ชุดต้นแบบการควบคุมความขุ่นของน้ำที่เลี้ยงปลากะพงขาว (*Lates calcarifer* (Bloch), 1790) แบบอัตโนมัติ

The Prototype of an Automatic Turbidity Control System for *Lates calcarifer* (Bloch, 1790) Farming

นายนนทวัฒน์ พรหมเกาะ

โครงงานพิเศษนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิทยาศาสตรบัณฑิต
สาขาวิทยาศาสตร์การประมงและทรัพยากรทางน้ำ
ภาควิชาเทคโนโลยีการเกษตร
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง วิทยาเขตชุมพรเขตรอุดมศักดิ์ จังหวัดชุมพร
ปีการศึกษา 2564

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

ชุดต้นแบบการควบคุมความขุ่นของน้ำที่เลี้ยงปลากะพงขาว (*Lates calcarifer* (Bloch), 1790) แบบอัตโนมัติ

The Prototype of an Automatic Turbidity Control System for *Lates calcarifer* (Bloch, 1790) Farming

นายนนทวัฒน์ พรหมเกาะ

โครงงานพิเศษนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิทยาศาสตรบัณฑิต
สาขาวิทยาศาสตร์การประมงและทรัพยากรทางน้ำ
ภาควิชาเทคโนโลยีการเกษตร
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง วิทยาเขตชุมพรเขตรอุดมศักดิ์ จังหวัดชุมพร
ปีการศึกษา 2564

โครงงานพิเศษปีการศึกษา 2564

รับที่..... /.....
งานทะเบียนและประมวลผล

เรื่อง

ชุดต้นแบบการควบคุมความขุ่นของน้ำที่เลี้ยงปลากะพงขาว (*Lates calcarifer* (Bloch, 1790) แบบอัตโนมัติ

The Prototype of an Automatic Turbidity Control System for *Lates calcarifer* (Bloch, 1790) Farming

ผู้จัดทำ

นายนนทวัฒน์ พรหมเกาะ

นับเป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิทยาศาสตรบัณฑิต

สาขาวิทยาศาสตร์การประมงและทรัพยากรทางน้ำ

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง วิทยาเขตชุมพรเขตรอุดมศักดิ์ จังหวัดชุมพร

เห็นชอบ/รับรอง

.....

(อาจารย์จักรพงษ์ ศรีพนมยม)

อาจารย์ที่ปรึกษา

โครงงานพิเศษนี้เป็นลิขสิทธิ์ของสถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

โครงงานพิเศษ

เรื่อง

ชุดต้นแบบการควบคุมความขุ่นของน้ำที่เลี้ยงปลากะพงขาว (*Lates calcarifer* (Bloch, 1790) แบบอัตโนมัติ

The Prototype of an Automatic Turbidity Control System for *Lates calcarifer* (Bloch, 1790) Farming

โดย

นายนนทวัฒน์ พรหมเกาะ

เสนอ

ภาควิชาเทคโนโลยีการเกษตร (หลักสูตรวิทยาศาสตร์การประมงและทรัพยากรทางน้ำ)
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง วิทยาเขตชุมพรเขตรอุดมศักดิ์ จังหวัดชุมพร

เพื่อความสมบูรณ์แห่งปริญญาวิทยาศาสตรบัณฑิต สาขาวิทยาศาสตร์การประมงและทรัพยากรทางน้ำ
ปีการศึกษา 2564

ชื่อเรื่อง	ชุดต้นแบบการควบคุมความขุ่นของน้ำที่เลี้ยงปลากะพงขาว (*Lates calcarifer* (Bloch, 1790) แบบอัตโนมัติ
โดย	นาย นนทวัฒน์ พรหมเกาะ
หลักสูตร	วิทยาศาสตร์การประมงและทรัพยากรทางน้ำ
คณะ	วิทยาเขตชุมพรเขตรอุดมศักดิ์
อาจารย์ที่ปรึกษา	อาจารย์จักรพงษ์ ศรีพนมยม

บทคัดย่อ

ชุดต้นแบบการควบคุมความขุ่นของน้ำที่เลี้ยงปลากะพงขาวแบบอัตโนมัติ จัดสร้างขึ้นเพื่ออำนวยความสะดวกในการเลี้ยงปลากะพงขาว ลดเวลาการทำงาน ลดแรงงาน ประหยัดค่าใช้จ่าย สะดวกในการเลี้ยงทั้งนี้เนื่องจากสามารถควบคุมตะกอนอินทรีย์ในน้ำที่ส่งผลต่อค่าความขุ่นของน้ำให้เหมาะสมต่อปลากะพงขาวตลอดการเลี้ยง หลักการทำงานของชุดต้นแบบคือ การควบคุมความขุ่นของน้ำ (turbidity) แบบอัตโนมัติ มีองค์ประกอบหลักคือ บอร์ด Arduino ที่อัพโหลด code เพื่อสั่งการ EC Sensor Turbidity sensor ให้ตรวจวัดค่าความขุ่นของน้ำตามที่ได้ตั้งค่าไว้ถ้าค่าเกินที่กำหนดระบบจะสั่งให้ปั๊มทำงานเพื่อเข้าชุดกรองน้ำและจอ Character LCD จะแสดงผลและคอนโทรลเลอร์เพื่อรับสัญญาณจาก EC Sensor Turbidity sensor และนำมาแปลงเป็นค่าความขุ่นของน้ำ ซึ่งสามารถจัดสร้างชุดต้นแบบดังกล่าวตามที่ได้ออกไว้และทำงานได้เป็นปกติ ส่วนการศึกษาประสิทธิภาพของชุดต้นแบบดังกล่าว ได้กำหนดค่าความขุ่นของน้ำใสที่ 60 มิลลิกรัม/ลิตร ซึ่งชุดต้นแบบจะกรองน้ำอัตโนมัติ การทดสอบการทำงานของชุดต้นแบบด้วยการปล่อยปลากะพงขาวลงเลี้ยงที่ระดับความหนาแน่น 100, 150 และ200 ตัว/ตารางเมตร ให้อาหารปลาที่ 5% ของน้ำหนักตัว 2 มื้อ/วัน เวลา 08.00 และ 17.00 น. เป็นเวลา 4 สัปดาห์ พบว่าชุดที่เลี้ยงปลากะพงขาว 100 ตัว/ตารางเมตร มีน้ำหนักเฉลี่ยสูงสุด 13.05±0.49 กรัม/ตัว และความยาวเฉลี่ยสูงสุด 10.29±0.78 เซนติเมตร/ตัว แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติเหมือนกันทั้ง 2 ค่าตรวจวัด แต่มีอัตราการรอดตายของปลากะพงขาวไม่แตกต่างกันทางสถิติในระหว่างชุดทดลองทั้ง 3 ชุด ความขุ่นของน้ำเฉลี่ยของทั้ง 3 ชุดทดลอง มีค่าไม่แตกต่างกันทางสถิติคือ 46.25-156.52 มิลลิกรัม/ลิตร เมื่อพิจารณาความคุ้มทุนต่อการเลี้ยงเป็นสำคัญ ควรเลี้ยงปลากะพงขาวที่ความหนาแน่น 100 ตัว/ตารางเมตร ในชุดต้นแบบการควบคุมความขุ่นของน้ำที่เลี้ยงปลากะพงขาวแบบอัตโนมัติ

คำสำคัญ: ปลากะพงขาว ชุดต้นแบบ ชุดวัดความขุ่น อัตโนมัติ ความหนาแน่น

นนทวัฒน์ พรหมเกาะ .....

ลายมือชื่อนักศึกษา ลายมือชื่ออาจารย์ที่ปรึกษา

Title The Prototype of an Automatic Turbidity Control System for *Lates calcarifer* (Bloch, 1790) Farming
Author Mr. Nonthawat Promkoh
Major Fishery Science and Aquatic Resources
Faculty Prince of Chumphon Campus
Advisor Mr. Jakkrapong Sripanomyom

Abstract

The prototype of an automatic water turbidity control system of Sea Bass was designed in or der to facilitate fish farming, decrease time and labor, save budget, and increase convenience for the fish farmers due to It's capability to control the organic sedimentary which consequently lead to an appropriate turbidity for the snappers. The functions of prototype of the automatic water turbidity control system of Sea Basa consists of three major parts: Arduino board, Character LCD, and EC sensor turbidity sensor. These three parts work together, Arduino board commands EC sensor, turbidity sensor runs follwing the estimating index. However, If the turbidity is higher than the specified indicator, the system would command the pump to percolate water. the Character LCD monitor would display and control the EC turbidity sensor to calculate the turbidity of water. The prototype has Functioned properly as our expected by to thesis. In terms of the quality of the invented model, The prototype of the water turbidity control system of Sea Bass was sat at 60 mg/L which can automatically percolate in the experiment

This study raised the snappers with the density of 100, 150 and 200 fish/m^2, and fed 5 percent of body weight twice a day at 8.00 a.m. and 5.00 p.m. for four weeks. The result showed that the snappers raised with the density of 100 fish/m^2 had the highest average was weight 13.05±0.49 g/fish and the highest average length was 10.29±0.78 cm/fish, significance different in both measurements, yet, the observed value was similar in survival rate among three experiments. Three average turbidities of water sets were not statistically different, (46.25-156.52 mg/L). In conclusion, when considering cost-effectiveness, the best option for the automatic water turbidity control system prototype should be raised at a density of 100 fish/m^2.

Keywords: *Lates calcarifer*, prototype, turbidity, sensor, automatic, density

Nonthawat promkoh
Student's signature

Advisor's signature

กิตติกรรมประกาศ

การจัดทำโครงงานพิเศษในครั้งนี้สำเร็จได้ด้วยดีจากการสนับสนุนของสถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง วิทยาเขตชุมพรเขตรอุดมศักดิ์ จังหวัดชุมพร ขอขอบพระคุณอาจารย์จักรพงษ์ศรีพนมยม ที่กรุณาให้คำปรึกษา แนะนำ และแก้ไขปัญหาในระหว่างการทำโครงงานพิเศษฉบับนี้ และขอขอบพระคุณอาจารย์ประจำหลักสูตรวิทยาศาสตร์การประมงและทรัพยากรทางน้ำทุกท่านที่ให้ความรู้ตลอดทั้ง 4 ปี และชี้นำแนวทางในระหว่างการทำโครงงานพิเศษในครั้งนี้

ขอบคุณศิษย์เก่าทุกๆ ท่าน โดยเฉพาะนายภูมิเกียรติ จันทนานนท์ ตำแหน่ง นักวิชาการศึกษา กลุ่มพิพิธภัณฑ์สัตว์น้ำ อุทยานวิทยาศาสตร์พระจอมเกล้า ณ หว้ากอ จังหวัดประจวบคีรีขันธ์ เป็นรุ่นพี่ศิษย์เก่าหลักสูตรวิทยาศาสตร์การประมงและทรัพยากรทางน้ำ (รุ่นที่1) ที่ให้ความช่วยเหลือในการทำงานทดลอง การใช้อุปกรณ์และเครื่องมือระบบอัตโนมัติต่างๆ ขอบคุณพี่ๆ เพื่อนๆ และน้องๆ ทุกคนที่ช่วยเหลือตลอดการทำโครงงานพิเศษนี้

สุดท้ายนี้ขอขอบพระคุณบิดามารดาและครอบครัวที่สนับสนุนทางการศึกษา ช่วยเหลือและให้คำแนะนำ สนับสนุนทั้งกำลังกายและเป็นกำลังใจให้ตลอดเวลา จนทำให้โครงงานพิเศษนี้สำเร็จสมบูรณ์

นนทวัฒน์ พรหมเกาะ

กรกฎาคม 2565

สารบัญ

	หน้า
บทคัดย่อ	ก
Abstract	ข
กิตติกรรมประกาศ	ค
สารบัญ	ง
สารบัญตาราง	จ
สารบัญภาพ	ฉ
คำนำ	1
วัตถุประสงค์	2
ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ	2
การตรวจเอกสาร	3
ปลากะพงขาว	3
ความขุ่นของน้ำ (turbidity) กับการเลี้ยงปลา	9
ระบบกรองน้ำ/บำบัดน้ำในบ่อเลี้ยงสัตว์น้ำ	10
ระบบอัตโนมัติเพื่อการเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำ	12
อุปกรณ์และวิธีการ	18
อุปกรณ์	18
วิธีการ	20
ผลและวิจารณ์	28
ผล	28
วิจารณ์	35
สรุปและข้อเสนอแนะ	37
สรุป	37
ข้อเสนอแนะ	37
เอกสารและสิ่งอ้างอิง	38

สารบัญตาราง

ตารางที่		หน้า
1	อัตราและความถี่ในการให้อาหารเม็ดสำเร็จรูปกับปลากะพงขาว	8
2	วัสดุกรองที่ใช้ในระบบการเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำ	11
3	องค์ประกอบและการใช้งานของชุดต้นแบบการควบคุมความขุ่นของน้ำแบบอัตโนมัติ	14
4	น้ำหนักเฉลี่ย (กรัม/ตัว) ของปลากะพงขาวที่เลี้ยงด้วยชุดต้นแบบการควบคุมความขุ่นของน้ำแบบอัตโนมัติที่ระดับความหนาแน่นต่างกัน	28
5	ความยาวเฉลี่ย (เซนติเมตร/ตัว) ของปลากะพงขาวที่เลี้ยงด้วยชุดต้นแบบการควบคุมความขุ่นของน้ำแบบอัตโนมัติอัตโนมัติ	29
6	อัตราการรอดตายเฉลี่ย (%) ของปลากะพงขาวที่เลี้ยงด้วยชุดต้นแบบการควบคุมความขุ่นของน้ำแบบอัตโนมัติอัตโนมัติ	29
7	อุณหภูมิเฉลี่ย (องศาเซลเซียส) ของน้ำที่เลี้ยงปลากะพงขาวด้วยชุดต้นแบบการควบคุมความขุ่นของน้ำแบบอัตโนมัติอัตโนมัติ	30
8	ความเป็นกรดด่างเฉลี่ยของน้ำที่เลี้ยงปลากะพงขาวด้วยชุดต้นแบบการควบคุมความขุ่นของน้ำแบบอัตโนมัติอัตโนมัติ	31
9	ความเค็มเฉลี่ย (ส่วนในพัน) ของน้ำที่เลี้ยงปลากะพงขาวด้วยชุดต้นแบบการควบคุมความขุ่นของน้ำแบบอัตโนมัติอัตโนมัติ	31
10	สภาพด่างเฉลี่ย (มิลลิกรัมต่อลิตร) ของน้ำที่เลี้ยงปลากะพงขาวด้วยชุดต้นแบบการควบคุมความขุ่นของน้ำแบบอัตโนมัติอัตโนมัติ	32
11	ปริมาณออกซิเจนละลายน้ำเฉลี่ย (มิลลิกรัมต่อลิตร) ของน้ำที่เลี้ยงปลากะพงขาวด้วยชุดต้นแบบการควบคุมความขุ่นของน้ำแบบอัตโนมัติอัตโนมัติ	32
12	ปริมาณแอมโมเนียเฉลี่ย (มิลลิกรัมต่อลิตร) ของน้ำที่เลี้ยงปลากะพงขาวด้วยชุดต้นแบบการควบคุมความขุ่นของน้ำแบบอัตโนมัติอัตโนมัติ	33
13	ปริมาณไนไตรท์เฉลี่ย (มิลลิกรัมต่อลิตร) ของน้ำที่เลี้ยงปลากะพงขาวด้วยชุดต้นแบบการควบคุมความขุ่นของน้ำแบบอัตโนมัติอัตโนมัติ	33
14	ความขุ่นเฉลี่ย (มิลลิกรัมต่อลิตร) ของน้ำในชุดต้นแบบการควบคุมความขุ่นของน้ำแบบอัตโนมัติ	34
15	การทดสอบการทำงานและปรับปรุงแก้ไขชุดต้นแบบการควบคุมความขุ่นของน้ำแบบอัตโนมัติ	34

สารบัญภาพ

ภาพที่		หน้า
1	ลักษณะทั่วไปของปลากะพงขาว	4
2	ลักษณะทั่วไปของปลากะพงขาวเพศผู้ (ด้านบน) และเพศเมีย (ด้านล่าง)	6
3	ถังพลาสติกกลมที่ใช้เลี้ยงปลากะพงขาวด้วยชุดต้นแบบการควบคุมความขุ่นของน้ำที่เลี้ยงปลากะพงขาวแบบอัตโนมัติ	20
4	ลูกปลากะพงขาวที่คัดขนาดและคุณภาพพร้อมใช้ในงานทดลอง	21
5	บอร์ด Arduino ในชุดต้นแบบการควบคุมความขุ่นของน้ำที่เลี้ยงปลากะพงขาวแบบอัตโนมัติ	22
6	Adapter 9V 2A ในชุดต้นแบบการควบคุมความขุ่นของน้ำที่เลี้ยงปลากะพงขาวแบบอัตโนมัติ	22
7	ภาพจำลองชุดต้นแบบการควบคุมความขุ่นของน้ำที่เลี้ยงปลากะพงขาวแบบอัตโนมัติ	24
8	ถังและอุปกรณ์ที่ติดตั้งชุดต้นแบบการควบคุมวัดความขุ่นของสีน้ำแบบอัตโนมัติ	26
9	ระบบและวงจรการทำงานของชุดต้นแบบการควบคุมวัดความขุ่นของสีน้ำแบบอัตโนมัติ	26
10	ภาพ Infographic ของชุดต้นแบบการควบคุมวัดความขุ่นของสีน้ำแบบอัตโนมัติ	26

คำนำ

ปลากะพงขาวเป็นสัตว์น้ำเศรษฐกิจที่มีความสำคัญชนิดหนึ่งของประเทศไทย เนื่องจากเป็นปลาที่เลี้ยงง่าย สามารถเจริญเติบโตได้ในน้ำที่มีความขุ่นสูงและมีความเค็มที่แตกต่างกัน มีปริมาณความต้องการเพื่อการบริโภคสูง เนื่องจากเนื้อมีรสชาติดี และมีราคาขายสูง (Boonyaratpalin *et al*., 1998) จึงมีการเพาะเลี้ยงกันอย่างแพร่หลาย โดยเฉพาะในบริเวณพื้นที่ติดชายทะเล ผลผลิตปลากะพงขาวมาจากการเพาะเลี้ยงเป็นหลัก ตั้งแต่ปี 2543 มีปริมาณผลผลิตปลาเพิ่มขึ้นอย่างต่อเนื่อง โดยในปี 2549 มีปริมาณผลผลิตสูงกว่า 15,000 ตัน แต่ประสบปัญหามลภาวะทางน้ำต่างๆ ในปี 2550 เนื่องจากมีปริมาณน้ำจืดหลากเข้าสู่บริเวณพื้นที่เพาะเลี้ยงทำให้ปลาไม่สามารถปรับตัวได้ทันตามสภาพการเปลี่ยนแปลงที่เกิดขึ้นอย่างรวดเร็วจึงเกิดการตายเป็นจำนวนมาก ส่งผลให้มีผลผลิตปลากะพงขาวในปีดังกล่าวอกสู่ตลาดลดลงโดยมีปริมาณผลผลิตเพียง 12,366 ตัน อย่างไรก็ตามหลังจากประสบปัญหาดังกล่าว ต่อมาในปี 2551 ผลผลิตปลากะพงมีปริมาณเพิ่มขึ้นอย่างต่อเนื่องและมีแนวโน้มเพิ่มปริมาณผลผลิตขึ้นอย่างรวดเร็ว ซึ่งในปี 2553 ผลผลิตปลากะพงมีปริมาณมากกว่า 15,000 ตัน (กลุ่มวิจัยและวิเคราะห์สถิติการประมง, 2553) จนในปี 2558 ผลผลิตปลากะพงมีปริมาณเพิ่มสูงขึ้นถึง 16,690 ตัน (นเรศ, 2559)

ในปัจจุบันการเลี้ยงปลากะพงขาวเป็นที่แพร่หลายในหลายพื้น ทั้งการเลี้ยงในกระชังและในบ่อดินการเกิดตะกอนแขวนลอยในน้ำ เกิดจากเศษอาหารเหลือ ซากพืชซากสัตว์ แพลงก์ตอนพืช แพลงก์ตอนซาก เปลี่ยนสีจากน้ำที่ย่อยสลาย ตะกอนดิน ทราย โคลนต่างๆ ส่วนก่อให้เกิดผลกนะทบทางตรงและทางอ้อมต่อปลากะพงที่เลี้ยงอย่างหลีกเลี่ยงไม่ได้ เช่น ในน้ำไม่มีค่าความขุ่นของน้ำ 25-80 NTU มีผลต่อปลาทำให้ผลผลิตทางการประมงที่ดี (ธวัชชัย และคณะ ,2561) แนวทางการควบคุมปริมาณตะกอนในน้ำและแจ้งเตือนระดับของตะกอนและความขุ่นของน้ำ จะส่งผลต่อการจัดการและแก้ไขที่ทันและก่อนปลากะพงขาวจะตายหรือเสียหาย ดังนั้นการศึกษาครั้งนี้จะจัดสร้างชุดต้นแบบการควบคุมความขุ่นของน้ำที่เลี้ยงปลากะพงขาวแบบอัตโนมัติ โดยมุ่งหวังว่าจะซึ่งความรู้ด้านเทคโนโลยีมาประยุกต์ใช้ในการตรวจวัดและการควบคุมน้ำที่ใช้ในการเลี้ยงปลากะพงขาว ซึ่งเกิดจากเศษอาหาร ของเสียจากสัตว์น้ำทำให้เกิดตะกอนและความขุ่นที่มากซึ่งส่งผลทำให้ปลากะพงขาวมีการเจริญเติบโตที่ช้า สั่งการผ่านระบบกรองน้ำในระหว่างการเลี้ยงจะช่วยทำให้ประหยัดน้ำและไฟฟ้า ลดแรงงานคน ลดเวลาการทำงาน ฯลฯ ซ่งจะทำให้ปลากะพงขาวเติบโตดีขึ้น รอดตายสูงขึ้น และเลี้ยงได้หนาแน่นมากยิ่งขึ้น นอกจากนี้ยังสามารถประยุคใช้พัฒนาต่อยอดไปสู่การเลี้ยงสัตว์น้ำชนิดอื่นและขยายขนาดสู่การทำฟาร์มขนาดใหญ่ต่อไปได้

