

ภาคผนวก ก ตารางผลการทดลอง

ตารางภาคผนวก ก ที่ 1 คุณภาพน้ำพารามิเตอร์ต่างๆ (ค่าเฉลี่ย \pm SD) ซึ่งบำบัดด้วยระบบกรองที่จำหน่ายในท้องตลาดตลอดระยะเวลาการทดลอง 64 วัน

| ชุดทดลอง | อุณหภูมิ (°ซ.) | ความเป็นกรด-ด่าง | ความเป็นด่างทั้งหมด (มก./ล.) | ออกซิเจนละลายน้ำ (มก./ล.) | บีโอดี (มก./ล.) | แอมโมเนียรวม (มก./ล.) | ไนไตรท์ (มก./ล.) | ไนเตรท (มก./ล.) | ของแข็งแขวนลอย ทั้งหมด (มก./ล.) |
|--------------------------------|-----------------------------|------------------------------|---------------------------------|------------------------------|----------------------------|--------------------------------|---------------------------------|---------------------------------|------------------------------------|
| 1.1 | 27.7 \pm 0.7 ^a | 7.74 \pm 0.27 ^e | 55 \pm 14 ^c | 6.3 \pm 1.6 ^b | 5.2 \pm 5.0 ^c | 0.682 \pm 0.930 ^c | 1.221 \pm 2.311 ^{cd} | 22.68 \pm 18.46 ^b | 33.9 \pm 40.4 ^{cd} |
| 1.2 | 28.0 \pm 0.8 ^c | 7.82 \pm 0.24 ^f | 62 \pm 14 ^e | 6.3 \pm 1.3 ^b | 5.8 \pm 5.7 ^d | 0.542 \pm 0.824 ^b | 1.072 \pm 2.140 ^{bc} | 20.47 \pm 16.84 ^a | 37.4 \pm 46.1 ^e |
| 1.3 | 27.8 \pm 0.8 ^b | 6.44 \pm 1.07 ^b | 14 \pm 15 ^a | 6.3 \pm 1.2 ^b | 3.3 \pm 2.1 ^b | 1.186 \pm 1.101 ^e | 0.749 \pm 0.977 ^{ab} | 28.02 \pm 22.36 ^d | 17.1 \pm 12.5 ^a |
| 1.4 | 27.6 \pm 0.7 ^a | 6.50 \pm 1.06 ^c | 17 \pm 18 ^b | 6.2 \pm 1.3 ^{ab} | 3.3 \pm 2.1 ^b | 1.203 \pm 1.042 ^e | 0.693 \pm 1.240 ^a | 27.47 \pm 21.94 ^{cd} | 20.9 \pm 16.9 ^b |
| 1.5 | 27.6 \pm 0.7 ^a | 6.38 \pm 1.21 ^a | 17 \pm 18 ^b | 6.3 \pm 1.3 ^{ab} | 2.6 \pm 1.8 ^a | 1.412 \pm 1.290 ^f | 0.536 \pm 0.727 ^a | 26.31 \pm 22.23 ^c | 21.3 \pm 14.7 ^b |
| 1.6 | 27.6 \pm 0.7 ^a | 7.20 \pm 0.80 ^d | 35 \pm 21 ^c | 6.1 \pm 1.5 ^a | 5.0 \pm 4.2 ^c | 0.838 \pm 1.034 ^c | 1.404 \pm 2.427 ^{cd} | 19.65 \pm 15.59 ^a | 32.8 \pm 31.4 ^c |
| 1.7 | 27.6 \pm 0.7 ^a | 7.89 \pm 0.33 ^g | 79 \pm 22 ^f | 6.3 \pm 1.3 ^b | 6.2 \pm 6.0 ^e | 0.393 \pm 0.535 ^a | 1.546 \pm 2.602 ^d | 23.81 \pm 19.11 ^b | 36.1 \pm 44.0 ^{de} |
| ชุดทดลอง | P<0.05 | P<0.05 | P<0.05 | P<0.05 | P<0.05 | P<0.05 | P<0.05 | P<0.05 | P<0.05 |
| ระยะเวลาการทดลอง | P<0.05 | P<0.05 | P<0.05 | P<0.05 | P<0.05 | P<0.05 | P<0.05 | P<0.05 | P<0.05 |
| ชุดทดลอง X ระยะเวลาการทดลอง | P>0.05 | P<0.05 | P<0.05 | P<0.05 | P<0.05 | P<0.05 | P<0.05 | P<0.05 | P<0.05 |

หมายเหตุ ค่าเฉลี่ยในแนวตั้งเดียวกันที่มีตัวอักษรเหมือนกันกำกับไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ (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 ใช้สารกรองเป็นทรายละเอียดขนาด 500 ก. ร่วมกับใยพลาสติกขาว 2 แผ่น และถ่านกัมมันต์ 200 ก.

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

ตารางภาคผนวก ก ที่ 2 ค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ (r) ของคุณภาพน้ำพารามิเตอร์ต่างๆ ตลอดระยะเวลาการทดลอง 64 วัน ซึ่งบำบัดน้ำด้วยชุดทดลองที่ 1.1 ใช้สารกรองเป็นกรวด 500 ก. ร่วมกับทรายหยาบ 500 ก. และทรายละเอียด 500 ก.

| พารามิเตอร์ | อุณหภูมิ | ความเป็นกรด- ด่าง | ความเป็นต่าง ทั้งหมด | ออกซิเจนละลาย น้ำ | บีโอดี | แอมโมเนียรวม | ไนโตรท์ | ไนเตรท | ของแข็ง แขวนลอยทั้งหมด |
|-----------------------|----------|----------------------|-------------------------|----------------------|-----------|--------------|-----------|-----------|---------------------------|
| อุณหภูมิ | 1.0000 | -0.1666 | -0.4107** | -0.0892 | -0.0375 | -0.3146* | 0.1825 | 0.2066 | 0.0420 |
| ความเป็นกรด-ด่าง | -0.1666 | 1.0000 | 0.5297** | -0.2748 | 0.4146** | -0.0078 | -0.3887** | 0.0135 | 0.4045** |
| ความเป็นต่างทั้งหมด | -0.4107* | 0.5297** | 1.0000 | -0.5246** | 0.6796** | 0.5324** | -0.2928* | 0.2608 | 0.5472** |
| ออกซิเจนละลายน้ำ | -0.0892 | -0.2748 | -0.5246** | 1.0000 | -0.9449** | 0.2670 | 0.2924* | -0.9092** | -0.9531** |
| บีโอดี | -0.0375 | 0.4146** | 0.6796** | -0.9449** | 1.0000 | -0.0955 | -0.3282* | 0.8072** | 0.9438** |
| แอมโมเนียรวม | -0.3146* | -0.0078 | 0.5324* | 0.2670* | -0.0955* | 1.0000 | 0.1552 | -0.4516** | -0.3023** |
| ไนโตรท์ | 0.1825 | -0.3887** | -0.2928* | 0.2924** | -0.3282** | 0.1552** | 1.0000 | -0.2667 | -0.3020* |
| ไนเตรท | 0.2066 | 0.0135 | 0.2608 | -0.9092** | 0.8072** | -0.4516* | -0.2667 | 1.0000 | 0.8593** |
| ของแข็งแขวนลอยทั้งหมด | 0.0420 | 0.4045** | 0.5472** | -0.9531** | 0.9438** | -0.3023 | -0.3020* | 0.8593** | 1.0000 |

หมายเหตุ * มีความสัมพันธ์กันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (P<0.05)

** มีความสัมพันธ์กันอย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติ (P<0.01)

ตารางภาคผนวก ก ที่ 3 ค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ (r) ของคุณภาพน้ำพารามิเตอร์ต่างๆ ตลอดระยะเวลาการทดลอง 64 วัน ซึ่งบำบัดน้ำด้วยชุดทดลองที่ 1.2 ใช้สารกรองเป็นทรายละเอียด 500 ก. ร่วมกับทรายหยาบ 500 ก. และกรวด 500 ก.

| พารามิเตอร์ | อุณหภูมิ | ความเป็นกรด- ด่าง | ความเป็นต่าง ทั้งหมด | ออกซิเจนละลาย น้ำ | บีโอดี | แอมโมเนียรวม | ไนโตรเจน | ไนเตรท | ของแข็งแขวนลอย ทั้งหมด |
|-----------------------|----------|----------------------|-------------------------|----------------------|------------|--------------|-----------|------------|---------------------------|
| อุณหภูมิ | 1.0000 | 0.0170 | -0.1623 | -0.1204 | -0.1165 | -0.1508 | -0.1316 | 0.1746 | -0.0110 |
| ความเป็นกรด-ด่าง | 0.0170 | 1.0000 | 0.2961 * | -0.3540 * | 0.4740 ** | -0.4059 ** | -0.3160 * | 0.3833 ** | 0.5798 ** |
| ความเป็นต่างทั้งหมด | -0.1623 | 0.2961 * | 1.0000 | -0.7289 ** | 0.8335 ** | 0.3321 * | -0.1210 | 0.6338 ** | 0.7520 ** |
| ออกซิเจนละลายน้ำ | -0.1204 | -0.3540 * | -0.7289 ** | 1.0000 | -0.8655 ** | 0.2402 | 0.2548 | -0.9365 ** | -0.8867 ** |
| บีโอดี | -0.1165 | 0.4740 ** | 0.8335 ** | -0.8655 ** | 1.0000 | -0.0975 | -0.1942 | 0.8357 ** | 0.9613 ** |
| แอมโมเนียรวม | -0.1508 | -0.4059 ** | 0.3321 * | 0.2402 | -0.0975 | 1.0000 | 0.2047 | -0.3861 ** | -0.2676 |
| ไนโตรเจน | -0.1316 | -0.3160 * | -0.1210 | 0.2548 | -0.1942 | 0.2047 | 1.0000 | -0.2743 | -0.2597 |
| ไนเตรท | 0.1746 | 0.3833 ** | 0.6338 ** | -0.9365 ** | 0.8357 ** | -0.3861 ** | -0.2743 | 1.0000 | 0.9042 ** |
| ของแข็งแขวนลอยทั้งหมด | -0.0110 | 0.5798 ** | 0.7520 ** | -0.8867 ** | 0.9613 ** | -0.2676 | -0.2597 | 0.9042 ** | 1.0000 |

หมายเหตุ * มีความสัมพันธ์กันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (P<0.05)

** มีความสัมพันธ์กันอย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติ (P<0.01)

ตารางภาคผนวก ก ที่ 4 ค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ (r) ของคุณภาพน้ำพารามิเตอร์ต่างๆ ตลอดระยะเวลาการทดลอง 64 วัน ซึ่งบำบัดน้ำด้วยชุดทดลองที่ 1.3 ใช้สารกรองเป็นใยพลาสติกหยาบ 1 แผ่น ร่วมกับ ceramic 300 ก. และ ammonia chip 300 ก.

| พารามิเตอร์ | อุณหภูมิ | ความเป็นกรด- ด่าง | ความเป็นต่าง ทั้งหมด | ออกซิเจนละลาย น้ำ | บีโอดี | แอมโมเนียรวม | ไนโตรท์ | ไนเตรท | ของแข็งแขวนลอย ทั้งหมด |
|-----------------------|----------------------|-----------------------|-------------------------|-----------------------|-----------------------|-----------------------|----------------------|-----------------------|---------------------------|
| อุณหภูมิ | 1.0000 | -0.2075 | -0.2895 [*] | -0.1673 | 0.0545 | -0.0435 | -0.1567 | 0.1421 | -0.0306 |
| ความเป็นกรด-ด่าง | -0.2075 [*] | 1.0000 | 0.9273 ^{**} | 0.9272 ^{**} | -0.5789 ^{**} | -0.7641 ^{**} | 0.1566 | -0.9299 ^{**} | -0.7627 ^{**} |
| ความเป็นต่างทั้งหมด | -0.2895 | 0.9273 ^{**} | 1.0000 | 0.7999 ^{**} | -0.4414 ^{**} | -0.5267 ^{**} | 0.1406 | -0.7770 ^{**} | -0.5926 ^{**} |
| ออกซิเจนละลายน้ำ | -0.1673 | 0.9272 ^{**} | 0.7999 ^{**} | 1.0000 | -0.7007 ^{**} | -0.8604 ^{**} | 0.0337 | -0.9378 ^{**} | -0.8342 ^{**} |
| บีโอดี | 0.0545 | -0.5789 ^{**} | -0.4414 ^{**} | -0.7007 ^{**} | 1.0000 | 0.6547 ^{**} | 0.5096 ^{**} | 0.5666 ^{**} | 0.8255 ^{**} |
| แอมโมเนียรวม | -0.0435 | -0.7641 ^{**} | -0.5267 ^{**} | -0.8604 ^{**} | 0.6547 ^{**} | 1.0000 | -0.0171 | 0.9165 ^{**} | 0.8677 ^{**} |
| ไนโตรท์ | -0.1567 | 0.1566 | 0.1406 | 0.0337 | 0.5096 ^{**} | -0.0171 | 1.0000 | -0.1801 | 0.2167 |
| ไนเตรท | 0.1421 | -0.9299 ^{**} | -0.7770 ^{**} | -0.9378 ^{**} | 0.5666 ^{**} | 0.9165 ^{**} | -0.1801 | 1.0000 | 0.8323 ^{**} |
| ของแข็งแขวนลอยทั้งหมด | -0.0306 | -0.7627 ^{**} | -0.5926 ^{**} | -0.8342 ^{**} | 0.8255 ^{**} | 0.8677 ^{**} | 0.2167 | 0.8323 ^{**} | 1.0000 |

