การศึกษาการผลิตก๊าซชีวภาพจากผักตบชวา

THE STUDY OF BIOGAS PRODUCTION FROM WATER HYACINTH

นายรัชตา น้อยห้วม

นายวาสุกรี จันทร์แจ่ม

นางสาวศุจินทรา แฉ่งสูงเนิน

ปริญญานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต

สาขาวิศวกรรมเกษตร

คณะวิศวกรรมศาสตร์

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

ปีการศึกษา 2556

การศึกษาการผลิตก๊าซชีวภาพจากผักตบชวา
THE STUDY OF BIOGAS PRODUCTION FROM WATER HYACINTH

นาย รัชตา น้อยท้วม
นาย วาสุกรี จันทร์แจ่ม
นางสาวศุจินทรา แฉ่งสูงเนิน

ปริญญานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต
สาขาวิศวกรรมเกษตร
คณะวิศวกรรมศาสตร์
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
ปีการศึกษา 2556

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

THE STUDY OF BIOGAS PRODUCTION FROM WATER HYACINTH

Mr. Ratchata Noituam
Mr. Wasugree Junjam
Ms. Sujintra Changsungnoen

A THESIS SUBMITTED IN PARTIAL FULFILMENT
OF THE REQUIREMENT FOR THE DEGREE OF
BACHELOR OF ENGINEERING IN AGRICULTURAL ENGINEERING
FACULTY OF ENGINEERING
KING MONGKUT'S INSTITUTE OF TECHNOLOGY LADKRABANG
ACADEMIC YEAR 2013

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ปริญญานิพนธ์ปีการศึกษา 2556

คณะวิศวกรรมศาสตร์

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

ใบรับรองปริญญานิพนธ์

.....

หัวข้อปริญญานิพนธ์ การศึกษาการเกิดก๊าซชีวภาพจากผักตบชวา

The Study of Biogas Production from Water Hyacinth

นักศึกษาผู้จัดทำ

นายรัชตา	น้อยท้วม	รหัสนักศึกษา	53011345
นายวาสุกรี	จันทร์แจ่ม	รหัสนักศึกษา	53011496
นางสาวศุจินทรา	แฉ่งสูงเนิน	รหัสนักศึกษา	53011615

ปริญญา วิศวกรรมศาสตรบัณฑิต (วิศวกรรมเกษตร)

หลักสูตร วิศวกรรมเกษตร

สาขาวิชา วิศวกรรมเครื่องกล

ปีการศึกษา 2556

อาจารย์ผู้ควบคุมปริญญานิพนธ์	ลายมือชื่อ
อ.ภัทรชัย วิชัยยะ	

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

หัวข้อปริญญานิพนธ์ การศึกษาการผลิตก๊าซชีวภาพจากผักตบชวา
นักศึกษาผู้จัดทำ นายรัชตา น้อยท้วม 53011345
นายวาสุกรี จันทร์แจ่ม 53011496
นางสาวศุจินทรา แฉ่งสูงเนิน 53011615
อาจารย์ที่ปรึกษา อ.ภัทรชัย วิชัยยะ
ปีการศึกษา 2556

บทคัดย่อ

การศึกษาการผลิตก๊าซชีวภาพจากผักตบชวา ทำการทดลองโดยใช้ชุดหมักก๊าซชีวภาพขนาด 200 ลิตร ภายใต้กระบวนการหมักแบบไร้อากาศ ทำการทดลองหมักผักตบชวา 3 ขนาด คือ 1 เซนติเมตร 3 เซนติเมตร และ 5 เซนติเมตร ร่วมกับมูลวัว เปรียบเทียบปริมาณการผลิตก๊าซโดยใช้การวัดค่าความดันของก๊าซที่เกิดขึ้นจากการหมักผักตบชวาทั้ง 3 ขนาด จากผลการทดลองพบว่าผักตบชวาขนาด 1 เซนติเมตร ให้ความดันสูงสุด 2095 ปาสคาน ระยะเวลาในการหมัก 3 วัน ผักตบชวาขนาด 3 เซนติเมตรให้ความดัน 1285 ปาสคาน ระยะเวลาในการหมัก 8 วัน ผักตบชวาขนาด 5 เซนติเมตร ให้ความดันต่ำสุด 1141 ปาสคาน ระยะเวลาในการหมัก 8 วัน และเมื่อใส่ผักตบชวาขนาด 1 เซนติเมตร เพิ่มอีก 5 กิโลกรัม พบว่าความดันที่ได้มีค่า 2768 ปาสคาน ซึ่งสูงกว่าการหมักในครั้งแรก เมื่อนำก๊าซที่ได้มาจุดไฟ ปรากฏว่าได้เปลวไฟสีน้ำเงิน ซึ่งเปลวไฟสีน้ำเงินที่ได้จากการหมักผักตบชวามีค่าความร้อนมากกว่าเปลวไฟสีเหลืองที่ได้จากการหมักมูลวัว

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Thesis Title	The Study of Biogas Production from Water Hyacinth		
Authors	Mr. Ratchata	Noituam	53011345
	Mr. Wasugree	Junjam	53011469
	Ms. Sujintra	Changsungnoen	53011615
Thesis Advisor	Aj. Pattarachai Vichiya		
Year	**2013**		

Abstract

The study of biogas product from water hyacinth was tested in a 200 liters fermentation tanks, Using anaerobic fermentation process. Three water hyacinth in 3 length which is 1 cm, 3 cm and 5 cm combine with cow's manure. Used the pressure as a comparison. The results showed that water hyacinth length 1 centimeter, ferment for 3 days, give the highest pressure which is 2095 Pascal. At length 3 centimeters, ferment for 8 days, give pressure 1285 Pascal. At length 5 centimeters, ferment for 8 days, give the Lowest pressure is 1141 Pascal. When ferment the water hyacinth length 1 cm additional 5 kg was found that the pressure has changed to 2768 Pascal which is higher than the first fermentation. When light the gas from fermentation found that the flame's colour is blue .And from the test a blue flame from water hyacinth fermentation is hotter a yellow flame from cow's manure fermentation.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

กิตติกรรมประกาศ

ปริญญานิพนธ์เล่มนี้สำเร็จลุล่วงไปด้วยดี เนื่องจากได้รับความช่วยเหลือ ดูแลเอาใจใส่เป็นอย่างดีจากหลายๆฝ่าย โดยเฉพาะอาจารย์ภัทรชัย วิชัยยะ อาจารย์ที่ปรึกษา ช่วยแนะนำ ให้ข้อเสนอและแนะแนวทางในการแก้ไขปัญหา ติดตามความก้าวหน้าในการดำเนินงาน ซึ่งกลุ่มของข้าพเจ้าขอขอบคุณเป็นอย่างมาก

ขอขอบคุณอาจารย์ประจำหลักสูตรวิศวกรรมเกษตร คณะวิศวกรรมศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง ผู้ให้ความรู้และให้แนวคิดต่างๆที่เป็นประโยชน์การดำเนินงาน

ขอขอบคุณ คุณจิตราพร กังสวัสดิ์ ผู้ที่ช่วยติดต่อประสานงานในการดำเนินงานวิจัยในครั้งนี้

ขอขอบคุณ คุณกฤษณ์ ผลโพธิ์ ผู้ที่ให้คำแนะนำ และช่วยเหลือให้งานวิจัยในครั้งนี้สำเร็จลุล่วงไปด้วยดี

ขอขอบคุณ เพื่อนรุ่น AE28 ที่คอยเป็นกำลังใจ และยืนอยู่เคียงข้างเสมอไม่ว่าจะเจอปัญหาใดๆ

และสุดท้ายขอขอบคุณ บิดา มารดา ผู้ซึ่งเลี้ยงดู พร้อมทั้งให้โอกาสในการศึกษา และให้กำลังใจดูแลเอาใจใส่เสมอมา ข้าพเจ้ารู้สึกซาบซึ้งใจเป็นอย่างมาก

นายรัชตา น้อยท้วม
นายวาสุกรี จันทร์แจ่ม
นางสาวศุจินทรา แฉ่งสูงเนิน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ

	หน้าที่
บทคัดย่อภาษาไทย	I
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ	II
กิตติกรรมประกาศ	III
สารบัญ	IV
สารบัญตาราง	VII
สารบัญภาพ	VIII
บทที่ 1 บทนำ	1
1.1 ที่มาและความสำคัญ	1
1.2 วัตถุประสงค์	2
1.3 ขอบเขตการศึกษา	2
1.4 ผลที่คาดว่าจะได้รับ	2
1.5 วิธีการดำเนินงาน	2
บทที่ 2 ทฤษฎีและหลักการ	3
2.1 ลักษณะทั่วไปของผักตบชวา	3
2.1.1 ลักษณะทางพฤกษศาสตร์	4
2.1.2 การขยายพันธุ์	4
2.1.3 ปัญหาจากผักตบชวา	5
2.2 ทฤษฎีเบื้องต้นของระบบก๊าซชีวภาพ	8
2.2.1 ความหมายของก๊าซชีวภาพ	8
2.2.2 ความเป็นมาของการผลิตก๊าซชีวภาพ	8
2.2.3 การใช้ประโยชน์จากก๊าซชีวภาพ	9
2.2.4 การเกิดก๊าซชีวภาพ	9
2.2.5 องค์ประกอบของก๊าซชีวภาพ	10
2.2.6 กระบวนการย่อยสลายสารอินทรีย์ในสภาวะปราศจากออกซิเจน	10
2.2.7 ปัจจัยและสภาพแวดล้อมต่างๆที่มีผลต่อการผลิตก๊าซชีวภาพ	12
2.2.8 ศักยภาพ การผลิตก๊าซจากมูลสัตว์ชนิดต่างๆ	13
2.2.9 เทคโนโลยีก๊าซชีวภาพสำหรับมูลสัตว์	14

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ

หน้าที่

2.3 การออกแบบถังหมักก๊าซชีวภาพ 20
2.3.1 หลักเกณฑ์การออกแบบถังหมัก 20
2.3.2 ถังหมักก๊าซชีวภาพ 20
2.3.3 วัสดุหมัก (Inputs) 21
2.3.4 การเริ่มต้นเดินระบบและใช้งานถังหมัก 21
2.4 ทฤษฎีมาโนมิเตอร์ (Manometer) 23
2.4.1 U-Tube Manometer 23
2.4.2 Well Type Manometer or Single Tube Manometer 27
2.5 กฎของก๊าซ 27
2.5.1 กฎของบอยล์ 27
2.5.2 กฎของชาร์ลส์ 28
2.5.3 กฎของเกย์ ลุสแซก 28
2.5.4 กฎของก๊าซอุดมคติ 28
2.6 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง 29
บทที่ 3 ขั้นตอนการดำเนินงาน 31
3.1 ออกแบบและสร้างถังหมักก๊าซชีวภาพ 31
3.1.1 ชุดถังหมักก๊าซชีวภาพประกอบด้วย 32
3.1.2 การเจาะถังหมัก 32
3.1.4 การเจาะถังเก็บก๊าซ 33
3.1.5 อุปกรณ์สำหรับสร้างชุดถังหมักก๊าซชีวภาพ 34
3.1.6 การสร้างถังหมัก 35
3.2 ติดตั้งเซ็นเซอร์(Sensor) 38
3.2.1 ติดตั้งเซ็นเซอร์ความดัน 38
3.2.2 ติดตั้งเซ็นเซอร์อุณหภูมิ 39
3.2.3 ติดตั้งเอสดีการ์ดโมดูล จอแอลซีดี และอดูโน่บอร์ด 39
3.3 การเตรียมการและขั้นตอนการทดลอง 39
3.4 การวิเคราะห์ผลการทดลอง 40

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ

หน้าที่

บทที่ 4 ผลการทดลองและอภิปรายผล 41
4.1 การทดลองเบื้องต้น 41
4.2 วิเคราะห์อุณหภูมิภายในถังหมักและอุณหภูมิภายนอกของถังหมักก๊าซชีวภาพ 42
4.3 วิเคราะห์ค่าความดันที่ได้จากการหมักผักตบชวา 45
4.4 วิเคราะห์ความดันที่ได้จากการใส่ผักตบชวาเพิ่ม 49
บทที่ 5 สรุปผลและข้อเสนอแนะ 51
5.1 สรุปผล 51
5.2 ข้อเสนอแนะ 51
ภาคผนวก ก เครื่องหั่นย่อยผักตบชวา 53
ก-1 การหั่นย่อยผักตบชวาที่ขนาด 1 เซนติเมตร 54
ก-2 การหั่นย่อยผักตบชวาที่ขนาด 3 เซนติเมตร 54
ก-3 การหั่นย่อยผักตบชวาขนาด 5 เซนติเมตร 55
ภาคผนวก ข โปรแกรม 56
ภาพผนวก ค ระบบเซ็นเซอร์ 60
ค-1 อดูโน่บอร์ด รุ่น UNO3 60
ค-2 เซ็นเซอร์ความดัน รุ่น BMP 085 61
ค-3 เซ็นเซอร์อุณหภูมิ 62
ภาคผนวก ง การทดสอบประสิทธิภาพการทำงานของเซ็นเซอร์ 65
ง-1 การทดสอบประสิทธิภาพการทำงานของเซ็นเซอร์วัดความดัน 65
ง-2 การทดสอบประสิทธิภาพการทำงานของเซ็นเซอร์อุณหภูมิ 66
เอกสารอ้างอิง 67

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญตาราง

หน้าที่

ตารางที่ 2.1 องค์ประกอบของก๊าซชีวภาพ 10
ตารางที่ 2.2 แสดงอัตราส่วน C/N ของวัสดุอินทรีย์ 14
ตารางที่ 3.1 อุปกรณ์สำหรับสร้างชุดถังหมักก๊าซชีวภาพ 33

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญรูปภาพ

หน้าที่

รูปที่ 2.1 แสดงลักษณะของผักตบชวา 2
รูปที่ 2.2 ขั้นตอนการเกิดก๊าซชีวภาพ 11
รูปที่ 2.3 บ่อหมักช้าแบบถังลอย 15
รูปที่ 2.4 บ่อหมักช้าแบบโดมคงที่ 15
รูปที่ 2.5 บ่อหมักช้าแบบราง 16
รูปที่ 2.6 บ่อแบบ Cover lagoon 16
รูปที่ 2.7 บ่อหมักแบบ UASB 17
รูปที่ 2.8 บ่อหมักแบบ H-UASB 18
รูปที่ 2.9 บ่อหมักแบบตัวกลางกรอง 18
รูปที่ 2.10 บ่อหมักแบบลูกผสม 19
รูปที่ 2.11 การต่อ U-Tube เข้ากับจุดวัดความดันทั้ง 2 ด้าน 23
รูปที่ 2.12 การต่อ U-Tube เข้ากับจุดวัดความดัน 1 ด้าน 24
รูปที่ 2.13 ค่าแรงตึงผิวของของเหลวที่เติมใน U-Tube 25
รูปที่ 2.14 Well Type Manometer or Single Tube Manometer 25
รูปที่ 3.1 ชุดถังหมักจากผักตบชวา ออกแบบโดยโปรแกรม Autodesk Inventor 2013 30
รูปที่ 3.2 ตำแหน่งการเจาะรูด้านข้างถังหมัก 31
รูปที่ 3.3 ตำแหน่งการเจาะรูด้านบนของถังหมัก 32
รูปที่ 3.4 ตำแหน่งการเจาะรูของถังเก็บก๊าซ 32
รูปที่ 3.5 ที่ฟิกสำหรับถังเก็บก๊าซชีวภาพ 35
รูปที่ 3.6 ใบกวนภายในถังหมัก 35
รูปที่ 3.7 แกนสำหรับหมุนใบกวน 36
รูปที่ 3.8 ชุดใบกวนสำหรับถังหมักก๊าซชีวภาพ 36
รูปที่ 3.9 ชุดถังเก็บก๊าซชีวภาพ 37
รูปที่ 3.9 เซ็นเซอร์ความดัน BMP085 37
รูปที่ 3.10 เซ็นเซอร์อุณหภูมิ 38
รูปที่ 3.11 SD Card Module 38
รูปที่ 4.1 เปลวไฟที่ได้จากการหมักมูลวัว 40
รูปที่ 4.2 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างอุณหภูมิภายในถังหมัก อุณหภูมิภายนอกถังหมัก และเวลาในการหมักผักตบชวาขนาด 1 เซนติเมตร 41

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญรูปภาพ

หน้าที่

รูปที่ 4.3 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างอุณหภูมิภายในถังหมัก อุณหภูมิภายนอกถังหมัก และเวลาในการหมักผักตบชวาขนาด 3 เซนติเมตร 42

รูปที่ 4.4 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างอุณหภูมิภายในถังหมัก อุณหภูมิภายนอกถังหมัก และเวลาในการหมักผักตบชวาขนาด 5 เซนติเมตร 43

รูปที่ 4.5 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างความดันและเวลาในการหมัก ผักตบชวาขนาด 1 เซนติเมตร 44

รูปที่ 4.6 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างความดันและเวลาในการหมัก ผักตบชวาขนาด 3 เซนติเมตร 45

รูปที่ 4.7 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างความดันและเวลาในการหมัก ผักตบชวาขนาด 5 เซนติเมตร 46

รูปที่ 4.8 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างความดันสูงสุดในแต่ละวัน และเวลาในการหมักผักตบชวา 47

รูปที่ 4.9 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างความดันและเวลาในการหมัก ผักตบชวาขนาด 1 เซนติเมตร 48

รูปที่ 4.10 สีของเปลวไฟที่ได้จากการหมักผักตบชวาขนาด 1 เซนติเมตร 49

รูปที่ 4.11 ลำดับความร้อนจากสีของเปลวไฟ 49

รูปที่ ก-1 เครื่องหั่นย่อยผักชวา 51

รูปที่ ก-2 ลักษณะการหั่นย่อยผักตบชวาขนาด 1 เซนติเมตร 51

รูปที่ ก-3 ลักษณะการหั่นย่อยผักตบชวาขนาด 3 เซนติเมตร 52

รูปที่ ก-4 ลักษณะการหั่นย่อยผักตบชวาขนาด 5 เซนติเมตร 52

รูปที่ ค-1 อดูโน่บอร์ด รุ่น UNO3 53

รูปที่ ค-2 เซ็นเซอร์ความดัน รุ่น BMP085 54

รูปที่ ค-3 การเชื่อมต่อเซ็นเซอร์ความดันเข้ากับอดูโน่บอร์ด 55

รูปที่ ค-4 เซ็นเซอร์อุณหภูมิ 55

รูปที่ ค-5 การเชื่อมต่อเซ็นเซอร์อุณหภูมิเข้ากับอดูโน่บอร์ด 56

รูปที่ ค-6 จอ Character LCD 57

รูปที่ ค-7 การเชื่อมต่อจอแอลซีดีเข้ากับอดูโน่บอร์ด 57

รูปที่ ง-1 การทดสอบประสิทธิภาพการทำงานของเซ็นเซอร์วัดความดัน 58

รูปที่ ง-5 ไฮโกรมิเตอร์ 59

รูปที่ ง-6 เซ็นเซอร์อุณหภูมิ 59

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 1

บทนำ

การศึกษาครั้งนี้เป็นการศึกษาเกี่ยวกับการหมักก๊าซชีวภาพจากผักตบชวา โดยมีรายละเอียดความเป็นมาและความสำคัญของปัญหาที่ดำเนินการศึกษาวัตถุประสงค์ ขอบเขตการศึกษา และประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับดังนี้

1.1 ที่มาและความสำคัญ

ผักตบชวาเป็นวัชพืชน้ำที่ก่อปัญหาในบริเวณแม่น้ำลำคลองอย่างมาก การกระจายตัวของผักตบชวา เกิดขึ้นอย่างรวดเร็ว เนื่องจากเป็นพืชประเภทลอยน้ำและสามารถกระจายไปได้ตามกระแสน้ำ ผักตบชวา 1 ต้นอาจขยายพันธุ์ได้มากถึง 1,000 ต้นในเวลาเพียง 1 เดือน แม้น้ำในแม่น้ำจะแห้งจนต้นตาย แต่เมล็ดของผักตบชวาสามารถมีชีวิตอยู่ได้นานถึง 15 ปีและทันทีที่เมล็ดได้รับน้ำที่เพียงพอมันจะแตกหน่อเป็นต้นใหม่ต่อไปและขยายตัว เพิ่มขึ้นเรื่อยๆจนกระทั่งพื้นที่นั้นๆเต็มไปด้วยผักตบชวา

ปัญหาของผักตบชวา ผลจากการแพร่กระจายของผักตบชวาในแห่งน้ำและแม่น้ำลำคลองต่างๆ ทำให้เกิดความเสียหายต่อเศรษฐกิจ สังคม และสิ่งแวดล้อมดังต่อไปนี้

(1) ด้านชลประทาน ผักตบชวาทำให้อัตราการไหลของน้ำลดลง 40 เปอร์เซ็นต์ ก่อให้เกิดการขัดขวางการระบายน้ำของประตูน้ำ และทำให้น้ำระเหยเพิ่มขึ้นมากกว่าพื้นที่ที่ไม่มีผักตบชวาปกคลุม

(2) ด้านการผลิตไฟฟ้า ผักตบชวาลดอายุการใช้งานของเขื่อนลงเนื่องจากซากผักตบชวาทับถม ทำให้บริเวณหน้าเขื่อนตื้นเขิน ทำให้ปริมาณการเก็บกักน้ำลดลง และทำให้ผลิตไฟฟ้าได้น้อย

(3) ด้านการเกษตรกรรม ผักตบชวาแย่งน้ำและธาตุอาหารในน้ำจากพื้นที่เพราะปลูกและรุกล้ำพื้นที่การเกษตร เป็นแหล่งเพาะพันธ์ศัตรูพืชนานาชนิด ขัดขวางการไหลของน้ำเข้าสู่พื้นที่การเกษตร ทำให้ต้องใช้เวลาในการสูบน้ำเพิ่มมากขึ้น

(4) ด้านการประมง เมื่อผักตบชวาปกคลุมผิวน้ำมากกว่า 20 เปอร์เซ็นต์ จะทำให้ออกซิเจนและแสงสว่างในน้ำลดลงส่งผลกระทบต่อสัตว์น้ำ และทำให้แหล่งน้ำตื้นเขินเป็นอุปสรรคต่อการเจริญเติบโตของสัตว์น้ำ

จากข้างต้นจะเห็นได้ว่าผักตบชวาก่อให้เกิดผลกระทบในหลายๆด้าน ทำให้ต้องเสียเวลาและค่าใช้จ่ายในการกำจัด ในปัจจุบันมีการคิดวิธีการแก้ไขปัญหาเรื่องผักตบชวาอย่างมากมาย ไม่ว่าจะเป็นการนำไปทำเครื่องถักสาน อาหารสัตว์ ปุ๋ย เพาะเห็ด เชื้อเพลิงชีวมวล การทำก๊าซชีวภาพ และอื่นๆอีกมากมาย ซึ่งการทำก๊าซชีวภาพเป็นพลังงานทางเลือกที่น่าสนใจและถ้าหากประสบความสำเร็จในการทำก๊าซชีวภาพจากผักตบชวาอาจจะช่วยลดปริมาณผักตบชวาในแม่น้ำลำคลอง อีกทั้งยังสามารถนำผลผลิตก๊าซที่ได้ไปใช้ประโยชน์เพื่อเป็นเชื้อเพลิงทดแทน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

1.2 วัตถุประสงค์

(1) เพื่อศึกษากระบวนการผลิตก๊าซชีวภาพจากผักตบชวา
(2) เพื่อออกแบบและสร้างถังหมักก๊าซชีวภาพ
(3) เพื่อศึกษาปริมาณก๊าซที่ได้จากการหมักผักตบชวาขนาดต่างๆกัน

1.3 ขอบเขตการศึกษา

การศึกษาครั้งนี้จะใช้แรงดันที่เกิดขึ้นจากการหมักเป็นดัชนีในการเปรียบเทียบปริมาณก๊าซที่ได้จากการหมักผักตบชวาสับขนาด 1 เซนติเมตร 3 เซนติเมตร และ เซนติเมตร

1.4 ผลที่คาดว่าจะได้รับ

(1) ได้แนวทางการผลิตก๊าซชีวภาพที่ได้จากการหมักผักตบชวาเพื่อเป็นแนวทางในการจัดสร้างเครื่องสับย่อยให้มีความเหมาะสมในการหมัก
(2) เป็นแนวทางหนึ่งในการลดปัญหาผักตบชวาที่มีอยู่มากในแม่น้ำลำคลอง

1.5 วิธีการดำเนินงาน

งานวิจัยโครงงานนี้เริ่มด้วยการศึกษาทฤษฎีพื้นฐานที่เกี่ยวข้องกับงานวิจัย หลักๆมีอยู่ด้วยกัน 3 เรื่อง คือ ลักษณะทั่วไปของผักตบชวา ทฤษฎีที่เกี่ยวข้องกับการเกิดก๊าซชีวภาพ และการสร้างถังหมักก๊าซชีวภาพ ซึ่งรายละเอียดดังในบทที่ 2 จากนั้นได้นำเอาความรู้ที่ได้มาออกแบบการทดลอง และสร้างถังหมักก๊าซชีวภาพ รายละเอียดดังบทที่ 3 ทำการทดลองและนำผลที่ได้มาสร้างกราฟเพื่ออภิปรายผลการทดลอง รายละเอียดดังบทที่ 4 หลังจากนั้นจึงสรุปผลที่ได้จากการศึกษา และเสนอแนวทางในการพัฒนางานวิจัยชิ้นนี้ต่อไป

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 2

ทฤษฎีและหลักการ

2.1 ลักษณะทั่วไปของผักตบชวา [1]

รูปที่ 2.1 แสดงลักษณะของผักตบชวา

ผักตบชวา (อังกฤษ: Water Hyacinth) เป็นพืชน้ำล้มลุกอายุหลายฤดู สามารถอยู่ได้ทุกสภาพน้ำ มีถิ่นกำเนิดในแถบลุ่มน้ำอะเมซอน ประเทศบราซิลในทวีปอเมริกาใต้ มีดอกสีม่วงอ่อน คล้ายช่อดอกกล้วยไม้ และแพร่พันธุ์ได้อย่างรวดเร็วจนกลายเป็นวัชพืชที่ร้ายแรงในแหล่งน้ำทั่วไป

ชื่อ	: ผักตบชวา
ชื่อสามัญ	: Water Hyacinth
ชื่ออื่น	: ผักปอด (อ่างทอง) ผักตบ (เหนือ) ผักป่อง (สุพรรณบุรี) ผักปง (โคราช)
ชื่อวิทยาศาสตร์	: *Eichhorniacrassipes*(C.Mart.) Solms
อาณาจักรพืช	: Plantae
วงศ์	: Pontederiaceae
ชั้น	: Commelinidae
สกุล	: Eichhornia
สปีชีส์	: *E.crassipes*
แหล่งที่พบ	: พบทั่วไปทุกภาคตามที่น้ำท่วมขัง
ประเภทไม้	: ไม้น้ำ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.1.1 ลักษณะทางพฤกษศาสตร์

ผักตบชวามีลำต้นสั้นแตกใบเป็นกอลอยไปตามน้ำไหล ซึ่งเกิดตามซอกใบแล้วเจริญเป็นต้นอ่อนที่ปลายไหล ถ้าน้ำตื้นก็จะหยั่งรากลงดิน ขยายพันธุ์โดยการแยกต้นอ่อนที่ปลายไหลไปปลูก

(1) ต้น เป็นไม้น้ำซึ่งมีลำต้นลอยอยู่บนผิวน้ำหรือบางต้นขึ้นอยู่ตามโคลนในที่น้ำตื้นๆ ลำต้นสีเขียวพองลมป่องออก

