รายงานการวิจัย

การผลิตก๊าซชีวภาพจากใบยางพาราและผักตบชวาโดยการหมักร่วมกับมูลโค สำหรับใช้ในครัวเรือน

Biogas Production from Rubber Leaves and Water Hyacinth by Co-digestion with Cow Manure for Household-scale

นิรวรรณ ยิ้มมงคล

เสาวลักษณ์ ไข่เส้ง

รายงานวิจัยฉบับนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิทยาศาสตรบัณฑิต

โปรแกรมวิชาวิทยาศาสตร์สิ่งแวดล้อม คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี

มหาวิทยาลัยราชภัฏสงขลา

2559

ใบรับรองการวิจัยสิ่งแวดล้อม

โปรแกรมวิชาวิทยาศาสตร์สิ่งแวดล้อม คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี

มหาวิทยาลัยราชภัฏสงขลา

ปริญญาวิทยาศาสตรบัณฑิต (วิทยาศาสตร์สิ่งแวดล้อม)

เรื่อง การผลิตก๊าซชีวภาพจากใบยางพาราและผักตบชวาโดยการหมักร่วมกับมูลโคสำหรับใช้ในครัวเรือน

Biogas Production from Rubber Leaves and Water Hyacinth by Co-digestion with Cow Manure for Household-scale

ผู้วิจัย นางสาวนิรวรรณ ยิ้มมงคล รหัส 554232010

นางสาวเสาวลักษณ์ ไข่เส้ง รหัส 554232027

ได้พิจารณาเห็นชอบโดย

คณะกรรมการที่ปรึกษา

.....ประธานกรรมการ

(ดร.สุชีวรรณ ยอยรู้รอบ)

.....กรรมการ

(ดร.บุญญา ชาญนอก)

คณะกรรมการสอบ

.....ประธานกรรมการ

(นางสาว นัดดา โปดำ)

.....กรรมการ

(นางสาว หิรัญวดี สุวิบูรณ์)

.....กรรมการ

(นาย กมลนาวิน อินทนูจิตร)

.....กรรมการ

(ดร.สิริพร บริรักวิสิฐศักดิ์)

.....กรรมการ

(ดร.สุชีวรรณ ยอยรู้รอบ)

คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏสงขลา รับรองแล้ว

.....

(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ทัศนา ศิริโชติ)

คณบดีคณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี

ชื่องานวิจัย	การผลิตก๊าซชีวภาพจากใบยางพาราและผักตบชวาโดยการหมักร่วมกับมูลโคสำหรับใช้ในครัวเรือน
ผู้วิจัย	นางสาว นิรวรรณ ยิ้มมงคล นางสาว เสาวลักษณ์ ไข่เส้ง
โปรแกรมวิชา	วิทยาศาสตร์สิ่งแวดล้อม
คณะ	วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี
ปีการศึกษา	2559
อาจารย์ที่ปรึกษา	ดร.สุชีวรรณ ยอยรู้รอบ ดร.บุญญา ชาญนอก

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อ (1) ศึกษาผลของอัตราส่วนใบยางพาราและผักตบชวาที่มีต่อผลผลิตมีเทนในระบบหมักไร้อากาศแบบกะ (2) ศึกษาศักยภาพในการผลิตก๊าซมีเทนโดยการหมักร่วมระหว่างใบยางพาราและผักตบชวา โดยเป็นการหมักร่วมระหว่างใบยางพาราและผักตบชวา ซึ่งมีมูลโคเป็นหัวเชื้อในการหมักในการทดลองจะมีทั้งหมด 6 อัตราส่วน คือ อัตราส่วนใบยางพารา:ผักตบชวา (R:W 1:0) (R:W 0:1) เป็นการหมักโดยใช้วัสดุหมักเพียงชนิดเดียว อัตราส่วนใบยางพารา:ผักตบชวา (R:W 1:0) หมักโดยใช้ใบยางพาราเพียงอย่างเดียว อัตราส่วนใบยางพารา:ผักตบชวา (R:W 0:1) หมักโดยใช้ผักตบชวาเพียงอย่างเดียว ซึ่งจะมีปริมาณของวัสดุหมักที่เท่ากัน เท่ากับ 0.3 g TS/g Fresh ส่วนในอัตราส่วนใบยางพารา:ผักตบชวา (R:W 1:1) (R:W 2:1) (R:W 1:2) เป็นการหมักร่วมโดยใช้วัสดุหมักร่วมกันระหว่างใบยางพาราและผักตบชวา ส่วนในอัตราส่วน (R:W 0:0) เป็นการหมักที่ใส่มูลโคที่เป็นหัวเชื้ออย่างเดียว ซึ่งจะเป็นชุดควบคุม จากผลการศึกษา พบว่า การหมักโดยการใช้วัสดุหมักเพียงชนิดเดียวโดยในอัตราส่วนที่ใส่ผักตบชวาเพียงอย่างเดียว (R:W 0:1 เท่ากับ 108.22 L CH_4/kg TS) จะมีผลผลิตก๊าซมีเทนมากกว่าในอัตราส่วนที่ใส่ใบยางพาราเพียงอย่างเดียว (R:W 1:0 เท่ากับ 65.07 L CH_4/kg TS) คิดเป็นร้อยละ 39.87 การหมักร่วมโดยใช้วัสดุหมักร่วมกันระหว่างใบยางพาราและผักตบชวา พบว่าการใช้วัสดุหมักผักตบชวาเป็น 2 เท่าของใบยางพารา (R:W 1:2 เท่ากับ 107.66 L CH_4/kg TS) เป็นอัตราส่วนที่ดีที่สุด มีผลผลิตก๊าซมีเทนสูงที่สุด เมื่อมีการเปรียบเทียบผลผลิตก๊าซมีเทนจากการหมักร่วมกันระหว่างใบยางพาราและผักตบชวา อัตราส่วนที่ใส่ผักตบชวาเป็น 2 เท่าของใบยางพารา (R:W 1:2 เท่ากับ 107.66 L CH_4/kg TS) จะมีปริมาณการผลิตก๊าซมีเทนใกล้เคียงกับการหมักผักตบชวาเพียงอย่างเดียว (R:W 0:1 เท่ากับ 108.22 L CH_4/kg TS)

เลข Bib# 111195
วันที่ 5 ก.ค. 2561
เลขเรียกหนังสือ 631.87
ง371

Study Title	Biogas Production from Rubber Leaves and Water Hyacinth by Co-digestion with Cow Manure for Household-scale
Authors	Miss Nirawun Yimmongkol
	Miss Saowalak Khaiseng
Major Program	Environmental Science
Faculty	Science and Technology
Academic year	2016
Adviser	Dr. Sucheewan Yoyrurob
	Dr. Boonya Charnnok

Abstract

This research aims to (1) The effect of the ratio of the rubber leaves and hyacinths on methane production in anaerobic batch fermentation, (2) The potential to produce methane gas by co-fermentation between the rubber leaves and the water hyacinth by the cow manure as a leavening agent in fermentation. In experiments with all 6 ratios, the ratio (R:W 1:0) and (R:W 0:1) are the fermentation gas using only one materials. The ratio (R:W 1:0) fermentation uses the rubber leaves only, while ratio (R:W 0:1) fermentation uses the water hyacinth only. The fermentation material is the same amount equal to 0.3 g TS/g Fresh. The ratio (R:W 1:1), (R:W 2:1) and (R:W 1:2) are co-fermentation between the rubber leaves and the water hyacinth. The ratio (R:W 0:0) fermentation using the cow manure only is a control unit. The study indicated that the fermentation by fermentation of only one material. The results indicated that the ratio of the water hyacinth alone (R:W 0:1=108.22 L CH_4/kg TS) .The amount of methane that is greater than the ratio that the rubber leaves only (R:W 1:0=65.07 L CH_4/kg TS) a percentage 39.87. The co-fermentation using a rubber leaves and water hyacinth. Discovered that use of water hyacinth is double the rubber leaves (R:W 1:2=107.66 L CH_4/kg TS) The best ratio. The highest methane yield. When a comparison co-fermentation between the rubber leaves and the water hyacinth. The ratio of water hyacinth is double the rubber leaves (R:W 1:2=107.66 L CH_4/kg TS) .The amount of methane produced close to the water hyacinth alone (R:W 0:1=108.22 L CH_4/kg TS).

กิตติกรรมประกาศ

รายงานวิจัยนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาการวิจัยสิ่งแวดล้อม ซึ่งได้รับการช่วยเหลือและการสนับสนุนจากบุคคลหลายฝ่ายโดยเฉพาะอย่างยิ่งขอขอบพระคุณ ดร.สุชีวรรณ ยอยรู้รอบ และ ดร.บุญญา ชาญนอก ซึ่งเป็นอาจารย์ที่ปรึกษางานวิจัย อาจารย์กาญจนา ขันทกะพันธ์ และ อาจารย์ในโปรแกรมวิชาวิทยาศาสตร์สิ่งแวดล้อมทุกๆ ท่าน ที่คอยให้คำปรึกษาในการใช้เครื่องมือและคอยให้คำแนะนำเพิ่มเติม

ขอขอบคุณคณะเทคโนโลยีการเกษตรมหาวิทยาลัยราชภัฏสงขลา ที่อนุเคราะห์มูลโคสำหรับการทดลอง และขอขอบคุณพี่ๆ เจ้าหน้าที่โปรแกรมวิชาวิทยาศาสตร์สิ่งแวดล้อม, โปรแกรมวิชาเคมีและเคมีประยุกต์ และโปรแกรมวิชาชีววิทยาและชีววิทยาประยุกต์ ตลอดจนทุกท่านที่ไม่ได้กล่าวถึง ณ ที่นี้ ที่มีส่วนช่วยเหลือให้การทำงานวิจัยในครั้งนี้สำเร็จลุล่วงไปได้ด้วยดี

นางสาว นิรวรรณ ยิ้มมงคล

นางสาว เสาวลักษณ์ ไข่เส้ง

กรกฎาคม 2559

สารบัญ

เรื่อง	หน้า
บทคัดย่อ	ก
Abstract	ข
กิตติกรรมประกาศ	ค
สารบัญ	ง
สารบัญตาราง	ช
สารบัญภาพ	ซ
บทที่ 1 บทนำ	1
1.1 ที่มาและความสำคัญ	1
1.2 วัตถุประสงค์	3
1.3 ตัวแปร	3
1.4 นิยามศัพท์ที่ใช้ในการวิจัย	3
1.5 สมมติฐาน	3
1.6 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ	3
1.7 ระยะเวลาที่ทำการวิจัย	4
บทที่ 2 เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง	5
2.1 ก๊าซชีวภาพ	5
2.2 ประโยชน์ของก๊าซชีวภาพ	9
2.3 เทคโนโลยีการหมักร่วม	10
2.4 วิธีการหมักแบบกะหรือแบตช์	11
2.5 วัสดุที่ใช้ในการหมัก	11
2.6 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง	12
บทที่ 3 วิธีการวิจัย	14
3.1 ขอบเขตการวิจัย	14
3.2 วัสดุ อุปกรณ์และสารเคมี	14
3.3 วิธีการศึกษา	18

SAKON RAJABHAT UNIVERSITY

สารบัญ (ต่อ)

เรื่อง	หน้า
บทที่ 4 ผลและการอภิปรายผลการวิจัย	23
4.1 ผลวิเคราะห์สมบัติของวัตถุดิบหมักก๊าซชีวภาพ	23
4.2 อัตราส่วนวัสดุหมักต่อการผลิตก๊าซชีวภาพ	24
บทที่ 5 สรุปและข้อเสนอแนะ	31
5.1 สรุปผลการวิจัย	31
5.2 ข้อเสนอแนะ	32
บรรณานุกรม	
ภาคผนวก	
ภาคผนวก ก ภาพประกอบการวิจัย	ผก-1
ภาคผนวก ข แบบเสนอโครงการวิจัย	ผข-1
ภาคผนวก ค ประวัติผู้วิจัย	ผค-1

มหาวิทยาลัยราชภัฏสงขลา SONGKHLA RAJABHAT UNIVERSITY

สารบัญตาราง

ตารางที่		หน้า
1.7-1	แผนการดำเนินงานตลอดโครงการ	4
2.1-1	องค์ประกอบก๊าซชีวภาพ	5
2.1-2	คุณสมบัติก๊าซชีวภาพ	6
2.3-1	ข้อดีและข้อจำกัดของการหมักร่วมสำหรับการผลิตก๊าซชีวภาพ	11
3.1-1	พารามิเตอร์ที่วัดก่อนการหมักก๊าซชีวภาพ	15
3.2-1	เครื่องมือและอุปกรณ์ที่ใช้ในการทดลอง	16
3.2-2	สารเคมีที่ใช้ในการทดลอง	17
3.3-1	วิเคราะห์สมบัติของวัสดุหมัก	19
3.3-2	อัตราส่วนระหว่างใบยางพาราและผักตบชวา	20
4.1-1	การวิเคราะห์สมบัติวัสดุหมัก	24
4.2-1	ปริมาณผลผลิตก๊าซมีเทนที่อัตราส่วนต่างๆ	29
5.1-1	การเปรียบเทียบค่าความร้อนจากก๊าซมีเทนกับเชื้อเพลิงอื่นๆ	32

มหาวิทยาลัยราชภัฏสงขลา SONGKHLA RAJABHAT UNIVERSITY

สารบัญภาพ

ภาพที่		หน้า
2.4-1	ขั้นตอนการเปลี่ยนสารอินทรีย์ให้เป็นก๊าซชีวภาพ	9
3.1-1	ลักษณะของวัสดุหมักที่นำมาใช้ในการหมัก	14
3.3-1	อุปกรณ์ประกอบขวดหมักก๊าซชีวภาพ	18
3.3-2	วิธีการหมักก๊าซชีวภาพ	21
3.3-3	การวัดปริมาตรและเก็บก๊าซชีวภาพใส่หลอดทดลอง	21
4.2-1	ปริมาณก๊าซมีเทนสะสมที่อัตราส่วนต่างๆ	25
4.2-2	ปริมาณผลผลิตก๊าซมีเทนที่อัตราส่วนต่างๆ	27
4.2-3	ปริมาณผลผลิตก๊าซมีเทนที่อัตราส่วนต่างๆไม่รวมผลผลิตก๊าซมีเทนในมูลโค	28

มหาวิทยาลัยราชภัฏสงขลา SONGKHLA RAJABHAT UNIVERSITY

บทที่ 1
บทนำ

1.1 ความสำคัญและที่มาของการวิจัย

ปัจจุบันพลังงานเป็นปัจจัยหนึ่งที่สำคัญในการพัฒนาประเทศ มีผลต่อความเป็นอยู่ตั้งแต่ระดับครอบครัวไปจนถึงระดับประเทศและทั่วโลกดังนั้นจึงมีการให้ความสำคัญในการจัดการทางด้านพลังงานเพื่อให้มีพลังงานใช้อย่างเพียงพอ เมื่อความต้องการในการใช้พลังงานเพิ่มขึ้นแต่แหล่งพลังงานกลับลดลงและมีปริมาณจำกัดมีแนวโน้มที่จะหมดไปในอนาคต ประสบปัญหาวิกฤตการณ์พลังงาน เนื่องจากราคาน้ำมันดิบที่เพิ่มสูงขึ้นทำให้นานาประเทศจำเป็นต้องหาแหล่งพลังงานเพิ่มเติมหรือแหล่งพลังงานทดแทน โดยพลังงานทดแทนต่างๆ ถือว่าเป็นมิตรต่อสิ่งแวดล้อม ซึ่งพลังงานทดแทนจะหมายถึงพลังงานที่ใช้แทนพลังงานฟอสซิล เช่น ถ่านหิน น้ำมันเชื้อเพลิง ก๊าซธรรมชาติ เป็นต้น พลังงานทดแทนที่สำคัญ เช่น พลังงานแสงอาทิตย์ พลังงานน้ำ เชื้อเพลิงชีวภาพ เชื้อเพลิงชีวมวล เหล่านี้ล้วนเป็นพลังงานทางเลือกที่สะอาดซึ่งในปี 2555 กระทรวงพลังงานของไทยได้จัดทำแผน พัฒนาพลังงานทางเลือก โดยมีเป้าหมายจะใช้พลังงานทดแทนเชื้อเพลิงในการผลิตกระแสไฟฟ้าเพิ่มขึ้น 25% ภายใน 10 ปี (2555-2564) มีเป้าหมายที่จะผลิตไฟฟ้าจากก๊าซชีวภาพ 600 เมกะวัตต์ ก๊าซชีวภาพเกิดจากการหมักของสารอินทรีย์โดยมีจุลินทรีย์จำพวกแบคทีเรีย เช่น จุลินทรีย์กลุ่มสร้างมีเทน (Methane-Producing Bacteria) หรือเมทาโนเจน และจุลินทรีย์กลุ่มสร้างกรด (Acid-Producing Bacteria) มาช่วยย่อยในสภาวะไร้อากาศ ในกระบวนการย่อยในสภาวะไร้อากาศเป็นการที่จุลินทรีย์ต่างๆ ทำปฏิกิริยาย่อยสลายสารอินทรีย์ลงจากสิ่งมีชีวิตซึ่งมีโครงสร้างที่ซับซ้อนลงเป็นโครงสร้างที่ซับซ้อนน้อยลงเป็นขั้นๆ ไปกระบวนการหมักย่อยในสภาวะไร้อากาศแบ่งเป็น 4 ขั้นตอน คือ ไฮโดรลิซิส (Hydrolysis) แอซิโดเจเนซิส (Acidogenesis) อะซิโตเจเนซิส (Acetogenesis) เมทาโนเจเนซิส (Methanogenesis) ก๊าซชีวภาพที่ผลิตขึ้นมีก๊าซมีเทนเป็นองค์ประกอบหลักอยู่ประมาณ 50-75% (พลกฤษณ์ คุ้มกล่ำ, 2557) จึงทำให้มีคุณสมบัติจุดติดไฟได้ดีและสามารถนำไปใช้เป็นพลังงานทดแทนในรูปต่างๆ เช่น ผลิตกระแสไฟหรือใช้แทนก๊าซหุงต้มตามบ้านเรือน นอกจากจะได้ประโยชน์ในด้านพลังงานแล้วยังได้ประโยชน์ในการแก้ปัญหาสิ่งแวดล้อม คือ เป็นการช่วยกำจัดมูลบริเวณที่เลี้ยงสัตว์ทำให้กลิ่นเหม็นและแมลงวันในบริเวณนั้นลดลงผู้ที่อยู่อาศัยในบริเวณนั้นมีสุขภาพอนามัยดีขึ้นและยังเป็นการป้องกันมูลสัตว์ไม่ให้ถูกชะล้างลงไปในแหล่งน้ำธรรมชาติอีกทั้งลดปริมาณขยะของเสียได้อีกด้วย การผลิตก๊าซชีวภาพในอดีตอาจมีการหมักที่ใช้วัตถุดิบประเภทเดียว แต่ปัจจุบันได้มีการหมักร่วมกันระหว่างสองวัตถุดิบหรือมากกว่าเรียกว่า การหมักร่วม (Co-Digestion) ซึ่งช่วยเพิ่มประสิทธิภาพในการผลิตก๊าซชีวภาพให้สูงขึ้น

ภาคใต้ของไทยส่วนใหญ่ประกอบอาชีพเกษตรกรรม ทำให้มีผลผลิตทางการเกษตรและวัสดุเหลือทิ้งทางการเกษตรที่เป็นชีวมวลเป็นจำนวนมาก โดยเฉพาะอาชีพทำสวนยางพารา นอกจากน้ำ

ยางพาราที่ได้แล้ว ยังมีใบยางพาราที่ร่วงหล่นจากต้น โดยเฉพาะอย่างยิ่งในช่วงฤดูยางผลัดใบ จะมีใบยางพาราร่วงหล่นเกือบทั้งต้น เมื่อมีปริมาณใบยางสะสมมากขึ้นโดยไม่มีการเก็บกวาดใบยางพาราที่ร่วงบริเวณใต้ต้น ก็จะก่อให้เกิดปัญหาเป็นตัวกั้นระหว่างปุ๋ยกับดิน มีผลให้ปุ๋ยไม่สามารถซึมผ่านกองใบยางพาราลงไปในดินได้ช้า ปัจจุบันใบยางพารายังไม่มีการนำมาใช้ประโยชน์มากนัก หากสามารถนำมาใช้ในการผลิตก๊าซชีวภาพได้ นอกจากจะสามารถนำก๊าซชีวภาพที่ผลิตได้ไปทดแทนการใช้ก๊าซหุงต้มแล้ว ยังช่วยลดปัญหาของใบยางพาราดังกล่าวได้อีกด้วย เช่นเดียวกับผักตบชวา ซึ่งพืชที่มีอัตราการเจริญเติมโตสูงทนทานต่อสภาพแวดล้อม เป็นพืชที่มีทุ่นลอยสามารถอยู่ได้ทั้งในน้ำนิ่งและน้ำไหล ผักตบชวามีการขยายพันธุ์อย่างรวดเร็วทั้งทางเมล็ดและการแตกหน่อ ดังนั้นจึงทำให้ผักตบชวามีการแพร่ระบาดอย่างรุนแรงก่อให้เกิดปัญหาต่อแหล่งน้ำต่างๆ ทั่วประเทศ และก่อให้เกิดผลเสียต่อเศรษฐกิจ สังคม และสิ่งแวดล้อม ผักตบชวามีอัตราการเจริญเติบโตสูงมาก การกำจัดผักตบชวาด้วยสารเคมีกำจัดวัชพืช (ซึ่งเรียกว่า ยาฆ่าหญ้า หรือ Herbicide) เป็นที่นิยมกันมากโดยเฉพาะในประเทศที่พัฒนาแล้ว เพราะเป็นวิธีที่ง่าย ประหยัดรวดเร็ว และมีประสิทธิภาพที่สุด เมื่อเปรียบเทียบกับการกำจัดแบบอื่น แต่การใช้สารเคมีช่วยกำจัดวัชพืชน้ำอย่างผักตบชวานั้น ถ้าผู้ใช้ไม่มีความรู้ในระดับพื้นฐานเกี่ยวกับเรื่องราวทางวิทยาการวัชพืชและนิเวศวิทยาแล้ว อาจทำให้เกิดอันตรายต่อมนุษย์ สัตว์ และสภาพแวดล้อมได้โดยง่าย ดังนั้นจึงมีการคิดหาแนวทางในการกำจัดผักตบชวาที่เป็นมิตรต่อสิ่งแวดล้อมโดยการนำไปใช้ประโยชน์ในรูปแบบต่างๆ เช่น ใช้เป็นอาหารสัตว์ ผลิตภัณฑ์หัตถกรรม การทำปุ๋ยอินทรีย์ และการทำก๊าซชีวภาพ เป็นต้น นอกจากนั้นมูลสุกรจากฟาร์มปศุสัตว์ต่างๆ ก็เป็นของเสียที่ก่อให้เกิดปัญหาต่างๆ ที่ส่งผลกระทบต่อด้านสภาวะแวดล้อมทั้งในส่วนของน้ำ ดิน และอากาศ รวมทั้งสุขภาพอนามัยของประชาชนผู้ที่อยู่อาศัยในบริเวณใกล้เคียงกับฟาร์มเลี้ยงโค เนื่องจากมูลโคทำให้เกิดกลิ่นเหม็นเป็นบ่อเกิดของเชื้อโรคบางชนิด เป็นแหล่งเพาะพันธุ์สัตว์และแมลงนำโรคชนิดต่างๆ เช่น แมลงวัน และผู้เลี้ยงโค ส่วนใหญ่ยังไม่มีวิธีการบำบัดของเสียดังกล่าวแต่ประการใด สำหรับในแถบชนบทของหลายประเทศเริ่มมีการใช้ก๊าซชีวภาพกันอย่างแพร่หลาย ได้มาจากการหมักของเสียชนิดต่างๆ เช่น มูลวัว มูลสุกร การนำมูลโคมาใช้ในการผลิตก๊าซชีวภาพร่วมระหว่างใบยางพารากับผักตบชวาจะช่วยแก้ปัญหาต่างๆ ที่กล่าวมาได้อย่างมีประสิทธิภาพการนำใบยางพาราและผักตบชวามาเป็นวัตถุดิบสำหรับผลิตก๊าซชีวภาพทำได้โดยใช้กระบวนการย่อยสลายสารอินทรีย์ในสภาวะไร้อากาศ โดยทำการหมักร่วมกันระหว่างใบยางพาราและผักตบชวากับมูลโค

เนื่องจากใบยางพาราและผักตบชวาเป็นอินทรียวัตถุ อันเป็นแหล่งของสารประกอบเซลลูโลสที่สลายตัวให้คาร์บอนเพิ่มขึ้น (วิรัช สัจจแพรวพันธ์, 2529) มีผลให้ได้ปริมาณก๊าซชีวภาพและปริมาณร้อยละมีเทนสูงขึ้น และโคเป็นสัตว์บริโภคพืช ทำให้ในมูลโคจะมีจุลินทรีย์ที่ใช้ในการย่อยใกล้เคียงกับใบยางพาราและผักตบชวา จึงมีความเหมาะสมที่จะนำมาหมักก๊าซชีวภาพ ช่วยให้เกิดก๊าซชีวภาพเร็วขึ้น ผู้วิจัยจึงมีความสนใจที่จะนำใบยางพาราและผักตบชวามาหมักก๊าซชีวภาพ โดยการศึกษาอัตราส่วนวัตถุดิบที่เหมาะสมในการผลิตก๊าซชีวภาพจากใบยางพาราและผักตบชวาที่มีผลต่อปริมาณก๊าซชีวภาพและผลที่ได้ของก๊าซมีเทน โดยทำการทดลองระบบแบบกะ เพื่อจะนำผลที่ได้ไปใช้ในระบบผลิตก๊าซ

ชีวภาพที่มีขนาดใหญ่ขึ้น เป็นข้อมูลเบื้องต้นสำหรับการศึกษาวิจัยและเป็นแนวทางในการพัฒนาไปสู่การประยุกต์ใช้สำหรับการผลิตก๊าซชีวภาพในระดับครัวเรือนต่อไป

1.2 วัตถุประสงค์

1.2.1 เพื่อศึกษาผลของอัตราส่วนใบยางและผักตบชวาที่มีต่อผลผลิตก๊าซมีเทนในระบบหมักไร้อากาศแบบกะ

1.2.2 เพื่อศึกษาศักยภาพในการผลิตก๊าซมีเทนโดยการหมักร่วมระหว่างใบยางพาราและผักตบชวา

1.3 ตัวแปร

1.3.1 ตัวแปรต้น : อัตราส่วนวัตถุดิบ

1.3.2 ตัวแปรตาม : ปริมาณก๊าซมีเทนที่เกิดขึ้น

1.3.3 ตัวแปรควบคุม : อุณหภูมิ ระยะเวลา

1.4 นิยามศัพท์ที่ใช้ในการวิจัย

1.4.1 ก๊าซชีวภาพ คือ ก๊าซที่เกิดจากกระบวนการหมักใบยางพารา ผักตบชวาย่อยสลายสารอินทรีย์โดยจุลินทรีย์ที่ไม่ใช้อากาศและใช้มูลโคเป็นหัวเชื้อในการหมักก๊าซชีวภาพ

