

การบำบัดตะกอนเลนในบ่อเลี้ยงกุ้งทะเลโดยกระบวนการย่อยสลายแบบไร้ออกซิเจน Treatment of Marine Shrimp Culture Pond Sediment by Anaerobic Digestion Process

ประสิทธิ์ ศรีนคร Prasit Srinakorn^{a,✉}, ขวัญตา ดันติกามัน Khwanta Tantikamton^b
อรุณวิโรจน์ เขียวนาค Adtavirod Khaewnak^c จิระพล ศรีเสริฐผล Jiraphon Srisertpol^d
กนต์ธร ชำนิประศาสน์ Kontorn Chamniprasart^e

- ^a นักศึกษาปริญญาเอก สาขาวิศวกรรมเครื่องกล สำนักวิชาวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี
Doctoral Student, School of Mechanical Engineering, Institute of Engineering, Suranaree University of Technology
- ^b อาจารย์ คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีการประมง มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลศรีวิชัย วิทยาเขตตรัง
Lecturer, Faculty of Science and Fisheries Technology, Rajamangala University of Technology Srivijaya, Trang Campus
- ^c นักศึกษาปริญญาโท สาขาวิศวกรรมเครื่องกล สำนักวิชาวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี
Master's Student, School of Mechanical Engineering, Institute of Engineering, Suranaree University of Technology
- ^d ผู้ช่วยศาสตราจารย์ สาขาวิศวกรรมเครื่องกล สำนักวิชาวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี
Assistant Professor, School of Mechanical Engineering, Institute of Engineering, Suranaree University of Technology
- ^e รองศาสตราจารย์ สาขาวิศวกรรมเครื่องกล สำนักวิชาวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี
Associate Professor, School of Mechanical Engineering, Institute of Engineering, Suranaree University of Technology

✉ sr_prasit@hotmail.com

บทคัดย่อ

การวิจัยนี้ศึกษาการบำบัดตะกอนเลนจากบ่อเลี้ยงกุ้งทะเลโดยกระบวนการย่อยสลายแบบไร้ออกซิเจนเพื่อการผลิตก๊าซชีวภาพ โดยใช้ตะกอนเลนจากบ่อเลี้ยงกุ้งที่มีวิธีการเลี้ยงแตกต่างกัน 2 แบบ คือ การเลี้ยงกุ้งทะเลแบบไม่ใช้จุลินทรีย์ EM (Effective Microorganisms) ในขณะเลี้ยง และแบบใช้จุลินทรีย์ EM ในขณะเลี้ยง ผลการศึกษาพบว่า การบำบัดตะกอนเลนโดยใช้ตะกอนเลนจากการเลี้ยงกุ้งแบบไม่ใช้จุลินทรีย์สามารถลด TS TDS TSS TVS BOD และ COD ได้ 89% 60% 95% 89% 86% และ 85% ตามลำดับ และจากการเลี้ยงกุ้งแบบใช้จุลินทรีย์สามารถลดได้ 81% 52% 99% 80% 95% และ 95% ตามลำดับ นอกจากนี้ ผลจากการบำบัดตะกอนเลนยังสามารถผลิตก๊าซชีวภาพได้ การหมักตะกอนเลนจากการเลี้ยงกุ้งทะเลแบบไม่ใช้จุลินทรีย์สามารถผลิตก๊าซชีวภาพสะสมทั้งหมดได้ 0.025 ลิตร/กรัม.ซีโอดีที่ถูกกำจัด โดยมีองค์ประกอบของ CH_4 , CO_2 และ N_2 ปริมาณเท่ากับ 44.34% 4.91% และ 17.23% ตามลำดับ ส่วนการหมักตะกอนเลนจากการเลี้ยงกุ้งทะเลแบบใช้จุลินทรีย์สามารถผลิตก๊าซชีวภาพสะสมทั้งหมดได้ 0.0015 ลิตร/กรัม.ซีโอดีที่ถูกกำจัด โดยมีองค์ประกอบของ CH_4 , CO_2 และ N_2 ปริมาณเท่ากับ 11.75% 3.9% และ 5.18% ตามลำดับ ก๊าซชีวภาพสะสมที่ได้จากการศึกษาครั้งนี้มีปริมาณน้อยกว่าที่ได้จากวัสดุตั้งต้นชนิดอื่น แต่สามารถนำมาใช้เป็นเชื้อเพลิงหุงต้มได้

คำสำคัญ: การบำบัดตะกอนเลน; การย่อยสลายแบบไร้ออกซิเจน; กระบวนการผลิตก๊าซชีวภาพ

Abstract

This research was to study the treatment of sediment in marine shrimp culture ponds by anaerobic digestion process in biogas production, comparing between two culture systems: with and without use of EM (Effective microorganisms) technology in shrimp culture. The results showed that the treatment of pond sediment by anaerobic digestion process could reduce TS, TDS, TSS, TVS, BOD and COD by 89%, 60%, 95%, 89%, 86% and 85%, respectively in the non-EM culture farm, and 81%, 52%, 99%, 80%, 95% and 95%, respectively in the EM-based farm. In addition, the sediment treatment could produce biogas from the digestion. The anaerobic digestion of sediment from non-EM culture showed that the accumulated biogas production was 0.025 L/g.COD removal, and the biogas compositions of CH_4 , CO_2 and N_2 were 44.34%, 4.91% and 17.23%, respectively. In the EM-based culture farm, the treatment of pond sediment could produce 0.0015 L/g.COD removal of accumulated biogas, composed of 11.75%, 3.9% and 5.18% of CH_4 , CO_2 and N_2 , respectively. Although the cumulative biogas production in this study was less than that in other studies using different raw materials, the produced biogas could be used directly as cooking fuel.

Keywords: Sediment Treatment; Anaerobic Digestion; Biogas Production Process

บทนำ

ปัจจุบันการเลี้ยงกุ้งทะเลเป็นอาชีพที่ทำรายได้ให้กับเกษตรกรอย่างต่อเนื่องและเป็นอาชีพหลักของจังหวัดที่อยู่ติดทะเลซึ่งสะดวกในการนำน้ำทะเลมาใช้ในการเลี้ยงกุ้ง จังหวัดตรังเป็นจังหวัดหนึ่งที่มีกลุ่มเกษตรกรประกอบอาชีพเลี้ยงกุ้งทะเลจำนวนมาก โดยเฉพาะอำเภอสิเกา อำเภอกันตัง อำเภอย่านตาขาว อำเภอปะเหลียน และอำเภอหาดสำราญ ซึ่งอำเภอดังกล่าวมีพื้นที่อยู่ที่ติดชายฝั่งทะเลอันดามัน จากสถิติการเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำชายฝั่ง ประจำปี 2553 มีจำนวนผู้เลี้ยงกุ้งในจังหวัดตรังทั้งหมด 820 ราย รวมเนื้อที่ 11,311.9 ไร่ และจากสถิติการจำหน่ายกุ้งทะเลประจำปีงบประมาณ 2553 (ช่วงเดือนตุลาคม 2552 – มิถุนายน 2553) จังหวัดตรังสามารถผลิตกุ้งทะเลได้ 28,010,897 ตัน คิดเป็นมูลค่า 3,117,963,156 บาท (Trang Provincial Fisheries Office, 2010) อย่างไรก็ตามแม้ว่าการเลี้ยงกุ้งทะเลสามารถทำรายได้ให้กับเกษตรกร แต่ผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมก็เกิดขึ้นอย่างไม่มีมีการควบคุมจากการศึกษาพบว่ามวลพิษจากบ่อเลี้ยงกุ้งถูกถ่ายเทไปยังสภาพแวดล้อมชายฝั่งโดยผ่านทางน้ำและตะกอนเลนที่ปล่อยทิ้งออกจากบ่อ (Tunvilai, Chaiyakam, Predalampaburt & Sriwichai, 1994) เกษตรกรมักปล่อยตะกอนเลนออกจากบ่อระหว่างการเลี้ยงหรือดูดตะกอนเลนออกจากบ่อเมื่อต้องการจะเตรียมบ่อใหม่ ตะกอนเลนดังกล่าวเป็นของเสียที่เกิดจากการเลี้ยงกุ้งทะเลและส่งผลกระทบต่อคุณภาพน้ำโดยตรง และเป็นสาเหตุทำให้ระบบนิเวศป่าชายเลนเกิดมลภาวะและตื้นเขิน Paez-osuna, Guerra-galvan & Ruiz-fernandez (1998) ศึกษาการเลี้ยงกุ้งทะเลในแถบตะวันตกเฉียงเหนือของประเทศเม็กซิโก พบว่าการเลี้ยงกุ้งทะเลแบบพัฒนาส่งผลกระทบต่อคุณภาพน้ำโดย การเพิ่มปริมาณธาตุอาหารและสารอินทรีย์ Anh, Kroeze, Bush & Mol (2010) ประเมินผลกระทบต่อทางสิ่งแวดล้อมจากการเลี้ยงกุ้งทะเลแบบพัฒนาในประเทศเวียดนาม พบว่าแหล่งกำเนิดที่สำคัญของมลพิษคือ การปล่อยทิ้งน้ำเสียและตะกอนเลน ปัญหาสิ่งแวดล้อมที่สำคัญที่สุดจากการทำฟาร์มกุ้งคือ มลพิษทางน้ำ ตะกอนปนเปื้อน และการแพร่กระจายเชื้อโรค นอกจากนี้ การเลี้ยงกุ้งเพื่อให้ได้ผลตอบแทนสูงสุดก็จะส่งผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมมากที่สุดเช่นกัน (Thongrak, Prato, Chaiyawarisajja & Kurtz, 1997)

