กิตติกรรมประกาศ

นักวิจัยในโครงการ “ศักยภาพในการผลิตก๊าซชีวภาพจากผักตบชวาผสมกับกากเบียร์โดยถังหมักไร้อากาศสองขั้นตอน” ขอขอบพระคุณ สำนักงานคณะกรรมการวิจัยแห่งชาติ (วช.) และสถาบันวิจัยและพัฒนา มหาวิทยาลัยราชภัฏมหาสารคาม สำหรับทุนสนับสนุนการวิจัยปีงบประมาณ พ.ศ. 2560

ขอขอบคุณหน่วยงานต่างๆ และผู้ที่เกี่ยวข้องทุกท่าน ที่ได้ให้ความช่วยเหลือ ให้คำปรึกษาและเป็นแหล่งข้อมูลในการศึกษาวิจัย ซึ่งเป็นประโยชน์ต่อรายงานวิจัยในครั้งนี้เป็นอย่างยิ่ง

ขอขอบพระคุณบริษัท ขอนแก่นบริวเวอรี่ จำกัด ซึ่งได้กรุณาให้ความอนุเคราะห์วัตถุดิบในการดำเนินงานวิจัยและให้การต้อนรับเป็นอย่างดียิ่งในการให้ผู้วิจัยเข้าไปเก็บวัตถุดิบกากเบียร์และเชื้อจุลินทรีย์จากระบบบำบัดของโรงงาน รวมทั้งตอบข้อคำถามในการใช้วัตถุดิบดังกล่าว เพื่อให้ได้ข้อมูลที่เป็นประโยชน์ ประกอบกับการจัดทำรายงานการวิจัยได้เสร็จสมบูรณ์และสำเร็จลุล่วงได้ด้วยดี

คณะนักวิจัยหวังเป็นอย่างยิ่งว่า รายงานวิจัยฉบับนี้จะมีประโยชน์ต่อผู้ที่สนใจศึกษาวิจัยในครั้งต่อไป หากมีข้อบกพร่องหรือผิดพลาดประการใด ผู้ทำการศึกษาวิจัยต้องขออภัยและขอน้อมรับในความผิดพลาดและขออภัยไว้ ณ โอกาสนี้

คณะผู้วิจัย
2561

หัวข้อวิจัย ศักยภาพในการผลิตก๊าซชีวภาพจากผักตบชวาผสมกับกากเบียร์โดยถังหมักไร้อากาศสองขั้นตอน
ผู้ดำเนินการวิจัย พัทธกมล สมบุตร
หน่วยงาน คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยราชภัฏมหาสารคาม
ปี พ.ศ. 2561

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้ศึกษาปัจจัยที่มีอิทธิพลและสภาวะที่เหมาะสมในการผลิตก๊าซชีวภาพจากผักตบชวาร่วมกับกากเบียร์ ด้วยถังหมักแบบสองขั้นตอน คัดกรองปัจจัยและวิเคราะห์ปัจจัยที่มีอิทธิพล 4 ปัจจัย ได้แก่ อัตราส่วนผักตบชวาต่อกากเบียร์ ปริมาณมูลวัวที่เติม จำนวนครั้งในการกวนผสม และระยะเวลาในการหมักต่อการเกิดก๊าซชีวภาพ ด้วยวิธีแพล็คเกต-เบอร์แมน และการวิเคราะห์ความแปรปรวน ผลการทดลองพบว่า ปัจจัยที่มีอิทธิพลต่อปริมาณการเกิดก๊าซชีวภาพมีเพียง 3 ปัจจัย คือ อัตราส่วนผักตบชวาต่อกากเบียร์ ปริมาณมูลวัวที่เติม และระยะเวลาในการหมัก ศึกษาอิทธิพลของปัจจัยทั้ง 3 ปัจจัยข้างต้นด้วยวิธีบ็อกซ์-เบนเคน และศึกษาสภาวะที่เหมาะสมด้วยการวิเคราะห์พื้นผิวตอบสนอง ผลการศึกษาพบว่า สภาวะที่เหมาะสมที่จะก่อให้เกิดก๊าซชีวภาพสูงที่สุด คือ อัตราส่วนของผักตบชวาต่อกากเบียร์ เท่ากับ 1 ต่อ 1 ปริมาณมูลวัวที่เติมมีค่าเท่ากับ 3 กิโลกรัมต่อวัน และระยะเวลาการหมักมีค่าเท่ากับ 13.51 วัน โดยมีปริมาณก๊าซชีวภาพที่คาดว่าจะเกิดขึ้นจะมีค่าประมาณ 1,603 มิลลิลิตร เมื่อทำการทดลองผลิตก๊าซชีวภาพด้วยสภาวะที่เหมาะสม จากผลการทดลองแสดงให้เห็นว่า ผักตบชวาและกากเบียร์สามารถใช้เป็นวัตถุดิบตั้งต้นในการผลิตก๊าซชีวภาพได้ โดยมีก๊าซชีวภาพเกิดขึ้นสูงสุดเท่ากับ 1,720 มิลลิลิตร เมื่อทำการหมักเป็นระยะเวลา 13 วัน ที่ค่า Alklinity 1,175 mg/ l as $Ca(CO_3)_2$ ค่า VFA เท่ากับ 470 mg/ l as CH_3COOH และอัตราส่วนความเข้มข้นของกรดอินทรีย์ระเหยง่ายต่อสภาพด่างเท่ากับ 0.4 ส่วนองค์ประกอบก๊าซชีวภาพที่ได้ประกอบด้วยก๊าซมีเทน ร้อยละ 30 อย่างไรก็ตามโดยก๊าซชีวภาพที่เกิดขึ้นยังมีปริมาณมีเทนน้อย (ร้อยละ30) จำเป็นต้องมีการศึกษาเพื่อปรับปรุงให้มีสัดส่วนของมีเทนเพิ่มมากขึ้นต่อไปในอนาคต