หมายเหตุ * มีความสัมพันธ์กันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (P<0.05)

** มีความสัมพันธ์กันอย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติ (P<0.01)

ตารางภาคผนวก ก ที่ 5 ค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ (r) ของคุณภาพน้ำพารามิเตอร์ต่างๆ ตลอดระยะเวลาการทดลอง 64 วัน ซึ่งบำบัดน้ำด้วยชุดทดลองที่ 1.4 ใช้สารกรองเป็นใยพลาสติกหยาบ 1 แผ่น ร่วมกับ zeolite 250 ก. และถ่านกัมมันต์ 200 ก.

| พารามิเตอร์ | อุณหภูมิ | ความเป็นกรด- ด่าง | ความเป็นด่าง ทั้งหมด | ออกซิเจนละลาย น้ำ | บีโอดี | แอมโมเนียรวม | ไนโตรท์ | ไนเตรท | ของแข็งแขวนลอย ทั้งหมด |
|-----------------------|-----------|----------------------|-------------------------|----------------------|-----------|--------------|-----------|-----------|---------------------------|
| อุณหภูมิ | 1.0000 | -0.2976* | -0.3758** | -0.1833 | -0.0128 | -0.1334 | -0.3615** | 0.1761 | 0.0081 |
| ความเป็นกรด-ด่าง | -0.2976* | 1.0000 | 0.9498** | 0.8125** | -0.4988** | -0.5907** | 0.2388 | -0.9063** | -0.6423** |
| ความเป็นด่างทั้งหมด | -0.3758** | 0.9498** | 1.0000 | 0.6649** | -0.3280* | -0.3518* | 0.2708 | -0.7911** | -0.4688** |
| ออกซิเจนละลายน้ำ | -0.1833 | 0.8125** | 0.6649** | 1.0000 | -0.7741** | -0.8162** | 0.0674 | -0.9370** | -0.9213** |
| บีโอดี | -0.0128 | -0.4988** | -0.3280* | -0.7741** | 1.0000 | 0.7145** | 0.3507* | 0.6012** | 0.8539** |
| แอมโมเนียรวม | -0.1334 | -0.5907** | -0.3518* | -0.8162** | 0.7145** | 1.0000 | -0.0241 | 0.7965** | 0.8260** |
| ไนโตรท์ | -0.3615** | 0.2388 | 0.2708 | 0.0674 | 0.3507* | -0.0241 | 1.0000 | -0.2314 | 0.0846 |
| ไนเตรท | 0.1761 | -0.9063** | -0.7911** | -0.9370** | 0.6012** | 0.7965** | -0.2314 | 1.0000 | 0.8300** |
| ของแข็งแขวนลอยทั้งหมด | 0.0081 | -0.6423* | -0.4688** | -0.9213** | 0.8539** | 0.8260** | 0.0846 | 0.8300** | 1.0000 |

หมายเหตุ * มีความสัมพันธ์กันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (P<0.05)

** มีความสัมพันธ์กันอย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติ (P<0.01)

ตารางภาคผนวก ก ที่ 6 ค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ (r) ของคุณภาพน้ำพารามิเตอร์ต่างๆ ตลอดระยะเวลาการทดลอง 64 วัน ซึ่งบำบัดน้ำด้วยชุดทดลองที่ 1.5 ใช้สารกรองเป็นใยพลาสติกหยาบ 1 แผ่น ร่วมกับ bioball 37 ลูก

| พารามิเตอร์ | อุณหภูมิ | ความเป็นกรด- ด่าง | ความเป็นด่าง ทั้งหมด | ออกซิเจนละลาย น้ำ | บีโอดี | แอมโมเนียรวม | ไนโตรท์ | ไนเตรท | ของแข็งแขวนลอย ทั้งหมด |
|-----------------------|----------|----------------------|-------------------------|----------------------|-----------|--------------|----------|-----------|---------------------------|
| อุณหภูมิ | 1.0000 | -0.2639 | -0.3356* | -0.1362 | -0.1598 | -0.1467 | -0.3022* | 0.1436 | 0.0076 |
| ความเป็นกรด-ด่าง | -0.2639 | 1.0000 | 0.9469** | 0.8965** | -0.3913** | -0.5431** | 0.1395 | -0.9202** | -0.5771** |
| ความเป็นด่างทั้งหมด | -0.3356* | 0.9469** | 1.0000 | 0.8013** | -0.2507 | -0.3537* | 0.0416 | -0.8232** | -0.5051** |
| ออกซิเจนละลายน้ำ | -0.1362 | 0.8965** | 0.8013** | 1.0000 | -0.7012** | -0.7921* | -0.0893 | -0.9637** | -0.8030** |
| บีโอดี | -0.1598 | -0.3913** | -0.2507 | -0.7012** | 1.0000 | 0.9159* | 0.4488** | 0.6051** | 0.8668** |
| แอมโมเนียรวม | -0.1467 | -0.5431** | -0.3537* | -0.7921** | 0.9159** | 1.0000 | 0.1687 | 0.7583** | 0.8578** |
| ไนโตรท์ | -0.3022* | 0.1395 | 0.0416 | -0.0893 | 0.4488** | 0.1687 | 1.0000 | -0.0621 | 0.3939** |
| ไนเตรท | 0.1436 | -0.9202** | -0.8232** | -0.9637** | 0.6051** | 0.7583** | -0.0621 | 1.0000 | 0.7451** |
| ของแข็งแขวนลอยทั้งหมด | 0.0076 | -0.5771** | -0.5051** | -0.8030** | 0.8668** | 0.8578** | 0.3939** | 0.7451** | 1.0000 |

หมายเหตุ * มีความสัมพันธ์กันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (P<0.05)

** มีความสัมพันธ์กันอย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติ (P<0.01)

ตารางภาคผนวก ก ที่ 7 ค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ (r) ของคุณภาพน้ำพารามิเตอร์ต่างๆ ตลอดระยะเวลาการทดลอง 64 วัน ซึ่งบำบัดน้ำด้วยชุดทดลองที่ 1.6 ใช้สารกรองเป็นทรายละเอียดขนาด 500 ก. ร่วมกับใยพลาสติกขาว 2 แผ่น และถ่านกะลามะพร้าว 200 ก.

| พารามิเตอร์ | อุณหภูมิ | ความเป็นกรด- ด่าง | ความเป็นต่าง ทั้งหมด | ออกซิเจนละลาย น้ำ | บีโอดี | แอมโมเนียรวม | ไนโตรท์ | ไนเตรท | ของแข็งแขวนลอย ทั้งหมด |
|-----------------------|-----------|----------------------|-------------------------|----------------------|-----------|--------------|---------|-----------|---------------------------|
| อุณหภูมิ | 1.0000 | -0.3385* | -0.4795** | -0.1135 | 0.0259 | -0.2706 | 0.2548 | 0.2194 | 0.1418 |
| ความเป็นกรด-ด่าง | -0.3385* | 1.0000 | 0.8359** | 0.2156 | 0.0887 | 0.1358 | -0.2551 | -0.3982** | 0.0354 |
| ความเป็นต่างทั้งหมด | -0.4795** | 0.8359** | 1.0000 | -0.0357 | 0.3645** | 0.4693** | -0.2392 | -0.2376 | 0.2341 |
| ออกซิเจนละลายน้ำ | -0.1135 | 0.2156 | -0.0357 | 1.0000 | -0.8591** | 0.2799* | 0.2066 | -0.8770** | -0.8867** |
| บีโอดี | 0.0259 | 0.0887 | 0.3645** | -0.8591** | 1.0000 | -0.0387 | -0.1659 | 0.7182** | 0.9623** |
| แอมโมเนียรวม | -0.2706 | 0.1358 | 0.4693** | 0.2799* | -0.0387 | 1.0000 | 0.1713 | -0.3949** | -0.2304 |
| ไนโตรท์ | 0.2548 | -0.2551 | -0.2392 | 0.2066 | -0.1659 | 0.1713 | 1.0000 | -0.2259 | -0.1264 |
| ไนเตรท | 0.2194 | -0.3982** | -0.2376 | -0.8770** | 0.7182** | -0.3949** | -0.2259 | 1.0000 | 0.7688** |
| ของแข็งแขวนลอยทั้งหมด | 0.1418 | 0.0354 | 0.2341 | -0.8867** | 0.9623** | -0.2304 | -0.1264 | 0.7688** | 1.0000 |

หมายเหตุ * มีความสัมพันธ์กันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (P<0.05)

** มีความสัมพันธ์กันอย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติ (P<0.01)

ตารางภาคผนวก ก ที่ 8 ค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ (r) ของคุณภาพน้ำพารามิเตอร์ต่างๆ ตลอดระยะเวลาการทดลอง 64 วัน ซึ่งบำบัดน้ำด้วยชุดทดลองที่ 1.7 ใช้สารกรองเป็นเศษปะการัง 300 ก. ร่วมกับ ammonia chip 300 ก. และถ่านกัมมันต์ 200 ก.

| พารามิเตอร์ | อุณหภูมิ | ความเป็นกรด- ด่าง | ความเป็นด่าง ทั้งหมด | ออกซิเจนละลาย น้ำ | บีโอดี | แอมโมเนียรวม | ไนโตรท์ | ไนเตรท | ของแข็งแขวนลอย ทั้งหมด |
|-----------------------|----------|----------------------|-------------------------|----------------------|-----------|--------------|-----------|-----------|---------------------------|
| อุณหภูมิ | 1.0000 | -0.0239 | -0.0264 | -0.0607 | 0.0096 | -0.1849 | -0.1018 | 0.2000 | 0.0013 |
| ความเป็นกรด-ด่าง | -0.0239 | 1.0000 | 0.5332** | -0.4999** | 0.5876** | -0.2191 | -0.4978** | 0.4975** | 0.6508** |
| ความเป็นด่างทั้งหมด | -0.0264 | 0.5332** | 1.0000 | -0.8916** | 0.8660** | 0.1099 | -0.2361 | 0.8267** | 0.8588** |
| ออกซิเจนละลายน้ำ | -0.0607 | -0.4999** | -0.8916** | 1.0000 | -0.8942** | 0.1581 | 0.2837* | -0.9160** | -0.8998** |
| บีโอดี | 0.0096 | 0.5876** | 0.8660** | -0.8942** | 1.0000 | -0.1109 | -0.2663 | 0.8250** | 0.9881** |
| แอมโมเนียรวม | -0.1849 | -0.2191 | 0.1099 | 0.1581 | -0.1109 | 1.0000 | 0.2966* | -0.3071* | -0.1645 |
| ไนโตรท์ | -0.1018 | -0.4978** | -0.2361 | 0.2837* | -0.2663 | 0.2966 | 1.0000 | -0.3302* | -0.3324* |
| ไนเตรท | 0.2000 | 0.4975** | 0.8267** | -0.9160** | 0.8250** | -0.3071* | -0.3302* | 1.0000 | 0.8400** |
| ของแข็งแขวนลอยทั้งหมด | 0.0013 | 0.6508** | 0.8588** | -0.8998** | 0.9881** | -0.1645* | -0.3324* | 0.8400** | 1.0000 |

หมายเหตุ * มีความสัมพันธ์กันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (P<0.05)

** มีความสัมพันธ์กันอย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติ (P<0.01)

ตารางภาคผนวก ก ที่ 9 อัตราการเจริญเติบโต และอัตราการเปลี่ยนอาหารเป็นเนื้อ (ค่าเฉลี่ย \pm SD) ของปลาอุกที่เลี้ยงในตู้ทดลอง โดยใช้ระบบกรองที่จำหน่ายในท้องตลาดตลอดระยะเวลาการทดลอง 64 วัน

| ชุดทดลอง | อัตราการเจริญเติบโต (ก. /วัน น้ำหนักเปียก) * | อัตราการเปลี่ยนอาหารเป็นเนื้อ * |
|----------|--|---------------------------------|
| 1.1 | 8.91 \pm 0.50 | 0.21 \pm 0.01 |
| 1.2 | 8.08 \pm 0.79 | 0.23 \pm 0.02 |
| 1.3 | 8.42 \pm 1.27 | 0.23 \pm 0.04 |
| 1.4 | 8.13 \pm 0.84 | 0.23 \pm 0.03 |
| 1.5 | 7.94 \pm 0.53 | 0.24 \pm 0.02 |
| 1.6 | 7.39 \pm 0.32 | 0.25 \pm 0.01 |
| 1.7 | 8.24 \pm 0.82 | 0.23 \pm 0.02 |

หมายเหตุ

* ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ ($P>0.05$) ระหว่างชุดทดลอง

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 ใช้สารกรองเป็นทรายละเอียดขนาด 500 ก. ร่วมกับใยพลาสติกขาว 2 แผ่น และถ่านกะลามะพร้าว 200 ก.