ตะกอนเลนในบ่อเลี้ยงกุ้ง (ตะกอนเลนกันบ่อหรือที่เรียกกันทั่วไปว่า มูลกุ้ง) เป็นของเสียที่เกิดขึ้นจากการเลี้ยงกุ้งทะเลประกอบด้วย ซากแพลงก์ตอนพืช ซากแพลงก์ตอนสัตว์ สิ่งขับถ่ายจากตัวกุ้ง (มูลกุ้ง) และตะกอนดินทั้งหมดรวมกันเป็นของเสียที่อยู่ภายในบ่อเลี้ยงกุ้งซึ่งจะกองรวมกันอยู่ตรงกลางบริเวณพื้นบ่อ มีลักษณะเป็นโคลนเหลวและเหนียว สีดำเข้มมีกลิ่นเหม็นเล็กน้อย ตะกอนเลนที่เกิดขึ้นจากการเลี้ยงกุ้งทะเลประมาณ 3,000 - 6,000 ลิตรต่อไร่ (ที่ระยะเวลาของการเลี้ยงกุ้งทะเลประมาณ 3 - 4 เดือน) ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับจำนวนกุ้งที่ปล่อยลงไปเลี้ยงในบ่อและปริมาณของการให้อาหารในแต่ละครั้งด้วย หลังจากจับกุ้งจำหน่ายแล้วขั้นตอนต่อไปเกษตรกรจะทำความสะอาดพื้นบ่อโดยต้องนำตะกอนเลนออกจากบ่อเพื่อตากบ่อเตรียมไว้เลี้ยงกุ้งในรอบถัดไป Office of Natural resources and Environmental Policy and Planning (1997) รายงานว่าเกษตรกรส่วนมากจะทิ้งตะกอนเลนกันบ่อออกไปนอกฟาร์ม เป็นสาเหตุของการเปลี่ยนแปลงคุณภาพดินและน้ำทะเลชายฝั่งซึ่งจะส่งผลไปยังระบบนิเวศป่าชายเลน แหล่งหญ้าทะเลและแนวปะการัง ตะกอนเลนที่มาจากบ่อจะอุดมไปด้วยสารอินทรีย์และสารอนินทรีย์ สารอาหารเหล่านี้เป็นสาเหตุของการเกิดสภาวะความสมบูรณ์ของสารอาหารสูงและเกิดปรากฏการณ์น้ำเปลี่ยนสี เมื่อเกิดสภาวะเช่นนี้ขึ้นจะทำให้ออกซิเจนในน้ำทะเลลดลงส่งผลให้สิ่งมีชีวิตอื่นๆ ที่อยู่ในน้ำไม่สามารถดำรงชีวิตอยู่ได้ นอกจากนั้นตะกอนเลนที่ทิ้งออกจากบ่อเลี้ยงกุ้งทำให้น้ำทะเลมีความขุ่นมากขึ้น ซึ่งจะขัดขวางการแพร่กระจายของแสงสู่หญ้าทะเล ทำให้เกิดผลกระทบต่อปะการังและหญ้าทะเล ผลการศึกษาคุณสมบัติทางกายภาพและเคมีของตะกอนเลนในบ่อเลี้ยงกุ้งพบว่าค่า BOD และ COD ซึ่งแสดงถึงความสกปรกของน้ำเสีย มีปริมาณสูงกว่าเกณฑ์มาตรฐาน

กระบวนการย่อยสลายวัสดุเหลือใช้ทางการเกษตรในสภาพไร้ออกซิเจนนั้น นอกจากจะช่วยในการกำจัดของเสียที่เป็นสารอินทรีย์ก่อนปล่อยออกสู่สภาพแวดล้อมแล้ว วัสดุเหลือใช้ทางการเกษตรหลายชนิด อาทิ มูลวัว มูลสุกร และน้ำเสียจากอุตสาหกรรมการเกษตร ยังมีศักยภาพสูงในการใช้เป็นวัตถุดิบในการผลิตก๊าซชีวภาพ การศึกษาการผลิตก๊าซชีวภาพจากวัตถุดิบชนิดต่าง ๆ เช่น Suwakon (1983) ศึกษาวิเคราะห์ก๊าซชีวภาพจากการหมักมูลวัวแบบกึ่งต่อเนื่องในสภาพไร้ออกซิเจนโดยใช้ขวดหมักขนาด 2.75 ลิตร จำนวน 3 ขวด ใส่มูลวัวขวดละประมาณ 2.5 ลิตร และมีการเติมมูลวัวประมาณ 200 มิลลิลิตร โดยทำการเติม 2 วันต่อครั้ง ช่วงเวลาการหมักเฉลี่ย 50 วัน พบว่ามีปริมาณก๊าซมีเทนประมาณ 60.3% และมีก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ประมาณ 36.1% Tangsathit (1995) ศึกษาการบำบัดของเสียและผลิตพลังงานจากมูลสุกรโดยกระบวนการย่อยสลายแบบไร้ออกซิเจน ใช้มูลสุกร 6 ลิตร ผลการทดลองพบว่าในขั้นตอนการผลิตก๊าซชีวภาพจากกรดอินทรีย์ที่ระยะเวลาการเก็บของเหลว 2.1 วัน เติมน้ำอินทรีย์ 6.14 กรัม TVA (Total volatile acid) ต่อลิตรต่อวัน ประสิทธิภาพการกำจัด TVA และ COD มีค่าสูงถึง 80% และ 90% ตามลำดับ ปริมาณก๊าซชีวภาพที่ผลิตได้มีค่า 0.95 ลิตรต่อวัน ซึ่งมีก๊าซมีเทนอยู่ 72% และ Chaleewan (2003) ศึกษาประสิทธิภาพในการผลิตก๊าซชีวภาพและการกำจัดสารอินทรีย์ของวัสดุเหลือทิ้งจากอุตสาหกรรมผลไม้บรรจุกระป๋อง โดยใช้ถังเหล็กที่มีปริมาตรใช้งาน 250 ลิตร และมีใบพัดกวนอยู่ในถัง วัสดุหมักที่นำมาศึกษาเป็นเศษเปลือกและแกนสับปะรด และป้อนเข้าสู่ระบบโดยการเติมวันละ 1 ครั้ง ผลการทดลองพบว่าที่ระยะเวลาการเก็บกัก 60 วัน ได้อัตราการเกิดก๊าซชีวภาพเฉลี่ยที่สภาวะคงตัวของระบบ 157 ลิตรต่อวัน มีสัดส่วนของก๊าซมีเทนเฉลี่ย 51.4% ปัจจุบันได้มีการนำก๊าซชีวภาพที่ได้จากกระบวนการย่อยสลายสารอินทรีย์แบบไร้ออกซิเจนมาใช้ทดแทนเชื้อเพลิงต่างๆ ได้เป็นอย่างดี อาทิ การใช้ทดแทนก๊าซหุงต้ม (LPG) ในครัวเรือน และการใช้กับเครื่องยนต์งานเกษตรหรืองานฟาร์มและผลิตกระแสไฟฟ้าใช้ภายในฟาร์ม

