การศึกษาความสามารถของวัสดุกรองสำหรับการกำจัดกลิ่นและก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์จากก๊าซชีวภาพ

A STUDY OF MATERIAL CAPABILITY FOR ODORS AND CARBON DIOXIDE REMOVAL FROM BIOGAS

ทิฆัมพร เขมวงศ์
THIKHAMPORN KHEMWONG

การค้นคว้าอิสระนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต
สาขาวิชาวิศวกรรมสิ่งแวดล้อมและพลังงานเพื่อความยั่งยืน
คณะวิศวกรรมศาสตร์
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
พ.ศ.2560
KMITL-2016-EN-M-167-527

การศึกษาความสามารถของวัสดุกรองสำหรับการกำจัดกลิ่นและก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์จากก๊าซชีวภาพ

A STUDY OF MATERIAL CAPABILITY FOR ODORS AND CARBON DIOXIDE REMOVAL FROM BIOGAS

ทิฆัมพร เขมวงศ์

THIKHAMPORN KHEMWONG

การค้นคว้าอิสระนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต

สาขาวิชาวิศวกรรมสิ่งแวดล้อมและพลังงานเพื่อความยั่งยืน

คณะวิศวกรรมศาสตร์

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

พ.ศ.2560

KMITL-2016-EN-M-167-527

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

A STUDY OF MATERIAL CAPABILITY FOR ODORS AND CARBON DIOXIDE REMOVAL FROM BIOGAS

THIKHAMPORN KHEMWONG

AN INDEPENDENT STUDY SUBMITTED IN PARTIAL FULFILLMENT

OF THE REQUIREMENT FOR THE DEGREE OF

MASTER OF ENGINEERING IN ENVIRONMENTAL AND ENERGY ENGINEERING FOR SUSTIANABILITY

FACULTY OF ENGINEERING

KING MONGKUT'S INSTITUTE OF TECHNOLOGY LADKRABANG

2017

KMITL-2016-EN-M-167-527

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

COPYRIGHT 2017

FACULTY OF ENGINEERING

KING MONGKUT'S INSTITUTE OF TECHNOLOGY LADKRABANG

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

คณะวิศวกรรมศาสตร์
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
ใบรับรองการค้นคว้าอิสระ

หัวข้อ	การศึกษาความสามารถของวัสดุกรองสำหรับการกำจัดกลิ่นและก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์จากก๊าซชีวภาพ
Title	A Study of Material Capability for Odors and Carbon Dioxide Removal from Biogas
นักศึกษา	นางสาวทิฆัมพร เขมวงศ์
รหัสประจำตัว	58601248
ปริญญา	วิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต
สาขาวิชา	วิศวกรรมสิ่งแวดล้อมและพลังงานเพื่อความยั่งยืน
อาจารย์ที่ปรึกษาการค้นคว้าอิสระ	ดร.ชดชนก อัฑฒพงศ์
หมายเลขการค้นคว้าอิสระ	KMITL-2016-EN-M-167-527

คณะกรรมการสอบการค้นคว้าอิสระ	ลายมือชื่อ
ผศ.ดร.ภาสกร ขันทองทิพย์	
ผศ.ดร.ชลิดา อู่ตะเภา	
ดร.ชดชนก อัฑฒพงศ์	

วัน / เดือน/ ปี ที่สอบ วันพฤหัสบดี ที่ 14 ธันวาคม พ.ศ. 2560 เวลา 15.00-17.00 น.
สถานที่สอบ ณ อาคาร A ชั้น 5 ห้องประชุม 3

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
KING MONGKUT'S INSTITUTE OF TECHNOLOGY LADKRABANG

คณะวิศวกรรมศาสตร์ รับรองแล้ว

(รองศาสตราจารย์ ดร. คมสัน มาลีสี)
คณบดี คณะวิศวกรรมศาสตร์
วันที่ 14 ธันวาคม พ.ศ. 2560

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

หัวข้อค้นคว้าอิสระ	การศึกษาความสามารถของวัสดุกรองสำหรับการกำจัดกลิ่นและก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์จากก๊าซชีวภาพ
นักศึกษา	นางสาวทิฆัมพร เขมวงศ์
รหัสประจำตัว	58601248
ปริญญา	วิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต
สาขาวิชา	วิศวกรรมสิ่งแวดล้อมและพลังงานเพื่อความยั่งยืน
พ.ศ.	2560
อาจารย์ที่ปรึกษาค้นคว้าอิสระ	ดร.ชดชนก อัฑฒพงศ์

บทคัดย่อ

ปัจจุบันการใช้พลังงานของไทย ได้มีการเปลี่ยนจากการใช้พลังงานที่ใช้แล้วหมดไป ไปเป็นการใช้พลังงานหมุนเวียนที่ต้องอาศัยเทคโนโลยีในการผลิตมากยิ่งขึ้น เช่น การเปลี่ยนมาใช้ก๊าซชีวภาพแทนการใช้ก๊าซหุงต้ม (LPG) ในครัวเรือน ซึ่งต้องอาศัยเทคโนโลยีในการปรับปรุงคุณภาพก๊าซชีวภาพเหล่านี้ให้เป็นก๊าซชีวภาพที่บริสุทธิ์ขึ้น ซึ่งการใช้ก๊าซชีวภาพจากบ่อหมักโดยตรงจะมีปริมาณของก๊าซไฮโดรเจนซัลไฟด์ ก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ กลิ่นและความชื้นปะปนอยู่ในก๊าซชีวภาพ ซึ่งทำให้ปริมาณและสัดส่วนของก๊าซชีวภาพน้อยลง จึงต้องมีการปรับปรุงปริมาณและสัดส่วนของก๊าซชีวภาพให้มีคุณภาพดีขึ้น ดังนั้นงานวิจัยครั้งนี้จึงมีวัตถุประสงค์ เพื่อศึกษาเทคโนโลยีระบบกรองก๊าซชีวภาพและความสามารถของวัสดุกรองสำหรับการกำจัดกลิ่นและก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์จากก๊าซชีวภาพ และเพื่อศึกษาปริมาณและสัดส่วนของก๊าซชีวภาพระหว่างก๊าซชีวภาพที่ผ่านระบบกรองและก๊าซที่ชีวภาพไม่ผ่านระบบกรอง ผู้วิจัยได้สร้างระบบเพื่อปรับปรุงคุณภาพที่เน้นเรื่องการใช้เทคโนโลยีแบบง่ายเพื่อให้มีความเหมาะสมกับการใช้ในครัวเรือนโดยทำการสร้างระบบดังนี้คือ ตัวกรองที่ 1 บรรจุฝอยเหล็กเพื่อกำจัดไฮโดรเจนซัลไฟด์ ตัวกรองที่ 2 บรรจุน้ำปูนแดงเพื่อกำจัดคาร์บอนไดออกไซด์ ตัวกรองที่ 3 บรรจุถ่านไม้เพื่อดักกลิ่นและความชื้น ซึ่งระบบที่ออกแบบและสร้างขึ้นสามารถปรับปรุงคุณภาพก๊าซชีวภาพได้ดีขึ้น เมื่อเปรียบเทียบกับก๊าซชีวภาพที่ไม่ผ่านระบบกรอง จากผลการทดลองพบว่าระบบกรองที่ถูกพัฒนาขึ้นสามารถปรับปรุงคุณภาพของก๊าซชีวภาพได้ เมื่อก๊าซผ่านตัวกรองที่ 1 สามารถลดปริมาณก๊าซไฮโดรเจนซัลไฟด์ได้ถึง 20 ppm ผ่านตัวกรองที่ 2 สามารถลดปริมาณก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ ได้ถึงร้อยละ 8.2 และผ่านตัวกรองที่ 3 กลิ่นลดลงอย่างเห็นได้ชัด รวมถึงปริมาณความชื้นที่ลดลงโดยสังเกตได้จากก๊าซชีวภาพไม่มีไอน้ำเข้ามาปะปน ดังนั้นจากผลการทดลองที่ได้ในงานวิจัยนี้ สามารถเป็นแนวทางในการปรับปรุงคุณภาพก๊าซชีวภาพให้ดีขึ้นเหมาะแก่การใช้งานสำหรับครัวเรือน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Independent Study	A Study of Material Capability for Odors and Carbon Dioxide Removal from Biogas.
Student	Miss. Thikhamporn Khemwong
Student ID.	58601248
Degree	Master of Engineering
Program	Environmental and Energy Engineering for Sustainability
Year	2017
Advisor	Dr. Chodchanok Attaphong

