การศึกษาความสามารถในการดูดซับไนโตรเจนของสาหร่ายผักกาดทะเล (*Ulva rigida* C. Agardh) และสาหร่ายพวงองุ่น (*Caulerpa lentillifera* J. Agardh) ในน้ำทะเลและน้ำทิ้งจากการเลี้ยงกุ้งกุลาดำ

The Ability Nitrogen Absorbing of *Ulva rigida* C. Agardh and *Caulerpa lentillifera* J. Agardh in Sea Water and Black Tiger Shrimp Waste Water

ศิโรพร วะราโภ
โรงเรียนปราจิณราษฎรอำรุง อำเภอเมือง จังหวัดปราจีนบุรี 25000
E-mail : soron.1824@gmail.com

บทคัดย่อ

การเพาะเลี้ยงสัตว์ทะเลโดยอาศัยแหล่งน้ำทะเลตามธรรมชาติ ก่อให้เกิดการเพิ่มปริมาณของสารประกอบไนโตรเจนที่เกิดจากการขับถ่ายของเสียจากสัตว์ทะเลก่อให้เกิดภาวะเน่าเสียตามมา จุดมุ่งหมายในการศึกษาครั้งนี้เพื่อแก้ปัญหาดังกล่าวด้วยวิธีการทางชีวภาพ โดยศึกษาความสามารถในการดูดซับไนโตรเจนของสาหร่ายผักกาดทะเล (*Ulva rigida* C. Agardh) และสาหร่ายพวงองุ่น (*Caulerpa lentillifera* J. Agardh) โดยใช้น้ำทะเลและน้ำทิ้งจากบ่อเลี้ยงกุ้งกุลาดำของสถานีวิจัยวิทยาศาสตร์ทางทะเลและศูนย์ฝึกนิสิตเกาะสีชัง จังหวัดชลบุรี ดำเนินการระหว่างวันที่ 5 – 20 เมษายน 2553 โดยแบ่งการทดลองออกเป็น 2 ตอน ตอนที่ 1 ศึกษาประสิทธิภาพในการดูดซับไนโตรเจนของสาหร่ายผักกาดทะเล และสาหร่ายพวงองุ่นในน้ำทะเล และตอนที่ 2 ศึกษาประสิทธิภาพในการดูดซับไนโตรเจนของสาหร่ายผักกาดทะเล และสาหร่ายพวงองุ่นในน้ำจากบ่อเลี้ยงกุ้งกุลาดำของสถานีวิจัยฯ เกาะสีชัง โดยทั้ง 2 ตอนใช้ถังขนาด 4 ลิตร บรรจุน้ำ 3 ลิตร จำนวน 3 ชุดๆละ 3 ซ้ำ ชุดที่ 1 ไม่ใส่สาหร่าย(ชุดควบคุม) ชุดที่ 2 ใส่สาหร่ายผักกาดทะเลจำนวน 3 กรัม และชุดที่ 3 ใส่สาหร่ายพวงองุ่นจำนวน 3 กรัม เช่นกัน ทำการวิเคราะห์ปริมาณแอมโมเนีย และไนเตรท ก่อนและหลังการทดลอง 3 วัน พบว่า ในการทดลองตอนที่ 1 ประสิทธิภาพในการดูดซับไนโตรเจนของแต่ละชุดการทดลองให้ผลดังนี้ 0.2632 ± 0.0214, 0.2288 ± 0.0352 และ -0.8570 ± 0.1068 µg-at N/l/กรัมน้ำหนักสาหร่ายสด/วัน ตามลำดับ และในการทดลองตอนที่ 2 ประสิทธิภาพในการดูดซับไนโตรเจนของแต่ละชุดการทดลองให้ผลดังนี้ 13.9433 ± 0.0617, 16.8270 ± 0.0029 และ 15.7911 ± 0.0183 µg-at N/l/กรัมน้ำหนักสาหร่ายสด/วัน จากผลการทดลองพบว่าสาหร่ายผักกาดทะเลมีประสิทธิภาพในการดูดซับไนโตรเจนได้ดีกว่าสาหร่ายพวงองุ่น ทั้งในการทดลองในน้ำทะเลปกติ และในน้ำจากบ่อเลี้ยงกุ้งกุลาดำ อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.01$) และสาหร่ายทั้ง 2 ชนิดสามารถบำบัดไนโตรเจนได้ดีในน้ำที่มีปริมาณแร่ธาตุสูง และมีประสิทธิภาพในการบำบัดในระยะเวลาสั้นๆ

จากงานวิจัยนี้ จะนำไปสู่การพัฒนางานวิจัยศึกษาประสิทธิภาพในการบำบัดคุณภาพน้ำในสาหร่ายน้ำจืด เพื่อจัดทำระบบกรองในตู้ปลาสวยงามต่อไป