1.4.2 การหมักแบบกะ (แบตช์) คือ การหมักที่มีการเติมวัตถุดิบเพียงครั้งเดียวตลอดระยะเวลาในการหมักแล้วปล่อยให้สารอินทรีย์ถูกย่อยสลายจนหมด เมื่อความเข้มข้นของสารอินทรีย์ลดลงอัตราการเจริญเติบโตของจุลินทรีย์จะค่อยๆ ลดลงจนกระทั่งหยุดการเจริญเติบโต

1.4.3 ปริมาณของแข็งทั้งหมด (Total Solids) คือ น้ำหนักแห้งของวัสดุหมักที่ใส่ลงในขวดหมักเพื่อเป็นแหล่งคาร์บอนให้แก่แบคทีเรียในการผลิตก๊าซมีเทน

1.4.4 สารอาหารเสริม (Nutrient Solution) คือ สารอาหารที่ใช้เติมลงในกระบวนการหมักก๊าซชีวภาพ ได้แก่ NH_4Cl, K_2HPO_4, $MgSO_4$, yeast extract และtrace element solution เป็นต้น (*Raposo et al.*, 2006)

1.5 สมมติฐาน

อัตราส่วนผสมของใบยางพารา และผักตบชวา มีผลต่อปริมาณผลผลิตก๊าซมีเทน

1.6 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

1.6.1 ทราบสภาวะที่เหมาะสมในการหมักร่วมระหว่างใบยางพาราและผักตบชวาในสภาวะไร้อากาศ ที่จะทำให้เกิดประสิทธิภาพสูงในการผลิตก๊าซชีวภาพ

1.6.2 สามารถนำใบยางพาราซึ่งเป็นวัสดุเหลือทิ้งทางการเกษตรและผักตบชวาซึ่งเป็นวัชพืชน้ำมาใช้ให้เกิดประโยชน์ในการผลิตพลังงานทดแทน

1.7 ระยะเวลาที่ทำการวิจัย

การศึกษานี้มีระยะเวลาดำเนินการระหว่างเดือนพฤศจิกายน 2557 ถึง เดือนกรกฎาคม 2559 สำหรับแผนการดำเนินการศึกษาแสดงไว้ใน **ตารางที่ 1.7-1**

ตารางที่ 1.7-1 แผนการดำเนินงานตลอดโครงการ

ขั้นตอนการดำเนินงาน	2557		2558												2559					
	11	12	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	1	2	3	4	5	6
รวบรวมข้อมูลและตรวจเอกสาร	—																			
สอบโครงร่างวิจัย		▲																		
การทดลองในห้องปฏิบัติการ									—	—	—	—	—	—	—	—	—			
สอบรายงานความก้าวหน้าทางวิจัย																		▲		
วิเคราะห์และสรุปผล																				—
การเขียนเล่มวิจัย																		—	—	—
สอบและแก้ไขเล่มวิจัย																				▲

มหาวิทยาลัยราชภัฏสงขลา SONGKHLA RAJABHAT UNIVERSITY

บทที่ 2
การตรวจเอกสาร

ผู้วิจัยมีความสนใจและเล็งเห็นถึงความสำคัญของก๊าซชีวภาพจากใบยางพาราและผักตบชวา โดยหมักร่วมกับมูลโค ซึ่งสามารถนำไปใช้เป็นพลังงานทดแทนในครัวเรือน เพื่อลดปัญหาการเกิดวิกฤตการณ์พลังงานที่มีแนวโน้มจะหมดไปในอนาคต ซึ่งมีเอกสารที่เกี่ยวข้องกับงานวิจัย มีดังนี้

2.1 ก๊าซชีวภาพ

ก๊าซชีวภาพ (Biogas) คือ ก๊าซที่เกิดขึ้นจากกระบวนการหมักและย่อยสลายของสารอินทรีย์โดยไม่ต้องอาศัยออกซิเจน (Anaerobic Digestion) ในขณะที่ทำการย่อยสลายจะเกิดก๊าซขึ้นมากลุ่มหนึ่งประกอบด้วย มีเทน (CH_4) เป็นหลัก รองลงมา คือ คาร์บอนไดออกไซด์ (CO_2) ไนโตรเจน (N_2) ไฮโดรเจน (H_2) ไฮโดรเจนซัลไฟด์ (H_2S) และก๊าซอื่นๆ อีกเล็กน้อยเช่น แอมโมเนีย (NH_3) ออกซิเจน (O_2) (**ตารางที่ 2.1-1**) ก๊าซมีเทนมีมากที่สุดมีคุณสมบัติติดไฟได้และไม่มีสี ไม่มีกลิ่น ไม่มีรส เมื่อเผาไหม้รวมกับอากาศจะได้เปลวไฟสีน้ำเงิน

ตารางที่ 2.1-1 องค์ประกอบของก๊าซชีวภาพ

ก๊าซ	โดยปริมาตร (%)
มีเทน	50-60
คาร์บอนไดออกไซด์	25-35
ไนโตรเจน	2-7
ไฮโดรเจน	1-5
ไฮโดรเจนซัลไฟด์	เล็กน้อย
คาร์บอนมอนอกไซด์	เล็กน้อย
ก๊าซอื่นๆ	เล็กน้อย

ที่มา: กรมพัฒนาพลังงานทดแทนและอนุรักษ์พลังงาน (2557)

ก๊าซชีวภาพสามารถเกิดขึ้นได้เองตามธรรมชาติ เมื่อแบคทีเรียและสารอินทรีย์อยู่ในสิ่งแวดล้อมที่เหมาะสมในสภาวะไร้อากาศ (กรมโรงงานอุตสาหกรรม, 2553) และเมื่อสารอินทรีย์หมักหมมกันเป็นเวลานาน ก็อาจเกิดก๊าซชีวภาพได้

2.1.1 คุณสมบัติทั่วไปของก๊าซชีวภาพ

ก๊าซชีวภาพเป็นแหล่งพลังงานที่สามารถผลิตขึ้นใช้เองได้อย่างต่อเนื่องสม่ำเสมอ ซึ่งสามารถชดเชยหรือทดแทนการใช้เชื้อเพลิงต่างๆ กับอุปกรณ์ที่ต้องการความร้อนจากเชื้อเพลิงได้เป็นอย่างดี เช่น ทดแทนการใช้ก๊าซหุงต้ม (LPG) ในครัวเรือน เครื่องกกลูกสุกร เครื่องอบแห้ง หม้อต้มไอน้ำระบบทำความเย็นแบบดูดซึม รวมถึงการใช้ในรูปของแสงสว่างกับตะเกียงหรือใช้กับเครื่องยนต์สำหรับสูบน้ำหรือผลิตพลังงานไฟฟ้าเพื่อใช้กับอุปกรณ์ไฟฟ้าต่างๆ ภายในฟาร์ม ดังแสดงรายละเอียดใน**ตารางที่ 2.1-2** คุณสมบัติก๊าซชีวภาพ

ตารางที่ 2.1-2 คุณสมบัติก๊าซชีวภาพ

ก๊าซชีวภาพ 1 ลูกบาศก์เมตร มีค่าความร้อนเทียบเท่า : ทดแทน	
ก๊าซหุงต้ม (LPG)	0.46 Kg
น้ำมันเบนซิน	0.67 Kg
น้ำมันดีเซล	0.60 L
น้ำมันเตา	0.55 L
ฟืนไม้	1.50 Kg
ไฟฟ้า (ค่าเฉลี่ย)	1.20 kW-hr

ที่มา: กรมพัฒนาพลังงานทดแทนและอนุรักษ์พลังงาน (2557)

2.1.2 ปัจจัยและสภาพแวดล้อมต่างๆ ที่มีผลต่อการผลิตก๊าซชีวภาพ

ในกระบวนการผลิตก๊าซชีวภาพ เกิดจากจุลินทรีย์ย่อยสลายสารอินทรีย์ในสภาวะไร้อากาศ ดังนั้น ในกระบวนการดังกล่าว จึงต้องมีสภาวะแวดล้อมและปัจจัยที่เหมาะสมหลายประการดังนี้ (สำนักวิจัยค้นคว้าพลังงาน, 2556)

1) อุณหภูมิ (Temperature) โดยทั่วไปช่วงอุณหภูมิที่เหมาะสมสำหรับแบคทีเรียมีอยู่ 3 ช่วง คือ กลุ่มแบคทีเรีย Phychrophillic จะย่อยสลายสารอินทรีย์ได้ดีในช่วงอุณหภูมิต่ำ (5-15°C) กลุ่มแบคทีเรีย Mesophillic จะย่อยสลายสารอินทรีย์ได้ดีในช่วงอุณหภูมิปานกลาง (35-37°C) และกลุ่มแบคทีเรีย Thermophillic จะย่อยสลายสารอินทรีย์ได้ดีในช่วงอุณหภูมิสูง (50-55°C) ซึ่งการย่อยสลายสารอินทรีย์และการผลิตก๊าซจะเกิดขึ้นในอัตราสูงมากในช่วงอุณหภูมิปานกลางและอุณหภูมิสูง

2) ความเป็นกรด-ด่าง (pH) ช่วง pH ที่เหมาะสมต่อการเจริญเติบโตของแบคทีเรียอยู่ในช่วง 6.5-7.5 ถ้าต่ำกว่า 5 จะมีอันตรายต่อแบคทีเรียที่สร้างมีเทน แต่แบคทีเรียที่สร้างกรดอินทรีย์สามารถทนต่อสภาพเป็นกรดได้ต่ำถึง 4.5 โดยไม่เป็นอันตราย

3) อัลคาลินิตี้ (Alkalinity) หมายถึง ความสามารถในการรักษาระดับความเป็นกรด-ด่าง ถ้าค่าอัลคาลินิตี้ต่ำจะมีแนวโน้มเป็นกรดได้ง่าย ค่าอัลคาลินิตี้ที่เหมาะสมต่อระบบหมักมีค่าประมาณ 1,000-5,000 mg/L ในรูปของแคลเซียมคาร์บอเนต ($CaCO_3$)

4) สารยับยั้งและสารพิษ (Inhibiting and Toxic Substances) การสะสมของสารบางชนิด เช่น กรดอินทรีย์ระเหยง่าย แอมโมเนีย ซัลไฟด์ โลหะหนักบางตัว เช่น โซเดียม โพแทสเซียม ธาตุไอออนและสารทำความสะอาดต่างๆ เช่น สบู่ น้ำยาล้างต่างๆ และยาปฏิชีวนะ สามารถส่งผลยับยั้งการเจริญเติบโตและการผลิตก๊าซของแบคทีเรียได้

5) การกวน (Mixing) การกวนผสมในถังหมักมีความสำคัญเพราะจะทำให้แบคทีเรียมีโอกาสพบอาหารได้ทั่วถึงและสารอาหารต่างๆ ที่แบคทีเรียขับออกจะเกิดการกระจายได้ดีขึ้น

6) สารอาหาร (Nutrient) สารอาหารที่แบคทีเรียต้องการเพื่อการเจริญเติบโตนอกเหนือไปจากคาร์บอนและไฮโดรเจนแล้ว ยังมีไนโตรเจน ซัลเฟอร์ ฟอสฟอรัส แคลเซียม นอกจากนี้ก็มีธาตุที่จำเป็นในปริมาณน้อยมากๆ เช่น เหล็ก แมงกานีส สังกะสี โคบอลต์ ซิลิเนียม เป็นต้น

7) วัตถุดิบ สารอินทรีย์ทุกชนิด เช่น มูลสัตว์ต่างๆ เศษพืชผักผลไม้ต่างๆ ฯลฯ สามารถนำมาผลิตก๊าซชีวภาพ ความยากง่ายในการหมักหรือปริมาณก๊าซที่เกิดขึ้นต่อหน่วยน้ำหนักของสารอินทรีย์จะขึ้นอยู่กับความยากง่ายในการสลายตัวของสารอินทรีย์ เช่น มูลสุกรจะมีสารอินทรีย์พวกแป้งและโปรตีนจึงสามารถย่อยสลายได้ง่าย เป็นต้น

2.1.3 ขั้นตอนการเปลี่ยนสารอินทรีย์ให้เป็นก๊าซชีวภาพ

การเปลี่ยนสารอินทรีย์ให้เป็นก๊าซชีวภาพ เป็นปฏิกิริยาการย่อยสลายสารอินทรีย์ในสภาวะไร้ออกซิเจน โดยจุลินทรีย์หลายชนิด ผลิตภัณฑ์ที่ได้ในขั้นตอนสุดท้ายเป็นก๊าซมีเทนและก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ เป็นส่วนใหญ่ การย่อยสลายในสภาวะไร้อากาศเป็นกระบวนการหมุนเวียนคาร์บอนและธาตุอื่นๆ ทำให้ได้ผลิตภัณฑ์ที่สะอาด ปลอดภัย มีการเจริญเติบโตของเซลล์น้อย ทำให้ลดการกำจัดตะกอนจุลินทรีย์ ขั้นตอนการเปลี่ยนสารอินทรีย์ให้เป็นก๊าซชีวภาพมีดังนี้ **(ภาพที่2.1-1)**

ขั้นตอนที่ 1 การย่อย (Hydrolysis)

สารอินทรีย์โมเลกุลใหญ่ ได้แก่ คาร์โบไฮเดรต โปรตีนและไขมัน จะถูกแบคทีเรียย่อยสลายให้กลายสภาพเป็นสารอินทรีย์โมเลกุลเล็ก ความเร็วของกระบวนการย่อยสลายขึ้นอยู่กับเอนไซม์ที่ถูกปล่อยออกมาจากแบคทีเรีย รวมถึงความเข้มข้นของสารอินทรีย์ ความเข้มข้นของเอนไซม์ อุณหภูมิ และการสัมผัสระหว่างเอนไซม์กับสารอินทรีย์ เป็นต้น

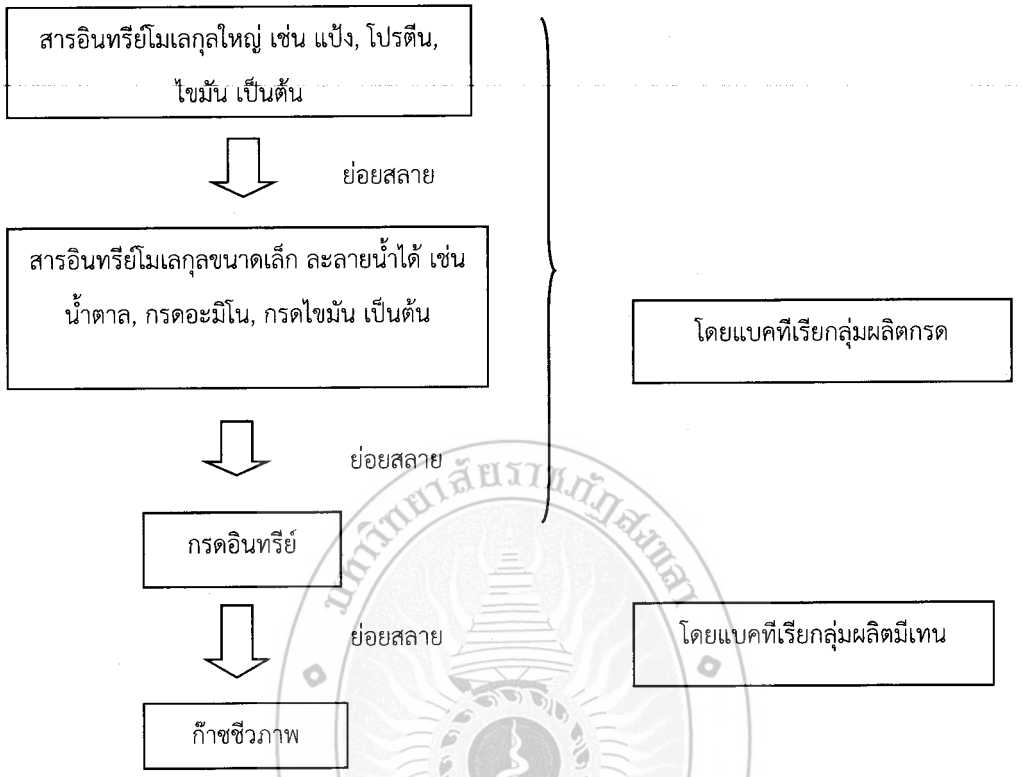
ขั้นตอนที่ 2 และ 3 การสร้างกรด (Acidogenesis and Acetogenesis)

สารอินทรีย์โมเลกุลเล็ก ซึ่งเป็นผลิตภัณฑ์ของการย่อยในขั้นตอนแรกจะถูกเปลี่ยนให้เป็นกรดอินทรีย์ชนิดโมเลกุลเล็ก เช่น กรดอะซิติก (Acetic Acid) กรดโพรไพโอนิก (Propionic Acid) กรดวาเลอริก (Valeric Acid) และกรดแลคติก (Lactic Acid) โดยแบคทีเรียสร้างกรด กรดที่เกิดขึ้นจะมีกรดอะซิติกสูงสุดในปริมาณที่มากที่สุด มีก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์และไฮโดรเจนเกิดขึ้นในขั้นตอนนี้ด้วย แบคทีเรียสร้างกรดจะมีอัตราการเจริญเติบโตสูงและทนทานต่อการเปลี่ยนแปลงของสภาพแวดล้อมได้ดีกว่าแบคทีเรียสร้างมีเทน เนื่องจากกระบวนการสร้างมีเทนส่วนใหญ่ต้องการใช้กรดอะซิติกเป็นสารตั้งต้น แต่กรดไขมันระเหยง่ายที่ได้จากกระบวนการย่อยสลายสารอินทรีย์มีหลายชนิด ซึ่งบางชนิดแบคทีเรียสร้างมีเทนไม่สามารถนำไปใช้ในกระบวนการสร้างมีเทนได้โดยเป็นกรดไขมันระเหยง่ายขนาดใหญ่ เช่น กรดโพรไพโอนิก กรดบิวทิริก เป็นต้น ทำให้เกิดการสะสมของกรดอินทรีย์ประเภทนี้ ในระบบธรรมชาติจึงได้มีการสร้างกระบวนการในการเปลี่ยนกรดไขมันระเหยง่ายที่มีขนาดใหญ่ให้กลายเป็นกรดอะซิติก (Acetogenesis) ซึ่งช่วยทำให้ไม่เกิดการสะสมของกรดอินทรีย์ในระบบ

ขั้นตอนที่ 4 การสร้างมีเทน (Methanogenesis)

ในกระบวนการสร้างก๊าซมีเทนจะสร้างจากกรดอะซิติก ก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ (CO_2) และก๊าซไฮโดรเจน (H_2) ที่ได้จากกระบวนการสร้างกรดโดยแบคทีเรียสร้างก๊าซมีเทน (Methane Former Bacteria) การสร้างก๊าซมีเทนมีได้ 2 แบบ แบบแรกจะเกิดจากการเปลี่ยนกรดอะซิติกเป็นก๊าซมีเทนโดยคิดเป็น 70% ของก๊าซมีเทนที่เกิดขึ้นได้ในระบบ อีกแบบหนึ่งเกิดจากการรวมตัวกันของก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์และก๊าซไฮโดรเจนให้กลายเป็นก๊าซมีเทน แบคทีเรียที่เป็นตัวสร้างมีเทนเจริญเติบโตได้ช้าและสภาพแวดล้อมมีผลต่อการเจริญเติบโตค่อนข้างมาก ช่วงค่า pH ที่เหมาะสมต่อการทำงานของแบคทีเรียแคบ โดยสามารถเจริญเติบโตได้ดีใน ช่วง pH ประมาณ 6.8-7.2 นอกจากนี้อุณหภูมิก็มีผลต่ออัตราการเจริญเติบโตเช่นกัน อีกทั้งแบคทีเรียในกลุ่มนี้ต้องการสารอาหารที่โครงสร้างไม่ซับซ้อนในการดำรงชีพ ดังนั้น การเติบโตของแบคทีเรียที่เป็นตัวสร้างมีเทน จึงขึ้นอยู่กับการทำงานของแบคทีเรียในขั้นตอนไฮโดรไลซีสและการสร้างกรดโดยแบคทีเรียทุกกลุ่มต้องทำงานอย่างสัมพันธ์กัน (พลกฤษณ์ คุ้มกล่ำ, 2557)

ขั้นตอนการเปลี่ยนสารอินทรีย์ให้เป็นก๊าซชีวภาพ แสดงใน**ภาพที่ 2.1-1**



ภาพที่ 2.1-1 ขั้นตอนการเปลี่ยนสารอินทรีย์ให้เป็นก๊าซชีวภาพ
ที่มา: กรมโรงงานอุตสาหกรรม (2553)

2.2 ประโยชน์ของก๊าซชีวภาพ

ก๊าซชีวภาพสามารถนำมาใช้ทำประโยชน์ได้ตั้งแต่ระดับครัวเรือน, ฟาร์มปศุสัตว์, ระดับชุมชน ตลอดจนถึงระดับอุตสาหกรรม โดยแบ่งออกเป็น 4 ด้าน ดังนี้

2.2.1 ด้านพลังงาน ก๊าซชีวภาพ 1 ลูกบาศก์เมตร สามารถทดแทนพลังงานในรูปต่างๆ ได้ดังนี้ ก๊าซหุงต้ม (LPG) 0.46 Kg, น้ำมันเบนซิน 0.67 L, น้ำมันเตา 0.55 L, พลังงานไฟฟ้า 1.40 kW-hr (กรมพัฒนาพลังงานทดแทนและอนุรักษ์พลังงาน, 2557) ให้ความร้อน 3,000-5,000 kcal, ตะเกียงขนาด 60-100 W ได้ 5-6 ชั่วโมง เครื่องยนต์ 2 แรงม้าได้นาน 1 ชั่วโมง (สุชน ตั้งทวี วิวัฒน์, 2552) จากคุณสมบัติดังกล่าว จึงได้มีการนำก๊าซชีวภาพมาใช้เป็นเชื้อเพลิงในเตาหุงต้มในครัวเรือนและใช้เป็นเชื้อเพลิงสำหรับหม้อไอน้ำในโรงงานผลิตอาหารสัตว์

2.2.2 ด้านสภาพแวดล้อม กระบวนการผลิตก๊าซชีวภาพสามารถบำบัดและลดสารปนเปื้อนของสารอินทรีย์ในน้ำเสียได้ตามที่กฎหมายกำหนด ลดปัญหามลพิษทางน้ำ ลดกลิ่นเหม็น ลดอัตราการเกิดภาระเรือนกระจก ซึ่งเป็นสาเหตุของสภาวะโลกร้อน (กรมพัฒนาพลังงานทดแทนและอนุรักษ์พลังงาน, 2554) ผลจากการหมักมูลสัตว์ในสภาวะไร้อากาศเป็นเวลานานๆ ทำให้ไข่พยาธิและเชื้อโรคส่วนใหญ่ใน

มูลสัตว์ถูกทำลาย ซึ่งเป็นการลดการแพร่กระจายเชื้อโรคจากมูลสัตว์ (สุชน ตั้งทวีวิวัฒน์, 2552) และยังสามารถลดการตัดไม้ทำลายป่าเพื่อนำมาทำฟืนและเผาถ่านได้นอกจากนี้ยังสามารถใช้เป็นฐานข้อมูลในการเพิ่ม Carbon Credit ของประเทศได้อีกด้วย (วิวัฒน์ ไชยชอุ่ม, 2557)

2.2.3 ด้านการเกษตร กากที่ได้จากการหมักก๊าซชีวภาพ สามารถนำไปใช้เป็นปุ๋ยได้ เนื่องจากการหมักจะมีการเปลี่ยนแปลงสารประกอบไนโตรเจนในมูลสัตว์ ทำให้พืชสามารถนำไปใช้ประโยชน์ได้ดีขึ้นใช้ในการเพาะปลูกและปรับปรุงดิน นอกจากนี้การย่อยสลายสารอินทรีย์แบบไร้อากาศทำให้ปริมาณเชื้อโรคที่เป็นสาเหตุของโรคพืชบางชนิดลดลง

2.2.4 ด้านการเพิ่มประสิทธิภาพการใช้ทรัพยากร การใช้เทคโนโลยีที่มีการจัดการของเสียอย่างครบวงจรภายในฟาร์มและมีการใช้ประโยชน์จากผลพลอยได้อย่างคุ้มค่าหรือมีการปล่อยของเสียออกสู่สิ่งแวดล้อมน้อยที่สุด (Waste Minimize) ถือเป็นการใช้ทรัพยากรอย่างมีประสิทธิภาพสูงสุด (กรมพัฒนาพลังงานทดแทนและอนุรักษ์พลังงาน, 2557)

2.3 เทคโนโลยีการหมักร่วม

การหมักร่วม (Co-Digestion) เป็นกระบวนการหมักร่วมกันระหว่างสองวัตถุดิบหรือมากกว่าสองวัตถุดิบขึ้นไป กระบวนการหมักในสภาวะแบบไร้อากาศในอดีตจะใช้วัตถุดิบเพียงชนิดเดียวในการหมัก ทำให้ได้ผลผลิตของก๊าซมีเทนน้อยแต่ในปัจจุบันได้มีการนำวัตถุดิบหลายชนิดมาหมักร่วมกัน หลักเกณฑ์พื้นฐานสำหรับการเลือกวัตถุดิบนั้นจะต้องประกอบไปด้วยวัตถุดิบหลักและวัตถุดิบรอง วัตถุดิบหลักส่วนใหญ่เป็นพวกมูลสัตว์ (Manure) และกากตะกอน (Sewage Sludge) และวัตถุดิบรอง เป็นพวกที่มีเส้นใยในปริมาณสูง เนื่องจากเส้นใยจะมีสารประกอบพวกเซลลูโลสในปริมาณที่มาก ส่งผลให้การเกิดก๊าซมีเทนเพิ่มขึ้น โดยการหมักร่วมช่วยให้เกิดความสมดุลระหว่างค่าอัตราส่วนคาร์บอนต่อไนโตรเจน (C/N Ratio) และช่วยเพิ่มค่า C/N Ratio ให้สูงขึ้นกว่าการหมักด้วยวัตถุดิบเพียงชนิดเดียว โดยค่า C/N Ratio มีส่วนช่วยยับยั้งการเปลี่ยนไนโตรเจนส่วนเกินไปเป็นแอมโมเนียอันเป็นตัวยับยั้งการเกิดก๊าซชีวภาพ โดยทั่วไปค่า C/N Ratio ที่เหมาะสมสำหรับการผลิตก๊าซชีวภาพในกระบวนการหมักแบบไร้อากาศอยู่ช่วง 8-23 การหมักร่วมนอกจากช่วยเพิ่มผลผลิตของมีเทนในก๊าซชีวภาพ ยังมีข้อดีและข้อจำกัดบางประการ (**ตารางที่2.3-1**)

