปรึกษาร่วม	-
ปีการศึกษา	2561
ภาควิชา	วิทยาศาสตร์ทางทะเล คณะวิทยาศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

บทคัดย่อ

แสงจัดเป็นปัจจัยที่มีความสำคัญต่อการเปลี่ยนแปลงพฤติกรรมการกินอาหารและการหลบหลีกศัตรูของปลาวัยอ่อนและปลาระยะวัยรุ่น เพื่อให้สามารถดำรงชีวิตอยู่ในระบบนิเวศทางทะเลที่มีความซับซ้อนสูง งานวิจัยครั้งนี้สนใจศึกษาผลกระทบของความยาวคลื่นแสงต่อพฤติกรรมและโครงสร้างเซลล์รับภาพของปลากะพงขาว โดยคัดเลือกความยาวคลื่นแสงที่เหมาะสมในการเพาะเลี้ยงปลากะพงขาว ซึ่งพิจารณาจากพฤติกรรมและการมองเห็น ได้แก่ พฤติกรรมการกินอาหาร (Feeding), พฤติกรรมการอยู่รวมกันเป็นฝูง (schooling) และ พฤติกรรมการว่ายน้ำ (swimming) และวัดขนาดของโครงสร้างเซลล์รับภาพ การศึกษานี้ทำการเลี้ยงปลากะพงขาว จำนวน 150 ตัว 15 ตู้ ตู้ละ 10 ตัว แบ่งเป็นกลุ่มควบคุม และ 4 กลุ่มการทดลองที่ได้รับ ความยาวคลื่นแสงต่างกัน ได้แก่ แสงไฟฟลูออเรสเซนต์สีแดง (710 นาโนเมตร) แสงไฟฟลูออเรสเซนต์สีน้ำเงิน (435 นาโนเมตร) แสงไฟฟลูออเรสเซนต์สีเขียว (510 นาโนเมตร) และทึบแสง เป็นระยะเวลา 4 สัปดาห์ พบว่า แสงไฟฟลูออเรสเซนต์สีแดง (710 นาโนเมตร) ส่งผลให้ค่าความยาวเหยียดเฉลี่ยและน้ำหนักมากที่สุด เวลาที่ปลากะพงขาวเห็นเหยื่อและกินเหยื่อจนหมด แสงไฟฟลูออเรสเซนต์สีแดงยังส่งผลทำให้ขนาดเซลล์รับภาพ และชั้นเซลล์รับแสง ขนาดกว้างกว่าชุดควบคุมอย่างมีนัยสำคัญ ($P < 0.05$) แสงไฟฟลูออเรสเซนต์สีแดงส่งผลให้มีการแสดงออกของพฤติกรรมได้ดีที่สุดและส่งผลต่อขนาดชั้นเซลล์รับภาพซึ่งผลของพฤติกรรมที่ได้มีความสอดคล้องกับขนาดชั้นเซลล์รับภาพ

คำสำคัญ: ปลากะพงขาว, แสง, พฤติกรรม, ชั้นเซลล์รับภาพ

Project Title	Effects of the different light wavelengths on behavioral response and the structure of the retinal layer in the juvenile seabass <i>Lates calcarifer</i> (Bloch, 1790)
Name	Sadanun Kaewpranee
Advisor	Jes Kettratad, Ph.D.
Co-advisor	-
Academic Year	2019
Department	Marine Science, Faculty of Science, Chulalongkorn University

Abstract

Fish biology and behavior are influenced by light. Extended exposure to the certain wavelength under which teleost larvae and juvenile are reared affects growth and survival in complex ecosystem. The nature and extent of the effect of this exposure varies among species. Our study aims to determine the effect of exposing to four different wavelength light [red (710nm), blue (453 nm) and green (510nm)] on growth, behavioral response, visibility and the structure of the retinal layer in the juvenile seabass. We observed three behavioral categories (feeding, schooling and swimming) and measure the structure of the retinal layer. The juvenile sea bass were raised for 4 weeks for the experiment. The juvenile seabass reared under the fluorescent red light wavelength (710nm) had scored best in the behavioral observation, least time to eat artemia and had the thickest retina layers when compared to the other three wavelength

Keywords: seabass, light, behavioral, retinal layer

หัวข้อโครงการ ผลกระทบจากความยาวคลื่นแสงที่ต่างกันต่อพฤติกรรมการตอบสนอง
และศึกษาโครงสร้างชั้นเซลล์รับภาพของปลากะพงขาว *Lates calcarifer*
(Bloch, 1790) ระยะวันรุ่น

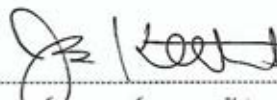
โดย นางสาวศดานันท์ แก้วปราณี
ภาควิชา วิทยาศาสตร์ทางทะเล
อาจารย์ที่ปรึกษา อาจารย์ ดร. เจษฎ์ เกษตระหัต

ภาควิชาวิทยาศาสตร์ทางทะเล คณะวิทยาศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย อนุมัติให้รับ
โครงการฉบับนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาบัณฑิต ในรายวิชา 2309499
โครงการวิทยาศาสตร์



หัวหน้าภาควิชาวิทยาศาสตร์ทางทะเล
(รองศาสตราจารย์ ดร. วรเทพ วิยกาญจน์)

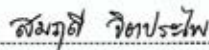
คณะกรรมการสอบโครงการ



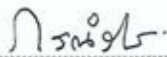
อาจารย์ที่ปรึกษา
(อาจารย์ ดร. เจษฎ์ เกษตระหัต)



กรรมการ
(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. เพ็ญใจ สมพงษ์ชัยกุล)



กรรมการ
(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. สมฤดี จิตประไพ)



กรรมการ
(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. กรณ์วี เอี่ยมสมบูรณ์)

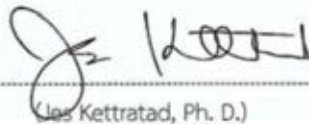
Project Title Effect of the different light wavelengths on behavioral
 response and the structure of the retinal layer in the juvenile
 seabass
By Miss Sadanun Kaewpranee
Field of Study Marine Science
Project Advisor Jes Kettratad, Ph. D.

Accepted by the Department of Marine Science, Faculty of Science,
Chulalongkorn University in Partial Fulfillment of the Requirement for the Bachelor's
Degree.



..... Head of Marine Science Department
(Assoc. Prof. Voranop Viyakarn, Ph. D.)

PROJECT COMMITTEE



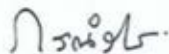
..... Project Advisor
(Jes Kettratad, Ph. D.)



..... Member
(Asst. Prof. Penjai Sompongchaiyakul, Ph. D.)

Somrudee Jitraphai

..... Member
(Asst. Prof. Somrudee Jitraphai, Ph. D.)



..... Member
(Asst. Prof. Kornrawee Aiemsomboon, Ph. D.)

กิตติกรรมประกาศ

งานวิจัยนี้สำเร็จด้วยดี เนื่องจากได้รับความกรุณาอย่างสูงจาก อาจารย์ ดร. เจษฎ์ เกษตระทัต อาจารย์ที่ปรึกษางานวิจัยที่ให้คำปรึกษา คำแนะนำ ให้การอนุเคราะห์ด้านวัสดุอุปกรณ์และสถานที่ปฏิบัติงาน ตลอดจนปรับปรุงไขข้อบกพร่อง ด้วยความเอาใจใส่เป็นอย่างดี จึงขอกราบขอบพระคุณเป็นอย่างสูง

ขอกราบขอบพระคุณรองศาสตราจารย์ ดร. วรณีย์ จิรอังกูรสกุล ภาควิชาพยาธิวิทยา มหาวิทยาลัยมหิดล ที่ให้ความอนุเคราะห์กล้องจุลทรรศน์ Canoscope DG-105-W, DG105 ที่ใช้ในการวิจัย

ขอกราบขอบพระคุณคุณพ่อ คุณแม่และครอบครัว ที่ให้คำปรึกษาในเรื่องต่างๆ รวมทั้งเป็นกำลังใจที่ดีเสมอมา

ขอบคุณ ดร. ศิลปชัย เสนารัตน์ และนางสาวทัศนพร กาญจนเรขา ที่สละเวลาช่วยเหลือในการช่วยเหลือ การดำเนินการทดลอง

สุดท้ายขอบคุณเพื่อนๆชั้นปีที่4 ภาควิชาวิทยาศาสตร์ทางทะเล จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย ที่คอยช่วยเหลือ จนทำให้งานวิจัยสำเร็จลุล่วงไปได้ด้วยดี

สารบัญ

	หน้า
บทคัดย่อ	ก
Abstract	ข
กิตติกรรมประกาศ	ค
สารบัญ	ง
สารบัญรูปภาพ.....	ฉ
บทที่ 1 บทนำ
1.1 ความเป็นมาและมูลเหตุจูงใจในการศึกษา.....	1
1.2 วัตถุประสงค์ของโครงการ	2
1.3 ขอบเขตการศึกษา	2
1.4 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ.....	2
บทที่ 2 ทฤษฎีและการศึกษาที่เกี่ยวข้อง
2.1 พฤติกรรมของปลาต่อแสง.....	3
2.2 กลไกการตอบสนองทางด้านสรีรวิทยาและโครงสร้างภายในของชั้นเซลล์รับภาพในปลา.....	4
2.3 ชีววิทยาของปลากะพงขาว (<i>Lates calcarifer</i>).....	8
2.4 การเพาะเลี้ยงปลากะพงขาว (<i>Lates calcarifer</i>).....	9
บทที่ 3 วิธีการศึกษา
3.1 การเตรียมการทดลอง.....
3.1.1 การเตรียมสัตว์ทดลอง.....	10
3.1.2. การเตรียมอาหารทดลอง.....	10
3.1.3. การเตรียมตัวอย่างน้ำ.....	10
3.2 การทดลอง
3.2.1 การศึกษาพฤติกรรมของปลากะพงขาว (<i>Lates calcarifer</i>) และเวลาที่ใช้ในการกินเหยื่อ.....	10
3.2.2 การศึกษาการเจริญเติบโต.....	12
3.2.3 การศึกษามิถุนวิทยาของโครงสร้างชั้นเซลล์รับภาพปลากะพงขาว (<i>Lates calcarifer</i>).....	12
3.3 การวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติ.....	13
บทที่ 4 ผลการทดลอง และวิจารณ์ผลการทดลอง
4.1 การเจริญเติบโตของปลากะพงขาว (<i>Lates calcarifer</i>) ระยะวัยรุ่น.....	14
4.2 พฤติกรรมและการมองเห็นของปลากะพงขาว (<i>Lates calcarifer</i>) ระยะวัยรุ่น.....	14

4.3 ขนาดของโครงสร้างชั้นเซลล์รับภาพและชั้นเซลล์รับแสงของปลากะพงขาว (<i>Lates calcarifer</i>) ระยะ วัยรุ่น.....	17
---	----

บทที่ 5 สรุปผลการทดลองและข้อเสนอแนะ.....

5.1 สรุปผลการทดลอง.....	19
5.2 ข้อเสนอแนะ.....	19
เอกสารอ้างอิง.....	20
ภาคผนวก.....	40

สารบัญรูปภาพ

ภาพที่	หน้า
1 กระบวนการตอบสนองของเซลล์รับภาพและชั้นเซลล์รับแสง	5
2 กลไกทางสรีรวิทยาในการปรับเปลี่ยนโครงสร้างชั้นเซลล์รับแสงต่อแสง	5
3 บริเวณด้านหลังของเซลล์รับภาพ เรียกว่า เรตินอล ทาเพตัม	6
4 แสดงพัฒนาการของโครงสร้างตาปลากระพงขาว (<i>Lates calcarifer</i>) ในช่วงระยะวัยอ่อน	7
5 แสดงเม็ดสีในชั้นเซลล์รับแสงที่กระจายตัวเพิ่มมากขึ้นเมื่อมีสิ่งเร้าของแสงมากระตุ้น	8
6 ลักษณะสัญญาณภายนอกของปลากระพงขาว (<i>Lates calcarifer</i>)	9
7 อาหารและตู้ปลาที่ใช้ในการทดลอง	12
8 ตำแหน่งการวัดขนาดเซลล์รับภาพ จำนวน 4 จุด	12
9 แสดง $\bar{x} \pm SD$ ความยาวเหยียดและน้ำหนักร่างของปลากระพงขาว (<i>Lates calcarifer</i>) ระยะวัยรุ่นในแต่ละกลุ่มการทดลอง	15
10 แสดง $\bar{x} \pm SD$ พฤติกรรมของปลากระพงขาว (<i>Lates calcarifer</i>) ระยะวัยรุ่น	16
11 แสดง $\bar{x} \pm SD$ ขนาดของชั้นเซลล์รับภาพและขนาดชั้นเซลล์รับแสงของปลากระพงขาว (<i>Lates calcarifer</i>) ระยะวัยรุ่น	17
12 โครงสร้างตา ตำแหน่งและมิถุนวิทยาของโครงสร้างชั้นเซลล์รับภาพปลากระพงขาว (<i>Lates calcarifer</i>) ระยะวัยรุ่น	18

1.1 ความเป็นมาและมูลเหตุจูงใจในการศึกษา

พฤติกรรมพื้นฐานหลากหลายรูปแบบของปลา เช่น การเจริญเติบโต การหาอาหาร ความเครียด และการอยู่รอด (Volpato et al., 2013; Utne-Palm et al., 2018) หรือการอยู่รวมกันเป็นฝูง ล้วนเชื่อมโยงกับปัจจัยแสงทั้งสิ้น (Fielder et al., 2002; Trippel & Neil, 2002; Howell et al., 2003; Imsland et al., 2006; Ballagh et al., 2008; Martínez-Cárdenas & Purser, 2011; Gunnarsson et al., 2012; Prayogo et al., 2012) โดยรูปแบบพฤติกรรมเหล่านี้วัตถุประสงค์รับรู้และป้องกันอันตรายจากผู้ล่า (Parr, 1927; Parr, 1931) จากการศึกษาที่ผ่านมาพบว่า การเจริญเติบโตของปลาส่วนใหญ่ต้องการความเข้มแสงในระดับต่ำ เพื่อให้มองเห็นอาหารได้ดีกินอาหารได้เพิ่มมากขึ้น ส่งผลให้การดูดซึมสารอาหารก็เร็วขึ้น และการเจริญเติบโตเพิ่ม ระบบภูมิคุ้มกันเพิ่มขึ้น กิจกรรมของเอนไซม์และการสะสมของโปรตีนดิบและไขมันก็เพิ่มขึ้น ในปลา *Rachycentron canadum* (Wang et al., 2015) หากความเข้มแสงไม่เพียงพอก็ทำให้ปลาเกิดความเครียดและนำไปสู่การตาย (Boeuf & Le Baile, 1999) ดังเช่นการรายงาน Pillay and Kutty (2005) และ Kawamura et al. (2015) ที่แสงเป็นปัจจัยในการเพาะเลี้ยงที่จะส่งผลต่อสัตว์น้ำ

กลไกทางด้านสรีรวิทยาที่เกิดขึ้นบริเวณเซลล์รับภาพ ซึ่งมีหน่วยรับรู้สีจำเพาะต่อแสงที่เข้ามาและส่งไปยังระบบประสาทส่วนกลางประมวลผลไปยังหน่วยสั่งการ เพื่อเกิดการตอบสนองต่อสิ่งเร้าแสดงออกมาทางพฤติกรรม ในชั้นเซลล์รับแสงของเซลล์รับภาพ ประกอบไปด้วยเซลล์รูปแท่ง (rod cell) และเซลล์รูปกรวย (cone cell) โดยเซลล์รูปแท่งมีการตอบสนองในสภาวะที่มีแสงสว่างน้อย พบได้ในปลากลุ่มที่อยู่ใต้น้ำลึกและออกหากินกลางคืน ขณะที่เซลล์รูปกรวยมีการตอบสนองต่อแสงสว่างมาก ดังการศึกษาที่ผ่านมาในปลากะพงขาว (Blaxter and Jones, 1967). และในปลา *Paralichthys olivaceus* (Kawamura and Ishida, 1985) ดังนั้นองค์ประกอบและจำนวนชนิดของเซลล์รับแสงจึงมีความจำเพาะต่อสภาพแสงที่เกิดขึ้น และมีผลต่อการมองเห็นที่แตกต่างกันในสภาพแวดล้อมที่แตกต่างกัน สอดคล้องกับงานวิจัย (Kobayashi, 1962; Lythgoe and Partridge, 1989) ที่กล่าวถึงองค์ประกอบและจำนวนชนิดของเซลล์รับแสง หรือรงควัตถุที่เปลี่ยนแปลงไปตามความยาวคลื่นแสง