อย่างไรก็ดี ยังไม่มีการศึกษาการประยุกต์ใช้กระบวนการย่อยสลายแบบไร้ออกซิเจนในการบำบัดตะกอนเลนในบ่อเลี้ยงกุ้งในประเทศไทย โดยเทคโนโลยีชีวภาพดังกล่าวน่าจะมีศักยภาพในการบำบัดน้ำเสียที่เกิดจากการเลี้ยงกุ้ง เนื่องจากตะกอนเลนในบ่อเลี้ยงกุ้งนั้นมีปริมาณสารอินทรีย์มาก งานวิจัยนี้จึงได้ศึกษาประสิทธิภาพการกำจัดตะกอนเลน รวมทั้งปริมาณการเกิดก๊าซชีวภาพและองค์ประกอบของก๊าซชีวภาพที่ได้จากการบำบัดตะกอนเลนในบ่อเลี้ยงกุ้งทะเลโดยกระบวนการย่อยสลายแบบไร้ออกซิเจน โดยทำการศึกษาเปรียบเทียบระหว่างการบำบัดตะกอนเลนที่ใช้และไม่ใช้จุลินทรีย์ในการเลี้ยงกุ้ง การศึกษาดังกล่าวจะทำให้เกิดการประยุกต์ใช้เทคโนโลยีชีวภาพในการบำบัดน้ำเสียจากบ่อเลี้ยงกุ้ง ตลอดจนนัยต่อการใช้จุลินทรีย์ในการเลี้ยงกุ้ง ทั้งนี้ เทคโนโลยีดังกล่าวน่าจะช่วยลดผลกระทบต่อสภาพแวดล้อมชายฝั่งอันเกิดจากการปลดปล่อยน้ำเสีย และก่อให้เกิดการผลิตก๊าซชีวภาพเพื่อใช้ประโยชน์ต่อไป

อุปกรณ์และวิธีการทดลอง

การศึกษานี้เป็นการหมักโดยใช้จุลินทรีย์ที่มีอยู่เดิมในแหล่งธรรมชาติ ซึ่งจากการศึกษาของ Riffat & Krongthamchat (2006) ใช้แบคทีเรียกลุ่มที่ชอบความเค็ม (Halophilic bacteria) จากดินตะกอนป่าชายเลนที่มีความเค็มมาใช้ในระบบบำบัดน้ำเสียและผลิตก๊าซมีเทนได้ ดังนั้น การใช้แบคทีเรียกลุ่มที่ชอบความเค็มและสามารถผลิตมีเทน (Methanogenic halophilic bacteria) จากธรรมชาติ สามารถนำมาใช้ผลิตก๊าซชีวภาพในสภาวะที่มีความเค็มได้โดยไม่ต้องใช้การเติมจุลินทรีย์จากแหล่งอื่น

ตะกอนเลนในบ่อเลี้ยงกุ้ง

ตะกอนเลนในบ่อเลี้ยงกุ้งที่วิจัยในครั้งนี้เป็นตะกอนเลนสดที่ได้จากฟาร์มเลี้ยงกุ้งทะเลของเกษตรกร บ้านฉางกลาง (ไม่ใช้จุลินทรีย์ EM: Effective Microorganisms ขณะเลี้ยงกุ้ง) และบ้านหัวหิน (ใช้จุลินทรีย์ EM ขณะเลี้ยงกุ้ง) อำเภอสีเกา จังหวัดตรัง ตะกอนเลนทั้ง 2 แหล่งมีลักษณะเหมือนกันโดยมีลักษณะเป็นโคลนเหลวเนื้อละเอียด สีดำสนิท และมีน้ำอยู่ในตะกอน เมื่อเกิดการย่อยสลายตะกอนจะตกลงมาโดยน้ำหนัก ทำให้มีน้ำเกิดขึ้นเล็กน้อย ลักษณะตะกอนเลนในบ่อเลี้ยงกุ้งแสดงดังภาพที่ 1 และ 2 ตามลำดับ



ภาพที่ 1 ตะกอนเลนบ้านฉางกลาง ไม่ใช้จุลินทรีย์ EM



ภาพที่ 2 ตะกอนเลนบ้านหัวหิน ใช้จุลินทรีย์ EM

สำหรับการศึกษาคูณสมบัติทางกายภาพและเคมีของตะกอนเลน ปริมาณธาตุอาหารของตะกอนเลนแห้งและปริมาณอินทรีย์วัตถุของตะกอนเลนแห้งนั้น งานวิจัยนี้แยกศึกษาการบำบัดตะกอนเลนออกเป็น 2 ชุด การทดลอง กล่าวคือ ชุดการทดลองที่ 1 ศึกษาการบำบัดตะกอนเลนจากบ่อเลี้ยงกุ้งจากบ้านฉางกลางซึ่งไม่ใช้จุลินทรีย์ EM ในขณะเลี้ยงกุ้ง และชุดการทดลองที่ 2 ศึกษาการบำบัดตะกอนเลนจากบ่อเลี้ยงกุ้งจากบ้านหัวหินซึ่งใช้จุลินทรีย์ EM ในขณะเลี้ยงกุ้ง

วิธีวิเคราะห์ลักษณะตะกอนเลน

ตะกอนเลนที่ใช้วิจัยในครั้งนี้มีความแตกต่างกันในขั้นตอนของการเลี้ยงกุ้งและมีค่าใช้จ่ายมากสำหรับการวิเคราะห์ลักษณะของตะกอนเลนและวิเคราะห์ก๊าซชีวภาพ ในการทดลองจึงเลือกวิเคราะห์ค่าพารามิเตอร์ที่สำคัญและมีผลต่อการทดลองมากที่สุด การวิเคราะห์ลักษณะของตะกอนเลนก่อนบรรจุลงถังหมักได้ทำการเก็บตัวอย่างที่บริเวณตรงจุดกลางของกองตะกอนเลนในบ่อเลี้ยงกุ้ง 1 ครั้ง เพื่อส่งตัวอย่างไปวิเคราะห์ หลังจากนั้นเมื่อทำการทดลองหมักเพื่อบำบัดตะกอนเลนครบ 31 วัน ก็ได้ทำการเก็บตัวอย่างของตะกอนเลนบริเวณตรงกลางในถังหมักอีก 1 ครั้ง จากนั้นนำตัวอย่างตะกอนเลนส่งวิเคราะห์ที่ฝ่ายวิเคราะห์ด้วยเครื่องมือ ศูนย์เครื่องมือวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี การตรวจวัดและวิเคราะห์ลักษณะตะกอนเลนจะใช้วิธีวิเคราะห์ดังนี้ ปริมาณของแข็งทั้งหมด (TS) ปริมาณของแข็งละลายน้ำทั้งหมด (TDS) และ ปริมาณของแข็งแขวนลอยทั้งหมด (TSS) ใช้วิธี Dried at 103 - 103 °C ปริมาณของแข็งระเหยได้ทั้งหมด (TVS) ใช้วิธี Ignited at 550 °C บีโอดี (BOD) ใช้วิธี 5 Day BOD Test และซีโอดี (COD) ใช้วิธี Open reflux โดยการวิเคราะห์ทุกพารามิเตอร์ดำเนินการตามวิธีของ Standard method for the examination of water and wastewater (APHA, AWWA & WEF, 2005)