(2) ใบ เป็นใบเดี่ยวรูปไข่หรือเกือบกลม ลักษณะของใบคล้ายกับใบโพธิ์แต่กว้างกว่า ก้านใบกลมอวบน้ำตรงกลางพองออกภายในเป็นช่องอากาศคล้ายฟองน้ำช่วยให้ลอยน้ำได้

(3) ดอก ดอกออกเป็นช่อแบบช่อเชิงลดที่ปลายยอด ดอกย่อย 3 - 25 ดอก มีกลีบรวม 6 กลีบ กลีบบนสุดขนาดใหญ่กว่ากลีบอื่น และมีแต้มสีเหลืองที่กลางกลีบ เกสรเพศผู้ 6 อัน

(4) ผล แบบผลแห้งแตกรูปทรงกระบอก แบ่งเป็น 3 พู่ เมื่อแก่แตกกลางพูเมล็ดกลม ขนาดเล็ก จำนวนมาก

2.1.2 การขยายพันธุ์

สภาพแวดล้อมที่เหมาะสม เป็นพืชน้ำที่สามารถขึ้นทั้งบนบกและน้ำ ทนแล้งได้ดีและมักพบขึ้นตามที่น้ำท่วมขัง ทุ่งนา คูคลอง สามารถขยายพันธุ์ได้ 2 วิธี คือการสืบพันธุ์ไม่อาศัยเพศ (asexual reproduction) โดยการแตกไหล (stolon) และการสืบพันธุ์โดยอาศัยเพศ (sexual reproduction) โดยใช้เมล็ด แต่การขยายพันธ์ส่วนใหญ่จะงอกไหลออกมาจากต้นแม่

ผักตบชวาที่ขยายพันธุ์โดยไม่ใช้เพศนั้นอาศัยการแตกไหล ที่แตกจากต้นแม่พัฒนาให้ต้นใหม่ การเกิดใบอ่อนในระยะแรกเกิดที่โคนด้านในของก้านใบแก่ที่อยู่ด้านนอกของกอ ใบอ่อนเจริญขึ้นมามีลักษณะเป็นแผ่นใบเล็กๆ บนก้านใบสั้นๆและมีกาบหุ้มอยู่ต่อมาแผ่นใบจะโตขึ้นแต่ก้านใบยาวขึ้นเล็กน้อย แผ่นใบม้วนหุ้มรอบโคนก้านใบและเมื่อก้านใบยาวขึ้นจะดันกาบที่หุ้มออก แผ่นใบจึงเริ่มคลี่และมีสีเขียวเข้มเมื่ออายุมากขึ้น ส่วนกาบใบจะเหลือให้เห็นที่บริเวณโคนต้น กอผักตบชวาที่เจริญต้นไม่หนาแน่น ลำต้นเตี้ย ก้านใบพอง ถ้าเจริญเบียดกันหนาแน่นก้านใบจะเรียวยาว ในประเทศไทยผักตบชวาออกดอกปีละครั้ง ช่วงออกดอกมากเป็นพิเศษคือช่วงเดือนพฤศจิกายน ถึงเดือนกุมภาพันธ์ ที่ประเทศอินเดียมีรายงานว่าผักตบชวาสามารถออกดอกได้ตลอดปี แต่ติดเมล็ดในช่วงเดือนตุลาคมถึงพฤศจิกายน

การขยายพันธุ์โดยใช้เพศของผักตบชวา เมล็ดผักตบชวาที่ลอยแขวนอยู่ในระดับความลึก 2-3 เซนติเมตร นั้นสามารถงอกได้ เมื่องอกแล้วจะลอยตัวบนผิวน้ำ ส่วนเมล็ดที่อยู่ในโคลนตมก็สามารถงอกได้เช่นกัน เมื่องอกแล้วรากฝอยก็จะยึดกับโคลน ต้นอ่อนที่งอกจากเมล็ดมีใบเลี้ยงเพียงใบเดียว ลักษณะเป็นเส้นเล็กสีเขียวเรียวยาวปลายมน ระยะแรกจะขดม้วนพร้อมทั้งมีรากสั้นๆสีขาว ต่อมาต้นกล้ายืดและมีใบเป็นเส้นแบนเล็กๆเกิดด้านตรงข้ามใบเลี้ยง เมื่อเจริญขึ้นมีใบใหม่ที่มีส่วนยอดเป็นแผ่นแบนสีเขียวเพิ่มมากขึ้น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การเพิ่มจำนวนต้นหรือมวลต่อพื้นที่ของผักตบชวานั้นมีรายงานการศึกษาว่าในสภาพลอยน้ำ ผักตบชวา 1 ต้น สามารถแตกไหลเพิ่มจำนวนต้นได้เฉลี่ย 12 ต้นต่อตารางเมตร ในเวลา 2 สัปดาห์ และเพิ่มจำนวนต้นเฉลี่ย 155 ต้นต่อตารางเมตร ในระยะเวลา 6 สัปดาห์ และในช่วง 6 สัปดาห์นี้ น้ำหนักผักตบชวาเพิ่มขึ้นเฉลี่ย 35 เท่าหรือ คิดเป็นค่าเฉลี่ยน้ำหนักแห้งเท่ากับ 11 กรัมต่อวันต่อตารางเมตรในแหล่งน้ำที่มีธาตุอาหารอุดมสมบูรณ์ มีแสงแดดและอุณหภูมิเหมาะสม ผักตบชวาจะเพิ่มขึ้นเป็น 2 เท่าได้ภายใน 7 วัน และผักตบชวาปริมาณ 1 ตารางเมตร จะขยายเต็มพื้นที่ 1 ไร่ได้ในเวลา 1 - 2 เดือน ในพื้นที่น้ำที่มีผักตบชวาปกคลุม อัตราการระเหยน้ำจะมากกว่าที่ที่ไม่มีผักตบชวาตั้งแต่ 3 - 5 เท่า นอกจากนั้นการเน่าเปื่อยของส่วนรากและใบจะผุพังทับถมเป็นตะกอนอย่างรวดเร็ว เนื่องจากรากของผักตบชวาเป็นที่อยู่ของแมลงและจุลินทรีย์เป็นจำนวนมาก ซึ่งจะทำให้แหล่งน้ำตื้นเขินเร็วกว่าปกติ การทับถมของซากพืชจะมีค่าประมาณ 0.7 ตันน้ำหนักแห้งต่อไร่ต่อปี เหตุที่ผักตบชวาสามารถแพร่พันธุ์ได้อย่างรวดเร็วเนื่องจากไม่มีศัตรูธรรมชาติ เพราะเป็นพืชที่นำเข้ามาจากต่างประเทศ

2.1.3 ปัญหาจากผักตบชวา [2]

ผักตบชวา ก่อให้เกิดปัญหาแก่วงการที่เกี่ยวข้องกับแหล่งน้ำ เช่น การชลประทานการไฟฟ้าพลังน้ำ การประมง การกสิกรรม การสาธารณสุข ฯลฯ ดังต่อไปนี

(1) การชลประทาน จุดมุ่งหมายสำคัญของงานชลประทานในประเทศไทย คือ การพัฒนาแหล่งน้ำโดยการจัดสรรน้ำเพื่อใช้ประโยชน์หลายๆ อย่าง โดยวิธีการต่างๆ กัน ผักตบชวาทำให้การพัฒนาแหล่งน้ำไม่ได้ผลเต็มตามเป้าหมายเนื่องจากสาเหตุดังต่อไปนี้

- ลดการไหลของน้ำลงประมาณ 40 เปอร์เซ็นต์
- ส่วนต่างๆ ของผักตบชวาที่จมลงใต้น้ำก่อให้เกิดอุปสรรคกับการระบายน้ำของฝาย ประตูระบาย และอื่นๆ ทำให้ทางเดินของน้ำเกิดการตื้นเขินเร็วกว่าปกติ และทำให้เกิดน้ำท่วมในหน้าน้ำ
- การระเหยของน้ำในที่ซึ่งมีผักตบชวาจะสูงกว่าในที่ซึ่งไม่มีผักตบชวาประมาณ 3-8เท่า

(2) การไฟฟ้าพลังน้ำ ผักตบชวาก่อให้เกิดปัญหาสำคัญในการผลิตไฟฟ้าพลังดังต่อไปนี้

- ลดปริมาณน้ำจากการที่ผักตบชวาตายทับถมกัน ทำให้อ่างเก็บน้ำตื้นเขิน
- เพิ่มอัตราการระเหยน้ำ ทำให้น้ำหมดไปโดยเปล่าประโยชน์อย่างรวดเร็ว
- แย่งเนื้อที่การเก็บกักน้ำของอ่างเก็บน้ำ ทำให้เก็บรักษาน้ำได้น้อยลง

(3) การเกษตรกรรม

- แย่งน้ำและอาหารจากพืชปลูก ซึ่งควรจะได้รับมากขึ้นจากการชลประทาน หากไม่มีผักตบชวาอยู่ในแหล่งน้ำผักตบชวาที่ลอยมากับกระแสน้ำก่อให้เกิดปัญหาแก่นาข้าวขึ้นน้ำ เพราะผักตบชวาจะลอยมาทับต้นข้าว ก่อให้เกิดความเสียหายแก่ต้นข้าว

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

- แพผักตบชวาที่ไหลมาตามน้ำเป็นแหล่งเพาะพันธุ์ศัตรูพืชนานาชนิด เช่น หนูซึ่งมีปริมาณมาก เมื่อแพผักตบชวาไปติดที่ใด หนูและศัตรูอื่นๆ ก็ทำความเสียหายแก่พืชผลของเกษตรกร

- ทำให้การพัฒนาแหล่งน้ำได้ผลไม่เต็มตามเป้าหมาย เป็นเหตุให้เกิดผลกระทบกระเทือนต่อการกสิกรรม โดยเฉพาะอย่างยิ่งเมื่อกสิกรปลูกพืชลงไปแล้ว และหวังว่าจะได้รับน้ำจากการชลประทาน แต่ผักตบชวาเป็นตัวการสำคัญที่ทำให้กสิกรไม่ได้รับน้ำตามที่คาดไว้เป็นเหตุให้พืชผลเสียหาย

(4) การประมง ปัญหาของผักตบชวาที่มีต่อการประมง คือ

- ผักตบชวาที่ขึ้นหนาแน่นเป็นอุปสรรคแก่การเจริญเติบโตของปลาและการจับปลาผักตบชวาไม่เพียงแต่ลดผลผลิตของปลาเท่านั้น แต่ปลาที่จับได้ยังมีขนาดเล็กลงด้วย

- ปริมาณผักตบชวาที่ลอยอยู่อย่างหนาแน่นบนผิวน้ำ จะทำให้แสงสว่างในน้ำลดลง เป็นผลให้พืชอาหารปลาขนาดเล็ก (ไฟโตแพลงตอน –Phytoplankton) มีปริมาณน้อยลง ไฟโตแพลงตอนนี้เป็นตัวการสำคัญที่ทำให้เกิดก๊าซออกซิเจนในน้ำ ซึ่งจำเป็นแก่การหายใจของปลาและสัตว์น้ำทุกชนิด

- ทำให้แหล่งน้ำตื้นเขินจึงไปลดที่อยู่อาศัยของปลา

- พื้นน้ำที่มีผักตบชวาขึ้นอยู่อย่างหนาแน่นและน้ำไม่มีการไหล จะมีปลาหรือสัตว์น้ำอาศัยอยู่น้อยกว่าปกติ

(5) การสาธารณสุข ผักตบชวามีส่วนก่อให้เกิดปัญหาทางด้านสาธารณสุข ดังนี้

- เป็นที่อาศัยของสัตว์น้ำซึ่งบางชนิดเป็นพาหะนำโรค เช่น หอยชนิดหนึ่ง (หอยไบธีเนีย –Bithynia) ซึ่งเป็นพาหะนำโรคพยาธิใบไม้ในตับ

- เป็นที่อาศัยของลูกน้ำของยุงนำโรคเท้าช้าง ลูกน้ำของยุงชนิดนี้สามารถปากเจาะไชรากผักตบชวาเพื่อใช้เป็นที่หายใจ นอกจากนั้น น้ำที่ค้างตามซอกใบก็เป็นที่อาศัยวางไข่ของยุงอื่นๆ

- เมื่อขึ้นอยู่อย่างหนาแน่น ผักตบชวาเป็นตัวการทำให้การกำจัดหอย (ซึ่งเป็นพาหะสำคัญในการนำโรค) โดยการใช้ยากำจัดเป็นไปได้โดยยากและสิ้นเปลืองมาก เนื่องจากผักตบชวาจะดูดยาไว้ส่วนหนึ่ง ส่วนที่เหลือมีน้อยจนไม่สามารถจะทำอันตรายกับหอยได้ นอกจากนั้น ผักตบชวายังเป็นตัวกันไม่ให้ยาถูกพ่นลงในน้ำได้สะดวก ดังนั้น การใช้ยาในการกำจัดหอยจึงต้องเพิ่มปริมาณมากขึ้น ซึ่งจะเป็นอันตรายแก่คนและสัตว์อื่นๆ

- เป็นที่อาศัยสัตว์ร้าย เช่น งูพิษ ซึ่งเป็นอันตรายต่อราษฎร เมื่อแพผักตบชวาลอยไปติดเรือนแพ หรือท่าน้ำ หรือในการพัฒนาแหล่งน้ำโดยการใช้แรงงานดึงขึ้นจากน้ำ นอกจากนั้น หนูที่อาศัยอยู่บนแพผักตบชวา ก็อาจแพร่เชื้อโรคกาฬโรคได้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

(6) การคมนาคมทางน้ำ ผักตบชวาเป็นอุปสรรคสำคัญที่กีดขวางการสัญจรทางน้ำในคลองบางแห่ง เช่น คลองรังสิตเขตที่ติดต่อกับแม่น้ำในและแม่น้ำนอก จังหวัดนครนายก การสัญจรทางน้ำในหน้าน้ำเป็นไปได้ยาก ไม่ว่าจะเป็นเรือที่มีขนาดเล็กหรือขนาดใหญ่ก็ตาม คลองธรรมชาติบางแห่ง เช่น คลองสามจุ่น ในเขตโครงการสามชุก จังหวัดอุทัยธานี มีผักตบชวาขึ้นหนาแน่นปะปนกับต้นลำเจียกปิดกั้นการสัญจรทางน้ำโดยเด็ดขาด แม้แต่ในแม่น้ำใหญ่ๆ บางสาย เช่น แม่น้ำสะแกรัง จังหวัดอุทัยธานี ในบางฤดูก็มีผักตบชวาอยู่อย่างหนาแน่น

(7) การท่องเที่ยว ในการตั้งถิ่นฐานของมนุษย์ตั้งแต่ไหนแต่ไรมา มนุษย์มักจะเลือกทำเลใกล้แหล่งน้ำเพื่อจะได้ใช้ประโยชน์จากน้ำอย่างเต็มที่ ในปัจจุบันผู้ที่ไม่มีโอกาสได้พำนักอยู่ในที่ใกล้ๆ น้ำ ก็มักจะนิยมไปท่องเที่ยวในแหล่งที่มีน้ำ สถานที่ที่มีแหล่งน้ำใหญ่ เช่น บึงบอระเพ็ด กว๊านพะเยา ทะเลสาบสงขลาและอ่างเก็บน้ำต่างๆ เป็นสถานที่ที่มีประชาชนมักจะไปเที่ยวพักผ่อนหย่อนใจ ถ้าสถานที่เหล่านี้มีผักตบชวาขึ้นอยู่หนาแน่นแล้ว การที่จะพัฒนาให้สถานที่นั้นๆ เป็นแหล่งท่องเที่ยวก็เป็นไปได้ยาก เพราะผักตบชวามีส่วนทำลายความสวยงามของแหล่งน้ำนั้นๆ นอกเหนือไปจากการรบกวนกิจกรรมอื่นๆ ในขณะพักผ่อนหย่อนใจแหล่งน้ำนั้นๆ เช่น การลงเรือท่องเที่ยว การว่ายน้ำ ตกปลา ฯลฯ

(8) เศรษฐกิจและสังคม ผักตบชวามีส่วนก่อให้เกิดปัญหาในด้านต่างๆ ดังกล่าวแล้ว ซึ่งเป็นส่วนที่ก่อให้เกิดปัญหาทางด้านเศรษฐกิจและสังคม เช่น เมื่อการพัฒนาแหล่งน้ำไม่ได้ผลเต็มตามเป้าหมาย การเพาะปลูกซึ่งอาศัยน้ำก็ย่อมจะได้ผลผลิตน้อยกว่าที่ควร รายได้ลดลง ซึ่งเป็นปัญหาสำคัญอย่างยิ่งที่จะทำให้แผนพัฒนาประเทศไม่ได้ผลตามความมุ่งหมาย สำหรับความเสียหายทางด้านเศรษฐกิจและสังคมนั้น ในประเทศไทยยังไม่มีการคำนวณออกมาเป็นตัวเลขที่แน่นอน แต่หน่วยงานที่เกี่ยวข้องในการพัฒนาแหล่งน้ำ เช่น กรมชลประทาน การไฟฟ้าฝ่ายผลิต กรมประมง และเทศบาลท้องถิ่นต่างๆ ต้องเสียค่าใช้จ่ายจากงบประมาณแผ่นดินปีละหลายสิบล้านบาท เฉพาะกรมชลประทานเพียงหน่วยงานเดียวซึ่งได้งบประมาณสำหรับการกำจัดวัชพืชน้ำประมาณปีละ 4 ล้านบาท ต้องใช้จ่ายงบประมาณไปในการกำจัดผักตบชวาถึง 60 เปอร์เซ็นต์ หรือประมาณ 2.4 ล้านบาท

ในด้านความเดือดร้อนรำคาญที่ราษฎรได้รับอันเนื่องมาจากสาเหตุของผักตบชวา ก็ไม่สามารถจะประมาณเป็นตัวเงินได้ ดังตัวอย่างเช่นในกรณีที่ผู้อยู่อาศัยอยู่ตามเรือแพในแม่น้ำสะแกกรัง จังหวัดอุทัยธานี ต้องประสบกับความเดือดร้อนจากปัญหาผักตบชวาเป็นประจำ โดยเฉพาะในหน้าน้ำ ทำให้การสัญจรทางน้ำเป็นไปโดยความยากลำบาก และบางครั้ง เมื่อแพผักตบชวาลอยมาปะทะกับเรือนแพอาจทำให้เรือนแพนั้นพังเสียหายหรือถูกดันออกสู่กระแสน้ำได้ ในกรณีของโรคภัยไข้เจ็บและอันตรายจากสัตว์ร้ายอันมีสาเหตุมาจากผักตบชวาก็เช่นเดียวกันที่ก่อให้เกิดปัญหาทางด้านสาธารณสุขแก่ราษฎรเป็นอันมาก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.2 ทฤษฎีเบื้องต้นของระบบก๊าซชีวภาพ

2.2.1 ความหมายของก๊าซชีวภาพ [3]

ก๊าซชีวภาพ หรือไบโอก๊าซ คือ ก๊าซที่เกิดขึ้นตามธรรมชาติจากการย่อยสลายอินทรีย์โดยจุลินทรีย์ภายใต้สภาวะที่ปราศจากออกซิเจน ก๊าซชีวภาพประกอบด้วยก๊าซหลายชนิด องค์ประกอบส่วนใหญ่เป็นก๊าซมีเทน (CH_4) ประมาณ 50-70 เปอร์เซ็นต์ และก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ (CO_2) ประมาณ 30-40เปอร์เซ็นต์ ส่วนที่เหลือเป็นก๊าซชนิดอื่นๆเช่น ไฮโดรเจน (H_2) ออกซิเจน (O_2) ไฮโดรเจนซัลไฟด์ (H_2S) ไนโตรเจน (N) และไอน้ำ ก๊าซชีวภาพมีชื่ออื่นอีกคือ ก๊าซหนองน้ำ และมาร์ชก๊าซ (marsh gas) ขึ้นกับแหล่งที่มันเกิด กระบวนการนี้เป็นที่นิยมในการเปลี่ยนของเสียประเภทอินทรีย์ทั้งหลายไปเป็นกระแสไฟฟ้า นอกจากกำจัดขยะได้แล้วยังทำลายเชื้อโรคได้ด้วย การใช้ก๊าซชีวภาพเป็นการบริหารจัดการของเสียที่ควรได้รับการสนับสนุนเพราะไม่เป็นการเพิ่มก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ในชั้นบรรยากาศที่เป็นต้นเหตุของปรากฏการณ์เรือนกระจก (greenhouse effect) ส่วนการเผาไหม้ก๊าซชีวภาพซึ่งมีก๊าซมีเทนเป็นส่วนประกอบหลักจะสะอาดกว่า

2.2.2 ความเป็นมาของการผลิตก๊าซชีวภาพ [4]

นักวิทยาศาสตร์ค้นพบก๊าซที่เกิดจากการย่อยสลายผุพังของสารอินทรีย์ครั้งแรกในศตวรรษที่ 17 โดย Robert Boyle และ Stephen Hale โดยทั้งสองได้พูดถึงการกวนตะกอนในลำธารและทะเลสาบซึ่งทำให้มีก๊าซที่สามารถติดไฟได้ลอยขึ้นมาในปี 1859 Sir Humphrey Davy ได้กล่าวไว้ว่าในก๊าซที่เกิดจากขี้วัวนั้นมีก๊าซมีเทนอยู่ด้วย ในอินเดียในปี1859 ได้มีการสร้างถังหมักก๊าซในสภาวะไร้อากาศ(anaerobic digester) ขึ้นเป็นครั้งแรกและต่อมาในปี 1985 ในอังกฤษได้มีการคิดค้นนวัตกรรมใหม่ขึ้นมาโดยใช้ถังสิ่งปฏิกูลผลิตก๊าซแล้วนำก๊าซไปจุดไฟส่องสว่างตามถนน พอถึงปี 1907 ก็ได้มีการออกสิทธิบัตรสำหรับถังหมักก๊าซชีวภาพในเยอรมนี ต่อมาในช่วงทศวรรษที่ 1930 การหมักก๊าซในสภาวะไร้อากาศก็เริ่มเป็นที่รู้จักในแวดวงนักวิชาการกันมากขึ้น ได้มีการวิจัยค้นคว้าและพบจุลินทรีย์ที่เป็นตัวทำให้เกิดปฏิกิริยาและมีการศึกษาถึงสภาวะแวดล้อมที่เอื้อต่อการเจริญเติบโตของจุลินทรีย์เหล่านี้ ในชนบทในประเทศกำลังพัฒนาการใช้ก๊าซชีวภาพจากขยะทางการเกษตรหรือเศษอาหารจากครัวเรือนสามารถเป็นทางเลือกสำหรับพลังงานราคาถูก ไม่ว่าจะเพื่อแสงสว่างหรือการทำอาหาร ในช่วง 30 ปีที่ผ่านมา ทั้งรัฐบาลของอินเดียและจีนต่างก็ได้ให้การสนับสนุนการผลิตก๊าซชีวภาพระดับครัวเรือน ซึ่งนอกจากจะลดค่ายังชีพแล้วยังเป็นการลดภาระของโครงข่ายพลังงานของชาติด้วย ในประเทศพัฒนาแล้วการนำเทคโนโลยีการผลิตก๊าซชีวภาพไปใช้ยังเป็นการลดการปล่อยมลภาวะรวมถึงก๊าซเรือนกระจกสู่สิ่งแวดล้อมที่นับวันจะยิ่งเสื่อมโทรมลง นอกจากนี้ยังมีผลผลิตพลอยได้ต่างๆ เช่น ปุ๋ยอินทรีย์ ยิ่งในทุกวันนี้โลกกำลังเผชิญวิกฤติปัญหาสิ่งแวดล้อมและวิกฤติพลังงาน ก๊าซชีวภาพจึงยิ่งมีความสำคัญมากขึ้น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เพราะเป็นการช่วยแก้ทั้งสองปัญหา ปัจจุบันรัฐบาลของหลายๆ ประเทศรวมถึงประเทศไทยต่างก็ให้การส่งเสริมการผลิตก๊าซชีวภาพ และสนับสนุนผู้ที่ทำการผลิตก๊าซชีวภาพในรูปแบบต่างๆ

2.2.3 การใช้ประโยชน์จากก๊าซชีวภาพ

ด้านพลังงาน เมื่อพิจารณาถึงด้านเศรษฐกิจแล้วการลงทุนผลิตก๊าซชีวภาพจะลงทุนต่ำกว่าการผลิตเชื้อเพลิงชนิดอื่นๆ สามารถนำมาใช้ทดแทนพลังงานเชื้อเพลิงจากแหล่งอื่น ๆ เช่น ฟืน ถ่าน น้ำมัน ก๊าซหุงต้ม และไฟฟ้า ก๊าซชีวภาพจำนวน 1 ลูกบาศก์เมตรสามารถนำไปใช้ได้ดังนี้

(1) ให้ค่าความร้อน 3,000-5,000 กิโลแคลลอรี่ ความร้อนนี้จะทำให้น้ำ 130 กิโลกรัม ที่อุณหภูมิ 20 องศาเซลเซียส เดือดได้

(2) ใช้กับตะเกียงก๊าซขนาด 60-100 วัตต์ ลุกไหม้ได้ 5-6 ชั่วโมง

(3) ผลิตกระแสไฟฟ้า 1.25 กิโลวัตต์

(4) ใช้กับเครื่องยนต์ 2 แรงม้า ได้นาน 1 ชั่วโมง

(5) ถ้าใช้กับครอบครัวขนาด 4 คน สามารถหุงต้มได้ 3 มื้อ

ด้านปรับปรุงสภาพแวดล้อม โดยการนำมูลสัตว์และน้ำล้างคอกมาหมักในบ่อก๊าซชีวภาพ จะเป็นการช่วยกำจัดมูลในบริเวณที่เลี้ยงทำให้กลิ่นเหม็นและแมลงวันในบริเวณนั้นลดลงและผลจากการหมักมูลสัตว์ ในบ่อก๊าซชีวภาพที่ปราศจากออกซิเจนเป็นเวลานานๆ ทำให้ไข่พยาธิและเชื้อโรคส่วนใหญ่ในมูลสัตว์ตายด้วย ซึ่งเป็นการทำลายแหล่งเพาะเชื้อโรคบางชนิด เช่น โรคบิด อหิวาตกโรค และพยาธิที่อาจแพร่กระจายจากมูลสัตว์ด้วยกัน นอกจากนี้แล้วยังเป็นการป้องกันไม่ให้มูลสัตว์ถูกชะล้างลงไปในแหล่งน้ำตามธรรมชาติ

ด้านการเกษตร

(1) การทำเป็นปุ๋ย กากที่ได้จากการหมักก๊าซชีวภาพเราสามารถนำไปใช้เป็นปุ๋ยได้ดีกว่ามูลสัตว์สดๆและปุ๋ยคอก ทั้งนี้เนื่องจากในขณะที่มีการหมัก จะมีการเปลี่ยนแปลงสารประกอบไนโตรเจนในมูลสัตว์ ทำให้พืชสามารถนำไปใช้ประโยชน์ได้

(2) การทำเป็นอาหารสัตว์ โดยนำส่วนที่เหลือจากการหมัก นำไปตากแห้ง แล้วนำไปผสมเป็นอาหารสัตว์ให้โคและสุกรกินได้ แต่ทั้งนี้ก็มีข้อจำกัด คือ ควรใส่อยู่ระหว่าง 5-10 กิโลกรัม ต่อส่วนผสมทั้งหมด 100 กิโลกรัม จะทำให้สัตว์เจริญเติบโตตามปกติและเป็นการลดต้นทุนการผลิตอีกด้วย

2.2.4 การเกิดก๊าซชีวภาพ

ก๊าซชีวภาพเป็นก๊าซธรรมชาติที่เกิดขึ้นจากปฏิกิริยาการย่อยสลายอินทรีย์วัตถุต่างๆที่มีต้นกำเนิดมาจากสิ่งมีชีวิต เช่น พืชและสัตว์ เมื่อพืชหรือสัตว์ตายลงก็จะเกิดการเน่าเปื่อยผุพัง ปฏิกิริยาดังกล่าวนี้เกิดจากจุลินทรีย์บางชนิดในธรรมชาติ ซึ่งจะมีผลทำให้เกิดเป็นก๊าซชนิดหนึ่งขึ้น เรียกกว่า "ก๊าซชีวภาพ"