ABSTRACT

Currently, energy consumption in Thailand has shifted its focus from using non-renewable energy to the use of renewable energy which requires more advance production technologies. For instance, using biogas instead of liquid propane gas (LPG) in households requires quality improvement technologies. Biogas which comes directly from a digester is a mixture of methane (CH_4) and the others including hydrogen sulphide (H_2S), carbon dioxide (CO_2), smell, and humidity, causing lower volume of methane proportion. For this reason, the volume and the proportion of biogas need to be improved in consideration of enhancing its quality. Therefore, this research aims to study the biogas filtration system technology and material capability for odors and carbon dioxide removal from biogas and to examine the volume and the proportion of unfiltered and filtered biogas. In this study, a biogas quality improvement system was developed emphasizing simple technology for the use in households. The system consisted of Filter 1 which contained ferrous wool to eliminate hydrogen sulfide, Filter 2 which contained red lime paste to remove carbon dioxide, and Filter 3 which contained charcoal to trap smell and humidity. It was discovered that the system which had been designed could improve the quality of filtered biogas efficiently compared to the unfiltered biogas. The results of this experiment demonstrated that the filtration system developed could enhance the quality of biogas. When the biogas went through Filter 1, the amount of hydrogen sulfide was reduced about 20 ppm. Filter 2 could reduce the amount of carbon dioxide by 8.2%. Then, after going through Filter 3, the smell was significantly reduced. The humidity was also lower, which could be observed from the absence of vapor in the biogas. Thus, the results of this study

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

can provide a guideline for the quality improvement of biogas suitable for household use.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

กิตติกรรมประกาศ

ผู้จัดทำวิจัยการศึกษาความสามารถของวัสดุกรองสำหรับการกำจัดกลิ่นและก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์จากก๊าซชีวภาพ ขอขอบพระคุณ ดร.ชดชนก อัฑฒพงศ์เป็นอย่างสูงที่ได้ให้คำปรึกษา ชี้แนะแนวทาง และให้การสนับสนุนทุกอย่างในการทำวิจัยนี้ รวมถึงการตรวจและแก้ไขเนื้อหาให้เสร็จสมบูรณ์

ขอขอบพระคุณดร.ภาสกร ขันทองทิพย์ รศ.ดร.อุมา สีบุญเรือง และผศ.ดร.ชลิดา อู่ตะเภา ที่ได้ถ่ายทอดทักษะและความรู้ที่มีประโยชน์และเป็นพื้นฐานอันดีเพื่อนำมาใช้ในการวางแผน ค้นคว้า และจัดทำระบบกรองสำหรับการกำจัดกลิ่นและก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์จากก๊าซชีวภาพนี้ให้สำเร็จลุล่วง

ขอกราบขอบพระคุณคุณพ่อ คุณแม่ และครอบครัวที่คอยอบรมสั่งสอน คอยเลี้ยงดู คอยให้การสนับสนุนด้านการศึกษาหาความรู้ เป็นกำลังใจที่สำคัญมาโดยตลอด อำนวยผลให้ผู้ศึกษาได้ประสบความสำเร็จในครั้งนี้

ขอบคุณเพื่อนๆ สาขาวิศวกรรมสิ่งแวดล้อมและพลังงานเพื่อความยั่งยืนทุกคน ที่คอยให้คำแนะนำ คำปรึกษา สนับสนุน เป็นกำลังใจ และช่วยเหลือให้ประสบผลสำเร็จ

วิจัยฉบับนี้สำเร็จลุล่วงด้วยดี เพราะได้รับความช่วยเหลือจากอาจารย์นพดล โพชกำเนิด ที่อำนวยความสะดวกในการวัดค่าก๊าซชีวภาพ โดยการนำเอาเครื่องวิเคราะห์ก๊าซชีวภาพแบบพกพา BIOGAS 5000 มาใช้ในการวิเคราะห์ปริมาณและสัดส่วนของก๊าซชีวภาพ จนทำให้การวิจัยในครั้งนี้สำเร็จลุล่วงไปได้เป็นอย่างดี

ท้ายที่สุดนี้หากมีความผิดพลาดหรือขาดตกบกพร่องประการใด ผู้จัดทำขออภัยเป็นอย่างสูงในการจัดทำวิจัยครั้งนี้ และผู้จัดทำหวังเป็นอย่างยิ่งว่าวิจัยนี้จะเป็นประโยชน์ต่อบุคคลที่สนใจหรือมีความต้องการที่จะศึกษารายละเอียดทั้งหมดที่เกี่ยวข้องกับระบบกรองสำหรับการกำจัดกลิ่นและก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์จากก๊าซชีวภาพนี้ด้วย

ทิฆัมพร เขมวงศ์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ

หน้า

บทคัดย่อภาษาไทย I

บทคัดย่อภาษาอังกฤษ II

กิตติกรรมประกาศ IV

สารบัญ V

สารบัญตาราง VIII

สารบัญรูป IX

บทที่ 1 บทนำ 1

1.1 ความเป็นมาและความสำคัญ 1

1.2 วัตถุประสงค์ 1

1.3 สมมติฐานของการศึกษา 2

1.4 ขอบเขตของการศึกษา 2

1.5 ขั้นตอนของการศึกษา 2

1.6 นิยามศัพท์ 2

บทที่ 2 งานวิจัยและทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง 4

2.1 ประวัติความเป็นมาก๊าซชีวภาพ 4

2.2 ก๊าซชีวภาพ (Biogas) 4

2.2.1 แหล่งที่มาของก๊าซชีวภาพ 5

2.2.2 ประเภทของการเกิดก๊าซชีวภาพ 6

2.2.3 กระบวนการย่อยสลายก๊าซชีวภาพ 6

2.2.4 ปัจจัยที่มีผลต่อการเกิดก๊าซชีวภาพ 8

2.2.5 ชนิดและแบบของบ่อก๊าซชีวภาพ (Biogas plant) 10

2.2.6 ประโยชน์จากก๊าซธรรมชาติ 13

2.3 เทคโนโลยีการปรับปรุงคุณภาพก๊าซชีวภาพ 14

2.3.1 การกำจัดก๊าซไฮโดรเจนซัลไฟด์ (H_2S) 14

2.3.1.1 กระบวนการแบบแห้ง (Dry process) 14

2.3.1.2 กระบวนการแบบเปียก (Wet Process) 14

2.3.2 การกำจัดก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ (CO_2) 16

2.3.2.1 การดักจับด้วยน้ำ (Water Scrubber Technology) 16

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ (ต่อ)

หน้า

2.3.2.2 การดักจับโดยการเปลี่ยนแปลงแรงดัน (Pressure Swing Adsorption (PSA) Technology) 16
2.3.2.3 การดักจับด้วยสารเคมี (Chemical Adsorption Technology) 16
2.3.2.4 การแยกด้วยเมมเบรน (Membrane Separation Technology) 16
2.4 การคำนวณหาปริมาตร 17
2.5 เทคโนโลยีการปรับปรุงคุณภาพก๊าซชีวภาพ 18
2.5.1 เทคโนโลยีบ่อหมักแบบพลาสติกคลุมรางโดยถุงพลาสติกพีวีซี 18
2.5.2 เทคโนโลยีระบบกรองก๊าซชีวภาพ 19
2.5.2.1 การกำจัดก๊าซไฮโดรเจนซัลไฟด์ (H_2S) 19
2.5.2.2 การกำจัดก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ (CO_2) 19
2.5.2.3 การกำจัดกลิ่นและความชื้น 20
2.6 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง 21
บทที่ 3 วิธีการดำเนินการ 24
3.1 การออกแบบ/เครื่องมือ 24
3.1.1 การออกแบบระบบโดยรวม 24
3.1.2 การออกแบบบ่อหมักก๊าซชีวภาพ 24
3.1.3 การออกแบบระบบกรองก๊าซชีวภาพ 25
3.1.4 วัสดุที่นำมาปรับปรุงคุณภาพก๊าซชีวภาพ 25
3.2 ขั้นตอนการสร้าง/ขั้นตอนการดำเนินงาน 25
3.2.1 ขั้นตอนการสร้าง/ขั้นตอนการดำเนินงาน บ่อหมักก๊าซชีวภาพ 25
3.2.1.1 การเตรียมพื้นที่ 25
3.2.1.2 การเตรียมวัสดุอุปกรณ์ 26
3.2.1.3 การประกอบถุงหมักพีวีซี 28
3.2.2 ขั้นตอนการสร้าง/ขั้นตอนการดำเนินงาน ระบบกรองก๊าซชีวภาพ 32
3.2.2.1 การสร้างชุดขาตั้งไว้สำหรับติดตั้งระบบกรองก๊าซชีวภาพ 32
3.2.2.2 การสร้างระบบกรองก๊าซชีวภาพ 34
3.2.2.3 ติดตั้งระบบกรองก๊าซชีวภาพเข้ากับชุดขาตั้ง 35
3.3 วิธีการทดสอบ 36
3.3.1 วิธีการทดสอบบ่อหมักก๊าซชีวภาพ 36

