รายงานการวิจัย

ประสิทธิภาพของระบบกรองทรายแบบประยุกต์เพื่อควบคุมคุณภาพน้ำในระบบเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำแบบหมุนเวียน

Efficiency of Applied Sand Filtration to Control Water Quality in Recirculating Aquaculture System

กัตตินาฏ สกุลสวัสดิพันธ์ Kattinat Sagulsawasdipan

นิคม อ่อนสี Nikom Onsri

เอนก สาวะอินทร์ Aneak Sawain

คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีการประมง

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลศรีวิชัย

ได้รับการสนับสนุนทุนวิจัยจากมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลศรีวิชัย

งบประมาณแผ่นดิน ประจำปี 2560

กิตติกรรมประกาศ

งานวิจัยนี้ได้รับการสนับสนุนทุนวิจัยจากมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลศรีวิชัย งบประมาณแผ่นดิน ประจำปีพ.ศ. 2560 เป็นงานวิจัยประยุกต์เพื่อก่อให้เกิดองค์ความรู้ใหม่ในการประยุกต์ใช้ระบบกรองทรายเพื่อบำบัดและควบคุมคุณภาพน้ำในระบบเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำแบบหมุนเวียน

ขอขอบคุณมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลศรีวิชัยที่ได้ให้การสนับสนุนในการทำวิจัยนี้ ขอขอบคุณผู้เกี่ยวข้องทุกฝ่ายที่ได้ให้ความช่วยเหลือในด้านต่าง ๆ ทั้งความสะดวกในการใช้อุปกรณ์และเครื่องมือวิเคราะห์ ตลอดจนสถานที่ในการตรวจวิเคราะห์ตัวอย่าง ขอขอบคุณเจ้าหน้าที่ห้องปฏิบัติการที่ให้การช่วยเหลืออำนวยความสะดวกด้วยดีตลอดมา ขอขอบคุณผู้ร่วมวิจัยที่อุทิศกำลังกายและกำลังใจช่วยในการวิจัยครั้งนี้ลุล่วงได้ด้วยดี ตลอดจนครอบครัวและผองเพื่อนที่ให้ความห่วงใย เป็นกำลังใจให้เสมอมา ประโยชน์อันใดที่เกิดจากงานวิจัยนี้ย่อมเป็นผลมาจากความกรุณาของท่านและหน่วยงาน ผู้วิจัยจึงใคร่ขอขอบพระคุณมา ณ โอกาส นี้

กัตตินาฏ สกุลสวัสดิพันธ์ และคณะ

สิงหาคม 2561

ประสิทธิภาพของระบบกรองทรายแบบประยุกต์เพื่อควบคุมคุณภาพน้ำ ในระบบเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำแบบหมุนเวียน

กัตตินาฏ สกุลสวัสดิพันธ์[1] เอนก สาวะอินทร์[1] และนิคม อ่อนสี[2]

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้เป็นการศึกษาประสิทธิภาพของระบบกรองทรายแบบประยุกต์เพื่อควบคุมคุณภาพน้ำในระบบเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำแบบหมุนเวียน ใช้ถังกรองแบบใช้แรงดันระบบปิด ออกแบบถังกรองให้มีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 20 เซนติเมตร ความสูง 120 เซนติเมตร ถังกรองทรายแบบอัตราการกรองเร็วใช้ทรายขนาด 1 มิลลิเมตร ความสูงของชั้นทราย 100 เซนติเมตร ระยะน้ำล้น 20 เซนติเมตร และมีอัตราการกรอง 6 เมตรต่อชั่วโมง ถังกรองทรายแบบอัตราการกรองสูงใช้ทรายขนาด 2 มิลลิเมตร ความสูงของชั้นทราย 80 เซนติเมตร ระยะน้ำล้น 40 เซนติเมตร และมีอัตราการกรอง 24 เมตรต่อชั่วโมง ทำการศึกษาโดยใช้น้ำจากบ่อเพาะเลี้ยงปลานิล จากการศึกษาพบว่าถังกรองทรายแบบอัตราการเร็วมีศักยภาพในการกำจัดปริมาณความขุ่น ของแข็งแขวนลอย แอมโมเนีย ไนไตรท์ และไนเตรทได้ดี และถังกรองทรายแบบอัตราการกรองสูงมีศักยภาพในการกำจัดปริมาณความขุ่น ของแข็งแขวนลอย และแอมโมเนียได้แต่สามารถกำจัดปริมาณไนไตรท์และไนเตรทได้น้อย เมื่อนำถังกรองทรายแบบอัตราการกรองเร็วและแบบอัตราการกรองสูงมาใช้ร่วมกันส่งผลให้คุณภาพน้ำโดยรวมในบ่อเพาะเลี้ยงเป็นไปตามคุณภาพน้ำที่เหมาะสมสำหรับการเพาะเลี้ยงปลานิล กรมประมง กระทรวงเกษตรและสหกรณ์ โดยตลอดระยะเวลาการทดลอง 4 เดือน ไม่มีการเปลี่ยนถ่ายน้ำออกจากระบบเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำแสดงให้เห็นว่าระบบกรองทรายที่ออกแบบในครั้งนี้ มีความเหมาะสมสำหรับการเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำในพื้นที่ที่มีน้ำน้อย หรือพื้นที่ที่ขาดแคลนน้ำและเมื่อเกิดสภาวะออกซิเจนต่ำระหว่างการเลี้ยง เนื่องจากเครื่องเติมอากาศในบ่อเพาะเลี้ยงขัดข้อง ปลานิลที่เลี้ยงในบ่อที่มีการติดตั้งระบบกรองทรายสามารถดำรงชีวิตอยู่ได้ โดยมีอัตราการรอดตายของปลาคิดเป็นร้อยละ 91.00 และมีน้ำหนักเพิ่มเฉลี่ยต่อวัน 2.99 กรัมต่อตัวต่อวัน

คำสำคัญ: ระบบกรองทราย ถังกรองทราย ระบบเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำแบบหมุนเวียน

---

[1] อาจารย์ สาขาสิ่งแวดล้อม คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีการประมง มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลศรีวิชัย

[2] อาจารย์ สาขาวิทยาศาสตร์ทางทะเล คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีการประมง มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลศรีวิชัย

Efficiency of Applied Sand Filtration to Control Water Quality in Recirculating Aquaculture System

Kattinat Sagulsawasdipan[1] Aneak Sawain[1] and Nikom Onsri[2]

Abstract

This research was conducted to study on efficiency of applied sand filtration to control water quality in recirculating aquaculture system by using pressure filter tank which its tank was designed to have the diameter of 20 cm. and the height of 120 cm. For rapid sand filter tank, sand with the size of 1 mm. the layer of sand 100 cm. water overflow 20 cm and filtration rate 6 m/hr. High rate filter tank, sand with the size of 2 mm. the layers of sand 80 cm. water overflow 40 cm and filtration rate 24 m/ hr. The research was conducted by using wastewater from a tilapia pond. The results showed that rapid sand filter had the potential on turbidity SS NH_3 NO_2 and NO^-_3 and high sand filter tank had the potential on turbidity SS and NH_3. Consequently, rapid sand filter and high sand filter tank use together cause the total quality of water in the culture pond met with the appropriate water condition for tilapia defined by Department of Fisheries, Ministry of Agriculture and Cooperatives. During 4 month of experiment, there was no water replacement from recirculating aquaculture system therefore it could be seen that the designed sand filtration system was appropriate for aquaculture in the areas with the less of water or lack of water. In the event of the low of oxygen during culture due to error of aerator, tilapia cultured in the culture pond equipped with sand filtration system were able to survive with the survival rate of 91.00 % and daily weight gain 2.99 g./ tilapia /d.

Keyword: Sand Filtration, Sand Filter Tank, Recirculating Aquaculture System

[1] Department of Environmental, Faculty of Science and Fisheries Technology, Rajamangala University of technology Srivijaya, Trang.

[2] Department of Marine Science, Faculty of Science and Fisheries Technology, Rajamangala University of technology Srivijaya, Trang.

สารบัญ

หน้า

กิตติกรรมประกาศ..... ก
บทคัดย่อภาษาไทย..... ข
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ..... ค
สารบัญ..... ง
สารบัญตาราง..... ฉ
สารบัญภาพ..... ช
บทที่ 1 บทนำ..... 1
1. ที่มาและความสำคัญของปัญหา..... 1
2. ทฤษฎี และงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง..... 2
3. วัตถุประสงค์ของงานวิจัย..... 21
4. ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ..... 21
บทที่ 2 วิธีการดำเนินการวิจัย..... 22
1. การเตรียมน้ำจากบ่อเพาะเลี้ยงปลานิล..... 23
2. การศึกษาตัวกลางสารกรองที่เหมาะสมสำหรับระบบกรองทรายแบบประยุกต์ 23
3. การศึกษาศักยภาพการกรองของระบบกรองทรายแบบประยุกต์ในการควบคุมคุณภาพน้ำจากการเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำเพื่อหมุนเวียนน้ำกลับมาใช้ใหม่ 26
4. การศึกษาอัตราการเจริญเติบโตของสัตว์น้ำในบ่อเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำแบบหมุนเวียน 31
บทที่ 3 ผลการวิจัยและวิจารณ์ผล..... 33
1. ผลการศึกษาตัวกลางสารกรองที่เหมาะสมสำหรับระบบกรองทรายแบบประยุกต์ 33
2. ผลการศึกษาประสิทธิภาพของการบำบัดน้ำเสียจากการเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำด้วยระบบกรองทรายแบบอัตราการกรองเร็วและแบบอัตราการกรองสูง 40
3. ผลการศึกษาศักยภาพการกรองของระบบกรองทรายแบบประยุกต์ในการควบคุมคุณภาพน้ำจากการเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำเพื่อหมุนเวียนน้ำกลับมาใช้ใหม่ 45
4. ผลการศึกษาอัตราการเจริญเติบโตของสัตว์น้ำในบ่อเพาะเลี้ยง..... 58

สารบัญ (ต่อ)

หน้า

บทที่ 4 สรุปผลการวิจัย และข้อเสนอแนะ..... 61
1. สรุปผลการศึกษาศักยภาพของทรายกรองที่เหมาะสมสำหรับระบบกรองทรายแบบอัตราการกรองเร็วและแบบอัตราการกรองสูง 61
2. สรุปผลการศึกษาศักยภาพการกรองของระบบกรองทรายแบบประยุกต์ในการควบคุมคุณภาพน้ำจากการเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำเพื่อหมุนเวียนน้ำกลับมาใช้ใหม่ 61
3. สรุปผลการศึกษาอัตราการเจริญเติบโตของสัตว์น้ำในบ่อเพาะเลี้ยง..... 62
ข้อเสนอแนะ..... ... 63
บรรณานุกรม..... 68

สารบัญตาราง

หน้า

ตารางที่ 1	ความสัมพันธ์ระหว่างค่าพีเอชและผลกระทบต่อสัตว์น้ำ.....	4
ตารางที่ 2	ความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณออกซิเจนละลายและผลกระทบต่อสัตว์น้ำ.....	6
ตารางที่ 3	การศึกษาขนาดและความหนาของทรายกรองที่เหมาะสมสำหรับถังกรองทราย	24
ตารางที่ 4	ค่าพารามิเตอร์ และวิธีการวิเคราะห์คุณภาพน้ำจากบ่อเพาะเลี้ยงปลานิลก่อนและหลังผ่านการกรองด้วยระบบกรองทราย	26
ตารางที่ 5	ค่าพารามิเตอร์ และวิธีการวิเคราะห์คุณภาพน้ำจากบ่อเพาะเลี้ยงปลานิลก่อนการทดลอง	27
ตารางที่ 6	รายละเอียดจุดเก็บตัวอย่างน้ำ.....	30
ตารางที่ 7	คุณภาพน้ำจากบ่อเพาะเลี้ยงปลานิลก่อนนำมาใช้ในการทดลอง.....	33
ตารางที่ 8	การศึกษาทรายกรองที่เหมาะสมสำหรับระบบกรองทราย.....	35
ตารางที่ 9	ประสิทธิภาพของการบำบัดน้ำเสียจากการเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำด้วยระบบกรองทรายแบบอัตราการกรองเร็วและแบบอัตราการกรองสูง	41
ตารางที่ 10	ผลการวิเคราะห์คุณภาพน้ำจากบ่อเพาะเลี้ยงปลานิลก่อนการทดลอง.....	43
ตารางที่ 11	คุณภาพน้ำของบ่อเพาะเลี้ยงปลานิลที่มีการติดตั้งระบบกรองทราย.....	55
ตารางที่ 12	ผลการศึกษาน้ำหนักเพิ่มเฉลี่ยต่อวัน.....	58
ตารางที่ 13	ผลการศึกษาอัตราการรอดตายของปลาในบ่อเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำ.....	59

สารบัญภาพ

หน้า

ภาพที่ 1	การเคลื่อนที่ของตะกอน.....	12
ภาพที่ 2	การออกแบบถังกรองสำหรับทดสอบสารกรองที่เหมาะสมสำหรับระบบกรองทรายแบบประยุกต์	23
ภาพที่ 3	ขั้นตอนการศึกษาตัวกลางสารกรองที่เหมาะสมสำหรับระบบกรองทรายแบบประยุกต์	25
ภาพที่ 4	ถังกรองทรายแบบอัตราการกรองเร็ว.....	28
ภาพที่ 5	ถังกรองทรายแบบอัตราการกรองสูง.....	28
ภาพที่ 6	แบบจำลองระบบกรองทรายเพื่อควบคุมคุณภาพน้ำในระบบเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำแบบหมุนเวียน	29
ภาพที่ 7	การวิเคราะห์คุณภาพน้ำของบ่อควบคุมและบ่อทดลอง.....	31
ภาพที่ 8	ปริมาตรน้ำเฉลี่ยที่กรองได้จากบ่อเพาะเลี้ยงปลานิลกับขนาดทราย และความหนาของชั้นทรายที่แตกต่างกัน	36
ภาพที่ 9	ระยะเวลาเฉลี่ยในการกรองที่ทรายอุดตันจากบ่อเพาะเลี้ยงปลานิล.....	37
ภาพที่ 10	ความสามารถในการกำจัดความขุ่นจากบ่อเพาะเลี้ยงปลานิล.....	38
ภาพที่ 11	ปริมาณความขุ่นเฉลี่ยแต่ละจุดเก็บตัวอย่าง.....	45
ภาพที่ 12	ปริมาณของแข็งแขวนลอยเฉลี่ยแต่ละจุดเก็บตัวอย่าง.....	46
ภาพที่ 13	ค่าอุณหภูมิเฉลี่ยแต่ละจุดการเก็บตัวอย่าง.....	47
ภาพที่ 14	ค่าพีเอชเฉลี่ยแต่ละจุดเก็บตัวอย่าง.....	48
ภาพที่ 15	ปริมาณออกซิเจนละลายในน้ำแต่ละจุดเก็บตัวอย่างน้ำ.....	49
ภาพที่ 16	ปริมาณแอมโมเนียเฉลี่ยแต่ละจุดเก็บตัวอย่างน้ำ.....	50
ภาพที่ 17	ปริมาณไนไตรท์เฉลี่ยแต่ละจุดเก็บตัวอย่าง.....	51
ภาพที่ 18	ปริมาณไนเตรทเฉลี่ยแต่ละจุดเก็บตัวอย่าง.....	53

บทที่ 1
บทนำ

1. ที่มาและความสำคัญของปัญหา

การเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำเป็นอุตสาหกรรมทางการเกษตรที่มีความสำคัญต่อเศรษฐกิจของประเทศไทยทั้งในแง่ของการบริโภคภายในประเทศและการส่งออกไปขายยังต่างประเทศ ดังนั้นระบบเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำแบบหนาแน่นจึงเป็นสิ่งที่สามารถพบเห็นได้ทั่วไปและมักมีอัตราการเปลี่ยนถ่ายน้ำสูง ส่งผลให้มีการใช้น้ำในปริมาณมากเพื่อถ่ายน้ำที่มีการสะสมของเสียออกจากระบบ ของเสียในน้ำจากบ่อเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำเกิดจากอาหารที่เหลืออยู่และจากการขับถ่ายของสัตว์น้ำ ซึ่งส่วนใหญ่จะเป็นของเสียประเภทสารอินทรีย์และสารประกอบไนโตรเจน สารประกอบไนโตรเจนหลักที่พบในระบบเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำได้แก่ แอมโมเนีย ไนไตรต์และไนเตรท โดยน้ำที่มีไนโตรเจนความเข้มข้นสูงสามารถก่อให้เกิดผลเสียต่อสิ่งแวดล้อม เช่น ทำให้สาหร่ายเจริญเติบโตอย่างมากมายในแหล่งน้ำธรรมชาติ และยังส่งผลกระทบต่อระบบนิเวศน์ทั้งจากสารพิษที่สาหร่ายผลิตขึ้นและต่อห่วงโซ่อาหารที่มีอยู่ในแหล่งน้ำนั้นๆ (Anderson et al., 2002) นอกจากนี้การปล่อยน้ำทิ้งที่มีสารประกอบไนโตรเจนในระดับความเข้มข้นสูงยังผิดต่อกฎหมายด้านสิ่งแวดล้อมในปัจจุบัน ดังนั้นการบำบัดน้ำจากระบบเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำก่อนปล่อยสู่แหล่งน้ำธรรมชาติจึงมีความสำคัญเป็นอย่างมากเพื่อเป็นการรักษาสภาพแวดล้อมของแหล่งน้ำที่อยู่ในบริเวณของระบบเพาะเลี้ยงนั้นๆ นอกจากสารประกอบไนโตรเจนจะส่งผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมแล้ว สารเหล่านี้ยังก่อให้เกิดความเป็นพิษต่อสัตว์น้ำได้เมื่อมีความความเข้มข้นต่างๆ ดังนั้นการพัฒนาระบบเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำโดยใช้เทคโนโลยีที่เป็นมิตรต่อสิ่งแวดล้อม เช่น การเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำในระบบปิดที่มีการหมุนเวียนน้ำ (Recirculating Aquaculture System ; RAS) โดยไม่มีน้ำทิ้งหรือมีน้ำทิ้งในปริมาณน้อยจึงเป็นสิ่งจำเป็นเพื่อรักษาคุณภาพน้ำในระบบเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำและลดปริมาณน้ำทิ้งลงสู่แหล่งน้ำ ซึ่งทางเลือกหนึ่งที่สามารถนำมาใช้บำบัดน้ำในระบบเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำได้คือ การใช้ระบบกรองทรายแบบประยุกต์มีทั้งกลไกทางกายภาพ และชีวภาพ ซึ่งระบบการบำบัดน้ำแบบกรองทรายเป็นระบบบำบัดที่ลงทุนต่ำ ประสิทธิภาพสูง ตะกอนที่เกิดจากการบำบัดน้อย และใช้แรงงานน้อย (Lahlou, 2000)

การใช้เทคโนโลยีเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำที่เป็นมิตรต่อสิ่งแวดล้อมจึงเป็นสิ่งที่มีความสำคัญมากต่อการพัฒนาการเกษตรอย่างยั่งยืนในอนาคต ดังนั้นในปัจจุบันจึงมีการสนับสนุนและส่งเสริมให้เกษตรกรมีการใช้เทคโนโลยีเพื่อการหมุนเวียนน้ำเพิ่มมากขึ้น แต่อุปกรณ์และเทคโนโลยีที่เกี่ยวข้องกับการหมุนเวียนน้ำส่วนใหญ่มักมีความซับซ้อนและมีราคาแพงเกินกว่าที่เกษตรกรผู้เพาะเลี้ยงสัตว์น้ำทั่วไปจะสามารถหามาใช้ได้ งานวิจัยนี้จึงมีจุดประสงค์เพื่อนำเสนอเทคโนโลยีอย่างง่ายและมีประสิทธิภาพในการบำบัดน้ำสำหรับระบบเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำ โดยการใช้ระบบกรองทรายแบบ

ประยุกต์ เพื่อกำจัดสารแขวนลอยและสารประกอบไนโตรเจนออกจากระบบเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำ โดยสามารถนำน้ำที่ผ่านการกรองหมุนเวียนกลับเข้าสู่ระบบเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำอีกครั้ง เพื่อเป็นการประหยัดน้ำและลดการเกิดผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อม ซึ่งกระบวนการนี้เป็นการใช้เทคโนโลยีที่มีราคาไม่แพงและสามารถใช้งานได้ง่ายเมื่อเทียบกับเทคโนโลยีที่ใช้กันอยู่ทั่วไปในปัจจุบัน

2. ทฤษฎี และงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

2.1 ทฤษฎี สมมุติฐาน และกรอบแนวความคิดของโครงการวิจัย

เนื่องจากในปัจจุบันประเทศไทยกำลังประสบปัญหาการขาดแคลนน้ำ โดยเฉพาะในฤดูแล้งหลายพื้นที่ประสบกับปัญหาการขาดแคลนน้ำสำหรับการอุปโภค บริโภค รวมทั้งน้ำที่ใช้ในการประกอบอาชีพ เช่น อาชีพเกษตรกรรม การเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำ เป็นต้น การเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำนับเป็นอาชีพหนึ่งที่ต้องใช้น้ำจำนวนมากสำหรับการประกอบอาชีพ หากเกิดภาวะขาดแคลนน้ำยอมส่งผลกระทบต่อเกษตรกรเป็นอย่างมาก ดังนั้นผู้วิจัยจึงเล็งเห็นถึงความสำคัญในการบำบัดน้ำจากบ่อเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำเพื่อหมุนเวียนน้ำกลับมาใช้ใหม่ เพื่อเป็นการประหยัดน้ำและเกิดการสูญเสียน้ำให้น้อยที่สุด อีกทั้งในปัจจุบันยังมีกฎหมายทางด้านสิ่งแวดล้อมเป็นตัวควบคุมคุณภาพน้ำทิ้งก่อนปล่อยออกสู่แหล่งน้ำธรรมชาติ ซึ่งงานวิจัยนี้นอกจากจะเป็นการประหยัดน้ำแล้วยังสามารถลดมลพิษที่จะส่งผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมจากการปล่อยน้ำทิ้งจากบ่อเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำอีกด้วย

2.2 การทบทวนวรรณกรรม/สารสนเทศ (information) ที่เกี่ยวข้อง

2.2.1 ระบบเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำ (มั่นสิน และไพพรรณ, 2538)

ระบบเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำ จัดเป็นเกษตรกรรมรูปแบบหนึ่ง โดยระบบเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำมีความเกี่ยวข้องกับวิศวกรสิ่งแวดล้อมโดยตรง เนื่องจากการจัดการคุณภาพน้ำในบ่อเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำได้อย่างมีประสิทธิภาพจะช่วยลดปัญหามลภาวะที่เป็นพิษต่อสิ่งแวดล้อมได้ และระบบเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำนั้น ต่างจากจับปลาจากแหล่งน้ำธรรมชาติซึ่งจัดเป็นการล่าสัตว์แบบหนึ่ง ระบบการเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำสามารถแบ่งตามลักษณะการเพาะเลี้ยงได้เป็น 2 ประเภท คือ การเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำในแหล่งน้ำธรรมชาติหรือบ่อน้ำ และการเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำ ในบ่อขังที่จำกัดขนาด ซึ่งรายละเอียดของการเพาะเลี้ยงแต่ละประเภทมีดังนี้

การเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำในแหล่งน้ำธรรมชาติหรือบ่อน้ำ วิธีการเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำแบบนี้จะอาศัยสายโซ่อาหารตามธรรมชาติของสัตว์น้ำเป็นแหล่งอาหาร โดยการเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำแบบนี้บ่อมักอยู่กลางแจ้ง เพื่อให้พืชน้ำ แพลงก์ตอนพืช และจุลสาหร่ายเกิดการเจริญเติบโตได้โดยการสังเคราะห์แสงและจะมีการใส่ปุ๋ยเพื่อเพิ่มสารอาหารให้แก่ พืชน้ำ แพลงก์ตอนพืช และจุลสาหร่ายในการเจริญเติบโตเป็นแหล่งอาหารแก่สัตว์น้ำ ซึ่งในการเติมปุ๋ยนั้น มีผลต่อคุณภาพน้ำ ในบ่อ

เพาะเลี้ยงสัตว์น้ำ และควรคำนึงถึงลักษณะทางกายภาพของน้ำด้วย เช่น น้ำที่มีค่าพีเอชต่ำเกินไปควรมีการเติมปูนขาวเพื่อปรับค่าพีเอชในน้ำให้สูงขึ้น ก่อนการเติมปุ๋ย ปริมาณสารอาหารที่มีในน้ำนั้น มีผลต่อการเลือกชนิดของปุ๋ยที่เติมและปริมาณการเติมปุ๋ย ควรเลือกชนิดปุ๋ยที่ให้สารอาหารที่ขาดแคลน เนื่องจากในน้ำอาจมีสารอาหารบางชนิดเพียงพออยู่แล้ว และการที่เติมปุ๋ยมากเกินไปจะทำให้เกิดการเจริญเติบโตของพืชน้ำ แพลงก์ตอนพืช และจุลสาหร่ายมากจนอาจเกิดการขาดแคลนออกซิเจนละลายน้ำในเวลากลางคืนได้ แต่ถ้าเติมปุ๋ยน้อยเกินไปก็อาจทำให้เกิดการขาดแคลนแหล่งอาหารของสัตว์น้ำได้ เป็นต้น

การเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำในบ่อที่จำกัดขนาด วิธีการเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำ แบบนี้จะให้อาหารสำเร็จรูปกับสัตว์น้ำโดยตรงเพื่อให้สัตว์น้ำเจริญเติบโต โดยการเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำแบบนี้บ่ออาจอยู่กลางแจ้งหรือในร่มก็ได้ เหมาะสำหรับการเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำแบบหนาแน่น การเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำแบบหนาแน่นจำเป็นต้องมีการให้อาหารเป็นจำนวนมากเพื่อเพียงพอต่อความต้องการของสัตว์น้ำ ทำให้เกิดปัญหาเรื่องน้ำเสียจากอาหารที่เหลือตกค้างและของเสียที่สัตว์น้ำขับถ่ายออกมามากตามจำนวนสัตว์น้ำที่เพาะเลี้ยง อาหารที่เหลือตกค้างนั้น จะต้องถูกย่อยสลายทางชีวภาพโดยจุลินทรีย์ในน้ำ ซึ่งจำเป็นต้องใช้ออกซิเจนละลายน้ำ ทำให้ความต้องการออกซิเจนในน้ำเพิ่มมากขึ้น การมีออกซิเจนละลายน้ำที่เพียงพอจึงมีความสำคัญอย่างมากในการเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำเช่นนี้ มิฉะนั้นอาจเกิดน้ำเน่าเสียได้ ในส่วนของเสียจากการขับถ่ายของสัตว์นั้น ประกอบไปด้วยคาร์บอนไดออกไซด์ แอมโมเนีย ฟอสฟอรัสและสารอาหารอื่น ๆ ซึ่งของเสียเหล่านี้จะมีผลต่อการเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำ เช่น คาร์บอนไดออกไซด์จะมีผลต่อค่าพีเอชในน้ำ ทำให้ค่าพีเอชในน้ำลดลง แอมโมเนียสามารถเปลี่ยนรูปไปเป็นไนไตรท์ ได้โดยจุลินทรีย์ซึ่งมีความเป็นพิษต่อสัตว์น้ำ ฟอสฟอรัสช่วยในการเจริญเติบโตกับพืชน้ำ และจุลสาหร่ายเช่นเดียวกันกับสารอาหารอื่นๆ เป็นต้น ดังนั้น การเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำ แบบหนาแน่นจึงต้องมีการควบคุมคุณภาพน้ำ และจัดการปัญหาที่เกิดขึ้นอยู่ตลอดเวลา

2.2.2 ปัจจัยที่มีผลต่อคุณภาพในการเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำ (มั่นสิน และไพพรรณ, 2538)

การคำนึงถึงคุณภาพน้ำ ในบ่อเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำ เป็นสิ่งสำคัญอย่างมากต่อสัตว์น้ำ โดยปัจจัยที่มีผลต่อคุณภาพน้ำ ได้แก่ สมบัติกรด-ด่างของน้ำ หรือค่าพีเอช สารอินทรีย์ สารอาหาร ก๊าซ และสารพิษต่างๆ การเปลี่ยนแปลงปัจจัยเหล่านี้มีผลต่อสุขภาพและผลผลิตจากสัตว์น้ำ ถ้าหากควบคุมคุณภาพน้ำ ให้อยู่ในสภาวะที่เหมาะสมแล้วก็จะช่วยเพิ่มผลผลิตของสัตว์น้ำ และได้สัตว์ที่มีคุณภาพ ซึ่งมีรายละเอียดของปัจจัยต่าง ๆ ดังนี้

1) สมบัติกรด-ด่างของน้ำ หรือค่าพีเอช

ค่าความเป็นกรด-ด่างมีความสำคัญในการเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำ เป็นอย่างมาก เนื่องจากเป็นพารามิเตอร์ส่งผลโดยตรงต่อการเจริญเติบโตของสัตว์น้ำ โดยความสัมพันธ์ระหว่างค่าพีเอชและผลกระทบต่อสัตว์น้ำ แสดงไว้ในตารางที่ 1 ดังนี้

ตารางที่ 1 ความสัมพันธ์ระหว่างค่าพีเอชและผลกระทบต่อสัตว์น้ำ

ระดับพีเอช	ผลกระทบต่อสัตว์น้ำ
< 4	ตาย
4 - 5	ไม่สืบพันธุ์
4 - 6	เติบโตช้า
6.5 - 9	เติบโตได้ดี
9 – 11	เติบโตช้า
9.5 – 11	ไม่สืบพันธุ์
> 11	ตาย

ที่มา: มั่นสินและไพพรรณ (2538)

ช่วงพีเอชที่เหมาะสมในต่อสัตว์น้ำนั้นประมาณ 1 ถึง 9 ค่าพีเอชนั้นมีความสัมพันธ์โดยตรงกับสภาพกรดและด่างในน้ำ การเพิ่มสภาพด่างทำให้พีเอชสูงขึ้น และการเพิ่มสภาพกรดทำให้พีเอชต่ำขึ้น สภาพด่างที่มากเกินไปทำให้เกิดแอมโมเนียอิสระมากขึ้น ซึ่งเป็นพิษต่อสัตว์น้ำ และจากการเพิ่มสภาพกรดทำให้พิษของสารประกอบโลหะเพิ่มสูงขึ้น เช่น ไซยาไนด์ เป็นต้น

สภาพความเป็นกรด หมายถึง ความสามารถของน้ำ ในการให้ไฮโดรเจนเพื่อทำให้ด่างเป็นกลาง สภาพความเป็นกรดในน้ำ สามารถแบ่งได้เป็นสภาพความเป็นกรดอ่อนและสภาพความเป็นกรดแร่

สภาพความเป็นด่าง หมายถึง ความสามารถของน้ำ ในการรับไฮโดรเจนเพื่อทำให้กรดเป็นกลาง โดยสภาพความเป็นด่างจะทำให้เกิดสารประกอบขึ้น 3 ชนิดในน้ำ คือ ไฮดรอกไซด์ (OH^-) คาร์บอเนต (CO_3^{2-}) และไบคาร์บอเนต (HCO_3^-) ค่าสภาพความเป็นด่างที่เหมาะสมในการเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำที่ทำให้ผลผลิตของสัตว์น้ำดีควรมีค่ามากกว่า 20 ถึง 40 มิลลิกรัม-แคลเซียมคาร์บอเนตต่อลิตร

