



ชุดต้นแบบการผลิตไรแดง (*Moina macrocopa* (Straus, 1820) แบบต่อเนื่องในระบบปิด
ด้วยระบบอัจฉริยะ

The Prototype for Continuous Production of *Moina macrocopa* (Straus, 1820)
in a Closed System Using a Smart Systems

นายชวลิต เรืองศรี

โครงการพิเศษนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาหลักสูตรปริญญาวิทยาศาสตรบัณฑิต

สาขาวิทยาศาสตรการประมงและทรัพยากรทางน้ำ

ภาควิชาเทคโนโลยีการเกษตร

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง วิทยาเขตชุมพรเขตรอุดมศักดิ์ จังหวัดชุมพร

ปีการศึกษา 2564

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



ชุดต้นแบบการผลิตไรแดง (*Moina macrocopa* (Straus, 1820)) แบบต่อเนื่องในระบบปิด
ด้วยระบบอัจฉริยะ

The Prototype for Continuous Production of *Moina macrocopa* (Straus, 1820)
in a Closed System Using a Smart Systems

นายชวลิต เรืองศรี

โครงการพิเศษนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาหลักสูตรปริญญาวิทยาศาสตรบัณฑิต

สาขาวิทยาศาสตร์การประมงและทรัพยากรทางน้ำ

ภาควิชาเทคโนโลยีการเกษตร

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง วิทยาเขตชุมพรเขตรอุดมศักดิ์ จังหวัดชุมพร

ปีการศึกษา 2564

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

โครงการพิเศษปีการศึกษา 2564

รับที่...../.....

งานทะเบียนและประมวลผล

เรื่อง

ชุดต้นแบบการผลิตไรแดง (*Moina macrocopa* (Straus 1820) แบบต่อเนื่องในระบบปิด
ด้วยระบบอัจฉริยะ

The Prototype for Continuous Production of *Moina macrocopa* (Straus, 1820)
in a Closed System Using a Smart Systems

ผู้จัดทำ

นายชวลิต เรืองศรี

นับเป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาตรีวิทยาศาสตร์บัณฑิต
สาขาวิทยาศาสตร์การประมงและทรัพยากรทางน้ำ

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบังวิทยาเขตชุมพรเขตรอุดมศักดิ์ จังหวัดชุมพร

เห็นชอบ/รับรอง



(อาจารย์จักรพงษ์ ศรีพนมยม)

อาจารย์ที่ปรึกษา

โครงการพิเศษนี้เป็นลิขสิทธิ์ของสถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
วิทยาเขตชุมพรเขตรอุดมศักดิ์ จังหวัดชุมพร

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

โครงการพิเศษ

เรื่อง

ชุดต้นแบบการผลิตไรแดง (*Moina macrocopa* (Straus, 1820)) แบบต่อเนื่องในระบบปิด

ด้วยระบบอัจฉริยะ

The Prototype for Continuous Production of *Moina macrocopa* (Straus, 1820)
in a Closed System Using a Smart Systems

โดย

นายชวลิต เรืองศรี

เสนอ

หลักสูตรวิทยาศาสตรการประมงและทรัพยากรทางน้ำ

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง วิทยาเขตชุมพรเขตรอุดมศักดิ์ จังหวัดชุมพร
เพื่อความสมบูรณ์แห่งปริญญาวิทยาศาสตรบัณฑิต สาขาวิทยาศาสตรการประมงและทรัพยากรทางน้ำ

ปีการศึกษา 2564

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ชื่อเรื่อง	ชุดต้นแบบการผลิตไรแดง (<i>Moina macrocopa</i> Straus, 1820) แบบต่อเนื่องในระบบปิดด้วยระบบอัจฉริยะ
โดย	นายชวลิต เรืองศรี
หลักสูตร	วิทยาศาสตรการประมงและทรัพยากรทางน้ำ
คณะ	วิทยาเขตชุมพรเขตรอุดมศักดิ์
อาจารย์ที่ปรึกษา	อาจารย์จักรพงษ์ ศรีพนมยม

บทคัดย่อ

การเพาะเลี้ยงไรแดงให้มีประสิทธิภาพทั้งผลผลิตที่ได้และความสมบูรณ์ของไรแดงตลอดสามารถผลิตได้ต่อเนื่องไม่มีอุปสรรคในการผลิตจากฝนที่ตกตามฤดูกาล เพื่อตอบโจทย์ครั้งนี้จึงได้จัดทำชุดต้นแบบการผลิตไรแดงแบบต่อเนื่องในระบบปิดด้วยระบบอัจฉริยะ มีองค์ประกอบ 3 ระบบ คือระบบเติมน้ำสะอาดเข้าถังเพาะเลี้ยงระบบเติมปุ๋ยเคมีและน้ำหมักชีวภาพเข้าถังเพาะเลี้ยง ระบบเติมแพลงก์ตอนพืช โดยระบบการเติมน้ำกับระบบเติมแพลงก์ตอนพืชจะควบคุมโดยบอร์ด Arduino Uno ที่อัปโหลด code เพื่อรับค่าอัตราการไหลของน้ำจาก Flow sensor จากนั้นนำไปแสดงผลบนหน้าจอ Character LCD 16 x 2 จากนั้นระบบจะเติมปุ๋ยเคมีและน้ำหมักชีวภาพตามที่กำหนดลงในถังเพาะเลี้ยงที่ควบคุมโดยบอร์ด Node MCU ESP 8266 ที่อัปโหลด code รับค่าอัตราการไหลของปุ๋ยน้ำหมักชีวภาพกับชุดคำสั่งใช้งานของแอปพลิเคชัน Blynk ในโทรศัพท์มือถือ เมื่อได้แพลงก์ตอนพืชที่เจริญทวีจำนวนสูงสุดประมาณ 4-5 วัน จะสั่งการเติมแพลงก์ตอนพืชที่ได้ลงในถังเพาะเลี้ยงไรแดงที่ควบคุมโดยบอร์ด Arduino Uno ที่อัปโหลด code สั่งงานของแอปพลิเคชัน Blynk และจะเก็บเกี่ยวผลผลิตไรแดงหลังจากเพาะเลี้ยงครบ 2 วันซึ่งการจัดสร้างชุดต้นแบบดังกล่าวดำเนินการได้เป็นปกติส่วนการศึกษาประสิทธิภาพผลของชุดต้นแบบการผลิตไรแดงแบบต่อเนื่องในระบบปิดด้วยระบบอัจฉริยะกับการเพาะเลี้ยงไรแดงโดยไม่ใช้ชุดต้นแบบพบว่า ชุดต้นแบบการผลิตไรแดงแบบต่อเนื่องในระบบปิดด้วยระบบอัจฉริยะสามารถเพาะเลี้ยงไรแดงได้ผลผลิต น้ำหนักเฉลี่ยและจำนวนตัวเฉลี่ยอยู่ที่ 15.95 ± 0.06 กรัม และ 4.80 ± 0.68 ตัวต่อมิลลิลิตร สูงกว่า ($p \leq 0.05$) ผลผลิตไรแดงชุดที่เพาะเลี้ยงโดยไม่ใช้ชุดต้นแบบการผลิตไรแดงแบบต่อเนื่องในระบบปิดด้วยระบบอัจฉริยะที่มีค่า 10.90 ± 0.30 กรัม และ 5.18 ± 0.52 ตัวต่อมิลลิลิตร ตามลำดับ

คำสำคัญ: ไรแดง แพลงก์ตอนพืช ชุดต้นแบบ ระบบอัจฉริยะ เซ็นเซอร์วัดอัตราการไหลของน้ำ

ชวลิต เรืองศรี

ลายมือชื่อนักศึกษา

ลายมือชื่ออาจารย์ที่ปรึกษา

Title	A Prototype for Continuous Production of <i>Moina macrocopa</i> (Straus, 1820) in a Closed System Using a Smart Systems
By	Mr. Chawalit Ruengsri
Major	Agricultural Technology (Fishery Science and Aquatic Resources)
Faculty	Prince of Chumphon Campus
Advisor	Mr. Jakkrapong Sripanomyom

abstract

Moina culture to be effective, in terms of the yield and the enrichment of *Moina* can be produced continuously without any obstacles in the farming from seasonal rain. In order to address this question, we have created a prototype of a continuous production of *Moina* in a closed system with an intelligent system. There are 3 system components: a system for adding clean water to the culture tank, a system for adding chemical fertilizers and bio-fermentation into the culture tank and phytoplankton filling system. The water filling system and the phytoplankton filling system are controlled by the Arduino Uno board that uploads the code to receive the water flow rate from the flow sensor, after the flow rate has been display on the Character LCD 16 x 2 screen. The system is then added required chemical fertilizers and bio-fertilizers to the tanks controlled by the Node MCU ESP 8266 board where the bio-fertilizer flow rate with the Blynk application's instruction set in mobile phone are uploaded. When the maximum amount of phytoplankton multiplication within several days ,the system will be ordered to add existing phytoplankton into the *Moina* culture tank controlled by the Arduino Uno board that uploads the command code of the Blynk application and will harvest *Moina* after after 2 day of cultivation. The creation of such a prototype set can be carried out normally. The study of the effectiveness of the prototype for continuous production of *Moina* in a closed system with an intelligent system for *Moina* culture without using a master set was found. Prototype of continuous *Moina* production in the closed system with the intelligent system is productivity capable for cultivating *Moina*. The mean weight and number of cell were 15.95 ± 0.06 g and 4.80 ± 0.68 cell/ml. Higher ($p \leq 0.05$) *Moina* yield of *Moina* cultured series without the use of continuous *Moina* production prototype in the closed system with the intelligent system with values of 10.90 ± 0.30 g and 5.18 ± 0.52 cell/ml, respectively.

Keywords : *Moina macrocopa*, phytoplankton, prototype, smart system, flow sensor

Chawalit Ruengsri

Student is signature

Advisor is signature

คำนิยม

ข้าพเจ้า นายขวลิต เรืองศรี ได้ทำการศึกษาชุดต้นแบบการผลิตไรแดงแบบต่อเนื่องในระบบปิด ด้วยระบบอัจฉริยะสำหรับเพาะเลี้ยงไรแดง ทำให้ข้าพเจ้าได้รับรู้ ประสบการณ์ในการวางแผน และการปฏิบัติงานตามแผนงานจนบรรลุเป้าหมาย ข้าพเจ้าขอขอบคุณ อาจารย์จักรพงษ์ ศรีพนมยม ที่ให้คำปรึกษารวมถึงสละเวลาตรวจทาน แก้ไขข้อบกพร่อง และให้คำแนะนำและข้อคิดต่างๆ แนวทางการออกแบบชุดต้นแบบ ขั้นตอนในการดำเนินการทดลอง การเก็บผลการทดลองและแก้ไขข้อผิดพลาดก่อนการทดลองและรูปแบบการทำเอกสารต่างในรูปแบบที่ถูกต้อง อีกทั้งยังช่วยเหลือให้แก้ไขปัญหาต่างๆที่เกิดขึ้นระหว่างการทำการศึกษา

ขอขอบคุณ นายภูมิเกียรติ จันทนานนท์ ในการให้คำปรึกษาด้านโปรแกรมและการจัดสร้างชุดต้นแบบตลอดจนการช่วยเหลือ แก้ไขข้อผิดพลาดและการปรับปรุงแก้ระบบต่างๆ จนชุดต้นแบบสามารถทำงานได้อย่างมีประสิทธิภาพสูงสุด

ขอกราบขอบพระคุณบิด มารดา ที่ให้การอุปการะ คอยให้กำลังใจ สนับสนุนและส่งเสริมในการทำการศึกษาค้นคว้าและบุคคลที่เกี่ยวข้องที่ไม่ได้กล่าวนาม ที่ให้ข้อเสนอแนะที่เป็นประโยชน์ คอยช่วยเหลือและให้คำแนะนำ ชี้ข้อบกพร่อง และให้ข้อคิดในการดำเนินงาน รวมถึงสถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง วิทยาเขตชุมพรเขตรอุดมศักดิ์ จังหวัดชุมพร ซึ่งเป็นสถานศึกษาที่ดีมีคุณภาพ ให้ความรู้คอย ส่งเสริมนักศึกษาในด้านต่างๆ อย่างดีมาโดยตลอด สุดท้ายนี้ขอขอบคุณบุคคลากรและหน่วยงานในเอกสารและสิ่งอ้างอิงงานวิจัยกล่าวถึงในเล่มรายงานที่ทำให้ดำเนินการทำการศึกษสำเร็จ ลุล่วงได้ด้วยดี

ขวลิต เรืองศรี

กรกฎาคม 2565

สารบัญ

	หน้า
บทคัดย่อ	ก
Abstract	ข
คำนิยม	ค
สารบัญ	ง
สารบัญตาราง	ฉ
สารบัญภาพ	ช
คำนำ	1
วัตถุประสงค์	2
การตรวจเอกสาร	3
ไรแดง	3
ชีววิทยาและลักษณะทั่วไปของไรแดง	3
การเจริญเติบโตและการสืบพันธุ์ของไรแดง	6
ปัจจัยมีผลต่อการในการเจริญเติบโต	9
วิธีและขั้นตอนการเพาะเลี้ยงไรแดง	12
คลอเรลลา	16
ชีววิทยาและอนุกรมวิธานของคลอเรลลา	16
การเจริญเติบโตและการสืบพันธุ์	17
ระยะของการเจริญเติบโตของคลอเรลลา	18
ปัจจัยมีผลต่อการในการเจริญเติบโต	19
การเพาะเลี้ยงคลอเรลลา	20
อุปกรณ์และลักษณะการทำงานของอุปกรณ์ที่ใช้ในชุดต้นแบบชุด	21
ต้นแบบการผลิตไรแดงแบบต่อเนื่องในระบบปิดด้วยระบบอัจฉริยะ	
งานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับระบบอัจฉริยะ	25
วิธีการ	30
ผลและวิจารณ์	45
ผล	45

วิจารณ์	57
สรุปและข้อเสนอแนะ	59
สรุป	59
ข้อเสนอแนะ	59
เอกสารและสิ่งอ้างอิง	60



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญตาราง

ตารางที่		หน้า
1	อุปกรณ์และลักษณะการทำงานของอุปกรณ์ที่ใช้ในชุดต้นแบบชุดต้นแบบการผลิตไรแดงแบบต่อเนื่องในระบบปิดด้วยระบบอัจฉริยะ	21
2	ความหนาแน่นเฉลี่ยของแพลงก์ตอนพืช($\times 10^6$ เซลล์ต่อมิลลิลิตร) ที่เพาะเลี้ยงด้วยชุดต้นแบบชุดต้นแบบการผลิตไรแดงแบบต่อเนื่องในระบบปิดด้วยระบบอัจฉริยะ และเพาะเลี้ยงแบบปกติ	51
3	ค่าความเป็นกรดเป็นด่างเฉลี่ยของน้ำที่เพาะเลี้ยงแพลงก์ตอนพืชด้วยชุดต้นแบบการผลิตไรแดงแบบต่อเนื่องในระบบปิดด้วยระบบอัจฉริยะและเพาะเลี้ยงแบบปกติ	51
4	ค่าอุณหภูมิเฉลี่ย(องศาเซลเซียส) ของน้ำที่เพาะเลี้ยงแพลงก์ตอนพืชด้วยชุดต้นแบบการผลิตไรแดงแบบต่อเนื่องในระบบปิดด้วยระบบอัจฉริยะและเพาะเลี้ยงแบบปกติ	52
5	ค่าปริมาณไนโตรเจนไนโตรเจนเฉลี่ย(มิลลิกรัมต่อลิตร) ของน้ำที่เพาะเลี้ยงแพลงก์ตอนพืชด้วยชุดต้นแบบการผลิตไรแดงแบบต่อเนื่องในระบบปิดด้วยระบบอัจฉริยะและเพาะเลี้ยงแบบปกติ	52
6	ค่าปริมาณแอมโมเนียไนโตรเจนเฉลี่ย(มิลลิกรัมต่อลิตร) ของน้ำที่เพาะเลี้ยงแพลงก์ตอนพืชด้วยชุดต้นแบบการผลิตไรแดงแบบต่อเนื่องในระบบปิดด้วยระบบอัจฉริยะและเพาะเลี้ยงแบบปกติ	53
7	ค่าเฉลี่ยน้ำหนักสด(กรัม)ของไรแดงที่เพาะเลี้ยงด้วยชุดต้นแบบการผลิตไรแดงแบบต่อเนื่องในระบบปิดด้วยระบบอัจฉริยะและเพาะเลี้ยงแบบปกติ	53
8	ค่าเฉลี่ยจำนวนตัวของไรแดงต่อมิลลิลิตร(ตัว)ที่เพาะเลี้ยงด้วยชุดต้นแบบการผลิตไรแดงแบบต่อเนื่องในระบบปิดด้วยระบบอัจฉริยะและเพาะเลี้ยงแบบปกติ	54
9	ค่าความเป็นกรดเป็นด่างเฉลี่ยของน้ำที่เพาะเลี้ยงไรแดงด้วยชุดต้นแบบการผลิตไรแดงแบบต่อเนื่องในระบบปิดด้วยระบบอัจฉริยะและเพาะเลี้ยงแบบปกติ	54
10	ค่าปริมาณออกซิเจนละลายน้ำเฉลี่ย(มิลลิกรัมต่อลิตร) ของน้ำที่เพาะเลี้ยงไรแดงด้วยชุดต้นแบบการผลิตไรแดงแบบต่อเนื่องในระบบปิดด้วยระบบอัจฉริยะและเพาะเลี้ยงแบบปกติ	55

- 11 ค่าปริมาณไนโตรเจน-ไนโตรเจนเฉลี่ย(มิลลิกรัมต่อลิตร) ของน้ำที่เพาะเลี้ยงไรแดงด้วย
ชุดต้นแบบการผลิตไรแดงแบบต่อเนื่องในระบบปิดด้วยระบบอัจฉริยะและ
เพาะเลี้ยงแบบปกติ 55
- 12 ค่าปริมาณแอมโมเนียไนโตรเจนเฉลี่ย(มิลลิกรัมต่อลิตร) ของน้ำที่เพาะเลี้ยงไรแดง
ด้วยชุดต้นแบบการผลิตไรแดงแบบต่อเนื่องในระบบปิดด้วยระบบอัจฉริยะและ
เพาะเลี้ยงแบบปกติ 56



สารบัญภาพ

ภาพที่		หน้า
1	ลักษณะทั่วไปของไรแดง (<i>Moina macrocopa</i>)	5
2	วงจรชีวิตและการสืบพันธุ์ของไรแดง	6
3	ไรแดงเพศผู้ (Male)	8
4	ไรแดงเพศเมียที่สืบพันธุ์แบบอาศัยเพศ (Female)	8
5	ไรแดงเพศเมียที่สืบพันธุ์แบบไม่อาศัยเพศ (Female)	9
6	แผนภาพปัจจัยในการเจริญเติบโตของไรแดง	11
7	การเพาะเลี้ยงไรแดงในบ่อซีเมนต์	12
8	สาหร่ายคลอเรลลา (<i>Chlorella</i> sp.)	16
9	ขั้นตอนการแบ่งเซลล์สาหร่าย	18
10	กราฟการเจริญเติบโตของจุลสาหร่าย	19
11	การเตรียมถังและติดตั้งระบบการให้แสงสว่าง	31
12	หัวเชื้อไรแดง	32
13	หัวเชื้อไรแดงที่แข็งแรงสมบูรณ์ ไม่ปนเปื้อน	32
14	แบบจำลอง 3D ภาพมุมมองสูงของชุดต้นแบบการผลิตไรแดงแบบต่อเนื่องในระบบปิดด้วยระบบอัจฉริยะ	34
15	แบบจำลอง 3D ภาพด้านข้างของชุดต้นแบบการผลิตไรแดงแบบต่อเนื่องในระบบปิดด้วยระบบอัจฉริยะ	35
16	ภาพแบบจำลองการต่อวงจรระบบเติมน้ำเข้าบ่อคลอเรลลาอัตโนมัติ	36
17	ภาพแบบจำลองการต่อวงจรระบบเติมปุ๋ยอัตโนมัติ	37
18	ภาพแบบจำลองการต่อวงจรระบบ Feed คลอเรลลาให้ไรแดงอัตโนมัติ	38
19	ภาพแบบจำลองการต่อวงจรระบบควบคุมตรวจวัดค่า EC	39
21	ขั้นตอนการเติมน้ำลงในชุดต้นแบบ	41
22	ปริมาณน้ำที่แสดงอยู่บนหน้าจอของชุดต้นแบบ	41
23	ระบบการเติมปุ๋ยอัตโนมัติ	42
24	จอของชุดต้นแบบ ที่แสดงปริมาณการเติมปุ๋ยและแพลงก์ตอนพืชลงในถังเพาะเลี้ยง	42
25	แสดงความหนาแน่นของเซลล์เฉลี่ย ($\times 10^6$ เซลล์ต่อมิลลิลิตร) ของแพลงก์ตอนพืช	46

ที่เพาะเลี้ยงในชุดต้นแบบในระบบปิดด้วยระบบ	
25 จำนวนตัวไรแดงเฉลี่ย (ตัวต่อมิลลิเมตร)	48



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

คำนำ

ไรแดง เป็นอาหารธรรมชาติที่ดีและนิยมนำมาใช้อนุบาลลูกสัตว์น้ำวัยอ่อนเพราะไรแดงมีคุณค่าทางโภชนาการสูงกว่าและมีขนาดที่พอดีกับปากของลูกสัตว์น้ำวัยอ่อนโดยเฉพาะกลุ่มสัตว์น้ำเศรษฐกิจและกลุ่มปลาสวยงาม เช่น ปลาปอมปาดัวร์ ปลากัด ปลาทอง ปลาการ์พ กุ้งก้ามกราม และปลาคุกอย เป็นต้น อีกทั้งยังสามารถนำมาเป็นอาหารอนุบาลลูกสัตว์ทะเล เช่น ลูกกุ้งทะเล ลูกปลากะพง แทนไรน้ำเค็ม (อาร์ทีเมีย) ในช่วงที่ขาดแคลนได้ระยะเวลาหนึ่ง จากรายงาน (มัสธูรา และคณะ, 2562) ที่ศึกษาการใช้ไรแดงเสริมแบคทีเรียสังเคราะห์แสงในการอนุบาลลูกกุ้งขาวแวนนาไม ไรแดงจะแบ่งเป็นเพศเมียและเพศผู้ มีการขยายพันธุ์ 2 แบบคือ แบบอาศัยเพศและแบบไม่อาศัยเพศ ถ้าสภาพแวดล้อมในบ่อเลี้ยงเหมาะสม ไรแดงเพศเมียจะไข่แล้วฟักเป็นตัวโดยไม่จำเป็นต้องผสมกับไรแดงเพศผู้ โดยปกติไรแดงจะมีอายุเฉลี่ยอยู่ที่ 4-6 วัน แพร่พันธุ์ได้ 1-5 ครั้ง หรือเฉลี่ย 3 ครั้ง ครั้งละประมาณ 19-23 ตัว (ภาณุ และคณะ, 2541) การเพาะเลี้ยงไรแดงมี 2 รูปแบบคือ 1 การเพาะเลี้ยงในบ่อซีเมนต์ (แบบเก็บเกี่ยวต่อเนื่องและแบบเก็บเกี่ยวไม่ต่อเนื่อง) และการเพาะเลี้ยงในบ่อดิน (กรมประมง, 2549) ที่ผ่านมาการผลิตไรแดงทั่วไปจะเพาะเลี้ยงไรแดงกลางแจ้ง อาศัยแสงจากแสงพระอาทิตย์ตามธรรมชาติเป็นสำคัญเพื่อการขยายพันธุ์และเพิ่มจำนวนของแพลงก์ตอนพืชที่ใช้เป็นอาหารที่สำคัญของไรแดง ส่งผลให้ได้ผลผลิตและคุณภาพไรแดงไม่แน่นอนและไม่คงที่และทำต่อเนื่องทั้งปีไม่ได้ ดังนั้นการเพาะเลี้ยงไรแดงต้องทำได้อย่างต่อเนื่องเพื่อจะได้มีไรแดงมาใช้อนุบาลลูกสัตว์น้ำตลอดเนื่องทุกฤดูกาล การศึกษาครั้งนี้จึงวางแผนนำเทคโนโลยีและนวัตกรรมเข้ามาใช้กับการเพาะเลี้ยงไรแดงในถังพลาสติกในพื้นที่ร่มโดยแสงไฟจากหลอดไฟ LED แทน ใช้ระบบอัจฉริยะมาช่วยเพื่อลดแรงงานคน ลดเวลาการทำงาน ควบคุมและสั่งการได้จากทุกสถานที่ จึงมีแนวความคิดจัดสร้างชุดต้นแบบการผลิตไรแดงแบบต่อเนื่องในระบบปิดด้วยระบบอัจฉริยะ โดยชุดต้นแบบดังกล่าวจะสั่งการให้เติมน้ำ เติมนุ้ย และควบคุมการเพาะแพลงก์ตอนพืชและนำแพลงก์ตอนพืชที่เพาะเลี้ยงได้ไปเลี้ยงไรแดงต่อไปด้วยการสั่งงานผ่านทางแอปพลิเคชันในโทรศัพท์ เพื่อทดแทนแรงงานคน อำนวยความสะดวก ประหยัดเวลาแก่ผู้ใช้งาน อีกทั้งยังสามารถสั่งการทำงานได้จากระยะไกล

วัตถุประสงค์

1. เพื่อจัดสร้างชุดต้นแบบการผลิตโรตางแบบต่อเนื่องในระบบปิดด้วยระบบอัจฉริยะ
2. เพื่อศึกษาประสิทธิภาพของชุดต้นแบบการผลิตโรตางแบบต่อเนื่องในระบบปิดด้วยระบบอัจฉริยะ

ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

1. สามารถจัดสร้างชุดต้นแบบการผลิตโรตางแบบต่อเนื่องในระบบปิดด้วยระบบอัจฉริยะ ได้ตามทีออกแบบและใช้งานได้จริง
2. ชุดต้นแบบการผลิตโรตางแบบต่อเนื่องในระบบปิดด้วยระบบอัจฉริยะมีประสิทธิภาพในการเพาะเลี้ยงโรตางได้อย่างต่อเนื่องตามที่กำหนด และให้ผลผลิตโรตางที่ดี
3. ได้เทคโนโลยีและนวัตกรรมใหม่ เพื่อนำไปประยุกต์ใช้กับการเลี้ยงสัตว์น้ำต่างๆ

