การเกิดก๊าซชีวภาพจากการหมักร่วมระหว่างตะกอนจากบ่อเลี้ยงกุ้งร่วมกับของเสียกลีเซอรอล
Biogas Production from Co-digestion of Shimp Ponds Sediment and Glycerol Waste

ณัฏฐ์ชุดา บุญชื่น[1]
รองศาสตราจารย์ ดร. อรทัย ชวาลภาฤทธิ์[2]
Nutchuda23@gmail.com, Orathai.C@chula.ac.th
[1]นักศึกษาระดับปริญญาโท สหสาขาวิทยาศาสตร์สิ่งแวดล้อม บัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
[2]โปรแกรมวิจัยการจัดการกากของเสียอุตสาหกรรมและของเสียจากภาคเกษตรกรรมอย่างยั่งยืนเพื่อเตรียมความพร้อมสู่เศรษฐกิจหมุนเวียนศูนย์ความเป็นเลิศด้านการจัดการสารและของเสียอันตราย (ศสอ.) กรุงเทพฯ 10330

บทคัดย่อ

การศึกษาประเมินศักยภาพการผลิตก๊าซชีวภาพจากการหมักร่วมของตะกอนจากบ่อเลี้ยงกุ้ง ร่วมกับของเสียกลีเซอรอลจากการผลิตน้ำมันไบโอดีเซลด้วยวิธีบีเอ็มพี ที่อัตราส่วนผสมแตกต่างกัน 6ค่าตั้งแต่1:0 ถึง 1:6 (w/w สารอินทรีย์ระเหยได้) พบว่าที่อัตราส่วน 1:2 ให้ผลผลิตก๊าซชีวภาพสะสมสูงที่สุด เท่ากับ 329.9 ลิตร/กิโลกรัมของของแข็งระเหยง่ายเริ่มต้น เมื่อนำอัตราส่วนผสมที่ดีที่สุด (1:2)จากการทดลองด้วยวิธีบีเอ็มพีมาทดลองต่อโดยการหมักระบบหมักแบบไร้อากาศด้วยถังปฏิกิริยากวนสมบูรณ์ แบบ 2 ขั้นตอน ที่ประกอบด้วยถังหมักและถังสร้างก๊าซชีวภาพที่เป็นระบบถังกวนสมบูรณ์ที่มีการเดินระบบแบบต่อเนื่อง ที่ระยะเวลาเก็บกัก 6 และ 5 ตามลำดับ โดยปรับเปลี่ยนอัตราภาระบรรทุกของน้ำเสียจากถังหมักกรดเข้าถังสร้างก๊าซชีวภาพ 1.5, 2.0, 2.4 และ 3.0 กรัม/ลิตร พบว่าที่อัตราภาระบรรทุก 2.4 กรัม/ลิตร ระบบมีประสิทธิภาพการผลิตก๊าซชีวภาพเหมาะสมเท่ากับ 19.44 ลิตรต่อกรัมซีโอดีที่ถูกกำจัด โดยระบบสามารถกำจัดซีโอดีได้สูงที่สุดเท่ากับร้อยละ 86.96

คำสำคัญ: ก๊าซชีวภาพ ตะกอนจากบ่อเลี้ยงกุ้ง กลีเซอรอลระบบหมักแบบสองขั้นตอน

Abstract

The study of the biogas production potential co-digestion of shrimp ponds sediment and glycerol waste by BMP method. The ratio of shrimp ponds sediment and glycerol waste was vary 6 set from 1:0 to 1:6 (w/w volatile solids).The result showed that co digestion at the ratio 1:2 can be achieved the highest accumulated biogas volume of 328.8 L/Kg VSadded. The optimum ratio of shrimp ponds sediment and glycerol waste from BMP test was used to further study for a 2 stage anaerobic digestion with 2 continuous stirred tank reactor at organic loading rates of 1.5, 2.0, 2.4 and 3.0 g/l. The acid tank and biogas tank have a retention time of 6 and 5 day, respectively. The result showed that the optimum condition was occurred at OLR 2.4 g/l. The highest biogas yield could be achieved at 19.44 L/gCOD removed and COD remove efficiency was highest at 86.96%

Keyword: Biogas, Sediment of Shimp ponds, Glycerol, two stage anaerobic reactor

ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา

ปัจจุบันสถานการณ์การใช้พลังงานของโลกมีแนวโน้มเพิ่มสูงขึ้นทุกปี โดยสำนักงานบริหารสารสนเทศพลังงานของสหรัฐอเมริกา (US Energy Information Admistration : EIA) ได้รายงานใน Internation Energy Outlook 2017 คาดการณ์ว่าโลกมีแนวโน้มการใช้พลังงานเพิ่มขึ้นร้อยละ 28 ในปี 2558-2583 โดยเฉพาะกลุ่มประเทศนอกกลุ่ม OECD (Organization for Economic Cooperation and Development) ในโซนเอเชีย จะมีความต้องการใช้พลังงานเพิ่มขึ้นมากที่สุด โดยเชื้อเพลิงที่ถูกนำมาใช้มากที่สุด คือ ก๊าซธรรมชาติ ปิโตรเลียม และถ่านหิน ซึ่งคาดการณ์ว่าการใช้พลังงานที่เพิ่มขึ้นนี้ จะปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ (CO_2)ออกสู่บรรยากาศเพิ่มขึ้น 5.5 พันล้านตัน (การไฟฟ้าฝ่ายผลิตแห่งประเทศไทย, 2018)

