การศึกษาปัจจัยที่สำคัญในการผลิตแก๊สชีวภาพจากกากมันสำปะหลังในภาคตะวันออกเฉียงเหนือของประเทศไทย

BIOGAS PRODUCTION BY USING CASSAVA WASTE CAKE FROM THE PRODUCTION OF CASSAVA STARCH

หัวหน้าโครงการ

รศ.ดร.ธนากร วงศ์วัฒนาเสถียร

โครงการวิจัยนี้ได้รับการสนับสนุนจากสถาบันวิจัยและพัฒนา

ประเภททุนอุดหนุนทั่วไป ประจำปีงบประมาณ

มหาวิทยาลัยขอนแก่น

คำนำ

รายงานผลการวิจัยเรื่องการศึกษาปัจจัยที่สำคัญในการผลิตแก๊สชีวภาพจากกากมันสำปะหลังในภาคตะวันออกเฉียงเหนือของประเทศไทย ได้รับเงินสนับสนุนจากทุนอุดหนุนทั่วไปสถาบันวิจัยและพัฒนามหาวิทยาลัยขอนแก่น ผู้วิจัยโครงการใคร่ขอขอบคุณคณาจารย์ผู้ร่วมโครงการวิจัยทุกท่าน ที่ได้ให้ความคิดเห็นที่มีคุณค่าแก่งานวิจัยนี้ รวมทั้งขอขอบคุณ นายพงพันธ์ พรมพิพักต์ บัณฑิตภาควิชาวิศวกรรมเครื่องกล คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น ที่ได้ดำเนินการจนทำให้งานวิจัยสำเร็จลุล่วงไปด้วยดี

ผู้วิจัยหวังเป็นอย่างยิ่งว่ารายงานผลการวิจัยฉบับนี้จะเป็นผลประโยชน์ต่อการพัฒนาพลังงานทดแทนจากวัสดุเหลือใช้ต่อไป

รศ.ดร.ธนากร วงศ์วัฒนาเสถียร
หัวหน้าโครงการวิจัย
พฤศจิกายน 2555

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้ได้ศึกษาและทดลองหาหัวเชื้อจุลินทรีย์และสภาวะที่เหมาะสมสำหรับการผลิตก๊าซชีวภาพ จากกากมันสำปะหลังหลังกระบวนการผลิตแป้งมัน และศึกษาผลของอุณหภูมิและสภาพความเป็นกรด-ด่าง ที่มีผลต่ออัตราการเกิดก๊าซชีวภาพ เพื่อหาค่าที่เหมาะสมในการผลิตก๊าซชีวภาพให้มีปริมาณสูงสุด โดยใช้ค่าที่ทดลองในระดับสเกล เพื่อที่จะนำผลการทดลอง มาควบคุมในระบบถังหมักก๊าซชีวภาพขนาดเครื่องต้นแบบชนิดกวนผสมสมบูรณ์สองขั้นตอน

การทดลองในระดับสเกล พบว่าการทดลองหัวเชื้อจุลินทรีย์ที่เหมาะสมโดยใช้หัวเชื้อจุลินทรีย์จากฟาร์มสุกร, ฟาร์มวัว และโรงงานแป้งมันสำปะหลังและปรับค่า pH เท่ากับ 7 (เป็นกลาง) ที่อุณหภูมิ 35°C พบว่าหัวเชื้อจุลินทรีย์จากโรงแป้งมันสำปะหลังเกิดก๊าซชีวภาพมากที่สุด ส่วนการทดลองผลของอุณหภูมิที่มีผลต่อการเกิดก๊าซชีวภาพ โดยการทดลองได้มีการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิ เพิ่มขึ้นครั้งละ 5 °C จากอุณหภูมิตั้งแต่ 25 °C ถึง 50 °C และได้ควบคุมค่า pH เท่ากับ 7 (เป็นกลาง) พบว่า อุณหภูมิที่มีผลต่อการเกิดก๊าซชีวภาพสูงที่สุดคือ 35 °C และการทดลองผลของความเป็นกรด-ด่างที่มีผลต่อการเกิดก๊าซชีวภาพ การทดลองได้นำอุณหภูมิจากการทดลองในส่วนที่สองที่พบว่าทำให้เกิดก๊าซสูงสุด 35°C มาเป็นตัวแปรควบคุมในการทดลองส่วนที่สาม ซึ่งได้มีการเปลี่ยนแปลงค่าความเป็นกรด-ด่างที่ 5 จนถึง 10 โดยเพิ่มขึ้นครั้งละ 1.0 และจากผลการทดลองพบว่า ค่าความเป็นกรด-ด่างที่มีแนวโน้มต่อการเกิดก๊าซมากที่สุดคือ ค่า pH เท่ากับ 8 และนำผลการทดลองในส่วนของห้องปฏิบัติการมาควบคุมในระบบถังหมักก๊าซชีวภาพขนาดเครื่องต้นแบบชนิดกวนผสมสมบูรณ์สองขั้นตอน โดยทดลอง ในช่วงอุณหภูมิปานกลาง(Mesophilic range ที่ 35 องศาเซลเซียส) และปรับค่าความเป็นกรด-ด่าง (pH)เริ่มต้น เท่ากับ 8 โดยถังหมักแบบสองขั้นตอน ประกอบด้วยถังหมักกรด จำนวน 1 ถัง ถังหมักก๊าซมีเทนจำนวน 2 ถัง และถังเก็บก๊าซจำนวน 1ถัง โดยต่อกันแบบอนุกรม ใช้กรรมวิธีการเติมสารอินทรีย์(กากมันสำปะหลังผสมกับน้ำ) แบบครั้งคราว (Batch Feeding) โดยกำหนดให้มีระยะเก็บกักสารอินทรีย์ 12 วัน และของแข็งทั้งหมดในสารละลายที่เข้าระบบ 20 เปอร์เซ็นต์ อัตราการป้อนสารอินทรีย์เข้าระบบเท่ากับ 0.417 กรัมซีโอดีต่อลิตร- วัน และมีการเพิ่มความถี่ของการกวนโดยเริ่มจากที่ไม่มีการกวนและกวนด้วยความถี่ 0,24,8,4,2 ชั่วโมง/ครั้ง ครั้งละ 10นาที/วัน พบว่า มีอัตราการผลิตก๊าซชีวภาพโดยเฉลี่ย140,160,190,240,280 ลิตร/วัน โดย มีก๊าซมีเทน (CH_4) ประมาณ 53.8-54.3% ก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ (CO_2) ประมาณ 24.6% และก๊าซไฮโดรเจนซัลไฟด์ (H_2s) ประมาณ 148 ppm และประสิทธิภาพในการกำจัดซีโอดีมีค่าสูงถึง 98.87 เปอร์เซ็นต์

