สำนักงานวิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

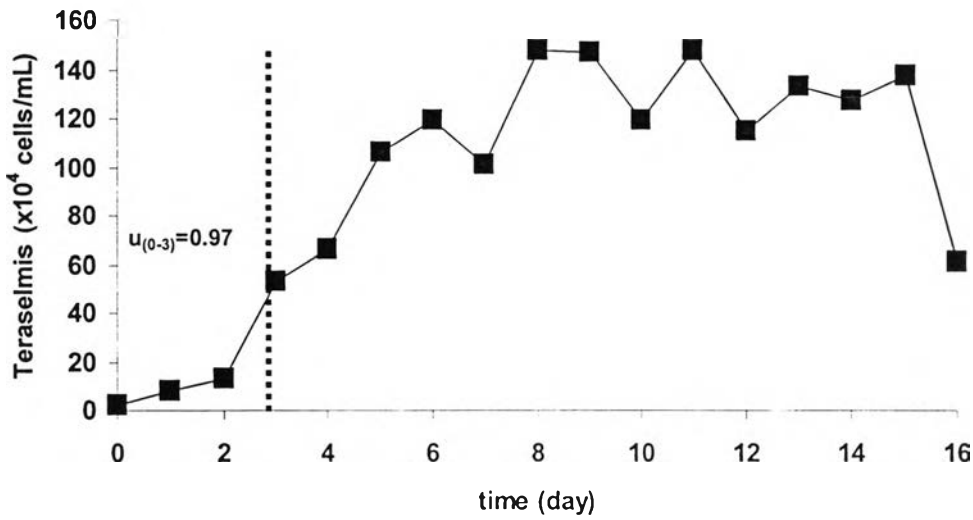
บทที่ 4

ผลการทดลอง

4.1 การศึกษาการเติบโตของสาหร่ายเตตราเซลมิสและโรติเฟอร์ในการเลี้ยงแบบแบตช์

4.1.1 การเติบโตของสาหร่ายเตตราเซลมิสในการเลี้ยงแบบแบตช์

การทดลองเลี้ยงสาหร่ายสีเขียว *Tetraselmis suecica* ในระบบการเลี้ยงแบบแบตช์ ในขวดแก้วปริมาตร 1 ลิตร พบว่าสาหร่ายเตตราเซลมิส มีการเติบโตเพิ่มจำนวนขึ้นจนมีความหนาแน่นสูงสุด 148×10^4 เซลล์ต่อมิลลิลิตร ในวันที่ 8 ของการทดลอง หลังจากนั้นสาหร่ายมีการเติบโตในระยะคงที่ (Stationary phase) ในวันที่ 8 ถึง 15 ของการทดลองซึ่งมีความหนาแน่นเฉลี่ย 134.25×10^4 เซลล์ต่อมิลลิลิตร และเริ่มมีจำนวนเซลล์ลดลงในวันที่ 16 ของการทดลอง (ภาพที่ 4-1) สามารถคำนวณหาอัตราการเติบโตจำเพาะ (μ) ในระหว่างวันที่ 0 ถึง 3 ของการศึกษาเท่ากับ 0.97 ต่อวัน



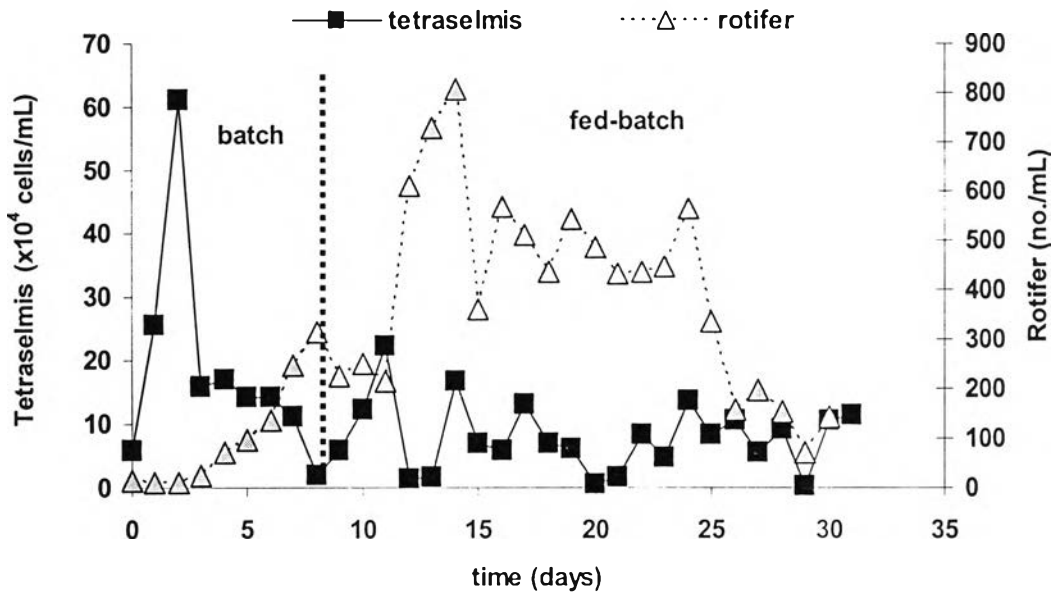
ภาพที่ 4-1 การเติบโตของสาหร่ายสีเขียว เตตราเซลมิสในระบบการเลี้ยงแบบแบตช์

4.1.2 การเติบโตของโรติเฟอร์ในการเลี้ยงแบบแบตช์

จากการศึกษาการเติบโตของโรติเฟอร์ *Brachionus plicatilis* ในระบบการเลี้ยงแบบแบตช์ ในภาชนะขนาด 1 ลิตร พบว่าโรติเฟอร์มีการเติบโตเพิ่มจำนวนอย่างรวดเร็วในวันที่ 1 ถึง 8 ของการศึกษาซึ่งสามารถคำนวณหาอัตราการเติบโตจำเพาะได้เท่ากับ 0.54 ต่อวัน หลังจากนั้นโรติเฟอร์เริ่มมีการลดจำนวนลงเนื่องจากสาหร่ายในขวดมีไม่เพียงพอ เมื่อเติมสาหร่ายที่มีความหนาแน่นประมาณ 150×10^4 เซลล์ต่อมิลลิลิตรเพิ่มลงไปทุกวันวันละ 100 มิลลิลิตร พบว่าโรติเฟอร์สามารถ

I 22462867

เติบโตเพิ่มจำนวนขึ้นได้อีก และยังคงมีโรติเฟอร์อยู่ในขวดเลี้ยงเป็นเวลา 16 วัน โดยมีความหนาแน่นสูงสุด 800 ตัวต่อมิลลิลิตร และพบว่าโรติเฟอร์เริ่มลดจำนวนลงในวันที่ 25 ของการศึกษา ผลการทดลองในส่วนนี้สามารถคำนวณหาอัตราการเติบโตจำเพาะสูงสุด (Maximum growth rate) ในวันที่ 11 ถึง 12 ของการศึกษาได้เท่ากับ 2.85 ต่อวัน ซึ่งอัตราการเติบโตจำเพาะดังกล่าวถือได้ว่าเป็นการเติบโตในสภาวะที่ไม่มีข้อจำกัดเรื่องอาหารเนื่องจากมีการเติมสาหร่ายเพิ่มในขวดทุกวัน (ภาพที่ 4-2)

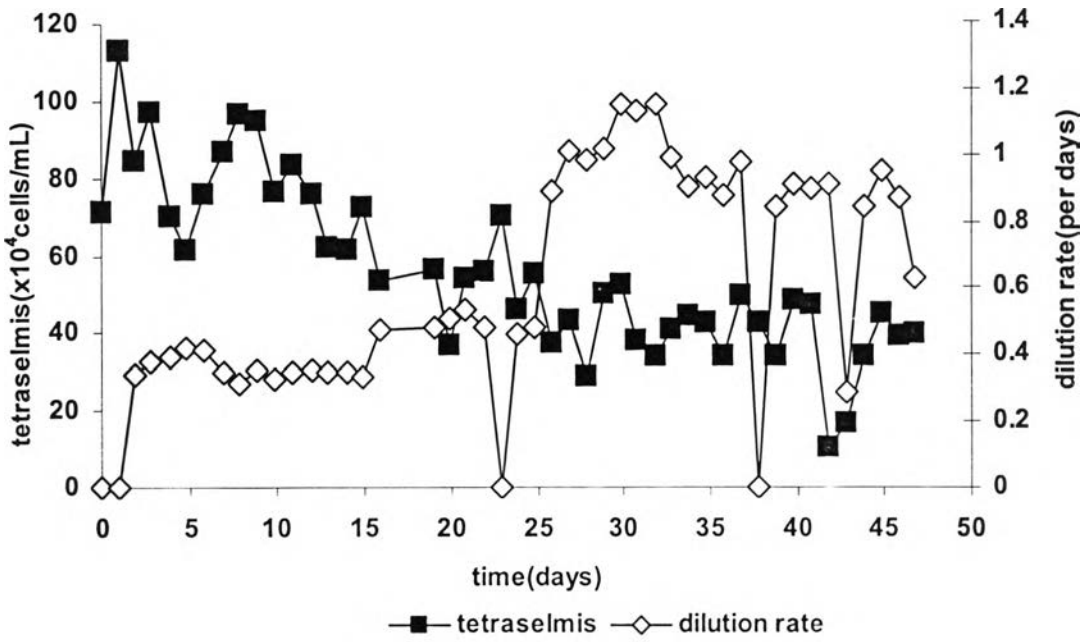


ภาพที่ 4-2 การเติบโตของโรติเฟอร์ *B. plicatilis* ในระบบการเลี้ยงแบบแบตช์ในช่วงวันที่ 1 ถึง 8 ของการศึกษา ส่วนในวันที่ 9 ถึง 31 ของการศึกษาเป็นการเลี้ยงแบบเฟดแบตช์ที่มีการเติมสาหร่ายเตตราเซลมิสเพิ่มลงในขวดเลี้ยงทุกวัน

