

บทคัดย่อ

รหัสโครงการ : MRG5580074
ชื่อโครงการ : การตรวจสอบสาเหตุของการเกิดโฟมและความไม่เสถียรของกระบวนการ
ย่อยสลายแบบไร้อากาศผลิตมีเทนจากน้ำทิ้งโรงงานสกัดน้ำมันปาล์มดิบ
ชื่อนักวิจัย : ผศ.ดร.สมพงศ์ โอทอง มหาวิทยาลัยทักษิณ
E-mail Address: sompong.o@gmail.com
ระยะเวลาโครงการ : 2 กรกฎาคม 2555 ถึง 1 กรกฎาคม 2557

กระบวนการย่อยสลายไร้อากาศถูกนำมาใช้อย่างกว้างขวางในการผลิตก๊าซชีวภาพจากน้ำทิ้งโรงงานสกัดน้ำมันปาล์มดิบ และพบว่าปัญหาการเกิดโฟมและความไม่เสถียรของระบบเป็นปัญหาที่สำคัญส่งผลกระทบต่อระบบผลิตก๊าซชีวภาพทำให้ผลผลิตก๊าซชีวภาพลดลงและบำบัดน้ำเสียได้ต่ำลง ดังนั้นการทดลองนี้จึงศึกษาผลขององค์ประกอบน้ำทิ้งโรงงานสกัดน้ำมันปาล์มดิบต่อการเกิดโฟมและการผลิตก๊าซชีวภาพ โครงสร้างจุลินทรีย์ในระบบผลิตก๊าซชีวภาพต่อการเกิดโฟมและความไม่เสถียรของระบบผลิตก๊าซชีวภาพ การแก้ไขปัญหาการเกิดโฟมและความไม่เสถียรของระบบผลิตก๊าซชีวภาพด้วยกระบวนการย่อยสลายไร้อากาศสองขั้นตอน และการปรับพีเอชของระบบย่อยสลายไร้อากาศสองขั้นตอนด้วยน้ำทิ้งหลังกระบวนการผลิตก๊าซชีวภาพ ผลการทดลองพบว่าความเข้มข้นของสารตั้งต้นและสารตัวกลางในน้ำทิ้งโรงงานสกัดน้ำมันปาล์มดิบส่งผลต่อการเกิดโฟมและความเสถียรของโฟม สารพวกโปรตีน (BSA) โซเดียม (Na^+) กรดแลกติก เซลลูโลส ส่งผลต่อการเกิดโฟมในน้ำ แต่ โซเดียมโอเลเอต และโซเดียมส่งผลต่อการเกิดโฟมในน้ำทิ้งโรงงานสกัดน้ำมันปาล์มดิบ ส่วน กรดบิวทีริก กรดอะซิติก แมกนีเซียม (Mg^{2+}) SDS เปปโตน เจลาติน และ BSA ส่งผลต่อความเสถียรของโฟมในน้ำทิ้งโรงงานสกัดน้ำมันปาล์มดิบ ในการย่อยสลายไร้อากาศน้ำทิ้งโรงงานสกัดน้ำมันปาล์มดิบให้ผลผลิตมีเทน 11.15-15.95 ลิตรของมีเทนต่อลิตรน้ำทิ้งและให้ผลได้มีเทน 179.05-256.08 มิลลิลิตรมีเทนต่อกรัมของแข็งระเหยได้ BSA เจลาติน น้ำมันปาล์ม และ กรดแลกติกส่งผลต่อความเสถียรของการเกิดโฟมในระบบผลิตก๊าซชีวภาพจากน้ำทิ้งโรงงานสกัดน้ำมันปาล์มดิบ การเกิดโฟมในระบบผลิตก๊าซชีวภาพเกิดพร้อมกับการผลิตไฮโดรเจนและจุลินทรีย์ที่เด่นในระบบส่วนใหญ่เป็นกลุ่ม *Thermoanaerobacterium* sp. (ร้อยละ 66) กลุ่ม *Desulfotomaculum* sp. (ร้อยละ 28) และ กลุ่ม *Clostridium* sp. (ร้อยละ 6) ระบบย่อยสลายไร้อากาศสองขั้นตอนโดยขั้นตอนแรกดำเนินการที่อุณหภูมิสูง (60 องศาเซลเซียส) ใช้ระยะพักกักเก็บน้ำ 2 วัน และขั้นตอนที่สองดำเนินการที่อุณหภูมิห้องใช้ระยะพักกักเก็บน้ำ 15 วัน สามารถแก้ปัญหาการเกิดโฟมและส่งผลให้เก็บเกี่ยวพลังงานในรูปของก๊าซชีวภาพได้สูงกว่าขั้นตอนเดียวถึงร้อยละ 34 ระบบไร้อากาศสองขั้นตอนสามารถผลิตไฮโดรเจนและมีเทนได้ 210 ลิตรไฮโดรเจนต่อกิโลกรัมชีโอดี และ 315 ลิตรมีเทนต่อกิโลกรัมชีโอดี ให้พลังงานในรูปไฟฟ้าทั้งหมด 15.34 แมกะจูลต่อ