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สิ่งปฏิกูลจากครัวเรือนเช่น เศษพืช เศษอาหาร และพวกมูลสัตว์เลี้ยงบางชนิด เช่น ช้าง ม้า วัว ควาย เป็ด ไก่ ถ้ากำจัดไม่ดีก็จะเกิดความสกปรก เป็นแหล่งเพาะพันธุ์พวกแมลงวัน เชื้อโรคได้ แต่ถ้านำมากำจัดด้วยการหมัก ก็จะทำให้ได้ก๊าซชีวภาพใช้เป็นเชื้อเพลิงในครัวเรือนนอกจากนั้นแล้วน้ำและกากตะกอนที่เกิดจากการหมักให้ย่อยสลายดีแล้วก็จะใช้เป็นประโยชน์แก่พืชในรูปของปุ๋ยอินทรีย์ได้เป็นอย่างดีด้วย

2.2.5 องค์ประกอบของก๊าซชีวภาพ **[5]**

ก๊าซ	เปอร์เซ็นต์
มีเทน (CH_4)	50-70
คาร์บอนไดออกไซด์ (CO_2)	30-40
ไฮโดรเจน (H_2)	5-10
ไนโตรเจน (N_2)	1-2
ไอน้ำ (H_2O)	0.3
ไฮโดรเจนซัลไฟล์ (H_2S)	เล็กน้อย

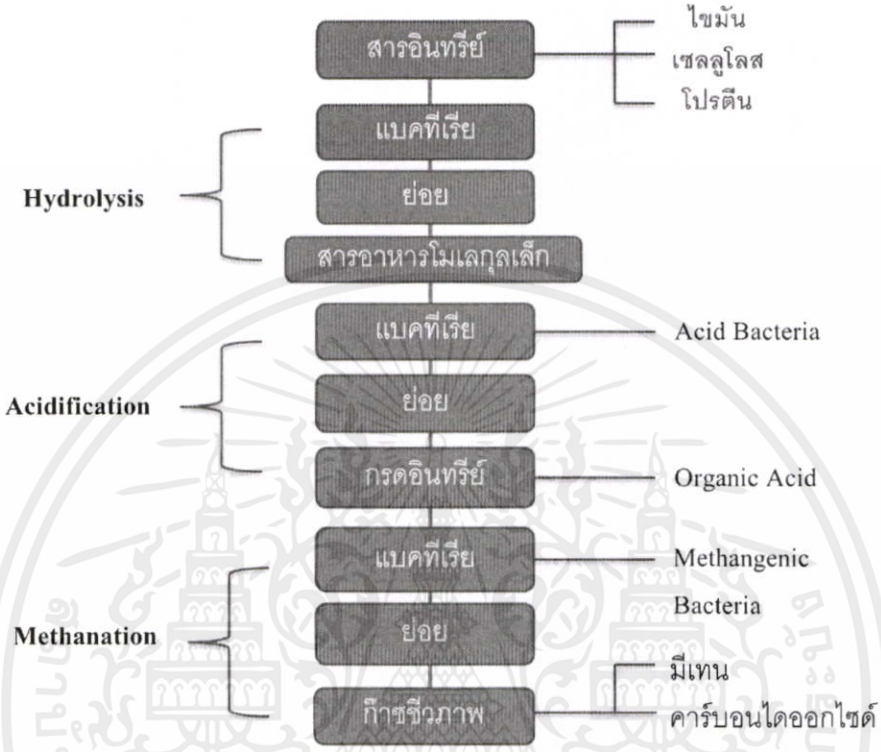
ตารางที่ 2.1 องค์ประกอบของก๊าซชีวภาพ

2.2.6 กระบวนการย่อยสลายสารอินทรีย์ในสภาวะปราศจากออกซิเจน (Anaerobic digestion)

ก๊าซชีวภาพเกิดจากการหมักของสารอินทรีย์โดยมีจุลินทรีย์จำพวกแบคทีเรียเช่นจุลินทรีย์กลุ่มสร้างมีเทน (methane-producing bacteria) หรือเมทาโนเจน และจุลินทรีย์กลุ่มสร้างกรด (acid-producing bacteria) มาช่วยย่อยในสภาวะไร้อากาศ ในกระบวนการย่อยในสภาวะไร้อากาศ เป็นการที่จุลินทรีย์ต่างๆ ทำปฏิกิริยาย่อยสลายสารอินทรีย์ ลงจากสิ่งมีชีวิตซึ่งมีโครงสร้างที่ซับซ้อนลงเป็นโครงสร้างที่ซับซ้อนน้อยลงเป็นขั้นๆ ไป

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

กระบวนการหมักย่อยในสภาวะไร้อากาศประกอบไปด้วย 3ขั้นตอนดังนี้



รูปที่ 2.2 ขั้นตอนการเกิดก๊าซชีวภาพ

ขั้นตอนที่1 การย่อยของอินทรีย์สาร (Hydrolysis)

สารอินทรีย์(เศษพืชผัก เนื้อสัตว์) มีองค์ประกอบสำคัญคือ คาร์โบไฮเดรต ไขมัน และโปรตีน แบคทีเรียจะปล่อยเอ็นไซม์เอกซ์ตราเซลลูลาร์ (extra cellular enzyme) มาช่วยละลายโครงสร้างโมเลกุลอันซับซ้อนให้แตกลงเป็นโมเลกุลเชิงเดี่ยว (monomer) เช่นการย่อยสลายแป้งเป็นน้ำตาลกลูโคส การย่อยสลายไขมันเป็นกรดไขมัน และการย่อยโปรตีนเป็นกรดอะมิโน

ขั้นตอนที่2 การเกิดกรด (Acidification)

ในขั้นตอนนี้สารอินทรีย์โมเลกุลเล็กซึ่งเป็นสารผลิตภัณฑ์ของการย่อยในขั้นตอนแรก จะถูกเปลี่ยนให้เป็นกรดอินทรีย์ชนิดโมเลกุลเล็ก เช่น กรดอะซิติก (Acitic Acid) กรดโพรไพโอนิก (Propionic Acid) กรดวาเลอริก (Valeric Acid) และกรดแลคติก (Lactic Acid) โดยแบคทีเรียสร้างกรด โดยกรดที่เกิดขึ้นจะมีกรดอะซิติกสูงสุดในปริมาณที่มากที่สุด และมีก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ และไฮโดรเจนเกิดขึ้นในขั้นตอนนี้ด้วย แบคทีเรียสร้างกรดจะมีอัตราการเจริญเติบโตสูงและทนทานต่อการเปลี่ยนแปลงของสภาพแวดล้อมได้ดีกว่าแบคทีเรียสร้างมีเทน เนื่องจากกระบวนการสร้างมีเทนส่วนใหญ่ต้องการใช้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น และห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

กรดอะซิติกเป็นสารตั้งต้น แต่กรดไขมันระเหยง่ายที่ได้จากกระบวนการย่อยสลายสารอินทรีย์มีหลายชนิด ซึ่งบางชนิดแบคทีเรียสร้างมีเทนไม่สามารถนำไปใช้ในกระบวนการสร้างมีเทนได้ โดยเป็นกรดไขมันระเหยง่ายขนาดใหญ่ เช่น กรดโพรไพโอนิก กรดบิวทิริก เป็นต้น ทำให้เกิดการสะสมของกรดอินทรีย์ประเภทนี้ในระบบธรรมชาติจึงได้มีการสร้างกระบวนการในการเปลี่ยนกรดไขมันระเหยง่ายที่มีขนาดใหญ่ให้กลายเป็นกรดอะซิติก (Acetogenesis) ซึ่งช่วยทำให้ไม่เกิดการสะสมของกรดอินทรีย์ในระบบ

ขั้นตอนที่3 การสร้างมีเทน (Methanization)

ในกระบวนการสร้างก๊าซมีเทนจะสร้างจากกรดอะซิติก ก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ (CO_2) และก๊าซไฮโดรเจน (H_2) ที่ได้จากกระบวนการสร้างกรดโดยแบคทีเรียสร้างมีเทน (Methane Former Bacteria) การสร้างก๊าซมีเทนมี 2 แบบ คือ แบบแรกจะเกิดจากการเปลี่ยนกรดอะซิติกเป็นก๊าซมีเทน โดยคิดเป็น 70 เปอร์เซ็นต์ ของก๊าซมีเทนที่เกิดขึ้นได้ในระบบ อีกแบบหนึ่งเกิดจากการรวมตัวกันของก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์และก๊าซไฮโดรเจนให้กลายเป็นก๊าซมีเทน

แบคทีเรียที่เป็นตัวสร้างมีเทนเจริญเติบโตได้ช้าและสภาพแวดล้อมมีผลต่อการเจริญเติบโตค่อนข้างมาก ช่วงค่า pH ที่เหมาะสมต่อการทำงานของแบคทีเรีย โดยสามารถเจริญเติบโตได้ดีในช่วงpH ประมาณ 6.8-7.2 นอกจากนี้อุณหภูมิก็ยังมีผลต่ออัตราการเจริญเติบโตเช่นกัน อีกทั้งแบคทีเรียในกลุ่มนี้ต้องการสารอาหารที่โครงสร้างไม่ซับซ้อนในการดำรงชีพ ดังนั้นการเติบโตของแบคทีเรียที่เป็นตัวสร้างมีเทนจึงขึ้นอยู่กับการทำงานของแบคทีเรียในขั้นตอนไฮโดรไลซิสและการสร้างกรด โดยแบคทีเรียทุกกลุ่มต้องทำงานอย่างสัมพันธ์กัน

2.2.7 ปัจจัยและสภาพแวดล้อมต่างๆที่มีผลต่อการผลิตก๊าซชีวภาพ

การย่อยสลายสารอินทรีย์และการผลิตก๊าซมีปัจจัยต่าง ๆ เกี่ยวข้องดังต่อไปนี้

(1) อุณหภูมิในการเดินระบบ (operating temperature) อุณหภูมิในการเดินระบบแบ่งเป็นสองระดับตามสปีชีส์ของเมทาโนเจน ได้แก่ เมโซฟิลิก (Mesophilic) และเทอร์โมฟิลิก (Thermophilic)

- อุณหภูมิที่เหมาะที่เมโซฟิลิก ทำงานได้ดีคือประมาณ 20 องศาเซลเซียส – 45 องศาเซลเซียส แต่ที่เหมาะสมที่สุดคือ ช่วง 37 องศาเซลเซียส – 41 องศาเซลเซียส โดยในช่วงอุณหภูมิระดับนี้แบคทีเรียส่วนใหญ่ในถังหมักจะเป็นเมโซฟิลิก

- เทอร์โมฟิลิก ทำงานได้ดีในช่วงอุณหภูมิที่สูงกว่า โดยอุณหภูมิที่เหมาะสมที่สุด คือประมาณ 50 องศาเซลเซียส – 52 องศาเซลเซียส แต่ก็สามารถทำงานในอุณหภูมิที่สูงขึ้นไปถึง 70 องศาเซลเซียส

แบคทีเรียเมโซฟิลิกนั้นมีจำนวนสปีชีส์มากกว่าเทอร์โมฟิลิก นอกจากนี้ยังสามารถทนต่อการเปลี่ยนแปลงของสภาพแวดล้อมได้ดีกว่าเทอร์โมฟิลิกอีกด้วย ทำให้ระบบหมักก๊าซชีวภาพที่ใช้เมโซฟิลิก เสถียรกว่า แต่ขณะเดียวกันอุณหภูมิซึ่งสูงกว่าในระบบที่ใช้เทอร์โมฟิลิกก็เป็นการช่วยเร่ง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ปฏิกิริยาส่งผลให้อัตราการผลิตก๊าซสูงกว่า ข้อเสียอีกข้อของระบบเทอร์โมฟิลิก คือการที่ต้องใช้พลังงานจากภายนอกมาเพิ่มความร้อนให้ระบบ ทำให้อาจได้พลังงานสุทธิที่ต่ำกว่า

(2) ความเป็นกรด-ด่าง (pH Value) ค่าpH ที่เหมาะสมที่สุดในการผลิตก๊าซชีวภาพคือระหว่าง 7.0 – 7.2 ค่าpH ในถังหมักขึ้นอยู่กับช่วงของการหมักด้วย เพราะในช่วงแรกแบคทีเรียที่สร้างกรดจะสร้างกรดเป็นจำนวนมากและทำให้ค่าpHลดลง ซึ่งถ้าหากpHลดลงต่ำกว่า5ก็จะหยุดกระบวนการย่อยและหมักทั้งหมดหรืออีกนัยหนึ่งก็คือแบคทีเรียตาย Methanogen นั้นอ่อนไหวต่อความเป็นกรดด่างมาก และจะไม่เจริญเติบโตหากpHต่ำกว่า6.5 ในช่วงท้ายของกระบวนการ ความเข้มข้นของ NH4 จะมากขึ้นตามการย่อยสลายไนโตรเจนที่เพิ่มขึ้น ซึ่งจะส่งผลให้ค่าpH เพิ่มโดยอาจเกิน 8 จนกระทั่งระบบผลิตเริ่มมีความเสถียร pH จะอยู่ระหว่าง 6.8 – 8

(3) ปริมาณสารอินทรีย์เข้าสู่ระบบ (Loading) ปริมาณสารอินทรีย์เข้าสู่ระบบคือปริมาณสารอินทรีย์ที่เราเติมใส่ถังหมักในแต่ละวัน ซึ่งถ้าหากว่าปริมาณที่เราเติมนั้นมากเกินไป ก็จะส่งผลให้ค่า pH ลดลงมากเกินไป(เนื่องจากในช่วงแรกของกระบวนการคือ acidogenesis กรดจะถูกผลิตขึ้นมา)จนทำให้ระบบล้มเหลวเนื่องจาก methanogen ตายหมด ซึ่งหากสิ่งนี้เกิดขึ้นจริงก็จะต้องเริ่มต้นระบบใหม่หมด แต่ถ้าหากปริมาณสารอินทรีย์เข้าสู่ระบบน้อยก๊าซที่ผลิตได้ก็จะน้อยตามไปด้วย เท่ากับว่าไม่ได้เดินระบบเต็มตามกำลังการผลิต ทำให้ถังหมักมีขนาดใหญ่เกินไปโดยไม่จำเป็น

(4) การคลุกเคล้า (Mixing) การคลุกเคล้าตะกอน น้ำ และ สารอินทรีย์ เป็นส่วนที่สำคัญอีกส่วนเพราะจะทำให้แบคทีเรียสัมผัสกับสารอินทรีย์ได้อย่างทั่วถึง ทำให้แบคทีเรียทำงานได้อย่างมีประสิทธิภาพมากขึ้น ส่งผลให้การเกิดก๊าซเร็วขึ้นและมากขึ้น นอกจากนี้ยังป้องกันการตกตะกอนและตะกอนลอย(Scum) ซึ่งตะกอนอาจจะไปอุดช่องทางสำหรับระบายของเหลวจากถัง

2.2.8 ศักยภาพการผลิตก๊าซจากมูลสัตว์ชนิดต่างๆ

C/N Ratio ความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณคาร์บอนและไนโตรเจนที่มีอยู่ในวัสดุอินทรีย์จะแสดงอยู่ในรูปของสัดส่วนระหว่างคาร์บอนและไนโตรเจน ที่เรียกกันว่า C/N ratio อัตราส่วน C/N ที่มีค่าอยู่ระหว่าง 20-30 จะเป็นค่าที่เหมาะที่สุดสำหรับการหมักแบบไร้อากาศ

ถ้าอัตราส่วน C/N สูงมากๆ แบคทีเรียเมทาโนเจนส์จะใช้ไนโตรเจนจากวัสดุอย่างรวดเร็ว เพื่อสร้างโปรตีนที่ตัวมันต้องการ และจะไม่ทำปฏิกิริยากับคาร์บอนที่มีอยู่ในวัสดุ จะทำให้อัตราการผลิตก๊าซต่ำ

ในทางกลับกัน ถ้าอัตราส่วน C/N ต่ำมากๆ ไนโตรเจนจะถูกปลดปล่อยออกมาและสะสมในรูปของของแอมโมเนีย (NH_4) แอมโมเนียจะเพิ่มค่าความเป็นกรดด่าง (pH) ของวัสดุในบ่อหมัก ถ้าค่าpH สูงกว่า 8.5 วัสดุหมักจะเริ่มเป็นพิษต่อแบคทีเรียทำให้ประชากรของแบคทีเรียเมทาโนเจนส์น้อยลงทำให้อัตราการผลิตก๊าซต่อ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

วัสดุ	C/N ratio
มูลเป็ด	8
มูลคน	8
มูลไก่	10
มูลแพะ	12
มูลหมู	18
มูลแกะ	19
มูลวัว ควาย	24
สาหร่ายแกมน้ำเงิน	25
มูลช้าง	43
ซางข้าวโพด	60
ฟางข้าว	70
ขี้เลื่อย	>200

ตารางที่ 2.2 แสดงอัตราส่วน C/N ของวัสดุอินทรีย์

จากตารางจะเห็นว่ามูลสัตว์โดยเฉพาะมูลวัวควาย มีค่า C/N เฉลี่ยอยู่ที่ 24 จึงเหมาะสมที่จะนำมาหมักก๊าซชีวภาพ ในขณะที่มูลคนมีค่า C/N เพียง 8 วัสดุที่มีค่า C/N สูงจะต้องผสมกับวัสดุที่มีค่า C/N ต่ำ เพื่อให้ได้ค่าเฉลี่ยของ C/N อยู่ในระดับที่ต้องการ ตัวอย่าง เช่น บ่อหมักก๊าซชีวภาพในประเทศจีน จะใช้ฟางข้าวใส่ไว้ด้านล่างของบ่อหมัก แล้วเททับด้วยมูลคน หรือในประเทศเนปาลจะใช้มูลช้างผสมกับมูลคน เพื่อทำให้ได้ค่า C/N อยู่ในระดับสมดุลทำให้อัตราการผลิตก๊าซชีวภาพเกิดขึ้นอย่างสม่ำเสมอ

2.2.9 เทคโนโลยีก๊าซชีวภาพสำหรับมูลสัตว์ [6]

เทคโนโลยีก๊าซชีวภาพสำหรับมูลสัตว์ที่ใช้อยู่ในประเทศ สามารถแบ่งออกได้เป็น 2 กลุ่ม ได้แก่

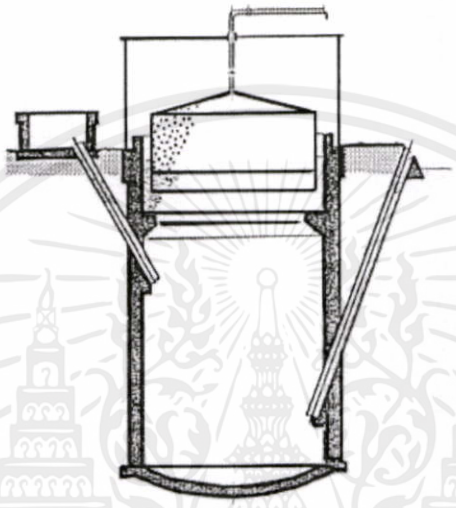
(1) กลุ่มบ่อหมักไร้ออกซิเจนแบบช้า (Low rate anaerobic digester)

เป็นบ่อหมักที่ออกแบบที่อาศัยกลุ่มของแบคทีเรียชนิดที่ไม่ต้องการใช้ออกซิเจนในการย่อยสลายสารอินทรีย์ในน้ำเสีย โดยบ่อหมักจะทำหน้าที่ควบคุมให้เกิดสภาวะแวดล้อมที่เหมาะสมปฏิกิริยาเคมีแบ่ง เป็น 3 ขั้นตอน คือ Hydrolysis, Acidogenesis และ Methanogenesis อัตราการย่อยขั้นหมักมีเทนช้ามากเมื่อเปรียบเทียบกับขั้นหมักกรด และ Hydrolysis กล่าวคือ ปฏิกิริยาทั้ง 3 ขั้นตอน เกิดในถังหมักถังเดียว ประสิทธิภาพในการบำบัด COD และผลิตก๊าซชีวภาพต่ำ ต้องใช้เวลาใน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การเก็บกัก (HRT) นานประมาณ 30-50 วัน ซึ่งทำให้ บ่อหมักมีขนาดใหญ่ กลุ่มบ่อหมักไร้ออกซิเจนแบบช้า มีรูปแบบบ่อดังนี้

- บ่อหมักช้าแบบถังลอย (Floating drum digester) บ่อหมักชนิดนี้เป็นรูปแบบที่นำมาจากประเทศอินเดีย ลักษณะส่วนใหญ่จะเป็นรูปทรงกระบอก ฝังอยู่ใต้พื้นดินทำหน้าที่หมักมูลสัตว์และของเหลวให้เกิดก๊าซชีวภาพ สำหรับส่วนบนเป็นฝาครอบเก็บก๊าซทำด้วยโลหะหรือไฟเบอร์กลาสลอยขึ้นลงตามปริมาตรก๊าซที่เกิดขึ้น



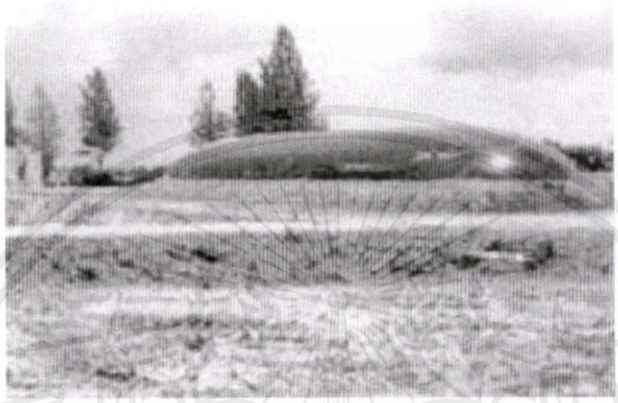
รูปที่ 2.3 บ่อหมักช้าแบบถังลอย

- บ่อหมักช้าแบบโดมคงที่ (Fixed dome digester) บ่อหมักแบบนี้รูปแบบ และหลักการทำงานมาจากประเทศจีน ลักษณะบ่อหมักส่วนใหญ่สร้างด้วยคอนกรีต หรือก้ออิฐโบกปูนฝังอยู่ในดินมีท่อเพื่อเติมมูลสัตว์ และท่อให้มูลสัตว์ไหลออก ส่วนเก็บก๊าซจะสร้างด้วยคอนกรีต หรือ ก้อนอิฐฉาบปูนติดกับตัวบ่อหมัก ทำให้แรงดันของก๊าซไม่คงที่ ขึ้นอยู่กับปริมาตรของก๊าซภายในบ่อ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รูปที่ 2.4 บ่อหมักช้าแบบโดมคงที่

- บ่อหมักช้าแบบราง (Plug Flow digester) เป็นบ่อซึ่งก่อสร้างด้วยคอนกรีต ตัวบ่อมีรูปร่างยาวคล้ายรางหรือคลองส่งน้ำซึ่งมีชื่อเรียกว่า Channel digester ส่วนบนบ่อหมักมีพลาสติกคลุมเพื่อใช้เก็บก๊าซชีวภาพ ตัวบ่อหมักจะถูกฝังอยู่ในดิน มีท่อเติมมูล และท่อนำมูลออกอยู่ทางหัวและท้ายบ่อ เนื่องจากใช้พลาสติกเป็นตัวเก็บก๊าซดังนั้นจึงมีแรงดัน ก๊าซค่อนข้างต่ำ จำเป็นต้องมีอุปกรณ์เพิ่มแรงดันเพื่อนำก๊าซไปใช้งาน



รูปที่ 2.5 บ่อหมักช้าแบบราง

- บ่อแบบ Cover lagoon รูปแบบของระบบนี้ได้นำรูปแบบถุงยางเก็บก๊าซของบ่อแบบ Plug Flow มาสร้างครอบไปบนบ่อรวบรวมมูลสัตว์ที่มีอยู่แล้ว ซึ่งอาจเป็นบ่อคอนกรีตหรือดินขุดก็ได้ในกรณีที่เป็นบ่อดินขุด อาจปูแผ่นยางที่ใช้ปูสระเก็บน้ำมาปูทับ เพื่อมิให้เกิดการรั่วซึมของของเสียลงใต้ดิน คาดว่าในอนาคตรูปแบบบ่อชนิดนี้จะได้รับความนิยมในฟาร์ม เนื่องจากไม่ต้องก่อสร้างระบบขึ้นใหม่ ใช้บ่อเก็บมูลที่มีอยู่แล้ว ซึ่งจะทำให้มีต้นทุนในการก่อสร้างต่ำ

รูปที่ 2.6 บ่อแบบ Cover lagoon

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

(2) กลุ่มบ่อหมักไร้ออกซิเจนแบบเร็ว (High rate anaerobic digester)

เป็นบ่อที่เหมาะสำหรับใช้บำบัดน้ำเสียประเภทที่มีปริมาณสารอินทรีย์ส่วนใหญ่อยู่ในรูปที่ละลายน้ำได้ บ่อหมักแบบนี้จะมีประสิทธิภาพในการย่อยสลายค่อนข้างเร็ว ระยะเวลาเก็บกัก (HRT) ประมาณ 0.5-3 วัน ประสิทธิภาพการกำจัด COD สูงถึงร้อยละ 80-90 ซึ่งจากประสิทธิภาพของบ่อหมักจึงทำให้บ่อหมักมีขนาดเล็ก แต่สามารถรับปริมาตรของเสียได้มากกว่า ส่วนใหญ่จะไม่นิยมนำมาใช้กับมูลสัตว์ เนื่องจากตะกอนจากมูลสัตว์จะสร้างปัญหาแก่ระบบฯ รูปแบบบ่อชนิดนี้ มีดังนี้

- บ่อหมักแบบ UASB (Up-Flow Anaerobic Sludge Blanket) เป็นบ่อหมักแบบเร็วที่อาศัยการพัฒนาโครงสร้างของกลุ่มแบคทีเรียในบ่อหมัก โดยน้ำเสียจะถูกสูบเข้าที่ก้นถัง ตะกอนแบคทีเรียที่ก้นถังแบ่งเป็น 2 ชั้น ชั้นล่าง (Sludge Bed) เป็นตะกอนเม็ด (granular bacteria) ขนาด 2-5 มิลลิเมตร เป็นแบคทีเรียใยยาว (filaments bacteria) เกาะกันมีความหนาแน่นสูง ส่วนชั้นบนเรียกว่า Sludge Blanket) ส่วนบนของบ่อหมัก UASB จะมีอุปกรณ์ที่เรียกว่า GSS (Gas Solid Separator) ทำหน้าที่แยกก๊าซและป้องกันไม่ให้ตะกอนแบคทีเรียหลุดออกไปกับน้ำเสีย