4.2 การศึกษาการเติบโตของสาหร่ายเตตราเซลมิสและโรติเฟอร์ในการเลี้ยงแบบต่อเนื่อง

4.2.1 การเติบโตของสาหร่ายเตตราเซลมิสในระบบการเลี้ยงแบบต่อเนื่อง

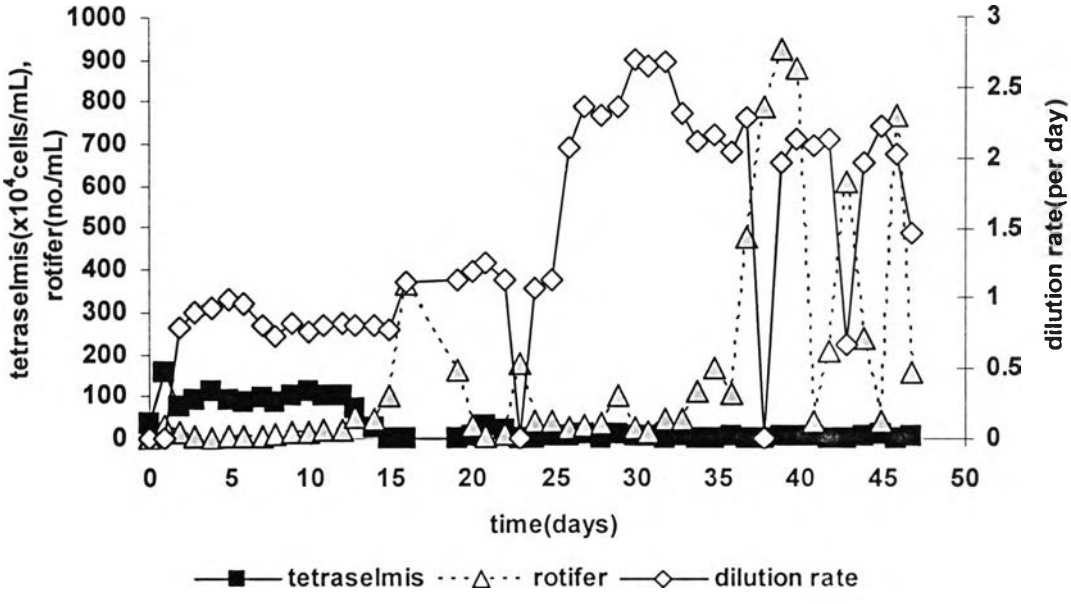
การเติบโตของสาหร่ายเตตราเซลมิสในระบบการเลี้ยงแบบต่อเนื่องในขวดแก้วที่มีปริมาตรน้ำ 700 มิลลิลิตร พบว่าในวันที่ 2 ถึงวันที่ 25 ของการทดลอง ระบบมีอัตราการเจือจางเฉลี่ย 0.38 ต่อวัน มีความหนาแน่นเซลล์เฉลี่ย $69.29\pm16.71\times10^4$ เซลล์ต่อมิลลิลิตร เมื่อปรับอัตราการเจือจางเพิ่มขึ้นเป็น 0.93 ต่อวัน ในระหว่างวันที่ 27 ถึง 46 ของการทดลองโดยตัดข้อมูลในวันที่ 38 ของการศึกษาออกเนื่องจากเป็นวันที่เกิดความผิดพลาดของเครื่องสูบน้ำ พบว่าความหนาแน่นเฉลี่ยของสาหร่ายที่เติบโตแบบต่อเนื่องลดลงเหลือ $38.48\pm10.99\times10^4$ เซลล์ต่อมิลลิลิตร ลักษณะการเติบโตของสาหร่ายเตตราเซลมิสในการเลี้ยงแบบต่อเนื่อง ดังแสดงในภาพที่ 4-4



ภาพที่ 4-3 การเติบโตของสาร่ายเตตราเซลมิสในระบบการเลี้ยงแบบต่อเนื่อง

4.2.2 การศึกษาการเติบโตของโรติเฟอร์ในระบบการเลี้ยงแบบต่อเนื่อง

การเติบโตของโรติเฟอร์ในระบบการเลี้ยงแบบต่อเนื่องในขวดแก้วที่มีปริมาตรน้ำ 300 มิลลิลิตร ในวันที่ 2 ถึง 25 ของการศึกษาได้ปรับตั้งอัตราการเจือจางประมาณ 0.90 ต่อวัน พบว่าโรติเฟอร์มีความหนาแน่นเฉลี่ย 52.32±85.36 ตัวต่อมิลลิลิตร และมีจำนวนสาหร่ายในระบบโรติเฟอร์ 55.53±85.36×10^4 เซลล์ต่อมิลลิลิตร หลังจากนั้นเมื่อทำการปรับอัตราการเจือจางขึ้นเป็น 2.17 ต่อวัน ในวันที่ 27 ถึง 46 ของการศึกษาโดยตัดข้อมูลในวันที่ 38 ของการศึกษาออกเนื่องเกิดความผิดพลาดของเครื่องสูบน้ำ พบว่าสาหร่ายเตตราเซลมิสที่อยู่ในขวดเลี้ยงโรติเฟอร์มีความหนาแน่นลดลงเหลือ 4.03±3.42×10^4 เซลล์ต่อมิลลิลิตร ในขณะที่โรติเฟอร์มีความหนาแน่นเฉลี่ยเพิ่มขึ้นเป็น 256±310 ตัวต่อมิลลิลิตร โดยมีการแปรผันของความหนาแน่นในช่วงที่กว้างมาก และโรติเฟอร์มีความหนาแน่นสูงสุดประมาณ 900 ตัวต่อมิลลิลิตรในวันที่ 39 ของการศึกษา การทดลองนี้สามารถเลี้ยงโรติเฟอร์แบบต่อเนื่องได้เป็นระยะเวลา 47 วัน ดังแสดงในภาพที่ 4-4



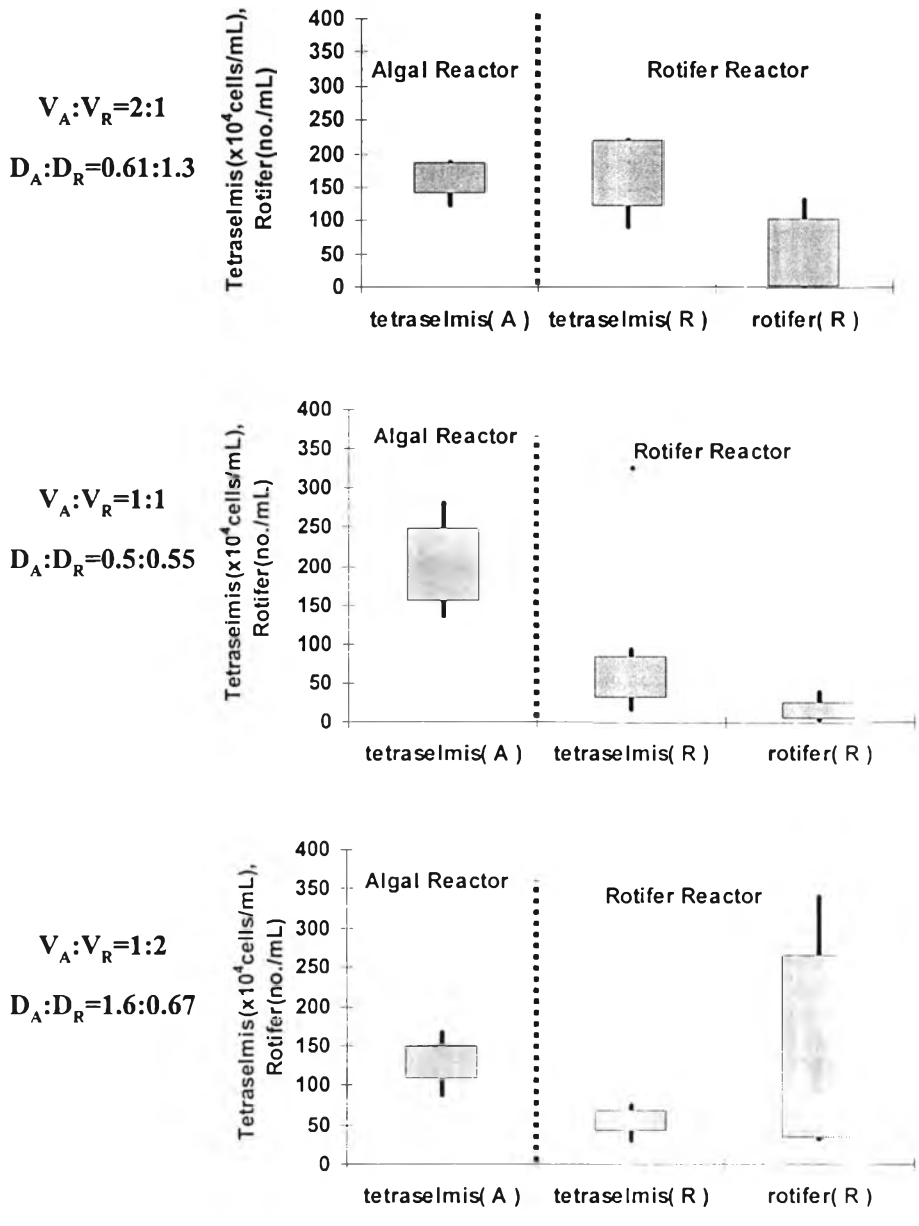
ภาพที่ 4-4 การเติบโตของโรติเฟอร์ *Brachionus plicatilis* ในระบบการเลี้ยงแบบต่อเนื่อง