สำหรับสถานการณ์การใช้พลังงานในประเทศไทย ก็มีแนวโน้มเพิ่มสูงขึ้นทุกปี โดยพบว่าในปี 2560 มีการใช้พลังงานในเชิงพาณิชย์เพิ่มขึ้นร้อยละ 2.9 ซึ่งสอดคล้องกับการขยายตัวของผลิตภัณฑ์มวลรวมภายในประเทศที่ขยายตัวเพิ่มขึ้น โดยเชื้อเพลิงที่ผลิตได้ในประเทศไทยไม่เพียงพอต่อการใช้งาน ต้องมีการนำเข้าพลังงานจากต่างประเทศ ตัวอย่างเช่น ในปี 2560 ประเทศไทยมีความต้องการใช้ก๊าซธรรมชาติ 4,975 ล้านลูกบาศก์ฟุต/วัน แต่ผลิตภายในประเทศได้เพียงแค่3,631.75 ล้านลูกบาศก์ฟุต/วัน เท่านั้น ต้องมีการนำเข้าก๊าซธรรมชาติอีก 1,343.25 ลูกบาศก์ฟุต/วัน (กรมพัฒนาพลังงานทดแทนและอนุรักษ์พลังงาน, 2560) เมื่อสถานการณ์การใช้พลังงานมีแนวโน้มเพิ่มมากขึ้นทุกวัน แต่เชื้อเพลิงฟอสซิล (fossil fuel) มีจำนวนจำกัด การนำพลังงานทดแทน (Renewable energy)มาใช้แทนพลังงานที่ได้จากเชื้อเพลิงฟอสซิล จึงเป็นทางเลือกที่ได้รับความนิยมในปัจจุบัน

ตะกอนจากบ่อเลี้ยงกุ้งหรือขี้กุ้ง เป็นของเสียที่เกิดขึ้นจากการเพาะเลี้ยงกุ้ง ประกอบไปด้วย ซากแพลงก์-ตอนพืช แพลงก์ตอนสัตว์ สิ่งปฏิกูล และตะกอนดิน มีลักษณะเป็นโคลนสีดำ มีกลิ่นเหม็นเล็กน้อย ซึ่งการเลี้ยงกุ้ง 1 รอบ (ระยะเวลาประมาณ 3-4 เดือน/รอบ) จะเกิดตะกอนเหล่านี้ประมาณ 3,000-6,000 ลิตร/ไร่ (ประสิทธิ์ ศรีนคร และคณะ, 2554) Office of Natural resources and Environmental Policy and Planning (1997) รายงานว่าเกษตรกรส่วนใหญ่ มักทิ้งตะกอนเหล่านี้ออกนอกฟาร์ม ซึ่งส่งผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมเป็นอย่างมาก การศึกษาในครั้งนี้จึงได้มีความสนใจนำตะกอนจากบ่อเลี้ยงกุ้ง มาบำบัดด้วยวิธีการหมักแบบไร้ออกซิเจน ร่วมกับของเสียกลีเซอรอล ซึ่งวิธีการดังกล่าว จะให้ผลพลอยได้เป็นก๊าซมีเทน ซึ่งถือเป็นพลังงานทดแทน ที่ได้รับความสนใจค่อนข้างมาก เพราะสามารถนำมาใช้แทนพลังงานจากเชื้อเพลิงฟอสซิลได้

วัตถุประสงค์ของการวิจัย

1. ศึกษาศักยภาพการผลิตก๊าซชีวภาพ โดยการหมักร่วมของตะกอนจากบ่อเลี้ยงกุ้งและของเสียกลีเซอรอลด้วยวิธีบีเอ็มพี

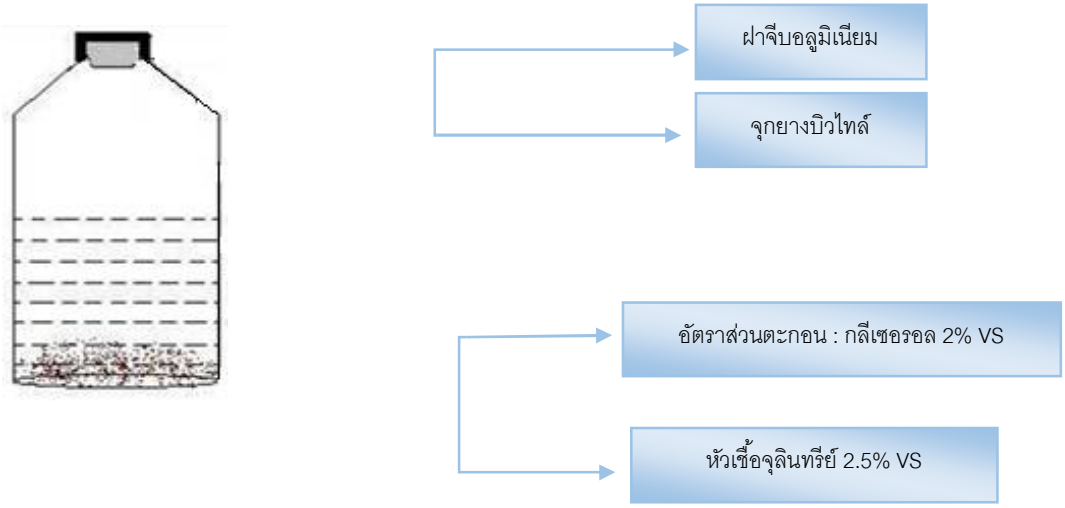
2. ศึกษาประสิทธิภาพการผลิตก๊าซชีวภาพ และการกำจัดซีโอดีร่วมจากการหมักร่วมตะกอนจากบ่อเลี้ยงกุ้งและของเสียกลีเซอรอล โดยระบบหมักแบบไร้อากาศด้วยถังปฏิกิริยากวนสมบูรณ์ แบบ 2 ขั้นตอน

วิธีดำเนินการวิจัย

ตะกอนจากบ่อเลี้ยงกุ้งที่นำมาใช้ เป็นตะกอนที่ได้มาจากเกษตรกรผู้เพาะเลี้ยงกุ้งกุลาขาว จังหวัดฉะเชิงเทรา ตะกอนจากบ่อเลี้ยงกุ้งเป็นสารตั้งต้นที่มีคาร์บอนต่ำ จึงต้องนำมาหมักร่วมกับของเสียกลีเซอรอล ซึ่งเป็นของเสียที่ได้จากกระบวนการผลิตไบโอดีเซล เพื่อช่วยเพิ่มปริมาณคาร์บอนในระบบ สำหรับหัว

