การบำบัดไนโตรเจนในระบบหมุนเวียนน้ำเพื่อการเลี้ยงสัตว์น้ำด้วยถังปฏิกรณ์ร่วมไนทริฟิเคชัน-ดีไนทริฟิเคชัน

Nitrogen Removal in Closed Recirculating Aquaculture System using Combined Nitrification – Denitrification Reactor

เพ็ญพิชญา พินิจธนภาคย์[1] วิบูลย์ลักษณ์ พึ่งรัศมี[1] และ สรวิศ เผ่าทองศุข[2,3]

Phenphitchaya Phinitthanaphak[1], Wiboonluk Pungrasmi[1] and Sorawit Powtongsook[2,3]

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้ทำการศึกษาความเป็นไปได้ของการนำตัวกรองชีวภาพมาใช้ในการบำบัดไนโตรเจนผ่านการเกิดปฏิกิริยาร่วมกันระหว่างกระบวนการไนทริฟิเคชันและดีไนทริฟิเคชันภายในถังปฏิกรณ์ใบเดียวเพื่อนำไปประยุกต์ใช้ในระบบเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำแบบปิด ซึ่งตัวกรองชีวภาพที่ใช้ในกระบวนการบำบัดไนทริฟิเคชัน ได้แก่ วัสดุเส้นใยไบโอคอร์ตและหินพัมมิสบด ส่วนวัสดุตัวกลางที่ใช้ในกระบวนการบำบัดดีไนทริฟิเคชัน คือ หินพัมมิสบด การทดลองเริ่มจากการตรวจวัดอัตราการบำบัดไนทริฟิเคชันและดีไนทริฟิเคชันของตัวกรองชีวภาพแต่ละชนิด และนำวัสดุตัวกลางที่เหมาะสมมาบรรจุลงในถังปฏิกรณ์ใบเดียวกันเพื่อทดสอบประสิทธิภาพการบำบัดไนโตรเจน โดยถังปฏิกรณ์ชุดควบคุมและชุดทดลองทุกถังจะบรรจุหินพัมมิสบดหนา 5 ซม. แต่ถังปฏิกรณ์ชุดทดลองจะเพิ่มการบรรจุเส้นใยไบโอคอร์ตยาว 1 ม. ร่วมกับหินพัมมิสบด เปรียบเทียบการบำบัดแอมโมเนียและไนเทรตระหว่างสภาวะที่เติมและไม่เติมเมทานอลลงในชั้นน้ำเสียสังเคราะห์ที่อัตราส่วนซีโอดีต่อไนเทรตไนโตรเจนเท่ากับ 5:1 ผลการทดลองพบว่า ถังปฏิกรณ์ทุกชุดการทดลองสามารถบำบัดแอมโมเนียได้อย่างสมบูรณ์ผ่านกระบวนการไนทริฟิเคชันโดยไม่พบการสะสมของไนไทรต์ การเติมเมทานอลไม่มีผลยับยั้งการเกิดกระบวนการไนทริฟิเคชันและสามารถเร่งให้กระบวนการดีไนทริฟิเคชันเกิดขึ้นได้อย่างสมบูรณ์ภายใต้สภาวะที่ต้องควบคุมปริมาณออกซิเจนละลายน้ำให้เหมาะสม นั่นคือ มีความเป็นไปได้ที่จะนำถังปฏิกรณ์ร่วมไนทริฟิเคชัน – ดีไนทริฟิเคชันไปประยุกต์ใช้ในการบำบัดไนโตรเจนจากระบบเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำต่อไป

[1]ภาควิชาวิศวกรรมสิ่งแวดล้อม คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย กรุงเทพฯ 10330

[1]Department of Environmental Engineering, Faculty of Engineering, Chulalongkorn University, Bangkok 10330

[2]ศูนย์พันธุวิศวกรรมและเทคโนโลยีชีวภาพแห่งชาติ เลขที่ 113 ถนนพหลโยธิน อำเภอคลองหลวง จังหวัดปทุมธานี 12120

[2]National Center for Genetic Engineering and Biotechnology, 113 Paholyothin Road, Klong Luang, Pathum Thani 12120

[3]ศูนย์เชี่ยวชาญเฉพาะทางด้านเทคโนโลยีชีวภาพทางทะเล คณะวิทยาศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย กรุงเทพฯ 10330

[3]Center of Excellence for Marine Biotechnology, Faculty of Science, Chulalongkorn University, Bangkok 10330

ABSTRACT

This research investigated the feasibility of nitrogen removal from the recirculating aquaculture systems using a combination of nitrification-denitrification reaction in a single reactor. The biofilter media used for nitrification treatment were a Biocord™ fibrous material and pumice rock while the media for denitrification treatment was pumice rock. The experiment started with the evaluation of nitrification and denitrification rate of each type of biofilters. Thereafter, both types of biofilter were subsequently placed in the same reactor for an evaluation of the nitrogen treatment efficiency. The reactor was a glass aquarium containing 5 cm bottom layer of pumice rock. Treatments were set up by an addition of 1 m of Biocord™ in the reactor containing pumice rock. Methanol supplement at the COD:Nitrate-N ration of 5:1 was applied as the carbon source for denitrifying bacteria. Ammonia and nitrate removal were regularly monitored in the reactor with methanol (treatment) and without methanol addition (control). The results showed that all reactors could remove ammonia completely through nitrification process without nitrite accumulation. Methanol addition did not inhibit nitrification process and could enhance complete denitrification under appropriate controlled dissolved oxygen condition. Thus the combined nitrification – denitrification reactor had a potential for nitrogen treatment application in aquaculture system.

