

ห้องสมุดงานวิจัย สำนักงานคณะกรรมการวิจัยแห่งชาติ



242948

การเปรียบเทียบการเพิ่มประสิทธิภาพการผลิตก๊าซชีวภาพจากกาก
มันสำปะหลังระหว่างกระบวนการไฮโดรไลซิสด้วยกรดและด่าง

กิตติกานท์ สุขวาณิชย์

วิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต
สาขาวิชาวิศวกรรมสิ่งแวดล้อม

บัณฑิตวิทยาลัย
มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
พฤษภาคม 2554



การเปรียบเทียบการเพิ่มประสิทธิภาพการผลิตก๊าซชีวภาพจากกาก
มันสำปะหลังระหว่างกระบวนการไฮโดรไลซิสด้วยกรดและด่าง

กิตติกานท์ สุขวานิชย์

วิทยานิพนธ์นี้เสนอต่อบัณฑิตวิทยาลัยเพื่อเป็นส่วนหนึ่ง
ของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญา
วิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต
สาขาวิชาวิศวกรรมสิ่งแวดล้อม

บัณฑิตวิทยาลัย
มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
พฤษภาคม 2554

การเปรียบเทียบการเพิ่มประสิทธิภาพการผลิตก๊าซชีวภาพจากกากมันสำปะหลัง
ระหว่างกระบวนการไฮโดรไลซิสด้วยกรดและด่าง

กิตติกานท์ สุขวานิชย์

วิทยานิพนธ์นี้ได้รับการพิจารณาอนุมัติให้นับเป็นส่วนหนึ่งของการศึกษา
ตามหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต
สาขาวิชาวิศวกรรมสิ่งแวดล้อม

คณะกรรมการสอบวิทยานิพนธ์

อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์

.....ประธานกรรมการ
ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. ปฎิรูป ผลจันทร์

.....
รองศาสตราจารย์ วิไลลักษณ์ กิจจนะพานิช

.....กรรมการ
รองศาสตราจารย์ วิไลลักษณ์ กิจจนะพานิช

.....กรรมการ
ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. ไพโรจน์ กิจจนะพานิช

.....กรรมการ
ดร. นพดล คงศรีเจริญ

2 พฤษภาคม 2554

© ลิขสิทธิ์ของมหาวิทยาลัยเชียงใหม่

กิตติกรรมประกาศ

วิทยานิพนธ์ฉบับนี้สำเร็จได้ด้วยความกรุณาจาก รองศาสตราจารย์ วิไลลักษณ์ กิจจนะพานิช ประธานกรรมการที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ ที่ได้ให้แนวคิด คำปรึกษา ตลอดจนช่วงแก้ไขข้อบกพร่องจนทำให้วิทยานิพนธ์นี้เสร็จสมบูรณ์ รวมทั้งการช่วยเหลือในด้านต่างๆ ตลอดระยะเวลาของการศึกษา ผู้เขียนขอกราบขอบพระคุณเป็นอย่างสูงไว้ ณ โอกาสนี้

ขอขอบพระคุณ ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ไพโรจน์ กิจจนะพานิช ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ปฎิรูป ผลจันทร์ และดร.นพดล คงศรีเจริญ คณะกรรมการที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ที่ได้กรุณาช่วยเหลือในการตรวจสอบให้ความรู้ คำปรึกษา คำแนะนำ และตรวจแก้ไขข้อบกพร่องต่างๆ ผู้เขียนขอกราบขอบพระคุณเป็นอย่างสูงไว้ ณ ที่นี้

ขอขอบคุณสำนักงานคณะวิจัยแห่งชาติ (วช.) ที่ช่วยสนับสนุนค่าใช้จ่ายตลอดการทดลอง ขอกราบขอบคุณอาจารย์ภาควิชาวิศวกรรมสิ่งแวดล้อม คณะวิศวกรรมศาสตร์ ทุกท่านที่ได้ประสิทธิประสาทวิชาความรู้ ให้คำแนะนำต่างๆ ตลอดเวลาที่ได้ศึกษาอยู่ในสถาบันแห่งนี้

ขอขอบคุณบุคลากรทุกท่านของภาควิชาวิศวกรรมสิ่งแวดล้อม ที่ให้ความช่วยเหลือและอำนวยความสะดวกในงานวิจัยครั้งนี้

