บทที่ 3
ผลการทดลอง

1. การศึกษาคุณภาพน้ำที่บำบัดด้วยระบบกรองที่จำหน่ายในท้องตลาด

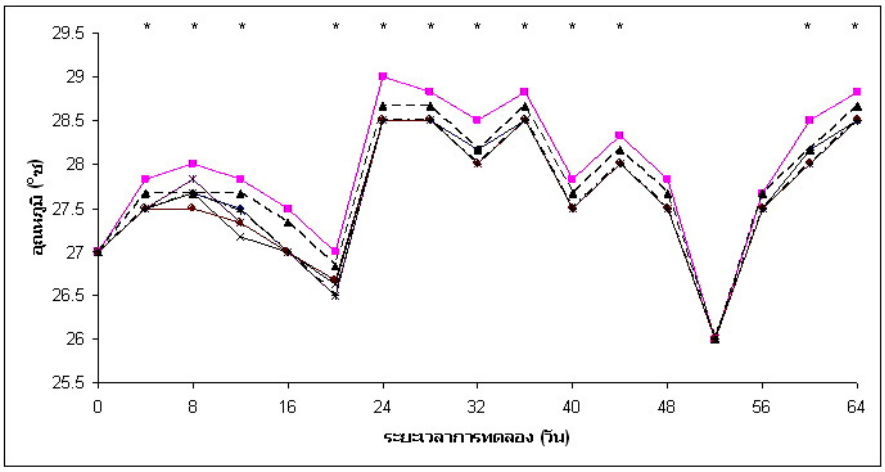
1.1 คุณภาพน้ำที่บำบัดด้วยระบบกรองที่จำหน่ายในท้องตลาด

1) อุณหภูมิ

จากผลการวิเคราะห์ค่าอุณหภูมิตลอดระยะเวลาการทดลอง 64 วัน ที่ใช้ระบบกรองในท้องตลาดทั้ง 7 ชุดทดลอง บำบัดน้ำในตู้เลี้ยงปลาดุก พบว่า อิทธิพลของระบบกรองที่จำหน่ายในท้องตลาดและระยะเวลาการทดลองมีผลให้อุณหภูมิแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P<0.05$) แต่ไม่มีอิทธิพลร่วมระหว่างระบบกรองที่จำหน่ายในท้องตลาดและระยะเวลาการทดลอง ซึ่งชุดทดลองที่ 1.2 (ใช้สารกรองเป็นทรายละเอียดร่วมกับทรายหยาบ และกรวด) มีค่าสูงสุดเท่ากับ 28 °ซ. รองลงมาคือชุดทดลองที่ 1.3 (ใช้สารกรองเป็นใยพลาสติกหยาบร่วมกับ ceramic และ ammonia chip) มีค่าเท่ากับ 27.8 °ซ. ส่วนชุดทดลองอื่นๆมีค่าต่ำสุดเท่ากันคือ 27.6 °ซ. (ตารางภาคผนวก ก ที่ 1)

อุณหภูมิที่ระยะเวลาเริ่มต้นการทดลองมีค่าเท่ากันคือ 27.0 °ซ. และมีอุณหภูมิเพิ่มขึ้นจนถึงระยะเวลาการทดลอง 8 วัน โดยมีค่าอยู่ในช่วง 27.5-28.0 °ซ. ต่อมาอุณหภูมิในแต่ละชุดทดลองลดลงจนถึงที่ระยะเวลาการทดลอง 20 วัน ซึ่งมีค่าอยู่ในช่วง 26.5-27.0 °ซ. และเพิ่มสูงขึ้นอีกครั้งที่ระยะเวลาการทดลอง 24 วัน หลังจากนั้นแนวโน้มอุณหภูมิลดลงจนถึงที่ระยะเวลาการทดลอง 52 วัน โดยทุกชุดทดลองมีอุณหภูมิเท่ากันคือ 26.0 °ซ. และมีแนวโน้มเพิ่มสูงขึ้นจนถึงที่ระยะเวลาการทดลอง 64 วัน โดยชุดทดลองที่ 1.2 มีค่าสูงสุดเท่ากับ 28.8 °ซ. รองลงมาคือชุดทดลองที่ 1.3 ส่วนชุดทดลองอื่นๆ มีค่าเท่ากันคือ 28.5 °ซ. (รูปที่ 8)

สัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ระหว่างอุณหภูมิกับตัวแปรคุณภาพน้ำอื่นในแต่ละชุดทดลองตลอดระยะเวลาการทดลอง 64 วัน พบว่า อุณหภูมิมีความสัมพันธ์ในลักษณะแปรผกผันและแปรผันตามกับตัวแปรคุณภาพน้ำอื่นๆแตกต่างกันในแต่ละชุดทดลอง ยกเว้นชุดทดลองที่ 1.2 และ 1.7 ซึ่งอุณหภูมิไม่มีความสัมพันธ์กับตัวแปรคุณภาพน้ำอื่นๆ (ตารางภาคผนวก ก ที่ 2-8)



รูปที่ 8 ค่าเฉลี่ยอุณหภูมิในน้ำที่บำบัดด้วยระบบกรองที่จำหน่ายในท้องตลาดตลอดระยะเวลาการทดลอง 64 วัน

หมายเหตุ

* ในระยะเวลาเดียวกันค่าเฉลี่ยในแต่ละชุดทดลองแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P<0.05$)

ชุดทดลองที่ 1.1 ใช้สารกรองเป็นกรวด 500 ก. ร่วมกับทรายหยาบ 500 ก. และทรายละเอียด 500 ก.

ชุดทดลองที่ 1.2 ใช้สารกรองเป็นทรายละเอียด 500 ก. ร่วมกับทรายหยาบ 500 ก. และกรวด 500 ก.

ชุดทดลองที่ 1.3 ใช้สารกรองเป็นใยพลาสติกหยาบ 1 แผ่น ร่วมกับ ceramic 300 ก. และ ammonia chip 300 ก.

ชุดทดลองที่ 1.4 ใช้สารกรองเป็นใยพลาสติกหยาบ 1 แผ่น ร่วมกับ zeolite 250 ก. และถ่านกัมมันต์ 200 ก.

ชุดทดลองที่ 1.5 ใช้สารกรองเป็นใยพลาสติกหยาบ 1 แผ่น ร่วมกับ bioball 37 ลูก

ชุดทดลองที่ 1.6 ใช้สารกรองเป็นทรายคละขนาด 500 ก. ร่วมกับใยพลาสติกขาว 2 แผ่น และถ่านกะลามะพร้าว 200 ก.

ชุดทดลองที่ 1.7 ใช้สารกรองเป็นเศษปะการัง 300 ก. ร่วมกับ ammonia chip 300 ก. และถ่านกัมมันต์ 200 ก.

2) ความเป็นกรด-ด่าง

จากผลการวิเคราะห์ค่าความเป็นกรด-ด่างตลอดระยะเวลาการทดลอง 64 วัน ที่ใช้ระบบกรองในท้องตลาดทั้ง 7 ชุดทดลอง บำบัดน้ำในตู้เลี้ยงปลาดุก พบว่า ระบบกรองที่จำหน่ายในท้องตลาด ระยะเวลาการทดลอง และอิทธิพลร่วมระหว่างระบบกรองที่จำหน่ายในท้องตลาดและระยะเวลาการทดลองมีผลให้ความเป็นกรด-ด่างแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P<0.05$) โดยชุดทดลองที่ 1.7 (ใช้สารกรองเป็นเศษปะการังร่วมกับ ammonia chip และถ่านกัมมันต์) มีค่าสูงสุดเท่ากับ 7.89 ส่วนชุดทดลองที่ 1.5 (ใช้สารกรองเป็นใยพลาสติกหยาบร่วมกับ bioball) มีค่าต่ำสุดเท่ากับ 6.38 (ตารางภาคผนวก ก ที่ 1)

ความเป็นกรด-ด่างที่ระยะเวลาเริ่มต้นการทดลองมีค่าเท่ากันคือ 7.97 แล้วมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นจนถึงระยะเวลาการทดลอง 8 วัน โดยมีค่าอยู่ในช่วง 8.16-8.53 ต่อมาที่ระยะเวลาการทดลอง 20 ถึง 64 วัน ความเป็นกรด-ด่างมีแนวโน้มลดลงอย่างต่อเนื่องในชุดทดลองที่ 1.3 (ใช้สารกรองเป็นใยพลาสติกหยาบร่วมกับ ceramic และ ammonia chip) ชุดทดลองที่ 1.4 (ใช้สารกรองเป็นใยพลาสติกหยาบร่วมกับ zeolite และถ่านกัมมันต์) และชุดทดลองที่ 1.5 เมื่อสิ้นสุดการทดลองมีความเป็นกรด-ด่างเท่ากับ 5.20, 5.39 และ 5.18 ตามลำดับ ส่วนความเป็นกรด-ด่างมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นในชุดทดลองที่ 1.1 (ใช้สารกรองเป็นกรวดร่วมกับทรายหยาบ และทรายละเอียด) ชุดทดลองที่ 1.2 (ใช้สารกรองเป็นทรายละเอียดร่วมกับทรายหยาบ และกรวด) และชุดทดลองที่ 1.7 เมื่อสิ้นสุดการทดลองมีความเป็นกรด-ด่างเพิ่มขึ้นเป็น 8.18, 8.31 และ 8.49 ตามลำดับ (รูปที่ 9 (ก))

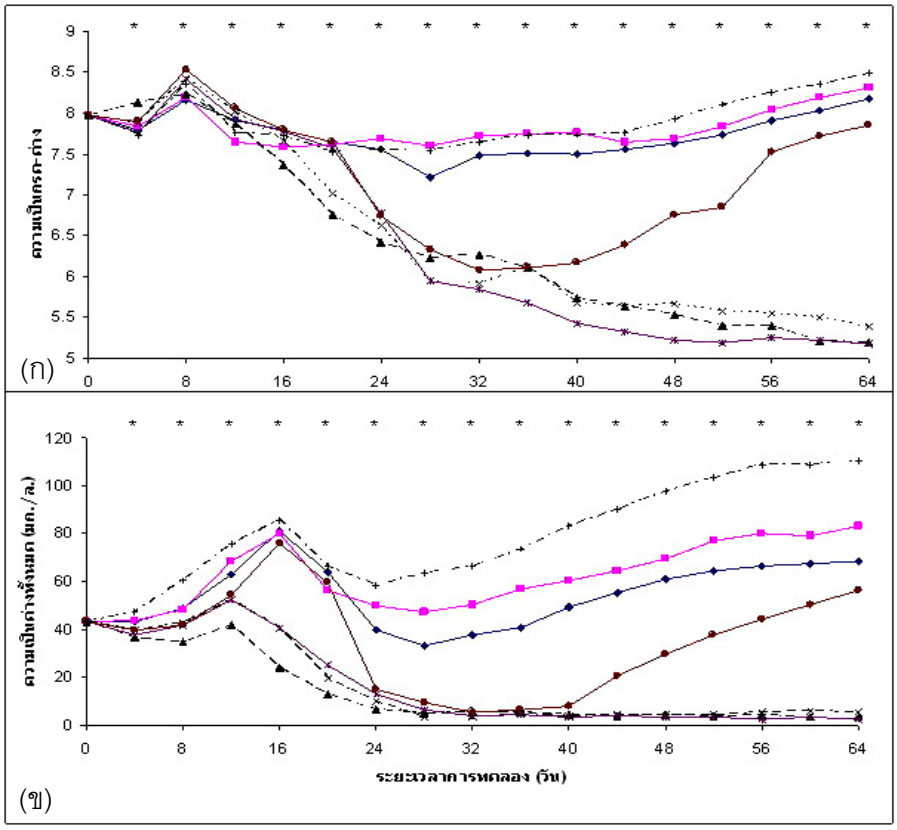
สัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ระหว่างความเป็นกรด-ด่างกับตัวแปรคุณภาพน้ำอื่นในแต่ละชุดทดลองตลอดระยะเวลาการทดลอง 64 วัน พบว่า ความเป็นกรด-ด่างในทุกชุดทดลองมีความสัมพันธ์ในลักษณะแปรผันตามกับความเป็นด่างทั้งหมด และแปรผกผันกับไนเตรท ยกเว้นชุดทดลองที่ 1.2 และ 1.7 มีความสัมพันธ์ในลักษณะแปรผันตามกับไนเตรท (ตารางภาคผนวก ก ที่ 2-8)

3) ความเป็นด่างทั้งหมด

จากผลการวิเคราะห์ค่าความเป็นด่างทั้งหมดตลอดระยะเวลาการทดลอง 64 วัน ที่ใช้ระบบกรองในท้องตลาดทั้ง 7 ชุดทดลอง บำบัดน้ำในตู้เลี้ยงปลาดุก พบว่า ระบบกรองที่จำหน่ายในท้องตลาด ระยะเวลาการทดลอง และอิทธิพลร่วมระหว่างระบบกรองที่จำหน่ายในท้องตลาดและระยะเวลาการทดลองมีผลให้ความเป็นด่างทั้งหมดแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P<0.05$) โดยชุดทดลองที่ 1.7 (ใช้สารกรองเป็นเศษปะการังร่วมกับ ammonia chip และถ่านกัมมันต์) มีค่าสูงสุดเท่ากับ 79 มก./ล. ส่วนชุดทดลองที่ 1.3 (ใช้สารกรองเป็นใยพลาสติกหยาบร่วมกับ ceramic และ ammonia chip) มีค่าต่ำสุดเท่ากับ 14 มก./ล. (ตารางภาคผนวก ก ที่ 1)

ความเป็นด่างทั้งหมดที่ระยะเวลาเริ่มต้นการทดลองมีค่าเท่ากันคือ 43 มก./ล. และมีค่าเพิ่มขึ้นจนถึงที่ระยะเวลาการทดลอง 12 วัน โดยมีค่าอยู่ในช่วง 42-76 มก./ล. ต่อมาที่ระยะเวลาการทดลอง 16 วัน ความเป็นด่างทั้งหมดในทุกชุดทดลองมีค่าเพิ่มขึ้น โดยมีค่าอยู่ในช่วง 76-86 มก./ล. ยกเว้น ชุดทดลองที่ 1.3 ชุดทดลองที่ 1.4 (ใช้สารกรองเป็นใยพลาสติกหยาบร่วมกับ zeolite และถ่านกัมมันต์) และชุดทดลองที่ 1.5 (ใช้สารกรองเป็นใยพลาสติกหยาบร่วมกับ bioball) มีค่าลดลงเหลือ 24, 40 และ 41 มก./ล. ตามลำดับ หลังจากนั้นค่าความเป็นด่างทั้งหมดลดลงทุกชุดทดลองที่ระยะเวลาการทดลอง 20 ถึง 28 วัน ยกเว้น ชุดทดลองที่ 1.7 แต่ที่ระยะเวลาการทดลอง 32 ถึง 64 วัน ค่าความเป็นด่างทั้งหมดในแต่ละชุดทดลองมีแนวโน้มเพิ่มขึ้น ยกเว้น ชุดทดลองที่ 1.3, 1.4 และ 1.5 มีค่าความเป็นด่างทั้งหมดเปลี่ยนแปลงในปริมาณเล็กน้อย โดยเปลี่ยนแปลงอยู่ในช่วง 2-5 มก./ล. (รูปที่ 9 (ข))

สัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ระหว่างความเป็นด่างทั้งหมดกับตัวแปรคุณภาพน้ำอื่นในแต่ละชุดทดลองตลอดระยะเวลาการทดลอง 64 วัน พบว่า ความเป็นด่างทั้งหมดในทุกชุดทดลองมีความสัมพันธ์ในลักษณะแปรผันตามกับความเป็นกรด-ด่าง (ตารางภาคผนวก ก ที่ 2-8)



รูปที่ 9 ค่าเฉลี่ย (ก) ความเป็นกรด-ด่างและ (ข) ความเป็นด่างทั้งหมดในน้ำที่บำบัดด้วยระบบกรองที่จำหน่ายในท้องตลาดตลอดระยะเวลาการทดลอง 64 วัน

หมายเหตุ

* ในระยะเวลาเดียวกันค่าเฉลี่ยในแต่ละชุดทดลองแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P<0.05$)

ชุดทดลองที่ 1.1 ใช้สารกรองเป็นกรวด 500 ก. ร่วมกับทรายหยาบ 500 ก. และทรายละเอียด 500 ก.

ชุดทดลองที่ 1.2 ใช้สารกรองเป็นทรายละเอียด 500 ก. ร่วมกับทรายหยาบ 500 ก. และกรวด 500 ก.

ชุดทดลองที่ 1.3 ใช้สารกรองเป็นใยพลาสติกหยาบ 1 แผ่น ร่วมกับ ceramic 300 ก. และ ammonia chip 300 ก.

ชุดทดลองที่ 1.4 ใช้สารกรองเป็นใยพลาสติกหยาบ 1 แผ่น ร่วมกับ zeolite 250 ก. และถ่านกัมมันต์ 200 ก.

ชุดทดลองที่ 1.5 ใช้สารกรองเป็นใยพลาสติกหยาบ 1 แผ่น ร่วมกับ bioball 37 ลูก

ชุดทดลองที่ 1.6 ใช้สารกรองเป็นทรายคละขนาด 500 ก. ร่วมกับใยพลาสติกขาว 2 แผ่น และถ่านกะลามะพร้าว 200 ก.

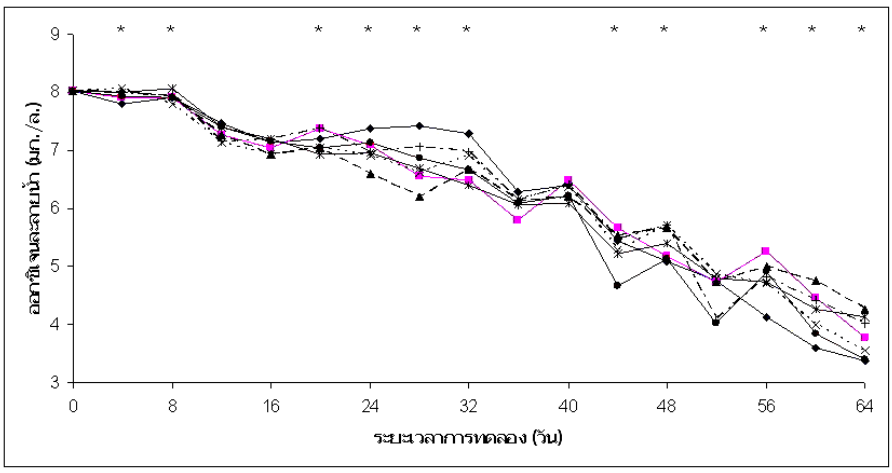
ชุดทดลองที่ 1.7 ใช้สารกรองเป็นเศษปะการัง 300 ก. ร่วมกับ ammonia chip 300 ก. และถ่านกัมมันต์ 200 ก.

4) ออกซิเจนละลายน้ำ

จากผลการวิเคราะห์ปริมาณออกซิเจนละลายน้ำตลอดระยะเวลาการทดลอง 64 วัน ที่ใช้ระบบกรองในท้องตลาดทั้ง 7 ชุดทดลอง บำบัดน้ำในตู้เลี้ยงปลาดุก พบว่า ระบบกรองที่จำหน่ายในท้องตลาด ระยะเวลาการทดลอง และอิทธิพลร่วมระหว่างระบบกรองที่จำหน่ายในท้องตลาดและระยะเวลาการทดลองมีผลให้ออกซิเจนละลายน้ำแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P<0.05$) โดยชุดทดลองที่ 1.1 (ใช้สารกรองเป็นกรวดร่วมกับทรายหยาบ และทรายละเอียด) ชุดทดลองที่ 1.2 (ใช้สารกรองเป็นทรายละเอียดร่วมกับทรายหยาบ และกรวด) ชุดทดลองที่ 1.3 (ใช้สารกรองเป็นใยพลาสติกหยาบร่วมกับ ceramic และ ammonia chip) ชุดทดลองที่ 1.5 (ใช้สารกรองเป็นใยพลาสติกหยาบร่วมกับ bioball) และชุดทดลองที่ 1.7 (ใช้สารกรองเป็นเศษปะการังร่วมกับ ammonia chip และถ่านกัมมันต์) มีค่าสูงสุดเท่ากันคือ 6.3 มก./ล. ส่วนชุดทดลองที่ 1.6 (ใช้สารกรองเป็นทรายคละขนาดร่วมกับใยพลาสติกขาว และถ่านกะลามะพร้าว) มีค่าต่ำสุดเท่ากับ 6.1 มก./ล. (ตารางภาคผนวก ก ที่ 1)

ออกซิเจนละลายน้ำที่ระยะเวลาเริ่มต้นการทดลองมีค่าเท่ากันคือ 8.0 มก./ล. และมีปริมาณออกซิเจนละลายน้ำเปลี่ยนแปลงเพียงเล็กน้อยจนถึงระยะเวลาการทดลอง 8 วัน โดยมีการเปลี่ยนแปลงอยู่ในช่วง 7.8-8.1 มก./ล. หลังจากนั้นปริมาณออกซิเจนละลายน้ำในแต่ละชุดทดลองมีแนวโน้มลดลงอย่างต่อเนื่องจนจบการทดลองที่ระยะเวลา 64 วัน และในแต่ละชุดทดลองมีปริมาณออกซิเจนละลายน้ำต่ำสุดอยู่ในช่วง 3.4-4.3 มก./ล. (รูปที่ 10)

สัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ระหว่างออกซิเจนละลายน้ำกับตัวแปรคุณภาพน้ำอื่นในแต่ละชุดทดลองตลอดระยะเวลาการทดลอง 64 วัน พบว่า ออกซิเจนละลายน้ำในทุกชุดทดลองมีความสัมพันธ์ในลักษณะแปรผกผันกับบีโอดี ไนเตรท และของแข็งแขวนลอยทั้งหมด (ตารางภาคผนวก ก ที่ 2-8)



รูปที่ 10 ค่าเฉลี่ยปริมาณออกซิเจนละลายน้ำในน้ำที่บำบัดด้วยระบบกรองที่จำหน่ายในท้องตลาด ตลอดระยะเวลาการทดลอง 64 วัน

หมายเหตุ

* ในระยะเวลาเดียวกันค่าเฉลี่ยในแต่ละชุดทดลองแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P<0.05$)

ชุดทดลองที่ 1.1 ใช้สารกรองเป็นกรวด 500 ก. ร่วมกับทรายหยาบ 500 ก. และทรายละเอียด 500 ก.

ชุดทดลองที่ 1.2 ใช้สารกรองเป็นทรายละเอียด 500 ก. ร่วมกับทรายหยาบ 500 ก. และกรวด 500 ก.

ชุดทดลองที่ 1.3 ใช้สารกรองเป็นใยพลาสติกหยาบ 1 แผ่น ร่วมกับ ceramic 300 ก. และ ammonia chip 300 ก.