Key Words: Nitrogen treatment, Aquaculture systems, Nitrification, Denitrification

E-mail address: icecreamfruit@hotmail.com

คำนำ

ในปัจจุบันการเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำในประเทศไทยมีการขยายตัวอย่างรวดเร็วเนื่องจากการเพิ่มขึ้นของประชากรและการขยายตัวทางเศรษฐกิจจึงทำให้สามารถนำรายได้เข้าสู่ประเทศได้อย่างต่อเนื่อง โดยเกษตรกรนิยมทำการเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำในระดับความหนาแน่นสูงในบ่อไร้ดินภายในโรงเรือนที่มีระบบการจัดการแบบปิด ซึ่งมีการผนวกกระบวนการบำบัดด้วยวิธีการย่อยสลายทางชีวภาพเข้ากับบ่อเลี้ยงและมีการหมุนเวียนเพื่อนำน้ำกลับมาใช้ใหม่ แต่ปัญหาส่วนใหญ่ของการเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำในรูปแบบดังกล่าวคือ การสะสมของสารประกอบอนินทรีย์ไนโตรเจนในรูปของแอมโมเนีย ไนไทรต์ และไนเทรต (Crab *et al.*, 2007) ซึ่งมีความเป็นพิษต่อสัตว์น้ำในระดับที่แตกต่างกัน ระบบบำบัดทางชีวภาพส่วนใหญ่ที่นำมาใช้เพื่อบำบัดสารประกอบดังกล่าวจึงประกอบด้วย 2 กระบวนการคือ ไนทริฟิเคชันและดีไนทริฟิเคชัน ซึ่งนิยมทำการบำบัดโดยใช้ตัวกรองชีวภาพ (Gutierrez –Wing and Malone, 2006) และมักเป็นระบบบำบัดแบบแยกส่วน กล่าวคือ บำบัดแอมโมเนียด้วยกระบวนการไนทริฟิเคชันในถังบำบัดแรกและบำบัดไนเทรตต่อด้วยกระบวนการดีไนทริฟิเคชันในถังบำบัดที่สอง ซึ่งรูปแบบดังกล่าวสามารถควบคุมคุณภาพน้ำภายในบ่อเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำได้ดี แต่มีข้อเสียคือ ต้องสิ้นเปลืองพลังงานในการเคลื่อนมวลน้ำด้วยเครื่องสูบน้ำไปยังส่วนบำบัดต่างๆ รวมทั้งต้องใช้พื้นที่ในการติดตั้งบ่อบำบัดมากอีกด้วย

งานวิจัยนี้จึงมีความสนใจที่จะลดปัญหาดังกล่าว โดยศึกษาความเป็นไปได้ของการนำถังบำบัดที่มีการเกิดปฏิกิริยาร่วมกันระหว่างกระบวนการไนทริฟิเคชันและดีไนทริฟิเคชันภายในถังปฏิกรณ์เดียวมาใช้ในการบำบัดน้ำเสียจากระบบเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำ และศึกษาอัตราการบำบัดไนทริฟิเคชันและดีไนทริฟิเคชันของวัสดุตัวกรอง 2 ชนิดคือ เส้นใยไบโอคอร์ตและหินพัมมิสบด เพื่อให้ได้ตัวกรองชีวภาพที่เหมาะสมที่จะใช้บรรจุในถังปฏิกรณ์ร่วมไนทริฟิเคชัน – ดีไนทริฟิเคชันสำหรับระบบการเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำแบบปิดต่อไป

อุปกรณ์และวิธีการ

การเตรียมสภาพและประเมินประสิทธิภาพตัวกรองชีวภาพไนทริฟิเคชัน

ทำการบ่มวัสดุตัวกลาง 2 ชนิด ได้แก่ เส้นใยไบโอคอร์ต (Biocord™) และหินพัมมิสบด โดยเส้นใยไบโอคอร์ตมีลักษณะเป็นมัดเส้นใยสีขาว ผลิตจากเส้นใยสังเคราะห์ Polypropylene มีพื้นที่ผิวเท่ากับ 2.8 ตร.ม./ม. คุณสมบัติคือมีพื้นที่สำหรับแบคทีเรียยึดเกาะมาก ทนทาน และง่ายต่อการทำความสะอาด ส่วนหินพัมมิสบดที่ใช้มีขนาด 1-3 มม. คุณสมบัติคือ มีรูพรุนจำนวนมากจึงทำให้เป็นที่อยู่ของแบคทีเรียที่ช่วยในการย่อยสลายของเสียในน้ำ นำวัสดุตัวกลางวางในถังพลาสติกที่บรรจุน้ำจืดปริมาตร 100 ล. เติมแอมโมเนียมคลอไรด์ 15 มก.ไนโตรเจน/ล. และอาหารกุ้งบดละเอียดที่มีปริมาณโปรตีนร้อยละ 40 ลงไปจนมีความเข้มข้นเท่ากับ 1.5 มก.ไนโตรเจน/ล. เพื่อเป็นแหล่งสารอาหารและวิตามินสำหรับแบคทีเรีย (Sesuk *et al*., 2009) เติมอากาศตลอดเวลาเพื่อควบคุมปริมาณออกซิเจนละลายน้ำให้มากกว่า 4 มก./ล. และควบคุมค่าสภาพด่างให้อยู่ในช่วง 100 - 150 มก.แคลเซียมคาร์บอเนต/ล. ทำการบ่มเชื้อเป็นเวลาอย่างน้อย 45 วัน และทำการวัดปริมาณแอมโมเนีย ไนไทรต์ และไนเทรตทุกวัน จากนั้นนำตัวกรองชีวภาพไบโอคอร์ตและหินพัมมิสบดที่ผ่านการเตรียมสภาพแล้วมาประเมินอัตราการบำบัดไนทริฟิเคชันในขวดพลาสติก (ทำการทดลอง 3 ซ้ำ) โดยไบโอคอร์ตตัดให้มีความยาวประมาณ 10 ซม.ต่อขวด ส่วนหินพัมมิสบดบรรจุให้มีความหนาประมาณ 2 ซม.ต่อขวด จากนั้นเติมน้ำปริมาตร 1.5 ล. ที่มีความเข้มข้นของแอมโมเนียมคลอไรด์ 1 มก.ไนโตรเจน/ล. และเติมอากาศด้วยหัวทรายพ่นอากาศตลอดเวลา ทำการเก็บน้ำตัวอย่างทุกชั่วโมงจนแอมโมเนียเกิดการบำบัดหมด