กิโลกรัมซีโอดี ได้ก๊าซผสมที่มีองค์ประกอบของ มีเทนร้อยละ 51 ไฮโดรเจนร้อยละ 14 และ คาร์บอนไดออกไซด์ร้อยละ 35 เรียกก๊าซผสมนี้ว่าไบโอไฮเทนซึ่งมีประสิทธิภาพการเผาไหม้สูงกว่าก๊าซชีวภาพ

ในขั้นตอนแรกผลิตไฮโดรเจนเด่นด้วยแบคทีเรียในกลุ่ม *Thermoanaerobacterium* sp. และในขั้นตอนที่สองผลิตมีเทนเด่นด้วยอาร์เคียในกลุ่ม *Methanoculleus* sp. การนำน้ำทิ้งหลังกระบวนการผลิตก๊าซชีวภาพมาช่วยปรับพีเอชในขั้นตอนแรกให้ผลผลิตไฮโดรเจน 4.4 ลิตรไฮโดรเจนต่อลิตรน้ำทิ้งและผลผลิตมีเทน 16.6 ลิตรมีเทนต่อลิตรน้ำทิ้ง การนำน้ำทิ้งหลังกระบวนการผลิตก๊าซชีวภาพมาช่วยปรับพีเอชในขั้นตอนแรกให้ผลผลิตไฮโดรเจนในระบบต่อเนื่องได้ 3.6 ลิตรไฮโดรเจนต่อลิตรน้ำทิ้ง ระบบที่ไม่ปรับพีเอชได้ 2.2 ลิตรไฮโดรเจนต่อลิตรน้ำทิ้ง การนำน้ำทิ้งหลังกระบวนการผลิตก๊าซชีวภาพมาช่วยปรับพีเอชในขั้นตอนที่สองให้ผลผลิตมีเทนในระบบต่อเนื่องได้ 14 ลิตรมีเทนต่อลิตรน้ำทิ้ง ระบบที่ไม่ปรับพีเอชได้ 12.2 ลิตรมีเทนต่อลิตรน้ำทิ้ง ทั้งสองขั้นตอนสามารถควบคุมพีเอชให้เหมาะสมต่อการทำงานของจุลินทรีย์ได้ดีและเพิ่มผลผลิตไฮโดรเจน ระบบสองขั้นตอนนำน้ำทิ้งหลังกระบวนการผลิตก๊าซชีวภาพมาช่วยปรับพีเอชให้ผลได้ไฮโดรเจนและมีเทน 135 มิลลิลิตรไฮโดรเจนต่อกรัมของแข็งระเหยได้ และ 414 มิลลิลิตรมีเทนต่อกรัมของแข็งระเหยได้ ให้ก๊าซผสมไบโอไฮเทนที่มีองค์ประกอบของ มีเทนร้อยละ 54.4 ไฮโดรเจนร้อยละ 13.3 และ คาร์บอนไดออกไซด์ร้อยละ 32.2 ระบบไร้อากาศแบบสองขั้นตอนแบบนำน้ำทิ้งหลังกระบวนการผลิตก๊าซชีวภาพมาช่วยปรับพีเอชส่งเสริมประชากรแบคทีเรียในกลุ่ม *Thermoanaerobacterium* sp. และส่งผลให้มีประสิทธิภาพในการผลิตไฮโดรเจนจากน้ำทิ้งโรงงานสกัดน้ำมันปาล์มดิบในขั้นตอนที่หนึ่ง ระบบไร้อากาศแบบสองขั้นตอนมีประสิทธิภาพในการเก็บเกี่ยวพลังงานและแก้ไขปัญหาการเกิดโฟมและความไม่เสถียรของระบบผลิตก๊าซชีวภาพ