ระบบการบำบัดตะกอนเลน

การทดลองครั้งนี้เลือกใช้ระบบการบำบัดหรือย่อยสลาย (Sludge) แบบไร้ออกซิเจน รูปแบบการย่อยสลายมาตรฐาน (Standard-Rate digestion) รูปแบบนี้จะเกิดการย่อยด้วยจุลินทรีย์ในสไลด์จ์เองทำให้เกิดก๊าซมีเทน ชุดถังบำบัดใช้ถังพลาสติกขนาด 120 ลิตร บรรจุตะกอนเลนครั้งเดียวตลอดการทดลอง (Batch) ปริมาณ 80 ลิตร โดยการบรรจุตะกอนเลนที่นำมาจากบ่อเลี้ยงกุ้งลงในถังหมัก กวนผสมตะกอนเลนในการบรรจุครั้งแรก หลังจากนั้นปล่อยให้จุลินทรีย์ตามธรรมชาติเกิดการย่อยสลายแบบไร้ออกซิเจน เป็นระยะเวลา 31 วัน ภายในถังติดตั้งเครื่องวัด pH เพื่อวัดค่าความเป็นกรดเป็นด่าง ติดตั้งเทอร์มิสเตอร์ (Thermistor) เพื่อวัดอุณหภูมิของตะกอนเลน อุณหภูมิของน้ำที่เกิดจากการย่อยสลาย อุณหภูมิของก๊าซชีวภาพ และอุณหภูมิภายนอกถังหมัก ชุดการทดลองแสดงดังภาพที่ 3

ระบบตรวจวัดการเกิดก๊าซชีวภาพ

ชุดตรวจวัดปริมาณการเกิดก๊าซชีวภาพ เป็นเครื่องมือที่สร้างขึ้นโดยใช้หลักการแทนที่ของน้ำและใช้ ชุดเคาท์เตอร์ (Counter) นับจำนวนรอบเป็นเครื่องตรวจวัดปริมาณการเกิดก๊าซชีวภาพ

วิธีวิเคราะห์องค์ประกอบของก๊าซชีวภาพ

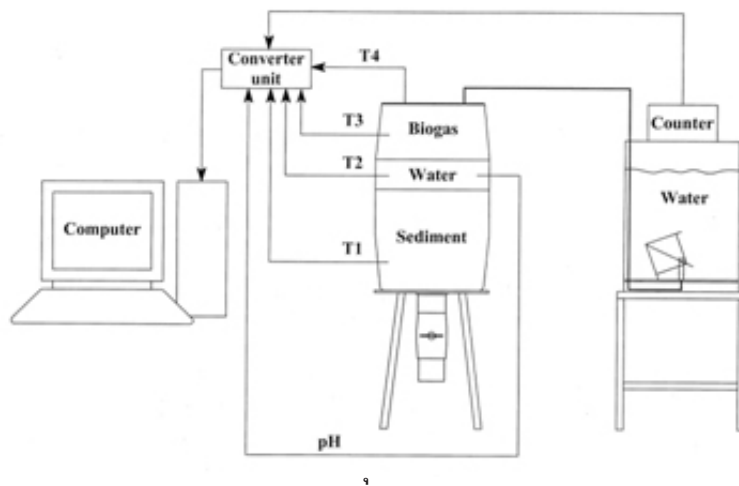
หลังจากเกิดก๊าซชีวภาพได้ทำการทดลองจุดไฟ และเมื่อก๊าซชีวภาพจุดไฟติดจึงเก็บตัวอย่างก๊าซชีวภาพโดยใช้ถุงเก็บตัวอย่างก๊าซแบบทึบแสงขนาด 1 ลิตร (Bag foil grab polypropylene ยี่ห้อ SKC) และส่งตัวอย่างก๊าซชีวภาพวิเคราะห์ด้วยเครื่องวิเคราะห์ Gas chromatography เพื่อวิเคราะห์ปริมาณก๊าซมีเทน (CH_4) ก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ (CO_2) ก๊าซไนโตรเจน (N_2) ก๊าซไฮโดรเจน (H_2) และก๊าซไฮโดรเจนซัลไฟด์ (H_2S) ที่ศูนย์เครื่องมือวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ โดยทำการวิเคราะห์ 3 ครั้ง สำหรับแต่ละชนิดก๊าซ และใช้ความเข้มข้นของแก๊สมาตรฐาน CH_4 : 60%, CO_2 : 35%, N_2 : 5%, H_2 : 99.99% และ H_2S : 900 ppm (Part per million ส่วนต่อล้านส่วน หรือ 1 ppm = 1 mg/L)

ระบบบันทึกข้อมูล

งานวิจัยนี้มีการบันทึกข้อมูลด้วยเครื่องคอมพิวเตอร์ โดยใช้ LabVIEW ในการเขียนโปรแกรมและบันทึกข้อมูลของค่าความเป็นกรดเป็นด่าง อุณหภูมิของตะกอนเลน น้ำ ก๊าซชีวภาพและของอากาศภายนอกถึงหมัก และชุดตรวจวัดปริมาณการเกิดก๊าซชีวภาพ สามารถติดตามการเปลี่ยนแปลงที่เกิดขึ้นในกระบวนการหมักก๊าซชีวภาพได้ง่ายขึ้น และยังสามารถประมาณการเกิดก๊าซชีวภาพได้ (Simeonov & Stoyanov, 2003) โดยกำหนดให้บันทึกข้อมูลทุก ๆ 5 นาที ตลอดการทดลอง 1 เดือน

ชุดการทดลอง

การทดลองได้แบ่งออกเป็น 2 ชุดการทดลอง โดยการทดลองชุดที่ 1 เริ่มทดลองตั้งแต่วันที่ 8 มกราคม – 7 กุมภาพันธ์ 2553 (ระยะเวลาทำการทดลอง 31 วัน) ใช้ตะกอนเลนบ้านฉางหลวง (ไม่ใช้จุลินทรีย์ EM ขณะเลี้ยง) และการทดลองชุดที่ 2 เริ่มทดลองตั้งแต่วันที่ 19 พฤษภาคม – 18 มิถุนายน 2553 (ระยะเวลาทำการทดลอง 31 วัน) ใช้ตะกอนเลนบ้านหัวหิน (ใช้จุลินทรีย์ EM ขณะเลี้ยง) การติดตั้งระบบของชุดการทดลองจะใช้คอมพิวเตอร์บันทึกข้อมูลของค่าความเป็นกรดเป็นด่าง (pH) ของน้ำที่เกิดจากการย่อยสลาย อุณหภูมิของตะกอนเลนในถังหมัก (T1) อุณหภูมิของน้ำในถังหมัก (T2) อุณหภูมิของก๊าซชีวภาพในถังหมัก (T3) อุณหภูมิของอากาศภายนอกถึงหมัก (T4) และปริมาณการเกิดก๊าซชีวภาพจาก Counter นับรอบ



