ตารางที่ 15 ครั้งที่จับและระยะเวลาการเลี้ยงกุ้งก้ามกราม

ครั้งที่จับ	ระยะเวลาการเลี้ยง (วัน)	
	ระบบที่มีการอนุบาลและเลี้ยงในบ่อเดียวกัน	ระบบที่มีการอนุบาลและเลี้ยงแยกบ่อ
1	120	60
2	150	90
3	180	120
4	210	150
5	240	180
6	270	210
จับทุกๆ 30 วันจนครบ	390	240

ตารางที่ 16 วัตถุประสงค์ในการจับกุ้งก้ามกรามแต่ละครั้ง

ครั้งที่	วัตถุประสงค์
1	กุ้งก้ามกรามตัวเมีย ตัวผู้ก้ามลาก (ตัวผู้สีน้ำเงินเข้ม)
2	กุ้งก้ามกรามตัวเมีย, ตัวผู้ที่ได้ขนาด, ตัวผู้ก้ามลาก (ตัวผู้สีน้ำเงินเข้ม)
3	กุ้งก้ามกรามตัวเมีย, ตัวผู้ที่ได้ขนาด, ตัวผู้ก้ามลาก (ตัวผู้สีน้ำเงินเข้ม)
ครั้งต่อไป	กุ้งก้ามกรามตัวเมีย, ตัวผู้ที่ได้ขนาด

ผลจากการศึกษาระบบการเลี้ยงกุ้งก้ามกราม พบว่า เกษตรกรผู้เลี้ยงกุ้งก้ามกราม บริเวณอำเภอบางปลาม้า และอำเภอสองพี่น้อง จังหวัดสุพรรณบุรี นิยมเลี้ยงกุ้งก้ามกรามแบบระบบที่มีการอนุบาลและเลี้ยงแยกบ่อ มากกว่าระบบที่มีการอนุบาลและเลี้ยงในบ่อเดียวกัน โดยมีความแตกต่างของระบบทั้งสองดังต่อไปนี้

ระบบที่มีการอนุบาลและเลี้ยงในบ่อเดียวกัน มีระยะเวลาการเลี้ยงยาวนานกว่า ระบบที่มีการอนุบาลและเลี้ยงแยกบ่อ ถึง 4 เดือน ซึ่งทำให้เกษตรมีต้นทุนเพิ่มมากขึ้น เนื่องจากมีค่าอาหาร และค่าใช้จ่ายต่างๆ ในการเลี้ยงกุ้งก้ามกรามที่มีระยะเวลาการเลี้ยงที่เพิ่มขึ้น และมีอัตราการรอดต่ำกว่าระบบที่มีการอนุบาลและเลี้ยงแยกบ่อ เนื่องจากลูกกุ้งที่ปล่อยมีขนาดที่แตกต่างกัน จึงทำให้มีเกิดปัญหาการกินกันเองของกุ้ง ในขณะที่ระบบที่มีการอนุบาลและเลี้ยงแยกบ่อ เกษตรกรทำการอนุบาลลูกกุ้งก่อนเลี้ยง โดยคัดขนาดลูกกุ้งที่ได้ขนาดสม่ำเสมอกัน จึงช่วยลดปัญหาการกินกันเองของกุ้งได้ และเกษตรกรทำการลากย้ายลูกกุ้งในบ่ออนุบาลไปยังบ่อเลี้ยง เพื่อเป็นการลดมีอัตราความหนาแน่นของกุ้งภายในบ่อ โดยที่มีการเปลี่ยนถ่ายน้ำภายในบ่อเลี้ยงบ่อยครั้งกว่าระบบที่มีการอนุบาลและเลี้ยงในบ่อเดียวกัน เพื่อเป็นการลดการสะสมของปริมาณธาตุอาหารภายในบ่อเลี้ยง และกระตุ้นให้กุ้งลอกคราบอีกด้วย ดังนั้น ผลผลิตของระบบที่มีการอนุบาลและเลี้ยงในบ่อเดียวกัน จึงมีขนาด และน้ำหนักที่แตกต่างกัน จึงทำให้ได้ราคาที่ต่ำ อย่างไรก็ตาม ผลผลิตของระบบที่มีการอนุบาลและเลี้ยงแยกบ่อ มีขนาดที่ใกล้เคียงกัน จึงทำให้ได้ราคาที่สูง (ตารางที่ 17)

ตารางที่ 17 ข้อดี ข้อเสีย ของระบบที่มีการอนุบาลและเลี้ยงในบ่อเดียวกัน และระบบที่มีการอนุบาลและเลี้ยงแยกบ่อ

ระบบ	ข้อดี	ข้อเสีย
1. ระบบที่มีการอนุบาลและเลี้ยงในบ่อเดียวกัน	1. ไม่ยุ่งยากในการลากย้ายบ่อเลี้ยง	1. ระยะเวลาการเลี้ยงยาวนาน 2. อัตราความหนาแน่นของกุ้งภายในบ่อเลี้ยงสูง 3. การสะสมของปริมาณธาตุอาหารภายในบ่อสูง 4. ต้นในการเลี้ยงทุนสูง 5. อัตราการรอดต่ำ 6. ขนาดของกุ้งก้ามกรามเมื่อจับขายแตกต่างกัน
2. ระบบที่มีการอนุบาลและเลี้ยงแยกบ่อ	1. ระยะเวลาการเลี้ยงสั้น 2. ลดอัตราความหนาแน่นของกุ้งภายในบ่อเลี้ยง 3. การสะสมของปริมาณธาตุอาหารภายในบ่อน้อย 4. ต้นทุนในการเลี้ยงต่ำ 5. อัตราการรอดสูง 6. ขนาดของกุ้งก้ามกรามเมื่อจับขายใกล้เคียงกัน	1. ยุ่งยากในการลากย้ายบ่อเลี้ยง

คุณภาพน้ำทิ้งจากบ่อเลี้ยงกุ้งก้ามกราม

การเก็บตัวอย่างคุณภาพน้ำมีจุดเก็บตัวอย่างทั้งหมด 60 สถานี ซึ่งแบ่งออกเป็นบ่อเลี้ยงกุ้งก้ามกรามบริเวณอำเภอบางปลาม้าจำนวน 40 สถานี และอำเภอสองพี่น้องจำนวน 20 สถานี โดยได้ศึกษาคุณสมบัติทางกายภาพและเคมีของน้ำที่ทำการศึกษา ได้แก่ อุณหภูมิ ความเป็นกรดเป็นด่าง (pH) ปริมาณออกซิเจนละลายในน้ำ (DO) คลอโรฟิลล์ เอ (Chlorophyll-a) แอมโมเนีย-ไนโตรเจน (Ammonia-Nitrogen) ไนไตรท์-ไนโตรเจน (Nitrite-Nitrogen) ไนเตรท-ไนโตรเจน (Nitrate-Nitrogen) และออร์โธฟอสเฟต (Reactive Phosphorus) ผลการศึกษาคุณภาพน้ำมีดังนี้

1. คุณภาพน้ำทิ้งจากบ่อเลี้ยงกุ้งก้ามกราม ตามระบบการเลี้ยงกุ้งก้ามกราม

การเลี้ยงกุ้งก้ามกรามของอำเภอบางปลาม้า และอำเภอสองพี่น้อง มีระบบการเลี้ยงแบ่งออกเป็นระบบที่ 1 คือ ระบบที่มีการอนุบาลและเลี้ยงในบ่อเดียวกัน และระบบที่ 2 คือ ระบบที่มีการอนุบาลและเลี้ยงแยกบ่อ ผลจากการศึกษามีดังนี้

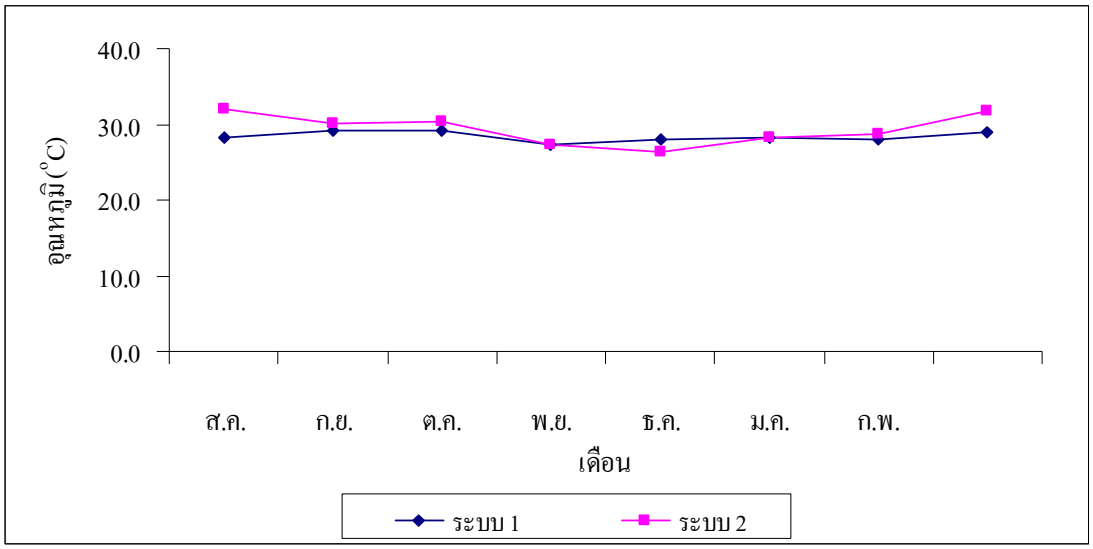
1.1. อุณหภูมิ

ระบบที่มีการอนุบาลและเลี้ยงในบ่อเดียวกัน พบว่า อุณหภูมิน้ำมีค่าเฉลี่ย เท่ากับ 28.3 องศาเซลเซียส และมีค่าอยู่ในช่วง 22.4-35.5 องศาเซลเซียส โดยมีค่าอุณหภูมิเฉลี่ยต่ำสุดในเดือนพฤศจิกายน เท่ากับ 27.4 องศาเซลเซียส และสูงสุดในเดือนกันยายน เท่ากับ 29.3 องศาเซลเซียส (ภาพที่ 10)

ระบบที่มีการอนุบาลและเลี้ยงแยกบ่อ พบว่า อุณหภูมิน้ำมีค่าเฉลี่ย เท่ากับ 29.3 องศาเซลเซียส และมีค่าอยู่ในช่วง 24.1-38.1 องศาเซลเซียส โดยมีค่าอุณหภูมิเฉลี่ยต่ำสุดในเดือนธันวาคม 26.3 องศาเซลเซียส และสูงสุดในเดือนสิงหาคม เท่ากับ 32.1 องศาเซลเซียส (ภาพที่ 10)

ผลจากการศึกษาความแตกต่างทางสถิติ พบว่า อุณหภูมิของน้ำของระบบที่มีการอนุบาลและเลี้ยงในบ่อเดียวกัน ไม่มีความแตกต่างกับระบบที่มีการอนุบาลและเลี้ยงแยกบ่อ อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95

จากการศึกษาพบว่า อุณหภูมิเฉลี่ยของน้ำจากบ่อเลี้ยงกุ้งก้ามกรามทั้งสองระบบ มีอุณหภูมิอยู่ในช่วง 26.3-32.1 องศาเซลเซียส ซึ่งสอดคล้องกับเกณฑ์คุณภาพน้ำที่เหมาะสมต่อการดำรงชีวิตของสัตว์น้ำ มีอุณหภูมิอยู่ในช่วง 23-32 องศาเซลเซียส (กรมควบคุมมลพิษ, 2540) และอุณหภูมิที่เหมาะสมในบ่อเลี้ยงกุ้งมีค่าอยู่ในช่วง 25-30 องศาเซลเซียส เมื่ออุณหภูมิสูงกว่า 30 องศาเซลเซียส กุ้งจะกินอาหารลดลง ชลอ (2534)



ภาพที่ 10 อุณหภูมิเฉลี่ยของน้ำทิ้งจากบ่อเลี้ยงกุ้งก้ามกราม แต่ละระบบการเลี้ยง

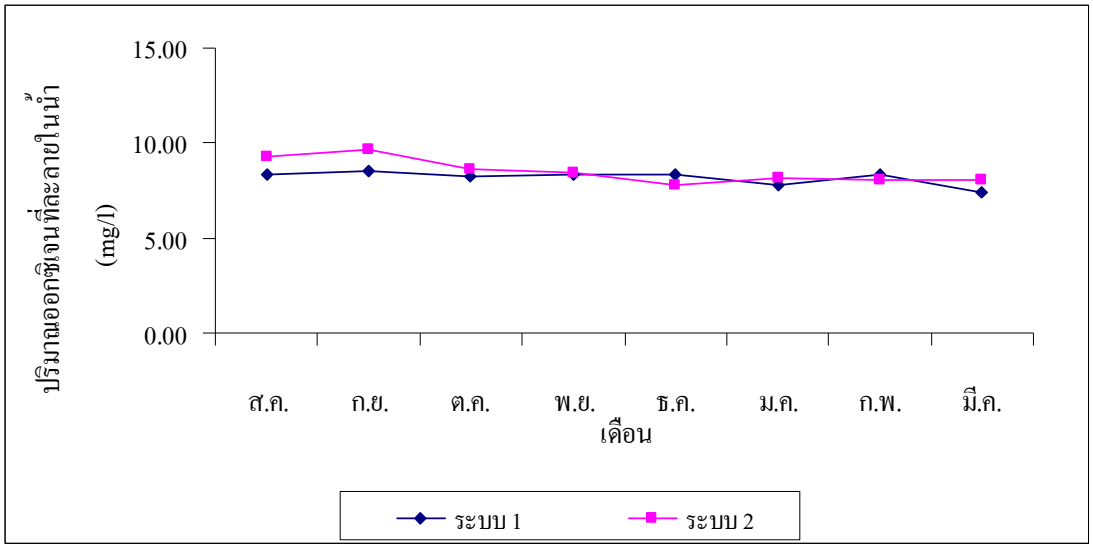
1.2 ปริมาณออกซิเจนที่ละลายในน้ำ (DO)

ระบบที่ทำการอนุบาลและเลี้ยงในบ่อเดียวกัน พบว่า ปริมาณออกซิเจนที่ละลายในน้ำมีค่าเฉลี่ย เท่ากับ 4.16 มิลลิกรัมต่อลิตร มีค่าอยู่ในช่วง 1.30-9.70 มิลลิกรัมต่อลิตร โดยมีปริมาณออกซิเจนที่ละลายในน้ำเฉลี่ยต่ำสุดในเดือนสิงหาคม เท่ากับ 3.39 มิลลิกรัมต่อลิตร และสูงสุดในเดือนกุมภาพันธ์ เท่ากับ 4.98 มิลลิกรัมต่อลิตร (ภาพที่ 11)

