



รายงานผลการวิจัย มหาวิทยาลัยแม่โจ้

เรื่อง แนวทางการใช้ประโยชน์จากปลิงทะเลร่วมกับสาหร่ายโพรงในการจัดการของ
เสียภายในระบบหมุนเวียนเพื่อเลี้ยงหอยหวานเชิงพาณิชย์

**Utilization trend from Sea Cucumber (*Holothuria* sp.) and Marine Algae
(*Solieria* sp.) in Waste Matter Managment within Water Recirculating System for
Commercial Aquaculture of Spotted Babylon
(*Babylonia areolata*)**

ได้รับการจัดสรรงบประมาณวิจัย ประจำปี 2553
จำนวน 120,000 - บาท

หัวหน้าโครงการ
ผู้ร่วมโครงการ

นางสาวกมลวรรณ	ศุภวิญญู
นายสุทธนา	สว่างอารมณ์
นางสาวอภิญญา	ปานโชติ
นางสาวฉิชาพร	แก้วขญา

งานวิจัยเสร็จสิ้นสมบูรณ์

30 มีนาคม 2555

กิตติกรรมประกาศ

โครงการวิจัยเรื่อง แนวทางการใช้ประโยชน์จากปลิงทะเลร่วมกับสาหร่ายโพรงในการจัดการของเสียภายในระบบหมุนเวียนเพื่อเลี้ยงหอยหวานเชิงพาณิชย์สำเร็จลุล่วงได้ด้วยดี เพราะได้รับการสนับสนุนทุนวิจัยจาก สำนักวิจัย และส่งเสริมวิชาการการเกษตร มหาวิทยาลัยแม่โจ้ ประจำปีงบประมาณ 2553 ขอขอบคุณ ผู้บริหารทุกระดับของมหาวิทยาลัยแม่โจ้ – ชุมพร และขอขอบคุณผู้บริหารของวิทยาลัยประมงชุมพรเขตอุดมศักดิ์ ที่ให้การสนับสนุนให้นักวิจัยได้ทำงานร่วมกัน

กมลวรรณ ศุภวิญญู
หัวหน้าโครงการวิจัย

สารบัญ

	หน้า
สารบัญตาราง	๗
สารบัญภาพ	๙
บทคัดย่อ	1
Abstract	2
คำนำ	3
วัตถุประสงค์ของการวิจัย	5
ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ	6
การตรวจเอกสาร	7
วิธีการวิจัย	25
ผลและวิจารณ์ผลการวิจัย	32
สรุปผลการวิจัย	81
เอกสารอ้างอิง	82

สารบัญตาราง

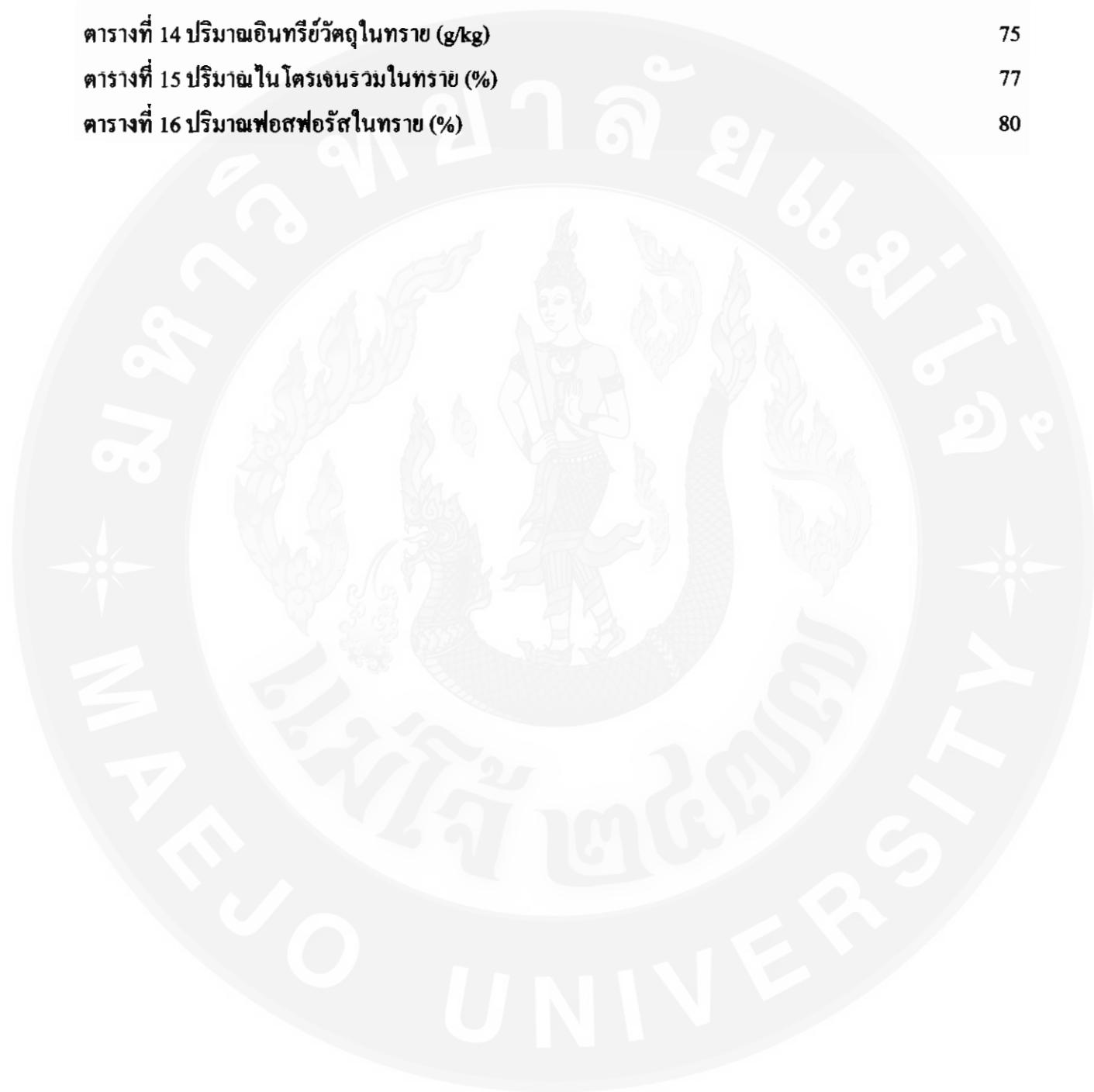
หน้า

ตารางที่ 1	ระดับออกซิเจนละลายในน้ำต่อปฏิกิริยาชีวภาพผลการเปรียบเทียบ การเจริญเติบโตต้นกล้วยไม้ที่ได้จากได้จาก	20
ตารางที่ 2	น้ำหนักหอยหวานเฉลี่ย (กรัม) ที่ใช้ปลิงทะเลร่วมกับสาหร่ายโพรง ในการจัดการของเสียภายในระบบหมุนเวียน	33
ตารางที่ 3	อัตราการเจริญเติบโตของหอยหวานค่าน้ำหนักเฉลี่ย (กรัมต่อเดือน)ที่ใช้ปลิงทะเล ร่วมกับสาหร่ายโพรงในการจัดการของเสียภายในระบบหมุนเวียนเพื่อเลี้ยงหอยหวาน เชิงพาณิชย์	34
ตารางที่ 4	อัตราการรอดตายของหอยหวาน (เปอร์เซ็นต์) ที่ใช้ปลิงทะเลร่วมกับสาหร่ายโพรง ในการจัดการของเสียภายในระบบหมุนเวียนเพื่อเลี้ยงหอยหวานเชิงพาณิชย์	36
ตารางที่ 5	อุณหภูมิของน้ำในการใช้ปลิงทะเลร่วมกับสาหร่ายโพรงเพื่อช่วยในการจัดการ ของเสียภายในระบบหมุนเวียนเพื่อเลี้ยงหอยหวานเชิงพาณิชย์	40
ตารางที่ 6	ปริมาณออกซิเจนละลายน้ำ (mg/L) ในการใช้ปลิงทะเลร่วมกับสาหร่ายโพรง เพื่อช่วยในการจัดการของเสียภายในระบบหมุนเวียนเพื่อเลี้ยงหอยหวานเชิงพาณิชย์	44
ตารางที่ 7	ความเป็นกรด-ด่าง (pH) ของน้ำในการใช้ปลิงทะเลร่วมกับสาหร่ายโพรงเพื่อช่วย ในการจัดการของเสียภายในระบบหมุนเวียนเพื่อเลี้ยงหอยหวานเชิงพาณิชย์	48
ตารางที่ 8	ค่าความเค็มของน้ำ (psu)ในการใช้ปลิงทะเลร่วมกับสาหร่ายโพรงเพื่อช่วย ในการจัดการของเสียภายในระบบหมุนเวียนเพื่อเลี้ยงหอยหวานเชิงพาณิชย์	52
ตารางที่ 9	ความเป็นด่างของน้ำ (mg/L as CaCO ₃) ในการใช้ปลิงทะเลร่วมกับสาหร่ายโพรง เพื่อช่วยในการจัดการของเสียภายในระบบหมุนเวียนเพื่อเลี้ยงหอยหวานเชิงพาณิชย์	56
ตารางที่ 10	ความกระด้างของน้ำ(mg/L as CaCO ₃) ในการใช้ปลิงทะเลร่วมกับสาหร่ายโพรง เพื่อช่วยในการจัดการของเสียภายในระบบหมุนเวียนเพื่อเลี้ยงหอยหวานเชิงพาณิชย์	60
ตารางที่ 11	ปริมาณแอมโมเนียในน้ำ (mg/L) ในการใช้ปลิงทะเลร่วมกับสาหร่ายโพรงเพื่อช่วย ในการจัดการของเสียภายในระบบหมุนเวียนเพื่อเลี้ยงหอยหวานเชิงพาณิชย์	64
ตารางที่ 12	ปริมาณไนโตรเจนของน้ำ(mg/L)ในการใช้ปลิงทะเลร่วมกับสาหร่ายโพรงเพื่อช่วย ในการจัดการของเสียภายในระบบหมุนเวียนเพื่อเลี้ยงหอยหวานเชิงพาณิชย์	68
ตารางที่ 13	ปริมาณไนเตรทของน้ำ(mg/L)ในการใช้ปลิงทะเลร่วมกับสาหร่ายโพรงเพื่อช่วย ในการจัดการของเสียภายในระบบหมุนเวียนเพื่อเลี้ยงหอยหวานเชิงพาณิชย์	72

สารบัญตาราง (ต่อ)

หน้า

ตารางที่ 14 ปริมาณอินทรีย์วัตถุในทราย (g/kg)	75
ตารางที่ 15 ปริมาณไนโตรเจนรวมในทราย (%)	77
ตารางที่ 16 ปริมาณฟอสฟอรัสในทราย (%)	80



สารบัญภาพ

	หน้า
ภาพที่ 1 หอยหวาน (<i>Babylonia areolata</i> Link 1807)	7
ภาพที่ 2 ปลิงค้ำทะเล	11
ภาพที่ 3 สาหร่ายไทรง <i>Solieria robusta</i>	16
ภาพที่ 4 น้ำหนักหอยหวานเฉลี่ย (กรัม) ที่ใช้ปลิงทะเลร่วมกับสาหร่ายไทรงในการจัดการของเสียภายในระบบหมุนเวียน	33
ภาพที่ 5 อัตราการเจริญเติบโตของหอยหวานค้ำน้ำหนักเฉลี่ย (กรัมต่อเดือน) ที่ใช้ปลิงทะเลร่วมกับสาหร่ายไทรงในการจัดการของเสียภายในระบบหมุนเวียนเพื่อเลี้ยงหอยหวานเชิงพาณิชย์	35
ภาพที่ 6 อัตราการรอดตายของหอยหวาน (เปอร์เซ็นต์) ที่ใช้ปลิงทะเลร่วมกับสาหร่ายไทรงในการจัดการของเสียภายในระบบหมุนเวียนเพื่อเลี้ยงหอยหวานเชิงพาณิชย์	37
ภาพที่ 7 อุณหภูมิของน้ำ (องศาเซลเซียส) ในการใช้ปลิงทะเลร่วมกับสาหร่ายไทรงเพื่อช่วยในการจัดการของเสียภายในระบบหมุนเวียนเพื่อเลี้ยงหอยหวานเชิงพาณิชย์	42
ภาพที่ 8 ปริมาณออกซิเจนละลายน้ำ (mg/L) ในการใช้ปลิงทะเลร่วมกับสาหร่ายไทรงเพื่อช่วยในการจัดการของเสียภายในระบบหมุนเวียนเพื่อเลี้ยงหอยหวานเชิงพาณิชย์	46
ภาพที่ 9 ความเป็นกรด-ด่าง (pH) ของน้ำในการใช้ปลิงทะเลร่วมกับสาหร่ายไทรงเพื่อช่วยในการจัดการของเสียภายในระบบหมุนเวียนเพื่อเลี้ยงหอยหวานเชิงพาณิชย์	50
ภาพที่ 10 ค่าความเค็มของน้ำ (psu) ในการใช้ปลิงทะเลร่วมกับสาหร่ายไทรงเพื่อช่วยในการจัดการของเสียภายในระบบหมุนเวียนเพื่อเลี้ยงหอยหวานเชิงพาณิชย์	54
ภาพที่ 11 ความเป็นด่างของน้ำ (mg/L as CaCO ₃) ในการใช้ปลิงทะเลร่วมกับสาหร่ายไทรงเพื่อช่วยในการจัดการของเสียภายในระบบหมุนเวียนเพื่อเลี้ยงหอยหวานเชิงพาณิชย์	58
ภาพที่ 12 ความเป็นด่างของน้ำ (mg/L as CaCO ₃) ในการใช้ปลิงทะเลร่วมกับสาหร่ายไทรงเพื่อช่วยในการจัดการของเสียภายในระบบหมุนเวียนเพื่อเลี้ยงหอยหวานเชิงพาณิชย์	62
ภาพที่ 13 ปริมาณแอมโมเนียในน้ำ (mg/L) ในการใช้ปลิงทะเลร่วมกับสาหร่ายไทรงเพื่อช่วยในการจัดการของเสียภายในระบบหมุนเวียนเพื่อเลี้ยงหอยหวานเชิงพาณิชย์	66
ภาพที่ 14 ปริมาณไนไตรท์ของน้ำ (mg/L) ในการใช้ปลิงทะเลร่วมกับสาหร่ายไทรงเพื่อช่วยในการจัดการของเสียภายในระบบหมุนเวียนเพื่อเลี้ยงหอยหวานเชิงพาณิชย์	70

สารบัญภาพ (ต่อ)

หน้า

ภาพที่ 15	ปริมาณไนเตรทของน้ำ(mg/L)ในการใช้ปลิงทะเลร่วมกับสาหร่ายโพรงเพื่อช่วยในการจัดการของเสียภายในระบบหมุนเวียนเพื่อเลี้ยงหอยหวานเชิงพาณิชย์	74
ภาพที่ 16	ปริมาณอินทรีย์วัตถุในทราย (g/kg)	76
ภาพที่ 17	ปริมาณไนโตรเจนในทราย (%)	78
ภาพที่ 18	ปริมาณฟอสฟอรัสในทราย (g/kg)	80

แนวทางการใช้ประโยชน์จากปลิงทะเลร่วมกับสาหร่ายโพรงในการจัดการของเสีย
ภายในระบบหมุนเวียนเพื่อเลี้ยงหอยหวานเชิงพาณิชย์

Utilization trend from Sea Cucumber (*Holothuria* sp.) and Marine
Algae (*Solieria* sp.) in Waste Matter Management within Water Recirculating
System for Commercial Aquaculture of Spotted Babylon (*Babylonia areolata*)

กมลวรรณ สุภวิญญู¹ ยุตธนา สว่างอารมย์¹ อภิญญา ปานโชติ² และ นิชาพล แก้วขำ¹

Kamonwan Suphawinyoo¹ Yutthana Savangarrom¹

Apinya Panchote² and Nichapon Kaewchada¹

¹มหาวิทยาลัยแม่โจ้-ชุมพร ตำบลละแม อำเภอละแม จังหวัดชุมพร

²วิทยาลัยประมงชุมพรเขตรอุดมศักดิ์ อำเภอทุ่งตะโก จังหวัดชุมพร

บทคัดย่อ

แนวทางการใช้ประโยชน์จากปลิงทะเลร่วมกับสาหร่ายโพรงในการจัดการของเสียภายในระบบหมุนเวียนเพื่อเลี้ยงหอยหวานเชิงพาณิชย์ ทำการเลี้ยงหอยหวานเป็นระยะ 6 เดือน พบว่า หอยหวานมีน้ำหนักเฉลี่ยในชุดการทดลองที่ 1, 2 และ 3 ดังนี้ 4.15 ± 0.117 , 5.20 ± 0.716 และ 5.17 ± 0.724 กรัม ตามลำดับ ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P > 0.05$) และพบว่าหอยหวานในชุดการทดลองที่ 1 เลี้ยงหอยหวานในระบบเปิด (ชุดควบคุม) มีอัตราการเจริญเติบโตต่ำกว่า ชุดการทดลองอื่น ๆ อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P < 0.05$) อัตราการรอดตายของหอยหวานพบว่าทั้งสามชุดการทดลองไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P > 0.05$) ส่วนการเจริญเติบโตของสาหร่ายโพรง และปลิงทะเลเป็นลักษณะถดถอย เกิดการตายของปลิงทะเลและสาหร่ายโพรง ด้านคุณภาพทรายพื้นบ่อเลี้ยงหอยหวานทั้งสามชุดการทดลองพบว่า ปริมาณอินทรีย์วัตถุ, ไนโตรเจนรวม และฟอสฟอรัสรวม ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P > 0.05$) เนื่องจากมีการตายของปลิงทะเล คุณภาพน้ำในการเลี้ยงหอยหวานพบว่า ทุกปัจจัยอยู่ในเกณฑ์ที่เหมาะสม ยกเว้น ปริมาณของไนโตรเจนที่มีปริมาณสูงเกินเกณฑ์มาตรฐาน

คำสำคัญ : หอยหวาน, ปลิงทะเล, สาหร่ายทะเล และ ระบบน้ำหมุนเวียน

ABSTRACT

Utilization trend from Sea Cucumber (*Holothuria* sp.) and Marine Algae (*Solieria* sp.) in Waste Matter Management within Water Recirculating System for Commercial Aquaculture of Spotted Babylon (*Babylonia areolata*) were though the culture for a period of 6 months. It was found that Spotted Babylon had average weights at treatment 1st, 2nd and 3th had 4.15 ± 0.117 , 5.20 ± 0.716 and 5.17 ± 0.724 grams respectively with no significant differences ($p > 0.05$). Beside, it found that treatment 1st for Spotted Babylon culture in open system (control treatment) had growth rate lower than with the other treatments with significant ($P < 0.05$). The survival rate of Spotted Babylon found that every treatments with no significant different. ($P > 0.05$). Beside Growth rate of Sea Cucumber (*Holothuria* sp.) and Marine Algae (*Solieria* sp.) were regression because there were die. A field sand bottom quality every treatments found that Organic matter, total nitrogen and total phosphorus with no significant different ($P > 0.05$), because the Sea Cucumber (*Holothuria* sp.) and the Marine Algae (*Solieria* sp.) were die. Water quality of Spotted Babylon culture found that every factors with significant different ($P > 0.05$), except for quantity of nitrite was higher than the standards of optimum to aquatic animals culture.

Key words: Spotted Babylon, Sea Cucumbe, Marine Algae and Water Recirculating System

คำนำ

จากปัญหาโรคระบาดในกุ้งกุลาดำ (*Peneaus monodon*) เกษตรกรเลี้ยงกุ้งไม่โต ในช่วงประมาณปี 2546 ที่ผ่านมา ทำให้เกษตรกรหลายรายต้องหยุดการเลี้ยงกุ้งกุลาดำลง เพราะเลี้ยงกุ้งแล้วขาดทุน รัฐบาลจึงพยายามส่งเสริมสัตว์น้ำเศรษฐกิจตัวใหม่มาแทนการเลี้ยงกุ้งกุลาดำให้กับเกษตรกร ซึ่ง 1 ใน 7 สัตว์น้ำเด่นที่นำลงทุน (ทีมงานสัตว์น้ำเศรษฐกิจ, 2546) คือ หอยหวาน เนื่องจากสามารถนำวัสดุอุปกรณ์ต่างๆ รวมไปถึงบ่อเลี้ยงกุ้งกุลาดำเก่า มาใช้ในการเลี้ยงหอยหวานเชิงพาณิชย์ได้ โดยวิธีการเลี้ยงหอยหวานส่วนใหญ่จะเป็นแบบเลี้ยงขุนให้ได้ขนาดตามที่ตลาดต้องการจึงจับขาย เนื่องจากมีผู้นิยมบริโภคทั้งภายในและภายนอกประเทศ โดยเฉพาะอย่างยิ่งในประเทศจีน,ฮ่องกง และไต้หวัน ซึ่งมีราคาขายหน้าฟาร์มสูงถึงกิโลกรัมละ 300 บาท แต่ในปัจจุบันยังมีผู้ประกอบการเพาะเลี้ยงไม่มากนัก โดยส่วนใหญ่หอยหวานที่ขายตามท้องตลาดจะได้อาหารจากการทำการประมงชายฝั่ง โดยเฉพาะในเขตจังหวัด ระยอง, จันทบุรี, เพชรบุรี, ระนอง, ปัตตานี และนครศรีธรรมราช (ลิอชัย, 2543) จากความต้องการบริโภคหอยหวานเพิ่มสูงขึ้น จึงทำให้มีการจับหอยหวานจากธรรมชาติเพิ่มสูงขึ้นตามไปด้วย ส่งผลให้มีจำนวน และขนาดหอยหวานที่จับได้ในธรรมชาติลดลง ดังนั้นการส่งเสริมการเลี้ยงหอยหวานให้เป็นสัตว์น้ำเศรษฐกิจแทนการเลี้ยงกุ้ง กุลาดำ น่าจะเป็นผลดีให้กับเกษตรกรของประเทศในขณะนี้ เพราะขายได้ราคาสูง เทคนิคการเลี้ยงไม่ซับซ้อน และมีตลาดรองรับผลผลิตอย่างเพียงพอ

การเลี้ยงหอยหวานของสถานประกอบการในปัจจุบัน เป็นการเลี้ยงในระบบน้ำไหลแบบ เปิด คือ การสูบน้ำดิบเข้ามายังบ่อพักเพื่อตกตะกอน หลังจากนั้นจึงสูบน้ำเข้าระบบการเลี้ยงแบบ ไหลผ่าน ปล่อยน้ำที่ผ่านการเลี้ยงแล้วออกสู่แหล่งน้ำธรรมชาติ โดยจะไม่นำน้ำกลับมาใช้เลี้ยงซ้ำอีก ด้วยวิธีการเลี้ยงแบบดังกล่าวนี้ จะใช้น้ำในการเลี้ยงปริมาณสูงมาก ซึ่งเหมาะสมกับฟาร์มเลี้ยงที่อยู่ใกล้ชายฝั่งทะเล เพราะเป็นการง่ายในการนำน้ำทะเลดิบสูบขึ้นมาใช้ได้โดยตรง แต่จะประสบปัญหาในช่วงฤดูมรสุม เพราะไม่สามารถสูบน้ำทะเลดิบขึ้นมาใช้ได้เนื่องจากระดับความเค็มของน้ำทะเล จะลดต่ำกว่า 25 psu (โดยปกติการเลี้ยงหอยหวานควรมีความเค็มอยู่ในช่วง 28 – 30 psu) และความขุ่นของน้ำ เนื่องมาจากตะกอนดิน มีค่าสูงขึ้นด้วยเช่นเดียวกัน ทำให้ต้องพักน้ำในบ่อพักนาน กว่าเดิม ถ้าฟาร์มเลี้ยงหอยหวานมีบ่อพักน้ำขนาดเล็กจะประสบปัญหามากกว่าฟาร์มเลี้ยงที่มีบ่อพัก น้ำขนาดใหญ่ จากข้อจำกัดในเรื่องทำเลที่ตั้ง ฟาร์มเลี้ยงหอยหวานควรอยู่ติดชายฝั่งทะเลทำให้เกษตรกรบางรายถึงแม้จะสนใจแต่กลับไม่สามารถเลี้ยงหอยหวานได้ เพราะไม่สามารถจะนำน้ำทะเล ปริมาณมากดังกล่าวมาเลี้ยงหอย

หวานได้ ทำให้ทางคณะทำงานวิจัยมีแนวความคิดที่ว่า ถ้าเราสามารถเลี้ยงหอยหวาน โดยนำน้ำเลี้ยงหอยหวานมาบำบัดแล้วนำกลับมาใช้ใหม่ได้ จะเป็นการช่วยลดปริมาณน้ำทะเลที่ใช้ในการเลี้ยงลง ทำให้เกษตรกรที่สนใจ แต่มีพื้นที่อยู่ห่างจากชายฝั่งทะเลสามารถเลี้ยงหอยหวานได้ เพราะใช้น้ำทะเล ปริมาณน้อยลงกว่าเดิม โดยเกษตรกรอาจนำน้ำทะเลความเค็ม สูง มาเจือจางกับน้ำจืดเพื่อให้ได้ความเค็ม อยู่ที่ 28-30 psu ก็สามารถประกอบอาชีพนี้ได้ รวมไปถึงผู้ประกอบการที่ทำการเลี้ยงหอยหวานก่อนแล้วสามารถเลี้ยงหอยหวานโดยไม่มีปัญหาในช่วงฤดูมรสุมได้อีกด้วย ทั้งยังสามารถควบคุมคุณภาพน้ำ และจัดการเชื้อโรคร้ายในฟาร์มได้สะดวกยิ่งขึ้นเมื่อเปรียบเทียบกับ การเลี้ยงในระบบเปิด

การเลี้ยงหอยหวานด้วยระบบน้ำหมุนเวียนเป็น วิธีการเลี้ยงที่ดีวิธีการหนึ่ง เพราะสามารถนำน้ำเก่าที่ผ่านการเลี้ยงมาบำบัดแล้วนำกลับมาใช้เลี้ยงหอย หวานซ้ำต่อไปเรื่อยๆ ได้ ดังนั้นทางคณะผู้ทำงานวิจัยจึงเลือกวิธีการเลี้ยงหอยหวานด้วยระบบน้ำ หมุนเวียนมาใช้ในการเลี้ยงหอยหวานทดแทนระบบการเลี้ยงแบบเดิม แต่จะอย่างไรเพื่อก่อให้เกิดประโยชน์สูงสุดในการบำบัดน้ำ ภายใน ระบบการเลี้ยงแบบใหม่นี้ เพราะหอยหวานจะไม่เหมือนสัตว์น้ำชนิดอื่นทั่วไป เนื่องจากมีพฤติกรรมการฝังตัวอยู่ในพื้นทราย ดังนั้นนอกจากการบำบัดน้ำแล้ว การบำบัดพื้นทรายให้มีคุณภาพดี ไม่เป็นที่สะสมของๆเสีย เป็นอีกส่วนหนึ่งที่ต้องคำนึงถึง ทางคณะทำงานวิจัย จึงเลือกปลิงทะเล มาช่วยในการบำบัดพื้นทรายเหล่านี้ เนื่องจากพฤติกรรมการกินอาหารของปลิงทะเล จะกินสารอินทรีย์ที่เกาะติดกับตะกอนดินหรือทราย จากพฤติกรรมดังกล่าวของปลิงทะเล น่าจะเป็นการช่วยบำบัดทรายไม่ให้เป็นที่สะสมของสารอินทรีย์ที่ ก่อให้เกิดโรคตามมาในหอยหวานได้ ส่วนการบำบัดน้ำเราเลือกใช้ bioball เพื่อใช้เป็นพื้นที่ให้แบคทีเรียในกลุ่ม nitrifying ยึดเกาะ ข่อยสลวยแอมโมเนีย และไนไตรท์ ให้เปลี่ยนเป็น ไนเตรท เพราะเกษตรกรสามารถหาซื้อได้ง่ายตามท้องตลาด และสะดวกในการทำความสะดวกระบบบำบัด หลังจากนั้น จึงใช้สาหร่ายโพรงเป็นตัวดึงแอมโมเนีย ไนเตรท และฟอสเฟตในน้ำ ไปใช้เพื่อการเจริญเติบโตของสาหร่ายต่อไป น้ำที่ผ่านการบำบัด ดังกล่าวจะนำกลับมาใช้ในการเลี้ยงหอยหวานซ้ำต่อไป จนถึงระยะที่หอยหวานมีขนาดตามที่ ตลาด ต้องการแล้วสามารถจับขาย

