

บทที่ 4

ผลการทดลอง

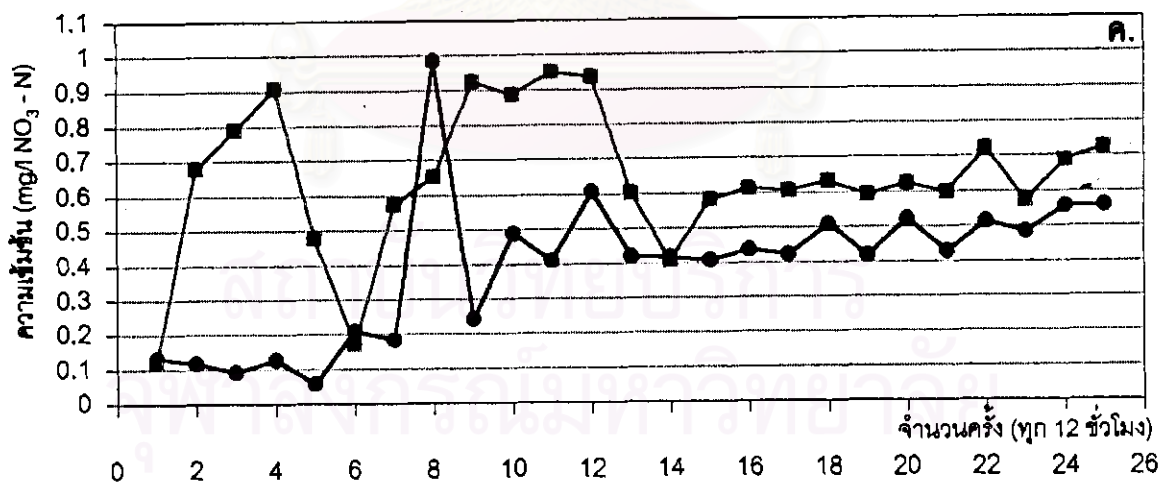
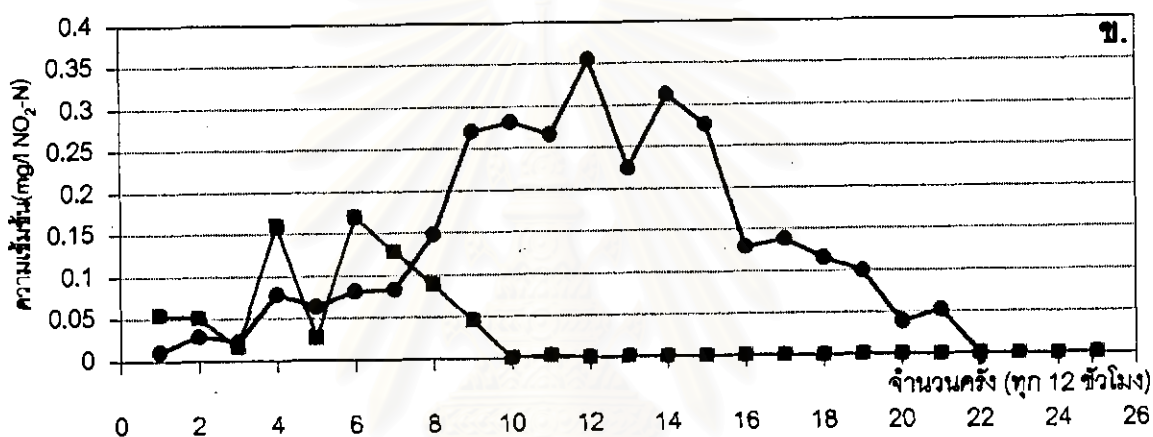
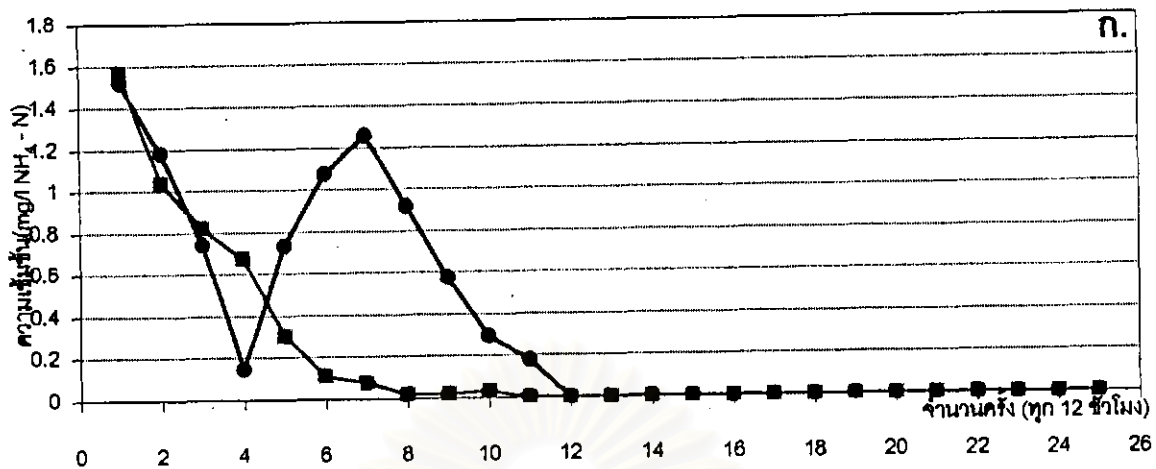
ผลการปรับสภาพการกรองแบบชีวภาพในระบบหมุนเวียนน้ำแบบปิดโดยไม่มีการเลี้ยงกุ้งก้ามกราม

หลังจากนำดินตะกอนจากป่าชายเลน ซึ่งคาดว่าจะมีไนโตรฟายอิงแบคทีเรียและดีไนโตรฟายอิงแบคทีเรีย มาละลายใส่ลงในปอกรองทางชีวภาพสถานะใช้ออกซิเจน และระบบตัวกรองทางชีวภาพสถานะไม่ใช้ออกซิเจน (คอลัมน์ C1 และ C2) แล้วเปิดระบบหมุนเวียนน้ำจากบ่อเลี้ยงทรงกลมซึ่งมีสารละลายของแอมโมเนียมคลอไรด์ ความเข้มข้น ประมาณ 2 mg/l จากการตรวจสอบคุณภาพน้ำคือ แอมโมเนียม (NH_4^+) ไนไตรท์ (NO_2^-) และไนเตรท (NO_3^-) โดยวิธีการวิเคราะห์ของ Strickland and Parson (1972) หลังจากเปิดระบบหมุนเวียนน้ำแล้วประมาณ 6 ชั่วโมง และตรวจสอบคุณภาพน้ำดังกล่าวติดต่อกันทุก 12 ชั่วโมงเป็นเวลา 12 วัน จำนวน 25 ครั้ง ได้ผลการเปลี่ยนแปลงคุณภาพน้ำ ดังแสดงในรูปที่ 10 โดยปรากฏว่า

การเปลี่ยนแปลงความเข้มข้นของแอมโมเนียม (NH_4^+) ชุดทดลองมีการเปลี่ยนแปลงลดลงอย่างสม่ำเสมอ จนมีความเข้มข้น 0 mg/l $\text{NH}_4\text{-N}$ ตั้งแต่วันที่ 4 (ครั้งที่ 8) เป็นต้นไป ส่วนชุดควบคุม มีการลดลงช้ากว่าชุดทดลองและมีความเข้มข้น 0 mg/l ในวันที่ 6 (ครั้งที่ 12)

การเปลี่ยนแปลงความเข้มข้นของไนไตรท์ (NO_2^-) ชุดทดลองไนไตรท์ มีความเข้มข้นสูงสุดในช่วงวันที่ 2-3 แล้วปรับตัวลดลงจนเหลือความเข้มข้น 0 mg/l $\text{NO}_2\text{-N}$ ตั้งแต่วันที่ 5 (ครั้งที่ 10) เป็นต้นไป ส่วนชุดควบคุมมีความเข้มข้นสูงขึ้นตลอดตั้งแต่วันแรกจนมีความเข้มข้นสูงสุดในวันที่ 6 (ครั้งที่ 12) แล้วค่อย ๆ ปรับตัวลดลงจนเหลือความเข้มข้น 0 mg/l $\text{NO}_2\text{-N}$ ในวันที่ 11 (ครั้งที่ 22)

การเปลี่ยนแปลงความเข้มข้นของไนเตรท (NO_3^-) ไนเตรทชุดควบคุมและชุดทดลอง มีการปรับตัวเพิ่มขึ้นลดลงไม่แน่นอนในช่วงวันที่ 1-7 แต่หลังจากนั้นปรากฏว่าความเข้มข้นของไนเตรทชุดควบคุมค่อนข้างคงที่อยู่ในช่วง 0.4-0.6 mg/l $\text{NO}_3\text{-N}$ ส่วนชุดทดลองอยู่ในช่วงความเข้มข้น 0.6-0.8 mg/l $\text{NO}_3\text{-N}$



รูปที่ 11 เปรียบเทียบการเปลี่ยนแปลงความเข้มข้นของ แอมโมเนียม-NH₄⁺ (ก.) ไนไตรท์-NO₂⁻ (ข.) และไนเตรท-NO₃⁻ (ค.) ของน้ำในบ่อเลี้ยง ชุดควบคุม (●) และชุดทดลอง (■) ที่มีสารละลายแอมโมเนียมคลอไรด์ ความเข้มข้นประมาณ 2 mg/l หลังจากใส่ดินตะกอนจากป่าชายเลนในระบบกรองทางชีวภาพถาวรจะไม่ใช้ออกซิเจนและบ่อดังกรองทางชีวภาพถาวรใช้ออกซิเจน

คุณภาพน้ำของระบบหมุนเวียนน้ำแบบปิด เมื่อได้ทดลองเลี้ยงกุ้งกุลาดำช่วงที่ 1 และช่วงที่ 2

เมื่อวิเคราะห์คุณภาพน้ำของปอเลี้ยงกุ้งกุลาดำชุดควบคุมและชุดทดลอง ตลอดจนการทดลองทั้ง 2 ช่วงคือ ช่วงที่ 1 เป็นระยะเวลา 22 สัปดาห์ (155 วัน) และการทดลองช่วงที่ 2 เป็นเวลา 21 สัปดาห์ (150 วัน) โดยแยกแสดงผลการวิเคราะห์ คุณภาพน้ำสัปดาห์ละ 1 ครั้ง ได้แก่ แอมโมเนีย (NH_4^+) ไนไตรท์ (NO_2^-) และ ไนเตรท (NO_3^-) และคุณภาพน้ำซึ่งตรวจสอบโดยระบบตรวจสอบและจัดเก็บข้อมูลระบบอัตโนมัติทุกวัน ได้แก่ อุณหภูมิอากาศ อุณหภูมิน้ำ ค่ากรดเบส ความเค็มและปริมาณออกซิเจนละลาย ได้ผลการวิเคราะห์ดังนี้