ระบบที่ทำการอนุบาลและเลี้ยงแยกบ่อ พบว่า ปริมาณออกซิเจนที่ละลายในน้ำ มีค่าเฉลี่ย เท่ากับ 4.70 มิลลิกรัมต่อลิตร มีค่าอยู่ในช่วง 1.80-10.42 มิลลิกรัมต่อลิตร โดยมีปริมาณออกซิเจนที่ละลายในน้ำเฉลี่ยต่ำสุดในเดือนพฤศจิกายน เท่ากับ 3.91 มิลลิกรัมต่อลิตร และสูงสุดในเดือนกุมภาพันธ์ เท่ากับ 5.56 มิลลิกรัมต่อลิตร (ภาพที่ 11)

ผลจากการศึกษาความแตกต่างทางสถิติ พบว่า ปริมาณออกซิเจนที่ละลายในน้ำ ของระบบที่ทำการอนุบาลและเลี้ยงในบ่อเดียวกัน ไม่มีความแตกต่างกับระบบที่ทำการอนุบาลและเลี้ยงแยกบ่อ อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95

ปริมาณออกซิเจนที่ละลายในน้ำในการศึกษาครั้งนี้พบว่า ระบบที่ทำการอนุบาลและเลี้ยงในบ่อเดียวกัน กับระบบที่ทำการอนุบาลและเลี้ยงแยกบ่อ มีปริมาณออกซิเจนที่ละลายในน้ำอยู่ในเกณฑ์คุณภาพน้ำที่เหมาะสมต่อการดำรงชีวิตของสัตว์น้ำ ซึ่งมีค่าออกซิเจนที่ละลายในน้ำมากกว่า 3 มิลลิกรัมต่อลิตร (กรมควบคุมมลพิษ, 2540) ปริมาณออกซิเจนที่ละลายในน้ำมีโอกาสเกิดปัญหาน้อยมาก เนื่องจากมีการเติมออกซิเจนในบ่อเลี้ยงอย่างเพียงพอ และปริมาณออกซิเจนที่ละลายในน้ำไม่ต่ำกว่า 5 มิลลิกรัมต่อลิตร (เบญจมินทร์, 2547) ซึ่งสอดคล้องกับการศึกษาของ Boyd (1989) กล่าวว่า ปริมาณออกซิเจนที่ละลายในน้ำที่เหมาะสมคือ 5 มิลลิกรัมต่อลิตร และมั่นสิน (2545) กล่าวว่า ปริมาณออกซิเจนละลายในน้ำ น้อยกว่า 1 มิลลิกรัมต่อลิตร สัตว์น้ำอาจตายได้ถ้าเกิดขึ้นเป็นเวลานานหลายชั่วโมง ปริมาณออกซิเจนละลายในน้ำ 1-5 มิลลิกรัมต่อลิตร สัตว์น้ำจะมีชีวิตอยู่ได้ แต่ถ้าเกิดขึ้นอย่างต่อเนื่อง สัตว์น้ำจะเจริญเติบโตช้าและไม่สามารถขยายพันธุ์ได้ดี และปริมาณออกซิเจนละลายในน้ำ มากกว่า 5 มิลลิกรัมต่อลิตร เป็นปริมาณที่เหมาะสมต่อการเจริญเติบโตช้าและขยายพันธุ์ได้ดี



ภาพที่ 11 ปริมาณออกซิเจนที่ละลายในน้ำเฉลี่ยของน้ำทิ้งจากบ่อเลี้ยงกุ้งก้ามกราม แต่ละระบบการเลี้ยง

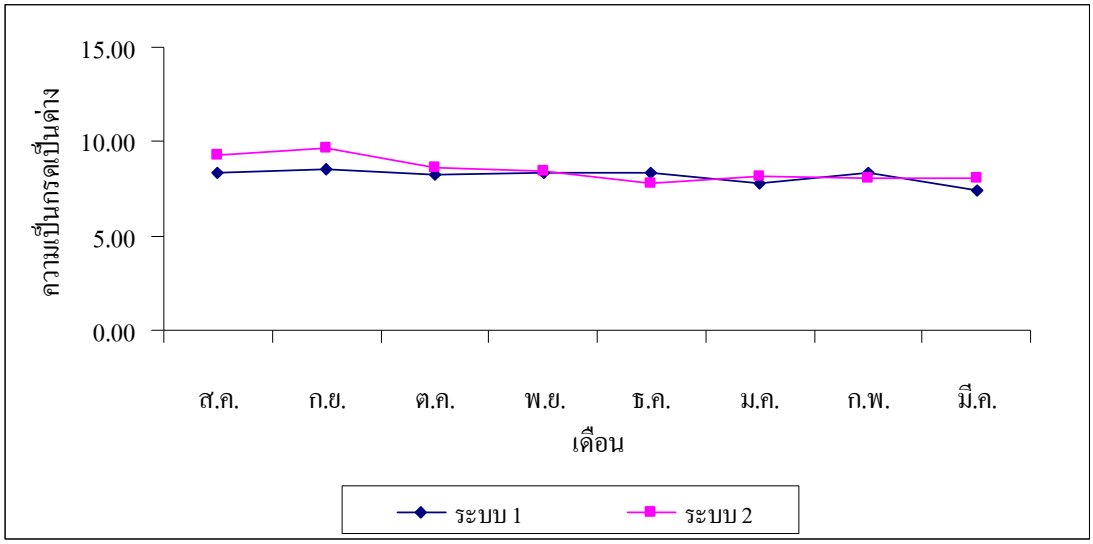
1.3 ความเป็นกรดเป็นด่าง (pH)

ระบบที่มีการอนุบาลและเลี้ยงในบ่อเดียวกัน พบว่า ค่าความเป็นกรดเป็นด่างของน้ำมีค่าเฉลี่ย เท่ากับ 8.07 และมีค่าอยู่ในช่วง 4.14-11.55 โดยมีค่าความเป็นกรดเป็นด่างของน้ำเฉลี่ยต่ำสุดในเดือนมีนาคม เท่ากับ 7.38 และสูงสุดในเดือนกันยายน เท่ากับ 8.57 (ภาพที่ 12)

ระบบที่ทำการอนุบาลและเลี้ยงแยกบ่อ พบว่า ค่าความเป็นกรดเป็นด่างของน้ำมีค่าเฉลี่ย เท่ากับ 8.37 และมีค่าอยู่ในช่วง 6.47-11.55 โดยมีค่าความเป็นกรดเป็นด่างของน้ำเฉลี่ยต่ำสุดในเดือนธันวาคม เท่ากับ 7.74 และสูงสุดในเดือนกันยายน เท่ากับ 9.65 (ภาพที่ 12)

ผลจากการศึกษาความแตกต่างทางสถิติ พบว่า ค่าความเป็นกรดเป็นด่างของระบบที่ทำการอนุบาลและเลี้ยงในบ่อเดียวกัน ไม่มีความแตกต่างกับระบบที่ทำการอนุบาลและเลี้ยงแยกบ่อ อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95

ค่าความเป็นกรดเป็นด่างที่ได้ศึกษาในครั้งนี้พบว่า โดยเฉลี่ยอยู่ในช่วงที่เหมาะสมสำหรับการเจริญเติบโตของกุ้งก้ามกราม มีค่าอยู่ในช่วง 6.5-8.9 ถ้ามีค่าต่ำกว่า 4 จะทำให้กุ้งตายได้ (ชูศักดิ์, 2544) ค่าความเป็นกรดเป็นด่างในบ่อเลี้ยงสัตว์น้ำมีความสำคัญมาก เนื่องจากมีผลโดยตรงกับการเจริญเติบโตของสัตว์น้ำ ค่าความเป็นกรดเป็นด่าง ต่ำกว่า4 และสูงกว่า 11 จะทำให้สัตว์น้ำตาย ค่าความเป็นกรดเป็นด่าง 4-6.5, 9.5-11 สัตว์น้ำไม่สืบพันธุ์ เจริญเติบโตช้า และค่าความเป็นกรดเป็นด่างที่เหมาะสมมีค่าระหว่าง 9.5-11 (มั่นสิน, 2545) ซึ่งสอดคล้องกับเกณฑ์คุณภาพน้ำที่เหมาะสมต่อการดำรงชีวิตของสัตว์น้ำ กำหนดให้ค่าความเป็นกรดเป็นด่างอยู่ในช่วง 5-9 (กรมควบคุมมลพิษ, 2540) และวิทยา (2543) กล่าวว่า ค่าความเป็นกรดเป็นด่างของบ่อเลี้ยงกุ้งกุลาดำแบบพัฒนาในเขตพื้นที่น้ำจืด จังหวัดนครปฐม มีค่าเฉลี่ยระหว่าง 7.7-8.6



ภาพที่ 12 ค่าความเป็นกรดเป็นด่างเฉลี่ยของน้ำทิ้งจากบ่อเลี้ยงกุ้งก้ามกราม แต่ละระบบการเลี้ยง

1.4 แอมโมเนีย-ไนโตรเจน (ammonia-nitrogen)

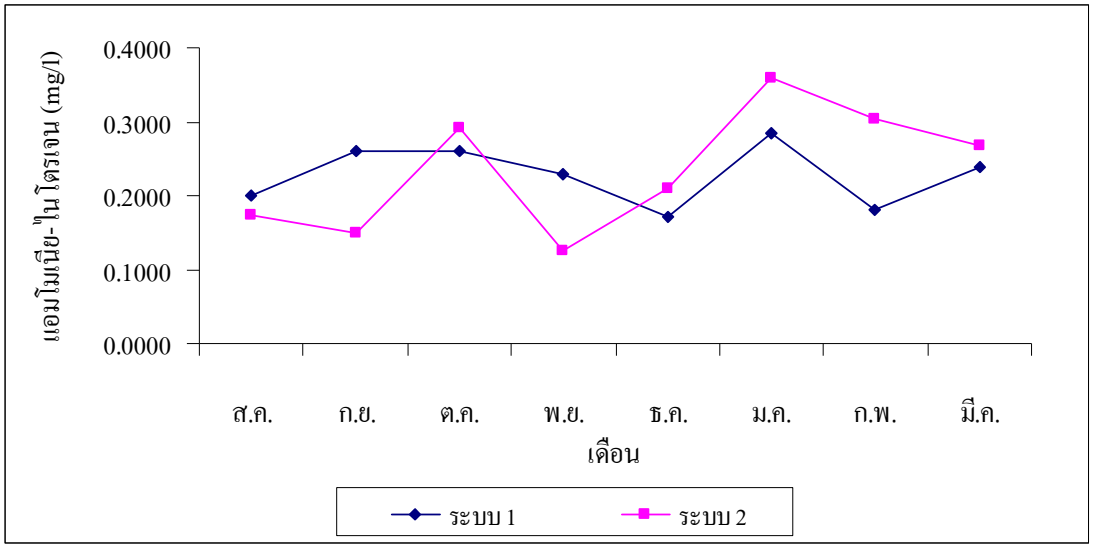
ระบบที่ทำการอนุบาลและเลี้ยงในบ่อเดียวกัน พบว่า ปริมาณแอมโมเนีย-ไนโตรเจน มีค่าเฉลี่ย เท่ากับ 0.2230 มิลลิกรัมต่อลิตร มีค่าอยู่ในช่วง 0.071-0.7379 มิลลิกรัมต่อลิตร โดยมีปริมาณแอมโมเนีย-ไนโตรเจน ในน้ำเฉลี่ยต่ำสุดในเดือนพฤศจิกายน เท่ากับ 0.126 มิลลิกรัมต่อลิตร และสูงสุดในเดือนมกราคม เท่ากับ 0.360 มิลลิกรัมต่อลิตร (ภาพที่ 13)

ระบบที่ทำการอนุบาลและเลี้ยงแยกบ่อ พบว่า ปริมาณแอมโมเนีย-ไนโตรเจน มีค่าเฉลี่ย เท่ากับ 0.2510 มิลลิกรัมต่อลิตร มีค่าอยู่ในช่วง 0.0213-0.7543 มิลลิกรัมต่อลิตร โดยมีปริมาณแอมโมเนีย-ไนโตรเจน ในน้ำเฉลี่ยต่ำสุดในเดือนธันวาคม เท่ากับ 0.170 มิลลิกรัมต่อลิตร และสูงสุดในเดือนมกราคม เท่ากับ 0.284 มิลลิกรัมต่อลิตร (ภาพที่ 13)

ผลจากการศึกษาความแตกต่างทางสถิติ พบว่า ปริมาณแอมโมเนีย-ไนโตรเจน ของระบบที่ทำการอนุบาลและเลี้ยงในบ่อเดียวกัน มีความแตกต่างกับระบบที่ทำการอนุบาลและเลี้ยงแยกบ่อ อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95

ในการศึกษาครั้งนี้พบว่า ปริมาณแอมโมเนีย-ไนโตรเจน ของระบบการเลี้ยงกุ้งก้ามกรามทั้งสองระบบ มีปริมาณแอมโมเนีย-ไนโตรเจนเฉลี่ย 0.231 มิลลิกรัมต่อลิตร ซึ่งมีค่ามากกว่า 0.025 มิลลิกรัมต่อลิตร ซึ่งจะส่งผลกระทบต่อการเจริญเติบโต และอาจเป็นอันตรายต่อสัตว์น้ำได้ (มั่นสิน, 2545) และเกณฑ์ระดับคุณภาพน้ำเพื่อการคุ้มครองทรัพยากรสัตว์น้ำจืด กำหนดไว้ให้มีปริมาณแอมโมเนีย-ไนโตรเจน ไม่เกิน 0.02 มิลลิกรัมต่อลิตร ส่วนมาตรฐานน้ำดื่ม น้ำผิวดินที่สะอาด กำหนดให้มีปริมาณแอมโมเนีย-ไนโตรเจน อยู่ในช่วง 0.02-5 มิลลิกรัมต่อลิตร (วิศวกรรมสถานแห่งประเทศไทย, 2545)