ชุดทดลองที่ 1.4 ใช้สารกรองเป็นใยพลาสติกหยาบ 1 แผ่น ร่วมกับ zeolite 250 ก. และถ่านกัมมันต์ 200 ก.

ชุดทดลองที่ 1.5 ใช้สารกรองเป็นใยพลาสติกหยาบ 1 แผ่น ร่วมกับ bioball 37 ลูก

ชุดทดลองที่ 1.6 ใช้สารกรองเป็นทรายคละขนาด 500 ก. ร่วมกับใยพลาสติกขาว 2 แผ่น และถ่านกะลามะพร้าว 200 ก.

ชุดทดลองที่ 1.7 ใช้สารกรองเป็นเศษปะการัง 300 ก. ร่วมกับ ammonia chip 300 ก. และถ่านกัมมันต์ 200 ก.

5) บีโอดี

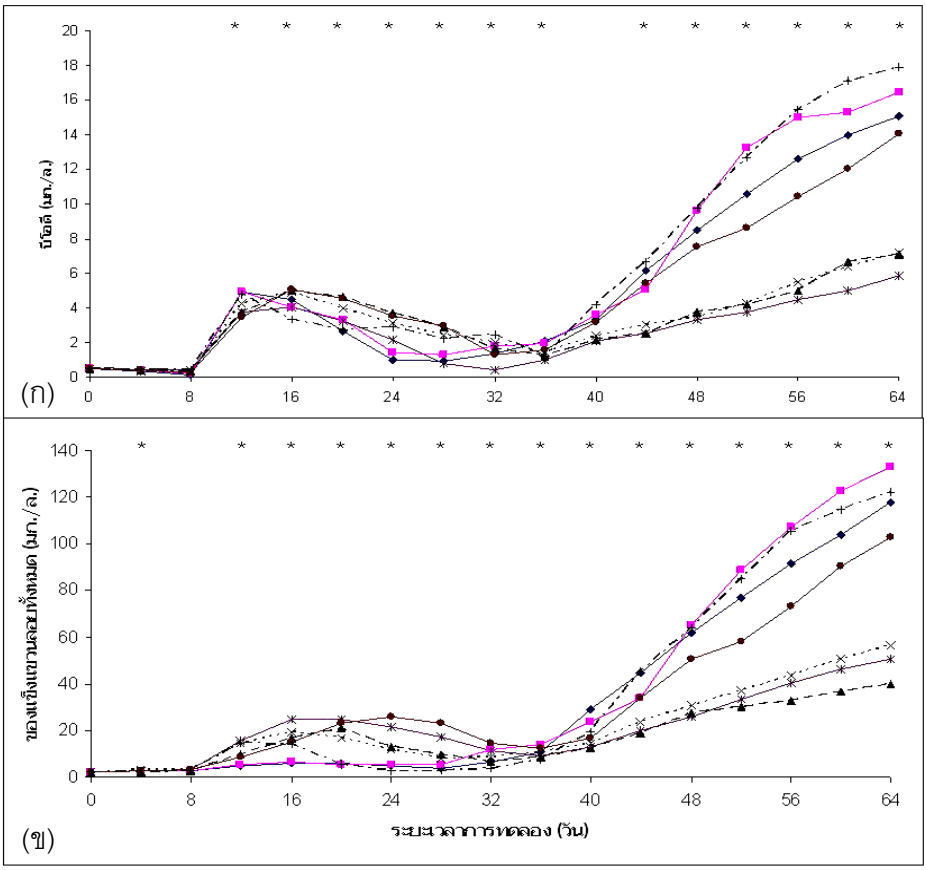
จากผลการวิเคราะห์ปริมาณบีโอดีตลอดระยะเวลาการทดลอง 64 วัน ที่ใช้ระบบกรองในท้องตลาดทั้ง 7 ชุดทดลอง บำบัดน้ำในตู้เลี้ยงปลาดุก พบว่า ระบบกรองที่จำหน่ายในท้องตลาด ระยะเวลาการทดลอง และอิทธิพลร่วมระหว่างระบบกรองที่จำหน่ายในท้องตลาดและระยะเวลาการทดลองมีผลให้บีโอดีแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P<0.05$) โดยชุดทดลองที่ 1.7 (ใช้สารกรองเป็นเศษปะการังร่วมกับ ammonia chip และถ่านกัมมันต์) มีค่าสูงสุดเท่ากับ 6.2 มก./ล. ส่วนชุดทดลองที่ 1.5 (ใช้สารกรองเป็นใยพลาสติกหยาบร่วมกับ bioball) มีค่าต่ำสุดเท่ากับ 2.6 มก./ล. (ตารางภาคผนวก ก ที่ 1)

บีโอดีที่ระยะเวลาเริ่มต้นการทดลองมีค่าเท่ากันคือ 0.5 มก./ล. แล้วเปลี่ยนแปลงเพียงเล็กน้อยจนถึงที่ระยะเวลาการทดลอง 8 วัน จากนั้นปริมาณบีโอดีในแต่ละชุดทดลองมีแนวโน้มเพิ่มขึ้น โดยชุดทดลองที่ 1.1 (ใช้สารกรองเป็นกรวดร่วมกับทรายหยาบ และทรายละเอียด) และชุดทดลองที่ 1.2 (ใช้สารกรองเป็นทรายละเอียดร่วมกับทรายหยาบ และกรวด) มีค่าสูงสุดเท่ากันคือ 4.9 มก./ล. ส่วนชุดทดลองที่ 1.6 (ใช้สารกรองเป็นทรายคละขนาดร่วมกับใยพลาสติกขาว และถ่านกะลามะพร้าว) มีค่าต่ำสุดเท่ากับ 3.5 มก./ล. หลังจากระยะเวลาการทดลอง 16 วัน ปริมาณบีโอดีในแต่ละชุดทดลองมีแนวโน้มลดลงจนถึงที่ระยะเวลาการทดลอง 36 วัน โดยชุดทดลองที่ 1.1 มีค่าสูงสุดเท่ากับ 2.1 มก./ล. ส่วนชุดทดลองที่ 1.5 มีค่าต่ำสุดเท่ากับ 1.0 มก./ล. แล้วปริมาณบีโอดีในแต่ละชุดทดลองเพิ่มสูงขึ้นเรื่อยๆ จนถึงที่ระยะเวลาการทดลอง 64 วัน โดยชุดทดลองที่ 1.7 มีค่าสูงสุดเท่ากับ 17.9 มก./ล. ส่วนชุดทดลองที่ 1.5 มีค่าต่ำสุดเท่ากับ 5.9 มก./ล. (รูปที่ 11 (ก))

สัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ระหว่างบีโอดีกับตัวแปรคุณภาพน้ำอื่นในแต่ละชุดทดลองตลอดระยะเวลาการทดลอง 64 วัน พบว่า บีโอดีในทุกชุดทดลองมีความสัมพันธ์ในลักษณะแปรผกผันกับออกซิเจนละลายน้ำ และแปรผันตามกับไนเตรท และของแข็งแขวนลอยทั้งหมด (ตารางภาคผนวก ก ที่ 2-8)

6) ของแข็งแขวนลอยทั้งหมด

จากผลการวิเคราะห์ค่าเฉลี่ยปริมาณของแข็งแขวนลอยทั้งหมดตลอดระยะเวลาการทดลอง 64 วัน ที่ใช้ระบบกรองในท้องตลาดทั้ง 7 ชุดทดลอง บำบัดน้ำในตู้เลี้ยงปลาดุก พบว่าระบบกรองที่จำหน่ายในท้องตลาด ระยะเวลาการทดลอง และอิทธิพลร่วมระหว่างระบบกรองที่จำหน่ายในท้องตลาดและระยะเวลาการทดลองมีผลให้ของแข็งแขวนลอยทั้งหมดแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P<0.05$) โดยชุดทดลองที่ 1.2 (ใช้สารกรองเป็นทรายละเอียดร่วมกับทรายหยาบ และกรวด) มีค่าสูงสุดเท่ากับ 37.4 มก./ล. ส่วนชุดทดลองที่ 1.3 (ใช้สารกรองเป็นใยพลาสติกหยาบร่วมกับ ceramic และ ammonia chip) มีค่าต่ำสุดเท่ากับ 17.1 มก./ล. (ตารางภาคผนวก ก ที่ 1)



รูปที่ 11 ค่าเฉลี่ย (ก) ปริมาณบีโอดีและ (ข) ของแข็งแขวนลอยทั้งหมดในน้ำที่บำบัดด้วยระบบกรองที่จำหน่ายในท้องตลาดตลอดระยะเวลาการทดลอง 64 วัน

หมายเหตุ

* ในระยะเวลาเดียวกันค่าเฉลี่ยในแต่ละชุดทดลองแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P<0.05$)

ชุดทดลองที่ 1.1 ใช้สารกรองเป็นกรวด 500 ก. ร่วมกับทรายหยาบ 500 ก. และทรายละเอียด 500 ก.

ชุดทดลองที่ 1.2 ใช้สารกรองเป็นทรายละเอียด 500 ก. ร่วมกับทรายหยาบ 500 ก. และกรวด 500 ก.

ชุดทดลองที่ 1.3 ใช้สารกรองเป็นใยพลาสติกหยาบ 1 แผ่น ร่วมกับ ceramic 300 ก. และ ammonia chip 300 ก.

ชุดทดลองที่ 1.4 ใช้สารกรองเป็นใยพลาสติกหยาบ 1 แผ่น ร่วมกับ zeolite 250 ก. และถ่านกัมมันต์ 200 ก.

ชุดทดลองที่ 1.5 ใช้สารกรองเป็นใยพลาสติกหยาบ 1 แผ่น ร่วมกับ bioball 37 ลูก

ชุดทดลองที่ 1.6 ใช้สารกรองเป็นทรายคละขนาด 500 ก. ร่วมกับใยพลาสติกขาว 2 แผ่น และถ่านกะลามะพร้าว 200 ก.

ชุดทดลองที่ 1.7 ใช้สารกรองเป็นเศษปะการัง 300 ก. ร่วมกับ ammonia chip 300 ก. และถ่านกัมมันต์ 200 ก.

ปริมาณของแข็งแขวนลอยทั้งหมดที่ระยะเวลาเริ่มต้นการทดลองมีค่าเท่ากันคือ 2.2 มก./ล. และเปลี่ยนแปลงเพียงเล็กน้อยจนถึงที่ระยะเวลาการทดลอง 8 วัน จากนั้นปริมาณของแข็งแขวนลอยทั้งหมดในแต่ละชุดทดลองมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นจนถึงที่ระยะเวลาการทดลอง 16 วัน โดยมีค่าอยู่ในช่วง 6.1-25.0 มก./ล. ต่อมาปริมาณของแข็งแขวนลอยทั้งหมดมีแนวโน้มลดลงจนถึงที่ระยะเวลาการทดลอง 36 วัน ก็มีแนวโน้มเพิ่มขึ้นอีก ยกเว้น ชุดทดลองที่ 1.5 (ใช้สารกรองเป็นใยพลาสติกหยาบร่วมกับ bioball) และชุดทดลองที่ 1.6 (ใช้สารกรองเป็นทรายคละขนาดร่วมกับใยพลาสติกขาว และถ่านกะลามะพร้าว) มีค่าเพิ่มขึ้นอยู่ในช่วง 7.4-14.0 มก./ล. หลังจากนั้นปริมาณของแข็งแขวนลอยทั้งหมดในแต่ละชุดทดลองเพิ่มสูงขึ้นจนถึงที่ระยะเวลาการทดลอง 64 วัน โดยชุดทดลองที่ 1.2 มีค่าสูงสุดเท่ากับ 132.7 มก./ล. ส่วนชุดทดลองที่ 1.3 มีค่าต่ำสุดเท่ากับ 39.8 มก./ล. (รูปที่ 11 (ข))

สัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ระหว่างของแข็งแขวนลอยทั้งหมดกับตัวแปรคุณภาพน้ำอื่นในแต่ละชุดทดลองตลอดระยะเวลาการทดลอง 64 วัน พบว่า ของแข็งแขวนลอยทั้งหมดในทุกชุดทดลองมีความสัมพันธ์ในลักษณะแปรผกผันกับออกซิเจนละลายน้ำ และแปรผันตามกับบีโอดีและไนเตรท (ตารางภาคผนวก ก ที่ 2-8)

7) แอมโมเนียรวม

จากผลการวิเคราะห์ปริมาณแอมโมเนียรวมระหว่างชุดทดลองตลอดระยะเวลาการทดลอง 64 วัน ที่ใช้ระบบกรองในท้องตลาดทั้ง 7 ชุดทดลอง บำบัดน้ำในตู้เลี้ยงปลาดุก พบว่าระบบกรองที่จำหน่ายในท้องตลาด ระยะเวลาการทดลอง และอิทธิพลร่วมระหว่างระบบกรองที่จำหน่ายในท้องตลาดและระยะเวลาการทดลองมีผลให้แอมโมเนียรวมแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P<0.05$) โดยชุดทดลองที่ 1.5 (ใช้สารกรองเป็นใยพลาสติกหยาบร่วมกับ bioball) มีค่าสูงสุดเท่ากับ 1.412 มก./ล. ส่วนชุดทดลองที่ 1.7 (ใช้สารกรองเป็นเศษปะการังร่วมกับ ammonia chip และถ่านกัมมันต์) มีค่าต่ำสุดเท่ากับ 0.393 มก./ล. (ตารางภาคผนวก ก ที่ 1)

แอมโมเนียรวมที่ระยะเวลาเริ่มต้นการทดลองมีค่าเท่ากันคือ 0.026 มก./ล. แล้วเปลี่ยนแปลงเพียงเล็กน้อยจนถึงที่ระยะเวลาการทดลอง 8 วัน และเพิ่มขึ้นอย่างรวดเร็วจนถึงที่ระยะเวลาการทดลอง 16 วัน โดยชุดทดลองที่ 1.6 (ใช้สารกรองเป็นทรายคละขนาดร่วมกับใยพลาสติกขาว และถ่านกะลามะพร้าว) มีค่าสูงสุดเท่ากับ 3.922 มก./ล. ส่วนชุดทดลองที่ 1.3 (ใช้สารกรองเป็นใยพลาสติกหยาบร่วมกับ ceramic และ ammonia chip) มีค่าต่ำสุดเท่ากับ 0.536 มก./ล. จากนั้นปริมาณแอมโมเนียรวมมีแนวโน้มลดลงอย่างรวดเร็วที่ระยะเวลาการทดลอง 24 วัน

และลดลงจนจบการทดลองที่ระยะเวลา 64 วัน โดยมีค่าอยู่ในช่วง 0.147-0.277 มก./ล. ยกเว้น ชุดทดลองที่ 1.3 ชุดทดลองที่ 1.4 (ใช้สารกรองเป็นใยพลาสติกหยาบร่วมกับ zeolite และถ่านกัมมันต์) และชุดทดลองที่ 1.5 มีค่าเพิ่มขึ้นอยู่ในช่วง 2.464-3.584 มก./ล. (รูปที่ 12 (ก))

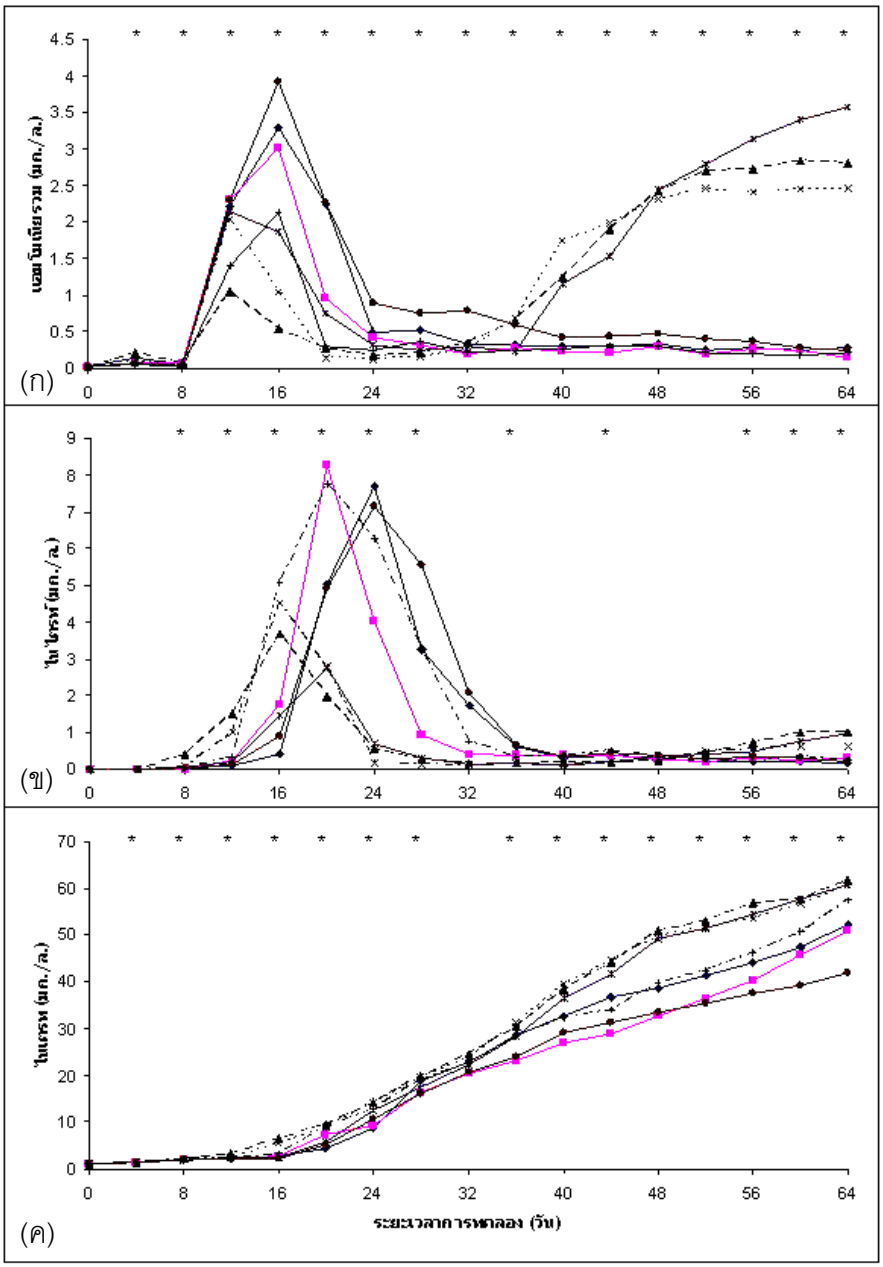
สัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ระหว่างแอมโมเนียรวมกับตัวแปรคุณภาพน้ำอื่นในแต่ละชุดทดลองตลอดระยะเวลาการทดลอง 64 วัน พบว่า แอมโมเนียรวมในทุกชุดทดลองมีความสัมพันธ์ในลักษณะแปรผกผันกับไนเตรท ยกเว้น ชุดทดลองที่ 1.3, 1.4 และ 1.5 มีความสัมพันธ์ในลักษณะแปรผันตามกับไนเตรท (ตารางภาคผนวก ก ที่ 2-8)

8) ไนไตรท์

จากผลการวิเคราะห์ปริมาณไนไตรท์ระหว่างชุดทดลองตลอดระยะเวลาการทดลอง 64 วัน ที่ใช้ระบบกรองในท้องตลาดทั้ง 7 ชุดทดลอง บำบัดน้ำในตู้เลี้ยงปลาดุก พบว่า ระบบกรองที่จำหน่ายในท้องตลาด ระยะเวลาการทดลอง และอิทธิพลร่วมระหว่างระบบกรองที่จำหน่ายในท้องตลาดและระยะเวลาการทดลองมีผลให้ไนไตรท์แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P<0.05$) โดยชุดทดลองที่ 1.7 (ใช้สารกรองเป็นเศษปะการังร่วมกับ ammonia chip และถ่านกัมมันต์) มีค่าสูงสุดเท่ากับ 1.546 มก./ล. ส่วนชุดทดลองที่ 1.5 (ใช้สารกรองเป็นใยพลาสติกหยาบร่วมกับ bioball) มีค่าต่ำสุดเท่ากับ 0.536 มก./ล. (ตารางภาคผนวก ก ที่ 1)

ไนไตรท์ที่ระยะเวลาเริ่มต้นการทดลองมีค่าเท่ากันคือ 0.008 มก./ล. แล้วมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นเล็กน้อยจนถึงที่ระยะเวลาการทดลอง 8 วัน โดยมีค่าอยู่ในช่วง 0.031-0.434 มก./ล. จากนั้นปริมาณไนไตรท์ในแต่ละชุดทดลองเพิ่มขึ้นอย่างรวดเร็วจนถึงที่ระยะเวลาการทดลอง 20 วัน โดยมีค่าอยู่ในช่วง 2.778-7.795 มก./ล. ยกเว้น ชุดทดลองที่ 1.3 (ใช้สารกรองเป็นใยพลาสติกหยาบร่วมกับ ceramic และ ammonia chip) และชุดทดลองที่ 1.4 (ใช้สารกรองเป็นใยพลาสติกหยาบร่วมกับ zeolite และถ่านกัมมันต์) มีค่าลดลง ต่อมาปริมาณไนไตรท์ในแต่ละชุดทดลองมีแนวโน้มลดลงจนถึงที่ระยะเวลาการทดลอง 36 วัน โดยมีค่าอยู่ในช่วง 0.132-0.675 มก./ล. หลังจากนั้นปริมาณไนไตรท์มีแนวโน้มลดลงช้าๆจนจบการทดลองที่ระยะเวลา 64 วัน ยกเว้นชุดทดลองที่ 1.3, 1.4 และชุดทดลองที่ 1.5 มีค่าเพิ่มขึ้นเป็น 1.024, 0.632 และ 0.956 มก./ล. ตามลำดับ (รูปที่ 12 (ข))

สัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ระหว่างไนไตรท์กับตัวแปรคุณภาพน้ำอื่นในแต่ละชุดทดลองตลอดระยะเวลาการทดลอง 64 วัน พบว่า ไนไตรท์ในชุดทดลองที่ 1.3, 1.4 และ 1.5 มีความสัมพันธ์ในลักษณะแปรผันตามกับบีโอดี และแปรผกผันกับความเป็นกรด-ด่างในชุดทดลองที่ 1.1, 1.2 และ 1.7 (ตารางภาคผนวก ก ที่ 2-8)



รูปที่ 12 ค่าเฉลี่ยปริมาณ (ก) แอมโมเนียรวม (ข) ไนไตรท์ และ (ค) ไนเตรทในน้ำที่บำบัดด้วยระบบกรองที่จำหน่ายในท้องตลาดตลอดระยะเวลาการทดลอง 64 วัน

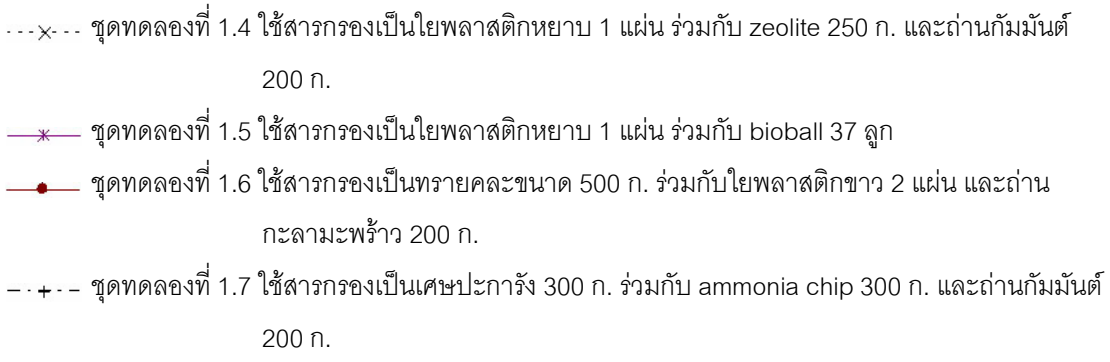
หมายเหตุ

* ในระยะเวลาเดียวกันค่าเฉลี่ยในแต่ละชุดทดลองแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P<0.05$)

ชุดทดลองที่ 1.1 ใช้สารกรองเป็นกรวด 500 ก. ร่วมกับทรายหยาบ 500 ก. และทรายละเอียด 500 ก.