จากแนวคิดนี้ส่งผลดีให้กับเกษตรกรผู้สนใจในการเลี้ยงหอยหวานเชิงพาณิชย์ ไม่จำกัดเฉพาะผู้ที่ไม่มีพื้นที่ใกล้ชายฝั่งทะเลเพียงอย่างเดียวเท่านั้น และเป็นการช่วยลดปริมาณของเสียที่ได้จากการเลี้ยงหอยหวานก่อนปล่อยลงสู่แหล่งน้ำธรรมชาติอีกทางหนึ่งด้วย แนวทางการใช้ประโยชน์จากปลิงทะเลร่วมกับสาหร่ายโพรงในการจัดการของเสียภายในระบบหมุนเวียนเพื่อ

เลี้ยงหอยหวานเชิงพาณิชย์นี้ นอกจากเป็นการเพิ่มศักยภาพในการเลี้ยงหอยหวานเชิงพาณิชย์แล้ว ยังสามารถจัดการระบบการเลี้ยง ให้ปลอดจากเชื้อโรค โดยไม่จำเป็นต้องนำน้ำจากภายนอกเข้าสู่ ภายในฟาร์มตลอด ระยะเวลาการเลี้ยงหอยหวาน จึงทำให้ไม่จำเป็นต้องใช้ยา หรือสารเคมีในการเลี้ยง ทำให้เกิดประโยชน์ต่อผู้บริโภค เพราะได้รับประทานอาหารที่ปลอดภัย ไม่มีสารพิษตกค้างอย่างแน่นอน และนอกจากเกษตรกรผู้เลี้ยงหอยหวานจะได้รายได้จากการขายผลผลิตหลักแล้ว ผลผลิตรอง คือ ปลิงทะเล และสาหร่ายไทรง เนื่องจากสามารถขายได้ เพราะมีตลาดรองรับมากในขณะนี้ ปลิงทะเลนิยมนำมาบริโภคทั้งในหมู่คนไทยหรือชาวต่างชาติโดยเฉพาะชาวญี่ปุ่น, จีน, เกาหลี, ไต้หวัน, สิงคโปร์ และฮ่องกง ส่วนสาหร่ายไทรงขายให้กับฟาร์มเลี้ยงหอยเพื่าสื่อ การที่เกษตรกรผู้เลี้ยงหอยหวาน ดำเนินถึงอาหารปลอดภัยต่อผู้บริโภค การจัดการระบบการเลี้ยงที่ไม่ส่งผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อม และผลกำไรจากการเลี้ยงหอยหวานร่วมกัน ข่อมส่งผลต่อการพัฒนาประเทศของเราต่อไปในอนาคต

วัตถุประสงค์ของการวิจัย

1. ศึกษาแนวทางการใช้ประโยชน์จากปลิงทะเลร่วมกับสาหร่ายไทรงในการจัดการของเสียภายในระบบหมุนเวียนเพื่อเลี้ยงหอยหวานเชิงพาณิชย์
2. เปรียบเทียบการเจริญเติบโต และอัตราการรอดตายของหอยหวาน ที่ใช้ปลิงทะเลร่วมกับสาหร่ายไทรงในการจัดการของเสียภายในระบบหมุนเวียนเพื่อเลี้ยงหอยหวานเชิงพาณิชย์
3. เปรียบเทียบคุณภาพน้ำ และทราย ที่ใช้ปลิงทะเลร่วมกับสาหร่ายไทรงในการจัดการของเสียภายในระบบหมุนเวียนเพื่อเลี้ยงหอยหวานเชิงพาณิชย์

ขอบเขตของโครงการวิจัย

ศึกษาแนวทางการใช้ประโยชน์จากปลิงทะเลร่วมกับสาหร่ายไทรงในการจัดการของเสียภายในระบบหมุนเวียนเพื่อเลี้ยงหอยหวานเชิงพาณิชย์ โดยทำการเปรียบเทียบอัตราการรอดตาย, การเจริญเติบโต, คุณสมบัติของน้ำและ ทรายตลอดการเลี้ยงหอยหวาน เนื่องจากหอยหวานจำเป็นต้องอาศัยฝังตัวอยู่ตามพื้นทราย ในระบบบำบัดครั้งนี้จะทำการบำบัดน้ำด้วยสาหร่ายไทรง

ร่วมกับการใช้ปลิงทะเล เนื่องจากปลิงทะเลมีพฤติกรรมในการกินอาหาร แบบกินซากอินทรีย์ สารที่ปะปนอยู่กับตะกอนดินและกรวดทราย การบำบัดโดยใช้สิ่งมีชีวิตทั้งสองชนิดนี้เป็นการช่วยทำให้คุณสมบัติของน้ำ และทราย มีเหมาะสมต่อการเลี้ยงหอยหวาน

ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

กรณีงานวิจัยเรื่อง แนวทางการใช้ประโยชน์จากปลิงทะเลร่วมกับสาหร่ายโพรงในการจัดการของเสียภายในระบบหมุนเวียนเพื่อเลี้ยงหอยหวานเชิงพาณิชย์. ในผลสำเร็จขั้นต้น(P)เป็นการศึกษาเกี่ยวกับประสิทธิภาพร่วมกันระหว่างปลิงทะเลและสาหร่ายโพรงในการบำบัดน้ำหมุนเวียนสำหรับเลี้ยงหอยหวานเชิงพาณิชย์ ว่าสามารถช่วยบำบัดภายในระบบการเลี้ยงหอยหวานได้หรือไม่ อย่างไร และผลสำเร็จกึ่งกลาง (I) เมื่อสามารถใช้ประโยชน์จากปลิงทะเลร่วมกับสาหร่ายโพรงในการเลี้ยงหอยหวานเชิงพาณิชย์ได้ ทำให้สามารถส่งเสริมให้เกษตรกรผู้สนใจในการเลี้ยงหอยหวาน นำไปปฏิบัติในการเลี้ยงหอยหวานต่อไป และผลสำเร็จตามเป้าประสงค์ (G) คือ เกษตรสามารถเลี้ยงหอยหวานในระบบน้ำหมุนเวียนได้ ทำให้ควบคุมคุณภาพน้ำ และเชื้อโรค ภายในฟาร์มได้เป็นอย่างดี เป็นการช่วยลดการปล่อยของเสียลงสู่แหล่งน้ำธรรมชาติ ซึ่งจะเป็นปัญหาต่อไปในอนาคตได้ การที่เกษตรกรผู้เลี้ยง ดำเนินถึง การผลิตอาหารปลอดภัย, การช่วยรักษาสิ่งแวดล้อม และกำไรจากการเลี้ยงหอยหวาน ย่อมส่งผลต่อการพัฒนาประเทศในอนาคต

การตรวจเอกสาร

ชีววิทยาของหอยหวาน

หอยหวานมีชื่อสามัญว่า Babylon ชื่อวิทยาศาสตร์ว่า *Babylonia areolata* Link 1807 มีการจัดตามหลักอนุกรมวิธาน คือ : (ศูนย์วิจัยและพัฒนาประมงชายฝั่งระยอง, 2551)

Phylum Mollusca

Class Gastropoda

Order Neogastropoda

Family Buccinidae

Genus *Babylonia*

Scientific name *Babylonia areolata* Link 1807



ภาพที่ 1 หอยหวาน (*Babylonia areolata* Link 1807) (นิลนาจ และ ศิริยา, 2545)

ในธรรมชาติหอยหวานจะอาศัยอยู่บริเวณชายฝั่งทะเล ที่ระดับความลึก 10-20 เมตร ความเค็มประมาณ 28-30 psu หอยหวานที่พบมากในประเทศไทยมีอยู่ 2 ชนิด คือ หอยหวานที่มีชื่อสามัญว่า Spotted Babylon มีชื่อทางวิทยาศาสตร์ว่า *Babylonia areolata* Link 1807 มีแหล่งแพร่กระจายตัวอยู่ทางฝั่งอ่าวไทย เช่น ตราด ระยอง จันทบุรี ชลบุรี เพชรบุรี ประจวบคีรีขันธ์ สุราษฎร์ธานี และนครศรีธรรมราช เป็นต้น และหอยหวานที่มีชื่อสามัญว่า Spiral Babylon มีชื่อ

ทางวิทยาศาสตร์ว่า *Babylonia spirata* Linnaeus 1758 มีแหล่งแพร่กระจายตัวอยู่ทางฝั่งทะเลอันดามันที่พบมากคือ จังหวัดระนอง

ลักษณะทั่วไป

หอยหวาน *Babylonia areolata* Link 1807 เป็นหอยทะเลฝาเดียวมีเปลือกค่อนข้างหนา ทรงไข่ (ovate) ผิวเรียบ เปลือกมีพื้นสีขาว และมีแฉกสีเหลี่ยมสีน้ำตาลดำขนาดใหญ่เรียงเป็นแถว 3 แถวบนวงลำตัว (Body mhorl) บริเวณปลายสุดของส่วนเปลือกจะแหลม โดยส่วนหัวจะขดเป็นเกลียว (spire) และมีร่องที่ไม่ลึกมากนัก ฝาปิด (operculum) เป็นรูปทรงไข่ที่สามารถปิดช่องเปิดลำตัวได้อย่างสนิท หอยหวานมีขนาด 1 คู่ และมีตา 1 คู่

การเตรียมบ่อหรือภาชนะที่ใช้เลี้ยง

บ่อหรือภาชนะที่ใช้เลี้ยงหอยหวานนั้นมีหลายรูปแบบ เป็นเหลี่ยมหรือรูปร่างกลม แต่ต้องมีระบบที่จะทำให้สามารถถ่ายน้ำได้สะดวก อาจเป็นบ่อคอนกรีต บ่อผ้าใบ หรือถังไฟเบอร์กลาสที่มีรูปร่างทรงกลม มีท่อน้ำล้นและทางน้ำเข้าออกสะดวก มีระบบให้อากาศในปริมาณที่พอเพียง พื้นก้นบ่อควรจัดให้มีทรายรองพื้น เริ่มจากการใช้ทรายละเอียด หากลูกหอยยังมีความเล็ก ปริมาณทรายที่ใช้ไม่จำเป็นต้องมากนัก ให้ทรายมีความหนาพอท่วมตัวหอยที่เลี้ยง บ่อหรือภาชนะที่ใช้เลี้ยงต้องทำความสะอาดให้สม่ำเสมอ เพื่อเป็นการกำจัดเมือกและสิ่งสกปรกจากมูลหอยรวมทั้งอาหารที่เหลือตกค้าง นอกจากนี้ควรตรวจวัดปริมาณออกซิเจน ค่าแอมโมเนีย ในไครต์ และไนเตรท เป็นประจำอย่างสม่ำเสมอ ควรทำการพรางแสง เพื่อไม่ให้แสงสว่างส่องตัวหอย เนื่องจากแสงสว่างที่มากเกินไป นอกจากเป็นการรบกวนหอยที่เลี้ยงแล้วยังเป็นการกระตุ้นให้แพลงก์ตอนและสาหร่ายที่อยู่ในบ่อเกิดการสังเคราะห์แสง เกิดสาหร่ายสีเขียวจำนวนมาก เกาะที่ก้นบ่อและผนังบ่อ ซึ่งเป็นสาเหตุให้น้ำเสียและเปลือกหอยที่เลี้ยงก็จะมี สาหร่ายและสิ่งปนเปื้อนเกาะติด ทำให้ดูสกปรกและไม่สะอาด เป็นแหล่งสะสมของเชื้อโรค น้ำที่ใช้เลี้ยงหอยหวานในบ่อหรือภาชนะต้องเป็นน้ำที่ใสสะอาด ไม่มีตะกอนแขวนลอย ถ้ามีความขุ่น ตะกอนขนาดเล็กเหล่านี้ไปเกาะที่เหงือกภายในตัวหอย ทำให้หอยคายได้และน้ำ ที่ใช้เลี้ยงหอยก็ควรมีความเค็มในรอบปีไม่แตกต่างกันมาก ขนาดความลึกของน้ำในการเลี้ยงประมาณ 40 เซนติเมตร โดยขึ้นอยู่กับขนาดและความหนาแน่นของหอยที่นำมาเลี้ยงและปัจจัยอื่นๆด้วย (สำนักวิจัยและพัฒนาประมงชายฝั่ง, 2551)

ขนาดและอัตราการปล่อย

ขนาดลูกหอยหวานที่เหมาะสมจะนำไปเลี้ยง ควรมีความยาวเปลือกตั้งแต่ 0.5 เซนติเมตร ขึ้นไป ถ้าจะให้ได้ผลดีควรมีความยาวเปลือกตั้งแต่ 1 เซนติเมตร หากนำลูกหอยดังกล่าวไปเลี้ยง จะมีอัตราการรอดตายข้างสูง อัตราการปล่อยลูกหอย ขนาดความยาวเปลือก 1 – 1.5 เซนติเมตร ที่เหมาะสมควรปล่อยประมาณ 300 – 500 ตัวต่อพื้นที่ก้นบ่อ 1 ตารางเมตร แต่ อัตราปล่อยจะมากหรือน้อยขึ้นอยู่กับจัดการเรื่องการเลี้ยงและการดูแลรักษาที่ดี

อาหารและการให้อาหาร

หอยหวาน จะชอบกินอาหารประเภทเนื้อเป็นหลัก เช่น เนื้อปลา เนื้อหอยแมลงภู่ เนื้อหอยกะพง รวมทั้งอาหารเม็ดกุ้งทะเลและอาหารผสมอื่นๆ ทั้งนี้ขึ้นกับความสะดวกในการจัดซื้อจัดหาและราคาของอาหารชนิดนั้นๆ ปัจจุบันพบว่า การใช้เนื้อหอยแมลงภู่เลี้ยงหอยหวาน หอยหวานจะมีอัตราการเจริญเติบโตดีกว่าการใช้เนื้อปลา

การให้อาหารขึ้นอยู่กับชนิดของอาหารที่จะให้และขนาดของลูกหอยหวานที่เลี้ยง หากใช้เนื้อปลาควรใช้เนื้อปลาที่ราคาไม่แพงนัก เช่น เนื้อปลาข้างเหลือง หรือปลาเบญจพรรณ แต่เฉพาะเนื้อปลา สับเป็นชิ้นๆ ตามขนาดของหอยที่เลี้ยง หอยแมลงภู่และเนื้อปลาที่ใช้ควรมีความสะอาด หากเป็นหอยแมลงภู่ทำผัดหัวหอยเบะให้ผาหอยทั้งสองข้างอ้าออก หอยหวานสามารถเข้ามาดูดกินเนื้อหอยแมลงภู่ได้สะดวก หากใช้อาหารชนิดอื่นๆ นอกจากที่กล่าวมาแล้วก็จำเป็นต้องคิดแปลงวิธีการให้อาหารให้เหมาะสมเป็นชนิดไป ปริมาณอาหารที่ให้ในกรณีที่ใช้เนื้อปลาเลี้ยงควรให้ 2 – 10 % ของน้ำหนักหอยหวานทั้งหมดที่เลี้ยงหากใช้เนื้อหอยแมลงภู่เลี้ยงก็ควรให้ 5 – 30 % ของน้ำหนักหอย ทั้งหมดที่เลี้ยง ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับปัจจัยอื่นๆ ที่จำเป็นต้องปรับปริมาณอาหารเป็นประจำวันสม่ำเสมอ เพื่อป้องกันไม่ให้อาหารที่ใช้เลี้ยงเหลือมากเกินไปหรือไม่เพียงพอ ปกติแล้วจะให้วันละ 2 ครั้งในช่วงเวลาเดียวกันทุกวัน โดยให้วันละ 2 – 3 ชั่วโมงหลังให้อาหารแล้วเก็บอาหารส่วนที่เหลือออกให้หมด

การดูแลรักษา

การเลี้ยงหอยหวานในระดับที่มีความหนาแน่นมาก จะมีเศษอาหารที่ให้และมูลหอยมากตามไปด้วย ผู้เลี้ยงจะต้องหมั่นทำความสะอาดทรายรองพื้นหรือบ่อเลี้ยงเป็นประจำ สัปดาห์ละ 1 ครั้ง ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับคุณสมบัติของน้ำที่ใช้เลี้ยงและสภาพพื้นทรายว่ามีสีดำและสกปรกมาก หากพื้นทรายที่หอยอาศัยอยู่เกิดมีลักษณะคราบสีดำแผ่กว้างออกมากขึ้น จำเป็นต้องจัดการทำความสะอาดที่รองพื้น กรณีที่ตรวจพบว่าน้ำมีปริมาณออกซิเจนต่ำมาก และมีปริมาณแอมโมเนีย ในไนโตรด และไนเตรทค่อนข้างสูง ต้องทำการปรับเปลี่ยนน้ำในบ่อเลี้ยงใหม่ หรือทำการปรับระบบให้น้ำที่ใช้เลี้ยง ให้มีการไหล ถ่ายเทมากขึ้นตามความจำเป็น เพื่อป้องกันไม่ให้น้ำที่ใช้เลี้ยงเสียเร็ว และควรเก็บอาหารที่ใช้เลี้ยงออกทุกครั้ง ควรทำการตรวจสอบประจำวันเกี่ยวกับระบบน้ำ ระบบการให้อาหาร และสภาพการเปลี่ยนความเค็มของน้ำในช่วงเวลาใดเวลาหนึ่ง หากมีการเปลี่ยนแปลงเกิดขึ้นกะทันหันจะต้อง เร่งแก้ไขทันที โดยเฉพาะในฤดูฝน หากมีฝนตกมากน้ำฝนหลากไหลลงสู่ทะเล น้ำบริเวณชายฝั่งจะมีความเค็มลดลงมาก หากนำน้ำดังกล่าวมาใช้ในบ่อเลี้ยงจะส่งผลการกิน อาหารของหอย อาจทำให้หอยโตช้าลงหรือตายได้

การเลี้ยงหอยหวานขนาดตลาดด้วยบ่อผ้าใบ บ่อคอนกรีต และบ่อดิน

การเลี้ยงหอยหวานระยะวัยรุ่นด้วยบ่อเลี้ยงระบบน้ำทะเลไหลผ่านตลอดจนถึงขนาดตลาด ต้องการ (หอย 120 ตัวต่อกิโลกรัม) ใช้เวลาในการเลี้ยงประมาณ 6 เดือน โดยมีความยาวเปลือกเริ่มต้นเฉลี่ย 12.80 มิลลิเมตร และน้ำหนักเฉลี่ย 0.33 กรัม พบว่า หอยหวานมีการเจริญเติบโตความยาวเปลือกรวดเร็วในระยะ 4 เดือนแรก หลังจากนั้นหอยจะมีการเจริญเติบโตช้าลง โดยมีอัตราการเจริญเติบโตของความยาวเปลือกเฉลี่ย 5.23 มิลลิเมตรต่อเดือน และช่วงเดือนที่ 5-6 มีความยาวเปลือกเฉลี่ย 3.78 มิลลิเมตรต่อเดือน เมื่อสิ้นสุดการเลี้ยงความยาวเปลือกเฉลี่ย 34.30 มิลลิเมตร ความยาวเปลือกเพิ่มขึ้นเฉลี่ย 21.50 มิลลิเมตร และอัตราการเจริญเติบโตความยาวเปลือกเฉลี่ย 3.58 มิลลิเมตรต่อเดือน ส่วนน้ำหนัก พบว่า มีน้ำหนักเพิ่มขึ้นอย่างสม่ำเสมอตลอดระยะเวลาการเลี้ยง โดยมี น้ำหนักเฉลี่ย 1.42 กรัมต่อเดือน เมื่อสิ้นสุดการเลี้ยงมีน้ำหนักเฉลี่ย 8.90 กรัม น้ำหนักเพิ่มขึ้นเฉลี่ย 8.27 กรัม

อัตราการเปลี่ยนอาหารเป็นเนื้อ พบว่า มีอัตราการกินอาหารค่อนข้างสม่ำเสมอตลอดระยะเวลา การเลี้ยง โดยมีปริมาณอาหารที่กินทั้งหมดเฉลี่ย 69.9 กิโลกรัมต่อบ่อ หรือประมาณ 11.7 กิโลกรัมต่อบ่อ หอยหวานมีอัตราการเปลี่ยนอาหารเป็นเนื้อเฉลี่ย 1.65

อัตราการรอดตาย พบว่า มีอัตราการรอดตายสูงกว่า 90% ในทุกบ่อเลี้ยง โดยมีอัตราการรอดเฉลี่ย 98.20%

ปลิงทะเล (กรมประมง, 2535)

ปลิงทะเล เป็นสัตว์น้ำเค็มชนิดหนึ่งซึ่งผู้นิยมบริโภคโดยเฉพาะชาวจีน ปลิงทะเลเป็นสัตว์ไม่มีกระดูกสันหลัง จัดอยู่ใน

Phylum Echinodermata

Class Holothuroidea



ภาพที่ 2 ปลิงดำทะเล

ในประเทศไทยปลิงทะเลที่พบส่วนมากอยู่ในบริเวณ อ่าวไทยฝั่งตะวันออก อ่าวไทยฝั่งตะวันตก และมหาสมุทรอินเดีย มีการเก็บตัวอย่าง จากจังหวัดภูเก็ต นำมาจัดจำแนกหมวดหมู่ จะ

ได้ 4 อันดับ (Orders) 5 วงศ์ (Families) 8 สกุล (genera) และ 17 ชนิด (Species) ปลิงทะเลทั้งหมดนี้ พบว่าสามารถนำมารับประทาน ได้ 2 สกุล 6 ชนิด คือ *Holothuria scabra* (Jaeger) เรียกกันทั่วไปว่า ปลิงขาว,ปลิงดำ

ลักษณะทั่วไป

ปลิงทะเลเป็นสัตว์ไม่มีกระดูกสันหลัง โดยทั่ว ๆ ไปมีรูปร่างทรงกระบอก ขาวคล้ายงู มีปากและช่องจับเหยื่ออยู่ที่ปลายส่วนหัวและหาง รอบ ๆ ปากมีหนวด (tentacles) หนวดมีจำนวนมากน้อยขึ้นอยู่กับชนิดของปลิงทะเล เช่น สกุล *Cucumaria thylene* มีหนวด 10 เส้น สกุล *Holothuria* มีหนวด 20-30 เส้น เป็นต้น ผิวตัวของปลิงทะเลอาจจะนุ่ม มีลักษณะบางโปร่งแสง หรือหนาทึบแสง บางชนิดผิวเรียบ แต่ปกติมักจะมีปุ่มยื่นออกมาคล้าย หูด ที่บริเวณผิวหนังจะมีสปีคูล (spicules) ซึ่งเป็นแผ่นโครงร่าง (skeletal plates) ลักษณะของสปีคูลใช้ในการจำแนกชนิดของปลิงทะเล ซึ่งแต่ละชนิดจะมีสปีคูลแตกต่างกันออกไป บางชนิดสปีคูลจะมีลักษณะคล้ายรูปสมอเรือ เช่น สกุล *Holothuria*

ปลายทั้งสองข้างของลำตัว จะเป็นช่องเปิดของปากและกัน คล้ายหนวดสั้น ๆ เรียงอยู่เป็นแถว ทำหน้าที่ช่วยในการหายใจและเคลื่อนไหว ปากของปลิงทะเลอยู่ตอนปลายสุดด้านที่มีหนวดลักษณะคล้ายคันไม้ล้อมรอบ ทำหน้าที่ในการหาอาหาร โดยใช้หนวดดูดโคลนตมหน้าดินเข้าปากผ่านเข้าสู่ระบบทางเดินอาหาร และกากที่เหลือจะถ่ายออกทางช่องกันซึ่งอยู่อีกด้านหนึ่งกันของปลิงทะเลเป็นช่องเล็ก ๆ ทำหน้าที่ในการจับถ่ายของเสีย หายใจ เป็นทางออกของเชื้ออสุจิ ปลิงมีสารพิษ โซโลทูลิน ซึ่งปล่อยออกทางผิวหนัง ใช้ในการป้องกันอันตรายจากปลาและปู (กรมประมง, 2535)

ปกติปลิงทะเลอาศัยอยู่ตามก้นทะเล โดยฝังตัวดูดอยู่ในโคลน ทราช หรืออาศัยอยู่ตามกอสาหร่ายทะเล ปะการัง มีขนาดรูปร่างแตกต่างกัน ปลิงทะเลกินอาหารประเภทแพลงก์ตอนและสิ่งมีชีวิตขนาดเล็ก เช่น โปรโตซัว สาหร่ายทะเล และไคอะตอม ใช้หนวดพุ่มไม้จับอาหาร โดยอาศัยเมือกเหนียว ซึ่งฉาบอยู่ตามผิวหนัง คอยดักอาหารที่ผ่านมากับน้ำ และอาหารประเภทอินทรียสารที่ตกอยู่ใต้ท้องน้ำ ซึ่งมักจะปนไปกับโคลนและทราชที่มันฝังตัวอยู่

การแพร่กระจายของปลิงทะเล อาศัยอยู่บริเวณชายฝั่งทะเลในระดับความลึก 20-30 เมตร สามารถ พบได้ในบริเวณหาดทรายปนเลนหรือทรายล้วน ๆ หรือตามบริเวณที่มีกระแสน้ำตามเกาะบริเวณปะการัง และสภาพน้ำทั่วไป อุณหภูมิน้ำอยู่ระหว่าง 24-28 องศาเซลเซียส ความเค็มสามารถอยู่ได้ในระดับ 27-35 psu และสามารถอยู่ได้ในระดับความเค็มต่ำกว่า 10 psu ถึง 17 ชั่วโมง ซึ่งถ้าอยู่ในระดับความเค็มสูง จะมีความแข็งแรงกว่าความเค็มต่ำ

การทำการประมง

การประมงปลิงทะเลส่วนใหญ่ทำโดยการเก็บในเขตน้ำขึ้นน้ำลงและเขตน้ำขึ้นชายฝั่ง เมื่อจำนวนปลิงทะเลลดน้อยลง มีการดำน้ำเก็บรวบรวมปลิงทะเลที่ความลึกช่วง 5-10 เมตร โดยใช้จอบในการรวบรวมปลิงทะเลเฉพาะชนิดที่มีราคาสูง เช่น *T. ananas*, *Actinopyga echinite* และ *H. nobilis* ที่อาศัยอยู่ในน้ำค่อนข้างลึก นอกจากนี้ยังมีปลิงบางส่วนที่ติดมากับเรืออวนลาก ซึ่งปลิงที่ได้จะถูกแยกและนำมาขายให้ผู้รับซื้อที่แปปลา เพื่อแปรรูปต่อไป

จากการสำรวจพบว่า ชาวประมงชายฝั่งมักจะเก็บปลิงทะเลจากบริเวณอ่าวใกล้เคียงแถบหมู่บ้านขณะน้ำลง ชาวประมงบางกลุ่ม เช่น ชาวเลบริเวณหมู่เกาะสุรินทร์จะเดินทางไปทำการประมงในบริเวณที่ห่างฝั่งออกไป ซึ่งอาจต้องใช้ระยะเวลาระหว่าง 1-7 วัน โดยปลิงทะเลจะถูกผ่าเอา ลำไส้ออกบนเรือก่อนเดินทางกลับเข้าฝั่งเพื่อแปรรูปต่อไป ส่วนรายได้จากการรวบรวมปลิงทะเลจะแตกต่างกันไปในแต่ละครั้งขึ้นอยู่กับทำการประมง จำนวน และชนิดของปลิงทะเลที่จับได้ สำหรับเวลาในการทำการประมงก็จะแตกต่างกันไป เช่น ในเวลากลางวันจะพบชนิด *H. leucospilota* เป็นจำนวนมาก แต่สำหรับบางชนิดจะต้องทำการประมงในเวลากลางคืน เช่น *S. Variegatus*

ความสำคัญทางเศรษฐกิจ

จากสถิติการประมงของประเทศไทย ปลิงทะเลที่จับได้ มีจำนวนเพื่อขึ้นทุกปี กล่าวคือ ในปี 2512 จับได้ 2 ตัน ปี 2513 จับได้ 46 ตัน ปี 2514 จับได้ถึง 158 ตัน

สำหรับการทำปลิงทะเลตากแห้งที่จังหวัดสงขลาและตรัง มีวิธีการเช่นเดียวกับการทำปลิงทะเลแห้งของชาวจีน ส่วนการเอาสปิคูล (Spicules) ที่ผิวหนังออกเพื่อให้เนื้อไม่สากนั้น ทำโดยใช้มีดขูดผิวของปลิงทะเลที่คัมสุกแล้ว

