



จลนพลศาสตร์การบำบัดแอมโมเนียของตัวกรองชีวภาพ ในทรีฟิเคชันที่ผ่านการใช้งานระยะยาว

Ammonia Removal Kinetics of Nitrifying Biofilter after Long Term Usability

Thanawat Kanjanakul* Penpicha Satanwat* Wiboonluk Pungprasmi* and Sorawit Powtongsook**

ฐานวัฒน์ กาญจนกุล* เพญพิชา สาทันวัต* วิบูลย์ลักษณ์ ฟังรัมย์* และ สรวิศ เผ่าทองสุข**

*ภาควิชาวิศวกรรมสิ่งแวดล้อม คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย กรุงเทพฯ 10330

**ศูนย์พันธุวิศวกรรมและเทคโนโลยีชีวภาพแห่งชาติ จังหวัดปทุมธานี 12120;

ศูนย์เชี่ยวชาญเฉพาะทางด้านเทคโนโลยีชีวภาพทางทะเล คณะวิทยาศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย กรุงเทพฯ 10330

*E-mail : wiboonluk.p@chula.ac.th

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้ศึกษาเปรียบเทียบจลนพลศาสตร์อัตราการบำบัดแอมโมเนียของตัวกรองชีวภาพในทรีฟิเคชัน ที่มีการใช้งานระยะยาวเป็นเวลา 3 และ 6 เดือน ซึ่งตัวกรองชีวภาพที่ใช้เป็นตัวกรองพลาสติกชนิด BCN-012 โดยทำการทดลองเพื่อหาอัตราการบำบัดสูงสุด (V_{max}) และค่าคงที่เมื่ออัตราการบำบัดแอมโมเนียเป็นครึ่งหนึ่งของอัตราการบำบัดแอมโมเนียสูงสุด (K_s) เพื่อข้อมูลที่ได้นำไปประยุกต์ใช้ในการคำนวณออกแบบระบบบำบัดแอมโมเนียเพื่อใช้กับการเลี้ยงสัตว์น้ำต่อไป การทดลองเริ่มต้นจากการบ่มเชื้อเพื่อให้จุลินทรีย์เกาะติดบนตัวกรองชีวภาพในถังพลาสติกขนาด 100 ลิ. ที่บรรจุสารละลายแอมโมเนียมคลอไรด์เข้มข้น 5 มก.แอมโมเนีย-ไนโตรเจน/ลิ. จำนวน 2 ถัง ถึงแรกใช้งานตัวกรองชีวภาพเป็นระยะเวลา 3 เดือน และถึงที่สองใช้งานตัวกรองชีวภาพเป็นระยะเวลา 6 เดือน จากนั้นลุ่มตัวกรองปริมาตร 0.5 ลิ. ใส่ลงในถังปฏิกรณ์ขนาด 2 ลิ. ที่มีการแปรระดับความเข้มข้นของแอมโมเนียเท่ากับ 1, 2, 5, 10, 20, 30 และ 45 มก.แอมโมเนีย-ไนโตรเจน/ลิ. โดยควบคุมค่าพีเอชให้อยู่ในช่วง 7.5-8.5 และค่าสภาพความเป็นด่างให้อยู่ในช่วง 100-150 มก.แคลเซียมคาร์บอเนต/ลิ. ตามลำดับ (ความเข้มข้นละ 3 ชั่วโมง) ต่อเครื่องเติมอากาศเพื่อควบคุมปริมาณออกซิเจนละลายอย่างเพียงพอตลอดเวลา เติมน้ำระบบการทดลองแบบที่ละเททั้งหมด 3 รอบ โดยแต่ละรอบใช้เวลา 3 วัน ผลการทดลองพบว่า ตัวกรองชีวภาพที่ผ่านการใช้งานเป็นระยะเวลา 3 เดือน มีค่าอัตราการบำบัดสูงสุดของแอมโมเนีย (V_{max}) เท่ากับ 85.62 มก.-แอมโมเนียไนโตรเจน/ตรม./วัน และค่าคงที่เมื่ออัตราการบำบัดแอมโมเนียเป็นครึ่งหนึ่งของอัตราการบำบัดแอมโมเนียสูงสุด (K_s) เท่ากับ 11.47 มก.แอมโมเนีย-ไนโตรเจน/ลิ. ส่วนตัวกรองชีวภาพที่ผ่านการใช้งานเป็นระยะเวลา 6 เดือนจะมีค่าอัตราการบำบัดสูงสุดของแอมโมเนีย (V_{max}) เท่ากับ 65.08 มก.-แอมโมเนียไนโตรเจน/ตรม./วัน

และค่าคงที่เมื่ออัตราการบำบัดแอมโมเนียเป็นครึ่งหนึ่งของอัตราการบำบัดแอมโมเนียสูงสุด (K_s) เท่ากับ 5.55 มก.แอมโมเนีย-ไนโตรเจน/ล.