ผลการทดลอง

ประสิทธิภาพการกำจัดตะกอนเลน

การศึกษาทดลองบำบัดตะกอนเลนในบ่อเลี้ยงกุ้งโดยกระบวนการย่อยสลายแบบไร้ออกซิเจน ผลจากการทดลอง แสดงให้เห็นว่าระบบสามารถบำบัดตะกอนเลนได้เป็นอย่างดี โดยลักษณะของตะกอนเลนหลังการบำบัดจากทั้งสองชุดการทดลอง ได้แก่ ตะกอนเลนบ้านฉางหลวง และตะกอนเลนบ้านหัวหิน มีค่าดัชนีต่าง ๆ ลดลง ดังตารางที่ 1

ตารางที่ 1 ลักษณะของตะกอนเลนในบ่อเลี้ยงกุ้ง ก่อน – หลังการกำจัด

รายการทดสอบ ลักษณะของตะกอนเลน	ตะกอนเลนบ้านฉางหลวง			ตะกอนเลนบ้านหัวหิน		
	ก่อนการ กำจัด (mg/l)	หลังการ กำจัด (mg/l)	ประสิทธิภาพ การกำจัด (%)	ก่อนการ กำจัด (mg/l)	หลังการ กำจัด (mg/l)	ประสิทธิภาพ การกำจัด (%)
1. ปริมาณของแข็งทั้งหมด (Total Solids; TS)	139,859	15,978	89	117,095	22,061	81
2. ปริมาณของแข็งละลายน้ำ ทั้งหมด (Total Dissolved Solids; TDS)	24,500	9,700	60	42,600	20,300	52
3. ปริมาณของแข็งแขวนลอยทั้งหมด (Total Suspended Solids; TSS)	112,200	5,750	95	75,200	675	99
4. ปริมาณของแข็งระเหยได้ทั้งหมด (Total Volatile Solid; TVS)	22,653	2,450	89	19,696	3,922	80
5. บีโอดี (Biological Oxygen Demand; BOD)	2,334	324	86	1,464	75	95
6. ซีโอดี (Chemical Oxygen Demand; COD)	7,840	1,197	85	10,189	530	95

ตะกอนเลนบ้านฉางหลวงเป็นตะกอนเลนที่ได้จากการเลี้ยงกุ้งที่ไม่ใช้จุลินทรีย์ EM ในขณะเลี้ยงมีปริมาณ TS, TDS, TSS, TVS, BOD และ COD มีค่าเท่ากับ 139,859 mg/l, 24,500 mg/l, 112,200 mg/l, 22,653 mg/l, 2,334 mg/l และ 7,840 mg/l ตามลำดับ แต่หลังจากได้บำบัดตะกอนเลนด้วยระบบการย่อยสลายแบบไร้ออกซิเจน ตะกอนเลนมีค่าต่าง ๆ ลดลงเหลือ 15,978 mg/l, 9,700 mg/l, 5,750 mg/l, 2,450 mg/l, 324 mg/l และ 1,197 mg/l ตามลำดับ ผลจากการทดลองแสดงให้เห็นว่าระบบมีประสิทธิภาพการกำจัดค่าต่าง ๆ เท่ากับ 89%, 60%, 95%, 89%, 86% และ 85% ตามลำดับ

ตะกอนเลนบ้านหัวหินเป็นตะกอนเลนที่ได้จากการเลี้ยงกุ้งที่ใช้จุลินทรีย์ EM ในขณะเลี้ยง ปริมาณมีปริมาณ TS, TDS, TSS, TVS, BOD และ COD มีค่าเท่ากับ 117,095 mg/l, 42,600 mg/l, 75,200 mg/l, 19,696 mg/l, 1,460 mg/l และ 10,189 mg/l ตามลำดับ แต่หลังจากได้บำบัดตะกอนเลนด้วยระบบการย่อยสลายแบบไร้ออกซิเจน ตะกอนเลนมีค่าต่าง ๆ ลดลงเหลือ 22,061 mg/l, 20,300 mg/l, 675 mg/l, 3,922 mg/l, 75 mg/l และ 530 mg/l ตามลำดับ ผลจากการทดลองแสดงให้เห็นว่า ระบบมีประสิทธิภาพการกำจัดค่าต่าง ๆ เท่ากับ 81%, 52%, 99%, 80%, 95% และ 95% ตามลำดับ ประสิทธิภาพการกำจัดตะกอนเลนแสดงดังตารางที่ 1

จากผลการทดลองแสดงให้เห็นว่าตะกอนเลนที่เกิดจากบ่อเลี้ยงกุ้งที่มีวิธีการเลี้ยงแตกต่างกันนั้น หลังจากทำการบำบัดตะกอนเลนโดยกระบวนการย่อยสลายแบบไร้ออกซิเจนแล้วตะกอนเลนบ้านฉางหลวงและตะกอนเลนบ้านหัวหินมีประสิทธิภาพการกำจัดที่ใกล้เคียงกัน

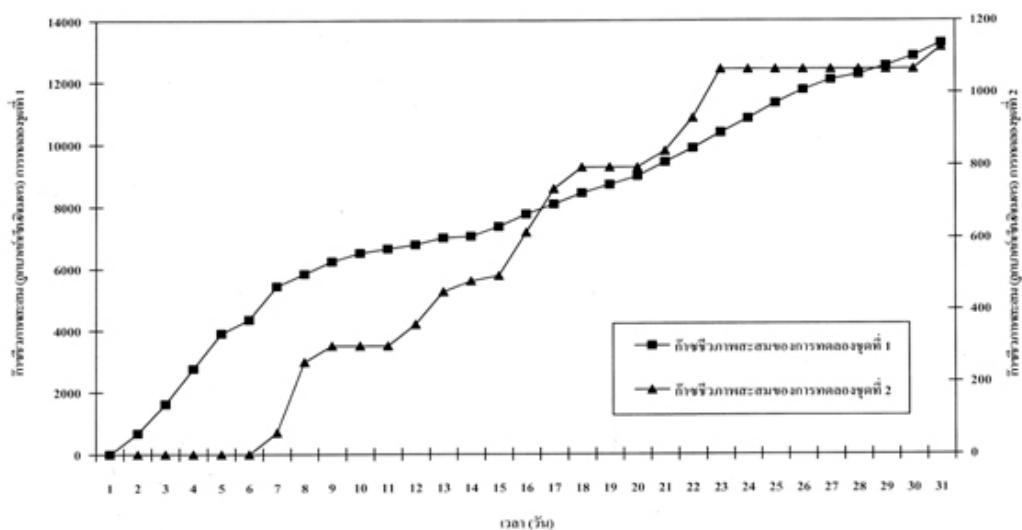
ปริมาณการเกิดก๊าซชีวภาพ

ตะกอนเลนจากบ้านฉางหลวงซึ่งไม่ใช้จุลินทรีย์ EM ในขณะเลี้ยงกุ้ง ผลจากการทดลองพบว่าก๊าซชีวภาพเกิดขึ้นอย่างรวดเร็ว เมื่อเริ่มการทดลองในวันที่ 1 มีก๊าซชีวภาพเกิดขึ้น 675 ลูกบาศก์เซนติเมตร และเพิ่มปริมาณการเกิดมากขึ้นเรื่อย ๆ และในวันที่ 4 และ 5 ของการทดลองก๊าซชีวภาพเกิดขึ้นมากที่สุด มีปริมาณ 1,140 ลูกบาศก์เซนติเมตร จากนั้นปริมาณการเกิดก๊าซชีวภาพลดน้อยลงและหลังจากวันที่ 14 ของการทดลองเกิดก๊าซชีวภาพเพิ่มขึ้นอีกครั้งหนึ่งมีปริมาณสูงสุด 495 ลูกบาศก์เซนติเมตร เมื่อครบ 1 เดือนของการทดลองได้ก๊าซชีวภาพ