ปลากะพงขาว (*Lates calcarifer*) เป็นปลาน้ำจืดที่มีความสำคัญทางเศรษฐกิจชนิดหนึ่งของประเทศไทย เนื่องจากเลี้ยงง่าย โตเร็ว และเนื้ออร่อยรสชาติดี ทำให้มีผลผลิตสำหรับการจำหน่ายทั้งในประเทศและส่งขายต่างประเทศอย่างต่อเนื่อง (กรมประมง, 2560) ผลผลิตของปลากะพงขาว คิดเป็น 0.29 เปอร์เซ็นต์เมื่อเทียบกับปี 2559 (กรมประมง, 2560) จากข้อมูลการค้าต่างประเทศปี 2560 มีปริมาณการนำเข้าปลากะพงขาวมากกว่าปริมาณการส่งออก แสดงถึงปริมาณผลผลิตในแต่ละปีที่ยังมีไม่เพียงพอกับความต้องการของตลาดในประเทศ (กองควบคุมการค้าสัตว์น้ำและปัจจัยการผลิต, 2560) ในการศึกษาครั้งนี้วัตถุประสงค์หลักเพื่อศึกษาและพัฒนาระบบการเพาะเลี้ยงปลากะพง เพื่อเพิ่มผลผลิตปลากะพง ทั้งปัจจัยที่เกี่ยวข้องกับอาหารปลากะพงขาว ศึกษาปัจจัยที่เกี่ยวข้องกับอาหารปลากะพงขาว ไม่ว่าจะเป็นอาหารเม็ดสูตรต่างๆ อาหารสดสูตรต่างๆ (พิเชต และคณะ, 2551; กิติธร และคณะ, 2539; จูอะดี และมะลิ, 2538; มะลิ และคณะ, 2532; วิเชียร และสมเดช, 2526) ที่เป็นต้นทุนผันแปร อีกรงานวิจัยที่ผ่านมา ยังไม่มีการศึกษาถึงปัจจัยแสงต่อการเจริญเติบโต หรือรูปแบบพฤติกรรมของปลากะพงในระยะวัยรุ่น โดยการศึกษาปลากะพงขาวในระยะวัยรุ่น เนื่องจากปลาในระยะวัยอ่อนและวัยรุ่นเป็นวัยการพัฒนาอวัยวะและพฤติกรรมการเรียนรู้ที่สำคัญต่อการอยู่รอดและหลีกเลี่ยงผู้ล่าในทะเลและการเพาะเลี้ยงที่จะประสบผลสำเร็จหรือมีกำไรสูงจะขึ้นอยู่กับจำนวนของปลาที่

จะเจริญเติบโต และลดอัตราการตาย ก็เป็นผลมาจากการดูแลปลาในวัยอ่อน (larva) และวัยรุ่น (juvenile) (Cobcroft and Pankhurst 2003; Kawamura et al. 2003)

ดังนั้นการทดลองนี้จึงสนใจศึกษาการเปลี่ยนแปลงของการเจริญเติบโต รูปแบบพฤติกรรม และโครงสร้างชั้นเซลล์รับภาพที่ตอบสนองต่อความยาวคลื่นแสงต่างกันของปลากะพงขาวในระยะวัยรุ่น ซึ่งการศึกษานี้จะช่วยทำให้เพิ่มอัตราการอยู่รอดและเจริญเติบโตของปลากะพงภายใต้ความยาวคลื่นแสงระบบการเพาะเลี้ยง เพื่อคัดเลือกช่วงคลื่นแสงที่ปลากะพงขาวมองเห็นได้ดีที่สุดและเหมาะสมสำหรับการพัฒนาระบบการเพาะเลี้ยงปลากะพงในอนาคตต่อไป

1.2 วัตถุประสงค์ของโครงการ

ศึกษาพฤติกรรมและโครงสร้างชั้นเซลล์รับภาพที่ตอบสนองต่อความยาวคลื่นแสงต่างกันของปลากะพงขาว (*Lates calcarifer*) ระยะวัยรุ่น

1.3 ขอบเขตการศึกษา

ศึกษาและทดลองเลี้ยงปลากะพงขาว (*Lates calcarifer*) อายุ 1 เดือน แบ่งการทดลองออกเป็น 2 กลุ่ม คือ กลุ่มควบคุมและกลุ่มทดลอง โดยทำการเพาะเลี้ยงที่ ตึกกลุ่ม วัชโรบล ชั้น 3 เลี้ยงปรับสภาพ 1 สัปดาห์ และทำการทดลองเลี้ยงเป็นระยะเวลา 3 สัปดาห์ (ตั้งแต่วันที่ 1 กุมภาพันธ์-28 กุมภาพันธ์ พ.ศ. 2562) ภาควิชาวิทยาศาสตร์ทางทะเล คณะวิทยาศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย ศึกษาพฤติกรรมการตอบสนอง และโครงสร้างของชั้นเซลล์รับภาพของปลากะพงขาวที่เลี้ยงในความยาวคลื่นแสงต่างกัน นำข้อมูลที่ได้มาเปรียบเทียบผลทางสถิติการเจริญเติบโต ผลของพฤติกรรมและผลความยาวชั้นเซลล์รับภาพ และชั้นเซลล์รับแสงในแต่ละกลุ่มการทดลอง โดยใช้โปรแกรม SPSS version 22

1.4 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

นำข้อมูลมาประยุกต์ใช้ในการเพาะเลี้ยงปลากะพงขาวในเรื่องของปัจจัยความยาวคลื่นแสงที่เหมาะสมที่สุดที่จะทำให้การเจริญเติบโตดี อยู่รวมกันเป็นฝูง ปริมาณการกินสูง ไม่มีความเครียด อัตราการรอดสูง และเพิ่มกำไรให้กับผู้ประกอบการฟาร์มปลากะพงขาวได้เพิ่มปริมาณการส่งออกมากขึ้น

บทที่ 2 ทฤษฎีและการศึกษาที่เกี่ยวข้อง

2.1 พฤติกรรมของปลาต่อแสง

พฤติกรรมของสัตว์ คือการตอบสนองหรือปฏิกิริยาที่มีต่อสิ่งแวดล้อม ซึ่งพฤติกรรมมักจะถูกเปลี่ยนไปตามสิ่งแวดล้อม พฤติกรรมจะเป็นลักษณะที่มีส่วนเกี่ยวข้องกับเซลล์ประสาทและมีผลกับอวัยวะต่างๆในร่างกาย โดยในปลาที่พบพฤติกรรมที่มีการเรียนรู้ โดยจะมีทั้งพฤติกรรมในระยะสั้นและพฤติกรรมในระยะยาว โดยพฤติกรรมสัตว์มี 2 ประเภท คือ

1) พฤติกรรมที่มีมาแต่กำเนิด (Innate behavior) แสดงออกเพื่อตอบสนองต่อสิ่งเร้า เป็นพฤติกรรมที่ได้มาจากกรรมพันธุ์ สัตว์สามารถแสดงออกได้โดยไม่ต้องเรียนรู้มาก่อน มีแบบแผนเดียวกัน (Stereotyped) ไม่ค่อยมีการปรับเปลี่ยนโดยการเรียนรู้ มีลักษณะเฉพาะของแต่ละชนิด (Species-specific)

2) พฤติกรรมการเรียนรู้ (Learning behavior) สามารถปรับเปลี่ยนได้อันเป็นผลเนื่องมาจากประสบการณ์ ไม่ใช่เกิดจากการที่สัตว์มีอายุมากขึ้น (Maturation) พฤติกรรมการเรียนรู้ได้รับอิทธิพลจากทั้งยีนและสิ่งแวดล้อม (Douglas and Mustafa, 1990)

ในการทดลองนี้จะศึกษาพฤติกรรม 3 รูปแบบคือ

1) พฤติกรรมการเคลื่อนที่หรือการว่ายน้ำ (Swimming behavior) เป็นพฤติกรรมที่เป็นผลมาจากกล้ามเนื้อในปลา ซึ่งมี 2 ชนิด คือกล้ามเนื้อสีขาวและสีแดง แหล่งที่อยู่อาศัยเป็นปัจจัยหลักในการว่ายน้ำของปลา เพื่อที่จะหลบหลีกผู้ล่า การผสมพันธุ์ของปลาที่จะต้องมีการเคลื่อนที่ว่ายน้ำไปหาคู่ผสมพันธุ์และความต้องการออกซิเจนที่ต้องการหาแหล่งที่มีออกซิเจนเพียงพอต่อการดำรงชีวิต

2) พฤติกรรมการอยู่รวมกันเป็นฝูง (Schooling behavior) เป็นพฤติกรรมทางสังคมที่ปลาชนิดเดียวกันจะมาอาศัยอยู่รวมกันเป็นกลุ่มและการทำกิจกรรมรวมกันเป็นกลุ่ม โดยจะมีสัญญาณหรือลักษณะบ่งบอกว่ามีการตอบสนองต่อสิ่งเร้าโดยใช้รูปแบบของสี, การเรืองแสง, เสียง, กระแสไฟ และฟีโรโมน

3) พฤติกรรมการกินอาหาร (Feeding behavior) เป็นพฤติกรรมที่มีความซับซ้อน โดยพฤติกรรมการกินของปลานั้นมักถูกเชื่อมโยงกับระบบนิเวศที่อยู่อาศัย ซึ่งในงานเพาะเลี้ยงก็มักจะสังเกตพฤติกรรมปลาจากการกินอาหารเป็นผลมาจากปัจจัยเหล่านี้ ซึ่งจากการศึกษาพบว่าความยาวคลื่นแสงก็เป็นอีกหนึ่งปัจจัยที่มีผลต่อพฤติกรรมการกินอาหารของปลาเช่นกัน (Lall and Tibbetts, 2009)

โดยพฤติกรรมทั้ง 3 รูปแบบเป็นพฤติกรรมที่มีมาแต่กำเนิด (Douglas and Mustafa, 1990) แต่เมื่อสิ่งแวดล้อมเปลี่ยนแปลงสัตว์น้ำจะเริ่มปรับเปลี่ยนพฤติกรรมของตัวเองจนกลายเป็นพฤติกรรมการเรียนรู้

สัตว์น้ำทุกชนิดมีปฏิกิริยาตอบสนองต่อแสงไฟแตกต่างกันไปมีทั้งการว่ายน้ำหาและการว่ายน้ำหลบหนี แต่โดยส่วนใหญ่แล้วสัตว์น้ำเกือบทุกชนิดจะว่ายน้ำหาแสงไฟเพื่อรวมกลุ่ม (schooling) โดยการเคลื่อนที่หรือเคลื่อนไหวตามแสง จะเรียกรูปแบบพฤติกรรมนี้ว่า Phototaxis (Breder, 1967; Breder and Halpern, 1946; Keenleyside, 1955; Shaw, 1970, 1978; Whitney, 1969)

ปัจจัยแสงมีผลต่อพฤติกรรมต่างๆของปลาที่เป็นผลมาจากการตอบสนองต่อสิ่งเร้ากลไกด้านสรีรวิทยาพบว่าบริเวณเซลล์รับภาพเป็นเซลล์ที่ใช้ในการรับแสงเพื่อส่งไปยังระบบประสาทส่วนกลางประมวลผลไปยังหน่วยสั่งการ เพื่อที่จะตอบสนองต่อสิ่งเร้าแสดงออกมาทางพฤติกรรมในรูปแบบต่างๆ เพื่อใช้ในการหาอาหาร การสืบพันธุ์ หรือการหลบหลีกศัตรู โดยการเพาะเลี้ยงจะประสบความสำเร็จได้ดีจึงต้องเข้าใจพฤติกรรมของปลาในช่วงวัยเริ่มต้นและศึกษาพฤติกรรมต่างๆอย่างละเอียด เพื่อหลีกเลี่ยงอัตราการตาย (Cobcroft and Pankhurst 2003; Kawamura et al. 2003)

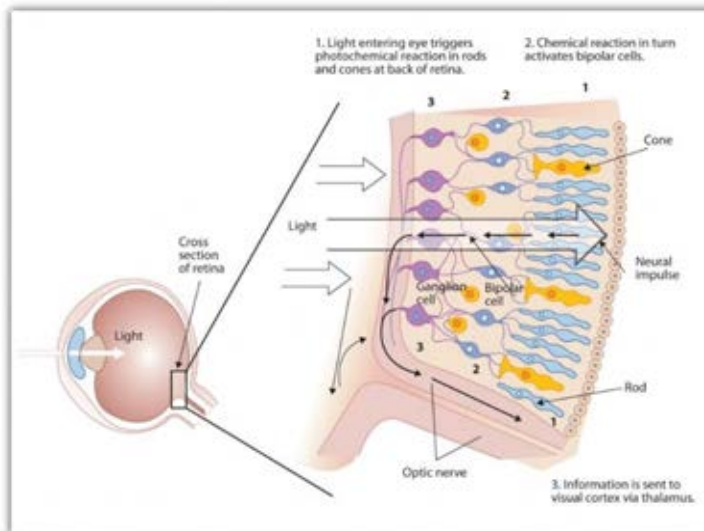
ในการทดลองนี้จะอ้างอิงนิยามของพฤติกรรมที่มีมาแต่กำเนิดรูปแบบต่างๆ ดังนี้

รูปแบบพฤติกรรมการกินอาหาร, พฤติกรรมการอยู่รวมกันเป็นฝูงและพฤติกรรมการว่ายน้ำ โดยมีคำอธิบายดังนี้ (Heerhartz and Toft 2015)

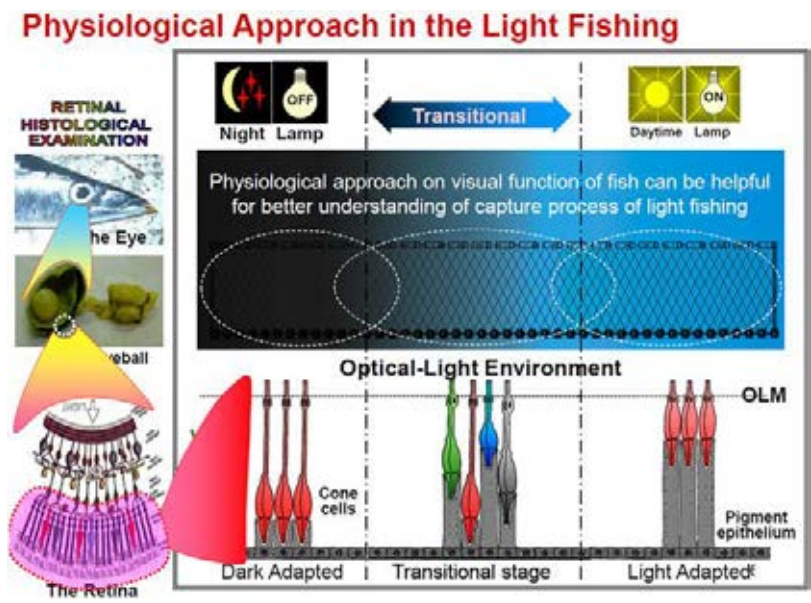
1. พฤติกรรมการกินอาหาร (Feeding behavior) คือ ความพยายามในการบริโภคเหยื่อ
2. พฤติกรรมการอยู่รวมกันเป็นฝูง (Schooling behavior) คือ กลุ่มของปลาที่มีการเคลื่อนไหวร่วมกันอย่างเหนียวแน่น
3. พฤติกรรมการว่ายน้ำ (Swimming behavior) การเคลื่อนที่ของร่างกายของปลาหรือการเคลื่อนที่ที่ลักษณะโค้งตั้งแต่หัวจรดปลายหาง (Wardle and Videler, 1980)

