รายงานการวิจัย

ระบบเกษตรอัจฉริยะสำหรับการเลี้ยงหอยขมผสมผสาน การเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำเศรษฐกิจ

The Smart Farm of Pond Snail Integrated with Economic Aquaculture

นเรศ ขวัญทอง Naras Kwanthong

ศยมน พุทธมงคล Sayamon Buddhamongkol

เอนก สาวะอินทร์ Aneak Sawain

คณะวิศวกรรมศาสตร์และเทคโนโลยี

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลศรีวิชัย

ได้รับการสนับสนุนทุนวิจัยจากมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลศรีวิชัย

งบประมาณเงินรายได้ ประจำปี พ.ศ. 2564

กิตติกรรมประกาศ

การวิจัยครั้งนี้สำเร็จลุล่วงด้วยดี ผู้วิจัยขอกราบขอบพระคุณคณะผู้ร่วมวิจัย นางสาวศยมน พุทธมงคล ผู้ช่วยศาสตรจารย์เอนก สาวะอินทร์ และผู้ช่วยศาสตรจารย์สุพัชชา ชูเสียงแจ้ว ที่ให้ความช่วยเหลือในการทำวิจัย ตลอดจนคณาจารย์ บุคลากร สาขาวิศวกรรมและสาขาเทคโนโลยีวิศวกรรม คณะวิศวกรรมศาสตร์และเทคโนโลยี ที่คอยช่วยเหลือแนะนำการดำเนินการวิจัย ขอขอบพระคุณทุนสนับสนุนงานวิจัย จากมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลศรีวิชัย งบประมาณเงินรายได้ ประจำปีงบประมาณ พ.ศ. 2564 ที่ให้การสนับสนุนทำให้วิจัยนี้สำเร็จลุล่วงไปได้ด้วยดี และนักศึกษาที่ให้ความช่วยเหลือในการทำวิจัยครั้งนี้ และสุดท้ายขอกราบขอบพระคุณบิดา มารดา และทุกคนในครอบครัวที่คอยเป็นกำลังใจที่สำคัญ คุณประโยชน์อันใดที่เกิดจากวิจัยนี้เป็นผลมาจากความกรุณาของทุกท่านที่กล่าวมาข้างต้น ผู้วิจัยจึงขอขอบพระคุณเป็นอย่างสูง ไว้ ณ โอกาสนี้

ผู้ช่วยศาสตราจารย์นเรศ ขวัญทอง และคณะ

กันยายน 2565

ระบบเกษตรอัจฉริยะสำหรับการเลี้ยงหอยขมผสมผสานการเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำเศรษฐกิจ

นเรศ ขวัญทอง[1*] ศยมน พุทธมงคล[2] เอนก สาวะอินทร์[3]

บทคัดย่อ

หอยขมเป็นสัตว์น้ำเศรษฐกิจที่นิยมนำมาบริโภคอย่างแพร่หลาย แต่ในปัจจุบันการเพาะพันธุ์หอยขมทำได้ยาก เนื่องจากการเปลี่ยนแปลงของปัจจัยหลายด้านทำให้พบหอยขมจากธรรมชาติลดลง ทำให้ราคาขายสูงขึ้น เกษตรกรหลายพื้นที่จึงได้นำหอยขมมาเพาะพันธุ์เพื่อใช้บริโภคในครัวเรือนหรือนำไปจำหน่ายสร้างอาชีพทำรายได้ให้กับชุมชนเป็นอย่างดี แต่มีเกษตรกรหลายรายพบปัญหาในการเพาะเลี้ยงทำให้หอยขมตายเจริญเติบโตช้า หรือขยายพันธุ์ได้น้อย อันเนื่องจากการเพาะเลี้ยงที่ไม่ถูกวิธี สภาพน้ำและอากาศที่เปลี่ยนแปลงอยู่ตลอดเวลา ล้วนแต่ส่งผลต่อการเจริฐเติบโตของ หอยขมทั้งสิ้น งานวิจัยนี้สร้างระบบเกษตรอัจฉริยะสำหรับการเลี้ยงหอยขมผสมผสานการเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำเศรษฐกิจ โดยออกแบบระบบบ่อขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 1 เมตร เลี้ยงหอยขมพ่อ-แม่พันธุ์บ่อละ 100 ตัวร่วมกับสัตว์น้ำเศรษฐกิจ และพัฒนาระบบควบคุมและติดตามสภาพน้ำในบ่อหอยขมเพื่อเพิ่มอัตราการรอดของหอยขมและสัตว์น้ำเศรษฐกิจ เพื่อเป็นการเพิ่มปริมาณการผลิตและเพิ่มรายได้ให้แก่การทำเกษตรกรรมอีกทางหนึ่งด้วย

คำสำคัญ : หอยขม, การเลี้ยงสัตว์น้ำเศรษฐกิจ, สมาร์ทฟาม, ระบบอัตโนมัติ

[1*,2,3] คณะวิศวกรรมศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลศรีวิชัย อ.สิเกา จ.ตรัง

The Smart Farm of Pond Snail Integrated with Economic Aquaculture

Naras kwanthong [1*] Sayamon Buddhamongkol [2] and Aneak Sawain[3]

Abstract

Pond snail is the famous economic aquatic animal for consume but the Cultivation of pond snail is difficult because the change of many factor such as weather and water quality. Then, the price of pond snail is rising. Many people in Thailand move the pond snail to the pond around their house for consumption and selling. Some people has problem such as pond snail slow growing and dead. This research, we design and implement the smart farm of pond snail integrated with economic aquaculture in cement pond diameter 1 meter. We start with 100 pond snail per pond with economic fish. We used smart farm system for water quality monitoring and control the water in pond snail to increase survival rate and growth rate.

Keywords: Pond snail, Economic aquatic animal , Smart farm, Automatic system

[1*,2,3] Faculty of Engineering and Technology. Rajamangala University of Technology Srivijaya, Sikao, Trang.

สารบัญ

หัวเรื่อง	หน้า
กิตติกรรมประกาศ	ก
บทคัดย่อ ภาษาไทย	ข
บทคัดย่อ ภาษาอังกฤษ	ค
สารบัญ	ง
สารบัญตาราง	ฉ
สารบัญภาพ	ช
บทที่ 1 บทนำ	
1.1 ที่มาและความสำคัญของปัญหา	1
1.2 ทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง	2
1.3 กรอบแนวคิดของโครงการวิจัย	15
1.4 วัตถุประสงค์ของงานวิจัย	19
1.5 ขอบเขตของการวิจัย	20
1.6 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ	20
บทที่ 2 วิธีดำเนินงานวิจัย	
2.1 ศึกษาข้อมูลเพื่อนำไปใช้ในการพัฒนาระบบ	21
2.2 การวิเคราะห์ข้อมูล ออกแบบและพัฒนาระบบ	21
2.3 ทดสอบและติดตั้งระบบ	22
2.5 การวิเคราะห์และประเมินผล	22
2.6 สรุปผลการวิจัย	23
บทที่ 3 ผลการวิจัยและอภิปรายผล	
3.1 ศึกษาเก็บข้อมูลและสำรวจพื้นที่	24
3.2 การวิเคราะห์และออกแบบ	27
3.3 การออกแบบและติดตั้งบ่อซีเมนต์สำหรับเลี้ยงหอยขมและสัตว์น้ำเศรษฐกิจ	29
3.4 การพัฒนาระบบบำบัดน้ำเสียสำหรับบ่อหอยขม	32
3.5 การออกแบบระบบสำหรับติดตามคุณภาพน้ำแบบเรียลไทม์	33
3.6 การออกแบบฐานข้อมูลสำหรับเก็บข้อมูลการติดตามคุณภาพน้ำ	36
3.7 การออกแบบแอพพลิเคชันไลน์ (Line Notify)	36

สารบัญ (ต่อ)

หัวเรื่อง	หน้า
3.8 การออกแบบการทดสอบการเลี้ยงหอยขมร่วมกับสัตว์น้ำเศรษฐกิจ	37
3.9 ขนาดของหอยขมในแต่ละช่วงวัยที่เพาะพันธุ์ผ่านระบบสมาร์ทฟาร์ม	43
3.10 การทดสอบรสชาติของหอยขม	44
บทที่ 4 สรุปผลการวิจัยและข้อเสนอแนะ	
4.1 ผลการวิจัย	45
4.2 วิเคราะห์ผลการวิจัย	45
4.3 ข้อเสนอแนะ	46
บรรณานุกรม	
ภาคผนวก	

สารบัญตาราง

หัวเรื่อง **หน้า**

ตารางที่ 3.1	การเลี้ยงแบบปกตินิยมของชุมชน	39
ตารางที่ 3.2	การเลี้ยงสัตว์น้ำเศรษฐกิจอื่นๆอย่างเดียวในบ่อซีเมนต์	40
ตารางที่ 3.3	การเลี้ยงหอยขมร่วมกับสัตว์น้ำอื่นๆ โดยใช้ระบบสมาร์ทฟาร์ม	41
ตารางที่ 3.4	การเลี้ยงหอยขมอย่างเดียวโดยใช้ระบบสมาร์ทฟาร์ม	42

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลศรีวิชัย

สารบัญภาพ

หัวเรื่อง		หน้า
ภาพที่ 1.1	บอร์ดคอนโทรลเลอร์ ESP8266	7
ภาพที่ 1.2	ตัวอย่างชนิดของแผงเซลล์แสงอาทิตย์	8
ภาพที่ 1.3	เซนเซอร์วัดอุณหภูมิ PT1000	10
ภาพที่ 1.4	เซนเซอร์วัดค่าการนำไฟฟ้าในน้ำ (Electrical Conductivity)	11
ภาพที่ 1.5	เซนเซอร์วัดค่าออกซิเจน (Dissolve Oxygen: D.O.)	12
ภาพที่ 1.6	ภาพรวมการออกแบบระบบเพาะเลี้ยงหอยขมผสมผสานการเพาะเลี้ยงสัตว์เศรษฐกิจ	15
ภาพที่ 1.7	การออกแบบระบบบ่อเพาะเลี้ยงหอยขมผสมผสานการเพาะเลี้ยงสัตว์เศรษฐกิจ	17
ภาพที่ 1.8	การออกแบบระบบสำหรับบ่อหอยขม	18
ภาพที่ 2.1	บ่อซีเมนต์เพาะเลี้ยงหอยขม	22
ภาพที่ 3.1	ลงพื้นที่ศึกษาการเพาะเลี้ยงหอยขมจากเกษตรกร	24
ภาพที่ 3.2	วิเคราะห์และออกแบบบ่อสำหรับเลี้ยงหอยขมและสัตว์น้ำเศรษฐกิจ	27
ภาพที่ 3.3	กุ้งแครระ	28
ภาพที่ 3.4	การวางผังในการติดตั้งบ่อเพาะเลี้ยงหอยขมและสัตว์น้ำเศรษฐกิจ	29
ภาพที่ 3.5	ท่อปูนซีเมนต์สำหรับทำบ่อเลี้ยงหอยขม	30
ภาพที่ 3.6	การวางระบบท่อสำหรับการบำบัดน้ำในบ่อหอยขม	30
ภาพที่ 3.7	การวางระบบน้ำแบบกาลักน้ำ	31
ภาพที่ 3.9	การฉาบปูนเพื่อสร้างบ่อเลี้ยงหอยขม	31
ภาพที่ 3.10	เกาเตรียมน้ำสำหรับเลี้ยงหอยขมและสัตว์น้ำเศรษฐกิจ	32
ภาพที่ 3.11	วัสดุกรองสำหรับระบบบำบัดน้ำในบ่อหอย	33
ภาพที่ 3.12	ติดตั้งถังกรองสำหรับระบบการเลี้ยงหอยขม	33
ภาพที่ 3.13	การติดตั้งชุดควบคุมระบบติดตามคุณภาพน้ำและระบบบำบัดน้ำ	34
ภาพที่ 3.14	การติดตั้งโซลินอยวาล์วเพื่อควบคุมการเปิดปิดน้ำแต่ละบ่อ	35
ภาพที่ 3.15	รูปแบบการติดตั้งเซนเซอร์	35
ภาพที่ 3.16	ฐานข้อมูลติดตามคุณภาพน้ำสำหรับบ่อหอยขมแบบเรียลไทม์	36
ภาพที่ 3.17	แอพพลิเคชันไลน์	37

สารบัญภาพ (ต่อ)

หัวเรื่อง **หน้า**

ภาพที่ 3.18	เว็ปแอพพลิเคชันติดตามคุณภาพน้ำแบบเรียลไทม์ของบ่อเพาะเลี้ยง	38
ภาพที่ 3.19	ขนาดของลูกหอยในแต่ละช่วงวัย	43
ภาพที่ 3.20	ขนาดหอยขมพ่อแม่พันธุ์และขนาดหอยขมระยะ 3 เดือน	43

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลศรีวิชัย

บทที่ 1

บทนำ

1.1 ที่มาและความสำคัญของปัญหา

ตามที่รัฐบาลได้กำหนดนโยบายที่สำคัญเพื่อใช้ในการพัฒนาประเทศ ซึ่งประเด็นที่ได้รับการสนับสนุนให้มีการพัฒนาและมีความจำเป็นต่อผู้ประกอบอาชีพเกษตรกร คือ การพัฒนาเกษตกรสู่ Smart Farmer สำหรับนิยามคำว่า Smart Farmer นั้นจากสรุปสาระสำคัญโครงการตามนโยบายที่สำคัญ 15 โครงการของกระทรวงเกษตรและสหกรณ์ ได้กล่าวว่า “เกษตรกรที่มีความแตกฉานและทักษะ ด้านข้อมูลสถิติ ด้านการเงิน ด้านคณิตศาสตร์ ด้านการเรียนรู้และใช้ประโยชน์จากเทคโนโลยีดิจิทัล ด้านการคิดและออกแบบเชิงสร้างสรรค์ ตลอดจนมีพฤติกรรมโน้มเอียงในการเป็นผู้ประกอบการและความรับผิดชอบต่อสังคมสิ่งแวดล้อม ซึ่งจะเห็นได้ว่าเกษตรกรที่จะเป็น ”Smart Farmer ได้นั้นจะต้องมีความรู้ความสามารถในด้านการทำเกษตรกรรมโดนนำเอาเทคโนโลยีที่ทันสมัยเข้ามาช่วยในการทำอาชีพส่งผลให้เพิ่มจำนวนการผลิต เพิ่มคุณภาพและสามารถเพิ่มรายได้ในการประกอบอาชีพ

แผนยุทธศาสตร์การพัฒนามหาวิทยาลัย ระยะปานกลาง 5 ปี พ.ศ.2561 –2565 ได้มุ่งเน้นให้สร้างผลงานวิจัย สิ่งประดิษฐ์และนวัตกรรมที่มีคุณภาพและที่สำคัญผลงานวิจัยจะต้องก่อให้เกิดการใช้ประโยชน์ทั้งด้านพาณิชย์ ด้านนโยบาย ด้านสาธารณะ ด้านการพัฒนาชุมชน พื้นที่ และด้านวิชาการ ซึ่งงานวิจัยนี้ได้ตอบสนองด้านการพัฒนา Smart Farmer เพื่อให้ชุมชนสามารถนำองค์ความรู้ที่ได้จากงานวิจัยไปต่อยอดหรือใช้ในการพัฒนาการประกอบอาชีพการทำเกษตรกรรมช่วยเพิ่มรายได้ครัวเรือนนอกจากการทำอาชีพหลัก หรือจะนำไปต่อยอดเชิงพานิชย์ทำเป็นอุตสาหกรรมเกษตรแบบผสมผสานได้

หอยขม คือ หอยชนิดหนึ่งที่พบมากในแหล่งน้ำนิ่ง ในทั่วทุกภาคของประเทศไทย เป็นหอยที่คนไทยนิยมนำมาบริโภคกันอย่างแพร่หลาย ด้วยพื้นที่ที่หอยขมอาศัย คือ แหล่งน้ำต่างๆ ก็มีจำนวนลดน้อยลง จึงส่งผลให้ปริมาณหอยขมจากแหล่งธรรมชาติลดลงอย่างมากและพบหายากขึ้น แม้การดำรงชีพของหอยขมจะสามารถขยายพันธุ์ได้ง่ายแต่จากเหตุผลดังที่กล่าวมาก็ยังส่งผลให้ปริมาณหอยขมที่มีอยู่ตามธรรมชาติยังคงลดลงเรื่อยๆ ทำให้ราคาตามท้องตลาดขายในราคากิโลกรัมละ 30- 40 บาท ซึ่งมีเกษตรกรนำหอยขมมาเพาะเลี้ยงเพื่อใช้บริโภคเองหรือนำไปขายสร้างเป็นอาชีพสร้างรายได้ในครอบครัวได้เป็นอย่างดี แต่มีเกษตรกรหลายรายพบปัญหาในการเพาะเลี้ยงทำให้หอย

ขมตายเจริญเติบโตช้า หรือขยายพันธุ์ได้น้อย อันเนื่องจากการเพาะเลี้ยงที่ไม่ถูกวิธี สภาพน้ำและอากาศที่เปลี่ยนแปลงอยู่ตลอดเวลา ล้วนแต่ส่งผลต่อการเจริฐเติบโตของหอยขมทั้งสิ้น

ผู้วิจัยจึงมีแนวคิดในการนำเทคโนโลยีเข้ามาช่วยในการเพาะเลี้ยงหอยขม เพื่อให้ผู้ที่สนใจชุมชน นำองค์ความรู้ไปใช้ประโยชน์ในการประกอบอาชีพ อีกทั้งมีแนวคิดในการเพาะเลี้ยงหอยขมผสมผสานร่วมกับสัตว์น้ำเศรษฐกิจอื่นๆ เพื่อเป็นการเพิ่มปริมาณการผลิตและเพิ่มรายได้ให้แก่การทำเกษตรกรรมอีกทางหนึ่งด้วย

1.2 ทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

1) หอยขม หรือ หอยจุ๊บ

หอยขมมักอาศัยอยู่ตามแหล่งน้ำจืดธรรมชาติทั่วไปทั้งใน คู หนอง คลอง บึง และในนาข้าว ที่เป็นพื้นดินหรือโคลน ที่ระดับน้ำตั้งแต่ เมตร 2 เซนติเมตร ถึง 10 โดยใช้เท้ายึดเกาะอยู่ตามวัตถุต่าง ๆ เช่น เสา สะพาน ตอไม้ พันธุ์ไม้น้ำ หรือจมอยู่ในโคลน หอยขมมักอยู่ในน้ำที่ไม่ไหลแรงนักหรือเป็นน้ำนิ่งในที่ร่ม มีการแพร่กระจายไปทั่วทุกภูมิภาคของประเทศไทย สามารถพบได้ทั่วไปในทุกจังหวัด

อาหารของหอยขมจะกินอาหารที่เป็นสิ่งมีชีวิตที่อยู่ในน้ำ เช่น ตะไคร่น้ำ พืชน้ำ แพลงก์ตอน และอินทรีย์สารที่เน่าเปื่อย เป็นต้น ปากของหอยขมสามารถดูดอาหารเข้าไปในช่องใต้ปากได้ โดยภายในปากจะมี radula ซึ่งมีลักษณะแข็งทำหน้าที่คล้ายเป็นฟันใช้ขูดแทะอาหารที่ติดอยู่กับวัสดุที่ยึดเกาะ ภายในช่องปากมีท่อเปิดจากต่อมน้ำลายและต่อจากช่องปาก คือ หลอดอาหาร กระเพาะอาหาร ลำไส้ และทวาร ตามลำดับ

การหายใจ หอยขมหายใจด้วยเหงือก เหงือกจะอยู่ในช่อง mantle cavity โดยน้ำจะไหลผ่านช่องนี้ไปทำให้เกิดการแลกเปลี่ยนก๊าซระหว่างน้ำกับเส้นเลือดบริเวณเหงือก หอยขมมีอวัยวะเพศทั้งเพศผู้และเพศเมียอยู่ในตัวเดียวกัน สามารถผสมตัวเองหรือผสมข้ามโดยการมาประกบกันได้ และการผสมพันธุ์ได้ด้วยตัวของมันเองจะทำได้เมื่ออายุได้ 60 วัน โดยหอยขมออกลูกเป็นตัวครั้งละ ประมาณ 40-50 ตัว ลูกหอยขมที่ออกมาจะมีวุ้นหุ้มอยู่ แม่หอยขมจะใช้หนวดแทงวุ้นจนแตกเพื่อให้ลูกหอยหลุดออกจากวุ้น ลูกหอยขมสามารถเคลื่อนไหวได้ทันทีเมื่อออกจากตัวแม่ ระยะที่จะพบเห็นชุกชุมอยู่ในช่วงเดือนธันวาคม-พฤษภาคม มีอายุขัยตั้งแต่ 3-11 ปี (กาณจนรี, 2560)