ชุดทดลองที่ 1.2 ใช้สารกรองเป็นทรายละเอียด 500 ก. ร่วมกับทรายหยาบ 500 ก. และกรวด 500 ก.

ชุดทดลองที่ 1.3 ใช้สารกรองเป็นใยพลาสติกหยาบ 1 แผ่น ร่วมกับ ceramic 300 ก. และ ammonia chip 300 ก.



9) ไนเตรท

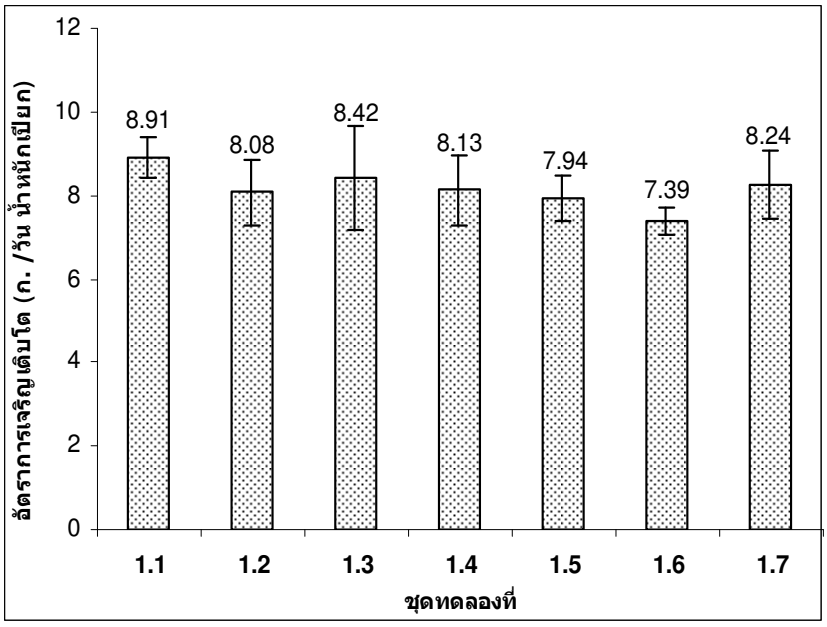
จากผลการวิเคราะห์ปริมาณไนเตรทตลอดระยะเวลาการทดลอง 64 วัน ที่ใช้ระบบกรองในท้องตลาดทั้ง 7 ชุดทดลอง บำบัดน้ำในตู้เลี้ยงปลาดุก พบว่า ระบบกรองที่จำหน่ายในท้องตลาด ระยะเวลาการทดลอง และอิทธิพลร่วมระหว่างระบบกรองที่จำหน่ายในท้องตลาดและระยะเวลาการทดลองมีผลให้ไนเตรทแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P<0.05$) โดยชุดทดลองที่ 1.3 (ใช้สารกรองเป็นใยพลาสติกหยาบร่วมกับ ceramic และ ammonia chip) มีค่าสูงสุดเท่ากับ 28.02 มก./ล. ส่วนชุดทดลองที่ 1.6 (ใช้สารกรองเป็นทรายคละขนาดร่วมกับใยพลาสติกขาว และถ่านกะลามะพร้าว) มีค่าต่ำสุดเท่ากับ 19.65 มก./ล. (ตารางภาคผนวก ก ที่ 1)

ปริมาณไนเตรทที่ระยะเวลาเริ่มต้นการทดลองมีค่าเท่ากันคือ 1.17 มก./ล. และเพิ่มขึ้นอย่างช้าๆจนถึงที่ระยะเวลาการทดลอง 16 วัน โดยมีค่าอยู่ในช่วง 2.24-6.64 มก./ล. หลังจากนั้นปริมาณไนเตรทมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นอย่างรวดเร็วจนจบการทดลองที่ระยะเวลาการทดลอง 64 วัน โดยชุดทดลองที่ 1.3 ชุดทดลองที่ 1.4 (ใช้สารกรองเป็นใยพลาสติกหยาบร่วมกับ zeolite และถ่านกัมมันต์) และชุดทดลองที่ 1.5 (ใช้สารกรองเป็นใยพลาสติกหยาบร่วมกับ bioball) มีค่าสูงถึง 61.95, 60.82 และ 60.69 มก./ล. ตามลำดับ ส่วนชุดทดลองอื่นๆมีค่าอยู่ในช่วง 41.94-57.45 มก./ล. (รูปที่ 12 (ค))

สัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ระหว่างไนเตรทกับตัวแปรคุณภาพน้ำอื่นในแต่ละชุดทดลองตลอดระยะเวลาการทดลอง 64 วัน พบว่า ไนเตรทในทุกชุดทดลองมีความสัมพันธ์ในลักษณะแปรผกผันกับออกซิเจนละลายน้ำ และแอมโมเนียรวม ยกเว้น ชุดทดลองที่ 1.3, 1.4 และ 1.5 มีความสัมพันธ์ในลักษณะแปรผันตามกับแอมโมเนียรวม และในแต่ละชุดทดลองมีความสัมพันธ์ในลักษณะแปรผันตามกับบีโอดี และของแข็งแขวนลอยทั้งหมด (ตารางภาคผนวก ก ที่ 2-8)

1.2 อัตราการเจริญเติบโต

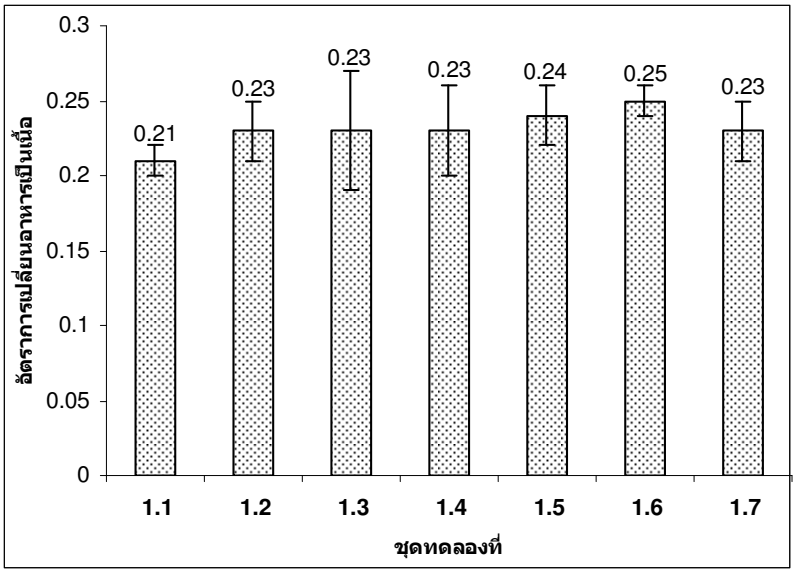
จากผลการวิเคราะห์อัตราการเจริญเติบโตของปลาดุกตลอดระยะเวลาการทดลอง 64 วัน ที่ใช้ระบบกรองในท้องตลาดทั้ง 7 ชุดทดลอง บำบัดน้ำในตู้เลี้ยงปลาดุก พบว่าแต่ละชุดทดลองไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (P>0.05) โดยชุดทดลองที่ 1.1 (ใช้สารกรองเป็นกรวดร่วมกับทรายหยาบ และทรายละเอียด) มีอัตราการเจริญเติบโตสูงสุดเท่ากับ 8.91 ก./วัน ส่วนชุดทดลองที่ 1.6 (ใช้สารกรองเป็นทรายคละขนาดร่วมกับใยพลาสติกขาว และถ่านกะลามะพร้าว) มีอัตราการเจริญเติบโตต่ำสุดเท่ากับ 7.39 ก./วัน (รูปที่ 13)



รูปที่ 13 อัตราการเจริญเติบโตของปลาดุก (ค่าเฉลี่ยและ SD) ที่เลี้ยงในตู้ทดลองและบำบัดน้ำด้วยระบบกรองที่จำหน่ายในท้องตลาดตลอดระยะเวลาการทดลอง 64 วัน

1.3 อัตราการเปลี่ยนอาหารเป็นเนื้อ

จากผลการวิเคราะห์อัตราการเปลี่ยนอาหารเป็นเนื้อของปลาดุกตลอดระยะเวลาการทดลอง 64 วัน ที่ใช้ระบบกรองในท้องตลาดทั้ง 7 ชุดทดลอง บำบัดน้ำในตู้เลี้ยงปลาดุก พบว่าแต่ละชุดทดลองไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (P>0.05) โดยชุดทดลองที่ 1.6 (ใช้สารกรองเป็นทรายคละขนาดร่วมกับใยพลาสติกขาว และถ่านกะลามะพร้าว) มีอัตราการเปลี่ยนอาหารเป็นเนื้อสูงสุดเท่ากับ 0.25 ส่วนชุดทดลองที่ 1.1 (ใช้สารกรองเป็นกรวดร่วมกับทรายหยาบ และทรายละเอียด) มีอัตราการเปลี่ยนอาหารเป็นเนื้อต่ำสุดเท่ากับ 0.21 (รูปที่ 14)



รูปที่ 14 อัตราการเปลี่ยนอาหารเป็นเนื้อของปลาดุก (ค่าเฉลี่ยและ SD) ที่เลี้ยงในตู้ทดลองและบำบัดน้ำด้วยระบบกรองที่จำหน่ายในท้องตลาดตลอดระยะเวลาการทดลอง 64 วัน

1.4 **ต้นทุนของระบบกรอง**

จากการวิเคราะห์ราคาต้นทุนของระบบกรองที่จำหน่ายในท้องตลาด ทั้ง 7 ชุดทดลอง พบว่า ในแต่ละชุดทดลองมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P<0.05$) โดยชุดทดลองที่ 1.6 (ใช้สารกรองเป็นทรายคละขนาดร่วมกับใยพลาสติกขาว และถ่านกะลามะพร้าว) มีราคาต่ำสุดเท่ากับ 105.40 บาท ส่วนชุดทดลองที่ 1.7 (ใช้สารกรองเป็นเศษปะการังร่วมกับ ammonia chip และถ่านกัมมันต์) มีราคาสูงสุดเท่ากับ 162.00 บาท (ตารางภาคผนวก ก ที่ 10)

1.5 **ระยะเวลาที่เริ่มเกิดการอุดตันของระบบกรอง**

จากผลการวิเคราะห์ระยะเวลาที่เริ่มเกิดการอุดตันของระบบกรองตลอดระยะเวลาการทดลอง 64 วัน ที่ใช้ระบบกรองที่จำหน่ายในท้องตลาดทั้ง 7 ชุดทดลอง บำบัดน้ำในตู้เลี้ยงปลาดุก พบว่า แต่ละชุดทดลองมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P<0.05$) โดยชุดทดลองที่ 1.3 (ใช้สารกรองเป็นใยพลาสติกหยาบร่วมกับ ceramic และ ammonia chip) ชุดทดลองที่ 1.4 (ใช้สารกรองเป็นใยพลาสติกหยาบร่วมกับ zeolite และถ่านกัมมันต์) และชุดทดลองที่ 1.5 (ใช้สารกรองเป็นใยพลาสติกหยาบร่วมกับ bioball) มีระยะเวลาที่เริ่มเกิดการอุดตันของระบบกรองสูงสุดมากกว่า 64 วัน ส่วนชุดทดลองที่ 1.2 (ใช้สารกรองเป็นทรายละเอียดร่วมกับทรายหยาบ และกรวด) มีระยะเวลาที่เริ่มเกิดการอุดตันของระบบกรองต่ำสุดเท่ากับ 34 วัน (ตารางภาคผนวก ก ที่ 10)

2. การศึกษาคุณภาพน้ำที่บำบัดด้วยระบบกรองทรายร่วมกับถ่านไม้ และแบคทีเรียเกาะติด

จากการศึกษาคุณภาพน้ำที่บำบัดด้วยระบบกรองที่ใช้อยู่ในท้องตลาดทั้ง 7 ชุดทดลอง พบว่า ชุดทดลองที่ 1.5 (ใช้สารกรองเป็นใยพลาสติกหยาบร่วมกับ bioball) มีราคาถูกและอายุการใช้งานสูงกว่า 64 วัน ปริมาณแอมโมเนียรวมและไนไตรท์อยู่ในระดับต่ำ (ขณะที่มีความเป็นด่างทั้งหมดเพียงพอ) และมีอัตราการเจริญเติบโต อัตราการรอดตาย และอัตราการเปลี่ยนอาหารเป็นเนื้อของปลาดุกบิ๊กอุยก็ไม่แตกต่าง (P>0.05) จากชุดทดลองอื่น จึงเลือกใช้ชุดทดลองที่ 1.5 จากการทดลองที่ 1 เป็นชุดควบคุมในการทดลองที่ 2 นี้

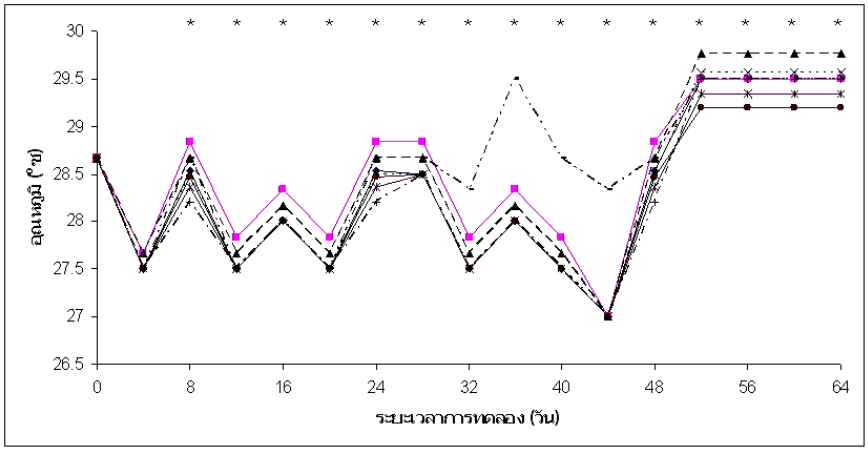
2.1 คุณภาพน้ำที่บำบัดด้วยระบบกรองทรายร่วมกับถ่านไม้ และแบคทีเรียเกาะติด

1) อุณหภูมิ

จากผลการวิเคราะห์อุณหภูมิตลอดระยะเวลาการทดลอง 64 วัน ที่ใช้ระบบกรองทรายร่วมกับถ่านไม้ และแบคทีเรียเกาะติดทั้ง 8 ชุดทดลอง บำบัดน้ำในตู้เลี้ยงปลาดุก พบว่า ระบบกรอง ระยะเวลาการทดลอง และอิทธิพลร่วมระหว่างระบบกรองและระยะเวลาการทดลองมีผลให้อุณหภูมิแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (P<0.05) โดยชุดทดลองที่ 2.8 (ใช้สารกรองเป็นทรายหยาบร่วมกับใยพลาสติกหยาบ และถ่านกะลามะพร้าว) มีค่าสูงสุดเท่ากับ 28.6 °ซ. ส่วนชุดทดลองที่ 2.5 (ใช้สารกรองเป็นใยพลาสติกหยาบและถ่านกะลามะพร้าว) และชุดทดลองที่ 2.6 (ใช้สารกรองเป็นถ่านกะลามะพร้าว) มีค่าต่ำสุดเท่ากันคือ 28.2 °ซ. (ตารางภาคผนวก ก ที่ 12)

อุณหภูมิที่ระยะเวลาเริ่มต้นการทดลองมีค่าเท่ากันคือ 28.7 °ซ. และเปลี่ยนแปลงเพียงเล็กน้อยจนถึงระยะเวลาการทดลอง 32 วัน โดยมีค่าอยู่ในช่วง 27.5-28.3 °ซ. จากนั้นอุณหภูมิมีแนวโน้มลดลงจนถึงที่ระยะเวลาการทดลอง 44 วัน แล้วอุณหภูมิเพิ่มขึ้นจนถึงที่ระยะเวลาการทดลอง 52 วัน หลังจากนั้นอุณหภูมิไม่มีการเปลี่ยนแปลงจนสิ้นสุดการทดลองที่ระยะเวลา 64 วัน ทำให้ชุดทดลองที่ 2.3 (ใช้สารกรองเป็นทรายหยาบและใยพลาสติกหยาบ) มีค่าสูงสุดเป็น 29.8 °ซ. ส่วนชุดทดลองที่ 2.6 มีค่าต่ำสุดเป็น 29.2 °ซ. (รูปที่ 15)

สัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ระหว่างอุณหภูมิกับตัวแปรคุณภาพน้ำอื่นในแต่ละชุดทดลองตลอดระยะเวลาการทดลอง 64 วัน พบว่า อุณหภูมิในทุกชุดทดลองมีความสัมพันธ์ในลักษณะแปรผกผันกับออกซิเจนละลายน้ำ และแปรผันตามกับบีโอดี ไนเตรท และของแข็งแขวนลอยทั้งหมด (ตารางภาคผนวก ก ที่ 13-20)



รูปที่ 15 ค่าเฉลี่ยอุณหภูมิในน้ำที่บำบัดด้วยระบบกรองทรายร่วมกับถ่านไม้ และแบคทีเรียเกาะติดตลอดระยะเวลาการทดลอง 64 วัน

หมายเหตุ

* ในระยะเวลาเดียวกันค่าเฉลี่ยในแต่ละชุดทดลองแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (P<0.05)

ชุดทดลองที่ 2.1 ใช้สารกรองเป็นใยพลาสติกหยาบ 1 แผ่น และ bioball 37 ลูก

ชุดทดลองที่ 2.2 ใช้สารกรองเป็นทรายหยาบ 500 ก.

ชุดทดลองที่ 2.3 ใช้สารกรองเป็นทรายหยาบ 500 ก. และใยพลาสติกหยาบ 1 แผ่น

ชุดทดลองที่ 2.4 ใช้สารกรองเป็นใยพลาสติกหยาบ 1 แผ่น

ชุดทดลองที่ 2.5 ใช้สารกรองเป็นใยพลาสติกหยาบ 1 แผ่น และถ่านกะลามะพร้าว 200 ก.

ชุดทดลองที่ 2.6 ใช้สารกรองเป็นถ่านกะลามะพร้าว 200 ก.

ชุดทดลองที่ 2.7 ใช้สารกรองเป็นทรายหยาบ 500 ก. และถ่านกะลามะพร้าว 200 ก.

ชุดทดลองที่ 2.8 ใช้สารกรองเป็นทรายหยาบ 500 ก. ร่วมกับใยพลาสติกหยาบ 1 แผ่น และถ่านกะลามะพร้าว 200 ก.