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

ตารางภาคผนวก ก ที่ 10 ราคา และระยะเวลาที่เริ่มเกิดการอุดตัน (ค่าเฉลี่ย \pm SD) ของระบบกรองในท้องตลาดทั้ง 7 ชุดทดลอง

| ชุดทดลอง | ราคา (บาท) | ระยะเวลาที่เริ่มเกิดการอุดตัน (วัน) |
|----------|--------------------------------|-------------------------------------|
| 1.1 | 111.00 \pm 0.00 ^b | 37.0 \pm 3.0 ^a |
| 1.2 | 111.00 \pm 0.00 ^b | 34.0 \pm 2.0 ^a |
| 1.3 | 159.30 \pm 0.00 ^e | > 64.0 ^c |
| 1.4 | 144.30 \pm 0.00 ^d | > 64.0 ^c |
| 1.5 | 121.50 \pm 0.00 ^e | > 64.0 ^c |
| 1.6 | 105.40 \pm 0.00 ^a | 41.0 \pm 3.6 ^b |
| 1.7 | 162.00 \pm 0.00 ^f | 43.7 \pm 1.5 ^b |

หมายเหตุ

ค่าเฉลี่ยในแนวตั้งเดียวกันที่มีตัวอักษรเหมือนกันกำกับไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ ($P > 0.05$)

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 ใช้สารกรองเป็นทรายละเอียดขนาด 500 ก. ร่วมกับใยพลาสติกขาว 2 แผ่น และถ่านกะลามะพร้าว 200 ก.

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

ตารางภาคผนวก ก ที่ 11 ราคาวัสดุระบบกรองน้ำ (สำรวจเมื่อวันที่ 3 มกราคม 2548)

| ชนิดวัสดุ | ปริมาณที่ใช้ | ราคา (บาท) |
|--------------------|--------------|------------|
| กรวด | 0.5 กก. | 5.0 |
| ทรายหยาบ | 0.5 กก. | 5.0 |
| ทรายละเอียด | 0.5 กก. | 5.0 |
| ทรายละเอียดขนาด | 0.5 กก. | 5.0 |
| ใยพลาสติกหยาบ | 1 ชิ้น | 3.3 |
| ใยพลาสติกขาว | 1 ชิ้น | 1.2 |
| ถ่านกัมมันต์ | 0.2 กก. | 20.0 |
| ammonia chip | 0.3 กก. | 30.0 |
| ceramic | 0.3 กก. | 30.0 |
| zeolite | 0.25 กก. | 25.0 |
| bioball | 37 ลูก | 22.2 |
| เศษปะการัง | 0.3 กก. | 6.0 |
| ถ่านกะลามะพร้าว | 0.2 กก. | 2.0 |
| กล่องแก้วใสสารกรอง | 1 กล่อง | 80.0 |

ตารางภาคผนวก ก ที่ 12 คุณภาพน้ำพารามิเตอร์ต่างๆ (ค่าเฉลี่ย \pm SD) ที่บำบัดด้วยระบบกรองทรายร่วมกับถ่านไม้ และแบคทีเรียเกาะติดตลอดระยะเวลาการทดลอง 64 วัน

| ชุดทดลอง | อุณหภูมิ ($^{\circ}$ ซ.) | ความเป็นกรด-ด่าง | ความเป็นด่างทั้งหมด (มก./ล.) | ออกซิเจนละลายน้ำ (มก./ล.) | บีโอดี (มก./ล.) | แอมโมเนียรวม (มก./ล.) | ไนโตรเจน (มก./ล.) | ไนเตรท (มก./ล.) | ของแข็งแขวนลอย ทั้งหมด (มก./ล.) |
|--------------------------------|------------------------------|-------------------------------|---------------------------------|------------------------------|-----------------------------|---------------------------------|---------------------------------|---------------------------------|------------------------------------|
| 2.1 | 28.3 \pm 0.8 ^{ab} | 7.78 \pm 0.78 ^b | 65 \pm 32 ^{abc} | 5.7 \pm 1.2 ^b | 4.3 \pm 2.8 ^{ab} | 0.400 \pm 0.726 ^{ab} | 1.139 \pm 1.240 ^a | 26.75 \pm 20.24 ^e | 20.0 \pm 11.96 ^a |
| 2.2 | 28.5 \pm 0.8 ^c | 7.75 \pm 0.87 ^{ab} | 64 \pm 31 ^{ab} | 5.5 \pm 1.3 ^a | 7.4 \pm 6.9 ^d | 0.519 \pm 1.087 ^c | 1.807 \pm 2.555 ^d | 18.74 \pm 12.51 ^a | 34.4 \pm 28.50 ^d |
| 2.3 | 28.5 \pm 0.9 ^c | 7.90 \pm 0.75 ^c | 66 \pm 32 ^{bc} | 5.5 \pm 1.3 ^a | 6.3 \pm 6.4 ^c | 0.413 \pm 0.996 ^{ab} | 1.372 \pm 2.082 ^{bc} | 23.20 \pm 16.29 ^{cd} | 24.9 \pm 26.95 ^b |
| 2.4 | 28.3 \pm 0.9 ^b | 7.71 \pm 0.79 ^a | 62 \pm 31 ^a | 5.9 \pm 1.2 ^c | 3.9 \pm 2.8 ^a | 0.353 \pm 0.785 ^a | 1.157 \pm 1.416 ^a | 23.89 \pm 18.47 ^d | 21.4 \pm 13.25 ^{ab} |
| 2.5 | 28.2 \pm 0.8 ^{ab} | 7.87 \pm 0.76 ^b | 63 \pm 30 ^a | 5.5 \pm 1.3 ^a | 8.8 \pm 9.3 ^e | 0.444 \pm 1.022 ^b | 1.336 \pm 1.900 ^b | 22.60 \pm 16.28 ^c | 40.0 \pm 37.01 ^e |
| 2.6 | 28.2 \pm 0.7 ^a | 7.72 \pm 0.90 ^a | 64 \pm 34 ^{ab} | 5.7 \pm 1.4 ^b | 7.3 \pm 7.0 ^b | 0.524 \pm 1.026 ^c | 1.527 \pm 2.073 ^c | 19.04 \pm 13.75 ^a | 34.8 \pm 29.10 ^d |
| 2.7 | 28.3 \pm 0.8 ^{ab} | 7.87 \pm 0.91 ^c | 69 \pm 37 ^d | 5.7 \pm 1.3 ^{ab} | 6.8 \pm 5.9 ^{cd} | 0.451 \pm 0.987 ^b | 1.408 \pm 2.133 ^{bc} | 20.60 \pm 14.20 ^b | 29.6 \pm 25.51 ^c |
| 2.8 | 28.6 \pm 0.7 ^d | 7.86 \pm 0.79 ^c | 67 \pm 34 ^{cd} | 5.9 \pm 1.2 ^c | 4.8 \pm 4.7 ^b | 0.401 \pm 0.741 ^{ab} | 1.028 \pm 1.217 ^a | 23.45 \pm 16.19 ^d | 21.4 \pm 19.83 ^{ab} |
| ชุดทดลอง | P<0.05 | P<0.05 | P<0.05 | P<0.05 | P<0.05 | P<0.05 | P<0.05 | P<0.05 | P<0.05 |
| ระยะเวลาการทดลอง | P<0.05 | P<0.05 | P<0.05 | P<0.05 | P<0.05 | P<0.05 | P<0.05 | P<0.05 | P<0.05 |
| ชุดทดลอง X ระยะเวลาการทดลอง | P<0.05 | P<0.05 | P<0.05 | P<0.05 | P<0.05 | P<0.05 | P<0.05 | P<0.05 | P<0.05 |

หมายเหตุ ค่าเฉลี่ยในแนวตั้งเดียวกันที่มีตัวอักษรเหมือนกันกำกับไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ (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.

ตารางภาคผนวก ก ที่ 13 ค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ (r) ของคุณภาพน้ำพารามิเตอร์ต่างๆ ตลอดระยะเวลาการทดลอง 64 วัน ซึ่งบำบัดน้ำด้วยชุดทดลองที่ 2.1 ใช้สารกรองเป็นใยพลาสติกหยาบ 1 แผ่น และ bioball 37 ลูก

| พารามิเตอร์ | อุณหภูมิ | ความเป็นกรด- ด่าง | ความเป็นด่าง ทั้งหมด | ออกซิเจนละลาย น้ำ | บีโอดี | แอมโมเนียรวม | ไนโตรท์ | ไนเตรท | ของแข็งแขวนลอย ทั้งหมด |
|-----------------------|-----------|----------------------|-------------------------|----------------------|-----------|--------------|-----------|-----------|---------------------------|
| อุณหภูมิ | 1.0000 | 0.2071 | 0.2961* | -0.3975** | 0.5312** | -0.1135 | -0.2782* | 0.5706** | 0.4602** |
| ความเป็นกรด-ด่าง | 0.2071 | 1.0000 | 0.8945** | 0.3085* | 0.1292 | -0.1041 | 0.2559 | -0.1199 | 0.0624 |
| ความเป็นด่างทั้งหมด | 0.2961* | 0.8945** | 1.0000 | 0.0576 | 0.3280* | 0.1672 | 0.3616** | -0.0057 | 0.2775* |
| ออกซิเจนละลายน้ำ | -0.3975** | 0.3085* | 0.0576 | 1.0000 | -0.8373** | -0.1389 | 0.3519* | -0.8492** | -0.8667** |
| บีโอดี | 0.5312** | 0.1292 | 0.3280* | -0.8373** | 1.0000 | -0.0053 | -0.3164* | 0.8157** | 0.9519** |
| แอมโมเนียรวม | -0.1135 | -0.1041 | 0.1672 | -0.1389 | -0.0053 | 1.0000 | 0.5612** | -0.1926 | 0.0875 |
| ไนโตรท์ | -0.2782* | 0.2559 | 0.3616** | 0.3519* | -0.3164* | 0.5612 | 1.0000 | -0.6414** | -0.2536 |
| ไนเตรท | 0.5706** | -0.1199 | -0.0057 | -0.8492** | 0.8157** | -0.1926** | -0.6414** | 1.0000 | 0.7695** |
| ของแข็งแขวนลอยทั้งหมด | 0.4602** | 0.0624 | 0.2775* | -0.8667** | 0.9519** | 0.0875 | -0.2536 | 0.7695** | 1.0000 |

หมายเหตุ * มีความสัมพันธ์กันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (P<0.05)

** มีความสัมพันธ์กันอย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติ (P<0.01)

ตารางภาคผนวก ก ที่ 14 ค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ (r) ของคุณภาพน้ำพารามิเตอร์ต่างๆ ตลอดระยะเวลาการทดลอง 64 วัน ซึ่งบำบัดน้ำด้วยชุดทดลองที่ 2.2 ใช้สารกรองเป็นทรายหยาบ 500 ก.

| พารามิเตอร์ | อุณหภูมิ | ความเป็นกรด- ด่าง | ความเป็นด่าง ทั้งหมด | ออกซิเจนละลาย น้ำ | บีโอดี | แอมโมเนียรวม | ไนโตรท์ | ไนเตรท | ของแข็งแขวนลอย ทั้งหมด |
|-----------------------|-----------|----------------------|-------------------------|----------------------|-----------|--------------|-----------|-----------|---------------------------|
| อุณหภูมิ | 1.0000 | 0.2252 | 0.2086 | -0.4282** | 0.5061** | -0.1427 | -0.1725 | 0.3678** | 0.4155** |
| ความเป็นกรด-ด่าง | 0.2252 | 1.0000 | 0.8874** | 0.1751 | -0.0244 | -0.0986 | 0.0006 | -0.1737 | -0.1000 |
| ความเป็นด่างทั้งหมด | 0.2086 | 0.8874** | 1.0000 | 0.0474 | 0.0545 | 0.2351 | 0.1389 | -0.2339 | -0.0361 |
| ออกซิเจนละลายน้ำ | -0.4282** | 0.1751 | 0.0474 | 1.0000 | -0.7395** | -0.0914 | 0.0496 | -0.7657** | -0.7707** |
| บีโอดี | 0.5061** | -0.0244 | 0.0545 | -0.7395** | 1.0000 | -0.0076 | -0.0087 | 0.6205** | 0.9721** |
| แอมโมเนียรวม | -0.1427 | -0.0986 | 0.2351 | -0.0914 | -0.0076 | 1.0000 | 0.2548 | -0.2289 | -0.0099 |
| ไนโตรท์ | -0.1725 | 0.0006 | 0.1389 | 0.0496 | -0.0087 | 0.2548 | 1.0000 | -0.4631** | -0.0214 |
| ไนเตรท | 0.3678** | -0.1737 | -0.2339 | -0.7657** | 0.6205** | -0.2289 | -0.4631** | 1.0000 | 0.6715** |
| ของแข็งแขวนลอยทั้งหมด | 0.4155** | -0.1000 | -0.0361 | -0.7707** | 0.9721** | -0.0099 | -0.0214 | 0.6715** | 1.0000 |

หมายเหตุ * มีความสัมพันธ์กันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (P<0.05)