2) การเลี้ยงหอยขม

หอยขมสามารถเลี้ยงได้หลายวิธี ลักษณะสถานที่นิยมในการเลี้ยงแบ่งออกเป็น 3 รูปแบบ คือ

1. การเลี้ยงในกระชัง โดยใช้กระชังในล่อนชนิดตาถี่ ท้าเป็นรูปกระชัง ขนาด 6 เมตร สูง 120 เมตร น้ากระชังไปผูกในแหล่งน้ำ ด้วยการให้มุมล่าง และมุมบนของกระชังทั้งสี่ด้านยึดติดกับเสา 4 ต้น หรือเพิ่มตรงกลางความยาวของกระชัง อีกด้านละต้น รวมเป็น 6 ต้น ขอบบนของกระชังอยู่เหนือระดับน้ำ 20-30 เซนติเมตร อย่าให้ก้นกระชังติดพื้นดิน เพราะจะท้าให้กันกระชังจมโคลน เมื่อผูกกระชังเรียบร้อยแล้ว ใส่ทางมะพร้าวสดขนาดยาว 1 เมตร ลงไป 1-3 ทาง พยายามอย่าให้ทางมะพร้าวทับกัน และควรผูกไว้เพื่อไม่ให้ทางมะพร้าวทับกันกระชัง อาจทำให้เกิดการฉีกขาด จากนั้นจึงใส่หอยขมขนาดใหญ่ หรือขนาดโตพอรับประทาน ลงไป 2 กิโลกรัมต่อกระชัง โดยคัดเลือกหอยขมที่ยังสด ซึ่งสังเกตได้จากการน้าหอยขมไปแช่น้ำทิ้งไว้ ถ้าหอยขมคว่ำตัวติดกับภาชนะแสดงว่ายังมีชีวิตอยู่ หลังจากใส่หอยขมแล้ว วันที่สองยกทางมะพร้าวขึ้นดูจะพบว่ามีหอยขมตัวเล็กๆ เกาะติดอยู่ตามทางมะพร้าว ทางมะพร้าวที่แช่น้ำนานๆ จะเน่าเปื่อยผุพัง จึงควรเปลี่ยนทางมะพร้าวใหม่เดือนละ 2 ครั้ง หอยขมที่เลี้ยงในกระชัง จะเกาะกินตะไคร่น้ำ และซากเน่าเปื่อยอยู่ตามทางมะพร้าว ตลอดจนบริเวณด้านข้าง และก้นกระชัง โดยไม่ต้องให้อาหารเสริมแต่อย่างใด หลังจาก 2 เดือน จึงทยอยคัดเลือกเก็บหอยขมตัวใหญ่ขึ้นมารับประทาน หรือจำหน่ายได้

2. การเลี้ยงในร่องสวน เริ่มแรกปล่อยพันธุ์หอยขม ขนาดประมาณ 60 ตัว ต่อกิโลกรัม จำนวน 2 กิโลกรัม โดยการตัดทางมะพร้าวขนาด 1-2 เมตร ปักลงไปเป็นจุดๆ ให้ทั่วร่องสวน เมื่อทางมะพร้าวเน่าเปื่อยหรือมีตะไคร่จับ หอยขมก็จะเข้ามาเกาะ และกินตะไคร่น้ำเป็นอาหาร โดยไม่จำเป็นต้องให้อาหาร ใช้ระยะเวลาเลี้ยงเพียง 6 เดือน จากจำนวนที่ปล่อย 2 กิโลกรัม ระยะเวลาการเลี้ยง 6 เดือน จะได้ผลผลิตหอยรวมทั้งหมดประมาณ 100 กิโลกรัม

3. การเพาะเลี้ยงในบ่อซีเมนต์ โดยปกติบ่อซีเมนต์ที่นิยมใช้จะใช้บ่อที่มีความสูง 50 ซม. แต่จากงานวิจัยเกี่ยวกับ อิทธิพลของระดับน้ำต่อการเจริญเติบโตของหอยขม พบว่า ระดับน้ำความลึก 1 เมตร มีความเหมาะสมสามารถเจริญเติบโตได้ดี ดังนั้น บ่อซีเมนซ์จึงควรมีความสูงที่ระดับมากกว่า 1 เมตร การเตรียมบ่อให้เติมน้ำ 3/4 ของระดับความสูงของบ่อ แล้วใส่หยวกกล้วยสับลงไปแช่ประมาณ 1-2 สัปดาห์ เพื่อให้หยวกกล้วยช่วยกำจัดฤทธิ์ปูน ช่วยปรับค่า pH ในบ่อให้สมดุล เมื่อครบ 1 สัปดาห์ ให้เก็บหยวกกล้วยออก จากนั้นเติมน้ำสะอาดเข้าไปใหม่และเลี้ยงพืชน้ำ เช่น ผักตบ จอกแหน

ประมาณ 2 อาทิตย์จะเริ่มมีตะไคร่น้ำเขียวๆ เกาะตามขอบวง วัดค่า pH ถ้าอยู่ในช่วง 7.5-8.5 จะเป็นช่วยระดับค่า pH ที่เหมาะสำหรับการเลี้ยงหอยขม ก็สามารถปล่อยหอยลงบ่อได้ทันที (บังอร, 2560)

3) การเลี้ยงหอยแบบผสมผสานกับสัตว์น้ำเศรษฐกิจ

การเลี้ยงหอยขมร่วมกับสัตว์เศรษฐกิจอื่นจะเป็นการเพิ่มช่องทางการใช้ทรัพยากรจากบ่อเพาะเลี้ยงให้เกิดประโยชน์สูงสุดเพราะจะช่วยเพิ่มผลผลิต เพิ่มรายได้ และยังเป็นสร้างระบบนิเวศน์ที่เหมาะสมกับการเจริญเติบโตของสัตว์น้ำในบ่อเพาะเลี้ยง สัตว์ที่เหมาะสมสำหรับเพาะเลี้ยงร่วมกับหอยขมในบ่อซีเมนต์ จะต้องเป็นสัตว์กินพืชและขนาดตัวไม่ใหญ่จนเกินไป เพราะหากเป็นสัตว์กินเนื้อจะทำให้สัตว์เหล่านั้นกินตัวอ่อนของหอยขมจนไม่สามารถขยายพันธุ์ได้ สัตว์ที่เหมาะสมตัวอย่างเช่น กุ้งฝอย ปลาซิว ปลาสลิด ปลาหางนกยูง เป็นต้น การเลี้ยงสัตว์น้ำเหล่านี้ร่วมกับหอยขม นอกจากจะช่วยเพิ่มรายได้ เพิ่มผลผลิตแล้ว ยังช่วยในการกำจัดลูกน้ำที่เกิดจากการวางไข่ของยุงซึ่งเป็นสาเหตุให้หอยขมติดเชื้อและตายได้ แต่สิ่งสำคัญที่ต้องคำนึง คือ ปัญหาน้ำเน่าเสีย เพราะเมื่อมีจำนวนสัตว์น้ำเพิ่มขึ้นก็ย่อมก่อให้เกิดปัญหาน้ำเสียเพิ่มมากขึ้น ดังนั้นในงานวิจัยนี้ผู้วิจัยจึงได้เสนอแนวทางการเพาะเลี้ยงหอยขมร่วมกับเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำอื่นๆ เพื่อลดการเกิดปัญหาน้ำเน่าเสียโดยใช้เทคโนโลยีเข้ามาช่วยในการแก้ไขปัญหา (ศูนย์รวมความรู้ทางเกษตร, 2560)

4) กุ้งแคระ

กุ้งแคระเป็นสัตว์น้ำประเภทหนึ่งที่ได้รับความนิยมเป็นอย่างมากในกลุ่มผู้เลี้ยงไม้น้ำ เพื่อเพิ่มสีสันและความสวยงามให้กับตู้ไม้น้ำ หรือเลี้ยงกุ้งแคระแทนการเลี้ยงปลาสวยงาม เนื่องจากเลี้ยงง่าย โตไว ขยายพันธุ์รวดเร็วและมีหลากหลายสีสัน คนส่วนใหญ่มักเลี้ยงกุ้งแคระเป็นฝูง เพราะการเลี้ยงเป็นฝูงทำให้กุ้งแคระมีสีสันสวยงามมากยิ่งขึ้น กุ้งแคระเป็นสัตว์สวยงามที่มีการเลี้ยงดูง่าย สามารถเลี้ยงเพื่อรักษาความสะอาดของตู้ปลาหรือบ่อเลี้ยง และนิยมเลี้ยงในตู้ไม้น้ำเพื่อให้กุ้งแคระกินพืชไม้น้ำที่เกิดขึ้นเองตามธรรมชาติ นอกจากนี้กุ้งแคระการให้อาหารไม่ต้องให้บ่อยครั้ง ทำให้การเลี้ยงดูแลไม่ยุ่งยาก และยังช่วยทำความสะอาดตู้ปลาหรือบ่อเลี้ยงได้อีกด้วย

กุ้งแคระที่นิยมเลี้ยงมีทั้งหมด 9 สายพันธุ์ โดยเน้นสายพันธุ์ที่สีสันสดใสสวยงามและเลี้ยงดูไม่ยาก ได้แก่ กุ้งแคระซูชิแดง กุ้งแคระซูชิดำ กุ้งแคระซูชิเหลือง กุ้งแคระช็อกโกแลต กุ้งแคระดรีมบลู กุ้งแคระไฟร์เรด กุ้งแคระเหลืองหลังทอง กุ้งแคระแดงเชอรี่ และกุ้งแคระเหลือง โดยทั้ง 9 สายพันธุ์เป็นสายพันธุ์ที่เลี้ยงง่ายและไม่มีการตัดแต่งพันธุ์กรรมหรือมีการผสมข้ามสายพันธุ์ ดังนั้นจึงเป็นสายพันธุ์ที่สามารถซื้อเพื่อไปขยายพันธุ์ต่อได้

การเลี้ยงบ่อกุ้ง 1 บ่อ ควรใช้น้ำไม่ต่ำกว่า 100 ลิตร เพื่อรักษาอุณหภูมิน้ำให้คงที่ เพราะถ้าอุณหภูมิน้ำคงที่ส่งผลให้การขยายพันธุ์ของกุ้งได้มากยิ่งขึ้น ปริมาณกุ้งแคระในบ่อควรมีจำนวนไม่มากหรือน้อยเกินไป เนื่องจากกุ้งแคระเป็นสัตว์เลี้ยงที่เหมาะแก่การเลี้ยงเป็นฝูง การเปลี่ยนถ่ายน้ำควรทำทุก 7 วัน โดยเปลี่ยนน้ำใหม่ประมาณร้อยละ 30 เพื่อรักษาอุณหภูมิและสภาพน้ำไม่ให้เปลี่ยนแปลงรวดเร็วเกินไป เพราะการที่อุณหภูมิน้ำเปลี่ยนแปลงฉับพลัน อาจจะทำให้กุ้งแคระเกิดอาการน็อกน้ำและทยอยตายได้ อาหารที่ใช้สำหรับกุ้งแคระจะใช้ทั้งอาหารจากธรรมชาติ เช่น สาหร่ายหรือตะไคร่น้ำที่เกิดขึ้นเองตามธรรมชาติ และอาหารสำเร็จรูปสำหรับกุ้งแคระ โดยให้อาหารวันละ 1 ครั้ง เมื่อกุ้งแคระอายุ 3 เดือน จะมีสีสันชัดเจนของแต่ละสายพันธุ์ ซึ่งช่วงวัยนี้สามารถนำไปเพาะพันธุ์ต่อหรือจำหน่ายได้ โดยราคากุ้งแคระอยู่ที่ 15 – 50 บาทต่อตัว (ปิยพร, 2565)

5) เทคโนโลยีอินเตอร์เน็ตทุกสรรพสิ่ง (Internet of Things)

เทคโนโลยี Internet of Things หรือ IoT ถือเป็นส่วนหนึ่งในการส่งเสริมภาคอุตสาหกรรมต่างๆ โดยอาศัยการเชื่อมต่อสื่อสารและการทำงานร่วมกันระหว่างเครื่องจักร มนุษย์และข้อมูล เพื่อเพิ่มอำนาจการตัดสินใจที่รวดเร็วและมีความถูกต้องแม่นยำสูง ในการพัฒนาประเทศไปสู่การเป็น Thailand 4.0 โดยเป็นการที่สิ่งต่างๆ รอบตัวถูกเชื่อมโยงเข้าด้วยกันบนโลกของอินเทอร์เน็ต ซึ่งทำให้สามารถควบคุมหรือสั่งการอุปกรณ์ต่างๆได้ ไม่ว่าจะเป็น การเปิด-ปิดไฟ แอร์ โทรทัศน์ ฯลฯ ผ่านทางเครือข่ายอินเทอร์เน็ตด้วยสมาร์ทโฟน คอมพิวเตอร์ หรืออุปกรณ์พกพาอื่นๆ นอกจากสิ่งต่างๆ รอบตัวแล้วอินเตอร์เน็ตทุกสรรพสิ่ง (IoT) ยังถูกนำไปใช้กับทางการแพทย์ การเกษตร เครื่องจักรกลในโรงงานอุตสาหกรรม ระบบรักษาความปลอดภัยและอื่นๆ อีกมากมาย หลักการทำงานของเทคโนโลยี IoT มีความจำเป็นอย่างยิ่งที่จะต้องทำงานร่วมกับอุปกรณ์เซนเซอร์ อุปกรณ์จำเพาะงานแต่ละอย่าง เป็นข้อมูลป้อนเข้า (Input) สู่ระบบ และจำเป็นต้องมีหน่วยประมวลผลซึ่งเปรียบเสมือนกับการใส่สมองให้กับอุปกรณ์ และต้องมีการเชื่อมต่อกับอินเทอร์เน็ตเพื่อให้อุปกรณ์เหล่านั้นสามารถรับ-ส่งข้อมูล สามารถรับรู้ข้อมูล ควบคุมและสั่งการได้ นอกจากนี้เทคโนโลยี Internet of Things ยังก่อให้เกิดนวัตกรรมและบริการใหม่ๆ อีกมากมาย ยกตัวอย่างเช่น เซนเซอร์ภายในโรงพยาบาลที่ตรวจจับการเคลื่อนไหวของผู้ป่วย เมื่อผู้ป่วยมีการเคลื่อนไหวหรือผู้ป่วยล้ม จะส่งสัญญาณไปยังบุคคลากรทางการแพทย์หรือแผนกฉุกเฉิน เซนเซอร์ภายในบ้านที่ตรวจจับการเคลื่อนไหวของผู้อยู่อาศัย และส่งสัญญาณไปสั่งเปิดหรือปิดสวิตซ์ไฟตามห้องต่างๆ ที่มีคนหรือไม่มีคนอยู่ เป็นต้น ยิ่งไปกว่านั้น เทคโนโลยีด้านอินเตอร์เน็ตทุกสรรพสิ่งเป็นหนึ่งในสิบเทคโนโลยีที่น่าจับตามองตามการวิเคราะห์ของบริษัท Gartner ที่ปรากฏในรายงาน Gartner’s Top 10 Strategic Technology

Trends for 2015 และมีการคาดการณ์ว่าจำนวนของอุปกรณ์ที่เชื่อมต่อระบบพื้นฐานสำหรับ IoT จะมีเพิ่มขึ้นมากกว่าหลายพันล้านอุปกรณ์จึงเป็นที่น่าสนใจในการเรียนรู้และพัฒนานวัตกรรมเพื่อตอบสนองเทคโนโลยีดังกล่าว (ชัชชัย, 2562)

6) ไมโครคอมพิวเตอร์และไมโครคอนโทรลเลอร์ (Microcomputer and Microcontroller)

ระบบไมโครคอมพิวเตอร์ คือ ระบบการประมวลผลขนาดเล็กที่มีโครงสร้างสถาปัตยกรรมเหมือนเครื่องคอมพิวเตอร์ทั่วไป ได้รวมเอาซีพียู หน่วยความจำ และช่องสัญญาณ I/O ซึ่งเป็นส่วนประกอบหลักสำคัญของระบบคอมพิวเตอร์เข้าไว้ด้วยกัน โดยทำการบรรจุเข้าไว้ในตัวถังเดียวกัน ทำงานแทนเครื่องคอมพิวเตอร์ขนาดใหญ่ได้ ประหยัดพลังงาน สามารถเชื่อมต่อกับอุปกรณ์เซนเซอร์หรือชุดควบคุม และติดต่อสื่อสารผ่านระบบอินเทอร์เน็ตได้

ระบบไมโครคอนโทรลเลอร์ คือตัวควบคุมขนาดเล็ก เป็นอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ชนิดหนึ่งที่ใช้เทคโนโลยีการผลิตระดับไมโคร ถูกออกแบบมาเพื่อใช้สำหรับประมวลผลและควบคุมการทำงานของเครื่องอัตโนมัติต่างๆ เช่น เครื่องหยอดเหรียญ เครื่องขายของอัตโนมัติ หุ่นยนต์ แขนกล และเครื่องใช้ไฟฟ้า ไมโครคอนโทรลเลอร์มีหลากหลายตระกูล แต่ที่ได้รับความนิยมในอดีตมีดังนี้

- Z-80 เป็นไมโครโพรเซสเซอร์ขนาด 8 บิต ผลิตโดยบริษัทไซล็อก (Zilog) ไม่มีพอร์ตอินพุตและเอาต์พุตในตัว มีบัสข้อมูล (Data Bus) ขนาด 8 บิต และบัสตำแหน่งที่อยู่ (Address Bus) ขนาด 16 บิตสามารถเชื่อมต่อกับหน่วยความจำขนาด 64 กิโลไบต์ เขียนโปรแกรมควบคุมด้วยภาษาแอสเซมบลี

- MCS-51 เป็นไมโครคอนโทรลเลอร์ขนาด 8 บิตของบริษัทอินเทล (Intel) มาพอร์ตอินพุตและเอาต์พุตในตัว สามารถเข้าถึงข้อมูลระดับบิตได้ เขียนโปรแกรมควบคุมด้วยภาษาแอสเซมบลีและภาษาซี

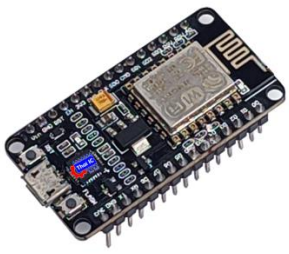
- PIC (Peripheral Interface Controller) เป็นไมโครคอนโทรลเลอร์ขนาด 8 บิตของบริษัทไมโครชิพ เทคโนโลยี (Microchip Technology) มีหน่วยความจำแบบแฟลช (Flash Memory) เป็นไมโครคอนโทรลเลอร์ที่รวมอุปกรณ์ต่างๆ เช่น หน่วยความจำรอม หน่วยความจำแรม A/D และบัสแบบ I2C ไว้ด้วยกันโดยไม่ต้องต่อกับอุปกรณ์ภายนอกทำให้สะดวกในการใช้งาน

- Arduino เป็นไมโครคอนโทรลเลอร์ขนาด 8 บิต อยู่ในตระกูล AVR ผลิตโดยบริษัท Atmel ไมโครคอนโทรลเลอร์ตระกูล AVR มีสถาปัตยกรรมแบบ RISC (Reduced Instruction Set Computer) มีความเร็วในการประมวลผล 1 คำสั่งต่อ 1 สัญญาณนาฬิกา ถูกออกแบบมาเพื่อให้ใช้งานง่าย สามารถเชื่อมต่อกับคอมพิวเตอร์ด้วยพอร์ต USB มีบอร์ดอุปกรณ์เชื่อมต่อหรือ Arduino shield มากมายทำให้สะดวกต่อการพัฒนา การออกแบบและพัฒนาเปิดข้อมูลทั้งในด้านฮาร์ดแวร์และซอร์ฟแวร์ (Open Source) จึงมีผู้ใช้งานจำนวนมาก

- NodeMCU เป็นบอร์ดไมโครคอนโทรลเลอร์ที่สามารถพัฒนาด้วยภาษา c เหมือน Arduino แต่มีความสามารถพิเศษเพิ่มเติม คือ สามารถนำมาพัฒนาในรูปแบบ Internet of Things : IoT ได้ นั่นหมายถึงอุปกรณ์สามารถเชื่อมต่อ WiFi และรับ-ส่งข้อมูลผ่านระบบออนไลน์ได้ ภายในบอร์ดมีไมโครคอนโทรลเลอร์ ESP8266 ที่เป็นส่วนที่ใช้เชื่อมต่อ WiFi ทำให้นิยมใช้อย่างแพร่หลาย