ตารางที่ 2.3-1 ข้อดีและข้อจำกัดของการหมักร่วมสำหรับการผลิตก๊าซชีวภาพ

ข้อดี	ข้อจำกัด
■ ช่วยปรับปรุงความสมดุลของสารอาหารในการหมัก	■ เป็นการเพิ่มค่า COD ที่ปล่อยออกมา
■ ช่วยให้วัตถุดิบเกิดความเข้ากัน	■ ขึ้นอยู่กับพื้นที่และปริมาณของชีวมวลที่ใช้
■ ช่วยเพิ่มปริมาณก๊าซชีวภาพ	■ เป็นการเพิ่มกระบวนการผลิต
■ ช่วยลดค่าใช้จ่ายในการบำบัดของเสีย	
■ ช่วยเพิ่มปริมาณปุ๋ยที่ได้เป็นการนำชีวมวลมาใช้ให้เกิดประโยชน์	

ที่มา: ชิตชนก คงแดง (2554)

2.4 วิธีการหมักแบบกะหรือแบตช์ (Batch Fermentation)

การหมัก (Fermentation) ในทางชีวเคมี หมายถึง การสร้างพลังงานจากกระบวนการในการย่อยสลายสารประกอบอินทรีย์หรือเปลี่ยนแปลงทางเคมีของสารประกอบอินทรีย์เนื่องจากเอนไซม์แบบไร้อากาศ โดยมีสารอินทรีย์เป็นทั้งตัวให้และตัวรับอิเล็กตรอน ดังนั้นการศึกษาไคเนติกส์ของการหมัก (Fermentation Kinetic) เป็นสิ่งจำเป็นที่จะทำให้เราทราบถึงธรรมชาติของการเปลี่ยนแปลงต่างๆ ที่เกิดขึ้นระหว่างกระบวนการหมัก เช่น การเจริญเติบโตของจุลินทรีย์การเปลี่ยนแปลงของสารตั้งต้น (สารอินทรีย์) การเกิดผลผลิต (ก๊าซชีวภาพ) การเปลี่ยนแปลงของ pH และอุณหภูมิ โดยบ่งบอกการเปลี่ยนแปลงเป็นตัวเลขอย่างแน่ชัด การหมักแบบกะเป็นระบบการเพาะเลี้ยงจุลินทรีย์แบบปิดที่มีปริมาณสารอาหารเริ่มต้นจำกัด คือ จะมีการป้อนสารอาหารเพียงครั้งเดียว แล้วปล่อยให้ระบบเกิดการย่อยสลายไปจนถึงระยะเวลาที่ต้องการหรือจนหยุดกระบวนการแล้วจึงถ่ายสารออก (สมใจ ศิริโภค, 2537) เมื่อเริ่มระบบหมักแบบกะ ช่วงแรกเป็นระยะที่จุลินทรีย์กำลังปรับตัวเซลล์จะยังไม่มีการเพิ่มจำนวน หลังจากนั้นจุลินทรีย์จะมีการเจริญเติบโตเพิ่มขึ้นเรื่อยๆ จนกระทั่งสูงสุดและคงที่ แต่การเจริญเติบโตของจุลินทรีย์จะถูกจำกัดด้วยสารอาหาร เมื่อความเข้มข้นของสารอินทรีย์ลดลงอัตราการเจริญเติบโตของจุลินทรีย์จะค่อยๆ ลดลงจนกระทั่งหยุดการเจริญเติบโต

2.5 วัสดุที่ใช้ในการหมัก

อินทรียวัตถุที่ย่อยสลายได้ทุกชนิดสามารถใช้เป็นวัสดุหมักก๊าซชีวภาพ แต่วัสดุบางชนิดจะมีความเหมาะสมมากกว่าวัสดุบางชนิดด้วยเหตุผลทางต้นทุนและเทคนิค ไม่ควรใช้วัสดุที่ต้องซื้อหรือมีราคาแพงเพราะจะทำให้ก๊าซชีวภาพมีต้นทุนสูงไม่คุ้มค่าทางเศรษฐกิจ เนื่องจากวัตถุประสงค์ที่สำคัญประการหนึ่งของการผลิตก๊าซชีวภาพ คือ การเปลี่ยนวัสดุเหลือใช้จากครัวเรือนและชุมชนที่หาได้ง่ายในท้องถิ่นนำมาใช้ให้เกิดประโยชน์เปลี่ยนขยะหรือของเหลือทิ้งเป็นพลังงานที่มีค่า

ใบยางพาราจะมีปริมาณคาร์โบไฮเดรตทั้งหมดที่ไม่อยู่ในรูปโครงสร้าง และปริมาณธาตุไนโตรเจน โพแทสเซียมและแคลเซียมมากที่สุด ทั้งในส่วนของใบ นอกจากนี้จะพบเช่นสารแทรกลิกนินและเซลลูโลสูงในเนื้อไม้ยางพารา (ระวี เจียรวิภา, 2556)

ต้นผักตบชวาสด (ใบรวมก้านใบ) มีน้ำเป็นส่วนประกอบอยู่สูงถึง 90% มีโปรตีน 1% เถ้า 1.4% และเยื่อใย (Acid Detergent Fiber: ADF) 5.2% จะเห็นได้ว่าต้นผักตบชวาสดมีคุณค่าทางอาหารต่ำ แต่เมื่อนำไปตากแห้ง พบว่า คุณภาพจะสูงขึ้น โดยที่ส่วนใบจะมีคุณค่าทางอาหารสูง คือ มีโปรตีน 16.8% และ Neutral detergent fiber: NDF 50% แต่ก้านใบมีโปรตีนเพียง 6.5% และ Neutral detergent fiber (NDF) 51.6% การที่คุณค่าทางอาหารของใบ และก้านใบมีความแตกต่างกันเช่นนี้ อาจจะเนื่องมาจากใบของพืช มีหน้าที่ในการสังเคราะห์แสงสร้างอาหาร ผักตบชวาแห้งทั้งส่วนใบและก้าน มีแคลเซียมประมาณ 2% ฟอสฟอรัส ประมาณ 0.5% และไลซีน 6.7 กรัมต่อโปรตีน 100 กรัม

2.6 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

ชิตชนก คงแดง (2554) การผลิตก๊าซชีวภาพจากใบยางพาราโดยหมักร่วมกับมูลสุกรสำหรับใช้ในครัวเรือน ศึกษาการทดลองการผลิตก๊าซชีวภาพในระดับห้องปฏิบัติการระบบแบบกะ เป็นการหมักร่วมกันระหว่างมูลสุกรกับใบยางพารา สำหรับในการทดลองนี้จะไม่มีการใช้เชื้อจุลินทรีย์ในตะกอนเริ่มต้น เนื่องจากต้องการกำหนดสภาวะในการทดลองให้คล้ายคลึงกับการนำไปใช้งานในระดับครัวเรือน โดยมีอัตราส่วนระหว่างมูสสุกรกับใบยางพารา คือ R1 50:50, R2 50:50* (*ใช้ใบยางพาราที่ยังไม่ผ่านการบด), R3 100:0, R4 25:75 และ R5 75:25 ซึ่งในการทดลองนี้ก๊าซชีวภาพจะเริ่มเกิดขึ้น เมื่อได้ทำการทดลองไปแล้วประมาณ 7 วัน ผลการทดลองสรุปได้ว่า ในอัตราส่วน R1 50:50 มีปริมาณร้อยละมีเทนเท่ากับ 58 อัตราส่วน R2 มีปริมาณร้อยละมีเทนเท่ากับ 50 และอัตราส่วน R3 100:0 มีปริมาณร้อยละมีเทนเท่ากับ 41

สรศักดิ์ ท่าใหญ่ (2556) ศึกษาอัตราส่วนที่เหมาะสมต่อการผลิตก๊าซชีวภาพจากการหมักของเสียฟาร์มสุกรกับผักตบชวา เพื่อนำไปปรับปรุงประสิทธิภาพการผลิตก๊าซชีวภาพในปัจจุบัน จากการศึกษาผสมวัสดุหมัก ระหว่างของเสียฟาร์มสุกร:ผักตบชวา ในอัตราส่วนร้อยละ 60:40, 70:30, 80:20, 90:10 และ 100:0 โดยใช้น้ำหนักแห้งของวัตถุดิบหมักเป็นเกณฑ์ศึกษาระดับห้องปฏิบัติการ ปริมาตรหมัก 300 mLในขวด 500 mLเติมวัตถุดิบครั้งเดียวแบบกะ จากการทดลองพบว่า อัตราส่วนที่ให้ปริมาณก๊าซชีวภาพสะสมสูงสุด คือ อัตราส่วนร้อยละ 60:40 ได้ปริมาณก๊าซชีวภาพสะสม 276.5 mLและอัตราส่วนที่ให้ก๊าซชีวภาพสะสมต่ำสุด คือ อัตราส่วนร้อยละ 100:0 ได้ปริมาณก๊าซชีวภาพสะสม 17.0 mL จากการศึกษา พบว่า การเติมผักตบชวาในการหมักจะช่วยใช้ปริมาณและ

คุณภาพก๊าซชีวภาพสูงขึ้น จากผลการทดลองเมื่อเพิ่มปริมาณผักตบชวามากขึ้นจะทำให้ได้ปริมาณก๊าซชีวภาพสูงขึ้น

พงษ์พันธุ์ ธนากร (2554) การหาสภาวะที่เหมาะสมในการผลิตก๊าซชีวภาพจากกากมันสำปะหลัง งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาและทดสอบหาหัวเชื้อจุลินทรีย์และสภาวะที่เหมาะสมสำหรับการผลิตก๊าซชีวภาพจากกากมันสำปะหลังหลังกระบวนการผลิตแป้งมันและศึกษาผลของอุณหภูมิและสภาพความเป็นกรด-ด่าง ที่มีผลต่ออัตราการเกิดก๊าซชีวภาพเพื่อหาค่าที่เหมาะสม ในการผลิตก๊าซชีวภาพให้มีปริมาณสูงสุดโดยใช้ค่าที่ทดลองในระดับสเกล เพื่อที่จะนำผลการทดลองดังกล่าวมาใช้ในระบบถังหมักก๊าซชีวภาพขนาดเครื่องต้นแบบในลำดับต่อไป จากการศึกษานี้พบว่า การใช้กากมันสำปะหลังมาเป็นวัตถุดิบในการผลิตก๊าซชีวภาพควรใช้หัวเชื้อจุลินทรีย์จากโรงงานแป้งมันสำปะหลังและควบคุมอุณหภูมิที่ 35 องศาเซลเซียส ค่า pH เท่ากับ 8 เพื่อให้เกิดก๊าซชีวภาพสูงสุดเวลาที่ให้อัตราการเกิดก๊าซสูงสุดคือ 3-4 mL

จากงานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับการศึกษาการผลิตก๊าซชีวภาพและการศึกษาอัตราส่วนวัสดุหมักที่เหมาะสมในการผลิตก๊าซชีวภาพจากวัสดุเหลือใช้ทางการเกษตรชนิดต่างๆ ที่ได้รับการเผยแพร่ ซึ่งแสดงให้เห็นถึงศักยภาพในการนำวัสดุเหลือใช้มาผลิตก๊าซชีวภาพ งานวิจัยนี้จึงมุ่งศึกษาอัตราส่วนที่เหมาะสมในการนำใบยางพาราและผักตบชวามาหมักร่วมกับมูลโค เนื่องจากใบยางพาราและผักตบชวาเป็นอินทรียวัตถุ อันเป็นแหล่งของสารประกอบเซลลูโลสที่สลายตัวให้คาร์บอนเพิ่มขึ้นมีผลให้ได้ปริมาณก๊าซชีวภาพและปริมาณร้อยละมีเทนสูงขึ้น โดยคาดว่าจะมีการผลิตก๊าซมีเทนได้มากกว่าร้อยละ 60

บทที่ 3
วิธีการวิจัย

3.1 ขอบเขตการวิจัย

3.1.1 ขอบเขตพื้นที่การศึกษา

- พื้นที่เก็บตัวอย่างวัสดุหมักและลักษณะของวัสดุหมัก

ใบยางพารา : ใบยางพาราที่ใช้ในการทดลองจะเก็บใบที่ร่วงหล่นติดก้านมีสีเขียว ต้นยางพาราจะมีอายุมากกว่า 10 ปี อยู่ในช่วงกำลังกรีดยางพารา พื้นที่เก็บใบยางพารา หมู่ 2 ตำบลเขารูปช้าง อำเภอเมือง จังหวัดสงขลา

ผักตบชวา : ผักตบชวาที่เจริญเติบโตเต็มที่จะใช้ก้านและใบที่มีสีเขียวเข้มพื้นที่เก็บผักตบชวา บริเวณข้างหอประชุมเฉลิมพระเกียรติ มหาวิทยาลัยราชภัฏสงขลา

มูลโค : มูลโคจากโคเนื้อ เพศเมีย มีอายุ 3 ปี ที่เลี้ยงตามธรรมชาติ กินหญ้าขนเป็นอาหาร ได้รับความอนุเคราะห์คณะเทคโนโลยีการเกษตรมหาวิทยาลัยราชภัฏสงขลาโดยลักษณะของวัสดุที่นำมาใช้ในการหมักแสดงในภาพที่ 3.1-1

(ก) ใบยางพารา (ข) ผักตบชวา (ค) มูลโค

ภาพที่ 3.1-1 ลักษณะของวัสดุที่นำมาใช้ในการหมัก

- สถานที่ทำการทดลอง

1. ศูนย์วิทยาศาสตร์ คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏสงขลา
2. อาคารวิจัยวิศวกรรมประยุกต์สิรินธร คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์

มหาวิทยาลัยราชภัฏสงขลา SONGKHLA RAJABHAT UNIVERSITY

3.1.2 ประเด็นการศึกษา

1. การศึกษาผลของอัตราส่วนใบยางพาราและผักตบชวาที่มีต่อผลผลิตมีเทนในระบบหมักไร้อากาศแบบกะ

ผลผลิตก๊าซมีเทนที่เกิดขึ้นในอัตราส่วน R:W (R หมายถึง ใบยางพารา W หมายถึง ผักตบชวา) 1:0, 0:1, 1:1, 2:1, 1:2 และ 0:0 โดยกำหนดระยะเวลา 15 วัน และควบคุมอุณหภูมิ 35±1°C

2. การศึกษาศักยภาพในการผลิตก๊าซมีเทนจากใบยางพาราและผักตบชวา

ผลผลิตก๊าซมีเทนที่เกิดขึ้นในอัตราส่วน R:W 1:0, 0:1, 1:1, 2:1, 1:2 และ 0:0 โดยไม่รวมผลผลิตก๊าซมีเทนที่เกิดจากมูลโค และควบคุมอุณหภูมิ 35±1 °C

3.1.3 พารามิเตอร์ที่ใช้ในการหมัก

พารามิเตอร์ที่วัดในการหมักก๊าซชีวภาพและวิธีการวิเคราะห์ดังแสดงใน**ตารางที่ 3.1-1**

ตารางที่ 3.1-1 พารามิเตอร์ที่วัดก่อนการหมักก๊าซชีวภาพ

พารามิเตอร์	วิธีการ	อ้างอิง
ปริมาณไนโตรเจนทั้งหมด	Kjeldahl method	APHA, AWWA and WEF (1998)
ของแข็งทั้งหมด (น้ำหนักแห้ง)	Gravimetric method	APHA, AWWA and WEF (1998)
ปริมาณฟอสฟอรัส	Bray II method	นพพร จรูญชนม์ (2552)
pH	กระดาษวัด pH	ปฏิรูป ผลจันทร์ (2557)
ปริมาณโพแทสเซียม (ส่งวิเคราะห์ ศูนย์ปฏิบัติการวิเคราะห์กลาง คณะทรัพยากรธรรมชาติ มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์)	Flame photometric method	-
ปริมาณก๊าซชีวภาพ	ชุดอุปกรณ์วัดก๊าซชีวภาพ	กัญญา สอนสนิท (2557)
ปริมาณก๊าซมีเทน	Gas Chromatography (GC)	ชิตชนก คงแดง (2554)

3.2 วัสดุ อุปกรณ์และสารเคมี

3.2.1 วัสดุและอุปกรณ์

วัสดุและอุปกรณ์ที่ใช้ในการวิจัย ดังแสดงใน**ตารางที่ 3.2-1**

ตารางที่ 3.2-1 เครื่องมือและอุปกรณ์ ที่ใช้ในการทดลอง

เครื่องมือและอุปกรณ์	ยี่ห้อ/รุ่น
วัสดุ	
1. เครื่องชั่ง (Balance) ความละเอียดทศนิยม 4 ตำแหน่ง	Mettler Toledo/al204
2. ตู้อบ (Oven)	Memmert/UFE500
3. เตาเผา (Muffle Furnace)	Carboliter/WF 1100
4. ตู้ดูดความชื้น (Desicator Chamber)	Bossman/BK 98 (A)
5. กระดาษกรองเบอร์ 5	Whatman/NO.5
6. เครื่องกวนสารโดยใช้แม่เหล็ก (Hotplate Stirrer)	IKA/C-MAG HS 7
7. เครื่องยูวี–วิสิเบิลสเปกโทรโฟโตมิเตอร์ (UV-Visible Spectrophotometer)	PG Istrument/T80
8. เครื่องย่อยไนโตรเจน	Gerhardt
9. เครื่องกลั่นไนโตรเจน	Gerhardt
10. เครื่องก๊าซโครมาโทรกราฟฟี	Shimadzu Model GC-14
11. เครื่องปั่น	Sharp
12. เครื่องวัดพีเอช (pH Meter)	Mettler Toledo/SG2-FK SevenGo pH
13. อ่างควบคุมอุณหภูมิ (Water Bath)	Memmert
อุปกรณ์	
1. หลอดเก็บตัวอย่าง ขนาด 4 mL และ 6 mL	BD Vacutainer Serum
2. หลอดฉีดยา (Glass Syringe) ขนาด 10 mL และ 20 mL	MIRA
3. เข็มฉีดยา เบอร์ 18	Terumo
4. ตะแกรงร่อนขนาด 20 mm	
5. เครื่องแก้วต่างๆ	
6. กระดาษลิตมัส	
7. มีด/กรรไกร	
8. ไขควง	
9. กะละมัง	

มหาวิทยาลัยราชภัฏสงขลา SONGKHLA RAJABHAT UNIVERSITY

3.2.2 สารเคมี

สารเคมีที่ใช้ในการวิจัย ดังแสดงใน**ตารางที่ 3.2-2**

ตารางที่ 3.2-2 สารเคมี ที่ใช้ในการทดลอง

ชื่อสารเคมี	สูตรโมเลกุล	เกรด
1. แอมโมเนียคลอไรด์	NH_4Cl	AR
2. ไดโพแทสเซียมฟอสเฟต	K_2HPO_4	AR
3. แมกนีเซียมซัลเฟต	$MgSO_4 \cdot H_2O$	AR
4. แคลเซียมคลอไรด์	$CaCl_2 \cdot 2H_20$	AR
5. Yeast extract	Yeast extract	AR
6. ไอร์ออน (II) คลอไรด์	$FeCl_2 \cdot 4H_2O$	AR
7. กรดบอริก	H_3BO_3	AR
8. ซิงค์ (II) คลอไรด์	$ZnCl_2$	AR
9. คอปเปอร์ (II) คลอไรด์	$CuCl_2 \cdot 2H_2O$	AR
10. แมงกานีสคลอไรด์	$MnCl_2 \cdot 4H_2O$	AR
11. แอมโมเนียโมลิบเดต	$(NH_4)_6Mo_7O_{24} \cdot 4H_2O$	AR
12. อะลูมิเนียมคลอไรด์	$AlCl_3 \cdot 6H_2O$	AR
13. คาร์บอนิลคลอไรด์	$COCl_2 \cdot 6H_2O$	AR
14. โซเดียมไบคาร์บอเนต	$NaHCO_3$	AR
15. ไฮโดรคลอริก	HCl	AR
16. แอมโมเนียมฟลูออไรด์	NH_4F	AR
17. กรดแอสคอร์บิก	Ascorbic acid	AR
18. แอนทิโมนีโพแทสเซียมทาร์เทรต	$K(SbO)C_4H_4O_6 \cdot 5H_20$	AR
19. โพแทสเซียมไดไฮโดรเจนฟอสเฟต	KH_2PO_4	AR
20. โพแทสเซียมซัลเฟต	K_2SO_4	AR
21. กรดซัลฟูริก	H_2SO_4	AR
22. โซเดียมไฮดรอกไซด์	NaOH	AR
23. โบรมอกลีซอลกรีน	Bromocresol green	AR
24. เมธิลเรด	methylred	AR
25. โซเดียมคาร์บอเนต	Na_2CO_3	AR

มหาวิทยาลัยราชภัฏสงขลา SONGKHLA RAJABHAT UNIVERSITY

3.3 วิธีการวิจัย

3.3.1 เตรียมขวดหมักก๊าซชีวภาพ

นำขวดแก้ว (**ภาพที่ 3.3-1**) และจุกยางมาวัดปริมาตร โดยใส่น้ำให้ถึงคอขวด ก่อนที่จะเทน้ำในขวดออกใส่กระบอกตวงเพื่อวัดปริมาตร เมื่อทราบปริมาตรเราจะนำมาคำนวณหาปริมาตรที่ใช้งานจริงก่อนจะเตรียมเข็มฉีดยา, ทรีเวย์, เข็มขัดรัดท่อ ให้ครบชุดการทดลอง

(ก) ขวด (ข) จุกยาง (ค) เข็มขัดรัดท่อ

(ง) เข็มฉีดยา (จ) ทรีเวย์ (ฉ) ขวดหมักประกอบสำเร็จ

ภาพที่ 3.3-1 อุปกรณ์ประกอบขวดหมักก๊าซชีวภาพ

3.3.2 เตรียมวัสดุหมักในการหมักก๊าซชีวภาพ

วัสดุที่ใช้ในการหมักก๊าซชีวภาพ ได้แก่ ใบยางพารา ผักตบชวา และมูลโค โดยมีรายละเอียด ดังนี้ (**ภาพที่ 3.3-1**)

➢ **ใบยางพารา**

ใบยางพารา จะเก็บรวบรวมใบที่ร่วงหล่นติดก้านสีเขียวจากสวนยางพาราในหมู่ 2 ตำบลเขารูปช้าง อำเภอเมือง จังหวัดสงขลา นำมาล้างด้วยน้ำที่ปราศจากคลอรีน ตัดเป็นชิ้นเล็กๆ ขนาด 1 นิ้ว นำไปปั่นด้วยเครื่องปั่น ก่อนที่จะร่อนด้วยตะแกรงขนาด 20 mm และเก็บไว้ในถุงพลาสติก

มหาวิทยาลัยราชภัฏสงขลา SONGKHLA RAJABHAT UNIVERSITY

➢ **ผักตบชวา**

ผักตบชวา จะเลือกผักตบชวาที่โตเต็มวัยมีสีเขียวเข้มจะใช้ก้านและใบซึ่งจะเก็บรวบรวมจากบริเวณทางน้ำผ่าน หอประชุมเฉลิมพระเกียรติ มหาวิทยาลัยราชภัฏสงขลา นำมาล้างด้วยน้ำที่ปราศจากคลอรีน ตัดเป็นชิ้นเล็กๆ ขนาด 1 นิ้ว นำไปปั่นด้วยเครื่องปั่น ก่อนที่จะร่อนด้วยตะแกรงขนาด 20 mm และเก็บไว้ในถุงพลาสติก

➢ **มูลโค**

มูลโค ที่ใช้ในการหมักก๊าซชีวภาพจะเป็นมูลโคสด ขับถ่ายไม่เกิน 24 ชั่วโมงจากโคเนื้อเพศเมีย อายุ 3 ปีที่เลี้ยงตามธรรมชาติ กินหญ้าขนเป็นอาหาร ทำการเก็บก่อนจะล้างคอกในตอนเช้า ได้รับความอนุเคราะห์จากคณะเทคโนโลยีการเกษตร มหาวิทยาลัยราชภัฏสงขลา

3.3.3 วิเคราะห์สมบัติของวัสดุหมัก

วิเคราะห์สมบัติของวัสดุหมักก่อนทำการหมักก๊าซชีวภาพดัง**ตารางที่ 3.3-1**

ตารางที่ 3.3-1 วิเคราะห์สมบัติของวัตถุดิบ

พารามิเตอร์	วิธีการ	อ้างอิง
ของแข็งทั้งหมด (Total Solids :TS)	วิธี Gravimetric method	APHA, AWWA and WEF (1998)
ของแข็งระเหยง่าย (Total Volatile Solids :TVS)	วิธี Gravimetric method	APHA, AWWA and WEF (1998)
ปริมาณไนโตรเจนทั้งหมด (N)	วิธี Kjeldahl method	APHA, AWWA and WEF (1998)
ปริมาณฟอสฟอรัส (P)	วิธี Bray II method	นพพร จรูญชนม์ (2552)
ปริมาณโพแทสเซียม (K) (ส่งวิเคราะห์ ศูนย์ปฏิบัติการวิเคราะห์กลาง คณะทรัพยากรธรรมชาติ มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์)	วิธี Flame photometric method	-

3.3.4 ศึกษาอัตราส่วนที่เหมาะสมในการผลิตก๊าซชีวภาพ

การศึกษาอัตราส่วนที่เหมาะสมระหว่างใบยางพาราและผักตบชวา จะมีทั้งหมด 6 อัตราส่วนดัง **ตารางที่ 3.3-2** ซึ่งอัตราส่วนระหว่างมูลโคต่อวัสดุหมัก จะใช้อัตราส่วน 3:1 (Inoculum Substrate Ratio: ISR=3) โดยจะให้ R แทนใบยางพารา และ W แทนผักตบชวา โดยจะทำการหมักก๊าซชีวภาพ โดยควบคุมอุณหภูมิในการหมักที่ 35±1 °C

ตารางที่ 3.3-2 อัตราส่วนระหว่างใบยางพารา (R) และผักตบชวา (W)

การทดลอง	อัตราส่วนวัสดุหมัก R:W*	ใบยางพารา (g TS/g Fresh)	ผักตบชวา (g TS/g Fresh)	รวมปริมาณวัตถุดิบ (g TS/g Fresh)	มูลโค (g TS/g Fresh)
1	1:0	0.3	0.0	0.3	0.9
2	0:1	0.0	0.3	0.3	0.9
3	1:1	0.15	0.15	0.3	0.9
4	2:1	0.2	0.1	0.3	0.9
5	1:2	0.1	0.2	0.3	0.9
6	0:0	0.0	0.0	0.3	0.9