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ (ต่อ)

หน้า

3.3.2 วิธีการทดสอบระบบกรองก๊าซชีวภาพ 36
3.4 วิธีการวัดผลโดยใช้เครื่องวิเคราะห์ก๊าซชีวภาพแบบพกพา BIOGAS 5000 39
3.4.1 การวัดและเก็บตัวอย่างก๊าซชีวภาพไปตรวจสอบกับเครื่องวิเคราะห์ก๊าซชีวภาพแบบพกพา BIOGAS 5000 39
3.4.2 วิธีอ่านผลที่ได้จากเครื่องวิเคราะห์ก๊าซชีวภาพแบบพกพา BIOGAS 5000 42
3.5 แผนการดำเนินงาน 44
บทที่ 4 ผลการดำเนินงานและการวิเคราะห์ 45
4.1 การศึกษาการเกิดก๊าซชีวภาพ 45
4.2 การศึกษาปริมาณและสัดส่วนก๊าซชีวภาพ 45
4.2.1 ผลทดลองปริมาณและสัดส่วนก๊าซมีเทน (CH_4) 47
4.2.2 ผลทดลองปริมาณและสัดส่วนก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ (CO_2) 47
4.2.3 ผลทดลองปริมาณและสัดส่วนก๊าซออกซิเจน (O_2) 48
4.2.4 ผลทดลองปริมาณและสัดส่วนก๊าซไฮโดรเจนซัลไฟด์ (H_2S) 49
4.2.5 ผลทดลองปริมาณและสัดส่วนก๊าซอื่นๆ (Others) 50
4.2.6 ผลทดลองปริมาณและสัดส่วนก๊าซชีวภาพ 51
4.3 อุปกรณ์และค่าใช้จ่าย 53
4.3.1 อุปกรณ์และค่าใช้จ่ายบ่อหมักก๊าซชีวภาพ 53
4.3.2 อุปกรณ์และค่าใช้จ่ายระบบกรองก๊าซชีวภาพ 54
บทที่ 5 สรุปและข้อเสนอแนะ 55
5.1 สรุปผลการทดลอง 55
5.1.1 ผลการทดลองบ่อหมักก๊าซชีวภาพ 55
5.1.2 ผลการทดลองระบบกรองก๊าซชีวภาพ 55
5.2 สิ่งที่ได้จากงานวิจัย 55
5.3 ข้อเสนอแนะ 56
บรรณานุกรม 57
ภาคผนวก 59
ภาคผนวก ก คู่มือการใช้และการบำรุงรักษาเบื้องต้น 60
ภาคผนวก ข ขั้นตอนและวิธีการทำโดยย่อ 63
ประวัติผู้จัดทำปริญญานิพนธ์ 68

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญตาราง

ตารางที่ หน้า

2.1 องค์ประกอบของก๊าซชีวภาพ 5

2.2 ระดับความเข้มข้นของสารต่างๆ ที่เป็นอันตรายต่อแบคทีเรีย ในกระบวนการย่อยสลายสารอินทรีย์ในสภาวะไม่ใช้อากาศ 9

2.3 อัตราการทดแทนการใช้พลังงาน ต่างๆ ของก๊าซชีวภาพ 1 ลูกบาศก์เมตร 13

3.1 วัสดุอุปกรณ์สำหรับบ่อหมักก๊าซชีวภาพ 27

3.2 รายการวัสดุและชิ้นส่วนมาตรฐานสำหรับระบบกรองก๊าซชีวภาพ 33

3.3 แผนการดำเนินงานของโครงงาน 44

4.1 การเกิดก๊าซชีวภาพของบ่อหมักก๊าซชีวภาพที่ผ่านระบบกรองและไม่ผ่านระบบกรอง 45

4.2 ค่าเฉลี่ยรวมก๊าซชีวภาพที่ไม่ผ่านระบบกรอง 46

4.3 ค่าเฉลี่ยรวมก๊าซชีวภาพที่ผ่านระบบกรอง 46

4.4 รายการอุปกรณ์และค่าใช้จ่ายบ่อหมักก๊าซชีวภาพ 53

4.5 รายการอุปกรณ์และค่าใช้จ่ายระบบกรองก๊าซชีวภาพ 54

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญรูป

รูปที่ หน้า

2.1 การย่อยสลายสารอินทรีย์ของกระบวนการที่ไม่ใช้อากาศ (anaerobic digestion) 6

2.2 ขั้นตอนกระบวนการหมักย่อยก๊าซชีวภาพที่ไม่ใช้ออกซิเจน 8

2.3 บ่อหมักแบบยอดโดม (fixed dome digester) 10

2.4 บ่อหมักแบบฝาครอบลอย (floating drum digester) หรือแบบอินเดีย (Indian digester) 11

2.5 บ่อหมักแบบพลาสติกคลุมราง (plastic covered ditch) หรือแบบพลักโฟลว์ (plug flow digester) 11

2.6 บ่อหมักแบบบรรจุตัวกลางในสภาพไร้ออกซิเจน (AF หรือ Anaerobic Filter) 12

2.7 บ่อหมักแบบยูเอเอสบี (UASB หรือ Up flow Anaerobic Sludge Blanker) 12

2.8 เทคโนโลยีบ่อหมักแบบถุงพลาสติกพีวีซี 18

2.9 ขี้กลึงเหล็ก 19

2.10 ปูนแดงสำหรับทำน้ำปูนใส 20

2.11 ถ่านไม้ 21

3.1 ภาพรวมบ่อหมักและระบบกรองก๊าซชีวภาพ 24

3.2 การขุดหลุมสำหรับทำบ่อหมักมูลรูปสี่เหลี่ยมคางหมู 26

3.3 ลักษณะหลุมบ่อหมัก 26

3.4 การตัดและติดกาวถุงพลาสติกพีวีซี 29

3.5 การติดชุดส่งก๊าซจากตัวถุง 29

3.6 การผูกท่อพีวีซี ที่ปลายทั้งสองข้างของถุง 30

3.7 การทดสอบการรั่วของถุงด้วยเครื่องดูดฝุ่น 30

3.8 การนำถุงลงหลุมและจัดวางถุงให้ดี 31

3.9 บ่อเติมและบ่อล้น 31

3.10 การประกอบสายส่งก๊าซ พร้อมกับติดตั้งขวดปรับแรงดันและดักน้ำ 32

3.11 การติดตั้งท่อส่งก๊าซและควรควบคุมก๊าซ 32

3.12 การเชื่อมชุดขาตั้ง 34

3.13 ระบบกรองทำมาจากแผ่นสแตนเลส 34

3.14 ตะแกรงทำมาจากแผ่นตะแกรงสแตนเลส 35

3.15 การต่อท่อพีวีซี และข้อต่อพีวีซี ใส่ตามแบบที่ได้ออกแบบไว้ 35

3.16 การประกอบระบบกรองก๊าซชีวภาพ 36

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญรูป (ต่อ)

รูปที่ หน้า

3.17 การใส่ขี้กลึงเหล็กลงในตะแกรงของตัวกรองที่ 1 37

3.18 การผสมปูนแดงกันน้ำแล้วนำไปเทใส่ในตัวกรองที่ 2 37

3.19 การใส่ถ่านลงในตะแกรงของตัวกรองที่ 3 38

3.20 การนำตัวกรองทั้ง 3 ตัวที่ได้เตรียมใส่ตะแกรงไว้แล้วมาใส่ยังถังกรองแล้วทำการปิดฝาตัวกรองทุกตัวให้เรียบร้อย 38

