อัตราการบำบัดแอมโมเนียของไบโอฟล็อกที่สร้างจากกลุ่มจุลินทรีย์น้ำเค็ม

Ammonia removal rate of biofloc produced from marine microorganisms

มะลิวัลย์ คุตะโค[1*], อิทธิพล บางเพชร[1], ภควรรค เศรษฐมงคล[1], นิสาชล เทศศรี[2], ปวีณา ตปนียวรวงศ์[3,4] และ สรวิศ เผ่าทองศุข[3,4]

Maliwan Kutako[1*], Itiphol bangpet[1], Pakawan Setthamongkol[1], Nisachon Tedsree[2], Paveena Tapaneeyaworawong[3,4] and Sorawit Powtongsook[3,4]

บทคัดย่อ: ไบโอฟล็อกเป็นกลุ่มตะกอนจุลินทรีย์ที่มีบทบาทในการบำบัดไนโตรเจนในบ่อเลี้ยงสัตว์น้ำ งานวิจัยนี้ได้ทดลองสร้างไบโอฟล็อกจากจุลินทรีย์ธรรมชาติโดยการเติมสารอินทรีย์คาร์บอน นอกจากนี้ยังได้ทดลองสร้างไบโอฟล็อกโดยการผสมกับสาหร่ายสีเขียวแกมน้ำเงิน *Spirulina* ในการทดลองมีการเติมคาร์บอนและไนโตรเจนสัดส่วน 16:1 เป็นประจำทุกวัน นาน 42 วัน พบว่าไบโอฟล็อกทั้ง 2 ชนิด มีขนาดและชนิดของจุลินทรีย์ที่เป็นองค์ประกอบคล้ายคลึงกัน และระหว่างการบ่มไบโอฟล็อกพบว่ามีการบำบัดแอมโมเนียด้วยกระบวนไนโตรเจนแอสซิมิเลชัน จากนั้นได้ทดลองแปรผันปริมาตรไบโอฟล็อกเป็น 0, 20, 40 และ 80 มล./ล. เพื่อตรวจวัดอัตราการบำบัดแอมโมเนีย พบว่าไบโอฟล็อกที่สร้างจากจุลินทรีย์ในน้ำทะเลธรรมชาติ ปริมาตร 80 มล./ล. มีอัตราการบำบัดแอมโมเนียสูงที่สุด โดยมีค่าเท่ากับ 0.87±0.05 มก.-ไนโตรเจน/ล./วัน หรือ 1.12 มก.-ไนโตรเจน/ก.-ของแข็งแขวนลอยทั้งหมด/วัน ในขณะที่ไบโอฟล็อกที่สร้างจุลินทรีย์ในน้ำทะเลธรรมชาติผสมกับสาหร่าย *Spirulina* มีอัตราการบำบัดแอมโมเนียเท่ากับ 0.71±0.02 มก.-ไนโตรเจน/ล./วัน หรือคิดเป็น 0.49 มก.-ไนโตรเจน/ก.-ของแข็งแขวนลอยทั้งหมด/วัน

คำสำคัญ: ไบโอฟล็อก, จุลินทรีย์น้ำเค็ม, สาหร่าย *Spirulina*, การบำบัดแอมโมเนีย, ไนโตรเจนแอสสิมิเลชัน

ABSTRACT: Biofloc is referred to the natural aggregated microorganisms suspending in the water. Biofloc technology has been applied for the nitrogenous waste treatment in aquaculture pond. In this study, biofloc was induced from natural microorganisms in the water by adding external carbon source. Moreover, alternative biofloc formation using natural marine microorganisms coagulated with the cyanobacteria, *Spirulina,* was also evaluated. Tapioca starch and shrimp feed were daily supplied as carbon and nitrogen sources with the carbon:nitrogen ratio of 16:1 throughout 42 days incubation. It was found that particle size and microorganisms composition were rather similar in both biofloc types. During biofloc incubation, dissolved nitrogenous waste was removed by nitrogen assimilation process. Thereafter, experiment on ammonia treatment was conducted using various bioflocs volume at 0, 20, 40 and 80 mL/L. As the result, the highest natural biofloc density at 80 mL/L provided the highest ammonia removal rate at 0.87±0.05 mg-N/L/day or 1.12 mg-N/g TSS/day while the biofloc induced with *Spirulina* had the ammonia removal rate of 0.71±0.02 mg-N/L/day or 0.49 mg-N/g TSS/day.