คำสำคัญ: สาหร่ายผักกาดทะเล, สาหร่ายพวงองุ่น, ไนโตรเจน

1. บทนำ

การเพาะเลี้ยงกุ้งทะเลของไทยในปัจจุบันมีการขยายตัวอย่างรวดเร็ว และเพิ่มขึ้นอย่างต่อเนื่อง ในปี 2549 ผลผลิตกุ้งของไทยมีปริมาณ 507,184 ตัน เพิ่มขึ้น 21.05% โดยแบ่งเป็นการผลิตกุ้งขาว 497,040 ตัน และ กุ้งกุลาดำ 10,144 ตัน และ ในปี 2550 มีผลผลิตกุ้งโดยรวมประมาณ 520,000 ตัน หรือเพิ่มขึ้น 2.53% ถึงแม้ว่าประเทศไทยสามารถผลิตกุ้งเพื่อการส่งออกได้เพิ่มขึ้น แต่น้ำทิ้งจากการเลี้ยงกุ้ง ซึ่งประกอบด้วยอินทรีย์สารจำพวกไนโตรเจนและฟอสฟอรัสสูง ส่งผลกระทบต่อแหล่งน้ำในธรรมชาติ [1- 2] [10] และเป็นสาเหตุทำให้แหล่งน้ำนั้นมีธาตุอาหารมากเกินไป (Eutrophication) เร่งให้แหล่งน้ำเกิดภาวะสาหร่ายสะพรั่ง (Algae bloom) [4] เห็นได้ว่าหากปล่อยให้น้ำทิ้งจากการเลี้ยงกุ้งลงสู่แหล่งน้ำธรรมชาติโดยไม่มีการบำบัดแล้ว ย่อมก่อให้เกิดมลภาวะต่อแหล่งน้ำ ปัญหาเหล่านี้จึงต้องหาหนทางแก้ไขและป้องกัน

สาหร่ายทะเลเป็นพืชชนิดหนึ่งที่มีศักยภาพ ในการนำมาช่วยในการควบคุมและบำบัดน้ำทิ้งจากการเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำให้มีคุณภาพดีขึ้น สาหร่ายผักกาดทะเล (*Ulva* sp.) เป็นสาหร่ายทะเลสีเขียวชนิดหนึ่ง ที่มีรายงานการศึกษาคุณสมบัติของสาหร่ายชนิดนี้ในการดูดซับแอมโมเนียจากน้ำทิ้งทางการเกษตร [11] และยังสามารถนำไปแปรรูปเป็นอาหารเพื่อเพิ่มรายได้ได้อีกด้วย นอกจากนี้ยังมีงานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับสาหร่ายทะเลชนิดอื่นๆ อีกมาก [7] โดยได้ทดลองนำสาหร่ายทะเลขนาดใหญ่ 4 ชนิดมาบำบัดคุณภาพน้ำในระบบการเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำ ทั้งที่เป็นกลุ่มของสาหร่ายทะเลสีแดงและสาหร่ายทะเลสีเขียว หนึ่งในนั้นคือสาหร่ายในกลุ่ม *Caulerpa* sp. ที่จัดเป็นสาหร่ายทะเลสีเขียวที่มีคุณสมบัติในการดูดซับแอมโมเนียและไนโตรเจนได้ดี

ดังนั้นผู้วิจัยจึงเห็นความสำคัญในการนำสาหร่ายทะเลทั้ง 2 ชนิดมาใช้ในการบำบัดน้ำ โดยทำการวิจัยหาประสิทธิภาพในการในการดูดซับไนโตรเจนในน้ำทะเลและในน้ำจากบ่อเลี้ยงกุ้งกุลาดำ เพื่อช่วยในการบำบัดน้ำทิ้งให้มีคุณภาพน้ำดีขึ้น

2. วัสดุอุปกรณ์และวิธีการ

2.1 สถานที่ศึกษา

ดำเนินการทดลอง ณ ห้องวิเคราะห์คุณภาพน้ำ และ โรงเลี้ยงสัตว์ทะเลของสถานีวิจัยวิทยาศาสตร์ทางทะเลและศูนย์ฝึกนิสิตเกาะสีชัง จังหวัดชลบุรี ระหว่างวันที่ 5 – 20 เมษายน 2553

2.2 การรวบรวมพันธุ์สาหร่าย

ในการทดลองในครั้งนี้ทำการรวบรวมสาหร่ายผักกาดทะเลจากสถานีเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำชายฝั่ง จังหวัดตราด และ รวบรวมสาหร่ายพวงองุ่นจากบ่อบำบัดน้ำของสถาบันวิจัยฯ เกาะสีชัง จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

2.3 การดำเนินการ

การทดลองตอนที่ 1

1) เตรียมถังพลาสติกขนาด 4 ลิตร จำนวน 9 ใบ และเตรียมจัดระบบให้อากาศหนึ่งถังต่อหนึ่งจุด

2) วางแผนการทดลองเป็น 3 ชุดการทดลองละ 3 ซ้ำ โดย T_1 แทนน้ำทะเลธรรมชาติ C แทนชุดที่ไม่ใส่สาหร่าย (ชุดควบคุม) U แทนชุดที่ใส่สาหร่ายผักกาดทะเล และ E แทนชุดที่ใส่สาหร่ายพวงองุ่น และชุดการทดลองที่ซ้ำใช้ตัวเลข 1-3 แทน ได้ตัวแปรดังนี้ T_1C_1, T_1C_2, T_1C_3, T_1U_1, T_1U_2, T_1U_3, T_1E_1, T_1E_2 และ T_1E_3