คำสำคัญ : จลนพลศาสตร์; ตัวกรองชนิด BCN-012; ไนทริฟิเคชัน; อัตราการบำบัดแอมโมเนียสูงสุด;
ค่าคงที่เมื่ออัตราการบำบัดแอมโมเนียเป็นครึ่งหนึ่งของอัตราการบำบัดแอมโมเนียสูงสุด

Abstract

This research aimed to study the ammonia removal kinetics of nitrifying biofilter after long term usability for 3 months and 6 months. The biofilter media was porous plastic BCN-012. The kinetics parameters i.e. maximum ammonia removal rate (V_{max}) and the ammonium concentration at half of the maximum ammonia removal rate (K_s) were evaluated using Monod equation and could be applied for water treatment design and calculation. The biofilter was incubated in two of 100 L plastic tanks containing ammonia concentration as 5 mg-TAN/L. The first tank was using for 3 months and another tank was for 6 months. Thereafter, 0.5 L of biofilter samples were taken out for measuring ammonia removal rate in 2 L bioreactor under batch condition. The initial ammonia concentrations in the test reactors were 1, 2, 5, 10, 20, 30 and 45 mg-TAN/L with pH and alkalinity of 7.5-8.5 and 100-150 mg/L as $CaCO_3$, respectively. Oxygen was provided by aeration through air stone. The results showed that biofilter acclimated for 3 months had higher ammonia removal rate of 85.62 mg TAN/m²/day and half saturation constant was 11.47 mg TAN/L while the 6 month acclimated biofilter had 65.08 mg TAN/m²/day with half saturation constant of 5.55 mg TAN/L.

Keywords : Kinetics; Biofilter BCN-012; Nitrification; Maximum ammonia removal rate;

The ammonium concentration at half of the maximum ammonia removal rate

บทนำ

ปัจจุบันอุตสาหกรรมการเลี้ยงสัตว์น้ำในประเทศไทยมีการพัฒนารูปแบบการเลี้ยงเพื่อรองรับความต้องการที่เพิ่มขึ้นของตลาดทั้งภายในและภายนอกประเทศ โดยเริ่มมีการพัฒนาไปสู่ระบบหมุนเวียนน้ำเพื่อการเลี้ยงสัตว์น้ำ (Recirculating Aquaculture System; RAS) อย่างไรก็ตามส่วนประกอบหลักของ RAS คือจะต้องมีระบบบำบัดสารประกอบอนินทรีย์ในโตรเจนในรูปแอมโมเนียที่มีประสิทธิภาพสูง เพื่อไม่ให้แอมโมเนียส่งผลกระทบต่อสุขภาพและอัตราการรอดของ

สัตว์น้ำ ซึ่งในระบบเลี้ยงสัตว์น้ำควรควบคุมระดับความเข้มข้นของแอมโมเนียให้มีค่าไม่เกิน 0.025 มก.-ไนโตรเจน/ล. [1] โดยทั่วไปนั้นการบำบัดแอมโมเนียทางชีวภาพจะใช้กระบวนการไนทริฟิเคชันภายใต้สภาวะที่มีอากาศอย่างเพียงพอ เพื่อเปลี่ยนแอมโมเนียในน้ำไปอยู่ในรูปของสารประกอบอนินทรีย์ในโตรเจนที่มีความเป็นพิษน้อยกว่า ได้แก่ ไนไตรต์ และไนเตรด ตามลำดับ จากกิจกรรมของไนทริไฟอิงแบคทีเรียที่เกาะติดและเติบโตอยู่บนวัสดุตัวกลางชนิดต่างๆ ซึ่งในงานวิจัยนี้เลือกใช้วัสดุตัวกรองพลาสติก BCN-012 (2H GmbH, Germany) ที่ผลิตจากพลาสติกโพลีเอทิลีนความหนาแน่นสูง (High-

Density Polyethylene; HDPE) ตัวกลางชนิดนี้เป็นที่นิยมใช้อย่างแพร่หลายในการบำบัดน้ำเสียจากระบบเลี้ยงสัตว์น้ำเนื่องจากมีพื้นที่ผิวมาก (พื้นที่ผิวในการยึดเกาะของจุลินทรีย์เท่ากับ 859 ตรม./ลบ.ม.) ไม่เป็นพิษต่อสัตว์น้ำ และมีประสิทธิภาพในการบำบัดไนโตรเจนได้ดี

โดยทั่วไปอัตราการบำบัดแอมโมเนียจะขึ้นกับความเข้มข้นของแอมโมเนียที่มีอยู่ในน้ำ ดังนั้นการประเมินอัตราการบำบัดจึงต้องอาศัยรูปแบบทางจลนพลศาสตร์ (Kinetics) และการเตรียมสภาพตัวกรองชีวภาพ ทั้งนี้ส่วนใหญ่จะใช้ระยะเวลาในการบ่มเชื้อให้เติบโตเป็นไบโอฟิล์มบนตัวกลางประมาณ 30 วัน จากนั้นจึงนำมาใช้งานอย่างต่อเนื่องในการเลี้ยงปลาแต่ละรอบเป็นเวลา 3 ถึง 6 เดือน ซึ่งสภาพของไบโอฟิล์มหลังจากการใช้งานเป็นเวลานานอาจส่งผลกระทบต่อทั้งอัตราการบำบัดและทำให้ประสิทธิภาพของระบบลดลง งานวิจัยนี้จึงทำการศึกษาเปรียบเทียบจลนพลศาสตร์อัตราการบำบัดแอมโมเนียของตัวกรองชีวภาพไนทริฟิเคชันที่มีการใช้งานระยะยาวเป็นเวลา 3 และ 6 เดือน เพื่อให้ได้ข้อมูลที่จะนำไปประยุกต์ใช้ในการคำนวณออกแบบระบบบำบัดแอมโมเนียเพื่อใช้กับการเลี้ยงสัตว์น้ำต่อไป

