ศรัลย์ ปานศรีพงษ์ : การศึกษาเทคนิคการผลิตแก๊สชีวภาพจากฟางข้าวโดยการบำบัดขั้นต้นด้วยคลื่นอัลตราโซนิค (A TECHNICAL STUDY ON ULTRASONIC PRETREATMENT FOR BIOGAS PRODUCTION FROM RICE STRAW) อาจารย์ที่ปรึกษา : ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.วีรชัย อาจหาญ, 192 หน้า.

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษากระบวนการย่อยสลายฟางข้าวขั้นต้น (Pretreatment) โดยประยุกต์ใช้คลื่นอัลตราโซนิคซึ่งเป็นคลื่นเสียงที่มีช่วงความถี่มากกว่า 20 kHz ขึ้นไป ผ่านตัวกลางที่เป็นของเหลวจะเกิดคาวิเตชันจากการบีบอัดของคลื่นความถี่สูง ส่งผลให้สารแขวนลอยในตัวกลางมีโครงสร้างเล็กลง งานวิจัยนี้จะทำการศึกษาลักษณะของโครงสร้าง องค์ประกอบ และศักยภาพในการผลิตแก๊สชีวภาพของฟางข้าวที่เปลี่ยนแปลงไป โดยทำการทดสอบการย่อยสลายฟางข้าวขั้นต้นด้วยคลื่นอัลตราโซนิคควบคู่กับความร้อนโดยใช้วิธีการต้ม เปรียบเทียบกับการย่อยสลายฟางข้าวขั้นต้นด้วยคลื่นอัลตราโซนิคเพียงอย่างเดียว และการย่อยสลายฟางข้าวขั้นต้นด้วยความร้อนจากการต้มและการนึ่งเพียงอย่างเดียว

ผลการศึกษาพบว่าการประยุกต์ใช้คลื่นอัลตราโซนิคควบคู่กับความร้อนโดยวิธีการต้มทำให้โครงสร้างของฟางข้าวมีขนาดเล็กลงและมีความพรุนเพิ่มขึ้นเมื่อส่องด้วยกล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนแบบส่องกราด (FE-SEM) และทำการวิเคราะห์องค์ประกอบของเฮมิเซลลูโลสที่คงเหลือกล่าวคือ ฟางข้าวมีองค์ประกอบเฮมิเซลลูโลส ร้อยละ 41.70 เมื่อผ่านการย่อยสลายขั้นต้นด้วยความร้อนโดยการต้ม 10 นาที ต้ม 20 นาที การย่อยสลายขั้นต้นด้วยไอน้ำ 15 นาที การใช้คลื่นอัลตราโซนิคความถี่ 37 kHz 102 kHz การใช้คลื่นอัลตราโซนิคร่วมกับการต้ม 10 นาที ที่ความถี่ 37 kHz และ 102 kHz มีค่าองค์ประกอบเฮมิเซลลูโลสที่ ร้อยละ 35.13 34.95 34.67 30.95 33.02 32.72 และ 33.80 ตามลำดับ โดยมีค่าเฮมิเซลลูโลสลดลง ร้อยละ 15.76 16.19 16.86 25.78 20.82 21.53 และ 18.94 ตามลำดับ ทั้งนี้จะเห็นว่าการย่อยสลายขั้นต้นด้วยคลื่นอัลตราโซนิค จะสามารถทำให้องค์ประกอบของเฮมิเซลลูโลสลดลง และจะมีประสิทธิภาพเพิ่มมากขึ้น เมื่อทำการย่อยสลายขั้นต้นด้วยคลื่นอัลตราโซนิคร่วมกับการต้ม และสามารถนำมาใช้ในการย่อยสลายขั้นต้นฟางข้าวได้ดี