ความกระด้างทั้งหมดของน้ำ หมายถึง ผลรวมของไอออนประจุบวกทั้งหมดในน้ำ ที่มีวาเลนต์อิเล็กตรอนเท่ากับ 2 เช่น แคลเซียม แมกนีเซียม และเหล็ก เป็นต้น โดยความกระด้างสามารถแบ่งได้เป็น 2 ประเภท คือ ความกระด้างชั่วคราว (Carbonate Hardness) และความกระด้างถาวร (Non-Carbonate Hardness) ค่าความกระด้างที่เหมาะสมในการเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำ ที่ทำให้ผลผลิตของสัตว์น้ำดีควรมีค่ามากกว่า 20 ถึง 40 มิลลิกรัม-แคลเซียมคาร์บอเนตต่อลิตร

2) สารอินทรีย์

สารอินทรีย์ที่พบในการเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำ มีหลากหลายชนิด ซึ่งมีแหล่งกำเนิดมาจากสิ่งมีชีวิตที่อยู่ในบ่อเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำ และอาหารที่ใช้ในการเลี้ยงสัตว์น้ำ โดยสารอินทรีย์ที่พบละลายอยู่ในน้ำ ได้แก่ โปรตีน กรดอะมิโน น้ำตาล กรดไขมัน วิตามิน และกรดแทนนิน ส่วนสารอินทรีย์ที่พบอยู่ในภาพสารแขวนลอย ได้แก่ แบคทีเรีย จุลสาหร่าย แพลงก์ตอนสัตว์ ซากสิ่งมีชีวิต และซากจุลินทรีย์ที่เน่าเปื่อย ปริมาณสารอินทรีย์ในน้ำ มีความสำคัญในแง่ของคุณภาพของน้ำ ในกรณีที่มีปริมาณสารอินทรีย์มากเกินไปจะทำให้น้ำเกิดการเน่าเสียได้

3) สารอาหาร

สารอาหารมีความสำคัญต่อการเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำ โดยสารอาหารสำคัญที่พบในการเพาะเลี้ยงสัตว์ได้แก่ ฟอสฟอรัสและไนโตรเจน บทบาทของสารอาหารแต่ละชนิดมีดังนี้

ก. ฟอสฟอรัส ที่พบในน้ำธรรมชาติมีปริมาณที่น้อย แต่ฟอสฟอรัสก็มีความสำคัญอย่างมากต่อปริมาณผลผลิตของสัตว์น้ำที่เพาะเลี้ยง โดยพบว่าเมื่อมีฟอสฟอรัสไม่เพียงพอจะทำให้ได้ผลผลิตที่ต่ำลง ฟอสฟอรัสสามารถพบได้ในรูปสารละลายน้ำ หรืออนุภาคแขวนลอยในบ่อเลี้ยงสัตว์น้ำ และสำหรับอนุภาคแขวนลอยในน้ำที่มีฟอสฟอรัสเป็นองค์ประกอบ ได้แก่ แบคทีเรียชนิดต่าง ๆ จุลสาหร่าย และแพลงค์ตอนสัตว์ โดยที่แบคทีเรียนั้น สามารถย่อยสลายสารอินทรีย์ฟอสเฟตที่อยู่ในรูปของสารละลายหรืออนุภาคแขวนลอยให้กลายเป็นออร์โธฟอสเฟตได้ การกำจัดอนุภาคแขวนลอยในบ่อเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำ อาจสามารถช่วยควบคุมปริมาณของออร์โธฟอสเฟตให้มีค่าเหมาะสมได้ และปริมาณของออร์โธฟอสเฟตที่เหมาะสมต่อการเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำ ควรมีค่าอยู่ในช่วงระหว่าง 0.1 ถึง 0.5 มิลลิกรัม-ฟอสฟอรัสต่อลิตร

ข. ไนโตรเจน มีความสัมพันธ์โดยตรงกับการเปลี่ยนแปลงของสารอินทรีย์และไนโตรเจนที่พบในบ่อเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำส่วนใหญ่จะพบในสิ่งมีชีวิตและสารอินทรีย์ที่เน่าเปื่อย ซึ่งรูปแบบของไนโตรเจนที่พบ ได้แก่ ก๊าซไนโตรเจน แอมโมเนียอิสระ (NH_3) แอมโมเนียมไอออน (NH_4^+) ไนไตรท์ (NO_2^-) ไนเตรท (NO_3^-) และสารอินทรีย์ไนโตรเจน แหล่งที่มาของไนโตรเจนในบ่อเลี้ยงสัตว์น้ำ โดยส่วนมากเกิดจากปุ๋ยและอาหารสำเร็จรูปที่ใช้ ซึ่งปุ๋ยที่ใช้จะมีแอมโมเนียหรือไนเตรทเป็นแหล่งไนโตรเจน โดยที่ปุ๋ยเหล่านี้สามารถละลายน้ำได้ง่ายและแตกตัวให้ไอออน ทำให้พืช จุลินทรีย์ และจุลสาหร่าย สามารถดูดซับนำไปใช้ในการสร้างเซลล์ ผลิตโปรตีนหรือสารอินทรีย์ไนโตรเจนรูปแบบอื่น ๆ จากนั้นจะถูกแพลงก์ตอนสัตว์ หรือสัตว์น้ำ บริโภคอีกต่อหนึ่งและสุดท้ายเมื่อสิ่งมีชีวิตเหล่านี้ตายจะกลายเป็นซากอินทรีย์ จุลินทรีย์สามารถย่อยสลายให้เน่าเปื่อยและสลายตัวกลายเป็นไนโตรเจนกลับสู่ระบบต่อไป

4) ก๊าซ

ก๊าซละลายน้ำสามารถพบได้ในบ่อเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำ และมีบทบาทสำคัญ โดยก๊าซละลายน้ำที่พบ ได้แก่ คาร์บอนไดออกไซด์ ออกซิเจน ไฮโดรเจนซัลไฟด์ และไนโตรเจน รายละเอียดของก๊าซแต่ละชนิดมีดังต่อไปนี้

ก. คาร์บอนไดออกไซด์ สามารถละลายในน้ำและทำให้ค่าพีเอชในน้ำลดลงแต่จะไม่ทำให้พีเอชต่ำกว่า 4.5 โดยทั่วไปแล้วคาร์บอนไดออกไซด์ในน้ำจะมีปริมาณสูงขึ้นในเวลากลางคืนเนื่องจากการหายใจของพืชน้ำและจุลสาหร่าย ทำให้ค่าพีเอชของน้ำในบ่อเพาะเลี้ยงมีค่าต่ำสุดในช่วงเช้า และจะเพิ่มสูงขึ้นจนถึงระดับสูงสุดในช่วงเวลากลางวัน

ข. ออกซิเจนละลายน้ำ เป็นก๊าซละลายน้ำที่มีบทบาทสำคัญในบ่อเพาะเลี้ยงสัตว์อย่างมาก มีผลต่อสัตว์น้ำโดยตรง และเนื่องจากออกซิเจนเป็นก๊าซที่มีความสามารถในการละลายน้ำได้น้อย ทำให้การควบคุมปริมาณของออกซิเจนละลายน้ำให้มีในปริมาณที่เหมาะสมในบ่อเพาะเลี้ยงมีความสำคัญต่อผลผลิตของสัตว์น้ำอย่างมาก อุณหภูมิมีผลต่อการละลายของออกซิเจนเช่นกัน และในกรณีที่ปริมาณออกซิเจนละลายน้ำต่ำจะส่งผลเสียต่อสัตว์น้ำ แต่ปริมาณออกซิเจนละลายน้ำที่สูงเกินไปก็สามารถก่อให้เกิดอันตรายต่อสัตว์น้ำ ได้เช่นกัน โดยความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณออกซิเจนละลายและผลกระทบต่อสัตว์น้ำ แสดงไว้ได้ตารางที่ 2

ตารางที่ 2 ความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณออกซิเจนละลายและผลกระทบต่อสัตว์น้ำ

ปริมาณออกซิเจนละลายน้ำ	ผลกระทบต่อสัตว์น้ำ
< 1 มิลลิกรัมต่อลิตร	อาจมีอันตรายถึงตายต่อสัตว์น้ำถ้าเกิดขึ้นเป็นเวลานานหลายชั่วโมง
1 - 5 มิลลิกรัมต่อลิตร	สัตว์น้ำสามารถมีชีวิตอยู่ได้ แต่จะเจริญเติบโตช้าและไม่สามารถสืบพันธุ์ได้ดี
> 5 มิลลิกรัมต่อลิตร แต่ไม่เกินระดับอิ่มตัว	เหมาะสมต่อการเจริญเติบโตของสัตว์น้ำ
สูงเกินระดับอิ่มตัว	ทำให้เกิดฟองก๊าซในเลือดของสัตว์น้ำ ทำให้เกิดอันตรายถึงตายได้

ที่มา: มั่นสิน และไพพรรณ (2538)

ในบ่อเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำควรมีออกซิเจนละลายน้ำอย่างน้อย 3 มิลลิกรัมต่อลิตร และควรมีออกซิเจนละลายน้ำตั้งแต่ 5 มิลลิกรัมต่อลิตรขึ้นไปสัตว์น้ำจึงจะมีชีวิตอยู่ได้ตามปกติ

ค. ก๊าซไฮโดรเจนซัลไฟด์ แบคทีเรียบางชนิดในน้ำ จะสามารถรีดิวซ์ซัลเฟตเปลี่ยนเป็นซัลไฟด์ได้ และซัลไฟด์สามารถเปลี่ยนรูปกลายไปเป็นไฮโดรเจนซัลไฟด์ได้ โดยขึ้นอยู่กับค่าพีเอชเป็นตัวกำหนด เมื่อน้ำมีค่าพีเอชต่ำจะพบไฮโดรเจนซัลไฟด์ (H_2S) เป็นหลัก ส่วนซัลไฟด์ในรูปไอออนจะพบในน้ำที่มีค่าพีเอชเป็นกลาง ซึ่ง ไฮโดรเจนซัลไฟด์เป็นก๊าซที่มีความเป็นพิษต่อสัตว์น้ำมาก ดังนั้น การควบคุมปริมาณของก๊าซไฮโดรเจนซัลไฟด์ในบ่อเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำสามารถทำได้โดยการควบคุมค่าพีเอชให้เป็นกลาง

ง. ก๊าซไนโตรเจน สิ่งมีชีวิตโดยทั่วไปในน้ำนั้นไม่สามารถใช้ก๊าซไนโตรเจนในการดำรงชีวิตได้เนื่องจากก๊าซไนโตรเจนมีพันธะระหว่างอะตอมของไนโตรเจนเป็นพันธะสามซึ่งมีความแข็งแรงมาก จึงทำให้ต้องใช้ไนโตรเจนในรูปแบบอื่น ๆ โดยการตรึงก๊าซไนโตรเจนให้อยู่ในรูปของสารประกอบไนโตรเจนก่อนที่จะถูก นำไปใช้โดยสิ่งมีชีวิตทั่วไป ก๊าซไนโตรเจนไม่เป็นพิษต่อสัตว์น้ำโดยตรง แต่เมื่อพบก๊าซไนโตรเจนในน้ำมากเกินไปจะส่งผลเสียต่อสัตว์น้ำ คือ เกิดฟองก๊าซในเลือดของสัตว์น้ำและเกิดอันตรายต่อสัตว์น้ำได้เช่นเดียวกับในกรณีของออกซิเจนละลายน้ำ

5) สารพิษต่าง ๆ ที่พบในบ่อเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำ

การควบคุมปริมาณสารพิษให้อยู่ในปริมาณที่เหมาะสมในบ่อเพาะเลี้ยงสัตว์มีความสำคัญอย่างมากและมีความสัมพันธ์โดยตรงกับสัตว์น้ำ โดยสารพิษที่พบได้แก่ แอมโมเนีย ไนเตรท ไนไตรท์ และโลหะหนักต่าง ๆ ซึ่งรายละเอียดสารพิษแต่ละชนิดมีดังต่อไปนี้

ก. แอมโมเนีย เกิดจากการขับถ่ายของเสียของสัตว์น้ำเป็นส่วนใหญ่ เนื่องจากร้อยละ 80 ของสารประกอบไนโตรเจนที่สัตว์น้ำขับถ่ายเป็นแอมโมเนีย หรือแอมโมเนียอาจเกิดจากปุ๋ยและอาหารสำเร็จรูปสำหรับสัตว์น้ำ แอมโมเนียในน้ำสามารถอยู่ได้ทั้งในรูปแอมโมเนียอิสระ (NH_3) และแอมโมเนียไอออน (NH_4^+) โดยขึ้นอยู่กับค่าพีเอชในน้ำ โดยมีสมดุลเคมีดังนี้

$$NH_3 + H^+ \longrightarrow NH_4^+$$

ในน้ำที่มีค่าพีเอชที่เป็นกลางหรือมีค่าต่ำจะพบแอมโมเนียในรูปแอมโมเนียมไอออน (NH_4^+) และเมื่อน้ำมีค่าพีเอชสูงขึ้นจะพบแอมโมเนียมอิสระ แอมโมเนียมอิสระหรือก๊าซแอมโมเนียนั้นสามารถถ่ายเทไปสู่อากาศได้ แต่น้ำในบ่อเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำมักมีค่าพีเอชเป็นกลางจึงพบแอมโมเนียในภาพแอมโมเนียไอออนมากกว่าแอมโมเนียอิสระ ทำให้ไม่สามารถถ่ายเทแอมโมเนียได้มาก

การเพาะเลี้ยงสัตว์ที่มีการให้อาหารสำเร็จรูป อาหารที่มีโปรตีนเป็นส่วนประกอบ โปรตีนจะถูกย่อยสลายกลายเป็นแอมโมเนีย ซึ่งอัตราการเกิดแอมโมเนียจะขึ้นอยู่กับอัตราการให้อาหาร อย่างไรก็ดีความเข้มข้นของแอมโมเนียในบ่อเลี้ยงสัตว์น้ำ อาจควบคุมได้โดยการนำแอมโมเนียเข้าสู่เซลล์ของจุลสาหร่ายหรือการเปลี่ยนไปเป็นสารประกอบไนโตรเจนรูปแบบอื่น ๆ

โดยจุลินทรีย์ ทำให้ความเข้มข้นของแอมโมเนียไม่สูงจนเกินไป ปัจจัยที่มีผลต่อปริมาณแอมโมเนียในน้ำ ได้แก่ ค่าพีเอชและอุณหภูมิของน้ำ ค่าพีเอชมีอิทธิพลต่อแอมโมเนียมากกว่าอุณหภูมิ โดยจะมีความเข้มข้นเพิ่มขึ้นและลดลงตามค่าพีเอชและอุณหภูมิของน้ำ

ความเป็นพิษของแอมโมเนีย แอมโมเนียอิสระเป็นพิษอย่างมากต่อสัตว์น้ำ แต่แอมโมเนียมไอออนไม่มีความเป็นพิษโดยตรงต่อสัตว์น้ำ พิษของแอมโมเนียทางอ้อมคือ สัตว์น้ำไม่สามารถขับถ่ายแอมโมเนียออกจากกระแสเลือดได้ในกรณีที่ในน้ำมีแอมโมเนียอิสระสูงเกินไป เนื่องจากแอมโมเนียจะแพร่ผ่านเยื่อบุผิวเหงือกของสัตว์น้ำออกมา และอาศัยความเข้มข้นที่แตกต่างของแอมโมเนียในเลือดกับแอมโมเนียในสิ่งแวดล้อม โดยเมื่อความเข้มข้นของแอมโมเนียในสิ่งแวดล้อมสูง การแพร่ของแอมโมเนียจากกระแสเลือดไปสู่สิ่งแวดล้อมจะลดลง แต่เมื่อความเข้มข้นของแอมโมเนียในสิ่งแวดล้อมสูงขึ้นจนมากกว่าความเข้มข้นภายในกระแสเลือดของสัตว์น้ำ จะเกิดการเปลี่ยนแปลงทิศทางในการแพร่จากสิ่งแวดล้อมภายนอกเข้าสู่กระแสเลือดของสัตว์น้ำ จึงเกิดการสะสมของแอมโมเนียในเลือด เนื้อเยื่อ และส่งผลกระทบต่อสุขภาพของสัตว์น้ำ ดังนั้น การควบคุมความเป็นพิษของแอมโมเนียจึงสามารถทำได้โดยควบคุมความเข้มข้นของแอมโมเนียในสิ่งแวดล้อมหรือในน้ำเป็นหลัก

ข. ไนไตรท์ เป็นสารมัธยันต์ที่เกิดขึ้นจากกระบวนการเปลี่ยนรูปแอมโมเนียไปเป็นไนเตรทโดยแบคทีเรีย หรือเรียกกระบวนการนี้ว่าไนตริฟิเคชัน โดยทั่วไปแล้วจะไม่พบไนไตรท์สะสมในสิ่งแวดล้อมมากเพราะจะถูกเปลี่ยนให้เป็นไนเตรททันที แต่ในบางกรณีที่อัตราการย่อยสลายแอมโมเนียเกิดขึ้นรวดเร็วกว่าอัตราการเปลี่ยนรูปไนไตรท์ไปเป็นไนเตรทจึงเกิดการสะสมของไนไตรท์ขึ้นได้ ความเข้มข้นของไนไตรท์ที่พบในบ่อเลี้ยงสัตว์น้ำ โดยใหญ่จะมีค่าต่ำมากคือน้อยกว่า 0.1 มิลลิกรัมต่อลิตร เนื่องจากจุลสาหร่ายและพืชชนิดอื่น ๆ ที่อยู่ในบ่อเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำนำแอมโมเนียเข้าสู่เซลล์เพื่อไปใช้ในการสังเคราะห์เซลล์และเจริญเติบโต ทำให้การเกิดไนไตรท์ลดลงตาม แต่ในกรณีที่มีการเลี้ยงสัตว์น้ำอย่างหนาแน่นอาจมีความเข้มข้นสูงกว่านี้มาก

ความเป็นพิษของไนไตรท์ ไนไตรท์เป็นพิษต่อสัตว์น้ำอย่างมากเนื่องจากไนไตรท์สามารถเข้าสู่กระแสเลือดของสัตว์น้ำ ในกรณีของปลาไนไตรท์จะเข้ามาทางเหงือกในรูปของกรดไนตรัส (HNO_2) เมื่อน้ำมีค่าพีเอชต่ำมาก เนื่องจากกรดไนตรัสจะแพร่ผ่านเนื้อเยื่อบริเวณเหงือกได้อย่างอิสระ จากการที่กรดไนตรัสไม่มีประจุและสามารถละลายในไขมันได้ดี ในบ่อเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำที่มีค่าพีเอชในน้ำเป็นกลาง ไนไตรท์นั้นสามารถเข้าสู่กระแสเลือดของปลาได้โดยผ่านเข้าสู่เหงือกได้ด้วยกลไกเดียวกับการขนส่งไอออนต่าง ๆ เนื่องจากปลาบางชนิดไม่สามารถแยกความแตกต่างของไอออนแบบนี้ได้ เมื่อไนไตรท์เข้าสู่กระแสเลือดแล้วจะเกิดการออกซิไดซ์กับเหล็กในฮีโมโกลบินเกิดเป็นเมทฮีโมโกลบิน (Methemoglobin) ซึ่งไม่สามารถจับตัวกับออกซิเจนได้ทำให้ปลาขาดออกซิเจน

ส่วนในกรณีของสัตว์จำพวกกุ้งนั้นใช้โมเลกุลโปรตีนในการขนส่งออกซิเจนแตกต่างกับของปลา คือ ใช้ฮีโมไซยานิน ปฏิกิริยาที่เกิดขึ้นระหว่างฮีโมไซยานินกับไนไตรท์ยังไม่เป็นที่แน่ชัด

ค. ไนเตรท คือผลิตภัณฑ์ที่เกิดขึ้นจากกระบวนการไนตริฟิเคชัน การเปลี่ยนรูปแอมโมเนียโดยแบคทีเรีย และไนเตรทเป็นสารประกอบไนโตรเจนที่มีความเป็นพิษน้อยที่สุด ความเข้มข้นของไนเตรทที่พบในบ่อเพาะเลี้ยงจะมีค่าค่อนข้างต่ำ ความเข้มข้นของไนเตรทที่พบในบ่อเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำที่มีการเจริญเติบโตของจุลสาหร่ายมากมีค่าน้อยกว่า 1 มิลลิกรัม-ไนโตรเจนต่อลิตร แต่ถ้ามีการสะสมของไนเตรทเป็นความเข้มข้นที่สูงสามารถส่งผลต่อสัตว์น้ำได้ โดยทำให้สัตว์น้ำเกิดความเครียด จึงต้องมีการถ่ายน้ำ ในบ่อเพาะเลี้ยงน้ำในกรณีพบความเข้มข้นไนเตรทสูง

2.2.3 อนุภาคของแข็งแขวนลอยในบ่อเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำ (ปกฉัตร, 2552)

ของแข็งแขวนลอยที่พบในบ่อเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำนั้นเกิดจากการอาหารสำเร็จรูปที่ใช้เลี้ยงสัตว์น้ำโดยการให้อาหารมากเกินไปจะทำให้เกิดการตกค้างและเกิดการรวมตัวกับสารต่าง ๆ ที่อยู่ในน้ำได้แก่ ของเสียที่สัตว์น้ำขับถ่ายออกมา เซลล์จุลสาหร่าย รวมถึงเซลล์ของแบคทีเรีย กลายเป็นอนุภาคของแข็งแขวนลอยซึ่งสามารถส่งผลต่อคุณภาพน้ำในบ่อและมีผลเสียต่อสิ่งแวดล้อม ดังนั้นการควบคุมและจัดการอนุภาคของแข็งในบ่อเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำถือเป็นสิ่งสำคัญ ซึ่งมีรายละเอียดดังต่อไปนี้

1) ปริมาณและสารอาหารที่พบในอนุภาคของแข็งแขวนลอย

องค์ประกอบหลักที่พบในอนุภาคของแข็งแขวนลอยที่เกิดขึ้นในบ่อเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำนั้น มาจากอาหารของสัตว์น้ำ ที่ใส่ลงไปในระบบ โดยส่วนหนึ่งของอาหารจะถูกสัตว์น้ำบริโภคและขับถ่ายออกมาประมาณร้อยละ 80 ถึง 90 ของปริมาณอาหารที่บริโภคไปทั้งหมด โดยจะขับถ่ายออกมาในรูปของแข็ง ของเหลว และก๊าซ ในขณะที่อาหารส่วนที่เหลือจะกลายเป็นของเสีย ซึ่งจะกลายเป็นอนุภาคของแข็งแขวนลอย และมีปริมาณประมาณร้อยละ 25 ของปริมาณอาหารที่ใส่ลงไปในระบบ (เมื่อคิดจากน้ำหนักแห้ง) ซึ่งได้มีการกำหนดความเข้มข้นของอนุภาคของแข็งแขวนลอยทั้งหมดในระบบเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำไม่ควรมีค่าสูงกว่า 80 มิลลิกรัมต่อลิตร (Timmons et al., 2002) แต่ในกรณีของปริมาณการกักเก็บสารอาหารของสัตว์น้ำแต่ละชนิดจะมีความแตกต่างกันและยังขึ้นอยู่กับสภาวะของการเพาะเลี้ยงในแต่ละแห่ง เช่น ค่าไนโตรเจน และฟอสฟอรัสจะมีปริมาณการกักเก็บไม่เท่ากันถ้ามีการเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำต่างชนิดกัน เป็นต้น โดยจะพบไนโตรเจนในรูปอนุภาคของแข็งอยู่ในช่วงระหว่างร้อยละ 5.4 ถึง 35 ของปริมาณไนโตรเจนที่มีอยู่ในอาหาร และฟอสฟอรัสในรูปอนุภาคของแข็งอยู่ในช่วงระหว่างร้อยละ 15 ถึง 70 ปริมาณฟอสฟอรัสที่มีอยู่ในอาหารของสัตว์น้ำ (Piedrahita, 2003)

2) คุณสมบัติของอนุภาคของแข็งแขวนลอย

อนุภาคของแข็งแขวนลอยมีลักษณะทางกายภาพมากมายแต่เมื่อคำนึงถึงการควบคุมเป็นหลักมี 2 ประการที่สำคัญ คือ ความถ่วงจำเพาะ (Partical Specific Gravity) และการกระจายขนาดของอนุภาคของแข็ง (Partical Size Distribution) ซึ่งความถ่วงจำเพาะจะถูกกำหนด โดยแหล่งกำเนิดของอนุภาคอย่างเดียว ในขณะที่การกระจายของขนาดอนุภาคจะถูกควบคุมจากหลาย ๆ ปัจจัยไม่ว่าจะเป็นจากแหล่งกำเนิด ขนาดของสัตว์น้ำ อุณหภูมิของน้ำ และความปั่นป่วนของระบบ นอกจากนี้จากการศึกษาของ Timmons et al. (2002) พบว่าประมาณร้อยละ 97 ของอาหารที่เหลืออยู่จะถูกย่อยสลายกลายเป็นอนุภาคที่มีขนาดใหญ่กว่า 60 ไมโครเมตร และอีกประมาณร้อยละ 73 ของอาหารที่เหลืออยู่มีขนาดอนุภาคที่ใหญ่กว่า 0.5 มิลลิเมตร อย่างไรก็ตามอนุภาคของแข็งที่เกิดจากอาหารกับอนุภาคของแข็งที่เกิดจากของเสียของสัตว์น้ำจะมีขนาดและความถ่วงจำเพาะที่แตกต่างกัน ซึ่งในระบบเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำแบบที่มีการหมุนเวียนน้ำจะพบอนุภาคที่มีขนาดเล็กกว่า 30 ไมโครเมตรเป็นส่วนใหญ่

3) การจัดการอนุภาคของแข็งแขวนลอยในระบบเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำ

วิธีที่เหมาะสมในการจัดการอนุภาคของแข็งแขวนลอย คือการแยกของแข็งแขวนลอยออกจากชั้นน้ำ โดยกระบวนการแยกที่สามารถนำมาประยุกต์ใช้กับระบบเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำ มีด้วยกัน 3 วิธีได้แก่ การแยกด้วยแรงโน้มถ่วง กระบวนการลอยตัว และการกรอง (Timmons et al., 2002) ซึ่งในแต่ละกระบวนการมีรายละเอียดดังต่อไปนี้

ก. การแยกด้วยแรงโน้มถ่วง (Gravity Separation) การแยกด้วยวิธีนี้เป็นการแยกโดยใช้หลักของการตกตะกอนและความเร็วในการตกตะกอน (Setting Velocity) เป็นตัวแยกของแข็งแขวนลอยออกจากระบบ โดยระยะเวลาที่ใช้การตกตะกอนจะขึ้น อยู่กับขนาดของอนุภาค ความลึกของถังตกตะกอน ความเร็วในการตกตะกอน และปัจจัยอื่น ๆ จะมีการใช้แผ่นกรอง (Screen) ตัวกรองแบบเม็ด (Granular Media) หรือตัวกรองที่มีรูพรุน (Porous Media) ร่วมด้วยเพื่อเพิ่มประสิทธิภาพในการตกตะกอนอนุภาคขนาดเล็ก

ข. การแยกด้วยกระบวนการลอยตัว (Floatation) การแยกด้วยวิธีนี้เป็นการทำให้อนุภาคของแข็งแขวนลอยถูกดูดติดไปกับฟองอากาศที่ถูกปล่อยเข้ามาในระบบ จากนั้นของแข็งแขวนลอยที่ติดไปกับฟองอากาศจะลอยอยู่บนผิวน้ำ และถูกพาแยกออกไปจากน้ำในบ่อเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำ

ค. การแยกด้วยระบบการกรอง (Filtration) วิธีนี้จะใช้หลักการในการแยกอนุภาคของแข็งแขวนลอยด้วยการกรองผ่านวัสดุกรองได้แก่ แผ่นกรอง ตัวกรองแบบเม็ด หรือตัวกรองที่มีรูพรุน ซึ่งกระบวนการกรองอาจมีมากกว่า 1 ขั้นตอนเพื่อให้สามารถแยกอนุภาคของแข็งแขวนลอยได้อย่างมีประสิทธิภาพ

2.2.4 การกรองน้ำ

การกรองน้ำ แบ่งได้เป็น 2 ลักษณะคือ การกรองแบบติดผิวชั้นกรอง (Surface Filtration) และการกรองแบบติดค้างในชั้นกรอง (In-Depth Filtration)

การกรองแบบติดผิวชั้นกรอง เป็นแบบที่ตะกอนแขวนลอยหรือความขุ่น ถูกดักจับและติดค้างอยู่บนผิวของสารกรอง ซึ่งอาจเป็นผ้าแผ่นใยสังเคราะห์ แท่งกรอง เครื่องกรองที่อาศัยหลักการกรองแบบติดผิว เช่น ถังกรองทรายแบบช้าในส่วนที่เกิดขึ้นเป็นชั้นฟิลม์ชีวภาพ (Biofilm)

การกรองแบบติดค้างในชั้นกรอง เป็นการกรองน้ำแบบทั่วไปที่ใช้กันในโรงงานผลิตน้ำประปา สารกรองที่นิยมใช้มากที่สุดคือ ทราย เนื่องจากขนาดของสารกรองในการกรองแบบนี้มักมีขนาดใหญ่กว่าการกรองน้ำแบบติดผิวตะกอนความขุ่นจึงมีโอกาสเข้าไปภายในชั้นกรองได้

1) ทฤษฎีของการกรอง

การกรองน้ำเป็นการเคลื่อนย้ายสารแขวนลอยในน้ำให้มาติดอยู่บนสารกรอง หรือเคลื่อนย้ายมายังช่องว่างระหว่างสารกรองทำให้สามารถแยกสารแขวนลอยออกจากชั้นน้ำได้ กลไกที่เกิดขึ้นในการกรองน้ำมีด้วยกัน 2 กลไกหลักคือ การเคลื่อนย้าย (Transport) และการทำให้สารแขวนลอยเกาะจับอยู่กับสารกรอง หรือเกาะติดอยู่กับสิ่งที่ติดอยู่บนสารกรองก่อนแล้ว (Attachment)

การเคลื่อนย้าย (Transport) คือ สารแขวนลอยในน้ำให้เข้าไปหาสารกรอง โดยที่สารกรองจะอยู่กับที่เกิดขึ้นได้ 2 วิธี คือ การเคลื่อนที่ตามธรรมชาติของสารที่มีขนาดเล็กกว่า 1 ไมครอนและเป็นการเคลื่อนที่ระดับโมเลกุลที่จะเกิดการแพร่กระจายแบบบราวเนียน (Brownian Diffusion) จะเคลื่อนที่แบบไม่มีทิศทาง และการเคลื่อนที่ตามกระแสน้ำ ที่ไหลไปเป็นเส้นทางเกิดกับสารที่มีขนาดใหญ่กว่า 1 ไมครอน จะเคลื่อนที่เบียดหรือตกตะกอนในทิศทางที่เคลื่อนที่เข้าหาสารกรอง (Interception) ในกลไกนี้ขนาดและการกระจายขนาด (Size Distribution) มีความสำคัญต่อกลไกการเคลื่อนย้าย กล่าวคือ การแพร่กระจายแบบบราวเนียนมีประสิทธิภาพแปรผกผันกับขนาด และกลไกแบบตกตะกอนและติดค้าง (Interception) มีประสิทธิภาพแปรผันตรงกับขนาดและน้ำหนัก