การศึกษาอัตราการบำบัดไนทริฟิเคชันของไบโอคอร์ตและหินพัมมิสบด

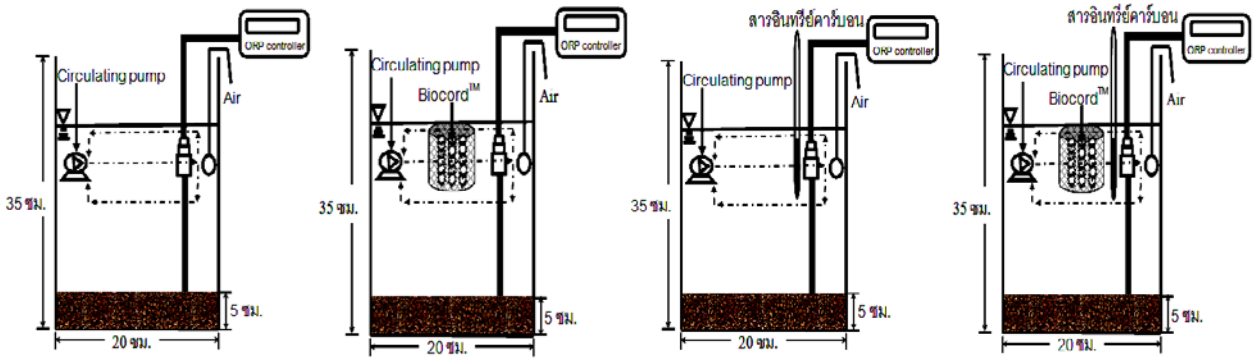
เดินระบบการทดลองแบบแบทช์ควบคู่กัน 3 ชุดการทดลอง (ชุดการทดลองละ 3 ซ้ำ) ได้แก่ ชุดควบคุมที่ไม่บรรจุตัวกรองชีวภาพ ชุดทดลองที่บรรจุตัวกรองชีวภาพไบโอคอร์ต และชุดทดลองที่บรรจุหินพัมมิสบด ทำการบรรจุตัวกรองชีวภาพที่ผ่านการปรับสภาพและตรวจวัดอัตราการบำบัดไนทริฟิเคชันแล้วใส่ลงในถังปฏิกรณ์ที่ทำจากกระจกใสทรงสี่เหลี่ยมขนาด 20×20×35 ซม. โดยไบโอคอร์ตตัดให้มีความยาวประมาณ 30 ซม. บรรจุและผูกกับลวดอะลูมิเนียมเพื่อถ่วงให้จมอยู่ใต้ผิวน้ำ ส่วนหินพัมมิสบดบรรจุให้เป็นชั้นที่มีความหนา 5 ซม. เติมน้ำเสียสังเคราะห์ที่เตรียมจากแอมโมเนียมคลอไรด์มีความเข้มข้นของแอมโมเนีย 1 มก.ไนโตรเจน/ล. ปริมาตร 5 ล. และทำการเติมอากาศในถังปฏิกรณ์ทุกถังด้วยหัวทรายพ่นอากาศตลอดเวลา เก็บน้ำตัวอย่างจากถังปฏิกรณ์เพื่อตรวจวัดอัตราการบำบัดไนทริฟิเคชันโดยคำนวณอัตราการลดลงของแอมโมเนียด้วยสมการไคเนติกส์ของมิเคลลิส-เมนเทน (Michaelis-Menten) และวิเคราะห์ควบคู่กับการเปลี่ยนแปลงค่าพารามิเตอร์ต่างๆ ทางคุณภาพน้ำ ได้แก่ แอมโมเนีย ไนไทรต์ ไนเทรต อุณหภูมิ ปริมาณออกซิเจนละลายน้ำ พีเอช และค่าสภาพด่างของน้ำด้วยวิธีมาตรฐาน (APHA, 2005)