ข้อมูลทางเทคนิค

NodeMCU ใช้โมดูล ESP8266 ภายในมีไมโครคอนโทรลเลอร์ 32 บิต มีหน่วยความจำแบบแฟลช 4 เมกะไบต์และมีโมดูล WiFi ในตัว ภายในบอร์ดมีชิป CP2102 สำหรับแปลงสัญญาณจากพอร์ต USB เป็น UART เพื่อเชื่อมต่อกับคอมพิวเตอร์ สามาถใช้ไฟเลี้ยง 5 โวลต์จากภายนอกได้และภายในบอร์ดมีวงจรควบคุมแรงดันสำหรับอุปกรณ์ 3.3 โวลต์ ทำให้มีความยืดหยุ่นต่อการนำไปพัฒนางานต่อ ซึ่งในงานวิจัยนี้เลือกใช้ NodeMCU ในการควบคุมและส่งข้อมูลผ่านระบบอินเตอร์เนต์เพื่อแจ้งข้อมูลแก่ผู้ใช้งานแบบเรียลไทม์ (ดอนสัน, 2563)



ภาพที่ 1.1 บอร์ดคอนโทรลเลอร์ ESP8266

7) เซลล์แสงอาทิตย์ (Solar Cell)

ชนิดของเซลล์แสงอาทิตย์ แบ่งได้เป็น 4 ประเภท โดย 3 ประเภทแรกจะทำจากซิลิกอน ส่วนอีกหนึ่งประเภทจะทำมาจากวัสดุประเภทอื่นๆ

- เซลล์แสงอาทิตย์แบบซิลิคอน ชนิดผลึกเดี่ยว (Single Crystalline Silicon Solar Cell) รู้จักกันในชื่อ โมโนคริสตัลซิลิคอนโซลาร์เซลล์ (Monocrystalline Silicon Solar Cell) ทำจากซิลิคอนที่แข็งและบาง ลักษณะเป็นแผ่นกลม แผ่นสี่เหลี่ยม ครึ่งวงกลม ขึ้นอยู่กับผู้ผลิต มีความหนาประมาณ 0.3-0.5 มิลลิเมตร มีประสิทธิภาพประมาณ 17 % มีราคาค่อนข้างสูง ขบวนการผลิตมีความยุ่งยาก อายุการใช้งานประมาณ 30 ปี

- เซลล์แสงอาทิตย์แบบซิลิคอนชนิดผลึกรวม (Polycrystalline Silicon Solar Cell) ลักษณะเป็นแผ่นซิลิคอนแข็งและบางมาก เหมือนกับแบบซิลิคอนผลึกรวม แต่มีประสิทธิภาพต่ำกว่าเล็กน้อย คือ ประมาณ 13-15 % เนื่องจากเกิดรอยต่อของแต่ละผลึกที่เชื่อมต่อกัน มีราคาถูกกว่าแบบซิลิกอนผลึกเดี่ยว มีขบวนการผลิตที่ไม่ซับซ้อน อายุการใช้งานประมาณ 25 ปี

- เซลล์แสงอาทิตย์แบบอะมอร์ฟัสซิลิคอน (Amorphous Silicon Solar Cell) ลักษณะเป็นฟิล์มบางเพียง 0.5 ไมครอน (0.0005 มม.) น้ำหนักเบามาก และประสิทธิภาพเพียง 5-10 % สามารถนำไปติดบนกระจก หรือติดบนแผ่นฟิล์มพลาสติก กระบวนการผลิตไม่ยุ่งยาก เหมาะกับการใช้กับอุปกรณ์ไฟฟ้าที่ใช้ไฟฟ้าไม่มากนัก เช่น เครื่องคิดเลข นาฬิกาข้อมือ มีอายุการใช้งานประมาณ 20 ปี

- เซลล์แสงอาทิตย์ที่ทำจากสารกึ่งตัวนำอื่นๆ เช่น แกลเลี่ยมอาร์เซไนด์ (Gallium Arsenide GaAS), แคดเมียมเทลเลอไรด์ (Cadmium Telluride-CdTe) และคอปเปอร์อินเดียมไดเซเลไนด์ (Copper Indium Diselenide CulnSe) เป็นต้น มีทั้งชนิดผลึกเดี่ยว (Single Crystalline) และผลึกรวม (Polycrystalline) เซลล์แสงอาทิตย์ที่ทำจากแกลเลี่ยม อาร์เซไนด์ จะให้ประสิทธิภาพสูงถึง 20-25% ใช้กับพื้นที่ที่มีความเข้มของแสงอาทิตย์ และยังทนต่อรังสี จึงเหมาะกับงานด้านอวกาศ

แบบซิลิคอนผลึกเดี่ยว แบบซิลิคอนผลึกรวม แบบอะมอร์ฟัสซิลิคอน

ภาพที่ 1.2 ตัวอย่างชนิดของแผงเซลล์แสงอาทิตย์

การใช้พลังงานแสงอาทิตย์เพื่อผลิตกระแสไฟฟ้า แบ่งออกเป็น 3 ระบบ

- เซลล์แสงอาทิตย์แบบอิสระ (PV Stand Alone System)

เป็นระบบผลิตไฟฟ้าที่ได้รับการออกแบบสำหรับใช้งานในพื้นที่ชนบทที่ไม่มีระบบสายส่งไฟฟ้า อุปกรณ์ระบบที่สำคัญประกอบด้วยแผงเซลล์แสงอาทิตย์ อุปกรณ์ควบคุม การประจุแบตเตอรี่แบตเตอรี่ และอุปกรณ์เปลี่ยนระบบไฟฟ้ากระแสตรงเป็นไฟฟ้ากระแสสลับแบบอิสระ

- เซลล์แสงอาทิตย์แบบต่อกับระบบจำหน่าย (PV Grid Connected System)

เป็นระบบผลิตไฟฟ้าที่ถูกออกแบบสำหรับผลิตไฟฟ้าผ่านอุปกรณ์เปลี่ยนระบบไฟฟ้ากระแสตรงเป็นไฟฟ้ากระแสสลับเข้าสู่ระบบสายส่งไฟฟ้าโดยตรง ใช้ผลิตไฟฟ้าในเขตเมือง หรือพื้นที่ที่มีระบบจำหน่ายไฟฟ้าเข้าถึง อุปกรณ์ระบบที่สำคัญประกอบด้วยแผงเซลล์แสงอาทิตย์ อุปกรณ์เปลี่ยนระบบไฟฟ้ากระแสตรงเป็นไฟฟ้ากระแสสลับชนิดต่อกับระบบจำหน่ายไฟฟ้า

- เซลล์แสงอาทิตย์แบบผสมผสาน (PV Hybrid System)

เป็นระบบผลิตไฟฟ้าที่ถูกออกแบบสำหรับทำงานร่วมกับอุปกรณ์ผลิตไฟฟ้า อื่น ๆ เช่น ระบบเซลล์แสงอาทิตย์กับพลังงานลมและเครื่องยนต์ดีเซล ระบบเซลล์แสงอาทิตย์กับพลังงานลมและไฟฟ้าพลังน้ำ เป็นต้น

ประเทศไทยเป็นอีกประเทศหนึ่งที่มีศักยภาพทางด้านพลังงานแสงอาทิตย์ค่อนข้างดีเฉลี่ยประมาณ 5 kWh/m^2.d ในปัจจุบันจึงมีการใช้ประโยชน์จากพลังงานแสงอาทิตย์ดังกล่าวอย่างกว้างขวางโดยเฉพาะการนำเทคโนโลยีเซลล์แสงอาทิตย์มาเปลี่ยนพลังงานแสงอาทิตย์เป็นพลังงานไฟฟ้าเพื่อใช้ในระดับครัวเรือน ระดับอุตสาหกรรม และโรงไฟฟ้าเซลล์แสงอาทิตย์ ซึ่งการประยุกต์ใช้เซลล์แสงอาทิตย์ในระดับครัวเรือน หรือระดับหมู่บ้าน ก็มีความจำเป็นเพื่อลดการใช้พลังงานไฟฟ้าจากโรงไฟฟ้าฟอสซิล ซึ่งเป็นการประยุกต์ใช้เซลล์แสงอาทิตย์ขนาดเล็กดังกล่าวสามารถจำแนกการประยุกต์ใช้ได้ดังต่อไปนี้

การประยุกต์ใช้เซลล์แสงอาทิตย์แบบอิสระ (Stand Alone System)

-ระบบที่มีเซลล์แสงอาทิตย์ผลิตไฟฟ้าเพียงแหล่งเดียว

-ระบบที่มีแหล่งผลิตไฟฟ้ามากกว่า 1 แหล่ง (Hybrid System)

การประยุกต์ใช้เซลล์แสงอาทิตย์แบบเชื่อมต่อเข้าสายส่ง (Grid Connected System)

-ระบบเซลล์แสงอาทิตย์ที่ติดตั้งบนหลังคา (PV Rooftop Grid Connected System)

-ระบบเซลล์แสงอาทิตย์ที่ติดตั้งบนพื้นดินที่ว่างโดยใช้โครงสร้างรองรับ

การประยุกต์ใช้เซลล์แสงอาทิตย์แบบอิสระ (Stand Alone System)

เป็นระบบที่นำเซลล์แสงอาทิตย์มาประยุกต์ใช้ในการผลิตไฟฟ้า โดยที่ไม่เกี่ยวข้องกับไฟฟ้าจากสายส่งของการไฟฟ้าโดยสามารถแบ่งออกได้เป็น 3 แบบ คือ ระบบเซลล์แสงอาทิตย์แบบอิสระที่ใช้ภาระทางไฟฟ้าเป็นไฟฟ้ากระแสตรง ระบบเซลล์แสงอาทิตย์แบบอิสระใช้ภาระทางไฟฟ้าเป็นแบบไฟฟ้ากระแสลับ และระบบผลิตไฟฟ้าแบบผสมผสาน

ระบบเซลล์อาทิตย์แบบอิสระที่มีภาระทางไฟฟ้าเป็นแบบไฟฟ้ากระแสสลับ

เป็นระบบเซลล์แสงอาทิตย์ที่มีภาระทางไฟฟ้าเป็นไฟฟ้ากระแสสลับ ซึ่งมีส่วนประกอบดังต่อไปนี้แผงเซลล์แสงอาทิตย์ เครื่องควบคุมการประจุแบตเตอรี่ เครื่องแปลงกระแสไฟฟ้า แบตเตอรี่

8) เซนเซอร์วัดอุณหภูมิ PT1000

เซนเซอร์วัดอุณหภูมิ คือ อุปกรณ์ตรวจจับอุณหภูมิโดยใช้หลักการเปลี่ยนแปลงค่าความต้านทานของลวดโลหะไปตามอุณหภูมิที่เปลี่ยนไปโดยวัสดุที่นำมาใช้จะเป็นโลหะที่มีความต้านทานจำเพาะต่ำ วัสดุที่นิยมนำมาทำนั้นตัวอย่างเช่น แพลตินัม เป็นวัสดุที่นิยมนำมาใช้ทำมากที่สุดในอุตสาหกรรม เนื่องจากมีความเที่ยงตรง (precision) และมีความเป็นเชิงเส้น (linearity) สูง RTD ประเภทนี้จะเรียกว่า PT100, PT500, PT1000 ซึ่งหมายถึงที่ 0 °C จะมีค่าความต้านทานอยู่ที่ 100, 500, 1000Ω โดย RTD PT1000 นั้นจะสามารถวัดงานที่ละเอียดได้มากกว่า PT500 และ PT100

ภาพที่ 1.3 เซนเซอร์วัดอุณหภูมิ PT1000

ซึ่งในเครื่องวัดคุณภาพน้ำและสภาพอากาศอัตโนมัติ เซนเซอร์วัดอุณหภูมิ PT1000 ในการวัดค่าอุณหภูมิในน้ำ ซึ่งเซนเซอร์วัดอุณหภูมิ PT1000 สามารถวัดค่าได้ตั้งแต่ 125 องศาเซลเซียส ถึง -55 องศาเซลเซียส

9) เซนเซอร์วัดค่าความนำไฟฟ้าในน้ำ (Electrical Conductivity)

เซนเซอร์วัดค่าความนำไฟฟ้า (Electrical Conductivity) เป็นเครื่องวัดค่าความนำไฟฟ้าในน้ำ เพื่อตรวจสอบปริมาณเกลือ, หรือสิ่งสกปรกภายในน้ำ โดยใช้วิธีการวิเคราะห์หาปริมาณของสารตัวอย่าง จากการวัดค่าความต่างศักย์ไฟฟ้า (potentiometric) และอิเล็กโทรดทั้ง 4 มีลักษณะเป็นทรงกระบอก สร้างจากโลหะแพลทตินั่ม เซนเซอร์วัดค่า EC ถูกกำหนดให้ใช้หลักการหาพื้นที่และระยะทางระหว่าง Electrodes โดยใช้กฎของโอห์ม การสอบเทียบโดยใช้อิเล็กโทรไลต์ Electrolytes ของตัวนำไฟฟ้าเพื่อความแม่นยำในการวัดค่า

ค่าความนำไฟฟ้าของของเหลวจะขึ้นอยู่กับระดับอุณหภูมิเป็นสำคัญ ดังนั้นจะต้องมีการชดเชยอุณหภูมิ หรือการสอบเทียบเครื่องในระดับอุณหภูมิเดียวกันกับของเหลวที่ต้องการวัด ค่าความนำไฟฟ้าแสดงในหน่วยซีเมนส์ (S) มิลลิซีเมนส์ (mS) และไมโครซีเมนส์ (μS) ซึ่งในเครื่องวัดคุณภาพน้ำและสภาพอากาศอัตโนมัติ ใช้เซนเซอร์วัดค่าความนำไฟฟ้า ในการวัดค่าความเค็มของน้ำ ซึ่งเซนเซอร์สามารถวัดค่าได้ตั้งแต่ 5 – 200,000 ไมโครซีเมนส์ หรือ ค่าความเค็มตั้งแต่ 0-40 ppt

ภาพที่ 1.4 เซนเซอร์วัดค่าการนำไฟฟ้าในน้ำ (Electrical Conductivity)

10) เซนเซอร์วัดค่าออกซิเจนในน้ำ (Dissolve Oxygen: D.O.)

ค่าออกซิเจนในน้ำหรือค่าออกซิเจนที่ละลายในน้ำเป็นตัวแปรสำคัญที่ส่งผลต่อการดำรงชีวิตของสัตว์น้ำทุกประเภท เพราะออกซิเจนเป็นสิ่งสำคัญทั้งสัตว์และพืช โดยสิ่งมีชีวิตดังกล่าวอาศัยออกซิเจนเพื่อสร้างพลังงานในกระบวนการบำบัดน้ำเสียทางชีวภาพแบบใช้ออกซิเจน (Aerobic process) ซึ่งในรูปแบบของการใช้ออกซิเจนนี้อาศัยการทำงานของจุลินทรีย์ที่ใช้ออกซิเจนเปลี่ยนความสกปรก เช่น สารอินทรีย์ที่มาจากมูลสัตว์น้ำ ซากพืช ซากสัตว์ในกระบวนการเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำ ให้กลายเป็นก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ (CO_2) และน้ำ (H_2O) ออกซิเจนเป็นสิ่งจำเป็นในการย่อยสลาย

อินทรีย์สาร และปล่อยสารอาหารที่เป็นธรรมชาติออกมาให้กับสิ่งมีชีวิตขนาดเล็ก เช่นแพลงก์ตอน โดยความเข้มข้นของ D.O. จึงมีผลต่อการดำรงชีวิตในน้ำ

สัตว์น้ำแต่ละประเภทต้องการออกซิเจนที่แตกต่างกัน เช่น กุ้งกุลาดำ กุ้งแชบ๊วย และปะการัง ต้องการออกซิเจนละลายน้ำต่ำที่สุดและมีค่าค่อนข้างใกล้เคียงกัน โดยค่าออกซิเจนอยู่ที่ประมาณ 3.5 – 3.8 มิลลิกรัมต่อลิตร ส่วนออกซิเจนละลายน้ำต่ำที่สุดที่เหมาะสมต่อการเจริญเติบโตของปลากะพงขาว มีค่าออกซิเจนประมาณ 2.4 มิลลิกรัมต่อลิตร โดยทั่วไปหากออกแบบบ่อเลี้ยงสัตว์น้ำควรมีค่าออกซิเจนละลายในน้ำไม่น้อยกว่า 6 มิลลิกรัมต่อลิตร

ภาพที่ 1.5 เซนเซอร์วัดค่าออกซิเจน (Dissolve Oxygen: D.O.)

11) เซนเซอร์วัดค่าความเป็นกรดด่าง (pH sensor)

หลักการทำงานของเซนเซอร์วัดค่าความเป็นกรดด่าง (pH sensor) ใช้วิธีการวัดค่าความต่างศักย์ไฟฟ้าของไอออนในสารละลายระหว่าง Glass electrode นำมาเปรียบเทียบค่ากับ Reference electrode ซึ่งเป็นเซลล์มาตราฐานที่ทราบศักย์ไฟฟ้าแล้ว เซนเซอร์วัดค่าเป็นกรดด่าง แบ่งออกเป็น 4 ประเภท ได้แก่

1. โพรบวัดค่าความเป็นกรดด่าง pH Electrode ทำจากอีพร๊อกซี่ (Epoxy body) เหมาะกับการวัดค่าความเป็นกรดด่างในน้ำ

2. โพรบวัดค่าความเป็นกรดด่าง pH Electrode ทำจากแก้ว (Glass body) เหมาะสำหรับการวัดความเป็นกรดด่างในน้ำ

3. โพรบวัดค่าความเป็นกรดด่าง pH Electrode แบบ Spear tip เหมาะสำหรับการวัดความเป็นกรดด่างในวัสดุที่เป็น Semi-Solid (ของเหลวกึ่งแข็ง) เช่น ชีส โยเกิร์ต ไส้กรอก เป็นต้น

4. โพรบวัดค่าความเป็นกรดด่าง pH Electrode แบบ Flat type เหมาะสำหรับการวัดความเป็นกรดด่างในวัสดุประเภทโปรตีน เนื้อสัตว์ ชีส แยม อาหาร สี ดิน และอื่นๆ

การบำรุงรักษา

การบำรุงรักษาเป็นส่วนสำคัญต่อการยืดอายุการใช้งานของเซนเซอร์ทุกประเภทเพื่อให้ผลของการวัดมีค่าที่ถูกต้องแม่นยำ ซึ่งมีข้อควรปฏิบัติ ดังนี้

1. การปรับสภาพก่อนการใช้งาน

- ล้างหัว pH Electrode ด้วยน้ำกลั่นหรือน้ำที่ปราศจากอิออน

- แช่ pH Electrode ลงในสารละลาย เช่น สารละลายบัพเฟอร์ที่มีค่า pH 4.0 (กรดอ่อน) หรือสารละลายบัพเฟอร์ที่มีค่า pH 7.0 (ค่ากลาง) ทิ้งไว้ 20 นาที

- อย่านำ pH Electrode แช่ในน้ำกลั่นหรือน้ำปราศจากอิออนโดยเด็ดขาด เพราะการแช่ pH Electrode อยู่ในน้ำเป็นเวลานานจะทำให้ Glass membrane เกิดความเสียหาย

การใช้งานเซนเซอร์วัดความเป็นกรดด่าง

- ล้าง pH Electrode ด้วยน้ำกลั่นก่อนและหลังการวัด ตัวอย่าง ซับแห้งส่วนของ Glass membrane ด้วยกระดาษอ่อนนุ่มหรือสำลีเท่านั้น (อาจจะเป็นผ้าหรือวัสดุที่ไม่ทำให้ pH Electrode เป็นรอย)

- อย่าเช็ด ถู Glass membrane แรงๆ เพราะจะทำให้เกิดไฟฟ้าสถิตที่จะรบกวนการวัดในครั้งถัดไป

การเก็บรักษาเซนเซอร์วัดความเป็นกรดด่าง

- ควรเก็บ pH Electrode ในสารละลายโพแทสเซียมคลอไรด์ (KCL)

- ไม่ควรเก็บ pH Electrode ไว้ในน้ำกลั่นหรือน้ำปราศจากอิออน เพราะจะทำให้ Electrolyte ของอิออนไหลออกจาก Glass membrane ทำให้ pH Electrode เสื่อมและใช้งานไม่ได้

การบำรุงรักษาและทำความสะอาด

การบำรุงรักษาและการทำความสะอาดประกอบด้วย 3 ส่วน ได้แก่

- Internal ควรจะเปลี่ยน Electrolyte อย่างสม่ำเสมอ เมื่อสารละลายนี้เปลี่ยนสีหรือมีตะกอนเกิดขึ้น ในปริมาณที่มาก ระดับของ Electrolyte ควรมีประมาณ 75 – 80 % ขึ้นไป (เนื่องจากจำเป็นต้องมีพื้นที่ว่างสำหรับการขยายตัว ในกรณีที่ Electrode ขยายตัวภายใต้การเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิ)