ระบบที่ทำการอนุบาลและเลี้ยงในบ่อเดียวกันพบปริมาณแอมโมเนีย-ไนโตรเจน มีค่าน้อยกว่าระบบที่ทำการอนุบาลและเลี้ยงแยกบ่อ เนื่องจากระบบที่ทำการอนุบาลและเลี้ยงแยกบ่อ มีการเปลี่ยนถ่ายน้ำ ซึ่งช่วยลดปัญหาการสะสมของปริมาณแอมโมเนีย-ไนโตรเจน และเป็นการเจือจางความเข้มข้นของปริมาณแอมโมเนีย-ไนโตรเจน ภายในบ่อ จึงทำให้มีปริมาณแอมโมเนีย-ไนโตรเจน น้อยกว่าระบบที่ทำการอนุบาลและเลี้ยงในบ่อเดียวกัน และการเปลี่ยนถ่ายน้ำยังทำให้กุ้งมีการเจริญเติบโตได้ดี รวมถึงเป็นการกระตุ้นการลอกคราบได้ดีอีกด้วย ดังนั้นจะเห็นว่าระบบที่ทำการอนุบาลและเลี้ยงแยกบ่อจะก่อให้เกิดปัญหากับกุ้งก้ามกรามในบ่อเลี้ยงน้อยกว่าระบบที่ทำการอนุบาลและเลี้ยงในบ่อเดียวกัน



ภาพที่ 13 ปริมาณแอมโมเนีย-ไนโตรเจนเฉลี่ยของน้ำทิ้งจากบ่อเลี้ยงกุ้งก้ามกราม แต่ละระบบการเลี้ยง

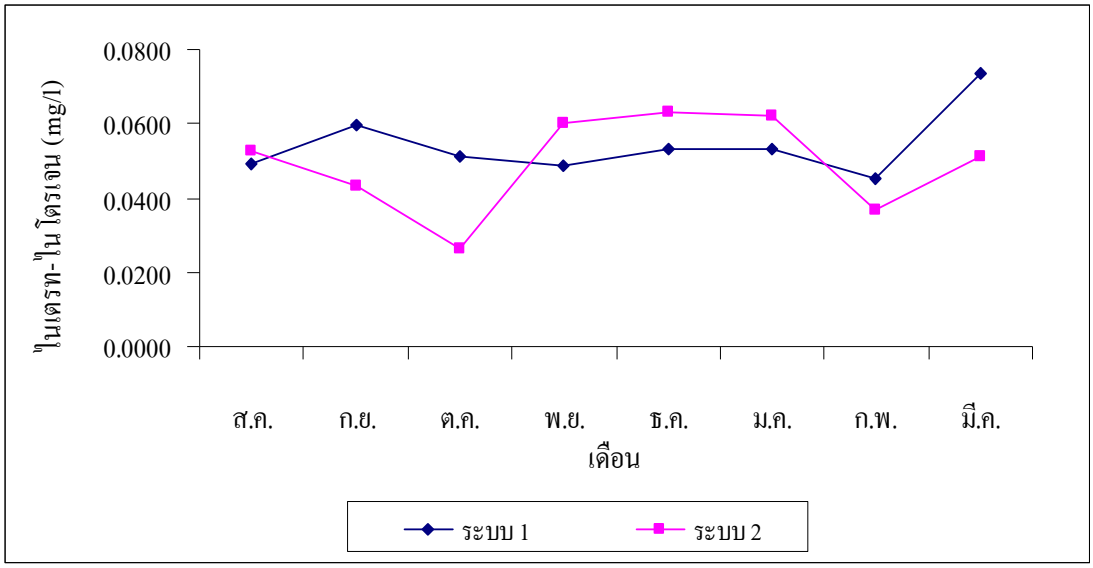
1.5 ไนเตรท-ไนโตรเจน (nitrate-nitrogen)

ระบบที่ทำการอนุบาลและเลี้ยงในบ่อเดียวกัน พบว่า ปริมาณไนเตรท-ไนโตรเจน มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 0.0551 มิลลิกรัมต่อลิตร ค่าอยู่ในช่วง 0.0007-0.4716 มิลลิกรัมต่อลิตร โดยมีปริมาณไนเตรท-ไนโตรเจน ในน้ำเฉลี่ยต่ำสุดในเดือนกุมภาพันธ์ เท่ากับ 0.027 มิลลิกรัมต่อลิตร และสูงสุดในเดือนมีนาคม เท่ากับ 0.075 มิลลิกรัมต่อลิตร (ภาพที่ 14)

ระบบที่ทำการอนุบาลและเลี้ยงแยกบ่อ พบว่า ปริมาณไนเตรท-ไนโตรเจน มีค่าเฉลี่ย เท่ากับ 0.0500 มิลลิกรัมต่อลิตร ค่าอยู่ในช่วง 0.0007-0.3964 มิลลิกรัมต่อลิตร โดยมีปริมาณไนเตรท-ไนโตรเจน ในน้ำเฉลี่ยต่ำสุดในเดือนตุลาคม เท่ากับ 0.027 มิลลิกรัมต่อลิตร และสูงสุดในเดือนมกราคม เท่ากับ 0.062 มิลลิกรัมต่อลิตร (ภาพที่ 14)

ผลจากการศึกษาความแตกต่างทางสถิติ พบว่า ปริมาณไนเตรท-ไนโตรเจน ของระบบที่ทำการอนุบาลและเลี้ยงในบ่อเดียวกัน มีความแตกต่างกับระบบที่ทำการอนุบาลและเลี้ยงแยกบ่อ อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95

ในการศึกษาครั้งนี้พบปริมาณไนเตรท-ไนโตรเจน ของทั้งสองระบบการเลี้ยงกุ้งก้ามกราม มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 0.053 มิลลิกรัมต่อลิตร ซึ่งมีค่าต่ำกว่า เกณฑ์คุณภาพน้ำผิวดินที่กำหนดให้มีปริมาณไนเตรท-ไนโตรเจน ไม่เกิน 5 มิลลิกรัมต่อลิตร (มั่นสิน, 2545) อย่างไรก็ตาม ผลจากการศึกษา พบว่า ระบบที่ทำการอนุบาลและเลี้ยงในบ่อเดียวกัน พบปริมาณไนเตรท-ไนโตรเจน มากกว่าระบบที่ทำการอนุบาลและเลี้ยงแยกบ่อ และปริมาณไนเตรท-ไนโตรเจน ของระบบที่ทำการอนุบาลและเลี้ยงในบ่อเดียวกันมีแนวโน้มเพิ่มมากขึ้น



ภาพที่ 14 ปริมาณไนเตรท-ไนโตรเจน เฉลี่ยของน้ำทิ้งจากบ่อเลี้ยงกุ้งก้ามกราม แต่ละระบบการเลี้ยง

1.6 ไนไตรท์-ไนโตรเจน (nitrite-nitrogen)

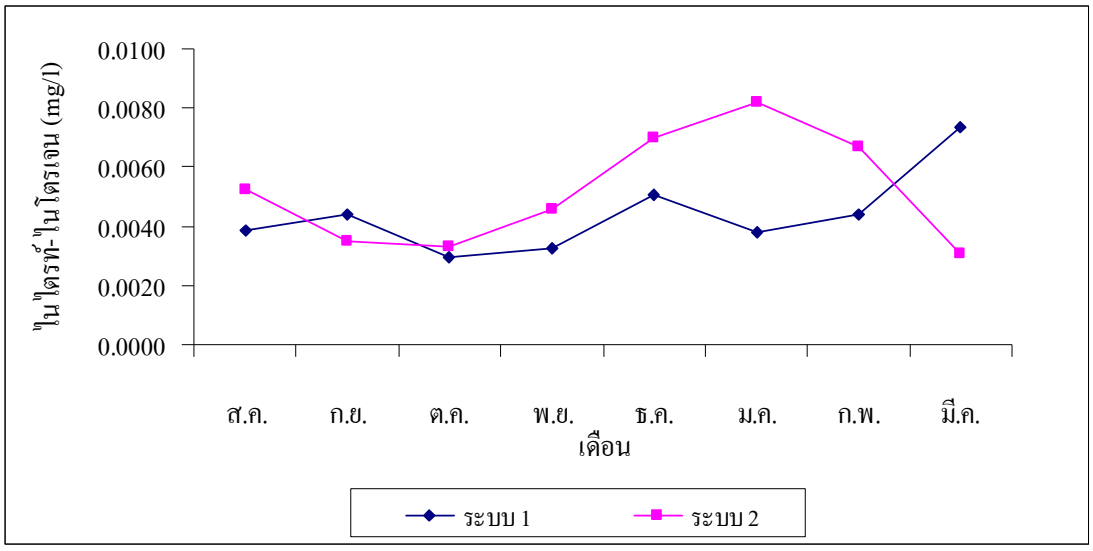
ระบบที่ทำการอนุบาลและเลี้ยงในบ่อเดียวกัน พบว่าปริมาณไนไตรท์-ไนโตรเจน มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 0.0047 มิลลิกรัมต่อลิตร ค่าอยู่ในช่วง 0.0001-0.0788 มิลลิกรัมต่อลิตร โดยมีปริมาณไนไตรท์-ไนโตรเจน ในน้ำเฉลี่ยต่ำสุดในเดือนมีนาคม เท่ากับ 0.003 มิลลิกรัมต่อลิตร และสูงสุดในเดือนมกราคม เท่ากับ 0.007 มิลลิกรัมต่อลิตร (ภาพที่ 15)

ระบบที่ทำการอนุบาลและเลี้ยงแยกบ่อ พบว่าปริมาณไนเตรท-ไนโตรเจน มีค่าเฉลี่ย เท่ากับ 0.0054 มิลลิกรัมต่อลิตร ค่าอยู่ในช่วง 0.0002-0.0738 มิลลิกรัมต่อลิตร โดยมีปริมาณไนไตรท์-ไนโตรเจน ในน้ำเฉลี่ยต่ำสุดในเดือนตุลาคม เท่ากับ 0.003 มิลลิกรัมต่อลิตร และสูงสุดในเดือนมีนาคม เท่ากับ 0.007 มิลลิกรัมต่อลิตร (ภาพที่ 15)

ผลจากการศึกษาความแตกต่างทางสถิติ พบว่า ปริมาณไนไตรท์-ไนโตรเจน ของระบบที่ทำการอนุบาลและเลี้ยงในบ่อเดียวกัน มีความแตกต่างกับระบบที่ทำการอนุบาลและเลี้ยงแยกบ่อ อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95

ปริมาณไนไตรท์-ไนโตรเจน ถ้าพบในปริมาณมากจะมีความเป็นพิษต่อสัตว์น้ำได้ จากการศึกษาครั้งนี้พบว่า ปริมาณไนไตรท์-ไนโตรเจน ของทั้งสองระบบการเลี้ยงกุ้งก้ามกราม มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 0.005 มิลลิกรัมต่อลิตร ซึ่งมีค่าต่ำกว่า เกณฑ์คุณภาพน้ำผิวดินและน้ำบาดาลที่กำหนดให้มีปริมาณไนไตรท์ไม่เกิน 0.1 มิลลิกรัมต่อลิตร (มั่นสิน, 2545) ปริมาณไนไตรท์-ไนโตรเจน ส่วนใหญ่ละลายอยู่ในน้ำเพียงปริมาณน้อย ยกเว้นในสภาวะที่ขาดก๊าซออกซเจน ในการศึกษาครั้งนี้สอดคล้องกับการศึกษาของสถาบันวิจัยการเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำชายฝั่ง กรมประมง พบปริมาณไนไตรท์-ไนโตรเจน ในบ่อเลี้ยงกุ้งกุลาดำแบบพัฒนา อำเภอระโนด จังหวัดสงขลา มีค่าเฉลี่ย อยู่ในช่วง 0.0013-0.349 มิลลิกรัมต่อลิตร (พุทธ, 2537)

ปริมาณไนไตรท์-ไนโตรเจนของระบบที่ทำการอนุบาลและเลี้ยงแยกบ่อ มีค่าเฉลี่ยต่ำกว่า ระบบที่ทำการอนุบาลและเลี้ยงในบ่อเดียวกัน ทั้งนี้เนื่องจากเกษตรมีการเปลี่ยนถ่ายน้ำ จึงเป็นการลดปัญหาการสะสมของปริมาณไนไตรท์-ไนโตรเจนภายในบ่อเลี้ยงกุ้งก้ามกราม ได้ดีกว่าระบบที่ทำการอนุบาลและเลี้ยงในบ่อเดียวกัน



ภาพที่ 15 ปริมาณไนไตรท์-ไนโตรเจน เฉลี่ยของน้ำทิ้งจากบ่อเลี้ยงกุ้งก้ามกราม แต่ละระบบการเลี้ยง

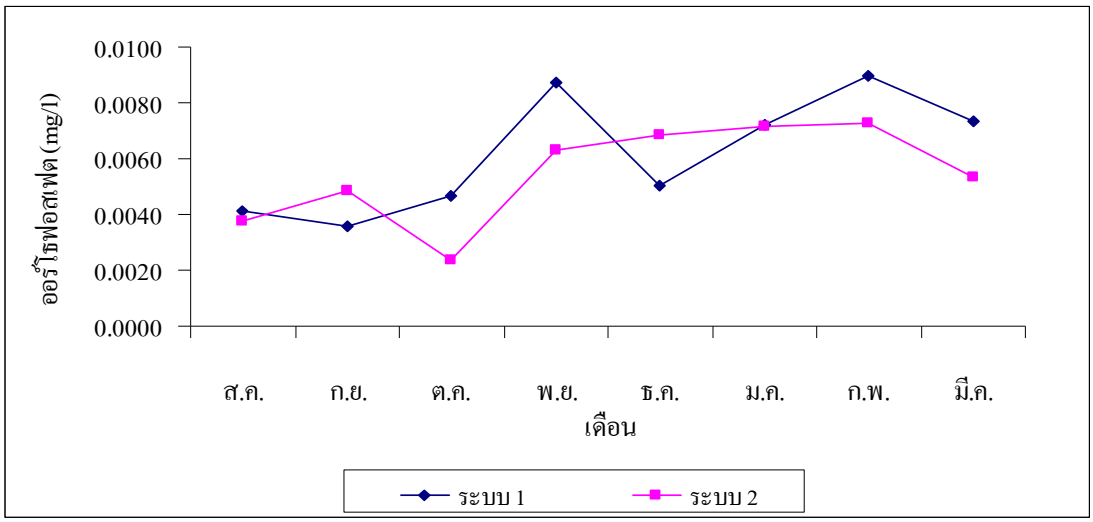
1.7 ออร์โธฟอสเฟต (Reactive Phosphorus)