การตรวจเอกสาร

ไรแดง

ไรแดง เป็นอาหารธรรมชาติที่ดีและนิยมนำมาใช้อนุบาลลูกสัตว์น้ำวัยอ่อนเพราะไรแดงมีคุณค่าทางโภชนาการสูงกว่าและมีขนาดที่พอดีกับปากของลูกสัตว์น้ำวัยอ่อนโดยเฉพาะสัตว์น้ำเศรษฐกิจและกลุ่มปลาสวยงาม เช่น ปลาปอมปาดัวร์ ปลากัด ปลาทอง ปลาการ์พ กุ้งก้ามกราม และปลาตุ๊กตาก็ยังสามารถนำมาเป็นอาหารอนุบาลลูกสัตว์ทะเล เช่น ลูกกุ้งทะเล ลูกปลากะพง แทนไรน้ำเค็ม (อาร์ทีเมีย) ในช่วงที่ขาดแคลนได้ระยะเวลาหนึ่ง เป็นต้น ในอดีตการรวบรวมไรแดงได้จากแหล่งน้ำที่ตามบ้านเรือน โรงงานอุตสาหกรรม เป็นต้น ซึ่งมีปริมาณไม่แน่นอน โดยปัจจุบันในธรรมชาติมีปริมาณลดลงเพราะมีผลมาจากสภาพสิ่งแวดล้อมที่เปลี่ยนไป แต่ความต้องการกลับเพิ่มขึ้น ทำให้ประสบปัญหาการขาดแคลนไรแดง ซึ่งมีผลโดยตรงกับการเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำ ดังนั้นกรมประมงได้ศึกษาวิจัยและประสบความสำเร็จในการเพาะเลี้ยงไรแดง เพื่อลดปัญหาการขาดแคลนไรแดง และสร้างอาชีพและรายได้ให้เกษตรกรมากขึ้น (วีริตดา 2544)

ชีววิทยาและลักษณะทั่วไปของไรแดง

อนุกรมวิธานของไรแดง

ลัดดา และคณะ (2523) อ้างถึง Goulden (1968) ได้รายงานการจัดอนุกรมวิธานและวิวัฒนาการของไรแดงใน Family Moinidae ไว้อย่างละเอียด และได้ทำการจัดลำดับชั้นของไรแดงไว้ดังนี้

Kingdom Animalia

Phylum Arthropoda

Class Crustacea

Subclass Branchiopoda

Order Cladocera

Family Moinidae

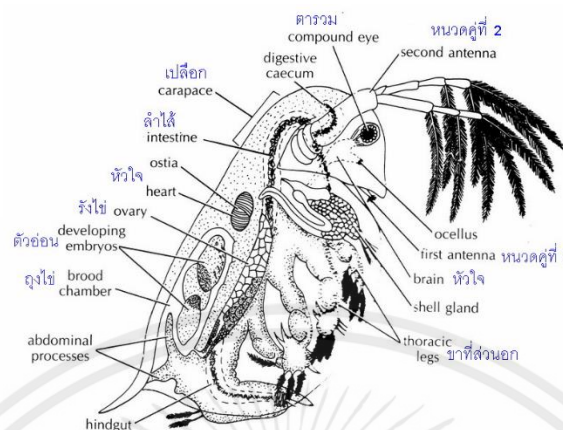
Genus Moina

ไรแดง (*Moina macrocopa* Straus 1820) ถูกค้นพบเป็นครั้งแรกโดยนักชีววิทยาชื่อ Straus เมื่อปี 1820 เดิมมีชื่อวิทยาศาสตร์ว่า *Daphnia macrocopa* Straus และถูกจัดไว้ใน Family

Daphniidae ต่อมาได้เปลี่ยนชื่อสกุลใหม่เป็น *Moina* แต่ยังคงไว้ใน Family Daphniidae เช่นเดิม ขณะนั้นมีชื่อว่า *Moina macrocopa* Straus ต่อมา Goulden (1968) ทำการศึกษาลักษณะอนุกรมวิธานของไรน้ำสกุล *Moina* อย่างละเอียด ได้เสนอให้รวม *Moina* ทุกสกุลไว้ในครอบครัวซึ่งถูกตั้งขึ้นมาใหม่ว่า Family Moinidae (วิรัตตา, 2544.)

ลักษณะทั่วไปของไรแดง

ลัดดา และคณะ (2524) อ้างถึงรายงานของ Pennak (1953) ซึ่งกล่าวถึงรูปร่างลักษณะภายนอกและชีววิทยาของไรแดงไว้คือ ไรแดง เป็นสัตว์ไม่มีกระดูกสันหลังจำพวกกุ้ง โดยมีชื่อวิทยาศาสตร์คือ *Moina macrocopa* และมีชื่อสามัญ Water flea เป็นแพลงก์ตอนสัตว์ชนิดหนึ่งมีขนาด 0.4-1.8 มิลลิเมตร ลำตัวเป็นรูปไข่ มีสีเหลืองส้มหรือสีแดง ส่วนหัวกลมขนาดใหญ่เปลือก (carapace) หุ้มลำตัวไว้แต่ไม่หมด บริเวณขอบเปลือกจะไม่มีหนาม (spine) ของด้านท้องมีเปลือกปกคลุมด้วยขนแข็ง (setae) เป็นแนวยาวตลอด หัวมีขนาดใหญ่ มีตาประกอบ (compound eye) ใหญ่ 1 คู่ มีหนวด 2 คู่ หนวดคู่แรก (first antennules) เล็ก ประกอบด้วยปล้องเพียงปล้องเดียว อยู่ทางด้านท้องบริเวณใต้ส่วนหัวมีหนวดคู่ที่ 2 ขนาดใหญ่อยู่ด้านข้างของหัว ลำตัวประกอบด้วยปล้องหลายปล้อง ปลายแยกเป็น 2 กิ่ง ส่วนท้ายของเปลือกหุ้มลำตัวมีรยางค์พิเศษ คือ post abdomen ซึ่งมีหนามเรียงกันเป็นแถว มีขาบริเวณอก 5 คู่ ขาคู่ที่ 1 ของตัวเมียไม่มีก้านนอก (exopod) ขาคู่ที่ 5 คู่ทำหน้าที่ต่างกัน คู่ที่ 1 และ 2 ทำหน้าที่ทำความสะอาดเปลือกหุ้มตัว คู่ที่ 3 และ 4 ทำหน้าที่กรองอาหารจากน้ำ และคู่ที่ 5 ที่มีขนาดเล็กมากทำหน้าที่ช่วยพยุงน้ำ ส่วนประกอบของรยางค์ (maxillary process) จะพบเฉพาะบนขาคู่ที่ 2 เท่านั้น โดยเพศเมีย จะมีขนาดใหญ่กว่าเพศผู้ ลำตัวอ้วนจนเกือบกลมมีขนาดเฉลี่ย 1.3 มิลลิเมตร ส่วนเพศผู้ตัวเล็กและค่อนข้างยาวกว่า มีขนาดเฉลี่ย 0.5 มิลลิเมตร ตัวอ่อนที่ออกมาจากถุงไข่จะมีขนาด 0.22-0.35 มิลลิเมตร มีสีจางกว่าตัวเต็มวัย ในสภาวะสิ่งแวดล้อมที่เหมาะสม ไรแดงจะมีประชากรเพศผู้ 5% เพศเมีย 95% (ภาพที่ 1)



ภาพที่ 1 ลักษณะทั่วไปของไรแดง (*Moina macrocopa*)

ที่มา: Pechenik (1985)

วงจรชีวิตของไรแดง

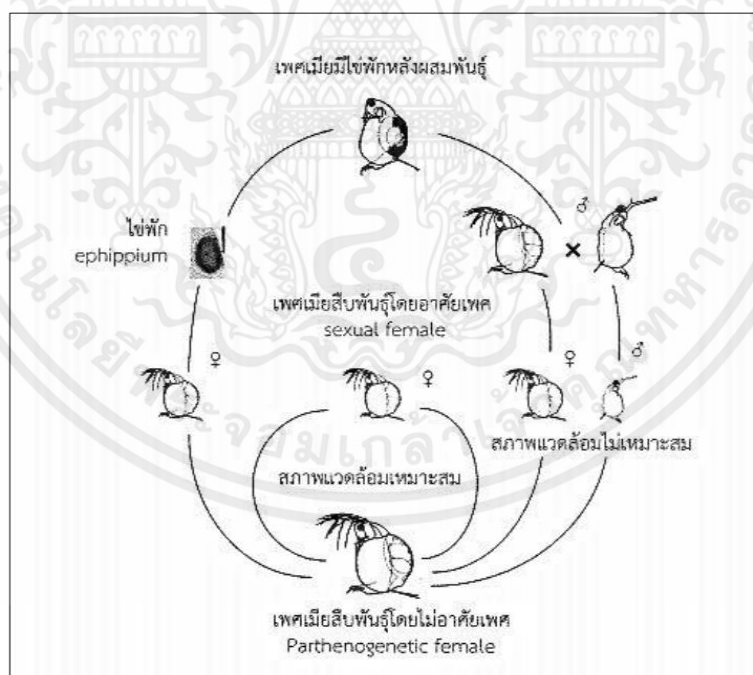
วงจรชีวิตของไรแดงเริ่มตั้งแต่ระยะเวลาที่ฟักออกจากไข่เจริญเป็นตัวเต็มวัยจนกระทั่งตายนั้นไม่แน่นอนเพราะปัจจัยส่วนใหญ่ขึ้นอยู่กับสภาพแวดล้อม โดยทั่วไปวงจรชีวิตของไรแดงสามารถแบ่งออกเป็น 4 ระยะ คือ ไข่ (egg) ระยะ juvenile instar แบ่งเป็น first และ second juvenile instar ระยะ adolescent instar และระยะตัวเต็มวัย (adult) (ลัดดาและคณะ, 2524 อ้างถึง Pennax, 1953)

เมธาวิ และคณะ (2563) ศึกษาและเปรียบเทียบชีววิทยาของไรน้ำที่มีการเลี้ยงในเชิงพาณิชย์ คือ ไรแดง (*Moina macrocopa*) และไรแดงสยาม (*Moina siamensis*) กับไรน้ำที่พบในธรรมชาติ คือ ไรแดงเล็ก (*Moina micrura*) โดยแยกชนิดของไรน้ำและเลี้ยงในห้องปฏิบัติการ ผลการศึกษาพบว่า ไรน้ำทั้ง 3 ชนิดมีลูกครอกแรกเมื่ออายุ 2 วัน โดยไรแดงเล็กนั้นมีจำนวนครอกและจำนวนลูกไรต่อแม่น้อยกว่าไรแดงสยามอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$) แต่ไม่แตกต่างทางสถิติกับไรแดง ($p > 0.05$) จำนวนลูกไรเฉลี่ยต่อครอกของไรแดงเล็กคือ (10.9 ± 2.08 ตัวต่อครอก, $n = 10$) หรือประมาณ 10-13 ตัว และไรแดงสยามคือ (8.7 ± 2.45 ตัวต่อครอก, $n = 10$) ประมาณ 8-11 ตัว ไม่แตกต่างกันทางสถิติ ($p > 0.05$) ในส่วนของไรแดงมีจำนวนลูกไรเฉลี่ยต่อครอกคือ (16.5 ± 4.45 ตัวต่อครอก, $n = 10$) ประมาณ 16-20 ตัว ซึ่งสูงกว่าไรน้ำชนิดอื่นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$) ในด้านของมีอายุเฉลี่ยคือ (8.7 ± 1.70 วัน, $n = 10$) (5.4 ± 1.17 วัน, $n = 10$) (5.3 ± 1.16 วัน, $n = 10$) หรือประมาณ 8-10 วัน 5-6 วัน และ 5-6 วัน ตามลำดับแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$)

การเจริญเติบโตและการสืบพันธุ์ของไรแดง

การเจริญเติบโตของไรแดง

เมื่อไข่เคลื่อนเข้าสู่ช่องฟักไข่ การแบ่งตัวจะเกิดขึ้นเป็นตัวอ่อนที่เรียกว่า first juvenile instar มีลักษณะคล้ายตัวเต็มวัยแต่มีขนาดเล็กกว่ามาก จะออกจากช่องฟักไข่ภายในเวลาประมาณ 48 ชั่วโมง แล้วจะลอกคราบเป็นพัฒนาเป็น second juvenile instar ซึ่งจะมีขนาดใหญ่เพิ่มขึ้นเกือบเท่าตัว แล้วจากนั้นก็ลอกคราบครั้งที่ 3 ซึ่งเป็นระยะที่เรียกว่า adolescent instar และเมื่อตัวอ่อนลอกคราบครั้งที่ต่อไป จะเจริญเป็นตัวเต็มวัย (adult) ตัวแม่เต็มจะสร้างไข่ชุดที่สองอยู่ในรังไข่พอดี ถ้าสภาวะแวดล้อมเหมาะสมแม่ไรแดงก็จะสามารถผลิตลูกได้เป็นจำนวนมากโดยไม่ขาดตอนเลย การเพิ่มขนาดของไรแดง ใช้เวลาที่สั้นมาก และช่วงเวลาที่ตัวอ่อนเจริญเติบโตเป็นตัวเต็มวัยใช้เวลา 2-3 นาทีหรือ 2-3 ชั่วโมง (ภาพที่2) แล้วแต่ความเหมาะสมของสภาพแวดล้อมที่อาศัยอยู่ เช่น อาหาร คุณสมบัติของน้ำ และอุณหภูมิอากาศ ที่เหมาะสม เป็นต้น (วีริตดา, 2544 กล่าวอ้างถึง วีระและคณะ, 2528)



ภาพที่ 2 วงจรชีวิตและการสืบพันธุ์ของไรแดง

ที่มา: นุกูล และคณะ (2559)

การสืบพันธุ์ของไรแดง (ภาพที่ 3-5)

ภานุและคณะ (2541) ไรแดงสามารถแบ่งได้เป็น 2 ลักษณะคือไรแดงเพศผู้ (ภาพที่ 3) จะมีขนาดเล็กกว่าไรแดง เพศเมียขาคู่แรกลักษณะงอเป็นตะขอ (hook) หนวดคู่แรกมีขนาดเล็กและยาวกว่าเพศเมีย ปลายหนวดที่มีขนาดเล็กๆ จะมีตะขอเล็กอยู่ประมาณ 5 อัน ส่วนไรแดงเพศเมียมีขนาดใหญ่กว่าเพศผู้ลำตัวอ้วนเกือบกลม มีขนาดเฉลี่ย 0.6 มิลลิเมตร แบ่งออกได้ 2 ลักษณะคือไรแดงเพศเมียที่สืบพันธุ์แบบอาศัยเพศตั้ง (ภาพที่ 4) และไรแดงเพศเมียที่สืบพันธุ์แบบไม่อาศัยเพศตั้ง (ภาพที่ 5) ไรแดงเพศเมียตัวโตเต็มวัยส่วนมากจะเห็นตัวอ่อน หรือไข่ที่กำลังเจริญเติบโตเป็นตัวอ่อนอยู่ภายใน brood chamber ประมาณ 7-10 ตัว เนื่องจากไรแดงในสภาวะปกติจะมีการสืบพันธุ์แบบ parthenogenesis ตัวเมียสามารถสร้างไข่และไข่จะเจริญเติบโตเป็นตัวอ่อนภายใน brood chamber ของแม่ได้โดยไม่ต้องผสมพันธุ์ตัวอ่อนที่ออกมาจาก brood chamber ของแม่ใหม่ๆจะมีขนาด 0.5 มิลลิเมตร

1.การสืบพันธุ์แบบไม่อาศัยเพศ (parthenogenesis) การสืบพันธุ์ลักษณะนี้จะเกิดจากในบ่อเลี้ยงมีสภาพแวดล้อมที่เหมาะสม ไรแดงเพศเมียจะไข่แล้วฟักเป็นตัวโดยไม่จำเป็นต้องได้รับผสมกับน้ำเชื้อของไรแดงเพศผู้ โดยจะเรียกไรแดงเพศเมียที่ผสมพันธุ์ลักษณะนี้ว่า Parthenogenesis female และไข่จะถูกเรียกว่า Parthenogenesis egg โดยปกติไรแดงจะมีอายุระหว่าง 4-6 วัน แพร่พันธุ์ได้ 1-5 ครั้ง หรือเฉลี่ย 3 ครั้งๆ ละ 19-23 ตัว ทั้งนี้สภาพแวดล้อมจะต้องเหมาะสมด้วย

2.การสืบพันธุ์แบบอาศัยเพศ (sexual reproductive) การสืบพันธุ์ลักษณะนี้จะเกิดจากในสภาวะแวดล้อมที่ผิดปกติ เช่น อุณหภูมิสูงหรือต่ำเกินไป ความเป็นกรดเป็นด่างไม่เหมาะสม หรือขาดแคลนอาหาร ไรแดงจะเพิ่มปริมาณเพศผู้มากขึ้นแล้ว ไรแดงเพศเมีย แบบ Sexual female จะสร้างไข่ชนิดอีกชนิดหนึ่งเรียกว่า Sexual egg มีลักษณะทึบแสง ซึ่งจะต้องได้รับการผสมพันธุ์จากเพศผู้แล้วสร้างเปลือกหุ้มหนา แม่ 1 ตัวจะให้ไข่ชนิดนี้ 2 ฟอง หลังจากนั้นตัวเมียมักจะตาย เนื่องจากสภาวะแวดล้อมที่ไม่เหมาะสมนั้น ไข่จะถูกทิ้งไว้อยู่กับบ่อหรือกันแหล่งน้ำนั้นๆ ไข่เปลือกแข็งนี้สามารถทนต่อสภาวะแวดล้อมที่ไม่เหมาะสมได้นานและจะฟักออกเป็นตัวเมื่อสภาวะแวดล้อมที่ดีขึ้นและมีอาหารอุดมสมบูรณ์ ก็จะเจริญไปเป็นไรแดงเพศเมียชนิดที่เรียกว่า Parthenogenesis female และไข่ชนิด Parthenogenesis egg ต่อไป



ภาพที่ 3 ไรแดงเพศผู้
ที่มา: ลัดดาและคณะ (2523)



ภาพที่ 4 ไรแดงเพศเมียที่สืบพันธุ์แบบอาศัยเพศ
ที่มา: ลัดดาและคณะ (2523)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



ภาพที่ 5 ไรแดงเพศเมียที่สืบพันธุ์แบบไม่อาศัยเพศ
ที่มา: ลัดดาและคณะ (2523)

คุณค่าทางโภชนาการของไรแดงต่อสัตว์น้ำวัยอ่อน

ไรแดง เป็นอาหารธรรมชาติที่มีคุณค่าทางโภชนาการสูง ดังนั้นการอนุบาลสัตว์น้ำวัยอ่อนด้วยไรแดง จึงทำให้อัตราการรอดตายและอัตราการเจริญเติบโตของสัตว์น้ำวัยอ่อนสูงมาก ไรแดงมีน้ำหนักแห้งประกอบด้วยโปรตีน 74.09% คาร์โบไฮเดรต 12.50% ไขมัน 10.19% และเถ้า 3.47% (สันทนา, 2529) อ้างโดย (ภาณุและคณะ 2541)

ประโยชน์และความสำคัญของไรแดง

วิรัตดา สีตะสิทธิ์ (2544)กล่าวว่ามีการใช้ประโยชน์จากไรแดงคือ ใช้เป็นอาหารให้ลูกสัตว์น้ำวัยอ่อนช่วยให้อัตราการรอดตายสูงขึ้น ใช้เป็นอาหารเสริมในปลาสวยงามหรือปลาเศรษฐกิจต่างๆ ที่เจริญเติบโตแล้ว และสร้างรายได้ให้แก่เกษตรกร

ปัจจัยที่มีผลต่อการเจริญเติบโตของไรแดง (ภาพที่6)

1. การแพร่ขยายของน้ำเขียว น้ำเขียวประกอบด้วยแพลงก์ตอนพืชหลายชนิด เช่น คลอเรลลา (*Chlorella* sp.) เป็นต้น ซึ่งแพลงก์ตอนพืชเป็นอาหารของแพลงก์ตอนสัตว์ก็คือไรแดงที่จะเพาะพันธุ์ ถ้ามีปริมาณแพลงก์ตอนพืชมากขึ้น ไรแดงที่เป็นแพลงก์ตอนสัตว์ก็จะมีอาหารการกินที่สมบูรณ์ทำให้เกิดการขยายพันธุ์และเพิ่มจำนวนผลผลิตได้มากยิ่งขึ้น

ขจรเกียรติ และคณะ (2549) ศึกษาผลของช่วงระยะเวลาการเจริญของสาหร่ายคลอเรลลา (*Chlorella sp.*) ต่อการเพิ่มผลผลิตของไรแดง (*Moina macrocopa*) โดยทำการวางแผนการทดลองแบบ CRD (Completely Randomized Design) แบ่งการทดลองออกเป็น 4 ทรีตเมนต์ๆ ละ 3 ซ้ำ โดยแต่ละทรีตเมนต์สุ่มปล่อยไรแดงจำนวน 570 ตัว/มล. น้ำหนักเปียกเฉลี่ย 10 กรัม ลงในโหลแก้ว ที่ทำการเลี้ยงสาหร่ายคลอเรลลาเป็นระยะเวลาแตกต่างกัน คือ 6 , 5 , 4 และ 3 วัน ตามลำดับทำการเลี้ยงไรแดงต่อไปอีกเป็นระยะเวลา 3 วัน พบว่าจำนวนเฉลี่ยของไรแดง มีค่า 652.33 ± 95.88 , 631.83 ± 76.59 , 617.16 ± 50.72 และ 612.33 ± 52.04 ตัว/มล. ตามลำดับ ส่วนน้ำหนักเปียกเฉลี่ยของไรแดง มีค่า 19.26 ± 1.05 , 18.86 ± 0.89 , 17.06 ± 0.93 และ 16.26 ± 1.74 กรัม ตามลำดับ ดังนั้นระยะเวลาการเจริญของสาหร่ายคลอเรลลา 6 วัน ทำให้ได้ผลผลิตไรแดงมากกว่าทรีตเมนต์อื่นๆ แต่ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ ($p > 0.05$)

2. ความเข้มแสง (light intensity) แสงแดดนับว่าเป็นปัจจัยที่สำคัญที่สุดและก็เป็นปัจจัยที่ควบคุมได้ยากมากที่สุดเช่นกัน แสงแดดจะมีผลต่อปริมาณความหนาแน่นของน้ำเขียว และระยะเวลาที่ใช้ในการเพาะไรแดงโดยตรง ในการเพาะไรแดงถ้าทำการเพาะในช่วงที่มีแดดจัดจะทำให้ผลผลิตของไรแดงสูงขึ้นและใช้ระยะเวลาสั้นกว่าการเพาะในช่วงที่มีแดดไม่จัดหรือไม่มีแสงแดด โดยความเข้มแสงที่เหมาะสมแก่การเพาะแพลงก์ตอนพืชชนิดต่างๆ อยู่ที่ 450-710 นาโนเมตร (Kendirlioglu, 2017) โดยแพลงก์ตอนพืชก็จะเป็นอาหารให้ไรแดงต่อไป

วรากร (2514) ศึกษาชีววิทยาบางประการของไรแดง พบว่าความเข้มของแสง จำนวนประชากร และปริมาณของอาหาร มีอิทธิพลต่อการเจริญเติบโตและการเพิ่มจำนวนของไรแดงที่และเลี้ยงไรแดงในอาหารที่ความเข้มข้น 0.5-1.0%

ปณิธาน และคณะ (2564) ได้ทำการศึกษาความยาวคลื่นแสงที่ต่างกัน 10 ชนิด คือ แสงสีขาวจากหลอดฟลูออเรสเซนต์ (อุณหภูมิสี 6,500 เคลวิน), หลอด LED สีขาว (อุณหภูมิสี 6,500 เคลวิน), หลอด LED สีขาว (อุณหภูมิสี 15,000 เคลวิน), หลอด LED สีวอร์มไวท์ (อุณหภูมิสี 3,200 เคลวิน), หลอด LED อินฟราเรด (730-740 นาโนเมตร), หลอด LED สีแดง (620-625 นาโนเมตร), หลอด LED สีส้ม (590-595 นาโนเมตร), หลอด LED เขียว (520-525 นาโนเมตร), หลอด LED สีน้ำเงิน (460-465 นาโนเมตร) และหลอด LED ยูวี (390-400 nm) ที่ใช้ในการเพาะเลี้ยงคลอเรลลา (*Chlorella sp.*) ภายในห้องปฏิบัติการในอุณหภูมิห้อง 25 องศาเซลเซียส โดยทำการตรวจนับเซลล์ทุกๆ 24 ชั่วโมงเป็นระยะเวลา 10 วัน พบว่าแสงจากหลอด LED สีน้ำเงิน (460-465 นาโนเมตร) สามารถเพิ่มจำนวนเซลล์ได้มากที่สุด โดยมีความ

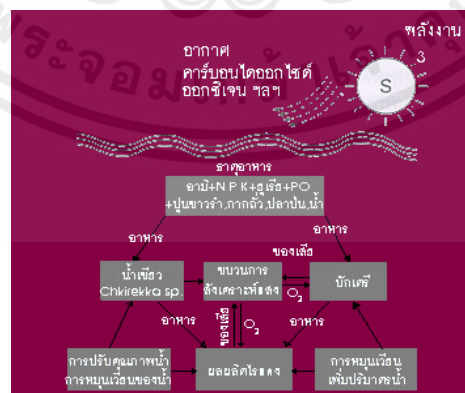
หนาแน่นเฉลี่ย $0.69 \pm 0.12 \times 10^6$ เซลล์ต่อวัน รองลงมาลำดับที่สองคือแสงจากหลอด LED สีขาว (อุณหภูมิสี 15,000 เคลวิน) มีความหนาแน่นเซลล์เฉลี่ย $0.65 \pm 0.11 \times 10^6$ เซลล์ต่อวัน และลำดับที่สามคือแสงจากหลอด LED สีแดง (620-625 nm) มีความหนาแน่นเซลล์เฉลี่ย $0.62 \pm 0.38 \times 10^6$ เซลล์ต่อวัน ตามลำดับ

3. คุณภาพน้ำ (กรมประมง, 2549)

