

แบบจำลองกลไกการบำบัดของแข็งแขวนลอยในน้ำเสียจากฟาร์ม
อนุบาลลูกกบนา (*Hoplobatrachus rugulosus*) ด้วยระบบ
กรองกายภาพ

Mechanisms Suspended Solids Removal Model of
Wastewater from Nursing of Tadpoles (*Hoplobatrachus
rugulosus*) Farm by Physical Filtration System

ปริญญาวัดน์ อินทร์เอี่ยม^{1*} และ ณัฐกร อินทรวิชะ¹
Prinyawat Iniam^{1*} and Nuttakorn Intaravichai¹

Received: 15 July 2023

Revised: 4 May 2024

Accepted: 13 June 2024

บทคัดย่อ

การศึกษานี้มีวัตถุประสงค์เพื่อ 1) ศึกษาคุณภาพน้ำเสียจากการอนุบาลลูกกบนา และ 2) สร้างแบบจำลองการบำบัดน้ำเสียจากการอนุบาลลูกกบนา โดยวิธีการการกรองตะกอนเมื่อทำการถ่ายน้ำ และ วิธีการศึกษาแบ่งออกเป็น 2 ขั้นตอนคือ ขั้นตอนที่ 1 ทดลองอนุบาลลูกกบนาเป็นเวลา 30 วันเพื่อเปรียบเทียบความแตกต่างของอัตราการเจริญเติบโตด้วย t-test ที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 ระหว่างบ่ออนุบาลแบบดั้งเดิมที่มีการถ่ายน้ำ และบ่ออนุบาลแบบสภาวะที่สามารถรองรับได้โดยไม่ถ่ายน้ำ วิเคราะห์คุณภาพน้ำเสียสำหรับนำไปสร้างแบบจำลองบำบัดน้ำเสียในขั้นตอนที่ 2 ผลการศึกษาอัตราการเจริญเติบโตพบว่า น้ำหนักและความยาวของการอนุบาลลูกกบนาแบบดั้งเดิมมากกว่าแบบสภาวะที่สามารถรองรับได้อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 ผลการศึกษาคุณภาพน้ำพบว่าค่าความขุ่นไม่ผ่านเกณฑ์มาตรฐานควบคุม

¹ หลักสูตรเทคโนโลยีสิ่งแวดล้อมเพื่อการเกษตร คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี สถาบันเทคโนโลยีปทุมวัน กรุงเทพฯ ประเทศไทย 10330

¹ Department of Environmental Technology for Agriculture, Faculty of Science and Technology, Pathumwan Institute of Technology, Bangkok, Thailand 10330

*ผู้นิพนธ์ประสานงาน (Corresponding author) e-mail: prinya33@gmail.com

การระบายน้ำทิ้งจากบ่อเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำจืดตั้งแต่วันที่ 1 ในขั้นตอนที่ 2 ประยุกต์แบบจำลองของ Beer-Lambert เพื่อออกแบบระบบบำบัดน้ำเสีย ผลการศึกษาพบว่า การเลือกใช้ตะแกรงชั้นบนเบอร์ 60 mesh และตะแกรงชั้นล่างเบอร์ 400 mesh สามารถทำให้ปริมาณของแข็งแขวนลอย ซึ่งเป็นสาเหตุของความขุ่นมีแนวโน้มของอัตราการลดลงมากที่สุด จากผลการศึกษาทั้งสองวัตถุประสงค์แสดงให้เห็นว่าการอนุบาลลูกกบนาเป็นเวลา 30 วันนั้น ควรถ่ายน้ำทุกๆ 3 วันร่วมกับระบบบำบัดน้ำเสียด้วยการกรองตะกอนและหน่วงเวลาของการตกตะกอนด้วยการเลือกใช้ตะแกรงชั้นบนเบอร์ 60 mesh และตะแกรงชั้นล่างเบอร์ 400 mesh ก่อนปล่อยออกสู่สิ่งแวดล้อม

คำสำคัญ: บำบัดน้ำเสีย ลูกกบนา แบบจำลองของ Beer-Lambert

ABSTRACT

The objectives of this study were 1) to study wastewater quality and 2) to create a wastewater treatment model by draining water and settling from tadpole nursery ponds. The study method was divided into two steps: Step 1: Experimental nursery for tadpoles for 30 days to compare the difference in growth rates by t-test statistics at a confidence level of 95 percent between the traditional tadpole nursery, where water changes every day, and the carrying capacity condition nursery, which never changes the water. The wastewater quality was analyzed for constructing the wastewater treatment model in step 2. The results of the study showed that the weight and length of the traditional tadpole nursery were significantly higher than those of the carrying capacity nursery. At a statistical confidence level of 95 percent, the results of the water quality study showed that the turbidity did not pass the standard for effluent discharge from freshwater aquaculture ponds from day 4. Step 2: Apply the Beer-Lambert model to design a wastewater treatment system. The study found that choosing to use the upper sieve No. 60 mesh and the lower sieve No. 400 mesh can decrease the number of suspended solids in the water, which tends to decline the most. The results of both objectives showed that for 30 days of rearing, the wastewater treatment system should transfer water every 3 days by filtering sediment and delaying the time of sedimentation by selecting the upper sieve No. 60 mesh and lower sieve No. 400 mesh before being released into the environment.

Keywords: Wastewater treatment; Tadpoles; Beer-Lambert model

บทนำ

กบนา *Hoplobatrachus rugulosus* เป็นสัตว์ครึ่งบกครึ่งน้ำพบได้ทั่วไปในทุกภาคของประเทศไทย เมื่อโตเต็มวัยจะมีน้ำหนักเฉลี่ยตั้งแต่ 200-400 กรัม ถือได้ว่าเป็นสัตว์เศรษฐกิจชนิดหนึ่งเนื่องจากนิยมบริโภคทั้งในประเทศและต่างประเทศ เนื่องจากบนาจัดว่าเป็นแหล่งโปรตีนคุณภาพดี [1-3] เป็นที่ต้องการของตลาด เห็นได้จากในปี พ.ศ. 2563 มีผลผลิตรวมกบมากถึง 1,940 ตัน คิดเป็นมูลค่า 115 ล้านบาท ซึ่งเพิ่มจากปีก่อน ถึง