หมายเหตุ : *R หมายถึง ใบยางพารา
W หมายถึง ผักตบชวา

3.3.5 วิธีการหมักก๊าซชีวภาพ

การหมักก๊าซชีวภาพจะทำการหมักตามอัตราส่วนที่ต้องการศึกษา มีขั้นตอนดังนี้

1) ชั่งน้ำหนักผักตบชวา, ใบยางพารา และมูลโค ตามอัตราส่วนที่ต้องการศึกษาลงในขวด

2) ใส่ Stock Nutrient Solution ที่ผ่านการเจือจางความเข้มข้น 5 เท่า ในปริมาตร 0.6 mL เติมบัฟเฟอร์ 3 mL และเติมน้ำกลั่นให้ได้ปริมาตร 60 mL วัด pH และปรับ pH ด้วย HCl 1% ให้ได้ pH ประมาณ 6-7

3) ปิดฝาขวดด้วยจุกยางล็อกด้วยเข็มขัดท่อ อุดรอยรั่วด้วยซิลิโคน ต่อเข็มและทรีเวย์นำชุดการทดลองไปควบคุมอุณหภูมิในการหมักที่อุณหภูมิ 35±1°C โดยใช้ Water Bath เริ่มนับเวลาเมื่อครบ 24 ชั่วโมงจะเริ่มวัดปริมาณก๊าซชีวภาพ และใน 1 วันจะมีการเขย่าขวดทดลอง 3 ครั้ง (เช้า เที่ยง เย็น) เป็นเวลา 1 นาที เพื่อที่จะให้จุลินทรีย์และแบคทีเรียได้สัมผัสกับผิววัสดุหมักมากยิ่งขึ้น

(ก) ชั่งน้ำหนักวัสดุหมัก

(ข) ปรับปริมาตรเป็น 60 mL

(ค) วัดค่า pH และปรับค่า pH

(ง) ขวดหมักก๊าซชีวภาพที่สมบูรณ์

ภาพที่ 3.3-2 วิธีการหมักก๊าซชีวภาพ

3.3.6 การวัดปริมาณก๊าซชีวภาพ

การวัดปริมาณก๊าซชีวภาพจะวัดหลังจากหมักครบ 24 ชั่วโมง โดยใช้กระบอกฉีดยา (Glass Syringe) ที่มีสเกลสามารถอ่านค่าได้ การเก็บก๊าซชีวภาพทำได้โดยต่อกระบอกฉีดยาเข้ากับทรีเวย์ จากนั้นใช้มือซ้ายเปิดวาล์ว มือขวาประคองหลอดแก้วที่ก๊าซชีวภาพดันขึ้นไป เมื่อหลอดแก้วนิ่งให้ปิดวาล์ว ดึงกระบอกฉีดยาออกมาต่อกับเข็มฉีดยา ฉีดเข้าในหลอดเก็บตัวอย่างก๊าซชีวภาพ ซึ่งเป็นหลอดสุญญากาศ

(ก) การวัดปริมาตรก๊าซชีวภาพจนสเกลนิ่ง

(ข) เก็บก๊าซชีวภาพลงหลอดตัวอย่าง

ภาพที่ 3.3-3 การวัดปริมาตรและเก็บก๊าซชีวภาพใส่หลอดเก็บตัวอย่างก๊าซชีวภาพ

3.3.7 การวิเคราะห์ก๊าซมีเทน

วิเคราะห์ปริมาณก๊าซมีเทนโดยเครื่องก๊าซโครมาโทรกราฟฟียี่ห้อ Shimadzu Model GC-14 โดยมีสภาวะและอุปกรณ์ ดังนี้

- คอลัมน์ WG-100 เส้นผ่านศูนย์กลาง ¼ มิลลิเมตร ความยาว 1.8 เมตร
- เครื่องตรวจวัดแบบ TCD
- อุณหภูมิ Colum oven, Injection port, Detector port 60 องศาเซลเซียส
- ก๊าซมาตรฐานที่ใช้ คือ ก๊าซผสม มีเทน 60% ไนโตรเจน 5% คาร์บอนไดออกไซด์ 35%

3.3.8 การวิเคราะห์ข้อมูล

- วิเคราะห์ข้อมูลโดยใช้สถิติแบบพรรณนา เช่น ร้อยละ ค่าเฉลี่ย และค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน เพื่อวิเคราะห์ผลของอัตราส่วนวัสดุหมักต่อผลผลิตก๊าซมีเทนและศักยภาพของอัตราส่วนวัสดุหมักต่อผลผลิตก๊าซมีเทน
- การวิเคราะห์ข้อมูล โดยวิธี Oneway (One - way Anova) เพื่อเปรียบเทียบปริมาณการผลิตก๊าซมีเทนที่ได้ผลิตในแต่ละอัตราส่วน

มหาวิทยาลัยราชภัฏสงขลา SONGKHLA RAJABHAT UNIVERSITY

บทที่ 4
ผลและการอภิปรายผลการวิจัย

ในการศึกษาการผลิตก๊าซชีวภาพและผลของอัตราส่วนใบยางและผักตบชวาที่มีต่อผลผลิตมีเทนในระบบหมักไร้อากาศแบบกะ จะมีการศึกษาอัตราส่วนทั้งหมด 6 อัตราส่วน ซึ่ง 5 อัตราส่วนแรกจะเป็นอัตราส่วนใบยางพาราต่อผักตบชวาที่ต่างกัน และอีก 1 อัตราส่วนเป็นชุดควบคุม (ไม่ใส่ใบยาง พาราและผักตบชวา) ก่อนทำการหมักโดยควบคุมอุณหภูมิ 35±1 ℃

4.1 ผลวิเคราะห์สมบัติของวัสดุหมักก๊าซชีวภาพ

ในการหมักก๊าซชีวภาพ ผู้วิจัยได้วิเคราะห์องค์ประกอบในใบยางพารา ผักตบชวา และมูลโค คือ ของแข็งทั้งหมด (Total Solids : TS) ของแข็งระเหยง่าย (Total Volatile Solids : TVS) ปริมาณไนโตรเจนทั้งหมด (N) ปริมาณฟอสฟอรัส (P) และปริมาณโพแทสเซียม (K) ได้ผลการวิเคราะห์ดัง **ตารางที่ 4.1-1** โดยมีรายละเอียด ดังนี้

4.1.1ของแข็งทั้งหมด (Total Solids : TS)

ปริมาณของแข็งทั้งหมดเป็นอาหารของแบคทีเรียที่ใช้ในการผลิตก๊าซชีวภาพ หากมีปริมาณของแข็งทั้งหมดน้อยเกินไปจะไม่เพียงพอต่อการผลิตก๊าซชีวภาพ (Jewell และคณะ, 1993) จากการศึกษาพบว่า ปริมาณของแข็งทั้งหมดจะพบมากที่สุดในใบยางพารา มีปริมาณของแข็งทั้งหมด เท่ากับ 0.543 g TS/g Fresh รองลงมาคือ มูลโค มีปริมาณของแข็งทั้งหมด เท่ากับ 0.814 g TS/g Fresh และผักตบชวา มีปริมาณของแข็งทั้งหมด เท่ากับ 0.875 g TS/g Fresh

4.1.2 ของแข็งระเหยง่าย (Total Volatile Solids : TVS)

ปริมาณของแข็งระเหยง่ายจะเป็นตัวบ่งชี้ การย่อยสลายของของเสียไปเป็นก๊าซชีวภาพ จากการศึกษาพบว่า ปริมาณของแข็งระเหยง่าย พบสูงที่สุดในใบยางพารา มีปริมาณของแข็งระเหยง่าย เท่ากับ 0.800 g VS/g TS รองลงมาคือ มูลโคมีปริมาณของแข็งระเหยง่าย เท่ากับ 0.200 g VS/g TS และ ผักตบชวา มีปริมาณของแข็งระเหยง่าย เท่ากับ 0.120 g VS/g TS

4.1.3 ปริมาณไนโตรเจนทั้งหมด (N)

ไนโตรเจนเป็นอาหารที่แบคทีเรียย่อยสลายสารอินทรีย์ในสภาวะไร้อากาศต้องการสารอาหารสำหรับการสังเคราะห์โปรตีน (ชิตชนก คงแดง, 2554) จากการศึกษาปริมาณไนโตรเจน พบสูงที่สุดในใบยางพารา มีปริมาณไนโตรเจน เท่ากับ 438.762 mg N/Kg TS รองลงมาคือ มูลโคมีปริมาณไนโตรเจน เท่ากับ 415.424 mg N/Kg TS และผักตบชวา มีปริมาณไนโตรเจน เท่ากับ 233.342 mg N/Kg TS เมื่อเปรียบเทียบกับงานวิจัยของ ชิตชนก คงแดง (2554) พบว่า มีปริมาณไนโตรเจนน้อยกว่า

เนื่องจากปริมาณไนโตรเจนในใบยางจะได้มาจากการใส่ปุ๋ยของเกษตรกรและไนโตรเจนที่มีอยู่ในดิน (สถาบันวิจัยยาง กรมวิชาการเกษตร, 2556)

4.1.4 ปริมาณฟอสฟอรัส (P)

ฟอสฟอรัสเป็นอาหารที่แบคทีเรียย่อยสลายสารอินทรีย์ในสภาวะไร้อากาศต้องการสารอาหารสำหรับการสังเคราะห์กรดนิวคลีอิก (ชิตชนก คงแดง, 2554) จากการศึกษาปริมาณฟอสฟอรัสพบสูงที่สุดในผักตบชวา มีปริมาณฟอสฟอรัส เท่ากับ 0.0769 mg P/Kg TS รองลงมาคือ ใบยางพารา มีปริมาณฟอสฟอรัส เท่ากับ 0.0459 mg P/Kg TS และมูลโค มีปริมาณฟอสฟอรัส เท่ากับ 0.0435 mg P/Kg TS

4.1.5 ปริมาณโพแทสเซียม (K)

โพแทสเซียมจะมีผลต่อต่อการทำงานของแบคทีเรีย ซึ่งถ้ามีความเข้มข้นพอเหมาะจะเป็นประโยชน์ต่อแบคทีเรีย แต่ถ้ามากเกินความจำเป็นจะเป็นพิษต่อแบคทีเรีย (ชิตชนก คงแดง, 2554) จากการศึกษาปริมาณฟอสฟอรัสพบสูงที่สุดในผักตบชวา ร้อยละ 5.26 รองลงมาคือ ใบยางพารา ร้อยละ 1.225 และมูลโค ร้อยละ 0.555

ตารางที่ 4.1 -1 การวิเคราะห์สมบัติของวัสดุหมัก

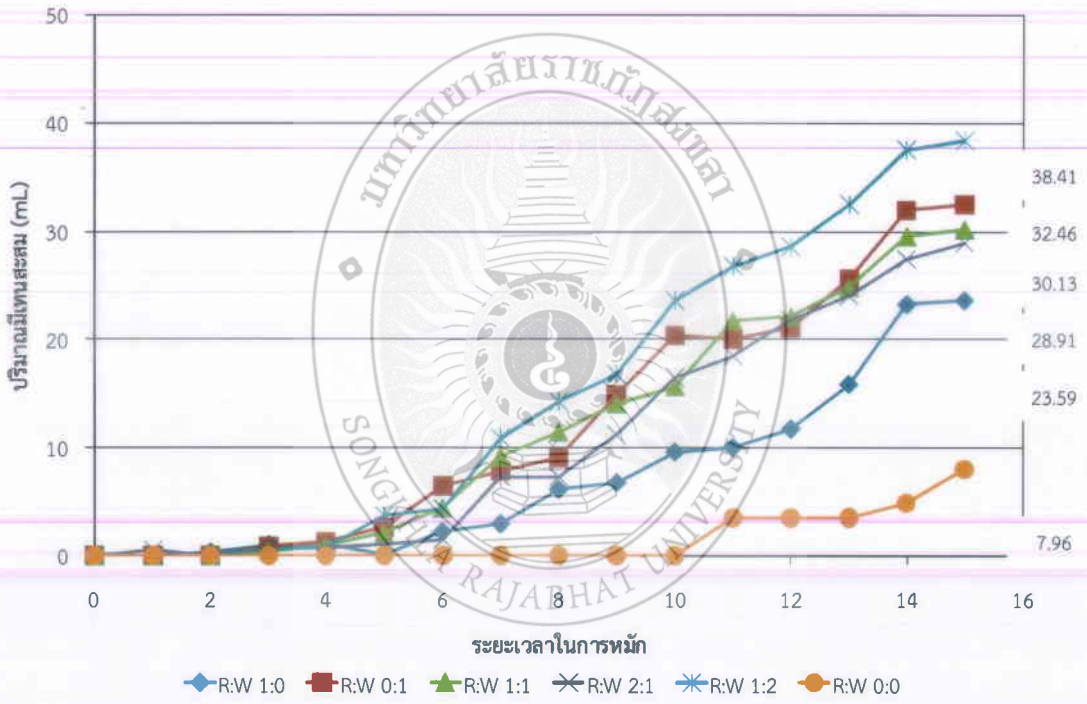
พารามิเตอร์	วัสดุหมัก		
	ใบยางพารา	ผักตบชวา	มูลโค
ของแข็งทั้งหมด (Total solids : TS) (g TS/g Fresh)	0.543	0.875	0.814
ของแข็งระเหยง่าย (Total Volatile Solids : TVS) (g VS/g TS)	0.800	0.120	0.200
ปริมาณไนโตรเจนทั้งหมด (N) (mg N/Kg TS)	438.762	233.342	415.424
ปริมาณฟอสฟอรัส (P) (mg P/Kg TS)	0.046	0.077	0.043
ปริมาณโพแทสเซียม (K) (%)	1.225	5.26	0.555

4.2 อัตราส่วนวัสดุหมักต่อการผลิตก๊าซชีวภาพ

การทดลองการผลิตก๊าซชีวภาพระบบแบบกะ ด้วยการหมักใบยางพาราและผักตบชวาโดยการหมักร่วมกับมูลโค มีการป้อนวัสดุหมักเพียงครั้งเดียวในตอนเริ่มการทดลองหมัก เพื่อศึกษาอัตราส่วนต่างๆ ของวัสดุหมักและศักยภาพของวัสดุหมักในอัตราส่วนต่างๆ

สำนักวิทยบริการและเทคโนโลยีสารสนเทศ
มหาวิทยาลัยราชภัฏสงขลา

การเริ่มต้นการหมักร่วมในการผลิตก๊าซชีวภาพนี้จะใช้มูลโคเป็นหัวเชื้อในการทดลอง เพื่อให้ง่ายต่อการหาวัสดุหมักและการนำไปประยุกต์ใช้ในครัวเรือน และใช้อุณหภูมิ 35±1°C เป็นอุณหภูมิควบคุมในการทำการทดลองระยะเวลา 15 วัน ก๊าซมีเทนเริ่มผลิตได้เมื่อการทดลองผ่านไป 3 วัน ทั้ง 5 อัตราส่วน คือ R:W 1:0, R:W 0:1, R:W 1:1, R:W 2:1 และ R:W 1:2 ในอัตราส่วน R:W 0:0 (R หมายถึง ใบยางพารา W หมายถึง ผักตบชวา) จะเริ่มผลิตก๊าซมีเทนในวันที่ 10 ของการทดลองจะมีการผลิตก๊าซมีเทนเพิ่มขึ้นเรื่อยๆ จนกระทั่งวันที่ 15 ผลผลิตก๊าซมีเทนจะเริ่มมีการผลิตลดลง ซึ่งแสดงให้เห็นว่า การย่อยสลายของแบคทีเรียเริ่มน้อยลงหรือไม่มีการย่อยสลายของแบคทีเรียแล้ว เนื่องมาจากสารอาหารสำหรับการเลี้ยงแบคทีเรียเริ่มลดลงหรือหมดแล้ว ดังแสดงใน**ภาพที่ 4.2-1**



ภาพที่ 4.2-1 ปริมาณก๊าซมีเทนสะสมที่อัตราส่วน R:W ต่างๆ ที่ ISR=3

จาก**ภาพที่ 4.2-1** จะแสดงให้เห็นถึงปริมาณก๊าซมีเทนสะสมที่อัตราส่วน R:W ต่างๆ ที่ Inoculum Substrate Ratio : ISR=3 พบว่า

1) ในการหมักโดยการใส่วัสดุหมักเพียงชนิดเดียว จะเห็นได้ว่า ถ้าใส่ผักตบชวาเพียงอย่างเดียว (R:W 0:1) จะมีปริมาณก๊าซมีเทนสะสม เท่ากับ 32.46 mL และเมื่อใส่ใบยางพาราเพียงอย่างเดียว (R:W 1:0) จะมีปริมาณก๊าซมีเทนสะสม เท่ากับ 23.59 mL เมื่อนำผลที่ได้มาเปรียบเทียบจะพบว่าการใส่ผักตบชวาเพียงอย่างเดียว (R:W 0:1) จะมีปริมาณก๊าซมีเทนสะสมมากกว่าการใส่ใบยางพาราเพียงอย่างเดียว (R:W 1:0) คิดเป็นร้อยละ 37.60

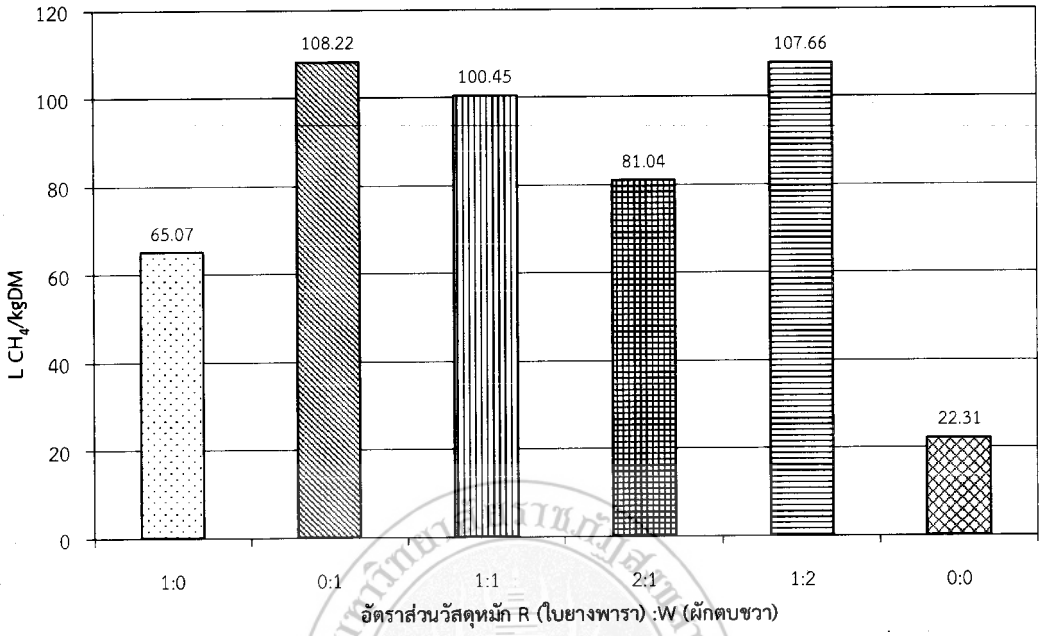
ว
631.87
พ371
- 5 ก.ค. 2561

2) ในการหมักโดยการใส่วัสดุหมักร่วมสองชนิด จะเห็นได้ว่า ถ้าใส่ผักตบชวามากกว่าใบยางพาราเป็นสองเท่า (R:W 1:2) จะมีปริมาณก๊าซมีเทนสะสมสูงสุด เท่ากับ 38.41 mL และเมื่อใส่ใบยางพาราเป็นสองเท่าของผักตบชวา (R:W 2:1) จะมีปริมาณก๊าซมีเทนสะสม เท่ากับ 28.91 mL เมื่อนำผลที่ได้มาเปรียบเทียบจะพบว่า การใส่ผักตบชวามากกว่าใบยางพาราเป็นสองเท่า (R:W 1:2) จะมีปริมาณก๊าซมีเทนสะสมมากกว่าการใส่ใบยางพาราเป็นสองเท่าของผักตบชวา (R:W 2:1) คิดเป็นร้อยละ 32.86

3. เมื่อเปรียบเทียบการหมักโดยการใส่วัสดุหมักเพียงหนึ่งชนิดและในการหมักโดยการใส่วัสดุหมักร่วมสองชนิด จะพบว่า การหมักโดยการใส่วัสดุหมักร่วมสองชนิดโดยการใส่ผักตบชวามากกว่าใบยางพาราเป็นสองเท่า (R:W 1:2) จะมีปริมาณก๊าซมีเทนสะสมมากกว่าการใส่ผักตบชวาเพียงอย่างเดียว (R:W 0:1) คิดเป็นร้อยละ 18.33

4. ในกรณีใช้มูลโคเป็นวัสดุหมักเพียงอย่างเดียว (R:W 0:0) จะมีปริมาณก๊าซมีเทนสะสมเกิดขึ้น 7.96 mL ซึ่งปริมาณก๊าซมีเทนสะสมเกิดขึ้นน้อยกว่าการหมักโดยการใส่วัสดุหมักเพียงหนึ่งชนิด คิดเป็นร้อยละ 75.48 และในการหมักโดยการใส่วัสดุหมักร่วมสองชนิดคิดเป็นร้อยละ 79.28

จากการศึกษาเปรียบเทียบปริมาณก๊าซมีเทนสะสม โดยใช้สถิติแบบ One-way Anova ที่ระดับความเชื่อมั่นที่ร้อยละ 95 ทำการทดสอบ พบว่า ในการหมักโดยการใส่วัสดุหมักเพียงชนิดเดียวจะไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับความเชื่อมั่นที่ร้อยละ 95 และในการหมักโดยการใส่วัสดุหมักร่วมสองชนิดระหว่างการใส่ผักตบชวามากกว่าใบยางพาราเป็นสองเท่า (R:W 1:2) และการใส่ใบยางพาราเป็นสองเท่าของผักตบชวา (R:W 2:1) พบว่า มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับความเชื่อมั่นที่ร้อยละ 95



ภาพที่ 4.2-2 ปริมาณผลผลิตก๊าซมีเทนที่อัตราส่วน R:W ต่างๆ ที่ ISR=3

จาก**ภาพที่ 4.2-2** จะแสดงให้เห็นถึงปริมาณผลผลิตก๊าซมีเทนที่อัตราส่วน R:W ต่างๆ ที่ Inoculum Substrate Ratio : ISR=3 จะพบว่า

1) ในการหมักโดยการใส่วัสดุหมักเพียงหนึ่งชนิด จะเห็นได้ว่า ถ้าใส่ผักตบชวาเพียงอย่างเดียว (R:W 0:1) จะมีปริมาณผลผลิตก๊าซมีเทน เท่ากับ 108.22 L CH_4/Kg TS และเมื่อใส่ใบยางพาราเพียงอย่างเดียว (R:W 1:0) จะมีปริมาณผลผลิตก๊าซมีเทน เท่ากับ 65.07 L CH_4/Kg TS เมื่อนำผลที่ได้มาเปรียบเทียบจะพบว่า การใส่ผักตบชวาเพียงอย่างเดียว (R:W 0:1) จะมีปริมาณผลผลิตก๊าซมีเทนมากกว่าการใส่ใบยางพาราเพียงอย่างเดียว (R:W 1:0) คิดเป็นร้อยละ 39.87

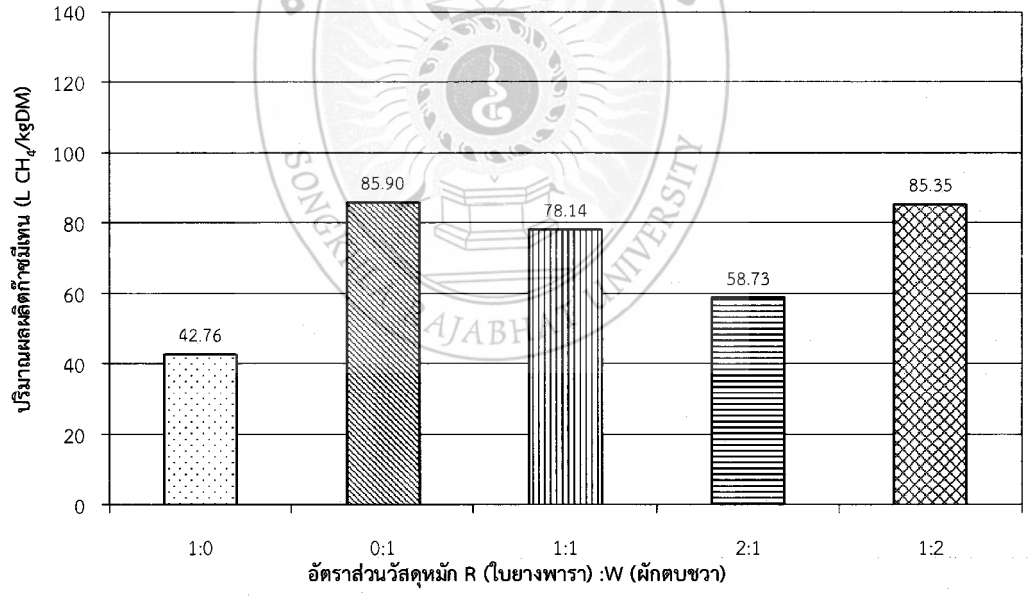
2) ในการหมักโดยการใส่วัสดุหมักร่วมสองชนิด จะเห็นได้ว่า ถ้าใส่ผักตบชวามากกว่าใบยางพาราเป็นสองเท่า (R:W 1:2) จะมีปริมาณผลผลิตก๊าซมีเทน เท่ากับ 107.66 L CH_4/Kg TS และเมื่อใส่ใบยางพาราเป็นสองเท่าของผักตบชวา (R:W 2:1) จะมีปริมาณผลผลิตก๊าซมีเทน เท่ากับ 81.04 LCH_4/Kg TS เมื่อนำผลที่ได้มาเปรียบเทียบจะพบว่า การใส่ผักตบชวามากกว่าใบยางพาราเป็นสองเท่า (R:W 1:2) จะมีปริมาณผลผลิตก๊าซมีเทนมากกว่าการใส่ใบยางพาราเป็นสองเท่าของผักตบชวา (R:W 2:1) คิดเป็นร้อยละ 24.73

3) เมื่อนำข้อมูลในการหมักโดยการใส่วัสดุหมักเพียงหนึ่งชนิดและในการหมักโดยการใส่วัสดุหมักร่วมสองชนิดมาเปรียบเทียบ จะพบว่า การหมักโดยการใส่วัสดุหมักร่วมสองชนิดโดยการใส่

ผักตบชวามากกว่าใบยางพาราเป็นสองเท่า (R:W 1:2) จะมีปริมาณผลผลิตก๊าซมีเทนมากกว่าการใส่ผักตบชวาเพียงอย่างเดียว (R:W 0:1) คิดเป็นร้อยละ 0.5

4) ในกรณีที่ใส่มูลโคเพียงอย่างเดียว (R:W 0:0) จะมีปริมาณผลผลิตก๊าซมีเทนเกิดขึ้น 22.31 L CH_4/kg TS ซึ่งปริมาณผลผลิตก๊าซมีเทนเกิดขึ้นน้อยกว่าการหมักโดยการใส่วัสดุหมักเพียงหนึ่งชนิด คิดเป็นร้อยละ 79.38 และในการหมักโดยการใส่วัสดุหมักร่วมสองชนิดคิดเป็นร้อยละ 79.277