จากการศึกษาผลของสัดส่วนระหว่างปริมาตรที่ใช้เลี้ยงสาหร่ายเตตราเซลมิสและโรติเฟอร์ในการระบบการเลี้ยงแบบต่อเนื่อง พบว่าจากการปรับเปลี่ยนอัตราส่วนของสาหร่ายเตตราเซลมิส (A) และโรติเฟอร์ (R) มีผลทำให้อัตราการเจือจางที่ได้ในแต่ละชุดการทดลองมีค่าที่แตกต่างกันด้วย โดยในระบบเลี้ยงสาหร่ายเตตราเซลมิสที่อัตราส่วน A:R เท่ากับ 2:1 และ 1:1 ซึ่งมีอัตราการเจือจาง 0.61 และ 0.5 ต่อวัน ตามลำดับ พบว่าความหนาแน่นของสาหร่ายเตตราเซลมิสอยู่ในช่วงใกล้เคียงกันและมีค่าสูงกว่าในชุดอัตราส่วน A:R เท่ากับ 1:2 ที่มีอัตราการเจือจาง 1.6 ต่อวัน (ภาพที่ 4-5)

ความหนาแน่นของสาหร่ายเตตราเซลมิสที่อยู่ในระบบเลี้ยงโรติเฟอร์(R) แปรผกผันกับความหนาแน่นของโรติเฟอร์ เนื่องจากโรติเฟอร์กินสาหร่ายเป็นอาหาร โดยการเลี้ยงโรติเฟอร์ด้วยอัตราการเจือจางสูง 1.3 ต่อวันในชุดทดลองที่มีอัตราส่วน A:R เท่ากับ 2:1 จะทำให้โรติเฟอร์มีความหนาแน่นต่ำ ส่งผลให้ความหนาแน่นของสาหร่ายในขวดโรติเฟอร์มีค่าสูง ในขณะที่การเลี้ยงโรติเฟอร์ด้วยอัตราการเจือจางต่ำ 0.67 ต่อวัน ในชุดทดลองที่มีอัตราส่วน A:R เท่ากับ 1:2 ทำให้โรติเฟอร์มีความหนาแน่นเซลล์เฉลี่ยสูงที่สุด ในขณะเดียวกันก็จะทำให้ความหนาแน่นของสาหร่ายในขวดมีค่าต่ำที่สุดด้วย จากผลการทดลองในภาพ 4-5 จึงได้เลือกอัตราส่วน A:R เท่ากับ 1:2 เพื่อเป็นสภาวะที่เหมาะสมสำหรับใช้ในระบบการเลี้ยงโรติเฟอร์แบบต่อเนื่องต่อไป

เนื่องจากการเติบโตของสาหร่ายและโรติเฟอร์ในระบบการเลี้ยงแบบต่อเนื่อง แม้ว่าจะปรับตั้งอัตราการเจือจางให้คงที่ โดยคงปริมาตรน้ำในภาชนะที่ใช้เลี้ยงและปรับอัตราการไหลของเครื่องสูบน้ำให้คงที่ ความหนาแน่นของจุลินทรีย์อาจมีการแปรผันได้ในช่วงกว้าง การแสดงผลของการทดลองในภาพที่ 4-5 จึงนำเสนอในรูปแบบของกราฟที่แสดงค่าเฉลี่ย ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานและ

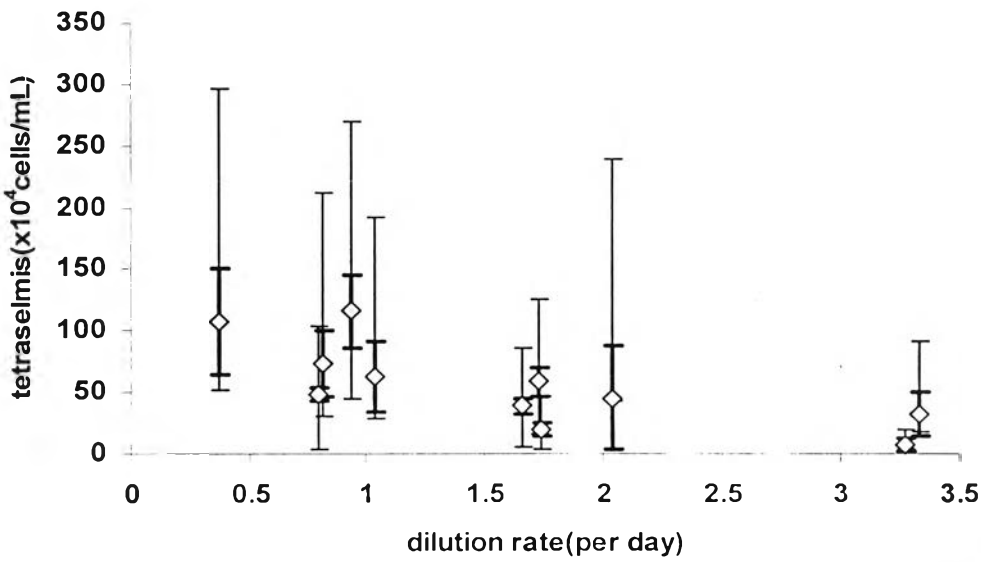
ค่าสูงสุดและต่ำสุดของข้อมูล ส่วนผลความหนาแน่นของจุลินทรีย์และอัตราการเจือจางในแต่ละวันได้นำเสนอไว้ในภาคผนวก



ภาพที่ 4-5 ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานและพิสัยความหนาแน่นของสาหร่ายและโรติเฟอร์ในการศึกษาผลของสัดส่วนระหว่างปริมาตรของระบบสาหร่าย (Algal Reactor:A) และระบบโรติเฟอร์ (Rotifer Reactor:R) ในระบบการเลี้ยงแบบต่อเนื่อง ภาพบนแสดงชุดทดลองที่ 1 (A:R = 2:1) ปริมาตรสาหร่ายและโรติเฟอร์เท่ากับ 700 และ 300 มิลลิลิตรตามลำดับ ภาพกลางแสดงชุดทดลองที่ 2 (A:R = 1:1) ปริมตรสาหร่ายและโรติเฟอร์เท่ากับ 1020 และ 930 มิลลิลิตรตามลำดับ และภาพล่างแสดงชุดทดลองที่ 3 (A:R = 1:2) ปริมตรสาหร่ายและโรติเฟอร์เท่ากับ 270 และ 640มิลลิลิตร ตามลำดับ

4.3 การศึกษาผลของอัตราการเจือจางต่อการเติบโตของสาหร่ายเตตราเซลมิสและโรติเฟอร์ในระบบการเลี้ยงแบบต่อเนื่อง