อุปกรณ์และวิธีการ

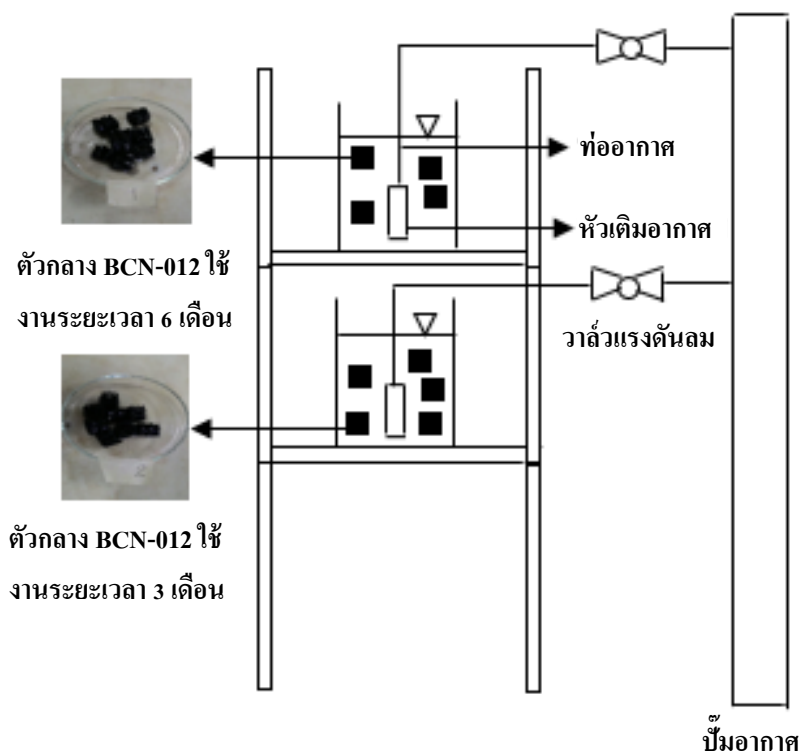
การบ่มตัวกรองชีวภาพ

ทำการบ่มวัสดุตัวกลางพลาสติก BCN-012 จำนวน 25 ล. ในถังพลาสติกขนาด 100 ล. จำนวน 2 ถัง ที่บรรจุสารละลายแอมโมเนียมคลอไรด์เข้มข้น 5 มก. แอมโมเนีย-ไนโตรเจน/ล. ซึ่งเป็นระดับความเข้มข้นของแอมโมเนียที่เหมาะสมต่อแบคทีเรียกลุ่มไนทริไฟเออร์ (Nitrifier) [2] ทำการบ่มเชื้อในสภาวะที่มีการเติมอากาศผ่านหัวทรายอย่างเพียงพอ และควบคุมปริมาณออกซิเจนละลายน้ำให้สูงกว่า 6 มก./ล. โดยถึงแรกจะใช้งาน

ตัวกรองชีวภาพเป็นระยะเวลา 3 เดือน ส่วนถังสองจะใช้งานตัวกรองชีวภาพเป็นระยะเวลา 6 เดือน เพื่อให้เกิดการเกาะติดของจุลินทรีย์ตามธรรมชาติบนพื้นผิววัสดุตัวกลาง ทั้งนี้ระยะเวลา 3 และ 6 เดือน จะสอดคล้องกับระยะเวลาที่ใช้ในการเลี้ยงปลาจนถึงขนาดที่จะจับขายในแต่ละรอบ ในระหว่างการใช้งานตัวกรองชีวภาพจะมีการเติมแอมโมเนียเพื่อชดเชยปริมาณแอมโมเนียที่ลดลงจากกระบวนการไนทริฟิเคชัน และมีการปรับค่าสภาพความเป็นด่างให้อยู่ในช่วง 100-150 มก.แคลเซียมคาร์บอเนต/ล. ด้วยโซเดียมไบคาร์บอเนต นอกจากนี้ยังควบคุมพีเอชให้อยู่ในช่วง 7.5-8.5 โดยถ้าระดับพีเอชต่ำกว่า 6 อาจส่งผลยับยั้งกระบวนการไนทริฟิเคชันได้ [3] ในขณะที่ระดับพีเอชสูงกว่า 8.5 สามารถส่งผลยับยั้งการทำงานของกลุ่มแบคทีเรียออกซิไดส์ไนไตรต์ (Nitrite Oxidizing Bacteria : NOB) [4]