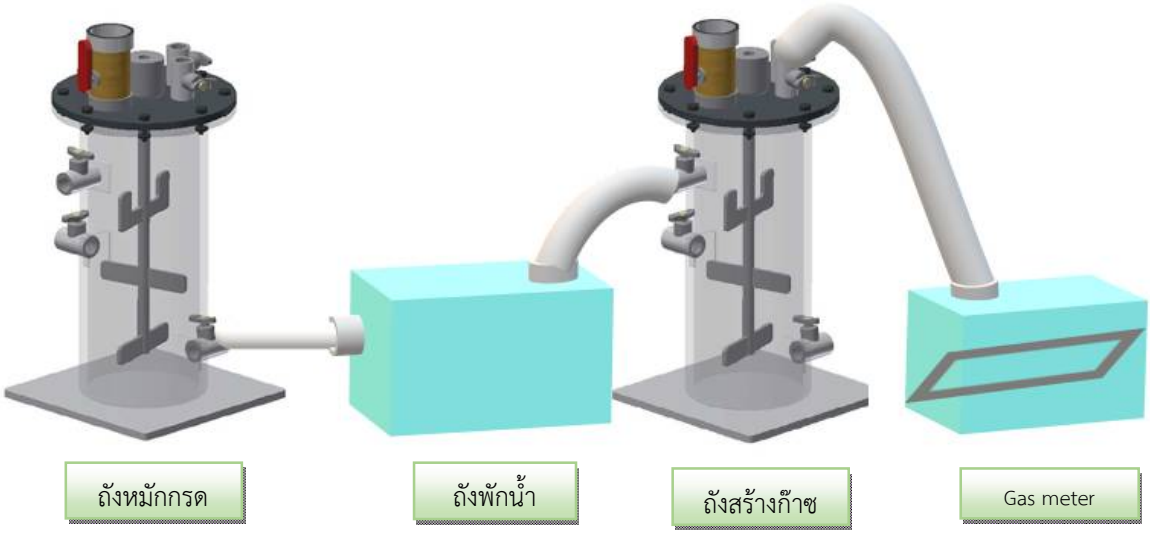
เชื้อจุลินทรีย์ที่นำมาใช้ในการทดลองได้รับอนุเคราะห์จากบริษัท เสริมสุข จำกัด (มหาชน) ดังนั้นการทดลองจึงแบ่งออกเป็น 2 ขั้นตอน

ขั้นตอนที่ 1 คือการประเมินศักยภาพการผลิตก๊าซชีวภาพของตะกอนจากการหมักร่วมตะกอนบ่อเลี้ยงกุ้งและของเสียกลีเซอรอล ด้วยวิธี BMPโดยกำหนดอัตราส่วนระหว่างตะกอนจากบ่อเลี้ยงกุ้ง : ของเสียกลีเซอรอล ที่อัตราส่วนแตกต่างกัน 6 อัตราส่วน คือ 1:0, 1:1, 1:2, 1:3, 1:4 และ 1:6 (w/w สารอินทรีย์ระเหยได้) และมีชุดควบคุม 1 ชุด (ชุดควบคุมจะใส่เฉพาะหัวเชื้อจุลินทรีย์เพียงอย่างเดียว) ทำการทดลองในขวดแก้วสีชาขนาด 100 มิลลิลิตร และควบคุมปริมาณของแข็งระเหยได้ที่ร้อยละ2เท่ากันทุกชุดการทดลอง ดังภาพที่ 1 วัดปริมาณก๊าซชีวภาพที่เกิดขึ้นทุกวันเป็นระยะเวลา 30 วัน บันทึกผลการทดลองที่เกิดขึ้น และคำนวณปริมาณก๊าซชีวภาพสะสมที่เกิดขึ้นในอัตราส่วนต่างๆ เพื่อหาอัตราส่วนที่มีศักยภาพในการผลิตก๊าซชีวภาพได้ดีที่สุด



ภาพ 1 ขวดแก้วสีชาที่ใช้ในการทดลองด้วยวิธี BMP

ขั้นตอนที่ 2 นำอัตราส่วนตะกอนบ่อเลี้ยงกุ้งและของเสียกลีเซอรอลที่อัตราส่วน 1:2 (ก๊าซชีวภาพสูงที่สุดจากขั้นตอนที่ 1) มาทำการทดลองต่อโดยหมักในระบบที่ถังปฏิกิริยาแบบกวนสมบูรณ์ (Continuous stirred tank reactor; CSTR) แบบ 2 ขั้นตอน ที่มีขนาดความจุ 5 ลิตรแยกถังปฏิกิริยาออกเป็น 2 ถัง คือ ถังหมักกรด และถังสร้างก๊าซ ในถังหมักกรดจะหมักตะกอนจากบ่อเลี้ยงกุ้งร่วมกับของเสียกลีเซอรอล ตามอัตราส่วนที่ได้จากขั้นตอนที่ 1 เป็นระยะเวลา 6 วัน ซึ่งเป็นระยะเวลากักพักชลศาสตร์ที่เหมาะสม เมื่อครบกำหนดจะนำน้ำเสียส่วนใสจากถังหมักกรด ไปพักในถังพักน้ำเพื่อปรับสภาพให้เหมาะสม ก่อนป้อนเข้าสู่ถังสร้างก๊าซที่มีการเลี้ยงหัวเชื้อจุลินทรีย์อยู่ ดังภาพที่ 2 ในถังสร้างก๊าซจะกำหนดระยะเวลากักพักชลศาสตร์ (Hydraulic retention time; HRT) เท่ากับ 5 วันมีความถี่ในการป้อนน้ำเสียเข้าระบบ 1 ครั้งต่อวัน ด้วยอัตราภาระบรรทุก (Organic Loading Rate; OLR) เท่ากับ 1.5 กรัม/ลิตร เป็นระยะเวลา 30 วัน เมื่อระบบดำเนินถึงสภาวะสมดุล (Steady state) จะเพิ่มOLR ที่เข้าสู่ระบบเป็น 2.0, 2.4 และ 3 กรัม/ลิตร ตามลำดับโดยภายในระบบของถังหมักก๊าซจะมีการควบคุมพารามิเตอร์ต่างๆ เพื่อให้สภาวะแวดล้อมภายในระบบเหมาะสมต่อการเกิดก๊าซชีวภาพมากที่สุด