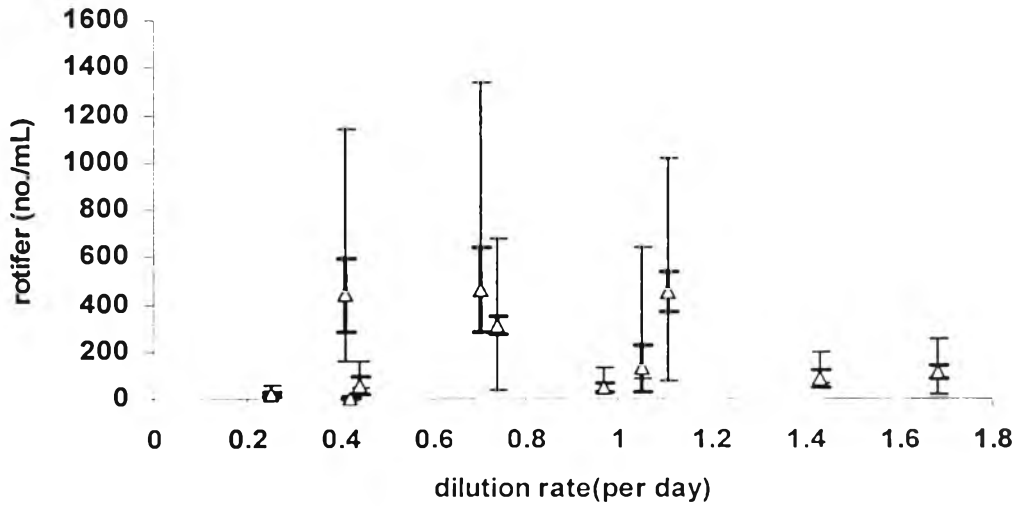
จากการศึกษาผลของอัตราการเจือจางต่อการเติบโตของสาหร่ายเตตราเซลมิสและโรติเฟอร์ในระบบการเลี้ยงแบบต่อเนื่องโดยเลือกสัดส่วนของสาหร่ายและโรติเฟอร์เท่ากับ 1:2 ซึ่งเป็นสัดส่วนที่เหมาะสมในการเลี้ยงแบบต่อเนื่องซึ่งได้จากการทดลองหัวข้อ 3.4 มาทำการเลี้ยงโดยแปรผันอัตราการเจือจาง พบว่าในระบบการเลี้ยงสาหร่ายเตตราเซลมิสแบบต่อเนื่อง ความหนาแน่นของสาหร่ายแปรผกผันกับอัตราการเจือจาง ฟการปรับเพิ่มอัตราการเจือจางทำให้ความหนาแน่นเซลล์สาหร่ายลดลง ผลการทดลองในภาพที่ 4-6 แสดงให้เห็นว่า แม้ว่าความหนาแน่นของสาหร่ายที่ได้มีการแปรผันของข้อมูลในช่วงกว้าง แต่ก็ยังเห็นแนวโน้มของความสัมพันธ์ระหว่างอัตราการเจือจางและความหนาแน่นเซลล์สาหร่าย โดยที่อัตราการเจือจาง 0.94 ต่อวัน สาหร่ายมีความหนาแน่นเฉลี่ยสูงสุดประมาณ 116.24±29.78 $\times 10^4$ เซลล์ต่อมิลลิลิตรและความหนาแน่นของสาหร่ายต่ำที่สุดพบที่อัตราการเจือจาง 3.27 ต่อวัน



ภาพที่ 4-6 ความสัมพันธ์ระหว่างสาหร่ายเตตราเซลมิสและอัตราการเจือจางของระบบการเลี้ยงสาหร่ายแบบต่อเนื่อง (จุดเครื่องหมายแสดงค่าเฉลี่ย แกนเส้นหนาแสดงค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน และแกนเส้นบางแสดงค่าพิสัยของข้อมูล)

ความหนาแน่นของโรติเฟอร์ในระบบการเลี้ยงแบบต่อเนื่องมีความแปรผันมาก แต่ไม่พบความสัมพันธ์ที่ชัดเจนระหว่างอัตราการเจือจางกับความหนาแน่นของโรติเฟอร์ โดยโรติเฟอร์มีความหนาแน่นเฉลี่ยสูงสุด 457.89±178.42 ตัวต่อมิลลิลิตรที่อัตราการจาง 0.7 ต่อวัน และมีความหนาแน่นเฉลี่ยต่ำสุด 3.11±2.73 ตัวต่อมิลลิลิตรที่อัตราการเจือจาง 0.42 ต่อวัน ในขณะที่การทดลองในชุดอื่นๆ ที่อัตราการเจือจางเดียวกันคือ 0.41 ต่อวัน มีความหนาแน่นโรติเฟอร์เฉลี่ย 439.37±

158.14 ตัวต่อมิลลิลิตร ความสัมพันธ์ระหว่างความหนาแน่นของโรติเฟอร์และอัตราการเจือจาง แสดงในภาพที่ 4-7

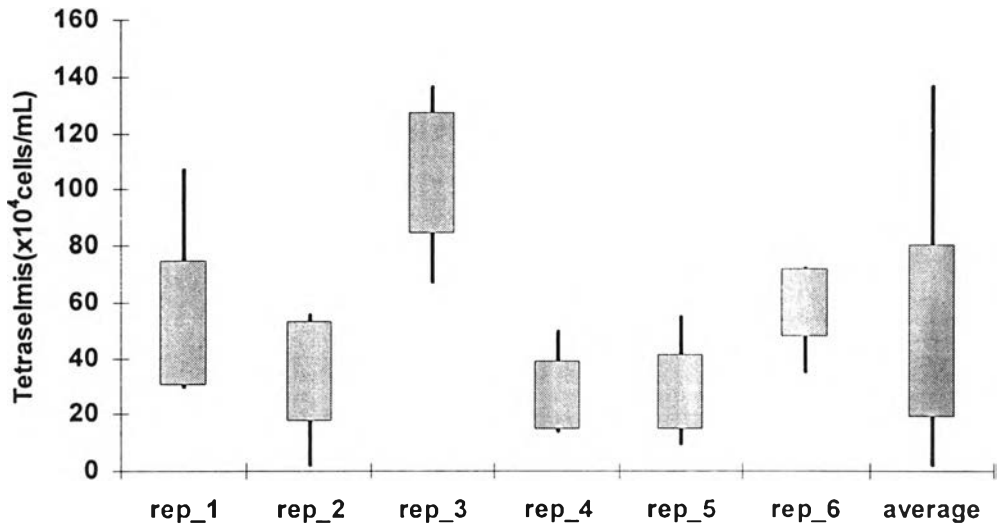


ภาพที่ 4-7 ความสัมพันธ์ระหว่างอัตราการเจือจางและความหนาแน่นของโรติเฟอร์ในระบบการเลี้ยงโรติเฟอร์แบบต่อเนื่อง (จุดเครื่องหมายแสดงค่าเฉลี่ย แกนเส้นหนาแสดงค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน และแกนเส้นบางแสดงค่าพิสัยของข้อมูล)

รายละเอียดผลการศึกษาการเติบโตของสาหร่ายเตตราเซลมิสและโรติเฟอร์แบบต่อเนื่องที่อัตราการเจือจางระดับต่างๆ ในการทดลองทั้ง 4 ชุด แสดงในภาคผนวก ง

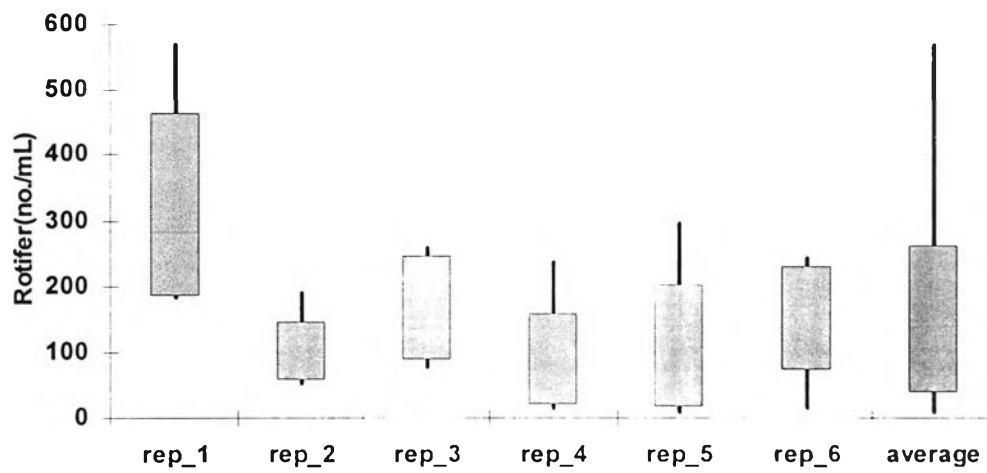
4.4 การเติบโตของโรติเฟอร์ในระบบการเลี้ยงแบบต่อเนื่องในระยะยาว