ABSTRACT

The purpose of this research is to study and examine appropriate inoculums and control conditions in the biogas production by using cassava solid waste from cassava starch industry. The control conditions are temperature and pH values in digestion tanks. The study in a laboratory is firstly investigated. The best result from the laboratory study is further used for a two-stage anaerobic digestion.

The study in a laboratory was in the scale level found that the sample inoculums were taken from a pig farm, a cow farm and a cassava starch industry. And modifying the test babes were controlled at 35^0C and pH equated to 7(neutral). The results showed that the inoculums from cassava starch industry give the maximum biogas production rate. The second part is to test the effect of temperature on biogas production. The temperature was set from 25^0C to 50^0C with 5^0C increment and controls the pH of 7 (neutral). The experimental results showed that maximum biogas productivate is reached at 35^0C. And the part is to test the effects of acidity - alkalinity effect on the biogas production. The experiment try temperature is fixed at 35^0C as the results from part 2. Then, the pH values were varied from 5 to 10 with increments of 1.0. The results showed that pH was 8 give the maximum production rate. And then,being brought its tested results from the laboratory study controlling on two-stage anaerobic digestion model. The system was designed and built as a pilot-scale plant consisting of mixing tank, a fermented acid tank, two methanogenic tanks and a storage tank connecting in series. Feed stocks were mixed in the mixing tank and then fed into the fermented acid tank. The feeding was a batch feeding with a hydraulic retention time of 12 days. The system was operated to determine the biogas production rate and the net energy production. The temperature of the fermented tanks were set at 35ºC during the testing period. The pH value was initially set at 8. The organic loading rate was at 0.417 g COD/ L-day. And increasing the frequency of agitation from without agitation and stirring often 0, 24,8,4,2 hours / times. 10 minutes / day. The results showed that the system can produce biogas at a rate of 140,160,190,240,280 L/day in average. Methane (CH_4), about 53.8 to 54.3% carbon dioxide (CO_2), about 24.6% and the gas hydrogen sulfide (H_2s), about 148 ppm, and performance. The COD reduction is as high as 98.87%.

สารบัญ

หน้า

บทคัดย่อภาษาไทย ก
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ ข
สารบัญตาราง ค
สารบัญภาพ ง
บทที่ 1 บทนำ 1
1 ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา 1
2 วัตถุประสงค์ 4
3 ขอบเขตของงาน 4
4 วิธีการดำเนินงาน 5
5 แผนการดำเนินงานวิจัย 6
6 ผลที่คาดว่าจะได้รับ 6
บทที่ 2 วรรณกรรมและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง 7
1 ทฤษฎีก๊าซชีวภาพ 7
2 งานวิจัยเกี่ยวข้อง 23
บทที่ 3 ระเบียบวิธีวิจัย 26
1 วัตถุดิบที่จะนำมาใช้ในการผลิตก๊าซชีวภาพ 26
2 การทดสอบหัวเชื้อจุลินทรีย์ที่เหมาะสม ผลของอุณหภูมิและความเป็นกรด-ด่าง ต่ออัตราการเกิดก๊าซชีวภาพที่ผลิตจากกากมันสำปะหลังในระดับห้องปฏิบัติการ 26
3 ออกแบบและดำเนินการสร้างเครื่องหมักก๊าซชีวภาพแบบสองขั้นตอน 29
บทที่ 4 ผลการวิจัยและอภิปราย 33
1 ผลการวิจัยส่วนการทดลองในระดับห้องปฏิบัติการ 33
2 ผลการวิจัยส่วนการทดลองในระบบถังหมักแบบสองขั้นตอน 35
3 อภิปรายผลการวิจัย 37
บทที่ 5 ผลสรุปและข้อเสนอแนะ 38
1 ผลสรุปการดำเนินงาน 38
2 ปัญหาและข้อเสนอแนะ 42