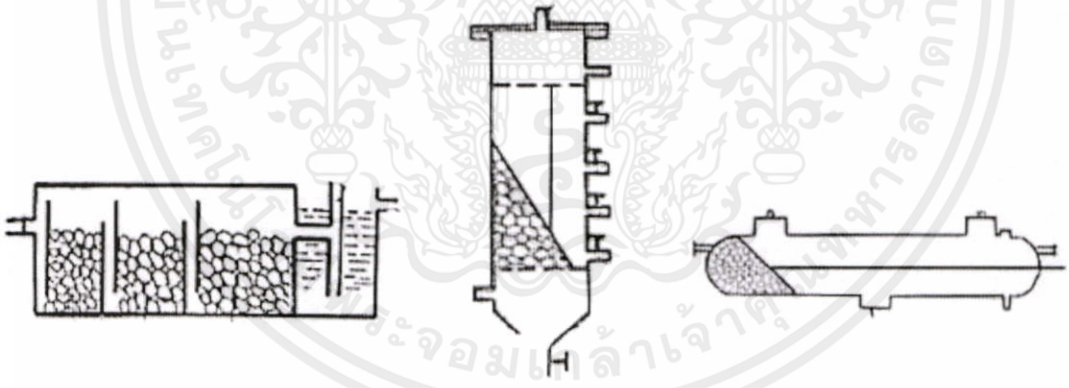
รูปที่ 2.7 บ่อหมักแบบ UASB

- บ่อหมักแบบ H-UASB เป็นแบบบ่อหมักที่พัฒนาจากระบบ UASB เพื่อแก้ปัญหาการอุดตันระบบหัวจ่ายน้ำของ UASB เนื่องจากตะกอนของมูลสัตว์ โดยนำบ่อปรับสภาพ (Stabilizing Pond หรือ EQ) จากระบบผลิตก๊าซชีวภาพจากน้ำเสียอุตสาหกรรมมาใช้ พร้อมกับเรียกชื่อใหม่ว่า Buffer tank ทำหน้าที่แยกตะกอนแขวนลอยออกจากน้ำเสียและมูลสัตว์ ให้มีปริมาณน้อยที่สุดพร้อมกัน นี้ยังได้นำแผ่นยาง PE ที่ใช้คลุมบ่อหมักก๊าซชีวภาพแบบราง มาคลุมบน Buffer tank ทำหน้าที่เก็บก๊าซชีวภาพที่ผลิตได้จากระบบ UASB

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รูปที่ 2.8 บ่อหมักแบบ H-UASB

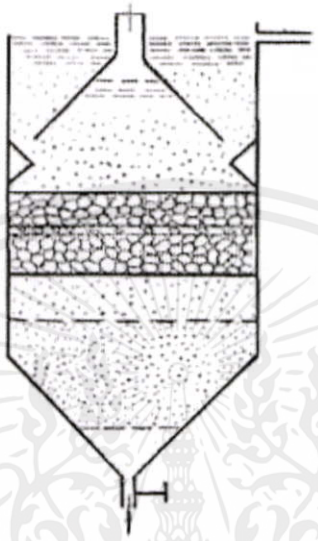
- บ่อหมักแบบตัวกลางกรอง (Anaerobic Filter) มีลักษณะเป็นบ่อหรือถังปิดภายในบรรจุด้วยตัวกลาง (packingmedia) ที่มีพื้นที่จำเพาะสูงเพื่อให้เมือกแบคทีเรียเกาะ และมีช่องว่างสูงเพื่อป้องกันการอุดตัน น้ำเสียที่ปล่อยเข้าบ่อ จะป้อนทางด้านบนให้ไหลลงก้นถัง (down flow) หรือจะให้ไหลเข้าจากก้นถังขึ้นข้างบนถัง (up Flow) ก็ได้แต่น้ำเสียที่จะนำป้อนเข้าบ่อหมักควรจะผ่านบ่อตกตะกอนเสียก่อน ข้อดีของระบบนี้คือ ควบคุมดูแลง่าย มีประสิทธิภาพสูง มีเสถียรภาพสูง สามารถรับการเปลี่ยนแปลงของน้ำเสียได้ดี



รูปที่ 2.9 บ่อหมักแบบตัวกลางกรอง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

- บ่อหมักแบบลูกผสม (Hybrid digester) เป็นบ่อที่นำข้อดีของระบบหลายรูปแบบมาปรับปรุงและใช้รวมกันเพื่อเพิ่มประสิทธิภาพในการผลิตก๊าซชีวภาพ เช่น นำระบบ UASB มารวมกับ AF เป็นต้น



รูปที่2.10 บ่อหมักแบบลูกผสม

2.3 การออกแบบถังหมักก๊าซชีวภาพ

2.3.1 หลักเกณฑ์การออกแบบถังหมัก

ในการออกแบบถังหมักก๊าซชีวภาพขนาด 200 ลิตร มีข้อควรคำนึงดังนี้

(1) กินง่าย หมายถึง ช่องทางเดินอาหารต้องออกแบบให้ใส่เศษอาหารได้ง่าย เวลาเปิดเติมเศษอาหาร ก๊าซในถังต้องไม่รั่วออกมา

(2) ร่างกายแข็งแรง หมายถึง โครงสร้างถังต้องแข็งแรงทนนาน อาจเป็นเหล็กหรือเป็นถังคอนกรีตก็ได้ ข้อสำคัญต้องไม่รั่ว ไม่ซึม เพราะถ้าซึม ต้องถ่ายของเหลวเน่าๆ ในถังออกแล้วลงไปซ่อมรอยรั่วซึม

(3) ถ่ายสะดวก หมายถึง ต้องมีช่องทางถ่ายกากออกได้ง่าย ถ้าถ่ายไม่ออกก็เหมือนท้องผูกกากอาหารสะสมในถัง แต่ต้องไม่ใช่ท้องเสียปล่อยกากอาหารออกเรื่อยๆ

เมื่อออกแบบถังหมักให้มีขนาดใหญ่ตามต้องการแล้ว ปัญหาที่ตามมา คือ ไม่ทราบว่าจะต้องป้อนอาหารสูงสุดวันละเท่าไร ถ้าอยากทราบให้ใช้ตัวเลขปริมาณความจุถังหารด้วย 20 เท่ากับปริมาณของที่ได้แต่ละวัน เช่นถังจุ 200 ลิตร หารด้วย 20 เท่ากับป้อนอาหารได้มากที่สุดไม่เกิน 10 ลิตรต่อวัน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งไม่อนุญาตให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.3.2 ถังหมักก๊าซชีวภาพ

รูปแบบของถังหมักก๊าซชีวภาพมีอยู่หลายรูปแบบ เช่น แบบถังลอย (Floating drum digester) แบบโดมคงที่ (Fixed dome digester) เป็นต้น การเลือกรูปแบบของถังหมักหรือบ่อหมักก๊าซชีวภาพต้องพิจารณาจากปัจจัยต่างๆ ดังนี้

(1) เศรษฐกิจ ถังก๊าซชีวภาพที่ดีควรจะมีต้นทุนในการก่อสร้างที่ต่ำทั้งต่อตัวผู้ใช้ และชุมชน

(2) การออกแบบที่เรียบง่าย การออกแบบถังก๊าซชีวภาพควรจะเรียบง่ายทั้งต่อการก่อสร้าง การใช้งานและการบำรุงรักษา

(3) ใช้วัสดุในท้องถิ่น วัสดุที่ใช้สร้างถังหมักหรือบ่อหมักควรเป็นวัสดุที่หาได้ง่าย มีอยู่ในท้องถิ่น โดยเฉพาะในเขตชนบท

(4) อายุการใช้งานยาวนาน การก่อสร้างถังหมักหรือบ่อหมักก๊าซชีวภาพมักจะต้องใช้ช่างที่มีความเชี่ยวชาญเฉพาะ การลงทุน ครั้งแรกมักจะสูง ดังนั้นอายุการใช้งานของถังหมักหรือบ่อหมักจึงควรมีอายุยาวนาน คงทนแข็งแรงไม่ต้องซ่อมแซมบ่อย

(5) ใช้หมักวัสดุได้หลากหลายชนิด ถังหมักหรือบ่อหมักก๊าซชีวภาพควรจะใช้ได้กับวัสดุได้หลากหลายชนิด ทั้งมูลสัตว์ วัสดุทางการเกษตร และ เศษอาหารจากครัวเรือน รวมทั่งต้องคำนึงถึงระบบการป้อนวัสดุหมักเข้าสู่ถังหมักหรือบ่อหมัก เช่น ระบบการป้อนแบบไม่ต่อเนื่อง แบบต่อเนื่อง แบบกึ่งต่อเนื่อง

(6) ความถี่ของการใช้วัสดุหมักและการนำก๊าซไปใช้ การเลือกรูปแบบและขนาดของถังหมักหรือบ่อหมักจะขึ้นอยู่กับความถี่ของผู้ใช้ที่จะสามารถหาวัสดุหมักมาป้อนระบบ และการนำก๊าซไปใช้

2.3.3 วัสดุหมัก (Inputs)

อินทรีย์ที่ย่อยสลายได้ทุกชนิดสามารถใช้เป็นวัสดุหมักก๊าซชีวภาพ แต่วัสดุบางชนิดจะมีความเหมาะสมมากกว่าวัสดุบางชนิดด้วยเหตุผลทางต้นทุนและทางเทคนิค ไม่ควรใช้วัสดุที่ต้องซื้อหรือราคาแพง เพราะจะทำให้ก๊าซชีวภาพมีต้นทุนสูง ไม่คุ้มค่าทางเศรษฐกิจ เนื่องจากวัตถุประสงค์ที่สำคัญประการหนึ่งของการผลิตก๊าซชีวภาพก็คือการเปลี่ยนวัสดุเหลือใช้จากครัวเรือนและชุมชน ที่หาได้ง่ายในท้องถิ่นนำมาใช้ให้เกิดประโยชน์ เปลี่ยนขยะ หรือของเหลือทิ้งเป็นพลังงานที่มีค่านอกจากมูลสัตว์และมูลคนแล้ว เศษวัสดุจากพืชก็สามารถนำมาใช้เป็นวัสดุหมักเพื่อผลิตก๊าซ ชีวภาพ อินทรียวัตถุต่างชนิดกันก็จะมีคุณสมบัติทางชีวเคมีที่ต่างกัน ซึ่งจะต้องทำให้ความสามารถในการผลิตก๊าซชีวภาพต่างกันไป ในการหมักก๊าซชีวภาพสามารถใช้วัสดุหมักหลายชนิดร่วมกันได้ แต่ต้องคำนึงถึงปัจจัยพื้นฐานที่เหมาะสมต่อการเจริญเติบโตและการทำงานของแบคทีเรียเมทาโนเจนส์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.3.4 การเริ่มต้นเดินระบบและใช้งานถังหมัก

ถังหมักเป็นถังสำหรับหมักเพื่อเปลี่ยนสารอินทรีย์ หรือสิ่งที่สามารถบูดเน่าได้ ให้กลายเป็นก๊าซชีวภาพที่สามารถจุดไฟติดได้ ตัวระบบประกอบด้วย 2 ถัง ได้แก่ถังสำหรับทำปฏิกิริยา และถังเก็บก๊าซ ซึ่งทั้งสองถังนี้เป็นเพียงส่วนประกอบย่อยของขั้นตอนการหมักเท่านั้น สิ่งสำคัญที่มีผลทำให้เกิดก๊าซหรือไม่ ได้แก่เชื้อจุลินทรีย์ที่มีชีวิตที่อยู่ในถัง ดังนั้นจึงอาจกล่าวได้ว่าถังหมักเป็นถังมีชีวิต จึงจำเป็นต้องเข้าใจวิธีการเลี้ยง วิธีให้อาหาร และการแก้ไขเมื่อเกิดอาการเจ็บป่วด (ไม่เกิดก๊าซ)

กระบวนการเกิดก๊าซของถังหมัก เลียนแบบการทำงานของกระเพาะอาหารของมนุษย์ กล่าวคือ เมื่อมีการกินอาหารลงไป เกิดการย่อยสลายได้ก๊าซ แล้วปล่อยก๊าซมาด้วยการผายลม หรือตดปล่อยก๊าซออกมานั่นเอง อาหารส่วนที่ย่อยไม่หมดก็กลายเป็นกาก ถ่ายออกมาเป็นอุจจาระ แต่กรณีของถังหมักอาหารในถังผสมกันด้วยใบกวน และกากที่ถ่ายออกมาใช้เป็นปุ๋ยน้ำ

การจะทำให้ถังพลาสติกขนาด 200 ลิตร ทำหน้าที่เป็นกระเพาะอาหารได้จำเป็นต้องมีการเพาะเชื้อจุลินทรีย์ก่อน เชื้อที่ว่านี้เป็นเชื้อที่มีอยู่ตามธรรมชาติไม่ใช่เชื้อโรคอันตรายใด ๆ และมีอยู่มากในมูลสัตว์ต่าง ๆ ส่วนมากจึงเริ่มเพาะเชื้อด้วยมูลสัตว์ โดยทำดังนี้

(1) ใส่มูลสัตว์ เปียกหรือแห้งก็ได้ลงในถังให้สูงขึ้นมาประมาณ 17 เปอร์เซ็นต์ ของถังหมัก

(2) เติมน้ำประมาณครึ่งถัง ทิ้งไว้ 1 สัปดาห์ ในขั้นตอนนี้มูลสัตว์จะละลายน้ำกลายเป็นเลนดำๆ ทั้งหมดเป็นการละลายมูลสัตว์ให้เชื้อได้รับความชื้นและขยายตัวเพิ่มจำนวนมากขึ้น

(3) เมื่อครบ 1 สัปดาห์เติมน้ำเพิ่มให้เต็มถัง ในขั้นตอนนี้ ถ้าต่อสายก๊าซไปยังถังเก็บก๊าซจะพบว่าถังเก็บก๊าซลอยขึ้นสูง แต่ไม่ได้เกิดจากการเกิดก๊าซในถังหมัก แต่เกิดจากการไล่ลมออกจากถังหมักเพราะมีการเติมน้ำเข้าถัง ดังนั้นเมื่อทดลองจุดก๊าซออกจากถังให้หมด จนถังเก็บก๊าซจมลงสนิท

(4) หลังจากนั้นให้สังเกตดูเมื่อถังเริ่มลอยสูงขึ้นอีกครั้งแสดงว่าเริ่มมีการผลิตก๊าซจากถังหมักแล้ว ให้เริ่มป้อนอาหาร (เศษอาหาร เศษผักต่างๆ) โดยป้อนวันละไม่เกิน 1 กิโลกรัมก่อน

(5) เมื่อป้อนอาหารวันละไม่เกิน 1 กิโลกรัมไปแล้ว 1-2 สัปดาห์ อัตราการเกิดก๊าซจะเริ่มคงที่และกลิ่นของเหลวในถังเหมือนกลิ่นน้ำก้นคลองจึงเริ่มเพิ่มอาหารแต่ละวันขึ้นได้ โดยสังเกตจากปริมาณก๊าซที่เกิดขึ้น และกลิ่นของเหลวในถังหมักถ้าเมื่อใดพบว่าอัตราการเกิดก๊าซลดลงจากที่เคยเกิดหรือของเหลวในถังมีกลิ่นเหม็นเปรี้ยว แสดงว่าเติมอาหารมากเกินไปจุลินทรีย์ถังย่อยไม่ทัน ให้หยุดเติมอาหารจนกว่าจะเริ่มเติมก๊าซตามปกติ

(6) ในกรณีที่ยิ่งทิ้งไว้นานกลิ่นเปรี้ยวยิ่งรุนแรงขึ้น แสดงว่าเติมอาหารมากเกินไปอย่างมาก ดังนั้นควรมีการช่วยปรับระบบ ด้วยการเติมปูนขาวครั้งละไม่เกิน 1 กระป๋องนมข้นหวาน วันละครั้ง แล้วคนของเหลวในถังให้ทั่วถึง จนกว่าจะเริ่มเกิดก๊าซ แต่ต้องใจเย็นว่าอย่าเติมปูนขาวมากเกินไป เพราะถ้าเติมปูนขาวมากเกินไปก็อาจขัดขวางไม่ให้เกิดก๊าซได้เช่นกัน ต้องเติมให้พอดี

(7) เมื่อระบบคงที่ มีเชื้อในถังมากตามต้องการ เติมอาหารแล้วย่อยได้หมดตามที่ควรจะเป็นถังขนาด 200 ลิตรจะรับอาหารได้ไม่เกินวันละ 10 กิโลกรัม แต่ไม่จำเป็นต้องได้รับอาหารทุกวัน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เชื้อในถังมีความอดทนสูงมาก ไม่ต้องกินอาหารได้นานหลายเดือนยังไม่ตาย เพียงแต่เมื่อหยุดป้อนอาหารไปนาน ๆ แล้วเริ่มป้อนอาหารใหม่ ต้องเริ่มป้อนทีละน้อย ๆ ให้เชื้อเริ่มชินกับการกินอาหารใหม่ก่อน

(8) เมื่อระบบในถังหมักเกิดก๊าซอยู่สภาพคงที่แล้ว ก่อนที่จะทำการป้อนวัสดุหมักเข้าถังหมัก มูลสัตว์โดยเฉพาะมูลวัว ควาย สดจะต้องผสมกับน้ำในอัตราส่วน 1 : 1 แต่ถ้าเป็นมูลแห้งจะต้องเพิ่มปริมาณน้ำให้มากขึ้นเพื่อวัสดุหมักมีความเข้มข้นตามที่ต้องการ เช่น 1 : 1.25 หรือ 1 : 2 แต่การเติมน้ำต้องไม่ให้น้ำมากเกินไป เพราะถ้าเจือจางด้วยน้ำมากเกินไป เนื้อของมูลจะจมลงก้นถัง และถ้าเติมน้ำน้อยไป มูลจะมีความเหนียวมากเกินไป มูลจะไปขวางการไหวของก๊าซที่เกิดขึ้นในส่วนล่างของถังหมัก ในทั้งสองกรณีนี้การการผลิตก๊าซจะได้น้อยกว่าที่ควรจะเป็น นอกจากนั้นจะต้องขจัดสิ่งปนเปื้อนอื่นๆ เช่น เศษอิฐ เศษหิน ออกก่อน มิฉะนั้นประสิทธิภาพในการหมักจะลดลง

ความยุ่งยากของการใช้ถังนี้ มีเพียงการเริ่มต้นเลี้ยงเชื้อให้มีปริมาณมากจนเติมอาหารได้มากและผลิตก๊าซได้มากตามที่ต้องการที่ดูแลยุ่งยากเพราะผู้ใช้ส่วนมากใจร้อน ต้องการเห็นการเกิดก๊าซทันใจในชั่วข้ามคืน เพราะลืมนึกไปว่าในถังที่ทำงานได้ดีต้องประกอบด้วยจุลินทรีย์หลายล้านตัวช่วยกันผลิตก๊าซ การเร่งเติมอาหารโดยที่เชื้อยังไม่มากพอไม่ต่างไปจากการเทเศษอาหารลงคลองที่ไม่เกิดการเปลี่ยนแปลงเป็นก๊าซ หรือถ้าเร่งเติมมาก ๆ ก็จะเป็นการดองเศษอาหาร จนในถังหมักเปรี้ยวและไม่เกิดก๊าซ ดัชนีตรวจวัดที่ง่ายและรวดเร็วคืออัตราการเกิดก๊าซพึงระลึกไว้เสมอว่า หากถังทำงานได้ดีต้องเกิดก๊าซตามปกติ หากวันใดพบว่ามีการเกิดก๊าซน้อยลงแสดงว่า ระบบเริ่มผิดปกติ และสาเหตุหลักที่พบบ่อยมากที่สุดคือการเติมอาหารมากเกินไป

เมื่อถังหมักทำงานได้ดีแล้วหากต้องการเก็บก๊าซไว้สำหรับใช้นาน ๆ สามารถเพิ่มถังเก็บก๊าซได้โดยต่อสายยางก๊าซถึงกันหมด จะใช้ก๊าซได้นานขึ้น และถ้าต้องการเพิ่มแรงดันก๊าซ ทำได้โดยหาน้ำหนักมากดถังเก็บก๊าซให้มีน้ำหนักมากขึ้นจะได้มีแรงดันก๊าซออกไปแรงมากขึ้น

2.4 ทฤษฎีมาโนมิเตอร์ (Manometer) [7]

มาโนมิเตอร์เป็นอุปกรณ์วัดความดันเกจอย่างง่ายที่สุด โดยวัดที่ค่าความดันต่ำๆ มาโนมิเตอร์อาศัยหลักการ Balance pressure กับน้ำหนักของของเหลวภายใน Column ดังนั้นการตอบสนองการวัดของmanometer ขึ้นอยู่กับการเคลื่อนไหวของของเหลวใน Column มาโนมิเตอร์มีด้วยกันหลายรูปแบบ แต่ละแบบมีข้อดี ข้อเสียและ Application ที่แตกต่างกัน ดังต่อไปนี้

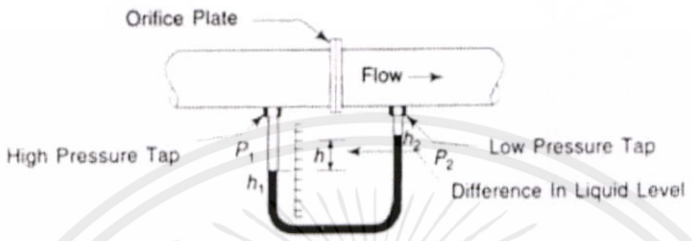
2.4.1 U-Tube Manometer

เป็นมาโนมิเตอร์ที่มีรูปแบบง่ายที่สุดในบรรดารูปแบบทั้งหลาย ส่วนมากนิยมใช้งานในห้องทดลองเนื่องจากสามารถเลือกใช้ได้กับของเหลวเกือบทุกชนิด แต่ที่นิยมใช้คือ น้ำและปรอท ตลอดจนสามารถอ่านและบันทึกค่าได้ค่อนข้างแม่นยำด้วย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ลักษณะโครงสร้าง เป็นหลอดแก้วรูปตัว U และต้องเติมของเหลวเข้าไป ซึ่งที่นิยมใช้ที่สุดคือ น้ำหรือปรอทเนื่องจากว่าทั้ง 2 ชนิดมีค่า Specific Weight คงที่แม้อุณหภูมิจะเปลี่ยนไปก็ตาม โดยอาจปล่อยปลายด้านหนึ่งไว้กับบรรยากาศและปลายด้านหนึ่งต่อเข้ากับจุดวัดความดัน หรืออาจต่อปลายทั้งสองเข้ากับจุดวัดความดันก็ได้

(1) หลักการในกรณีที่ต่อ U-Tube เข้ากับจุดวัดความดันทั้ง 2 ด้าน



รูปที่ 2.11 การต่อ U-Tube เข้ากับจุดวัดความดันทั้ง 2 ด้าน

อธิบายได้ด้วยสมการ (2.1) และ (2.2)

$P1-P2 = (\rho - \rho_1)(h_1-h_2)g$ (2.1)

$\Delta P = (\rho - \rho_1)gh$ (2.2)

เมื่อ

ρ คือ ความหนาแน่นของของเหลวใน U-Tube (ปกติแบบนี้จะใช้ปรอท)

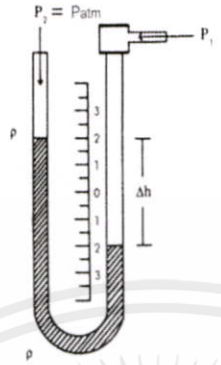
ρ_1 คือ ความหนาแน่นของของเหลวในท่อ (Main Pipe)

h คือ ความสูงแตกต่างที่เกิดจาก ความดันทั้ง 2 ด้าน ของ Manometer

g คือ แรงโน้มถ่วงของโลก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

(2) ในกรณีที่ต่อ U-Tube เข้ากับจุดวัดความดัน 1 ด้าน อีกด้านหนึ่งปล่อยอิสระกับบรรยากาศ



รูปที่ 2.12 การต่อ U-Tube เข้ากับจุดวัดความดัน 1 ด้าน

อธิบายได้ด้วยสมการ (2.3) และ (2.4)

$$\Delta P = (\rho - \rho_1)(h_1 - h_2)g \quad (2.3)$$

$$= (\rho - \rho_1) g D h \quad (2.4)$$

เมื่อ

P คือ ด้านที่ต่อเข้ากับความดัน r2 คือ บรรยากาศ

ρ คือ ความหนาแน่นของของเหลวใน U-Tube

ρ_1 คือ ความหนาแน่นของFluid เหนือของเหลวด้าน ρ_2 ในที่นี้คืออากาศและเมื่อเทียบ ρ กับ ρ_1 และ ρ_1 มีค่าน้อยมาก จึงให้เท่ากับ 0

ดังนั้น $\Delta P = \rho g \Delta h \quad (2.5)$

จากสมการจะพบว่า ΔP แปรผันตรงกับค่า Δh และค่า ρ ดังนั้นสมการออกแบบหรือเลือกใช้งาน Manometer จึงต้องคำนึงถึงตัวแปร 2 ตัว เป็นหลัก เช่น หลอดแก้วที่มีความสูง 1 เมตร ใช้ของเหลวที่เป็นน้ำ จะสามารถวัดความดันได้ในย่าน 0-98.066 mbar หากใช้ของเหลวเป็นปรอท จะสามารถวัดความดันได้ในย่าน 0-1329 mbar

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

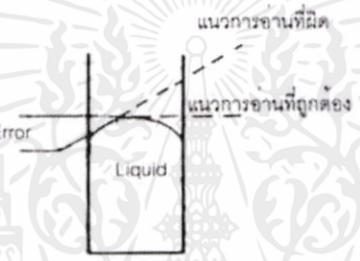
คุณลักษณะที่สำคัญของ U-Tube Manometer

(1) มีค่า Error ประมาณ 10.3 เปอร์เซ็นต์ ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับการอ่านค่าด้วย โดยอาจมีค่า Human Error เกิดขึ้นค่อนข้างมาก

(2) ค่า Liquid Purity, Temperature, Atmospheric Pressure ที่เปลี่ยนแปลงไปล้วนส่งผลต่อค่า Density ของของไหล จึงต้องนำมาคำนวณเพื่อชดเชยค่า Error ด้วย

(3) ของเหลวที่เติมใน U-Tube ที่นิยมใช้คือน้ำ ปรอท และน้ำมันผสม โดยคุณสมบัติที่สำคัญคือ ต้องไม่ทำปฏิกิริยากับ Fluid ที่ต้องการวัดความดันในระบบ ไม่กัดกร่อนไม่เป็นสารพิษ ไม่แข็งตัว ไม่เดือดง่าย ไม่ระเหยง่าย

(4) ผลของ Surface Tension หรือ ค่าแรงตึงผิวของของเหลวที่เติมใน U-Tube จะทำให้การอ่านค่าผิดพลาดได้ การอ่านค่าที่ถูกต้องคือ ต้องอ่านค่า ณ จุดกึ่งกลาง Tube ไม่ว่าจะอยู่จุดสูงสุดหรือต่ำสุดก็ตาม แสดงดังรูปที่ 2.5



รูปที่ 2.13 ค่าแรงตึงผิวของของเหลวที่เติมใน U-Tube

(5) ย่านการวัดขึ้นอยู่กับขนาดความสูงของ U-Tube และสารที่ใช้เติมโดยทั่วไปจะใช้ U-Tube ความสูงประมาณ 1 เมตร เพราะหากสูงมากๆจะมีปัญหาเรื่องการอ่านค่าที่ลำบาก

(6) Manometer จัดเป็นเครื่องมือวัดความดันที่อยู่ในกลุ่มของ Reference Device ซึ่งประกอบด้วย Mc Leod Gauge, Barometer และ Dead Weight Tester

นอกจากนี้ยังอาจพบเห็น U-Tube Manometer ที่ใช้ของเหลว 2 ชนิด (Double Liquid Type manometer) เติมลงไปใน U-Tube ด้วย โดยมีคุณลักษณะที่สำคัญคือ ใช้วัดความดันของก๊าซเท่านั้น

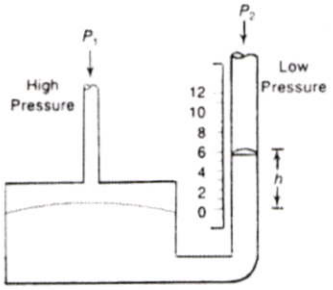
2.4.2 Well Type Manometer or Single Tube Manometer

เป็นมาโนมิเตอร์ชนิดที่นิยมใช้งานกันมากที่สุด เนื่องจากมีข้อดีหลายประการ คือ

(1) มีความสะดวกในการอ่านค่า เนื่องจากมี Seale อยู่ด้านใดด้านหนึ่งเท่านั้น สามารถอ่านการเปลี่ยนแปลงได้ทันที