ร้อยละ 21.09 ต่อปี [4] จากข้อมูลเห็นได้ถึงความจำเป็นความต้องการบริโภคเนื้อมีเพิ่มขึ้นอย่างต่อเนื่อง ทำให้การเพาะเลี้ยงกบมีความต้องการเพิ่มผลผลิตสูงขึ้น ทั้งคุณภาพและปริมาณเพื่อตอบสนองความต้องการดังกล่าว อย่างไรก็ตามการเลี้ยงกบทางการค้าในปริมาณที่มาก ย่อมส่งผลให้น้ำที่ใช้ในการเลี้ยงกบมีการปนเปื้อนของเสียอินทรีย์ ทำให้น้ำมีสีคล้ำและมีกลิ่นทำให้ต้องมีการจัดการน้ำเสียเหล่านี้ โดยได้มีการวัดค่าน้ำเสียจากการอนุบาลลูกกบที่มีการถ่ายน้ำออกสู่สิ่งแวดล้อมพบว่าค่าคุณภาพน้ำที่ปล่อยจากบ่ออนุบาลเป็นค่าที่เกินจากค่ามาตรฐานของคู่มือการตรวจสอบน้ำทิ้งจากแหล่งกำเนิดมลพิษประเภทบ่อเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำของกรมควบคุมมลพิษ [5-6] และจากการทำการศึกษาองค์ประกอบของน้ำเสียจะมีค่าความขุ่นสูง อันเกิดจากของเสียและของเหลือจากกิจกรรมเพื่อดำรงชีวิตของกบ และค้นพบว่า การบำบัดความขุ่นจากน้ำเสียสามารถทำได้หลายวิธี เช่น จากงานวิจัยเรื่องประสิทธิภาพการลดความขุ่นในน้ำด้วยวิธีการตกตะกอนทางเคมีร่วมกับการกรองอย่างง่าย [7] ได้รายงานไว้ว่าน้ำดิบชุมชนที่มีสีน้ำตาลอ่อน ค่าความขุ่นสูง 499.33 NTU ใช้วิธีการตกตะกอนด้วยสารส้ม ร่วมกับวิธีการกรองอย่างง่ายโดยผ่านชั้นกรองคือ ถ่าน กรวด และทรายหยาบตามลำดับ มีประสิทธิภาพกำจัดความขุ่นในน้ำได้สูงถึง 99.12% หรืองานวิจัยเรื่องคุณภาพน้ำในบ่อเลี้ยงปลาช่อนในช่วงเก็บเกี่ยวและเทคนิคการบำบัดน้ำเสียโดยวิธีการถ่ายน้ำและการตกตะกอนในบ่อเลี้ยง [8] รายงานไว้ว่าคุณภาพน้ำในบ่อเลี้ยงปลาช่อนมีความแตกต่างกันในทุกระดับความลึกโดยคุณภาพที่ลึกมากกว่า 100 เซนติเมตร จากผิวน้ำไม่ผ่านเกณฑ์มาตรฐานและการสูบน้ำทิ้งด้วยเครื่องสูบน้ำแบบไหลแนวแกน (ท่อพญานาค) หากวางตำแหน่งหัวกะโหลกของเครื่องสูบน้ำติดกับพื้นก้นบ่อจะทำให้ตะกอนฟุ้งกระจายและคุณภาพน้ำทิ้งโดยรวมทั้งบ่อตลอดการเก็บเกี่ยวไม่ผ่านเกณฑ์มาตรฐาน โดยปริมาณสารแขวนลอยในน้ำเป็นปัญหาสำคัญและใช้เวลาในการตกตะกอนนานที่สุด การบำบัดด้วยวิธีการตกตะกอน 24 ชั่วโมงช่วยเพิ่มคุณภาพน้ำทิ้งจนผ่านเกณฑ์มาตรฐานได้ทุกค่า และจากงานวิจัยการตกตะกอนน้ำด้วยไฟฟ้าซึ่งใช้แหล่งจ่ายไฟฟ้ากระแสตรงที่มีการทำงานแบบพัลส์ [9] ได้รายงานถึงผลจากการศึกษาวิธีการบำบัดความขุ่นของน้ำโดยใช้ค่าแรงดันไฟฟ้าแบบยอคลิ้นแบบพัลส์ที่ 150 โวลต์ กระแสไฟฟ้าที่ 25 มิลลิแอมป์ ความถี่สัญญาณพัลส์ 32 เฮิร์ตซ์ ทำการคายประจุไฟฟ้าลงในน้ำที่มีค่าความขุ่นจากการสังเคราะห์ 51.6 NTU ใช้เวลา 15 นาที จากนั้นพักให้ตกตะกอน 3 ชั่วโมง พบว่าค่าความขุ่นของน้ำลดลงเหลือ 0.28 NTU เท่ากับประสิทธิภาพในการบำบัดความขุ่น 99.46% จากข้อมูลดังกล่าวเห็นได้ว่าการบำบัดน้ำเสียที่มีอนุภาคของแข็งและสารแขวนลอยที่ไม่ละลายน้ำนั้นทำได้หลายวิธีการ ทั้งการใช้เคมี การกรอง การตกตะกอน และการใช้ไฟฟ้า ซึ่งการจะใช้วิธีการใดที่เหมาะสมมีประสิทธิภาพในการบำบัดน้ำเสียของฟาร์มอนุบาลลูกกบนานี้จะต้องพิจารณาถึงทรัพยากรและสิ่งแวดล้อมรวมถึงวัสดุอุปกรณ์ที่ใช้ต้องสามารถหาได้ในท้องถิ่นด้วยซึ่งจะสะท้อนถึงงบประมาณที่เหมาะสม จากประเด็นที่กล่าวมาแล้ว จึงเป็นเหตุผลของการเลือกบำบัดน้ำเสียจากบ่ออนุบาลลูกกบด้วยการกรองด้วยตะแกรง โดยนำทฤษฎี Beer-Lambert model [10] มาประยุกต์ในการศึกษาแบบจำลองในครั้งนี้ ซึ่งได้จำลองการกำจัดอนุภาคของแข็งแขวนลอยและตะกอนอย่างง่ายด้วยวิธีการใช้ตะแกรงกรองที่มีขนาดช่องว่างที่แตกต่างกันเพื่อใช้ในการลดสารแขวนลอยและตะกอนอันเป็นสิ่งที่ทำให้เกิดน้ำขุ่นและยังสามารถลดสารอินทรีย์ที่ปนเปื้อนอยู่ในน้ำได้อีกทางหนึ่งด้วย

วิธีดำเนินการวิจัย

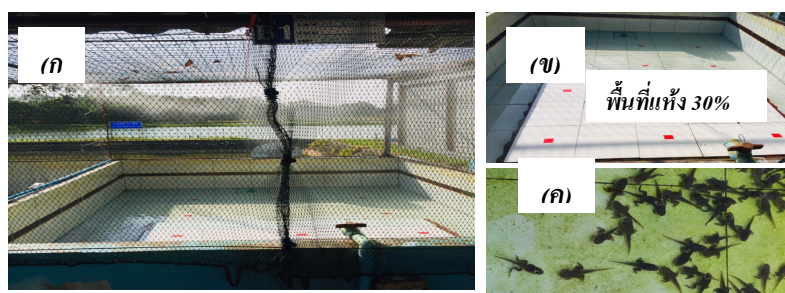
1. ทดลองอนุบาลลูกกบเพื่อเปรียบเทียบความแตกต่างของอัตราการเจริญเติบโตระหว่างบ่ออนุบาลแบบดั้งเดิมคือบ่อที่มีการถ่ายน้ำทุก 4 วัน และบ่ออนุบาลแบบสภาวะที่สามารถรองรับได้คือบ่อที่ไม่มีการถ่ายน้ำตลอดการอนุบาล ร่วมกับการวิเคราะห์คุณภาพน้ำเสียเพื่อนำข้อมูลไปสร้างแบบจำลองการบำบัด

น้ำเสีย ณ แผนกวิชาประมง วิทยาลัยเกษตรและเทคโนโลยีนครศรีธรรมราช [พิกัดGPS : 8°21'58.8"N 99°33'52.6"E] แบ่งเป็น 6 ขั้นตอนย่อย ดังนี้