1. แอมโมเนีย (NH_4^+)

ในการทดลองช่วงที่ 1 ของการทดลอง แอมโมเนีย ชุดควบคุมมีการแปรผันอยู่ในช่วงความเข้มข้น $0.08-0.64 \text{ mg/l NH}_4\text{-N}$ โดยมีค่าเฉลี่ยตลอดการทดลอง $0.241 \pm 0.146 \text{ mg/l NH}_4\text{-N}$ ส่วนแอมโมเนีย ในชุดทดลอง มีการแปรผันอยู่ในช่วงความเข้มข้น $0.07-0.67 \text{ mg/l NH}_4\text{-N}$ โดยมีค่าเฉลี่ยตลอดการทดลอง $0.235 \pm 0.155 \text{ mg/l NH}_4\text{-N}$ และ เมื่อได้ทำการวิเคราะห์ทางสถิติโดยวิธีวิเคราะห์ความสัมพันธ์เชิงเส้น (Linear regression analysis) พบว่าไม่มีความแตกต่างกันระหว่างแอมโมเนียของปอเลี้ยงกุ้งกุลาดำชุดควบคุมกับปอเลี้ยงกุ้งกุลาดำชุดทดลอง

สำหรับการทดลองในช่วงที่ 2 แอมโมเนียของปอเลี้ยงกุ้งกุลาดำชุดควบคุม มีค่าเฉลี่ยตลอดการทดลอง $0.266 \pm 0.137 \text{ mg/l NH}_4\text{-N}$ และมีการเปลี่ยนแปลงอยู่ในช่วงความเข้มข้น $0.06-0.53 \text{ mg/l NH}_4\text{-N}$ (ภาพที่ 12) ส่วนแอมโมเนียของปอเลี้ยงกุ้งกุลาดำชุดทดลองมีค่าเฉลี่ยตลอดการทดลอง $0.136 \pm 0.078 \text{ mg/l NH}_4\text{-N}$ โดยเปลี่ยนแปลงอยู่ในช่วงความเข้มข้น $0.03-0.33 \text{ mg/l NH}_4\text{-N}$ เมื่อได้ทำการวิเคราะห์ทางสถิติโดยวิธีวิเคราะห์ความสัมพันธ์เชิงเส้น (Linear regression analysis) พบว่ามีความแตกต่างกันระหว่างแอมโมเนียของปอเลี้ยงกุ้งกุลาดำชุดควบคุมกับปอเลี้ยงกุ้งกุลาดำชุดทดลอง กล่าวคือชุดควบคุมมีอัตราการเพิ่มขึ้นเฉลี่ย $0.0147 \text{ mg/l NH}_4\text{-N}$ ต่อสัปดาห์ ($P < 0.05$) ส่วนปอเลี้ยงกุ้งกุลาดำชุดทดลองมีอัตราการเพิ่มขึ้นเฉลี่ยต่ำกว่าชุดควบคุมคือ $0.0098 \text{ mg/l NH}_4\text{-N}$ ต่อสัปดาห์ ($P < 0.05$)

2. ไนโตรท์ (NO_2^-)

การทดลองในช่วงที่ 1 ไนโตรท์ของบ่อเลี้ยงกุ้งกุลาดำชุดควบคุม มีค่าเฉลี่ยตลอดการทดลอง $0.0145 \pm 0.0063 \text{ mg/l NO}_2\text{-N}$ โดยมีการแปรผันอยู่ในช่วงความเข้มข้น $0.002\text{--}0.025 \text{ mg/l NO}_2\text{-N}$ (แสดงในรูปที่ 13) ส่วนบ่อเลี้ยงกุ้งกุลาดำชุดทดลองมีค่าเฉลี่ยตลอดการทดลอง $0.0115 \pm 0.0067 \text{ mg/l NO}_2\text{-N}$ มีการแปรผันอยู่ในช่วง $0.005\text{--}0.029 \text{ mg/l NO}_2\text{-N}$ เมื่อได้ทำการวิเคราะห์ทางสถิติโดยวิธีวิเคราะห์ความสัมพันธ์เชิงเส้น พบว่าไนโตรท์ของบ่อเลี้ยงกุ้งกุลาดำ

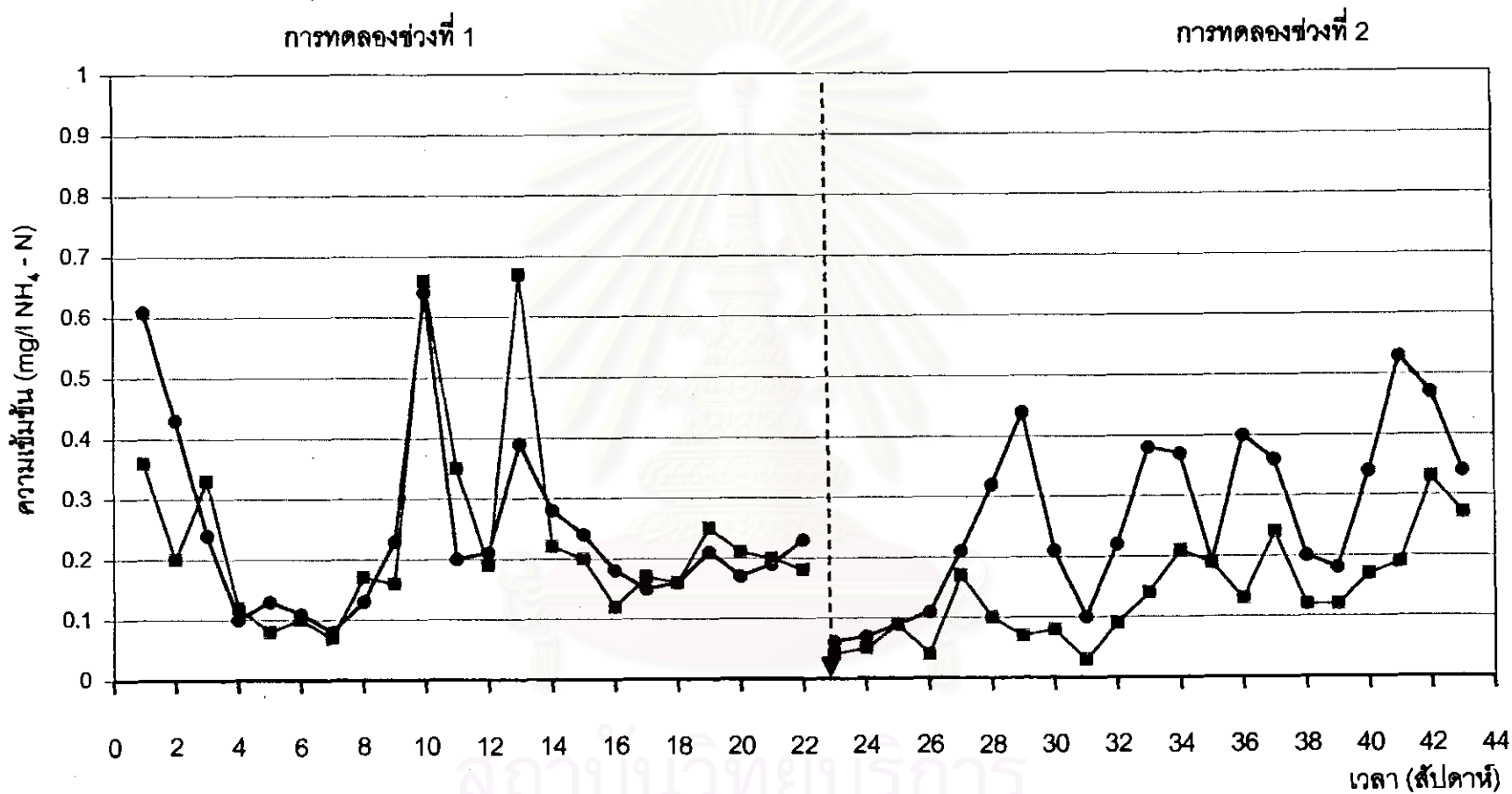
ชุดทดลอง มีอัตราการลดลงเฉลี่ย $0.00061 \text{ mg/l NO}_2\text{-N}$ ต่อสัปดาห์ ($P < 0.05$)

สำหรับการทดลองในช่วงที่ 2 นั้น บ่อเลี้ยงกุ้งกุลาดำชุดควบคุมมีค่าเฉลี่ยตลอดการทดลอง $0.095 \pm 0.065 \text{ mg/l NO}_2\text{-N}$ มีการแปรผันอยู่ในช่วง $0.03\text{--}0.212 \text{ mg/l NO}_2\text{-N}$ ส่วนบ่อเลี้ยงกุ้งกุลาดำชุดทดลองมีค่าเฉลี่ยตลอดการทดลอง $0.085 \pm 0.060 \text{ mg/l NO}_2\text{-N}$ โดยแปรผันอยู่ในช่วง $0.03\text{--}0.216 \text{ mg/l NO}_2\text{-N}$ เมื่อได้ทำการวิเคราะห์ทางสถิติโดยวิธีวิเคราะห์ความสัมพันธ์เชิงเส้น (Linear regression analysis) พบว่าไม่มีความแตกต่างกันระหว่างไนโตรท์ของบ่อเลี้ยงกุ้งกุลาดำชุดควบคุมกับไนโตรท์ของบ่อเลี้ยงกุ้งกุลาดำชุดทดลอง

3. ไนเตรท (NO_3^-)