2.2 กลไกการตอบสนองทางด้านสรีรวิทยาและโครงสร้างภายในของชั้นเซลล์รับภาพในปลา

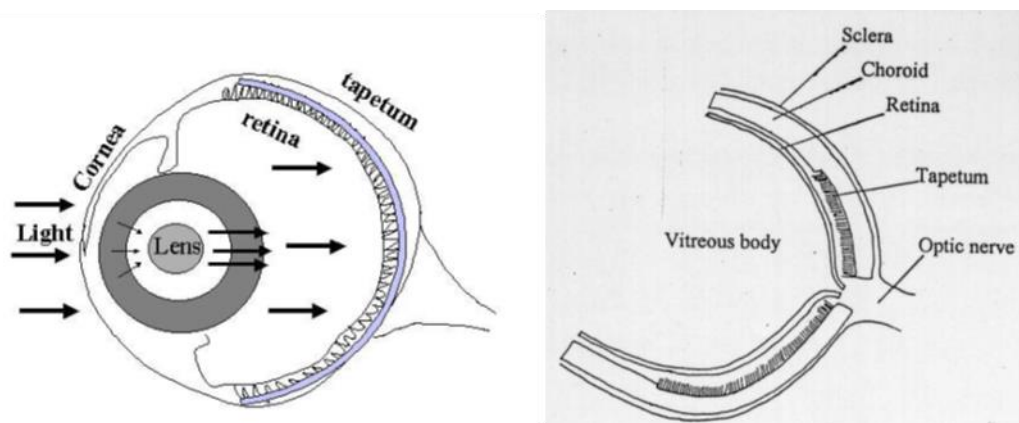
เซลล์รับภาพ (Retina) จะมีเซลล์ประสาทที่ตอบสนองต่อแสง โดยเมื่อแสงตกกระทบเซลล์รับภาพ ก็จะทำให้เซลล์รูปแท่งและเซลล์รูปกรวยทำงาน โดย 2 เซลล์นี้จะทำหน้าที่ในการส่งคำสั่งไปยังเส้นประสาทตา (optic nerve) และเส้นประสาทตาก็จะนำข้อมูลที่ได้ออกไปประมวลผลและแปลผลภาพบริเวณของสมองต่อไป จึงทำให้แสงจึงเป็นปัจจัยในสภาพแวดล้อมที่มีผลต่อสิ่งมีชีวิตในน้ำ ดังภาพที่ 1 และภาพที่ 2 จะแสดงให้เห็นการปรับตัวของเซลล์รับแสงในสภาพแวดล้อมที่มีแสงแตกต่างกันออกไปโดยชั้นเซลล์รับแสงประกอบด้วยเซลล์รูปกรวยและเซลล์รูปแท่งมีการปรับตัวจากในที่มืดเซลล์รูปกรวยจะอยู่ติด เนื้อเยื่อบุผิวในเซลล์รับแสง จากนั้นเซลล์รูปกรวยได้รับแสงเซลล์จะมีการเคลื่อนที่ขึ้นไปติด OLM (Outer limiting membrane) จากการศึกษที่ผ่านมาพบว่า ปลาในระยะวัยอ่อนและวัยรุ่น จะมีการตอบสนองเซลล์รับภาพต่อแสง จากการศึกษที่ผ่านมาพบว่า โครงสร้างของเซลล์รับภาพ (Retina) จะมีโครงสร้างหนึ่ง ชื่อว่า ทาเพตัม (Tapetum) ซึ่งมีคุณสมบัติเป็นตัวสะท้อนแสงที่ผ่านเลยเซลล์รับภาพมาแล้วกลับเข้าสู่เซลล์รับภาพอีกครั้งหนึ่ง จึงเป็นการช่วยเพิ่มปริมาณของแสงให้กับเซลล์รับภาพมีผลทำให้ประสิทธิภาพในการมองเห็นของปลาในที่ซึ่งมีแสงสว่างสลัว ๆ หรือในน้ำขุ่นได้ดียิ่งขึ้นจะวางอยู่ด้านหลังของเซลล์รับภาพ เรียกว่าเรตินอล ทาเพตัม (retinal tapetum) ดังภาพที่ 3 ซึ่งสามารถพบโครงสร้างนี้ได้จากปลากระพงขาว (Awaiwanont et al., 2001; Duke-Elder 1958; Somiya, 1980; Somiya, 2000) และการเปลี่ยนแปลงของเซลล์รับภาพอันเนื่องมาจาก ความเข้มของแสงสว่างภายนอกเปลี่ยนไปนั้นถูกเรียกว่า “Retinomotor movement”



ภาพที่ 1 แสดงกระบวนการตอบสนองของเซลล์รับภาพ และชั้นเซลล์รับแสง โดยเริ่มจากแสงที่ผ่านเข้ามาที่ในตาจากนั้นจะผ่านบริเวณเซลล์ประสาทสองซีก และเซลล์รูปแท่งและเซลล์รูปกรวยตอบสนองและส่งข้อมูลไปยัง optic nerve แล้วส่งไปยังระบบประสาทส่วนกลางประมวลผล ภาพจาก <https://opentextbc.ca/introductiontopsychology/chapter/4-2-seeing/>

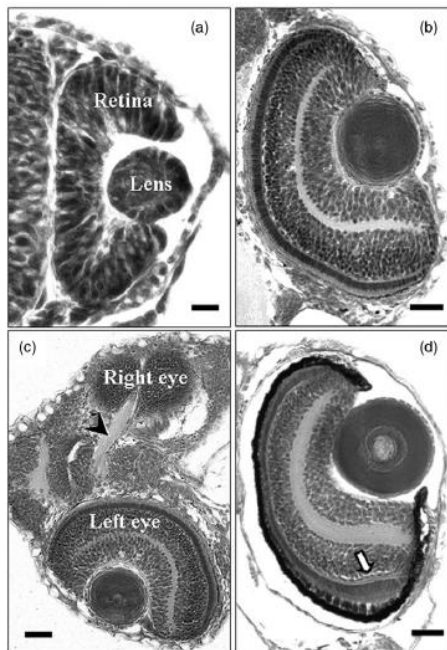


ภาพที่ 2 แสดงกลไกทางสรีรวิทยาในการปรับเปลี่ยนโครงสร้างชั้นเซลล์รับแสงต่อแสง โดยชั้นเซลล์รับแสงประกอบด้วยเซลล์รูปกรวยและเซลล์รูปแท่งมีการปรับตัวจากในที่มืดเซลล์รูปกรวยจะอยู่ติดเนื้อเยื่อบุผิวในเซลล์รับแสง จากนั้นเซลล์รูปกรวยจะมีการเคลื่อนที่ขึ้นไปติด OLM (Outer limiting membrane) ในช่วงมีแสง ภาพจาก Arimoto (2013)



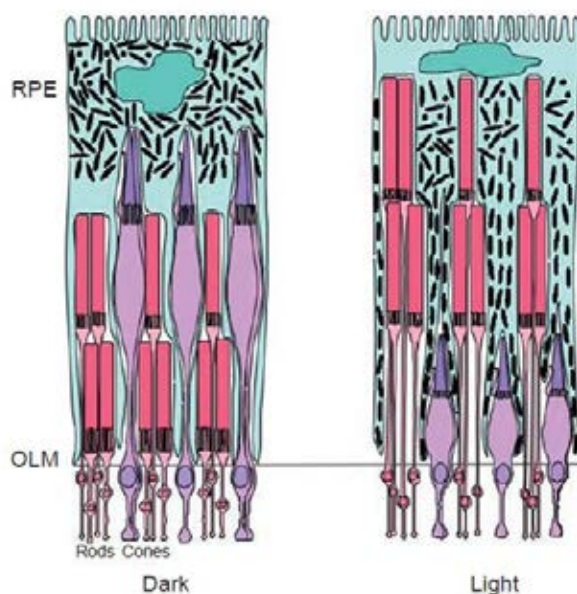
ภาพที่ 3 บริเวณด้านหลังของเซลล์รับภาพ เรียกวาเรตินอล ทาเพตัม ภาพจาก กมลพันธ์ (2546)

องค์ประกอบในตาของปลา Teleostei , Class Actinopterygii จะแบ่งเป็น 3 ชั้น คือ the external, middle uveal และ inner layers (Banks, 1993; Genten et al., 2008) ชั้น external layer จะประกอบไปด้วยลูกตาที่จะมีชั้นตาดำ หรือชั้น Sclera ที่จะพบส่วนของ hyaline cartilage และชั้นตาขาวหรือชั้น Cornea ชั้น middle uveal layer ประกอบด้วย choroid, cilillary body, เลนส์ และม่านตา โดยในชั้นของ choroid จะประกอบด้วยเนื้อเยื่อ 3 ชั้น คือ 1) the connective layer, 2) the lamina vasculosa และ 3) the lamina choriocapillaris โดยในชั้น choroid จะมีหลอดเลือดเล็กๆจำนวนมากมาหล่อเลี้ยงและเป็นชั้นที่อยู่ใกล้กับชั้นเซลล์รับภาพ โดยในชั้นนี้จะมีหน้าที่ในการรักษาความดันและต้องการออกซิเจนมาหล่อเลี้ยง (Wittenberg and Haedrich, 1974; Wittenberg and Wittenberg, 1974; Gentenet al., 2008) ชั้น The inner layer หรือ ชั้น retinal layer ในชั้นนี้จะประกอบไปด้วยเนื้อเยื่อ 10 ชั้น ดังนี้ 1) the pigment epithelium ชั้นนี้จะมีสีน้ำตาลและอยู่ชิดกับชั้น choroid 2) the photoreceptor layer หรือชั้นเซลล์รับแสง ชั้นนี้จะมีเซลล์ในการรับแสง 2 ชนิด คือ เซลล์รูปแท่ง (Rod cell) และ เซลล์รูปกรวย (Cone cell) โดยรูปแท่งจะมีรูปร่างเรียวยาวกว่าเซลล์รูปกรวย ทำงานได้ดีในที่มืดหรือมีแสงสลัว ซึ่งเซลล์รูปกรวย ทรงรีค่อนข้างโป่งทำงานได้ดีในที่ที่มีแสงสีช่วง visible light แต่ในปลาบางชนิด ชั้นเซลล์รับแสง อาจพบเพียงรูปแท่งเท่านั้น เช่น ปลาน้ำลึก 3) the outer lining membrane ชั้นนี้มองได้ยาก 4) the outer nuclear layer ชั้นนี้มองเห็นได้ชัดเจน ซึ่งประกอบไปด้วย nuclei of the photoreceptors cells 5) the outer plexiform layer 6) the inner nuclear layer ชั้นนี้เป็นเซลล์ 2 ชั้น ที่ต่อกับ photoreceptor 7) the inner plexiform layer 8) the ganglion cell layer 9) layer of ganglion cell ชั้นนี้จะมีแอกซอนรวมตัวและกระจุกตัวบริเวณนี้ และเชื่อมไปยังส่วนสมอง และ 10) the inner limiting membrane (Genten et al., 2008) ดังภาพที่ 4



ภาพที่ 4 แสดงพัฒนาการของโครงสร้างตาปลากะพงขาว (*Lates calcarifer*) ในช่วงระยะวัยอ่อน ภาพจาก Yahaya et al. (2011) a คือ ช่วงเริ่มการทดลอง b คือ ช่วงอายุ 1 วัน c คือ ช่วงอายุ 2 วัน

ในส่วนของชั้นเซลล์รับแสง (Photoreceptor layer) เป็นโครงสร้างที่ใช้ในการรับแสงที่ประกอบด้วย เซลล์รูปกรวย และ เซลล์รูปแท่งอยู่กระจายอยู่ในชั้นเซลล์รับภาพ (Fernald, 1988) เซลล์รูปแท่ง จะพบมากในปลาที่อยู่น้ำลึกและปลาที่หาอาหารในเวลากลางคืน ดังภาพที่ 4 (Wagner et al., 1998) ส่วนเซลล์รูปกรวย จะพบในปลาที่อาศัยในสภาพแวดล้อมที่มีแสง (Collin and Collin, 1988) ซึ่งการกระจายตัวของเซลล์รับแสง ในชั้นเซลล์รับภาพจะแตกต่างกันไปตามแสงในพื้นที่นั้นๆ โดยเฉพาะเซลล์รูปกรวย ที่จะมีการปรับเปลี่ยน ปริมาณเม็ดสีที่อยู่ในชั้นเซลล์รับแสงไป ตามความยาวคลื่นแสง ความเข้มแสง และทิศทางของแสง (Munz and McFarland, 1977; Kunz, 1980; Ahlbert, 1976; Ross eto et at., 1992)



ภาพที่ 5 แสดงเม็ดสีในชั้นเซลล์รับแสงที่กระจายตัวเพิ่มมากขึ้นเมื่อมีสิ่งเร้าของแสงมากระตุ้น และขนาดของเซลล์รูปแท่งและเซลล์รูปกรวยก็จะมีการปรับเปลี่ยนโดย เมื่อมีแสงจะทำให้เซลล์รูปแท่งยาวและเซลล์รูปกรวยเล็กลง ภาพจาก Burnside and King-Smith (2009)

หมายเหตุ REP คือ Retinal Pigment Epithelium และ OLM คือ outer limiting membrane

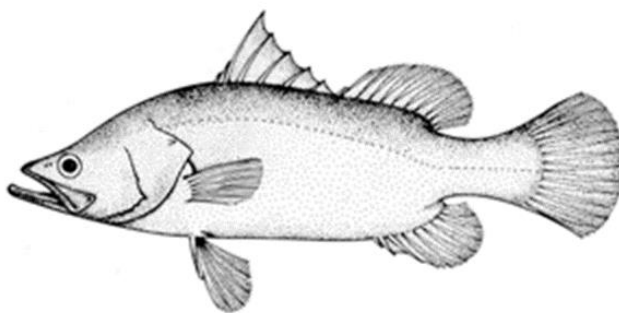
2.3 ชีววิทยาของปลากะพงขาว (*Lates calcarifer*)

Taxonomy

Phylum	Chordata
Sub-phylum	Vertebrata
Class	Actinopterygii
Sub-class	Teleostomi
Order	Perciformes
Family	Latidae
Genus	<i>Lates</i>
Species	<i>Lates calcarifer</i> (Bloch)

ลักษณะโดยทั่วไปของปลากะพงขาว มีลักษณะลำตัวค่อนข้างยาวและหนาแบนข้างเล็กน้อย บริเวณไหล่จะโค้งมน ส่วนตัวจะลาดชันและเว้า ส่วนของขากรรไกรล่างยื่นยาวกว่าขากรรไกรบนเล็กน้อย ปากกว้าง ขอบปากบนเป็นแผ่นใหญ่ แยกเป็นแนวตอนต้น และตอนท้ายอย่างชัดเจน บริเวณส่วนปากจะยึดติดได้บ้าง ช่องปากเฉียงลงด้านล่างเล็กน้อย มีฟันเล็กละเอียดบนขากรรไกรบนและล่าง และที่เพดานปาก ตาของปลาชนิดนี้มีขนาดกลาง ไม่มีเยื่อที่เป็นไขมันหุ้ม แผ่นแก้มมีขนาดใหญ่ มีขอบหลังเป็นหนามแหลม 4 ซี่ และเรียงต่อกันด้วยซี่เล็กๆ จัดตามแนวหลัง ด้านบนส่วนหัวและบนแผ่นเหงือก มีเกล็ดขนาดต่างๆกัน เกล็ดบริเวณลำตัวค่อนข้างใหญ่ ด้านหลังมีสีเทาเงินหรือเขียวปนเทา ส่วนท้องจะมีสีเงินแกมเหลือง บริเวณด้านข้างของลำตัวมีสีเงิน ครีบหลัง

ครีบกัน ครีบหาง จะมีสีเทาปนดำบาง ๆ มีครีบหลังสองตอน ตอนแรกอยู่ตรงตำแหน่งของครีบท้อง มีก้านครีบแข็ง ที่แหลมคมขนาดใหญ่ 7-8 ก้าน เชื่อมต่อกันด้วยเยื่อบางๆ ครีบหลังตอนที่ 2 แยกจากตอนแรกอย่างเห็นได้ชัด มีก้านครีบแข็ง 1 ก้าน ก้านครีบอ่อนมีปลายแตกแขนง มี 10-11 ก้าน ครีบหูและครีบอวัยวะ รูไม่ถึงกัน ครีบกันมีตำแหน่งใกล้เคียงกับครีบหลังตอนที่สอง ประกอบด้วยก้านครีบแข็ง 3 ก้าน ก้านครีบอ่อน 7-8 ก้าน ขื่อหางสั้น ครีบหางค่อนข้างกลม เส้นข้างตัวโค้งไปตามแนวสันหลัง มีเกล็ดบนเส้นข้างตัว 52-61 เกล็ด ดังภาพที่ 6



ภาพที่ 6 ลักษณะสัณฐานภายนอกของปลากะพงขาว (*Lates calcarifer*) ที่มา FAO

2.4 การเพาะเลี้ยงปลากะพงขาว (*Lates calcarifer*)