1.1 เตรียมหน่วยทดลองที่ 1 การอนุบาลลูกกบนาสภาวะที่สามารถรองรับได้ หน่วยทดลองที่ 2 การอนุบาลลูกกบนาแบบดั้งเดิม โดยแต่ละหน่วยทดลองมีขนาดบ่อ $2 \times 3 \times 0.5$ เมตร และประกอบด้วย ลูกกบอายุ 30 วัน ดังภาพที่ 1 โดยมีสัดส่วนของพื้นเปียกต่อพื้นที่แห้ง 30% เพื่อให้ลูกกบพักอาศัย น้ำที่ใช้ทดลอง ปริมาตร 300 ลิตร ลูกกบจำนวน 300 ตัว ดังภาพที่ 2 ให้อาหารโปรตีนไม่ต่ำกว่า 40 % จำนวน 3 ครั้งต่อวัน ระยะเวลาการเลี้ยง 30 วัน



ภาพที่ 1 สัตว์ทดลอง (ก) ลูกกบอายุ 30 วัน (ด้านข้าง) (ข) ลูกกบอายุ 30 วัน (ด้านบน)



ภาพที่ 2 หน่วยทดลองประกอบด้วย (ก) บ่อขนาด $2 \times 3 \times 0.5$ เมตร จำนวน 2 บ่อ บรรจุน้ำ 300 ลิตร (ข) พื้นที่แห้ง 30% เพื่อลูกกบพักอาศัย (ค) ลูกกบอายุ 30 วัน จำนวน 300 ตัว

1.2 กำหนดตัวแปรควบคุม จำนวน 6 ตัวแปร ได้แก่ อายุของลูกกบเริ่มต้น น้ำที่ใช้ทดลอง อาหาร ระยะเวลาการเลี้ยง จำนวนลูกกบ สัดส่วนของพื้นเปียกต่อพื้นที่แห้ง ตัวแปรตามจำนวน 10 ตัวแปร ได้แก่ อุณหภูมิ น้ำ ความเป็นกรดเป็นด่าง ปริมาณออกซิเจนละลายในน้ำ ความขุ่น แอมโมเนีย ความเป็นด่าง น้ำหนัก ความยาว และอัตราการรอด

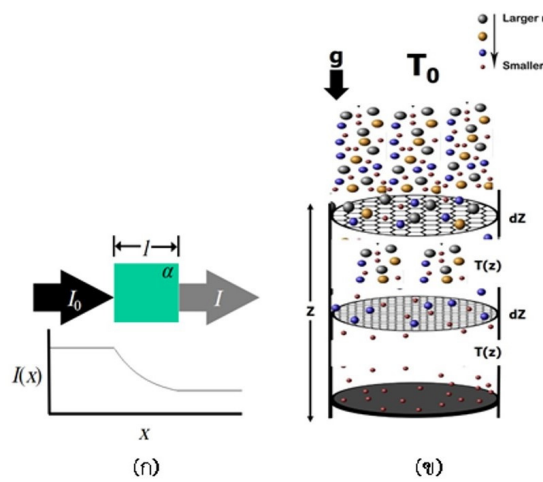
1.3 เตรียมอุปกรณ์สำหรับการเก็บรวบรวมข้อมูล ได้แก่ เทอร์โมมิเตอร์ พีเอชมิเตอร์ อีซีมิเตอร์ สายวัด และเครื่องชั่ง ซึ่งความเที่ยงตรงเป็นไปตามการคำนวณผลการสอบเทียบทางด้านปริมาตร [11] และการส่งข้อมูลผ่านระบบ IoT ตามเวลาจริง (Real time) ทุก 5 นาที [12]

1.4 กำหนดวิธีวิเคราะห์คุณภาพน้ำจากการอนุบาลลูกกบนา ตามวิธีมาตรฐาน ดังนี้ ความขุ่น ใช้วิธี Nephelometric แอมโมเนีย ใช้วิธี Phenate Method และความเป็นด่างใช้วิธี Phenolphthalein alkalinity [13]

1.5 เก็บข้อมูล อุณหภูมิ น้ำ ความเป็นกรดเป็นด่าง และปริมาณออกซิเจนละลายในน้ำตามเวลาจริง (Real time) ด้วยเครื่องมือวัดที่ผ่านการสอบเทียบตามมาตรฐาน และวิเคราะห์ความชื้น แอมโมเนีย ความแตกต่างของบ่อทดลองในสภาวะที่รองรับได้ทุกๆ 7 วัน ซึ่งน้ำหนักและวัดความยาวทุกๆ 7 วัน อัตราการรอดเมื่อสิ้นสุดการทดลอง 30 วัน

1.6 วิเคราะห์ข้อมูลตัวแปรตาม ได้แก่ น้ำหนัก และความยาวของลูกกบที่เพิ่มขึ้น โดยนำข้อมูลที่ได้นำมาคำนวณค่าทางสถิติวิเคราะห์ข้อมูลและเปรียบเทียบความแตกต่างของข้อมูลด้วย t-test ที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95

2. ประยุกต์แบบจำลองของ Beer-Lambert เพื่อออกแบบระบบบำบัดน้ำเสียจากการอนุบาลลูกกบนาด้วยวิธีการถ่ายน้ำและการตกตะกอน แบ่งเป็น 5 ขั้นตอนย่อย ดังนี้



ภาพที่ 3 (ก) แบบจำลองของ Beer-Lambert (ข) ประยุกต์แบบจำลองของ Beer-Lambert สำหรับระบบบำบัดน้ำเสียด้วยวิธีการถ่ายน้ำและการตกตะกอน

2.1 วิเคราะห์หลักการของแบบจำลอง Beer-Lambert ดังภาพที่ 3 (ก) แสดงให้เห็นว่าความเข้มแสงเริ่มต้น I_0 ก่อนเคลื่อนที่ผ่านตัวกลางถูกดูดกลืนโดยตัวกลางทำให้ความเข้มแสงมีการเปลี่ยนแปลงเท่ากับ $I(x)$ ตามระยะทาง x ของตัวกลางที่มีความยาว l ที่มีค่าคงตัวของการดูดกลืนเท่ากับ α ซึ่งความสัมพันธ์ของการเปลี่ยนแปลงดังกล่าวสามารถเขียนให้อยู่ในรูปของความสัมพันธ์ระหว่าง I_0 , $I(x)$, x และ α คือ $I(x) = I_0 \exp[-\alpha x]$ โดยสามารถจัดรูปให้เป็นสมการอนุพันธ์สำหรับภาพที่ 3 (ก) ได้ดังนี้

$$\frac{1}{I(x)} \cdot \frac{dI(x)}{dx} = -\alpha \quad (1)$$

2.2 กำหนดให้ปริมาณของแข็งแขวนลอยอยู่ในน้ำเริ่มต้น T_0 ดังภาพที่ 3 (ข) ถูกถ่ายไปพร้อมกับน้ำด้วยความเร็วเนื่องจากแรงโน้มถ่วงของโลกเท่ากับ g ผ่านตะแกรงดักตะกอนที่มีค่าคงตัวของการส่งผ่านเท่ากับ α ทำให้ปริมาณของแข็งแขวนลอยอยู่ในน้ำมีการเปลี่ยนแปลงเท่ากับ $T(z)$ ตามความสูง dz ของระบบบำบัดน้ำเสียที่มีความสูง z ซึ่งตะแกรงชั้นบนและตะแกรงชั้นล่างมีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางของช่องว่างเท่ากับ ϕ_1 และ ϕ_2 ($\phi_1 > \phi_2$) ตามลำดับ ดังนั้นสามารถประยุกต์หลักการของแบบจำลอง Beer-Lambert