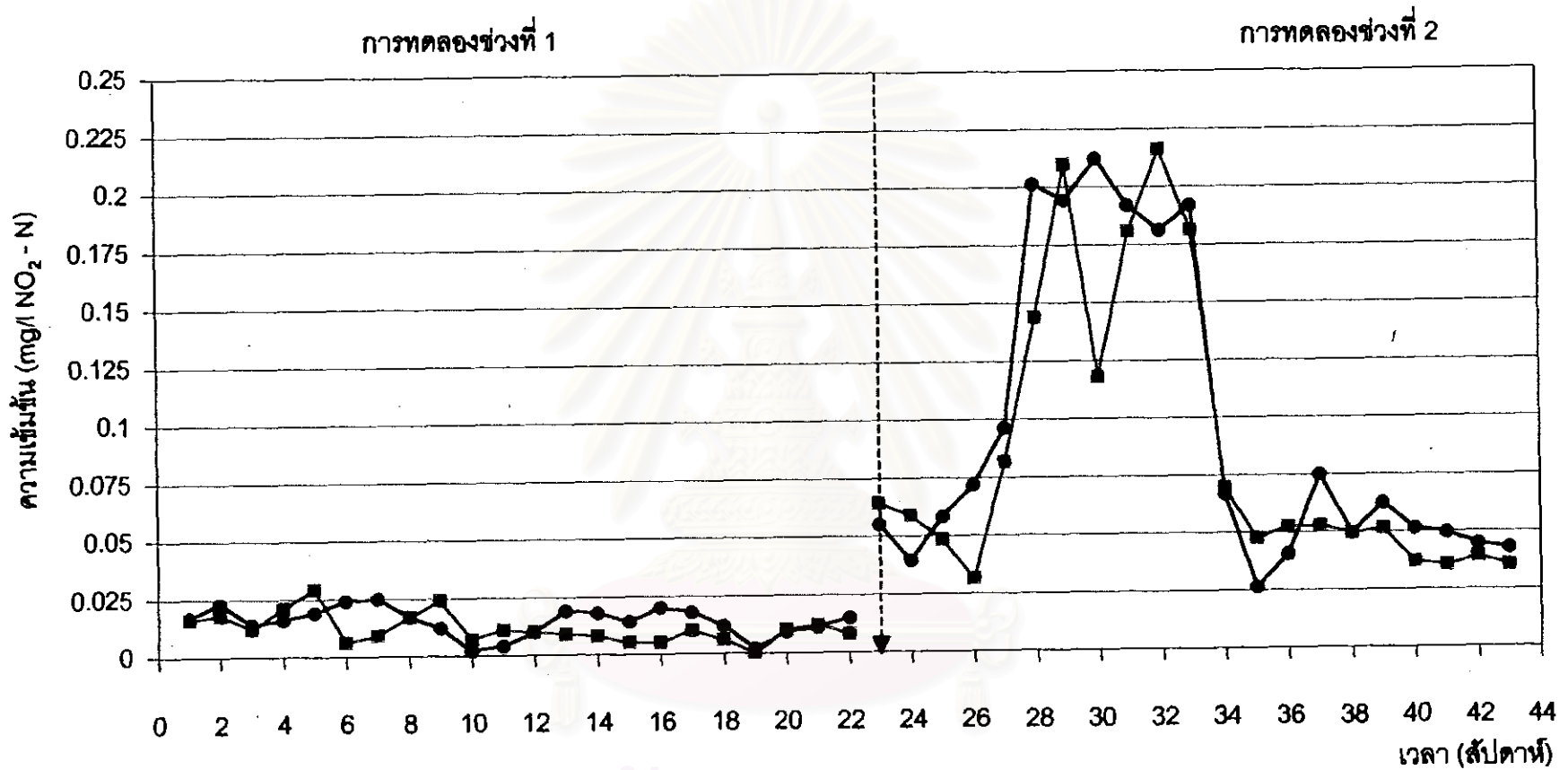
การทดลองช่วงที่ 1 ไนเตรทของบ่อเลี้ยงกุ้งกุลาดำชุดควบคุม มีค่าเฉลี่ยตลอดการทดลอง $13.578 \pm 5.35 \text{ mg/l NO}_3\text{-N}$ โดยแปรผันอยู่ในช่วงความเข้มข้น $2.96\text{--}23.8 \text{ mg/l NO}_3\text{-N}$ ส่วนไนเตรทของบ่อเลี้ยงกุ้งกุลาดำชุดทดลอง มีค่าเฉลี่ยตลอดการทดลอง $19.091 \pm 8.989 \text{ mg/l NO}_3\text{-N}$ โดยการแปรผันอยู่ในช่วงความเข้มข้น $3.13\text{--}30.83 \text{ mg/l NO}_3\text{-N}$ เมื่อได้ทำการวิเคราะห์ทางสถิติโดยวิธีวิเคราะห์ความสัมพันธ์เชิงเส้น (Linear regression analysis) พบว่าความเข้มข้นของไนเตรทในบ่อเลี้ยงกุ้งกุลาดำมีความแตกต่างกันทางสถิติ ($P < 0.05$) ระหว่างชุดควบคุมและชุดทดลอง กล่าวคือไนเตรทของบ่อเลี้ยงกุ้งกุลาดำชุดควบคุมมีอัตราการเพิ่มขึ้น $0.7438 \text{ mg/l NO}_3\text{-N}$ ต่อสัปดาห์ ส่วนไนเตรทบ่อเลี้ยงกุ้งกุลาดำชุดทดลอง มีอัตราการเพิ่มขึ้น เร็วกว่าชุดควบคุมคือ $1.2765 \text{ mg/l NO}_3\text{-N}$ ต่อสัปดาห์ ($P < 0.05$)

สำหรับการทดลองช่วงที่ 2 ไนเตรทบ่อเลี้ยงกุ้งกุลาดำชุดควบคุมมีค่าเฉลี่ยตลอดการทดลอง $38.3 \pm 2.905 \text{ mg/l NO}_3\text{-N}$ และแปรผันอยู่ในช่วง $25.8\text{--}44.16 \text{ mg/l NO}_3\text{-N}$ ส่วนไนเตรทบ่อเลี้ยงกุ้งกุลาดำชุดทดลองมีค่าเฉลี่ย $35.78 \pm 4.86 \text{ mg/l NO}_3\text{-N}$ และแปรผันอยู่ในช่วง $24.9\text{--}48.3 \text{ mg/l NO}_3\text{-N}$ เมื่อได้ทำการวิเคราะห์ทางสถิติโดยวิธีวิเคราะห์ความสัมพันธ์เชิงเส้น



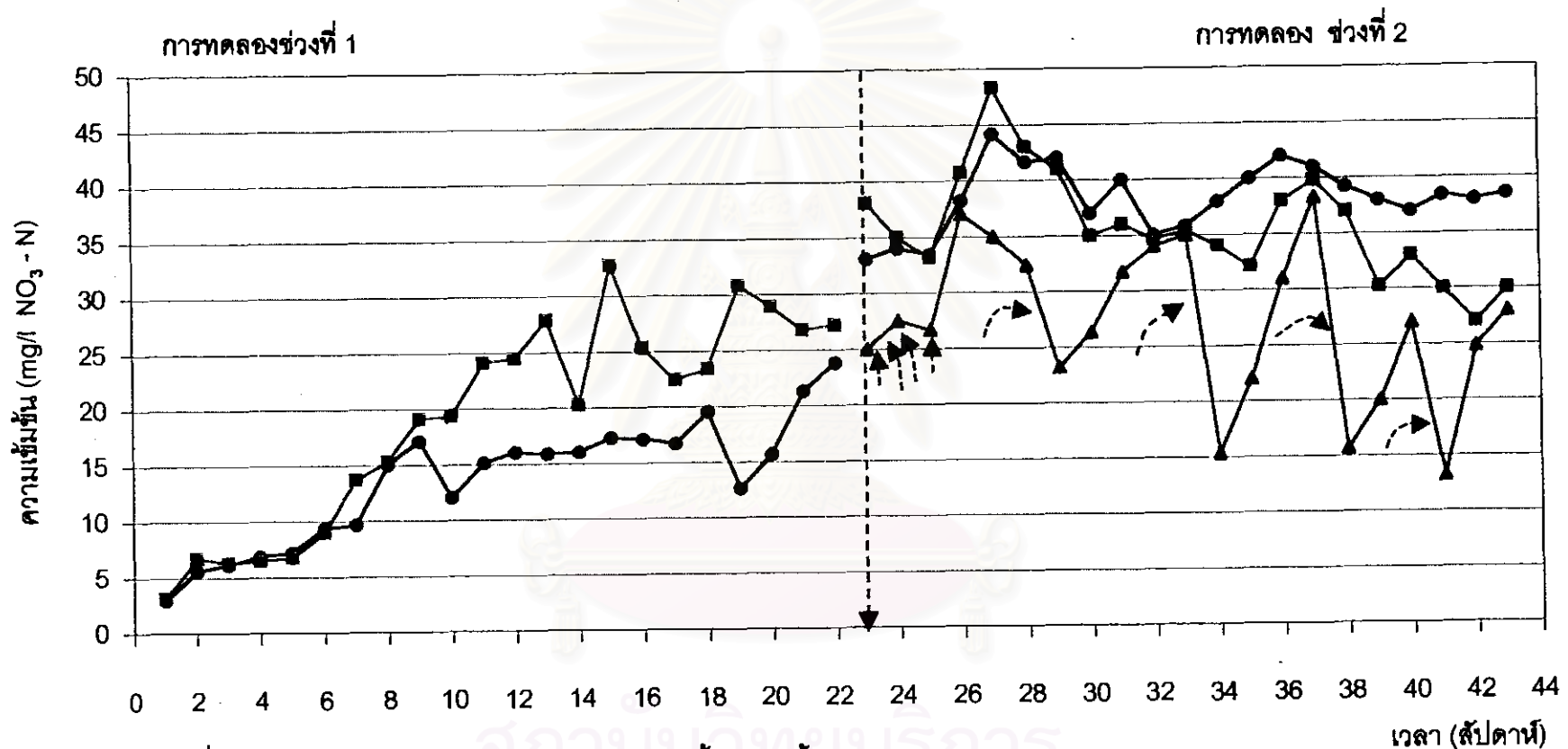
รูปที่ 12 เปรียบเทียบการเปลี่ยนแปลงความเข้มข้นของแอมโมเนียม (NH₄⁺) ของน้ำในบ่อเลี้ยงกุ้งกุลาดำ จุดควบคุม (●) และจุดทดลอง (■)

ตลอด 2 ช่วงของการทดลอง



รูปที่ 13 เปรียบเทียบการเปลี่ยนแปลงความเข้มข้นของไนไตรท์ (NO₂⁻) ของน้ำในบ่อเลี้ยงกุ้งกุลาดำ จุดควบคุม (●) และจุดทดลอง (■)

