วารสารวิจัย มข. 14 (6) : มิถุนายน 2552

ผลของขนาดฟองอากาศและความเค็มต่อประสิทธิภาพการแยกของแข็งทั้งหมดของเครื่องแยกโฟมสำหรับการเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำ

Effect of Bubble Size and Salinity on Efficiency of Total Solids Separation of Foam Fractionation in Aquaculture

ชลี ไพบูลย์กิจกุล (Chalee Paibulkichakul)[1*]
เอกชัย มาลาพล (Ekachai Malaphol)[2]
เบ็ญจมาศ ไพบูลย์กิจกุล (Benjamas Paibulkichakul)[1]
สรวิศ เผ่าทองศุข (Sorawit Powtongsook)[3]

บทคัดย่อ

การทดลองที่ 1 มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาขนาดฟองอากาศและความเค็มต่อประสิทธิภาพการแยกของแข็งทั้งหมดของเครื่องกรองแบบแยกโฟม โดยออกแบบการทดลองแบบสุ่มตลอดที่มี 4x4 แฟคทอเรียล ซึ่งเปลี่ยนแปลงขนาดฟองอากาศ 4 ระดับ ได้แก่ 0.57, 2.14, 3.65 และ 7.82 มิลลิเมตร และเปลี่ยนแปลงระดับความเค็ม 4 ระดับ ได้แก่ 0, 10, 20 และ 30 ppt ซึ่งผลการศึกษาพบว่า ฟองอากาศขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 2.14 มิลลิเมตร และความเค็ม 30 ppt ทำให้เครื่องกรองแบบแยกโฟม มีประสิทธิภาพในการทำงานสูงที่สุด

จากนั้นนำผลการทดลองที่ 1 มาใช้ในการทดลองที่ 2 โดยเปรียบเทียบการเลี้ยงอาร์ทีเมียระหว่างชุดทดลองที่มีระบบกรองแบบแยกโฟม และไม่มีระบบกรอง ผลการทดลองพบว่า เครื่องกรองแบบแยกโฟม สามารถช่วยลดของแข็งทั้งหมด 22.16%, แอมโมเนีย 19.15%, ไนไตร์ท 16.19%, ไนเตรท 16.75%, อนินทรีย์ไนโตรเจนรวม 19.09% และ ออร์โธฟอสเฟต 14.37% และช่วยเพิ่มอัตราการรอดของอาร์ทีเมีย 66.45%, ความยาวนอเพลียส 30.26% และความยาวอาร์ทีเมีย 5.07% จากผลการทดลองพบว่ามีแนวโน้มที่จะสามารถนำระบบกรองไปประยุกต์ใช้ในการบำบัดน้ำจากการเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำชนิดอื่นต่อไป

Abstract

The first experimental purpose of this work was to study the effect of bubble size and salinity on total solid separated efficiency of a foam fractionator. Completely randomized factorial design was used. Four bubble sizes, 0.57, 2.14, 3.65 and 7.82 mm and 4-water salinity levels, 0, 10, 20 and 30 ppt were applied. Results of the study show that the best bubble size and salinity for total solid separation were 2.14 mm and 30 ppt, respectively.

[1]*ผู้ช่วยศาสตราจารย์ คณะเทคโนโลยีทางทะเล มหาวิทยาลัยบูรพา วิทยาเขตสารสนเทศ จันทบุรี*
[2]*คณะเทคโนโลยีทางทะเล มหาวิทยาลัยบูรพา วิทยาเขตสารสนเทศ จันทบุรี*
[3]*ศูนย์เชี่ยวชาญเฉพาะทางด้านเทคโนโลยีชีวภาพทางทะเล ภาควิชาวิทยาศาสตร์ทางทะเล คณะวิทยาศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย*
[*]*Corresponding author, email: pchalee@buu.ac.th*

The results from the first experiment were applied to the second experiment in artemia culture tanks. The experimental treatment was compared between artemia culture units with and without a foam fractionator. Results illustrate that foam fractionator could decrease 22.16% of total solid, 19.15% ammonia, 16.19% nitrite, 16.75% nitrate, 19.09% total inorganic nitrogen and 14.37% orthophosphate and increase by 66.45% the survival rate, by 30.26% the length of the nauplius and by 5.07% the length of the artemia. The consequences of this study can be used for water treatment in other aquacultural activities.

คำสำคัญ: เครื่องกรองแบบแยกโฟม, การบำบัดคุณภาพน้ำ, การเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำ

Keywords: foam fractionation, water treatment, aquaculture

บทนำ

ในการเลี้ยงสัตว์น้ำของเสียที่เกิดจากการขับถ่ายของสัตว์น้ำและจากอาหารที่เหลือ จะทำให้คุณภาพน้ำเสื่อมลง ถ้าไม่มีการกำจัดอาหารที่เหลือทั้งส่วนที่แขวนลอยและส่วนที่ละลายในน้ำออกจะทำให้อาหารเหล่านี้เกิดการเน่าเสียและสารประกอบโปรตีนในอาหารซึ่งเป็นสารอินทรีย์จะถูกย่อยสลายโดยแบคทีเรียในธรรมชาติเกิดเป็นสารประกอบอนินทรีย์ไนโตรเจนซึ่งละลายน้ำ ได้แก่ แอมโมเนีย ไนไตร์ท และไนเตรท โดยเฉพาะแอมโมเนีย และไนไตร์ท มีความเป็นพิษต่อสัตว์น้ำรุนแรงในปริมาณที่น้อย (Spotte, 1979) ต้องมีการเปลี่ยนถ่ายน้ำเพื่อลดความเข้มข้นของแอมโมเนีย และไนไตร์ทให้อยู่ในระดับที่ไม่เป็นพิษต่อสัตว์น้ำ ทำให้การใช้น้ำไม่คุ้มค่า เสียเวลาและค่าใช้จ่ายในการจัดการมาก สิ้นเปลืองแรงงาน และเสี่ยงต่อการตายและการติดเชื้อโรคภายนอกที่ปนเปื้อนมากับน้ำ

การบำบัดคุณภาพเพื่อการเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำเป็นกระบวนการที่ช่วยยืดอายุการใช้น้ำให้ยาวนานออกไป มีหลายวิธีทั้งด้านกายภาพ เคมี และชีวภาพ สำหรับการบำบัดคุณภาพน้ำโดยใช้ตัวกรองแบบแยกโฟม (foam fractionation หรือ protein skimmer) เป็นระบบกรองที่มุ่งกำจัดสารแขวนลอยที่แขวนลอยอยู่ในน้ำ โดยการใช้แรงตึงผิวของฟองอากาศในการแยกสารแขวนลอยออกจากน้ำ (Spotte, 1979; Weeks et al., 1992; Chen et al., 1994a; Chen et al., 1994b) ซึ่งการแยกสารแขวนลอยออกจากน้ำก่อนที่สารแขวนลอยเหล่านี้จะถูกแบคทีเรียที่มีอยู่ในน้ำธรรมชาติย่อยสลายให้กลายเป็นสารประกอบ อนินทรีย์ไนโตรเจนซึ่งเป็นสารประกอบที่มีความเป็นพิษต่อสัตว์น้ำสูง

การใช้เครื่องกรองแบบแยกโฟมในการกำจัดสารอินทรีย์ที่ละลายน้ำและสารแขวนลอยออกจากน้ำเป็นขั้นตอนในการบำบัดคุณภาพน้ำที่จำเป็น เพราะในการแยกสารอินทรีย์ที่ละลายน้ำและสารแขวนลอยด้วยวิธีอื่น จะต้องรอให้สารอินทรีย์เหล่านี้ถูกย่อยสลายกลายเป็นสารอนินทรีย์จึงสามารถทำการบำบัดได้ ซึ่งการที่ปล่อยให้สารอินทรีย์ที่ละลายน้ำและสารแขวนลอยถูกย่อยสลายในน้ำจะทำให้น้ำมีคุณภาพแย่ลง ถ้าสามารถแยกสารอินทรีย์ที่ละลายน้ำและสารแขวนลอยออกก่อนที่จะมีการย่อยสลายจะเป็นการช่วยทำให้น้ำมีคุณภาพดี และลดภาระในการบำบัดคุณภาพน้ำในขั้นต่อไปได้อย่างมาก ดังนั้นการศึกษาครั้งนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาผลของขนาดฟองอากาศและความเค็มของน้ำต่อความสามารถในการแยกของแข็งทั้งหมดของเครื่องกรองแบบแยกโฟม และศึกษาประสิทธิภาพของเครื่องกรองแบบแยกโฟมสำหรับการใช้เลี้ยงสัตว์น้ำ

อุปกรณ์และวิธีดำเนินการศึกษา

สถานที่ดำเนินการศึกษา ได้แก่ ห้องปฏิบัติการคณะเทคโนโลยีทางทะเล มหาวิทยาลัยบูรพา วิทยาเขตสารสนเทศ จันทบุรี การทดลองประกอบด้วย 2 การทดลอง ได้แก่

การทดลองที่ 1 ผลของขนาดฟองอากาศและความเค็มต่อการแยกของแข็งทั้งหมดของเครื่องกรองแบบแยกโฟม

การศึกษานี้มีการวางแผนการทดลองแบบสุ่มตลอดที่มี 4X4 factorial ทำการเปลี่ยนแปลงขนาดฟองอากาศ 4 ระดับ ได้แก่ 0.57, 2.14, 3.65 และ 7.82 มิลลิเมตร และทำการเปลี่ยนแปลงความเค็มที่ใช้ในการศึกษา 4 ระดับ ได้แก่ 0, 10, 20 และ 30 ppt ทำการทดลอง 2 ซ้ำ จัดชุดทดลองและซ้ำโดยการสุ่ม การวัดขนาดฟองอากาศทำโดยการถ่ายภาพฟองอากาศขณะที่ฟองอากาศเริ่มหลุดจากอุปกรณ์ให้อากาศ และวัดความยาวเส้นผ่าศูนย์กลางของฟองอากาศด้วยโปรแกรมคอมพิวเตอร์ ทำการวัด 8 ซ้ำ เพื่อหาค่าเฉลี่ย