3.21 การเปิดวาล์วทางเข้า-ออก และระหว่างตัวกรองทุกตัว 39

3.22 การเตรียมเครื่องวิเคราะห์ก๊าซชีวภาพแบบพกพา BIOGAS 5000 39

3.23 การเซ็ตเครื่องวิเคราะห์ก๊าซชีวภาพแบบพกพา BIOGAS 5000 40

3.24 การทดสอบเครื่องวิเคราะห์ก๊าซชีวภาพแบบพกพา BIOGAS 5000 โดยให้ได้ค่ามาตรฐานของอากาศปัจจุบัน 40

3.25 การเก็บตัวอย่างก๊าซชีวภาพ โดยใช้ลูกโป่งในการเก็บ 41

3.26 การนำลูกโป่งที่ได้เก็บตัวอย่างก๊าซชีวภาพมาต่อกับเครื่องวิเคราะห์ก๊าซชีวภาพแบบพกพา BIOGAS 5000 41

3.27 ตัวอย่างการอ่านค่าจากเครื่องวิเคราะห์ก๊าซชีวภาพแบบพกพา BIOGAS 5000 ของก๊าซชีวภาพที่ไม่ผ่านระบบกรอง 42

3.28 ตัวอย่างการอ่านค่าจากเครื่องวิเคราะห์ก๊าซชีวภาพแบบพกพา BIOGAS 5000 ของก๊าซชีวภาพที่ผ่านระบบกรอง 42

3.29 การวิเคราะห์ค่าก๊าซชีวภาพจากเครื่องวิเคราะห์ก๊าซชีวภาพแบบพกพา BIOGAS 5000 43

3.30 การอ่านค่าจากเครื่องวิเคราะห์ก๊าซชีวภาพแบบพกพา BIOGAS 5000 43

4.1 กราฟเปรียบเทียบปริมาณและสัดส่วนก๊าซมีเทน (CH_4) ระหว่างก๊าซชีวภาพที่ไม่ผ่านระบบกรองและก๊าซชีวภาพที่ผ่านระบบกรอง 47

4.2 กราฟเปรียบเทียบปริมาณและสัดส่วนก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ (CO_2) ระหว่างก๊าซชีวภาพที่ไม่ผ่านระบบกรองและก๊าซชีวภาพที่ผ่านระบบกรอง 48

4.3 กราฟเปรียบเทียบปริมาณและสัดส่วนก๊าซออกซิเจน (O_2) ระหว่างก๊าซชีวภาพที่ไม่ผ่านระบบกรองและก๊าซชีวภาพที่ผ่านระบบกรอง 49

4.4 กราฟเปรียบเทียบปริมาณและสัดส่วนก๊าซไฮโดรเจนซัลไฟด์ (H_2S) ระหว่างก๊าซชีวภาพที่ไม่ผ่านระบบกรองและก๊าซชีวภาพที่ผ่านระบบกรอง 50

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญรูป (ต่อ)

รูปที่ หน้า

4.5 กราฟเปรียบเทียบปริมาณและสัดส่วนก๊าซอื่นๆ (Others) ระหว่างก๊าซชีวภาพที่ไม่ผ่านระบบกรองและก๊าซชีวภาพที่ผ่านระบบกรอง 51

4.6 กราฟแสดงค่าที่วัดได้โดยไม่ผ่านระบบกรองและค่าที่วัดได้โดยผ่านระบบกรอง 52

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 1
บทนำ

1.1 ความเป็นมาและความสำคัญ

ในอดีตประเทศไทยมีแหล่งพลังงานอยู่เป็นจำนวนมากและพลังงานเหล่านี้ถือว่าเป็นสิ่งที่จำเป็นในการดำเนินชีวิต ปัจจุบันมนุษย์มีความต้องการใช้ประโยชน์จากพลังงานที่มาจากฟอสซิลเพิ่มมากขึ้น เช่น ถ่านหิน น้ำมันดิบ และก๊าซธรรมชาติ ซึ่งแหล่งพลังงานฟอสซิลนี้เป็นแหล่งพลังงานที่ใช้แล้วหมดไป อีกทั้งยังก่อให้เกิดภาวะโลกร้อน (กรมพัฒนาพลังงานทดแทนและอนุรักษ์พลังงาน. 2551) จึงทำให้เริ่มมีการคิดค้นแหล่งพลังงานอื่นที่สามารถใช้ได้อย่างต่อเนื่องขึ้นมาเพื่อทดแทน เช่น พลังงานลม พลังงานแสงอาทิตย์ พลังงานน้ำ และพลังงานชีวภาพ (คลังความรู้สู่ความเป็นเลิศทางวิทยาศาสตร์ คณิตศาสตร์ และเทคโนโลยี. 2011) อย่างไรก็ตามพลังงานลม พลังงานแสงอาทิตย์ พลังงานน้ำนั้นเป็นพลังงานหมุนเวียนที่ไม่คงที่ ซึ่งขึ้นอยู่กับสภาพภูมิอากาศของประเทศนั้นๆ ดังนั้นพลังงานชีวภาพหรือก๊าซชีวภาพจึงเป็นทางเลือกที่สามารถแก้ปัญหาความต่อเนื่องของพลังงาน เนื่องจากประเทศไทยเป็นประเทศเกษตรกรรม จึงมีการนำเอามูลสัตว์ ของเสีย สิ่งเหลือใช้มาทำให้มีคุณค่านำไปใช้ประโยชน์ได้ก็จะลดของเสียที่จะต้องไปกำจัดได้ การผลิตก๊าซชีวภาพจึงเป็นเทคโนโลยีชีวภาพที่มีบทบาทสำคัญและเป็นประโยชน์มากสำหรับพลังงานทดแทน เช่น การนำก๊าซชีวภาพมาใช้เป็นเชื้อเพลิงในการหุงต้ม (สถาบันวิจัยและพัฒนาพลังงาน มหาวิทยาลัยเชียงใหม่. 2551) การผลิตก๊าซชีวภาพจากกระบวนการหมัก ชีวมวลจึงเป็นอีกวิธีหนึ่งที่จะเป็นแนวทางการเลือกใช้พลังงานทดแทนที่ควรเริ่มนำมาใช้กันเป็นเชื้อเพลิงที่ใช้ในการหุงต้มแทนก๊าซหุงต้มอย่างจริงจัง โดยทั่วไปการใช้งานก๊าซชีวภาพมักประสบปัญหาปริมาณและสัดส่วนก๊าซไฮโดรเจนซัลไฟด์ ก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ กลิ่นและความชื้นสูง ทำให้ปริมาณและสัดส่วนของก๊าซชีวภาพลดน้อยลง งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์ในการช่วยกำจัดก๊าซไฮโดรเจนซัลไฟด์ ก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ กลิ่นและความชื้น ประการแรก เพื่อศึกษากระบวนการกรองของระบบกรองก๊าซชีวภาพ และประการที่สอง เพื่อศึกษาปริมาณ และสัดส่วนของก๊าซชีวภาพระหว่างก๊าซชีวภาพที่ไม่ผ่านระบบกรองและก๊าซที่ชีวภาพผ่านระบบกรอง โดยระบบกรองก๊าซชีวภาพมีความเป็นไปได้ในการกำจัดก๊าซไฮโดรเจนซัลไฟด์ ก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ กลิ่นและความชื้น อันเป็นสาเหตุหลักของปริมาณและสัดส่วนในก๊าซชีวภาพ

1.2 วัตถุประสงค์

1.2.1 เพื่อศึกษาระบบกรองก๊าซชีวภาพและวัสดุกรอง สำหรับกำจัดก๊าซไฮโดรเจนซัลไฟด์ ก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ กลิ่นและความชื้น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

1.2.2 เพื่อศึกษาปริมาณและสัดส่วนของก๊าซชีวภาพระหว่างก๊าซชีวภาพที่ไม่ผ่านระบบกรองและก๊าซที่ชีวภาพผ่านระบบกรอง

1.2.3 เพื่อศึกษาความสามารถของวัสดุกรองสำหรับการกำจัดกลิ่นและก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์จากก๊าซชีวภาพ

1.3 สมมติฐานของการศึกษา

1.3.1 ก๊าซไฮโดรเจนซัลไฟด์ ก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ กลิ่นและความชื้น เป็นปัจจัยที่มีผลกับปริมาณและสัดส่วนของก๊าซชีวภาพ