ตลอด 2 ช่วงของการทดลอง



รูปที่ 14 เปรียบเทียบการเปลี่ยนแปลงความเข้มข้นของไนเตรท (NO₃⁻) ของน้ำในบ่อเลี้ยงกุ้งกุลาดำ จุดควบคุม (●) จุดทดลอง (■) และไนเตรทของคอลัมน์ สำหรับเติมดีเอ็นเอฟายอิงแบคทีเรีย (▲) ตลอด 2 ช่วงของการทดลอง สัญลักษณ์ ↑ แสดงช่วงที่มีการเพิ่ม *Bacillus* sp. ประมาณ 10.60-11.66 x 10¹¹ เซลล์ เข้าสู่ระบบกรองทางชีวภาพสถานะไม่ใช้ออกซิเจน

(Linear regression analysis) พบว่า มีความแตกต่างกันทางสถิติ ($P < 0.05$) กล่าวคือ ในเขตรอบของน้ำป่อเลี้ยงกุ้งกุลาดำชุดควบคุมไม่สามารถหาความสัมพันธ์เชิงเส้นได้ ($P > 0.05$) ส่วนป่อเลี้ยงกุ้งกุลาดำชุดทดลองมีอัตราการลดลงเฉลี่ย $0.4871 \text{ mg/l NO}_3\text{-N}$ ต่อสัปดาห์ ($P < 0.05$) และในการทดลองช่วงนี้ มีการวิเคราะห์ในเขตรอบในคอสม์ที่มีการเติมเชื้อดีไนตริฟายอิงแบคทีเรียเพิ่มเติมพบว่าในเขตรอบมีการเปลี่ยนแปลงไม่แน่นอนขึ้นอยู่กับช่วงเวลาที่มีการเติมดีไนตริฟายอิงแบคทีเรียโดยมีค่าเฉลี่ยตลอดการทดลอง $27.503 \pm 7.242 \text{ mg/l NO}_3\text{-N}$ และแปรผันอยู่ในช่วง $13.2\text{--}37 \text{ mg/l NO}_3\text{-N}$ (ดังรูปที่ 14) แต่ไม่มีความสัมพันธ์เชิงเส้น



สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

4. คุณภาพน้ำจากการตรวจสอบและจัดเก็บข้อมูลโดยคอมพิวเตอร์ระบบอัตโนมัติ ตลอด 24 ชั่วโมง

ผลการตรวจสอบและจัดเก็บข้อมูลโดยระบบอัตโนมัติตลอด 24 ชั่วโมง ได้แก่ อุณหภูมิ น้ำ อุณหภูมิอากาศ (ระยะเวลาเดียวกับตรวจสอบอุณหภูมิ น้ำ) ความเค็ม ค่ากรดเบส และปริมาณ ออกซิเจนละลายของน้ำในบ่อเลี้ยงกุ้งกุลาดำชุดควบคุมและชุดทดลอง ดังแสดงการเปลี่ยนแปลง ตลอด 2 ช่วงของการทดลอง ดังนี้

4.1 อุณหภูมิ น้ำ อุณหภูมิ น้ำการทดลองช่วงที่ 1 ของบ่อเลี้ยงกุ้งกุลาดำชุดควบคุมมีค่าเฉลี่ยตลอดการทดลอง 29.45°C และชุดทดลองมีค่าเฉลี่ย 29.28°C ส่วนการทดลองในช่วงที่ 2 บ่อเลี้ยงกุ้งชุดควบคุมและชุดทดลองมีค่าเฉลี่ยตลอดการทดลอง 28.60°C และ 28.64°C ตามลำดับ ดังแสดงการแปรผันในรูปที่ 15 ซึ่งจะเห็นได้ว่าอุณหภูมิ น้ำของบ่อเลี้ยงกุ้งกุลาดำชุดควบคุมและชุดทดลองมีการแปรผันไปในทิศทางเดียวกัน และแปรผันไปตามอุณหภูมิอากาศตามปกติ

4.2 อุณหภูมิอากาศ อุณหภูมิอากาศ (ระยะเวลาเดียวกับการตรวจสอบอุณหภูมิ น้ำ) มีการแปรผันไปตามช่วงเวลาและฤดูกาล โดยไม่มีความแตกต่างกันระหว่างชุดควบคุมและชุดทดลอง (รูปที่ 16)

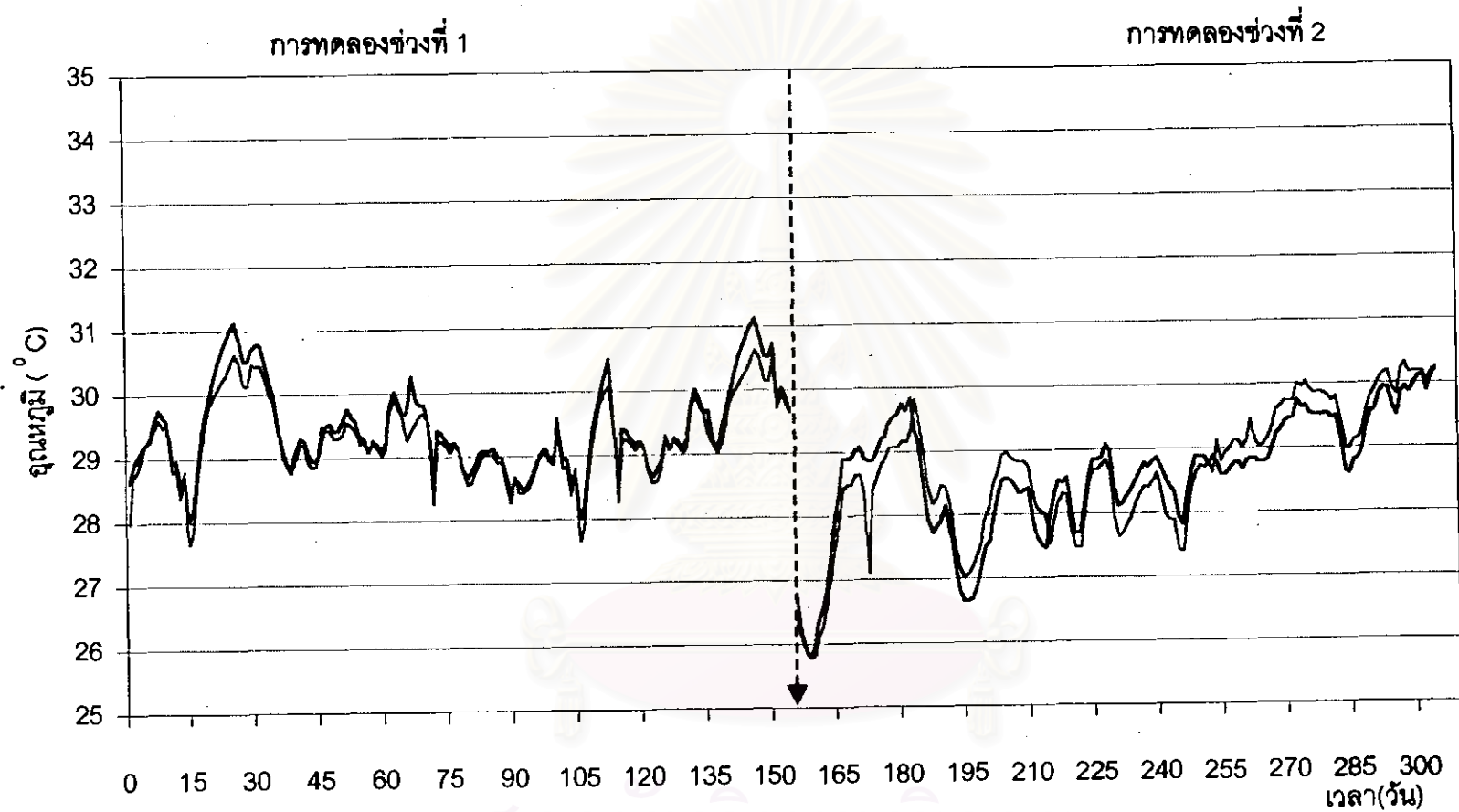
4.3 ค่ากรดเบส (pH) การทดลองช่วงที่ 1 ค่ากรดเบสของน้ำในบ่อเลี้ยงกุ้งกุลาดำชุดควบคุมมีค่าเฉลี่ยตลอดการทดลอง 7.866 ± 0.16 โดยแปรผันอยู่ในช่วง 6.47 – 8.07 ส่วนค่ากรดเบสของบ่อเลี้ยงกุ้งกุลาดำชุดทดลองมีค่าเฉลี่ย 7.85 ± 0.075 มีการแปรผันอยู่ในช่วง 7.7 – 8.05 เมื่อได้ทำการวิเคราะห์ทางสถิติโดยวิธีวิเคราะห์ความสัมพันธ์เชิงเส้น (Linear regression analysis) พบว่ามีความแตกต่างกันของค่ากรดเบส ($P < 0.05$) ของน้ำบ่อเลี้ยงกุ้งกุลาดำชุดควบคุมและชุดทดลอง กล่าวคือ ค่ากรดเบสของบ่อเลี้ยงกุ้งกุลาดำชุดควบคุมมีอัตราการลดลงเฉลี่ย 0.000724 ต่อวัน ส่วนค่ากรดเบสของบ่อเลี้ยงกุ้งกุลาดำชุดทดลองมีอัตราการลดลงเฉลี่ย 0.000776 ต่อวัน

สำหรับการทดลองในช่วงที่ 2 ค่ากรดเบสของบ่อเลี้ยงกุ้งกุลาดำชุดควบคุม เฉลี่ยตลอดการทดลอง 6.574 ± 0.26 มีการแปรผันอยู่ในช่วง 5.88 – 7.43 ส่วนบ่อเลี้ยงกุ้งกุลาดำชุดทดลองมีค่าเฉลี่ย 7.147 ± 0.44 และมีการแปรผันอยู่ในช่วงค่ากรดเบส 6.59 – 7.47 และเมื่อได้ทำการวิเคราะห์ทางสถิติโดยวิธีวิเคราะห์ความสัมพันธ์เชิงเส้น (Linear regression analysis) พบว่าค่ากรดเบสของน้ำบ่อเลี้ยงกุ้งกุลาดำชุดควบคุมมีอัตราการลดลงเฉลี่ย 0.00326 ต่อวัน แต่ค่ากรดเบสของน้ำบ่อเลี้ยงกุ้งกุลาดำชุดทดลองมีอัตราการเพิ่มขึ้นเฉลี่ย 0.00372 ต่อวัน ($P < 0.05$) (รูปที่ 17)