คำหลัก: ความไม่เสถียรของระบบ การเกิดโฟมในระบบย่อยสลายไร้อากาศ ระบบย่อยสลายไร้อากาศสองขั้นตอน น้ำทิ้งโรงงานสกัดน้ำมันปาล์มดิบ ก๊าซไบโอไฮเทน

Abstract

Project Code: MRG5580074

Project Title: Systematic investigation of process instability and foaming causes in palm oil wastewater anaerobic digestion systems

Investigator: Asst. Prof. Dr. Sompong O-Thong Thaksin University

E-mail Address: sompong.o@gmail.com

Project Period: 2 July 2012-1 July 2014

Anaerobic digestion (AD) process is a widely applied method for biogas production and wastewater treatment of palm oil mill effluent (POME). AD foaming is one of the major problems that occasionally occur in many biogas plants, since it affects negatively the overall digestion process. The effect of individual substrates and intermediate compounds on foaming potential in POME anaerobic digestion systems was investigated. Effect of interaction of each compound was investigated by fractional factorial design and tested, for foaming potential in both pure water, POME and POME under AD. The microbial community structure during AD foaming was analyzed by 16S rRNA gene clone library techniques. A two-stage thermophilic fermentation and mesophilic methanogenic process for biohydrogen production from palm oil mill effluent (POME) was investigated for solving foaming problems. Two-stage thermophilic fermentation and mesophilic methanogenic process with methanogenic effluent recirculation to hydrogen reactor for biohydrogen production from palm oil mill effluent (POME) was investigated. The results showed increased concentration of substrate and intermediate compounds in wastewater could create more foaming tendency but not effect on foaming stability. Each compound in a complex mixture showed that BSA, Na^+ , lactic acid and cellulose has foaming tendency in water while no created foaming stability. Na^+ oleate and Na^+ showed strong foaming tendency while butyric acid, acetic acid, Mg^{2+} , SDS, peptone, gelatine and BSA showed more effect on foaming stability in POME. In AD systems found that highest methane production about 11.15-15.95 L- CH_4 /L-POME and yield about 179.05-256.08 mL- CH_4 /g-VS added. BSA, gelatine, oil palm and lactic acid has highest foaming stability in AD systems. The microbial community was dominated by *Thermoanaerobacterium* species (~66%). The remaining microorganisms belonged to *Clostridium* and *Desulfotomaculum* spp. (~28% and ~6%, respectively). A continuous two-stage process with hydraulic retention time (HRT) of 2 d for hydrogen reactor and 15 d for methane reactor, obtained 34% higher energy yield than single

stage methane production. The hydrogen and methane yields from two-stage were 210 L H₂/kgCOD and 315 L CH₄/kgCOD, respectively with total energy yield of 15.34 MJ/kgCOD. Mixed hydrogen and methane (biohythane) production rate was 4.4 L biogas/L/d with containing of 51% CH₄, 14%H₂ and 35% CO₂. Hydrogen reactor was dominated with hydrogen producing bacteria of *Thermoanaerobacterium thermosaccharolyticum*, while acetoclastic *Methanoculleus* sp. was the dominant methanogen in methane reactor. Maximum hydrogen (4.1 L H₂/L-POME) and methane production (16.6 L CH₄/L-POME) from POME in batch tests were achieved at 30% recirculation rate of methanogenic effluent. Continuous hydrogen production of without and with recirculation phase was 2.2 and 3.8 L H₂/L-POME, respectively. Continuous methane production of without and with recirculation phase was 12.2 and 14 L CH₄/LPOME, respectively. Both reactor effluents were effective to keep at optimal pH with 2 times increasing in hydrogen production. The hydrogen and methane yield were 135 mL H₂/gVS and 414 mL CH₄/gVS, respectively. Biohythane gas composition was composed 13.3% of hydrogen, 54.4% of methane and 32.2% carbon dioxide. Two-stage process with methanogenic effluent recirculation favored *Thermoanaerobacterium* sp. in the hydrogen reactor and efficiently for energy recovery from POME. Two-stage process for biohythane production could efficiently for energy recovery from POME and foaming prevention.

Keywords: Process instability, AD foaming, Two-stage anaerobic digestion, POME, Biohythane