1.3.2 หากมีแนวทางในการกำจัดก๊าซไฮโดรเจนซัลไฟด์ ก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ ความชื้นลดลงจะทำให้ปริมาณและสัดส่วนของก๊าซมีเทนเพิ่มขึ้น

1.4 ขอบเขตของการศึกษา

1.4.1 ในการศึกษาครั้งนี้จะทำการศึกษาระบบกรองก๊าซชีวภาพโดยใช้ขี้เหล็กกลึงกำจัดก๊าซไฮโดรเจนซัลไฟด์ น้ำปูนใสกำจัดก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ และถ่านดักกลิ่นและความชื้น เพื่อศึกษาปริมาณและสัดส่วนของก๊าซชีวภาพ

1.5 ขั้นตอนของการศึกษา

1.5.1 ออกแบบบ่อหมักก๊าซชีววภาพและระบบกรองก๊าซชีวภาพ

1.5.2 สร้างบ่อหมักก๊าซชีวภาพจำนวน 2 บ่อ และสร้างระบบกรองก๊าซชีวภาพ 1 ระบบ โดยบ่อหมักก๊าซชีวภาพบ่อแรกไม่ผ่านระบบกรองก๊าซชีวภาพ และบ่อหมักก๊าซชีวภาพบ่อที่สองผ่านระบบกรองก๊าซชีวภาพ

1.5.3 นำเครื่องวิเคราะห์ก๊าซชีวภาพแบบพกพา BIOGAS 5000 ไปวิเคราะห์ผล ทำการวัดก๊าซชีวภาพที่ไม่ผ่านระบบกรองและก๊าซชีวภาพที่ผ่านระบบกรองและบันทึกผล

1.5.4 วิเคราะห์ผลด้วยการเปรียบเทียบปริมาณและสัดส่วนระหว่างก๊าซชีวภาพที่ไม่ผ่านระบบกรองและก๊าซที่ชีวภาพผ่านระบบกรอง

1.6 นิยามศัพท์

1.6.1 ก๊าซชีวภาพ คือ ก๊าซที่เกิดจากกระบวนการย่อยสลายสารอินทรีย์ ทั้งจากพืช สัตว์ หรือแม้แต่ของเสียจากสัตว์ รวมถึงขยะมูลฝอย ด้วยแบคทีเรียชนิดไม่อาศัยอากาศออกซิเจน (Anaerobic) ทำให้เกิดกลุ่มก๊าซขึ้นขณะเกิดการย่อยสลาย จุลินทรีย์จะใช้สารอินทรีย์ในของเสียผ่านกระบวน การจนเกิดก๊าซมีเทน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

1.6.2 ก๊าซมีเทน (CH_4) เป็นสารประกอบไฮโดรคาร์บอนพวกแอลเคน สูตรเคมี คือ CH_4 เป็นก๊าซไม่มีสี ติดไฟได้ เป็นองค์ประกอบส่วนใหญ่ของก๊าซธรรมชาติ ก๊าซมีเทนอาจได้มาจากการหมักมูลสัตว์และนำมาใช้เป็นเชื้อเพลิงราคาถูก

1.6.3 ก๊าซไฮโดรเจนซัลไฟด์ (H_2S) หรือ ก๊าซไข่เน่า เป็นสารประกอบที่ไม่มีสี เป็นพิษ และเป็นก๊าซไวไฟ มีกลิ่นเน่าเหม็นคล้ายไข่เน่า สามารถพบได้ในก๊าซชีวภาพที่เกิดจากการหมัก เช่น ก๊าซชีวภาพในฟาร์มหมู ซึ่งก๊าซนี้นิยมนำมาใช้เป็นก๊าซเชื้อเพลิงหุงต้มในครัวเรือน

1.6.4 ก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ (CO_2) เกิดขึ้นได้หลายลักษณะ เช่น ภูเขาไฟระเบิด การหายใจของสิ่งมีชีวิต หรือการเผาไหม้ของสารประกอบอินทรีย์ ก๊าซนี้เป็นวัตถุดิบสำคัญในกระบวนการสังเคราะห์ด้วยแสงของพืช เพื่อใช้คาร์บอนและออกซิเจนในการสังเคราะห์คาร์โบไฮเดรต จากกระบวนการสังเคราะห์ด้วยแสงนี้ พืชจะปล่อยก๊าซออกซิเจนออกมาสู่บรรยากาศ ทำให้สัตว์ได้ใช้ออกซิเจนนี้ในการหายใจ การใช้คาร์บอนไดออกไซด์ของพืชนี้เป็นการลดก๊าซเรือนกระจกลงได้ เนื่องจากคาร์บอนไดออกไซด์เป็นก๊าซหนึ่งที่เป็นสาเหตุของปรากฏการณ์เรือนกระจก

1.6.5 ก๊าซออกซิเจน (O_2) ธาตุลำดับที่ 8 สัญลักษณ์ O เป็นก๊าซ มีปนอยู่ใน อากาศประมาณร้อยละ 20 โดยปริมาตร ไม่มีสี ไม่มีกลิ่น ไม่มีรส ไม่ติดไฟ แต่ช่วยให้ไฟติด มีประโยชน์ อย่างยิ่งต่อการหายใจและการเผาไหม้เป็นต้น ใช้จุดกับก๊าซอะเซทิลีน เพื่อเชื่อมหรือตัดโลหะ ในทางแพทย์ ใช้ช่วยการหายใจของคนไข้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 2
วรรณกรรมหรืองานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

2.1 ประวัติการค้นพบก๊าซชีวภาพ

ก๊าซชีวภาพที่ได้จากการหมักสารอิทรีย์ในสภาพไร้ออกซิเจน ได้ถูกค้นพบมานานกว่า 300 ปี แล้ว ซึ่งในยุคแรกของการค้นพบก๊าซชีวภาพ เมื่อปี ค.ศ. 1630 Van Helmant ได้พบการจุดติดไฟของก๊าซชีวภาพที่เกิดจากการย่อยสลายของสารอินทรีย์ ต่อมาในปี ค.ศ. 1776 Alessander Volta ได้เป็นผู้ริเริ่มทดลองเกี่ยวกับก๊าซชีวภาพจากการหมักตะกอนที่ได้จากก้นสระ อาจกล่าวได้ว่า Humphy Davy เป็นผู้ริเริ่มทดลองเกี่ยวกับก๊าซชีวภาพโดยการหมักมูลสัตว์ ต่อมาในปี ค.ศ. 1808 Humphy Davy ได้ผลิตก๊าซชีวภาพจากการหมักฟางข้าวกับมูลกระบือในหลอดทดลองที่ไม่มีอากาศ ปี ค.ศ. 1859 ระบบผลิตก๊าซชีวภาพ ได้ถูกสร้างเพื่อใช้เป็นแหล่งผลิตพลังงานในเมืองบอมเบย์ ในปี ค.ศ.1883 V. Gayon ได้ทำการทดลองหมักมูลสัตว์ และ Louis Pasteur สรุปว่าการหมักมูลสัตว์ในก๊าซที่สามารถใช้จุดติดไฟ เพื่อใช้เป็นแหล่งความร้อนได้ ใช้เป็นแสงสว่างของถนน Parisian ในฝรั่งเศส ปี ค.ศ. 1896 เมือง Exter ประเทศอังกฤษ ก๊าซชีวภาพที่ผลิตได้จากการบำบัดน้ำเสียของชุมชน ได้ถูกนำมาใช้เป็นแหลงพลังงานแสงสว่างสำหรับตะเกียงและแสงสว่างของถนน ต่อจากนั้นหลังสงครามโลกครั้งที่ 1 ประเทศเยอรมันนี โดยเริ่มใช้วิธีการหมักแบบไร้ออกซิเจนบำบัดนำเสียจากชุมชน และก๊าซชีวภาพที่ได้นำไปใช้เป็นแหล่งพลังงานในเมือง และในขณะนั้นก็มีการวิจัยการหมักดังกล่าวในประเทศสหรัฐอเมริกา ฝรั่งเศส และ เยอรมันนี หลังสงครามโลกครั้งที่ 2 ระบบก๊าซชีวภาพได้ทำการติดตั้งในโรงงานอุตสาหกรรมการเกษตรมากมายในหลายๆ ประเทศ ซึ่งขณะเดียวกันก็มีการวิจัย และพัฒนาเทคโนโลยีก๊าซชีวภาพกันมากมายในทวีปอเมริกา ยุโรป และเอเชีย ก๊าซชีวภาพเป็นระบบที่นำมาใช้แก้ปัญหา โดยวิธีการบำบัดของเสียประเภทมูลสัตว์ ขยะ น้ำเสีย และของเสียอื่นๆ ที่เกิดขึ้น ซึ่งหลักการทางวิชาการในการพิจารณาอย่างถูกต้องเหมาะสมสามารถแก้ปัญหามลภาวะที่เกิดขึ้นดังกล่าวได้ และยังมีผลพลอยได้คือก๊าซชีวภาพซึ่งสามารถใช้ทดแทนเชื้อเพลิงประเภท ฟืน ถ่าน ก๊าซ และน้ำมัน เพื่อใช้เป็นพลังงานในการผลิต (สุทัศน์ ยกส้าน. 2550)