ระบบที่ทำการอนุบาลและเลี้ยงในบ่อเดียวกัน พบว่า ปริมาณออร์โธฟอสเฟต มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 0.0070 มิลลิกรัมต่อลิตร ค่าอยู่ในช่วง 0.0004-0.01091 มิลลิกรัมต่อลิตร โดยมีปริมาณออร์โธฟอสเฟตในน้ำเฉลี่ยต่ำสุดในเดือนกันยายน เท่ากับ 0.004 มิลลิกรัมต่อลิตร และสูงสุดในเดือนกุมภาพันธ์ เท่ากับ 0.009 มิลลิกรัมต่อลิตร (ภาพที่ 16)

ระบบที่ทำการอนุบาลและเลี้ยงแยกบ่อ พบว่า ปริมาณออร์โธฟอสเฟต มีค่าเฉลี่ย เท่ากับ 0.0058 มิลลิกรัมต่อลิตร ค่าอยู่ในช่วง 0.0006-0.0320 มิลลิกรัมต่อลิตร โดยมีปริมาณออร์โธฟอสเฟตในน้ำเฉลี่ยต่ำสุดในเดือนมีนาคม เท่ากับ 0.002 มิลลิกรัมต่อลิตร และสูงสุดในเดือนกุมภาพันธ์ เท่ากับ 0.007 มิลลิกรัมต่อลิตร (ภาพที่ 16)

ผลจากการศึกษาความแตกต่างทางสถิติ พบว่า ปริมาณฟอสเฟต ของระบบที่ทำการอนุบาลและเลี้ยงในบ่อเดียวกัน มีความแตกต่างกับระบบที่ทำการอนุบาลและเลี้ยงแยกบ่อ อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95

จากการศึกษาพบว่า ปริมาณออร์โธฟอสเฟต ของระบบการเลี้ยงกุ้งก้ามกรามทั้งสองระบบมีค่าเฉลี่ย เท่ากับ 0.006 มิลลิกรัมต่อลิตร ซึ่งมีค่าต่ำกว่าปริมาณออร์โธฟอสเฟตในน้ำของบ่อเลี้ยงสัตว์น้ำที่กำหนดให้มีค่าอยู่ระหว่าง 0.1-0.5 มิลลิกรัมต่อลิตร และแหล่งน้ำที่มีปริมาณออร์โธฟอสเฟต 0.05-0.10 มิลลิกรัมต่อลิตร หรือมากกว่า ธาตุอาหารมีประโยชน์ต่อพืชน้ำ ทำให้สาหร่ายและพืชน้ำเจริญเติบโตอย่างรวดเร็ว จนแพร่กระจายปกคลุมผิวน้ำทำให้แสงสว่างไม่สามารถส่องผ่านลงไปในน้ำได้ และปริมาณออกซิเจนที่ละลายในน้ำลดลงเมื่อสาหร่ายและพืชน้ำเหล่านี้ตายลง ทำให้น้ำเกิดการเน่าเสีย (มั่นสิน, 2545) อย่างไรก็ตาม จากการศึกษาครั้งนี้ พบว่า ระบบที่ทำการอนุบาลและเลี้ยงในบ่อเดียวกัน มีปริมาณออร์โธฟอสเฟตเฉลี่ยสูงกว่าระบบที่ทำการอนุบาลและเลี้ยงแยกบ่อ และระบบที่ทำการอนุบาลและเลี้ยงในบ่อเดียวกันมีแนวโน้มเพิ่มมากขึ้น ทั้งนี้เนื่องจาก ระบบที่ทำการอนุบาลและเลี้ยงแยกบ่อ มีการถ่ายเปลี่ยนน้ำบ่อยครั้งกว่าระบบที่ทำการอนุบาลและเลี้ยงในบ่อเดียวกัน จึงช่วยลดปริมาณธาตุอาหารภายในบ่อเลี้ยง จึงสามารถลดการเกิดยูโทรฟิเคชันได้ (Eutrophic Water) และยังลดปัญหาการขาดออกซิเจนในเวลาเช้า เนื่องจากมีปริมาณแพลงก์สูงภายในบ่อเลี้ยงกุ้งก้ามกราม



ภาพที่ 16 ปริมาณออร์โธฟอสเฟตเฉลี่ยของน้ำทิ้งจากบ่อเลี้ยงกุ้งก้ามกราม แต่ละระบบการเลี้ยง

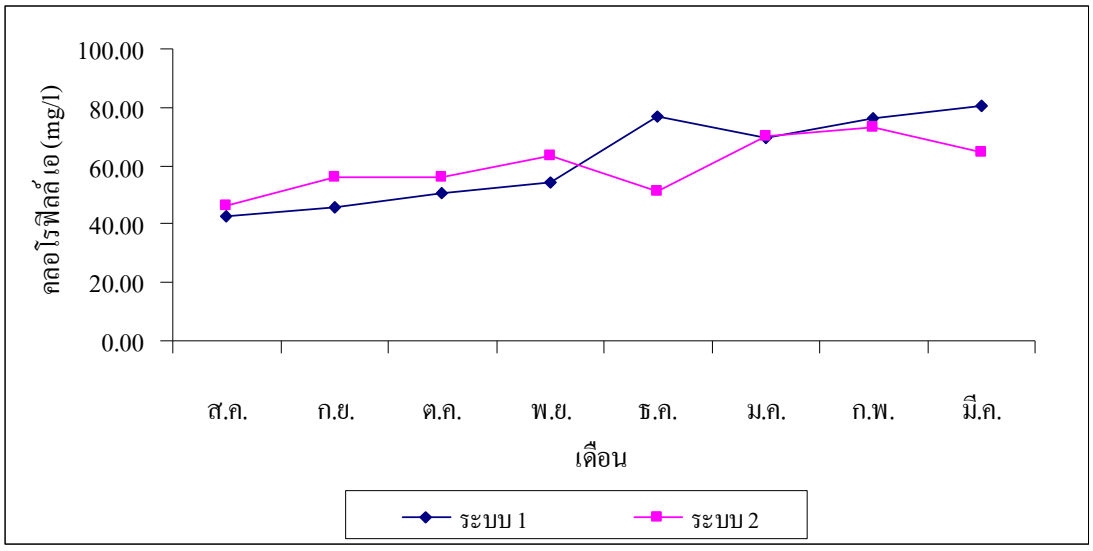
1.8 คลอโรฟิลล์ เอ (Chlorophyll-a)

ระบบที่ทำการอนุบาลและเลี้ยงในบ่อเดียวกัน พบว่า ปริมาณคลอโรฟิลล์ เอ มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 67.92 มิลลิกรัมต่อลิตร มีค่าอยู่ในช่วง 4.45-186.90 มิลลิกรัมต่อลิตร โดยมีปริมาณคลอโรฟิลล์ เอ ในน้ำเฉลี่ยต่ำสุดในเดือนสิงหาคม เท่ากับ 42.87 มิลลิกรัมต่อลิตร และสูงสุดในเดือนมีนาคม เท่ากับ 80.44 มิลลิกรัมต่อลิตร (ภาพที่ 17)

ระบบที่ทำการอนุบาลและเลี้ยงแยกบ่อ พบว่า ปริมาณคลอโรฟิลล์ เอ มีค่าเฉลี่ย เท่ากับ 62.43 มิลลิกรัมต่อลิตร มีค่าอยู่ในช่วง 4.45-172.76 มิลลิกรัมต่อลิตร โดยมีปริมาณคลอโรฟิลล์ เอ ในน้ำเฉลี่ยต่ำสุดในเดือนสิงหาคม เท่ากับ 46.43 มิลลิกรัมต่อลิตร และสูงสุดในเดือนกุมภาพันธ์ เท่ากับ 73.37 มิลลิกรัมต่อลิตร (ภาพที่ 17)

ผลจากการศึกษาความแตกต่างทางสถิติ พบว่า ปริมาณคลอโรฟิลล์ เอ ของระบบที่ทำการอนุบาลและเลี้ยงในบ่อเดียวกัน มีความแตกต่างกับระบบที่ทำการอนุบาลและเลี้ยงแยกบ่อ อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95

ปริมาณคลอโรฟิลล์ เอ ในแหล่งน้ำธรรมชาติมีปริมาณฟอสฟอรัสสูงเกินกว่า 0.01 มิลิกรัมต่อลิตร จัดว่าเป็นแหล่งน้ำที่มีปริมาณอาหารธรรมชาติมากเกินไป และในแหล่งน้ำที่มีปัญหามลภาวะจะมีปริมาณฟอสฟอรัสสูงกว่า 0.6 มิลิกรัมต่อลิตร ในการควบคุมและป้องกันปัญหาการเสื่อมโทรมของแหล่งน้ำจึงได้กำหนดมาตรฐานเกณฑ์คุณภาพน้ำโดยไม่ควรจะมีปริมาณฟอสฟอรัสเกิน 0.03 มิลิกรัมต่อลิตร (สถาบันประมงน้ำจืด, 2537) ปริมาณคลอโรฟิลล์ เอ จากการศึกษาพบว่า การเปลี่ยนแปลงไปตามฤดู คือ มีค่ามากที่สุดในเดือนมีนาคม ในช่วงฤดูร้อนจะมีปริมาณคลอโรฟิลล์ เอ มากกว่าช่วงฤดูฝน ซึ่งสอดคล้องกับ Muylaert *et al.* (2000) พบว่า มวลชีวภาพของแพลงก์ตอนพืชจะมีค่าสูงในช่วงฤดูร้อน ปริมาณคลอโรฟิลล์ เอ จะมีค่าลดลงในช่วงฤดูฝนเนื่องจากน้ำมีความขุ่น แสงน้อย ปริมาณแพลงก์ตอนจึงลดลง และในการศึกษาครั้งนี้พบว่า ในช่วงเดือนกุมภาพันธ์ และเดือนมีนาคม สีน้ำในบ่อเลี้ยงกุ้งก้ามกรามจะมีสีเขียวเข้ม ซึ่งสอดคลองกับ บุณฑิตา (2547) และ Kudo และคณะ (2000) พบว่าเดือนที่มีปริมาณคลอโรฟิลล์ เอ มากจะเป็นเดือนที่มีปริมาณแพลงก์ตอนพืชหนาแน่น และยังเป็นแหล่งผลิตออกซิเจนที่สำคัญในบ่อเลี้ยง แต่แพลงก์ตอนที่เจริญมากจะเป็นสาเหตุที่ทำให้บ่อเลี้ยงขาดออกซิเจนในเวลากลางคืน (Boyd, 1990)



ภาพที่ 17 ปริมาณคลอโรฟิลล์ เอ เฉลี่ยของน้ำทิ้งจากบ่อเลี้ยงกุ้งก้ามกราม แต่ละระบบการเลี้ยง

ตารางที่ 18 ค่าเฉลี่ยของคุณภาพน้ำทิ้งจากบ่อเลี้ยงกุ้งก้ามกราม ของระบบที่ทำการอนุบาลและเลี้ยงในบ่อเดียวกัน และระบบที่ทำการอนุบาลและเลี้ยงแยกบ่อ

คุณภาพน้ำ	ระบบที่ทำการอนุบาลและเลี้ยงในบ่อเดียวกัน	ระบบที่ทำการอนุบาลและเลี้ยงแยกบ่อ
อุณหภูมิ (°C)	28.3±2.7[a]	29.3±3.1[a]
ออกซิเจนที่ละลายน้ำ (mg/l)	4.16±1.74[a]	4.70±1.87[a]
ความเป็นกรดเป็นด่าง	8.07±1.02[a]	8.37±1.14[a]
แอมโมเนีย-ไนโตรเจน (mg/l)	0.2230±0.1534[a]	0.2510±0.1564[b]
ไนเตรท-ไนโตรเจน (mg/l)	0.0550±0.0703[a]	0.0500±0.0713[b]
ไนไตรท์-ไนโตรเจน (mg/l)	0.0047±0.0084[a]	0.0054±0.0116[b]
ออร์โธฟอสเฟต (mg/l)	0.0070±0.0118[a]	0.0060±0.0066[b]
คลอโรฟิลล์ เอ (mg/l)	67.92±45.60[a]	62.43±42.40[a]

หมายเหตุ ค่าเฉลี่ย ± ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน อักษรที่แตกต่างกันในแนวราบ แสดงความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ95 ของระบบที่ทำการอนุบาลและเลี้ยงในบ่อเดียวกัน และระบบที่ทำการอนุบาลและเลี้ยงแยกบ่อ

จากการศึกษาพบว่า ระบบที่ทำการอนุบาลและเลี้ยงแยกบ่อ มีปริมาณธาตุอาหารที่สะสมภายในบ่อมีปริมาณต่ำกว่าระบบที่ทำการอนุบาลและเลี้ยงในบ่อเดียวกัน เนื่องจากเกษตรกรจะมีการให้อาหารแก่กุ้งเพิ่มขึ้นตามน้ำหนักของกุ้งที่มีภายในบ่อ และมีเปอร์เซ็นต์โปรตีนในอาหารที่แต่ต่างกันในการให้อาหารแต่ละช่วงระยะเวลาการเลี้ยง คือ อาหารช่วงอนุบาล (60-70วัน) อาหารจะมีโปรตีน 32-35 เปอร์เซ็นต์ อาหารที่ใช้เลี้ยงเป็นอาหารที่มีโปรตีน 28-30 เปอร์เซ็นต์ เมื่ออาหารที่กุ้งกินเหลือก็จะถูกสะสมอยู่ภายในบ่อ โดยอาหารที่เหลือจากการกินของกุ้งก็จะตกเป็นตะกอนรวมกันอยู่บริเวณพื้นบ่อ รวมถึงสิ่งขับถ่ายของเสียจากกุ้ง ซึ่งจะส่งผลต่อคุณภาพน้ำในบ่อเลี้ยงกุ้งก้ามกราม

