

ประสิทธิภาพการใช้จุลินทรีย์อีเอ็มในการบำบัดน้ำทิ้ง จากการเพาะเลี้ยงปลาหมอไทย

Efficiency of Effective Microorganisms for Treating Effluent from *Anabas testudineus* Experimental house

สุกัญญา คำหล้า^{1*} บุญทิศา ชชาติขำ¹ สมศักดิ์ ระยัน¹
และจूरีพร วงศ์จันดา¹

Sugunya kumla^{1*}, Boonthiwa Chartchumni¹, Somsak Rayan¹
and Jureeporn Wongjunda¹

Received: 28 December 2022

Revised: 13 August 2023

Accepted: 26 January 2024

บทคัดย่อ

การวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาการใช้จุลินทรีย์อีเอ็มในการบำบัดน้ำทิ้งจากการเพาะเลี้ยงปลาหมอไทย โดยกำหนดจุลินทรีย์อีเอ็มอัตราส่วน (อีเอ็ม:น้ำทิ้ง) คือ ไม่เติมอีเอ็ม:1000, 1:1000, 1:2000, 1:3000, 1:4000, 1:5000 (V/V) ระยะเวลาการบำบัดน้ำทิ้ง คือทุก 10, 20 และ 30 วัน โดยวิเคราะห์ค่าความแปรปรวนของค่าเฉลี่ย (Analysis of variance) ของค่าคุณภาพน้ำทิ้งด้วยจุลินทรีย์อีเอ็มในระดับต่างๆ และระยะเวลาที่ต่างกันเพื่อเปรียบเทียบความแตกต่างระหว่างหน่วยการทดลองโดยวิธีของ duncan's new multiple range test (DMRT) ที่ระดับนัยสำคัญร้อยละ 95 ผลการศึกษาพบว่าประสิทธิภาพในการบำบัดลดลงที่ระยะเวลา 10 วัน ในการบำบัด pH ที่อัตราส่วน 1:1000 มีค่าเท่ากับ 7.03 ± 1.68 ที่ระยะเวลา 20 วัน ค่า DO ที่อัตราส่วน 1:2000 มีค่าเท่ากับ 3.11 ± 2.25 ค่า BOD ที่อัตราส่วน 1:5000 มีค่าเท่ากับ 0.55 ± 0.70 mg/L และ NH_3 ที่อัตราส่วน 1:2000 มีค่าเท่ากับ 0.53 ± 0.01 mg.N/L, ระยะเวลา 30 วัน ของ TSS ที่อัตราส่วน 1:5000 มีค่าเท่ากับ 0.27 ± 0.75 mg/L, Total P ที่อัตราส่วน 1:2000 มีค่าเท่ากับ 0.03 ± 0.00 mg-p/L, Total N อัตราส่วน 1:1000 มีค่าเท่ากับ 1.72 ± 1.36 mg.N/L ตามลำดับ ซึ่งจุลินทรีย์อีเอ็มสามารถ

¹ สาขาวิชาประมง คณะทรัพยากรธรรมชาติ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลอีสาน วิทยาเขตสกลนคร สกลนคร 47160

^{*} Department of Fisheries, Faculty of Natural Resources, Rajamangala University of Technology Isan Sakon Nakhon Campus, Sakon Nakhon, Thailand 47160

*ผู้รับผิดชอบประสานงาน (Corresponding author) e-mail: suganyakumla@gmail.com

ลดปริมาณ TSS, BOD และ Total P ได้เร็วที่สุด และปริมาณจุลินทรีย์อีเอ็มที่แตกต่างกันมีผลต่อการเปลี่ยนแปลงค่า pH, NH_3 และ Total N ในน้ำ โดยพบว่าระยะเวลาในการบำบัดน้ำมีผลต่อการเปลี่ยนแปลงน้ำทิ้งหลังจากการบำบัดด้วยจุลินทรีย์อีเอ็มในระยะเวลาที่แตกต่างกัน

คำสำคัญ: เพาะเลี้ยงปลาหมอไทย การบำบัดน้ำทิ้ง จุลินทรีย์อีเอ็ม โรงเรือนทดลอง

ABSTRACT

The purpose of this research was to study the use of EM microorganisms in the treatment of effluent from *Anabas testudineus* Experimental house. The ratio of EM to effluent (EM: effluent) was 0:1000, 1:1000, 1:2000, 1:3000, 1:4000, and 1:5000 (V/V), and the period of effluent sampling was 10, 20, and 30 days. The mean of effluent quality was analyzed and compared by using Duncan's New Multiple Range Test (DMRT) at 95 percent significance. The results showed that the treatment efficacy declined at 10 days. The efficacy of pH treatment at 1:1000 was 7.03 ± 1.68 . At 20 days, dissolved oxygen (DO) at 1:2000 was 3.11 ± 2.25 ; BOD at 1:5000 was 0.55 ± 0.70 mg/L; Ammonia (NH_3) at 1:2000 was 0.53 ± 0.01 mg.N-/L. In addition, total solids (TSS) at 1:5000 was 0.27 ± 0.75 21 mg/L; total phosphorus (Total P) at 1:2000 was 0.03 ± 0.00 mg-P/L; total nitrogen (Total N) at 1:1000 was 1.72 ± 1.36 mg.N-/L. EM microorganisms can rapidly reduce the amount of suspended solids, BOD and total phosphorus. Therefore, the amount of EM microorganisms and the duration of water treatment affected the wastewater treatment.

