



ผลของอัตราการไหลของน้ำต่อการเจริญเติบโตของปลาคาร์พที่เลี้ยงในระบบน้ำหมุนเวียน
แบบอัตโนมัติ

Effect of Water Flow Rate on Growth of Carp Reared in Automatic
Circulating Water System

นายภาณุพงศ์ โชติกวนิช

โครงการพิเศษนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาหลักสูตรปริญญาวิทยาศาสตรบัณฑิต

สาขาวิทยาศาสตร์การประมงและทรัพยากรทางน้ำ

ภาควิชาเทคโนโลยีการเกษตร

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง วิทยาเขตชุมพรเขตรอุดมศักดิ์ จังหวัดชุมพร

ปีการศึกษา 2563

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

โครงการพิเศษปีการศึกษา 2563

รับที่..... /.....

เรื่อง

งานทะเบียนและประมวลผล

ผลของอัตราการไหลของน้ำต่อการเจริญเติบโตของปลาแคร์พที่เลี้ยงในระบบน้ำหมุนเวียน
แบบอัตโนมัติ

Effect of Water Flow Rate on Growth of Carp Reared in Automatic Circulating
Water System

ผู้จัดทำ

นาย ภาณุพงศ์ โชติกวณิช

นับเป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิทยาศาสตรบัณฑิต
สาขาวิชาวิทยาศาสตร์การประมงและทรัพยากรทางน้ำ

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง วิทยาเขตชุมพรเขตรอุดมศักดิ์ จังหวัดชุมพร

เห็นชอบ/รับรอง



(อาจารย์จักรพงษ์ ศรีพนมยม)

อาจารย์ที่ปรึกษา

โครงการพิเศษนี้เป็นลิขสิทธิ์ของสถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

โครงการพิเศษ

เรื่อง

ผลของอัตราการไหลของน้ำต่อการเจริญเติบโตของปลาคาร์พที่เลี้ยงในระบบน้ำ
หมุนเวียนแบบอัตโนมัติ

Effect of Water Flow Rate on Growth of Carp Reared in Automatic
Circulating Water System

โดย

นาย ภาณุพงศ์ โชติกวณิช

เสนอ

ภาควิชาเทคโนโลยีการเกษตร (หลักสูตรวิทยาศาสตรบัณฑิตการประมงและทรัพยากรทางน้ำ)
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง วิทยาเขตชุมพรเขตรอุดมศักดิ์ จังหวัดชุมพร
เพื่อความสมบูรณ์แห่งปริญญาวิทยาศาสตรบัณฑิต สาขาวิทยาศาสตรการประมงและทรัพยากรทางน้ำ
ปีการศึกษา 2563

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

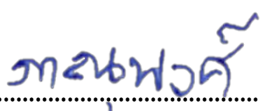
ชื่อเรื่อง	ผลของอัตราการไหลของน้ำต่อการเจริญเติบโตของปลาคาร์พที่เลี้ยงในระบบหมุนเวียนแบบอัตโนมัติ
โดย	นาย ภาณุพงศ์ โชติกวีนิช
หลักสูตร	วิทยาศาสตร์การประมงและทรัพยากรทางน้ำ
คณะ	วิทยาเขตชุมพรเขตรอุดมศักดิ์
อาจารย์ที่ปรึกษา	อาจารย์จักรพงษ์ ศรีพนมยม

บทคัดย่อ

การจัดสร้างชุดต้นแบบควบคุมอัตราการไหลของน้ำแบบอัตโนมัติ เพื่อใช้ในการวัดปริมาณการไหลของน้ำที่ผ่านท่อเข้าสู่ชุดกรองที่เลี้ยงปลาคาร์พในบ่อซีเมนต์ มีความแม่นยำและสะดวกมากยิ่งขึ้น หลักการของชุดต้นแบบนี้คือ ควบคุมอัตราการไหลของน้ำแบบอัตโนมัติ โดยมีองค์ประกอบหลักคือ บอร์ด Arduino ที่อัปโหลด code เพื่อสั่งการ Water Flow Sensor ให้ตรวจวัดอัตราการไหลของน้ำที่ต้องการในท่อส่งน้ำเข้าสู่ชุดกรองน้ำ และจอ Character LCD จะแสดงผลและคอนโทรลเลอร์เพื่อรับสัญญาณจาก Water Flow Sensor และนำมาแปลงเป็นอัตราการไหลจริงหรือค่าการไหลรวม

ผลจากการนำชุดต้นแบบดังกล่าวไปใช้พบว่ามีประสิทธิภาพในการเลี้ยงปลาคาร์พในบ่อซีเมนต์ได้เป็นอย่างดี การศึกษาใช้แผนการทดลองแบบบล็อกสุ่มสมบูรณ์ (Randomized Complete Block Design : RCBD, RCB, RBD) มี 3 ชุดทดลอง ตั้งการทำงานของชุดต้นแบบไว้ 3 ระดับความเร็วน้ำคือ ชุดทดลองที่ 1, 2 และ 3 ใช้อัตราการไหลของน้ำที่ 500, 600 และ 700 ลิตร/ชั่วโมง ตามลำดับ ปล่องปลาคาร์พที่ระดับความหนาแน่น 60 ตัว/ตารางเมตร ลงในบ่อซีเมนต์ ขนาด 185 x 150 x 50 เซนติเมตร ที่ความลึก 40 เซนติเมตร ให้อาหาร 3% ของน้ำหนักตัวปลา ให้อาหาร 2 มื้อ/วัน เวลา 8.30 และ 17.30 น. ทดลองเป็นเวลา 2 สัปดาห์ พบว่าชุดทดลองที่ 1 ที่เลี้ยงปลาคาร์พในอัตราการไหลของน้ำที่ 500 ลิตร นั้นให้ประสิทธิภาพการเจริญเติบโตของปลาคาร์พได้ดีที่สุด ด้านค่าน้ำหนักมากที่สุดเท่ากับ 7.72 ± 0.50 กรัม โดยค่าความยาวและอัตราการรอดตายของปลาคาร์พเฉลี่ยทั้ง 3 ชุดการทดลองมีค่าไม่แตกต่างกันทางสถิติ เมื่อเลี้ยงปลาคาร์พครบ 2 สัปดาห์ ส่วนค่าสับนล้าตัวปลา พบว่าชุดทดลองที่ 1 ที่เลี้ยงปลาคาร์พในอัตราการไหลของน้ำที่ 500 ลิตร ปลาคาร์พมีค่าความเข้มสีส้มมากที่สุด โดยพบค่าสีส้มของตัวปลาสูงสุดคือ 19.12 ± 0.41 และสีครีบทางสูงสุดคือ 25.48 ± 0.31

คำสำคัญ: ปลาคาร์พ ชุดต้นแบบ การวัดสี อัตราการไหลของน้ำ อัตโนมัติ



ลายมือชื่อนักศึกษา



ลายมือชื่ออาจารย์ที่ปรึกษา

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

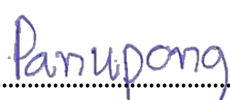
Title	Effect of Water Flow Rate on Growth of Carp Reared in Automatic Circulating Water System
Author Mr.	Mr. Panupong Chotikawanit
Major Fishery	Science and Aquatic Resources
Faculty	Prince of Chumphon Campus
Advisor	Mr. Jakkapong Sripanomyom

Abstract

Creation of an automatic water flow control prototype to be used to measure the flow of water passing through the inlet filter set to raise carp in cement ponds. More accurate and convenient the principle of this prototype is Automatic control of water flow rate the main component is an Arduino board that uploads the code to command the Water Flow Sensor to measure the required water flow rate in the water supply pipe to the water filter set. and Character LCD display and controller to receive signal from Water Flow Sensor and convert it to actual flow rate or total flow value.

The results of the implementation of the prototype set were found to be effective in raising carp in cement ponds as well. the study used a randomized complete block design (RCBD, RCB, RBD) with 3 trials The prototype set was set to 3 water velocity levels: Experiment 1, 2 and 3 used water flow rates of 500, 600 and 700 liters/hour, respectively. Release carp at a density of 60 fish/square meter. Into a cement pond, size 185 x 150 x 50 cm, at a depth of 40 cm, feed 3% of the fish body weight, feed 2 meals/day at 8.30 and 17.30, experiment for 2 weeks. It was found that the 1st experiment that fed carp at a water flow rate of 500 liters provided the best growth performance of carp. The maximum weight is 7.72 ± 0.50 g. The length and survival rate of the carp were not significantly different from the three experimental sets at the end of 2 weeks. As for the color value on the body of the fish, it was found that the 1st experiment that fed the carp at the water flow rate of 500 liters, the carp had the highest orange intensity. The maximum orange value of the fish is 19.12 ± 0.41 , and the maximum tail fin color is 25.48 ± 0.31 .

Keywords: carp, prototype, color measurement, water flow rate, automation



 Student's signature



 Advisor's signature

คำนิยม

การจัดทำโครงการพิเศษในครั้งนี้สำเร็จได้ด้วยดี จากการสนับสนุนของสถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบังวิทยาเขตชุมพรเขตรอุดมศักดิ์ จังหวัดชุมพร ขอขอบพระคุณอาจารย์จักรพงษ์ ศรีพนมยม ที่กรุณาให้คำปรึกษา แนะนำ และแก้ไขปัญหาในระหว่างการทำโครงการพิเศษฉบับนี้ และขอขอบพระคุณอาจารย์ประจำหลักสูตรวิทยาศาสตร์การประมงและทรัพยากรทางน้ำทุกท่านที่ให้ความรู้ตลอดทั้ง 4 ปี และชี้แนะแนวทางในระหว่างการทำโครงการพิเศษในครั้งนี้

ขอขอบคุณพี่ๆ นักศึกษาศิษย์เก่าทุกๆ ท่าน โดยเฉพาะนายภูมิเกียรติ จันทนานนท์ เป็นรุ่นพี่ศิษย์เก่าหลักสูตรวิทยาศาสตร์การประมงและทรัพยากรทางน้ำที่ให้ความช่วยเหลือในการทำงานทดลองในการใช้อุปกรณ์และเครื่องมือต่างๆ ขอขอบคุณพี่ๆ เพื่อนๆ และน้องๆ ทุกคนที่ช่วยเหลือตลอดการทำโครงการพิเศษนี้

สุดท้ายนี้ขอขอบพระคุณบิดามารดาและครอบครัวที่สนับสนุนทางการศึกษา ช่วยเหลือและให้คำแนะนำ สนับสนุนทั้งกำลังกายและเป็นกำลังใจให้ตลอดเวลา จนทำให้โครงการพิเศษนี้สำเร็จสมบูรณ์

ภาณุพงศ์ โชติกวณิช

กรกฎาคม 2564

สารบัญ

	หน้า
บทคัดย่อ	ก
Abstract	ข
คำนิยม	ค
สารบัญ	ง
สารบัญตาราง	จ
คำนำ	ฉ
วัตถุประสงค์	1
ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ	2
การตรวจเอกสาร	2
ปลาคาร์พ	3
การเลี้ยงปลาคาร์พ/ปลาสวายงามในระบบน้ำหมุนเวียน	3
อัตราการไหลของน้ำสำหรับเลี้ยงปลาคาร์พ/ปลาสวายงาม	6
อุปกรณ์และวิธีการ	15
อุปกรณ์	15
วิธีการ	18
ผลและวิจารณ์	29
ผล	29
วิจารณ์	37
สรุปและข้อเสนอแนะ	39
สรุป	39
ข้อเสนอแนะ	39
เอกสารและสิ่งอ้างอิง	40

สารบัญตาราง

ตารางที่		หน้า
1	วัสดุกรองที่ใช้ในระบบการเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำ	8
2	องค์ประกอบของเครื่องวัดอัตราการไหลของน้ำแบบอัตโนมัติ	11
3	น้ำหนักของปลาคาร์พที่เลี้ยงในอัตราการไหลของน้ำต่างกันในระบบอัจฉริยะ	29
4	ความยาวของปลาคาร์พที่เลี้ยงในอัตราการไหลของน้ำต่างกันในระบบอัจฉริยะ	30
5	อัตราการรอดตายเฉลี่ย (%) ของปลาคาร์พที่เลี้ยงในอัตราการไหลของน้ำต่างกัน ในระบบอัจฉริยะ	30
6	ความเข้มข้นเฉลี่ยที่วัดจากลำตัวของปลาคาร์พด้วยเครื่องวัดสี Centasia รุ่น CR-10 Plus	32
7	ความเข้มข้นเฉลี่ยที่วัดจากครีบหางของปลาคาร์พด้วยเครื่องวัดสี Centasia รุ่น CR-10 Plus	34
8	อุณหภูมิ (องศาเซลเซียส) เฉลี่ยของน้ำที่เลี้ยงปลาคาร์พในอัตราการไหลของน้ำ ต่างกัน	36
9	ความเป็นกรด-ด่างเฉลี่ยของน้ำที่เลี้ยงปลาคาร์พในอัตราการไหลของน้ำต่างกัน	36

สารบัญภาพ

ภาพที่		หน้า
1	ปลาการ์พ	3
2	เครื่อง pH meter	17
3	บ่อเลี้ยงปลาการ์พ	18
4	คัตขนาดปลาการ์พ	19
5	ชุดกรองน้ำด้านหน้า	20
6	ชุดกรองน้ำด้านหลัง	20
7	บอร์ด Arduino Uno	20
8	Adapter 9V 2A	21
9	Character LCD 16 x 2	21
10	จอLCD แสดงผลอัตราการไหลของน้ำในแต่ละชุดทดลอง	24
11	ระบบและวงจรชุดต้นแบบอัตราการไหลของน้ำแบบอัตโนมัติ	25
12	infographic ของชุดต้นแบบอัตราการไหลของน้ำแบบอัตโนมัติ	26
13	การวัดสีลำตัวและครีบหางของปลาการ์พที่เลี้ยงในชุดต้นแบบควบคุมอัตราการไหลของน้ำที่ต่างกัน	34

คำนำ

ปลาแพนซีคาร์พในปัจจุบันมีความสำคัญในด้านการเลี้ยงสวยงามนั้น ปลาคาร์พมีลักษณะโดดเด่นเป็นที่ดึงดูดใจในกลุ่มผู้เพาะเลี้ยงปลาสวยงาม เนื่องจากเป็นปลาที่มีความหลากหลายของสีสันและรูปแบบของสี (Gomelsky, 1996) เสริมสร้างคุณค่าและความสวยงามให้กับสวนและบ่อปลาในบ้านได้เป็นอย่างดี ตลอดจนสร้างความสนุกสนาน เพลิดเพลินให้แก่สมาชิกทุกคนในครอบครัว จนคนส่วนใหญ่ถือว่าปลาแพนซีคาร์พเป็นสัญลักษณ์แห่งความสันติ (อิตินันท์, ม.ป.ป.) ในด้านเชิงพาณิชย์ปัจจุบันได้มีการเพาะเลี้ยงปลาคาร์พมากขึ้น มีการตัดแปลงสายพันธุ์ ซึ่งการเลี้ยงปลาคาร์พที่เป็นที่ต้องการของตลาดทั้งในและต่างประเทศ ปลาคาร์พที่ดีเป็นที่ต้องการของตลาดจะต้องมีลักษณะของหัวที่สมบูรณ์ ลำตัวไม่สั้นเกินไป ลำตัวต้องกลมเป็นรูปกระสวย ลักษณะครีบสวยงาม ไม่มีส่วนฉีกขาด ส่วนหางใหญ่ และแข็งแรง มีท่วงท่าการว่ายน้ำสวยงาม และที่สำคัญอีกประการคือ จะต้องไม่มีสีสันเข้ม สวยงาม มีความคมชัด สดใส และมีลวดลายเป็นเอกลักษณ์หายาก ปลาคาร์พที่มีสีสันสวยงาม และรูปร่างที่ได้มาตรฐานจะมีราคาสูง แต่มีปัญหาในเรื่องของสีสัน ซึ่งพบว่าปลาคาร์พที่ทำการเพาะเลี้ยงมีสีสันที่ไม่สวยงาม ซึ่งมีผลทำให้ราคาของปลาคาร์พนั้นลดลง รวมทั้งปัญหาระหว่างการเลี้ยงของผู้เลี้ยง พบว่าเมื่อเลี้ยงได้ระยะหนึ่งสีของปลาคาร์พจะซีดลง ทั้งนี้เนื่องจากสีที่แสดงออกบนตัวปลาคาร์พเป็นสารสีชนิดแคโรทีนอยด์ ซึ่งสีจากแคโรทีนอยด์จะแสดงออกในเฉดสีเหลืองส้ม และแดง ปลาคาร์พไม่สามารถที่จะสังเคราะห์ได้เอง จำเป็นที่จะต้องได้รับจากอาหารโดยตรง (Goodwin, 1984)