นลินี และสมชัย (2543) รายงานเกี่ยวกับ การประมงและการค้าปลิงในประเทศไทยว่า ปลิงทะเลเป็นสัตว์ที่มีความสำคัญทั้งต่อระบบนิเวศและด้านเศรษฐกิจ จากการสำรวจพบว่า ในพื้นที่ชายฝั่งทะเลทั้งทางด้านทะเลอันดามันและอ่าวไทย มีการค้าปลิงทะเลทั้งเพื่อการบริโภคภายในประเทศและส่งออก จากการรวบรวมข้อมูลด้านความหลากหลายของชนิดปลิงทะเลในน่านน้ำไทย รวมทั้งชนิดปลิงทะเลที่มีการใช้ประโยชน์ด้านการ บริโภคซึ่งมีทั้งชนิดที่อาศัยอยู่ในแหล่งหญ้าทะเลและแนวปะการัง คือ ชนิด *Holothuria scabra*, *H. atra*, *H. leucospilota*, *Stichopus chloronatus*, *S. variegatus*, *Bohadchia marmorata* และ *B. argus*

ประสิทธิภาพการดูดซึมอินทรีย์สารของปลิงทะเล

ปราณี และคณะ (2546) ทำการศึกษาอัตราการกินอาหารและประสิทธิภาพการดูดซึมอินทรีย์สารของปลิงทะเลในตะกอนที่มีองค์ประกอบของทรายและทรายแป้งตลอดจนปริมาณอินทรีย์สารต่างกัน 3 ระดับ คือตะกอนที่มีอัตราส่วนทรายต่อทรายแป้ง 0 : 1 และปริมาณอินทรีย์สารร้อยละ 22.7 ตะกอนที่มีอัตราส่วนทรายต่อทรายแป้งเป็น 1 : 1 ปริมาณอินทรีย์สารร้อยละ 8.94 และตะกอนที่มีอัตราส่วนทรายต่อทรายแป้งเป็น 1 : 2 ปริมาณอินทรีย์สารร้อยละ 13.41 พบว่า ปลิงทะเล *Holothuria atra* มีอัตราการกินตะกอนและประสิทธิภาพการดูดซึมอินทรีย์สารต่างกันตามลักษณะองค์ประกอบโดยมีอัตราการกินอาหารสูงสุดที่ตะกอนอัตราส่วน 1 : 1 และประสิทธิภาพการดูดซึมอินทรีย์สารสูงสุดที่ตะกอนอัตราส่วน 0 : 1 ส่วนปลิงทะเล *H. leucospilota* มีอัตราการกินตะกอนไม่แตกต่างกัน แต่มีประสิทธิภาพการดูดซึมอินทรีย์สารสูงสุดที่ตะกอนอัตราส่วน 0 : 1 การตอบสนองต่อการเปลี่ยนแปลงองค์ประกอบตะกอนของปลิงทะเลทั้งสองชนิดนี้ พบว่าอัตราการกินอาหารของปลิงทะเลจะสูงในตะกอนที่มีอัตราส่วนของทรายสูงแต่ประสิทธิภาพการดูดซึมอินทรีย์สารต่ำ ในทางตรงกันข้ามปลิงทะเลจะมีอัตราการกินอาหารต่ำในตะกอนที่มีปริมาณอินทรีย์สารสูง ซึ่งปลิงทะเลจะมีประสิทธิภาพการดูดซึมอินทรีย์สารสูง ผลการศึกษาดังนี้แสดงให้เห็นว่าปลิงทะเลทั้งสองชนิดมีขีดจำกัดในการปรับตัวทางสรีรวิทยาเมื่อมีการเปลี่ยนแปลงองค์ประกอบตะกอนซึ่งจะส่งผลกระทบต่อการดำรงชีวิตและจำนวนประชากรปลิงทะเลในธรรมชาตินอกเหนือจากการจับปลิงทะเลจนเกิน

ขนาด ผลการศึกษาครั้งนี้สามารถใช้คาดการณ์ว่าประชากรของปลิงทะเล *Holothuria atra* มีโอกาสได้รับผลกระทบจากการเปลี่ยนแปลงลักษณะตะกอนมากกว่าประชากรปลิงทะเล *Holothuria leucospilota*

ในการศึกษาของ นิวัติ และอังฉรา (2538) เป็นการศึกษาความเป็นไปได้ในการใช้ปลิงทะเลเพื่อปรับปรุงคุณภาพดินเลนจากบ่อเลี้ยงกุ้งกุลาดำแบบพัฒนา เมื่อนำปลิงทะเลชนิดนี้น้ำหนักขนาด 250 กรัม ทดลองให้ดูดซับธาตุอาหารและสารอินทรีย์จากตะกอนเลนกันบ่อเลี้ยงกุ้งกุลาดำแบบพัฒนาปรากฏว่า ปลิงทะเลสามารถดูดซับธาตุอาหารและสารอินทรีย์ได้ดีโดยมีประสิทธิภาพการดูดซับเฉลี่ย 51.34% จากผลการศึกษาครั้งนี้ได้มีข้อเสนอแนะให้มีการทดลองวิจัยเพื่อเพิ่มประสิทธิภาพการดูดซับธาตุอาหารจากเลนบ่อเลี้ยงกุ้งของปลิงทะเล และวิจัยพัฒนาเพื่อการเพาะเลี้ยงปลิงทะเลชนิดนี้ ซึ่งสามารถนำมาเป็นอาหารได้พร้อมทั้งให้มีการทดลองเลี้ยงปลิงทะเลรวมกับการเลี้ยงกุ้งกุลาดำแบบพัฒนาเพื่อให้ปลิงทะเลช่วยปรับปรุงคุณภาพสิ่งแวดล้อมของบ่อเลี้ยง ระหว่างการเลี้ยง

สาหร่ายไพรอง (*Solieria robusta* (Greville) Kylin)

ลักษณะทั่วไป

ทลัสเป็นพุ่มอวบน้ำ นุ่ม สูงถึง 23 เซนติเมตร รากที่ใช้ยึดเกาะมีลักษณะรูปถ้วย แดกแขนงได้หลายแบบมีทั้งแบบสลับ แบบคู่ และแตกแขนงจากจุดเดียวกัน แขนงรูปทรงกระบอก กว้าง 3 เซนติเมตร ปลายแหลม โคนแคบ ชิสโตคาร์ปรูประฆังคว่ำ เกิดนูนพื้นผิว สีน้ำตาลแกมเขียว หรือน้ำตาล แกมเหลือง หรือสีชมพู ขึ้นบนเปลือกหอย เศษหิน ในระดับน้ำขึ้นน้ำลง บางครั้งโผล่พ้นน้ำขณะน้ำลง (Lewmanomont K. and Ogawa H., 1995)



ภาพที่ 3 สาหร่ายไพรง *Solieria robusta* (ศูนย์วิจัยและพัฒนาประมงชายฝั่งประจวบคีรีขันธ์, 2551)

นิเวศวิทยาบางประการของแหล่งเกิดสาหร่ายทะเลตามธรรมชาติ (ศูนย์วิจัยและพัฒนาประมงชายฝั่งประจวบคีรีขันธ์, 2551)

ลือชัย (2534) ได้ทำการศึกษาบริเวณนิเวศวิทยาบางประการของแหล่งเกิดสาหร่ายทะเลตามธรรมชาติ จังหวัดตราด พบว่า สาหร่ายทะเลที่พบส่วนใหญ่จะอยู่บริเวณน้ำขึ้นสูงสุดและน้ำลงต่ำสุด วัสดุยึดเกาะ (substrate) ส่วนใหญ่จะขึ้นอยู่กับภูมิประเทศ วัสดุยึดเกาะบริเวณดังกล่าวเช่น หิน กรวด เศษอวน เปลือกหอย วัสดุเหลือใช้ต่าง ๆ เช่น พลาสติก เศษผ้า พบสาหร่ายทะเลอยู่บริเวณพื้นที่ทรายปนโคลน (sandy loam) พื้นดินที่ไม่ค้ำของ Organic matter มีทางน้ำไหลผ่านสะดวก และอยู่ตามหลังโขดหินที่น้ำไหลผ่านและขังได้ น้ำทะเลที่ไหลผ่านจะพุ่งจนถึงใต้ พบสาหร่ายทะเลห่างจากฝั่งประมาณ 20 เมตร ลงไปสู่ทะเล ไม่ชอบแสงจัดยกเว้น *Enteromorpha* spp. บริเวณที่น้ำลดและพื้นดินแห้งเป็น เวลานาน ๆ พบสาหร่ายทะเลตาย เช่น *Polysiphonia changii* และ *Gracilaria firma* เพราะว่ายอยู่ที่ตื้นกว่าพันธุ์อื่น ๆ สามารถเจริญเติบโตได้ทั้งปี

การใช้ประโยชน์จากสาหร่ายทะเล

ปัจจุบันสาหร่ายทะเลหลายชนิดที่มีความสำคัญทั้งด้านเศรษฐกิจและระบบนิเวศวิทยาสามารถนำมาใช้ประโยชน์ได้หลายอย่าง เช่น เป็นอาหาร โดยการบริโภคในสภาพสด เช่น นำสาหร่ายมาลวกจิ้มน้ำพริก, เป็นปุ๋ย, ใช้เลี้ยงสัตว์ โดยใช้สาหร่ายสีแดงชนิด *Gracilaria fisheri*,

Acanthophora spicifera, *Laurencia papillosa* และ *Solieria robusta* ในการเพาะเลี้ยงหอยเป๋าฮื้อ ดัง รายงานของ คมคาย และคณะ (2544) รายงานว่าสาหร่ายสีแดงชนิด *Gracilaria fisheri*, *Euchema* spp., *Acanthophora spicifera*, *Laurencia papillosa* และสาหร่ายสีเขียวชนิด *Caulerpa microphysa*, *Enteromorpha intestinalis* มีระดับโปรตีน, ไขมันรวม, เส้นใย, เถ้า อยู่ในช่วงร้อยละ 7.32-30.08, 0.24-1.40, 5.35-27.57, 13.39-36.65 % และแคลเซียม, ฟอสฟอรัส และเหล็ก อยู่ในช่วง 492-1,561, 46-390 และ 10-138 มิลลิกรัม/100 กรัม ตามลำดับ โดยพบว่าสาหร่ายสีเขียว *Enteromorpha intestinalis* มีปริมาณโปรตีน, ไขมันรวม และแคลเซียมสูงสุดเท่ากับ 30.08%, 140% และ 1,561 มิลลิกรัม/100กรัม ตามลำดับ และสาหร่ายสีแดง *Acanthophora spicifera* มีปริมาณโปรตีน และ แคลเซียมสูงสุดเท่ากับ 20.59% และ 1,495 มิลลิกรัม/100 กรัม สอดคล้องกับการศึกษาของ สุพิศ และคณะ (2545) รายงานว่าสาหร่ายหนามมีคุณค่าทางโภชนาการทั้งปริมาณโปรตีน ไขมัน และ เถ้า (ash, แร่ธาตุในอาหาร) สูงกว่าสาหร่ายผสมนาง 17.9, 48.6 และ 90.3% ตามลำดับ แต่มี คาร์โบไฮเดรตที่สัตว์กระเพาะเคี้ยวนำไปใช้ประโยชน์ได้ (NFE) มีปริมาณต่ำกว่า 43.3% และยัง พบว่ามีองค์ประกอบกรดอะมิโนในโปรตีนใกล้เคียงกับองค์ประกอบกรดอะมิโนของหอยเป๋าฮื้อ และพบในปริมาณมากกว่าสาหร่ายผสมนาง ทั้งนี้ชนิดของกรดอะมิโนในสาหร่ายหนามที่พบมี ปริมาณน้อยกว่าในหอยเป๋าฮื้อเพียง 5 ชนิด ได้แก่ Glutamic acid, Glycine, Alanine, Methionine และ Arginine ซึ่งในจำนวนนี้เป็นกรดอะมิโนที่จำเป็นเพียง 2 ชนิด คือ Met และ Arg ในขณะที่ สาหร่ายผสมนางมีกรดอะมิโนที่มีปริมาณน้อยกว่าในหอยเป๋าฮื้ออยู่ถึง 12 ชนิด และในจำนวนนี้มี กรดอะมิโนจำเป็นอยู่ 7 ชนิด ได้แก่ Threonine, Methionine, Leucine, Lysine, Histidine, Arginine และ Tryptophan สำหรับองค์ประกอบกรดไขมัน พบว่า สาหร่ายหนามมีองค์ประกอบของไขมัน ใกล้เคียงกับหอยเป๋าฮื้อมากกว่าสาหร่ายผสมนาง โดยเฉพาะอย่างยิ่งพบว่ามีกรดไขมันกลุ่ม n-3 (โอ เมก้า-3) เป็นองค์ประกอบในน้ำมันของสาหร่ายหนามอยู่ 3.35% และเป็นกรดไขมัน n-3 HUFA เฉพาะ Eicosapentaenoic acid, EPA หรือ 20 : 5n-3 อยู่ 2.44% และพบกรดไขมันกลุ่ม n-6 (โอเมก้า-6) 3.35% ในขณะที่สาหร่ายผสมนางไม่พบกรดไขมันกลุ่ม n-3 เป็นองค์ประกอบอยู่เลย แต่พบกรด ไขมันกลุ่ม n-6 ชนิด 20 : 4n-6 อยู่ถึง 13.43% หรือแปรรูปเป็นผลิตภัณฑ์จำพวกสารไฟโคคอลลอยด์ (Phycocollids) เช่น สกักฉนวน (agar) จากสาหร่ายสีแดงพวกเทนกัวซ่า (*Gelidium* spp., *Gracilaria* spp.) และชนิดอื่นๆ, สกักสารคาราจีแนน (caragagan หรือ carrageenan) จากสาหร่ายสีแดงครอบครัว Gigartinae, สกัก Sodium alginic acid หรือกรดอัลจินิก (alginic acid) จากสาหร่ายสีน้ำตาล ครอบครัว Laminariaceae ผลิตภัณฑ์เหล่านี้ได้ถูกนำมาใช้เป็นพวกสารเหนียว, สารทำวุ้น, ใช้ได้ทั้ง ในด้านอุตสาหกรรมอาหาร, เครื่องดื่ม, เครื่องสำอาง, ยารักษาโรค, สิ่งทอ, สีย้อมภาพ, ไม้อัด และ

เคมีภัณฑ์ในวงการแพทย์ และการเกษตร ตลอดจนเป็นวัสดุจำเป็นในการศึกษาวิจัยด้านเทคโนโลยีชีวภาพต่างๆ ใช้ผลิตแก๊สเชื้อเพลิง

ปัจจุบันมีการนำสาหร่ายทะเลมาใช้ประโยชน์โดยตรงได้อีกหลายด้านนอกจากที่กล่าวมาแล้ว เช่น ช่วยบำบัดน้ำทิ้งจากการเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำและบำบัด ธาตุอาหารที่เหลืออยู่ในน้ำได้ ซึ่งเกิดประโยชน์ต่อการรักษาสภาพแวดล้อมของแหล่งน้ำได้ ลือชัย (2534) กล่าวว่าสาหร่ายทะเล *Polycarvenosa fastigiata* สามารถเจริญเติบโตในน้ำทิ้งจากการเลี้ยงกุ้งทะเลได้ และสามารถนำมาใช้ลดมลภาวะของน้ำเสียจากการเลี้ยงกุ้งทะเลได้

ประโยชน์ของสาหร่ายสีแดงในการบำบัดน้ำ

จากการศึกษาของ Hayashi L. et. al. (2008) พบว่า สาหร่ายสีแดงสามารถกำจัด ในเครท, ไนโตรเจน, แอมโมเนีย และฟอสเฟต ที่ได้จากการเลี้ยงปลา *Trachinotus carolinus* ได้ เนื่องจากเมื่อทำการตรวจวัดค่าดังกล่าวในบริเวณทางน้ำเข้า และออกของถังบำบัด มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติของทั้ง 2 จุดที่ทำการตรวจวัด ดังนั้นสาหร่าย *Kappaphycus alvarezii* สามารถใช้ประโยชน์จากสาหร่ายในการเป็นตัวกรองชีวภาพในการเลี้ยงปลา ทำให้ช่วยลดการเกิดกระบวนการ eutrophication และยังคงสามารถผลิตคาร์บอนจากการเลี้ยงสาหร่ายได้อีกทางหนึ่งด้วย โดยไม่มีความแตกต่างจากการเลี้ยงสาหร่ายในระบบเปิด ซึ่งการทดลองครั้งนี้ เป็นการประยุกต์ใช้สาหร่ายร่วมกับการเลี้ยงปลา ได้เป็นอย่างดี

คุณภาพน้ำในการเลี้ยงสัตว์น้ำ (ชนินทร์, 2551)

อุณหภูมิ (temperature)

อุณหภูมิของน้ำเป็นปัจจัยสำคัญที่มีอิทธิพล ทั้งทางตรงและทางอ้อมต่อการดำรงชีวิตของสัตว์น้ำ ปกติอุณหภูมิของน้ำจะ ผันแปรตามอุณหภูมิของอากาศ ซึ่งขึ้นอยู่กับฤดูกาล ระดับความสูง และสภาพภูมิประเทศ นอกจากนี้ ยังขึ้นอยู่กับความเข้มของแสงจากดวงอาทิตย์ กระแสลม ความลึก ปริมาณสารแขวนลอยหรือความขุ่น และสภาพแวดล้อมทั่ว ๆ ไปของแหล่งน้ำ ในประเทศไทย อุณหภูมิของน้ำในธรรมชาติจะผันแปรอยู่ในช่วงระหว่าง 23 ถึง 32 องศาเซลเซียส

การเปลี่ยนแปลงของอุณหภูมิในธรรมชาติจะค่อยเป็นค่อยไปอย่างช้า ๆ และไม่ก่อให้เกิดปัญหาต่อการดำรงชีวิตของสัตว์น้ำ สัตว์น้ำโดยเฉพาะปลา จัดอยู่ในพวกสัตว์เลือดเย็น ไม่สามารถรักษาอุณหภูมิของร่างกายให้คงที่เหมือนสัตว์เลือดอุ่น อุณหภูมิของร่างกายสัตว์น้ำจะเปลี่ยนแปลงไปตาม อุณหภูมิของน้ำ และสภาพแวดล้อมที่อยู่อาศัย แต่ก็จะต้องอยู่ในขอบเขตที่เหมาะสม เมื่ออุณหภูมิของน้ำสูงขึ้นกิจกรรมต่าง ๆ อัตราของกิจกรรมจะแตกต่างกันไปในสัตว์แต่ละชนิด ซึ่งขึ้นอยู่กับขบวนการทางชีวเคมีภายในร่างกายและสภาพแวดล้อม โดยปกติ อุณหภูมิภายในตัวสัตว์น้ำ จะแตกต่างไปจากอุณหภูมิของน้ำเพียง 0.5 – 1 องศาเซลเซียสเท่านั้น การเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิของ น้ำอย่างรวดเร็ว สามารถทำให้เกิดอันตรายโดยตรงต่อสัตว์น้ำได้ เช่น ทำให้ระบบการควบคุมขับถ่ายน้ำและแร่ธาตุภายในร่างกายผิดปกติไป ซึ่งจะทำให้ร่างกายอ่อนแอและตายได้ ผลกระทบที่สำคัญต่อสิ่งมีชีวิตในน้ำที่มีอุณหภูมิสูงขึ้น คือ ปริมาณออกซิเจนละลายในน้ำ จะมีอัตราผกผันหรือตรงกันข้าม กับอุณหภูมิของน้ำ ซึ่งจะทำให้สัตว์น้ำต้องการออกซิเจนเพิ่มมากขึ้นจึงเกิดปัญหาการขาดแคลน ออกซิเจนได้ ในขณะเดียวกัน การทำงานของพวกแบคทีเรีย และจุลินทรีย์ชนิดต่าง ๆ ในการย่อยสลายสิ่งปฏิกูลต่าง ๆ ในน้ำก็จะเพิ่มขึ้น และต้องใช้ออกซิเจนเพิ่มขึ้นเช่นเดียวกัน ซึ่งจะทำให้แหล่งน้ำ ขาดออกซิเจนเร็วขึ้น เป็นเหตุให้น้ำเกิดการเน่าเสียได้

การเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิในน้ำ ยังมีผลทำให้พืชน้ำ โดยเฉพาะแพลงก์ตอนพืชมีการเจริญเติบโต และเพิ่มจำนวนปริมาณแตกต่างกัน บางชนิดชอบอาศัยอยู่ในน้ำที่มีอุณหภูมิต่ำ เช่น ไคอะดอม สามารถเจริญเติบโตได้ดีในน้ำ อุณหภูมิระหว่าง 15-25 องศาเซลเซียส สาหร่ายสีเขียวชอบอาศัยในน้ำที่มีอุณหภูมิสูงถึง 35 องศาเซลเซียส หรือมากกว่า ดังนั้น น้ำที่มีอุณหภูมิสูงจะมีพวก สาหร่ายสีเขียวแกมน้ำเงินมาก ซึ่งมักจะไม่มีประโยชน์ต่อสัตว์น้ำในการใช้เป็นอาหาร และบางชนิดอาจเป็นพิษแก่สัตว์น้ำได้ นอกจากนี้ หากมีปริมาณมากเกินไป ก็ทำให้เกิดการเน่าเสียและมีกลิ่นเหม็น ซึ่งย่อมมีผลกระทบต่อสัตว์น้ำได้เช่นเดียวกัน

อุณหภูมิในน้ำนอกจากจะมีผลโดยตรงแล้วยังอาจมีผลทางอ้อมต่อสัตว์น้ำด้วย เช่น อุณหภูมิที่สูงขึ้นมักจะทำให้พิษของสารพิษประเภทต่าง ๆ เช่น ยากำจัดศัตรูพืช และโลหะหนัก มีความรุนแรงมากขึ้น จะช่วยเร่งให้มีการดูดซึม และการแพร่กระจายของสารพิษเหล่านั้น ให้เข้าสู่ร่างกายได้เร็วขึ้น

ปริมาณออกซิเจนละลาย (Dissolved Oxygen)

ออกซิเจนเป็นปัจจัยที่นับว่ามีความสำคัญมากที่สุด ในการดำรงชีวิตเนื่องจากสิ่งมีชีวิตทุกชนิด จำเป็นต้องใช้ออกซิเจนในขบวนการต่าง ๆ ภายในร่างกาย เพื่อการเจริญเติบโต สัตว์น้ำก็เช่นกัน ต้องการใช้ออกซิเจนโดยเฉพาะเพื่อการหายใจ

ออกซิเจนมีความสำคัญต่อการดำรงชีพของสัตว์น้ำ ดังนั้นการควบคุม และป้องกันไม่ให้ปริมาณออกซิเจนละลายในน้ำลดลง จนอยู่ในระดับต่ำที่จะเป็นอันตรายต่อสัตว์น้ำ จึงเป็นการคุ้มครองให้สัตว์น้ำสามารถอยู่อาศัยได้อย่างปกติ

การเน่าสลายของอินทรีย์วัตถุต่าง ๆ โดยแบคทีเรีย ต้องการใช้ออกซิเจนเช่นเดียวกัน หรือที่เรียกว่า Biochemical Oxygen Demand (BOD) ซึ่งใช้เป็นดัชนีในการแสดงว่าน้ำแห่งนั้นมี ความเน่าเสียมากน้อยเพียงใด ถ้าปริมาณความต้องการออกซิเจนมีสูงมาก แสดงว่าในน้ำมีอินทรีย์วัตถุที่เน่า สลายอยู่มาก และถูกแบคทีเรียทำการย่อยสลาย ซึ่งจะใช้ออกซิเจนในการนี้ เป็นจำนวนมาก จึงอาจทำให้ออกซิเจนในน้ำขาดแคลนได้

ตารางที่ 1 ระดับออกซิเจนละลายในน้ำต่อปฏิริยาชีวภาพ

ประเภทของปฏิริยาชีวภาพ	ปริมาณออกซิเจนละลายในน้ำ (มิลลิกรัมต่อลิตร)
AEROBIC	อย่างต่ำ 1-2
DENITRIFICATION	ไม่เกิน 1
SULFATE REDUCTION	0-1
CARBONDIOXIDE REDUCTION	ไม่มี DO

ความเป็นกรดเป็นด่าง (pH)

แหล่งน้ำธรรมชาติทั่วไป มีค่า pH ระหว่าง 5 – 9 ซึ่งความแตกต่างนี้ ขึ้นอยู่กับลักษณะของภูมิประเทศ และสภาพแวดล้อมหลายประการ เช่น ลักษณะพื้นดิน และหิน ปริมาณน้ำฝน

ตลอดจนการใช้ประโยชน์ที่ดิน ปกติพบอยู่เสมอว่าระดับ pH ของน้ำผันแปรไปตามคุณสมบัติของดิน ดังนั้นในบริเวณที่ดินมีสภาพเป็นกรดก็จะทำให้น้ำมีสภาพเป็นกรดตามไปด้วย นอกจากนี้ สิ่งมีชีวิตทั้งในดินและน้ำ เช่น จุลินทรีย์และแพลงก์ตอนพืช สามารถทำให้ค่า pH ของน้ำมีการเปลี่ยนแปลงค่าความ เป็นกรดเป็นด่าง มีความสำคัญต่อการดำรงชีวิตของสิ่งมีชีวิตในแหล่งน้ำ

ในแหล่งน้ำจะมีการเปลี่ยนแปลงค่า pH ในช่วงกลางวัน และกลางคืน เนื่องจากแพลงก์ตอนพืช และพืชน้ำ ใช้คาร์บอนไดออกไซด์ในขบวนการสังเคราะห์แสงตอนกลางวัน ทำให้ค่า pH สูงขึ้น และค่อย ๆ ลดลงตอนกลางคืน เพราะคาร์บอนไดออกไซด์ถูกปล่อยออกมาจากระบบการหายใจของสิ่งมีชีวิตในน้ำ น้ำที่มีค่าความเป็นด่างต่ำ และมีปริมาณแพลงก์ตอนพืชมาก จะมีค่า pH สูงอาจมีค่า 9 ถึง 10 ในตอนบ่าย แต่ถ้ามีค่าความเป็นด่างสูง การเปลี่ยนแปลง pH มีไม่มากนัก การเปลี่ยนแปลงค่า pH แม้จะอยู่ในช่วงที่ดีและสูงมาก หากเกิดขึ้นในระยะเวลาสั้น ๆ นับว่ายังไม่เป็นอันตรายต่อสัตว์น้ำ แหล่งน้ำที่เหมาะสมต่อการดำรงชีวิตของสัตว์น้ำ ไม่ควรมีการเปลี่ยนแปลงของ pH เกินกว่า 2 หน่วยในรอบวัน

ความเป็นด่าง (Alkalinity)

ความเป็นด่างของน้ำ หมายถึง ความสามารถ หรือคุณสมบัติของน้ำที่ทำให้กรดเป็นกลาง ความเป็นด่างของน้ำประกอบด้วยคาร์บอเนต ไบคาร์บอเนต และไฮดรอกไซด์ เป็นส่วนใหญ่ แต่อาจมีพวกคาร์บอเนต ซิลิเกต ฟอสเฟต และสารอินทรีย์ต่าง ๆ อยู่บ้างแต่เป็นจำนวนน้อย ค่าความเป็นด่างมีผลเกี่ยวเนื่องกับคุณสมบัติอื่น ๆ เช่น pH ความเป็นกรด และความกระด้าง เป็นต้น คุณสมบัติที่สำคัญของความเป็นด่างคือแหล่งน้ำ คือ เป็นตัวกันกลางที่ช่วยควบคุมไม่ให้แหล่งน้ำมีการเปลี่ยนแปลงของระดับ pH เร็วเกินไป ค่าความเป็นด่างของน้ำจึงเป็นเครื่องชี้ความสามารถของน้ำที่จะควบคุมระดับ pH มิให้เปลี่ยนแปลง แหล่งน้ำใดพบว่า มีค่าความเป็นด่างต่ำ ระดับ pH ของแหล่งน้ำนั้นจะเปลี่ยนแปลงได้รวดเร็วซึ่งเป็นอันตรายต่อสัตว์น้ำ

ความเป็นด่างกับความกระด้าง มีความสัมพันธ์กัน น้ำที่เหมาะสมกับการเจริญเติบโตของ สัตว์น้ำควรมีค่าความเป็นด่างและความกระด้างอยู่ในระดับใกล้เคียงกัน และค่าความเป็นด่างของน้ำ ในแหล่งน้ำนั้น ไม่ควรมีการเปลี่ยนแปลงอย่างรวดเร็ว และไม่ลดจากค่าปกติเกินร้อยละ 25 น้ำที่มีค่า ความเป็นด่างต่ำจะเป็นน้ำอ่อน และมีค่า pH ต่ำ ซึ่งมีผลให้ผลผลิตต่ำด้วย น้ำที่มีค่า pH ต่ำกว่า 4.5 จะไม่พบค่าความเป็นด่างปรากฏอยู่เลย