การทดลองนี้ได้ทำการเลี้ยงสาหร่ายและโรติเฟอร์ในสัดส่วนปริมาตรสาหร่ายต่อโรติเฟอร์ 1:2 โดยปรับตั้งอัตราการเจือจางคงที่และทำการทดลองเลี้ยงแบบต่อเนื่องเป็นเวลา 14-25 วัน (ตารางที่ 4-1) พบว่าการเติบโตของสาหร่ายเตตราเซลมิส ในระบบการเลี้ยงสาหร่ายแบบต่อเนื่องที่มีอัตราการเจือจางเฉลี่ย 0.93 ต่อวัน จำนวน 6 ชุดการทดลอง สาหร่ายมีความหนาแน่นเฉลี่ยไม่แตกต่างกันมากนัก โดยมีความหนาแน่นอยู่ระหว่าง 30 - 60 $x10^4$ เซลล์ต่อมิลลิลิตร (ภาพที่ 4-8) และมีบางชุดการทดลองเช่นในชุดที่ 3 มีความหนาแน่นสูงกว่าชุดอื่นๆ มีความหนาแน่นประมาณ 100 $x10^4$ เซลล์ต่อมิลลิลิตร โดยจากการเลี้ยงสาหร่ายเตตราเซลมิสโดยใช้อัตราการเจือจางคงที่เฉลี่ย 0.93 ต่อวันได้ความหนาแน่นเฉลี่ยเท่ากับ 49± 30×10^4 เซลล์ต่อมิลลิลิตร



ภาพที่ 4-8 ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานและพิสัยความหนาแน่นของสาหร่ายเตตราเซลมิสที่เลี้ยงด้วยอัตราการเจือจางประมาณ 0.93ต่อวัน ในชุดการทดลองจำนวน 6 ชุด

ผลการศึกษาการเติบโตของโรติเฟอร์ในระบบการเลี้ยงแบบต่อเนื่องโดยใช้อัตราการเจือจางคงที่ 0.54 ต่อวัน (ตารางที่ 4-1) แสดงในภาพที่ 4-9 พบว่าความหนาแน่นของโรติเฟอร์ในชุดทดลองที่ 2 ถึง 6 มีค่าใกล้เคียงกันอยู่ระหว่าง 90-160 ตัวต่อมิลลิลิตร แต่ในชุดทดลองที่ 1 มีความหนาแน่นของโรติเฟอร์สูงกว่าในชุดอื่นๆ จากการศึกษาการเลี้ยงโรติเฟอร์ด้วยอัตราการเจือจางคงที่เฉลี่ย 0.54 ต่อวัน มีค่าความหนาแน่นของโรติเฟอร์เฉลี่ย 149±111 ตัวต่อมิลลิลิตร



ภาพที่ 4-9 ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานและพิสัยความหนาแน่นของโรติเฟอร์ที่เลี้ยงด้วยอัตราการเจือจางประมาณ 0.54 ต่อวัน ในชุดการทดลองจำนวน 6 ชุด

4.5 การอนุบาลลูกกุ้งกุลาดำวัยอ่อนโดยใช้ระบบการผลิตอาหารแบบต่อเนื่อง

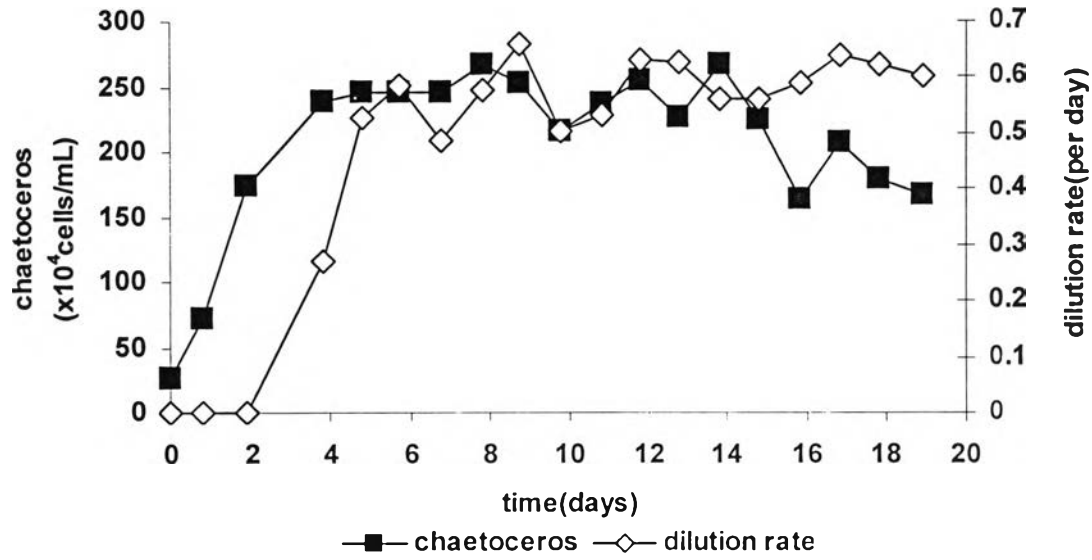
การรายงานผลการทดลองอนุบาลลูกกุ้งแบ่งออกเป็นสี่ส่วน ได้แก่ ผลการเพาะเลี้ยงไดอะตอม *Chaetoceros* sp. แบบต่อเนื่อง ผลการเลี้ยงโรติเฟอร์แบบต่อเนื่อง ผลการเติบโตของลูกกุ้ง และคุณภาพน้ำในระหว่างการทดลอง ดังแสดงในหัวข้อ 4.6.1-4.6.4

4.5.1 การเพาะเลี้ยงไดอะตอม *Chaetoceros* sp. แบบต่อเนื่อง

จากการทดลองเลี้ยงไดอะตอม *Chaetoceros* sp. แบบต่อเนื่องเพื่อใช้ในการอนุบาลลูกกุ้งในระยะซูเอีย ได้ทำการทดลองทั้งสิ้น 4 ชุดการทดลอง โดยชุดการทดลองที่ 1 และ 2 เป็นการเลี้ยงไดอะตอมในการอนุบาลลูกกุ้งรอบที่ 1 และชุดการทดลองที่ 3 และ 4 เป็นการเลี้ยงไดอะตอมในการอนุบาลลูกกุ้งรอบที่ 2 ผลการทดลองพบว่าไดอะตอมที่เลี้ยงแบบต่อเนื่องมีการเติบโตที่ดีและมีความหนาแน่นสูง (ตารางที่ 4-2) และมีความแปรผันของข้อมูลน้อยกว่าที่พบในการเลี้ยงสาหร่ายเตตราเซลมิส โดยในภาพที่ 4-10 แสดงให้เห็นว่าไดอะตอมในระบบการเลี้ยงแบบต่อเนื่องมีความหนาแน่นที่ค่อนข้างคงที่ แม้ว่าจะทำการเลี้ยงในห้องที่ไม่มีการควบคุมอุณหภูมิ โดยสามารถทำการเลี้ยงไดอะตอมแบบต่อเนื่องได้เป็นเวลานานกว่า 48 วัน ซึ่งหากไม่มีข้อจำกัดเรื่องระยะเวลาการทดลองก็สามารถทำการเลี้ยงต่อไปได้อีก

ตารางที่ 4-1 ผลการศึกษาการเลี้ยงไดอะตอม *Chaetoceros* sp. แบบต่อเนื่องเพื่อใช้อนุบาลลูกกุ้ง โดยชุดการทดลองที่ 1 และ 2 ใช้สำหรับอนุบาลลูกกุ้งในรอบที่ 1 และชุดการทดลองที่ 3 และ 4 ใช้สำหรับอนุบาลลูกกุ้งในรอบที่ 2

ชุดการทดลอง	อัตราการเจือจาง (ต่อวัน)	ความหนาแน่นของ *Chaetoceros* . ($x10^4$ เซลล์ต่อมิลลิลิตร)	ปริมาตรที่ผลิตได้ (ลิตร/วัน)
1	0.57±0.09	130.70±47.14	0.94
2	0.48±0.21	72.98±33.39	0.90
3	0.58±0.05	226.33±33.98	0.95
4	0.59±0.03	97.84±60.56	0.94
เฉลี่ย	0.55±0.05	160.92	0.93



ภาพที่ 4-10 การเติบโตของไดอะตอม *Chaetoceros* sp. แบบต่อเนื่อง ข้อมูลจากการทดลองในชุดที่ 3 ของตารางที่ 4-2 (ผลการทดลองของชุดอื่นๆ แสดงในภาคผนวก ง)

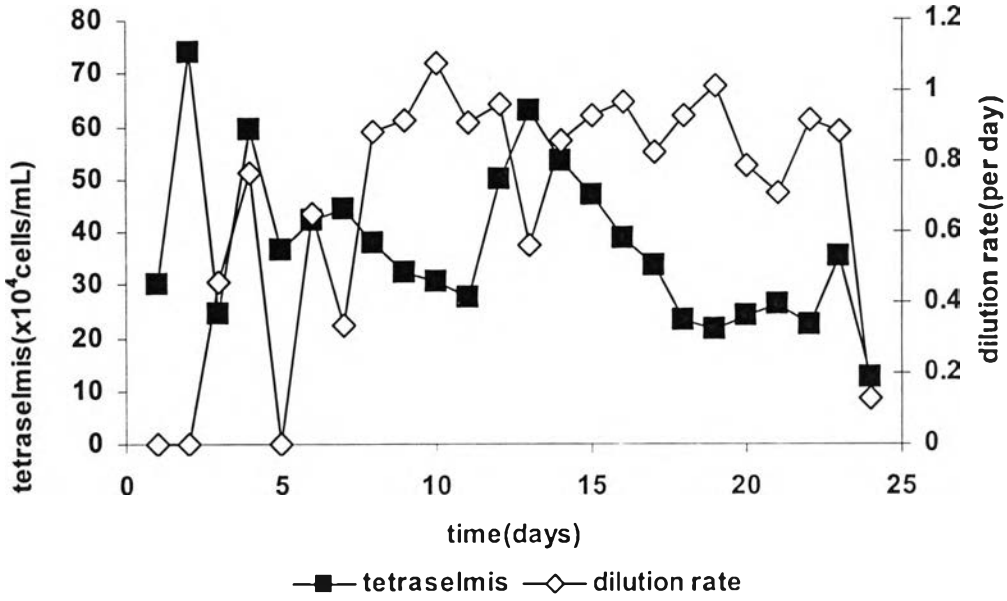
4.5.2 การเพาะเลี้ยงโรติเฟอร์แบบต่อเนื่องในโรงเรือนเพื่อใช้อนุบาลลูกกุ้ง