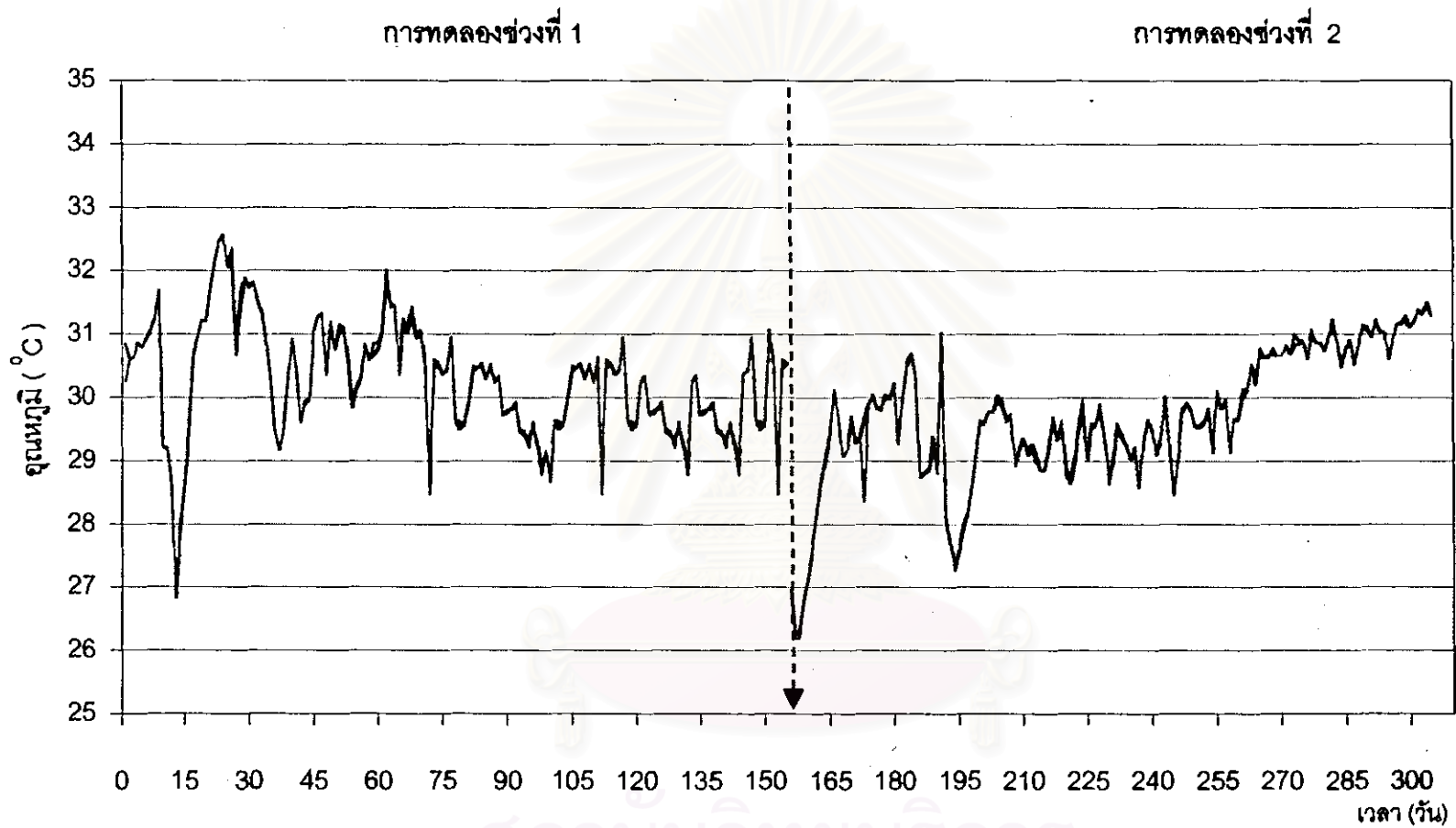
4.5 ค่าความเค็ม การทดลองช่วงที่ 1 ความเค็มของน้ำปอเลี้ยงกุ้งกุลาดำชุดควบคุมมีค่าเฉลี่ยตลอดการทดลอง 31.63 ± 1.73 ppt และชุดทดลองมีค่าเฉลี่ยของความเค็มน้ำปอเลี้ยงกุ้งกุลาดำ คือ 31.46 ± 0.68 ppt สำหรับการทดลองในช่วงที่ 2 พบว่าค่าความเค็มของน้ำปอเลี้ยงกุ้งกุลาดำชุดควบคุม มีค่าเฉลี่ยตลอดการทดลอง 28.88 ± 0.78 ppt และค่าความเค็มของน้ำปอเลี้ยงกุ้งกุลาดำชุดทดลอง มีค่าเฉลี่ยตลอดการทดลอง 28.77 ± 1.15 ppt โดยทั้ง 2 ช่วงของการทดลอง ค่าความเค็มมีการแปรผันไปตามการปรับค่าความเค็มให้อยู่ในช่วงที่กำหนด (รูปที่ 18)

4.6 ปริมาณออกซิเจนละลาย (DO) ปริมาณออกซิเจนละลายมีข้อมูลต่อเนื่องเฉพาะการทดลองในช่วงที่ 2 โดยปอเลี้ยงกุ้งกุลาดำชุดควบคุมมีค่าเฉลี่ยตลอดการทดลอง 4.473 ± 0.25 mg/l ส่วนค่าออกซิเจนละลายของน้ำปอเลี้ยงกุ้งกุลาดำชุดทดลองมีค่าเฉลี่ยตลอดการทดลอง 4.539 ± 0.39 mg/l เมื่อได้ทำการวิเคราะห์ทางสถิติโดยวิธีวิเคราะห์ความสัมพันธ์เชิงเส้น (Linear regression analysis) พบว่าปริมาณออกซิเจนละลายของปอเลี้ยงกุ้งกุลาดำชุดควบคุมและชุดทดลองมีความแตกต่างกันทางสถิติ กล่าวคือ ปริมาณออกซิเจนละลายของน้ำปอเลี้ยงกุ้งกุลาดำชุดควบคุมมีอัตราการลดลงเฉลี่ย 0.00255 mg/l ต่อวัน ($P < 0.05$) แต่ชุดทดลองไม่มีความสัมพันธ์ของการเปลี่ยนแปลง (แสดงการเปลี่ยนแปลงค่าออกซิเจนละลายดังรูปที่ 19)

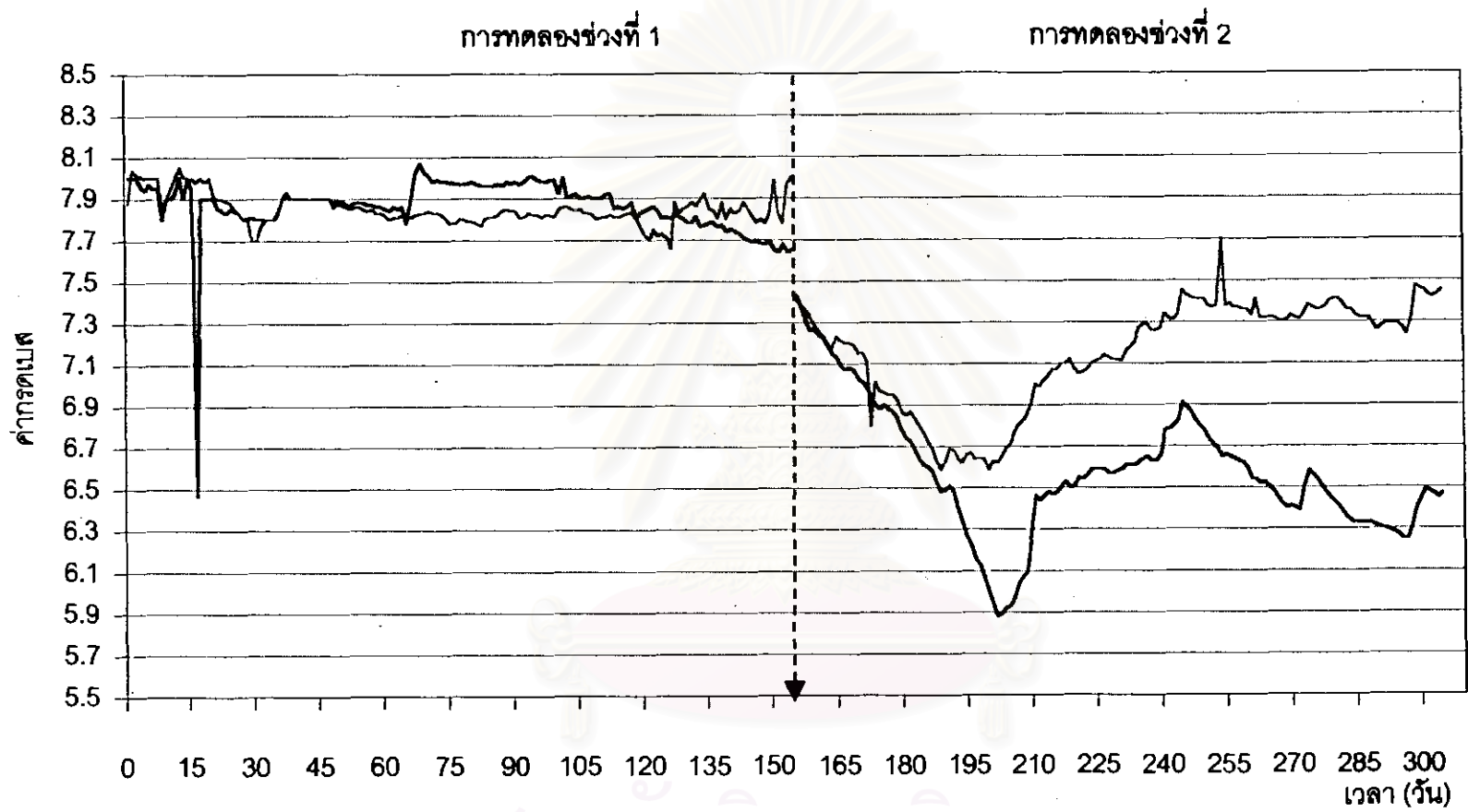
สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