ภาพที่ 2 แผนผังการเดินระบบ
ที่มา: ดัดแปลงจาก ปัทม์วรรณ ไชยพงศ์ (2557)

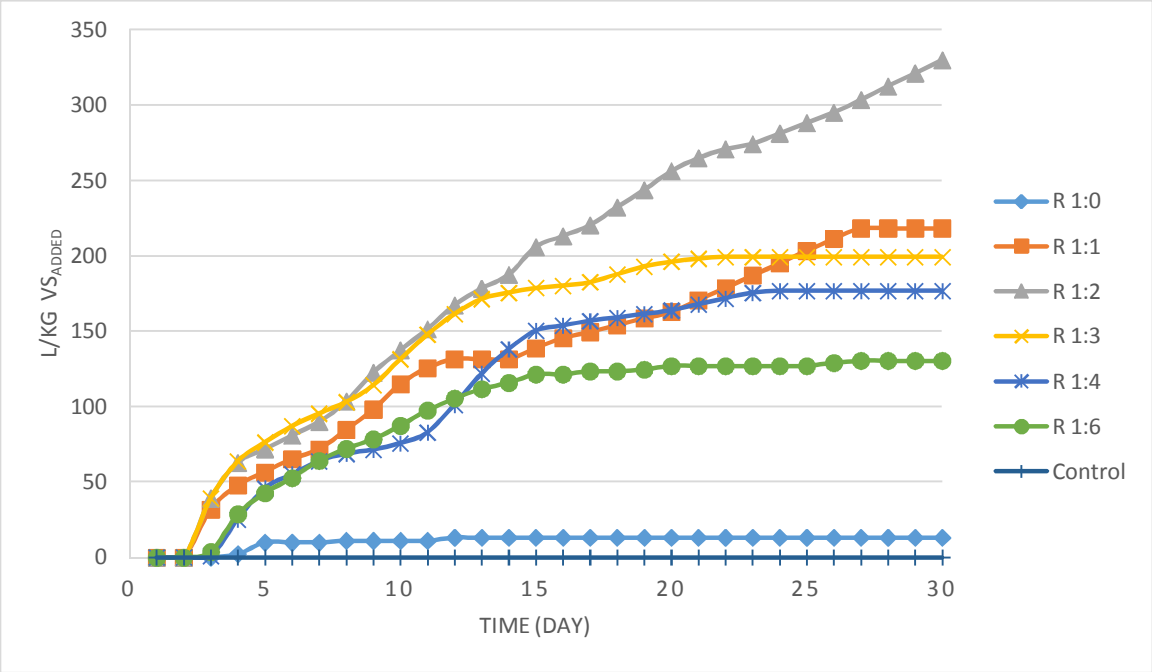
บันทึกปริมาณก๊าซชีวภาพที่เกิดขึ้น โดยดูจากก๊าซมิเตอร์ที่วัดโดยหลักการแทนที่ของน้ำ และประเมินประสิทธิภาพของระบบ โดยวิเคราะห์จากปริมาณก๊าซชีวภาพที่เกิดขึ้น องค์ประกอบก๊าซชีวภาพ และประสิทธิภาพการกำจัดซีโอดี

ผลการวิจัย

การประเมินศักยภาพการเกิดก๊าซชีวภาพโดยวิธีบีเอ็มพี

การหมักตะกอนจากบ่อเลี้ยงกุ้งเพียงอย่างเดียวสามารถผลิตก๊าซชีวภาพค่อนข้างต่ำ เพียง 13.2 L/kg VSadded เนื่องจากคุณสมบัติของตะกอนจากบ่อเลี้ยงกุ้ง มีค่าคาร์บอนค่อนข้างต่ำและมีปริมาณไนโตรเจนค่อนข้างสูง มีค่า C/N Ratio เท่ากับ 7.8 ซึ่งไม่เหมาะสมต่อการเติบโตของแบคมีเรียกลุ่มที่สร้างก๊าซมีเทน ดังนั้นการนำตะกอนจากบ่อเลี้ยงกุ้งมาหมักร่วมกับของเสียกลีเซอรอลซึ่งเป็นของเสียที่มีองค์ประกอบของคาร์บอนสูงมาก จึงอาจทำให้คุณสมบัติของสารตั้งต้น เหมาะสมต่อการเกิดก๊าซชีวภาพมากยิ่งขึ้น

จากการศึกษาศักยภาพการเกิดก๊าซชีวภาพของตะกอนจากบ่อเลี้ยงกุ้งร่วมกับของเสียกลีเซอรอลที่อัตราส่วนต่างๆ โดยวิธี BMP ในขั้นตอนที่ 1 พบว่าเมื่อครบกำหนดระยะเวลา 30 ของการหมัก อัตราส่วนของตะกอนจากบ่อเลี้ยงกุ้งร่วมกับของเสียกลีเซอรอลที่ 1:2 เกิดก๊าซชีวภาพสูงที่สุด คือ 329.9L/kg VSadded รองลงมาคืออัตราส่วน 1:1, 1:3, 1:4, 1:6 และ 1:0 โดยมีผลผลิตก๊าซชีวภาพเกิดขึ้น เท่ากับ 218.4, 199.3, 176.7, 130.6 และ 13.2 L/kg VSadded ตามลำดับ ในขณะที่ชุดควบคุมไม่เกิดก๊าซชีวภาพแต่อย่างใด ดังภาพที่ 3