จากการศึกษาการเพาะเลี้ยงโรติเฟอร์แบบต่อเนื่อง เพื่อใช้ในการอนุบาลลูกกุ้งในระยะไมซิสถึงโพสลาวาที่ 1 โดยทำการทดลองทั้งสิ้น 4 ชุดการทดลอง สำหรับใช้ในการทดลองอนุบาลลูกกุ้งจำนวน 2 รอบ ภายใต้สภาวะการเพาะเลี้ยงในห้องที่ไม่มีการควบคุมอุณหภูมิ ผลการทดลองแสดงในตารางที่ 4-3

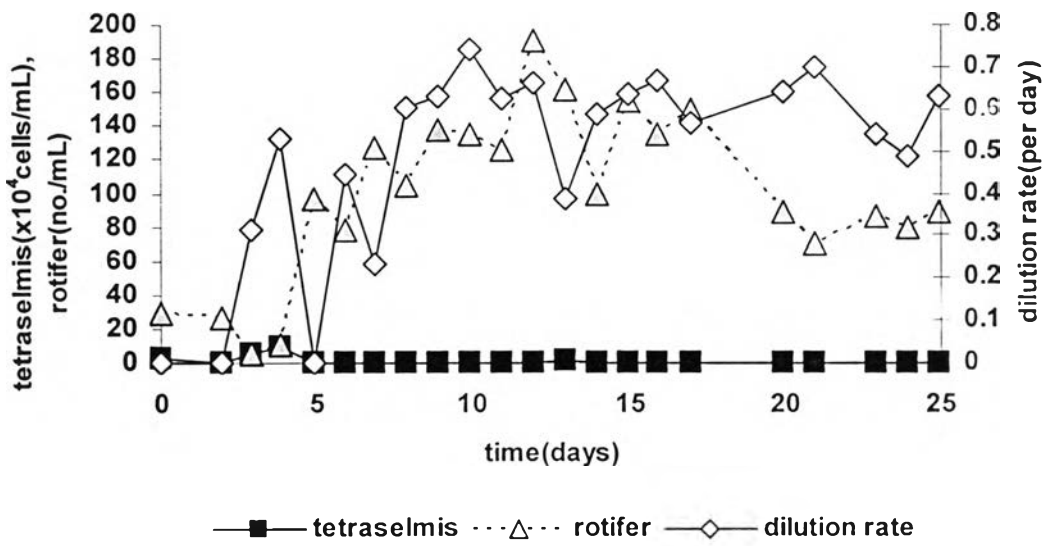
ตารางที่ 4-2 การเติบโตของโรติเฟอร์ที่เลี้ยงในระบบต่อเนื่องเพื่อใช้ทดลองอนุบาลลูกกุ้ง โดยชุดการทดลองที่ 1 และ 2 ใช้สำหรับอนุบาลลูกกุ้งในรอบที่ 1 และชุดการทดลองที่ 3 และ 4 ใช้สำหรับอนุบาลลูกกุ้งในรอบที่ 2

ชุดการทดลอง	อัตราการเจือจางสาหร่าย (ต่อวัน)	ความหนาแน่นของสาหร่าย ($x10^4$ เซลล์ต่อมิลลิลิตร)	อัตราการเจือจางของโรติเฟอร์ (ต่อวัน)	ความหนาแน่นของโรติเฟอร์ (ตัวต่อมิลลิลิตร)	ปริมาตรโรติเฟอร์ (ลิตร/วัน)
1	1.11	22±11	0.55	95±41	0.88
2	1.03	16±12	0.52	65±39	0.82
เฉลี่ย	1.07	19±3	0.53	80±21	0.85
3	0.88	35±13	0.61	121±35	1.09
4	0.93	15±9	0.64	36±16	1.13
เฉลี่ย	0.90	25±15	0.63	78±60	1.11

จากการทดลองเลี้ยงโรติเฟอร์แบบต่อเนื่องครั้งนี้ ในชุดทดลอง 1 และ 2 ซึ่งใช้ในการอนุบาลลูกกุ้งรอบที่ 1 มีปริมาตรของระบบสาหร่ายเตตราเซลมิส 800 มิลลิลิตร แต่ในชุดทดลองที่ 3 และ 4 ซึ่งใช้ในการอนุบาลลูกกุ้งรอบที่ 2 ได้ทำการเพิ่มปริมาตรของระบบสาหร่ายเตตราเซลมิสขึ้นเป็น 1,100 มิลลิลิตร ซึ่งการเพิ่มปริมาตรของระบบสาหร่ายทำให้อัตราการเจือจางของสาหร่ายลดลงและอัตราการเจือจางของโรติเฟอร์เพิ่มขึ้น การเติบโตของสาหร่ายตตราเซลมิสและโรติเฟอร์ในชุดทดลองที่ 3 แสดงในภาพที่ 4-11 และภาพที่ 4-12 ซึ่งจะเห็นได้ว่าสามารถทำการเลี้ยงโรติเฟอร์แบบต่อเนื่องได้เป็นเวลานานกว่า 25 วัน โดยที่ปริมาณโรติเฟอร์ยังคงที่อยู่แสดงให้เห็นว่าระบบยังสามารถทำการเลี้ยงต่อไปได้อีก ภาพที่ 4-11 และ 4-12 แสดงการเติบโตของสาหร่ายเตตราเซลมิสและโรติเฟอร์แบบต่อเนื่องในโรงเรือนข้อมูลจากการทดลองในชุดที่ 3เพื่อใช้ในการอนุบาลลูกกุ้งกุลาดำรอบที่ 2 ผลการทดลองของชุดอื่นๆ แสดงในภาคผนวก ง



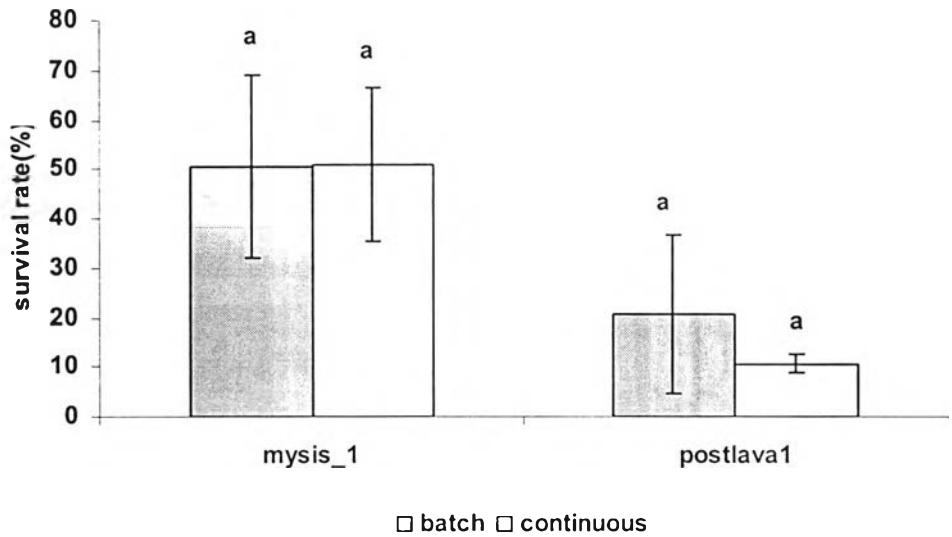
ภาพที่ 4-11 การเติบโตของสาหร่ายเตตราเซลมิสแบบต่อเนื่องในโรงเรือนเพื่อใช้ในการอนุบาลลูกกุ้งรอบที่ 2 ข้อมูลจากการทดลองในชุดที่ 3 ของตารางที่ 4-2



ภาพที่ 4-12 การเติบโตของโรติเฟอร์แบบต่อเนื่องในโรงเรือนเพื่อใช้ในการอนุบาลลูกกุ้งรอบที่ 2 ข้อมูลจากการทดลองในชุดที่ 3 ของตารางที่ 4-2