ในปัจจุบันการเลี้ยงปลาคาร์พในบ่อซีเมนต์ พบปัญหาการใช้ตัวปั้มน้ำที่ไม่เหมาะสม และไม่ทราบถึงปริมาณของน้ำที่ไหลผ่านท่อจึงทำให้เกิดการสูญเสียน้ำไปอย่างไม่คุ้มค่า ดังนั้นการศึกษารั้ครั้งนี้คือการสร้างชุดต้นแบบควบคุมอัตราการไหลของน้ำอัตโนมัติ โดยมุ่งหวังว่าจะนำความรู้ด้านเทคโนโลยีมาประยุกต์ใช้ในการวัดและควบคุมปริมาณอัตราการไหลของน้ำที่ไหลผ่านท่อเข้าสู่ชุดกรองน้ำที่ใช้เลี้ยงปลาคาร์พได้อย่างแม่นยำ โดยการใช้ระบบหมุนเวียนช่วยในการประหยัดน้ำ ซึ่งเป็นการใช้ทรัพยากรน้ำอย่างคุ้มค่า ลดความเสี่ยงในการเกิดโรคของปลาคาร์พ และจะสามารถใช้ขนาดปั้มน้ำที่เหมาะสมกับการเลี้ยงปลาคาร์พในบ่อซีเมนต์ ซึ่งจะนำมาซึ่งการพัฒนาต่อยอดไปสู่การเลี้ยงสัตว์น้ำชนิดอื่นได้ต่อไป

วัตถุประสงค์

1. สร้างชุดต้นแบบควบคุมอัตราการไหลของน้ำอัตโนมัติ
2. ทดสอบการทำงานของชุดต้นแบบควบคุมอัตราการไหลของน้ำอัตโนมัติ
3. ผลของชุดต้นแบบควบคุมอัตราการไหลของน้ำอัตโนมัติต่อการเจริญเติบโต การรอดตายและสีของปลาคาร์พ

ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

1. ทราบปริมาณการไหลของน้ำที่เหมาะสมต่อการเลี้ยงปลาคาร์พในระบบควบคุมอัตราการไหลของน้ำอัตโนมัติ
2. ทราบประสิทธิภาพการทำงานของเครื่องควบคุมอัตราการไหลของน้ำอัตโนมัติ
3. ทราบการเจริญเติบโตและการรอดตายของปลาคาร์พที่เลี้ยงในระบบควบคุมอัตราการไหลของน้ำอัตโนมัติ
4. ทราบคุณภาพน้ำในระหว่างการเลี้ยงปลาคาร์พในระบบควบคุมอัตราการไหลของน้ำอัตโนมัติ

การตรวจเอกสาร

ปลาการ์ฟ

ปลาการ์ฟอาศัยอยู่ในที่อบอุ่นเช่น แม่น้ำที่ลุ่มและทะเลสาบที่มีพืชพันธุ์ดี (Kottelat, and Freyhof, 2007) โดยอาศัยรวมกันเป็นฝูงในแหล่งน้ำขุ่น

อนุกรมวิธานของปลาการ์ฟ

Freyhof J. and Kottelat M. (2008) ได้จัดอันดับอนุกรมวิธานปลาการ์ฟ ดังนี้

Phylum: Chordata

Class: Actinopterygii

Order: Cypriniformes

Family: Cyprinidae

Genus: *Cyprinus*

Species: *carpio*



ภาพที่ 1 ปลาการ์ฟ

ที่มา: <https://sites.google.com/site/siamfishs/naeana-say-phanthu-pla-tang/pla-kharf>

tang/pla-kharf

ชีววิทยาและลักษณะทั่วไปของปลาการ์ฟ

ปลาการ์ฟ มีลักษณะลำตัวแบน และค่อนข้างกลม หัวไม่มีเกล็ด ริมฝีปากบางเรียบ ภายในปากไม่มีฟัน แต่จะมีฟันที่ลำคอ 1-3 แถว แต่ละแถวมีฟันไม่เกิน 8 ซี่ ลำตัวมีครีบหลัง ครีบหู ครีบท้อง และ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ครีบหาง บางชนิดไม่มีเกล็ด บางชนิดมีเกล็ด บางชนิดมีเกล็ดใหญ่ในบางส่วน เช่น ปลาการ์ตูนญี่ปุ่นมีเกล็ดทั้งตัว ส่วนปลาการ์ตูนเยอรมันมีเกล็ดขนาดใหญ่เฉพาะแถบบนเส้นข้างลำตัวปลาการ์ตูน เป็นปลาที่ไม่จัดอยู่ในกลุ่มปลากินพืชหรือกินเนื้อ เพราะโดยธรรมชาติจะกินพืชหรือสาหร่ายที่มีตัวอ่อนสัตว์น้ำเข้าไปด้วย รวมถึงสามารถกินได้ทั้งแพลงก์ตอนพืชและสัตว์ได้ด้วย (Spillman, 1961)

การแพร่กระจายและขยายพันธุ์ในธรรมชาติของปลาการ์ตูน

ปลาการ์ตูนเป็นปลาน้ำจืดที่มีแหล่งดั้งเดิมอยู่ในบริเวณประเทศอิหร่าน ดำรงชีวิตอยู่ในแหล่งน้ำจืดที่มีอุณหภูมิที่แตกต่างกันได้ดีมาก แม้ในสภาพอากาศร้อนปลาชนิดนี้ก็สามารถปรับตัวให้เข้ากับสภาพอากาศได้ จึงแพร่พันธุ์ออกไปทั่วโลกในยุคต้นๆ ชาวจีนนับเป็นชนชาติแรกที่รู้จักปลาในซึ่งเป็นต้นตระกูลของปลาการ์ตูนแพนซีมาเลี้ยงไว้เพื่อบริโภคเป็นเวลาไม่ต่ำกว่า 2,000 ปีมาแล้ว โดยชาวจีนเรียกปลาในว่า หลี่จื้อ หรือ หลี่โกว ปลาในน่าจะมียุทธพลต่อชาวจีนเป็นอันมาก ซึ่งจะพบหลักฐานอันเก่าแก่ที่สุดของปลาในปรากฏในภาพเขียนของจีนสมัยราชวงศ์โจว เดิมทีปลาในตามแหล่งน้ำธรรมชาติจะมีเพียง สีดำ สีเทาดำ หรือสีน้ำตาลดำเท่านั้น เมื่อราวปี พ.ศ. 808-859 ปรากฏว่ามีปลาในบางตัวกลายพันธุ์เป็นสีส้ม ชาวจีนจึงนิยมนำมาเลี้ยงเพื่อความเป็นสิริมงคลและเพื่อชมความสวยงามจนเป็นที่แพร่หลาย ต่อมาประเทศญี่ปุ่นได้พัฒนาสายพันธุ์ดั้งเดิมของปลาใน ให้เป็นปลาสวยงาม มีสีสันและรูปร่างสวยงามขึ้นมา โดยเรียกว่าปลาการ์ตูน หรือ การ์ตูนแพนซี (ภาษาญี่ปุ่น เรียกว่า Koi โคย์ ซึ่งมีความหมายเดียวกับคำว่า รัก) เป็นสายพันธุ์ต่างๆ เช่น ซันโกกุ, โคฮากุ, ต้นโจ เป็นต้น โดยมีการประกวดและทำฟาร์มเพาะเลี้ยง จนกลายเป็นวัฒนธรรมหนึ่งของประเทศญี่ปุ่น และเป็นที่ยอมรับในระดับสากลสำหรับการเลี้ยงดัดแปลงมาจาก (ศรีณย์, 2555)

ประโยชน์และความสำคัญของปลาการ์ตูน

ประเทศไทยประสบความสำเร็จในการเจาะขยายตลาดส่งปลาสวยงามอย่างน่าพอใจปัจจุบันไทยส่งออกปลาสวยงามไปสู่ประเทศต่าง ๆ ประมาณ 96 ประเทศทั่วโลก สถาบันวิจัยสัตว์น้ำสวยงามและพรรณไม้น้ำ (2549) รายงานว่ามีการส่งออกปลาสวยงามประมาณ 200 ชนิดจาก 1,500 ชนิดทั่วโลก โดยจะส่งปลากัด (Betta) ปลากาแดง (Sharks fish) ปลาการ์ตูน (Koi) ปลากระดี่ (Gourami) ปลาทอง (Gold fish) ปลาปอมปาดัวร์ (Pompadour) ปลาเทวดา (Angel) ปลาบาร์บ (Barb) ปลาออสการ์ (Oscar) และปลาหมอสี (Cichlid) ซึ่งในประเทศไทยเกษตรกรที่เป็นผู้เพาะเลี้ยงจะนำปลาสวยงามมาจำหน่ายเองที่ตลาดชั้นเดียวเป็นส่วนใหญ่ จะเน้นจำหน่ายปลาที่มีอายุ 2-3 เดือนหรือขนาด 2 นิ้ว ขึ้นไปเนื่องจากเป็นช่วงที่ได้กำไรสูงสุดต้นทุนการเลี้ยงปลาสวยงามจะสูงในช่วงการอนุบาลลูกปลาแต่เมื่อปลาโตขึ้นจนกินอาหารเม็ดได้อัตราการสูญเสียจะน้อยลงและต้นทุนก็ต่ำลง ด้วยราคาซื้อขายปลาสวยงามแต่ละชนิดค่อนข้าง

ใกล้เคียงกันคือปลาเกะและปลาหางเครื่อง 2.50 บาท/ตัว ปลาหางไหม้และปลาแดง 1.50 บาท/ตัว เป็นต้น ยกเว้นปลาตะเพียนอินโดราคาจะสูงถึง 4 บาท/ตัว ส่วนปลาการ์ฟที่คัดลักษณะและสีแล้ว ราคาประมาณ 5-6 บาท แต่ถ้าเป็นลูกปลาการ์ฟเกรดต่ำตัวละไม่ถึง 1 บาท ซึ่งปลาการ์ฟที่จำหน่ายที่ตลาดชั้นเดียวเป็นการจำหน่ายให้ผู้เลี้ยงสมัครเล่นเท่านั้น ถ้าเป็นปลาการ์ฟที่มีราคาแพง ซึ่งต้องคัดปลาที่มีลักษณะดี สีสันทันสวยราคาจะสูงกว่า 10,000 บาทต่อตัว (ธุรกิจค้าปลาสวยงาม, 2550)

สายพันธุ์ปลาการ์ฟ

ชวนันท์ (2562) รายงานว่าพันธุ์ปลาการ์ฟที่เลี้ยงกันมากในเมืองไทย ได้รับการนำเข้ามาเลี้ยงจากประเทศญี่ปุ่นมาตั้งแต่สมัยอดีต จนถึงปัจจุบันก็ยังนิยมเลี้ยงกันมาก ดังนั้นพันธุ์ปลาการ์ฟส่วนใหญ่จึงเป็นพันธุ์ที่ได้รับการตั้งชื่อมาจากประเทศญี่ปุ่น ได้แก่ โคฮากุ (Kohoku) ไทโช ซันเก้ (Taisho Sanke) โชวา ซันโชกุ (Showa Sanshoku) อุจิริ โมโน (Utsuri Mono) เบคโกะ (Bekko) อาซากิ ชูซุย (Asagi Shusui) โกรโรมะ (Koromo) โอกอน (Ogon) ฮิการิ โมโย (Hikari Moyo) ฮิการิ อุจิริ (Hikari Utsuri) คินกินริน (Kinginrin) ตันโจ (Tancho) และควาริ โมโน (Kawari Mono)

การเลี้ยงปลาการ์ฟ

ในการเลี้ยงปลาชนิดนี้จำเป็นต้องให้ความสนใจในเรื่องการเลี้ยงดู โดยน้ำที่ใช้เลี้ยงปลานั้นจะต้องสะอาด การไหลเวียนตลอดค่าความเป็นกรด - ด่างของน้ำ (pH) ไม่ควรเกิน 9 และอุณหภูมิอยู่ในช่วง 30-35 องศาเซลเซียส (Riede, 2004)

ปลาการ์ฟเป็นปลาที่กินทั้งพืชและสัตว์ ในการเลี้ยงอาจให้ขนมปัง ข้าวสุก ลูกปลา หรือกุ้งขนาดเล็กก็ได้ รวมถึงอาหารปลาสดก็เป็นอาหารที่ปลาการ์ฟชอบเช่นกัน นิสัยการหาอาหารของปลาการ์ฟมักออกหาอาหารทั้งในระดับผิวน้ำ กลางน้ำ และท้องน้ำ มักใช้ปากคุ้ยเหยื่อหาอาหารตามริมขอบฝั่งหรือหน้าดินตามขอบฝั่ง เป็นปลาที่ไม่ชอบอุณหภูมิร้อนหรือเย็นมากเกินไป อุณหภูมิที่เหมาะสมต่อการเติบโตคือ 20-22 องศาเซลเซียส สภาพน้ำสะอาด น้ำมีสภาพเป็นกลางหรือเป็นกรดเพียงเล็กน้อย ระหว่าง 7.0-7.5 หากน้ำเป็นกรดจะทำให้สีของปลาการ์ฟซีด ไม่สดใส (ชวนันท์, 2562)

การเลี้ยงปลาการ์ฟเชิงพานิชย์

ปลาการ์ฟ หรือ แฟนซีการ์ฟ เดิมทีเป็นปลาไนชนิดธรรมดา เป็นปลาน้ำจืดในกลุ่มปลาตะเพียนที่ชาวญี่ปุ่นเรียกว่า โคโย นิยมเลี้ยงเพื่อความสวยงามหรือมีความเชื่อว่าปลาการ์ฟเป็นปลาแห่งโชคลาภสามารถเสริมดวงจួយให้กับผู้เลี้ยงทำธุรกิจให้เจริญก้าวหน้า มีผลกำไร จึงทำให้ปลาการ์ฟเป็นปลาสวยงามที่ได้รับความนิยมจากผู้เลี้ยงมาเป็นเวลานาน เนื่องมาจากปลาการ์ฟมีสีสันทันสวย และหากมีรูปร่าง

ที่ตรงตามมาตรฐานจะมีราคาสูง เป็นที่ต้องการของตลาดทั้งในประเทศ และต่างประเทศ ซึ่งสีของผิวหนังปลาสวยงามสามารถบ่งบอกถึงคุณภาพของปลาได้ (paripatanont, 1999)

การเลี้ยงปลาคาร์ฟ/ปลาสวยงามในระบบน้ำหมุนเวียน

สำหรับบ่อที่จะใช้เลี้ยงปลาคาร์ฟควรเป็นบ่อซีเมนต์ เพราะสามารถดัดแปลงเป็นบ่อธรรมชาติได้ง่าย มีตะไคร่น้ำเกิดและเกาะได้เร็ว ซึ่งตะไคร่น้ำนั้นจะเป็นอาหารที่ดีของปลา สามารถดูดสิ่งสกปรกและแอมโมเนียที่อยู่ในน้ำได้อีกด้วย รวมทั้งคุณภาพของน้ำก็มีผลอย่างยิ่งต่อการเจริญเติบโตของปลา เนื่องจากการไหลเวียนของน้ำทำให้น้ำมีปริมาณออกซิเจนมากขึ้น ซึ่งส่งผลทำให้ปลามีอัตราการเจริญเติบโตได้เต็มที่ สุภณชิตได้ทำการเพาะเลี้ยงในระบบน้ำทะเลหมุนเวียนเป็นระบบการเลี้ยงสัตว์น้ำโดยไม่มีการเปลี่ยนถ่ายน้ำแต่อาจมีการเติมน้ำขดเขยน้ำในส่วนที่ระเหยออกไป มีการนำน้ำกลับมาใช้ใหม่โดยใช้กระบวนการเพื่อรักษาคุณภาพของน้ำที่ใช้เลี้ยงและควบคุมสภาพแวดล้อมให้เหมาะสมกับการดำรงชีวิตของสัตว์น้ำ (สุภณชิต และ วีรพงศ์, 2552)

ปัญหา/อุปสรรคการเลี้ยงปลาคาร์ฟ

ปัญหาที่พบได้บ่อยในการเลี้ยงปลาคาร์ฟ สาเหตุมาจากคุณภาพน้ำไม่ดี น้ำเสีย หรือระดับออกซิเจนไม่เพียงพอ การเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศอย่างรวดเร็ว โรคติดเชื้อปรสิตและแบคทีเรียที่เกิดจากความเครียด ดัดแปลงจาก (สำนักงานวิจัยกรมประมงน้ำจืด, 2555) ซึ่งโรคที่พบได้บ่อยในปลาคาร์ฟที่เลี้ยงในบ่อซีเมนต์ คือ

1. โรคโซโคไลกิต้า เกิดจากการถ่ายน้ำในบ่อบ่อยครั้งเกินไป การย้ายปลาบ่อยครั้งเกินไป เชื้อโคลิกติ้าที่อยู่ในน้ำจะทำลายปลา ทำให้เกิดเป็นแผลพุพองที่ผิวหนัง และตายไปในที่สุด วิธีรักษา : ควรใช้เกลือป่นและด่างทับทิมละลายละลายให้เจือจางลงในน้ำ เพื่อฆ่าเชื้อโซโคไลกิต้า ก่อนจะนำไปใช้เลี้ยงปลา สำหรับในรายที่ปลาเป็นโรคนี้ ให้แช่ปลาในน้ำยานี้ประมาณ 1-2 ชั่วโมง

2. เหงือกเน่า เกิดจากเชื้อราคอลลัม พาริส ทำให้ปลามีอาการซึม และกินอาหารได้น้อยลง ไม่มีแรงว่ายน้ำ วิธีรักษา : ใช้ยาปฏิชีวนะ ออริโอมัยซินผสมกับอาหาร ในอัตราส่วน 1 ซ่อนต่ออาหารปลา 1 ซีด ให้ปลากินติดต่อกัน 3-4 วัน และจับปลาที่มีอาการมากในน้ำที่ผสมกับฟูรานีสเป็นเวลา 10 นาทีทุกวัน จนปลามีอาการดีขึ้น

3. หางและครีบเน่า เกิดจากเชื้อแบคทีเรียในน้ำซึ่งเนื่องมาจากปลาขี้และเศษอาหาร ที่ตกค้างอยู่ในบ่อทำให้ครีบและปลายหางหลุดหายไป และจะลามไปทั่วตัว วิธีรักษา : ต้องรีบถ่ายน้ำ ทำความสะอาดบ่อโดยเร็วพร้อมกันนั้น ใช้มาลาโคทกรีนผสมกับน้ำในอัตรา 1 ซีด ต่อน้ำ 1 ลิตร จับปลาแช่ในน้ำดังกล่าวติดต่อกัน 3-4 วัน จนดีขึ้น.