การศึกษาอัตราการบำบัดดีไนทริฟิเคชันของหินพัมมิสบด

เดินระบบการทดลองแบบแบทช์ควบคู่กันระหว่างชุดควบคุมที่ไม่มีวัสดุตัวกลางและชุดทดลองที่บรรจุหินพัมมิสบด (ชุดการทดลองละ 3 ซ้ำ) โดยบรรจุหินพัมมิสบดเป็นชั้นหนา 5 ซม. เติมน้ำเสียสังเคราะห์ที่มีความเข้มข้นของไนเทรต 100 มก.ไนโตรเจน/ล. ในรูปของโพแทสเซียมไนเทรต ปริมาตร 8 ล. ลงในถังปฏิกรณ์ และเติมเมทานอลเป็นสารอินทรีย์คาร์บอนลงในชั้นน้ำเพื่อเร่งอัตราดีไนทริฟิเคชันที่อัตราส่วนซีโอดีต่อไนเทรตไนโตรเจนเท่ากับ 5:1 และ 6:1 ทำการเติมอากาศในชั้นน้ำด้วยหัวทรายพ่นอากาศ ส่วนที่บริเวณด้านบนของถังปฏิกรณ์มีการติดตั้งปั๊มน้ำขนาดเล็กเพื่อช่วยควบคุมให้น้ำในถังเกิดการไหลวนตลอดเวลา ทำการติดตั้งชุดอุปกรณ์เพื่อวัดค่าศักย์ออกซิเดชัน – รีดักชัน (โออาร์พี) ด้วยการจุ่มหัววัดลงในชั้นน้ำและในชั้นหินลึก 2.5 ซม.ทุกวัน (ชลธิชา, 2553) เก็บน้ำตัวอย่างจากถังปฏิกรณ์ทุกวันเพื่อตรวจวัดอัตราการบำบัดดีไนทริฟิเคชันและการเปลี่ยนแปลงค่าพารามิเตอร์ต่างๆ ทางคุณภาพน้ำด้วยวิธีมาตรฐาน (APHA, 2005)

ประสิทธิภาพการบำบัดสารประกอบอนินทรีย์ไนโตรเจนของตัวกรองชีวภาพไนทริฟิเคชันและดีไนทริฟิเคชันในถังปฏิกรณ์เดียว

บรรจุตัวกรองชีวภาพไบโอคอร์ตและหินพัมมิสบดลงในถังปฏิกรณ์เดียวกันด้วยสภาวะและพื้นที่ผิวของตัวกรองชีวภาพที่เหมาะสมซึ่งคำนวณได้จากการทดลองที่ผ่านมา โดยถังปฏิกรณ์ทำจากกระจกใสทรงสี่เหลี่ยมขนาด 20×20×35 ซม. มีปริมาตรรวม 14 ล. และพื้นที่ถัง 0.04 ตร.ม.บรรจุหินพัมมิสบดให้มีความหนา 5 ซม. อยู่ที่พื้นก้นถัง ส่วนไบโอคอร์ตตัดให้มีความยาวที่เหมาะสมต่อถังคือ 1 ม. โดยบรรจุและผูกกับลวดอะลูมิเนียมเพื่อถ่วงให้จมอยู่ใกล้ผิวน้ำ จากนั้นเติมน้ำเสียสังเคราะห์ที่มีแอมโมเนียเข้มข้น 20 มก.ไนโตรเจน/ล. ในรูปของแอมโมเนียมคลอไรด์ ปริมาตร 8 ล. ลงในถังปฏิกรณ์ เปรียบเทียบการบำบัดไนทริฟิเคชันและดีไนทริฟิเคชันของตัวกรองชีวภาพระหว่างสภาวะที่ทำการเติมและไม่เติมเมทานอลลงในชั้นน้ำเสียสังเคราะห์ด้วยอัตราส่วนซีโอดีต่อไนเทรตไนโตรเจนเท่ากับ 5:1 เดินระบบการทดลองแบบแบทช์ โดยแบ่งการทดลองออกเป็น 4 ชุด (ชุดการทดลองละ 3 ถัง) ได้แก่ ชุดควบคุม-1 (ไม่เติมเมทานอล บรรจุหินพัมมิสบด) ชุดทดลอง-1 (ไม่เติมเมทานอล บรรจุไบโอคอร์ตและหินพัมมิสบด) ชุดควบคุม-2 (เติมเมทานอล บรรจุหินพัมมิสบด) และชุดทดลอง-2 (เติมเมทานอล บรรจุไบโอคอร์ตและหินพัมมิสบด) ดังใน Figure 1 ทำการตรวจวัดอัตราการบำบัดแอมโมเนียและไนเทรต (มก.-ไนโตรเจน/ล./วัน) และการเปลี่ยนแปลงของสารประกอบอนินทรีย์ไนโตรเจนตลอดจนพารามิเตอร์ต่างๆ ทางคุณภาพน้ำทุกวัน



ชุดควบคุม-1 ชุดทดลอง-1 ชุดควบคุม-2 ชุดทดลอง-2

Figure 1 Instrumental set-up for the 4 experiments of combined nitrification – denitrification reactor