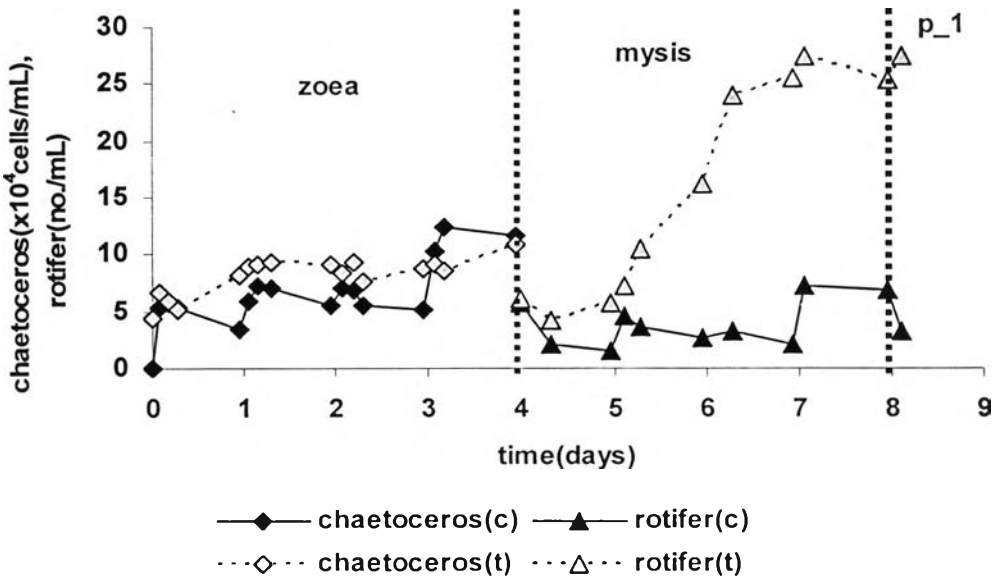
4.5.3 ผลการอนุบาลลูกกุ้ง

ผลการอนุบาลลูกกุ้งตั้งแต่ระยะนอเพลียสถึงระยะโพสลาวาที่ 1 ในการอนุบาลลูกกุ้งรอบแรกใช้เวลาประมาณ 10 วัน พบว่าลูกกุ้งกุลาดำมีอัตรารอดลดลงเมื่อลูกกุ้งพัฒนาเข้าสู่ระยะไมซิส โดยมีอัตรารอดเฉลี่ยไม่แตกต่างกันในชุดควบคุมที่มีการเติมสาหร่ายและโรติเฟอร์จากการเลี้ยงแบบแบตช์และชุดทดลองที่มีการเติมสาหร่ายและโรติเฟอร์แบบต่อเนื่อง (ภาพที่ 4-13)



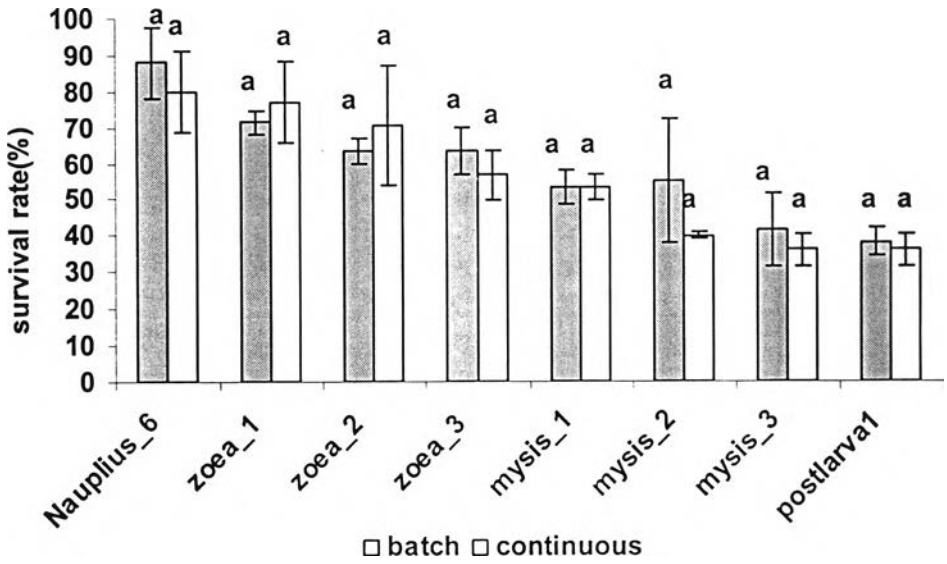
ภาพที่4-13 อัตรารอดลูกกุ้งกุลาดำในระยะไมซิสและโพสลาวาที่ 1 ในการอนุบาลลูกกุ้งรอบที่ 1 โดยชุดควบคุมเป็นการเติมสาหร่ายและโรติเฟอร์จากการเลี้ยงแบบแบตช์และชุดทดลองเป็นการเติมสาหร่ายและโรติเฟอร์แบบต่อเนื่อง

ผลการตรวจนับปริมาณสาหร่ายและโรติเฟอร์ที่ใช้เป็นอาหารสำหรับเลี้ยงลูกกุ้งในถังอนุบาลดังแสดงในภาพที่ 4-14 พบว่าในระยะซูเอียซึ่งต้องการ *Chaetoceros* sp. เป็นอาหารนั้น ความหนาแน่นของ *Chaetoceros* sp. ในชุดควบคุมและชุดทดลองมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 7±3และ 8±2x10^4 เซลล์ต่อมิลลิลิตรตามลำดับ ซึ่งเป็นปริมาณที่เพียงพอทั้งในชุดควบคุมและชุดการทดลอง ส่วนปริมาณโรติเฟอร์ที่ใช้เป็นอาหารลูกกุ้งในระยะไมซิสถึงโพสลาวาที่ 1 พบว่าความหนาแน่นของโรติเฟอร์ในชุดควบคุมและชุดทดลองมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 4±2 และ 16±10 ตัวต่อมิลลิลิตร ตามลำดับ โดยจำนวนโรติเฟอร์ในชุดทดลองมีค่าเพิ่มขึ้นในช่วงท้ายของการทดลอง



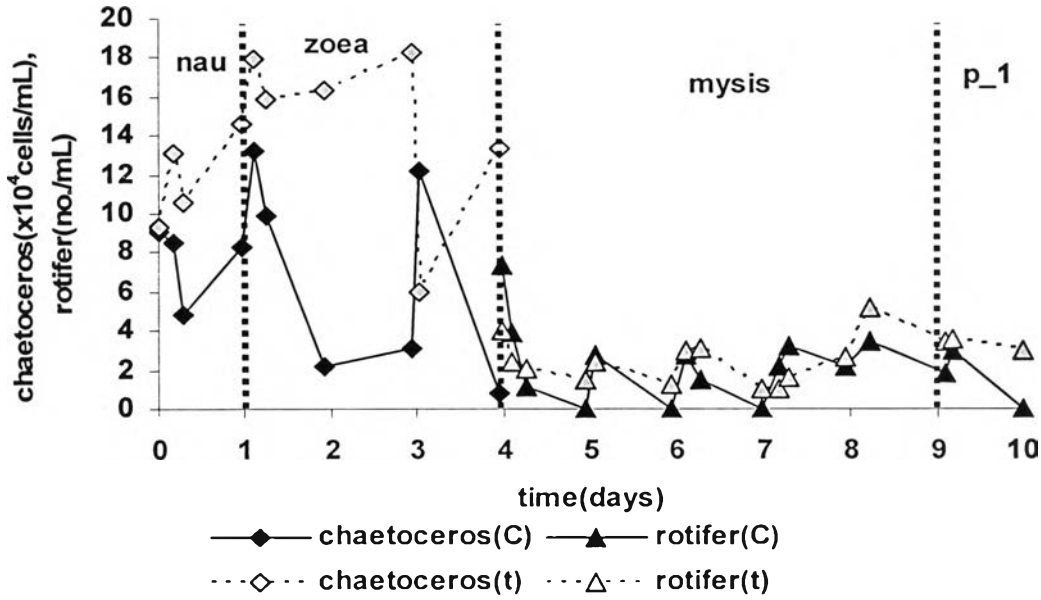
ภาพที่ 4-14 ความหนาแน่นของ *Chaetoceros* sp. และโรติเฟอร์ในถังอนุบาลลูกกุ้งรอบที่ 1 โดยชุดควบคุมเป็นการเติมสาหร่ายและโรติเฟอร์จากการเลี้ยงแบบแบตช์และชุดทดลองเป็นการเติมสาหร่ายและโรติเฟอร์แบบต่อเนื่อง

จากการผลการอนุบาลลูกกุ้งตั้งแต่ระยะนอเพลียสถึงระยะโพสลาวาที่ 1 ในการอนุบาลลูกกุ้งรอบที่ 2 ใช้เวลาประมาณ 12 วัน พบว่ามีอัตรารอดเฉลี่ยไม่แตกต่างกัน โดยลูกกุ้งกุลาดำมีอัตรารอดลดลงเล็กน้อยเมื่อลูกกุ้งพัฒนาเข้าสู่ระยะซูเอีย 1 และเมื่อลูกกุ้งพัฒนาเข้าสู่ระยะไมซิส 1 มีอัตรารอดเฉลี่ยร้อยละ 50 และอัตรารอดจะลดลงเมื่อพัฒนาเข้าสู่ระยะโพสลาวาที่ 1 (ภาพที่ 4-15)