วัตถุประสงค์

1. เพื่อจัดสร้างชุดต้นแบบการควบคุมความขุ่นของน้ำที่เลี้ยงปลากะพงขาวแบบอัตโนมัติ
2. เพื่อศึกษาประสิทธิภาพของชุดต้นแบบการควบคุมความขุ่นของน้ำที่เลี้ยงปลากะพงขาวแบบอัตโนมัติ

ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

1. สามารถจัดสร้างชุดต้นแบบการควบคุมความขุ่นของน้ำที่เลี้ยงปลากะพงขาวแบบอัตโนมัติสำหรับการเลี้ยงปลากะพงขาวได้ตามที่ออกแบบไว้และทำงานได้จริง
2. ชุดต้นแบบการควบคุมความขุ่นของน้ำที่เลี้ยงปลากะพงขาวแบบอัตโนมัติสำหรับการเลี้ยงปลากะพงขาวมีประสิทธิภาพควบคุมความขุ่นของน้ำระหว่างการเลี้ยงปลากะพงขาวตามที่กำหนดปลากะพงขาวเจริญได้เป็นปกติ
3. ได้เทคโนโลยีและนวัตกรรมใหม่ เพื่อนำไปประยุกต์ใช้กับการเลี้ยงสัตว์น้ำต่างๆ

การตรวจเอกสาร

ปลากะพงขาว

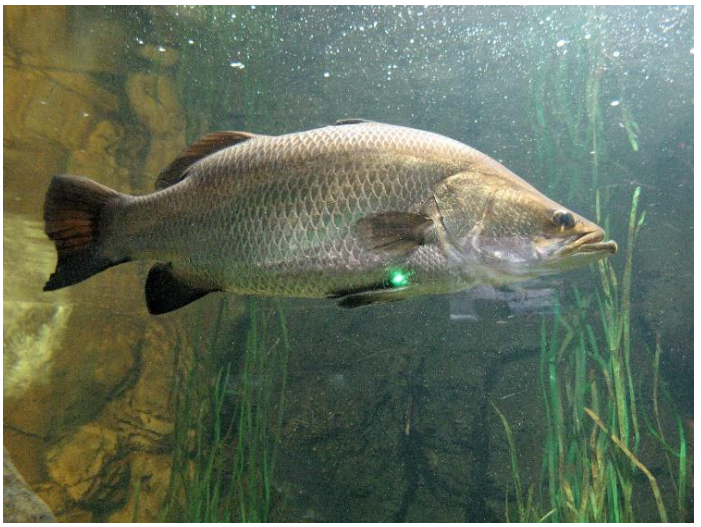
ปลากะพงขาว (*Lates calcarifer* (Bloch), 1790) มีชื่อสามัญว่า Asian seabass หรือ Sea Bass เป็นปลาน้ำกร่อยขนาดใหญ่สามารถอาศัยอยู่ได้ทั้งในน้ำจืด น้ำกร่อย และน้ำเค็ม ปลาชนิดนี้เลี้ยงกันแพร่หลายในเขตจังหวัดชายทะเลของประเทศไทย เนื่องจากเลี้ยงง่าย โตเร็ว เนื้อมีรสชาติดี และมีราคาสูง เลี้ยงได้ทั้งในน้ำกร่อยและปรับตัวได้ดีในน้ำจืดทำให้มีการเลี้ยงให้เห็นในทุกภาค (กลุ่มวิจัยและวิเคราะห์สถิติการประมง, 2560)

ปลากะพงขาว เป็นสัตว์น้ำที่มีความสำคัญทางเศรษฐกิจของประเทศไทย (วัลลภ และ วิรงรอง, 2548) ในปี พ.ศ.2552 ผลผลิตจากการเลี้ยงปลากะพงขาวสูงถึง 14.818 ตัน คิดเป็น 83.18% ของผลผลิตที่ได้จากการเพาะเลี้ยงชายฝั่งทั้งหมด (กรมประมง,2520) และมีมูลค่าของผลผลิตจากการเพาะเลี้ยงปลากะพงขาว 1,700 ล้านบาท แบ่งเป็นประเภทการเลี้ยงในบ่อ 156.7 ล้านบาท และการเลี้ยงในกระชัง 1.503.4 ล้านบาท ซึ่งจังหวัดที่มีการเลี้ยงกันมาก คือ จังหวัดฉะเชิงเทรา สงขลา ปัตตานี สมุทรปราการ และสตูล โดยการเลี้ยงในกระชังจะเลี้ยงที่บริเวณปากแม่น้ำ ลำคลองที่ติดต่อกับทะเลหรือบริเวณอ่าวทะเลสาบ เช่น มีการเลี้ยงอย่างหนาแน่นบริเวณทะเลสาบสงขลาและพบว่ามีปริมาณการนำเข้าปลากะพงขาวมากกว่าปริมาณการส่งออกแสดงถึงปริมาณผลผลิตในแต่ละปีที่ยังมีไม่เพียงพอกับความต้องการของตลาดในประเทศ โดยราคาขายปลีกในประเทศในปี พ.ศ.2560 มีราคาเฉลี่ย 165.8 บาท/กก. (นเรศ, 2561) นับวันความต้องการบริโภคปลากะพงขาวเพิ่มขึ้นและราคาที่จูงใจให้เกษตรกรเพาะเลี้ยงปลากะพงขาวในน้ำจืดในพื้นที่ที่ห่างไกลจากทะเลเพิ่มมากขึ้น ทั้งภาคตะวันออกเฉียงเหนือและภาคเหนือทั้งในการเลี้ยงแบบกระชังตามแหล่งน้ำและบ่อดิน ประกอบกับกระแสการพัฒนาและการจัดการสิ่งแวดล้อมอย่างยั่งยืนทำให้รูปแบบการเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำมีแนวโน้มเปลี่ยนจากการเลี้ยงในระบบเปิดที่ปล่อยน้ำทิ้งออกสู่แหล่งน้ำธรรมชาติมาสู่การเลี้ยงในระบบปิด ซึ่งมีการบำบัดและหมุนเวียนน้ำอยู่ภายในระบบการเลี้ยงเพื่อลดผลกระทบและเป็นมิตรต่อสิ่งแวดล้อมมากขึ้นและได้มีการนำการเลี้ยงปลาระบบปิดมาเลี้ยงปลากะพงขาวโดยทดลองเลี้ยงปลากะพงขาวในระบบน้ำหมุนเวียนที่เหมือนกัน 2 ชุด แต่ละชุดประกอบด้วยถังเลี้ยงปลา 3 ถัง ถังรวมน้ำ ซึ่งแบ่งเป็น 2 ส่วน คือ ส่วนตกตะกอนกับส่วนกรองสารแขวนลอย ถังกรองชีวภาพ ตัวกำจัดโปรตีนถังพักน้ำ และถังสำหรับเติมน้ำ โดยใช้วัสดุจากธรรมชาติในท้องถิ่นเป็นตัวกรองชีวภาพ เริ่มต้นทดลองปล่อยปลากะพงขาวขนาดวัยรุ่น พบว่ามีการเจริญเติบโตดีและอัตรารอดตายสูง ระบบน้ำหมุนเวียนที่ใช้เลี้ยงปลากะพงขาวครั้งนี้มีจุดเด่นหลายประการ เช่น ระบบไม่ซับซ้อน การจัดการไม่ยุ่งยาก และใช้วัสดุจากธรรมชาติในท้องถิ่นเป็นตัวกรองชีวภาพ เป็นต้น (นิคม และคณะ, 2554)

ลักษณะทั่วไปของปลากะพงขาว

ปลากะพงขาวเป็นปลาที่มีลำตัวค่อนข้างยาว หนา และแบนข้างเล็กน้อยบริเวณไหล่จะโค้งมน ส่วนลำตัวจะลาดชันและเว้า ส่วนของขากรรไกรล่างยื่นยาวกว่าขากรรไกรบนเล็กน้อย ปากกว้าง ขอบปากบนเป็นแผ่นใหญ่ แยกเป็นแนวตอนต้นและตอนท้ายอย่างชัดเจน (ภาพที่ 1) บริเวณส่วนปากจะยืดหดได้บ้าง ช่องปากเฉียงลงด้านล่างเล็กน้อย มีฟันเล็กละเอียดบนขากรรไกรบนและล่าง

และที่เพดานปาก ตาของปลาชนิดนี้มีขนาดกลาง ไม่มีเยื่อที่เป็นไขมันหุ้มแก้มมีขนาดใหญ่ มีขอบหลังเป็นหนามแหลม 4 ซี่ และเรียงต่อด้วยซี่เล็กๆ จัดตามแนวหลังด้านบนส่วนหัวและบนแผ่นเหงือกมีเกล็ดขนาดต่างๆ กัน เกล็ดบริเวณลำตัวค่อนข้างใหญ่และมีลักษณะเป็นหนามเล็กๆ ด้านหลังมีสีเทาเงินหรือเขียวปนเทา ส่วนท้องจะมีสีเงินแกมเหลือง บริเวณด้านข้างลำตัวมีสีเงิน ครีบหลัง ครีบก้นและครีบทางจะมีสีเทาปนดำบางๆ มีครีบหลังสองตอน ตอนแรกอยู่ตรงตำแหน่งของครีบท้อง มีก้านครีบแข็งที่แหลมคมขนาดใหญ่ 7-8 ก้าน เชื่อมต่อกันด้วยเยื่อบางๆ ครีบหลังตอนที่สองแยกจากตอนแรกอย่างเห็นได้ชัด มีก้านครีบแข็ง (fin spine) 1 ก้าน ก้านครีบอ่อน (in soft ray) 10-11 ก้าน มีปลายแตกแขนง ครีบผู้มีตำแหน่งใกล้เคียงกับครีบหลังตอนที่สอง ซึ่งประกอบด้วยก้านครีบแข็ง 3 ก้านและก้านครีบอ่อน 78 ก้าน ข้อหางสั้น ครีบหางค่อนข้างกลม เส้นข้างตัวโค้งไปตามแนวสันหลัง มีเกล็ดบนเส้นข้างตัว 52-61 เกล็ด (ศูนย์พัฒนาประมงพื้นที่ลุ่มน้ำปากพนังอันเนื่องมาจากพระราชดำริ, 2557; ศูนย์วิจัยและพัฒนาประมงชายฝั่งเพชรบุรี, 2557; ศูนย์วิจัยและพัฒนาประมงชายฝั่งระยอง, 2557) มีขนาดความยาวประมาณ 20-40 เซนติเมตร พบขนาดใหญ่ถึง 2 เมตร และมีน้ำหนักถึง 60 กิโลกรัม (ศูนย์วิจัยและพัฒนาประมงชายฝั่งภูเก็ต, 2557)



ภาพที่ 1 ลักษณะทั่วไปของปลากะพงขาว
ที่มา: https://th.wikipedia.org/

อนุกรมวิธานของปลากะพงขาว

ปลากะพงขาว เป็นปลาน้ำกร่อยขนาดใหญ่ สามารถอาศัยอยู่ได้ทั้งในน้ำจืด น้ำกร่อย และน้ำเค็ม ปลาชนิดนี้เลี้ยงกันแพรหลายในเขตจังหวัดชายทะเลของประเทศไทย เนื่องจากเลี้ยงง่ายโตเร็วเนื้อมีรสชาติดีและมีราคา ปัจจุบันประเทศไทยสามารถเพาะพันธุปลากะพงขาวได้เป็นจำนวนมากเพื่อเลี้ยงในประเทศและสงขายต่างประเทศในปัจจุบันพบปลากะพงขาวแพรกระจายอยู่ทุกจังหวัดทั้งในอ่าวไทยและฝั่งทะเลอันดามันจะอาศัยอยู่ในแหล่งน้ำที่ไม่ห่างออกไปจากชายฝั่งทะเลมากนัก โดยอาศัยอยู่ชุกชุมตามปากแม่น้ำลำคลองและปากทะเลสาบ อย่างไรก็ตามปลากะพงขาว

ยังสามารถขึ้นไปอาศัยและเจริญเติบโตยังแหล่งน้ำจืดได้อีกด้วย จึงจัดเป็นปลาประเภทสองน้ำอย่างแท้จริง (สโมสรนิสิต คณะประมง, 2531)

Ganzon (2013) รายงานการจัดอนุกรมวิธานของปลากะพงขาว ไว้ดังนี้

Phylum Chordata
Sub- Phylum Vertebrata
Class Pisces
Sub-class Teleostomi
Order Percomorphi
Family Centropomidae
Genus *Lates*
Species *calcarifer*

การแพรกระจายของปลากะพงขาว

ปลากะพงขาว จัดเป็นปลาน้ำกร่อยขนาดใหญ่ เจริญเติบโตได้ดีในน้ำกร่อยและน้ำจืด จัดได้ว่าเป็นปลาประเภท 2 น้ำ คือในช่วงชีวิตของปลากะพงขาวจะมีการเคลื่อนย้ายไปมาระหว่างแหล่งน้ำจืดและน้ำเค็ม ปลากะพงขาวขนาดใหญ่จะอาศัยอยู่ในแหล่งน้ำที่ไม่ห่างไกลออกไปจากฝั่งมากนัก พบมากบริเวณปากแม่น้ำ ลำคลอง ปากทะเลสาบและปากอ่าวบริเวณที่เป็นป่าชายเลนที่มีน้ำเค็มท่วมถึง โดยจะพบอยู่ทั่วๆ ไปในภูมิภาคเอเชียตะวันออกเฉียงใต้ นับตั้งแต่พมา ไทย มาเลเซีย เวียดนาม และแถบชายฝั่งทะเลของจีน ก็พบปลาชนิดนี้เชนเดียวกัน สำหรับประเทศไทยเรานั้นสามารถพบปลากะพงขาว ตามชายฝั่งทะเลโดยเฉพาะบริเวณปากแม่น้ำใหญ่ๆ ที่มีทางออกติดต่อกับทะเลที่มีป่าชายเลนขึ้นปกคลุมทางจังหวัดตราด จันทบุรี ฉะเชิงเทรา สมุทรปราการ สมุทรสงคราม เป็นต่น ปลากะพงขาวจะผสมพันธุและวางไขในน้ำทะเลที่มีความเค็มประมาณ 28-32 ส่วนในพัน ในทะเลที่มีความลึก หลังจากนั้นไขจะถูกพัดพาเข่าสู่บริเวณชายฝั่งและฟกออกเป็นตัว ลูกปลากะพงขาวที่ฟกออกเป็นตัวจะดำรงชีวิตในน้ำกร่อยและในน้ำจืดจนมีอายุได้ 2-3 ปี ขนาด 3-5 กิโลกรัม จะเคลื่อนตัวออกสู่ทะเลเพื่อทำการผสมพันธุและวางไขตอไป (สถานีวิจัยประมงศรีราชา ฝ่ายสนับสนุนวิชาการคณะประมง, 2546)

การเพาะขยายพันธุ์ปลากะพงขาว

<u>การดำรงชีพและการสืบพันธุ์ของปลากะพงขาว</u>

ปลากะพงขาว จัดเป็นปลากินเนื้อที่กินสิ่งมีชีวิตขนาดเล็กกว่าทุกชนิดเป็นอาหาร เช่น ปลาขนาดเล็ก กุ้ง และปู และเป็นปลาที่กินพวกเดียวกันที่มีขนาดเล็กกว่าเป็นอาหารเช่นกัน แต่สามารถนำมาเลี้ยงให้กินอาหารที่ไม่มีชีวิตได้เช่น อาหารเม็ดสำเร็จรูป รวมถึงเศษปลา หรือซากสัตว์ ทั้งนี้ปลากะพงขาวในธรรมชาติมักอาศัยและหาอาหารเป็นฝูง ซึ่งปลาที่มีขนาดเล็กจะมีนิสัยดุกว่าปลาขนาดใหญ่แต่จะหายไปเองเมื่อเติบโตขึ้น (สถานีวิจัยประมงศรีราชา ฝ่ายสนับสนุนวิชาการคณะประมง, 2546)

การแยกเพศ

ปลากะพงขาวเป็นปลาที่สังเกตเพศได้ยาก แต่ก็สามารถสังเกตเพศได้จากลักษณะภายนอกของตัวปลาโดยปลาเพศผู้จะมีลักษณะลำตัวยาวเรียวกวา เพศเมียลำตัวมีสวนลึกที่น้อยกว่าปลาเพศเมียและมีน้ำหนักตัวน้อยกว่าปลาเพศเมียที่มีขนาดลำตัวยาวเทากัน (ภาพที่ 2) ในปลาเพศเมียนั้นเมื่อถึงฤดูวางไขในชวงเดือน พฤษภาคม-กันยายน สวนท่องจะอวบเปลง สังเกตได้ชัดเจน เมื่อเวลาเอามือคลำที่ทองจะมีไขไหลออกมา (สถานีวิจัยประมงศรีราชา ฝ่ายสนับสนุนวิชาการ คณะประมง, 2546)

ภาพที่ 2 ลักษณะทั่วไปของปลากะพงขาวเพศผู้ (ด้านบน) และเพศเมีย (ด้านล่าง)
ที่มา: Mathew (2009)

การผสมพันธุ์และวางไข่ปลากะพงขาว

ปลากะพงขาวที่เติบโตจนพร้อมเข้าสู่การผสมพันธุ์ได้จะมีความยาวประมาณ 50 เซนติเมตร หรือหนักประมาณ 3 กิโลกรัม และมีอายุไม่น้อยกว่า 3.5 ปี โดยปลาเพศเมียที่พร้อมผสมพันธุ์มักมีขนาดและอายุมากกว่าปลาเพศผู้ที่พร้อมผสมพันธุ์ฤดูผสมพันธุ์ของปลากะพงขาวจะเริ่มในช่วงกลางฤดูร้อน โดยพ่อแม่ปลาที่มีไข่และน้ำเชื้อพร้อมผสมพันธุ์จะว่ายจากแหล่งน้ำจืดไปหาแหล่งน้ำกร่อยบริเวณปากแม่น้ำหรือเขตติดต่อกับทะเลที่มีความเค็มปานกลางหรือประมาณ 25-32 ส่วนในพัน เมื่อผสมพันธุ์และวางไข่เสร็จก็จะอพยพกลับเข้ามายังเหนือปากแม่น้ำในภาคใต้ฝั่งตะวันตก ปลากะพงขาวจะวางไข่ก่อนฤดูฝนเล็กน้อย ในช่วงเดือนมีนาคม-มิถุนายน และในทางชายทะเลฝั่งอ่าวไทย ปลากะพงขาวจะวางไขในช่วงเดือนกรกฎาคม-ตุลาคม เพราะอิทธิพลของฤดูมรสุมที่แตกต่างกันในแต่ละพื้นที่การผสมพันธุ์จะมีอัตราส่วนแม่ปลา 1 ตัว/พ่อปลา 3-5 ตัว ใช้ช่วงการผสมพันธุ์ในขณะน้ำทะเลขึ้นเวลาประมาณ 19.00-22.00 น. ซึ่งจะอยู่ในช่วงกลางเดือนและปลายเดือนปลากะพงขาววางในแต่ละครั้งจำนวน 2-4 แสนฟอง ไข่ที่มีการผสมน้ำเชื้อแล้วจะลอยน้ำ มีขนาดประมาณ 0.8 มิลลิเมตร และไข่ที่ผสมแล้วจะฟักเป็นตัวประมาณ 16-18 ชั่วโมง หลังการผสมลูกปลากะพงขาวหลังจากการฟัก

จะมีความยาว 1.2 มิลลิเมตร ซึ่งจะลอยตัวตามกระแสน้ำเข้าไปอาศัยตามแอ่งน้ำหรือขอบฝั่งที่เป็นป่าชายเลนถัดจากทะเลเข้าไป (Mathew, 2009)

การอนุบาลลูกปลากะพงขาว

การอนุบาลลูกปลากะพงขาววัยอ่อน สิ่งที่สำคัญและจำเป็นอย่างยิ่งคือการเตรียมอาหารสำหรับลูกปลาวัยอ่อนอาหารที่ให้ในระยะแรกที่ลูกปลาเริ่มกินอาหารเป็นแพลงค์ตอนสัตว์ (zoo plankton) ที่มีขนาดเล็กมาก คือ โรติเฟอร์ ชนิดที่ใช้เลี้ยงลูกปลากะพงขาวเป็นโรติเฟอร์น้ำกร่อย ซึ่งลูกปลาวัยอ่อนชอบกินและทำให้ลูกปลาโตเร็วและแข็งแรงมีอัตรารอดสูงดังนั้นการเตรียมเพาะโรติเฟอร์ไว้มากๆ จึงจำเป็นในการอนุบาลลูกปลาเป็นอย่างยิ่งแต่ถ้าไม่มีโรติเฟอร์ก็จะไม่มีประโยชน์อันใดเลย เพราะอาหารลูกปลาวัยอ่อนเป็นปัจจัยที่สำคัญต่อการอยู่รอดของลูกปลามาก (อภิชาติ, 2552)