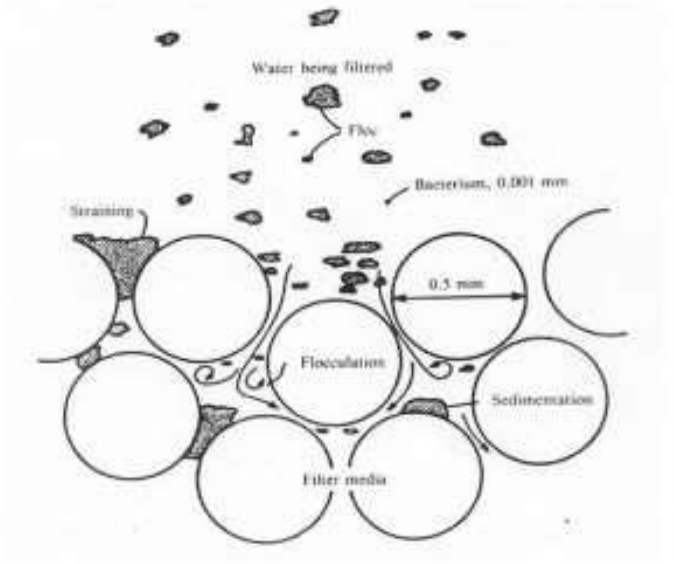
การทำให้สารแขวนลอยเกาะจับอยู่กับสารกรอง หรือเกาะติดอยู่กับสิ่งที่ติดอยู่บนสารกรองก่อนแล้ว (Attachment) เป็นกลไกที่สามารถทำให้ระบบการกรองสามารถกรองอนุภาคที่มีขนาดเล็กกว่าขนาดสารกรองและช่องระหว่างสารกรองได้ ซึ่งไม่ได้เกิดจากกลไกทางกายภาพขนาดของสารแขวนลอยมีผลต่อกลไกในการกรอง ทำให้การกรองสารแขวนลอยขนาดเล็กและขนาดใหญ่ออกจากน้ำ มีกลไก 2 ชุด ที่แตกต่างกัน สารแขวนลอยขนาดใหญ่ หรือก้อนตะกอน (Floc) ที่มีโครงสร้างแข็งแรง กลไกที่เกิดขึ้นจะเกิดบนสารกรอง โดยเกิดการตกตะกอน เกาะติด หรือติดค้างในช่องว่างระหว่าง สารกรองส่วนกลไกที่เกิดขึ้นกับสารแขวนลอยขนาดเล็ก (คอยลอยด์)

จะต้องอาศัยแรงที่เกิดจากการแพร่กระจาย (Diffusion) และมีกลไกดูดติดผิว โดยมีการทำลายประจุลบให้เป็นกลางและ/หรือเปลี่ยนประจุลบให้เป็นประจุบวก

2) กลไกของการกรอง (Tchobanoglous และ Burton, 1991)

กลไกของการกรอง คือ วิธีการทำให้สารแขวนลอยหรือตะกอนต่าง ๆ เคลื่อนที่จากในน้ำผ่านเข้าไปหาสารกรองและวิธีการจับสารแขวนลอยในน้ำให้เกาะติดอยู่บนสารกรอง ซึ่งสามารถแบ่งกลไกของการกรองมีได้เป็น 3 กลไกด้วย โดยมีรายละเอียดของแต่ละกลไกดังนี้

ก. กลไกทางกายภาพ เป็นกลไกที่อาศัยขนาดของอนุภาคตะกอนและกระแสน้ำเพื่อเกิดกลไก ดังภาพที่ 1 สามารถแบ่งเป็น 4 แบบดังนี้



ภาพที่ 1 การเคลื่อนที่ของตะกอน (Raju, 1995)

1. การติดค้างอยู่บนสารกรอง (Straining) คือ ขนาดของตะกอนที่ใหญ่กว่าช่องว่างระหว่าง สารกรองเกิดการติดค้างอยู่ในช่องว่างระหว่างสารกรอง

2. การตกตะกอน (Sedimentation) คือตะกอนตกลงบนสารกรองภายในชั้นกรองและติดค้างอยู่ภายในชั้นกรอง

3. การเบียดเข้าหาสารกรอง (Interception) คือตะกอนได้เคลื่อนที่ไปในทิศทางแนวเดียวกับกระแสน้ำแต่เนื่องจากตะกอนไม่สามารถเลี้ยวเบนตามกระแสน้ำที่เบนออกจากผิวของสารกรอง ดังนั้น ตะกอนเหล่านี้จะคลื่อนที่ไปพบกับผิวของสารกรอง

4. การชน (Inertial Impaction) คือ ตะกอนที่มีน้ำหนักมากเกินไปจนไม่สามารถเคลื่อนที่ไปในทิศทางแนวเดียวกับกระแสน้ำ ดังนั้น ตะกอนหนักเหล่านี้จะชนเข้ากับผิวบนสารกรอง

ข. กลไกทางกายภาพและเคมี กลไกทางกายภาพและเคมีเป็นกลไกของการกรองที่รวมทั้งกายภาพและเคมีเกิดการทำงานได้ดีกว่ากลไกของการกรองที่เกิดจากทางกายภาพเพียงอย่างเดียวเพราะการกรองนี้เกิดขึ้นได้เกือบทั่วทั้งชั้นกรองขณะที่กลไกทางกายภาพเกิดขึ้นที่ผิวของชั้นกรอง และส่วนบนใกล้กับผิวชั้นกรองทำให้ประสิทธิภาพในการใช้สารกรองน้อยกว่ากลไกแบบนี้และสามารถแบ่งได้เป็น 4 แบบ ดังนี้

1. การดูดติดผิวทางเคมี (Chemical Adsorption) คือ การดูดติดผิวที่อาศัยแรงทางเคมีในการ ยึดเหนี่ยวโดยจะเกิดปฏิกิริยาเคมีขึ้นเนื่องจากเป็นปฏิกิริยาทางเคมีอุณหภูมิจึงมีผลต่อประสิทธิภาพของกลไกนี้โดยที่เมื่ออุณหภูมิสูง การดูดติดผิวระหว่างตะกอนกับสารกรองจะมีประสิทธิภาพสูงขึ้น เนื่องจากปฏิกิริยาทางเคมีจะเกิดเร็วขึ้น

2. การดูดติดผิวทางกายภาพ (Physical Adsorption) คือ การดูดติดผิวที่อาศัยแรงทางกายภาพต่าง ๆ ยึดเหนี่ยวระหว่างตะกอนกับสารกรองไว้ไม่ให้หลุดออกจากกัน อุณหภูมิจึงมีผลต่อประสิทธิภาพของกลไกนี้เช่นเดียวกับดูดติดผิวการดูดติดผิวทางเคมี แต่แบบนี้จะมีประสิทธิภาพสูงเมื่อมีอุณหภูมิต่ำซึ่งจะตรงกันข้ามกับการดูดติดผิวทางเคมี

3. แรงติดแน่น (Adhesion Forces) คือ แรงที่ติดแน่นกับผิวของสารกรองที่ตะกอนไหลผ่านมาพบปัจจัยที่มีผลต่อประสิทธิภาพคือแรงเซาะน้ำ เนื่องจากแรงเซาะน้ำสามารถพาตะกอนไปติดแน่นกับสารกรองได้ อย่างไรก็ตามแรงเซาะน้ำนั้น สามารถเซาะพวกตะกอนบางส่วนก่อนที่ตะกอนส่วนนี้จะเกาะติดแน่นบนผิวสารกรองได้ และเกิดการไหลของน้ำผ่านชั้นกรองไปซึ่งทำให้น้ำได้ไหลพาตะกอนนี้เคลื่อนผ่านชั้นกรองลงไปเรื่อยๆ และลึกขึ้นจนอาจจะหลุดออกจากชั้นกรองสุดท้ายไหลไปปนกับน้ำที่ผ่านระบบการกรอง (Effluent)

4. การสร้างและรวมตะกอน (Coagulation – Flocculation) คือ ปฏิกิริยาเคมีซึ่งทำให้ตะกอนต่างๆในน้ำที่มีขนาดเล็กไม่สามารถตกตะกอนตามแรงโน้มถ่วงได้เกิดการรวมตัวกันได้มีโอกาสเกาะตัวซึ่งกันและกันเป็นอนุภาคขนาดใหญ่ขึ้นและจะมีผลให้เกิดการดักจับตะกอนโดยสารกรองในชั้นกรองได้จากกลไกของการกรองแบบต่างๆที่กล่าวไว้ข้างต้น

ค. กลไกทางชีวเคมี กลไกทางชีวเคมีเป็นกลไกของการกรองที่เกิดจากพวกจุลชีพต่างๆ โดยส่วนใหญ่ คือแบคทีเรีย ที่สามารถเจริญเติบโตอยู่ภายในชั้นกรอง และเจริญอยู่บนผิวชั้นกรองเกิดเป็นฟิล์มชีวภาพ (Biofilm) ที่มีชื่อเรียกว่าทั่วไปว่า Schmutzdecke ซึ่งสามารถลดขนาดช่องว่างที่อยู่ภายในชั้นกรองได้และทำให้เกิดการดักตะกอนโดยสารกรองในชั้นกรองได้ดีขึ้นซึ่งจะอาศัยกลไกของการกรองแบบต่าง ๆ เช่นกัน และนอกจากนี้แบคทีเรียยังสามารถย่อยสลายหรือกำจัดตะกอนได้อีกด้วย ในกรณีที่เป็นตะกอนสารอาหารตัวอย่างเช่น ตะกอนสารอาหารที่มีไนโตรเจนเป็นองค์ประกอบ

3) ปัจจัยที่มีผลต่อการกรองน้ำ และการออกแบบถังกรอง (มั่นสิน, 2539)

ก. การเตรียมน้ำก่อนการกรอง น้ำดิบที่มีความขุ่นโดยตรงเมื่อผ่านการกรองแล้วมักไม่ได้น้ำใสเท่าที่ควร แม้จะใช้อัตรากรองต่ำมาก เนื่องจากการกรองน้ำไม่ได้เกิดจากกระบวนการทางกายภาพเพียงอย่างเดียว ทำให้ความขุ่นบางส่วนหลุดลอดผ่านชั้นกรองได้เสมอ สาเหตุนั้นมาจากสารแขวนลอยกับสารกรองมักมีประจุเหมือนกันทำให้เกิดการผลักซึ่งกันและกัน ดังนั้นโอกาสในการสัมผัสและเกาะติดกันจึงมีไม่มาก การเตรียมน้ำก่อนกรอง ได้แก่ การทำโคแอกกูเลชัน เพื่อทำลายประจุลบของสารแขวนลอยและเปลี่ยนให้เป็นประจุบวก

ข. ความแปรปรวนของอัตรากรอง การเปลี่ยนแปลงอัตรากรองอย่างกะทันหันสามารถส่งกระทบต่อคุณภาพน้ำให้ลดต่ำลงได้ ส่วนใหญ่จึงนิยมรักษาอัตรากรองให้คงที่อยู่ตลอดเวลาด้วยอุปกรณ์ชนิดต่างๆอย่างไรก็ตาม ในปัจจุบันพบว่าการกรองในอัตราที่ลดลงอย่างสม่ำเสมอและมีแบบแผน (Declining Rate Filtration) สามารถผลิตน้ำที่มีคุณภาพสูงได้ และยังอาจผลิตน้ำได้มากกว่าอีกด้วย

ค. ชนิดของสารกรอง สารกรองที่นิยมใช้กันมานานและยังใช้กันอยู่ คือ ทรายธรรมดา (Silica Sand) แต่เนื่องจากการเรียงขนาดของทรายจากเล็กไปใหญ่ ตามทิศทางการไหล ของน้ำผ่านชั้นกรอง ทำให้ไม่สามารถใช้สมรรถนะของเครื่องกรองได้เต็มที่ จึงมีการพัฒนาเครื่องกรองแบบ 2 ชั้นกรองขึ้น โดยเพิ่มถ่านแอนทราไซต์ไว้บนชั้นทราย เนื่องจากถ่านแอนทราไซต์ มีความถ่วงจำเพาะต่ำกว่าทราย แม้ว่าจะมีขนาดใหญ่กว่าทำให้เมื่อมีการล้างย้อนจะทำให้เกิดการเรียงตัวแบบขนาดใหญ่ไปเล็ก หรือแบบ 3 ชั้นกรอง ที่เพิ่มทรายกาเนต แต่สารกรอง 2 ชนิดนี้มีราคาแพงกว่าทรายธรรมดามาก การปรับปรุงเครื่องกรองที่ใช้ทราย สามารถทำได้โดย การคัดเลือกทรายให้มีขนาดใกล้เคียงกันจนมีค่าสัมประสิทธิ์ของความสม่ำเสมอ (Uniform Coefficient, U.C) ต่ำประมาณ 1.3 (โดยปกติ U.C ไม่น้อยกว่า 1.5) หรือการใช้อัตราการล้างย้อนเครื่องกรองที่ไม่สูงมากจนเกิดการขยายตัวอย่างเต็มที่ อัตราต่ำประมาณ 6-8 ลิตรต่อตารางฟุต-นาที จะทำให้เกิดการขยับและขยายตัวของชั้นทรายในระดับที่ความสกปรกหลุดออก โดยต้องใช้ลม (Air Scour) เป่าช่วยให้เกิดการขัดสีของทรายด้วย

ง. ขนาดของสารกรอง ปัจจัยที่มีผลต่อการเลือกขนาด คือ คุณภาพของน้ำที่ต้องการหลังการกรอง และการสูญเสียความดันของชั้นกรอง สรุปได้ว่า ถ้าสารกรองมีขนาดเล็กน้ำที่ผลิตได้มักมีคุณภาพดี แต่มีการสูญเสียความดันของชั้นกรองสูงทำให้ต้องล้างเครื่องบ่อย ในทางกลับกันถ้าสารกรองมีขนาดใหญ่เกิดการอุดตันช้าแต่ได้น้ำที่มีคุณภาพต่ำ อีกทั้งสารกรองขนาดใหญ่ยังต้องการอัตราการล้างย้อนที่สูงกว่าสารกรองขนาดเล็ก โดยทั่วไป ถ้าใช้ทรายเป็นสารกรองจะมีขนาดสัมฤทธิ์ (Effective Size) ประมาณ 0.4 ถึง 0.6 มิลลิเมตร และมีค่า U.C ประมาณ 1.5

จ. คุณภาพของน้ำดิบ น้ำดิบที่เข้าเครื่องกรอง มีความสำคัญในการกำหนดว่า ต้องมีการทำความสะอาดหรือเตรียมน้ำก่อนกรองหรือไม่ โดยปกติถ้าน้ำดิบมีความขุ่นไม่เกิน 20 ถึง 25 หน่วย การกรองอาจเป็นแบบกรองโดยตรง (Direct Filtration) ที่ไม่ต้องมีการลดความขุ่นก่อนเข้ากรอง แต่สำหรับน้ำที่ขุ่นมากกว่านั้น ควรมีการกำจัดความขุ่นออกก่อนด้วยกระบวนการโคแอกกูเลชันและการตกตะกอน จากนั้นจึงนำน้ำเข้าเครื่องกรองได้

ง. ความหนาของชั้นกรอง จากการศึกษาพบว่า การสูญเสียความดันของชั้นกรองส่วนใหญ่เกิดขึ้นที่ระดับความลึกประมาณ 3 นิ้วจากชั้นผิวทราย ทำให้อาจคิดได้ว่าความลึกที่ใช้ในการกรองมีเพียง 3 นิ้ว แต่ความหนาของชั้นกรองเป็นพารามิเตอร์ที่กำหนดโอกาสสัมผัสระหว่างสารแขวนลอยและสารกรอง ซึ่งมีความสำคัญต่อสมรรถนะของการกรองน้ำเป็นอย่างมาก ความหนาของชั้นกรองทั่วไปมีความลึกประมาณ 0.6 ถึง 0.75 เมตร (สารกรองเป็นทรายที่มีขนาดสัมฤทธิ์ 0.45 - 0.65 มิลลิเมตร และมีค่า U.C ประมาณ 1.4 - 1.7) (Kawamura, 1991)

2.2.5 ถังกรองแบบใช้ความดันระบบปิด (Culp and Wesner, 1986)

ถังกรองแบบใช้ความดันจากปั้มสูบน้ำ (Pressure Filtration) คือการกรองน้ำที่ใช้ปั้มสูบอัดน้ำผ่านสารกรองน้ำ ลักษณะของถังกรองแบบนจะปิดมิดชิด ข้อดีของการกรองแบบนี้คือสามารถควบคุมความดันภายในถังไดตามที่ต้องการเพื่อที่จะส่งน้ำไปตามจุดต่าง ๆ ที่ห่างไกลออกไปได โดยไมตองใช้ปั้มสูบน้ำเพิ่มเติมแบบถังกรองทรายที่ใช้แรงดันจากธรรมชาติ (Gravity Filtration) ถังกรองทรายหรือแอนทราไซต์ทาหน้าที่กรองดักอนุภาคสารแขวนลอยหลงเหลือมากับน้ำที่ออกมาจากถังตกตะกอน โดยการผ่านน้ำเข้าไปยังชั้นกรองซึ่งมีรูพรุน วัสดุกรองที่ใช้โดยทั่วไปได้แก่ ทรายหรือแอนทราซ์ ทั้งนี้อนุภาคสารแขวนลอยดังกล่าวอาจเป็นอนุภาคของแข็งแขวนลอยหรือจุลินทรียท์ที่อยู่ในน้ำดิบ การประยุกต์ใช้ระบบกรองน้ำในกระบวนการผลิตน้ำสามารถทำไดหลายรูปแบบ ขึ้นอยู่กับคุณภาพน้ำดิบและสิ่งเจือปนที่ต้องการกำจัดออกจากน้ำ ซึ่งมีอัตราการไหลดังนี้

1) ถังกรองทรายแบบอัตราการกรองช้ามีอัตราการไหล 0.13 – 0.42 เมตรต่อชั่วโมง

2) ถังกรองทรายแบบอัตราการกรองเร็วมีอัตราการไหล 5 – 10 เมตรต่อชั่วโมง

3) ถังกรองทรายแบบอัตราการกรองสูงมีอัตราการไหล 10 – 30 เมตรต่อชั่วโมง

2.3 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

2.3.1 การศึกษาระบบบำบัดน้ำเสียจากการเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำ

Greiner and Timmons (1998) ศึกษาอัตราการเกิดไนตริฟิเคชันจากการบำบัดน้ำเสียจากการเพาะเลี้ยง *Oreochromis niloticus* และ *Oreochromis aureus* ด้วยถังตกตะกอน ระบบกรองชีวภาพแบบ Microbead และระบบกรองชีวภาพแบบโปรยกรอง จากการศึกษาพบว่าระบบกรองชีวภาพแบบโปรยกรองมีอัตราการเกิดไนตริฟิเคชันมากกว่าระบบกรองชีวภาพแบบ

Microbead 7.5 เท่า แต่ระบบกรองชีวภาพแบบ Microbead สามารถกำจัดสารประกอบไนโตรเจนได้มากกว่า 3.2 เท่า

Carroll et al. (2005) ศึกษาระบบบำบัดน้ำจากการเลี้ยง *Paralichthys dentatus* โดยใช้ระบบกรองแบบโปรยกรอง โดยใช้ Polystyrene แบบ Microbead เป็นวัสดุกรอง ใช้ระยะเวลาในการรักษาทั้งหมด 400 วัน จากการศึกษาพบว่าระบบบำบัดน้ำแบบโปรยกรองโดยใช้ polystyrene แบบ microbead สามารถควบคุมคุณภาพน้ำ ให้อยู่ในสภาวะเหมาะสมโดยมีปริมาณแอมโมเนียไนโตรเจนทั้งหมด 0.32 มิลลิกรัมต่อลิตร ไนไตรท์ 0.22 มิลลิกรัมต่อลิตร และไนเตรท 13.8 มิลลิกรัมต่อลิตร

Sesuk et al. (2009) ศึกษาการใช้ระบบกรองชีวภาพแบบใต้น้ำ (Submerged Biofilter) ด้วยใช้วัสดุกรอง Polypropylene (Biocord^{TM}) ในการระบบบำบัดน้ำจากบ่อเพาะเลี้ยงปลานิล จากการศึกษาพบว่า น้ำที่ผ่านการกรองด้วยระบบชีวภาพแบบใต้น้ำด้วยวัสดุกรอง Polypropylene สามารถกำจัดปริมาณแอมโมเนีย ไนไตรท์ และไนเตรท ได้ต่ำกว่า 1 มิลลิกรัม-ไนโตรเจนต่อลิตร

Suhr and Pedersen (2010) ศึกษาระบบบำบัดน้ำจากการเพาะเลี้ยง Rainbow และ Trout โดยใช้ระบบบำบัดแบบคอลัมน์กรองแบบตัวกรองเคลื่อนที่ได้ และคอลัมม์ตัวกรองแบบโปรยกรอง โดยใช้วัสดุกรองคือ Polyethylene ทรงกระบอก และ Polypropylene (Biomedia) จากการตรวจวัดพบแอมโมเนียเริ่มต้น 2.89 มิลลิกรัมต่อลิตร เมื่อทำการบำบัดน้ำจากการเพาะเลี้ยง Rainbow และ Trout ด้วยระบบตัวกรองเคลื่อนที่ได้และตัวกรองแบบโปรยกรองแล้วพบว่าตัวกรองเคลื่อนที่ได้และตัวกรองแบบโปรยกรองสามารถกำจัดแอมโมเนียไนโตรเจนทั้งหมดเฉลี่ย 231 กรัมต่อลูกบาศก์เมตรต่อวัน และ 92 กรัมต่อลูกบาศก์เมตรต่อวันตามลำดับ

ปกฉัตร (2552) ศึกษาประสิทธิภาพของระบบกรองแบบแบ่งส่วนในการแยกจุลสาหร่ายและอนุภาคสารแขวนลอยเพื่อควบคุมคุณภาพน้ำในระบบเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำ โดยใช้จุลสาหร่ายที่เกิดขึ้นเองตามธรรมชาติเป็นตัวบำบัดสารประกอบไนโตรเจนร่วมกับการแยกจุลสาหร่ายส่วนเกินและอนุภาคสารแขวนลอยอื่นๆโดยใช้วิธีการกรองแบบแบ่งส่วน ซึ่งวัสดุที่ใช้เป็นตัวกรองคือไส้กรองเส้นใย งานวิจัยนี้ทำการบำบัดน้ำจากการเพาะเลี้ยงกุ้งขาวและกุ้งกุลาดำ จากการศึกษาพบว่าระบบนี้สามารถควบคุมแอมโมเนีย และไนไตรท์ให้อยู่ในช่วง 0.5 – 0.6 มิลลิกรัมต่อลิตร และควบคุมไนเตรทให้อยู่ในช่วง 16 -18 มิลลิกรัมต่อลิตร สำหรับของแข็งแขวนลอยสามารถแยกออกได้ร้อยละ 61.6 – 76.6 จากปริมาณสารแขวนลอยเริ่มต้น

ธนากร (2555) ศึกษาระบบการบำบัดน้ำที่เหมาะสมสำหรับการเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำ โดยใช้ระบบ 2 ขั้นตอน คือ ถังกรองแบบกรองเร็ว และแบบกรองช้าในการบำบัดน้ำเสียจากบ่อเพาะเลี้ยงปลานิล จากการศึกษาพบว่าถังกรองแบบชั้นกรอง 2 ชั้น ที่มีถ่านแอนทราไซด์ขนาดสัมฤทธิ์

2 มิลลิเมตรและทรายกรองน้ำขนาดสัมฤทธิ์ 0.5 มิลลิเมตร (ชั้นถ่านแอนทราไซด์หนา 0.15 เมตรและทรายกรองน้ำ 0.55 เมตร) มีประสิทธิภาพกำจัดของแข็งแขวนลอยสูงถึงร้อยละ 93 มีระยะเวลาในการเดินระบบเท่ากับ 130 นาที ปริมาตรน้ำที่กรองได้และอัตราเร็วในการกรองเท่ากับ 445 ลิตร และ 13.2 เมตรต่อชั่วโมง แต่ถังกรองแบบกรองเร็วนั้นไม่สามารถกำจัดไนเตรทออกจากน้ำเสียได้ ทำให้มีการใช้ถังกรองแบบกรองช้าเพื่อใช้ในการบำบัดไนเตรท โดยมีการเติมเอทานอลลงในน้ำเสียก่อนเข้าสู่ถังกรองทรายแบบช้าเพื่อใช้เป็นแหล่งคาร์บอนสำหรับการเจริญเติบโตของจุลชีพในกระบวนการดีไนตริฟิเคชัน จากการศึกษาในส่วนถังกรองแบบกรองช้าพบว่ามีอัตราส่วนระหว่างคาร์บอนต่อไนโตรเจนและอัตราเร็วในการกรองที่เหมาะสมเท่ากับ 2.1: 1 และ 0.2 เมตรต่อชั่วโมง ตามลำดับ

2.3.2 การศึกษาระบบกรองทรายแบบช้า

Ellis (1987) ศึกษาระบบกรองทรายแบบช้าในการบำบัดน้ำเสีย จากระบบบำบัดน้ำเสียของโรงงาน Severn Trent Water ประเทศอังกฤษ โดยใช้น้ำเสียจากกระบวนการบำบัดขั้นที่ 2 ศึกษาอัตราการกรองที่เหมาะสม ขนาดของทรายกรองที่เหมาะสม และประสิทธิภาพในทำงานของถังกรอง โดยการทดลองทั้งหมดใช้ถังกรองทรงกระบอกความสูง 2.65 เมตร เส้นผ่านศูนย์กลาง 14 เซนติเมตร และมีชั้นทรายหนา 0.95 เมตร กำหนดอัตรากรองที่ 3.5 หรือ 7.0 เมตรต่อวัน ทรายกรองมีขนาดสัมฤทธิ์ 0.3 มิลลิเมตร หรือ 0.6 มิลลิเมตร ดำเนินการทดลองเฉลี่ย 20 วันสำหรับอัตรากรอง 3.5 เมตรต่อวัน และดำเนินการทดลองเฉลี่ย 14 วันสำหรับอัตราการกรอง 7.0 เมตรต่อวัน ทำการทดลองโดยเปลี่ยนอัตราการกรองและขนาดทรายกรองตามที่กำหนดไว้ และทำการวิเคราะห์ค่าบีโอดี ของแข็งแขวนลอย ซีโอดี โคลิฟอร์มแบคทีเรีย และไนเตรท โดยจากศึกษาพบว่าถังกรองทรายแบบช้าสามารถกำจัดของแข็งแขวนลอยได้ร้อยละ 90 และกำจัดโคลิฟอร์มแบคทีเรียได้มากกว่าร้อยละ 95 แต่ยังคงเหลือบีโอดีประมาณร้อยละ 65 เนื่องจากการกรองทรายแบบช้าที่มีอัตราการกรอง 3.5 เมตรต่อวัน สามารถกำจัดบีโอดีได้ประมาณร้อยละ 70 แต่เมื่อเปลี่ยนอัตราการกรองการกำจัดบีโอดี ลดลงอย่างมาก ซึ่งอาจเกิดจากการเกิดชั้นฟิล์มชีวภาพจากงานวิจัยนี้พบว่าการใช้ทรายกรองขนาดสัมฤทธิ์ 0.3 มิลลิเมตร ให้ประสิทธิภาพในการบำบัดน้ำไม่แตกต่างกันมากเมื่อเทียบกับทรายกรองขนาดสัมฤทธิ์ 0.6 มิลลิเมตร อีกทั้งทรายกรองขนาดสัมฤทธิ์ 0.3 มิลลิเมตร ต้องทำความสะอาดชั้นผิวหน้าทรายออกบ่อยมาก (เฉลี่ย 7.1 วัน) ในขณะที่ทรายกรองขนาดสัมฤทธิ์ 0.6 มิลลิเมตร ทำความสะอาดเฉลี่ยทุกๆ 19.7 วันเท่านั้น จึงไม่เหมาะสำหรับนำไปใช้ในการบำบัดจริง อัตราการกรอง 3.5 เมตรต่อวัน เป็นอัตราการกรองที่เหมาะสมกับทรายกรองทั้ง 2 ขนาด

Aslan and Cakici (2007) ศึกษาการกำจัดไนเตรทออกจากน้ำดื่มด้วยระบบกรองทรายแบบช้า เพื่อหาอัตราการกรองที่เหมาะสม ความลึกของชั้นกรองที่เหมาะสม และปริมาณสูงสุดของไนเตรทที่กำจัดได้ในแต่ละวัน โดยใช้ถังกรองทรงกระบอกความสูง 1 เมตร เส้นผ่านศูนย์กลาง 10 เซนติเมตร ทรายกรองมีขนาดสัมฤทธิ์ 0.5 มิลลิเมตร อัตราการกรองที่ใช้คือ 0.015 –

0.06 เมตรต่อชั่วโมง ใช้กรดอะซิติกเป็นแหล่งคาร์บอน และความเข้มข้นเริ่มต้นของไนเตรท 22.6 มิลลิกรัม-ไนโตรเจนต่อลิตร เก็บตัวอย่างน้ำจากชั้นกรองมาวิเคราะห์ที่ความลึก 10 15 20 40 60 และ 80 เซนติเมตร จากการศึกษาพบว่าการเกิดดีไนตริฟิเคชันไม่ได้เกิดขึ้นเฉพาะที่ชั้นบนของสารกรองแต่จะเกิดขึ้นทั่วทั้งชั้นกรอง ทำให้ความเข้มข้นของไนเตรท และไนไตรท์ลดลงตามความลึกของชั้นกรอง โดยที่ความลึก 0 -10 เซนติเมตรลดลงอย่างรวดเร็ว เป็นไปได้ว่ากลไกในการกำจัดไนเตรทและไนไตรท์เกิดขึ้นโดยจุลินทรีย์ จากการวิเคราะห์ตัวอย่างน้ำพบว่า ที่อัตราการกรอง 0.03 เมตรต่อชั่วโมงและความลึก 60 เซนติเมตร ความเข้มข้นของไนไตรท์ไม่เกินความเข้มข้นมาตรฐาน (ไนเตรท 10 มิลลิกรัม-ไนโตรเจนต่อลิตรและไนไตรท์ 1.0 มิลลิกรัม-ไนโตรเจนต่อลิตร) และเมื่อเพิ่มอัตรากรองตั้งแต่ 0.015 ถึง 0.05 เมตรต่อชั่วโมงความเข้มข้นไม่เกินค่ามาตรฐาน แต่ที่อัตราการกรอง 0.06 เมตรต่อชั่วโมง ที่ความลึก 80 เซนติเมตร ความเข้มข้น ไนไตรท์สูงเกินค่ามาตรฐานเล็กน้อย และในทุกๆ อัตราการกรองความเข้มข้นของไนเตรทและไนไตรท์ในตัวอย่างน้ำหลังผ่านการกรองไม่เกินค่ามาตรฐานที่กำหนดไว้ จากงานวิจัยพบว่าการกำจัดไนเตรทในถังกรองทรายสามารถกำจัดไนเตรทได้มากกว่า 27 กรัม-ไนโตรเจนต่อตารางเมตรต่อวัน อัตราการกรองที่เหมาะสมไม่ควรเกิน 0.05 เมตรต่อชั่วโมง และความลึกของชั้นกรองที่เหมาะสมอยู่ 80 เซนติเมตร