2.2 ก๊าซชีวภาพ (Biogas)

ก๊าซชีวภาพ คือ ก๊าซที่เกิดจากกระบวนการย่อยสลายสารอินทรีย์ ทั้งจากพืช สัตว์ หรือแม้แต่ของเสียจากสัตว์ รวมถึงขยะมูลฝอย ด้วยแบคทีเรียชนิดไม่อาศัยอากาศออกซิเจน (anaerobic) ทำให้เกิดกลุ่มก๊าซขึ้นขณะเกิดการย่อยสลาย ก๊าซชีวภาพส่วนใหญ่ได้จากการหมักมูลสัตว์หรือของเสียจากโรงงานผลิตอาหาร น้ำเสียจากฟาร์มเลี้ยงสัตว์ เช่น ไก่ โค กระบือ และสุกร น้ำเสียและการหมัก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ขยะสารอินทรีย์โดยรงบรวมของเสียเหล่านี้ใส่ในบ่อหมักที่มีเชื้อจุลินทรีย์ เมื่อทิ้งไว้ให้เกิดปฏิกิริยาในสภาพที่ไม่มีอากาศ จุลินทรีย์จะใช้สารอินทรีย์ในของเสียผ่านกระบวนการจนเกิดก๊าซมีเทน ซึ่งเราสามารถนำไปใช้เป็นเชื้อเพลิงในการเดินเครื่องยนต์ ผลิตเป็นกระแสไฟฟ้า หรือนำมาใช้ในหารให้ความร้อนหุงต้มอาหารได้เป็นอย่างดี ซึ่งมีองค์ประกอบดังแสดงในตารางที่ 2.1

ตารางที่ 2.1 องค์ประกอบของก๊าซชีวภาพ

องค์ประกอบ	ชื่อเรียก	ปริมาณ (%)
CH_4	Methane (มีเทน)	50-70
CO_2	Carbon dioxide (คาร์บอนไดออกไซด์)	25-50
N_2	Nitrogen (ไนโตรเจน)	0-10
H_2	Hydrogen (ไฮโดรเจน)	0-1
H_2S	Hydrogen sulfide (ไฮโดรเจนซัลไฟด์ หรือก๊าซไข่เน่า)	0-3
O_2	Oxygen (ออกซิเจน)	0-0.5

ที่มา : บูรณะศักดิ์ มาดหมาย. 2009

2.2.1 แหล่งที่มาของก๊าซชีวภาพ

2.2.1.1 เกษตรกรรม ก๊าซชีวภาพที่ได้จากเกษตรกรรมบางประเภท เช่น ข้าวโพด ฟางข้าว ชานอ้อย แกลบ เป็นต้น

2.2.1.2 ของเหลือใช้จากชุมชน การกำจัดของเหลือใช้ชุมชนในพื้นที่ต่างๆ ส่วนใหญ่นิยมใช้วิธีการฝังกลบ ซึ่งที่ถูกต้องควรจะเป็นการฝังกลบอย่างถูกหลักสุขาภิบาล (sanitary landfill) โดยสามารถผลิตก๊าซจากหลุมขยะ (landfill gas) เป็นผลพลอยได้ด้วย แต่เทคโนโลยีการผลิตก๊าซจากหลุมขยะในเมืองไทยในปัจจุบันยังคงประสบปัญหาด้านคุณภาพและปริมาณซึ่งไม่คงที่ของก๊าซชีวภาพที่เกิดขึ้น ปัจจุบันมีเฉพาะที่เทศบาลเมืองระยอง จังหวัดระยอง ที่ใช้เทคโนโลยีระบบ CSTR เพื่อย่อยสลายขยะอินทรีย์ในถังหมักแบบไร้อากาศ

2.2.1.3 สิ่งปฏิกูลจากสัตว์สำหรับประเทศไทย ฟาร์มเลี้ยงสัตว์ที่มีการใช้เทคโนโลยีระบบก๊าซชีวภาพมากที่สุด คือฟาร์มสุกร โดยแบ่งออกเป็น 3 กลุ่ม ดังนี้

1) ฟาร์มขนาดใหญ่ หรือฟาร์มเลี้ยงสุกรประเภท ก เทียบเท่า จำนวนสุกรขุนมากกว่า 5,000 ตัว หรือ มากกว่า 600 หน่วย ปศุสัตว์

2) ฟาร์มขนาดกลาง หรือฟาร์มเลี้ยงสุกรประเภท ข เทียบเท่าจำนวนสุกรขุนตั้งแต่ 500-5,000 ตัว หรือ 60-600 หน่วยปศุสัตว์

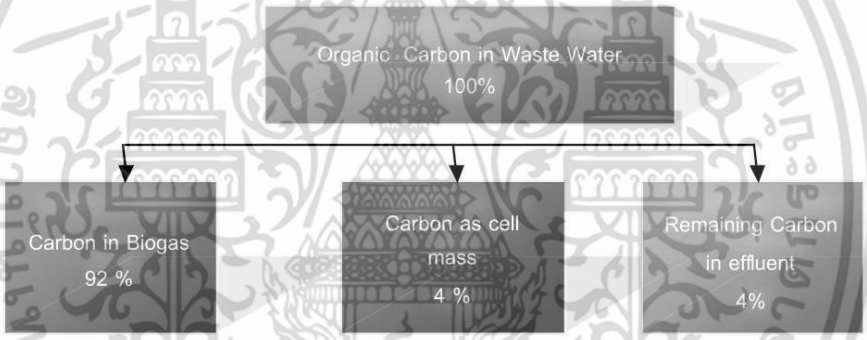
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3) ฟาร์มขนาดเล็ก หรือฟาร์มเลี้ยงสุกรประเภท ค เทียบเท่าจำนวนสุกรขุน 50-500 ตัว หรือ 6-60 หน่วยปศุสัตว์

ซึ่งระบบผลิตก๊าซชีวภาพในฟาร์มปศุสัตว์ส่วนใหญ่จะดำเนินการในฟาร์มสุกรทั้งขนาดเล็ก กลางและ ใหญ่ เนื่องจากสามารถรวบรวมมูลลงสู่บ่อบำบัดได้ง่าย

2.2.2 ประเภทของการเกิดก๊าซชีวภาพ

กระบวนการย่อยสลายสารอินทรีย์ในน้ำทิ้งที่อาศัยการทำงานของจุลินทรีย์ สามารถแบ่งออกได้เป็น 2 กระบวนการใหญ่ คือ กระบวนการแบบใช้อากาศ (aerobic digestion) และกระบวนการแบบไร้อากาศ (anaerobic digestion) ซึ่งการผลิตก๊าซชีวภาพจะใช้กระบวนการย่อยสลายสารอินทรีย์ที่อาศัยกระบวนการที่ไม่ใช้อากาศ (anaerobic digestion) กระบวนการนี้สารอินทรีย์ในน้ำเสียประมาณร้อยละ 80-90 ถูกย่อยสลายเป็นก๊าซมีเทน และก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ เรียกว่า ก๊าซชีวภาพ (biogas) (บูรณะศักดิ์ มาดหมาย. 2009) ดังแสดงในรูปที่ 2.1



รูปที่ 2.1 การย่อยสลายสารอินทรีย์ของกระบวนการที่ไม่ใช้อากาศ (anaerobic digestion) (บูรณะศักดิ์ มาดหมาย. 2009)