น้ำที่ใช้ในการอนุบาลลูกปลา

น้ำที่ใช้อนุบาลลูกปลาควรเป็นน้ำสะอาด ก่อนใช้กรองด้วยผ้ากรองตาละเอียด เพื่อป้องกันสิ่งเจือปนอื่นๆ โดยเฉพาะไข่ของสัตว์น้ำที่อาจติดมากับน้ำ ซึ่งถ้าติดลงไปในบ่ออนุบาลแล้วจะกลับกลายเป็นศัตรูที่นำกลัวของลูกปลาวัยอ่อน เช่น แมงทะพรุนตัวเล็กๆ สามารถกินลูกปลาเล็กๆ ได้ ถ้าไม่ระวังให้ดีจะกินลูกปลาหมดภายในเวลาไม่เกิน 7 วัน ความเค็มของน้ำในตอนเริ่มปล่อยลูกปลาลงอนุบาลในตอนแรก ความเค็มจะอยู่ที่ระดับ 28-30 ส่วนในพัน และเนื่องจากปลากะพงขาวเป็นปลาน้ำกร่อย โดยธรรมชาติแล้วเราจะพบลูกปลาเล็กๆ จะเข้าไปอาศัยเลี้ยงตัวอยู่ในแหล่งน้ำที่เกือบจะจืดสนิท ดังนั้นในการอนุบาลลูกปลา จึงทำการลดความเค็มลงเป็นประจำทุกวันโดยลดแต่ละครั้งที่ 1-2 ส่วนในพัน จนความเค็มได้ระดับ 10-15 ส่วนในพัน จึงหยุดลดความเค็ม (อภิชาติ, 2552)

การเลี้ยงปลากะพงขาว

การจัดปลาลงเลี้ยงในกระชังจะต้องจัดปลาที่มีขนาดใกล้เคียงกันอยู่ในกระชังเดียวกัน เพราะถ้าปล่อยปลาขนาดต่างกันมาก ปลาใหญ่จะแย่งกินอาหารได้มากกว่าและปลาขนาดเล็กจะไม่ กล้าเข้าไปแย่งอาหาร ทำให้ปลาเจริญเติบโตต่างกันมาก จากผลการทดลองของการเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำชายฝั่งพบว่าสามารถปล่อยปลากะพงขาวขนาด 4 นิ้วลงไปเลี้ยงได้ในอัตราปล่อยตั้งแต่ 100-300 ตัว/ตารางเมตร ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับสภาพแวดล้อมและทำเลของที่ตั้งกระชัง โดยในบริเวณริมฝั่งแม่น้ำลำคลองที่มีสภาพน้ำไม่ดีนักน้ำไหลถ่ายเทไม่ดีพอสามารถปล่อยเลี้ยงได้ในอัตรา 100 ตัว/ตารางเมตร (อำพร, 2552)

อาหารและการให้อาหาร

อาหารส่วนใหญ่เป็นปลาเป็ดสดสับหรือบดหรืออาหารผสมแบบเปียก เมื่อปลายังเล็กให้อาหารวันละ 2 ครั้งหลังจากเลี้ยงได้อายุ 60 วัน ให้อาหารวันละมื้อให้อาหารประมาณ 5% ของน้ำหนักตัว ต้องคอยสังเกตการกินอาหารของปลาว่าอิ่มหรือไม่ ถ้าปลาอิ่มจะไม่มากินอาหารอีก (กองส่งเสริมการประมง, 2544) อาหารสัตว์น้ำเป็นปัจจัยหนึ่งที่มีผลต่อความสำเร็จในการเลี้ยงสัตว์น้ำ เนื่องจากเป็นต้นทุนการผลิต 60-70% ของต้นทุนการผลิตรวม นอกจากนี้อาหารยังมีผลต่อการเจริญเติบโต อัตรารอดตาย และการต้านทานโรค แนวทางหนึ่งในการลดต้นทุนค่าอาหาร คือ การใช้

อาหารที่มีคุณภาพดีและมีวิธีการให้อาหารที่ถูกต้อง การเลี้ยงปลากะพงขาวในปัจจุบันมีการปรับใช้อาหารเม็ดสำเร็จรูปแทนการใช้ปลาสดเป็นอาหาร เนื่องจากมีข้อดี คือ คุณค่าทางโภชนาการสมดุล ได้แก่ โปรตีน ไขมัน พลังงาน วิตามิน และแร่ธาตุ เหมาะกับปลาแต่ละช่วงอายุ เม็ดอาหารมีขนาดเหมาะสมกับปลาแต่ละขนาดทำให้ปลากินอาหารได้ดีขึ้น มีการปนเปื้อนของเชื้อโรคน้อย สะดวกในการขนส่ง เก็บรักษาง่ายและหาซื้อได้ตลอดทั้งปี ทำให้ปลาได้รับอาหารสม่ำเสมอ การให้อาหารเม็ดสำเร็จรูปดีและให้ถูกวิธีจะทำให้ได้ผลผลิตปลากะพงขาวเพิ่มขึ้น (สำนักวิจัยและพัฒนาประมงชายฝั่ง กรมประมง, ม.ป.ป.) การคำนวณปริมาณอาหารตามอัตราและความถี่ในการให้อาหาร (ตารางที่ 1)

ตารางที่ 1 อัตราและความถี่ในการให้อาหารเม็ดสำเร็จรูปกับปลากะพงขาว

ขนาดปลา (กรัม)	อัตราการกินอาหาร (%/ค่าเฉลี่ยน้ำหนักตัว)	ความถี่ในการให้อาหาร (มื้อ/วัน)
5-20	2.0 - 4.0	2-3
20 - 100	1.5 - 2.0	2
100-200	1.2 - 1.5	1-2
200 -300	1.0 -1.2	1
มากกว่า 300	0.8-1.0	1

ที่มา: สำนักวิจัยและพัฒนาประมงชายฝั่ง กรมประมง (ม.ป.ป)

การเจริญเติบโตของปลากะพงขาว

เริ่มปล่อยปลากะพงขนาด 5-7 เซนติเมตร ลงเลี้ยงอัตารอด 80-90% เลี้ยงได้ประมาณ 30 วัน น้ำหนัก 40 กรัม เลี้ยงประมาณ 60 วัน จะได้น้ำหนักปลาประมาณ 90 กรัม เลี้ยงประมาณ 90 วัน จะได้น้ำหนักปลาประมาณ 180 กรัม เลี้ยงประมาณ 120 วัน จะได้น้ำหนักปลาประมาณ 250 กรัม ถ้าเลี้ยงครบ 6-7 เดือน จะได้น้ำหนักเฉลี่ยตัวละ 400-600 กรัม หรือ 0.4-0.6 กิโลกรัม อัตราแลกเนื้อเท่ากับ 423 คือน้ำหนักปลา 1 กิโลกรัม กินอาหาร 4.23 กิโลกรัม (กองส่งเสริมการประมง, 2544)

คุณภาพน้ำที่เหมาะสมสำหรับการเลี้ยงปลากะพงขาว

1.ความเค็มอยู่ในช่วงระหว่าง 0-30 ส่วนในพัน

2.ออกซิเจนละลายในน้ำ มีค่าไม่ต่ำกว่า 4 มิลลิกรัม/ลิตร

3.ความโปร่งใสของน้ำ อยู่ระหว่าง 30-50 เซนติเมตร

4.สภาพด่าง (alkalinity) ไม่ต่ำกว่า 80 มิลลิกรัม/ลิตร $CaCO_3$ (อภิชาติ, 2552)

5.ความเป็นกรด-ด่าง (pH) อยู่ในช่วง 7.5- 8.5 (การเพาะเลี้ยงปลาทะเล, ม.ป.ป.)

6.อุณหภูมิ ปกติอุณหภูมิในบ่ออนุบาลลูกปลาเฉลี่ย 27 องศาเซลเซียส ถ้าอุณหภูมิสูงถึง 30 องศาเซลเซียส หรือ 31 องศาเซลเซียส ลูกปลาจะกินอาหารมาก ว่ายน้ำกระวนกระวาย ถ้าอุณหภูมิต่ำว่า 24 องศาเซลเซียส ลูกปลาจะไม่ค่อยกินอาหารและทำให้อ่อนแอเกิดโรคแทรก (อภิชาติ, 2552)

7.ความขุ่นของน้ำ (turbidity) ความขุ่นของน้ำแสดงให้เห็นว่าน้ำมีสารแขวนลอย (suspended and colloid mate) อยู่มากน้อยเพียงใด ซึ่งจะขัดขวางไม่ให้แสงสว่างส่องลงไปได้ลึก โดยสารเหล่นี้จะสะท้อนหรือดูดซับแสงเอาไว้ ดังนั้นการวัดความขุ่นของน้ำจึงเป็นการวัดความเข้มข้นของแสงที่ตกลงเนื่องจากการแขวนลอยดังกล่าว สิ่งที่ทำให้เกิดความขุ่น ได้แก่ อินทรีย์สาร อนินทรีย์สาร และสิ่งมีชีวิตขนาดเล็ก ซึ่งมีขนาดระหว่าง 1-10 ไมครอน โดยปรากฏอยู่ในลักษณะของสารแขวนลอย เช่น อนุภาคของดิน ทราย หรือสารอื่นๆ แพลงก์ตอน แบคทีเรีย ตลอดจนแร่ธาตุต่างๆ เป็นต้น

<u>การเปลี่ยนถ่ายเทน้ำ</u>

ควรมีการถ่ายเทน้ำทุก 5-7 วัน การถ่ายเทน้ำแต่ละครั้งไม่ควรถ่ายจนหมดบ่อ ควรถ่ายประมาณ 1 ใน 3 ของน้ำในบ่อ ขณะถ่ายเทน้ำไม่ควรรบกวนให้ปลาตกใจ เพราะปลาอาจจะไม่กินอาหารได้ การเติมน้ำลงบ่อขณะเลี้ยงควรเติมน้ำในช่วงประมาณตี 3-4 เพื่อเป็นการช่วยเพิ่มออกซิเจนละลายน้ำและอุณหภูมิของน้ำจะไม่แตกต่างกัน (กองส่งเสริมการประมง, 2544)

ความขุ่นของน้ำกับการเลี้ยงปลา

ชนินทร์ (ม.ป.ป.) กล่าวว่าความขุ่นของน้ำ (turbidity) เป็นอันตรายต่อระบบหายใจของสัตว์น้ำ น้ำขุ่นที่มีปริมาณสารแขวนลอยมากจะขัดขวางการทำงานของช่องเหงือก ทำให้การหายใจติดขัด อาจเป็นอันตรายต่อสัตว์น้ำได้ทำให้อุณหภูมิสูงขึ้น น้ำที่มีความขุ่นมากจะมีการดูดซับความร้อนที่บริเวณผิวน้ำทำให้อุณหภูมิสูงกว่าปกติ จึงเป็นอันตรายต่อสัตว์น้ำโดยตรงและมีผลทางอ้อมให้ออกซิเจนละลายในน้ำได้จำกัด ทำให้ชะงักการเจริญเติบโต น้ำที่มีความขุ่นมีปริมาณอนินทรีย์สารในระดับสูงทำให้การดูดซับแลกเปลี่ยนสารจากภายในและภายนอกของไข่ปลาในขณะที่ฟักตัวชะงักและทำให้สัตว์น้ำกินอาหารได้น้อยลง มีผลให้การเจริญเติบโตเป็นไปอย่างเชื่องช้า สำหรับกุ้งจำเป็นต้องใช้พลังงานในระดับหนึ่ง

ไมตรี (2526) กล่าวว่าปริมาณสารแขวนลอยทั้งหมด (total suspenden solids) และความโปร่งใส (transparency) ความขุ่นของน้ำแสดงให้เห็นว่ามีสารแขวนลอย (suspended and colloidal matter) อยู่มากน้อยเพียงใด ซึ่งจะขัดขวางไม่ให้แสงสว่างส่องลงไปได้ลึก โดยสารเหล่านี้จะสะท้อนหรือดูดซับเอาแสงไว้ ดังนั้นการวัดความขุ่นของน้ำจึงเป็นการวัดความเข้มข้นของแสงที่ลดลง เนื่องจากสารแขวนลอยดังกล่าวเป็นสิ่งที่ทำให้น้ำเกิดความขุ่น ได้แก่ พวกอินทรีย์สารและสิ่งมีชีวิตขนาดเล็กโดยปรากฏอยู่ในลักษณะของสารแขวนลอย ตัวอย่างเช่น อนุภาคดิน ทราย หรือสารอื่นๆ แพลงก์ตอน แบคทีเรีย ตลอดจนแร่ธาตุต่างๆ

ธวัชชัย และคณะ (2561) รายงานว่าความขุ่นของน้ำถึงแม้จะปราศจากสารแขวนลอยทั้งหมดที่มีอยู่ในน้ำ แต่ระดับความขุ่นของน้ำไม่มีความสัมพันธ์โดยตรงกับปริมาณสารแขวนลอยดังกล่าว เนื่องจากความขุ่นของน้ำเราจะพิจารณาถึงความเข้มของแสงที่สามารถผ่านลงไปในน้ำ ซึ่งสารแขวนลอยแต่ละชนิดจะมีความสามารถในการดูดซึมสะท้อนแสงแตกต่างกัน ดังนั้นระดับความขุ่นของน้ำไม่จำเป็นต้องเปลี่ยนแปลงตามปริมาณสารแขวนลอยในน้ำ เพราะสารแขวนลอยมีอยู่หลายชนิดและมีคุณสมบัติแตกต่างกัน ผลของความขุ่นของน้ำรวมทั้งสารแขวนลอยที่อาจจะมีผลต่อสิ่งมีชีวิตในน้ำ รวมทั้งการประมงอาจปรากฏได้ในลักษณะดังต่อไปนี้

1. น้ำที่มีความขุ่นมากทำให้แสงสว่างส่องลงไปไม่ได้ลึกก็จะขัดขวางหรือลดปฏิกริยาการสังเคราะห์แสงของพืช โดยเฉพาะแพลงก์ตอนพืชกำลังการผลิตขั้นต้น (primary productivity) ของแหล่งน้ำลดลง ซึ่งจะทำให้ปริมาณอาหารในธรรมชาติของสัตว์น้ำ ลดลงด้วย

2. ในระดับน้ำที่สูงมาก สารแขวนลอยที่ทำให้เกิดความขุ่นจะสามารถทำอันตรายต่อสัตว์น้ำโดยตรงได้ โดยตะกอนสารแขวนลอยจะเข้าไปอุดช่องเหงือกทำให้การหายใจติดขัดและการเจริญเติบโตช้าลงกว่าปกติ การฟักเป็นตัวของไข่และการเจริญเติบโตหยุดชะงักและลดความต้านทานของโรคต่างๆ

3. เมื่อน้ำมีความขุ่นจะมีผลต่อการเคลื่อนไหวและอพยพย้ายถิ่นการหาอาหาร และการล่าเหยื่อลดประสิทธิภาพลง แต่อาจเป็นผลดีต่อสัตว์น้ำขนาดเล็กสามารถรอดพ้นจากการเป็นเหยื่อของศัตรูได้

4. ความขุ่นทำให้อุณหภูมิของน้ำเปลี่ยนแปลงโดยเฉพาะผิวน้ำผิวบนจะดูดซับความร้อนทำให้อุณหภูมิสูงกว่าปกติ แต่อาจเป็นอันตรายแก่สัตว์น้ำบางชนิด นอกจากนี้ยังมีผลต่อปริมาณการละลายของออกซิเจนในน้ำด้วย น้ำที่มีสารแขวนลอยอยู่มากจะสามารถซับปริมาณออกซิเจนได้น้อยกว่าน้ำที่ใสกว่า

5. น้ำที่มีความขุ่นผิดปกติจะทำให้การจับสัตว์น้ำหรือการใช้เครื่องมือทำการปรับบางชนิดลดประสิทธิภาพลง น้ำตามแหล่งน้ำธรรมชาติจะมีความขุ่นเสมอ เนื่องจากสารแขวนลอยที่ถูกพัดมาจากบริเวณต้นน้ำหรือจากกิจกรรมต่างๆ ของมนุษย์ เช่น ตะกอนดินทรายหรืออินทรีย์วัตถุอื่นๆ ความขุ่นของน้ำที่เกิดจากแพลงก์ตอนเป็นสิ่งที่ต้องการสำหรับการเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำ

สำหรับปริมาณสารแขวนลอยนิยมวัดเป็นน้ำหนักในรูป มิลลิกรัม/ลิตร แหล่งน้ำที่ให้ผลผลิตทางการประมงที่ดีควรมีสารแขวนลอยอยู่ในช่วงระหว่าง 25-80 มิลลิกรัม/ลิตร หากอยู่ในช่วง 80-400 มิลลิกรัม/ลิตร จะให้ผลผลิตลดลงหากมีมากกว่า 400 มิลลิกรัม/ลิตร ขึ้นไป จะเลี้ยงปลาไม่ได้ผล (ธวัชชัย และคณะ ,2561)

ระบบกรองน้ำ/บำบัดน้ำในบ่อเลี้ยงสัตว์น้ำ

ประสิทธิ์ (2562) กล่าวว่าระบบกรองน้ำหรือบำบัดน้ำนั้นมีความสำคัญมากเพราะช่วยในเรื่องการ กำจัดของเสียจากสัตว์น้ำหรืออาหารที่เหลือและยังช่วยบำบัดน้ำให้มีคุณภาพให้ดีขึ้น ซึ่งในกระบวนการ บำบัดน้ำมี 3 ประเภท คือกระบวนการทางกายภาพ กระบวนการทางเคมี และกระบวนการทางชีววิทยา ซึ่งจะทำงานสอดคล้องกัน

1. <u>กระบวนการทางกายภาพ (physical process)</u> คือ การบำบัดน้ำเสียโดยมีวัตถุประสงค์เพื่อแยกสารแขวนลอยขนาดใหญ่ซึ่งตกตะกอนได้เองออกจากน้ำ ซึ่งมีด้วยกันหลายวิธี เช่น การกรองด้วย ตะแกรงหรือเยื่อผ่านการกรอง การกวาด (skimming) (ประสิทธิ์,2562) วัสดุที่นิยมนำมาใช้เป็นวัสดุกรองทางกายภาพ ได้แก่ ใยกรอง การกรองด้วยเยื่อแผ่น

2. <u>กระบวนการทางเคมี (chemical process)</u> คือ กระบวนการทางเคมีเป็นกระบวนการที่นิยมในการใช้รวบรวมตะกอนของสารที่มีขนาดเล็กมากๆ ให้ตกตะกอนลงมาโดยการเติมสารเคมีต่างๆ ลงไป เพื่อให้เข้าไปทำปฏิกิริยากันเป็นการลดความเข้มข้นของน้ำเสียก่อนปล่อยลงสู่แหล่งน้ำธรรมชาติ

นอกจากนี้ยังสามารถใช้เพื่อฆ่าเชื้อโรคที่อยู่ในน้ำเพื่อให้น้ำสะอาดขึ้นได้อีกด้วยกระบวนการบำบัดทางเคมี ได้แก่ การสร้างรวมตะกอน (วนิดา, 2555) การใช้โอโซน เป็นต้น

3. กระบวนการทางชีววิทยา (biological Process) คือ กระบวนการทางชีววิทยาเป็นการกำจัด อินทรีย์สารในน้ำที่เกิดจากของเสียที่สัตว์น้ำขับถ่ายออกมา อาหารสัตว์น้ำที่เหลือจากการกินของสัตว์น้ำ และซากของสิ่งมีชีวิตในระบบเลี้ยงที่ตายลงโดยอาศัยสิ่งมีชีวิตต่างๆ เช่น จุลินทรีย์ สาหร่ายทะเล และสัตว์น้ำต่างๆ การบำบัดน้ำด้วยกระบวนการทางชีวภาพ ได้แก่ การใช้พืชน้ำต่างๆ การใช้สัตว์ต่างๆ เช่น สัตว์หน้าดิน (สาวิกา, 2556) การใช้จุลินทรีย์ การแบคทีเรียเกาะวัสดุต่างๆ เป็นต้น

วัสดุกรองน้ำในการเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำ

การกรองน้ำสำหรับการเพาะพันธุ์ปลามีความสำคัญมาก การเลือกใช้วัสดุกรองมีความจำเป็นที่ จะต้องมีการคัดเลือกชนิดของวัสดุกรอง เพื่อให้การใช้งานนั้นมีประสิทธิภาพยังช่วยกำจัดของเสียที่ไม่ต้องการออกการเพาะพันธุ์ปลาได้ด้วยทำให้น้ำมีคุณภาพดีส่งผลให้ลูกปลามีสุขภาพดีด้วยการกรองน้ำจึงมีความจำเป็นในระบบการเพาะเลี้ยงปลาทะเล เครื่องกรองน้ำหรืออุปกรณ์ที่ใช้ในการกรองน้ำมีหลายชนิด ซึ่งแต่ละชนิดมีประโยชน์ที่แตกต่างกัน (ตารางที่ 2)

ตารางที่ 2 วัสดุกรองที่ใช้ในระบบการเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำ

ชนิดและคุณลักษณะ	ภาพ
1. ลูกบอลชีวภาพ (bio-ball) ลูกบอลชีวภาพเป็นวัสดุชนิดหนึ่งที่ถูกสร้างขึ้นมาเพื่อเป็นวัสดุกรองโดยเฉพาะ เช่นเดียวกับเซรามิคริงค์ ลูกบอล ชีวภาพทำขึ้นจากพลาสติกและมีน้ำหนักเบา ลูกบอลชีวภาพในปัจจุบันนี้มีรูปแบบออกมามากมายหลายแบบ เพื่อวัตถุประสงค์ต่างๆกันในระบบกรอง เช่น เพิ่มรู เพิ่มช่องเพื่อให้แบคทีเรียอยู่อาศัยได้มากขึ้น (www.fancycarp.com)	 ลูกบอลชีวภาพ (Bio-Ball) **ที่มา**: https://www.priceza.com/
2. เปลือกหอยนางรม เปลือกของหอยนางรมมี แคลเซียมคาร์บอเนตเป็นองค์ประกอบหลักๆ มีความสำคัญต่อการบำบัดน้ำเสียประเภทโลหะหนักและนิยมใช้เป็นวัสดุกรองหยาบเหมาะแก่การเป็นที่อยู่อาศัยของจุลินทรีย์ มีความสามารถในการปรับ สภาพน้ำได้เป็นอย่างดี	 เปลือกหอยนางรม **ที่มา**: https://www.smilepetshop.com/

3. ใยกรอง สามารถได้เป็น 2 กลุ่ม (พงษ์พัฒน์, 2557) คือ
1. ใยกรองกลุ่มใยแก้ว ซึ่งใช้สำหรับกรองสิ่งสกปรกต่างๆเช่น ฝุ่น ผง ตะกอนต่างๆในน้ำ เป็นต้น ยิ่งใยกรองมีความละเอียดมากก็จะยิ่งมีประสิทธิภาพในการกรองมากยิ่งขึ้น
2. กลุ่มที่เป็นฟองน้ำ คือซึ่งมีพื้นที่ว่างที่ให้เชื้อจุลินทรีย์ที่สามารถบำบัดน้ำได้มาเกาะอยู่ได้ สามารถกำจัดได้ทั้งสิ่งสกปรกในน้ำ และของเสียอินทรีย์สารได้ด้วย

ใยกรอง (ใยแก้ว)
ที่มา: https://www.priceza.com

4. หินภูเขาไฟ เป็นวัสดุกรอง ประเภทใหม่สำหรับทดแทนปะการัง ลักษณะภายนอกมีรูพรุน มีความคงทนสูงไม่แตกหักง่าย อายุการใช้งานยืนยาวมีพื้นผิวจำเพาะมาก มีความทนทานจากการกัดกร่อนของสารเคมีต่างๆ ในน้ำปรับสภาพน้ำให้ค่าความเป็นกรด-ด่างอยู่ในสภาพที่คงที่ช่วยลดกรดและแอมโมเนียที่เกิดจากของเสีย จากปลาในน้ำ (อัญชลี, 2552)

หินภูเขาไฟ (Smart Pond)
ที่มา:http://www.lovebettafish.com/

อรัญญา และคณะ (2549) รายงานการใช้ลูกบอลชีวภาพเป็นองค์ประกอบส่วนหนึ่งในการบำบัดน้ำจากการเพาะเลี้ยงปลากะพงขาวในระบบน้ำหมุนเวียน ซึ่งจะมีผลต่อค่าแอมโมเนียและไนไตรท์ที่ลดลงเมื่อเทียบกับการใช้ก้อนอิฐ ลูกบอลชีวภาพ มีประสิทธิภาพสูงกว่าก้อนอิฐถึง 8.08 เท่า นอกจากนี้การเลี้ยงหอยหวานในระบบน้ำหมุนเวียนมีการใช้ลูกบอลชีวภาพเป็นส่วนประกอบในการกรองน้ำเช่นเดียวกัน (ธวัช และคณะ, 2548)

Shamin *et al*. (2001) รายงานการนำเปลือกหอยนางรมมาทำให้แตกเป็นชิ้นเล็กๆ จากนั้นนำไปล้างทำความสะอาด ตากให้แห้ง และนำไปทดลอง โดยใช้เปลือกหอยปริมาณ 5 กรัม ใส่ลงในน้ำเสีย 100 มิลลิลิตร พบว่าสามารถดูดซับโลหะหนักได้โดยจะเข้าไปแทนที่ไอออนแคลเซียมคาร์บอเนตและเกิดการตกตะกอนของโลหะหนักออกมาประมาณ 42-84% นอกจากนี้ยังพบการใช้เปลือกหอยนางรมในการกำจัดฟอสเฟตในน้ำ พบว่าสามารถลดปริมาณฟอสฟอรัสในน้ำได้ถึง 68% (อัญชลี, 2552)

ระบบอัตโนมัติเพื่อการเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำ

กำธร และคณะ (2563) กล่าวว่าการพัฒนาระบบ smart farm เพื่อการเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำในพื้นที่จังหวัดกาฬสินธุ์ระบบประกอบด้วยอุปกรณ์ตรวจวัดคุณภาพน้ำด้วยเซ็นเซอร์ วัดค่าอุณหภูมิ ความเป็นกรดด่างและปริมาณออกซิเจนละลายน้ำ และสามารถสั่งงานปิดเปิดเครื่องตีน้ำตามแนวทางเทคโนโลยีอินเทอร์เน็ตของสรรพสิ่งที่สามารถเข้าถึงและส่งข้อมูลไปยังอุปกรณ์ได้โดยผ่านระบบอินเทอร์เน็ตและมีเว็บแอพพลิเคชั่นที่สามารถเรียกดูข้อมูลได้ทุกเวลาทุกสถานที่บนหน้าจออุปกรณ์เคลื่อนที่หรือเครื่องคอมพิวเตอร์ ทั้งนี้ระบบได้มีการพัฒนาตามแนวทางเทคโนโลยีอัจฉริยะโดยการนำความรู้จากผู้เชี่ยวชาญมาสร้างเป็นข้อกำหนดแจ้งเตือนเมื่อคุณภาพน้ำอยู่ในสภาวะความเสี่ยงโดยผลที่

ได้จากการพัฒนาครั้งนี้ได้ทดสอบความถูกต้องของอุปกรณ์เซ็นเซอร์ที่ใช้ตรวจวัดคุณภาพน้ำและการใช้ระบบที่สามารถแสดงผลและบันทึกข้อมูลช่วยลดเวลาการทำงานลง 31.64%

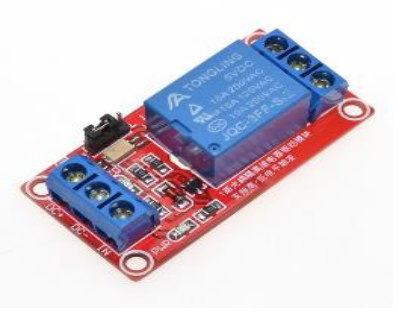
ธวัชชัย และคณะ (2557) กล่าวว่าได้นำเทคโนโลยีระบบตรวจคุณภาพน้ำและประมวลผลแบบอัตโนมัติสำหรับกระชังปลาทับทิม โดยการตรวจปริมาณออกซิเจนละลายในน้ำ ความเป็นกรดด่าง และอุณหภูมิ ค่าที่ได้จะถูกส่งไปขยายและปรับแต่งระดับแรงดันที่เหมาะสม จากนั้นส่งค่าต่างๆ ไปประมวลผลด้วยไมโครคอมพิวเตอร์ X86 รุ่น VSX6117 แล้วส่งค่าไปแสดงผลที่ LCD และสั่งให้ไอซี GAL22V10 ควบคุม LED แสดงสถานะของคุณภาพน้ำ งานวิจัยนี้ได้ใช้เก็บผลการทดลองเป็นระยะเวลา 2 เดือน ซึ่งผลการทดลองแสดงให้เห็นว่าระบบตรวจวัดคุณภาพน้ำ สามาตรวจวัดคุณภาพน้ำ ได้ 3 สถานะคือ สถานะคุณภาพน้ำปกติ สถานะคุณภาพน้ำเฝ้าระวัง และสถานะคุณภาพผิดปกติ แสดงระบบตรวจวัดคุณภาพน้ำในกระชังปลาทับทิม แบบอัตโนมัติได้ถูกออกแบบไว้ 3 ส่วน คือ เซ็นเซอร์ออกซิเจนในน้ำ เซ็นเซอร์ pH และเซ็นเซอร์อุณหภูมิ ส่งค่าไปประมวลผลด้วยไมโครคอมพิวเตอร์แล้วแสดงค่าด้วย LCD และแจ้งเตือนเกษตรกรที่เลี้ยงปลากระชังด้วย LED

เจษฎา และคณะ (2558) รายงานการพัฒนาระบบสำหรับการเลี้ยงกุ้งขาว ซึ่งเป็นอุตสาหกรรมเกษตรที่มีความสำคัญประเภทหนึ่งโดยได้ทำการพัฒนาวิธีการตรวจวัดคุณภาพน้ำในบ่อเลี้ยงกุ้งขาว โดยประยุกต์ใช้อุปกรณ์เซ็นเซอร์วัดค่าคุณภาพน้ำที่จำเป็นร่วมกับการสื่อสารข้อมูลแบบไร้สาย เพื่อบันทึกข้อมูลค่าคุณภาพน้ำ ที่ต้องการควบคุมและมีการแจ้งเตือนไปยังเกษตรกรผู้เลี้ยงกุ้งขาว หากค่าควบคุมเกินกว่าค่าที่ตั้งไว้ผลการทำงานระบบการตรวจวัดค่าคุณภาพน้ำในบ่อเลี้ยงกุ้งขาวสามารถทำงานได้อย่างถูกต้อง สามารถแจ้งเตือนเป็นสัญญาณไฟและเสียงให้ผู้ดูแลบ่อเลี้ยงกุ้งทราบ ได้หน่วยเซ็นเซอร์วัดค่าคุณภาพน้ำแบบเคลื่อนที่ทำหน้าที่วัดค่าความเป็นกรด-ด่าง

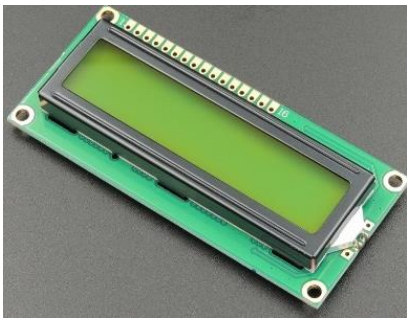
เดี่ยว และคณะ (ม.ป.ป) ระบบอัตโนมัติที่เหมาะสมสามารถช่วยลดต้นทุนด้านแรงงาน และเพิ่มกำลังการผลิตเนื่องด้วยการจัดการ คุณภาพน้ำที่มีประสิทธิภาพมากขึ้น โดยในระบบที่ทำการออกแบบสามารถวัด ปริมาณออกซิเจนที่ละลายในน้ำความเป็นกรด-ด่าง ปริมาณแอมโนเนีย และอุณหภูมิ ตลอดจนสามารถทำการเก็บข้อมูล เพื่อมาใช้ในการสั่งงาน เครื่องเติมอากาศแบบกังหันตีน้ำ ทั้งโหมดควบคุมโดยผู้ควบคุมและโหมดอัตโนมัติ ระบบย่อยในเครือข่ายการ ควบคุมทำการสื่อสารผ่านอีเทอร์เน็ตแบบไร้ สายและโปรโคตอลควบคุมแบบมอดบัส (Modbus) เทคโนโลยีโอพีซี (OPC) ถูกออกแบบการเชื่อมต่อข้อมูลระหว่างหน่วยควบคุมและหน่วยแสดงผล การศึกษาที่จำเป็นต่อไปคือการ ทดสอบการใช้ระบบนี้ในบ่อเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำต่อไปการทดสอบระบบอัตโนมัติในระยะแรกนี้พบว่าระบบสามารถควบคุมการทำงานของเครื่องให้อากาศได้ อย่างเหมาะสม ตามที่ได้ตั้งโปรแกรมไว้ คือสามารถโปรแกรมในระดับของชั่วโมง สามารถเปิดปิดตามเวลาที่กำหนดได้ และสามารถปรับแก้ไขช่วงเวลาได้ตามความเหมาะสมในส่วนของระบบวัดคุณภาพน้ำอัตโนมัติก็สามารถวัดคุณภาพน้ำคืออุณหภูมิ ความเป็นกรดเป็นด่าง ปริมาณออกซิเจนที่ละลายในน้ำ และปริมาณแอมโมเนียรวมได้มีความถูกต้องแม่นยำค่อนข้างสูง ซึ่งการทดลองต่อไปผู้วิจัยจะทำการพัฒนาให้ค่าที่ได้มีความแม่นยำสูงขึ้น และจะ เชื่อมทั้งสองระบบเข้าด้วยกันเพื่อเป็นระบบผู้เชี่ยวชาญอัตโนมัติ และสามารถนำไปใช้ได้จริงในบ่อเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำต่อไป ข้อจำกัดในการใช้งานระบบเหล่านี้ที่สำคัญคือเรื่องบุคลากร โดยส่วนมากบุคลากรในภาคการประมงใน ประเทศไทยจะมีความเข้าใจเทคโนโลยีเหล่านี้น้อย

ในการศึกษาเรื่องชุดต้นแบบการควบคุมความขุ่นของน้ำที่เลี้ยงปลากะพงขาวแบบอัตโนมัติ นี้ จะมีหลักการทำงานและองค์ประกอบต่างๆ ในระบบอัตโนมัติต่างๆ (ตารางที่ 3) ดังนี้

ตารางที่ 3 อุปกรณ์อัตโนมัติและลักษณะการใช้งานของระบบอัตโนมัติต่างๆ ที่ใช้ในชุดต้นแบบการควบคุมความขุ่นของน้ำแบบอัตโนมัติ

ชื่ออุปกรณ์	คุณลักษณะและการใช้งาน	ภาพ
1.เซ็นเซอร์วัดความขุ่นของน้ำ ECSensor Turbidity sensor	เซ็นเซอร์วัดระดับความขุ่นของน้ำโดยตรวจสอบจากการนำและหักเหของแสง ทำงานที่แรงดัน 5 โวลต์ ให้เอาต์พุตได้สองแบบ คือ อนาล็อกแรงดันตั้งแต่ 0.4 ถึง 5 โวลต์ และดิจิตอล High / Low โดยปรับค่าที่ตัวต้านทานปรับค่าได้ https://www.cybertice.com/	**ที่มา**: https://www.cybertice.com/
2.ปั๊มน้ำ SONIC AP3000	ปั๊มน้ำสำหรับกรองน้ำตู้ปลา ตู้กุ้ง สำหรับบ่อ น้ำพุ น้ำตก และใช้หมุนเวียนน้ำ กำลังไฟ 45W แรงปั๊ม 2500 l/h แรงดัน 2.5 เมตร	**ที่มา**: https://www.bigbluemall.com/
3.Relay module arduino โมดูลรีเลย์ 5V	เป็นอุปกรณ์ไฟฟ้าที่มีใช้ในวงการอิเล็กทรอนิกส์ ทำหน้าที่เป็นสวิตช์ไฟตัด-ต่อวงจร โดยการเปลี่ยนพลังงานไฟฟ้าให้เป็นพลังงานแม่เหล็ก เพื่อใช้ในการดึงดูดหน้าสัมผัสของคอนแทคให้เปลี่ยนสภาวะ รีเลย์จะ ทำงานได้โดยการป้อนกระแสไฟฟ้าให้กับขดลวด เพื่อทำการปิดหรือ เปิดหน้าสัมผัสคล้ายกับสวิตช์อิเล็กทรอนิกส์ ซึ่งเราสามารถนำรีเลย์ไป ประยุกต์ใช้ ในการควบคุมวงจรต่างๆ ได้	 **ที่มา**: https://commandronestore.com

4.บอร์ Arduino Uno	อุปกรณ์ที่ใช้สำหรับควบคุม หรืออ่านค่าบางสิ่ง ถ้าให้เปรียบเทียบมันก็ คือคอมพิวเตอร์ขนาดเล็ก แต่มีราคาที่ถูกกว่าคอมพิวเตอร์มากคำว่า Arduino นั้นไม่ใช่ชื่อของไมโครชิพ (Microchip) เป็นแค่เพียงชื่อ แบรนด์ที่ออกแบบรูปทรงและเพิ่มอุปกรณ์เสริมเข้าไปบนบอร์ดเพื่อให้เรา ใช้งานได้ง่ายขึ้น เช่น ช่องสำหรับเสียบ usb ช่องสำหรับเสียบสายสัญญาณ ชุดแปลงไฟฟ้าก่อนเข้าไปเลี้ยงบอร์ด เป็นต้น และเรา สามารถใช้แค่ไมโครชิพอย่างเดียวได้ แต่ค่อนข้างยุ่งยากสำหรับการทดลองหรือทำสิ่งประดิษฐ์จึงนิยมใช้เป็นบอร์ดสำเร็จแบบ Arduino บอร์ดมากกว่า และยังมีโปรแกรมสำเร็จรูปที่ให้เราใช้กันฟรีๆ เพื่อใช้ ในการเขียนโปรแกรม https://www.arduino2robot.com/	 **ที่มา**: http://elec8.com/
5.Adapter 9V 2A	Power Adapter แหล่งจ่ายไฟ 9V 2A แหล่งจ่ายไฟ 9v 2a ให้ อุปกรณ์อิเล็กทรอสิกส์เสียบเข้า Arduino ได้1x AC 100240VtoDC9V2ASwitchingPower supply Converter Adaptor อะแด็ปเตอร์แบบสวิตซิ่ง จาก AC 100-240V เป็น ดีซี 9V 2 A ด้านปลายเป็น ดีซีแจ๊คขนาด5.5*2.5mm และใช้ได้กับ 5.5*2.1 mm ขั้วในบวกและขั้วนอกลบ	 **ที่มา**: https://www.modulemore.com/

6. Character LCD	หลักการคือด้านหลังจอจะมีไฟส่องสว่าง เมื่อมีการปล่อยกระแสไฟฟ้า เข้าไปกระตุ้นที่ผลึก ก็จะทำให้ผลึกโปร่งแสง ทำให้แสงที่มาจากไฟ Backlight แสดงขึ้นมาบนหน้าจอ ส่วนอื่นที่โดนผลึกปิดกั้นไว้ จะมีสีที่ แตกต่างกันตามสีของผลึกคริสตอล เช่น สีเขียว หรือ สีฟ้า ทำให้เมื่อมองไปที่จอก็จะพบกับตัวหนังสือสีขาว แล้วพบกับพื้นหลังสีต่างๆ กัน	 **ที่มา**: http://www.satorshop.com/
7.โพรโทบอร์ด (protoboard) หรือ เบรดบอร์ด (breadboard)	อุปกรณ์ที่จะช่วยให้สามารถเชื่อมต่อวงจรเพื่อทดลองง่ายขึ้น ลักษณะ ของบอร์ดจะเป็นพลาสติกมีรูจำนวนมาก ภายใต้รูเหล่านั้นจะมีการ เชื่อมต่อถึงกันอย่างมีรูปแบบ เมื่อนำอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์มาเสียบ จะทำให้พลังงานไฟฟ้าสามารถไหลจากอุปกรณ์หนึ่ง ไปยังอุปกรณ์ หนึ่งได้ ผ่านรูที่มีการเชื่อมต่อกันด้านล่างการเชื่อมต่อกันของโพรโท บอร์ด จะแบ่งได้เป็น 2 กลุ่มใหญ่ คือ 1. กลุ่มแนวตั้ง เป็นกลุ่มที่เป็นพื้นที่สำหรับการเชื่อมต่อวงจร วาง อุปกรณ์ จะมีช่องเว้นกลางกลุ่มสำหรับเสียบไอซีตัวถังแบบ DIP และ บ่งบอกการแบ่งเขตเชื่อมต่อ 2. กลุ่มแนวนอน เป็นกลุ่มที่มีการเชื่อมต่อกันในแนวนอน ใช้สำหรับ พักไฟที่มาจากแหล่งจ่าย เพื่อใช้สำหรับเชื่อมต่อไฟจากแหล่งจ่ายเลี้ยง ให้วงจรต่อไป และจะมีสี สัญลักษณ์สกรีนเพื่อบอกขั้วที่ของแหล่งจ่าย ที่ควรนำมาพักไว้ โดยสีแดง จะหมายถึงขั้วบวก และสีดำ หรือสีน้ำเงินจะหมายถึงขั้วลบ https://sites.google.com/	 **ที่มา**: https://www.ab.in.th/