ผลและวิจารณ์ผลการทดลอง

ประสิทธิภาพตัวกรองชีวภาพไนทริฟิเคชัน

Figure 2 แสดงการเปลี่ยนแปลงของสารประกอบอนินทรีย์ไนโตรเจนในถังบ่มตัวกรองชีวภาพไบโอคอร์ตและหินพัมมิสในช่วงระยะเวลา 45 วัน โดยพบว่าในช่วงสามสัปดาห์แรกแอมโมเนียจะมีค่าลดลงและมีไนไทรต์เกิดขึ้นในปริมาณมาก จากนั้นตัวกรองชีวภาพสามารถบำบัดแอมโมเนียได้จนหมดโดยไม่มีการสะสมของไนไทรต์และมีไนเทรตเกิดขึ้น นั่นคือตัวกรองชีวภาพสามารถเกิดกระบวนการไนทริฟิเคชันได้อย่างสมบูรณ์ ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยของเอกชัย (2551); ทยากร (2552); Sesuk *et al*. (2009) และเมื่อประเมินประสิทธิภาพไนทริฟิเคชันของตัวกรองชีวภาพไบโอคอร์ตและหินพัมมิสบดที่ผ่านการเตรียมสภาพแล้วเป็นเวลา 45 วัน พบว่าสามารถบำบัดแอมโมเนียความเข้มข้นเริ่มต้น 1 มก.ไนโตรเจน/ล. ได้หมดภายใน 7 และ 5 ชม.ตามลำดับ โดยมีอัตราการบำบัดแอมโมเนียสูงสุดอยู่เท่ากับ 53.6 และ 52.1 ก.ไนโตรเจน/ลบ.ม./วัน ตามลำดับ

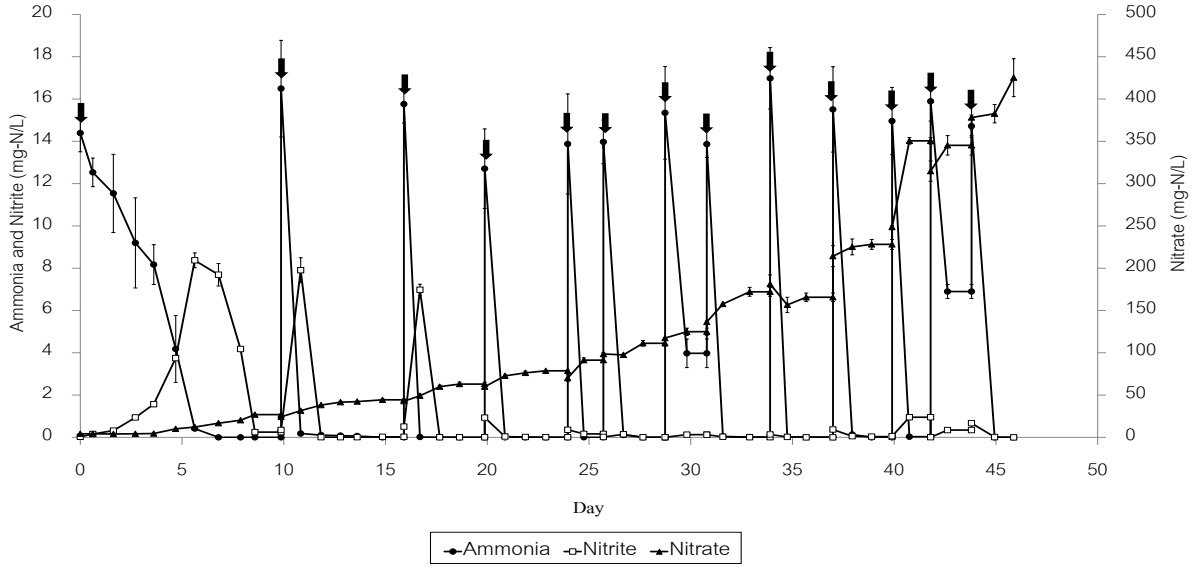


Figure 2 Concentration of ammonia, nitrite and nitrate during the acclimation of fibrous Biocord™ biofilter and pumice rock with ammonium chloride and shrimp diet (⬇ indicate ammonium chloride and shrimp diet addition at 15 mg-N/L and 1.5 mg-N/L, respectively)

อัตราการบำบัดไนทริฟิเคชันของไบโอคอร์ตและหินพัมมิสบด

จากการศึกษาอัตราการบำบัดไนทริฟิเคชันของวัสดุตัวกรองชีวภาพ พบว่าหินพัมมิสมีอัตราการบำบัดแอมโมเนียสูงกว่าไบโอคอร์ตในขณะที่ชุดควบคุมที่ไม่บรรจุวัสดุตัวกลางไม่เกิดการบำบัดแอมโมเนีย โดยหินพัมมิสสามารถบำบัดแอมโมเนีย 1 มก.ไนโตรเจน/ล. ได้หมดภายใน 2-7 ชม. ส่วนไบโอคอร์ตต้องใช้เวลาในการบำบัดถึง 10 - 16 ชม.ซึ่งคิดเป็นอัตราการบำบัดแอมโมเนียเฉลี่ยสูงสุด 640 ± 386 และ 42.4 ± 0.8 ก.ไนโตรเจน/ลบ.ม./วัน หรือคิดเป็น 32.0±19.3 ก.ไนโตรเจน/ตร.ม.(พื้นที่ก้นถัง)/วัน และ 0.024 ก.ไนโตรเจน/ตร.ม./วัน ตามลำดับ โดยอัตราการบำบัดของไบโอคอร์ตมีค่าที่ใกล้เคียงกับการทดลองของ Sesuk *et al.* (2009) คือ 0.024 ก.ไนโตรเจน/ตร.ม./วัน และการที่ตัวกรองชีวภาพทั้ง 2 ชนิดนี้มีอัตราการบำบัดที่แตกต่างกันนั้นขึ้นอยู่กับทั้งพื้นที่ผิวของวัสดุตัวกลาง ชนิดของวัสดุตัวกลาง ปริมาณแบคทีเรียที่ยึดเกาะ และระยะเวลาในการบ่มเชื้อ