ปลากะพงขาวเป็นปลาน้ำกร่อยที่มีความสำคัญทางเศรษฐกิจชนิดหนึ่ง มีผลผลิตของฟาร์มเพาะเลี้ยงน้ำกร่อย คิดเป็นร้อยละ 91.09 ของผลผลิตปลาน้ำกร่อยทั้งหมด และเพิ่มขึ้นทุกๆปี โดยเพิ่มขึ้นจากปี พ.ศ. 2559 คิดเป็นร้อยละ 19.08 และจำนวนฟาร์มที่เพาะเลี้ยงปลากะพงขาว เพิ่มขึ้นจากปี พ.ศ. 2559 ร้อยละ 0.29 ของจำนวนฟาร์มเพาะเลี้ยงปลาน้ำกร่อยทั้งหมด (กรมประมง, 2560) ปลากะพงขาวสามารถอาศัยอยู่ได้ทั้งในน้ำจืด น้ำกร่อยและน้ำเค็ม ปลาชนิดนี้เลี้ยงกันแพร่หลายในเขตจังหวัดชายทะเลของประเทศไทย เนื่องจากเลี้ยงง่าย โตเร็ว เนื้อมีรสชาติดีและมีราคาเพื่อเลี้ยงในประเทศและส่งขายต่างประเทศ โดยอาศัยอยู่ชุกชุมตามปากแม่น้ำลำคลองและปากทะเลสาบ อย่างไรก็ตาม ปลากะพงขาวยังสามารถขึ้นไปอาศัยและเจริญเติบโตยังแหล่งน้ำจืดได้อีกด้วย จึงจัดเป็นปลาประเภทสองน้ำอย่างแท้จริง

ปัจจัยแสงที่มีผลต่อพฤติกรรมและขนาดเซลล์รับภาพของปลากะพงขาว จึงมีความสำคัญในการเพาะเลี้ยงเพื่อให้ประสบความสำเร็จ ดังนั้น การศึกษาปัจจัยแสงที่มีผลต่อพฤติกรรมและขนาดเซลล์รับภาพยังไม่มีการศึกษาในไทย การศึกษาในครั้งนี้จึงจะเป็นข้อมูลที่มีประโยชน์และการปรับปรุงแก้ไขต่อการเพาะเลี้ยงปลากะพงขาว เพื่อให้มีประสิทธิภาพมากที่สุดต่อไปในอนาคต

บทที่ 3 วิธีการทดลอง

3.1 การเตรียมการทดลอง

3.1.1. การเตรียมสัตว์ทดลอง

1) การเตรียมปลากะพงขาวที่ใช้ในการทดลอง

เลี้ยงปลากะพงขาวระยะวัยรุ่น ขนาด 1 นิ้ว อายุประมาณ 1 เดือน จำนวน 150 ตัว จากสโมสรฟาร์มปลากะพงขาว อ.บางปะกง จ.ฉะเชิงเทรา

2) การเตรียมอุปกรณ์ที่ใช้ในการเลี้ยงปลากะพงขาวสำหรับการทดลอง

2.1.) ตู้กระจกขนาด 30x40x60 ลูกบาศก์เซนติเมตร 15 ตู้ ตู้ละ 10 ตัว

2.2.) หลอดไฟใช้หลอดฟลูออโรเรสเซนต์ 10 W ยี่ห้อ Artistic Electronic Submerged Lamp ชุดควบคุมตู้จากแสงธรรมชาติ, ตู้ที่บแสง, น้ำเงิน (435 นาโนเมตร), เขียว (510 นาโนเมตร), แดง (710 นาโนเมตร) (Sabri, Elnwshy and Nwonwu, 2012) ดังรูปที่ 7C

3.1.2. การเตรียมอาหารทดลอง

อาหารปลาวัยอ่อน ชนิดเม็ดลอยน้ำ โปรตีนร้อยละ 40 ยี่ห้อ ดี-ไลท์ บริษัท ไทยยูเนียน ฟีดมิลล์ จำกัด ดังรูปที่ 7B

3.1.3. การเตรียมตัวอย่างน้ำ

ใช้ตู้กระจกขนาด 60x40x30 ลูกบาศก์เซนติเมตร 15 ตู้ ระบบน้ำที่เลี้ยงเป็นระบบปิดแบบกรอง มีการดูแลทุกวัน ความเค็มน้ำ 0-5 ppt ที่อุณหภูมิห้อง ใช้น้ำประปาในการเลี้ยง โดยมีการเปิดน้ำและเปิดออกซิเจนทิ้งพักทิ้งไว้ 1 วัน ก่อนนำปลากะพงขาวมาเลี้ยง

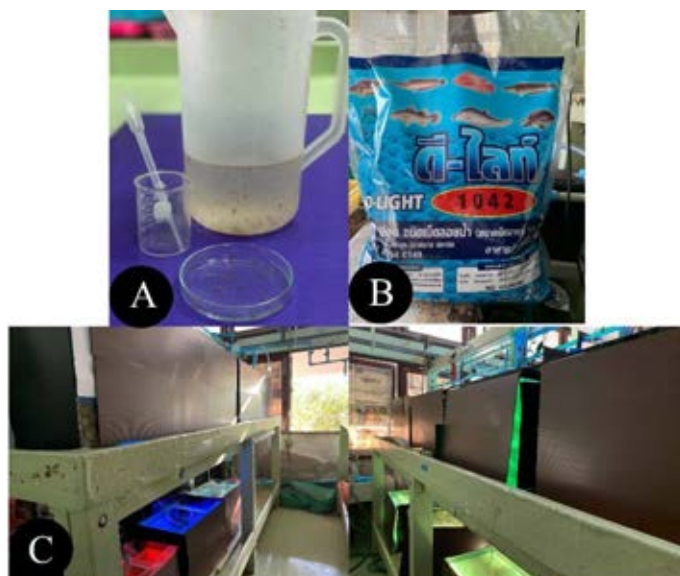
3.2 การทดลอง

3.2.1 การศึกษาพฤติกรรมของปลากะพงขาว (*Lates calcarifer*) และเวลาที่ใช้ในการกินเหยื่อ

รูปแบบพฤติกรรมที่จะทำการบันทึกจะมีพฤติกรรมการกินอาหาร พฤติกรรมการอยู่รวมกันเป็นฝูง และพฤติกรรมการว่ายน้ำ (Heerhartz and Toft., 2015) โดยการบันทึกคะแนน 1-5 ตามนิยามที่ใช้ในการทดลอง เป็นเวลา 1 สัปดาห์และศึกษาเวลาที่ปลากะพงขาวใช้ในการกินเหยื่อ โดยให้อาหารเป็นอาร์ทีเมีย ดังรูปที่ 7A เป็นเวลา 1 สัปดาห์ ให้จำนวนตู้ละ 50 ตัว จำนวน 5 ครั้ง โดยเริ่มจับเวลาเมื่อปล่อยอาร์ทีเมียลงตู้ครบ 50 ตัว จากนั้นหยุดเวลาเมื่อปลากินอาร์ทีเมียหมด บันทึกผลของเวลาปลาที่กินเหยื่อเป็นนาที ดังแสดงในตารางภาคผนวก

คะแนนพฤติกรรมที่ใช้ในการบันทึกการทดลอง

โดยการให้คะแนนนี้เพื่อลดความคลาดเคลื่อนในการสังเกตพฤติกรรม เนื่องจากผู้สังเกตมีคนเดียว จึงต้องมีเกณฑ์ในการสังเกตในระหว่างการทดลอง โดยพฤติกรรมการกินอาหาร พฤติกรรมการอยู่รวมกันเป็นฝูง และพฤติกรรมการว่ายน้ำ พฤติกรรมเหล่านี้จะแสดงออกได้ดีในปลาระยะวัยรุ่นที่กำลังจะเจริญเติบโตไปสู่วัยเจริญพันธุ์ โดยพฤติกรรมการอยู่รวมกันเป็นฝูงเป็นพฤติกรรมปลาทางสังคมที่พบบ่อยที่สุด (Pitcher and Parrish, 1993; Parrish et al., 2002; Hoare and Krause, 2003) ปลาที่เลี้ยงมีการเลี้ยงเป็นจำนวนมากด้วยความหนาแน่นสูง การประเมินพฤติกรรมการอยู่รวมกันเป็นฝูง (Pitcher and Parrish, 1993) สามารถใช้เป็นตัวบ่งชี้คุณภาพต่างๆในฟาร์มได้ เช่น คุณภาพน้ำ อาหาร เป็นต้น ซึ่งการให้คะแนนพฤติกรรมยังเป็นอีกวิธีที่นำไปทดสอบผลทางสถิติเพื่อเปรียบเทียบพฤติกรรมภายใต้สภาพแวดล้อมของแสงที่แตกต่างกัน โดยการให้คะแนนพฤติกรรมจะเรียงมีลำดับ 5 มากที่สุด ไปยังคะแนนเท่ากับ 0 คือน้อยที่สุด จะอ้างอิงคำนิยามการบันทึกผลการทดลองดังนี้ ดังนี้ คะแนนการกินอาหาร 5 = ปลาที่กินอาหารครบ 10 ตัว, 4= ปลาที่กินอาหารจำนวน 7-9 ตัว, 3= ปลาที่กินอาหารจำนวน 5-7 ตัว, 2= ปลาที่กินอาหารจำนวน 2-4 ตัว, 1= ปลาที่กินอาหารจำนวน 1 ตัว และ 0= ไม่มีปลาตัวใดกินอาหาร คะแนนการอยู่รวมกันเป็นฝูง 5= ปลาอยู่เป็นกลุ่มครบ 10 ตัว, 4=ปลาอยู่เป็นกลุ่มครบ 8-9 ตัว, 3= ปลาอยู่เป็นกลุ่มครบ 6-7 ตัว, 2= ปลาอยู่เป็นกลุ่มครบ 4-5 ตัว, 1= ปลาอยู่เป็นกลุ่มครบ 2-3 ตัว และ 0= ไม่มีปลาอยู่เป็นกลุ่ม โดยการอยู่รวมกันเป็นกลุ่มคือ ต้องอยู่จับกลุ่มอย่างน้อย 6-7 หรือ 3 คะแนนขึ้นไปจะอยู่ในเกณฑ์ดี คะแนนการว่ายน้ำ 5= ปลาว่ายน้ำทุกตัว, 4= ปลาว่ายน้ำ 8-9 ตัว, 3= ปลาว่ายน้ำ 6-7 ตัว, 2= ปลาว่ายน้ำ 5-6 ตัว, 1= ปลาว่ายน้ำ 4-5 ตัว และ 0= ไม่มีปลาตัวใดว่ายน้ำ



ภาพที่ 7 อาหารและตู้ที่ใช้ในการทดลอง A คือ การเตรียมอาร์ที่เมียสำหรับการทดลองการมองเห็นเหยื่อ B คือ อาหารเม็ดลอยน้ำที่ใช้ในทดลอง และ C คือ ตู้ปลาที่มีหลอดไฟลูออเรสเซนต์ที่ใช้ในการทดลอง

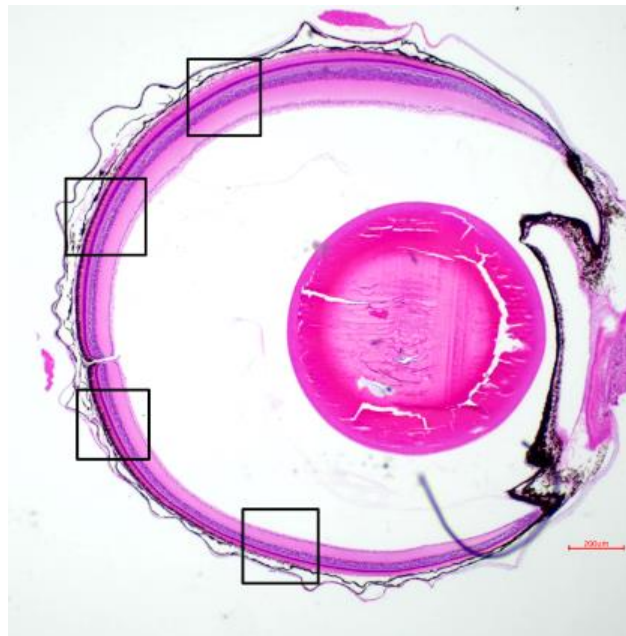
3.2.2 การศึกษาการเจริญเติบโต

โดยหลังจากศึกษาพฤติกรรม นำปลากะพงขาวมาวัดความยาวลำตัวและชั่งน้ำหนักบันทึกการเจริญเติบโต โดยทำให้ปลาสลบด้วยวิธี rapid cooling (Wilson et al., 2009) โดยการแช่ในน้ำเย็นจัด (น้ำผสมน้ำแข็งในอัตราส่วน 1:1 อุณหภูมิ 2-4 องศาเซลเซียส) จากนั้นบันทึกภาพตาของปลากะพงขาวด้วยกล้อง Olympus Stylus TG-4 Tough

3.2.3 การศึกษามิถวิทยาของโครงสร้างชั้นเซลล์รับภาพปลากะพงขาว (*Lates calcarifer*)

นำตัวอย่างปลากะพงขาวมาเก็บตัวอย่างด้วยน้ำยารักษาสภาพน้ำยาเดวิดสันฟิกเซทีฟ (Davidson's fixative) 48 ชั่วโมง แล้วเปลี่ยนเป็น 70 เปอร์เซ็นต์แอลกอฮอล์ จากนั้นนำตัวอย่างมาผ่านกระบวนการมาตรฐานทางด้านมิถวิทยา (Presnell and Schreibman, 2013; Suvarna and Layton, 2013) และนำบล็อกชิ้นเนื้อเยื่อของตามาดัดแผ่นบางที่ความหนาประมาณ 4 ไมโครเมตร และย้อมด้วยสี Harris's haematoxylin and eosin (H&E) จากนั้นนำสไลด์เนื้อเยื่อตามาศึกษาโครงสร้างพื้นฐานและการจัดเรียงตัวของเนื้อเยื่อตาภายใต้กล้องจุลทรรศน์แบบใช้แสงธรรมดาและบันทึกภาพโครงสร้างชั้นเซลล์รับภาพ และเซลล์รับแสงด้วยกล้องถ่ายภาพดิจิทัลจิตอลรุ่น Canoscope DG-105-W, DG105 จากนั้นนำสไลด์เนื้อเยื่อตาทั้งหมดมาทำการวัดความกว้างโครงสร้างของชั้นเซลล์รับภาพ และชั้นเซลล์รับแสงที่กำลังขยาย 10X โดยทำการสุ่มตำแหน่งของชั้นชั้นเซลล์รับภาพมา 4 จุด (รูปที่ 8) และนำค่าที่ได้มาหาค่าเฉลี่ยและค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน

วิธีการทั้งหมดในการศึกษานี้ได้รับการอนุมัติจากคณะกรรมการการใช้สัตว์ทดลองคณะวิทยาศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัยและได้รับเลขรหัสโครงการ 1923004



ภาพที่ 8 ตำแหน่งการวัดขนาดเซลล์รับภาพ จำนวน 4 จุด

3.3 การวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติ

ทำการวิเคราะห์ข้อมูลด้วยใช้โปรแกรมสำเร็จรูป SPSS Version 22 Windows 64 ที่ระดับความเชื่อมั่น 95%

3.3.1 ข้อมูลการเจริญเติบโต (Growth) เปรียบเทียบทางสถิติ One-way ANOVA

3.3.2 ข้อมูลพฤติกรรมเปรียบเทียบทางสถิติโดยใช้ Friedman's two-way analysis

3.3.3 การเปลี่ยนแปลงโครงสร้างชั้นเซลล์รับภาพ, ชั้นเซลล์รับแสง และการมองเห็นเหยื่อเปรียบเทียบทางสถิติโดยใช้ Krusal-Wallis test

บทที่ 4

ผลการทดลอง และวิจารณ์ผลการทดลอง

4.1 การเจริญเติบโตของปลากะพงขาว (*Lates calcarifer*) ระยะวัยรุ่น

จากผลการทดลองครั้งนี้แสดงให้เห็นว่าความยาวเหยียดของปลากะพงขาว (*Lates calcarifer*) ระยะวัยรุ่นในทุกกลุ่มการทดลองมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ [$P=0.00$ (ภาพที่ 9A)] พบว่าปลากะพงขาวระยะวัยรุ่นที่ได้รับแสงไฟฟลูออเรสเซนต์สีแดงมีความยาวเหยียดเฉลี่ยสูงสุดเท่ากับ 5.61 ± 0.53 เซนติเมตร