3.1) ความเป็นกรด-ด่าง (pH) แพลงก์ตอนสัตว์และพืชที่อยู่ในน้ำจืดชอบน้ำที่มีความเป็นด่างเล็กน้อย คือประมาณ 7.5-8.5 ซึ่งเหมาะสมแก่การเจริญเติบโตและขยายพันธุ์ของไรแดงที่เป็นแพลงก์ตอนสัตว์ ในส่วนของแพลงก์ตอนพืชมีช่วงที่เหมาะสมอยู่ที่ 9.5-10.5 เป็นช่วงค่าที่แบคทีเรียไม่สามารถเจริญเติบโตได้ และยังควบคุมปนเปื้อนจากสิ่งมีชีวิตหรือสาหร่ายที่เป็นพิษ (สแกนต์, 2535)

3.2) ปริมาณออกซิเจนละลาย สิ่งที่มีชีวิตจำเป็นต้องใช้ออกซิเจนในกระบวนการสร้างพลังงาน ฉะนั้น ในการเพิ่มออกซิเจนโดยใช้การเป่าอากาศลงในบ่อเพาะเลี้ยงไรแดง นอกจากจะช่วยให้ไรแดงมีการขยายพันธุ์ได้รวดเร็วขึ้นแล้ว ยังทำให้แบคทีเรียที่อยู่ในบ่อทำการย่อยอินทรีย์สารได้เร็วขึ้น นอกจากนี้ยังเป็นการช่วยให้น้ำเขียวมีการเจริญเติบโตได้ดีขึ้น อีกทั้งยังช่วยป้องกันการตกตะกอนของน้ำเขียวได้ ดังนั้นการเพิ่มออกซิเจนลงในบ่อเพาะเลี้ยงไรแดงก็จะมีส่วนให้ไรแดงมีผลผลิตสูงขึ้น

4. การหมุนเวียนน้ำ การหมุนเวียนน้ำ เป็นปัจจัยอีกปัจจัยหนึ่งที่มีผลต่อการเพาะน้ำเขียวและไรแดงโดยตรง โดยจะช่วยเพิ่มปริมาณออกซิเจนและยังช่วยไม่ให้น้ำเขียวตกตะกอนลงสู่ก้น เกิดการสูญเสียเปล่า นอกจากนี้ยังช่วยให้ปุ๋ยที่ตกตะกอนทับถมกันอยู่กระจายฟุ้งขึ้นมาเพื่อไม่ให้เกิดการสะสมของเสียที่ก้นบ่อเลี้ยงและเป็นประโยชน์โดยตรงต่อน้ำเขียว (ภาพที่ 6) ซึ่งจะมีผลทำให้ผลผลิตของไรแดงสูงขึ้น (กรมประมง, 2549)



ภาพที่ 6 เรื่องปัจจัยสำคัญต่างๆ ในการเพาะเลี้ยงไรแดง

ที่มา: ภาณุและคณะ (2541)

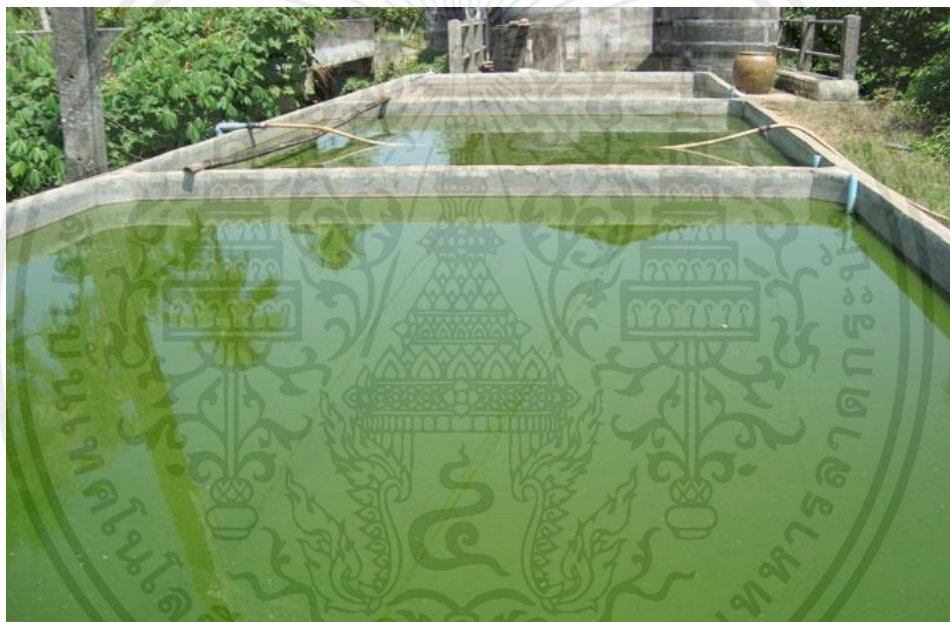
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

วิธีการและขั้นตอนการเพาะเลี้ยงไรแดง

วิธีการเพาะเลี้ยงไรแดง

การเพาะเลี้ยงไรแดงในบ่อซีเมนต์ (ภาพที่ 7)

กรมประมง (2549) รายงานการเพาะเลี้ยงที่พัฒนามาจากการใช้ฟางต้ม มูลสัตว์ เลือดสัตว์ อาหารผสม และน้ำเขียวจากการศึกษาค้นคว้าทดลองและวิจัยของหน่วย งานที่รับผิดชอบหลายๆ องค์กร ทำให้ปัจจุบันสามารถทำได้ 2 วิธี คือ



ภาพที่ 7 การเพาะเลี้ยงไรแดงในบ่อซีเมนต์

ที่มา: www.thaibusiness.in.th

1.การเพาะเลี้ยงแบบเก็บเกี่ยวไม่ต่อเนื่อง คือ การเพาะไรแดงแบบการเก็บเกี่ยวเพียงครั้งเดียว การเพาะแบบนี้จำเป็นที่จะต้องมีย่อยบ่ออย่างน้อย 5 บ่อ เพื่อใช้ในการหมุนเวียนให้ได้ผลผลิตทุกวัน การเพาะแบบไม่ต่อเนื่องจะให้ปริมาณไรแดงที่แน่นอนและจำนวนมาก ไม่ต้องคำนึงในด้านศัตรูมากนัก เพราะว่าเป็นการเพาะที่ใช้ระยะเวลาสั้น ๆ

2.การเพาะแบบเก็บเกี่ยวต่อเนื่อง คือ การเพาะไรแดงแบบเก็บเกี่ยวผลผลิตไรแดงหลายวัน ภายในบ่อเดียวกัน การเพาะแบบนี้ต้องมีบ่ออย่างน้อย 5 บ่อเช่นกัน แต่การเพาะแบบต่อเนื่องจะต้อง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

คำนึงถึงศัตรูของไรแดงและสภาวะแวดล้อมในบ่อเพาะไรแดงมากกว่า การเพาะเลี้ยงแบบเก็บเกี่ยวไม่ต่อเนื่อง เนื่องจากการเติมพวกอินทรีย์สารต่างๆ หรือการเติมน้ำเขียว ลงในบ่อทำให้เกิดการสะสมของตะกอนและสารพิษ จึงควรมีการถ่ายน้ำและเพิ่มน้ำสะอาดลงในบ่ออยู่เสมอ เพื่อเป็นการลดความเป็นพิษของแอมโมเนียและสารพิษอื่นๆ ที่เกิดขึ้นในบ่อ

การเพาะไรแดงทั้ง 2 วิธี ควรจะมีเครื่องเป่าอากาศเพื่อเพิ่มออกซิเจนในบ่อให้เพียงพอต่อความต้องการของไรแดง อีกทั้งยังช่วยย่อยสลายอินทรีย์สารและให้น้ำในบ่อหมุนเวียน หรือจะใช้เครื่องปั้มน้ำ ก็สามารถช่วยได้เช่นกัน

วีระ และคณะ (2530) ศึกษาผลของปัจจัยสิ่งแวดล้อมต่อการเพาะเลี้ยงไรแดง โดยใช้เครื่องตีน้ำเพิ่ม เปรียบเทียบกับการไม่ใช้เครื่องตีน้ำ เตรียมบ่อซีเมนต์ขนาด 50 ตารางเมตร เพาะไรแดงโดยใช้อากาผงชูรส (อามิ-อามิ) 240 ลิตร ปุ๋ย N-P-K สูตร 16-20-0 จำนวน 12 กิโลกรัม ปุ๋ยสูตร 46-0-0 จำนวน 60 กิโลกรัม และปุ๋ยสูตร 0-46-0 จำนวน 3.12 กิโลกรัม เติมปุ๋ยและเพิ่มระดับน้ำเป็น 3 ระยะ แต่ละระยะห่างกัน 3 วัน หลังจากเติมปุ๋ยและน้ำระยะที่ 3 ได้ 2 วัน จึงเติมไรแดงบ่อละ 5 กิโลกรัม ผลการศึกษาพบว่าให้ผลผลิตไรแดงแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญในบ่อที่ใช้เครื่องตีน้ำคือ ได้ผลผลิตเฉลี่ย 43.46 กิโลกรัม ส่วนบ่อที่ไม่ใช้เครื่องตีน้ำได้ผลผลิตเฉลี่ย 37.23 กิโลกรัม เมื่อเปรียบเทียบต้นทุนการผลิตไรแดงในบ่อที่ใช้เครื่องตีน้ำและไม่ใช้เครื่องตีน้ำคิดเป็น 15.34 และ 15.41 บาท/กิโลกรัม ตามลำดับ

ขั้นตอนการเพาะเลี้ยงไรแดง (กรมประมง, 2549)

ขั้นตอนที่ 1 การเตรียมบ่อผลิต กรณีบ่อใหม่จะต้องล้างบ่อให้อยู่ในสภาพเป็นกลางหรือด่างอ่อนๆ (7-8) โดยแช่น้ำทิ้งไว้ประมาณ 1-3 สัปดาห์ แล้วระบายน้ำทิ้ง ถ้าต้องการลดระยะเวลาให้หมักฟางหญ้าหรือเศษพืชผักไว้ในบ่อเพราะจะเกิดกรดอินทรีย์ เช่น กรดฮิวมิก ซึ่งจะช่วยแก้ความเป็นด่างได้เล็กน้อย หรือใช้กรดน้ำส้มเทยผสมน้ำในบ่อให้เต็ม แช่ทิ้งไว้ประมาณ 3-5 วัน แล้วระบายน้ำทิ้ง และเปิดน้ำใหม่แช่ทิ้งไว้อีก 24 ชั่วโมง ส่วนบ่อเก่าต้องล้างบ่อแล้วตากบ่อให้แห้งเพื่อกำจัดศัตรูไรแดง

ขั้นตอนที่ 2 การเตรียมน้ำ ระดับน้ำในบ่อเพาะเลี้ยงไรแดงประมาณ 20-30 เซนติเมตร การระบายน้ำเข้าบ่อโดยผ่านการกรองด้วยผ้าแพลงก์ตอน จะช่วยป้องกันศัตรูไรแดงและคัดขนาดของแพลงก์ตอนพืชที่ติดมากับน้ำและเป็นอาหารไรแดงต่อไป ระดับน้ำที่ใช้ประมาณ 20-30 เซนติเมตร

เทคนิคเสริมบางประการในการเตรียมน้ำ น้ำจากแหล่งน้ำธรรมชาติ เช่นแม่น้ำ ลำคลอง หนอง บึง จะให้ผลผลิตสูงกว่าน้ำประปา น้ำบาดาล และน้ำฝน ทั้งนี้เพราะแพลงก์ตอนพืช ปนมากับน้ำจากแหล่ง

น้ำธรรมชาติ ดังนั้นจึงควรกรองน้ำด้วยถุงกรองพลาสติกทุกครั้ง เพื่อป้องกันศัตรูของไรแดงที่อาจจะติดมากับแหล่งน้ำธรรมชาติ ควรปรับคุณภาพของน้ำให้มีความเป็นกรดเป็นด่างประมาณ 8 โดยใช้ปูนขาวละลายน้ำจะได้ น้ำปูนใส ส่วนกากปูนให้ทิ้งไป เพราะเป็นพิษกับไรแดง

ขั้นตอนที่ 3 การเตรียมอาหาร

อาหารที่ใช้ผลิตไรแดงจะต้องมีคุณค่าทางโภชนาการครบถ้วนทั้งโปรตีน คาร์โบไฮเดรต ไขมัน วิตามิน และ เกลือแร่ ชนิดของอาหารที่ใช้เพาะเลี้ยงไรแดง แบ่งออกเป็น 3 ประเภท คือ

- อาหารผสม ได้แก่ รำละเอียด ปลาป่น และ กากถั่วเหลือง โดยเฉพาะกากถั่วเหลืองจะมีกรดไขมันที่เร่งการลอกคราบของไรแดงทำให้ผลผลิตไรแดงสูงขึ้น

- จุลินทรีย์ เป็นอาหารที่ได้จากการหมักอาหารกับน้ำ ได้แก่ ยีสต์และแบคทีเรีย สำหรับ ยีสต์จะมีวิตามินบี ซึ่งช่วยในการทำงานของระบบสืบพันธุ์

- น้ำเขียว เป็นอาหารอีกชนิดหนึ่งในที่นี้ หมายถึง แพลงก์ตอนพืช หลาย ๆ ชนิดที่ไรแดงกินได้ เช่น ชนิดเซลล์เดี่ยวเช่น คลอเรลลา (*Chlorella* sp.) ชนิดที่อยู่รวมกันเป็นกลุ่มเช่น ซีนเดสมัส (*Scenedesmus* sp.) ฯลฯ ซึ่งทำให้ไรแดงสมบูรณ์จึงมีผลผลิตที่เพิ่มขึ้น

อาหารหมัก วิธีหมักอาหารกับน้ำ ใช้อาหาร 1 ส่วน : น้ำ 2 ส่วน : ปูนขาว 1 ส่วน จะเกิดจุลินทรีย์จำพวกแบคทีเรีย ซึ่งจะเป็นอาหารเสริมของไรแดง การหมักอาหารใช้เวลาอย่างน้อย 24 ชั่วโมง ส่วนอัตราอาหารผสมที่ใช้ คือ รำละเอียด 2 ส่วน ปลาป่น 1 ส่วน และกากถั่วเหลือง 1 ส่วน ในปริมาณ 40 กรัม/ตารางเมตร เช่น บ่อผลิตขนาด 50 ตารางเมตร ใช้รำละเอียด 1 กิโลกรัม ปลาป่น 0.5 กิโลกรัม และกากถั่วเหลือง 0.5 กิโลกรัม (ภาณุ และคณะ, 2541)

เทคนิคเสริมบางประการในการเตรียมอาหาร ถ้าน้ำมีสีเขียว แสดงว่าเกิดแพลงก์ตอนพืชแล้ว จึงเติมอาหารผสมลงบ่อแพลงก์ตอนพืชจะแพร่พันธุ์เป็นอาหารของไรแดงต่อไป อาหารหมักต้องผ่านการหมักอย่างน้อย 24 ชั่วโมง ระยะเวลาที่หมักอาหารประมาณ 50-60 ชั่วโมง อาหารที่หมักแล้วหากใช้ถุงผ้าโอลอนแก้วกรองส่วนที่เป็นกากออก จะทำให้น้ำเสียช้าลงและช่วงเวลาในการเก็บเกี่ยวไรแดงยาวนานขึ้น (ภาณุ และคณะ, 2541)

ขั้นตอนที่ 4 การเตรียมพันธุ์ไรแดง

การเพาะเลี้ยงไรแดงให้ได้ปริมาณมากจำเป็นต้องใช้แม่พันธุ์ที่มีชีวิตสมบูรณ์และแข็งแรง มีวิธีการดำเนินการง่ายๆ ดังนี้

การคั้พันธุ์ไรแดง ควรแยกไรแดงออกจากแพลงก์ตอนสัตว์ชนิดอื่น โดยใช้กระชอนอวนมุ้งสีฟ้า ขนาดตาเล็กสุด ซึ่งสามารถแยกไรแดงจากโคพีพอดและลูกน้ำได้ แต่ถ้าได้พันธุ์ไรแดงที่ไม่มีแพลงก์ตอน สัตว์ชนิดอื่นปะปนมาจะดีที่สุด

การสังเกตเพศไรแดง ไรแดงมี 2 เพศ คือ ไรแดงเพศเมียและไรแดงเพศผู้ ในสภาวะเหมาะสมไรแดงจะสร้างเพศผู้เพียง 5% ของประชากรไรแดง แต่ถ้าสภาวะไม่เหมาะสมไรแดงจะสร้างเพศผู้มากขึ้น สำหรับการเลือกแม่พันธุ์หรือหัวเชื้อโดยสังเกตไรแดงที่มีรูปร่างอ้วนกลมซึ่งมีวิธีการตรวจสอบ คือ ใช้แก้วใส่น้ำใสๆ แล้วช้อนไรแดงพอประมาณยกขึ้นส่องดู ถ้าพบไรแดงเพศผู้ซึ่งมีลำตัวมอมยาวรี แสดงว่ามีไรแดงเพศผู้มากกว่า 5% ซึ่งไม่ควรนำไปขยายพันธุ์

การเติมแม่พันธุ์ไรแดง การเติมพันธุ์ไรแดง ใช้ความระมัดระวังค่อยๆ รินแม่พันธุ์ไรแดงออกจากภาชนะ ไรแดง 1 กิโลกรัมเมื่อผสมรวมกับน้ำ 20% จะได้ไรแดง 1 ลิตร ปริมาณที่ใช้เฉลี่ย 30-40 กรัม/ตารางเมตร บ่อขนาด 50 ตารางเมตร ใช้แม่พันธุ์ไรแดง 2 กิโลกรัม จะได้ผลผลิตประมาณครั้งละ 12 กิโลกรัม ซึ่งเก็บเกี่ยวผลผลิตได้ประมาณ วันละ 5 กิโลกรัม

ขั้นตอนที่ 5 การควบคุมการผลิต

การคงสภาพบ่อผลิตให้สามารถเก็บผลผลิตได้มากกว่า 7 วัน มีวิธีการ ดังนี้

เก็บเกี่ยวผลผลิต ให้เก็บเกี่ยวเพียงวันละครั้งหนึ่งของผลผลิตทั้งหมด คือ ครั้งแรก วันที่ 3 หรือ 5 หลังจากเติมแม่พันธุ์ไรแดง

การเติมอาหาร ให้เติมอาหารหมักแล้ว 10-25% ของครั้งแรกทุกวัน โดยสังเกตปริมาณผลผลิตไรแดงในบ่อ

การถ่ายน้ำ หมายถึง การระบายน้ำออกและเติมน้ำเข้าทุก 2-3 วัน ระดับ 5-15 เซนติเมตร โดยสังเกตปริมาณผลผลิตไรแดงในบ่อ

การเก็บเกี่ยวและขนส่งไรแดงแช่แข็ง

วิธีนี้สามารถเก็บไรแดงไว้ได้นานและยังสดอยู่เสมอ แต่ไรแดงที่ได้เป็นไรแดงที่ตายแล้วซึ่งสัตว์น้ำวัยอ่อนจะชอบกินไรแดงสดมากกว่าไรแดงที่แช่แข็งที่เป็นไรแดงที่ตายแล้ว ดังนั้นการให้เป็นอาหารลูกปลาและลูกกุ้งวัยอ่อนจึงควรให้ครั้งละน้อยๆ เพื่อป้องกันไม่ให้น้ำเสียได้ง่าย (กรมประมง, 2549)

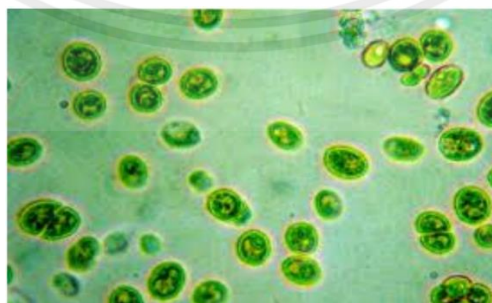
การเก็บเกี่ยวและขนส่งไรแดงมีชีวิต

การขนส่งไรแดงโดยวิธีนำไรแดงแช่ในน้ำแข็งประมาณ 1-2 วินาที เพื่อลดกิจกรรมและระบบการเผาผลาญพลังงานในตัวเอง แล้วรีบบรรจุในน้ำสะอาด และมีน้ำแข็งคลุมรอบนอกถุงเป็นวิธีที่ดีที่สุด แต่ถ้าจะใช้เวลาขนส่งประมาณ 2-3 ชั่วโมง และเป็นการขนส่งระยะทางไกลๆ เราไม่จำเป็นต้องใช้ไรแดงแช่ในน้ำแข็ง แต่ควรนำไรแดงมาบรรจุในน้ำสะอาดแล้วออกซิเจนแทน จากนั้นคลุมด้วยน้ำแข็งรอบๆ แล้วขนส่งโดยใช้รถยนต์ที่อยู่ในรถมีเครื่องปรับอากาศก็ยิ่งเพิ่มความสามารถประสิทธิภาพการขนส่งได้ดีมากยิ่งขึ้น ถ้าในกรณีที่ไม่สามารถห้าน้ำแข็งได้ ก็สามารถขนส่งในรถที่มีเครื่องปรับอากาศโดยที่ไม่ใช้น้ำแข็งได้ การขนส่งแบบนี้ไรแดงมีชีวิตอยู่ซึ่งเหมาะแก่เป็นอาหารลูกสัตว์น้ำวัยอ่อนมากกว่าไรแดงตาย (กรมประมง, 2549)

คลอเรลลา

ชีววิทยาและอนุกรมวิธานของคลอเรลลา

ธิดา (2542) รายงานว่าคลอเรลลา (*Chlorella* sp.) เป็นสาหร่ายสีเขียวที่มีชื่อมาจากภาษากรีก *Chlorella* ซึ่ง แปลว่า สีเขียวมาจากภาษาละติน *ella* ซึ่งแปลว่า เล็ก สาหร่ายชนิดนี้มีลักษณะเซลล์ส่วนใหญ่เป็น วงกลมและอาจมีเซลล์เป็นรูปร่างรีบ้างเป็นเซลล์เดี่ยวที่มีขนาดเล็กโดยเส้นผ่านศูนย์กลางประมาณ 2-10 ไมโครเมตร ไม่มี Flagella ผนังของเซลล์ค่อนข้างบางสาหร่ายที่สามารถรอดผ่าน วัสดุที่ช่วยสังเคราะห์แสง คือ คลอโรฟิลล์เอ และคลอโรฟิลล์บีโดยอยู่ในคลอโรพลาสต์ ซึ่งมีลักษณะ เป็นรูปถ้วยหรือเป็นแผ่นอยู่ริมเซลล์สีบัพันธุ์ การสีบัพันธุ์เป็นแบบไม่อาศัยเพศโดยสร้างออโตสปอร์ จำนวน 4, 8 หรือ 16 เซลล์ (ภาพที่ 8) สาหร่ายชนิดนี้พบทั่วไปในน้ำจืดและน้ำเค็มเจริญเติบโตง่ายและโปรตีนสูง 40-50% เมื่อคลอเรลลา มีจำนวนมากขึ้นจะทำให้แหล่งน้ำนั้นมีสีเขียวตอง



ภาพที่ 8 สาหร่ายคลอเรลลา (*Chlorella* sp.)