จากการศึกษาเปรียบเทียบปริมาณผลผลิตก๊าซมีเทน โดยใช้สถิติแบบ One-way Anova ที่ระดับความเชื่อมั่นที่ร้อยละ 95 ทำการทดสอบ พบว่า ในการหมักโดยการใส่วัสดุหมักเพียงชนิดเดียวจะมีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับความเชื่อมั่นที่ร้อยละ 95 และในการหมักโดยการใส่วัสดุหมักร่วมสองชนิดระหว่างการใส่ผักตบชวามากกว่าใบยางพาราเป็นสองเท่า (R:W 1:2) และการใส่ใบยางพาราเป็นสองเท่าของผักตบชวา (R:W 2:1) พบว่า มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับความเชื่อมั่นที่ร้อยละ 95



ภาพที่ 4.2-3 ปริมาณผลผลิตก๊าซมีเทนที่อัตราส่วน R:W ต่างๆ ที่ ISR=3 (ไม่รวมก๊าซมีเทนในมูลโค)

จาก**ภาพที่ 4.2-3** จะแสดงให้เห็นถึงปริมาณผลผลิตก๊าซมีเทนที่อัตราส่วน R:W ต่างๆ ที่ Inoculum Substrate Ratio : ISR=3 (ไม่รวมผลผลิตก๊าซมีเทนในมูลโค) เป็นปริมาณผลผลิตที่เกิดขึ้นจากวัสดุหมักใช้ในการบ่งบอกศักยภาพของวัสดุหมักในอัตราส่วนต่างๆ ทั้ง 5 อัตราส่วน พบว่า

1) ในการหมักโดยการใส่วัสดุหมักเพียงชนิดเดียว จะเห็นได้ว่า ถ้าใส่ผักตบชวาเพียงอย่างเดียว (R:W 0:1) จะมีปริมาณผลผลิตก๊าซมีเทน เท่ากับ 85.90 L CH_4/Kg TS และเมื่อใส่ใบ

ยางพาราเพียงอย่างเดียว (R:W 1:0) จะมีปริมาณผลผลิตก๊าซมีเทน เท่ากับ 42.76 L CH_4/Kg TS เมื่อนำผลที่ได้มาเปรียบเทียบจะพบว่า การใส่ผักตบชวาเพียงอย่างเดียว (R:W 0:1) จะมีปริมาณผลผลิตก๊าซมีเทนมากกว่าการใส่ใบยางพาราเพียงอย่างเดียว (R:W 1:0) คิดเป็นร้อยละ 50.22

2) ในการหมักโดยการใส่วัสดุหมักร่วมสองชนิด จะเห็นได้ว่า ถ้าใส่ผักตบชวามากกว่าใบยางพาราเป็นสองเท่า (R:W 1:2) จะมีปริมาณผลผลิตก๊าซมีเทน เท่ากับ 85.35 L CH_4/Kg TS และเมื่อใส่ใบยางพาราเป็นสองเท่าของผักตบชวา (R:W 2:1) จะมีปริมาณผลผลิตก๊าซมีเทน เท่ากับ 58.73 L CH_4/Kg TSเมื่อนำผลที่ได้มาเปรียบเทียบ พบว่า การใส่ผักตบชวามากกว่าใบยางพาราเป็นสองเท่า (R:W 1:2) จะมีปริมาณผลผลิตก๊าซมีเทนมากกว่าการใส่ใบยางพาราเป็นสองเท่าของผักตบชวา (R:W 2:1) คิดเป็นร้อยละ 31.19

3) เมื่อนำข้อมูลในการหมักโดยการใส่วัสดุหมักเพียงหนึ่งชนิดและในการหมักโดยการใส่วัสดุหมักร่วมสองชนิดมาเปรียบเทียบ จะพบว่า การหมักโดยการใส่วัสดุหมักร่วมสองชนิดโดยการใส่ผักตบชวามากกว่าใบยางพาราเป็นสองเท่า (R:W 1:2) จะมีปริมาณผลผลิตมีเทนมากกว่าการใส่ผักตบชวาเพียงอย่างเดียว (R:W 0:1) คิดเป็นร้อยละ 0.64

จากการศึกษาเปรียบเทียบปริมาณผลผลิตก๊าซมีเทน (ไม่รวมมีเทนในมูลโค) โดยใช้สถิติแบบ One-Way Anova ที่ระดับความเชื่อมั่นที่ร้อยละ 95 ทำการทดสอบ พบว่า ในการหมักโดยการใส่วัสดุหมักเพียงชนิดเดียวจะมีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับความเชื่อมั่นที่ร้อยละ 95 และในการหมักโดยการใส่วัสดุหมักร่วมสองชนิดระหว่างการใส่ผักตบชวามากกว่าใบยางพาราเป็นสองเท่า (R:W 1:2) และการใส่ใบยางพาราเป็นสองเท่าของผักตบชวา (R:W 2:1) พบว่า มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับความเชื่อมั่นที่ร้อยละ 95

ตารางที่ 4.2-1 ปริมาณผลผลิตก๊าซมีเทนที่อัตราส่วน ต่างๆ ที่ Inoculum Substrate Ratio : ISR=3

อัตราส่วนใบยางพารา :ผักตบชวา (R:W)	**ผลผลิตมีเทน* (L CH_4 /Kg DM)**
1:0	65.07± 0.62
0:1	108.22 ±8.48
1:1	100.45±0.53
2:1	81.04±14.61
1:2	107.66±7.18
0:0	22.31±0.03

หมายเหตุ * mean±SD , DM ย่อมาจาก Dry mass

ตัวอย่าง**ตารางที่ 4.2-1** แสดงปริมาณผลผลิตก๊าซมีเทนที่อัตราส่วน R:W ต่างๆ ที่ Inoculum Substrate Ratio : ISR = 3 พบว่า ในการหมักก๊าซชีวภาพโดยใส่วัสดุหมักเพียงชนิดเดียวในอัตราส่วน R:W 1:0 และ R:W 0:1 ปริมาณผลผลิตก๊าซมีเทนที่เกิดขึ้นในอัตราส่วน R:W 0:1 จะมากกว่าในอัตราส่วน R:W 1:0 แสดงให้เห็นว่าผักตบชวามีศักยภาพในการผลิตก๊าซมีเทนมากกว่าใบยางพารา เนื่องจากผักตบชวามีการย่อยสลายสารอินทรีย์ง่ายกว่าแบคทีเรียนำสารอาหารไปใช้งานได้ดีกว่าใบยางพารา เมื่อเพิ่มอัตราส่วนใบยางและผักตบชวาเข้าไปในระบบในสัดส่วนที่เท่ากัน (R:W 1:1) พบว่าปริมาณผลผลิตก๊าซมีเทนลดลงจากการใส่ผักตบชวาเข้าไปในระบบเพียงอย่างเดียว ในอัตราส่วน R:W 2:1 จะเพิ่มใบยางพาราในสัดส่วนที่มากกว่าผักตบชวาปริมาณการผลิตก๊าซมีเทนยิ่งลดลงมากขึ้น เมื่อเทียบกับอัตราส่วน R:W 0:1 และในอัตราส่วน R:W 1:2 เป็นการลดปริมาณใบยางพาราให้น้อยกว่าผักตบชวา พบว่า ปริมาณผลผลิตก๊าซมีเทนจะมีปริมาณใกล้เคียงกับอัตราส่วน R:W 0:1 แสดงให้เห็นว่าในระบบการหมักก๊าซชีวภาพใส่ใบยางพาราน้อยกว่าผักตบชวาหรือ ไม่เกิน 2 ใน 3 ของผักตบชวาจะเกิดผลผลิตก๊าซมีเทนดีที่สุด

มหาวิทยาลัยราชภัฏสงขลา SONGKHLA RAJABHAT UNIVERSITY

บทที่ 5
สรุปผลการวิจัยและข้อเสนอแนะ

5.1 สรุปผลการวิจัย

จากการศึกษาผลของอัตราส่วนวัสดุหมักต่อการผลิตก๊าซชีวภาพและศักยภาพของอัตราส่วนวัสดุหมักต่อการผลิตก๊าซชีวภาพที่อัตราส่วน R:W ต่างๆ ที่ Inoculum Substrate Ratio : ISR=3 ในการหมักก๊าซชีวภาพที่อุณหภูมิ 35±1 °C เป็นระยะเวลา 15 วัน จากผลการทดลอง สามารถสรุปได้ว่า

1. ในการหมักโดยการใช้วัสดุหมักเพียงชนิดเดียว พบว่า ในอัตราส่วนที่ใส่ผักตบชวาเพียงอย่างเดียวจะมีผลผลิตก๊าซมีเทนมากกว่าในอัตราส่วนที่ใส่ใบยางพาราเพียงอย่างเดียว (อัตราส่วน R:W=1:0) ถึง 2 เท่าในทางสถิติ พบว่าทั้งสองอัตราส่วนแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับความเชื่อมั่นที่ร้อยละ 95

2. ในการหมักร่วมโดยใช้วัสดุหมักร่วมกันระหว่างใบยางพาราและผักตบชวา พบว่าการใช้วัสดุหมัก ผักตบชวาเป็น 2 เท่าของใบยางพารา (อัตราส่วน R:W=1:2) เป็นอัตราส่วนที่ดีที่สุด มีผลผลิตก๊าซมีเทนสูงกว่าผลผลิตก๊าซมีเทนที่ได้จากอัตราส่วนที่เท่ากันของใบยางพาราและผักตบชวา (อัตราส่วน R:W =1:1) และจากการวิเคราะห์ทางสถิติ พบว่า ทั้งสองอัตราส่วนไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับความเชื่อมั่นที่ร้อยละ 95

3. เมื่อเปรียบเทียบผลผลิตก๊าซมีเทนจากการหมักร่วมกันระหว่างใบยางพาราและผักตบชวา (อัตราส่วน R:W=1:2) จะมีปริมาณการผลิตก๊าซมีเทนใกล้เคียงกับการหมักผักตบชวาเพียงอย่างเดียว (อัตราส่วน R:W=0:1) ในทางสถิติ พบว่า ทั้งสองอัตราส่วนไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับความเชื่อมั่นที่ร้อยละ 95

สำหรับการใช้ประโยชน์จากการผลิตก๊าซมีเทน สามารถนำมาใช้ประโยชน์ได้ตั้งแต่ครัวเรือนชุมชน ฟาร์มปศุสัตว์จนถึงภาคอุตสาหกรรม ส่วนใหญ่เกษตรกรรายย่อยจะมีการผลิตก๊าซมีเทนขนาดเล็ก โดยใช้วัตถุดิบที่ได้จากการเกษตร เช่น มูลสัตว์ ของเหลือทิ้งจากการเกษตร นำมาผลิตก๊าซมีเทนสำหรับไปใช้ทดแทนก๊าซหุงต้ม ในการหุงหาอาหาร ใช้กับตู้ฟักไข่ หรือผลิตไฟฟ้าเพื่อให้แสงสว่าง หรือใช้กับพัดลมระบายอากาศขนาดเล็ก บางครั้งสามารถนำไปใช้เป็นเชื้อเพลิงสำหรับเครื่องยนต์ขนาดเล็กเพื่อการเกษตร

จากการศึกษาค่าความร้อนที่ได้จากการผลิตมีเทน ในก๊าซชีวภาพ 1 ลูกบาศก์เมตร จะมีสัดส่วนก๊าซมีเทนร้อยละ 60 โดยก๊าซมีเทนจะมีค่าความร้อน 21.54 MJ/m^3 ค่าความร้อนที่ได้จากการผลิตมีเทนในอัตราส่วนที่ใส่ผักตบชวาเพียงอย่างเดียว (R:W 0:1) เมื่อใส่ผักตบชวาในระบบ 1 Kg TS/Kg fresh คือ 1.457 MJ/m^3 และค่าความร้อนที่ได้จากการผลิตมีเทนในอัตราส่วนที่ใส่ผักตบชวาเป็นสองเท่า

ของใบยางพารา (R:W 1:2) เมื่อใส่ผักตบชวาและใบยางพาราในระบบรวม 1 Kg TS/Kg fresh คือ 1.377 MJ /m^3 เมื่อนำค่าความร้อนที่ได้จากการผลิตมีเทนมาเปรียบค่าความร้อนทดแทนกับเชื้อเพลิงชนิดอื่นๆ จะได้ผลดัง**ตารางที่ 5.1-1**

ตารางที่ 5.1-1 การเปรียบเทียบค่าความร้อนจากก๊าซมีเทนกับเชื้อเพลิงชนิดอื่นๆ

ชนิดของเชื้อเพลิง	**ก๊าซชีวภาพ 1 ลูกบาศก์เมตร มีค่าความร้อนเทียบเท่า : ทดแทน**	**อัตราส่วนผักตบชวาอย่างเดียว (R:W 0:1) มีค่าความร้อนเทียบเท่า : ทดแทน**	**อัตราส่วนใบยางพาราต่อผักตบชวา (R:W 1:2) มีค่าความร้อนเทียบเท่า : ทดแทน**
ก๊าซหุงต้ม (LPG)	0.46 กิโลกรัม	0.031 กิโลกรัม	0.030 กิโลกรัม
น้ำมันเบนซิน	0.67 ลิตร	0.045 ลิตร	0.043 ลิตร
น้ำมันดีเซล	0.60 ลิตร	0.040 ลิตร	0.038 ลิตร
น้ำมันเตา	0.55 ลิตร	0.037 ลิตร	0.035 ลิตร
ฟืนไม้	1.50 กิโลกรัม	0.100 กิโลกรัม	0.095 กิโลกรัม
ไฟฟ้า (ค่าเฉลี่ย)	1.2 กิโลวัตต์- ชั่วโมง	0.080 กิโลวัตต์- ชั่วโมง	0.077 กิโลวัตต์- ชั่วโมง

5.2 ข้อเสนอแนะ

1. ควรมีการศึกษาการเปลี่ยนแปลงของเซลลูโลส ลิกนิน ในใบยางพาราระหว่างก่อนหมักก๊าซชีวภาพและหลังหมักที่ส่งผลต่อปริมาณการผลิตก๊าซมีเทน

2. ควรมีการเพิ่มศักยภาพให้วัสดุหมักโดยการปรับสภาพโดยการใช้กรดหรือด่างเพื่อทำลายโครงสร้างวัสดุหมัก

บรรณานุกรม

กัญญา สอนสนิท และคณะ. (2557). **การผลิตก๊าซชีวภาพของเสียในบ่อเกรอะ.** คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏนครปฐม, คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

"กรมพัฒนาพลังงานทดแทนและอนุรักษ์พลังงาน" (2557). **คู่มือการพัฒนาและการลงทุนผลิตพลังงานก๊าซชีวภาพ.** (ออนไลน์ เข้าถึงได้จาก http://certify.dld.go.th/certify/images/Powerpoint/ Energy%20Biogas.pdf), สถาบันวิจัยและพัฒนาพลังงาน มหาวิทยาลัยเชียงใหม่ ชุดที่ 5. วันที่ 05 เมษายน 2559.

"กรมโรงงานอุตสาหกรรม" (2553). **การควบคุมคุณภาพและการใช้ก๊าซชีวภาพ (Biogas).** (ออนไลน์ เข้าถึงได้จาก http://www.diw.go.th/km/safety/pdf/biogas_2.pdf), พิมพ์ครั้งที่ 1. วันที่ 05 เมษายน 2559.

ชิคชนก คงแดง. (2554). **การผลิตก๊าซชีภาพจากใบยางพาราโดยร่วมกับมูลสุกรสำหรับใช้ในครัวเรือน.** มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์.

นพพร จรูญชนม์. (2552). **ความเข้มข้นของไนโตรเจน ฟอสฟอรัส และโพแทสเซียมในใบและผลและการเปรียบเทียบวิธีวิเคราะห์ไนโตรเจนในเนื้อเยื่อของส้มโอพันธุ์ขาวน้ำผึ้ง.** วิทยานิพนธ์ปริญญาโท,มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, นครปฐม.

ปฏิรูป ผลจันทร์ และคณะ. (2557). **ผลของชนิดและปริมาณมูลสัตว์ ระยะเวลาในการกวนผสมและความเข้มข้นของแข็งต่อประสิทธิภาพในการผลิตก๊าซชีวภาพจากหญ้าเนเปียร์โดยถังปฏิกรณ์แบบกวนสมบูรณ์.** ภาควิชาวิศวกรรมสิ่งแวดล้อม, คณะวิศวกรรมศาสตร์, มหาวิทยาลัยเชียงใหม่.

ประสิทธิ์ ศรีนคร. (2555). **การผลิตก๊าซชีวภาพจากตะกอนเลนในบ่อเลี้ยงกุ้งโดยกระบวนการย่อยสลายแบบไร้ออกซิเจน.** มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี.

พงษ์พันธุ์ ธนากร. (2554). **การหาสภาวะที่เหมาะสมในการผลิตก๊าซชีวภาพจากกากมันสำปะหลัง.**

พลกฤษณ์ คุ้มกล่ำ. (2557). **การผลิตก๊าซชีวภาพจากฟางข้าว.** มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร.

รุ่งทิวา สีมาปาน และคณะ. (2554). **ศักยภาพการผลิตก๊าซมีเทนจากการหมักร่วมของมูลสุกรและหญ้าเนเปียร์หมัก.** มหาวิทยาลัยแม่โจ้.

ระวี เจียรวิภา. (2556). **ความสัมพันธ์ด้านอายุต่อปริมาณคาร์โบไฮเดรต ผลผลิตน้ำยางธาตุอาหารหลัก องค์ประกอบทางเคมีและคุณสมบัติเชิงกลและกายภาพของต้นยางพารา.**

วิรัช สัจจแพรวพันธ์. (2529). **ผลของวัสดุเหลือใช้ทางการเกษตรและสารบางอย่างที่มีต่อการหมักมูลวัวในสภาพไร้อากาศ.** มหาวิทยาลัยเชียงใหม่.

วรพจน์ ศิริรักษณ์ และพีระวัตร ลือสัก. (2555). **การเปรียบเทียบประสิทธิภาพการหมักก๊าซชีวภาพสำหรับครัวเรือนด้วยวิธีการบ่ม.** มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลล้านนา.

วิวัฒน์ ไชยชอุ่ม. (2557). **การใช้ก๊าซชีวภาพจากมูลสัตว์ของเกษตรกรรายย่อยในจังหวัดสุรินทร์.**

สุชน ตั้งทวีวิวัฒน์. (2552). **การผลิตแก๊สชีวภาพเป็นแหล่งพลังงานทดแทน เพื่อแสงสว่างและความร้อนของครัวเรือนในชุมชน.**

สถาบันวิจัยยาง กรมวิชาการเกษตร. (2556). **อนาคตยางพาราไทย**.

สรศักดิ์ ท่าใหญ่. (2556). **ศึกษาอัตราส่วนที่เหมาะสมต่อการผลิตก๊าซชีวภาพจากการหมักของเสียฟาร์มสุกรกับผักตบชวา.**

"สำนักวิจัยค้นคว้าพลังงาน" (2556). **โครงการพัฒนาการผลิตก๊าซชีวภาพจากพืชพลังงานครบวงจร**.

สมใจ ศิริโภค. (2537). **เทคโนโลยีการหมัก.** ศูนย์สื่อเสริมกรุงเทพ.

APHA. AWWA and WEF. **Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater. 20thed. Maryland:** American Public Health Association. Washington D.C. U.S.A. 1998.

Raposo, F., da la Rubia, M.A., Borja, R., Alaiz, M. 2008. **Assessment of a modified andoptimized method for determining chemical oxygen demand of solidsubstrates and solutions with high for suspended solid content.** *Talanta*,**76**(2), 448-453.

ภาคผนวก

ภาคผนวก ก

ภาพประกอบการวิจัย

ก. ชั่งน้ำหนักวัสดุหมัก

ข. เติม stock nutrient solution,บัฟเฟอร์ และปรับปริมาตร 60 ml

ค. ปรับ pH 7 ด้วย HCL 1%

ง. ปิดขวดหมัก ต่อเข็ม ทรีเวย์

จ. เริ่มวัดปริมาตรก๊าซชีวภาพ

ฉ. เก็บก๊าซชีวภาพใส่หลอดเก็บตัวอย่าง

ภาพที่ ผก-1 ขั้นตอนการหมักก๊าซชีวภาพ

มหาวิทยาลัยราชภัฏสงขลา SONGKHLA RAJABHAT UNIVERSITY

ภาคผนวก ข

แบบเสนอโครงการวิจัย

โครงร่างวิจัยเฉพาะทาง

1.ชื่อโครงการ การผลิตก๊าซชีวภาพจากใบยางพาราและผักตบชวาโดยการหมักร่วมกับมูลโคสำหรับใช้ในครัวเรือน
Biogas Production from Rubber Leaves and water hyacinth by Co-digestion with cowmanure for Household-scale

2.สาขาวิชา สาขาวิชาวิทยาศาสตร์สิ่งแวดล้อม(เทคโนโลยีสิ่งแวดล้อม)

3.ชื่อผู้วิจัย

นางสาว นิรวรรณ ยิ้มมงคล รหัสนักศึกษา554232010
นักศึกษาปริญญาตรี สาขาวิทยาศาสตร์สิ่งแวดล้อม
คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี
มหาวิทยาลัยราชภัฏสงขลา

นางสาว เสาวลักษณ์ ไข่เส้ง รหัสนักศึกษา554232027
นักศึกษาปริญญาตรี สาขาวิทยาศาสตร์สิ่งแวดล้อม
คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี
มหาวิทยาลัยราชภัฏสงขลา

4. คณะกรรมการที่ปรึกษาวิจัยเฉพาะทาง

อาจารย์ที่ปรึกษาหลัก ดร. สุชีวรรณ ยอยรู้รอบ
วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี
มหาวิทยาลัยราชภัฏสงขลา

อาจารย์ที่ปรึกษาร่วม ดร. บุญญา ชาญนอก
สถาบันวิจัยระบบพลังงาน
สำนักวิจัยและพัฒนา
มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์

5. ความเป็นมาและความสำคัญ

ปัจจุบันพลังงานเป็นปัจจัยหนึ่งที่สำคัญในการพัฒนาประเทศ มีผลต่อความเป็นอยู่ตั้งแต่ระดับครอบครัวไปจนถึงระดับประเทศและทั่วโลก ดั้งนั้นจึงมีการให้ความสำคัญในการจัดการทางด้านพลังงานเพื่อให้มีพลังงานใช่อย่างเพียงพอในขณะที่ความต้องการใช่พลังงานเพิ่มอย่างต่อเนื่อง โดยเฉพาะพลังงานไฟฟ้าและเชื้อเพลิงต่าง ๆ ประกอบกับพลังงานที่มีอยู่มีปริมาณที่จำกัดและแนวโน้มที่จะหมดไปในอนาคต โดยเฉพาะพลังงานจากใต้พิภพหรือพลังงานปิโตรเลียมซึ่งทั่วโลกกำลังประสบปัญหากับวิกฤติการณ์พลังงานอันเนื่องมาจากราคาน้ำมันดิบที่เพิ่มสูงขึ้นอยู่ตลอดเวลารวมทั้งปริมาณการผลิตที่ลดลง ส่งผลกระทบต่อระบบเศรษฐกิจของประเทศ นานาประเทศจึงมีความจำเป็นต้องหาแหล่งพลังงานเพิ่มเติมหรือแหล่งพลังงานทดแทน (Renewable Energy) เพื่อใช้ทดแทนพลังงานปิโตรเลียม พลังงานที่ได้รับความสนใจอันดับต้น ๆ คือ พลังงานจากธรรมชาติในรูปแบบต่าง ๆ เช่นพลังงานแสงอาทิตย์ (Solar Energy) พลังงานลม (Wind Energy) พลังงานน้ำ (water Energy) พลังงานชีวมวล (Biomass Energy) และพลังงานแก๊สชีวมวล (Biogas Energy) เป็นต้น

ก๊าซชีวภาพซึ่งเกิดจากกระบวนการย่อยสลายสารอินทรีย์ในสภาวะไร้อากาศ (Anaerobic Digestion) เป็นพลังงานทดแทนที่ได้รับการสนใจอย่างกว้างขว้าง เป็นที่รู้จักมาตั้งแต่ศตวรรษที่ 18 ก๊าซชีวภาพที่ผลิตขึ้นมีก๊าซมีเทนเป็นองค์ประกอบหลักอยู่ประมาณ 45 - 70 % จึงทำให้มีคุณสมบัติจุดติดไฟได้ดีและสามารถนำไปใช้เป็นพลังงานทดแทนในรูปต่าง ๆ เช่น ผลิตกระแสไฟหรือใช้แทนก๊าซหุงต้มตามบ้านเรือน นอกจากจะได้ประโยชน์ในด้านพลังงานแล้วยังได้ประโยชน์ในการแก้ปัญหาสิ่งแวดล้อม คือ ช่วยลดการเกิดภาวะเรือนกระจกอันเป็นสาเหตุของภาวะโลกร้อน เนื่องจากระบบการผลิตก๊าซชีวภาพเป็นระบบปิดจึงเป็นการช่วยควบคุมการเกิดและการแพร่กระจายของก๊าซมีเทนและก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ออกสู่ชั้นบรรยากาศ อีกทั้งลดปริมาณขยะของเสียได้อีกด้วย การผลิตก๊าซชีวภาพในอดีตอาจมีการหมักที่ใช้วัตถุดิบประเภทเดียว แต่ปัจจุบันได้มีการหมักร่วมกันระหว่างสองวัตถุดิบหรือมากกว่า เรียกว่า การหมักร่วม (Co-Digestion) ซึ่งช่วยเพิ่มประสิทธิภาพในการผลิตก๊าซชีวภาพให้สูงขึ้น

ประเทศไทยมีความตื่นตัวในการหาแหล่งพลังงานทางเลือกและพลังงานหมุนเวียนเพื่อใช้ในการผลิตกระแสไฟฟ้าหรือประโยชน์อย่างอื่นแทนการใช้พลังงานจากฟอสซิลซึ่งเป็นพลังงานที่สร้างปัญหาให้กับสิ่งแวดล้อมอย่างมากจากแผนอนุรักษ์พลังงานปีพ.ศ. 2551-2554 กระทรวงพลังงานได้เร่งผลักดันให้มีการใช้เทคโนโลยีก๊าซชีวภาพในประเทศไทยเพิ่มขึ้นเพื่อสนับสนุนการใช้พลังงานสะอาดซึ่งในปัจจุบันระบบการผลิตก๊าซชีวภาพ สำหรับครัวเรือนในประเทศไทยเริ่มแพร่หลายมากขึ้นและสามารถทำได้โดยง่ายทั้งนี้เพราะก๊าซชีวภาพเป็นก๊าซที่เกิดจากการย่อยสลายสารอินทรีย์โดยจุลินทรีย์ชนิดไม่ใช้อากาศภายใต้สภาวะที่ปราศจากออกซิเจนผลิตภัณฑ์หลักเป็นก๊าซมีเทน (CH_4) เป็นองค์ประกอบที่สามารถนำไปใช้ในการผลิตกระแสไฟฟ้าให้ความร้อนหรือใช้เป็นเชื้อเพลิงในโรงงานอุตสาหกรรมต่างๆตลอดจนใช้เป็นก๊าซหุงต้มตามครัวเรือนได้