เมื่อพิจารณาน้ำหนักของปลากะพงขาว (Weight) หลังการทดลอง น้ำหนักของปลากะพงขาว ระยะวัยรุ่นในทุกกลุ่มการทดลอง แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ [$P=0.00$ (ภาพที่ 9B)] พบว่าปลากะพงขาวระยะวัยรุ่นที่ได้รับแสงไฟฟลูออเรสเซนต์สีแดงมีน้ำหนักมากที่สุด น้ำหนักเฉลี่ยเท่ากับ 2.35 ± 0.50 กรัม สอดคล้องการรายงานของ Randall and Perry (1992), Begg and Pankhurst (2004) และ Ulman et al. (2011) ที่กล่าวว่า แสงสีแดงส่งผลต่อการเจริญเติบโตมากที่สุด เนื่องจาก แสงสีแดงทำให้เกิดความเครียดจากการสร้างฮอร์โมนคอร์ติซอล ดังนั้นเมื่อภาวะที่ร่างกายอยู่ในภาวะความเครียดทำให้ฮอร์โมนคอร์ติซอลหลังเข้าสู่กระแสเลือดเพิ่มมากขึ้น จึงทำให้กลูโคสในเลือดเพิ่มขึ้น หรือมีการเผาผลาญเพิ่มขึ้น จะทำให้การบริโภคเพิ่มขึ้น ซึ่งอาจเป็นจุดบกพร่องของการทดลองนี้ที่ไม่ได้มีการตรวจฮอร์โมนชนิดนี้หลังการทดลอง

โดยสรุปในส่วนการเจริญเติบโต กล่าวได้ว่าแสงในสภาพแวดล้อมจะมีผลทางอ้อมกับการเจริญเติบโต โดยปัจจัยแสงจะส่งผลโดยตรงกับการเคลื่อนที่และการมองเห็นเกิดจากการปรับตัวของโครงสร้างตาของปลาหรือสิ่งมีชีวิตในน้ำที่ (Valentincic, 2004; Valentincic and Caprio, 1997) ดังนั้นเมื่อมีการมองเห็นเหยื่อและหลบหลีกศัตรูหรือสิ่งอันตรายได้จึงทำให้สามารถบริโภคได้เพิ่มขึ้น อัตราการรอดเพิ่มขึ้น

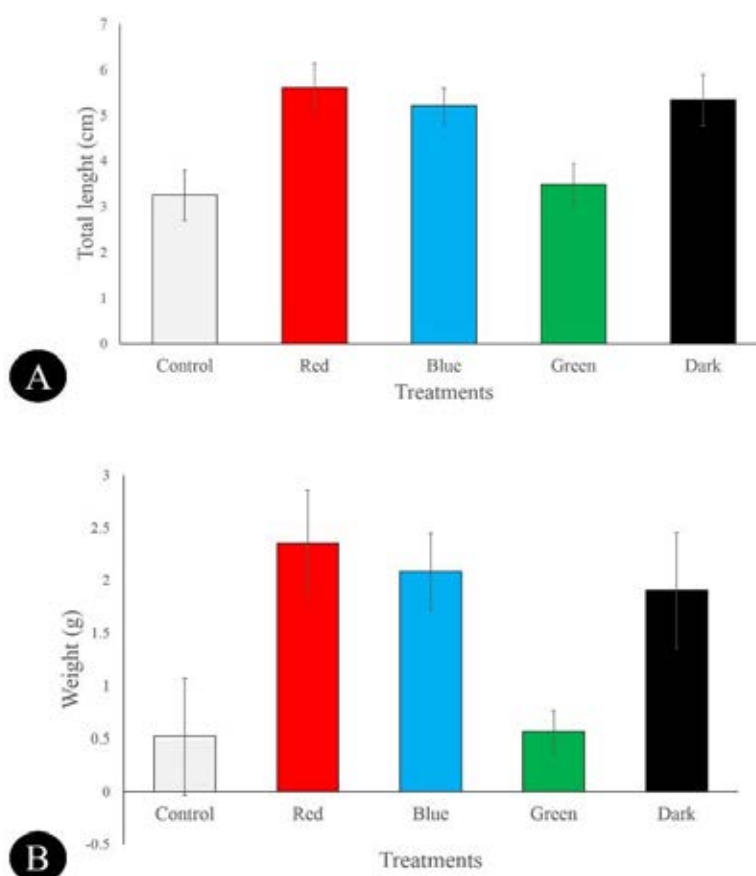
4.2 พฤติกรรมและการมองเห็นของปลากะพงขาว (*Lates calcarifer*) ระยะวัยรุ่น

พิจารณารูปแบบพฤติกรรมต่างๆ ของปลากะพงขาวในระยะวัยรุ่น ได้แก่ การกินอาหาร การว่ายน้ำ การรวมกันเป็นฝูง และการมองเห็น พบว่าแสงสีแดงมีผลต่อทุกพฤติกรรมและมีแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ [$P=0.05$] ภาพที่ 10A-10D] เมื่อเปรียบเทียบกับกลุ่มควบคุม โดยมีพฤติกรรมการกินเฉลี่ยมากที่สุดคือ 4.67 ± 0.94 คะแนน (ปลาที่กินอาหารจำนวน 7-9 ตัว) พฤติกรรมการว่ายน้ำมีผลเฉลี่ยมากที่สุดคือ 4.458 ± 0.60 คะแนน (ว่ายน้ำ 8-9 ตัว) การอยู่รวมกันเป็นฝูงมีผลคะแนนพฤติกรรมเฉลี่ยมากที่สุดคือ 4.625 ± 0.61 คะแนน (ปลาอยู่เป็นกลุ่มครบ 8-9 ตัว) และการมองเห็นใช้เวลาในการกินเหยื่อน้อยที่สุด มีค่าเฉลี่ย 1.33 ± 0.22 นาที เมื่อพิจารณาการมองเห็นของปลากะพงขาวระยะวัยรุ่นในตู้สีต่างๆ พบว่า แต่ละตู้ให้ผลของเวลาที่มองเห็นเหยื่อและกินอาหารหรืออาร์ทีเมียที่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ [$P=0.00$] ภาพที่ 10D] โดยสีแดง (710 นาโนเมตร) จะใช้เวลาในการกินเหยื่อน้อยที่สุด โดยใช้เวลาเฉลี่ย 1.33 ± 0.22 นาที

จากผลการทดลองครั้งนี้ชี้ให้เห็นว่า แสงมีผลทำให้ปลากะพงขาวเคลื่อนที่เข้าหาแสง หรือเรียกพฤติกรรมนี้ว่า Phototaxis แสงสีแดงมีผลต่อพฤติกรรมและการมองเห็นมากที่สุด โดยเฉพาะเวลาที่ใช้ในการกินเหยื่อจนหมดมีผลกระตุ้นให้ปลากะพงขาวในระยะวัยรุ่นกินเหยื่อได้อย่างรวดเร็ว เช่นเดียวกับการรายงานของ Volpato et al. (2013) ยืนยันได้ว่า แสงสีแดงจึงเป็นปัจจัยหนึ่งมีผลต่อพฤติกรรมการกินอาหารของปลานิล และจากการทดลอง Browman and Marcotte (1987) ปลาแซลมอนแอตแลนติกจะบริโภคมากขึ้นในเหยื่อสีแดง (copepods) ซึ่งผลของสีในสภาพแวดล้อมต่อสัตว์น้ำวัยอ่อน (larva) และระยะวัยรุ่น (juvenile) นำไปสู่เพื่อการมองเห็นที่สูงขึ้นของอาหารและความสามารถที่ดีขึ้นในรับรู้อาหารนำไปสู่อัตราการเจริญเติบโตและความอยู่รอดที่มีประสิทธิภาพสูงขึ้น และจากการทดลอง Naas et al. (1996) พบว่าการ

เจริญเติบโตและการอยู่รอดของปลาแซลมอนวัยเจริญพันธุ์ที่เลี้ยงในตู้ปลาสีแดงมากกว่าที่เลี้ยงในตู้ปลาสีฟ้าหรือสีเขียว เพราะช่วยให้เกิดการกระจายตัวสูงขึ้น เนื่องมาจากเกิดการกระเจิงของแสงในน้ำ ทำให้เหยื่อดูสว่าง

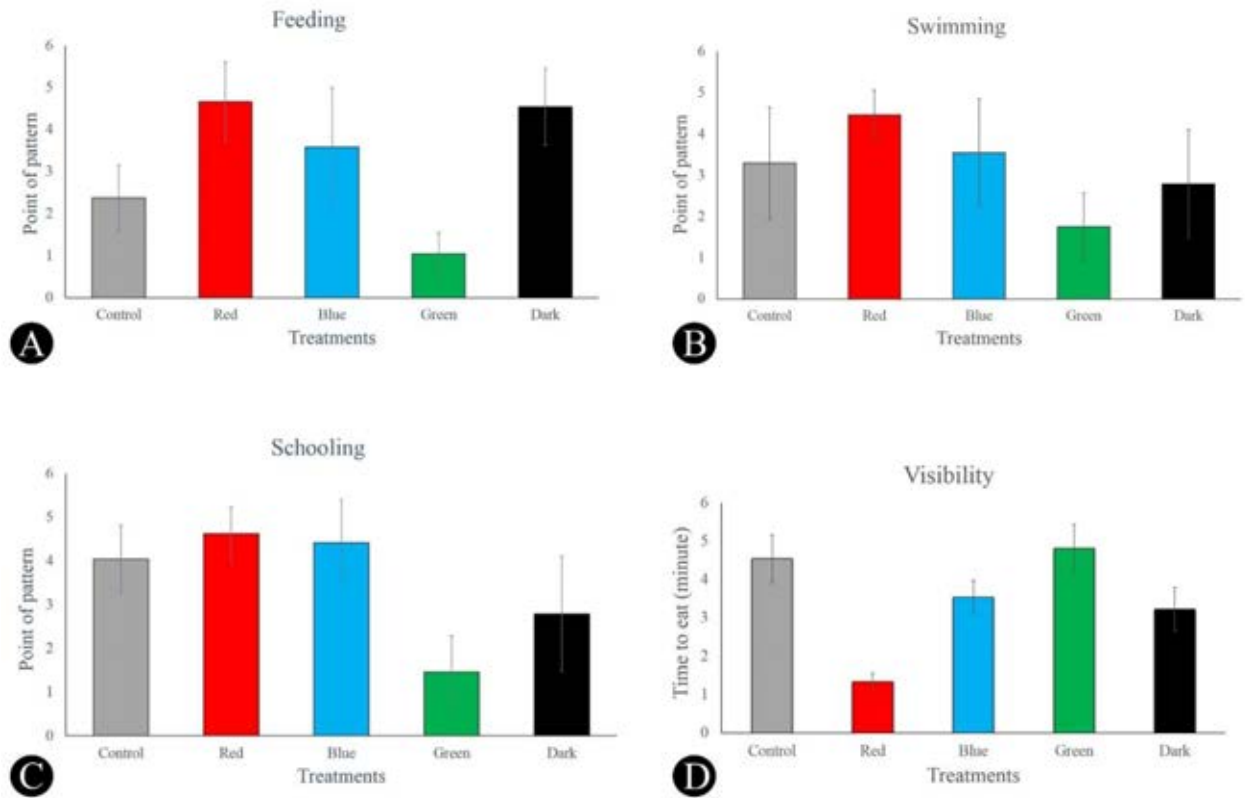
ในทางกลับกันที่มีการทดลองปัจจัยแสงที่มีผลว่าแสงสีน้ำเงินส่งผลต่อพฤติกรรมมากที่สุด เนื่องจากเป็นสีที่ใกล้เคียงกับที่อยู่อาศัยในน้ำของปลามากที่สุดและช่วยบำบัดความเครียดของปลาได้ ซึ่งตรงกันข้ามกับสีแดงที่สร้างฮอร์โมนความเครียด จากการรายงานที่ผ่านมาได้แก่ ในปลา *Cyprinus carpio*, *Carassius auratus*, *Carassius carassius*, *Perccottus glenii*, *Poecilia reticulata* (Ruchin, 2001; Ruchin, 2004), *Melanogrammus aeglefinus* (Downing and Litvak, 2001) และ *Sparus aurata* (Karakatsouli et al., 2007) ซึ่งก็จะเห็นจากการทดลองครั้งนี้ว่าสีที่ส่งผลต่อพฤติกรรมรองลงมา คือ สีน้ำเงิน ซึ่งก็อาจสนับสนุนได้ส่วนหนึ่งว่าแสงสีน้ำเงินก็ส่งผลต่อพฤติกรรมเช่นกัน



ภาพที่ 9 แสดงค่าเฉลี่ยของลักษณะที่วัดได้ของปลากะพงขาว (*Lates calcarifer*) ระยะวัยรุ่น

A คือ $\bar{x} \pm SD$ ของความยาวเหยียด และ B คือ $\bar{x} \pm SD$ ของน้ำหนัก

หมายเหตุ สีเทา คือ กลุ่มควบคุม สีแดง คือ แสงไฟฟลูออเรสเซนต์สีแดง (710 นาโนเมตร) สีน้ำเงิน คือ แสงไฟฟลูออเรสเซนต์สีน้ำเงิน (435 นาโนเมตร) สีเขียว คือ แสงไฟฟลูออเรสเซนต์สีเขียว (510 นาโนเมตร) และสีดำ คือ ที่บแสง



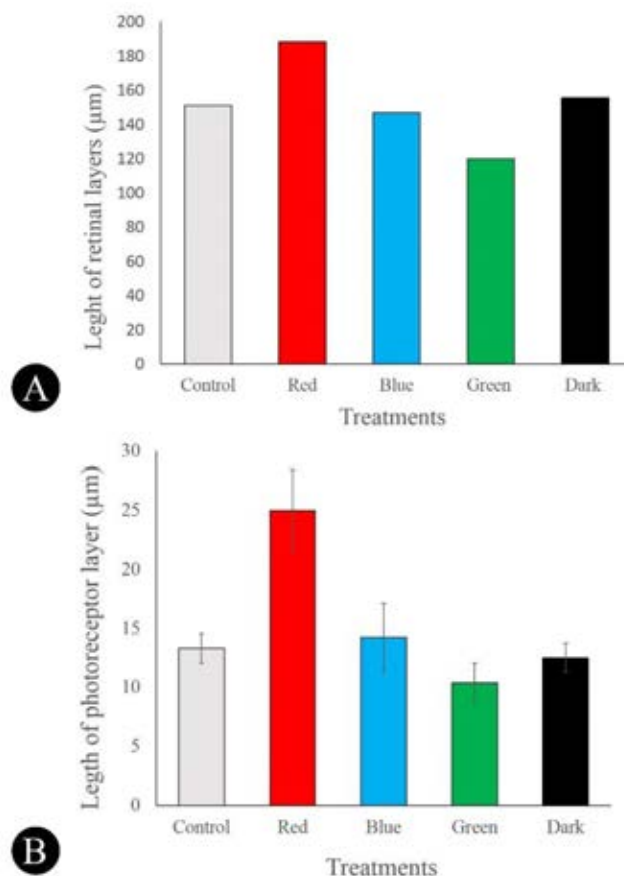
ภาพที่ 10 แสดง $\bar{x} \pm SD$ พฤติกรรมของปลากะพงขาว (*Lates calcarifer*) ระยะวัยรุ่น

A คือ พฤติกรรมการกินอาหาร B คือ พฤติกรรมการว่ายน้ำ C คือ พฤติกรรมการอยู่รวมกันเป็นฝูง และ D คือ เวลาที่ใช้ในการมองเห็นเหยื่อ

หมายเหตุ สีเทา คือ กลุ่มควบคุม สีแดง คือ แสงไฟฟลูออเรสเซนต์สีแดง (710 นาโนเมตร) สีน้ำเงิน คือ แสงไฟฟลูออเรสเซนต์สีน้ำเงิน (435 นาโนเมตร) สีเขียว คือ แสงแสงไฟฟลูออเรสเซนต์สีเขียว (510 นาโนเมตร) และสีดำ คือ ที่บแสง

4.3 ขนาดของโครงสร้างชั้นเซลล์รับภาพและชั้นเซลล์รับแสงของปลากะพงขาว (*Lates calcarifer*) ระยะวัยรุ่น