ถังทดลองใช้ถังพลาสติกทรงสูง ก้นเรียบ ขนาดความจุ 40 ลิตร ใส่น้ำจำนวน 35 ลิตร ระหว่างการทดลอง ภายในติดตั้งเครื่องกรองแบบแยกโฟมทำจากท่อพีวีซี 2 ขนาด สวมทับกันโดยท่อภายนอกและภายในมีขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 3 และ 2 นิ้ว ตามลำดับ ความสูง 35 เซนติเมตร ด้านบนติดตั้งกรวยเก็บของเสียที่เครื่องกรองแยกได้ ให้อากาศผ่านด้านล่างของเครื่องกรอง และทำการติดตั้งอุปกรณ์ให้อากาศขนาดต่าง ๆ ตามที่กำหนดไว้ นำอาหารกุ้งบดละเอียดแล้วที่มีระดับโปรตีน 35 เปอร์เซนต์ มาใส่ในถังทดลองจำนวน 200 กรัม เปิดอากาศให้เครื่องกรองแบบแยกโฟมทำงาน ทำการรวบรวมปริมาณของแข็งทั้งหมดที่แยกได้จากเครื่องกรองแบบแยกโฟมทางด้านบนของเครื่อง

การศึกษานี้จะทำการเก็บของแข็งทั้งหมดที่แยกได้จากเครื่องกรองแบบแยกโฟมในแต่ละวัน นำไปอบแห้งเพื่อหาน้ำหนักที่แน่นอนตามวิธีของ AOAC (1990) การวิเคราะห์ข้อมูล ทำการเปรียบเทียบความแตกต่างของปริมาณของแข็งทั้งหมดที่แยกได้จากเครื่องกรองแบบแยกโฟมด้วยวิธีวิเคราะห์ความแปรปรวน (analysis of variance) และเปรียบเทียบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยด้วยวิธี Duncan's new multiple range test ที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซนต์ (Cody and Smith, 1997)

การทดลองที่ 2 ประสิทธิภาพการแยกของแข็งทั้งหมดที่แยกได้ของเครื่องกรองแบบแยกโฟมในการเลี้ยงอาร์ทีเมีย

การศึกษานี้มีการวางแผนการทดลองแบบสุ่มตลอด ทำการเปรียบเทียบการบำบัดน้ำระหว่างชุดควบคุมที่มีการเลี้ยงอาร์ทีเมียโดยไม่มีการบำบัดน้ำ และชุดทดลองที่มีการเลี้ยงอาร์ทีเมียและใช้เครื่องกรองแบบแยกโฟมในการบำบัดคุณภาพน้ำ โดยทำการเลือกขนาดของฟองอากาศ และความเค็มที่มีการแยกของเสียดีที่สุดจากการทดลองที่ 1 มาใช้ในการทดลองที่ 2 ทำการทดลอง 3 ซ้ำ จัดชุดทดลองและซ้ำโดยการสุ่ม ถังทดลองและเครื่องกรองแบบแยกโฟมในการศึกษาครั้งนี้ใช้เหมือนกับการทดลองที่ 1

สัตว์ทดลองใช้อาร์ทีเมียตัวเต็มวัย ทำการเลี้ยงที่ระดับความหนาแน่น 1500 ตัว/ลิตร อาหารที่ใช้ในการทดลองใช้อาหารกุ้งกุลาดำบดละเอียด มีปริมาณโปรตีนประมาณ 35 เปอร์เซนต์ ทำการให้อาหารประมาณ 3 กรัม/ถังทดลอง/วัน เก็บตัวอย่างน้ำตลอดระยะเวลาการทดลอง นำไปหาค่าแอมโมเนีย, ไนไตร์ท, ไนเตรท, อนินทรีย์ไนโตรเจนรวม และออร์โธฟอสเฟต ตามวิธีของ Strickland and Parsons (1972) และตรวจสอบปริมาณสารของแข็งทั้งหมดที่แยกได้ตามวิธีของ AOAC (1990) วัดค่าเปอร์เซนต์อัตราการรอดตาย, ความยาวเฉลี่ยของอาร์ทีเมีย และความยาวเฉลี่ยของนอเพลียส ทุก 2 วัน ข้อมูลที่เก็บได้ทั้งหมดนำมาวิเคราะห์ความแตกต่างระหว่างชุดทดลองด้วยวิธี T-test (Cody and Smith, 1997) ที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซนต์

ผลการทดลอง

การทดลองที่ 1 จากข้อมูลปริมาณของแข็งทั้งหมดที่แยกได้จากเครื่องกรองแบบแยกโฟมพบว่าขนาดของฟองอากาศและความเค็มไม่มีปฏิสัมพันธ์อย่างมีนัยสำคัญ ($P>0.05$) ดังนั้นจึงทำการวิเคราะห์ข้อมูลโดยแยกวิเคราะห์ผลออกจากกัน