เพื่อกำหนดความสัมพันธ์ระหว่าง $T(z)$, dz และ α ของระบบบำบัดน้ำเสียด้วยวิธีการถ่ายน้ำและการตกตะกอน ได้ดังนี้

$$\frac{1}{T(z)} \cdot \frac{dT(z)}{dz} = -\alpha \quad (2)$$

2.3 เมื่อพิจารณาผลการหมุนของเวลาของการตกตะกอนจากตะแกรงชั้นบนไปยังตะแกรงชั้นล่าง พบว่าความสัมพันธ์ในสมการที่ (2) ที่ประยุกต์จากหลักการของแบบจำลอง Beer-Lambert ยังไม่เพียงพอที่จะครอบคลุมไปถึงผลการหมุนของเวลาของการตกตะกอนระหว่างตะแกรงชั้นบนและตะแกรงชั้นล่าง ดังนั้นในการศึกษาครั้งนี้จึงปรับปรุงสมการที่ (2) โดยการเพิ่มค่าคงตัวที่เกิดจากผลการหมุนของเวลาของการตกตะกอนจากตะแกรงชั้นบนไปยังตะแกรงชั้นล่าง เท่ากับ ψ ร่วมกับการกำหนดสัดส่วนของค่าคงที่ n ซึ่งมีสาเหตุมาจากการเลือกใช้ตะแกรงชั้นบนและชั้นล่างที่มีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางของช่องว่างต่างๆ กัน โดย $n = 1/\delta$ เมื่อ $\delta = \varphi_1/\varphi_2$ และ $\varphi_1 > \varphi_2$ ดังนั้นสามารถกำหนดความสัมพันธ์ระหว่าง $T(z)$, dz , α , ψ และ n ได้ดังนี้

$$\frac{1}{T(z)} \cdot \frac{dT(z)}{dz} = -\alpha - \psi [T(z)]^n \quad (3)$$

2.4 สร้างแบบจำลองทางคณิตศาสตร์เพื่อศึกษาแนวโน้มการเปลี่ยนแปลงของปริมาณของแข็งแขวนลอยอยู่ในน้ำของการออกแบบระบบบำบัดน้ำเสียจากการอนุบาลลูกกบนาด้วยวิธีการถ่ายน้ำและการตกตะกอน ได้จากผลของการหาปริพันธ์จากสมการที่ (3) ได้ดังนี้

$$T(z) = \left[\frac{1}{\left(\frac{1}{T_0^n} + \frac{\psi}{\alpha} \right) \exp[anz] + \frac{\psi}{\alpha}} \right]^{\frac{1}{n}} \quad (4)$$

2.5 วิเคราะห์ประสิทธิภาพของแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ของระบบบำบัดน้ำเสียจากการอนุบาลลูกกบนาด้วยวิธีการถ่ายน้ำและการตกตะกอนจากการจำลองการเลือกใช้ตะแกรงชั้นบนและชั้นล่างที่มีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางของช่องว่างต่างๆ กันจากสมการที่ (4)

ผลการวิจัย

1. ผลการศึกษาความแตกต่างของอัตราการเจริญเติบโตระหว่างบ่ออนุบาลแบบดั้งเดิม และบ่ออนุบาลแบบสภาวะที่สามารถรองรับได้ พบว่า

1.1 อัตราการเจริญเติบโตของลูกกบนาระหว่างบ่ออนุบาลแบบดั้งเดิม และบ่ออนุบาลแบบสภาวะที่สามารถรองรับได้เมื่อดำเนินการทดลองครบ 30 วัน พบว่าน้ำหนักและความยาวของลูกกบนาจากการอนุบาลแบบดั้งเดิมและแบบสภาวะที่สามารถรองรับได้มีความแตกต่างทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 กล่าวคือน้ำหนักของลูกกบนาของบ่อแบบดั้งเดิมเท่ากับ 17.67 ± 4.40 กรัม และน้ำหนักลูกกบนาของบ่ออนุบาลแบบสภาวะที่สามารถรองรับได้เท่ากับ 15.30 ± 2.85 กรัม ความยาวของลูกกบนาของบ่อแบบดั้งเดิมเท่ากับ 5.87 ± 0.69 เซนติเมตร และความยาวลูกกบนาของบ่ออนุบาลแบบสภาวะที่สามารถรองรับได้เท่ากับ 5.30 ± 0.46 เซนติเมตร ดังตารางที่ 1

1.2 อัตราการรอดของลูกกบนาของบ่อแบบดั้งเดิมกับบ่อแบบสภาวะที่สามารถรองรับได้เมื่อดำเนินการทดลองครบ 30 วันพบว่าอัตราการรอดของลูกกบนาจากการอนุบาลของบ่อแบบดั้งเดิมมากกว่าการอนุบาลของบ่ออนุบาลแบบสภาวะที่สามารถรองรับได้ กล่าวคืออัตราการรอดของแบบดั้งเดิมมีค่ามากกว่าบ่ออนุบาลแบบสภาวะที่สามารถรองรับได้ที่ร้อยละ 64.0 และ 50.7 ดังตารางที่ 1

ตารางที่ 1 อัตราการเจริญเติบโตของลูกกบนา

ผลผลิต	แบบดั้งเดิม	แบบไม่เปลี่ยนถ่ายน้ำ
น้ำหนัก (กรัม)	17.67 ± 4.40 ^a	15.30 ± 2.85 ^b
ความยาว (เซนติเมตร)	5.87 ± 0.69 ^a	5.30 ± 0.46 ^b
อัตราการรอด (%)	64.0	50.7

หมายเหตุ ตัวอักษรภาษาอังกฤษที่ต่างกันตามแนวนอนแสดงว่ามีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ

2. ผลการวิเคราะห์คุณภาพน้ำของบ่ออนุบาลแบบดั้งเดิม และบ่ออนุบาลแบบสภาวะที่สามารถรองรับได้ เมื่อดำเนินการทดลองครบ 30 วันพบว่า การอนุบาลลูกกบนาของบ่ออนุบาลแบบดั้งเดิมแอมโมเนียเท่ากับ 0.043±0.036 มิลลิกรัมต่อลิตร ความเป็นด่างเท่ากับ 410.71±45.27 มิลลิกรัมต่อลิตร ออกซิเจนละลายน้ำเท่ากับ 1.59±0.63 มิลลิกรัมต่อลิตร ความเป็นกรดต่าง 7.78±0.14 และค่าความขุ่น 19.10±12.90 NTU และบ่ออนุบาลแบบสภาวะที่สามารถรองรับได้ แอมโมเนียเท่ากับ 0.055±0.045 มิลลิกรัมต่อลิตร ค่าความเป็นด่างเท่ากับ 511.91±74.24 มิลลิกรัมต่อลิตร ออกซิเจนละลายน้ำ 1.23±0.61 มิลลิกรัมต่อลิตร ความเป็นกรดต่าง 7.38±0.24 และค่าความขุ่นเท่ากับ 74.04±44.77 NTU ดังตารางที่ 2