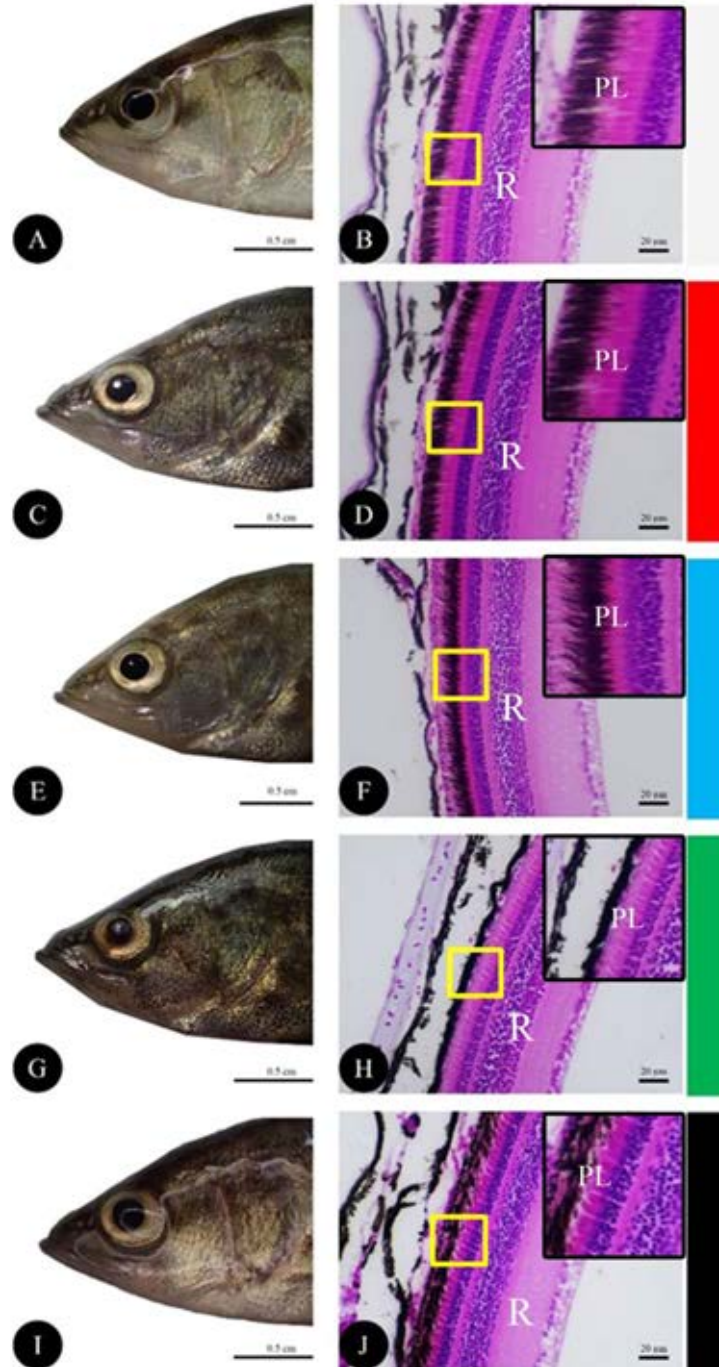
จากการทดลองพบว่าความยาวคลื่นแสงต่างๆ มีผลกระทบต่อชั้นเซลล์รับภาพ และชั้นเซลล์รับแสง ดังรูป 12A-12J เนื่องจากความยาวของเซลล์รับภาพ และชั้นเซลล์รับแสง ในตู้ปลาแต่ละสีมีขนาดที่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ($P=0.00$) โดยตู้ปลากะพงขาว (*Lates calcarifer*) ระยะวัยรุ่นที่ได้รับแสงไฟฟลูออเรสเซนต์สีแดง (710 นาโนเมตร) ให้ขนาดของชั้นเซลล์รับภาพและชั้นเซลล์รับแสงกว้างที่สุด มีขนาดความกว้างเฉลี่ย 188.18 ± 38.16 ไมโครเมตร และ 25.00 ± 3.46 ไมโครเมตร ตามลำดับ ดังรูปที่ 11 สอดคล้องกับการแสดงออกของพฤติกรรม ในส่วนของการตอบสนองของเซลล์รับภาพกับแสงกลไกในทางสรีรวิทยาของตาปลาตอบสนองต่อแสงโดยเฉพาะบริเวณชั้นเซลล์รับแสง จากการทดลอง พบว่าในปลา *Metynnus roosevelti* Donatti และ Fanta (1999) Nicol (1963) และ Munk (1981) แสงสีแดงส่งผลกระตุ้นการเพิ่มปริมาณเม็ดสี (pigment) ทำให้ชั้นเซลล์รับแสงขยายตัว ส่งผลให้เซลล์รับภาพขยายขนาดเมื่อได้รับแสงสีแดง แสดงให้เห็นถึงการตอบสนองของเซลล์รับภาพและชั้นเซลล์รับแสง



ภาพที่ 11 แสดงค่าเฉลี่ยของขนาดที่วัดได้ของปลากะพงขาว (*Lates calcarifer*) ระยะวัยรุ่น

A คือ $\bar{x} \pm SD$ ของชั้นเซลล์รับภาพ และ B คือ $\bar{x} \pm SD$ ของชั้นเซลล์รับแสง

หมายเหตุ สีเทา คือ กลุ่มควบคุม สีแดง คือ แสงไฟฟลูออเรสเซนต์สีแดง (710 นาโนเมตร) สีน้ำเงิน คือ แสงไฟฟลูออเรสเซนต์น้ำเงิน (435 นาโนเมตร) สีเขียว คือ แสงไฟฟลูออเรสเซนต์สีเขียว (510 นาโนเมตร) และ สีดำ คือ ที่บแสง



ภาพที่ 12 แสดงโครงสร้างตา ตำแหน่งและมิถุนวิทยาของโครงสร้างชั้นเซลล์รับภาพปลากระพงขาว (*Lates calcarifer*) ระยะเวลาวัยรุ่น A และ B กลุ่มควบคุม C และ D กลุ่มที่ได้รับแสงไฟฟลูออเรสเซนต์สีแดง E และ F กลุ่มที่ได้รับแสงไฟฟลูออเรสเซนต์สีน้ำเงิน G และ H กลุ่มที่ได้รับแสงไฟฟลูออเรสเซนต์สีเขียว I และ J กลุ่มที่ไม่ได้รับแสงไฟฟลูออเรสเซนต์ หรือที่บแสง
 หมายเหตุ R คือ ชั้นเซลล์รับภาพ และ PL คือ ชั้นเซลล์รับแสง

บทที่ 5

สรุปผลการทดลองและข้อเสนอแนะ

5.1 สรุปผลการทดลอง

การศึกษาผลกระทบจากความยาวคลื่นแสงที่แตกต่างกันต่อพฤติกรรมการตอบสนองและศึกษาโครงสร้างชั้นเซลล์รับภาพของปลาอะพอกา (Lates calcarifer) ระยะวัยรุ่น พบว่าช่วงคลื่น 710 นาโนเมตร หรือแสงสีแดงจากหลอดไฟฟลูออเรสเซนต์ มีผลต่อการทดลองที่สัมพันธ์ในทุกปัจจัย คือ พฤติกรรมของปลาอะพอกาและขนาดของโครงสร้างชั้นเซลล์รับภาพ ที่เปลี่ยนแปลง ซึ่งพบว่าความยาวคลื่นแสงแต่ละช่วงให้ผลของพฤติกรรมที่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญและส่งผลกระทบต่อขนาดของชั้นเซลล์รับภาพของปลาอะพอกา ซึ่งพฤติกรรมของปลาอะพอกาที่ทำการศึกษ ได้แก่ การกินอาหาร การอยู่รวมกันเป็นฝูง และการว่ายน้ำ

ในส่วนผลการทดลองผลกระทบของความยาวคลื่นแสงกับโครงสร้างของชั้นเซลล์รับภาพและได้ศึกษาในชั้นเซลล์รับแสงเพิ่ม เนื่องจากชั้นนี้มีความไวต่อแสงมากที่สุด เพราะมีเซลล์ที่ตอบสนองต่อแสงได้ดี คือ เซลล์รูปกรวย และเซลล์รูปแท่ง โดยจากการศึกษาพบว่าช่วงคลื่น 710 นาโนเมตร สีแดงส่งผลให้ชั้นเซลล์รับแสง มีขนาดกว้างขึ้น ซึ่งเป็นผลทำให้การมองเห็นดี สอดคล้องการทดลองการมองเห็นเหยื่อของปลาอะพอกา เห็นเหยื่อได้ดีกว่ากลุ่มการทดลองอื่นๆ จึงเป็นอีกปัจจัยหนึ่งที่ทำให้พฤติกรรมของปลาอะพอกาแสดงออกได้ดี ไม่ว่าจะเป็นการกินอาหารที่มากกว่ากลุ่มทดลองอื่นๆ ทำให้ความยาวเหยียดและน้ำหนักเฉลี่ยมากที่สุด พฤติกรรมการอยู่รวมกันเป็นฝูงที่ส่งผลให้กลุ่มการทดลองนี้มีจำนวนรอดปริมาณมาก และพฤติกรรมการว่ายน้ำที่ทุกตัวมีการเคลื่อนไหวได้เร็ว ทุกตัวมีการเคลื่อนไหวสัมพันธ์กับทิศทางของเหยื่อจึงทำให้ใช้เวลาน้อยในการกินเหยื่อ

และข้อมูลอีกส่วนหนึ่งที่น่าสนใจคือ แสงที่มีผลต่อปลาอะพอกา รองลงมาจากสีแดง คือ สีน้ำเงิน ในหลายๆการทดลอง ในส่วนนี้มีคำอธิบายในหลายการทดลองที่กล่าวว่า แสงสีน้ำเงินเป็นแสงที่เหมือนสิ่งแวดล้อมที่อยู่อาศัยของสัตว์น้ำและเป็นแสงที่ช่วยในการบำบัดความเครียดอีกด้วย

ข้อมูลที่ได้จากการทดลองจะช่วยผู้ประกอบการฟาร์มปลาอะพอกาในการเลือกและตัดสินใจในการใช้ความยาวคลื่นแสงจากหลอดไฟฟลูออเรสเซนต์ในการเพาะเลี้ยงปลาอะพอกา ระยะวัยรุ่นได้ดี ซึ่งผลการทดลองแสดงให้เห็นแล้วว่าปัจจัยของความยาวคลื่นแสงมีผลต่อพฤติกรรมและขนาดโครงสร้างของชั้นเซลล์รับภาพที่ทำให้พฤติกรรมและการมองเห็นดีกว่าแสงธรรมชาติ ซึ่งข้อมูลที่ได้จะเป็นประโยชน์ในการตัดสินใจที่จะนำปัจจัยแสงมาช่วยในปรับปรุงการเพาะเลี้ยงปลาอะพอกา

5.2 ข้อเสนอแนะ

- 5.2.1 ควรให้ผู้สังเกตพฤติกรรมหลายคน เพื่อไม่ให้เกิดความคลาดเคลื่อนและช่วยลดเวลาในการสังเกต
- 5.2.2 ควรใช้หลอดไฟเป็นหลอด LED เพื่อลดการกระเจิงของแสงในตัวทดลอง
- 5.2.3 ในการทดลองควรใช้เวลาในการทดลองมากกว่า 1 เดือน เพื่อให้มั่นใจได้ว่าปลามีการปรับเปลี่ยนรูปแบบพฤติกรรมและการตอบสนองชั้นเซลล์รับภาพ เพื่อประโยชน์ในการเพาะเลี้ยงต่อไป

เอกสารอ้างอิง

ภาษาไทย

- กรมประมง. 2560. สถิติฟาร์มเพาะเลี้ยงปลาน้ำกร่อย ประจำปี 2560. กรมประมงกระทรวงเกษตรและสหกรณ์.
- กมลพันธ์ อวัยวานนท์. 2546. พฤติกรรม Light Shocked Reaction ในปลากะตัก Light Shocked Reaction Behavior in the Anchovies. หน้า 24-31. ใน: การประชุมทางวิชาการของมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ ครั้งที่ 41: สาขาประมง.
- กิติธร สรรพานิช สันติ เอียนเหล็ง และ สาธิต โกวิทวิท. 2539. การเปรียบเทียบอาหารสำเร็จรูปสำหรับเลี้ยงปลากะพงขาวที่จังหวัดพระนครศรีอยุธยา, หน้า 392 – 399. ใน : การประชุมทางวิชาการของมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ ครั้งที่ 34 สาขาพืช - ประมง.
- จوزهตี พงศ์มณีรัตน์ และ มะลิ บุญยรัตผลิน. 2538. การใช้แหล่งโปรตีนบางชนิดในอาหารสำหรับปลากะพงขาว. เอกสารวิชาการ ฉบับที่ 14/2538. สถาบันวิจัยการเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำชายฝั่ง กรมประมง. 12 หน้า.
- พิเชต พลายเพชร และคณะ. 2551. การเจริญเติบโตและคุณภาพเนื้อของปลากะพงขาว (*Lates calcarifer* Bloch, 1790) ที่เลี้ยงด้วยปลาสดและอาหารสำเร็จรูป, หน้า 156-166. ใน: การประชุมทางวิชาการมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ ครั้งที่ 46: สาขาประมง.
- มะลิ บุญยรัตผลิน ธิดา เพชรมณี สุพจน์ จิงแยมปิ่น และ จารุรัตน์ บุรณะพานิชย์กิจ. 2532. อาหาร การให้อาหารและการขาดธาตุอาหารของปลากะพงขาว. เอกสารแนะนำ ฉบับที่ 1 /2532. สถาบันวิจัยการเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำชายฝั่งแห่งชาติ กรมประมง. 12 หน้า.
- วิเชียร สาคเรศ และ สมเดช สุขบรรเทิง. 2526. การเจริญเติบโตและผลผลิตของปลากะพงขาวจากการเลี้ยงในกระชัง. เอกสารวิชาการ ฉบับที่ 5/2526. สถานีประมงน้ำกร่อยจังหวัดระยอง กรมประมง 30 หน้า.