2) ความเป็นกรด-ด่าง

จากผลการวิเคราะห์ความเป็นกรด-ด่างตลอดระยะเวลาการทดลอง 64 วัน ที่ใช้ระบบกรองทรายร่วมกับถ่านไม้ และแบคทีเรียเกาะติดทั้ง 8 ชุดทดลอง บำบัดน้ำในตู้เลี้ยงปลาดุก พบว่า ระบบกรอง ระยะเวลาการทดลอง และอิทธิพลร่วมระหว่างระบบกรองและระยะเวลาการทดลองมีผลให้ความเป็นกรด-ด่างแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (P<0.05) โดยชุดทดลองที่ 2.3 (ใช้สารกรองเป็นทรายหยาบและใยพลาสติกหยาบ) มีค่าสูงสุดเท่ากับ 7.90 ส่วนชุดทดลองที่ 2.4 (ใช้สารกรองเป็นใยพลาสติกหยาบ) มีค่าต่ำสุดเท่ากับ 7.71 (ตารางภาคผนวก ก ที่ 12)

ความเป็นกรด-ด่างที่ระยะเวลาเริ่มต้นการทดลองมีค่าเท่ากันคือ 8.32 และเพิ่มขึ้นจนถึงที่ระยะเวลาการทดลอง 8 วัน โดยมีค่าอยู่ในช่วง 8.75-8.85 จากนั้นความเป็นกรด-ด่างในแต่ละชุดทดลองมีแนวโน้มลดลงจนถึงที่ระยะเวลาการทดลอง 40 วัน โดยมีค่าอยู่ในช่วง 6.27-6.61 เมื่อเติม $NaHCO_3$ ปรับความเป็นกรด-ด่างให้สูงขึ้นที่ระยะเวลาการทดลอง 40 และ 42 วัน ทำให้ความเป็นกรด-ด่างในแต่ละชุดทดลองเพิ่มสูงขึ้นอย่างรวดเร็วที่ระยะเวลาการทดลอง 44 วัน และที่ระยะเวลาการทดลอง 48 วัน โดยชุดทดลองที่ 2.1 (ใช้สารกรองเป็นใยพลาสติกหยาบและ bioball) มีค่าสูงสุดเท่ากับ 8.61 ส่วนชุดทดลองที่ 2.7 (ใช้สารกรองเป็นทรายหยาบและถ่านกะลามะพร้าว) มีค่าต่ำสุดเท่ากับ 8.45 หลังจากนั้นค่าความเป็นกรด-ด่างในแต่ละชุดทดลองลดต่ำลงจนถึงที่ระยะเวลาการทดลอง 64 วัน โดยมีค่าอยู่ในช่วง 7.29-8.43 (รูปที่ 16 (ก))

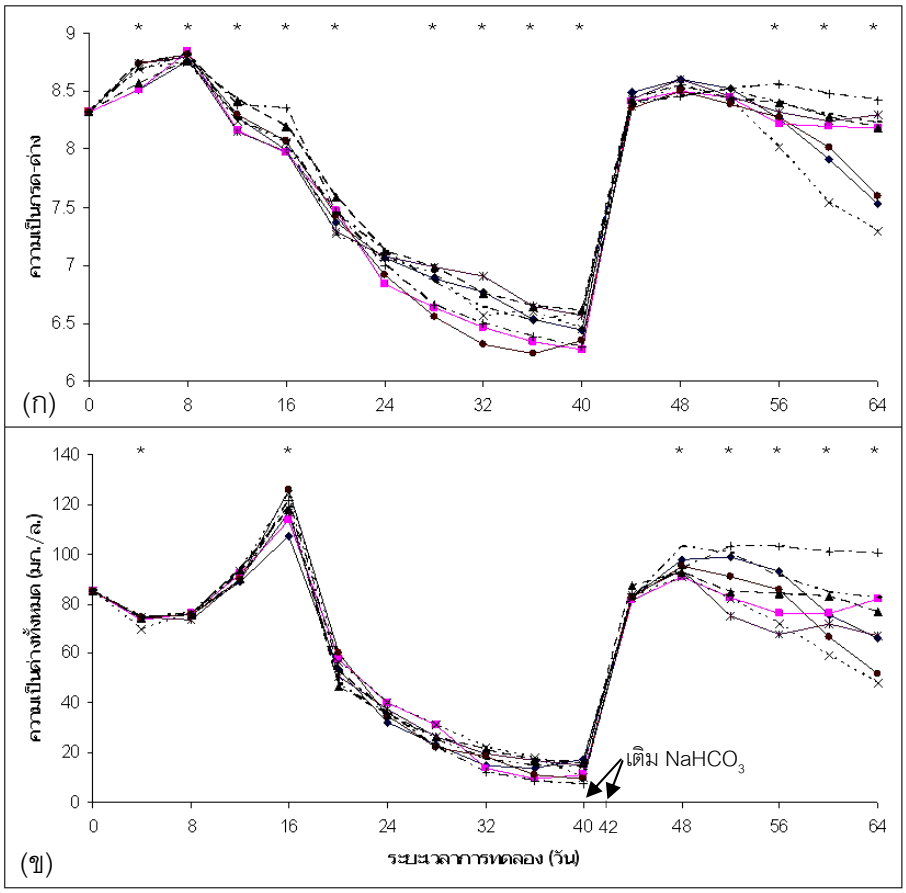
สัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ระหว่างความเป็นกรด-ด่างกับตัวแปรคุณภาพน้ำอื่นในแต่ละชุดทดลองตลอดระยะเวลาการทดลอง 64 วัน พบว่า ความเป็นกรด-ด่างในทุกชุดทดลองมีความสัมพันธ์ในลักษณะแปรผันตามกับความเป็นด่างทั้งหมด (ตารางภาคผนวก ก ที่ 13-20)

3) ความเป็นด่างทั้งหมด

จากผลการวิเคราะห์ค่าความเป็นด่างทั้งหมดตลอดระยะเวลาการทดลอง 64 วัน ที่ใช้ระบบกรองทรายร่วมกับถ่านไม้ และแบคทีเรียเกาะติดทั้ง 8 ชุดทดลอง บำบัดน้ำในตู้เลี้ยงปลาดุก พบว่า ระบบกรอง ระยะเวลาการทดลอง และอิทธิพลร่วมระหว่างระบบกรองและระยะเวลาการทดลองมีผลให้ความเป็นด่างทั้งหมดแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P<0.05$) โดยชุดทดลองที่ 2.7 (ใช้สารกรองเป็นทรายหยาบและถ่านกะลามะพร้าว) มีค่าสูงสุดเท่ากับ 69 มก./ล. ส่วนชุดทดลองที่ 2.4 (ใช้สารกรองเป็นใยพลาสติกหยาบ) มีค่าต่ำสุดเท่ากับ 62 มก./ล. (ตารางภาคผนวก ก ที่ 12)

ความเป็นด่างทั้งหมดที่ระยะเวลาเริ่มต้นการทดลองมีค่าเท่ากันคือ 85 มก./ล. และมีแนวโน้มลดลงจนถึงที่ระยะเวลาการทดลอง 8 วัน จากนั้นค่าความเป็นด่างทั้งหมดในแต่ละชุดทดลองเพิ่มขึ้นเรื่อยๆ จนถึงที่ระยะเวลาการทดลอง 16 วัน โดยชุดทดลองที่ 2.6 (ใช้สารกรองเป็นถ่านกะลามะพร้าว) มีค่าสูงสุดเท่ากับ 126 มก./ล. ส่วนชุดทดลองที่ 2.1 (ใช้สารกรองเป็นใยพลาสติกหยาบและ bioball) มีค่าต่ำสุดเท่ากับ 107 มก./ล. ต่อมาค่าความเป็นด่างทั้งหมดในแต่ละชุดทดลองลดลงอย่างรวดเร็วที่ระยะเวลาการทดลอง 20 วัน และค่อย ๆ ลดลงจนถึงที่ระยะเวลาการทดลอง 40 วัน โดยมีค่าอยู่ในช่วง 7-18 มก./ล. เมื่อเติมสารละลาย $NaHCO_3$ ที่ระยะเวลาการทดลอง 40 และ 42 วัน ทำให้ค่าความเป็นด่างทั้งหมดในแต่ละชุดทดลองเพิ่มสูงขึ้นอย่างรวดเร็วที่ระยะเวลาการทดลอง 44 วัน โดยมีค่าอยู่ในช่วง 81-87 มก./ล. และเพิ่มสูงขึ้นที่ระยะเวลาการ

ทดลอง 48 วัน หลังจากนั้นค่าความเป็นด่างทั้งหมดในแต่ละชุดทดลองมีแนวโน้มลดลงจนถึงที่ระยะเวลาการทดลอง 64 วัน โดยมีค่าอยู่ในช่วง 48-100 มก./ล. (รูปที่ 16 (ข))



รูปที่ 16 ค่าเฉลี่ย (ก) ความเป็นกรด-ด่างและ (ข) ความเป็นด่างทั้งหมดในน้ำที่บำบัดด้วยระบบกรองทรายร่วมกับถ่านไม้ และแบคทีเรียเกาะติดตลอดระยะเวลาการทดลอง 64 วัน

หมายเหตุ

* ในระยะเวลาเดียวกันค่าเฉลี่ยในแต่ละชุดทดลองแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P<0.05$)

ชุดทดลองที่ 2.1 ใช้สารกรองเป็นใยพลาสติกหยาบ 1 แผ่น และ bioball 37 ลูก

ชุดทดลองที่ 2.2 ใช้สารกรองเป็นทรายหยาบ 500 ก.

ชุดทดลองที่ 2.3 ใช้สารกรองเป็นทรายหยาบ 500 ก. และใยพลาสติกหยาบ 1 แผ่น

ชุดทดลองที่ 2.4 ใช้สารกรองเป็นใยพลาสติกหยาบ 1 แผ่น

ชุดทดลองที่ 2.5 ใช้สารกรองเป็นใยพลาสติกหยาบ 1 แผ่น และถ่านกะลามะพร้าว 200 ก.

ชุดทดลองที่ 2.6 ใช้สารกรองเป็นถ่านกะลามะพร้าว 200 ก.

ชุดทดลองที่ 2.7 ใช้สารกรองเป็นทรายหยาบ 500 ก. และถ่านกะลามะพร้าว 200 ก.

ชุดทดลองที่ 2.8 ใช้สารกรองเป็นทรายหยาบ 500 ก. ร่วมกับใยพลาสติกหยาบ 1 แผ่น และถ่านกะลามะพร้าว 200 ก.

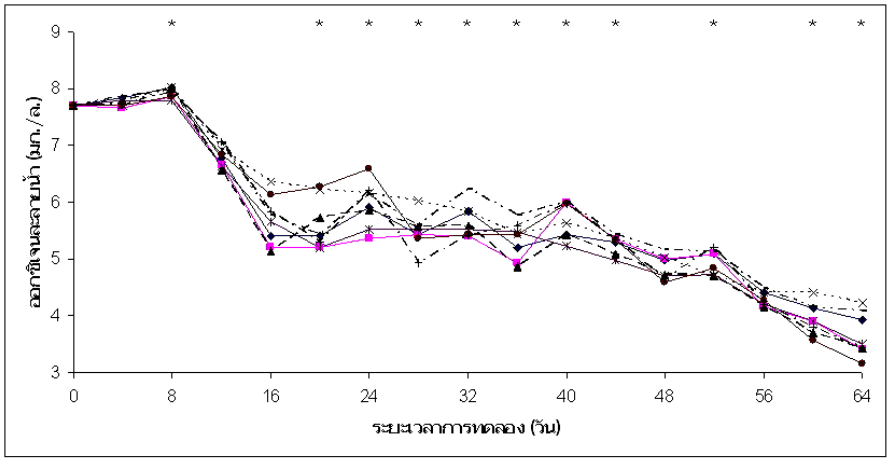
สัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ระหว่างความเป็นด่างทั้งหมดกับตัวแปรคุณภาพน้ำอื่นในแต่ละชุดทดลองตลอดระยะเวลาการทดลอง 64 วัน พบว่า ความเป็นด่างทั้งหมดในทุกชุดทดลองมีความสัมพันธ์ในลักษณะแปรผันตามกับความเป็นกรด-ด่าง (ตารางภาคผนวก ก ที่ 13-20)

4) ออกซิเจนละลายน้ำ

จากผลการวิเคราะห์ปริมาณออกซิเจนละลายน้ำตลอดระยะเวลาการทดลอง 64 วัน ที่ใช้ระบบกรองทรายร่วมกับถ่านไม้ และแบคทีเรียเกาะติดทั้ง 8 ชุดทดลอง บำบัดน้ำในตู้เลี้ยงปลาดุก พบว่า ระบบกรอง ระยะเวลาการทดลอง และอิทธิพลร่วมระหว่างระบบกรองและระยะเวลาการทดลองมีผลให้ปริมาณออกซิเจนละลายน้ำแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P<0.05$) โดยชุดทดลองที่ 2.4 (ใช้สารกรองเป็นใยพลาสติกหยาบ) และชุดทดลองที่ 2.8 (ใช้สารกรองเป็นทรายหยาบร่วมกับใยพลาสติกหยาบ และถ่านกะลามะพร้าว) มีค่าสูงสุดเท่ากันคือ 5.9 มก./ล. ส่วนชุดทดลองที่ 2.2 (ใช้สารกรองเป็นทรายหยาบ) ชุดทดลองที่ 2.3 (ใช้สารกรองเป็นทรายหยาบและใยพลาสติกหยาบ) และชุดทดลองที่ 2.5 (ใช้สารกรองเป็นใยพลาสติกหยาบและถ่านกะลามะพร้าว) มีค่าต่ำสุดเท่ากันคือ 5.5 มก./ล. (ตารางภาคผนวก ก ที่ 12)

ออกซิเจนละลายน้ำที่ระยะเวลาเริ่มต้นการทดลองมีค่าเท่ากันคือ 7.7 มก./ล. และมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นจนถึงระยะเวลาการทดลอง 8 วัน โดยมีค่าอยู่ในช่วง 7.8-8.0 มก./ล. หลังจากนั้นปริมาณออกซิเจนละลายน้ำมีแนวโน้มลดลงจนถึงที่ระยะเวลาการทดลอง 64 วัน โดยชุดทดลองที่ 2.4 มีปริมาณออกซิเจนละลายน้ำมากสุดเท่ากับ 4.2 มก./ล. ส่วนชุดทดลองที่ 2.6 (ใช้สารกรองเป็นถ่านกะลามะพร้าว) มีปริมาณออกซิเจนละลายน้ำน้อยสุดเท่ากับ 3.2 มก./ล. (รูปที่ 17)

สัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ระหว่างออกซิเจนละลายน้ำกับตัวแปรคุณภาพน้ำอื่นในแต่ละชุดทดลองตลอดระยะเวลาการทดลอง 64 วัน พบว่า ออกซิเจนละลายน้ำในทุกชุดทดลองมีความสัมพันธ์ในลักษณะแปรผกผันกับอุณหภูมิ บีโอดี ไนเตรท ของแข็งแขวนลอยทั้งหมด (ตารางภาคผนวก ก ที่ 13-20)



รูปที่ 17 ค่าเฉลี่ยปริมาณออกซิเจนละลายน้ำในน้ำที่บำบัดด้วยระบบกรองทรายร่วมกับถ่านไม้และแบคทีเรียเกาะติดตลอดระยะเวลาการทดลอง 64 วัน

หมายเหตุ

* ในระยะเวลาเดียวกันค่าเฉลี่ยในแต่ละชุดทดลองแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P<0.05$)

ชุดทดลองที่ 2.1 ใช้สารกรองเป็นใยพลาสติกหยาบ 1 แผ่น และ bioball 37 ลูก

ชุดทดลองที่ 2.2 ใช้สารกรองเป็นทรายหยาบ 500 ก.

ชุดทดลองที่ 2.3 ใช้สารกรองเป็นทรายหยาบ 500 ก. และใยพลาสติกหยาบ 1 แผ่น

ชุดทดลองที่ 2.4 ใช้สารกรองเป็นใยพลาสติกหยาบ 1 แผ่น

ชุดทดลองที่ 2.5 ใช้สารกรองเป็นใยพลาสติกหยาบ 1 แผ่น และถ่านกะลามะพร้าว 200 ก.

ชุดทดลองที่ 2.6 ใช้สารกรองเป็นถ่านกะลามะพร้าว 200 ก.

ชุดทดลองที่ 2.7 ใช้สารกรองเป็นทรายหยาบ 500 ก. และถ่านกะลามะพร้าว 200 ก.

ชุดทดลองที่ 2.8 ใช้สารกรองเป็นทรายหยาบ 500 ก. ร่วมกับใยพลาสติกหยาบ 1 แผ่น และถ่านกะลามะพร้าว 200 ก.

5) บีโอดี

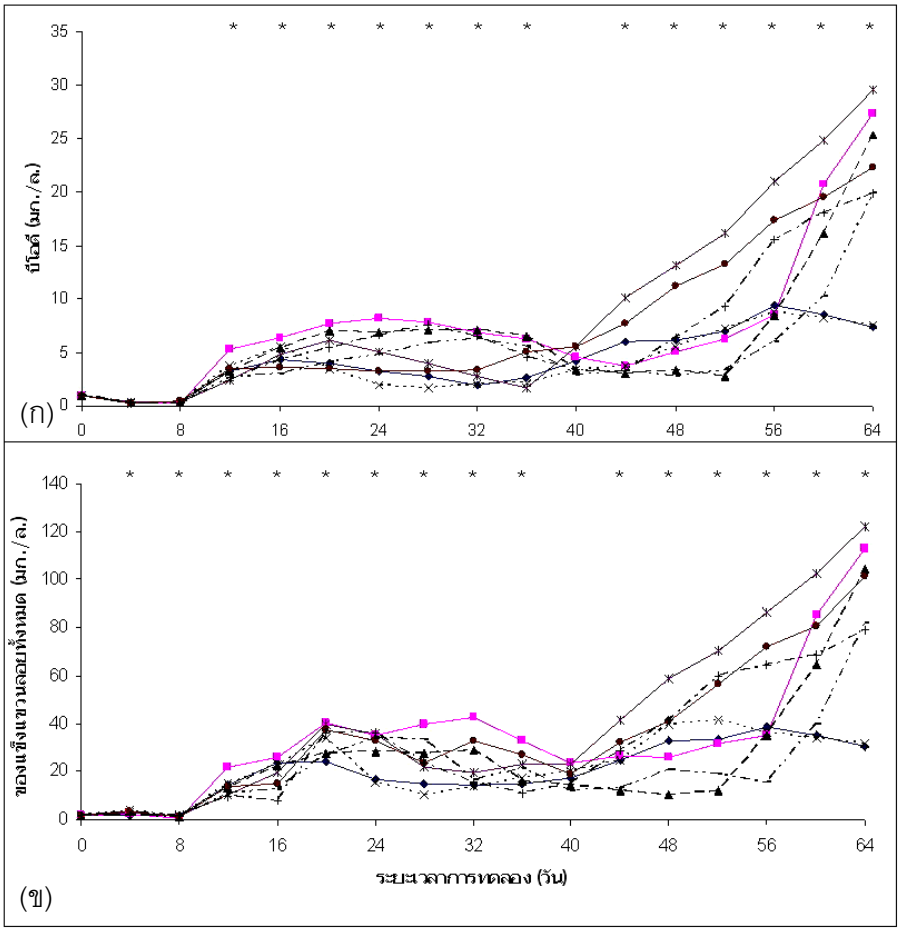
จากผลการวิเคราะห์ปริมาณบีโอดีตลอดระยะเวลาการทดลอง 64 วัน ที่ใช้ระบบกรองทรายร่วมกับถ่านไม้ และแบคทีเรียเกาะติดทั้ง 8 ชุดทดลอง บำบัดน้ำในตู้เลี้ยงปลาดุก พบว่าระบบกรอง ระยะเวลาการทดลอง และอิทธิพลร่วมระหว่างระบบกรองและระยะเวลาการทดลองมีผลให้ปริมาณบีโอดีแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P<0.05$) โดยชุดทดลองที่ 2.5 (ใช้สารกรองเป็นใยพลาสติกหยาบและถ่านกะลามะพร้าว) มีค่าสูงสุดเท่ากับ 8.8 มก./ล. ส่วนชุดทดลองที่ 2.4 (ใช้สารกรองเป็นใยพลาสติกหยาบ) มีค่าต่ำสุดเท่ากับ 3.9 มก./ล. (ตารางภาคผนวก ก ที่ 12)

ปริมาณบีโอดีที่ระยะเวลาเริ่มต้นการทดลองมีค่าเท่ากันคือ 1.0 มก./ล. และเปลี่ยนแปลงเพียงเล็กน้อยจนถึงที่ระยะเวลาการทดลอง 8 วัน จากนั้นปริมาณบีโอดีในแต่ละชุดทดลองเพิ่มขึ้นจนถึงที่ระยะเวลาการทดลอง 20 วัน โดยมีค่าอยู่ในช่วง 3.5-7.7 มก./ล. ต่อมาปริมาณบีโอดีในแต่ละชุดทดลองมีแนวโน้มลดลงจนถึงที่ระยะเวลาการทดลอง 36 วัน ยกเว้นชุดทดลองที่ 2.6 (ใช้สารกรองเป็นถ่านกะลามะพร้าว) และชุดทดลองที่ 2.8 (ใช้สารกรองเป็นทรายหยาบร่วมกับใยพลาสติกหยาบ และถ่านกะลามะพร้าว) หลังจากนั้นปริมาณบีโอดีในแต่ละชุดทดลองมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นจนถึงที่ระยะเวลาการทดลอง 64 วัน โดยมีค่าอยู่ในช่วง 7.4-29.5 มก./ล. (รูปที่ 18 (ก))

สัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ระหว่างบีโอดีกับตัวแปรคุณภาพน้ำอื่นในแต่ละชุดทดลองตลอดระยะเวลาการทดลอง 64 วัน พบว่า บีโอดีในทุกชุดทดลองมีความสัมพันธ์ในลักษณะแปรผกผันออกซิเจนละลายน้ำ และแปรผันตามกับอุณหภูมิ ไนเตรท และของแข็งแขวนลอยทั้งหมด (ตารางภาคผนวก ก ที่ 13-20)

6) ของแข็งแขวนลอยทั้งหมด

จากผลการวิเคราะห์ค่าเฉลี่ยปริมาณของแข็งแขวนลอยทั้งหมดตลอดระยะเวลาการทดลอง 64 วัน ที่ใช้ระบบกรองทรายร่วมกับถ่านไม้ และแบคทีเรียเกาะติดทั้ง 8 ชุดทดลองบำบัดน้ำในตู้เลี้ยงปลาดุก พบว่า ระบบกรอง ระยะเวลาการทดลอง และอิทธิพลร่วมระหว่างระบบกรองและระยะเวลาการทดลองมีผลให้ปริมาณของแข็งแขวนลอยทั้งหมดแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P<0.05$) โดยชุดทดลองที่ 2.5 (ใช้สารกรองเป็นใยพลาสติกหยาบและถ่านกะลามะพร้าว) มีค่าสูงสุดเท่ากับ 40 มก./ล. ส่วนชุดทดลองที่ 2.1 (ใช้สารกรองเป็นใยพลาสติกหยาบและ bioball) มีค่าต่ำสุดเท่ากับ 20.0 มก./ล. (ตารางภาคผนวก ก ที่ 12)



รูปที่ 18 ค่าเฉลี่ย (ก) ปริมาณบีโอดีและ (ข) ของแข็งแขวนลอยทั้งหมดในน้ำที่บำบัดด้วยระบบกรองทรายร่วมกับถ่านไม้ และแบคทีเรียเกาะติดตลอดระยะเวลาการทดลอง 64 วัน

หมายเหตุ

* ในระยะเวลาเดียวกันค่าเฉลี่ยในแต่ละชุดทดลองแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P<0.05$)

ชุดทดลองที่ 2.1 ใช้สารกรองเป็นใยพลาสติกหยาบ 1 แผ่น และ bioball 37 ลูก

ชุดทดลองที่ 2.2 ใช้สารกรองเป็นทรายหยาบ 500 ก.

ชุดทดลองที่ 2.3 ใช้สารกรองเป็นทรายหยาบ 500 ก. และใยพลาสติกหยาบ 1 แผ่น

ชุดทดลองที่ 2.4 ใช้สารกรองเป็นใยพลาสติกหยาบ 1 แผ่น

ชุดทดลองที่ 2.5 ใช้สารกรองเป็นใยพลาสติกหยาบ 1 แผ่น และถ่านกะลามะพร้าว 200 ก.

ชุดทดลองที่ 2.6 ใช้สารกรองเป็นถ่านกะลามะพร้าว 200 ก.

ชุดทดลองที่ 2.7 ใช้สารกรองเป็นทรายหยาบ 500 ก. และถ่านกะลามะพร้าว 200 ก.

ชุดทดลองที่ 2.8 ใช้สารกรองเป็นทรายหยาบ 500 ก. ร่วมกับใยพลาสติกหยาบ 1 แผ่น และถ่านกะลามะพร้าว 200 ก.