Keywords: Climbing Perch culture; Wastewater Treatment; Effective microorganisms; Experimental house

บทนำ

ปัจจุบันคุณภาพน้ำในแหล่งน้ำธรรมชาติทั้งแหล่งน้ำผิวดินและแหล่งน้ำใต้ดิน กำลังประสบปัญหาความเสื่อมโทรมจากการปนเปื้อนมลสารประเภทต่างๆ ซึ่งส่วนใหญ่มีที่มาจากกิจกรรมของมนุษย์ ทั้งจากกิจกรรมชุมชน กิจกรรมการผลิตและบริการทั้งด้านอุตสาหกรรม เกษตรกรรม และการท่องเที่ยว การปนเปื้อนมลสารของน้ำในแหล่งน้ำอาจทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงคุณสมบัติของทรัพยากรน้ำ จนส่งผลกระทบต่อสมดุลของระบบนิเวศแหล่งน้ำและเกิดผลกระทบต่อการใช้งานน้ำเหล่านั้นไปใช้ประโยชน์ [1-3] การเลี้ยงปลาหมอไทยที่พบว่าการขยายตัวเพิ่มมากขึ้นตามความต้องการของผู้บริโภค การเลี้ยงปลาหมอมีการเลี้ยงทั้งในบ่อดินและบ่อที่เลี้ยงกึ่งกลางแจ้งมาก่อน ในช่วง 2-3 ปีที่ผ่านมามีการเลี้ยงเชิงพาณิชย์ ปัญหาที่ตามมาได้แก่คุณภาพของน้ำที่เสื่อมโทรมลง เนื่องจากระบบเพาะปลาหมอไทยที่ใช้กันอยู่ทั่วไปนั้นยังไม่สามารถควบคุมสภาพแวดล้อมภายในระบบได้อย่างดีพอ ทำให้ระบบนิเวศในบ่อเสื่อมโทรม ผลผลิตสัตว์น้ำไม่มีคุณภาพ การเติบโตช้าและอาจมีการติดโรคได้ง่าย เกษตรกรมักแก้ปัญหาโดยการถ่ายน้ำจากบ่อเลี้ยงลงสู่แหล่งน้ำตามธรรมชาติโดยไม่มีการบำบัดให้ได้ค่ามาตรฐานก่อนปล่อยลงแหล่งน้ำธรรมชาติซึ่งอาจทำให้คุณภาพของแหล่งน้ำเสื่อมโทรมลงถ้ามีค่าเกินกว่าที่ระบบธรรมชาติบำบัดได้ ดังนั้นเพื่อเป็นการลดปัญหาที่เกิดขึ้น การใส่ใจและการดูแลคุณภาพน้ำของบ่อเพาะเลี้ยงและแหล่งน้ำตามธรรมชาติโดยรอบจึงมี

ความสำคัญอย่างยิ่ง ปัจจุบันเทคโนโลยีชีวภาพได้รับการพัฒนาและใช้กันอย่างแพร่หลายในการแก้ปัญหาสิ่งแวดล้อมเหล่านี้ [1] หนึ่งในเทคโนโลยีที่เป็นมิตรต่อสิ่งแวดล้อมที่เสนอคือ เทคโนโลยีจุลินทรีย์ที่มีประสิทธิภาพอีเอ็มเป็นผลิตภัณฑ์ที่เป็นมิตรกับสิ่งแวดล้อมซึ่งประกอบด้วยจุลินทรีย์มากกว่า 80 ชนิดที่ใช้สำหรับการบำบัดทางชีวภาพ [4] อีเอ็ม 5 สายพันธุ์หลักคือ 1) แบคทีเรียสังเคราะห์แสง (*Rhodospseudomonas palustris*, LBL15) 2) แบคทีเรียกรดแลคติก (*Lactobacillus plantarum* BL60a), 3) ยีสต์ (*Saccharomyces cerevisiae* 2-4), 4) แอคติโนมัยซีท (*Streptomyces allbus* J1074) และ 5) เชื้อราหมัก (*Aspergillus oryzae* M-01) [5, 6] จุลินทรีย์ถูกนำมาใช้เพื่อทำลายหรือ ลดความเข้มข้นของสารมลพิษและสารปนเปื้อนในบริเวณที่เป็นมลพิษในการศึกษานี้ เลือกเทคโนโลยีอีเอ็มเพราะประหยัดต้นทุนและเป็นมิตรต่อสิ่งแวดล้อมสำหรับพื้นที่ปนเปื้อน [7] การใช้อีเอ็มจุลินทรีย์จะย่อยสลายอินทรีย์วัตถุและสารก่อมลพิษในน้ำให้เหลือน้อยหรือไม่พิษ ความเข้มข้นสูงของสารปนเปื้อนทำหน้าที่เป็นสารตั้งต้นและสารอาหารสำหรับการเจริญเติบโตและการสืบพันธุ์ของจุลินทรีย์ [8, 9]

อีเอ็มใช้กันอย่างแพร่หลายในการเพาะปลูกพืชผักและการเลี้ยงสัตว์ การใช้อีเอ็มเพื่อลดปริมาณกากตะกอนน้ำทิ้งมักจะได้รับการแนะนำว่าเป็นไปได้ในโรงบำบัดน้ำทิ้งหรือบำบัดน้ำทิ้งในสถานที่ระบบ เช่น ถังบำบัดน้ำทิ้ง [5] แนวคิดของอีเอ็มได้รับการพัฒนาในทศวรรษที่ 1980 เกี่ยวกับการเอาชนะอันตรายของการปลูกพืชอย่างต่อเนื่องโดยเฉพาะต้นฉบับสูตรของ อีเอ็ม-1 มีการผสมผสานของจุลินทรีย์ที่คัดเลือกมาเป็นพิเศษซึ่งสามารถสร้างคุณสมบัติหลายประการและหลากหลายชนิดของจุลินทรีย์ที่เป็นประโยชน์แบบไม่ใช้ออกซิเจนและแอโรบิกอยู่ร่วมกัน อีเอ็มประกอบด้วยจุลินทรีย์บางสายพันธุ์รวมทั้งแบคทีเรียกรดแลคติกที่เด่นๆ และยีสต์และแบคทีเรียสังเคราะห์แสงที่มีความหนาแน่นต่ำ แอคติโนมัยซีทและจุลินทรีย์ธรรมชาติชนิดอื่นๆ องค์ประกอบของจุลินทรีย์เหล่านี้เข้ากันได้ซึ่งกันและกันและสามารถอยู่ร่วมกันในน้ำทิ้ง [4] เนื่องจากจุลินทรีย์มีประโยชน์ในการจัดปัญหาที่เกี่ยวข้องกับการใช้ปุ๋ยเคมีและยาฆ่าแมลง ปัจจุบันมีการใช้กันอย่างแพร่หลายในเกษตรธรรมชาติและเกษตรอินทรีย์ [10] จนกระทั่งตอนนี้ได้มีการพัฒนางานวิจัยมากมายเพื่อศึกษาการใช้งานของอีเอ็มในระบบบำบัด จากงานวิจัยของ Zhao et al. [11] ได้ทำการศึกษากการแก้ไขแหล่งน้ำด้วยวิธีการฟื้นฟูแบบบูรณาการซึ่งประกอบด้วยอีเอ็ม พืชน้ำไกล่สะเลสาบ ระบบเติมอากาศเป็นระยะและพบว่าเทคนิคนี้กำจัดสารต่างๆ ในอัตราที่แตกต่างกันซึ่งรวมถึงฟอสฟอรัสทั้งหมด (TP) ที่ 86.87% สารแขวนลอยทั้งหมด (TSS) ที่ 82.36% และไนโตรเจนทั้งหมด (TN) ความต้องการออกซิเจนทางเคมี (COD) และความขุ่นที่ 57.36%, 70.12% และ 79.28% ตามลำดับ และงานวิจัยของ Park et al. [12] ยังพยายามปรับปรุงคุณภาพน้ำของลำธารด้วยการศึกษาความหลากหลายของจุลินทรีย์ในน้ำใช้ดินก่อนที่มีอีเอ็ม และพบว่าคุณภาพน้ำได้รับการปรับปรุงโดยถูกดินแข็งเนื่องจากลดออกซิเจนละลายในน้ำและไนโตรเจนทั้งหมด และส่วนประกอบฟอสฟอรัสรวมอย่างมีนัยสำคัญ ผู้วิจัยจึงสนใจวิธีการบำบัดคุณภาพน้ำโดยจุลินทรีย์อีเอ็ม

การวิจัยในครั้งนี้ได้ศึกษาจุลินทรีย์อีเอ็มที่มีผลต่อการบำบัดน้ำทิ้งจากบ่อเลี้ยงปลาหมอไทยซึ่งเป็นน้ำทิ้งจากบ่อรวมน้ำที่ไม่ผ่านระบบบำบัดประเภทใด ซึ่งเป็นรูปแบบการบำบัดอย่างง่ายในระดับครัวเรือนสามารถนำไปใช้ได้จริง ซึ่งอีเอ็มใช้กันอย่างแพร่หลายในการเพาะปลูกพืชผักและการเลี้ยงสัตว์ทั้งนี้ สามารถใช้เป็นแนวทางในการลดปัญหามลพิษสิ่งแวดล้อมและเป็นการนำของเสียกลับมาใช้ให้เกิดประโยชน์ต่อไป

วิธีดำเนินการวิจัย

1. เก็บตัวอย่างน้ำทิ้งจากฟาร์มเลี้ยงปลาหมอไทยในเขตตำบลแร อำเภอฟังโคน จังหวัดสกลนคร (ภาพที่ 1) มีจำนวน 10 บ่อ ตักขึ้นมาบ่อละจำนวน 100 ลิตร ด้วยวิธีจ้วง (Grab sampling) โดยนำมาผสมรวมกันในถังพลาสติกขนาด 1000 ลิตร หลังจากนั้นนำมาปรับระดับความเข้มข้นของน้ำทิ้งด้วยน้ำบาดาลที่ระดับความเข้มข้นร้อยละ 25 โดยปริมาตร นำตัวอย่างน้ำทิ้งไปวิเคราะห์ค่าดัชนีคุณภาพน้ำทั้ง ทั้งก่อนและหลังการบำบัด ได้แก่ BOD วิเคราะห์ด้วยวิธี 5-Day BOD Test, NH_3 วิเคราะห์ด้วยวิธี Phenate method ปริมาณ TSS วิเคราะห์ด้วยวิธี Glass Fiber Filter Disc และอบให้แห้งที่อุณหภูมิ 103 -105 °C, Total N การวิเคราะห์หาปริมาณไนโตรเจนโดยวิธี เจลดาห์ล (Kjeldahl) และ Total P วิเคราะห์ด้วยวิธี Ascorbic Acid Method วิเคราะห์ค่า pH ด้วย pH meter และปริมาณ DO การวิเคราะห์ด้วย DO Meter โดยใช้วิธีการเก็บรักษาตัวอย่างและวิธีวิเคราะห์ตัวอย่างตามที่กำหนดไว้ใน Standard methods for the examination of water and wastewater [13]



ภาพที่ 1 พื้นที่ศึกษาฟาร์มเลี้ยงปลาหมอไทย

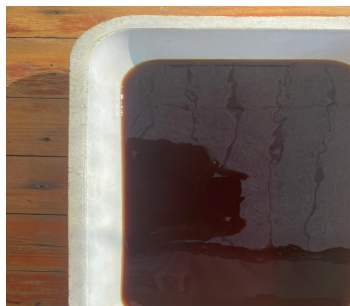
2. การเตรียมจุลินทรีย์อีเอ็ม ใช้เชื้อจุลินทรีย์อีเอ็มซึ่งได้จากศูนย์ฝึกอบรมเผยแพร่เกษตรธรรมชาติ หัวเชื้อ EM ยี่ห้อ Kyusei จาก บริษัท อี เอ็ม คิวเซ จำกัด ขนาด 1 ลิตร (ภาพที่ 2) การขยายทำได้โดยใช้ผสมหัวเชื้ออีเอ็ม : กากน้ำตาล : น้ำสะอาด ในอัตราส่วน 1:1:20 ลิตร ปิดฝาให้สนิทแล้วบ่มไว้ที่อุณหภูมิห้องเป็นเวลา 7 วัน



ภาพที่ 2 หัวเชื้อจุลินทรีย์

3. วางแผนการทดลองแบบแฟคทอเรียล 6×3 Factorial in completely randomized design แบ่งเป็น 18 ชุดการทดลอง ชุดการทดลองละ 3 ซ้ำๆ ระยะเวลาทดลองนาน 30 วัน โดยแบ่งออกเป็น 2 ปัจจัย คือ

ปัจจัยที่ 1 : แบ่งเป็น 6 ระดับ คือ จุลินทรีย์อีเอ็มต่อน้ำทิ้ง คือ ไม่เติมอีเอ็ม:1000, 1:1000, 1:2000, 1:3000, 1:4000 และ 1:5000 (V/V) ตวงจุลินทรีย์อีเอ็มดังภาพที่ 3



ภาพที่ 3 การตวงจุลินทรีย์อีเอ็ม

ปัจจัยที่ 2 : ระยะเวลาในการบำบัดคุณภาพน้ำ แบ่งเป็น 3 ระยะ คือ 10, 20 และ 30 วัน

4. ตวงน้ำทิ้งจากบ่อเลี้ยงปลาหมอไทย ลงในบ่อซีเมนต์ขนาดปริมาตร 150 ลิตร ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 60 เซนติเมตร จนครบหน่วยการทดลองเติมจุลินทรีย์อีเอ็มตามอัตราส่วนปริมาณร้อยละ 25 โดยปริมาตรใช้ในแต่ละหน่วยการทดลองดังภาพที่ 4



ภาพที่ 4 เตรียมบ่อบำบัด

5. โดยจะเริ่มเก็บน้ำเพื่อนำมาวิเคราะห์ต่อคุณภาพน้ำทั้งเวลา 10.00 น. (ดังภาพที่ 5) ในทุกระยะนำน้ำทิ้งมาวิเคราะห์ตามระยะเวลาที่กำหนด โดยวิเคราะห์ ค่าความเป็นกรดเป็นด่าง ปริมาณออกซิเจนที่ละลายในน้ำ ค่าบีโอดี แอมโมเนีย ปริมาณของแข็งแขวนลอยทั้งหมด ฟอสฟอรัสรวม และไนโตรเจนรวม ด้วยวิธี Kjeldahl Method [13]



ภาพที่ 5 บ่อทดลองหลังจากเติมจุลินทรีย์อีเอ็ม

6. การวิเคราะห์ข้อมูล เมื่อสิ้นสุดการทดลองนำข้อมูลที่ได้มาวิเคราะห์ค่าความแปรปรวน ของค่าเฉลี่ย (Analysis of variance) ของค่าคุณภาพน้ำทิ้งจากบ่อเลี้ยงปลาหมอไทยด้วยอัตราของจุลินทรีย์อีเอ็มในระดับต่าง ๆ และระยะเวลาที่ต่างกัน เพื่อเปรียบเทียบความแตกต่างระหว่างหน่วยการทดลองโดยวิธีของ duncan's new multiple range test (DMRT) ที่ระดับนัยสำคัญร้อยละ 95

ผลการวิจัย

1. การใช้จุลินทรีย์อีเอ็มในการบำบัดน้ำทิ้งจากบ่อเลี้ยงปลาหมอไทย นำตัวอย่างน้ำทิ้งจากบ่อเลี้ยงปลาหมอไทยที่พักทิ้งไว้เป็นเวลา 7 วัน แล้วทำการตรวจวัดน้ำทิ้ง ตามพารามิเตอร์ ในตารางที่ 1

ตารางที่ 1 คุณสมบัติของน้ำจากบ่อเลี้ยงปลาหมอไทย

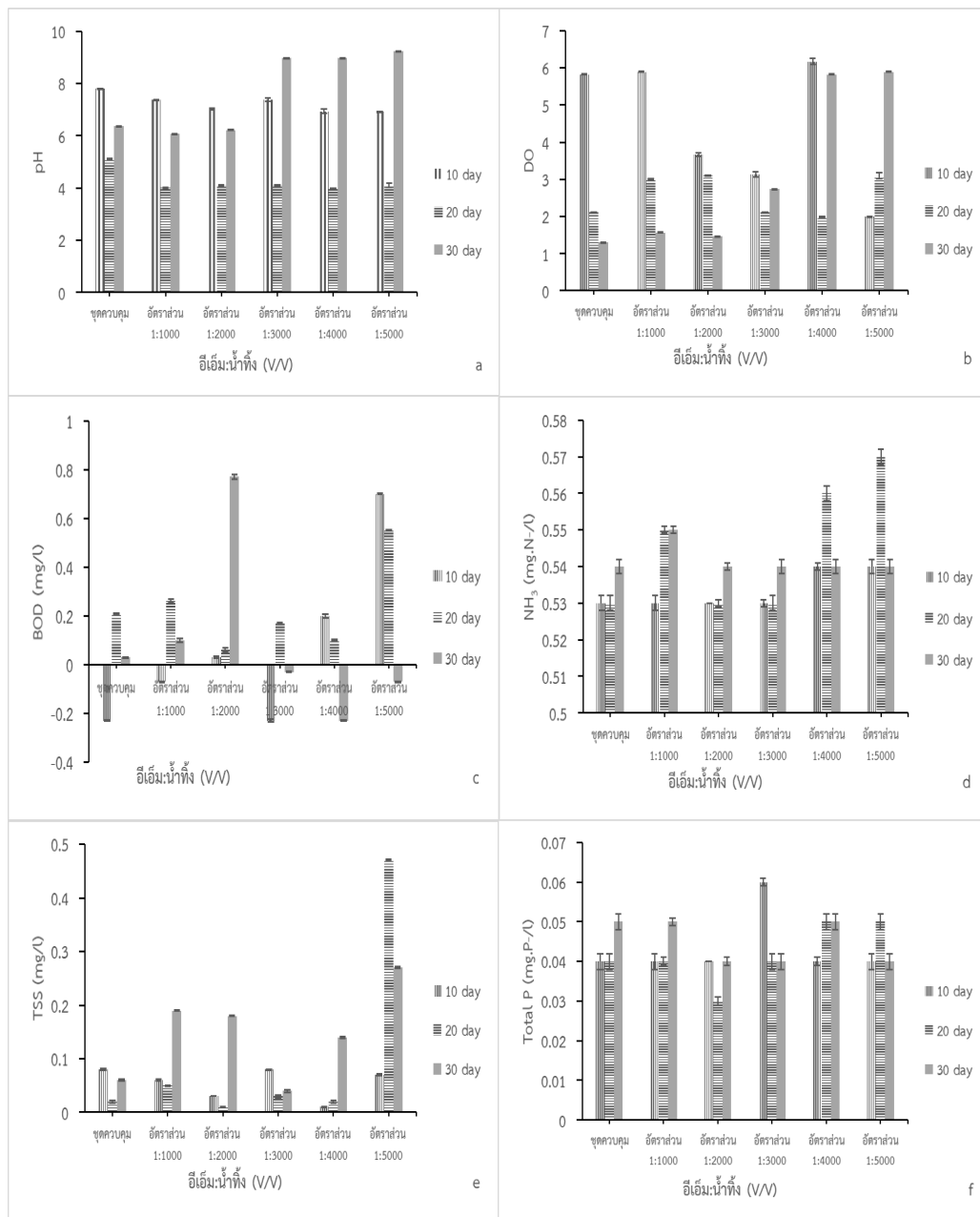
พารามิเตอร์	หน่วย	ค่ามาตรฐาน	ค่าน้ำทิ้งจากบ่อเลี้ยงปลาหมอไทย	น้ำทิ้ง (น้ำทิ้งเจือจางที่ความเข้มข้น 25 เปอร์เซ็นต์ของน้ำทิ้ง)
pH	-	ไม่เกิน 6.5-8.5	8.27-8.50	8.52
DO	mg/L	ไม่ต่ำกว่า 4	7.88-8.86	3
BOD	mg/L	ไม่เกิน 20	19.68-22.88	0.60
NH ₃	mg.N-/L	ไม่เกิน 1.1	1.01-1.89	0.53
TSS	(mg/L)	ไม่เกิน 70	72.44-73.58	1.29
Total P	mg.P/L	ไม่เกิน 0.5	0.74-1.25	0.05
Total N	mg.N-/L	ไม่เกิน 4.0	4.05-4.66	0.78

จากผลการศึกษาพบว่า การบำบัดน้ำทิ้งจากบ่อเลี้ยงปลาหมอไทยโดยใช้จุลินทรีย์อีเอ็มที่ระดับความเข้มข้นน้ำทิ้งร้อยละ 25 มีผลต่อการเปลี่ยนแปลงคุณภาพน้ำทิ้งอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P < 0.05$) ภายหลังการบำบัดด้วยอีเอ็มทุกดัชนีตรวจวัด น้ำทิ้งของระบบบำบัดในแต่ละระยะเวลามีค่า การบำบัดคุณภาพน้ำโดยใช้จุลินทรีย์อีเอ็มในระดับที่แตกต่างกันและระยะเวลาที่เหมาะสมต่อการเปลี่ยนแปลงค่าคุณภาพน้ำต่าง ๆ เมื่อระบบมีระยะเวลาการเก็บเกี่ยวจุลินทรีย์อีเอ็มออกจากกระบอกแตกต่างกัน คือที่ระยะเวลา 10 วัน ผลการศึกษาพบว่าประสิทธิภาพในการบำบัด pH ที่อัตราส่วน 2:1000 มีค่าเท่ากับ 7.03 ± 1.68 ที่ระยะเวลา 20 วัน ของ DO ที่อัตราส่วน 1:2000 มีค่าเท่ากับ 3.11 ± 2.25 และ BOD ที่อัตราส่วน 1:5000 มีค่าเท่ากับ 0.55 ± 0.70 mg/L ระยะเวลา 20 วัน ของ NH₃ ที่อัตราส่วน 1:2000 มีค่าเท่ากับ 0.53 ± 0.01 mg.N-/L, TSS ที่อัตราส่วน 1:5000 มีค่าเท่ากับ 0.27 ± 0.75 mg/L, Total P ที่อัตราส่วน 1:1000 และ 1:4000 มีค่าเท่ากับ 0.05 ± 0.00 mg-p/L, Total N อัตราส่วน 1:1000 มีค่าเท่ากับ 1.72 ± 1.36 mg.N-/L ตามลำดับ แสดงดังภาพที่ 6

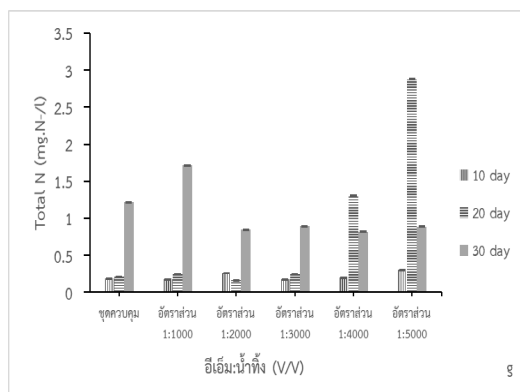
จากภาพที่ 6a พบว่า ค่า pH ผลของการบำบัดคุณภาพน้ำทิ้งจากบ่อเลี้ยงปลาหมอไทยโดยการใช้จุลินทรีย์อีเอ็มในระดับที่แตกต่างกันและระยะเวลาที่เหมาะสมต่อการเปลี่ยนแปลงค่า pH ของน้ำพบว่าที่ระดับจุลินทรีย์อีเอ็มอัตราส่วน 1:1000 มีค่า pH สูงสุดเท่ากับ 7.03 ± 1.68 ($p < 0.05$) ที่ระยะเวลาในการบำบัด 10 วัน

จากภาพที่ 6b พบว่าปริมาณ DO ผลของการบำบัดคุณภาพน้ำทิ้งจากบ่อเลี้ยงปลาหมอไทยโดยการใช้จุลินทรีย์อีเอ็มในระดับที่แตกต่างกันและระยะเวลาที่เหมาะสมต่อการเปลี่ยนแปลงค่า DO พบว่าที่ระดับจุลินทรีย์อีเอ็มอัตราส่วน 1:2000 มีค่า DO สูงสุดเท่ากับ 3.11 ± 2.25 mg/L ($p < 0.05$) ที่ระยะเวลาในการบำบัด 10 วัน เมื่อใช้ระยะเวลาในการบำบัดน้ำเพิ่มมากขึ้นปริมาณ DO ยิ่งลดลงเรื่อย ๆ ทั้งนี้อาจเกิดจากมีปริมาณจุลินทรีย์เพิ่มมากขึ้นจึงมีการใช้ออกซิเจนมากทำให้ DO ลดลง อิทธิพลร่วมระหว่างระดับจุลินทรีย์อีเอ็มและระยะเวลาในการบำบัดมีผลต่อการเปลี่ยนแปลงค่า DO

จากภาพที่ 6c พบว่าค่า BOD ผลของการบำบัดคุณภาพน้ำทิ้งจากบ่อเลี้ยงปลาหมอไทยโดยการใช้จุลินทรีย์อีเอ็มในระดับที่แตกต่างกันและระยะเวลาที่เหมาะสมต่อการเปลี่ยนแปลงค่า BOD พบว่าการใช้ระดับจุลินทรีย์อีเอ็มในการบำบัดน้ำทุกชุดการทดลองมีค่า BOD ไม่แตกต่างกันทางสถิติ ($p > 0.05$) มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 0.21 ± 0.60 0.26 ± 0.71 0.06 ± 0.30 0.17 ± 0.33 0.10 ± 0.47 และ 0.55 ± 0.70 mg/L ตามลำดับ และที่ระยะเวลาในการบำบัด 20 วัน



ภาพที่ 6 ผลกระทบของการเปลี่ยนแปลงคุณภาพน้ำในรูปของ pH (a), DO (b), BOD (c), NH₃ (d), TSS (e) และ TP (f) หลังจากใช้อีเอ็ม



ภาพที่ 6 (ต่อ) ผลกระทบของการเปลี่ยนแปลงคุณภาพน้ำในรูปของ TP (f) หลังจากใช้อีเอ็ม

จากภาพที่ 6d พบว่า NH_3 ผลของการบำบัดคุณภาพน้ำทั้งจากบ่อเลี้ยงปลาหมอไทยโดยการใช้จุลินทรีย์อีเอ็มในระดับที่แตกต่างกันและระยะเวลาที่เหมาะสมต่อการเปลี่ยนแปลงค่า NH_3 ในน้ำพบว่าที่ระดับจุลินทรีย์อีเอ็มอัตราส่วน 1:2000 มีค่า NH_3 ในน้ำสูงสุดเท่ากับ 0.53 ± 0.01 mg.N-/L ($p < 0.05$) และที่ระยะเวลาในการบำบัด 20 วัน

จากภาพที่ 6e พบว่า TSS ผลของการบำบัดคุณภาพน้ำทั้งจากบ่อเลี้ยงปลาหมอไทยโดยการใช้จุลินทรีย์อีเอ็มในระดับที่แตกต่างกัน ระยะเวลาที่เหมาะสมต่อการเปลี่ยนแปลงค่า TSS พบว่าการใช้จุลินทรีย์อีเอ็มในการบำบัดน้ำทุกชุดการทดลองมี TSS ไม่แตกต่างกันทางสถิติ ($p > 0.05$) มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 0.06 ± 0.04 0.19 ± 0.29 0.18 ± 0.29 0.04 ± 0.03 0.14 ± 0.31 และ 0.27 ± 0.75 mg/L ตามลำดับ และที่ระยะเวลาในการบำบัด 30 วัน

จากภาพที่ 6f พบว่า Total P ผลของการบำบัดคุณภาพน้ำทั้งจากบ่อเลี้ยงปลาหมอไทยโดยการใช้จุลินทรีย์อีเอ็มในระดับที่แตกต่างกันและระยะเวลาที่เหมาะสมต่อการเปลี่ยนแปลงค่า Total P ในน้ำพบว่าที่ระดับจุลินทรีย์อีเอ็มอัตราส่วน 1:2000 มีค่าฟอสฟอรัสรวมในน้ำสูงสุดเท่ากับ 0.03 ± 0.00 mg.P-/L ($p < 0.05$) และที่ระยะเวลาในการบำบัด 20 วัน

จากภาพที่ 6g พบว่า Total N ผลของการบำบัดคุณภาพน้ำทั้งจากบ่อเลี้ยงปลาหมอไทยโดยการใช้จุลินทรีย์อีเอ็มในระดับที่แตกต่างกันและระยะเวลาที่เหมาะสมต่อการเปลี่ยนแปลงค่า Total N ในน้ำ พบว่าที่ระดับจุลินทรีย์อีเอ็มอัตราส่วน 1:1000 มีค่าไนโตรเจนรวม สูงสุดเท่ากับ 1.72 ± 1.36 mg/L ($p < 0.05$) และที่ระยะเวลาในการบำบัด 30 วัน

อภิปรายและสรุปผลการวิจัย

การบำบัดคุณภาพน้ำโดยการใช้จุลินทรีย์อีเอ็มในระดับที่แตกต่างกันและระยะเวลาที่เหมาะสมต่อการเปลี่ยนแปลงค่าคุณภาพน้ำต่างๆ ความเป็นค่า pH และ DO มีบทบาทสำคัญในการบำบัดทางชีวภาพของน้ำ ทั้งจากการเพาะเลี้ยงปลาหมอไทยในสภาวะแอโรบิก การดูดซึมและการเปลี่ยนแปลงของสารอาหารเพื่อสร้างชีวมวลคือชัดเจนกว่าเมื่อเปรียบเทียบกับสภาวะไร้อากาศ [14] จุลินทรีย์อีเอ็มสามารถเพิ่มออกซิเจนละลายน้ำ ทำให้ค่า pH ในน้ำคงที่ ลดกลิ่น ลดสารอาหารในบ่อ ลดตะกอนหรือกากตะกอนในบ่อ [15] ดังนั้นที่สอดคล้องกันมากขึ้นสามารถสังเกตได้ในการบำบัดทางชีวภาพ อีเอ็มทางชีวภาพที่การผลิต O_2 อย่างต่อเนื่อง

คือ การใช้ประโยชน์อย่างต่อเนื่องโดยประชากรของอีเอ็ม สำหรับการเผาผลาญของเซลล์โดยทั่วไป กระบวนการในการบำบัดทางชีวภาพสามารถควบคุมความเป็นกรดของการเพาะเลี้ยงปลาหมอไทยได้ควบคุมค่า pH มีความสำคัญเนื่องจากส่งผลต่อสมดุลระหว่างความเข้มข้นของ NH_3 ในน้ำทิ้ง [16] น้ำทิ้งที่เป็นกรดมากขึ้นจะเปลี่ยนสมดุลต่อ NH_3 ที่เป็นพิษในขณะที่ค่า pH สูงขึ้นในทางกลับกัน ดังนั้นการควบคุมค่า pH มีส่วนทำให้การปรับสภาพน้ำทิ้งจากการเพาะเลี้ยงปลาหมอไทยเพื่อรักษาการเพาะเลี้ยงปลาหมอไทยได้

การบำบัด BOD เพิ่มสูงขึ้นเมื่อความเข้มข้นของอีเอ็มสูงขึ้นเนื่องจากมีประชากรจุลินทรีย์สูง ดังนั้นประสิทธิภาพความเข้มข้นของอีเอ็มมีผลต่อการบำบัดน้ำทิ้งอย่างมีประสิทธิภาพหลังจาก 10 วัน จุลินทรีย์อีเอ็มอาจย่อยสลายอินทรีย์วัตถุโดยเปลี่ยนให้เป็นคาร์บอนไดออกไซด์และมีเทนหรือใช้เพื่อการเจริญเติบโตและการสืบพันธุ์ การนำอีเอ็มเข้ามาช่วยบำบัดน้ำทิ้งและช่วยปรับปรุงคุณภาพน้ำของน้ำทิ้งที่ปล่อยออกมาให้เป็นไปตามเกณฑ์มาตรฐาน [17] จุลินทรีย์แสดงการบำบัดที่มีประสิทธิภาพของ BOD และ TSS ของน้ำทิ้งจากบ่อเลี้ยงปลาหมอไทยสอดคล้องกับ [18] ที่ได้นำจุลินทรีย์อีเอ็มมาบำบัดน้ำทิ้งจากครัวเรือนพบว่าระดับ BOD ลดลงมากกว่า 40% เนื่องจากอีเอ็มสามารถออกซิไดส์สารอินทรีย์ทำให้มีประสิทธิภาพในการบำบัดเพิ่มสูงขึ้น

การบำบัด TSS ของจุลินทรีย์อีเอ็มในระบบส่งผลให้การลดลงอย่างมีนัยสำคัญในความเข้มข้นของ TSS ในน้ำทิ้งจากบ่อปลาหมอไทย อัตราส่วนของอีเอ็ม/ปริมาตรน้ำทิ้งที่ให้การกำจัดสูงสุดคือ 1:5000 สามารถจัดความเข้มข้น TSS เริ่มต้นได้เกือบ 98% การสร้างสภาพแวดล้อมด้านอนุโมลิอิสระโดยอีเอ็มช่วยในการเพิ่มประสิทธิภาพการแยกของแข็ง-ของเหลวซึ่งก็คือรากฐานสำหรับทำความสะอาดน้ำ [19]

การบำบัด NH_3 และ Total P ออกจากบ่อน้ำทิ้งปลาหมอไทยอย่างสมบูรณ์มีความสำคัญเนื่องจากส่วนใหญ่เกี่ยวข้องกับยูโทรฟิเคชันของแหล่งน้ำ [20, 21] ซึ่ง NH_3 และ P ดูดซึมถูกหลอมรวมในชีวมวลของเซลล์ในรูปของโปรตีนและโพลีฟอสเฟต [22, 23] ฟอสฟอรัสจากน้ำทิ้งถูกออกซิไดซ์เพื่อผลิตพลังงานในสภาวะแอโรบิก พลังงานที่เกิดจากกระบวนการแปลงนี้ถูกใช้โดยอีเอ็ม สำหรับการเจริญเติบโตและการเผาผลาญของเซลล์ ฟอสฟอรัสที่มีความเข้มข้นมากกว่า 6 mg/L อาจทำให้น้ำไปสู่การเติบโตอย่างรวดเร็วของอีเอ็ม [22] ในที่ที่มีออกซิเจน แอมโมเนียที่มีอยู่ในน้ำทิ้งจะเกิดได้เองออกซิเดชันของแบคทีเรียแปลงเป็นไนโตรตและไนเตรตในภายหลัง แอมโมเนียและฟอสฟอรัสมีความสำคัญต่อระบบนิเวศการบำบัดที่เหมาะสมจากการปล่อยสู่น้ำในน้ำ

การบำบัดไนโตรเจนรวม (Total N) อีเอ็ม ช่วยเพิ่มการเพิ่มขึ้นของ Total N ในขณะที่อุณหภูมิมีความสำคัญมากขึ้นเมื่อเพิ่ม Total P ปฏิสัมพันธ์ระหว่างอีเอ็ม และอุณหภูมิช่วยปรับปรุงกระบวนการย่อยสลายการเพิ่มสูงสุดของ Total N

การศึกษาการบำบัดน้ำทิ้งบ่อปลาหมอไทยโดยใช้จุลินทรีย์อีเอ็มซึ่งพบว่า ผลการศึกษาพบว่าประสิทธิภาพในการบำบัดลดลงที่ระยะเวลา 10 วัน ในการบำบัด pH ที่อัตราส่วน 1:1000 มีค่าเท่ากับ 7.03 ± 1.68 ที่ระยะเวลา 20 วัน ของ DO ที่อัตราส่วน 1:2000 มีค่าเท่ากับ 3.11 ± 2.25 BOD ที่อัตราส่วน 1:5000 มีค่าเท่ากับ 0.55 ± 0.70 mg/L และ NH_3 ที่อัตราส่วน 1:2000 มีค่าเท่ากับ 0.53 ± 0.01 mg.N-/L, ระยะเวลา 30 วัน ของ TSS ที่อัตราส่วน 1:5000 มีค่าเท่ากับ 0.27 ± 0.75 mg/L, Total P ที่อัตราส่วน 1:2000 มีค่าเท่ากับ 0.03 ± 0.00 mg-p/L, Total N อัตราส่วน 1:1000 มีค่าเท่ากับ 1.72 ± 1.36 mg.N-/L ตามลำดับ เมื่อเปรียบเทียบกับน้ำทิ้งก่อนการทดลองพบว่าผ่านเกณฑ์มาตรฐานน้ำทิ้งจากบ่อเพาะเลี้ยงปลาหมอ

References

- [1] Arora, N. (2018). Environmental Sustainability-Necessary for Survival. *Environmental Sustainability*, 1, 1-2.
- [2] Sood, A., et al. (2011). Phytoremediation Potential of Aquatic Macrophyte, *Azolla*. *Ambio*, 41, 122–137.
- [3] Sachdeva, S. & Sharma, A. (2012). *Azolla*: Role in Phytoremediation of Heavy Metals. In *The National Conference Science in Media 2012*. 3-4 December, 2012, Haryana, India.
- [4] Higa, T. & Parr, J. F. (1994). *Beneficial and Effective Microorganisms for a Sustainable Agriculture and Environment*. Atami: International Nature Farming Research Center.
- [5] Szymanski, N. & Patterson, R. A. (2003). Effective Microorganisms (EM) and Wastewater Systems. In *Future Directions for On-site Systems: Best Management Practice* (p. 347-354). 30 September – 2 October, 2003, Armidale NSW, Australia.
- [6] Diver, S. (2001). *Nature Farming and Effective Microorganisms*. Available from <http://ncatark.uark.edu/~steved/Nature-Farm-EM.html>. Accessed date: 23 September 2019.
- [7] Coelho, L., et al. (2015). Bioremediation of Polluted Waters Using Microorganisms. In Shiomi, N. (Ed.). *Advances in Bioremediation of Wastewater and Polluted Soil* (p. 1-22). InTechOpen. doi: 10.5772/59328.
- [8] Cheng, J. (2014). Bioremediation of Contaminated Water-Based on Various Technologies. *Open Access Library Journal*, 3(2014), 1-13.
- [9] National Research Council. (1993). *In situ Bioremediation: When does it work?*. Washington, D.C.: National Academy Press.
- [10] Deiana, M., et al. (2002). Novel Approach to Study Oxidative Stability of Extra Virgin Olive Oils: Importance of Alpha-Tocopherol Concentration. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 50(15). 4342-4346.
- [11] Zhao, W. Y., et al. Study on Integrated Restoration Technique for Eutrophic Artificial Lakes. *Advanced Materials Research*, 807(809). 1304–1310.
- [12] Park, G. S., et al. (2016). An improved effective microorganism (EM) soil ball-making method for water quality restoration. *Environmental Science and Pollution Research*. 23(2). 1100–1107.
- [13] Rice, E. W., et al. (2017). *Standard Method for the Examination for Water and Wastewater*. 23rd ed. Washington, D.C.: American Public Health Association.
- [14] Prathima Devi, M., et al. (2012). Heterotrophic cultivation of mixed microalgae for lipid accumulation and wastewater treatment during sequential growth and starvation phases: effect of nutrient supplementation. *Renewable Energy*, 43, 276-283.
- [15] Besar, N. A. A. (2009). *Keberkesanan Penggunaan Microorganisma Efektif (Effective Microorganism-E.M) Dalam Pemuliharaan Sungai Sebulung*, (Project Paper, Universiti Teknologi Malaysia).

- [16] Jobling, M. (2008). Review of the book *Aquaculture Engineering*, by Lekang, O.-I. *Aquaculture International*, 15, 503-504.
- [17] El Shafei, M. M. & Abd Elmoteleb, E. M. (2018). Investigate the Effect of Effective Microorganism (EM) on Improving the Quality of Sewage Water from Al-Gabal Al-Asfar Area in Egypt. In *The 1st International Conference on Towards a Better Quality of Life* (p. 1-9). 24 - 26 Novemeber, 2017, El Gouna, Egypt.
- [18] Kannan, D. & Kumar, S. V. (2012). Effective Microorganisms used in Domestic Effluent Treatment System. In *BALWOIS 2012, 5th Conference on Water Observation and information System for Decision Support* (p. 1-9). 27 May – 2 June, 2012, Ohrid, Republic of Macedonia.
- [19] Higa, T. & Chinen, N. (1998). *EM Treatments of Odor, Waste Water and Environmental Problems*. Okinawa: College of Agriculture, University of Ryukyus.
- [20] Gregory, S. P., et al. (2012). Nitrogen Removal and Changes to Microbial Communities in Model Flood/Drain and Submerged Biofilters Treating Aquaculture Wastewater. *Aquacultural Engineering*, 50(1), 37-45.
- [21] Mook, W. T., et al. (2012). Removal of Total Ammonia Nitrogen (TAN), Nitrate and Total Organic Carbon (TOC) from Aquaculture Wastewater using Electrochemical Technology: A Review. *Desalination*, 285, 1-13.
- [22] Ahmad, J., et al. (2013). Batch Phytoremediation of Aquaculture Wastewater of Silver Barramundi (*Lates calcarifer*) Utilizing Green Microalgae; *Chlorella* sp. *Journal of Fisheries and Aquatic Science*, 8(4), 516-525.
- [23] Rawat, I., et al. (2011). Dual Role of Microalgae: Phycoremediation of Domestic Wastewater and Biomass Production for Sustainable Biofuels Production. *Applied Energy*, 88(10), 3411-3424.