Keywords: Biofloc volume, marine microorganisms, *Spirulina*, ammonia treatment, nitrogen assimilation

[1] คณะเทคโนโลยีทางทะเล มหาวิทยาลัยบูรพา วิทยาเขตจันทบุรี
Faculty of Marine Technology, Burapha University Chanthaburi Campus

[2] คณะวิทยาศาสตร์และศิลปศาสตร์ มหาวิทยาลัยบูรพา วิทยาเขตจันทบุรี
Faculty of Science & Arts, Burapha University Chanthaburi Campus

[3] ศูนย์เชี่ยวชาญเฉพาะทางด้านเทคโนโลยีชีวภาพทางทะเล คณะวิทยาศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Center of Excellence for Marine Biotechnology, Faculty of Science, Chulalongkorn University

[4] ศูนย์พันธุวิศวกรรมและเทคโนโลยีชีวภาพแห่งชาติ, กระทรวงวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี
National Center of Genetic Engineering and Biotechnology

* Corresponding author: maliwan@buu.ac.th

บทนำ

ไบโอฟล็อกเป็นตะกอนจุลินทรีย์ที่แขวนลอยอยู่ในมวลน้ำ สามารถนำของเสียไนโตรเจนจากสิ่งแวดล้อมมาใช้ในการสร้างและซ่อมแซมเซลล์ด้วยกระบวนการไนโตรเจนแอสสิมิเลชัน (nitrogen assimilation) และระหว่างที่จุลินทรีย์เจริญเติบโตจะมีการปลดปล่อยโพลีแซคคาไรด์ (polysaccharide) ออกสู่ภายนอกเซลล์และก่อให้เกิดการเกาะกลุ่มกันอย่างหลวมๆ ส่งผลให้ไบโอฟล็อกมีขนาดที่ใหญ่ขึ้น ในการเลี้ยงสัตว์น้ำได้ใช้ไบโอฟล็อกเพื่อประโยชน์ในเชิงของการควบคุมคุณภาพน้ำและเป็นแหล่งโปรตีนทดแทนของสัตว์น้ำ (Avnimelech, 2007) ซึ่งวิธีการกระตุ้นหรือเหนี่ยวนำให้เกิดไบโอฟล็อกจะทำควบคู่ไปพร้อมกับการเลี้ยงสัตว์น้ำโดยเติมสารประกอบอินทรีย์คาร์บอนอย่างสม่ำเสมอ มีการกวนผสมที่ดีและที่สำคัญคือต้องมีปริมาณออกซิเจนอย่างเพียงพอ (Azim and Little, 2008) ทั้งนี้การเติมสารประกอบอินทรีย์คาร์บอนสามารถกระตุ้นให้กลุ่มตะกอนจุลินทรีย์มีการเจริญเติบโตได้ดีและใช้แอมโมเนียเป็นแหล่งไนโตรเจนได้ ไบโอฟล็อกจึงสามารถลดปริมาณแอมโมเนียที่เกิดขึ้นในบ่อเลี้ยงสัตว์น้ำได้ แต่ไบโอฟล็อกอาจทำงานล้มเหลวได้ในกรณีที่จุลินทรีย์เจริญเติบโตมากเกินไปและเมื่อจุลินทรีย์เหล่านี้จะตายลงจะเกิดย่อยสลายตามธรรมชาติ (autolysis) หลังจากนั้นมักพบว่ามีการปลดปล่อยแอมโมเนียคืนสู่มวลน้ำและทำให้ออกซิเจนในน้ำลดลงอย่างรวดเร็ว และส่งผลเสียต่อการเลี้ยงสัตว์น้ำ (Burford and Williams, 2001) ดังนั้นแนวทางการจัดการที่ดีสำหรับเทคโนโลยีไบโอฟล็อกจึงจำเป็นต้องกำจัดมวลชีวภาพส่วนเกินออกไปอย่างรวดเร็ว จากสาเหตุที่กล่าวในข้างต้น งานวิจัยนี้จึงได้มีแนวคิดที่จะนำสาหร่าย *Spirulina* ซึ่งมีขนาดเซลล์ใหญ่มากระตุ้นให้เกิดไบโอฟล็อก ทั้งนี้เซลล์อาจมี ซึ่งลักษณะไบโอฟล็อกที่เกิดขึ้นอาจมีขนาดใหญ่กว่าที่เกิดขึ้นจากจุลินทรีย์ธรรมชาติ และทำให้ควบคุมปริมาณไบโอฟล็อกได้ง่ายขึ้น รวมทั้งสาหร่าย *Spirulina* ยังมีคุณค่าทางโภชนาการสูงจึงอาจส่งผลดีต่อการเจริญเติบโตของสัตว์น้ำอีกด้วยเนื่องจากสัตว์น้ำบางชนิดสามารถกินไบโอฟล็อกเป็นอาหารได้ (Ungsethaphand et al., 2010) นอกจากนี้ ยังได้เปรียบเทียบอัตราการบำบัดแอมโมเนียของไบโอฟล็อกที่ใช้ปริมาตรแตกต่างกันเพื่อทราบถึงปริมาตรไบโอฟล็อกที่เหมาะสมสำหรับใช้บำบัดแอมโมเนียในบ่อเลี้ยงสัตว์น้ำ