3) ใส่น้ำ 3 ลิตร ในถังพลาสติกทุกชุดการทดลอง และทำการชั่งสาหร่ายผักกาดทะเล และสาหร่ายพวงองุ่นตามแผนการทดลองในอัตราส่วน 3 กรัม/ลิตร พร้อมให้อากาศ 1 ถังทดลองต่อ 1 จุด ใช้เวลาในการทดลองรวม 3 วันและระหว่างการทดลองไม่เปลี่ยนถ่ายน้ำ

4) ตรวจวัดคุณภาพน้ำทะเล ก่อนเริ่มทำการทดลอง และหลังจากการเลี้ยงสาหร่ายไปแล้ว 3 วัน โดยวัดคุณภาพน้ำดังนี้

- ความเค็มของน้ำ (salinity) วัดด้วย Refractometer
- วัดความเป็นกรด – ด่าง ด้วยเครื่องวัด พีเอช ยี่ห้อ Oakton รุ่น double junction
- วัดปริมาณออกซิเจนในน้ำด้วยเครื่องวัดค่าออกซิเจนละลายน้ำยี่ห้อ YSI 55 รุ่น 55 – 25 FT
- วัดอุณหภูมิด้วยเทอร์โมมิเตอร์แบบปรอท
- ปริมาณแอมโมเนียวิเคราะห์โดยวิธี Phenol-hypochlorite method [12] ซึ่งมีวิธีการคือ แอมโมเนียในน้ำทำปฏิกิริยากับ Hypochlorite ได้ Mono-chloramine โดยเติม Phenol และ Nitroprusside เป็นตัวเร่งปฏิกิริยาได้สาร Indophenol ซึ่งมีสีน้ำเงิน การวิเคราะห์โดยการนำน้ำตัวอย่างมา 5 มิลลิลิตรใส่ในหลอดทดลอง เติมสารละลาย Phenol 0.2 มิลลิลิตร เขย่า แล้วเติมสารละลาย Nitroprusside 0.2 มิลลิลิตรเขย่า เติมสารละลาย Hypochlorite 0.5 มิลลิลิตร ปิดฝาแล้วนำไปเก็บในที่มืด ประมาณ 6 – 10 ชั่วโมง จากนั้นนำไปวัดค่าการดูดกลืนแสงด้วยเครื่อง Spectrophotometer ยี่ห้อ Milton roy spectronic 401 ที่ความยาวคลื่น 640 นาโนเมตร และนำไปหาความเข้มข้นด้วยการเทียบกับกราฟมาตรฐาน
- ไนเตรท (nitrate) วิเคราะห์โดยวิธี Cadmium reduc tion method [12] ด้วยการรีดิวซ์ไนเตรทในสารละลายบัฟเฟอร์ที่เป็นด่างโดยการผ่านน้ำตัวอย่างไปในคอลัมน์ซึ่งมีแคดเมียมซึ่งเคลือบด้วยทองแดงอยู่ เพื่อเปลี่ยน ไนเตรทเป็นไนไตรท์แล้ววัดไนไตรท์ด้วยวิธี Diazotization โดยอาศัยปฏิกิริยาเคมีระหว่างไนไตรท์ในน้ำตัวอย่างกับซัลฟานิลาไมด์ (Sulfanilamide solution) ในสารละลายที่เป็นกรดได้สารประกอบ Diazonium ซึ่งสารประกอบดังกล่าวนี้จะทำปฏิกิริยากับ N-(1-naphthyl)-ethylenediamine (NED) ได้สารประกอบ Azo dye ที่มีสีชมพูเข้ม การวิเคราะห์โดยการนำน้ำตัวอย่างมา 20 มิลลิลิตรเติม NH_4Cl เข้มข้น 0.4 มิลลิลิตร เขย่า แล้วนำไปผ่าน Cadmium column เพื่อ reduce ไนเตรทเป็นไนไตร์ท โดยน้ำตัวอย่าง 20 มิลลิลิตร ที่ผ่านไปใน column (ปรับอัตราเร็วของการไหลให้ได้ 3 มิลลิลิตรต่อนาที) จะทิ้งไป 10 มิลลิลิตร และเก็บ 5 มิลลิลิตร นำมาเติมสารละลาย Sulfanilamide 0.1 มิลลิลิตร เขย่าตั้งทิ้งไว้ 5 นาที จากนั้นเติมสารละลาย NED 0.1 มิลลิลิตร เขย่า ตั้งทิ้งไว้ 20 – 30 นาที แล้วนำไปวัดค่าการดูดกลืนแสงที่ความยาวคลื่น 543 นาโนเมตร และนำไปหาความเข้มข้นด้วยการเทียบกับกราฟมาตรฐาน

การทดลองที่ 2

1) เตรียมอุปกรณ์การเลี้ยงสาหร่ายและวิธีวิเคราะห์คุณภาพน้ำเหมือนการทดลองตอนที่ 1 โดยวางแผนการทดลองดังนี้