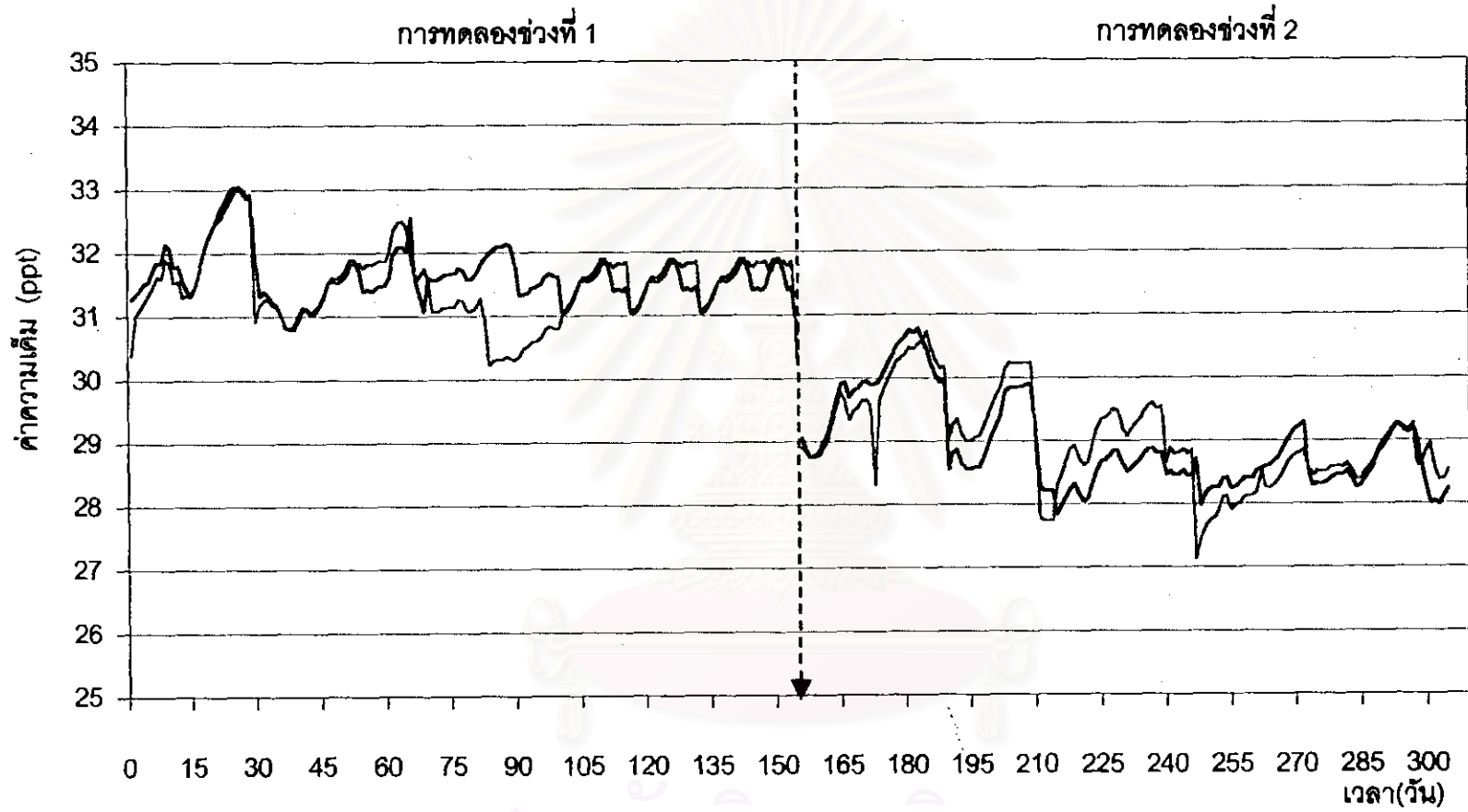
รูปที่ 15 เปรียบเทียบการเปลี่ยนแปลง อุณหภูมิของน้ำในบ่อเลี้ยงกุ้งกุลาดำ ชุดควบคุม (—) และชุดทดลอง (—) ตลอด 2 ช่วงของการทดลอง



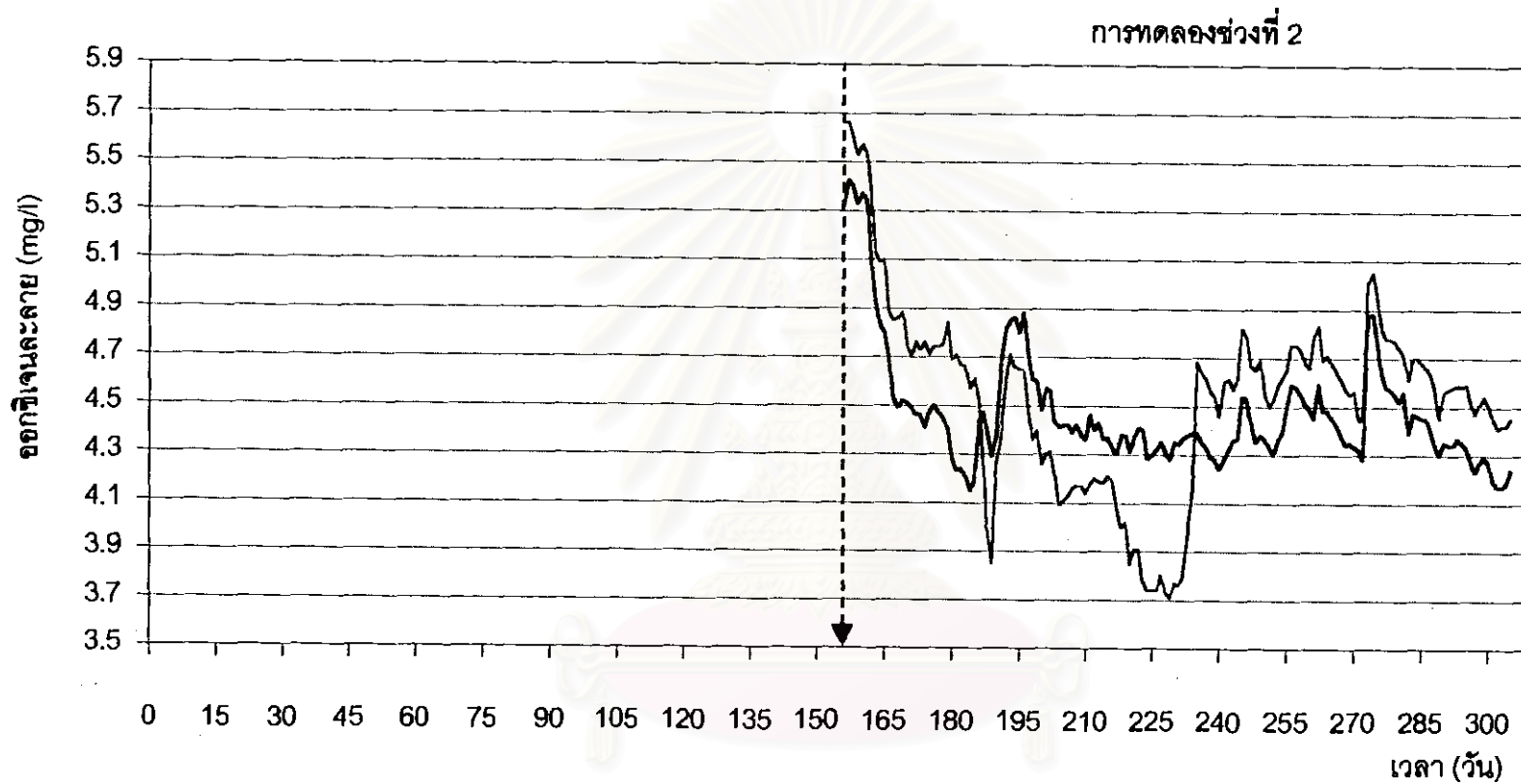
รูปที่ 16 เปรียบเทียบการเปลี่ยนแปลง อุณหภูมิอากาศ ในเวลาเดียวกันกับการตรวจสอบอุณหภูมิน้ำของ ป่อเลี้ยงกุ้งกุลาดำ ชุดควบคุม (—) และชุดทดลอง (—) ตลอด 2 ช่วงของการทดลอง



รูปที่ 17 เปรียบเทียบการเปลี่ยนแปลง ค่ากรดเบสของน้ำในบ่อเลี้ยงกุ้งกุลาดำ ชุดควบคุม (—) และชุดทดลอง (---) ตลอด 2 ช่วงของการทดลอง



รูปที่ 18 เปรียบเทียบการเปลี่ยนแปลง ค่าความเค็มของน้ำในบ่อเลี้ยงกุ้งกุลาดำ จุดควบคุม (—) และจุดทดลอง (—) ตลอด 2 ช่วงของการทดลอง



รูปที่ 19 เปรียบเทียบการเปลี่ยนแปลงปริมาณออกซิเจนละลายของน้ำในปอเลี้ยงกุ้งกุลาดำ ชุดควบคุม (—) และชุดทดลอง (—) ตลอด 2 ชั่วโมงของการทดลอง

ตารางที่ 3 สรุปข้อมูลคุณภาพน้ำเฉลี่ยและค่าต่ำสุด-สูงสุด ของน้ำในบ่อเลี้ยงกุ้งกุลาดำ
ชุดควบคุมและชุดทดลอง การทดลองเลี้ยงกุ้งกุลาดำ ช่วงที่ 1 และช่วงที่ 2