วิธีการศึกษา

การสร้างและบ่มเตรียมสภาพไบโอฟล็อกให้พร้อมสำหรับบำบัดแอมโมเนีย

การทดลองนี้ได้วางแผนการทดลองแบบ Completely randomized design (CRD) โดยทำการทดลองในถังที่บรรจุน้ำทะเลธรรมชาติ ปริมาตร 40 ล. เติมคาร์บอนและไนโตรเจนในรูปแป้งมัน 2.85 ก. และอาหารกุ้ง 0.4 ก. คิดเป็นคาร์บอนต่อไนโตรเจนเท่ากับ 16:1 โดยเติมเป็นประจำทุกวัน นาน 42 วัน (Nootong et al., 2011) แบ่งการทดลองเป็น (1) ไบโอฟล็อกที่เกิดจากจุลินทรีย์ธรรมชาติในน้ำทะเล และ (2) ไบโอฟล็อกที่มีการเติมสาหร่าย *Spirulina* (มีน้ำหนัก 0.82±0.01 ก.-เซลล์แห้ง/ล.) ปริมาตร 1 ล. ลงน้ำทะเลเพื่อสร้างไบโอฟล็อกที่มีเซลล์สาหร่าย *Spirulina* ร่วมกับจุลินทรีย์ในน้ำทะเลธรรมชาติ แต่ละชุดการทดลองทำ 3 ซ้ำ วางถังบ่มไบโอฟล็อกในโรงเรือนที่ได้รับแสง เติมอากาศและควบคุมอัลคาไลนิตี (80-120 มล.-$CaCO_3$/ล.) โดยเติมโซเดียมไบคาร์บอเนต ($NaHCO_3$) ตรวจวัดปริมาณแอมโมเนีย ไนไตรต์และไนเตรต (Strickland and Parsons, 1972) เป็นประจำทุกวัน และตรวจลักษณะไบโอฟล็อกภายใต้กล้องจุลทรรศน์ วัดปริมาตรไบโอฟล็อก (Azim and Little, 2008) ปริมาณคลอโรฟิล์ลและของแข็งแขวนลอยทั้งหมด (Strickland and Parsons, 1972) วิเคราะห์ปริมาณอัลคาไลนิตีด้วยชุดทดสอบทางการค้า (PARA Alkalinity Test) และวัดค่าการละลายออกซิเจนด้วย DO meter (รุ่น DO 200, YSI INC) เป็นประจำทุก 7 วัน