(2) มีความไวสูง สามารถตอบสนองการเปลี่ยนแปลงของความได้ดีมาก แม้จะเปลี่ยนแปลงเพียงเล็กน้อยก็ตาม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.14 Well Type Manometer or Single Tube Manometer

2.5 กฎของก๊าซ [8]

ก๊าซประกอบด้วยอนุภาคเล็กมากจำนวนมากมาย โดยแต่ละอนุภาคเรียกว่าโมเลกุล โดยโมเลกุลของก๊าซจะอยู่ห่างกันมากกว่าโมเลกุลของของแข็งและของเหลว เนื่องจากแรงยึดเหนี่ยวระหว่างโมเลกุลของก๊าซมีค่าน้อยมาก ทำให้โมเลกุลของก๊าซเคลื่อนที่ตลอดเวลา โดยมีทิศทางไม่แน่นอน ก๊าซสามารถฟุ้งกระจายได้ง่าย ความดัน ปริมาตร และอุณหภูมิมีผลทำให้สมบัติต่าง ๆของก๊าซเปลี่ยนไป ในการศึกษาเกี่ยวกับสมบัติของก๊าซ เราสามารถจัดแบ่งก๊าซออกเป็น 2 ชนิด คือ

(1) ก๊าซอุดมคติ (Ideal Gas) หมายถึง ก๊าซที่ถูกสมมติขึ้นเพื่อใช้อธิบายคุณสมบัติต่าง ๆ ของก๊าซโดยไม่ว่าที่สภาวะใดก็ตามก๊าซนี้จะเป็นไปตามกฎต่างๆ ของก๊าซ ซึ่งก๊าซนี้ไม่มีอยู่จริงในธรรมชาติ

(2) ก๊าซจริง (Real Gas) หมายถึง ก๊าซที่มีอยู่ทั่วไปในธรรมชาติ เช่น O_2 , CO_2 เป็นต้น โดยก๊าซนี้ไม่เป็นไปตามกฎของก๊าซ ยกเว้นเมื่ออุณหภูมิสูงและความดันต่ำ ก๊าซจริงจะมีสมบัติใกล้เคียงกับก๊าซอุดมคติ

2.5.1 กฎของบอยล์ (Boyle's Law)

เป็นกฎที่ใช้อธิบายความสัมพันธ์ระหว่างความดันและปริมาตรของก๊าซ โดยผู้ที่ค้นพบกฎนี้คือ โรเบริต์ บอยล์ (Robert Boyle) พบว่า "เมื่ออุณหภูมิและมวลของก๊าซคงที่ ความดันสัมบูรณ์ของก๊าซจะแปรผกผันกับปริมาตรของก๊าซ" หมายความว่า เมื่อความดันสัมบูรณ์มีค่าเพิ่มขึ้น จะมีผลทำให้ปริมาตรของก๊าซลดลง

ถ้าให้ P แทนความดันสัมบูรณ์ของก๊าซ, V แทนปริมาตรของก๊าซ และ T แทนอุณหภูมิของก๊าซ จะได้

ที่ T คงที่	V	α	T
หรืออาจเขียนได้ว่า	PV	=	k

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เมื่อ k แทนค่าคงที่ โดยจะพบว่าที่อุณหภูมิคงที่ ผลคูณระหว่างความดันสัมบูรณ์กับปริมาตรของก๊าซใด ๆ มีค่าคงที่ ซึ่งถ้าความดันของก๊าซเปลี่ยนแปลงจาก P_1เป็น P_2 ปริมาตรของก๊าซจะเปลี่ยนจาก V_1 เป็น V_2 จะได้

$$P_1V_1 = P_2V_2 \qquad (2.6)$$

2.5.2 กฎของชาร์ลส์ (Charles's Law)

เป็นกฎที่ใช้อธิบายความสัมพันธ์ระหว่างปริมาตรและอุณหภูมิของก๊าซ โดยผู้ที่ค้นพบกฎนี้คือ Jacques Charles พบว่า "ถ้าให้ความดันและมวลของก๊าซคงที่ ปริมาตรจะแปรผันตรงกับอุณหภูมิองศาสัมบูรณ์ของก๊าซ" สามารถเขียนความสัมพันธ์ได้ดังนี้

ที่ P คงที่ $V \quad \alpha \quad T$

หรืออาจจะเขียนได้ว่า $V/T = k$ ซึ่ง k เป็นค่าคงที่

เมื่อความดันและมวลของก๊าซคงที่ ถ้าปริมาตรของก๊าซเปลี่ยนจาก V_1 เป็น V_2 และอุณหภูมิของก๊าซเปลี่ยนจาก T_1 เป็น T_2 จะได้

$$V_1/T_1 = V_2/T_2 \qquad (2.7)$$

2.5.3 กฎของเกย์ ลุสแซก (Gay Lussac's Law)

เป็นกฎที่ใช้อธิบายความสัมพันธ์ระหว่างความดันและอุณหภูมิของก๊าซ โดยผู้ที่ค้นพบกฎนี้คือ Gay Lussac พบว่า "ถ้าให้ปริมาตรและมวลของก๊าซคงที่ ความดันจะแปรผันตรงกับอุณหภูมิองศาสัมบูรณ์ของก๊าซ" สามารถเขียนความสัมพันธ์ได้ดังนี้

ที่V คงที่ $P \quad \alpha \quad T$

หรืออาจจะเขียนได้ว่า $P/T = k$ ซึ่ง k เป็นค่าคงที่

เมื่อปริมาตรและมวลของก๊าซคงที่ ถ้าความดันของก๊าซเปลี่ยนจาก P_1 เป็น P_2 และอุณหภูมิของก๊าซเปลี่ยนจาก T_1 เป็น T_2 จะได้

$$P_1/V_1 = P_2/V_2 \qquad (2.8)$$

2.5.4 กฎของก๊าซอุดมคติ (Ideal gas law)

เมื่อรวมกฎของบอยล์ ชาร์ลส์ และเกย์ ลุสแซก เข้าด้วยกัน จะได้ความสัมพันธ์ระหว่างความดันปริมาตรและอุณหภูมิของก๊าซเมื่อมวลของก๊าซมีค่าคงที่ ดังนี้

$$PV \quad \alpha \quad T$$

หรืออาจเขียนได้ว่า $PV/T = k \qquad (2.9)$

จากการทดลองพบว่า ก๊าซทุกชนิดที่ S.T.P. ($T = 273$ K, $P = 1.013 \times 10^5$ N/m^2) ก๊าซ 1 โมล จะมีปริมาตร (V) 22.4 x 10-3 m^3 ถ้าคิดที่ก๊าซ n โมล จะมีปริมาตร 22.4×10^{-3} n m^3 เมื่อแทนค่าในสมการที่ (2.9)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จะได้ $$k = \frac{1.013\times10^{5}\frac{N}{m^2}\times22.4\times10^{-3}\text{n } m^3}{273}$$

ดังนั้น k = 8.314n J/mol.K

ถ้าให้ R = 8.314 J/mol.K แทนค่าคงที่สากลของก๊าซ (Universal gas constant) สมการที่ (4) สามารถเขียนได้ใหม่เป็น

$$PV = nRT \qquad (2.10)$$

เมื่อ

P คือ ความดัน (N/m^2)

V คือ ปริมาตร (m^3)

T คือ อุณหภูมิ (K)

n คือ จำนวน (mol)

R คือ ค่าคงที่สากลของก๊าซ มีค่า 8.314 J/mol.K

เรียกสมการที่ (5) ว่า กฎของก๊าซอุดมคติ (Ideal gas law) หรือ สมการสถานะของก๊าซอุดมคติ (Equation of state for an ideal gas) ซึ่งสมการนี้แสดงความสัมพันธ์ของปริมาณทั้งสามคือความดัน ปริมาตร และอุณหภูมิ

2.6 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

ธนันชัย ยั่งยืน และคณะ (2552) [9] ได้ศึกษาศักยภาพการผลิตไบโอก๊าซของพืชเพื่อเป็นพลังงานทางเลือกสำหรับชุมชน การวิจัยนี้เป็นการทดลองหาปริมาณไบโอก๊าซที่เกิดจากการหมักพืช 6 ชนิด คือ ข้าวโพด ผักตบชวา กล้วย มะละกอ อ้อยและผักกาดขาว ภายใต้กระบานการหมักแบบไร้อากาศ ซึ่งใช้มูลสุกรเป็นสารตั้งต้นในกระบวนการหมัก วัดปริมาณและคุณภาพของก๊าซที่เกิดขึ้นจากพืชทั้ง 6 ชนิด ตลอดระยะเวลาการหมัก 30 วัน ในถังหมักขนาด 20 ลิตร และควบคุมอุณหภูมิไว้ที่ 38°C ผลการทดลองพบว่ามะละกอให้ปริมาณไบโอก๊าซมากที่สุด 537.02 LN/kg.ODM/30day รองลงมาคือ กล้วย ข้าวโพด อ้อยและผักกาดขาว ให้ปริมาณไบโอก๊าซ 385.10, 368.31 352.07 และ 190.54 LN/kg.ODM/30day ตามลำดับ ส่วนผักตบชวาให้ปริมาณไบโอก๊าซน้อยที่สุด 56.62 LN/kg.ODM/30day

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

วงศ์วิวรรธ ธนูศิลป์ และคณะ (2555) [10] ได้ศึกษาการกำจัดก๊าซไฮโดรเจนซัลไฟด์จากก๊าซชีวภาพโดยใช้ถ่านกัมมันต์และเหล็ก การวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อการกำจัดก๊าซไฮโดรเจนซัลไฟด์โดยใช้วัสดุดูดซับที่แตกต่างกัน ได้แก่ ถ่านกัมมันต์ (AC) ขี้กลึงเหล็กปรับสภาพด้วยกรดไฮโดรคลอริก (FH) ขี้กลึงเหล็กไม่ปรับสภาพ (FA) และ ถ่านกัมมันต์ร่วมกับขี้กลึงเหล็กไม่ปรับสภาพ (AF) ในคอลัมน์ตัวกลางสูง 10 เซนติเมตร เส้นผ่านศูนย์กลาง 2.54 เซนติเมตร ทำการตรวจวิเคราะห์ด้วยเครื่อง Biogas Analyzer ที่อัตราการไหล 340 มิลลิลิตรต่อนาที โดยวิเคราะห์แบบต่อเนื่อง จากการศึกษาพบว่า ขี้กลึงเหล็กไม่ปรับสภาพมีประสิทธิภาพการกำจัดก๊าซไฮโดรเจนซัลไฟด์สูงสุด รองลงมาคือ ถ่านกัมมันต์ร่วมกับขี้กลึงเหล็กไม่ปรับสภาพ ถ่านกัมมันต์ และขี้กลึงเหล็กปรับสภาพ ตามลำดับ โดยมีร้อยละการกำจัดก๊าซไฮโดรเจนซัลไฟด์เท่ากับ 70.22, 43.61, 29.72 และ 15.37 ตามลำดับ และ breakthrough point ที่ระยะเวลา 140, 215, 95 และ 120 นาที ตามลำดับ ปริมาณการดูดซับก๊าซไฮโดรเจนซัลไฟด์ต่อปริมาตรวัสดุดูดซับเท่ากับ 2,249.68, 1,418.69, 338.34 และ 438.69 มิลลิกรัมต่อลูกบาศก์เซนติเมตร ของวัสดุดูดซับขี้กลึงเหล็กไม่ปรับสภาพ ถ่านกัมมันต์ร่วมกับขี้กลึงเหล็กไม่ปรับสภาพ ถ่านกัมมันต์ และขี้กลึงเหล็กปรับสภาพ ตามลำดับ

ชัยยา อ่ำบุญและคณะ (2549) [15] ได้สร้างเครื่องผลิตก๊าซชีวภาพจากเศษอาหารที่เกิดขึ้นในโรงอาหารคณะวิศวกรรมศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง และหาศักยภาพของเศษอาหาร ที่มีผลต่อการผลิตก๊าซมีเทนในการย่อยสลายเศษอาหารด้วยระบบถังหมักไร้อากาศ โดยศึกษาการย่อยสลายของเศษอาหารในถังหมักขนาดความจุ 100ลิตร ซึ่งคำนวณจากปริมาณเศษอาหารที่เกิดขึ้นใน 1วันที่มากที่สุดในรอบสัปดาห์พบว่า จะมีปริมาณเศษอาหารที่เกิดขึ้นมากที่สุด 75 กิโลกรัม คิดเป็นปริมาตรจะได้ 75.8 ลิตร ภายใต้สภาวะการทดลองที่แตกต่างกันคือทดลองหมักเศษอาหารแบบมีการกวน 30 วัน และทดลองหมักเศษอาหารแบบไม่มีการกวน 30 วัน เพื่อหาปริมาณก๊าซที่เกิดขึ้น จากปริมาณเศษอาหารเปียก 35 กิโลกรัม โดยใช้จุลินทรีย์ที่ไม่มีการแยกชนิดเชื้อจำนวน 20 กิโลกรัม ผสมรวมกันภายในถัง การทดสอบการหมักเศษอาหารในเครื่องผลิตก๊าซด้วยการหมักแบบไม่มีการกวนเศษอาหารพบว่าปริมาณก๊าซที่เกิดขึ้นจะมีปริมาณค่อนข้างสูงช่วง 4 วันแรกของการหมัก โดยวันแรกให้ปริมาณก๊าซสูงที่สุด หลังจากนั้นปริมาณก๊าซที่ได้มีค่าน้อยลงในแต่ละวัน และเมื่อเปรียบเทียบกับเศษอาหารแล้วปริมาณก๊าซที่เกิดมีเทนเป็น 1.7 เท่าของปริมาณเศษอาหาร และ 7.7 เท่าเมื่อเปรียบเทียบกับปริมาณของแข็งทั้งหมด การทดสอบการหมักเศษอาหารด้วยระบบหมักแบบกวนเศษอาหาร โดยมีการกวนวันละ 4ครั้ง พบว่ามีปริมาณก๊าซที่เกิดขึ้นจะมีปริมาณค่อนข้างสูงในช่วง 3 วันแรกของการหมัก โดยวันแรกที่ทำการหมักมีปริมาณก๊าซสูงสุด หลังจากนั้นปริมาณก๊าซที่ได้จะลดลงในแต่ละวัน เมื่อเปรียบเทียบกับปริมาณเศษอาหารแล้วปริมาณก๊าซที่เกิดขึ้นเป็น 2เท่าของปริมาณเศษอาหาร และเป็น 9เท่าเมื่อเทียบกับปริมาณของแข็งทั้งหมด จากข้อมูลการหมักทั้ง 2 ระบบคือ แบบมีการกวนและไม่มีการกวน พบว่าระบบที่มีการกวนให้ปริมาณก๊าซมากกว่าทั้งในส่วนของปริมาณก๊าซเริ่มต้นและปริมาณก๊าซทั้งหมด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งไม่อนุญาตให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

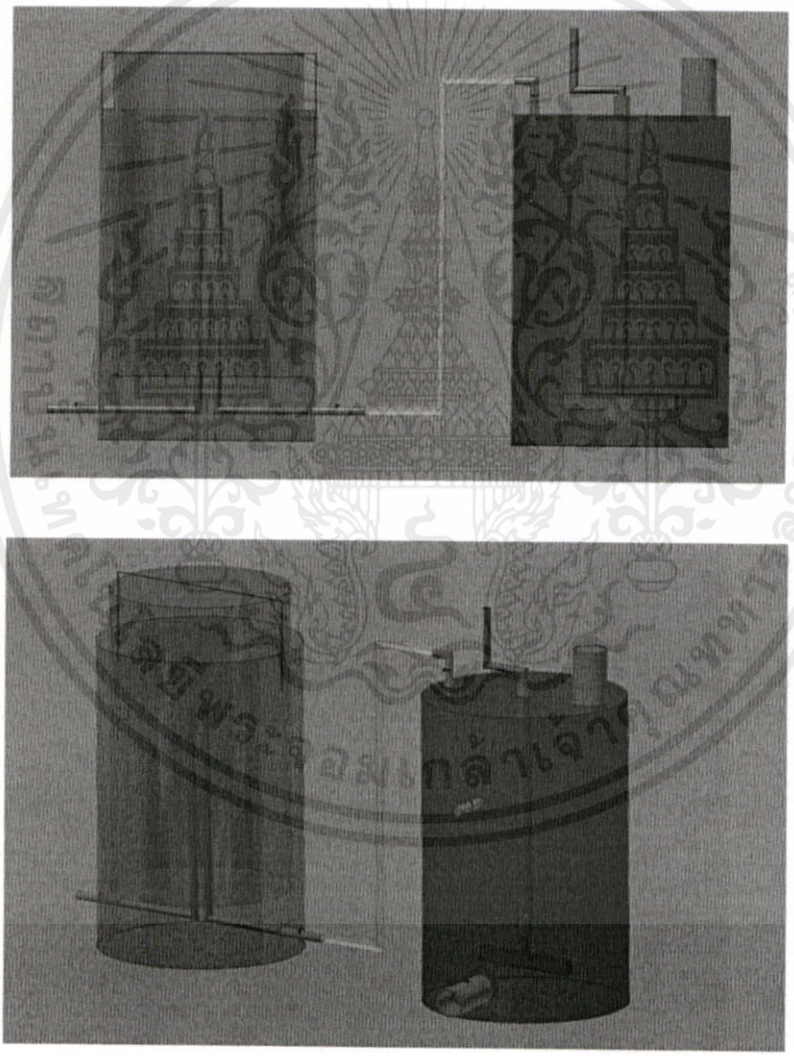
บทที่ 3

ขั้นตอนการดำเนินงาน

3.1 ออกแบบและสร้างถังหมักก๊าซชีวภาพ

การออกแบบชุดถังหมักก๊าซชีวภาพ ใช้ชุดถังหมักก๊าซชีวภาพขนาด 200 ลิตร ต้นแบบจากชุดถังหมักจากกระทรวงพลังงาน และนำมาปรับเพื่อให้เข้ากับการทดลอง

ออกแบบชุดถังหมักก๊าซชีวภาพจากผักตบชวา โดยโปรแกรม Autodesk Inventor 2013



รูปที่ 3.1 ชุดถังหมักจากผักตบชวา ออกแบบโดยโปรแกรม Autodesk Inventor 2013

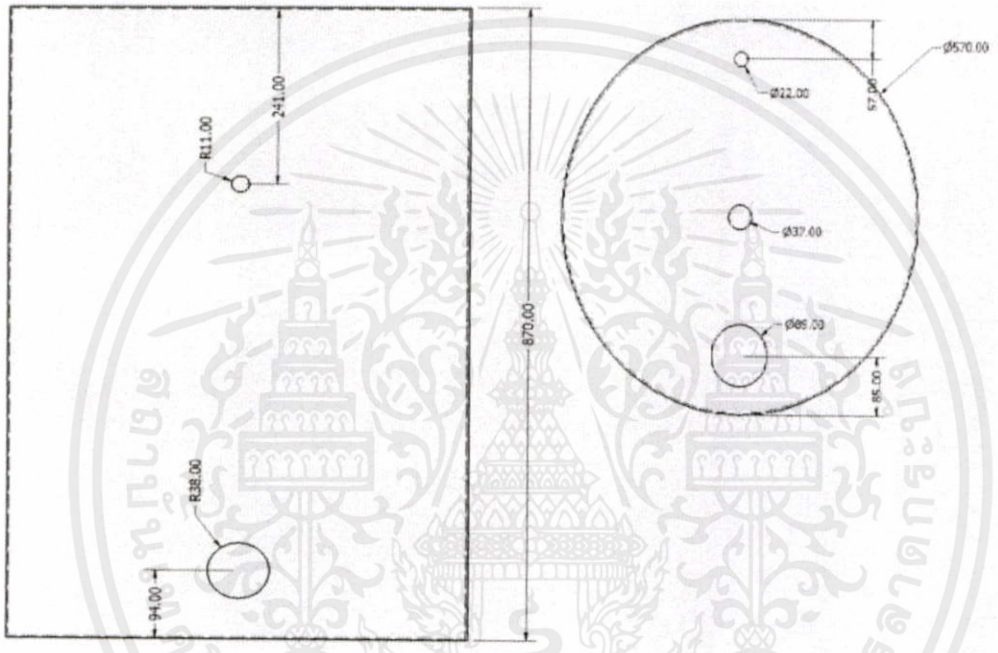
เอกสารนี้เป็นทรัพย์สินทางปัญญาที่ได้รับความคุ้มครองตามกฎหมาย ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.1.1 ชุดถังหมักก๊าซชีวภาพประกอบด้วย ถังหมักขนาด 200 ลิตร ถังเก็บก๊าซขนาด 200 ลิตร และถังขนาด 120 ลิตร

3.1.2 การเจาะถังหมัก

(1) เจาะรูสำหรับต่อท่อระบายน้ำทิ้งที่ด้านข้างของถังหมักขนาดผ่านศูนย์กลาง 2.2 เซนติเมตร ต่ำกว่าขอบถังด้านบน 241 เซนติเมตร

(2) เจาะรูสำหรับเป็นทางออกของผักชวาขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 3.4 เซนติเมตร สูงจากก้นถัง 94 เซนติเมตร ดังรูป



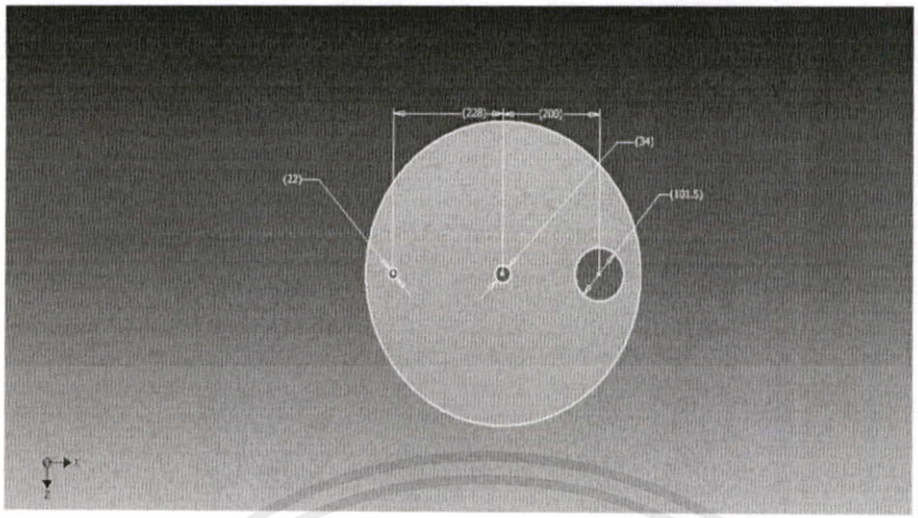
รูปที่ 3.2 ตำแหน่งการเจาะรูด้านข้างถังหมัก

(3) ด้านบนของถังหมักก๊าซ เจาะรูสำหรับใบกวนขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 3.4 เซนติเมตรบริเวณกลางถัง

(4) เจาะรูไว้สำหรับใส่ผักตบชวาขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 10.15 เซนติเมตร

(5) เจาะรูสำหรับต่อท่อไปยังถังเก็บก๊าซขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 1.1 เซนติเมตร

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



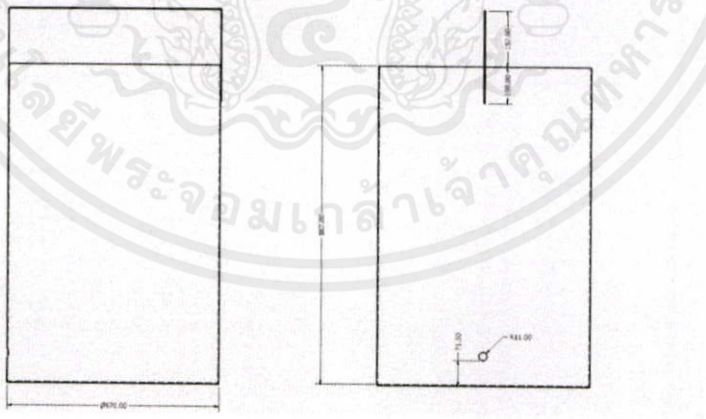
รูปที่ 3.3 ตำแหน่งการเจาะรูด้านบนของถังหมัก

3.1.4 การเจาะถังเก็บก๊าซ

(1) เจาะรูสำหรับนำก๊าซเข้าบริเวณด้านข้างของถังเก็บก๊าซขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 2.2เซนติเมตร สูงจากก้นถัง 7.7 เซนติเมตร

(2) เจาะรูสำหรับปล่อยน้ำทิ้งขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 3.3 เซนติเมตร สูงจากก้นถัง 7.7 เซนติเมตร

(3) เจาะรูสำหรับฟิก(Fix) ถัง ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 1.1 เซนติเมตร ต่ำจากขอบถังด้านบน 10 เซนติเมตร ดังรูป



รูปที่ 3.4 ตำแหน่งการเจาะรูของถังเก็บก๊าซ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.1.5 อุปกรณ์สำหรับสร้างชุดถังหมักก๊าซชีวภาพ

ชนิดของอุปกรณ์	จำนวน
ข้องอ 90 องศา ½ นิ้ว	5
ข้องอ 90 องศา ¾ นิ้ว	2
ข้อต่อตรงเกลียวใน ½ นิ้ว	3
ข้อต่อตรงเกลียวนอก ½ นิ้ว	3
ข้อต่อตรงเกลียวใน ¾ นิ้ว	1
ข้อต่อตรงเกลียวนอก ¾ นิ้ว	1
ข้อต่อตรงเกลียวใน 1 นิ้ว	2
ข้อต่อตรงเกลียวนอก 1 นิ้ว	2
ข้อต่อตรงเกลียวใน 3 นิ้ว	1
ข้อต่อตรงเกลียวนอก 3 นิ้ว	1
ข้อต่อตรงเกลียวนอก 4 นิ้ว	1
ฝาปิดท่อเกลียวนอก 4 นิ้ว	1
ฝาครอบท่อ ¾ นิ้ว	1
ฝาครอบท่อ 1 นิ้ว	2
ฝาครอบท่อ 4 นิ้ว	1
วาล์ว เปิด-ปิด ½ นิ้ว	2
วาล์ว เปิด-ปิด ¾ นิ้ว	1
วาล์ว เปิด-ปิด 1 นิ้ว	1
ข้อต่อตรง ¾ นิ้ว ลด ½ นิ้ว	1
ท่อพีวีซี ¾ นิ้ว ยาว 20 เซนติเมตร	6
ท่อพีวีซี ½ นิ้ว ยาว 90 เซนติเมตร	2
ท่อพีวีซี ¾ นิ้ว ยาว 90 เซนติเมตร	1
ท่อพีวีซี 1 นิ้ว ยาว 70 เซนติเมตร	1
ถังบรรจุสารเคมี 200 ลิตร	2
ถังบรรจุสารเคมี 150 ลิตร	1
สายยาง ¾ นิ้ว ยาว 90 เซนติเมตร	1
เข็มขัดโลหะ ¾ นิ้ว	2
เหล็กฉาก 1.5 นิ้ว ยาว 30 เซนติเมตร	1
เหล็กพืด 1.5 นิ้ว ยาว 120 เซนติเมตร	1
แผ่นยางหนา ½ เซนติเมตร 30*30 เซนติเมตร	1
ซิลิโคลน	1

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 3.1 อุปกรณ์สำหรับสร้างชุดถังหมักก๊าซชีวภาพ

3.1.6 การสร้างถังหมัก

(1) กำหนดจุดที่ต้องเจาะตามที่ออกแบบไว้ ทำการเจาะด้วยสว่าน

(2) เตรียมปะเก็นหรือซีนยางขนาด 0.5 มิลลิเมตร เพื่อป้องกันไม่ให้ก๊าซรั่ว

(3) ประกอบข้อต่อ และวาล์วลงถัง ดังนี้

- ถังหมักด้านบน ที่รูสำหรับต่อท่อนำก๊าซสวมต่อตรงเกลียวในและต่อตรงเกลียวนอกขนาด ½ นิ้ว และต่อข้องอ 90 ขนาด ½ นิ้ว ที่รูสำหรับใส่ผักตบชวาสวมต่อตรงเกลียวนอกขนาด 4 นิ้ว และปิดด้วย ฝาครอบท่อพีวีซี ขนาด 4 นิ้ว