ที่มา: ศูนย์วิจัยและพัฒนาประมงชายฝั่งจันทบุรี (2547)

**อนุกรมวิธานของจุลสาหร่ายคลอเรลลา (วิสัย 2534) รายงานการจัดอนุกรมวิธานของคลอเรลลา
ไว้ดังนี้**

Kingdom Plantae

Division Chlorophyta

Class Trebouxiophyceae

Order Chlorellales

Family Chlorellaceae

Genus *Chlorella*

คลอเรลลา เป็นแพลงก์ตอนพืชที่มีคุณค่าทางอาหารสูง ประกอบด้วยโปรตีน 60% ไขมัน 11% คาร์โบไฮเดรต 20% โยอาหาร 0.20% วิตามินและเกลือแร่ 10% สารคลอโรฟิลล์ 2 มก./100 กรัม หรือเท่ากับ 3–5% ของน้ำหนัก และสารเบต้าแคโรทีน 180 มก./100 กรัม (น้ำหนักแห้ง) คลอเรลลาเป็นอาหารที่ดีของไรแดง โรติเฟอร์ และอาร์ทีเมียซึ่งเป็นแพลงก์ตอนสัตว์สำหรับการอนุบาลสัตว์น้ำวัยอ่อน มีการใช้คลอเรลลาเป็นอาหารในบ่อเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำจึงมีการเลี้ยงคลอเรลลาเพื่อช่วยรักษาระบบนิเวศบ่อเลี้ยงให้สมดุลทำให้สัตว์น้ำแข็งแรงและมีอัตราการรอดสูง (ศุภชัยวิชัยและพัฒนาประมงชายฝั่ง จันทบุรี, 2547)

การเจริญเติบโตและการสืบพันธุ์

ธวัชชัย (2547) รายงานการสืบพันธุ์แบบไม่อาศัยเพศ (asexual reproduction) โดยการแบ่งเซลล์และการสร้างสปอร์ ดังนี้

1. การแบ่งเซลล์ (cell division) เป็นการแบ่งเซลล์จาก 1 ไป 2, 4, 8 และ 16 ถ้าเซลล์ใดมีซีทหุ้ม เมื่อทำการแบ่งเซลล์หลายๆ ครั้ง จะเกิดเป็นกลุ่มเซลล์ (colony) เมื่อมีขนาดใหญ่ขึ้นหลังจากนั้นจะหลุดออกจากกันเป็นกลุ่มย่อยๆ โดยการฉีกขาด (fragmentation) และส่วนที่เป็นเส้นสายการแบ่งเซลล์ทำให้ trichome เกิดการยืดยาวออกและต่อมาก็จะขาดท่อน เมื่อได้รับการกระทบกระเทือน แต่ละท่อนจะเจริญเป็น trichome ใหม่ พวกที่มี Heterocyst การขาดท่อนจะเกิดตรงรอยต่อของเซลล์ปกติกับ Heterocyst (ภาพที่ 9)

2.การสร้างสปอร์ (sporulation) สปอร์ที่สร้างขึ้นเป็นสปอร์ที่ไม่มีหนวด (non-motile-spore) สำหรับเคลื่อนไหวแบ่งเป็น 2 ชนิด 1 คือ endospore คือ สปอร์ที่เกิดขึ้นภายในเซลล์โดยการแบ่ง โพรโตพลาสซึม ออกเป็น 2 ส่วน หรือ แบ่งออกเป็นหลายส่วนและแต่ละส่วนเมื่อหลุดออกจากผนังเซลล์ จะเกิดการงอกออกมาเป็นต้นใหม่ 2 คือ exospore สปอร์ที่เกิดขึ้นโดยการแบ่งส่วนของเซลล์ออกมาเป็น สปอร์ที่มีจำนวน 1 หรือหลายสปอร์เรียงต่อกัน



ภาพที่ 9 ขั้นตอนการแบ่งเซลล์สาหร่าย

ที่มา: ธวัชชัย (2547)

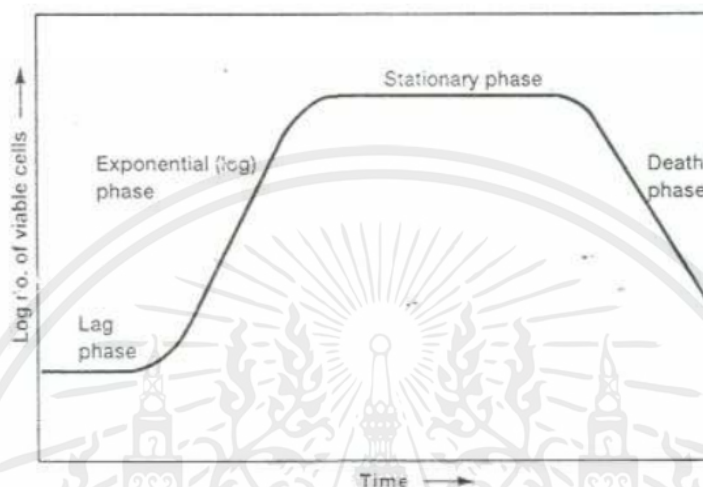
ระยะของการเจริญเติบโตของคลอเรลลา (ภาพที่ 9) แบ่งออกเป็น 4 ระยะ (ธวัชชัย, 2547) ดังนี้

1. Lag phase (ระยะพัก) เป็นระยะที่เซลล์สาหร่ายพบกับอาหารและสิ่งแวดล้อมใหม่ และปรับตัวให้เข้ากับอาหารและสิ่งแวดล้อมนั้นๆ เซลล์จะมีขนาดใหญ่ขึ้นและพร้อมแบ่งตัวจะมีระยะเวลาแตกต่างกันขึ้นอยู่กับอาหารเลี้ยงเชื้อ

2. Exponential หรือ log phase (ระยะแบ่งตัววิฤก) เป็นระยะที่เซลล์มีการเพิ่มจำนวนมากที่สุด มีอัตราการแบ่งตัวที่คงที่ ส่วนประกอบต่างๆของเซลล์เป็นแบบเดียวกัน

3. Stationary phase (ระยะคงจำนวนเซลล์) เป็นระยะที่มีจำนวนเซลล์คงที่ ซึ่งหมายความว่าเซลล์ของสาหร่ายไม่มีการเพิ่มจำนวนแล้ว มีอัตราการเกิดและการตายเท่ากัน เพราะอาหารเลี้ยงเชื้อใกล้หมดแล้ว เลยทำให้เกิดการเจริญเติบโตช้าลง

4. Death phase หรือ decline phase (ระยะเซลล์ตาย) เป็นระยะสุดท้าย จำนวนของเซลล์ที่มีอยู่ตายลงมากกว่าที่เพิ่มขึ้น เป็นเพราะอาหารหมด หรือมีสารพิษที่สะสมอยู่จำนวนมาก



ภาพที่ 10 กราฟการเจริญเติบโตของจุลสาหร่าย
ที่มา: รัชชัย (2547)

คุณค่าทางโภชนาการของคลอเรลลา

คลอเรลลา เป็นแพลงก์ตอนพืชที่มีคุณค่าทางอาหารสูงประกอบด้วยโปรตีน 60% ไขมัน 11% คาร์โบไฮเดรต 20% เยื่อใย 0.02% วิตามินและเกลือแร่ 10% สารคลอโรฟิลล์ 2 มิลลิกรัม/100 กรัม หรือเท่ากับ 3-5% ของน้ำหนัก และสารเบต้าแคโรทีน 180 มิลลิกรัม/100 กรัม (ศุนย์วิจัยและพัฒนา ประมงชายฝั่งจันทบุรี, 2547)

ปัจจัยที่มีผลต่อการเจริญเติบโตของเซลล์สาหร่าย

สกานต์ (2535) รายงานการเจริญเติบโตของเซลล์สาหร่ายต้องอาศัยปัจจัย ดังต่อไปนี้

1. อุณหภูมิ อุณหภูมิที่เหมาะสมต่อการเจริญเติบโตของสาหร่ายคือ 25-35 องศาเซลเซียส สาหร่ายคลอเรลลาไม่สามารถทนต่ออุณหภูมิที่สูงกว่า 40 องศาเซลเซียส
2. แสง ความเข้มแสง เป็นปัจจัยหนึ่งที่มีผลต่อการเจริญเติบโตของสาหร่าย ถ้าความเข้มแสงสูง ความสามารถในการใช้พลังงานแสงของสาหร่ายจะลดลง ความเข้มแสงของสาหร่ายคลอเรลลาเมื่อเพราะเลี้ยงกลางแจ้งคือ 30-35 กิโลลักซ์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3. ความเข้มข้นของเชื้อตั้งต้น เมื่อจะทำการเพาะเลี้ยงจำนวนมาก ควรใช้ปริมาณที่เหมาะสมอยู่ระหว่าง 225-250 มิลลิลิตรของน้ำหมักแห้งต่ออาหารที่เพาะเลี้ยง 1 ลิตร

4. แร่ธาตุอาหาร แร่ธาตุที่จำเป็นต่อการเจริญเติบโต แบ่งออกเป็น 2 กลุ่ม ดังนี้

4.1 แร่ธาตุที่ต้องการเป็นปริมาณมาก (macronutrients หรือ major elements) ได้แก่ ธาตุคาร์บอน ไนโตรเจน ไฮโดรเจน ฟอสฟอรัส แคลเซียม แมกนีเซียม ซัลเฟอร์ และโปตัสเซียม

4.2 แร่ธาตุที่ต้องการในปริมาณน้อย (micronutrients หรือ minor elements) คือต้องการเป็นมิลลิกรัมต่อลิตรหรือต่ำกว่านี้ มีอยู่ 7 ชนิด ได้แก่ คลอรีน เหล็ก แมงกานีส โบรอน สังกะสี ทองแดง และโมลิบดีนัม

การเพาะเลี้ยงคลอเรลลา



คลอเรลลา เป็นแพลงก์ตอนพืชที่มีประโยชน์ในวงการประมงมาก ทั้งนี้เพราะเราใช้คลอเรลลาเป็นอาหารเพื่อเลี้ยงแพลงก์ตอนสัตว์ชนิดอื่น เช่น ไรแดงการนำคลอเรลลาไปเพาะขยายพันธุ์ในบ่อซีเมนต์ขนาด 1.4x3x0.3 เมตร เพื่อเป็นอาหารของไรแดง จากนั้นก็นำไรแดงไปอนุบาลสัตว์น้ำวัยอ่อน เช่น ลูกปลา ลูกปลาสวยงาม และสัตว์น้ำวัยอ่อนอื่นๆ เนื่องจากคลอเรลลาสามารถขยายพันธุ์ได้ง่ายในช่วงระยะเวลาอันสั้น อีกทั้งยังช่วยรักษาระบบนิเวศวิทยาในน้ำได้ดียิ่งขึ้น (เกรียงศักดิ์, 2549) มีรายงานการใช้ปุ๋ยเคมีและวัตถุดิบต่างๆ นำมาเพาะเลี้ยงคลอเรลลาซึ่งประกอบด้วยปุ๋ยเคมี 16-20-0, 46-0-0, 18-46-0 เป็นต้น

ศิริพร, (2548) รายงานการใช้กากน้ำตาลเพื่อเพาะเลี้ยงคลอเรลลาโดยใช้กากน้ำตาลในระดับแตกต่างกันคือ 200, 400, 800 และ 1,200 มิลลิลิตร/น้ำ 720 ลิตร เปรียบเทียบกับชุดควบคุมที่ใช้ อามิ-อามี พบว่าการใช้ปริมาณกากน้ำตาล 1,200 มิลลิลิตร มีการเจริญเติบโตดีที่สุด มีความหนาแน่นเซลล์อยู่ที่วันที่ 4 มีประมาณ 7×10^6 เซลล์/มิลลิลิตร

อุปกรณ์และลักษณะการทำงานของอุปกรณ์ที่ใช้ในชุดต้นแบบการผลิตโรดแดงแบบต่อเนื่องในระบบปิดด้วยระบบอัจฉริยะ (ในการศึกษาวิจัยนี้)

การออกแบบเพื่อจัดสร้างชุดต้นแบบการผลิตโรดแดงแบบต่อเนื่องในระบบปิดด้วยระบบอัจฉริยะในการศึกษาครั้งนี้จำเป็นต้องอาศัยอุปกรณ์และระบบอัจฉริยะต่างๆมาประกอบเป็นชุดต้นแบบ (ตารางที่ 1)

ตารางที่ 1 อุปกรณ์และลักษณะการทำงานของอุปกรณ์ที่ใช้ในชุดต้นแบบการผลิตโรดแดงแบบต่อเนื่องในระบบปิดด้วยระบบอัจฉริยะ

ชื่ออุปกรณ์	คุณลักษณะและการใช้งาน	ภาพ
Flow sensor	เป็นตัวเซนเซอร์ชนิดหนึ่งที่ทำหน้าที่เปลี่ยนสัญญาณที่อยู่ในรูปแบบทางฟิสิกส์ ซึ่งในที่นี้คืออัตราการไหลของของไหล ให้มาอยู่ในรูปแบบของสัญญาณไฟฟ้า หรือการเคลื่อนที่ทางกล เพื่อจะหน้าที่ส่งสัญญาณเหล่านี้ไปยังส่วนต่อไป นั่นก็คือ Flow Indicator หรือ Display Unit (https://mall.factomart.com/principle-flow-meter/)	 http://www.beangadget.com
Timer digital	เครื่องตั้งเวลาเปิดปิดไฟแบบดิจิทัลใช้สำหรับตั้งเวลาเพื่อสั่งให้เครื่องใช้ไฟฟ้าเปิดและปิดตามเวลาที่เรากำหนดไว้ ซึ่งเครื่องตั้งเวลานั้นได้เข้ามาช่วยอำนวยความสะดวกในการควบคุมการเปิดปิดไฟที่นิยมนำมาใช้กับเปิดปิดน้ำเพื่อใช้รดน้ำต้นไม้ จะตั้งรดน้ำเช้า-กลางวัน-เย็น ขึ้นอยู่กับพืชและวิธีการปลูก ใช้ควบคุมการเปิดปิดโคมไฟถนน-ไฟทางได้ หรือนำไปใช้เป็นตัวควบคุมเวลาในการทำงานของเครื่องจักรหรืออุปกรณ์ไฟฟ้าอื่นๆได้ทุกชนิด โดยเครื่องตั้งเวลาTimer นั้นมีแบบใช้กับไฟ 12v, 24v, 220v Timer digital นั้นสามารถตั้งเวลาเป็นตัวเลขได้เที่ยงตรงแม่นยำและสามารถปรับตั้งเวลาเปิดปิดได้ขั้นต่ำที่1นาที่ ตั้งให้ทำงานทุกวันหรือเป็นบางวันก็ได้	 https://dispriceth.com

บอร์ด Arduino Uno - Arduino UNO เป็นบอร์ดไมโครคอนโทรลเลอร์ open-source ใช้กัน อย่างแพร่หลายบนพื้นฐานของไมโครคอนโทรลเลอร์ ATmega328P บอร์ดมีชุด Pin อินพุต/ เอาต์พุต (I/O) แบบดิจิทัลและอนาล็อก ที่สามารถเชื่อมต่อเข้ากับบอร์ดขยาย (shields) ต่างๆ และวงจรอื่นได้

- บอร์ดนี้มี Analog pin 6 ขา และ Digital pin 14 ขา โดยมี 6 ขา สามารถใช้เป็น output แบบ PWM ได้ สามารถโปรแกรมด้วย Arduino IDE (Integrated Development Environment) สามารถเชื่อมต่อกับคอมพิวเตอร์ด้วยสายเคเบิล USB หรือใช้ adaptor AC-to-DC เพื่อเริ่มต้นใช้งาน (<https://www.gravitechthai.com>)



<https://blog.thaieasyelc.com>

Node MCU ESP 8266 - Node MCU (โหนด เอ็มซียู) คือ บอร์ดคอนโทรลเลอร์ที่มีลักษณะการทำงานตามคำสั่งภาษา C คล้าย Arduino แต่มีลักษณะพิเศษกว่าตรงที่ สามารถเชื่อมต่อกับ WIFI ได้ การควบคุมการทำงานสามารถใช้ โปรแกรม Arduino IDE ได้ เช่นเดียวกับกับบอร์ด Arduino (<http://www.ayarafun.com/2015/08/introduction-arduino-esp-8266-node-mcu/>)



character LCD - เป็นจอที่แสดงผลเป็นตัวอักษรตามช่องแบบตายตัว เช่นจอ LCD ขนาด 16x2 หมายถึงใน 1 แถวมีตัวอักษรใส่ได้ 16 ตัว และมีทั้งหมด 2 บรรทัดให้ใช้งาน ส่วน 20x4 จะหมายถึงใน 1 แถวมี ตัวอักษรใส่ได้ 20 ตัว และมีทั้งหมด 4 บรรทัด (<http://www.sbt.ac.th>)



<https://commandronestore.com/products/ba200.php>

Relay module arduino โมดูล รีเลย์ 5v - เป็นอุปกรณ์ที่เปลี่ยนพลังงานไฟฟ้าให้เป็นพลังงานแม่เหล็ก เพื่อใช้ในการดึงดูดหน้าสัมผัสของคอนแทคให้เปลี่ยนสถานะ โดยการป้อนกระแสไฟฟ้าให้กับขดลวด เพื่อทำการปิดหรือเปิดหน้าสัมผัสคล้ายกับสวิตช์อิเล็กทรอนิกส์ ซึ่งเราสามารถนำรีเลย์ไปประยุกต์ใช้ควบคุมวงจรต่างๆ ในงานช่างอิเล็กทรอนิกส์มากมาย



	<p>- โมดูลรีเลย์ 2ช่อง 5V (2 Channel Relay Module) เป็นโมดูลที่ใช้ควบคุมโหลดได้ทั้งแรงดันไฟฟ้า DC และ AC ซึ่งโหลดสูงสุด (Maximum Load) คือ AC 250V/10A, DC 30V/10A โดยใช้สัญญาณในการควบคุมการทำงานด้วยสัญญาณลอจิกเกต TTL ทำงานด้วย--- สัญญาณแบบ Active Low, กระแสขับรีเลย์ (Drive Current) 15-20mA., มีการออกแบบให้เป็น Isolate ด้วย Optocoupler มี LED แสดงสถานะ Relay สามารถนำไปประยุกต์ใช้งาน PLC Control, บ้านอัจฉริยะ, ใช้ในโรงงานอุตสาหกรรม หรืองานอื่นๆ ขึ้นอยู่กับการเขียนโปรแกรมและการต่อใช้งานภายนอก สามารถเชื่อมต่อใช้งานกับบอร์ด Raspberry Pi, Arduino, ARM, MCS-51, AVR, PIC, 8051, DSP, MSP430, TTL logic (http://www.iot.codemobiles.com)</p>	<p>https://commandrones.com/products/bq500.php</p>
Selector Switch	<p>- เป็นอุปกรณ์ที่ใช้ควบคุมวงจรไฟฟ้าภาคคอลโทรล เพื่อควบคุมทิศทางของกระแสไฟฟ้าให้ตามทิศทางที่ต้องการหรือตัดกระแสไฟไม่ให้ไหลผ่านวงจรได้ตามที่ต้องการ เป็นสวิตซ์ที่ใช้งานกันมากในงานที่ต้องควบคุมการทำงานด้วยมือ โดยการปิดให้อยู่ภายในเปลี่ยนสภาวะปิด (NC) หรือเปิด (NO) โดย ซีเล็คเตอร์สวิตซ์ ทั่วไปจะมี 2 ประเภท คือ แบบสวิตซ์ 2 ทางและสวิตซ์ 3 ทาง (https://mall.factomart.com)</p>	 <p>https://www.modulemore.com</p>
Terminal	<p>- เทอร์มินอลบล็อกหรือที่เรียกกันสั้นๆ จนติดปากว่า “เทอร์มินอล” คืออุปกรณ์ที่ใช้ในการเชื่อมต่อสายไฟในตู้ควบคุม ก่อ่งต่อสายหรือตามจุดต่างๆ ที่ต้องการ เพื่อรับไฟจากแหล่งจ่ายไฟไปยังอุปกรณ์ต่างๆ ภายในตู้ รวมถึงเป็นจุดต่อร่วมของสายไฟโดยที่ไม่ต้องไปต่อสายรวมกันที่ขั้วต่อของอุปกรณ์ ซึ่งเป็นสาเหตุของชั่วหลวมและเกิดการอาร์กได้ (http://www.engineerfriend.com)</p>	 <p>https://shopee.co.th</p>

adapter 9V 2A	- Power Adapter แหล่งจ่ายไฟ 9V 2A แหล่งจ่ายไฟ 9v 2a ให้อุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์เสียบเข้า Arduino ได้ 1x AC 100-240V to DC 9V 2A Switching Power supply Converter Adaptor อดแดปเตอร์แบบสวิตซ์ซิ่ง จาก AC 100-240V เป็น ดีซี 9V 2 A ด้านปลายเป็นดีซีแจ๊คขนาด 5.5*2.5 mm และใช้ได้กับ 5.5*2.1 mm ขั้วโนบวก และ ขั้วนอกลบ	 <p>https://www.modulemore.com</p>
adapter 12V 2A รุ่น XJ	- Power Adapter แหล่งจ่ายไฟ 12V 2A แหล่งจ่ายไฟ 9v 2a ให้อุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์เสียบเข้า Node MCU ESP 8266 ได้ 1x AC 100-240V to DC 12V 2A Switching Power supply Converter Adaptor อดแดปเตอร์แบบสวิตซ์ซิ่ง จาก AC 100-240V เป็น ดีซี 12V 2 A ด้านปลายเป็นดีซีแจ๊คขนาด 5.5*2.5 mm และใช้ได้กับ 5.5*2.1 mm ขั้วโนบวก และขั้วนอกลบ	 <p>https://www.satsdigital.com</p>
ปั้มน้ำ ไดอะแฟรม DC 12v 3M 2L/min	ปั้มน้ำไดอะแฟรม DC 12V แบบสูบน้ำได้เองทางด้านดูด 2 เมตร และสูบส่งจ่ายน้ำได้สูงสุด 3 เมตร อัตราการไหล 1.5-2 ลิตร/นาที หรือ 90-120 ลิตร/ชั่วโมง ใช้สำหรับสูบน้ำของเหลวหลายชนิด ดังนี้ -ใช้สำหรับสูบน้ำของเหลวด้านครัวอาหาร ได้แก่ น้ำดื่ม เครื่องดื่ม ชูดชงชากาแฟ นม น้ำอัดลม น้ำหวาน เปลี่ยนถ่ายน้ำล้อเย็น ปุ๋ย ยา การเกษตร (http://kasetfusion.lnwshop.com)	 <p>http://kasetfusion.lnwshop.com</p>
หลอดไฟ LED Daylight 6500 K	หลอดไฟเดย์ไลท์ (Daylight) มีอุณหภูมิสีอยู่ที่ 6,000 เคลวิน ให้แสงสีขาวที่เหมือนแสงในธรรมชาติ ถือเป็นแสงสีที่สว่างมากที่สุด ช่วยให้เห็นได้ชัด ทั้งยังให้ความรู้สึกสดใส กระปรี้กระเปร่า ช่วยให้กระฉับกระเฉง และรู้สึกตื่นตัว	 <p>https://www.jd.co.th</p>

โปรโตบอร์ด (protoboard) หรือ เบรดบอร์ด (breadboard) - อุปกรณ์ที่จะช่วยให้สามารถเชื่อมต่อวงจรเพื่อทดลองง่าย ขึ้น ลักษณะ ของบอร์ดจะเป็นพลาสติกมีรูจำนวนมาก ภายใต้อุณหภูมิสูงจะมีการ เชื่อมต่อกันอย่างมีรูปแบบ เมื่อนำอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์มาเสียบ จะทำให้พลังงานไฟฟ้า สามารถไหลจากอุปกรณ์หนึ่ง ไปยังอุปกรณ์ หนึ่งได้ ผ่านรูที่มีการเชื่อมต่อกันด้านล่างการเชื่อมต่อกันของโปรโต บอร์ด จะแบ่งได้เป็น 2 กลุ่มใหญ่ คือ 1. กลุ่มแนวตั้ง เป็นกลุ่มที่เป็นพื้นที่สำหรับการเชื่อมต่อวงจร วาง อุปกรณ์ จะมีช่อง เว้นกลางกลุ่มสำหรับเสียบไอซีตัวถังแบบ DIP และ บ่งบอก การแบ่งเขตเชื่อมต่อ 2. กลุ่มแนวนอน เป็นกลุ่มที่มีการ เชื่อมต่อกันในแนวนอน ใช้สำหรับ พักไฟที่มาจากแหล่งจ่าย เพื่อใช้สำหรับเชื่อมต่อไฟจากแหล่งจ่ายเลี้ยง ให้วงจรต่อไป และจะมีสี สัญลักษณ์สกรีนเพื่อบอกขั้วที่ของแหล่งจ่าย ที่ ควรนำมาพักไว้ โดยสีแดง จะหมายถึงขั้วบวก และสีดำ หรือ สีน้ำเงิน จะหมายถึงขั้วลบ (<https://sites.google.com/>)



<https://shopee.co.th>

งานวิจัยเกี่ยวกับระบบอัจฉริยะ

อาทิตยา และคณะ (2563) ศึกษาและออกแบบระบบรดน้ำกระเทียมอัตโนมัติด้วยพลังงานแสงอาทิตย์และควบคุมผ่านสมาร์ตโฟน มีระบบสั่งการผ่านสมาร์ตโฟน ระบบให้น้ำจะใช้การประมวลผลการวัดความชื้นในดินด้วยเซนเซอร์และส่งสัญญาณผ่านชุดควบคุมการให้น้ำเมื่อถึงค่าความชื้นในดินที่เหมาะสมกับต้น กระเทียม และสั่งการผ่านสมาร์ตโฟนด้วยแอปพลิเคชัน Blynk

วิทวัส (2564) ทำการศึกษาและพัฒนาาระบบบริหารจัดการพลังงานไฟฟ้าอัจฉริยะสำหรับเครื่องเติมอากาศ ในบ่อเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำโดยมีจุดประสงค์เพื่อพัฒนาระบบและการบริหารพลังงานไฟฟ้าอัจฉริยะสำหรับ เครื่องเติมอากาศในบ่อเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำ บ่อเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำที่ทำการออกแบบจะใช้แหล่งจ่ายพลังงาน ไฟฟ้าทั้งหมด 3 แหล่งจ่ายคือ 1.)พลังงานไฟฟ้าจากเซลล์แสงอาทิตย์ 2.) พลังงานไฟฟ้าจากไฟฟ้าพื้นฐาน 3.) พลังงานไฟฟ้าจากแบตเตอรี่ โดยทำการออกแบบระบบอัลกอริทึมที่ควบคุมการชาร์จ ประจุการคายประจุแบตเตอรี่และการบริหารจัดการพลังงานไฟฟ้าในบ่อเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำ โดยสามารถที่จะเลือกแหล่งจ่ายพลังงานไฟฟ้าที่ชาร์จประจุในแบตเตอรี่ การเติมอากาศลงในบ่อเพาะเลี้ยง

สั้วน้ำ โดยควบคุมการทำงานด้วยการสั่งงานจากแอปพลิเคชัน Blynk เพื่อให้สอดคล้องกับกิจวัตรประจำวันของเกษตรกรผู้เพาะเลี้ยงสั้วน้ำ

อุดมศักดิ์ (2560) กล่าวว่าประยุกต์ใช้เซนเซอร์วัดอัตราการไหลของน้ำ (Water Flow Sensor) โดยต่อร่วมกับไมโครคอนโทรลเลอร์ Arduino รุ่น Duemilanove เพื่อตรวจสอบและวัดการไหลของน้ำ โดยการนับจำนวนพัลส์ของเซนเซอร์ซึ่งแปรผันตรงกับอัตราการไหล สามารถนำไปประยุกต์ใช้ตรวจสอบการไหลของน้ำในแปลงผักไฮโดรโปนิกส์ ซึ่งจะต้องมีการไหลเวียนของน้ำและสารอาหารตลอดเวลา หากมีการหยุดไหล จะทำให้ผักที่ปลูกไว้ทั้งแปลงตายได้ ตัวอย่างโค้ดที่เขียนนี้ เป็นโค้ดเบื้องต้นในการดึงค่าออกมาจากเซนเซอร์และนำไปแสดงบนหน้าจอคอมพิวเตอร์ผ่านทางพอร์ตอนุกรม ในการพัฒนาต่อยอดสามารถให้แสดงผลออกที่จอแอลซีดี หรือ ส่งค่าไร้สายระยะไกลด้วยโมดูลสื่อสารไร้สาย เช่น Xbee หรือ โมดูลอื่น ๆ เพื่อให้เกษตรกรสามารถรับรู้ข้อมูลได้โดยไม่ต้องมาคอยดูที่แปลงผัก

อุปกรณ์และวิธีการ

อุปกรณ์

วัสดุ

1. ไโรแดง (*Moina macrocopa*) จากบ้านปากคลอง อ.บางสะพานน้อย จ.ประจวบคีรีขันธ์
2. แพลงก์ตอนพืช (*Chlorella* sp.) จากฟาร์มเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำและพืชน้ำจืดจริยะ
3. น้ำประปาจากฟาร์มเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำและพืชน้ำจืดจริยะ
4. ปุ๋ยเคมีที่ใช้ ประกอบด้วย
 - 4.1 ปุ๋ยฟอสฟอรัส (18-46-0)
 - 4.2 ปุ๋ยยูเรีย (46-0-0)
 - 4.3 ปุ๋ยนา (16-20-0)
 - 4.4 ปูนขาว
5. น้ำหมักชีวภาพ ประกอบด้วย
 - 5.1 รำละเอียด
 - 5.2 อามิ อามิ หรือ กากน้ำตาล