ภาพที่ 3 ปริมาณก๊าซชีวภาพสะสมในแต่วัน

การหมักร่วมนี้พบว่าเริ่มเกิดก๊าซชีวภาพที่ประมาณวันที่ 3 และมีแนวโน้มเพิ่มสูงขึ้นเรื่อยๆ โดยชุดทดลองที่อัตราส่วนผสมของกลีเซอรอลสูงขึ้นคือที่ 1:3, 1:4 และ 1:6 พบว่าอัตราการผลิตก๊าซชีวภาพเริ่มช้าลงหลังวันที่ 15 ของการทดลอง เนื่องจากปริมาณของเสียกลีเซอรอลที่มากเกินไปส่งผลต่อการผลิตกรดไขมันระเหยง่ายในระบบมาก ทำให้เกิดการสะสมของกรดไขมันระเหยง่ายในระบบ ซึ่งเป็นสาเหตุหลักทำให้ค่า pH ในระบบลดต่ำลง และเมื่อค่า pH ในระบบต่ำกว่า 6.2 จะส่งผลให้แบคทีเรียกลุ่ม methanogen หยุดการเจริญเติบโต ทำให้ระบบหยุดผลิตก๊าซชีวภาพในขณะที่อัตราส่วน 1:1 และ 1:2 มีอัตราส่วนของของเสียกลีเซอรอลที่เหมาะสม ไม่มากเกินไป ทำให้อัตราการเกิดก๊าซชีวภาพมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นเรื่อยๆ

จากผลการทดลองในขั้นตอนที่ 1 พบว่าอัตราส่วนตะกอนจากบ่อเลี้ยงกุ้งร่วมกับของเสียกลีเซอรอลที่ที่ให้ก๊าซชีวภาพสูงที่สุด คือ 1:2 จึงนำอัตราส่วนนี้ไปทำการทดลองต่อในขั้นตอนที่ 2 ในถังปฏิกิริยากวนสมบูรณ์ แบบ 2 ขั้นตอน

การประเมินศักยภาพการผลิตก๊าซชีวภาพโดยระบบที่ถังปฏิกิริยาแบบกวนสมบูรณ์ (CSTR) แบบ 2 ขั้นตอน

ประสิทธิภาพการผลิตก๊าซชีวภาพ

เมื่อทดลองเดินระบบด้วยอัตราภาระบรรทุก 1.5, 2.0, 2.4 และ 3.0 กรัมซีโอดี/ลิตร-วัน จนเข้าสู่สภาวะคงตัวแล้ว พบว่าการผลิตก๊าซชีวภาพเฉลี่ยต่อวันมีค่าเพิ่มขึ้นตามปริมาณอัตราภาระบรรทุกสารอินทรีย์ที่เพิ่มขึ้นเมื่อเปรียบเทียบประสิทธิภาพการผลิตก๊าซชีวภาพต่อซีโอดีที่กำจัดได้ พบว่ามีค่าสูงสุดเท่ากับ 20.86 ลิตร/กรัม-ซีโอดีกำจัดดังตารางที่1เนื่องจากปริมาณของน้ำเสียที่เติมเข้าสู่ระบบ ถือเป็นแหล่งอาหารหลักของจุลินทรีย์ภายในระบบเมื่อเพิ่มอัตราภาระบรรทุกสูงขึ้น ปริมาณอาหารของจุลินทรีย์ในระบบจึงเพิ่มขึ้นตามไปด้วย เมื่อจุลินทรีย์นำอาหารเหล่านี้มาใช้ในกระบวนการเมตาบอลิซึ่ม จะมีส่วนหนึ่งที่ถูกนำไปใช้เพื่อสร้างเซลล์

จุลินทรีย์ และอีกส่วนหนึ่งจะถูกย่อยสลายและเกิดเป็นก๊าซชีวภาพขึ้นในระบบ ดังนั้นอัตราการเกิดก๊าซชีวภาพจึงสูงขึ้น เมื่ออัตราภาระบรรทุกสูงขึ้น

ตารางที่ 1 ประสิทธิภาพการผลิตก๊าซชีวภาพโดยระบบที่ถังปฏิกิริยาแบบกวนสมบูรณ์แบบ 2 ขั้นตอน