ภาษาอังกฤษ

- Al-Ilbert, I.B. 1969. The organisation of the cone cells in the retinae of four teleosts with different feeding habits (*Perea fluvialis* L., *Lueioperea lueioperca* L., *Acerina cernua* L. and *Careganus albula* L). Arkiv. Zoo 22 (II): 445-481.
- Arimoto, T. Fish behaviour and visual physiology in capture process of light fishing. Symposium on impacts of fishing on the environment: ICES-FAO Working Group on Fishing Technology and Fish Behaviour. May 6–10, Bangkok, Thailand (2013).
- Awaiwanont K, Gunarso W, Sameshima M, Hayashi S, Kawamura G. 2001. Grouped, stacked rods and tapeta lucida in the retina of Japanese anchovy *Engraulis japonicus*. FishSci. 67(5):804–810.
- Ashley, P.J. 2007. Fish welfare: current issue in aquaculture. Appl. Anim. Behav. Sci 104: 99-235.
- Ballagh, D.A., P.M. Pankhurst & D.S. Fielder. 2008. Photoperiod and feeding interval requirements of juvenile mulloway, *Argyrosomus japonicus*. Aquaculture 277: 52-57

- BC Open Textbooks. 2015. INTRODUCTION TO PSYCHOLOGY – 1ST CANADIAN EDITION [online]. <https://opentextbc.ca/introductiontopsychology/chapter/4-2-seeing/> [1 May 2019]
- Banks, W.J. 1993. Applied Veterinary Histology, USA. Mosby. St. Louis, MO: 526
- Barlow, C.G., Pearce, M.G., Rodgers, L.J., Clayton, P. 1995. Effects of photoperiod on growth, survival and feeding periodicity of larval and juvenile barramundi *L. calcarifer* (Bloch). Aquaculture 138(1–4): 159–168.
- Begg, K. and Pankhurst, N.W. 2004. Endocrine and metabolic responses to stress in a laboratory population of the tropical damselfish *Acanthochromis polyacanthus*. Journal of Fish Biology 64: 133–145.
- Breder, C.M.Jr. 1967. On the survival value of fish schools. Zoologica. (52): 25-40.
- Breder, C.M. and F. Halpern. 1946. Innate and Acquired Behavior Affecting the Aggregation of Fishes. Physio. Zool. (19): 154-190
- Blaxter, J. H. S. 1968. Light intensity, vision and feeding in young plaice. Journal of Experimental Marine Biology and Ecology (2): 293–307.
- Blaxter JHS, Jones MP. 1967. The development of the retina and retinomotor response in the herring. J Mar Biol Assoc UK. 47(3):677–697.
- Boeuf, G. and Bail, P.Y Le. 1999. Does light have an influence on fish growth? Aquaculture 177: 129-152.
- Browman, H.I. & Marcotte, B.M. 1987. Effect of prey color and background color on feeding by Atlantic salmon alevins. Prog. Fish Cult 49:140–143.
- Burnside, B. and King-Smith, C.2009. Retinomotor movements. In: Squire, L. R. (ed.) Encyclopedia of Neuroscience. Oxford: Academic Press.
- Cobcroft JM, Pankhurst PM. 2003. Sensory organ development in cultured striped trumpeter larvae *Latris lineata*: implication for feeding behaviour. Mar Freshwater Res. 54(5): 669–682.
- Collin, S.P and H.B. Collin. 1995. Ultrastructure and organization of the cornea, lens and iris in the pipefish, *Corythoichthyes paxtoni* (Syngnathidae, Teleostei). Histol. Histopathol 10: 313–323.
- Collin, S. P. 1988. The retina of the shovel-nosed ray, *Rhinobatos batillum* (Rhinobatidae): morphology and quantitative analysis of the ganglion, amacrine and bipolar cell populations. Journal of Experimental Biology 47:195–207.
- Collin, S. P., and H. B. Collin. 1988. The morphology of the retina and lens of the sandlance, (*Limnichthys fasciatus*) (Creeiidae). Journal of Experimental Biology 47:209–218.
- Donatti, L., and Fanta, E. 1999. Morphology of the retina in the freshwater fish *Metynnis roosevelti* Eigenmann (Characidae, Serrasalminae) and the effects of monochromatic red light. Revta bras. Zool 16 (1): 151 -173

- Douglas R.H. and B.D. Mustafa 1990. The visual system of fish. Chapman and Hall Ltd, 11 New Fetter Lane, London EC4P 4EE: 415.
- Duke-Elder SS. 1958. The eye in evolution. System of ophthalmology. London: Henry Kimpton.
- Fielder, D.S., W.J. Bardsley, G.L. Allan & P.M. Pankhurst. 2002. Effect of photoperiod on growth and survival of snapper *Pagrus auratus* larvae. Aquaculture 211: 135-150.
- Ebrahimi, G.2011. Effects of rearing tank background color on growth performance in juvenile common carp, *Cyprinus carpio* L. Agricultural Journal 6: 213–217.
- Elnwshy, N., Sabri, D. and Nwonwu, F. 2012. The effect of difference in environmental colors on Nile tilapia (*Oreochromis niloticus*) production efficiency. International Journal of Agriculture & Biology 14: 516–520.
- Evans, A.B., Acosta, M.L., Boslstad, K.S. 2015. Retinal development and ommin pigment in the cranchid squid *Teuthowenia pellucida* (Cephalopoda: Oegopsida). Plos one10 (5).
- Fernald RD. 1985. Growth of the teleost eye: novel solutions to complex constraints. Env Biol Fish 13(2):113–123.
- Fernald, R. D. 1988. Aquatic adaptations in fish eyes, in J. Atema, R. R. Fay, A. N. Popper and W. N. Tavolga, editors.. Springer-Verlag, New York. Sensory biology of aquatic animals: 435–466.
- Genten, F., E. Terwinghe and A. Danguy. 2008. Atlas of Fish Histology. Science Publishers. Enfield, NH, USA: 223.
- Gunnarsson, S., A.K. Imsland, S.I. Siikavuopio, J. Árnason, A. Gústavsson & A. Thorarensen. 2012. Enhanced growth of farmed Arctic charr (*Salvelinus alpinus*) following a short-day photoperiod. Aqua-culture 350-353: 75-81.
- Heerhartz, S.M. and Toft, J.D. 2015. Movement patterns and feeding behavior of juvenile salmon (*Oncorhynchus spp.*) along armored and unarmored estuarine shorelines. Environmental Biology of Fishes98 (2): 0378-1909.
- Henne, J.P. and W.O. Watanabe, 2003. Effects of light intensity and salinity on growth, survival, and whole-body osmolality of larval southern flounder *Paralichthys lethostigma*. J. World Aquacult. Soc. 34:450–465.
- Hoare, DJ. and Krause, J. 2003. Social organisation, shoal structure and information transfer. Fish Fish 4:269–279
- Howell, A., D.L. Berlinsky & T.M. Bradley. 2003. The effect of photoperiod manipulation in the reproduction of black sea bass, *Centropristis striata*. Aquaculture 218: 651-669.
- Imsland, A.K., A. Foss, S.O. Stefansson, I. Mayer, B. Norberg, B. Roth & M.D. Jenssen. 2006. Growth, feed conversion efficiency and growth heterogeneity in Atlantic halibut (*Hippoglossus hippoglossus*) reared at three different photoperiods. Aquacult. Res., 37: 1099-1106.

- Ishida, K. 1987. Studies on the development of sense organs and behaviour in marine fish Larvae and juveniles [dissertation]. [Tokyo]: University of Tokyo.
- Karakatsouli, N., Papoutsoglou, S.E., Pizzonia, G. et al. 2007. Effects of light spectrum on growth and physiological status of gilthead seabream *Sparus aurata* and rainbow trout *Oncorhynchus mykiss* reared under recirculating system conditions. *Aquaculture Engineering* 36: 302–309.
- Kawamura G, Masuma S, Tezuka N, Koiso M, Jinbo T, Namba K. 2003. Morphogenesis of sense organs in the bluefin tuna *Thunnus orientalis*. In: Haward I, Anne BS, editors. Proceeding of the 26th annual larval fish conference, The big fish bang; Bergen: Norwegian Institute of Marine Research and the University of Bergen: 123–135.
- Kawamura G, Ishida K. 1985. Changes in sense organ morphology and behaviour with growth in the flounder *Paralichthys olivaceus*. *Bull Jpn Soc Sci Fish* 51(2):155–165.
- Keenleyside, M.H.A. 1955. Some aspects of the schooling behavior of fish. *Behavior*(8): 183–248.
- Kobayashi, H. 1962. A comparative study on electroretinogram in fish, with special reference to ecological aspects. *Journal of Shimonoseki College of Fisheries* 11:407–538.
- Kunz, Y.W. 1980. Cone mosaics in a teleost retina: changes during light and dark adaptation. *Experientia, Basel*, 36 (12): 1371-1374
- Lall, SP., Tibbetts, S.M. 2009. Nutrition, Feeding and Behavior of Fish. *Vet Clin Exot Anim*(12): 361–372
- Monk, J., V. Puvanendran & J.A. Brown. 2006. Do different light regimes affect the foraging behaviour, growth and survival of larval cod (*Gadus morhua* L.) *Aquaculture*. 257: 287-293.
- Lythgoe, J.N. & Partridge, J.C.1989. Visual pigment and the acquisition of visual information. *Journal of Experimental Biology* 146:1–20.
- Martínez-Cárdenas, L. & G.J. Purser. 2011. Effect of stocking density and photoperiod on growth and survival in cultured early juvenile pot-bellied seahorses *Hippocampus abdominalis* Lesson, 1827. *Aquacult. Res*, 43: 1536-1549.
- Munk, O. 1981. On the cones of the mesopelagic teleost *Trachipterus trachipterus* (Gmelin,1789). *Vidensk. Medd Dan. Naturhist Foren., Copenhagen*, 143: 101-111.
- Naas K., Huse I. and J. Iglesias, 1996. Illumination in first feeding tanks for marine fish larvae. *Aquacult. Eng*, 15:291-300.
- Nicol, I.A.C. 1963 . Some aspects of photoreception and vision in fishes. *Adv. Mar. Biol* 1: 171-208
- Parr, A.E., A .1927. Contribution to the Theoretical Analyses of the Schooling Behavior of Fishes, *Occas. Pap. Bigham Oceanogr. Coil*, 1: 1–32.
- Parr, A.E.1931. Sex Dimorphism and Schooling Behavior among Fishes. *Am. Nat* 65: 173–180.

- Prayogo, N.A., G. E. Wijayanti, M. Murwantoko, Kawaichi & P. Astuti. 2012. Effect of photoperiods on melatonin levels, the expression cGnRH-II and sGnRH genes and estradiols level in hard-lipped barb (*Osteochilus hasselti* C.V.). J. Global. Ve (8): 591-597.
- Presnell, J.K. and Schreibman, M.P. 2013. Humason's Animal Tissue Techniques. 5th ed. US: Johns Hopkins University Press: 600.
- Pillay TVR, Kutty MN. 2005. Aquaculture principles and practices. 2nd ed. London: Blackwell
- Pitcher, T.J. and Parrish, J.K. Functions of shoaling behaviour in teleosts. In: Pitcher TJ, editor. Behaviour of teleost fish. London: Chapman & Hall 1993: 363-439.
- Parrish, J.K., Viscido, S.V., Grunbaum, D. 2002. Self-organized fish schools: an examination of emergent properties. Biol Bull 202:296-305.
- Randall, D.J. & Perry, S.F.1992. Catecholamine. The Cardiovascular System (W.S. Hoar, D.J. Randall & T.P. Farrell, eds.), New York, USA. Fish Physiology 12B: 255-300.
- ROSSETO, E.S.; H. DOLDER & I. SAZIMA. 1992. Double cone mosaic pattern in the retina of larval and adult piranha, *Serrasalmus spilopleura*. Experientia 48: 597-599.
- Utne-Palm, A.C., Breen, M., Løkkeborg, S., Humborstad, O-B. 2017. Behavioural response of krill and cod to artificial light in laboratory experiments. PLoS ONE 13(1).
- Volpato, G.L., Bovi, T.S., Freitas, R.H.A., Silva, D.F., Delicio, H.C., Giaquinto, P.C. and Barreto, R.E. 2013. Red light stimulates feeding motivation in fish but does not improve growth. PLoS ONE 8(3).
- Sabri, D.M., Elnwshy, N. and Nwonwu, F. 2012. Effect of Environmental Color on the Behavioral and Physiological Response of Nile Tilapia, *Oreochromis Niloticuss*. Global Journal of Science Frontier Research Biological Sciences 12(4): 2249-4626.
- Shaw, E. 1978. Schooling fishes. American Scientist(66): 166-175.
- Shaw, E. 1970. Schooling in Fishes: Critique and Review. In: Aronson, Y. et al. (eds.). Development and Evolution of Behavior. W.H.Freeman, San Francisco: 452-480.
- Sheng, J., Q. Lin, Q. Chen, Y. Gao, L. Shen & J. Lu. 2006. Effect of food, temperature and light intensity of threespot juvenile seahorse, *Hippocampus trimaculatus* Leach. Aquaculture. 256: 596-607.
- Somiya H. 1980. Fishes with eye shine: functional morphology of guanine type tapetum lucidum. Mar Ecol Prog Ser 2(1):9-26.
- Somiya H, Takei S, Mitarai I. 2000. Guanine and its retinal distribution in the tapetum of the bigeye tuna, *Thunnus obesus*. J 47(4):367-372.
- Suvarna, K.S. and Layton, J.D. 2013. Bancroft Bancroft's Theory and Practice of Histological Techniques. 7th ed. Canada: Elsevier: 654.
- Trippel, E.A., Neil, S.R.E. 2002. Effects of photoperiod and light intensity on growth and activity of juvenile haddock (*Melanogrammus aeglefinus*). Aquaculture. 217: 633-645.

- Wang, J.T., Liu, Y.J., Tian, L.X., Mai, K.S., Du, Z.Y., Wang, Y., Yang, H.J. 2015. Effect of dietary lipid level on growth performance, lipid deposition, hepatic lipogenesis in juvenile cobia (*Rachycentron canadum*). Aquaculture. 249: 439-447
- Ullman, J.F.P., Gallagher, Y., Hart, N.S. et al. (2011). Tank color increases growth, and alter color preference and spectral sensitivity in barramundi (*Lates calcarifer*). Aquaculture 322–323: 235–240.
- Wagner, H.-J., E. Fröhlich, K. Negishi, and S. P. Collin.1998. The eyes of deep-sea fish II. Functional morphology of the retina. Progress in Retina and Eye Research 17:637–685.
- Wardle,C.S. and Videler, J.J. 1980. Fish swimming. Aspects of animal movement.
- Whitney, R.R. 1969. Schooling of fishes relative to available light. Trans. Am. Fish. Soc (98): 497-504.
- Wilson, J.M., R.M. Bunte and A.J. Carty. 2009. Evaluation of rapid cooling and tricaine methanesulfonate (MS222) as methods of euthanasia in zebrafish (*Danio rerio*). J. Am.Assoc. Lab. Anim. Sci. 48: 785–789.
- Wittenberg, J.B. and B.A. Wittenberg. 1974. The choroid rete mirabile of the fish eye. Oxygen secretion and structure: Comparison with the swimbladder rete mirabile. Biol. Bull. 146:116–136.
- Yahayaa, S., Lima,LS., Shaleha, SRM., Mukaib, Y., Anrakuc, K. and Kawamura G. 2011. Ontogenetic eye development and related behavioural changes in larvae and juveniles of barramundi *Lates calcarifer* (Bloch). Marine and Freshwater Behaviour and Physiology, DOI:10
- Yamanome, T., Mizusawa, K., Hasegawa, E. et al. (2009). Green light stimulates somatic growth in the barfin flounder *Verasper moseri*. Journal of Experimental Zoology Part A Ecological Genetics and Physiology 311: 73–79.

ตารางที่ ก-5 กลุ่มที่บแสง

รายการ	การกินอาหาร			การอยู่ร่วมกันเป็น ฝูง			การว่ายน้ำ		
	1	2	3	1	2	3	1	2	3
วันที่ 4 ก.พ. 2562	5	5	5	5	5	5	4	4	4
วันที่ 5 ก.พ. 2562	5	5	5	5	5	5	1	1	1
วันที่ 6 ก.พ. 2562	5	5	5	5	5	5	2	3	4
วันที่ 7 ก.พ. 2562	5	5	5	5	5	5	2	3	4
วันที่ 8 ก.พ. 2562	5	5	5	5	5	5	3	4	3
วันที่ 9 ก.พ. 2562	4	4	4	3	3	2	1	1	3
วันที่ 10 ก.พ. 2562	3	3	5	5	5	5	5	5	3
วันที่ 11 ก.พ. 2562	5	5	5	3	4	4	2	2	2
หมายเหตุ									

ภาคผนวก ข ตารางบันทึกเวลา (นาทึ) ของปลากะพงขาวที่ใช้ในการกินเหยื่ออาร์ทีเมีย 50 ตัวจนหมด

ตารางที่ ข-1 กลุ่มควบคุม

เวลา(นาทึ)	ตู้ 1					ตู้ 2					ตู้ 3				
	1	2	3	4	5	1	2	3	4	5	1	2	3	4	5
วันที่ 12 ก.พ. 2562	03.53	03.41	03.42	04.16	04.20	04.18	03.58	03.42	05.20	05.30	04.16	04.20	03.36	05.10	05.15
วันที่ 13 ก.พ. 2562	04.54	04.18	04.01	04.01	04.13	04.02	04.11	03.56	03.38	04.01	04.18	04.11	04.32	04.06	03.58
วันที่ 14 ก.พ. 2562	04.46	04.28	05.11	05.13	04.37	04.36	05.12	05.44	04.39	05.19	05.11	05.31	06.42	06.52	05.47
วันที่ 15 ก.พ. 2562	03.53	03.33	04.55	05.20	05.02	04.52	04.33	04.08	04.39	04.26	05.13	04.10	04.52	05.44	06.22
วันที่ 16 ก.พ. 2562	03.19	03.44	04.13	05.28	05.22	04.49	04.37	04.02	04.18	04.15	05.15	04.39	05.09	04.32	05.58
วันที่ 17 ก.พ. 2562	04.08	04.44	04.22	04.55	05.01	03.58	05.01	05.11	05.09	04.22	04.55	04.56	05.29	04.16	06.01
วันที่ 18 ก.พ. 2562	04.06	03.11	04.27	04.31	05.13	04.24	05.13	05.36	05.26	04.38	04.22	05.01	06.49	06.01	05.38

ตารางที่ ข-2 กลุ่มแสงสีแดง (710นาโนเมตร)