Research Title Potential of Biogas Production from Water Hyacinth Mixed with Brewer's Grains by Two Stage Anaerobic Digester
Researcher Pattakamol Somboot
Organization Faculty of Engineering
Rajabhat Maha Sarakham University
Year 2018

ABSTRACT

The optimum condition and influencing factors on biogas production from water hyacinth combined with brewery grain using 2 stage digestion processes were studied. Four independent variables including water hyacinth to brewery grain ratio, cow dung adding, number of mixing and digestion time were screening by Plackett – Burman. The significant of influencing factors were tested and screened out by means of the analysis of variance (ANOVA). The results indicated that water hyacinth to brewery grain ratio, cow dung adding and digestion time were significant factors but number of mixing was insignificantly. Influence of the significant factors were studied by Box - Behnken technique and the response surface method (RSM) was employed to establish the optimum condition. The results indicated that the optimum condition were water hyacinth to brewery grain ratio equal to 1:1, cow dung adding was equal to 3 kilograms per day and digestion time was equal to 13.51 days which that provided maximum biogas production about 1603 milliliters. Finally, the biogas production was studied with optimum condition for 30 days. The result showed that water hyacinth combined with brewery grain could be the raw materials for biogas production which maximum biogas production equal to 1720 milliliters which digestion time equal to 13 days as Alklinity 1,175 mg/l as $Ca(CO_3)_2$, VFA 470 mg/l as CH_3COOH and VFA/Alkalinity ratio 0.4. However, the produced biogas containing low methane content (about 30 %) that would be studied to improvement in further.

สารบัญ

	หน้า
กิตติกรรมประกาศ	ก
บทคัดย่อ ภาษาไทย	ข
บทคัดย่อ ภาษาอังกฤษ	ค
สารบัญ	ง
สารบัญตาราง	ฉ
สารบัญภาพ	ช
บทที่ 1 บทนำ	1
ความเป็นมาและความสำคัญขอปัญหา	1
วัตถุประสงค์การวิจัย	2
ขอบเขตของการศึกษา	2
ประโยชน์ที่ได้คาดว่าจะได้รับ	2
บทที่ 2 แนวคิด ทฤษฎี เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง	3
ก๊าซชีวภาพ	3
ผักตบชวา	24
กากเบียร์	26
บทที่ 3 วิธีดำเนินการวิจัย	31
วัสดุอุปกรณ์ สารเคมี และเครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย	31
วิธีการดำเนินการวิจัย	34
ขั้นตอนการเตรียมวัตถุดิบและถังหมัก	34
ขั้นตอนการทดลองและวิเคราะห์ข้อมูลเบื้องต้น	40
ขั้นตอนการหาศักยภาพของระบบการผลิตก๊าซชีวภาพ	42

สารบัญ (ต่อ)

	หน้า
บทที่ 4 ผลการวิจัย	43
ผลการศึกษาการคัดกรองปัจจัยที่มีอิทธิพลด้วยวิธีของ Plackett-Burman	43
ผลการศึกษาผลการศึกษาหาสภาวะที่เหมาะสมในการผลิตก๊าซชีวภาพจากผักตบชวาร่วมกับกากเบียร์ด้วยวิธีพื้นผิวตอบสนอง	48
ผลการศึกษาประสิทธิภาพของการผลิตก๊าซชีวภาพจากผักตบชวาร่วมกับกากเบียร์	57
บทที่ 5 สรุปผลการวิจัย อภิปราย และข้อเสนอแนะ	61
สรุปผลการวิจัย	61
ข้อเสนอแนะ	61
บรรณานุกรม	62
ภาคผนวก	65
ภาคผนวก ก ข้อมูลการตรวจวิเคราะห์ค่าพารามิเตอร์จากการทดลอง	66
ภาคผนวก ข เครื่องมือและวัสดุอุปกรณ์ในการทดลอง	69
ประวัติผู้วิจัย	72