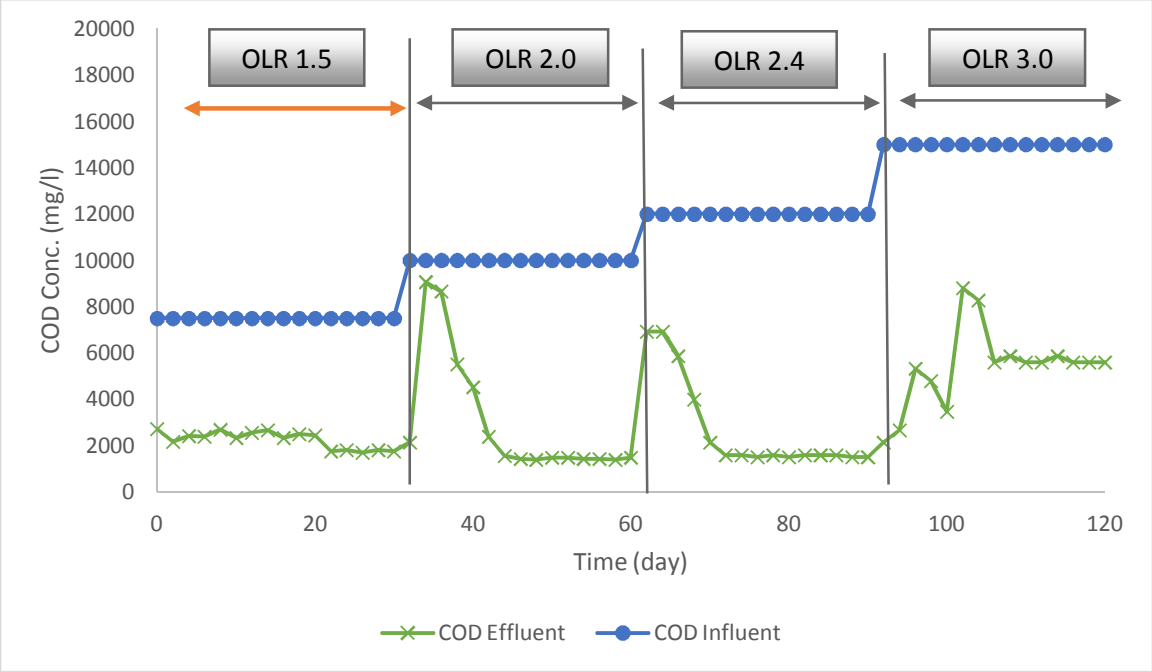
ค่าซีโอดีเข้าระบบ (มก./ล)	อัตราภาระบรรทุก (กรัม/ลิตร)	อัตราการเกิดก๊าซชีวภาพ (ลิตร/วัน)	ประสิทธิภาพการผลิตก๊าซชีวภาพ (ลิตร/กรัมซีโอดีกำจัด-วัน)	ประสิทธิภาพการผลิตก๊าซมีเทน (ลิตร/กรัมซีโอดีกำจัด-วัน)	ร้อยละของก๊าซมีเทน
7,500	1.5	22.78	4.03	2.6	64.63
10,000	2.0	73.33	8.57	6.52	76.17
12,000	2.4	193.16	19.44	15.62	80.41
15,000	3.0	194.67	20.86	12.06	57.82

องค์ประกอบของก๊าซชีวภาพที่สำคัญที่สุด คือ ก๊าซมีเทน ซึ่งในการทดลองนี้ได้วิเคราะห์หาองค์ประกอบของก๊าซมีเทนโดยใช้ก๊าซโครมาโทกราฟี่ (Gas Chromatography; GC) ปริมาณของก๊าซมีเทนที่ได้จะอยู่ในรูปของเปอร์เซ็นต์มีเทน จากการทดลองพบว่า ที่อัตราภาระบรรทุก 2.4 กรัม/ลิตร ก๊าซชีวภาพที่ได้มีเปอร์เซ็นต์มีเทนสูงที่สุด 80.41% รองลงมาคือ อัตราภาระบรรทุก 2.0, 1.5 และ 3.0 กรัม/ลิตร มีเปอร์เซ็นต์มีเทน 76.17, 64.63 และ 57.82 ตามลำดับ Rittiron T. และ Wannakomol A. ได้ศึกษาการผลิตก๊าซชีวภาพของตะกอนจากบ่อเลี้ยงกุ้งร่วมกับฟางข้าว ได้เปอร์เซ็นต์มีเทนเพียงร้อยละ 48.52 ดังนั้นการหมักร่วมระหว่างตะกอนจากบ่อเลี้ยงกุ้งและของเสียกลีเซอรอล จึงให้เปอร์เซ็นต์มีเทนที่ค่อนข้างสูง

เมื่อพิจารณาประสิทธิภาพการผลิตก๊าซมีเทนพบว่าเมื่ออัตราภาระบรรทุกเข้าระบบเพิ่มมากขึ้น อัตราการผลิตก๊าซมีเทนจะสูงขึ้นด้วยเนื่องจากค่าร้อยละของก๊าซมีเทนที่เป็นองค์ประกอบในก๊าซชีวภาพมีค่าสูงขึ้น แต่เมื่อเพิ่มอัตราภาระบรรทุกเป็น 3.0 กรัมซีโอดี/ลิตร-วันพบว่าค่าร้อยละของก๊าซมีเทนกลับมีค่าต่ำลงอย่างเห็นได้ชัด ส่งผลทำให้ประสิทธิภาพการผลิตก๊าซมีเทนที่ภาระบรรทุก 3.0 กรัมซีโอดี/ลิตร-วันมีค่าต่ำกว่าภาระบรรทุก 2.4 กรัมซีโอดี/ลิตร-วัน ดังนั้นประสิทธิภาพการผลิตก๊าซมีเทนโดยระบบที่ถังปฏิกิริยาแบบกวนสมบูรณ์ (CSTR) แบบ 2 ขั้นตอนที่ภาระบรรทุก 2.4 กรัมซีโอดี/ลิตร-วันจึงมีค่าสูงสุดท่ากับ 15.62 ลิตร/กรัมซีโอดีกำจัดดังตารางที่ 2

การประเมินประสิทธิภาพการกำจัดซีโอดี

การศึกษาในครั้งนี้ได้ศึกษาความสามารถในการกำจัดปริมาณสารอินทรีย์ที่ระบบสามารถรองรับได้ โดยทดลองเดินระบบด้วยอัตราภาระบรรทุกที่ 1.5, 2.0, 2.4 และ 3 กรัมซีโอดี/ลิตร-วัน มีความเข้มข้นของซีโอดีที่เข้าระบบเท่ากับ 7,500, 10,000, 12,000 และ 15,000 มก./ล ตามลำดับ ใช้ระยะเวลากักพักชลศาสตร์เท่ากับ 5 วัน จากการทดลองพบว่าเมื่อทำการเพิ่มอัตราภาระบรรทุกเข้าสู่ระบบ ในช่วงแรก ค่าซีโอดีของน้ำที่ออกจากระบบจะมีค่าเพิ่มขึ้น เนื่องจากจุลินทรีย์ในระบบมีปริมาณน้อยกว่าสารอินทรีย์ที่เข้ามาในระบบ หลังจากจุลินทรีย์ปรับตัวเพิ่มจำนวนขึ้นได้แล้ว ค่าซีโอดีของน้ำที่ออกจากระบบจึงจะค่อยๆลดลง จนมีค่าคงที่ นั่นคือระบบได้อยู่ในสภาวะคงตัว (steady state) แล้วดังภาพที่ 4