ตารางที่ 2 คุณภาพน้ำของการอนุบาลลูกกบนา

รายการ	ค่ามาตรฐาน [14-15]	แบบดั้งเดิม	แบบสภาวะที่สามารถ รองรับได้
แอมโมเนีย (มก./ลิตร)	< 0.5	0.04±0.03	0.05±0.04
ความเป็นด่าง (มก./ลิตร)	30 - 300	410.71±45.27	511.91±74.24
ออกซิเจนละลายน้ำ (มก./ลิตร)	> 3	1.59±0.63	1.23±0.61
พีเอช	6.8 - 9.0	7.78±0.14	7.38±0.24
ความขุ่น (NTU)	5 - 10	19.10±12.90	74.04±44.77

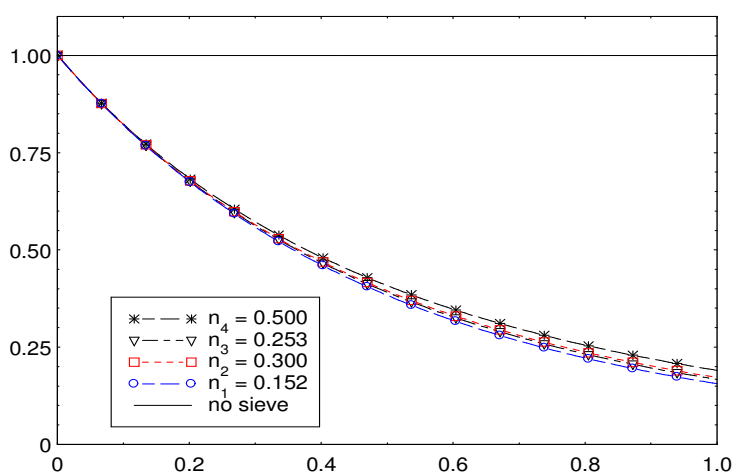
2. ผลประสิทธิภาพของแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ของระบบบำบัดน้ำเสียจากการอนุบาลลูกกบนา ด้วยวิธีการถ่ายน้ำและการตกตะกอนโดยพิจารณาจากการเปลี่ยนแปลงของปริมาณของแข็งแขวนลอยอยู่ในน้ำร่วมกับการจำลองการเลือกใช้ตะแกรงตามมาตรฐาน [16-17] ชั้นบนและชั้นล่างที่มีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางของช่องว่างต่างกัน ดังตารางที่ 3

ตารางที่ 3 การจำลองการเลือกใช้ตะแกรงชั้นบนและชั้นล่างที่มีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางของช่องว่างต่างๆ กัน

	n_1	n_2	n_3	n_4
เส้นผ่านศูนย์กลางช่องว่างของ ตะแกรงชั้นบน (φ_1 ; มิลลิเมตร) (เบอร์ตะแกรง; mesh)	0.250 (60)	0.250 (60)	0.150 (100)	0.150 (100)
เส้นผ่านศูนย์กลางช่องว่างของ ตะแกรงชั้นล่าง (φ_2 ; มิลลิเมตร) (เบอร์ตะแกรง; mesh)	0.038 (400)	0.075 (200)	0.038 (400)	0.075 (200)
สัดส่วนของค่าคงที่ $\delta = \varphi_1/\varphi_2$	6.578	3.333	3.947	2.000
สัดส่วนของค่าคงที่ $n = 1/\delta$	0.152	0.300	0.253	0.500

2.1 ผลการทดสอบประสิทธิภาพของแบบจำลองจากสมการที่ (4) โดยการกำหนดค่าคงที่ต่างๆ เพื่อพิจารณาแนวโน้มอัตราการลดลงของปริมาณของแข็งแขวนลอยอยู่ในน้ำ $T(z)$ ระหว่างการไม่บำบัดน้ำเสีย (no sieve) และการใช้ตะแกรงสัดส่วนของค่าคงที่ n ต่างๆ กันดังนี้ $T_0 = 1$, $\alpha = 1$, $\psi = 0.99$ จากภาพที่ 2 แสดงให้เห็นว่าการใช้ตะแกรงที่มีสัดส่วนของค่าคงที่ n ต่างๆ สามารถทำให้ $T(z)$ มีแนวโน้มอัตราการลดลงอย่างเห็นได้ชัดเมื่อเปรียบเทียบกับกรณีการไม่บำบัดน้ำเสีย (no sieve)

y =Suspended solid (%)

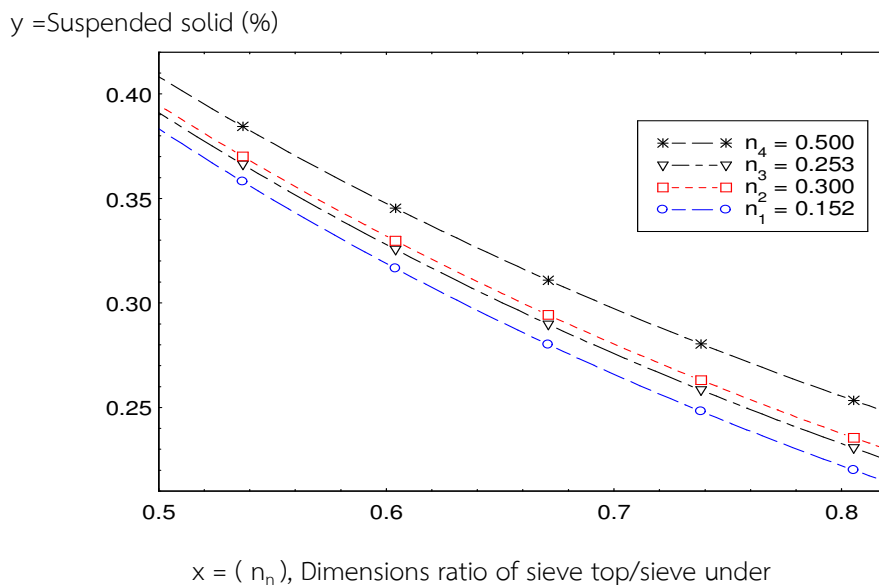


x =(n_n), Dimensions ratio of sieve top/sieve under

ภาพที่ 4 แนวโน้มอัตราการลดลงของปริมาณของแข็งแขวนลอยอยู่ในน้ำ $T(z)$ ระหว่างการไม่บำบัดน้ำเสีย (no sieve) และการใช้ตะแกรงสัดส่วนของค่าคงที่ (n) ต่างๆ กัน

2.2 ผลการทดสอบประสิทธิภาพของแบบจำลองจากสมการที่ (4) โดยทำการเปรียบเทียบประสิทธิภาพของการทำให้แนวโน้มอัตราการลดลงที่แตกต่างกันของปริมาณของแข็งแขวนลอยอยู่ใน