เมื่อนำไปทดสอบศักยภาพการผลิตแก๊สมีเทนพบว่า การประยุกต์ใช้คลื่นอัลตราโซนิคร่วมกับความร้อนโดยวิธีการต้ม ทำให้ศักยภาพการผลิตแก๊สมีเทนของฟางข้าวดีขึ้น กล่าวคือ เมื่อทำการย่อยสลายขั้นต้นด้วยวิธีการต้ม 10 นาที ต้ม 20 นาที การย่อยสลายขั้นต้นด้วยไอน้ำ การใช้คลื่นอัลตราโซนิคเพียงอย่างเดียวความถี่ 37 kHz และ 102 kHz และการใช้คลื่นอัลตราโซนิคร่วมกับการต้ม 10 นาที ที่ความถี่ดังกล่าว ศักยภาพการผลิตแก๊สมีเทนมีค่า 248.83 255.27 256.13 250.36 243.79 266.03 และ 258.07 mL CH_4 g VS^{-1}_{added} ที่สภาวะมาตรฐาน (STP) ในช่วงระยะเวลา 45 วัน

ตามลำดับ โดยมีค่าเพิ่มขึ้นจากชุดควบคุม (205.30 mL CH_4 g VS^{-1}_{added}) ร้อยละ 21.20 24.34 24.76 21.95 18.75 29.58 และ 24.76 ตามลำดับ ซึ่งการย่อยสลายขั้นต้นด้วยคลื่น อัลตราโซนิคร่วมกับการต้ม 10 นาที จะมีประสิทธิภาพในการเพิ่มปริมาณการเกิดแก๊สมีเทนสะสมได้สูงสุดร้อยละ 29.58

การศึกษาปริมาณการเกิดแก๊สมีเทนสะสม ที่การย่อยสลายขั้นต้นที่สภาวะต่าง ๆ ดังกล่าว ถูกนำมาวิเคราะห์เพื่อหาความสัมพันธ์ระหว่างกำลังของคลื่นอัลตราโซนิคและระยะเวลาที่ใช้ในการย่อยสลายขั้นต้น โดยการสร้างแบบจำลองพื้นผิวตอบ (Response Surface Model : RSM) และวางแผนการทดลองแบบ Central Composite Design (CCD) โดยผลของการทดสอบแบบจำลองพื้นผิวผลตอบมีค่า adj. R^2 เท่ากับ 0.96 และ 0.90 สำหรับแบบจำลองความสัมพันธ์ของปริมาณการเกิดแก๊สมีเทนสะสมที่ได้จากการทดสอบการย่อยสลายขั้นต้นด้วยคลื่นอัลตราโซนิคเพียงอย่างเดียวที่ความถี่ 37 kHz และ 102 kHz ตามลำดับ และมีค่า adj. R^2 เท่ากับ 0.96 และ 0.94 สำหรับการย่อยสลายขั้นต้นแบบด้วยคลื่นอัลตราโซนิคร่วมกับการต้ม ตามลำดับ ผลการทดลองพบว่า ปัจจัยที่ทำให้เกิดการผลิตแก๊สมีเทนมาจากกำลังส่งที่มีค่าสูงกว่า 160 W ขึ้นไป และระยะเวลาในการส่งคลื่นที่เพิ่มขึ้นส่งผลให้อัตราการเกิดแก๊สมีเทนเพิ่มขึ้นเช่นกัน

จากการทดสอบการเดินระบบผลิตแก๊สชีวภาพโดยใช้คลื่นอัลตราโซนิคร่วมกับการต้มในการย่อยสลายขั้นต้น ที่อัตราภาระบรรทุกสารอินทรีย์ 0.9 1.20 1.81 และ 3.61 $kgVS_{added}m^{-3}d^{-1}$ มีประสิทธิภาพในการกำจัดของแข็งระเหยง่าย (VS) อยู่ในช่วงร้อยละ 24.54 – 37.22 มีประสิทธิภาพในการกำจัดซีโอดี อยู่ในช่วงร้อยละ 36.08 – 44.37 และมีประสิทธิภาพในการผลิตแก๊สมีเทนอยู่ในช่วง 181.75 – 244.06 $LCH_4/kgVS_{added}$ ซึ่งมีค่าสูงสุดที่อัตราภาระบรรทุกสารอินทรีย์ 1.2 $kgVS_{added}m^{-3}d^{-1}$ โดยมีค่าจลศาสตร์การย่อยสลายทางชีวภาพของระบบ (k) เท่ากับ 0.1435 d^{-1}