ภาพที่ 4 ความเข้มข้นของซีโอดีที่เข้าและออกจากระบบ

จากผลการทดลองที่อัตราภาระบรรทุก 1.5, 2.0, 2.4 และ 3.0 กรัมซีโอดี/ลิตร-วัน พบว่าระบบเข้าสู่สภาวะคงตัวในช่วงวันที่ 22-30, 46-60, 72-90 และ 106-120 ตามลำดับ ค่าความเข้มข้นซีโอดีของน้ำที่ออกจากระบบในช่วงสภาวะคงตัว คือ 1,852, 1,447, 1,564 และ 5,667 ตามลำดับ ดังแสดงในตารางที่ 2

ตารางที่ 2 ประสิทธิภาพการกำจัดซีโอดีเมื่อระบบอยู่ในสภาวะคงตัว

อัตราภาระบรรทุก (กรัม/ลิตร)	ความเข้มข้นของซีโอดีที่เข้าระบบ (มก./ล.)	ความเข้มข้นของซีโอดีที่ออกจากระบบ (มก./ล.)	ประสิทธิภาพการกำจัดซีโอดี (ร้อยละ)
1.5	7,500	1,852 ± 45.26	75.31
2.0	10,000	1,447 ± 63.47	85.53
2.4	12,000	1,564 ±86.97	86.96
3.0	15,000	5,667 ± 422.31	62.22

ประสิทธิภาพในการกำจัดซีโอดีของระบบที่อัตราภาระบรรทุก 2.4 กรัมซีโอดี/ลิตร-วัน สามารถกำจัดซีโอดีได้สูงที่สุด ร้อยละ 86.96 รองลงมาคืออัตราภาระบรรทุก 2.0,1.5 และ 3.0 กรัมซีโอดี/ลิตร-วัน มีประสิทธิภาพกำจัดซีโอดีได้ร้อยละ 85.53, 75.31 และ 62.22 ตามลำดับ ที่อัตราภาระบรรทุก 1.5-2.4 กรัมซีโอดี/ลิตร-วัน พบว่าประสิทธิภาพการกำจัดซีโอดีมีค่าเพิ่มสูงขึ้น เมื่ออัตราภาระบรรทุกสูงขึ้น เนื่องจากจุลินทรีย์ในระบบมีการปรับตัวจนคุ้นเคยกับน้ำเสียในระบบได้มากขึ้น ก่อให้เกิดการเจริญเติบโตของจุลินทรีย์ทั้งทางด้านปริมาณและคุณภาพ การกำจัดซีโอดีจึงมีประสิทธิภาพมากขึ้นตามไปด้วย (ชุติมา ฉันท์พลากร, 2551) อย่างไรก็ตามเมื่อเพิ่มอัตราภาระบรรทุกเป็น 3.0 กรัมซีโอดี/ลิตร-วัน พบว่าระบบมีประสิทธิภาพการกำจัดซีโอดีลดลง แสดงว่าอัตราภาระบรรทุกที่เข้าสู่ระบบสูงเกินไป จนจุลินทรีย์ไม่สามารถนำสารอินทรีย์ที่เข้าสู่ระบบมาใช้ได้ทัน ก่อให้เกิดการสะสมของกรดไขมันระเหยง่ายในระบบ ส่งผลให้เกิดการยับยั้งการ

เจริญเติบโตของจุลินทรีย์ ประสิทธิภาพการกำจัดซีโอดีในระบบจึงลดลงซึ่งสอดคล้องกับประสิทธิภาพการผลิตก๊าซมีเทนที่มีค่าสูงสุดที่อัตราภาระบรรทุก 2.4 กรัมซีโอดี/ลิตร-วัน

อภิปรายผลการวิจัย

การหมักตะกอนจากบ่อเลี้ยงกุ้งเพียงชนิดเดียวเกิดปริมาณก๊าซชีวภาพน้อยกว่าการหมักร่วมกับของเสียกลีเซอรอล เนื่องจากตะกอนจากบ่อเลี้ยงกุ้งมีปริมาณคาร์บอนน้อยในขณะที่ของเสียกลีเซอรอลมีปริมาณคาร์บอนสูง แต่ปริมาณไนโตรเจนต่ำ การนำมาหมักร่วมกันจึงทำให้อัตราส่วนคาร์บอน/ไนโตรเจน เหมาะสมต่อการเกิดก๊าซชีวภาพมากขึ้น แต่ในการควบคุมระบบหมักจำเป็นต้องควบคุมปริมาณกลีเซอรลที่ใช้ เนื่องจากหากปริมาณกลีเซอรอลที่มากเกินไป จะทำให้เกิดการสะสมของของแข็งระเหยง่ายในระบบที่มากเกินไป อาจส่งผลให้ค่าพีเอชในระบบลดต่ำลง และยับยั้งการทำงานของจุลินทรีย์กลุ่มที่ผลิตก๊าซมีเทน ทำให้ระบบหยุดผลิตก๊าซชีวภาพได้

ประสิทธิภาพการผลิตก๊าซชีวภาพและร้อยละของก๊าซมีเทนที่เกิดขึ้นในระบบมีค่าเพิ่มสูงขึ้น เมื่ออัตราภาระบรรทุกเพิ่มขึ้นเนื่องจากเมื่ออัตราภาระบรรทุกเพิ่มสูงขึ้น ปริมาณสารอินทรีย์ที่เข้าสู่ระบบจึงเพิ่มมากขึ้นตามไปด้วย จุลินทรีย์ที่อยู่ในระบบจะย่อยสลายสารอินทรีย์เหล่านี้ให้กลายเป็นกรดไขมันระเหยง่าย และกรดไขมันระเหยง่ายเหล่านี้ จะถูกจุลินทรีย์กลุ่ม methanogen นำไปใช้เป็นสารตั้งต้นในการผลิตก๊าซมีเทน จึงทำให้เมื่อเราเพิ่มอัตราภาระบรรทุก ปริมาณก๊าซชีวภาพที่เกิดขึ้นจึงมากขึ้นตามไปด้วย