Aslan (2008) ได้ทำศึกษาต่อจาก Aslan and Cakici (2007) โดยทำการศึกษาการเปลี่ยนแปลงความเข้มข้นของไนเตรทและการเปลี่ยนแปลงอัตราการกรองตามความเข้มข้นของไนเตรทคือ 0.02 ถึง 0.12 เมตรต่อชั่วโมง และ 0.01 ถึง 0.25 เมตรต่อชั่วโมง ที่ความเข้มข้นเริ่มต้นของไนเตรท 22.6 มิลลิกรัม-ไนโตรเจนต่อลิตร และ 45.2 มิลลิกรัม-ไนโตรเจนต่อลิตร ตามลำดับ แหล่งคาร์บอนที่ใช้คือ เอทานอล จากการศึกษาพบว่า ความเข้มข้นเริ่มต้นของไนเตรท 22.6 มิลลิกรัม-ไนโตรเจนต่อลิตร ในทุกอัตราการกรองความลึก 60 เซนติเมตร น้ำที่ผ่านการกรองช้าไม่พบปริมาณของไนเตรท และไนไตรท์ แต่เมื่อความเข้มข้นเริ่มต้นของไนเตรท 45.2 มิลลิกรัม-ไนโตรเจนต่อลิตร ปริมาณของไนเตรท และไนไตรท์จะเพิ่มสูงตามอัตราการกรอง ในอัตราการกรองสูงที่สุดคือ 0.25 เมตรต่อชั่วโมง พบปริมาณไนเตรท 2.3 มิลลิกรัม-ไนโตรเจนต่อลิตรซึ่งไม่เกินค่ามาตรฐาน แต่ปริมาณไนไตรท์พบเกินมาตรฐานเพียงอัตราการกรองเดียวคือ 8.4 มิลลิกรัม-ไนโตรเจนต่อลิตร และการเปลี่ยนแปลงแหล่งคาร์บอนมีผลต่อการนำสารประกอบไนโตรเจนไปเป็นเซลล์ของจุลินทรีย์โดยเอทานอลมีค่า 0.769 มิลลิกรัม-เซลล์จุลินทรีย์ต่อมิลลิกรัม-ไนเตรทมากกว่าการใช้กรดอะซิติกที่มีค่า 0.48 มิลลิกรัม-เซลล์จุลินทรีย์ต่อมิลลิกรัม-ไนเตรท

Tyagi et al. (2009) ศึกษาการใช้ระบบกรองช้าในการบำบัดน้ำเสียหลังจากผ่านระบบบำบัดแบบ UASB (Up-flow Anaerobic Sludge Blanket, UASB) เพื่อหาอัตราการกรองที่เหมาะสมและประสิทธิภาพของถังกรองทรายแบบช้าในการกำจัดความขุ่น ของแข็งแขวนลอย บีโอดี ซีโอดี และโคลิฟอร์มแบคทีเรีย ทำการศึกษาโดยใช้ถังกรองทรงกระบอกสูง 1.20 เมตร เส้นผ่าน

ศูนย์กลาง 10 เซนติเมตร กำหนดอัตรากรองที่ 0.14 0.19 และ 0.26 เมตรต่อชั่วโมง ทำการศึกษาเป็นระยะเวลา 4 เดือน โดยชั้นกรวดหยาบและกรวดละเอียดมีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางประมาณ 4.75 และ 2 มิลลิเมตร ตามลำดับ ส่วนทรายหยาบและทรายละเอียดมีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางประมาณ 0.18 และ 0.15 มิลลิเมตร ตามลำดับ ซึ่งทรายทั้งหมดมีขนาดสัมฤทธิ์ 0.43 มิลลิเมตรและมีค่าสัมประสิทธิ์ของความสม่ำเสมอ 2.35 มิลลิเมตร จากผลการศึกษาพบว่าอัตราการกรองสามารถเดินระบบได้นานที่สุดคือ 0.14 เมตรต่อชั่วโมง เดินระบบได้นาน 7 วัน ขณะที่อัตราการกรอง 0.19 และ 0.26 เมตรต่อชั่วโมง เดินระบบได้นาน 5 และ4 วัน ตามลำดับ การกำจัดบีโอดีและของแข็งลอยพบว่าอัตราการกรอง 0.14 เมตรต่อชั่วโมง สามารถกำจัดได้มากกว่าร้อยละ 80 ส่วนอัตราการกรอง 0.19 และ 0.26 เมตรต่อชั่วโมง กำจัดได้ประมาณร้อยละ 70 และร้อยละ 60 ตามลำดับ จากนั้นจึงเลือกอัตราการกรอง 0.14 เมตรต่อชั่วโมง มาทดสอบประสิทธิภาพของถังกรองทรายแบบช้า โดยพบว่าสามารถกำจัดความขุ่น ของแข็งแขวนลอย บีโอดี ซีโอดี และโคลิฟอร์มแบคทีเรีย ได้เฉลี่ยร้อยละ 91.6 89.05 85 79 และ 99.95

Zheng et al. (2009) ศึกษาการใช้การกรองช้าเพื่อเตรียมน้ำสำหรับการใช้เมนเบรนในขั้น ตอนต่อไปทำให้น้ำ ที่ผ่านการบำบัดมีความบริสุทธิ์สูง เนื่องจากน้ำเสียจากการระบบบำบัดน้ำเสียขั้นที่ 2 มีความขุ่นจากสารอินทรีย์สูงมีผลทำให้เมนเบรนอุดตันได้ง่าย งานวิจัยจึงทำการศึกษาอัตราการกรองที่เหมาะสมในการกำจัดสารอินทรีย์จำพวกโปรตีน โพลีแซคคาไรด์ และโพลีเมอร์ชีวภาพ (Biopolymer) ทำการทดลองโดยใช้ถังกรองทรายขนาด 2 ตารางเมตร ชั้นทรายหนา 0.7 เมตร และน้ำเหนือชั้นทราย 0.6 เมตร กำหนดอัตรากรองที่ 0.25 หรือ 0.5 เมตรต่อชั่วโมง และใช้ทรายกรองขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางประมาณ 1 ถึง 2 มิลลิเมตร ผลการทดลองพบว่าถังกรองทรายสามารถลดความขุ่นได้ร้อยละ 85 และ 76 ในอัตราการกรอง 0.25 และ 0.5 เมตรต่อชั่วโมง ตามลำดับ ประสิทธิภาพในการกำจัดโปรตีน โพลีแซคคาไรด์ และโพลีเมอร์ชีวภาพ เฉลี่ยเท่ากับร้อยละ 10 27 และ 34 ในอัตราการกรอง 0.25 เมตรต่อชั่วโมงและร้อยละ 6 19 และ 26 ในอัตราการกรอง 0.5 เมตรต่อชั่วโมง ซึ่งถังกรองสามารถกำจัดโพลีเมอร์ชีวภาพได้มากที่สุด จากงานวิจัยนี้พบว่าการกรองน้ำผ่านถังทรายแบบช้าสามารถช่วยลดปัญหาอุดตันของเมนเบรนและเพิ่มประสิทธิภาพการทำงานของเมนเบรน นอกจากความขุ่นแล้วถังกรองทรายยังสามารถกำจัดโปรตีน โพลีแซคคาไรด์ และโพลีเมอร์ชีวภาพได้อีกด้วยซึ่งสามารถลดบีโอดีของน้ำได้ การลดอัตราการกรองอาจสามารถกำจัดโปรตีน โพลีแซคคาไรด์ และโพลีเมอร์ชีวภาพได้เพิ่มมากขึ้น

2.3.3 การศึกษาการเติมอากาศเข้ากับการกรองตรง

รัฐพล (2552) ศึกษาการเติมอากาศร่วมกับระบบกรองทรายเพื่อช่วยให้ชั้นกรองขยายตัว และช่วยให้เกิดการกรองได้ตลอดทั้งความหนาชั้นกรอง โดยทำการศึกษาผลกระทบของตำแหน่งของหัวเติมอากาศ ชนิดของอุปกรณ์เติมอากาศ อัตราการเติมอากาศและรูปแบบการเติม

อากาศแบบกะ (Batch) ที่มีผลต่อกระบวนการกรองร่วมกับการเติมอากาศ จากการศึกษาพบว่าการเติมอากาศช่วยลดการสะสมของอนุภาคความขุ่นบริเวณผิวหน้าชั้นกรอง ทำให้มีระยะเวลาการทำงานยาวนานกว่าถังกรองทรายแบบกรองเร็วร้อยละ 270 แต่อัตราการกรองลดลงไปร้อยละ 5 อีกทั้งการเติมอากาศยังสามารถช่วยให้การล้างย้อนด้วยน้ำและอากาศง่ายขึ้น เวลาที่ใช้ในการล้างย้อนจึงน้อยลง ซึ่งวิธีการเติมอากาศที่เหมาะสม คือการใช้อุปกรณ์เติมอากาศแบบรูปวงแหวนและแบบยืดหยุ่นที่ตำแหน่งด้านบนและตรงกลางของชั้นกรองที่อัตราการเติมอากาศ 0.2 ลิตรต่อนาที ทำให้ระยะเวลาการทำงานของถังกรองยาวนานถึง 570 และ 390 นาที ตามลำดับ และการเติมอากาศแบบกะเลือกใช้อุปกรณ์เติมอากาศรูปวงแหวน ติดตั้งด้านบนของชั้นกรอง โดยใช้เวลาการเติมอากาศ 10 นาที อัตราการเติมอากาศ 0.75 ลิตรต่อนาที ระยะเวลาการทำงานของถังกรองยาวนาน 720 นาที ซึ่งการเติมอากาศแบบกะในส่วนของน้ำที่ไม่ผ่านมาตรฐานการผลิตน้ำประปาควรมีระบบเวียนน้ำกลับไปยังถังเก็บน้ำดิบเพื่อทำการกรองใหม่อีกครั้ง จากงานวิจัยนี้พบว่าการเติมอากาศช่วยให้ระยะเวลาการทำงานของถังกรองยาวนานขึ้น น้ำที่กรองได้มีคุณภาพได้มาตรฐานการผลิตน้ำประปา (ไม่เกิน 5 เอ็นทียู) การเติมอากาศแบบกะสามารถช่วยลดค่าใช้จ่ายทางด้านพลังงานและยืดระยะเวลาการทำงานของถังกรองมากกว่าถังกรองทั่วไปถึง 4 เท่า

ศุภนุช (2553) เปรียบเทียบกระบวนการกรองตรงระหว่างการแยกอนุภาคความขุ่น และการแยกอิมัลชันน้ำมันออกจากเฟสน้ำ โดยมีการการเติมอากาศร่วมกับการกรองด้วย โดยทำการศึกษาการทำงานของถังกรองทรายแบบกรองที่ไม่มีและมีการเติมสารเคมี (สารส้ม) รวมถึงประยุกต์ใช้สมการประสิทธิภาพการกรอง (Filtration Efficiency Equation) และสมการคำนวณความดันลด (Pressure Drop Equation) ในการอธิบายกลไกที่เกิดขึ้น จากการศึกษาพบว่า ถังกรองทรายแบบเร็วสามารถแยกอนุภาคความขุ่นได้ดีถึงร้อยละ 96.65 ในขณะที่สามารถแยกอิมัลชันของน้ำมันได้เพียงร้อยละ 45.52 เนื่องจากอนุภาคน้ำมันมีขนาดเล็กกว่าอนุภาคความขุ่น จึงควรมีการปรับปรุงน้ำเสียก่อนการกรองโดยใช้สารเคมีด้วยกระบวนการสร้างและรวมตะกอน เพื่อทำลายเสถียรภาพของอนุภาคน้ำมัน โดยความเข้มข้นของสารส้มที่เหมาะสมเท่ากับ 100 มิลลิกรัมต่อลิตร มีประสิทธิภาพการกำจัดอนุภาคน้ำมัน ร้อยละ 97.98 การประยุกต์การเติมอากาศร่วมกับการกรองเป็นวิธีที่ใช้เพื่อเพิ่มอายุการทำงานของถังกรอง พบว่าที่อัตราการเติมอากาศ 0.2 ลิตรต่อนาที โดยระยะเวลาการทำงานของถังกรองในการแยกอนุภาคความขุ่นและอนุภาคน้ำมันยาวนานถึง 570 และ 270 นาที ตามลำดับ และในการศึกษาการเติมอากาศแบบกะ เติมอากาศ 10 นาที หลังถังกรองทรายอุดตันที่อัตราการเติมอากาศ 0.75 ลิตรต่อนาที โดยระยะเวลาการทำงานของถังกรองในการแยกอนุภาคความขุ่นและอนุภาคน้ำมันยาวนานถึง 720 และ 540 นาที ตามลำดับ จากงานวิจัยนี้พบว่าเมื่อเพิ่มความเข้มข้นของสารส้มประสิทธิภาพของถังกรองเพิ่มขึ้น ตามการเติมสารส้ม เนื่องจากเกิดการจับตัวระหว่างฟล้อคของสารส้มกับอนุภาคน้ำมัน และเกิดการสะสมอยู่ด้านบนและภายในช่องว่าง

ของชั้นกรอง การเติมอากาศแบบกะสามารถช่วยให้ระยะเวลาในการทำงานของถังกรองเพิ่มมากที่สุด และประหยัดพลังงานในการเติมอากาศ รวมถึงลดความถี่ในการล้างย้อนถังกรองได้อีกด้วย

3. วัตถุประสงค์ของงานวิจัย

3.1 เพื่อศึกษาตัวกลางสารกรองที่เหมาะสมสำหรับระบบกรองทรายแบบประยุกต์เพื่อควบคุมคุณภาพน้ำในระบบเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำแบบหมุนเวียน

3.2 เพื่อศึกษาศักยภาพการกรองของระบบกรองทรายแบบประยุกต์ในการควบคุมคุณภาพน้ำจากการเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำเพื่อหมุนเวียนน้ำกลับมาใช้ใหม่

4. ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

4.1 ทำให้เข้าใจถึงกลไกและตัวแปรที่มีผลกระทบต่อการทำงานของระบบกรองทรายในการบำบัดน้ำจากการเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำแบบหมุนเวียน

4.2 สามารถพัฒนาอุปกรณ์ในการบำบัดน้ำจากบ่อเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำที่ง่ายต่อการดูแล มีราคาถูก และมีประสิทธิภาพ เพื่อนำไปใช้ได้จริงสำหรับเกษตรกรผู้เพาะเลี้ยงปลาหรือสัตว์น้ำประเภทอื่น

4.3 สามารถนำน้ำเสียที่ผ่านการบำบัดด้วยระบบนี้หมุนเวียนกลับไปในระบบการเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำ ซึ่งสามารถช่วยลดปริมาณการใช้น้ำในระหว่างการเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำ

บทที่ 2
วิธีการดำเนินการวิจัย

ในงานวิจัยครั้งนี้ทำการทดลองโดยใช้น้ำจากบ่อเพาะเลี้ยงปลานิล บ่อเลี้ยงปลาทำด้วยวัสดุไฟเบอร์ ซึ่งผู้วิจัยจะทำการออกแบบระบบกรองทรายแบบประยุกต์เพื่อติดตั้งในระบบเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำ เพื่อควบคุมคุณภาพน้ำจากบ่อเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำแบบหมุนเวียนเป็นระยะเวลา 4 เดือน งานวิจัยครั้งนี้มีขั้นตอนการดำเนินงานแบ่งออกเป็น 5 ขั้นตอน ดังนี้

ขั้นตอนที่ 1

การเตรียมน้ำจากบ่อเพาะเลี้ยงปลานิลสำหรับการทดลอง จำนวน 1 บ่อ เลี้ยงปลานิลอายุ 1 เดือนจำนวน 300 ตัว

ขั้นตอนที่ 2

การศึกษาศักยภาพของทรายกรองที่เหมาะสมสำหรับระบบกรองทรายแบบประยุกต์ โดยศึกษาขนาดของทรายกรอง และความหนาของชั้นทราย เปรียบเทียบปริมาตรน้ำที่กรองได้ ระยะเวลาในการกรองของถังกรองจนกระทั้งถังกรองเกิดการอุดตัน และความสามารถในการกำจัดความขุ่น

ขั้นตอนที่ 3

การเลือกชุดกรองทรายที่เหมาะสมจากขั้นตอนที่ 2 จำนวน 2 ชุดกรอง เพื่อศึกษาประสิทธิภาพการบำบัดน้ำจากการเพาะเลี้ยงปลานิลหลังผ่านการกรอง ตามพารามิเตอร์ต่าง ๆ ดังนี้ ความขุ่น ของแข็งแขวนลอย อุณหภูมิ พีเอช บีโอดี แอมโมเนีย ไนไตรท์ และไนเตรท

ขั้นตอนที่ 4

การติดตั้งระบบกรองทรายแบบประยุกต์เข้ากับระบบเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำแบบหมุนเวียน วิเคราะห์คุณภาพน้ำจากบ่อเพาะเลี้ยงปลานิลที่ใช้ในการทดลอง หลังติดตั้งระบบกรองทรายแบบประยุกต์เป็นระยะเวลา 4 เดือน โดยการวิเคราะห์ค่าพารามิเตอร์ต่าง ๆ ดังนี้ ความขุ่น ของแข็งแขวนลอย อุณหภูมิ พีเอช ออกซิเจนละลายในน้ำ แอมโมเนีย ไนไตรท์ และไนเตรท

ขั้นตอนที่ 5

การศึกษาอัตราการเจริญเติบโตของปลานิลในบ่อเพาะเลี้ยง โดยศึกษาน้ำหนักและอัตราการรอดตายของปลาในบ่อเพาะเลี้ยง เปรียบเทียบระหว่างบ่อที่มีการควบคุมคุณภาพน้ำด้วยระบบกรองทรายแบบประยุกต์ และบ่อที่ไม่มีการควบคุมคุณภาพน้ำโดยระบบกรองทรายแบบประยุกต์

1. การเตรียมน้ำจากบ่อเพาะเลี้ยงปลานิล

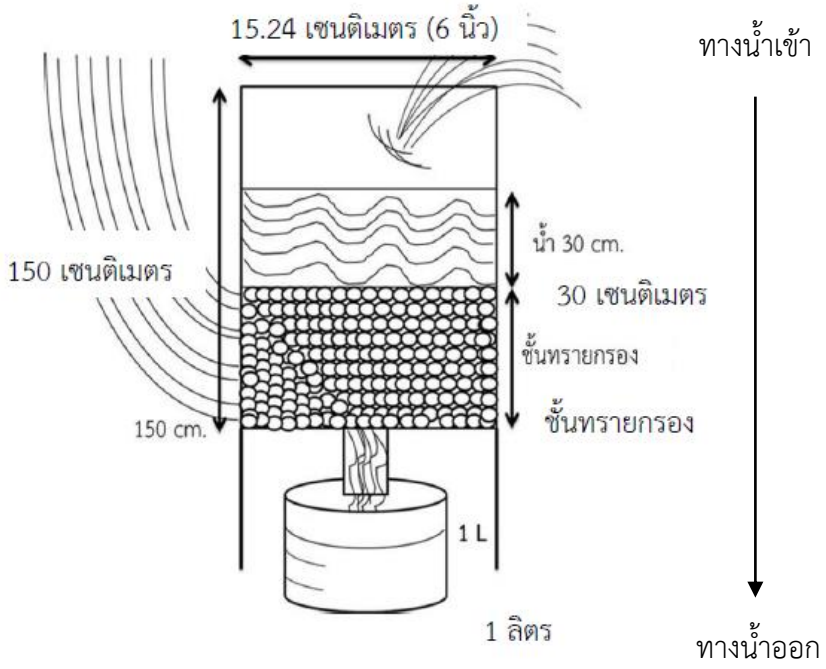
การทดลองนี้ใช้ตัวอย่างน้ำจากบ่อเพาะเลี้ยงปลานิล 1 บ่อ เลี้ยงปลานิลอายุ 1 เดือน จำนวน 300 ตัว เพื่อศึกยภาพของทรายกรองที่เหมาะสมสำหรับระบบกรองทรายแบบประยุกต์ สังเกตอัตราการตายของปลานิลที่เลี้ยง เมื่อปลานิลสามารถปรับตัวเข้ากับสภาพน้ำแล้วจึงเริ่มทำการทดลอง

เมื่อทำการศึกษาศักยภาพการกรองของระบบกรองทรายแบบประยุกต์ในการควบคุมคุณภาพน้ำจากการเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำเพื่อหมุนเวียนน้ำกลับมาใช้ใหม่ ก่อนการติดตั้งระบบกรองทรายแบบประยุกต์ ทำการแยกปลานิลเป็น 2 บ่อ คือบ่อควบคุม และบ่อทดลอง บ่อละ 100 ตัว เลี้ยงในถังไฟเบอร์ปริมาตรน้ำเลี้ยง 700 ลิตร

2. การศึกษาตัวกลางสารกรองที่เหมาะสมสำหรับระบบกรองทรายแบบประยุกต์

2.1 การออกแบบถังกรองสำหรับทดสอบสารกรองที่เหมาะสมสำหรับระบบกรองทรายแบบประยุกต์

ออกแบบถังกรองสำหรับทดสอบสารกรองที่เหมาะสมสำหรับระบบกรองทรายแบบประยุกต์ โดยใช้ท่อพีวีซีเป็นวัสดุ ให้มีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางเท่ากับ 15.24 เซนติเมตร ความสูงเท่ากับ 150 เซนติเมตร ชั้นทรายกรองเท่ากับ 30 เซนติเมตร ระยะน้ำล้นเท่ากับ 30 เซนติเมตร แสดงดังภาพที่ 2



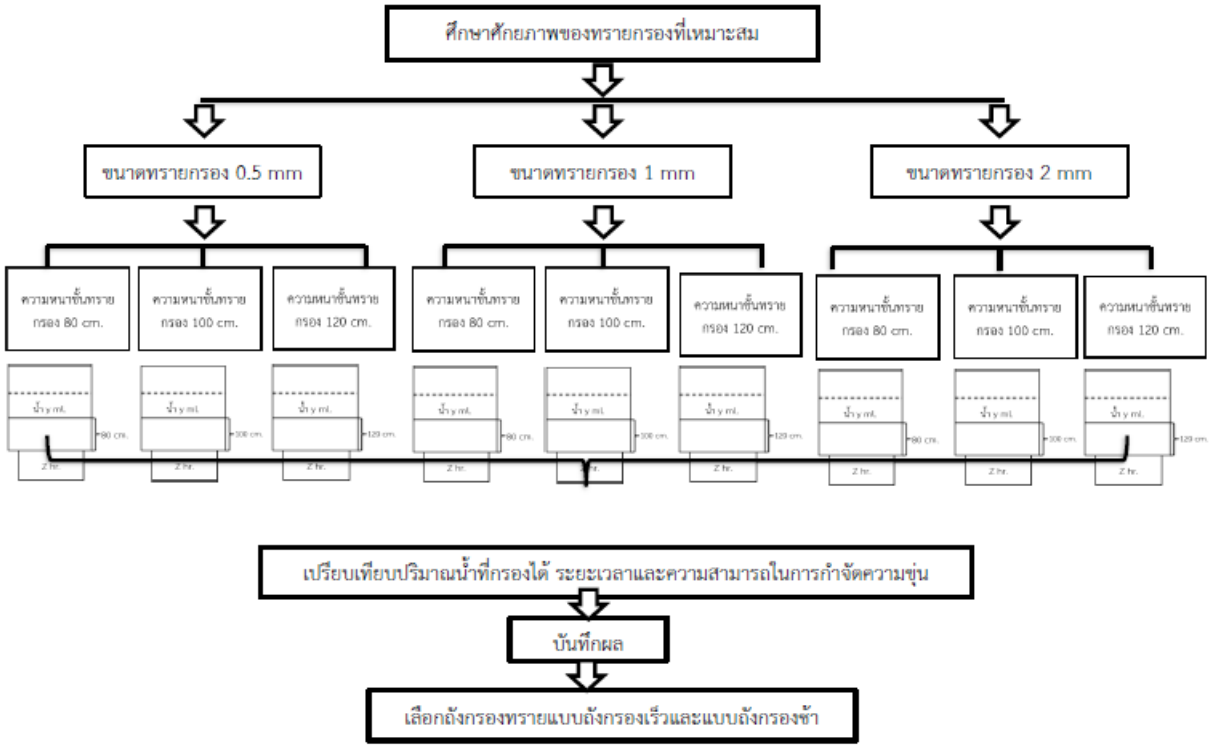
ภาพที่ 2 การออกแบบถังกรองสำหรับทดสอบสารกรองที่เหมาะสมสำหรับระบบกรองทรายแบบประยุกต์

2.2 การศึกษาตัวกลางสารกรองที่เหมาะสมสำหรับระบบกรองทรายแบบประยุกต์

ศึกษาสารกรองที่เหมาะสมสำหรับระบบกรองทรายโดยเปรียบเทียบประสิทธิภาพของทรายกรองขนาดต่าง ๆ และความหนาของชั้นทรายที่แตกต่างกัน โดยใช้ทรายกรองขนาด 0.5 1 และ 2 มิลลิเมตร ความหนาของชั้นทราย 80 100 และ 120 เซนติเมตร ใช้ตัวอย่างน้ำจากบ่อเพาะเลี้ยงปลานิล เปรียบเทียบปริมาตรน้ำที่กรองได้ ระยะเวลาในการกรอง และความสามารถในการกำจัดความขุ่น ทำการทดลองตัวอย่างละ 3 ซ้ำ รายละเอียดการศึกษาขนาดและความหนาของทรายกรองที่เหมาะสมสำหรับถังกรองทรายแสดงดังตารางที่ 3 และมีขั้นตอนการศึกษาดังภาพที่ 3

ตารางที่ 3 การศึกษาขนาดและความหนาของทรายกรองที่เหมาะสมสำหรับถังกรองทราย

ชุดการทดลอง	ขนาดทรายกรอง (มิลลิเมตร)	ความหนาของชั้นทรายกรอง (เซนติเมตร)
ชุดที่ 1	0.5	80 100 120
ชุดที่ 2	1	80 100 120
ชุดที่ 3	2	80 100 120



ภาพที่ 3 ขั้นตอนการศึกษาตัวกลางสารกรองที่เหมาะสมสำหรับระบบกรองทรายแบบประยุกต์

2.3 การศึกษาประสิทธิภาพการบำบัดน้ำจากการเพาะเลี้ยงปลานิลหลังผ่านการกรองด้วยระบบกรองทราย

เลือกชุดกรองที่เหมาะสมจากข้อ 2.2 จำนวน 2 ชุดกรอง เพื่อศึกษาประสิทธิภาพการบำบัดน้ำจากการเพาะเลี้ยงปลานิลหลังผ่านการกรองด้วยระบบกรองทราย โดยการวิเคราะห์คุณภาพน้ำจากบ่อเพาะเลี้ยงปลานิลก่อนและหลังผ่านการกรองด้วยระบบกรองทราย ตามพารามิเตอร์และวิธีการวิเคราะห์ รายละเอียดแสดงดังตารางที่ 4 และนำผลที่ได้จากการวิเคราะห์เปรียบเทียบคุณภาพน้ำก่อนและหลังการบำบัด

ตารางที่ 4 ค่าพารามิเตอร์ และวิธีการวิเคราะห์คุณภาพน้ำจากบ่อเพาะเลี้ยงปลานิลก่อนและหลังผ่านการกรองด้วยระบบกรองทราย

ลำดับที่	พารามิเตอร์	หน่วย	วิธีวิเคราะห์
1	ความขุ่น	เอ็นทียู	เทอร์บิดดิตี้ มิเตอร์ (Turbidity Meter)
2	ของแข็งแขวนลอย	มิลลิกรัมต่อลิตร	ทำให้แห้งที่ 103-105 องศาเซลเซียส
3	อุณหภูมิ	องศาเซลเซียส	เทอร์โมมิเตอร์ (Thermo Meter)
4	พีเอช	-	พีเอชมิเตอร์ (pH Meter)
5	บีโอดี	มิลลิกรัมต่อลิตร	Azide Modification
6	แอมโมเนีย	มิลลิกรัมไนไตรเจนต่อลิตร	Phenol-hypochlorite Method
7	ไนไตรท์	มิลลิกรัมไนไตรเจนต่อลิตร	Colorimetric Method
8	ไนเตรท	มิลลิกรัมไนไตรเจนต่อลิตร	Cadmium Reduction Method

3. การศึกษาศักยภาพการกรองของระบบกรองทรายแบบประยุกต์ในการควบคุมคุณภาพน้ำจากการเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำเพื่อหมุนเวียนน้ำกลับมาใช้ใหม่

3.1 การวิเคราะห์คุณภาพน้ำจากบ่อเพาะเลี้ยงปลานิลก่อนทดลอง

การวิเคราะห์คุณภาพน้ำจากบ่อเพาะเลี้ยงปลานิล โดยการเก็บตัวอย่างน้ำจากบ่อเพาะเลี้ยงปลานิล วิเคราะห์คุณภาพน้ำตามพารามิเตอร์และวิธีการวิเคราะห์ต่าง ๆ รายละเอียดแสดงดังตารางที่ 5

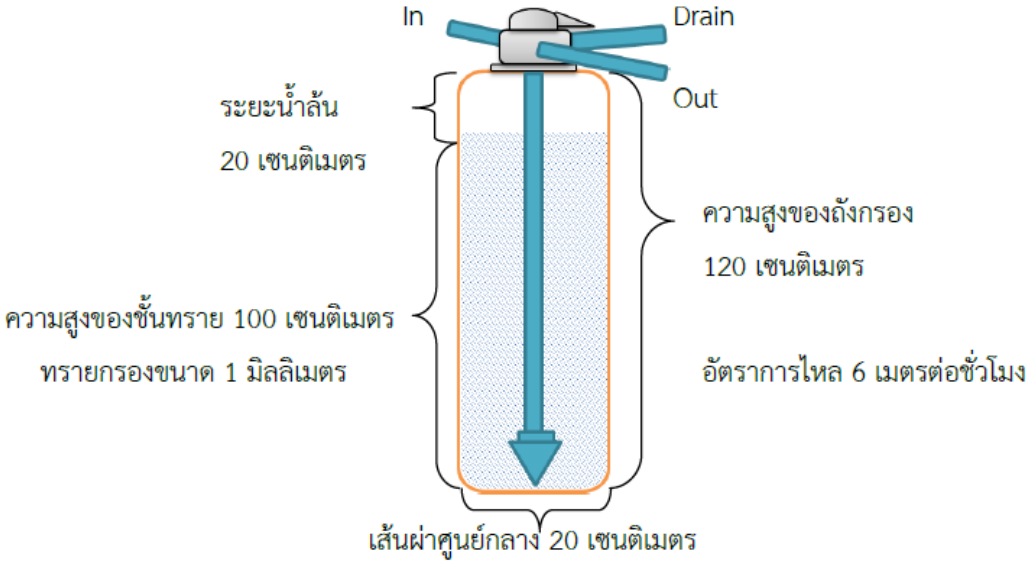
ตารางที่ 5 ค่าพารามิเตอร์ และวิธีการวิเคราะห์คุณภาพน้ำจากบ่อเพาะเลี้ยงปลานิลก่อนการทดลอง

ลำดับที่	พารามิเตอร์	หน่วย	วิธีวิเคราะห์
1	ความขุ่น	เอ็นทียู	เทอร์บิดดิตี้ มิเตอร์ (Turbidity Meter)
2	ของแข็งแขวนลอย	มิลลิกรัมต่อลิตร	ทำให้แห้งที่ 103-105 องศาเซลเซียส
3	อุณหภูมิ	องศาเซลเซียส	เทอร์โมมิเตอร์ (Thermo Meter)
4	พีเอช	-	พีเอชมิเตอร์ (pH Meter)
5	ออกซิเจนละลายในน้ำ	มิลลิกรัมต่อลิตร	ดีโอมิเตอร์ (DO Meter)
6	แอมโมเนีย	มิลลิกรัมไนไตรเจนต่อลิตร	Phenol-hypochlorite Method
7	ไนไตรท์	มิลลิกรัมไนไตรเจนต่อลิตร	Colorimetric Method
8	ไนเตรท	มิลลิกรัมไนไตรเจนต่อลิตร	Cadmium Reduction Method