** มีความสัมพันธ์กันอย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติ (P<0.01)

ตารางภาคผนวก ก ที่ 15 ค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ (r) ของคุณภาพน้ำพารามิเตอร์ต่างๆ ตลอดระยะเวลาการทดลอง 64 วัน ซึ่งบำบัดน้ำด้วยชุดทดลองที่ 2.3 ใช้สารกรองเป็นทรายหยาบ 500 ก. และใยพลาสติกหยาบ 1 แผ่น

| พารามิเตอร์ | อุณหภูมิ | ความเป็นกรด- ด่าง | ความเป็นด่าง ทั้งหมด | ออกซิเจนละลาย น้ำ | บีโอดี | แอมโมเนียรวม | ไนโตรท์ | ไนเตรท | ของแข็งแขวนลอย ทั้งหมด |
|-----------------------|-----------|----------------------|-------------------------|----------------------|-----------|--------------|-----------|-----------|---------------------------|
| อุณหภูมิ | 1.0000 | 0.2602 | 0.2314 | -0.4554** | 0.5228** | -0.0517 | -0.3166* | 0.4851** | 0.5148** |
| ความเป็นกรด-ด่าง | 0.2602 | 1.0000 | 0.9021** | 0.1384 | -0.0855 | 0.0652 | 0.0468 | -0.1074 | -0.0500 |
| ความเป็นด่างทั้งหมด | 0.2314 | 0.9021** | 1.0000 | -0.0241 | -0.0023 | 0.3943** | 0.0427 | -0.1053 | 0.0282 |
| ออกซิเจนละลายน้ำ | -0.4554** | 0.1384 | -0.0241 | 1.0000 | -0.6762** | -0.1294 | 0.2923* | -0.8620** | -0.6485** |
| บีโอดี | 0.5228** | -0.0855 | -0.0023 | -0.6762** | 1.0000 | 0.0364 | -0.1258 | 0.5722** | 0.9836** |
| แอมโมเนียรวม | -0.0517 | 0.0652 | 0.3943** | -0.1294 | 0.0364 | 1.0000 | 0.1909 | -0.2474 | 0.0356 |
| ไนโตรท์ | -0.3166* | 0.0468 | 0.0427 | 0.2923* | -0.1258 | 0.1909 | 1.0000 | -0.5158** | -0.1043 |
| ไนเตรท | 0.4851** | -0.1074 | -0.1053 | -0.8620** | 0.5722** | -0.2474 | -0.5158** | 1.0000 | 0.5441** |
| ของแข็งแขวนลอยทั้งหมด | 0.5148** | -0.0500 | 0.0282 | -0.6485** | 0.9836** | 0.0356 | -0.1043 | 0.5441** | 1.0000 |

หมายเหตุ * มีความสัมพันธ์กันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (P<0.05)

** มีความสัมพันธ์กันอย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติ (P<0.01)

ตารางภาคผนวก ก ที่ 16 ค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ (r) ของคุณภาพน้ำพารามิเตอร์ต่างๆ ตลอดระยะเวลาการทดลอง 64 วัน ซึ่งบำบัดน้ำด้วยชุดทดลองที่ 2.4 ใช้สารกรองเป็นใยพลาสติกหยาบ 1 แผ่น

| พารามิเตอร์ | อุณหภูมิ | ความเป็นกรด- ด่าง | ความเป็นด่าง ทั้งหมด | ออกซิเจนละลาย น้ำ | บีโอดี | แอมโมเนียรวม | ไนโตรท์ | ไนเตรท | ของแข็งแขวนลอย ทั้งหมด |
|-----------------------|-----------|----------------------|-------------------------|----------------------|-----------|--------------|-----------|-----------|---------------------------|
| อุณหภูมิ | 1.0000 | 0.1099 | 0.0893 | -0.4707** | 0.6214** | -0.0804 | -0.3196* | 0.5513** | 0.4093** |
| ความเป็นกรด-ด่าง | 0.1099 | 1.0000 | 0.8482** | 0.3083* | 0.0637 | 0.0514 | 0.1954 | -0.2595* | 0.0000 |
| ความเป็นด่างทั้งหมด | 0.0893 | 0.8482** | 1.0000 | 0.1988 | 0.2559 | 0.4625** | 0.3612** | -0.2876** | 0.1532** |
| ออกซิเจนละลายน้ำ | -0.4707** | 0.3083* | 0.1988 | 1.0000 | -0.8021** | 0.0548 | 0.5135** | -0.9233** | -0.8156** |
| บีโอดี | 0.6214** | 0.0637 | 0.2559 | -0.8021** | 1.0000 | 0.1731 | -0.2462 | 0.7248** | 0.8709** |
| แอมโมเนียรวม | -0.0804 | 0.0514 | 0.4625** | 0.0548 | 0.1731 | 1.0000 | 0.3819** | -0.2291** | 0.0488 |
| ไนโตรท์ | -0.3196* | 0.1954 | 0.3612** | 0.5135** | -0.2462 | 0.3819** | 1.0000 | -0.6507 | -0.1255 |
| ไนเตรท | 0.5513** | -0.2595 | -0.2876* | -0.9233** | 0.7248** | -0.2291 | -0.6507** | 1.0000 | 0.6784** |
| ของแข็งแขวนลอยทั้งหมด | 0.4093** | 0.0000 | 0.1532 | -0.8156** | 0.8709** | 0.0488 | -0.1255 | 0.6784** | 1.0000 |

หมายเหตุ * มีความสัมพันธ์กันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (P<0.05)

** มีความสัมพันธ์กันอย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติ (P<0.01)

ตารางภาคผนวก ก ที่ 17 ค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ (r) ของคุณภาพน้ำพารามิเตอร์ต่างๆ ตลอดระยะเวลาการทดลอง 64 วัน ซึ่งบำบัดน้ำด้วยชุดทดลองที่ 2.5 ใช้สารกรองเป็นใยพลาสติกหยาบ 1 แผ่น และถ่านกะลามะพร้าว 200 ก.

| พารามิเตอร์ | อุณหภูมิ | ความเป็นกรด- ด่าง | ความเป็นด่าง ทั้งหมด | ออกซิเจนละลาย น้ำ | บีโอดี | แอมโมเนียรวม | ไนโตรท์ | ไนเตรท | ของแข็งแขวนลอย ทั้งหมด |
|-----------------------|-----------------------|----------------------|-------------------------|-----------------------|-----------------------|----------------------|-----------------------|-----------------------|---------------------------|
| อุณหภูมิ | 1.0000 | 0.2918 [*] | 0.1536 | -0.4126 ^{**} | 0.6664 ^{**} | -0.0317 | -0.3395 ^{**} | 0.4458 ^{**} | 0.6593 ^{**} |
| ความเป็นกรด-ด่าง | 0.2918 [*] | 1.0000 | 0.8331 ^{**} | 0.1645 | 0.3101 [*] | 0.0151 | -0.0196 | -0.0255 | 0.2165 |
| ความเป็นด่างทั้งหมด | 0.1536 | 0.8331 ^{**} | 1.0000 | 0.1212 | 0.2000 | 0.4266 ^{**} | 0.2260 | -0.1939 | 0.1134 |
| ออกซิเจนละลายน้ำ | -0.4126 ^{**} | 0.1645 | 0.1212 | 1.0000 | -0.7805 ^{**} | -0.0384 | 0.2720 ^{**} | -0.8658 ^{**} | -0.8399 ^{**} |
| บีโอดี | 0.6664 ^{**} | 0.3101 [*] | 0.2000 | -0.7805 ^{**} | 1.0000 | -0.0415 | -0.3156 ^{**} | 0.7938 ^{**} | 0.9799 ^{**} |
| แอมโมเนียรวม | -0.0317 | 0.0151 | 0.4266 ^{**} | -0.0384 | -0.0415 | 1.0000 | 0.3570 [*] | -0.1969 | -0.0682 |
| ไนโตรท์ | -0.3395 [*] | -0.0196 | 0.2260 | 0.2720 | -0.3156 [*] | 0.3570 [*] | 1.0000 ^{**} | -0.5779 ^{**} | -0.2907 ^{**} |
| ไนเตรท | 0.4458 ^{**} | -0.0255 | -0.1939 | -0.8658 ^{**} | 0.7938 ^{**} | -0.1969 | -0.5779 | 1.0000 | 0.8167 ^{**} |
| ของแข็งแขวนลอยทั้งหมด | 0.6593 ^{**} | 0.2165 | 0.1134 | -0.8399 ^{**} | 0.9799 ^{**} | -0.0682 | -0.2907 ^{**} | 0.8167 ^{**} | 1.0000 |

หมายเหตุ * มีความสัมพันธ์กันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (P<0.05)

** มีความสัมพันธ์กันอย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติ (P<0.01)

ตารางภาคผนวก ก ที่ 18 ค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ (r) ของคุณภาพน้ำพารามิเตอร์ต่างๆ ตลอดระยะเวลาการทดลอง 64 วัน ซึ่งบำบัดน้ำด้วยชุดทดลองที่ 2.6 ใช้สารกรองเป็นถ่านกะลามะพร้าว 200 ก.

| พารามิเตอร์ | อุณหภูมิ | ความเป็นกรด- ด่าง | ความเป็นด่าง ทั้งหมด | ออกซิเจนละลาย น้ำ | บีโอดี | แอมโมเนียรวม | ไนโตรท์ | ไนเตรท | ของแข็งแขวนลอย ทั้งหมด |
|-----------------------|-----------|----------------------|-------------------------|----------------------|-----------|--------------|-----------|-----------|---------------------------|
| อุณหภูมิ | 1.0000 | 0.1969 | 0.1557 | -0.4698** | 0.6211** | -0.1543 | -0.2212 | 0.4264** | 0.5772** |
| ความเป็นกรด-ด่าง | 0.1969 | 1.0000 | 0.8744** | 0.1724 | 0.1185 | -0.0722 | -0.0015 | -0.1757 | -0.0409 |
| ความเป็นด่างทั้งหมด | 0.1557 | 0.8744** | 1.0000 | 0.0981 | 0.1128 | 0.3175* | 0.0716 | -0.2028 | -0.0207 |
| ออกซิเจนละลายน้ำ | -0.4698** | 0.1724 | 0.0981 | 1.0000 | -0.8751** | 0.0422 | 0.4294** | -0.8857** | -0.8676** |
| บีโอดี | 0.6211** | 0.1185 | 0.1128 | -0.8751** | 1.0000 | -0.1544 | -0.3820** | 0.8327** | 0.9321** |
| แอมโมเนียรวม | -0.1543 | -0.0722 | 0.3175 | 0.0422 | -0.1544 | 1.0000 | 0.2096* | -0.2913* | -0.1422 |
| ไนโตรท์ | -0.2212 | -0.0015 | 0.0716 | 0.4294** | -0.3820** | 0.2096* | 1.0000 | -0.5516** | -0.2244 |
| ไนเตรท | 0.4264** | -0.1757 | -0.2028 | -0.8857** | 0.8327** | -0.2913 | -0.5516** | 1.0000 | 0.8022** |
| ของแข็งแขวนลอยทั้งหมด | 0.5772** | -0.0409 | -0.0207 | -0.8676** | 0.9321** | -0.1422 | -0.2244 | 0.8022** | 1.0000 |

หมายเหตุ * มีความสัมพันธ์กันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (P<0.05)

** มีความสัมพันธ์กันอย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติ (P<0.01)

ตารางภาคผนวก ก ที่ 19 ค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ (r) ของคุณภาพน้ำพารามิเตอร์ต่างๆ ตลอดระยะเวลาการทดลอง 64 วัน ซึ่งบำบัดน้ำด้วยชุดทดลองที่ 2.7 ใช้สารกรองเป็นทรายหยาบ 500 ก. และถ่านกะลามะพร้าว 200 ก.

| พารามิเตอร์ | อุณหภูมิ | ความเป็นกรด- ด่าง | ความเป็นด่าง ทั้งหมด | ออกซิเจนละลาย น้ำ | บีโอดี | แอมโมเนียรวม | ไนโตรท์ | ไนเตรท | ของแข็งแขวนลอย ทั้งหมด |
|-----------------------|-----------|----------------------|-------------------------|----------------------|-----------|--------------|-----------|-----------|---------------------------|
| อุณหภูมิ | 1.0000 | 0.3301* | 0.4387** | -0.4940** | 0.7431** | -0.1133 | -0.2976* | 0.5125** | 0.6938** |
| ความเป็นกรด-ด่าง | 0.3301* | 1.0000 | 0.9181** | 0.0888 | 0.1234 | 0.0095 | 0.0646 | -0.0933 | 0.2279 |
| ความเป็นด่างทั้งหมด | 0.4387** | 0.9181** | 1.0000 | -0.1227 | 0.2828* | 0.2391 | 0.0500 | 0.0315 | 0.3632** |
| ออกซิเจนละลายน้ำ | -0.4940** | 0.0888 | -0.1227 | 1.0000 | -0.8373** | -0.0169 | 0.2094 | -0.8674** | -0.8141** |
| บีโอดี | 0.7431** | 0.1234 | 0.2828* | -0.8373** | 1.0000 | -0.0606 | -0.2538 | 0.7729** | 0.9080** |
| แอมโมเนียรวม | -0.1133 | 0.0095 | 0.2391 | -0.0169 | -0.0606 | 1.0000 | 0.2047 | -0.2454 | -0.2172 |
| ไนโตรท์ | -0.2976* | 0.0646 | 0.0500 | 0.2094 | -0.2538 | 0.2047 | 1.0000 | -0.5165** | -0.1938 |
| ไนเตรท | 0.5125** | -0.0933 | 0.0315 | -0.8674** | 0.7729** | -0.2454 | -0.5165** | 1.0000 | 0.8047** |
| ของแข็งแขวนลอยทั้งหมด | 0.6938** | 0.2279 | 0.3632** | -0.8141** | 0.9080** | -0.2172 | -0.1938 | 0.8047** | 1.0000 |

หมายเหตุ * มีความสัมพันธ์กันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (P<0.05)

** มีความสัมพันธ์กันอย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติ (P<0.01)

ตารางภาคผนวก ก ที่ 20 ค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ (r) ของคุณภาพน้ำพารามิเตอร์ต่างๆ ตลอดระยะเวลาการทดลอง 64 วัน ซึ่งบำบัดน้ำด้วยชุดทดลองที่ 2.8 ใช้สารกรองเป็นทรายหยาบ 500 ก. ร่วมกับใยพลาสติกหยาบ 1 แผ่น และถ่านกะลามะพร้าว 200 ก.

