ชุดต้นแบบการควบคุมของแข็งละลายน้ำอัตโนมัติสำหรับการเลี้ยงปลาคาร์พ

(*Cyprinus carpio* (Linnaeus, 1758)

The Prototype Kit for the Automatic Control of Dissolved Solids for *Cyprinus carpio* (Linnaeus, 1758) Farming

นายชนาธิป ชนะรบ

โครงงานพิเศษนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิทยาศาสตรบัณฑิต

สาขาวิทยาศาสตร์การประมงและทรัพยากรทางน้ำ

ภาควิชาเทคโนโลยีการเกษตร

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง วิทยาเขตชุมพรเขตรอุดมศักดิ์ จังหวัดชุมพร

ปีการศึกษา 2564

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ชุดต้นแบบการควบคุมของแข็งละลายน้ำอัตโนมัติสำหรับการเลี้ยงปลาคาร์พ

(*Cyprinus carpio* (Linnaeus, 1758)

The Prototype Kit for the Automatic Control of Dissolved Solids for *Cyprinus carpio* (Linnaeus, 1758) Farming

นายชนาธิป ชนะรบ

โครงงานพิเศษนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิทยาศาสตรบัณฑิต

สาขาวิทยาศาสตร์การประมงและทรัพยากรทางน้ำ

ภาควิชาเทคโนโลยีการเกษตร

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบังวิทยาเขตชุมพรเขตรอุดมศักดิ์ จังหวัดชุมพร

ปีการศึกษา 2564

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

โครงงานพิเศษปีการศึกษา 2564

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

เรื่อง

ชุดต้นแบบการควบคุมของแข็งละลายน้ำอัตโนมัติสำหรับการเลี้ยงปลาคาร์พ

(*Cyprinus carpio* (Linnaeus, 1758)

The Prototype Kit for the Automatic Control of Dissolved Solids for *Cyprinus carpio* (Linnaeus, 1758) Farming

ผู้จัดทำ

นายชนาธิป ชนะรบ

นับเป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาตรี วิทยาศาสตรบัณฑิต

สาขาวิทยาศาสตร์การประมงและทรัพยากรทางน้ำ

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง วิทยาเขตชุมพรเขตรอุดมศักดิ์ จังหวัดชุมพร

เห็นชอบ/รับรอง

(อาจารย์จักรพงษ์ ศรีพนมยม)

อาจารย์ที่ปรึกษา

โครงงานพิเศษนี้เป็นลิขสิทธิ์ของสถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

วิทยาเขตชุมพรเขตรอุดมศักดิ์ จังหวัดชุมพร

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

โครงงานพิเศษปีการศึกษา 2564

เรื่อง

ชุดต้นแบบการควบคุมของแข็งละลายน้ำอัตโนมัติสำหรับการเลี้ยงปลาคาร์พ (*Cyprinus carpio* (Linnaeus, 1758)

The Prototype Kit for the Automatic Control of Dissolved Solids for *Cyprinus carpio* (Linnaeus, 1758) Farming.

โดย

นายชนาธิป ชนะรบ

เสนอ

หลักสูตรวิทยาศาสตร์การประมงและทรัพยากรทางน้ำ

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง วิทยาเขตชุมพรเขตรอุดมศักดิ์ จังหวัดชุมพร

เพื่อความสมบูรณ์แห่งปริญญาวิทยาศาสตรบัณฑิต สาขาวิทยาศาสตร์การประมงและทรัพยากรทางน้ำ

ปีการศึกษา 2564

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ชื่อเรื่อง	ชุดต้นแบบการควบคุมของแข็งละลายน้ำอัตโนมัติสำหรับการเลี้ยงปลาคาร์พ (*Cyprinus carpio* (Linnaeus, 1758)
โดย	นายชนาธิป ชนะรบ
หลักสูตร	วิทยาศาสตร์การประมงและทรัพยากรทางน้ำ
คณะ	เทคโนโลยีการเกษตร
อาจารย์ที่ปรึกษา	อาจารย์จักรพงษ์ ศรีพนมยม

บทคัดย่อ

ชุดต้นแบบการควบคุมของแข็งละลายน้ำ (TDS) ในน้ำที่เลี้ยงปลาคาร์พแบบอัตโนมัติ จัดสร้างขึ้นโดยมีวัตถุประสงค์เพื่ออำนวยความสะดวกในการเลี้ยงปลาคาร์พ ลดเวลาการทำงาน ลดแรงงาน ประหยัดค่าใช้จ่าย มีความสะดวกในการเลี้ยง โดยมีหลักการหลักคือ การตั้งค่าเพื่อควบคุมปริมาณของแข็งละลายน้ำให้เหมาะสมกับปลาคาร์พ โดยการใช้บอร์ดไมโครคอนโทรเลอร์ (Arduino Uno) ที่อัพโหลด code เพื่อรับค่าจาก TDS Sensor มาประมวลผลเพื่อคำนวณค่าปริมาณของแข็งละลายน้ำ หากปริมาณของแข็งละลายน้ำ เกินกว่าค่าที่กำหนด บอร์ดไมโครคอนโทรเลอร์ (Arduino Uno) จะสั่งให้ปั๊มทำงานผ่าน relay 5v เพื่อกรองน้ำผ่านระบบกรอง ซึ่งกำหนดค่าปริมาณของแข็งละลายน้ำ ไว้ที่ 470 ส่วนในล้าน และใช้จอ Character LCD 16x2 แสดงผลค่าปริมาณของแข็งละลายน้ำ ชุดต้นแบบดังกล่าวสามารถจัดสร้างขึ้นได้ตามการออกแบบที่วางไว้และทำงานได้ตามปกติ ส่วนการศึกษาประสิทธิภาพของชุดต้นแบบดังกล่าวพบว่าการปล่อยปลาคาร์พที่ความหนาแน่น 30, 40 และ 50 ตัว/ตารางเมตร เป็นระยะเวลา 4 สัปดาห์ ให้อาหารเม็ดสำเร็จรูปชนิดเม็ดลอยน้ำ 2 ครั้ง ที่เวลา 8.30 และ 17.30 น. ที่ 5% ของน้ำหนักตัวตลอดการทดลอง พบว่าทั้ง 3 ชุดทดลองมีน้ำหนักไม่แตกต่างกันทางสถิติคือ 24.12-27.90 กรัม/ตัว ความยาวเฉลี่ยไม่แตกต่างกันทางสถิติคือ 12.36-13.04 เซนติเมตร/ตัว และอัตรารอดตายเท่ากันคือ 100% ชุดทดลองที่เลี้ยงปลาคาร์พ 40 ตัว/ตารางเมตร มีปริมาณของแข็งละลายน้ำสูงสุดคือ 262.86±6.52 ส่วนในล้าน ไม่แตกต่างกันทางสถิติกับชุดที่เลี้ยงปลาคาร์พ 50 ตัว/ตารางเมตร แต่สูงกว่า ($p<0.05$) ชุดที่เลี้ยงปลาคาร์พ 30 ตัว/ตารางเมตร เมื่อพิจารณาความคุ้มทุนของการเลี้ยงในระยะยาวควรเลี้ยงปลาคาร์พด้วยชุดต้นแบบการควบคุมของแข็งละลายน้ำอัตโนมัติที่ระดับความหนาแน่น 50 ตัว/ตารางเมตร

คำสำคัญ : **ปลาคาร์พ ชุดต้นแบบ ชุดควบคุมของแข็งละลายน้ำ อัตโนมัติ ความหนาแน่น**

ชนาธิป ชนะรบ ....

ลายมือชื่อนักศึกษา ลายมือชื่ออาจารย์ที่ปรึกษา

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Title	The Prototype Kit for the Automatic Control of Dissolved Solids for *Cyprinus carpio* (Linnaeus, 1758) Farming.
By	Mr.Chanatip Chanarob
Major	Agricultural Technology (Fishery Science and Aquatic Resources)
Faculty	Prince of Chumphon Campus
Advisor	Mr. Jakkrapong Sripanomyom

Abstract

Dissolved Solids Control (TDS) prototype kit in autonomous Cyprinus carpio water organized with the purpose of facilitating Cyprinus carpio farming, reducing working time and labor, saving cost, and being convenient for feeding, regarding the main principle of setting to control the suitable dissolved solids for Cyprinus carpio using a microcontroller board (Arduino Uno) to upload the code in order to obtain the value from the TDS sensor andfor an assessment to calculate the dissolved solids content whether the dissolved solid content exceeds the specified value. The microcontroller board (Arduino Uno) directs the pump via a 5v relay to filter the water through the filtration system. The dissolved solids (TDS) were set at 470 ppm and used a 16x2 Character LCD to display the dissolved solids The prototype mentioned a bove is feasible as it was designed and works properly for the study of the prototype kit's CFF:ciency it was found that for Cyprinus carpio releasing density at 30, 40 and 50 fish/m^2 for a period of 4 weeks and fed the finished pellet fed floating pellet twice a day at 8.30 and 17.30 hrs. AT 5% of the body weight throughout the experiment, It was found that the three experimental sets were not significantly different in weight (24.12-27.90 g/pc) and the mean length was not statistically different (12.36-13.04 cm/pc), and the same survival rate was 100%. For the experimental set whioh was fed 40 Cyprinus carpio/square meter, it was observed that the highest dissolved solids content was 262.86±6.52 ppm, not statistically different from the 50 Cyprinus carpio/m^2 set, but higher ($p<0.05$). than the 30 Cyprinus carpio/m^2 set. When considering the cost-effectiveness of long-term rearing, Cyprinus carpio should be fed with the automatic dissolved solids control prototype at a density of 50 fish/m^2.

Keywords : *Cyprinus carpio*, prototype kit, dissolved solids control, auto density

......Chanatip Chanarob......	....
Student is signature	Advisor is signature

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

คำนิยม

ข้าพเจ้า นายชนาธิป ชนะรบ ได้ทำการศึกษา ชุดต้นแบบการควบคุมของแข็งละลายน้ำอัตโนมัติสำหรับการเลี้ยงปลาคาร์พ ตั้งแต่ 26 กุมภาพันธ์ 2564 ทำให้ข้าพเจ้าได้รับความรู้ ประสบการณ์ในการวางแผนงาน และได้ฝึกปฏิบัติงานตามแผนงานจนบรรลุเป้าหมาย ข้าพเจ้าขอขอบพระคุณ อาจารย์จักรพงษ์ ศรีพนมยมที่ให้คำปรึกษา รวมถึงสละเวลาตรวจทาน แก้ไขข้อบกพร่อง และให้คำแนะนำ ข้อคิดต่างๆ ในด้าน การจัดหาสัตว์ทดลอง ขั้นตอนการดำเนินงานที่มีความถูกต้อง การเก็บผลการทดลองและแก้ไขข้อผิดพลาดก่อนที่จะทำการทดลองและรูปแบบการทำเอกสารในแบบต่างที่มีความถูกต้อง อีกทั้งยังช่วยเหลือแก้ไขปัญหาต่างๆที่เกิดขึ้นระหว่างทำการศึกษา

ขอขอบคุณ นายภมิเกียรติ จันทนานนท์ ที่ให้คำปรึกษาในด้าน โปรแกรม และการจัดสร้างชุดต้นแบบตลอดจน ช้วยชี้แนะแก้ไขข้อผิดผลาและปรับปรุงแก้ไข ชุดต้นแบบให้สามารถทำงานได้อย่างมีประสิทธิ์ภาพสูงสุด

ขอกราบขอบพระคุณบิดา มารดา ที่ให้การอุปการะ คอยให้กำลังใจ สนับสนุนและส่งเสริมการศึกษา และให้กำลังใจในการทำการศึกษาครั้งนี้ นอกจากนี้ขอขอบคุณ พี่ๆ เพื่อนๆ น้องๆ ในหลักสูตรวิทยาศาสตร์การประมงและทรัพยากรทางน้ำ และบุคคลที่เกี่ยวข้องที่ไม่ได้กล่าวนาม ที่ให้ข้อเสนอแนะที่เป็นประโยชน์ คอยช่วยเหลือและติดตามความก้าวหน้าระหว่างทำการศึกษา และช่วยเหลือแก้ไขปัญหาที่เกิดขึ้นระหว่างทำการศึกษา อีกทั้งเสียสละเวลาให้คำแนะนำ ชี้ข้อบกพร่อง และให้ข้อคิดในการดำเนินงาน รวมถึงสถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง วิทยาเขตชุมพรเขตรอุดมศักดิ์ จังหวัดชุมพร ซึ่งเป็นสถานศึกษาที่ดีมีคุณภาพ ให้ความรู้คอยส่งเสริมนักศึกษาในด้านต่างๆ อย่างดีมาตลอด สุดท้ายนี้ขอขอบคุณเอกสารอ้างอิงและงานวิจัยที่กล่าวถึงในเล่มรายงานที่ทำให้ดำเนินการทำการศึกษาสำเร็จลุล่วงได้ด้วยดี

ชนาธิป ชนะรบ

กรกฎาคม 2565

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ

	หน้า
บทคัดย่อ	ก
Abstract	ข
คำนิยม	ค
สารบัญ	ง
สารบัญตาราง	จ
สารบัญรูปภาพ	ฉ
คำนำ	1
วัตถุประสงค์	2
ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ	2
การตรวจเอกสาร	3
ปลาคาร์พ	3
คุณภาพน้ำที่เหมาะสมต่อการเลี้ยงปลาคาร์พ	7
การเลี้ยงปลาคาร์พ/ปลาสวยงามในระบบน้ำหมุนเวียน	11
ระบบกรองน้ำ/บำบัดน้ำในบ่อเลี้ยงสัตว์น้ำ	12
วัสดุกรองน้ำในการเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำ	12
งานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับการบำบัดน้ำ	15
ระบบอัตโนมัติเพื่อการตรวจวัดคุณภาพน้ำในบ่อเลี้ยงสัตว์น้ำ	17
อุปกรณ์และวิธีการ	22
อุปกรณ์	22
วิธีการ	24
ผลและวิจารณ์	36
ผลการศึกษา	36
วิจารณ์	44
สรุปและข้อเสนอแนะ	46
สรุป	46
ข้อเสนอแนะ	46
เอกสารและสิ่งอ้างอิง	47

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญตาราง

ตารางที่		หน้า
1	วัสดุกรองที่ใช้ในระบบการเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำ	13
2	องค์ประกอบและการใช้งานของวงจรระบบอัตโนมัติของชุดต้นแบบ การควบคุมของแข็งละลายน้ำ อัตโนมัติสำหรับการเลี้ยงปลาคาร์พ	18
3	การทดสอบการทำงานและปรับปรุงแก้ไขชุดต้นแบบการควบคุม ของแข็งละลายน้ำอัตโนมัติสำหรับการเลี้ยงปลาคาร์พ	36
4	น้ำหนักและความยาวเฉลี่ยของปลาคาร์พที่เลี้ยงในชุดต้นแบบการ ควบคุมของแข็งละลายน้ำแบบ อัตโนมัติที่ความหนาแน่นต่างกัน	38
5	อัตราการรอดตายเฉลี่ย (%) ของปลาคาร์พที่เลี้ยงในชุดต้นแบบการ ควบคุมของแข็งละลายน้ำแบบ อัตโนมัติที่ความหนาแน่นต่างกัน	38
6	อุณหภูมิเฉลี่ย (องศาเซลเซียล) ของน้ำที่เลี้ยงปลาคาร์พในชุดต้นแบบการ ควบคุมของแข็งละลายน้ำแบบ อัตโนมัติที่ความหนาแน่นต่างกัน	39
7	ความเป็นกรด-ด่างเฉลี่ยของน้ำที่เลี้ยงปลาคาร์พในชุดต้นแบบการ ควบคุมของแข็งละลายน้ำแบบ อัตโนมัติที่ความหนาแน่นต่างกัน	40
8	สภาพด่างเฉลี่ย ของน้ำที่เลี้ยงปลาคาร์พในชุดต้นแบบการ ควบคุมของแข็งละลายน้ำแบบ อัตโนมัติที่ความหนาแน่นต่างกัน	40
9	ปริมาณออกซิเจนละลายน้ำเฉลี่ยของน้ำที่เลี้ยงปลาคาร์พในชุดต้นแบบ การควบคุมของแข็งละลายน้ำแบบ อัตโนมัติที่ความหนาแน่นต่างกัน	41
10	แอมโมเนียเฉลี่ยของน้ำที่เลี้ยงปลาคาร์พในชุดต้นแบบการ ควบคุมของแข็งละลายน้ำแบบ อัตโนมัติที่อัตราความหนาแน่นต่างกัน	41
11	ปริมาณไนไตรท์เฉลี่ยของน้ำที่เลี้ยงปลาคาร์พในชุดต้นแบบการ ควบคุมของแข็งละลายน้ำแบบ อัตโนมัติที่ความหนาแน่นต่างกัน	42
12	ปริมาณของแข็งละลายในน้ำเฉลี่ย ของน้ำที่เลี้ยงปลาคาร์พในชุดต้นแบบ การควบคุมของแข็งละลายน้ำแบบ อัตโนมัติที่ความหนาแน่นต่างกัน	42
13	ค่าตัวตรงคุณภาพน้ำเฉลี่ยตลอดการศึกษาการเลี้ยงปลาคาร์พด้วยชุดต้นแบบ การควบคุมของแข็งละลายน้ำแบบ อัตโนมัติที่ความหนาแน่นต่างกัน	43

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญภาพ

ภาพที่		หน้า
1	ปลาคาร์พ	4
2	บ่อทดลองเพื่อเลี้ยงปลาคาร์พด้วยชุดต้นแบบการควบคุมของแข็งละลายน้ำอัตโนมัติสำหรับการเลี้ยงปลาคาร์พ	25
3	ลักษณะปลาคาร์พที่เหมาะสม แข็งแรง สมบูรณ์เพื่อการศึกษาทดลอง	25
4	ออกแบบระบบถังด้วยโปรแกรม SketchUp	26
5	การประกอบระบบกรอง	26
6	TDS Sensor ที่ใช้ในชุดต้นแบบการควบคุมของแข็งละลายน้ำอัตโนมัติ	27
7	Arduino Uno ที่ใช้ในชุดต้นแบบการควบคุมของแข็งละลายน้ำอัตโนมัติ	27
8	Adapter 9V 2A ที่ใช้ในชุดต้นแบบการควบคุมของแข็งละลายน้ำอัตโนมัติ	28
9	Character LCD 16 x 2 ที่ใช้ในชุดต้นแบบการควบคุมของแข็งละลายน้ำอัตโนมัติ	28
10	Temperature Sensor ที่ใช้ในชุดต้นแบบการควบคุมของแข็งละลายน้ำอัตโนมัติ	29
11	การออกแบบชุดต้นแบบการควบคุมของแข็งละลายน้ำอัตโนมัติ (ภาพด้านหน้า)	28
12	การออกแบบชุดต้นแบบการควบคุมของแข็งละลายน้ำอัตโนมัติ (ภาพด้านหลัง)	29
13	ระบบและวงจรของชุดต้นแบบการควบคุมของแข็งละลายน้ำอัตโนมัติสำหรับการเลี้ยง ปลาคาร์พ	30
14	ภาพ Infographic ชุดต้นแบบการควบคุมของแข็งละลายน้ำอัตโนมัติสำหรับการเลี้ยงปลาคาร์พ	30

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

คำนำ

ปลาแฟนซีคาร์พ มีความสำคัญต่อการเลี้ยงเป็นปลาสวยงามมากเนื่องจากปลาคาร์พมีลักษณะโดดเด่นเป็นที่ดึงดูดใจในกลุ่มผู้เพาะเลี้ยงปลาสวยงามเนื่องจากเป็นปลาที่มีความหลากหลายในด้านของสีสันรูปร่างและรูปแบบของสีที่สวยงาม ปลาคาร์พช่วยเสริมสร้างคุณค่าและความสง่างามให้กับสวนและบ่อปลาในบ้าน สร้างความเพลิดเพลินให้แก่สมาชิกในครอบครัว คนส่วนใหญ่จึงถือว่าเป็นสัญลักษณ์แห่งความสันติ (ธิตินันท์, ม.ป.ป.) ในด้านเชิงพาณิชย์ปัจจุบันมีการเพาะเลี้ยงปลาคาร์พอย่างแพร่หลายมากขึ้นมีการดัดแปลงสายพันธุ์ให้มีความหลากหลาย ซึ่งการเลี้ยงปลาคาร์พให้เป็นที่ต้องการของตลาดทั้งในและต่างประเทศนั้น ซึ่งสีของปลาคาร์พเป็นสารสีชนิดแคโรทีนอยด์ (เฉดสีเหลืองส้มและแดง) ปลาคาร์พไม่สามารถที่จะสังเคราะห์ได้เองจำเป็นที่จะต้องได้รับจากอาหารโดยตรง (Goodwin, 1984) ในปัจจุบันนิยมเลี้ยงปลาคาร์พในบ่อซีเมนต์บ่อยครั้งพบปัญหาการเปลี่ยนถ่ายน้ำบ่อยครั้งหรือการทำระบบน้ำล้น (overflow) อยู่ตลอดเวลาเนื่องจากปลาคาร์พเป็นปลาที่ต้องการอาศัยอยู่ในน้ำที่มีความสะอาดและใสอยู่ตลอด สิ้นเปลืองทรัพยากรน้ำ ผู้เลี้ยงบางท่านอาจมีการติดตั้งวัสดุกรองเพื่อยืดการเปลี่ยนถ่ายน้ำและกรองของเสียออกแต่ระบบกรองเป็นการทำงานอยู่ตลอดเวลา

ดังนั้นเพื่อเป็นการควบคุมคุณสมบัติของน้ำเลี้ยงปลาคาร์พให้เหมาะสม เปลี่ยนถ่ายเท่าที่จำเป็นเพื่อลดต้นทุนค่าไฟฟ้า กรองน้ำเท่าที่จำเป็นเพื่อลดต้นทุนค่าไฟฟ้า ฯลฯ การศึกษาครั้งนี้จึงวางแผนนำเทคโนโลยีและนวัตกรรมเข้ามาใช้กับการเลี้ยงปลาคาร์พในบ่อซีเมนต์โดยหวังว่าปลาคาร์พจะเจริญเติบโตตามปกติ ลดต้นทุนจากการปั้มน้ำและกรองน้ำ จึงศึกษาและจัดสร้างชุดต้นแบบการควบคุมของแข็งละลายน้ำอัตโนมัติสำหรับการเลี้ยงปลาคาร์พด้วยการควบคุมปริมาณของของแข็งละลายในน้ำได้อย่างแม่นยำและมีประสิทธิภาพ ปั้มน้ำไม่ต้องทำงานตลอดเวลา ใช้การหมุนเวียนผ่านชุดกรองน้ำเพื่อลดช่วยของแข็งละลายน้ำ ช่วยให้ประหยัดน้ำและไฟฟ้า เป็นการใช้ทรัพยากรน้ำอย่างคุ้มค่า ลดความเสี่ยงในการเกิดโรคของปลาคาร์พ ยังสามารถเพิ่มความหนาแน่นของปลาคาร์พในบ่อซีเมนต์ได้มากขึ้น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

วัตถุประสงค์

1. เพื่อจัดสร้างชุดต้นแบบการควบคุมของแข็งละลายน้ำอัตโนมัติสำหรับการเลี้ยงปลาคาร์พ

2. เพื่อศึกษาประสิทธิภาพของชุดต้นแบบการควบคุมของแข็งละลายน้ำอัตโนมัติสำหรับการเลี้ยงปลาคาร์พ

ผลที่คาดว่าจะได้รับ

1. สามารถจัดสร้างชุดต้นแบบการควบคุมของแข็งละลายน้ำอัตโนมัติสำหรับการเลี้ยงปลาคาร์พได้ตามออกแบบไว้และทำงานได้จริง

2. ชุดต้นแบบการควบคุมของแข็งละลายน้ำอัตโนมัติสำหรับการเลี้ยงปลาคาร์พมีประสิทธิภาพควบคุมปริมาณของแข็งละลายน้ำระหว่างการเลี้ยงปลาคาร์พตามที่กำหนด ปลาคาร์พเจริญได้เป็นปกติ

3. ได้เทคโนโลยีและนวัตกรรมใหม่ เพื่อนำไปประยุกต์ใช้กับการเลี้ยงสัตว์น้ำต่างๆ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การตรวจเอกสาร

ปลาคาร์พ

ปลาแฟนซีคาร์พ เป็นปลาน้ำจืดที่มีเสน่ห์ชวนหลงใหล ให้กับผู้ที่ได้พบเห็นและผู้ที่เลี้ยง เพราะ มีสีสันแพรวพรรณหลากสี มีลวดลายที่แตกต่างออกไปในแต่ละตัวและลำตัวอ้วนใหญ่น่ารัก เลี้ยงง่าย เชื่องง่าย มีอายุยืนยาวเป็นปลาที่เสริมสร้างคุณค่าและความสง่างามให้กับสวนและบ่อปลาในบ้านได้เป็นอย่างดียิ่ง ตลอดจนสร้างความสนุกสนาน เพลิดเพลินให้แก่สมาชิกทุกคนในครอบครัวจนคนส่วนใหญ่ถือว่าปลาแฟนซีคาร์พเป็นสัญลักษณ์แห่งความสันติ และเป็นปลาที่ได้ความความนิยมเป็นอย่างมากทั้งในด้านความสวยงามและในด้านธุรกิจ (ธิตินันท์, ม.ป.ป.)