ขอบคุณเพื่อนๆ พี่และน้อง ในภาควิชาวิศวกรรมสิ่งแวดล้อม ที่ให้ความช่วยเหลือทั้งกำลังกายและกำลังใจ

ขอกราบขอบพระคุณบิดา มารดาและครอบครัวที่คอยให้กำลังใจและให้ความช่วยเหลือในทุกๆ ด้านตลอดระยะเวลาที่ทำการศึกษา

ท้ายที่สุดนี้ หากมีสิ่งขาดตกบกพร่องหรือผิดพลาดประการใด ผู้เขียนขอภัยเป็นอย่างสูงในข้อบกพร่องและความผิดพลาดนั้น และผู้เขียนหวังเป็นอย่างยิ่งว่าวิทยานิพนธ์นี้จะมีประโยชน์สำหรับหน่วยงานที่เกี่ยวข้องตลอดจนผู้สนใจต่อไป

กิตติกานท์ สุขวานิชย์

ชื่อเรื่องวิทยานิพนธ์

การเปรียบเทียบการเพิ่มประสิทธิภาพการผลิตก๊าซชีวภาพจาก
กากมันสำปะหลังระหว่างกระบวนการไฮโดรไลซิสด้วย
กรดและสารด่าง

ผู้เขียน

นางสาวกิตติกานท์ สุขวานิชย์

ปริญญา

วิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต (วิศวกรรมสิ่งแวดล้อม)

อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์

รศ. วิไลลักษณ์ กิจจนะพานิช

บทคัดย่อ

242948

การเปรียบเทียบประสิทธิภาพการผลิตก๊าซชีวภาพจากกากมันสำปะหลังที่ผ่านการไฮโดรไลซิสด้วยสารกรดและด่างในครั้งนี้ ได้แบ่งการศึกษาเป็น 2 ส่วน ส่วนที่ 1 เป็นการหาปัจจัยที่มีผลต่อการไฮโดรไลซิส ซึ่งทำโดยใช้แผนการทดลองแบบแฟคทอเรียลสองระดับ ปัจจัยที่เลือกศึกษามี 3 ปัจจัย ได้แก่ พีเอช อุณหภูมิ และเวลาที่ใช้ในการทำปฏิกิริยา ส่วนดัชนีที่ใช้ในการประเมิน ได้แก่ ปริมาณน้ำตาลรีดิวซ์และกรดไขมันระเหย ส่วนที่ 2 เป็นการหาผลของปริมาณน้ำตาลรีดิวซ์และกรดไขมันระเหยที่มีต่อประสิทธิภาพในการผลิตก๊าซชีวภาพ โดยเลือกสภาวะการไฮโดรไลซิสที่ทำให้เกิดปริมาณน้ำตาลรีดิวซ์และกรดไขมันระเหยมากน้อยต่างกัน 6 สภาวะจากผลการทดลองส่วนแรก เพื่อนำมาใช้ในการเดินระบบหมักกากมันโดยใช้แบบจำลองระดับห้องปฏิบัติการแบบทีละเท

ผลการศึกษาพบว่า พีเอชของสารละลายเป็นปัจจัยหลักที่มีผลต่อสมรรถนะการไฮโดรไลซิสกากมันด้วยสารกรดและสารด่างอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับความเชื่อมั่น 95 % สภาวะที่เหมาะสมสำหรับการผลิตน้ำตาลรีดิวซ์และกรดไขมันระเหย คือ การไฮโดรไลซิสด้วยกรดที่ค่าพีเอช 0 อุณหภูมิ 100 องศาเซลเซียส และ เวลาในการทำปฏิกิริยา 90 นาที ซึ่งให้ปริมาณน้ำตาลรีดิวซ์และกรดไขมันระเหยเท่ากับ 855 และ 60.3 มิลลิกรัมต่อกรัมกากแห้ง ตามลำดับ โดยสามารถเพิ่มปริมาณน้ำตาลรีดิวซ์และกรดไขมันระเหยถึง 214 และ 20 เท่าจากระดับเริ่มต้น ในส่วนของการ

242948

ไฮโดรไลซิสด้วยค่าพบว่าปริมาณน้ำตาลรีดิวซ์สูงสุดมีค่าต่ำกว่าของการไฮโดรไลซิสด้วยกรดอย่างมาก