อุปกรณ์/ เครื่องมือ

1. สำหรับการเพาะเลี้ยง

- 1.1 ถังพลาสติกทรงสี่เหลี่ยมขนาด 800 ลิตร
- 1.2 ถังทรงกระบอกมีฝาปิดขนาด 30 ลิตร
- 1.3 เครื่องปั้มน้ำ AP 2500
- 1.4 ปั้มโดส
- 1.5 หลอดไฟ LED Daylight 6500K
- 1.6 ท่อพีวีซีเกลียวในขนาด 4 หุน
- 1.7 ท่อพีวีซีขนาด 4 หุน
- 1.8 ท่อพีวีซีข้อง้อ 4 หุน
- 1.9 ท่อพีวีซีข้อต่อตรง 4 หุน

1.10 อุปกรณ์ที่ใช้ในการให้อากาศได้แก่ air pump หัวทราย สายอากาศ

2. สำหรับจัดทำระบบการเพาะไรแดงในระบบอัจฉริยะ

2.1 Relay module Arduino โมดูล รีเลย์ 5 โวลต์

2.2 บอร์ด Arduino Uno

2.3. บอร์ด Node MCU ESP 8266

2.4 Adapter 9V 2A

2.5 Adapter 12V 2A

2.6 Character LCD

2.7 เซ็นเซอร์วัดอัตราการไหลของน้ำ Flow sensor

2.8 อุปกรณ์ตั้งเวลา timer

2.9 สายไฟ ขนาด 2×0.5 sq.mm

2.10 เคเบิล ไทด์

2.11 ซีล็คเตอร์ สวิตช์

3. สำหรับการวัดเจริญเติบโต

3.1 เครื่องชั่งน้ำหนัก ทศนิยม 2 ตำแหน่ง

3.2 สมุดบันทึก

3.3 ปากกา ดินสอ

3.4 สวิงกรองซีฟอง

3.5 ช้อนตักปลาพลาสติก

4. สำหรับการตรวจและวิเคราะห์คุณภาพน้ำ

4.1 ชุดตรวจวัดความเป็นกรด-ด่าง (pH meter)

4.2 ชุดตรวจวัดปริมาณไนไตรท์ (Nitrite Test Kit)

4.3 ชุดตรวจวัดปริมาณแอมโมเนีย (Ammonium test kit)

4.4 ชุดตรวจวัดปริมาณออกซิเจนละลายน้ำ (Dissolved Oxygen Test Kit)

4.5 เครื่องวัดอุณหภูมิแบบปรอท



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

วิธีการ

1. แผนการศึกษา

การศึกษารั้วนี้ประกอบไปด้วย 2 ส่วนหลักๆ คือ การจัดทำชุดต้นแบบการผลิตไรแดงแบบต่อเนื่องในระบบปิดด้วยระบบอัจฉริยะ และการศึกษาประสิทธิภาพของชุดต้นแบบการผลิตไรแดงแบบต่อเนื่องในระบบปิดด้วยระบบอัจฉริยะ

1. การจัดทำชุดต้นแบบการผลิตไรแดงแบบต่อเนื่องในระบบปิดด้วยระบบอัจฉริยะ

ดำเนินการเป็นขั้นตอนต่อกัน คือ

- 1.1 การออกแบบชุดต้นแบบการผลิตไรแดงแบบต่อเนื่องในระบบปิดด้วยระบบอัจฉริยะ
- 1.2 การจัดทำชุดต้นแบบการผลิตไรแดงแบบต่อเนื่องในระบบปิดด้วยระบบอัจฉริยะ
- 1.3 การทดสอบชุดต้นแบบการผลิตไรแดงแบบต่อเนื่องในระบบปิดด้วยระบบอัจฉริยะ
- 1.4 การปรับปรุงชุดต้นแบบการผลิตไรแดงแบบต่อเนื่องในระบบปิดด้วยระบบอัจฉริยะ

2. การศึกษาประสิทธิภาพของชุดต้นแบบการผลิตไรแดงแบบต่อเนื่องในระบบปิดด้วยระบบอัจฉริยะ

วางแผนการทดลองแบบ RCBD ดำเนินการเพาะเลี้ยงไรแดง จำนวน 2 ชุดทดลอง

1) ชุดทดลองที่ 1 : เพาะเลี้ยงไรแดงแบบไม่ใช้ชุดต้นแบบ

ดำเนินการทุกขั้นตอนด้วยการทำโดยใช้คนทำ (manual) ตั้งแต่เติมน้ำจนถึงขั้นตอนเก็บ

เกี่ยว

2) ชุดทดลองที่ 2 : เพาะเลี้ยงไรแดงแบบใช้ชุดต้นแบบ

นำชุดต้นแบบที่สร้าง (จากข้อ 1) มาเพาะเลี้ยงไรแดง เริ่มจากการเติมน้ำ การเติมปุ๋ยอัตโนมัติ และการนำแพลงก์ตอนพืชไปใช้เลี้ยงไรแดง

โดยปริมาตรน้ำ ปุ๋ย และหัวเชื้อแพลงก์ตอนพืช ของทั้ง 2 ชุดทดลอง จะใช้เท่ากัน คือ ปริมาตรน้ำ 300 ลิตร ปริมาตรปุ๋ย 2 ลิตร ที่ประกอบด้วยปุ๋ยยูเรีย 420 กรัม ปุ๋ยนา 87.5 กรัม ปุ๋ยฟอสฟอรัส 10.5 กรัม ปุ๋ยขาว 105 กรัม และกากน้ำตาลหมักกับรำ 580 มิลลิลิตร (เกรียงศักดิ์ เม่งอำพัน, 2549) และเติมหัวเชื้อแพลงก์ตอนพืชปริมาตร 50 ลิตร

2. การเตรียมการทดลอง

2.1 การเตรียมภาชนะทดลอง

เตรียมถังพลาสติกขนาด 150 × 80 × 50 เซนติเมตร จำนวน 3 ถัง เป็นถังเพาะเลี้ยงไรแดง 2 ถัง เพาะเลี้ยงแพลงก์ตอนพืช 1 ถัง ล้างทำความสะอาดตากให้แห้ง แล้วนำมาจัดเรียง ต่อหลอดไฟ LED Daylight จำนวน 3 หลอด (50 วัตต์ จำนวน 2 หลอด 45 วัตต์ จำนวน 1 หลอด) แล้วตั้ง timer เปิดปิด หลอดไฟ จำนวน 2 ครั้ง (08.00 - 17.00 น., 01.00 - 06.00 น.) และต่อระบบให้อากาศภายในถัง (ภาพ ที่ 11)



ภาพที่ 11 การเตรียมถังเพาะเลี้ยงไรแดงและติดตั้งระบบไฟแสงสว่าง

2.2 การเตรียมน้ำ

เตรียมถังพลาสติกสี่เหลี่ยมปริมาตร 500 ลิตร ล้างทำความสะอาด จากนั้นนำสายยางมากาลักน้ำจากบ่อพักน้ำของฟาร์มเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำและพืชน้ำอัจฉริยะ ลงในถัง แล้วตั้งพักไว้ 1-2 วัน แล้วจึงนำมาใช้เพาะเลี้ยงแพลงก์ตอนพืช

2.3 การเตรียมอาหารทดลอง/ปุ๋ย

เตรียมถังพลาสติกที่มีฝาปิดปริมาตร 30 ลิตร ล้างทำความสะอาดตากให้แห้งแล้วจึงผสมสูตร ปุ๋ยที่ประกอบด้วยปุ๋ยยูเรีย 420 กรัม ปุ๋ยนา 87.5 กรัม ปุ๋ยฟอสฟอรัส 10.5 กรัม ปุ๋ยขาว 105 กรัม) (เกรียงศักดิ์, 2549) และกากน้ำตาลหมักกับรำ 580 มิลลิลิตร (ศิริพร, 2548) ลงในถังแล้วปิดฝาแล้วนำไปตั้งไว้ใกล้ๆ กับถังเพาะเลี้ยงแพลงก์ตอนพืช

2.4 การเตรียมหัวเชื้อแพลงก์ตอนพืช

เพาะเลี้ยงแพลงก์ตอนพืชในบ่อปูนซีเมนต์ทรงกลม ข้างบ่อพักน้ำของฟาร์มเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำ และพืชน้ำอัจฉริยะ เป็นเวลา 3-4 วัน จึงตักและกรองด้วยสวิงกรองมาใส่ในถังเพาะเลี้ยงแพลงก์ตอนพืช

ปริมาณ 50 ลิตร โดยคัดเลือกแพลงก์ตอนพืชในชุดที่สมบูรณ์แข็งแรง ไม่พบการปนเปื้อน เพื่อเข้าสู่ชุดทดลองต่อไป

2.5 การเตรียมหัวเชื้อไรแดง

หัวเชื้อไรแดง (จากการจัดซื้อ) นำมาใส่ในกะละมังพลาสติกใส่หัวทรายเป่าอากาศพักไว้ นำมาขยายในถังเพาะเลี้ยงแพลงก์ตอนพืช 500 ลิตร ซึ่งน้ำหนักหัวเชื้อไรแดงประมาณ 5 กรัม (ภาพที่ 13) ใส่ลงในถังเพาะเลี้ยง เพื่อเพิ่มจำนวนและได้ตัวไรแดงที่แข็งแรงสมบูรณ์ในสภาพการเพาะเลี้ยงและสภาพแวดล้อมใหม่ เมื่อไรแดงเจริญเติบโตเต็มที่ จึงนำไปใช้ในงานทดลองต่อไป



ภาพที่ 12 หัวเชื้อไรแดง



ภาพที่ 13 นำหัวเชื้อไรแดงที่แข็งแรงสมบูรณ์ ไม่ปนเปื้อน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.6 การเตรียมชุดต้นแบบการผลิตโรตองแบบต่อเนื่องในระบบปิดด้วยระบบอัจฉริยะ

องค์ประกอบการทำชุดต้นแบบการผลิตโรตองแบบต่อเนื่องในระบบปิดด้วยระบบอัจฉริยะ ประกอบไปด้วยอุปกรณ์หลัก ทั้งหมด 5 ชิ้น คือ

1. Flow senser เป็นตัวเซนเซอร์ชนิดหนึ่งที่ทำหน้าที่เปลี่ยนสัญญาณที่อยู่ในรูปแบบทางฟิสิกส์ ซึ่งในที่นี้คืออัตราการไหลของของไหลให้มาอยู่ในรูปแบบของสัญญาณไฟฟ้าหรือการเคลื่อนที่ทางกล เพื่อจะหน้าที่ส่งสัญญาณเหล่านี้ไปยังส่วนต่อไป นั่นก็คือ Flow Indicator หรือ Display Unit

2. บอร์ด Arduino UNO เป็นบอร์ดไมโครคอนโทรลเลอร์ open-source ใช้กันอย่างแพร่หลายบนพื้นฐานของไมโครคอนโทรลเลอร์ ATmega328P บอร์ดมีชุด Pin อินพุต / เอาท์พุต (I / O) แบบดิจิทัลและอนาล็อก ที่สามารถเชื่อมต่อเข้ากับบอร์ดขยาย (shields) ต่างๆ และวงจรอื่นๆ ได้มี Analog pin 6 ขา และ Digital pin 14 ขา โดยมี 6 ขา สามารถใช้เป็น output แบบ PWM ได้ สามารถโปรแกรมด้วย Arduino IDE (Integrated Development Environment) สามารถเชื่อมต่อกับคอมพิวเตอร์ด้วยสายเคเบิล USB หรือใช้ adaptor AC-to-DC เพื่อเริ่มต้นใช้งาน นำมาใช้เป็นบอร์ดควบคุมการเติมน้ำและการวัดค่า EC

3. บอร์ด Node MCU ESP 8266 คือ บอร์ดคอนโทรลเลอร์ที่มีลักษณะการทำงานตามคำสั่งภาษา C คล้าย Arduino แต่มีลักษณะพิเศษกว่าตรงที่ สามารถเชื่อมต่อกับ WiFi ได้ การควบคุมการทำงานสามารถใช้ โปรแกรม Arduino IDE ได้เช่นเดียวกับบอร์ด Arduino นำมาใช้เป็นบอร์ดควบคุมการเติมปุ๋ยและการเติมแพลงก์ตอนพืช

4. Adapter 9 V 2 A คือ หม้อแปลงไฟฟ้าจากไฟฟ้ากระแสสลับ (ไฟบ้าน) ที่มีค่าความต่างศักย์ 220 โวลต์ ให้เป็นไฟฟ้ากระแสตรง (DC) ที่มีค่าความต่างศักย์ต่ำลง เพื่อให้สามารถจ่ายกระแสไฟฟ้าให้กับเครื่องใช้ไฟฟ้าได้ โดยจะใช้สำหรับแปลง ความต่างศักย์ 220 โวลต์ ให้เป็น 9 โวลต์ เพื่อจ่ายแรงดันไฟฟ้าที่เหมาะสมให้กับบอร์ด Arduino Uno เขียนโปรแกรมสำหรับสั่งงานตามแผนการทดลองที่ตั้งไว้

5. Character LCD 16 x 2 เป็นจอที่แสดงผลเป็นตัวอักษรตามช่องแบบตายตัว เช่นจอ LCD ขนาด 16x2 หมายถึงใน 1 แถวมีตัวอักษรใส่ได้ 16 ตัว และมีทั้งหมด 2 บรรทัดให้ใช้งาน ส่วน 20x4 จะหมายถึงใน 1 แถวมี ตัวอักษรใส่ได้ 20 ตัว และมีทั้งหมด 2 บรรทัด เป็นหน้าจอแสดงค่า

3. การศึกษา (สร้างชุดต้นแบบ และการศึกษาประสิทธิภาพ)

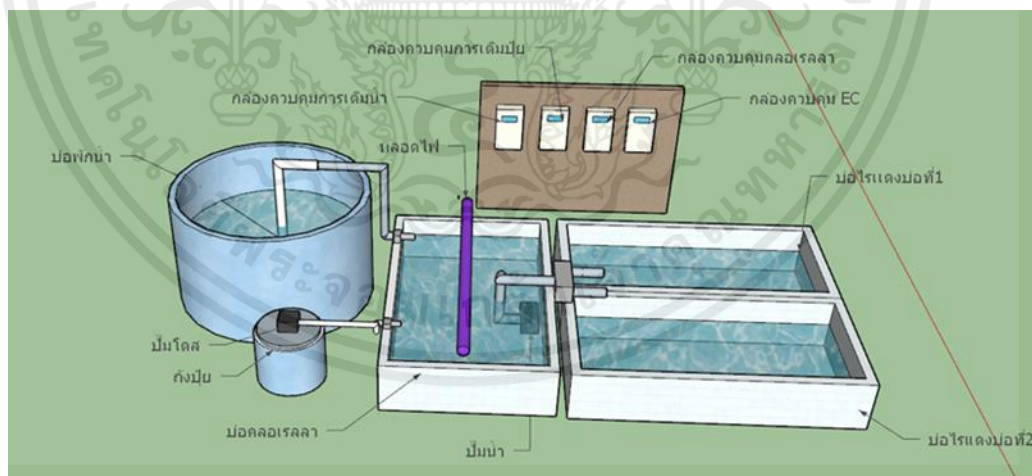
การศึกษาในครั้งนี้ ประกอบด้วย 2 ส่วนหลักๆ คือ การจัดสร้างชุดต้นแบบการผลิตไรแดงแบบต่อเนื่องในระบบปิดด้วยระบบอัจฉริยะ และการศึกษาประสิทธิภาพของชุดต้นแบบการผลิตไรแดงแบบต่อเนื่องในระบบปิดด้วยระบบอัจฉริยะ

ก. การจัดสร้างชุดต้นแบบการผลิตไรแดงแบบต่อเนื่องในระบบปิดด้วยระบบอัจฉริยะ

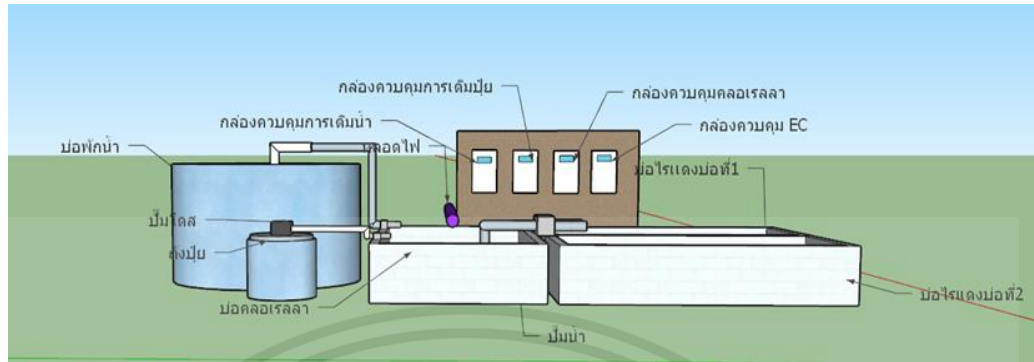
ประกอบไปด้วย 4 ชั้น คือ การออกแบบชุดต้นแบบการผลิตไรแดงแบบต่อเนื่องในระบบปิดด้วยระบบอัจฉริยะ การจัดทำชุดต้นแบบการผลิตไรแดงแบบต่อเนื่องในระบบปิดด้วยระบบอัจฉริยะ การทดสอบชุดต้นแบบการผลิตไรแดงแบบต่อเนื่องในระบบปิดด้วยระบบอัจฉริยะ และการปรับปรุงชุดต้นแบบการผลิตไรแดงแบบต่อเนื่องในระบบปิดด้วยระบบอัจฉริยะ

1. การออกแบบชุดต้นแบบการผลิตไรแดงแบบต่อเนื่องในระบบปิดด้วยระบบอัจฉริยะ

การออกแบบชุดต้นแบบการผลิตไรแดงแบบต่อเนื่องในระบบปิดด้วยระบบอัจฉริยะเพื่อนำมาเป็นต้นแบบในการจัดสร้างชุดต้นแบบการผลิตไรแดงแบบต่อเนื่องในระบบปิดด้วยระบบอัจฉริยะโดยการออกแบบ 3D ผ่านโปรแกรม Sketch up Make 2017 เพื่อง่ายต่อการออกแบบเป็นแนวทางการหาจุดที่ตั้งอุปกรณ์แต่ละจุด (ภาพที่ 14 และ 15)



ภาพที่ 14 แบบจำลอง 3D ภาพมุมมองของชุดต้นแบบการผลิตไรแดงแบบต่อเนื่องในระบบปิดด้วยระบบอัจฉริยะ



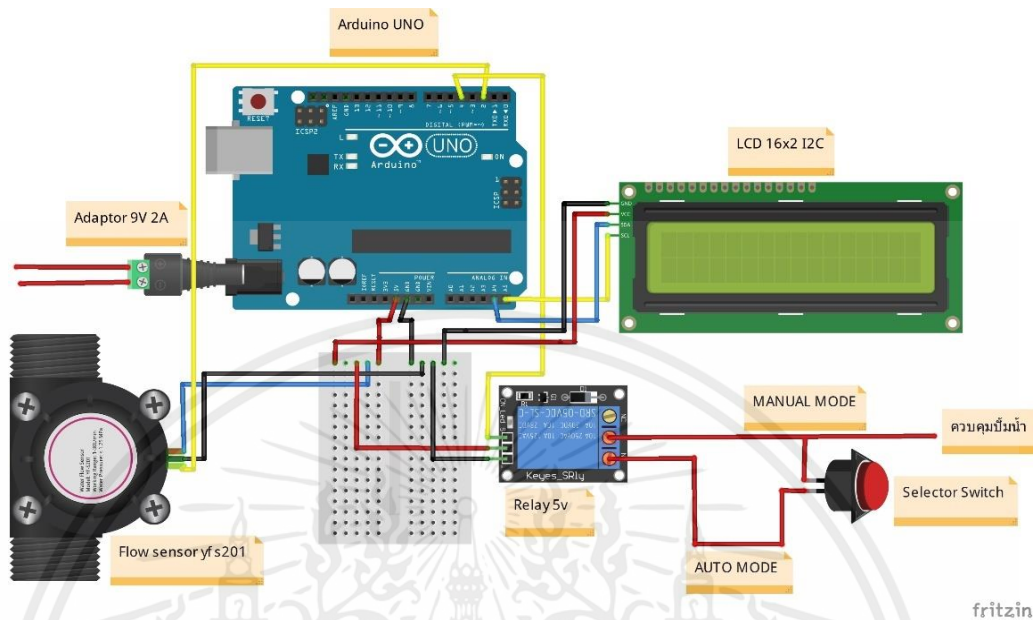
ภาพที่ 15 แบบจำลอง 3D ภาพด้านข้างของชุดต้นแบบการผลิตไรแดงแบบต่อเนื่องในระบบปิดด้วยระบบอัจฉริยะ

2. การจัดทำชุดต้นแบบการผลิตไรแดงแบบต่อเนื่องในระบบปิดด้วยระบบอัจฉริยะ

การจัดทำชุดต้นแบบการผลิตไรแดงแบบต่อเนื่องในระบบปิดด้วยระบบอัจฉริยะ จัดทำขึ้นโดยการนำความรู้ด้านเทคโนโลยีต่างๆ มาดัดแปลงเพื่อแก้ไขปัญหา ลดขั้นตอน และต้นทุน ซึ่งเทคโนโลยีเหล่านี้เป็น เทคโนโลยีที่ใช้กันในปัจจุบัน เหตุผลของการจัดทำชุดต้นแบบควบคุมขั้นตอนการเพาะไรแดง ตั้งแต่ขั้นตอนแรกจนถึงขั้นตอนการนำแพลงก์ตอนพืชไปเพาะเลี้ยงไรแดงแบบอัตโนมัติ ทั้งนี้เพื่อให้เกิดความต่อเนื่องและสะดวกสบายมากยิ่งขึ้น โดยการผลิตไรแดงในแต่ละครั้งระบบของชุดต้นแบบการผลิตไรแดงแบบต่อเนื่องในระบบปิดด้วยระบบอัจฉริยะ ระบบนี้ถูกควบคุมด้วยระบบอัตโนมัติที่ผ่านโทรศัพท์มือถือและ sensor เพื่อควบคุมการทำงานตลอดกระบวนการเพาะเลี้ยง โดยมีชุดควบคุมการทำงาน จำนวน 4 ชุดควบคุม คือ ชุดควบคุมการวัดอัตราการไหลและปริมาตรของน้ำอัตโนมัติ ชุดควบคุมการเติมปุ๋ยอัตโนมัติ ชุดควบคุมการให้แพลงก์ตอนพืชแก่ไรแดงในถุงเพาะเลี้ยงอัตโนมัติ และชุดควบคุมการตรวจวัดค่า EC

การประกอบชุดควบคุมการวัดอัตราการไหลของน้ำแบบอัตโนมัติ

2.1 การติดตั้งระบบเติมน้ำ (ภาพที่ 16)



ภาพที่ 16 แบบจำลองการต่อวงจรระบบเติมน้ำเข้าบ่อคลอเรลอัตโนมัติ

1) ต่อ YF-S201 Water Flow Sensor เข้ากับบอร์ด Arduino Uno โดยใช้ สายไฟ จัมเปอร์ จำนวน 3 เส้น โดยต่อสายสัญญาณ PWM output (เส้นสีเหลือง) เข้ากับบอร์ด Arduino 23 Uno ช่อง D2 ต่อช่อง Vcc เข้ากับแหล่งจ่ายไฟ 5v ของบอร์ด Arduino Uno และ ต่อช่อง Gnd เข้ากับ Ground ของบอร์ด Arduino Uno ซึ่งเมื่อน้ำไหลผ่าน YF-S201 Water Flow Sensor จะสร้างความถี่ และ สัญญาณแรงดันไฟฟ้าส่งกลับมายังตัวรับและส่งค่ากับไปให้บอร์ด Arduino Uno ประมวลผล ต่อ Relay 5V เข้ากับบอร์ด Arduino Uno จำนวน 3 สาย เส้นสีเหลืองต่อกับช่อง D4 เส้นสีดำต่อกับแหล่งจ่ายไฟ 5v ช่องGround เส้นสีแดงต่อกับช่อง Vcc เพื่อใช้ควบคุมการปรับเปลี่ยนโหมดของระบบ

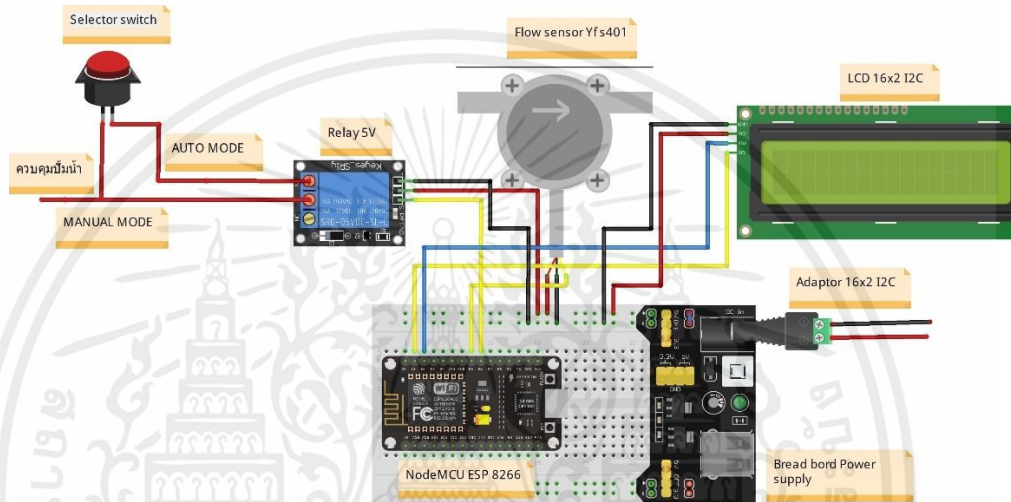
2) ต่อ จอ LCD 16x2 I2C เข้ากับ บอร์ด Arduino Uno โดยใช้สายไฟจัมเปอร์จำนวน 4 เส้น ดังนี้ต่อสัญญาณ SCL เข้ากับ บอร์ด Arduino Uno ช่อง A5 ต่อสัญญาณ SDA เข้ากับ บอร์ด Arduino Uno ช่อง A4 ต่อช่อง Vcc เข้ากับแหล่งจ่ายไฟ 5v ของบอร์ด Arduino Uno และ ต่อช่อง Gnd เข้ากับ Ground ของบอร์ด Arduino Uno ซึ่ง จอ LCD 16x2 I2C จะทำหน้าที่เป็นตัวแสดงอัตรา การไหลของ น้ำที่ผ่านการประมวลผลจากบอร์ด Arduino Uno แล้ว