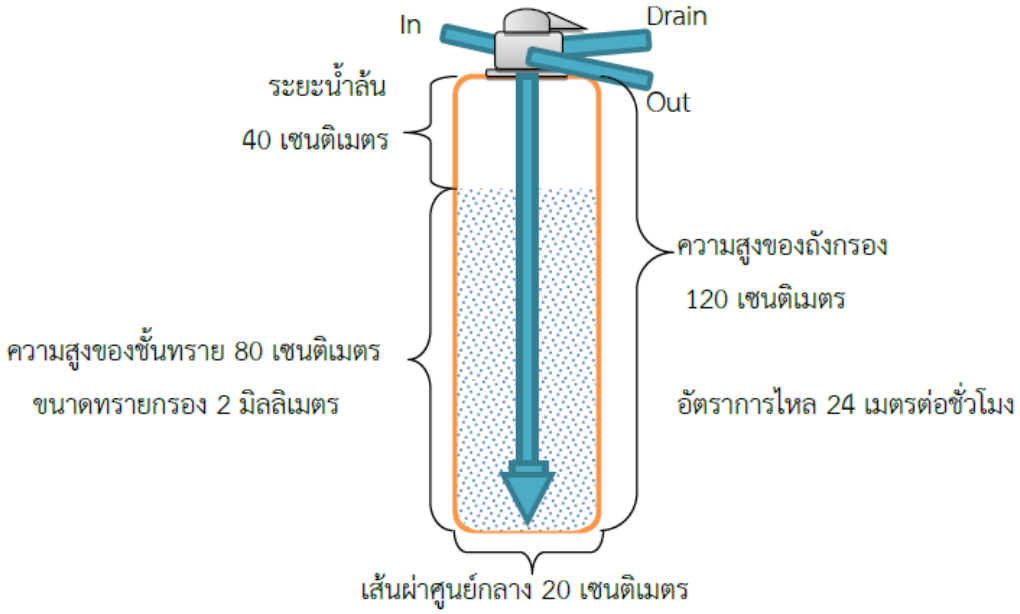
3.2 การศึกษาศักยภาพการกรองของระบบกรองทรายแบบประยุกต์ในการควบคุมคุณภาพน้ำจากการเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำเพื่อหมุนเวียนน้ำกลับมาใช้ใหม่

3.2.1 การออกแบบถังกรองทราย

นำข้อมูลจากการศึกษาตัวกลางสารกรองที่เหมาะสมสำหรับระบบกรองทรายแบบประยุกต์ในข้อ 2 ออกแบบระบบกรองทรายแบบประยุกต์ โดยใช้ถังกรองไฟเบอร์แบบใช้ความดันระบบปิด มีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางเท่ากับ 20 เซนติเมตร ความสูงถังกรองเท่ากับ 120 เซนติเมตร ออกแบบถังกรองทรายแบบอัตราการกรองเร็วให้มีความสูงของชั้นทราย 100 เซนติเมตร ใช้ทรายกรองขนาด 1 มิลลิเมตร และมีระยะน้ำล้น 20 เซนติเมตร (รายละเอียดดังภาพที่ 4) ออกแบบถังกรองทรายแบบอัตราการกรองสูงให้มีความสูงของชั้นทราย 80 เซนติเมตร ใช้ทรายกรองขนาด 2 มิลลิเมตร และมีระยะน้ำล้น 40 เซนติเมตร (รายละเอียดดังภาพที่ 5)



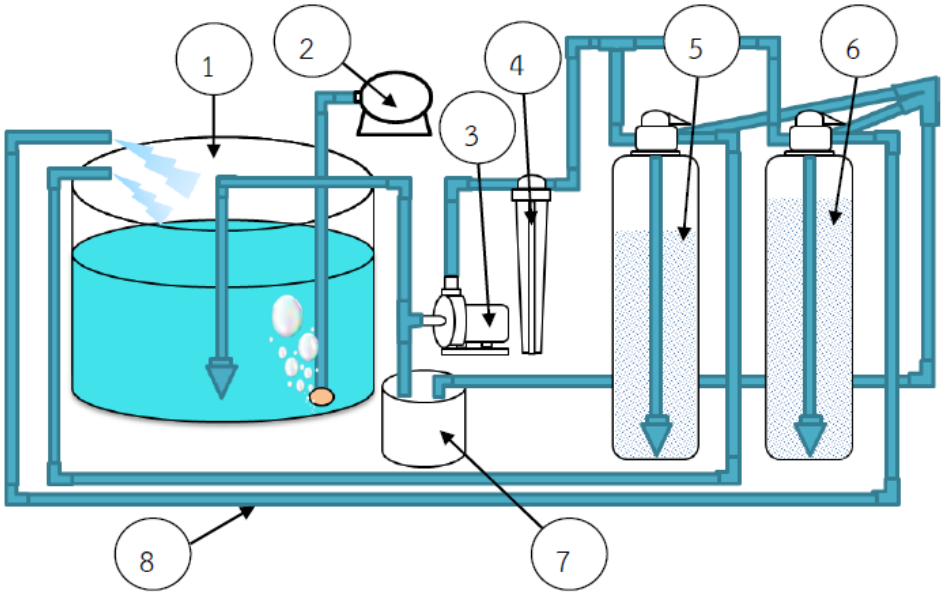
ภาพที่ 4 ถังกรองทรายแบบอัตราการกรองเร็ว



ภาพที่ 5 ถังกรองทรายแบบอัตราการกรองสูง

3.2.2 การติดตั้งระบบกรองทราย

ออกแบบการทดลองเป็น 2 บ่อการทดลองดังนี้ บ่อที่ 1 ไม่มีการติดตั้งถังกรองทรายแบบใช้ความดันระบบปิด แบบอัตราการกรองเร็ว และอัตราการกรองสูงเข้ากับบ่อเพาะเลี้ยงสัตว์ปลานิล (บ่อควบคุม) และบ่อที่ 2 ทำการติดตั้งถังกรองทรายแบบใช้ความดันระบบปิด แบบอัตราการกรองเร็ว และอัตราการกรองสูงเข้ากับบ่อเพาะเลี้ยงปลานิล (บ่อทดลอง) โดยระบบเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำแบบหมุนเวียน มีขั้นตอนและรายละเอียดการเดินระบบดังนี้



ภาพที่ 6 แบบจำลองระบบกรองทรายเพื่อควบคุมคุณภาพน้ำในระบบเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำแบบหมุนเวียน

1) รายละเอียดระบบกรองทราย แบบอัตราการกรองเร็ว และอัตราการกรองสูง

จุดที่ 1 บ่อเพาะเลี้ยงปลานิล
จุดที่ 2 เครื่องเติมอากาศ
จุดที่ 3 ปั๊มน้ำ
จุดที่ 4 ระบบกรอง (ไม่มีการใช้งานในงานวิจัย)
จุดที่ 5 ถังกรองทรายแบบอัตราการกรองสูง
จุดที่ 6 ถังกรองทรายแบบอัตราการกรองเร็ว
จุดที่ 7 ถังพักน้ำสำหรับการล้างย้อน (Backwash)
จุดที่ 8 สายยางยาว 60 เมตร

2) ขั้นตอนการเดินระบบถังกรองทรายแบบอัตราการกรองเร็ว และแบบอัตราการกรองสูง

ก. เดินระบบโดยการสูบน้ำจากบ่อเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำเข้าสู่ถังกรองทรายแบบอัตราการกรองเร็วและแบบอัตราการกรองสูง ปรับอัตราไหลด้วยก๊อก

ข. น้ำที่ไหลเข้าถังกรองทราย จะไหลผ่านชั้นทราย และไหลเข้าสู่บ่อเพาะเลี้ยงปลา

ค. เก็บตัวอย่างน้ำที่ผ่านกระบวนการกรอง เพื่อนำไปวิเคราะห์ค่าพารามิเตอร์ต่าง ๆ ดังนี้ ความขุ่น ของแข็งแขวนลอย อุณหภูมิ พีเอช ออกซิเจนละลายในน้ำ แอมโมเนีย ไนไตรท์ และไนเตรท ก่อนปล่อยเข้าสู่บ่อเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำ

3.2.3 การศึกษาอัตราการกรองของถังกรองทราย

หลังติดตั้งระบบกรองทรายแบบอัตราการกรองเร็วและแบบอัตราการกรองสูงเข้ากับบ่อเพาะเลี้ยงปลา สังเกตการเดินระบบ เมื่อพบว่าอัตราการเดินระบบหมุนเวียนน้ำคงที่แล้ว วัดอัตราการไหล (Q) แต่ละถังกรอง จดบันทึก และคำนวณอัตราการกรองจากสูตร (Culp and Wesner, 1986)

$$\text{สูตร อัตราการกรอง (เมตรต่อชั่วโมง)} = \frac{\text{อัตราการไหล } (Q)}{\text{พื้นที่ผิวชั้นกรอง } (A)}$$

3.2.4 การเก็บตัวอย่างน้ำจากบ่อเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำหลังการติดตั้งระบบกรองทราย

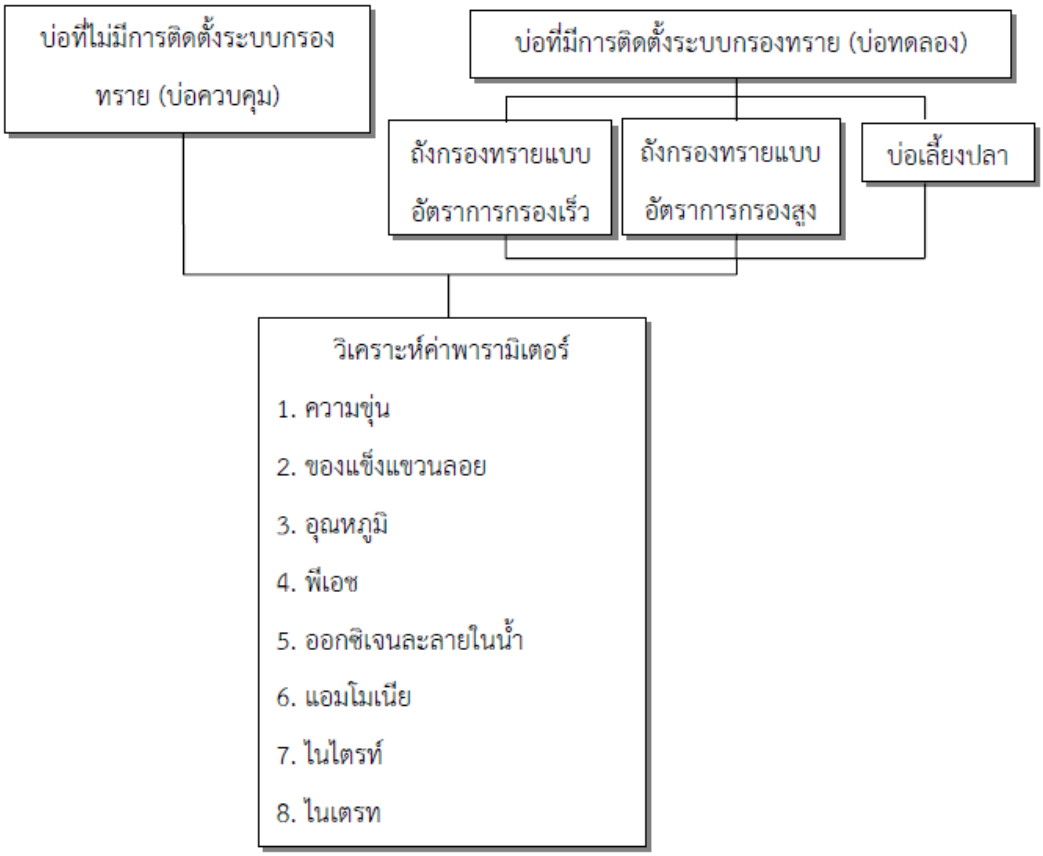
การทดลองครั้งนี้ดำเนินการเดินระบบควบคุมคุณภาพน้ำจากบ่อเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำเป็นระยะเวลา 4 เดือน เก็บตัวอย่างน้ำสำหรับการวิเคราะห์คุณภาพน้ำสัปดาห์ละ 1 ครั้ง ตลอดระยะเวลาการทดลอง โดยมีรายละเอียดจุดเก็บตัวอย่างน้ำแสดงดังตารางที่ 6

ตารางที่ 6 รายละเอียดจุดเก็บตัวอย่างน้ำ

จุดที่	ประเภทบ่อ	รายละเอียด
1	บ่อควบคุม	ตัวอย่างน้ำจากบ่อเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำที่ไม่มีการติดตั้งระบบกรองทราย (บ่อควบคุม)
2	บ่อทดลอง	ตัวอย่างน้ำจากบ่อเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำที่มีการติดตั้งระบบกรองทราย (บ่อทดลอง)
3		ตัวอย่างน้ำหลังผ่านถังกรองทรายแบบอัตราการกรองเร็ว
4		ตัวอย่างน้ำหลังผ่านถังกรองทรายแบบอัตราการกรองสูง

3.2.5 การวิเคราะห์คุณภาพน้ำหลังจากการติดตั้งระบบกรองทราย

การวิเคราะห์คุณภาพน้ำหลังการติดตั้งระบบกรองทราย เปรียบเทียบคุณภาพน้ำกับบ่อควบคุม (รายละเอียดดังภาพที่ 7) โดยการตรวจวัดคุณภาพน้ำตามพารามิเตอร์ต่าง ๆ ดังนี้ ความขุ่น ของแข็งแขวนลอย อุณหภูมิ พีเอช ออกซิเจนละลายในน้ำ แอมโมเนีย ไนไตรท์ และไนเตรท



ภาพที่ 7 การวิเคราะห์คุณภาพน้ำของบ่อควบคุมและบ่อทดลอง

4. การศึกษาอัตราการเจริญเติบโตของสัตว์น้ำในบ่อเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำแบบหมุนเวียน

4.1 การศึกษาน้ำหนักเพิ่มเฉลี่ยต่อวัน

ชั่งน้ำหนักปลานิลทั้งหมดก่อนการทดลองและชั่งน้ำหนักปลานิลทั้งหมดหลังเสร็จสิ้นการทดลอง เปรียบเทียบบ่อที่ไม่มีการติดตั้งระบบกรองทราย (บ่อควบคุม) กับบ่อที่มีการติดตั้งระบบกรองทราย (บ่อทดลอง) โดยคิดร้อยละน้ำหนักที่เพิ่มขึ้น จากสูตร

น้ำหนักเพิ่มเฉลี่ยต่อวัน (แหล่งเรียนรู้ด้านประมง, 2556)

$$\text{น้ำหนักเพิ่มเฉลี่ยต่อวัน} = \frac{(\text{น้ำหนักปลาเมื่อสิ้นสุดการเลี้ยง} - \text{น้ำหนักปลาที่เริ่มต้น})}{\text{จำนวนวันที่เลี้ยง}}$$

4.2 การศึกษาอัตราการรอดตายของปลานิล

นับจำนวนปลานิลทั้งหมดก่อนการทดลอง และนับจำนวนปลานิลทั้งหมดหลังสิ้นสุดการทดลอง เปรียบเทียบระหว่างบ่อที่ไม่มีการติดตั้งระบบกรองทราย (บ่อควบคุม) กับบ่อที่มีการติดตั้งระบบกรองทราย (บ่อทดลอง) โดยคิดอัตราการรอดตายของปลา จากสูตร

อัตราการรอดตายของปลา (% Survival rate) (แหล่งเรียนรู้ด้านประมง, 2556)

$$\text{ร้อยละอัตราการรอดตาย} = \frac{\text{จำนวนปลาที่เหลือเมื่อสิ้นสุดการทดลอง}}{\text{จำนวนปลาที่เริ่มต้นทดลอง}} \times 100$$

บทที่ 3
ผลการวิจัยและวิจารณ์ผล

1. ผลการศึกษาตัวกลางสารกรองที่เหมาะสมสำหรับระบบกรองทรายแบบประยุกต์

1.1 ผลการวิเคราะห์คุณภาพน้ำจากบ่อเพาะเลี้ยงปลานิลก่อนนำมาใช้ในการทดลอง

การวิเคราะห์คุณภาพน้ำก่อนการทดลองใช้น้ำเสียจากบ่อการเพาะเลี้ยงปลานิล ทำการวิเคราะห์คุณภาพน้ำตามพารามิเตอร์ต่าง ๆ ดังนี้ ความขุ่น อุณหภูมิ พีเอช ของแข็งแขวนลอย บีโอดี ไนเตรท ไนไตรท์ และแอมโมเนีย มีผลการวิเคราะห์แสดงดังตารางที่ 7

ตารางที่ 7 คุณภาพน้ำจากบ่อเพาะเลี้ยงปลานิลก่อนนำมาใช้ในการทดลอง

ลำดับที่	พารามิเตอร์	คุณภาพน้ำจากบ่อเพาะเลี้ยงปลานิลก่อนบำบัด	หน่วย
1	ความขุ่น	83.45	เอ็นทียู
2	อุณหภูมิ	32	องศาเซลเซียส
3	พีเอช	7.8	-
4	ของแข็งแขวนลอย	94.67	มิลลิกรัมต่อลิตร
5	บีโอดี	12.73	มิลลิกรัมต่อลิตร
6	ไนเตรท	1.90	มิลลิกรัมไนโตรเจนต่อลิตร
7	ไนไตรท์	1.76	มิลลิกรัมไนโตรเจนต่อลิตร
8	แอมโมเนีย	2.84	มิลลิกรัมไนโตรเจนต่อลิตร

จากตารางที่ 7 พบว่า น้ำเสียจากบ่อเพาะเลี้ยงปลานิล มีคุณภาพน้ำตามพารามิเตอร์ต่าง ๆ ดังนี้ ค่าความขุ่นเฉลี่ยเท่ากับ 83.45 เอ็นทียู อุณหภูมิเฉลี่ยเท่ากับ 32 องศาเซลเซียส ค่าพีเอชเฉลี่ยเท่ากับ 7.8 ค่าของแข็งแขวนลอยเฉลี่ยเท่ากับ 94.67 มิลลิกรัมต่อลิตร ค่าบีโอดีเฉลี่ยเท่ากับ 12.73 มิลลิกรัมต่อลิตร ค่าไนเตรทเฉลี่ยเท่ากับ 1.90 มิลลิกรัมไนโตรเจนต่อลิตร ค่าไนไตรท์เฉลี่ยเท่ากับ 1.76 มิลลิกรัมไนโตรเจนต่อลิตร และค่าแอมโมเนียเฉลี่ยเท่ากับ 2.84 มิลลิกรัมไนโตรเจนต่อลิตร

1.2 ผลการศึกษาตัวกลางสารกรองที่เหมาะสมสำหรับระบบกรองทรายแบบประยุกต์

การศึกษาในส่วนนี้เป็นการเปรียบเทียบประสิทธิภาพของทรายกรองขนาดต่าง ๆ และความหนาของชั้นทราย โดยใช้ทรายกรองขนาด 0.5 1 และ 2 มิลลิเมตร ความหนาของชั้นทราย 80

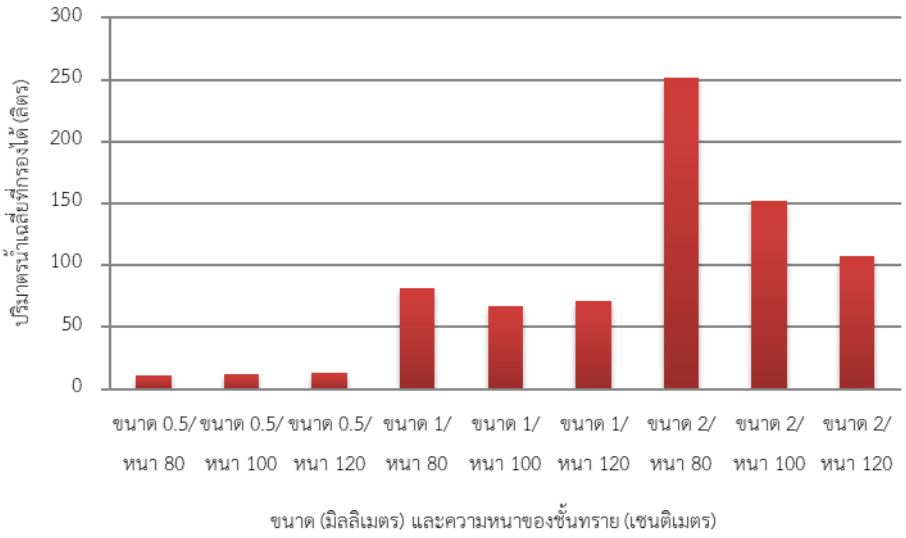
100 และ 120 เซนติเมตร เปรียบเทียบปริมาตรน้ำที่กรองได้ ระยะเวลาในการกรอง และความสามารถในการกำจัดความขุ่น จากการศึกษาศักยภาพของทรายกรองพบผลการศึกษาดังนี้

ตารางที่ 8 การศึกษาทรายกรองที่เหมาะสมสำหรับระบบกรองทราย

ขนาดของทรายกรอง (มิลลิลิตร)	ความหนาของชั้นทราย (เซนติเมตร)	ปริมาตรน้ำที่กรองได้ (ลิตร)	ระยะเวลาในการกรองที่ทรายอุดตัน (นาที)	ค่าความขุ่น				อัตราการกรอง (เมตรต่อชั่วโมง)
				ค่าความขุ่นก่อนกรอง (เอ็นทียู)	ค่าความขุ่นหลังกรอง (เอ็นทียู)	ผลต่าง	ร้อยละ	
0.5	80	11.13	64	81.44	13.43	68.01	83.51	0.58
	100	11.65	62	81.67	40.89	40.78	49.93	0.62
	120	12.93	45	81.56	20.71	60.85	74.61	0.95
1	80	81.13	39	81.67	14.29	67.38	82.50	6.84
	100	67.45	40	72.33	9.30	63.03	87.14	5.64
	120	71.1	42	84.7	13.35	71.35	84.24	5.57
2	80	251.63	56	84.1	12.78	71.32	59.98	14.87
	100	152.47	40	90.25	13.47	76.78	69.29	12.54
	120	107.23	34	93.33	13.43	79.9	74.57	10.58

1.2.1 ผลการศึกษาปริมาตรน้ำเฉลี่ยที่กรอง

จากตารางที่ 8 แสดงให้เห็นว่า เมื่อน้ำเสียจากบ่อเพาะเลี้ยงปลานิลไหลผ่านชั้นทราย ที่มีขนาดของทรายกรองและความหนาของชั้นทรายที่แตกต่างกัน จะมีปริมาตรน้ำเฉลี่ยที่กรองดังนี้ ทรายกรองขนาด 0.5 มิลลิเมตร ความหนา 80 100 และ 120 เซนติเมตร มีปริมาตรน้ำเฉลี่ยเท่ากับ 11.13 11.65 และ 12.93 ลิตร ตามลำดับ ขนาดทราย 1 มิลลิเมตร ที่ความหนา 80 100 และ 120 เซนติเมตร มีปริมาตรน้ำเฉลี่ยเท่ากับ 81.13 67.45 และ 71.1 ลิตร ตามลำดับ และทรายกรองขนาด 2 มิลลิเมตร ความหนา 80 100 และ 120 เซนติเมตร มีปริมาตรน้ำเฉลี่ยเท่ากับ 251.63 152.47 และ 107.23 ลิตร ผลการวิเคราะห์ค่าเฉลี่ยของปริมาตรน้ำที่กรองได้จากบ่อเพาะเลี้ยงปลานิล แสดงดังภาพที่ 8



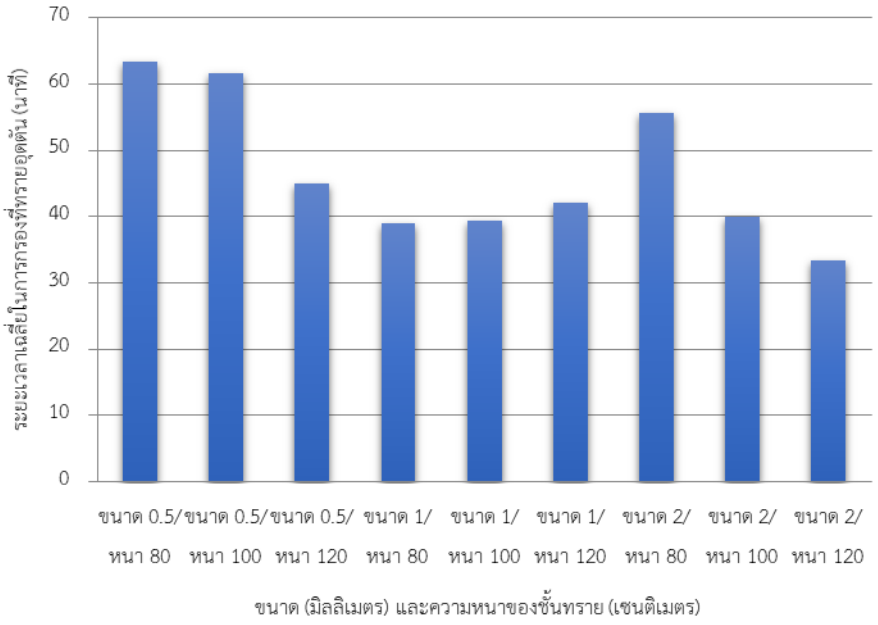
ภาพที่ 8 ปริมาตรน้ำเฉลี่ยที่กรองได้จากบ่อเพาะเลี้ยงปลานิลกับขนาดทราย และความหนาของชั้นทรายที่แตกต่างกัน

จากภาพที่ 8 แสดงให้เห็นว่าปริมาตรน้ำเฉลี่ยที่กรองได้จากทรายกรองขนาด 2 มิลลิเมตร สามารถกรองน้ำได้มากที่สุด โดยสามารถกรองน้ำได้มากที่สุดที่ความหนาของชั้นทราย 80 เซนติเมตร ซึ่งมีปริมาตรน้ำเฉลี่ยที่กรองได้ เท่ากับ 251.63 ลิตร รองลงมาคือทรายกรองขนาด 1 มิลลิเมตร และทรายกรองขนาด 0.5 มิลลิเมตร สามารถกรองน้ำเฉลี่ยได้น้อยที่สุด

จากผลการศึกษาจะเห็นได้ว่า ปริมาตรน้ำเฉลี่ยที่กรองได้จะลดลงตามขนาดของทรายกรอง ซึ่งสอดคล้องกับข้อมูลของมั่นสิน (2539) กล่าวว่า น้ำที่กรองได้ขึ้นกับขนาดสารกรองและความสูงชั้นกรอง ทรายขนาดเล็กจะให้น้ำคุณภาพสูง แต่อุดตันเร็ว และกรองน้ำได้ปริมาณน้อย

1.2.2 ผลการศึกษาระยะเวลาในการกรอง

จากตารางที่ 8 แสดงให้เห็นว่า เมื่อน้ำเสียจากบ่อเพาะเลี้ยงปลานิลไหลผ่านชั้นทรายที่มีขนาดของทรายกรองและความหนาของชั้นทรายที่แตกต่างกันจะมีระยะเวลาเฉลี่ยในการกรองดังนี้ ทรายกรองขนาด 0.5 มิลลิเมตร ความหนา 80 100 และ 120 เซนติเมตร มีระยะเวลาเฉลี่ยในการกรองเท่ากับ 64 62 และ 45 นาที ตามลำดับ ทรายกรองขนาด 1 มิลลิเมตร ความหนา 80 100 และ 120 เซนติเมตร มีระยะเวลาเฉลี่ยในการกรองเท่ากับ 39 40 และ 42 นาที ตามลำดับ และทรายกรองขนาด 2 มิลลิเมตร ความหนา 80 100 และ 120 เซนติเมตร มีระยะเวลาเฉลี่ยในการกรองเท่ากับ 56 40 และ 34 นาที ตามลำดับ ผลการวิเคราะห์ระยะเวลาเฉลี่ยในการกรองน้ำจากบ่อเพาะเลี้ยงปลานิล แสดงดังภาพที่ 9



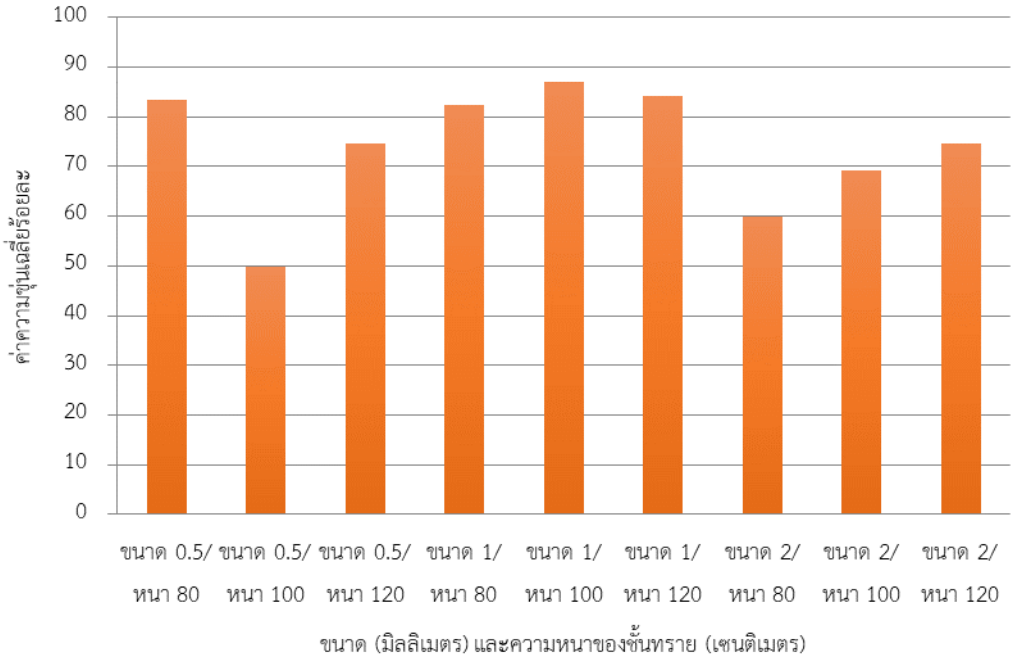
ภาพที่ 9 ระยะเวลาเฉลี่ยในการกรองที่ทรายอุดตันจากบ่อเพาะเลี้ยงปลานิล

จากภาพที่ 9 แสดงให้เห็นว่า ทรายกรองขนาด 0.5 มิลลิเมตร ใช้ระยะเวลาเฉลี่ยในการกรองนานที่สุด โดยความหนาของชั้นทราย 80 เซนติเมตร ใช้เวลาเฉลี่ยในการกรองนานที่สุด คือ 64 นาที รองลงมา คือทรายกรองขนาด 2 มิลลิเมตร และทรายกรองขนาด 1 มิลลิเมตร ใช้เวลาเฉลี่ยในการกรองน้อยที่สุด เมื่อเปรียบเทียบกับงานวิจัยของธนากร (2555) ทำการศึกษาโดยใช้ทรายกรองขนาด 0.45 และ 0.5 มิลลิเมตร พบว่าทรายกรองขนาด 0.45 และ 0.5 มิลลิเมตร ใช้เวลาในการกรอง 5 - 7 นาที และ 15 นาที ตามลำดับ จะเห็นได้ว่าทรายกรองขนาดใหญ่ใช้เวลาในการกรองน้ำมากกว่าทรายกรองขนาดเล็ก ซึ่งไม่สอดคล้องกับงานวิจัยในครั้งนี้ โดยงานวิจัยในครั้งนี้มีระยะเวลาเฉลี่ยในการกรองไม่คงที่ อาจมีสาเหตุมาจากแรงกระแทกบนผิวหน้าทรายจากการเทน้ำเข้าสู่ถังกรอง