อัตราการบำบัดดีไนทริฟิเคชันของหินพัมมิสบด

อัตราการบำบัดดีไนทริฟิเคชันของหินพัมมิสบดหลังการบ่มเชื้อเป็นเวลาประมาณ 27 วัน พบว่า ชุดควบคุมที่ไม่มีวัสดุตัวกลางไม่เกิดการบำบัดไนเทรต ส่วนชุดทดลองที่บรรจุวัสดุตัวกลางเกิดการบำบัดไนเทรต โดยอัตราส่วนซีโอดีต่อไนเทรตไนโตรเจนเท่ากับ 5:1 และ 6:1 มีอัตราการบำบัดที่ใกล้เคียงกันและทั้งสองอัตราส่วนนี้เมื่อวิเคราะห์ค่าซีโอดีแล้วพบว่ามีเมทานอลเหลือประมาณ 7 มก.ซีโอดี/ล. ซึ่งเป็นปริมาณที่น้อยมาก สอดคล้องกับการทดลองของชลธิชา (2553) โดยมีอัตราการบำบัดสูงสุดเฉลี่ย 159.8±9.0 และ 179.9±12.9 ก.ไนโตรเจน/ลบ.ม./วัน หรือคิดเป็น 7.99±0.45 และ 8.99±0.64 ก.ไนโตรเจน/ตร.ม.(พื้นที่ก้นถัง)/วัน ตามลำดับ และในการทดลองช่วงต่อไปจะใช้อัตราส่วนซีโอดีต่อไนเทรตไนโตรเจนเท่ากับ 5:1 เนื่องจากใช้เมทานอลในปริมาณน้อยกว่า และเมื่อเมทานอลหมดหรือเหลือในปริมาณที่น้อยมากจะตรวจพบไนเทรตประมาณ 27.65 ± 3.26 มก. ไนโตรเจน/ล. ซึ่งเป็นความเข้มข้นที่ต่ำกว่าค่าที่ก่อให้ความเป็นพิษต่อสัตว์น้ำคือ 50 มก.ไนโตรเจน/ล. (ชลธิชา, 2553)

ประสิทธิภาพของระบบร่วมตัวกรองชีวภาพไนทริฟิเคชันและดีไนทริฟิเคชันในการบำบัดไนโตรเจนภายในถังปฏิกรณ์เดียว

ผลการบำบัดไนทริฟิเคชันและดีไนทริฟิเคชันของถังปฏิกรณ์ที่บรรจุทั้งตัวกรองชีวภาพเส้นใยไบโอคอร์ตและหินพัมมิสในถังปฏิกรณ์เดียว ภายหลังทำการบ่มเชื้อดีไนทริฟิเคชันประมาณ 24 วัน แสดงดัง Figure 3 พบว่า กระบวนการไนทริฟิเคชันเกิดขึ้นในทุกชุดการทดลองโดยพบการลดลงของแอมโมเนียและการเพิ่มขึ้นของไนไทรต์เป็นระยะเวลาสั้นๆ ก่อนที่ทั้งแอมโมเนียและไนไทรต์จะถูกบำบัดไปเป็นไนเทรตทั้งหมด ในขณะที่การเติมเมทานอลไม่มีผลยับยั้งปฏิกิริยาไนทริฟิเคชันโดยจะพบอัตราการลดลงของแอมโมเนียในทุกชุดการทดลองในระดับที่ใกล้เคียงกันทั้งหมด ซึ่งการเติมเมทานอลลงในถังทดลองในช่วงแรกไม่เพียงพอที่จะกระตุ้นให้เกิดปฏิกิริยาดีไนทริฟิเคชันได้อย่างสมบูรณ์โดยยังพบปริมาณไนเทรตสะสมอยู่ในน้ำมาก แม้จะมีการเติมเมทานอลเพิ่มเติมในวันที่ 32 และ 38 ของการทดลองแล้วก็ตาม แต่เมื่อทำการปรับระบบการทดลองโดยปิดฝาถังปฏิกรณ์ด้วยพลาสติกเพื่อควบคุมปริมาณออกซิเจนละลายน้ำให้มีค่าต่ำกว่า 2.0 มก./ล. และลดการไหลเวียนของน้ำในถังให้น้อยที่สุดเพื่อให้ปฏิกิริยาดีไนทริฟิเคชันเกิดได้ดีที่สุด พบว่าภายหลังการเติมเมทานอลในวันที่ 43 ปริมาณไนเทรตในน้ำลดลงอย่างชัดเจน