- Glass membrane ขึ้นอยู่กับการใช้งาน เช่น การจุ่ม Electrode ในสารละลายที่มีโปรตีนอยู่หรือมีสารลายประเภทอื่นที่สามารถสร้างสิ่งอุดตันให้แก่ pH Electrode และทำให้ Electrode ไม่สามารถใช้งานได้ การทำความสะอาดอยู่อย่างสม่ำเสมอจะช่วยยืดอายุการใช้งาน

การทบทวนวรรณกรรม/สารสนเทศ (information) ที่เกี่ยวข้อง

มั่นสิน ตัณฑุลเวศม์ (2538) กล่าวว่า ฟาร์มเลี้ยงสัตว์น้ำในระบบน้ำหมุนเวียน (Recirculating aquaculture Systems, RAS) จำเป็นต้องมีระบบกรองน้ำที่มีความเหมาะสมและเพียงพอต่อการบำบัดน้ำที่รองรับของเสียจากการเลี้ยง โดยเฉพาะอย่างยิ่งการเลี้ยงแบบหนาแน่นสูงมาก (RAS super intensive) โดยมีการใช้ระบบกรองโดยวิธีกลร่วมกับระบบกรองชีวภาพ เนื่องจากสารอินทรีย์ที่เกิดขึ้นในระบบการเลี้ยงสัตว์น้ำไม่สามารถทำให้หมดไปได้ด้วยเครื่องดักตะกอน ซึ่งเป็นการกรองโดยวิธีกล เนื่องจากอนุภาคที่มีขนาดเล็กมากสามารถผ่านออกไปได้รวมทั้งของเสียที่เป็นสารประกอบซึ่งอยู่ในรูปสารละลาย เช่น สารประกอบฟอสเฟต และไนโตรเจน โดยเฉพาะอย่างยิ่งไนโตรเจนที่อยู่ในรูปแอมโมเนียอิสระ (NH3) จะเป็นพิษต่อสัตว์น้ำ จึงจำเป็นที่จะต้องเปลี่ยนรูปของแอมโมเนียอิสระให้เป็นไนเตรทซึ่งมีอันตรายน้อยกว่าโดยกระบวนการไนตริฟิเคชัน กระบวนการเปลี่ยนแอมโมเนียให้เป็น

ไนเตรท มี 2 ขั้นตอน คือ เริ่มจากแบคทีเรียกลุ่มไนตริไฟอิงแบคทีเรียที่อยู่ในระบบกรองชีวภาพ ได้แก่ แบคทีเรียที่อยู่ในกลุ่มแอมโมเนียมออกซิไดซิงแบคทีเรีย (Ammonium oxidizing bacteria) เช่น Nitrosomonas, Nitrosolobus และ Nitrosospira จะเปลี่ยนแอมโมเนียให้เป็นไนไตรท์ จากนั้น แบคทีเรียกลุ่มไนไตรท์ออกซิไดซิงแบคทีเรีย (Nitrite oxidizing bacteria) เช่น Nitrobacter, Nitrospina และ Nitrococcus จะเปลี่ยนไนไตรท์ให้เป็นไนเตรท โดยประสิทธิภาพของระบบกรองชีวภาพจะขึ้นอยู่กับอุณหภูมิ และพีเอช (pH) ซึ่งเป็นค่ากรด-เบสของน้ำในระบบ

พงษ์ศักดิ์ มาใจ (2560). กล่าวว่า การเลี้ยงหอยขมในวงบ่อซีเมนต์เหมาสมกว่าการเลี้ยงในบ่อดินเพราะหอยขมจะอยู่นิ่งกว่าไม่เดินไปมา โอกาสติดเชื้อยากว่าเพราะสามารถทำความสะอาดบ่อได้ง่ายทำให้หอยขมโตเร็วกว่าและอัตราการรอดสูงกว่าบ่อดิน แม้บ่อดินความเป็นธรรมชาติมากกว่าก็ตาม การเปลี่ยนน้ำในบ่อหอยขมต้องเป็นน้ำสะอาด ไม่ควรใช้น้ำประปาโดยตรงเพราะมีคลอรีนเจือปนอยู่ ต้องพักน้ำไว้ให้คลอรีนหมดก่อน รวมถึงอย่าให้หอยขมโดนเกลืออาจทำให้หอยตายได้ และควรปล่อยปลาหางนกยูงลงไปในบ่อหอยขมด้วย เพื่อช่วยกินลูกน้ำที่จะมารบกวนหอยขมอาจทำให้เป็นโรคได้ การสังเกตุอาการของหอยขมที่เป็นโรคที่สาเหตุเกิดจากน้ำเสีย จะมีลักษณะไม่ค่อยเดิน ไม่กินอาหารและมักจะนอนหงายเปิดฝาหน้าและตายในที่สุด

เอกสารอ้างอิงของโครงการวิจัย

กาญจนรี พงษ์ฉวี. 2560 .ระบบกรองชีวภาพสำหรับการเลี้ยงสัตว์น้ำในระบบน้ำหมุนเวียน : กองวิจัยและพัฒนาการเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำจืด กรมประมง, กรุงเทพฯ.

บังอร เมฆะ .2551 .การเลี้ยงหอยขม .แม่โจ้ปริทัศน์ ปีที่ 9 ฉบับที่ 5 กันยายนตุลาคม-, มหาวิทยาลัยแม่โจ้.

ศูนย์รวมความรู้การเกษตร .2560 .วิธีเลี้ยงกุ้งฝอยรวมกับหอยขม :เข้าถึงโดย . http//:phetchaburi.cdd.go.th/servicesเลี้ยงหอยขม-ปราชญ์ชุมชน/

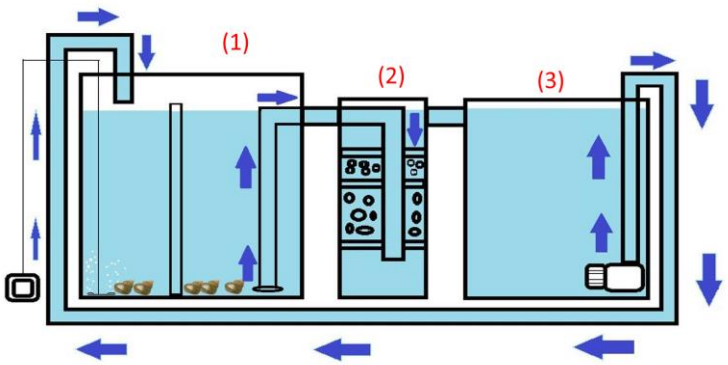
รัชนี วุฒิพฤกษ์ .2561 .อิทธิพลของระดับน้ำต่อการเจริญเติบโตของหอยขมสถาบันวิจัย . ปทุมธานี ,วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีแห่งประเทศไทย

พงษ์ศักดิ์ มาใจ 2560 .เลี้ยงหอยขมในวงบ่อซิเมนต์ .สัตว์น้ำทำเงิน ,สำนักพิมพ์นาคา . สมุทรสาคร

1.3 กรอบแนวคิดของโครงการวิจัย

- ภาพรวมของระบบเกษตรอัจฉริยะสำหรับการเลี้ยงหอยขมแบบผสมผสานการเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำเศรษฐกิจ

โครงการวิจัยนี้ออกแบบและพัฒนาระบบเกษตรอัจฉริยะสำหรับการเลี้ยงหอยขมเพื่อศึกษาและวิเคราะห์ผลกระทบต่อการเพาะเลี้ยงหอยขม เพิ่มอัตราการตายของหอยขม เพื่อสร้างรายได้เสริมให้กับชุมชน มีลักษณะการทำงานของระบบดังรูปภาพที่ 1.6



ภาพที่ 1.6 ภาพรวมการออกแบบระบบเพาะเลี้ยงหอยขมผสมผสานการเพาะเลี้ยงสัตว์เศรษฐกิจ

แนวคิดของระบบที่ผู้วิจัยนำเสนอจะแบ่งออกเป็น 3 ส่วน ดังนี้

1) บ่อเลี้ยงหอยร่วมกับสัตว์อื่นๆ เป็นส่วนที่ใช้ในการเพาะเลี้ยงหอยร่วมกับสัตว์อื่นๆ เช่น ปลาหางนกยูง กุ้งฝอย ปลาสลิด เป็นต้น โดยบ่อซีเมนย์จะถูกออกแบบให้มีการเติมน้ำจากด้านบนและมีระบบถ่ายน้ำล้นออก โดยการถ่ายน้ำล้นจะถ่ายออกจากท้องบ่อโดยใช้หลักการของแรงดันน้ำเพื่อดูดเอาสิ่งปฏิกูลอันเป็นสาเหตุของน้ำเน่าเสียออกจากบ่อเข้าสู่ส่วนที่ 2 คือ บ่อบำบัดน้ำ
2) บ่อบำบัด เป็นส่วนที่ใช้ในการบำบัดน้ำให้สะอาดโดยระบบกรองชีวภาพด้วยจุลินทรีย์ ผ่านชั้นของไบโอบอลและวัสดุที่แบคทีเรียเกาะติดได้ เช่น หินภูเขาไฟ เปลือกหอย เป็นต้น วิธีนี้จะทำให้กำจัดไนโตรเจนออกมาซึ่งมีทั้งแอมโมเนียและแอมโมเนียม ที่เกิดจากปฏิกูลจากสัตว์ในบ่อเพาะเลี้ยง
3) บ่อพักน้ำ เป็นบ่อที่ใช้พักน้ำเพื่อปรับสภาพก่อนลำเลียงน้ำกลับไปยังบ่อเพาะเลี้ยง เป็นระบบน้ำวน ช่วยให้ประหยัดน้ำและคงรักษาคุณภาพน้ำไว้ได้เป็นอย่างดี

ระบบติดตามคุณภาพน้ำแบบเรียลทาม

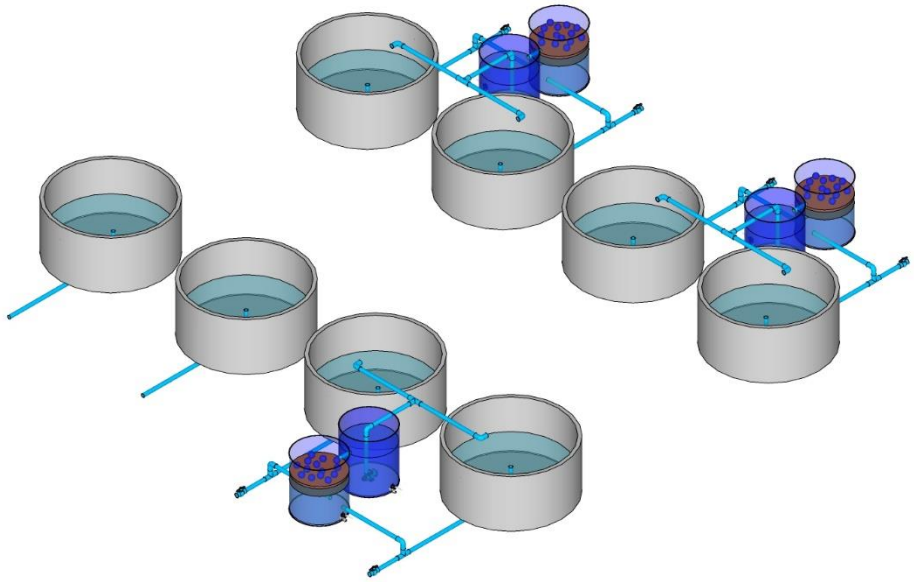
จากระบบแนวโครงสร้างที่ได้ทำการออกแบบผู้วิจัยมีแนวคิดติดตั้งระบบติดตามคุณภาพน้ำ ซึ่งจะรายงานผลแบบเรียลทาม ณ บ่อพักน้ำ เพื่อเผ้าระวังและรายงานผลคุณภาพน้ำให้เกษตรกรได้ทราบและจะได้รีบแก้ปัญหาให้ทันเวลาก่อนเกิดปัญหาน้ำเสียผ่านระบบอินเทอร์เน็ตไปยังโปรแกรม LINE อีกทั้งจะรายงานสถานะการทำงานของระบบควบคุมน้ำวนเพื่อตรวจสอบการทำงานของระบบอีกด้วย

ระบบพลังงานทดแทน

พลังงานไฟฟ้าที่ใช้ในระบบจะจ่ายให้กับชุดปั๊มน้ำโดยจะทำงานวันละ 1 ครั้ง ระยะเวลาประมาณ 30-60 นาที และชุดปั๊มออกซิเจนตลอด 24 ชมซึ่ง .เป็นอุปกรณใช้พลังงานต่ำ ดังนั้นผู้วิจัยจึงมีแนวคิดใช้พลังงานโซล่าเซลล์ในการจ่ายพลังงานไฟฟ้าเข้าสู่ระบบเพื่อเป็นการประหยัดพลังงานไฟฟ้าในครัวเรือนและสามารถใช้ได้ในระยะเวลานาน

- การออกแบบระบบบ่อเลี้ยงหอยขม

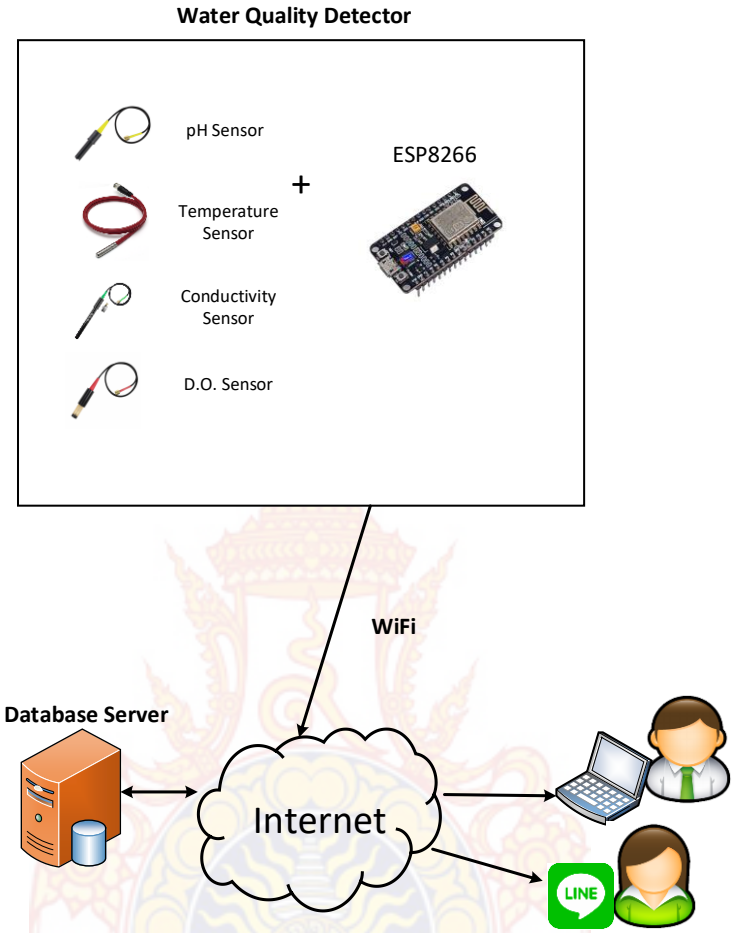
ผู้วิจัยได้ออกแบบติดตั้งระบบบำบัดน้ำเพื่อช่วยในการลดการเน่าเสียของบ่อหอยขมที่เป็นสาเหตุทำให้หอยขมมีอัตราการรอดตายต่ำ โดยกำหนดมีแนวคิดลักษณะการทำงานดังนี้



ภาพที่ 1.7 การออกแบบระบบบ่อเพาะเลี้ยงหอยขมผสมผสานการเพาะเลี้ยงสัตว์เศรษฐกิจ

การออกแบบและติดตั้งบ่อเพาะเลี้ยงหอยขม แบ่งการเพาะเลี้ยงเป็น 2 ส่วน ประกอบด้วย การเลี้ยงหอยขมแบบธรรมชาติ โดยไม่มีระบบการบำบัดน้ำ และการเลี้ยงหอยขม โดยมีระบบการบำบัดน้ำแบบอัตโนมัติ ซึ่งการออกแบบการทดสอบระบบในส่วนของการเลี้ยงหอยขมที่มีระบบติดตามและควบคุมการบำบัดน้ำเพื่อให้เหมาะสมกับการเลี้ยงหอยขมและสัตว์น้ำเศรษฐกิจ ประกอบด้วย 3 บ่อ ได้แก่ บ่อเลี้ยงหอยขมร่วมกับปลา บ่อเลี้ยงหอยขมร่วมกับกุ้งฝอย และบ่อเลี้ยงหอยขมประเภทเดียวเพื่อใช้ในการเปรียบเทียบกับการเลี้ยงแบบธรรมชาติ โดยการออกแบบและติดตั้งสภาพแวดล้อมให้กับหอยขม ทางทีมวิจัยใช้บ่อซีเมนต์เส้นผ่าศูนย์กลาง 1 เมตร ใช้น้ำในการเลี้ยงที่เหมือนกัน มีค่าความเป็นกรดด่าง (pH) 6.5-7.0 ที่เป็นค่าที่เหมาะสมในการเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำ โดยน้ำที่นำมาใช้จะถูกพักในบ่อพักก่อนเป็นเวลา 1 สัปดาห์เพื่อลดค่าคลอรีน ก่อนนำน้ำมาใช้เพาะเลี้ยงหอยขมจำเป็นที่จะต้องปรับค่าความเป็นกรดด่างให้เหมาะสม โดยในการปรับสภาพน้ำจะใช้ต้นกล้วย (หยวกกล้วย) สับมาใส่เต็มบ่อเลี้ยง ทิ้งไว้ประมาณ 1-2 สัปดาห์เพื่อให้น้ำมีสภาพเหมาะสมต่อการเพาะเลี้ยงมากที่สุด ภายในบ่อมีการใส่วัสดุปูรองบริเวณบ่อ เพื่อรักษาสภาพหอยขมให้เหมือน

ธรรมชาติมากที่สุด เช่น ก้อนหิน กระถางดินเผา โคลน ทราย และมีการนำต้นไม้มาเพิ่มเติมเพื่อเพิ่มแหล่งอาหารและรักษาสมดุลน้ำ เช่น ใบทางปาล์ม จอกแหน สาหร่ายหางกระรอก เป็นต้น



ภาพที่ 1.8 การออกแบบระบบสำหรับบ่อหอยขม

ชุดอุปกรณ์ติดตามคุณภาพน้ำและบำบัดน้ำอัตโนมัติให้เหมาะสมสำหรับการเลี้ยงหอมขมและสัตว์น้ำเศรษฐกิจที่ทีมผู้วิจัยได้ออกแบบมีแนวคิดที่จะออกแบบให้มีลักษณะเป็นชุดควบคุมที่ประกอบด้วย เซนเซอร์ 4 ประเภทที่เป็นตัวแปรสำคัญต่อการดำรงชีวิตของสัตว์น้ำ ได้แก่

- เซนเซอร์วัดค่าเป็นกรดด่าง ใช้สำหรับวัดค่าการผันแปรของน้ำ เนื่องจากน้ำในแต่ละที่ที่นำมาใช้ในการเพาะเลี้ยงหอยขมอาจจะมีค่าเป็นกรดหรือด่างไม่แน่นอน แต่น้ำที่เหมาะสมกับการเลี้ยงหอยขมนั้นจะมีค่าความเป็นกรดด่างประมาณ 6.5 – 7.0 หากค่าความเป็นกรดด่างสูงหรือต่ำกว่ามากจนเกินไปและมีการเปลี่ยนแปลงนานกว่า 3 – 5 วัน หอยขมจะไม่กินอาหารและทยอยตายในที่สุด ดังนั้นหากสามารถติดตามค่าความเป็นกรดด่างจะช่วยลดอัตราการตายของหอยขมได้

- เซนเซอร์วัดค่าความนำไปฟ้า ใช้สำหรับวัดสารแขวนลอยที่เกิดขึ้นในน้ำ การเลี้ยงสัตว์น้ำและพืช มักจะเกิดสารอินทรีย์จากสิ่งปฏิกูลขึ้น ทำให้น้ำที่ใช้เพาะเลี้ยงหอยเกิดความเป็นกรดสูง วิธีการแก้ไขคือการใช้รูปแบบการกรองเพื่อบำบัดน้ำ หากน้ำที่วัดได้ไม่มีค่าเปลี่ยนแปลงหลังจากกรองแล้ว จำเป็นที่จะต้องทำความสะอาดบ่อและเปลี่ยนน้ำใหม่ ซึ่งโดยปกติเกษตรกรเพาะเลี้ยงหอยขม ไม่สามารถติดตามคุณภาพน้ำแบบเรียลไทม์ได้ทำให้อัตราการรอดของหอยขมต่ำ