ทราย ทำให้เกิดช่องว่างระหว่างเม็ดทราย ส่งผลให้ความหนาแน่นของชั้นทรายไม่เท่ากัน ทำให้ระยะเวลาเฉลี่ยในการกรองที่ทรายอุดตันไม่คงที่

1.2.3 ผลการศึกษาความสามารถในการกำจัดความขุ่น

จากตารางที่ 8 เมื่อน้ำเสียจากบ่อเพาะเลี้ยงปลานิลไหลผ่านชั้นทรายที่มีขนาดของทรายกรองและความหนาของชั้นทรายที่แตกต่างกัน มีความสามารถเฉลี่ยในการกำจัดความขุ่นดังนี้ ทรายกรองขนาด 0.5 มิลลิเมตร ความหนา 80 100 และ 120 เซนติเมตร มีความสามารถเฉลี่ยในการกำจัดความขุ่น ร้อยละ 83.51 49.93 และ 74.61 ตามลำดับ ทรายกรองขนาด 1 มิลลิเมตร ความหนา 80 100 และ 120 เซนติเมตร มีความสามารถในการกำจัดความขุ่น ร้อยละ 82.50 87.14 และ 84.24 ตามลำดับ และทรายกรองขนาด 2 มิลลิเมตร ความหนา 80 100 และ 120 เซนติเมตร มีความสามารถเฉลี่ยในการกำจัดความขุ่น ร้อยละ 59.98 69.29 และ 74.57 ตามลำดับ



ภาพที่ 10 ความสามารถในการกำจัดความขุ่นจากบ่อเพาะเลี้ยงปลานิล

จากภาพที่ 10 แสดงให้เห็นว่า ทรายกรองขนาด 1 มิลลิเมตร มีความสามารถเฉลี่ยในการกำจัดความขุ่นได้มากที่สุด โดยสามารถกำจัดสารแขวนลอยได้มากที่สุดที่ความหนา 100 เซนติเมตร คิดเป็นร้อยละ 87.14 รองลงมา คือทรายกรองขนาด 0.5 มิลลิเมตร และความสามารถเฉลี่ยในการกำจัดความขุ่นที่มีประสิทธิภาพน้อยที่สุดคือ ทรายกรองขนาด 2 มิลลิเมตร ซึ่งเมื่อพิจารณาจากงานวิจัยของ Zheng (2009) พบว่า การเพิ่มขนาดของทรายกรองส่งผลต่อประสิทธิภาพ

การกำจัดความขุ่น โดยขนาดทรายกรอง 1 และ 2 มิลลิเมตร มีความสามารถในการกำจัดความขุ่นแปรผันไม่สอดคล้องกับขนาดของทรายกรอง โดยทรายกรองขนาด 0.5 มิลลิเมตร เป็นทรายกรองขนาดเล็กที่สุด แต่ประสิทธิภาพในการกำจัดความขุ่นไม่ดีที่สุด อาจมีสาเหตุมาจาก ทรายกรองขนาด 0.5 มิลลิเมตร มีขนาดเล็กมาก เมื่อน้ำไหลผ่านระบบกรองทรายจึงมีการปนเปื้อนของทรายกรองออกมากับน้ำที่กรองได้ จึงเป็นสาเหตุทำให้น้ำที่ออกมามีค่าความขุ่นเพิ่มขึ้น

1.2.4 ผลการศึกษาตัวกลางสารกรองที่เหมาะสมสำหรับระบบกรองทรายแบบประยุกต์

จากการศึกษาตัวกลางสารกรองที่เหมาะสมสำหรับระบบกรองทราย โดยใช้ทรายกรองขนาด 0.5 1 และ 2 มิลลิลิตร ความหนาของชั้นทราย 80 100 และ 120 เซนติเมตร เปรียบเทียบปริมาตรน้ำที่กรองได้ ระยะเวลาในการกรอง และความสามารถในการกำจัดความขุ่น นำข้อมูลที่ได้มาใช้ในการออกแบบระบบกรองทรายแบบอัตราการกรองเร็วและแบบอัตราการกรองสูง สำหรับการทดลองในครั้งนี้เพื่อศึกษาประสิทธิภาพของการบำบัดน้ำเสียจากการเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำด้วยระบบกรองทรายแบบอัตราการกรองเร็วและแบบอัตราการกรองสูงในข้อ 2 และ ข้อ 3 ต่อไป

สำหรับระบบกรองทรายแบบอัตราการกรองเร็ว เลือกใช้ทรายกรองขนาด 1 มิลลิเมตร ความหนาของชั้นทราย 100 เซนติเมตร มีปริมาณน้ำเฉลี่ยที่กรองได้ เท่ากับ 67.45 ระยะเวลาเฉลี่ยในการกรอง 40 นาที และความสามารถในการกำจัดความขุ่น คิดเป็นร้อยละ 87.14 และมีอัตราการกรอง 5.64 เมตรต่อชั่วโมง ซึ่งมีปริมาณน้ำเฉลี่ยที่กรองได้มีปริมาตรสูง ใช้ระยะเวลาเฉลี่ยในการกรองมากสูง และมีความสามารถในกำจัดความขุ่นได้มากที่สุด ให้เป็นไปตามเกณฑ์มาตรฐานควบคุมการระบายน้ำทิ้งจากบ่อเพาะเลี้ยงน้ำจืด จึงเลือกทรายขนาด 1 มิลลิเมตร ความหนา 100 เซนติเมตร สำหรับการใช้เป็นระบบกรองทรายแบบอัตราการกรองเร็ว

สำหรับระบบถังกรองทรายแบบอัตราการกรองสูง เลือกใช้ทรายกรองขนาด 2 มิลลิเมตร ความหนาของชั้นทราย 80 เซนติเมตร มีปริมาณน้ำเฉลี่ยที่กรองได้ เท่ากับ 251.63 ระยะเวลาเฉลี่ยในการกรอง 56 นาที ความสามารถในการกำจัดความขุ่นคิดเป็นร้อยละ 59.98 และมีอัตราการกรอง 14.86 ซึ่งมีปริมาณน้ำเฉลี่ยที่กรองได้มากที่สุด ใช้ระยะเวลาเฉลี่ยในการกรองมากที่สุด สามารถกำจัดความขุ่นให้เป็นไปตามเกณฑ์มาตรฐานควบคุมการระบายน้ำทิ้งจากบ่อเพาะเลี้ยงน้ำจืดกำหนดและมีอัตราการกรองเป็นไปตามเกณฑ์การออกแบบระบบกรองทรายแบบถังกรองเร็ว มั่นสิน (2539) ส่วนสาเหตุที่ไม่เลือกชั้นความหนาอื่น ๆ เนื่องจากมีความสามารถเฉลี่ยในการกำจัดความขุ่นได้ตามเกณฑ์มาตรฐานควบคุมระบายน้ำทิ้งจากบ่อเพาะเลี้ยงน้ำจืด แต่มีปริมาณน้ำเฉลี่ยที่กรองได้น้อยกว่าความหนา 80 เซนติเมตร และสาเหตุที่ไม่เลือกขนาดทราย 0.5 มิลลิเมตร เนื่องจากทรายมีขนาดเล็กมากทำให้ขณะกรองน้ำมีทรายส่วนหนึ่งปนเปื้อนออกมากับน้ำกรองทำให้

ความสามารถในการกำจัดความขุ่นไม่คงที่ จึงไม่เหมาะสมสำหรับการเลือกใช้เป็นระบบกรองทรายแบบอัตราการกรองสูง

2. ผลการศึกษาประสิทธิภาพของการบำบัดน้ำเสียจากการเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำด้วยระบบกรองทรายแบบอัตราการกรองเร็วและแบบอัตราการกรองสูง

จากผลการศึกษาตัวกลางสารกรองที่เหมาะสมสำหรับระบบกรองทราย พบว่า ทรายกรองขนาด 1 มิลลิเมตร ความหนาของชั้นทราย 100 เซนติเมตร เหมาะสำหรับระบบกรองทรายแบบอัตราการกรองเร็วสำหรับการทดลองในครั้งนี้ และทรายกรองขนาด 2 มิลลิเมตร ความหนาของชั้นทราย 80 เซนติเมตร เหมาะสำหรับระบบกรองทรายแบบอัตราการกรองสูงสำหรับการทดลองในครั้งนี้ ศึกษาประสิทธิภาพของระบบกรองทรายแบบอัตราการกรองเร็วและแบบอัตราการกรองสูง สำหรับบำบัดน้ำเสียจากการเพาะเลี้ยงปลานิล โดยวิเคราะห์คุณภาพน้ำด้วยผ่านระบบกรองทรายแบบอัตราการกรองเร็วและแบบอัตราการกรองสูง วิเคราะห์ค่าพารามิเตอร์ต่าง ๆ ดังนี้ ความขุ่น อุณหภูมิ พีเอช ของแข็งแขวนลอย บีโอดี ไนเตรท ไนไตรท์ และแอมโมเนีย เปรียบเทียบคุณภาพน้ำก่อนนำมาใช้ในการทดลองกับคุณภาพน้ำที่ผ่านการบำบัดด้วยระบบบกรองทรายแบบอัตราการกรองเร็วและแบบอัตราการกรองสูงโดยมีผลการศึกษาแสดงดังนี้

ตารางที่ 9 ประสิทธิภาพของการบำบัดน้ำเสียจากการเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำด้วยระบบกรองทรายแบบอัตราการกรองเร็วและแบบอัตราการกรองสูง

พารามิเตอร์	ขนาดและชั้นทราย	ก่อนกรอง	หลังกรอง	ผลต่าง	ร้อยละ	ค่ามาตรฐาน
ความขุ่น (เอ็นทียู)	1/100	84.7	13.35	71.35	84.24	ไม่เกิน 50 เอ็นทียู
	2/80	84.1	12.78	71.32	84.80	
อุณหภูมิ (องศาเซลเซียส)	1/100	32	28	4	12.5	ไม่เกิน 40 องศาเซลเซียส
	2/80	32	27	5	15.63	
บีโอดี (มิลลิกรัมต่อลิตร)	1/100	12.73	4.86	7.87	61.82	ไม่เกิน 20 มิลลิกรัมต่อลิตร
	2/80	12.73	6.6	6.13	48.15	
พีเอช	1/100	7.8	7.3	0.5	37.5	ระหว่าง 6.5-8.5
	2/80	7.8	7.2	0.6	25	
อนุภาคของแข็งแขวนลอย (มิลลิกรัมต่อลิตร)	1/100	94.67	1.9801	92.6899	97.91	ไม่เกิน 80 มิลลิกรัมต่อลิตร
	2/80	94.67	2.8890	91.7810	96.95	
ไนไตรท์ (มิลลิกรัมไนโตรเจนต่อลิตร)	1/100	1.76	1.72	0.04	6.14	4.0 มิลลิกรัมไนโตรเจนต่อลิตร
	2/80	1.76	1.65	0.11	2.23	
ไนเตรท (มิลลิกรัมไนโตรเจนต่อลิตร)	1/100	1.90	1.888	0.014	0.74	4.0 มิลลิกรัมไนโตรเจนต่อลิตร
	2/80	1.90	1.892	0.010	0.51	
แอมโมเนีย (มิลลิกรัมไนโตรเจนต่อลิตร)	1/100	2.84	2.20	0.64	22.63	ไม่เกิน 1.1 มิลลิกรัมไนโตรเจนต่อลิตร
	2/80	2.84	2.40	0.44	15.62	

ที่มา: กรมควบคุมมลพิษ (2555)

จากตารางที่ 9 แสดงให้เห็นว่า เมื่อน้ำเสียจากบ่อเพาะเลี้ยงปลานิลผ่านระบบกรองทรายแบบอัตราการกรองเร็วขนาดทราย 1 มิลลิเมตร ความหนาของชั้นทราย 100 เซนติเมตร สามารถบำบัดความขุ่น บีโอดี อนุภาคของแข็งแขวนลอย ไนเตรท ไนไตรท์ และแอมโมเนีย ลดลงเหลือ 71.35 เอ็นทียู 7.87 มิลลิกรัมต่อลิตร 92.69 มิลลิกรัมต่อลิตร 0.014 มิลลิกรัมไนโตรเจนต่อลิตร 0.04 มิลลิกรัมไนโตรเจนต่อลิตร และ 0.64 มิลลิกรัมไนโตรเจนต่อลิตร ตามลำดับ โดยมีประสิทธิภาพในการบำบัดคิดเป็นร้อยละ 84.24 61.82 97.91 0.74 6.14 และ 22.63 ตามลำดับ จากการศึกษาพบว่า ระบบกรองทรายแบบอัตราการกรองเร็วมีประสิทธิภาพในการบำบัดความขุ่น บีโอดี และอนุภาคของแข็งแขวนลอย ได้ดีแต่มีประสิทธิภาพในการบำบัด ไนเตรท ไนไตรท์ และแอมโมเนีย ได้น้อย ซึ่งผลการศึกษาในครั้งนี้สอดคล้องกับงานวิจัยของ ธนากร (2555) ศึกษาการประยุกต์ใช้การกรองทรายแบบถังกรองเร็วและแบบถังกรองช้าในการบำบัดน้ำจากระบบเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำ ออกแบบถังกรองแบบถังกรอง 2 ชั้น ใช้ถ่านแอนทราไซด์ขนาด 2 มิลลิเมตร และทรายกรองน้ำขนาด 0.5 มิลลิเมตร เป็นตัวกลางในการกรอง จากการศึกษาพบว่า การกรองทรายแบบถังกรองช้ามีประสิทธิภาพในการบำบัด ความขุ่น บีโอดี และอนุภาคของแข็งแขวนลอยได้ดี แต่มีประสิทธิภาพในการบำบัด ไนเตรท ไนไตรท์ และแอมโมเนีย ได้ไม่ดี

จากตารางที่ 9 แสดงให้เห็นว่า เมื่อน้ำเสียจากบ่อเพาะเลี้ยงปลานิลผ่านระบบกรองทรายแบบถังกรองสูง ขนาดทราย 2 มิลลิเมตร ความหนาของชั้นทราย 80 เซนติเมตร สามารถบำบัดความขุ่น บีโอดี อนุภาคของแข็งแขวนลอย ไนเตรท ไนไตรท์ และแอมโมเนีย ให้ลดลงเหลือ 71.32 เอ็นทียู 6.13 มิลลิกรัมต่อลิตร 91.78 มิลลิกรัมต่อลิตร 0.010 มิลลิกรัมไนโตรเจนต่อลิตร 0.11 มิลลิกรัมไนโตรเจนต่อลิตร และ 0.44 มิลลิกรัมไนโตรเจนต่อลิตร ตามลำดับ โดยมีประสิทธิภาพในการบำบัดคิดเป็นร้อยละ 84.80 48.15 96.95 0.51 2.23 และ 15.62 ตามลำดับ จากการศึกษาพบว่า ระบบกรองทรายแบบถังกรองสูงมีประสิทธิภาพในการบำบัดความขุ่น บีโอดี และอนุภาคของแข็งแขวนลอย ได้ดีแต่มีประสิทธิภาพในการบำบัด ไนเตรท ไนไตรท์ และแอมโมเนีย น้อยซึ่งผลการศึกษาในครั้งนี้สอดคล้องกับงานวิจัยของ ธนากร (2555) ศึกษาการประยุกต์ใช้การกรองทรายแบบถังกรองเร็วและแบบถังกรองช้าในการบำบัดน้ำจากระบบเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำ ออกแบบถังกรองแบบถังกรอง 2 ชั้น ใช้ถ่านแอนทราไซด์ขนาด 2 มิลลิเมตร และทรายกรองน้ำขนาด 0.5 มิลลิเมตร เป็นตัวกลางในการกรอง จากการศึกษาพบว่า การกรองทรายแบบถังกรองเร็ว มีประสิทธิภาพในการบำบัดความขุ่น บีโอดี และอนุภาคของแข็งแขวนลอย ได้ดี แต่ไม่มีประสิทธิภาพในการบำบัด ไนเตรท ไนไตรท์ และแอมโมเนีย

เมื่อเปรียบเทียบคุณภาพน้ำเสียจากบ่อเพาะเลี้ยงปลานิล หลังผ่านการกรองด้วยระบบกรองทรายแบบอัตราการกรองเร็วและแบบอัตราการกรองสูง กับมาตรฐานควบคุมการระบายน้ำทิ้งจากบ่อเพาะเลี้ยงน้ำจืดกรมทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม พบว่า ระบบกรองทรายแบบอัตราการ

กรองเร็วและแบบอัตราการกรองสูงสามารถบำบัด ความขุ่น อุณหภูมิ บีโอดี พีเอช และอนุภาคของแข็งแขวนลอย ให้เป็นไปตามมาตรฐานการระบายน้ำทิ้งจากบ่อเพาะเลี้ยงน้ำจืดกำหนด แต่ไม่สามารถบำบัดแอมโมเนียให้เป็นไปตามค่ามาตรฐานการระบายน้ำทิ้งจากบ่อเพาะเลี้ยงน้ำจืดได้สำหรับไนเตรทและไนไตรท์ คุณภาพน้ำก่อนนำมาใช้ทดลองมีค่าไม่เกินจากค่ามาตรฐานกำหนด

3. ผลการศึกษาศักยภาพการกรองของระบบกรองทรายแบบประยุกต์ในการควบคุมคุณภาพน้ำจากการเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำเพื่อหมุนเวียนน้ำกลับมาใช้ใหม่

3.1 ผลการวิเคราะห์คุณภาพน้ำจากบ่อเพาะเลี้ยงปลานิลก่อนทดลอง

การวิเคราะห์คุณภาพน้ำจากบ่อเพาะเลี้ยงปลานิลก่อนนำมาใช้ในการทดลองโดยการวิเคราะห์คุณภาพน้ำตามพารามิเตอร์ต่าง ๆ ดังนี้ ความขุ่น ของแข็งแขวนลอย อุณหภูมิ พีเอช ออกซิเจนละลายในน้ำ แอมโมเนีย ไนไตรท์ และไนเตรท ผลการวิเคราะห์คุณภาพน้ำก่อนการทดลองแสดงดังตารางที่ 10

ตารางที่ 10 ผลการวิเคราะห์คุณภาพน้ำจากบ่อเพาะเลี้ยงปลานิลก่อนการทดลอง

ลำดับที่	พารามิเตอร	บ่อควบคุม	บ่อทดลอง	หน่วย
1	ความขุ่น	21.30	21.30	เอ็นทียู
2	ของแข็งแขวนลอย	0.23	0.07	มิลลิกรัมต่อลิตร
3	อุณหภูมิ	28.70	30.60	องศาเซลเซียส
4	พีเอช	7.9	7.9	-
5	ออกซิเจนละลายในน้ำ	4.81	4.62	มิลลิกรัมต่อลิตร
6	แอมโมเนีย	0.58	0.60	มิลลิกรัมไนโตรเจนต่อลิตร
7	ไนไตรท์	0.0001	0.0001	มิลลิกรัมไนโตรเจนต่อลิตร
8	ไนเตรท	0.11	0.14	มิลลิกรัมไนโตรเจนต่อลิตร

คุณภาพน้ำก่อนการทดลองในบ่อควบคุมมีผลการวิเคราะห์ดังนี้ ปริมาณความขุ่น 21.30 เอ็นทียู ปริมาณของแข็งแขวนลอย 0.23 มิลลิกรัมต่อลิตร อุณหภูมิ 28.70 องศาเซลเซียส ค่าพีเอช 7.9 ปริมาณออกซิเจนละลายในน้ำ 4.81 มิลลิกรัมต่อลิตร ปริมาณแอมโมเนีย 0.58 มิลลิกรัม

ไนโตรเจนต่อลิตร ไนไตรท์ 0.0001 มิลลิกรัมไนโตรเจนต่อลิตร และไนเตรท 0.11 มิลลิกรัมไนโตรเจนต่อลิตร

คุณภาพน้ำก่อนการทดลองในบ่อทดลองมีผลการวิเคราะห์ดังนี้ ปริมาณความขุ่น 21.30 เอ็นทียู ปริมาณของแข็งแขวนลอย 0.07 มิลลิกรัมต่อลิตร อุณหภูมิ 30.60 องศาเซลเซียส ค่าพีเอช 7.9 ปริมาณออกซิเจนละลายในน้ำ 4.62 มิลลิกรัมต่อลิตร ปริมาณแอมโมเนีย 0.60 มิลลิกรัมไนโตรเจนต่อลิตร ไนไตรท์ 0.0001 มิลลิกรัมไนโตรเจนต่อลิตร และไนเตรท 0.14 มิลลิกรัมไนโตรเจนต่อลิตร

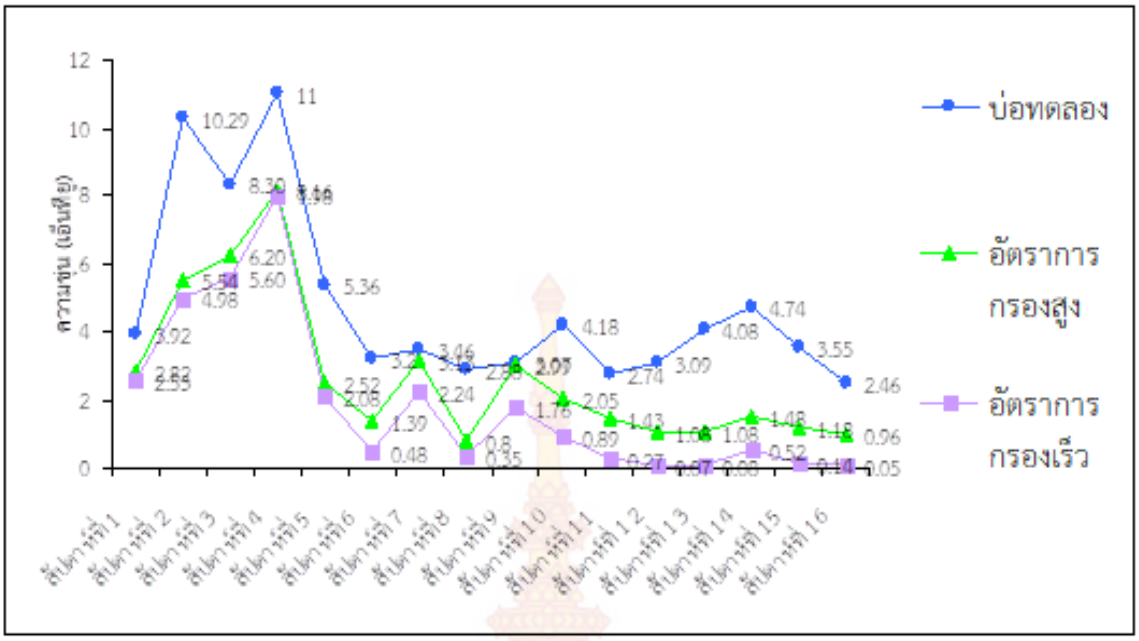
เมื่อพิจารณาผลการวิเคราะห์คุณภาพน้ำพบว่า คุณภาพน้ำในบ่อควบคุมและบ่อทดลองมีผลการวิเคราะห์ตามพารามิเตอร์ต่าง ๆ ใกล้เคียงกัน และปริมาณความขุ่นในบ่อทดลองซึ่งมีค่าอยู่ที่ 21.30 เอ็นทียู เป็นคุณภาพน้ำดิบที่เหมาะสมสำหรับการบำบัดด้วยระบบกรองทรายตามเกณฑ์การออกแบบของมั่นสิน (2539) ได้กล่าวไว้ว่า คุณภาพของน้ำดิบก่อนเข้าระบบกรองทรายควรมีปริมาณความขุ่นไม่เกิน 20 ถึง 25 เอ็นทียู

3.2 ผลการศึกษาคุณภาพน้ำหลังการบำบัดและควบคุมด้วยระบบกรองทรายแบบประยุกต์ในระบบเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำแบบหมุนเวียน

การศึกษาในส่วนนี้จะติดตั้งถังกรองทรายแบบใช้ความดันระบบปิด แบบอัตราการกรองเร็ว และอัตราการกรองสูง เข้ากับบ่อทดลอง เก็บน้ำตัวอย่างจากบ่อเพาะเลี้ยงปลานิลทั้งสองบ่อ ทุก ๆ สัปดาห์ ใช้ระยะเวลาในการเก็บ 4 เดือน จะมีผลการวิเคราะห์คุณภาพน้ำดังนี้

3.2.1 ผลการศึกษาปริมาณความขุ่น

จากการตรวจวัดปริมาณความขุ่นตลอดระยะเวลาการทดลอง พบว่ามีปริมาณความขุ่นเฉลี่ยของน้ำที่ผ่านถังกรองทรายแบบอัตราการกรองเร็ว ถังกรองทรายแบบอัตราการกรองสูง บ่อเพาะเลี้ยงปลานิลที่มีการติดตั้งระบบกรองทราย (บ่อทดลอง) และบ่อเพาะเลี้ยงปลานิลที่ไม่มีการติดตั้งระบบกรองทราย (บ่อควบคุม) แต่ละจุดเก็บตัวอย่างแสดงดังภาพที่ 11



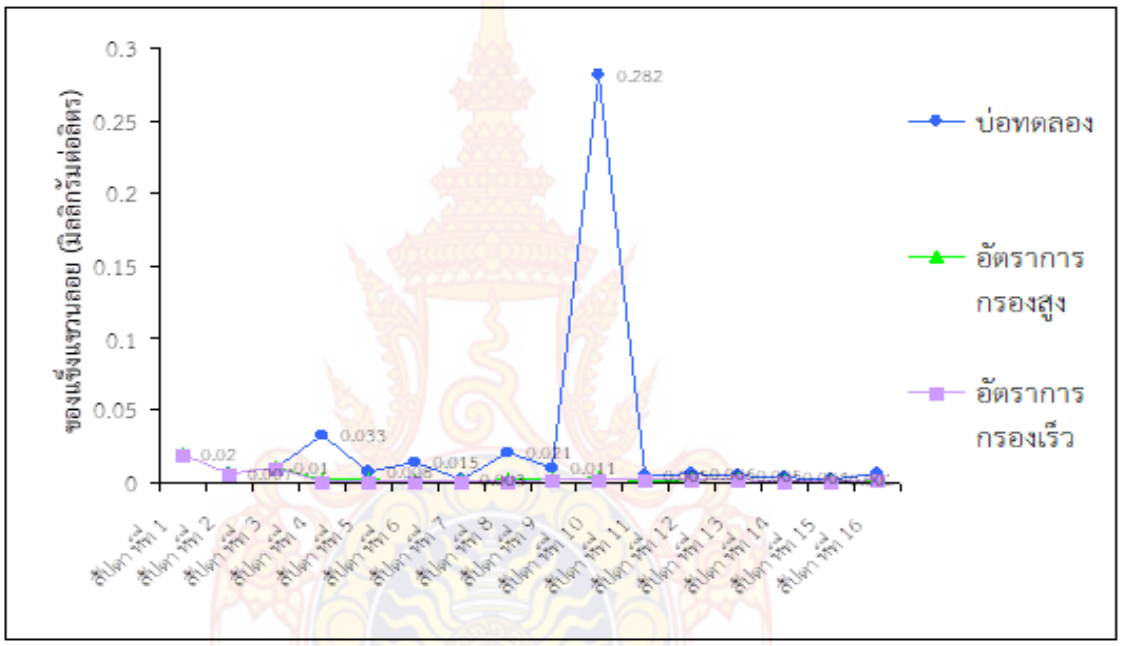
ภาพที่ 11 ปริมาณความขุ่นเฉลี่ยแต่ละจุดเก็บตัวอย่าง

จากผลการตรวจวัดปริมาณความขุ่นเฉลี่ยในสัปดาห์ที่ 1 มีปริมาณความขุ่นเฉลี่ยของบ่อทดลองน้อยกว่าบ่อควบคุม เพราะระบบกรองทรายสามารถกำจัดความขุ่นอย่างเห็นได้ชัด หลังจากสัปดาห์ที่ 1 ปริมาณความขุ่นเฉลี่ยในบ่อควบคุมไม่สามารถวิเคราะห์ได้เนื่องจากปลาในบ่อควบคุมตายทั้งหมดจึงหยุดการเก็บตัวอย่าง จากภาพที่ 11 แสดงให้เห็นว่าในสัปดาห์ที่ 2 3 และ 4 ปริมาณความขุ่นเฉลี่ยในบ่อทดลองมีแนวโน้มเพิ่มขึ้น และมีปริมาณสูงที่สุดคือ 11.00 เอ็นทียู ในสัปดาห์ที่ 4 เพราะมีการสะสมของปริมาณตะกอนภายในบ่อมากขึ้นเนื่องจากปลามีอัตราการเจริญเติบโตและการกินอาหารมากขึ้น ทำให้ปลามีการขับถ่ายมาก ในสัปดาห์ที่ 5 ถึงสัปดาห์ที่ 16 ปริมาณความขุ่นในบ่อทดลองมีแนวโน้มลดลง และมีปริมาณต่ำสุดคือ 2.46 เอ็นทียู ซึ่งสอดคล้องกับข้อมูลของ Tchobanoglous and Burton (1991) กล่าวว่ากลไกของการกรองเกิดจากจุลชีพต่าง ๆ เกิดเป็นฟิล์มชีวภาพ ช่วยในการดักตะกอนในชั้นทราย และสามารถย่อยสลายหรือกำจัดตะกอนได้ และหลังสัปดาห์ที่ 4 มีการล้างย้อน (Backwash) อย่างสม่ำเสมอทำให้มีประสิทธิภาพในการกำจัดความขุ่นเพิ่มขึ้น เมื่อพิจารณาจากภาพจะเห็นได้ว่าถังกรองทรายแบบอัตราการกรองเร็ว จะมีศักยภาพในการกำจัดความขุ่นมากกว่าถังกรองทรายแบบอัตราการกรองสูง เนื่องจากถังกรองทรายแบบอัตราการกรองเร็วมีขนาดทรายเล็กกว่าทำให้มีประสิทธิภาพในการกำจัดความขุ่นมากกว่า ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยของ Zheng (2009) กล่าวว่าการเพิ่มขนาดของทรายกรองส่งผลต่อประสิทธิภาพในการกำจัดความขุ่นและปริมาณของแข็งแขวนลอย และงานวิจัยของศุภนุชและคณะ

(2553) เปรียบเทียบการทำงานของถังกรองทรายแบบกรองตรง พบว่าถังกรองทรายแบบกรองเร็วสามารถกำจัดความขุ่นได้ดีถึงร้อยละ 96.65

3.2.2 ผลการศึกษาปริมาณของแข็งแขวนลอย

จากการวิเคราะห์ปริมาณของแข็งแขวนลอยตลอดระยะเวลาการทดลอง พบว่ามีปริมาณของแข็งแขวนลอยเฉลี่ยของน้ำที่ผ่านถังกรองทรายแบบอัตราการกรองเร็ว ถังกรองทรายแบบอัตราการกรองสูง บ่อเพาะเลี้ยงปลานิลที่มีการติดตั้งระบบกรองทราย (บ่อทดลอง) และบ่อเพาะเลี้ยงปลานิลที่ไม่มีการติดตั้งระบบกรองทราย (บ่อควบคุม) แต่ละจุดเก็บตัวอย่างแสดงดังภาพที่ 12