| พารามิเตอร์ | อุณหภูมิ | ความเป็นกรด- ด่าง | ความเป็นด่าง ทั้งหมด | ออกซิเจนละลาย น้ำ | บีโอดี | แอมโมเนียรวม | ไนโตรท์ | ไนเตรท | ของแข็งแขวนลอย ทั้งหมด |
|-----------------------|-----------|----------------------|-------------------------|----------------------|-----------|--------------|-----------|-----------|---------------------------|
| อุณหภูมิ | 1.0000 | -0.0207 | -0.0126 | -0.5455** | 0.4877** | -0.1937 | -0.6439** | 0.7156** | 0.4054** |
| ความเป็นกรด-ด่าง | -0.0207 | 1.0000 | 0.8808** | 0.0975 | -0.1206 | -0.0683 | 0.1686 | -0.1224 | -0.1402 |
| ความเป็นด่างทั้งหมด | -0.0126 | 0.8808** | 1.0000 | -0.0978 | -0.0458 | 0.2692 | 0.1951 | -0.0534 | -0.0673 |
| ออกซิเจนละลายน้ำ | -0.5455** | 0.0975 | -0.0978 | 1.0000 | -0.6819** | -0.0740 | 0.4284** | -0.8341** | -0.6802** |
| บีโอดี | 0.4877** | -0.1206 | -0.0458 | -0.6819** | 1.0000 | 0.0141 | -0.3677** | 0.5837** | 0.8975** |
| แอมโมเนียรวม | -0.1937 | -0.0683 | 0.2692 | -0.0740 | 0.0141 | 1.0000 | 0.4157** | -0.2041 | -0.0489 |
| ไนโตรท์ | -0.6439** | 0.1686 | 0.1951 | 0.4284** | -0.3677** | 0.4157** | 1.0000 | -0.7785** | -0.3094* |
| ไนเตรท | 0.7156** | -0.1224 | -0.0534 | -0.8341** | 0.5837** | -0.2041 | -0.7785** | 1.0000 | 0.5258** |
| ของแข็งแขวนลอยทั้งหมด | 0.4054** | -0.1402 | -0.0673 | -0.6802** | 0.8975** | -0.0489 | -0.3094** | 0.5258** | 1.0000 |

หมายเหตุ * มีความสัมพันธ์กันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (P<0.05)

** มีความสัมพันธ์กันอย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติ (P<0.01)

ตารางภาคผนวก ก ที่ 21 อัตราการเจริญเติบโต อัตราการรอดตาย และอัตราการเปลี่ยนอาหารเป็นเนื้อ (ค่าเฉลี่ย \pm SD) ของปลาอุกที่เลี้ยงในตู้ทดลอง โดยใช้ระบบกรองทรายร่วมกับถ่านไม้ และแบคทีเรียเกาะติดตลอดระยะเวลาการทดลอง 64 วัน

| ชุดทดลอง | อัตราการเจริญเติบโต(ก./วัน น้ำหนักเปียก) | อัตราการเปลี่ยนอาหารเป็นเนื้อ |
|----------|--|-------------------------------|
| 2.1 | 9.39 \pm 0.29 ^b | 0.21 \pm 0.01 ^a |
| 2.2 | 8.59 \pm 0.58 ^{ab} | 0.23 \pm 0.02 ^{ab} |
| 2.3 | 8.77 \pm 1.05 ^{ab} | 0.23 \pm 0.03 ^{ab} |
| 2.4 | 9.17 \pm 0.06 ^b | 0.22 \pm 0.00 ^{ab} |
| 2.5 | 8.37 \pm 0.44 ^{ab} | 0.24 \pm 0.02 ^{ab} |
| 2.6 | 8.10 \pm 0.18 ^a | 0.25 \pm 0.01 ^b |
| 2.7 | 8.63 \pm 0.67 ^{ab} | 0.23 \pm 0.02 ^{ab} |
| 2.8 | 9.24 \pm 0.17 ^b | 0.22 \pm 0.01 ^a |

หมายเหตุ

ค่าเฉลี่ยในแนวตั้งเดียวกันที่มีตัวอักษรเหมือนกันกำกับไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ ($P > 0.05$)

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.

ตารางภาคผนวก ก ที่ 22 ราคา และระยะเวลาที่เริ่มเกิดการรอดต้น (ค่าเฉลี่ย \pm SD) ของระบบกรงที่ใช้ระบบกรงทราย ร่วมกับถ่านไม้ และแบคทีเรียเกาะติด ทั้ง 8 ชุดทดลอง

| ชุดทดลอง | ราคา (บาท) | ระยะเวลาที่เริ่มเกิดการรอดต้น (วัน) |
|----------|--------------------------------|-------------------------------------|
| 2.1 | 121.50 \pm 0.00 ^g | > 64.0 ^c |
| 2.2 | 101.00 \pm 0.00 ^c | 55.3 \pm 2.1 ^b |
| 2.3 | 104.30 \pm 0.00 ^e | 57.3 \pm 1.5 ^b |
| 2.4 | 99.30 \pm 0.00 ^b | > 64.0 ^c |
| 2.5 | 101.30 \pm 0.00 ^c | 44.7 \pm 3.1 ^a |
| 2.6 | 98.00 \pm 0.00 ^a | 45.0 \pm 1.7 ^a |
| 2.7 | 103.00 \pm 0.00 ^d | 48.3 \pm 4.7 ^a |
| 2.8 | 106.30 \pm 0.00 ^f | 56.7 \pm 6.1 ^b |

หมายเหตุ

ค่าเฉลี่ยในแนวตั้งเดียวกันที่มีตัวอักษรเหมือนกันกำกับไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ ($P > 0.05$)

ชุดทดลองที่ 2.1 ใช้สารกรงเป็นใยพลาสติกหยาบ 1 แผ่น และ bioball 37 ลูก

ชุดทดลองที่ 2.2 ใช้สารกรงเป็นทรายหยาบ 500 ก.

ชุดทดลองที่ 2.3 ใช้สารกรงเป็นทรายหยาบ 500 ก. และใยพลาสติกหยาบ 1 แผ่น

ชุดทดลองที่ 2.4 ใช้สารกรงเป็นใยพลาสติกหยาบ 1 แผ่น

ชุดทดลองที่ 2.5 ใช้สารกรงเป็นใยพลาสติกหยาบ 1 แผ่น และถ่านกะลามะพร้าว 200 ก.

ชุดทดลองที่ 2.6 ใช้สารกรงเป็นถ่านกะลามะพร้าว 200 ก.

ชุดทดลองที่ 2.7 ใช้สารกรงเป็นทรายหยาบ 500 ก. และถ่านกะลามะพร้าว 200 ก.

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

ตารางภาคผนวก ก ที่ 23 คุณภาพน้ำพารามิเตอร์ต่างๆ (ค่าเฉลี่ย \pm SD) ที่บำบัดด้วยระบบกรองแบบแบคทีเรียเกาะติดตลอดระยะเวลาการทดลอง 64 วัน

| ชุดทดลอง | อุณหภูมิ ($^{\circ}$ ซ.) | ความเป็นกรด-ด่าง | ความเป็นด่างทั้งหมด (มก./ล.) | ออกซิเจนละลายน้ำ (มก./ล.) | บีโอดี (มก./ล.) | แอมโมเนียรวม (มก./ล.) | ไนโตรท์ (มก./ล.) | ไนเตรท (มก./ล.) | ของแข็งแขวนลอย ทั้งหมด (มก./ล.) |
|--------------------------------|------------------------------|------------------------------|---------------------------------|------------------------------|----------------------------|--------------------------------|--------------------------------|--------------------------------|------------------------------------|
| 3.1 | 27.5 \pm 0.7 ^a | 7.83 \pm 0.64 ^c | 71 \pm 25 ^d | 5.3 \pm 1.6 ^a | 6.3 \pm 4.5 ^d | 0.254 \pm 0.459 ^b | 2.249 \pm 4.101 ^c | 24.62 \pm 17.08 ^a | 32.4 \pm 26.2 ^d |
| 3.2 | 27.5 \pm 0.7 ^a | 7.71 \pm 0.74 ^b | 64 \pm 29 ^c | 5.5 \pm 1.5 ^b | 5.3 \pm 3.7 ^c | 0.214 \pm 0.232 ^a | 1.287 \pm 2.616 ^b | 32.79 \pm 22.47 ^b | 29.8 \pm 23.0 ^c |
| 3.3 | 27.7 \pm 0.8 ^b | 7.60 \pm 0.77 ^a | 60 \pm 32 ^b | 5.6 \pm 1.4 ^b | 4.6 \pm 3.2 ^b | 0.216 \pm 0.202 ^a | 1.170 \pm 2.138 ^b | 33.73 \pm 21.96 ^b | 25.7 \pm 15.8 ^b |
| 3.4 | 27.5 \pm 0.7 ^a | 7.56 \pm 0.82 ^a | 58 \pm 34 ^a | 5.6 \pm 1.3 ^b | 4.0 \pm 2.8 ^a | 0.211 \pm 0.167 ^a | 0.736 \pm 1.549 ^a | 35.95 \pm 24.04 ^c | 21.2 \pm 13.5 ^a |
| ชุดทดลอง | P<0.05 | P<0.05 | P<0.05 | P<0.05 | P<0.05 | P<0.05 | P<0.05 | P<0.05 | P<0.05 |
| ระยะเวลาการทดลอง | P<0.05 | P<0.05 | P<0.05 | P<0.05 | P<0.05 | P<0.05 | P<0.05 | P<0.05 | P<0.05 |
| ชุดทดลอง X ระยะเวลาการทดลอง | P>0.05 | P<0.05 | P<0.05 | P>0.05 | P<0.05 | P<0.05 | P<0.05 | P<0.05 | P<0.05 |

หมายเหตุ ค่าเฉลี่ยในแนวตั้งเดียวกันที่มีตัวอักษรเหมือนกันกำกับไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ (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

ตารางภาคผนวก ก ที่ 24 ค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ (r) ของคุณภาพน้ำพารามิเตอร์ต่างๆ ตลอดระยะเวลาการทดลอง 64 วัน ซึ่งบำบัดน้ำด้วยชุดทดลองที่ 3.1 ใช้สารกรองเป็นใยพลาสติกหยาบหนาครึ่งแผ่น

| พารามิเตอร์ | อุณหภูมิ | ความเป็นกรด- ด่าง | ความเป็นด่าง ทั้งหมด | ออกซิเจนละลาย น้ำ | บีโอดี | แอมโมเนียรวม | ไนโตรท์ | ไนเตรท | ของแข็ง แขวนลอยทั้งหมด |
|-----------------------|----------|----------------------|-------------------------|----------------------|------------|--------------|-----------|------------|---------------------------|
| อุณหภูมิ | 1.0000 | -0.0244 | -0.0356 | 0.0488 | -0.2511 | -0.2452 | 0.0998 | -0.2120 | -0.1906 |
| ความเป็นกรด-ด่าง | -0.0244 | 1.0000 | 0.9451 ** | 0.6662 ** | -0.7641 ** | 0.0213 | -0.1507 | -0.6355 ** | -0.7848 ** |
| ความเป็นด่างทั้งหมด | -0.0356 | 0.9451 ** | 1.0000 | 0.5095 ** | -0.6518 ** | 0.1368 | -0.2065 | -0.5017 ** | -0.6829 ** |
| ออกซิเจนละลายน้ำ | 0.0488 | 0.6662 ** | 0.5095 ** | 1.0000 | -0.6948 ** | 0.0619 | 0.2003 | -0.9254 ** | -0.7400 ** |
| บีโอดี | -0.2511 | -0.7641 ** | -0.6518 ** | -0.6948 ** | 1.0000 | 0.2302 | 0.1774 | 0.7314 ** | 0.9302 ** |
| แอมโมเนียรวม | -0.2452 | 0.0213 | 0.1368 | 0.0619 | 0.2302 | 1.0000 | 0.1023 | -0.0713 | 0.0972 |
| ไนโตรท์ | 0.0998 | -0.1507 | -0.2065 | 0.2003 | 0.1774 | 0.1023 | 1.0000 | -0.3060 * | 0.1346 |
| ไนเตรท | -0.2120 | -0.6355 ** | -0.5017 ** | -0.9254 ** | 0.7314 ** | -0.0713 | -0.3060 * | 1.0000 | 0.7975 ** |
| ของแข็งแขวนลอยทั้งหมด | -0.1906 | -0.7848 ** | -0.6829 ** | -0.7400 ** | 0.9302 ** | 0.0972 | 0.1346 | 0.7975 ** | 1.0000 |

หมายเหตุ * มีความสัมพันธ์กันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (P<0.05)