การประเมินประสิทธิภาพการบำบัดแอมโมเนียของตัวกรองชีวภาพ

บรรจุตัวกรองชีวภาพ BCN-012 ปริมาตร 0.5 ล. ที่ผ่านการใช้งานแล้วลงในถังปฏิกรณ์ขนาด 2 ล. ที่ทำการแปรระดับความเข้มข้นของแอมโมเนียในถังปฏิกรณ์ต่างกันเท่ากับ 1, 2, 5, 10, 20, 30 และ 45 มก.แอมโมเนีย-ไนโตรเจน/ล. ตามลำดับ (ความเข้มข้นละ 3 ชั่วโมง) ต่อเครื่องเติมอากาศเพื่อควบคุมปริมาณออกซิเจนละลายอย่างเพียงพอตลอดเวลา (ดังแผนภาพรูปที่ 1) ควบคุมค่าสภาพความเป็นด่างอยู่ในช่วง 100-150 มก.แคลเซียมคาร์บอเนต/ล. ด้วยโซเดียมไบคาร์บอเนต เติมน้ำระบบการทดลองแบบที่ละเททั้งหมด 3 รอบ โดยแต่ละรอบใช้เวลา 3 วัน ตรวจวิเคราะห์พารามิเตอร์ต่างๆ ทางกายภาพของน้ำ ได้แก่ พีเอช และค่าสภาพความเป็นด่าง ควบคู่กับการเก็บตัวอย่างน้ำเพื่อวิเคราะห์การเปลี่ยนแปลงปริมาณแอมโมเนียตามวิธีมาตรฐานของ APHA (2005) [5]



รูปที่ 1 การติดตั้งถังปฏิกรณ์ในการประเมินประสิทธิภาพการบำบัดแอมโมเนียของตัวกรองชีวภาพ

จากนั้นนำอัตราการลดลงของแอมโมเนียมาคำนวณจนผลศาสตร์ของตัวกรองชีวภาพ BCN-012 ที่ผ่านการใช้งานเป็นเวลา 3 เดือน และ 6 เดือน โดยใช้โปรแกรม Sigma Plot Version 11 ตามสมการของ Monod (1949) [6] ดังนี้

$$V = \frac{V_{max}S}{K_s + S}$$

V = อัตราการบำบัดแอมโมเนีย
(มก.ไนโตรเจน/ล. · วัน)

V_{max} = อัตราการบำบัดแอมโมเนียสูงสุด
(มก.ไนโตรเจน/ล. · วัน)

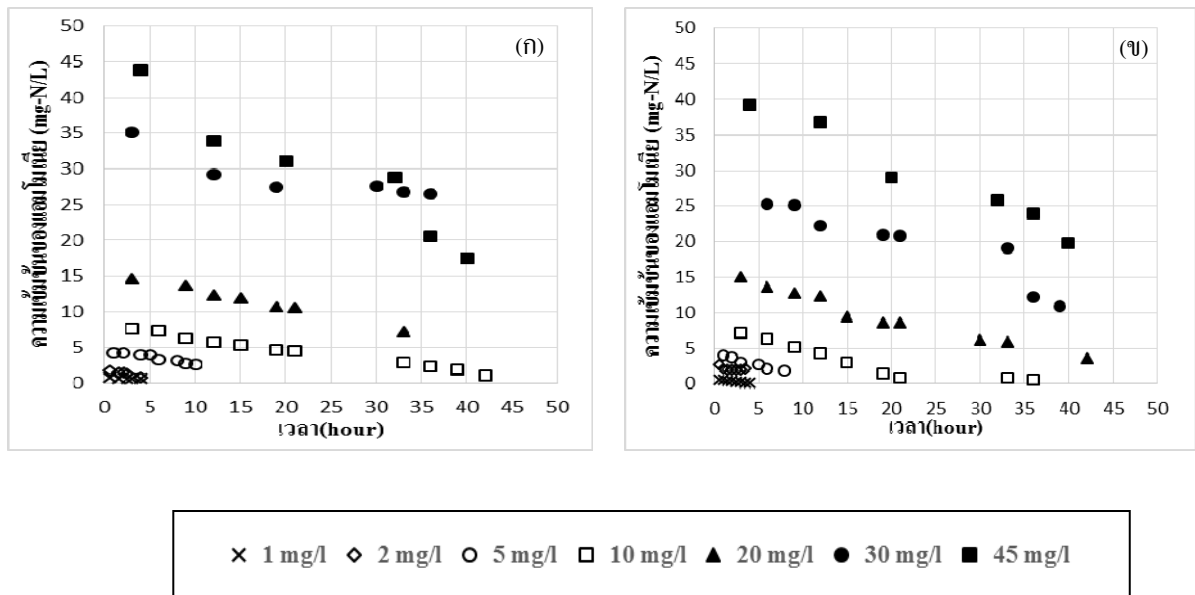
K_s = ค่าคงที่ เมื่อ $V = V_{max} / 2$ (มก.ไนโตรเจน/ล.)

S = ความเข้มข้นของสับสเตรต (มก.ไนโตรเจน/ล.)

ผลการทดลองและวิจารณ์

การบ่มตัวกลางและการบำบัดแอมโมเนียของตัวกรองชีวภาพ

จากผลการทดลองดังรูปที่ 2 พบว่าความเข้มข้นของแอมโมเนียจะลดลงตามระยะเวลา โดยเมื่อเปรียบเทียบการลดลงของแอมโมเนียจากการบำบัดของตัวกรองที่ใช้งานเป็นเวลา 3 เดือน และ 6 เดือน จะเห็นได้ว่าชุดทดลองที่มีปริมาณแอมโมเนียเริ่มต้นสูง จะมีความชันของอัตราการลดลงของแอมโมเนียที่มากกว่าชุดทดลองที่มีแอมโมเนียเริ่มต้นในปริมาณต่ำ