ปลาคาร์พ หรือ แฟนซีคาร์พ เดิมทีเป็นปลาไนชนิดธรรมดา เป็นปลาน้ำจืดในกลุ่มปลาตะเพียนที่ชาวญี่ปุ่นเรียกว่า โคย นิยมเลี้ยงเพื่อความสวยงามหรือมีความเชื่อว่าปลาคาร์พเป็นปลาแห่งโชคลาภสามารถเสริมฮวงจุ้ยให้กับผู้เลี้ยงทำธุรกิจให้เจริญก้าวหน้า มีผลกำไร จึงทำให้ปลาคาร์พเป็นปลาสวยงามที่ได้รับความนิยมจากผู้เลี้ยงมาเป็นเวลานาน เนื่องมาจากปลาคาร์พมีสีสันที่สวยงาม และหากมีรูปร่างที่ตรงตามมาตรฐานจะมีราคาสูง เป็นที่ต้องการของตลาดทั้งในประเทศและต่างประเทศซึ่งสีของผิวหนังปลาสวยงามสามารถบ่งบอกถึงคุณภาพของปลาได้ (Paripatananont, 1999)

อนุกรมวิธานของปลาคาร์พ

Freyhof Jand Kottelat (2007) รายงานการจัดอันดับอนุกรมวิธานของปลาคาร์พ ไว้ดังนี้

Phylum: Chordata
Class: Actinopterygii
Order: Cypriniformes
Family: Cyprinidae
Genus: *Cyprinus*
Species: *carpio*

ชีววิทยาและลักษณะทั่วไปของปลาคาร์พ

ปลาคาร์พ (Cyprinus carpio) มีลักษณะลำตัวแบนและค่อนข้างกลม หัวไม่มีเกล็ด ริมฝีปากบางเรียบ ภายในปากไม่มีฟัน แต่จะมีฟันที่ลำคอ 1-3 แถว แต่ละแถวมีฟันไม่เกิน 8 ซี่ ลำตัวมีครีบหลัง ครีบหู ครีบท้อง และครีบหางบางชนิดไม่มีเกล็ด บางชนิดมีเกล็ด บางชนิดมีเกล็ดใหญ่ในบางส่วน เช่น ปลาคาร์พญี่ปุ่นมีเกล็ดทั้งตัว ส่วนปลาคาร์พเยอรมันมีเกล็ดขนาดใหญ่เฉพาะแถบบนเส้นข้างลำตัวปลาคาร์พ (ภาพที่ 1) เป็นปลาที่จัดอยู่ในกลุ่มปลากินทั้งพืชและสัตว์เพราะโดยธรรมชาติจะกินพืชหรือสาหร่ายที่มีตัวอ่อนสัตว์น้ำเข้าไปด้วย รวมถึงสามารถกินได้ทั้งแพลงก์ตอนพืชและสัตว์ได้ด้วย (Spillman, 1961)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาพที่ 1 ปลาคาร์พ
ที่มา: https://sites.google.com/site/siamfishs/naeana-say-phanthu-pla-ang/pla-kharf

การแพร่กระจายและขยายพันธุ์ในธรรมชาติของปลาคาร์พ

ปลาคาร์พ (Cyprinus carpio) เป็นปลาน้ำจืดที่มีแหล่งดั้งเดิมอยู่ในบริเวณประเทศอิหร่าน ดำรงชีวิตอยู่ในแหล่งน้ำจืด ที่มีอุณหภูมิที่แตกต่างกันได้ดีมาก แม้ในสภาพอากาศร้อนปลาชนิดนี้ก็สามารถปรับตัวให้เข้ากับสภาพอากาศได้ จึงแพร่พันธุ์ออกไปทั่วโลก ซึ่งในยุคต้นๆ ชาวจีนนับเป็นชนชาติแรกที่รู้จักปลาไนซึ่งเป็นต้นตระกูลของปลาคาร์พ แฟนซี ซึ่งได้นำมาเลี้ยงไว้เพื่อบริโภคเป็นเวลาไม่ต่ำกว่า 2,000 ปีมาแล้ว โดยชาวจีนเรียกปลาไนว่า “หลีจื้อ หรือ หลีโกวง” ปลาไนน่าจะมีอิทธิพลต่อชาวจีนเป็นอันมาก ซึ่งจะพบหลักฐานอันเก่าแก่ที่สุดของปลาไนปรากฏในภาพเขียนของจีนสมัยราชวงศ์โจว เดิมทีปลาไนตามแหล่งน้ำธรรมชาติจะมีเพียง สีดำ สีเทาดำ หรือสีน้ำตาลดำเท่านั้น เมื่อราวปี พ.ศ. 808-859 ปรากฏว่ามีปลาไนบางตัวกลายพันธุ์เป็นสีส้ม ชาวจีนจึงนิยมนำมาเลี้ยงเพื่อความเป็นสิริมงคลและเพื่อชมความสวยงามจนเป็นที่แพร่หลาย ต่อมาประเทศญี่ปุ่นได้พัฒนาสายพันธุ์ดั้งเดิมของปลาไน ให้เป็นปลาสวยงาม มีสีสันและรูปร่างสวยงามขึ้นมา โดยเรียกว่า ปลาคาร์พ หรือ คาร์พแฟนซี (ภาษาญี่ปุ่น เรียกว่า Koi โค่ย ซึ่งมีความหมายเดียวกับคำว่า รัก) เป็นสายพันธุ์ต่างๆ เช่น ซันโกกุ โคฮากุ ตันโจ เป็นต้น โดยมีการประกวดและทำฟาร์มเพาะเลี้ยงจนกลายเป็นวัฒนธรรมหนึ่งของประเทศญี่ปุ่น และเป็นที่รับรู้ในระดับสากล (ปรัชญา, 2559)

ประโยชน์และความสำคัญของปลาคาร์พ

ประเทศไทยประสบความสำเร็จในการขยายตลาดส่งปลาสวยงามอย่างน่าพอใจ ปัจจุบันไทยส่งออกปลาสวยงามไปสู่ประเทศต่างๆ ประมาณ 96 ประเทศทั่วโลก ซึ่ง สถาบันวิจัยสัตว์น้ำสวยงามและพรรณไม้น้ำ (2549) รายงานว่ามีการส่งออกปลาสวยงามประมาณ 200 ชนิดจาก 1,500 ชนิดทั่วโลก โดยจะส่งปลากัด (Betta) ปลากาแดง (Sharks fish) ปลาคาร์พ (Koi) ปลากระดี่ (Gourami) ปลาทอง (Gold

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

fish) ปลาปอมปาดัวร์ (Pompadour) ปลาเทวดา (Angel) ปลาบาร์บ (Barb) ปลาออสการ์ (Oscar) และปลาหมอสี (Cichlid) ซึ่งในประเทศไทยเกษตรกรที่เป็นผู้เพาะเลี้ยงจะนำปลาสวยงามมาจำหน่ายเองที่ตลาดซันเดย์เป็นส่วนใหญ่ จะเน้นจำหน่ายปลาที่มีอายุ 2-3 เดือนหรือขนาด 2 นิ้ว ขึ้นไปเนื่องจากเป็นช่วงที่ได้กำไรสูงสุด ต้นทุนการเลี้ยงปลาสวยงามจะสูงในช่วงการอนุบาลลูกปลาแต่เมื่อปลาโตขึ้นจนกินอาหารเม็ดได้อัตราการสูญเสียน้อยลงและต้นทุนก็ต่ำลง ด้วยราคาซื้อขายปลาสวยงามแต่ละชนิดค่อนข้างใกล้เคียงกันคือปลากาเผือกและปลาทรงเครื่อง 2.50 บาท/ตัว ปลาหางไหม้และปลากาแดง 1.50 บาท/ตัว เป็นต้น ยกเว้นปลาตะเพียนอินโดราคาจะสูงถึง 4 บาท/ตัว ส่วนปลาคาร์พที่คัดลักษณะและสีแล้วราคาประมาณ 5-6 บาท แต่ถ้าเป็นลูกปลาคาร์พเกรดต่ำตัวละไม่ถึง 1 บาท ซึ่งปลาคาร์พที่จำหน่ายที่ตลาดซันเดย์เป็นการจำหน่ายให้ผู้เลี้ยงสมัครเล่นเท่านั้น ถ้าเป็นปลาคาร์พที่มีราคาแพง ซึ่งต้องคัดปลาที่มีลักษณะดี สีสันสวยราคาจะสูงกว่า 10,000 บาท/ตัว (นลินทิพย์, 2550)

สายพันธุ์ปลาคาร์พ

ชวนันท์ (2562) รายงานว่าพันธุ์ปลาคาร์พที่เลี้ยงกันมากในเมืองไทย ได้รับการนำเข้ามาเลี้ยงจากประเทศญี่ปุ่นมาตั้งแต่สมัยอดีตจนถึงปัจจุบันก็ยังนิยมเลี้ยงกันมาก ดังนั้นพันธุ์ปลาคาร์พส่วนใหญ่จึงเป็นพันธุ์ที่ได้รับการตั้งชื่อมาจากประเทศญี่ปุ่น ได้แก่ โคฮากุ (Kohoku) ไทโช ซันเก้ (Taisho Sanke) โชวา ซันโชกุ (Showa Sanshoku) อุจิริ โมโน (Utsuri Mono) เบคโกะ (Bekko) อาซากิ ชูซุย (Asagi Shusui) โกโรโมะ (Koromo) โอกอน (Ogon) ฮิการิ โมโย (Hikari Moyo) ฮิการิ อุจิริ (Hikari Utsuri) คินกินริน (Kinginrin) ตันโจ (Tancho) และคาวาริ โมโน (Kawari Mono) ฯลฯ

การเลี้ยงปลาคาร์พ

การเลี้ยงปลาคาร์พจำเป็นต้องให้ความสนใจในเรื่องการเลี้ยงดู โดยน้ำที่ใช้เลี้ยงปลานั้นจะต้องสะอาด การไหลเวียนตลอด ค่าความเป็นกรด - ด่างของน้ำ (pH) ไม่ควรเกิน 9 และอุณหภูมิน้ำควรอยู่ในช่วง 25-32 องศาเซลเซียส (จิตราและคณะ, 2559) ปลาคาร์พเป็นปลาที่กินทั้งพืชและสัตว์ (omniverous) ในการเลี้ยงอาจให้ขนมปัง ข้าวสุก ลูกปลา หรือกุ้งขนาดเล็กก็ได้ รวมถึงอาหารปลาดุกก็เป็นอาหารที่ ปลาคาร์พชอบเช่นกัน นิสัยการหาอาหารของปลาคาร์พมักออกหาอาหารทั้งในระดับผิวน้ำ กลางน้ำ และท้องน้ำ มักใช้ปากคุ้ยเขี่ยหาอาหารตามริมขอบฝั่งหรือหน้าดินตามขอบฝั่ง เป็นปลาที่ไม่ชอบอุณหภูมิร้อนหรือเย็นมากเกินไป อุณหภูมิที่เหมาะสมต่อการเจริญเติบโตคือ 20-22 องศาเซลเซียส สภาพน้ำสะอาด น้ำมีสภาพเป็นกลางหรือเป็นกรดเพียงเล็กน้อย ระหว่าง 7.0-7.5 หากน้ำเป็นกรดจะทำให้สีของปลาคาร์พซีดไม่สดใส (ชวนันท์, 2562) ปลาแฟนซีคาร์พ เป็นปลาที่กินได้ทั้งพืชและสัตว์ (omniverous) ทำให้สามารถกินอาหารได้หลายชนิด ในปัจจุบันนิยมเลี้ยงโดยให้อาหารเม็ดสำเร็จรูปจากต่างประเทศและอาหารปลาสวยงามที่ผลิตภายในประเทศหรืออาหารที่ใช้เลี้ยงปลาดุกก็สามารถนำมาใช้ได้เหมือนกัน การให้อาหารปลาคาร์พควรให้อาหารประมาณ 2-5% ของน้ำหนักตัว/วัน หรือให้สังเกตให้ปลากินอาหารจนอิ่ม และควรให้อาหารโดยแบ่งเป็นการให้ 2 ครั้ง/วัน ในช่วงเช้าและช่วงเย็น (ธิตินันท, ม.ป.ป.)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ปัญหา/อุปสรรคของการเลี้ยงปลาคาร์พ

ปัญหาที่พบได้บ่อยในการเลี้ยงปลาคาร์พ สาเหตุมาจากคุณภาพน้ำไม่ดี น้ำเสีย หรือระดับออกซิเจนไม่เพียงพอ การเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศอย่างรวดเร็ว โรคติดเชื้อปรสิตและแบคทีเรียที่เกิดจากความเครียด (ดัดแปลงจาก สำนักงานวิจัย กรมประมงน้ำจืด, 2555) ซึ่งโรคที่พบได้บ่อยในปลาคาร์พที่เลี้ยงในบ่อซีเมนต์ คือ

1.โรคโซโคลกิต้า เกิดจากการถ่ายน้ำในบ่อบ่อยครั้งเกินไป การย้ายปลาบ่อยครั้งเกินไป เชื้อโคลกิต้าที่อยู่ในน้ำจะทำลายปลา ทำให้เกิดเป็นแผลขุ่นที่ผิวหนังและตายไปในที่สุด วิธีรักษา: ควรใช้เกลือป่นและด่างทับทิมละลายละลายให้เจือจางลงในน้ำ เพื่อฆ่าเชื้อโซโคลกิต้า ก่อนจะนำไปใช้เลี้ยงปลา สำหรับในรายที่ปลาเป็นโรคนี้ ให้แช่ปลาในน้ำยานี้ประมาณ 1-2 ชั่วโมง

2.เหงือกเน่า เกิดจากเชื้อราคอลัม พาริส ทำให้ปลามีอาการซึม และกินอาหารได้น้อยลง ไม่มีแรงว่าย วิธีรักษา: ใช้ยาปฏิชีวนะ ออริโอมัยซินผสมกับอาหาร ในอัตราส่วน 1 ช้อนต่ออาหารปลา 1 ขีด ให้ปลากินติดต่อกัน 3-4 วัน และจับปลาที่มีอาการมากในน้ำที่ผสมกับฟูราเนสเป็นเวลา 10 นาทีทุกวันจนปลามีอาการดีขึ้น

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

การเร่งสีของปลาคาร์พ

สีของปลาคาร์พ เป็นสารสีที่มาจากสารแคโรทีนอยด์ ซึ่งปลาคาร์พไม่สามารถสังเคราะห์สารเหล่านี้ได้เอง แต่สารแคโรทีนอยด์ที่ทำให้เกิดสีในตัวปลาคาร์พจะมาจากอาหารที่ได้รับในแต่ละวัน ซึ่งสีจากสารแคโรทีนอยด์จะให้สีเหลือง ส้ม และแดง โดยสีแดงในปลาคาร์พเกิดจากสารแคโรทีนอยด์ชนิด astaxanthin ซึ่งปลาคาร์พสามารถสะสมและเปลี่ยนสารสีเหล่านี้ให้อยู่ในร่างกายได้ (Katayama, 1973) การศึกษาระดับแคโรทีนอยด์ที่มีต่อความเข้มสีของปลาคาร์พด้วยการให้อาหาร 6 ชนิด ที่มีปริมาณแคโรทีนอยด์ใน 6 ความเข้มข้น ตั้งแต่ 4.09-103.9 ไมโครกรัม/กรัม ตลอดระยะเวลา 8 สัปดาห์ พบว่าปลาคาร์พที่ได้รับแคโรทีนอยด์ที่ระดับ 96.2 และ103.9 ไมโครกรัม/กรัม มีความเข้มของสีแดงเพิ่มสูงขึ้น แต่หากหยุดให้อาหารแก่ปลาคาร์พนาน 4 สัปดาห์ กลับพบว่า กลุ่มปลาคาร์พมีความเข้มสีเพิ่มขึ้นจากการได้รับอาหารในระดับ 96.2 และ103.9 ไมโครกรัม/กรัม ยังคงรักษาระดับความเข้มของสีแดงได้เหมือนเดิมได้ ดังนั้นปริมาณแคโรทีนอยด์ในอาหารที่เหมาะสมเพื่อให้สีของปลาคาร์พเข้มขึ้นและความเข้มสีคงที่ ควรมีปริมาณแคโรทีนอยด์อย่างน้อย 96.2 ไมโครกรัม/กรัม (อรพินท์ และคณะ, 2548)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

คุณภาพน้ำที่เหมาะสมต่อการเลี้ยงปลาคาร์พ

1. อุณหภูมิ (Temperature)

อุณหภูมิของน้ำเป็นปัจจัยที่มีความสำคัญมากต่อปลา (Lawson, 1995) เพราะปลาเป็นสัตว์เลือดเย็น ไม่สามารถควบคุมอุณหภูมิร่างกายให้คงที่ได้ ดังนั้นสัตว์เลือดเย็นเหล่านี้จะทนต่อสภาวะแวดล้อมที่มีการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิอย่างกะทันหันได้ในช่วงที่แคบกว่าสัตว์เลือดอุ่น ผลที่เกิดขึ้นจากการที่อุณหภูมิมีการเปลี่ยนแปลงอย่างกะทันหันทำให้สัตว์น้ำอาจช็อคถึงตายได้ (thermal death) โดยอุณหภูมิที่เหมาะสมต่อการเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำควรอยู่ในช่วง 25-32 องศาเซลเซียส (จิตราและคณะ, 2559) หากอุณหภูมิของน้ำต่ำหรือสูงกว่าช่วงที่เหมาะสมนี้จะส่งผลให้การกินอาหารของปลาหยุดชะงัก มีการเจริญเติบโตช้าลง และมีผลต่อการฟักไข่ของปลาอีกด้วย (ไมตรี, 2530; Tucker and Robinson, 1990)

2. ความเป็นกรดด่างของน้ำ (Positive potential of Hydrogen ions)

ความเป็นกรดเป็นด่างของน้ำ (pH) เป็นค่าที่แสดงให้ทราบว่าน้ำหรือสารละลายนั้นมีคุณสมบัติเป็นกรดหรือด่าง บอกถึงความเข้มข้นของไฮโดรเจนไอออน (H^+) ระดับความเป็นกรด-ด่างของน้ำมีค่าอยู่ระหว่าง 0-14 น้ำธรรมชาติโดยทั่วไปมีค่า pH อยู่ระหว่าง 6-9 สำหรับบ่อเลี้ยงปลาค่า pH ของน้ำมีการเปลี่ยนแปลงตลอดเวลา โดยในช่วงบ่ายแพลงก์ตอนพืชและพืชน้ำใช้คาร์บอนไดออกไซด์สำหรับการสังเคราะห์แสง ทำให้ปริมาณคาร์บอนไดออกไซด์ในน้ำลดลง ค่า pH ของน้ำจะมีค่าสูงขึ้น ส่วนในช่วงเช้ามืดเนื่องจากมีการหายใจของสิ่งมีชีวิตในน้ำ แต่ไม่มีกิจกรรมในการสังเคราะห์แสง ทำให้ปริมาณคาร์บอนไดออกไซด์มีปริมาณสูงขึ้น มีผลทำให้ค่า pH ของน้ำลดลง ค่า pH ที่มีความเหมาะสมต่อการเพาะเลี้ยง ที่ไม่ควรมีความเป็นด่างมาก ซึ่งอยู่ในช่วง pH ที่ 6.5-8.5 (กรมประมง, 2564) และค่า pH ของน้ำควรจะเปลี่ยนแปลงไม่เกิน 2 หน่วยในรอบวัน ระดับ pH ในบ่อปลามีความสำคัญมากเนื่องจากเกี่ยวพันกับการเจริญเติบโตของปลา ความเป็นกรดด่างของน้ำนอกจากจะมีผลต่อสัตว์น้ำโดยตรงแล้วยังมีผลทางอ้อม เช่น ทำให้สารพิษชนิดอื่นๆ มีการแตกตัวเพิ่มขึ้นหรือลดลง ค่า pH ที่สูงขึ้นจะทำให้ความเป็นพิษของแอมโมเนียเพิ่มมากขึ้น เป็นต้น (มั่นสิน และ ไพพรรณ, 2544; Lawson, 1995)

3. ความโปร่งใสของน้ำ (Transparency depth)

ค่าความโปร่งใสของน้ำ เป็นความสามารถในการวัดการส่องผ่านของแสงในการทะลุผ่านลงไปในน้ำความโปร่งใสของน้ำที่เหมาะสมต่อการเจริญเติบโตของสัตว์น้ำควรมีค่าอยู่ระหว่าง 30-60 เซนติเมตร ถ้าค่าความโปร่งใสกว่า 30 เซนติเมตร แสดงว่าน้ำมีความขุ่นหรือมีปริมาณแพลงก์ตอนมากเกินไป แต่ถ้าน้ำมีความโปร่งใสมากกว่า 60 เซนติเมตร ขึ้นไป แสดงว่าน้ำนั้นไม่มีความอุดมสมบูรณ์ไม่เหมาะต่อการเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำ (มงคล, 2533)

4 ความขุ่น (Turbidity)

ขุ่นในน้ำเกิดขึ้นจากการที่น้ำมีสารที่แขวนลอยอยู่ในน้ำ เช่น ดิน ทราย สารอินทรีย์ขนาดเล็ก แพลงก์ตอน จุลชีพขนาดเล็ก เป็นต้น โดยมีผลต่อการยอมให้แสงส่องผ่านลดลง ซึ่งมีอิทธิพลต่อการสังเคราะห์แสงของแพลงก์ตอนพืช สารแขวนลอยที่อยู่ในน้ำจะปกคลุมร่างกายของสัตว์ มีผลทำให้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การแลกเปลี่ยนออกซิเจนลดประสิทธิภาพลง ค่าความขุ่นที่เหมาะสมในการเพาะเลี้ยงปลาควรอยู่ระหว่าง 5-10 NTU (มั่นสิน และ ไพพรรณ, 2544)

5 ของแข็งทั้งหมด (Total Solid; TS)

ของแข็งทั้งหมด คือ ปริมาณของแข็งในน้ำสามารถคำนวณจากการระเหยของน้ำ ได้แก่ ของแข็งละลายในน้ำทั้งหมด จะมีขนาดเล็กผ่านขนาดกรองมาตรฐาน คำนวณได้จากการระเหยของน้ำที่กรองผ่านกระดาษกรองออกไป ของแข็งแขวนลอย (Suspended Solids; SS) หมายถึง ของแข็งที่อยู่บนกระดาษกรองมาตรฐานหลังจากการกรองแล้วนำมาอบเพื่อระเหยน้ำออก ของแข็งระเหยง่าย (Volatile Solids; VS) หมายถึง ส่วนของแข็งที่เป็นสารอินทรีย์แต่ละลายน้ำ สามารถคำนวณได้โดยการนำกระดาษกรองวิเคราะห์เอาของแข็งที่แขวนลอยออก แล้วนำของแข็งส่วนที่ละลายทั้งหมดระเหยอุณหภูมิประมาณ 550 องศาเซลเซียส น้ำหนักที่ยังหลังการกรองลบด้วยน้ำหนักหลังจากการเผา น้ำหนักที่ได้ คือ ของแข็งส่วนที่ระเหยไป (ประเทือง, 2534)