** มีความสัมพันธ์กันอย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติ (P<0.01)

ตารางภาคผนวก ก ที่ 25 ค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ (r) ของคุณภาพน้ำพารามิเตอร์ต่างๆ ตลอดระยะเวลาการทดลอง 64 วัน ซึ่งบำบัดน้ำด้วยชุดทดลองที่ 3.2 ใช้สารกรองเป็นใยพลาสติกหยาบหนา 1 แผ่น

| พารามิเตอร์ | อุณหภูมิ | ความเป็นกรด- ด่าง | ความเป็นด่าง ทั้งหมด | ออกซิเจนละลาย น้ำ | บีโอดี | แอมโมเนียรวม | ไนโตรท์ | ไนเตรท | ของแข็ง แขวนลอยทั้งหมด |
|-----------------------|----------------------|-----------------------|-------------------------|-----------------------|-----------------------|--------------|----------------------|-----------------------|---------------------------|
| อุณหภูมิ | 1.0000 | -0.0578 | -0.0409 | -0.0182 | -0.2923 [*] | -0.2087 | -0.1367 | -0.1058 | -0.2533 |
| ความเป็นกรด-ด่าง | -0.0578 | 1.0000 | 0.9731 ^{**} | 0.6639 ^{**} | -0.6869 ^{**} | -0.1425 | 0.0521 | -0.6417 ^{**} | -0.7409 ^{**} |
| ความเป็นด่างทั้งหมด | -0.0409 | 0.9731 ^{**} | 1.0000 | 0.5885 ^{**} | -0.6245 ^{**} | -0.0253 | 0.0355 | -0.5808 ^{**} | -0.6985 ^{**} |
| ออกซิเจนละลายน้ำ | -0.0182 | 0.6639 ^{**} | 0.5885 ^{**} | 1.0000 | -0.7460 ^{**} | -0.0836 | 0.1601 | -0.9442 ^{**} | -0.7712 ^{**} |
| บีโอดี | -0.2923 [*] | -0.6869 ^{**} | -0.6245 ^{**} | -0.7460 ^{**} | 1.0000 | 0.2238 | 0.0765 | 0.7921 ^{**} | 0.9542 ^{**} |
| แอมโมเนียรวม | -0.2087 | -0.1425 | -0.0253 | -0.0836 | 0.2238 | 1.0000 | 0.2090 | 0.0463 | 0.2015 |
| ไนโตรท์ | -0.1367 | 0.0521 | 0.0355 | 0.1601 | 0.0765 | 0.2090 | 1.0000 | -0.2895 [*] | 0.0863 |
| ไนเตรท | -0.1058 | -0.6417 ^{**} | -0.5808 ^{**} | -0.9442 ^{**} | 0.7921 [*] | 0.0463 | -0.2895 [*] | 1.0000 | 0.8279 ^{**} |
| ของแข็งแขวนลอยทั้งหมด | -0.2533 | -0.7409 ^{**} | -0.6985 ^{**} | -0.7712 ^{**} | 0.9542 [*] | 0.2015 | 0.0863 | 0.8279 ^{**} | 1.0000 |

หมายเหตุ * มีความสัมพันธ์กันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (P<0.05)

** มีความสัมพันธ์กันอย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติ (P<0.01)

ตารางภาคผนวก ก ที่ 26 ค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ (r) ของคุณภาพน้ำพารามิเตอร์ต่างๆ ตลอดระยะเวลาการทดลอง 64 วัน ซึ่งบำบัดน้ำด้วยชุดทดลองที่ 3.3 ใช้สารกรองเป็นใยพลาสติกหยาบหนา 2 แผ่น

| พารามิเตอร์ | อุณหภูมิ | ความเป็นกรด- ด่าง | ความเป็นด่าง ทั้งหมด | ออกซิเจนละลาย น้ำ | บีโอดี | แอมโมเนียรวม | ไนโตรท์ | ไนเตรท | ของแข็ง แขวนลอยทั้งหมด |
|-----------------------|----------------------|-----------------------|-------------------------|-----------------------|-----------------------|---------------------|----------------------|-----------------------|---------------------------|
| อุณหภูมิ | 1.0000 | 0.0038 | 0.0146 | -0.0358 | -0.2978 [*] | 0.0978 | -0.0240 | -0.1364 | -0.2787 [*] |
| ความเป็นกรด-ด่าง | 0.0038 | 1.0000 | 0.9723 ^{**} | 0.6840 ^{**} | -0.4883 ^{**} | -0.2062 | 0.0845 | -0.6220 ^{**} | -0.4550 ^{**} |
| ความเป็นด่างทั้งหมด | 0.0146 | 0.9723 ^{**} | 1.0000 | 0.6083 ^{**} | -0.3922 ^{**} | -0.1077 | 0.1025 | -0.5471 ^{**} | -0.3534 [*] |
| ออกซิเจนละลายน้ำ | -0.0358 | 0.6840 ^{**} | 0.6083 ^{**} | 1.0000 | -0.6973 ^{**} | -0.1385 | 0.2485 | -0.9523 ^{**} | -0.6229 ^{**} |
| บีโอดี | -0.2978 [*] | -0.4883 ^{**} | -0.3922 ^{**} | -0.6973 ^{**} | 1.0000 ^{**} | 0.1919 | 0.0391 | 0.7488 ^{**} | 0.9445 ^{**} |
| แอมโมเนียรวม | 0.0978 | -0.2062 | -0.1077 | -0.1385 | 0.1919 | 1.0000 | 0.2386 | 0.0444 | 0.2870 [*] |
| ไนโตรท์ | -0.0240 | 0.0845 | 0.1025 | 0.2485 | 0.0391 | 0.2386 | 1.0000 | -0.3452 [*] | 0.2119 |
| ไนเตรท | -0.1364 | -0.6220 ^{**} | -0.5471 ^{**} | -0.9523 ^{**} | 0.7488 ^{**} | 0.0444 | -0.3452 [*] | 1.0000 | 0.6647 ^{**} |
| ของแข็งแขวนลอยทั้งหมด | -0.2787 [*] | -0.4550 ^{**} | -0.3534 [*] | -0.6229 ^{**} | 0.9445 ^{**} | 0.2870 [*] | 0.2119 | 0.6647 ^{**} | 1.0000 |

หมายเหตุ * มีความสัมพันธ์กันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (P<0.05)

** มีความสัมพันธ์กันอย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติ (P<0.01)

ตารางภาคผนวก ก ที่ 27 ค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ (r) ของคุณภาพน้ำพารามิเตอร์ต่างๆ ตลอดระยะเวลาการทดลอง 64 วัน ที่บำบัดน้ำด้วยชุดทดลองที่ 3.4 ใช้สารกรองเป็นใยพลาสติกหยาบหนา 3 แผ่น

| พารามิเตอร์ | อุณหภูมิ | ความเป็นกรด- ด่าง | ความเป็นด่าง ทั้งหมด | ออกซิเจนละลาย น้ำ | บีโอดี | แอมโมเนียรวม | ไนโตรท์ | ไนเตรท | ของแข็ง แขวนลอยทั้งหมด |
|-----------------------|-----------|----------------------|-------------------------|----------------------|-----------|--------------|----------|-----------|---------------------------|
| อุณหภูมิ | 1.0000 | -0.0110 | 0.0117 | -0.0491 | -0.3844** | -0.1233 | -0.3364* | -0.0892 | -0.3783** |
| ความเป็นกรด-ด่าง | -0.0110 | 1.0000 | 0.9693** | 0.6746** | -0.5310** | -0.3760** | 0.1234 | -0.6575** | -0.4204** |
| ความเป็นด่างทั้งหมด | 0.0117 | 0.9693** | 1.0000 | 0.5886** | -0.4624** | -0.2907* | 0.1136 | -0.5850** | -0.3463* |
| ออกซิเจนละลายน้ำ | -0.0491 | 0.6746** | 0.5886** | 1.0000 | -0.7305** | -0.2592 | 0.2122 | -0.9555** | -0.6600** |
| บีโอดี | -0.3844** | -0.5310** | -0.4624** | -0.7305** | 1.0000 | 0.3014* | 0.0394 | 0.7763** | 0.9139** |
| แอมโมเนียรวม | -0.1233 | -0.3760** | -0.2907* | -0.2592 | 0.3014* | 1.0000 | 0.1611 | 0.2366 | 0.2442* |
| ไนโตรท์ | -0.3364* | 0.1234 | 0.1136 | 0.2122 | 0.0394 | 0.1611 | 1.0000 | -0.3157* | 0.2813 |
| ไนเตรท | -0.0892 | -0.6575** | -0.5850** | -0.9555** | 0.7763** | 0.2366 | -0.3157* | 1.0000 | 0.6587** |
| ของแข็งแขวนลอยทั้งหมด | -0.3783** | -0.4204** | -0.3463* | -0.6600** | 0.9139** | 0.2442* | 0.2813 | 0.6587** | 1.0000 |

หมายเหตุ * มีความสัมพันธ์กันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (P<0.05)

** มีความสัมพันธ์กันอย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติ (P<0.01)

ตารางภาคผนวก ก ที่ 28 ปริมาณแบคทีเรียรวม (ค่าเฉลี่ย \pm SD CFU/ml) ในน้ำ และสารกรองที่บำบัดด้วยระบบกรองแบบแบคทีเรียเกาะติดตลอดระยะเวลาการทดลอง 64 วัน

| ชุดทดลอง | น้ำ | สารกรอง |
|-----------------------------|--|--|
| 3.1 | $2.6 \times 10^5 \pm 2.4 \times 10^5$ ^d | $9.8 \times 10^6 \pm 1.4 \times 10^7$ ^c |
| 3.2 | $1.6 \times 10^5 \pm 1.4 \times 10^5$ ^c | $5.2 \times 10^6 \pm 5.5 \times 10^6$ ^b |
| 3.3 | $8.7 \times 10^4 \pm 9.1 \times 10^4$ ^b | $3.7 \times 10^6 \pm 3.5 \times 10^6$ ^a |
| 3.4 | $5.0 \times 10^4 \pm 4.0 \times 10^4$ ^a | $3.1 \times 10^6 \pm 2.6 \times 10^6$ ^a |
| ชุดทดลอง | P<0.05 | P<0.05 |
| ระยะเวลาการทดลอง | P<0.05 | P<0.05 |
| ชุดทดลอง X ระยะเวลาการทดลอง | P<0.05 | P<0.05 |

หมายเหตุ ค่าเฉลี่ยในแนวตั้งเดียวกันที่มีตัวอักษรเหมือนกันกำกับไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ (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

ตารางภาคผนวก ก ที่ 29 ปริมาณแบคทีเรียรวม (ค่าเฉลี่ย \pm SD CFU/ml) ในชั้นสารกรองของชุดทดลองที่ 3.4 (ใช้สารกรองเป็นใยพลาสติกหยาบหนา 3 แผ่น) ตลอดระยะเวลาการทดลอง 64 วัน

| ความลึกของสารกรอง | ปริมาณแบคทีเรียรวม |
|--------------------------------------|---|
| ชั้นบน | $1.21 \times 10^6 \pm 8.6 \times 10^5$ ^a |
| ชั้นกลาง | $3.07 \times 10^6 \pm 3.9 \times 10^6$ ^b |
| ชั้นล่าง | $4.90 \times 10^6 \pm 4.2 \times 10^6$ ^c |
| ความลึกของสารกรอง | P<0.05 |
| ระยะเวลาการทดลอง | P<0.05 |
| ความลึกของสารกรอง X ระยะเวลาการทดลอง | P<0.05 |

หมายเหตุ ค่าเฉลี่ยในแนวตั้งเดียวกันที่มีตัวอักษรเหมือนกันกำกับไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ (P>0.05)

ตารางภาคผนวก ก ที่ 30 อัตราการเจริญเติบโต และอัตราการเปลี่ยนอาหารเป็นเนื้อ (ค่าเฉลี่ย \pm SD) ของปลาดุกที่เลี้ยงในตู้ทดลอง โดยใช้ระบบกรองแบบแบคทีเรียเกาะติดตลอดระยะเวลาการทดลอง 64 วัน

| ชุดทดลอง | อัตราการเจริญเติบโต(ก. /วัน น้ำหนักเปียก) | อัตราการเปลี่ยนอาหารเป็นเนื้อ |
|----------|---|-------------------------------|
| 3.1 | 8.96 \pm 0.23 ^a | 0.22 \pm 0.01 ^b |
| 3.2 | 8.52 \pm 0.30 ^a | 0.24 \pm 0.01 ^c |
| 3.3 | 9.58 \pm 0.41 ^b | 0.21 \pm 0.01 ^a |
| 3.4 | 9.58 \pm 0.19 ^b | 0.21 \pm 0.00 ^a |

หมายเหตุ

ค่าเฉลี่ยในแนวตั้งเดียวกันที่มีตัวอักษรเหมือนกันกำกับไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ ($P>0.05$)

ชุดทดลองที่ 3.1 ใช้สารกรองเป็นใยพลาสติกหยาบหนาครึ่งแผ่น

ชุดทดลองที่ 3.2 ใช้สารกรองเป็นใยพลาสติกหยาบหนา 1 แผ่น

ชุดทดลองที่ 3.3 ใช้สารกรองเป็นใยพลาสติกหยาบหนา 2 แผ่น

ชุดทดลองที่ 3.4 ใช้สารกรองเป็นใยพลาสติกหยาบหนา 3 แผ่น

ตารางภาคผนวก ก ที่ 31 ราคา และระยะเวลาที่เริ่มเกิดการอุดตัน (ค่าเฉลี่ย \pm SD) ของระบบกรองแบบเบคทีเรียเกาะติด ทั้ง 4 ชุดทดลอง

| ชุดทดลอง | ราคา (บาท) | ระยะเวลาที่เริ่มเกิดการอุดตัน (วัน) |
|----------|--------------------------------|-------------------------------------|
| 3.1 | 97.70 \pm 0.00 ^a | 55.0 \pm 3.0 ^a |
| 3.2 | 99.30 \pm 0.00 ^b | > 64.0 ^b |
| 3.3 | 102.60 \pm 0.00 ^c | > 64.0 ^b |
| 3.4 | 105.90 \pm 0.00 ^d | > 64.0 ^b |

หมายเหตุ ค่าเฉลี่ยในแนวดิ่งเดียวกันที่มีตัวอักษรเหมือนกันกำกับไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ ($P > 0.05$)

ชุดทดลองที่ 3.1 ใช้สารกรองเป็นใยพลาสติกหยาบหนาครึ่งแผ่น

ชุดทดลองที่ 3.2 ใช้สารกรองเป็นใยพลาสติกหยาบหนา 1 แผ่น

ชุดทดลองที่ 3.3 ใช้สารกรองเป็นใยพลาสติกหยาบหนา 2 แผ่น

ชุดทดลองที่ 3.4 ใช้สารกรองเป็นใยพลาสติกหยาบหนา 3 แผ่น

ภาคผนวก ข.