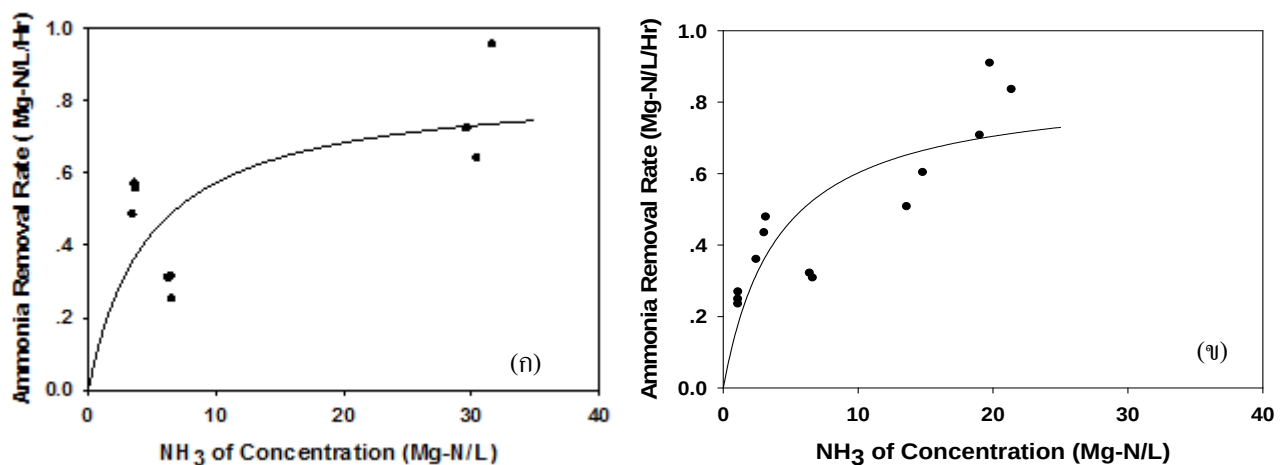


รูปที่ 2 การลดลงของแอมโมเนียโดย (ก) ตัวกรองที่ใช้งานเป็นระยะเวลา 3 เดือน และ (ข) ตัวกรองที่ใช้งานเป็นระยะเวลา 6 เดือน

การคำนวณอัตราการบำบัดแอมโมเนียสูงสุด (V_{max}) และค่าคงที่เมื่ออัตราการบำบัดแอมโมเนียเป็นครึ่งหนึ่งของอัตราการบำบัดแอมโมเนียสูงสุด (K_s)

เมื่อนำค่าอัตราการบำบัดแอมโมเนียของตัวกรองชีวภาพที่แต่ละความเข้มข้นของแอมโมเนียไปคำนวณด้วยโปรแกรม Sigma plot ได้ผลดังแสดง

ในรูปที่ 3 พบว่าเมื่อความเข้มข้นของแอมโมเนียสูงขึ้น อัตราการบำบัดแอมโมเนียจะเริ่มคงที่ โดยผลการคำนวณอัตราการบำบัดแอมโมเนียสูงสุด (V_{max}) กับค่าคงที่เมื่ออัตราการบำบัดแอมโมเนียเป็นครึ่งหนึ่งของอัตราการบำบัดแอมโมเนียสูงสุด (K_s) แสดงดังตารางที่ 1



รูปที่ 3 ความสัมพันธ์ระหว่างอัตราการบำบัดแอมโมเนียกับความเข้มข้นของแอมโมเนีย ของ (ก) ตัวกรองชีวภาพที่ใช้งานเป็นระยะเวลา 3 เดือน และ (ข) ตัวกรองที่ใช้งานเป็นระยะเวลา 6 เดือน

ตารางที่ 1 อัตราการบำบัดแอมโมเนียสูงสุด (V_{max}) และค่าคงที่เมื่ออัตราการบำบัดแอมโมเนียเป็นครึ่งหนึ่งของอัตราการบำบัดแอมโมเนียสูงสุด (K_s)

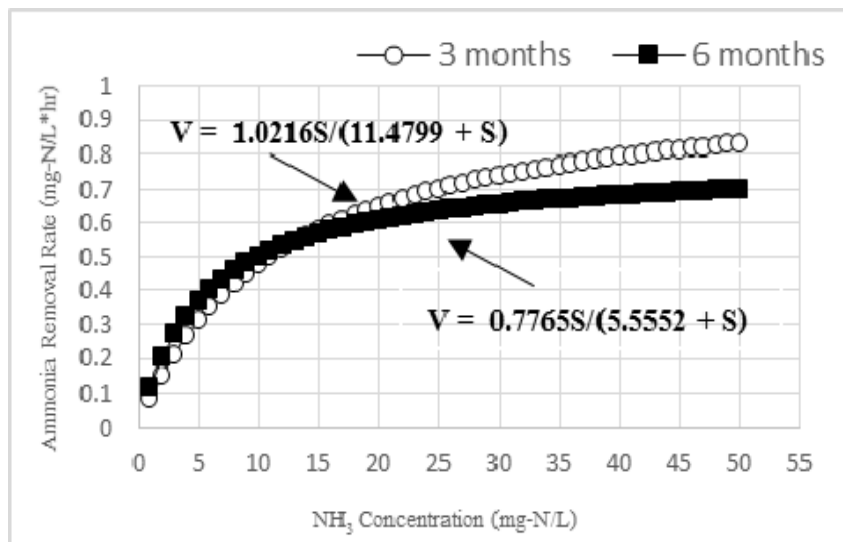
ระยะเวลาการบ่มของตัวกรองชีวภาพ (เดือน)	V_{max} (mg-/L/hr)	K_s (mg-N/L)
3	1.02	11.47
6	0.77	5.55