2.2.3 กระบวนการย่อยสลายก๊าซชีวภาพ

ก๊าซชีวภาพเกิดจากการหมักของสารอินทรีย์โดยมีจุลินทรีย์จำพวกแบคทีเรียเช่น จุลินทรีย์กลุ่มสร้างกรด (acid-producing bacteria) และจุลินทรีย์กลุ่มสร้างมีเทน (methane-producing bacteria) หรือเมทาโนเจน มาช่วยย่อยในสภาวะไร้อากาศ ในกระบวนการย่อยในสภาวะไร้อากาศเป็นการที่จุลินทรีย์ต่างๆ ทำปฏิกิริยาย่อยสลายสารอินทรีย์จากสิ่งมีชีวิตซึ่งมีโครงสร้างที่ซับซ้อน เป็นขั้นๆ ดังนี้

ขั้นที่ 1 ปฏิกิริยาไฮโดรไลซิส (Hydrolysis) ขั้นตอนนี้สารอินทรีย์ยังอยู่ในรูปโมเลกุลใหญ่ไม่สามารถจะย่อยสลายได้ทันที จำเป็นที่จะต้องมีการทำให้เกิดการแตกตัวเป็นโมเลกุลเล็กก่อน โดยมีแบคทีเรียกลุ่มแรกปล่อยเอนไซม์มาช่วยเร่งการแตกตัวของโมเลกุล แบคทีเรียกลุ่มนี้จะได้รับ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารอาหารบางชนิดจากสารอินทรีย์ผ่านการดูดซึมเข้าสู่เซลล์ได้โดยตรง

ขั้นที่ 2 ปฏิกิริยาอะซิโดเจนนิซิส (Acidogenesis) แบคทีเรียอีกกลุ่มจะทำการย่อยสลายโมเลกุลที่แตกตัวแล้วจากขั้นตอนแรกให้เป็นกรดอินทรีย์ (organic acid) ซึ่งได้แก่ acetic acid น้ำ (H_2O) และก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ (CO_2) เป็นต้น แบคทีเรียทีกลุ่มนี้เรียกว่า acid forming bacteria เป็นแบคทีเรียที่อยู่ได้ทั้งในสภาพที่มีออกซิเจนหรือไม่มีออกซิเจน

ขั้นที่ 3 ปฏิกิริยาอะซิโตเจนนิซิส (Acetogenesis) เป็นกระบวนการสร้างกรดอะเซติกจากกรดไขมันระเหย โดยแบคทีเรียกลุ่มอะซีโตเจนิก (acetogenic bacteria) จะเปลี่ยนกรดไขมันระเหย ไปเป็นผลผลิตสำคัญในการสร้างก๊าซมีเทน ได้แก่ กรดอะเซติก กรดฟอร์มิก ก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ และก๊าซไฮโดรเจน

ขั้นที่ 4 ปฏิกิริยาเมทาโนเจนนิซิส (Methanogenesis) เป็นกระบวนการสร้างมีเทน โดยผลผลิตที่ได้จากแบคทีเรียสร้างกรดในขั้นตอนที่ 3 จะถูกเปลี่ยนไปเป็นก๊าซมีเทนโดยแบคทีเรียกลุ่มสร้างมีเทน (methanogenic bacteria) แบคทีเรียกลุ่มที่สร้างมีเทนนี้ แบ่งออกได้เป็น 2 ชนิด ชนิดแรก คือ แบคทีเรียที่สร้างมีเทนจากก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ และก๊าซไฮโดรเจน (hydrogenotrophic bacteria) โดยได้ก๊าซคาร์บอนมาจากก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์และได้พลังงานจากก๊าซไฮโดรเจน ชนิดที่สอง คือ แบคทีเรียที่สร้างมีเทนจากกรดอะเซติก (acetotrophic bacteria) ซึ่งใช้อะเซเตดเป็นตัวรับอิเล็กตรอน และใช้ก๊าซไฮโดรเจนเป็นแหล่งพลังงาน ซึ่งสามารถเขียนให้อยู่ในรูปของสมการโดยรวมได้ ดังนี้

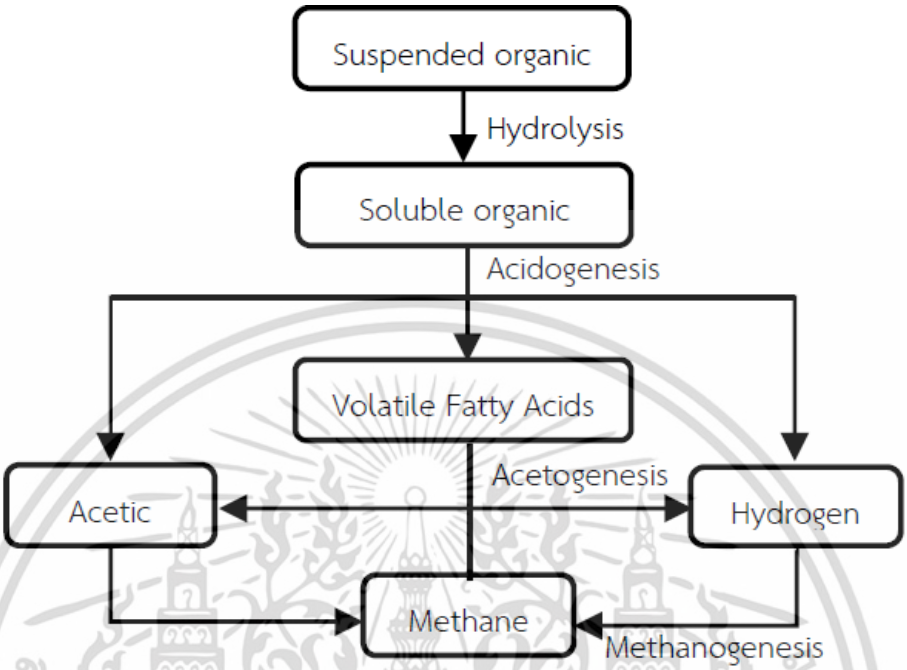
$$\text{สารอินทรย์} + N + P \xrightarrow[O_2\text{ (จากสารประกอบ)}]{\text{จุลินทรีย์ที่ไม่ใช้ } O_2\text{อิสระ}} \text{เซลล์ใหม่} + CO_2 + H_2O + CH_4 + \text{พลังงาน}$$

ขั้นตอนการย่อยสลายสารอินทรีย์ (ขั้นตอนการเกิดก๊าซชีวภาพ) การย่อยสลายสารอินทรีย์โดยแบคทีเรียในสภาวะไร้อากาศ ผลที่เกิดจากกระบวนการย่อยสลายส่วนใหญ่ คือ ก๊าซชีวภาพ ซึ่งมีองค์ประกอบหลักเป็นก๊าซมีเทน ขั้นตอนการย่อยสลายสารอินทรีย์ดังแสดงในรูปที่ 2.2

จากรูปที่ 2.2 อธิบายขั้นตอนการย่อยสลายสารอินทรีย์ในสภาวะไร้อากาศได้ว่าในสภาวะไร้อากาศสารอินทรีย์โมเลกุลใหญ่ เช่น คาร์โบไฮเดรต โปรตีนและไขมัน จะถูกย่อยสลายโดยเอนไซม์ที่แบคทีเรียชนิดสร้างกรดหลั่งออกมานอกเซลล์ ผลที่ได้จะทำให้สารอินทรีย์โมเลกุลใหญ่ถูกย่อยสลายกลายเป็นสารอินทรีย์โมเลกุลเล็ก เช่น น้ำตาลโมเลกุลเดี่ยว กรดอะมิโนและกรดไขมัน เป็นต้น หลังจากนั้นสารอินทรีย์โมเลกุลเล็กจะถูกแบคทีเรียดังกล่าวดูดซึมเข้าสู่เซลล์และหลั่งเอนไซม์เพื่อย่อยสลาย สารอินทรีย์ภายในเซลล์ให้กลายเป็นกรดอะซิติกและก๊าซไฮโดรเจนแล้วขับออกมานอกเซล จากนั้น แบคทีเรียชนิดสร้างมีเทนจะย่อยสลายและเปลี่ยนกรดอะซิติกและก๊าซไฮโดรเจนให้เป็นก๊าซมีเทนและก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ ซึ่งก๊าซต่างๆ ที่เกิดขึ้น (ก๊าซชีวภาพ) จะลอยตัวขึ้นเหนือผิว