พนัสชัย (2564) กล่าวว่ากุ้งก้ามกรามเป็นสัตว์เศรษฐกิจสร้างรายได้เข้าประเทศไทยจำนวนมาก อีกทั้งเป็นที่นิยมบริโภคภายในประเทศ ราคากุ้งกามกรามจึงมีราคาสูงทำให้ธุรกิจเลี้ยงกุ้งกามกรามเป็นธุรกิจหนึ่งที่เกษตรกรนิยม แต่การเลี้ยงกุ้งกามกรามต้องใช้ประสบการณ์และความชำนาญอย่างมาก กุ้งก้ามกรามต้องการความเอาใจใส่และการดูแลอย่างใกล้ชิดต้องควบคุมสภาพแวดล้อมในการเลี้ยงให้เหมาะสมเพื่อทำให้กุ้งก้ามกรามมีอัตราการรอดชีวิตสูง งานวิจัยนี้มีแนวคิดที่จะแก้ปัญหาดังกล่าวเพื่ออำนวยความสะดวกให้แก่เกษตรกร และบุคคลทั่วไปที่สนใจเลี้ยงไว้บริโภคเองในพื้นที่จำกัดโดยงานวิจัยนี้ได้พัฒนาต้นแบบระบบช่วยควบคุมสภาพแวดล้อมในการเจริญเติบโตของกุ้งก้ามกราม โดยควบคุมอุณหภูมิของน้ำให้อยู่ในช่วง 27-29 องศาเซลเซียส ควบคุมปริมาณการให้อาหารในปริมาณที่เหมาะสมกบจำนวนกุ้งที่เลี้ยง และควบคุมคุณภาพน้ำให้เหมาะสมโดยการควบคุมค่าความขุ่นของน้ำให้อยู่ในช่วง 44-745 NTU ตัวแปรต่างๆ ถูกควบคุมด้วยไมโครคอนโทรลเลอร์ที่ถูกเขียนโปรแกรมควบคุมเพื่อให้เหมาะสมในการเจริญเติบโตของกุ้งก้ามกราม งานวิจัยนี้ได้นำเทคโนโลยีอินเทอร์เน็ตของสรรพสิ่ง (Internet of Thing; IoT) ไปใช้ในการแสดงผลและควบคุมระยะไกลแบบไร้สายที่เป็นแบบ real time ควบคุมผ่านสมาร์ทโฟน เพื่อเพิ่มความสะดวกในการใช้งาน การทดสอบต้นแบบระบบช่วยควบคุมสภาพแวดล้อมในการเจริญเติบโตของกุ้งก้ามกราม ทำการทดสอบ 3 ครั้งครั้งละ 15 วัน โดยเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยระหว่างตู้ที่เลี้ยงโดยใช้ระบบช่วยควบคุมสภาพแวดล้อมในการเจริญเติบโต พบว่าขนาดของกุ้งก้ามกรามโตมากกว่า 1 เซนติเมตร อัตราการรอดชีวิต 56.6% ในขณะที่ตู้ที่ไม่ใช้ระบบช่วยควบคุมสภาพแวดล้อมในการเจริญเติบโตมีอัตราการรอดชีวิตเพียง 16.6%

อุปกรณ์และวิธีการ

อุปกรณ์

วัสดุ

1.สัตว์ทดลอง

ปลากะพงขาว จากฟาร์มตี๋พงษ์ฟาร์ม อำเภอสามร้อยยอด จังหวัดประจวบคีรีขันธ์

2. อาหารทดลอง

อาหารสำหรับปลา คือ อาหารปลาสำเร็จรูปชนิดลอยน้ำ กะพงเงิน 901 (คุณค่าทางโภชนาการ โปรตีน 42% ไขมัน 8% กากอาหาร 3% ความชื้น 10%)

อุปกรณ์/ เครื่องมือ

1.สำหรับการเลี้ยงปลากะพงขาว

1.1 ระบบให้อากาศ

1) ถังไฟเบอร์กลาส ขนาด 300 ลิตร จำนวน 3 ใบ
2) เครื่องปั๊มน้ำ SONIC AP3000 (2500 l/h) จำนวน 3 เครื่อง
3) ปั๊มลม หัวทราย และสายอากาศ

1.2 ระบบกรอง

1) ถังคลอรีนทรงกระบอก (ถังเก่า) จำนวน 3 ใบ
2) ท่อต่อตรงเกลียวนอก เกลียวใน ขนาด ½ นิ้ว และ 1 นิ้ว
3) ท่อ PVC ขนาด ½ นิ้ว และ 1 นิ้ว
4) ข้องอ 45 องศา ขนาด 1 นิ้ว
5) ถุงใส่วัสดุกรอง
6) ใยกรองชนิดใยแก้วและชนิดฟองน้ำ
7) BiO-Ball
8) หินภูเขาไฟ
9) เปลือกหอยนางรม
10) เทปพันสายไฟ
11) ท่อย่นอเนกประสงค์

2. สำหรับทำระบบตรวจวัดและควบคุมค่าความขุ่นของน้ำ

2.1 Relay module arduino โมดูล รีเลย์ 5 โวลต์
2.2 บอร์ด Arduino Uno
2.3 Adapter 9V 2A
2.4 Character LCD
2.5 โพรโทบอร์ด (protoboard) หรือ เบรดบอร์ด (breadboard)

2.6 เซ็นเซอร์วัดความขุ่นของน้ำ EC Sensor Turbidity sensor

2.7 สายไฟ ขนาด 2*0.5 sq.mm

2.8 เคเบิล ไทด

2.9 ซีเล็คเตอร์ สวิตซ์

3. <u>สำหรับการตรวจวัดการเจริญเติบโตของปลากะพงขาว</u>

3.1 เครื่องชั่งน้ำหนัก ทศนิยม 2 ตำแหน่ง

3.2 สมุดบันทึก

3.3 ปากกา ดินสอ

3.4 สวิง

3.5 วัสดุใส่ปลา

3.6 ไม้บรรทัด ฟุตเหล็ก

4. <u>สำหรับการตรวจและวิเคราะห์คุณภาพน้ำ</u>

4.1 ชุดวัดความเป็นกรด-ด่าง (pH meter)

4.2 ชุดวัดความเค็ม meter

4.3 ชุดวัดอัลคาไลน์ Alkalinity Test Kit

4.4 ชุดวัดปริมาณไนไตรท์ Nitrite Test Kit

4.5 ชุดวัดปริมาณแอมโมเนีย Ammonium test kit

4.6 ชุดวัดปริมาณออกซิเจนละลายน้ำ Dissolved Oxygen Test Kit

4.7 อุณหภูมิ (meter)

วิธีการ

1. แผนการศึกษา

การศึกษาครั้งนี้ประกอบไปด้วย 2 ส่วนหลักๆ คือ การจัดการชุดต้นแบบการควบคุมความขุ่นของน้ำที่เลี้ยงปลากะพงขาวแบบอัตโนมัติ และการศึกษาประสิทธิภาพของชุดต้นแบบ

1.1 การจัดการชุดต้นแบบการควบคุมความขุ่นของน้ำที่เลี้ยงปลากะพงขาวแบบอัตโนมัติ ดำเนินการ จำนวน 4 ขั้นตอน ได้แก่ การออกแบบชุดต้นแบบการควบคุมความขุ่นของน้ำที่เลี้ยงปลากะพงขาวแบบอัตโนมัติ การจัดทำชุดต้นแบบการควบคุมความขุ่นของน้ำที่เลี้ยงปลากะพงขาวแบบอัตโนมัติ การทดสอบชุดต้นแบบการควบคุมความขุ่นของน้ำที่เลี้ยงปลากะพงขาวแบบอัตโนมัติ และการปรับปรุงชุดต้นแบบการควบคุมความขุ่นของน้ำที่เลี้ยงปลากะพงขาวแบบอัตโนมัติ

1.2 การศึกษาการศึกษาประสิทธิภาพของชุดต้นแบบการควบคุมความขุ่นของน้ำที่เลี้ยงปลากะพงขาวแบบอัตโนมัติ วางแผนการทดลองแบบแบบบล็อกสุ่มสมบูรณ์ (Randomized Complete Block Design : RCBD, RCB, RBD) กำหนดให้มี 3 ชุดทดลอง เพื่อศึกษาประสิทธิภาพของชุดต้นแบบโดยเปรียบเทียบความหนาแน่นของปลาที่เลี้ยงต่างกัน 3 ระดับ คือ

ชุดทดลองที่ 1 เลี้ยงปลากะพงขาวที่ความหนาแน่น 100 ตัว/ตารางเมตร (ปล่อยปลา 60 ตัว/ถัง)

ชุดทดลองที่ 2 เลี้ยงปลากะพงขาวที่ความหนาแน่น 150 ตัว/ตารางเมตร (ปล่อยปลา 90 ตัว/ถัง) (ชุดควบคุม)

ชุดทดลองที่ 3 เลี้ยงปลากะพงขาวที่ความหนาแน่น 200 ตัว/ตารางเมตร (ปล่อยปลา 120 ตัว/ถัง)

โดยทั้ง 3 ชุดทดลอง ดำเนินการทดลองกับชุดต้นแบบชุดต้นแบบการควบคุมความขุ่นของน้ำที่เลี้ยงปลากะพงขาวแบบอัตโนมัติ ที่ควบคุมความขุ่นของน้ำที่เลี้ยงปลากะพงขาว ด้วยระบบอัตโนมัติไว้ที่ระดับความขุ่น 60 NTU ด้วยการนำน้ำที่เลี้ยงไปผ่านระบบกรองน้ำกายภาพ

2. การเตรียมการทดลอง

2.1 <u>การเตรียมภาชนะทดลองและระบบต่างๆ</u> ใช้ถังพลาสติกกลม ขนาด 300 ลิตร และต่อระบบการให้อากาศ ล้างทำความสะอาดถัง และตากแดดให้แห้ง (ภาพที่ 3)

ภาพที่ 3 ถังพลาสติกกลมที่ใช้เลี้ยงปลากะพงขาวด้วยชุดต้นแบบการควบคุมความขุ่นของน้ำที่เลี้ยงปลากะพงขาวแบบอัตโนมัติ

2.2 <u>การรวบรวมสัตว์ทดลอง</u>

นำลูกปลากะพง (จากที่ซื้อมาพักไว้ จากฟาร์มเอกชน จังหวัดประจวบคีรีขันธ์) มาพักไว้ในถังพลาสติกกลม ขนาด 500 ลิตร เป็นเวลา 2 สัปดาห์ จากนั้นสุ่มลูกปลาดังกล่าวและคัดขนาด 5-7 เซนติเมตร ที่มีความแข็งแรงและสมบูรณ์ (ภาพที่ 4) ลงเลี้ยงที่ความหนาแน่น 150 ตัว/ตารางเมตร (อำพร, 2552) ที่ระดับความลึกของน้ำ 50 เซนติเมตร ให้อากาศผ่านหัวทราย ให้อาหารที่ 5% ของน้ำหนักตัว วันละ 2 ครั้ง เปลี่ยนถ่ายน้ำทุก 3 วัน

ภาพที่ 4 ลูกปลากะพงขาวที่คัดขนาดและคุณภาพพร้อมใช้ในงานทดลอง

2.3 <u>การเตรียมน้ำสำหรับการเลี้ยงปลากะพงขาว</u> นำน้ำทะเลที่ผ่านการกรองและพักไว้ในบ่อพักน้ำมาปรับความเค็มของน้ำให้ได้ 15 ส่วนในพัน (อภิชาติ, 2552) ใส่ลงในถังพลาสติกกลมขนาด 500 ลิตร จากนั้นเติมคลอรีนที่ระดับความเข้มข้น 15 ส่วนในล้าน ให้อากาศอย่างแรง แล้วตั้งทิ้งไว้เป็นเวลาอย่างน้อย 24-48 ชั่วโมง (ทินรัตน์ และ ดวงทอง, 2552) จากนั้นตรวจสอบปริมาณคลอรีนในน้ำด้วยชุดทดสอบคลอรีน หากไม่มีคลอรีนสามารถนำมาใช้ได้

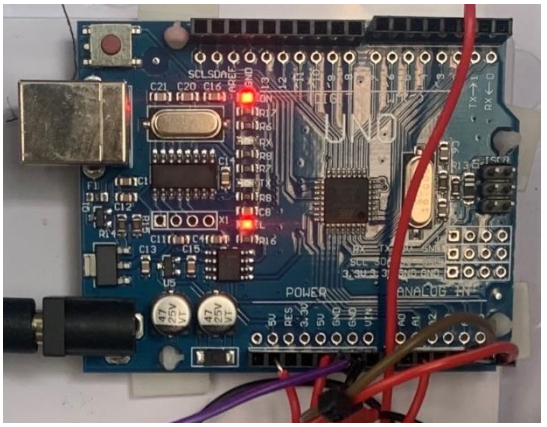
2.4 <u>การเตรียมถังกรองน้ำสำหรับเลี้ยงปลากะพงขาว</u> นำถังคลอรีนทรงกระบอก (ถังเก่า) จำนวน 1 ถัง ต่อกับท่อย่นอเนกประสงค์และปั๊มน้ำ ตัวปั๊มน้ำต่อกับท่อขนาด ½ นิ้ว เข้ากับท่อวาล์วขนาด ½ นิ้ว น้ำเข้าด้านบนถัง ให้น้ำลงบนวัสดุกรองในถัง ใยแก้วกรองหยาบ ใยกรองละเอียด หินภูเขาไฟ เปลือกหอยนางรม และลูกบอลชีวภาพ เมื่อน้ำล้นออกมาทางด้านล่างของถังกรองจะลงสู่ถังทดลอง ผ่านท่อขนาด 1 นิ้ว และข้องอ 90 องศา ขนาด 1 นิ้ว

2.5 <u>การเตรียมชุดต้นแบบการควบคุมความขุ่นของน้ำที่เลี้ยงปลากะพงขาวแบบอัตโนมัติ</u>

2.5.1 องค์ประกอบของชุดต้นแบบการควบคุมความขุ่นของน้ำที่เลี้ยงปลากะพงขาวแบบอัตโนมัติ ประกอบไปด้วยอุปกรณ์หลักทั้งหมด 4 ชิ้นส่วน คือ

1) <u>เซ็นเซอร์วัดความขุ่นของน้ำ EC Sensor Turbidity sensor</u> ใช้ตรวจสอบจากการนำและหักเหของแสง ทำงานที่แรงดัน 5 โวลต์ ให้เอาต์พุตได้สองแบบ คือ อนาล็อกแรงดันตั้งแต่ 0.4-5.0 โวลต์ และดิจิตอล High/Low โดยปรับค่าที่ตัวต้านทานปรับค่าได้ (https://www.cybertice.com/)

2) บอร์ด Arduino Uno (ภาพที่ 5) คือ ไมโครคอนโทรลเลอร์ (Microcontroller Unit) เป็นการร่วมกับอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ต่างๆ ประกอบเป็นบอร์ดอิเล็กทรอนิกส์ขนาดเล็กเพื่อให้ง่าย ต่อการใช้งาน หรือที่เรียกกันว่า บอร์ด Arduino ซึ่งก็คือคอมพิวเตอร์ขนาดเล็ก ที่ประกอบไปด้วย หน่วย ประมวลผล หน่วยความจำ หน่วยควบคุม input และ output (https://www.arduino2robot.com/)



ภาพที่ 5 บอร์ด Arduino ในชุดต้นแบบการควบคุมความขุ่นของน้ำที่เลี้ยงปลากะพงขาวแบบอัตโนมัติ

3) Adapter 9V 2A หม้อแปลงไฟฟ้า จากไฟฟ้ากระแสสลับ (ไฟบ้าน) ที่มีค่าความต่างศักย์ 220 โวลต์ ให้เป็นไฟฟ้ากระแสตรง (DC) ที่มีค่าความต่างศักย์ต่ำลง เพื่อให้สามารถจ่ายกระแสไฟฟ้าให้กับเครื่องใช้ไฟฟ้าได้ โดยจะใช้สำหรับแปลงค่าความต่างศักย์ 220 โวลต์ ให้เป็น 9 โวลต์ เพื่อจ่ายแรงดันไฟฟ้าที่เหมาะสมให้กับบอร์ด Arduino Uno เขียนโปรแกรมสำหรับสั่งงานตามแผนการทดลองที่ตั้งไว้ (ภาพที่ 6)

ภาพที่ 6 Adapter 9V 2A ในชุดต้นแบบการควบคุมความขุ่นของน้ำที่เลี้ยงปลากะพงขาวแบบอัตโนมัติ

4. Character LCD 16 x 2 เป็นจอแสดงผลตัวอักษรได้หลายตัว จอ LCD ขนาด 16x2 หมายถึงใน 1 แถว มีตัวอักษรใส่ได้ 16 ตัว และมีทั้งหมด 2 บรรทัดให้ใช้งาน ส่วน 20x4 จะหมายถึง ใน 1 แถว มีตัวอักษรใส่ได้ 20 ตัว และมีทั้งหมด 2 บรรทัด ซึ่งจอ Character LCD 16 x 2 ซึ่งจอแสดงผลและคอนโทรลเลอร์เพื่อรับสัญญาณจาก Water Flow Sensor และนำมาแปลงเป็นระดับความขุ่น

2.5.2 หลักการทำงานชุดต้นแบบการควบคุมความขุ่นของน้ำที่เลี้ยงปลากะพงขาวแบบอัตโนมัติ

ชุดต้นแบบการควบคุมความขุ่นของน้ำที่เลี้ยงปลากะพงขาวแบบอัตโนมัติ ทำงานโดย ประยุกต์ใช้อุปกรณ์และเทคโนโลยีหลายส่วนเข้าด้วยกันเพื่อใช้แก้ปัญหาในการวัดปริมาณให้แม่นยำ โดยทำตามหลักการคือ ใช้เซ็นเซอร์วัดความขุ่นของน้ำ EC Sensor Turbidity Sensor ซึ่งเป็นเซนเซอร์ชนิดหนึ่งที่ทำหน้าที่เปลี่ยนสัญญาณที่อยู่ในรูปแบบทางฟิสิกส์ ซึ่งในที่นี้คือความขุ่นของน้ำ จากของไหลให้มาอยู่ในรูปแบบของสัญญาณไฟฟ้า โดยใช้หลักการการนำไปไฟฟ้าโดยใช้เซนเซอร์วัดความขุ่นของน้ำ EC Sensor Turbidity sensor จะส่งสัญญาณไฟฟ้าส่งกลับมายังตัวรับและส่งค่ากับไปให้บอร์ด Arduino Uno ประมวลผล ทำให้สามารถอ่านค่าความขุ่นขอน้ำได้ตลอดเวลา ซึ่งความขุ่นของน้ำจะไปแสดงบนจอแสดงผล Character LCD 16 x 2 เพื่อรับสัญญาณจากเซนเซอร์วัดความขุ่นของน้ำจาก EC Sensor Turbidity sensor และนำมาแปลงเป็นความขุ่นของน้ำที่จะแสดงค่าที่มีหน่วยเป็น NTU โดยจะออกแบบวงจรและต่ออุปกรณ์ผ่านโปรแกรม fritzing

3. การศึกษา

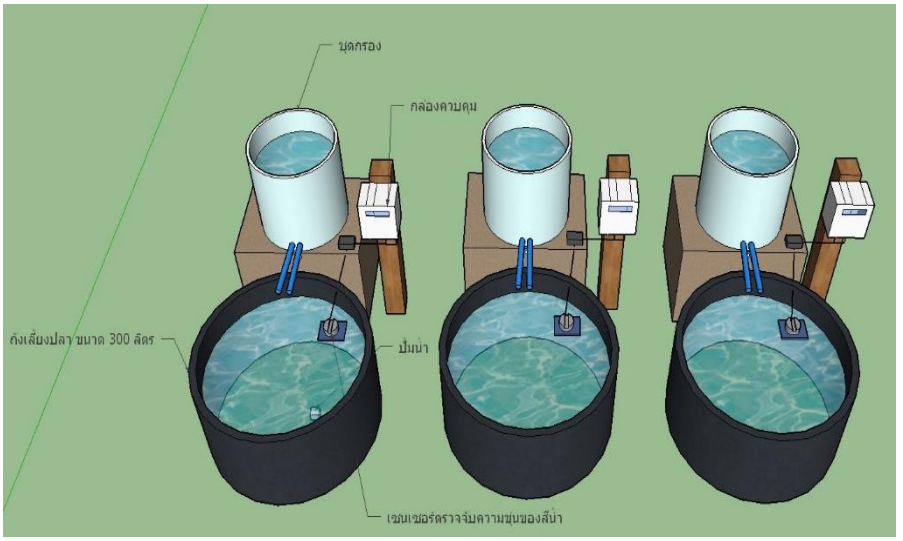
การศึกษาในครั้งนี้ ประกอบด้วย 2 ส่วนหลักๆ คือ การจัดสร้างชุดต้นแบบการควบคุมความขุ่นของน้ำที่เลี้ยงปลากะพงขาวแบบอัตโนมัติ และการศึกษาประสิทธิภาพของชุดต้นแบบการควบคุมความขุ่นของน้ำที่เลี้ยงปลากะพงขาวแบบอัตโนมัติ

ก. การจัดสร้างชุดต้นแบบการควบคุมความขุ่นของน้ำที่เลี้ยงปลากะพงขาวแบบอัตโนมัติ

ประกอบไปด้วย 4 ขั้น คือ การออกแบบชุดต้นแบบการควบคุมความขุ่นของน้ำที่เลี้ยงปลากะพงขาวแบบอัตโนมัติ การจัดทำชุดต้นแบบการควบคุมความขุ่นของน้ำที่เลี้ยงปลากะพงขาวแบบอัตโนมัติ การทดสอบชุดต้นแบบการควบคุมความขุ่นของน้ำที่เลี้ยงปลากะพงขาวแบบอัตโนมัติ และการปรับปรุงชุดต้นแบบการควบคุมความขุ่นของน้ำที่เลี้ยงปลากะพงขาวแบบอัตโนมัติ

1. <u>การออกแบบชุดต้นแบบการควบคุมความขุ่นของน้ำที่เลี้ยงปลากะพงขาวแบบอัตโนมัติ</u>

การออกแบบนี้เพื่อนำมาใช้เป็นต้นแบบในการวางแผนและการจัดระบบอย่างถูกต้องโดยใช้โปรแกรม SketchUp มาประยุคใช้ให้เกิดความทันสมัยและเข้าใจง่ายในการวางระบบโดยจะเห็นภาพ 3 มิติ (ภาพที่ 7)