จากตารางที่ 1 พบว่าตัวกรองชีวภาพที่ผ่านการใช้งานเป็นระยะเวลา 3 เดือนจะให้ค่าอัตราการบำบัดสูงสุดของแอมโมเนียและค่าคงที่ K_s สูงกว่าตัวกรองชีวภาพที่ผ่านการใช้งานเป็นระยะเวลา 6 เดือน ทั้งนี้เมื่อนำค่า V_{max} และ K_s มาพล็อตความสัมพันธ์ระหว่างความเข้มข้นของแอมโมเนียและอัตราการบำบัดแอมโมเนียของตัวกรองชีวภาพทั้งสอง ได้ผลดังรูปที่ 4

จากผลการทดลองจะเห็นได้ว่า อัตราการบำบัดแอมโมเนียสูงสุด (V_{max}) ของตัวกรองชีวภาพที่มีอายุการใช้งาน 6 เดือนมีค่าลดต่ำกว่าตัวกรองที่มีอายุการใช้งาน 3 เดือนประมาณร้อยละ 25 ขณะที่ค่า K_s มีค่าต่ำกว่าประมาณร้อยละ 52 แต่ในทางกลับกันการเลี้ยงปลาที่มีอายุมากขึ้นจะมีปริมาณแอมโมเนียที่ปลาขับถ่ายออกมาเพิ่มสูงขึ้นมาก ดังนั้นในการคำนวณค่า Safety factor ของระบบบำบัดจึงจำเป็นต้องคำนึงถึงปัจจัยนี้และต้องเพิ่มปริมาณตัวกรองชีวภาพให้เพียงพอเพื่อชดเชยอัตราการบำบัดที่ลดลงดังกล่าวด้วย ซึ่งสาเหตุหนึ่งที่ทำให้ตัวกรองชีวภาพเกิดการลดลงของอัตราการบำบัดแอมโมเนียเมื่อเวลาผ่านไป อาจเป็นผลจากการสะสมตัวมากขึ้นของเฮเทอโรโทรฟบนพื้นผิวตัวกลาง ซึ่งมีผลกระทบโดยตรงต่อการทำงานของไนโตริฟิเคชันแบคทีเรีย

สำหรับค่าที่ได้จากตารางที่ 1 เมื่อนำไปคำนวณอัตราการบำบัดแอมโมเนียจริงและนำไปใช้ในออกแบบ

ระบบบำบัดไนโตริฟิเคชัน จะอยู่ในหน่วยของอัตราการบำบัดแอมโมเนียต่อพื้นที่ผิวของตัวกรอง (ตรม.) ต่อเวลา (วัน) ซึ่งสามารถนำค่า V_{max} มาคำนวณได้ผลดังตารางที่ 2 พบว่าตัวกรองชีวภาพชนิด BCN-012 ที่ผ่านการใช้งานเป็นระยะเวลา 3 เดือน และระยะเวลา 6 เดือนจะมีอัตราการบำบัดแอมโมเนียสูงสุดเท่ากับ 85.62 มก.-แอมโมเนียไนโตรเจน/ตรม./วัน และ 65.08 มก.-แอมโมเนียไนโตรเจน/ตรม./วัน ตามลำดับ ตัวเลขดังกล่าวเป็นค่าที่สูงกว่ามาตรฐานตัวกรอง ขจรบุญ [7] ได้เคยรายงานไว้ที่ระดับ 47.20 ± 1.86 มก.-แอมโมเนียไนโตรเจน/ตรม./วัน สำหรับตัวกรองชีวภาพชนิด BCN-009 อย่างไรก็ตามในความเป็นจริงแล้วปริมาณแอมโมเนียที่เกิดขึ้นในบ่อเลี้ยงสัตว์น้ำระบบปิดทั่วไปจะมีความเข้มข้นไม่เกิน 5 มก.-แอมโมเนียไนโตรเจน/ตรม./วัน ดังนั้นเมื่อนำระดับความเข้มข้นดังกล่าวมาคำนวณอัตราการบำบัดแอมโมเนียต่อพื้นที่ผิวของตัวกรองชีวภาพต่อวัน ตามสมการจลนพลศาสตร์ (รูปที่ 4) พบว่าอัตราการบำบัดจะอยู่ระหว่าง 16-19 มก.-แอมโมเนียไนโตรเจน/ตรม./วัน ซึ่งค่าดังกล่าวเป็นตัวเลขที่สามารถนำไปประยุกต์ใช้ในการคำนวณปริมาณตัวกรองชีวภาพที่เหมาะสมต่อการทำงานในระบบบำบัดไนโตริฟิเคชันต่อไป



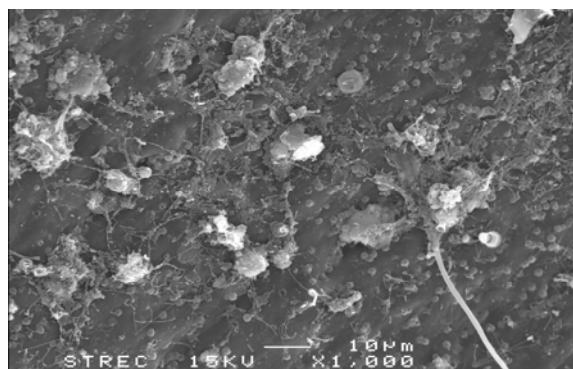
รูปที่ 4 จลนพลศาสตร์อัตราการบำบัดแอมโมเนียของตัวกรองชีวภาพที่ใช้งานเป็นระยะเวลา 3 และ 6 เดือน