สารบัญ (ต่อ)

เอกสารอ้างอิง		43
ภาคผนวก		47
ภาคผนวก ก	แบบที่ใช้ในการสร้าง	48
ภาคผนวก ข	วัตถุดิบ	52
ภาคผนวก ค	รูปภาพที่เกี่ยวข้องกับการทดลองในห้องปฏิบัติการ	55
ภาคผนวก ง	รูปเครื่องวิเคราะห์ก๊าซชีวภาพ	62
ภาคผนวก จ	ตัวอย่างการคำนวณ	65
ภาคผนวก ฉ	ตารางข้อมูล	74
ภาคผนวก ช	ดำเนินการสร้าง	77

สารบัญตาราง

		หน้า
ตารางที่ 1	แผนการดำเนินการวิจัย	6
ตารางที่ 2	องค์ประกอบของคาร์โบไฮเดรตในมันสำปะหลังแห้ง 100 กรัม	10
ตารางที่ 3	ส่วนประกอบของมันสำปะหลังใน 100 กรัม	11
ตารางที่ 4	ตารางสรุปผลการทดลอง Pilot Scale และ Lab Scale	38
ตารางที่ 5	ตารางเปรียบเทียบอัตราการผลิตก๊าซชีวภาพกับงานวิจัยอื่น	40

สารบัญภาพ

		หน้า
รูปที่ 1	กระบวนการผลิตแป้งมันสำปะหลังดิบ Native Tapioca Starch	3
รูปที่ 2	ขั้นตอนและปฏิกิริยาการเกิดก๊าซชีวภาพ	7
รูปที่ 3	ระบบผลิตก๊าซชีวภาพแบบ บ่อหมัก	14
รูปที่ 4	ระบบบ่อปิด	14
รูปที่ 5	บ่อโดมคงที่	15
รูปที่ 6	ระบบผลิตก๊าซชีวภาพแบบ ถังกรองไร้ออกซิเจน	16
รูปที่ 7	ระบบผลิตก๊าซชีวภาพแบบชั้นลอยตัวแบบไม่ใช้อากาศ	17
รูปที่ 8	ระบบผลิตก๊าซชีวภาพแบบสัมผัส AC โดยใช้ถังกวนสมบูรณ์	18
รูปที่ 9	ระบบผลิตก๊าซชีวภาพแบบ (Up flow Anaerobic Sludge Blanket)	19
รูปที่ 10	ระบบผลิตก๊าซชีวภาพแบบ (Expanded Granular Sludge Bed)	20
รูปที่ 11	ระบบผลิตก๊าซชีวภาพแบบ (Anaerobic Rotating Biological Contactor)	20
รูปที่ 12	ถังปฏิกรณ์ไร้อากาศแบบแผ่นกั้น	21
รูปที่ 13	กากมันสำปะหลังและเชื้อจุลินทรีย์จากฟาร์มสุกร, ฟาร์มวัว และโรงงานแป้งมันสำปะหลัง	26
รูปที่ 14	ขั้นตอนการทดสอบหัวเชื้อจุลินทรีย์,อุณหภูมิและค่า pHในระดับห้องปฏิบัติการ	28
รูปที่ 15	Schematic ของระบบหมักก๊าซชีวภาพแบบสองขั้นตอน	30
รูปที่ 16	Flowchart ของระบบหมักก๊าซชีวภาพแบบสองขั้นตอน	31
รูปที่ 17	เครื่องที่สร้างจริงและลำดับขั้นต้อนการทำงานของระบบ	31
รูปที่ 18	ถังเก็บก๊าซชีวภาพและการวัดองค์ประกอบของก๊าซชีวภาพ	32
รูปที่ 19	การทดสอบหัวเชื้อจุลินทรีย์ที่เหมาะสมโดยใช้หัวเชื้อจุลินทรีย์จากฟาร์มสุกร, ฟาร์มวัว และโรงงานแป้งมันสำปะหลัง	33
รูปที่ 20	ผลของอุณหภูมิต่ออัตราการเกิดก๊าซชีวภาพเมื่อควบคุม pH = 7	34
รูปที่ 21	ผลของค่า pH ต่ออัตราการเกิดก๊าซชีวภาพเมื่อควบคุมอุณหภูมิที่ 35 ^{0}C	34
รูปที่ 22	อัตราการเกิดก๊าซชีวภาพ	35
รูปที่ 23	พลังงานสุทธิที่ได้รับ	36
รูปที่ 24	ผลของการกวนต่ออัตราการเกิดก๊าซชีวภาพ	37