ในสภาพปกติค่าความเป็นด่างของแหล่งน้ำธรรมชาติ ปรากฏในรูปของไบคาร์บอเนต เป็นส่วนใหญ่ แต่ในสภาพที่ระดับ pH ของน้ำสูง ค่าความเป็นด่างจะประกอบด้วยคาร์บอเนต และไฮดรอกไซด์ น้ำที่มีแพลงก์ตอนพืชหนาแน่น คาร์บอนไดออกไซด์อิสระจะถูกใช้ใน ขบวนการสังเคราะห์แสงจนหมด จากนั้นจึงดึงเอาคาร์บอนไดออกไซด์จากขบวนการมาใช้ จึง ทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงขององค์ประกอบความเป็นด่าง จากไบคาร์บอเนตเป็นคาร์บอเนต และไฮดรอกไซด์ตามลำดับ ซึ่งอาจทำให้ค่า pH สูงขึ้นถึง 10 – 11 ก็ได้ และ pH ระดับนี้มี ผลกระทบต่อทรัพยากรสัตว์น้ำเช่นกัน

ความเค็ม (Salinity)

ความเค็มของน้ำ หมายถึง ปริมาณของของแข็ง หรือเกลือแร่ต่าง ๆ โดยเฉพาะโซเดียม คลอไรด์ (NaCl) ที่ละลายอยู่ในน้ำ พวกเกลือ คาร์บอเนต ถูกเปลี่ยนเป็นออกไซด์ และพวกเกลือ โบไมด์ และไอโอไดด์ ถูกแทนที่โดยคลอไรด์ และอินทรีย์วัตถุ ถูกออกซิไดส์ไปทั้งหมด

ความเค็มของน้ำมีผลต่อการดำรงชีวิตของสัตว์น้ำ โดยเฉพาะระบบการควบคุมปริมาณ น้ำ ภายในร่างกาย (water regulatory system) ซึ่งมีผลมาจากความแตกต่างของแรงดัน osmotic ระหว่างภายในตัวสัตว์น้ำและน้ำภายนอก สัตว์น้ำทั่ว ๆ ไปสามารถปรับตัวได้เข้ากับสภาพความ เกล็มของน้ำที่ เปลี่ยนแปลงได้ แต่ทั้งนี้ต้องค่อย ๆ เป็นไปอย่างช้า ๆ โดยปกติ สำหรับปลาทะเล หรือสัตว์น้ำเค็ม มีความทนทานต่อการเปลี่ยนแปลงของความเค็มที่ลดต่ำลงไม่เท่ากันในแต่ละ ชนิด

ไนโตรเจน

ไนโตรเจนเป็นสารอาหารที่เป็นตัวควบคุมผลผลิตเบื้องต้นของแหล่งน้ำ และเป็นธาตุที่ จัดเป็นปัจจัยจำกัด (limiting factor) ในระบบนิเวศแหล่งน้ำ สาหร่ายใช้ไนโตรเจนในรูป สารประกอบของแอมโมเนีย และไนเตรท ความเข้มข้นของไนโตรเจนที่พอเหมาะต่อการ เจริญเติบโต เมื่อทำการเพาะเลี้ยงสาหร่าย มีค่าระหว่าง 1.3 – 6.5 mg/L (ศิริเพ็ญ, 2543)

ความเข้มข้นของไนเตรท และแอมโมเนีย จะเปลี่ยนแปลงได้จากหลายปัจจัย เช่น ปริมาณที่ลงไปสู่แหล่งน้ำ ปริมาณที่พืชนำไปใช้ และขบวนการเปลี่ยนแปลงรูปแบบของ แอมโมเนีย ไนเตรท และ ไนไตรท์ ในวงจรของไนโตรเจน และการตรึงไนโตรเจนของสิ่งมีชีวิต

ในแหล่งน้ำ จำพวกจุลินทรีย์และสาหร่ายสีเขียวแกมน้ำเงิน ในโครเจนในรูปของสารประกอบอินทรีย์ พืชสามารถนำไปใช้ได้ ในรูปของไนเตรท และแอมโมเนีย โดยอาศัยจุลินทรีย์ช่วยในการย่อยสลาย (ศิริเพ็ญ, 2543)

แอมโมเนียเป็นสารประกอบไนโตรเจน ที่พืชและแพลงก์ตอนใช้ในการเจริญเติบโต และเป็นสารพิษที่เป็นอันตรายต่อสัตว์น้ำ ถ้ามีอยู่ในความเข้มข้นที่สูงเกินไป โดยแอมโมเนียอิสระ หรือ NH_3 เป็นพิษอย่างมากต่อสัตว์น้ำ แต่อิออนแอมโมเนีย NH_4^+ ไม่มีพิษ สัดส่วนของแอมโมเนีย และอิออนแอมโมเนีย ในน้ำขึ้นอยู่กับ pH อุณหภูมิ และปริมาณเกลือแร่ (มันสิน และไพพรรณ, 2544)

ไนโตรที่เป็นไนโตรเจนรูปแบบหนึ่ง สามารถถูกออกซิไดซ์เป็นไนเตรทได้โดยขบวนการ nitrification ถ้ามีออกซิเจนละลายในน้ำอย่างเพียงพอ จะเปลี่ยนเป็นไนเตรทอย่างรวดเร็ว และสามารถถูกรีดิวซ์เป็นแอมโมเนียได้ด้วย denitrification ถ้าขาดออกซิเจนในน้ำ การสะสมของ ไนโตรที่ในน้ำจะเกิดขึ้นได้เมื่อแหล่งน้ำ หรือบ่อเลี้ยงสัตว์น้ำ มีการเน่าสลายของสารอินทรีย์ และปล่อยแอมโมเนียออกมามาก (พงศ์เชษฐ, นปป.)

ไนเตรทเป็นสารประกอบไนโตรเจนที่พบมากที่สุดแหล่งน้ำ เนื่องจากสามารถถูกชะล้าง ไปได้ง่าย ปริมาณไนเตรทในแหล่งน้ำจะมีอิทธิพลต่อผลผลิตขั้นต้น ดังนั้นจึงเป็นดัชนีชี้ระดับความอุดมสมบูรณ์ของแหล่งน้ำได้ (ศิริเพ็ญ, 2543)

การเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำด้วยระบบน้ำหมุนเวียน

การเลี้ยงหอยหวานระยะวัยรุ่นด้วยบ่อเลี้ยงระบบน้ำทะเลหมุนเวียนจนถึงขนาดตลาดต้องการ (สำนักงานคณะกรรมการการวิจัยแห่งชาติ(วช.) และสถาบันวิจัยทรัพยากรทางน้ำ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, 2551)

การเลี้ยงหอยหวานด้วยบ่อเลี้ยงระบบน้ำทะเลหมุนเวียน มีระบบการบำบัดโดยการใช้บ่อกรองชีวภาพ (biofilter tank) โดยใช้เศษปะการัง และเปลือกหอยนางรม (ทุบเป็นชิ้นเล็กๆ) เป็นตัวกรองน้ำทะเล และใช้แรงดันอากาศ (air lift) เพื่อหมุนเวียนน้ำกลับคืนบ่อเลี้ยง มีอัตราการหมุนเวียนของน้ำทะเล ประมาณ 420 ลิตรต่อชั่วโมง และทำความสะอาดและตัวกรอง

ชีวภาพเป็นประจำทุก 60 วัน โดยใช้หอยหวานมีความยาวเปลือกเฉลี่ย 12.00 มิลลิเมตร และ น้ำหนักเฉลี่ย 0.30 กรัม อัตราความหนาแน่น 400 ต่อตารางเมตร พบว่า หอยหวานมีการเจริญเติบโตมีความยาวเปลือกเร็วในช่วง 3 เดือนแรก หลังจากนั้น จะมีการเจริญเติบโตช้าลง โดยในช่วง 1-3 เดือนแรก มีอัตราการเจริญเติบโตเฉลี่ย 5.25 มิลลิเมตรต่อเดือน และช่วงเดือนที่ 4-6 หอยหวานมีอัตราการเจริญเติบโตเฉลี่ย 3.86 มิลลิเมตรต่อเดือน เมื่อสิ้นสุดการเลี้ยง พบว่า หอยหวานมีความยาวเปลือกเฉลี่ย 33.65 มิลลิเมตร ความยาวเปลือกเพิ่มขึ้นเฉลี่ย 21.65 มิลลิเมตร และอัตราการเจริญเติบโตโดยความยาวเปลือกเฉลี่ย 3.60 มิลลิเมตรต่อเดือน น้ำหนักของหอยหวาน พบว่า มีน้ำหนักจะเพิ่มขึ้นอย่างสม่ำเสมอ ตลอดระยะเวลา การเลี้ยง มีน้ำหนักตัวเฉลี่ย 1.23 กรัม ต่อเดือน มีน้ำหนักตัวเฉลี่ย 8.63 กรัม และมีน้ำหนักเพิ่มขึ้น 8.23 กรัม มีอัตราการเจริญเติบโตเฉลี่ย 1.39 กรัมต่อเดือน

อัตราการเปลี่ยนอาหารเป็นเนื้อ พบว่า มีอัตราการกินอาหารสม่ำเสมอ ตลอดระยะเวลา การเลี้ยง มีปริมาณอาหารที่กินอาหารทั้งสิ้นเฉลี่ย 62.30 กิโลกรัมต่อบ่อ โดยหอยหวานมีอัตราการเปลี่ยนอาหารเป็นเนื้อเฉลี่ย 1.79

มีอัตราการรอดตายสูงถึงกว่า 90% โดยมีอัตราการรอดตายเฉลี่ย 98.00%

สมมติฐานการวิจัย

ถ้าปลิงทะเล และสาหร่ายโพรทสามารถช่วยในการจัดการของเสียในการเลี้ยงหอยหวาน ได้ จะทำให้สามารถพัฒนาระบบการเลี้ยงหอยหวานเป็นระบบการเลี้ยงแบบหมุนเวียนได้ในอนาคต

วิธีการวิจัย

อุปกรณ์และวิธีการ

อุปกรณ์

1. บ่อเลี้ยงหอยหวาน

ใช้บ่อผ้าใบขนาด 1.2 x 3.0 x 0.7 เมตร มีทางน้ำเข้าและออก

2. สิ่งมีชีวิตที่ใช้ในทดลอง

ลูกหอยหวาน ขนาดความยาวเฉลี่ย 0.8 เซนติเมตร น้ำหนักเฉลี่ย 0.1 กรัม ให้ปลาทะเลสด (ปลาทู, ปลาหลังเขียว) เป็นอาหารวันละ 2 มื้อ ในเวลา 9.00น. และ 17.00 น. ทำการพักไว้ในบ่อพักประมาณ 7 วัน เพื่อปรับสภาพก่อนทำการทดลอง

ปลิงทะเล ขนาดน้ำหนักเฉลี่ย 250 กรัม ทำการพักไว้ในบ่อพักประมาณ 7 วัน โดยให้อากาศตลอดเวลา เพื่อปรับสภาพก่อนทำการทดลอง

สาหร่ายโพรง ทำการพักไว้ในตะกร้า เพื่อกำจัดเศษดิน ตะกอนที่ติดมา และให้อากาศตลอดเวลา โดยไว้ในบ่อพักประมาณ 7 วัน เพื่อปรับสภาพก่อนทำการทดลอง

3. น้ำที่ใช้ทดลอง

น้ำทะเล ความเค็ม 28-35 psu โดยผ่านการฆ่าเชื้อโรคด้วยคลอรีนความเข้มข้น 30 ส่วนในล้านส่วน นำมาพักในบ่อพักน้ำ เพื่่อออกซิเจนให้ทั่วบ่อ จนคลอรีนสลายตัวจึงนำน้ำมาเลี้ยงหอยหวาน

4. อาหาร

ปลาทะเลสด (ปลาทู, ปลาหลังเขียว) ที่ซื้อมาจากชาวประมงพื้นบ้านในเขต อ.ละแม และ อ.หลังสวน จ.ชุมพร

5. อุปกรณ์และสารเคมีสำหรับการวิเคราะห์คุณภาพน้ำ
6. DO meter ยี่ห้อ Intelligent รุ่น YK – 2001 DO
7. pH meter ยี่ห้อ Cosort รุ่น c380
8. Spectrophotometer ยี่ห้อ Spectronic Instrument รุ่น 20 Genests
9. Atago hand refractometer
10. เครื่องชั่งน้ำหนัก ยี่ห้อ Sartorius รุ่น BHP 3100 S

การทดลอง แนวทางการใช้ประโยชน์จากปลิงทะเลร่วมกับสาหร่ายโพรงในการจัดการของเสียภายในระบบหมุนเวียนเพื่อเลี้ยงหอยหวานเชิงพาณิชย์

วางแผนการทดลอง

วางแผนการทดลองแบบสุ่มตลอด (Completely randomized design) โดยแบ่งการทดลองออกเป็น 3 ชุดๆ ละ 3 ซ้ำ ดังนี้

- ชุดที่1 การเลี้ยงหอยหวานในระบบเปิด (ชุดควบคุม)
- ชุดที่2 การเลี้ยงหอยหวาน โดยการบำบัดด้วยสาหร่ายโพรง
- ชุดที่3 การเลี้ยงหอยหวาน โดยใช้ปลิงทะเลร่วมกับสาหร่ายโพรงในการบำบัดทางชีวภาพ

การเตรียมระบบการเลี้ยงหอยหวาน

บ่อเลี้ยงหอยหวาน

ใช้บ่อผ้าใบขนาด 1.0 x 3.0 x 0.7 เมตร มีทางน้ำเข้าและออก โดยทางน้ำออกเป็นลักษณะ น้ำดัน ออกสู่ทางระบายน้ำทิ้ง ใส่ทรายหยาบสูงประมาณ 2-3 เซนติเมตร และปล่อยน้ำทะเลให้สูง จากพื้นทรายประมาณ 0.3 เมตร ปล่อยหอยหวานในอัตราความหนาแน่น 300 ตัวต่อตารางเมตร ให้อากาศตลอดเวลา

บ่อเลี้ยงหอยหวานและบำบัดด้วยสาหร่ายโพรง

ใช้บ่อผ้าใบขนาด $1.0 \times 3.0 \times 0.7$ เมตร ใส่วัสดุรองพื้นเหมือนบ่อเลี้ยงหอยหวาน แต่มีทางน้ำเข้าและออก เป็นลักษณะท่อน้ำสั้น ปล่อยออกไปยังบ่อนำบำบัดชีวภาพ (ใส่สาหร่ายโพรง) ขนาดบ่อ $1.2 \times 3.0 \times 0.7$ เมตร ปล่อยหอยหวานในอัตราความหนาแน่น 300 ตัวต่อตารางเมตร ให้อากาศตลอดเวลา

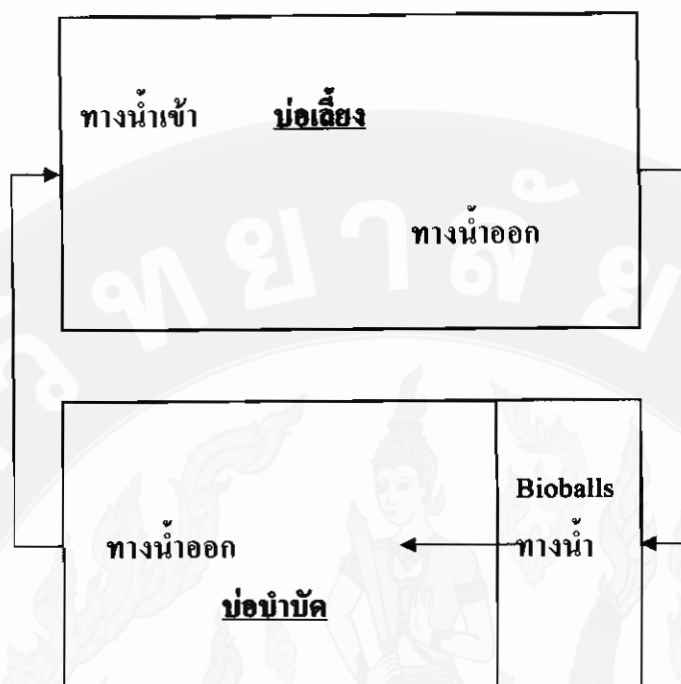
บ่อเลี้ยงหอยหวานร่วมกับปลิงและบำบัดด้วยสาหร่ายโพรง

ใช้บ่อผ้าใบขนาด $1.0 \times 3.0 \times 0.7$ เมตร ใส่วัสดุรองพื้นเหมือนบ่อเลี้ยงหอยหวาน แต่มีทางน้ำเข้าและออก เป็นลักษณะท่อน้ำสั้น ปล่อยออกไปยังบ่อนำบำบัดชีวภาพ (ใส่สาหร่ายโพรง) ขนาด $1.0 \times 3.0 \times 0.7$ เมตร ปล่อยหอยหวานในอัตราความหนาแน่น 300 ตัวต่อตารางเมตร และปลิงทะเลในอัตราความหนาแน่น 2.5 ตัวต่อตารางเมตร อ้างอิงจากงานวิจัยของ Matthew and Alexander (2007) (ใส่ปลิงทะเลเพื่อไปบำบัดพื้นทราย)

บ่อนำบัดน้ำ (ใส่สาหร่ายโพรง)

แบ่งบ่อออกเป็น 2 ส่วน โดยส่วนที่ 1 มีขนาดประมาณ 15 เปอร์เซ็นต์ของพื้นที่ทั้งหมด ตำแหน่งอยู่บริเวณทางน้ำเข้า ของบ่อเลี้ยง เพื่อใส่ bioball (ใช้เป็นพื้นที่ยึดเกาะของแบคทีเรียในกลุ่ม nitrifying) และอีกส่วนใส่ทรายหยาบผสมดินตะกอน ความสูงประมาณ 1 เซนติเมตร (เพื่อเป็นพื้นที่ยึดเกาะให้กับสาหร่ายโพรง) หลังจากนั้นหว่านสาหร่ายให้กระจายทั่วทั้งบ่อในระดับความหนาแน่น ของน้ำหนัก สาหร่ายเท่ากับ 0.5 กิโลกรัมต่อตารางเมตร อ้างอิงจากงานวิจัยของ สิริวรรณ และคณะ (2548) โดยเลี้ยงสาหร่ายให้อยู่ใกล้ผิวน้ำ (อรุณี, 2539)

ทำการสูบน้ำเข้าบ่อเลี้ยงหอยหวาน และล้นออกไปยังบ่อนำบัด และหมุนเวียนเข้าสู่บ่อเลี้ยงต่อไปหมุนเวียนไปเรื่อยๆ ซึ่งมีรูปแบบการหมุนเวียนน้ำดังนี้



การให้อาหาร

อาหารหอยหวาน จะให้ปลาตะเลศ (ปลาทุ, ปลาหลังเขียว) โดยวางให้ตัวบ่อ ให้จนเกินพอดี โดยให้อาหาร 2 มื้อ เวลา 9.00 น. และ 17.00 น. เป็นเวลา 180 วัน

อาหารปลิงทะเล ปลิงทะเลกินตะกอนดินทรายที่ใช้เป็นพื้นที่ฝังตัวให้กับหอยหวาน เพราะของเสียจากสิ่งขับถ่ายของหอย รวมไปถึงเศษอาหารที่หอยหวานกินเหลือจะตกค้าง และสะสมเกาะติดกับเม็ดทราย ซึ่งใช้เป็นพื้นที่สำหรับให้หอยหวานฝังตัว ดังนั้นสารอินทรีย์ที่อยู่กับตะกอนทรายจะเป็นอาหารอย่างดีให้กับปลิงทะเล จึงเป็นการช่วยลดปริมาณของเสียที่สะสมอยู่ในพื้นที่ทรายได้ (ปราชญ์ และคณะ, 2546)

อาหารสาหร่าย สาหร่ายได้รับสารอาหารในน้ำเลี้ยงหอยหวาน

การตรวจวัดคุณภาพน้ำในบ่อเลี้ยงหอยหวาน

ทำการตรวจวัดคุณภาพน้ำก่อนทำการเลี้ยงหอยหวาน และทำการตรวจวิเคราะห์คุณภาพน้ำ ทุกๆ 15 วัน โดยทำการเก็บตัวอย่างน้ำในบริเวณทางน้ำเข้า – ออกของบ่อเลี้ยงหอยหวาน ในเวลา 8.00 น. ทำการตรวจวัดคุณภาพน้ำ ดังนี้

ค่าอุณหภูมิ, ออกซิเจนละลายน้ำ ใช้ DO meter

ค่าความเป็นกรด – ด่างของน้ำ ใช้ pH meter

สำหรับการวิเคราะห์ปริมาณแอมโมเนียรวม, ไนโตรที่, ไนเตรท, ความกระด้าง, ความเป็นด่าง ตามวิธีวิเคราะห์ของ APHA (1995) และ Boy (1979) เก็บน้ำตัวอย่างประมาณ 500 มิลลิลิตร ใส่ขวดพลาสติก และนำน้ำตัวอย่างมาวิเคราะห์ในห้องปฏิบัติการ ต่อไป

มีการทำความสะอาดพื้นทรายในบ่อเลี้ยงทุก ๆ 60 วัน เพื่อกำจัดสิ่งสกปรกที่สะสมอยู่ในพื้นทราย เพื่อไม่ให้เป็นที่สะสมของเชื้อโรค และมีการเสริมวัสดุปูนจำพวกแคลเซียมคาร์บอเนต และแมกนีเซียมคาร์บอเนต ในน้ำทุก ๆ 15 วัน เพื่อเพิ่มปริมาณแคลเซียมในน้ำ เนื่องจากหอยจะนำแคลเซียมไปใช้ในการสร้างเปลือกของหอยหวาน

การวิเคราะห์คุณสมบัติของน้ำตลอดการเลี้ยงหอยหวาน เพื่อควบคุมคุณภาพน้ำให้มีความเหมาะสมต่อการเลี้ยงหอยหวาน และศึกษาประสิทธิภาพของสาหร่ายในการบำบัดมีประสิทธิผลเพียงใด สามารถเลี้ยงหอยหวานด้วยระบบหมุนเวียนได้หรือไม่

การตรวจวัดคุณภาพทรายในบ่อเลี้ยงหอยหวาน

หลังจากเตรียมบ่อทดลอง ทำการสุ่มเก็บตัวอย่างทรายให้ทั่วบ่อทดลอง(บ่อเลี้ยงหอยหวาน) ทั้ง 3 ชุดทดลอง เก็บทรายประมาณ 0.5 กิโลกรัม แล้วส่งตัวอย่างทรายไปวิเคราะห์คุณภาพทรายก่อนทำการทดลอง คือ ปริมาณอินทรีย์วัตถุ, ปริมาณไนโตรเจนรวม และฟอสฟอรัสในทราย และเมื่อสิ้นสุดการทดลอง เก็บตัวอย่างทรายอีกครั้ง เพื่อนำไปวิเคราะห์คุณภาพทรายเป็นการศึกษาประสิทธิภาพการบำบัดทรายด้วยปลิงทะเล

การตรวจวัดการเจริญเติบโตของสัตว์ทดลอง

หอยหวาน ทำการเก็บข้อมูลทุกๆ 1 เดือน โดยสุ่มหอยหวานจากบ่อทดลองมาบ่อละ 5 เปอร์เซ็นต์ทำการชั่งน้ำหนักและวัดความยาว เพื่อใช้ในการคำนวณหาการเจริญเติบโตของหอยหวาน และเมื่อสิ้นสุดการทดลอง ทำการนับจำนวนหอยหวานที่เหลือและชั่งน้ำหนักและความยาวของ หอยที่เหลือทั้งหมด นำข้อมูลที่ได้มาคำนวณเพื่อหาอัตราการรอดและผลผลิตที่

ได้รับ จดบันทึกผลและนำเอาข้อมูลที่ได้มาใช้ในการคำนวณเพื่อหาอัตราการเจริญเติบโตต่อไป โดยมีค่าดัชนีที่ใช้ในการศึกษาการเจริญเติบโต และอัตราการตาย คำนวณได้จากสูตรดังนี้

อัตราการเจริญเติบโต (กรัมต่อตัวต่อเดือน)

$$= \frac{\text{น้ำหนักหอยหวานเฉลี่ยเมื่อสิ้นสุด (กรัม)} - \text{น้ำหนักหอยหวานเฉลี่ยเมื่อเริ่มต้น (กรัม)}}{\text{ระยะเวลาของการทดลองเลี้ยง(เดือน)}}$$

อัตราการรอดตาย (เปอร์เซ็นต์) โดยวิธี ชัยสิทธิ์ (2547)

$$= \frac{\text{จำนวนหอยหวานเมื่อสิ้นสุดการทดลอง (ตัว)} \times 100}{\text{จำนวนหอยหวานเมื่อเริ่มต้นทดลอง (ตัว)}}$$

ปลิงทะเล ทำการชั่งน้ำหนักปลิงทะเล ก่อนทำการทดลอง และเมื่อสิ้นสุดการทดลอง นำข้อมูลที่ได้มาคำนวณหาการเจริญเติบโตของปลิงทะเล จดบันทึกผลและนำเอาข้อมูลที่ได้มาใช้ในการคำนวณเพื่ออัตราการเจริญเติบโต โดยมีค่าดัชนีที่ใช้ในการศึกษาการเจริญเติบโต และอัตราการตาย คำนวณได้จากสูตรดังนี้

อัตราการเจริญเติบโต (กรัมต่อตัวต่อเดือน)

$$= \frac{\text{น้ำหนักปลิงทะเลเฉลี่ยเมื่อสิ้นสุด (กรัม)} - \text{น้ำหนักปลิงทะเลเฉลี่ยเมื่อเริ่มต้น (กรัม)}}{\text{ระยะเวลาของการทดลองเลี้ยง (เดือน)}}$$

อัตราการรอดตาย (เปอร์เซ็นต์) โดยวิธี ชัยสิทธิ์ (2547)

$$= \frac{\text{จำนวนปลิงทะเลเมื่อสิ้นสุดการทดลอง (ตัว)} \times 100}{\text{จำนวนปลิงทะเลเมื่อเริ่มต้นทดลอง (ตัว)}}$$

สาหร่ายโพรง ทำการชั่งน้ำหนักสาหร่ายก่อนทำการทดลอง และเมื่อสิ้นสุดการทดลองนำข้อมูลที่ได้มาคำนวณหาการเจริญเติบโตของสาหร่ายโพรง จดบันทึกผลและนำเอา

ข้อมูลที่ได้มาใช้ในการคำนวณเพื่ออัตราการเจริญเติบโต โดยมีค่าดัชนีที่ใช้ในการศึกษาการเจริญเติบโต คำนวณได้จากสูตรดังนี้

อัตราการเจริญเติบโต (กรัมต่อตัวต่อเดือน)

$$= \frac{\text{น้ำหนักสาหร่ายโปรงเฉลี่ยเมื่อสิ้นสุด (กรัม)} - \text{น้ำหนักสาหร่ายโปรงเฉลี่ยเมื่อเริ่มต้น (กรัม)}}{\text{ระยะเวลาของการทดลองเลี้ยง (เดือน)}}$$

การวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติ

การวิเคราะห์ความแปรปรวนแบบวาเรียนซ์ (Analysis of variance) และเปรียบเทียบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยคุณสมบัติของน้ำและทรายในการเลี้ยงหอยหวาน, การเจริญเติบโต และอัตราการรอดตายของหอยหวาน ที่ใช้ปลิงทะเล ร่วมกับสาหร่ายโปรง บำบัดทางชีวภาพ ด้วยวิธี Duncan's new multiple range test ที่ระดับความเชื่อมั่น 95%

ผลและวิจารณ์ผลการวิจัย

ศึกษาแนวทางการใช้ประโยชน์จากปลิงทะเลร่วมกับสาหร่ายโพรงในการจัดการของเสียภายในระบบหมุนเวียนเพื่อเลี้ยงหอยหวานเชิงพาณิชย์

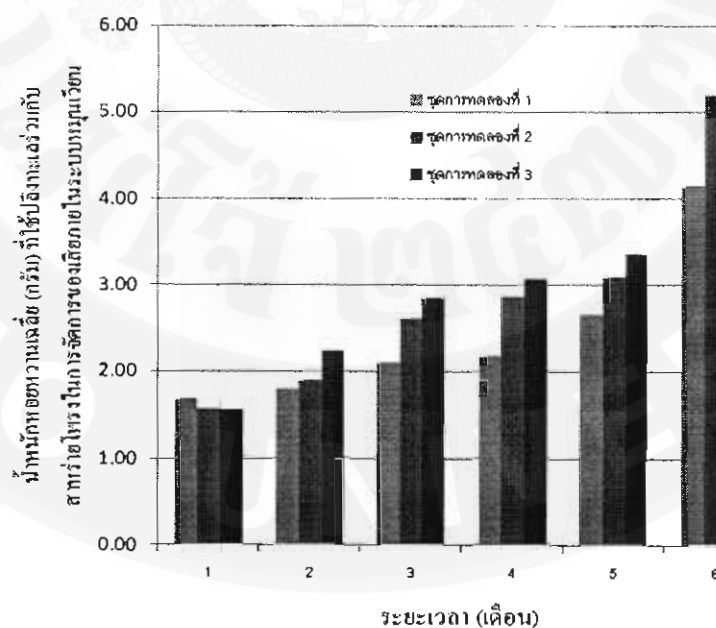
การเจริญเติบโตและอัตราการรอดตายของหอยหวานที่ใช้ปลิงทะเลร่วมกับสาหร่ายโพรงในการจัดการของเสียภายในระบบหมุนเวียนเพื่อเลี้ยงหอยหวานเชิงพาณิชย์