สารบัญตาราง

ตารางที่		หน้า
2.1	ระดับความเข้มข้นของสารที่เป็นอันตรายต่อแบคทีเรียในกระบวนการสภาวะไม่ใช้ออกซิเจน	12
2.2	องค์ประกอบก๊าซชีวภาพตามแหล่งวัตถุดิบ	13
2.3	สมบัติของก๊าซบางชนิดในก๊าซชีวภาพ	14
2.4	อัตราส่วน C/N ของวัสดุอินทรีย์	23
2.5	คุณสมบัติของเส้นใยผักตบชวา	25
2.6	คุณสมบัติองค์ประกอบของเส้นใยผักตบชวา	26
2.7	สมบัติทางเคมีของผักตบชวาสด	26
3.1	ปัจจัยและค่าระดับของปัจจัยที่ใช้ในการคัดกรองปัจจัยด้วยวิธีของ Plackett - Burman	39
3.2	ปัจจัยและค่าระดับของปัจจัยที่ใช้ในการทดลองที่ออกแบบการทดลองด้วยวิธีของ Box-Behnken	40
4.1	สภาวะที่ใช้ในการทดลองเพื่อคัดกรองปัจจัยที่มีอิทธิพลและปริมาณก๊าซชีวภาพที่เกิดขึ้นด้วยวิธีของ Plackett-Burman	43
4.2	ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนของปัจจัยที่มีอิทธิพลด้วยวิธีของ Plackett-Burman	43
4.3	สภาวะที่ใช้ในการทดลองเพื่อหาสภาวะที่เหมาะสมของปัจจัยที่มีอิทธิพลและปริมาณก๊าซ ชีวภาพที่เกิดขึ้นด้วยวิธีของ Box-Behnken	47
4.4	ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนของปัจจัยที่มีอิทธิพลด้วยวิธีของ Box- Behnken	48
ก.1	ข้อมูลผลการตรวจวิเคราะห์ค่าพารามิเตอร์จากการทดลอง	67

สารบัญภาพ

ภาพที่		หน้า
2.1	กระบวนการเกิดก๊าซชีวภาพ	3
2.2	ลำดับขั้นตอนการย่อยสลายสารอินทรีย์ในสภาวะไม่ใช้ออกซิเจน	6
2.3	ถังหมักก๊าซชีวภาพไร้อากาศแบบ 2 ขั้นตอน	21
2.4	ลักษณะผักตบชวา	24
2.5	ลักษณะของกากเบียร์	27
3.1	การเตรียมวัตถุดิบจากผักตบชวา	33
3.2	การเตรียมกากเบียร์	34
3.3	การเตรียมเชื้อจุลินทรีย์	35
3.4	ลักษณะของถังหมักกรด	36
3.5	ลักษณะของถังหมักก๊าซ	36
3.6	ลักษณะของถังเก็บก๊าซ	37
3.7	ภาพแปลนชุดถังหมักก๊าซชีวภาพ	37
3.8	ภาพชุดถังหมักก๊าซชีวภาพแบบสองขั้นตอนที่ใช้ในการทดลอง	38
3.9	ขั้นตอนการเตรียมวัตถุดิบและถังหมัก	38
3.10	ขั้นตอนการทดลองและวิเคราะห์ข้อมูลเบื้องต้น	40
3.11	ขั้นตอนการหาศักยภาพของระบบการผลิตก๊าซชีวภาพจากผักตบชวาผสมร่วมกับกากเบียร์ในถังหมักไร้อากาศแบบ 2 ขั้นตอน	41
4.1	ค่าร้อยละความน่าจะเป็นปกติ (normal plot of % probability) กับค่าส่วนเหลือมาตรฐาน (standardized residuals)	44
4.2	ค่าส่วนเหลือมาตรฐาน (standardized residuals) กับผลตอบสนองจากการทำนาย (Predicted)	45
4.3	ค่าส่วนเหลือมาตรฐาน (standardized residuals)กับ หมายเลขชุดการทดลอง (Run number)	46
4.4	ความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณก๊าซชีวภาพที่เกิดขึ้นกับระยะเวลาการหมักและปริมาณมูลวัวที่เติมที่อัตราส่วนของผักตบชวาต่อกากเบียร์ เท่ากับ 2 ต่อ 1	49
4.5	ความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณก๊าซชีวภาพที่เกิดขึ้นกับระยะเวลาการหมักและอัตราส่วนของผักตบชวาต่อกากเบียร์ เมื่อปริมาณมูลวัวที่เติม เท่ากับ 2 กิโลกรัมต่อวัน	49
4.6	ความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณก๊าซชีวภาพที่เกิดขึ้นกับอัตราส่วนของผักตบชวาต่อกากเบียร์และปริมาณมูลวัวที่เติม เมื่อระยะเวลาการหมักเท่ากับ 13 วัน	50
4.7	ค่าร้อยละความน่าจะเป็นปกติ (normal plot of % probability) กับค่าส่วนเหลือมาตรฐาน (standardized residuals)	51
4.8	ค่าส่วนเหลือมาตรฐาน (standardized residuals) กับผลตอบสนองจากการทำนาย (Predicted)	51