2) วางแผนการทดลองเป็น 3 ชุดการทดลองละ 3 ซ้ำโดย T_2 แทนน้ำจากบ่อเลี้ยงกุ้งกุลาดำของสถาบันวิจัยฯ เกาะสีชัง C แทนชุดที่ไม่ใส่สาหร่าย (ชุดควบคุม) U แทนชุดที่ใส่สาหร่ายผักกาดทะเล และ E แทนชุดที่ใส่สาหร่ายพวงองุ่น และชุดการทดลองที่ซ้ำใช้ตัวเลข 1-3 แทน ได้ตัวแปรดังนี้ T_2C_1, T_2C_2, T_2C_3, T_2U_1, T_2U_2, T_2U_3, T_2E_1, T_2E_2 และ T_2E_3

2.4 การเก็บรวบรวมข้อมูลและการวิเคราะห์ข้อมูล

1) ทำการวิเคราะห์คุณภาพน้ำทะเล และน้ำจากบ่อเลี้ยงกุ้งกุลาดำ ก่อนเริ่มทำการทดลอง โดยทำการวิเคราะห์หาปริมาณแอมโมเนีย และ ไนเตรท และหลังเวลาผ่านไป 3 วัน ในทุกชุดการทดลอง โดยให้อากาศระหว่างการทดลอง เพื่อดูประสิทธิภาพการดูดซับไนโตรเจนของสาหร่าย นำผลการทดลองมาคำนวณประสิทธิภาพการดูดซับไนโตรเจนของชุดทดลองตามสูตร ดังต่อไปนี้ [8]

$$\text{ประสิทธิภาพการดูดซับไนโตรเจน} = \frac{\text{ไนโตรเจนรวม}(t_0) - \text{ไนโตรเจนรวม}(t)}{\text{ระยะเวลาดูดซับ}(t) \times \text{น้ำหนักสาหร่าย}}$$

หมายเหตุ : ไนโตรเจนรวม คือ ปริมาณความเข้มข้นของแอมโมเนียรวมกับไนเตรท
(t_0) คือ เวลาเมื่อเริ่มการทดลอง
(t) คือ เวลาเมื่อผ่านไป t วัน

2) การวิเคราะห์ผลทางสถิติ

การวิเคราะห์ทางสถิติของตัวแปร ใช้วิธีวิเคราะห์ความแปรปรวนแบบแจกแจงทางเดียว (One-way analysis of variance: ANOVA), ทดสอบความแตกต่างค่าเฉลี่ยของตัวแปรโดยวิธี Scheffe's test ซึ่งการวิเคราะห์ทางสถิติทั้งหมดใช้โปรแกรมสถิติสำเร็จรูป SPSS V.15

3. ผลการทดลองและอภิปรายผล

3.1 ประสิทธิภาพในการดูดซับไนโตรเจนในน้ำทะเลของสาหร่ายผักกาดทะเล (*Ulva rigida* C. Agardh) และสาหร่ายพวงองุ่น (*Caulerpa lentillifera* J. Agardh)

น้ำทะเลมีผลการวิเคราะห์คุณภาพน้ำก่อนเริ่มทำการทดลองดังนี้ ความเค็ม 40 ส่วนในพันส่วน ปริมาณแอมโมเนียเท่ากับ 5.5725 ± 0.1537 µg-at N/l และไนเตรทเท่ากับ 2.1435 ± 0.0338 µg-at N/l หลังจากนำสาหร่ายผักกาดทะเลและสาหร่ายพวงองุ่นใส่ในชุดการทดลอง และทำการบำบัดเป็นเวลา 3 วัน พบว่า

แอมโมเนียในน้ำทะเลในชุดการทดลอง T_1C, T_1U และ T_1E เท่ากับ 2.1908 ± 0.1196, 2.0942 ± 0.3245 และ 13.6280 ± 0.7857 µg-at N/l ตามลำดับ ไนเตรทในน้ำทะเลในชุดการทดลอง T_1C, T_1U และ T_1E เท่ากับ 3.1563 ± 0.2481, 3.5630 ± 0.2143 และ 1.8006 ± 0.1579 µg-at N/l ตามลำดับ (ตารางที่ 1)

ตารางที่ 1 คุณภาพน้ำทะเลที่ผ่านการบำบัดด้วยสาหร่าย 3 วัน

คุณภาพน้ำ	ชุดการทดลอง	น้ำทะเล	
		เริ่มต้น	สิ้นสุด
ไนเตรท	C	2.1435 ± 0.0338	3.1563 ± 0.2481
(NO_3^-)	U	2.1435 ± 0.0338	3.5630 ± 0.2143
µg-at N/l	E	2.1435 ± 0.0338	1.8006 ± 0.1579
แอมโมเนีย	C	5.5725 ± 0.1537	2.1908 ± 0.1196
(NH_4^+)	U	5.5725 ± 0.1537	2.0942 ± 0.3245
µg-at N/l	E	5.5725 ± 0.1537	13.6280 ± 0.7857

เมื่อนำผลที่ได้ไปคำนวณหาประสิทธิภาพในการดูดซับไนโตรเจนในชุดการทดลอง C, U และ E มีประสิทธิภาพในการบำบัดไนโตรเจนเฉลี่ยในน้ำทะเลเท่ากับ 0.2632 ± 0.0214, 0.2288 ± 0.0352 และ -0.8570 ± 0.1068 µg-at N/l/กรัมน้ำหนักสาหร่ายสด/วัน ตามลำดับ (ตารางที่ 2)