พบว่า น้ำหนักหอยหวานอายุ 6 เดือน มีน้ำหนักเฉลี่ยของชุดการทดลองที่ 1, 2 และ 3 ดังนี้ 4.15 ± 0.117 , 5.20 ± 0.716 และ 5.17 ± 0.724 กรัม ตามลำดับ ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P > 0.05$) (ตารางที่ 2 ภาพที่ 4) แต่ในช่วงเดือนที่ 3 และ 4 ของการทดลองพบว่า หอยหวานในชุดการทดลองที่ 1 (ชุดควบคุม) เป็นการเลี้ยงหอยหวานด้วยระบบเปิดมีน้ำหนักหอยหวานน้อยกว่าสองชุดการทดลองอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P < 0.05$) ในการเลี้ยงหอยหวานด้วยระบบเปิด คือ มีการเปลี่ยนถ่ายน้ำทุก ๆ 7 วัน ตลอดการทดลอง อาจส่งผลทำให้หอยหวานเกิดภาวะเครียด เพราะหอยหวานต้องปรับตัวให้เข้ากับสภาวะแวดล้อมใหม่ ซึ่งเมื่อเกิดภาวะดังกล่าวจะส่งผลต่อพฤติกรรมการกินอาหาร จึงทำให้หอยหวานในชุดการทดลองที่ 1 มีน้ำหนักเฉลี่ยต่ำกว่าชุดการทดลองที่ 2 และ 3 ที่เป็นการเลี้ยงหอยหวานด้วยระบบน้ำหมุนเวียน (สงศรี, 2533)

ตารางที่ 2 น้ำหนักหอยหวานเฉลี่ย (กรัม) ที่ใช้ปลิงทะเลร่วมกับสาหร่ายโพรงในการจัดการของเสียภายในระบบหมุนเวียน

ระยะเวลา (เดือน)	น้ำหนักหอยหวานเฉลี่ย (กรัม) ที่ใช้ปลิงทะเลร่วมกับ สาหร่ายโพรงในการจัดการของเสียภายในระบบหมุนเวียน			P - value
	ชุดการทดลองที่ 1	ชุดการทดลองที่ 2	ชุดการทดลองที่ 3	
1	1.67 ± 0.206 ^a	1.56 ± 0.067 ^a	1.54 ± 0.082 ^a	0.494
2	1.79 ± 0.150 ^a	1.89 ± 0.072 ^a	2.23 ± 0.108 ^a	0.432
3	2.10 ± 0.214 ^a	2.61 ± 0.269 ^b	2.85 ± 0.274 ^b	0.028
4	2.18 ± 0.070 ^a	2.86 ± 0.296 ^b	3.06 ± 0.438 ^b	0.029
5	2.65 ± 0.178 ^a	3.09 ± 0.410 ^a	3.35 ± 0.557 ^a	0.191
6	4.15 ± 0.117 ^a	5.20 ± 0.716 ^a	5.17 ± 0.724 ^a	0.119

หมายเหตุ อักษร a,b ที่เหมือนกันในแนวนอน หมายถึง ไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (P>0.05)



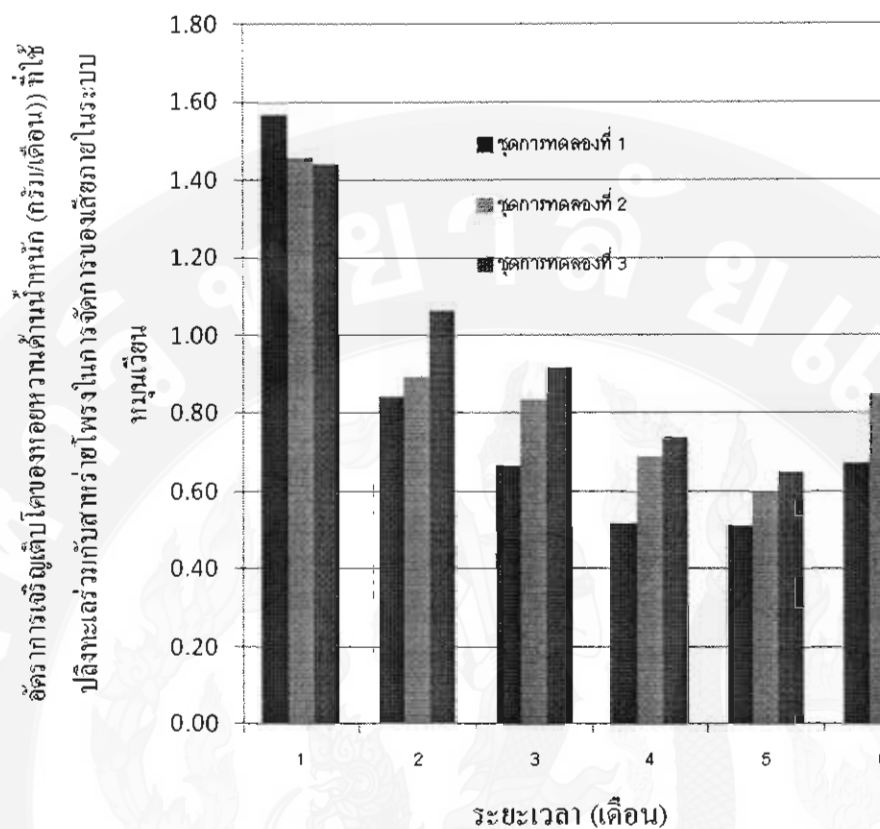
ภาพที่ 4 น้ำหนักหอยหวานเฉลี่ย (กรัม) ที่ใช้ปลิงทะเลร่วมกับสาหร่ายโพรงในการจัดการของเสียภายในระบบหมุนเวียน

อัตราการเจริญเติบโตของหอยหวาน พบว่า เมื่อสิ้นสุดการทดลอง หอยหวานมีอัตราการเจริญเติบโตเฉลี่ยไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P>0.05$) โดยในชุดการทดลองที่ 1, 2 และ 3 มีค่าเท่ากับ 0.67 ± 0.020 , 0.85 ± 0.119 และ 0.85 ± 0.121 กรัมต่อเดือน ตามลำดับ (ตารางที่ 2 ภาพที่ 5) แต่ในช่วงเดือนที่ 2, 3 และ 4 ของการเลี้ยงหอยหวาน พบว่า หอยหวานในชุดที่ 1 (ชุดควบคุม) เป็นการเลี้ยงหอยหวานด้วยระบบเปิด มีอัตราการเจริญเติบโตต่ำกว่าอีกสองชุดการทดลองอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P<0.05$) ซึ่งสอดคล้องกับผลการทดลองในเรื่องน้ำหนักเฉลี่ยของหอยหวานที่พบว่า ในช่วงเดือนที่ 3 และ 4 ของการเลี้ยง มีน้ำหนักที่แตกต่างกัน ($P<0.05$) เช่นเดียวกัน (ตารางที่ 3 ภาพที่ 5) ดังนั้นการเลี้ยงหอยหวานร่วมกับปลิงทะเลและสาหร่ายโพรงสามารถเลี้ยงได้

ตารางที่ 3 อัตราการเจริญเติบโตของหอยหวานด้านน้ำหนักเฉลี่ย (กรัมต่อเดือน)ที่ใช้ปลิงทะเลร่วมกับสาหร่ายโพรงในการจัดการของเสียภายในระบบหมุนเวียนเพื่อเลี้ยงหอยหวานเชิงพาณิชย์

ระยะเวลา (เดือน)	อัตราการเจริญเติบโตของหอยหวานด้านน้ำหนักเฉลี่ย (กรัมต่อเดือน)ที่ใช้ปลิงทะเลร่วมกับสาหร่ายโพรงในการจัดการ ของเสียภายในระบบหมุนเวียนเพื่อเลี้ยงหอยหวานเชิงพาณิชย์			P - value
	ชุดการทดลองที่ 1	ชุดการทดลองที่ 2	ชุดการทดลองที่ 3	
1	1.57 ± 0.206^a	1.46 ± 0.067^a	1.44 ± 0.082^a	0.494
2	0.84 ± 0.075^a	0.90 ± 0.036^a	1.07 ± 0.054^b	0.009
3	0.67 ± 0.071^a	0.84 ± 0.090^b	0.92 ± 0.091^b	0.028
4	0.52 ± 0.018^a	0.69 ± 0.074^b	0.74 ± 0.110^b	0.026
5	0.51 ± 0.036^a	0.60 ± 0.082^a	0.65 ± 0.111^a	0.204
6	0.67 ± 0.020^a	0.85 ± 0.119^a	0.85 ± 0.121^a	0.119

หมายเหตุ อักษร a และ b ที่เหมือนกันในแนวนอน หมายถึง ไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P>0.05$)



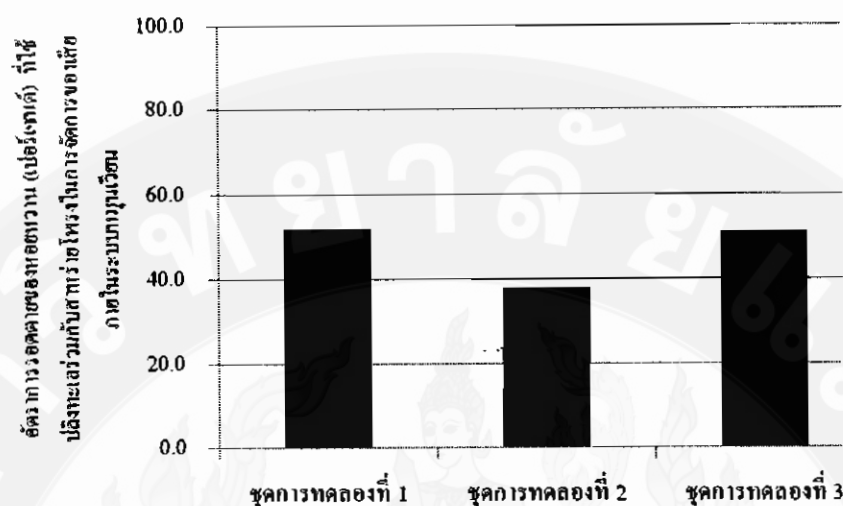
ภาพที่ 5 อัตราการใช้ปุ๋ยเคมีของเกษตรกรในพื้นที่ (กรัมต่อเดือน) ที่ใช้ปลั๊กละเลเวลร่วมกับสารเร่งพืชโพรงในการจัดการของเสียภายในระบบหมุนเวียนเพื่อเลี้ยงหอยหวานเชิงพาณิชย์

อัตราการรอดตายของหอยหวานที่ใช้ปลิงทะเลร่วมกับสาหร่ายโพรงในการจัดการของเสียภายในระบบหมุนเวียนเพื่อเลี้ยงหอยหวานเชิงพาณิชย์ ทุกชุดการทดลองไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P>0.05$) โดยพบว่า ในชุดการทดลองที่ 1, 2 และ 3 มีอัตราการรอดเท่ากับ 52 ± 12.8 , 51 ± 0.1 และ 38 ± 12.1 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ (ตารางที่ 4 ภาพที่ 6) การเลี้ยงหอยหวานด้วยระบบน้ำหมุนเวียน โดยมีการบำบัดน้ำด้วยไบโอบอล สาหร่ายโพรง และปลิงทะเล สามารถช่วยควบคุมคุณภาพน้ำภายในบ่อเลี้ยงได้ โดยเฉพาะปริมาณแอมโมเนีย ไนไตรท์ และไนเตรท ในน้ำ ซึ่งเกิดมาจากการสะสมของเศษเนื้อปลาที่ใช้เป็นอาหารของหอยหวาน รวมถึงมูล และของเสียอื่น ๆ ที่หอยหวานขับออกมาจากร่างกาย ซึ่งวิธีควบคุมคุณภาพน้ำในส่วนของคุณภาพแอมโมเนีย ไนไตรท์ และไนเตรท ในน้ำ คือ การทำให้เกิดกระบวนการ nitrification เปลี่ยนรูปแอมโมเนีย เป็น ไนไตรท์ และเปลี่ยนจากไนไตรท์ เป็นไนเตรท (พงศ์เชษฐ, มปป.) เพื่อให้สาหร่ายโพรงใช้เป็นอาหาร เพื่อการเจริญเติบโตได้ เมื่อสามารถควบคุมคุณภาพน้ำภายในบ่อเลี้ยงหอยหวานให้เหมาะสมต่อการเลี้ยงหอยหวานได้ จะส่งผลทำให้อัตราการรอดตายของหอยหวานไม่มีความแตกต่างกันกับชุดที่มีการเลี้ยงหอยหวานในระบบเปิด ดังนั้นสามารถเลี้ยงหอยหวานด้วยระบบน้ำหมุนเวียนโดยเลี้ยงร่วมกับปลิงทะเลและสาหร่ายโพรงได้

ตารางที่ 4 อัตราการรอดตายของหอยหวาน (เปอร์เซ็นต์) ที่ใช้ปลิงทะเลร่วมกับสาหร่ายโพรงในการจัดการของเสียภายในระบบหมุนเวียนเพื่อเลี้ยงหอยหวานเชิงพาณิชย์

อัตราการรอดตายของหอยหวาน (เปอร์เซ็นต์) ที่ใช้ปลิงทะเลร่วมกับ สาหร่ายโพรงในการจัดการของเสียภายในระบบหมุนเวียนเพื่อเลี้ยง หอยหวานเชิงพาณิชย์			P - value
ชุดการทดลองที่ 1	ชุดการทดลองที่ 2	ชุดการทดลองที่ 3	
52 ± 12.8^a	38 ± 12.2^a	51 ± 0.1^a	0.320

หมายเหตุ อักษร a ที่เหมือนกันในแนวนอน หมายถึง ไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P<0.05$)



ภาพที่ 6 อัตราการรอดตายของหอยหวาน (เปอร์เซ็นต์) ที่ใช้ปลิงทะเลร่วมกับสาหร่ายโพรในการจัดการของเสียภายในระบบหมุนเวียนเพื่อเลี้ยงหอยหวานเชิงพาณิชย์

อัตราการเจริญเติบโต และอัตราการรอดตายของปลิงทะเลเพื่อช่วยในการจัดการของเสียภายในระบบหมุนเวียนเพื่อเลี้ยงหอยหวานเชิงพาณิชย์

พบว่า ปลิงทะเลมีอัตราการเจริญเติบโตแบบถดถอย โดยมีค่าเท่ากับ -18.4 (กรัม/เดือน) และมีอัตราการรอดตายเท่ากับ 33.3 ± 57.74 เปอร์เซ็นต์ เนื่องจากมีปลิงทะเลเพียง 1 ข้ำ ของชุดการทดลองที่ 3 ที่มีอัตราการรอด 100 เปอร์เซ็นต์ และอีก 2 ข้ำ มีอัตราการรอด 0 เปอร์เซ็นต์ มีหลายปัจจัยที่ส่งผลให้ปลิงทะเลตายในระหว่างการเลี้ยงหอยหวาน ส่วนหนึ่งอาจเกิดจากสภาพพื้นบ่อที่เป็นพื้นทรายหยาบ ซึ่งลักษณะของเม็ดทรายส่งผลต่ออัตราการกินอาหารของปลิงทะเล เช่นเดียวกัน เช่น ปราณี และคณะ (2546) ทำการศึกษาอัตราการกินอาหารและประสิทธิภาพการดูดซึมอินทรีย์สารของปลิงทะเลในตะกอนที่มีองค์ประกอบของทรายและทรายแป้งตลอดจนปริมาณอินทรีย์สารต่างกัน 3 ระดับ คือตะกอนที่มีอัตราส่วนทรายต่อทรายแป้ง 0 : 1 และปริมาณอินทรีย์สารร้อยละ 22.7 ตะกอนที่มีอัตราส่วนทรายต่อทรายแป้งเป็น 1 : 1 ปริมาณอินทรีย์สารร้อยละ 8.94 และตะกอนที่มีอัตราส่วนทรายต่อทรายแป้งเป็น 1 : 2 ปริมาณอินทรีย์สารร้อยละ 13.41 พบว่า ปลิงทะเล *Holothuria atra* มีอัตราการกินตะกอนและประสิทธิภาพการดูดซึมอินทรีย์สารต่างกันตามลักษณะองค์ประกอบ โดยมีอัตราการกินอาหารสูงสุดที่ตะกอนอัตราส่วน 1 : 1 และประสิทธิภาพการดูดซึมอินทรีย์สารสูงสุดที่ตะกอนอัตราส่วน 0 : 1 ส่วน

ปลิงทะเล *H. leucospilota* มีอัตราการกินตะกอนไม่แตกต่างกัน แต่มีประสิทธิภาพการดูดซึมอินทรีย์สารสูงสุดที่ตะกอนอัตราส่วน 0 : 1 การตอบสนองต่อการเปลี่ยนแปลงองค์ประกอบตะกอนของปลิงทะเลทั้งสองชนิดนี้ พบว่าอัตราการกินอาหารของปลิงทะเลจะสูงในตะกอนที่มีอัตราส่วนของทรายสูงแต่ประสิทธิภาพการดูดซึมอินทรีย์สารต่ำ ในทางตรงกันข้ามปลิงทะเลจะมีอัตราการกินอาหารต่ำในตะกอนที่มีปริมาณอินทรีย์สารสูง ซึ่งปลิงทะเลจะมีประสิทธิภาพการดูดซึมอินทรีย์สารสูง

อัตราการเจริญเติบโตของสาหร่ายโพรงเพื่อช่วยในการจัดการของเสียภายในระบบหมุนเวียนเพื่อเลี้ยงหอยหวานเชิงพาณิชย์

พบว่า สาหร่ายโพรงมีอัตราการเจริญเติบโตแบบลดถอย ทั้ง 2 ชุดการทดลอง ได้แก่ ชุดการทดลองที่ 2 และชุดการทดลองที่ 3 โดยมีค่าเท่ากับ -185.0 ± 12.02 และ -164.4 ± 79.3 กรัม/เดือนตามลำดับ จากการศึกษาของ Leila *et al.* (2008) พบว่า สาหร่ายสีแดงสามารถกำจัดไนเตรท, ไนไตรท์, แอมโมเนีย และฟอสเฟต ที่ได้จากการเลี้ยงปลา *Trachinotus carolinus* ได้ เนื่องจากเมื่อทำการตรวจวัดค่าดังกล่าวในบริเวณทางน้ำเข้า และออกของถังบำบัด มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติของทั้ง 2 จุดที่ทำการตรวจวัด ดังนั้นสาหร่าย *Kappaphycus alvarezii* สามารถใช้ประโยชน์จากสาหร่ายในการเป็นตัวกรองชีวภาพในการเลี้ยงปลา ทำให้ช่วยลดการเกิดกระบวนการ eutrophication และยังคงสามารถผลิตคาร์บอนจากการเลี้ยงสาหร่ายได้อีกทางหนึ่งด้วย โดยไม่มีความแตกต่างจากการเลี้ยงสาหร่ายในระบบเปิด

คุณภาพน้ำในการใช้ปลิงทะเลร่วมกับสาหร่ายโพรงเพื่อช่วยในการจัดการของเสียภายในระบบหมุนเวียนเพื่อเลี้ยงหอยหวานเชิงพาณิชย์

อุณหภูมิของน้ำ

อุณหภูมิของน้ำในการใช้ปลิงทะเลร่วมกับสาหร่ายโพรงเพื่อช่วยในการจัดการของเสียภายในระบบหมุนเวียนเพื่อเลี้ยงหอยหวานเชิงพาณิชย์ พบว่าทั้ง 3 ชุดการทดลองมีอุณหภูมิเฉลี่ยตลอดการทดลองไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P>0.05$) ในชุดการทดลองที่ 1 มีค่าเท่ากับ 27.7 ± 2.13 องศาเซลเซียส ชุดการทดลองที่ 2 ทางน้ำเข้าบ่อเลี้ยงมีค่าเท่ากับ 27.8 ± 1.84 องศาเซลเซียส ทางน้ำออกบ่อเลี้ยงมีค่าเท่ากับ 27.7 ± 1.58 องศาเซลเซียส และชุดการทดลองที่ 3 ทางน้ำเข้าบ่อเลี้ยงมีค่าเท่ากับ 27.0 ± 1.94 องศาเซลเซียส ทางน้ำออกบ่อเลี้ยงมีค่าเท่ากับ 27.0 ± 1.97 องศาเซลเซียส ตามลำดับ (ตารางที่ 5 และภาพที่ 7) การเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำควรมีความแตกต่างของค่าอุณหภูมิในรอบวันไม่เกิน 5 องศาเซลเซียส ถ้ามีการเปลี่ยนแปลงของอุณหภูมิน้ำอย่างรวดเร็ว จะทำให้สัตว์น้ำไม่กินอาหาร อุณหภูมิของน้ำจะผันแปรตามอุณหภูมิของอากาศ โดยอุณหภูมิที่เหมาะสมต่อการเจริญเติบโตของสัตว์น้ำควรอยู่ระหว่าง 25 – 32 องศาเซลเซียส (มันสิน และไพพรรณ, 2544)

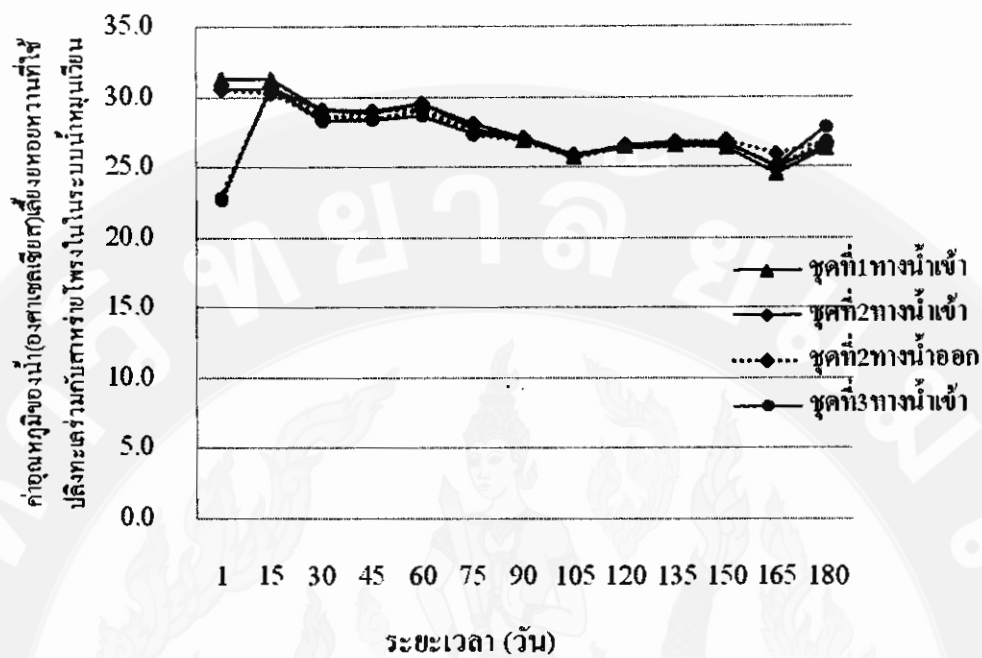
ตารางที่ 5 คุณหมื่นของน้ำในการใช้ปลิงทะเลร่วมกับสาหร่ายโพรงเพื่อช่วยในการจัดการของเสียภายในระบบหมุนเวียนเพื่อเลี้ยงหอยหวานเชิงพาณิชย์

อุณหภูมิของน้ำ (องศาเซลเซียส) ในการใช้ปลิงทะเลร่วมกับสาหร่ายโพรงเพื่อช่วยในการจัดการของเสียภายในระบบหมุนเวียนเพื่อเลี้ยงหอยหวานเชิงพาณิชย์						P-Value
ระยะเวลา(วัน)	ชุดการทดลองที่ 1	ชุดการทดลองที่ 2		ชุดการทดลองที่ 3		
		ทางน้ำเข้า	ทางน้ำออก	ทางน้ำเข้า	ทางน้ำออก	
1	31.3 ± 1.53	30.6 ± 0.67	30.5 ± 0.87	22.7 ± 0.52	22.9 ± 0.92	
15	31.3 ± 1.50	30.7 ± 0.98	30.3 ± 1.15	30.7 ± 0.25	30.7 ± 0.78	
30	29.1 ± 0.67	29.1 ± 0.69	28.4 ± 1.06	28.3 ± 0.29	28.7 ± 0.47	
45	28.8 ± 0.20	29.0 ± 0.35	29.0 ± 0.51	28.4 ± 0.12	28.4 ± 0.15	
60	29.5 ± 0.23	29.5 ± 0.21	29.1 ± 0.78	28.7 ± 0.47	29.1 ± 0.06	
75	27.8 ± 0.00	28.1 ± 0.00	27.5 ± 0.00	27.3 ± 0.00	27.3 ± 0.00	
90	26.9 ± 0.00	27.1 ± 0.00	27.1 ± 0.00	27.0 ± 0.00	26.9 ± 0.00	
105	25.7 ± 0.00	25.9 ± 0.00	25.8 ± 0.00	25.8 ± 0.00	25.7 ± 0.00	

ตารางที่ 5 (ต่อ)

อุณหภูมิของน้ำ (องศาเซลเซียส) ในการใช้ปลิงทะเลร่วมกับสหาร่ายโพรงเพื่อช่วยในการจัดการของเสียภายในระบบหมุนเวียนเพื่อเลี้ยงหอยหวานเชิงพาณิชย์						P-Value
ระยะเวลา(วัน)	ชุดการทดลองที่ 1				ชุดการทดลองที่ 3	
	ชุดการทดลองที่ 2		ชุดการทดลองที่ 3			
		ทางน้ำเข้า	ทางน้ำออก	ทางน้ำเข้า	ทางน้ำออก	
120	26.4 ± 0.00	26.5 ± 0.00	26.5 ± 0.00	26.4 ± 0.00	26.4 ± 0.00	0.666
135	26.5 ± 0.00	26.8 ± 0.00	26.7 ± 0.00	26.4 ± 0.00	26.4 ± 0.00	
150	26.4 ± 0.06	26.7 ± 0.10	26.9 ± 0.21	26.6 ± 0.25	26.7 ± 0.06	
165	24.5 ± 0.06	24.9 ± 0.15	25.9 ± 1.56	25.1 ± 0.12	25.0 ± 0.15	
180	26.2 ± 0.06	26.5 ± 0.12	26.7 ± 0.25	27.8 ± 1.23	26.8 ± 0.26	
เฉลี่ย	27.7 ± 2.13 ^a	27.8 ± 1.84 ^a	27.7 ± 1.58 ^a	27.0 ± 1.94 ^a	27.0 ± 1.97 ^a	

หมายเหตุ อักษร a ที่เหมือนกันในแนวนอน หมายถึง ไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P>0.05$)



ภาพที่ 7 อุณหภูมิของน้ำ (องศาเซลเซียส) ในการใช้ปลิงทะเลร่วมกับสาหร่ายโพรงเพื่อช่วยในการจัดการของเสียภายในระบบหมุนเวียนเพื่อเลี้ยงหอยหวานเชิงพาณิชย์

ปริมาณออกซิเจนละลายน้ำ

ปริมาณของออกซิเจนละลายน้ำในการใช้ปลิงทะเลร่วมกับสาหร่ายโพรงเพื่อช่วยในการจัดการของเสียภายในระบบหมุนเวียนเพื่อเลี้ยงหอยหวานเชิงพาณิชย์โดยมีค่าเฉลี่ยของทั้ง 3 ชุดทดลองไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ โดยพบว่าปริมาณออกซิเจนละลายในน้ำเฉลี่ยตลอดการทดลองในชุดการทดลองที่ 1 มีค่าเท่ากับ 5.88 ± 0.866 mg/L ในชุดการทดลองที่ 2 ทางน้ำเข้าบ่อเลี้ยงมีค่าเท่ากับ 5.94 ± 0.790 mg/L ทางน้ำออกบ่อเลี้ยงมีค่าเท่ากับ 5.95 ± 0.780 mg/L และชุดการทดลองที่ 3 ทางน้ำเข้าบ่อเลี้ยงมีค่าเท่ากับ 5.41 ± 0.780 mg/L ทางน้ำออกบ่อเลี้ยงมีค่าเท่ากับ 5.61 ± 0.789 mg/L (ตารางที่ 6 และภาพที่ 8) ปริมาณออกซิเจนที่ละลายในน้ำ เป็นปัจจัยที่มีอิทธิพลต่อการดำรงชีวิตของสัตว์น้ำ ถ้าปริมาณออกซิเจนละลายในน้ำต่ำกว่า 1 mg/L เป็นเวลานาน ๆ ส่งผลทำให้ปลาตายได้ (มันสิน และไพพรรณ, 2544)