ภาพที่ 7 ภาพจำลองชุดต้นแบบการควบคุมความขุ่นของน้ำที่เลี้ยงปลากะพงขาวแบบอัตโนมัติ

2. <u>การจัดทำชุดต้นแบบการควบคุมความขุ่นของน้ำที่เลี้ยงปลากะพงขาวแบบอัตโนมัติ</u>

จัดทำขึ้นโดยการนำความรู้ด้านเทคโนโลยีต่างๆ มาดัดแปลงเพื่อแก้ไขปัญหา ลดขั้นตอนและต้นทุน ซึ่งเทคโนโลยีเหล่านี้เป็นเทคโนโลยีที่ใช้กันในปัจจุบัน ทั้งนี้เพื่อต้องการควบคุมความขุ่นของน้ำให้คงที่และมีการใช้งานที่สะดวกสบายมากยิ่งขึ้น ในการทำงานของชุดต้นแบบการควบคุมความขุ่นของน้ำที่เลี้ยงปลากะพงขาวแบบอัตโนมัติ ระบบนี้จะถูกควบคุมด้วยระบบ sensor เพื่อตรวจวัดความขุ่นของน้ำตลอดเวลา

2.1 การประกอบชุดต้นแบบควบคุมความขุ่นของสีน้ำแบบอัตโนมัติ ดำเนินการดังนี้

1) ต่อ EC Sensor Turbidity sensor เข้ากับบอร์ด Arduino Uno โดยใช้สายไฟจัมเปอร์ จำนวน 3 เส้น โดยต่อสายสัญญาณ PWM output เข้ากับบอร์ด Arduino 23 Uno ช่อง A1 ต่อช่อง Vcc เข้ากับแหล่งจ่ายไฟ 5v ของบอร์ด Arduino Uno และ ต่อช่อง Gnd เข้ากับ Ground ของบอร์ด Arduino Uno วัดค่า EC Sensor Turbidity sensor จะได้ค่า NTU ส่งกลับมายังตัวรับและส่งค่ากับไปให้บอร์ด Arduino Uno ประมวลผล

2) ต่อ จอ LCD 16x2 I2C เข้ากับ บอร์ด Arduino Uno โดยใช้สายไฟจัมเปอร์ จำนวน 4 เส้น ดังนี้คือ ต่อสัญญาณ SCL เข้ากับ บอร์ด Arduino Uno ช่อง A5 ต่อสัญญาณ SDA เข้ากับ บอร์ด Arduino Uno ช่อง A4 ต่อช่อง Vcc เข้ากับแหล่งจ่ายไฟ 5v ของบอร์ด Arduino Uno และ ต่อช่อง Gnd เข้ากับ Ground ของบอร์ด Arduino Uno ซึ่ง จอ LCD 16x2 I2C จะทำหน้าที่เป็นตัวแสดงความขุ่นของน้ำที่ผ่านการประมวลผลจากบอร์ด Arduino Uno แล้ว

3) ต่อ Adapter 9V 2A เข้ากับ บอร์ด Arduino Uno เพื่อจ่ายไฟเลี้ยงให้บอร์ด Arduino Uno ทำงาน

4) ต่อ Relay 5V เข้ากับบอร์ด Arduino Uno โดยใช้สายไฟจัมเปอร์ จำนวน 3 เส้น โดยต่อสายสัญญาณ PWM output เข้ากับบอร์ด Arduino 23 Uno ช่อง D2 ต่อช่อง Vcc เข้ากับ

แหล่งจ่ายไฟ 5v ของบอร์ด Arduino Uno และต่อช่อง Gnd เข้ากับ Ground ของบอร์ด Arduino Uno เมื่อบอร์ดประมวลผลเกินค่าที่กำหนดจะส่งสัญญาณมายัง Relay 5V ให้จ่ายไฟไปสู่ปั๊มน้ำ

5) นำเซนเซอร์ไปทดสอบในน้ำเพื่อปรับให้เหมาะสมตามต้องโดยสังเกตจากหน้าจอ LCD 16x2 I2C โดยจะแบ่งเป็นชุดทดลอง ดังนี้

ชุดทดลองที่ 1 เลี้ยงปลากะพงขาวที่ความหนาแน่น 100 ตัว/ตารางเมตร

ชุดทดลองที่ 2 เลี้ยงปลากะพงขาวที่ความหนาแน่น 150 ตัว/ตารางเมตร

ชุดทดลองที่ 3 เลี้ยงปลากะพงขาวที่ความหนาแน่น 200 ตัว/ตารางเมตร

6) ติดตั้งอุปกรณ์ทั้งหมดลงในตู้กันน้ำพลาสติกฝาทึบ

7) อัพโหลดโค๊ดลง บอร์ด Arduino Uno ด้วยโปรแกรม Arduino IDE

3. <u>การทดสอบชุดต้นแบบการควบคุมความขุ่นของน้ำที่เลี้ยงปลากะพงขาวแบบอัตโนมัติ</u>

ทดสอบการทำงานของเซนเซอร์ ทดสอบความแม่นยำในการวัดค่าความขุ่นของสีน้ำที่กำหนดไว้

4. <u>การปรับปรุงชุดต้นแบบควบคุมความขุ่นของสีน้ำแบบอัตโนมัติ</u>

ปรับปรุงปัญหาที่เกิดขึ้น (ในข้อ 3) ให้เป็นไปตามความเหมาะสม

ข. การศึกษาประสิทธิภาพของชุดต้นแบบการควบคุมความขุ่นของน้ำที่เลี้ยงปลากะพงขาวแบบอัตโนมัติ (ภาพที่ 8-10)

1. ล้างทำความสะอาดถังพลาสติกขนาด 300 ลิตร นำถังกรองน้ำมาต่อเชื่อมเข้ากับถังทดลองดังกล่าว

2. ต่อชุดต้นแบบการควบคุมความขุ่นของน้ำที่เลี้ยงปลากะพงขาวแบบอัตโนมัติ เข้ากับถังกรองน้ำ

3. เติมน้ำลงถังพลาสติกกลม แล้วจึงเริ่มเดินระบบน้ำหมุนเวียนเพื่อกรองน้ำ

4. นำปลากะพงขาวที่คัดแยกขนาดที่ใกล้เคียงกันและมีลักษณะสมบูรณ์แข็งแรงเป็นปกติ ปล่อยลงในชุดทดลองที่ 1, 2 และ 3 ที่จำนวน 60, 90 และ 120 ตัว/ถัง ตามลำดับ

5. ให้อาหารเม็ดสำเร็จรูปชนิดเม็ดลอยน้ำ ยี่ห้อ ปลากะพงขาวเงิน 901 (มีคุณค่าทางโภชนาการ โปรตีน 42% ไขมัน 8% กากอาหาร 3% และความชื้น 10%) โดยแบ่งออกเป็น 2 มื้อ เวลา 08.00 น. และ 17.00 น. โดยให้จนอิ่ม เป็นระยะเวลา 4 สัปดาห์

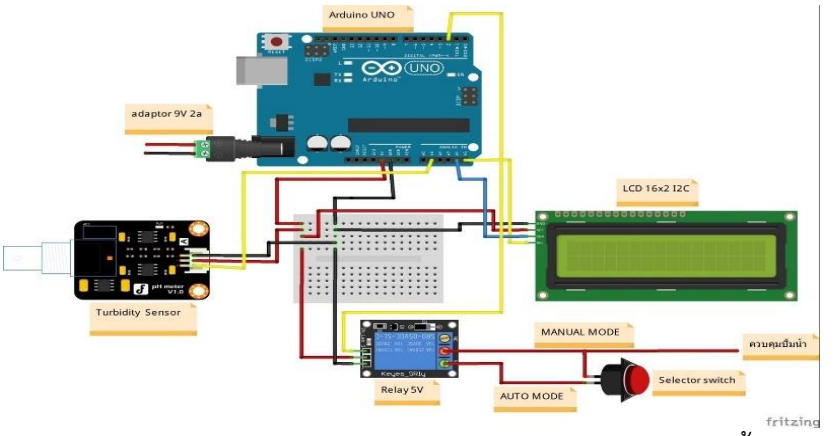
6. ตรวจวัดและวิเคราะห์คุณภาพน้ำตลอดการทดลอง ทุกๆ 3 วัน ได้แก่ ความเป็นกรด-ด่าง อุณหภูมิ ความเค็ม ปริมาณสภาพด่าง ปริมาณออกซิเจนละลายน้ำ ปริมาณไนไตรท์ และปริมาณแอมโมเนีย และมีการเปลี่ยนถ่ายน้ำ 2 สัปดาห์/ครั้ง

7. ตรวจวัดการเจริญเติบโตและอัตราการรอดตายของปลากะพงขาว

สุ่มวัดความยาวและน้ำหนักของกะพงขาว 30% ของปริมาณปลาทั้งหมดของบ่อ กล่าวคือ จำนวน 18, 27 และ 36 ตัว/บ่อ ตามลำดับ เมื่อเลี้ยงครบทุกๆ 2 สัปดาห์ และนับจำนวนปลากะพงขาวที่เหลือเมื่อสิ้นสุดการทดลอง

ภาพที่ 8 ถังและอุปกรณ์ที่ติดตั้งชุดต้นแบบการควบคุมวัดความขุ่นของสีน้ำแบบอัตโนมัติ

ภาพที่ 9 ระบบและวงจรการทำงานของชุดต้นแบบการควบคุมวัดความขุ่นของสีน้ำแบบอัตโนมัติ



ภาพที่ 10 ภาพ Infographic ของชุดต้นแบบการควบคุมวัดความขุ่นของสีน้ำแบบอัตโนมัติ

4. การรวบรวมและวิเคราะห์ข้อมูล

4.1 <u>การเก็บรวบรวมข้อมูล</u>

เมื่อสิ้นสุดการทดลอง (4 สัปดาห์) รวบรวมข้อมูลที่ตรวจวัดได้ ได้แก่

4.1.1 ค่าการเจริญเติบโตและการรอดตายของปลากะพงขาว

1) น้ำหนักเฉลี่ย

2) ความยาวเฉลี่ย

3) อัตราการรอดตาย (%)

$$\text{อัตราการรอดตาย \%} = \frac{\text{จำนวนปลาที่เหลือเมื่อสิ้นสุดการทดลอง (ตัว)}}{\text{จำนวนปลาเมื่อเริ่มการทดลอง (ตัว)}} \times 100$$

4.1.2 ค่าคุณภาพน้ำในระหว่างการเลี้ยง อันได้แก่ อุณหภูมิ ความเค็ม ความเป็นกรด-ด่าง ปริมาณสภาพด่าง ปริมาณออกซิเจนละลายในน้ำ ปริมาณแอมโมเนีย ปริมาณไนไตรท์ และความขุ่นของน้ำ

4.2 <u>การวิเคราะห์ค่าทางสถิติ</u>

นำข้อมูลที่รวบรวมได้วิเคราะห์ความแตกต่างของชุดทดลองของข้อมูล โดยใช้วิธี วิเคราะห์ความแปรปรวน (Analysis of variance) ตามแผนการทดลองแบบบล็อกสุ่มสมบูรณ์ (Randomized Complete Block Dessign; RCBD) และเปรียบเทียบความแตกต่างของ ค่าเฉลี่ยระหว่างชุดทดลองโดยใช้วิธี Duncan’ s New Multiple Range Test (Kearnthum, 1999)

5. ระยะเวลาการทดลอง

มี 2 ขั้นตอน

1. การจัดสร้างชุดต้นแบบการควบคุมความขุ่นของน้ำที่เลี้ยงปลากะพงขาวแบบอัตโนมัติ ดำเนินการเป็นเวลา 2 เดือน คือ ระหว่างเดือนมีนาคม – เมษายน 2565

2. การศึกษาประสิทธิภาพของชุดต้นแบบการควบคุมความขุ่นของน้ำที่เลี้ยงปลากะพงขาวแบบอัตโนมัติ ดำเนินการเป็นเวลา 1 เดือน คือ ระหว่างเดือนเมษายน - พฤษภาคม 2565

6. สถานที่ทำการทดลอง

อาคารปฏิบัติการสาขาวิทยาศาสตร์การประมง สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง วิทยาเขตชุมพรเขตอุดมศักดิ์ จังหวัดชุมพร

ผลและวิจารณ์

ผล

จากการศึกษาผลของชุดต้นแบบการควบคุมความขุ่นของน้ำที่เลี้ยงปลากะพงขาวแบบอัตโนมัติในระบบอัจฉริยะเป็นระยะเวลา 4 สัปดาห์ พบว่า

1. ปลากะพงขาว

1.1 น้ำหนัก

ปลากะพงขาวที่เลี้ยงในระบบควบคุมความขุ่นของน้ำแบบอัตโนมัติมีด้วยกัน 3 ชุดทดลอง พบว่าวันเริ่มต้นปลากะพงขาวมีน้ำหนักเฉลี่ยของปลากะพงขาวทั้ง 3 ชุดทดลอง ไม่แต่ต่างกันทางสถิติ โดยมีค่าน้ำหนักเฉลี่ยอยู่ระหว่าง 2.56-2.85 กรัม/ตัว เมื่อสิ้นสุดการทดลองพบว่าน้ำหนักเฉลี่ยของปลากะพงขาวมีความแตกต่างทางสถิติโดยที่ความหนาแน่น 100 ตัว/ตารางเมตร มีค่าสูงสุดคือ 13.05±0.49 กรัม/ตัว แตกต่างทางสถิติ ($p<0.05$) กับอีก 2 ชุดทดลองที่เหลือที่มีค่าไม่แตกต่างกันทางสถิติ ตามลำดับ (ตารางที่ 4)

ตารางที่ 4 น้ำหนักเฉลี่ย (กรัม/ตัว) ของปลากะพงขาวที่เลี้ยงด้วยชุดต้นแบบการควบคุมความขุ่นของน้ำแบบอัตโนมัติที่ระดับความหนาแน่นต่างกัน

ความหนาแน่น (ตัว/ตารางเมตร)	น้ำหนักเฉลี่ยของปลากะพงขาว (กรัม/ตัว)		
	สัปดาห์ที่ 0[ns]	สัปดาห์ที่ 2[ns]	สัปดาห์ที่ 4
100	2.85±0.06	6.64±0.22	13.05±0.49[a]
150	2.56±0.17	5.51±0.50	9.85±0.93[b]
200	2.61±0.13	5.07±0.40	7.22±0.90[b]

หมายเหตุ 1. ns คือ non-significant แสดงความไม่แตกต่างกันระหว่างค่าเฉลี่ยในแนวตั้งเดียวกัน ($p>0.05$)
2. ค่าเฉลี่ยที่มีตัวอักษรภาษาอังกฤษตัวพิมพ์เล็กที่แตกต่างกันกำกับแสดงความแตกต่างกันระหว่างค่าเฉลี่ยในแนวตั้งเดียวกัน ($p<0.05$)

1.2 ความยาว

ปลากะพงขาวความยาวเฉลี่ยในวันเริ่มต้นไม่แตกต่างกันทางสถิติ โดยความยาวเฉลี่ยระหว่าง 5.92-6.16เซนติเมตร/ตัว เมื่อสิ้นสุดการทดลองปลากะพงขาวมีแตกต่างทางสถิติ ($p<0.05$) โดยมีค่าสูงสุดถึงต่ำสุดเป็นลำดับ ในชุดทดลองที่เลี้ยงที่ความหนาแน่น 100, 150 และ 200 ตัว/ตารางเมตร ซึ่งมีค่า 10.29±0.78, 9.40±1.22 และ8.40±0.86 เซนติเมตร/ตัว ตามลำดับ (ตารางที่ 5)

ตารางที่ 5 ความยาวเฉลี่ย (เซนติเมตร/ตัว) ของปลากะพงขาวที่เลี้ยงด้วยชุดต้นแบบการควบคุมความขุ่นของน้ำแบบอัตโนมัติอัตโนมัติ

ความหนาแน่น (ตัว/ตารางเมตร)	ความยาวเฉลี่ยของปลากะพงขาว (เซนติเมตร/ตัว)		
	สัปดาห์ที่ 0^{ns}	สัปดาห์ที่ 2^{ns}	สัปดาห์ที่ 4
100	5.92±0.21	7.89±0.99	10.29±0.78^{a}
150	6.04±0.47	7.30±0.88	9.40±1.22^{b}
200	6.16±0.47	7.43±0.66	8.40±0.86^{c}

หมายเหตุ 1. ns คือ non-significant แสดงความไม่แตกต่างกันระหว่างค่าเฉลี่ยในแนวตั้งเดียวกัน ($p>0.05$)
2. ค่าเฉลี่ยที่มีตัวอักษรภาษาอังกฤษตัวพิมพ์เล็กที่แตกต่างกันกำกับแสดงความแตกต่างกันระหว่างค่าเฉลี่ยในแนวตั้งเดียวกัน ($p<0.05$)

1.3 อัตราการรอดตาย

จำนวนปลากะพงขาวในชุดที่เลี้ยงที่ความหนาแน่น 60, 90 และ 120 ตัว/ตารางเมตร พบว่ามีอัตราการรอดตายเฉลี่ยไม่แตกต่างกันทางสถิติ โดยมีค่าอัตราการรอดตายเฉลี่ย 96.67, 94.44, และ 93.33 % ตามลำดับ (ตารางที่ 6)

ตารางที่ 6 อัตราการรอดตายเฉลี่ย (%) ของปลากะพงขาวที่เลี้ยงด้วยชุดต้นแบบการควบคุมความขุ่นของน้ำแบบอัตโนมัติอัตโนมัติ

ความหนาแน่น (ตัว/ตารางเมตร)	อัตราการรอดตายเฉลี่ยของปลากะพงขาว (%)			
	จำนวนปลากะพงที่ปล่อย (ตัว) สัปดาห์ที่ 0^{ns}	จำนวนปลากะพงที่เหลือ (ตัว) สัปดาห์ที่ 2^{ns}	จำนวนปลากะพงที่เหลือ (ตัว) สัปดาห์ที่ 4^{ns}	อัตราการรอดตาย %^{ns}
100	60	60	58	96.67
150	90	89	85	94.44
200	120	117	112	93.33

2. คุณภาพน้ำ

ในระหว่างการเลี้ยงปลากะพงขาวเป็นเวลา 4 สัปดาห์มีคุณภาพน้ำที่ดำเนินการตรวจวัด จำนวน 7 พารามิเตอร์คือ ความเค็ม อุณหภูมิ ความเป็นกรดเป็นด่าง ปริมาณออกซิเจนละลายน้ำ ปริมาณแอมโมเนีย ปริมาณไนโตรเจน สภาพด่าง

2.1 <u>อุณหภูมิ</u>

อุณหภูมิของน้ำที่เลี้ยงปลากะพงขาวในระหว่างทั้ง 3 ชุด พบว่าคุณภาพน้ำในวันเริ่มต้นมีอุณหภูมิเฉลี่ยของน้ำทั้ง 3 ชุดทดลอง ไม่แตกต่างกันทางสถิติคือ 19.4-19.5 องศาเซลเซียส เมื่อสิ้นสุดการทดลองทั้ง 3 ชุดทดลอง เหมือนอุณหภูมิไม่แตกต่างกันทางสถิติ คือมีค่าอยู่ระหว่าง 24.28-24.30 องศาเซลเซียส (ตารางที่ 7)

ตารางที่ 7 อุณหภูมิเฉลี่ย (องศาเซลเซียส) ของน้ำที่เลี้ยงปลากะพงขาวด้วยชุดต้นแบบการควบคุมความขุ่น ของน้ำแบบอัตโนมัติอัตโนมัติ

ความหนาแน่น (ตัว/ตารางเมตร)	อุณหภูมิเฉลี่ย (องศาเซลเซียส)			
	วันที่ 0^{ns}	สัปดาห์ที่ 2^{ns} (ก่อนเปลี่ยนถ่ายน้ำ)	สัปดาห์ที่ 2^{ns} (หลังเปลี่ยนถ่ายน้ำ)	สัปดาห์ที่ 4^{ns} (ก่อนเปลี่ยนถ่ายน้ำ)
100	19.4±0.06	21.85±1.64	22.3±0.10	24.28±3.11
150	19.4±0.10	21.66±1.52	22.3±0.06	24.30±3.09
200	19.5±0.06	21.50±1.35	22.3±0.06	24.28±3.10

2.2 <u>ความเป็นกรดด่าง</u>

ความเป็นกรดด่างเฉลี่ยของน้ำที่เลี้ยงปลากะพงขาวในวันเริ่มต้นของการทดลองทั้ง 3 ชุดทดลอง มีค่าเท่ากันคือ 7.40 มิลลิกรัมต่อลิตร และเมื่อสิ้นสุดการทดลองในสัปดาห์ที่ 4 พบว่าความเป็นกรดด่างเฉลี่ยในน้ำในระหว่างชุดทดลองทั้ง 3 ชุด มีค่าไม่แตกต่างทางสถิติคือ 7.10 มิลลิกรัมต่อลิตร ทั้ง 3 ชุดทดลอง (ตารางที่ 8)

2.3 <u>ความเค็ม</u>

ความเค็มเฉลี่ยของน้ำที่เลี้ยงปลากะพงขาวทั้ง 3 ชุดทดลอง ในวันเริ่มต้น มีค่าเท่ากันคือ 15.60 ส่วนในพัน เมื่อสิ้นสุดการทดลองความเค็มเฉลี่ยของน้ำทั้ง 3 ชุด ทดลองมีค่าไม่แตกต่างกันทางสถิติคือ 15.48±0.05, 15.45±0.06, และ 15.43±0.05 ส่วนในพัน ในชุดที่เลี้ยงปลากะพงขาวที่ความหนาแน่น 100, 150 และ200 ตัว/ตารางเมตร ตามลำดับ (ตารางที่ 9)