สำหรับการผลิตก๊าซชีวภาพพบว่า การไฮโดรไลซิสกากมันด้วยสารด่างที่พีเอช 13, 100 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 90 นาที ก่อนนำไปหมักก๊าซ สามารถเพิ่มประสิทธิภาพการผลิตก๊าซชีวภาพได้อย่างเด่นชัด โดยปริมาณก๊าซสะสมภายหลังการหมัก 30 วันมีค่าเท่ากับ 1.2 ลูกบาศก์เมตรต่อกิโลกรัมกากแห้ง หรือ 0.19 ลูกบาศก์เมตรต่อกิโลกรัมกากเปียก ซึ่งมากกว่าของกรณีการใช้กากมันที่ไม่ผ่านการไฮโดรไลซิสถึง 3 เท่า ในส่วนของการไฮโดรไลซิสกากมันด้วยกรดที่ให้ปริมาณน้ำตาลรีดิวซ์และกรดไขมันระเหยสูงสุดนั้น กลับให้ก๊าซในปริมาณต่ำโดยมีค่าต่ำกว่าของกรณีการใช้กากมันที่ไม่ผ่านการไฮโดรไลซิส

242948

As for biogas production, the results showed that treating cassava pulp by alkaline hydrolysis prior to anaerobic digestion could obviously increase biogas production efficiency. The highest amount of 1.2 cubic meters biogas per gram dry pulp or 0.19 cubic meters per gram wet pulp was obtained at 30 day hydraulic retention time when the hydrolysis condition of pH 13 , 100 °C and 90 minute reaction time was applied. This yield was about 3 times compared to that of the untreated pulp. However, when the system was operated with the optimum condition of acid hydrolysis, yield of biogas production was low and lower than that of the untreated cassava pulp.

สารบัญ

หน้า

กิตติกรรมประกาศ	ก
บทคัดย่อภาษาไทย	ง
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ	ฉ
สารบัญ	๗
สารบัญตาราง	ฉ
สารบัญภาพ	ฉ
อักษรย่อและสัญลักษณ์	๗
 บทที่ 1 บทนำ	
1.1 วัตถุประสงค์ของการศึกษา	2
1.2 ประโยชน์ที่ได้รับจากการศึกษา	2
1.3 ขอบเขตของการศึกษา	3
 บทที่ 2 ทฤษฎีและสรุปสาระสำคัญจากเอกสารที่เกี่ยวข้อง	
2.1 ความเป็นมาของน้ำมันสำปะหลังในประเทศไทย	4
2.2 องค์ประกอบของน้ำมันสำปะหลัง	6
2.3 การแปรรูปและการใช้ประโยชน์น้ำมันสำปะหลัง	7
2.4 กระบวนการผลิตแป้งมันสำปะหลัง	10
2.5 กากมันสำปะหลัง	15
2.6 ขั้นตอนการผลิตก๊าซชีวภาพ	23
2.7 การไฮโดรไลซิสด้วยกรด	26
2.8 การไฮโดรไลซิสด้วยด่าง	27
2.9 สรุปสาระจากเอกสารที่เกี่ยวข้อง	30

สารบัญ (ต่อ)

	หน้า
บทที่ 3 วิธีดำเนินการวิจัย	
3.1 วัสดุและอุปกรณ์ที่ใช้ในการศึกษา	34
3.2 การหาปัจจัยที่มีผลต่อการไฮโดรไลซิสกากมันสำปะหลัง ด้วยสารกรดและสารด่าง	37
3.3 การหาผลของปริมาณน้ำตาลรีดิวซ์และกรดไขมันระเหยที่มี ต่อประสิทธิภาพในการผลิตก๊าซชีวภาพ	40
บทที่ 4 ผลการศึกษาและวิเคราะห์ผล	
4.1 ปัจจัยและสภาวะที่เหมาะสมของการเกิดปฏิกิริยาไฮโดรไลซิส กากมันสำปะหลังด้วยสารกรดหรือสารด่าง	43
4.2 ผลของปริมาณน้ำตาลรีดิวซ์และกรดไขมันระเหยที่มีต่อประสิทธิภาพ ในการผลิตก๊าซชีวภาพ	51
บทที่ 5 สรุปผลการศึกษาและข้อเสนอแนะ	
5.1 สรุปผลการศึกษา	66
5.2 ข้อเสนอแนะ	66
เอกสารอ้างอิง	68

ญ

สารบัญ (ต่อ)