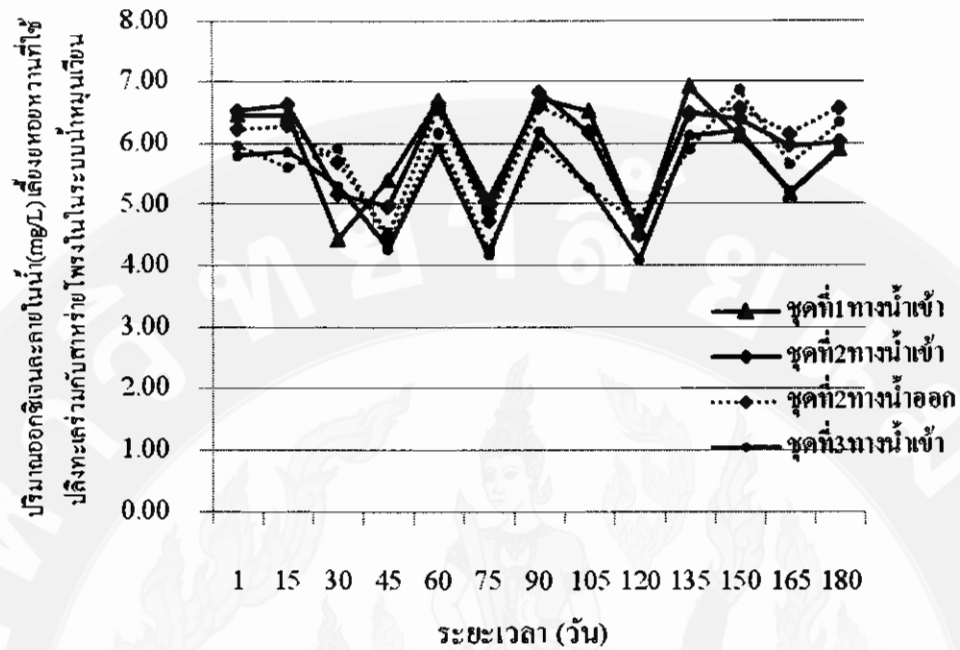
ตารางที่ 6 ปริมาณออกซิเจนละลายน้ำ (mg/L) ในการใช้ปลิงทะเลร่วมกับสาหร่ายโพรงเพื่อช่วยในการจัดการของเสียภายในระบบหมุนเวียนเพื่อเลี้ยงหอยหวานเชิงพาณิชย์

ปริมาณออกซิเจนละลายน้ำ (mg/L) ในการใช้ปลิงทะเลร่วมกับสาหร่ายโพรงเพื่อช่วยในการจัดการของเสีย ภายในระบบหมุนเวียนเพื่อเลี้ยงหอยหวานเชิงพาณิชย์						P-Value
ระยะเวลา(วัน)	ชุดการทดลองที่ 1	ชุดการทดลองที่ 2		ชุดการทดลองที่ 3		
		ทางน้ำเข้า	ทางน้ำออก	ทางน้ำเข้า	ทางน้ำออก	
1	6.47 ± 0.586	6.53 ± 0.493	6.23 ± 0.451	5.80 ± 0.100	5.97 ± 0.153	
15	6.47 ± 0.586	6.63 ± 0.493	6.30 ± 0.361	5.87 ± 0.252	5.60 ± 0.529	
30	4.43 ± 0.929	5.17 ± 0.569	5.70 ± 0.173	5.30 ± 0.265	5.93 ± 0.252	
45	5.40 ± 1.229	4.97 ± 0.702	4.50 ± 0.265	4.27 ± 0.058	4.33 ± 0.252	
60	6.70 ± 0.529	6.67 ± 0.503	6.57 ± 0.451	5.93 ± 0.252	6.17 ± 0.058	
75	5.07 ± 0.000	4.87 ± 0.000	4.73 ± 0.000	4.17 ± 0.000	4.27 ± 0.000	
90	6.73 ± 0.000	6.83 ± 0.000	6.60 ± 0.000	6.20 ± 0.000	5.97 ± 0.000	
105	6.53 ± 0.000	6.17 ± 0.000	6.20 ± 0.000	5.27 ± 0.000	5.27 ± 0.000	

ตารางที่ 6 (ต่อ)

ปริมาณออกซิเจนละลายน้ำ (mg/L) ในการใช้ปลิงทะเลร่วมกับสาหร่ายโพรงเพื่อช่วยในการจัดการของเสีย ภายในระบบหมุนเวียนเพื่อเลี้ยงหอยหวานเชิงพาณิชย์						P-Value
ระยะเวลา(วัน)	ชุดการทดลองที่ 1	ชุดการทดลองที่ 2		ชุดการทดลองที่ 3		
		ทางน้ำเข้า	ทางน้ำออก	ทางน้ำเข้า	ทางน้ำออก	
120	4.53 ± 0.000	4.50 ± 0.000	4.73 ± 0.000	4.10 ± 0.000	4.67 ± 0.000	
135	6.93 ± 0.000	6.50 ± 0.000	6.47 ± 0.000	6.13 ± 0.000	5.90 ± 0.000	
150	6.13 ± 0.777	6.40 ± 0.212	6.57 ± 0.636	6.20 ± 1.015	6.87 ± 0.651	
165	5.17 ± 0.790	5.96 ± 0.408	6.16 ± 1.172	5.21 ± 1.026	5.66 ± 1.551	
180	5.90 ± 0.067	6.02 ± 0.174	6.58 ± 0.310	5.94 ± 0.394	6.33 ± 0.176	
เฉลี่ย	5.88 ± 0.866 ^a	5.94 ± 0.790 ^a	5.95 ± 0.780 ^a	5.41 ± 0.780 ^a	5.61 ± 0.789 ^a	0.346

หมายเหตุ อักษร a ที่เหมือนกันในแนวนอน หมายถึง ไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P>0.05$)



ภาพที่ 8 ปริมาณออกซิเจนละลายน้ำ (mg/L) ในการใช้ปลิงทะเลร่วมกับสาหร่ายโพรงเพื่อช่วย
ในการจัดการของเสียภายในระบบหมุนเวียนเพื่อเลี้ยงหอยหวานเชิงพาณิชย์

ความเป็นกรด-ด่าง

ความเป็นกรด - ด่างของน้ำในการใช้ปลิงทะเลร่วมกับสาหร่ายโพรงเพื่อช่วยในการจัดการของเสียภายในระบบหมุนเวียนเพื่อเลี้ยงหอยหวานเชิงพาณิชย์ โดยมีค่าเฉลี่ยของทั้ง 3 ชุดทดลองไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ ($P>0.05$) โดยพบว่าความเป็นกรด-ด่าง ของน้ำเฉลี่ยตลอดการทดลองในชุดการทดลองที่ 1 มีค่าเท่ากับ 5.88 ± 0.866 ในชุดการทดลองที่ 2 ทางน้ำเข้าบ่อเลี้ยงมีค่าเท่ากับ 5.94 ± 0.790 ทางน้ำออกบ่อเลี้ยงมีค่าเท่ากับ 5.95 ± 0.780 และชุดการทดลองที่ 3 ทางน้ำเข้าบ่อเลี้ยงมีค่าเท่ากับ 5.41 ± 0.780 ทางน้ำออกบ่อเลี้ยงมีค่าเท่ากับ 5.61 ± 0.789 (ตารางที่ 7 และภาพที่ 9) ความเป็นกรด - เป็นด่างของน้ำ ในการทดลองครั้งนี้มีความเหมาะสมกับการเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำ ซึ่งควรมีค่าอยู่ในช่วง 6.5 – 9 (มันสิน และไพพรรณ, 2544)

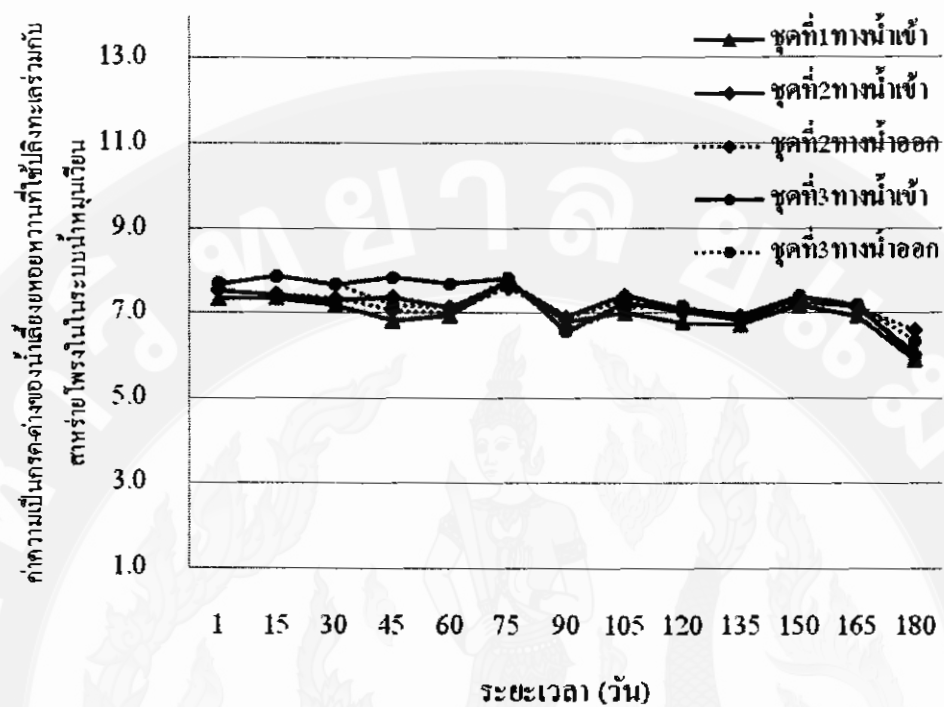
ตารางที่ 7 ความเป็นกรด-ด่าง (pH)ของน้ำในการใช้ปลิงทะเลร่วมกับสาหร่ายไพรองเพื่อช่วยในการจัดการของเสียภายในระบบหมุนเวียนเพื่อเลี้ยงหอยหวานเชิงพาณิชย์

ระยะเวลา(วัน)	ความเป็นกรด-ด่าง (pH)ของน้ำในการใช้ปลิงทะเลร่วมกับสาหร่ายไพรองเพื่อช่วยในการจัดการของเสียภายในระบบหมุนเวียนเพื่อเลี้ยงหอยหวานเชิงพาณิชย์					P-Value
	ชุดการทดลองที่ 1		ชุดการทดลองที่ 2		ชุดการทดลองที่ 3	
			ทางน้ำเข้า	ทางน้ำออก	ทางน้ำเข้า	ทางน้ำออก
1	7.3 ± 0.03	6.53 ± 0.493	6.23 ± 0.451	5.80 ± 0.100	5.97 ± 0.153	
15	7.3 ± 0.19	6.63 ± 0.493	6.30 ± 0.361	5.87 ± 0.252	5.60 ± 0.529	
30	7.2 ± 0.16	5.17 ± 0.569	5.70 ± 0.173	5.30 ± 0.265	5.93 ± 0.252	
45	6.8 ± 0.02	4.97 ± 0.702	4.50 ± 0.265	4.27 ± 0.058	4.33 ± 0.252	
60	6.9 ± 0.06	6.67 ± 0.503	6.57 ± 0.451	5.93 ± 0.252	6.17 ± 0.058	
75	7.8 ± 0.24	4.87 ± 0.000	4.73 ± 0.000	4.17 ± 0.000	4.27 ± 0.000	
90	6.8 ± 0.25	6.83 ± 0.000	6.60 ± 0.000	6.20 ± 0.000	5.97 ± 0.000	
105	7.0 ± 0.04	6.17 ± 0.000	6.20 ± 0.000	5.27 ± 0.000	5.27 ± 0.000	

ตารางที่ 7 (ต่อ)

ความเป็นกรด-ด่าง (pH)ของน้ำในการใช้ปลิงทะเลร่วมกับสาหร่ายโพรงเพื่อช่วยในการจัดการของเสียภายในระบบหมุนเวียนเพื่อเลี้ยงหอยหวานเชิงพาณิชย์						P-Value
ระยะเวลา(วัน)	ชุดการทดลองที่ 1	ชุดการทดลองที่ 2		ชุดการทดลองที่ 3		
		ทางน้ำเข้า	ทางน้ำออก	ทางน้ำเข้า	ทางน้ำออก	
120	4.53 ± 0.000	4.50 ± 0.000	4.73 ± 0.000	4.10 ± 0.000	4.67 ± 0.000	
135	6.93 ± 0.000	6.50 ± 0.000	6.47 ± 0.000	6.13 ± 0.000	5.90 ± 0.000	
150	6.13 ± 0.777	6.40 ± 0.212	6.57 ± 0.636	6.20 ± 1.015	6.87 ± 0.651	
165	5.17 ± 0.790	5.96 ± 0.408	6.16 ± 1.172	5.21 ± 1.026	5.66 ± 1.551	
180	5.90 ± 0.067	6.02 ± 0.174	6.58 ± 0.310	5.94 ± 0.394	6.33 ± 0.176	
เฉลี่ย	5.88 ± 0.866 ^a	5.94 ± 0.790 ^a	5.95 ± 0.780 ^a	5.41 ± 0.780 ^a	5.61 ± 0.789 ^a	0.346

หมายเหตุ อักษร a ที่เหมือนกันในแนวนอน หมายถึง ไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P>0.05$)



ภาพที่ 9 ความเป็นกรด-ด่าง (pH) ของน้ำในการใช้ปลิงทะเลร่วมกับสาหร่ายโพรงเพื่อช่วยในการจัดการของเสียภายในระบบหมุนเวียนเพื่อเลี้ยงหอยหวานเชิงพาณิชย์

ความเค็มของน้ำ

ความเค็มของน้ำในการใช้ปลิงทะเลร่วมกับสาหร่ายโพรงเพื่อช่วยในการจัดการของเสียภายในระบบหมุนเวียนเพื่อเลี้ยงหอยหวานเชิงพาณิชย์ โดยพบว่าความเค็มของน้ำเฉลี่ยตลอดการทดลองในชุดการทดลองที่ 2 มีค่าสูงที่สุด ทางน้ำเข้าบ่อเลี้ยงมีค่าเท่ากับ 37 ± 2.5 psu และทางออกบ่อเลี้ยงมีค่าเท่ากับ 38 ± 2.2 psu ในชุดการทดลองที่ 1 มีค่าเท่ากับ 36 ± 2.4 psu และในชุดการทดลองที่ 2 มีความเค็มต่ำที่สุด มีค่าความเค็มของบริเวณทางน้ำเข้าบ่อเลี้ยงเท่ากับ 35 ± 1.6 psu และบริเวณทางน้ำออกบ่อเลี้ยงมีค่าเท่ากับ 35 ± 1.6 psu (ตารางที่ 8 และภาพที่ 10) ความเค็มของน้ำในการทดลองครั้งนี้มีความเหมาะสมต่อการเลี้ยงหอยหวาน อยู่ในช่วง $35 - 37$ psu ความเค็มเป็นปัจจัยที่มีอิทธิพลต่อการดำรงชีวิตของหอยหวาน ถ้าน้ำมีความเค็มต่ำ จะทำให้หอยหวานไม่แข็งแรง และการกินอาหารจะลดลงกว่าปกติ

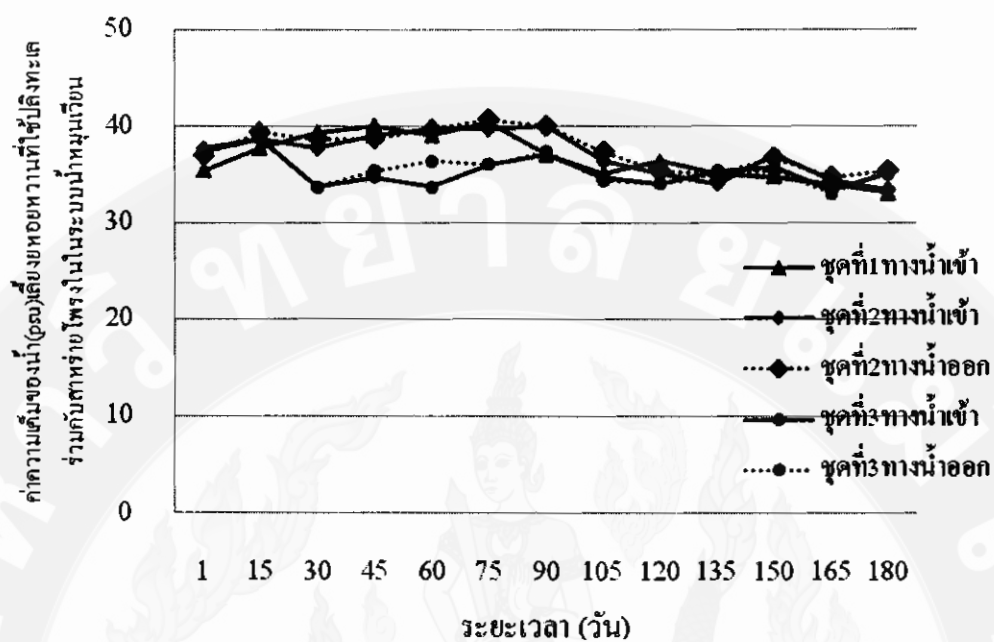
ตารางที่ 8 ค่าความเค็มของน้ำ (psu)ในการใช้ปลิงทะเลร่วมกับสาหร่ายโพรงเพื่อช่วยในการจัดการของเสียภายในระบบหมุนเวียนเพื่อเลี้ยงหอยหวานเชิงพาณิชย์

ค่าความเค็มของน้ำ (psu)ในการใช้ปลิงทะเลร่วมกับสาหร่ายโพรงเพื่อช่วยในการจัดการของเสียภายในระบบหมุนเวียนเพื่อเลี้ยงหอยหวานเชิงพาณิชย์						P-Value
ระยะเวลา(วัน)	ชุดการทดลองที่ 1	ชุดการทดลองที่ 2		ชุดการทดลองที่ 3		
		ทางน้ำเข้า	ทางน้ำออก	ทางน้ำเข้า	ทางน้ำออก	
1	35 ± 0.6	38 ± 2.1	37 ± 2.6	37 ± 1.5	37 ± 1.5	
15	38 ± 1.5	39 ± 2.1	39 ± 1.5	39 ± 2.3	39 ± 3.2	
30	39 ± 1.2	38 ± 2.5	39 ± 2.3	34 ± 7.5	34 ± 7.1	
45	40 ± 0.0	39 ± 2.6	39 ± 3.2	35 ± 4.5	35 ± 5.5	
60	39 ± 2.6	40 ± 3.5	40 ± 3.5	34 ± 7.1	36 ± 4.0	
75	40 ± 2.5	40 ± 5.0	41 ± 4.0	36 ± 4.0	36 ± 4.0	
90	37 ± 1.0	40 ± 1.0	40 ± 1.0	37 ± 5.3	37 ± 5.9	
105	35 ± 0.0	36 ± 2.1	37 ± 4.2	35 ± 7.4	34 ± 6.8	

ตารางที่ 8 (ต่อ)

ค่าความเค็มของน้ำ (psu)ในการใช้ปลิงทะเลร่วมกับสาหร่ายไฟทรงเพื่อช่วยในการจัดการของเสีย						P-Value
ระยะเวลา(วัน)	ภายในระบบหมุนเวียนเพื่อเลี้ยงหอยหวานเชิงพาณิชย์					
	ชุดการทดลองที่ 1	ชุดการทดลองที่ 2		ชุดการทดลองที่ 3		
		ทางน้ำเข้า	ทางน้ำออก	ทางน้ำเข้า	ทางน้ำออก	
120	36 ± 1.2	35 ± 1.7	35 ± 2.1	34 ± 6.2	34 ± 5.3	0.022
135	35 ± 4.6	34 ± 4.6	35 ± 3.6	35 ± 5.5	35 ± 5.6	
150	35 ± 0.6	37 ± 0.0	37 ± 0.6	36 ± 2.1	35 ± 2.3	
165	34 ± 2.6	34 ± 6.4	35 ± 6.8	33 ± 4.0	33 ± 3.6	
180	33 ± 0.0	33 ± 2.5	35 ± 4.0	35 ± 2.0	35 ± 2.5	
เฉลี่ย	36 ± 2.4 ^{ab}	37 ± 2.5 ^{ab}	38 ± 2.2 ^a	35 ± 1.6 ^b	35 ± 1.6 ^b	

หมายเหตุ อักษร a, b ที่ไม่เหมือนกันในแนวนอน หมายถึง มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ(P<0.05)



ภาพที่ 10 ค่าความเค็มของน้ำ (psu) ในการใช้ปลิงทะเลร่วมกับสารช่วยโพรงเพื่อช่วยในการจัดการของเสียภายในระบบหมุนเวียนเพื่อเลี้ยงหอยหวานเชิงพาณิชย์

ความเป็นค่าของน้ำ

ความเป็นค่าของน้ำในการใช้ปลิงทะเลร่วมกับสาหร่ายโพรงเพื่อช่วยในการจัดการของเสียภายในระบบหมุนเวียนเพื่อเลี้ยงหอยหวานเชิงพาณิชย์ โดยมีค่าเฉลี่ยของทั้ง 3 ชุดทดลองไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ ($P > 0.05$) โดยพบว่าความเป็นค่าของน้ำเฉลี่ยตลอดการทดลองในชุดการทดลองที่ 1 มีค่าเท่ากับ 56.6 ± 18.4 mg/L as CaCO_3 ในชุดการทดลองที่ 2 ทางน้ำเข้าบ่อเลี้ยงมีค่าเท่ากับ 61.9 ± 21.4 mg/L as CaCO_3 ทางน้ำออกบ่อเลี้ยงมีค่าเท่ากับ 61.4 ± 21.4 mg/L as CaCO_3 และชุดการทดลองที่ 3 ทางน้ำเข้าบ่อเลี้ยงมีค่าเท่ากับ 68.5 ± 21.9 mg/L as CaCO_3 ทางน้ำออกบ่อเลี้ยงมีค่าเท่ากับ 65.6 ± 20.5 mg/L as CaCO_3 (ตารางที่ 9 และภาพที่ 11) ความเป็นค่าของน้ำมีผลต่อสัตว์น้ำในทางอ้อม ซึ่งเกี่ยวข้องกับศักยภาพที่จะจำกัดผลผลิตเบื้องต้น ค่าความเป็นค่าสูงแสดงว่ามีแหล่งสำรองของแก๊สคาร์บอนไดออกไซด์สำหรับการสังเคราะห์ด้วยแสงของพืชน้ำต้องการใช้สารอนินทรีย์คาร์บอนสำหรับการสังเคราะห์ด้วยแสง จากผลการทดลองค่าความเป็นค่าอยู่ในช่วง 25 - 100 mg/L as CaCO_3 ซึ่งเป็นช่วงที่มีความอุดมสมบูรณ์ของแหล่งน้ำปานกลาง (วิรัช, 2544)

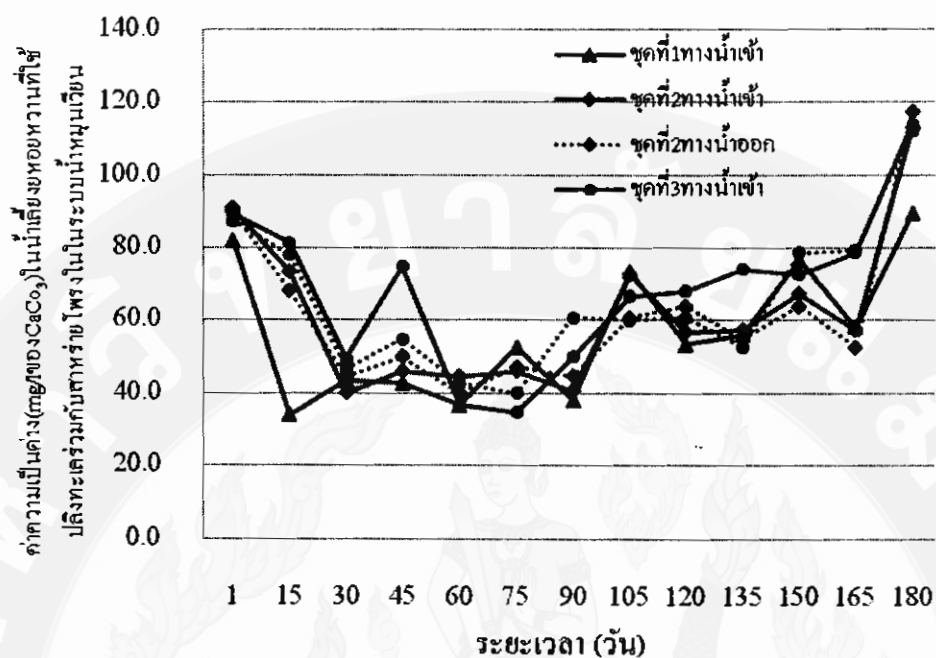
ตารางที่ 9 ความเป็นค่าของน้ำ (mg/L as CaCO₃) ในการใช้ปลิงทะเลร่วมกับสาหร่ายโพรงเพื่อช่วยในการจัดการของเสียภายในระบบหมุนเวียนเพื่อเลี้ยงหอยหวานเชิงพาณิชย์

ความเป็นค่าของน้ำ (mg/L as CaCO ₃) ในการใช้ปลิงทะเลร่วมกับสาหร่ายโพรงเพื่อช่วยในการจัดการของเสีย						P-Value
ระยะเวลา(วัน)	ภายในระบบหมุนเวียนเพื่อเลี้ยงหอยหวานเชิงพาณิชย์					
	ชุดการทดลองที่ 1	ชุดการทดลองที่ 2		ชุดการทดลองที่ 3		
		ทางน้ำเข้า	ทางน้ำออก	ทางน้ำเข้า	ทางน้ำออก	
1	82.0 ± 11.14	90.7 ± 2.31	90.0 ± 2.00	89.3 ± 9.02	87.3 ± 11.02	
15	34.0 ± 2.00	73.3 ± 7.57	68.0 ± 5.29	81.3 ± 5.77	78.0 ± 3.46	
30	43.3 ± 2.31	40.0 ± 6.93	44.7 ± 7.02	49.3 ± 16.17	46.7 ± 16.77	
45	42.7 ± 7.02	46.0 ± 10.58	50.0 ± 18.33	74.7 ± 16.77	54.7 ± 11.02	
60	36.7 ± 5.77	44.7 ± 15.53	40.0 ± 11.14	36.7 ± 3.06	42.7 ± 8.33	
75	52.7 ± 10.07	46.0 ± 11.14	47.3 ± 6.43	34.7 ± 12.06	40.0 ± 10.00	
90	38.0 ± 3.46	40.7 ± 8.33	44.7 ± 5.77	50.0 ± 20.88	60.7 ± 13.61	
105	73.3 ± 13.32	72.7 ± 24.11	60.7 ± 31.01	66.7 ± 29.48	60.0 ± 17.78	

ตารางที่ 9 (ต่อ)

ความเป็นต่างของน้ำ (mg/L as CaCO ₃) ในการใช้ปลิงทะเลร่วมกับสาหร่ายโพรงเพื่อช่วยในการจัดการของเสียภายในระบบหมุนเวียนเพื่อเลี้ยงหอยหวานเชิงพาณิชย์						P-Value
ระยะเวลา(วัน)	ชุดการทดลองที่ 1	ชุดการทดลองที่ 2		ชุดการทดลองที่ 3		
		ทางน้ำเข้า	ทางน้ำออก	ทางน้ำเข้า	ทางน้ำออก	
120	53.3 ± 3.06	56.7 ± 12.70	64.0 ± 17.44	68.0 ± 22.54	60.7 ± 9.45	0.654
135	56.0 ± 10.58	57.3 ± 14.05	54.7 ± 9.24	74.0 ± 29.60	52.7 ± 11.37	
150	76.7 ± 12.22	67.3 ± 11.02	64.0 ± 5.29	72.7 ± 8.08	78.7 ± 8.08	
165	58.0 ± 10.39	57.3 ± 16.65	52.7 ± 14.05	78.7 ± 54.86	79.3 ± 54.31	
180	89.3 ± 7.57	112.7 ± 39.11	117.3 ± 41.10	114.0 ± 38.31	112.0 ± 34.64	
เฉลี่ย	56.6 ± 18.4 ^a	61.9 ± 21.4 ^a	61.4 ± 21.4 ^a	68.5 ± 21.9 ^a	65.6 ± 20.5 ^a	