ดังนั้นเกษตรกรที่ทำการเลี้ยงกุ้งก้ามกรามด้วยระบบที่ทำการอนุบาลและเลี้ยงแยกบ่อ พบปริมาณธาตุอาหารภายในบ่อน้อยกว่า เนื่องจากระบบที่ทำการอนุบาลและเลี้ยงแยกบ่อมีการอนุบาล 60-70 วัน แล้วลากย้ายบ่อ จึงทำให้ปริมาณธาตุอาหารภายในบ่อลดลง รวมถึงระบบนี้เกษตรกรได้ทำการเปลี่ยนถ่ายน้ำทุกๆ 7 วัน และมีการเปิดเครื่องตีน้ำในช่วงที่ภายในบ่อมีปริมาณออกซิเจนที่ละลายในน้ำต่ำ จึงเป็นการควบคุมปริมาณธาตุอาหารอีกด้วย ซึ่งแตกต่างจากระบบระบบที่ทำการอนุบาลและเลี้ยงในบ่อเดียวกัน ระบบนี้เกษตรกรจะทำการอนุบาลลูกกุ้งและเลี้ยงในบ่อเดียวกัน จึงทำให้มีการสะสมของปริมาณธาตุอาหารที่สูง แต่ถึงอย่างไรเกษตรกรที่เลี้ยงกุ้งระบบนี้จะทำการควบคุมคุณภาพน้ำโดยการสังเกตสีของน้ำ ถ้ามีสีเขียวเข้ม หรือพบแพลงก์ตายบริเวณขอบบ่อเกษตรกรจะทำการเปลี่ยนถ่ายน้ำทันที

ผลการศึกษาปริมาณออร์โธฟอสเฟต พบว่ามีความสอดคล้องกับปริมาณของคลอโรฟิลล์ เอ เนื่องจากฟอสฟอรัสที่วัดได้ในน้ำจะอยู่ในรูปของออร์โธฟอสเฟต ซึ่งฟอสฟอรัสมีความจำเป็นต่อการเจริญเติบโตของแพลงก์ตอนพืช เมื่อมีปริมาณฟอสฟอรัสสูง ก็จะทำให้มีการแพร่พันธุ์และเจริญเติบโตของพืชน้ำโดยเฉพาะแพลงก์ตอนพืชมากเกินไป จึงพบว่าจะมีปริมาณคลอโรฟิลล์ เอ เพิ่มขึ้นด้วย ในแหล่งน้ำธรรมชาติมีปริมาณฟอสฟอรัสสูงเกินกว่า 0.01 มิลิกรัมต่อลิตร จัดว่าเป็นแหล่งน้ำที่มีปริมาณอาหารธรรมชาติมากเกินไป และในแหล่งน้ำที่มีปัญหามลภาวะจะมีปริมาณฟอสฟอรัสสูงกว่า 0.6 มิลิกรัมต่อลิตร ในการควบคุมและป้องกันปัญหาการเสื่อมโทรมของแหล่งน้ำจึงได้กำหนดมาตรฐานเกณฑ์คุณภาพน้ำโดยไม่ควรจะมีปริมาณฟอสฟอรัสเกิน 0.03 มิลิกรัมต่อลิตร (สถาบันประมงน้ำจืด, 2537)

ระบบที่มีการอนุบาลและเลี้ยงแยกบ่อ เป็นอีกแนวทางหนึ่งที่เกษตรกรควรจะนำมาปฏิบัติในการจัดการระบบฟาร์มเลี้ยงกุ้งก้ามกราม เนื่องจากการศึกษาครั้งนี้พบว่า ปริมาณธาตุอาหารที่สะสมภายในบ่อเลี้ยงกุ้งก้ามกรามของระบบที่มีการอนุบาลและเลี้ยงแยกบ่อมีปริมาณธาตุอาหารต่ำกว่าการเลี้ยงแบบระบบที่มีการอนุบาลและเลี้ยงในบ่อเดียวกัน เพื่อเป็นการลดปัญหาการเปลี่ยนแปลงคุณภาพน้ำในบ่อเลี้ยง เนื่องจากการตกค้างและการย่อยสลายของเศษอาหาร ซึ่งจะส่งผลทำให้การเจริญเติบโตของกุ้งก้ามกรามลดลงได้ และการเปลี่ยนถ่ายน้ำเป็นการควบคุมการเปลี่ยนแปลงคุณภาพน้ำในบ่อเลี้ยง และยังช่วยกระตุ้นให้กุ้งลอกคราบได้ดีอีกด้วย รวมไปถึงน้ำที่ถูกเปลี่ยนถ่ายออกจากบ่อเลี้ยงกุ้งก้ามกรามที่มีปริมาณธาตุอาหารจะถูกถ่ายลงสู่แหล่งน้ำหรือลำน้ำต่างๆ ก็จะส่งผลกระทบต่อคุณภาพน้ำของแหล่งน้ำหรือลำน้ำ

2. <u>คุณภาพน้ำทิ้งจากบ่อเลี้ยงกุ้งก้ามกราม ตามระยะเวลาการเลี้ยง</u>

ผลจากการศึกษา พบว่า คุณภาพน้ำตามระยะเวลาการเลี้ยงกุ้งก้ามกราม สามารถแบ่งออกเป็นระยะได้อีก 3 ระยะ ดังนี้ ระยะที่ 1 คือ ตั้งแต่เดือนแรกที่เริ่มเลี้ยงจนถึงเดือนที่ 4 (ส.ค.-ต.ค.), ระยะที่ 2 คือ เลี้ยงกุ้งเข้าเดือนที่ 4 จนถึงเดือนที่ 6 (พ.ค.-ก.พ.) และระยะที่ 3 คือ เลี้ยงกุ้งเข้าเดือนที่ 7 จนถึงจับผลผลิตขาย (ก.พ.-มี.ค.) มีผลการศึกษาดังต่อไปนี้

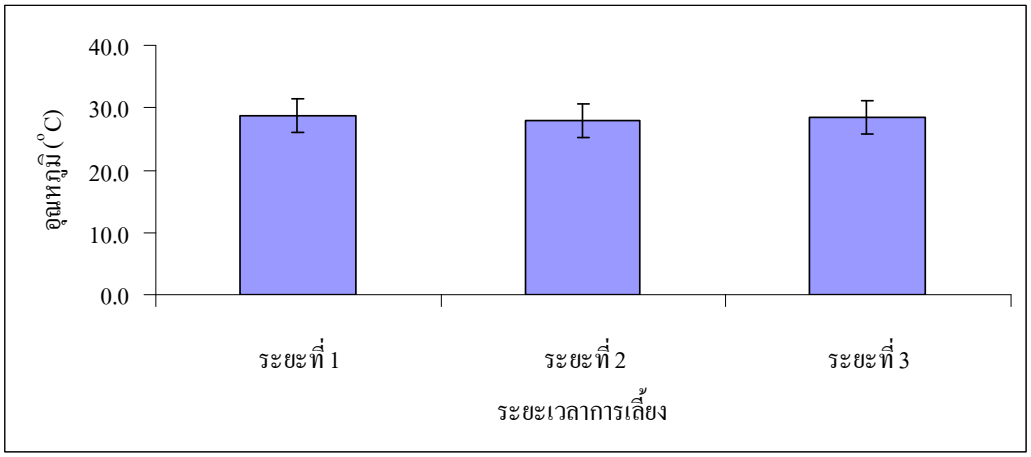
2.1. อุณหภูมิ

ระบบที่ทำการอนุบาลและเลี้ยงในบ่อเดียวกัน พบว่า ระยะที่ 1 มีอุณหภูมิน้ำมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 28.7 องศาเซลเซียส โดยมีอุณหภูมิอยู่ในช่วง 22.4-34.1 องศาเซลเซียส, ระยะที่ 2 มีอุณหภูมิน้ำมีค่าเฉลี่ย เท่ากับ 28.0 องศาเซลเซียส โดยมีอุณหภูมิอยู่ในช่วง 23.0-35.5 องศาเซลเซียส และระยะที่ 3 มีอุณหภูมิน้ำมีค่าเฉลี่ย เท่ากับ 28.4 องศาเซลเซียส โดยมีอุณหภูมิอยู่ในช่วง 24.3-34.1 องศาเซลเซียส (ภาพที่ 18a)

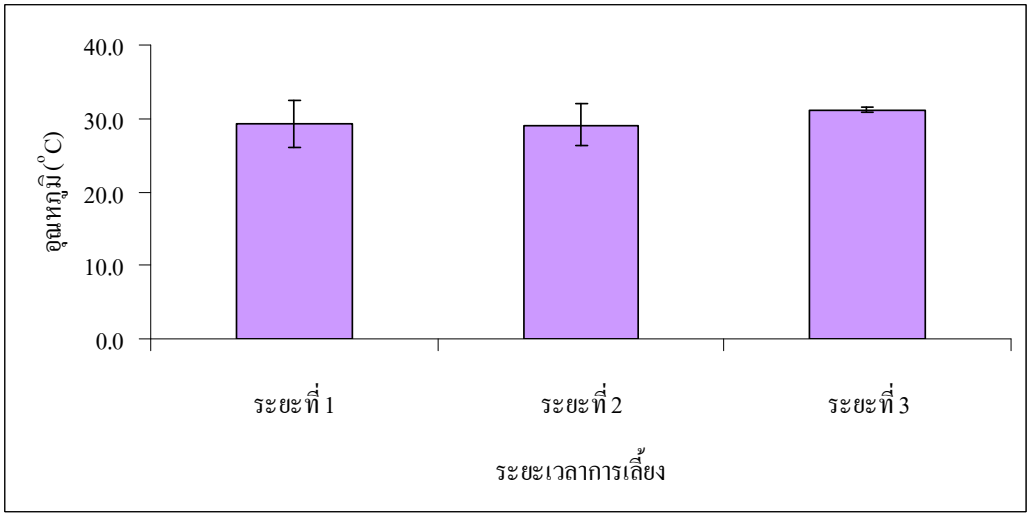
ผลจากการศึกษาความแตกต่างทางสถิติ พบว่า อุณหภูมิน้ำของระบบที่ทำการอนุบาลและเลี้ยงในบ่อเดียวกัน ทั้งสามระยะ ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95

ระบบที่ทำการอนุบาลและเลี้ยงแยกบ่อ พบว่า ระยะที่ 1 มีอุณหภูมิน้ำมีค่าเฉลี่ย เท่ากับ 29.3 องศาเซลเซียส โดยมีอุณหภูมิอยู่ในช่วง 24.1-38.1 องศาเซลเซียส, ระยะที่ 2 มีอุณหภูมิน้ำมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 29.1 องศาเซลเซียส โดยมีอุณหภูมิอยู่ในช่วง 25.5-34.9 องศาเซลเซียส และระยะที่ 3 มีอุณหภูมิน้ำมีค่าเฉลี่ย เท่ากับ 31.2 องศาเซลเซียส โดยมีอุณหภูมิอยู่ในช่วง 30.9-31.5 องศาเซลเซียส (ภาพที่ 18b)

ผลจากการศึกษาความแตกต่างทางสถิติ พบว่า อุณหภูมิน้ำของระบบที่ทำการอนุบาลและเลี้ยงแยกบ่อ ทั้งสามระยะ ไม่มีความแตกต่างกัน อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95



(a)



(b)

ภาพที่ 18 ค่าเฉลี่ยของอุณหภูมิของระบบที่ทำการอนุบาลและเลี้ยงในบ่อเดียวกัน (a) และระบบที่ทำการอนุบาลและเลี้ยงแยกบ่อตามระยะเวลาการเลี้ยง (b) (error bar คือ standard deviation)

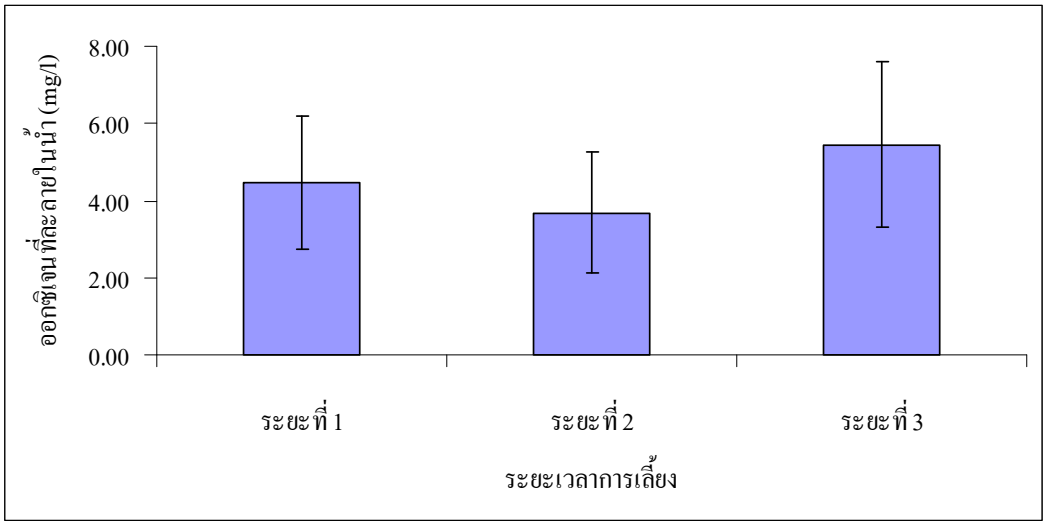
2.2 ปริมาณออกซิเจนที่ละลายในน้ำ (DO)

ระบบที่ทำการอนุบาลและเลี้ยงในบ่อเดียวกัน พบว่า ระยะที่ 1 มีปริมาณออกซิเจนที่ละลายในน้ำเฉลี่ย เท่ากับ 4.45 มิลลิกรัมต่อลิตร โดยมีปริมาณออกซิเจนที่ละลายในน้ำอยู่ในช่วง 1.27-9.64 มิลลิกรัมต่อลิตร, ระยะที่ 2 มีปริมาณออกซิเจนที่ละลายในน้ำเฉลี่ย เท่ากับ 3.68 มิลลิกรัมต่อลิตร โดยมีปริมาณออกซิเจนที่ละลายในน้ำอยู่ในช่วง 1.03-9.70 มิลลิกรัมต่อลิตร และระยะที่ 3 มีปริมาณออกซิเจนที่ละลายในน้ำเฉลี่ย เท่ากับ 5.45 มิลลิกรัมต่อลิตร โดยมีปริมาณออกซิเจนที่ละลายในน้ำอยู่ในช่วง 2.88-9.10 มิลลิกรัมต่อลิตร (ภาพที่ 19a)