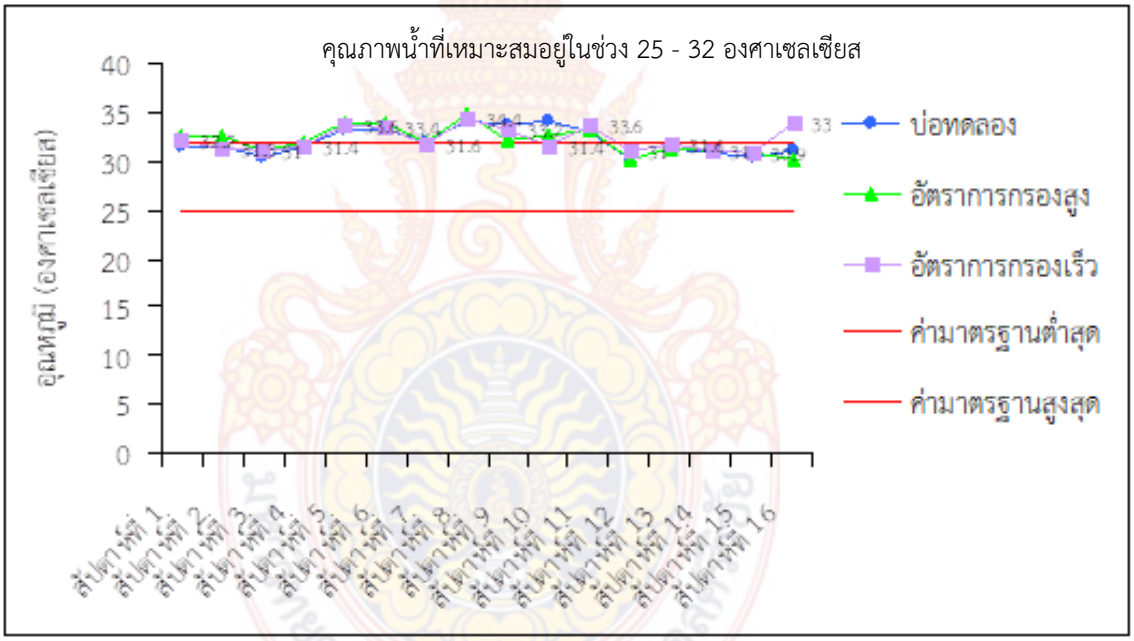
ภาพที่ 12 ปริมาณของแข็งแขวนลอยเฉลี่ยแต่ละจุดเก็บตัวอย่าง

จากผลการวิเคราะห์ปริมาณของแข็งแขวนลอย แสดงให้เห็นว่าในสัปดาห์ที่ 1 ปริมาณของแข็งแขวนลอยเฉลี่ยในบ่อทดลองมีปริมาณน้อยกว่าบ่อควบคุม เพราะระบบกรองทรายสามารถกำจัดปริมาณของแข็งแขวนลอยได้ หลังจากสัปดาห์ที่ 1 ปริมาณของแข็งแขวนลอยของบ่อควบคุมไม่สามารถวิเคราะห์ได้เนื่องจากปลาในบ่อควบคุมตายทั้งหมดจึงหยุดการเก็บตัวอย่าง จากภาพที่ 12 จะเห็นได้ว่าตลอดระยะเวลาการทดลอง 16 สัปดาห์ ของแข็งแขวนลอยในบ่อทดลองมีปริมาณน้อยซึ่งสอดคล้องกับข้อมูลของ Tchobanoglous and Burton (1991) กล่าวว่ากลไกของการกรองเกิดจากจุลชีพต่าง ๆ เกิดเป็นฟิล์มชีวภาพ ช่วยในการดักตะกอนในชั้นทราย และสามารถย่อยสลายหรือกำจัดตะกอนได้ และหลังสัปดาห์ที่ 4 มีการล้างย้อน (Backwash) อย่างสม่ำเสมอทำให้มีประสิทธิภาพในการกำจัดความของแข็งแขวนลอยเพิ่มขึ้น เมื่อพิจารณาจากภาพจะเห็นได้ว่า

ถังกรองทรายแบบอัตราการกรองเร็วมีประสิทธิภาพในการกำจัดของแข็งแขวนลอยมากกว่าถังกรองทรายแบบอัตราการกรองสูง เนื่องจากถังกรองทรายแบบอัตราการกรองเร็วมีขนาดทรายเล็กกว่าถังกรองทรายแบบอัตราการกรองสูง ทำให้ประสิทธิภาพในการกำจัดของแข็งแขวนลอยมากกว่า ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยของ Zheng (2009) กล่าวว่าการเพิ่มขนาดของทรายกรองส่งผลต่อประสิทธิภาพในการกำจัดความขุ่นและปริมาณของแข็งแขวนลอย

3.2.3 ผลการศึกษาอุณหภูมิ

จากการตรวจวัดอุณหภูมิตลอดระยะเวลาการทดลอง พบว่ามีอุณหภูมิของน้ำที่ผ่านถังกรองทรายแบบอัตราการกรองเร็ว ถังกรองทรายแบบอัตราการกรองสูง บ่อเพาะเลี้ยงปลานิลที่มีการติดตั้งระบบกรองทราย (บ่อทดลอง) และบ่อเพาะเลี้ยงปลานิลที่ไม่มีการติดตั้งระบบกรองทราย (บ่อควบคุม) แต่ละจุดเก็บตัวอย่างแสดงดังภาพที่ 13

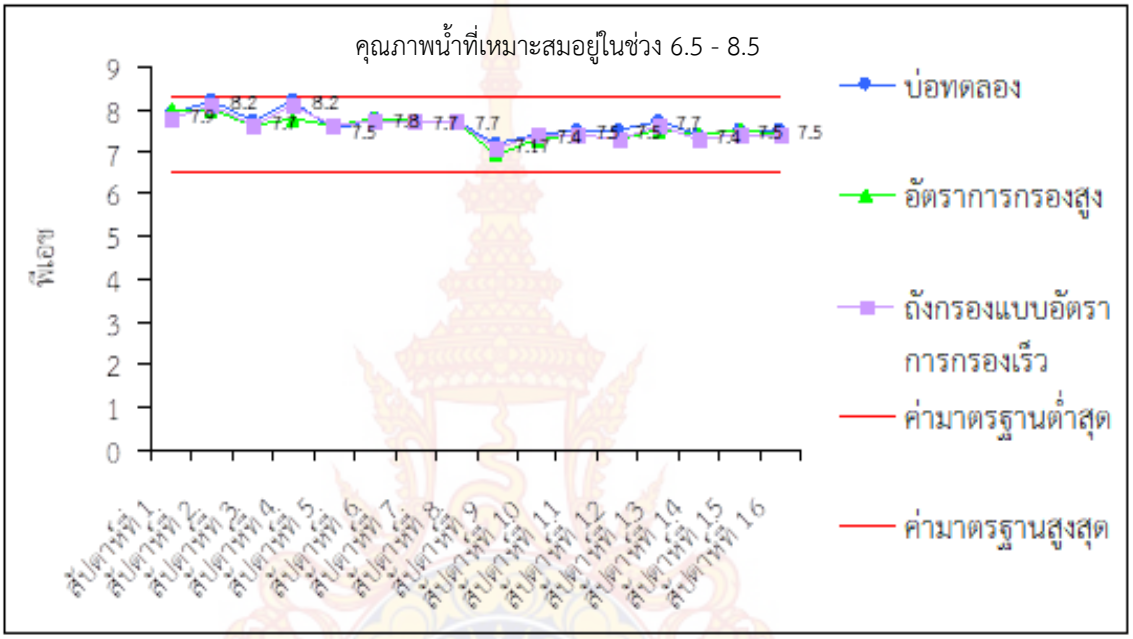


ภาพที่ 13 ค่าอุณหภูมิเฉลี่ยแต่ละจุดการเก็บตัวอย่าง

จากภาพที่ 13 แสดงให้เห็นว่าตลอดระยะเวลา 16 สัปดาห์ อุณหภูมิเฉลี่ยในถังกรองทรายแบบอัตราการกรองเร็ว ถังกรองทรายแบบอัตราการกรองสูง และบ่อทดลอง มีอุณหภูมิเฉลี่ยใกล้เคียงกันทุกสัปดาห์ ในช่วงสัปดาห์ที่ 1-4 และ 12-16 เกิดฝนตกจึงทำให้อุณหภูมิเฉลี่ยลดลง แต่ในช่วงสัปดาห์ที่ 5 - 11 สภาพอากาศภายนอกมีอุณหภูมิสูงจึงทำให้อุณหภูมิน้ำสูงขึ้นด้วย เมื่อพิจารณาผลการศึกษาพบว่าอุณหภูมิน้ำจะเปลี่ยนแปลงไปตามสภาพภูมิอากาศและไม่เกิดจากการควบคุมอุณหภูมิภายในระบบ

3.2.4 ผลการศึกษาค่าความเป็นกรด – ด่าง (pH)

จากการตรวจวัดค่าความเป็นกรด-ด่างตลอดระยะเวลาการทดลอง พบว่ามีค่าความเป็นกรด-ด่างของน้ำที่ผ่านถังกรองทรายแบบอัตราการกรองเร็ว ถังกรองทรายแบบอัตราการกรองสูง บ่อเพาะเลี้ยงปลานิลที่มีการติดตั้งระบบกรองทราย (บ่อทดลอง) และบ่อเพาะเลี้ยงปลานิลที่ไม่มีการติดตั้งระบบกรองทราย (บ่อควบคุม) แต่ละจุดเก็บตัวอย่างแสดงดังภาพที่ 14

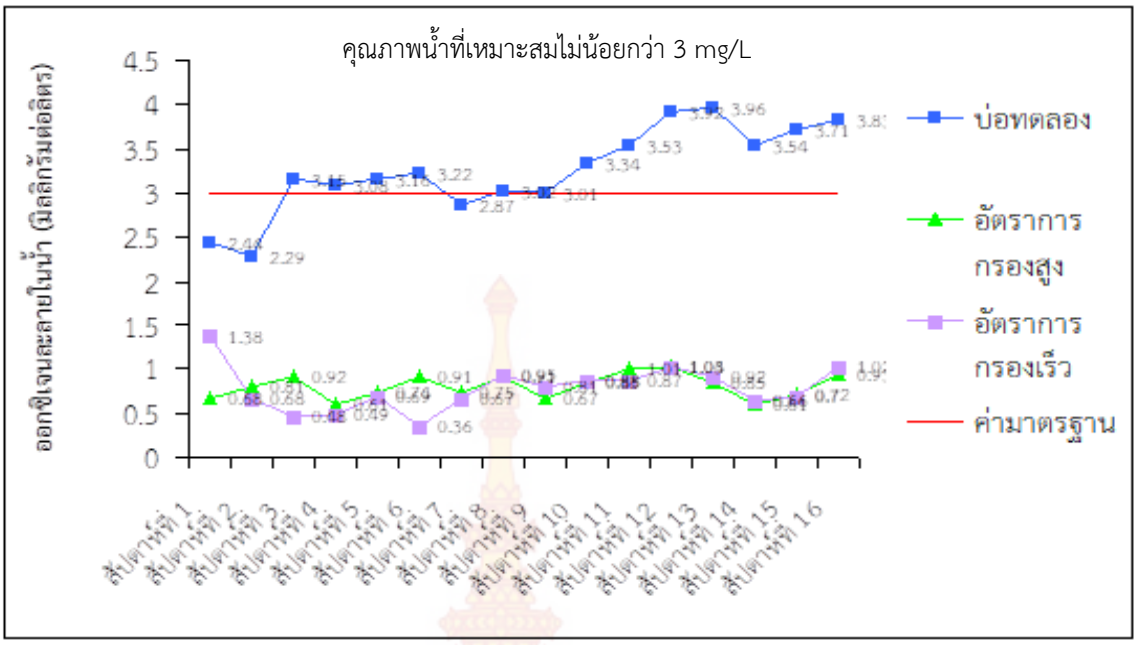


ภาพที่ 14 ค่าพีเอชเฉลี่ยแต่ละจุดเก็บตัวอย่าง

จากภาพที่ 14 แสดงให้เห็นว่าตลอดระยะเวลาการทดลอง 16 สัปดาห์ ถังกรองทรายแบบอัตราการกรองเร็ว ถังกรองแบบทรายอัตราการกรองสูง และบ่อทดลอง มีค่าพีเอชใกล้เคียงกันทุกสัปดาห์ ซึ่งมีค่าอยู่ในช่วง 6.5 – 8.5 จากการทดลองจะเห็นได้ว่ากลไกลการทำงานของระบบกรองทรายไม่ส่งผลต่อค่าพีเอช จึงทำให้ค่าพีเอชภายในบ่อทดลองตลอดระยะเวลา 16 สัปดาห์ เป็นไปตามคุณภาพน้ำที่เหมาะสมสำหรับการเพาะเลี้ยงปลานิล ของกรมประมง กระทรวงเกษตรและสหกรณ์ซึ่งกำหนดไว้ว่าควรมีค่าพีเอชอยู่ในช่วง 6.5 – 8.5

3.2.5 ผลการตรวจวัดปริมาณออกซิเจนละลายในน้ำ

จากการตรวจวัดปริมาณออกซิเจนละลายในน้ำตลอดระยะเวลาการทดลอง พบว่ามีปริมาณออกซิเจนละลายในน้ำที่ผ่านถังกรองทรายแบบอัตราการกรองเร็ว ถังกรองทรายแบบอัตราการกรองสูง บ่อเพาะเลี้ยงปลานิลที่มีการติดตั้งระบบกรองทราย (บ่อทดลอง) และบ่อเพาะเลี้ยงปลานิลที่ไม่มีการติดตั้งระบบกรองทราย (บ่อควบคุม) แต่ละจุดเก็บตัวอย่างแสดงดังภาพที่ 15



หมายเหตุ: ทำการตรวจวัดปริมาณออกซิเจนละลายในน้ำเมื่อปิดเครื่องเติมอากาศในบ่อเพาะเลี้ยงปลานิล

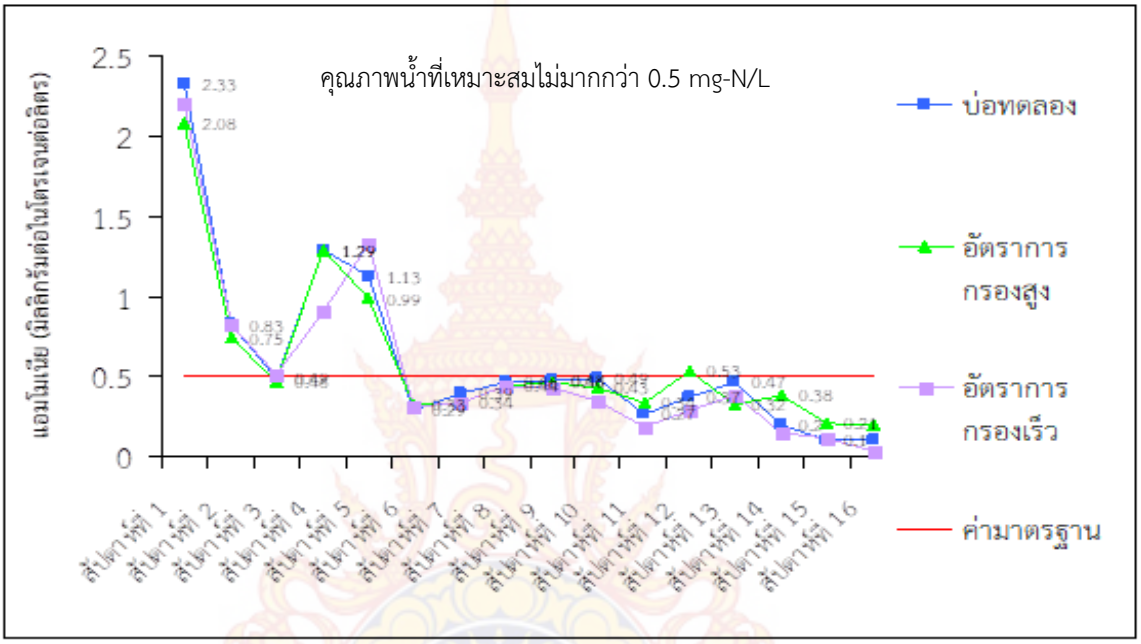
ภาพที่ 15 ปริมาณออกซิเจนละลายในน้ำแต่ละจุดเก็บตัวอย่างน้ำ

จากภาพที่ 15 แสดงให้เห็นว่าปริมาณออกซิเจนละลายในน้ำเฉลี่ยในบ่อทดลองสัปดาห์ที่ 1 และ 2 มีปริมาณออกซิเจนละลายในน้ำเฉลี่ยอยู่ระหว่าง 2 – 2.5 มิลลิกรัมต่อลิตร ซึ่งในสัปดาห์ที่ 2 มีปริมาณออกซิเจนละลายในน้ำต่ำสุดตลอดระยะเวลาการทดลอง หลังจากสัปดาห์ที่ 2 มีปริมาณออกซิเจนละลายในน้ำเฉลี่ยเพิ่มขึ้น เนื่องจากการเพิ่มเครื่องเติมอากาศให้กับบ่อเพาะเลี้ยงปลานิลส่งผลให้สัปดาห์ที่ 3 – 16 มีปริมาณออกซิเจนละลายในน้ำมากกว่า 3 มิลลิกรัมต่อลิตร และปริมาณออกซิเจนละลายในน้ำคงที่อยู่ในช่วง 3.00 – 3.96 มิลลิกรัมต่อลิตร แต่ในสัปดาห์ที่ 7 มีปริมาณออกซิเจนละลายในน้ำลดต่ำลงกว่า 3 มิลลิกรัมต่อลิตร เนื่องจากในโรงเพาะเลี้ยงมีการใช้เครื่องเติมอากาศมากทำให้มีแรงดันไม่เพียงพอ เมื่อพิจารณาปริมาณออกซิเจนละลายในน้ำที่ออกจากถังกรองทรายแบบอัตราการกรองเร็ว และถังกรองทรายแบบอัตราการกรองช้า พบว่ามีปริมาณออกซิเจนละลายในน้ำน้อยกว่า 1.50 มิลลิกรัมต่อลิตร เนื่องจากถังกรองที่ใช้ในการทดลองเป็นถังกรองแบบปิด ดังนั้นภายในถังกรองจึงมีสภาพไร้อากาศ

จากการทดลองพบว่าปริมาณออกซิเจนละลายในน้ำเฉลี่ยตลอดระยะเวลา 16 สัปดาห์ มีปริมาณออกซิเจนละลายน้ำภายในบ่อทดลองเป็นไปตามคุณภาพน้ำที่เหมาะสมสำหรับการเพาะเลี้ยงปลานิล ของกรมประมง กระทรวงเกษตรและสหกรณ์ ซึ่งกำหนดไว้ว่าควรมีปริมาณออซิเจนละลายในน้ำไม่ต่ำกว่า 3 มิลลิกรัมต่อลิตร

3.2.6 ผลการศึกษาปริมาณแอมโมเนีย

จากการวิเคราะห์ปริมาณแอมโมเนียในน้ำตลอดระยะเวลาการทดลอง พบว่ามีปริมาณแอมโมเนียในน้ำที่ผ่านถังกรองทรายแบบอัตราการกรองเร็ว ถังกรองทรายแบบอัตราการกรองสูง บ่อเพาะเลี้ยงปลานิลที่มีการติดตั้งระบบกรองทราย (บ่อทดลอง) และบ่อเพาะเลี้ยงปลานิลที่ไม่มีการติดตั้งระบบกรองทราย (บ่อควบคุม) แต่ละจุดเก็บตัวอย่างแสดงดังภาพที่ 16



ภาพที่ 16 ปริมาณแอมโมเนียเฉลี่ยแต่ละจุดเก็บตัวอย่างน้ำ

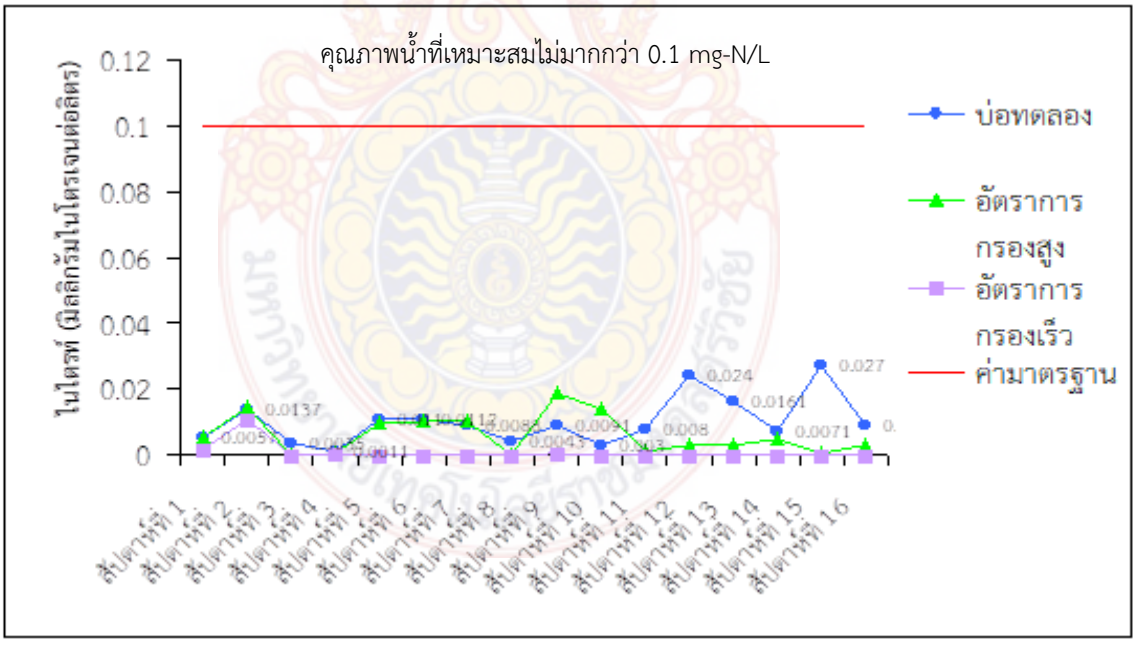
จากผลการวิเคราะห์ปริมาณแอมโมเนียเฉลี่ย แสดงให้เห็นว่าในสัปดาห์ที่ 1 บ่อควบคุม บ่อทดลอง ถังกรองทรายแบบอัตราการกรองเร็ว และถังกรองทรายแบบอัตราการกรองสูง มีปริมาณแอมโมเนียเฉลี่ยสูง ซึ่งบ่อทดลองมีปริมาณแอมโมเนียเฉลี่ยสูงที่สุดเมื่อเปรียบเทียบกับจุดเก็บตัวอย่างอื่น ๆ โดยมีปริมาณแอมโมเนียเฉลี่ย 2.33 มิลลิกรัมไนโตรเจนต่อลิตร หลังจากสัปดาห์ที่ 1 ปริมาณแอมโมเนียของบ่อควบคุมไม่สามารถวิเคราะห์ได้เนื่องจากปลาในบ่อควบคุมตายทั้งหมดจึงหยุดการเก็บตัวอย่าง ปริมาณแอมโมเนียเฉลี่ยจะเริ่มลดลงในสัปดาห์ที่ 2 และมีปริมาณแอมโมเนียเฉลี่ยคงที่ในสัปดาห์ที่ 6-16 เนื่องจากการเกิดฟิล์มชีวภาพในถังกรองทราย จุลชีพที่เกิดในชั้นทรายจะช่วยกำจัดสารประกอบไนโตรเจน ตามข้อมูลของ Tchobanoglous and Burton (1991) และการเพิ่มเวลาเดินระบบกรองทรายจาก 10 ชั่วโมงเป็น 24 ชั่วโมง จึงทำให้ปริมาณแอมโมเนียเฉลี่ยมีค่าลดลง เมื่อเปรียบเทียบปริมาณแอมโมเนียเฉลี่ยกับปริมาณไนไตรท์เฉลี่ย และไนเตรทเฉลี่ยตลอดระยะเวลาการทดลอง พบว่าปริมาณไนไตรท์และไนเตรทมีค่าผกผันกับปริมาณแอมโมเนีย ซึ่งเป็น

ไปตามข้อมูลของ Van Loosdrecht and Jetten (1998) กล่าวว่าปฏิกิริยาไนตริฟิเคชันเป็นการออกซิไดส์แอมโมเนียให้เปลี่ยนไปเป็นไนไตรท์ และไนเตรทโดยอาศัยการทำงานของแบคทีเรียไนตริไฟอิงที่เจริญเติบโตอยู่ภายในชั้นทรายและบนชั้นทราย

จากการศึกษาจะเห็นได้ว่า ถังกรองทรายแบบอัตราการกรองเร็ว และแบบอัตราการกรองสูงมีศักยภาพในการบำบัดแอมโมเนียใกล้เคียงกัน และมีปริมาณแอมโมเนียลดลงเมื่อระยะผ่านไป ส่งผลให้ปริมาณแอมโมเนียเฉลี่ยในบ่อทดลองลดลงด้วย จนสามารถควบคุมปริมาณแอมโมเนียภายในบ่อทดลองให้เป็นไปตามคุณภาพน้ำที่เหมาะสมสำหรับการเพาะเลี้ยงปลานิล กรมประมง กระทรวงเกษตรและสหกรณ์ ซึ่งกำหนดปริมาณแอมโมเนียไม่มากกว่า 0.5 มิลลิกรัมไนโตรเจนต่อลิตร

3.2.7 ผลการศึกษาปริมาณไนไตรท์

จากการวิเคราะห์ปริมาณไนไตรท์ตลอดระยะเวลาการทดลอง พบว่ามีปริมาณไนไตรท์ในน้ำที่ผ่านถังกรองทรายแบบอัตราการกรองเร็ว ถังกรองทรายแบบอัตราการกรองสูง บ่อเพาะเลี้ยงปลานิลที่มีการติดตั้งระบบกรองทราย (บ่อทดลอง) และบ่อเพาะเลี้ยงปลานิลที่ไม่มีการติดตั้งระบบกรองทราย (บ่อควบคุม) แต่ละจุดเก็บตัวอย่างแสดงดังภาพที่ 17



ภาพที่ 17 ปริมาณไนไตรท์เฉลี่ยแต่ละจุดเก็บตัวอย่าง

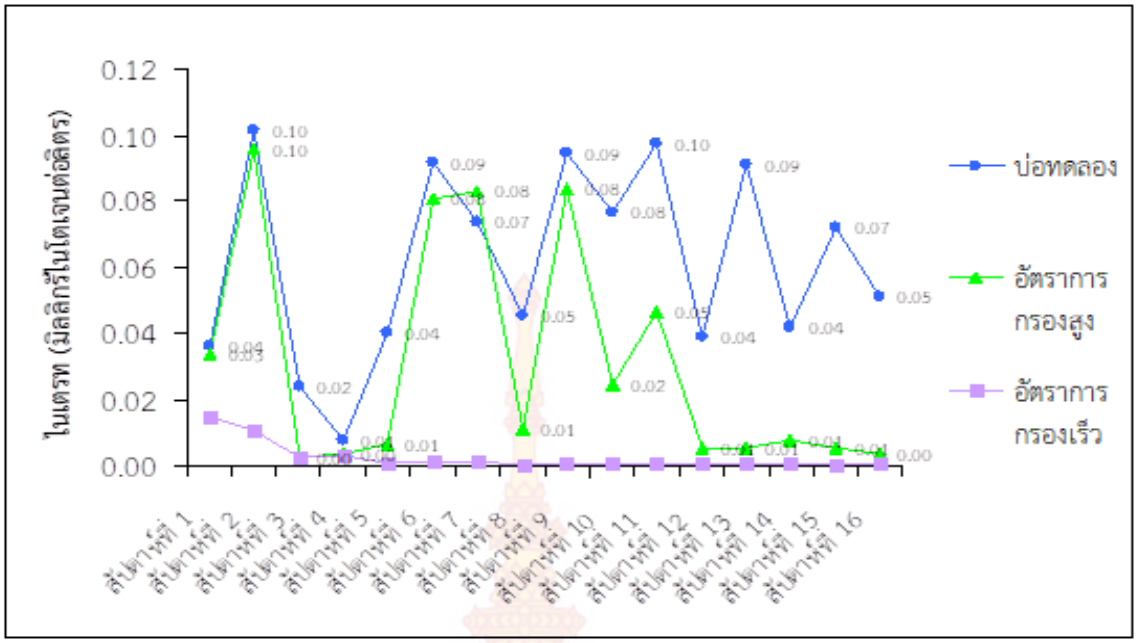
จากผลการวิเคราะห์ปริมาณไนไตรท์เฉลี่ย แสดงให้เห็นว่าในสัปดาห์ที่ 1 บ่อควบคุมมีปริมาณไนไตรท์เฉลี่ยสูงสุดเมื่อเทียบกับจุดเก็บตัวอย่างอื่น ๆ บ่อทดลอง ถังกรองทราย

แบบอัตราการกรองเร็ว และถังกรองทรายแบบอัตราการกรองสูงมีปริมาณไนไตรท์เฉลี่ยใกล้เคียงกัน หลังจากสัปดาห์ที่ 1 ปริมาณไนไตรท์ของบ่อควบคุมไม่สามารถวิเคราะห์ได้เนื่องจากปลาในบ่อควบคุมตายทั้งหมดจึงหยุดการเก็บตัวอย่าง จากภาพที่ 17 จะเห็นได้ว่าในสัปดาห์ที่ 1 – 4 บ่อทดลอง ถังกรองทรายแบบอัตราการกรองเร็ว และถังกรองทรายแบบอัตราการกรองสูงมีปริมาณไนไตรท์เฉลี่ยใกล้เคียงกันทุกสัปดาห์ ในสัปดาห์ที่ 5 - 16 ถังกรองทรายแบบอัตราการกรองเร็วมีปริมาณไนไตรท์เฉลี่ยต่ำกว่าบ่อทดลองและถังกรองทรายแบบอัตราการกรองสูง ซึ่งปริมาณไนไตรท์เฉลี่ยในถังกรองทรายแบบอัตราการกรองเร็วจะลดลงในสัปดาห์ที่ 3 และมีปริมาณไนไตรท์เฉลี่ยคงที่ตั้งแต่สัปดาห์ที่ 3-16 เนื่องจากการเกิดฟิล์มชีวภาพในถังกรองทราย จุลชีพที่เกิดในชั้นทรายจะช่วยกำจัดสารประกอบไนโตรเจน ตามข้อมูลของ Tchobanoglous and Burton (1991) และการเกิดปฏิกิริยาไนตริฟิเคชันเกิดการออกซิไดส์แอมโมเนียให้เปลี่ยนเป็นไนไตรท์ และไนเตรท โดยอาศัยการทำงานของแบคทีเรียไนตริไฟอิงที่เจริญเติบโตอยู่ภายในชั้นทรายและบนชั้นทรายตามข้อมูลของ Van Loosdrecht and Jetten (1998) ส่งผลให้ปริมาณไนไตรท์เฉลี่ยมีค่าผกผันกับปริมาณแอมโมเนียเฉลี่ย

เมื่อพิจารณาผลการวิเคราะห์ปริมาณไนไตรท์เฉลี่ย จะเห็นได้ว่าถังกรองทรายแบบอัตราการกรองเร็วมีศักยภาพในการบำบัดไนไตรท์ได้มากกว่าถังกรองทรายแบบอัตราการกรองสูง เนื่องจากคุณภาพน้ำหลังผ่านถังกรองทรายแบบอัตราการกรองเร็วมีปริมาณไนไตรท์เฉลี่ยน้อยกว่าคุณภาพน้ำที่ผ่านถังกรองทรายแบบอัตราการกรองสูง และมีปริมาณไนไตรท์เฉลี่ยคงที่ตั้งแต่สัปดาห์ที่ 3 - 16 ส่งผลให้ตลอดระยะเวลาการทดลองสามารถควบคุมปริมาณไนไตรท์ภายในบ่อทดลองให้เป็นไปตามคุณภาพน้ำที่เหมาะสมสำหรับการเพาะเลี้ยงปลานิล กรมประมง กระทรวงเกษตรและสหกรณ์ ซึ่งกำหนดปริมาณไนไตรท์ไม่มากกว่า 0.1 มิลลิกรัมไนโตรเจนต่อลิตร