หมายเหตุ อักษร a ที่เหมือนกันในแนวนอน หมายถึง ไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ(P>0.05)



ภาพที่ 11 ค่าความเป็นด่างของน้ำ (mg/L as CaCO₃) ในการใช้ปลิงทะเลร่วมกับสาหร่ายไฟ
เพื่อช่วยในการจัดการของเสียภายในระบบหมุนเวียนเพื่อเลี้ยงหอยหวานเชิงพาณิชย์

ความกระด้างของน้ำ

ความกระด้างของน้ำในการใช้ปลิงทะเลร่วมกับสาหร่ายโพรงเพื่อช่วยในการจัดการของเสียภายในระบบหมุนเวียนเพื่อเลี้ยงหอยหวานเชิงพาณิชย์ โดยมีค่าเฉลี่ยของทั้ง 3 ชุดทดลองไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ ($P>0.05$) โดยพบว่าความเป็นด่างของน้ำเฉลี่ยตลอดการทดลองในชุดการทดลองที่ 1 มีค่าเท่ากับ mg/L as CaCO_3 ในชุดการทดลองที่ 2 ทางน้ำเข้าบ่อเลี้ยงมีค่าเท่ากับ mg/L as CaCO_3 ทางน้ำออกบ่อเลี้ยงมีค่าเท่ากับ mg/L as CaCO_3 และชุดการทดลองที่ 3 ทางน้ำเข้าบ่อเลี้ยงมีค่าเท่ากับ mg/L as CaCO_3 ทางน้ำออกบ่อเลี้ยงมีค่าเท่ากับ mg/L as CaCO_3 (ตารางที่ 10 และภาพที่ 12)

ความกระด้างของน้ำเกิดได้จากแร่ธาตุที่มีประจุบวก Na^+ Mg^{2+} Ca^{2+} K^+ ที่อยู่ในน้ำ เมื่อความเค็มสูงความกระด้างจึงสูงตามไปด้วย ซึ่งสามารถคำนวณปริมาณของเกลือแร่ที่มีอยู่ตามระดับความเค็มได้ดังนี้ พุทธ (2551) ได้เขียนไว้ดังนี้

$$\text{โซเดียม} = 304.5 \times \text{ความเค็ม}$$

$$\text{โปแตสเซียม} = 10.7 \times \text{ความเค็ม}$$

$$\text{แคลเซียม} = 11.6 \times \text{ความเค็ม}$$

$$\text{แมกนีเซียม} = 39.1 \times \text{ความเค็ม}$$

ความกระด้างของน้ำที่มากกว่า $2,000 \text{ mg/L as CaCO}_3$ มีความเหมาะสมต่อการเลี้ยงหอยหวาน เพราะความกระด้างเป็นตัวหนึ่งที่จะช่วยในการสร้างเปลือกของหอยหวาน (กรมประมง, 2548)

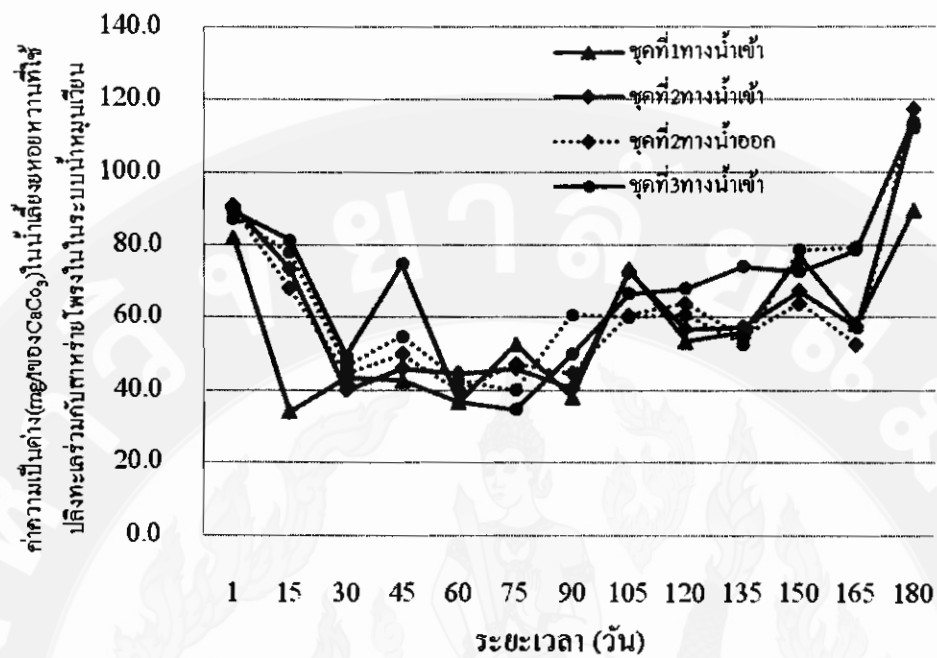
ตารางที่ 10 ความกระด้างของน้ำ(mg/L as CaCO₃) ในการใช้ปลิงทะเลร่วมกับสาหร่ายไฟทรงเพื่อช่วยในการจัดการของเสียภายในระบบหมุนเวียนเพื่อเลี้ยงหอยหวานเชิงพาณิชย์

ระยะเวลา(วัน)	ความกระด้างของน้ำ(mg/L as CaCO ₃) ในการใช้ปลิงทะเลร่วมกับสาหร่ายไฟทรงเพื่อช่วยในการจัดการของเสียภายในระบบหมุนเวียนเพื่อเลี้ยงหอยหวานเชิงพาณิชย์				P-Value	
	ชุดการทดลองที่ 1	ชุดการทดลองที่ 2		ชุดการทดลองที่ 3		
		ทางน้ำเข้า	ทางน้ำออก	ทางน้ำเข้า		ทางน้ำออก
1	7233 ± 208.2	7267 ± 251.7	7767 ± 2.00	7733 ± 152.8	7900 ± 264.6	
15	11933 ± 1184.6	12967 ± 1942.5	13133 ± 901.8	12200 ± 953.9	10567 ± 1474.2	
30	8700 ± 818.5	8300 ± 793.7	9033 ± 404.1	7233 ± 1914.0	7367 ± 1724.3	
45	8567 ± 1415.4	7333 ± 602.8	7333 ± 850.5	6333 ± 950.4	6200 ± 1652.3	
60	8000 ± 435.9	8633 ± 1001.7	7300 ± 2179.4	7067 ± 1401.2	7333 ± 737.1	
75	9467 ± 945.2	11767 ± 3547.3	8367 ± 1662.3	8733 ± 1234.2	8867 ± 1761.6	
90	8533 ± 945.2	9467 ± 513.2	9033 ± 321.5	8500 ± 854.4	8733 ± 1159.0	
105	8533 ± 152.8	8833 ± 461.9	8500 ± 1311.5	8100 ± 1510.0	8200 ± 1417.7	

ตารางที่ 10 (ต่อ)

ความกระด้างของน้ำ(mg/L as CaCO ₃) ในการใช้ปลิงทะเลร่วมกับสาหร่ายโพรงเพื่อช่วยในการจัดการของเสีย ภายในระบบหมุนเวียนเพื่อเลี้ยงหอยหวานเชิงพาณิชย์						P-Value
ระยะเวลา(วัน)	ชุดการทดลองที่ 1	ชุดการทดลองที่ 2		ชุดการทดลองที่ 3		
		ทางน้ำเข้า	ทางน้ำออก	ทางน้ำเข้า	ทางน้ำออก	
120	9233 ± 321.5	8967 ± 1059.9	8267 ± 929.2	8967 ± 1059.9	8267 ± 929.2	0.787
135	9867 ± 757.2	9833 ± 1250.3	9200 ± 1374.8	8133 ± 3353.1	7000 ± 1311.5	
150	6267 ± 1644.2	6300 ± 1014.9	5233 ± 321.5	6100 ± 1907.9	7400 ± 1345.4	
165	3300 ± 1153.3	3733 ± 635.1	3600 ± 700.0	2567 ± 802.1	2900 ± 700.0	
180	4633 ± 665.8	5667 ± 568.6	6133 ± 378.6	5600 ± 600.0	5700 ± 900.0	
เฉลี่ย	8021 ± 2255.0 ^a	8390 ± 2450.1 ^a	7915 ± 2268.9 ^a	7482 ± 2219.3 ^a	7418 ± 1833.5 ^a	

หมายเหตุ อักษร a ที่เหมือนกันในแนวนอน หมายถึง ไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (P>0.05)



ภาพที่ 12 ความเป็นค่าของน้ำ (mg/L as CaCO_3) ในการใช้ปลิงทะเลร่วมกับสาหร่ายโพรง เพื่อช่วยในการจัดการของเสียภายในระบบหมุนเวียนเพื่อเลี้ยงหอยหวานเชิงพาณิชย์

ปริมาณแอมโมเนีย - ไนโตรเจนในน้ำ

ปริมาณแอมโมเนีย - ไนโตรเจนของน้ำในการใช้ปลิงทะเลร่วมกับสาหร่ายโพรงเพื่อช่วยในการจัดการของเสียภายในระบบหมุนเวียนเพื่อเลี้ยงหอยหวานเชิงพาณิชย์ โดยมีค่าเฉลี่ยของทั้ง 3 ชุดทดลองไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ ($P>0.05$) โดยพบว่าปริมาณแอมโมเนีย - ไนโตรเจนของน้ำเฉลี่ยตลอดการทดลองในชุดการทดลองที่ 1 มีค่าเท่ากับ 0.3 ± 0.19 mg/L as CaCO_3 ในชุดการทดลองที่ 2 ทางน้ำเข้าบ่อเลี้ยงมีค่าเท่ากับ 0.3 ± 0.20 mg/L as CaCO_3 ทางน้ำออกบ่อเลี้ยงมีค่าเท่ากับ 0.2 ± 0.11 mg/L as CaCO_3 และชุดการทดลองที่ 3 ทางน้ำเข้าบ่อเลี้ยงมีค่าเท่ากับ 0.2 ± 0.07 mg/L as CaCO_3 ทางน้ำออกบ่อเลี้ยงมีค่าเท่ากับ 0.3 ± 0.08 mg/L as CaCO_3 (ตารางที่ 11 และภาพที่ 13) ธาตุไนโตรเจนที่อยู่ในรูปของแอมโมเนีย สามารถนำไปใช้ได้โดยพืชน้ำ และสาหร่าย หรือเปลี่ยนเป็นไนเตรท ผ่านกระบวนการไนตริฟิเคชัน โดยแบคทีเรียไนโตรโซโมแนส เปลี่ยนแอมโมเนียเป็นไนไตรท์ และไนโตรแบคเตอร์ เปลี่ยนไนไตรท์เป็นไนเตรท ซึ่งกระบวนการนี้จะเกิดได้เร็วเมื่ออยู่ในสภาพที่เป็นกรด หรือ pH อยู่ระหว่าง 7 - 8 และอุณหภูมิ 25 - 35 องศาเซลเซียส ซึ่งในการวิจัยครั้งนี้อยู่ในสภาวะดังกล่าวเช่นกัน ซึ่งอาจช่วยให้แอมโมเนียเปลี่ยนเป็นไนเตรทได้เร็วขึ้น โดยไม่ส่งผลกระทบต่อหอยหวานที่เลี้ยงด้วยระบบน้ำหมุนเวียน (วิรัช, 2544)

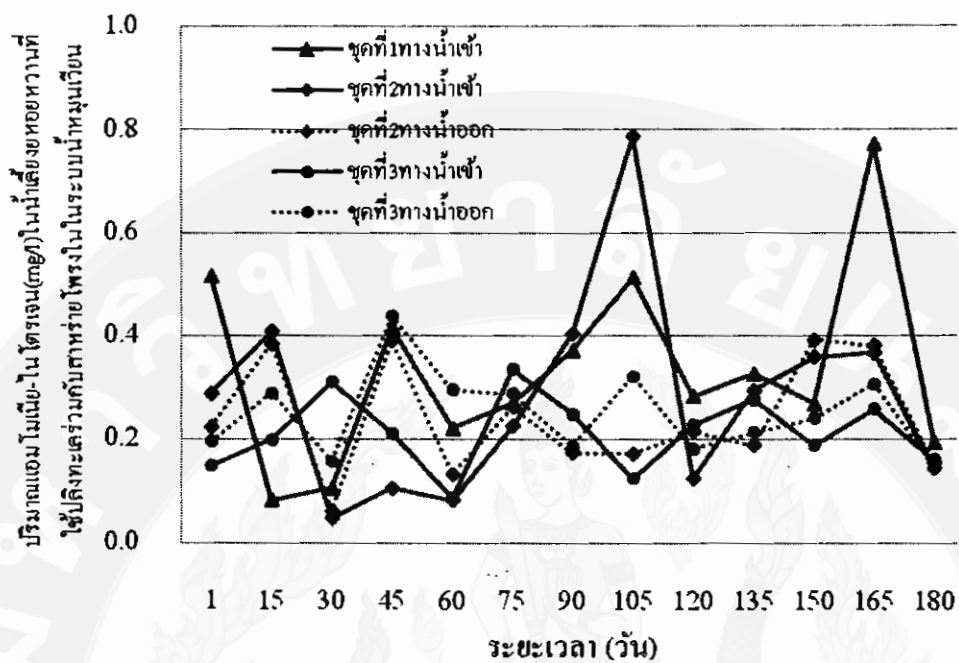
ตารางที่ 11 ปริมาณแอมโมเนียในน้ำ (mg/L) ในการใช้ปลิงทะเลร่วมกับสาหร่ายโพรงเพื่อช่วยในการจัดการของเสียภายในระบบหมุนเวียนเพื่อเลี้ยงหอยหวานเชิงพาณิชย์

ปริมาณแอมโมเนียในน้ำ (mg/L) ในการใช้ปลิงทะเลร่วมกับสาหร่ายโพรงเพื่อช่วยในการจัดการของเสียภายในระบบ						P-Value
ระยะเวลา(วัน)	หมุนเวียนเพื่อเลี้ยงหอยหวานเชิงพาณิชย์					
	ชุดการทดลองที่ 1	ชุดการทดลองที่ 2		ชุดการทดลองที่ 3		
		ทางน้ำเข้า	ทางน้ำออก	ทางน้ำเข้า	ทางน้ำออก	
1	0.5 ± 0.27	0.3 ± 0.08	0.2 ± 0.10	0.1 ± 0.01	0.2 ± 0.02	
15	0.1 ± 0.23	0.4 ± 0.07	0.4 ± 0.08	0.2 ± 0.02	0.3 ± 0.09	
30	0.1 ± 0.05	0.0 ± 0.02	0.1 ± 0.02	0.3 ± 0.23	0.2 ± 0.05	
45	0.4 ± 0.19	0.1 ± 0.04	0.4 ± 0.15	0.2 ± 0.06	0.4 ± 0.11	
60	0.2 ± 0.10	0.1 ± 0.01	0.1 ± 0.02	0.1 ± 0.01	0.3 ± 0.04	
75	0.3 ± 0.02	0.2 ± 0.08	0.3 ± 0.01	0.3 ± 0.12	0.3 ± 0.06	
90	0.4 ± 0.23	0.4 ± 0.26	0.2 ± 0.06	0.2 ± 0.11	0.2 ± 0.15	
105	0.5 ± 0.34	0.8 ± 1.15	0.2 ± 0.13	0.1 ± 0.13	0.3 ± 0.11	

ตารางที่ 11 (ต่อ)

ปริมาณแอมโมเนียในน้ำ (mg/L) ในการใช้ปลิงทะเลร่วมกับสาหร่ายโพรงเพื่อช่วยในการจัดการของเสีย ภายในระบบหมุนเวียนเพื่อเลี้ยงหอยหวานเชิงพาณิชย์						P-Value
ระยะเวลา(วัน)	ชุดการทดลองที่ 1	ชุดการทดลองที่ 2		ชุดการทดลองที่ 3		
		ทางน้ำเข้า	ทางน้ำออก	ทางน้ำเข้า	ทางน้ำออก	
120	0.3 ± 0.11	0.1 ± 0.08	0.2 ± 0.12	0.2 ± 0.19	0.2 ± 0.16	0.235
135	0.3 ± 0.26	0.3 ± 0.19	0.2 ± 0.10	0.3 ± 0.15	0.2 ± 0.19	
150	0.3 ± 0.07	0.4 ± 0.16	0.4 ± 0.37	0.2 ± 0.05	0.2 ± 0.07	
165	0.8 ± 0.80	0.4 ± 0.22	0.4 ± 0.10	0.3 ± 0.14	0.3 ± 0.19	
180	0.2 ± 0.02	0.1 ± 0.04	0.2 ± 0.05	0.2 ± 0.07	0.1 ± 0.06	
เฉลี่ย	0.3 ± 0.19 ^a	0.3 ± 0.20 ^a	0.2 ± 0.11 ^a	0.2 ± 0.07 ^a	0.3 ± 0.08 ^a	

หมายเหตุ อักษร a ที่เหมือนกันในแนวนอน หมายถึง ไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P>0.05$)



ภาพที่ 13 ปริมาณแอมโมเนียในน้ำ (mg/L) ในการใช้ปลิงทะเลร่วมกับสาหร่ายโพรงเพื่อช่วยในการจัดการของเสียภายในระบบหมุนเวียนเพื่อเลี้ยงหอยหวานเชิงพาณิชย์

ปริมาณไนโตรเจนในน้ำ

ปริมาณไนโตรเจนของน้ำในการใช้ปลิงทะเลร่วมกับสาหร่ายโพรงเพื่อช่วยในการจัดการของเสียภายในระบบหมุนเวียนเพื่อเลี้ยงหอยหวานเชิงพาณิชย์ โดยมีค่าเฉลี่ยของทั้ง 3 ชุดทดลอง ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ ($P>0.05$) โดยพบว่าปริมาณไนโตรเจนของน้ำเฉลี่ยตลอดการทดลองในชุดการทดลองที่ 1 มีค่าเท่ากับ 0.3 ± 0.19 mg/L ในชุดการทดลองที่ 2 ทางน้ำเข้าบ่อเลี้ยงมีค่าเท่ากับ 0.3 ± 0.20 mg/L ทางน้ำออกบ่อเลี้ยงมีค่าเท่ากับ 0.2 ± 0.11 mg/L และชุดการทดลองที่ 3 ทางน้ำเข้าบ่อเลี้ยงมีค่าเท่ากับ 0.2 ± 0.07 mg/L ทางน้ำออกบ่อเลี้ยงมีค่าเท่ากับ 0.3 ± 0.08 mg/L (ตารางที่ 12 และภาพที่ 14)

จากกระบวนการ Nitrification ถ้าน้ำมีปริมาณออกซิเจนละลายอย่างเพียงพอจะทำให้ปริมาณไนโตรเจนเปลี่ยนไปเป็นไนเตรท (พวงษ์เชษฐ, ม.ป.ป.) การวิจัยในครั้งนี้ ปริมาณออกซิเจนละลายในน้ำมีปริมาณมาก จึงทำให้การเปลี่ยนจากแอมโมเนีย – ไนโตรเจน เป็นไนโตรเจน และไนเตรทค่อนข้างดี

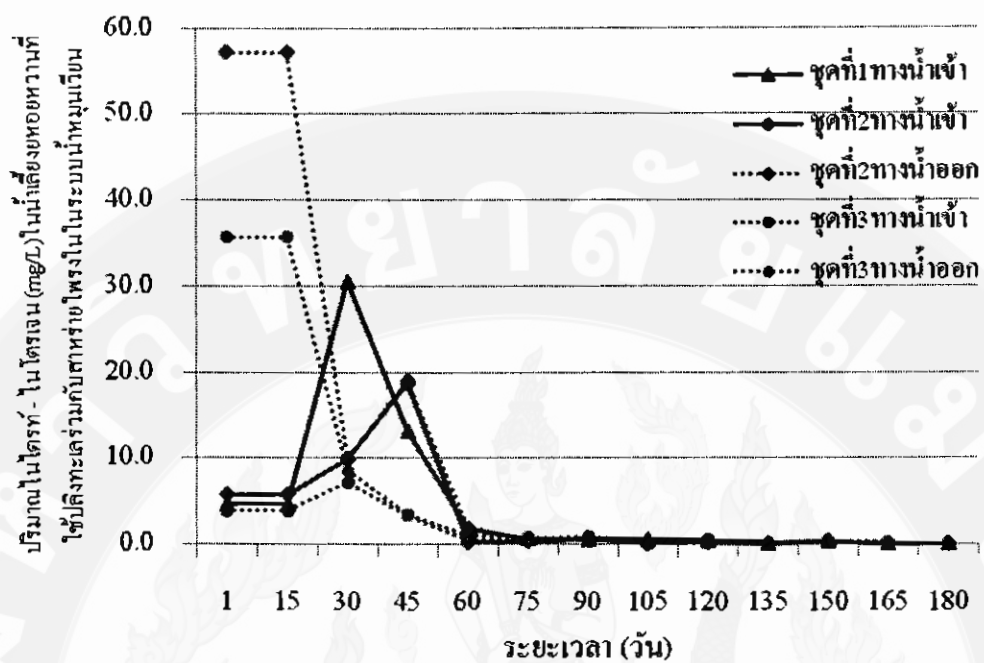
ตารางที่ 12 ปริมาณไนโตรเจนของน้ำ(mg/L)ในการใช้ปลิงทะเลร่วมกับสาหร่ายโพรงเพื่อช่วยในการจัดการของเสียภายในระบบหมุนเวียนเพื่อเลี้ยงหอยหวานเชิงพาณิชย์

ปริมาณไนโตรเจนของน้ำ(mg/L)ในการใช้ปลิงทะเลร่วมกับสาหร่ายโพรงเพื่อช่วยในการจัดการของเสียภายในระบบ หมุนเวียนเพื่อเลี้ยงหอยหวานเชิงพาณิชย์						P-Value
ระยะเวลา(วัน)	ชุดการทดลองที่ 1	ชุดการทดลองที่ 2		ชุดการทดลองที่ 3		
		ทางน้ำเข้า	ทางน้ำออก	ทางน้ำเข้า	ทางน้ำออก	
1	4.6 ± 3.20	5.7 ± 1.35	57.1 ± 1.37	3.8 ± 2.97	35.7 ± 2.46	
15	4.6 ± 6.58	5.7 ± 1.20	57.1 ± 2.56	3.8 ± 2.12	35.7 ± 1.78	
30	30.5 ± 9.40	9.9 ± 4.90	10.0 ± 5.24	7.2 ± 1.45	8.5 ± 2.33	
45	13.2 ± 3.75	18.7 ± 4.80	19.0 ± 5.49	3.4 ± 4.33	3.4 ± 3.05	
60	1.7 ± 1.29	0.3 ± 0.27	1.9 ± 1.02	0.5 ± 0.26	1.1 ± 0.21	
75	0.7 ± 0.69	0.4 ± 0.28	0.6 ± 0.04	0.6 ± 0.49	0.8 ± 0.16	
90	0.6 ± 0.25	0.7 ± 0.16	0.6 ± 0.26	0.9 ± 0.03	0.6 ± 0.25	
105	0.6 ± 0.14	0.1 ± 0.17	0.2 ± 0.22	0.1 ± 0.07	0.3 ± 0.20	

ตารางที่ 12 (ต่อ)

ปริมาณไนโตรเจนของน้ำ(mg/L)ในการใช้ปลิงทะเลร่วมกับสาหร่ายโพรงเพื่อช่วยในการจัดการของเสียภายในระบบ หมุนเวียนเพื่อเลี้ยงหอยหวานเชิงพาณิชย์						P-Value
ระยะเวลา(วัน)	ชุดการทดลองที่ 1	ชุดการทดลองที่ 2		ชุดการทดลองที่ 3		
		ทางน้ำเข้า	ทางน้ำออก	ทางน้ำเข้า	ทางน้ำออก	
120	0.4 ± 0.14	0.2 ± 0.15	0.2 ± 0.14	0.5 ± 0.25	0.2 ± 0.24	0.295
135	0.1 ± 0.03	0.1 ± 0.05	0.1 ± 0.09	0.1 ± 0.02	0.0 ± 0.01	
150	0.4 ± 0.03	0.3 ± 0.02	0.3 ± 0.02	0.3 ± 0.01	0.3 ± 0.02	
165	0.1 ± 0.05	0.0 ± 0.01	0.0 ± 0.01	0.2 ± 0.27	0.2 ± 0.33	
180	0.0 ± 0.00	0.0 ± 0.00	0.0 ± 0.00	0.0 ± 0.01	0.0 ± 0.01	
เฉลี่ย	4.4 ± 8.65 ^a	3.2 ± 5.61 ^a	11.3 ± 21.06 ^a	1.6 ± 2.22 ^a	6.7 ± 13.08 ^a	

หมายเหตุ อักษร a ที่เหมือนกันในแนวนอน หมายถึง ไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (P>0.05)



ภาพที่ 14 ปริมาณไนโตรเจนของน้ำ(mg/L)ในการใช้ปลิงทะเลร่วมกับสาหร่ายไฟทรงเพื่อช่วยในการจัดการของเสียภายในระบบหมุนเวียนเพื่อเลี้ยงพืชมาน้ำเชิงพาณิชย์

ปริมาณไนเตรทในน้ำ

ปริมาณไนเตรทของน้ำในการใช้ปลิงทะเลร่วมกับสาหร่ายโพรงเพื่อช่วยในการจัดการของเสียภายในระบบหมุนเวียนเพื่อเลี้ยงหอยหวานเชิงพาณิชย์ โดยมีค่าเฉลี่ยของทั้ง 3 ชุดทดลอง ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ ($P>0.05$) โดยพบว่าปริมาณไนเตรทของน้ำเฉลี่ยตลอดการทดลองในชุดการทดลองที่ 1 มีค่าเท่ากับ 12.1 ± 15.33 mg/L ในชุดการทดลองที่ 2 ทางน้ำเข้าบ่อเลี้ยงมีค่าเท่ากับ 18.8 ± 5.10 mg/L ทางน้ำออกบ่อเลี้ยงมีค่าเท่ากับ 16.3 ± 6.11 mg/L และชุดการทดลองที่ 3 ทางน้ำเข้าบ่อเลี้ยงมีค่าเท่ากับ 12.1 ± 5.02 mg/L ทางน้ำออกบ่อเลี้ยงมีค่าเท่ากับ 10.6 ± 5.14 mg/L (ตารางที่ 13 และภาพที่ 15)

จากกระบวนการ Nitrification ถ้าน้ำมีปริมาณออกซิเจนละลายอย่างเพียงพอจะทำให้ปริมาณไนโตรเจนเปลี่ยนไปเป็นไนเตรท (พงษ์เชษฐ, ม.ป.ป.) การทดลองในครั้งนี้ ปริมาณออกซิเจนละลายในน้ำมีปริมาณมาก จึงทำให้การเปลี่ยนจากแอมโมเนีย – ไนโตรเจน เป็นไนโตรเจน และ ไนเตรทค่อนข้างดี ส่งผลดีต่อสาหร่ายโพรง เพื่อใช้ในการเจริญเติบโต

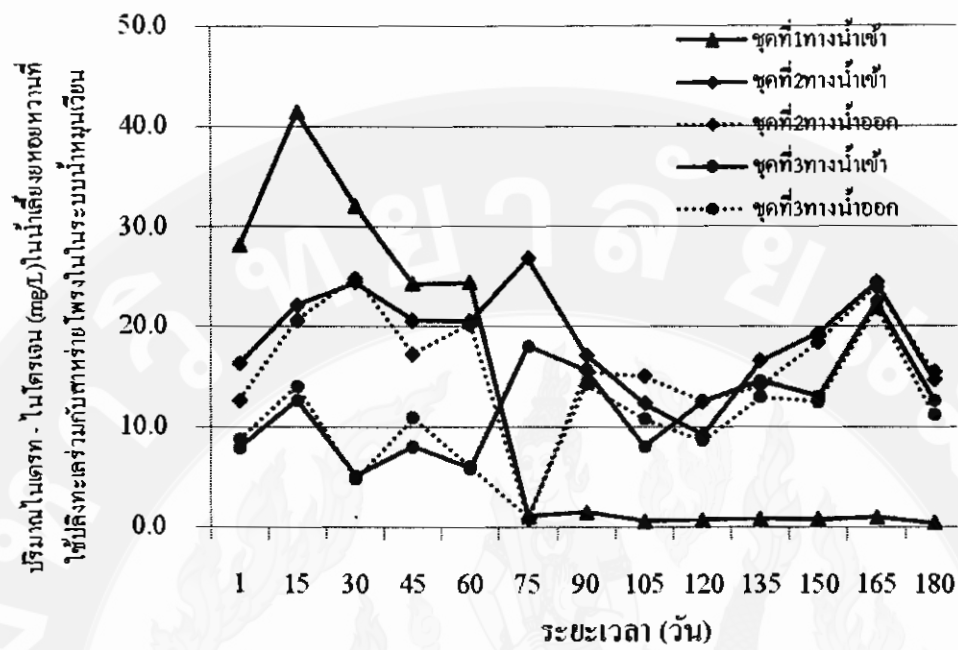
ตารางที่ 13 ปริมาณไนเตรทของน้ำ(mg/L)ในการใช้ปลิงทะเลร่วมกับสาหร่ายโพรงเพื่อช่วยในการจัดการของเสียภายในระบบหมุนเวียนเพื่อเลี้ยงหอยหวานเชิงพาณิชย์