ผลของขนาดฟองอากาศต่อการแยกสารประกอบแขวนลอยของเครื่องกรองแบบแยกโฟม

พบว่าปริมาณของแข็งทั้งหมดที่แยกได้จากเครื่องกรองแบบแยกโฟมที่ติดตั้งอุปกรณ์ให้อากาศขนาดแตกต่างกันนั้นมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ($P<0.05$) แสดงดัง Figure 1A โดยเครื่องกรองแบบแยกโฟมที่ติดตั้งอุปกรณ์ให้ฟองอากาศเส้นผ่าศูนย์กลางขนาด 2.14 มิลลิเมตร สามารถแยกของแข็งทั้งหมดได้มากที่สุด 21.12±9.23 กรัม/วัน และแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญ ($P<0.05$) กับเครื่องกรองแบบแยกโฟมที่ติดตั้งอุปกรณ์ให้ฟองอากาศเส้นผ่าศูนย์กลางขนาด 0.57 และ 7.82 มิลลิเมตร แต่ไม่แตกต่างกับเครื่องกรองแบบแยกโฟมที่ติดตั้งอุปกรณ์ให้ฟองอากาศขนาด 3.65 มิลลิเมตร และเครื่องกรองแบบแยกโฟมที่ติดตั้งอุปกรณ์ให้ฟองอากาศเส้นผ่าศูนย์กลางขนาด 7.82 มิลลิเมตร ไม่สามารถแยกของแข็งทั้งหมดจากน้ำได้เลย

ผลของความเค็มต่อการแยกสารประกอบแขวนลอยของเครื่องกรองแบบแยกโฟม พบว่าเครื่องกรองแบบแยกโฟมสามารถแยกของแข็งทั้งหมดได้ในปริมาณที่แตกต่าง แสดงดัง Figure 1B โดยเครื่องกรองแบบแยกโฟมที่ติดตั้งในน้ำที่มีความเค็ม 10, 20 และ 30 ppt สามารถแยกของแข็งทั้งหมดได้ 13.40±15.17, 15.90±11.15 และ 17.41±12.17 กรัม/วัน ตามลำดับ และปริมาณของแข็งทั้งหมดที่แยกได้จากเครื่องกรองแบบแยกโฟมที่ติดตั้งในน้ำที่มีความทั้ง 3 ระดับ ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ($P>0.05$) แต่แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญ ($P<0.05$) กับปริมาณของแข็งทั้งหมดที่แยกได้จากเครื่องกรองแบบแยกโฟมที่ติดตั้งในน้ำที่มีความเค็มเท่ากับ 0 ppt โดยเครื่องกรองที่ติดตั้งในน้ำที่มีความเค็มเท่ากับ 0 ppt สามารถแยกของแข็งทั้งหมดได้ 5.22±4.90 กรัม/วัน

การทดลองที่ 2 ผลของการใช้เครื่องกรองแบบแยกโฟมในการเลี้ยงอาร์ทีเมีย ทำการตรวจสอบคุณภาพน้ำในระหว่างการทดลอง แสดงดัง Figure 2 โดยตรวจสอบแอมโมเนีย ไนไตร์ท ไนเตรท อนินทรีย์ไนโตรเจนรวม และออร์โธฟอสเฟต พบว่าเครื่องกรองแบบแยกโฟมสามารถช่วยลดปริมาณแอมโมเนีย ไนเตรท ปริมาณไนโตรเจนรวม และปริมาณของแข็งที่แยกได้ และมีความแตกต่างกับชุดควบคุมอย่างมีนัยสำคัญ ($P<0.05$) ในขณะที่ปริมาณไนไตร์ท และออร์โธฟอสเฟต มีแนวโน้มไม่แตกต่างกันในช่วงต้นของการทดลอง แต่ปริมาณไนไตร์ท และออร์โธฟอสเฟตเพิ่มขึ้นสูงในช่วงท้ายของการทดลอง

ผลการเจริญเติบโตของอาร์ทีเมียพบว่าความยาวของอาร์ทีเมียในแต่ละระยะของการทดลองมีความแตกต่างระหว่างความยาวของอาร์ทีเมีย ($P<0.05$) ในวันสุดท้ายของการทดลองเท่านั้น ส่วนระยะเวลาตั้งแต่เริ่มต้นไม่พบความแตกต่างของความยาวอาร์ทีเมียระหว่างทั้งสองชุดทดลอง (Figure 3A) ส่วนการเจริญเติบโตของตัวอ่อนอาร์ทีเมียระยะนอเพลียส ในช่วง 4 วันแรกของการทดลองอาร์ทีเมียทั้งสองชุดทดลองมีการเจริญเติบโตไม่แตกต่างกัน จนถึงวันที่ 6 ของการทดลองพบว่าความยาวของนอเพลียสในชุดควบคุมมีความยาวน้อยกว่าชุดทดลองอย่างมีนัยสำคัญ ($P<0.05$) จนกระทั่งสิ้นสุดการทดลอง (Figure 3B)

สำหรับอัตราการรอดของอาร์ทีเมียพบว่าอาร์ทีเมียในชุดทดลองมีอัตราการรอดสูงกว่าอาร์ทีเมียในชุดควบคุมอย่างมีนัยสำคัญตั้งแต่วันที่ 4 ของการทดลองดัง Figure 4 เมื่อคำนวณประสิทธิภาพของเครื่องกรองแบบแยกโฟมพบว่าเครื่องกรองแบบแยกโฟมสามารถช่วยลดปริมาณแอมโมเนีย ไนไตร์ท ไนเตรท อนินทรีย์ไนโตรเจนรวม ออร์โธฟอสเฟต และของแข็งทั้งหมด 19.15, 16.19, 16.75, 19.09, 14.37 และ 22.16 เปอร์เซนต์ ในขณะที่อาร์ทีเมียมีความยาวและอัตราการรอดเพิ่มขึ้น 5.07 และ 66.45 เปอร์เซนต์ และนอเพลียสมีความยาวเพิ่มขึ้น 30.26 เปอร์เซนต์ ดัง Table 1