สะสมทั้งหมด 13,155 ลูกบาศก์เซนติเมตร หรือมีอัตราการเกิดก๊าซชีวภาพสะสมทั้งหมด 0.025 ลิตร/กรัม.ซีโอดี ที่ถูกกำจัด และมีอัตราการเกิดก๊าซมีเทน 0.011 ลิตร/กรัม.ซีโอดีที่ถูกกำจัด และสามารถผลิตก๊าซชีวภาพเฉลี่ยได้ 424.36 ลูกบาศก์เซนติเมตรต่อวัน

ตะกอนเลนจากบ้านหัวหินซึ่งใช้จุลินทรีย์ EM ในขณะเลี้ยงกุ้งจากการทดลองพบว่าก๊าซชีวภาพเกิดขึ้น ช้ามากและเกิดก๊าซชีวภาพเป็นช่วงๆ โดยช่วงที่ 1 เริ่มเกิดก๊าซชีวภาพขึ้นในวันที่ 7 ของการทดลองมีปริมาณ 60 ลูกบาศก์เซนติเมตร ซึ่งเกิดขึ้นช้ากว่าการใช้ตะกอนเลนจากบ้านฉางหลวงซึ่งไม่ใช้จุลินทรีย์ EM ถึง 6 วัน และก๊าซชีวภาพเกิดขึ้นมากที่สุดในวันที่ 8 ของการทดลองมีปริมาณ 195 ลูกบาศก์เซนติเมตร จากนั้นปริมาณการเกิดก๊าซชีวภาพค่อย ๆ ลดลงจนไม่เกิด ช่วงที่ 2 เริ่มเกิดก๊าซชีวภาพขึ้นในวันที่ 12 ของการทดลองมีปริมาณ 60 ลูกบาศก์เซนติเมตร และก๊าซชีวภาพเกิดขึ้นมากในวันที่ 16 และ 17 ของการทดลองมีปริมาณ 120 ลูกบาศก์เซนติเมตร จากนั้นปริมาณการเกิดชีวภาพค่อยลดลงจนไม่เกิด ช่วงที่ 3 เริ่มเกิดก๊าซชีวภาพขึ้นในวันที่ 21 ของการทดลองมีปริมาณ 45 ลูกบาศก์เซนติเมตร และก๊าซชีวภาพเกิดขึ้นมากในวันที่ 23 ของการทดลองมีปริมาณ 135 ลูกบาศก์เซนติเมตร และหยุดเกิดก๊าซชีวภาพ เมื่อครบ 1 เดือนของการทดลองได้ก๊าซชีวภาพสะสมทั้งหมด 1,125 ลูกบาศก์เซนติเมตร หรือมีอัตราการเกิดก๊าซชีวภาพสะสมทั้งหมด 0.0015 ลิตร/กรัม.ซีโอดีที่ถูกกำจัด และมีอัตราการเกิดก๊าซมีเทน 0.00017 ลิตร/กรัม.ซีโอดีที่ถูกกำจัด ระบบสามารถผลิตก๊าซชีวภาพเฉลี่ยได้ 36.29 ลูกบาศก์เซนติเมตรต่อวัน

เมื่อเปรียบเทียบอัตราการเกิดก๊าซชีวภาพกับการใช้ตะกอนเลนจากบ่อเลี้ยงกุ้งจากบ้านฉางหลวงที่ไม่ใช้ จุลินทรีย์ EM ในขณะเลี้ยง พบว่าปริมาณก๊าซชีวภาพที่ผลิตได้จากการใช้ตะกอนเลนจากบ้านหัวหินที่ใช้จุลินทรีย์ EM ในขณะเลี้ยงสามารถผลิตก๊าซชีวภาพได้น้อยกว่า อัตราการเกิดก๊าซมีเทนน้อยกว่า และมีลักษณะการเกิดก๊าซชีวภาพแบบเป็นช่วง ๆ ซึ่งแตกต่างจากการเกิดก๊าซชีวภาพจากตะกอนเลนที่ไม่ใช้จุลินทรีย์ EM จะมีการเกิดก๊าซอย่างต่อเนื่องและระยะเวลาการเกิดก๊าซตั้งแต่เริ่มต้นเกิดก๊าซชีวภาพจนกระทั่งหยุดการเกิดก๊าซชีวภาพมีระยะเวลายาวนานกว่า



ภาพที่ 4 ปริมาณการเกิดก๊าซชีวภาพสะสมของชุดการทดลองที่ 1 และชุดการทดลองที่ 2

องค์ประกอบของก๊าซชีวภาพ

ผลการวิเคราะห์แยกองค์ประกอบของก๊าซชีวภาพที่ได้จากการบำบัดตะกอนเลนในบ่อเลี้ยงกุ้งโดยกระบวนการย่อยสลายแบบไร้ออกซิเจนทั้งสองชุดการทดลองพบว่า การใช้ตะกอนเลนจากบ่อเลี้ยงกุ้งจากบ้านฉางกลางซึ่งไม่ใช้จุลินทรีย์ EM ในขณะที่เลี้ยงจะให้ปริมาณการเกิดก๊าซมีเทน และก๊าซไนโตรเจนสูงกว่าการใช้ตะกอนเลนจากบ้านหัวหินที่ใช้จุลินทรีย์ EM ในขณะเลี้ยง ส่วนปริมาณก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์มีค่าใกล้เคียงกัน และในทั้งสองชุดการทดลองไม่พบปริมาณก๊าซไฮโดรเจนและไฮโดรเจนซัลไฟด์ องค์ประกอบของก๊าซชีวภาพที่ได้จากการบำบัดตะกอนเลนทั้งสองชุดการทดลองแสดงในตารางที่ 2

ตารางที่ 2 องค์ประกอบของก๊าซชีวภาพที่ได้จากการบำบัดตะกอนเลนบ้านฉางกลางและบ้านหัวหิน

องค์ประกอบของก๊าซชีวภาพ	ตะกอนเลนบ้านฉางกลาง (%)	ตะกอนเลนบ้านหัวหิน (%)
ก๊าซมีเทน (CH ₄)	44.34	11.75
ก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ (CO ₂)	4.91	3.9
ก๊าซไนโตรเจน (N ₂)	17.23	5.18
ก๊าซไฮโดรเจน (H ₂)	ไม่พบ	ไม่พบ
ก๊าซไฮโดรเจนซัลไฟด์ (H ₂ S)	ไม่พบ	ไม่พบ

วิจารณ์ผล

ผลจากการศึกษาลักษณะของตะกอนเลนพบว่า ตะกอนเลนมีปริมาณ TS, TDS, TSS, TVS, BOD และ COD สูงมาก การใช้ระบบบำบัดแบบไร้ออกซิเจนเพื่อผลิตก๊าซชีวภาพสามารถลดปริมาณ TS, TDS, TSS, TVS, BOD และ COD ลงได้ในระดับสูงทั้งในตะกอนเลนจากบ่อเลี้ยงกุ้งที่มีการใช้จุลินทรีย์ EM และที่ไม่ใช้จุลินทรีย์ EM ในขณะเลี้ยงกุ้ง (52% - 99%) ผลการทดลองดังกล่าวแสดงว่าการบำบัดแบบไร้ออกซิเจนสามารถลดปริมาณของเสียลงได้ ซึ่งเป็นไปตามหลักการบำบัดโดยการใช้จุลินทรีย์ย่อยสลายของเสียให้เปลี่ยนเป็นก๊าซมีเทน อย่างไรก็ตาม การบำบัดตะกอนเลนจากบ่อเลี้ยงกุ้งที่มีและไม่มีการใช้จุลินทรีย์ EM นั้นก่อให้เกิดปริมาณก๊าซชีวภาพที่แตกต่างกันอย่างมากระหว่างระยะเวลา 30 วัน บ่อเลี้ยงกุ้งที่ไม่ใช้จุลินทรีย์ EM ได้ก๊าซชีวภาพสะสมทั้งหมด 13,155 ลูกบาศก์เซนติเมตร มากกว่าปริมาณที่ได้จากบ่อเลี้ยงกุ้งที่ใช้จุลินทรีย์ EM ที่ได้ก๊าซชีวภาพสะสมทั้งหมดในระยะเวลาเดียวกันเพียง 1,125 ลูกบาศก์เซนติเมตร ความแตกต่างดังกล่าวอาจเป็นเพราะจุลินทรีย์ EM จากการเลี้ยงกุ้งสามารถกระบวนการย่อยสลายของจุลินทรีย์ที่มีอยู่เดิมในแหล่งธรรมชาติ ทำให้กระบวนการย่อยสลายมีอัตราการเกิดก๊าซชีวภาพช้ากว่าเมื่อเปรียบเทียบกับการใช้ตะกอนเลนสดที่ไม่ผ่านการเลี้ยงด้วย EM (Chan, Chu & Wong, 1999)