ของแข็งแขวนลอยทั้งหมดที่ระยะเวลาเริ่มต้นการทดลองมีค่าเท่ากันคือ 1.8 มก./ล. และมีค่าเปลี่ยนแปลงเพียงเล็กน้อยจนถึงที่ระยะเวลาการทดลอง 8 วัน แล้วมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นจนถึงที่ระยะเวลาการทดลอง 20 วัน โดยชุดทดลองที่ 2.2 (ใช้สารกรองเป็นทรายหยาบ) มีค่าสูงสุดเท่ากับ 40.6 มก./ล. ส่วนชุดทดลองที่ 2.1 มีค่าต่ำสุดเท่ากับ 23.9 มก./ล. จากนั้นปริมาณของแข็งแขวนลอยทั้งหมดในแต่ละชุดทดลองมีแนวโน้มลดลงจนถึงที่ระยะเวลาการทดลอง 40 วัน โดยมีค่าอยู่ในช่วง 12.0-23.7 มก./ล. ต่อมาในแต่ละชุดทดลองมีแนวโน้มเพิ่มสูงจนถึงที่ระยะเวลาการทดลอง 52 วัน โดยชุดทดลองที่ 2.5 (ใช้สารกรองเป็นใยพลาสติกหยาบและถ่านกะลามะพร้าว) มีค่าสูงสุดเท่ากับ 70.3 มก./ล. ส่วนชุดทดลองที่ 2.3 (ใช้สารกรองเป็นทรายหยาบและใยพลาสติกหยาบ) มีค่าต่ำสุดเท่ากับ 11.8 มก./ล. หลังจากนั้นปริมาณของแข็งแขวนลอยทั้งหมดในแต่ละชุดทดลองมีแนวโน้มเพิ่มสูงขึ้นจนถึงที่ระยะเวลาการทดลอง 64 วัน ยกเว้นชุดทดลองที่ 2.1 และชุดทดลองที่ 2.4 (ใช้สารกรองเป็นใยพลาสติกหยาบ) มีแนวโน้มลดลง เมื่อจบการทดลองที่ระยะเวลาการทดลอง 64 วัน ในแต่ละชุดทดลองมีปริมาณของแข็งแขวนลอยทั้งหมดอยู่ในช่วง 30.4-121.9 มก./ล. (รูปที่ 18 (ข))

สัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ระหว่างของแข็งแขวนลอยทั้งหมดกับตัวแปรคุณภาพน้ำอื่นในแต่ละชุดทดลองตลอดระยะเวลาการทดลอง 64 วัน พบว่า ของแข็งแขวนลอยทั้งหมดในทุกชุดทดลองมีความสัมพันธ์ในลักษณะแปรผกผันกับออกซิเจนละลายน้ำ และแปรผันตามกับอุณหภูมิ บีโอดี และไนเตรท (ตารางภาคผนวก ก ที่ 13-20)

7) แอมโมเนียรวม

จากผลการวิเคราะห์ปริมาณแอมโมเนียระหว่างชุดทดลองตลอดระยะเวลาการทดลอง 64 วัน ที่ใช้ระบบกรองทรายร่วมกับถ่านไม้ และแบคทีเรียเกาะติดทั้ง 8 ชุดทดลอง บำบัดน้ำในตู้เลี้ยงปลาดุก พบว่า ระบบกรอง ระยะเวลาการทดลอง และอิทธิพลร่วมระหว่างระบบกรองและระยะเวลาการทดลองมีผลให้ปริมาณแอมโมเนียรวมแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P<0.05$) โดยชุดทดลองที่ 2.6 (ใช้สารกรองเป็นถ่านกะลามะพร้าว) มีค่าสูงสุดเท่ากับ 0.524 มก./ล. ส่วนชุดทดลองที่ 2.4 (ใช้สารกรองเป็นใยพลาสติกหยาบ) มีค่าต่ำสุดเท่ากับ 0.353 มก./ล. (ตารางภาคผนวก ก ที่ 12)

แอมโมเนียรวมที่ระยะเวลาเริ่มต้นการทดลองมีค่าเท่ากันคือ 0.239 มก./ล. แล้วเปลี่ยนแปลงเพียงเล็กน้อยจนถึงระยะเวลาการทดลอง 8 วัน จากนั้นปริมาณแอมโมเนียรวมในแต่ละชุดทดลองเพิ่มสูงขึ้นจนถึงที่ระยะเวลาการทดลอง 16 วัน โดยชุดทดลองที่ 2.2 (ใช้สารกรองเป็นทรายหยาบ) มีค่าสูงสุดเท่ากับ 4.505 มก./ล. ส่วนชุดทดลองที่ 2.1 (ใช้สารกรองเป็นใยพลาสติก

หยาบและ bioball) มีค่าต่ำสุดเท่ากับ 3.122 มก./ล. และปริมาณแอมโมเนียรวมในแต่ละชุดทดลองลดลงอย่างรวดเร็วที่ระยะเวลาการทดลอง 20 วัน โดยมีค่าอยู่ในช่วง 0.071-0.711 มก./ล. ต่อมาที่ระยะเวลาการทดลองที่ 32 วัน ในแต่ละชุดทดลองมีปริมาณแอมโมเนียรวมเพิ่มขึ้นอีกครั้ง โดยมีค่าอยู่ในช่วง 0.318-1.753 มก./ล. และมีแนวโน้มลดลงจนถึงที่ระยะเวลาการทดลอง 40 วัน โดยมีปริมาณแอมโมเนียอยู่ในช่วง 0.090-0.147 มก./ล. หลังจากนั้นปริมาณแอมโมเนียรวมมีการเปลี่ยนแปลงเพียงเล็กน้อยจนถึงที่ระยะเวลาการทดลอง 56 วัน โดยมีค่าอยู่ในช่วง 0.096-0.180 มก./ล. และเพิ่มสูงขึ้นจนถึงที่ระยะเวลาการทดลอง 64 วัน โดยมีปริมาณแอมโมเนียรวมอยู่ในช่วง 0.263-0.605 มก./ล. (รูปที่ 19 (ก))

สัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ระหว่างแอมโมเนียรวมกับตัวแปรคุณภาพน้ำอื่นในแต่ละชุดทดลองตลอดระยะเวลาการทดลอง 64 วัน พบว่า แอมโมเนียรวมในทุกชุดทดลองมีความสัมพันธ์ในลักษณะแปรผันตามกับไนไตรท์ ยกเว้น ชุดทดลองที่ 2.2, 2.3 และ 2.7 (ตารางภาคผนวก ก ที่ 13-20)

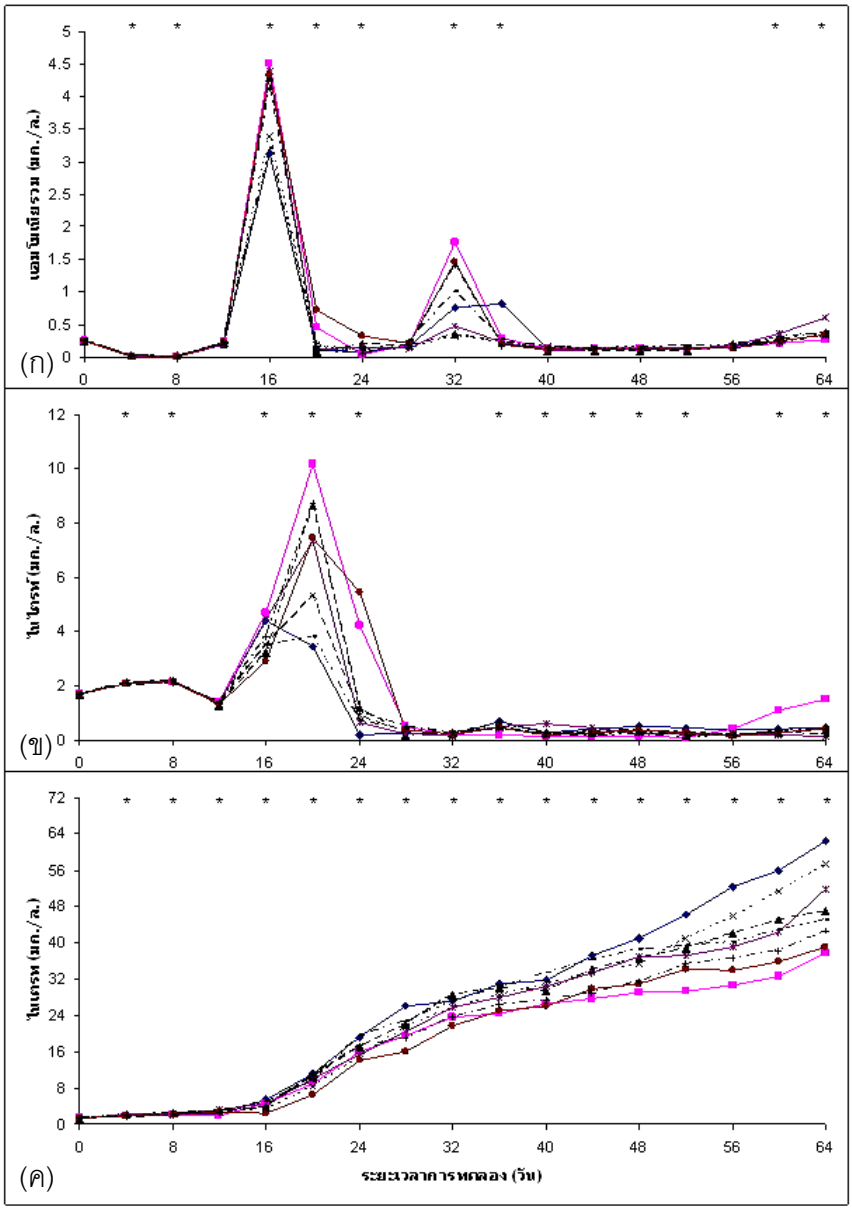
8) ไนไตรท์

จากผลการวิเคราะห์ปริมาณไนไตรท์ระหว่างชุดทดลองตลอดระยะเวลาการทดลอง 64 วัน ที่ใช้ระบบกรองทรายร่วมกับถ่านไม้ และแบคทีเรียเกาะติดทั้ง 8 ชุดทดลอง บำบัดน้ำในตู้เลี้ยงปลาดุก พบว่า ระบบกรอง ระยะเวลาการทดลอง และอิทธิพลร่วมระหว่างระบบกรองและระยะเวลาการทดลองมีผลให้ปริมาณไนไตรท์แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P<0.05$) โดยชุดทดลองที่ 2.2 (ใช้สารกรองเป็นทรายหยาบ) มีค่าสูงสุดเท่ากับ 1.807 มก./ล. ส่วนชุดทดลองที่ 2.8 (ใช้สารกรองเป็นทรายหยาบร่วมกับใยพลาสติกหยาบ และถ่านกะลามะพร้าว) มีค่าต่ำสุดเท่ากับ 1.028 มก./ล. (ตารางภาคผนวก ก ที่ 12)

ไนไตรท์ที่ระยะเวลาเริ่มต้นการทดลองมีค่าเท่ากันคือ 1.679 มก./ล. แล้วมีแนวโน้มลดลงจนถึงที่ระยะเวลาการทดลอง 12 วัน จากนั้นปริมาณไนไตรท์ในแต่ละชุดทดลองมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นอย่างรวดเร็วจนถึงที่ระยะเวลาการทดลอง 20 วัน โดยชุดทดลองที่ 2.2 มีค่าสูงสุดเท่ากับ 10.198 มก./ล. ส่วนชุดทดลองที่ 2.1 (ใช้สารกรองเป็นใยพลาสติกหยาบและ bioball) มีค่าต่ำสุดเท่ากับ 3.454 มก./ล. ต่อมาไนไตรท์ในแต่ละชุดทดลองมีแนวโน้มลดลงอย่างรวดเร็วที่ระยะเวลาการทดลอง 24 วัน และลดลงจนถึงที่ระยะเวลาการทดลอง 32 วัน โดยมีค่าอยู่ในช่วง 0.134-0.276 มก./ล. หลังจากนั้นในแต่ละชุดทดลองปริมาณไนไตรท์เปลี่ยนแปลงเพียงเล็กน้อยจนจบการทดลองที่ระยะเวลา 64 วัน โดยชุดทดลองที่ 2.2 มีค่าสูงสุดเท่ากับ 1.477 มก./ล. ส่วนชุด

ทดลองที่ 2.5 (ใช้สารกรองเป็นใยพลาสติกหยาบและถ่านกะลามะพร้าว) และชุดทดลองที่ 2.8 มีค่าต่ำสุดเท่ากันคือ 0.135 มก./ล. (รูปที่ 19 (ข))

สัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ระหว่างไนไตรท์กับตัวแปรคุณภาพน้ำอื่นในแต่ละชุดทดลองตลอดระยะเวลาการทดลอง 64 วัน พบว่า ไนไตรท์ในทุกชุดทดลองมีความสัมพันธ์ในลักษณะแปรผกผันกับไนเตรท และแปรผันตามกับออกซิเจนละลายน้ำ ยกเว้น ชุดทดลองที่ 2.2, 2.5 และ 2.7 (ตารางภาคผนวก ก ที่ 13-20)



รูปที่ 19 ค่าเฉลี่ยปริมาณ (ก) แอมโมเนียรวม (ข) ไนไตรท์ และ (ค) ไนเตรทในน้ำที่บำบัดด้วยระบบกรองทรายร่วมกับถ่านไม้ และแบคทีเรียเกาะติดตลอดระยะเวลาการทดลอง 64 วัน

หมายเหตุ

* ในระยะเวลาเดียวกันค่าเฉลี่ยในแต่ละชุดทดลองแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (P<0.05)

ชุดทดลองที่ 2.1 ใช้สารกรองเป็นใยพลาสติกหยาบ 1 แผ่น และ bioball 37 ลูก

ชุดทดลองที่ 2.2 ใช้สารกรองเป็นทรายหยาบ 500 ก.

ชุดทดลองที่ 2.3 ใช้สารกรองเป็นทรายหยาบ 500 ก. และใยพลาสติกหยาบ 1 แผ่น

ชุดทดลองที่ 2.4 ใช้สารกรองเป็นใยพลาสติกหยาบ 1 แผ่น

ชุดทดลองที่ 2.5 ใช้สารกรองเป็นใยพลาสติกหยาบ 1 แผ่น และถ่านกะลามะพร้าว 200 ก.

ชุดทดลองที่ 2.6 ใช้สารกรองเป็นถ่านกะลามะพร้าว 200 ก.

ชุดทดลองที่ 2.7 ใช้สารกรองเป็นทรายหยาบ 500 ก. และถ่านกะลามะพร้าว 200 ก.

ชุดทดลองที่ 2.8 ใช้สารกรองเป็นทรายหยาบ 500 ก. ร่วมกับใยพลาสติกหยาบ 1 แผ่น และถ่านกะลามะพร้าว 200 ก.

9) ไนเตรท

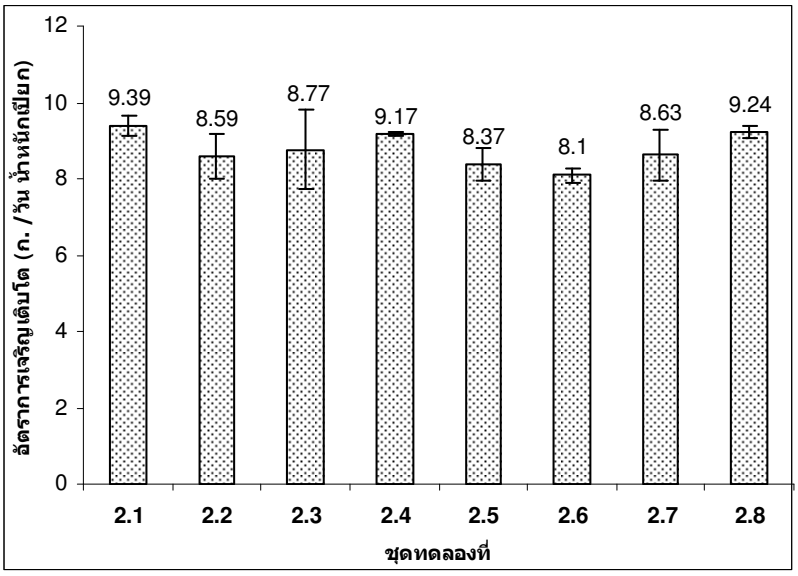
จากผลการวิเคราะห์ปริมาณไนเตรทตลอดระยะเวลาการทดลอง 64 วัน ที่ใช้ระบบกรองทรายร่วมกับถ่านไม้ และแบคทีเรียเกาะติดทั้ง 8 ชุดทดลอง บำบัดน้ำในตู้เลี้ยงปลาดุก พบว่า ระบบกรอง ระยะเวลาการทดลอง และอิทธิพลร่วมระหว่างระบบกรองและระยะเวลาการทดลองมีผลให้ปริมาณไนเตรทแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (P<0.05) โดยชุดทดลองที่ 2.1 (ใช้สารกรองเป็นใยพลาสติกหยาบและ bioball) มีค่าสูงสุดเท่ากับ 26.75 มก./ล. ส่วนชุดทดลองที่ 2.2 (ใช้สารกรองเป็นทรายหยาบ) มีค่าต่ำสุดเท่ากับ 18.74 มก./ล. (ตารางภาคผนวก ก ที่ 12)

ไนเตรทที่ระยะเวลาเริ่มต้นการทดลองมีค่าเท่ากันคือ 1.26 มก./ล. และมีแนวโน้มสูงขึ้นเล็กน้อยจนถึงที่ระยะเวลาการทดลอง 16 วัน โดยมีค่าอยู่ในช่วง 2.33-5.39 มก./ล. จากนั้นปริมาณไนเตรทในแต่ละชุดทดลองเพิ่มสูงขึ้นจนจบการทดลองที่ระยะเวลา 64 วัน โดยชุดทดลองที่ 2.1 มีค่าสูงสุดถึง 62.53 มก./ล. ส่วนชุดทดลองที่ 2.2 มีค่าต่ำสุดเพียง 37.68 มก./ล. (รูปที่ 19 (ค))

สัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ระหว่างไนเตรทกับตัวแปรคุณภาพน้ำอื่นในแต่ละชุดทดลองตลอดระยะเวลาการทดลอง 64 วัน พบว่า ไนเตรทในทุกชุดทดลองมีความสัมพันธ์ในลักษณะแปรผกผันกับออกซิเจนละลายน้ำ ไนไตรท์ และแปรผันตามกับอุณหภูมิ บีโอดี และของแข็งแขวนลอยทั้งหมด (ตารางภาคผนวก ก ที่ 13-20)

2.2 อัตราการเจริญเติบโต

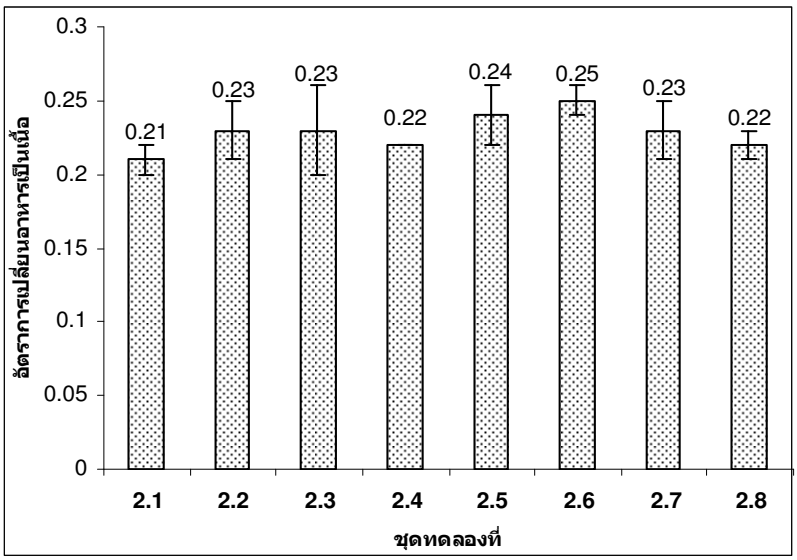
จากผลการวิเคราะห์อัตราการเจริญเติบโตของปลาดุกตลอดระยะเวลาการทดลอง 64 วัน ที่ใช้ระบบกรองทรายร่วมกับถ่านไม้ และแบคทีเรียเกาะติดทั้ง 8 ชุดทดลอง บำบัดน้ำในตู้เลี้ยงปลาดุก พบว่า ในแต่ละชุดทดลองมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P<0.05$) โดยชุดทดลองที่ 2.1 (ใช้สารกรองเป็นใยพลาสติกหยาบและ bioball) มีอัตราการเจริญเติบโต สูงสุดเท่ากับ 9.39 ก./วัน ส่วนชุดทดลองที่ 2.6 (ใช้สารกรองเป็นถ่านกะลามะพร้าว) มีอัตราการเจริญเติบโตต่ำสุดเท่ากับ 8.10 ก./วัน (รูปที่ 20)



รูปที่ 20 อัตราการเจริญเติบโตของปลาดุก (ค่าเฉลี่ยและ SD) ที่เลี้ยงในตู้ทดลองและบำบัดน้ำด้วย ระบบกรองทรายร่วมกับถ่านไม้ และแบคทีเรียเกาะติดตลอดระยะเวลาการทดลอง 64 วัน

2.3 อัตราการเปลี่ยนอาหารเป็นเนื้อ

จากผลการวิเคราะห์อัตราการเปลี่ยนอาหารเป็นเนื้อของปลาดุกตลอดระยะเวลาการทดลอง 64 วัน ที่ใช้ระบบกรองทรายร่วมกับถ่านไม้ และแบคทีเรียเกาะติดทั้ง 8 ชุดทดลอง บำบัดน้ำในตู้เลี้ยงปลาดุก พบว่า ในแต่ละชุดทดลองมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P<0.05$) โดยชุดทดลองที่ 2.6 (ใช้สารกรองเป็นถ่านกะลามะพร้าว) มีอัตราการเปลี่ยนอาหารเป็นเนื้อสูงสุดเท่ากับ 0.25 ส่วนชุดทดลองที่ 2.1 (ใช้สารกรองเป็นใยพลาสติกหยาบและ bioball) มีอัตราการเปลี่ยนอาหารเป็นเนื้อต่ำสุดเท่ากับ 0.21 (รูปที่ 21)



รูปที่ 21 อัตราการเปลี่ยนอาหารเป็นเนื้อของปลาดุก (ค่าเฉลี่ยและ SD) ที่เลี้ยงในตู้ทดลองและบำบัดน้ำด้วยระบบกรองทรายร่วมกับถ่านไม้ และแบคทีเรียเกาะติดตลอดระยะเวลาการทดลอง 64 วัน

2.4 ต้นทุนของระบบกรอง

จากการวิเคราะห์ราคาต้นทุนของระบบกรองทรายร่วมกับถ่านไม้ และแบคทีเรียเกาะติดทั้ง 8 ชุดทดลอง พบว่า ในแต่ละชุดทดลองมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P<0.05$) โดยชุดทดลองที่ 2.6 (ใช้สารกรองเป็นถ่านกะลามะพร้าว) มีราคาต่ำสุดเท่ากับ 98.00 บาท ส่วนชุดทดลองที่ 2.1 (ใช้สารกรองเป็นใยพลาสติกหยาบและ bioball) มีราคาสูงสุดเท่ากับ 121.50 บาท (ตารางภาคผนวก ก ที่ 22)