ตารางที่ 2 ประสิทธิภาพของสาหร่ายในการดูดซับไนโตรเจนในน้ำทะเล

ชุดทดลอง	ประสิทธิภาพดูดซับเฉลี่ย± SD
C	0.2632 ± 0.0214
U	0.2288 ± 0.0352
E	-0.8570 ± 0.1068

จากผลการทดลองพบว่าปริมาณไนเตรทในน้ำทะเลกลุ่ม C และ U ค่าเริ่มต้นมีค่าต่ำกว่าเมื่อเวลาผ่านไป 3 วัน คือ 2.1435 ± 0.0338, 3.1563 ± 0.2481 และ 3.5630 ± 0.2143 µg-atN/l ตามลำดับ ส่วนในกลุ่ม E มีปริมาณไนเตรทเมื่อเวลาผ่านไป 3 วัน ลดลงจากเดิม คือมีค่าเท่ากับ 1.8006 ± 0.1579 µg-at N/l แต่ปริมาณแอมโมเนียนั้นกลุ่ม C และ U ค่าเริ่มต้นมีค่าสูงกว่าเมื่อเวลาผ่านไป 3 วัน คือ 5.5725 ± 0.1537, 2.1908 ± 0.1196 และ 2.0942 ± 0.3245 µg-at N/l ส่วนในกลุ่ม E ปริมาณแอมโมเนียเมื่อเวลาผ่านไป 3 วัน มีค่าเพิ่มขึ้นคือ 13.6280 ± 0.7857 µg-at N/l ทำให้ประสิทธิภาพในการดูดซับไนโตรเจนในน้ำทะเลกลุ่ม C และ U มีค่าสูงกว่าในกลุ่ม E นั่นคือในการทดลองในน้ำทะเลนั้นสาหร่ายผักกาดทะเลและสาหร่ายพวงองุ่นมีการปล่อยของเสียในรูปไนโตรเจนออกมามากกว่าดูดซับทำให้ปริมาณไนเตรทและแอมโมเนียเมื่อสิ้นสุดการทดลองมีค่าสูงกว่าค่าเริ่มต้น และส่งผลให้ประสิทธิภาพในการดูดซับไนโตรเจนของสาหร่ายผักกาดทะเลไม่แตกต่างจากกลุ่มควบคุม และสาหร่ายพวงองุ่นมีค่าประสิทธิภาพที่ต่ำกว่าในกลุ่มควบคุม หรือไม่มีประสิทธิภาพในการดูดซับไนโตรเจนเลย เป็นผลที่แตกต่างจากงานวิจัยในสาหร่ายหนาม ที่ประสิทธิภาพในการดูดซับไนโตรเจนของชุดควบคุมที่ไม่มีสาหร่ายมีค่าติดลบ หรือไม่มีประสิทธิภาพในการดูดซับ ในขณะที่ชุดที่มีสาหร่ายนั้นต้องมีค่าประสิทธิภาพในการดูดซับไนโตรเจนเป็นค่าบวก และมีค่าสูงกว่าชุดควบคุม [3] โดยเฉพาะชุดการทดลองของสาหร่ายพวงองุ่นที่มีค่าประสิทธิภาพติดลบ ทั้งนี้อาจเป็นผลมาจากการเสื่อมสภาพหรือ ถูกยับยั้งการเจริญเติบโตเนื่องจากถูกแสงแดดมากเกินไป [5] เช่นเดียวกับสาหร่ายผักกาดทะเลที่สามารถเจริญเติบโตได้ดีในแหล่งน้ำที่มีปริมาณแร่ธาตุสูงๆ [6] เมื่อมาอยู่ในแหล่งน้ำธรรมชาติที่มีปริมาณแร่ธาตุต่ำๆ จึงเจริญเติบโตได้ไม่ดี และด้วยปัจจัยนี้ ส่งผลให้ประสิทธิภาพในการดูดซับไนโตรเจนของสาหร่ายทั้ง 2 ชนิดมีค่าต่ำ

3.2 ประสิทธิภาพในการดูดซับไนโตรเจนในน้ำทิ้งจากบ่อเลี้ยงกุ้งกุลาดำของสาหร่ายผักกาดทะเล (*Ulva rigida* C. Agardh) และ สาหร่ายพวงองุ่น (*Caulerpa lentillifera* J. Agardh)

น้ำจากบ่อเลี้ยงกุ้งกุลาดำมีผลการวิเคราะห์คุณภาพน้ำก่อนเริ่มทำการทดลองดังนี้ ความเค็ม 36 ส่วนในพันส่วน ปริมาณแอมโมเนียเท่ากับ 51.4058 ± 0.1025 µg-at N/l และไนเตรทเท่ากับ 106.4498 ± 0.1692 µg-at N/l หลังจากนำสาหร่ายผักกาดทะเลและสาหร่ายพวงองุ่น แอมโมเนียในน้ำทะเลในชุดการทดลอง T_2C, T_2U และ T_2E เท่ากับ 16.8647 ± 0.4099, 5.6570 ± 0.4782 และ 8.6401 ± 0.3928 µg-at N/l ตามลำดับ ไนเตรทในน้ำทะเลในชุดการทดลอง T_2C, T_2U และ T_2E เท่ากับ 15.5008 ± 0.1128, 0.7560 ± 0.1466 และ 7.0957 ± 0.2030 µg-at N/l ตามลำดับ (ตารางที่ 3)