	หน้า
ภาคผนวก	
ภาคผนวก ก การเตรียมตะกอนเชื้อจุลินทรีย์ที่ใช้ในการหมัก	74
ภาคผนวก ข ขั้นตอนการตรวจวัดปริมาณน้ำตาลรีดิวซ์ด้วยวิธี Dinitrosalicylic Colorimetric Method	76
ภาคผนวก ค ค่าทางสถิติการวิเคราะห์ปัจจัยและสถานะที่เหมาะสมของการ เกิดปฏิกิริยาไฮโดรไลซิสกากมันสำปะหลังด้วยสารกรดและด่าง	78
ภาคผนวก ง ผลของปริมาณน้ำตาลรีดิวซ์และกรดไขมันระเหยที่มีต่อประสิทธิภาพ ในการผลิตก๊าซชีวภาพ	95
ภาคผนวก จ การคำนวณค่าใช้จ่ายในการทดลอง	156
ประวัติผู้เขียน	159

สารบัญตาราง

ตาราง	หน้า
2.1 พื้นที่เก็บเกี่ยวและผลผลิตมันสำปะหลังเป็นรายภาค	6
2.2 ส่วนประกอบหลักในหัวมันสำปะหลัง	7
2.3 สมดุลของการผลิตแป้งมันสำปะหลังแบบมาตรฐาน	14
2.4 องค์ประกอบทางกายภาพและทางเคมีของกากมันสำปะหลัง	16
2.5 สมบัติที่สำคัญของอะมิโลสและอะมิโลเพกทิน	18
2.6 ผลิตภัณฑ์กรดที่ได้จากการไฮโดรไลซิสอะมิโลสและมอลโทสด้วยสารต่าง	28
2.7 ผลิตภัณฑ์ที่ได้จากการไฮโดรไลซิส Periodate-oxidized Starch	29
3.1 ลักษณะของกากมันสำปะหลังที่ใช้ในการศึกษา	34
3.2 ลักษณะเชื้อจุลินทรีย์ที่ใช้ในการศึกษา	35
3.3 ปัจจัยและระดับของปัจจัยที่เลือกศึกษา	37
3.4 การทดลองปฏิกิริยาไฮโดรไลซิสด้วยกรด	37
3.5 การทดลองปฏิกิริยาไฮโดรไลซิสด้วยด่าง	38
3.6 สภาวะการไฮโดรไลซิสที่เลือกมาศึกษาประสิทธิภาพในการผลิตก๊าซชีวภาพ	40
3.7 ความถี่ในการเก็บตัวอย่างและวิธีการที่ใช้ในการวิเคราะห์ตัวอย่าง	42
4.1 ผลการไฮโดรไลซิสกากมันสำปะหลังด้วยสารกรด	44
4.2 ผลการไฮโดรไลซิสกากมันสำปะหลังด้วยสารด่าง	48
4.3 ปริมาณของแข็งทั้งหมด ของแข็งระเหย และปริมาณซีโอดีที่เหลืออยู่ใน สารละลาย ภายหลังการหมักที่เวลาต่างๆกัน	55
4.4 ประสิทธิภาพการลดปริมาณของแข็งทั้งหมด ของแข็งระเหย และปริมาณซีโอดี ภายหลังการหมักที่เวลาต่างๆกัน	55
4.5 ปริมาณก๊าซสะสมที่เกิดขึ้นระหว่างการหมักกากมันสำปะหลังที่ระยะเวลาต่างๆ	58
4.6 ค่าใช้จ่ายในส่วนของการหมักที่ใช้ในการทำไฮโดรไลซิสและความคุ้มค่าในการ ลงทุนเมื่อใช้ทดแทนก๊าซหุงต้ม (LPG)	62
4.7 ค่าใช้จ่ายในส่วนของการหมักที่ใช้ในการทำไฮโดรไลซิสและความคุ้มค่าในการ ลงทุนเมื่อใช้ทดแทนพลังงานไฟฟ้า	63