ปฏิมากรณ์ และคณะ (2563) กล่าวว่า Total Dissolved Solids (TDS) คือ ปริมาณของของแข็งที่แขวนลอยหรือละลายอยู่ในน้ำรวมถึง ไอออนแร่ธาตุเกลือหรือโลหะละลายในปริมาณที่กำหนดของน้ำแสดงในหน่วยของมิลลิกรัมต่อหน่วยปริมาตรของน้ำ (มิลลิกรัม/ลิตร) นอกจากนี้ยังเรียกว่าเป็นชิ้นส่วน ต่อล้านส่วน (ppm) TDS จะเกี่ยวข้องโดยตรงกับ ความบริสุทธิ์ของน้ำและคุณภาพของระบบการทำน้ำให้บริสุทธิ์และมีผลต่อทุกอย่างที่กินที่อยู่ในน้ำไม่ว่าจะเป็น อินทรีย์หรืออนินทรี “สารที่ละลายได้” หมายถึงแร่ธาตุใด ๆ เกลือ โลหะ ไพเพอร์หรือแอนไอออนที่ละลายในน้ำ ซึ่งรวมถึงสิ่งที่อยู่ในน้ำอื่นๆ กว่าน้ำบริสุทธิ์ (H_2O) โมเลกุลและสารแขวนลอย (ของแข็งแขวนลอยเป็นอนุภาคใดๆ/สารที่ละลายมิได้ตั้งรกรากอยู่ในน้ำเช่นเยื่อไม้) โดยทั่วไปทั้งหมดที่ละลายเข้มข้นของแข็งคือผลรวมของไพเพอร์ (ประจุบวก) และแอนไอออน (ประจุ ลบ) ไอออนในน้ำส่วนต่อล้าน (ppm) เป็นน้ำหนักต่อน้ำหนักอัตราส่วนของไอออนน้ำใด ๆ Total Dissolved Solids (TDS) เป็นค่าที่ขึ้นอยู่กับการนำไฟฟ้า (EC) น้ำบริสุทธิ์โดยปรกติน้ำบริสุทธิ์มีการนำแทบเป็นศูนย์ การนำไฟฟ้าเป็นปกติประมาณ 100 ครั้ง ไพเพอร์ทั้งหมดหรือแอนไอออนแสดงเป็นรายการเทียบเท่า TDS มีการคำนวณโดยการแปลง EC โดยปัจจัยที่0.5 - 1.0 เท่า EC ขึ้นอยู่กับระดับ โดยปกติที่สูงกว่าระดับของ EC ที่สูงกว่าปัจจัยการแปลงเพื่อตรวจสอบ TDS

5.1 ค่ามาตรฐาน ของ TDS

ค่า TDS ย่อมาจาก (Total Dissolved Solids) หรือ ก็คือค่าของแข็งละลายน้ำทั้งหมด หน่วย เป็นมิลลิกรัม/ลิตร ค่าสูงสุดของสิ่งเจือปนในน้ำ หรือ ค่า TDS ไม่ควรเกิน 500 มิลิกรัม/ลิตร หรือ 500 มิลลิกรัม/ลิตร ซึ่งโดยส่วน ใหญ่ในระบบน้ำจะมีค่า TDS เกิน 500 มิลิกรัม/ลิตร แต่หากค่า TDS เกิน 1000 มิลิกรัม/ลิตร จะเป็นน้ำที่ไม่เหมาะสำหรับ ใช้ในชีวิตประจำวัน เพราะค่า TDS ที่สูง จะบ่งบอกถึงความเป็นไปได้ของสิ่งเจือปนที่อันตรายและต้องมีการ ตรวจสอบเพิ่มเติม โดยส่วนใหญ่ ค่า TDS สูง จะเกิดจากน้ำมีส่วนผสมของ โปตัสเซียม, คลอไรด์ และ โซเดียม ซึ่งหากมีอยู่ไม่มากก็จะไม่มีผลในระยะสั้น แต่ ค่า TDS ที่สูงก็อาจมีสารพิษ เช่น ตะกั่ว ไนเตรท แคดเมียม ละลายอยู่ ซึ่งสารดังกล่าวอาจแสดงผลกระทบในระยะสั้น (ปฏิมากรณ์และคณะ,2563)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

6. ค่าศักย์ออกซิเดชัน-รีดักชัน (Oxidation Reduction Potential)

ค่าศักย์ออกซิเดชัน-รีดักชัน คือ ค่าจากการวัดปริมาณความเข้มข้นของอิเล็คตรอนในน้ำ ที่เกิดขึ้นจากกระบวนการเพิ่มออกซิเจน (oxidation) กับกระบวนการลดออกซิเจน (reduction) โดยใช้หน่วยวัดเป็น มิลลิโวลท์ (milli Volt หรือ mV) ซึ่งค่าสุทธิที่ได้อาจออกมาเป็นผลบวก (+) ก็ได้ หรือเป็นผลลบ (-) ก็ได้ แต่ละจุดของการเกิดปฏิกิริยาออกซิเดชั่นและรีดักชั่นนั้น จะมีการแปรเปลี่ยน อยู่ตลอดเวลาเมื่อวัดผ่านมวลน้ำในบ่อเพราะเกี่ยวข้องกับการแลกเปลี่ยนอิเล็คตรอน ซึ่งดำเนินการโดยจุลินทรีย์ เป็นกระบวนการทางชีวเคมี มีความสัมพันธ์ที่หลากหลายกับธาตุต่างๆ มากมาย โดย เฉพาะที่เกี่ยวข้องกับก๊าซออกซิเจน และสารประกอบที่มีออกซิเจนเป็นองค์ประกอบ เช่นไนเตรท แมงกานีสออกไซด์ เหล็กออกไซด์ และซัลเฟต สุดท้ายคาร์บอนไดออกไซด์ ค่า ORP ที่สูงบอกสภาวะออกซิเดชั่นในทางตรงกันข้ามค่าที่ต่ำบอกสภาวะขาดออกซิเจนทำให้ในน้ำและดินอาจจะมีการสะสมสารพิษเนื่องจากการวัดค่าดังกล่าวเป็นสภาวะของการให้และรับอิเล็คตรอน ที่เกี่ยวข้องกับการมีและไม่มีออกซิเจนในกลางวันต่อเนื่องไปถึงกลางคืน ค่าของ ORP บ่อเดียวกันอาจจะไม่เท่ากันก็เป็นได้เพราะค่าเปลี่ยนแปลงได้ตลอดเวลา และยังไม่มีเกณฑ์ที่ชัดเจนในการนำมาใช้จัดการเหมือนตัว อื่นๆ (พรรณนภา และคณะ, 2555)

7. สารอาหารต่างๆ

7.1 <u>ฟอสฟอรัส</u> ฟอสฟอรัสในน้ำธรรมชาติมีปริมาณไม่สูงมากแต่มีความสำคัญ เนื่องจากเป็นสารอาหารที่กำหนดปริมาณผลผลิตของสัตว์น้ำที่ทำการเพาะเลี้ยงในบ่อ การขาดแคลนฟอสฟอรัสมีผลทำให้ผลผลิตต่ำ ฟอสฟอรัสในน้ำมีความสัมพันธ์กับฟอสฟอรัสในดินก้นบ่อ (มั่นสิน และ ไพพรรณ, 2544) ฟอสฟอรัสอาจพบในรูปสารละลายน้ำหรืออนุภาคแขวนลอยในบ่อเลี้ยงปลา ฟอสฟอรัสที่ละลายน้ำได้มีทั้งสารอินทรีย์และสารอนินทรีย์ สารอินทรีย์ที่ละลายน้ำได้มักเกิดจากการเน่าเปื่อยของพืชหรือสิ่งมีชีวิตอื่นๆ ส่วนสารอนินทรีย์ฟอสฟอรัสที่ละลายน้ำมักเป็นออร์โธฟอสเฟต อนุภาคแขวนลอยที่มีฟอสฟอรัส ได้แก่ แพลงก์ตอนต่างๆ แบคทีเรียสามารถย่อยสลายสารอินทรีย์ฟอสเฟตที่อยู่ในรูปของสารละลายหรือตะกอนแขวนลอยให้กลายเป็นออร์โธฟอสเฟตได้ ปริมาณออร์โธฟอสเฟตในน้ำของบ่อเลี้ยงปลาควรมีค่าอยู่ระหว่าง 0.10-0.50 มิลลิกรัม/ลิตร (วัดในรูปของฟอสฟอรัส) ถ้าน้ำในบ่อเป็นน้ำกระด้าง

7.2 <u>ไนโตรเจน</u> ไนโตรเจนละลายน้ำ มีบทบาทต่อการดำรงชีวิตของสัตว์น้ำ ถ้าก๊าซไนโตรเจนละลายอยู่ ในน้ำเกินจุดอิ่มตัวอาจมีผลทำให้เกิดโรคฟองก๊าซในเลือด (Lawson, 1995) เมื่อปลาอาศัยอยู่ในน้ำที่มีไนโตรเจนละลายน้ำสูงเกินจุดอิ่มตัวปกติ กระแสเลือดในตัวปลาจะดูดซับไนโตรเจนจากน้ำเพื่อให้เกิดสมดุลระหว่างไนโตรเจนในน้ำและในเลือด ปลาจึงมีไนโตรเจนละลายอยู่ในเลือดมากเกินกว่าปกติ หากมีการเปลี่ยนแปลงเกิดขึ้นจนมีผลทำให้ไนโตรเจนบางส่วนในเลือดกลายเป็นก๊าซฟองก๊าซจะทำให้เกิดสภาวะอุดตันในหลอดเลือด ทำให้การหมุนเวียนของเลือดเกิด ติดขัดปลาจะตายได้ (มันสิน และ ไพพรรณ, 2544)

8. ก๊าซในน้ำต่างๆ

8.1 <u>ก๊าซออกซิเจนละลายน้ำ</u> ออกซิเจนเป็นก๊าซที่มีความสำคัญต่อการดำรงชีวิตของสิ่งมีชีวิตต่างๆ ทั้งที่อาศัยอยู่บนพื้นดิน และใน น้ำสิ่งมีชีวิตในน้ำได้รับออกซิเจนจากการสังเคราะห์แสง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ของพืชที่ปล่อยออกซิเจนอิสระออกมาละลายอยู่ในน้ำ และจากการแพร่ของออกซิเจนจากบรรยากาศลงสู่พื้นน้ำ (เวียง, 2525) บ่อปลาที่มีออกซิเจนละลายน้ำอยู่น้อยเป็นเวลานานๆ อาจเป็นอันตรายต่อปลาได้ ภายใต้สภาวะดังกล่าวปลาอาจติดเชื้อโรคจากแบคทีเรียได้ง่ายในทางตรงกันข้ามปลาที่เลี้ยงอยู่ในน้ำที่มีออกซิเจนละลายอยู่สูงเกินระดับอิ่มตัวก็เป็นโรคได้ง่าย โรคที่เกิดจากน้ำที่มีออกซิเจนละลายอยู่มากเกินไป เรียกว่า โรคฟองอากาศในเลือด ซึ่งเกิดจากการเกิดฟองก๊าซในเลือดในขณะที่ปลาเคลื่อนตัวจากน้ำที่มีออกซิเจนสูงมายังน้ำที่มีออกซิเจนต่ำ โรคดังกล่าวทำให้ปลาตายในขณะที่เคลื่อนที่ไปมาอยู่ในน้ำที่มีออกซิเจนละลายอยู่น้อย การศึกษาอิทธิพลของออกซิเจนละลายน้ำในบ่อเลี้ยง พบว่าค่าความเข้มข้นของออกซิเจนที่ละลายน้ำอย่างน้อย 5 มิลลิกรัมต่อลิตร เหมาะสำหรับการเจริญเติบโตและขยายพันธุ์ แต่ไม่เกินระดับอิ่มตัว (มั่นสิน และ ไพพรรณ, 2544)

8.2 <u>ก๊าซไนโตรเจนละลายน้ำ</u> สัตว์น้ำเกือบทุกชนิดขับถ่ายของเสียที่เป็นสารไนโตรเจนมากกว่า 50% อยู่ในรูปของแอมโมเนีย แอมโมเนียเข้าสู่น้ำโดยผ่านทางปุ๋ย และอาหารปลา ซึ่งสิ่งขับถ่ายของปลาและการเน่าเปื่อยของสารประกอบ ไนโตรเจน (มั่นสิน และ ไพพรรณ, 2544) แอมโมเนียในน้ำอาจอยู่ในรูปแอมโมเนียอิสระ (NH_3) หรือ แอมโมเนียอิออน (NH_4^+) แอมโมเนียอิสระเป็นพิษอย่างมากต่อปลา แต่แอมโมเนียอิออนไม่เป็นพิษ สัดส่วนของ NH_3 และ NH_4^+ ในน้ำขึ้นอยู่กับ pH อุณหภูมิ และปริมาณเกลือแร่ ปริมาณ (NH_3) จะเพิ่มตามระดับ pH และอุณหภูมิที่สูงขึ้น (Lawson, 1995) pH มีอิทธิพลต่อเคมีของแอมโมเนียในน้ำมากกว่าอุณหภูมิ ปริมาณเกลือแร่ในน้ำมีอิทธิพลน้อยเช่นเดียวกับอุณหภูมิแต่มีอิทธิพลในทางตรงกันข้ามคือ แอมโมเนียจะมีน้อยลงถ้ามีปริมาณเกลือแร่เพิ่มขึ้น

8.3 <u>ก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์</u> (CO_2) มีความสามารถละลายน้ำได้ดีคาร์บอนไดออกไซด์มีปรากฏอยู่ในแหล่งน้ำทั่วไป ซึ่งในระดับปกติไม่เกิน 10 มิลลิกรัม/ลิตร และสามารถละลายน้ำได้ดีกว่าออกซิเจน ประมาณ 200 เท่า แต่เนื่องจากมีคาร์บอนไดออกไซด์น้อย จึงมีปริมาณน้อยเมื่อเทียบกับก๊าซอื่นๆ คาร์บอนไดออกไซด์จะละลาย น้ำได้น้อยลงเมื่ออุณหภูมิสูงขึ้น (เวียง, 2525) ในบ่อเลี้ยงปลาคาร์บอนไดออกไซด์ส่วนใหญ่จะถูกใช้โดยพืชขนาดเล็กเพื่อใช้ในการสังเคราะห์แสง ในขณะเดียวกันบ่อปลาจะได้คาร์บอนไดออกไซด์จากกระบวนการหายใจของพืชและสัตว์และการเน่าเสียของอินทรีย์สารโดยแบคทีเรีย คาร์บอนไดออกไซด์ที่ได้จากการย่อยสลายของอินทรีย์สารโดยแบคทีเรียนี้จะมี ปริมาณมากหรือน้อยขึ้นอยู่กับปริมาณสารอินทรีย์ จำนวนแบคทีเรีย และอุณหภูมิ (ประเทือง, 2534) ในตอนกลางวันคาร์บอนไดออกไซด์ที่พืชใช้เพื่อการสังเคราะห์แสงมักมีปริมาณสูงกว่าคาร์บอนไดออกไซด์ที่เกิดจากการหายใจของสิ่งมีชีวิตในน้ำ จึงทำให้ปริมาณคาร์บอนไดออกไซด์ ในบ่อเลี้ยงปลาลดลง ในบ่อเลี้ยงปลาที่มีแพลงก์ตอนมากจะทำให้ปริมาณคาร์บอนไดออกไซด์อาจถูกใช้ไป จนหมดตั้งแต่เช้า เมื่อถึงเวลากลางคืนซึ่งไม่มีการสังเคราะห์แสงแต่ยังคงมีกระบวนการหายใจและคาร์บอนไดออกไซด์สามารถละลายน้ำได้ดีเนื่องจากอุณหภูมิลดลง จึงทำให้คาร์บอนไดออกไซด์เพิ่มขึ้นเรื่อยๆ จนถึงรุ่งเช้าของวันใหม่จากนั้นปริมาณคาร์บอนไดออกไซด์จะค่อยๆ ลดน้อยลงจนกระทั่งถึงตอนสายหรือตอนบ่าย เนื่องจากพืชโดยเฉพาะแพลงก์ตอนพืชนำไปใช้ในกระบวนการสังเคราะห์แสง (เวียง, 2525)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

9. สารพิษต่างๆในน้ำ

9.1 <u>พิษของแอมโมเนีย</u> แอมโมเนียจะทำให้ปลาไม่สามารถขับถ่ายแอมโมเนียออกจากกระแสเลือดถ้า (NH_3) ในน้ำมีปริมาณสูงเกินไปในขณะที่ระดับแอมโมเนียในน้ำเพิ่มขึ้น ปลาขับถ่ายแอมโมเนียได้น้อยลงและระดับแอมโมเนียในเลือด และในเนื้อเยื่อเพิ่มขึ้นทำให้ pH ของเลือดมีค่าสูงขึ้นและเป็นผลเสียต่อปฏิกิริยาชีวเคมีต่างๆ ทำให้มีความต้องการออกซิเจนเพิ่มขึ้น ก่อให้เกิดอันตรายต่อเหงือกและลดความสามารถของเลือดในการขนถ่ายออกซิเจน ความเข้มข้นเพียงประมาณ 0.025 มิลลิกรัม/ลิตร ก็สามารถส่งผลกระทบต่อการเจริญเติบโตของปลา ถ้าจำกัดปริมาณของแอมโมเนียอิสระไม่ให้เกิน0.025 มิลลิกรัม/ลิตร (เพื่อไม่ให้เป็น พิษต่อปลา) หากอุณหภูมิ 30 องศาเซลเซียส ความเข้มข้นของแอมโมเนียทั้งหมดจะสูงถึง 3.1 มิลลิกรัม/ลิตร ได้โดยไม่เป็นพิษต่อปลาในน้ำที่มี pH 7 แต่ถ้า pH ของน้ำสูงถึง 9 แอมโมเนียทั้งหมดจะต้องไม่เกิน 0.056 มิลลิกรัม/ลิตร มิฉะนั้นแล้วปลาจะเป็นอันตรายเนื่องจากแอมโมเนียเป็นพิษ (มั่นสิน และ ไพพรรณ, 2544) ค่ามาตรฐานความเข้มข้นของแอมโมเนียที่ปลอดภัยต่อสัตว์น้ำ เมื่อวัดในรูปของแอมโมเนียรวมจะอยู่ในช่วงระหว่าง 1.0-1.2 มิลลิกรัม/ลิตร (Lawson, 1995)

9.2 <u>พิษของไนไตรท์</u> ไนไตรท์สามารถทำปฏิกิริยากับฮีโมโกลบิลได้ ทำให้เมทธิโมโกลบิน (methemogobin) ไม่สามารถขนถ่ายออกซิเจนได้ ปลาที่ได้รับไนไตรท์จึงมีเมทธิโมโกลบินในเลือดซึ่งเห็นได้เป็นสีน้ำตาล ปลาที่มีอาการเช่นนี้ไม่สามารถมีชีวิตอยู่ได้ เนื่องจากไม่สามารถใช้ออกซิเจนในการสะสมตัวของไนไตรท์ เชื่อว่าเกิดจากความไม่สมบูรณ์ของปฏิกิริยาไนตริฟิเคชั่น (มั่นสิน และ ไพพรรณ, 2544)

9.3 <u>พิษของโลหะหนัก</u> ปัจจุบันแหล่งน้ำธรรมชาติมักจะปนเปื้อนด้วยสารชนิดต่างๆ ซึ่งเป็นอันตรายต่อสัตว์น้ำโดย เกิดจากการทิ้งของโรงงานอุตสาหกรรม การเกษตรกรรม ที่อยู่อาศัย เป็นต้น เนื่องจากการเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำต้องอาศัยแหล่งน้ำจากธรรมชาติ (ประเทือง, 2534) สารพิษเหล่านี้จึงมีผลกระทบต่อการเพาะเลี้ยงสัตว์น้าโดยตรง สารพิษที่กล่าวมามี 2 ประเภท คือ

1) โลหะหนัก เป็นสารที่ปล่อยออกมาจากโรงงานอุตสาหกรรมเป็นส่วนใหญ่ เช่นปรอท ทองแดง แคดเมียม ตะกั่ว สังกะสี และโครเมียม สารเหล่านี้ทำอันตรายต่อสัตว์น้ำในระดับความเข้มข้นต่ำและจะสะสม อยู่ในร่างกายของสัตว์ ซึ่งสามารถถ่ายทอดมายังผู้บริโภคได้

2) สารเคมีจากการเกษตรกรรม โดยการใช้สารเคมีในการกำจัดแมลงศัตรูพืช สารปราบวัชพืชสารกำจัดเชื้อรา ซึ่งมีมากมายหลายชนิด บางชนิดสลายตัวเร็ว และบางชนิดสลายตัวช้า

การเลี้ยงปลาคาร์พ/ปลาสวยงามในระบบน้ำหมุนเวียน

สำหรับบ่อที่จะใช้เลี้ยงปลาคาร์พควรเป็นบ่อซีเมนต์ เพราะสามารถดัดแปลงเป็นบ่อธรรมชาติได้ง่าย มีตะไคร่น้ำเกิดและเกาะได้เร็ว ซึ่งตะใคร่น้ำนั้นจะเป็นอาหารที่ดีของปลา สามารถดูดสิ่งสกปรก และแอมโมเนียที่อยู่ในน้ำได้อีกด้วย รวมทั้งคุณภาพของน้ำก็มีผลอย่างยิ่งต่อการเจริญเติบโตของปลา เนื่องจากการไหลเวียนของน้ำทำให้น้ำมีปริมาณออกซิเจนมากขึ้น และอุณหภูมิของน้ำในบ่อที่สร้างด้วย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ซีเมนต์ยังมีการเปลี่ยนแปลงที่ช้า ซึ่งส่งผลทำให้ปลามีอัตราการเจริญเติบโตได้เต็มที่ อีกทั้งบ่อยังมีความทนทานมีความสะดวกในการดูแลอีกด้วย (ธิตินันท์, ม.ป.ป.)