ตารางที่ 3 คุณภาพน้ำจากเลี้ยงกุ้งกุลาดำบ่อที่ผ่านการบำบัดด้วยสาหร่าย 3 วัน

คุณภาพน้ำ	ชุดการทดลอง	น้ำทะเล	
		เริ่มต้น	สิ้นสุด
ไนเตรท	C	106.4498 ± 0.1692	15.5008 ± 0.1128
(NO_3^-)	U	106.4498 ± 0.1692	0.7560 ± 0.1466
µg-at N/l	E	106.4498 ± 0.1692	7.0957 ± 0.2030
แอมโมเนีย	C	51.4058 ± 0.1025	16.8647 ± 0.4099
(NH_4^+)	U	51.4058 ± 0.1025	5.6570 ± 0.4782
µg-at N/l	E	51.4058 ± 0.1025	8.6401 ± 0.3928

เมื่อนำผลที่ได้ไปคำนวณหาประสิทธิภาพในการดูดซับไนโตรเจนของสาหร่ายผักกาดทะเลและสาหร่ายพวงองุ่นในชุดการทดลอง C, U และ E มีประสิทธิภาพในการดูดซับไนโตรเจนเฉลี่ยในน้ำทะเลเท่ากับ 13.9433 ± 0.0617, 16.8270 ± 0.0029 และ 15.7911 ± 0.0183 µg-at N/l/กรัมน้ำหนักสาหร่ายสด/วัน ตามลำดับ (ตารางที่ 4)

ตารางที่ 4 ประสิทธิภาพของสาหร่ายในการดูดซับไนโตรเจนในน้ำจากบ่อเลี้ยงกุ้งกุลาดำ

ชุดทดลอง	ประสิทธิภาพดูดซับเฉลี่ย ± SD
C	13.9433 ± 0.0617
U	16.8270 ± 0.0029
E	15.7911 ± 0.0183

จากผลการทดลองพบว่าปริมาณไนเตรทในน้ำทะเลกลุ่ม U และ E ค่าเริ่มต้นมีค่าสูงกว่าเมื่อเวลาผ่านไป 3 วันคือ 106.4498 ± 0.1692, 0.7560 ± 0.1466 และ 7.0957 ± 0.2030 µg-at N/l ตามลำดับ และปริมาณแอมโมเนียกลุ่ม U และ E ค่าเริ่มต้นมีค่าสูงกว่าเมื่อเวลาผ่านไป 3 วันคือ 51.4058 ± 0.1025, 5.6570 ± 0.4782 และ 8.6401 ± 0.3928 µg-at N/l สอดคล้องกับงานวิจัยเรื่อง

การศึกษาประสิทธิภาพในการดูดซับธาตุอาหารไนโตรเจนและฟอสฟอรัสในน้ำทิ้งจากการเลี้ยงกุ้งกุลาดำของสาหร่ายพวงองุ่น (*Caulerpa lentillifer* J. Agardh) พบว่าสาหร่ายพวงองุ่นที่ความหนาแน่น 1 กรัม/ลิตร มีประสิทธิภาพในการดูดซับไนโตรเจน และฟอสฟอรัสในน้ำทิ้งจากการเลี้ยงกุ้งได้ดีกว่าสาหร่ายพวงองุ่นที่มีความหนาแน่น 5 และ 10 กรัม/ลิตร และประสิทธิภาพในการดูดซับไนโตรเจน และฟอสฟอรัส มีความสัมพันธ์กับคุณภาพน้ำทิ้งที่ใช้เลี้ยงสาหร่าย โดยวันแรกสาหร่ายพวงองุ่นความหนาแน่น 1 กรัม/ลิตร สามารถดูดซับแอมโมเนียรวม ไนเตรท ไนโตรเจนรวม และออร์โธฟอสเฟตในน้ำได้เฉลี่ยเท่ากับ 1.78 $\pm$ 2.58, 1.50 $\pm$ 2.44, 3.23 $\pm$ 4.09 และ 0.24 $\pm$ 0.31 กรัม/ลิตร/วันตามลำดับ จากนั้นประสิทธิภาพในการบำบัดน้ำทิ้งของสาหร่ายพวงองุ่นจะลดลงเมื่อเวลาผ่านไป [8] และ อีกหนึ่งงานวิจัยที่ศึกษาการใช้สาหร่ายทะเล 3 ชนิดคือ *Caulerpa macrophysa, Sargassum polycystum* และ *Gracilaria salicornia* ในการลดสารประกอบไนโตรเจนในน้ำทิ้งจากการเลี้ยงกุ้งกุลาดำ พบว่าอัตราการดูดซึมแอมโมเนียและไนเตรทของสาหร่ายทั้ง 3 ชนิด ที่ความหนาแน่น 1 กรัม/ลิตร ดีกว่าที่ความหนาแน่น 5 และ 10 กรัม/ลิตร เมื่อนำสาหร่ายพวงองุ่นที่ความหนาแน่น 1 กรัม/ลิตร ไปบำบัดน้ำทิ้งจากการเลี้ยงกุ้งกุลาดำที่มีอายุการเลี้ยงระหว่าง 80 – 110 วัน [9] แต่จากผลการทดลองพบว่าปริมาณแอมโมเนียและไนเตรทในชุดทดลองที่ใส่สาหร่ายผักกาดทะเลหลังการทดลองไปเป็นเวลา 3 วันมีปริมาณน้อยกว่าในชุดที่ใส่สาหร่ายพวงองุ่น คือ 5.6570 ± 0.4782, 0.7560 ± 0.1466, 8.6401 ± 0.3928 และ 7.0957 ± 0.2030 µg-at N/l ตามลำดับ ทำให้ประสิทธิภาพในการดูดซับไนโตรเจนในน้ำจากบ่อเลี้ยงกุ้งกุลาดำของสาหร่ายผักกาดทะเลมีค่าสูงกว่าสาหร่ายพวงองุ่น คือ 16.8270 ± 0.0029 และ 15.7911 ± 0.0183 µg-at N/l/กรัมน้ำหนักสาหร่ายสด/วัน ตามลำดับ