ผลของชนิดและปริมาตรไบโอฟล็อกต่อประสิทธิภาพการบำบัดแอมโมเนีย

ในวันที่ 42 ของการทดลอง โดยกรองเก็บไบโอฟล็อกทั้ง 2 ชนิดที่สร้างได้ (ไบโอฟล็อกที่เกิดจากจุลินทรีย์ธรรมชาติในน้ำทะเล และไบโอฟล็อกที่สร้างจากสาหร่าย *Spirulina* ร่วมกับจุลินทรีย์ในน้ำทะเลธรรมชาติ) โดยใช้ผ้ากรอง (รูพรุน 33 ไมครอน) เติมลงถังที่บรรจุน้ำทะเลปริมาตร 4 ล. ที่มีความเค็ม 25 พีเอสยู และอัลคาไลนิตี 120 มก.-$CaCO_3$/ล. วางแผนการทดลองแบบ CRD (2x2 Factorial experiment) และแต่ละชุดการทดลองทำ 3 ซ้ำ โดยทำการแปรผันปริมาตรไบโอฟล็อกที่แตกต่างกัน คือ 20 40 และ 80 มล./ล. จากนั้นเติมแอมโมเนียมคลอไรด์ (NH_4Cl) ให้มีความเข้มข้นเท่ากับ 2 มก.-ไนโตรเจน/ล. เพื่อจำลองสภาวะที่มีของเสียไนโตรเจน จากนั้นวางถังทดลองในสภาวะกลางแจ้งและเติมอากาศตลอดเวลา สุ่มเก็บน้ำตัวอย่างเป็นประจำทุก 3 ชั่วโมง โดยกรองน้ำผ่านกระดาษกรอง GF/C ที่มีขนาดรูพรุน 0.45 ไมครอน แล้วจึงนำไปตรวจวัดปริมาณแอมโมเนีย ไนไตรต์และไนเตรต (Strickland and Parsons, 1972)

นำข้อมูลปริมาณแอมโมเนียมาสร้างกราฟโดยให้แกน X คือ ระยะเวลาการทดลอง (ชั่วโมง) และแกน Y คือ ความเข้มข้นของแอมโมเนีย (มก-ไนโตรเจน/ล.) แล้วสร้างเส้นแนวโน้มการถดถอยแบบเชิงเส้น (Linear regression) ซึ่ง slope คือ อัตราการบำบัดแอมโมเนียของไบโอฟล็อกในหน่วย มก-ไนโตรเจน/ล./ชั่วโมง จากนั้นคำนวณเป็นหน่วย มก-ไนโตรเจน/ล./วัน และ มก.-ไนโตรเจน/ก.-ของแข็งแขวนลอยทั้งหมด/วัน นำผลที่ได้มาหาค่าเฉลี่ยและส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานโดยใช้โปรแกรม Microsoft Excel และวิเคราะห์ความแปรปรวนและเปรียบเทียบความแตกต่างของข้อมูลที่ระดับความเชื่อมั่น 95% ($P<0.05$) ด้วยวิธี Duncan's Multiple Range Test (DMRT) โดยใช้โปรแกรมสำเร็จรูป SPSS (Statistical Package for the Social Sciences, version 11.5)

ผลการศึกษาและวิจารณ์

ผลการสร้างและบ่มเตรียมสภาพไบโอฟล็อกให้พร้อมสำหรับบำบัดแอมโมเนีย

การสร้างไบโอฟล็อกจากจุลินทรีย์ในน้ำทะเลธรรมชาติ และสาหร่าย *Spirulina* ร่วมกับจุลินทรีย์ในน้ำทะเลธรรมชาติ และบ่มนาน 42 วัน พบว่าไบโอฟล็อกที่สร้างได้ทั้งสองชนิด มีจุลินทรีย์อาศัยอยู่ร่วมกันหลายชนิดและมีชนิดเด่นที่คล้ายคลึงกัน แต่ไบโอฟล็อกที่สร้างจากน้ำทะเลผสมกับสาหร่ายยังคงพบ *Spirulina* เป็นองค์ประกอบ โดยไบโอฟล็อกทั้ง2 ชนิดพบแบคทีเรีย แพลงก์ตอนสัตว์ แพลงก์ตอนพืชและเศษซากของสิ่งมีชีวิตที่ตายแล้วเป็นองค์ประกอบหลัก ซึ่งไบโอฟล็อกที่เกิดขึ้นมีขนาดใหญ่กว่า 100 ไมครอน คล้ายกับ Ekasari et al. (2014) รายงานไว้ว่าไบโอฟล็อกมีสาหร่ายที่มีลักษณะเป็นเส้นสายเป็นองค์ประกอบเช่นเดียวกันกับผลการทดลองในครั้งนี้