คุณภาพน้ำ	ค่าเฉลี่ย \pm ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน [ค่าต่ำสุด - สูงสุด]			
	การทดลองช่วงที่ 1		การทดลองช่วงที่ 2	
	ชุดควบคุม	ชุดทดลอง	ชุดควบคุม	ชุดทดลอง
แอมโมเนียม (NH_4^+) (mg/l $\text{NH}_4\text{-N}$)	0.2414 ± 0.146 [0.08 - 0.64]	0.235 ± 0.155 [0.07 - 0.67]	$0.266^a \pm 0.137$ [0.06 - 0.53]	$0.136^b \pm 0.078$ [0.03 - 0.33]
ไนไตรท์ (NO_2^-) (mg/l $\text{NO}_2\text{-N}$)	$0.0145^a \pm 0.0063$ [0.002 - 0.025]	$0.0115^b \pm 0.0067$ [0.005 - 0.029]	0.095 ± 0.065 [0.03 - 0.212]	0.085 ± 0.060 [0.030 - 0.216]
ไนเตรท (NO_3^-) (mg/l $\text{NO}_3\text{-N}$)	$13.578^a \pm 5.350$ [2.96 - 23.8]	$19.091^b \pm 8.988$ [3.19 - 30.83]	$38.3^a \pm 2.906$ [25.8 - 44.16]	$35.78^b \pm 4.866$ [24.9 - 48.3] $27.098^c \pm 6.989^1$ [15.3 - 38.3]
ออกซิเจนละลายน้ำ ² (mg/l)	ไม่ได้บันทึกข้อมูล ²	ไม่ได้บันทึกข้อมูล ²	$4.473^a \pm 0.25$ [4.15 - 5.42]	$4.539^b \pm 0.39$ [3.71 - 5.66]
ค่ากรดเบส (pH)	$7.866^a \pm 0.14$ [6.47 - 8.07]	$7.850^b \pm 0.073$ [7.7 - 8.05]	$8.574^a \pm 0.30$ [5.88 - 7.43]	$7.147^b \pm 0.26$ [6.59 - 7.47]
อุณหภูมิอากาศ ($^{\circ}\text{C}$)	30.265 ± 0.90 [26.83 - 32.56]	30.265 ± 0.92 [26.88 - 32.54]	29.706 ± 1.05 [26.52 - 31.49]	29.709 ± 1.07 [26.18 - 31.36]
อุณหภูมิน้ำ ($^{\circ}\text{C}$)	29.45 ± 0.69 [28.02 - 31.12]	29.28 ± 0.62 [27.66 - 30.62]	28.608 ± 0.94 [25.6 - 30.19]	28.642 ± 1.02 [25.86 - 30.31]
ความเค็ม (ppt)	31.632 ± 1.44 [30.38 - 33.04]	31.487 ± 0.58 [30.38 - 33.01]	28.93 ± 0.71 [27.83 - 30.75]	29.01 ± 0.73 [27.13 - 30.73]
สารแขวนลอยในน้ำ ³ (g/l)	ไม่ได้บันทึกข้อมูล ³	ไม่ได้บันทึกข้อมูล ³	0.035	0.010

หมายเหตุ

¹ ข้อมูลไนเตรทจากคอสม์มีสำหรับเติมดีไนทริฟายอิงแบคทีเรีย

² การทดลองช่วงที่ 1 ไม่มีข้อมูลเนื่องจากมีปัญหาเกี่ยวกับเครื่องมือวัดปริมาณออกซิเจนละลายน้ำ

³ การทดลองช่วงที่ 1 ไม่ได้ทำการศึกษา และการทดลองช่วงที่ 2 เป็นข้อมูลเพียง 1 ครั้ง (เดือนที่ 5 ก่อนสิ้นสุดการทดลอง)

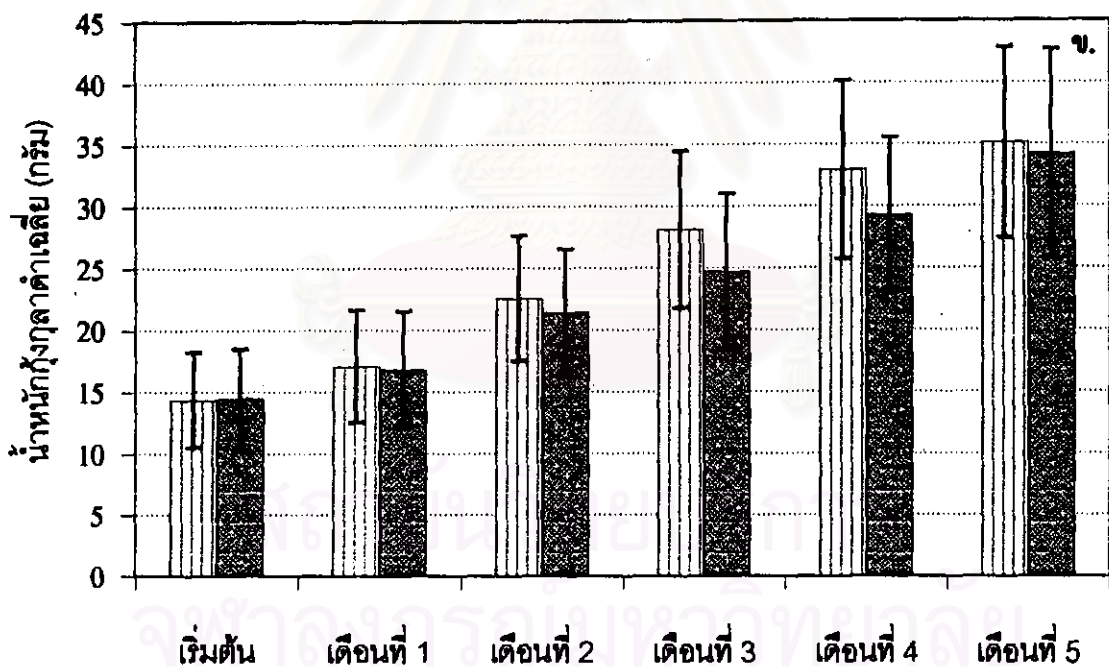
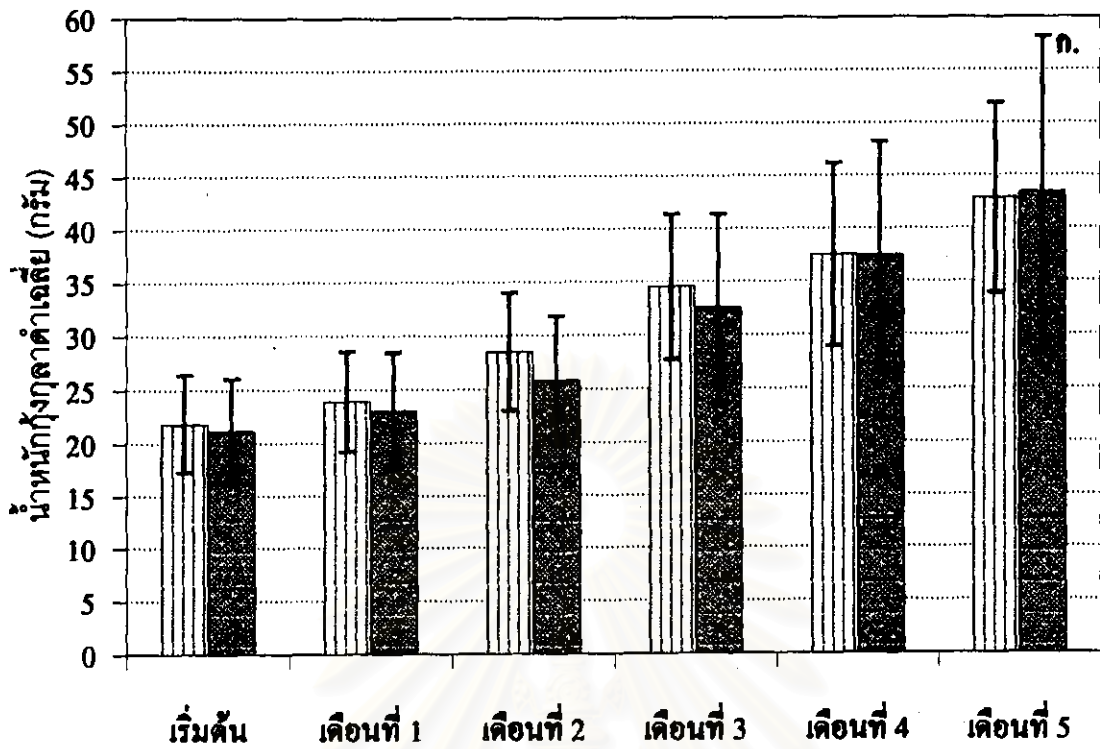
^{a,b,c} แสดงความแตกต่างทางสถิติ ($P < 0.05$) เมื่อเปรียบเทียบในช่วงการทดลองเดียวกัน

ผลการเติบโต และการรอดของกุ้งกุลาดำ

ผลการเติบโตของกุ้งกุลาดำ เมื่อชั่งน้ำหนัก (กรัม) และวัดความยาวลำตัว (ซม.) ของกุ้งกุลาดำทุกตัวก่อนการทดลอง และระหว่างการทดลอง เดือนละ 1 ครั้ง ปรากฏว่า

ช่วงการทดลองที่ 1 หลังจากเลี้ยงกุ้งกุลาดำน้ำหนักเฉลี่ยก่อนทดลอง ประมาณ 21 กรัม ในระบบหมุนเวียนน้ำแบบปิดควบคุมและชุดทดลอง พบว่ากุ้งกุลาดำชุดควบคุมมีอัตราการเติบโตจำเพาะด้านน้ำหนักและความยาวลำตัว 0.136 กรัม ต่อวัน และ 0.02 ซม.ต่อวัน ตามลำดับ โดยมีอัตราการเติบโตสูงสุดในเดือนที่ 3 ของการทดลอง ส่วนกุ้งกุลาดำชุดทดลองมีอัตราการเติบโตจำเพาะด้านน้ำหนักและความยาวลำตัวกุ้งกุลาดำ 0.144 กรัมต่อวัน และ 0.21 ซม.ต่อวัน ตามลำดับ โดยมีอัตราการเติบโตสูงสุดในเดือนที่ 3 เช่นกัน (ตารางที่ 4) เมื่อได้ทำการวิเคราะห์ทางสถิติโดยวิธีวิเคราะห์ความสัมพันธ์เชิงเส้น (Linear regression analysis) พบว่ากุ้งกุลาดำชุดควบคุมมีอัตราการเติบโตเพิ่มขึ้นเฉลี่ย 4.12 กรัมต่อเดือนและ 0.65 ซม.ต่อเดือน ($P < 0.05$) ส่วนกุ้งกุลาดำชุดทดลองมีอัตราการเติบโตเพิ่มขึ้นเฉลี่ย 3.96 กรัมต่อเดือนและ 0.65 ซม.ต่อเดือน ($P < 0.05$) อัตราการเติบโตโดยแสดงน้ำหนักเฉลี่ยที่เพิ่มขึ้นในแต่ละเดือนแสดงในรูปที่ 19 (ก.)