- เซนเซอร์วัดค่าออกซิเจนในน้ำ ใช้สำหรับวัดออกซิเจนที่ละลายในน้ำของบ่อหอยขม ไม่ว่าจะเป็นพืช สัตว์และสิ่งมีชีวิตต้องการออกซิเจนเพื่อใช้ในการดำรงชีวิตทั้งสิ้น แต่เมื่อสภาพน้ำเปลี่ยนไป อัตราการขยายพันธุ์ของหอยขมและสัตว์น้ำเศรษฐกิจสูงขึ้นมีผลทำให้ออกซิเจนต่ำลงเกิดอัตราการตายเนื่องจากขาดออกซิเจนสูงขึ้น

- เซนเซอร์อุณหภูมิ ใช้สำหรับติดตามค่าอุณหภูมิที่เหมาะสมในน้ำและใช้ในการสอบเทียบสำหรับเซนเซอร์ทุกประเภทเพื่อให้ได้ค่าแม่นยำมากที่สุด

ชุดอุปกรณ์ติดตามคุณภาพน้ำและบำบัดน้ำอัตโนมัติให้เหมาะสมสำหรับการเลี้ยงหอมขมและสัตว์น้ำเศรษฐกิจใช้พลังงานโซล่าเซลล์ในการจ่ายพลังงานให้ระบบ และใช้การเชื่อมต่อข้อมูลผ่าน WiFi เพื่อส่งข้อมูลจากระบบกลับมายังเครื่องเซิร์ฟเวอร์ โดยผู้ใช้งานสามารถเข้าถึงข้อมูลได้ 2 ส่วน ได้แก่แอพพลิเคชันไลน์ (Line Notify) และ เว็ปแอพพลิเคชันผ่านเครือข่ายอินเตอร์เนต

1.4 วัตถุประสงค์ของงานวิจัย

1) เพื่อนำเทคโนโลยีสมัยใหม่เข้ามาช่วยในการทำฟาร์มหอยขมผสมผสานกับการเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำเศรษฐกิจ

2) เพื่อเพิ่มอัตราการรอดและเพิ่มผลผลิตในการเพาะเลี้ยงหอยขม

3) เพื่อสร้างองค์ความรู้การเพาะเลี้ยงหอยขมผสมผสานกับการเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำเศรษฐกิจและเผยแพร่ให้แก่ชุมชนหรือผู้ที่สนใจ

1.5 ขอบเขตของการวิจัย

1) ออกแบบและพัฒนาฟาร์มหอยขมผสมผสานกับการเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำเศรษฐกิจด้วยเทคโนโลยีการควบคุมคุณภาพน้ำและการไหลเวียนระบบน้ำ

2) เพาะเลี้ยงหอยขมโดยวิธีปกติเช่นเดียวกับเกษตรกรผู้เพาะเลี้ยงหอยขมและนำผลลัพธ์มาเปรียบเทียบกับระบบฟาร์มหอยขมผสมผสานกับการเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำเศรษฐกิจ เพื่อสรุปผล

1.6 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

1) ได้องค์ความรู้ในการเพาะเลี้ยงหอยขมผสมผสานกับการเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำเศรษฐกิจ

2) ชุมชนเกษตรกรผู้ที่สนใจเพาะเลี้ยงหอยขมผสมผสานกับการเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำเศรษฐกิจสามารถนำองค์ความรู้ไปประยุกต์ใช้ในการประกอบอาชีพได้

3) ผลงานวิชาการในรายงานสืบเนื่องจากการประชุมวิชาการหรือวารสารระดับชาติ อย่างน้อย 1 เรื่อง

บทที่ 2
วิธีการดำเนินงานวิจัย

ส่วนนี้เป็นการอธิบายวิธีการดำเนินงานวิจัยของโครงการ โดยกำหนดวิธีการดำเนินงานวิจัยหลัก 5 ขั้นตอน ดังนี้

1. ศึกษาข้อมูลเพื่อนำไปใช้พัฒนาระบบ
2. วิเคราะห์ข้อมูล ออกแบบและพัฒนาระบบ
3. ทดสอบและติดตั้งระบบ
4. วิเคราะห์และประเมินผล
5. สรุปผลการวิจัย

2.1 ศึกษาข้อมูลเพื่อนำไปใช้พัฒนาระบบ

ในส่วนนี้จะเป็นการอธิบายเกี่ยวกับข้อมูลที่คณะผู้วิจัยศึกษาเพื่อทำให้โครงการสามารถสำเร็จลุล่วงได้ โดยการศึกษาจะต้องศึกษาทั้งในด้านของกลุ่มเป้าหมายผู้ใช้เทคโนโลยี สำรวจพื้นที่ในการติดตั้งระบบรวมถึงการเก็บข้อมูลเพื่อนำมาใช้ประกอบในการวิเคราะห์และออกแบบแอพพลิเคชันให้แก่ผู้ใช้งาน นั่นคือ ผู้ประกอบอาชีพเพาะเลี้ยงหอยขม โดยลงพื้นที่เก็บข้อมูลจากผู้ประกอบอาชีพเพาะเลี้ยงหอยขมโดยตรง ในประเด็นดังนี้

- รูปแบบแนวทางการเลี้ยง
- วงจรชีวิตของหอยขม
- อาหารและช่วงระยะเวลาในการให้อาหาร
- ระบบนิเวศน์และปัจจัยสำคัญในการดำรงชีวิตของหอยขม
- การนำเทคโนโลยีสมาร์ทฟาร์มเข้ามาใช้ในการเพาะเลี้ยงหอยขม

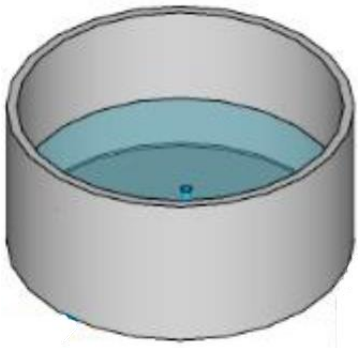
2.2 วิเคราะห์ข้อมูล ออกแบบและพัฒนาระบบ

หลังจากการสำรวจและเก็บข้อมูลในการเพาะเลี้ยงหอยขม ผู้วิจัยได้วิเคราะห์ ออกแบบและพัฒนาระบบการเลี้ยงหอยขมโดยใช้ทคโนโลยีสมาร์ทฟาร์มเข้ามาช่วยในการเพาะเลี้ยง ซึ่งวิธีการที่ใช้ในการเพาะเลี้ยง คือ การเพาะเลี้ยงด้วยบ่อซีเมนต์ โดยแบ่งออกเป็น 4 รูปแบบ รูปแบบละ 2 บ่อ ดังนี้

- เลี้ยงตามแบบปกตินิยมของชุมชน
- เลี้ยงสัตว์น้ำเศรษฐกิจอื่นๆ อย่างเดียวในบ่อซีเมน
- เลี้ยงหอยขมร่วมกับสัตว์น้ำอื่น โดยใช้ระบบสมาร์ทฟาม

- เลี้ยงหอยขมอย่างเดียวโดยใช้ระบบสมาร์ทฟาม

ในการเพาะเลี้ยงในแต่ละบ่อจะใช้บ่อขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 1 เมตร สูง 0.5 เมตร มีสะดือปล่อยน้ำออกยรีเวณตรงกลางของบ่อ ดังภาพที่ 2.1



ภาพที่ 2.1 บ่อซีเมนต์เพาะเลี้ยงหอยขม

ในแต่ละบ่อจะทำการปล่อยพ่อแม่พันธุ์ 100 ตัว และควบคุมการให้อาหารให้เหมือนกันแต่สิ่งที่แตกต่างกัน คือ ลักษณะรูปแบบในการเพาะเลี้ยงแบ่งออกเป็น 4 แบบ ดังที่กล่าวไว้ข้างต้น

สำหรับบ่อที่ใช้ระบบสมาร์ทฟาร์ม จะติดตั้งเซนเซอร์ตรวจวัดคุณภาพน้ำ ประกอบไปด้วย เซนเซอร์วัดความเป็นกรด-เบส (pH) เซนเซอร์วัดความนำไฟฟ้า (EC) เซนเซอร์วัดอุณหภูมิและเซนเซอร์วัดออกซิเจนในน้ำ (D.O.) พร้อมระบบกรองใช้การกรองแบบชีวภาพ นั่นคือ หลักการกรองโดยการเลี้ยงจุลินทรีย์ด้วยวัสดุต่างๆ เช่น ตาข่าย โอริง และไบโอบอล เป็นต้น

2.3 ทดสอบและติดตั้งระบบ

ในส่วนนี้จะเป็นการออกแบบการทดสอบระบบ ประกอบด้วย ชุดควบคุมการทำงาน นั่นคือ ชุดอุปกรณ์ควบคุมการวัดคุณภาพน้ำ การควบคุมปั๊มน้ำในการไหลผ่านระบบกรองและการเติมออกซิเจน ชุดส่งข้อมูลผ่านเครือข่ายอินเทอร์เน็ตเพื่อรายงานผลคุณภาพน้ำ โดยชุดควบคุมพร้อมเซนเซอร์ต่างๆ จะติดตั้งเฉพาะบ่อที่ใช้ระบบสมาร์ทฟาร์มเท่านั้น เพื่อทดสอบเปรียบเทียบความแตกต่างระหว่างการเพาะเลี้ยงโดยวิธิการแบบดั้งเดิมและการใช้ระบบสมาร์ทฟาร์ม

2.4 วิเคราะห์และประเมินผล

ในการเพาะเลี้ยงทั้ง 4 รูปแบบ รูปแบบละ 2 บ่อ ผู้วิจัยได้ทดสอบวิเคราะห์ในประเด็นวิจัยต่างๆ ประกอบไปด้วยแนวทางดังนี้

- อัตราการรอดและขยายพันธุ์

ในประเด็นวิจัยนี้ผู้วิจัยต้องการทราบถึงอัตราการขยายพันธุ์ จำนวนลูปหอยที่เกิดขึ้นหลังการปล่อยพ่อแม่พันธุ์ จากนั้นนำมาเปรียบเทียบในแต่ละประเภทรูปแบบการเลี้ยง

- ขนาดของตัวหอยขมและสัตว์น้ำอื่นๆ เพื่อประเมินการเจริญเติบโต

ในประด็นวิจัยนี้ผู้วิจัยต้องการทราบอัตราการเจริญเติบโตของหอยขม เพื่อนำมาสรุปและเปรียบเทียบปัจจัยการเลี้ยงที่แตกต่างกัน ส่งผลต่อการเพาะเลี้ยงหอยขมอย่างไร

- ทดสอบรสชาติของหอยและสัตว์น้ำอื่นๆ เพื่อหาความแตกต่าง

ในประเด็นวิจัยนี้ผู้วิจัยได้ใช้วิธีการเพาะเลี้ยงหอยในบ่อซีเมนต์แบบไม่ใส่ดิน เพราะจากการลงพื้นที่เก็นข้อมูลจากผู้เพาะเลี้ยงหอยขม พบว่า การเพาะเลี้ยงแบบไม่ใส่ดิน รสชาติของหอยจะดีกว่าและไม่มีกลิ่นที่รุนแรง ทานง่ายสำหรับคนที่ไม่ชอบกลิ่นเฉพาะของหอยขม

2.5 สรุปผลการวิจัย

นำผลลัพท์ที่ได้จากข้อที่ 2.4 มาวิเคราะห์และเปรียบเทียบผลการทดลองพร้อมกับสรุปผล เพื่อทราบถึงผลลัพธ์ในการทดลองและสรุปแนวทางในการเพาะเลี้ยงที่ดีที่สุด สรุปถึงข้อดีข้อเสียในการเพาะเลี้ยงแต่ละรูปแบบพร้อมเสนอแนะแนวทางการเพาะเลี้ยงที่เหมาะสม

บทที่ 3
ผลการวิจัยและอภิปรายผล

ในบทนี้จะประกอบไปด้วยผลการดำเนินงานวิจัยทั้งหมดที่ได้ดำเนินการตลอดการทำงานวิจัยของทีมวิจัยซึ่งจะสรุปการทำงานพร้อมทั้งอภิปรายผลของงานวิจัยมีรายละเอียดดังนี้

3.1 ศึกษาเก็บข้อมูลและสำรวจพื้นที่

ทีมผู้วิจัยได้ลงพื้นที่เพื่อศึกษาการเพาะเลี้ยงหอยขมจากฟาร์มเพาะเลี้ยงหอยขมในจังหวัดตรังและเข้าสัมภาษณ์นายอนันต์ ไกรเทพ ผู้ใหญ่บ้าน หมู่ที่ 1 ตำบลบางรัก อำเภอเมือง จังหวัดตรัง ซึ่งเป็นผู้นำการเพาะเลี้ยงหอยขมและปลานิลในกระชัง

ภาพที่ 3.1 ลงพื้นที่ศึกษาการเพาะเลี้ยงหอยขมจากเกษตรกร

จากการลงพื้นที่สัมภาษณ์ผู้ใหญ่บ้าน พบว่าปัจจัยในการเลี้ยงหอยขมให้ขยายพันธุ์รวดเร็วและโตไว คือ ความสะอาดของน้ำที่ใช้ในการเลี้ยง โดยน้ำที่นำมาเลี้ยงควรเป็นน้ำที่มีการไหลผ่านตลอดเวลาเพื่อช่วยเติมออกซิเจนในน้ำที่จะมีผลต่อปัจจัยการเจริญเติบโตของหอยขม ปัญหาที่พบใน

การเลี้ยงในบ่อคือเมื่อสภาพอากาศไม่ดี ฝนตกหนัก ตะกอนดินในแหล่งน้ำเปลี่ยนแปลง ทำให้หอยขมทยอยตายเนื่องจากน้ำไม่นิ่งและสภาพน้ำเปลี่ยนแปลงแบบเฉียบพลัน ปัจจัยต่อมาคืออุณหภูมิในน้ำ ผู้ใหญ่บ้านได้กล่าวว่า พฤติกรรมของหอยขมเมื่อน้ำบนผิวน้ำร้อนจะลงไปใต้น้ำเพราะหอยขมไม่ชอบน้ำที่มีอุณหภูมิสูง แต่หากมีการไหลของน้ำอย่างสม่ำเสมอจะช่วยให้อุณหภูมิน้ำไม่เปลี่ยนแปลงมาก เพราะการที่น้ำมีอุณหภูมิเปลี่ยนแปลงจะส่งผลให้หอยขมไม่กินอาหาร มีอัตราการตายสูงขึ้น ซึ่งหากเลี้ยงในบ่อซีเมนต์จะสามารถควบคุมปัจจัยต่างๆได้ เมื่อสอบถามความคิดเห็นเกี่ยวกับการบริโภคหอยขมผู้ใหญ่บ้านได้กล่าวว่า หอยขม เป็นสัตว์ที่คนตรังนิยมนำมารับประทานทำให้การเพาะขายสามารถสร้างรายได้ให้กับชุมชนได้ แต่โดยส่วนใหญ่หอยขมที่ได้จะมีฤดูในการจับเพื่อจำหน่ายไม่มีตลอดทั้งปี ทางชุมชนบางรักได้มีการเพาะเลี้ยงเพื่อขายเป็นพ่อแม่พันธุ์และขายสำหรับผู้บริโภค กิโลกรัมละ 40 บาท แต่หากเป็นช่วงหน้าแล้งจะมีราคากิโลกรัมละ 80 บาท ซึ่งสามารถสร้างรายได้ให้กับชุมชนตลอดทั้งปี

เมื่อทีมวิจัยได้เข้าพบผู้ใหญ่บ้าน ตำบลบางรัก อำเภอเมือง จังหวัดตรังแล้ว ได้ประชุมหารือแนวทางการเพาะเลี้ยงหอยขมและศึกษาข้อมูลเพิ่มเติม โดยลงพื้นที่เพื่อเข้าพบครูประพันธ์ คงยอด ครูกศน.ที่ประสบความสำเร็จในการเลี้ยงหอยขมในบ่อซีเมนต์ ที่ตำบลห้วยยอด อำเภอห้วยยอด จังหวัดตรัง จากการสัมภาษณ์พบว่าปัจจุบันครูได้เลิกการเพาะเลี้ยงหอยขมแล้ว เนื่องจากหอยขมเจริญเติบโตไว มีการควบคุมปัจจัยการเพาะเลี้ยงหลายอย่าง ซึ่งครูทำการเพาะเลี้ยงและส่งขายเพียงคนเดียวจึงไม่สามารถทำต่อได้ ทางทีมวิจัยจึงขอเข้าพบและสัมภาษณ์กระบวนการเลี้ยงในบ่อหอย รวมถึงเก็บข้อมูลการออกแบบสภาพแวดล้อมที่เหมาะสมกำหรับการเลี้ยงหอยขม สรุปข้อมูลได้ ดังนี้

- การขยายพันธุ์ของหอยขม สำหรับคนที่เริ่มต้นเพาะเลี้ยงให้จัดหาพ่อ-แม่พันธุ์ ที่มีขนาดใหญ่ เพราะขนาดของพ่อ-แม่พันธุ์มีผลต่อการออกลูกและขนาดของลูกหอย ถ้าต้องการให้ได้ลูกหอยตัวโตจะต้องเลือกพ่อ-แม่พันธุ์ขนาดใหญ่ด้วย โดยจะมีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางประมาณ 2 เซนติเมตรขึ้นไป และถ้าใช้พ่อ-แม่พันธุ์ขนาดใหญ่จะขยายพันธุ์ได้รวดเร็วกว่าขนาดเล็กเนื่องจากโตเต็มวัยแล้ว

- จำนวนของหอย ครูประพันธ์กล่าวว่า ถ้าใช้พ่อ-แม่พันธุ์ขนาดใหญ่ และมีสภาพน้ำที่เหมาะสม หอยจะขยายพันธุ์ได้รวดเร็ว เพราะหอยเป็นสัตว์ 2 เพศ สามารถผสมพันธุ์ตนเองหรือผสมพันธุ์กับตัวอื่นก็ได้ ถ้าเราใส่หอยพ่อ-แม่พันธุ์ประมาณ 100 ตัวหรือประมาณ 1 กิโลกรัมต่อบ่อจะสามารถออกลูกได้ครั้งละประมาณ 40 – 50 ตัวต่อรอบ หากเลี้ยงหลายบ่อสามารถเก็บผลผลิตได้ทั้งปี

- สภาพน้ำที่เหมาะสม จากการศึกษาและร่วมแลกเปลี่ยนแนวคิดเกี่ยวกับการเลี้ยงหอยขมในบ่อซีเมนต์ ได้ข้อสรุปร่วมกัน ดังนี้

1. ปัจจัยที่มีผลต่อการตายของหอย หากหอยได้อยู่ในสภาพน้ำนิ่งหอยจะมีอัตราการตายน้อย ดังนั้นการออกแบบการหมุนเวียนและการเติมน้ำในบ่อ ไม่ควรให้น้ำกระทบตัวหอยโดยตรง เพราะหอยจะเหนื่อยและทำให้หอยตายได้

2. การเตรียมน้ำให้เหมาะสมกับการเลี้ยงหอยขม ครูประพันธ์กล่าวว่า น้ำที่ใช้ควรเป็นน้ำสะอาดจากธรรมชาติ เช่น น้ำบาดาล อาจจะนำใช้ได้เลยหรือแนะนำให้พักทิ้งไว้ก่อนประมาณ 1- 2 วัน แต่ถ้าจัดเตรียมน้ำบาดาลไม่ได้ให้ใช้น้ำประปา แต่ต้องพักทิ้งไว้ประมาณ 1 สัปดาห์เพื่อให้คลอรีนที่อยู่ในน้ำเจือปนน้อยที่สุด เนื่องจากหอยขมและสัตว์น้ำค่อนข้างตายง่าย หากสภาพน้ำไม่เหมาะสม ข้อเสียของการใช้น้ำบาดาล คือ การปนเปื้อนของหนอน หรือโรคที่มาจากน้ำ ดังนั้นครูจึงแนะนำว่าถ้าไม่มั่นใจในแหล่งน้ำให้ใช้น้ำประปาจะดีที่สุด

3. การบำบัดน้ำ ครูประพันได้ให้ข้อมูลเกี่ยวกับเรื่องนี้ว่า ระบบที่ครูเพาะเลี้ยงหอยขมไม่มีระบบการบำบัดน้ำและไม่มีการตรวจวัดค่าน้ำทำให้ในบางครั้งเมื่อขาดการดูแลอย่างใกล้ชิด หอยก็เกิดการตาย เมื่อมีหอยตายถ้าเราไปตักหอยออกจากบ่อน้ำจะเน่าเสียและหอยจะตายทั้งบ่อ ดังนั้นถ้ามีระบบบำบัดน้ำหรือระบบถ่ายน้ำเองแบบอัตโนมัติจะช่วยอำนวนความสะดวกแก่ผู้เลี้ยงหอยขมได้มาก