2.5 ระยะเวลาที่เริ่มเกิดการอุดตันของระบบกรอง

จากผลการวิเคราะห์ระยะเวลาที่เริ่มเกิดการอุดตันของระบบกรองตลอดระยะเวลาการทดลอง 64 วัน ที่ใช้ระบบกรองทรายร่วมกับถ่านไม้ และแบคทีเรียเกาะติดทั้ง 8 ชุดทดลอง บำบัดน้ำในตู้เลี้ยงปลาดุก พบว่า ในแต่ละชุดทดลองมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P<0.05$) โดยชุดทดลองที่ 2.1 (ใช้สารกรองเป็นใยพลาสติกหยาบและ bioball) และชุดทดลองที่ 2.4 (ใช้สารกรองเป็นใยพลาสติกหยาบ) มีระยะเวลาที่เริ่มเกิดการอุดตันของระบบกรองสูงสุดมากกว่า 64 วัน ส่วนชุดทดลองที่ 2.5 (ใช้สารกรองเป็นใยพลาสติกหยาบและถ่านกะลามะพร้าว) มีระยะเวลาที่เริ่มเกิดการอุดตันของระบบกรองต่ำสุดเท่ากับ 44.7 วัน (ตารางภาคผนวก ก ที่ 22)

3. การศึกษาคุณภาพน้ำ ปริมาณเชื้อแบคทีเรียรวมในน้ำและสารกรองจากการบำบัดด้วยระบบกรองแบบแบคทีเรียเกาะติดที่ระดับความหนาของสารกรองแตกต่างกัน

จากการศึกษาคุณภาพน้ำที่บำบัดด้วยระบบกรองทรายร่วมกับถ่านไม้ และแบคทีเรียเกาะติดทั้ง 8 ชุดทดลอง พบว่า ชุดทดลองที่ 2.4 (ใช้ใยพลาสติกหยาบ) มีปริมาณแอมโมเนียรวมและไนไตรท์อยู่ในระดับต่ำ อัตราการเจริญเติบโตสูง อัตราการเปลี่ยนอาหารเป็นเนื้อเป็นรองจากชุดควบคุมเท่านั้น มีอายุการใช้งานมากกว่า 64 วัน และมีต้นทุนต่ำ จึงเลือกชุดทดลองนี้มาศึกษาต่อโดยมี 4 ระดับความหนาของใยพลาสติกหยาบ

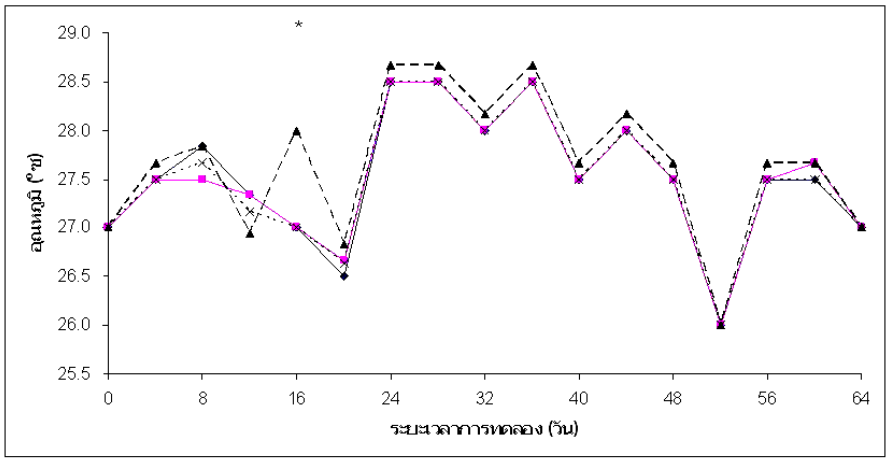
3.1 คุณภาพน้ำจากการบำบัดด้วยระบบกรองแบบแบคทีเรียเกาะติดที่ระดับความหนาของสารกรองแตกต่างกัน

1) อุณหภูมิ

จากผลการวิเคราะห์อุณหภูมิตลอดระยะเวลาการทดลอง 64 วัน โดยใช้ระบบกรองแบบแบคทีเรียเกาะติดที่ระดับความหนาของใยพลาสติกหยาบแตกต่างกัน 4 ชุดทดลองบำบัดน้ำในตู้เลี้ยงปลาดุก พบว่า ความหนาของใยพลาสติกหยาบ และระยะเวลาการทดลองมีผลให้อุณหภูมิแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P<0.05$) แต่ไม่มีอิทธิพลร่วมระหว่างความหนาของใยพลาสติกหยาบและระยะเวลาการทดลอง ซึ่งชุดทดลองที่ 3.3 (ใช้ใยพลาสติกหยาบหนา 2 แผ่น) มีค่าสูงสุดเท่ากับ 27.7 °ซ. ส่วนชุดทดลองอื่นๆมีค่าต่ำสุดเท่ากันคือ 27.5 °ซ. (ตารางภาคผนวก ก ที่ 23)

อุณหภูมิที่ระยะเวลาเริ่มต้นการทดลองมีค่าเท่ากันคือ 27.0 °ซ. และมีค่าเพิ่มขึ้นจนถึงระยะเวลาการทดลอง 8 วัน แล้วลดลงจนถึงที่ระยะเวลาการทดลอง 20 วัน โดยมีค่าอยู่ในช่วง 26.5-26.8 °ซ. ยกเว้นที่ระยะเวลาการทดลอง 16 วัน ชุดทดลองที่ 3.3 มีค่าเพิ่มขึ้นเป็น 28.0 °ซ. จากนั้นอุณหภูมิในแต่ละชุดทดลองเพิ่มขึ้นที่ระยะเวลาการทดลอง 24 วัน และอุณหภูมิมีแนวโน้มลดลงจนถึงที่ระยะเวลาการทดลอง 52 วัน โดยในแต่ละชุดทดลองมีค่าเท่ากันคือ 26.0 °ซ. หลังจากนั้นแนวโน้มอุณหภูมิเพิ่มสูงขึ้นจนถึงที่ระยะเวลาการทดลอง 64 วัน โดยในแต่ละชุดทดลองมีค่าเท่ากันคือ 27.0 °ซ. (รูปที่ 22)

สัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ระหว่างอุณหภูมิกับตัวแปรคุณภาพน้ำอื่นในแต่ละชุดทดลองตลอดระยะเวลาการทดลอง 64 วัน พบว่า อุณหภูมิในทุกชุดทดลองมีความสัมพันธ์ในลักษณะแปรผกผันกับบีโอดี ยกเว้นชุดทดลองที่ 3.1 ที่ไม่มีความสัมพันธ์กับทุกตัวแปรคุณภาพน้ำ (ตารางภาคผนวก ก ที่ 24-27)



รูปที่ 22 ค่าเฉลี่ยอุณหภูมิในน้ำที่บำบัดด้วยระบบกรองแบบแบคทีเรียเกาะติดตลอดระยะเวลาการทดลอง 64 วัน

หมายเหตุ

* ในระยะเวลาเดียวกันค่าเฉลี่ยในแต่ละชุดทดลองแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P<0.05$)

ชุดทดลองที่ 3.1 ใช้สารกรองเป็นใยพลาสติกหยาบหนาครึ่งแผ่น

ชุดทดลองที่ 3.2 ใช้สารกรองเป็นใยพลาสติกหยาบหนา 1 แผ่น

ชุดทดลองที่ 3.3 ใช้สารกรองเป็นใยพลาสติกหยาบหนา 2 แผ่น

ชุดทดลองที่ 3.4 ใช้สารกรองเป็นใยพลาสติกหยาบหนา 3 แผ่น

2) ความเป็นกรด-ด่าง

จากผลการวิเคราะห์ค่าความเป็นกรด-ด่างตลอดระยะเวลาการทดลอง 64 วัน โดยใช้ระบบกรองแบบแบคทีเรียเกาะติดที่ระดับความหนาของใยพลาสติกหยาบแตกต่างกัน 4 ชุดทดลอง บำบัดน้ำในตู้เลี้ยงปลาดุก พบว่า ความหนาของใยพลาสติกหยาบ ระยะเวลาการทดลอง และอิทธิพลร่วมระหว่างความหนาของใยพลาสติกหยาบและระยะเวลาการทดลองมีผลให้ความเป็นกรด-ด่างแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P<0.05$) โดยชุดทดลองที่ 3.1 (ใช้ใยพลาสติกหยาบหนาครึ่งแผ่น) มีค่าสูงสุดเท่ากับ 7.83 ส่วนชุดทดลองที่ 3.4 (ใช้ใยพลาสติกหยาบหนา 3 แผ่น) มีค่าต่ำสุดเท่ากับ 7.56 (ตารางภาคผนวก ก ที่ 23)

ความเป็นกรด-ด่างที่ระยะเวลาเริ่มต้นการทดลองมีค่าเท่ากันคือ 8.45 และในแต่ละชุดทดลองมีความเป็นกรด-ด่างเพิ่มขึ้นจนถึงที่ระยะเวลาการทดลอง 8 วัน จากนั้นค่าความเป็นกรด-ด่างในแต่ละชุดทดลองลดลงอย่างรวดเร็วจนถึงที่ระยะเวลาการทดลอง 32 วัน โดยชุดทดลองที่ 3.1 มีค่าสูงสุดเท่ากับ 6.93 ส่วนชุดทดลองที่ 3.4 มีค่าต่ำสุดเท่ากับ 6.32 และมีการเติม

สารละลาย $NaHCO_3$ เพื่อปรับความเป็นกรด-ด่างให้สูงขึ้นที่ระยะเวลาการทดลอง 32 และ 34 วัน ทำให้ความเป็นกรด-ด่างในแต่ละชุดทดลองเพิ่มสูงขึ้นอย่างรวดเร็วที่ระยะเวลาการทดลอง 36 และ 40 วัน โดยมีค่าอยู่ในช่วง 8.43–8.58 หลังจากนั้นความเป็นกรด-ด่างในแต่ละชุดทดลองลดต่ำลงจนถึงที่ระยะเวลาการทดลอง 64 วัน โดยชุดทดลองที่ 3.1 มีความเป็นกรด-ด่างสูงสุดเท่ากับ 6.80 ส่วนชุดทดลองที่ 3.4 มีความเป็นกรด-ด่างต่ำสุดเท่ากับ 6.27 (รูปที่ 23 (ก))

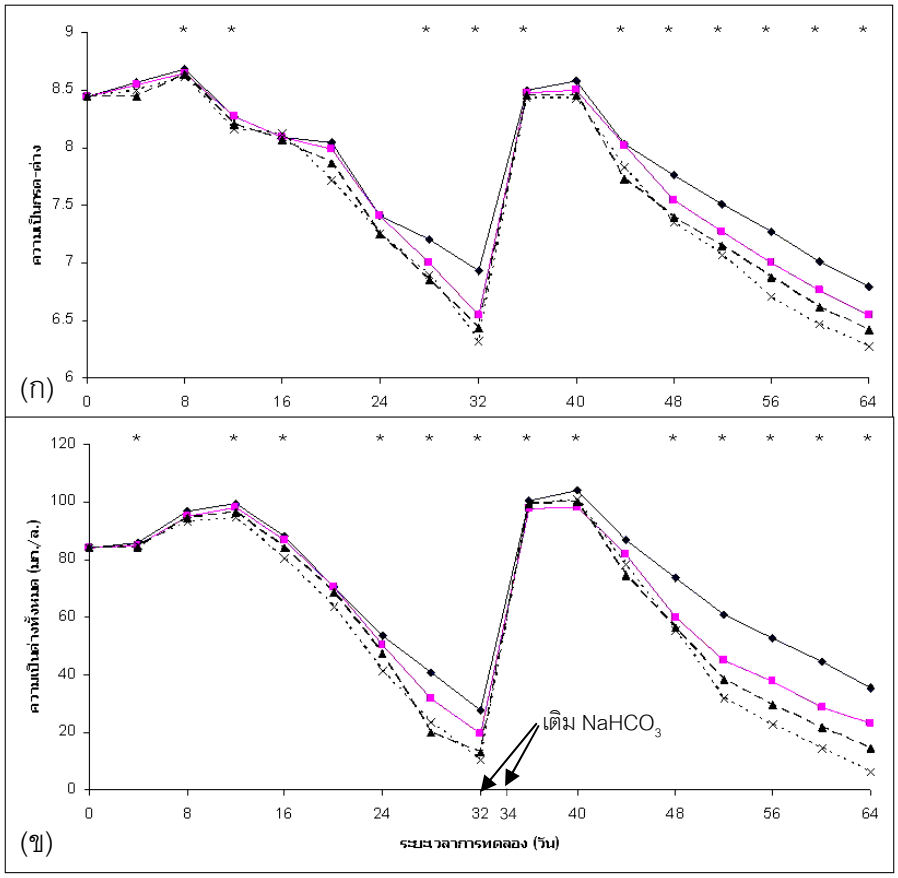
สัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ระหว่างความเป็นกรด-ด่างกับตัวแปรคุณภาพน้ำอื่นในแต่ละชุดทดลองตลอดระยะเวลาการทดลอง 64 วัน พบว่า ความเป็นกรด-ด่างในทุกชุดทดลองมีความสัมพันธ์ในลักษณะแปรผกผันกับบีโอดี ไนเตรท ของแข็งแขวนลอยทั้งหมด และแปรผันตามกับความเป็นด่างทั้งหมด และออกซิเจนละลายน้ำ (ตารางภาคผนวก ก ที่ 24-27)

3) ความเป็นด่างทั้งหมด

จากผลการวิเคราะห์ค่าความเป็นด่างทั้งหมดตลอดระยะเวลาการทดลอง 64 วัน โดยใช้ระบบกรองแบบแบคทีเรียเกาะติดที่ระดับความหนาของใยพลาสติกหยาบแตกต่างกัน 4 ชุดทดลอง บำบัดน้ำในตู้เลี้ยงปลาดุก พบว่า ความหนาของใยพลาสติกหยาบ ระยะเวลาการทดลอง และอิทธิพลร่วมระหว่างความหนาของใยพลาสติกหยาบและระยะเวลาการทดลองมีผลให้ความเป็นด่างทั้งหมดแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P<0.05$) โดยชุดทดลองที่ 3.1 (ใช้ใยพลาสติกหยาบหนาครึ่งแผ่น) มีค่าสูงสุดเท่ากับ 71 มก./ล. ส่วนชุดทดลองที่ 3.4 (ใช้ใยพลาสติกหยาบหนา 3 แผ่น) มีค่าต่ำสุดเท่ากับ 58 มก./ล. (ตารางภาคผนวก ก ที่ 23)

ความเป็นด่างทั้งหมดที่ระยะเวลาเริ่มต้นการทดลองมีค่าเท่ากันคือ 84 มก./ล. และเพิ่มขึ้นจนถึงที่ระยะเวลาการทดลอง 12 วัน โดยมีค่าอยู่ในช่วง 95-99 มก./ล. จากนั้นค่าความเป็นด่างทั้งหมดในแต่ละชุดทดลองลดลงอย่างรวดเร็วจนถึงที่ระยะเวลาการทดลอง 32 วัน โดยมีค่าอยู่ในช่วง 11-28 มก./ล. เมื่อเติมสารละลาย $NaHCO_3$ เพื่อปรับค่าความเป็นด่างทั้งหมดให้สูงขึ้นที่ระยะเวลาการทดลอง 32 และ 34 วัน ทำให้ค่าความเป็นด่างทั้งหมดในแต่ละชุดทดลองเพิ่มสูงขึ้นอย่างรวดเร็วที่ระยะเวลาการทดลอง 36 และ 40 วัน โดยมีค่าอยู่ในช่วง 98-104 มก./ล. หลังจากนั้นความเป็นด่างทั้งหมดในแต่ละชุดทดลองลดต่ำลงจนถึงที่ระยะเวลาการทดลอง 64 วัน โดยชุดทดลองที่ 3.1 มีค่าความเป็นด่างทั้งหมดสูงสุดเท่ากับ 36 มก./ล. ส่วนชุดทดลองที่ 3.4 มีค่าความเป็นด่างทั้งหมดต่ำสุดเท่ากับ 6 มก./ล. (รูปที่ 23 (ข))

สัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ระหว่างความเป็นด่างทั้งหมดกับตัวแปรคุณภาพน้ำอื่นในแต่ละชุดทดลองตลอดระยะเวลาการทดลอง 64 วัน พบว่า ความเป็นด่างทั้งหมดในทุกชุดทดลองมีความสัมพันธ์ในลักษณะแปรผกผันกับบีโอดี ไนเตรท ของแข็งแขวนลอยทั้งหมด และแปรผันตามกับความเป็นกรด-ด่าง และออกซิเจนละลายน้ำ (ตารางภาคผนวก ก ที่ 24-27)



รูปที่ 23 ค่าเฉลี่ย (ก) ความเป็นกรด-ด่างและ (ข) ความเป็นด่างทั้งหมดในน้ำที่บำบัดด้วยระบบกรองแบบแบคทีเรียเกาะติดตลอดระยะเวลาการทดลอง 64 วัน

หมายเหตุ

* ในระยะเวลาเดียวกันค่าเฉลี่ยในแต่ละชุดทดลองแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P<0.05$)

ชุดทดลองที่ 3.1 ใช้สารกรองเป็นใยพลาสติกหยาบหนาครึ่งแผ่น

ชุดทดลองที่ 3.2 ใช้สารกรองเป็นใยพลาสติกหยาบหนา 1 แผ่น

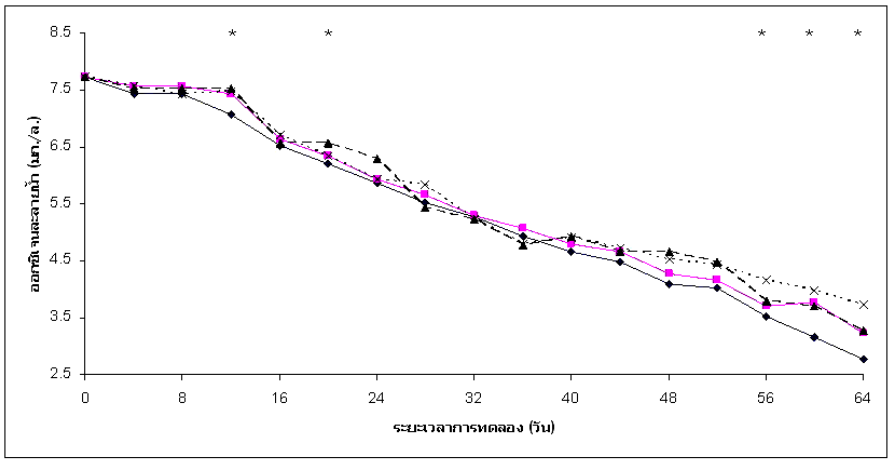
ชุดทดลองที่ 3.3 ใช้สารกรองเป็นใยพลาสติกหยาบหนา 2 แผ่น

ชุดทดลองที่ 3.4 ใช้สารกรองเป็นใยพลาสติกหยาบหนา 3 แผ่น

4) ออกซิเจนละลายน้ำ

จากผลการวิเคราะห์ปริมาณออกซิเจนละลายน้ำตลอดระยะเวลาการทดลอง 64 วัน โดยใช้ระบบกรองแบบแบคทีเรียเกาะติดที่ระดับความหนาของใยพลาสติกหยาบแตกต่างกัน 4 ชุดทดลอง บำบัดน้ำในตู้เลี้ยงปลาดุก พบว่า ความหนาของใยพลาสติกหยาบ และระยะเวลาการทดลอง มีผลให้ปริมาณออกซิเจนละลายน้ำแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P<0.05$) แต่ไม่มีอิทธิพลร่วมระหว่างความหนาของใยพลาสติกหยาบและระยะเวลาการทดลอง ซึ่งชุดทดลองที่ 3.3 (ใช้ใยพลาสติกหยาบหนา 2 แผ่น) และชุดทดลองที่ 3.4 (ใช้ใยพลาสติกหยาบหนา 3 แผ่น) มีค่าสูงสุดเท่ากันคือ 5.6 มก./ล. ส่วนชุดทดลองที่ 3.1 (ใช้ใยพลาสติกหยาบหนาครึ่งแผ่น) มีค่าต่ำสุดเท่ากับ 5.3 มก./ล. (ตารางภาคผนวก ก ที่ 23)

ปริมาณออกซิเจนละลายน้ำที่ระยะเวลาเริ่มต้นการทดลองมีค่าเท่ากันคือ 7.7 มก./ล. หลังจากนั้นปริมาณออกซิเจนละลายน้ำลดลงตลอดจนถึงที่ระยะเวลาการทดลอง 64 วัน โดยชุดทดลองที่ 3.4 มีค่ามากสุดเท่ากับ 3.7 มก./ล. ส่วนชุดทดลองที่ 3.1 มีค่าน้อยสุดเท่ากับ 2.8 มก./ล. (รูปที่ 24 (ก))



รูปที่ 24 ค่าเฉลี่ยปริมาณออกซิเจนละลายน้ำในน้ำที่บำบัดด้วยระบบกรองแบบแบคทีเรียเกาะติดตลอดระยะเวลาการทดลอง 64 วัน

หมายเหตุ

* ในระยะเวลาเดียวกันค่าเฉลี่ยในแต่ละชุดทดลองแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P<0.05$)

ชุดทดลองที่ 3.1 ใช้สารกรองเป็นใยพลาสติกหยาบหนาครึ่งแผ่น

ชุดทดลองที่ 3.2 ใช้สารกรองเป็นใยพลาสติกหยาบหนา 1 แผ่น

ชุดทดลองที่ 3.3 ใช้สารกรองเป็นใยพลาสติกหยาบหนา 2 แผ่น

ชุดทดลองที่ 3.4 ใช้สารกรองเป็นใยพลาสติกหยาบหนา 3 แผ่น

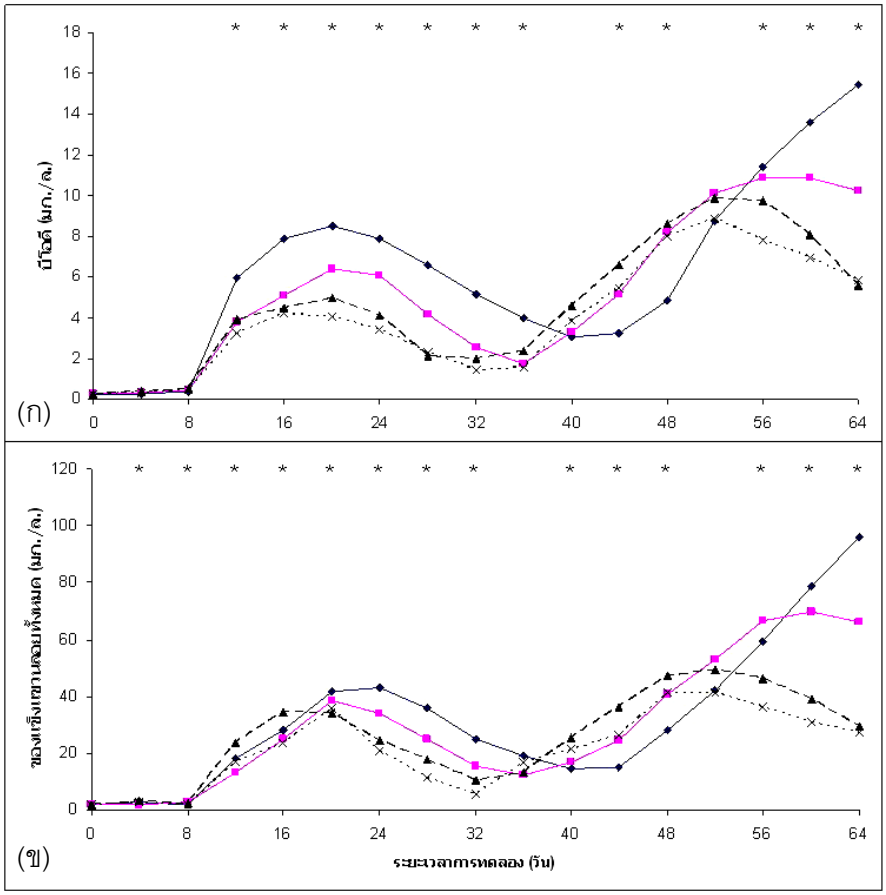
สัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ระหว่างออกซิเจนละลายน้ำกับตัวแปรคุณภาพน้ำอื่นในแต่ละชุดทดลองตลอดระยะเวลาการทดลอง 64 วัน พบว่า ออกซิเจนละลายน้ำในทุกชุดทดลองมีความสัมพันธ์ในลักษณะแปรผกผันกับบีโอดี ไนเตรท ของแข็งแขวนลอยทั้งหมด และแปรผันตามกับความเป็นกรด-ด่าง และความเป็นด่างทั้งหมด (ตารางภาคผนวก ก ที่ 24-27)