เวลา(นาทึ)	ตู้ 1					ตู้ 2					ตู้ 3				
	1	2	3	4	5	1	2	3	4	5	1	2	3	4	5
วันที่ 12 ก.พ. 2562	01.19	01.24	01.14	01.36	01.23	01.10	01.15	01.20	01.38	01.42	01.11	01.21	01.13	01.22	01.36
วันที่ 13 ก.พ. 2562	01.54	01.11	01.28	01.36	01.45	01.31	02.00	01.16	01.27	01.45	01.02	01.36	01.30	01.55	02.01
วันที่ 14 ก.พ. 2562	01.10	01.32	01.11	01.42	01.46	01.01	01.20	02.13	02.55	01.38	01.55	02.01	01.32	01.01	02.18
วันที่ 15 ก.พ. 2562	01.46	01.22	01.28	01.01	01.42	01.41	01.28	01.32	01.49	01.32	01.24	01.28	01.56	01.02	01.28
วันที่ 16 ก.พ. 2562	01.32	01.29	01.18	01.37	01.31	01.18	01.27	01.09	01.27	01.04	01.25	01.31	01.37	01.16	01.29
วันที่ 17 ก.พ. 2562	01.21	01.23	01.17	01.35	01.42	01.26	01.13	01.41	01.34	01.44	01.32	01.13	01.40	01.26	01.32
วันที่ 18 ก.พ. 2562	01.02	01.33	01.35	01.40	01.34	01.46	01.36	01.28	01.04	01.32	01.44	01.43	01.32	01.28	01.08

ตารางที่ ข-3 กลุ่มแสงสีน้ำเงิน (435 นาโนเมตร)

เวลา (นาท)	ตู้ 1					ตู้ 2					ตู้ 3				
	1	2	3	4	5	1	2	3	4	5	1	2	3	4	5
วันที่ 12 ก.พ. 2562	03.20	03.55	03.24	03.50	03.41	03.12	03.15	03.18	04.00	04.11	03.21	03.19	03.06	03.16	04.02
วันที่ 13 ก.พ. 2562	03.23	03.38	03.16	03.33	03.35	04.10	03.10	03.19	03.11	04.00	04.45	03.30	03.18	03.21	02.55
วันที่ 14 ก.พ. 2562	03.11	03.45	03.32	03.46	03.58	04.01	04.02	03.45	03.50	03.11	04.55	04.18	04.01	04.11	03.52
วันที่ 15 ก.พ. 2562	03.12	04.12	04.08	03.58	03.19	02.52	04.01	03.47	03.51	04.08	03.43	04.16	04.12	05.33	03.58
วันที่ 16 ก.พ. 2562	03.15	03.32	02.54	03.12	03.21	03.24	03.56	03.52	03.42	03.52	04.46	04.12	05.00	03.36	04.41
วันที่ 17 ก.พ. 2562	03.04	03.01	03.41	03.15	03.45	03.11	03.58	03.32	04.06	03.42	03.40	03.58	04.57	03.47	04.33
วันที่ 18 ก.พ. 2562	03.21	03.46	03.16	03.41	03.04	03.10	04.02	03.36	03.46	04.11	03.51	03.57	03.12	02.55	04.50

ตารางที่ ข-4 กลุ่มแสงสีเขียว (510 นาโนเมตร)

เวลา(นาท)	ตู้ 1					ตู้ 2					ตู้ 3				
	1	2	3	4	5	1	2	3	4	5	1	2	3	4	5
วันที่ 12 ก.พ. 2562	04.36	04.25	04.36	05.10	05.20	04.11	04.18	04.36	05.20	05.42	04.56	04.42	04.44	05.01	05.20
วันที่ 13 ก.พ. 2562	04.18	04.36	04.41	05.05	05.33	03.36	03.46	04.16	04.11	04.20	05.20	06.11	06.01	05.12	05.38
วันที่ 14 ก.พ. 2562	05.08	05.32	05.11	05.55	04.32	05.11	06.30	06.18	05.45	05.11	06.49	06.34	05.42	05.36	05.22
วันที่ 15 ก.พ. 2562	04.11	05.42	04.03	03.01	05.11	04.44	04.53	05.16	05.02	05.31	04.48	04.38	05.19	05.42	04.38
วันที่ 16 ก.พ. 2562	04.12	05.01	05.02	04.36	05.46	04.11	05.41	04.17	04.44	04.11	04.49	04.23	04.18	04.01	05.22
วันที่ 17 ก.พ. 2562	04.53	04.44	05.22	05.37	05.49	04.14	06.18	04.51	05.42	04.42	04.11	04.28	04.55	04.37	04.31
วันที่ 18 ก.พ. 2562	04.56	04.41	05.58	04.12	05.46	04.02	05.27	04.32	05.33	05.11	04.18	05.33	05.31	04.20	05.01

ตารางที่ ข-5 กลุ่มที่บแสง

เวลา (นาท)	ตู้ 1					ตู้ 2					ตู้ 3				
	1	2	3	4	5	1	2	3	4	5	1	2	3	4	5
วันที่ 12 ก.พ. 2562	03.20	02.24	03.15	03.38	03.41	03.18	03.01	03.52	03.55	04.18	03.28	03.10	03.11	04.10	04.01
วันที่ 13 ก.พ. 2562	03.38	04.31	04.12	03.55	03.56	03.48	03.41	03.11	03.22	03.24	03.35	03.46	02.58	03.01	04.11
วันที่ 14 ก.พ. 2562	04.10	03.15	04.32	02.53	03.58	04.10	04.01	03.22	03.18	03.02	04.01	03.83	03.01	03.26	04.50
วันที่ 15 ก.พ. 2562	02.57	02.11	02.44	03.52	02.53	03.11	03.21	04.01	03.21	04.52	02.40	02.53	03.06	04.11	03.59
วันที่ 16 ก.พ. 2562	02.33	02.44	03.01	02.35	02.44	03.00	03.02	02.45	02.44	03.54	02.18	03.44	03.45	02.41	04.12
วันที่ 17 ก.พ. 2562	03.31	02.11	02.55	03.01	03.02	02.47	03.01	02.55	02.53	02.59	03.55	04.01	03.11	03.26	04.08
วันที่ 18 ก.พ. 2562	02.33	02.56	03.16	03.58	04.01	03.08	02.15	02.44	02.56	03.02	04.02	04.08	03.21	03.46	03.54

ภาคผนวก ง ขั้นตอนกระบวนการตั้งน้ำ

- 1) Alcohol 95% ครั้งที่ 1 แช่ไว้ 2 ชั่วโมง
- 2) Alcohol 95% ครั้งที่ 2 แช่ไว้ 2 ชั่วโมง
- 3) Absolute alcohol ครั้งที่ 1 แช่ไว้ 2 ชั่วโมง
- 4) Absolute alcohol ครั้งที่ 1 แช่ไว้ 2 ชั่วโมง
- 5) Xylene ครั้งที่ 1 แช่ไว้ 1 ชั่วโมง
- 6) Xylene ครั้งที่ 2 แช่ไว้ 30 นาที
- 7) Xylene:Wax แช่ไว้ 20 นาที
- 8) Wax 2 ครั้ง แช่ไว้เป็นเวลา 1.30 ชั่วโมง และ 30 นาที ตามลำดับ โดยแช่ไว้ในตู้อบ
- 9) ทำบล็อกตัวอย่างตา โดยนำตัวอย่างใส่บล็อกแล้วแช่ด้วย Wax จากนั้นก็ทิ้งให้แข็งตัว
- 10) นำไปตัดบล็อก (section) ให้บางขนาด 5 μm จึงนำไปย้อมสี eosin,H&E ทิ้งไว้ให้แห้ง

ภาคผนวก จ การทดสอบทางสถิติ

ภาพที่ จ-1 ผลทางสถิติที่ใช้ทดสอบข้อมูลแจกแจงปกติ น้ำหนักและความยาวเหยียดของปลากะพงขาว

Tests of Normality

Treatment	Kolmogorov-Smirnov ^a			Shapiro-Wilk		
	Statistic	df	Sig.	Statistic	df	Sig.
W Red	.113	18	.200*	.953	18	.471
Blue	.113	18	.200*	.919	18	.124
Green	.199	18	.058	.900	18	.058
Dark	.143	18	.200*	.956	18	.520
Control	.174	18	.157	.924	18	.155

*. This is a lower bound of the true significance.

a. Lilliefors Significance Correction

Tests of Normality

Treatment	Kolmogorov-Smirnov ^a			Shapiro-Wilk		
	Statistic	df	Sig.	Statistic	df	Sig.
TL Red	.175	18	.150	.952	18	.458
Blue	.177	18	.142	.951	18	.441
Green	.177	18	.139	.906	18	.074
Dark	.127	18	.200*	.961	18	.621
Control	.129	18	.200*	.953	18	.477

*. This is a lower bound of the true significance.

a. Lilliefors Significance Correction

ภาพที่ จ-2 ผลทางสถิติทดสอบ one-way ANOVAความยาวเหยียดและน้ำหนักแต่ละกลุ่มการทดลอง

ANOVA

TL

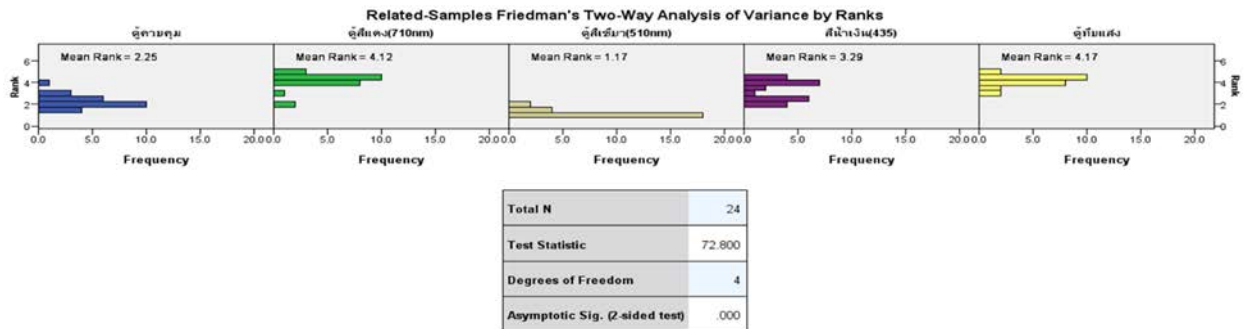
	Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Between Groups	89.611	4	22.403	89.679	.000
Within Groups	21.234	85	.250		
Total	110.845	89			

ANOVA

W

	Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Between Groups	55.302	4	13.825	87.704	.000
Within Groups	13.399	85	.158		
Total	68.701	89			

ภาพที่ จ-3 ผลทางสถิติทดสอบ Friedman’s two-way analysis พฤติกรรมการกินอาหารแต่ละกลุ่มการทดลอง

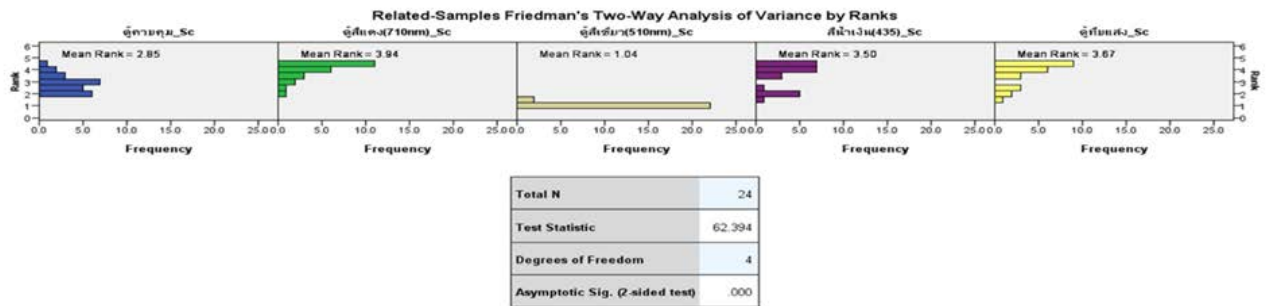


Hypothesis Test Summary

	Null Hypothesis	Test	Sig.	Decision
1	The distributions of ตู๋ตามคุม, ตู๋สีแดง (710nm), ตู๋สีเขียว(510nm), สีน้ำเงิน (435) and ตู๋หิมแสง are the same.	Related-Samples Friedman's Two-Way Analysis of Variance by Ranks	.000	Reject the null hypothesis.

Asymptotic significances are displayed. The significance level is .05.

ภาพที่ จ-4 ผลทางสถิติทดสอบ Friedman's two-way analysis พฤติกรรมการอยู่รวมกันเป็นฝูงแต่ละกลุ่ม การทดลอง

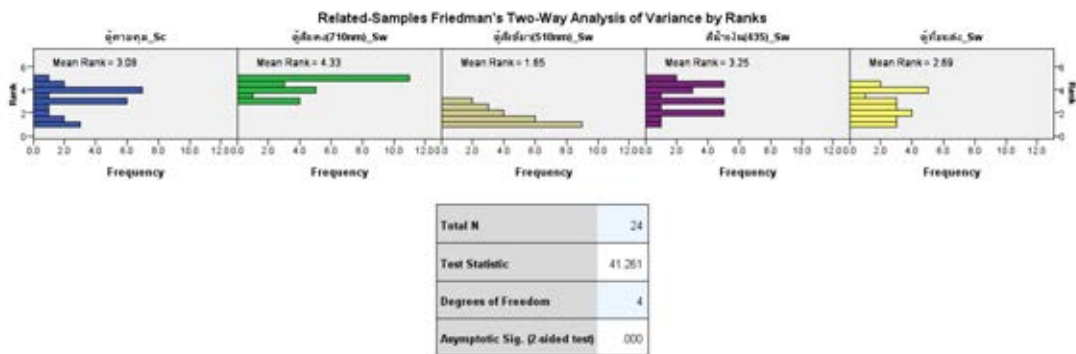


Hypothesis Test Summary

	Null Hypothesis	Test	Sig.	Decision
1	The distributions of ตุ๊กตาคอม_Sc, ตุ๊กตาดง(710nm)_Sc, ตุ๊กตาริม(510nm)_Sc, สีน้ำเงิน(435)_Sc and ตุ๊กตาส่ง_Sc are the same.	Related-Samples Friedman's Two-Way Analysis of Variance by Ranks	.000	Reject the null hypothesis.

Asymptotic significances are displayed. The significance level is .05.

ภาพที่ จ-5 ผลทางสถิติทดสอบ Friedman's two-way analysis พฤติกรรมการว่ายน้ำแต่ละกลุ่มการทดลอง



Hypothesis Test Summary

	Null Hypothesis	Test	Sig.	Decision
1	The distributions of ตุ๊กตาคอม_Sc, ตุ๊กตาดง(710nm)_Sw, ตุ๊กตาริม(510nm)_Sw, สีน้ำเงิน(435)_Sw and ตุ๊กตาส่ง_Sw are the same.	Related-Samples Friedman's Two-Way Analysis of Variance by Ranks	.000	Reject the null hypothesis.

Asymptotic significances are displayed. The significance level is .05.

ภาพที่ จ-6 ผลทางสถิติทดสอบ Kruskal-Wallis เวลาที่เข้าชมเห็นเหยื่อ

Hypothesis Test Summary				
	Null Hypothesis	Test	Sig.	Decision
1	The distribution of Time is the same across categories of Experiments.	Independent-Samples Kruskal-Wallis Test	.000	Reject the null hypothesis.

Asymptotic significances are displayed. The significance level is .05.

ภาพที่ จ-7 ผลทางสถิติทดสอบ Kruskal-Wallis ขนาดชั้นเซลล์รับแสง

Hypothesis Test Summary				
	Null Hypothesis	Test	Sig.	Decision
1	The distribution of Photoreceptor is the same across categories of Color.	Independent-Samples Kruskal-Wallis Test	.000	Reject the null hypothesis.

Asymptotic significances are displayed. The significance level is .05.

ภาพที่ จ-7 ผลทางสถิติทดสอบ Kruskal-Wallis ขนาดชั้นเซลล์รับภาพ

Hypothesis Test Summary				
	Null Hypothesis	Test	Sig.	Decision
1	The distribution of Retina is the same across categories of Color.	Independent-Samples Kruskal-Wallis Test	.000	Reject the null hypothesis.

Asymptotic significances are displayed. The significance level is .05.