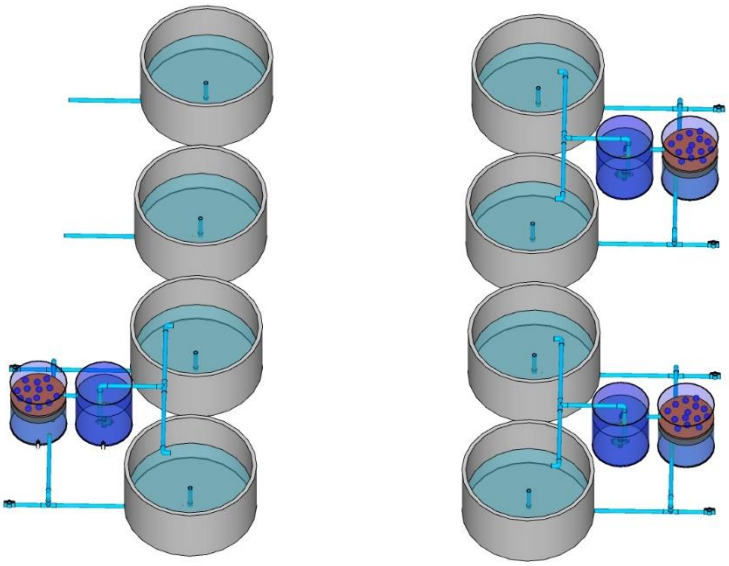
4. การเตรียมบ่อและวัสดุที่จำเป็นต้องใส่ในบ่อ ในส่วนนี้ครูได้เล่าประสบการณ์การเตรียมบ่อว่า ขั้นตอนแรกเมื่อเราได้น้ำที่พักไว้เรียบร้อยแล้ว น้ำส่วนใหญ่ยังใช้งานไม่ได้ทันที ให้นำหยวกกล้วย สับ มูลสัตว์ ดินมาใส่เพื่อกำจัดกลิ่นและคราบซีเมนต์ออก เพราะถ้ามีคราบซีเมนต์หอยจะรู้สึกไม่ได้อยู่ในธรรมชาติ หลังจากนั้นให้ขังน้ำไว้ประมาณ 1 สัปดาห์หรือมากกว่านั้น ให้สังเกตุว่ามีตะไคร่น้ำเกาะบริเวณรอบบ่อซีเมนต์ให้ถือว่าน้ำในบ่อสามารถนำมาเลี้ยงหอยขมได้ หลังจากนั้นนำหอยขมที่มีอายุประมาณ 3 เดือนขึ้นไปมาใส่อัตรา 1 กิโลกรัมต่อบ่อและควรเลี้ยงปลาหางนกยูงเพื่อช่วยกินลูกน้ำและกำจัดหอยที่ตาย แต่ไม่ควรใส่ปลาเยอะจนเกินไปเพราะจะทำให้น้ำเน่าเสียเร็ว ในบ่อควรใส่พืชเพื่อให้หอยมีที่ยึดเกาะเช่น ทางปาล์ม ทางมะพร้าว ผักตบชวา สาหร่ายหางกระรอก เป็นต้น เพราะน้อกจากเป็นที่ยึดเกาะให้หอย กรณีลืมให้อาหารหอยขมสามารถกินพืชเหล่านั้นเป็นอาหารได้

5. อาหารที่ใช้เลี้ยง ใช้อาหารปลาดุกป่นผสมกับข้างเหนียวปั้นเป็นลูกทรงกลมขนาดเท่ากับเหรียญ 10 บาทใส่ไปในบ่อตามปริมาณของหอยที่มีอยู่ ให้พิจารณาว่าอาหารที่ให้ไปหอยจะต้องกินหมด หากไม่หมดต้องตักออกเพื่อไม่ทำให้น้ำเน่าเสีย ปริมาณที่ใช้หอย 1 กิโลกรัม ใช้อาหารประมาณ 4 – 5 ลูก ให้สัปดาห์ละ 2 ครั้ง

6. ข้อควรระวังในการเลี้ยงหอยขม เนื่องจากการเลี้ยงใช้พื้นที่ปิดและไม่มีการเติมออกซิเจน ดังนั้นจะต้องมีการจำกัดปริมาณหอยและสัตว์น้ำประเภทอื่นให้อยู่ในปริมาณที่เหมาะสมไม่แออัดจนเกินไป โดยเมื่อหอยขมโตเต็มวัยให้เก็บเพื่อทำพ่อแม่พันธุ์หรือจัดจำหน่าย อย่างต่อมาเรื่องคุณภาพน้ำควรมีการตรวจสอบน้ำอย่างสม่ำเสมออย่างน้อยอาทิตย์ละ 1 ครั้งและเติมน้ำหมักชีวภาพเพื่อปรับสภาพน้ำ

3.2 วิเคราะห์และออกแบบ

จากการลงพื้นที่เพื่อศึกษาและสัมภาษณ์การเลี้ยงหอยขม ทีมวิจัยได้วิเคราะห์และออกแบบระบบการเลี้ยงหอยขม รวมถึงระบบติดตามคุณภาพน้ำและระบบการบำบัดน้ำเพื่อยืดอายุของหอยขมและสัตว์น้ำเศรษฐกิจ ดังนี้



ภาพที่ 3.2 วิเคราะห์และออกแบบบ่อสำหรับเลี้ยงหอยขมและสัตว์น้ำเศรษฐกิจ

ในการออกแบบการทดลองจะแบ่งการทดลองออกเป็น 4 รูปแบบ ประกอบด้วย

1. การเลี้ยงแบบปกตินิยมของชุมชน
2. การเลี้ยงสัตว์น้ำเศรษฐกิจอื่นๆอย่างเดียวในบ่อซีเมนต์
3. การเลี้ยงหอยขมร่วมกับสัตว์น้ำอื่นๆ โดยใช้ระบบสมาร์ทฟาร์ม
4. การเลี้ยงหอยขมอย่างเดียวโดยใช้ระบบสมาร์ทฟาร์ม

เมื่อออกแบบระบบการทดสอบแล้ว ทางทีมวิจัยจึงได้วิเคราะห์และออกแบบบ่อเลี้ยงหอย ดังนี้

- บ่อซีเมนต์คู่ที่ 1 จะใช้การเลี้ยงแบบปกตินิยม คือ เลี้ยงโดยใช้บ่อซีเมนต์ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 1 เมตร ใส่น้ำเว้นระยะขอบบ่อ 1 ฟุต ภายในบ่อใส่ดินและทางปาล์มเพื่อปรับสภาพน้ำ ในบ่อชุดนี้จะไม่มีระบบการบำบัดน้ำ จะใช้วิธีการเติมน้ำเมื่อน้ำลดลง ใส่หอยขมประมาณ 1 กิโลกรัมหรือประมาณ 100 ตัว และใส่ปลาหางนกยูง 2 คู่ เพื่อกำจัดลูกน้ำ

- บ่อซีเมนต์คู่ที่ 2 เลี้ยงสัตว์น้ำเศรษฐกิจอื่นๆ อย่างเดียวในบ่อซีเมนต์ คือ เลือกประเภทสัตว์น้ำที่สามารถเลี้ยงร่วมกับหอยขมได้ โดยการเลือกจะต้องเป็นสัตว์น้ำประเภทกินพืช หรือมีหากที่เล็กกว่าลูกหอยขม เพื่อไม่ให้สัตว์น้ำคิดว่าหอยขมเป็นอาหาร ในที่นี้ทีมผู้วิจัยเลือกเพาะเลี้ยง “กุ้งแคระ”

ภาพที่ 3.3 กุ้งแคระ
ที่มา : Colony Club (2565)

ทีมวิจัยเลือกเพาะเลี้ยงกุ้งแคระ ประเภทเชอรี่แดง (Red cherry) เนื่องจากเป็นกุ้งแคระสายตรงไม่มีการตัดต่อหรือผสมข้ามสายพันธุ์ทำให้กุ้งประเภทนี้มีความแข็งแรง ทนต่อสภาพน้ำ เลี้ยงง่าย ขยายพันธุ์รวดเร็ว ซึ่งกุ้งประเภทนี้นิยมเลี้ยงให้กลุ่มคนเลี้ยงสัตว์น้ำ กลุ่มคนรักไม้น้ำ เนื่องจากเป็นกุ้งที่มีสีสันสวยงามและมีขนาดเล็ก ราคาจำหน่ายในท้องตลาดราคาเริ่มต้น 20 บาทต่อตัวจนถึงระดับหลักพันขึ้นอยู่กับสายพันธุ์ ซึ่งกลุ่มเพาะเลี้ยงในประเทศไทยยังมีจำนวนไม่มากแต่มีความต้องการของตลาดสูง ดังนั้นกุ้งแคระจึงเป็นสัตว์น้ำเศรษฐกิจที่ทางทีมวิจัยเลือกเพาะเลี้ยง

การเตรียมบ่อและสภาพแวดล้อมให้เหมาะสมกับการเลี้ยงกุ้งแคระ มีปัจจัยดังนี้

1. การควบคุมอุณหภูมิให้เหมาะสม

อุณหภูมิที่เหมาะสมสำหรับการเลี้ยงกุ้งแคระคือ 25 – 28 องศาเซลเซียส หากอุณหภูมิสูงขึ้นกุ้งแคระจะมีอัตรการเจริญเติบโตได้รวดเร็วและสามารถสืบพันธุ์ได้เร็วขึ้นด้วย อุณหภูมิสูงสุดที่กุ้งแคระทนได้คือ 30 องศาเซลเซียส ถ้าอุณหภูมิต่ำกว่า 25 องศาเซลเซียสกุ้งจะไม่ผสมพันธุ์และเป็นโรคได้ง่าย

2. ค่าความเป็นกรดด่างที่เหมาะสม

ช่วงของค่าความเป็นกรดด่างที่เหมาะสมสำหรับการเลี้ยงกุ้งแคระ ประมาณ 6.2 – 7.3 ซึ่งเป็นช่วงที่ใกล้เคียงกับการเลี้ยงหอยขม และเป็นช่วงที่ช่วยให้อัตราการฟักไข่สูงขึ้น กุ้งแคระมีสุขภาพแข็งแรง แต่ถ้าค่าความเป็นกรดด่างสูงกว่า 7.5 ควรจะมีการปรับสภาพน้ำให้มีระดับต่ำลงหรือเปลี่ยนถ่ายน้ำให้คงช่วงความเป็นกรดด่างที่เหมาะสม

3. การเปลี่ยนถ่ายน้ำควรเปลี่ยนน้ำปริมาณร้อยละ 30 ของปริมาณน้ำในบ่อซีเมนต์ เพราะกุ้งแคระไวต่อคลอรีน โดยน้ำที่ใช้เปลี่ยนถ่ายต้องมีการพักน้ำอย่างน้อย 3 – 5 วัน

ทางทีมวิจัยออกแบบให้เลี้ยงกุ้งแคระในบ่อเพศผู้ 50 ตัวและเพศเมีย 50 ตัวรวมเป็น 100 ตัว โดยเพิ่มกระถางต้นไม้ดินเผา ขอนไม้ หินกรวดแม่น้ำคละขนาด เพื่อเป็นวัสดุรองบ่อ ในบ่อนี้จะไม่ใส่

ดิน เนื่องจากดินบางประเภทอาจจะมีเชื้อโรคที่ทำให้กุ้งตายได้ และใส่พืชน้ำเพิ่มเติม ตือ สาหร่ายหางกระรอกและจอกแหน เพื่อให้กุ้งขึ้นมาหายใจและเป็นอาหารฉุกเฉินให้กุ้งแคระ อาหารที่ใช้คือ อาหารกุ้งและอาหารปลาดุกเหมือนกับการเลี้ยงหอยขม

- บ่อซีเมนต์คู่ที่ 3 การเลี้ยงหอยขมร่วมกับสัตว์น้ำอื่นๆ โดยใช้ระบบสมาร์ทฟาร์ม คือ ระบบที่เลี้ยงหอยขมร่วมกับการเลี้ยงกุ้งแคระ โดยเลี้ยงหอยขม 100 ตัวหรือ 1 กิโลกรัม ร่วมกับกุ้งแคระเพศผู้ 20 ตัว และเพศเมีย 20 ตัวรวมเป็น 40 ตัว โดยในบ่อนี้จะไม่มีการใช้ดินเป็นวัสดุปูรอง แต่จะใช้กระถางดินเผา ขอนไม้ หินกรวดคละขนาด เพื่อเป็นวัสดุรองบ่อ และใส่พืชน้ำเพิ่มเติม คือ สาหร่ายหางกระรอกและจอกแหนเพื่อเพิ่มออกซิเจน และเป็นอาหารให้กับกุ้งแคระและหอยขม อาหารที่ใช้คืออาหารกุ้งและอาหารปลาดุกเหมือนกับการเลี้ยงหอยขม
- บ่อซีเมนต์คู่ที่ 4 การเลี้ยงหอยขมอย่างเดียวโดยใช้ระบบสมาร์ทฟาร์ม คือ ระบบที่เลี้ยงหอยขมอย่างเดียวโดยใช้ระบบการติดตามควบคุมและบำบัดน้ำ ระบบจะมีการเติมออกซิเจนจากการไหลของน้ำจากที่สูงทำให้น้ำในบ่อมีค่าออกซิเจนสูงเหมาะกับการดำรงชีวิตของสัตว์น้ำและระบบยังมีการส่งข้อมูลคุณภาพน้ำแบบเรียลไทม์ผ่านแอพพลิเคชันบนสมาร์ทโฟน

3.3 การออกแบบและติดตั้งบ่อซีเมนต์สำหรับเลี้ยงหอยขมและสัตว์น้ำเศรษฐกิจ

ทีมวิจัยได้ออกแบบลักษณะการติดตั้งบ่อซีเมนต์สำหรับเลี้ยงหอยขมและสัตว์น้ำเศรษฐกิจ โดยแบ่งเป็น 8 บ่อ ตามที่ได้ออกแบบไว้ในข้อที่ 3.2 และมีการติดตั้งระบบบำบัดน้ำ ดังนี้

ภาพที่ 3.4 การวางผังในการติดตั้งบ่อเพาะเลี้ยงหอยขมและสัตว์น้ำเศรษฐกิจ

ในส่วนนี้ผู้วิจัยได้ทำการออกแบบให้ติดตั้งบ่อจำนวน 8 บ่อ โดยมีลักษณะการวางบ่อตามที่ได้ออกแบบไว้ ตามภาพที่ 3.2 เพื่อวางผังระบบการบำบัดน้ำรวมถึงการวางระบบติดตามคุณภาพน้ำแบบเรียลไทม์ โดยบ่อปูนซีเมนต์ที่ใช้มีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 1 เมตร ดังภาพที่ 3.4

ภาพที่ 3.5 ท่อปูนซีเมนต์สำหรับทำบ่อเลี้ยงหอยขม

เมื่อได้ท่อปูนซีเมนต์มาแล้วจะไม่สามารถใช้เป็นบ่อซีเมนต์สำหรับเลี้ยงหอยขมได้ทันที เนื่องจากท่อปูนมีลักษณะกลวงไม่สามารถใส่น้ำได้ ดังนั้นจึงต้องมีการปิดท้ายท่อปูนซีเมนต์เพื่อสร้างบ่อซีเมนต์สำหรับเลี้ยงหอยขม

ภาพที่ 3.6 การวางระบบท่อสำหรับการบำบัดน้ำในบ่อหอยขม

หลังจากนั้นทีมผู้วิจัยได้วางระบบท่อน้ำเพื่อทำระบบบำบัดน้ำ โดยใช้รูปแบบกาลักน้ำในบ่อซีเมนต์ ซึ่งการจัดเตรียมวางท่อจำเป็นที่จะต้องกำหนดระยะในการจัดวางท่อน้ำให้มีความสูงถึงขอบบนของระดับน้ำในบ่อ ดังภาพที่ 3.7

ภาพที่ 3.7 การวางระบบน้ำแบบกาลักน้ำ

เมื่อทำการวางระบบท่อน้ำเสร็จสิ้น จำเป็นที่จะต้องทาปูนความสูงประมาณ 2 - 3 นิ้ว เพื่อให้บ่อซีเมนต์สามารถกักเก็บน้ำได้ โดยการทาปูนหากทางบางเกินไปส่งผลให้อาจจะเกิดการรั่วซึมได้ ดังภาพที่ 3.8

ภาพที่ 3.9 การฉาบปูนเพื่อสร้างบ่อเลี้ยงหอยขม

ภาพที่ 3.10 การเตรียมน้ำสำหรับเลี้ยงหอยขมและสัตว์น้ำเศรษฐกิจ

จากภาพที่ 3.10 เมื่อประกอบบ่อซีเมนต์เสร็จสิ้น กระบวนการถัดไปคือการเตรียมน้ำและสภาพแวดล้อมที่เหมาะสมแก่การเลี้ยงหอยขมและสัตว์น้ำเศรษฐกิจ โดยทางทีมวิจัยได้นำน้ำประปาที่ผ่านการพักน้ำประมาณ 1 สัปดาห์มาใช้ในบ่อเลี้ยง บ่อเลี้ยงทุกบ่อจะใช้น้ำจากแหล่งน้ำเดียวกัน เติมน้ำให้มีระยะเท่ากัน คือ มีระยะต่ำกว่าขอบบ่อประมาณ 1 ฟุต หลังจากนั้นใส่หยวกกล้วยสับประมาณ 1 ต้นต่อ 1 บ่อ เพื่อปรับสภาพน้ำทิ้งไว้ประมาณ 1 สัปดาห์จึงสามารถเลี้ยงหอยขมและสัตว์น้ำเศรษฐกิจได้

3.4 การพัฒนาระบบบำบัดน้ำเสียสำหรับบ่อหอยขม

ในส่วนนี้ทางทีมผู้วิจัยได้วิเคราะห์และออกแบบถังบำบัดน้ำเสีย โดยใช้อุปกรณ์ที่สามารถหาซื้อได้ตามท้องตลาด เนื่องจากมีแนวคิดร่วมกันว่าการออกแบบระบบบำบัดที่ดี เกษตรกรควรจะได้ระบบในราคาถูกและสามารถเปลี่ยนอุปกรณ์ชั้นกรองเองได้ โดยทางทีมผู้วิจัยออกแบบให้ถังกรอง มีขนาด 100 ลิตร บรรจุชั้นกรองประกอบด้วย ไบโอบอล เซรามิกริงที่สามารถหาซื้อได้ตามร้านขายปลาสวยงาม ตาข่ายหรืออวนเก่าเพื่อเป็นแหล่งที่อยู่อาศัยของแบคทีเรียที่ช่วยในการย่อยสลายสิ่งปฏิกูลใน

บ่อซีเมนต์ ใยกรองหรือฟิลเตอร์ ใช้สำหรับดักและกรองสิ่งปฏิกูลที่มีในบ่อหอยขม และทำการติดตั้งถังกรองใน 3 การทดสอบ ได้แก่ การเลี้ยงสัตว์น้ำเศรษฐกิจอื่นๆอย่างเดียวในบ่อซีเมนต์ การเลี้ยงหอยขมร่วมกับสัตว์น้ำอื่นๆ โดยใช้ระบบสมาร์ทฟาร์ม การเลี้ยงหอยขมอย่างเดียวโดยใช้ระบบสมาร์ทฟาร์ม ดังภาพที่ 3.11

ภาพที่ 3.11 วัสดุกรองสำหรับระบบบำบัดน้ำในบ่อหอย

ภาพที่ 3.12 ติดตั้งถังกรองสำหรับระบบการเลี้ยงหอยขม

3.5 การออกแบบระบบสำหรับติดตามคุณภาพน้ำแบบเรียลไทม์

ในส่วนนี้ทีมผู้วิจัยได้วิเคราะห์และออกแบบระบบสำหรับติดตามคุณภาพน้ำแบบเรียลไทม์ เพื่อลดอัตราการตายของหอยขม โดยในระบบสามารถควบคุมระบบบำบัดน้ำตามช่วงเวลาที่เหมาะสม และสามารถรายงานผลการติดตามคุณภาพน้ำผ่านแอพพลิเคชันไลน์และเว็ปแอพพลิเคชันเพื่อให้ผู้ใช้งานหรือเกษตรกรสามารถติดตามและเฝ้าระวังการเปลี่ยนแปลงของสภาพน้ำที่เพิ่มอัตราการรอดตามของหอยขมได้ โดยระบบมีอุปกรณ์ ดังนี้

ภาพที่ 3.13 การติดตั้งชุดควบคุมระบบติดตามคุณภาพน้ำและระบบบำบัดน้ำ

จากภาพที่ 3.13 ทีมวิจัยได้ออกแบบตู้ควบคุมออกเป็น 2 ส่วน ได้แก่ ชุดติดตามคุณภาพน้ำและควบคุมการบำบัดน้ำแบบเรียลไทม์ โดยภายในตู้ควบคุมด้านบน ประกอบด้วย