ระบบกรองน้ำ/บำบัดน้ำในบ่อเลี้ยงสัตว์น้ำ

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

1. <u>กระบวนการทางกายภาพ (physical process)</u> คือ การบำบัดน้ำเสียโดยมีวัตถุประสงค์เพื่อแยกสารแขวนลอยขนาดใหญ่ออกได้เองจากน้ำ ซึ่งมีด้วยกันหลายวิธี เช่น การกรองด้วยตะแกรงหรือเยื่อผ่านการกรอง การกวาด (skimming) วัสดุที่นิยมนำมาใช้เป็นวัสดุกรองทางกายภาพ ได้แก่ ใยกรอง การกรองด้วยเยื่อแผ่น

2. <u>กระบวนการทางเคมี (chemical process)</u> คือ กระบวนการทางเคมีเป็นกระบวนการที่นิยมในการใช้รวบรวมตะกอนของสารที่มีขนาดเล็กมากๆ ให้ตกตะกอนลงมาโดยการเติมสารเคมีต่างๆ ลงไป เพื่อให้เข้าไปทำปฏิกิริยากันเป็นการลดความเข้มข้นของน้ำเสียก่อนปล่อยลงสู่แหล่งน้ำธรรมชาตินอกจากนี้ยังสามารถใช้เพื่อฆ่าเชื้อโรคที่อยู่ในน้ำเพื่อให้น้ำสะอาดขึ้นได้อีกด้วย กระบวนการบำบัดทางเคมี ได้แก่ การสร้างรวมตะกอน (วนิดา, 2555) การใช้โอโซน (มงคล และ สันทัด, 2552) เป็นต้น

3. <u>กระบวนการทางชีววิทยา (biological Process)</u> คือ กระบวนการทางชีววิทยาเป็นการกำจัดอินทรีย์สารในน้ำที่เกิดจากของเสียที่สัตว์น้ำขับถ่ายออกมา อาหารสัตว์น้ำที่เหลือจากการกินของสัตว์น้ำและซากของสิ่งมีชีวิตในระบบเลี้ยงที่ตายลงโดยอาศัยสิ่งมีชีวิตต่างๆ เช่น จุลินทรีย์ สาหร่ายทะเล และสัตว์น้ำต่างๆ การบำบัดน้ำด้วยกระบวนการทางชีวภาพ ได้แก่ การใช้พืชน้ำต่างๆ การใช้สัตว์ต่างๆ เช่น สัตว์หน้าดิน เป็นต้น (สาวิกา 2556)

วัสดุกรองน้ำในการเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำ

การกรองน้ำสำหรับการเพาะพันธุ์ปลามีความสำคัญมาก การเลือกใช้วัสดุกรองมีความจำเป็นที่จะต้องมีการคัดเลือกชนิดของวัสดุกรอง เพื่อให้การใช้งานนั้นมีประสิทธิภาพยังช่วยกำจัดของเสียที่ไม่ต้องการออก การเพาะพันธุ์ปลาได้ด้วยทำให้น้ำมีคุณภาพดีส่งผลให้ลูกปลามีสุขภาพดีด้วยการกรองน้ำจึงมีความจำเป็นในระบบการเพาะเลี้ยงปลาสวยงาม เครื่องกรองน้ำหรืออุปกรณ์ที่ใช้ในการกรองน้ำมีหลายชนิด ซึ่งแต่ละชนิดมีประโยชน์ที่แตกต่างกัน (ประภาส,ม.ป.ป)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 1 วัสดุกรองที่ใช้ในระบบการเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำ

ชนิดและคุณลักษณะ	ภาพ
1. ลูกบอลชีวภาพ (Bio-Ball) ลูกบอลชีวภาพเป็นวัสดุชนิดหนึ่งที่ถูกสร้างขึ้นมาเพื่อเป็นวัสดุกรองโดยเฉพาะ เช่นเดียวกับเซรามิคริงค์ ลูกบอลชีวภาพทำขึ้นจากพลาสติกและมีน้ำหนักเบา ลูกบอลชีวภาพในปัจจุบันนี้มีรูปแบบออกมามากมายหลายแบบ เพื่อวัตถุประสงค์ต่างๆกันในระบบกรอง เช่น เพิ่มรู เพิ่มช่อง เพื่อให้แบคทีเรียอยู่อาศัยได้มากขึ้น (www.fancycarp.com)	ลูกบอลชีวภาพ (Bio-Ball) **ที่มา** : http://www.platong2.com
2. ใยกรองหรือใยแก้ว ส่วนใหญ่จะมีรูปร่างเป็นแผ่น สี่เหลี่ยมแบนๆ แต่จะมีอยู่หลายลักษณะแต่จะ แยกกันเป็นสองกลุ่มใหญ่ๆ คือ กลุ่มที่เป็นฟองน้ำ และกลุ่มที่เป็นใยแก้ว โดยกลุ่มที่เป็นใยแก้วนั้นถูกแบ่งออกได้อีกหลายแบบ แบ่งเป็นใยกรองหยาบและใยกรองระเอียดใยกรองเหล่านี้ถูกทำขึ้นมาด้วยวัตถุประสงค์หลักคือ กรองฝุ่น ผง ตะกอนที่อยู่ในน้ำ ความละเอียดของใยกรองยิ่งมากจะยิ่งมีประสิทธิภาพในการกรองได้สูง (www.fancycarp.com)	ใยกรอง (ใยแก้ว) **ที่มา** : http://www.arohouse.com
3. ไบโอมีเดีย (RING MEDIA) มีลักษณะเป็นแผ่นโค้ง บางๆ มาต่อกันเป็นลูกกลม มีน้ำหนักเบาลอยตัวในน้ำ สามารถช่วยกระจายน้ำได้เอง มีพื้นที่ผิวต่อปริมาตรประมาณ 187 ตร.ม. ต่อ ลบ.ม. มีประสิทธิภาพในการบำบัดสูง ไบโอมีเดีย เป็นสื่อชีวภาพที่เป็นตัวกลางให้จุลินทรีย์ยึดเกาะเพื่อการบำบัดน้ำเสียระบบกรองไร้อากาศ ที่มีประสิทธิภาพสูงสุด โดยมีน้ำหนักเบาและไม่ทำให้เกิดการอุดตัน	ไบโอมีเดีย (RING MEDIA) **ที่มา** : http://www.premier-products.co.th

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4. เปลือกหอยนางรม เปลือกของหอยนางรมมี แคลเซียมคาร์บอเนตเป็นองค์ประกอบหลักๆ มี ความสำคัญต่อการบำบัด น้ำเสียประเภทโลหะหนัก และนิยมใช้เป็นวัสดุกรองหยาบเหมาะแก่การเป็นที่ อยู่อาศัยของจุลินทรีย์ มีความสามารถในการปรับ สภาพน้ำได้เป็นอย่างดี

เปลือกหอยนางรม
ที่มา : https://www.koi2u.com

5. หินภูเขาไฟ (Smart Pond) เป็นวัสดุกรองประเภทใหม่สำหรับทดแทนปะการังลักษณะภายนอกมีรูพรุน มีความคงทนสูงไม่แตกหักง่าย อายุการใช้งานยืนยาว มีพื้นผิวจำเพาะมาก มีความทนทานจากการกัดกร่อนของสารเคมีต่างๆในน้ำปรับสภาพน้ำให้ค่าความเป็นกรด-ด่าง อยู่ในสภาพที่คงที่ช่วยลดกรดและแอมโมเนียที่เกิดจากของเสีย จากปลาในน้ำ สุรศักดิ์ (2546)

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

ที่มา : ดัดแปลงจาก www.fancycarp.com; www.premier-products.co.th; www.charcoal.snmcenter. com; www.arohouse.com

อรัญญา และคณะ (2549) รายงานว่าได้ใช้ลูกบอลชีวภาพเป็นองค์ประกอบส่วนหนึ่งในการบำบัดน้ำจากการ เพาะเลี้ยงปลากะพงขาวในระบบน้ำหมุนเวียนจะมีผลต่อค่าแอมโมเนียและไนไตรท์ที่ลดลงเมื่อเทียบกับการใช้ก้อนอิฐ ลูกบอลชีวภาพมีประสิทธิภาพดีกว่าก้อนอิฐถึง 8.08 เท่า นอกจากนี้ในการเลี้ยงหอยหวานในระบบน้ำหมุนเวียนก็มีการใช้ลูกบอลชีวภาพเป็นส่วนประกอบในการกรองน้ำเช่นเดียวกัน (ธวัช และคณะ, 2548)

สุรศักดิ์ (2546) รายงานว่ากรองที่ใช้บ่อปลาคาร์พที่นิยมใช้กันจะเป็นแบบผสมผสานระหว่างระบบกรองชีวภาพและกายภาพ คือ แทนที่เราจะใช้วัสดุกรองธรรมดาที่เป็นอิฐหินกรวดทรายที่ใช้กันทั่วไป เราก็หันมาใช้วัสดุกรองที่มีคุณสมบัติพิเศษคือมีรูพรุนมากขึ้นเพื่อเป็นบ้านของแบคทีเรีย ซึ่งเป็นวัสดุที่ได้จากธรรมชาติ เช่น เศษปะการัง กรวด หรือ หิน ที่มีรูพรุนเพื่อให้แบคทีเรียใช้เป็นที่ยึดเกาะ ซึ่งจะช่วย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เพิ่มแบคทีเรียได้รวดเร็วขึ้นภายในเวลาอันสั้น ซึ่งรูปแบบของบ่อกรองน้ำในปัจจุบันสามารถแบ่งออกเป็น 3 ลักษณะ คือ

1. ระบบกรองเปียก คือ รูปแบบของวิธีการกรองน้ำที่มีมาช้านานและตราบปัจจุบันก็ยังคงนิยมใช้กันอยู่โดยลักษณะการทำงานของระบบกรองชั้นวัสดุกรองหรือไส้กรองจะแช่น้ำอยู่ตลอดเวลา

2. ระบบกรองแห้ง เป็นรูปแบบของการกรองน้ำที่ชั้นวัสดุกรองจะไม่แช่อยู่ในน้ำ แต่จะแขวนลอยเหนือผิวน้ำ ซึ่งลักษณะการทำงานของระบบกรองนี้จะมีประสิทธิภาพเหนือกว่ากรองเปียก เนื่องจากจะสามารถกรอง สิ่งปฏิกูลแลละสารแขวนลอยต่างๆ ได้แล้ว ยังช่วยให้อากาศละลายเข้ากับอัตราที่มากขึ้นด้วย และยังคงช่วยขจัดแก๊สแอมโมเนียและสารพิษที่เจือปนในน้ำได้อย่างมีประสิทธิภาพ เพียงแต่ต้นทุนในการติดตั้งระบบกรองระบบนี้จะสูงกว่าระบบกรองเปียกหลายเท่า

3. ระบบกรองแห้งและกรองเปียก คือ การนำระบบกรองแห้งและระบบกรองเปียกมาใช้ร่วมกันเพื่อเพิ่มประสิทธิภาพในการกรองสูงขึ้นไปอีก ซึ่งระบบนี้โดยมากจะใช้ในโรงงานอุตสาหกรรมเพื่อใช้บำบัดน้ำเสียก่อนจะนำกลับมาใช้ใหม่

งานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับการบำบัดน้ำ

อาภาวรรณ และคณะ (2555) ศึกษาเปรียบเทียบชนิดของตัวกลางที่เหมาะสมต่อการเกิดเมือกชีวภาพในการบำบัดในเตรทในน้ำเสียสังเคราะห์จากการเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำชายฝั่งที่ระดับความเค็ม 15 ส่วนในพัน ด้วยระบบการทดลองแบบกะ โดยใช้ตัวกลาง 4 ชนิด คือ ไบโอบอล หินภูเขาไฟ เปลือกหอยนางรม และแผ่นอวนไนลอนชนิดท่อไม่มีปม เปรียบเทียบกับชุดควบคุม ติดตามประสิทธิภาพการบำบัดน้ำทางเคมี ร่วมกับการตรวจลักษณะของเมือกชีวภาพด้วยกล้องจุลทรรศน์แบบฉากสว่างและแบบส่องกราดและตรวจสอบชนิดและปริมาณของแบคทีเรียที่เกี่ยวข้องด้วยเทคนิค Fluorescence In Situ Hybridization (FISH) และการนับปริมาณแบคทีเรียดีไนตรีไฟอิงด้วยเทคนิค MPN แบบ ไมโครเทคนิค ผลการศึกษาพบว่าแผ่นอวนไนลอนที่ตัดเป็นชิ้นสี่เหลี่ยมขนาด 1x1 นิ้ว มีประสิทธิภาพดีที่สุดในการบำบัดไนเตรท เนื่องจากมีลักษณะโครงสร้างของตัวกลางเหมาะสมต่อการยึดเกาะของจุลินทรีย์ ระบบสามารถเข้าสู่ สภาวะคงที่ได้เร็วที่สุด สอดคล้องกับการผลการนับปริมาณแบคทีเรีย ดีไนตริไฟอิง พบว่าในช่วงแรกของการทดลอง พบการเกิดเมือกชีวภาพบางๆ แต่เมื่อระบบดำเนินไปอย่างต่อเนื่องพบว่าเมือกชีวภาพเริ่มหนาและจับเกาะตัวกันเป็นกลุ่ม ตรวจพบปริมาณแบคทีเรียในไฟลัม Proteobacteria คลาส Gammaproteobacteria เป็นกลุ่มเด่น

สิริสุดา (2552) การศึกษาการประเมินประสิทธิภาพการบำบัดน้ำเสียด้วยวิธีธรรมชาติบำบัด โดยศึกษาบริเวณจุดต่างๆ ของลำรางประดิษฐ์ของศูนย์กสิกรรมธรรมชาติมาบเอื้อง ได้แก่ จุดน้ำพุ 1 (บริเวณหลังห้องน้ำ) จุดน้ำพุ 2 (บริเวณหลังครัว) จุดน้ำตก จุดพืชห้าชั้น จุดอิฐยกระดับ จุดแปลง ธูปฤาษีจุดแปลงผักตบชวาและจุดฝายชะลอน้ำเพื่อเปรียบเทียบคุณภาพน้ำก่อนและหลังการบำบัด ตามตัวชี้วัดได้แก่ ฟอสฟอรัสรวม (total phosphorus) บีโอดี (Biochemical Oxygen Demand; BOD) ของแข็งแขวนลอย (Suspended Solid) แอมโมเนีย (NH_3) ไนเตรท (NO_3^-) ความเป็นกรด-ด่าง (pH) แบคทีเรีย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

กลุ่ม โคลิฟอร์มทั้งหมด (total coliform bacteria) และแบคทีเรียกลุ่มฟีคัลโคลิฟอร์ม (fecal coliform bacteria) ผลการศึกษาพบว่าจุดน้ำพุ 1 (บริเวณหลังห้องน้ำ) สามารถบำบัดไนเตรทได้ดีที่สุด จุดน้ำตกและแปลงผักตบชวาสามารถบำบัดแอมโมเนียได้ดีที่สุด จุดอิฐยกระดับสามารถบำบัดบีโอดีได้ดีที่สุด แปลงธูปฤาษีสามารถบำบัดของแข็งแขวนลอยได้ดีที่สุด และฝายชะลอน้ำสามารถบำบัดฟอสฟอรัส แบคทีเรียกลุ่มโคลิฟอร์มทั้งหมด และแบคทีเรียกลุ่มฟีคัลโคลิฟอร์มได้ดีที่สุด สรุปได้ว่าวิธีธรรมชาติบำบัดสามารถบำบัดน้ำเสียชุมชนได้ แต่ทั้งนี้ขึ้นกับคุณลักษณะของน้ำเสียและตัวชี้วัดที่ต้องการบำบัดด้วย

ประจวบ และคณะ (2557) กล่าวว่าการศึกษาวัสดุกรองเพื่อใช้บำบัดคุณภาพน้ำในการเลี้ยงปลานิล ร่วมกับระบบอควาโปนิกส์ โดยเลี้ยงในระบบน้ำหมุนเวียนจากบ่อเข้าสู่ระบบกำจัดตะกอนและผ่านวัสดุกรอง ทำการทดลองในบ่อซีเมนต์ขนาด 1X1X1.5 เมตร แบ่งการทดลองเป็น 4 ชุดๆ ละ 3 ซ้ำ ใช้วัสดุกรองต่างชนิดกัน คือ ชุดทดลองที่ 1 วัสดุกรองเศษตาข่ายพรางแสงขนาด 70% ชุดทดลองที่ 2 วัสดุใยมะพร้าว ชุดทดลองที่ 3 วัสดุใยหญ้าแฝก และชุดทดลองที่ 4 วัสดุผ้าอวนถัก ตามลำดับ เลี้ยงปลานิลเพียงอย่างเดียวร่วมกับการปลูกพืชที่อัตราความหนาแน่น 100 ตัว/บ่อ ร่วมกับปลูกผักกาดหอม 30 ต้น/บ่อ เมื่อสิ้นสุดการทดลองพบว่าน้ำหนักปลานิล มีค่าเฉลี่ย 97.72±0.40, 96.47±1.67, 96.05±1.24 และ 98.80±1.43 กรัม ตามลำดับ ปลานิลในชุดทดลองที่ 4 ให้น้ำหนักเพิ่มสูงสุดที่ 73.18±1.77 กรัม ส่วนชุดทดลองที่ 1, 2 และ 3 ให้น้ำหนักเพิ่มขึ้น 71.87±0.48, 70.50±1.77 และ 70.20±1.17 กรัม ตามลำดับ ความยาวเมื่อสิ้นสุดการทดลอง 17.57±0.02, 17.53±0.03, 17.47±0.09 และ 17.73±0.11 เซนติเมตร ตามลำดับ อัตราการเจริญเติบโต/วัน มีค่าเฉลี่ย 0.80±0.01, 0.78±0.02, 0.78±0.01 และ 0.81±0.02 กรัม/วัน ตามลำดับ อัตราการรอดตายของปลานิลในชุดทดลองที่ 4 สูงสุดคือ 94.33% ในขณะที่ชุดทดลองที่ 1, 2 และ 3 มีอัตราการรอดตาย 94.00%, 93.67% และ 93.39% ตามลำดับ ในด้านผลผลิตผักกาดหอมเมื่อสิ้นสุดการทดลองพบว่าน้ำหนักเฉลี่ยของผักกาดหอม 828.07, 810.17, 818.58 และ 820.14 กรัม ตามลำดับ ในด้านคุณภาพน้ำตลอดการทดลองพบว่าอุณหภูมิ ความเป็นกรดเป็นด่าง ฟอสฟอรัส และความขุ่นไม่มีความแตกต่างกันอย่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.05$) ปริมาณออกซิเจนละลายอยู่ในน้ำในชุดทดลองที่ 1 และ 4 มีความแตกต่างทางสถิติกับชุดทดลองที่ 2 และ 3 อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.05$) โดยมีค่าเฉลี่ย 2.99-3.13 มิลลิกรัม/ลิตร ไนไตรท์ของชุดทดลองที่ 3 มีความแตกต่างกับชุดทดลองที่ 1, 2 และ 4 ตามลำดับ โดยมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.05$) สรุปได้ว่าวัสดุกรองตาข่ายพรางแสง 70% และผ้าอวนถักมีประสิทธิภาพที่ดีในการทดลองครั้งนี้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ระบบอัตโนมัติเพื่อการตรวจวัดคุณภาพน้ำในบ่อเลี้ยงสัตว์น้ำ

นิติพงษ์ และคณะ (2560) ได้ศึกษาการออกแบบวัดและควบคุมความเป็นกรดด่าง (pH) และออกซิเจนละลายน้ำ ที่ประกอบด้วยเซ็นเซอร์วัดค่าความเป็นกรดด่างและ เซ็นเซอร์วัดค่าออกซิเจนละลายน้ำ เป็นอุปกรณ์เป็นอุปกรณ์ตรวจวัดและส่งค่าไปยังอุปกรณ์ควบคุมในการประมวลผลค่าที่ได้จากอุปกรณ์วัด ไปสั่งการชุดควบคุม ความเป็นกรด-ด่าง ชุดควบคุมค่าออกซิเจนละลายน้ำอัตโนมัติโดยใช้วิธีปรับค่าความเป็นกรด-ด่าง ด้วยการ เติมสารละลายเข้มข้นด่าง (น้ำปูนขาว) และสารละลายเข้มข้นกรด (น้ำส้มสายชู) นำไปปรับค่าความเป็น กรด-ด่าง ในบ่อทดลองขนาด 10.5ลูกบาศก์เมตร ให้มีค่าความเป็นกรด-ด่างอยู่ระหว่าง 7.0-7.5 และทำการปรับค่า ออกซิเจนละลายน้ำ ให้มีค่าไม่น้อยกว่า 7 มิลลิกรัมต่อลิตร ด้วยการควบคุมความเร็วรอบของปั๊ม เติมอากาศ จากผลการวิจัยพบว่า ระบบควบคุมความเป็นกรด-ด่าง และออกซิเจนละลายน้ำ สามารถควบคุม ค่าความเป็นกรด-ด่างอยู่ในช่วง 7.0-7.5 และสามารถควบคุมค่าออกซิเจนโดยการเติมอากาศลงในน้ำ เพื่อให้ ได้ค่าไม่น้อยกว่า 7 มิลลิกรัมต่อลิตร

ธวัชชัย และคณะ (2556) ศึกษาระบบตรวจวัดคุณภาพน้ำและประมวลผลแบบอัตโนมัติสาหรับกระชังปลาทับทิม โดยใช้ออกซิเจนเซ็นเซอร์ pH เซ็นเซอร์ และเซ็นเซอร์อุณหภูมิ ทำหน้าที่วัดปริมาณออกซิเจน วัดความเป็นกรดด่างและวัดอุณหภูมิ ค่าที่ได้จะถูกส่งไปประมวลผลต่อด้วยไมโครคอมพิวเตอร์ X86 รุ่น VSX6117 แล้วส่งค่าที่ได้ไปแสดงผลที่ LCD และสั่งให้ไอซี GAL22V10 ควบคุม LED แสดงสถานะของคุณภาพน้ำทดลองและเก็บผลเป็นระยะเวลา 2 เดือน ซึ่งผลการทดลองแสดงให้เห็นว่าระบบตรวจวัดคุณภาพนาสามารถตรวจวัดคุณภาพน้ำได้ สถานะคุณภาพน้ำคือ สถานะคุณภาพน้ำปกติ LED จะแสดงสถานะไฟสีเขียวสว่าง สถานะคุณภาพน้ำเฝ้าระวัง LED จะแสดงสถานะไฟสีเหลืองสว่างและสถานะคุณภาพผิดปกติ LED จะแสดงสถานะไฟสีแดงสว่าง

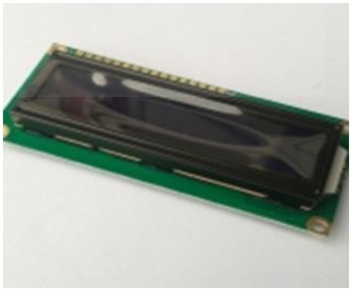
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

องค์ประกอบและการใช้งานของวงจรระบบอัตโนมัติของชุดต้นแบบการควบคุมของแข็งละลายน้ำอัตโนมัติสำหรับการเลี้ยงปลาคาร์พ ที่คาดว่าจะนำมาใช้ (ตารางที่ 2)

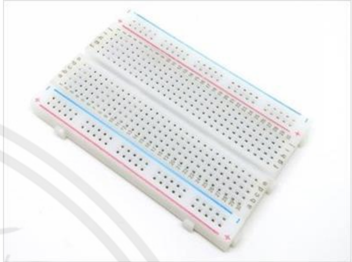
ตารางที่ 2 องค์ประกอบและการใช้งานของวงจรระบบอัตโนมัติของชุดต้นแบบการควบคุมของแข็งละลายน้ำอัตโนมัติสำหรับการเลี้ยงปลาคาร์พ

ชื่ออุปกรณ์	คุณลักษณะและการใช้งาน	ภาพ
TDS sensor module	โพรบวัดจะมีขั้วไฟฟ้า2ขั้วเป็นแท่งโลหะ ขั้วแท่งหนึ่งเป็นเหล็ก ขั้วอีกแท่งหนึ่งเป็นอลูมิเนียมเมื่อเปิดเครื่องใช้งานจะปล่อยกระแสไฟตรง(DC) ออกมาในน้ำ ถ้าในน้ำมีแร่ธาตุปะปนอยู่จะทำให้กระแสไฟฟ้าไหลผ่านแร่ธาตุทั้งหมดมี่อยู่ในน้ำเครื่องจะคำนวณการวัดออกมา http://www.mrtoolshop.com/	**ที่มา**:https://thai.alibaba.com/
Bonetar ปั๊มน้ำ BT 4550 Water Pump 3,800 ลิตร	มอเตอร์เป็นแบบใช้งานใต้น้ำโดยเฉพาะแกนใบพัดเป็นเซรามิค แข็งแรงทนทาน ตัวปั๊มมีการซีลปิดสายไฟแบบหน BONETAR BT4550 ปั๊มน้ำได้ 3,800 ลิตร/ชั่วโมง -กำลังไฟ 50 วัตต์ -ปั๊มน้ำได้สูง 2.4 เมตร ใช้ได้ทั้งน้ำจืดและน้ำเค็มเหมาะสำหรับทำระบบกรอง น้ำพุ น้ำตก	**ที่มา:** https://thaigoodprice.fun/
Relay module arduino โมดูล รีเลย์ 5v	เป็นอุปกรณ์ไฟฟ้าที่มีใช้ในวงการอิเล็กทรอนิกส์ ทำหน้าที่เป็นสวิตช์ไฟ ตัดต่อวงจร โดยการเปลี่ยนพลังงานไฟฟ้าให้เป็นพลังงานแม่เหล็ก เพื่อใช้ในการดึงดูดหน้าสัมผัสของคอนแทคให้เปลี่ยนสภาวะรีเลย์จะทำงานได้โดยการป้อนกระแสไฟฟ้าให้กับขดลวด เพื่อทำการปิดหรือเปิดหน้าสัมผัสคล้ายกับสวิตช์อิเล็กทรอนิกส์ ซึ่งเราสามารถนำรีเลย์ไปประยุกต์ใช้ ในการควบคุมวงจรต่างๆ ได้	**ที่มา** :https://www.myarduinonet