ในวันที่ 11 ของการบ่มไบโอฟล็อก พบแอมโมเนียสะสมสูงถึง 90.10±14.95 และ 75.60±9.60 มก.-ไนโตรเจน/ล. สำหรับไบโอฟล็อกธรรมชาติและไบโอฟล็อกที่เติมสาหร่าย *Spirulina* ตามลำดับ ทั้งนี้เนื่องจากเกิดกระบวนการแอมโมนิฟิเคชัน (ammonification) ที่จุลินทรีย์ย่อยสลายสารประกอบอินทรีย์ไนโตรเจน โดยเฉพาะโปรตีนที่เป็นองค์ประกอบในอาหารกุ้ง (Burford and Williams, 2001) หลังจากนั้นแอมโมเนียกลับลดลงจนไม่พบแอมโมเนียสะสมในวันที่ 21-42 (**Figure 1(A)**) แสดงว่าจุลินทรีย์นำแอมโมเนียไปใช้ในการเจริญเติบโตและเพิ่มปริมาณมวลชีวภาพด้วยกระบวนการไนโตรเจนแอสสิมิเลชัน (Ebeling et al., 2006) สอดคล้องกับปริมาตรไบโอฟล็อกและของแข็งแขวนลอยทั้งหมดที่มีค่าเพิ่มขึ้นเช่นกัน และในวันที่ 42 ของการทดลอง พบว่าไบโอฟล็อกที่สร้างจากน้ำทะเลมีปริมาตรต่ำกว่าไบโอฟล็อกที่สร้างจากน้ำทะเลผสมกับ *Spirulina* โดยมีค่าของแข็งแขวนลอยทั้งหมดเท่ากับ 507.67±18.61 และ 724.00±143.81 มก./ล. ตามลำดับ และปริมาตรไบโอฟล็อกเท่ากับ 31.67±2.89 และ 35.00±3.00 มล./ล. ตามลำดับ

การสะสมไนไตรต์ที่เกิดขึ้นในวันที่ 23-35 (Figure 1(B)) เนื่องจากแอมโมเนียถูกออกซิไดซ์กลายเป็นไนไตรต์โดยกระบวนการไนตริฟิเคชันจากแอมโมเนียออกซิไดซ์แบคทีเรีย (ammonia oxidizing bacteria) ซึ่งกระบวนการนี้จะเกิดขึ้นภายใต้สภาวะที่มีออกซิเจน โดยในการทดลองนี้มีปริมาณออกซิเจนละลายน้ำอยู่ในช่วง 4.59-7.32 มก.ออกซิเจน/ล. และแบคทีเรียกลุ่มนี้ต้องการแหล่งคาร์บอนในรูปของก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์และไบคาร์บอเนต (Ahn, 2006) ดังนั้นในระหว่างการทดลองจึงได้ควบคุมอัลคาไลนิตีไว้ที่ประมาณ 100 มก.-$CaCO_3$/ล. ซึ่งเพียงพอสำหรับเป็นแหล่งคาร์บอน ทั้งนี้ในช่วงที่พบไนไตรต์สะสม พบว่าถังไบโอฟล็อกที่สร้างจากน้ำทะเลผสมสาหร่ายมีปริมาณคลอโรฟิลล์-เออยู่ในช่วง 1.52-1.91 มก./ลบ.ม. ตามลำดับ ซึ่งสูงกว่าถังที่สร้างไบโอฟล็อกจากจุลินทรีย์ในน้ำทะเล ดังนั้นจึงอาจเป็นไปได้ว่าสาหร่ายมีการนำแอมโมเนียบางส่วนไปใช้ในการเจริญเติบโตหรือเกิดกระบวนการไนโตรเจนแอสสิมิเลชันมากกว่าไบโอฟล็อกที่สร้างจากน้ำทะเลธรรมชาติ ส่งผลให้แอมโมเนียที่จะถูกออกซิไดซ์เป็นไนไตรต์มีปริมาณต่ำกว่า