1. ชุดควบคุมเซนเซอร์ โดยออกแบบระบบควบคุมการรับค่าข้อมูลจากเซนเซอร์ในระบบ ได้แก่ เซนเซอร์วัดค่าความเป็นกรดด่าง เซนเซอร์วัดค่าการนำไฟฟ้า เซนเซอร์วัดค่าออกซิเจนในน้ำ และเซนเซอร์วัดค่าอุณหภูมิ ซึ่งชุดควบคุมจะถูกสั่งการโดยบอร์ดไมโครคอนโทรเลอร์ NodeMCU ที่สามารถรับและส่งข้อมูลผ่านระบบเครือข่ายอินเตอร์เน็ตเพื่อติดตามและควบคุมระบบแบบเรียลไทม์ได้ รวมถึงการนำข้อมูลบันทึกลงในฐานข้อมูลเพื่อเก็นสถิติให้แก่ผู้วิจัยหรือเกษตรกรวางแผนการเลี้ยงในอนาคต

2. ชุดการควบคุมปั๊มน้ำ ภายในระบบออกแบบให้ชุดควบคุมเชื่อมต่อกับปั๊มน้ำในบ่อบำบัด และสั่งการผ่านแอพพลิเคชันบนสมาร์ทโฟนแบบเรียลไทม์

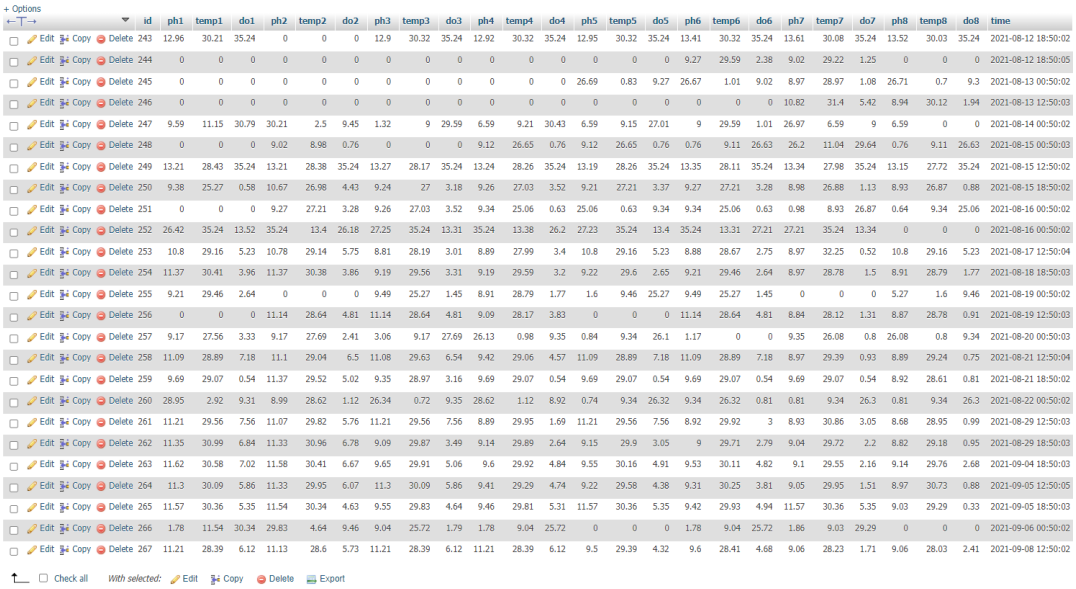
ภาพที่ 3.14 การติดตั้งโซลินอยวาล์วเพื่อควบคุมการเปิดปิดน้ำแต่ละบ่อ

3. ระบบไฟฟ้า ในระบบนี้ใช้พลังงาน 2 รูปแบบ ได้แก่ พลังงงานไฟฟ้าและโซล่าเซลล์ ทำให้ระบบสามารถทำงานได้ทั้งเวลากลางวันและกลางคืน

ภายในตู้ควบคุมด้านล่างจะติดตั้งเซนเซอร์วัดคุณภาพน้ำออกแบบให้การติดตั้งอยู่คนละส่วนกับตู้คอนโทรลเพื่อป้องกันความเสียหายของวงจรควบคุม กรณีที่น้ำจากชุดเซนเซอร์ไหลผ่าน ดังภาพที่ 3.15

ภาพที่ 3.15 รูปแบบการติดตั้งเซนเซอร์

3.6 การออกแบบฐานข้อมูลสำหรับเก็บข้อมูลการติดตามคุณภาพน้ำ



+ Options

	id	ph1	temp1	do1	ph2	temp2	do2	ph3	temp3	do3	ph4	temp4	do4	ph5	temp5	do5	ph6	temp6	do6	ph7	temp7	do7	ph8	temp8	do8	time
Edit Copy Delete	243	12.96	30.21	35.24	0	0	0	12.9	30.32	35.24	12.92	30.32	35.24	12.95	30.32	35.24	13.41	30.32	35.24	13.61	30.08	35.24	13.52	30.03	35.24	2021-08-12 18:50:02
Edit Copy Delete	244	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	9.27	29.59	2.38	9.02	29.22	1.25	0	0	0	2021-08-12 18:50:05
Edit Copy Delete	245	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	26.69	0.83	9.27	26.67	1.01	9.02	8.97	28.97	1.08	26.71	0.7	9.3	2021-08-13 00:50:02
Edit Copy Delete	246	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	10.82	31.4	5.42	8.94	30.12	1.94	2021-08-13 12:50:03
Edit Copy Delete	247	9.59	11.15	30.79	30.21	2.5	9.45	1.32	9	29.59	6.59	9.21	30.43	6.59	9.15	27.01	9	29.59	1.01	26.97	6.59	9	6.59	0	0	2021-08-14 00:50:02
Edit Copy Delete	248	0	0	0	9.02	8.98	0.76	0	0	0	9.12	26.65	0.76	9.12	26.65	0.76	0.76	9.11	26.63	26.2	11.04	29.64	0.76	9.11	26.63	2021-08-15 00:50:03
Edit Copy Delete	249	13.21	28.43	35.24	13.21	28.38	35.24	13.27	28.17	35.24	13.24	28.26	35.24	13.19	28.26	35.24	13.35	28.11	35.24	13.34	27.98	35.24	13.15	27.72	35.24	2021-08-15 12:50:02
Edit Copy Delete	250	9.38	25.27	0.58	10.67	26.98	4.43	9.24	27	3.18	9.26	27.03	3.52	9.21	27.21	3.37	9.27	27.21	3.28	8.98	26.88	1.13	8.93	26.87	0.88	2021-08-15 18:50:02
Edit Copy Delete	251	0	0	0	9.27	27.21	3.28	9.26	27.03	3.52	9.34	25.06	0.63	25.06	0.63	9.34	9.34	25.06	0.63	0.98	8.93	26.87	0.64	9.34	25.06	2021-08-16 00:50:02
Edit Copy Delete	252	26.42	35.24	13.52	35.24	13.4	26.18	27.25	35.24	13.31	35.24	13.38	26.2	27.23	35.24	13.4	35.24	13.31	27.21	27.21	35.24	13.34	0	0	0	2021-08-16 00:50:02
Edit Copy Delete	253	10.8	29.16	5.23	10.78	29.14	5.75	8.81	28.19	3.01	8.89	27.99	3.4	10.8	29.16	5.23	8.88	28.67	2.75	8.97	32.25	0.52	10.8	29.16	5.23	2021-08-17 12:50:04
Edit Copy Delete	254	11.37	30.41	3.96	11.37	30.38	3.86	9.19	29.56	3.31	9.19	29.59	3.2	9.22	29.6	2.65	9.21	29.46	2.64	8.97	28.78	1.5	8.91	28.79	1.77	2021-08-18 18:50:03
Edit Copy Delete	255	9.21	29.46	2.64	0	0	0	9.49	25.27	1.45	8.91	28.79	1.77	1.6	9.46	25.27	9.49	25.27	1.45	0	0	0	5.27	1.6	9.46	2021-08-19 00:50:02
Edit Copy Delete	256	0	0	0	11.14	28.64	4.81	11.14	28.64	4.81	9.09	28.17	3.83	0	0	0	11.14	28.64	4.81	8.84	28.12	1.31	8.87	28.78	0.91	2021-08-19 12:50:03
Edit Copy Delete	257	9.17	27.56	3.33	9.17	27.69	2.41	3.06	9.17	27.69	26.13	0.98	9.35	0.84	9.34	26.1	1.17	0	0	9.35	26.08	0.8	26.08	0.8	9.34	2021-08-20 00:50:03
Edit Copy Delete	258	11.09	28.89	7.18	11.1	29.04	6.5	11.08	29.63	6.54	9.42	29.06	4.57	11.09	28.89	7.18	11.09	28.89	7.18	8.97	29.39	0.93	8.89	29.24	0.75	2021-08-21 12:50:04
Edit Copy Delete	259	9.69	29.07	0.54	11.37	29.52	5.02	9.35	28.97	3.16	9.69	29.07	0.54	9.69	29.07	0.54	9.69	29.07	0.54	9.69	29.07	0.54	8.92	28.61	0.81	2021-08-21 18:50:02
Edit Copy Delete	260	28.95	2.92	9.31	8.99	28.62	1.12	26.34	0.72	9.35	28.62	1.12	8.92	0.74	9.34	26.32	9.34	26.32	0.81	0.81	9.34	26.3	0.81	9.34	26.3	2021-08-22 00:50:02
Edit Copy Delete	261	11.21	29.56	7.56	11.07	29.82	5.76	11.21	29.56	7.56	8.89	29.95	1.69	11.21	29.56	7.56	8.92	29.92	3	8.93	30.86	3.05	8.68	28.95	0.99	2021-08-29 12:50:03
Edit Copy Delete	262	11.35	30.99	6.84	11.33	30.96	6.78	9.09	29.87	3.49	9.14	29.89	2.64	9.15	29.9	3.05	9	29.71	2.79	9.04	29.72	2.2	8.82	29.18	0.95	2021-08-29 18:50:03
Edit Copy Delete	263	11.62	30.58	7.02	11.58	30.41	6.67	9.65	29.91	5.06	9.6	29.92	4.84	9.55	30.16	4.91	9.53	30.11	4.82	9.1	29.55	2.16	9.14	29.76	2.68	2021-09-04 18:50:03
Edit Copy Delete	264	11.3	30.09	5.86	11.33	29.95	6.07	11.3	30.09	5.86	9.41	29.29	4.74	9.22	29.58	4.38	9.31	30.25	3.81	9.05	29.95	1.51	8.97	30.73	0.88	2021-09-05 12:50:05
Edit Copy Delete	265	11.57	30.36	5.35	11.54	30.34	4.63	9.55	29.83	4.64	9.46	29.81	5.31	11.57	30.36	5.35	9.42	29.93	4.94	11.57	30.36	5.35	9.03	29.29	0.33	2021-09-05 18:50:03
Edit Copy Delete	266	1.78	11.54	30.34	29.83	4.64	9.46	9.04	25.72	1.79	1.78	9.04	25.72	0	0	0	1.78	9.04	25.72	1.86	9.03	29.29	0	0	0	2021-09-06 00:50:02
Edit Copy Delete	267	11.21	28.39	6.12	11.13	28.6	5.73	11.21	28.39	6.12	11.21	28.39	6.12	9.5	29.39	4.32	9.6	28.41	4.68	9.06	28.23	1.71	9.06	28.03	2.41	2021-09-08 12:50:02

Check all With selected: Edit Copy Delete Export

ภาพที่ 3.16 ฐานข้อมูลติดตามคุณภาพน้ำสำหรับบ่อหอยขมแบบเรียลไทม์

จากภาพที่ 3.16 ทีมผู้วิจัยได้ออกแบบฐานข้อมูล โดยแบ่งการเก็บข้อมูลแต่ละฟิลล์ (Field) หรือหัวตารางตามจำนวนบ่อทั้งหมด 8 บ่อ โดยมีการจัดเก็บค่า ดังนี้

Id หมายถึง หมายเลขข้อมูล/ลำดับที่ส่งเข้ามาในฐานข้อมูล

pH หมายถึง ค่าความเป็นกรดด่างของแต่ละบ่อในช่วงเวลาหนึ่ง

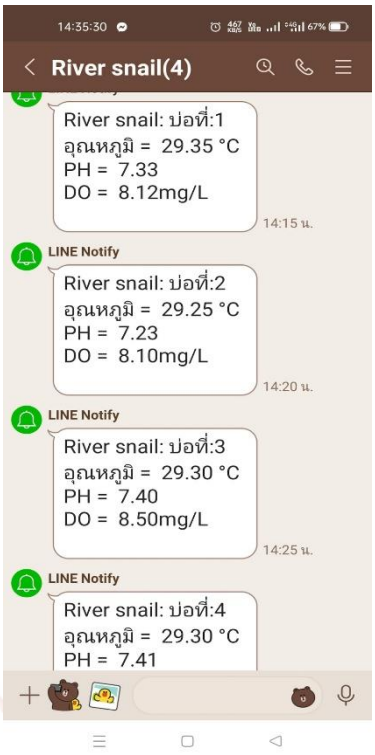
temp หมายถึง อุณหภูมิในน้ำของแต่ละบ่อในช่วงเวลาหนึ่ง

do หมายถึง ค่าออกซิเจนในน้ำของแต่ละบ่อในช่วงเวลาหนึ่ง

ซึ่งค่าข้อมูลที่บันทึกลงฐานข้อมูลของทุกเซนเซอร์จะถูกส่งมาพร้อมกันทั้ง 8 บ่อ และจัดเก็บข้อมูลโดยอาศันเลขอ้างอิงหรือ id เป็นตัวกำหนดค่าที่ใช้แสดงบนเว็ปแอพพลิเคชัน

3.7 การออกแบบแอพพลิเคชันไลน์ (Line Notify)

ในส่วนนี้เมื่อระบบทำงานผู้ใช้งานหรือเกษตรกรสามารถดูข้อมูลคุณภาพน้ำของทุกบ่อแบบเรียลไทม์ผ่านแอพพลิเคชันไลน์ได้ ดังนี้



ภาพที่ 3.17 แอพพลิเคชันไลน์

ส่วนนี้เป็นส่วนการแสดงผลผ่านแอพพลิเคชันไลน์ โดยระบบจะส่งค่าของเซนเซอร์แต่ละบ่อมายังหน้าจอของผู้ใช้งาน ซึ่งการส่งค่าข้อมูลจะส่งทุกๆ 5 นาที เนื่องจากระบบการวัดของเซนเซอร์ตามรูปแบบการวัดที่เหมาะสมจำเป็นที่จะต้องใช้เวลาในการวัดต่อรอบประมาณ 3-5 นาทีเพื่อให้ได้ค่าที่ถูกต้องแม่นยำที่สุด หลังจากนั้นระบบจะส่งข้อมูลเข้าฐานข้อมูลและแอพพลิเคชันไลน์ดึงค่าข้อมูลจากฐานข้อมูลมาแสดง โดยมีค่า ดังนี้

River snail หมายถึง ชื่อบ่อซีเมนต์ที่ทำการอ่านค่าแบบเรียลไทม์

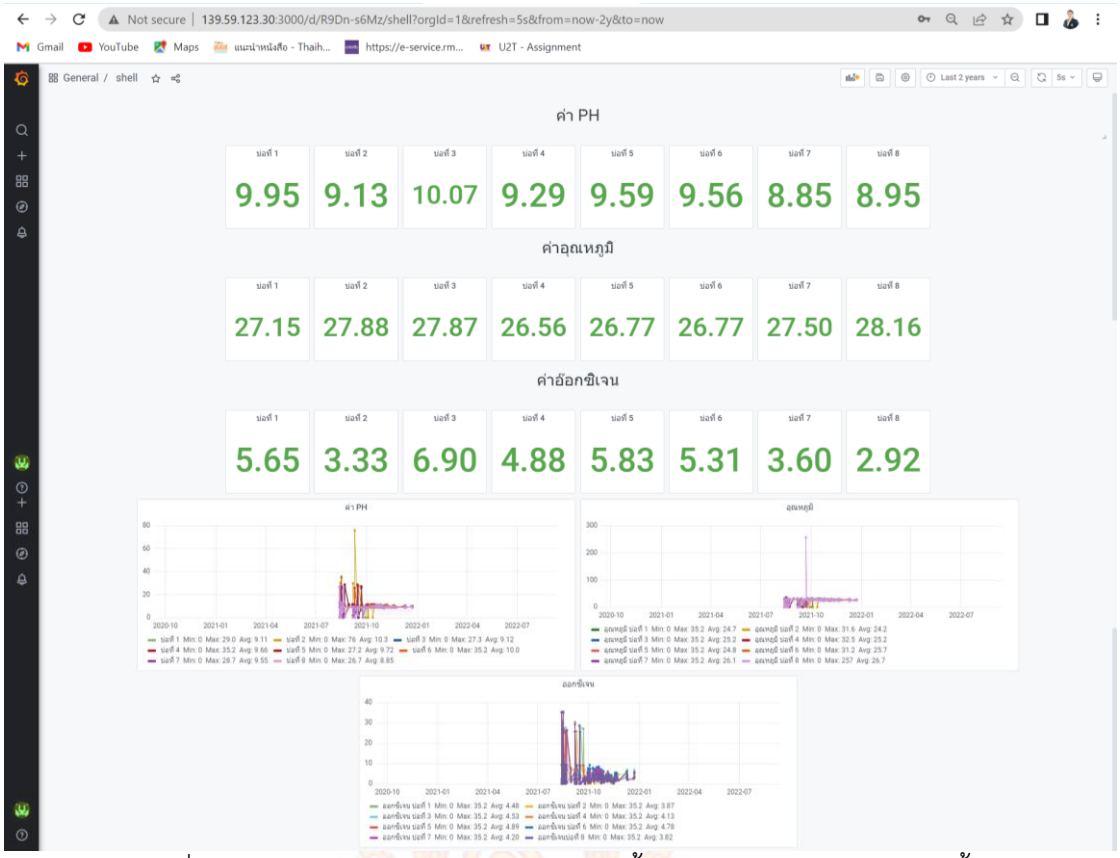
temp หมายถึง อุณหภูมิในน้ำของแต่ละบ่อ หน่วยเป็นองศาเซลเซียส

pH หมายถึง ค่าความเป็นกรดด่างของแต่ละบ่อ

do หมายถึง ค่าออกซิเจนในน้ำของแต่ละบ่อ หน่วยเป็นมิลลิกรัมต่อลิตร

3.8 การออกแบบเว็ปแอพพลิเคชัน

ในส่วนนี้ออกแบบเว็ปแอพพลิเคชันผ่าน Grafana ซึ่งเป็นเว็ปแอพพลิเคชันที่สามารถแสดงข้อมูลการติดตามคุณภาพน้ำได้ แสดงผลในรูปแบบของตัวเลขและกราฟ เพื่อดูแนวโน้มของคุณภาพน้ำในแต่ละบ่อ ดังนี้



ภาพที่ 3.18 เว็ปแอพพลิเคชันติดตามคุณภาพน้ำแบบเรียลไทม์ของบ่อเพาะเลี้ยง

จากภาพที่ 3.18 แสดงข้อมูลของระบบติดตามคุณภาพน้ำในบ่อเพาะเลี้ยงทั้ง 8 บ่อ โดยแต่ละบ่อจะแสดงค่าเป็นตัวเลขเพื่อเปรียบเทียบข้อมูลแต่ละบ่อได้ หากระบบไม่ส่งค่าการวัดคุณภาพน้ำ ในส่วนของการแสดงค่าจะขึ้นว่า N/A หมายถึงไม่มีการส่งข้อมูล ซึ่งอาจเกิดจากชุดคอนโทรลของบ่อดังกล่าวมีปัญหา ผู้ใช้งานสามารถเข้าไปแก้ไขหรือบำรุงรักษาได้ และในส่วนด้านล่างจะแสดงกราฟเปรียบเทียบข้อมูลในแต่ละบ่อที่แทนด้วยสีเพื่อระบุค่าในแต่ละบ่อ โดยแบ่งเป็นค่าของอุณหภูมิ ค่าความเป็นกรดด่าง และค่าออกซิเจนในน้ำ เพื่อให้ผู้ใช้งานสามารถวิเคราะห์สภาพน้ำที่เหมาะสมได้ง่ายยิ่งขึ้น

3.8 การออกแบบการทดสอบการเลี้ยงหอยขมร่วมกับสัตว์น้ำเศรษฐกิจ

ในการออกแบบการทดลองจะแบ่งการทดลองออกเป็น 4 รูปแบบ ประกอบด้วย

1. การเลี้ยงแบบปกตินิยมของชุมชน
2. การเลี้ยงสัตว์น้ำเศรษฐกิจอื่นๆอย่างเดียวในบ่อซีเมนต์
3. การเลี้ยงหอยขมร่วมกับสัตว์น้ำอื่นๆ โดยใช้ระบบสมาร์ทฟาร์ม
4. การเลี้ยงหอยขมอย่างเดียวโดยใช้ระบบสมาร์ทฟาร์ม