ผลการวิเคราะห์ปริมาณซีโอดีในน้ำหลังการบำบัดพบว่ามีค่าต่ำมาก แสดงว่าเมทานอลที่เติมลงไปได้ถูกแบคทีเรียนำไปใช้หมด ในขณะที่การตรวจวัดพารามิเตอร์ทางคุณภาพน้ำอื่นๆ พบว่า อุณหภูมิมีค่าอยู่ในช่วง 26.7 – 31.9 °ซ พีเอชอยู่ระหว่าง 7.02 – 7.85 ค่าศักย์ออกซิเดชัน – รีดักชันที่บริเวณลึกลงไปในชั้นหินที่ 2.5 ซม. อยู่ระหว่าง -233.2 ถึง 258.2 มิลลิโวลต์ ปริมาณออกซิเจนละลายน้ำมีค่า 0.1 – 6.3 มก./ล. โดยค่าศักย์ออกซิเดชัน-รีดักชันและค่าออกซิเจนละลายน้ำจะมีค่าต่ำเมื่อมีเมทานอลคงเหลืออยู่ในระบบมากและจะสูงขึ้นเมื่อเมทานอลหมดลง นอกจากนี้ผลการทดลองยังชี้ให้เห็นว่า ตัวกรองชีวภาพไบโอคอร์ตที่ใส่ลงในถังบำบัดอาจไม่มีความจำเป็นเนื่องจากถังชุดควบคุมที่บรรจุหินพัมมิสเพียงอย่างเดียวก็สามารถบำบัดแอมโมเนียให้หมดลงได้ และเมื่อทดสอบอัตราการบำบัดแอมโมเนียของหินพัมมิสจะพบว่ามีค่าสูงกว่าไบโอคอร์ตมาก ดังนั้นจึงอาจกล่าวได้ว่าถังปฏิกรณ์ร่วมไนทริฟิเคชัน – ดีไนทริฟิเคชันมีความเป็นไปได้ที่จะนำมาใช้ในการบำบัดไนโตรเจนได้อย่างสมบูรณ์แต่ต้องทำการควบคุมค่าออกซิเจนละลายน้ำภายในถังปฏิกรณ์ให้มีความเหมาะสม

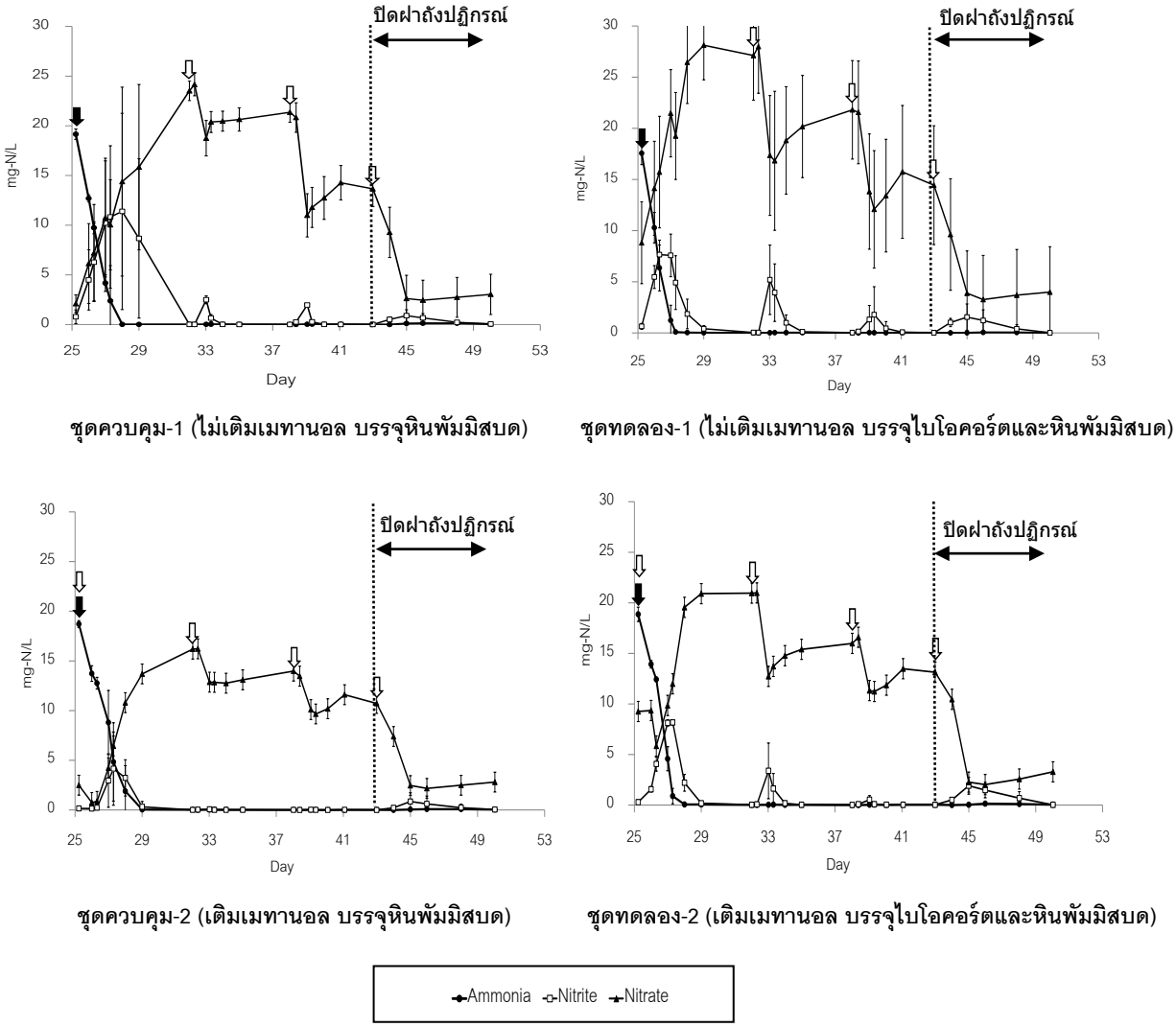


Figure 3 The concentration profile of inorganic nitrogen of the 4 treatments (⬇ indicate NH_4Cl addition, ⇩ indicate methanol addition with COD:nitrate-N ratio of 5:1)