จากงานวิจัยนี้ จะนำไปสู่การพัฒนางานวิจัยศึกษาประสิทธิภาพในการบำบัดคุณภาพน้ำในสาหร่ายน้ำจืด เพื่อจัดทำระบบกรองในตู้ปลาสวยงามต่อไป

4. สรุปผล

4.1 ประสิทธิภาพในการดูดซับไนโตรเจนในน้ำทะเลของสาหร่ายผักกาดทะเล (*Ulva rigida* C. Agardh) และสาหร่ายพวงองุ่น (*Caulerpa lentillifera* J. Agardh)

ประสิทธิภาพในการดูดซับไนโตรเจนในน้ำทะเลของสาหร่ายผักกาดทะเลและชุดควบคุมมีค่าไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.01$) และสาหร่ายพวงองุ่นมีค่าประสิทธิภาพติดลบ หมายความว่าไม่มีประสิทธิภาพในการดูดซับไนโตรเจน

4.2 ประสิทธิภาพในการดูดซับไนโตรเจนในน้ำทิ้งจากบ่อเลี้ยงกุ้งกุลาดำของสาหร่ายผักกาดทะเล (*Ulva rigida* C. Agardh) และ สาหร่ายพวงองุ่น (*Caulerpa lentillifera* J. Agardh)

สาหร่ายผักกาดทะเลมีประสิทธิภาพในการดูดซับไนโตรเจนในน้ำจากบ่อเลี้ยงกุ้งกุลาดำได้ดีกว่าสาหร่ายพวงองุ่นแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.01$) และสาหร่ายทั้ง 2 ชนิดมีประสิทธิภาพในการดูดซับไนโตรเจนสูงกว่ากลุ่มควบคุม

5. ข้อเสนอแนะ

1) ควรเพิ่มระยะเวลาในการทำการทดลองเพิ่มมากขึ้นเพื่อให้ได้ผลการทดลองที่ชัดเจนขึ้น

2) ศึกษาผลของการเจริญเติบโตควบคู่ไปกับประสิทธิภาพในการบำบัดน้ำ

3) นำสาหร่ายมาทำการทดลองเปรียบเทียบเพิ่มขึ้น

4) ศึกษาผลของแสง และปริมาณออกซิเจนต่อการบำบัดไนโตรเจน

5) ควรกรองน้ำทะเลและน้ำจากบ่อเลี้ยงกุ้งก่อนนำมาใช้ในการทดลองเพื่อลดผลของแพลงก์ตอนต่อการบำบัดน้ำ

จากผลการทั้งลองทั้ง 2 ตอน พบว่า สาหร่ายทั้ง 2 ชนิด สามารถบำบัดไนโตรเจนได้ดีในน้ำที่มีปริมาณแร่ธาตุสูง และมีประสิทธิภาพในการบำบัดในระยะเวลาสั้นๆ

กิตติกรรมประกาศ

งานศึกษาวิจัยนี้ได้รับการสนับสนุนจากโครงการครุวิจัย โดยสำนักงานกองทุนสนับสนุนการวิจัย(สกว.) ได้รับความเอื้อเฟื้อวัสดุอุปกรณ์ และห้องปฏิบัติการ จากสถานีวิจัยวิทยาศาสตร์ทางทะเลและศูนย์ฝึกนิสิตเกาะสีชัง จังหวัดชลบุรี ขอขอบคุณ รศ.ดร. กัลยา วัฒยากร หัวหน้าโครงการครุวิจัย วิทยาศาสตร์ทางทะเล ที่มอบโอกาสในการทำงานวิจัย ให้คำปรึกษา และแนะแนวทางการทำงานวิจัยในครั้งนี้ ขอขอบคุณเอนก โสภณ คุณทิพวรรณ ตัณฑวนิช คุณสมภพ รุ่งสุภา และคุณณิชยา ประดิษฐ์ทรัพย์ นักวิจัยพี่เลี้ยงที่ถ่ายทอดเทคนิคปฏิบัติการวิเคราะห์คุณภาพน้ำ ตลอดจนคอยช่วยเหลือประสานงานด้านต่างๆ และขอขอบคุณเพื่อนครูร่วมโครงการครุวิจัย บุคลากรทุกท่านในหน่วยงานที่อำนวยความสะดวกระหว่างดำเนินการวิจัย และที่คอยเป็นกำลังใจและช่วยเหลือในระหว่างดำเนินงานวิจัย