โดยมีการควบคุมปัจจัยสำหรับการทดสอบในรูปแบบต่างๆ ได้แก่

1. น้ำ ในการทดสอบทั้ง 4 ระบบจะใช้น้ำจากแหล่งน้ำเดียวกัน ระยะเวลาในการพักน้ำเท่ากัน

2. บ่อ ในการทดสอบทั้ง 4 ระบบใช้บ่อซีเมนต์ที่มีการปรับค่าซีเมนต์เพื่อให้สภาพบ่อเหมาะสมกับการเลี้ยงสัตว์น้ำ โดยใช้บ่อซีเมนต์ขนาด 1 เมตร

3. พืช ในการทดสอบทั้ง 4 ระบบจะใช้พืชประเภทเดียวกัน ได้แก่ สาหร่ายหางกระรอก และ จอกแหน

4. จำนวนหอยขม ในการทดสอบทั้ง 4 ระบบ หากระบบใดมีการเลี้ยงหอยขมจะมีการระบุจำนวนหอยขม คือ 100 ตัวหรือ 1 กิโลกรัมในการเลี้ยง 1 บ่อ

ซึ่งจากการทดสอบการเลี้ยงได้ผลการทดสอบ ดังนี้

1. การเลี้ยงแบบปกตินิยมของชุมชน

ตารางที่ 3.1 จำนวนหอยขมในการเลี้ยง 1 รอบการผลิต

ระยะเวลา	จำนวนหอยพ่อแม่พันธุ์	หอยขนาดใหญ่	หอยขนาดกลาง	หอยขนาดเล็ก
เดือนที่ 1				
สัปดาห์ที่ 1	100	100	-	-
สัปดาห์ที่ 2		90	-	5
สัปดาห์ที่ 3		85	-	12
สัปดาห์ที่ 4		85	-	-
เดือนที่ 2				
สัปดาห์ที่ 1		85	-	25
สัปดาห์ที่ 2		85	-	35
สัปดาห์ที่ 3		80	-	50
สัปดาห์ที่ 4		80	-	50
เดือนที่ 3				
สัปดาห์ที่ 1		80	50	5
สัปดาห์ที่ 2		80	50	5
สัปดาห์ที่ 3		75	50	2
สัปดาห์ที่ 4		74	50	3

การเลี้ยงหอยขมจะใช้เวลาในการเลี้ยง 3 เดือน เก็บผลการทดลองทุกๆ 1 สัปดาห์ โดยมีการนับจำนวนด้วยสายตาเพื่อดูจำนวนการขยายพันธุ์ของหอยขม ผลที่ได้คือในช่วงเดือนแรกจะหอยขมจะมีอัตราการเกิดน้อยแต่มีอัตราการตายสูงเนื่องจากไม่สามารถปรับตัวกับสภาพน้ำในบ่อซีเมนต์ได้ ช่วงเดือนที่ 2 หอยขมมีอัตราการเพิ่มจำนวนสูงขึ้น โดยเฉลี่ย 10 – 20 ตัวต่อสัปดาห์ และช่วงเดือนที่ 3

หอยขมที่ลดการขยายพันธุ์เนื่องจากมีจำนวนหอยขมเพิ่มมากขึ้นและหอยพ่อแม่พันธุ์บางส่วนทยอยตาย

2. การเลี้ยงสัตว์น้ำเศรษฐกิจอื่นๆอย่างเดียวในบ่อซีเมนต์

ตารางที่ 3.2 จำนวนกุ้งแคระในการเลี้ยง 1 รอบการผลิต

ระยะเวลา	จำนวนกุ้งพ่อแม่พันธุ์	จำนวนลูกกุ้ง	จำนวนกุ้งรวม
เดือนที่ 1			
สัปดาห์ที่ 1	100	-	100
สัปดาห์ที่ 2		-	100
สัปดาห์ที่ 3		20	120
สัปดาห์ที่ 4		22	142
เดือนที่ 2			
สัปดาห์ที่ 1	95	20	157
สัปดาห์ที่ 2		-	-
สัปดาห์ที่ 3		-	-
สัปดาห์ที่ 4		25	182
เดือนที่ 3			
สัปดาห์ที่ 1	95	15	197
สัปดาห์ที่ 2		-	-
สัปดาห์ที่ 3		30	227
สัปดาห์ที่ 4		-	-

การเลี้ยงกุ้งแคระจะใช้ระยะเวลา 3 เดือนเท่ากับการเลี้ยงหอยขม เก็บผลการทดลองทุกๆ สัปดาห์ โดยมีการนับจำนวนด้วยสายตาเพื่อดูการขยายพันธุ์ของกุ้งแคระ เนื่องจากกุ้งแคระตอนเป็นลูกกุ้งจะมีขนาดเล็กกว่าลูกน้ำทำให้การนับค่อนข้างลำบากจึงการนำบจำนวนจึงเริ่มทำได้หลังจากลูกกุ้งฟักตัวเว้นระยะไว้ประมาณ 1 – 2 สัปดาห์ กุ้งแคระที่ใช้ในการเพาะเลี้ยงเป็นกุ้งสีแดงสดทำให้สังเกตุได้ง่าย ผลที่ได้คือในช่วงเดือนแรกพ่อแม่พันธุ์กุ้งสามารถขยาพพันธุ์ได้ 42 ตัว ช่วงเดือนที่ 2 ขยายพันธุ์ได้ 45 ตัว แต่มีแม่พันธุ์ตาย 5 ตัว เนื่องจากขึ้นไปไข่ในรากของจอกแหนและไม่สามารถออกมาได้ทำให้ตาย และในช่วงเดือนที่ 3 สามารถขยายพันธุ์ได้ 45 ตัว สรุปได้ว่าถ้าสภาพน้ำเหมาะสมกุ้งจะสามารถขยายพันธุ์ได้อย่างรวดเร็ว แต่ข้อควรระวังคืออัตราการเจริญเติบโตของพืชที่ขยายพันธุ์รวดเร็วเกินไปทำให้บ่อเลี้ยงกุ้งเกิดความแออัดทำให้มีกุ้งบางส่วนทยอยตาย

3. การเลี้ยงหอยขมร่วมกับสัตว์น้ำอื่นๆ โดยใช้ระบบสมาร์ทฟาร์ม

ตารางที่ 3.3 จำนวนหอยขมร่วมกับกุ้งแคระในการเลี้ยง 1 รอบการผลิต

ระยะเวลา	จำนวนกุ้งพ่อแม่พันธุ์	จำนวนหอยพ่อแม่พันธุ์	หอยขนาดกลาง	หอยขนาดเล็ก	จำนวนลูกกุ้ง
เดือนที่ 1					
สัปดาห์ที่ 1	80	100	-	-	-
สัปดาห์ที่ 2		100	-	-	-
สัปดาห์ที่ 3		95	-	30	25
สัปดาห์ที่ 4		95	-	15	20
เดือนที่ 2					
สัปดาห์ที่ 1		90	-	-	-
สัปดาห์ที่ 2		90	-	20	-
สัปดาห์ที่ 3		90	-	-	20
สัปดาห์ที่ 4		90	-	-	-
เดือนที่ 3					
สัปดาห์ที่ 1		90	65	20	30
สัปดาห์ที่ 2		90	65	25	25
สัปดาห์ที่ 3		90	65	-	10
สัปดาห์ที่ 4		90	65	-	-

การเลี้ยงหอยขมและกุ้งแคระจะใช้เวลาในการเลี้ยง 3 เดือน เก็บผลการทดลองทุกๆ 1 สัปดาห์ โดยมีการนับจำนวนด้วยสายตาเพื่อดูจำนวนการขยายพันธุ์ของหอยขมและกุ้งแคระ ผลที่ได้คืออัตราการขยายพันธุ์ของหอยขมและกุ้งเคระมีเพิ่มขึ้นอย่างต่อเนื่อง อัตรากาตายต่ำกว่าการเลี้ยงแบบธรรมชาติในบ่อซีเมนต์ เนื่องจากมีระบบบำบัดและเติมออกซิเจนเข้าสู่บ่ออย่างสม่ำเสมอ จากการศึกษาค่าที่ได้จากการทดสอบพบว่า ในระยะเวลา 3 เดือนไม่พบค่าความผิดปกติของน้ำหรือสภาพน้ำที่ไม่เหมาะสม แต่จำนวนสาหร่ายหางกระรอกเติบโตช้า เนื่องจากหอยขมและกุ้งแคระกินสาหร่ายค่อนข้างเยอะ สิ่งปฏิกูลในน้ำถูกกำจัดได้ดีทำให้น้ำไม่เกิดการเน่าเสีย ส่งผลให้จำนวนของหอยขมและกุ้งแคระมีอัตราการรอดสูง

4. การเลี้ยงหอยขมอย่างเดียวโดยใช้ระบบสมาร์ทฟาร์ม

ตารางที่ 3.4 จำนวนหอยขมในการเลี้ยง 1 รอบการผลิต

ระยะเวลา	จำนวนหอยพ่อแม่พันธุ์	หอยขนาดใหญ่	หอยขนาดกลาง	หอยขนาดเล็ก
เดือนที่ 1				
สัปดาห์ที่ 1	100	100	-	-
สัปดาห์ที่ 2		100	-	-
สัปดาห์ที่ 3		100	-	20
สัปดาห์ที่ 4		95	-	22
เดือนที่ 2				
สัปดาห์ที่ 1		95	-	20
สัปดาห์ที่ 2		95	-	-
สัปดาห์ที่ 3		94	-	30
สัปดาห์ที่ 4		94	-	50
เดือนที่ 3				
สัปดาห์ที่ 1		92	132	15
สัปดาห์ที่ 2		92	132	-
สัปดาห์ที่ 3		92	132	-
สัปดาห์ที่ 4		92	132	-

การเลี้ยงหอยขมอย่างเดียวโดยใช้ระบบสมาร์ทฟาร์มจะใช้ระยะเวลาในการเลี้ยง 3 เดือน เก็บผลการทดลองทุกๆสัปดาห์ โดยมีการนับจำนวนด้วยสายตาเพื่อดูจำนวนการขยายพันธุ์ของหอยขมที่เลี้ยงในระบบสมาร์ทฟาร์ม ผลที่ได้คือ มีอัตราการรอดของพ่อแม่พันธุ์หอยขมสูง ปัจจัยหลักคือสภาพน้ำที่เหมาะสม มีออกซิเจนเพียงพอต่อการขยายพันธุ์ทำให้อัตราการขยายพันธุ์เพิ่มขึ้นทุกเดือน อัตราการรอดของลูกหอยมีสูง แต่ในบ่อนี้พบปัญหาคือลูกน้ำเยอะ ส่งผลให้มีหอยบางส่วนติดเชื้อ ทางทีมวิจัยแก้ไขโดยการนำปลาหางนกยูง 4 คู่มาใส่เพื่อช่วยในการกำจัดลูกน้ำ แต่ปัญหาที่พบต่อมาคือ เมื่อน้ำและอาหารสมบูรณ์ปลาหางนกยูงขยายพันธุ์ได้รวดเร็ว ทำให้เกิดความแออัด ค่าน้ำที่วัดได้มีค่าความเป็นกรดสูง ทำให้ต้องมีการถ่ายน้ำบ่อยขึ้น และนำปลาหางนกยูงเพศเมียออกจากบ่อเพื่อลดการขยายพันธุ์ระบบจึงกลับมาสภาพปกติ

3.9 ขนาดของหอยขมในแต่ละช่วงวัยที่เพาะพันธุ์ผ่านระบบสมาร์ทฟาร์ม

ภาพที่ 3.19 ขนาดของลูกหอยในแต่ละช่วงวัย

ภาพที่ 3.20 ขนาดหอยขมพ่อแม่พันธุ์และขนาดหอยขมระยะ 3 เดือน

จากภาพที่ 3.19 และ 3.20 แสดงขนาดของหอยขมในแต่ละช่วงวัยที่ทำการเก็บข้อมูล ซึ่งช่วงแรกหอยขมจะมีขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางประมาณ 2-3 มิลลิเมตรและจะค่อยๆโตขึ้นจนถึงขนาดลูกหอยมีขนาดประมาณเหรียญ 50 สตางค์ หลังจากนั้นช่วงเดือนที่ 2 หอยขมจะมีขนาดประมาณเหรียญ 5 บาท ซึ่งในระยะนี้หอยขมสามารถขยายพันธุ์ได้ แต่ขนาดลูกหอยที่ได้จะมีขนาดเล็กมาละเติบโตช้า

กว่า ลูกหอยขมที่ออกมาจากพ่อแม่พันธุ์ตัวใหญ่ ถ้าหอยขมอยู่ในสภาพน้ำที่ดีและมีอาหารอุดมสมบูรณ์ ขนาดของหอยขมจะขยายได้ถึงขนาดเหรียญ 10 บาท ซึ่งเป็นขนาดที่โตเต็มวัย หากใช้เป็นพ่อแม่พันธุ์อัตราในการเติบโตและขยายพันธุ์จะรวดเร็ว

3.10 การทดสอบรสชาติของหอยขม

การเลี้ยงหอยขมในการทดสอบจะแบ่งเป็น 2 ส่วนคือการเลี้ยงในรูปแบบธรรมชาติและการเลี้ยงด้วยระบบสมาร์ทฟาร์ม ซึ่งหอยที่ได้มีรสชาติที่แตกต่างกัน เนื่องจากบ่อซีเมนต์ที่ใช้เลี้ยงหอยแบบธรรมชาติจะปูพื้นด้วยดินโคลนทำให้หอยมีกลิ่นและมีดินอยู่ในตัวหอย ส่วนหอยที่เลี้ยงกับระบบสมาร์ทฟาร์มจะไม่มีกลิ่นดินเนื่องจากวัสดุปูรองใช้เป็นหินแม่น้ำขนาดเล็ก ทำให้เมื่อทำความสะอาดหอยก่อนรับประทาน หอยจะไม่มีกลิ่น และตัวโตกว่าแบบเลี้ยงธรรมชาติ

บทที่ 4
สรุปผลการวิจัยและข้อเสนอแนะ

จากการดำเนินงานวิจัยทีมวิจัยได้ดำเนินกิจกรรมต่างเป็นไปตามขั้นตอนการดำเนินงานวิจัยและวิธีการวิจัย สามารถสรุปได้ดังนี้

4.1 ผลการวิจัย

ตลอดการดำเนินงานวิจัยทีมวิจัยได้รับความร่วมมือจากทีมอาจารย์ในคณะวิศวกรรมศาสตร์และเทคโนโลยีในการดำเนินการจัดทำและติดตั้งระบบเกษตรอัจฉริยะสำหรับเลี้ยงหอยขมผสมผสานการเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำเศรษฐกิจ โดยระบบออกแบบให้ติดตามคุณภาพน้ำแบบเรียลไทม์ที่มีเซนเซอร์ 4 ประเภท ประกอบด้วย เซนเซอร์วัดค่าความเป็นกรดด่าง เซนเซอร์วัดค่าความนำไฟฟ้า เซนเซอร์วัดออกซิเจนในน้ำ และเซนเซอร์วัดค่าอุณหภูมิในน้ำเพื่อติดตามคุณภาพน้ำในแต่ละบ่อ ซึ่งมีการทดสอบทั้งหมด 8 บ่อแบ่งเป็น 4 การทดสอบ ได้แก่ การเลี้ยงหอยขมแบบธรรมชาติ การเลี้ยงสัตว์น้ำเศรษฐกิจด้วยระบบสมาร์ทฟาร์ม การเลี้ยงหอยขมร่วมกับสัตว์น้ำเศรษฐกิจด้วยระบบสมาร์ทฟาร์ม และการเลี้ยงหอยขมโดยใช้ระบบสมาร์ทฟาร์ม จากผลที่ได้พบว่าหอยขมที่เลี้ยงบนระบบสมาร์ทฟาร์มมีอัตราการรอดสูงกว่าการเลี้ยงแบบธรรมชาติ เนื่องจากมีระบบไหลเวียนน้ำและบำบัดน้ำให้เหมาะสมกับการดำรงชีวิตของสัตว์น้ำ ซึ่งหากเกษตรกรไม่มีระบบสมาร์ทฟาร์มอาจจะเพิ่มในส่วนระบบการเติมออกซิเจนในน้ำเป็นการช่วยให้น้ำในบ่อเน่าเสียช้าลง นอกจากนี้ระบบยังมีการส่งค่าการวัดคุณภาพแบบเรียลไทม์ผ่านสมาร์ทโฟนผ่านแอพพลิเคชันไลน์และผ่านเว็ปแอพพลิเคชันได้ และยังสามารถควบคุมระบบผ่านแอพพลิเคชันบนสมาร์ทโฟนได้

4.2 วิเคราะห์ผลการวิจัย

จากผลการวิจัยสามารถออกแบบระบบเกษตรอัจฉริยะสำหรับเลี้ยงหอยขมผสมผสานการเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำเศรษฐกิจในสถานที่จริงได้ และมีการสอบเทียบเซนเซอร์วัดอุณหภูมิกับเทอรโมมิเตอร์ และทำการสอบเทียบเซนเซอร์อื่นๆกับน้ำยาบัฟเฟอร์ที่ใช้สำหรับสอบเทียบก่อนวัดค่าจริงเพื่อให้ได้ค่าที่แม่นยำที่สุด การส่งข้อมูลไปยังผู้ใช้ผ่านแอพพลิเคชันบนสมาร์ทโฟนทำได้อย่างถูกต้องแม่นยำ การส่งข้อมูลขึ้นในระบบฐานข้อมูลมีข้อผิดพลาดเล็กน้อย เนื่องจากสาเหตุไม่มีสัญญาณอินเตอร์เน็ตแต่เมื่อมีสัญญาณระบบจะทำการเริ่มต้นใหม่และส่งค่าได้ตามปกติ ส่วนแอพพลิเคชันสำหรับส่วนควบคุมการทำงานของระบบบำบัดน้ำอัตโนมัติสามารถระบุช่วงเวลาในการควบคุมให้ปั๊มน้ำทำงานได้อย่างถูกต้อง สำหรับปัญหาและอุปสรรคที่พบ คือ การดำเนินงานวิจัยในช่วงแรกมีการแพร่ระบาดโควิด 19 ทำให้ไม่สามารถดำเนินงานได้ตามแผนที่วางไว้ และทำให้การเพาะเลี้ยงหอยและ

สัตว์น้ำเศรษฐกิจทยอยตาย เนื่องจากไม่สามารถเข้ามาดูแลได้ แต่หลังจากพ้นสถานการณ์ดังกล่าว ทางทีมวิจัยได้เริ่มการทดสอบระบบใหม่และเก็บผลได้เป็นไปตามที่ได้วางแผนไว้

4.3 ข้อเสนอแนะ

4.3.1 ควรเลือกหอยขมพ่อแม่พันธุ์จากแหล่งที่น่าเชื่อถือ เนื่องจากในบางพื้นที่จะนำหอยเชอรี่มาผสมทำให้หอยขมที่ได้ผสมกับหอยเชอรี่ทำให้ได้ผลการทดลองที่คลาดเคลื่อน

4.3.2 การให้ปริมาณอาหารแก่หอยขมควรพิจารณาให้ไม่มากหรือน้อยจนเกินไป ใช้จำนวนครั้งที่บ่อยดีกว่าให้อาหารเหลือตกค้างในบ่อ เพราะจะทำให้น้ำเน่าเสียได้ง่าย

เอกสารอ้างอิงของโครงการวิจัย

กาญจนรี พงษ์ฉวี. 2560. ระบบกรองชีวภาพสำหรับการเลี้ยงสัตว์น้ำในระบบน้ำหมุนเวียน : กองวิจัยและพัฒนาการเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำจืด กรมประมง, กรุงเทพฯ.

บังอร เมฆะ. 2551. การเลี้ยงหอยขม. แม่โจ้ปริทัศน์ ปีที่ 9 ฉบับที่ 5 กันยายน-ตุลาคม, มหาวิทยาลัยแม่โจ้.

ศูนย์รวมความรู้การเกษตร. 2560. วิธีเลี้ยงกุ้งฝอยรวมกับหอยขม. เข้าถึงโดย: http://phetchaburi.cdd.go.th/services/ปราชญ์ชุมชน-เลี้ยงหอยขม

รัชนี วุฒิพฤกษ์. 2561. อิทธิพลของระดับน้ำต่อการเจริญเติบโตของหอยขม. สถาบันวิจัยวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีแห่งประเทศไทย, ปทุมธานี

พงษ์ศักดิ์ มาใจ 2560. เลี้ยงหอยขมในวงบ่อซิเมนต์. สัตว์น้ำทำเงิน. สำนักพิมพ์นาคา, สมุทรสาคร