3.2.8 ผลการศึกษาปริมาณไนเตรท

จากการวิเคราะห์ปริมาณไนเตรทตลอดระยะเวลาการทดลอง พบว่ามีปริมาณไนเตรทในน้ำที่ผ่านถังกรองทรายแบบอัตราการกรองเร็ว ถังกรองทรายแบบอัตราการกรองสูง บ่อเพาะเลี้ยงปลานิลที่มีการติดตั้งระบบกรองทราย (บ่อทดลอง) และบ่อเพาะเลี้ยงปลานิลที่ไม่มีการติดตั้งระบบกรองทราย (บ่อควบคุม) แต่ละจุดเก็บตัวอย่างแสดงดังภาพที่ 18



ภาพที่ 18 ปริมาณไนเตรทเฉลี่ยแต่ละจุดเก็บตัวอย่าง

จากผลการวิเคราะห์ปริมาณไนเตรทเฉลี่ย แสดงให้เห็นว่าในสัปดาห์ที่ 1 บ่อควบคุมมีปริมาณไนเตรทเฉลี่ยสูงสุด กรองทรายแบบอัตราการกรองเร็วมีปริมาณไนเตรทเฉลี่ยต่ำสุด บ่อทดลอง และถังกรองทรายแบบอัตราการกรองสูงมีปริมาณไนเตรทเฉลี่ยใกล้เคียงกัน หลังจากสัปดาห์ที่ 1 ปริมาณไนเตรทของบ่อควบคุมไม่สามารถวิเคราะห์ได้เนื่องจากปลาในบ่อควบคุมตายทั้งหมดจึงหยุดการเก็บตัวอย่าง จากภาพที่ 18 จะเห็นได้ว่าในสัปดาห์ที่ 1-16 ถังกรองทรายแบบอัตราการกรองเร็วมีปริมาณไนเตรทเฉลี่ยต่ำกว่าบ่อทดลองและถังกรองทรายแบบอัตราการกรองสูง ซึ่งปริมาณไนเตรทในถังกรองทรายแบบอัตราการกรองเร็วจะลดลงในสัปดาห์ที่ 3 และมีปริมาณไนเตรทเฉลี่ยคงที่ตั้งแต่สัปดาห์ที่ 3 - 16 เนื่องจากการเกิดฟิล์มชีวภาพในถังกรองทราย จุลชีพที่เกิดในชั้นทรายจะช่วยกำจัดสารประกอบไนโตรเจน ตามข้อมูลของ Tchobanoglous and Burton (1991) และการเกิดปฏิกิริยาไนตริฟิเคชันเกิดการออกซิไดส์แอมโมเนียให้เปลี่ยนเป็นไนไตรท์ และไนเตรท โดยอาศัยการทำงานของแบคทีเรียไนตริไฟอิงที่เจริญเติบโตอยู่ภายในชั้นทรายและบนชั้นทราย ตามข้อมูลของ Van Loosdrecht and Jetten (1998) ส่งผลให้ปริมาณไนเตรทเฉลี่ยมีค่าผกผันกับปริมาณแอมโมเนียเฉลี่ย และมีค่าแปรผันตรงกับปริมาณไนไตรท์เฉลี่ย

เมื่อพิจารณาผลการวิเคราะห์ปริมาณไนเตรทเฉลี่ย จะเห็นได้ว่าถังกรองทรายแบบอัตราการกรองเร็วมีศักยภาพในการบำบัดไนเตรทได้มากกว่าถังกรองทรายแบบอัตราการกรองสูง เนื่องจากคุณภาพน้ำหลังผ่านถังกรองทรายแบบอัตราการกรองเร็วมีปริมาณไนเตรทเฉลี่ยน้อยกว่า

คุณภาพน้ำที่ผ่านถังกรองทรายแบบอัตราการกรองสูง และมีปริมาณไนไตรท์เฉลี่ยคงที่ตั้งแต่สัปดาห์ที่ 3 – 16

สรุปคุณภาพน้ำของบ่อเพาะเลี้ยงปลานิลที่มีการติดตั้งระบบกรองทราย ดังตารางที่ 11

ตารางที่ 11 คุณภาพน้ำของบ่อเพาะเลี้ยงปลานิลที่มีการติดตั้งระบบกรองทราย

สัปดาห์ที่	ความขุ่น (เอ็นทียู)	ของแข็งแขวนลอย (มิลลิกรัมต่อลิตร)	อุณหภูมิ (องศาเซลเซียส)	พีเอช	ออกซิเจนละลายในน้ำ (มิลลิกรัมต่อลิตร)	แอมโมเนีย (มิลลิกรัมไนโตรเจนต่อลิตร)	ไนไตรท์ (มิลลิกรัมไนโตรเจนต่อลิตร)	ไนเตรท (มิลลิกรัมไนโตรเจนต่อลิตร)
1	3.92	0.013	31.4	7.9	2.44	2.33	0.0057	0.0357
2	10.29	0.007	31.5	8.2	2.29	0.83	0.0137	0.1012
3	8.30	0.001	30.4	7.7	3.15	0.49	0.0035	0.0239
4	11.00	0.033	31.4	8.2	3.08	1.29	0.0011	0.0073
5	5.36	0.008	33.2	7.5	3.16	1.13	0.0110	0.0402
6	3.20	0.015	33.2	7.8	3.22	0.29	0.0112	0.0918
7	3.46	0.003	32.0	7.7	2.87	0.39	0.0088	0.0737
8	2.88	0.021	34.1	7.7	3.02	0.46	0.0043	0.0453
ค่ามาตรฐาน	-	-	25-32	6.5-8.3	>3	<0.5	<0.1	-

หมายเหตุ: ปลาในบ่อควบคุมตายทั้งหมดในสัปดาห์ที่ 2

ตารางที่ 11 (ต่อ)

สัปดาห์	ความขุ่น (เอ็นทียู)	ของแข็งแขวนลอย (มิลลิกรัมต่อลิตร)	อุณหภูมิ (องศาเซลเซียส)	พีเอช	ออกซิเจนละลายในน้ำ (มิลลิกรัมต่อลิตร)	แอมโมเนีย (มิลลิกรัมไนโตรเจนต่อลิตร)	ไนไตรท์ (มิลลิกรัมไนโตรเจนต่อลิตร)	ไนเตรท (มิลลิกรัมไนโตรเจนต่อลิตร)
9	3.07	0.011	33.73	7.17	3.01	0.48	0.0091	0.0947
10	4.18	0.282	34.10	7.43	3.34	0.49	0.0030	0.0768
11	2.74	0.005	32.90	7.57	3.53	0.27	0.0080	0.0974
12	3.09	0.006	30.10	7.57	3.92	0.37	0.0240	0.0391
13	4.08	0.005	31.30	7.70	3.96	0.47	0.0161	0.0911
14	4.74	0.004	30.73	7.49	3.54	0.20	0.0071	0.0420
15	3.55	0.002	30.41	7.56	3.71	0.10	0.0270	0.0721
16	2.46	0.006	30.98	7.54	3.82	0.11	0.0090	0.0511
ค่ามาตรฐาน	-	-	25-32	6.5-8.3	>3	<0.5	<0.1	-

หมายเหตุ: ปลาในบ่อควบคุมตายทั้งหมดในสัปดาห์ที่ 2

3.2.9 การศึกษาศักยภาพของระบบกรองทรายในการควบคุมคุณภาพน้ำจากการเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำแบบหมุนเวียน

จากการศึกษาศักยภาพของระบบกรองทรายในการควบคุมคุณภาพน้ำจากการเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำแบบหมุนเวียน ทำการศึกษาโดยใช้น้ำจากบ่อเพาะเลี้ยงปลานิล ใช้ถังกรองแบบใช้ความดันระบบปิด ออกแบบถังกรองให้มีขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 20 เซนติเมตร ความสูง 120 เซนติเมตร มีผลการศึกษาดังนี้

ถังกรองทรายแบบอัตราการกรองเร็ว ใช้ทรายกรองขนาด 1 มิลลิเมตร ความสูงของชั้นทราย 120 เซนติเมตร ระยะน้ำล้น 20 เซนติเมตร มีอัตราการกรอง 6 เมตรต่อชั่วโมง เป็นไปตามเกณฑ์การออกแบบถังกรองทรายแบบใช้แรงดันระบบปิด แบบอัตราการกรองเร็วของพรศักดิ์ (2001) ซึ่งมีศักยภาพในการกำจัดปริมาณความขุ่น ของแข็งแขวนลอย แอมโมเนีย ไนไตรท์ และไนเตรท ซึ่งผลการศึกษาครั้งนี้สอดคล้องกับงานวิจัยของมลวิภา (2540) ศึกษาการปรับปรุงคุณภาพน้ำในบ่อเพาะเลี้ยงปลานิลด้วยระบบถังกรองทรายแบบไหลไม่ต่อเนื่อง จากการศึกษาพบว่าการกรองด้วยระบบถังกรองทรายแบบไหลไม่ต่อเนื่องอัตราการกรองร้อยละ 20 สามารถกำจัดปริมาณแอมโมเนียและไนไตรท์ในบ่อเพาะเลี้ยงลดลงเท่ากับ 0.76 และ 0.79 มิลลิกรัมไนโตรเจนต่อลิตร ตามลำดับ เมื่อเปรียบเทียบกับผลการศึกษาในครั้งนี้พบว่ามีปริมาณแอมโมเนียและไนไตรท์ในบ่อเพาะเลี้ยงน้อยกว่า เนื่องจากมีระบบกรองอย่างต่อเนื่อง

ถังกรองทรายแบบอัตราการกรองสูง ใช้ทรายกรองขนาด 2 มิลลิเมตร ความสูงของชั้นทราย 80 เซนติเมตร ระยะน้ำล้น 40 เซนติเมตร มีอัตราการกรอง 24 เมตรต่อชั่วโมง เป็นไปตามเกณฑ์การออกแบบถังกรองทรายแบบใช้แรงดันระบบปิด แบบอัตราการกรองสูงของพรศักดิ์ (2001) ซึ่งมีศักยภาพในการกำจัดปริมาณความขุ่น ของแข็งแขวนลอย และแอมโมเนีย แต่สามารถกำจัดปริมาณไนไตรท์และไนเตรทได้น้อย

เมื่อเปรียบเทียบผลการวิเคราะห์คุณภาพน้ำหลังผ่านถังกรองทรายพบว่า คุณภาพน้ำหลังผ่านถังกรองทรายแบบอัตราการกรองเร็วมีปริมาณความขุ่น ของแข็งแขวนลอย แอมโมเนีย ไนไตรท์ และไนเตรท น้อยกว่าถังกรองทรายแบบอัตราการกรองสูง จึงสรุปได้ว่าถังกรองทรายแบบอัตราการกรองเร็วมีศักยภาพในการบำบัดน้ำจากการเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำได้มากกว่าถังกรองทรายแบบอัตราการกรองสูง เนื่องจากถังกรองทรายแบบอัตราการกรองเร็วมีขนาดทรายกรองเล็กกว่าทำให้มีศักยภาพในการบำบัดน้ำเสียได้มากกว่า และมีอัตราการกรองน้อยกว่าทำให้ถังกรองทรายแบบอัตราการกรองเร็วเกิดฟิล์มชีวภาพภายในชั้นทรายและบนชั้นทราย ซึ่งสารประกอบไนโตรเจนสามารถกำจัดได้โดยอาศัยกระบวนการทางชีวภาพที่เกิดขึ้นบนชั้นทรายกรอง (Adin, 2003) และจากผลการศึกษาจะเห็นได้ว่ากลไกการทำงานของระบบกรองทรายไม่ส่งผลต่อการเปลี่ยนแปลงค่าพีเอชในบ่อเพาะเลี้ยง เมื่อพิจารณาจากผลการวิเคราะห์คุณภาพน้ำภายในบ่อทดลองจะเห็นได้ว่า คุณภาพ

น้ำโดยรวมในบ่อทดลองเริ่มลดลงหลังสัปดาห์ที่ 2 และมีคุณภาพน้ำคงที่ตั้งแต่สัปดาห์ที่ 3 – 16 ส่งผลให้ระบบเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำแบบหมุนเวียนมีคุณภาพน้ำเหมาะสมสำหรับการเพาะเลี้ยงปลานิล กรมประมง กระทรวงเกษตรและสหกรณ์ สำหรับอุณหภูมิในบ่อเพาะเลี้ยงสัตว์จะเปลี่ยนแปลงตามสภาพอากาศภายนอก

ข้อดีของระบบกรองทรายที่ออกแบบในครั้งนี้ นอกจากจะสามารถควบคุมคุณภาพน้ำให้อยู่ในคุณภาพน้ำที่เหมาะสมสำหรับการเพาะเลี้ยงปลานิลแล้ว ยังพบว่าตลอดระยะเวลาการเลี้ยง 4 เดือน ไม่มีการเปลี่ยนถ่ายน้ำออกระบบเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำ ซึ่งแสดงให้เห็นว่าระบบเหมาะสมสำหรับการเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำในพื้นที่ที่มีน้ำน้อย หรือพื้นที่ที่ขาดแคลนน้ำ และยังเป็นการลดมลพิษที่เกิดขึ้นจากการถ่ายน้ำทิ้งจากบ่อเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำอีกด้วย และเมื่อเกิดสภาวะขาดออกซิเจนระหว่างการเลี้ยง เนื่องจากเครื่องเติมอากาศในบ่อเพาะเลี้ยงขัดข้อง ปลานิลที่เลี้ยงในบ่อที่ไม่มีการติดตั้งระบบกรองทรายจะไม่สามารถดำรงชีวิตอยู่ได้ แตกต่างจากบ่อที่มีการติดตั้งระบบกรองทรายปลานิลในบ่อเพาะเลี้ยงจะดำรงชีวิตอยู่ได้ตลอดระยะเวลาการทดลอง

4. ผลการศึกษาอัตราการเจริญเติบโตของสัตว์น้ำในบ่อเพาะเลี้ยง

การศึกษาอัตราการเจริญเติบโต และอัตราการรอดตายของสัตว์น้ำในบ่อเพาะเลี้ยง ทำการศึกษาโดยการเลี้ยงปลานิลอายุ 6 เดือน ออกแบบการทดลอง 2 บ่อ บ่อละ 100 ตัว บ่อที่ 1 บ่อที่ไม่มีการติดตั้งระบบกรองทราย (บ่อควบคุม) บ่อที่ 2 บ่อที่มีการติดตั้งระบบกรองทราย (บ่อทดลอง) ผลการศึกษาพบว่า

4.1 ผลการศึกษาน้ำหนักเพิ่มเฉลี่ยต่อวัน

การศึกษาน้ำหนักที่เพิ่มขึ้นเฉลี่ยต่อวันของปลานิลในบ่อเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำ โดยการชั่งน้ำหนักปลาทั้งหมดก่อนการทดลอง และชั่งน้ำหนักปลาทั้งหมดเมื่อสิ้นสุดการทดลอง ผลการศึกษาน้ำหนักเพิ่มเฉลี่ยต่อวันแสดงดังตารางที่ 12

ตารางที่ 12 ผลการศึกษาน้ำหนักเพิ่มเฉลี่ยต่อวัน

ประเภทบ่อ	น้ำหนักปลาเฉลี่ย (กรัมต่อตัว)		น้ำหนักเพิ่มเฉลี่ยต่อวัน (กรัมต่อตัวต่อวัน)
	ก่อนการทดลอง	หลังการทดลอง	
บ่อควบคุม	132.50	0.00	0.00
บ่อทดลอง	158.00	492.40	2.99

หมายเหตุ: ปลาในบ่อควบคุมตายทั้งหมดในสัปดาห์ที่ 2

จากตารางที่ 12 แสดงให้เห็นว่าบ่อควบคุมมีน้ำหนักปลาเฉลี่ยทั้งหมดก่อนการทดลอง 132.50 กรัมต่อตัว และเมื่อสิ้นสุดการทดลองมีน้ำหนักปลาเฉลี่ยทั้งหมด 0 กรัม คิดเป็นน้ำหนักเพิ่มเฉลี่ยต่อวันเท่ากับ 0 เนื่องจากปลาในบ่อควบคุมตายทั้งหมดในสัปดาห์ที่ 2 เพราะเครื่องเติมอากาศไม่ทำงานทำให้ปลาขาดออกซิเจน

บ่อทดลองมีน้ำหนักปลาเฉลี่ยทั้งหมดก่อนการทดลอง 158 กรัมต่อตัว และเมื่อสิ้นสุดการทดลองมีน้ำหนักปลาเฉลี่ยทั้งหมด 492.40 กรัมต่อตัว คิดเป็นน้ำหนักเพิ่มเฉลี่ยต่อวัน 2.99 กรัมต่อตัวต่อวัน

4.2 ผลการศึกษาอัตราการรอดตายของปลานิล

การศึกษาอัตราการรอดตายของปลานิลในบ่อเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำ โดยการนับจำนวนปลาทั้งหมดการทดลอง และนับจำนวนปลาทั้งหมดเมื่อสิ้นสุดการทดลอง ผลการศึกษาอัตราการรอดตายของปลาในบ่อเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำแสดงดังตารางที่ 11

ตารางที่ 13 ผลการศึกษาอัตราการรอดตายของปลาในบ่อเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำ

ประเภทบ่อ	จำนวนปลาทั้งหมด (ตัว)		อัตราการรอดตาย (ร้อยละ)
	ก่อนการทดลอง	หลังการทดลอง	
บ่อควบคุม	100	0	0
บ่อทดลอง	100	91	91

หมายเหตุ: ปลาในบ่อควบคุมตายทั้งหมดในสัปดาห์ที่ 2

จากตารางที่ 13 แสดงให้เห็นว่าบ่อควบคุมมีจำนวนปลาทั้งหมดก่อนการทดลอง 100 ตัว และเมื่อสิ้นสุดการทดลองมีจำนวนปลาทั้งหมด 0 ตัว คิดเป็นอัตราการรอดตายร้อยละ 0 เนื่องจากปลาในบ่อควบคุมตายทั้งหมดในสัปดาห์ที่ 2 เพราะเครื่องเติมอากาศไม่ทำงานทำให้ปลาขาดออกซิเจน

บ่อทดลองมีจำนวนปลาทั้งหมดก่อนการทดลอง 100 ตัว และเมื่อสิ้นสุดการทดลองมีจำนวนปลาทั้งหมด 91 ตัว คิดเป็นอัตราการรอดตายร้อยละ 91 ซึ่งสาเหตุการตายเกิดจากปลาไม่สามารถปรับตัวให้เข้ากับสภาพน้ำในบ่อเพาะเลี้ยงและได้รับบาดเจ็บจากการย้ายบ่อเพาะเลี้ยง

จากผลการศึกษาอัตราการรอดตายของปลานิลแสดงให้เห็นว่า เมื่อเกิดสภาวะออกซิเจนต่ำระหว่างการเลี้ยง เนื่องจากเครื่องเติมอากาศในบ่อเพาะเลี้ยงขัดข้อง ปลานิลที่เลี้ยงในบ่อที่ไม่มีการติดตั้งระบบกรองทรายจะไม่สามารถดำรงชีวิตอยู่ได้ แตกต่างจากบ่อที่มีการติดตั้งระบบกรองทราย

ปลานิลในบ่อเพาะเลี้ยงจะดำรงชีวิตอยู่ได้ตลอดระยะเวลาการทดลองซึ่งพิจารณาจากอัตราการรอดตายของปลาในบ่อควบคุมและพฤติกรรมการดำรงชีวิตของปลาเมื่อเกิดสภาวะออกซิเจนต่ำ

บทที่ 4
สรุปผลการวิจัย และข้อเสนอแนะ

งานวิจัยนี้เป็นการศึกษาประสิทธิภาพของระบบกรองทรายแบบประยุกต์เพื่อควบคุมคุณภาพน้ำในระบบเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำแบบหมุนเวียน ทำการศึกษาศักยภาพของสารกรองที่เหมาะสมสำหรับระบบกรองทรายแบบประยุกต์ โดยใช้ทรายกรองขนาด 0.5 1 และ 2 มิลลิเมตร มีความหนาของชั้นทราย 3 ระดับคือ 80 100 และ 120 เซนติเมตร และศึกษาประสิทธิภาพของระบบกรองทรายแบบประยุกต์ใช้ถังกรองไฟเบอร์แบบใช้ความดันระบบปิด แบบอัตราการกรองเร็ว และอัตราการกรองสูง ออกแบบถังกรองให้มีขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 20 เซนติเมตร ความสูง 120 เซนติเมตร ทำการศึกษาโดยใช้น้ำจากบ่อเพาะเลี้ยงปลานิล เก็บน้ำตัวอย่างน้ำทุก ๆ สัปดาห์ เป็นระยะเวลา 4 เดือน สรุปผลการศึกษาได้ดังนี้

1. สรุปผลการศึกษาศักยภาพของทรายกรองที่เหมาะสมสำหรับระบบกรองทรายแบบอัตราการกรองเร็วและแบบอัตราการกรองสูง

ขนาดของทรายกรองและความหนาของชั้นทรายที่เหมาะสมสำหรับระบบกรองทรายแบบถังกรองเร็ว สำหรับการทดลองครั้งนี้ คือ ทรายกรองขนาด 1 มิลลิเมตร ความหนาของชั้นทราย 120 เซนติเมตร อัตราการกรอง 5.57 เมตรต่อชั่วโมง และทรายกรองขนาด 2 มิลลิเมตร ความหนาของชั้นทราย 80 เซนติเมตร อัตราการกรอง 14.87 เมตรชั่วโมง เหมาะสำหรับระบบกรองทรายแบบถังกรองสูง

2. สรุปผลการศึกษาศักยภาพการกรองของระบบกรองทรายแบบประยุกต์ในการควบคุมคุณภาพน้ำจากการเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำเพื่อหมุนเวียนน้ำกลับมาใช้ใหม่

ถังกรองทรายแบบอัตราการกรองเร็วมีศักยภาพในการบำบัดน้ำจากการเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำได้มากกว่าถังกรองทรายแบบอัตราการกรองสูง โดยถังกรองทรายแบบอัตราการเร็วมีศักยภาพในการกำจัดปริมาณความขุ่น ของแข็งแขวนลอย แอมโมเนีย ไนไตรท์ และไนเตรทได้ดี และถังกรองทรายแบบอัตราการกรองสูงมีศักยภาพในการกำจัดปริมาณความขุ่น ของแข็งแขวนลอย และแอมโมเนียได้ แต่สามารถกำจัดปริมาณไนไตรท์และไนเตรทได้น้อย เมื่อนำถังกรองทรายแบบอัตราการกรองเร็วและแบบอัตราการกรองสูงมาใช้ร่วมกันส่งผลให้คุณภาพน้ำโดยรวมในบ่อเพาะเลี้ยงเป็นไปตามคุณภาพน้ำที่เหมาะสมสำหรับการเพาะเลี้ยงปลานิล กรมประมง กระทรวงเกษตรและสหกรณ์ โดยตลอดระยะเวลาการทดลอง 4 เดือน ไม่มีการเปลี่ยนถ่ายน้ำออกจากระบบเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำ ซึ่งแสดงให้เห็นว่าระบบกรองทรายที่ออกแบบในครั้งนี้มีความเหมาะสมสำหรับการเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำในพื้นที่ที่มีน้ำ

น้อย หรือพื้นที่ที่ขาดแคลนน้ำ และยังเป็นการลดมลพิษที่เกิดขึ้นจากการถ่ายน้ำทิ้งจากบ่อเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำอีกด้วย

3. สรุปผลการศึกษาอัตราการเจริญเติบโตของสัตว์น้ำในบ่อเพาะเลี้ยง

เมื่อเกิดสภาวะออกซิเจนต่ำระหว่างการเลี้ยง เนื่องจากเครื่องเติมอากาศในบ่อเพาะเลี้ยงขัดข้อง ปลานิลที่เลี้ยงในบ่อที่ไม่มีการติดตั้งระบบกรองทรายจะไม่สามารถดำรงชีวิตอยู่ได้ส่งผลให้ปลาในบ่อเพาะเลี้ยงตายทั้งหมดคิดเป็นอัตรการรอดตายของปลาร้อยละ 0 สำหรับบ่อที่มีการติดตั้งระบบกรองทราย ปลานิลในบ่อเพาะเลี้ยงดำรงชีวิตอยู่ได้ตลอดระยะเวลาการทดลอง โดยมีอัตราการรอดตายของปลาคิดเป็นร้อยละ 91 ซึ่งสาเหตุการตายเกิดจากปลาไม่สามารถปรับตัวให้เข้ากับสภาพน้ำในบ่อเพาะเลี้ยงและได้รับบาดเจ็บจากการย้ายบ่อเพาะเลี้ยง และมีน้ำหนักเพิ่มเฉลี่ยต่อวัน 2.99 กรัมต่อตัวต่อวัน

ข้อเสนอแนะ

1. ควรเดินระบบกรองทรายในการควบคุมคุณภาพน้ำจากการเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำแบบหมุนเวียนตลอด 24 ชั่วโมง เนื่องจากทำให้คุณภาพน้ำในบ่อเพาะเลี้ยงมีคุณภาพดีขึ้นโดยพิจารณาจากผลการวิเคราะห์คุณภาพในสัปดาห์ที่ 5 - 16

2. ควรมีการศึกษาปริมาณจุลินทรีย์ที่เกิดขึ้นในชั้นทรายและบนชั้นกรองเพื่อศึกษาการทำงานของจุลินทรีย์ในกระบวนการไนตริฟิเคชัน

บรรณานุกรม

ภาษาไทย

กรมควบคุมมลพิษ. 2555. มาตรฐานควบคุมการระบายน้ำทิ้งจากบ่อเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำจืด. [ออนไลน์]. เข้าถึงได้จาก : **http://www.pcd.go.th/info_serv/water_aquatic%20animals.pdf** (29 ตุลาคม 2558)

ธนากร อี้อมุกดากุล. 2555. **การประยุกต์ใช้การกรองทรายแบบเร็วและแบบช้าในการบำบัดน้ำจากระบบเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำ**. วิทยานิพนธ์ปริญญามหาบัณฑิต ภาควิชาวิศวกรรมสิ่งแวดล้อม คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

ปกฉัตร ชูติวิศุทธิ์. 2552. **ประสิทธิภาพของระบบกรองแบบแบ่งส่วนในการแยกจุลสาหร่ายและอนุภาคสารแขวนลอยเพื่อควบคุมคุณภาพคุณภาพน้ำในระบบเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำ**. วิทยานิพนธ์ปริญญามหาบัณฑิต ภาควิชาวิศวกรรมสิ่งแวดล้อม คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

มั่นสิน ตัณฑุลเวศม์. 2539. **วิศวกรรมการประปา**. เล่ม 2. พิมพ์ครั้งที่ 2. กรุงเทพมหานคร : โรงพิมพ์จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

มั่นสิน ตัณฑุลเวศม์ และ ไพพรรณ พรประภา. 2538. **การจัดการคุณภาพน้ำและการบำบัดน้ำเสียในบ่อเลี้ยงสัตว์ปลาและสัตว์น้ำอื่น ๆ**. เล่ม 1. พิมพ์ครั้งที่ 2. กรุงเทพมหานคร : โรงพิมพ์จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

รัฐพล เจียวิริยะบุญญา. 2552. **การพัฒนาถังกรองทรายร่วมกับการเติมอากาศของระบบการผลิตน้ำประปา**. วิทยานิพนธ์ปริญญามหาบัณฑิต. ภาควิชาวิศวกรรมสิ่งแวดล้อม คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

ศุภนุช ยังทรัพย์. 2553. **การเปรียบเทียบกระบวนการกรองตรงระหว่างการแยกอนุภาคความขุ่นและการแยกอิมัลชันน้ำมันออกจากเฟสน้ำ**.วิทยานิพนธ์ปริญญามหาบัณฑิต. ภาควิชาวิศวกรรมสิ่งแวดล้อม คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

ภาษาอังกฤษ

Anderson, D.M., Glibert, P.M. and Burkholder, J.M. 2002. Harmful algal blooms and eutrophication: nutrient sources, composition, and consequences**. Estuaries**. 25: 704-726.

Aslan, S. and Cakici, H. 2007. Biological denitrification of drinking water in a slow sand filter. **Journal of Hazardous Materials**. 148: 253–258.

Aslan, S. 2008. Biological nitrate removal in a laboratory-scale slow sand filter. **Water SA**. 34.

Carroll, P.M., Watanabe, W.O. and Losordo, T.M. 2005. Pilot production of hatchery-reared summer flounder *Paralischthys dentatus* in marine recirculating aquaculture systems: The effects of ration level on growth, feed conversion and survival. **Journal of the World Aquaculture Society**. 36: 120-128.

Culp, G L. and *Wesner* D. A. 1986. Hand Book of Public Water Systems. [Online] . Available : **https://www.mwa.co.th** (1 October 2017

Ellis, K.V. 1987. Slow sand filtration as a technique for the tertiary treatment of municipal sewages. **Water Research**. 21: 403-410.

Greiner, A.D. and Timmons, M.B. 1998. Evaluation of the nitrification rates of microbead and trickling filters in an intensive recirculating tilapia production facility. **Aquacultural Engineering**. 18: 189-200.

Kawamura, S. 1991. **Integrated design of water treatment facilities**. New York: John Wiley & Sons.

Lahlou, M. Slow Sand Filtration, [online], 2000. Available from: **http://www.nesc.wvu.edu/ndwc/pdf/OT/TB/TB14_slowsand.pdf** [2010, November 16].

Piedrahita, P.H. 2003. Reducing the potential environmental impact of tank aquaculture effluents through intensification and recirculation. **Aquaculture**. 226: 35-44.

Raju, B.S.N. 1995. **Water Supply and Wastewater Engineering**. McGraw-Hill.

Sesuk, T., Powtongsook, S. and Nootong, K. 2009. Inorganic nitrogen control in a novel zero-water exchanged aquaculture system integrated with airlift-submerged fibrous nitrifying biofilters. **Bioresource Technology**. 100: 2099-2094.

Suhr, K.I. and Pedersen, P.B. 2010. Nitrification in moving bed and fixed bed biofilters treating effluent water from a large commercial outdoor rainbow trout RAS. **Aquacultural Engineering**. 42: 31-37.

Tchobanoglous, G., and Burton, F.L. 1991. **Wastewater Engineering Treatment, Disposal, and Reuse**. 3rded. Singapore: McGraw-Hill.

Timmons, M.B., Ebeling, J.M., Wheaton, F.W., Summerfelt, S.T. and Vinci, B.J. 2002. **Recirculaing Aquaculture System**. 2nd edition. New York: Northeastern Regional Aquaculture Center.

Tyagi, V.K., Khan, A.A., Kazmi, A.A., Mehrotra, I. and Chopra, A.K. 2009. Slow sand filtration of UASB reactor effluent: A promising post treatment technique. **Desalination**. 249: 571–576.

Van Loosdrecht and Jetten. (1998). Nitrification [online]. Available. **file:///C:/Users/ACER/Downloads/Fulltext%232_273993.pdf** (20 March 2017)

Zheng, X., Mehrez, R., Jekel, M. and Ernst, M. 2009. Effect of slow sand filtration of treated wastewater as pre-treatment to UF. **Desalination**. 249: 591–595.