ประเทศไทยเป็นประเทศเกษตรกรรม ทำให้มีผลผลิตทางการเกษตรและวัสดุเหลือทิ้งทางการเกษตรที่เป็นชีวมวลเป็นจำนวนมาก โดยเฉพาะเกษตรกรในภาคใต้ส่วนใหญ่มีอาชีพทำสวนยางพารา นอกจากน้ำยางพาราที่ได้แล้วยังมีใบยางพาราที่ร่วงหล่นจากต้น โดยเฉพาะอย่างยิ่งในช่วง

ฤดูยางผลัดใบจะมีใบยางพาราร่วงหล่นเกือบทั้งต้น เมื่อมีปริมาณใบยางสะสมมากขึ้นโดยไม่มีการเก็บกวาดใบยางพาราที่ร่วงบริเวณใต้ต้น ก็จะก่อให้เกิดปัญหาเป็นตัวกั้นระหว่างปุ๋ยกับดิน มีผลให้ปุ๋ยไม่สามารถซึมผ่านกองใบยางพาราลงไปในดินได้ ปัจจุบันใบยางพารายังไม่มีการนำมาใช้ประโยชน์มากนัก หากสามารถนำมาใช้ในการผลิตก๊าซชีวภาพได้ นอกจากจะสามารถนำก๊าซชีวภาพที่ผลิตได้ไปทดแทนการใช้ก๊าซหุงต้มแล้วยังช่วยลดปัญหาของใบยางพาราดังกล่าวได้อีกด้วย เช่นเดียวกับผักตบชวา ซึ่งพืชที่มีอัตราการเจริญเติมโตสูงทนทานต่อสภาพแวดล้อม เป็นพืชที่มีทุ่นลอยสามารถอยู่ได้ทั้งในน้ำนิ่งและน้ำไหล ผักตบชวามีการขยายพันธุ์อย่างรวดเร็วทั้งทางเมล็ดและการแตกหน่อ ดังนั้นจึงทำให้ผักตบชวามีการแพร่ระบาดอย่างรุนแรงก่อให้เกิดปัญหาต่อแหล่งน้ำต่าง ๆ ทั่วประเทศ และก่อให้เกิดผลเสียต่อเศรษฐกิจ สังคม และสิ่งแวดล้อม ผักตบชวา มีอัตราการเจริญเติบโตสูงมาก การกำจัดผักตบชวาด้วยสารเคมีกำจัดวัชพืช (ซึ่งเรียกว่า ยาฆ่าหญ้า หรือ Herbicide) เป็นที่นิยมกันมากโดยเฉพาะในประเทศที่พัฒนาแล้ว เพราะเป็นวิธีที่ง่าย ประหยัดรวดเร็ว และมีประสิทธิภาพที่สุด เมื่อเปรียบเทียบกับการกำจัดแบบอื่น แต่การใช้สารเคมีช่วยกำจัดวัชพืชน้ำอย่างผักตบชวานั้น ถ้าผู้ใช้ไม่มีความรู้ในระดับพื้นฐานเกี่ยวกับเรื่องราวทางวิทยาการวัชพืชและนิเวศวิทยาแล้ว อาจทำให้เกิดอันตรายต่อมนุษย์ สัตว์ และสภาพแวดล้อมได้โดยง่าย ดังนั้นจึงมีการคิดหาแนวทางในการกำจัดผักตบชวาที่เป็นมิตรต่อสิ่งแวดล้อมโดยการนำไปใช้ประโยชน์ในรูปแบบต่างๆเช่น ใช้เป็นอาหารสัตว์ ผลิตภัณฑ์หัตถกรรม การทำปุ๋ยอินทรีย์ และการทำก๊าซชีวภาพ เป็นต้น นอกจากนั้นมูลสุกรจากฟาร์มปศุสัตว์ต่าง ๆ ก็เป็นของเสียที่ก่อให้เกิดปัญหาต่าง ๆ ที่ส่งผลกระทบต่อด้านสภาวะแวดล้อมทั้งในส่วนของน้ำ ดิน และอากาศ รวมทั้งสุขภาพอนามัยของประชาชนผู้ที่อยู่อาศัยในบริเวณใกล้เคียงกับฟาร์มเลี้ยงโค เนื่องจากมูลโคทำให้เกิดกลิ่นเหม็นเป็นบ่อเกิดของเชื้อโรคบางชนิด เป็นแหล่งเพาะพันธุ์สัตว์และแมลงนำโรคชนิดต่าง ๆ เช่น แมลงวัน และผู้ลี้ยงโค ส่วนใหญ่ยังไม่มีวิธีการบำบัดของเสียดังกล่าว แต่ประการใด สำหรับในแถบชนบทของหลายประเทศเริ่มมีการใช้ก๊าซชีวภาพกันอย่างแพร่หลาย ได้มาจากการหมักของเสียชนิดต่าง ๆ เช่น มูลวัว มูลสุกร การนำมูลโคมาใช้ในการผลิตก๊าซชีวภาพร่วมระหว่างใบยางพารากับผักตบชวาจะช่วยแก้ปัญหาต่าง ๆ ที่กล่าวมาได้อย่างมีประสิทธิภาพการนำใบยางพาราและผักตบชวามาเป็นวัตถุดิบสำหรับผลิตก๊าซชีวภาพทำได้โดยใช้กระบวนการย่อยสลายสารอินทรีย์ในสภาวะไร้อากาศ โดยทำการหมักร่วมกันระหว่างใบยางพาราและผักตบชวากับมูลโค

เนื่องจากใบยางพาราและผักตบชวา เป็นอินทรียวัตถุ อันเป็นแหล่งของสารประกอบเซลลูโลสที่สลายตัวให้คาร์บอนเพิ่มขึ้น (วิรัช, 2529) มีผลให้ได้ปริมาณก๊าซชีวภาพและปริมาณร้อยละมีเทนสูงขึ้น และมูลโคยังช่วยให้เกิดก๊าซชีวภาพเร็วขึ้น ผลพลอยได้อีกประการสำหรับการผลิตก๊าซชีวภาพ คือ กากตะกอนที่ได้จากกระบวนการย่อยสลายสารอินทรีย์ สามารถนำไปใช้เป็นปุ๋ยชีวภาพทดแทนปุ๋ยเคมีที่ใช้อยู่ได้อีกทางหนึ่ง เนื่องจากกากตะกอนประกอบด้วยธาตุอาหารหลัก ธาตุอาหารรอง และธาตุอาหารเสริม พืชสามารถนำไปใช้ประโยชน์ได้ กระบวนการหมักแบบไร้อากาศจึงเป็นอีกวิธีการหนึ่งที่น่าสนใจอย่างยิ่งที่จะนำมาใช้ในการผลิตก๊าซชีวภาพและการกำจัดของเสีย รวมทั้งได้ปุ๋ยชีวภาพ

งานวิจัยนี้จึงสนใจศึกษาการผลิตก๊าซชีวภาพโดยใช้กระบวนการย่อยสลายสารอินทรีย์ภายใต้สภาวะไร้อากาศด้วยระบบการหมักร่วมระหว่างใบยางพารากับผักตบชวา โดยใช้มูลโคช่วยให้เกิดก๊าซชีวภาพเร็วขึ้น โดยทำการศึกษาอัตราส่วนวัตถุดิบที่เหมาะสมในการผลิตก๊าซชีวภาพจากใบยางพารา

และผักตบชวาและอัตราภาระบรรทุกสารอินทรีย์(OLR)ในระบบที่ระดับต่างๆที่มีผลต่อปริมาณก๊าซชีวภาพและผลที่ได้ของก๊าซมีเทน โดยทำการทำลองระบบแบบแบทช์ โดยทำการศึกษาอัตราส่วนวัตถุดิบที่เหมาะสมในการผลิตก๊าซชีวภาพและศึกษาปริมาณก๊าซมีเทน (CH_4)ที่เกิดขึ้นเพื่อจะนำผลที่ได้ไปใช้ในระบบผลิตก๊าซชีวภาพที่มีขนาดใหญ่ขึ้น เป็นข้อมูลเบื้องต้นสำหรับการศึกษาวิจัยและเป็นแนวทางในการพัฒนาไปสู่การประยุกต์ใช้สำหรับการผลิตก๊าซชีวภาพในระดับครัวเรือนต่อไป

6. วัตถุประสงค์งานวิจัย

6.1 เพื่อศึกษาผลของอัตราส่วนใบยางและผักตบชวาที่มีต่อผลผลิตมีเทนในระบบหมักไร้อากาศแบบกะ

6.2 เพื่อศึกษาศักยภาพในการผลิตก๊าซชีวภาพจากใบยางพาราและผักตบชวา

7. สมมติฐาน

การผลิตก๊าซชีวภาพจากใบยางพาราและผักตบชวาโดยหมักร่วมกับมูลโคสามารถผลิตก๊าซที่วัดได้มากกว่าร้อยละ60

8. ตัวแปร

ตัวแปรต้น : อัตราส่วนวัตถุดิบ
ตัวแปรตาม:ปริมาณมีเทนที่เกิดขึ้น
ตัวแปรควบคุม : อุณหภูมิ ระยะเวลา

9. ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

9.1 ทราบสภาวะที่เหมาะสมในการหมักร่วมระหว่างใบยางพาราและผักตบชวาในสภาวะไร้อากาศที่จะทำให้เกิดประสิทธิภาพสูงในการผลิตก๊าซชีวภาพ

9.2 สามารถนำใบยางพาราซึ่งเป็นวัสดุเหลือทิ้งทางการเกษตรและผักตบชวามาใช้ให้เกิดประโยชน์ในการผลิตพลังงานทดแทน

10. ขอบเขตของงานวิจัย

10.1 ดำเนินการวิจัยโดยใช้วัตถุดิบ ได้แก่ ใบยางพาราและผักตบชวา ซึ่งมีการเตรียมวัตถุดิบโดยการนำใบยางพาราและ ผักตบชวาไปบดและนำมาหาขนาดด้วยตะแกรงร่อน อยู่ในช่วงMesh No.4-7

10.2 วิธีการหมัก ใช้วิธีการหมักแบบแบทช์โดยกำหนดระยะเวลาในการหมัก

10.3 การวิเคราะห์Parameterในระหว่างการหมัก ได้แก่ พีเอช ,ปริมาณของแข็งทั้งหมด (TS) ,ไนโตรเจนทั้งหมด (TKN) เป็นต้น

10.4 การวิเคราะห์ปริมาณก๊าซชีวภาพที่เกิดขึ้นโดยเครื่องGas Chromatography (GC)

11. นิยามศัพท์เฉพาะ

ปริมาณสารอินทรีย์เข้าสู่ระบบ หมายถึง ปริมาณวัตถุดิบ ได้แก่ ใบยางพารา ผักตบชวา ที่เราเติมใส่ถังหมักในแต่ละครั้ง

ก๊าซชีวภาพ (Biogas) หมายถึง ก๊าซที่เกิดจากการนำมูลสัตว์หรืออินทรีย์สารชนิดต่างๆ ไปหมักในสภาวะไร้ออกซิเจน (Anaerobic Digestion) โดยมีกลุ่มแบคทีเรียที่เรียกว่า แบคทีเรียไร้ออกซิเจน (Anaerobic Bacteria) จะทำการย่อยอินทรีย์สารและจะผลิตก๊าซชีวภาพออกมาองค์ประกอบหลักของก๊าซชีวภาพ ได้แก่ ก๊าซมีเทน (CH_4) ก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ (CO_2) ก๊าซอื่นๆ เช่น ไฮโดรเจนซัลไฟด์ (H_2S) และไนโตรเจน (N_2)

12. ตรวจเอกสาร

ความรู้เกี่ยวกับองค์ประกอบและการใช้ประโยชน์ก๊าซชีวภาพ

ก๊าซชีวภาพ คือ ก๊าซที่เกิดจากการย่อยสลายสารอินทรีย์โดยแบคทีเรียชนิดไม่ใช้ออกซิเจนในสภาวะไร้อากาศ องค์ประกอบหลักของก๊าซชีวภาพตามตารางที่1ได้แก่ ก๊าซมีเทน (CH_4) ก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ (CO_2) ก๊าซอื่นๆ เช่น ไฮโดรเจนซัลไฟด์ (H_2S) และไนโตรเจน (N_2) เป็นต้น ซึ่งสัดส่วนของก๊าซแต่ละชนิดขึ้นอยู่กับปัจจัยด้านสิ่งแวดล้อมต่างๆในขณะเดินระบบการผลิตก๊าซชีวภาพ ได้แก่ อุณหภูมิ องค์ประกอบของน้ำเสีย pH ความเป็นด่าง(alkalinity) ระยะเวลาการกักเก็บ(HRT) ระยะเวลากักเก็บตะกอน(SRT) สารพิษ สารอาหาร(Nutrient and Trace Element)ซึ่งมีผลประสิทธิภาพการทำงานของเชื้อแบคทีเรียแต่ละกลุ่มซึ่งจะมีหน้าที่ในแต่ละขั้นตอนของการย่อยสลายสารอินทรีย์และขั้นตอนการผลิตก๊าซชีวภาพที่แตกต่างกันไป โดยจะขึ้นกับชนิดของสารอินทรีย์เริ่มต้น

ตารางที่ 1องค์ประกอบของก๊าซชีวภาพ

ก๊าซ	โดยปริมาตร (%)
มีเทน	50-6o
คาร์บอนไดออกไซด์	25-35
ไนโตรเจน	2-7
ไฮโดรเจน	1-5
ไฮโดรเจนซัลไฟด์	เล็กน้อย
คาร์บอนมอนอกไซด์	เล็กน้อย
ก๊าซอื่นๆ	เล็กน้อย

ที่มา: กรมพัฒนาพลังงานทดแทนและอนุรักษ์พลังงาน

เนื่องจากก๊าซชีวภาพมีคุณสมบัติเป็นเชื้อเพลิงที่สามารถทดแทนจากแหล่งอื่นได้ เช่น ฟืน ถ่าน น้ำมัน ก๊าซหุงต้ม เป็นต้น ก๊าซชีวภาพมีคุณสมบัติเฉพาะตัวคือจุดติดไฟได้ดี ตามตารางที่2แสดง

ลักษณะทางกายภาพและทางเคมีของก๊าซมีเทนซึ่งเป็นข้อมูลพื้นฐานในการวิเคราะห์ปฏิกิริยาที่เกี่ยวข้องกับก๊าซมีเทนได้

ตารางที่ 2ลักษณะทางกายภาพและทางเคมีของก๊าซมีเทน

สารเคมี	CH_4
น้ำหนักโมเลกุล	16.042
จุดเดือดที่ 14.696 psia(760 mm)	-161.49°C
จุดเยือกแข็งที่ 14.696 psia(760 mm)	-182.48°C
ความดันวิกฤต	47.636 Kg/m^3
อุณหภูมิวิกฤต	-82.5°C
ความถ่วงจำเพาะ : ของเหลว °C : -164 °C	0.415
ความถ่วงจำเพาะ : ก๊าซ °C :25°C และ 770°C	0.000658
ปริมาตรจำเพาะ °C : 15.5 °C และ 760 °C	1.47 L/g
ค่าความร้อน °C : 15.5 °C และ 760 °C	38,130 KJ/m^3
ความต้องการใช้อากาศสำหรับการเผาไหม้	0.27 m^3
ความสามารถในการติดไฟ	5-15% โดยปริมาตร
อัตราออกเทน	130
อุณหภูมิการเผาไหม้	650°C
สมการการเผาไหม้	$CH_4+2O_2 \longrightarrow CO_2+2H_2O$
อัตราส่วน O_2/CH_4ในการเผาไหม้ที่สมบูรณ์	3.98 โดยน้ำหนัก
อัตราส่วน O_2/CH_4ในการเผาไหม้ที่สมบูรณ์	2.00 โดยน้ำหนัก
อัตราส่วน O_2/CH_4ในการเผาไหม้ที่สมบูรณ์	2.74 โดยน้ำหนัก
อัตราส่วน O_2/CH_4ในการเผาไหม้ที่สมบูรณ์	1.00 โดยน้ำหนัก

การย่อยสลายสารอินทรีย์ ระบบไร้อากาศ

กระบวนการผลิตก๊าซชีวภาพเป็นปฏิกิริยาที่เกิดขึ้นในสภาวะไร้อากาศเกิดจากการหมักสารอินทรีย์ โดยที่สารอินทรีย์ ได้แก่ คาร์โบไฮเดรต ไขมัน และโปรตีน จะถูกย่อยสลายโดนแบคทีเรียหลายชนิดเพื่อเปลี่ยนสารอินทรีย์ไปเป็นผลิตภัณฑ์สุดท้าย คือ ก๊าซมีเทนและก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ ซึ่งก๊าซทั้งสองชนิดเป็นองค์ประกอบหลักของก๊าซชีวภาพ กระบวนการทางชีวิทยาสำหับการย่อยสลายสารอินทรีย์ภายใต้สภาวะไร้อากาศในการเปลี่ยนรูปสารอินทรีย์ไปเป็นก๊าซชีวภาพ แสดงได้ดังสมการ สารอินทรีย์ในวัสดุหมักในการย่อยสลายจากโมเลกุลใหญ่ให้เป็นสารที่มีโมเลกุลเล็กลงเรื่อย ๆ และมีสมการคงตัวมากขึ้น

$$\text{Organic matter} \longrightarrow CH_4+CO_2+H_2+NH_3+H_2S$$

ปฏิกิริยาชีวเคมีของกระบวนการย่อยสลายสารอินทรีย์โดยแบคทีเรียสามารถแบ่งได้4 ขั้นตอน (John Wiley and Sons, 1994) คือ การไฮโดรไลซีส(Hydrolysis)การอะซิโดเจเนซิส (Acidogenesis) การอะซิโตเจเนซีส (Acetogenesis) และการสร้างมีเทน (Methanogenesis)

กระบวนการหมักย่อยในสภาวะไร้อากาศแบ่งเป็น 4 ขั้นดังนี้

1. ไฮโดรลิซิส(Hydrolysis):สารอินทรีย์(เศษพืชผักเนื้อสัตว์) มีองค์ประกอบสำคัญคือ คาร์โบไฮเดรตไขมันและโปรตีนแบคทีเรียจะปล่อยเอ็นไซม์เอกซ์ตราเซลลูลาร์ (extra cellular enzyme) มาช่วยละลายโครงสร้างโมเลกุลอันซับซ้อนให้แตกลงเป็นโมเลกุลเชิงเดี่ยว (monomer) เช่นการย่อยสลายแป้งเป็นน้ำตาลกลูโคสการย่อยสลายไขมันเป็นกรดไขมันและการย่อยโปรตีนเป็นกรดอะมิโน

2. แอซิดิฟิเคชั่นหรือแอซิโดเจเนซิส(Acidification/Acidogenesis):การย่อยสลายสารอินทรีย์เชิงเดี่ยว (monomer)เป็นกรดระเหยง่าย (volatile fatty acid) กรดคาร์บอน แอลกอฮอลล์คาร์บอนไดออกไซด์แอมโมเนียและไฮโดรเจน

3. อะซิโตเจเนซิส (Acetogenesis) เปลี่ยนกรดระเหยง่ายเป็นกรดอะซิติกหรือเกลืออะซิเทต ซึ่งเป็นสารตั้งต้นหลักในการผลิตมีเทน

4. เมทาไนเซชั่นหรือเมทาโนเจเนซิส(Methanization/Methanogenesis):กรดอะซิติกและอื่นๆจากขั้น 2 รวมถึงคาร์บอนไดออกไซด์และไฮโดรเจนบางส่วนจะเข้าสู่กระบวนการเปลี่ยนเป็นมีเทนโดยเมทาโนเจน (methanogen)

เทคโนโลยีการหมัก

การหมักร่วม (Co-Digestion) เป็นกระบวนการหมักร่วมกันระหว่างสองวัตถุดิบหรือมากกว่า กระบวนการหมักแบบไร้อากาศในอดีตจะใช้วัตถุดิบเพียงชนิดเดี่ยวในการหมัก ทำให้ได้ผลของมีเทนน้อย ในปัจจุบันได้มีการนำวัตถุดิบหลายชนิดมาหมักร่วมกัน หลักเกณฑ์พื้นฐานสำหรับการเลือกวัตถุดิบนั้นจะต้องประกอบไปด้วยวัตถุดิบหลักและวัตถุดิบรอง วัตถุดิบหลักส่วนใหญ่เป็นพวกมูลสัตว์และกากตะกอน (Manure, Sewage Sludge) และวัตถุดิบรอง เป็นพวกที่มีเส้นใยในปริมาณสูง เนื่องจากเส้นใยจะมีสารประกอบพวกเซลลูโลส ในปริมาณที่มากส่งผลให้การเกิดก๊าซมีเทนเพิ่มขึ้น โดยการหมักร่วมช่วยให้เกิดความสมดุลระหว่างค่าอัตราส่วนคาร์บอนต่อไนโตรเจน (C/N Ratio) และช่วยเพิ่มค่า C/N Ratio ให้สูงขึ้นกว่าการหมักด้วยวัตถุดิบเพียงชนิดเดียว โดยค่า C/N Ratio มีส่วนช่วยให้ยับยั้งการเปลี่ยนไนโตรเจนส่วนเกินไปเป็นแอมโมเนียอันเป็นตัวยับยั้งการเกิดก๊าซชีวภาพ โดยทั่วไปค่า C/N Ratio ที่เหมาะสมสำหรับการผลิตก๊าซชีวภาพในกระบวนการหมักแบบไร้อากาศอยู่ช่วง8-23การหมักร่วมนอกจากช่วยเพิ่มผลได้ของมีเทนในก๊าซชีวภาพ ยังมีข้อดีและข้อจำกัดบางประการแสดงดังตารางที่3

ตารางที่ 3ข้อดีและข้อจำกัดของการหมักร่วมสำหรับการผลิตก๊าซชีวภาพ

ข้อดี	ข้อจำกัด
■ ช่วยปรับปรุงความสมดุลของสารอาหารในการหมัก ■ ช่วยให้วัตถุดิบเกิดความเข้ากัน ■ ช่วยเพิ่มปริมาณก๊าซชีวภาพ ■ ช่วยลดค่าใช้จ่ายในการบำบัดของเสีย ■ ช่วยเพิ่มปริมาณปุ๋ยที่ได้ ■ เป็นการนำชีวมวลมาใช้ให้เกิดประโยชน์	■ เป็นการเพิ่มค่า COD ที่ปล่อยออกมา ■ เป็นการเพิ่มกระบวนการผลิต ■ ขึ้นอยู่กับพื้นที่และปริมาณของชีวมวลที่ใช้ ■ ขึ้นอยู่กับราคาชีวมวล

ประสิทธิภาพของระบบผลิตก๊าซชีวภาพ

สำหรับระบบการย่อยสลายสารอินทรีย์ภายใต้สภาวะไร้อากาศ ประกอบด้วยการทำงานของแบคทีเรีย 2 กลุ่ม หลักๆที่เกี่ยวข้องกัน ได้แก่ แบคทีเรียพวกที่ไม่สร้างก๊าซมีเทน(Non Methanogenic Bacteria) และแบคทีเรียพวกที่สร้างก๊าซมีเทน(Methanogenic Bacteria) ซึ่งหากมีการเปลี่ยนแปลงเกิดขึ้นในกลุ่มใด ย่อมส่งผลกระทบต่อประสิทธิภาพการทำงานทั้งระบบ ดังนั้น สภาวะแวดล้อมที่เหมาะสมจึงส่งผลต่อการทำงานแบคทีเรีย ซึ่งเป็นดรรชนีที่บ่งชี้ให้เห็นถึงประสิทธิภาพโดยรวมของระบบผลิตก๊าซชีวภาพ คือ ปริมาณก๊าซที่เกิดขึ้นเมื่อเทียบกับปริมาตรของถัง ดังนั้น ระบบที่มีประสิทธิภาพสูงจะผลิตก๊าซได้มากกว่าระบบที่มีประสิทธิภาพที่มีประสิทธิภาพต่ำสำหรับถังหมักขนาดเท่ากัน หรืออีกนัยหนึ่งถ้าสามารถเพิ่มประสิทธิภาพของระบบให้สูงขึ้นได้ สามารถลดขนาดถังลงได้ ซึ่งจะช่วยลดต้นทุนการผลิตลงได้ ประสิทธิภาพของระบบผลิตก๊าซชีวภาพจะขึ้นอยู่กับองค์ประกอบ 2 ประการด้วยกัน คือ องค์ประกอบทางด้านสิ่งแวดล้อม(Environmental Parameter) และองค์ประกอบทางด้านการทำงานของถังหมัก (Operational Parameter) ดังตาราง

1. องค์ประกอบทางด้านสิ่งแวดล้อม(Environmental Parameter)

การย่อยสลายสารอินทรีย์และการผลิตก๊าซมีปัจจัยต่างๆเกี่ยวข้องดังต่อไปนี้

1.1 อุณหภูมิในการเดินระบบ (operating temperature)เมทาโนเจนไม่สามารถทนต่ออุณหภูมิที่ต่ำมากหรือสูงมากได้ถ้าหากอุณหภูมิลดลงต่ำกว่า10 °Cแบคทีเรียจะหยุดทำงาน

1.1.1อุณหภูมิในการเดินระบบแบ่งเป็นสองระดับตามสปีชีส์ของเมทาโนเจนได้แก่ เมโซฟิลิก(Mesophilic)และเทอร์โมฟิลิก(Thermophilic)

1.1.2อุณหภูมิที่เหมาะที่เมโซฟิลิกทำงานได้ดีคือประมาณ 20 °C – 45 °C แต่ที่เหมาะสมที่สุดคือช่วง 37 °C – 41 °C โดยในช่วงอุณหภูมิระดับนี้แบคทีเรียส่วนใหญ่ในถังหมักจะเป็นเมโซฟิลิก

1.1.3เทอร์โมฟิลิกท้างานได้ดีในช่วงอุณหภูมิที่สูงกว่าโดยอุณหภูมิที่เหมาะสมที่สุดคือประมาณ 50 °C – 52 °C แต่ก็สามารถท้างานในอุณหภูมิที่สูงขึ้นไปถึง 70 °C