การเร่งสีของปลาการ์ป

สีของปลาการ์ป เป็นสารสีที่มาจากสารแคโรทีนอยด์ ซึ่งปลาการ์ปไม่สามารถสังเคราะห์สารเหล่านี้ได้เอง แต่สารแคโรทีนอยด์ที่ทำให้เกิดสีในตัวปลาการ์ปจะมาจากอาหารที่ได้รับในแต่ละวัน ซึ่งสีจากสารแคโรทีนอยด์จะให้สีเหลือง ส้ม และแดง โดยสีแดงในปลาการ์ปเกิดจากสารแคโรทีนอยด์ชนิด astaxanthin ซึ่งปลาการ์ปสามารถสะสม และเปลี่ยนสารสีเหล่านี้ให้อยู่ในร่างกายได้ (Katayama, 1973)

การศึกษาระดับแคโรทีนอยด์ที่มีต่อความเข้มสีของปลาการ์ปด้วยการให้อาหาร 6 ชนิด ที่มีปริมาณแคโรทีนอยด์ใน 6 ความเข้มข้น ตั้งแต่ 4.09-103.9 ไมโครกรัม/กรัม ตลอดระยะเวลา 8 สัปดาห์ พบว่า ปลาการ์ปที่ได้รับแคโรทีนอยด์ที่ระดับ 96.2 และ 103.9 ไมโครกรัม/กรัม มีความเข้มของสีแดงเพิ่มขึ้น แต่หากหยุดให้อาหารแก่ปลาการ์ปนาน 4 สัปดาห์ กลับพบว่า กลุ่มปลาการ์ปที่มีความเข้มสีเพิ่มขึ้นจากการได้รับอาหารในระดับ 96.2 และ 103.9 ไมโครกรัม/กรัม ยังคงรักษาระดับความเข้มของสีแดงได้เหมือนเดิมได้ ดังนั้น ปริมาณแคโรทีนอยด์ในอาหารที่เหมาะสมเพื่อให้สีของปลาการ์ปเข้มขึ้น และความเข้มสีคงที่ ควรมีปริมาณแคโรทีนอยด์อย่างน้อย 96.2 ไมโครกรัม/กรัม (อรพินท์ และคณะ, 2548)

ระบบกรองน้ำ/บำบัดน้ำในบ่อเลี้ยงสัตว์น้ำ

ประสิทธิ์ (2562) กล่าวว่าระบบกรองน้ำหรือบำบัดน้ำนั้นมีความสำคัญมากเพราะช่วยในเรื่องการกำจัดของเสียจากสัตว์น้ำหรืออาหารที่เหลือและยังช่วยบำบัดน้ำให้มีคุณภาพให้ดีขึ้น ซึ่งในกระบวนการบำบัดน้ำมี 3 ประเภท คือกระบวนการทางกายภาพ กระบวนการทางเคมี และกระบวนการทางชีววิทยา ซึ่งจะทำงานสอดคล้องกัน

1. กระบวนการทางกายภาพ (physical process) คือ การบำบัดน้ำเสียโดยมีวัตถุประสงค์เพื่อแยกสารแขวนลอยขนาดใหญ่ซึ่งตกตะกอนได้เองออกจากน้ำ ซึ่งมีด้วยกันหลายวิธี เช่นการกรองด้วยตะแกรงหรือเยื่อผ่านการกรอง การกวาด (skimming) (ภิญโญ และคณะ, ม.ป.ป.) วัสดุที่นิยมนำมาใช้เป็นวัสดุกรองทางกายภาพได้แก่ ไยกรอง การกรองด้วยเยื่อแผ่น

2. กระบวนการทางเคมี (Chemical process) คือ กระบวนการทางเคมีเป็นกระบวนการที่นิยมในการใช้รวบรวมตะกอนของสารที่มีขนาดเล็กมาก ๆ ให้ตกตะกอนลงมาโดยการเติมสารเคมีต่าง ๆ ลงไปเพื่อให้เข้าไปทำปฏิกิริยากันเป็นการลดความเข้มข้นของน้ำเสียก่อนปล่อยลงสู่แหล่งน้ำธรรมชาติ นอกจากนี้ยังสามารถใช้เพื่อฆ่าเชื้อโรคที่อยู่ในน้ำเพื่อให้น้ำสะอาดขึ้นได้อีกด้วย (ภิญโญ และคณะ, ม.ป.ป.) กระบวนการบำบัดทางเคมีได้แก่ การสร้างรวมตะกอน (วนิดา, 2012) การใช้โอโซน (มงคล และ สันทัต, 2552) เป็นต้น

3. กระบวนการทางชีววิทยา (Biological Process) คือ กระบวนการทางชีววิทยาเป็นการกำจัดอินทรีย์สารในน้ำที่เกิดจากของเสียที่สัตว์น้ำขับถ่ายออกมา อาหารสัตว์น้ำที่เหลือจากการกินของสัตว์น้ำ และซากของสิ่งมีชีวิตในระบบเลี้ยงที่ตายลงโดยอาศัยสิ่งมีชีวิตต่างๆ เช่น จุลินทรีย์ สาหร่ายทะเล และสัตว์น้ำต่างๆ (ภิญโญ และคณะ, ม.ป.ป.) การบำบัดน้ำด้วยกระบวนการทางชีวภาพ ได้แก่ การใช้พืชน้ำต่างๆ การใช้สัตว์ต่างๆ เช่น สัตว์หน้าดิน (สาวิกา และ สิทธิ, 2556) การใช้จุลินทรีย์ (สุภาวดี, 2557) การแบคทีเรียเกาะวัสดุต่าง เป็นต้น

วัสดุกรองน้ำในการเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำ

การกรองน้ำสำหรับการเพาะพันธุ์ปลามีความสำคัญมาก การเลือกใช้วัสดุกรองมีความจำเป็นที่จะต้องมีการคัดเลือกชนิดของวัสดุกรอง เพื่อให้การใช้งานนั้นมีประสิทธิภาพยังช่วยกำจัดของเสียที่ไม่ต้องการออก การเพาะพันธุ์ปลาได้ด้วยการทำให้ น้ำมีคุณภาพดีส่งผลให้ลูกปลามีสุขภาพดีด้วยการกรองน้ำจึงมีความจำเป็นในระบบการเพาะเลี้ยงปลาสวยงาม เครื่องกรองน้ำหรืออุปกรณ์ที่ใช้ในการกรองน้ำมีหลายชนิด ซึ่งแต่ละชนิดมีประโยชน์ที่แตกต่างกัน

ตารางที่ 1 วัสดุกรองที่ใช้ในระบบการเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำ

ชนิดและคุณลักษณะ	ภาพ
1. หินภูเขาไฟ (Smart Pond) เป็นวัสดุกรองประเภทใหม่สำหรับทดแทนปะการัง ลักษณะภายนอกมีรูพรุนมีความคงทนสูงไม่แตกหักง่ายอายุการใช้งานยืนยาวมีพื้นผิวจำเพาะมาก มีความทนทานจากการกัดกร่อนของสารเคมีต่างๆ ในน้ำปรับสภาพน้ำให้ค่าความเป็นกรด-ด่าง อยู่ในสภาพที่คงที่ช่วยลดกรดและแอมโมเนียที่เกิดจากของเสียจากปลาในน้ำ (อัญชลี เขียวอ่อน, 2552)	 <p>หินภูเขาไฟ (Smart Pond) ที่มา: https://www.koi2u.com/</p>
2. ลูกบอลชีวภาพ (Bio-Ball) ลูกบอลชีวภาพเป็นวัสดุชนิดหนึ่งที่ถูกสร้างขึ้นมาเพื่อเป็นวัสดุกรอง โดยเฉพาะเช่นเดียวกับเซรามิค-ริงค์ ลูกบอลชีวภาพทำขึ้นจากพลาสติกและมีน้ำหนักเบา ลูกบอลชีวภาพในปัจจุบันนี้มีรูปแบบออกมามากมายหลายแบบ เพื่อวัตถุประสงค์ต่างๆกันในระบบกรอง เช่น เพิ่มรู เพิ่มช่อง เพื่อให้แบคทีเรียอยู่อาศัยได้มากขึ้น (www.fancycarp.com)	 <p>ลูกบอลชีวภาพ (Bio-Ball) ที่มา: https://mariadogfood.com/</p>

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ชนิดและคุณลักษณะ	ภาพ
<p>3. ไยกรอง สามารถได้เป็น 2 กลุ่ม คือ 1. ไยกรองกลุ่มใยแก้ว ซึ่งใช้สำหรับกรองสิ่งสกปรกต่างๆ เช่น ฝุ่น ผง ตะกอนต่างๆ ในน้ำ เป็นต้น ยิ่งใยกรอง มีความละเอียดมาก ก็จะมีประสิทธิภาพในการกรองมากยิ่งขึ้น และ</p> <p>2. กลุ่มที่เป็นฟองน้ำ คือซึ่งมีพื้นที่ว่างที่ให้เชื้อจุลินทรีย์ที่สามารถบำบัดน้ำได้มาเกาะอยู่ได้ สามารถกำจัดได้ทั้งสิ่งสกปรกในน้ำ และของเสียอินทรีย์สารได้ด้วย (พงษ์พัฒน์, 2557)</p>	 <p>ใยกรอง (ใยแก้ว)</p> <p>ที่มา: https://goodpriceth.com/</p>  <p>ใยกรอง กลุ่มฟองน้ำ</p> <p>ที่มา: https://thaiaquariumcenter.tarad.com/</p>
<p>4. อวนเก่า สแลน เป็นวัสดุกรองมีเดียกรองในส่วนของละเอียดหรือกรองหยาบก็ได้ ใช้สำหรับดักสารแขวนลอยและของเสียได้เป็นอย่างดี พื้นที่ผิวจำเพาะค่อนข้างสูง ทำความสะอาดง่าย มีความคงทน น้ำไหลผ่านได้ทั่วถึง จัดรูปทรงเข้ากรองได้ง่าย ที่สำคัญราคาก็ค่อนข้างที่ไม่สูงเมื่อเทียบกับวัสดุกรองอื่นๆ https://www.koi2u.com/</p>	 <p>อวนเก่า</p> <p>ที่มา: https://www.koi2u.com/</p>  <p>สแลน</p> <p>ที่มา: https://thaipick.com/</p>

ที่มา: ดัดแปลงมาจาก ประสิทธิ์ (2562)

สุรศักดิ์ (2546) รายงานว่ากรองที่ใช้บ่อปลาคาร์พที่นิยมใช้กันจะเป็นแบบผสมผสานระหว่างระบบกรองชีวภาพและกายภาพ คือแทนที่เราจะใช้วัสดุกรองธรรมดาที่เป็นอิฐหินกรวดทรายที่ใช้กันทั่วไป เราก็หันมาใช้วัสดุกรองที่มีคุณสมบัติพิเศษคือมีรูพรุนมากขึ้นเพื่อเป็นบ้านของแบคทีเรีย ซึ่งเป็นวัสดุที่ได้จากธรรมชาติ เช่น เศษปะการัง กรวด หรือหิน ที่มีรูพรุนเพื่อให้แบคทีเรียใช้เป็นที่ยึดเกาะ ซึ่งจะช่วยให้

แบบที่เรียได้รวดเร็วขึ้นภายในเวลาอันสั้น ซึ่งรูปแบบของบ่อกรองน้ำในปัจจุบันสามารถแบ่งออกเป็น 3 ลักษณะ คือ

1. ระบบกรองเปือก คือ รูปแบบของวิธีการกรองน้ำที่มีมาช้านานและตราปัจจุบันก็ยังคงนิยมใช้กันอยู่โดยลักษณะการทำงานของระบบกรองชั้นวัสดุกรองหรือไส้กรองจะแช่น้ำอยู่ตลอดเวลา




2. ระบบกรองแห้ง เป็นรูปแบบของการกรองน้ำที่ชั้นวัสดุกรองจะไม่แช่อยู่ในน้ำ แต่จะแขวนลอยเหนือผิวน้ำ ซึ่งลักษณะการทำงานของระบบกรองนี้จะมีประสิทธิภาพเหนือกว่ากรองเปือก เนื่องจากจะสามารถกรองสิ่งปฏิกูลและสารแขวนลอยต่างๆ ได้แล้ว ยังช่วยให้อากาศละลายเข้ากับอัตราที่มากขึ้นด้วย และยังช่วยขจัดแก๊สแอมโมเนียและสารพิษที่เจือปนในน้ำได้อย่างมีประสิทธิภาพ เพียงแต่ต้นทุนในการติดตั้งระบบกรองระบบนี้จะสูงกว่าระบบกรองเปือกหลายเท่า

3. ระบบกรองแห้งและกรองเปือก คือ การนำระบบกรองแห้งและระบบกรองเปือกมาใช้ร่วมกัน เพื่อเพิ่มประสิทธิภาพในการกรองสูงขึ้นไปอีก ซึ่งระบบนี้โดยมากจะใช้ในโรงงานอุตสาหกรรมเพื่อใช้บำบัดน้ำเสียก่อนจะนำกลับมาใช้ใหม่

องค์ประกอบและการใช้งานของวงจรระบบอัตโนมัติของชุดต้นแบบการวัดอัตราการไหลของน้ำในการเลี้ยงปลา

เครื่องวัดอัตราการไหลของน้ำ คือ เครื่องมือวัดที่ใช้บอกปริมาณของน้ำหรือของเหลวที่ไหลผ่านพื้นที่ ๆ หนึ่งในช่วงเวลาหนึ่ง มีหลักการทำงานคือใช้วัดปริมาณและควบคุมอัตราการไหลของน้ำ เมื่อแม่เหล็กที่อยู่ในใบพัดหมุนผ่านเซนเซอร์ Water Flow Sensor จะสร้างความถี่และสัญญาณแรงดันไฟฟ้าซึ่งแปรผันตรงกับอัตราการไหล ยิ่งไหลเร็วขึ้นความถี่และแรงดันเอาต์พุตก็จะสูงขึ้นตาม ซึ่งปริมาณน้ำที่ไหลจะไปแสดงบนจอแสดงผลและคอนโทรลเลอร์เพื่อรับสัญญาณจาก Water Flow Sensor และนำมาแปลงเป็นอัตราการไหลจริงหรือค่าการไหลรวมคือ ยกตัวอย่างเช่น อัตราการไหลของน้ำในท่อที่ปริมาณ 100 ลิตรต่อนาที ซึ่งหมายความว่าในเวลา 1 นาทีจะมีน้ำไหลผ่านท่อนี้ไปที่ปริมาณ 100 ลิตร นั่นเอง แต่ส่วนใหญ่แล้วเครื่องวัดอัตราการไหลของน้ำจะสามารถบอกปริมาณของน้ำที่ไหลผ่านไปได้



ตารางที่2 องค์ประกอบและการใช้งานวงจรระบบอัตโนมัติของชุดต้นแบบควบคุมอัตราการไหลของน้ำแบบอัตโนมัติ

ชื่ออุปกรณ์	คุณลักษณะและการใช้งาน	ภาพ
1. YF-S201 Water Flow Sensor Flowmeter Hall Water control 1-30L/min 2.0MPa 4 หุน	เพียงจับสัญญาณเอาต์พุตของตัว เซ็นเซอร์ ภายในใ้ใช้การตัดผ่านของ สนามแม่เหล็กเป็นตัววัดความเร็วรอบใบพัดภายใน เมื่อมีน้ำไหลแรง มา ใบพัดจะหมุนเร็ว ส่งผลให้มีการตัดผ่านสนามแม่เหล็กเป็นจังหวะๆ ส่งค่าเอาต์พุตเป็นสัญญาณดิจิตอล https://www.myarduino.net/	
2. Bonetar บั้มน้ำ BT 4550 Water Pump 3800 L	มอเตอร์เป็นแบบใ้งานใ้่น้ำโดยเฉพาะแกนใบพัดเป็นเซรามิค แข็งแรงทนทานตัวบั้มน้ำมีการซีลปิด สายไฟแบบหน BONETAR BT4550-บั้มน้ำใ้ 3800 ลิตร/ชั่วโมง-กำลังไฟ 50วัตต์-บั้มน้ำใ้สูง 2.4เมตรใ้ใ้ทั้งน้ำจืดและน้ำเค็มเหมาะสำหรับทำระบบกรอง น้ำพุ น้ำตก	
3. RESUN King-6 Water Pump 8500 L/Hr	RESUN King-6 Water บั้มน้ำใ้ 8500 ลิตร/ชั่วโมง 230วัตต์ใ้ใ้ทั้งน้ำจืดและน้ำเค็มเหมาะสำหรับทำระบบกรอง น้ำพุ น้ำตก	

ที่มา: <https://www.thaiwatersystem.com/>

ที่มา: <https://thaigoodprice.fun/>

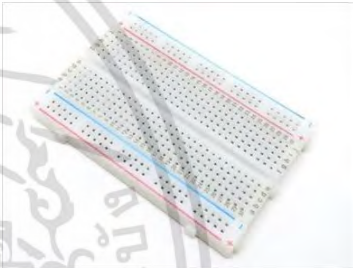
ที่มา: <https://www.tommiland.eu/>

ชื่ออุปกรณ์	คุณลักษณะและการใช้งาน	ภาพ
4. Relay module arduino โมดูล รีเลย์ 5v	เป็นอุปกรณ์ไฟฟ้าที่มีใช้ในวงการอิเล็กทรอนิกส์ ทำหน้าที่เป็นสวิตช์ไฟ ตัด-ต่อวงจร โดยการเปลี่ยนพลังงานไฟฟ้าให้เป็นพลังงานแม่เหล็ก เพื่อใช้ในการดึงดูดหน้าสัมผัสของคอนแทกให้เปลี่ยนสถานะ รีเลย์จะทำงานได้โดยการป้อนกระแสไฟฟ้าให้กับขดลวด เพื่อทำการปิดหรือเปิดหน้าสัมผัสคล้ายกับสวิตซ์อิเล็กทรอนิกส์ ซึ่งเราสามารถนำรีเลย์ไปประยุกต์ใช้ ในการควบคุมวงจรต่างๆ ได้	
5. บอร์ด Arduino Uno	อุปกรณ์ที่ใช้สำหรับควบคุม หรืออ่านค่าบางสิ่ง ถ้าให้เปรียบเทียบมันก็คือคอมพิวเตอร์ขนาดเล็ก แต่มีราคาที่ถูกกว่าคอมพิวเตอร์มากคำว่า Arduino นั้นไม่ใช่ชื่อของไมโครชิพ (Microchip) เป็นแค่เพียงชื่อแบรนด์ที่ออกแบบรูปทรงและเพิ่มอุปกรณ์เสริมเข้าไปบนบอร์ดเพื่อให้เราใช้งานได้ง่ายขึ้น เช่น ช่องสำหรับเสียบ usb ช่องสำหรับเสียบสายสัญญาณ ชุดแปลงไฟฟ้าก่อนเข้าไปเลี้ยงบอร์ด เป็นต้น และเราสามารถใส่ไมโครชิพอย่างเดียวได้แต่ค่อนข้างยุ่งยาก สำหรับการทดลองหรือทำสิ่งประดิษฐ์จึงนิยมใช้เป็นบอร์ดสำเร็จแบบ Arduino บอร์ดมากกว่า และยังมีโปรแกรมสำเร็จรูปที่ให้เราใช้กันฟรี ๆ เพื่อใช้ในการเขียนโปรแกรม https://www.arduino2robot.com/	<p data-bbox="1205 699 1587 732">ที่มา: https://www.myarduino.net/</p>  <p data-bbox="1205 1133 1608 1166">ที่มา: https://blog.thaieasyelec.com/</p>

ชื่ออุปกรณ์	คุณลักษณะและการใช้งาน	ภาพ
6. Adapter 9V 2A	<p>Power Adapter แหล่งจ่ายไฟ 9V 2A แหล่งจ่ายไฟ 9v 2a ให้ อุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์เสียบเข้า Arduino ได้ 1x AC 100-240V to DC 9V 2A Switching Power supply Converter Adaptor อะแดปเตอร์แบบสวิตซิ่ง จาก AC 100-240V เป็น ดีซี 9V 2 A ด้านปลายเป็น ดีซีแจ๊คขนาด5.5*2.5mm และใช้ได้กับ 5.5*2.1 mm ขั้วโนบวก และ ขั้วนอกลบ</p>	
7. Character LCD	<p>หลักการคือด้านหลังจอจะมีไฟส่องสว่าง เมื่อมีการปล่อยกระแสไฟฟ้าเข้าไปกระตุ้นที่ผลึก ก็จะทำให้ผลึกโปร่งแสง ทำให้แสงที่มาจากไฟ Backlight แสดงขึ้นมาบนหน้าจอ ส่วนอื่นที่โดนผลึกปิดกั้นไว้ จะมีสีที่แตกต่างกันตามสีของผลึกคริสตอล เช่น สีเขียว หรือ สีฟ้า ทำให้เมื่อมองไปที่จอก็จะพบกับตัวหนังสือสีขาว แล้วพบกับพื้นหลังสีต่างๆกัน</p>	

ที่มา: <https://www.arduino4.com/>

ที่มา: <https://www.ioxhop.com/>

ชื่ออุปกรณ์	คุณลักษณะและการใช้งาน	ภาพ
8. โปรโทบอร์ด (protoboard) หรือ เบรดบอร์ด (breadboard)	<p>อุปกรณ์ที่จะช่วยให้สามารถเชื่อมต่อวงจรเพื่อทดลองง่ายขึ้น ลักษณะของบอร์ดจะเป็นพลาสติกมีรูจำนวนมาก ภายใต้รูเหล่านั้นจะมีการเชื่อมต่อถึงกันอย่างมีรูปแบบ เมื่อนำอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์มาเสียบจะทำให้พลังงานไฟฟ้าสามารถไหลจากอุปกรณ์หนึ่ง ไปยังอุปกรณ์หนึ่งได้ ผ่านรูที่มีการเชื่อมต่อกันด้านล่างการเชื่อมต่อกันของโปรโทบอร์ด จะแบ่งได้เป็น 2 กลุ่มใหญ่ คือ</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. กลุ่มแนวตั้ง เป็นกลุ่มที่เป็นพื้นที่สำหรับการเชื่อมต่อวงจร วางอุปกรณ์ จะมีช่องเว้นกลางกลุ่มสำหรับเสียบไอซีตัวถังแบบ DIP และบ่งบอกการแบ่งเขตเชื่อมต่อ 2. กลุ่มแนวนอน เป็นกลุ่มที่มีการเชื่อมต่อกันในแนวนอน ใช้สำหรับพักไฟที่มาจากแหล่งจ่าย เพื่อใช้สำหรับเชื่อมต่อไฟจากแหล่งจ่ายเลี้ยงให้วงจรต่อไป และจะมีสี สัญลักษณ์สกรีนเพื่อบอกขั้วที่ของแหล่งจ่ายที่ควรนำมาพักไว้ โดยสีแดง จะหมายถึงขั้วบวก และสีดำ หรือสีน้ำเงิน จะหมายถึงขั้วลบ https://sites.google.com/ 	 <p>ที่มา: https://sites.google.com/</p>

อุปกรณ์และวิธีการ

อุปกรณ์

วัสดุ

1. สัตว์ทดลอง

ปลาคาร์พ จากฟาร์มเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำและพืชน้ำจืดระยะ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง วิทยาเขตชุมพรเขตอุดมศักดิ์ จังหวัดชุมพร

2. อาหารสำหรับปลา คือ อาหารปลาสำเร็จรูปชนิดลอยน้ำ ฟิชเฟิร์ส 4642 (คุณค่าทางโภชนาการ โปรตีน 25% ไขมัน 4% กากอาหาร 8% ความชื้น 12%)

อุปกรณ์/ เครื่องมือ

1. อุปกรณ์ระบบเพาะเลี้ยงปลาคาร์พ

1.1 บ่อปูนซีเมนต์

- 1) บ่อปูนซีเมนต์ ขนาด 185 x 150 x 50 เซนติเมตร
- 2) เครื่องปั้มน้ำ RESUN KING6 (8500L/Hr.)
- 3) เครื่องปั้มน้ำ BONETAR BT4550 (3800L/Hr.)
- 4) ปื้ลม หัวทราย และสายอากาศ

1.2 ระบบกรอง

- 1) ถังใส่น้ำพลาสติกขนาด 100 ลิตร จำนวน 2 ถัง
- 2) ท่อต่อตรงเกลียวนอก เกลียวใน ขนาด ½ นิ้ว และ 1 นิ้ว
- 3) ท่อ PVC ขนาด ½ นิ้ว และ 1 นิ้ว
- 4) ข้องอ 90 องศา ขนาด ½ นิ้ว และ 1 นิ้ว
- 5) ข้องอ 45 องศา ขนาด 1 นิ้ว
- 6) ท่อวาล์ว ขนาด ½ นิ้ว
- 7) ถังใส่วัสดุกรอง
- 8) ไยกรองชนิดใยแก้วและชนิดฟองน้ำ
- 9) BiO-Ball
- 10) หินพั้มมิส
- 11) แสลง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

12) หินกรวด

2. ระบบเครื่องตรวจวัดอัตราการไหลของน้ำ

2.1 YF-S201 Water Flow Sensor Flowmeter Hall Water control 1-30 L/min

2.0MP ขนาด 4 หุน

2.2 Relay module arduino โมดูล รีเลย์ 5v

2.3 บอร์ด Arduino Uno

2.4 Adapter 9V 2A

2.5 Character LCD 16x2

2.6 โพรโทบอร์ด (protoboard)

3. การวัดเจริญเติบโตและสีของปลาการ์ป

3.1 เวอร์เนียคาลิเปอร์ (vernier caliper)

3.2 เครื่องชั่งน้ำหนัก ทศนิยม 2 ตำแหน่ง

3.3 เครื่องชั่งน้ำหนัก 15 กิโลกรัม

3.4 สมุดบันทึก

3.5 ปากกา ดินสอ

3.6 สวิง

3.7 วัสดุใส่ปลา

3.8 เครื่องวัดสี EC-10 Plus

4. การตรวจและวิเคราะห์คุณภาพน้ำ

4.1 กระจกเก็บตัวอย่างน้ำ

4.2 เครื่อง pH meter

4.4 ขวดบีโอดี

4.5 ปีกเกอร์ (Beaker)

4.6 กระจกตวง (Graduated cylinder)

4.7 ขวดปรับปริมาตร (Yolumetic flask)

4.8 บิวเรต (Burette)

4.9 ขายึดบิวเรต (Stand) พร้อมที่หนีบ (Burette clamp)

4.10 ปิเปต (Pipet)

4.11 เครื่องวัดความเป็นกรด-ด่าง



ภาพที่ 2 เครื่อง pH meter

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

วิธีการ

1. แผนการทดลอง

ศึกษาอัตราการไหลของน้ำที่เหมาะสมต่อการเลี้ยงปลาคาร์พในระบบน้ำหมุนเวียนด้วยเครื่องตรวจวัดระบบเซนเซอร์อัตโนมัติ วางแผนการทดลองแบบแบบบล็อกสุ่มสมบูรณ์ (Randomized Complete Block Design : RCBD, RCB, RBD) มี 3 ชุดทดลอง (treatments) ดังนี้

กำหนดให้
ชุดทดลองที่ 1 เลี้ยงปลาคาร์พที่อัตราการไหลของน้ำที่ 500 ลิตร/ชั่วโมง และถังกรองกายภาพ + กรองชีวภาพ

ชุดทดลองที่ 2 เลี้ยงปลาคาร์พที่อัตราการไหลของน้ำที่ 600 ลิตร/ชั่วโมง และถังกรองกายภาพ + กรองชีวภาพ

ชุดทดลองที่ 3 เลี้ยงปลาคาร์พที่อัตราการไหลของน้ำที่ 700 ลิตร/ชั่วโมง และถังกรองกายภาพ + กรองชีวภาพ

หมายเหตุ 1. ปลอยปลาคาร์พที่ความหนาแน่น 20 ตัว/ตารางเมตร (60 ตัว/บ่อ) (จังกุล และคณะ, 2555)
2. ใช้ระบบกรองน้ำชีวภาพหินภูเขาไฟ+ไบโอบอล (ประสิทธิ์, 2562) ร่วมกับระบบกรองน้ำกายภาพใยกรองละเอียด+กรองหยาบ (สุรศักดิ์, 2546)

2. การเตรียมการทดลอง

2.1 การเตรียมภาชนะทดลองและระบบต่างๆ ใช้บ่อซีเมนต์ขนาด 185 x 150 x 50 เซนติเมตร และต่อระบบการให้อากาศ ล้างทำความสะอาดบ่อตากแดดให้แห้ง (ภาพที่ 3)



ภาพที่ 3 บ่อเลี้ยงปลาคาร์พ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.2 การรวบรวมสัตว์ทดลอง

2.2.1 ปลาการ์ฟ คัดปลาการ์ฟในบ่อขนาด 7-11 เซนติเมตร จากฟาร์มเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำและพืชน้ำจืด สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง วิทยาเขตชุมพรเขตอุดมศักดิ์ จังหวัดชุมพร ที่มีความแข็งแรงและสมบูรณ์ และคัดสีของที่มีสีส้ม เลี้ยงปลาการ์ฟที่ความหนาแน่น 20 ตัว/ตารางเมตร (60 ตัว/บ่อ) (จงบกล และคณะ, 2555) (ภาพที่ 4)



ภาพที่ 4 คัดขนาดปลาการ์ฟ

2.3 การเตรียมน้ำเลี้ยงปลาการ์ฟ

การเตรียมน้ำสำหรับเลี้ยงใช้น้ำประปาใส่ถังเพาะเลี้ยงขนาด 500 ลิตร ใส่คลอรีน (Chlorine) ที่ความเข้มข้น 10-20 ทำการให้อากาศและทิ้งไว้เป็นเวลาอย่างน้อย 24-48 ชั่วโมง (ทินรัตน์ และดวงทอง, 2552) จากนั้นทำการตรวจสอบการสลายของคลอรีนในน้ำโดยใช้ชุดทดสอบคลอรีน

2.4 การเตรียมน้ำกรองน้ำสำหรับเลี้ยงปลาการ์ฟ

นำถังพลาสติกขนาด 100 ลิตร 2 ถัง ต่อกับท่อ PVC ถังแรก ป้อนน้ำจากบ่อต่อท่อขนาด 1/2 นิ้ว เข้ากับท่อวาล์วขนาด 1/2 นิ้ว ต่อเข้ากับ Water Flow Sensor น้ำเข้าด้านบนถัง ในถังต่อท่อขนาด 1/2 นิ้ว ให้น้ำลงก้นถัง ในถังใส่ตะกร้า ไยแก้วกรอง ไยกรองฟองน้ำ และแอสลนใส่กรวด ให้น้ำล้นจากถังแรกไปถึงสอง ถังที่สอง น้ำล้นจากถังแรกผ่านท่อขนาด 1 นิ้ว ลงมาด้านล่างของถังที่สอง ในถังใส่แอสลน หินฟัมพิส และ BIO-Ball น้ำล้นออกมาทางด้านบนของถังที่สองลงบ่อซีเมนต์ ใช้ท่อขนาด 1 นิ้วและข้องอ 45 องศา ขนาด 1 นิ้ว (ภาพที่ 5 และ 6)



ภาพที่ 5 ชุดกรองน้ำด้านหน้า



ภาพที่ 6 ชุดกรองน้ำด้านหลัง

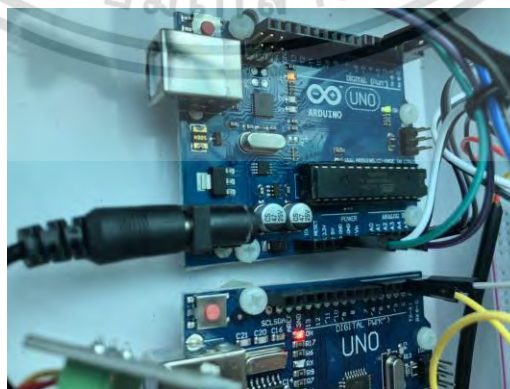
2.5 การเตรียมชุดต้นแบบระบบอัตราการไหลของน้ำ

2.5.1 องค์ประกอบการทำชุดต้นแบบควบคุมอัตราการไหลของน้ำอัตโนมัติ

องค์ประกอบของชุดต้นแบบควบคุมอัตราการไหลของน้ำอัตโนมัติ ซึ่งประกอบไปด้วยอุปกรณ์หลักทั้งหมด 4 ชิ้น คือ

1) YF-S201 Water Flow Sensor Flowmeter Hall Water control 1-30 L/min 2.0 MPa ขนาด 4 หุน อุปกรณ์สำหรับวัดอัตราการไหลของน้ำ โดยผ่านแม่เหล็กที่อยู่ในใบพัดหมุนผ่านเซนเซอร์ Water Flow Sensor จะสร้างความถี่และสัญญาณแรงดันไฟฟ้า ซึ่งแปรผันตรงกับอัตราการไหล ยิ่งไหลเร็วขึ้นความถี่และแรงดันเอาต์พุตก็จะสูงขึ้นตาม

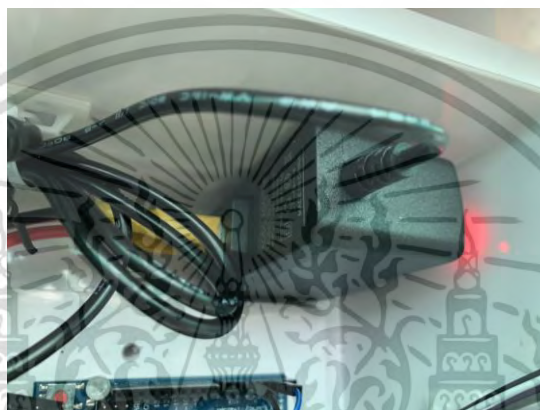
2) บอร์ด Arduino Uno คือ ไมโครคอนโทรลเลอร์ (MCU: Microcontroller Unit) เป็นการร่วมกับอุปกรณ์ อิเล็กทรอนิกส์ต่างๆ ประกอบเป็นบอร์ดอิเล็กทรอนิกส์ขนาดเล็กเพื่อให้ง่ายต่อการใช้งาน หรือที่เรียกกันว่า บอร์ด Arduino ซึ่งก็คือคอมพิวเตอร์ขนาดเล็ก ที่ประกอบไปด้วย หน่วยประมวลผล, หน่วยความจำ, หน่วยควบคุม input และ output (ภาพที่ 7)



ภาพที่ 7 บอร์ด Arduino Uno

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3) Adapter 9V 2A หม้อแปลงไฟฟ้า จากไฟฟ้ากระแสสลับ(ไฟบ้าน)ที่มีค่าความต่างศักย์ 220 โวลต์ ให้เป็นไฟฟ้ากระแสตรง (DC) ที่มีค่าความต่างศักย์ต่ำลง เพื่อให้สามารถจ่ายกระแสไฟฟ้าให้กับเครื่องใช้ไฟฟ้าได้ โดยจะใช้สำหรับแปลง ความต่างศักย์ 220 โวลต์ ให้เป็น 9 โวลต์เพื่อจ่ายแรงดันไฟฟ้าที่เหมาะสมให้กับ บอร์ด Arduino Uno เขียนโปรแกรมสำหรับสั่งงานตามแผนการทดลองที่ตั้งไว้ (ภาพที่ 8)



ภาพที่ 8 Adapter 9V 2A

4) Character LCD 16 x 2 เป็นจอแสดงผลตัวอักษรได้หลายตัว จอLCD ขนาด 16x2 หมายถึงใน 1 แถว มีตัวอักษรใส่ได้ 16 ตัว และมีทั้งหมด 2 บรรทัดให้ใช้งาน ส่วน 20x4 จะหมายถึงใน 1 แถว มีตัวอักษรใส่ได้ 20 ตัว และมีทั้งหมด 2 บรรทัด ซึ่งจอ Character LCD 16 x 2 ซึ่งจอแสดงผลและคอนโทรลเลอร์เพื่อรับสัญญาณจาก Water Flow Sensor และนำมาแปลงเป็นอัตราการไหลจริงหรือค่าการไหลรวม (ภาพที่ 9)



ภาพที่ 9 Character LCD 16 x 2

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.5.2 หลักการทำงานชุดต้นแบบการควบคุมวัดอัตราการไหลของน้ำแบบอัตโนมัติ

ชุดต้นแบบการควบคุมวัดอัตราการไหลของน้ำแบบอัตโนมัติ ทำงานโดยประยุกต์ใช้อุปกรณ์และเทคโนโลยีหลายส่วนเข้าด้วยกันเพื่อใช้แก้ปัญหาในการวัดปริมาณให้แม่นยำ โดยทำตามหลักการดังนี้

ชุดต้นแบบการควบคุมวัดอัตราการไหลของน้ำแบบอัตโนมัติ ทำงานโดยใช้ Water Flow Sensor ซึ่งเป็นเซนเซอร์ชนิดหนึ่งที่ทำหน้าที่เปลี่ยนสัญญาณที่อยู่ในรูปแบบทางฟิสิกส์ ซึ่งในที่นี้คืออัตราการไหลของของไหลให้มาอยู่ในรูปแบบของสัญญาณไฟฟ้า โดยใช้หลักการเมื่อแม่เหล็กที่อยู่ในใบพัดหมุนผ่านเซนเซอร์ Water Flow Sensor จะสร้างความถี่และสัญญาณแรงดันไฟฟ้าส่งกลับมาอย่างต่อเนื่องและส่งค่ากับไปให้บอร์ด Arduino Uno ประมวลผล ทำให้สามารถอ่านค่าการไหลผ่านของปริมาณน้ำตลอดเวลา ซึ่งปริมาณน้ำที่ไหลจะไปแสดงบนจอแสดงผล Character LCD 16 x 2 เพื่อรับสัญญาณจาก Water Flow Sensor และนำมาแปลงเป็นอัตราการไหลจริงหรือค่าการไหลรวม โดยจะออกแบบวงจรและต่ออุปกรณ์ผ่านโปรแกรม fritzing

3. การทดลอง

3.1 การทำและติดตั้งชุดต้นแบบระบบวัดอัตราการไหลของน้ำอัตโนมัติ

การจัดทำชุดต้นแบบการควบคุมวัดอัตราการไหลของน้ำแบบอัตโนมัติ มี 4 ขั้นตอนคือ การจัดทำชุดต้นแบบควบคุมวัดอัตราการไหลของน้ำแบบอัตโนมัติ การทดสอบควบคุมวัดอัตราการไหลของน้ำแบบอัตโนมัติ การปรับปรุงชุดต้นแบบควบคุมวัดอัตราการไหลของน้ำแบบอัตโนมัติ และการทดสอบประสิทธิภาพการใช้งานของชุดต้นแบบควบคุมวัดอัตราการไหลของน้ำแบบอัตโนมัติ

1. การจัดทำชุดต้นแบบควบคุมวัดอัตราการไหลของน้ำแบบอัตโนมัติ

การจัดทำชุดต้นแบบควบคุมวัดอัตราการไหลของน้ำแบบอัตโนมัติ จัดทำขึ้นโดยการนำความรู้ด้านเทคโนโลยีต่างๆ มาดัดแปลงเพื่อแก้ไขปัญหา ลดขั้นตอน และต้นทุน ซึ่งเทคโนโลยีเหล่านี้เป็นเทคโนโลยีที่ใช้กันในปัจจุบัน เหตุผลของการจัดทำชุดต้นแบบควบคุมวัดอัตราการไหลของน้ำแบบอัตโนมัติ จัดทำขึ้นเพื่อต้องการจะวัดปริมาณน้ำที่ไหลผ่านเข้าสู่ชุดกรองให้มีความแม่นยำและสะดวกสบายมากยิ่งขึ้น ในการทำในแต่ละครั้งระบบของชุดต้นแบบการควบคุมวัดอัตราการไหลของน้ำแบบอัตโนมัติ ระบบนี้ถูกควบคุมด้วยระบบ sensor เพื่อควบคุมการทำงานวัดปริมาณน้ำตลอดเวลา

1.1. ประกอบชุดต้นแบบการควบคุมวัดอัตราการไหลของน้ำแบบอัตโนมัติ

1. ต่อ YF-S201 Water Flow Sensor เข้ากับบอร์ด Arduino Uno โดยใช้สายไฟ จัมเปอร์ จำนวน 3 เส้น โดยต่อสายสัญญาณ PWM output (เส้นสีเหลือง) เข้ากับบอร์ด Arduino

Uno ช่อง D2 ต่อช่อง Vcc เข้ากับแหล่งจ่ายไฟ 5v ของบอร์ด Arduino Uno และ ต่อช่อง Gnd เข้ากับ Ground ของบอร์ด Arduino Uno ซึ่งเมื่อน้ำไหลผ่าน YF-S201 Water Flow Sensor จะสร้างความถี่ และสัญญาณแรงดันไฟฟ้าส่งกลับมายังตัวรับและส่งค่ากลับไปให้บอร์ด Arduino Uno ประมวลผล

2. ต่อ จอ LCD 16x2 I2C เข้ากับ บอร์ด Arduino Uno โดยใช้สายไฟจัมเปอร์จำนวน 4 เส้น ดังนี้ ต่อสัญญาณ SCL เข้ากับ บอร์ด Arduino Uno ช่อง SCL ต่อสัญญาณ SDA เข้ากับ บอร์ด Arduino Uno ช่อง SDA ต่อช่อง Vcc เข้ากับแหล่งจ่ายไฟ 5v ของบอร์ด Arduino Uno และ ต่อช่อง Gnd เข้ากับ Ground ของบอร์ด Arduino Uno ซึ่ง จอ LCD 16x2 I2C จะทำหน้าที่เป็นตัวแสดงอัตราการไหลของน้ำที่ผ่านการประมวลผลจากบอร์ด Arduino Uno แล้ว

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

4. ปรับวาล์วน้ำเพื่อควบคุมอัตราการไหลให้เหมาะสมตามต้องการโดยสังเกตจากหน้าจอ LCD 16x2 I2C โดยจะแบ่งเป็นชุดทดลอง ดังนี้

ชุดทดลองที่ 1 เลี้ยงปลาคาร์พที่อัตราการไหลของน้ำที่ 500 ลิตร/ชั่วโมง และดึงกรอกรายภาพ + กรองชีวภาพ

ชุดทดลองที่ 2 เลี้ยงปลาคาร์พที่อัตราการไหลของน้ำที่ 600 ลิตร/ชั่วโมง และดึงกรอกรายภาพ + กรองชีวภาพ

ชุดทดลองที่ 3 เลี้ยงปลาคาร์พที่อัตราการไหลของน้ำที่ 700 ลิตร/ชั่วโมง และดึงกรอกรายภาพ + กรองชีวภาพ (ภาพที่ 10)

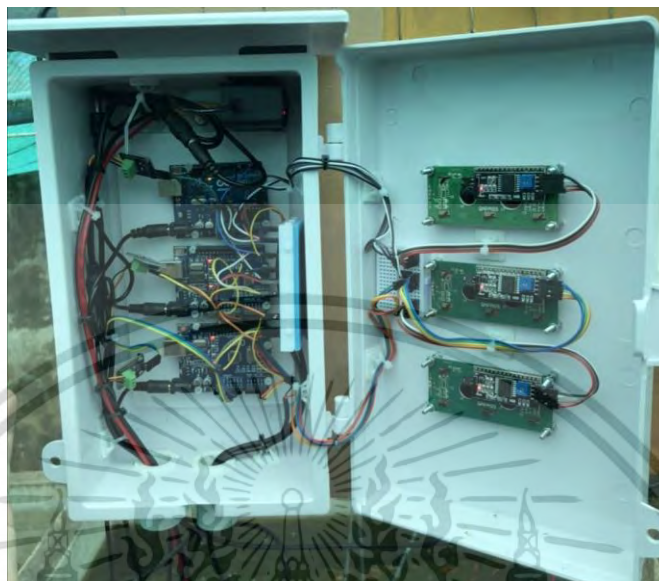
5. ติดตั้งอุปกรณ์ทั้งหมดลงในตู้กันน้ำพลาสติกฝาปิด

6. อัปโหลดโค้ดลง บอร์ด Arduino Uno ด้วยโปรแกรม Arduino IDE



ภาพที่ 10 จอLCD แสดงผลอัตราการไหลของน้ำในแต่ละชุดทดลอง

2. การทดสอบการทำงานของชุดต้นแบบการควบคุมวัดอัตราการไหลของน้ำแบบอัตโนมัติ
 - การทดสอบการทำงานของเครื่องควบคุมวัดอัตราการไหลของน้ำแบบอัตโนมัติ
 - 2.1 ทดสอบการไหลเข้าของน้ำ เพื่อให้ความแรงของน้ำไหลอย่างเหมาะสม
 - 2.2 ทดสอบการทำงานของเซนเซอร์ ทดสอบความแม่นยำในการวัดอัตราการไหลของน้ำที่กำหนดไว้
3. การปรับปรุงชุดต้นแบบควบคุมอัตราการไหลของน้ำแบบอัตโนมัติ
 - ปรับปรุงปัญหาที่เกิดขึ้น (ในข้อ 3.1) ให้เป็นไปตามความเหมาะสม
4. การทดลองประสิทธิภาพการใช้งานของชุดต้นแบบควบคุมอัตราการไหลของน้ำแบบอัตโนมัติ
 - ทดลองศึกษาการไหลของน้ำที่ผ่านเข้าชุดกรอง ปรับโดยใช้บอลวาล์ว



ภาพที่ 11 ระบบและวงจรชุดต้นแบบอัตราการไหลของน้ำแบบอัตโนมัติ

3.2 ศึกษาผลการใช้ระบบอัตโนมัติเพื่อวัดอัตราการไหลของน้ำในการเลี้ยงปลาคาร์พ

3.2.1 ล้างทำความสะอาดบ่อซีเมนต์แล้วนำถังกรองน้ำมาต่อแล้ววางไว้

3.2.2 ต่อเครื่องระบบเซนเซอร์อัตราการไหลของน้ำเข้ากับถังกรองน้ำ

3.2.3 เติมน้ำล้างบ่อซีเมนต์และเติมให้เต็มถึงกรองชีวภาพและถังกรองเคมี แล้วจึงเริ่มเดินระบบน้ำ

หมุนเวียน

3.2.4 นำปลาคาร์พที่คัดแยกขนาดที่ใกล้เคียงกันและมีลักษณะสมบูรณ์แข็งแรงเป็นปกติ ปล่อยลงในชุดทดลองที่ 1, 2 และ 3 จำนวนเท่ากันปล่อยปลาคาร์พที่ความหนาแน่น 60 ตัว/ตารางเมตร (จงดล และคณะ, 2555)

3.2.5 การให้อาหารแก่สัตว์ทดลอง

1. ให้อาหารเม็ดสำเร็จรูปชนิดเม็ดลอยน้ำ ฟิชเฟิร์ส 4642 (คุณค่าทางโภชนาการ โปรตีน 25% ไขมัน 4% กากอาหาร 8% ความชื้น 12%) โดยแบ่งออกเป็น 2 มื้อ เวลา 8.30 และ 17.30 น. ให้อาหาร 3% ของน้ำหนักตัวทำการเลี้ยงเป็นเวลา 8 สัปดาห์ (ศรัณย์, 2555)

2. ผสมอาหารเร่งสีของปลาคาร์พใช้ปริมาณแคโรทีนอยด์ในอาหารที่เหมาะสมเพื่อให้สีของปลาคาร์พเข้มขึ้นขึ้น และความเข้มข้นที่ใช้แคโรทีนอยด์ 96.2 ไมโคร/กรัมต่อน้ำหนักของอาหาร 1 กิโลกรัม (อรพินท์ และคณะ, 2548)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.2.6 การจัดการระหว่างการเลี้ยง

1. ไม่มีการเปลี่ยนถ่ายตลอดระยะเวลาการทดลองแต่มีการเติมน้ำเพื่อให้ระดับน้ำถึงตามที่กำหนด

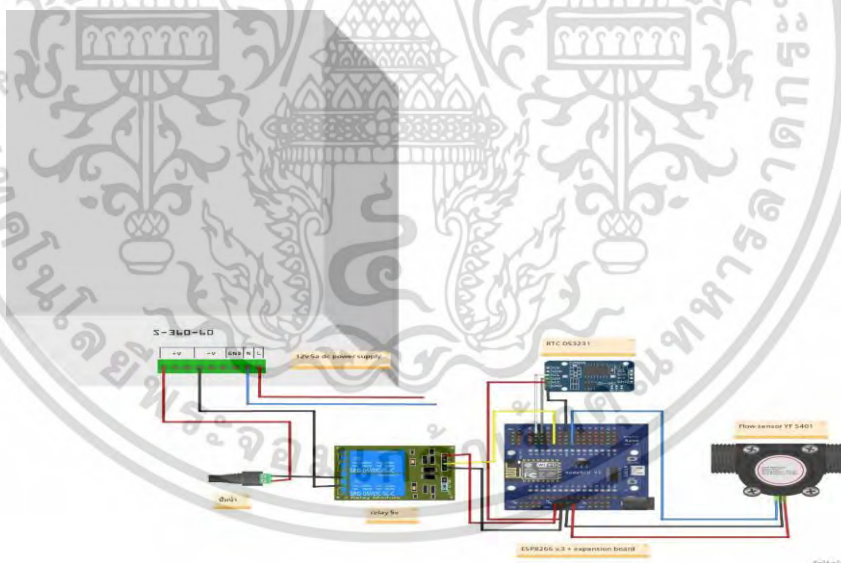
2. ตรวจวัดและวิเคราะห์คุณภาพน้ำตลอดการทดลอง คือ

- ตรวจวัดทุก 1 สัปดาห์ ได้แก่ ความเป็นกรด-ด่าง และอุณหภูมิ

3.2.7 ตรวจวัดการเจริญเติบโตและอัตราการรอดตายและสีของปลาคาร์พ

1. ปลาคาร์พ ทำการสุ่มวัดปลาคาร์พ 30% ต่อบ่อ จำนวน 20 ตัว ตรวจวัดน้ำหนักและความยาวของปลาคาร์พ เมื่อเลี้ยงครบทุกๆ 1 สัปดาห์ และนับจำนวนปลาคาร์พที่เหลือเมื่อสิ้นสุดการทดลอง คัดและคำนวณปริมาณอาหาร ที่ให้ปลาคาร์พ

2. การวัดสีของปลาคาร์พ การเปลี่ยนแปลงสีของปลาคาร์พสามารถวัดได้จากเครื่องวัดสีโดยวัดสีจากทุกหน่วยการทดลอง เพื่อหาค่าความเข้มสีและการเปลี่ยนรูปแบบด้วยเครื่อง Chromo meter โดยวัดสีบริเวณลำตัว และครีบหาง (ชวรัตน์, 2562)



ภาพที่ 12 infographic ของชุดต้นแบบอัตราการไหลของน้ำแบบอัตโนมัติ

4. การรวบรวมและวิเคราะห์ข้อมูล

4.1 การเก็บรวบรวมข้อมูล

เมื่อสิ้นสุดการทดลอง (2 สัปดาห์) นำข้อมูลที่จัดบันทึกไว้ในระยะเวลาการทดลองมาวิเคราะห์ค่าเปรียบเทียบกับวันเริ่มต้นและวันสิ้นสุดการทดลอง บันทึกข้อมูลของปลาคาร์พ ได้แก่

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.1.1 ค่าการเจริญเติบโตและการรอดตายของปลาคาร์พ

- 1) น้ำหนักเฉลี่ย
- 2) ความยาวเฉลี่ย
- 3) อัตราการรอดตาย (%)

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

4.1.2 การเปลี่ยนแปลงของสีลำตัวและครีบหาง

การเปลี่ยนแปลงสีของคาร์พ อ่านค่าในระบบ CIE ($L^* a^* b^*$) คือ ค่าสี L^* ใช้กำหนดค่า ความสว่างของเนื้อสี โดยระบุว่าหากค่า L^* มีค่า เท่ากับ 0 จะมองเห็นเป็นสีดำ และหากค่า เท่ากับ 100 จะมองเห็นเป็นสีขาว ค่า a^* มีค่า + สีจะเป็นเฉดสีแดง หากมีค่า - สีจะเป็นเฉดสีเขียว และค่าสี b^* มีค่า+ สีจะเป็นเฉดสีเหลือง หากมีค่า - สีจะเป็นเฉดสีน้ำเงิน ตามวิธีของ Choubert and Luquet (1983)

4.1.3 คุณภาพน้ำ

อุณหภูมิ ความเป็นกรด-ด่าง

4.2 การวิเคราะห์ค่าทางสถิติ

นำข้อมูลที่รวบรวมได้ วิเคราะห์ความแตกต่างของชุดทดลองของข้อมูล โดยใช้วิธีวิเคราะห์ความแปรปรวน (Analysis of variance) ตามแผนการทดลองแบบบล็อกสุ่มสมบูรณ์ (Randomized Complete Block Design : RCBD, RCB, RBD) และเปรียบเทียบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยระหว่างชุดทดลองโดยใช้วิธี Duncan' s New Multiple Range Test (Kearnthum, 1999)

5. ระยะเวลาในการทดลอง

มี 2 ขั้นตอน

1. การจัดหะและติดตั้งชุดต้นแบบการควบคุมอัตราการไหลของน้ำแบบอัตโนมัติในการเลี้ยงปลาคาร์พ เป็นเวลา 2 เดือน คือ ระหว่างเดือน กุมภาพันธ์ - มีนาคม 2564
2. การทดลองผลของอัตราการไหลของน้ำต่อการเจริญเติบโตของปลาคาร์พที่เลี้ยงในระบบน้ำหมุนเวียนแบบอัตโนมัติ ใช้เวลาดำเนินการเป็นเวลา 1 เดือน คือ เดือนเมษายน 2564

6. สถานที่ทำการทดลอง

ฟาร์มเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำและพืชน้ำจืดระยะ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหาร
ลาดกระบัง วิทยาเขตชุมพรเขตอุดมศักดิ์ จังหวัดชุมพร



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ผลและวิจารณ์

ผล

จากการศึกษาผลของอัตราการไหลของน้ำที่ต่างกันในระบบอัจฉริยะเป็นระยะเวลา 2 สัปดาห์ พบว่า

1. ปลาคาร์พ

1.1 น้ำหนัก

ปลาคาร์พที่เลี้ยงในระบบเซนเซอร์ควบคุมอัตราการไหลของน้ำเข้าสู่ชุดกรองที่แตกต่างกัน มีด้วยกัน 3 ชุดทดลอง พบว่าปลาคาร์พที่เลี้ยงมีน้ำหนักเฉลี่ยในวันเริ่มต้นไม่แตกต่างกันทางสถิติ คือมีน้ำหนักเฉลี่ยอยู่ระหว่าง 7.34-7.57 เซนติเมตร จากนั้นตรวจวัดการเจริญเติบโตของปลาคาร์พทุก 1 สัปดาห์ จนครบ 2 สัปดาห์ พบว่าน้ำหนักเฉลี่ยของปลาคาร์พในระหว่างชุดทดลองทั้ง 3 ชุดพบความแตกต่างกันทางสถิติ เมื่อสิ้นสุดการทดลอง (2 สัปดาห์) ชุดทดลองที่เลี้ยงปลาคาร์พในอัตราการไหลของน้ำที่ 500 ลิตร มีน้ำหนักปลาคาร์พเฉลี่ยสูงสุด 7.72 ± 0.50 กรัม รองลงมาคือชุดทดลองที่เลี้ยงปลาคาร์พในอัตราการไหลของน้ำที่ 700 ลิตร ที่มีค่าน้ำหนักเฉลี่ย 6.80 ± 0.72 กรัม และชุดทดลองที่เลี้ยงปลาคาร์พในอัตราการไหลของน้ำที่ 600 ลิตร มีน้ำหนักเฉลี่ยต่ำที่สุดคือ 6.07 ± 0.31 กรัม (ตารางที่ 3)

ตารางที่ 3 น้ำหนักของปลาคาร์พที่เลี้ยงในอัตราการไหลของน้ำต่างกันในระบบอัจฉริยะ

ชุดทดลอง	น้ำหนักของปลาคาร์พ (กรัม/ตัว)		
	วันที่ 0 ^{ns}	สัปดาห์ที่ 1 ^{ns}	สัปดาห์ที่ 2
อัตราการไหลของน้ำที่ 500 ลิตร	7.34 ± 0.55	7.05 ± 0.97	7.72 ± 0.50^a
อัตราการไหลของน้ำที่ 600 ลิตร	7.38 ± 0.70	6.86 ± 0.59	6.07 ± 0.31^b
อัตราการไหลของน้ำที่ 700 ลิตร	7.57 ± 0.21	6.40 ± 0.14	6.80 ± 0.72^{ab}

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

2. ค่าเฉลี่ยที่มีตัวอักษรภาษาอังกฤษตัวพิมพ์เล็กที่แตกต่างกันกำกับ แสดงความแตกต่างกันระหว่างค่าเฉลี่ยในแนวตั้งเดียวกัน ($p < 0.05$)

1.2 ความยาว

ปลาคาร์พที่เลี้ยงในระบบเซนเซอร์ควบคุมอัตราการไหลของน้ำเข้าสู่ชุดกรองที่แตกต่างกัน มีด้วยกัน 3 ชุดทดลอง พบว่าปลาคาร์พที่เลี้ยงมีความยาวเฉลี่ยในวันเริ่มต้นไม่แตกต่างกันทางสถิติ คือมีความยาวเฉลี่ยอยู่ระหว่าง 7.53-7.63 เซนติเมตร จากนั้นตรวจวัดการเจริญเติบโตของปลาคาร์พทุก 1 สัปดาห์ จนครบ 2 สัปดาห์ พบว่าความยาวเฉลี่ยของปลาคาร์พในระหว่างชุดทดลองทั้ง 3 ชุดมีค่าไม่

แตกต่างกันทางสถิติเหมือนกันทั้งในสัปดาห์ที่ 1 และ 2 โดยความยาวเฉลี่ยของปลาคาร์พมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นเป็นลำดับตามระยะเวลาการเลี้ยงที่ยาวนานขึ้น เมื่อสิ้นสุดการทดลอง (2 สัปดาห์) ความยาวของปลาคาร์พเฉลี่ยทั้ง 3 ชุดทดลองไม่แตกต่างกันทางสถิติคือ 7.61 ± 0.64 , 7.75 ± 0.45 , และ 7.98 ± 0.85 เซนติเมตร ในชุดทดลองที่ใช้อัตราการไหลของน้ำที่ 500, 600 และ 700 ลิตร ตามลำดับ (ตารางที่ 4)

ตารางที่ 4 ความยาวของปลาคาร์พที่เลี้ยงในอัตราการไหลของน้ำต่างกันในระบบอัจฉริยะ

ชุดทดลอง	ความยาวของปลาคาร์พ (เซนติเมตร/ตัว)		
	วันที่ 0 ^{ns}	สัปดาห์ที่ 1 ^{ns}	สัปดาห์ที่ 2 ^{ns}
อัตราการไหลของน้ำที่ 500 ลิตร	7.63 ± 0.73	7.31 ± 0.75	7.61 ± 0.64
อัตราการไหลของน้ำที่ 600 ลิตร	7.58 ± 0.60	7.32 ± 0.59	7.75 ± 0.45
อัตราการไหลของน้ำที่ 700 ลิตร	7.53 ± 0.65	7.47 ± 0.84	7.98 ± 0.85

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

2. ค่าเฉลี่ยที่มีตัวอักษรภาษาอังกฤษตัวพิมพ์เล็กที่ต่างกันกำกับ แสดงความแตกต่างกันระหว่างค่าเฉลี่ยในแนวตั้งเดียวกัน ($p < 0.05$)

1.3 อัตราการรอดตาย

ปลาคาร์พที่เลี้ยงในระบบเซนเซอร์อัตราการไหลของน้ำเข้าสู่ชุดกรองที่แตกต่างกันในระบบอัจฉริยะที่ 3 ระดับความเร็วน้ำ ในชุดทดลองควบคุมอัตราการไหลของน้ำที่ 500, 600 และ 700 ลิตร เมื่อเลี้ยงครบ 2 สัปดาห์ อัตราการรอดตายไม่แตกต่างกันทางสถิติคือ 83.34 ± 0.38 , 86.67 ± 0.34 , และ 91.67 ± 0.28 ตามลำดับ ซึ่งปลาคาร์พทั้ง 3 ชุดทดลองมีความแข็งแรงสมบูรณ์ดีไม่พบปลาที่พิการหรือการเจ็บป่วยของปลาคาร์พ (ตารางที่ 5)

ตารางที่ 5 อัตราการรอดตายเฉลี่ย (%) ของปลาคาร์พที่เลี้ยงในอัตราการไหลของน้ำต่างกันในระบบอัจฉริยะ

ชุดทดลอง	จำนวนปลาคาร์พที่		อัตราการรอดตาย (%) ^{ns}
	ปล่อย (ตัว)	ที่เหลือ (ตัว)	
อัตราการไหลของน้ำที่ 500 ลิตร	60	50	83.34 ± 0.38
อัตราการไหลของน้ำที่ 600 ลิตร	60	52	86.67 ± 0.34
อัตราการไหลของน้ำที่ 700 ลิตร	60	55	91.67 ± 0.28

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

2. การวัดสีของปลาการ์ฟสีส้ม

1. วัดสีลำตัวสีส้ม

ทำการวัดสีลำตัวปลาการ์ฟสีส้มโดยเครื่องวัดสี Centasia รุ่น CR-10 Plus ที่เลี้ยงในระบบ เซนเซอร์อัตราการไหลของน้ำเข้าสู่ชุดกรองที่แตกต่างกัน มีด้วยกัน 3 ชุดการทดลอง พบว่าปลาการ์ฟที่เลี้ยงมีค่าเฉลี่ยสีลำตัวในวันเริ่มต้นไม่แตกต่างกันทางสถิติ โดยมีค่าความสว่าง (L^*) เฉลี่ยอยู่ในช่วงระหว่าง 48.39-58.83 ค่าความเป็นสีส้มหรือสีเหลือง (a^*) มีค่าเฉลี่ยอยู่ในช่วงระหว่าง 15.03-18.70 และค่าความเป็นสีเหลืองหรือน้ำเงิน (b^*) มีค่าเฉลี่ยอยู่ในช่วงระหว่าง 34.92-40.43 จากนั้นตรวจวัดค่าสีลำตัวของปลาการ์ฟทุก 1 สัปดาห์ จนครบ 2 สัปดาห์ (ภาพที่ 13) พบว่า

ค่าความสว่างสีลำตัว (L^*) พบว่ามีแนวโน้มที่ค่าสว่างเพิ่มขึ้น โดยเลี้ยงปลาการ์ฟในชุดทดลองควบคุมอัตราการไหลของน้ำที่ต่างกัน 3 ระดับความเร็วน้ำในชุดทดลองควบคุมอัตราการไหลของน้ำที่ 500, 600 และ 700 ลิตร (L^*) เฉลี่ย 50.16 ± 0.48 , 48.11 ± 0.13 และ 57.47 ± 0.80 ตามลำดับ จะเห็นได้ว่าชุดทดลองที่เลี้ยงปลาการ์ฟในอัตราการไหลของน้ำที่ 700 ลิตร มีค่าความสว่าง (L^*) เฉลี่ยสูงสุด 57.47 ± 0.8 รองลงมาคือชุดทดลองที่เลี้ยงปลาการ์ฟในอัตราการไหลของน้ำที่ 500 ลิตร ที่มีค่าความสว่างเฉลี่ย 50.16 ± 0.48 ชุดทดลองที่เลี้ยงปลาการ์ฟในอัตราการไหลของน้ำที่ 600 ลิตร มีค่าความสว่างเฉลี่ยต่ำที่สุดคือ 48.11 ± 0.13 มีความแตกต่างกันทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญกับชุดทดลองที่เลี้ยงปลาการ์ฟในอัตราการไหลของน้ำที่ 500 และ 700 ลิตร

ค่าสีลำตัว (a^*) พบว่าสีผิวลำตัวของปลาการ์ฟมีแนวโน้มเฉดสีส้ม โดยเลี้ยงปลาการ์ฟในชุดทดลองควบคุมอัตราการไหลของน้ำที่ต่างกัน 3 ระดับความเร็วน้ำในชุดทดลองควบคุมอัตราการไหลของน้ำที่ 500, 600 และ 700 ลิตร (a^*) เฉลี่ย 19.12 ± 0.41 , 17.33 ± 0.21 และ 14.87 ± 0.90 ตามลำดับ ค่า (a^*) เป็นบวกลบแสดงว่าปลาการ์ฟทั้ง 3 ชุดทดลองมีแนวโน้มที่จะมีสีผิวลำตัวเป็นเฉดสีส้ม โดยชุดทดลองที่เลี้ยงปลาการ์ฟในอัตราการไหลของน้ำที่ 500 ลิตร มีค่าสีส้มเข้มเฉลี่ยสูงสุด 19.12 ± 0.41 กรัม รองลงมาคือชุดทดลองที่เลี้ยงปลาการ์ฟในอัตราการไหลของน้ำที่ 600 ลิตร ที่มีค่าเฉลี่ย 17.33 ± 0.21 กรัม ชุดทดลองที่เลี้ยงปลาการ์ฟในอัตราการไหลของน้ำที่ 700 ลิตร มีค่าเฉลี่ยต่ำที่สุดคือ 14.87 ± 0.90 มีความแตกต่างทางสถิติกับชุดทดลองที่เลี้ยงปลาการ์ฟในอัตราการไหลของน้ำที่ 500 และ 600 ลิตร

ค่าสีลำตัว (b^*) เมื่อเริ่มทดลองมีแนวโน้มเฉดสีเหลือง โดยเลี้ยงปลาการ์ฟในชุดทดลองควบคุมอัตราการไหลของน้ำที่ต่างกัน 3 ระดับความเร็วน้ำในชุดทดลองควบคุมอัตราการไหลของน้ำที่ 500, 600 และ 700 ลิตร (b^*) เฉลี่ย 38.80 ± 0.72 , 39.49 ± 0.10 , 40.61 ± 0.62 ตามลำดับ ค่า (b^*) เป็นบวกลบแสดงว่าปลาการ์ฟทั้ง 3 ชุดทดลองมีแนวโน้มที่จะมีสีผิวลำตัวเป็นเฉดสีเหลือง ซึ่งไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ และ

การแสดงออกของค่าความสว่างของสีผิวลำตัวปลา มีแนวโน้มที่จะลดลง แต่มีค่าสีส้มและค่าสีเหลืองสูงขึ้นอย่างชัดเจนที่สุดเมื่อเลี้ยงครบ 2 สัปดาห์ (ตารางที่ 6)

จากการศึกษาสีของลำตัวปลาคาร์พที่เลี้ยงในชุดต้นแบบควบคุมอัตราการไหลของน้ำทั้ง 3 ชุดทดลอง พบว่าในชุดทดลองที่เลี้ยงปลาคาร์พในอัตราการไหลของน้ำที่ 500 ลิตร มีแนวโน้มให้สีส้มเข้มมากที่สุด รองลงมาเป็นชุดทดลองที่เลี้ยงปลาคาร์พในอัตราการไหลของน้ำที่ 600 และ 700 ลิตร ตามลำดับ ซึ่งมีแนวโน้มให้สีลำตัวมีสีส้มจางที่สุด

ตารางที่ 6 ความเข้มสีส้มเฉลี่ยที่วัดจากลำตัวของปลาคาร์พด้วยเครื่องวัดสี Centasia รุ่น CR-10 Plus

ค่าสีลำตัวของปลา คาร์พ	ชุดทดลอง		
	อัตราการไหลของน้ำที่ 500 ลิตร	อัตราการไหลของน้ำที่ 600 ลิตร	อัตราการไหลของน้ำที่ 700 ลิตร
วันที่ 0			
L* ^{ns}	55.78±0.66	48.39±0.52	58.83±0.56
a* ^{ns}	18.70±0.23	17.86±0.90	15.03±0.53
b* ^{ns}	40.43±0.81	34.92±0.30	37.10±0.44
สัปดาห์ที่ 1			
L* ^{ns}	52.78±0.14	50.70±0.95	51.32±0.49
a*	15.47±0.23 ^b	19.81±0.78 ^a	16.68±0.54 ^{ab}
b*	40.52±0.39 ^a	41.71±0.72 ^a	15.47±0.22 ^b
สัปดาห์ที่ 2			
L*	50.16±0.48 ^{ab}	48.11±0.13 ^b	57.47±0.08 ^a
a*	19.12±0.41 ^a	17.33±0.21 ^{ab}	14.87±0.90 ^b
b* ^{ns}	40.61±0.62	39.49±0.07	38.80±0.72

หมายเหตุ 1. ns คือ non-significant แสดงความไม่แตกต่างกันระหว่างค่าเฉลี่ยในแนวตั้งเดียวกัน (p>0.05)

2. ค่าเฉลี่ยที่มีตัวอักษรภาษาอังกฤษตัวพิมพ์เล็กที่แตกต่างกันกำกับ แสดงความแตกต่างกันระหว่างค่าเฉลี่ยในแนวตั้งเดียวกัน (p<0.05)

2. วัดสีครีบบาง

ทำการวัดสีครีบบางปลาคาร์พโดยเครื่องวัดสี Centasia รุ่น CR-10 Plus ที่เลี้ยงในระบบเซนเซอร์อัตราการไหลของน้ำเข้าสู่ชุดกรองที่แตกต่างกัน มีด้วยกัน 3 ชุดการทดลอง พบว่าปลาคาร์พที่เลี้ยงมีค่าเฉลี่ยสีครีบบางในวันเริ่มต้นไม่แตกต่างกันทางสถิติ โดยมีค่าความสว่าง (L*) เฉลี่ยอยู่ในช่วงระหว่าง 30.96-33.71 ค่าความเป็นสีส้มหรือสีเขียว (a*) มีค่าเฉลี่ยอยู่ในช่วงระหว่าง 3.62-7.21 และค่า

ความเป็นสีเหลืองหรือน้ำเงิน (b^*) มีค่าเฉลี่ยอยู่ในช่วงระหว่าง 6.25-9.55 จากนั้นตรวจวัดค่าสีทางปลาการ์ฟทุก 1 สัปดาห์ จนครบ 2 สัปดาห์ พบว่า

ค่าสี (L^*) บริเวณครีบหางปลาการ์ฟในระหว่างชุดทดลองทั้ง 3 ชุดพบความแตกต่างกันทางสถิติเมื่อสิ้นสุดการทดลอง (2 สัปดาห์) โดยชุดทดลองที่เลี้ยงปลาการ์ฟในอัตราการไหลของน้ำที่ 700 ลิตร มีค่าความสว่างเฉลี่ยสูงสุด 52.92 ± 0.75 รองลงมาคือชุดทดลองที่เลี้ยงปลาการ์ฟในอัตราการไหลของน้ำที่ 600 ลิตร ที่มีค่าความสว่างเฉลี่ย 50.34 ± 0.46 ชุดทดลองที่เลี้ยงปลาการ์ฟในอัตราการไหลของน้ำที่ 500 ลิตร มีค่าความสว่างเฉลี่ยต่ำที่สุดคือ 43.96 ± 0.36 ไม่แตกต่างกันทางสถิติกับชุดทดลองที่เลี้ยงปลาการ์ฟในอัตราการไหลของน้ำที่ 600 ลิตร

ค่าสี (a^*) บริเวณครีบหางปลาการ์ฟในระหว่างชุดทดลองทั้ง 3 ชุดพบความแตกต่างกันทางสถิติเมื่อสิ้นสุดการทดลอง (2 สัปดาห์) พบว่าค่าสีมีแนวโน้มเฉดสีส้มและมีค่าเป็นบวก โดยชุดทดลองที่เลี้ยงปลาการ์ฟในอัตราการไหลของน้ำที่ 500 ลิตร มีค่าสีส้มเฉลี่ยสูงสุด 25.48 ± 0.31 และชุดทดลองที่เลี้ยงปลาการ์ฟในอัตราการไหลของน้ำที่ 600 และ 700 ลิตร มีค่าสีส้มเฉลี่ยต่ำสุด 17.30 ± 0.84 , 16.76 ± 0.37 ตามลำดับ ซึ่งมีสีส้มจางที่สุด ชุดทดลองที่เลี้ยงปลาการ์ฟในอัตราการไหลของน้ำที่ 600 และ 700 ลิตร ไม่แตกต่างกันทางสถิติ

ค่าสีลำตัว (b^*) บริเวณครีบหางปลาการ์ฟในระหว่างชุดทดลองทั้ง 3 ชุดพบความแตกต่างกันทางสถิติเมื่อสิ้นสุดการทดลอง (2 สัปดาห์) พบว่าค่าสีมีแนวโน้มเฉดสีเหลืองและมีค่าเป็นบวก โดยชุดทดลองที่เลี้ยงปลาการ์ฟในอัตราการไหลของน้ำที่ 500 ลิตร มีค่าสีเหลืองเฉลี่ยสูงสุด 34.16 ± 0.42 รองลงมาคือชุดทดลองที่เลี้ยงปลาการ์ฟในอัตราการไหลของน้ำที่ 700 ลิตร มีค่าสีเหลืองเฉลี่ย 26.05 ± 0.28 ชุดทดลองที่เลี้ยงปลาการ์ฟในอัตราการไหลของน้ำที่ 600 ลิตร มีค่าสีเหลืองเฉลี่ยต่ำที่สุดคือ 23.53 ± 0.65 ซึ่งการแสดงออกของค่าความสว่างของสีหางปลาที่มีแนวโน้มที่จะเพิ่มขึ้น และค่าสีส้มและค่าสีเหลืองสูงขึ้นอย่างชัดเจนที่สุดเมื่อเลี้ยงครบ 2 สัปดาห์ (ตารางที่ 7)

จากการศึกษาสีครีบหางของปลาการ์ฟที่เลี้ยงในชุดต้นแบบควบคุมอัตราการไหลของน้ำทั้ง 3 ชุดทดลอง พบว่าในชุดทดลองที่เลี้ยงปลาการ์ฟในอัตราการไหลของน้ำที่ 500 ลิตร มีแนวโน้มให้สีของครีบหางมีสีส้มเข้มมากที่สุด รองลงมาเป็นชุดทดลองที่เลี้ยงปลาการ์ฟในอัตราการไหลของน้ำที่ 600 และ 700 ลิตร ตามลำดับ ซึ่งมีแนวโน้มให้สีลำตัวมีสีส้มจางที่สุด

ตารางที่ 7 ความเข้มสีเฉลี่ยที่วัดจากครีบหางของปลาคาร์พด้วยเครื่องวัดสี Centasia รุ่น CR-10 Plus

ค่าสีครีบหางของปลา คาร์พ	ชุดทดลอง		
	อัตราการไหลของน้ำที่ 500 ลิตร	อัตราการไหลของน้ำที่ 600 ลิตร	อัตราการไหลของน้ำที่ 700 ลิตร
วันที่ 0 ^{ns}			
L* ^{ns}	30.96±0.03	32.79±0.12	33.71±0.77
a* ^{ns}	7.21±0.58	4.65±0.92	3.62±0.56
b* ^{ns}	9.55±0.40	7.27±0.57	6.25±0.60
สัปดาห์ที่ 1			
L*	45.82±0.63 ^b	54.60±0.65 ^a	52.89±0.27 ^a
a* ^{ns}	23.06±0.62	17.69±0.55	21.12±0.90
b*	36.35±0.19 ^a	25.18±0.14 ^b	34.03±0.84 ^{ab}
สัปดาห์ที่ 2			
L*	43.96±0.36 ^b	50.34±0.46 ^{ab}	52.92±0.75 ^a
a*	25.48±0.31 ^a	17.30±0.84 ^b	16.76±0.37 ^b
b*	34.16±0.42 ^a	23.53±0.65 ^b	26.05±0.28 ^{ab}

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

2. ค่าเฉลี่ยที่มีตัวอักษรภาษาอังกฤษตัวพิมพ์เล็กที่แตกต่างกันกำกับ แสดงความแตกต่างกันระหว่างค่าเฉลี่ยในแนวตั้งเดียวกัน ($p < 0.05$)



ภาพที่ 13 การวัดสีลำตัวและครีบหางของปลาคาร์พที่เลี้ยงในชุดต้นแบบควบคุมอัตราการไหลของน้ำที่ต่างกัน

3. คุณภาพน้ำ

การเลี้ยงปลาкарพ์ในชุดต้นแบบควบคุมอัตราการไหลของน้ำที่แตกต่างกันระดับคือ 500, 600 และ 700 ลิตร เป็นเวลา 2 สัปดาห์ ดำเนินการตรวจวัดและวิเคราะห์ค่าคุณภาพน้ำรวม 2 ค่าได้แก่ ความเป็นกรด-ด่าง (pH) และอุณหภูมิ

1. อุณหภูมิ (Temperature)

อุณหภูมิของน้ำที่ใช้ในการเลี้ยงปลาкарพ์ในระหว่างการทดลองจะทำการตรวจวัดทุกๆ 1 สัปดาห์ จนครบ 2 สัปดาห์ พบว่ามีค่าอุณหภูมิน้ำเฉลี่ยในทุกชุดทดลองทั้ง 3 ชุดไม่แตกต่างกันทางสถิติ โดยมีค่าอยู่ระหว่าง 29.1-30.0 องศาเซลเซียส (ตารางที่ 8)

2. ความเป็นกรด-ด่าง (pH)

ความเป็นกรดเป็นด่างเฉลี่ยของน้ำที่เลี้ยงปลาкарพ์ในวันเริ่มการทดลองทุกชุดทดลองมีค่าไม่แตกต่างกันทางสถิติคือ 8.17-8.22 พบความแตกต่างกันทางสถิติ เมื่อตรวจวัดผลในระหว่างชุดทดลองทั้ง 3 ชุดของสัปดาห์ เมื่อเลี้ยงปลาкарพ์ครบ 2 สัปดาห์ พบว่าชุดทดลองที่เลี้ยงปลาкарพ์ในอัตราการไหลของน้ำที่ 600 ลิตร มีค่าความเป็นกรดเป็นด่างสูงสุด 8.68 ± 0.04 แต่มากกว่าอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ กับชุดทดลองที่เลี้ยงปลาкарพ์ในอัตราการไหลของน้ำที่ 500 และ 700 ลิตร มีค่าความเป็นกรดเป็นด่าง คือ 8.52 ± 0.04 และ 8.47 ± 0.04 ตามลำดับ (ตารางที่ 9)

ตารางที่ 8 อุณหภูมิ (องศาเซลเซียส) เฉลี่ยของน้ำที่เลี้ยงปลาคาร์พในอัตราการไหลของน้ำต่างกัน

ชุดทดลอง	อุณหภูมิ (องศาเซลเซียส)		
	วันที่ 0 ^{ns}	สัปดาห์ที่ 1 ^{ns}	สัปดาห์ที่ 2 ^{ns}
อัตราการไหลของน้ำที่ 500 ลิตร	29.5±0.25	30.0±0.81	29.5±0.35
อัตราการไหลของน้ำที่ 600 ลิตร	29.8±0.35	30.0±0.62	30.0±0.36
อัตราการไหลของน้ำที่ 700 ลิตร	29.7±0.51	30.3±0.20	29.1±0.56

หมายเหตุ 1. ns คือ non-significant แสดงความไม่แตกต่างกันระหว่างค่าเฉลี่ยในแนวตั้งเดียวกัน (p>0.05)

ตารางที่ 9 ความเป็นกรด-ด่างเฉลี่ยของน้ำที่เลี้ยงปลาคาร์พในอัตราการไหลของน้ำต่างกัน

ชุดทดลอง	ความเป็นกรดต่าง (pH)		
	วันที่ 0 ^{ns}	สัปดาห์ที่ 1 ^{ns}	สัปดาห์ที่ 2
อัตราการไหลของน้ำที่ 500 ลิตร	8.18±0.05	8.26±0.02	8.52±0.04 ^b
อัตราการไหลของน้ำที่ 600 ลิตร	8.22±0.05	8.33±0.06	8.68±0.04 ^a
อัตราการไหลของน้ำที่ 700 ลิตร	8.17±0.04	8.27±0.04	8.47±0.04 ^b

หมายเหตุ 1. ns คือ non-significant แสดงความไม่แตกต่างกันระหว่างค่าเฉลี่ยในแนวตั้งเดียวกัน (p>0.05)

2. ค่าเฉลี่ยที่มีตัวอักษรภาษาอังกฤษตัวพิมพ์เล็กที่แตกต่างกันกำกับ แสดงความแตกต่างกันระหว่างค่าเฉลี่ยในแนวตั้งเดียวกัน (p<0.05)

วิจารณ์

การจัดทำชุดต้นแบบควบคุมอัตราการไหลของน้ำอัตโนมัติ สามารถผลิตได้สำเร็จตามที่ออกแบบ และมีการทำงานได้ดีมีประสิทธิภาพในการใช้งานสูง เพราะทำในระบบปิด สามารถใช้ในการวัดปริมาณการไหลของน้ำที่ต้องการได้จริง ซึ่งมีองค์ประกอบหลักที่สำคัญประกอบไปด้วย 2 ระบบคือ ระบบอัตราการไหลของน้ำ และระบบกรองน้ำกายภาพและกรองชีวภาพ ระบบอัตราการไหลของน้ำ เป็นระบบควบคุมและวัดปริมาณน้ำที่ไหลผ่านในท่อเข้าสู่ชุดกรองน้ำเพิ่มบอลลวาล์วเพื่อใช้ในการปรับการไหลของน้ำที่ 500, 600 และ 700 ลิตร/ชั่วโมง (ยังไม่พบงานวิจัยที่ทำการทดลองในลักษณะนี้) และระบบกรองน้ำกายภาพและชีวภาพ ใช้ตัวพ่นน้ำ AP 3800 และ 8500 ลิตร/ชั่วโมง ทำให้แรงดันมากขึ้นทำให้น้ำถูกส่งเข้าตัว Water Flow Sener ได้อย่างมีประสิทธิภาพและตรวจเช็คในส่วนของข้อต่อที่รั่วไหลและอุดรอยรั่วด้วยกาวทำให้ปริมาณน้ำที่หายไปลดน้อยลง ตัดแปลงจากงานทดลองของ ประสิทธิ์ (2562) ที่ทำการเลี้ยงปลาหมอไทยร่วมกับไม้น้ำอเนกประสงค์ในระบบบอควาโบนิคส์ที่มีชุดกรองชีวภาพในการบำบัดน้ำที่แตกต่างกันโดยชุดการทดลองที่ใช้วัสดุกรองเป็นหินภูเขาไฟ+ไบโอบอลในอัตราการไหลที่ 900 ลิตร/ชั่วโมง ให้ผลการเจริญเติบโตของปลาหมอไทย และคุณภาพน้ำที่เหมาะสมในการเลี้ยงดีที่สุด

การทำชุดต้นแบบควบคุมอัตราการไหลของน้ำอัตโนมัติ ไปใช้เลี้ยงปลาการ์ฟในอัตราการไหลของน้ำ 3 ระดับความเร็วน้ำคือ 500, 600 และ 700 ลิตร/ชั่วโมง เป็นเวลา 2 สัปดาห์ พบว่าชุดการทดลองที่ 1 ที่เลี้ยงปลาการ์ฟในอัตราการไหลของน้ำที่ 500 ลิตร นั้นให้ประสิทธิภาพการเจริญเติบโตของปลาการ์ฟได้ดีที่สุด เพราะให้ผลด้านค่าน้ำหนักของปลาการ์ฟมากที่สุดเท่ากับ 7.72 ± 0.50 กรัม ซึ่งแตกต่างกับชุดทดลองที่ 2 และ 3 ที่เลี้ยงปลาการ์ฟในอัตราการไหลของน้ำที่ 600 และ 700 ลิตร ที่ให้ผลด้านค่าน้ำหนักของปลาการ์ฟเพียง ค่า 6.80 ± 0.72 และ 6.07 ± 0.31 กรัม ตามลำดับ ในขณะที่ค่าความยาวและอัตราการรอดตายของปลาการ์ฟเมื่อสิ้นสุดการทดลองของทั้ง 3 ชุดการทดลองมีค่าไม่แตกต่างกันทางสถิติ

ในขณะที่ค่าสีของลำตัวและครีบหางของปลาการ์ฟที่ได้รับอาหารผสมแคโรทีนอยด์ พบว่าชุดทดลองที่ 1 ที่เลี้ยงปลาการ์ฟในอัตราการไหลของน้ำที่ 500 ลิตร ปลาการ์ฟมีค่าความเข้มสีส้มมากที่สุด โดยพบค่าสีส้มของตัวปลาสูงสุดคือ 19.12 ± 0.41 แตกต่างกับชุดทดลองที่ 2 และ 3 ที่เลี้ยงปลาการ์ฟในอัตราการไหลของน้ำที่ 600 และ 700 ลิตร ที่มีค่าความเข้มสีส้มน้อยกว่าชุดการทดลองที่ 1 เท่ากับ 17.33 ± 0.21 และ 14.87 ± 0.90 ตามลำดับ ส่วนค่าความสว่างของสีลำตัวลดต่ำลง เมื่อความเข้มข้นของสีผิวสูงขึ้นส่งผลให้ค่าความสว่างสีผิวที่ปรากฏลดลง สอดคล้องกับงานวิจัยของ อรพิน และคณะ (2548) ได้ศึกษาระดับความเหมาะสมปลาแพนซีการ์ฟที่เลี้ยงด้วยอาหารผสมแคโรทีนอยด์รวม 96.2 และ 103.9 ไมโครกรัม/กรัม ส่งผลต่อการเพิ่มขึ้นของสีแดงบนผิวหนังมากกว่าปลาแพนซีการ์ฟกลุ่มอื่นๆ เช่นเดียวกับ

จินตรา และคณะ (2559) ทดลองผลของการเสริมไร่น้ำนางฟ้าไทยชนิดผงต่อความเข้มสีผิวและอัตราการเจริญเติบโตของลูกปลาแพนซีคาร์พที่ระดับความเข้มข้นของแคโรทีนอยด์ต่างกันนาน 90 วัน ส่งผลทำให้สีผิวลำตัวมีค่าความสว่างลดลงแต่พบค่าสีแดงและเหลืองเพิ่มสูงขึ้น

ส่วนค่าสีของครีบหางของปลาคาร์พที่ได้รับอาหารผสมแคโรทีนอยด์ พบว่าชุดทดลองที่ 1 ที่เลี้ยงปลาคาร์พในอัตราการไหลของน้ำที่ 500 ลิตร ปลาคาร์พมีค่าความเข้มสีส้มมากที่สุด โดยพบค่าสีส้มของหางสูงสุดคือ 25.48 ± 0.31 แตกต่างกับชุดทดลองที่ 2 และ 3 ที่เลี้ยงปลาคาร์พในอัตราการไหลของน้ำที่ 600 และ 700 ลิตร ที่มีค่าความเข้มสีส้มน้อยกว่าชุดการทดลองที่ 1 เท่ากับ 17.30 ± 0.84 และ 16.76 ± 0.37 ตามลำดับ สอดคล้องกับงานวิจัยของ กฤษณา และคณะ (2563) ได้ศึกษาผลของสาหร่ายสไปรูลีนาและแอสตาแซนทินสังเคราะห์ต่อสีของปลาทรงเครื่อง ได้รับแอสตาแซนทินต่างกัน 3 ระดับ 0, 50 และ 100 มิลลิกรัม/อาหาร 1 กิโลกรัม พบว่าอาหารที่ให้แอสต้าแซนทินที่ 50 มิลลิกรัม/อาหาร 1 กิโลกรัม ส่งผลให้ค่าความเข้มบริเวณสีครีบหางดีที่สุด

ค่าคุณภาพน้ำเมื่อสิ้นสุดการทดลองเป็นระยะเวลา 2 สัปดาห์ ในระบบควบคุมอัตราการไหลของน้ำอัตโนมัติที่ต่างกัน ได้แก่ 500, 600 และ 700 ลิตร ตามลำดับ พบว่าทั้ง 3 ชุดการทดลองมีค่าคุณภาพน้ำที่ดี อยู่ในค่าที่เหมาะสมแก่การเลี้ยงปลาคาร์พ ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ โดยมีค่าเฉลี่ยอุณหภูมิของน้ำอยู่ที่ 29.1-30.0 องศาเซลเซียส ค่าเฉลี่ยค่าเป็นกรด-ด่างของน้ำ 8.48-8.68 ซึ่งสอดคล้องกับ มั่นสิน และไพรวรรณ (2538) ที่รายงานว่าอุณหภูมิที่เหมาะสมสำหรับเลี้ยงสัตว์น้ำมีค่าอยู่ในช่วง 25.0-32.0 องศาเซลเซียส ค่าความเป็นกรด-ด่าง อยู่ในช่วง 6.5-9.0 เช่นเดียวกับ จินตรา และคณะ (2559) ที่กล่าวว่าคุณภาพน้ำอยู่ในระดับที่เหมาะสมต่อการเลี้ยงลูกปลาแพนซีคาร์พปกติที่ปลาสามารถเจริญเติบโตได้ดี ในช่วงต่างๆ ดังนี้ ความเป็นกรดเป็นด่างเท่ากับ 6.5-9 อุณหภูมิเท่ากับ 25-32 องศาเซลเซียส ปริมาณออกซิเจนที่ละลายในน้ำมากกว่า 5 มิลลิกรัม/ลิตร ค่าแอมโมเนียรวม 1.0-1.2 มิลลิกรัม/ลิตร ค่าความกระด้างรวมอยู่ระหว่าง 20-150 มิลลิกรัม/ลิตร และสภาพต่างรวม 20-150 มิลลิกรัม/ลิตร

สรุปและข้อเสนอแนะ

สรุป

1. สามารถสร้างชุดต้นแบบอัตราการไหลของน้ำแบบอัตโนมัติเพื่อใช้วัดปริมาณน้ำได้ โดยชุดต้นแบบดังกล่าวมีประสิทธิภาพการทำงานที่ดีและช่วยวัดอัตราการไหลของน้ำได้จริง
2. ชุดทดลองที่เลี้ยงปลาคาร์พในอัตราการไหลของน้ำที่ 500 ลิตร/ชั่วโมง มีอัตราการเจริญเติบโตสูงสุดคือ มีผลค่าน้ำหนักเฉลี่ย 7.72 ± 0.50 กรัม มีค่าสีความเข้มสีส้มสูงสุดคือ สีลำตัวปลาที่มีความเข้มสี 19.12 ± 0.41 และสีครีบหาง 25.48 ± 0.31
3. คุณภาพน้ำที่ตรวจวัด ได้แก่ ความเป็นกรด-ด่าง และอุณหภูมิ เหมาะสมต่อการเจริญเติบโตและการดำรงชีวิตของปลาคาร์พ

ข้อเสนอแนะ

1. ควรมีการตรวจวัดคุณภาพน้ำอื่นๆ เพิ่มเติม เช่น ปริมาณออกซิเจนละลายน้ำ ค่า BOD เป็นต้น
2. ควรเพิ่มระบบอัตโนมัติอื่นๆ เช่น เครื่องให้อาหารอัตโนมัติ เป็นต้น เพื่อเลี้ยงปลาคาร์พในบ่อซีเมนต์ระบบอัจฉริยะ สะดวกในการดูแลง่ายขึ้น
3. ควรนำชุดต้นแบบอัตราการไหลของน้ำอัตโนมัติไปใช้เลี้ยงสัตว์น้ำอื่นๆ

เอกสารและสิ่งอ้างอิง

- ชวนันท์ อ้อสปอนด์พันธ์. 2562. **ผลของมันม่วงในสูตรอาหารต่อการเร่งสีปลาการ์ฟ**. ปัญหาพิเศษ. ปริญญาตรี, สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง วิทยาเขตชุมพรเขตอุดมศักดิ์. จังหวัดชุมพร.
- ธิดินันท์ ขวัญสด. ม.ป.ป. **คู่มือการเลี้ยงปลาแฟนซีคาร์ฟ**. หน้า 2-11.
- ประสิทธิ์ บุญสวัสดิ์. 2562. **ชนิดของวัสดุรองชีวภาพที่เหมาะสมต่อการเลี้ยงปลาหมอไทยชุมพรและไม้น้ำอนุเบียส**. ปัญหาพิเศษปริญญาตรี, สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง วิทยาเขตชุมพรเขตอุดมศักดิ์. จังหวัดชุมพร.
- พงษ์พัฒน์ สงระวี. 2557. **ประสิทธิภาพของเครื่องให้อาหารมีชีวิตอัตโนมัติเพื่ออนุบาลลูกปลาสุมาตราลายเสือ**. ปัญหาพิเศษปริญญาตรี, สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง วิทยาเขตชุมพรเขตอุดมศักดิ์. จังหวัดชุมพร.
- ภิญโญ พาณิชพันธ์, พิณฑิพ รื่นวงษา, ศศิวิมล แสงผล, จงดี โตลิ้ม และยุพา ตั้งสากล. มลพิษทางน้ำ : นิเวศวิทยาและสิ่งแวดล้อม. สถาบันพัฒนาการเรียนรู้อ. หน้า 1-6. **ประกาศกระทรวงทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม**.
- มงคล จงสุพรรณพงศ์ และ สันหัตถ์ ศิริอนันต์ไพบูลย์. 2552. **เครื่องบำบัดน้ำเสียด้วยโอโซนในสภาพความดันสูงสำหรับบ่อเลี้ยงกุ้งและชุมชน**. วารสารวิชาการศึกษาศาสตร์ 10 (1).
- วนิดา ชูอักษร. 2555. **เทคโนโลยีการกำจัดสีในน้ำเสียอุตสาหกรรม**. วารสารวิทยาศาสตร์บูรพา 17 (1): 181-191 หน้า.
- สาวิกา กัลปพฤกษ์ และ สิทธิ กุหลาบทอง. 2556. **การประยุกต์ใช้หอยสองฝาในการจัดการคุณภาพน้ำ**. วารสารวิชาการ Veridian E-Journal 6 (3): 846-859 หน้า.
- สาวิกา กัลปพฤกษ์, สิทธิ กุหลาบทอง และ ญาณนันท์ สุนทรกิจ. 2557. **การใช้สัตว์หน้าดินในการบำบัดฟื้นฟูทางชีวภาพของคุณภาพน้ำและดินตะกอนในระบบการเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำ**. Veridian E-Journal Science and Technology Silpakorn University 1 (5): 41-51 หน้า.
- สำนักงานวิจัยและพัฒนาประมงน้ำจืด. 2555. **คู่มือ การหาสาเหตุ การสังเกตอาการ ป้องกัน และการรักษาสัตว์น้ำป่วยหรือตาย**. หน้า 1-2.
- สุรศักดิ์ วงศ์กิตติเวชกุล. พิมพ์ครั้งที่ 2 2546. **คู่มือการเลี้ยงปลาการ์ฟ**. บริษัท เอ็ม ซีพีฟลาย จำกัด. กรุงเทพฯ. 421 หน้า.
- อรพินท์ จินตสถาพร, บัณฑิต ยวงสร้อย และ ประเสริฐ สมิตธิวงศ์. (2548). **เรื่องเต็มการประชุมทางวิชาการของมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ ครั้งที่ 43: สาขาประมง สาขาการจัดการทรัพยากรและสิ่งแวดล้อม**. ระดับ

เหมาะสมของคาร์ทีนอยด์รวมต่อความเข้มสีปลาคาร์ฟ (Cyprinus carpio). กรุงเทพฯ: สำนักงานกองทุนสนับสนุนการวิจัย. 574 หน้า.

Goodwin T.W. 1984. The biochemistry of the carotenoids. Volume II animals. Chapman and Hall. New york. 224 p

Katayama T., K. Shintani and Chichester, C. O. 1973. The biosynthesis of astaxanthin. Comp. Biochem. Physiol. 448: 253 – 257.

Kearnthum, A. 1999. **Experimental Design Technique**. Department of Statistics, Faculty of Science, Kasetsart University, Bangkok, Thailand. [in Thai].

Kottelat, M. and J. Freyhof, 2007 **คู่มือปลาน้ำจืดในยุโรป** สิ่งพิมพ์ Kottelat, Cornol และ Freyhof, Berlin 646 หน้า.

Paripatananont T., J. Tangtrongpairaj, A. Sailasuta and N. Chansue. 1999. Effect of a astaxanthin on pigmentation of goldfish (Carassius auratus). **Journal of the World Aquaculture Soc.**30: 454-460.

Spillman, C.-J., 1961. Faune de France: Poissons d'eau douce. Fédération Française des Sociétés Naturelles, Tome 65. Paris. 303 p.ed

ประวัติการศึกษา



ชื่อ	นายภาณุพงศ์ โชติกวณิช
เกิดวันที่	4 มิถุนายน 2541
สถานที่เกิด	อำเภอปะทิว จังหวัดชุมพร
ประวัติการศึกษา	มัธยมศึกษา: โรงเรียนปะทิววิทยา จังหวัดชุมพร ปริญญาตรี: วิทยาศาสตร์บัณฑิต (วิทยาศาสตร์การประมงและ ทรัพยากรทางน้ำ) สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหาร ลาดกระบัง วิทยาเขตชุมพรเขตรอุดมศักดิ์ จังหวัดชุมพร

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้