5) บีโอดี

จากผลการวิเคราะห์ปริมาณบีโอดีตลอดระยะเวลาการทดลอง 64 วัน โดยใช้ระบบกรองแบบแบคทีเรียเกาะติดที่ระดับความหนาของใยพลาสติกหยาบแตกต่างกัน 4 ชุดทดลอง บำบัดน้ำในตู้เลี้ยงปลาดุก พบว่า ความหนาของใยพลาสติกหยาบ ระยะเวลาการทดลอง และอิทธิพลร่วมระหว่างความหนาของใยพลาสติกหยาบและระยะเวลาการทดลองมีผลให้ปริมาณบีโอดีแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P<0.05$) โดยชุดทดลองที่ 3.1 (ใช้ใยพลาสติกหยาบหนาครึ่งแผ่น) มีค่าสูงสุดเท่ากับ 6.3 มก./ล. ส่วนชุดทดลองที่ 3.4 (ใช้ใยพลาสติกหยาบหนา 3 แผ่น) มีค่าต่ำสุดเท่ากับ 4.0 มก./ล. (ตารางภาคผนวก ก ที่ 23)

ปริมาณบีโอดีที่ระยะเวลาเริ่มต้นการทดลองมีค่าเท่ากันคือ 0.2 มก./ล. และเปลี่ยนแปลงเพียงเล็กน้อยจนถึงที่ระยะเวลาการทดลอง 8 วัน แล้วมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นจนถึงที่ระยะเวลาการทดลอง 20 วัน โดยมีค่าอยู่ในช่วง 4.0-8.5 มก./ล. จากนั้นบีโอดีในแต่ละชุดทดลองมีแนวโน้มลดลงจนถึงที่ระยะเวลาการทดลอง 36 วัน โดยมีค่าอยู่ในช่วง 1.6-4.0 มก./ล. ต่อมาปริมาณบีโอดีในแต่ละชุดทดลองมีแนวโน้มเพิ่มสูงขึ้นจนถึงที่ระยะเวลาการทดลอง 56 วัน โดยมีค่าอยู่ในช่วง 7.8-11.4 มก./ล. แล้วมีแนวโน้มลดลงจนถึงที่ระยะเวลาการทดลอง 64 วัน โดยมีค่าอยู่ในช่วง 5.6-10.3 มก./ล. ยกเว้นชุดทดลองที่ 3.1 มีค่าเพิ่มขึ้นเป็น 15.5 มก./ล. (รูปที่ 25 (ก))

สัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ระหว่างบีโอดีกับตัวแปรคุณภาพน้ำอื่นในแต่ละชุดทดลองตลอดระยะเวลาการทดลอง 64 วัน พบว่า บีโอดีในทุกชุดทดลองมีความสัมพันธ์ในลักษณะแปรผกผันกับความเป็นกรด-ด่าง ความเป็นด่างทั้งหมด ออกซิเจนละลายน้ำ และแปรผันตามกับไนเตรท และของแข็งแขวนลอยทั้งหมด (ตารางภาคผนวก ก ที่ 24-27)



รูปที่ 25 ค่าเฉลี่ย (ก) ปริมาณบีโอดีและ (ข) ของแข็งแขวนลอยทั้งหมดในน้ำที่บำบัดด้วยระบบกรองแบบแบคทีเรียเกาะติดตลอดระยะเวลาการทดลอง 64 วัน

หมายเหตุ

* ในระยะเวลาเดียวกันค่าเฉลี่ยในแต่ละชุดทดลองแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P<0.05$)

ชุดทดลองที่ 3.1 ใช้สารกรองเป็นใยพลาสติกหยาบหนาครึ่งแผ่น

ชุดทดลองที่ 3.2 ใช้สารกรองเป็นใยพลาสติกหยาบหนา 1 แผ่น

ชุดทดลองที่ 3.3 ใช้สารกรองเป็นใยพลาสติกหยาบหนา 2 แผ่น

ชุดทดลองที่ 3.4 ใช้สารกรองเป็นใยพลาสติกหยาบหนา 3 แผ่น

6) ของแข็งแขวนลอยทั้งหมด

จากผลการวิเคราะห์ปริมาณของแข็งแขวนลอยทั้งหมดตลอดระยะเวลาการทดลอง 64 วัน โดยใช้ระบบกรองแบบแบคทีเรียเกาะติดที่ระดับความหนาของใยพลาสติกหยาบแตกต่างกัน 4 ชุดทดลอง บำบัดน้ำในตู้เลี้ยงปลาดุก พบว่า ความหนาของใยพลาสติกหยาบ ระยะเวลาการทดลอง และอิทธิพลร่วมระหว่างความหนาของใยพลาสติกหยาบและระยะเวลาการทดลองมีผลให้ปริมาณของแข็งแขวนลอยทั้งหมดแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P<0.05$) โดยชุดทดลองที่ 3.1 (ใช้ใยพลาสติกหยาบหนาครึ่งแผ่น) มีค่าสูงสุดเท่ากับ 32.4 มก./ล. ส่วนชุดทดลองที่ 3.4 (ใช้ใยพลาสติกหยาบหนา 3 แผ่น) มีค่าต่ำสุดเท่ากับ 21.2 มก./ล. (ตารางภาคผนวก ก ที่ 23)

ของแข็งแขวนลอยทั้งหมดที่ระยะเวลาเริ่มต้นการทดลองมีค่าเท่ากันคือ 1.7 มก./ล. และเปลี่ยนแปลงเพียงเล็กน้อยจนถึงที่ระยะเวลาการทดลอง 8 วัน แล้วมีค่าเพิ่มขึ้นจนถึงที่ระยะเวลาการทดลอง 20 วัน โดยชุดทดลองที่ 3.1 มีค่าสูงสุดเท่ากับ 41.7 มก./ล. ส่วนชุดทดลองที่ 3.3 (ใช้ใยพลาสติกหยาบหนา 2 แผ่น) มีค่าต่ำสุดเท่ากับ 34.0 มก./ล. จากนั้นปริมาณของแข็งแขวนลอยทั้งหมดมีแนวโน้มลดลงจนถึงที่ระยะเวลาการทดลอง 36 วัน โดยมีค่าอยู่ในช่วง 12.3-19.0 มก./ล. แล้วมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นจนถึงที่ระยะเวลาการทดลอง 52 วัน โดยมีอยู่ในช่วง 41.2-53.2 มก./ล. หลังจากนั้นปริมาณของแข็งแขวนลอยทั้งหมดมีแนวโน้มลดลงจนจบการทดลองถึงที่ระยะเวลา 64 วัน ยกเว้นชุดทดลองที่ 3.3 และชุดทดลองที่ 3.4 มีค่าลดลงเหลือ 29.3 และ 27.1 มก./ล. (รูปที่ 25 (ข))

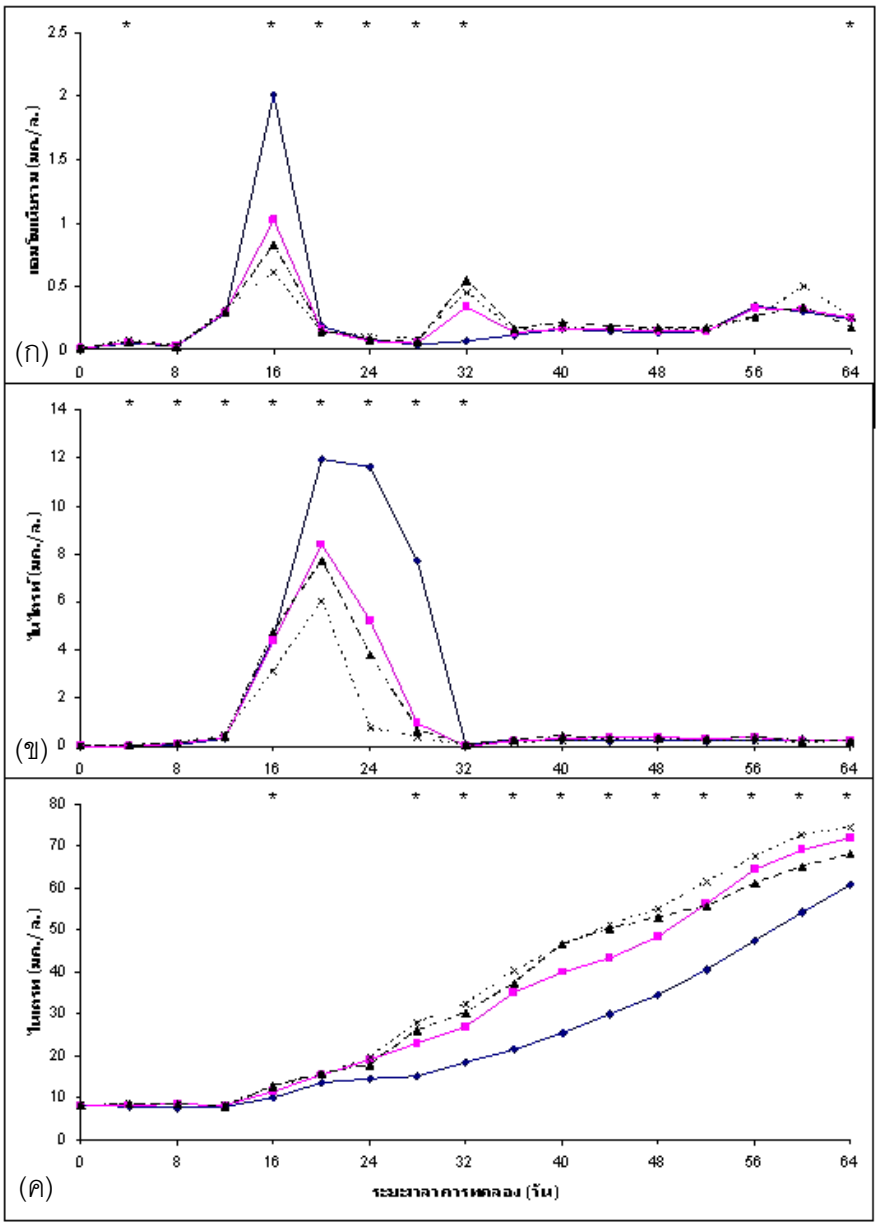
สัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ระหว่างของแข็งแขวนลอยทั้งหมดกับตัวแปรคุณภาพน้ำอื่นในแต่ละชุดทดลองตลอดระยะเวลาการทดลอง 64 วัน พบว่า ของแข็งแขวนลอยทั้งหมดในทุกชุดทดลองมีความสัมพันธ์ในลักษณะแปรผกผันกับความเป็นกรด-ด่าง ความเป็นด่างทั้งหมด ออกซิเจนละลายน้ำ และแปรผันตามกับบีโอดี และไนเตรท (ตารางภาคผนวก ก ที่ 24-27)

7) แอมโมเนียรวม

จากผลการวิเคราะห์ปริมาณแอมโมเนียรวมตลอดระยะเวลาการทดลอง 64 วัน โดยใช้ระบบกรองแบบแบคทีเรียเกาะติดที่ระดับความหนาของใยพลาสติกหยาบแตกต่างกัน 4 ชุดทดลอง บำบัดน้ำในตู้เลี้ยงปลาดุก พบว่า ความหนาของใยพลาสติกหยาบ ระยะเวลาการทดลอง และอิทธิพลร่วมระหว่างความหนาของใยพลาสติกหยาบและระยะเวลาการทดลองมีผลให้ปริมาณแอมโมเนียรวมแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P<0.05$) โดยชุดทดลองที่ 3.1 (ใช้ใยพลาสติกหยาบหนาครึ่งแผ่น) มีค่าสูงสุดเท่ากับ 0.254 มก./ล. ส่วนชุดทดลองที่ 3.4 (ใช้ใยพลาสติกหยาบหนา 3 แผ่น) มีค่าต่ำสุดเท่ากับ 0.211 มก./ล. (ตารางภาคผนวก ก ที่ 23)

ปริมาณแอมโมเนียที่ระยะเวลาเริ่มต้นการทดลองมีค่าเท่ากันคือ 0.006 มก./ล. และเปลี่ยนแปลงเล็กน้อยจนถึงที่ระยะเวลาการทดลอง 8 วัน แล้วปริมาณแอมโมเนียเพิ่มขึ้นอย่างรวดเร็วจนถึงที่ระยะเวลาการทดลอง 16 วัน โดยชุดทดลองที่ 3.1 มีค่าสูงสุดเท่ากับ 2.013 มก./ล. ส่วนชุดทดลองที่ 3.4 มีค่าต่ำสุดเท่ากับ 0.605 มก./ล. จากนั้นแอมโมเนียในแต่ละชุดทดลองลดลงอย่างรวดเร็วที่ระยะเวลาการทดลอง 20 วัน และลดลงจนถึง 28 วัน โดยมีค่าอยู่ในช่วง 0.036-0.076 มก./ล. และปริมาณแอมโมเนียเพิ่มขึ้นอีกครั้งที่ระยะเวลาการทดลอง 32 วัน โดยมีค่าอยู่ในช่วง 0.070-0.543 มก./ล. ต่อมาปริมาณแอมโมเนียในทุกชุดทดลองมีแนวโน้มลดลงจนถึงที่ระยะเวลาการทดลอง 52 วัน ยกเว้นชุดทดลองที่ 3.1 หลังจากนั้นปริมาณแอมโมเนียเพิ่มขึ้นที่ระยะเวลาการทดลอง 56 วัน และลดลงที่ 64 วัน โดยชุดทดลองที่ 3.2 (ใช้ใยพลาสติกหยาบหนา 1 แผ่น) มีค่าสูงสุดเท่ากับ 0.251 มก./ล. ส่วนชุดทดลองที่ 3.3 (ใช้ใยพลาสติกหยาบหนา 2 แผ่น) มีค่าต่ำสุดเท่ากับ 0.168 มก./ล. (รูปที่ 26 (ก))

สัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ระหว่างแอมโมเนียรวมกับตัวแปรคุณภาพน้ำอื่นในแต่ละชุดทดลองตลอดระยะเวลาการทดลอง 64 วัน พบว่า แอมโมเนียรวมในชุดทดลองที่ 3.1 และ 3.2 ไม่มีความสัมพันธ์กับทุกตัวแปรคุณภาพน้ำ แต่มีความสัมพันธ์ในลักษณะแปรผันตามกับของแข็งแขวนลอยในชุดทดลองที่ 3.3 และ 3.4 และแปรผกผันกับความเป็นกรด-ด่าง และความเป็นด่างทั้งหมดในชุดทดลองที่ 3.4 (ตารางภาคผนวก ก ที่ 24-27)



รูปที่ 26 ค่าเฉลี่ยปริมาณ (ก) แอมโมเนียรวม (ข) ไนไตรท์ และ (ค) ไนเตรทในน้ำที่บำบัดด้วยระบบกรองแบบแบคทีเรียเกาะติดตลอดระยะเวลาการทดลอง 64 วัน

หมายเหตุ

* ในระยะเวลาเดียวกันค่าเฉลี่ยในแต่ละชุดทดลองแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P<0.05$)

ชุดทดลองที่ 3.1 ใช้สารกรองเป็นใยพลาสติกหยาบหนาครึ่งแผ่น

ชุดทดลองที่ 3.2 ใช้สารกรองเป็นใยพลาสติกหยาบหนา 1 แผ่น

ชุดทดลองที่ 3.3 ใช้สารกรองเป็นใยพลาสติกหยาบหนา 2 แผ่น

ชุดทดลองที่ 3.4 ใช้สารกรองเป็นใยพลาสติกหยาบหนา 3 แผ่น

8) ไนไตรท์

จากผลการวิเคราะห์ปริมาณไนไตรท์ระหว่างชุดทดลองตลอดระยะเวลาการทดลอง 64 วัน โดยใช้ระบบกรองแบบแบคทีเรียเกาะติดที่ระดับความหนาของใยพลาสติกหยาบแตกต่างกัน 4 ชุดทดลอง บำบัดน้ำในตู้เลี้ยงปลาดุก พบว่า ความหนาของใยพลาสติกหยาบ ระยะเวลาการทดลอง และอิทธิพลร่วมระหว่างความหนาของใยพลาสติกหยาบและระยะเวลาการทดลองมีผลให้ปริมาณไนไตรท์แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P<0.05$) โดยชุดทดลองที่ 3.1 (ใช้ใยพลาสติกหยาบหนาครึ่งแผ่น) มีค่าสูงสุดเท่ากับ 2.249 มก./ล. ส่วนชุดทดลองที่ 3.4 (ใช้ใยพลาสติกหยาบหนา 3 แผ่น) มีค่าต่ำสุดเท่ากับ 0.736 มก./ล. (ตารางภาคผนวก ก ที่ 23)

ไนไตรท์ที่ระยะเวลาเริ่มต้นการทดลองมีค่าเท่ากันคือ 0.004 มก./ล. และมีค่าสูงขึ้นอย่างช้าๆ จนถึงที่ระยะเวลาการทดลอง 12 วัน โดยมีค่าอยู่ในช่วง 0.306-0.457 มก./ล. แล้วค่าสูงขึ้นอย่างรวดเร็วจนถึงที่ระยะเวลาการทดลอง 20 วัน โดยชุดทดลองที่ 3.1 มีค่าสูงสุดเท่ากับ 11.952 มก./ล. ส่วนชุดทดลองที่ 3.4 มีค่าต่ำสุดเท่ากับ 6.026 มก./ล. จากนั้นปริมาณไนไตรท์ในแต่ละชุดทดลองลดลงจนถึงที่ระยะเวลาการทดลอง 32 วัน โดยมีค่าอยู่ในช่วง 0.019-0.055 มก./ล. หลังจากนั้นปริมาณไนไตรท์มีการเปลี่ยนแปลงเพียงเล็กน้อยจนจบการทดลองที่ระยะเวลา 64 วัน และมีค่าอยู่ในช่วง 0.130-0.229 มก./ล. (รูปที่ 26 (ข))

สัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ระหว่างไนไตรท์กับตัวแปรคุณภาพน้ำอื่นในแต่ละชุดทดลองตลอดระยะเวลาการทดลอง 64 วัน พบว่า ไนไตรท์ในทุกชุดทดลองมีความสัมพันธ์ในลักษณะแปรผกผันกับไนเตรท (ตารางภาคผนวก ก ที่ 24-27)

9) ไนเตรท

จากผลการวิเคราะห์ปริมาณไนเตรทตลอดระยะเวลาการทดลอง 64 วัน โดยใช้ระบบกรองแบบแบคทีเรียเกาะติดที่ระดับความหนาของใยพลาสติกหยาบแตกต่างกัน 4 ชุดทดลอง บำบัดน้ำในตู้เลี้ยงปลาดุก พบว่า ความหนาของใยพลาสติกหยาบ ระยะเวลาการทดลอง และอิทธิพลร่วมระหว่างความหนาของใยพลาสติกหยาบและระยะเวลาการทดลองมีผลให้ปริมาณไนเตรทแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P<0.05$) โดยชุดทดลองที่ 3.4 (ใช้ใยพลาสติกหยาบหนา 3 แผ่น)มีค่าสูงสุดเท่ากับ 35.95 มก./ล. ส่วนชุดทดลองที่ 3.1 (ใช้ใยพลาสติกหยาบหนาครึ่งแผ่น) มีค่าต่ำสุดเท่ากับ 24.62 มก./ล. (ตารางภาคผนวก ก ที่ 23)

ไนเตรทที่ระยะเวลาเริ่มต้นการทดลองมีค่าเท่ากันคือ 8.26 มก./ล. และมีการเปลี่ยนแปลงเพียงเล็กน้อยจนถึงที่ระยะเวลาการทดลอง 12 วัน โดยมีค่าอยู่ในช่วง 7.83-8.23 มก./ล. หลังจากนั้นปริมาณไนเตรทเพิ่มสูงขึ้นจนจบการทดลองที่ระยะเวลา 64 วัน โดยชุดทดลองที่ 3.4 มีปริมาณไนเตรทสูงสุดเท่ากับ 74.53 มก./ล. ส่วนชุดทดลองที่ 3.1 มีปริมาณไนเตรทต่ำสุดเท่ากับ 60.80 มก./ล. (รูปที่ 26 (ค))

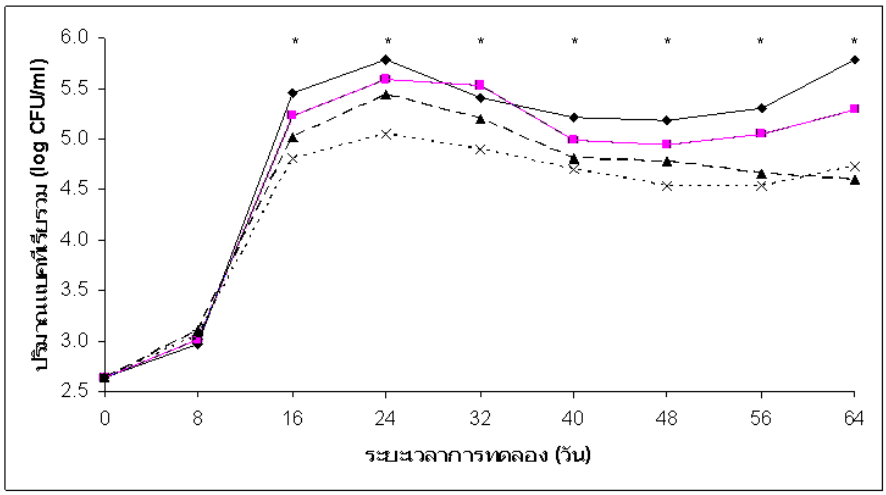
สัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ระหว่างไนเตรทกับตัวแปรคุณภาพน้ำอื่นในแต่ละชุดทดลองตลอดระยะเวลาการทดลอง 64 วัน พบว่า ไนเตรทในทุกชุดทดลองมีความสัมพันธ์ในลักษณะแปรผกผันกับความเป็นกรด-ด่าง ความเป็นด่างทั้งหมด ออกซิเจนละลายน้ำ ไนไตรท์ และแปรผันตามกับบีโอดี และของแข็งแขวนลอยทั้งหมด (ตารางภาคผนวก ก ที่ 24-27)