- ถังหมักด้านข้าง ที่รูสำหรับปล่อยน้ำทิ้งสวมต่อตรงเกลียวในและต่อตรงเกลียวนอกขนาด ½ นิ้ว และต่อวาล์วขนาด ½ นิ้ว ที่รูสำหรับทางออกผักตบชวาสวมต่อตรงเกลียวในและต่อตรงเกลียวนอกขนาด 3 นิ้ว ติดวาล์วสำหรับ เปิด-ปิด ขนาด 3 นิ้ว

- ถังเก็บก๊าซด้านข้าง ที่รูสำหรับนำก๊าซเข้าถังเก็บก๊าซสวมต่อตรงเกลียวในและต่อตรงเกลียวนอก ขนาด ½ นิ้ว และต่อข้องอ 90 ขนาด ½ นิ้ว ที่รูสำหรับนำก๊าซออกจากถังเก็บก๊าซสวมต่อตรงเกลียวในและต่อตรงเกลียวนอก ขนาด ½ นิ้ว ต่อข้องอ 90 ขนาด ½ นิ้ว และติดตั้งวาล์วเปิด-ปิด ½ นิ้ว ที่รูปล่อยน้ำสวมต่อตรงเกลียวในและต่อตรงเกลียวนอก ขนาด ½ นิ้ว ติดตั้งวาล์ว เปิด-ปิด ขนาด ½ นิ้ว

- การประกอบข้อต่อเข้าด้วยกันโดยใช้กาวทาท่อ

(4) ทาซีลีโคลนบริเวณปะเก็นไว้เพื่อป้องกันไม่ให้ก๊าซรั่ว

(5) ประกอบท่อพีวีซี ภายในถังใบที่สองที่ใช้เก็บก๊าซ โดยการใช้กาวทาท่อพีวีซี และประกอบท่อพีวีซี 90 เซนติเมตร เข้าไปภายในถัง

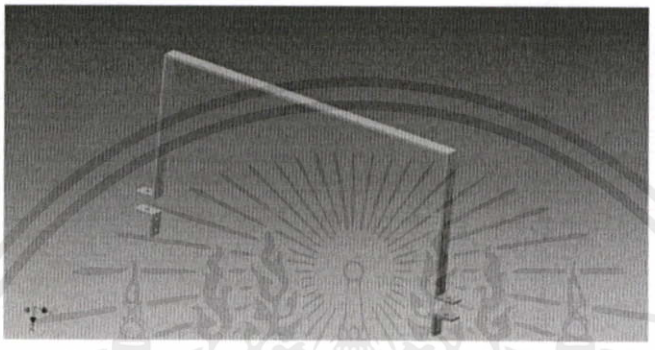
(6) เชื่อมถังทั้งสองโดยการใช้ ¾ นิ้ว และมีการใช้เข็มขัดรัดสายรัดให้แน่นเพื่อป้องกันไม่ให้ก๊าซรั่ว

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

(7) นำถังขนาด 120 ลิตรมาครอบถังเก็บก๊าซ และทำการฟิกถังโดย

- นำเหล็กพืดความยาว 120 เซนติเมตร มาดัดดังรูป ช่วงกลางมีความยาว 70 เซนติเมตร แล้วดัด 90 องศาทั้ง 2 ข้างดังรูป ยาวด้านละ 25 เซนติเมตร จากนั้นดัด 90 องศา ด้านปลายของส่วนที่ยาว 25 เซนติเมตร ให้มีความยาวออกมาข้างละ 5 เซนติเมตร ดังรูป

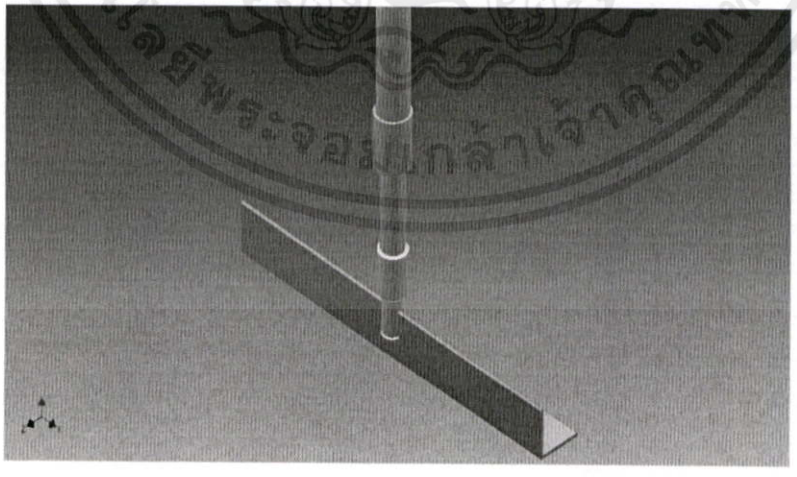
- นำเหล็กพืดที่มีความยาวชิ้นละ 10 เซนติเมตร 2 ชิ้น มาดัด 90 องศา โดยแบ่งครึ่ง ดังรูป



รูปที่ 3.5 ที่ฟิกสำหรับถังเก็บก๊าซชีวภาพ

(8) ทำใบกวนโดย

- ข้อต่อตรง ¾ นิ้ว ลด ½ นิ้ว นำด้าน ½ มาผ่าระหว่างกลาง ลึก 1 นิ้ว แล้วนำเหล็กฉากขนาด 30 เซนติเมตร มาเสียบเข้าแล้วใช้ น็อตยึด ระหว่าง เหล็กฉากกับข้อต่อ อีกด้านหนึ่งนำไปต่อกับ ท่อพีวีซี ¾ นิ้ว ยาว 90 เซนติเมตร ดังรูป

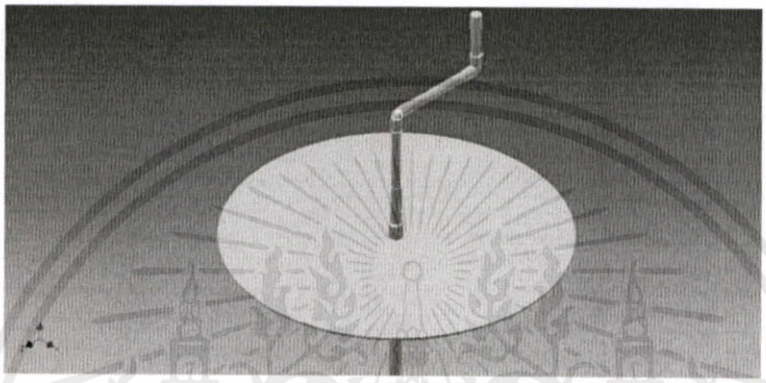


รูปที่ 3.6 ใบกวนภายในถังหมัก

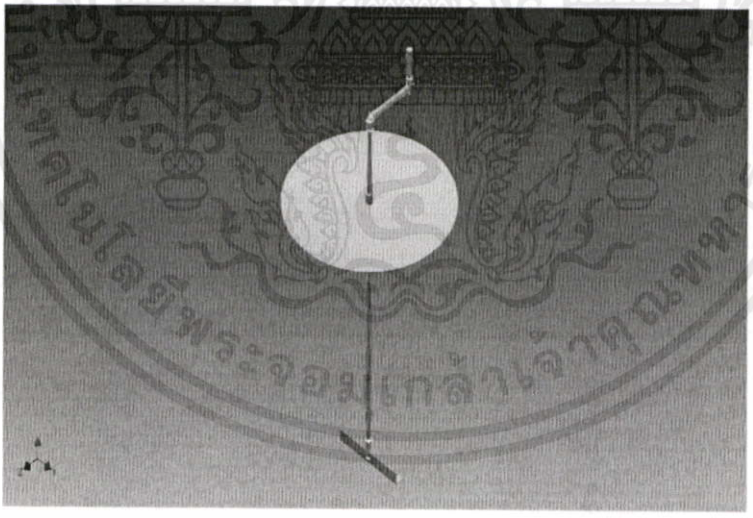
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

- นำ ท่อพีวีซี 1 นิ้ว ยาว 70 เซนติเมตร มาต่อเข้ากับ ฝาครอบท่อ 1 นิ้ว ที่เจาะรูขนาด ¾ นิ้ว ไว้แล้ว ด้านบนของท่อพีวีซี 1 นิ้ว ต่อเข้ากับข้อต่อตรงเกลียวนอก 1 นิ้ว ให้ด้านเกลียวโผล่ขึ้นเหนือฝา ที่รูขนาด 3.7 เซนติเมตร

- บนฝาถัง ใช้ข้อต่อตรงเกลียวใน 1 นิ้ว ต่อเข้ากับต่อตรงเกลียวนอก ที่โผล่ขึ้นมาจากใต้ถัง จากนั้นนำท่อ พีวีซี ¾ นิ้ว ยาว 20 เซนติเมตร มาต่อเข้ากับ ข้องอ 90 องศา ¾ นิ้ว และปิดด้วย ฝาครอบท่อ ¾ นิ้ว ดังรูป

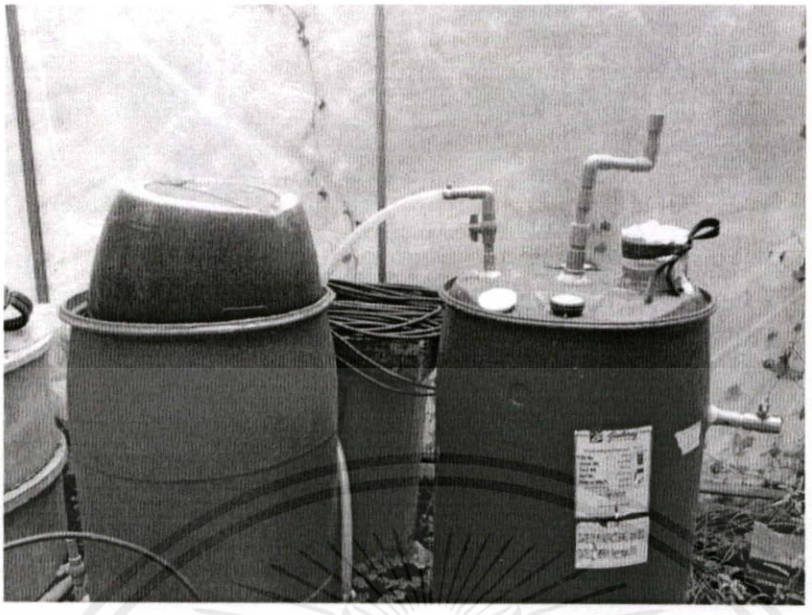


รูปที่ 3.7 แกนสำหรับหมุนใบกวน



รูปที่ 3.8 ชุดใบกวนสำหรับถังหมักก๊าซชีวภาพ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



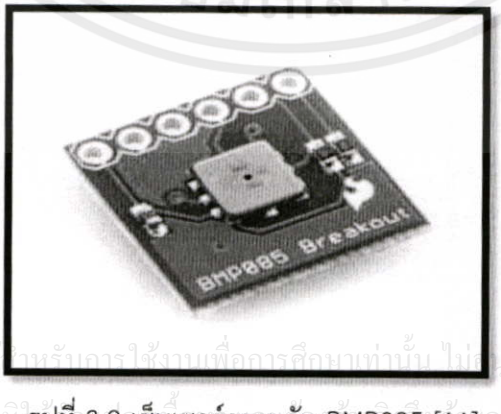
รูปที่ 3.9 ชุดถังเก็บก๊าซชีวภาพ

3.2 ติดตั้งเซ็นเซอร์(Sensor)

ติดตั้งเซ็นเซอร์ความดัน(Pressure Sensor) เซ็นเซอร์อุณหภูมิ(Temperature Sensor)ภายในถังหมัก ลงบนอดูโน่บอร์ด (Arduino Board) แสดงผลทางจอแอลซีดี(LCD) และบันทึกผลลงบนเอสดีการ์ดโมดูล(SD card module) ทุกๆ 15 นาที เก็บค่าตลอด 24 ชั่วโมง

3.2.1 ติดตั้งเซ็นเซอร์ความดัน

เซ็นเซอร์ความดัน รุ่น BMP085 ติดตั้งลงบนกล่องสุญญากาศ ต่อท่อจากถังเก็บก๊าซออกมายังกล่องเซ็นเซอร์เพื่อวัดความดัน แสดงผลในหน่วย ปาสคาน (Pa)

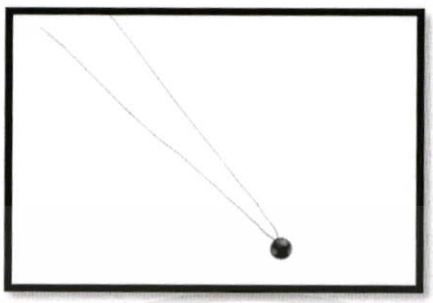


เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รูปที่ 3.9 เซ็นเซอร์ความดัน BMP085 [11]

3.2.2 ติดตั้งเซ็นเซอร์อุณหภูมิ

ติดตั้งเซ็นเซอร์อุณหภูมิภายในถังหมัก โดยติดตั้งเข้ากับฝาปิดถังหมักก๊าซชีวภาพ แสดงผลในหน่วย องศาเซลเซียส (°C)



รูปที่ 3.10 เซ็นเซอร์อุณหภูมิ [12]

3.2.3 ติดตั้งเอสดีการ์ดโมดูล จอแอลซีดี และอดูโน่บอร์ด

ติดตั้งเอสดีการ์ดโมดูล จอแอลซีดี และอดูโน่บอร์ดภายในกล่องที่มีพัดลมระบายความร้อน เก็บค่า และติดตั้งแบตเตอร์รี่เพื่อป้องกันไฟกระชาก

รูปที่ 3.11 SD Card Module [13]

3.3 การเตรียมการและขั้นตอนการทดลอง

ชุดถังหมักก๊าซชีวภาพประกอบไปด้วย ถังหมักและถังเก็บก๊าซชีวภาพขนาด 200 ลิตร ถังเพาะเชื้อขนาด 150 ลิตร ในการทดลองใช้วิธีการหมักแบบไร้ออกซิเจน

เตรียมการหมักโดยหมักมูลวัว 10 กิโลกรัมลงในถังเพาะเชื้อ เติมน้ำ 10 ลิตร หมักทิ้งไว้ 1 สัปดาห์เพื่อเป็นการเพาะเชื้อ ผักตบชวาที่ใช้ในการหมักครั้งนี้นำมาจากคลองประเวศบุรีรมย์ นำผักตบชวามาตัดราก ใช้เฉพาะส่วนลำต้นและใบ นำเข้าเครื่องหั่นย่อยผักตบชวาเพื่อหั่นย่อยเป็นขนาดต่างๆ

เตรียมถังหมักก๊าซชีวภาพโดยการเปิดวาล์วทางออกของก๊าซจากถังหมักไปยังถังเก็บก๊าซ และเติมน้ำเข้าไปในถังเก็บก๊าซที่ระดับ 10 เซนติเมตร (จากขอบถัง) เพื่อเป็นการไล่อากาศออกจากถังเก็บก๊าซ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

นำมูลวัวที่หมักเพาะเชื้อแล้วและผักตบชวา 5 กิโลกรัมใส่ถังหมัก เติมน้ำ 50ลิตร แล้วคนเพื่อให้ผักตบชวาจมลงไปด้านล่างผสมกับมูลวัว ปิดฝาถังหมักพร้อมกับซีนด้วยซิลิโคนป้องกันการรั่วไหลของก๊าซ เปิดวาล์วเพื่อให้ก๊าซไหลเข้าสู่ถังเก็บก๊าซ

ทำการกวนถังหมักก๊าซชีวภาพทุกวันเพื่อให้แบคทีเรียสามารถย่อยได้ดีขึ้น สังเกตระดับน้ำในถังหมักที่เปลี่ยนแปลงไปและความดันที่แสดงทางจอแอลซีดีในแต่ละวัน เป็นเวลา 10 วัน

เปรียบเทียบค่าความดันที่ได้จากการหมักผักตบชวาขนาดต่างๆ เพื่อหาว่าผักตบชวาขนาดใดให้ค่าความดันก๊าซสูงสุด

3.4 การวิเคราะห์ผลการทดลอง

นำข้อมูลที่ได้จากเอสดีการ์ดมาสร้างกราฟเพื่อวิเคราะห์ผลดังนี้

3.4.1 วิเคราะห์อุณหภูมิภายในถังหมักและอุณหภูมิภายนอกของถังหมักก๊าซชีวภาพ

3.4.2 วิเคราะห์ค่าความดันที่ได้จากการหมักผักตบชวา

3.4.3 วิเคราะห์ความสัมพันธ์ระหว่างอุณหภูมิภายในถังหมักและความดัน

3.4.4 วิเคราะห์ค่าความดันสูงสุดในแต่ละวันของผักตบชวาขนาดต่างๆ

3.4.5 วิเคราะห์ค่าความดันที่ได้จากการใส่ผักตบชวาเพิ่ม

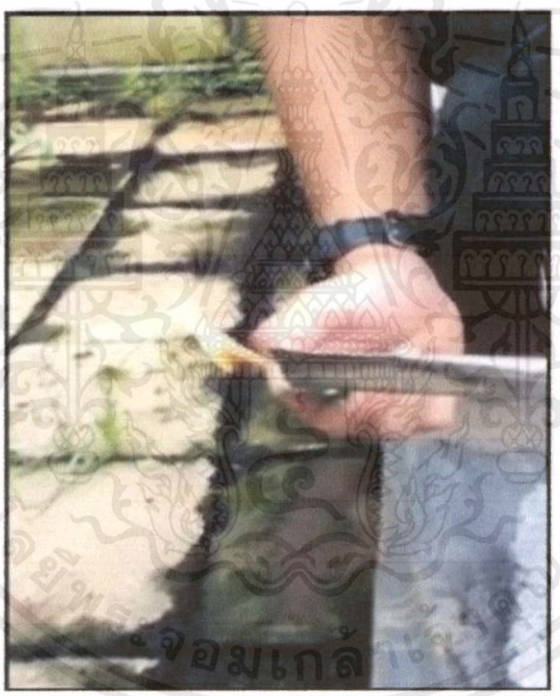
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 4

ผลการทดลองและอภิปรายผล

4.1 การทดลองเบื้องต้น

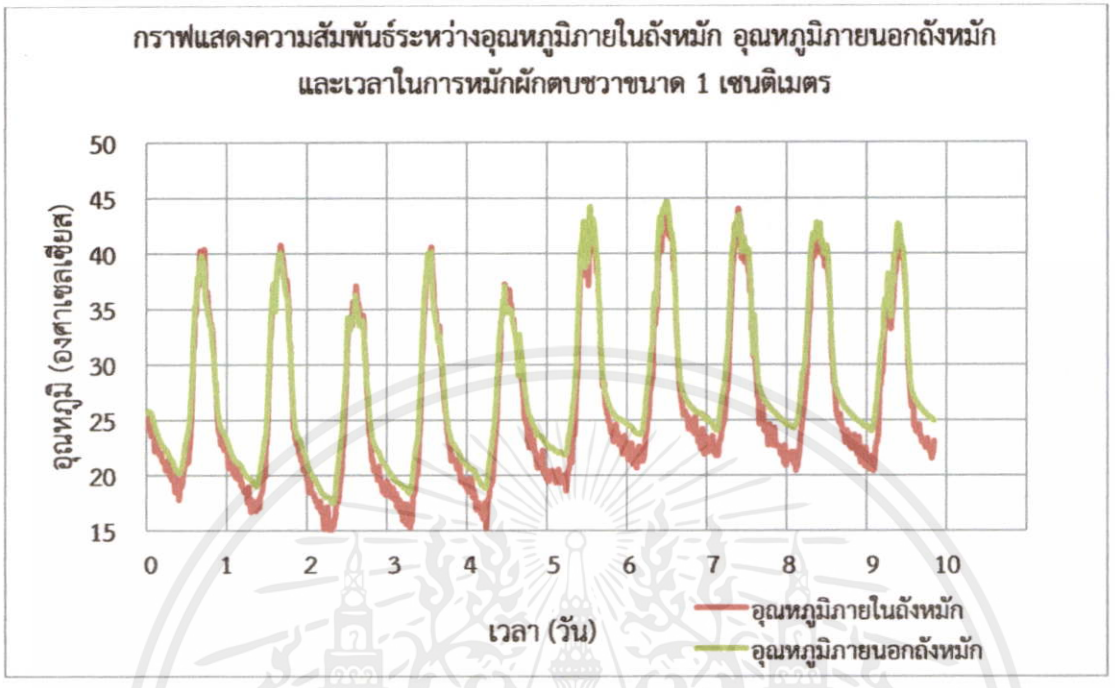
ทำการทดลองเบื้องต้นโดยการหมักมูลวัวขนาด 10 กิโลกรัม เติมน้ำ 50 ลิตร หมักเป็นเวลา 10 วัน เพื่อทดสอบชุดถังหมักก๊าซชีวภาพ วัดความดันโดยใช้มานอมิเตอร์แบบ U-Tube ได้ค่าความดันเท่ากับ 1000 ปาสคาน นำก๊าซที่ได้จากการหมักมาทดสอบโดยการจุดไฟ ปรากฏว่าจุดไฟติด เปลวไฟที่ได้เป็นสีเหลือง



รูปที่ 4.1 เปลวไฟที่ได้จากการหมักมูลวัว

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

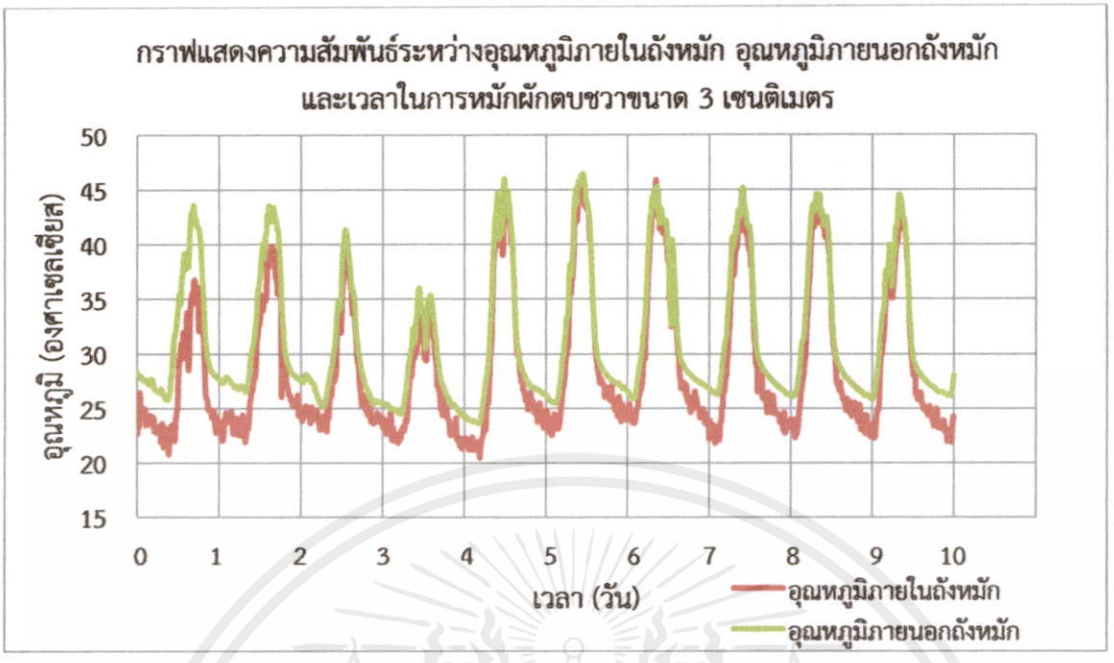
4.2 วิเคราะห์อุณหภูมิภายในถังหมักและอุณหภูมิภายนอกของถังหมักก๊าซชีวภาพ



รูปที่ 4.2 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างอุณหภูมิภายในถังหมัก อุณหภูมิภายนอกถังหมัก และเวลาในการหมักผักตบชวาขนาด 1 เซนติเมตร

จากรูปที่ 4.2 พบว่าอุณหภูมิภายในถังหมัก และอุณหภูมิภายนอกถังหมักผักตบชวาขนาด 1 เซนติเมตร อยู่ในช่วง 15 ถึง 45 องศาเซลเซียส อุณหภูมิภายนอกถังหมักบางช่วงสูงกว่าอุณหภูมิภายในถังหมักประมาณ 1 ถึง 4 องศาเซลเซียส

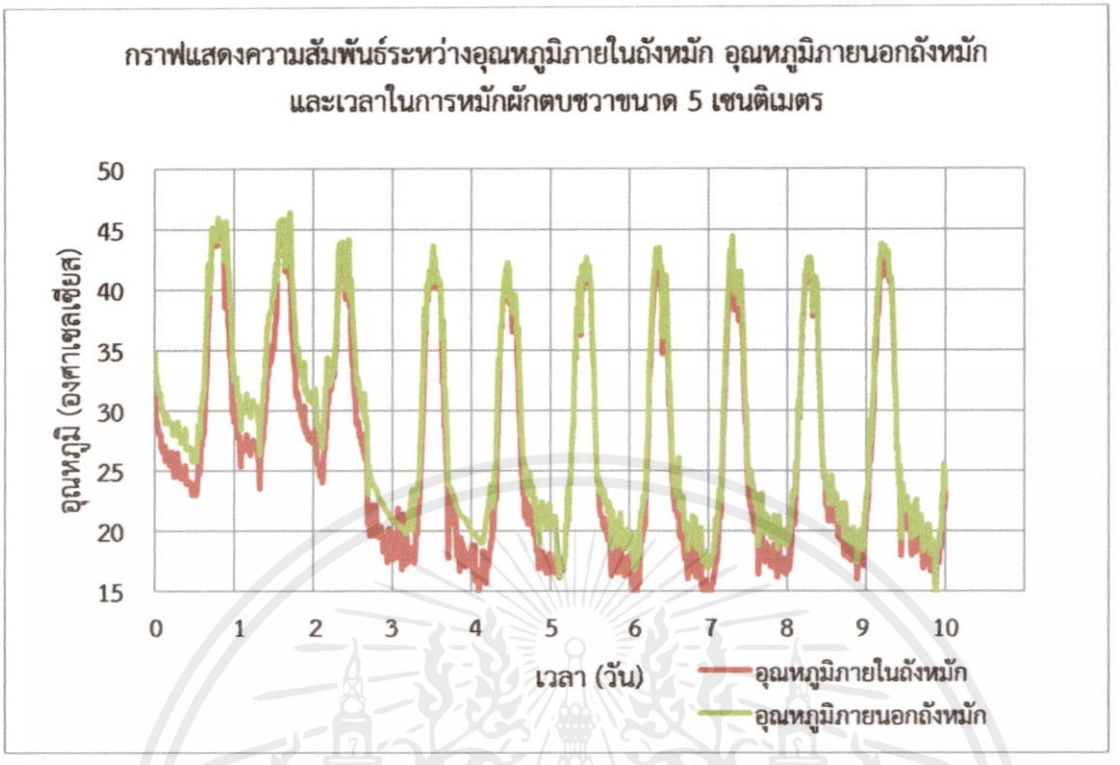
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.3 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างอุณหภูมิภายในถังหมัก อุณหภูมิภายนอกถังหมัก และเวลาในการหมักผักตบชวาขนาด 3 เซนติเมตร