อย่างไรก็ตาม จุลินทรีย์ EM โดยทั่วไปสามารถลดปริมาณ TSS TVS และ BOD ได้ หากแต่ไปเพิ่มปริมาณ TDS และ COD ที่อาจเกิดจากการย่อยสลายเปลี่ยนรูปของสาร (Chantsavang, Sinratchatanun, Ayuwat & Sirrote, 1994) ซึ่งในการย่อยสลายแบบไร้ออกซิเจนนั้นหาก COD มีค่าสูงจะเป็นสารตั้งต้นและสามารถผลิตก๊าซมีเทนได้ดี (Zakarya, Tajaradin, Abustan & Ismail, 2008) แต่จากผลการศึกษาครั้งนี้พบว่า COD จากบ่อเลี้ยงกุ้งทะเลที่ผ่านการเลี้ยงด้วยจุลินทรีย์ EM มีค่าสูงกว่าแต่ผลิตก๊าซมีเทนได้น้อยกว่าบ่อเลี้ยงกุ้งที่เลี้ยงโดยไม่ใช้จุลินทรีย์ EM อีกทั้งยังใช้เวลานานกว่าโดยเปรียบเทียบ ทั้งนี้ เนื่องจากจุลินทรีย์ EM อันประกอบด้วยแบคทีเรียที่ผลิตกรดแลกติก (Lactic bacteria) แบคทีเรียที่สังเคราะห์แสงได้ (Photosynthetic bacteria) ยีสต์ และรา มีคุณสมบัติเจริญเติบโตได้ดี และสามารถบำบัดของเสียโดยเปลี่ยนเป็นก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์และก๊าซ

มีเทน ซึ่งเป็นไปได้ว่ากระบวนการหมักนี้เกิดขึ้นขณะเลี้ยงกุ้งแล้ว (Szymanski & Patterson, 2003) อย่างไรก็ตามการบำบัดของเสียจากบ่อปลาทะเลจากการศึกษาของ Gebauer (2004) สามารถลดปริมาณ COD และผลิตก๊าซมีเทนได้ถึง 0.114 - 0.184 ลิตร/กรัม.ซีโอดี ในระยะเวลา 360 วัน ดังนั้น หากปรับสภาพการทดลองให้เหมาะสมกับการเจริญของแบคทีเรียกลุ่มที่ชอบความเค็มน่าจะสามารถยืดระยะเวลาการหมักเพื่อผลิตก๊าซมีเทนได้ โดยสภาวะที่เหมาะสมต่อการผลิตก๊าซมีเทนคือ pH อยู่ในช่วง 6-7.5 และอุณหภูมิอยู่ในช่วง 22 - 28 °C (Srisertpol, Srinakorn, Kheawnak & Chamniprasert, 2010)

การบำบัดตะกอนเลนในบ่อเลี้ยงกุ้งจากการทดลองได้ปริมาณก๊าซชีวภาพเพียง 0.42 ลิตร/วัน ซึ่งมีปริมาณก๊าซชีวภาพน้อยกว่าการย่อยสลายมูลสุกรในการทดลองของ Tangsatthit (1996) และการบำบัดของเสียจากการผลิตผลไม้กระป๋องในการศึกษาของ Chaleewan (2003) ที่สามารถผลิตก๊าซชีวภาพได้ 0.95 ลิตร/วัน และ 157 ลิตร/วัน ตามลำดับ และเมื่อพิจารณาสัดส่วนของปริมาณก๊าซมีเทน กระบวนการย่อยสลายตะกอนเลนจากบ่อเลี้ยงกุ้งนั้นจะให้ก๊าซมีเทนในสัดส่วน 44.34% (จากการเลี้ยงแบบไม่ใช้จุลินทรีย์ EM) ถึงแม้ว่าปริมาณก๊าซมีเทนจะน้อยกว่าของ Suwakon (1983) และ Chaleewan (2003) ซึ่งมีปริมาณก๊าซมีเทน 60.30% และ 51.4% ตามลำดับ แต่ปริมาณดังกล่าวสามารถนำไปใช้ประโยชน์เป็นก๊าซหุงต้มเพื่อปรุงอาหารในครัวเรือนของเกษตรกรที่พักอาศัยอยู่ในฟาร์มกุ้งได้ เนื่องจากสัดส่วนดังกล่าวมีศักยภาพในการใช้เป็นพลังงานทดแทนได้ (Chen, Cheng & Creamer, 2007; Karim, Hoffmann, Klasson & Al-Dahhan, 2005) อีกทั้งก่อนที่จะนำตัวอย่างก๊าซชีวภาพไปวิเคราะห์แยกองค์ประกอบนั้น ก๊าซชีวภาพสามารถจุดไฟติดและลุกไหม้ได้

การเกิดก๊าซชีวภาพในปริมาณที่น้อยนี้อาจเป็นผลมาจากความแตกต่างของชนิดแบคทีเรียในกระบวนการย่อยสลาย เนื่องจากมีกลุ่มแบคทีเรียที่ชอบความเค็ม (Halophilic bacteria) ซึ่งสามารถเจริญเติบโตอยู่ได้และผลิตก๊าซมีเทนได้ อย่างไรก็ตาม การศึกษาวิจัยในครั้งนี้อาจไม่ได้วิเคราะห์ค่าความเค็มของตะกอนเลน ซึ่งจากการศึกษาของ Riffat & Krongthamchat (2006) พบว่าความเค็มไม่มีผลต่อการผลิตก๊าซชีวภาพ นอกจากนี้ การที่เลือกใช้กระบวนการหมักแบบ Batch เนื่องจากตะกอนเลนมีลักษณะเป็นโคลนเหลวและเหนียว ซึ่งจะหมักแบบเติมตะกอนเลนต่อเนื่องได้ยาก ก็อาจจะเป็นอีกสาเหตุหนึ่งที่ทำให้มีจำนวนแบคทีเรียไม่มากพอที่จะผลิตก๊าซชีวภาพให้ได้ปริมาณมากเนื่องจากถูกจำกัดด้วยสารอาหารในถังหมัก