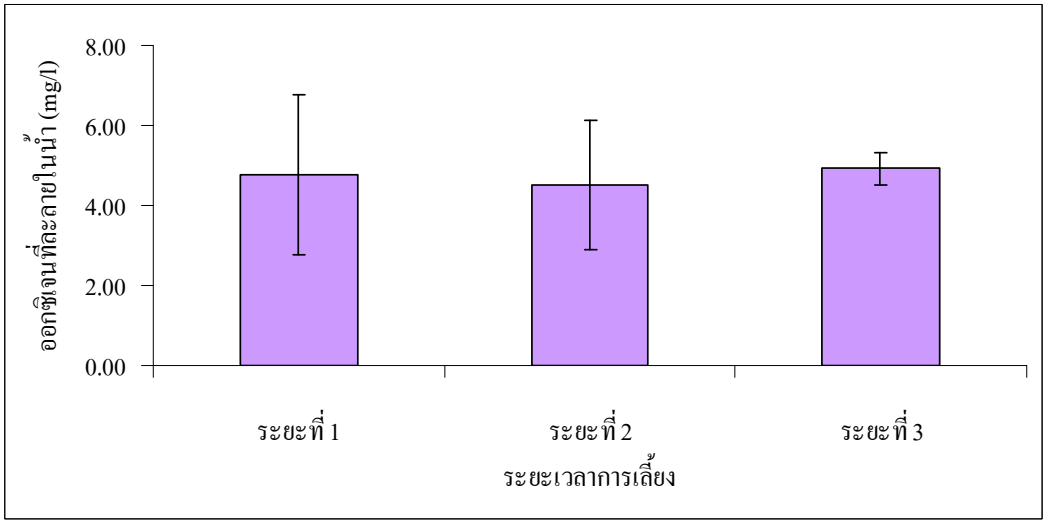
ผลจากการศึกษาความแตกต่างทางสถิติ พบว่า ปริมาณออกซิเจนที่ละลายในน้ำของระบบที่ทำการอนุบาลและเลี้ยงในบ่อเดียวกัน ทั้งสามระยะ ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95

ระบบที่ทำการอนุบาลและเลี้ยงแยกบ่อ พบว่า ระยะที่ 1 มีปริมาณออกซิเจนที่ละลายในน้ำเฉลี่ย เท่ากับ 4.78 มิลลิกรัมต่อลิตร โดยมีปริมาณออกซิเจนที่ละลายในน้ำอยู่ในช่วง 1.80-10.42 มิลลิกรัมต่อลิตร, ระยะที่ 2 มีปริมาณออกซิเจนที่ละลายในน้ำเฉลี่ย เท่ากับ 4.49 มิลลิกรัมต่อลิตร โดยมีปริมาณออกซิเจนที่ละลายในน้ำอยู่ในช่วง 2.00-8.53 มิลลิกรัมต่อลิตร และระยะที่ 3 มีปริมาณออกซิเจนที่ละลายในน้ำเฉลี่ย เท่ากับ 4.92 มิลลิกรัมต่อลิตร โดยมีปริมาณออกซิเจนที่ละลายในน้ำอยู่ในช่วง 4.63-5.20 มิลลิกรัมต่อลิตร (ภาพที่ 19b)

ผลจากการศึกษาความแตกต่างทางสถิติ พบว่า ปริมาณออกซิเจนที่ละลายในน้ำของระบบที่ทำการอนุบาลและเลี้ยงแยกบ่อ ทั้งสามระยะ ไม่มีความแตกต่างกัน อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95



(a)



(b)

ภาพที่ 19 ค่าเฉลี่ยของปริมาณออกซิเจนที่ละลายในน้ำของระบบที่ทำการอนุบาลและเลี้ยงในบ่อเดียวกัน (a) และระบบที่ทำการอนุบาลและเลี้ยงแยกบ่อตามระยะเวลาการเลี้ยง (b) (error bar คือ standard deviation)

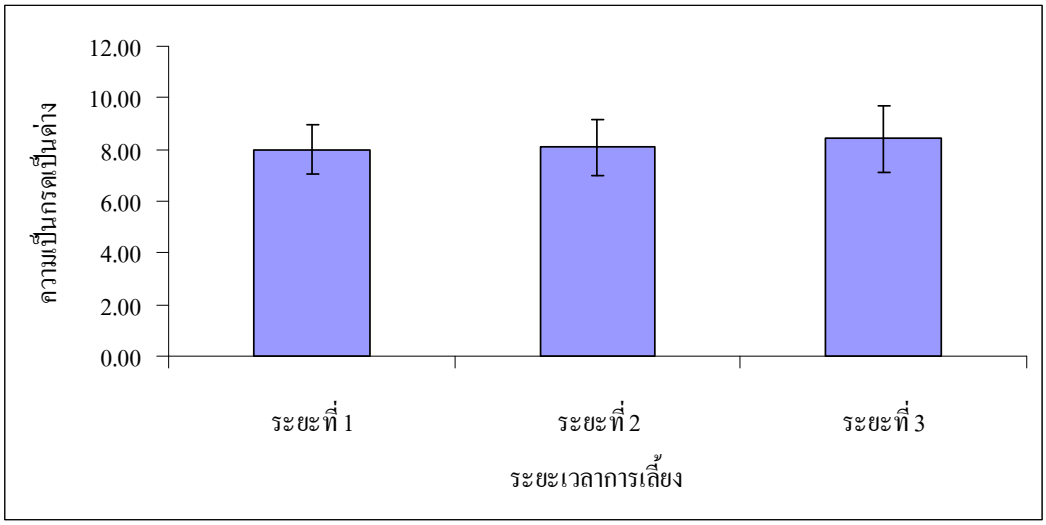
2.3 ความเป็นกรดเป็นด่าง (pH)

ระบบที่ทำการอนุบาลและเลี้ยงในบ่อเดียวกัน พบว่า ระยะที่ 1 มีค่าความเป็นกรดเป็นด่างเฉลี่ย เท่ากับ 8.01 โดยมีค่าความเป็นกรดเป็นด่าง อยู่ในช่วง 4.14-11.12, ระยะที่ 2 มีค่าความเป็นกรดเป็นด่างเฉลี่ย เท่ากับ 8.09 โดยมีค่าความเป็นกรดเป็นด่าง อยู่ในช่วง 6.16-11.55 และระยะที่ 3 มีค่าความเป็นกรดเป็นด่าง เฉลี่ย เท่ากับ 8.42 โดยมีค่าความเป็นกรดเป็นด่าง อยู่ในช่วง 6.70-10.64 (ภาพที่ 20a)

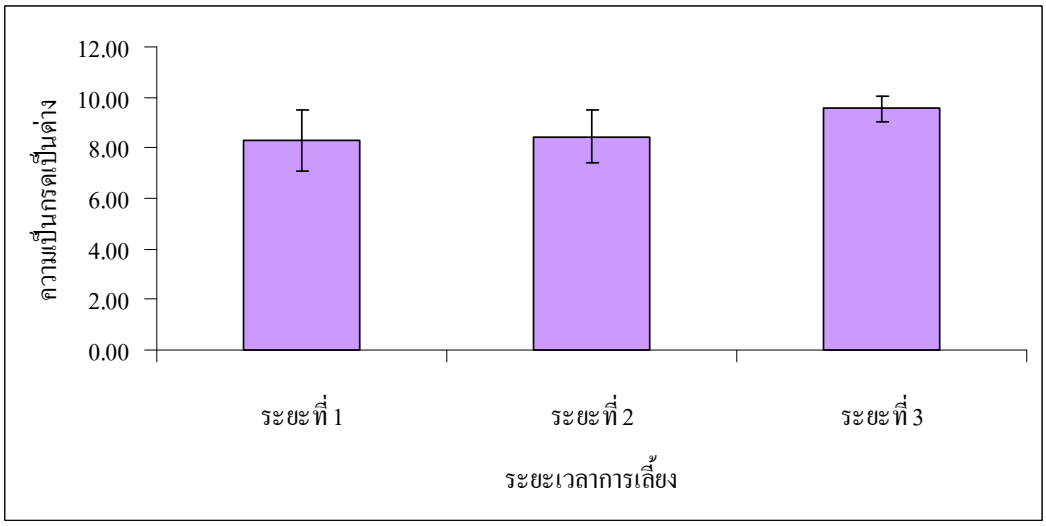
ผลจากการศึกษาความแตกต่างทางสถิติ พบว่า ค่าความเป็นกรดเป็นด่าง ของระบบที่ทำการอนุบาลและเลี้ยงในบ่อเดียวกัน ทั้งสามระยะ ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95

ระบบที่ทำการอนุบาลและเลี้ยงแยกบ่อ พบว่า ระยะที่ 1 มีค่าความเป็นกรดเป็นด่าง เฉลี่ย เท่ากับ 8.29 โดยมีค่าความเป็นกรดเป็นด่าง อยู่ในช่วง 6.74-11.55, ระยะที่ 2 มีค่าความเป็นกรดเป็นด่าง เฉลี่ย เท่ากับ 8.46 โดยมีค่าความเป็นกรดเป็นด่าง อยู่ในช่วง 6.47-10.55 และระยะที่ 3 มีค่าความเป็นกรดเป็นด่าง เฉลี่ย เท่ากับ 9.55 โดยมีค่าความเป็นกรดเป็นด่าง อยู่ในช่วง 9.20-9.90 (ภาพที่ 20b)

ผลจากการศึกษาความแตกต่างทางสถิติ พบว่า ค่าความเป็นกรดเป็นด่าง ของระบบที่ทำการอนุบาลและเลี้ยงแยกบ่อ ทั้งสามระยะ ไม่มีความแตกต่างกัน อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95



(a)



(b)

ภาพที่ 20 ค่าเฉลี่ยของค่าความเป็นกรดเป็นด่างของระบบที่ทำการอนุบาลและเลี้ยงในบ่อเดียวกัน (a) และระบบที่ทำการอนุบาลและเลี้ยงแยกบ่อตามระยะเวลาการเลี้ยง (b) (error bar คือ standard deviation)

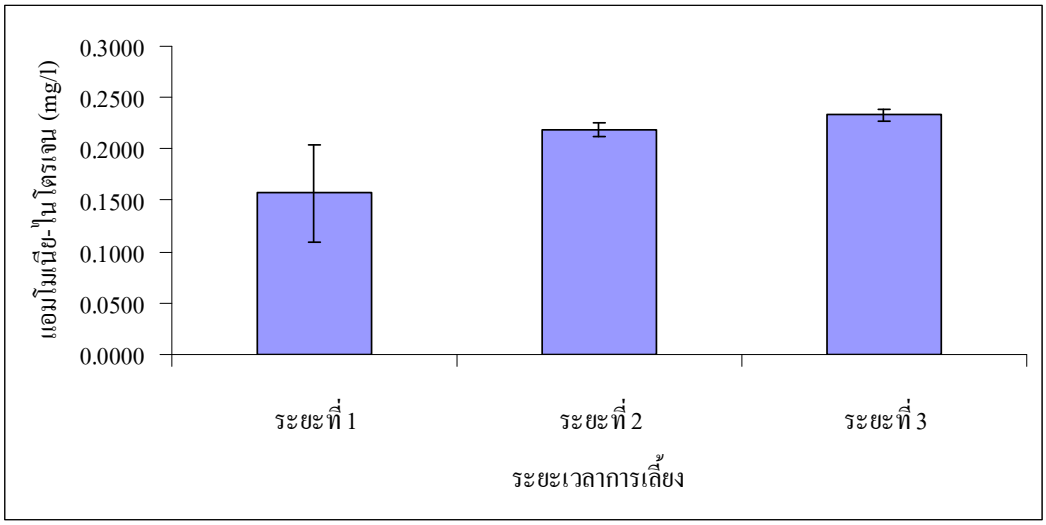
2.4 แอมโมเนีย-ไนโตรเจน (ammonia-nitrogen)

ระบบที่ทำการอนุบาลและเลี้ยงในบ่อเดียวกัน พบว่า ระยะที่ 1 มีปริมาณแอมโมเนีย-ไนโตรเจนเฉลี่ย เท่ากับ 0.2506 มิลลิกรัมต่อลิตร โดยมีปริมาณแอมโมเนีย-ไนโตรเจนอยู่ในช่วง 0.0213-0.7543 มิลลิกรัมต่อลิตร, ระยะที่ 2 มีปริมาณแอมโมเนีย-ไนโตรเจนเฉลี่ย เท่ากับ 0.2585 มิลลิกรัมต่อลิตร โดยมีปริมาณแอมโมเนีย-ไนโตรเจนอยู่ในช่วง 0.0356-0.5400 มิลลิกรัมต่อลิตร และระยะที่ 3 มีปริมาณแอมโมเนีย-ไนโตรเจนเฉลี่ย เท่ากับ 0.1779 มิลลิกรัมต่อลิตร โดยมีปริมาณแอมโมเนีย-ไนโตรเจนอยู่ในช่วง 0.1775-0.1779 มิลลิกรัมต่อลิตร (ภาพที่ 21a)

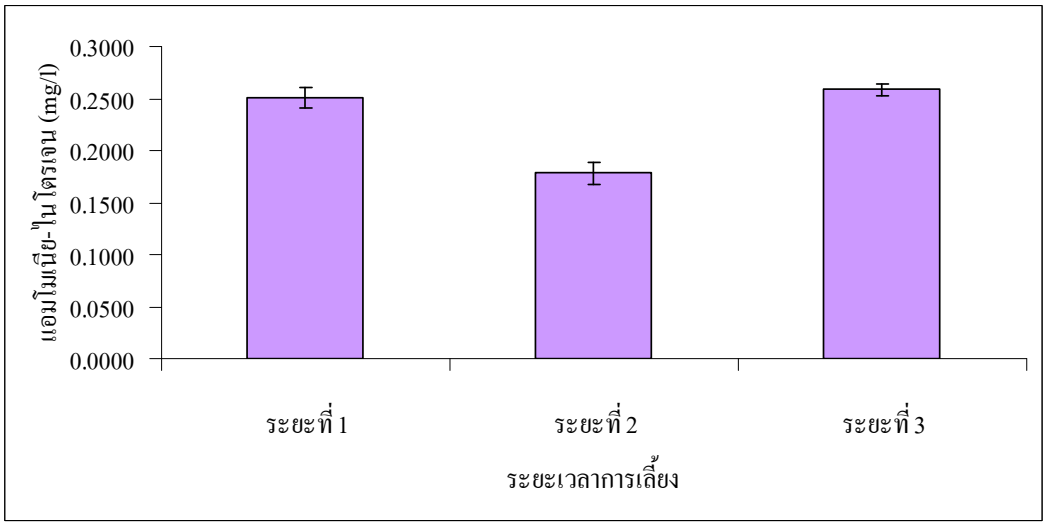
ผลจากการศึกษาความแตกต่างทางสถิติ พบว่า ปริมาณแอมโมเนีย-ไนโตรเจนของระบบที่ทำการอนุบาลและเลี้ยงในบ่อเดียวกัน ทั้งสามระยะ มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95