3.2 ปริมาณแบคทีเรียรวมในน้ำและสารกรอง

1) ปริมาณแบคทีเรียรวมในน้ำ

จากผลการวิเคราะห์ค่าเฉลี่ยปริมาณแบคทีเรียรวมในน้ำตลอดระยะเวลาการทดลอง 64 วัน โดยใช้ระบบกรองแบบแบคทีเรียเกาะติดที่ระดับความหนาของใยพลาสติกหยาบแตกต่างกัน 4 ชุดทดลอง บำบัดน้ำในตู้เลี้ยงปลาดุก พบว่า ความหนาของใยพลาสติกหยาบ ระยะเวลาการทดลอง และอิทธิพลร่วมระหว่างความหนาของใยพลาสติกหยาบและระยะเวลาการทดลองมีผลให้ปริมาณแบคทีเรียรวมในน้ำแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P<0.05$) โดยชุดทดลองที่ 3.1 (ใช้ใยพลาสติกหยาบหนาครึ่งแผ่น) มีค่าสูงสุดเท่ากับ 2.6×10^5 CFU/ml ส่วนชุดทดลองที่ 3.4 (ใช้ใยพลาสติกหยาบหนา 3 แผ่น) มีค่าต่ำสุดเท่ากับ 5.0×10^4 CFU/ml (ตารางภาคผนวก ก ที่ 28)

แบคทีเรียรวมในน้ำที่ระยะเวลาเริ่มต้นการทดลองมีค่าเท่ากันคือ 4.3×10^2 CFU/ml และมีค่าเพิ่มขึ้นเล็กน้อยที่ระยะเวลาการทดลอง 8 วัน จากนั้นมีค่าเพิ่มขึ้นอย่างรวดเร็วจนถึงที่ระยะเวลาการทดลอง 24 วัน โดยชุดทดลองที่ 3.1 มีค่าสูงสุดเท่ากับ 6.4×10^5 CFU/ml ส่วนชุดทดลองที่ 3.4 มีค่าต่ำสุดเท่ากับ 1.2×10^5 CFU/ml ต่อมาในแต่ละชุดทดลองมีปริมาณแบคทีเรียรวมในน้ำลดลงอย่างช้าๆ จนถึงที่ระยะเวลาการทดลอง 48 วัน โดยมีค่าอยู่ในช่วง 4.0×10^4 - 1.5×10^5 CFU/ml หลังจากนั้นปริมาณแบคทีเรียรวมในน้ำแต่ละชุดทดลองเพิ่มสูงขึ้นจนถึงที่ระยะเวลาการทดลอง 64 วัน โดยมีค่าอยู่ในช่วง 4.2×10^4 - 6.3×10^5 CFU/ml ยกเว้นชุดทดลองที่ 3.3 (ใช้ใยพลาสติกหยาบหนา 2 แผ่น) มีค่าลดลงเป็น 4.2×10^4 CFU/ml (รูปที่ 27)



รูปที่ 27 ค่าเฉลี่ยปริมาณแบคทีเรียรวมในน้ำที่บำบัดด้วยระบบกรองแบบแบคทีเรียเกาะติดตลอดระยะเวลาการทดลอง 64 วัน

หมายเหตุ

* ในระยะเวลาเดียวกันค่าเฉลี่ยในแต่ละชุดทดลองแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P<0.05$)

ชุดทดลองที่ 3.1 ใช้สารกรองเป็นใยพลาสติกหยาบหนาครึ่งแผ่น

ชุดทดลองที่ 3.2 ใช้สารกรองเป็นใยพลาสติกหยาบหนา 1 แผ่น

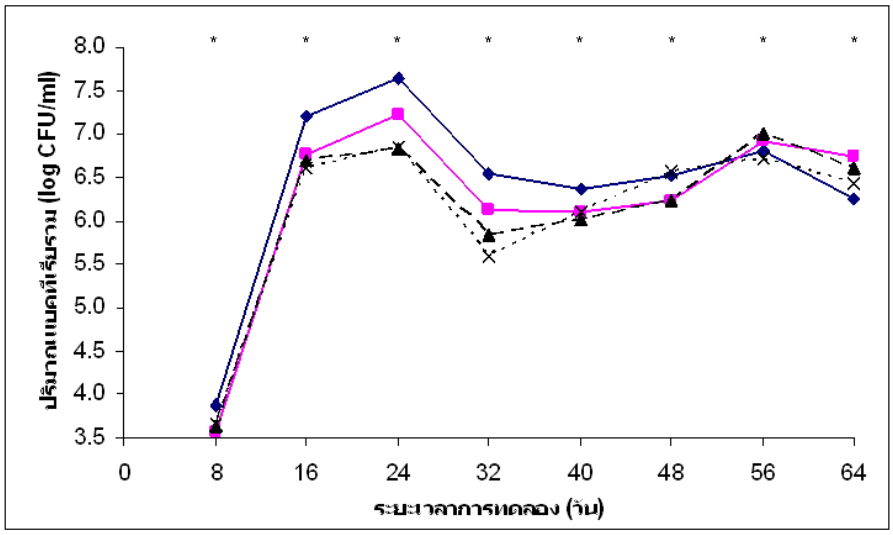
ชุดทดลองที่ 3.3 ใช้สารกรองเป็นใยพลาสติกหยาบหนา 2 แผ่น

ชุดทดลองที่ 3.4 ใช้สารกรองเป็นใยพลาสติกหยาบหนา 3 แผ่น

2) ปริมาณแบคทีเรียรวมในสารกรอง

จากผลการวิเคราะห์ค่าเฉลี่ยปริมาณแบคทีเรียรวมในสารกรองของแต่ละชุดทดลองตลอดระยะเวลาการทดลอง 64 วัน โดยใช้ระบบกรองแบบแบคทีเรียเกาะติดที่ระดับความหนาของใยพลาสติกหยาบแตกต่างกัน 4 ชุดทดลอง บำบัดน้ำในตู้เลี้ยงปลาดุก พบว่า ความหนาของใยพลาสติกหยาบ ระยะเวลาการทดลอง และอิทธิพลร่วมระหว่างความหนาของใยพลาสติกหยาบและระยะเวลาการทดลองมีผลให้ปริมาณแบคทีเรียรวมในสารกรองแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P<0.05$) โดยชุดทดลองที่ 3.1 (ใช้ใยพลาสติกหยาบหนาครึ่งแผ่น) มีค่าสูงสุดเท่ากับ 9.8×10^6 CFU/ml ส่วนชุดทดลองที่ 3.4 (ใช้ใยพลาสติกหยาบหนา 3 แผ่น) มีค่าต่ำสุดเท่ากับ 3.1×10^6 CFU/ml (ตารางภาคผนวก ก ที่ 28)

ปริมาณแบคทีเรียรวมในสารกรองที่ระยะเวลาเริ่มต้นการทดลองมีค่าเท่ากันคือ 0 CFU/ml และมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นอย่างรวดเร็วจนถึงที่ระยะเวลาการทดลอง 24 วัน โดยชุดทดลองที่ 3.1 มีค่าสูงสุดเท่ากับ 4.5 X 10^7 CFU/ml ส่วนชุดทดลองที่ 3.3 (ใช้ใยพลาสติกหยาบหนา 2 แผ่น) มีค่าต่ำสุดเท่ากับ 6.8 X 10^6 CFU/ml ต่อมาที่ระยะเวลาการทดลอง 32 วัน ในแต่ละชุดทดลองมีปริมาณแบคทีเรียรวมในสารกรองลดลง โดยมีค่าอยู่ในช่วง 4.0 X 10^5 - 3.5 X 10^6 CFU/ml หลังจากนั้นปริมาณแบคทีเรียรวมในสารกรองของแต่ละชุดทดลองมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นอย่างช้าๆ จนถึงที่ระยะเวลาการทดลอง 56 วัน แล้วลดลงเมื่อจบการทดลองที่ระยะเวลา 64 วัน โดยชุดทดลองที่ 3.2 (ใช้ใยพลาสติกหยาบหนา 1 แผ่น) มีค่าสูงสุดเท่ากับ 5.7 X 10^6 CFU/ml ส่วนชุดทดลองที่ 3.1 มีค่าต่ำสุดเท่ากับ 1.8 X 10^6 CFU/ml (รูปที่ 28)



รูปที่ 28 ค่าเฉลี่ยปริมาณแบคทีเรียรวมในสารกรองของระบบกรองแบบแบคทีเรียเกาะติดตลอดระยะเวลาการทดลอง 64 วัน

หมายเหตุ

* ในระยะเวลาเดียวกันค่าเฉลี่ยในแต่ละชุดทดลองแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P<0.05$)

ชุดทดลองที่ 3.1 ใช้สารกรองเป็นใยพลาสติกหยาบหนาครึ่งแผ่น

ชุดทดลองที่ 3.2 ใช้สารกรองเป็นใยพลาสติกหยาบหนา 1 แผ่น

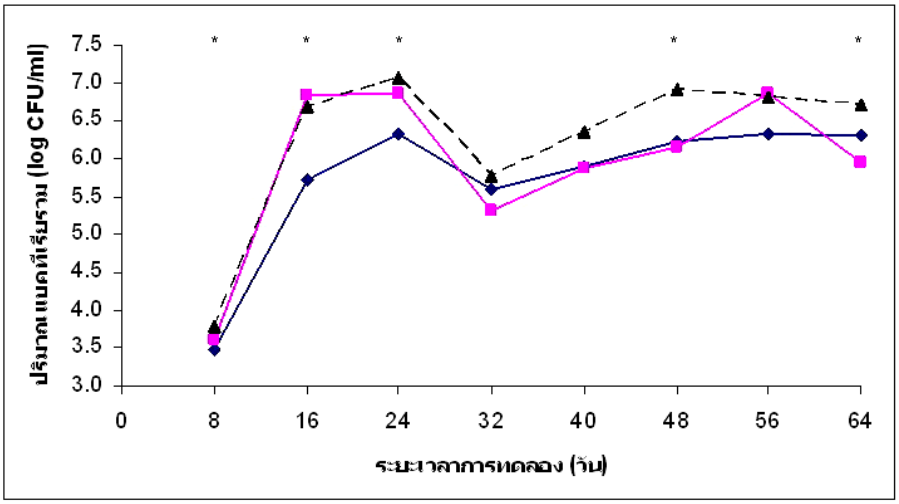
ชุดทดลองที่ 3.3 ใช้สารกรองเป็นใยพลาสติกหยาบหนา 2 แผ่น

ชุดทดลองที่ 3.4 ใช้สารกรองเป็นใยพลาสติกหยาบหนา 3 แผ่น

3) ปริมาณแบคทีเรียรวมในสารกรองที่ระดับความลึกแตกต่างกัน 3 ระดับ

จากผลการวิเคราะห์ค่าเฉลี่ยปริมาณแบคทีเรียรวมในสารกรองของชุดทดลองที่ 3.4 (ใช้ใยพลาสติกหยาบหนา 3 แผ่น) ที่มีระดับความลึกของสารกรองแตกต่างกัน 3 ระดับ ตลอดระยะเวลาการทดลอง 64 วัน พบว่า ความลึกของสารกรอง ระยะเวลาการทดลอง และอิทธิพลร่วมระหว่างความลึกของสารกรองและระยะเวลาการทดลองมีผลให้ปริมาณแบคทีเรียรวมในสารกรองแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P<0.05$) ซึ่งสารกรองชั้นล่างมีค่าสูงสุดเท่ากับ 4.9×10^6 CFU/ml ส่วนสารกรองชั้นบนมีค่าต่ำสุดเท่ากับ 1.2×10^6 CFU/ml (ตารางภาคผนวก ก ที่ 29)

ปริมาณแบคทีเรียรวมในสารกรองของชุดทดลองที่ 3.4 ทุกระดับความลึก ที่ระยะเวลาเริ่มต้นการทดลองมีค่าเท่ากันคือ 0 CFU/ml และมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นอย่างรวดเร็วจนถึงที่ระยะเวลาการทดลอง 24 วัน โดยใยพลาสติกหยาบชั้นล่างมีค่าสูงสุดเท่ากับ 1.2×10^7 CFU/ml ส่วนใยพลาสติกหยาบชั้นบนมีค่าต่ำสุดเท่ากับ 2.1×10^6 CFU/ml ต่อมาที่ระยะเวลาการทดลอง 32 วัน ในแต่ละระดับความลึกของสารกรองมีปริมาณแบคทีเรียรวมในสารกรองลดลง โดยมีค่าอยู่ในช่วง $2.1 \times 10^5 - 5.8 \times 10^5$ CFU/ml หลังจากนั้นปริมาณแบคทีเรียรวมในสารกรองทุกความลึกมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นอย่างช้าๆ จนถึงที่ระยะเวลาการทดลอง 56 วัน แล้วลดลงเมื่อจบการทดลองที่ระยะเวลา 64 วัน โดยใยพลาสติกหยาบชั้นล่างมีค่าสูงสุดเท่ากับ 5.2×10^6 CFU/ml ส่วนใยพลาสติกหยาบชั้นกลางมีค่าต่ำสุดเท่ากับ 8.7×10^5 CFU/ml (รูปที่ 29)



รูปที่ 29 ค่าเฉลี่ยปริมาณแบคทีเรียรวมในชั้นสารกรองแต่ละระดับความลึกของชุดทดลองที่ 3.4 (ใช้ใยพลาสติกหยาบหนา 3 แผ่น) ตลอดระยะเวลาการทดลอง 64 วัน

หมายเหตุ

* ในระยะเวลาเดียวกันค่าเฉลี่ยในแต่ละชุดทดลองแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P<0.05$)

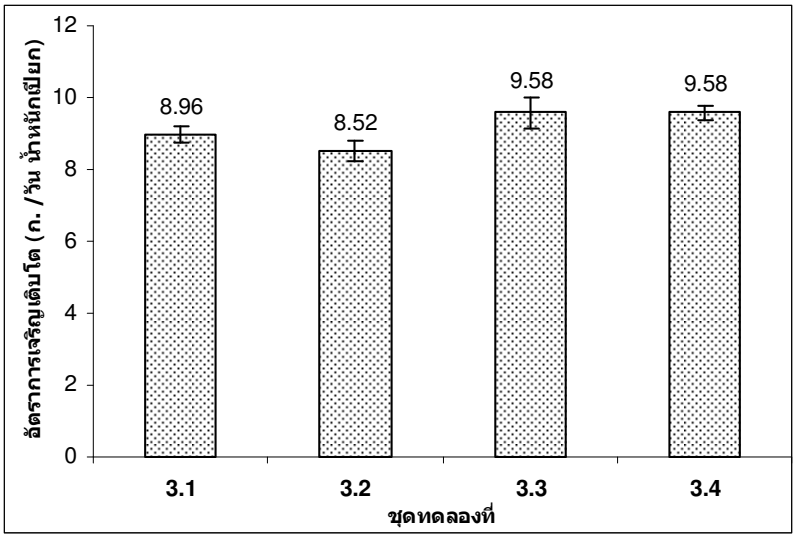
ใยพลาสติกหยาบชั้นบนของชุดทดลองที่ 3.4 (ใช้ใยพลาสติกหยาบหนา 3 แผ่น)

ใยพลาสติกหยาบชั้นกลางของชุดทดลองที่ 3.4 (ใช้ใยพลาสติกหยาบหนา 3 แผ่น)

ใยพลาสติกหยาบชั้นล่างของชุดทดลองที่ 3.4 (ใช้ใยพลาสติกหยาบหนา 3 แผ่น)

3.3 อัตราการเจริญเติบโต

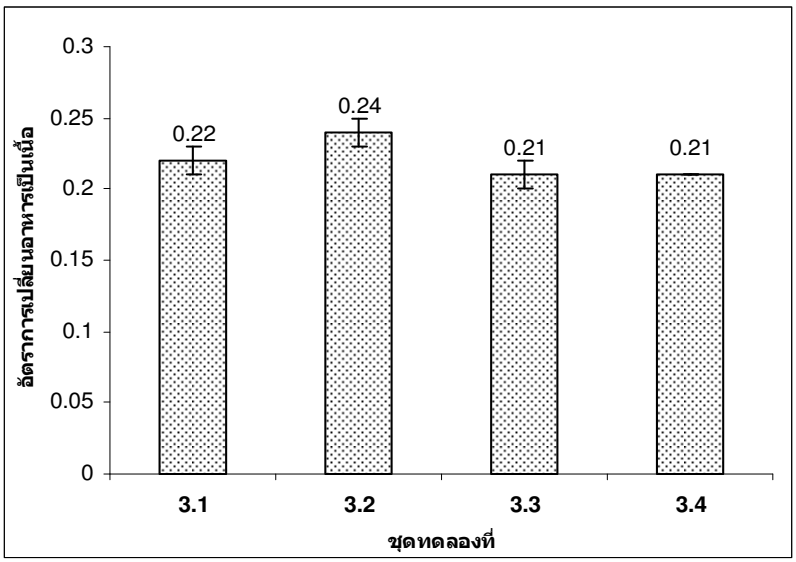
จากผลการวิเคราะห์อัตราการเจริญเติบโตของปลาดุกตลอดระยะเวลาการทดลอง 64 วัน โดยใช้ระบบกรองแบบแบคทีเรียเกาะติดที่ระดับความหนาของใยพลาสติกหยาบแตกต่างกัน 4 ชุดทดลอง บำบัดน้ำในตู้เลี้ยงปลาดุก พบว่า ในแต่ละชุดทดลองมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P<0.05$) โดยชุดทดลองที่ 3.3 (ใช้ใยพลาสติกหยาบหนา 2 แผ่น) และชุดทดลองที่ 3.4 (ใช้ใยพลาสติกหยาบหนา 3 แผ่น) มีอัตราการเจริญเติบโตสูงสุดเท่ากันคือ 9.58 ก./วัน ส่วนชุดทดลองที่ 3.2 (ใช้ใยพลาสติกหยาบหนา 1 แผ่น) มีอัตราการเจริญเติบโตต่ำสุดเท่ากับ 8.52 ก./วัน (รูปที่ 30)



รูปที่ 30 อัตราการเจริญเติบโตของปลาดุก (ค่าเฉลี่ยและ SD) ที่เลี้ยงในตู้ทดลองและบำบัดน้ำด้วยระบบกรองแบบแบคทีเรียเกาะติดตลอดระยะเวลาการทดลอง 64 วัน

3.4 **อัตราการเปลี่ยนอาหารเป็นเนื้อ**

จากผลการวิเคราะห์อัตราการเปลี่ยนอาหารเป็นเนื้อของปลาดุกตลอดระยะเวลาการทดลอง 64 วัน โดยใช้ระบบกรองแบบแบคทีเรียเกาะติดที่ระดับความหนาของใยพลาสติกหยาบแตกต่างกัน 4 ชุดทดลอง บำบัดน้ำในตู้เลี้ยงปลาดุก พบว่า ในแต่ละชุดทดลองมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P<0.05$) โดยชุดทดลองที่ 3.2 (ใช้ใยพลาสติกหยาบหนา 1 แผ่น) มีอัตราการเปลี่ยนอาหารเป็นเนื้อสูงสุดเท่ากับ 0.24 ส่วนชุดทดลองที่ 3.3 (ใช้ใยพลาสติกหยาบหนา 2 แผ่น) และชุดทดลองที่ 3.4 (ใช้ใยพลาสติกหยาบหนา 3 แผ่น) มีอัตราการเปลี่ยนอาหารเป็นเนื้อต่ำสุดเท่ากันคือ 0.21 (รูปที่ 31)



รูปที่ 31 อัตราการเปลี่ยนอาหารเป็นเนื้อของปลาดุก (ค่าเฉลี่ยและ SD) ที่เลี้ยงในตู้ทดลองและบำบัดน้ำด้วยระบบกรองแบบแบคทีเรียเกาะติดตลอดระยะเวลาการทดลอง 64 วัน

3.5 **ต้นทุนของระบบกรอง**

จากการวิเคราะห์ราคาต้นทุนของระบบกรองแบบแบคทีเรียเกาะติดที่ระดับความหนาของใยพลาสติกหยาบแตกต่างกัน 4 ชุดทดลอง พบว่า ในแต่ละชุดทดลองมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P<0.05$) โดยชุดทดลองที่ 3.1 (ใช้ใยพลาสติกหยาบหนาครึ่งแผ่น) มีราคาต่ำสุดเท่ากับ 97.70 บาท ส่วนชุดทดลองที่ 3.4 (ใช้ใยพลาสติกหยาบหนา 3 แผ่น) มีราคาสูงสุดเท่ากับ 105.90 บาท (ตารางภาคผนวก ก ที่ 31)

3.6 **ระยะเวลาที่เริ่มเกิดการอุดตันของระบบกรอง**

จากผลการวิเคราะห์ระยะเวลาที่เริ่มเกิดการอุดตันของระบบกรองตลอดระยะเวลาการทดลอง 64 วัน โดยใช้ระบบกรองแบบแบคทีเรียเกาะติดที่ระดับความหนาของใยพลาสติกหยาบแตกต่างกัน 4 ชุดทดลองบำบัดน้ำในตู้เลี้ยงปลาดุก พบว่า ในแต่ละชุดทดลองมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P<0.05$) โดยชุดทดลองที่ 3.2 (ใช้ใยพลาสติกหยาบหนา 1 แผ่น) ชุดทดลองที่ 3.3 (ใช้ใยพลาสติกหยาบหนา 2 แผ่น) และชุดทดลองที่ 3.4 (ใช้ใยพลาสติกหยาบหนา 3 แผ่น) มีระยะเวลาที่เริ่มเกิดการอุดตันของระบบกรองสูงสุดมากกว่า 64 วัน ส่วนชุดทดลองที่ 3.1 (ใช้ใยพลาสติกหยาบหนาครึ่งแผ่น) มีระยะเวลาที่เริ่มเกิดการอุดตันของระบบกรองต่ำสุดเท่ากับ 55.0 วัน (ตารางภาคผนวก ก ที่ 31)