น้ำ $T(z)$ ระหว่างการเลือกใช้ตะแกรงคัดส่วนของค่าคงที่ n_1, n_2, n_3 และ n_4 จากภาพที่ 4-5 แสดงให้เห็นว่าการเลือกใช้ตะแกรงคัดส่วนของค่าคงที่ n_1 สามารถทำให้แนวโน้มอัตราการลดลงของ $T(z)$ มากที่สุด รองลงมาคือการเลือกใช้ตะแกรงคัดส่วนของค่าคงที่ n_3, n_2 และ n_4 ตามลำดับ



ภาพที่ 5 การเปรียบเทียบประสิทธิภาพของการทำให้แนวโน้มอัตราการลดลงของปริมาณของแข็งแขวนลอยอยู่ในน้ำ $T(z)$ ระหว่างการเลือกใช้ตะแกรงคัดส่วนของค่าคงที่ (n) ต่างๆ กัน

อภิปรายและสรุปผลการวิจัย

ผลจากการทดลองการอนุบาลลูกกบนาแบบดั้งเดิมกับแบบในสภาวะที่สามารถรองรับได้พบว่าอัตราการเจริญเติบโตของลูกกบนาโดยการชั่งน้ำหนักและวัดความยาวของลูกกบนาของบ่ออนุบาลแบบดั้งเดิมมีอัตราที่สูงกว่าบ่อในสภาวะที่สามารถรองรับได้อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 ซึ่งผลดังกล่าวสาเหตุหลักเกิดจากค่าคุณภาพน้ำที่แตกต่างกัน กล่าวคือบ่อในสภาวะที่สามารถรองรับได้ข้อมูลชี้ให้เห็นว่าค่าความขุ่นมีค่าสูงเกินระดับที่แนะนำในวันที่ 4 ของการอนุบาล และเมื่อสิ้นสุดการทดลองพบว่ามีความสูงที่สุด (74.04 ± 44.77 NTU) ส่งผลให้เกิดการสะสมสารแขวนลอยจากเศษอาหารที่ตกค้าง สารละลายอินทรีย์และสิ่งขับถ่ายจากลูกกบที่มีปริมาณสูงกว่าเกณฑ์มาตรฐานคุณภาพน้ำสำหรับเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำแนะนำไว้ [18] ซึ่งระดับค่าความขุ่นที่เหมาะสมสำหรับเลี้ยงสัตว์น้ำควรอยู่ในช่วง 5-10 NTU ความขุ่นที่มีค่าสูงส่งผลต่อน้ำในบ่ออนุบาลลูกกบนา กล่าวคือเนื่องจากความขุ่นและตะกอนในบ่ออนุบาลลูกกบนามีองค์ประกอบของสารอินทรีย์ที่มาจากกิจกรรมของการดำรงชีวิตของลูกกบได้แก่ การกินอาหาร การขับถ่ายของเสียทำให้มีการสะสมของสารอินทรีย์ในน้ำที่ใช้ในการเลี้ยงทั้งอยู่ในรูปอนุภาคของแข็งแขวนลอยและอยู่ในรูปของตะกอนที่เป็นสารอินทรีย์ที่มีขนาดใหญ่ตกตะกอนอยู่ ของเสียเหล่านี้หากปนเปื้อนลงสู่สิ่งแวดล้อมหรือแหล่งน้ำย่อมส่งผลต่อกิจกรรมของจุลินทรีย์ผู้ย่อยสลายในแหล่งน้ำมีกิจกรรมในการย่อยสลาย ซึ่งส่งผลต่อการใช้ก๊าซออกซิเจนในแหล่งน้ำถูกใช้หมดไปอย่างรวดเร็วทำให้จุลินทรีย์ที่ใช้ก๊าซออกซิเจนในการหายใจมีกิจกรรมที่ลดลงและ

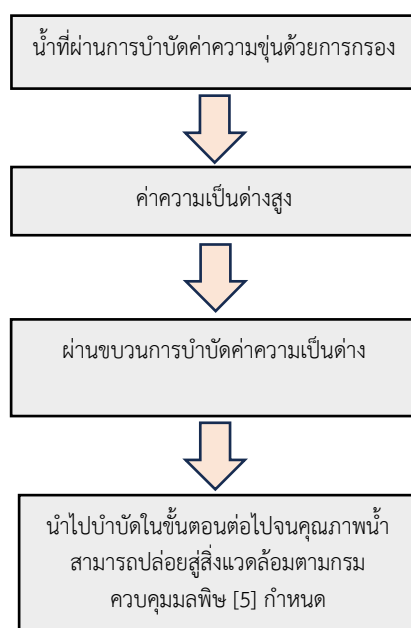
จุลินทรีย์ที่เป็นกลุ่ม Facultative anaerobes นำตัวโอเลคตรอนที่มีศักยภาพถัดไปจากก๊าซออกซิเจนมาใช้ในการหายใจและดำรงชีวิตซึ่งการเกิดปรากฏการณ์นี้เป็นไปตามหลักการเทอร์โมไดนามิกส์ [19] ซึ่งจะให้พลังงานในการดำรงชีวิตที่ต่ำกว่าการใช้ออกซิเจนในการหายใจทำให้การย่อยสลายสารอินทรีย์ของจุลินทรีย์ไม่สามารถเปลี่ยนไปเป็นคาร์บอนไดออกไซด์ น้ำ และพลังงานได้ทั้งหมดซึ่งเหตุการณ์นี้ทำให้ออกซิเจนไม่เพียงพอต่อการดำรงชีวิตของสัตว์น้ำ และยิ่งเกิดสารอินทรีย์ที่เป็นอันตรายต่อการดำรงชีวิตของสัตว์น้ำ เช่น แอมโมเนีย ไฮโดรเจนซัลไฟด์ เป็นต้น ทำให้สิ่งแวดล้อมถูกรบกวน หากไม่มีการแก้ไข จุลินทรีย์ก็จะย่อยสลายสารอินทรีย์ได้ยากขึ้นและน้อยลงไปเรื่อยๆ จุลินทรีย์ไม่สามารถย่อยสลายได้เพราะพลังงานที่ได้จากการหายใจไม่เพียงพอแหล่งน้ำจึงเกิดสภาพมีสีคล้ำจากการสะสมของสารอินทรีย์ จนกระทั่งแสงส่องผ่านได้ยากขึ้นและมีกลิ่นเหม็นจากการย่อยสลายของจุลินทรีย์ที่ไม่สมบูรณ์ ดังนั้นหากสามารถนำของเสียเหล่านี้ออกจากแหล่งน้ำให้มากที่สุดด้วยวิธีการอย่างง่ายตามหลักของการกรองอนุภาคอย่างง่ายเข้ามาช่วยจะทำให้ปริมาณของแข็งแขวนลอยและตะกอนลดลง จะสามารถช่วยให้แหล่งน้ำมีสภาพแวดล้อมที่สามารถรักษาตนเองได้สิ่งมีชีวิตที่ใช้ออกซิเจนในรูปของก๊าซในการหายใจจะสามารถดำรงชีวิตอยู่ในน้ำได้โดยไม่ได้รับผลกระทบจากของเสียจากการอนุบาลลูกกบนาที่ปลดปล่อยลงสู่สิ่งแวดล้อม เห็นได้ว่าการบำบัดน้ำเสียด้วยการแยกอนุภาคของแข็งแขวนลอยและอยู่ในรูปของตะกอนออกจากน้ำด้วยวิธีการกรอง ซึ่งเมื่อเทียบเคียงกับแบบจำลองการบำบัดน้ำเสียโดยวิธีการถ่วงน้ำและการตกตะกอนของการอนุบาลลูกกบนาช่วงเวลา 30 วันนั้น ซึ่งระบบบำบัดน้ำเสียควรถ่วงน้ำทุกๆ 4 วัน ผลการศึกษาคุณภาพน้ำเสียพบว่าค่าความขุ่นไม่ผ่านเกณฑ์มาตรฐานควบคุมการระบายน้ำทิ้งจากบ่อเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำจืดตั้งแต่วันที่ 5 ซึ่งพบว่าอนุภาคของสารแขวนลอย มีขนาดตั้งแต่ 10^{-4} cm [20] ซึ่งขนาดของอนุภาคสารแขวนลอยสามารถใช้ตะแกรงกรองแยกออกจากน้ำได้จึงนำสู่ขั้นตอนที่ 2 ประยุกต์แบบจำลองของ Beer-Lambert เพื่อออกแบบระบบบำบัดน้ำเสียด้วยการกรอง การจำลองเลือกใช้ตะแกรงชั้นบนและชั้นล่างที่มีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางของช่องว่างต่างๆ กันคือ เบอร์ตะแกรง 60 mesh, 100 mesh, 200 mesh, และ 400 mesh ซึ่งมีเส้นผ่านศูนย์กลางช่องว่างของตะแกรงเท่ากับ 0.250, 0.150, 0.075, 0.038 ตามลำดับ