Figure 1(C) แสดงให้เห็นว่าในการบ่มไบโอฟล็อกพบไนเตรตสะสมในปริมาณต่ำทั้งในถังควบคุมและถังทดลองแม้ว่าจะเป็นช่วงที่แอมโมเนียถูกบำบัดหมดลงแล้ว ทั้งนี้เพราะไบโอฟล็อกสามารถนำไนเตรตไปใช้ในการเจริญเติบโตได้ ดังนั้นบทบาทหลักของไบโอฟล็อกที่สร้างได้จึงเป็นการบำบัดแอมโมเนียและไนเตรตด้วยกระบวนการไนโตรเจนแอสสิมิเลชัน แต่ยังมีกระบวนการไนตริฟิเคชันเกิดขึ้นได้ด้วยเพราะพบไนไตรต์สะสม ซึ่งโดยทั่วไปสัดส่วนของคาร์บอนต่อไนโตรเจนที่สูงตั้งแต่ 10:1 ขึ้นไป จะส่งผลให้แอมโมเนียถูกบำบัดด้วยไนโตรเจนแอสสิมิเลชันเป็นกระบวนการหลัก ส่วนในกรณีที่มีสัดส่วนคาร์บอนต่อไนโตรเจนต่ำกลับเป็นกระบวนการไนตริฟิเคชัน (Strauss and Lamberti, 2000; Crab et al., 2012)

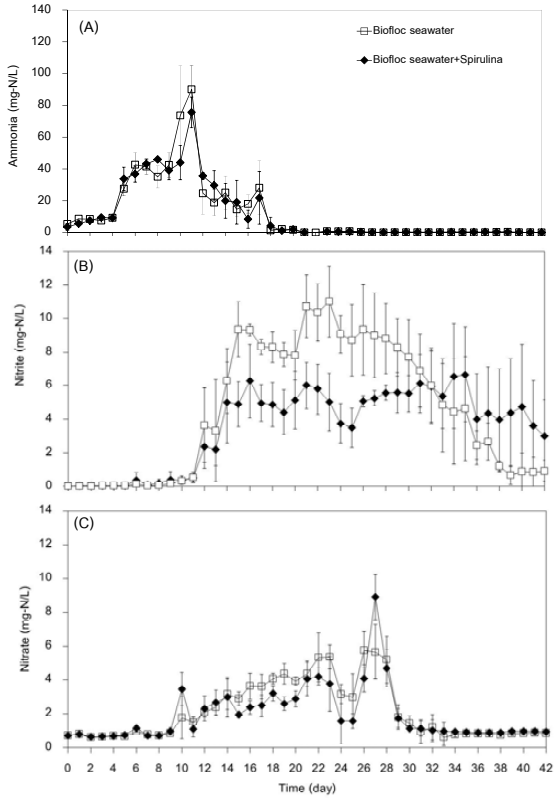
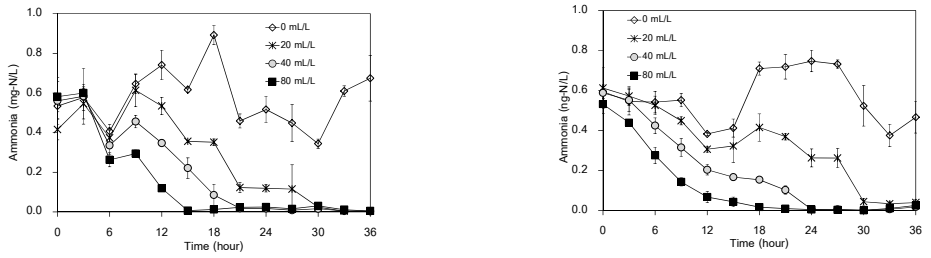


Figure 1 Ammonia (a) nitrite (b) and nitrate (C) in biofloc tank generated with natural seawater and biofloc tank generated with natural seawater and *Spirulina*

ผลของชนิดและปริมาตรไบโอฟล็อกต่อประสิทธิภาพการบำบัดแอมโมเนีย

Figure 2 (A-B) แสดงให้เห็นว่าไบโอฟล็อกทั้ง 2 ชนิด ที่สร้างได้สามารถบำบัดแอมโมเนียได้ และการเพิ่มปริมาตรไบโอฟล็อกจาก 0 เป็น 80 มก./ล. ส่งผลให้มีการบำบัดแอมโมเนียได้เร็วขึ้นอย่างชัดเจน โดยไบโอฟล็อกที่สร้างจากจุลินทรีย์ในน้ำทะเลปริมาตร 80 มล./ล. จะบำบัดแอมโมเนียให้หมดได้ภายในเวลา 15 ชม. ในขณะที่ไบโอฟล็อกที่สร้างจากน้ำทะเลผสมสาหร่าย *Spirulina* จะใช้เวลา 18 ชม. และอัตราการบำบัดแอมโมเนียจะลดลงเมื่อลดปริมาณไบโอฟล็อกลงเหลือ 40 และ 20 มล./ล. ตามลำดับ