แบคทีเรียเมโซฟิลิกนั้นมีจำนวนสปีชีส์มากกว่าเทอร์โมฟิลิกนอกจากนี้ยังสามารถทนต่อการเปลี่ยนแปลงของสภาพแวดล้อมได้ดีกว่าเทอร์โมฟิลิกอีกด้วยทำให้ระบบหมักแก๊สชีวภาพที่ใช้เมโซฟิลิกเสถียรกว่าแต่ขณะเดียวกันอุณหภูมิซึ่งสูงกว่าในระบบที่ใช้เทอร์โมฟิลิกก็เป็นการช่วยเร่งปฏิกิริยาส่งผลให้อัตราการผลิตแก๊สสูงกว่าข้อเสียอีกข้อของระบบเทอร์โมฟิลิกคือการที่ต้องใช้พลังงานจากภายนอกมาเพิ่มความร้อนให้ระบบทำให้อาจได้พลังงานสุทธิที่ต่ำกว่า

1.2 ความเป็นกรด-ด่าง (pH Value) ค่าpH ที่เหมาะสมที่สุดในการผลิตแก๊สชีวภาพคือระหว่าง 7.0 – 7.2 ค่าpHในถังหมักขึ้นอยู่กับช่วงของการหมักด้วยเพราะในช่วงแรกแบคทีเรียที่สร้างกรดจะสร้างกรดเป็นจำนวนมากและทำให้ค่าpHลดลงซึ่งถ้าหากpHลดลงต่ำกว่า5ก็จะหยุดกระบวนการย่อยและหมักทั้งหมดหรืออีกนัยหนึ่งก็คือแบคทีเรียตาย Methanogen นั้นอ่อนไหวต่อความเป็นกรดด่างมากและจะไม่เจริญเติบโตหากpH ต่ำกว่า6.5 ในช่วงท้ายของกระบวนการความเข้มข้นของ NH_4จะมากขึ้นตามการย่อยสลายไนโตรเจนที่เพิ่มขึ้นซึ่งจะส่งผลให้ค่าpHเพิ่มโดยอาจเกิน 8 จนกระทั่งระบบผลิตเริ่มมีความเสถียร pH จะอยู่ระหว่าง 6.8 – 8

1.3 อัตราส่วนคาร์บอนต่อไนโตรเจน(C/N Ratio) อัตราส่วนของคาร์บอนต่อไนโตรเจนของขยะอินทรีย์ที่สามารถใช้ผลิตแก๊สชีวภาพคือตั้งแต่ 8–30 แต่อัตราส่วนที่เหมาะสมที่สุดสำหรับการผลิตแก๊สชีวภาพคือประมาณ 23 ถ้าอัตราส่วนคาร์บอนต่อไนโตรเจนสูงมากไนโตรเจนจะถูกMethanogenนำไปใช้เพื่อเสริมโปรตีนให้ตัวเองและจะหมดอย่างรวดเร็วส่งผลให้ได้แก๊สน้อยแต่ถ้าหากC/N Ratio ต่ำมากๆก็จะทำให้ไนโตรเจนมีมากและไปเกาะกันเป็นแอมโมเนียแอมโมเนียจะไปเพิ่มค่าpHซึ่งถ้าหากค่าpHสูงถึง8.5ก็จะเริ่มเป็นพิษกับแบคทีเรียทำให้จำนวนMethanogenลดลงนอกจากนี้หากC/N ratio อยู่นอกเหนือจากช่วง 8-30 จะทำให้มีสัดส่วนปริมาณแก๊สที่ได้เป็นแก๊สอื่นๆเช่นคาร์บอนไดออกไซด์สูงขึ้นมูลสัตว์โดยเฉพาะวัวควายมีอัตราส่วนคาร์บอนต่อไนโตรเจนที่เหมาะสมที่สุดรองลงมาก็ได้แก่พวกดอกจอกผักตบและเศษอาหารขณะที่ฟางมีอัตราส่วนคาร์บอนต่อไนโตรเจนที่ค่อนข้างจะสูงอย่างไรก็ตามสามารถนำวัตถุดิบที่มีอัตราส่วนคาร์บอนต่อไนโตรเจนสูงมาผสมกับวัตถุดิบที่มีอัตราส่วนคาร์บอนต่อไนโตรเจนต่ำได้เพื่อให้ได้วัตถุดิบที่มีอัตราส่วนคาร์บอนต่อไนโตรเจนที่ต้องการ

1.4 ปริมาณสารอินทรีย์เข้าสู่ระบบ(Loading)ปริมาณสารอินทรีย์เข้าสู่ระบบคือปริมาณสารอินทรีย์ที่เราเติมใส่ถังหมักในแต่ละวันซึ่งถ้าหากว่าปริมาณที่เราเติมนั้นมากเกินไปก็จะส่งผลให้ค่า pH ลดลงมากเกินไปเนื่องจากในช่วงแรกของกระบวนการคือacidogenesisกรดจะถูกผลิตขึ้นมากจนทำให้ระบบล้มเหลวเนื่องจาก methanogen ตายหมดซึ่งหากสิ่งนี้เกิดขึ้นจริงก็จะต้องเริ่มต้นระบบใหม่หมดแต่ถ้าหากปริมาณสารอินทรีย์เข้าสู่ระบบน้อยแก๊สที่ผลิตได้ก็จะน้อยตามไปด้วยเท่ากับว่าไม่ได้เดินระบบเต็มตามกำลังการผลิตทำให้ถังหมักมีขนาดใหญ่เกินไปโดยไม่จำเป็น

1.5 ระยะเวลาการกักเก็บสารอินทรีย์ในถังหมัก (Retention time) ระยะเวลาในการกักเก็บสารอินทรีย์ในถังหมักขึ้นอยู่กับปริมาณและประเภทของสารอินทรีย์ที่เติมเข้าไปซึ่งมีลักษณะและคุณสมบัติที่แตกต่างกันไปรวมถึงรูปแบบของระบบ/ถังหมักหากระยะเวลาในการกักเก็บสั้นไปก็จะไม่พอสำหรับแบคทีเรียที่จะผลิตแก๊สชีวภาพนอกจากนี้แบคทีเรียยังจะถูกถ่ายออกจากระบบเร็วเกินไปส่งผลให้จำนวนแบคทีเรียลดลงไปทำให้แบคทีเรียที่เหลืออยู่ทำการย่อยไม่ทันและอาจทำให้ค่าpHในถังหมักลดลงขึ้นขณะเดียวกันการที่ระยะเวลากักเก็บนานเกินไปจะทำให้เกิดตะกอนของสารอินทรีย์ที่

แบคทีเรียย่อยสลายแล้วสะสมอยู่ทำให้ถังหมักมีขนาดใหญ่โดยไม่จำเป็นระยะเวลาในการกักเก็บส่วนใหญ่จะประมาณ 14-60 วันขึ้นอยู่กับปัจจัยต่างๆคือค่าTSC อุณหภูมิขนาดและประเภทของ digester และปริมาณสารอินทรีย์ที่เติมระยะเวลาในการกักเก็บนั้นเป็นตัวบ่งชี้ว่าแบคทีเรียจะมีชีวิตได้นานเท่าไหร่โดยไม่มีการเติมอาหารเนื่องจากระยะเวลาการกักเก็บนั้นหมายถึงระยะเวลาที่แบคทีเรียต้องการเพื่อย่อยอาหารให้หมดดังนั้นเมื่อไหร่ก็ตามที่แบคทีเรียยังย่อยอาหารไม่หมดก็หมายความว่าแบคทีเรียจะยังไม่ตายจากการขาดอาหาร

1.6 ปริมาณของแข็ง (Total Solid Content, TSC)

Solid content ของสารอินทรีย์ในการผลิตแก๊สชีวภาพแบ่งเป็นสองระดับคือ

High-solid (ปริมาณของแข็งสูง) TSC สูงกว่า ~ 20%

Low-solid (ปริมาณของแข็งต่ำ) TSC ต่ำกว่า ~ 15%

ถังหมักที่ออกแบบสำหรับเติมสารอินทรีย์ high solid จะต้องใช้พลังงานมากกว่าในการสูบน้ำตะกอน (slurry) แต่เนื่องจากในระบบ high solid ความเข้มข้นของน้ำในถังหมักสูงกว่าพื้นที่ที่ใช้ก็จะน้อยกว่าในทางกลับกันถังหมัก Low solid สามารถใช้เครื่องสูบน้ำทั่วไปที่ใช้พลังงานน้อยกว่าสูบน้ำตะกอนแต่ก็ต้องใช้พื้นที่มากกว่าเนื่องจากปริมาตรต่อสารอินทรีย์ที่เติมเข้าไปสูงขึ้นกระนั้นก็ดีการที่น้ำตะกอนมีความใสกว่าก็ทำให้การหมุนเวียนและกระจายตัวของของแบคทีเรียและสารอินทรีย์ดีขึ้นและการที่แบคทีเรียสามารถสัมผัสสารอินทรีย์อย่างทั่วถึงก็ช่วยให้การย่อยและการผลิตแก๊สเร็วขึ้น

1.7 การคลุกเคล้า (Mixing) การคลุกเคล้าตะกอนน้ำและสารอินทรีย์เป็นส่วนที่สำคัญอีกส่วนเพราะจะทำให้แบคทีเรียสัมผัสกับสารอินทรีย์ได้อย่างทั่วถึงทำให้แบคทีเรียทำงานได้อย่างมีประสิทธิภาพมากขึ้นส่งผลให้การเกิดก๊าซเร็วขึ้นและมากขึ้นนอกจากนี้ยังป้องกันการตกตะกอนและตะกอนลอย(Scum) ซึ่งตะกอนอาจจะไปอุดช่องทางสำหรับระบายของเหลวจากถัง

1.8 สารอาหาร(nutrient)แบคทีเรียที่ย่อยสลายสารอินทรีย์ในสภาวะไร้อากาศต้องการสลายสารอาหารในการเจริญเติบโตหลายชนิด ได้แก่ คาร์บอน (C) ซึ่งมีส่วนสำคัญสังเคราะห์พลังงาน ไนโตรเจน (N)สารอาหารสำหรับวิเคราะห์โปรตีน ฟอสฟอรัส (P) เป็นสารอาหารที่มีส่วนสำคัญสำหรับการวิเคราะห์ ซัลเฟอร์ (S) และสารอาหารรอง(Micronutrient หรือ Trace)ที่มีความจำเป็นต่อการเจริญเติบโตของแบคทีเรียนกลุ่ม Methanogenicได้แก่ แคลเซียม (Ca) แมสกานีส(Mg)สังกะสี (Zn) โคบอลท์ (Co) ทองแดง(Cu) และนิเกิล(Ni)ดังนั้นการควบคุมสภาวะให้เหมาะสมจึงต้องใส่อาหารเสริมให้เพียงพอต่อความต้องการเพราะของเสียที่เข้าสู่ระบบนั้น มีคุณสมบัติแตกต่างกันออกไป โดยทั่วไปของเสียเป็นมูลที่เกิดจากฟาร์มเลี้ยงสัตว์ และจากชุมชนจะมีธาตุอาหารเหล่านี้สมดุล และเพียงพออยู่แล้ว จึงไม่จำเป็นต้องเติมสารอาหารใด ๆ ลงไปในระบบเพื่อหมักก๊าซชีวภาพ

1.9 สารยับยั้งและสารพิษ (inhibiting and Toxic Materials) สารบางอย่างหากมีปริมาณมากเกินไปในระบบจะส่งผลต่อการทำงานและการดำรงชีวิตของแบคทีเรีย ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับความเข้มข้นของสารชนิดต่าง ๆ ที่ปรากฏอยู่ในระบบด้วย สารเหล่านี้มีทั้งสารอินทรีย์และอนินทรีย์ แต่ในบางกรณีสารเหล่านั้นก็อาจกระตุ้นการทำงานของแบคทีเรียให้มีประสิทธิภาพมากขึ้นหากมีความเข้มข้นหรือปริมาณที่พอเหมาะ ในระบบการหมักแบบไร้อากาศซึ่งระดับความเป็นพิษจะขึ้นอยู่กับชนิดปริมาณของสารพิษ

1.10 อัลคาลินิตี้ (Alkalinity)ค่าอัลคาลินิตี้หมายถึงความสามารถในการรักษาระดับความเป็นกรด-ด่างค่าอัลคาลินิตี้ที่เหมาะสมต่อการหมักมีค่าประมาณ 1,000 - 5,000 มิลลิกรัม/ลิตรในรูปของแคลเซียมคาร์บอร์เนต (CaCO3)

2 .องค์ประกอบทางด้านการทำงานของถังหมัก(Operational Parameter)

2.1 วัตถุดิบ

สารอินทรีย์ทุกชนิด เช่นมูลสัตว์ต่างๆ เศษพืชผักผลไม้ต่างๆ ฯลฯสามารถนำมาผลิตก๊าซชีวภาพได้ อย่างไรความยากง่ายในการหมักหรือปริมาณก๊าซที่เกิดขึ้นต่อหน่วยน้ำหนักของสารอินทรีย์จะขึ้นอยู่กับความยากง่ายในการสลายตัวของสารอินทรีย์เช่นมูลสุกรมีสารอินทรีย์พวกแป้งและโปรตีนจึงสามารถย่อยสลายได้ง่าย เป็นต้น

2.2 สถานะทางกายภาพของอินทรีย์สาร

การย่อยสลายอินทรีย์ในสภาวะไร้อากาศนี้ หากสามารถเปลี่ยนสารอินทรีย์ให้อยู่ในสถานะที่แบคทีเรียสามารถย่อยสลายได้ง่ายที่สุดจะทำให้ประสิทธิภาพของถังหมักเพิ่มขึ้น การเปลี่ยนสถานภาพทางกายภาพของสารอินทรีย์ อาจจะทำได้แล้วแต่กรณี เช่น การนำวัตถุดิบมาผ่านการลดขนาดโดยการบดหรือกรณีใช้มูลสัตว์อาจนำมาเจือจางด้วยน้ำให้ปริมาณความเข้มข้นของมูลสัตว์น้อยลงแล้วกรองเอากากตะกอนส่วนที่ไม่ละลายน้ำทิ้งไป เหลือแต่ส่วนที่ละลายน้ำเติมลงในบ่อหมักซึ่งนอกจากจะทำให้ประสิทธิภาพเพิ่มขึ้นแล้ว ยังช่วยลดการตกตะกอนของกากมูลในบ่อหมักและการอุดตันตามเส้นท่อต่างๆอีกด้วย

2.3 อัตราการป้อนสารอินทรีย์(Organic Loading Rate ,OLR)

เป็นปัจจัยที่มีความสำคัญที่ใช้ในการกำหนดความสามารถในการย่อยสลายสารอินทรีย์ภายใต้สภาวะไร้อากาศ การปรับอัตราการป้อนสารอินทรีย์ให้มีค่าแตกต่างกันทำได้โดยเปลี่ยนอัตราการไหลของของเสีย(FlowRate) ที่ไหลผ่านถังหมัก หรือเปลี่ยนค่าความเข้มข้นของของแข็งหรือความเข้มข้นของสารอินทรีย์ที่ใส่เข้าไป ซึ่งการเปลี่ยนอัตราการป้อนสารอินทรีย์จะมีผลต่อระยะเวลากักเก็บด้วยถ้าเวลากักพักนานเกินไปจะทำให้การก่อสร้างระบบมีค่าใช้จ่ายสูงเนื่องจากจะต้องใช้ถังหมักขนาดใหญ่และระบบอาจเกิดการล้มเหลวเนื่องจากระบบมีปริมาณกรดอินทรีย์ระเหยง่ายสูงขึ้น ทำให้ pH ซึ่งมีผลต่อการทำงาน การดำรงชีพของแบคทีเรียสร้างมีเทนในที่สุด ในทางตรงกันข้ามหากใช้เวลากักเก็บสั้นเกินไป ความเร็วในการไหลของน้ำจะสูงแบคทีเรียเกิดการหลุดออกจากระบบ ซึ่งทำให้ประสิทธิภาพของระบบลดลงไม่เป็นไปตามที่ออกแบบไว้ ค่าอัตราการป้อนสารอินทรีย์ที่เหมาะสมของระบบการย่อยสลายสารอินทรีย์แบบไร้อากาศ อยู่ในช่วงประมาณ 1-15 kg VS/m^3.d แต่ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับชนิดของระบบและอัตราการย่อยสลายของแบคทีเรียในระบบ

2.4 ระยะเวลากักเก็บ(Hydraulic Retention Time,HRT)

ระยะเวลากักเก็บเป็นอีกหนึ่งปัจจัยที่สำคัญอย่างหนึ่งในการควบคุมประสิทธิภาพของกระบวนการหมักก๊าซชีวภาพ เป็นระยะเวลาทั้งหมดที่สารอินทรีย์อยู่ในระบบอัตราการย่อยสลายในกระบวนการหมักแบบไร้อากาศจะเพิ่มขึ้นตามระยะเวลากักเก็บอินทรีย์สารจนถึงค่าสูงสุดค่าหนึ่งต่อจากนั้นก็จะลดลงจนกระทั่งถึงขั้นหนึ่งที่แบคทีเรียถูกล้างออกจากระบบในอัตราที่เร็วกว่าแบคทีเรียจะเพิ่มจำนวนขึ้นซึ่งเป็นสาเหตุที่ทำให้ระบบล้มเหลวได้ สามารถแก้ไขการที่แบคทีเรียถูกล้างออกจากระบบได้โดยการเพิ่มระยะเวลากักเก็บให้นานขึ้น ระยะเวลากักเก็บที่เหมาะสมส่งผลให้แบคทีเรียมี

ปริมาณเพียงพอ นอกจากนี้ระยะเวลากักเก็บจะเป็นปัจจัยหลักในการออกแบบระบบการหมัก กล่าวคือ ระยะเวลากักเก็บเป็นเวลาที่ของเสียอยู่ในถังหมักสามารถหาได้โดยการหารปริมาตรถังหมักด้วยปริมาตรของเสียที่เติมลงไปในถังหมักต่อหน่วยเวลานาน

วิธีทำงานของระบบย่อยสลายในสภาวะไร้อากาศ

การป้อนสารอินทรีย์เข้าสู่ระบบหมักหรือถังปฏิกิริยาจำแนกตามลักษณะการป้อนซึ่งจะใช้วิธีการทำงานระบบแบบแบทช์เป็นลักษณะการป้อนสารอินทรีย์เข้าสู่ระบบหมักหรือถังปฏิกิริยาในลักษณะครั้งเดียว

ข้อดีของระบบย่อยสลายสารอินทรีย์ในสภาวะไร้อากาศ

การย่อยสลายสารอินทรีย์ไปเป็นก๊าซชีวภาพภายใต้สภาวะไร้อากาศ มีข้อดีหลายประการดังต่อไปนี้

1 ระบบสารอินทรีย์แบบไร้อากาศนี้ไม่ต้องการออกซิเจนเลยซึ่งต่างจากระบบบำบัดแบบมีออกซิเจน ทำให้สามารถประหยัดค่าใช้จ่ายในการให้อากาศกับระบบ

2 สามารถทำงานได้ดีหลังจากที่มีการหยุดงานไปชั่วเวลาหนึ่ง โดยไม่ต้องมีการเริ่มเลี้ยงแบคทีเรียใหม่

3 ได้ก๊าซมีเทนมาเป็นแหล่งพลังงาน

4 สามารถใช้เป็นทางเลือกหนึ่งในการแก้ปัญหาการกำจัดของเสีย

5 สามารถปรากฏการณ์เรือนกระจกจากก๊าซที่มีผลกระทบต่อขั้นบรรยากาศโดยการเปลี่ยนแปลงให้เป็นพลังงานนำมาใช้

ยางพารา para rubber

ลักษณะทางพฤกษศาสตร์

วงศ์ (Family): Euphorbiacea

จีนัส (Genus): Hevea

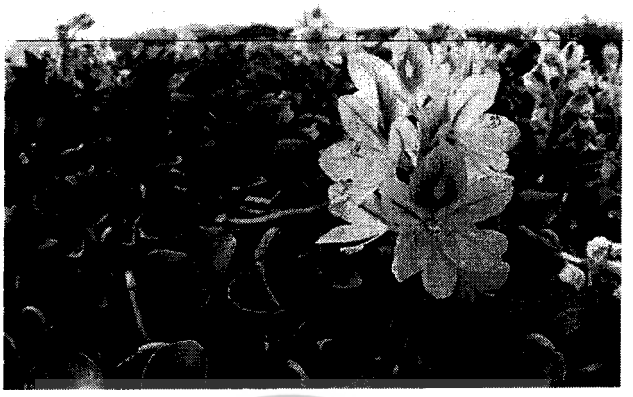
สปีชีส์ (Species): brasiliensis

ชื่อสามัญ (Common name): para rubber

ชื่อวิทยาศาสตร์ (Scientific name): *Heveabrasiliensis Mull-Arg.*

ยางพาราเป็นไม้ต้นในวงศ์เดียวกับมันสำปะหลัง ละหุ่ง โกสน เปล้าน้อย โป๊ยเซียน และชวนชม มีท่อน้ำยางในเปลือกไม้ ชาวสวนยางจะกรีดเปลือกเป็นรอยเฉียงให้น้ำยางไหลลงในภาชนะที่รองรับ จากนั้นจึงเก็บน้ำยางมาแล้วเติมกรดน้ำส้ม (น้ำส้มสายชู) หรือกรดฟอร์มิก (formic acid) เพื่อให้น้ำยางจับตัว จากนั้นจึงเทลงพิมพ์ให้เป็นยางแผ่นเพื่อจำหน่าย ยางพารามีประโยชน์หลากหลาย ตั้งแต่ใช้ทำลูกบอลสำหรับเล่นกีฬา ยางรถยนต์ ยางรัดของ ยางลบ รองเท้า (ดูรองเท้าแตะฟองน้ำ) ฯลฯยางพาราก็กลายเป็นพืชเศรษฐกิจที่สำคัญของประเทศไทยและมีการผลิตเป็นอันดับหนึ่งของโลก ยางพาราประเภทยางดิบผลิตภัณฑ์ยางและไม้ยางพาราสามารถทารายได้การส่งออกเป็นอันดับสอง ของประเทศยางพาราจึงถือว่าเป็นพืชเศรษฐกิจที่สำคัญของประเทศไทยและมีการส่งออกยาง ธรรมชาติมาเป็นอันดับหนึ่งของโลกมาตั้งแต่ปีพ.ศ. 2534 ซึ่งในปี 2543 มีผลผลิตจากยางธรรมชาติ ประมาณ 2.4 ล้านตันมีมูลค่าทั้งสิ้นประมาณ 124,000 ล้านบาทและพื้นที่ที่มีการปลูกยางส่วนใหญ่จะ อยู่ในภาคใต้และภาคตะวันออกและกาลังจะมีการขยายการปลูกเพิ่มขึ้นไปยังภาคเหนือภาค ตะวันออกเฉียงเหนือและภาคตะวันตกพื้นที่ที่เหมาะแก่การปลูกยางทั่วประเทศมีทั้งหมด 55.1 ล้านไร่ แต่พื้นที่ปลูกจริงมีประมาณ 12.5 ล้านไร่เท่านั้น

ผักตบชวา



ลักษณะทางพฤกษศาสตร์

ชื่ออื่นๆ : บัวลอย ผักปง ผักตบ ผักปอด ผักป่อง สวะ ผักยะวา ผักอีโยก

ชื่อสามัญ : Water hyacinth,Floating water hyacinth

ชื่อวิทยาศาสตร์ : *Eichorniacrassipes (Mart.) Solms*

วงศ์: Pontederiaceae

ผักตบชวาเป็นพืชพื้นเมืองของทวีอเมริกาใต้เข้าใจว่ามีการกำเนิดอยู่ในประเทศ บราซิลแม้ว่าในปัจจุบันผักตบชวาจะเป็นที่รู้จักอย่างแพร่หลายทั่วโลกแต่เอกสารทางพฤกษศาสตร์ไม่ได้เคยมีบันทึกเรื่องผักตบชวาเลย จนกระทั่งถึงปีพ.ศ.2367 เมื่อนักพฤกษศาสตร์และนายแพทย์ชาวเยอรมันชื่อ Karl von Martiusได้ไปพบเข้าในขณะที่ทำการสำรวจพันธุ์พืชในบราซิลในประเทศต่างๆ ในทวีปอเมริกาใต้ ผักตบชวาไม่ได้ก่อให้เกิดปัญหาใดๆ ให้แก่วงการต่างๆเลย ทั้งนี้ก็เพราะว่าในถิ่นกำเนิดของมัน มีศัตรูธรรมชาติเช่น แมลง โรคและศัตรูอื่นๆ คอยควบคุมการระบาดอยู่แล้ว แต่เมื่อถูกนำไปจากถิ่นกำเนิดซึ่งปราศจากศัตรูธรรมชาติผักตบชวาจึงเจริญเติบโตออย่างรวดเร็วและถึงขั้นทำให้เกิดปัญหาต่างๆ ได้

ผักตบชวา สามารถอยู่ได้ทุกสภาพน้ำทั้งในน้ำสกปรกและน้ำสะอาด เจริญเติบโตได้ดีที่ pH 4-10 และอุณหภูมิของน้ำไม่สูงกว่า 34 $^{\circ}$Cและในต้นพืชจะมีน้ำเฉลี่ยประมาณร้อยละ 95 (ในใบร้อยละ 89 และในก้านใบร้อยละ 96.7) ผักตบชวาช่วยในการบำบัดน้ำเสียโดยอาศัยคุณสมบัติทำหน้าที่เป็นตัวกรอง ผักตบชวาที่ขึ้นอยู่อย่างหนาแน่นเปรียบได้กับการบรรจุวัสดุพรุน ซึ่งกรองน้ำที่ไหลผ่านกอผักตบชวาอย่างช้าๆจึงทำให้ของแข็งแขวนลอยต่างๆ ที่ปนอยู่ในน้ำถูกสกัดกั้น นอกจากนั้นระบบรากที่มีจำนวนมาก ช่วยกรองสารอินทรีย์ที่ละเอียด และจุลินทรีย์ที่อาศัยเกาะอยู่ที่รากช่วยดูดสารอินทรีย์ไว้ด้วยอีกทางหนึ่ง รากผักตบชวาจะดูดสารอาหารที่อยู่ในน้ำลำเลียงไปยังใบเพื่อสังเคราะห์แสง ไนโตรเจนและฟอสฟอรัสในน้ำเสียจึงถูกกำจัดไปอย่างไรก็ตามไนโตรเจนในน้ำเสียนั้น ส่วนมากจะอยู่ในรูปสารประกอบทางเคมี เช่นสารอินทรีย์ไนโตรเจน แอมโมเนียไนโตรเจน และไนเตรทไนโตรเจน พบว่าผักตบชวาสามารถดูดไนโตรเจนได้ทั้ง 3 ชนิด แต่ในปริมาณที่แตกต่างกันคือผักตบชวาสามารถดูดอินทรีย์ไนโตรเจนได้สูงกว่าไนโตรเจนในรูปอื่นๆ คือประมาณร้อยละ 95 ขณะที่ไนเตรทไนโตรเจนและแอมโมเนียไนโตรเจนจะลดลงประมาณร้อยละ 80 และร้อยละ 77 ตามลำดับแต่การใช้ผักตบชวา