ผลการศึกษาตามคำแนะนำของแบบจำลองพบว่าใช้ตะแกรงชั้นบนเบอร์ 60 mesh คู่กับตะแกรงชั้นล่างเบอร์ 400 mesh สามารถทำให้กรองปริมาณของแข็งแขวนลอยอยู่ในน้ำมีแนวโน้มของอัตราการลดลงมากที่สุดเมื่อเปรียบเทียบกับกรองจับคู่กับตะแกรงเบอร์อื่นๆ เหตุผลเพราะค่าความขุ่นในบ่ออนุบาลลูกกบนาประกอบไปด้วยขนาดอนุภาคระหว่าง 0.020-5.68 มิลลิเมตร ดังนั้นผลจากการคำนวณจะพบว่าอนุภาคขนาดใหญ่กว่า 0.250 มิลลิเมตร จะถูกแยกจากน้ำที่ตะแกรงชั้นบนเบอร์ 60 mesh และอนุภาคที่ขนาดใหญ่กว่า 0.038 มิลลิเมตร จะถูกแยกจากน้ำที่ตะแกรงชั้นล่างเบอร์ 400 mesh นั้นอยู่ในอัตราที่เหมาะสมที่สุดตามทฤษฎี สอดคล้องกับเหตุผลของการเลือกใช้ตะแกรงสัดส่วนค่าคงที่ ตามคำแนะนำของแบบจำลองเพราะหากมีการเลือกคู่ของขนาดตะแกรงที่ไม่เหมาะสม เช่น ชั้นบนเบอร์ใหญ่เกินไป ชั้นล่างเบอร์เล็กเกินไป ทำให้ชั้นล่างรับภาระงานที่สูงทำให้เกิดการอุดตันในระยะเวลาที่สั้น ประสิทธิภาพก็ลดลงไปด้วยเช่นกัน