สำหรับการทดลองช่วงที่ 2 กุ้งกุลาดำชุดควบคุมมีอัตราการเติบโตจำเพาะด้านน้ำหนักและความยาวลำตัวกุ้งกุลาดำ 0.138 กรัมต่อวัน และ 0.02 ซม.ต่อวัน ตามลำดับ โดยมีการเติบโตสูงสุดในเดือนที่ 3 (ตารางที่ 5) ส่วนกุ้งกุลาดำชุดทดลองมีอัตราการเติบโตจำเพาะด้านน้ำหนักและความยาวลำตัวกุ้งกุลาดำ 0.132 กรัมต่อวัน และ 0.019 ซม.ต่อวันตามลำดับ โดยมีการเติบโตสูงสุดในเดือนที่ 5 เมื่อได้ทำการวิเคราะห์ทางสถิติโดยวิธีวิเคราะห์ความสัมพันธ์เชิงเส้น (Linear regression analysis) พบว่าการเติบโตด้านน้ำหนักและความยาวลำตัวของกุ้งกุลาดำมีความแตกต่างกันทางสถิติระหว่างกุ้งกุลาดำชุดควบคุมและชุดทดลอง ($P < 0.05$) โดยกุ้งชุดควบคุมมีอัตราการเติบโตเพิ่มขึ้นเฉลี่ย 4.47 กรัมต่อเดือน และ 0.67 ซม.ต่อเดือน ส่วนการเติบโตของกุ้งกุลาดำชุดทดลองมีอัตราการเพิ่มขึ้นเฉลี่ย 3.93 กรัมต่อเดือน และ 0.61 ซม.ต่อเดือน ($P < 0.05$) อัตราการเติบโตโดยแสดงน้ำหนักเฉลี่ยที่เพิ่มขึ้นในแต่ละเดือนแสดงในรูปที่ 19 (ข.)



รูปที่ 20 น้ำหนักเฉลี่ยที่เพิ่มขึ้นในแต่ละเดือนของกิ่งกุดคำชุดควบคุม (ก.) และชุดทดลอง (ข.) การทดลองช่วงที่ 1 (ก.) และการทดลองช่วงที่ 2 (ข.)

ตารางที่ 4 น้ำหนักเฉลี่ย, ความยาวลำตัวเฉลี่ยและอัตราการเติบโตของกุ้งกุลาดำ ชุดควบคุมและชุดทดลอง การทดลองช่วงที่ 1

เวลา / ชุดการทดลอง	น้ำหนักเฉลี่ย (กรัม ± SD)	อัตราการเติบโต จำเพาะ (กรัม/วัน)	อัตราการเติบโต จำเพาะ ในแต่ละ เดือน (กรัม/วัน)	ความยาวลำตัว เฉลี่ย (ซม. ± SD)	อัตราการเติบโต จำเพาะ (ซม./วัน)	อัตราการเติบโตจำเพาะ ในแต่ละเดือน (ซม./วัน)
เริ่มทดลอง ชุดควบคุม	21.80 ± 4.58	-	-	13.19 ± 0.89	-	-
ชุดทดลอง	21.12 ± 4.90	-	-	13.02 ± 1.07	-	-
เดือนที่ 1 ชุดควบคุม	23.87 ± 4.67	0.066	0.066	13.68 ± 0.86	0.016	0.016
ชุดทดลอง	22.98 ± 5.42	0.060	0.060	13.54 ± 1.03	0.017	0.017
เดือนที่ 2 ชุดควบคุม	28.48 ± 5.51	0.107	0.149	14.59 ± 0.90	0.022	0.029
ชุดทดลอง	25.79 ± 5.99	0.075	0.091	14.00 ± 1.10	0.016	0.015
เดือนที่ 3 ชุดควบคุม	34.50 ± 6.84	0.136	0.194	15.41 ± 0.92	0.024	0.034
ชุดทดลอง	32.44 ± 8.90	0.121	0.215	15.03 ± 1.37	0.022	0.033
เดือนที่ 4 ชุดควบคุม	37.51 ± 8.64	0.126	0.097	15.63 ± 1.14	0.019	0.007
ชุดทดลอง	37.33 ± 10.79	0.130	0.158	15.70 ± 1.53	0.022	0.022
เดือนที่ 5 ชุดควบคุม	42.82 ± 9.00	0.136	0.171	16.28 ± 0.93	0.020	0.021
ชุดทดลอง	43.38 ± 14.75	0.144	0.195	16.30 ± 1.88	0.021	0.019

ตารางที่ 5 น้ำหนักเฉลี่ย, ความยาวลำตัวเฉลี่ยและอัตราการเติบโตของกุ้งกุลาดำ ชุดควบคุมและชุดทดลอง การทดลองช่วงที่ 2

เวลา / ชุดการทดลอง	น้ำหนักเฉลี่ย (กรัม ± SD)	อัตราการเติบโต จำเพาะ (กรัม/วัน)	อัตราการเติบโต จำเพาะ ในแต่ละ เดือน (กรัม/วัน)	ความยาวลำตัว เฉลี่ย (ซม. ± SD)	อัตราการเติบโต จำเพาะ (ซม./วัน)	อัตราการเติบโตจำเพาะ ในแต่ละเดือน (ซม./วัน)
เริ่มทดลอง ชุดควบคุม	14.35 ± 3.85	-	-	11.58 ± 1.10	-	-
ชุดทดลอง	14.38 ± 4.12	-	-	11.56 ± 1.17	-	-
เดือนที่ 1 ชุดควบคุม	17.08 ± 4.54	0.091	0.091	11.90 ± 1.04	0.011	0.011
ชุดทดลอง	16.82 ± 4.73	0.081	0.081	11.82 ± 1.20	0.009	0.009
เดือนที่ 2 ชุดควบคุม	22.55 ± 5.08	0.136	0.182	12.84 ± 0.95	0.021	0.031
ชุดทดลอง	21.37 ± 5.14	0.116	0.152	12.68 ± 1.02	0.019	0.029
เดือนที่ 3 ชุดควบคุม	28.10 ± 6.36	0.153	0.185	13.85 ± 1.06	0.025	0.034
ชุดทดลอง	24.69 ± 6.28	0.114	0.111	13.23 ± 1.06	0.019	0.019
เดือนที่ 4 ชุดควบคุม	32.92 ± 7.25	0.153	0.161	14.38 ± 1.07	0.023	0.018
ชุดทดลอง	29.24 ± 6.30	0.124	0.152	13.89 ± 0.90	0.019	0.022
เดือนที่ 5 ชุดควบคุม	35.11 ± 7.73	0.138	0.073	14.58 ± 1.07	0.020	0.007
ชุดทดลอง	34.24 ± 8.44	0.132	0.167	14.48 ± 1.08	0.019	0.020

ผลการรอดของกุ้งกุลาดำ

การทดลองช่วงที่ 1 เมื่อสิ้นสุดการทดลองพบว่ากุ้งกุลาดำชุดควบคุมมีอัตราการรอด 11.7 % ส่วนกุ้งกุลาดำชุดทดลองมีอัตราการรอด 8 % โดยกุ้งเพศผู้มีการรอดมากกว่ากุ้งเพศเมีย ยกเว้นในเดือนที่ 5 ของชุดทดลองซึ่งกุ้งเพศเมียมีการรอดมากกว่ากุ้งเพศผู้ (ดังแสดงผลในตารางที่ 6) แต่เมื่อพิจารณาการรอดของกุ้งกุลาดำทั้งชุดควบคุมและชุดทดลองในแต่ละวันแล้วพบว่ากุ้งกุลาดำในชุดควบคุมและชุดทดลองมีการรอดใกล้เคียงกัน และช่วงเดือนที่ 1-4 กุ้งกุลาดำชุดควบคุมมีการรอดน้อยกว่าชุดทดลอง แต่ในเดือนที่ 5 ชุดควบคุมมีการรอดของกุ้งมากกว่าชุดทดลอง

การทดลองช่วงที่ 2 เมื่อสิ้นสุดการทดลองในเดือนที่ 5 พบว่ากุ้งกุลาดำชุดควบคุมมีอัตราการรอด 27.49 % และกุ้งกุลาดำชุดทดลองมีอัตราการรอด 22.14 % โดยกุ้งเพศเมียมีการรอดมากกว่ากุ้งเพศผู้ในทุกเดือนของการทดลองช่วงนี้ ยกเว้นในเดือนที่ 5 ซึ่งกุ้งกุลาดำชุดควบคุมมีการรอดของกุ้งเพศผู้เท่ากับกุ้งเพศเมีย ดังแสดงข้อมูลในตารางที่ 7

ตารางที่ 6 ผลการรอดของกุ้งกุลาดำชุดควบคุมและชุดทดลอง ตลอดการทดลองช่วงที่ 1

เวลา / ชุดการทดลอง	จำนวน		เพศผู้ (ตัว)	เพศเมีย (ตัว)	ความหนาแน่น (ตัว/ตร.ม.)	
	ตัว	ร้อยละ				
เริ่มทดลอง	ชุดควบคุม	94	100	51	43	9.83
	ชุดทดลอง	94	100	49	45	9.83
เดือนที่ 1	ชุดควบคุม	59	62.76	33	26	6.17
	ชุดทดลอง	68	72.34	36	32	7.11
เดือนที่ 2	ชุดควบคุม	34	36.17	22	12	3.55
	ชุดทดลอง	42	44.68	25	17	4.39
เดือนที่ 3	ชุดควบคุม	23	24.46	16	7	2.40
	ชุดทดลอง	22	23.40	12	10	2.30
เดือนที่ 4	ชุดควบคุม	18	19.14	14	4	1.88
	ชุดทดลอง	13	13.82	7	5	1.36
เดือนที่ 5	ชุดควบคุม	11	11.70	6	5	1.15
	ชุดทดลอง	8	8.51	3	5	0.84

ตารางที่ 7 ผลการวิจัยของกึ่งภูธาคำชุดควบคุมและชุดทดลองตลอดการทดลองครั้งที่ 2

เวลา / ชุดการทดลอง	จำนวน		เพศผู้ (ตัว)	เพศเมีย (ตัว)	ความหนาแน่น (ตัว/ตร.ม.)	
	ตัว	ร้อยละ				
เริ่มทดลอง	ชุดควบคุม	280	100	130	150	29.28
	ชุดทดลอง	280	100	137	143	29.28
เดือนที่ 1	ชุดควบคุม	202	72.14	93	109	21.12
	ชุดทดลอง	208	74.28	103	105	21.75
เดือนที่ 2	ชุดควบคุม	134	47.85	65	69	14.01
	ชุดทดลอง	145	51.78	68	77	15.16
เดือนที่ 3	ชุดควบคุม	107	38.21	51	56	11.19
	ชุดทดลอง	120	42.85	55	65	12.55
เดือนที่ 4	ชุดควบคุม	87	31.07	40	47	9.10
	ชุดทดลอง	97	34.64	40	57	10.14
เดือนที่ 5	ชุดควบคุม	77	27.49	39	38	8.05
	ชุดทดลอง	62	22.14	23	39	6.48

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย