

การเปรียบเทียบประสิทธิภาพ และระยะเวลาการแช่ตัวกรองชีวภาพ เพื่อปรับปรุงคุณภาพน้ำในการเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำ

Comparison of Biofilter Efficiency and Biofilter Submerging Time for Improve Water Quality in Aquaculture

เบญจมาศ ไพบูลย์กิจกุล^{1*} สุพรรณิการ์ สมใจเพ็ง² และ ชลธิ์ ไพบูลย์กิจกุล¹

Benjamas Paibulkichakul¹, Supunnika Somjaipeng² and Chalee Paibulkichakul¹

Abstract

The objectives of this research were to evaluate type of media on surface bacterial attachment and inorganic nitrogen compound removal and to evaluate optimal time of biofilter submerge in water for high efficiency water treatment. Completely randomized designs were used in trials with 3 replicates. The attention factor was biofilter type including bioball, roll net and fibrous rope. Zero point one square meter of each biofilter was submerged in one liter of aquacultural water in plastic tank. Total marine bacteria, nitrifying bacteria and water quality parameters as total ammonia, nitrite and nitrate were collected every 5 days. The experimental period was 20 days. Results illustrated that bioball could improve water quality and had significantly ($P < 0.05$) higher number of total marine and nitrifying bacteria than the others. Number of total marine bacteria and nitrifying bacteria at 15 and 20 days had significantly ($P < 0.05$) higher number than the day before. Ranges of total ammonia, nitrite and nitrate concentration in this research were 0.06 - 0.64, 0.01 - 0.43 and 0.02 - 0.13 mg-N/L, respectively. All results of this study revealed that optimal time of biofilter submersion in water was 15 day bioball could improve water quality for aquacultural closed recirculating water system.

Keywords : Aquaculture, bacteria, bioball, biofilter, nutrient, water quality improvement

¹คณะเทคโนโลยีทางทะเล, ²คณะวิทยาศาสตร์ และศิลปศาสตร์ มหาวิทยาลัยบูรพา วิทยาเขตสารสนเทศ จันทบุรี
อ. ท่าใหม่ จ. จันทบุรี 22170

*ผู้เขียนสำหรับติดต่อ e-mail: ccbenjamas@yahoo.com, pkbenjamas@gmail.com

¹Faculty of Marine Technology, ²Faculty of Science and Art, Burapha University, Chanthaburi Campus, Thamai District,
Chanthaburi Province Thailand 22170

*Corresponding e-mail: ccbenjamas@yahoo.com, pkbenjamas@gmail.com

บทคัดย่อ

วัตถุประสงค์ของการทดลองครั้งนี้คือศึกษารูปแบบของตัวกรองชีวภาพที่มีผลต่อจำนวนแบคทีเรียที่อยู่ในพื้นผิวของตัวกรองชีวภาพและการลดสารประกอบอินทรีย์ไนโตรเจน รวมถึงระยะเวลาที่เหมาะสมสำหรับการแช่ตัวกรองชีวภาพเพื่อให้แบคทีเรียมาเกาะบนผิวตัวกรองชีวภาพ ออกแบบการทดลองแบบสุ่มตลอด (completely randomized design) ทำ 3 ซ้ำ ซึ่งตัวแปรในการทดสอบคือ รูปแบบของตัวกรองชีวภาพ (ตัวกรองชีวภาพทรงกลม แบบตาข่ายม้วนเป็นวงกลม และแบบเส้นใย) ใส่ตัวกรองชีวภาพในแต่ละรูปแบบคิดเป็นพื้นที่ผิวเท่ากับ 0.1 ตารางเมตร ลงในน้ำที่ผ่านการเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำแล้ว ปริมาตร 1 ลิตร ในถังพลาสติก ตรวจนับจำนวนแบคทีเรียทั้ง 2 กลุ่ม (total marine bacteria และ nitrifying bacteria) และวิเคราะห์คุณภาพน้ำ (แอมโมเนียรวม ไนไตรต์ และไนเตรต) ในทุก ๆ 5 วัน ระยะเวลาในการทดลอง 20 วัน จากผลการทดลองสรุปได้ว่าตัวกรองชีวภาพแบบทรงกลมสามารถปรับปรุงคุณภาพน้ำได้ และเพิ่มจำนวนแบคทีเรียทั้ง 2 กลุ่มได้แตกต่างกันทางสถิติ ($P < 0.05$) กับตัวกรองชีวภาพอีก 2 รูปแบบ และยังพบว่าระยะเวลาการแช่ตัวกรองชีวภาพประมาณ 15 และ 20 วัน จะทำให้จำนวนแบคทีเรียเพิ่มจำนวนมากกว่าการแช่ที่ใช้เวลาน้อยกว่าอย่างมีนัยสำคัญ ($P < 0.05$) ความเข้มข้นของแอมโมเนียรวม ไนไตรต์ และไนเตรตมีค่าอยู่ในช่วง 0.06 - 0.64, 0.01 - 0.43 และ 0.02 - 0.13 มิลลิกรัม - ไนโตรเจน/ลิตร ตามลำดับ จากผลการศึกษานี้สรุปได้ว่าระยะเวลาที่เหมาะสมการแช่ตัวกรองชีวภาพประมาณ 15 วัน และตัวกรองชีวภาพทรงกลมสามารถปรับปรุงคุณภาพน้ำในการหมุนเวียนน้ำระบบปิดเพื่อการเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำ

คำสำคัญ : การปรับปรุงคุณภาพน้ำ การเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำ ธาตุอาหาร แบคทีเรีย ไบโอบอลตัวกรองชีวภาพ

บทนำ

น้ำจัดว่าเป็นทรัพยากรที่สำคัญมากในการเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำชนิดต่างๆซึ่งในปัจจุบันมีแนวโน้มว่าทรัพยากรน้ำเริ่มขาดแคลน และเสื่อมโทรมเพิ่มมากขึ้นเรื่อย ๆ เพราะฉะนั้นการเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำในปัจจุบันต่อเนื่องไปจนถึงในอนาคตน่าจะมีแนวโน้มด้วยระบบหมุนเวียนน้ำแบบปิด (closed recirculating water system) เพิ่มมากขึ้น ซึ่งตัวกรองชีวภาพ (biofilter) เป็นอีกทางเลือกหนึ่งในการช่วยบำบัดน้ำโดยเฉพาะการบำบัดสารประกอบไนโตรเจน (nitrogen compounds) ที่เกิดจากการเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำ โดยอาศัยการทำงานของแบคทีเรียในตัวกรองชีวภาพทำให้เกิดปฏิกิริยาไนตริฟิเคชัน (nitrification) และปฏิกิริยาดีไนตริฟิเคชัน (denitrification) ซึ่งหลักการของระบบกรองทางชีวภาพต้องมีวัสดุที่เรียกว่าตัวกรองชีวภาพ ซึ่งก็คือวัสดุที่มีแบคทีเรียยึดเกาะอยู่ได้ แบคทีเรียที่ยึดเกาะเช่น ไนตริฟายอิง

แบคทีเรีย (nitrifying bacteria) จากนั้นจะสร้าง lipopolysaccharide ออกมาเป็นเมือกจับกับพื้นผิวของตัวกรอง (Hagopian and Riley, 1998) การยึดเกาะดังกล่าวอาจเรียกว่าการตรึง (immobilization) เกิดเป็นชั้นเรียกว่าฟิล์มชีวภาพ (biofilm) ที่สามารถนำมาใช้บำบัดน้ำเสียที่ไหลผ่านตัวกรองชีวภาพได้ แบคทีเรียในระบบบำบัดส่วนใหญ่จะเติบโตเพิ่มจำนวนบนตัวกรองชีวภาพ (Leonard et al., 2000) โดยเฉพาะไนตริฟายอิงแบคทีเรียซึ่งมีอัตราการเจริญช้า จึงต้องใช้การตรึงเซลล์แบคทีเรียกับวัสดุเพื่อนำมาใช้เป็นตัวกรองชีวภาพ (Seo et al., 2001) การเกาะของแบคทีเรียบนผิวตัวกรองจะกลายเป็นชั้นหนาขึ้นเรื่อย ๆ โดยในระยะเริ่มแรกจะเป็นชั้นเซลล์บางที่อยู่ใกล้กับผิวที่ใช้ออกซิเจนได้ (aerobic layer) แต่เมื่อเซลล์เพิ่มจำนวนเป็นชั้นหนาขึ้นจะเกิดสภาพไร้ออกซิเจนขึ้นภายใน (anaerobic layer) ส่วนผิวด้านนอกยังคงมีสภาวะใช้ออกซิเจนอยู่ โดยทั่วไปจุลินทรีย์ในชั้นฟิล์มสภาพใช้ออกซิเจนจะเป็นตัวที่บำบัด

น้ำเสียโดยสารอินทรีย์จะละลายในน้ำเสียหรือ สารอินทรีย์แขวนลอยจะถูกไฮโดรไลซ์จนได้โมเลกุลเล็ก ๆ บริเวณผิวฟิล์มจุลินทรีย์จากนั้นน้ำเสียจะไหลผ่านชั้นฟิล์มจุลินทรีย์ด้วยวิธี molecular diffusion แล้วถูกจุลินทรีย์เปลี่ยนรูปหรือย่อยสลายต่อไป (เกรียงศักดิ์, 2543)

อย่างไรก็ตามหากจะพัฒนาระบบบำบัดน้ำเพื่อการเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำแบบชีวภาพให้มีประสิทธิภาพสูงขึ้นนั้นจำเป็นอย่างยิ่งที่ต้องทราบถึงการเปลี่ยนแปลงจำนวนประชากรของจุลินทรีย์ในการบำบัดน้ำเหล่านั้น รวมถึงการเปลี่ยนแปลงของคุณภาพน้ำที่เกิดขึ้นซึ่งเป็นผลมาจากการบำบัดด้วยตัวกรองชีวภาพรูปแบบต่าง ๆ ซึ่งในปัจจุบันยังขาดแคลนข้อมูลและการวิจัยในลักษณะดังกล่าวนี้ เพราะฉะนั้นในการวิจัยครั้งนี้จึงมีจุดประสงค์เพื่อศึกษารูปแบบของตัวกรองชีวภาพที่มีผลต่อจำนวนแบคทีเรียที่อยู่บนพื้นผิวของตัวกรองชีวภาพและการลดสารประกอบอินทรีย์ในโตรเจน และระยะเวลาที่เหมาะสมสำหรับ

การแช่ตัวกรองชีวภาพเพื่อให้แบคทีเรียมาเกาะบนผิวตัวกรองชีวภาพ ซึ่งข้อมูลจากการวิจัยครั้งนี้สามารถนำมาใช้ในการพัฒนาระบบบำบัดสารประกอบไนโตรเจนสำหรับการเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำเพื่อให้มีการใช้ทรัพยากรน้ำอย่างยั่งยืน และเป็นมิตรกับสิ่งแวดล้อมต่อไป

วิธีการศึกษา

1. การวางแผนการทดลอง

ออกแบบการทดลองแบบ CRD (completely randomized design) ทำการทดลอง 3 ซ้ำ จัดชุดทดลองและซ้ำโดยการสุ่ม ตัวแปรในการทดสอบคือ รูปแบบของตัวกรองชีวภาพ 3 รูปแบบ ได้แก่ ตัวกรองชีวภาพแบบทรงกลม แบบตาข่ายม้วนเป็นวงกลม และแบบเส้นใย ดัง Fig. 1

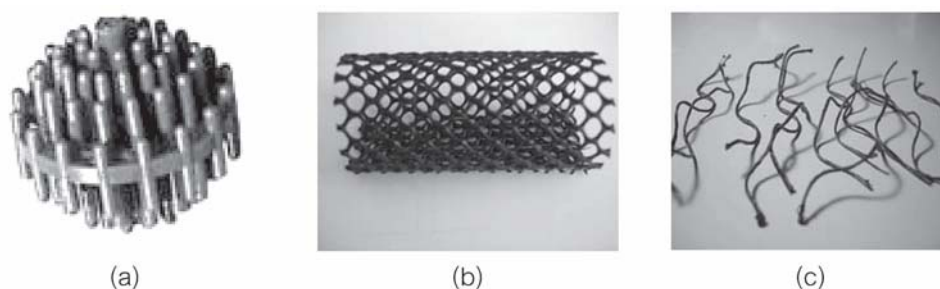


Fig. 1 Type of the biofilters used in the experiment. (a) bioball (b) rolled net and (c) fibrous rope

2. การทดลอง และการเก็บข้อมูล

2.1 ขั้นตอนการเตรียมน้ำเพื่อนำมาทดลอง:

นำน้ำมาจากบ่อที่ผ่านการเลี้ยงกุ้งในบ่อดินความเค็ม 30 psu ซึ่งนำมาจากศูนย์วิจัยเทคโนโลยีทางทะเล คณะเทคโนโลยีทางทะเล มหาวิทยาลัยบูรพา นำมาปริมาตร 100 ลิตร ทำการตรวจวิเคราะห์คุณภาพน้ำก่อนเริ่มการทดลอง ได้แก่ แอมโมเนีย ไนไตรต์ ไนเตรต ความเป็นกรด-ด่าง อุณหภูมิ น้ำ แบคทีเรียรวมในน้ำทะเล (total marine bacteria; TMB) และไนตริฟายอิงแบคทีเรีย (nitrifying bacteria; NB) ปรับความเข้ม

ชั้นของอินทรีย์ไนโตรเจนรวมที่ละลายน้ำให้เท่ากับ 1 mg-N/L ด้วย NH_4Cl

2.2 ขั้นตอนการนำตัวกรองชีวภาพแต่ละรูปแบบมาทดลอง

นำตัวกรองชีวภาพแต่ละรูปแบบ ได้แก่ ตัวกรองชีวภาพแบบทรงกลม แบบตาข่ายม้วนเป็นวงกลม และแบบเส้นใย ที่มีพื้นที่แต่ละรูปแบบเท่ากับ 0.1 m^2 มาแช่ทดลองในน้ำที่เตรียมไว้แล้วในถังพลาสติกปริมาตร 1000 ml โดยทำการทดลองทริทเมนต์ละ 3 ซ้ำ ซึ่งในแต่ละซ้ำคิดเป็นพื้นที่ $0.1 \text{ m}^2/\text{L}$ ให้อากาศตลอดเวลา

ด้วยหัวทรายขนาดเล็ก 1 อัน ทำการเก็บข้อมูลคุณภาพน้ำ และแบคทีเรียทุก 5 วัน ซึ่งมีวิธีการเก็บตัวอย่างดังอธิบายในหัวข้อที่ 2.3) ทำการทดลอง 20 วัน เมื่อครบกำหนดทุกๆ 5 วัน หลังจากทำการเก็บแบคทีเรียที่เกาะบนตัวกรองชีวภาพแล้วจะทำการเปลี่ยนถ่ายน้ำและภาชนะใหม่

2.3 ขั้นตอนการเก็บแบคทีเรียจากตัวกรองชีวภาพ และเก็บตัวอย่างน้ำเพื่อการวิเคราะห์:

สำหรับวิธีการเก็บตัวอย่างแบคทีเรีย และตัวอย่างน้ำเพื่อนำไปวิเคราะห์จำนวนแบคทีเรียและคุณภาพน้ำมีวิธีการดังนี้ คือ

2.3.1) การแยกแบคทีเรียจากตัวกรองชีวภาพทำได้โดยใช้ forceps คีบตัวกรองชีวภาพแต่ละรูปแบบมาโดยให้ได้พื้นที่ผิวอย่างละ 0.01 ตารางเมตร ใส่ลงในขวดปริมาตร 300 ml ตวงน้ำจากถังพลาสติกที่ทำการแช่ตัวกรองชีวภาพในวันที่ เริ่มต้นการทดลอง, 5, 15 และ 20 ของการทดลอง เทลงไปในขวดดังกล่าว ปริมาตร 50 ml แล้วปิดฝาให้สนิท นำตัวกรองชีวภาพในแต่ละรูปแบบมาตัดแยกแบคทีเรียชนิดละ 3 ชิ้น จากนั้นเขย่าด้วยแรงสม่ำเสมอด้วยเครื่องเขย่าอัตโนมัติ (New Brunswick Scientific รุ่น Classic C1, USA) ติดต่อกันนาน 3 นาที จากนั้นเปิดน้ำตัวอย่าง 1 ml นำไปทำการเจือจางตามวิธีมาตรฐานทั่วไปสำหรับตรวจสอบปริมาณแบคทีเรียต่อไป วิธีการเพาะเลี้ยงและตรวจนับจำนวนแบคทีเรียที่ยึดเกาะกับพื้นที่ผิวของตัวกรองชีวภาพ ทำโดยการเพาะเลี้ยง TMB และ NB ในอาหารเลี้ยงเชื้อชนิด nutrient agar และ ammonia oxidizing bacteria agar ที่เตรียมไว้ ตามลำดับ (Skinner and Walker, 1968) จากนั้นทำการนับจำนวนโคโลนีของแบคทีเรียที่เติบโตขึ้นบนอาหารเลี้ยงเชื้อจำเพาะทั้ง 2 ชนิด

2.3.2) การวิเคราะห์คุณภาพน้ำ: นำน้ำที่เหลือจากการคัดแยกแบคทีเรียออกจากตัวกรองชีวภาพมาทำการวิเคราะห์ค่าแอมโมเนียรวม ไนไตรต์ และไนเตรต วิเคราะห์โดย Parsons et al. (1984) ความ

เป็นกรด-ด่าง วัดโดย pH meter (HANNA รุ่น HI 8418, USA) ความเค็มวัดโดย Hand refractometer (รุ่น MNL 1280 S, Japan) และอุณหภูมิน้ำวัดโดย Thermometer

3. การวิเคราะห์ข้อมูล

วิเคราะห์ผลของรูปแบบตัวกรองชีวภาพต่อจำนวนแบคทีเรียบนพื้นที่ผิวของตัวกรองชีวภาพ และประสิทธิภาพของตัวกรองชีวภาพในการบำบัดสารประกอบอินทรีย์ไนโตรเจนที่ละลายน้ำ รวมถึงระยะเวลาที่เหมาะสมในการแช่ตัวกรองชีวภาพสำหรับการบำบัดสารประกอบอินทรีย์ไนโตรเจนละลายน้ำ ด้วยวิธีวิเคราะห์ความแปรปรวน (Analysis of variance) และเปรียบเทียบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยระหว่างชุดทดลอง โดยวิธี Duncan's multiple range test ที่ระดับความเชื่อมั่น 95% โดยใช้โปรแกรม Statistic Analysis System (SAS, 1985)

ผลการศึกษาและวิจารณ์

จำนวนแบคทีเรียรวมในน้ำทะเลที่เกาะบนพื้นผิวดัวกรองชีวภาพ

ตลอดระยะเวลาการศึกษาจำนวนของ TMB ที่เกาะบนผิวดัวกรองชีวภาพทั้ง 3 รูปแบบ คือ แบบทรงกลม, ดาข่ายม้วนเป็นวงกลม และเส้นใย พบว่าจำนวนของ TMB ไม่มีความแตกต่างทางสถิติ ($P > 0.05$) โดยตัวกรองชีวภาพแบบทรงกลมมีจำนวน TMB มากที่สุด และน้อยที่สุดบนตัวกรองชีวภาพแบบเส้นใยมีค่าเท่ากับ $7.09 \pm 6.64 \times 10^6$ และ $4.74 \pm 4.42 \times 10^6$ CFU/ml ตามลำดับ ดัง Fig. 2 ซึ่งจำนวนของ TMB ที่พบในการศึกษารั้งนี้มีความใกล้เคียงกับงานวิจัยของกุลวรา (2534) พบว่าปริมาณแบคทีเรียทั้งหมดที่พบในบ่อเลี้ยงกุ้งมีประมาณ $3.33 - 3.19 \times 10^6$ CFU/ml ซึ่งมีปริมาณมากกว่าที่พบตามธรรมชาติ เนื่องจากในบ่อเลี้ยงกุ้งมีปริมาณสารประกอบคาร์บอนและไนโตรเจนมากกว่า

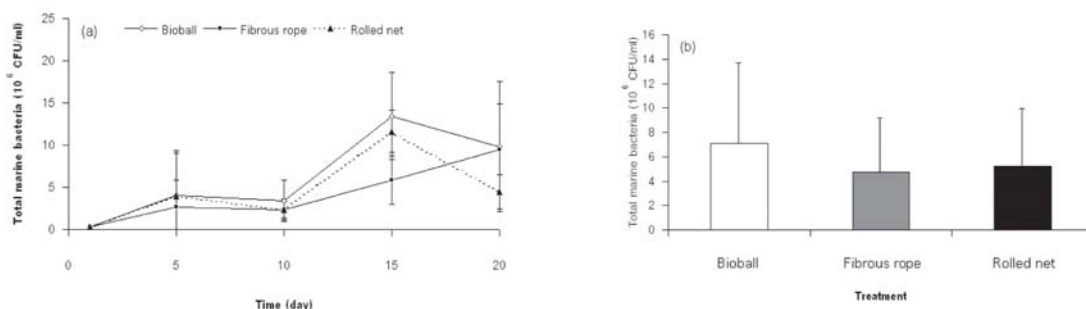


Fig. 2 a) Amount of total marine bacteria (CFU/ml) as affected by type of biofilter and submerging time during experiment. b) Average number of total marine bacteria as affected by type of biofilter

จำนวนไนโตรฟายอิงแบคทีเรียที่เกาะบนผิวตัวกรองชีวภาพ ตลอดระยะเวลาการศึกษาจำนวนของ NB ที่มา เกาะบนผิวตัวกรองชีวภาพทั้ง 3 รูปแบบ พบว่าจำนวน ของแบคทีเรียที่มาเกาะบนตัวกรองชีวภาพรูปแบบเส้นใย และแบบตาข่ายม้วนเป็นวงกลมไม่มีความแตกต่างกัน ทางสถิติ ($P > 0.05$) แต่ทั้ง 2 รูปแบบจะมีความแตก ต่างทางสถิติกับตัวกรองชีวภาพแบบทรงกลม ($P < 0.05$) ดัง Fig. 3 โดยจำนวนของแบคทีเรียที่มากที่สุดที่เกาะ

บนตัวกรองชีวภาพทรงกลมเท่ากับ $11.95 \pm 5.97 \times 10^6$ CFU/ml และที่น้อยที่สุดที่เกาะบนตัวกรองชีวภาพแบบ เส้นใยเท่ากับ $8.37 \pm 3.06 \times 10^6$ CFU/ml ซึ่งโดย ทั่วไปแล้ว Nitrobacter จะถูกทำลายได้ง่ายกว่า Nitrosomonas (Prosser, 1986) นอกจากนั้นยังมีการ ศึกษาของ เกรียงศักดิ์ (2543) รายงานว่าชั้นฟิล์ม ชีวภาพของแบคทีเรียที่เกาะบนตัวกรองที่มีความหนา แน่นเกินไปทำให้ไนโตรฟายอิงแบคทีเรียทำงานได้น้อยลง ได้เช่นกัน

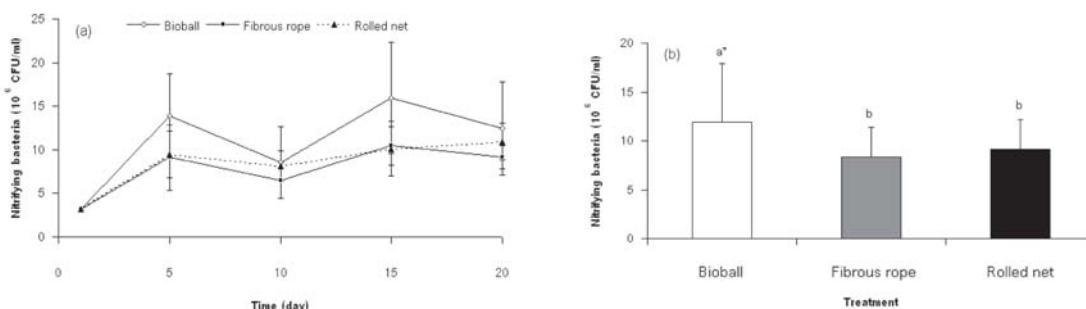


Fig. 3 a) Amount of nitrifying bacteria (CFU/ml) as affected by type of biofilter and submerging time. b) Average number of nitrifying bacteria as affected by submerging time

* Means followed by the same superscript are not significantly different at the 95% confidence level.

ความสามารถในการปรับปรุงคุณภาพน้ำของตัวกรองชีวภาพ คุณภาพน้ำโดยทั่วไปในระหว่างการศึกษพบว่า อุณหภูมิ และ พีเอชของน้ำในทุกตัวกรองชีวภาพไม่ม ีความแตกต่างกันโดยมีพิสัยเท่ากับ 25.6 - 25.7 องศา

เซลเซียส และ 8.3 - 8.4 ตามลำดับ การเปลี่ยนแปลง ความเข้มข้นและค่าเฉลี่ยความเข้มข้นของแอมโมเนียรวม ไนไตรต์ และไนเตรต ในการทดลองดัง Table 1 พบว่า ความเข้มข้นของแอมโมเนียรวมตลอดการทดลองค่อนข้าง

ข้างสูง โดยมีค่าเฉลี่ยประมาณ 0.19 mg-N/L ซึ่งแอมโมเนียรวมจะถูกออกซิไดซ์โดยแบคทีเรียกลุ่มแบคทีเรียออกซิไดซ์แอมโมเนีย (ammonia oxidizing bacteria) ทำให้เกิดเป็นไนไตรต์ขึ้น หลังจากนั้นแบคทีเรียกลุ่มที่สามารถออกซิไดซ์ไนไตรต์ (nitrite oxidizing bacteria) จะทำการเปลี่ยนไนไตรต์ให้เป็นไนเตรต

(Prosser, 1986) จึงทำให้พบการเพิ่มขึ้นของไนไตรต์และไนเตรต ซึ่งจากการทดลองนี้พบว่ามีการเกิดปฏิกิริยาไนตริฟิเคชันอย่างไม่สมบูรณ์โดยแอมโมเนียรวมถูกออกซิไดซ์เป็นไนไตรต์ แต่มีไนไตรต์เพียงบางส่วนเท่านั้นที่ถูกเปลี่ยนให้เป็นไนเตรตจึงทำให้เกิดการสะสมของไนไตรต์ขึ้นในระบบที่ทำการทดลองครั้งนี้

Table 1 Concentrations of total ammonia, nitrite and nitrate (mg-N/L) as affected by type of biofilter

Biofilter	Average concentration (mg-N/L)		
	Total ammonia	Nitrite	Nitrate
Bioball	0.20 ^a ± 0.12	0.13 ^a ± 0.11	0.06 ^a ± 0.03
Fibrous rope	0.18 ^a ± 0.07	0.14 ^a ± 0.12	0.04 ^b ± 0.02
Rolled net	0.19 ^a ± 0.06	0.13 ^a ± 0.12	0.04 ^b ± 0.01

* Means followed by the same superscript in the same column are not significantly different at the 95% confidence level.

การเกิดปฏิกิริยาไนตริฟิเคชันที่ไม่สมบูรณ์นั้นอาจเนื่องมาจากแบคทีเรียออกซิไดซ์ไนไตรต์ถูกยับยั้งการทำงานโดยแอมโมเนียรวมที่มีความเข้มข้นสูง หรืออาจเกิดจาก hydroxylamine ที่เกิดจากการออกซิไดซ์แอมโมเนียโดยแบคทีเรียออกซิไดซ์แอมโมเนียที่เจริญอยู่ในระบบที่ทำการทดลอง (Schmidt et al., 2003) หรืออาจเนื่องมาจากปริมาณออกซิเจนในน้ำเสีย หรือน้ำในระบบซึ่งมีผลอย่างมากต่อการเกิดไนไตรต์ ออกซิเดชันโดยแบคทีเรียสกุล *Nitrobacter* จะถูกยับยั้งการทำงานได้หากอยู่ในสภาวะที่มีออกซิเจนสูงซึ่งจะทำให้เกิดการสะสมของไนไตรต์ในระบบได้ (Prosser, 1986 และ Schmidt et al., 2003) และนอกจากนี้ Prosser (1986) ยังรายงานว่าในสภาวะที่ไม่เหมาะสมต่อการเจริญเติบโตของ *Nitrobacter* ซึ่งเป็นแบคทีเรียที่เปลี่ยนแอมโมเนียรวมให้เป็นไนไตรต์จะถูกทำลายได้ง่ายกว่า *Nitrosomonas* ซึ่งเป็นแบคทีเรียที่มีความสามารถในการเปลี่ยนไนไตรต์ให้เป็นไนเตรต ซึ่งสอดคล้องกับผลการทดลองที่พบว่าการสะสมของแอมโมเนียรวม และไนไตรต์ในชุดการทดลองทั้ง 3 ทรีทเมนต์ ในขณะที่การเกิดไนไตรต์

ออกซิเดชันเกิดได้ไม่ดีเท่าที่ควรจึงมีการสะสมของไนเตรตน้อยกว่าที่ควรจะเป็น อย่างไรก็ตามผลการวิจัยครั้งนี้พบว่า การใช้ตัวกรองชีวภาพแบบทรงกลมทำให้เกิดปฏิกิริยาไนตริฟิเคชันในระบบได้ดีที่สุดเนื่องจากการสะสมไนเตรตมากที่สุด และแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญ ($P < 0.05$) กับการใช้ตัวกรองชีวภาพแบบตาข่ายม้วนเป็นวงกลม และแบบเส้นใย ตามลำดับ สำหรับการทดลองในระดับห้องปฏิบัติการอื่นๆ นั้น Skjoldstrup et al. (1998) มีรายงานว่าสามารถบำบัดไนโตรเจนได้ถึง 48% ของไนโตรเจนทั้งหมดโดยเปลี่ยนให้เป็นไนเตรต ซึ่งระบบประกอบด้วยการแยกตะกอน การบำบัดด้วยแสงอุลตราไวโอเลต การเพิ่มออกซิเจน และการบำบัดด้วยกระบวนการทางชีวภาพ

ระยะเวลาที่เหมาะสมสำหรับการแช่ตัวกรองชีวภาพ

ระยะเวลาที่เหมาะสมสำหรับการแช่ตัวกรองชีวภาพทั้ง 3 รูปแบบ ตลอดจนระยะเวลาการทดลองที่ทำให้แบคทีเรียมาเกาะได้มากที่สุด ซึ่งมีความสำคัญในการบำบัดน้ำพบว่า จำนวนแบคทีเรียจะค่อยๆ เพิ่ม

จำนวนขึ้นและมีจำนวนมากที่สุดในวันที่ 15 ของการแช่ ซึ่งจะมีทั้งจำนวนแบคทีเรียกลุ่ม TMB (Fig. 4) และ NB (Fig. 5) ซึ่งสอดคล้องกับผลการศึกษาของ Ling and Chen (2005) อ้างถึงใน กอบศักดิ์ เกตุเหมือน และคณะ, 2548 รายงานว่าการกระตุ้นระบบเพื่อให้มีประสิทธิภาพในการบำบัดแอมโมเนียให้เป็นไนเตรตต้องใช้ระยะเวลาไม่น้อยกว่า 7 - 35 วัน ดังนั้นผลการทดลองนี้สามารถนำไปประยุกต์ใช้ประโยชน์ได้ เช่น ก่อนการเลี้ยงปลาสวยงามในตู้กระจกนั้นควรนำตัวกรองชีวภาพไปแช่ในน้ำอย่างน้อย 15 วัน เพื่อให้แบคทีเรียค่อยๆ ปรับตัว และเพิ่มจำนวนมากขึ้นเพื่อช่วยบำบัดน้ำด้วยกระบวนการไนตริฟิเคชันได้ดียิ่งขึ้น

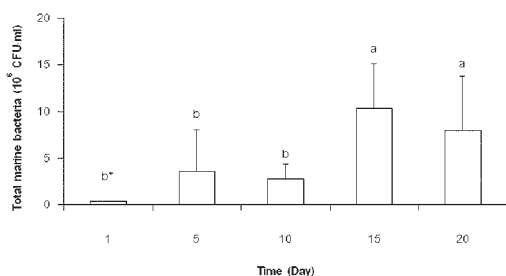


Fig. 4 Total marine bacteria (CFU/ml) as affected by submerging time.