ระบบที่ทำการอนุบาลและเลี้ยงแยกบ่อ พบว่า ระยะที่ 1 มีปริมาณแอมโมเนีย-ไนโตรเจนเฉลี่ย เท่ากับ 0.2334 มิลลิกรัมต่อลิตร โดยมีปริมาณแอมโมเนีย-ไนโตรเจนอยู่ในช่วง 0.0071-0.7379 มิลลิกรัมต่อลิตร, ระยะที่ 2 มีปริมาณแอมโมเนีย-ไนโตรเจนเฉลี่ย เท่ากับ 0.2186 มิลลิกรัมต่อลิตร โดยมีปริมาณแอมโมเนีย-ไนโตรเจนอยู่ในช่วง 0.0071-0.6475 มิลลิกรัมต่อลิตร และระยะที่ 3 มีปริมาณแอมโมเนีย-ไนโตรเจนเฉลี่ย เท่ากับ 0.1571 มิลลิกรัมต่อลิตร โดยมีปริมาณแอมโมเนีย-ไนโตรเจนอยู่ในช่วง 0.0500-0.4919 มิลลิกรัมต่อลิตร (ภาพที่ 21b)

ผลจากการศึกษาความแตกต่างทางสถิติ พบว่า ปริมาณแอมโมเนีย-ไนโตรเจนของระบบที่ทำการอนุบาลและเลี้ยงแยกบ่อ ทั้งสามระยะ มีความแตกต่างกัน อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95



(a)



(b)

ภาพที่ 21 ค่าเฉลี่ยของปริมาณแอมโมเนีย-ไนโตรเจน ของระบบที่ทำการอนุบาลและเลี้ยงในบ่อเดียวกัน (a) และระบบที่ทำการอนุบาลและเลี้ยงแยกบ่อตามระยะเวลาการเลี้ยง (b) (error bar คือ standard deviation)

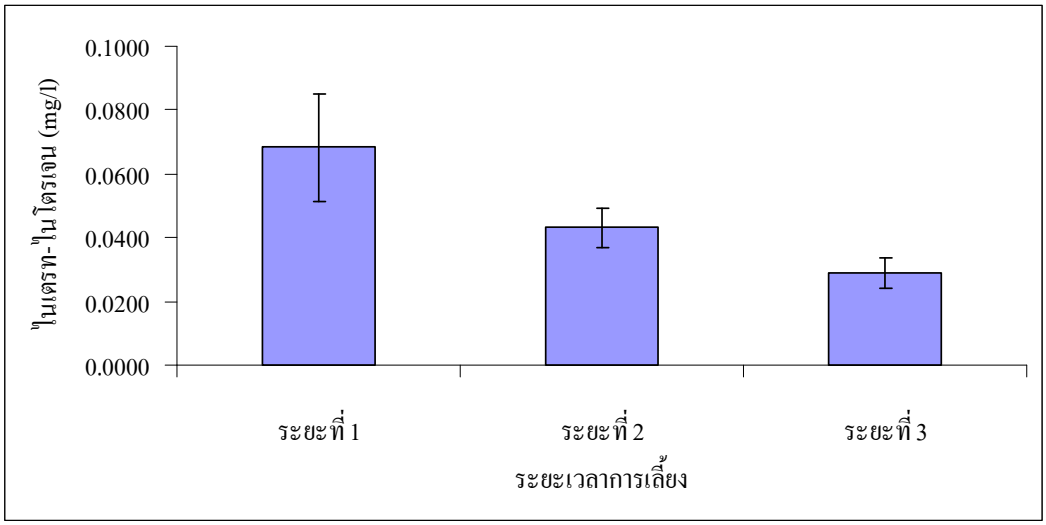
2.5 ไนเตรท-ไนโตรเจน (nitrate-nitrogen)

ระบบที่ทำการอนุบาลและเลี้ยงในบ่อเดียวกัน พบว่า ระยะที่ 1 มีปริมาณไนเตรท-ไนโตรเจนเฉลี่ย เท่ากับ 0.0683 มิลลิกรัมต่อลิตร โดยมีปริมาณไนเตรท-ไนโตรเจนอยู่ในช่วง 0.0007-0.4716 มิลลิกรัมต่อลิตร, ระยะที่ 2 มีปริมาณไนเตรท-ไนโตรเจนเฉลี่ย เท่ากับ 0.0431 มิลลิกรัมต่อลิตร โดยมีปริมาณไนเตรท-ไนโตรเจนอยู่ในช่วง 0.1509-0.0015 มิลลิกรัมต่อลิตร และระยะที่ 3 มีปริมาณไนเตรท-ไนโตรเจนเฉลี่ย เท่ากับ 0.0736 มิลลิกรัมต่อลิตร โดยมีปริมาณไนเตรท-ไนโตรเจนอยู่ในช่วง 0.0059-0.0925 มิลลิกรัมต่อลิตร (ภาพที่ 22a)

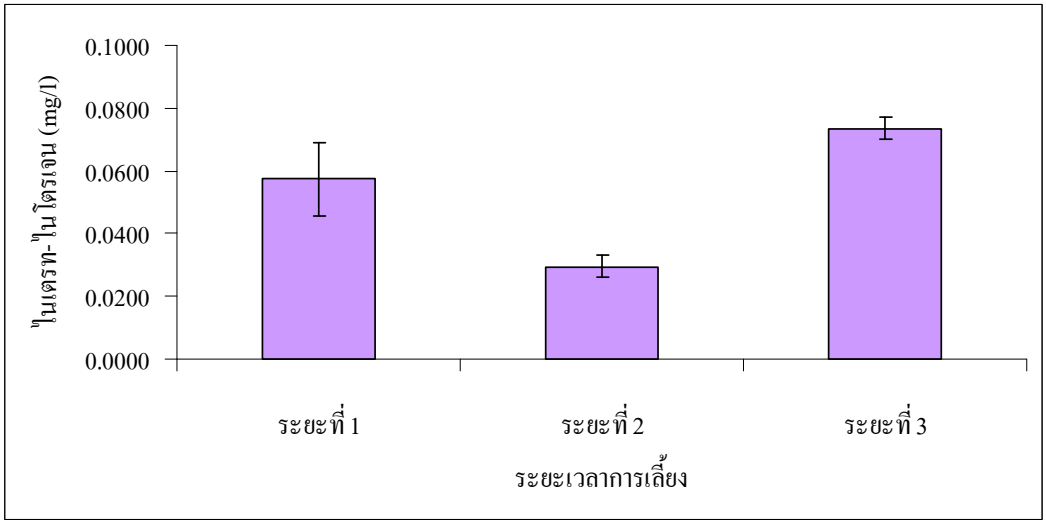
ผลจากการศึกษาความแตกต่างทางสถิติ พบว่า ปริมาณไนเตรท-ไนโตรเจนของระบบที่ทำการอนุบาลและเลี้ยงในบ่อเดียวกัน ทั้งสามระยะ มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95

ระบบที่ทำการอนุบาลและเลี้ยงแยกบ่อ พบว่า ระยะที่ 1 มีปริมาณไนเตรท-ไนโตรเจนเฉลี่ย เท่ากับ 0.0574 มิลลิกรัมต่อลิตร โดยมีปริมาณไนเตรท-ไนโตรเจนอยู่ในช่วง 0.0030-0.3964 มิลลิกรัมต่อลิตร, ระยะที่ 2 มีปริมาณไนเตรท-ไนโตรเจนเฉลี่ย เท่ากับ 0.0295 มิลลิกรัมต่อลิตร โดยมีปริมาณไนเตรท-ไนโตรเจนอยู่ในช่วง 0.0007-0.1213 มิลลิกรัมต่อลิตร และระยะที่ 3 มีปริมาณไนเตรท-ไนโตรเจนเฉลี่ย เท่ากับ 0.0290 มิลลิกรัมต่อลิตร โดยมีปริมาณไนเตรท-ไนโตรเจนอยู่ในช่วง 0.0444-0.1029 มิลลิกรัมต่อลิตร (ภาพที่ 22b)

ผลจากการศึกษาความแตกต่างทางสถิติ พบว่า ปริมาณไนเตรท-ไนโตรเจนของระบบที่ทำการอนุบาลและเลี้ยงแยกบ่อ ทั้งสามระยะ มีความแตกต่างกัน อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95



(a)



(b)

ภาพที่ 22 ค่าเฉลี่ยของปริมาณไนเตรท-ไนโตรเจน ของระบบที่ทำการอนุบาลและเลี้ยงในบ่อเดียวกัน (a) และระบบที่ทำการอนุบาลและเลี้ยงแยกบ่อตามระยะเวลาการเลี้ยง (b) (error bar คือ standard deviation)

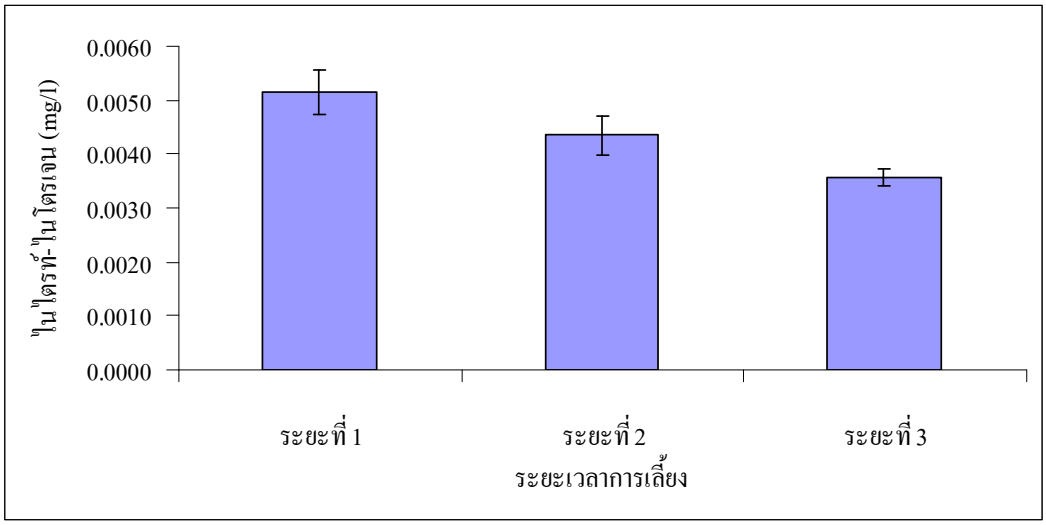
2.6 ไนไตรท์-ไนโตรเจน (nitrite-nitrogen)

ระบบที่ทำการอนุบาลและเลี้ยงในบ่อเดียวกัน พบว่า ระยะที่ 1 มีปริมาณไนไตรท์-ไนโตรเจนเฉลี่ย เท่ากับ 0.0064 มิลลิกรัมต่อลิตร โดยมีปริมาณไนไตรท์-ไนโตรเจนอยู่ในช่วง 0.0001-0.0788 มิลลิกรัมต่อลิตร, ระยะที่ 2 มีปริมาณไนไตรท์-ไนโตรเจนเฉลี่ย เท่ากับ 0.0044 มิลลิกรัมต่อลิตร โดยมีปริมาณไนไตรท์-ไนโตรเจนอยู่ในช่วง 0.0002-0.0496 มิลลิกรัมต่อลิตร และระยะที่ 3 มีปริมาณไนไตรท์-ไนโตรเจนเฉลี่ย เท่ากับ 0.0036 มิลลิกรัมต่อลิตร โดยมีปริมาณไนไตรท์-ไนโตรเจนอยู่ในช่วง 0.0002-0.0213 มิลลิกรัมต่อลิตร (ภาพที่ 23a)

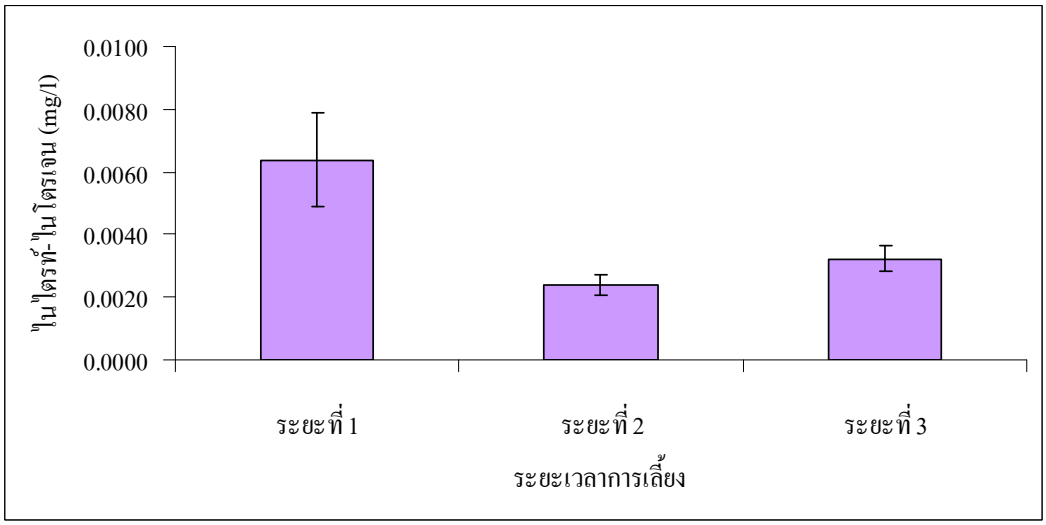
ผลจากการศึกษาความแตกต่างทางสถิติ พบว่า ปริมาณไนไตรท์-ไนโตรเจนของระบบที่ทำการอนุบาลและเลี้ยงในบ่อเดียวกัน ทั้งสามระยะ มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95

ระบบที่ทำการอนุบาลและเลี้ยงแยกบ่อ พบว่า ระยะที่ 1 มีปริมาณไนไตรท์-ไนโตรเจนเฉลี่ย เท่ากับ 0.0051 มิลลิกรัมต่อลิตร โดยมีปริมาณไนไตรท์-ไนโตรเจนอยู่ในช่วง 0.0002-0.0738 มิลลิกรัมต่อลิตร, ระยะที่ 2 มีปริมาณไนไตรท์-ไนโตรเจนเฉลี่ย เท่ากับ 0.0032 มิลลิกรัมต่อลิตร โดยมีปริมาณไนไตรท์-ไนโตรเจนอยู่ในช่วง 0.0002-0.0200 มิลลิกรัมต่อลิตร และระยะที่ 3 มีปริมาณไนไตรท์-ไนโตรเจนเฉลี่ย เท่ากับ 0.0024 มิลลิกรัมต่อลิตร โดยมีปริมาณไนไตรท์-ไนโตรเจนอยู่ในช่วง 0.0007-0.0040 มิลลิกรัมต่อลิตร (ภาพที่ 23b)