สารบัญภาพ

รูป	หน้า
2.1 การใช้ประโยชน์ของมันสำปะหลัง	8
2.2 แผนการกระจายผลผลิตหัวมันสำปะหลังสู่อุตสาหกรรมในปี พ.ศ 2541	9
2.3 ความสัมพันธ์ระหว่างการปลูกมันสำปะหลังและอุตสาหกรรมผลิตแป้งมันสำปะหลัง	11
2.4 ขั้นตอนการผลิตแป้งมันสำปะหลัง	12
2.5 สมดุลมวลผลพลอยได้และการนำไปใช้ประโยชน์ของมันสำปะหลัง	15
2.6 องค์ประกอบของกากมันสำปะหลังที่สแกนโดยเครื่อง Electron Micrographs	17
2.7 โครงสร้างของ Amylose	19
2.8 โครงสร้างของ Amylopectin	19
2.9 โครงสร้างของเซลลูโลส	20
2.10 ผังแสดงระบบการผลิตแก๊สชีวภาพจากกากมันสำปะหลัง	22
2.11 ขั้นตอนและปฏิกิริยาการเกิดแก๊สชีวภาพ	24
2.12 ขั้นตอนการไฮโดรไลซิสแป้งเป็นน้ำตาลกลูโคส	27
3.1 ลักษณะกากมันสำปะหลัง	35
3.2 ภาชนะที่ใช้ในการหมัก	36
3.3 ขั้นตอนการทดลองเพื่อหาผลของปัจจัยที่มีผลต่อการเกิดน้ำตาลรีดิวซ์และกรดไขมันระเหย	39
3.4 ขั้นตอนการหมักกากมันสำปะหลัง	41
4.1 กราฟแสดงผลของปัจจัยที่มีผลต่อการเกิดน้ำตาลรีดิวซ์ ในกรณีของการไฮโดรไลซิสกากมันสำปะหลังด้วยสารกรด	44
4.2 กราฟแสดงผลของปัจจัยที่มีผลต่อการเกิดกรดไขมันระเหยในกรณีของการไฮโดรไลซิสด้วยสารกรด	46
4.3 กากมันภายหลังการไฮโดรไลซิสด้วยสารกรดพีเอช 0, อุณหภูมิ 100 °ซ และ เวลา 90 นาที	47

สารบัญภาพ (ต่อ)

รูป		หน้า
4.4	กราฟแสดงผลของปัจจัยที่มีผลต่อการเกิดน้ำตาลรีดิวซ์ ในกรณีของการไฮโดรไลซิสกากมันสำปะหลังด้วยสารต่าง	49
4.5	กราฟแสดงผลของปัจจัยที่มีผลต่อการเกิดกรดไขมันระเหยในกรณีของการไฮโดรไลซิสด้วยสารต่าง	50
4.6	อุณหภูมิตัวอย่างที่ผ่านการหมักตลอดช่วงเวลาในการทดลอง	51
4.7	การเปลี่ยนแปลงค่าพีเอชของตัวอย่างตลอดระยะเวลาในการหมัก	52
4.8	ปริมาณอัลคาไลน์ดีตลอดระยะเวลาในการหมัก	53
4.9	ปริมาณกรดไขมันระเหยตลอดระยะเวลาในการหมัก	53
4.10	ประสิทธิภาพการลดของแข็งทั้งหมดของแต่ละสภาวะการหมัก	56
4.11	ประสิทธิภาพการลดของแข็งระเหยของแต่ละสภาวะการหมัก	56
4.12	ประสิทธิภาพการลดซีโอดีของแต่ละสภาวะการหมัก	57
4.13	ปริมาณก๊าซชีวภาพสะสมตลอดระยะเวลาในการหมัก	58
4.14	การเปรียบเทียบปริมาณน้ำตาลรีดิวซ์ และก๊าซชีวภาพแต่ละสภาวะ	59
4.15	การเปรียบเทียบปริมาณกรดไขมันระเหยและก๊าซชีวภาพแต่ละสภาวะ	60
4.16	ร้อยละของก๊าซมีเทน และก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ที่ สภาวะพีเอชต่างๆ ในการหมัก	61

อักษรย่อและสัญลักษณ์

ก.	กรัม	
กก.	กิโลกรัม	
๐๕	องศาเซลเซียส	
มก.	มิลลิกรัม	
มล.	มิลลิลิตร	
ลบ.ม.	ลูกบาศก์เมตร	
ล.	ลิตร	
COD	Chemical Oxygen Demand	ซีโอดี
VFA	Volatile Fatty Acid	กรดไขมันระเหย
Alk	Alkalinity	อัลคาไลน์ตี
TS	Total Solid	ของแข็งทั้งหมด
VS	Volatile Solid	ของแข็งระเหย
Nm ³	Normal Cubic meter	นอร์มัลลูกบาศก์เมตร
M	Molar	โมลาร์