วิจารณ์ผลการทดลอง

การศึกษาครั้งนี้พบว่าขนาดฟองอากาศและความเค็มมีผลต่อการแยกของเสียของเครื่องกรองแบบแยกโฟม ฟองอากาศขนาดเล็กจะมีประสิทธิภาพในการแยกของแข็งทั้งหมดได้ดีกว่าเนื่องจากสัดส่วนพื้นที่ผิวต่อปริมาตรของฟองอากาศขนาดเล็กจะมีค่ามากกว่าเมื่อเปรียบเทียบกับฟองอากาศขนาดใหญ่ และจากการทำงานของเครื่องกรองแบบแยกโฟมนั้น

ของเสียที่เครื่องกรองแบบแยกโฟมจะสามารถแยกออกมาได้นั้นจะต้องจับอยู่บนผิวของฟองอากาศ (Spotte, 1979) ส่วนน้ำที่ความเค็มสูงจะช่วยทำให้ประสิทธิภาพของเครื่องกรองแบบแยกโฟมมีประสิทธิภาพสูงขึ้นเมื่อเปรียบเทียบกับน้ำที่ความเค็มต่ำนั้น โดยปกติน้ำที่ความเค็มสูงขึ้นจะมีความหนืดของน้ำเพิ่มมากขึ้นตามปริมาณเกลือแร่ และสารต่างๆ ที่ละลายลงไปในน้ำ เมื่อน้ำมีความหนืดมากขึ้นจะทำให้เมื่อมีฟองอากาศเกิดขึ้นและลอยขึ้นไปด้านบน ฟองอากาศที่ลอยขึ้นเหนือผิวน้ำจะแตกออกถ้าแรงตึงผิวของฟองอากาศน้อยกว่าแรงดันของอากาศภายใน สำหรับในน้ำที่มีความเค็มทำให้ความหนืดของน้ำเพิ่มขึ้นส่งผลต่อแรงตึงผิวของฟองอากาศที่ลอยขึ้นมาบริเวณผิวน้ำทำให้เป็นการเพิ่มแรงตึงผิวของฟองอากาศ ส่งผลให้ฟองอากาศแตกตัวช้าลง และเมื่อฟองอากาศแตกตัวช้าลงจึงมีเวลาที่ฟองอากาศใหม่ที่เกิดขึ้นจะมาดันฟองอากาศเดิมให้สูงขึ้น ของเสียที่ถูกจับอยู่บริเวณผิวของฟองอากาศจะถูกแยกได้ดียิ่งขึ้น ทำให้ประสิทธิภาพโดยรวมในการแยกของเสียของเครื่องกรองแบบแยกโฟมสูงขึ้น

จากการศึกษาที่ผ่านมามีการใช้เครื่องกรองแบบแยกโฟมในการช่วยบำบัดคุณภาพร่วมกับระบบกรองแบบอื่น โดยปกติในการเลี้ยงสัตว์น้ำจะไม่ใช้เครื่องกรองแบบแยกโฟมเพียงชนิดเดียวในการบำบัดคุณภาพน้ำแต่จะใช้ร่วมกับระบบกรองชนิดอื่น เนื่องจากจุดประสงค์ในการบำบัดน้ำคุณภาพน้ำของระบบกรองแต่ละชนิดแตกต่างกัน เครื่องกรองแบบแยกโฟมจะใช้ในการแยกสารประกอบแขวนลอยในน้ำซึ่งส่วนใหญ่จะเป็นสารประกอบอินทรีย์ในขณะที่ของเสียเหล่านั้นยังไม่ได้ถูกย่อยสลายโดยแบคทีเรีย และถ้าสารประกอบอินทรีย์เหล่านั้นถูกย่อยสลายกลายเป็นสารประกอบอนินทรีย์ไนโตรเจนแล้ว เครื่องกรองแบบแยกโฟมก็ไม่สามารถช่วยกำจัดออกได้ต้องอาศัยการจัดการคุณภาพน้ำระบบอื่น ๆ เข้ามาจัดการ เช่น การใช้สาหร่ายขนาดใหญ่ (ชลี และคณะ, 2548; Neori et al., 1996; Schuenhoff et al., 2003) และการใช้แบคทีเรียในขบวนการ nitrification (เบ็ญจมาศ และคณะ, 2550; De Los Reyes Jr. and Lawson, 1996; Pfeiffer and Malone, 2006)