ผลจากการศึกษาความแตกต่างทางสถิติ พบว่า ปริมาณไนไตรท์-ไนโตรเจนของระบบที่ทำการอนุบาลและเลี้ยงแยกบ่อ ทั้งสามระยะ มีความแตกต่างกัน อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95



(a)



(b)

ภาพที่ 23 ค่าเฉลี่ยของปริมาณไนไตรท์-ไนโตรเจน ของระบบที่ทำการอนุบาลและเลี้ยงในบ่อเดียวกัน (a) และระบบที่ทำการอนุบาลและเลี้ยงแยกบ่อตามระยะเวลาการเลี้ยง (b) (error bar คือ standard deviation)

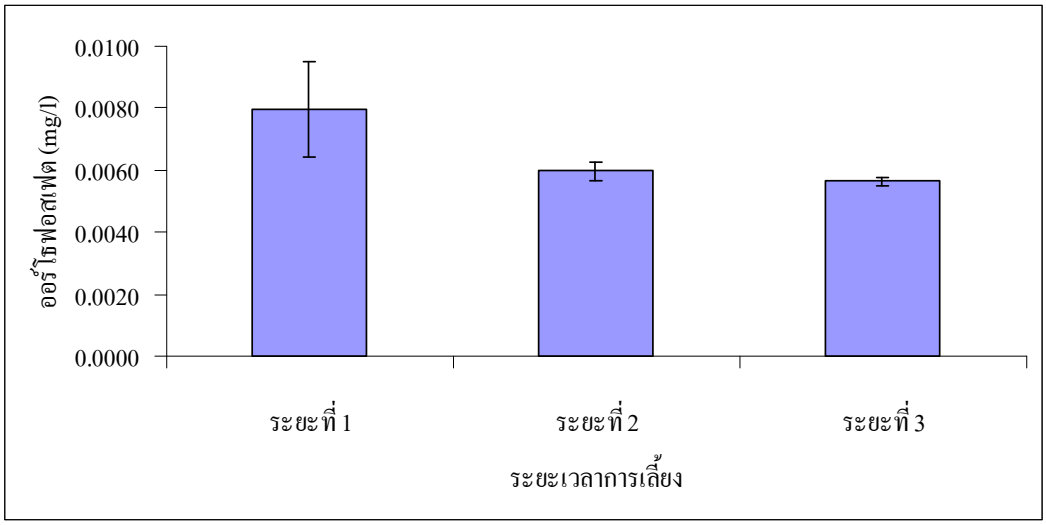
2.7 ออร์โธฟอสเฟต (Phosphorus)

ระบบที่ทำการอนุบาลและเลี้ยงในบ่อเดียวกัน พบว่า ระยะที่ 1 มีปริมาณออร์โธฟอสเฟตเฉลี่ย เท่ากับ 0.0080 มิลลิกรัมต่อลิตร โดยมีปริมาณออร์โธฟอสเฟตอยู่ในช่วง 0.0006-0.1091 มิลลิกรัมต่อลิตร, ระยะที่ 2 มีปริมาณออร์โธฟอสเฟตเฉลี่ย เท่ากับ 0.0060 มิลลิกรัมต่อลิตร โดยมีปริมาณออร์โธฟอสเฟตอยู่ในช่วง 0.0006-0.0974 มิลลิกรัมต่อลิตร และระยะที่ 3 มีปริมาณออร์โธฟอสเฟตเฉลี่ย เท่ากับ 0.0070 มิลลิกรัมต่อลิตร โดยมีปริมาณออร์โธฟอสเฟตอยู่ในช่วง 0.0004-0.0268 มิลลิกรัมต่อลิตร (ภาพที่ 24a)

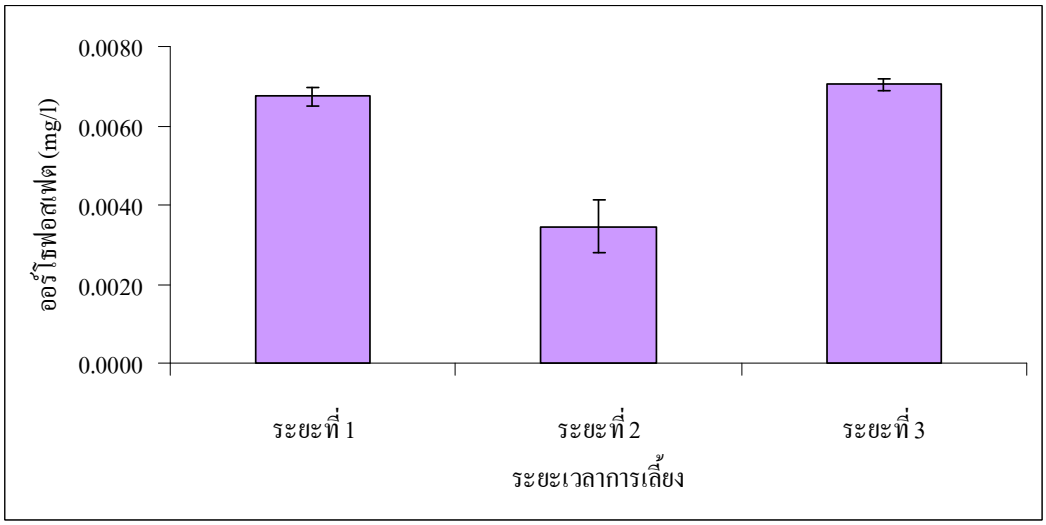
ผลจากการศึกษาความแตกต่างทางสถิติ พบว่า ปริมาณออร์โธฟอสเฟตของระบบที่ทำการอนุบาลและเลี้ยงในบ่อเดียวกัน ทั้งสามระยะ มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95

ระบบที่ทำการอนุบาลและเลี้ยงแยกบ่อ พบว่า ระยะที่ 1 มีปริมาณออร์โธฟอสเฟตเฉลี่ย เท่ากับ 0.0067 มิลลิกรัมต่อลิตร โดยมีปริมาณออร์โธฟอสเฟตอยู่ในช่วง 0.0006-0.0320 มิลลิกรัมต่อลิตร, ระยะที่ 2 มีปริมาณออร์โธฟอสเฟตเฉลี่ย เท่ากับ 0.0035 มิลลิกรัมต่อลิตร โดยมีปริมาณออร์โธฟอสเฟตอยู่ในช่วง 0.0006-0.0300 มิลลิกรัมต่อลิตร และระยะที่ 3 มีปริมาณออร์โธฟอสเฟตเฉลี่ย เท่ากับ 0.0056 มิลลิกรัมต่อลิตร โดยมีปริมาณออร์โธฟอสเฟตอยู่ในช่วง 0.0106-0.0035 มิลลิกรัมต่อลิตร (ภาพที่ 24b)

ผลจากการศึกษาความแตกต่างทางสถิติ พบว่า ปริมาณออร์โธฟอสเฟตของระบบที่ทำการอนุบาลและเลี้ยงแยกบ่อ ทั้งสามระยะ มีความแตกต่างกัน อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95



(a)



(b)

ภาพที่ 24 ค่าเฉลี่ยของปริมาณออร์โธฟอสเฟต ของระบบที่ทำการอนุบาลและเลี้ยงในบ่อเดียวกัน (a) และระบบที่ทำการอนุบาลและเลี้ยงแยกบ่อตามระยะเวลาการเลี้ยง (b) (error bar คือ standard deviation)

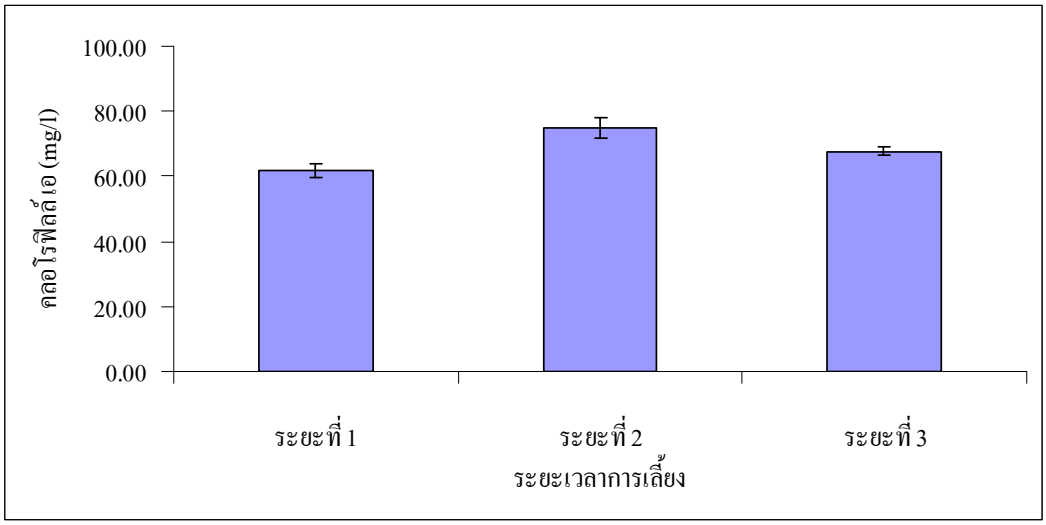
2.8 คลอโรฟิลล์ เอ (Chlorophyll-a)

ระบบที่ทำการอนุบาลและเลี้ยงในบ่อเดียวกัน พบว่า ระยะที่ 1 มีปริมาณคลอโรฟิลล์ เอ เฉลี่ย เท่ากับ 61.82 มิลลิกรัมต่อลิตร โดยมีปริมาณคลอโรฟิลล์ เอ อยู่ในช่วง 4.45-186.90 มิลลิกรัมต่อลิตร, ระยะที่ 2 มีปริมาณคลอโรฟิลล์ เอ เฉลี่ย เท่ากับ 74.77 มิลลิกรัมต่อลิตร โดยมีปริมาณคลอโรฟิลล์ เอ อยู่ในช่วง 4.45-172.76 มิลลิกรัมต่อลิตร และระยะที่ 3 มีปริมาณคลอโรฟิลล์ เอ เฉลี่ย เท่ากับ 93.45 มิลลิกรัมต่อลิตร โดยมีปริมาณคลอโรฟิลล์ เอ อยู่ในช่วง 8.90-169-10 มิลลิกรัมต่อลิตร (ภาพที่ 25a)

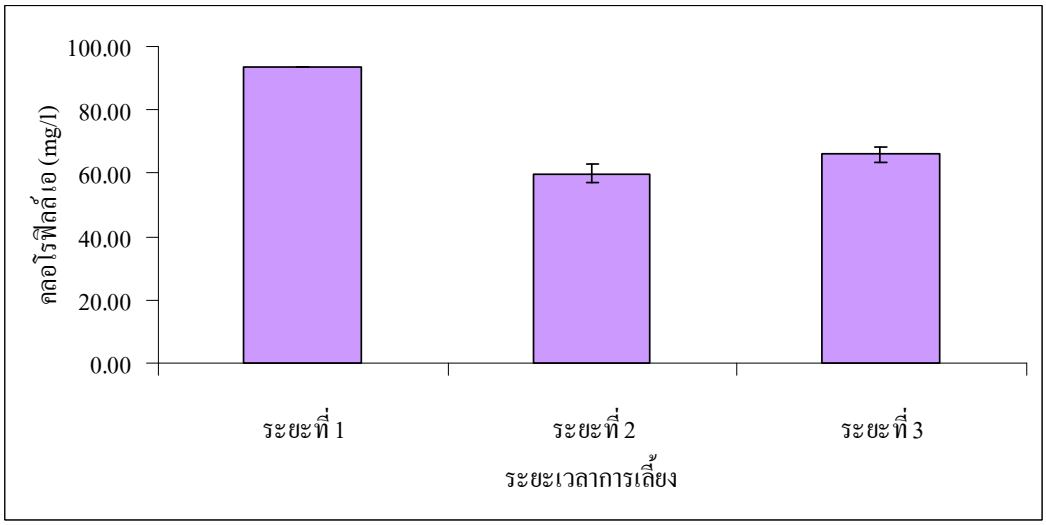
ผลจากการศึกษาความแตกต่างทางสถิติ พบว่า ปริมาณคลอโรฟิลล์ เอ ของระบบที่ทำการอนุบาลและเลี้ยงในบ่อเดียวกัน ทั้งสามระยะ มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95

ระบบที่ทำการอนุบาลและเลี้ยงแยกบ่อ พบว่า ระยะที่ 1 มีปริมาณคลอโรฟิลล์ เอ เฉลี่ย เท่ากับ 59.92 มิลลิกรัมต่อลิตร โดยมีปริมาณคลอโรฟิลล์ เอ อยู่ในช่วง 13.35-151.30 มิลลิกรัมต่อลิตร, ระยะที่ 2 มีปริมาณคลอโรฟิลล์ เอ เฉลี่ย เท่ากับ 65.88 มิลลิกรัมต่อลิตร โดยมีปริมาณคลอโรฟิลล์ เอ อยู่ในช่วง 4.45-172.76 มิลลิกรัมต่อลิตร และระยะที่ 3 มีปริมาณคลอโรฟิลล์ เอ เฉลี่ย เท่ากับ 67.78 มิลลิกรัมต่อลิตร โดยมีปริมาณคลอโรฟิลล์ เอ อยู่ในช่วง 93.00-93.45 มิลลิกรัมต่อลิตร (ภาพที่ 25b)

ผลจากการศึกษาความแตกต่างทางสถิติ พบว่า ปริมาณคลอโรฟิลล์ เอ ของระบบที่ทำการอนุบาลและเลี้ยงแยกบ่อ ทั้งสามระยะ มีความแตกต่างกัน อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95



(a)



(b)

ภาพที่ 25 ค่าเฉลี่ยของปริมาณคลอโรฟิลล์ เอ ของระบบที่ทำการอนุบาลและเลี้ยงในบ่อเดียวกัน (a) และระบบที่ทำการอนุบาลและเลี้ยงแยกบ่อ แบ่งตามระยะเวลาการเลี้ยง (b) (error bar คือ standard deviation)