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บอร์ด Arduino Uno	อุปกรณ์ที่ใช้สำหรับควบคุม หรืออ่านค่าบางสิ่ง ถ้าให้เปรียบเทียบมันก็คือคอมพิวเตอร์ขนาดเล็ก แต่มีราคาที่ถูกกว่าคอมพิวเตอร์มากคำว่า Arduino นั้นไม่ใช่ชื่อของไมโครชิพ (Microchip) เป็นแค่เพียงชื่อแบรนด์ที่ออกแบบรูปทรงและเพิ่มอุปกรณ์เสริมเข้าไปบนบอร์ดเพื่อให้เราใช้งานได้ง่ายขึ้น เช่น ช่องสำหรับเสียบ usb ช่องสำหรับเสียบสายสัญญาณชุดแปลงไฟฟ้าก่อนเข้าไปเลี้ยงบอร์ด เป็นต้น และเราสามารถใช้แค่ไมโครชิพอย่างเดียวได้แต่ค่อนข้างยุ่งยาก สำหรับการทดลองหรือทำสิ่งประดิษฐ์จึงนิยมใช้เป็นบอร์ดสำเร็จแบบ Arduino บอร์ดมากกว่า และยังมีโปรแกรมสำเร็จรูปที่ให้เราใช้กันฟรี ๆ เพื่อใช้ในการเขียนโปรแกรม https://www.arduino2robot.com/	 **ที่มา** : https://blog.thaieasyelec.com/
Dapter 9V 2A	Power Adapter แหล่งจ่ายไฟ 9V 2A แหล่งจ่ายไฟ 9V 2A ให้อุปกรณ์อิเล็กทรอสิกส์เสียบเข้า Arduino ได้ 1x AC 100-240V to DC 9V 2A Switching Power supply Converter Adaptor อะแด็ปเตอร์แบบสวิตซิ่ง จาก AC 100-240V เป็น ดีซี 9V 2A ด้านปลายเป็นดีซีแจ๊คขนาด5.5*2.5 ม.ม. และใช้ได้กับ 5.5*2.1 ม.ม. ขั้วในบวก และขั้วนอกลบ	 **ที่มา**:https://www.arduino4.com
Haracter LCD	หลักการคือด้านหลังจอจะมีไฟส่องสว่าง เมื่อมีการปล่อยกระแสไฟฟ้าเข้าไปกระตุ้นที่ผลึก ก็จะทำให้ผลึกโปร่งแสง ทำให้แสงที่มาจากไฟ Backlight แสดงขึ้นมาบนหน้าจอ ส่วนอื่นที่โดนผลึกปิดกั้นไว้จะมีสีที่แตกต่างกันตามสีของผลึกคริสตอล เช่น สีเขียว หรือ สีฟ้า ทำให้เมื่อมองไปที่จอก็จะพบกับตัวหนังสือสีขาว แล้วพบกับพื้นหลังสีต่างๆ กัน	 **ที่มา:**https://www.ioxhop.com/

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

โพรโทบอร์ด (protoboard) หรือ เบรดบอร์ด breadboard)	อุปกรณ์ที่จะช่วยให้สามารถเชื่อมต่อวงจรเพื่อทดลองง่ายขึ้น ลักษณะของบอร์ดจะเป็นพลาสติกมีรูจำนวนมาก ภายใต้รูเหล่านั้นจะมีการเชื่อมต่อถึงกันอย่างมีรูปแบบ เมื่อนำอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์มาเสียบจะทำให้พลังงานไฟฟ้าสามารถไหลจากอุปกรณ์หนึ่ง ไปยังอุปกรณ์หนึ่งได้ ผ่านรูที่มีการเชื่อมต่อกันด้านล่างการเชื่อมต่อกันของโพรโทบอร์ด จะแบ่งได้เป็น 2 กลุ่มใหญ่ คือ 1. กลุ่มแนวตั้ง เป็นกลุ่มที่เป็นพื้นที่สำหรับการเชื่อมต่อวงจร วางอุปกรณ์ จะมีช่องเว้นกลางกลุ่มสำหรับเสียบไอซีตัวถังแบบ DIP และบ่งบอกการแบ่งเขตเชื่อมต่อ 2. กลุ่มแนวนอน เป็นกลุ่มที่มีการเชื่อมต่อกันในแนวนอน ใช้สำหรับพักไฟที่มาจากแหล่งจ่ายเพื่อใช้สำหรับเชื่อมต่อไฟจากแหล่งจ่ายเลี้ยงให้วงจรต่อไป และจะมีสี สัญลักษณ์สกรีนเพื่อบอกขั้วที่ของแหล่งจ่ายที่ควรนำมาพักไว้ โดยสีแดง จะหมายถึงขั้วบวก และสีดำ หรือสีน้ำเงิน จะหมายถึงขั้วลบ https://sites.google.com/	 **ที่มา:**https://sites.google.com/
เซียเล็คเตอร์ Selector Switch	เป็นอุปกรณ์ที่ใช้ควบคุมวงจรไฟฟ้าภาคคอลโทรล เพื่อควบคุมทิศทางของกระแสไฟฟ้าให้ตามทิศทางที่ต้องการ หรือตัดกระแสไฟไม่ให้ไหลผ่านวงจรได้ตามที่ต้องการ เป็นสวิตช์ที่ใช้งานกันมากในงานที่ต้องควบคุมการทำงานด้วยมือ โดยการบิดให้คอนแทค ที่อยู่ภายในเปลี่ยนสภาวะปิด (NC) หรือเปิด (NO) https://my.factomart.com/products/	 **ที่มา:**https://www.indiamart.com/proddetail/
เทอร์มินอล Terminal	อุปกรณ์ที่ใช้ในการเชื่อมต่อสายไฟในตู้ควบคุม กล่องต่อสายหรือตามจุดต่างๆ ที่ต้องการ เพื่อรับไฟจากแหล่งจ่ายไฟไปยังอุปกรณ์ต่างๆ ภายในตู้ รวมถึงเป็นจุดต่อร่วมของสายไฟโดยที่ไม่ต้องไปต่อสายรวมกันที่ขั้วต่อของอุปกรณ์ http://www.engineerfriend.com/	 **ที่มา:**https://www.lazada.co.th/products/

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Temperature Sensor	อุปกรณ์ที่วัดปริมาณของพลังงานความร้อนหรือความเย็นที่สร้างขึ้นโดยวัตถุหรือระบบ ซึ่งจะทำการสัมผัส/ ตรวจจับการเปลี่ยนแปลงทางกายภาพที่เกิดขึ้นจากอุณหภูมิโดยใช้เอาต์พุตอะนาล็อกหรือดิจิตอล	**ที่มา:**https://www.cybertice.com/product/2992/ds18b20

ปฏิมากรณ์ และคณะ (2563) ศึกษาการนำ TDS Sensor, Turbidity sensor และ Flow Sensor มาสร้างเป็นระบบแจ้งเตือนการบำรุงรักษาเครื่องกรองน้ำด้วยพีแอลซี พบว่าระบบแจ้งเตือนการบำรุงรักษาเครื่องกรองน้ำด้วยพีแอลซีที่ใช้คุณภาพของน้ำมาพิจารณาในการบำรุงรักษาระบบสามารถทำให้ระบบการกรองน้ำมีประสิทธิภาพสูงขึ้นกว่าทั่วๆ ไปที่ ใช้เพียงจำนวนลิตรหรือตามระยะเวลา และสามารถนำองค์ความรู้เกี่ยวกับ พีแอลซีที่ได้ศึกษามาใช้ต่อยอดให้เกิดประโยชน์เกี่ยวกับคุณภาพไส้กรองน้ำได้ซึ่งระบบแจ้งเตือนการบำรุงรักษาเครื่องกรองน้ำด้วยพีแอลซีนี้ สามารถใช้เป็นต้นแบบในการผลิตระบบแจ้งเตือนการบำรุงรักษาเครื่องกรองน้ำและสามารถนำไปประยุกต์ใช้ งานได้จริงเพื่อเพิ่มความปลอดภัยแก่ผู้บริโภค และสามารถแจ้งเตือนเพื่อเปลี่ยนไส้กรองน้ำที่เสื่อมสภาพก่อน เวลาอันควรได้ นอกจากนั้นยังสามารถนำไปประยุกต์ใช้ในระบบอื่นๆ ได้

เกวลิน (2555) ศึกษาระบบติดตามสภาพน้ำบ่อปลา เพื่อธุรกิจปลาสวยงามขึ้นมาโดยทำการออกแบบและควบคุมผ่านไมโครคอนโทรลเลอร์ ซึ่งไมโครคอนโทรลเลอร์จะทำหน้าเป็นตัวหลักที่รับส่งข้อมูลจากเซ็นเซอร์ทั้ง 4 ชนิด คือ เซ็นเซอร์วัดอุณหภูมิ เซ็นเซอร์วัดค่ากรด-ด่าง เซ็นเซอร์วัดระดับของน้ำ และเซ็นเซอร์วัดความขุ่น ในการตรวจสอบคุณน้ำคิดคำนวณและแสดงผลผ่านทางหน้าจอมอนิเตอร์และจดบันทึกค่าต่างๆ ลงในฐานข้อมูลหลัก เพื่อให้ผู้เพาะเลี้ยงปลาสามารถติดตามและตรวจสอบคุณภาพน้ำในแต่ละบ่อได้ตลอดเวลา เพื่ออำนวยความสะดวกแก่ผู้เพาะพันธุ์ปลาสวยงามในการตรวจสอบคุณภาพของน้ำทั้งนี้โปรแกรมได้ออกแบบและพัฒนาขึ้นมาให้สามารถทำงานได้ตรงเป้าหมายที่วางโดยสามารถแสดงค่าอุณหภูมิ ค่าความเป็นกรด-ด่าง ค่าระดับน้ำและความขุ่นของน้ำ ในการตรวจสอบคุณภาพน้ำที่แม่นยำ เพื่อเป็นเครื่องมือในการตัดสินใจให้ผู้เพาะพันธุ์ปลาสวยงาม สามารถแก้ไขเรื่อง ปัญหาที่จะเกิดขึ้นได้อย่างทันท่วงที

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

อุปกรณ์และวิธีการ

อุปกรณ์

วัสดุ

1.สัตว์ทดลอง

ปลาคาร์พ จากฟาร์มเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำและพืชน้ำอัจฉริยะ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง วิทยาเขตชุมพรเขตอุดมศักดิ์ จังหวัดชุมพร

2.อาหารทดลอง

อาหารปลาสำเร็จรูปชนิดลอยน้ำยี่ห้อฟิชเฟิร์ส 4642 (มีคุณค่าทางโภชนาการคือ โปรตีน 25% ไขมัน 4% กากอาหาร 8% และความชื้น 12%)

อุปกรณ์/ เครื่องมือ

1. อุปกรณ์ระบบเพาะเลี้ยงปลาคาร์พ

1.1 บ่อปูนซีเมนต์

1.2 บ่อปูนซีเมนต์ ขนาด 185 x 160 x 40 เซนติเมตร

1.2 เครื่องปั๊มน้ำ BONETAR BT4550 (3800L/Hr.)

1.4 ปั๊มลม หัวทราย และสายอากาศ

2. ระบบกรอง

2.1 ถังทรงกระบอกขนาด 40 ลิตร จำนวน 2 ถัง

2.2 ข้อต่องอ ½ นิ้ว 3ชิ้น

2.3 ข้อต่องอขนาด 1 นิ้ว 2 ชิ้น

2.4 ข้อต่อเกลียวนอก/เกลียวในขนาด ½ นิ้ว 1 ชุด

2.5 ข้อต่อเกลียวนอก/เกลียวในขนาด 1 นิ้ว 2 ชุด

2.6 ท่อขนาดครึ่งนิ้ว

2.7 ท่อขนาด 1 นิ้ว

2.8 หินกรวด

2.9 หินภูเขาไฟ

2.10 ไบโอบอล

2.11 เปลือกหอย

2.12 ใยกรองหยาบ

2.13 ใยกรองระเอียด

3.ระบบเครื่องตรวจวัดค่าของแข็งละลายน้ำ

3.1 TDS sensor module

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.2 บอร์ด Arduino Uno
3.3 Relay module arduino โมดูล รีเลย์ 5V
3.4 Adapter 9V 2A
3.5 Character LCD 16x2
3.6 โพรโทบอร์ด (protoboard)
3.7 Temperature Sensor module

4.สำหรับการตรวจวัดการเจริญของปลา

4.1 ไม้บรรทัด
4.2 เครื่องชั่งน้ำหนัก ทศนิยม 2 ตำแหน่ง
4.3 สมุดบันทึก
4.4 ปากกา ดินสอ
4.5 สวิง
4.6 วัสดุใส่ปลา

5. สำหรับการตรวจและวิเคราะห์คุณภาพน้ำ

5.1 pH meter
5.2 SONA Nitrite Test
5.3 PARA Ammonium Test
5.4 SONA pH Test
5.5 PARA Alkalinity Test

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

วิธีการ

1. แผนการศึกษา

การศึกษาครั้งนี้ประกอบไปด้วย 2 ส่วนหลักๆ คือ การจัดสร้างชุดต้นแบบการควบคุมของแข็งละลายน้ำ (TDS) ในน้ำที่เลี้ยงปลาคาร์พแบบอัตโนมัติ และการศึกษาประสิทธิภาพของชุดต้นแบบการควบคุมของแข็งละลายน้ำในน้ำที่เลี้ยงปลาคาร์พแบบอัตโนมัติ

1.การจัดสร้างชุดต้นแบบการควบคุมของแข็งละลายน้ำอัตโนมัติสำหรับการเลี้ยงปลาคาร์พ

ดำเนินการ จำนวน 4 ขั้นตอน ได้แก่ การออกแบบชุดต้นแบบการควบคุมของแข็งละลายน้ำอัตโนมัติสำหรับการเลี้ยงปลาคาร์พ การจัดทำชุดต้นแบบการควบคุมของแข็งละลายน้ำอัตโนมัติสำหรับการเลี้ยงปลาคาร์พ การทดสอบการวัดค่าของแข็งละลายน้ำของชุดต้นแบบการควบคุมของแข็งละลายน้ำอัตโนมัติสำหรับการเลี้ยงปลาคาร์พ และ การปรับปรุงชุดต้นแบบการควบคุมของแข็งละลายน้ำอัตโนมัติสำหรับการเลี้ยงปลาคาร์พ

2.การศึกษาประสิทธิภาพของชุดต้นแบบการควบคุมของแข็งละลายน้ำอัตโนมัติสำหรับการเลี้ยงปลาคาร์พ

วางแผนการทดลองแบบบล็อกสุ่มสมบูรณ์ (Randomized Complete Block Dessign : RCBD)

กำหนดให้มี 3 ชุดทดลอง เพื่อศึกษาประสิทธิภาพของชุดต้นแบบ โดยเปรียบเทียบความหนาแน่นของปลาที่เลี้ยงต่างกัน 3 ระดับความหนาแน่น คือ

ชุดทดลองที่ 1 เลี้ยงปลาคาร์พที่อัตราความหนาแน่น 30 ตัว/ตารางเมตร
(จำนวน 30 ตัว/บ่อ)

ชุดทดลองที่ 2 เลี้ยงปลาคาร์พที่อัตราความหนาแน่น 40 ตัว/ตารางเมตร
(จำนวน 40 ตัว/บ่อ)

ชุดทดลองที่ 3 เลี้ยงปลาคาร์พที่อัตราความหนาแน่น 50 ตัว/ตารางเมตร
(จำนวน 50 ตัว/บ่อ)

หมายเหตุ 1.อัตราความหนาแน่นที่เหมาะสมสำหรับการเลี้ยงปลาคาร์พคือ 20 ตัว/ตารางเมตร (จงกล และคณะ, 2555) แต่ในการศึกษาครั้งนี้ ใช้อัตราความหนาแน่นที่สูงกว่า เพราะตัว sensor อ่านค่าของแข็งแขวนลอยไม่ได้ เพราะมีในน้ำน้อยมาก จึงปรับความหนาแน่นให้เพิ่มขึ้น

2.ใช้ระบบกรองน้ำชีวภาพหินภูเขาไฟ + ไบโอบอล และเปลือกหอย (ประสิทธ์, 2562) ร่วมกับระบบกรองน้ำกายภาพใยกรองละเอียด + กรองหยาบ (สุรศักดิ์, 2546)

3.กำหนดค่าของแข็งละลายน้ำทั้งหมดไว้ที่ ที่ 470 ส่วนในล้าน (ค้นหาด้วยตนเอง จากการตรวจวัดค่าของแข็งละลายน้ำทั้งหมดจากน้ำที่ร้าน Chumphon koi & cafe

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2. การเตรียมการทดลอง

2.1 การเตรียมภาชนะทดลองและระบบต่างๆ

ล้างบ่อซีเมนต์ขนาด 185 x 160 x 40 เซนติเมตร ให้สะอาด ตากบ่อให้แห้ง และต่อระบบการให้อากาศ (ภาพที่ 2)

ภาพที่ 2 บ่อทดลองเพื่อเลี้ยงปลาคาร์พด้วยชุดต้นแบบการควบคุมของแข็งละลายน้ำอัตโนมัติสำหรับการเลี้ยงปลาคาร์พ

2.2 การรวบรวมสัตว์ทดลอง

สุ่มปลาคาร์พที่มีขนาดตามต้องการและแข็งแรงสมบูรณ์ โดยใช้ปลาคาร์พขนาด 7-13 เซนติเมตร (ภาพที่ 3) ที่เลี้ยงจากฟาร์มเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำและพืชน้ำอัจฉริยะ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง วิทยาเขตชุมพรเขตอุดมศักดิ์ จังหวัดชุมพร ที่ความหนาแน่น 20 ตัว/ตารางเมตร (จงกล และคณะ, 2555) ที่ระดับความลึกของน้ำ 50 เซนติเมตร ให้อากาศผ่านหัวทราย ให้อาหารที่ 5% ของน้ำหนักตัว วันละ 2 ครั้ง

ภาพที่ 3 ลักษณะปลาคาร์พที่เหมาะสม แข็งแรง สมบูรณ์ เพื่อการศึกษาทดลอง

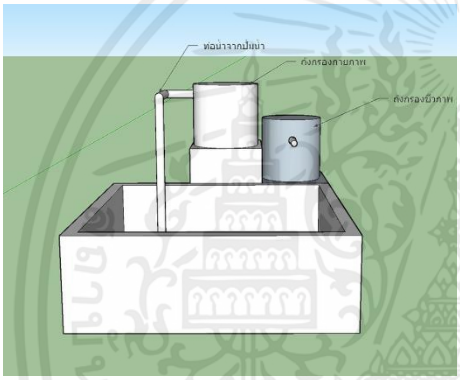
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.3 การเตรียมน้ำสำหรับการเลี้ยงปลาคาร์พ

นำน้ำประปาใส่ถังพลาสติกทรงกลมขนาด 500 ลิตร เติมคลอรีนที่ความเข้มข้น 10-20 ส่วนในล้าน เป่าอากาศอย่างแรงและทิ้งไว้เป็นเวลาอย่างน้อย 24-48 ชั่วโมง จากนั้นทำการตรวจสอบการสลายของคลอรีนในน้ำโดยใช้ชุดทดสอบคลอรีน

2.4 การเตรียมถังกรองน้ำสำหรับเลี้ยงปลาคาร์พ

ออกแบบถังกรองโดยออกแบบในรูปแบบของถังแฝดแยกกันระหว่างระบบกรองกายภาพและกรองด้วยระบบชีวภาพในระดับความสูงที่ต่างกันเพื่อช่วยในการถ่ายเทน้ำจากระบบกรองกายภาพ สู่ระบบกรองชีวภาพได้อย่างมีประสิทธิภาพมากขึ้น (ภาพที่ 4 และ 5)



ภาพที่ 4 ออกแบบระบบถังด้วยโปรแกรม SketchUp

ภาพที่ 5 การประกอบระบบกรอง

2.5 การเตรียมชุดต้นแบบการควบคุมของแข็งละลายน้ำอัตโนมัติสำหรับการเลี้ยงปลาคาร์พ

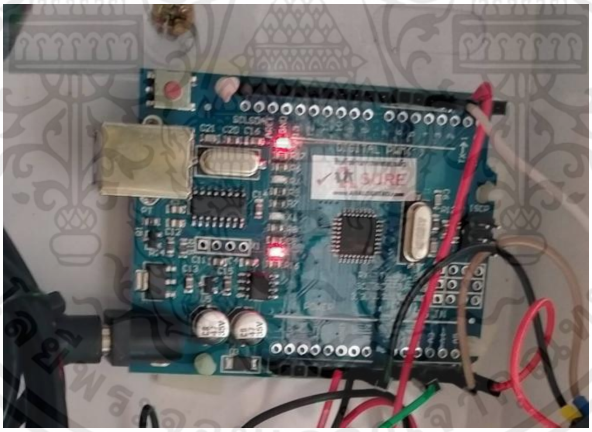
องค์ประกอบการทำชุดต้นแบบการควบคุมของแข็งละลายน้ำอัตโนมัติสำหรับการเลี้ยงปลาคาร์พ ประกอบไปด้วยอุปกรณ์หลักทั้งหมด 5 ชิ้น คือ

1) TDS Sensor เซ็นเซอร์วัดค่าการนำไฟฟ้าของน้ำ ให้สัญญาณ analog โดยมีขั้วไฟฟ้า 2 ขั้ว เป็นแท่งโลหะ ขั้วแท่งหนึ่งเป็นเหล็ก ขั้วอีกแท่งหนึ่งเป็นอลูมิเนียม เมื่อเปิดเครื่องใช้งานจะปล่อยกระแสไฟตรง (DC) ออกมาในน้ำ ถ้าในน้ำมีแร่ธาตุปะปนอยู่จะทำให้กระแสไฟฟ้าไหลผ่านแร่ธาตุทั้งหมดมีอยู่ในน้ำ เครื่องจะคำนวณการวัดออกมา (ภาพที่ 6)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาพที่ 6 TDS Sensor ที่ใช้ในชุดต้นแบบการควบคุมของแข็งละลายน้ำอัตโนมัติ

2) <u>บอร์ด Arduino Uno</u> คือ ไมโครคอนโทรลเลอร์ (MCU: Microcontroller Unit) เป็นการร่วมกับอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ต่างๆ ประกอบเป็นบอร์ดอิเล็กทรอนิกส์ขนาดเล็กเพื่อให้ง่ายต่อการใช้งาน หรือที่เรียกกันว่า บอร์ด Arduino ซึ่งก็คือคอมพิวเตอร์ขนาดเล็กที่ประกอบไปด้วย หน่วยประมวลผล หน่วยความจำ หน่วยควบคุม input และ output (ภาพที่ 7)



ภาพที่ 7 Arduino Uno ที่ใช้ในชุดต้นแบบการควบคุมของแข็งละลายน้ำอัตโนมัติสำหรับการเลี้ยงปลาคาร์พ

3) <u>Adapter 9V 2A</u> หม้อแปลงไฟฟ้าจากไฟฟ้ากระแสสลับ (ไฟบ้าน) ที่มีค่าความต่างศักย์ 220 โวลต์ ให้เป็นไฟฟ้ากระแสตรง (DC) ที่มีค่าความต่างศักย์ต่ำลง เพื่อให้สามารถจ่ายกระแสไฟฟ้าให้กับเครื่องใช้ไฟฟ้าได้ โดยจะใช้สำหรับแปลง ความต่างศักย์ 220 โวลต์ ให้เป็น 9 โวลต์ เพื่อจ่ายแรงดันไฟฟ้าที่เหามะสมให้กับบอร์ด Arduino Uno เขียนโปรแกรมสำหรับสั่งงานตามแผนการทดลองที่ตั้งไว้ (ภาพที่ 8)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาพที่ 8 Adapter 9V 2A ที่ใช้ในชุดต้นแบบการควบคุมของแข็งละลายน้ำอัตโนมัติสำหรับการเลี้ยงปลาคาร์พ

4) Character LCD 16 x 2 เป็นจอแสดงผลตัวอักษรได้หลายตัว จอ LCD 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 TDS Sensor และนำมาแปลงเป็นตัวเลขขึ้นแสดง (ภาพที่ 9)

ภาพที่ 9 Character LCD 16 x 2 ที่ใช้ในชุดต้นแบบการควบคุมของแข็งละลายน้ำอัตโนมัติ

5) Temperature Sensor จะวัดปริมาณของพลังงานความร้อนหรือความเย็นที่สร้างขึ้น โดยวัตถุหรือระบบ ซึ่งจะทำการสัมผัส/ตรวจจับการเปลี่ยนแปลงทางกายภาพที่เกิดขึ้นจากอุณหภูมิโดยใช้เอาต์พุตแบบอะนาล็อกหรือดิจิตอล (ภาพที่ 10)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาพที่ 10 Temperature Sensor ที่ใช้ในชุดต้นแบบการควบคุมของแข็งละลายน้ำอัตโนมัติ

หลักการทำงานชุดต้นแบบการควบคุมของแข็งละลายน้ำอัตโนมัติ

ชุดต้นแบบการควบคุมของแข็งละลายน้ำอัตโนมัติ ทำงานโดยประยุกต์ใช้อุปกรณ์และเทคโนโลยีหลายส่วนเข้าด้วยกันเพื่อใช้แก้ปัญหาในการควบคุมปริมาณค่าของแข็งละลายในน้ำให้แม่นยำ โดยทำตามหลักการดังนี้คือ ใช้ Total dissolved solids Sensor ซึ่งเป็นเซนเซอร์ชนิดหนึ่งที่ทำหน้าที่เปลี่ยนสัญญาณที่อยู่ในรูปแบบทางฟิสิกส์ ซึ่งในที่นี้คือการนำไฟฟ้าของของแข็งละลายอยู่ในน้ำให้มาอยู่ในรูปแบบของสัญญาณไฟฟ้า โดยใช้หลักการเมื่อเซนเซอร์ Total dissolved solids Sensor ปล่อยกระแสไฟตรงออกมาในน้ำ หากในน้ำมีแร่ธาตุอยู่กระแสไฟฟ้าจะไหลผ่านแร่ธาตุในน้ำและเซ็นเซอร์จะสร้างความถี่และสัญญาณแรงดันไฟฟ้าส่งกลับมายังตัวรับและส่งค่ากับไปให้บอร์ด Arduino Uno ประมวลผล ทำให้สามารถอ่านค่าของของแข็งละลายน้ำได้ตลอดเวลา ซึ่งปริมาณของแข็งละลายน้ำที่ตรวจสอบได้จะแสดงบนจอแสดงผล Character LCD 16 x 2 เพื่อรับสัญญาณจาก Total dissolved solids Sensor เพื่อสั่งการระบบกรองเพื่อควบคุมปริมาณค่าของแข็งละลายน้ำให้อยู่ในค่าที่กำหนด