สรุป

ผลการศึกษาแสดงให้เห็นว่ามีความเป็นไปได้ที่จะบำบัดไนโตรเจนในน้ำเสียจากระบบเลี้ยงสัตว์น้ำด้วยถังปฏิกรณ์ร่วมไนทริฟิเคชัน-ดีไนทริฟิเคชัน ซึ่งเป็นถังที่บรรจุหินพัมมิสที่บริเวณก้นถังและมีการหมุนเวียนน้ำด้วยปั๊มน้ำขนาดเล็ก โดยในช่วงแรกจะต้องให้ออกซิเจนละลายน้ำมีค่ามากกว่า 2 มก./ล. เพื่อให้เกิดปฏิกิริยาไนทริฟิเคชันได้ดี จากนั้นทำการเติมเมทานอลเป็นแหล่งคาร์บอนที่อัตราส่วนซีโอดี:ไนเทรตไนโตรเจนเท่ากับ 5:1 และทำการควบคุมปริมาณออกซิเจนละลายน้ำให้มีค่าต่ำกว่า 2.0 มก./ล. เพื่อทำให้ปฏิกิริยาดีไนทริฟิเคชันเกิดได้ดี การเพิ่มตัวกรองชีวภาพชนิดเส้นใย (ไบโอคอร์ต) ลงในถังบำบัดพบว่าไม่มีความจำเป็นเนื่องจากถังบำบัดที่บรรจุหินพัมมิสเพียงอย่างเดียวก็สามารถบำบัดแอมโมเนียให้เปลี่ยนเป็นไนเทรตได้ และไนเทรตจะถูกบำบัดไปหลังจากการเติมเมทานอล อย่างไรก็ตามสภาวะของการบำบัดที่ต้องการให้เกิดปฏิกิริยาร่วมทั้งสองรูปแบบในถังเดียวยังต้องมีการพัฒนาและทำการศึกษาเพิ่มเติมโดยเฉพาะอย่างยิ่งปัจจัยทางด้านปริมาณออกซิเจนละลายน้ำซึ่งจะต้องควบคุมให้อยู่ในช่วงที่เหมาะสมเพื่อให้เชื้อแบคทีเรียไนทริไฟเออร์ในชั้นน้ำและแบคทีเรีย

ดีไนทริฟายเออร์ที่เติบโตอยู่ในพื้นหินพัมมิสที่ก้นถังทำงานร่วมกันได้ดี ซึ่งจะทำให้อัตราการบำบัดทั้งแอมโมเนียและไนเทรตเกิดขึ้นได้อย่างพร้อมกันหรือใกล้เคียงกันที่สุด โดยอัตราการบำบัดที่มากหรือน้อยจะขึ้นอยู่กับหลายปัจจัย ได้แก่ ระยะเวลาในการบ่มเชื้อ ปริมาณเชื้อที่มายึดกับพื้นผิวของวัสดุ พื้นที่ผิวของวัสดุ และสภาวะต่างๆ ในการเดินระบบ

กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบคุณศูนย์เชี่ยวชาญเฉพาะทางด้านเทคโนโลยีชีวภาพทางทะเล คณะวิทยาศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัยที่ให้ความอนุเคราะห์สถานที่ทำงานวิจัย และเอื้อเฟื้อเครื่องมือ อุปกรณ์ สารเคมี และตลอดจนให้คำแนะนำในการวิเคราะห์ทางวิทยาศาสตร์ด้านต่างๆ ขอขอบคุณทุนการวิจัยบางส่วนจากบัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย ทุนอุดหนุนการวิจัยประเภทบัณฑิตศึกษาจากสำนักงานคณะกรรมการวิจัยแห่งชาติ (วช.) และทุนสนับสนุนเพิ่มเติมจากโครงการพัฒนามหาวิทยาลัยวิจัยแห่งชาติ (รหัสโครงการ FW1017A)

เอกสารอ้างอิง

ชลธิชา พลายชุม. 2553. **การบำบัดไนเทรตในระบบเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำด้วยถังดีไนทริฟิเคชัน**. วิทยานิพนธ์ปริญญามหาบัณฑิต, จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

ทยากร สุวรรณรัตน์. 2552. **การพัฒนาระบบเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำแบบปิดความหนาแน่นสูงโดยผสมผสานตัวกรองชีวภาพไนตริฟิเคชันและดีไนตริฟิเคชัน**. วิทยานิพนธ์ปริญญามหาบัณฑิต, จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

เอกชัย มาลาพล. 2551. **การบำบัดไนโตรเจนในบ่อเลี้ยงกุ้งแบบบ่อไร้ดินกลางแจ้งโดยตัวกรองชีวภาพไนตริฟิเคชัน**. วิทยานิพนธ์ปริญญามหาบัณฑิต, จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

APHA, AWWA and WEF. 2005. **Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater**. 21st ed. American Public Health Association, Washington DC.

Crab, R., Y. Avnimelech, T. Defoirdt, P. Bossier and W. Verstraete. 2007. Nitrogen removal techniques in aquaculture for a sustainable production. **Aquaculture** 270: 1 - 14.

Gutierrez - Wing, M. T. and R. F. Malone. 2006. Biological filters in aquaculture: Trends and research directions for freshwater and marine applications. **Aquacultural Engineering** 34: 163 - 171.

Sesuk, T., S. Powtongsook and K. Nootong. 2009. Inorganic nitrogen control in a novel zero - water exchanged aquaculture system integrated with airlift - submerged fibrous nitrifying biofilters. **Bioresource Technoloy** 100: 2088 - 2094.