จากรูปที่ 4.3 พบว่าอุณหภูมิภายในถังหมัก และอุณหภูมิภายนอกถังหมักผักตบชวาขนาด 3 เซนติเมตร อยู่ในช่วง 20 ถึง 45 องศาเซลเซียส อุณหภูมิภายนอกถังหมักบางช่วงสูงกว่าอุณหภูมิภายในถังหมักประมาณ 1 ถึง 5 องศาเซลเซียส

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



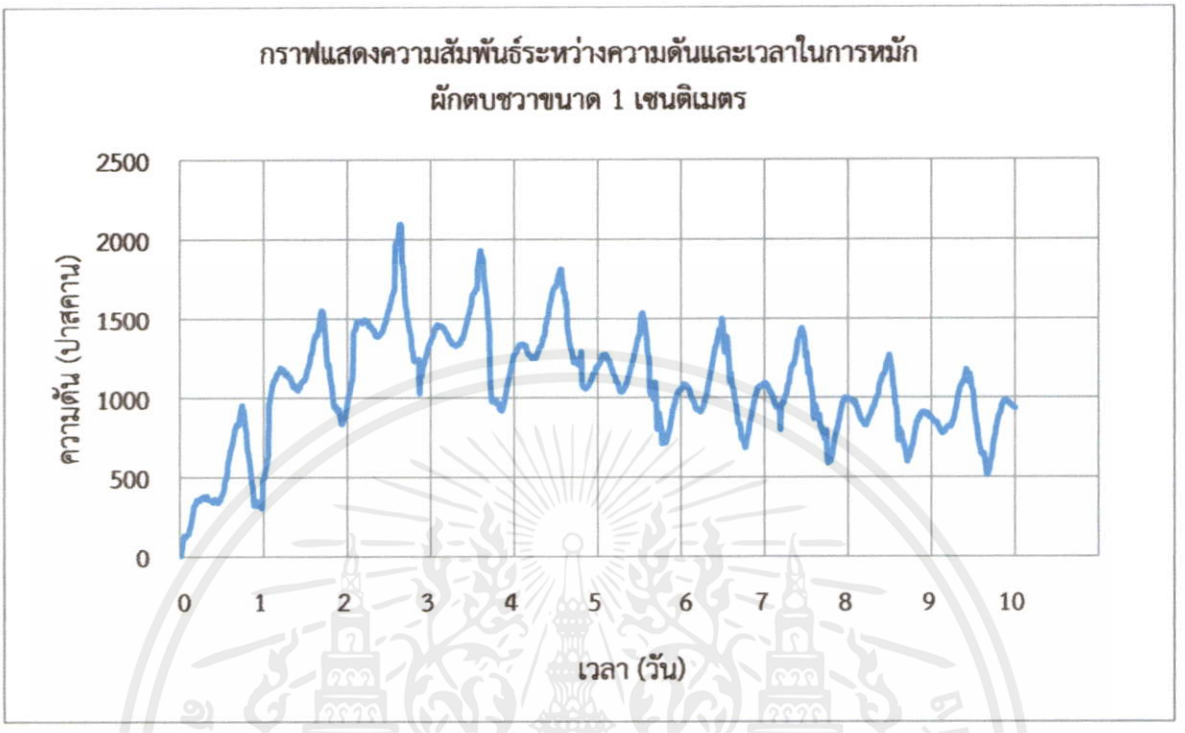
รูปที่ 4.4 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างอุณหภูมิภายในถังหมัก อุณหภูมิภายนอกถังหมัก และเวลาในการหมักผักตบชวาขนาด 5 เซนติเมตร

จากรูปที่ 4.4 พบว่าอุณหภูมิภายในถังหมัก และอุณหภูมิภายนอกถังหมักผักตบชวาขนาด 5 เซนติเมตร อยู่ในช่วง 15 ถึง 45 องศาเซลเซียส อุณหภูมิภายนอกถังหมักบางช่วงสูงกว่าอุณหภูมิภายในถังหมักประมาณ 1 ถึง 3 องศาเซลเซียส

ในการหมักผักตบชวาขนาด 1 เซนติเมตร 3 เซนติเมตร และ 5 เซนติเมตร พบว่าอุณหภูมิภายในถังหมักและอุณหภูมิภายนอกในการหมักผักตบชวาทั้ง 3 ขนาด อยู่ในช่วงเดียวกันคือ 15 ถึง 45 องศาเซลเซียส

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

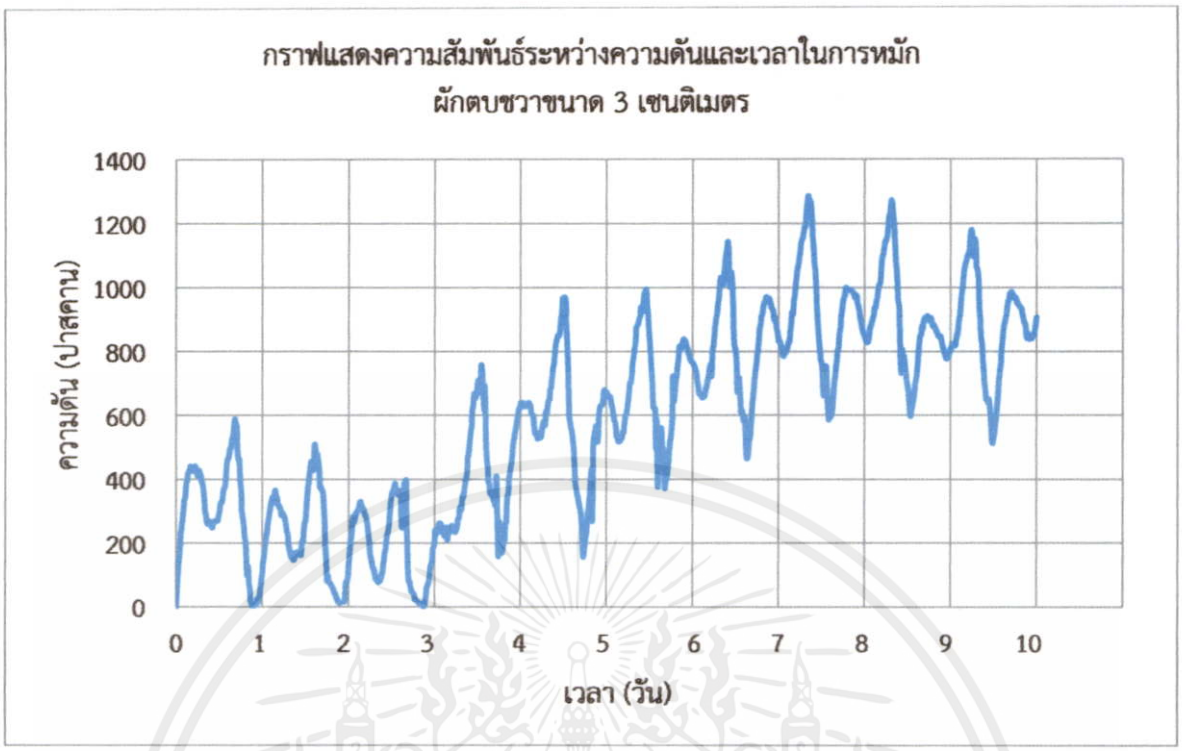
4.3 วิเคราะห์ค่าความดันที่ได้จากการหมักผักตบชวา



รูปที่ 4.5 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างความดันและเวลาในการหมักผักตบชวาขนาด 1 เซนติเมตร

จากรูปที่ 4.5 พบว่าความดันที่ได้จากการหมักผักตบชวาขนาด 1 เซนติเมตร วันที่ 1 ถึง 2 เพิ่มขึ้นอย่างรวดเร็ว เกิดความดันสูงสุด 2095 ปาสคาน ในวันที่ 3 และค่าความดันค่อยๆลดลงในวันที่ 4 ถึง 10

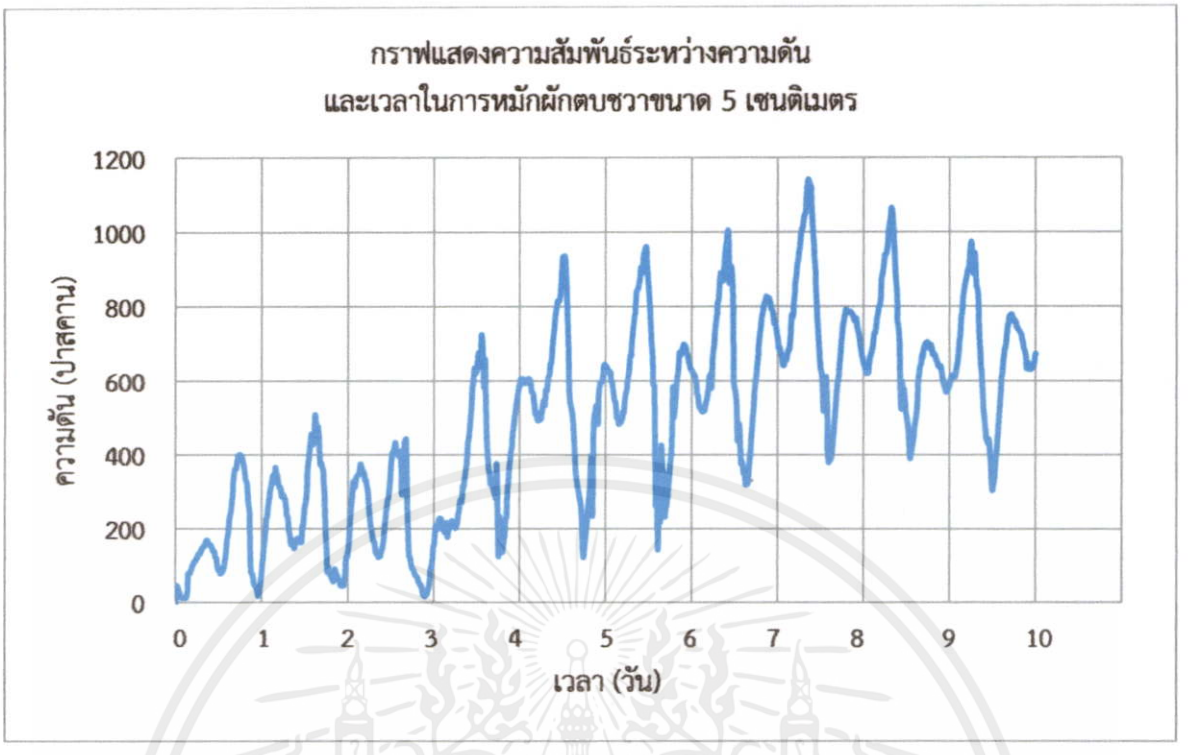
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.6 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างความดันและเวลาในการหมักผักตบชวาขนาด 3 เซนติเมตร

จากรูปที่ 4.6 พบว่าความดันที่ได้จากการหมักผักตบชวาขนาด 3 เซนติเมตร วันที่ 1 ถึง 3 ค่อยๆลดลง และความดันเพิ่มขึ้นในวันที่ 4 ถึง 7 ในวันที่ 8 ความดันสูงสุด 1285 ปาสคาน และค่าความดันค่อยๆลดลงในวันที่ 9 ถึง 10

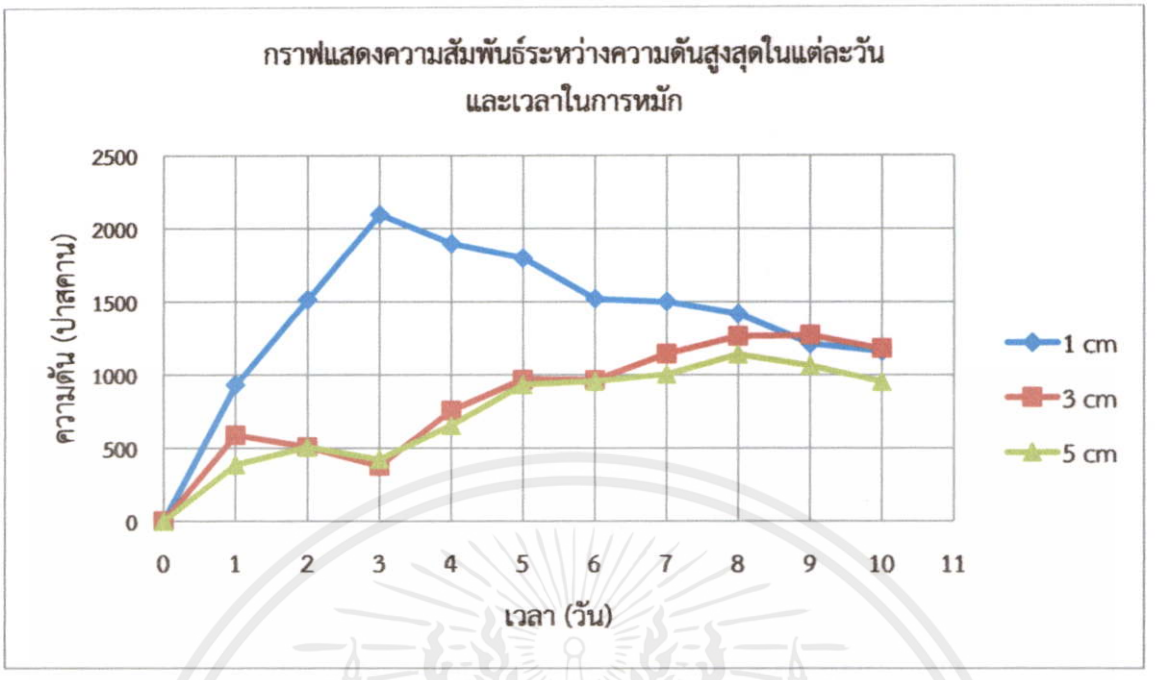
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.7 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างความดันและเวลาในการหมักผักตบชวาขนาด 5 เซนติเมตร

จากรูปที่ 4.7 พบว่าความดันที่ได้จากการหมักผักตบชวาขนาด 5 เซนติเมตร วันที่ 1 ถึง 3 ค่อนข้างคงที่ วันที่ 4 ถึง 5 ค่าความดันเพิ่มขึ้นอย่างช้าๆ เกิดความดันสูงสุด 1141 ปาสคาล ในวันที่ 8 และค่าความดันค่อยๆลดลงในวันที่ 9 ถึง 10

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.8 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างความดันสูงสุดในแต่ละวัน กับเวลาในการหมักผักตบชวา

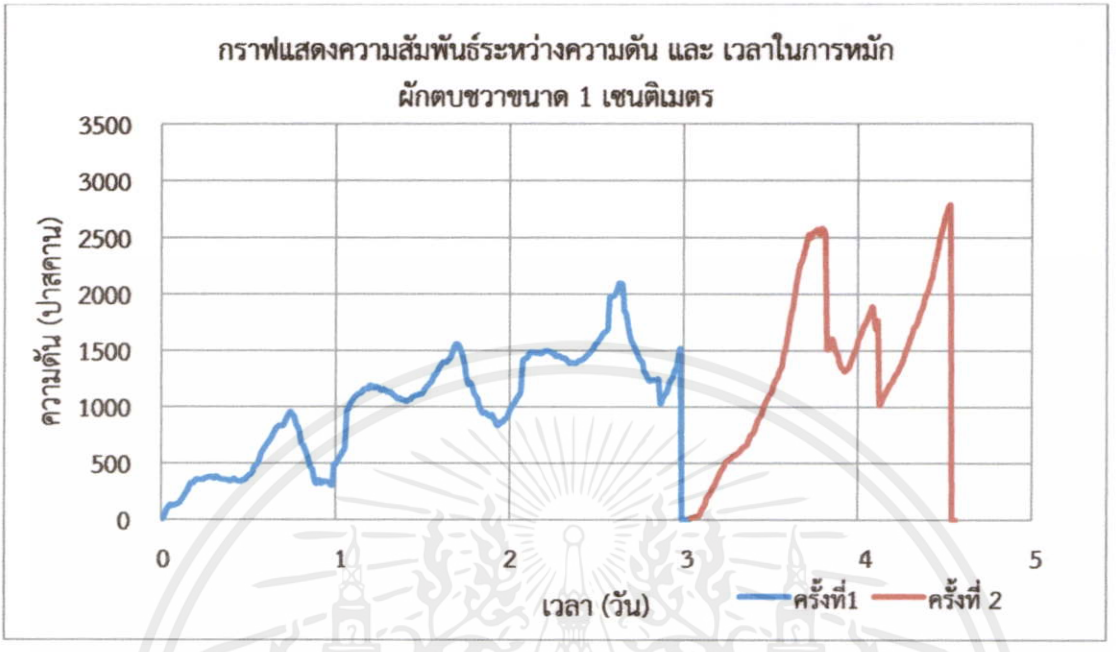
จากรูปที่ 4.8 พบว่าผักตบชวาขนาด 1 เซนติเมตรให้ความดันสูงสุดในวันที่ 3 เร็วกว่าการหมักผักตบชวาขนาด 3 และ 5 เซนติเมตร ผักตบชวาขนาด 1 เซนติเมตรให้ความดันก๊าซสูงสุด 2095 ปาสคาน ผักตบชวาขนาด 5 เซนติเมตร ให้ความดันก๊าซน้อยสุด 1141 ปาสคาน

จากรูปที่ 4.8 พบว่าเมื่อทำการหมักผักตบชวาขนาดต่างๆจนกระทั่งถึงค่าความดันสูงสุด ค่าความดันในวันต่อๆมาจะค่อยๆลดลง เนื่องจากสารอาหารหมด หรือแบคทีเรียไม่สามารถย่อยผักตบชวาต่อได้ทำให้แบคทีเรียหยุดการทำงานลง

ผักตบชวาขนาด 1 เซนติเมตรเกิดก๊าซเร็วกว่าผักตบชวาขนาด 3 เซนติเมตร และ 5 เซนติเมตร เนื่องจากมีขนาดเล็ก จึงทำให้แบคทีเรียสัมผัสกับผักตบชวาได้อย่างทั่วถึง ทำให้แบคทีเรียย่อยสลายได้อย่างมีประสิทธิภาพมากขึ้น ส่งผลให้การเกิดก๊าซเร็วขึ้นและมากขึ้น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.4 วิเคราะห์ความดันที่ได้จากการใส่ผักตบชวาเพิ่ม



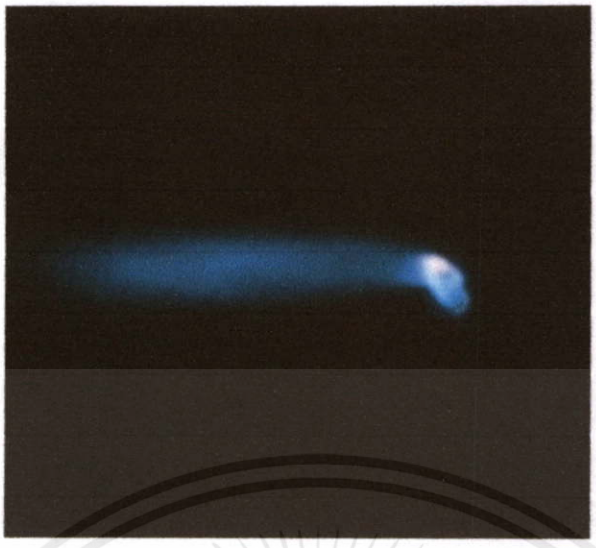
รูปที่ 4.9 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างความดันและเวลาในการหมักผักตบชวาขนาด 1 เซนติเมตร

จากรูปที่ 4.9 การหมักครั้งที่1 ทำการหมักโดยใช้ผักตบชวาขนาด 1 เซนติเมตร 5 กิโลกรัม หมัก เป็นเวลา 3 วัน ก๊าซที่เกิดขึ้นมีความดัน 1453 ปาสคาน (กราฟเส้นสีน้ำเงิน) แล้วนำก๊าซออกมาทดสอบโดยการจุดไฟ ปรากฏว่าจุดไฟไม่ติด เนื่องจากก๊าซที่เกิดจากการหมักครั้งแรกจะจุดไฟยาก หรือจุดไฟไม่ติดเนื่องจากมีปริมาณคาร์บอนไดออกไซด์มาก

จากรูปที่ 4.9 การหมักครั้งที่ 2 ทำการหมักต่อจากเชื้อเดิมโดยใช้ผักตบชวาขนาด 1 เซนติเมตร 5 กิโลกรัม จากกราฟ (เส้นสีแดง) เมื่อเวลาผ่านไป 36 ชั่วโมง ความดันเพิ่มขึ้นอย่างรวดเร็ว ค่าความดันที่ได้คือ 2768 ปาสคาน และเมื่อนำก๊าซออกมาทดสอบโดยการจุดไฟ ปรากฏว่าจุดไฟติด เปลวไฟที่ได้จากการหมักผักตบชวาเป็นสีน้ำเงิน (รูปที่ 4.10)

จากรูปที่ 4.11 สีของเปลวไฟที่ได้จากการหมักมูลวัวอยู่ในลำดับที่ 1 ส่วนสีเปลวไฟที่ได้จากการหมักผักตบชวาขนาด 1 เซนติเมตรอยู่ในลำดับที่ 3 เปลวไฟที่ได้จากการหมักผักตบชวาให้ค่าพลังงานความร้อนสูงกว่าเปลวไฟที่ได้จากการการหมักมูลวัว เนื่องจากค่าพลังงานความร้อนแปรผันตามความถี่ของคลื่นแสง โดยสีน้ำเงินมีความยาวคลื่นสั้น ความถี่สูง จึงทำให้มีค่าพลังงานความร้อนสูงตามไปด้วย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.10 สีของเปลวไฟที่ได้จากการหมักผักตบชวาขนาด 1 เซนติเมตร

รูปที่ 4.11 ลำดับความร้อนจากสีของเปลวไฟ [14]

ในการหมักครั้งที่ 2 ค่าความดันที่ได้สูงกว่าการหมักครั้งที่ 1 เนื่องจากเชื้อจากการหมักครั้งที่ 1 กำลังเจริญเติบโต เมื่อเติมผักตบชวาเพิ่มเข้าไปทำให้เกิดการย่อยสลายอย่างต่อเนื่อง ค่าความดันของก๊าซจึงเพิ่มขึ้นอย่างรวดเร็ว

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 5

สรุปผลและข้อเสนอแนะ

5.1 สรุปผล

(1) อุณหภูมิภายในและภายนอกถังหมักก๊าซชีวภาพไม่แตกต่างกันมาก และอุณหภูมิในการหมักผักตบชวาทั้ง 3ขนาด อยู่ในช่วงเดียวกันคือ 15 ถึง 45 องศาเซลเซียส

(2) มูลวัวให้ค่าความดัน 1000 ปาสคานระยะเวลาในการหมัก 10 วัน ผักตบชวาขนาด 1 เซนติเมตร ให้ความดันสูงสุดคือ 2095 ปาสคาน ระยะเวลาในการหมัก 3 วัน ผักตบชวาขนาด 3 เซนติเมตรให้ความดัน 1285 ปาสคาน ระยะเวลาในการหมัก 8 วัน และผักตบชวาขนาด 5 เซนติเมตร ให้ค่าความดันต่ำสุดคือ 1141 ปาสคาน ระยะเวลาในการหมัก 8 วัน

(3) เมื่อหมักผักตบชวาขนาด 1 เซนติเมตร เพิ่มอีก 5 กิโลกรัม พบว่าความดันที่ได้มีค่า 2768 ปาสคาน ซึ่งสูงกว่าการหมักในครั้งแรก เมื่อนำก๊าซที่ได้มาจุดไฟ ปรากฏว่าได้เปลวไฟสีน้ำเงิน ซึ่งเปลวไฟสีน้ำเงินที่ได้จากการหมักผักตบชวามีค่าความร้อนมากกว่าเปลวไฟสีเหลืองที่ได้จากการหมักมูลวัว

(4) จากผลการทดลองผักตบชวาขนาด 1 เซนติเมตรเหมาะสมสำหรับการหมักก๊าซชีวภาพร่วมกับมูลวัว และระยะเวลาในการเติมผักตบชวาเพิ่มคือ 3 วัน

5.2 ข้อเสนอแนะ

(1) ควรวิเคราะห์องค์ประกอบของก๊าซชีวภาพด้วยเครื่องก๊าซโครมาโตกราฟี (Gas Chromatography :GC)

(2) ควรวิเคราะห์เชื้อแบคทีเรียที่ใช้เป็นเชื้อในการหมัก

(3) ควรศึกษาการหมักผักตบชวาร่วมกับมูลสัตว์ชนิดอื่นเพื่อเป็นทางเลือก

(4) ควรติดตั้งอุปกรณ์กำจัดคาร์บอนไดซ์ออกไซด์ และไฮโดรเจนซัลไฟล์ เพื่อที่จะได้ก๊าซชีวภาพที่มีคุณภาพ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

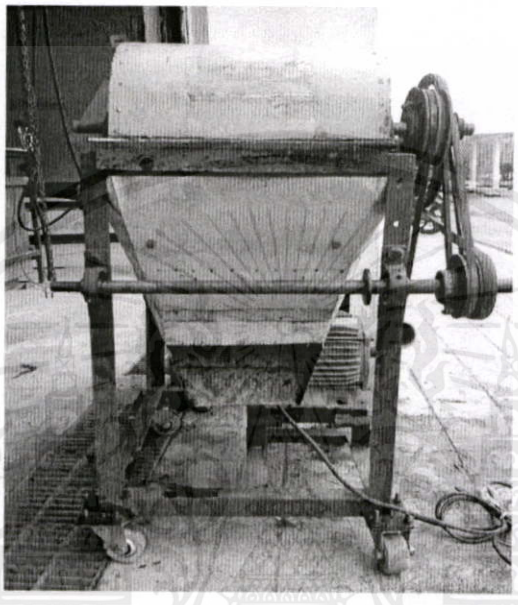
ภาคผนวก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก ก

เครื่องหั่นย่อยผักตบชวา

ในการหมักก๊าซชีวภาพจากผักตบชวาใช้เครื่องหั่นย่อยผักตบชวาเพื่อหั่นย่อยผักตบชวาให้ได้ขนาดตามที่ต้องการ



รูปที่ ก-1 เครื่องหั่นย่อยผักชวา

ก-1 การหั่นย่อยผักตบชวาที่ขนาด 1 เซนติเมตร

การหั่นย่อยผักตบชวาที่ขนาด 1 เซนติเมตร ใช้มอเตอร์ที่ความเร็วรอบ 820 รอบต่อนาที ลักษณะผักตบชวาที่หั่นได้ ลำต้นส่วนใหญ่หั่นได้ตามต้องการ ส่วนของใบมีการหั่นย่อยได้เล็กน้อย มีความสามารถในการทำงาน 128.57 กิโลกรัมต่อชั่วโมง และมีประสิทธิภาพการทำงาน 86.0 เปอร์เซ็นต์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รูปที่ ก-2 ลักษณะการหั่นย่อยผักตบชวาขนาด 1 เซนติเมตร

ก-2 การหั่นย่อยผักตบชวาที่ขนาด 3 เซนติเมตร

การหั่นย่อยผักตบชวาที่ขนาด 3 เซนติเมตร ใช้มอเตอร์ที่ความเร็วรอบ 591 รอบต่อนาที ลักษณะผักตบชวาที่หั่นได้ ส่วนของลำต้นมีการหั่นย่อยได้ขนาดตามที่ต้องการ และส่วนของใบมีการหั่นย่อยได้เล็กน้อย มีความสามารถในการทำงาน 181.20 กิโลกรัมต่อชั่วโมง และมีประสิทธิภาพการทำงาน 75.33 เปอร์เซ็นต์

รูปที่ ก-3 ลักษณะการหั่นย่อยผักตบชวาขนาด 3 เซนติเมตร

ก-3 การหั่นย่อยผักตบชวาขนาด 5 เซนติเมตร

การหั่นย่อยผักตบชวาขนาด 5 เซนติเมตรด้วยเครื่องไม่เหมาะสม เนื่องจากประสิทธิภาพการทำงานที่ได้จากการหั่นย่อยผักตบชวาด้วยเครื่องค่อนข้างต่ำ จึงทำการหั่นย่อยโดยการสับด้วยมีดแทน ลักษณะผักตบชวาที่หั่นได้ ส่วนของลำต้นและใบได้ตามที่ต้องการ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รูปที่ ก-4 ลักษณะการหั่นย่อยผักตบชวาขนาด 5 เซนติเมตร