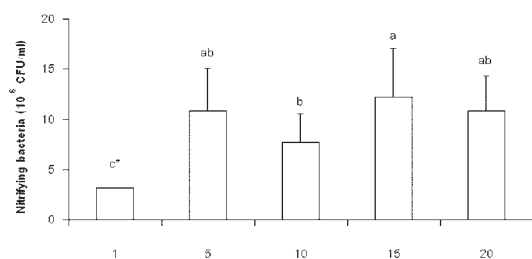


Fig. 5 Nitrifying bacteria (CFU/ml) as affected by submerging time.

สรุป

ผลจากการศึกษารังนี้พบว่าตัวกรองชีวภาพแบบทรงกลม มีจำนวนแบคทีเรียทั้ง 2 กลุ่ม คือ TMB และ NB มาเกาะอยู่บนพื้นผิวมากที่สุด ซึ่งสามารถช่วยลดความเข้มข้นของสารประกอบไนโตรเจนได้ และระยะเวลาที่เหมาะสมสำหรับการแช่ตัวกรองชีวภาพที่ทำให้แบคทีเรียมาเกาะมากที่สุด คือ วันที่ 15 ของการทดลอง ซึ่งจะช่วยทำให้การบำบัดน้ำทางชีวภาพด้วยกระบวนการไนตริฟิเคชันเป็นไปได้อย่างมีประสิทธิภาพมากที่สุด

กิตติกรรมประกาศ

งานวิจัยนี้ได้รับทุนสนับสนุนการวิจัยด้วยเงินงบประมาณรายได้ของคณะเทคโนโลยีทางทะเล ปังงบประมาณ พ.ศ. 2549 มหาวิทยาลัยบูรพา และคณะผู้วิจัยขอขอบคุณนายเกียรติชาย อุโนโสภา ที่มีส่วนช่วยเหลือทำให้โครงการวิจัยสำเร็จลุล่วงด้วยดี

เอกสารอ้างอิง

- กอบศักดิ์ เกตุเหมือน พุทธ ส่องแสงจินดา สถาพร ดิเรก บุษราคม และ ปิติวษ์ ตันติโชคก. 2548. ผลของแอมโมเนียเมซัลเฟตต่อการกระตุ้นประสิทธิภาพในการบำบัดน้ำทะเลของระบบกรองชีวแบบจุ่ม. วารสารการประมง. 58 (4): 312 - 319.
- กุลวรา แสงรุ่งเรือง. 2534. การศึกษาปริมาณแบคทีเรียที่เปลี่ยนแปลงในบ่อเลี้ยงกุ้ง. รายงานการสัมมนาวิชาการประจำปี 2534, กรมประมง, หน้า 197-213.
- เกรียงศักดิ์ อุดมสินโรจน์. 2543. วิศวกรรมการจัดน้ำเสีย. เล่มที่ 4. พิมพ์ครั้งที่ 1. นนทบุรี.
- Hagopian, D. S. and J.G. Riley. 1998. A closer look at the bacteriology of nitrification. Aquacultural Engineering. 18: 223-244.

- Leonard, N., J.P. Blancheton, and J.P. Guiraud. 2000. Population of heterotrophic bacteria in an experimental recirculating aquaculture system. *Aquacultural Engineering*. 22: 109-120.
- Parsons, T.R., Y. Maita, and C.M. Lalli. 1984. A manual of chemical and biological methods for seawater analysis. Great Britain, Pergamon Press.
- Prosser, J.J. 1986. Nitrification. 20th. Washington DC: IRL Press.
- SAS. 1985. The Statistic Analysis System. USA.: SAS Institute Inc.
- Schmidt, I., O. Sliemers, M. Schmidt, E. Bock, J. Fuerst, J.G. Kuenen, M.S.M. Jetten, and M. Strous. 2003. New concepts of microbial treatment process for the nitrogen removal in wastewater. *FEMS Microbiology Reviews*. 27: 481-492.
- Seo, J.K., I.H. Jung, M.R. Kim, B.J. Kim, S.W. Nam, and S.K. Kim. 2001. Nitrification performance of nitrifiers immobilized in PVA (polyvinyl alcohol) for a marine recirculating aquarium system. *Aquacultural Engineering*. 24: 181-194.
- Skinner, S. and N. Walker. 1968. Isolation of ammonia-oxidizing autotrophic bacteria. *Journal Applied Bacteriology*. 31: 493-497.
- Skjoldstrup, J., P.H. Nielsen, J. O. Frier, and E. McLean. 1998. Performance characteristics of fluidized bed biofilters in a novel laboratory scale recirculation system for rainbow trout: nitrification rates, oxygen consumption and sludge collection. *Aquacultural Engineering*. 18 (4): 265 - 276.