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

4) Character LCD 16 x 2 เป็นจอแสดงผลตัวอักษรได้หลายตัว จอLCD ขนาด 16x2 หมายถึงใน 1 แถว มีตัวอักษรใส่ได้ 16 ตัว และมีทั้งหมด 2 บรรทัดให้ใช้งาน ส่วน 20x4 จะหมายถึง ใน 1

แถว มีตัวอักษรใส่ได้ 20 ตัว และมีทั้งหมด 2 บรรทัด ซึ่งจอ Character LCD 16 x 2 ซึ่งจอแสดงผล และคอนโทรลเลอร์เพื่อรับสัญญาณจาก Water Flow Sensor และนำมาแปลงเป็นอัตราการไหลจริงหรือ ค่าการไหลรวม

2.2 การติดตั้งระบบเติมปุ๋ย (ภาพที่ 17)



ภาพที่ 17 แบบจำลองการต่อวงจรระบบเติมปุ๋ยอัตโนมัติ

1) ต่อ YF-S401 Water Flow Sensor เข้ากับบอร์ด Arduino Uno โดยใช้ สายไฟ จัมเปอร์ จำนวน 3 เส้น โดยต่อสายสัญญาณ PWM output (เส้นสีเหลือง) เข้ากับบอร์ด Node MCU ESP 8266 ช่อง D5 ต่อช่อง Vcc เข้ากับแหล่งจ่ายไฟ 5v ของบอร์ด Node MCU ESP 8266 และ ต่อช่อง Gnd เข้ากับ Ground ของบอร์ด Node MCU ESP 8266 ซึ่งเมื่อน้ำไหลผ่าน YF-S401 Water Flow Sensor จะสร้างความถี่ และสัญญาณแรงดันไฟฟ้าส่งกลับมายังตัวรับและส่งค่ากับไปให้บอร์ด Arduino Uno ประมวลผล ต่อ Relay 5V เข้ากับบอร์ด Node MCU ESP 8266 3 สาย เส้นสีเหลืองต่อกับช่อง D6 เส้นสีดำต่อกับแหล่งจ่ายไฟ 5v ช่อง Ground เส้นสีแดงต่อกับช่อง Vcc เพื่อใช้ควบคุมการปรับเปลี่ยนโหมดของระบบ

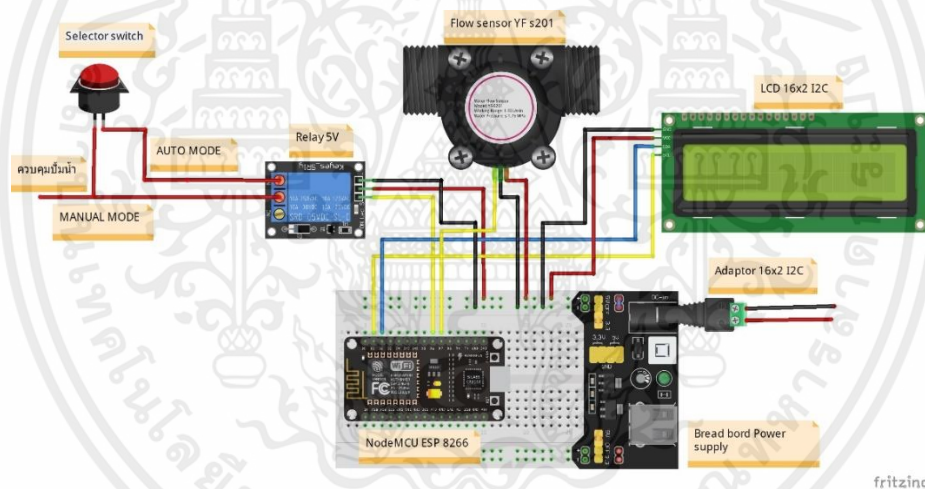
2) ต่อ จอ LCD 16x2 I2C เข้ากับ บอร์ด Node MCU ESP 8266 โดยใช้สายไฟจัมเปอร์ จำนวน 4 เส้น ดังนี้ต่อสัญญาณ SCL เข้ากับ บอร์ด Node MCU ESP 8266 ช่อง D1 ต่อสัญญาณ SDA เข้ากับ บอร์ด Node MCU ESP 8266 ช่อง D2 ต่อช่อง Vcc เข้ากับแหล่งจ่ายไฟ 5v ของบอร์ด Node MCU ESP 8266 และ ต่อช่อง Gnd เข้ากับ Ground ของบอร์ด Node MCU ESP 8266 ซึ่ง จอ LCD

16x2 I2C จะทำหน้าที่เป็นตัวแสดงอัตรา การไหลของน้ำที่ผ่านการประมวลผลจากบอร์ด Node MCU ESP 8266 แล้ว

3) ต่อ Adapter 16x2 I2C เข้ากับ บอร์ด Node MCU ESP 8266 เพื่อจ่ายไฟเลี้ยงให้บอร์ด Node MCU ESP 8266 ให้ทำงาน

4) Character LCD 16 x 2 เป็นจอแสดงผลตัวอักษรได้หลายตัว จอLCD ขนาด 16x2 หมายถึงใน 1 แถว มีตัวอักษรใส่ได้ 16 ตัว และมีทั้งหมด 2 บรรทัดให้ใช้งาน ส่วน 20x4 จะหมายถึง ใน 1 แถว มีตัวอักษรใส่ได้ 20 ตัว และมีทั้งหมด 2 บรรทัด ซึ่งจอ Character LCD 16 x 2 ซึ่งจอแสดงผล และคอนโทรลเลอร์เพื่อรับสัญญาณจาก Water Flow Sensor และนำมาแปลงเป็นอัตราการไหลจริงหรือ ค่าการไหลรวม

2.3 การติดตั้งระบบการให้พลังงานที่คอนพิชให้ไรแดง (ภาพที่ 18)



ภาพที่ 18 แบบจำลองการต่อวงจรการให้พลังงานที่คอนพิชให้ไรแดงอัตโนมัติ

1) ต่อ YF-S201 Water Flow Sensor เข้ากับบอร์ด Arduino Uno โดยใช้ สายไฟ จัมเปอร์ จำนวน 3 เส้น โดยต่อสายสัญญาณ PWM output (เส้นสีเหลือง) เข้ากับบอร์ด Node MCU ESP 8266 ช่อง D7 ต่อช่อง Vcc เข้ากับแหล่งจ่ายไฟ 5v ของบอร์ด Node MCU ESP 8266 และ ต่อช่อง Gnd เข้ากับ Ground ของบอร์ด Node MCU ESP 8266 ซึ่งเมื่อน้ำไหลผ่าน YF-S201 Water Flow Sensor จะสร้างความถี่ และสัญญาณแรงดันไฟฟ้าส่งกลับมายังตัวรับและส่งค่ากับไปให้บอร์ด Node MCU ESP 8266 ประมวลผล ต่อ Relay 5V เข้ากับบอร์ด Node MCU ESP 8266 จำนวน 3 สาย เส้นสีเหลืองต่อ

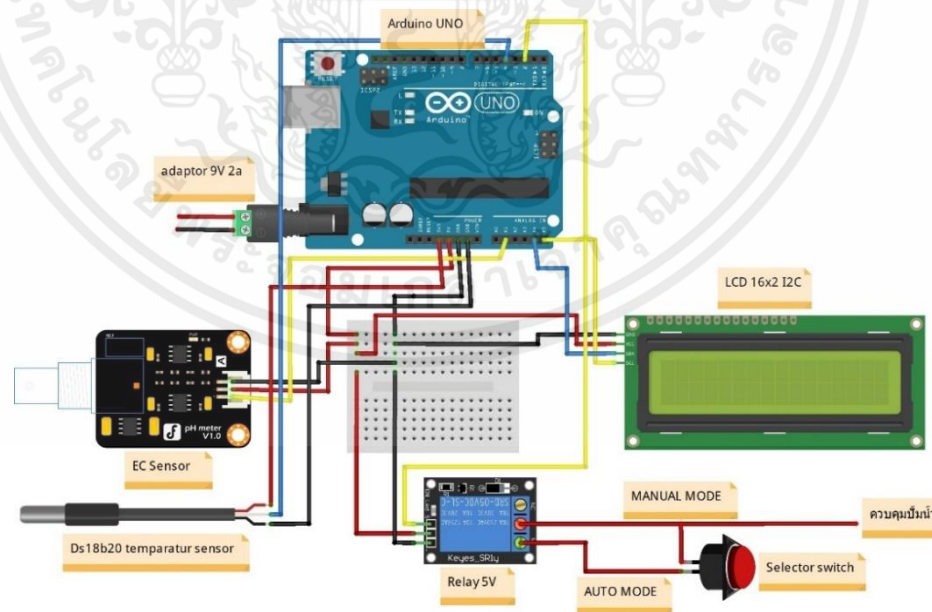
กับช่อง D6 เส้นสีดำต่อกับแหล่งจ่ายไฟ 5v ช่อง Ground เส้นสีแดงต่อกับช่อง Vcc เพื่อใช้ควบคุมการปรับเปลี่ยนโหมดของระบบ

2) ต่อ จอ LCD 16x2 I2C เข้ากับ บอร์ด Arduino Uno โดยใช้สายไฟจัมเปอร์จำนวน 4 เส้น ดังนี้ต่อสัญญาณ SCL เข้ากับ บอร์ด Node MCU ESP 8266 ช่อง D1 ต่อสัญญาณ SDA เข้ากับ บอร์ด Node MCU ESP 8266 ช่อง D2 ต่อช่อง Vcc เข้ากับแหล่งจ่ายไฟ 5v ของบอร์ด Node MCU ESP 8266 และ ต่อช่อง Gnd เข้ากับ Ground ของบอร์ด Node MCU ESP 8266 ซึ่ง จอ LCD 16x2 I2C จะทำหน้าที่เป็นตัวแสดงอัตรา การไหลของน้ำที่ผ่านการประมวลผลจากบอร์ด Node MCU ESP 8266 แล้ว

3) ต่อ Adapter 16x2 I2C เข้ากับ บอร์ด Node MCU ESP 8266 เพื่อจ่ายไฟเลี้ยงให้บอร์ด Node MCU ESP 8266 ให้ทำงาน

4) Character LCD 16x2 เป็นจอแสดงผลตัวอักษรได้หลายตัว จอ LCD ขนาด 16x2 หมายถึงใน 1 แถว มีตัวอักษรใส่ได้ 16 ตัว และมีทั้งหมด 2 บรรทัดให้ใช้งาน ส่วน 20x4 จะหมายถึง ใน 1 แถว มีตัวอักษรใส่ได้ 20 ตัว และมีทั้งหมด 2 บรรทัด ซึ่งจอ Character LCD 16 x 2 ซึ่งจอแสดงผล และ คอนโทรลเลอร์เพื่อรับสัญญาณจาก Water Flow Sensor และนำมาแปลงเป็นอัตราการไหลจริงหรือ ค่าการไหลรวม

2.4 ระบบควบคุมการตรวจวัดค่า EC (ภาพที่ 19)



ภาพที่ 19 แบบจำลองการต่อวงจรระบบควบคุมการตรวจวัดค่า EC

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

1) ต่อ EC Sensor เข้ากับบอร์ด Arduino Uno โดยใช้สายไฟจัมเปอร์จำนวน 3 เส้น โดยต่อสายสัญญาณ PWM output (เส้นสีเหลือง) เข้ากับบอร์ด Arduino Uno ช่อง A1 ต่อช่อง Vcc เข้ากับแหล่งจ่ายไฟ 5v ของบอร์ด Arduino Uno และ ต่อช่อง Gnd เข้ากับ Ground ของบอร์ด Arduino Uno ซึ่งเมื่อจุ่ม EC Sensor ลงในน้ำ จะทำการวัดค่าและส่งค่ากลับไปให้บอร์ด Arduino Uno ประมวลผล ต่อ Relay 5V เข้ากับบอร์ด Arduino Uno จำนวน 3 สาย เส้นสีเหลืองต่อกับช่อง D2 เส้นสีดำต่อกับแหล่งจ่ายไฟ 5v ช่อง Ground เส้นสีแดงต่อกับช่อง Vcc เพื่อใช้ควบคุมการปรับเปลี่ยนโหมดของระบบ

2) ต่อ จอ LCD 16x2 I2C เข้ากับ บอร์ด Arduino Uno โดยใช้สายไฟจัมเปอร์จำนวน 4 เส้น คือ ต่อสัญญาณ SCL เข้ากับ บอร์ด Arduino Uno ช่อง A4 ต่อสัญญาณ SDA เข้ากับ บอร์ด Arduino Uno ช่อง A5 ต่อช่อง Vcc เข้ากับแหล่งจ่ายไฟ 5v ของบอร์ด Arduino Uno และต่อช่อง Gnd เข้ากับ Ground ของบอร์ด Arduino Uno ซึ่ง จอ LCD 16x2 I2C จะทำหน้าที่เป็นตัวแสดงอัตราการไหลของน้ำที่ผ่านการประมวลผลจากบอร์ด Arduino Uno แล้ว

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

4) Character LCD 16x2 เป็นจอแสดงผลตัวอักษรได้หลายตัว จอ LCD ขนาด 16x2 หมายถึงใน 1 แถว มีตัวอักษรใส่ได้ 16 ตัว และมีทั้งหมด 2 บรรทัดให้ใช้งาน ส่วน 20x4 จะหมายถึง ใน 1 แถว มีตัวอักษรใส่ได้ 20 ตัว และมีทั้งหมด 2 บรรทัด ซึ่งจอ Character LCD 16x2 ซึ่งจอแสดงผล ค่า EC ในถังปุ๋ยออกมาเป็นตัวเลขแสดงผลที่หน้าจอ

3. การทดสอบชุดต้นแบบการผลิตโรตางแบบต่อเนื่องในระบบปิดด้วยระบบอัจฉริยะ

3.1 การทดสอบระบบเติมน้ำและการวัดอัตราการไหลและปริมาตรของน้ำแบบอัตโนมัติเข้าถังเพาะเลี้ยงแพลงก์ตอนพืช

3.2 การทดสอบระบบและวัดปริมาตรของการเติมปุ๋ยอัตโนมัติเข้าถังเพาะเลี้ยงแพลงก์ตอนพืช

3.3 การทดสอบระบบการให้แพลงก์ตอนพืชอัตโนมัติลงในถังเพาะเลี้ยงโรตาง

4. การปรับปรุงชุดต้นแบบการผลิตโรตางแบบต่อเนื่องในระบบปิดด้วยระบบอัจฉริยะ

4.1 พบปัญหาการร่วนบนหน้าจอของชุดควบคุมการวัดอัตราการไหลและปริมาตรของน้ำแบบอัตโนมัติทำการแก้ไขโดยการเปิดกล่องควบคุมแล้วกดปุ่มรีเซ็ตที่ติดไว้ในบอร์ดเพื่อรีเซ็ตกลับมาที่ 0

4.2 บางครั้งจะพบปัญหาการร่วนบนหน้าจอของชุดควบคุมระบบเติมปุ๋ยอัตโนมัติ ให้แก้ไขโดยการเปิดกล่องควบคุมแล้วกดปุ่มรีเซ็ตที่ติดไว้ในบอร์ดหรือปุ่มรีเซ็ตในแอป Blynk เพื่อรีเซ็ตกลับมาที่ 0

ข. การศึกษาประสิทธิภาพของชุดต้นแบบการผลิตไรแดงแบบต่อเนื่องในระบบปิดด้วยระบบอัจฉริยะ

1. เตรียมอุปกรณ์ ได้แก่ ถังพลาสติกปริมาตร 800 ลิตร 3 ถัง ถังพลาสติกที่มีฝาปิดปริมาตร 30 ลิตร 1 ถัง ติดหลอดไฟ LED Daylight 3 หลอด (50 วัตต์ 2 หลอด 45 วัตต์ 1 หลอด) แล้วตั้ง timer เปิดปิดหลอดไฟ 2 เวลา (8.00 – 17.00 น. , 1.00 -6.00 น.)

2. ประกอบและติดตั้งชุดต้นแบบเข้ากับถังเพาะเลี้ยงแพลงก์ตอนพืช

3. จากนั้นเปิดระบบเริ่มขั้นตอนการเติมน้ำโดยเติมน้ำ 300 ลิตร หัวเชื้อน้ำเขียว 50 ลิตร โดยการเติมน้ำจะส่งผ่านการปรับซีล็คเตอร์สวิตซ์เป็นโหมด Manual (ภาพที่ 20) แล้วดูปริมาตรน้ำที่ไหลลงไปผ่านทางหน้าจอบนกล่องควบคุม (ภาพที่ 21)



ภาพที่ 20 ขั้นตอนการเติมน้ำในชุดต้นแบบการผลิตไรแดงแบบต่อเนื่องในระบบปิดด้วยระบบอัจฉริยะ



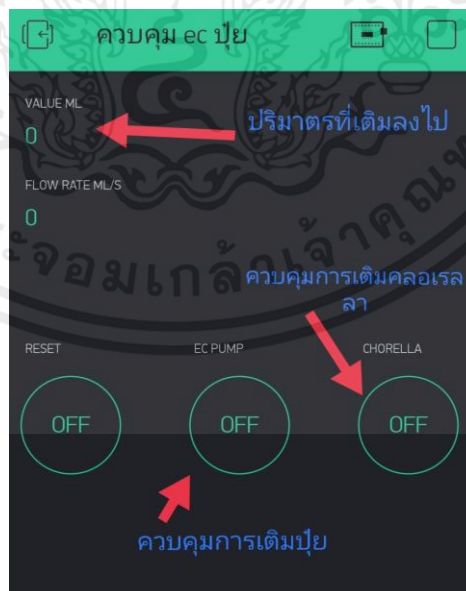
ภาพที่ 21 ปริมาตรน้ำที่แสดงอยู่บนหน้าจอของชุดต้นแบบการผลิตไรแดงแบบต่อเนื่องในระบบปิดด้วยระบบอัจฉริยะ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4. จากนั้นเติมปุ๋ยโดยขั้นตอนการเติมปุ๋ยจะส่งผ่านการกดคำสั่งผ่านทางแอป Blynk ในโทรศัพท์มือถือ หรือการปรับ Selector Switch เป็นโหมด Manual (ภาพที่ 22) แล้วดูปริมาตรน้ำที่ไหลลงไปผ่านทางหน้าจอบนกล่องควบคุมและบนหน้าจอโทรศัพท์มือถือ (ภาพที่ 23) ตามอัตราส่วนที่กำหนด (เกรียงศักดิ์, 2549)



ภาพที่ 22 ระบบการเติมปุ๋ยอัตโนมัติของชุดต้นแบบการผลิตโรตางแบบต่อเนื่องในระบบปิดด้วยระบบอัจฉริยะ



ภาพที่ 23 จอของชุดต้นแบบการผลิตโรตางแบบต่อเนื่องในระบบปิดด้วยระบบอัจฉริยะ ที่แสดงปริมาณการเติมปุ๋ยและแพลงก์ตอนพีชลงในถังเพาะเลี้ยง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

5. เตรียมถังพลาสติกไว้ 2 ถัง ไว้สำหรับเพาะเลี้ยงไรแดง ที่ปริมาตร 800 ลิตร
6. เมื่อถึงวันที่แพลงก์ตอนพืชเจริญทวีจำนวนสูงสุดประมาณ 5-6 วัน จึงดูน้ำเขียวมาลงในถังเพาะเลี้ยงไรแดง โดยการส่งผ่านทางแอปพลิเคชัน Blynk ในโทรศัพท์มือถือ หรือปรับ Selector Switch เป็นโหมด Manual ได้เช่นกัน แล้วจึงเริ่มการเพาะเลี้ยงแพลงก์ตอนพืชใหม่อีกครั้ง โดยส่งดูน้ำเปล่าและเติมปุ๋ยมาในปริมาตรเท่าเดิม จากการกดคำสั่งผ่านโทรศัพท์มือถือเช่นเดิม
7. เมื่อผ่านไปอีก 2 วันหลังจากปล่อยไรแดง จึงทำการเก็บเกี่ยวไรแดงไปใช้งาน และอีกแบ่งประมาณ 30% ไปใช้ต่อเป็นหัวเชื้อไรแดงในถังที่ 2 จากนั้นจึงล้างทำความสะอาดถังที่ 1 แล้วพักไว้
8. บันทึกผลและรวบรวมข้อมูล ตรวจสอบว่าระบบนั้นทำงานผิดพลาดและแก้ไข ตรวจสอบวัดคุณภาพน้ำตลอดการเพาะเลี้ยง การเจริญทวีจำนวนของเซลล์แพลงก์ตอนพืช และการปริมาณผลิตของไรแดงที่เก็บเกี่ยวได้

4. การรวบรวมและวิเคราะห์ข้อมูล

4.1 การเก็บรวบรวมข้อมูล

เมื่อสิ้นสุดการทดลอง (4 สัปดาห์) จึงนำข้อมูลที่จัดบันทึกไว้ระหว่างระยะเวลาการทดลอง อันได้แก่

1. การเจริญเติบโตและปริมาณไรแดงที่เก็บเกี่ยวได้ทั้งหมด
 - น้ำหนักสดเฉลี่ย (กรัม)
 - จำนวนเซลล์เฉลี่ย (ตัว/มล.)
2. การเจริญทวีจำนวนเฉลี่ยของแพลงก์ตอนพืช ($\times 10^6$ เซลล์ต่อมิลลิลิตร)

ศูนย์วิจัยและพัฒนาประมงชายฝั่งจันทบุรี. (2548) การนับจำนวนเซลล์แพลงก์ตอนพืชในแต่ละช่องบนแผ่นฮีโมไซโตมิเตอร์ (Haemocytometer) คือ A, B, C, D และ E โดยแต่ละช่องกว้างและยาวเท่ากับ 1 มิลลิเมตร ดังนั้น ความหนาแน่นของแพลงก์ตอนจะเท่ากับ จำนวนเซลล์แพลงก์ตอนพืชที่นับได้

$$\text{รวม } (\bar{x}) = \frac{A+B+C+D+E}{5} \quad \text{ค่าเฉลี่ยจำนวนเซลล์แพลงก์ตอนพืช} = (\bar{x}/4) \times 10^6 \text{ (เซลล์ต่อมิลลิลิตร)}$$

3. การเก็บคุณภาพน้ำในระหว่างการเลี้ยง อันได้แก่
 - ความเป็นกรดเป็นด่าง

- อุณหภูมิ
- ปริมาณออกซิเจนละลายในน้ำ
- ปริมาณไนโตรเจน-ไนโตรเจน
- ปริมาณแอมโมเนีย-ไนโตรเจน

4. ตรวจสอบสภาพของระบบควบคุมของชุดต้นแบบการผลิตโรตางแบบต่อเนื่องในระบบปิดด้วยระบบอัจฉริยะ (ข้อบกพร่อง ความเสียหาย ความเสถียรของระบบ การปรับปรุงแก้ไข)

4.2 การวิเคราะห์ค่าทางสถิติ

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

5. ระยะเวลาการทดลอง

มี 2 ขั้นตอน

1. การจัดสร้างชุดต้นแบบการผลิตโรตางแบบต่อเนื่องในระบบปิดด้วยระบบอัจฉริยะ ดำเนินการเป็นเวลา 2 เดือน คือ ระหว่างเดือนมีนาคม – เมษายน 2565
2. การศึกษาประสิทธิภาพของชุดต้นแบบการผลิตโรตางแบบต่อเนื่องในระบบปิดด้วยระบบอัจฉริยะ ดำเนินการเป็นเวลา 1 เดือน คือ ระหว่างเดือนเมษายน - พฤษภาคม 2565

6. สถานที่ทำการทดลอง

ฟาร์มเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำและพืชน้ำอัจฉริยะ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง วิทยาเขตชุมพรเขตอุดมศักดิ์ จังหวัดชุมพร

ผลและวิจารณ์

ผลการศึกษา

ก. การจัดสร้างชุดต้นแบบการผลิตไรแดงแบบต่อเนื่องในระบบปิดด้วยระบบอัจฉริยะได้ผล ดังนี้คือ ระบบการเติมน้ำสามารถทำงานได้ปกติ พบปัญหาเพียงแค่อาการค้างของหน้าจอแสดงผล ส่วนระบบเติมปุ๋ยเคมีและน้ำหมักชีวภาพ สามารถส่งผ่านทางแอปพลิเคชัน Blynk ในโทรศัพท์มือถือให้ทำงานได้ปกติ และระบบต่างๆทำงานได้อย่างมีความแม่นยำ

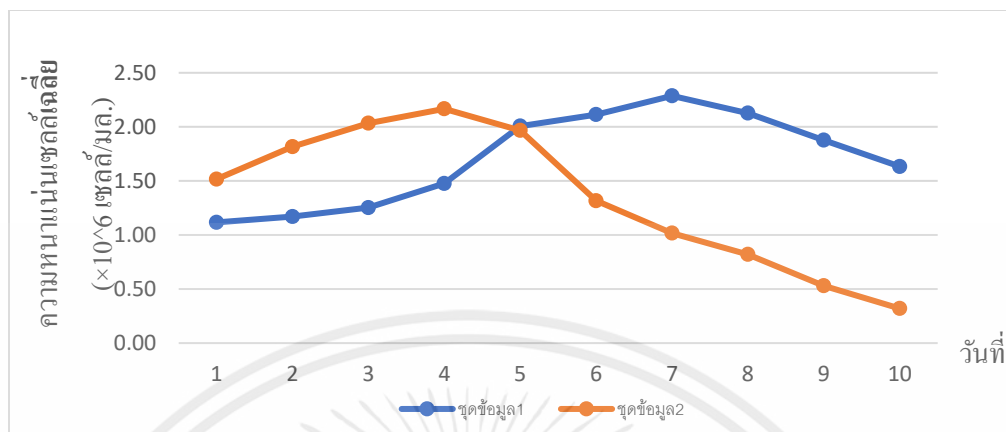
ข. การศึกษาประสิทธิภาพการเพาะเลี้ยงไรแดงด้วยชุดต้นแบบการผลิตไรแดงแบบต่อเนื่องในระบบปิดด้วยระบบอัจฉริยะ (ชุดทดลองที่ 2) และการเพาะเลี้ยงไรแดงทั่วไปที่ไม่ใช้ชุดต้นแบบในการผลิต (ชุดทดลองที่ 1) และ พบว่า