สรุปและข้อเสนอแนะ

ระบบบำบัดโดยกระบวนการย่อยสลายแบบไร้ออกซิเจนในระยะเวลา 31 วัน สามารถลดค่าความสกปรกของได้ โดยการบำบัดตะกอนเลนจากการเลี้ยงกุ้งทะเลแบบไม่ใช้จุลินทรีย์ สามารถลด TS, TDS, TSS, TVS, BOD และ COD ได้ 89%, 60%, 95%, 89%, 86% และ 85% ตามลำดับ และการบำบัดตะกอนเลนจากการเลี้ยงกุ้งทะเลแบบใช้จุลินทรีย์สามารถลดได้ 81%, 52%, 99%, 80%, 95% และ 95% ตามลำดับซึ่งสามารถสรุปได้ว่าตะกอนเลนที่ผ่านระบบการบำบัดแล้วมีผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมน้อยลง และนอกจากนี้การบำบัดตะกอนเลนยังสามารถผลิตก๊าซชีวภาพ โดยที่การบำบัดตะกอนเลนจากการเลี้ยงกุ้งโดยไม่ใช้จุลินทรีย์ EM เกิดก๊าซชีวภาพเร็วกว่าการบำบัดตะกอนเลนจากการเลี้ยงกุ้งโดยใช้จุลินทรีย์ EM โดยมีปริมาณก๊าซชีวภาพสะสมทั้งหมด 13,155 ลูกบาศก์เซนติเมตร และ 1,125 ลูกบาศก์เซนติเมตร ตามลำดับ ค่าความเป็นกรดเป็นด่าง (pH) และอุณหภูมิ ของการบำบัดตะกอนเลนจากการเลี้ยงกุ้งโดยไม่ใช้จุลินทรีย์ EM มีค่าอยู่ในช่วง 6 - 7.5 และ 22 - 28 °C ตามลำดับ และของการบำบัดตะกอนเลนจากการเลี้ยงกุ้งโดยใช้จุลินทรีย์ EM มีค่าอยู่ในช่วง 6 - 7 และ 28 - 31 °C ตาม

ลำดับ ก๊าซชีวภาพสะสมที่ได้จากการศึกษาครั้งนี้มีปริมาณน้อยกว่าที่ได้จากวัสดุตั้งต้นชนิดอื่น ในระดับการทดลองในห้องปฏิบัติการ แต่ปริมาณก๊าซชีวภาพที่ได้สามารถนำมาใช้เป็นเชื้อเพลิงหุงต้มได้เนื่องจากจุดไฟลุกไหม้ได้

องค์ประกอบของก๊าซชีวภาพที่ได้จากการบำบัดตะกอนเลนจากการเลี้ยงกุ้งโดยไม่ใช้จุลินทรีย์ EM มีค่าสูงกว่าก๊าซชีวภาพที่ได้จากการบำบัดตะกอนเลนจากการเลี้ยงกุ้งโดยใช้จุลินทรีย์ EM โดยมีองค์ประกอบของก๊าซมีเทน (CH_4) , ก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ (CO_2) และก๊าซไนโตรเจน (N_2) มีค่าเท่ากับ 44.34%, 4.91%, 17.23% และ 11.75%, 3.90%, 5.18% ตามลำดับ

ดังนั้น การบำบัดตะกอนเลนในบ่อเลี้ยงกุ้ง สามารถใช้วิธีบำบัดแบบไร้ออกซิเจนเพื่อช่วยลดผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมและได้ก๊าซชีวภาพมาใช้ประโยชน์ภายในฟาร์มเลี้ยงกุ้งของเกษตรกร อย่างไรก็ตาม ในการทดลองครั้งถัดไปควรจะต้องวิเคราะห์ค่าความเค็มของตะกอนเลน เนื่องจากจุลินทรีย์ที่ชอบความเค็มบางชนิดสามารถผลิตก๊าซมีเทนได้สูงในช่วงความเค็มที่เหมาะสม นอกจากนี้ ยังต้องศึกษาวิธีการเพิ่มความเข้มข้นของก๊าซมีเทนและการเพิ่มปริมาณของก๊าซชีวภาพให้มากขึ้น

เอกสารอ้างอิง

- American Public Health Association [APHA], American Water Works Association [AWWA] & Water Environment Federation [WEF]. (2005). *Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater* (21st ed.). American Public Health Association, Washington D.C., U.S.A.
- Anh, P. T., Kroeze, C., Bush, S. R. & Mol, A. P. J. (2010). Water pollution by intensive brackish shrimp farming in south-east Vietnam: Causes and options for control. *Agricultural Water Management*, 97(6), 872-882.
- Chaleewan, J. (2003). *Effects of retention time in biogas production in high rate anaerobic digestion of fruit canning wastes* [In Thai]. Unpublished Master's thesis, Chiang Mai University.
- Chan, Y. S. G., Chu, L. M., & Wong, M. H. (1999). Co-disposal of municipal refuse, sewage sludge and marine dredgings for methane production. *Environmental Pollution*, 106, 123-128.
- Chantsavang, S., Sinratchatanun, C., Ayuwat, K., & Sirirote, P. (1994). *Application of effective microorganism for pig waste treatment*. *Kasetsart Engineering Journal*, 21, 98 - 108.
- Chen, Y., Cheng, J. J. & Creamer, K. S. (2007). Inhibition of anaerobic digestion process. *Bioresource Technology*, 99, 4044-4064.
- Gebauer, R. (2004). Mesophilic anaerobic treatment of sludge from saline fish farm effluents with biogas production. *Bioresource Technology*, 93, 155-167.
- Karim, K., Hoffmann, R., Klasson, K., & Al-Dahhan, M. H. (2005). Anaerobic Digestion of animal waste: Waste strength versus impact of mixing. *Bioresource Technology*, 96(16), 1771-1781.
- Office of Natural Resources and Environmental Policy and Planning. (1997). *The state of environmental report B.E. 2540* [In Thai]. Bangkok: Ministry of Science Technology and Environment, Thailand.

- Paez-osuna, F., Guerro-galvan, S. R., & Ruiz-fernandez A.C. (1998). The environmental impact of shrimp aquaculture and the coastal pollution in Mexico. *Marine Pollution Bulletin*, 36(1), 65- 75.
- Riffat, R., & Krongthamchat, K. (2006). Specific methanogenic activity of halophilic and mixed cultures in saline wastewater. *International Journal of Environmental Science and Technology*, 2(4), 291-299.
- Simeonov, I., & Stoyanov, S. (2003). Modeling and dynamic compensator control of anaerobic digestion of organic wastes. *Chemical and Biochemical Engineering*, 17(4), 285-292.
- Srisertpol, J., Srinakorn, P., Kheawnak, A. & Chamniprasart, K. (2010). Mathematic modeling and parameters estimation of an aerobic digestion of shrimp of culture pond sediment in a biogas process. *International Journal of Energy and Environment*, 4(4), 213-220.
- Suwakon, S. (1983). *Quality improvement of biogas in laboratory* [In Thai]. Unpublished Master's Independent study, Chiang Mai University.
- Szymanski, N. & Patterson, R. A. (2003, September 30 – October 2). Effective microorganisms (EM) and wastewater systems. In R. A. Patterson & M. J. Jones (Eds.), *Future Directions for On-site Systems: Best Management Practice* (pp. 347 - 355), Proceedings of On-site' 03 Conference, University of New England. Armidale: Lanfax Laboratories.
- Tangsathit, S. (1995). *Waste treatment and energy production from piggery waste by two stage anaerobic process* [In Thai]. Unpublished Master's thesis. King Mongkut's Institute of Technology Thonburi.
- Thongrak, S., Prato, T., Chaiyawarisajja, S. & Kurtz, W. (1997). Economic and water quality evolution of intensive shrimp production systems in Thailand. *Agricultural systems*, 53(2 - 3), 121 - 141.
- Trang Provincial Fisheries Office. (2010). *Fishery statistics of Trang province* [In Thai]. Retrieved August 21, 2010, from <http://www.fisheries.go.th/fpo-trang/tabean.html>
- Tunvilai, D., Chaiyakam, K., Predalampaburt, Y. & Sriwichai, C. (1994). *Water and soil quality monitoring of shrimp farms in Pattani province* [In Thai]. Technical paper no. 5/1994, National Institute of Coastal Aquaculture, Songkla.
- Zakarya, I. A., Tajaradin, H. A., Abustan, I. & Ismail, N. (2008, June 16 - 20). Relationship between methane production and chemical oxygen demand (COD) in anaerobic digestion of food waste. In H. Al-Mattarneh, K. N. Mustapha & M. F. Nuruddin (Eds.), *Proceedings of the International Conference on Construction and Building Technology* (pp. 29 - 36). Universiti Tenaga Nasional, Kuala Lumpur.