ตารางที่ 2 อัตราการบำบัดแอมโมเนียสูงสุดและอัตราการบำบัดแอมโมเนียที่ควรนำไปใช้จริง เมื่อคำนวณจากปริมาณแอมโมเนียไม่เกิน 5 มก.-แอมโมเนียไนโตรเจน/ล./วัน ในการออกแบบระบบไนทริฟิเคชัน

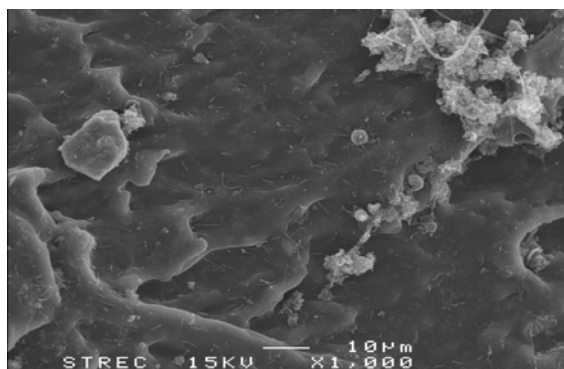
ระยะเวลาของการบ่มตัวกรองชีวภาพ (เดือน)	อัตราการบำบัดแอมโมเนียสูงสุด (mg-N/m ² /day)	อัตราการบำบัดแอมโมเนียที่ควรใช้ (mg-N/m ² /day)
3	85.62	16.70
6	65.08	19.02

นอกจากนี้เมื่อนำตัวกรองชีวภาพที่ผ่านการใช้งานเป็นระยะเวลา 3 เดือน และระยะเวลา 6 เดือนไปตรวจสอบการเกาะติดของจุลินทรีย์บนพื้นผิวตัวกลางด้วยกล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนแบบสแกน (Scanning Electron Microscope ; SEM) เพื่อเปรียบเทียบความหนาของชั้นไบโอฟิล์ม ลักษณะพื้นผิวของตัวกลาง ความหนาแน่นและแตกต่างกันของกลุ่มจุลินทรีย์บนตัวกรอง ได้ผลแสดงดังรูปที่ 5 จะเห็นได้ว่าตัวกลางพลาสติก BCN-012 ภายหลังจากแช่ในถังพลาสติกบรรจุแอมโมเนียขลอรไค์ที่ระยะเวลาการใช้งาน 3 เดือน และ 6 เดือน เกิดการเกาะติดของไบโอฟิล์มมองเห็นเป็น

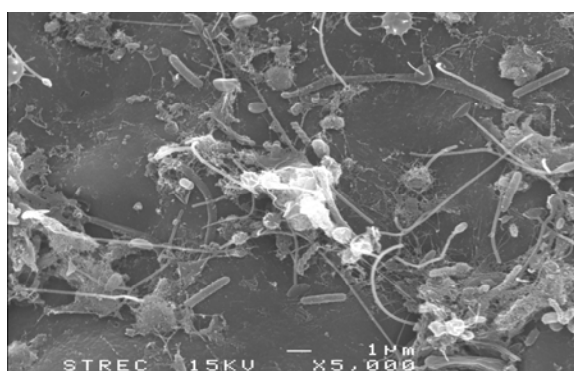
ชั้นบาง ซึ่งลักษณะของไบโอฟิล์มดังกล่าวจะมองไม่เห็นด้วยตาเปล่า ในทางปฏิบัติจึงไม่สามารถใช้สายตาแยกแยะตัวกรองใหม่และตัวกรองที่ผ่านการบ่มเชื้อแล้วได้ จำเป็นต้องประเมินจากการตรวจวัดประสิทธิภาพในการบำบัดแอมโมเนียเป็นหลัก โดยภาพจากกล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนแสดงให้เห็นว่าตัวกรองชีวภาพไนทริฟิเคชันที่ผ่านการใช้งานเป็นระยะเวลานาน 6 เดือนจะมีความหนาของไบโอฟิล์มมากกว่า แต่พบการเกาะติดของจุลินทรีย์บนพื้นผิวในปริมาณที่น้อยกว่า และมีความหลากหลายของกลุ่มจุลินทรีย์ที่ต่ำกว่าที่พบบนตัวกรองชีวภาพที่ผ่านการใช้งานเป็นเวลา 3 เดือน



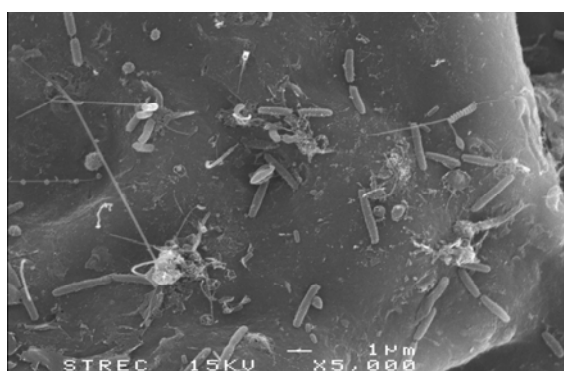
3 เดือน (x1,000 เท่า)