สารบัญภาพ (ต่อ)

ภาพที่		หน้า
4.9	ค่าส่วนเหลือมาตรฐาน (standardized residuals) กับหมายเลขชุดการทดลอง (Run number).....	52
4.10	ค่าส่วนเหลือมาตรฐาน (standardized residuals) กับอัตราส่วนผักตบชวาต่อกากเบียร์.....	52
4.11	ค่าส่วนเหลือมาตรฐาน (standardized residuals) กับปริมาณมูลวัว (กิโลกรัม/วัน)	53
4.12	ค่าส่วนเหลือมาตรฐาน (standardized residuals) กับระยะเวลาการหมัก (วัน).....	53
4.13	ความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณก๊าซชีวภาพที่เกิดขึ้นกับระยะเวลาการหมักและปริมาณมูลวัวที่เติมที่อัตราส่วนของผักตบชวาต่อกากเบียร์ เท่ากับ 1 ต่อ 1.....	54
4.14	ความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณก๊าซชีวภาพที่เกิดขึ้นกับระยะเวลาการหมักและอัตราส่วนของผักตบชวาต่อกากเบียร์ เมื่อปริมาณมูลวัวที่เติม เท่ากับ 3 กิโลกรัมต่อวัน.....	54
4.15	ความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณก๊าซชีวภาพที่เกิดขึ้นกับอัตราส่วนของผักตบชวาต่อกากเบียร์และปริมาณมูลวัวที่เติม เมื่อระยะเวลาการหมักเท่ากับ 13.51 วัน.....	55
4.16	ปริมาณก๊าซชีวภาพจากการหมักผักตบชวาร่วมกับกากเบียร์และมูลวัวในอัตราส่วนที่เหมาะสมคือ 1:1:3 (ผักตบชวา:กากเบียร์:มูลวัว) จากการใช้หลักสถิติวิเคราะห์.....	56
4.17	ปริมาณก๊าซชีวภาพสะสมจากการหมักผักตบชวาร่วมกับกากเบียร์และมูลวัวในอัตราส่วนที่เหมาะสม คือ 1:1:3 (ผักตบชวา:กากเบียร์:มูลวัว)จากการใช้หลักสถิติวิเคราะห์	57
4.18	ร้อยละของปริมาณองค์ประกอบก๊าซมีเทนจากการหมักผักตบชวาร่วมกับกากเบียร์และมูลวัวในอัตราส่วนที่เหมาะสมคือ 1:1:3 (ผักตบชวา:กากเบียร์:มูลวัว) จากการใช้หลักสถิติวิเคราะห์.....	57
4.19	ค่าพีเอชจากการหมักผักตบชวาร่วมกับกากเบียร์และมูลวัวในอัตราส่วนที่เหมาะสม คือ 1:1:3 (ผักตบชวา:กากเบียร์:มูลวัว)จากการใช้หลักสถิติวิเคราะห์.....	58
4.20	ค่าความเป็นด่างจากการหมักผักตบชวาร่วมกับกากเบียร์และมูลวัวในอัตราส่วนที่เหมาะสมคือ 1:1:3 (ผักตบชวา:กากเบียร์:มูลวัว)จากการใช้หลักสถิติวิเคราะห์.....	58
4.21	กรดอินทรีระเหยง่ายจากการหมักผักตบชวาร่วมกับกากเบียร์และมูลวัวใอัตราส่วนที่เหมาะสมคือ 1:1:3 (ผักตบชวา:กากเบียร์:มูลวัว)จากการใช้หลักสถิติวิเคราะห์.....	59
4.22	อัตราส่วนความเข้มข้นของกรดอินทรีระเหยง่ายต่อสภาพด่างจากการหมักผักตบชวาร่วมกับกากเบียร์และมูลวัวในอัตราส่วนที่เหมาะสมคือ 1:1:3 (ผักตบชวา:กากเบียร์:มูลวัว) จากการใช้หลักสถิติวิเคราะห์.....	59

สารบัญภาพ (ต่อ)

ภาพที่		หน้า
ข.1	อุปกรณ์ระบบหมักแก๊สชีวภาพ.....	70
ข.2	เครื่องมือและอุปกรณ์ที่ใช้ในการทดลอง.....	71