ภาพที่ 4-15 อัตรารอดลูกกุ้งกุลาดำในระยะซูเอีย ระยะไมซิส และโพสลาวาที่ 1 ในการอนุบาลลูกกุ้งรอบที่ 2 โดยชุดควบคุมเป็นการเติมสาหร่ายและโรติเฟอร์จากการเลี้ยงแบบแบตช์ และชุดทดลองเป็นการเติมสาหร่ายและโรติเฟอร์แบบต่อเนื่อง

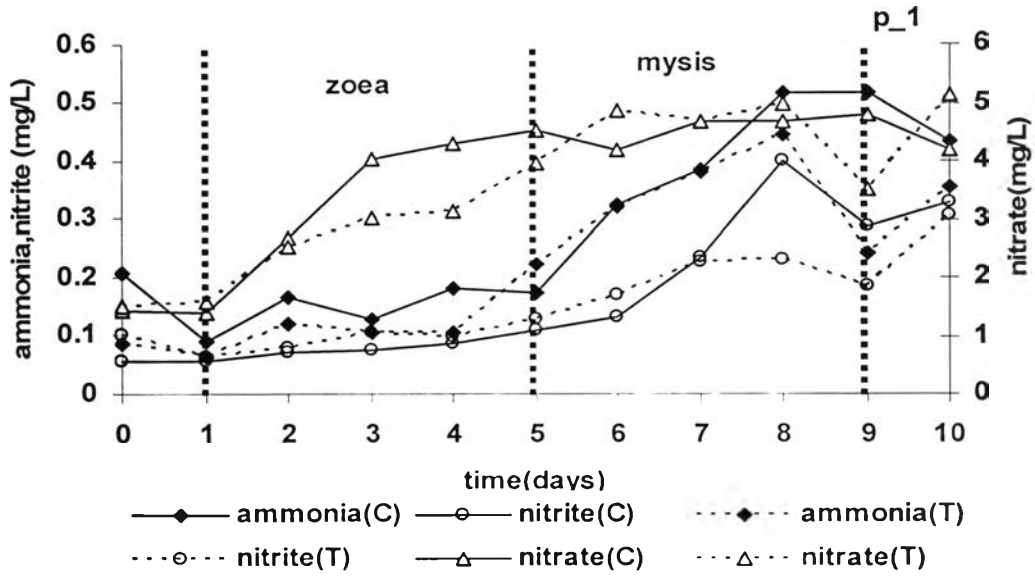
จากการตรวจนับอาหารที่ใช้อนุบาลลูกกุ้งในถังอนุบาลพบว่าในระยะซูเอียซึ่งใช้ *Chaetoceros* sp. เป็นอาหารนั้น ความหนาแน่นของ *Chaetoceros* sp. ในชุดควบคุมและชุดทดลองมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 7.22±4.25 และ 13.5±3.93 $\times 10^4$ เซลล์ต่อมิลลิลิตรตามลำดับ ส่วนการตรวจนับจำนวนโรติเฟอร์ซึ่งใช้เป็นอาหารลูกกุ้งในระยะไมซิสถึงโพสลาวาที่ 1 ความหนาแน่นของโรติเฟอร์. ในชุดควบคุมและชุดทดลองมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 2.21±0.82 และ 2.58±1.18 ตัวต่อมิลลิลิตรตามลำดับ นอกจากนั้นยังพบว่าในชุดควบคุมมีการขาดโรติเฟอร์เป็นบางช่วงในขณะที่ชุดทดลองที่มีการเติมโรติเฟอร์แบบต่อเนื่องและไม่พบการขาดโรติเฟอร์ตลอดระยะเวลาการทดลอง (ภาพที่ 4-16)



ภาพที่ 4-16 ความหนาแน่นของ *Chaetoceros* sp. และโรติเฟอร์ ในถังอนุบาลลูกกุ้งรอบที่ 2 โดยชุดควบคุมเป็นการเติมสาหร่ายและโรติเฟอร์จากการเลี้ยงแบบแบตช์และชุดทดลองเป็นการเติมสาหร่ายและโรติเฟอร์แบบต่อเนื่อง

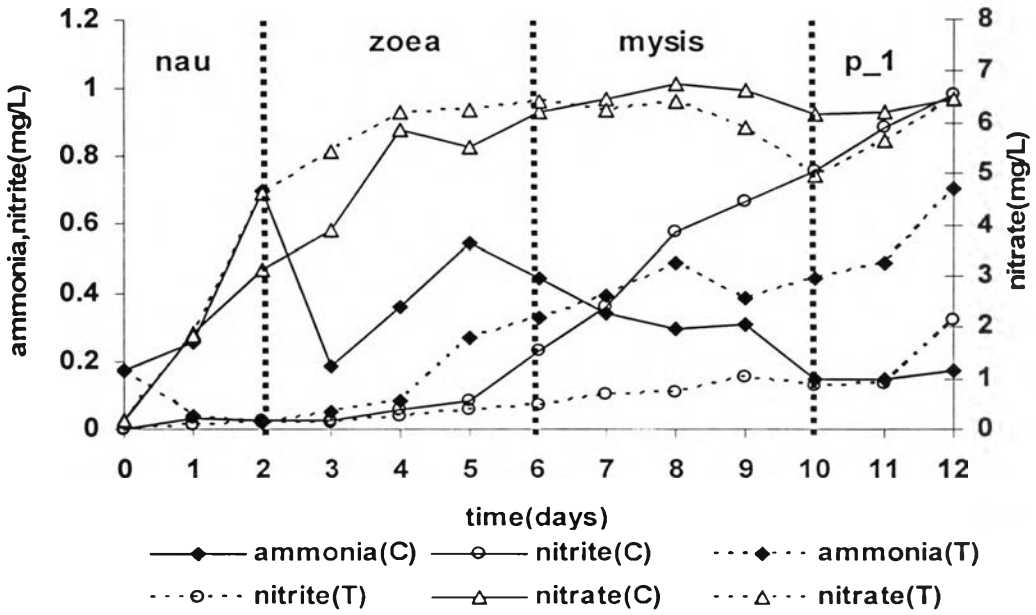
4.6.4 คุณภาพน้ำในระหว่างการทดลองอนุบาลลูกกุ้ง

ในการอนุบาลลูกกุ้งรอบที่ 1 พบว่าปริมาณแอมโมเนีย ไนไตรต์และไนเตรตในชุดทดลองและชุดควบคุมมีค่าใกล้เคียงกัน โดยมีการเพิ่มปริมาณมากขึ้นเมื่อลูกกุ้งพัฒนาเข้าสู่ระยะซูเอียและไมซิส ตามลำดับ โดยปริมาณแอมโมเนีย ไนไตรต์และไนเตรตมีค่าอยู่ในช่วง 0.04-0.55 mg NH_4-N/L, 0.01-0.79 mg NO_2-N/L และ 1.27-6.13 mg NO_3-N/L ตามลำดับ (ภาพที่ 4-13)



ภาพที่ 4-17 ปริมาณแอมโมเนีย ไนไตรต์และไนเตรต ในการอนุบาลลูกกุ้งรอบที่ 1 (C = ชุดควบคุม และ T=ชุดทดลอง)

ในการอนุบาลลูกกุ้งรอบที่ 2 ในภาพที่ 4-18 พบว่าปริมาณแอมโมเนีย ไนไตรต์และไนเตรต มีค่าสูงกว่าที่พบในการอนุบาลรอบที่ 1 เล็กน้อย โดยชุดควบคุมมีค่าอยู่ในช่วง 0.14-0.6 mg NH_4-N/L, 0.0.01-1.06 mg NO_2-N/L และ 1.88-6.53 mg NO_3-N/L ตามลำดับ ส่วนปริมาณแอมโมเนีย ไนไตรต์และไนเตรตในชุดทดลองก็มีปริมาณเพิ่มขึ้นตามระยะเวลาการเลี้ยงลูกกุ้งเช่นกัน โดยมีค่าอยู่ในช่วง 0.01-.07 mg NH_4-N/L, 0.01-0.35 mg NO_2-N/L และ 1.53-6.70 mg NO_3-N/L ตามลำดับ ซึ่งความเข้มข้นของแอมโมเนีย ไนไตรต์ และไนเตรตของชุดควบคุมและชุดทดลองมีค่าไม่แตกต่างกัน



ภาพที่ 4-18 ปริมาณแอมโมเนีย ไนไตรต์และไนเตรต แต่ละชุดการทดลอง ในการอนุบาลลูกกุ้ง รอบที่ 2 (C = ชุดควบคุม และ T=ชุดทดลอง)