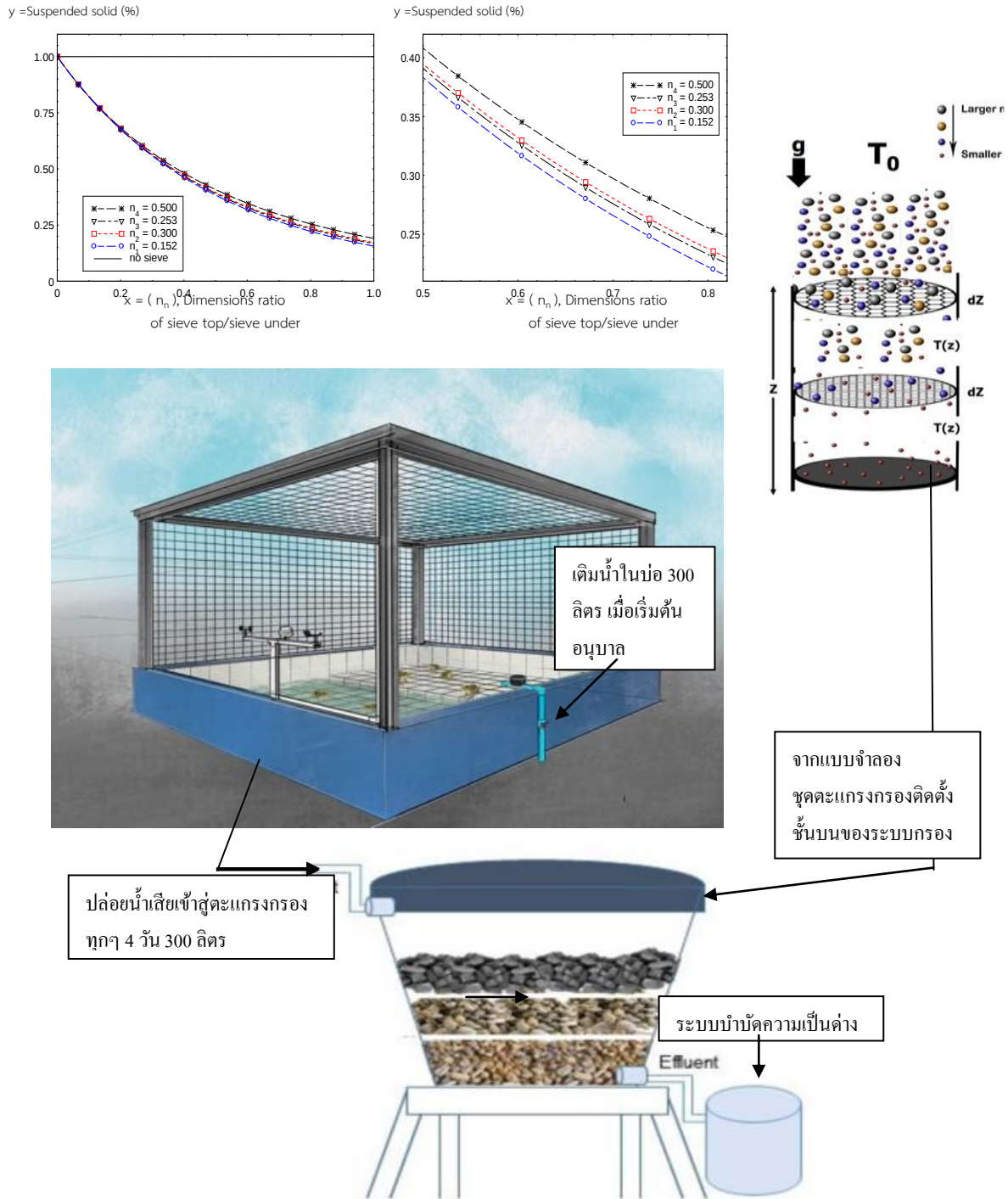
ข้อเสนอแนะ

จากการทดลองร่วมกับการตรวจวัดค่าโครงสร้างสิ่งแวดล้อมของฟาร์มอนุบาลลูกกบนา รวมถึงการวิเคราะห์คุณภาพน้ำเสียเพื่อนำข้อมูลไปสร้างแบบจำลองการบำบัดน้ำเสีย ณ แผนกวิชาประมง วิทยาลัยเกษตรและเทคโนโลยีนครศรีธรรมราช อำเภอช้างกลาง จังหวัดนครศรีธรรมราช พบว่าสภาวะที่แหล่งน้ำมีสภาวะออกซิเจนละลายน้ำในบ่อมีค่าต่ำแต่ลูกกบนาสามารถปรับตัวอยู่ได้เพราะเป็นช่วงที่ใช้ปอดในการหายใจแทนเหงือก และพบว่าแหล่งต้นน้ำดิบธรรมชาติในพื้นที่ที่ใช้ในการอนุบาลลูกกบนามีค่าความเป็นด่างที่

สูงคือ 410.71 ± 45.27 มิลลิกรัมต่อลิตร ซึ่งค่ามาตรฐานที่เหมาะสมกับการเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำระบุว่าควรอยู่ระหว่าง 30 – 300 มิลลิกรัมต่อลิตร ซึ่งจากเหตุดังกล่าวทำให้มีผลต่อน้ำเสียจากฟาร์มดังกล่าว แม้ว่าจะผ่านการบำบัดค่าความขุ่นด้วยการกรองแล้วก็ตามแต่ยังคงมีค่าความเป็นด่างที่ยังคงสูงอยู่ซึ่งสัมพันธ์ถึงผลการเปลี่ยนแปลงของค่าพีเอชขณะที่ปล่อยลงสู่แหล่งน้ำที่มีผลกระทบต่อสัตว์น้ำภายนอก [21] ผู้วิจัยจึงเสนอแนะแนวทางการวิจัยต่อไปควรต้องศึกษาเพิ่มถึงระบบและวิธีการบำบัดค่าความเป็นด่างในขั้นตอนสุดท้ายที่เหมาะสมก่อนปล่อยออกสู่สิ่งแวดล้อมภายนอก ซึ่งจะช่วยให้ขบวนการบำบัดน้ำเสียของฟาร์มอนุบาลลูกกบนาของแผนกวิชาประมง วิทยาลัยเกษตรและเทคโนโลยีนครศรีธรรมราช สมบูรณ์มากยิ่งขึ้น ซึ่งแนวคิดโดยสรุปเป็นไปตามภาพ 6 และภาพที่ 7 แบบจำลองระบบบำบัดน้ำเสียโดยวิธีการถ่ายน้ำและการตกตะกอนในฟาร์มอนุบาลลูกกบนา



ภาพที่ 6 กรอบแนวคิดระบบบำบัดความเป็นด่างในฟาร์มอนุบาลก่อนปล่อยสู่สิ่งแวดล้อม



ภาพที่ 7 แบบจำลองระบบบำบัดน้ำเสียโดยวิธีการถายน้ำและการตกตะกอนในฟาร์มอนุบาล

References

- [1] American Museum of Natural History (1998). *Amphibian Species of the World 6.2*. Available from <https://amphibiansoftheworld.amnh.org>. Accessed date: 1 May 2023.
- [2] Chivapreecha, J. (1991). Thai Frog go abroad. *Investment Promotion Journal*. 2(1): 25-27. (in Thai)
- [3] Muallmuangsong, P., et al. (2014). Frog production and marketing in Muang district, Loei province. *Prawarun Agricultural Journal*, 11(1), 65-72. (in Thai)
- [4] Department of Fisheries (2020). *Productivity of Thai fisheries in 2020*. Available from <https://www4.fisheries.go.th>. Accessed date: 1 May 2023.
- [5] Pollution Control Department. (2012). *Manual for monitoring wastewater from aquaculture ponds*. Bangkok: Ministry of Natural Resources and Environment. (in Thai)
- [6] APHA. (2005). *Standard Methods of the Examination of Water and Wastewater*. 22th ed. Maryland: United Books Press.
- [7] Tokhun, N., et al. (2022). Water turbidity removal efficiency of combination methods between chemical coagulation and simple filtration. *Udon Thani Rajabhat University Journal of Science and Technology*, 10(2), 57-73. (in Thai)
- [8] Koydon, S et al. (2022). Water quality during *Channa striatus* fish harvesting and wastewater treatment by draining and settling in cultured pond technique. *Rajamangala University of Technology Srivijaya Research Journal*, 14(3), 770-784. (in Thai)
- [9] Daosawang, W., & Somboot, P. (2017). DC pulse power supply for electrocoagulation in water treatment. *Naresuan University Journal: Science and Technology*, 25(1), 150-157. (in Thai)
- [10] Changjan, A., et al. (2020). Penetrate field behavior in superconducting shield by modified Beer-Lambert model: Applied to cylindrical MgB₂ superconductors. *Songklanakarin Journal of Science & Technology*, 42(5), 1142-1146.
- [11] Sutthanarak, J., & Chusuwan, S. (2015). *Calculation of volumetric calibration results*. Nonthaburi: Central Bureau of Weights & Measures.
- [12] Madakam, S., et al. (2015). Internet of Things (IoT): A literature review. *Journal of Computer and Communications*, 3(5), 164-173.
- [13] Laongsiriwong, N. (2019). *Handbook of water analysis for aquaculture and farm standard certification*. Bangkok: Department of Fisheries, Ministry of Agriculture and Cooperatives. (in Thai)
- [14] Boyd, C. E., (1982). *Water quality management for pond fish culture*. Amsterdam: Elsevier.
- [15] Khan, Y., & See, C. S. (2016). Predicting and analyzing water quality using Machine Learning: A comprehensive model. In *2016 IEEE Long Island Systems, Applications and Technology Conference (LISAT)* (p. 1-6). 29 April, 2016, Farmingdale, NY, USA.
- [16] International Organization for Standardization. (2000). *ISO 3310-1:2016 Test sieves —*

- Technical requirements and testing Part 1: Test sieves of metal wire cloth*. 4th ed. London: ISO.
- [17] American Society for Testing and Materials. (2009). *ASTM Standard E11-09 Specification for Woven Wire Test Sieve Clothes and Test Sieves*. Pennsylvania: ASTM
- [18] Duangsawat, M., & Somsiri, J. (1985). *Water properties and analytical methods for fisheries research*. Department of Aquatic Environment Research. Bangkok: Department of Fisheries. Ministry of Agriculture and Cooperatives.
- [19] Ponnamperna, F. N. (1972). The chemistry of submerged soils. *Advances in Agronomy*, 24, 29-96.
- [20] Alexander, B., & Roland, R. F. (2005). Determining the size of suspended solids in a flow-through fish farm. *Aquacultural Engineering*, 33(1), 1-19.
- [21] Boyd, C. E., et al. (2016). Alkalinity and hardness: Critical but elusive concepts in aquaculture. *Journal of the World Aquaculture Society*, 47(1), 6-41.