(A) (B)

Figure 2 Ammonia removals from biofloc tank with natural seawater (A) and biofloc tank with seawater coagulated with *Spirulina* (B). Biofloc concentrations were varied from 0-80 mL/L.

Figure 3 แสดงแนวโน้มการถดถอยแบบพหุ (Polynomial regression) ของอัตราการบำบัดแอมโมเนียจากการทำงานของไบโอฟล็อกทั้ง 2 ชนิด ที่ใช้ปริมาตรแตกต่างกัน พบว่าการใช้ไบโอฟล็อกทั้ง 2 ชนิด ด้วยปริมาตร 80 มล./ล. มีอัตราการบำบัดแอมโมเนียสูงกว่าปริมาตร 0, 20 และ 40 มล./ล. อย่างมีนัยสำคัญ ($P<0.05$) และการใช้ไบโอฟล็อกที่สร้างจากจุลินทรีย์ในน้ำทะเล ปริมาตร 80 มล./ล. (ปริมาณของแข็งแขวนลอยเท่ากับ 779.21 มก./ล.) มีอัตราการบำบัดแอมโมเนียสูงที่สุดโดยมีค่าเท่ากับ 0.87±0.05 มก.-ไนโตรเจน/ล./วัน หรือคิดเป็น 1.12 มก.-ไนโตรเจน/ก.-ของแข็งแขวนลอยทั้งหมด/วัน ซึ่งสูงกว่าไบโอฟล็อกที่สร้างจากน้ำทะเลผสมสาหร่าย ปริมาตร 80 มล./ล. (ของแข็งแขวนลอยเท่ากับ 1447.62 มก./ล.) ที่มีอัตราการบำบัด 0.71±0.02 มก.-ไนโตรเจน/ล./วัน หรือคิดเป็น 0.49 มก.-ไนโตรเจน/ก.-ของแข็งแขวนลอยทั้งหมด/วัน ($P<0.05$) อย่างไรก็ตามในการทดลองนี้ได้ควบคุมปริมาตรไบโอฟล็อกไม่เกิน 80 มก./ล. เนื่องจากไบโอฟล็อกที่มากเกินไปอาจส่งผลให้น้ำในถังเกิดการขาดออกซิเจนและอาจส่งผลให้จุลินทรีย์บางส่วนตายและปลดปล่อยแอมโมเนียออกสู่มวลน้ำได้อีกครั้ง (Burford and Williams, 2001; Azim and Little, 2008) และจากแนวโน้มการถดถอยแบบพหุของอัตราการบำบัดแอมโมเนียจากการทำงานของไบโอฟล็อกทั้ง 2 ชนิด พบว่าหากใช้ไบโอฟล็อกด้วยปริมาตรมากกว่า 80 มล./ล. อาจส่งผลให้อัตราการบำบัดแอมโมเนียของไบโอฟล็อกลดลงได้

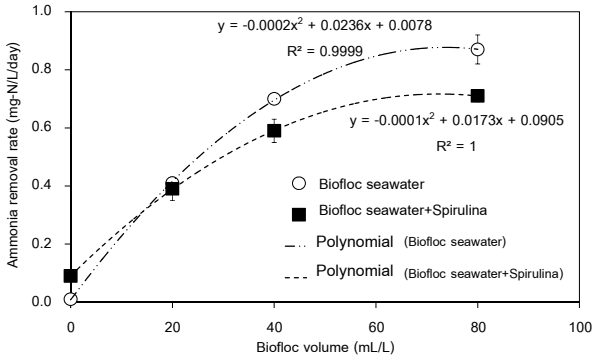


Figure 3 Polynomial regressions between ammonia removal rates and the various biofloc volumes.