จากผลการศึกษานี้จึงสรุปได้ว่าตะกอนจากบ่อเลี้ยงกุ้งมีศักยภาพการผลิตก๊าซชีวภาพ โดยการนำมาหมักร่วมกับของเสียกลีเซอรอลซึ่งเป็นของเสียจากการผลิตน้ำมันไบโอดีเซล โดยอัตราส่วนผสมที่เหมาะสมของตะกอนจากบ่อเลี้ยงกุ้งร่วมกับของเสียกลีเซอรอลเท่ากับ1:2 และเมื่อนำอัตราส่วนผสมดังกล่าวป้อนเข้าระบบหมักแบบไร้อากาศด้วยถังปฏิกิริยากวนสมบูรณ์ แบบ 2 ขั้นตอนที่มีการเดินระบบแบบต่อเนื่อง ระบบจะสามารถผลิตก๊าซชีวภาพ และก๊าซมีเทนสูงที่สุด คือ 19.44 และ 15.62 ลิตร/กรัมซีโอดีที่ถูกกำจัด ตามลำดับ ซึ่งนอกจากจะสามารถนำของเสียจากการเลี้ยงกุ้งกลับมาใช้ประโยชน์เพื่อผลิตพลังงานทดแทนแล้ว ยังสามารถลดผลกระทบสิ่งแวดล้อมจากการระบายตะกอนจากบ่อเลี้ยงกุ้งลงสู่สิ่งแวดล้อมด้วย

ข้อเสนอแนะ

1. คุณสมบัติของตะกอนจากบ่อเลี้ยงกุ้งจะเปลี่ยนแปลงไปตามปริมาณอาหาร วิธีการเพาะเลี้ยงของเกษตรกร และระยะเวลาที่ใช้เพาะเลี้ยงกุ้ง ดังนั้น ตะกอนจากบ่อเลี้ยงกุ้งที่ได้มาจากการเพาะเลี้ยงที่แตกต่างกัน อาจให้ผลผลิตก๊าซชีวภาพที่แตกต่างกัน

2. ระบบการหมักแบบไร้อากาศ โดยใช้ถังปฏิกิริยากวนสมบูรณ์ (CSTR) มักมีประสบปัญหาใบพัดที่ทำหน้าที่กวนผสมพังขณะทำการทดลอง จึงไม่ค่อยเหมาะสม หากจะนำระบบนี้ไปใช้งานจริง

กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบคุณสำนักงานคณะกรรมการการอุดมศึกษา (สกอ.) และสำนักพัฒนาบัณฑิตศึกษาและวิจัยด้านวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี (สบว.) สำหรับทุนอุดหนุนโปรแกรมวิจัย พร้อมทั้งขอขอบคุณศูนย์ความเป็นเลิศด้านการจัดการสารและของเสียอันตราย (ศสอ.) ที่ได้สนับสนุนในด้านเครื่องมือและอุปกรณ์วิทยาศาสตร์อันเป็นประโยชน์ต่อความสำเร็จของการดำเนินงานวิจัยในครั้งนี้

เอกสารอ้างอิง

กรมพัฒนาพลังงานทดแทนและอนุรักษ์พลังงาน, กระทรวงพลังงาน. (2560). สถิติและข้อมูลพลังงาน. สืบค้นเมื่อ สิงหาคม 7, 2561, จาก http://dede.go.th/ewt_news.php?nid=42079.

การไฟฟ้าฝ่ายผลิตแห่งประเทศไทย. (2018). EIA คาดปี 2040 โลกยังใช้พลังงานฟอสซิลและนิวเคลียร์ร้อยละ 80. สืบค้นเมื่อ สิงหาคม 7, 2561, จาก http://www.egat.co.th.

ชุติมา ฉันท์พลากร. (2551). ผลของภาระการป้อนซีโอดีต่อประสิทธิภาพการผลิตก๊าซชีวภาพ จากน้ำเสียกากส่า โดยระบบแผ่นกั้นไร้ออกซิเจน.วิทยานิพนธ์ปริญญามหาบัณฑิต สาขาวิศวกรรมสิ่งแวดล้อม จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

ปัทม์วรรณ ไชยพงศ์. (2557). การเพิ่มประสิทธิภาพการผลิตก๊าซชีวภาพของใบกระถิน โดยการปรับสภาพขั้นต้นด้วยด่าง และการหมักร่วมด้วยชีวมวล. วิทยานิพนธ์ปริญญามหาบัณฑิต สาขาวิศวกรรมสิ่งแวดล้อม จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

ประสิทธิ ศรีนคร, ขวัญตา ตันติกำธน, อรรถวิโรจน์ เขียวนาค, จิระพล ศรีเสริฐผล และกนต์ธร ชำนิประศาสน์. (2554). การบำบัดตะกอนเลนในบ่อเลี้ยงกุ้งทะเลโดยกระบวนการย่อยสลายแบบไร้ออกซิเจน. ในวารสาร การจัดการสิ่งแวดล้อม. (10-21). กรุงเทพ: มหาวิทยาลัยนิด้า.

Luna delRisco, M. Normak, A. and Orupold, K. (2011). Biochemical methane potential of different organic wastes and energy crops from Estonia. Agronomy Research9. 1-2, 331-342.

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

Rittiron, T. and Wannakomol, A. (2015). The Biogas Production from shimp farming waste. Suranaree Journal Science Technology.