3. การศึกษา

การศึกษาในครั้งนี้ ประกอบด้วย 2 ส่วนหลักๆ คือ การจัดสร้างชุดต้นแบบการควบคุมของแข็งละลายน้ำอัตโนมัติสำหรับการเลี้ยงปลาคาร์พ และการศึกษาประสิทธิภาพของชุดต้นแบบการควบคุมของแข็งละลายน้ำอัตโนมัติสำหรับการเลี้ยงปลาคาร์พ

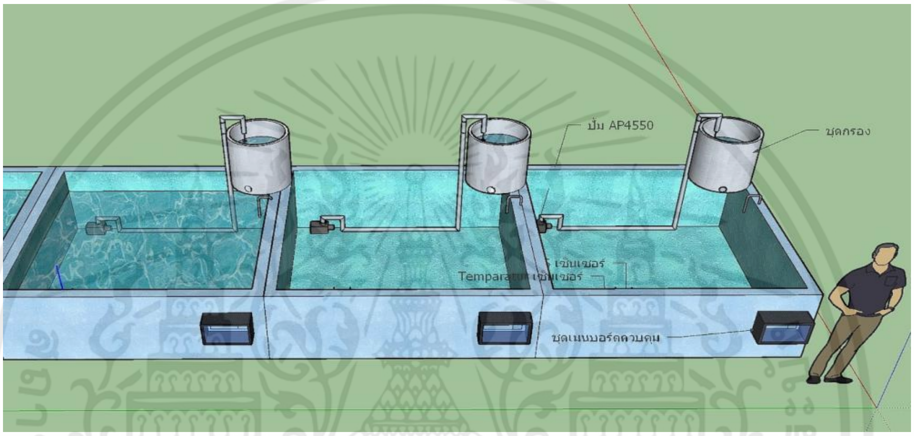
ก. การจัดสร้างชุดต้นแบบการควบคุมของแข็งละลายน้ำอัตโนมัติสำหรับการเลี้ยงปลาคาร์พ

มี 4 ขั้นตอนคือ การออกแบบชุดต้นแบบการควบคุมของแข็งละลายน้ำอัตโนมัติสำหรับการเลี้ยงปลาคาร์พ การจัดทำชุดต้นแบบการควบคุมของแข็งละลายน้ำอัตโนมัติสำหรับการเลี้ยงปลาคาร์พ การทดสอบการวัดค่าของแข็งละลายน้ำของชุดต้นแบบการควบคุมของแข็งละลายน้ำอัตโนมัติสำหรับการเลี้ยงปลาคาร์พ และการปรับปรุงชุดต้นแบบการควบคุมของแข็งละลายน้ำอัตโนมัติสำหรับการเลี้ยงปลาคาร์พ

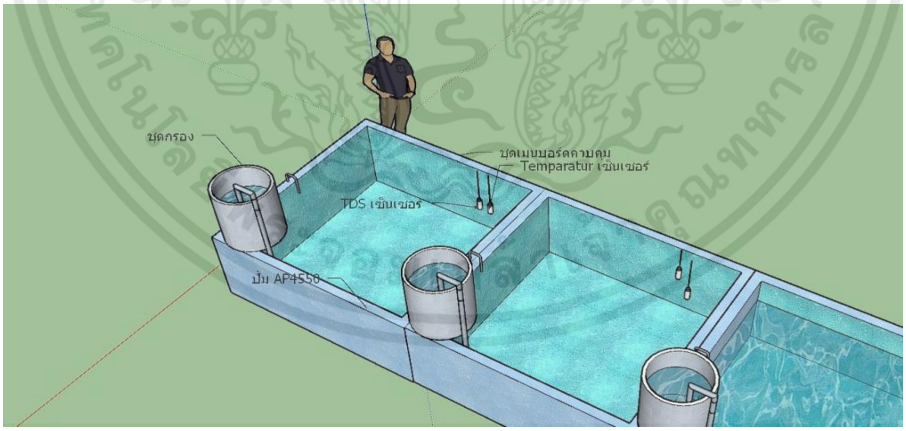
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

1. **<u>การออกแบบชุดต้นแบบการควบคุมของแข็งละลายน้ำอัตโนมัติสำหรับการเลี้ยงปลาคาร์พ</u>**

การออกแบบชุดต้นแบบการควบคุมของแข็งละลายน้ำอัตโนมัติสำหรับการเลี้ยงปลาคาร์พ เพื่อเป็นต้นแบบในการจัดสร้างชุดต้นแบบดังกล่าวที่สามารถเห็นได้เป็นรูปธรรม เข้าใจง่าย ด้วยการออกแบบรูปแบบ 3 มิติที่มีความทันสมัยและสามารถแก้ไขได้ตลอดเวลา เพื่อให้สามารถสร้างต้นแบบที่สามารถใช้งานได้อย่างมีประสิทธิภาพ โดยออกแบบผ่านโปรแกรม SketchUp (ภาพที่ 11 และ 12)



ภาพที่ 11 การออกแบบชุดต้นแบบการควบคุมของแข็งละลายน้ำอัตโนมัติ (ภาพด้านหน้า)



ภาพที่ 12 การออกแบบชุดต้นแบบการควบคุมของแข็งละลายน้ำอัตโนมัติ (ภาพด้านหลัง)

2. **<u>การจัดทำชุดต้นแบบการควบคุมของแข็งละลายน้ำอัตโนมัติสำหรับการเลี้ยงปลาคาร์พ</u>**

การจัดทำชุดต้นแบบการควบคุมของแข็งละลายน้ำอัตโนมัติสำหรับการเลี้ยงปลาคาร์พ จัดทำขึ้นโดยการนำความรู้ความเข้าใจด้านเทคโนโลยีต่างๆ มาดัดแปลงเพื่อใช้ในการแก้ไขปัญหา ลดขั้นตอนและต้นทุน ซึ่งเทคโนโลยีเหล่านี้เป็นเทคโนโลยีที่ใช้กันในปัจจุบัน เหตุผลของการจัดทำชุดต้นแบบ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การควบคุมของแข็งละลายน้ำอัตโนมัติสำหรับการเลี้ยงปลาคาร์พเพื่อต้องการที่จะวัดค่าของแข็งละลายน้ำภายในบ่อเลี้ยงและสามารถควบคุมปริมาณของแข็งละลายในน้ำได้ ผ่านชุดกรองน้ำเป็นระบบหมุนเวียนน้ำเพื่อลดการสูญเสียน้ำอย่างไม่จำเป็น และยังสามารถเพิ่มความหนาแน่นของปลาในบ่อเลี้ยงได้ ซึ่งในการทำงานในแต่ละครั้งระบบของชุดต้นแบบการควบคุมของแข็งละลายน้ำอัตโนมัติสำหรับการเลี้ยงปลาคาร์พจะนี้ถูกควบคุมด้วยระบบ sensor เพื่อควบคุมการทำงานวัดปริมาณของแข็งละลายอยู่ในน้ำและอุณหภูมิตลอดเวลา

2.1 การประกอบ ชุดต้นแบบการควบคุมของแข็งละลายน้ำอัตโนมัติสำหรับการเลี้ยงปลาคาร์พ

1) ติดตั้ง TDS sensor module เข้ากับบอร์ด Arduino Uno โดยใช้สายไฟจัมเปอร์จำนวน 3 เส้น โดยต่อสายสัญญาณ PWM output (เส้นสีเหลือง) เข้ากับบอร์ด Arduino 23 Uno ช่อง A1 ต่อช่อง Vcc เข้ากับแหล่งจ่ายไฟ 5v ของบอร์ด Arduino Uno และต่อช่อง Gnd เข้ากับ Ground ของบอร์ด Arduino Uno ผ่านโพรโทบอร์ด (protoboard) ซึ่งเมื่อน้ำไหลผ่านขั้วของ TDS sensor module จะสร้างความถี่และสัญญาณแรงดันไฟฟ้าส่งกลับมายังตัวรับและส่งค่ากับไปให้บอร์ด Arduino Uno ประมวลผล

2) ติดตั้ง Temparatur sensor เข้ากับบอร์ด Arduino Uno โดยใช้สายไฟจัมเปอร์จำนวน 3 เส้น โดยต่อสายสัญญาณ Digital output (เส้นสีฟ้า) เข้ากับบอร์ด Arduino 23 Uno ช่อง D4 ต่อช่อง Vcc เข้ากับแหล่งจ่ายไฟ 5v ของบอร์ด Arduino Uno และต่อช่อง Gnd เข้ากับ Ground ของบอร์ด Arduino Uno ผ่าน โพรโทบอร์ด (protoboard) ซึ่งเมื่อน้ำไหลผ่านขั้วของ Temparatur sensor module จะสร้างความถี่สัมผัส และสัญญาณแรงดันไฟฟ้าส่งกลับมายตัวรับและส่งค่ากับไปให้บอร์ด Arduino Uno ประมวลผล

3) ติดตั้งจอ LCD 16x2 I2C เข้ากับบอร์ด Arduino Uno โดยใช้สายไฟจัมเปอร์จำนวน 4 เส้นดคือต่อสัญญาณ SCL เข้ากับบอร์ด Arduino Uno ช่อง D2 ต่อสัญญาณ SDA เข้ากับบอร์ด Arduino Uno ช่อง A4 ต่อช่อง Vcc เข้ากับแหล่งจ่ายไฟ 5v ของบอร์ด Arduino Uno และต่อช่อง Gnd เข้ากับ Ground ของบอร์ด Arduino Uno ซึ่งจอ LCD 16x2 I2C จะทำหน้าที่เป็นตัวแสดงค่าของแข็งละลายในน้ำและอุณหภูมิน้ำที่ผ่านการประมวลผลจากบอร์ด Arduino Uno แล้ว

4) ติดตั้ง Adapter 9V 2A เข้ากับบอร์ด Arduino Uno เพื่อจ่ายไฟเลี้ยงให้บอร์ด Arduino Uno ทำงาน

5) ติดตั้ง Relay module 5V เข้ากับบอร์ด Arduino Uno โดยใช้สายไฟจัมเปอร์จำนวน 3 เส้น โดยต่อสายสัญญาณ PWM output (เส้นสีเหลือง) เข้ากับบอร์ด Arduino 23 Uno ช่อง D2 ต่อช่อง Vcc เข้ากับแหล่งจ่ายไฟ 5v ของบอร์ด Arduino Uno และต่อช่อง Gnd เข้ากับ Ground ของบอร์ด Arduino Uno ผ่าน โพรโทบอร์ด (protoboard) ซึ่งเมื่อบอร์ด Arduino Uno ประมวลผลและผลที่ได้มีค่ามากกว่าที่กำหนดไว้ Arduino Uno จะสั่งการให้ Relay module 5V จ่ายไฟไปยังปั้มน้ำให้ทำการจ่ายน้ำเข้าสู่ระบบกรอง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.2 ทดสอบการทำงานของเซ็นเซอร์โดยนำเซ็นเซอร์ไปทดสอบในน้ำแล้วตรวจดูหน้าจอว่าเซ็นเซอร์มีการแสดงผลอย่างถูกต้องโดยควบคุมค่าไว้ตามที่ต้องการ โดยกำหนดให้

- ชุดทดลองที่ 1 เลี้ยงปลาคาร์พที่อัตราความหนาแน่น 30 ตัว/บ่อ
- ชุดทดลองที่ 2 เลี้ยงปลาคาร์พที่อัตราความหนาแน่น 40 ตัว/บ่อ
- ชุดทดลองที่ 3 เลี้ยงปลาคาร์พที่อัตราความหนาแน่น 50 ตัว/บ่อ

2.3 ติดตั้งอุปกรณ์ทั้งหมดลงในตู้กันน้ำพลาสติกฝาทึบ

2.4 อัพโหลดโค๊ดลง บอร์ด Arduino Uno ด้วยโปรแกรม Arduino (IDE)

3. <u>การทดสอบการวัดค่าของแข็งละลายน้ำของชุดต้นแบบการควบคุมของแข็งละลายน้ำในน้ำแบบ</u>

<u>อัตโนมัติ</u>

3.1 ทดสอบการทำงานของเซ็นเซอร์ ว่าสามารถตรวจวัดค่าได้จริง ไม่มีการขัดข้องของระบบหรือการประกอบ

3.2 ทดสอบการทำงานตรวจวัดของเซนเซอร์ โดยทดสอบความแม่นยำในการวัดค่าของแข็งละลายน้ำให้มีความเสถียรมากที่สุด

3.3 ทดสอบการทำงานของระบบ ทดสอบการทำงานเมื่อค่าของแข็งที่ละลายในน้ำมีค่าเกินกว่าที่กำหนด ระบบจะต้องสั่งการโดยการจ่ายกระแสไฟไปยังปั้มน้ำ เพื่อนำน้ำเข้าสู่ระบบกรองน้ำอย่างแม่นยำ

3.4 ทดสอบชุดระบบกรอง โดยชุดระบบกรองจะต้องสามารถกรองค่าของแข็งที่ละลายอยู่ในน้ำได้

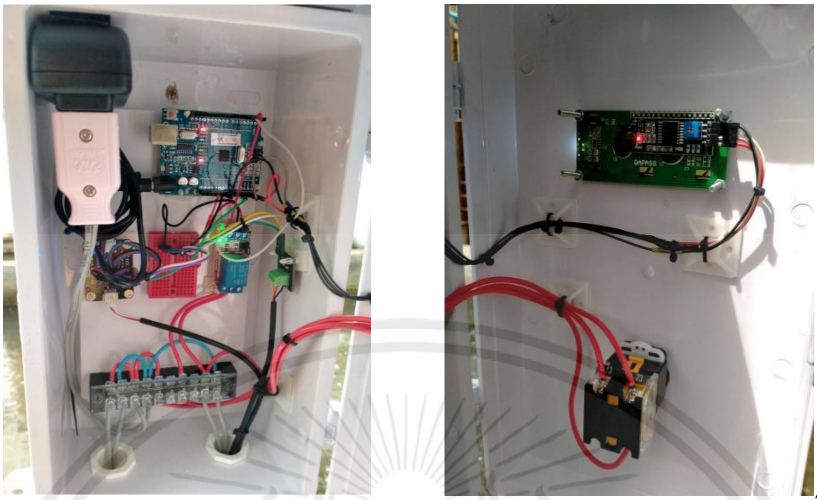
4. <u>การปรับปรุงชุดต้นแบบการควบคุมของแข็งละลายน้ำอัตโนมัติสำหรับการเลี้ยงปลาคาร์พ</u>

หากพบปัญหา ให้ทำการปรับปรุงในส่วนที่พบปัญหา (ในข้อ 3) และตรวจเช็คในชุดอื่นๆ ให้เป็นไปตามความเหมาะสม

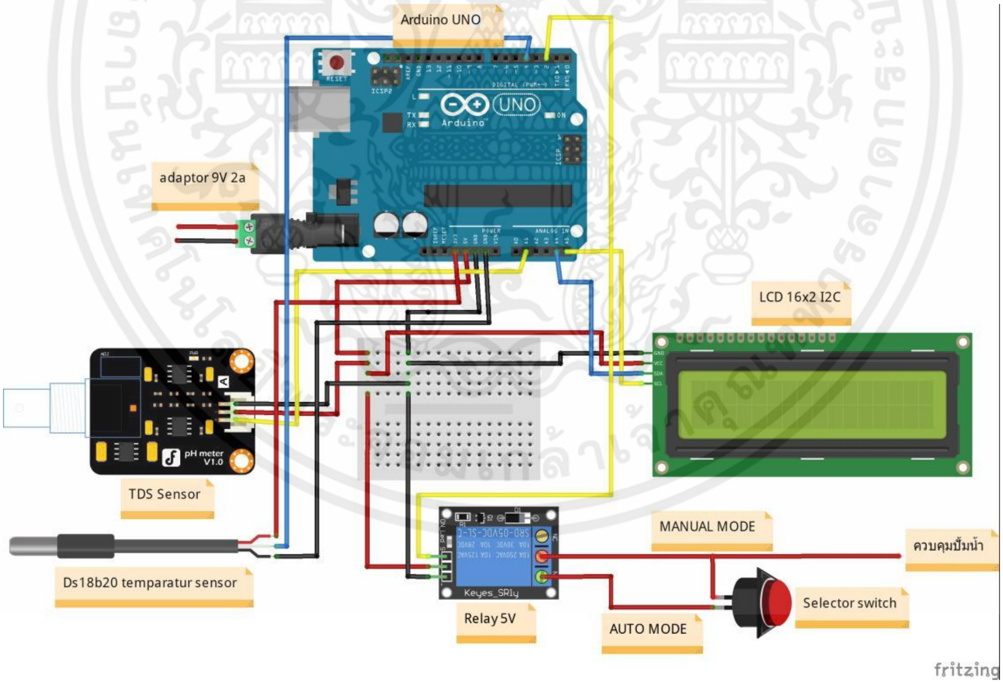
ข. การศึกษาประสิทธิภาพของชุดต้นแบบการควบคุมของแข็งละลายน้ำอัตโนมัติสำหรับการเลี้ยงปลาคาร์พ

ทดลองและตรวจสอบการทำงานของวงจรของชุดควบคุมของแข็งละลายน้ำ ให้ทำงานได้อย่างมีประสิทธิภาพสูงสุด (ภาพที่ 13 และ 14)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



ภาพที่ 13 ระบบและวงจรของชุดต้นแบบการควบคุมของแข็งละลายน้ำอัตโนมัติสำหรับการเลี้ยงปลาคาร์พ



ภาพที่14ภาพInfographicของชุดต้นแบบการควบคุมของแข็งละลายน้ำอัตโนมัติสำหรับการเลี้ยงปลาคาร์พ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

1) ล้างทำความสะอาดบ่อซีเมนต์ ตากแดด พร้อมติดตั้งระบบกรองน้ำและระบบให้อากาศ

2) ประกอบระบบและติดตั้งเซ็นเซอร์เข้ากับบ่อและระบบกรอง

3) เติมน้ำลงบ่อซีเมนต์และเติมให้เต็มถังกรองกายภาพและถังกรองชีวภาพ แล้วจึงเริ่มทดสอบระบบ

4) นำปลาคาร์พที่คัดแยกขนาดที่ใกล้เคียงกันและมีลักษณะสมบูรณ์แข็งแรงเป็นปกติ ปล่อยลงในชุดทดลองที่ 1, 2 และ 3 ที่ความหนาแน่น 30, 40 และ 50 ตัว/ตารางเมตร ตามลำดับ (จงกล และคณะ, 2555)

5) การให้อาหารแก่ปลาคาร์พ ให้อาหารเม็ดสำเร็จรูปชนิดเม็ดลอยน้ำยี่ห้อฟิชเฟิร์ส 4642 (มีคุณค่าทางโภชนาการคือ โปรตีน 25% ไขมัน 4% กากอาหาร 8% และความชื้น 12%) โดยแบ่งออกเป็น 2 ครั้ง ที่เวลา 8.30 และ 17.30 น. ให้อาหารที่ 5% ของน้ำหนักตัว ตลอดการทดลอง (ธิตินันท์, ม.ป.ป.)

6) การจัดการระหว่างการเลี้ยง ไม่มีการเปลี่ยนถ่ายตลอดระยะการทดลอง แต่มีการเติมน้ำเพื่อให้ระดับน้ำถึงตามที่กำหนด และตรวจวัดและวิเคราะห์คุณภาพน้ำตลอดการทดลอง ได้แก่

- ตรวจทุกวัน ได้แก่ ค่าของแข็งละลายในน้ำ อุณหภูมิ
- ตรวจวัดทุก 3 วัน ได้แก่ ความเป็นกรด-ด่าง สภาพด่าง ปริมาณแอมโมเนีย ปริมาณไนไตรท์
- ตรวจวัดทุก 1 สัปดาห์ ได้แก่ ปริมาณออกซิเจนละลายน้ำ

7) ตรวจวัดการเจริญเติบโตและอัตราการรอดตายของปลาคาร์พ

ทำการสุ่มวัดปลาคาร์พ 30% ต่อบ่อ จำนวน 9, 12 และ 15 ตัว ในชุดทดลองทที่ 1, 2 และ 3 ตามลำดับ ตรวจวัดน้ำหนักและความยาวของปลาคาร์พ และนับจำนวนปลาคาร์พที่เหลือ เมื่อสิ้นสุดการทดลอง

4. การรวบรวมและวิเคราะห์ข้อมูล

4.1 <u>การรวบรวมข้อมูล</u>

เมื่อสิ้นสุดการทดลอง (4 สัปดาห์) จึงนำข้อมูลที่จดบันทึกไว้ระหว่างระยะเวลาการทดลอง อันได้แก่

4.1.1 การเจริญเติบโตและการรอดตายของปลาคาร์พ

1) น้ำหนักเฉลี่ย

2) ความยาวเฉลี่ย

3) อัตราการรอดตายเฉลี่ย (%)

$$\text{อัตราการรอดตาย \%} = \frac{\text{จำนวนปลาที่เหลือหลังการทดลอง}}{\text{จำนวนปลาเมื่อเริ่มทำการทดลอง}} \times 100$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.1.2 ค่าคุณภาพน้ำ

1) ของแข็งละลายน้ำ

2) อุณหภูมิ

3) ค่าความเป็นกรดด่าง

4) สภาพด่าง

5) ปริมาณแอมโมเนีย

6) ปริมาณไนไตรท์

4.2 การวิเคราะห์ข้อมูล

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

5. ระยะเวลาการศึกษา

มี 2 ขั้นตอน

1. การจัดสร้างชุดต้นแบบการควบคุมของแข็งละลายน้ำอัตโนมัติสำหรับการเลี้ยงปลาคาร์พ ดำเนินการเป็นเวลา 2 เดือน คือ ระหว่างเดือน เมษายน - พฤษภาคม 2565

2. การศึกษาประสิทธิภาพของชุดต้นแบบการควบคุมของแข็งละลายน้ำอัตโนมัติสำหรับการเลี้ยงปลาคาร์พ ดำเนินการเป็นเวลา 1 เดือน คือ เดือน มิถุนายน 2565

6. สถานที่ทำการทดลอง

ฟาร์มเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำและพืชน้ำอัจฉริยะ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง วิทยาเขตชุมพรเขตอุดมศักดิ์ จังหวัดชุมพร

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ผลและวิจารณ์

ผลการศึกษา

จากการศึกษาการเลี้ยงปลาคาร์พที่ความหนาแน่นต่างกันในชุดควบคุมของแข็งละลายน้ำแบบอัตโนมัติ เป็นระยะเวลา 4 สัปดาห์ พบว่า

1. **การทำงานของชุดต้นแบบการควบคุมของแข็งละลายน้ำอัตโนมัติสำหรับการเลี้ยงปลาคาร์พ**

1.1 การทดสอบและปรับปรุงระหว่างการทดลอง

ดำเนินการจัดสร้างชุดต้นแบบการควบคุมของแข็งละลายน้ำอัตโนมัติได้เสร็จสมบูรณ์ตามการออกแบบที่กำหนด ชุดต้นแบบดังกล่าวสามารถทำงานได้ปกติ แต่ต้องปรับปรุงบางประการเพื่อให้มีประสิทธิภาพสูงขึ้น (ตารางที่ 3)

ตารางที่ 3 การทดสอบการทำงานและปรับปรุงแก้ไขชุดต้นแบบการควบคุมของแข็งละลายน้ำอัตโนมัติสำหรับการเลี้ยงปลาคาร์พ