สรุป

การสร้างไบโอฟล็อกจากจุลินทรีย์ธรรมชาติในน้ำทะเล และจากน้ำทะเลผสมสาหร่าย *Spirulina* โดยมีเติมคาร์บอนและไนโตรเจนในสัดส่วน 16:1เป็นประจำทุกวัน เป็นเวลา 42 วัน พบว่าไบโอฟล็อกที่เกิดขึ้นมีขนาดและลักษณะชนิดจุลินทรีย์ที่เป็นองค์ประกอบคล้ายคลึงกัน และผลการทดลองแสดงให้เห็นว่าไบโอฟล็อกที่สร้างจากจุลินทรีย์ที่มีอยู่ในน้ำทะเลธรรมชาติมีประสิทธิภาพบำบัดแอมโมเนียได้ดี ดังนั้นในการสร้างไบโอฟล็อกจึงไม่จำเป็นต้องเติมสาหร่าย *Spirulina* โดยระหว่างบ่มไบโอฟล็อกจะเกิดกระบวนการไนโตรเจนแอสซิมิเลชันเป็นกระบวนการหลักในการบำบัดไนโตรเจน และไบโอฟล็อกที่สร้างจากจุลินทรีย์ในน้ำทะเล ปริมาตร 80 มล./ล. มีอัตราการบำบัดแอมโมเนียสูงที่สุดโดยมีค่าเท่ากับ 0.87±0.05 มก.-ไนโตรเจน/ล./วัน หรือ 1.12 มก.-ไนโตรเจน/ก.-ของแข็งแขวนลอยทั้งหมด/วัน

คำขอบคุณ

งานวิจัยนี้ได้รับทุนสนับสนุนจากสำนักบริหารโครงการวิจัยในอุดมศึกษาและพัฒนามหาวิทยาลัยวิจัยแห่งชาติ สำนักงานคณะกรรมการการอุดมศึกษา ปีงบประมาณ พ.ศ. 2554

เอกสารอ้างอิง

Ahn, Y.H. 2006. Sustainable nitrogen elimination biotechnologies: A review. Process Biochemistry. 41(8): 1709-1721.

Avnimelech, Y. 2007. Feeding with microbial flocs by tilapia in minimal discharge bio-flocs technology ponds. Aquaculture. 264(1-4): 140-147.

Azim, M.E., and Little, D.C. 2008. The biofloc technology (BTF) in indoor tank: Water quality, biofloc composition, and growth and welfare of Nile tilapia (*Oreochromis niloticus*). Aquaculture: 283: 29-35.

Burford, M.A., and K.C. Williams. 2001. The fate of nitrogenous waste from shrimp feeding. Aquaculture: 198: 79–93.

Crab, R., T. Defoirdt, P. Bossier, and W. Verstraete. 2012. Biofloc technology in aquaculture: Beneficial effects and future challenges. Aquaculture. 356–357: 351–356.

Ebeling, J.M., M.B. Timmons, and J.J. Bisogni. 2006. Engineering analysis of the stoichiometry of photoautotrophic, autotrophic, and heterotrophic removal of ammonia–nitrogen in aquaculture systems. Aquaculture. 257: 346–358.

Ekasari, J., D. Angela. S.H. Waluyo, T. Bachtiar, E.H. Surawidjaja, P. Bossier, and P. Schryver. 2014. The size of biofloc determines the nutritional composition and the nitrogen recovery by aquaculture animals. Aquaculture. 426–427: 105–111.

Nootong, K., P.Pavasant, and S. Powtongsook. 2011. Effects of organic carbon addition in controlling inorganic nitrogen concentrations in a biofloc system. Journal of the World Aquaculture Society. 42(3): 339–346.

Strauss, E.A., and G.A. Lamberti. 2000. Regulation of nitrification in aquatic sediments by organic carbon. Limnology and Oceanography. 45(8): 1854–1859.

Strickland, J.D., and T.R. Parson. 1972. A practical handbook of seawater analysis. Fishery Research Board of Canada. Otawa. 310 p.

Ungsethaphand, T., Y. Peerapornpisal, N. Whangchai, and U. Sardsud. 2010. Effect of feeding *Spirulina platensis* on growth and carcass composition of hybrid red tilapia (*Oreochromis mossambicus* × *O. niloticus*). Maejo Int. J. Sci. Technol. 4(02): 331-336.