1. แพลงก์ตอนพีช

1.1 การเจริญทวิจำนวนของแพลงก์ตอนพีช

การเพาะเลี้ยงแพลงก์ตอนพีชโดยไม่ใช้ชุดต้นแบบ มีการเพิ่มจำนวนของเซลล์สูงสุดอยู่ที่วันที่ 6 คือ $2.29 \pm 0.14 \times 10^6$ เซลล์ต่อมิลลิลิตร และเริ่มลดลงในวันที่ 7 มีค่าความหนาแน่นเฉลี่ยเริ่มต้นถึงสิ้นสุดการเพาะเลี้ยง คือ $1.71 \pm 0.15 \times 10^6$ เซลล์ต่อมิลลิลิตร

การเพาะเลี้ยงแพลงก์ตอนพีชโดยใช้ชุดต้นแบบ มีการเพิ่มจำนวนของเซลล์สูงสุดอยู่ที่วันที่ 3 คือ $2.17 \pm 0.49 \times 10^6$ เซลล์ต่อมิลลิลิตร และเริ่มลดลงในวันที่ 4 มีค่าความหนาแน่นเฉลี่ยเริ่มต้นถึงสิ้นสุดการเพาะเลี้ยง คือ $1.35 \pm 0.25 \times 10^6$ เซลล์ต่อมิลลิลิตร ตามลำดับ (ตารางที่ 2) และ (ภาพที่ 24)



ภาพที่ 24 แสดงความหนาแน่นของเซลล์เฉลี่ย ($\times 10^6$ เซลล์ต่อมิลลิลิตร) ของแพลงก์ตอนพีซีที่เพาะเลี้ยงในชุดต้นแบบการผลิตไรแดงแบบต่อเนื่องในระบบปิดด้วยระบบอัจฉริยะ

หมายเหตุ: ชุดข้อมูลที่ 1 ในกราฟจะแทนผลการศึกษาของชุดทดลอง 1 ส่วนชุดข้อมูลที่ 2 ในกราฟจะแทนผลการศึกษาของชุดทดลอง 2

1.2 คุณภาพน้ำในระหว่างการเพาะเลี้ยงแพลงก์ตอนพีซี

1.2.1 ความเป็นกรดต่าง

ความเป็นกรดต่างเฉลี่ยของน้ำที่ใช้เพาะเลี้ยงแพลงก์ตอนพีซีมีด้วยกัน 2 ชุดทดลองคือ การเพาะเลี้ยงโดยไม่ใช้ชุดต้นแบบและการเพาะเลี้ยงโดยใช้ชุดต้นแบบคือ ชุดทดลองที่ 1 มีค่าความเป็นกรดต่างเฉลี่ยของน้ำที่ใช้เพาะเลี้ยงแพลงก์ตอนพีซีอยู่ระหว่าง 8.00 - 8.75 และมีค่าความเป็นกรดต่างเฉลี่ยของน้ำเริ่มต้นถึงสิ้นสุดการเพาะเลี้ยงส่วนชุดทดลองที่ 2 มีค่าความเป็นกรดต่างเฉลี่ยของน้ำที่ใช้เพาะเลี้ยงแพลงก์ตอนพีซีอยู่ระหว่าง 7.10 - 7.80 และมีค่าความเป็นกรดต่างเฉลี่ยของน้ำเริ่มต้นจนถึงสิ้นสุดการเพาะเลี้ยง (ตารางที่ 3)

1.2.2 อุณหภูมิ

อุณหภูมิเฉลี่ยของน้ำที่ใช้เพาะเลี้ยงแพลงก์ตอนพีซีมีด้วยกัน 2 ชุดทดลองคือ การเพาะเลี้ยงโดยไม่ใช้ชุดต้นแบบและการเพาะเลี้ยงโดยใช้ชุดต้นแบบคือ ชุดทดลองที่ 1 มีค่าอุณหภูมิเฉลี่ยของน้ำที่ใช้เพาะเลี้ยงแพลงก์ตอนพีซีอยู่ระหว่าง 26.00 - 27.00 องศาเซลเซียส และมีค่าอุณหภูมิเฉลี่ยของน้ำเริ่มต้นจนถึงสิ้นสุดการเพาะเลี้ยงคือ 24.18 ± 0.55 องศาเซลเซียส ส่วนชุดทดลองที่ 2 มีค่าอุณหภูมิเฉลี่ย

ของน้ำที่ใช้เพาะเลี้ยงแพลงก์ตอนพีซอยู่ระหว่าง 30.00 – 31.30 องศาเซลเซียส และมีค่าอุณหภูมิเฉลี่ยของน้ำเริ่มต้นจนถึงสิ้นสุดการเพาะเลี้ยงคือ 30.83 ± 1.61 องศาเซลเซียส (ตารางที่ 4)

1.2.3 ปริมาณไนโตรเจน-ไนโตรเจน

ปริมาณไนโตรเจน-ไนโตรเจนเฉลี่ยของน้ำที่ใช้เพาะเลี้ยงแพลงก์ตอนพีซมีด้วยกัน 2 ชุดทดลองคือการเพาะเลี้ยงโดยไม่ใช้ชุดต้นแบบและการเพาะเลี้ยงโดยใช้ชุดต้นแบบคือ ชุดทดลองที่ 1 มีค่าปริมาณไนโตรเจน-ไนโตรเจนเฉลี่ยของน้ำที่ใช้เพาะเลี้ยงแพลงก์ตอนพีซอยู่ระหว่าง 0.10 – 0.60 มิลลิกรัมต่อลิตร และมีค่าปริมาณไนโตรเจน-ไนโตรเจนเฉลี่ยของน้ำเริ่มต้นจนถึงสิ้นสุดการเพาะเลี้ยงคือ 0.30 ± 0.23 มิลลิกรัมต่อลิตร ส่วนชุดทดลองที่ 2 มีค่าปริมาณไนโตรเจน-ไนโตรเจนเฉลี่ยของน้ำที่ใช้เพาะเลี้ยงแพลงก์ตอนพีซอยู่ระหว่าง 0.0 – 0.5 มิลลิกรัมต่อลิตร และมีค่าปริมาณไนโตรเจน-ไนโตรเจนเฉลี่ยของน้ำเริ่มต้นจนถึงสิ้นสุดการเพาะเลี้ยงคือ 0.23 ± 0.21 มิลลิกรัมต่อลิตร (ตารางที่ 5)

1.2.4 ปริมาณแอมโมเนีย-ไนโตรเจน

ปริมาณแอมโมเนีย-ไนโตรเจนเฉลี่ยของน้ำที่ใช้เพาะเลี้ยงแพลงก์ตอนพีซมีด้วยกัน 2 ชุดทดลองคือการเพาะเลี้ยงโดยไม่ใช้ชุดต้นแบบและการเพาะเลี้ยงโดยใช้ชุดต้นแบบคือ ชุดทดลองที่ 1 มีค่าปริมาณแอมโมเนีย-ไนโตรเจนเฉลี่ยของน้ำที่ใช้เพาะเลี้ยงแพลงก์ตอนพีซอยู่ระหว่าง 0.02 – 0.05 มิลลิกรัมต่อลิตร และมีค่าปริมาณแอมโมเนีย-ไนโตรเจนเฉลี่ยของน้ำเริ่มต้นจนถึงสิ้นสุดการเพาะเลี้ยงคือ 0.04 ± 0.02 มิลลิกรัมต่อลิตร ส่วนชุดทดลองที่ 2 มีค่าปริมาณแอมโมเนีย-ไนโตรเจนเฉลี่ยของน้ำที่ใช้เพาะเลี้ยงแพลงก์ตอนพีซอยู่ระหว่าง 0.00 – 0.01 มิลลิกรัมต่อลิตร และมีค่าปริมาณแอมโมเนีย-ไนโตรเจนเฉลี่ยเฉลี่ยของน้ำเริ่มต้นจนถึงสิ้นสุดการเพาะเลี้ยงคือ 0.000 ± 0.010 มิลลิกรัมต่อลิตร (ตารางที่ 6)

2. ไรแดง

2.1 การเจริญเติบโตของไรแดง

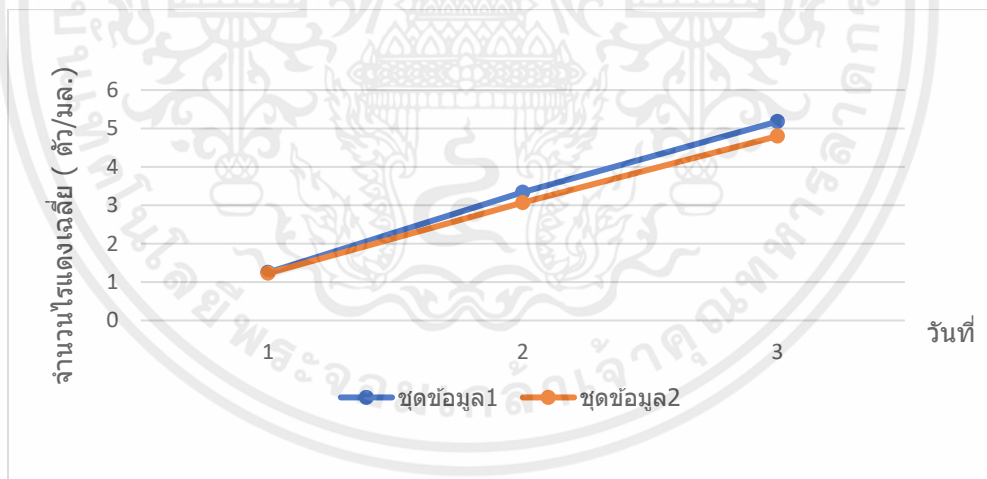
2.1.1 น้ำหนักของไรแดง

การเพาะเลี้ยงไรแดงแบ่งออกเป็น 2 ชุดทดลองคือการเพาะเลี้ยงโดยไม่ใช้ชุดต้นแบบและการเพาะเลี้ยงโดยใช้ชุดต้นแบบ คือ ชุดทดลองที่ 1 ชั่งน้ำหนักสดของไรแดงเฉลี่ยก่อนเพาะเลี้ยงคือ 5.85 ± 0.03 กรัม เมื่อทำการเพาะเลี้ยงครบ 2 วัน ทำการเก็บเกี่ยวผลผลิตแล้วชั่งน้ำหนักสดของไรแดงเฉลี่ยคือ 10.90 ± 0.30 กรัม และมีค่าน้ำหนักเฉลี่ยเริ่มต้นจนถึงเก็บเกี่ยวผลผลิตคือ 8.37 ± 0.17 กรัม ส่วน

ชุดทดลองที่ 2 ชั่งน้ำหนักสดเฉลี่ยของไรแดงก่อนเพาะเลี้ยงคือ 6.06 ± 0.06 กรัม เมื่อทำการเพาะเลี้ยงครบ 2 วัน ทำการเก็บเกี่ยวผลผลิตแล้วชั่งน้ำหนักสดเฉลี่ยคือ 15.95 ± 0.06 กรัม และมีค่าน้ำหนักเฉลี่ยเริ่มต้นจนถึงเก็บเกี่ยวผลผลิตคือ 10.98 ± 0.06 กรัม (ตารางที่ 7)

2.2.2 จำนวนตัวไรแดงต่อมิลลิลิตร

การเพาะเลี้ยงไรแดงมีด้วยกัน 2 ชุดทดลองคือ การเพาะเลี้ยงโดยไม่ใช้ชุดต้นแบบและการเพาะเลี้ยงโดยใช้ชุดต้นแบบคือ ชุดทดลองที่ 1 จำนวนเซลล์ไรแดงเฉลี่ยก่อนเพาะเลี้ยงคือ 1.25 ± 0.01 ตัวต่อมิลลิลิตร เมื่อทำการเพาะเลี้ยงครบ 2 วันทำการเก็บเกี่ยวผลผลิตแล้วผลของจำนวนเซลล์ไรแดงเฉลี่ยคือ 5.18 ± 0.52 ตัวต่อมิลลิลิตร และมีค่าจำนวนเซลล์ไรแดงเฉลี่ยเริ่มต้นจนถึงเก็บเกี่ยวผลผลิตคือ 3.29 ± 0.33 ตัว ส่วนชุดทดลองที่ 2 จำนวนเซลล์ไรแดงเฉลี่ยก่อนเพาะเลี้ยงคือ 1.23 ± 0.25 ตัวต่อมิลลิลิตร เมื่อทำการเพาะเลี้ยงครบ 2 วันทำการเก็บเกี่ยวผลผลิตแล้วผลของจำนวนเซลล์ไรแดงเฉลี่ยคือ 4.80 ± 0.68 ตัวต่อมิลลิลิตร และมีค่าจำนวนเซลล์ไรแดงเฉลี่ยเริ่มต้นจนถึงเก็บเกี่ยวผลผลิตคือ 3.03 ± 0.48 ตัว (ตารางที่ 8) และ (ภาพที่ 25)



ภาพที่ 25 จำนวนตัวไรแดงเฉลี่ย (ตัวต่อมิลลิลิตร) ที่เพาะเลี้ยงในชุดต้นแบบการผลิตไรแดงแบบต่อเนื่องในระบบปิดด้วยระบบอัจฉริยะ

หมายเหตุ: ชุดข้อมูลที่ 1 ในกราฟจะแทนผลการศึกษาของชุดทดลอง 1 ส่วนชุดข้อมูลที่ 2 ในกราฟจะแทนผลการศึกษาของชุดทดลอง 2

2.2. คุณภาพน้ำในระหว่างเพาะเลี้ยงไรแดง

2.2.1 ความเป็นกรดต่าง

ค่าความเป็นกรดต่างเฉลี่ยของน้ำในระหว่างเพาะเลี้ยงไรแดง มีด้วยกัน 2 ชุดทดลองคือ ชุดทดลองที่เพาะเลี้ยงโดยไม่ใช้ชุดต้นแบบและชุดทดลองการเพาะเลี้ยงโดยใช้ชุดต้นแบบ โดยชุดทดลองที่ 1 จะมีค่าความเป็นกรดต่างเฉลี่ยของน้ำอยู่ระหว่าง 7.4 – 7.7 และมีค่าความเป็นกรดต่างเฉลี่ยของน้ำเริ่มต้นจนถึงสิ้นสุดการเพาะเลี้ยง 7.54 ± 0.13 ส่วนชุดทดลองที่ 2 จะมีค่าความเป็นกรดต่างเฉลี่ยของน้ำอยู่ระหว่าง 7.6 – 7.9 และมีค่าความเป็นกรดต่างเฉลี่ยของน้ำเริ่มต้นจนถึงสิ้นสุดการเพาะเลี้ยงคือ 7.79 ± 0.14 (ตารางที่ 9)

2.2.2 ปริมาณออกซิเจนละลายน้ำ

ค่าปริมาณออกซิเจนละลายน้ำเฉลี่ยของน้ำในระหว่างเพาะเลี้ยงไรแดง มีด้วยกัน 2 ชุดทดลองคือ ชุดทดลองที่ 1 เพาะเลี้ยงโดยไม่ใช้ชุดต้นแบบและชุดทดลองที่ 2 ที่เพาะเลี้ยงโดยใช้ชุดต้นแบบ โดยชุดทดลองที่ 1 มีค่าปริมาณออกซิเจนละลายน้ำเฉลี่ยอยู่ระหว่าง 24.00 – 25.00 มิลลิกรัมต่อลิตร และมีค่าปริมาณออกซิเจนละลายน้ำเฉลี่ยเริ่มต้นจนถึงสิ้นสุดการเพาะเลี้ยงคือ 24.75 ± 0.53 มิลลิกรัมต่อลิตร ส่วนชุดทดลองที่ 2 มีค่าปริมาณออกซิเจนละลายน้ำเฉลี่ยของน้ำอยู่ระหว่าง 24.00 – 25.00 มิลลิกรัม/ลิตร และมีค่าปริมาณออกซิเจนละลายน้ำเฉลี่ยเริ่มต้นจนถึงสิ้นสุดการเพาะเลี้ยงคือ 24.31 ± 0.70 มิลลิกรัมต่อลิตร (ตารางที่ 10)

2.2.3 ปริมาณไนโตรเจน-ไนโตรเจน

ค่าปริมาณไนโตรเจน-ไนโตรเจนเฉลี่ยของน้ำในระหว่างเพาะเลี้ยงไรแดง มีด้วยกัน 2 ชุดทดลองคือ ชุดทดลองที่ 1 เพาะเลี้ยงโดยไม่ใช้ชุดต้นแบบและชุดทดลองที่ 2 เพาะเลี้ยงโดยใช้ชุดต้นแบบ โดยชุดการทดลองที่ 1 มีค่าปริมาณไนโตรเจน-ไนโตรเจนเฉลี่ยของน้ำอยู่ระหว่าง 0.5 – 0.7 มิลลิกรัมต่อลิตร และมีค่าปริมาณไนโตรเจน-ไนโตรเจนเฉลี่ยของน้ำเริ่มต้นจนถึงสิ้นสุดการเพาะเลี้ยงคือ 0.56 ± 0.10 มิลลิกรัมต่อลิตร ส่วนชุดการทดลองที่ 2 มีค่าปริมาณไนโตรเจน-ไนโตรเจนเฉลี่ยของน้ำที่ใช้ 1 มิลลิกรัมต่อลิตร และมีค่าปริมาณไนโตรเจน-ไนโตรเจนเฉลี่ยของน้ำเพาะเริ่มต้นจนถึงสิ้นสุดการเพาะเลี้ยงคือ 1.00 ± 0.00 มิลลิกรัมต่อลิตร (ตารางที่ 11)

2.2.4 ปริมาณแอมโมเนีย-ไนโตรเจน

ค่าปริมาณแอมโมเนีย-ไนโตรเจนเฉลี่ยของน้ำระหว่างเพาะเลี้ยงไรแดงมีด้วยกัน 2 ชุดทดลองคือ ชุดทดลองที่ 1 เพาะเลี้ยงโดยไม่ใช้ชุดต้นแบบและชุดทดลองที่ 2 การเพาะเลี้ยงโดยใช้ชุดต้นแบบ โดยชุดทดลอง 1 มีค่าปริมาณแอมโมเนีย-ไนโตรเจนเฉลี่ยของน้ำระหว่าง 0.01 – 0.02 มิลลิกรัมต่อลิตร มีค่าปริมาณแอมโมเนีย-ไนโตรเจนเฉลี่ยของน้ำเริ่มต้นจนถึงสิ้นสุดการเพาะเลี้ยงคือ 0.02 ± 0.01 มิลลิกรัมต่อลิตร ส่วนชุดทดลอง 2 มีค่าปริมาณแอมโมเนีย-ไนโตรเจนเฉลี่ยของน้ำอยู่ที่ 0.01 มิลลิกรัมต่อลิตร ดังนั้นค่าปริมาณแอมโมเนีย-ไนโตรเจนเฉลี่ยของน้ำเริ่มต้นจนถึงสิ้นสุดการเพาะเลี้ยงคือ 0.01 ± 0.01 มิลลิกรัมต่อลิตร (ตารางที่ 12)

ตารางที่ 2 ความหนาแน่นเซลล์เฉลี่ย ($\times 10^6$ เซลล์ต่อมิลลิลิตร) ของแพลงก์ตอนพืชที่เพาะเลี้ยงจากชุดต้นแบบการผลิตไรแดงแบบต่อเนื่องในระบบปิดด้วยระบบอัจฉริยะและแบบเพาะเลี้ยงปกติ

ชุดทดลอง	วันที่										ค่าเฉลี่ย
	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	
1	1.12±0.15	1.17±0.11	1.25±0.10	1.48±0.23	1.94±0.20	2.21±0.18	2.29±0.14	2.13±0.19	1.88±0.19	1.63±0.11	1.71±0.15
2	1.52±0.28	1.82±0.26	2.03±0.79	2.17±0.49	1.97±0.18	1.32±0.24	1.02±0.8	0.82±0.10	0.53±0.06	0.32±0.07	1.35±0.25

หมายเหตุ : การเพาะเลี้ยงแพลงก์ตอนพืชในชุดทดลองที่ 2 ที่เข้าสู่ระยะ death phase เร็วกว่าชุดทดลองที่ 1 เนื่องจากเกิดการพบไรแดงและโรติเฟอร์ที่เกิดขึ้นเองในบ่อเพาะเลี้ยงแพลงก์ตอนพืช จึงต้องเร่งการสูบลบ่อไรแดงเร็วกว่าของชุดทดลองที่ 1 จากนั้นแยกโรติเฟอร์ออก เติมหิวเชื้อไรแดงเพิ่ม และเพาะเลี้ยงไรแดงต่อไป

ตารางที่ 3 ค่าความเป็นกรดเป็นด่างเฉลี่ยของน้ำที่เพาะเลี้ยงแพลงก์ตอนพืชด้วยชุดต้นแบบการผลิตไรแดงแบบต่อเนื่องในระบบปิดด้วยระบบอัจฉริยะและแบบเพาะเลี้ยงปกติ

ชุดทดลอง	ค่าความเป็นกรดเป็นด่างเฉลี่ย										ค่าเฉลี่ย
	วันที่ 0	วันที่ 1	วันที่ 2	วันที่ 3	วันที่ 4	วันที่ 5	วันที่ 6	วันที่ 7	วันที่ 8	วันที่ 9	
1	8.75±0.00	8.63±0.13	8.48±0.22	8.34±0.32	8.23±0.36	8.09±0.45	8.05±0.43	8.09±0.41	8.11±0.39	8.16±0.40	8.29±0.31
2	7.10±0.00	7.40±0.42	7.50±0.42	7.55±0.30	7.58±0.27	7.62±0.26	7.66±0.26	7.69±0.25	7.72±0.26	7.77±0.29	7.56±0.27

ตารางที่ 4 อุณหภูมิเฉลี่ย (องศาเซลเซียส) ของน้ำที่เพาะเลี้ยงแพลงก์ตอนพืชด้วยชุดต้นแบบการผลิตไรแดงแบบต่อเนื่องในระบบปิดด้วยระบบอัจฉริยะและแบบเพาะเลี้ยงปกติ

ชุดทดลอง	ค่าอุณหภูมิเฉลี่ย (องศาเซลเซียส)										ค่าเฉลี่ย
	วันที่ 0	วันที่ 1	วันที่ 2	วันที่ 3	วันที่ 4	วันที่ 5	วันที่ 6	วันที่ 7	วันที่ 8	วันที่ 9	
1	27.08±0.04	26.80±0.28	26.64±0.32	26.24±0.75	26.38±0.47	26.36±0.68	26.56±0.80	26.54±0.75	26.58±0.72	26.66±0.72	24.18±0.55
2	30.30±0.20	31.30±1.41	31.13±1.04	30.43±1.65	31.20±2.25	31.05±2.04	30.73±2.05	30.90±1.90	30.71±1.78	30.57±1.73	30.83±1.61

ตารางที่ 5 ปริมาณไนโตรเจนไนโตรเจน (มิลลิกรัมต่อลิตร) เฉลี่ยของน้ำที่เพาะเลี้ยงแพลงก์ตอนพืชด้วยชุดต้นแบบการผลิตไรแดงแบบต่อเนื่องในระบบปิดด้วยระบบอัจฉริยะและแบบเพาะเลี้ยงปกติ

ชุดทดลอง	ปริมาณไนโตรเจนไนโตรเจนเฉลี่ย (มิลลิกรัม/ลิตร)										ค่าเฉลี่ย
	วันที่ 0	วันที่ 1	วันที่ 2	วันที่ 3	วันที่ 4	วันที่ 5	วันที่ 6	วันที่ 7	วันที่ 8	วันที่ 9	
1	0.10±0.05	0.10±0.45	0.15±0.07	0.175±0.08	0.24±0.15	0.28±0.16	0.39±0.29	0.46±0.34	0.52±0.36	0.57±0.37	0.30±0.23
2	0.00±0.00	0.05±0.07	0.07±0.06	0.11±0.10	0.14±0.11	0.20±0.18	0.31±0.34	0.40±0.40	0.47±0.42	0.52±0.43	0.23±0.21

ตารางที่ 6 ปริมาณแอมโมเนียไนโตรเจน (มิลลิกรัม/ลิตร) เฉลี่ยของน้ำที่เพาะเลี้ยงแพลงก์ตอนพืชด้วยชุดต้นแบบการผลิตไรแดงแบบต่อเนื่องใน ระบบปิดด้วยระบบอัจฉริยะและแบบเพาะเลี้ยงปกติ

ชุดทดลอง	ปริมาณแอมโมเนียไนโตรเจนเฉลี่ย (มิลลิกรัม/ลิตร)										ค่าเฉลี่ย
	วันที่ 0	วันที่ 1	วันที่ 2	วันที่ 3	วันที่ 4	วันที่ 5	วันที่ 6	วันที่ 7	วันที่ 8	วันที่ 9	
1	0.050±0.00	0.050±0.00	0.040±0.01	0.040±0.02	0.030±0.02	0.030±0.02	0.020±0.02	0.030±0.02	0.030±0.02	0.030±0.020	0.04±0.02
2	0.000±0.000	0.005±0.007	0.005±0.006	0.005±0.008	0.005±0.007	0.005±0.006	0.005±0.006	0.005±0.005	0.005±0.006	0.005±0.011	0.000±0.010

ตารางที่ 7 ค่าเฉลี่ยน้ำหนักสดของไรแดง (กรัม) ที่เพาะเลี้ยงด้วยชุดต้นแบบการผลิตไรแดงแบบต่อเนื่องในระบบปิดด้วยระบบอัจฉริยะและแบบเพาะเลี้ยงปกติ

ชุดทดลอง	น้ำหนักสด (กรัม)		ค่าเฉลี่ย
	เริ่มต้น	วันที่เก็บเกี่ยว (2 วัน)	
1	5.83±0.03	10.90±0.30	8.37±0.17
2	6.01±0.06	15.95±0.06	10.98±0.06

ตารางที่ 8 ความหนาแน่นของไรแดงเฉลี่ย (ตัวต่อมิลลิลิตร) ที่เพาะเลี้ยงด้วยชุดต้นแบบการผลิตไรแดงแบบต่อเนื่องในระบบปิดด้วยระบบอัจฉริยะ และแบบเพาะเลี้ยงปกติ