ผลการศึกษาการใช้เครื่องกรองแบบแยกโฟมในการบำบัดคุณภาพสำหรับการเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำชี้ให้เห็นว่าเครื่องกรองแบบแยกโฟมมีประสิทธิภาพในการบำบัดคุณภาพน้ำ แยกของเสียที่แขวนลอยออกจากน้ำ ช่วยลดปริมาณสารประกอบไนโตรเจนทั้งแอมโมเนีย ไนไตร์ท และไนเตรท และช่วยลดปริมาณออร์โธฟอสเฟตในน้ำ เมื่อคุณภาพน้ำดีขึ้นส่งผลต่อการเจริญเติบโต และอัตราการรอดของสัตว์น้ำ ทำให้การเจริญเติบโตและอัตราการรอดของสัตว์น้ำสูงขึ้น สอดคล้องกับการศึกษาของ ศนิกานต์ และคณะ (2551) ที่ใช้เครื่องกรองแบบแยกโฟมร่วมกับการพ่นโอโซนในการเตรียมน้ำสำหรับการเพาะพันธุ์สัตว์น้ำแทนการใช้คลอรีน คุณสมบัติของน้ำภายหลังการบำบัดด้วยเครื่องกรองแบบแยกโฟมร่วมกับการพ่นโอโซนมีค่าค่อนข้างคงที่ และรายงานของ Suantika et al. (1999; 2001; 2003) และ Suzuki et al. (2003) ที่ใช้เครื่องกรองแบบแยกโฟมร่วมกับระบบกรองอื่นสามารถเพิ่มประสิทธิภาพการเลี้ยงสัตว์น้ำให้สูงขึ้น และช่วยลดปริมาณของเสียจากสารประกอบ อนินทรีย์ไนโตรเจนในน้ำได้ด้วย

สรุปผลการทดลอง

1. ขนาดฟองอากาศและความเค็มมีผลต่อประสิทธิภาพการทำงานของเครื่องกรองแบบแยกโฟม ในการศึกษาครั้งนี้ขนาดฟองอากาศเท่ากับ 2.14 มิลลิเมตร และความเค็ม 30 ppt ทำให้เครื่องกรองแบบแยกโฟมมีประสิทธิภาพในการทำงานสูงที่สุด

2. เครื่องกรองแบบแยกโฟมสามารถช่วยลดค่าแอมโมเนีย, ไนไตร์ท, ไนเตรท, อนินทรีย์ไนโตรเจนรวม, ฟอสเฟต และค่าของเสียที่แขวนลอยอยู่ในน้ำให้ต่ำกว่าในชุดการทดลองที่ไม่มีระบบกรองและส่งผลให้ค่าเปอร์เซนต์อัตราการรอดตาย, ความยาวเฉลี่ยต่อตัวของอาร์ทีเมียและความยาวเฉลี่ยต่อตัวของนอเพลียสของระบบเลี้ยงที่มีเครื่องกรองแบบแยกโฟมนั้นมีค่าสูงกว่าในระบบเลี้ยงที่ไม่มีเครื่องกรองอย่างมีนัยสำคัญ ($P<0.05$)

กิตติกรรมประกาศ

คณะผู้วิจัยขอขอบคุณสำนักงานคณะกรรมการวิจัยแห่งชาติที่พิจารณาให้ทุนสนับสนุนการวิจัย

เอกสารอ้างอิง

ชลี ไพบูลย์กิจกุล, นภาพร เลียดประถม, วศิน ยุวนะเตมีย์, บัญชา นิลเกิด และบัลลังก์ เนื่องแสง. 2548. **การพัฒนาระบบหมุนเวียนน้ำแบบปิดด้วยการใช้สาหร่ายและแบคทีเรียในการบำบัดน้ำในบ่อเลี้ยงกุ้งกุลาดำระบบพัฒนา.** รายงานการวิจัยฉบับสมบูรณ์ เสนอสำนักงานคณะกรรมการวิจัยแห่งชาติ.

เบ็ญจมาศ ไพบูลย์กิจกุล, สุพรรณิการ์ สมใจเพ็ง และชลี ไพบูลย์กิจกุล. 2550. การเปรียบเทียบประสิทธิภาพ และระยะเวลาการแช่ตัวกรองชีวภาพเพื่อปรับปรุงคุณภาพน้ำในการเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำ. **แก่นเกษตร** 35: 227-234.

ศนิกานต์ ตันสุตะพานิช, จักรกฤษณ์ มหัจฉริยวงศ์ และวราห์ เทพาหุดี. 2551. **การประยุกต์ใช้กระบวนการโฟมแฟรคชั่นเนชั่นในการบำบัดน้ำเพื่อการเพาะพันธุ์สัตว์น้ำ.** การประชุมวิชาการของมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ ครั้งที่ 46, 29 มกราคม - 1 กุมภาพันธ์ 2551, มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ กรุงเทพฯ.

Association of Official Analytical Chemists. 1990. **Official Methods Analysis.** 14th ed. Washington DC: Association of Official Analytical Chemists.

Chen, S., Timmons, M.B., Bisogni, J.J.Jr. and Aneshansley, D.J. 1994a. Modeling surfactant removal in foam fractionation: I -Theoretical development. **Aquacultural Engineering** 13: 163-181.

Chen, S., Timmons, M.B., Bisogni, J.J.Jr. and Aneshansley, D.J. 1994b. Modeling surfactant removal in foam fractionation: II - Experimental investigation. **Aquacultural Engineering** 13: 183-200.

Cody, R.P. and Smith, J.K. 1997. **Applied Statistics and the SAS Programming Language.** New Jersey: Simon & Sonuster / A Viacom Company.

De Los Reyes Jr., A. and Lawson, T.B. 1996. Combination of a bead filter and RBC fish culture system. **Aquacultural Engineering** 15: 27-39.