บำบัดน้ำเสียที่มีปริมาณไนโตรเจนและฟอสฟอรัสสูง จะส่งผลให้ผักตบชวาเจริญเร็วขึ้นและปกคลุมพื้นที่ผิวน้ำมากขึ้นจึงควรมีการดูแลระบบเก็บต้นที่เจริญเต็มที่ขึ้นจากน้ำอย่างสม่ำเสมอไม่เช่นนั้น เมื่อผักตบชวาตาย จะเน่าอยู่ในน้ำ ทำให้น้ำเสียนั้นมีไนโตรเจนและฟอสฟอรัสเพิ่มขึ้นอีก

งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

สรศักดิ์ ท่าใหญ่(พ.ศ 2556) งานวิจัยนี้ศึกษาอัตราส่วนที่เหมาะสมต่อการผลิตก๊าซชีวภาพจากการหมักของเสียฟาร์มสุกรกับผักตบชวา เพื่อนำไปปรับปรุงประสิทธิภาพการผลิตก๊าซชีวภาพในปัจจุบัน มูลสุกรและหัวเชื้อจุลชีพตั้งต้น(ของเสียฟาร์มสุกร)จากฟาร์มสุกรในจังหวัดราชบุรี ผักตบชวาจากคลองธรรมชาติในจังหวัดราชบุรี ผสมวัตถุดิบหมัก ระหว่าง ของเสียฟาร์มสุกร : ผักตบชวา ในอัตราส่วนร้อยละ 60:40, 70:30, 80:20, 90:10 และ 100:0 โดยใช้น้ำหนักแห้งของวัตถุดิบหมักเป็นเกณฑ์ ศึกษาระดับห้องปฏิบัติการ ปริมาตรหมัก 300 มิลลิลิตรในขวด 500 มิลลิลิตร เติมวัตถุดิบครั้งเดียวแบบแบตช์ บนโต๊ะเขย่าสาร การทดลองนี้ควบคุมน้ำหนักแห้งของวัตถุดิบหมัก มูลสุกรผสมกับผักตบชวาเท่ากับ 2 กรัม หัวเชื้อจุลชีพตั้งต้นเท่ากับ 3 กรัม ทุกอัตราส่วน ระบบการหมักแบบไร้อากาศ จากการทดลองพบว่า อัตราส่วนที่ให้ปริมาณก๊าซชีวภาพสะสมสูงสุดคือ อัตราส่วนร้อยละ 60:40 จนสิ้นสุดการทดลองได้ปริมาณก๊าซชีวภาพสะสม 276.5 มิลลิลิตร และอัตราส่วนที่ให้ก๊าซชีวภาพสะสมต่ำสุดคือ อัตราส่วนร้อยละ 100:0 ได้ปริมาณก๊าซชีวภาพสะสม 17.0 มิลลิลิตร วิเคราะห์องค์ประกอบก๊าซ อัตราส่วน ที่ให้ร้อยละของก๊าซมีเทนสูงสุดจากการทดลองครั้งที่ 1 และ 2 คือ อัตราส่วนร้อยละ 60:40 เท่ากับร้อยละ 6.4 และ 7.8 ตามลำดับ จากการศึกษาพบว่าการเติมผักตบชวาในการหมักจะช่วยใช้ปริมาณและคุณภาพก๊าซชีวภาพสูงขึ้น จากผลการทดลองเมื่อเพิ่มปริมาณผักตบชวามากขึ้นจะทำให้ได้ปริมาณก๊าซชีวภาพสูงขึ้น ค่าความเป็นมลพิษของทุกอัตราส่วนหมัก มีค่าเกินค่ามาตรฐานน้ำทิ้ง ยกเว้นค่าความเป็น กรด-ด่าง อยู่ในช่วงเกณฑ์มาตรฐานน้ำทิ้งที่ผ่านกระบวนการปรับปรุงคุณภาพน้ำเสียแล้ว

ฐานวุฑ สำราญศิลป์(พ.ศ2555) งานวิจัยนี้ศึกษาแนวทางการกำจัดไขมันและน้ำมันร่วมกับเศษอาหารแบบแบทช์ด้วยระบบไร้อากาศเพื่อนำไปสู่การผลิตก๊าซชีวภาพ ทำในระดับห้องปฏิบัติการ (Lab scale) โดยใช้ถังปฏิกรณ์ขวดแก้วปริมาตร 0.5 ลิตร จุน้ำ 0.3 ลิตร ใช้สลัดจ์จากบริษัทปทุมธานีบริวเวอรี่ จำกัด ความเข้มข้น 20,000 มิลลิกรัมต่อลิตร น้ำมันปาล์มความเข้มข้น 2,000 มิลลิกรัมต่อลิตร ร่วมกับเศษข้าว และกากถั่วเหลืองแทนแหล่งสารอินทรีย์คาร์บอนและไนโตรเจนตามลำดับ โดยใส่เศษข้าวและกากถั่วเหลืองที่ความเข้มข้นรวม 0 1,000 2,000 และ 4,000 มิลลิกรัมต่อลิตร พบว่าปริมาณก๊าซชีวภาพที่เกิดจากน้ำมันอย่างเดียว น้ำมันร่วมกับข้าว และน้ำมันร่วมกับถั่วเหลืองเท่ากับ 0.23 0.43 และ 0.72ลบ.ม./กก.-วีเอส ตามลำดับ การใส่ถั่วเหลืองที่ความเข้มข้นสูงขึ้นช่วยทำให้เกิดปริมาณก๊าซชีวภาพเพิ่มมากขึ้น และพบว่าปฏิกิริยาการเกิดก๊าซชีวภาพเป็นปฏิกิริยาอันดับที่หนึ่งโดยค่าคงที่การเกิดก๊าซชีวภาพ (k1) ของการใส่เศษข้าวและกากถั่วเหลืองใกล้เคียงกันเท่ากับ 0.364 และ 0.390 ต่อวันตามลำดับ แต่การใส่กากถั่วเหลืองมีอัตราการผลิตก๊าซชีวภาพมากกว่าเศษข้าว โดยอัตราการเกิดก๊าซชีวภาพจากการเติมกากถั่วเหลืองและเศษข้าวเท่ากับ 0.280 และ 0.157 ลบ.ม./กก.-วีเอส-วัน ตามลำดับ นอกจากนั้นพบว่าการเติมสารลดแรงตึงผิว (Sodium Dodecyl Sulfate หรือ SDS) ที่ความเข้มข้น 2,000 มิลลิกรัมต่อลิตร เพื่อช่วยให้ไขมันละลายน้ำได้

สมบูรณ์กลับทำให้ระยะเวลาในการผลิตก๊าซชีวภาพนานขึ้นมากโดยเพิ่มระยะเวลาในการปรับตัวจาก 2 - 3 วัน เพิ่มเป็น 30 - 50 วันโดยที่ได้ปริมาณก๊าซใกล้เคียงกัน อาจเนื่องจากน้ำมันละลายได้มากเกินไปจนยับยั้งปฏิกิริยาทางชีวภาพ การทิ้งตะกอนและน้ำเสียที่ 10% 20% 50% และ 90% ของปริมาตรน้ำตัวอย่าง คิดเป็นค่าอายุตะกอนเท่ากับ 150 75 30 และ 16.7 วัน ตามลำดับ พบว่าที่อายุตะกอน 16.7 วัน มีอัตราการผลิตก๊าซชีวภาพใกล้เคียงกับค่าอายุตะกอนอื่น (0.35 ลบ.ม./กก.-วีเอส) แต่มีค่าคงที่ของปฏิกิริยา (k1) สูงที่สุด (0.56 ต่อวัน) แต่ใช้ระยะเวลาในการปรับตัว 5 วัน ซึ่งมากกว่าค่าอายุตะกอนอื่นที่ใช้ระยะเวลาเวลาในการปรับตัว 2 วัน

วรรณกร กลศร (พ.ศ. 2550)งานวิจัยครั้งนี้เป็นการศึกษาเปรียบเทียบศักยภาพการผลิตก๊าซชีวภาพจากการหมักเศษผักผลไม้และเปลือกกล้วยเล็บมือนาง ปริมาณความเข้มข้นของของแข็งที่ระดับ 5% โดยใช้การหมักแบบเปียกหรือการเติมวัสดุหมักครั้งเดียวในขวดหมักแบบไร้อากาศขนาด 1 L ปริมาตรใช้งานจริง 0.5 L ระยะเวลาหมัก10 วัน การหมักแบบแห้งระยะเวลาหมัก 9วัน และการหมักแบบต่อเนื่องระยะเวลาหมัก 7 วัน จากการศึกษาพบว่า การทดลองหมักแบบเปียกมีประสิทธิภาพการกำจัด VS ที่ความเข้มข้นของของแข็งทั้งหมด TS 5% จากการหมักเศษผักผลไม้และเปลือกกล้วยเล็บมือนาง มีค่าเท่ากับ 60.27 %.และ 68.28 %ตามลำดับ ก๊าซชีวภาพสะสมเท่ากับ 1,439 mL และ 1,170 mL ตามลำดับ ศักยภาพการผลิตก๊าซชีวภาพเท่ากับ 57.56 mL/g และ 46.8 mL/g ตามลำดับ สรุปว่า เศษผักผลไม้มีความสามารถในการผลิตก๊าซชีวภาพได้มากกว่าเปลือกกล้วยเล็บมือนาง การทดลองแบบแห้งมีประสิทธิภาพการกำจัดVS ที่ความเข้มข้นของของแข็งทั้งหมด TS 5% จากการหมักเปลือกกล้วยเล็บมือนางเท่ากับ 41.14%ก๊าซชีวภาพสะสมเท่ากับ 2,099 mL และการหมักแบบต่อเนื่องมี ก๊าซชีวภาพสะสมเท่ากับ158,200 mL

อังคณา ล่าแหละหมัน และคณะ (2555)งานวิจัยนี้มีจุดประสงค์เพื่อศึกษาผลของอุณหภูมิและการรับภาระสารอินทรีย์ต่อศักยภาพการผลิตก๊าซมีเทนของน้ำทิ้งหลังการผลิตไฮโดรเจนภายใต้สภาวะอุณหภูมิสูง (60 องศาเซลเซียส) และ อุณหภูมิห้อง (28-33องศาเซลเซียส) ในระบบแบบกะและแบบต่อเนื่อง ศักยภาพในการผลิตมีเทนของน้ำทิ้งหลังการผลิตไฮโดรเจนภายใต้สภาวะอุณหภูมิห้องที่การรับภาระสารอินทรีย์เริ่มต้น 17.6 26.4 35.2 และ 44 กรัมต่อลิตร คือ 31.9 28.419.5 และ 17.2 ลิตรมีเทนต่อลิตรน้ำทิ้งตามลำดับ สอดคล้องกับผลได้มีเทน 727 646 444 และ 391 มิลลิลิตรมีเทนต่อกรัมของแข็งระเหยได้ ศักยภาพในการผลิตมีเทนของน้ำทิ้งหลังการผลิตไฮโดรเจนภายใต้สภาวะอุณหภูมิสูงที่การรับภาระสารอินทรีย์เริ่มต้น 17.6 26.4 35.2 และ 44 กรัมต่อลิตร คือ 31.2 28.7 23 และ 23 ลิตรมีเทนต่อลิตรน้ำทิ้งตามลำดับ สอดคล้องกับผลได้มีเทน 709 652 526 และ 525 มิลลิลิตรมีเทนต่อกรัมของแข็งระเหยได้ การผลิตมีเทนจากน้ำทิ้งหลังการผลิตไฮโดรเจนในระบบต่อเนื่องภายใต้สภาวะอุณหภูมิห้องที่ระยะพักกักเก็บน้ำ 20 15 และ 10 วันให้ผลผลิตมีเทน 30.3 30.4 และ 24.9 ลิตรมีเทนต่อลิตรน้ำทิ้งตามลำดับ ในขณะที่อุณหภูมิสูงให้ผลผลิตมีเทน 31.6 30.3 และ 29.29 ลิตรมีเทนต่อลิตรน้ำทิ้งตามลำดับ

สุพลบ่อคุ้มและสมศักดิ์พิทักษานุรัตน์(2555)การศึกษานี้เพื่อศึกษาผลของอัตราภาระบรรทุกสารอินทรีย์ (OLR) ของระบบหมักแบบไร้อากาศสองขั้นตอนในการผลิตก๊าซชีวภาพจากหญ้าเนเปียร์ปากช่อง 1 หมักร่วมกับมูลไก่ใช้เวลากักเก็บ 28 วันในถังปฏิกรณ์ขนาด 200 ลิตร(L) OLR ในรูปของ

ของแข็งระเหย (VS) เท่ากับ 0.49, 0.55 และ 0.80 kg VS/m^3-d ตามลำดับผลการศึกษาพบว่าเกิดก๊าซชีวภาพสะสม33 วันเท่ากับ 126.09, 211.73 และ 561.63 ลิตรและผลผลิตก๊าซมีเทนเท่ากับ 24.07, 36.18 และ 66.13 L CH_4/kg.VS added ตามลำดับ OLR ทั้งสามมีปริมาณก๊าซชีวภาพสะสมแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P < 0.05$) มีองค์ประกอบมีเทนเฉลี่ยร้อยละ 61.61 (±8.03) ได้ผลผลิตมีเทนเป็น 4,855.25, 3,952.93 และ 5,242.73 ลิตรต่อตันน้ำหนักสดตามลำดับหญ้าเนเปียร์ปากช่อง 1สามารถหมักร่วมกับมูลไก่ด้วยระบบหมักแบบไร้อากาศสองขั้นตอนเพื่อผลิตก๊าซชีวภาพได้โดยถังสร้างมีเทนมีเสถียรภาพดี

13. วิธีการดำเนินการวิจัย

การดำเนินการวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาประสิทธิภาพการผลิตก๊าซชีวภาพจากการหมักร่วมใบยางพารา ผักตบชวาและมูลโค โดยดำเนินการวิจัยและรวบรวมข้อมูลที่ห้องปฏิบัติการโปรแกรมวิชาวิทยาศาสตร์สิ่งแวดล้อมคณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏสงขลา ซึ่งมีรายละเอียดของการดำเนินการวิจัย3 ขั้นตอน คือ

1. การเตรียมวัตถุดิบในการผลิตก๊าซชีวภาพจากใบยางพาราและผักตบชวาโดยหมักร่วมกับมูลโค ได้แก่

1.1 การเก็บตัวอย่างวัตถุดิบมูลโคมูลโคที่ใช้สำหรับการทดลองเป็นมูลโคสด ขับถ่ายไม่เกิน 24 ชั่วโมง

1.2 การเก็บตัวอย่างวัตถุดิบใบยางพาราและผักตบชวา วัตถุดิบใบยางพาราที่ใช้ในการทดลองการผลิตก๊าซชีวภาพเก็บรวบรวมได้จากใบยางพาราที่ร่วงบริเวณโคนต้นของต้นยางพาราพันธ์ 600 ทำการควบคุมคุณภาพใบยางพาราให้เหมือนกันในทุกการทดลองด้วยการใช้ใบยางพาราที่มีลักษณะทางกายภาพที่เหมือนกัน โดยการพิจารณาจากสี ความสดเหี่ยว และขนาดของใบยางพาราจะนำมาสับให้มีขนาดประมาณ 2 นิ้ว จากนั้นเก็บวัตถุดิบใบยางพาราไว้ในถุงพลาสติกเพื่อกันความชื้น และผักตบชวาที่ใช้ในการทดลองผลิตก๊าซชีวภาพจะสับให้มีขนาด 2นิ้วทำการควบคุมคุณภาพเช่นเดียวกับผักตบชวา

1.3 เก็บตัวอย่างมูลโคและใบยางพารา ผักตบชวาที่ผ่านการลดขนาดแล้ว มาทำการวิเคราะห์ ปริมาณไนโตรเจนทั้งหมด(Total Nitrogen,TKN) ,ฟอสฟอรัส,ปริมาณTS และปริมาณVS เริ่มต้นของแต่ละวัตถุดิบ

2. กระบวนการหมักก๊าซชีวภาพจากใบยางพาราและผักตบชวาโดยหมักร่วมกับมูลโค

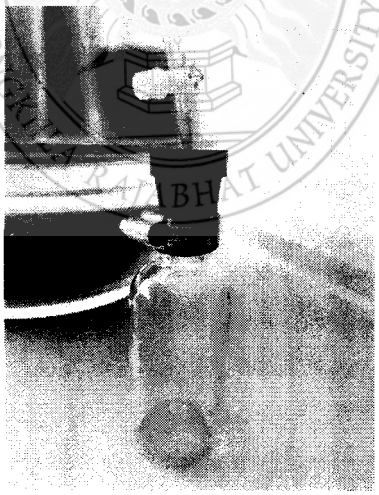
2.1 การทดลองการหมักร่วมระหว่างใบยางพาราและผักตบชวา ซึ่งเป็นวัตถุดิบรองกับมูลโคซึ่งเป็นวัตถุดิบหลัก ทำการทดลองผลิตก๊าซชีวภาพในชุดการทดลองในระบบแบบแบทช์เพื่อศึกษาอัตราส่วนวัตถุดิบที่เหมาะสมในการผลิตก๊าซชีวภาพโดยกระบวนการหมักระบบแบบแบทช์และเพื่อศึกษาปริมาณก๊าซมีเทน (CH_4)ที่เกิดขึ้น โดยการเริ่มต้นดำเนินระบบสำหรับในการทดลองนี้ไม่มีการใช้เชื้อจุลินทรีย์ในตะกอนเริ่มต้น(Seed Sludge)เหมือนงานวิจัยเกี่ยวกับการผลิตก๊าซชีวภาพโดยทั่วไป ดำเนินการทดลองที่สภาวะอุณหภูมิห้อง(28±3) เนื่องจากต้องการกำหนดสภาวะในการทดลองให้คล้ายคลึงกับการนำไปประยุกต์ใช้งานในระดับครัวเรือนมากที่สุด โดยแสดงดังตารางที่ 3

ตารางที่ 3 อัตราส่วนระหว่างใบยางพาราและผักตบชวา

การทดลอง R:W	อัตราส่วนวัตถุป้อนใบยางพารา: ผักตบชวา	ใบยางพารา (g TS/g Frash)	ผักตบชวา (g TS/g Frash)	มูลโค (g TS/g Frash)	รวมปริมาณวัตถุดิบ (g TS/g Frash)
1:0	1:0	0.3	0	0.3	0.9
0:1	0:1	0	0.3	0.3	0.9
1:1	1:1	0.15	0.15	0.3	0.9
2:1	2:1	0.2	0.1	0.3	0.9
1:2	1:2	0.1	0.2	0.3	0.9
0:0	0:0	0	0	0.3	0.9

2.2 ชุดทดลองผลิตก๊าซชีวภาพระบบแบบแบทช์

การสร้างชุดการทดลองการหมักก๊าซชีวภาพแบบหมักร่วมซึ่งประกอบไปด้วยขวดแก้วขนาด 120 ml,จุกยาง,เข็ม ,สามทางปิดเปิด



2.3 ขั้นตอนการทดลองผลิตก๊าซชีวภาพระบบแบบแบทช์

การทดลองผลิตก๊าซชีวภาพในชุดการทดลองระบบแบบแบทช์ มีรายละเอียดการทดลองดังต่อไปนี้

2.3.1เตรียมวัตถุดิบสำหรับการหมักด้วยสัดส่วนของวัตถุดิบมูลสุกร ใบยางพาราและผักตบชวา ในถังทีสัดส่วนต่างๆกันตามสภาวะที่ต้องการศึกษา ด้วยปริมาตรของผสมที่ใช้ในการทดลองประมาณ0.3 g TS ทำการป้อนวัตถุดิบในขณะเริ่มต้นการทดลองมีโดยควบคุมจากน้ำหนักของใบยางพารา ผักตบชวา และมูลโคพร้อมทั้งเก็บตัวอย่างเริ่มต้นจากภายในถังหมักมาวิเคราะห์ปริมาณไนโตรเจนทั้งหมด(Total Nitrogen,TKN),ฟอสฟอรัส ,ปริมาณ TS ,ปริมาณ VS และ pH

2.3.2ทำการหมักวัตถุดิบในถังหมักเพื่อการผลิตก๊าซชีวภาพโดยการปิดถังหมักไม่ให้สัมผัสอากาศดำเนินการหมักภายใต้อุณหภูมิห้อง

2.3.3สังเกตการณ์เกิดก๊าซชีวภาพในถังเก็บก๊าซและบันทึกปริมาณก๊าซชีวภาพที่เกิดขึ้นจากระบบกักเก็บก๊าซโดยใช้เข็มฉีด ในการวัดปริมาตรก๊าซที่เกิดขึ้น และทำการปล่อยก๊าซชีวภาพทิ้งทุกวันหลังจากวัดปริมาตรก๊าซแล้ว

แผนการวิเคราะห์จากกระบวนการหมักแบบแบทช์

ลักษณะสมบัติ	ความถี่ในการวิเคราะห์
pH	ก่อนและหลังการทดลอง
ปริมาณ TS (103 องศาเซลเซียล)	ก่อนและหลังการทดลอง
ฟอสฟอรัส	ก่อนและหลังการทดลอง
โพแทสเซียม	ก่อนและหลังการทดลอง
ปริมาณ vs(550องศาเซลเซียล)	ก่อนและหลังการทดลอง
ปริมาณไนโตรเจนทั้งหมดโดย Jeldahl Method	ก่อนและหลังการทดลอง
ปริมาณก๊าซชีวภาพ	ทุกวัน (ระหว่างการทดลอง)
อุณหภูมิ	ทุกวัน (ระหว่างการทดลอง)
องค์ประกอบก๊าซชีวภาพ	ทุกวัน (ระหว่างการทดลองในกรณีก๊าซเพียงพอ)

3. การวิเคราะห์ก๊าซชีวภาพ

ก๊าซชีวภาพที่เกิดขึ้นจะถูกวัดปริมาตรโดยใช้เข็มฉีดยาและทำการเก็บตัวอย่างก๊าซชีวภาพเพื่อนำไปวิเคราะห์หาองค์ประกอบของก๊าซชีวภาพซึ่งประกอบด้วยก๊าซมีเทน (CH_4) ก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ (CO_2) และก๊าซไนโตรเจน (N_2) โดยการเก็บก๊าซชีวภาพที่เกิดขึ้นทุกวัน และนำไปวิเคราะห์ด้วยเครื่อง Gas Chromatography (GC) ใช้ตัววัดสัญญาณแบบ Thermal Conductivity Detector (TCD)คอลัมน์ที่ใช้คือ Packed Column (ShincarbonRestek) 19808ใช้ก๊าซฮีเลียมเป็น carrier gas ที่อัตราการไหล 20 ml/min อุณหภูมิของ Injection inlet Oven และ Detectorเท่ากับ 100 และ200 ℃ ตามลำดับ

4. การวิเคราะห์ข้อมูล

4.1 บันทึกข้อมูลและเขียนกราฟแสดงความสัมพันธ์ของอัตราส่วนของใบยางพาราและผักตบชวาโดยหมักร่วมกับมูลสุกร ต่อการผลิตก๊าซชีวภาพ

4.2 การวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติ:การวิเคราะห์ตัวอย่างใช้สถิติเชิงพรรณา (Descriptive Statistics) หาค่าแนวโน้มเข้าสู่ส่วนกลาง (ค่าเฉลี่ย; mean) และการกระจายข้อมูล(ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน; Standard Deviation; SD) วิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติด้วยโปรแกรมSPSS

14. แผนการดำเนินงานตลอดโครงการ

ขั้นตอนการดำเนินงาน	2557		2558									
	11	12	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
รวบรวมข้อมูลและตรวจสอบเอกสาร	■											
สอบโครงร่างจัย		■										
ทำการทดลองในห้องปฏิบัติการ			■	■	■							
ทำการทดลองภาคสนาม			■	■	■							
สอบรายงานความก้าวหน้า						■						
วิเคราะห์ผลและสรุปผล							■					
การเขียนเล่มวิจัย								■	■			
สอบและแก้ไขเล่มวิจัย										■	■	■

15. งบประมาณ

รายการ	งบประมาณตลอดโครงการ
ค่าใช้สอย	
ค่าบริการสืบค้นข้อมูล	1,000
ค่าวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติ	1,000
ค่าวัสดุ	
ค่าน้ำมันรถ	1,000
ค่าอุปกรณ์และสารเคมีที่ใช้ในการวิจัย	4,000
ค่าวัสดุสำนักงาน/ค่าถ่ายเอกสาร	1,000
รวม	8,000

16. เอกสารอ้างอิง

วรนุช ขแจ้งสว่าง.**พลังงานหมุนเวียน**.กรุงเทพฯ:สำนักพิมพ์แห่งจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย,2551

ฤกษ์ฤทธิ์ เดนหาราช.**การผลิตพลังงานจากชีวมวล**.สนพ. 29 ธันวาคม 2548

สมจิตนา ลิ้มสุข และคณะ.**การผลิตก๊าซชีวภาพจากเศษอาหารร่วมกับกลีเซอรีนดิบได้จากกระบวนการผลิตไบโอดีเซลล์**.วิศวกรรมสาร มข. ปีที่ 38 ฉบับที่ 2 (101-110) เมษายน –มิถุนายน 2554

ไพบูลย์ แจ่มพงษ์.**การจัดการขยะโดยกระบวนมีส่วนร่วมของชุมชนบริเวณตลาดน้ำอัมพวา.** กรุงเทพมหานคร.สาขาวิทยาศาสตร์สิ่งแวดล้อม มหาวิทยาลัยราชภัฏสวนสุนันทา, 2553

มรกต ตันติเจริญ และคณะ.**การผลิตก๊าซชีวภาพจากสาหร่ายหรือใบสนผสมกับมูลวัว.** กรุงเทพมหานคร : มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี, 2547

มหาวิทยาลัยราชภัฏสงขลา SONGKHLA RAJABHAT UNIVERSITY

ภาคผนวก ค

ประวัติผู้วิจัย

ประวัติของผู้วิจัย

ชื่อผู้ทำวิจัย	นางสาว นิรวรรณ ยิ้มมงคล
วันเดือนปีเกิด	25 มกราคม 2537
ที่อยู่	107/4 หมู่ 6 ตำบล ชุมโค อำเภอ ปะทิว จังหวัดชุมพร 86160
ประวัติการศึกษานักศึกษา	โปรแกรมวิชาวิทยาศาสตร์สิ่งแวดล้อม คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏสงขลา
ชื่อผู้ทำวิจัย	นางสาว เสาวลักษณ์ ไข่เส้ง
วันเดือนปีเกิด	03 กรกฎาคม 2536
ที่อยู่	316หมู่ 4 ตำบล ควนกาหลง อำเภอควนกาหลงจังหวัด สตูล 91130
ประวัติการศึกษานักศึกษา	โปรแกรมวิชาวิทยาศาสตร์สิ่งแวดล้อม คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏสงขลา

SONGKHLA RAJABHAT UNIVERSITY