วิธีวิเคราะห์คุณภาพน้ำและปริมาณแบคทีเรียรวม

1. วิธีวิเคราะห์คุณภาพน้ำ

1.1 ค่าความเป็นด่างทั้งหมด (Boyd and Tucker, 1992)

สารเคมี

1) น้ำกลั่นที่ปราศจากคาร์บอนไดออกไซด์ (carbon dioxide-free distilled water) เพื่อใช้เตรียมสารละลายต่างๆโดยนำน้ำกลั่นธรรมดาตามาต้มให้เดือดเพื่อไล่คาร์บอนไดออกไซด์

2) สารละลายมาตรฐานกรดกำมะถัน 0.02 N : โดยใช้กรดกำมะถันเข้มข้น ปริมาตร 2.8 มล. ผสมน้ำกลั่นจนได้ปริมาตร 1 ล. จะได้ความเข้มข้น 0.1 N จากนั้นเจือจาง 200 มล. ของกรด 0.1 N ด้วยน้ำกลั่นจนได้ปริมาตรครบ 1 ล. กรดที่ได้เข้มข้นสุดท้ายจะเข้มข้นประมาณ 0.02 N หาความเข้มข้นของสารละลายมาตรฐานกรดกำมะถันโดยไตเตรทกับสารละลายมาตรฐานโซเดียมคาร์บอเนต 0.02 N

3) สารละลายมาตรฐานโซเดียมคาร์บอเนต 0.02 N ละลายโซเดียมคาร์บอเนต (Na_2CO_3 อบแห้งที่ 110°C .) 1.060 ก. ในน้ำกลั่นแล้วปรับปริมาตรให้ครบ 1 ล.

4) สารละลายเมทิลออเรนจอินดิเคเตอร์ : ละลายเมทิลออเรนจ์ 0.05 ก. ในน้ำกลั่น 100 มล.

วิธีการ

1) ตวงน้ำตัวอย่าง 100 มล. ใส่ลงใน Erlenmeyer flask
 2) เติมสารละลายเมทิลออเรนจอินดิเคเตอร์ 4-8 หยด ลงในน้ำตัวอย่าง
 3) นำน้ำตัวอย่างไปไตเตรทกับสารละลายมาตรฐานกรดกำมะถัน จนกระทั่งถึงจุดยุติซึ่งสารละลายจะเปลี่ยนจากสีเหลืองเป็นสีส้มอ่อน

4) เนื่องจากการเปลี่ยนสีของสารละลายแยกแยะได้ไม่ชัดเจน การหาจุดยุติของการไตเตรทอาจใช้ความเป็นกรด-ด่างของสารละลาย ซึ่งที่จุดยุติความเป็นกรด-ด่างของสารละลายเท่ากับ 4.5

5) คำนวณค่าความเป็นด่างทั้งหมดตามสูตรคำนวณต่อไปนี้

$$\text{ค่าความเป็นด่างทั้งหมด (มก./ล.)} = \frac{(\text{มล. กรดที่ใช้ไตเตรท})(\text{Normality ของกรดที่ใช้})(50)(1,000)}{\text{มล. น้ำตัวอย่าง}}$$

1.2 ปริมาณของแข็งแขวนลอยทั้งหมด และแอมโมเนียรวม (Boyd and Tucker, 1992)

สารเคมี

1) น้ำกลั่นปราศจากแอมโมเนีย (ammonia-free distilled water) : เตรียมได้โดยการปล่อยน้ำกลั่นผ่านคอลัมน์ซึ่งบรรจุ cation exchange resin ซึ่งเป็นกรดแก่

2) สารละลายออกซิไดซิ่ง (oxidizing solution) : ผสมน้ำยาซักผ้าขาว (มีคลอรีน 5 เปอร์เซ็นต์) 20 มล. กับน้ำกลั่น 80 มล. แล้วปรับความเป็นกรด-ด่างให้อยู่ในช่วง 6.5-7 โดยใช้สารละลายกรด HCl (กรด 1 ส่วนต่อน้ำกลั่น 3 ส่วน) ควรเตรียม oxidizing solution ใหม่ ทุก 4-5 วัน

3) สารละลายฟีนอล : ละลาย NaOH 2.5 ก. และฟีนอล 10.0 ก. ในน้ำกลั่น 100 มล. ควรเตรียมสารละลายนี้ใหม่ทุก 4-5 วัน

4) สารละลายเกลือ Rochelle : ละลายเกลือโรเชล (KNaC₄H₄O₆ • 4H₂O) 50 ก. ในน้ำกลั่น 100 มล. แล้วต้มให้เดือดเพื่อไล่แอมโมเนียที่อาจปนเปื้อนในเกลือ จนปริมาตรสารละลายเหลือประมาณ 70 มล. จึงทำให้เย็น จากนั้นเติม MnSO₄ • 2H₂O 50 มก. แล้วเติมน้ำกลั่นจนได้ปริมาตร 100 มล.

5) สารละลายมาตรฐานแอมโมเนีย-ไนโตรเจน : ขั้นแรกเตรียมสารละลายมาตรฐานแอมโมเนีย-ไนโตรเจนทั้งหมด (total ammonia-nitrogen : TAN) เข้มข้น 1,000 มก./ล. โดยละลาย NH₄Cl 1.9079 ก. ในน้ำกลั่น แล้วปรับปริมาตรให้ครบ 500 มล. จากนั้นเจือจาง 5.0 มล. ของสารละลายมาตรฐาน TAN 1,000 มก./ล. ด้วยน้ำกลั่นจนได้ปริมาตรครบ 500 มล. ซึ่งจะได้สารละลายมาตรฐาน TAN 10 มก./ล. นำสารละลายมาตรฐานแอมโมเนียที่เตรียมครั้งหลังนี้ไปเตรียมสารละลายมาตรฐานแอมโมเนียให้มีความเข้มข้นอย่างน้อย 6 ระดับ อยู่ในช่วง 0.00-0.5 มก./ล. ตามสูตรคำนวณดังนี้

$$N_1 V_1 = N_2 V_2$$

โดย N_1 = ความเข้มข้นของสารละลายตั้งต้น

V_1 = ปริมาตรของสารละลายตั้งต้น

N_2 = ความเข้มข้นของสารละลายสุดท้าย

V_2 = ปริมาตรทั้งหมดของสารละลายสุดท้ายที่ต้องการ

วิธีการ

- 1) เอน้ำกลั่นผ่านกระดาษกรอง GF/C แล้วนำกระดาษกรองนั้นไปอบให้แห้งที่อุณหภูมิ 103-105 °C. เป็นเวลา 24 ชั่วโมง ทิ้งให้เย็นในโถดูดความชื้น แล้วชั่งน้ำหนัก
- 2) เลือกปริมาตรน้ำตัวอย่างที่จะให้ค่าของแข็งแขวนลอย อย่างน้อยที่สุด 2.5 มก.
- 3) วางกระดาษกรอง GF/C ที่ทราบน้ำหนักแล้วลงในชุดกรองสุญญากาศซึ่งติดตั้งเรียบร้อยแล้ว
- 4) กรองน้ำตัวอย่างตามปริมาตรที่ต้องการผ่านกระดาษกรอง โดยอาศัยแรงดูดสุญญากาศ แล้วแยกน้ำที่ผ่านการกรองเก็บไว้เพื่อวิเคราะห์หาแอมโมเนีย
- 5) ใช้น้ำกลั่นฉีดล้างข้างกรวยกรองด้านใน พร้อมทั้งกรองด้วยแรงสุญญากาศ
- 6) ใช้ปากคีบจับกระดาษกรองใส่ภาชนะทนไฟ แล้วนำไปอบที่อุณหภูมิ 103-105 °C. เป็นเวลา 24 ชั่วโมง
- 7) ปล่อยให้กระดาษกรองให้เย็นเท่าอุณหภูมิห้องในโถดูดความชื้น แล้วชั่งน้ำหนักนำไปคำนวณหาค่าของแข็งแขวนลอย
- 8) ใช้น้ำไปเป็ดูดน้ำตัวอย่างที่ผ่านการกรองหรือสารละลายมาตรฐาน TAN หรือน้ำกลั่น (blank) 10 มล. ใส่ในปิเกตอร์ขนาดจุ 50 มล. แล้วคนด้วย magnetic stirrer
- 9) ขณะที่คนน้ำตัวอย่าง เติมสารละลายเกลือโรเชลลงไป 1 หยด oxidizing solution 0.5 มล. และสารละลายฟีนอล 0.6 มล.
- 10) ปล่อยให้ตัวอย่างให้อยู่นิ่งเป็นเวลา 15 นาที เพื่อให้เกิดสีได้เต็มที่
- 11) นำน้ำตัวอย่างและสารละลายมาตรฐานไปวัดความเข้มแสงด้วยเครื่อง spectrophotometer ที่ความยาวคลื่น 630 นาโนเมตร โดยใช้ blank ตั้งค่าการดูดกลืนแสงเป็น 0
- 12) เขียนกราฟมาตรฐานแสดงความสัมพันธ์ระหว่างความเข้มสีของสารละลายมาตรฐานกับค่าการดูดกลืนแสง แล้วนำค่าการดูดกลืนแสงที่อ่านได้จากน้ำตัวอย่างไปเปรียบเทียบกับเส้นกราฟมาตรฐาน ก็จะทราบความเข้มสีของแอมโมเนียในน้ำตัวอย่างนั้น

1.3 ปริมาณไนโตรเจนและไนเตรท (APHA *et al.*, 1989)

สารเคมี

1) copper-cadmium granules : ล้างเม็ดแคดเมียม (ที่ร่อนแล้วค้างบนตะแกรงขนาด 40-60 mesh) น้ำหนัก 25 ก. ด้วยสารละลายกรด HCl 6 N แล้วล้างด้วยน้ำเปล่า จากนั้นเติมสารละลาย $\text{CuSO}_4 \cdot 2$ เฮอร์เซ็นต์ ปริมาตร 100 มล. แก้วเม็ดแคดเมียมจนสีฟ้าของสารละลาย CuSO_4 จางลง รินสารละลายทิ้งแล้วเติมสารละลาย CuSO_4 แก้วเม็ดแคดเมียมอีกครั้ง ทำซ้ำจนกว่าจะเกิดตะกอนสีน้ำตาล จากนั้นจึงค่อยๆ ใช้น้ำเปล่าล้างเอาตะกอนออกไป นำแคดเมียมนี้ไปเติมใน reduction column

2) สารก่อดี (color reagent) : เติม 85 เฮอร์เซ็นต์ phosphoric acid ปริมาตร 100 มล. ลงในน้ำกลั่น 800 มล. แล้วเติม sulfanilamide 10 ก. เมื่อ sulfanilamide ละลายหมดแล้วจึงเติม N-(1-naphthyl)- ethylenediamine dihydrochloride 1 ก. ละลายให้เข้ากันดีแล้วจึงเติมน้ำกลั่นจนได้ปริมาตร 1 ล. เก็บสารละลายนี้ไว้ในขวดที่บดแสง จะสามารถเก็บไว้ใช้ได้ถึง 1 เดือน

3) สารละลาย NH_4Cl -EDTA : ละลาย NH_4Cl 13 ก. และ disodium EDTA 1.7 ก. ในน้ำกลั่น 900 มล. ปรับความเป็นกรด-ด่างของสารละลายนี้ด้วย NH_4OH เข้มข้น จนได้ความเป็นกรด-ด่าง 8.5 จึงปรับปริมาตรด้วยน้ำกลั่นให้ครบ 1 ล.

4) สารละลายเจือจาง NH_4Cl -EDTA : เจือจางสารละลาย NH_4Cl -EDTA (สารที่ 3) 300 มล. ด้วยน้ำกลั่นจนได้ปริมาตรครบ 500 มล.

5) สารละลายกรด HCl 6 N : โดยเจือจางกรด HCl เข้มข้นกับน้ำกลั่นในปริมาณที่เท่ากัน

6) สารละลาย $\text{CuSO}_4 \cdot 2$ เฮอร์เซ็นต์ : ละลาย $\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$ 20 ก. ในน้ำกลั่น 500 มล. แล้วปรับปริมาตรให้ครบ 1 ล.