รายการที่	ขั้นตอนการดำเนินงาน	
	การทดสอบการทำงานของชุดต้นแบบการควบคุมของแข็งละลายน้ำอัตโนมัติสำหรับการเลี้ยงปลาคาร์พ	**การปรับปรุงการทำงานของชุดต้นแบบการควบคุมของแข็งละลายน้ำอัตโนมัติสำหรับการเลี้ยงปลาคาร์พ**
1	จอแสดงผลมีอาการแปรปรวนของข้อความบนหน้าจอทำให้ไม่สามารถอ่านค่าได้ 3 ครั้ง	-กดปุ่ม รีเซ็ต (reset) เครื่องที่แผงวงจรเพื่อทำการรีเซ็ตค่าภายในวงจรและทำการตั้งค่าใหม่
2	จอแสดงผลไม่มีการเปลี่ยนแปลงค่าที่แสดงบนหน้าจอ แสดงค่าเดิมอยู่ตลอดเวลา 2 ครั้ง	-กดปุ่ม รีเซ็ต (reset) เครื่องที่แผงวงจรเพื่อทำการรีเซ็ตค่าภายในวงจรและทำการตั้งค่าใหม่
3	เซ็นเซอร์เกิดความผิดปกติตรวจวัดค่าในน้ำได้น้อยกว่าปกติ1ครั้ง	-ถอดเซ็นเซอร์ตัวเก่าออกแล้วทำการติดตั้งเซ็นเซอร์สำรองแทนที่ในแผงวงจร
4	ระหว่างการทดสอบการทำงานด้วยน้ำตัวอย่างที่มีค่าของแข็งละลายน้ำสูงเป็น	-กดปุ่ม รีเซ็ต (reset) เครื่องที่แผงวงจรเพื่อทำการรีเซ็ตค่าภายในวงจรและทำการตั้งค่า

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

	เวลานานทำให้เซ็นเซอร์มีอาการแปรปรวนและแสดงค่าของแข็งละลายน้ำที่สูงนานกว่าปกติ	ใหม่ -ทำความสะอาดบริเวณขั้วของเซ็นเซอร์
5	เมื่อเริ่มทำการทดลองพบว่าของของแข็งละลายน้ำภายในบ่อที่ทำการศึกษามีค่าต่ำและมีการเพิ่มขึ้นของค่าของแข็งละลายน้ำที่น้อย เนื่องจากแหล่งน้ำที่ใช้อ้างอิงมีค่าของแข็งที่ละลายน้ำมากกว่าแหล่งน้ำที่ใช้ในการศึกษา	-สาดน้ำหมักจุลินทรีย์ ทีละน้อยที่มีค่าของแข็งละลายน้ำสูงลงในบ่อที่ทำการทดลองเพื่อเพิ่มค่าของแข็งละลายน้ำ -ปรับเปลี่ยนการให้อาหารจาก 5% ของน้ำหนักตัว เป็นการให้กินจนอิ่ม
6	ก่อนทำการทดลองปลาคาร์พมีการกระโดดเข้าหาน้ำที่ไหลออกจากชุดกรองทำให้หลุดออกจากบ่อที่ใช้ในการศึกษาหรือหลุดไปยังบ่อที่ใช้ในการศึกษาที่ติดกัน	-ปรับชุดกรองน้ำให้ชิดมุมของบ่อและวางวัสดุป้องกันการกระโดดของปลาคาร์พ

2. ปลาคาร์พ

2.1 น้ำหนัก

เลี้ยงปลาคาร์พในชุดต้นแบบการควบคุมของแข็งละลายน้ำอัตโนมัติ มีจำนวณ 3 ชุดทดลอง พบว่าปลาคาร์พที่เลี้ยงมีน้ำหนักเฉลี่ยในวันเริ่มต้นไม่แตกต่างกันทางสถิติ คือมี น้ำหนักเฉลี่ย 24.80, 22.14 และ 19.13 กรัม ตามลำดับ เมื่อเลี้ยงครบ 4 สัปดาห์ พบว่าน้ำหนักเฉลี่ยของปลาคาร์พในระหว่างชุดทดลองทั้ง 3 ชุดไม่แตกต่างกันทางสถิติ มีค่าไม่แตกต่างกันทางสถิติเท่ากันคือ 24.12-27.90 กรัม/ตัว (ตารางที่ 4)

2.2 ความยาว

ปลาคาร์พที่เลี้ยงในชุดต้นแบบการควบคุมของแข็งละลายน้ำอัตโนมัติ พบว่าปลาคาร์พมีความยาวเฉลี่ยในวันเริ่มต้นไม่แตกต่างกันทางสถิติ คือ 10.80-11.15 เซนติเมตร เมื่อเลี้ยงครบ 4 สัปดาห์ พบว่าความยาวเฉลี่ยของปลาคาร์พในระหว่างชุดทดลองทั้ง 3 ชุดมีค่าไม่แตกต่างกันทางสถิติโดยความยาวเฉลี่ยของปลาคาร์พมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นเป็นลำดับตามระยะเวลาการเลี้ยงที่ยาวนานขึ้น เมื่อสิ้นสุดการทดลอง (4 สัปดาห์) ความยาวของปลาคาร์พเฉลี่ยทั้ง 3 ชุดทดลองมีค่าไม่แตกต่างกันทางสถิติคือ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

13.04±1.23, 12.62±1.07 และ 12.36±0.91 เซนติเมตร ในชุดทดลองที่ใช้อัตราความหนาแน่น 30, 40 และ 50 ตัวต่อตารางเมตร ตามลำดับ (ตารางที่ 4)

ตารางที่ 4 ค่าเฉลี่ยของน้ำหนักและความยาวปลาคาร์พที่เลี้ยงในชุดต้นแบบการควบคุมของแข็งละลายน้ำแบบอัตโนมัติที่ความหนาแน่นต่างกัน

ความหนาแน่นที่	น้ำหนักเฉลี่ยของปลาคาร์พ (กรัม/ตัว)		ความยาวเฉลี่ยของปลาคาร์พ (เซนติเมตร/ตัว)	
	เริ่มต้น^{ns}	สัปดาห์ที่ 4^{ns}	เริ่มต้น^{ns}	สัปดาห์ที่ 4^{ns}
30 ตัว/ตารางเมตร	24.80±0.22	27.90±0.43	11.15±1.88	13.04±1.23
40 ตัว/ตารางเมตร	22.14±0.39	24.12±0.17	11.05±0.93	12.62±1.07
50 ตัว/ตารางเมตร	19.30±0.28	25.20±0.17	10.80±0.85	12.36±0.91

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

2.3 อัตราการรอดตาย

ปลาคาร์พที่เลี้ยงในชุดต้นแบบการควบคุมของแข็งละลายน้ำที่ระดับความหนาแน่นต่างกัน ที่ 30, 40 และ 50 ตัว เมื่อเลี้ยงครบ 4 สัปดาห์ พบว่าอัตราการรอดตายเท่ากันคือ 100% ปลาคาร์พมีความแข็งแรงสมบูรณ์ดี ไม่พบปลาที่พิการหรือการ เจ็บป่วยของปลาคาร์พ (ตารางที่ 5)

ตารางที่ 5 อัตราการรอดตายเฉลี่ย (%) ของปลาคาร์พที่เลี้ยงในชุดต้นแบบการควบคุมของแข็งละลายน้ำแบบอัตโนมัติที่ความหนาแน่นต่างกัน

ความหนาแน่นที่	จำนวนปลาคาร์พที่ปล่อย (ตัว)	จำนวนปลาคาร์พที่เหลือ (ตัว)	อัตราการรอดตาย (%)^{ns}
30 ตัว/ตารางเมตร	30	30	100±0.00
40 ตัว/ตารางเมตร	40	40	100±0.00
50 ตัว/ตารางเมตร	50	50	100±0.00

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

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3. คุณภาพน้ำ

ปลาคาร์พที่เลี้ยงในชุดต้นแบบการควบคุมของแข็งละลายน้ำอัตโนมัติสำหรับการเลี้ยงปลาคาร์พที่อัตราความหนาแน่นต่างกันเป็นเวลา 4 สัปดาห์ ดำเนินการตรวจวัดและวิเคราะห์ค่าคุณภาพน้ำ 7 ค่า ได้แก่ อุณหภูมิ ความเป็นกรด-ด่าง ปริมาณแอมโมเนีย ปริมาณออกซิเจนละลายน้ำ ปริมาณไนไตรท์ สภาพด่าง และของแข็งละลายในน้ำ พบว่ามีค่าไม่แตกต่างกันทางสถิติในระหว่างชุดการทดลองทั้ง 5 ชุด เหมือนกันตั้งแต่ เริ่มต้น สัปดาห์ที่ 1, 2, 3 และ 4 (ตารางที่ 13)

3.1 อุณหภูมิ (Temperature)

อุณหภูมิของน้ำที่ใช้ในการเลี้ยงปลาคาร์พในชุดต้นแบบการควบคุมของแข็งละลายน้ำแบบอัตโนมัติ เมื่อสิ้นสุดการทดลอง พบว่ามีค่าอุณหภูมิน้ำเฉลี่ยในระหว่างชุดทดลองทั้ง 3 ชุดมีค่าไม่แตกต่างกันทางสถิติ โดยมีค่าเฉลี่ย 27.05-27.43 องศาเซลเซียส (ตารางที่ 6)

ตารางที่ 6 อุณหภูมิเฉลี่ย(องศาเซลเซียล) ของน้ำที่เลี้ยงปลาคาร์พในชุดต้นแบบการควบคุมของแข็งละลายน้ำแบบอัตโนมัติที่ความหนาแน่นต่างกัน

ความหนาแน่นที่	อุณหภูมิ (องศาเซลเซียล)				
	เริ่มต้น^{ns}	สัปดาห์ที่ 1^{ns}	สัปดาห์ที่ 2^{ns}	สัปดาห์ที่ 3^{ns}	สัปดาห์ที่ 4^{ns}
30 ตัว/ตารางเมตร	27.11±0.16	27.25±0.94	27.94±0.33	27.69±0.49	27.05±0.82
40 ตัว/ตารางเมตร	27.20±0.20	27.51±0.59	28.30±0.29	28.04±0.48	27.39±0.74
50 ตัว/ตารางเมตร	27.26±0.19	27.60±0.64	28.43±0.28	28.11±0.52	27.43±0.73

หมายเหตุ: 1. ns คือ non-significant แสดงความไม่แตกต่างกันระหว่างค่าเฉลี่ยในแนวตั้งเดียวกัน ($p>0.05$)
2.ทำการเก็บตัวอย่างน้ำ ซ้ำ 3 ครั้ง

3.2 ความเป็นกรด-ด่าง (pH)

ความเป็นกรดเป็นด่างเฉลี่ยของน้ำที่เลี้ยงปลาคาร์พในชุดต้นแบบการควบคุมของแข็งละลายน้ำแบบอัตโนมัติวันเริ่มการทดลองทุกชุดทดลองมีค่าความเป็นกรด-ด่างไม่แตกต่างกันทางสถิติคือ 7.05-7.12 เมื่อตรวจวัดผลในระหว่างชุดทดลองทั้ง 3 ชุดของสัปดาห์ที่ 4 พบว่าทั้ง 3 ชุดควบคุมมีค่าไม่แตกต่างกันทางสถิติคือ 7.15±0.07,7.30±0.14 และ 7.35±0.49 ในชุดทดลองที่เลี้ยงปลาคาร์พในความหนาแน่น 30, 40 และ 50 ตัว/ตารางเมตร ตามลำดับ (ตารางที่ 7)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 7 ความเป็นกรด-ด่างเฉลี่ยของน้ำที่เลี้ยงปลาคาร์พในชุดต้นแบบการควบคุมของแข็งละลายน้ำแบบอัตโนมัติที่ความหนาแน่นต่างกัน

ความหนาแน่นที่	ความเป็นกรดด่าง				
	เริ่มต้น^{ns}	สัปดาห์ที่ 1^{ns}	สัปดาห์ที่ 2^{ns}	สัปดาห์ที่ 3^{ns}	สัปดาห์ที่4^{ns}
30 ตัว/ตารางเมตร	7.05±0.06	6.96±0.20	7.06±0.08	7.11±0.01	7.30±0.14
40 ตัว/ตารางเมตร	7.12±0.10	6.96±0.23	7.00±0.00	7.10±0.14	7.35±0.49
50 ตัว/ตารางเมตร	7.11±0.09	6.94±0.08	7.15±0.07	7.34±0.06	7.15±0.07

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

3.3.สภาพด่าง

สภาพด่างเฉลี่ยที่ของน้ำใช้เลี้ยงปลาคาร์พในเริ่มต้นทั้ง 3 ชุดทดลองมีค่าเท่ากันคือ 34.00 มิลลิกรัม/ลิตร เมื่อสิ้นสุดการทดลอง 4 สัปดาห์พบว่า สภาพด่างของน้ำเพิ่มขึ้นจากวันเริ่มต้นและมีค่าเท่ากัน คือ 127.50±12.02 มิลลิกรัม/ลิตร (ตารางที่ 8)

ตารางที่ 8 สภาพด่างเฉลี่ยในน้ำที่เลี้ยงปลาคาร์พในชุดต้นแบบการควบคุมของแข็งละลายน้ำแบบอัตโนมัติที่ความหนาแน่นต่างกัน

ความหนาแน่นที่	(มิลลิกรัม/ลิตร)				
	เริ่มต้น^{ns}	สัปดาห์ที่ 1^{ns}	สัปดาห์ที่ 2^{ns}	สัปดาห์ที่ 3^{ns}	สัปดาห์ที่ 4^{ns}
30 ตัว/ตารางเมตร	34.00±0.12	42.50±12.02	85.00±24.04	119±24.04	127.50±12.02
40 ตัว/ตารางเมตร	34.00±0.22	51.00±1.01	76.50±12.02	119±24.04	127.50±12.02
50 ตัว/ตารางเมตร	34.00±0.24	51.00±1.12	85.00±24.04	119±24.04	127.50±12.02

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

3.4.ปริมาณออกซิเจนละลายน้ำ

ค่าออกซิเจนละลายน้ำที่ใช้เลี้ยงปลาคาร์พด้วยชุดต้นแบบการควบคุมของแข็งละลายน้ำแบบอัตโนมัติในวันเริ่มต้นการทดลองทั้ง 3 ชุดการทดลอง มีปริมาณออกซิเจนละลายน้ำเท่ากันคือ 5.00 มิลิกรัม/ลิตร เลี้ยงปลาคาร์พครบ 4 สัปดาห์พบว่าชุดการทดลองที่ปล่อยปลาที่ความหนาแน่น 30 ตัว/ตารางเมตร มีปริมาณออกซิเจนละลายน้ำเฉลี่ยสูงสุดคือ 7.00 มิลลิกรัม/ลิตร แตกต่างทางสถิติ ($p<0.05$) กับอีก 2 ชุดการทดลองที่เหลือที่มีปริมาณออกซิเจนละลายน้ำเฉลี่ยเท่ากันคือ 6.00 มิลลิกรัม/ลิตร (ตารางที่ 9)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 9 ปริมาณออกซิเจนละลายน้ำเฉลี่ยของน้ำที่เลี้ยงปลาคาร์พในชุดต้นแบบการควบคุมของแข็งละลายน้ำแบบอัตโนมัติที่ความหนาแน่นต่างกัน

ความหนาแน่นที่	ปริมาณออกซิเจนละลายน้ำเฉลี่ย (มิลลิกรัม/ลิตร)				
	เริ่มต้น[ns]	สัปดาห์ที่ 1[ns]	สัปดาห์ที่ 2	สัปดาห์ที่ 3	สัปดาห์ที่ 4
30 ตัว/ตารางเมตร	5.00±0.02	5.50±0.10	7.00±0.13[b]	7.00±0.05[a]	7.00±0.16[a]
40 ตัว/ตารางเมตร	5.00±0.03	5.50±0.09	8.00±0.11[a]	6.00±0.11[b]	6.00±0.13[b]
50 ตัว/ตารางเมตร	5.00±0.01	5.50±0.08	8.00±0.09[a]	6.00±0.14[b]	6.00±0.09[b]

<u>หมายเหตุ</u>: 1. ns คือ non-significant แสดงความไม่แตกต่างกันระหว่างค่าเฉลี่ยในแนวตั้งเดียวกัน ($p>0.05$)

2. ค่าเฉลี่ยที่มีตัวอักษรภาษาอังกฤษตัวพิมพ์เล็กที่แตกต่างกันกำกับ แสดงความแตกต่างกันระหว่าง ค่าเฉลี่ยในแนวตั้งเดียวกัน ($p<0.05$)

3.5.ปริมาณแอมโมเนียไนโตรเจน

ปริมาณแอมโมเนียเฉลี่ยของน้ำที่ใช้เลี้ยงปลาคาร์พในวันเริ่มต้นของทั้ง 3 ชุดทดลองมีปริมาณแอมโมเนียในน้ำเท่ากันคือ 0.01 มิลลิกรัม/ลิตร เมื่อเลี้ยงปลาคาร์พครบ 4 สัปดาห์ พบว่าปริมาณแอมโมเนียในน้ำของทั้ง 3 ชุดทดลองมีค่าเท่ากันคือ 0.01 มิลิกรัม/ลิตร (ตารางที่ 10)

ตารางที่ 10 ปริมาณแอมโมเนียเฉลี่ยของน้ำที่เลี้ยงปลาคาร์พในชุดต้นแบบการควบคุมของแข็งละลายน้ำแบบอัตโนมัติที่ความหนาแน่นต่างกัน

ความหนาแน่นที่	แอมโมเนีย(มิลลิกรัม/ลิตร)				
	เริ่มต้น[ns]	สัปดาห์ที่ 1[ns]	สัปดาห์ที่ 2[ns]	สัปดาห์ที่ 3[ns]	สัปดาห์ที่ 4[ns]
30 ตัว/ตารางเมตร	0.00±0.00	0.01±0.00	0.01±0.00	0.01±0.00	0.01±0.00
40 ตัว/ตารางเมตร	0.00±0.00	0.01±0.00	0.01±0.00	0.01±0.00	0.01±0.00
50 ตัว/ตารางเมตร	0.00±0.00	0.01±0.00	0.01±0.00	0.01±0.00	0.01±0.00

<u>หมายเหตุ</u>: ns คือ non-significant แสดงความไม่แตกต่างกันระหว่างค่าเฉลี่ยในแนวตั้งเดียวกัน ($p>0.05$)

3.6.ปริมาณไนไตรท์ไนโตรเจน

ปริมาณไนไตรท์เฉลี่ยของน้ำที่เลี้ยงปลาคาร์พในวันแรกของทั้ง 3 ชุดทดลองมีค่าเท่ากันคือคือ 0.00 มิลลิกรัม/ลิตร เมื่อเลี้ยงปลาคาร์พในชุดต้นแบบการควบคุมของแข็งละลายน้ำแบบอัตโนมัติเป็นระเวลา 4 สัปดาห์ พบว่าปริมาณไนไตรท์มีความแตกต่างกันทางสถิติกล่าวคือ ชุดทดลองที่ 2 และ 3 มีค่าไนไตรท์เฉลี่ยเท่ากันคือ 0.10 มิลลิกรัม/ลิตร มากกว่าอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p>0.05$) กับชุดการทดลอง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ที่ปล่อยปลาคาร์พที่ความหนาแน่น 30 ตัว/ตารางเมตร และชุดทดลองที่ 1 มีค่าไนไตรท์เฉลี่ยน้อยที่สุดเท่ากับ 0.01 มิลลิกรัมต่อลิตร (ตารางที่ 11)

ตารางที่ 11 ปริมาณไนไตรท์เฉลี่ยของน้ำที่เลี้ยงปลาคาร์พในชุดต้นแบบการควบคุมของแข็งละลายน้ำแบบอัตโนมัติที่ความหนาแน่นต่างกัน

ความหนาแน่นที่	ปริมาณไนไตรท์เฉลี่ย (มิลลิกรัม/ลิตร)				
	เริ่มต้น^{ns}	สัปดาห์ที่ 1^{ns}	สัปดาห์ที่ 2^{ns}	สัปดาห์ที่ 3^{ns}	สัปดาห์ที่ 4
30 ตัว/ตารางเมตร	0.00±0.00	0.01±0.01	0.13±0.07	0.06±0.06	0.01±0.02^{b}
40 ตัว/ตารางเมตร	0.00±0.00	0.01±0.01	0.13±0.09	0.18±0.03	0.10±0.02^{a}
50 ตัว/ตารางเมตร	0.00±0.00	0.01±0.02	0.13±0.07	0.25±0.00	0.10±0.03^{a}

หมายเหตุ: 1.ns คือ non-significant แสดงความไม่แตกต่างกันระหว่างค่าเฉลี่ยในแนวตั้งเดียวกัน (p>0.05)
2.ค่าเฉลี่ยที่มีตัวอักษรภาษาอังกฤษตัวพิมพ์เล็กที่แตกต่างกันกำกับ แสดงความแตกต่างกันระหว่าง . ค่าเฉลี่ยในแนวตั้งเดียวกัน (p<0.05)

3.7.ค่าของแข็งละลายน้ำ

ค่าของแข็งละลายน้ำเฉลี่ยในวันเริ่มต้นของการทดลองมีค่าไม่แตกต่างกันทางสถิติคือ 103-105 มิลลิกรัม/ลิตร เมื่อทำการทดลองเป็นเวลา 4 สัปดาห์ พบว่าของแข็งละลายน้ำมีปริมาณเพิ่มขึ้น ชุดทดลองที่เลี้ยงปลาคาร์พที่ความหนาแน่น 40 ตัว/ตารางเมตร มีปริมาณของแข็งละลายน้ำมากที่สุดคือ 262.86±6.52 ไม่แตกต่างกันทางสถิติกับชุดทดลองที่เลี้ยงปลาคาร์พที่ความหนาแน่นที่ 50 ตัว/ตารางเมตร แต่ค่าสูงกว่า (p<0.05) ชุดทดลองที่เลี้ยงปลาคาร์พที่ความหนาแน่นที่ 30 ตัวต่อตารางเมตร (ตารางที่ 12)

ตารางที่ 12 ปริมาณของแข็งละลายในน้ำเฉลี่ย ของน้ำที่เลี้ยงปลาคาร์พในชุดต้นแบบการควบคุมของแข็งละลายน้ำแบบอัตโนมัติที่ความหนาแน่นต่างกัน

ความหนาแน่นที่	ปริมาณของแข็งละลายน้ำ (มิลลิกรัม/ลิตร)				
	เริ่มต้น^{ns}	สัปดาห์ที่ 1^{ns}	สัปดาห์ที่ 2	สัปดาห์ที่ 3	สัปดาห์ที่ 4
30 ตัว/ตารางเมตร	103±12.31	133.29±33.35	216.14±14.86^{b}	242.43±9.05^{b}	239.29±5.35^{b}
40 ตัว/ตารางเมตร	105±10.34	145.00±38.53	236.86±13.48^{a}	264.14±8.21^{a}	262.86±6.52^{a}
50 ตัว/ตารางเมตร	102±11.22	146.86±42.07	240.71±09.64^{a}	261.57±4.54^{a}	262.00±7.46^{a}

หมายเหตุ: 1. ns คือ non-significant แสดงความไม่แตกต่างกันระหว่างค่าเฉลี่ยในแนวตั้งเดียวกัน (p>0.05)
2.ค่าเฉลี่ยที่มีตัวอักษรภาษาอังกฤษตัวพิมพ์เล็กที่แตกต่างกันกำกับ แสดงความแตกต่างกันระหว่าง ค่าเฉลี่ยในแนวตั้งเดียวกัน (p<0.05)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 13 *ค่าตัวตรงคุณภาพน้ำเฉลี่ยตลอดการศึกษาการเลี้ยงปลาคาร์พด้วยชุดต้นแบบการควบคุมของแข็งละลายน้ำแบบอัตโนมัติสำหรับการเลี้ยงปลาคาร์พ*

ตัวตรงทั้งหมด	ค่าคุณภาพน้ำเฉลี่ย (ตลอด 4 สัปดาห์)						
	อุณหภูมิ (องศาเซลเซียส)^{ns}	ความเป็นกรด-ด่าง^{ns}	แอมโมเนีย (มิลลิกรัม/ลิตร)^{ns}	ออกซิเจนละลายน้ำ (มิลลิกรัม/ลิตร)^{ns}	ไนไตรท์ (มิลลิกรัม/ลิตร)	สภาพด่าง (มิลลิกรัม/ลิตร)^{ns}	ของแข็งละลายน้ำ (มิลลิกรัม/ลิตร)
30 ตัว/ตารางเมตร	27.48±0.74	7.11±0.58	*0.01*±0.00	6.63±0.75	*0.05*±0.09^{b}	93.50±38.55	207.79±48.44^{a}
40 ตัว/ตารางเมตร	27.81±0.64	*6.99*±0.60	*0.01*±0.00	6.38±1.11	0.09±0.10^{a}	93.50±35.19	227.21±53.42^{b}
50 ตัว/ตารางเมตร	27.89±0.67	*7.04*±0.61	*0.01*±0.00	6.38±1.11	0.10±0.11^{a}	95.63±35.12	227.89±52.65^{b}