Neori, A., Krom, M.D., Ellner, S.P., Boyd, C.E., Popper, D., Rabinovitch, R., Davison, P.J., Dvir, O., Zuber, D., Ucko, M., Angel, D. and Gordin, H. 1996. Seaweed biofilters as regulators of water quality in tntegrated fish-seaweed culture units. **Aquaculture** 141: 183-199.

Pfeiffer, T. and Malone, R. 2006. Nitrification performance of a propeller-washed bead clarifier supporting a fluidized sand biofilter in a recirculating warmwater fish system. **Aquacultural Engineering** 34: 311-321.

Schuenhoff, A., Shpigel, M., Lupatsch, I., Ashkenazi, A., Msuya, F.E. and Neori, A. 2003. A semi-recirculating, integrated system for the culture of fish and seaweed. **Aquaculture** 221: 167-181.

Spotte, S. 1979. **Seawater Aquariums.** New York: John Wiley & Sons.

Strickland, J.D.H. and Parsons, T.R. 1972. **A Practical Handbook of Seawater Analysis.** Ottawa: The Alger Press.

Suantika, G., Dhert, P., Nurhudah. M. and Sorgeloos, P. 1999. High-density production of the rotifer Brachionus plicatilis in a recirculation system : consideration of water quality, zootechnical and nutritional aspects. **Aquacultural Engineering** 21: 201-214.

Suantika, G., Dhert, P., Rombaut, G., Vandenberghe, J., De wolf, T. and Sorgeloos., P. 2001. The use of ozone in a high density recirculation system for rotifers. **Aquaculture** 201: 35-49.

Suantika, G., Dhert, P., Sweetman, E., O'Brien, E. and Sorgeloos, P. 2003. Technical and economic feasibility of a rotifer recirculation system. **Aquaculture** 227: 173-189.

Suzuki, Y., Maruyama, T., Numata, H., Sato, H. and Asakawa, M. 2003. Performance of a closed recirculating system with foam separation, nitrificaiton and denitrification units for intensive culture of eel: towards zero emission. **Aquacultural Engineering** 29: 165-182.

Weeks, N.C., Timmons, M.B. and Chen S. 1992. Feasibility of using foam fractionation for the removal of dissolved and suspended solids from fish culture water. **Aquacultural Engineering** 11: 251-265.

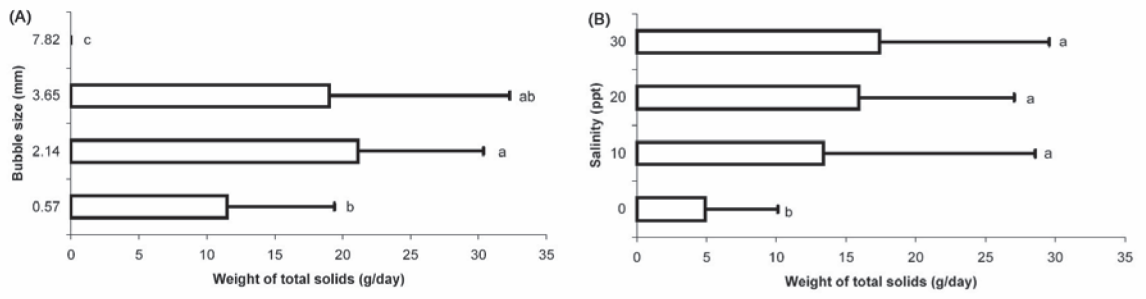

Figure 1. Effects of bubble size (A) and salinity (B) on total solids separation. The same alphabets over the bar are not significantly different.