6 เดือน (x1,000 เท่า)



3 เดือน (x5,000 เท่า)



6 เดือน (x5,000 เท่า)

รูปที่ 5 ภาพถ่ายจากกล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนแบบสแกนแสดงพื้นผิวของตัวกรองชีวภาพ
ที่ผ่านการใช้งานเป็นระยะเวลา 3 เดือน และ 6 เดือน (กำลังขยาย 1,000 และ 5,000 เท่า)

สรุปผลการทดลอง

ตัวกรองชีวภาพ BCN-012 ที่ผ่านการใช้งานเป็นเวลา 6 เดือน จะมีค่าอัตราการบำบัดแอมโมเนียสูงสุด (V_{max}) เท่ากับ 65.08 มก.-แอมโมเนียไนโตรเจน/ตรม./วัน ตามลำดับ และค่าคงที่เมื่ออัตราการบำบัดแอมโมเนียเป็นครึ่งหนึ่งของอัตราการบำบัดแอมโมเนียสูงสุด (K_s) เท่ากับ 5.5552 มก.-แอมโมเนียไนโตรเจน/ล. ส่วนตัวกรองชีวภาพที่ผ่านการใช้งานเป็นเวลา 3 เดือน จะมีค่าอัตราการบำบัดแอมโมเนียสูงสุด (V_{max}) เท่ากับ 85.62 มก.-แอมโมเนียไนโตรเจน/ตรม./วัน และค่าคงที่เมื่ออัตราการบำบัดแอมโมเนียเป็นครึ่งหนึ่งของอัตราการบำบัดแอมโมเนียสูงสุด (K_s) เท่ากับ 11.4799 มก.-

แอมโมเนียไนโตรเจน/ล. โดยตัวกรองชีวภาพที่ผ่านการใช้งานเป็นเวลา 6 เดือน จะมีอัตราการบำบัดแอมโมเนียลดลง โดยมีค่า V_{max} และ K_s ลดลงกว่าการใช้งานเป็นเวลา 3 เดือน เท่ากับร้อยละ 25 และ 52 ตามลำดับ ซึ่งปัจจัยนี้มีผลกระทบโดยตรงต่อประสิทธิภาพของระบบบำบัดไนโตรฟิเคชัน ดังนั้นในการออกแบบระบบบำบัดคุณภาพน้ำสำหรับการเลี้ยงสัตว์น้ำ (RAS) ผู้ออกแบบจึงมีความจำเป็นต้องทำการเผื่อค่า Safety factor ไว้ให้อย่างเพียงพอ นอกจากนี้ภาพถ่ายจากกล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนแบบสแกนยังยืนยันการเกาะติดของชั้นไบโอฟิล์มบนตัวกลางพลาสติกภายหลังการใช้งานตัวกรองชีวภาพเป็นเวลา 3 และ 6 เดือน

กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบคุณศูนย์เชี่ยวชาญเฉพาะทางด้านเทคโนโลยีชีวภาพทางทะเล คณะวิทยาศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย ที่ให้ความอนุเคราะห์สถานที่ทำงานวิจัย เอื้อเพื่อเครื่องมือ อุปกรณ์ สารเคมี ตลอดจนให้คำแนะนำในการวิเคราะห์ทางวิทยาศาสตร์ด้านต่างๆ และขอขอบคุณการสนับสนุนเครื่องมือ Microplate Spectrophotometer จากโครงการ Thai Government Stimulus Package 2 (TKK2555) งานวิจัยนี้ได้รับทุนสนับสนุนจากโครงการส่งเสริมการทำงานวิจัยเชิงลึกในสาขาวิชาที่มีศักยภาพสูง ประจำปีงบประมาณ 2559 กองทุนรัชดาภิเษกสมโภช จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย (รหัสโครงการ CU-59-022-FW)

เอกสารอ้างอิง

- [1] Tanthunwes, M. and Phornprapha, P. 1995. Water Quality Management and Waste Water Treatment for Pond Fish Culture. 2nd ed. Bangkok : Chulalongkorn University Press. (in Thai)
- [2] Anthonisen, A.C., Loehr, R.C., Prakasam, T.B.S. and Srinath. E.G. 1976. Inhibition of nitrification by ammonia and nitrous acid. J. Water Pollut. Con. F. 48(5): 835-852.
- [3] Nootong, K. 2006. Performance and kinetic evaluations of a novel bioreactor system in the low-oxygen/low-fluid shear reaction environments. Doctoral dissertation, University of Pennsylvania.
- [4] Fenchel, T. and Blackburn, T.H. 1979. Bacteria and Mineral cycling. London: Academic press.
- [5] APHA, AWWA and WEF. 2005. Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater. 21st ed. American Public Health Association, Washington DC.
- [6] Monod, Jacques. 1949. The Growth of Bacterial Cultures. Annual Review in Microbiology, 3: 371-394.
- [7] Monwikarn Kajohnboon. 2008. Bacterial seed applied as biofilter in the recirculation water of closed-system shrimp pond. Master's Thesis, Department of Environmental Engineering, Faculty of Engineering, Chulalongkorn University. (in Thai)