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

2.ค่าเฉลี่ยที่มีตัวอักษรภาษาอังกฤษตัวพิมพ์เล็กที่แตกต่างกันกำกับ แสดงความแตกต่างกันระหว่างค่าเฉลี่ยใน

วิจารณ์

การจัดทำชุดต้นแบบการควบคุมของแข็งละลายน้ำอัตโนมัติสำหรับการเลี้ยงปลาคาร์พ สามารถสร้างได้สำเร็จตามที่ออกแบบ และมีการทำงานที่มีประสิทธิภาพในการใช้งานสูง เนื่องจากทำการศึกษาในระบบปิด สามมารถใช้ ในการวัดปริมาณค่าของแข็งที่ละลายอยู่ในน้ำได้จริง ซึ่งชุดต้นแบบการควบคุมของแข็งละลายน้ำอัตโนมัติสำหรับการเลี้ยงปลาคาร์พมีองค์ประกอบหลักที่สำคัญประกอบไปด้วย 2 ระบบคือระบบการตรวจวัดค่าของแข็งละลายน้ำและระบบกรองน้ำแบบถังคู่คือกรองกายภาพและกรองชีวภาพ ระบบควบคุมของแข็งละลายน้ำในน้ำ เป็นระบบ ควบคุมและจัดการน้ำที่มีค่าของแข็งละลายน้ำที่มากเกินไปเข้าสู่ชุดกรองน้ำ (ยังไม่พบงานวิจัยที่ทำการทดลองในลักษณะนี้) และระบบกรองน้ำ กายภาพและชีวภาพ ใช้ตัวพ่นน้ำ BT 4,550 ปั้มน้ำได้ 3,800 ลิตร/ชั่วโมง ทำให้แรงดันมากขึ้นทำให้น้ำถูกส่ง เข้าชุดถังกรองได้อย่างมีประสิทธิภาพและทำการตรวจเช็คในส่วนต่างๆ ของข้อต่อที่มีรั่วไหลและทำการอุดรอยรั่วด้วยกาวเพื่อลดปริมาณน้ำที่หายไปให้ลดน้อยลง ดัดแปลงจากงานทดลองของ (ประสิทธิ์, 2562) ที่ทำการเลี้ยงปลาหมอไทยร่วมกันกับไม้น้ำอนูเบียสใน ระบบอควาโบนิกส์ที่มีชุดกรองชีวภาพในการบำบัดน้ำที่ แตกต่างกันโดยชุดการทดลองที่ใช้วัสดุกรองเป็นหินภูเขาไฟ+ใบโอบอลในอัตราการไหลที่ 900 ลิตร/ชั่วโมง ให้ผลการเจริญเติบโตของปลาหมอไทยและคุณภาพน้ำที่เหมาะสมในการเลี้ยงดีที่สุดชุดต้นแบบการควบคุมของแข็งละลายน้ำสามารถทำงานได้เป็นปกติโดยตั้งค่าของแข็งละลายน้ำที่ 470 มิลลิกรัมต่อลิตรเมื่อค่าของแข็งละลายน้ำถึงค่าที่กำหนด ปั๊มน้ำจะทำงานและกรองน้ำ ทำให้ค่าตะกอนของแข็งละลายน้ำลดลง ซึ่งทั้งหมดเป็นการทำงานของ TDS sensor สอดคล้องกับที่ ปฏิมากรณ์ และคณะ (2563) ใช้ TDS sensor มาใช้ในเครื่องกรองน้ำด้วยพีแอลซีและการใช้ Turbidity sensor ในปลาสวยงาม (เกวลิน,2555)

การทำชุดต้นแบบการควบคุมของแข็งละลายน้ำอัตโนมัติสำหรับการเลี้ยงปลาคาร์พไปใช้ในการศึกษาการเลี้ยงปลาคาร์พที่ความหนาแน่นต่างกัน 3 ระดับคือ 30, 40 และ 50 ตัว/ตารางเมตร (จงกล และคณะ, 2555) เป็นเวลา 4 สัปดาห์ พบว่าทั้ง 3 ชุดทดลองให้ผลต่อประสิทธิภาพการเจริญเติบโตของปลาคาร์พไม่แตกต่างกันทางสถิติ ในขณะที่ค่าความยาวและอัตราการรอดตายของปลาคาร์พเมื่อสิ้นสุดการทดลองของทั้ง 3 ชุดทดลองมีค่าไม่แตกต่างกันทางสถิติ

ค่าคุณภาพน้ำเมื่อสิ้นสุดการทดลองเป็นระยะเวลา 4 สัปดาห์ ในชุดต้นแบบการควบคุมของแข็งละลายน้ำอัตโนมัติสำหรับการเลี้ยงปลาคาร์พที่ความหนาแน่นต่างกัน ได้แก่ 30,40 และ 50 ตัวต่อตารางเมตร ตามลำดับ พบว่าทั้ง 3 ชุดทดลองมีค่าคุณภาพ น้ำที่ดี อยู่ในค่าที่เหมาะสมแก่การเลี้ยงปลาคาร์พ ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิต โดยมีอุณหภูมิเฉลี่ยของน้ำที่ใช้ศึกษาอยู่ 27.11-28.43 องศาเซลเซียส ความเป็นกรด-ด่างของน้ำที่ใช้ศึกษาอยู่ 6.96-7.35 ปริมาณแอมโมเนียเฉลี่ยในน้ำที่ใช้ศึกษาอยู่ 0.01 มิลิกรัมต่อลิตร ปริมาณออกซิเจนละลายน้ำเฉลี่ยอยู่ 6-7 มิลลิกรัมต่อลิตร ปริมาณไนไตรท์เฉลี่ยอยู่ที่ 0.01-0.10

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

มิลลิกรัมต่อลิตร ค่าของแข็งละลายน้ำเฉลี่ยอยู่ 239.39-262.86 มิลลิกรัมต่อลิตร และสภาพด่างเฉลี่ยอยู่ 127.50 มิลลิกรัมต่อลิตร สอดคล้องกับที่ มั่น สิน และไพรวรรณ (2538) รายงานว่าอุณหภูมิที่เหมาะสมสำหรับเลี้ยงสัตว์น้ำมีค่าอยู่ในช่วง 25.0-32.0 องศาเซลเซียส ค่าความเป็นกรด-ด่างอยู่ในช่วง 6.5-9.0 สอดคล้องกับที่ จินตรา และคณะ (2559) กล่าวว่าคุณภาพน้ำอยู่ในระดับที่เหมาะสมต่อการเลี้ยงลูกปลาแฟนซีคาร์พปกติที่ปลาสามารถเจริญเติบโตได้ดี คือความเป็นกรดเป็นด่าง 6.5-9 อุณหภูมิ 25-32 องศาเซลเซียส ปริมาณออกซิเจนละลายในน้ำมากกว่า 5 มิลลิกรัม/ลิตร ปริมาณแอมโมเนียรวม 1.0-1.2 มิลลิกรัม/ลิตร ความกระด้างรวม 20-150 มิลลิกรัม/ลิตร และสภาพด่างรวม 20-150 มิลลิกรัม/ลิตร

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สรุปและข้อเสนอแนะ

สรุป

1.สามารถจัดสร้างชุดต้นแบบการควบคุมของแข็งละลายน้ำอัตโนมัติสำหรับเลี้ยงปลาคาร์พ ได้ตามแผนการออกแบบที่วางไว้ เริ่มทดสอบประสิทธิภาพการทำงานเบื้องต้นพบว่าทำงานได้ปกติตามที่ออกแบบแต่ต้องปรับปรุงเล็กน้อยเช่น การปรับถังกรองได้ความสูงต่างกัน การตรวจเช็ครอยรั้วของน้ำ การอ่านค่าผิดพลาดของเซ็นเซอร์

2.ประสิทธิภาพการทำงานของชุดต้นแบบการควบคุมของแข็งละลายน้ำอัตโนมัติสำหรับเลี้ยงปลาคาร์พ สามารถใช้เลี้ยงปลาคาร์พด้วยการควบคุมค่าของแข็งละลายน้ำได้ทั้ง 3 ระดับความหนาแน่นของการปล่อยปลาคาร์พลงเลี้ยงคือ 30, 40 และ 50 ตัว/ตารางเมตร (ซึ่งค่าความหนาแน่นปกติคือ 20 ตัว/ตารางเมตร) ซึ่งให้ผลไม่แตกต่างกันทางสถิติในระหว่างชุดทดลองทั้ง 3 ชุดทั้งด้าน ความยาวเฉลี่ย น้ำหนักเฉลี่ย และอัตราการรอดตายเฉลี่ย

ข้อเสนอแนะ

1.ควรติดตั้งวัสดุป้องกันการกระโดดของปลาคาร์พ เนื่องจากตามธรรมชาติปลาคาร์พเป็นปลาที่ชอบกระโดดเข้าหาน้ำที่ตกลงมา ในที่นี้คือน้ำที่ตกลงมาจากชุดถังกรอง

2.ควรตรวจสอบรอยรั่วของชุดกรองเวลาระบบกรองทำงาน เพื่อป้องกันการสูญเสียน้ำอย่างไม่จำเป็น

3.ควรมีการตรวจเช็ค บริเวณขั่วของ sensor อยู่เสมอเพราอาจมีตะกอนจับตัวอยู่ทำไห้การอ่านค่ามีความคลาดเคลื่อนได้

4.ควรมีการเพิ่มระบบอัตโนมัติอื่นๆ เช่น เครื่องให้อาหารอัตโนมัติ เป็นต้น เพื่อเลี้ยงปลาคาร์พในระบบอัตโนมัติ ได้สะดวกง่ายต่อการดูแล

5.เมื่อพิจารณาความคุ้มทุน การเลี้ยงปลาคาร์พที่ความหนาแน่นที่ 50 ตัว/ตารางเมตร (จนครบ 3 เดือน) เพราะจะได้ปลาโตจนถึงขนาดที่ตลาดต้องการมากกว่า แต่อาจต้องมีการเปลี่ยนถ่ายน้ำบ้าง เช่น ทุก 1 เดือน/ครั้ง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เอกสารและสิ่งอ้างอิง

เกวลิน คุ้มรักษ์. 2555. **ระบบติดตามสภาพน้ำบ่อปลาเพื่อธุรกิจปลาสวยงาม**. วิทยานิพนธ์ภาควิชาวิศวกรรมคอมพิวเตอร์. มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตกำแพงแสน. 7 หน้า.

กรมประมง. **คุณสมบัติของน้ำกับการเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำ**. แหล่งที่มา:https://www4.fisheries.go.th/local/index.php/main/view_announce/9/8055. เข้าถึงเมื่อ 10 มีนาคม 2565

จิตรา สิมาวัน สมศักดิ์ ระยัน และโฆษิต ศรีภูธร. 2559. ผลของการเสริมไรน้ำนางฟ้าไทยชนิดผงต่อความเข้มสีผิว และอัตราการเจริญเติบโตของลูกปลาแฟนซีคาร์พ. **วารสารวิจัย มทร.ตะวันออก 9 (2): 40-49.**

จงกล พรมยะ บัญชา ทองมี และ ขจรเกียรติ ศรีนวลสม. 2555. ผลของอาหารผสมสไปรูลิน่าต่อการเจริญเติบโต ความสมบูรณ์เพศ และระบบภูมิคุ้มกันในปลาแฟนซีคาร์พ. **วารสารวิจัยเทคโนโลยีการประมง 6 (1): 11-114.**

ชวนันท์ อ๊อสปอนด์พันธ์. 2562. **ผลของมันม่วงในสูตรอาหารต่อการเร่งสีปลาคาร์พ.** ปัญหาพิเศษปริญญาตรี. สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง วิทยาเขตชุมพรเขตอุดมศักดิ์. จังหวัดชุมพร. 65 หน้า.

ธิตินันท์ ขวัญสด. ม.ป.ป. **คู่มือการเลี้ยงปลาแฟนซีคาร์พ**. พิมพ์ครั้งที่ 2. สำนักส่งเสริมและฝึกอบรมมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์. กรุงเทพ. 11 หน้า.

ธวัช ศรีวีระชัย จุฑารัตน์ ศิริสมบัติ และชัชวาล วุฒิเมธี. การเพาะเลี้ยงหอยหวาน *Babylonia areolata* Link, 1807. ในบ่อซีเมนต์ระบบปิดชีวภาพแบบก้าวหน้า. **เอกสารวิชาการฉบับที่ 59/2548.** สำนักวิจัยและพัฒนาชายฝั่ง กรมประมง. สหกรณ์. 18 หน้า.

ธวัชชัย ทองเหลี่ยม วีระศักดิ์ ชื่นตา หฤทัย ดิ้นสกุล และ บรรเจิด เจริญพันธ์. 2556. ระบบตรวจวัดคุณภาพน้ำและประมวลผลแบบอัตโนมัติสำหรับกระชังปลาทับทิม. หน้า 124-127. ***ใน:* การประชุมวิชาการงานวิจัยและพัฒนาเชิงประยุกต์ ครั้งที่ 6.** ระหว่างวันที่ 21-23 พฤษภาคม 2557 ณ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลล้านนา.

นิติพงษ์ สมไชยวงค์ ธนพล อินตายวง อนุรักษ์ เผ่ากา และ อิศเรศน์ นาเมือง. 2560. การออกแบบและสร้างระบบควบคุมความเป็นกรด-ด่างและออกซิเจนละลายน้ำในบ่อเลี้ยงปลาคาร์พ**. วารสารการวิจัยกาสะลองคำ 11 (3): 327-341.**

นลินทิพย์ ภัคศรีกุลกำธร. **ธุรกิจค้าปลาสวยงาม.** แหล่งที่มา:https://positioningmag.com/32535. เข้าถึงเมื่อ 10 มีนาคม 2565

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ประสิทธิ์ บุญสวัสดิ์. 2562. **ชนิดของวัสดุกรองชีวภาพที่เหมาะสมต่อการเลี้ยงปลาหมอไทยชุมพรและไม้น้ำอนูเบียส.**ปัญหาพิเศษปริญญาตรี.สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง วิทยาเขตชุมพรเขตรอุดมศักดิ์ จังหวัดชุมพร. 80 หน้า.

ปรัชญา บุญมาแย้ม. 2559. **ลักษณะปลาคาร์พที่ดี.** แหล่งที่มา:https://sites.google.com/site/reiynru Kabprachyabuymayaem. เข้าถึงเมื่อ 6 มีนาคม 2565.

ประภาสโฉลกพันธุ์รัตน์. ม.ป.ป. **น้ำสำหรับบ่อปลา.** แหล่งที่มา:https://home.kku.ac.th/pracha/ Water.htm. เข้าถึงเมื่อ 10 มีคาคม 2565

ประเทือง เชาว์วัยกลาง. 2534. **คุณภาพน้ำทางการประมง.**สำนักพิมพ์ฟิสิกส์เซ็นเตอร์. กรุงเทพฯ. 86 หน้า.

ปฐมพงษ์ กาศสกุล ประจวบ ฉายบุ ชนกันต์ จิตมนัส และ เกรียงศักดิ์ เม่งอ้าพัน. 2557. ความหนาแน่นที่เหมาะสมของการเลี้ยงปลานิลในระบบน้ำหมุนเวียนแบบอควาโปนิกส์. **วารสารวิจัยเทคโนโลยีการประมง 8 (1): 23-32**

ปฏิมากรณ์ รัตนวราหะ ปพนวิช สุขมาก นพเก้า พวงภิรมย์ ณัฐพล สุนาพจน์ กันศตคุณ บุญส่ง และ รุ่ง จันทร์หอม. 2562. **ระบบแจ้งเตือนการบำรุงรักษาเครื่องกรองน้ำด้วยพีแอลซี**. โรงเรียนอิเล็กทรอนิกส์ กองวิทยาการ กรมอิเล็กทรอนิกส์ทหารเรือ. 11 หน้า.

พรรณนภา โชคชัยทวี วิบูลย์ลักษณ์ พึ่งรัศมี และ สรวิศ เผ่าทองศุข. 2555. ผลของอัตราส่วนคาร์บอนต่อไนเตรท-ไนโตรเจนต่อการเกิดปฏิกิริยาดีไนทริฟิเคชั่นในถังปฏิกรณ์ดีไนทริฟิเคชั่นแบบท่อยาว. หน้า 347-354. ***ใน:* การประชุมวิชาการแห่งชาติมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์วิทยาเขตกำแพงแสน** ครั้งที่ 9. ระหว่างวันที่ 6-7 ธันวาคม 2555 มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ กำแพงแสน.

มงคล จงสุพรรณพงศ์ และ สันทัด ศิริอนันต์ไพบูลย์. 2552. เครื่องบำบัดน้ำเสียด้วยโอโซนในสภาพความดันสูง สำหรับบ่อเลี้ยงกุ้งและชุมชน. **วารสารวิชาการศึกษาศาสตร์ศรีนครินทรวิโรฒ 10 (1): 135-149.**

มั่นสิน ตัณฑุลเวศม์ และไพพรรณ พรประภา. 2544. **การจัดการคุณภาพน้ำและการบ้าบัดน้ำเสียในบ่อเลี้ยงปลาและสัตว์น้ำอื่นๆ**. พิมพ์ครั้งที่ 4. โรงพิมพ์จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, กรุงเทพฯ. 217 หน้า.

ไมตรี ดวงสวัสดิ์. 2530. เกณฑ์คุณภาพน้ำเพื่อคุมครองทรัพยากรน้ำจืด. **เอกสารวิชาการฉบับที่ 75/2530**. สถาบันประมงน้ำจืดแห่งชาติ กรมประมง. 104 หน้า.

เวียง เชื้อโพธิ์หัก. 2525. **คุณภาพน้ำกับกำลังผลิตของบ่อปลา**. เอกสารประกอบการสอนวิชา กำลังผลิตทางชีวภาพในบ่อปลา. คณะประมง. มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์บางเขน. 105 หน้า.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

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

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

สาวิกา กัลปพฤกษ์ สิทธิ กุหลาบทอง และ ญาณนันท์ สุนทรกิจ. 2557. การใช้สัตว์หน้าดินในการบำบัดฟื้นฟูทางชีวภาพของคุณภาพน้ำและดินตะกอนในระบบการเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำ. **Veridian E-Journal Science andTechnology Silpakorn University 1 (5): 41-51.**

สุรศักดิ์ วงศ์กิตติเวชกุล. 2546. **คู่มือการเลี้ยงปลาคาร์พ.** พิมพ์ครั้งที่ 2. บริษัท เอม ซัพพลาย จำกัด กรุงเทพฯ. 421 หน้า.

สิริสุดา หนูทิมทอง สมพจน์ กรรณนุช วิวัฒน์ ศัลยกำธร และ ธวัชชัย ศุภดิษฐ์. 2552. ประสิทธิภาพการบำบัดน้ำเสียด้วยวิธีธรรมชาติบำบัด; กรณีศึกษา. ศูนย์กสิกรรมธรรมชาติมาบเอื้อง. **วารสารการจัดการสิ่งแวดล้อม 5 (2): 78-88.**

อรัญญา อัศวอารีย์ นิคม ละอองศิริวงศ์ และ ยงยุทธ ปรีดาลัมพะบุตร. 2549. ประสิทธิภาพและความสามารถของระบบบำบัดน้ำทางชีวภาพในการควบคุมคุณภาพน้ำจากการเลี้ยงปลากะพงขาว. **เอกสารวิชาการฉบับที่ 32/2549.** สำนักวิจัยและพัฒนาชายฝั่ง กรมประมง. 17 หน้า.

อาภาวรรณ พ่อค้า สมพงศ์ โอทอง สุภฎา คีรีรัฐนิคม และ นุกูล อินทระสังขา. 2555. การคัดเลือกตัวกลางที่เหมาะสมต่อการยึดเกาะของเมือกชีวภาพเพื่อบำบัดไนเตรท จากน้ำทิ้งการเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำชายฝั่ง. หน้า 82-92. ***ใน:* งานประชุมวิชาการระดับชาติ มหาวิทยาลัยทักษิณ ครั้งที่ 22.** ระหว่างวันที่ 23-25 พฤษภาคม 2555. ณ ศูนย์ประชุมนานาชาติฉลองสิริราชสมบัติครบ 60 ปี.

อรพินท์ จินตสถาพร บัณฑิต ยวงสร้อย และ ประเสริฐ สมิทธิวงศ์. 2548. ระดับเหมาะสมของคาโรทีนอยด์รวมต่อความเข้มสีปลาคาร์ฟ (Cyprinus carpio). สาขาประมง สาขาการจัดการทรัพยากรและสิ่งแวดล้อม. 574 หน้า. ***ใน:* การประชุมทางวิชาการของมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ ครั้งที่ 43.** ระหว่างวันที่ 1-4 กุมภาพันธ์ 2548. ณ สำนักงานกองทุนสนับสนุนการวิจัย.

Goodwin T.W. 1984. **The Biochemistry of the Carotenoids**. Volume II animals. Chapman and Hall. New york. 224 p.

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

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

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

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

Lawson, T.B. 1995. **Fundamental of Aquaculture Engineering**. New York: Chapman and Hall. 355 p.

Paripatananont T., J. Tangtrongpairoj, A. Sailasuta and N. Chansue. 1999. Effect of a astaxanthin on pigmentation of goldfish (*Carassius auratus*). **Journal of the World Aquaculture Soc. 30 (4): 454-460.**

Spillman, C. J., 1961. **Faune de France: Poissons d'eau douce**. Fédération Françaisedes Sociétés Naturelles, Tome 65. Paris. 303 p.

Tucker, C. S., and E. H. Robinson, 1990. **Channel Catfish Farming Handbook**. 6th edition. Van Nostrand Reinhold, NewYork. 454 p.

www.arohouse.com, เข้าถึงเมื่อ ,15 มีนาคม 2565.

www.arduino2robot.com/, เข้าถึงเมื่อ 20 มีนาคม 2565.

www.blog.thaieasyelec.com/, เข้าถึงเมื่อ 20 มีนาคม 2565.

www.cactusfriday.com, เข้าถึงเมื่อ 21 มีนาคม 2565.

www.cybertice.com /product/2992/ds18b20, เข้าถึงเมื่อ 21 มีนาคม 2565.

www.engineerfriend.com/, เข้าถึงเมื่อ 21 มีนาคม 2565.

www.fancycarp.com, เข้าถึงเมื่อ ,12 มีนาคม 2565.

www.indiamart.com/proddetail/, เข้าถึงเมื่อ 21 มีนาคม 2565.

www.ioxhop.com/, เข้าถึงเมื่อ 20 มีนาคม 2565.

www.koi2u.com, เข้าถึงเมื่อ 21 มีนาคม 2565.

www.lazada.co.th/products/, เข้าถึงเมื่อ 21 มีนาคม 2565.

www.myarduinonet, เข้าถึงเมื่อ 20 มีนาคม 2565.

www.mrtoolshop.com/, เข้าถึงเมื่อ 19 มีนาคม 2565.

www.my.factomart.com/products/, เข้าถึงเมื่อ 21 มีนาคม 2565.

www.platong2.com, เข้าถึงเมื่อ ,12 มีนาคม 2565.

www.premier-products.co.th, เข้าถึงเมื่อ 16 มีนาคม 2565.

www.sites.google.com/site/siamfishs/naeana-say-phanthu-pla-ang/, เข้าถึงเมื่อ ,11 มีนาคม 2565.

www.sites.google.com/, เข้าถึงเมื่อ 21 มีนาคม 2565.

www.thai.alibaba.com/, เข้าถึงเมื่อ 19 มีนาคม 2565.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

www.thaigoodprice.fun, เข้าถึงเมื่อ ,20 มีนาคม 2565.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ประวัติการศึกษา

ชื่อ นาย ชนาธิป ชนะรบ
เกิดวันที่ 8 มิถุนายน 2542
สถานที่เกิด อำเภอเมือง จังหวัดชุมพร
ประวัติการศึกษา มัธยมศึกษา:โรงเรียนสอาดเผดิมวิทยา จังหวัดชุมพร
ปริญญาตรี: วิทยาศาสตรบัณฑิต (วิทยาศาสตร์การประมงและทรัพยากรทางน้ำ) สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง วิทยาเขตชุมพรเขตรอุดมศักดิ์ จังหวัดชุมพร

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้