เอกสารอ้างอิง

[1] คณิต ไชยาคำ และพุทธ ส่องแสงจินดา. คุณสมบัติและปริมาณน้ำทิ้งจากบ่อเลี้ยงกุ้งกุลาดำแบบพัฒนา อำเภอระโนด จังหวัดสงขลา. เอกสารวิชาการ ฉบับที่ 5/2535. สถาบันวิจัยการเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำชายฝั่ง, กรมประมง, กระทรวงเกษตรและสหกรณ์ (2535), 26 หน้า

[2] ดุสิต ตันวิไลย, พุทธ ส่องแสงจินดา และคณิต ไชยาคำ. ปริมาณมลสารทั้งหมดที่ปลดปล่อยออกจากบ่อเลี้ยงกุ้งกุลาดำแบบพัฒนา. เอกสารวิชาการฉบับที่ 4/2536. สถาบันวิจัยการเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำชายฝั่ง, กรมประมง, กระทรวงเกษตรและสหกรณ์ (2536), 16 หน้า

[3] ธวัช ศรีวีระชัย สุวรรณา วรสิงห์ และสุริยะ แพงดี. ประสิทธิ – ภาพของสาหร่ายมงกุฎหนาม *Acanthophora spicifera* (Vahl) Borgesen ในการบำบัดคุณภาพน้ำทะเล และน้ำทิ้งจากโรงเพาะอนุบาลสัตว์น้ำ. เอกสารวิชาการฉบับที่ 18/2548. สถานีเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำชายฝั่ง จังหวัดตราด, กรมประมง (2536), 16 หน้า

[4] ธงชัย พรรณสวัสดิ์. การกำจัดไนโตรเจนและฟอสฟอรัสทางชีวภาพ. พิมพ์ครั้งที่ 1. สมาคมวิศวกรรมสิ่งแวดล้อมแห่งประเทศไทย, กรุงเทพ ฯ (2544), หน้า 9 - 11.

[5] นิสราภรณ์ เพ็ชร์สุทธิ์ และจิรเวฐน์ เพ็ชร์สุทธิ์. (2551/1/5). เทคโนโลยีประมง. เทคโนโลยีชาวบ้าน. ปีที่20(430)

[6] ประมัยพร ทองคณารักษ์ และ ยงยุทธ ปรีดาลัมพะบุตร. เปรียบเทียบประสิทธิภาพของสาหร่ายทะเล 4 ชนิดในการลดปริมาณไนโตรเจน และฟอสเฟตในน้ำทิ้งจากการเลี้ยงปลากะรังดอกแดง. เอกสารวิชาการฉบับที่ ๔๐/๒๕๕๑ สถาบันวิจัยการเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำชายฝั่ง, กรมประมง, กระทรวงเกษตรและสหกรณ์ (2551)

[7] ประหยัด มะหมัด. การใช้สาหร่ายทะเลขนาดใหญ่บำบัดคุณภาพน้ำในระบบเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำ. วิทยานิพนธ์ปริญญาโท มหาวิทยาลัยบูรพา (2547)

[8] สันติ ปริยะวาที และ คณะ. ประสิทธิภาพของสาหร่ายพวงองุ่น *Caulerpa lentillifera* J. Agardh ที่ใช้ในการบำบัดน้ำทิ้งจากการเลี้ยงกุ้งกุลาดำแบบพัฒนา.สำนักวิชาเทคโนโลยีการเกษตร, มหาวิทยาลัยวลัยลักษณ์ (2546), 16 หน้า

[9] ศิริวรรณ คิดประเสริฐ. การใช้สาหร่ายทะเลช่วยลดปริมาณสารประกอบไนโตรเจนในน้ำทิ้งจากการเลี้ยงกุ้งทะเล. วิทยานิพนธ์ปริญญาโท.มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพ ฯ (2538), 90 หน้า

[10] Muthuwani, V, and Lin C. K. Water quality and nutrient budget in intensive shrimp culture ponds. Book of abstracts, The 1996 annual meeting of the World Aquaculture Society. January 29 - February 2, Bangkok Thailand (1996), p. 270.

[11] Schramm, W. Seaweeds for waste water treatment and recycling of nutrients. In: Guiry, M. D. and G. Blunden (eds.). Seaweed Resources in Europe: Uses and Potential. John Wiley & Sons Ltd, England (1991), p.149-168.

[12] Strickland, J.D.H. and T.R. Parsons. A practical handbook of seawater analysis. Fisheries Research Board of Canada Bulletin 169, Ottawa (1972), 310 pp.