7) สารละลายมาตรฐานไนเตรท : ละลาย KNO_3 0.7218 ก. ในน้ำกลั่นแล้วปรับปริมาตรสุดท้ายให้ครบ 1 ล. จะได้สารละลายมาตรฐานเข้มข้น 100 มก./ล. ซึ่งสามารถเก็บไว้ใช้ได้นานถึง 6 เดือนเมื่อเติม CHCl_3 2 มล./ล. นำสารละลายมาตรฐานไนเตรทนี้ 100 มล. ไปเจือจางด้วยน้ำกลั่นจนได้ปริมาตร 1 ล. จะได้สารละลายมาตรฐานไนเตรทเข้มข้น 10 มก./ล. นำสารละลายมาตรฐานไนเตรทที่เตรียมครั้งหลังนี้ไปเตรียมสารละลายมาตรฐานไนเตรทให้มีความเข้มข้นอย่างน้อย 6 ระดับ อยู่ในช่วง 0.00-1.00 มก./ล. ตามสูตรคำนวณดังนี้

$$N_1V_1 = N_2V_2$$

- โดย N_1 = ความเข้มข้นของสารละลายตั้งต้น
 V_1 = ปริมาตรของสารละลายตั้งต้น
 N_2 = ความเข้มข้นของสารละลายสุดท้าย
 V_2 = ปริมาตรทั้งหมดของสารละลายสุดท้ายที่ต้องการ

8) สารละลายมาตรฐานไนไตรท์ : ละลาย 1.232 ก. NaNO_2 ในน้ำกลั่นแล้วปรับปริมาตรให้ครบ 1 ล. จะได้สารละลายมาตรฐานไนไตรท์เข้มข้น 250 มก./ล. ซึ่งสามารถเก็บไว้ใช้ต่อไปได้โดยเติม CHCl_3 1 มล./ล. นำสารละลายมาตรฐานนี้ไปเจือจางด้วยน้ำกลั่นจนได้สารละลายมาตรฐานเข้มข้น 50 มก./ล. นำสารละลายมาตรฐานไนไตรท์ที่เตรียมได้ครั้งหลังนี้ไปเตรียมสารละลายมาตรฐานไนไตรท์ที่มีความเข้มข้นอย่างน้อย 6 ระดับ อยู่ในช่วง 0.00-0.50 มก./ล.

วิธีการ

- 1) กรองน้ำตัวอย่างผ่านชุดกรองสุญญากาศ
- 2) ปรับความเป็นกรด-ด่างของน้ำที่กรองแล้วให้อยู่ในช่วง 7-9 ด้วย HCl หรือด่าง NaOH ที่เจือจาง
- 3) ผสมน้ำตัวอย่าง 25.0 มล. กับสารละลาย $\text{NH}_4\text{Cl-EDTA}$ 75 มล. แล้วเทให้ไหลผ่านคอลัมน์แคดเมียมในอัตรา 7-10 มล./นาที ที่น้ำตัวอย่างที่ผ่านคอลัมน์ 25 มล. แรก เก็บตัวอย่างที่ผ่านคอลัมน์ส่วนที่เหลือไปวัดความเข้มข้นของไนไตรท์ภายใน 15 นาที หลังจากผ่านคอลัมน์
- 4) นำน้ำตัวอย่างที่ต้องการวัดความเข้มข้นของไนไตรท์ (ทั้งน้ำตัวอย่างที่ผ่านการกรองและน้ำตัวอย่างที่ผ่านคอลัมน์แล้ว) ปริมาตร 50.0 มล. ผสมกับสารก่อกสี 2 มล. ผสมให้เข้ากัน
- 5) ภายหลังเติมสารก่อกสีอย่างน้อย 10 นาที แต่ไม่เกิน 2 ชั่วโมง นำสารละลายไปวัดการดูดกลืนแสงด้วยเครื่อง spectrophotometer ที่ช่วงความยาวคลื่น 543 นาโนเมตร
- 6) เขียนกราฟมาตรฐานแสดงความสัมพันธ์ระหว่างความเข้มข้นของสารละลายมาตรฐานกับค่าการดูดกลืนแสง แล้วนำค่าการดูดกลืนแสงที่อ่านได้จากน้ำตัวอย่างไปเปรียบเทียบกับเส้นกราฟมาตรฐาน ก็จะทราบความเข้มข้นของไนไตรท์ในน้ำตัวอย่างนั้น
- 7) หาความเข้มข้นของไนไตรท์ในน้ำตัวอย่างได้ โดยนำความเข้มข้นของไนไตรท์ในน้ำตัวอย่างที่ผ่านการกรอง หักออกจากความเข้มข้นของไนไตรท์ในน้ำตัวอย่างที่ผ่านคอลัมน์

1.4 ปริมาณออกซิเจนละลายน้ำ (DO) และบีโอดี (BOD₅) (APHA *et al.*, 1989)

สารเคมี

1) สารละลาย Manganous sulfate : ละลาย $\text{MnSO}_4 \cdot 4\text{H}_2\text{O}$ 480 ก. หรือ $\text{MnSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ 400 ก. หรือ $\text{MnSO}_4 \cdot \text{H}_2\text{O}$ 364 ก. ในน้ำกลั่น กรองผ่านกระดาษกรอง แล้วเติมน้ำกลั่นให้ได้ปริมาตรครบ 1 ล.

2) สารละลาย alkali-iodide – azide (AIA) : ละลาย NaOH 500 ก. และ NaI 135 ก. หรือใช้ KOH 700 ก. และ KI 150 ก. ในน้ำกลั่นแล้วปรับปริมาตรให้ครบ 1 ล. จากนั้นละลาย NaN_3 10 ก. ในน้ำกลั่น 40 มล. แล้วเติมสารละลาย NaN_3 ผสมกับสารละลาย NaOH-NaI ที่เตรียมไว้ก่อนหน้า

3) กรดกำมะถัน (H_2SO_4) เข้มข้น

4) น้ำแป้ง : เติม soluble starch 2 ก. และ salicylic acid 0.2 ก. ในน้ำกลั่น 100 มล. แล้วนำไปต้มจนสารละลายใส

5) สารละลายมาตรฐาน sodium thiosulfate : ละลาย $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$ 6.205 ก. และ NaOH 0.4 ก. ในน้ำกลั่นแล้วปรับปริมาตรให้ครบ 1 ล. หาคความเข้มข้นของสารละลายมาตรฐาน $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$ โดยไตเตรทกับสารละลายมาตรฐาน potassium dichromate

6) สารละลายมาตรฐาน potassium dichromate 0.0250 N : ละลาย $\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7$ 0.6129 ก. ในน้ำกลั่น แล้วปรับปริมาตรให้ครบ 500 มล.

7) สารละลาย potassium iodide : ละลาย KI 2 ก. ในน้ำกลั่น 100 มล.

วิธีการ

1) ทำให้น้ำตัวอย่างอิ่มตัวด้วยออกซิเจน โดยใช้เครื่องเติมอากาศ

2) เติมน้ำตัวอย่างให้เต็มขวด BOD 2 ใบ จากนั้นหาปริมาณ DO ในน้ำตัวอย่างขวดแรกทันที ส่วนน้ำตัวอย่างอีกขวดหนึ่งนำไปบ่มที่อุณหภูมิ 20 ± 1 °ซ. เป็นเวลา 5 วัน แล้วหาปริมาณ DO ในขวดนั้น

3) หาคความเข้มข้นของ DO ในน้ำตัวอย่างซึ่งบรรจุในขวด BOD โดยเติมสารละลาย MnSO_4 1 มล. ตามด้วยสารละลาย AIA 1 มล. แล้วปิดฝาขวดผสมสารละลายให้เข้ากันโดยพลิกขวดกลับหัวไปมา 20 ครั้ง จากนั้นปล่อยให้ตะกอนนอนกัน แล้วเติมกรดกำมะถัน เข้มข้น 1 มล. ปิดฝาขวดและพลิกขวดกลับหัวเพื่อให้เกิดการละลายตะกอนจนหมด ตวงน้ำตัวอย่าง 200 มล. นำไปไตเตรทกับสารละลาย $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$ จนสารละลายเป็นสีเหลืองอ่อน จึงเติมน้ำแป้งลงไป 8 หยด แล้วไตเตรทต่อจนสารละลายเปลี่ยนจากสีน้ำเงินเป็นไม่มีสี แสดงว่าถึงจุดยุติ ในกรณีนี้

ใช้ปริมาตรน้ำตัวอย่าง 200 มล. ไตเตรทกับสารละลาย $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$ 0.0250 N 1 มล. เท่ากับ DO เข้มข้น 1 มก./ล.

4) หาความเข้มข้นของสารละลายมาตรฐาน $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$ โดยเติมสารละลายมาตรฐาน $\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7$ 0.0250 N 10 มล. ลงในฟลาสก์ซึ่งบรรจุสารละลาย KI 100 มล. และกรดกำมะถันเข้มข้น 2-3 หยด แล้วเก็บไว้ในที่มืดเป็นเวลา 5 นาที จากนั้นเติมน้ำกลั่นให้ปริมาตรรวมประมาณ 250 มล. แล้วนำไปไตเตรทกับสารละลายมาตรฐาน $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$ เช่นเดียวกับการไตเตรทหาความเข้มข้นของ DO ในน้ำตัวอย่าง คำนวณหาความเข้มข้นของสารละลายมาตรฐาน $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$ โดยใช้สูตรคำนวณ

$$N_1V_1 = N_2V_2$$

โดย N_1 = ความเข้มข้นของสารละลายตั้งต้นที่ทราบความเข้มข้นแน่นอน

V_1 = ปริมาตรของสารละลายตั้งต้น

N_2 = ความเข้มข้นของสารละลายที่ต้องการหาความเข้มข้นที่แน่นอน

V_2 = ปริมาตรทั้งหมดของสารละลายสุดท้ายที่ต้องการ

5) คำนวณหาค่า BOD_5 ได้ตามสูตรคำนวณดังนี้

$$\text{BOD}_5 \text{ (มก./ล.)} = \text{ค่า DO ในวันเริ่มต้น} - \text{ค่า DO เมื่อครบ 5 วัน}$$

$$\text{DO (มก./ล.)} = \frac{(\text{มล. Na}_2\text{S}_2\text{O}_3)(N)(8)(1,000)}{\text{มล. น้ำตัวอย่าง}}$$

โดย N = normality ของ $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$ ที่ใช้ไตเตรท

2. วิธีหาปริมาณแบคทีเรียรวม (ดัดแปลงจากภาควิชาจุลชีววิทยา, 2535)

วิธีการ

- 1) เจือจางน้ำตัวอย่างด้วยน้ำกลั่นจนได้ระดับความเจือจางถึง 10^{-7} ในขวดพลาสติกเก็บตัวอย่างแบบมีฝาปิดขนาด 1 มล.
- 2) เขียนชื่อกลุ่มระดับความเข้มข้น 10^{-4} , 10^{-5} และ 10^{-6} ที่ฝาด้านล่างของอาหารเลี้ยงเชื้อ PCA ทุก plate
- 3) ใช้ Micropipette ดูดน้ำตัวอย่างเจือจาง 0.1 มล. ที่ระดับความเข้มข้น 10^{-4} , 10^{-5} และ 10^{-6} โดยใช้ Tip 1 อัน สำหรับแต่ละความเข้มข้น ใส่บนอาหาร PCA
- 4) จุ่มแท่งแก้วสามเหลี่ยมลงในบิกเกอร์ซึ่งมีแอลกอฮอล์ 95 เปอร์เซ็นต์ บรรจุอยู่ ยกขึ้นมารอให้แอลกอฮอล์ไหลลงไปในบิกเกอร์จนเกือบหมด แล้วเผาไฟ รอจนเย็นใช้แท่งแก้วสามเหลี่ยมกวาดไปบน PCA ที่มีสารละลายเจือจางของน้ำตัวอย่างอยู่ โดยกวาดให้ทั่วผิววง นำไปบ่มในตู้อบเลี้ยงเชื้อที่ 35°C . นาน 48 ชม.
- 5) การหาปริมาณแบคทีเรียรวมในสารกรอง ใช้น้ำจากขวดที่มีใยพลาสติกหยาบ และผ่านการเขย่าด้วย Automatic shaker นาน 20 นาที แล้วใช้วิธีการเหมือนในข้อ 1-4

การอ่านผล

- 1) การคำนวณเชื้อแบคทีเรียรวมในน้ำตัวอย่าง ให้นับจำนวนแบคทีเรียในจานอาหารเลี้ยงเชื้อที่อยู่ในช่วง 30-300 colonies แล้วคำนวณจำนวน colony ต่อ 1 มล. สมมติว่าจานอาหารเลี้ยงเชื้อที่ระดับความเข้มข้น 10^{-4} อ่านได้ 85 CFU (Colony Forming Unit) ดังนั้นจำนวนเชื้อแบคทีเรียต่อ 1 มล. คำนวณได้ดังนี้

| | | |
|--|----------------------------|-----|
| ที่ระดับความเข้มข้น 10^{-3} ปริมาตร 0.1 มล. นับได้ | 85 | CFU |
| ที่ระดับความเข้มข้นไม่เจือจาง ปริมาตร 1 มล. มีเชื้อ | $85 \times 10^4 \times 10$ | CFU |
| | $= 8.5 \times 10^6$ | CFU |

ดังนั้นมีจำนวนเชื้อแบคทีเรีย 8.5×10^6 CFU/ml

- 2) การคำนวณเชื้อแบคทีเรียรวมในสารกรองเหมือนข้อ 1 และคูณด้วยปริมาณน้ำกลั่นที่ใช้เก็บตัวอย่าง 25 มล. แล้วหารด้วยปริมาตรสารกรองที่เก็บเชื้อ ($3.33 \times 3.33 \times 2.54$ ซม.)