ปริมาณไนเตรทของน้ำ(mg/L)ในการใช้ปลิงทะเลร่วมกับสาหร่ายโพรงเพื่อช่วยในการจัดการของเสียภายในระบบ						P-Value
ระยะเวลา(วัน)	หมุนเวียนเพื่อเลี้ยงหอยหวานเชิงพาณิชย์					
	ชุดการทดลองที่ 1	ชุดการทดลองที่ 2		ชุดการทดลองที่ 3		
		ทางน้ำเข้า	ทางน้ำออก	ทางน้ำเข้า	ทางน้ำออก	
1	28.2 ± 3.40	16.3 ± 10.37	12.7 ± 5.29	8.0 ± 2.18	8.8 ± 2.87	
15	41.4 ± 4.88	22.2 ± 0.67	20.6 ± 1.39	12.7 ± 3.38	14.1 ± 3.69	
30	32.0 ± 7.86	24.5 ± 6.43	24.9 ± 5.83	5.1 ± 0.49	4.8 ± 2.78	
45	24.3 ± 12.90	20.6 ± 9.29	17.3 ± 9.74	8.1 ± 4.10	10.9 ± 2.58	
60	24.4 ± 9.77	20.6 ± 9.69	20.3 ± 19.66	5.9 ± 0.53	6.1 ± 1.69	
75	1.1 ± 8.12	26.9 ± 17.77	0.8 ± 0.97	18.1 ± 11.52	1.0 ± 0.46	
90	1.5 ± 2.29	17.2 ± 4.30	15.6 ± 6.25	15.7 ± 8.94	14.3 ± 6.53	
105	0.6 ± 0.08	12.3 ± 6.18	15.1 ± 7.34	8.1 ± 5.45	10.8 ± 9.78	

ตารางที่ 13 (ต่อ)

ปริมาณไนเตรทของน้ำ(mg/L)ในการใช้ปลิงทะเลร่วมกับสาหร่ายโพรงเพื่อช่วยในการจัดการของเสียภายในระบบ หมุนเวียนเพื่อเลี้ยงหอยหวานเชิงพาณิชย์						P-Value
ระยะเวลา(วัน)	ชุดการทดลองที่ 1	ชุดการทดลองที่ 2		ชุดการทดลองที่ 3		
		ทางน้ำเข้า	ทางน้ำออก	ทางน้ำเข้า	ทางน้ำออก	
120	0.7 ± 2.56	9.2 ± 5.97	12.6 ± 3.33	12.6 ± 2.67	8.6 ± 4.68	
135	0.9 ± 4.68	16.6 ± 3.76	14.2 ± 4.50	14.6 ± 1.59	13.0 ± 2.29	
150	0.8 ± 5.48	19.4 ± 9.25	18.5 ± 10.47	13.1 ± 2.69	12.5 ± 3.25	
165	1.0 ± 15.39	24.5 ± 13.86	24.0 ± 17.98	22.5 ± 8.74	21.8 ± 10.99	
180	0.4 ± 1.86	14.7 ± 8.91	15.5 ± 11.39	12.7 ± 8.98	11.2 ± 8.64	
เฉลี่ย	12.1 ± 15.33 ^a	18.8 ± 5.10 ^a	16.3 ± 6.11 ^a	12.1 ± 5.02 ^a	10.6 ± 5.14 ^a	0.079

หมายเหตุ อักษร a ที่เหมือนกันในแนวนอน หมายถึง ไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (P>0.05)



ภาพที่ 15 ปริมาณไนเตรทของน้ำ(mg/L)ในการใช้ปลิงทะเลร่วมกับสาหร่ายโพรงเพื่อช่วยในการจัดการของเสียภายในระบบหมุนเวียนเพื่อเลี้ยงหยอดหวานเชิงพาณิชย์

คุณภาพทรายในบ่อเลี้ยงหอยหวาน

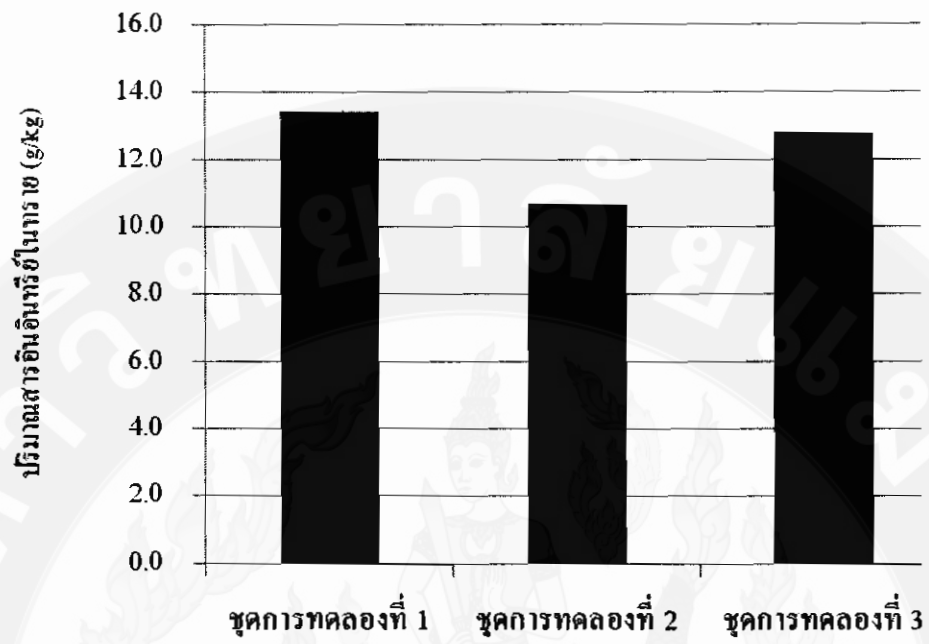
ปริมาณอินทรีย์วัตถุในทราย

ปริมาณอินทรีย์วัตถุในทราย ในการใช้ปลิงทะเลร่วมกับสาหร่ายโพรงเพื่อช่วยในการจัดการของเสียภายในระบบหมุนเวียนเพื่อเลี้ยงหอยหวานเชิงพาณิชย์ โดยมีค่าเฉลี่ยของทั้ง 3 ชุดทดลองไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ ($P>0.05$) โดยพบว่าปริมาณอินทรีย์วัตถุในทรายเฉลี่ยตลอดการทดลองในชุดการทดลองที่ 1 มีค่าเท่ากับ 13.4 ± 2.1 g/kg ในชุดการทดลองที่ 2 มีค่าเท่ากับ 10.7 ± 2.3 g/kg และชุดการทดลองที่ 3 มีค่าเท่ากับ 12.8 ± 0.8 g/kg (ตารางที่ 14 และภาพที่ 16) การย่อยสลายสารอินทรีย์ถูกควบคุมด้วยปัจจัยหลายอย่าง เช่น อุณหภูมิ pH ปริมาณออกซิเจนละลายในน้ำ และส่วนประกอบของสารอินทรีย์ การย่อยสารอินทรีย์จะเกิดได้ดีเมื่อมีอุณหภูมิในช่วง 5 – 35 องศาเซลเซียส โดยการย่อยสลายแบบใช้ออกซิเจน สามารถเกิดขึ้นได้รวดเร็ว และสมบูรณ์กว่าการย่อยแบบไม่ใช้ออกซิเจน นอกจากนี้ยังขึ้นอยู่กับส่วนประกอบของสารอินทรีย์ ที่มีบทบาทในการกำหนดความยากง่ายของการถูกย่อยสลายโดยจุลินทรีย์ ได้แก่ อัตราส่วนของปริมาณคาร์บอน และปริมาณไนโตรเจน (มันสิน และไพพรรณ, 2544) ในการวิจัยครั้งนี้ให้ผลการลดปริมาณอินทรีย์วัตถุในทรายได้ไม่ดีเท่าที่ควร ส่วนหนึ่งมีสาเหตุมาจากการคายของปลิงคำทะเล จึงส่งผลให้ไม่สามารถลดปริมาณอินทรีย์วัตถุในดินได้

ตารางที่ 14 ปริมาณอินทรีย์วัตถุในทราย (g/kg)

ชุดการทดลอง	ปริมาณอินทรีย์วัตถุในทราย (g/kg)
1	13.4 ± 2.1^a
2	10.7 ± 2.3^a
3	12.8 ± 0.8^a
P-value	0.238

หมายเหตุ อักษร a ที่เหมือนกันในแนวดังหมายถึง ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P>0.05$)



ภาพที่ 16 ปริมาณอินทรีย์วัตถุในทราย (g/kg)

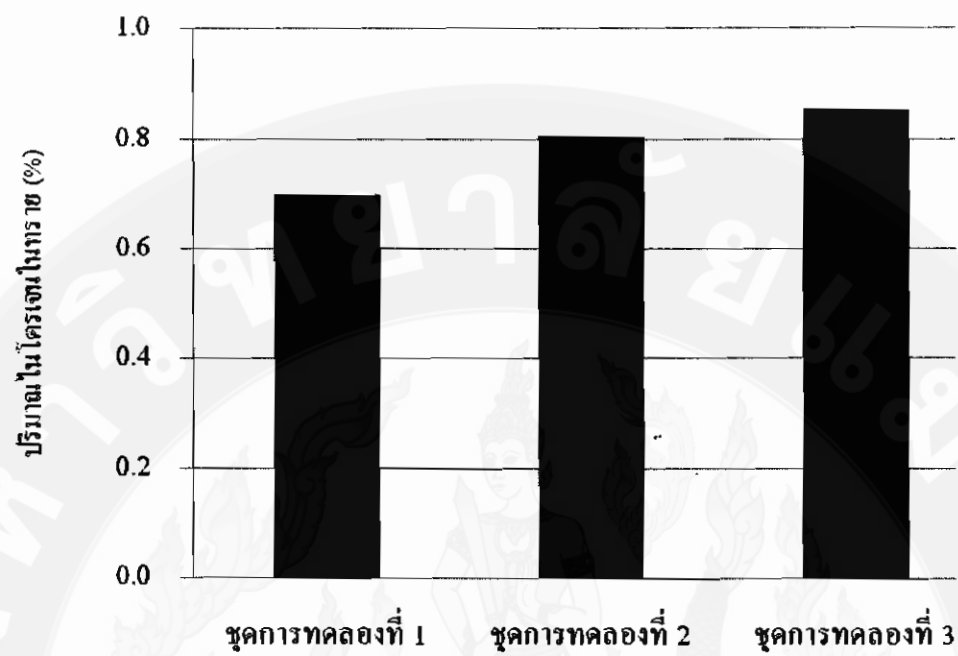
ปริมาณไนโตรเจนรวมในทราย

ปริมาณไนโตรเจนรวมในทราย ในการใช้ปลิงทะเลร่วมกับสาหร่ายโพรงเพื่อช่วยในการจัดการของเสียภายในระบบหมุนเวียนเพื่อเลี้ยงหอยหวานเชิงพาณิชย์ โดยมีค่าเฉลี่ยของทั้ง 3 ชุดทดลองไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ ($P>0.05$) โดยพบว่าปริมาณไนโตรเจนรวมในทรายเฉลี่ยตลอดการทดลองในชุดการทดลองที่ 1 มีค่าเท่ากับ 0.7 ± 0.20 % ในชุดการทดลองที่ 2 มีค่าเท่ากับ 0.8 ± 0.12 % และชุดการทดลองที่ 3 มีค่าเท่ากับ 0.9 ± 0.16 % (ตารางที่ 15 และภาพที่ 17) ในการวิจัยครั้งนี้ พบว่า ปริมาณไนโตรเจนในดินมีความสอดคล้องกับปริมาณสารอินทรีย์ในดิน (ตารางที่ 14 ภาพที่ 15)

ตารางที่ 15 ปริมาณไนโตรเจนรวมในทราย (%)

ชุดการทดลอง	ปริมาณไนโตรเจนรวมในทราย (%)
1	0.7 ± 0.20^a
2	0.8 ± 0.12^a
3	0.9 ± 0.16^a
P-value	0.527

หมายเหตุ อักษร a ที่เหมือนกันในแนวดังหมายถึง ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P>0.05$)



ภาพที่ 17 ปริมาณไนโตรเจนในทราย (%)

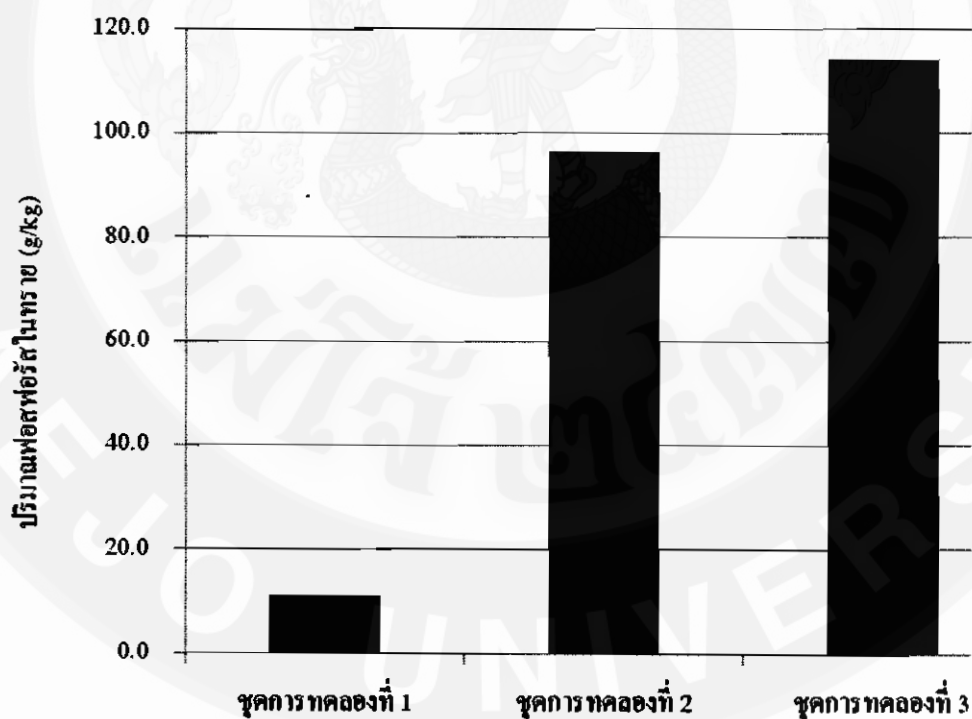
ปริมาณฟอสฟอรัสในทราย

ปริมาณฟอสฟอรัสในทราย ในการใช้ปลิงทะเลร่วมกับสาหร่ายโพรงเพื่อช่วยในการจัดการของเสียภายในระบบหมุนเวียนเพื่อเลี้ยงหอยหวานเชิงพาณิชย์ โดยมีค่าเฉลี่ยของทั้ง 3 ชุดทดลองไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ ($P > 0.05$) โดยพบว่าปริมาณฟอสฟอรัสในทรายเฉลี่ยตลอดการทดลองในชุดการทดลองที่ 1 มีค่าเท่ากับ 11.9 ± 5.36 % ในชุดการทดลองที่ 2 มีค่าเท่ากับ 96.36 ± 47.02 % และชุดการทดลองที่ 3 มีค่าเท่ากับ 114.18 ± 138.02 % (ตารางที่ 16 และภาพที่ 18) ฟอสฟอรัสมีบทบาทสำคัญในการสร้างองค์ประกอบของเซลล์ การแบ่งเซลล์ และการสืบพันธุ์ ทำหน้าที่เป็นตัวรับ และถ่ายทอดพลังงานระหว่างสารต่าง ๆ ในกระบวนการที่สำคัญ เช่น การสังเคราะห์ด้วยแสง การหายใจ และพืชยังต้องการฟอสฟอรัสปริมาณน้อยอยู่ตลอดเวลา ถ้ามีปริมาณฟอสฟอรัสต่ำเกินไปจะส่งผลทำให้การเจริญเติบโตหยุดชะงักทันทีที่ฟอสฟอรัสส่งผลต่อการสร้างเมล็ด หรือการติดดอก ด้วยเช่นเดียวกัน (ฉกรรจ์, มปป.) หากดินมีสภาพเป็นกรดมาก ทำให้ฟอสฟอรัสในดินจะถูกตรึงอยู่ในรูปเหล็ก และอลูมินัมฟอสเฟต ส่งผลทำให้พืชดึงฟอสฟอรัสไปใช้ได้ยากมากขึ้น เนื่องจาก pH ที่ต่ำกว่า 5 เป็นช่วงที่เหล็ก และอลูมินัมละลายน้ำมากขึ้น ทำให้ฟอสฟอรัสไปทำปฏิกิริยากับเหล็ก และอลูมินัมมากขึ้นด้วยเช่นกัน ฟอสเฟตที่พืชจะสามารถนำมาใช้ได้อาจเหลือไม่ถึง 10% ของฟอสเฟตที่พืชนำมาใช้ได้ในสภาวะปกติ นอกจากนี้ความสามารถในการตรึงฟอสเฟตของดิน ยังขึ้นอยู่กับปัจจัยดังต่อไปนี้ 1. ชนิด และปริมาณอินทรีย์วัตถุของดิน 2. ระดับ pH ของดิน 3. ปริมาณสารประกอบ และไอออนบวกของเหล็ก อะลูมินัม แมงกานีส แคลเซียม และแมกนีเซียมที่อยู่ในสภาพที่จะทำปฏิกิริยากับไอออนฟอสเฟต และ 4. ชนิด และปริมาณของแร่ดินเหนียวในดิน ซึ่งการตรึงฟอสเฟตในดินจะส่งผลต่อการนำฟอสฟอรัสไปใช้ของพืช วิธีการลดการตรึงของฟอสเฟตในดิน เพื่อช่วยให้พืชสามารถนำฟอสฟอรัสไปใช้ได้เต็มที่ ทำได้โดยการเพิ่มปริมาณอินทรีย์วัตถุให้กับดินเสมอ (คณาจารย์ภาควิชาปฐพีวิทยา, 2544)

ตารางที่ 16 ปริมาณฟอสฟอรัสในทราย (%)

ชุดการทดลอง	ปริมาณฟอสฟอรัสในทราย (%)
1	11.19 ± 5.36^a
2	96.36 ± 47.02^a
3	114.18 ± 138.02^a
P-value	0.335

หมายเหตุ อักษร a ที่เหมือนกันในแนวดังหมายถึง ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P > 0.05$)



ภาพที่ 18 ปริมาณฟอสฟอรัสในทราย (g/kg)

สรุปผลการวิจัย

การเลี้ยงหอยหวานในระบบน้ำหมุนเวียน สามารถทำการเลี้ยงหอยหวาน โดยใช้
สาหร่ายโพรงในการบำบัดน้ำได้ และไม่จำเป็นต้องใส่ปลิงทะเลในการบำบัดทราย เพียงล้าง
ทรายในระบบทุก ๆ เดือน เพื่อลดอินทรีย์สารในทรายที่ใช้เป็นพื้นก้นบ่อเลี้ยงหอยหวาน แต่
ต้องมีการจัดการเรื่องปริมาณแสงให้เพียงพอกับความต้องการของสาหร่ายโพรง โดยการ
เปลี่ยนหลอดไฟเป็นรูปแบบกระเบื้องใส จะช่วยให้สาหร่ายโพรงสามารถสังเคราะห์
ด้วยแสงได้อย่างเต็มที่ ส่งผลให้เพิ่มประสิทธิภาพในการบำบัดน้ำได้ดียิ่งขึ้น

เอกสารอ้างอิง

กรมประมง, 2535 กระทรวงเกษตรและสหกรณ์. ภาพปลาและสัตว์น้ำของไทย. พิมพ์ครั้งที่ 2 .

กรุงเทพฯ : องค์การค้าของคุรุสภา

คมคาย ลาวัณยวุฒิ, สุภาพร วโรทัยพันธุ์ และอัสวิน แก้วคง. 2544. Calcium, Phosphorus and Iron quantities of seaweed in Thailand. (บทคัดย่อ สัมมนาทางการเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำชายฝั่ง 2546)เอกสารวิชาการ ฉบับที่ 27. กลุ่มวิชาการ กองเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำชายฝั่ง. หน้า 80.

คณาจารย์ภาควิชาประมงวิทยา. 2544. ประมงวิทยาเบื้องต้น. สำนักพิมพ์มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์. กรุงเทพฯ. 547 น.

ฉกรรจ์ สังข์ทอง. มปป. ปาล์มน้ำมัน พืชเศรษฐกิจสร้างรายได้สูงทั้งในปัจจุบันและอนาคต. สำนักพิมพ์เซาท์เทิร์นเพรสแอนด์พับลิเคชั่น. สงขลา. 384 น.

ชนินทร์ แสงรุ่งเรือง 2535 การศึกษาฤดูกาลสืบพันธุ์ของปลิงทะเลที่ใช้ปรับปรุง คุณภาพหน้าดิน

ในบ่อกุ้งบริเวณอ่าวตังกระเบน เอกสารวิชาการ ฉบับที่ 8/35 ศูนย์วิจัยทรัพยากรและสิ่งแวดล้อมประมงชายฝั่ง แหลมเสด็จ กรมประมง 12 หน้า

_____. 2551. จาก <http://www.fisheries.go.th/cs-trat/Bule/m.htm> (29 สิงหาคม 2552)

_____และนิวัติ สุทธิชัยกุล 2535 การศึกษาการปรับปรุงคุณภาพหน้าดินของบ่อเลี้ยงกุ้งโดยใช้ปลิง เอกสารวิชาการฉบับที่ 7/35 ศูนย์วิจัยทรัพยากรและสิ่งแวดล้อมประมงชายฝั่งแหลมเสด็จ กรมประมง 8 หน้า

ทีมงานสัตว์น้ำเศรษฐกิจ. 2546. 7 สัตว์น้ำเด่นที่น่าลงทุน. วารสารสัตว์น้ำ. สำนักพิมพ์ สารสร้างสรรค์, นนทบุรี. 136 น.

นลินี ทองแถม; สมชัย บุศราวิช. 2543 การประมงและการค้าปลิงทะเลในประเทศไทย. วารสารการประมง. 53(2) หน้า 161-167

นิวัติ สุทธิมีชัยกุล และอัจฉรา วงศ์แสงจันทร์. 2538. การศึกษาความเป็นไปได้ในการใช้ปลิงทะเลเพื่อปรับปรุงคุณภาพดินเลนจากบ่อเลี้ยงกุ้งกุลาดำแบบพัฒนา. เอกสารวิชาการ ฉบับที่ 11/2538. กองเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำชายฝั่ง

นิลนาถ ชัยชนาวินสุทธ และ ศิริษา กฤษณะพันธุ์. จาก

<http://web.nkc.kku.ac.th/118214/modules.php?name=Content&pa=showpage&pid=20>

(15 สิงหาคม 2552)

_____. 2545. คู่มือการเพาะเลี้ยงหอยหวาน. พิมพ์ครั้งที่ 1. สำนักพิมพ์แห่งจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย. กรุงเทพฯ. 114 หน้า

ปราณี วัฒนาวรสกุล ฉัตรรัตน์ ปภาวสิทธิ์ และ เหมศิริ จารยะพันธุ์. 2546. การศึกษาชีวนิเวศวิทยาของปลิงทะเลเพื่อติดตามผลกระทบจากการเปลี่ยนแปลงลักษณะตะกอนชายฝั่งทะเล. การประชุมวิชาการทรัพยากรและสิ่งแวดล้อมทางน้ำ "การจัดการมลภาวะชายฝั่งทะเลแบบบูรณาการ" กระทรวงทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม.

พงศ์เชษฐ์ พิชิตกุล. ม.ป.ป.. การวิเคราะห์น้ำ. ภาควิชาเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำ คณะประมงมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

มัทนา แสงจินดาวงษ์ 2523 ปลิงทะเลของไทย วารสารประมงฉบับที่ 1 ปีที่ 33 หน้า 25 - 32.

ลือชัย ครุณชู. 2534. การศึกษานิเวศวิทยาบางประการของแหล่งเกิดสาหร่ายทะเลตามธรรมชาติ. จังหวัดตราด. เอกสารวิชาการ เลขที่ 3. ศูนย์วิจัยและพัฒนาประมงชายฝั่ง จังหวัดจันทบุรี กองเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำชายฝั่ง กรมประมง. 24 หน้า.

วิรัช จิวแหยม. 2544. ความรู้เบื้องต้นเกี่ยวกับคุณภาพน้ำและการวิเคราะห์คุณภาพน้ำในบ่อ

เพาะเลี้ยงสัตว์น้ำ. สำนักพิมพ์แห่งจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย. กรุงเทพฯ 166 น.
ศูนย์วิจัยและพัฒนาประมงชายฝั่งระยอง. 2551. จาก

<http://www.rayong-fisheries.com/work2.2.html> (15 สิงหาคม 2552)

สุพิศ ทองรอด, ชูชาติ ชัยรัตน์, มณฑกานติ ท้ามดิน และอนันต์ ดันสุตะพานิช. 2545. ผลของ
สาหร่ายผสมนาง (*Gracilaria fisheri*) และสาหร่ายหนาม (*Acanthophora spicifera*) ต่อ
การเจริญเติบโตของหอยเป่าสี. วารสารการประมง 55(5) : 423-429.

สมชัย บุศราวิช และ นลินี ทองแถม 2543 การประมงและการค้าปลิงทะเลในประเทศไทย
วารสารการประมง ฉบับที่ 2 ปีที่ 53 หน้า 161 – 168

สงศรี มหาสวัสดิ์. 2533. ศรีวิทยาสัตว์น้ำ. ภาควิชาชีววิทยา, คณะประมง.
มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์. กรุงเทพฯ. 185 น.

สำนักวิจัยและพัฒนาประมงชายฝั่ง. 2551. จาก

http://www.coastalaqua.com/index.php?option=com_content&task=view&id=105&Itemid=2 (2กรกฎาคม 2552)

ศิริเพ็ญ ตรีไชยาพร. 2543. การวิเคราะห์คุณภาพน้ำ. ภาควิชาชีววิทยา คณะวิทยาศาสตร์
มหาวิทยาลัยเชียงใหม่. เชียงใหม่.

ศูนย์วิจัยและพัฒนาประมงชายฝั่งประจวบคีรีขันธ์. 2551. การเพาะเลี้ยงสาหร่ายทะเล. จาก
<http://www.coastalaqua.com/files/marinealgae.pdf> (2 กรกฎาคม 2552)

APHA, AWWA and WEF. 1995. Standard Methods for Examination of Water and
Wastewater. 19th ed. United Book Press, Maryland.

Boyd, C. E. 1990. Water Quality in Ponds for Aquaculture. Alabama Agricultural
Experiment Station, Auburn University, Auburn, Alabama. 482 pp.

Khanjanapaj Lewmanomont and Hisao Ogawa. 1995. Common Seaweeds and Seagrass of Thailand. Integrated Promotion Technology Co.,Ltd. 163 p.

Leila Hayashi, Nair S. Yokoya, Sérgio Ostini, Ricardo T.L. Pereira, Elisabete S. Braga, Eurico C.

Oliveira, Nutrients removed by *Kappaphycus alvarezii* (Rhodophyta, Solieriaceae) in integrated cultivation with fishes in re-circulating water. *Aquaculture* 277 (2008) 185–191

Matthew J. Slater and Alexander G. Carton. 2007. Survivorship and growth of the sea cucumber *Australostichopus (Stichopus) mollis* (Hutton 1872) in polyculture trials with green-lipped mussel farms *Aquaculture*. Volume 272, Issues 1-4, 26 November 2007, Pages 389-398