ตารางที่ 8 ความเป็นกรดด่างเฉลี่ยของน้ำที่เลี้ยงปลากะพงขาวด้วยชุดต้นแบบการควบคุมความขุ่นของน้ำแบบอัตโนมัติอัตโนมัติ

ความหนาแน่น (ตัว/ตารางเมตร)	ความเป็นกรดด่างเฉลี่ยของน้ำ (มิลลิกรัมต่อลิตร)			
	วันที่ 0^{ns}	สัปดาห์ที่ 2^{ns} (ก่อนเปลี่ยนถ่ายน้ำ)	สัปดาห์ที่ 2^{ns} (หลังเปลี่ยนถ่ายน้ำ)	สัปดาห์ที่ 4^{ns} (ก่อนเปลี่ยนถ่ายน้ำ)
100	7.40±0.05	7.27±0.17	7.40±0.04	7.10±0.00
150	7.40±0.05	7.23±0.21	7.40±0.05	7.10±0.00
200	7.40±0.04	7.05±0.33	7.40±0.05	7.10±0.00

ตารางที่ 9 ความเค็มเฉลี่ย (ส่วนในพัน) ของน้ำที่เลี้ยงปลากะพงขาวด้วยชุดต้นแบบการควบคุมความขุ่นของน้ำแบบอัตโนมัติอัตโนมัติ

ความหนาแน่น (ตัว/ตารางเมตร)	ความเค็มเฉลี่ยของน้ำ (ส่วนในพัน			
	วันที่ 0^{ns}	สัปดาห์ที่ 2^{ns} (ก่อนเปลี่ยนถ่ายน้ำ)	สัปดาห์ที่ 2^{ns} (หลังเปลี่ยนถ่ายน้ำ)	สัปดาห์ที่ 4^{ns} (ก่อนเปลี่ยนถ่ายน้ำ)
100	15.60±0.05	15.63±0.05	15.40±0.05	15.48±0.05
150	15.60±0.05	15.60±0.08	15.40±0.05	15.43±0.05
200	15.60±0.05	15.63±0.05	15.40±0.05	15.45±0.06

2.4 <u>สภาพด่าง</u>

สภาพด่างเฉลี่ยของน้ำที่เลี้ยงปลากะพงขาวในวันเริ่มต้นระหว่างทดลองทั้ง 3 ชุดทดลอง มีค่าเท่ากันคือ 68.00 มิลลิกรัมต่อลิตร เมื่อสิ้นสุดการทดลองสภาพด่างของน้ำของทั้ง 3 ชุดทดลอง มีค่าไม่แตกต่างกันทางสถิติคือ 46.75±1.14, 42.50±1.48, และ 38.25±2.13 มิลลิกรัมต่อลิตร ตามลำดับ (ตารางที่ 10)

2.5 <u>ปริมาณออกซิเจนละลายน้ำ</u>

ปริมาณออกซิเจนละลายน้ำเฉลี่ยของน้ำที่เลี้ยงปลากะพงขาวทั้ง 3 ชุดทดลอง ในวันเริ่มต้นการทดลอง มีค่าปริมาณออกซิเจนละลายน้ำเฉลี่ยเท่ากันคือ 5.50 มิลลิกรัมต่อลิตร เมื่อสิ้นสุดการทดลองทั้ง 3 ชุดทดลองของค่าปริมาณออกซิเจนละลายน้ำเฉลี่ยของน้ำที่เลี้ยงปลากะพงขาวไม่แตกต่างทางสถิติคือมีค่าเฉลี่ย 5.50±2.12, 4.50±0.71, และ 5.25±0.35 มิลลิกรัมต่อลิตร ในชุดทดลองที่เลี้ยงปลากะพงขาวที่ความหนาแน่น 100, 150 และ 200 ตัว/ตารางเมตร ตามลำดับ (ตารางที่ 11)

ตารางที่ 10 สภาพด่างเฉลี่ย (มิลลิกรัมต่อลิตร) ของน้ำที่เลี้ยงปลากะพงขาวด้วยชุดต้นแบบการควบคุมความขุ่นของน้ำแบบอัตโนมัติอัตโนมัติ

ความหนาแน่น (ตัว/ตารางเมตร)	สภาพด่างเฉลี่ยของน้ำ (มิลลิกรัมต่อลิตร)			
	วันที่ 0^{ns}	สัปดาห์ที่ 2^{ns} (ก่อนเปลี่ยนถ่ายน้ำ)	สัปดาห์ที่ 2^{ns} (หลังเปลี่ยนถ่ายน้ำ)	สัปดาห์ที่ 4^{ns} (ก่อนเปลี่ยนถ่ายน้ำ)
100	68.00±0.00	55.25±1.25	51.00±0.00	46.75±1.14
150	68.00±0.00	55.25±1.25	51.00±0.00	42.50±1.48
200	68.00±0.00	46.75±1.43	51.00±0.00	38.25±2.13

ตารางที่ 11 ปริมาณออกซิเจนละลายน้ำเฉลี่ย (มิลลิกรัมต่อลิตร) ของน้ำที่เลี้ยงปลากะพงขาวด้วยชุดต้นแบบการควบคุมความขุ่นของน้ำแบบอัตโนมัติอัตโนมัติ

ความหนาแน่น (ตัว/ตารางเมตร)	ออกซิเจนละลายน้ำเฉลี่ยของน้ำ (มิลลิกรัมต่อลิตร)			
	วันที่ 0^{ns}	สัปดาห์ที่ 2^{ns} (ก่อนเปลี่ยนถ่ายน้ำ)	สัปดาห์ที่ 2^{ns} (หลังเปลี่ยนถ่ายน้ำ)	สัปดาห์ที่ 4^{ns} (ก่อนเปลี่ยนถ่ายน้ำ)
100	5.50±0.00	6.75±1.06	4.50±0.00	5.50±2.12
150	5.50±0.00	6.75±0.35	4.50±0.00	4.50±0.71
200	5.50±0.00	8.50±0.71	4.50±0.00	5.25±0.35

2.6 <u>แอมโมเนีย</u>

ปริมาณแอมโมเนียเฉลี่ยของน้ำที่เลี้ยงปลากะพงขาวในวันเริ่มต้นการทดลองทั้ง 3 ชุดทดลอง มีค่าเฉลี่ย 0.00 มิลลิกรัมต่อลิตรเท่ากัน เมื่อสิ้นสุดการทดลองทั้ง 3 ชุดทดลอง มีค่าแอมโมเนียเฉลี่ยเท่ากันคือ 0.01 มิลลิกรัมต่อลิตร (ตารางที่ 12)

2.7 <u>ไนไตรท์</u>

น้ำที่เลี้ยงปลากะพงขาวมีปริมาณไนไตรท์เฉลี่ยในวันเริ่มต้นของทั้ง 3 ชุดทดลองเท่ากันคือ 0.01 มิลลิกรัมต่อลิตร เมื่อสิ้นสุดการทดลองพบว่าไนไตรท์เฉลี่ยของน้ำที่ใช้เลี้ยงปลากะพงขาวมีความแตกต่างทางสถิติโดยที่ความหนาแน่น 100 ตัว/ตารางเมตร คือ 0.63±0.25มิลลิกรัมต่อลิตร แตกต่างทางสถิติ ($p<0.05$) กับอีก 2 ชุดทดลองที่เหลือที่มีค่าไม่แตกต่างกันทางสถิติ ตามลำดับ (ตารางที่ 13)

ตารางที่ 12 ปริมาณแอมโมเนียเฉลี่ย (มิลลิกรัมต่อลิตร) ของน้ำที่เลี้ยงปลากะพงขาวด้วยชุดต้นแบบการควบคุมความขุ่นของน้ำแบบอัตโนมัติอัตโนมัติ

ความหนาแน่น (ตัว/ตารางเมตร)	แอมโมเนียเฉลี่ยของน้ำ (มิลลิกรัมต่อลิตร)			
	วันที่ 0^{ns}	สัปดาห์ที่ 2^{ns} (ก่อนเปลี่ยนถ่ายน้ำ)	สัปดาห์ที่ 2^{ns} (หลังเปลี่ยนถ่ายน้ำ)	สัปดาห์ที่ 4^{ns} (ก่อนเปลี่ยนถ่ายน้ำ)
100	0.00±0.00	0.01±0.00	0.00±0.00	0.01±0.00
150	0.00±0.00	0.01±0.00	0.00±0.00	0.01±0.00
200	0.00±0.00	0.01±0.00	0.00±0.00	0.01±0.00

ตารางที่ 13 ปริมาณไนไตรท์เฉลี่ย (มิลลิกรัมต่อลิตร) ของน้ำที่เลี้ยงปลากะพงขาวด้วยชุดต้นแบบการควบคุมความขุ่นของน้ำแบบอัตโนมัติอัตโนมัติ

ความหนาแน่น (ตัว/ตารางเมตร)	ไนไตรท์ (มิลลิกรัมต่อลิตร)			
	วันที่ 0^{ns}	สัปดาห์ที่ 2^{ns} (ก่อนเปลี่ยนถ่ายน้ำ)	สัปดาห์ที่ 2^{ns} (หลังเปลี่ยนถ่ายน้ำ)	สัปดาห์ที่ 4 (ก่อนเปลี่ยนถ่ายน้ำ)
100	0.10±0.00	1.00±0.00	0.10±0.00	0.63±0.25^{b}
150	0.10±0.00	1.00±0.00	0.10±0.00	1.00±0.00^{a}
200	0.10±0.00	1.00±0.00	0.10±0.00	1.00±0.00^{a}

หมายเหตุ 1. ns คือ non-significant แสดงความไม่แตกต่างกันระหว่างค่าเฉลี่ยในแนวตั้งเดียวกัน ($p>0.05$)
2. ค่าเฉลี่ยที่มีตัวอักษรภาษาอังกฤษตัวพิมพ์เล็กที่แตกต่างกันกำกับแสดงความแตกต่างกันระหว่างค่าเฉลี่ยในแนวตั้งเดียวกัน ($p<0.05$)

2.8 ความขุ่นของน้ำ

ความขุ่นเฉลี่ยของน้ำวันเริ่มต้นชุดทดลองทั้ง 3 ชุดทดลอง มีค่าความขุ่นเฉลี่ย 46.25-95.29 มิลลิกรัมต่อลิตร เมื่อสิ้นสุดการทดลองทั้ง 3 ชุดทดลอง ความขุ่นเฉลี่ยของน้ำในความหนาแน่น 200 ตัว/ตารางเมตร โดยมีค่าความขุ่นเฉลี่ยของน้ำสูงสุดคือ 156.52±87.09 มิลลิกรัมต่อลิตร รองลงมาความหนาแน่น 150 ตัว/ตารางเมตร และความหนาแน่น 100 ตัว/ตารางเมตร มีค่าความขุ่นเฉลี่ยของน้ำ 120.88±89.30 และ86.20±59.81 มิลลิกรัมต่อลิตร ตามลำดับ (ตารางที่ 14)

ตารางที่ 14 ความขุ่นเฉลี่ย (มิลลิกรัมต่อลิตร) ของน้ำในชุดต้นแบบการควบคุมความขุ่นของน้ำแบบอัตโนมัติ

ความหนาแน่น (ตัว/ตารางเมตร)	ความขุ่นเฉลี่ยของน้ำ (มิลลิกรัมต่อลิตร)	
	ก่อนเปลี่ยนถ่ายน้ำวันที่ 0-14	หลังเปลี่ยนถ่ายน้ำวันที่ 14-28
100	46.25±32.71	86.20±59.81
150	66.23±43.31	120.88±89.30
200	95.29±60.17	156.52±87.09

หมายเหตุ ค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานที่สูงมาก เกิดจากค่าเฉลี่ยของความขุ่นของน้ำเพิ่มขึ้นตามจำนวนวันการเลี้ยงที่เพิ่มขึ้น ส่งผลให้ค่าเฉลี่ยความขุ่นของน้ำวันเริ่มต้นจนถึงวันที่ 14 (ที่เริ่มมีค่าเข้าสู่ความเป็นพิษต่อตัวปลา) จึงทำให้ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานสูงมาก

3. การทดสอบการทำงานและปรับปรุงแก้ไขชุดต้นแบบการควบคุมความขุ่นของน้ำแบบอัตโนมัติ

ในระหว่างการจัดสร้างชุดต้นแบบการควบคุมความขุ่นของน้ำที่เลี้ยงปลากะพงขาวแบบอัตโนมัติพบว่ามีปัญหาหลายปัญหาที่ต้องปรับชุดต้นแบบการควบคุมความขุ่นของน้ำที่เลี้ยงปลากะพงขาวแบบอัตโนมัติ ให้ใช้งานได้อย่างมีประสิทธิภาพ จึงต้องแก้ไขและปรับปรุงเป็นระยะ (ตารางที่ 15)

ตารางที่ 15 การทดสอบการทำงานและปรับปรุงแก้ไขชุดต้นแบบการควบคุมความขุ่นของน้ำแบบอัตโนมัติ

รายการที่	ขั้นตอนการดำเนินงาน	
	การทดสอบการทำงานของชุดต้นแบบการควบคุมความขุ่นของน้ำแบบอัตโนมัติอัตโนมัติ	การปรับปรุงชุดต้นแบบการควบคุมความขุ่นของน้ำแบบอัตโนมัติอัตโนมัติ
1	-พบไอน้ำในเซนเซอร์ ซึ่งเกิดจากการกินอาหารของปลาและสายออกซิเจนที่อยู่ใกล้กับเซนเซอร์จนเกินไป	-ใช้วัสดุมาปกคลุมที่หัวเซนเซอร์เพื่อไม่ให้ไอน้ำเข้า -ย้ายสายออกซิเจนให้อยู่ห่างจากเซนเซอร์ให้มากที่สุด
2	-ค่าที่วัดได้จากเครื่องมีความแปรปรวนสูง เนื่องจากไอน้ำเข้าไปเกาะกับบอร์ดเซนเซอร์	-ทำการถอดฝาครอบเซนเซอร์มาทำความสะอาดเช็ดให้แห้งและทำการตั้งค่าเซนเซอร์ใหม่ (ทำทุกๆ 3 วัน)
3	-หน้าจอแสดงผลมีค่าที่ผิดเพี้ยนจากที่ตั้งไว้ (เกิดขึ้นทั้งหมด 5 ครั้ง)	-ทำการรีเซ็ตและตั้งค่าใหม่ทุกๆ ครั้งที่เกิดขึ้น

วิจารณ์

การทำชุดต้นแบบการควบคุมความขุ่นของน้ำที่เลี้ยงปลากะพงขาวแบบอัตโนมัติ สามารถสร้างได้ขึ้นสำเร็จตามที่ออกแบบ และมีการทำงานที่มีประสิทธิภาพในการใช้งานสูง เนื่องจากการศึกษาในระบบปิด สามารถใช้ในการวัดค่าความขุ่นของน้ำได้จริง ซึ่งชุดต้นแบบการควบคุมความขุ่นของน้ำที่เลี้ยงปลากะพงขาวแบบอัตโนมัติมีองค์ประกอบหลักที่สำคัญประกอบไปด้วย 2 ระบบคือ ระบบการตรวจวัดความขุ่นของน้ำและระบบกรองน้ำใช้การกรองน้ำประเ ระบบควบคุมความขุ่นของน้ำเป็นระบบ ควบคุมและจัดการความขุ่นของน้ำที่มีมากจนเกินไปเข้าสู่ชุดกรองน้ำ (ยังไม่พบงานวิจัยที่ทำการทดลองในลักษณะนี้) และระบบกรองน้ำใช้การกรองน้ำประเภทกรองกายภาพและกรองชีวภาพ (ใช้ตัวพ่นน้ำ AP3000 ปั๊มน้ำได้ 2500 ลิตร/ชั่วโมง เข้าสู่ถังกรองอย่างมีประสิทธิภาพและทำการตรวจเช็คในส่วนต่างๆ ของข้อต่อที่มีรอยรั่วไหลและทำการอุดรอยรั่วด้วยกาวเพื่อลดปริมาณน้ำที่หายไปให้ลดน้อยลง) ดัดแปลงจากงานทดลองของ ประสิทธิ์ (2562) ที่ทำการ เลี้ยงปลาหมอไทยร่วมกับไม้น้ำอนูเบียสในระบบอควาโปนิกส์ที่มีชุดกรองชีวภาพในการบำบัดน้ำที่แตกต่างกันโดยชุดการทดลองที่ใช้วัสดุกรองเป็นหินภูเขาไฟ+ใบโอบอลในอัตราการไหลที่ 900 ลิตร/ ชั่วโมง ให้ผลการเจริญเติบโตของปลาหมอไทย และคุณภาพน้ำที่เหมาะสมในการเลี้ยงดีที่สุด ชุดต้นแบบการควบคุมความขุ่นของน้ำที่เลี้ยงปลากะพงขาวแบบอัตโนมัติ ทำงานได้ปกติ ใช้งานได้ตามที่ออกแบบ หลักเชื่อมโยงกับงานวิจัยของ พนัสชัย (2564) ให้ได้ด้วยชุดต้นแบบการควบคุมความขุ่นของน้ำที่เลี้ยงปลากะพงขาวแบบอัตโนมัติ

การทำชุดต้นแบบการควบคุมความขุ่นของน้ำที่เลี้ยงปลากะพงขาวแบบอัตโนมัติ นำไปใช้ในการศึกษาการเลี้ยงปลากะพงขาวในความหนาแน่นต่างกัน 3 ระดับคือ 100, 150 และ 200 ตัว/ตารางเมตร (อำพร,2552) กล่าวว่าสามารถปล่อยปลากะพงขาวขนาด 4 นิ้วลงไปเลี้ยงได้ในอัตราปล่อยตั้งแต่ 100-300 ตัวต่อตารางเมตร ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับสภาพแวดล้อมและทำเลของที่ตั้ง ทดลองเลี้ยงเป็นเวลา 4 สัปดาห์พบว่าชุดการทดลองที่ 1 ที่เลี้ยงปลากะพงขาวในความหนาแน่น 100 ตัว/ตารางเมตร นั้นให้ประสิทธิภาพการเจริญเติบโตของปลากะพงขาว ได้ดีที่สุด เพราะให้ผลด้านค่าน้ำหนักของปลากะพงขาวมากที่สุดเท่ากับ 13.05±0.49 กรัม/ตัว ซึ่งแตกต่างกับชุดทดลองที่ 2 และ 3 ที่เลี้ยงปลากะพงขาวในความหนาแน่น 150 และ 200 ตัว/ตารางเมตร ที่ให้ผลด้านค่าน้ำหนักของปลากะพงขาวคือ 9.85±0.93 และ 7.22±0.90 กรัม/ตัว ตามลำดับ และผลของความยาวเฉลี่ยเมื่อสิ้นสุดการทดลองปลากะพงขาวมีแตกต่างทางสถิติ ($p<0.05$) โดยมีค่าสูงสุดถึงต่ำสุดเป็นลำดับ ในชุดทดลองที่เลี้ยงที่ความหนาแน่น 100, 150 และ 200 ตัว/ตารางเมตร ซึ่งมีค่า10.29±0.78, 9.40±1.22 และ 8.40±0.86 เซนติเมตร/ตัว ตามลำดับ และอัตราการรอดตายของปลากะพงขาวเมื่อสิ้นสุดการทดลองของทั้ง 3 ชุดการทดลองมีค่าไม่แตกต่างกันทางสถิต โดยมีค่าอัตราการรอดตายเฉลี่ย 96.67, 94.44, และ 93.33 % ตามลำดับ

ค่าคุณภาพน้ำเมื่อสิ้นสุดการทดลองเป็นระยะเวลา 4 สัปดาห์ ในระบบควบคุมความขุ่นของน้ำอัตโนมัติที่ความหนาแน่นคือ 100, 150 และ 200 ตัว/ตารางเมตร ตามลำดับ พบว่าทั้ง 3 ชุดทดลองมีค่าคุณภาพน้ำที่ดี มีค่าที่เหมาะสมแก่การเลี้ยงปลากะพงขาว ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิต โดยมีค่าเฉลี่ยอุณหภูมิของน้ำอยู่ที่ 19.40-24.30 องศาเซลเซียส ค่าเฉลี่ยค่าเป็นกรด-ด่างของน้ำ มีค่า