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

สาขาวิชาวิศวกรรมสิ่งแวดล้อม
ปีการศึกษา 2556

ลายมือชื่อนักศึกษา _____
ลายมือชื่ออาจารย์ที่ปรึกษา_____
ลายมือชื่ออาจารย์ที่ปรึกษาร่วม_____

SARAN PANSRIPONG : A TECHNICAL STUDY ON ULTRASONIC PRETREATMENT FOR BIOGAS PRODUCTION FROM RICE STRAW. THESIS ADVISOR : ASST. PROF. WEERACHAI ARJHARN, Ph.D., 192 PP.

PRETREATMENT / ULTRASONIC / BIOGAS / RICE STRAW / BIOCHEMICAL POTENTIAL ASSAY / ANAEROBIC DIGESTION

The objective of this research was to study pretreatment process for rice straw degradation by applying ultrasonic with frequencies greater than 20 kHz. In this research, structural and compositional alterations and biochemical methane potential (BMP) of rice straw were studied when pretreated with ultrasonic combined with boiling. Corresponding results were compared with those of ultrasonic pretreatment, boiling and steam treatments.

Results showed that an application of ultrasonic coupled with heat by boiling reduced structural size of rice straw and increased its porosity obviously indicated by FE-SEM and remaining hemicellulose analysis. Initially, rice straw contained hemicellulose 41.70% but pretreating it with boiling for 10 and 20 min, steaming for 15 min, ultrasonic at 37 and 102 kHz and combination of ultrasonic at 37 and 102 kHz and boiling for 10 min resulted in hemicellulose reduction to 35.13%, 34.95%, 34.67%, 30.95%, 33.02%, 32.72% and 33.80%, respectively, which correspond to percentage reduction of 15.76%, 16.19%, 16.86%, 25.78%, 20.82%, 21.53% and 18.94%, respectively. Obviously, use of ultrasonic reduce hemicellulose content in rice straw and the efficiency increased when combined with boiling, showing a potential for rice straw pretreatment.

Tested with BMP, rice straw pretreated with ultrasonic wave combined with boiling had greater BMP values than those of untreated one. Pretreatment with boiling for 10 and 20 min, steaming for 15 min, ultrasonic wave at 37 and 102 kHz and ultrasonic wave at 37 and 102 kHz combined boiling for 10 min resulted in BMP values of 248.83, 255.27, 256.13, 250.36, 243.79, 266.03 and 258.07 mL CH_4 g VS^{-1}_{added} at STP during 45 days, respectively. These increased from untreated sample (205.30 mL CH_4 g VS^{-1}_{added}) by 21.20%, 24.34%, 24.76%, 21.95%, 18.75%, 29.58% and 24.76%, respectively. Among them, ultrasonic wave combined with boiling for 10 min showed the greatest BMP value with percentage increase of 29.58%.

Results on methane accumulation at various conditions (power: 120-200W; treatment time: 10-30 min; frequency: 37 and 102 kHz) were used for analysis of relationship between ultrasonic wave power and pretreatment duration using response surface model (RSM) with central composite design (CCD). Results showed that adj. R^2 values were 0.96 and 0.90 for methane accumulation obtained from an ultrasonic wave pretreatment at 37 and 102 kHz, respectively.

Test of biogas system operation using ultrasonic wave coupled with boiling as pretreatments at organic loads of 0.9, 1.20, 1.81 and 3.61 $kgVS_{added}$ $m^{-3}d^{-1}$ had efficiencies in eliminating volatile solid ranging from 24.54 to 37.22% and COD in the range of 36.08-44.37. The efficiencies of methane production ranged from 181.75 to 244.06 $LCH_4/kgVS_{added}$, with the highest value found at an organic load of 1.2 $kgVS_{added}$ $m^{-3}d^{-1}$. The corresponding system biodegradation kinetic (k) value was 0.1435 d^{-1}.

School of Environmental Engineering

Academic Year 2013

Student's Signature_____

Advisor's Signature_____

Co-advisor's Signature_____