ภาคผนวก ข

โปรแกรม

```
#include <Wire.h>
#include <BMP180.h>
#include <LiquidCrystal.h>
#include <SD.h>
File Pressure , TRT , T085 ,VGas , Time ;
const int chipSelect = 4;
BMP180 barometer;
int   x , y = 101250 ,z ,s=0 , Hr=0 , Min=0 , Sec=-1 , Tsave=100;
float seaLevelPressure = 101325 , Xvalue , VR ,Rvalue , Tvalue , Vgas ;
LiquidCrystal lcd(8, 7, 6, 5, 3, 2);
void setup() {
 pinMode(4, OUTPUT);
if (!SD.begin(chipSelect)) {
return;
}
Wire.begin();
lcd.begin(16,4);
pinMode(9, INPUT);
barometer = BMP180();
if(barometer.EnsureConnected()) {
barometer.SoftReset();
barometer.Initialize();
}
}
void loop() {
s= digitalRead (9) ;
if ( s == LOW ) {
y = barometer.GetPressure();
lcd.clear();
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
lcd.setCursor(4,2);
lcd.print("Calibrating");
}
lcd.clear();
long currentPressure = barometer.GetPressure();
x = currentPressure-y ;
lcd.setCursor(0,0);
lcd.print("Press :");
lcd.setCursor(8,0);
lcd.print(x);
lcd.setCursor(14,0);
lcd.print("Pa");
float currentTemperature = barometer.GetTemperature();
Xvalue = analogRead (A0) ;
VR = Xvalue * (5.0 / 1023.0);
Rvalue = ((50000-(10000*VR))/VR)/1000 ;
Tvalue= (log( 29.39/Rvalue )/0.032)-10 ;
lcd.setCursor(0,1);
lcd.print("Temp :");
lcd.setCursor(7,1);
lcd.print(Tvalue);
lcd.setCursor(14,1);
lcd.print(" C");
Vgas = analogRead(A1);
Vgas = Vgas * (5.0 / 1023.0);
lcd.setCursor(0,2);
lcd.print("Vgas :");
lcd.setCursor(7,2);
lcd.print(Vgas);
lcd.print("v");
float currentTemp = barometer.GetTemperature() ;
Sec++ ;
if ( Sec >= 60 ){
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
Min++ ;
Sec=0 ;
Tsave++ ;
}
if ( Min>= 60 ){
Hr++ ;
Min=0 ;
}
lcd.setCursor(0,3);
lcd.print("Tup ");
lcd.print(Hr);
lcd.print("/");
lcd.print(Min);
lcd.print("/");
lcd.print(Sec);
 if ( Tsave==100 || Tsave==15 ){    // เวลาบันทึก  ทุกๆ ..... นาที  ( ตัวหลัง )
Pressure = SD.open("Pressure.txt", FILE_WRITE);
TRT = SD.open("TempRT.txt", FILE_WRITE);
T085 = SD.open("Temp085.txt", FILE_WRITE);
VGas = SD.open("VGas.txt", FILE_WRITE);
Time = SD.open("Time.txt", FILE_WRITE);
 if (Pressure) {
Pressure.println(x);
}
 if (TRT) {
TRT.println(Tvalue);
}
 if (T085) {
T085.println(currentTemp);
}
 if (VGas) {
VGas.println(Vgas);
}
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
if (Time) {
Time.print(Hr);
Time.print("/");
Time.print(Min);
Time.print("/");
Time.println(Sec);
}
Pressure.close();
TRT.close();
T085.close();
VGas.close();
Time.close();
Tsave = 0 ;
 }
 delay(999);
}
```

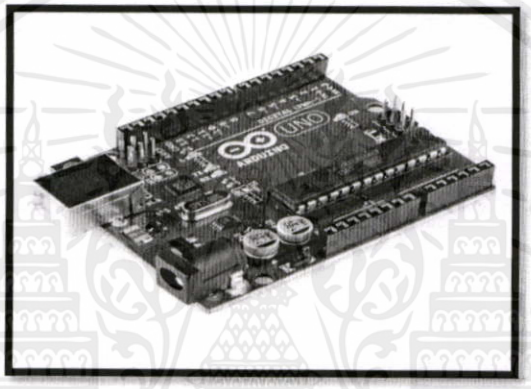
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาพผนวก ค

ระบบเซ็นเซอร์

ค-1 อดูโน่บอร์ด รุ่น UNO3

คือ อุปกรณ์ควบคุมขนาดเล็ก ซึ่งบรรจุความสามารถที่คล้ายคลึงกับระบบคอมพิวเตอร์ โดยในไมโครคอนโทรลเลอร์ (Microcontroller) ได้รวมเอาซีพียู, หน่วยความจำ และพอร์ต ซึ่งเป็นส่วนประกอบหลักสำคัญของระบบคอมพิวเตอร์เข้าไว้ด้วยกัน โดยทำการบรรจุเข้าไว้ในตัวถังเดียวกัน



รูปที่ ค-1 อดูโน่บอร์ด รุ่น UNO3

โครงสร้างโดยทั่วไป ของไมโครคอนโทรลเลอร์นั้น สามารถแบ่งออกมาได้เป็น 5 ส่วนใหญ่ๆ ดังต่อไปนี้

(1) หน่วยประมวลผลกลางหรือซีพียู (CPU : Central Processing Unit)

(2) หน่วยความจำ (Memory) สามารถแบ่งออกเป็น 2 ส่วน คือ หน่วยความจำที่มีไว้สำหรับเก็บโปรแกรมหลัก (Program Memory) เปรียบเสมือนฮาร์ดดิสก์ของเครื่องคอมพิวเตอร์ตั้งโต๊ะ คือข้อมูลใดๆ ที่ถูกเก็บไว้ในนี้จะไม่สูญหายไปแม้ไม่มีไฟเลี้ยง อีกส่วนหนึ่งคือหน่วยความจำข้อมูล (Data Memory) ใช้เป็นเหมือนกระดาษทดในการคำนวณของซีพียู และเป็นที่พักข้อมูลชั่วคราวขณะทำงาน แต่หากไม่มีไฟเลี้ยง ข้อมูลก็จะหายไปคล้ายกับหน่วยความแรม (RAM) ในเครื่องคอมพิวเตอร์ทั่วๆ ไป แต่สำหรับไมโครคอนโทรลเลอร์สมัยใหม่ หน่วยความจำข้อมูลจะมีทั้งที่เป็นหน่วยความจำแรม ซึ่งข้อมูลจะหายไปเมื่อไม่มีไฟเลี้ยง และเป็นอีอีพรอม(EEPROM : Erasable Electrically Read-Only Memory) ซึ่งสามารถเก็บข้อมูลได้แม้ไม่มีไฟเลี้ยง

(3) ส่วนติดต่อกับอุปกรณ์ภายนอก หรือพอร์ต (Port) มี 2 ลักษณะคือ พอร์ตอินพุต (Input Port) และพอร์ตส่งสัญญาณหรือพอร์ตเอาต์พุต (Output Port) ส่วนนี้จะใช้ในการเชื่อมต่อกับอุปกรณ์ภายนอก ถือว่าเป็นส่วนที่สำคัญมาก ใช้ร่วมกันระหว่างพอร์ตอินพุต เพื่อรับสัญญาณ อาจจะด้วยการกดสวิตช์ เพื่อนำไปประมวลผลและส่งไปพอร์ตเอาต์พุต เพื่อแสดงผลเช่น การติดสว่างของหลอดไฟ เป็นต้น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

(4) ช่องทางเดินของสัญญาณ หรือบัส (BUS) คือเส้นทางการแลกเปลี่ยนสัญญาณข้อมูลระหว่างซีพียู หน่วยความจำและพอร์ต เป็นลักษณะของสายสัญญาณ จำนวนมากอยู่ภายในตัวไมโครคอนโทรลเลอร์ โดยแบ่งเป็นบัสข้อมูล (Data Bus) , บัสแอดเดรส (Address Bus) และบัสควบคุม (Control Bus)

(5) วงจรกำเนิดสัญญาณนาฬิกา นับเป็นส่วนประกอบที่สำคัญมากอีกส่วนหนึ่ง เนื่องจากการทำงานที่เกิดขึ้นในตัวไมโครคอนโทรลเลอร์ จะขึ้นอยู่กับการกำหนดจังหวะ หากสัญญาณนาฬิกามีความถี่สูง จังหวะการทำงานก็จะสามารถทำได้ถี่ขึ้นส่งผลให้ไมโครคอนโทรลเลอร์ตัวนั้น มีความเร็วในการประมวลผลสูงตามไปด้วย

ค-2 เซ็นเซอร์ความดัน รุ่น BMP 085

เป็นตัวตรวจจับความดันที่พัฒนาขึ้นจากเทคโนโลยีเปียโซ-รีซิสตีฟ (Piezo-resistive technology) เป็นผลงานของ BOSCH หนึ่งในผู้ผลิตตัวตรวจจับคุณภาพสูงในวงการอุตสาหกรรมระดับโลก มีคุณสมบัติที่น่าสนใจดังนี้

(1) วัดความกดอากาศได้ในช่วง 300 ถึง 1100 hPa (hPa คือหน่วย hecto Pascal โดยที่ hecto หมายถึง 100)

(2) มีความผิดพลาดในการวัดต่ำสุด +2.5hPa

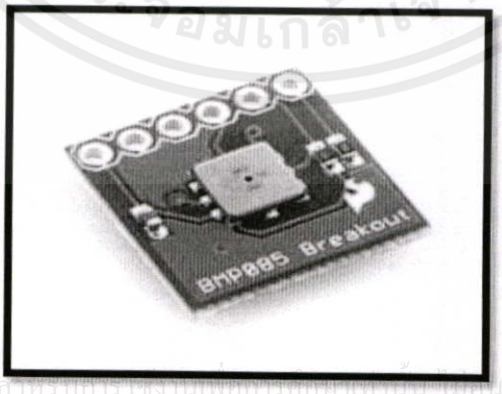
(3) ต้องการไฟเลี้ยงในย่าน 1.8 ถึง 3.6 โวลต์ กินกระแสไฟฟ้าเฉลี่ยต่ำมากเพียง 3 มิลลิแอมป์ ที่อัตราการเปลี่ยนแปลงของข้อมูล 1 เฮิร์ต

(4) ติดต่อกับไมโครคอนโทรลเลอร์เพื่ออ่านค่าผ่านทางบัส I^2C

(5) ให้ค่าของอุณหภูมิในพื้นที่ที่ตรวจวัดสัมพันธ์กับค่าความกดอากาศ ในช่วงเวลาและสภาพแวดล้อมเดียวกัน ทำให้นำผลการตรวจจับไปคำนวณ เพื่อหาค่าตำแหน่งความสูงจากระดับน้ำทะเล (altitude) ของสถานที่ที่ ติดตั้งตัวตรวจจับนี้ได้

(6) มีจุดต่อ 6 จุด มีระยะห่าง 0.1 นิ้ว หรือ 2.54 มิลลิเมตร

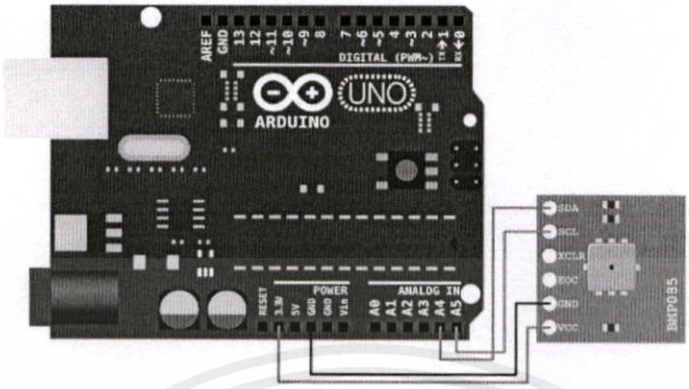
(7) ขนาด 0.65 x 0.65 นิ้วหรือ 16.5 x 16.5 มิลลิเมตร



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รูปที่ ค-2 เซ็นเซอร์ความดัน รุ่น BMP085

การเชื่อมต่อดังรูป



รูปที่ ค-3 การเชื่อมต่อเซ็นเซอร์ความดันเข้ากับอดูโน่บอร์ด

ค-3 เซ็นเซอร์อุณหภูมิ

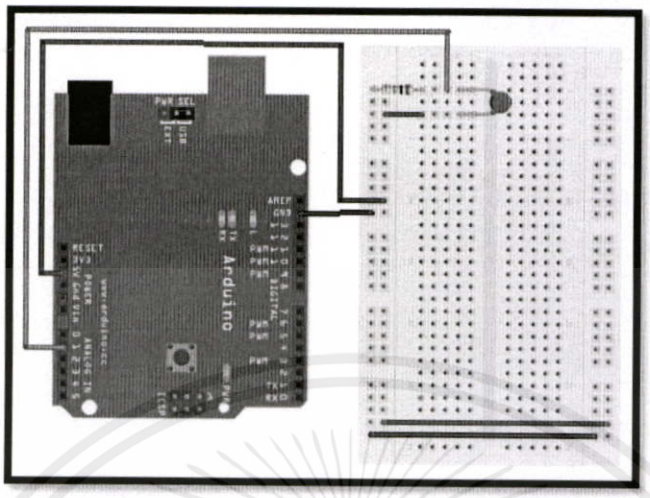
หลักการทำงาน NTC thermistor มีคุณสมบัติของความต้านทานที่แปรค่าตามอุณหภูมิที่ไม่เป็นเชิงเส้น (non - Linearity) ซึ่งไม่สามารถนำไปทำหน้าที่การวัด (Measurement) ได้โดยตัวมันเอง ดังนั้นจึงต้องมีวงจรอีเล็คทรอนิคส์ที่ทำหน้าที่เป็น Linearizer เพื่อแก้ให้คุณสมบัติที่ไม่เป็นเชิงเส้นเพื่อให้สามารถแสดงค่าสเกลต่างๆในระบบของเครื่องวัดได้

วงจร Linearizer ประกอบด้วย3ส่วนหลักคือ DifferentialAmp&InvertingAmp ที่ทำหน้าที่ Linearization และมีวงจร LowpassFilter เพื่อกรองสัญญาณรบกวนความถี่ต่ำทางเอ้าท์พุทของวงจร สามารถต่อกับมัลติมิเตอร์ทั่วไป ที่แสดงค่าในย่าน 0-10 vdc ได้ โดยค่าของ dc volt ที่เปลี่ยนแปลงทุก ๆ 0.1 V จะเท่ากับการเปลี่ยนค่าของอุณหภูมิ 1 °C (0.1 V / °C) นอกจากการแสดงผลการวัดด้วยมัลติมิเตอร์แล้วยังสามารถส่งเข้าสู่ระบบทรานส์มิเตอร์ใน Industrial prodess Intrument ได้อีกด้วย หรือจะนำไปต่อกับอินพุทของ Data logger หรือ A/D converter ใด ๆ ก็ได้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รูปที่ ค-4 เซ็นเซอร์อุณหภูมิ

การเชื่อมต่อ ดังรูป



รูปที่ ค-5 การเชื่อมต่อเซ็นเซอร์อุณหภูมิเข้ากับอดูโน่บอร์ด

ค-4 จอแอลซีดี

ขาของแอลซีดี จะมีอยู่ 16 ขา อธิบายเพิ่มเติมของขาแต่ละขา

(1) GND : Ground ระหว่าง ไมโครคอนโทรลเลอร์กับ LCD

(2) VCC : ไฟเลี้ยง LCD ขนาด +5VDC

(3) VO : ขาสำหรับปรับความสว่างของหน้าจอ LCD

(4) RS : Register select ใช้บอกให้ LCD Controller ว่า ข้อมูลที่ส่งให้ขา Data เป็นคำสั่งหรือข้อมูล

(5) R/W : Read/Write ใช้กำหนดว่าจะอ่านหรือเขียนข้อมูลกับ LCD Controller

(6) E : Enable ใช้กำหนดการทำงานให้กับ LCD Controller

(7) DB0-DB7 : เป็นขาสัญญาณ Data ใช้เขียนหรืออ่านข้อมูล/คำสั่ง กับ LCD Controller

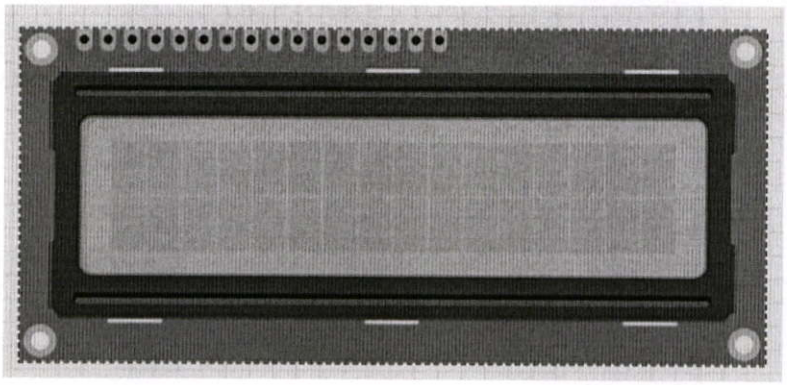
การต่อ LCD จะทำได้ 2 แบบ

(1) 4 Bit : ใช้ 7 ขา I/O ต่อกับ arduino

(2) 8 Bit : ใช้ 11 ขา I/O ต่อกับ arduino

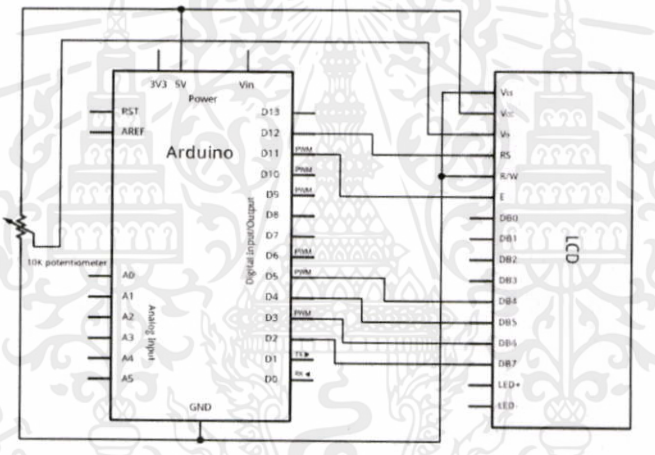
สำหรับการแสดงผลข้อความโดยทั่วไปจะใช้กันแค่ 4 bit

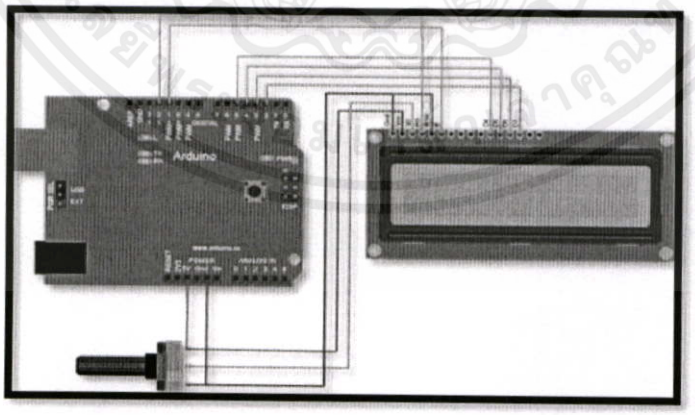
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ ค-6 จอ Character LCD

การเชื่อมต่อ ดังรูป





รูปที่ ค-7 การเชื่อมต่อจอแอลซีดีเข้ากับบอดูโน่บอร์ด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก ง

การทดสอบประสิทธิภาพการทำงานของเซ็นเซอร์

ง-1 การทดสอบประสิทธิภาพการทำงานของเซ็นเซอร์วัดความดัน

ขั้นตอนในทดสอบมีดังนี้

(1) ทำการทดสอบเปรียบเทียบการวัดความดันโดยใช้มานอมิเตอร์รูปตัวยู และเซ็นเซอร์ความดัน รุ่น BMP 085

(2) ทำการหมักมูลวัวขนาด 10 กิโลกรัมเป็นเวลา 5 วัน

(3) วางมานอมิเตอร์และกล่องเก็บเซ็นเซอร์ไว้ในระดับเดียวกัน เปิดวาว์ลเพื่อให้ก๊าซสามารถไหลเข้าสู่มานอมิเตอร์และกล่องเซ็นเซอร์ได้ และต่อสายยางขนาดเล็กเป็น 2 สาย สายแรกต่อเข้าสู่กล่องเก็บเซ็นเซอร์ และอีกสายต่อเข้าสู่ปลายหลอดมานอมิเตอร์

(3) สังเกตุความเปลี่ยนแปลงของความดันจากมานอมิเตอร์และอ่านค่าความดันของเซ็นเซอร์ความดันจากคอมพิวเตอร์

จากการทดสอบพบว่าความดันที่อ่านได้จากมานอมิเตอร์มีการเปลี่ยนแปลงน้อยมาก เนื่องจากความละเอียดของมานอมิเตอร์ค่อนข้างต่ำทำให้ยากที่จะสังเกตเห็นความเปลี่ยนแปลง และอาจจะมีค่า Human Error เกิดขึ้นค่อนข้างมาก ในขณะที่การเปลี่ยนแปลงความดันที่วัดจากเซ็นเซอร์ความดันแสดงผลทางจอคอมพิวเตอร์สามารถอ่านค่าได้ละเอียดกว่า เมื่อเวลาผ่านไปค่าความดันที่อ่านได้จากมานอมิเตอร์และเซ็นเซอร์ความดันใกล้เคียงกัน แต่เซ็นเซอร์ความดันจะให้ค่าที่ละเอียดกว่า และง่ายต่อการใช้งาน

รูปที่ ง-1 การทดสอบประสิทธิภาพการทำงานของเซ็นเซอร์วัดความดัน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำห ให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ ารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

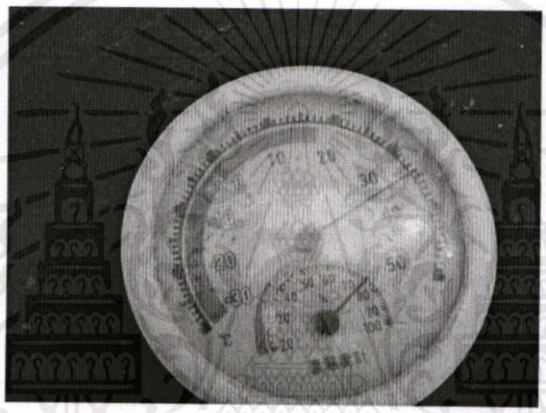
ง-2 การทดสอบประสิทธิภาพการทำงานของเซ็นเซอร์อุณหภูมิ

ขั้นตอนในการทดสอบมีดังนี้

(1) ทำการทดสอบเปรียบเทียบอุณหภูมิภายนอกโรงเรือนโดยใช้ไฮโกรมิเตอร์ และเซ็นเซอร์อุณหภูมิ

(2) วางไฮโกรมิเตอร์ และเซ็นเซอร์ความดันไว้บริเวณเดียวกัน สังเกตุอ่านค่าอุณหภูมิจากไฮโกรมิเตอร์และอ่านค่าอุณหภูมิของเซ็นเซอร์อุณหภูมิจากคอมพิวเตอร์

จากการทดสอบพบว่าอุณหภูมิที่อ่านได้จากไฮโกรมิเตอร์และเซ็นเซอร์อุณหภูมิไม่แตกต่างกัน แต่เซ็นเซอร์อุณหภูมิมีความละเอียดมากกว่า



รูปที่ ง-5 ไฮโกรมิเตอร์

รูปที่ ง-6 เซ็นเซอร์อุณหภูมิ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เอกสารอ้างอิง

1. ผักตบชวา. [ระบบออนไลน์], แหล่งที่มา http://th.wikipedia.org/wiki/ผักตบชวา, เข้าดูเมื่อวันที่ 14/07/2556

2. ปัญหาที่เกิดจากผักตบชวา. [ระบบออนไลน์], แหล่งที่มา http://www.school.net.th/library/webcontest2003/100team/dlbs085/interEx/informate/paktob/trouble.htm, เข้าดูเมื่อวันที่ 12/07/2556

3. กระบวนการก๊าซชีวภาพ. [ระบบออนไลน์], แหล่งที่มา 202.28.24.44/e_books/602472/E-learningPdf/phisit3.pdf, เข้าดูเมื่อวันที่ 12/08/13

4. ก๊าซชีวภาพ. [ระบบออนไลน์], แหล่งที่มา http://th.wikipedia.org/wiki/ก๊าซชีวภาพ, เข้าดูเมื่อวันที่12/07/2556

5. ก๊าซชีวภาพ. [ระบบออนไลน์], แหล่งที่มา www.crc.ac.th/online/project1/052.doc, เข้าดูเมื่อวันที่ 12/07/2556

6. เทคโนโลยีก๊าซชีวภาพสำหรับมูลสัตว์. [ระบบออนไลน์], แหล่งที่มา http://www.tbec.co.th/technology.htm, เข้าดูเมื่อวันที่ 12/07/2556

7. มานอมิเตอร์. [ระบบออนไลน์], แหล่งที่มา www.nan.rmutl.ac.th/engineering1/projet/work4/2.pdf, เข้าดูเมื่อวันที่ 4/01/13

8. กฎของก๊าซ. [ระบบออนไลน์], แหล่งที่มา www.rsu.ac.th/science/physics/pom/physics1/gas/gas.pdf, เข้าดูเมื่อวันที่ 12/12/2556

9. การศึกษาศักยภาพการผลิตไบโอก๊าซของพืชเพื่อเป็นพลังงานทางเลือกสำหรับชุมชน. [ระบบออนไลน์], แหล่งที่มา researchconference.kps.ku.ac.th/article_6/pdf/o_eng04.pdf, เข้าดูเมื่อวันที่ 20/08/2556

10. การกำจัดก๊าซไฮโดรเจนซัลไฟด์จากก๊าซชีวภาพโดยใช้ถ่านกัมมันต์และเหล็ก. [ระบบออนไลน์], แหล่งที่มา researchconference.kps.ku.ac.th/article_9/pdf/o_sci_tech14.pdf, เข้าดูเมื่อวันที่ 20/08/2556

11. BMP180 Barometric Pressure Sensor Hookup. [ระบบออนไลน์], แหล่งที่มา https://learn.sparkfun.com /tutorials/bmp180-barometric-pressure-sensor-hookup-, เข้าดูเมื่อวันที่ 04/01/2557

12. Temperature Sensor - Epoxy Series IV BetaCURVE™ Bare. [ระบบออนไลน์], แหล่งที่มา http://www.meas-spec.com/product/t_product.aspx?id=6293, เข้าดูเมื่อวันที่ 04/01/2557

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

13. SD read-write memory module. [ระบบออนไลน์], แหล่งที่มา http://www.aliexpress.com /store /product/SD-read-write-memory-module-SD-Card-v2-0/405316_397476128.html, เข้าดูเมื่อวันที่ 04/01/2557

14. Flame. [ระบบออนไลน์], แหล่งที่มา http://en.wikipedia.org/wiki/Flame เข้าดูเมื่อวันที่ 04/01/2557

15. ชัยยา อ่ำบุญ, ธัญญ์ยชนกก์ ชีพสุมล และประพาส ทองรัศมี. 2549. "เครื่องผลิตก๊าซชีวภาพจากเศษอาหารในโรงอาหารคณะวิศวกรรมศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง." วิทยานิพนธ์วิศวกรรมศาสตรบัณฑิต สาขาวิชาวิศวกรรมโยธา บัณฑิตวิทยาลัย, สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้