ชุดทดลอง	ความหนาแน่นของไรแดงเฉลี่ยตัว (ต่อมิลลิลิตร)			ค่าเฉลี่ย
	วันที่ 0	วันที่ 1	วันที่เก็บเกี่ยว (2 วัน)	
1	1.25±0.01	3.43±0.47	5.18±0.52	3.29±0.33
2	1.23±0.25	3.07±0.51	4.80±0.68	3.03±0.48

ตารางที่ 9 ค่าความเป็นกรดเป็นด่างเฉลี่ยของการเพาะเลี้ยงด้วยชุดต้นแบบการผลิตไรแดงแบบต่อเนื่องในระบบปิดด้วยระบบอัจฉริยะ และแบบเพาะเลี้ยงปกติ

ชุดทดลอง	ความเป็นกรดเป็นด่างเฉลี่ย			ค่าเฉลี่ย
	วันที่ 0	วันที่ 1	วันที่ 2	
1	7.44±0.04	7.50±0.10	7.67±0.25	7.54±0.13
2	7.90±0.02	7.80±0.14	7.67±0.25	7.79±0.14

ตารางที่ 10 ปริมาณออกซิเจนละลายน้ำเฉลี่ย (มิลลิกรัมต่อลิตร) ของการเพาะเลี้ยงด้วยชุดต้นแบบการผลิตไรแดงแบบต่อเนื่องในระบบปิดด้วยระบบอัจฉริยะและแบบเพาะเลี้ยงปกติ

ชุดทดลอง	ปริมาณออกซิเจนละลายน้ำเฉลี่ย(มิลลิกรัมต่อลิตร)			ค่าเฉลี่ย
	วันที่ 0	วันที่ 1	วันที่ 2	
1	25.33±0.31	24.50±0.71	24.33±0.29	24.75±0.53
2	24.43±0.40	24.50±0.71	24.00±1.00	24.31±0.70

ตารางที่ 11 ปริมาณไนโตรเจน-ไนโตรเจนเฉลี่ย (มิลลิกรัมต่อลิตร) ของการเพาะเลี้ยงด้วยชุดต้นแบบการผลิตไรแดงแบบต่อเนื่องในระบบปิดด้วยระบบอัจฉริยะและแบบเพาะเลี้ยงปกติ

ชุดทดลอง	ปริมาณไนโตรเจน-ไนโตรเจนเฉลี่ย (มิลลิกรัมต่อลิตร)			ค่าเฉลี่ยรวม
	วันที่ 0	วันที่ 1	วันที่ 2	
1	0.50±0.00	0.50±0.00	0.67±0.29	0.56±0.10
2	1.00±0.00	1.00±0.00	1.00±0.00	1.00±0.00

ตารางที่ 12 ปริมาณแอมโมเนีย-ไนโตรเจนเฉลี่ย (มิลลิกรัมต่อลิตร) ของการเพาะเลี้ยงด้วยชุดต้นแบบการผลิตไรแดงแบบต่อเนื่องในระบบปิดด้วยระบบอัจฉริยะและแบบเพาะเลี้ยงปกติ

ชุดทดลอง	ปริมาณแอมโมเนีย-ไนโตรเจนเฉลี่ย (มิลลิกรัมต่อลิตร)			ค่าเฉลี่ย
	วันที่ 0	วันที่ 1	วันที่ 2	
1	0.02±0.00	0.02±0.01	0.01±0.01	0.02±0.01
2	0.01±0.00	0.01±0.01	0.01±0.01	0.01±0.01

วิจารณ์

การจัดทำชุดต้นแบบการผลิตโรตางแบบต่อเนื่องในระบบปิดด้วยระบบอัจฉริยะ สามารถสร้างออกมาได้ตามที่ออกแบบและมีประสิทธิภาพที่ค่อนข้างดี โดยมีองค์ประกอบหลัก 3 ระบบ คือ ระบบเติมน้ำสะอาดเข้าถังเพาะเลี้ยง ระบบเติมปุ๋ยเคมีและน้ำหมักชีวภาพเข้าถังเพาะเลี้ยง และระบบเติมแพลงก์ตอนพืชลงในถังเพาะเลี้ยงโรตาง โดยหลักการทำงานคือระบบเติมน้ำจะควบคุมอัตราการไหลและปริมาณน้ำที่เติมด้วย Flow sensor ลงถังเพาะเลี้ยง โดยใช้หลักการเดียวกับรายงานของ (Muhammad Tahir, 2564) กล่าวคือศึกษาการทำงานของ Flow sensor ร่วมกับบอร์ด Arduino Uno จากนั้นนำมาใช้วัดอัตราการไหลและปริมาณของน้ำ ซึ่งค่าปริมาณน้ำที่เติมลงถังด้วยระบบนี้จะแสดงบนหน้าจอ Character LCD 16x2 สอดคล้องกับการศึกษาของ อุดมศักดิ์ (2560) กล่าว่าประยุกต์ใช้เซนเซอร์วัดอัตราการไหลของน้ำ (Water Flow Sensor) โดยต่อร่วมกับไมโครคอนโทรลเลอร์ Arduino รุ่น Duemilanove เพื่อตรวจสอบและวัดการไหลของน้ำ สามารถนำไปประยุกต์ใช้ตรวจสอบการไหลของน้ำในแปลงผักไฮโดรโปนิกส์ ซึ่งจะต้องมีการไหลเวียนของน้ำและสารอาหารตลอดเวลา หากมีการหยุดไหลจะทำให้ผักที่ปลูกไว้ทั้งแปลงตายได้ ส่วนการเติมปุ๋ยเคมีและน้ำหมักชีวภาพลงในถังเพาะเลี้ยงซึ่งใช้สูตรปุ๋ยคือปุ๋ยยูเรีย 420 กรัม ปุ๋ยนา 87.5 กรัม ปุ๋ยฟอสฟอรัส 10.5 กรัม ปูนขาว 105 กรัม ดัดแปลงจาก (เกรียงศักดิ์, 2549) และกากน้ำตาลหมักกับรำ 580 มิลลิลิตร ดัดแปลงจาก (ศิพร, 2548) ซึ่งการสั่งให้ปุ๋ยเคมีและน้ำหมักชีวภาพเติมลงในถังเพาะเลี้ยงแพลงก์ตอนพืชส่งงานผ่านทางแอปพลิเคชัน Blynk เช่นเดียวกับมีงานทดลองในระบบรดน้ำกระเทียมอัตโนมัติด้วยพลังงานแสงอาทิตย์และควบคุมผ่านสมาร์ทโฟน (อาทิตยาและคณะ, 2563) ซึ่งใช้หลักการเดียวกัน เมื่อถึงวันที่แพลงก์ตอนพืชเจริญทิวี่จำนวนสูงสุดประมาณ 4-5 วัน จึงสั่งให้ระบบเติมแพลงก์ตอนพืชที่ได้จากการเพาะเลี้ยง (ผ่านทางแอปพลิเคชัน Blynk) เพื่อนำแพลงก์ตอนพืชไปเพาะเลี้ยงโรตางต่อไป หลังจากเพาะเลี้ยงโรตางครบ 2 วันจึงทำการเก็บเกี่ยวผลผลิต การสั่งการจากแอปพลิเคชัน Blynkนี้ยังพบในการศึกษา (วิทวัส, 2564) ทำการศึกษาและพัฒนา ระบบบริหารจัดการพลังงานไฟฟ้าอัจฉริยะสำหรับเครื่องเติมอากาศ ในบ่อเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำ การเติมอากาศลงในบ่อเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำ โดยควบคุมการทำงานด้วยการสั่งงานจากแอปพลิเคชัน Blynk เพื่อให้สอดคล้องกับกิจวัตรประจำวันของเกษตรกรผู้เพาะเลี้ยงสัตว์น้ำ

ผลการศึกษาประสิทธิภาพของชุดต้นแบบการผลิตโรตางแบบต่อเนื่องในระบบปิดด้วยระบบอัจฉริยะพบว่าสามารถผลิตแพลงก์ตอนพืชได้ โดยที่ความหนาแน่นตัวโรตางสูงสุดเฉลี่ยคือ 2.17 ± 0.49

$\times 10^6$ เซลล์ต่อมิลลิลิตร ใกล้เคียงกับผลผลิตแพลงก์ตอนพืชในงานของ (ขจรเกียรติ์ และ ยงยุทธ 2549) คือ $2.32 \pm 0.83 \times 10^6$ เซลล์ต่อมิลลิลิตร ส่วนคุณภาพน้ำของการเพาะเลี้ยงแพลงก์ตอนพืชทั้ง 2 ชุดทดลอง มีคุณภาพน้ำที่ดีและค่อนข้างเหมาะสม มีความเป็นกรดต่างเฉลี่ย 7.1-7.8 อุณหภูมิเฉลี่ยของน้ำ 30.00-31.30 องศาเซลเซียส ซึ่งสอดคล้องค่าอุณหภูมิน้ำในถังเพาะเลี้ยงคือ 31 องศาเซลเซียส ปริมาณไนเตรท-ไนโตรเจน 0.00-0.50 มิลลิกรัมต่อลิตร ปริมาณแอมโมเนีย-ไนโตรเจน 0.00-0.01 มิลลิกรัมต่อลิตร มีค่าอุณหภูมิน้ำในถังเพาะเลี้ยงคือ 30 องศาเซลเซียส (Boney, 1975) ปริมาณไนเตรท-ไนโตรเจนเฉลี่ย 0.10- 0.60 มิลลิกรัมต่อลิตร ปริมาณแอมโมเนีย-ไนโตรเจนเฉลี่ย 0.02-0.05 มิลลิกรัมต่อลิตรอยู่ในระดับที่เหมาะสม ส่วนชุดต้นแบบสามารถผลิตไรแดงได้น้ำหนักสดและจำนวนตัวเฉลี่ยคือ 15.95 ± 0.06 กรัม และ 4.80 ± 0.68 ตัว/มิลลิลิตร ซึ่งเป็นปริมาณที่มากเพียงพอ การเพาะเลี้ยงไรแดงน้ำที่เพาะเลี้ยงไรแดงมีความเป็นกรดต่างเฉลี่ย 7.4-7.7 ปริมาณออกซิเจนละลายน้ำเฉลี่ยของน้ำ 24-25 มิลลิกรัม/ลิตร ปริมาณไนเตรท-ไนโตรเจนเฉลี่ย 0.5-1 มิลลิกรัมต่อลิตร ปริมาณแอมโมเนีย-ไนโตรเจนเฉลี่ย 0.01-0.02 มิลลิกรัม/ลิตร สอดคล้องกับการศึกษาของ (ทวิ และ ทศนีย์ 2531) ที่รายงานว่าค่าความเป็นกรดต่างเฉลี่ย 6.7-8.6 ปริมาณออกซิเจนละลายในน้ำ 3-29 มิลลิกรัม/ลิตร มีค่าปริมาณไนเตรท-ไนโตรเจนคือ 1 มิลลิกรัมต่อลิตร ปริมาณแอมโมเนีย-ไนโตรเจน 0.01 มิลลิกรัมต่อลิตร (ทวิ และ ทศนีย์, 2531)

สรุปและข้อเสนอแนะ

สรุป

1. สามารถจัดสร้างชุดต้นแบบการผลิตโรแดงแบบต่อเนื่องในระบบปิดด้วยระบบอัจฉริยะได้สำเร็จ สมบูรณ์และใช้งานได้จริง ซึ่งมี 3 องค์ประกอบหลักคือระบบเติมน้ำด้วยที่ส่งการผ่านกล่องควบคุมโดยตรง ระบบเติมปุ๋ยเคมีผสมน้ำหมักชีวภาพด้วยการส่งการผ่านแอปพลิเคชัน Blynk และระบบการลำเลียงแพลงก์ตอนพีชลงถังเพาะเลี้ยงไรแดงที่ส่งการผ่านทางแอปพลิเคชัน Blynk

2. ประสิทธิภาพของชุดต้นแบบการผลิตโรแดงแบบต่อเนื่องในระบบปิดด้วยระบบอัจฉริยะ สามารถได้ผลผลิตโรแดงสูงกว่าการเพาะเลี้ยงแบบปกติ คือ มีน้ำหนักสดเฉลี่ย 15.95 ± 0.06 กรัม และ 4.80 ± 0.68 ตัว/มิลลิลิตร และใช้งานง่าย สะดวก และสามารถส่งทำงานจากที่ใดก็ได้

ข้อปรับปรุง ข้อแก้ไข ข้อเสนอแนะ

1. ก่อนการเติมน้ำและหัวเชื้อแพลงก์ตอนพีชลงถังเพาะเลี้ยง ควรกรองน้ำด้วยผ้ากรองละเอียด เพื่อเอาตะกอนและสิ่งปนเปื้อนอื่นๆ ออกก่อนทุกครั้ง เพื่อป้องกันการเกิดการปนเปื้อนจากโรติเฟอร์หรือสิ่งมีชีวิตอื่นๆ ติดมากับน้ำ

2. สามารถเพิ่มปรับเปลี่ยนหลอดไฟให้มีความสว่างที่มากขึ้นได้โดยการเพิ่มหลอดไฟหรือหลอดไฟที่มีกำลังไฟสูงกว่า แต่หลอดไฟที่นำมาใช้ควรเป็นหลอดไฟประเภท Day Light ที่มีช่วงความยาวคลื่นใกล้เคียงกับแสงแดด

3. ควรพัฒนาการเพาะเลี้ยงไรแดงต่อเนื่องแบบปิดด้วยระบบอัตโนมัติต่อไป

เอกสารและสิ่งอ้างอิง

เกรียงศักดิ์ เม่งอำพัน. 2549. การเพาะคลอเรลลา (น้ำเขียว) และไรแดง. แหล่งที่มา:

<http://coursewares.mju.ac.th:81/e-learning47/section2/fa301/Chapter3.htm>,
4 สิงหาคม. 2560.

ขจรเกียรติ ศรีนวลสม และ ยงยุทธ ประยูรชาญ. 2549. การศึกษาผลของระยะเวลาการเจริญของสาหร่ายคลอเรลลา (*Chlorella sp.*) ต่อการเพิ่มผลผลิตของไรแดง. คณะเทคโนโลยี การประมงและทรัพยากรทางน้ำ มหาวิทยาลัยแม่โจ้ เชียงใหม่. 7 หน้า.

ทวี วิพุกทานุมาศ และ ทศนีย์ สุขสวัสดิ์. 2531. การศึกษา Total Nitrogen ที่เหมาะสมต่อการเพาะเลี้ยงไรแดง. รายงานประจำปี 2531. สถานีประมงน้ำจืดจังหวัดปทุมธานี. กองประมงน้ำจืด กรมประมง, กระทรวงเกษตรและสหกรณ์ หน้า 211 - 222.

ธิดา เพชรมณี. 2542. คู่มือการเพาะเลี้ยงแพลงก์ตอน. สถาบันวิจัยการเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำชายฝั่ง. จังหวัดสงขลา. 49 หน้า.

ธวัชชัย เอกสันติ. 2547. จุลชีววิทยาในทางสาธารณสุข. คณะพลศึกษาภาควิชาสุขศึกษา มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ. กรุงเทพฯ.

นุกูล แสงพันธุ์ เอื้ออารี สุขสมนิตย์ และพิสมัย เฉลยศักดิ์. 2559. การเพาะเลี้ยงไรแดงยุคใหม่ การเลี้ยงเพื่อผลิตไข่ไรแดง 4 ชนิด. สำนักงานพัฒนาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีแห่งชาติ (สวทช.). ปทุมธานี, 48 หน้า

ปณิธาน แก้วจันทวี พัทรี ครูขยัน นฤชล ภัทราปัญญาวงศ์ และ สุขสรร วันเพ็ญ. 2563. การเพาะเลี้ยง *Chlorella (Chlorella sp.)* ภายใต้สภาวะแหล่งกำเนิดและความยาวคลื่นแสงที่ต่างกัน. การประชุมวิชาการระดับชาติครั้งที่ 13. มหาวิทยาลัยราชภัฏนครปฐม. จังหวัดนครปฐม. 25 หน้า.

ภาณุ เทวรัตน์มณีกุล สำรวัย เสรีจกิจ และทศนีย์ วัชรกรโยธิน. 2541. การเพาะเลี้ยงไรแดง . เอกสารเผยแพร่ฝ่ายเผยแพร่งานเอกสารคำแนะนำกรมประมง. สำนักพัฒนาและถ่ายทอดเทคโนโลยีการประมง. กรุงเทพฯ. 28 หน้า

ภานู เทวรัตน์มณีกุล สำรวย เสร็จกิจ และทัศนีย์ วัชรกรโยธิน. 2549. เอกสารการเผยแพร่การเรียนรู้
ด้านการประมง **การเพาะเลี้ยงไรแดง**. โรงพิมพ์ชุมนุมสหกรณ์การเกษตรแห่ง
ประเทศไทยจำกัด. กรุงเทพฯ. 36 หน้า.

มัศฐุรา ละใบเต็ด ธวัชชัย งามศิริและทินวุฒิ ล่องพริก 2562. **ผลของการใช้ไรแดงเสริมแบคทีเรีย
สังเคราะห์แสงต่อการอนุบาลลูกกุ้งขาวแวนนาไม**. คณะเทคโนโลยีการเกษตรและอุตสาหกรรม
เกษตร. มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลสุวรรณภูมิ ศูนย์พระนครศรีอยุธยาหัตถารา. 36 หน้า
เมธาวิ รอดมงคลดี วรার্থ เทพาหุดี และ นกุล แสงพันธุ์. 2563. การศึกษาชีวประวัติของไรน้ำสามชนิด
(Cladocera : Moinidae) ในประเทศไทยในห้องปฏิบัติการ. **วารสารวิทยาศาสตร์บูรพา**
25 (1). 129-140 หน้า.

ลัดดา วงศ์รัตน์ ประวิทย์ สุรณีนาถ และประจิตร วงศ์รัตน์. 2524. **การเพาะไรแดงเพื่อการการวิจัย**
สำนักงานคณะกรรมการวิจัยแห่งชาติ. 67 หน้า

ลัดดา วงศ์รัตน์ ประวิทย์ สุรณีนาถ และ ประจิตร วงศ์รัตน์. 2523. การเพาะเลี้ยงไรแดง แหล่งที่มา
<http://www.khonrakpla.com/index.php?lay=show&ac=article&id=86435&Ntype=2>
15 พฤษภาคม 2550

วีระ วัชรกรโยธิน ภานู เทวรัตน์มณีกุล ทวี วิพุกทานุมาศ และทัศนีย์ สุขสวัสดิ์. 2528. การเพาะไรแดง.
รายงานประจำปี 2528. สถานีพัฒนาการเพาะเลี้ยงปลาจังหวัดปทุมธานี. กองประมงน้ำจืด.
กรมประมง. หน้า 51-69.

วีระ วัชรกรโยธิน, ภานู เทวรัตน์มณีกุล และทัศนีย์ สุขสวัสดิ์. 2530. การศึกษาผลของปัจจัยสิ่งแวดล้อม
ต่อการเพาะเลี้ยงไรแดง. **รายงานประจำปี2530**. สถานีประมงน้ำจืดจังหวัดปทุมธานี.กองประมง
น้ำจืด.กรมประมงกระทรวงเกษตรและสหกรณ์. หน้า 80-87.

วิทวัส ไทยเดช. 2564. **การพัฒนาระบบบริหารจัดการพลังงานไฟฟ้าอัจฉริยะสำหรับเครื่อง
เติมอากาศ ในบ่อเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำ**. สาขาวิชาวิศวกรรมพลังงานทดแทน สำนักบริหารและ
พัฒนาริชาการ มหาวิทยาลัยแม่โจ้. เชียงใหม่. 138 หน้า.

วรากร วรอัศวปติ. 2514. **การทดลองเลี้ยงและการศึกษานิเวศวิทยาบางประการของไรน้ำ**. ปริญญา
นิพนธ์. วิทยาลัยวิชาการศึกษาประสานมิตร. 73 หน้า

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

วิสัย วงศ์สายปิ่น. 2534. **สาหร่ายเซลล์เดียวสารอาหารจากแสงตะวัน**. รวมพรรค. กรุงเทพฯ. 137 หน้า

วิรัตดา สีตะสิทธิ์. 2544. วิเคราะห์และประเมินผลการศึกษาวิจัย เรื่องไรแดงในประเทศไทย. **เอกสาร**

วิชาการฉบับที่ 207/2554. สถาบันวิจัยการเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำจืดกรมประมง. 72 หน้า.

ศูนย์วิจัยและพัฒนาประมงชายฝั่งจันทบุรี. 2547. **ลักษณะของคลอเรลลา**. แหล่งที่มา: <http://www.fisheries.go.th/cf-chan>, เข้าถึงเมื่อ 24 มิถุนายน 2560.

fisheries.go.th/cf-chan, เข้าถึงเมื่อ 24 มิถุนายน 2560.

ศูนย์วิจัยและพัฒนาประมงชายฝั่งจันทบุรี. 2548. **การนับพลวงก์ตอนด้วย Hemacytometer**.

แหล่งที่มา <http://www.fisheries.go.th/cf-chan/plankton/hema.html>. เข้าถึงเมื่อ 24

มิถุนายน 2559

ศิพร หล้าสุวงษ์ และ บานเย็น นวลศรี. 2548. การเพาะไรแดงโดยใช้กากน้ำตาล. **เอกสารวิชาการฉบับที่**

22/2558. ศูนย์วิจัยและพัฒนาประมงน้ำจืดนครราชสีมา. กรมประมง. 1-30 หน้า

สันทนา ดวงสวัสดิ. 2529. ชีวประวัติและการเพาะเลี้ยงไรแดง. **เอกสารเผยแพร่ฉบับที่ 3**.

สถาบันวิจัยประมงน้ำจืดแห่งชาติ, กรมประมง. 7 หน้า

สกานต์ พูลทวี (2535). **สถานะที่เหมาะสมในการเลี้ยง *Chlorella sp.* สายพันธุ์ B.K.** รวมบทคัดย่อ

วิทยานิพนธ์. ปีการศึกษา 2535. บัณฑิตวิทยาลัยจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย. 472 หน้า.

อาทิตยา แน่นแน่น เอกราช พรนราห์สติกุล ญัฐกิตติ์ จินา และ สัญญา พันธุ์แพง. 2563. ระบบรดน้ำ

กระเทียมอัตโนมัติด้วยพลังงานแสงอาทิตย์และควบคุมผ่านสมาร์ตโฟน. **รายงานสืบเนื่องจาก**

การประชุมวิชาการระดับชาติวิทยาศาสตร์เทคโนโลยีและนวัตกรรม. มหาวิทยาลัยแม่โจ้ ครั้งที่ 1.

มหาวิทยาลัยแม่โจ้. จังหวัดเชียงใหม่. 8 หน้า.

อุดมศักดิ์ บุญประเสริฐ. 2563. **การตรวจวัดอัตราการไหลของน้ำด้วยโฟลว์เซนเซอร์**.

แหล่งที่มา, www.https://rtnakm.com/2017/12/17/water-flow-sensor-fs300a/

เข้าถึงเมื่อ 16 กรกฎาคม 2565

Clyde E .Goulden. 1968. **The Systematics and Evolution of the Moinidae**. The American

Philosophical Society. 99 p.

Kearnthum, A. 1999 . **Experimental Design Technique**. Department of Statistics, Faculty

of Science, Kasetsart University, Bangkok, Thailand. [in Thai.]

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้拿去ไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Kendirlioglu. G. and Cetin. A.K. Effect of different wavelengths of light on growth, pigment Content and protein amount of *Chlorella vulgaris*. *Fresenius Environ. Bull.* 2017 26. 7974–7980.

Muhammad Tahir. 2021. **Water Flow Rate and Volume using Arduino and Flow Sensor.** Sc Agricultural Engineering Measuring. University of Agriculture – UAF. Pakistan. 19 p.

Pennax, R. W. 1953. **Freshwater Invertebrates of the United States.** The Ronald press Company. New York. pp. 350-382.

www.thaibusiness.in.th. เข้าถึงเมื่อ 16 มิถุนายน 2565

<https://mall.factomart.com/principle-flow-meter/>. เข้าถึงเมื่อ 20 มิถุนายน 2565

<http://www.beangadget.com>. เข้าถึงเมื่อ 20 มิถุนายน 2565

<https://dispriceth.com>. เข้าถึงเมื่อ 20 มิถุนายน 2565

<http://www.iot.codemobiles.com>. เข้าถึงเมื่อ 21 มิถุนายน 2565

<https://mall.factomart.com>. เข้าถึงเมื่อ 21 มิถุนายน 2565

<http://www.engineerfriend.com>. เข้าถึงเมื่อ 23 มิถุนายน 2565

<https://www.modulemore.com>. เข้าถึงเมื่อ 23 มิถุนายน 2565

<https://www.jd.co.th>. เข้าถึงเมื่อ 23 มิถุนายน 2565

<https://blog.thaieasyelec.com>. เข้าถึงเมื่อ 23 มิถุนายน 2565.

<https://www.gravitechthai.com>. เข้าถึงเมื่อ 27 มิถุนายน 2565.

<https://sites.google.com/>. เข้าถึงเมื่อ 27 มิถุนายน 2565

<https://commandronestore.com>. เข้าถึงเมื่อ 27 มิถุนายน 2565

<http://www.sbt.ac.th>. เข้าถึงเมื่อ 29 มิถุนายน 2565

<http://www.iot.codemobiles.com>. เข้าถึงเมื่อ 2 กรกฎาคม 2565

<https://www.satsdigital.com>. เข้าถึงเมื่อ 2 กรกฎาคม 2565

<http://kasetfusion.lnwshop.com>. เข้าถึงเมื่อ 2 กรกฎาคม 2565

<http://www.ayarafun.com/2015/08/introduction-arduino-esp8266-nodemcu/>. เข้าถึงเมื่อ 4 กรกฎาคม 2565

<https://shopee.co.th>. เข้าถึงเมื่อ 4 กรกฎาคม 2565



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ประวัติการศึกษา



ชื่อ นายชวลิต เรืองศรี
 เกิดวันที่ 9 พฤษภาคม 2543
 สถานที่เกิด อำเภออัมพวา จังหวัดสมุทรสงคราม
 ประวัติการศึกษา มัธยมศึกษา: โรงเรียนอัมพวันวิทยาลัย จังหวัดสมุทรสงคราม
 ปริญญาตรี: วิทยาศาสตร์บัณฑิต (วิทยาศาสตร์การประมงและทรัพยากรน้ำ)
 สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง วิทยาเขตชุมพร
 เขตอุดมศักดิ์ จังหวัดชุมพร