เท่ากันคือ 7.10 มิลลิกรัมต่อลิตร ค่าความเค็มเฉลี่ยมีค่าระหว่าง 15.40-15.63 ส่วนในล้าน สภาพด่างเฉลี่ยของน้ำมีค่าระหว่าง 38.25-68.00 มิลลิกรัมต่อลิตร ปริมาณออกซิเจนละลายน้ำเฉลี่ยมีค่าระหว่าง 4.50-8.50 มิลลิกรัมต่อลิตร ปริมาณแอมโมเนียเฉลี่ยมีค่าระหว่าง 4.50-8.50 มิลลิกรัมต่อลิตร ปริมาณไนไตรท์เฉลี่ยมีค่าระหว่าง 0.10-1.00 มิลลิกรัมต่อลิตร ปริมาณความขุ่นของน้ำเฉลี่ยมีค่าระหว่าง 46.25-156.52 มิลลิกรัมต่อลิตร อภิชาติ (2552) รายงานว่าปกติอุณหภูมิในบ่ออนุบาลลูกปลาเฉลี่ย 27 องศาเซลเซียส ถ้าอุณหภูมิสูงถึง30 องศาเซลเซียส หรือ 31 องศาเซลเซียส ลูกปลาจะกินอาหารมาก ว่ายน้ำกระวนกระวาย ถ้าอุณหภูมิว่า 24 องศาเซลเซียส ลูกปลาจะไม่ค่อยกินอาหารและทำให้อ่อนแอเกิดโรคแทรก ทั้งนี้เนื่องจากช่วงการศึกษาในโรงเรือง ไม่ได้อยู่กลางแจ้งและฝนตกในบางช่วงของการทดลอง ออกซิเจนละลายในน้ำมีค่าไม่ต่ำกว่า 4 มิลลิกรัม/ลิตร ค่าความเป็นด่าง ไม่ต่ำกว่า 80 มิลลิกรัม/ลิตร ความเค็มอยู่ในช่วงระหว่าง 0-30 ส่วนในพัน เนื่องจากปลากะพงขาวเป็นปลาน้ำกร่อย โดยธรรมชาติแล้วเราจะพบลูกปลาเล็กๆจะเข้าไปอาศัยเลี้ยงตัวอยู่ในแหล่งน้ำที่เกือบจะจืดสนิท ดังนั้นในการอนุบาลลูกปลา จึงทำการลดความเค็มลงเป็นประจำทุกวันโดยลดแต่ละครั้งประมาณ 1-2 ส่วนในพัน จนความเค็มได้ระดับ 10-15 ส่วนในพัน จึงหยุดลดความเค็ม การเพาะเลี้ยงปลาทะเล (ม.ป.ป.) กล่าวว่าความเป็นกรด-ด่าง (pH) อยู่ในช่วง 7.5- 8.5 ชนินทร์ (ม.ป.ป.) ได้กล่าวว่าความขุ่นของน้ำ เป็นอันตรายต่อระบบหายใจของสัตว์น้ำ น้ำขุ่นที่มีปริมาณสารแขวนลอยมากจะขัดขวางการทำงานของช่องเหงือก ทำให้การหายใจติดขัด อาจเป็นอันตรายต่อสัตว์น้ำได้ทำให้อุณหภูมิสูงขึ้น น้ำที่มีความขุ่นมากจะมีการดูดซับความร้อนที่บริเวณผิวน้ำทำให้อุณหภูมิสูงกว่าปกติ จึงเป็นอันตรายต่อสัตว์น้ำโดยตรงและมีผลทางอ้อมให้ออกซิเจนละลายในน้ำได้จำกัด ทำให้ชะงักการเจริญเติบโต น้ำที่มีความขุ่นมีปริมาณอนินทรีย์สารในระดับสูงทำให้การดูดซับแลกเปลี่ยนสารจากภายในและภายนอกของไข่ปลาในขณะที่ฟักตัวชะงักและทำให้สัตว์น้ำกินอาหารได้น้อยลง มีผลให้การเจริญเติบโตเป็นไปอย่างเชื่องช้า ไมตรี (2526) ยังกล่าวอีกว่าสำหรับปริมาณสารแขวนลอยนิยมวัดเป็นน้ำหนักในรูป มิลลิกรัมต่อลิตร แหล่งน้ำที่ให้ผลผลิตทางการประมงที่ดี ควรมีสารแขวนลอยอยู่ในช่วงระหว่าง 25-80 มิลลิกรัมต่อลิตร หากอยู่ในช่วง 80-400 มิลลิกรัมต่อลิตร จะให้ผลผลิตลดลงหากมีมากกว่า 400 มิลลิกรัมต่อลิตร ขึ้นไปจะเลี้ยงปลาไม่ได้ผล

สรุปและข้อเสนอแนะ

สรุป

1. สามารถสร้างชุดต้นแบบการควบคุมความขุ่นของน้ำที่เลี้ยงปลากะพงขาวแบบอัตโนมัติ ต้นแบบดังกล่าวได้สำเร็จตามที่ได้ออกแบบไว้ทำงานได้ปกติและช่วยสามรถควบคุมความขุ่นของน้ำ (turbidity) ในระหว่างการเลี้ยงปลากะพงขาวได้จริง

2. ชุดต้นแบบการควบคุมความขุ่นของน้ำที่เลี้ยงปลากะพงขาวแบบอัตโนมัติ มีประสิทธิภาพควบคุมระบบน้ำต่างๆ และสามารถควบคุมเปลี่ยนแปลงความขุ่นของน้ำให้อยู่ระดับ 60 มิลลิกรัมต่อลิตร ทั้ง 3 ระดับความหนาแน่นของปลากะพงขาวที่เลี้ยงในความหนาแน่น 100, 150 และ 200 ตัว/ตารางเมตร แต่ต้องเปลี่ยนถ่ายน้ำทุก 1หรือ 2 สัปดาห์ ที่ 80% เพื่อลดระดับความเป็นพิษของปริมาณไนไตรท์ลง หรือการตั้งควบคุมความขุ่นของน้ำลดลงมาที่ระดับ 20-30 มิลลิกรัมต่อลิตร เพื่อให้ชุดกรองน้ำกรองของเสียได้บ่อยขึ้นถี่ขึ้นมากขึ้น

3. ชุดทดลองที่เลี้ยงปลากะพงขาวระดับความหนาแน่น 100 ตัว/ตารางเมตร มีน้ำหนักเฉลี่ยสูงสุดคือ 13.05±0.49 กรัม/ตัว และมีค่าความยาวเฉลี่ยสูงสุดคือ 10.29±0.78 เซนติเมตร/ตัว ซึ่งแตกต่างทางสถิติกับอีก 2 ชุดทดลองที่เหลือ (ทั้ง 2 พารามิเตอร์)

4. ที่ระดับความหนาแน่นของปลากะพงขาว 100 ตัว/ตารางเมตร คุรภาพน้ำทุกค่าที่ตรวจวัดอยู่ในระดับที่เหมาะสมต่อการเจริญเติบโตของปลากะพงขาว เมื่อตั้งค่าความขุ่นของน้ำไว้ที่ 60 มิลลิกรัมต่อลิตร ส่วยค่าระดับความหนาแน่นปลากะพงขาวที่ 150 และ 200 ตัว/ตารางเมตร เมื่อเลี้ยงปลาเกิน 1 หรือ 2 สัปดาห์ ต้องเปลี่ยนถ่ายน้ำไม่น้อยกว่า 80 % เพื่อลดระดับความเป็นพิษของไนไตรท์ลง

ข้อเสนอแนะ

1. ควรมีชุดกรองที่มีขนาดใหญ่กว่าเดิมเพื่อที่จะได้กำจัดของเสียให้ได้มากขึ้นทำให้ระบบมีประสิทธิภาพที่ดีขึ้น

2. ควรเพิ่มระบบอัตโนมัติอื่นๆ เช่น เครื่องให้อาหารอัตโนมัติ เป็นต้น เพื่อเลี้ยงปลากะพงขาวในระบบอัจฉริยะ สะดวกในการดูแลง่ายขึ้น

3. ควรนำชุดต้นแบบการควบคุมความขุ่นของน้ำแบบอัตโนมัติไปใช้เลี้ยงสัตว์น้ำอื่นๆ

4. sensor ที่ใช้ในงานศึกษาครั้งนี้ยังเป็นแค่ชุดต้นแบบที่ยังกันน้ำได้ ไม่แนะนำให้นำมาใช้ในการวัดค่าความขุ่นในระยะเวลาที่นาน แนะนำให้นำมาวัดเป็นครั้งๆ ถึงจะประสิทธิภาพที่ดีที่สุด

5. เมื่อพิจารนาความถึงความคุ้มทุน คาดว่าสามารถเลี้ยงปลากะพงขาวในชุดที่ความหนาแน่น 200 ตัว/ตารางเมตร ได้แต่ต้องตั้งค่าการควบคุมความขุ่นของน้ำไว้ที่ 20 มิลลิกรัมต่อลิตร โดยไม่ต้องเปลี่ยนถ่ายน้ำ

เอกสารและสิ่งอ้างอิง

กรมประมง. 2520. การเลี้ยงปลากะพงขาวในกระชัง. **วารสารเกษตรกร 3(9): 48-52**.

กรมประมง. ม.ป.ป. **การเพาะเลี้ยงปลาทะเล.** สำนักวิจัยและพัฒนาประมงชายฝั่งกรมประมง. หน้า 29-31.

กลุ่มวิจัยและวิเคราะห์สถิติการประมง. 2553. แผนแม่บทการเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำของประเทศไทย. **ใน: การประชุมสภานิติบัญญัติแห่งชาติ ครั้งที่ 73**, วันที่ 17 ธันวาคม 2558 ณ ตึกรัฐสภา. (ฉบับร่าง) ปี พ.ศ. 2545-2549. กรมประมง, กระทรวงเกษตรและสหกรณ์. กรุงเทพฯ.

กลุ่มวิจัยและวิเคราะห์สถิติการประมง. 2560. **สถิติการประมงแห่งประเทศไทย**. โรงพิมพ์ชุมนุมสหกรณ์การเกษตรแห่งประเทศไทย จำกัด, กรุงเทพฯ. 87 หน้า.

กำธร สารวรรณ สรายุทธ กรวิรัตน์ อุ้มบุญ เชลียงรัชต์ชัย รณชัย สังหมื่นเม้า เกษม เชตะวัน และ สาวิภา รัตนกร. 2563. การพัฒนาระบบสมาร์ทฟาร์มสำหรับการเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำในบ่อ. **วิศวกรรมสารฉบับวิจัยและพัฒนา 31 (4): 185-194 หน้า**.

เจษฎา อรุณฤกษ์ สมรรถชัย จันทรัตน์ และ วีระชัย แย้มวจี. 2558. การพัฒนาระบบการตรวจวัดค่าคุณภาพน้ำในบ่อเลี้ยงกุ้งขาว. **ใน: การประชุมวิชาการระดับประเทศด้านสนเทคโนโลยีสารสนเทศ ครั้งที่ 7**, วันที่ 30 ตุลาคม 2558 ณ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง.

เดี่ยว กุลพิรักษ์ และ วราห์ เทพาหุดี. ม.ป.ป. การพัฒนาระบบอัตโนมัติเบื้องต้นเพื่อการเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำที่เชื่อมผ่านเครือข่ายอีเทอร์เน็ตไร้สาย. **ใน: การประชุมทางวิชาการของมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ ครั้งที่ 51**, วันที่ 5-7 กุมภาพันธ์ 2556 กรุงเทพฯ

ธวัช ศรีวีระชัย, จุฑารัตน์ ศิริสมบัติ, ชัชวาล วุฒิเมธี การเพาะเลี้ยงหอยหวาน Babylonia areolata Link, 1807 ในบ่อซีเมนต์ระบบปิดชีวภาพแบบก้าวหน้า. **เอกสารวิชาการฉบับที่ 59/2548**. สำนักวิจัยและพัฒนา ชายฝั่ง, กรมประมง, กระทรวงเกษตรและสหกรณ์. 18 หน้า

ธวัชชัย ทองเหลี่ยม วีระศักดิ์ชื่นตา หฤทัยดิ้นสกลุ และ บรรเจิด เจริญพันธ์. 2557. ระบบตรวจวัดคุณภาพน้ำและประมวณผลแบบอัติโนมัติสำหรับกระชังปลา. **ใน: การประชุมวิชาการงานวิจัยและพัฒนาเชิงประยุกต์ ครั้งที่ 6,** วันที่ 21-23 พฤษภาคม 2257 ณ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลล้านนา.

นเรศ กิจจาพัฒนพันธ์. 2559**.** สินค้าปลากะพงขาวและผลิตภัณฑ์ ประจำเดือนมิถุนายน 2559. ส่วนเศรษฐกิจการประมง, กรมประมง, กระทรวงเกษตรและสหกรณ์. กรุงเทพฯ.

นเรศ กิจจาพัฒนพันธ์. 2561. สถานการณ์การผลิต และการค้าปลากะพงขาว ปี 2560. แหล่งที่มา: dhttps://www.fisheries.go.th/strategy/fisheconomic/pdf/. เข้าเมื่อ 15 มกราคม 2565

นิคม ละอองศิริวงศ์ ลักขณา ละอองศิริวงศ์ พัชรา แมเร๊าะ และ คมน์ ศิลปาจารย์. 2554. **การเลี้ยงปลากะพงขาวขนาด 4-6 นิ้วในระบบน้ำหมุนเวียน**. การประชุมทางวิชาการของมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ ครั้งที่ 49: สาขาประมง, หน้า 92-99.

ประสิทธิ์ บุญสวัสดิ์. 2562. **ชนิดของวัสดุกรองชีวภาพที่เหมาะสมต่อการเลี้ยงปลาหมอไทยชุมพรและไม้น้ำอนูเบียส**. ปัญหาพิเศษปริญญาตรี, สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง วิทยาเขตชุมพร เขตรอุดมศักดิ์. จังหวัดชุมพร. 80 หน้า.

พนัสชัย ศรีบำรุง นรินทร์ จีระนันตสิน กรีฑา จิรัตฐิวรุตม์กุล และ สุรชาติ ปัญญา . 2564. **การพัฒนาต้นแบบระบบช่วยควบคุมสภาพแวดล้อมในการเจริญเติบโตของก้งก้ามกราม**. สาขาวิชาเทคโนโลยีคอมพิวเตอร์ คณะครุศาสตร์ อุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลกรุงเทพ. กรุงเทพฯ

พงษ์พัฒน์ สงระวิ. 2557. **ประสิทธิภาพของเครื่องให้อาหารมีชีวิตอัตโนมัติเพื่ออนุบาลลูกปลาสุมาตราลายเสือ**. ปัญหาพิเศษปริญญาตรี, สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง วิทยาเขตชุมพรเขตรอุดมศักดิ์. จังหวัดชุมพร**.**

ภิญโญ พานิชพันธ์, พิณทิพ รื่นวงษา, ศศิวิมล แสวงผล, จงดี โตลิ้ม และยุพา ตั้งสากล. มลพิษทางน้ำ: นิเวศวิทยา และสิ่งแวดล้อม. สถาบันพัฒนาการเรียนรู้. หน้า 1-6.ประกาศกระทรวงทรัพยากรธรรมชาติและ สิ่งแวดล้อม.

มงคล จงสุพรรณพงศ์ และ สันทัด ศิริอนันต์ไพบูลย์. 2552. เครื่องบำบัดน้ำเสียด้วยโอโซนในสภาพความดันสูง สำหรับบ่อเลี้ยงกุ้งและชุมชน. **วารสารวิชาการศึกษาศาสตร์ 10 (1).**

ไมตรี ดวงสวัสดิ์. 2526. **คุณสมบัติของน้ำกับการเลี้ยงปลา**. สถาบันประมงน้ำจืดแห่งชาติ, 1-23 หน้า.กมลพร ทองอุไทย และสุปราณี ชินบุตร. เอกสารแนะนำกรมประมง. 23-26 หน้า.

วนิดา ชูอักษร. 2555. เทคโนโลยีการกำจัดสีในน้ำเสียอุตสาหกรรม. **วารสารวิทยาศาสตร์บูรพา 17 (1):** 181- 191 หน้า.

วัลลภ ทิมดี และ วิรงรอง ทิมดี , 2548. การประยุกต์ใช้เทคโนโลยีภูมิสารสนเทศ ในการจัดทำฐานข้อมูลการเลี้ยงปลากะพงขาว.**เอกสารวิชาการฉบับที่ 49/2548** ศูนย์วิจัยและพัฒนาประมงชายฝั่งฉะเชิงเทรา.ฉะเชิงเทรา. 30 หน้า.

ศูนย์พัฒนาประมงพื้นที่ลุ่มน้ำปากพนังอันเนื่องมาจากพระราชดำริ. 2557. ความรู้เกี่ยวกับการเลี้ยงสัตว์น้ำ. แหล่งที่มา: http:/www. fisheries.go.th/cf-pak_panang , เข้าเมื่อ 15 มกราคม 2565.

ศูนย์วิจัยและพัฒนาประมงชายฝั่งเพชรบุรี. 2557. การเพาะเลี้ยงปลากะพงขาว. แหล่งที่มา: http:/www.fisheries.go.th/cf-phetchabur, เข้าเมื่อ 15 มกราคม 2565.

ศูนย์วิจัยและพัฒนาประมงชายฝั่งระยอง. 2557. การเพาะเลี้ยงปลากะพงขาว. แหล่งที่มา: http:/www.fisheries.go.th/cf-rayong, เข้าเมื่อ 15 มกราคม 2565.

ศูนย์วิจัยและพัฒนาประมงชายฝั่งภูเก็ต. 2557. **การเลี้ยงปลากะพงขาว Lates calcanifer (Bloch) ในกระชังขนาดใหญ่**. สำนักวิจัยและพัฒนาประมงชายฝั่ง, กรมประมง, กระทรวงเกษตรและสหกรณ์.

สถานีประมงศรีราชาฝ่ายสนับสนุนวิชาการคณะประมง. 2546. การเพาะเลี้ยงปลากะพงขาว. แหล่งที่มา: http://www.ku.ac.th/emagazinejuly46/agri/fish_kapong.html, เข้าเมื่อ 15 มกราคม 2565.

สโมสรนิสิตคณะประมง. 2531. **การเพาะเลี้ยงปลากะพงขาว**. ในโครงการหนังสือเผยแพร่ความรู้ทางการ ประมง. ฉบับที่ 1. กรุงเทพฯ : ประชาชน.

สาวิกา กัลปพฤกษ์ และ สิทธิ กุหลาบทอง. 2556. การประยุกต์ใช้หอยสองฝาในการจัดการคุณภาพน้ำ. **วารสารวิชาการ Veridian E-Journal 6 (3)**: 846-859 หน้า.

สุดสาคร พุกงาม. 2541 .**การศึกษาคุณภาพน้ำทางกายภาพบริเวณกลุ่มน้ำทะเลน้อย**. ภาควิชาชีววิทยา คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยทักษิณ.

สำนักวิจัยและพัฒนาประมงชายฝั่ง . ม.ป.ป. เกษตรกรปราดเปรื่อง smart farmer. การเพาะเลี้ยงปลาทะเล. กรมประมง.

อภิชาต ศรีสะอาด. 2552. **คู่มือการเพาะเลี้ยงปลาน้ำจืดเศรษฐกิจ**. พิมพ์ครั้งที่ 1. สำนักพิมพ์นาคา อินเตอร์มีเดีย. 64 หน้า.

อำพร เลขานุกิจ. 2552. **การศึกษาการเจริญเติบโตของปลากะพงขาว (Lates calcarifer) ที่เลี้ยงด้วยอาหารต่างชนิดกัน.** ปัญหาพิเศษ, มหาวิทยาลัยแม่โจ-ชุมพร.

Boonyaratpalin, M., P., Suraneiranat, and T. Tunpibal. 1998. Replacement of fish meal with various types of soybean products in diets for the Asian seabass. **Lates calcarifer. Aquaculture.16: 67-78**

Ganzon-Naret, E.S. 2013a. The potential use of legume-based diets supplemented with microbial phytase on the growth performance and feed efficiency of Asian seabass, Lates calcarifer. Aquaculture, Aquarium, **Conservation and Legislation 6: 453-463.**

Kearnthum, A. 1 9 9 9 . **Experimental Design Technique**. Department of Statistics, Faculty of Science,Kasetsart University, Bangkok, Thailand. [in Thai]

Mathew, G. 2009. Taxonomy, identification and biology of seabass (Lates calcarifer). **National Training on Cage Culture of Seabass held at CMFRI, Kochi**, 14-23 December 2009.

www.ab.in.th/, เข้าถึงเมื่อ ,16 มีนาคม 2556

www.arduino2robot.com/, เข้าถึงเมื่อ ,16 มีนาคม 2556

www.bigbluemall.com/, เข้าถึงเมื่อ ,16 มีนาคม 2556

www.commandronestore.com, เข้าถึงเมื่อ ,17 มีนาคม 2556

www.cybertice.com/, เข้าถึงเมื่อ ,17 มีนาคม 2556

www.elec8.com/, เข้าถึงเมื่อ ,17 มีนาคม 2556

www.fancycarp.com, เข้าถึงเมื่อ ,18 มีนาคม 2556

www.lovebettafish.com/, เข้าถึงเมื่อ ,19 มีนาคม 2556

www.modulemore.com/, เข้าถึงเมื่อ ,19 มีนาคม 2556

www.priceza.com/, เข้าถึงเมื่อ ,19 มีนาคม 2556

www.satorshop.com/, เข้าถึงเมื่อ ,19 มีนาคม 2556

www.smilepetshop.com/, เข้าถึงเมื่อ ,19 มีนาคม 2556

www.sites.google.com/, เข้าถึงเมื่อ ,19 มีนาคม 2556

ประวัติการศึกษา

ชื่อ	นายนนทวัฒน์ พรหมเกาะ
เกิดวันที่	5 เมษายน 2543
สถานที่เกิด	เมืองชุมพร จังหวัดชุมพร
ประวัติการศึกษา	มัธยมศึกษา: โรงเรียนสอาดเผดิมวิทยา จังหวัดชุมพร ปริญญาตรี: วิทยาศาสตร์บัณฑิต (วิทยาศาสตร์การประมงและทรัพยากรทางน้ำ) สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง วิทยาเขตชุมพรเขตรอุดมศักดิ์ จังหวัดชุมพร