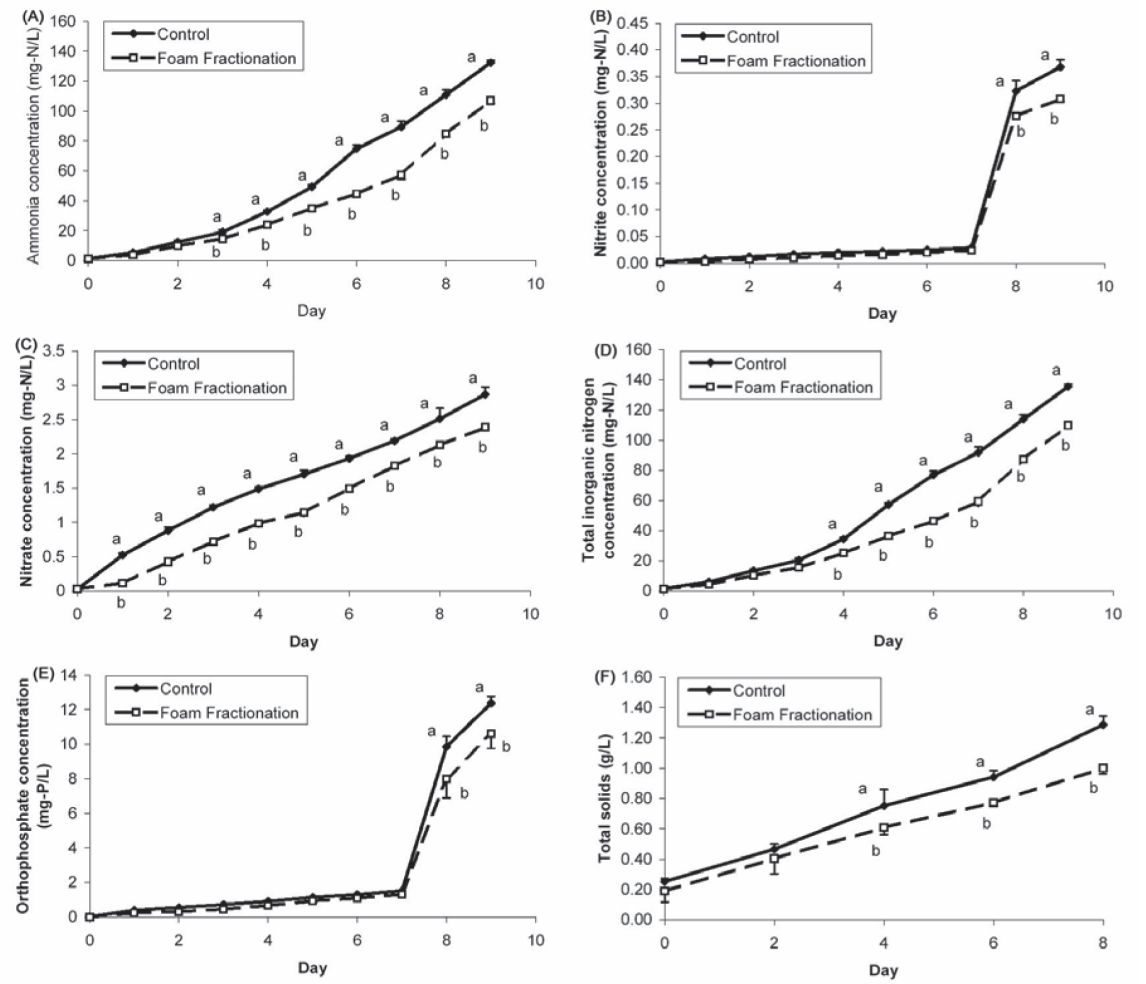

Figure 2. Concentrations of ammonia (A), nitrite (B), nitrate (C), total inorganic nitrogen (D), orthophosphate (E), and total solids (F) in experiment 2. The same alphabets on the same day are not significantly different.

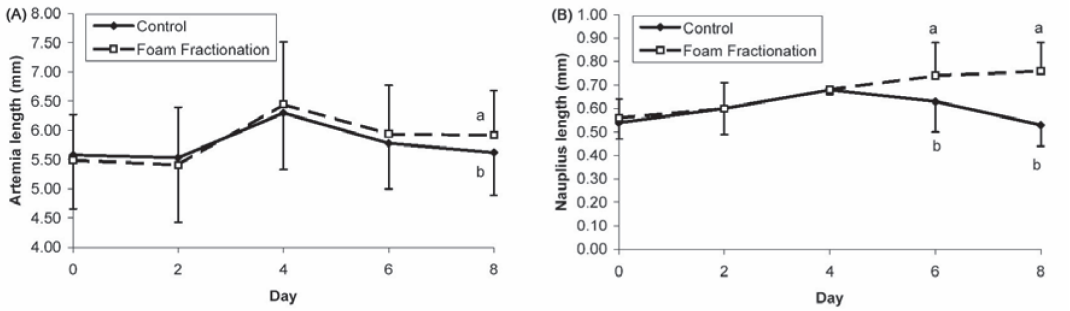

Figure 3. Lengths of artemia (A) and nauplius (B) in experiment 2. The same alphabets on the same day are not significantly different.

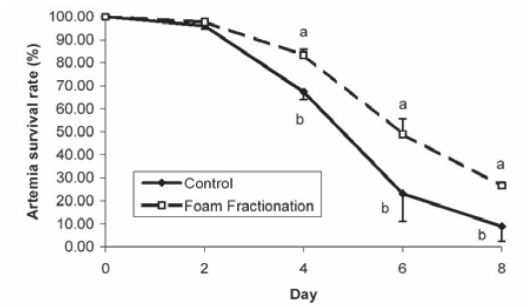

Figure 4. Survival rate of artemia. The same alphabets on the same day are not significantly different.

Table 1. Efficiency of foam fractionation

Parameter	Control group		Experimental group		Different value
	Amount	%	Amount	%	
Ammonia (mg-N/L)	132.43±0.16	100	107.07±0.18	80.85	-19.15
Nitrite (mg-N/L)	0.36±0.01	100	0.30±0.00	83.81	-16.19
Nitrate (mg-N/L)	2.86±0.11	100	2.38±0.04	83.25	-16.75
Total inorganic nitrogen (mg-N/L)	135.67±0.17	100	109.77±0.18	80.91	-19.09
Orthophosphate (mg-P/L)	12.38±0.41	100	10.60±0.84	85.63	-14.37
Total solids (g/L)	1.28±0.05	100	1.00±0.03	77.84	-22.16
Artemia length (mm)	5.6±0.7	100	5.9±0.7	105.07	5.07
Nauplius length (mm)	0.53±0.09	100	0.76±0.13	130.26	30.26
Artemia survival rate (%)	8.88±6.51	100	26.47±1.72	166.45	66.45