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

น้ำและกระจายสู่บรรยากาศหรือถูกรวบรวมนำไปใช้ผลิตพลังงานทดแทนต่อไป (ธิระศักดิ์ เสภากล่อม. 2009)



รูปที่ 2.2 ขั้นตอนกระบวนการหมักย่อยก๊าซชีวภาพที่ไม่ใช้ออกซิเจน

2.2.4 ปัจจัยที่มีผลต่อการเกิดก๊าซชีวภาพ

การย่อยสลายสารอินทรีย์และการผลิตก๊าซมีปัจจัยต่างๆ เกี่ยวข้องดังต่อไปนี้

2.2.4.1 อุณหภูมิ (Temperature) การย่อยสลายสารอินทรีย์ต้องอยู่ในสภาพไม่มีออกซิเจน เกิดขึ้นในช่วงอุณหภูมิที่กว้างมากตั้งแต่ 4-60 °C ขึ้นอยู่กับชนิดของจุลินทรีย์ ในสภาพภูมิอากาศประเทศไทยควรอยู่ในช่วง 30-35 °C

2.2.4.2 ความเป็นกรด-ด่าง (pH) ความเป็นกรด-ด่าง มีความสำคัญต่อการหมัก ช่วง pH ที่เหมาะสมอยู่ที่ 6.6-7.5 ถ้าต่ำเกินไปจะเป็นอันตรายต่อจุลินทรีย์ที่สร้างก๊าซมีเทน

2.2.4.3 สารอาหาร (Nutrients) สารอินทรีย์ซึ่งมีความเหมาะสมสำหรับการเจริญเติบโตของจุลินทรีย์ควรมีอัตราส่วนของ C : N และ C : P ที่เหมาะสม เท่ากับ 25 : 1 และ 20 : 1 ตามลำดับ

2.2.4.4 สารยับยั้งและสารพิษ (Inhibiting and Toxic materials) เช่น กรดไขมันระเหยได้ ก๊าซไฮโดรเจนหรือแอมโมเนีย สามารถทำให้ขบวนการย่อยสลายในสภาพไร้ออกซิเจนหยุดชะงักได้

กระบวนการหมักย่อยก๊าซชีวภาพที่ไม่ใช้ออกซิเจนได้แบ่งสารพิษที่มีผลต่อแบคทีเรีย เช่น พิษของกรดอินทรีย์ระเหยง่าย ซึ่งมีผลต่อแบคทีเรียกลุ่มผลิตก๊าซมีเทน พิษของสารโลหะหนัก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ชนิดต่างๆ พิษของแอมโมเนียมอิออน (NH_4^+) เป็นต้น ระดับความเข้มข้นของสารพิษที่เป็นอันตรายต่อแบคทีเรียในกระบวนการย่อยสลายสารอินทรีย์ในสภาวะไม่ใช้อากาศ ดังแสดงในตารางที่ 2.2

2.2.4.5 สารอินทรีย์และลักษณะของสารอินทรีย์หรือวัตถุดิบที่ใช้หมัก ถ้าผ่านการย่อยมาก่อน เช่น มูลสัตว์จะเกิดก๊าซได้ง่ายและมีปริมาณก๊าซมากกว่า

ตารางที่ 2.2 ระดับความเข้มข้นของสารต่างๆ ที่เป็นอันตรายต่อแบคทีเรีย ในกระบวนการย่อยสลายสารอินทรีย์ในสภาวะไม่ใช้อากาศ

สารพิษ	ความเข้มข้นสูงสุด ที่ไม่เป็นอันตรายต่อแบคทีเรีย (มิลลิกรัมต่อลิตร)
Cu	1
Zn	5
Cr^{6+}	5
Cr^{3+}	2,000
Total chromium (Cr)	5
Ni	2
Cd	0.02
S^-	100
SO_4^{2-}	500
Ammonia	1,500
Na^+	3,500
K^+	2.50
Ca^{2+}	2,500
Mg^{2+}	1,000
Acrylonitrile	5
Benzene	50
CCl_4	10
Chloroform	0.1
Pentachlorophenol	0.4
Cyanide	1

ที่มา : ธงชัย พรรณสวัสดิ์. 2525

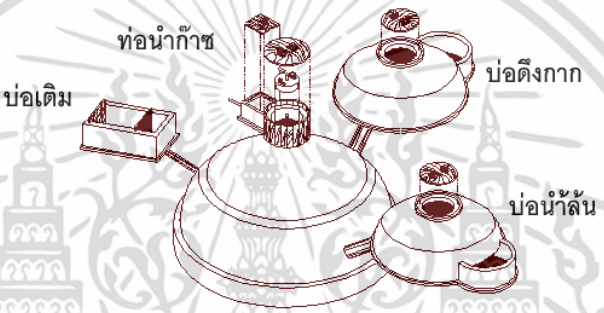
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.2.5 ชนิดและแบบของบ่อก๊าซชีวภาพ (Biogas plant)

บ่อก๊าซชีวภาพแบ่งตามลักษณะการทำงาน ลักษณะของวัตถุดิบ และประสิทธิภาพการทำงานได้เป็น 2 ชนิด ดังนี้

2.2.5.1 บ่อหมักช้าหรือบ่อหมักของแข็ง บ่อหมักช้าที่มีการสร้างและยอมรับกันโดยทั่วไปมี 3 แบบหลักคือ

1) แบบยอดโดม (fixed dome digester) ส่วนใหญ่สร้างด้วยคอนกรีตหรือก่ออิฐโบกปูนฝังอยู่ในดิน มีท่อเพื่อเติมมูลสัตว์และท่อให้มูลสัตว์ไหลออก ส่วนที่เก็บก๊าซจะสร้างด้วยคอนกรีตหรือก่ออิฐฉาบปูนติดกับตัวบ่อหมัก ทำให้แรงดันของก๊าซไม่คงที่ ขึ้นอยู่กับปริมาตรของก๊าซภายในบ่อ ดังแสดงในรูปที่ 2.3

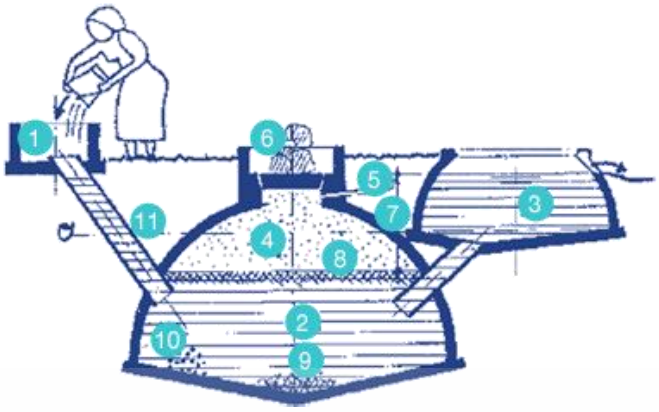


รูปที่ 2.3 บ่อหมักแบบยอดโดม (fixed dome digester) (คู่มือการพัฒนาและการลงทุนผลิตพลังงานทดแทน. 2554)

2) แบบฝาครอบลอย (floating drum digester) หรือแบบอินเดีย (Indian digester) เป็นรูปแบบที่อยู่ในประเทศอินเดีย ซึ่งได้ถูกนำเข้ามาเผยแพร่ในประเทศไทย เพื่อใช้ในการจัดมูลของสัตว์เลี้ยง และแก้ปัญหาด้านสุขภาพอนามัย กำจัดแหล่งเพาะพันธุ์เชื้อโรค ก๊าซชีวภาพที่เกิดขึ้นถือว่าเป็นเพียงผลพลอยได้ ดังแสดงในรูปที่ 2.4

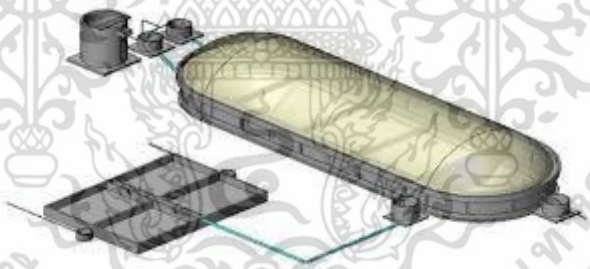
3) แบบพลาสติกคลุมราง (plastic covered ditch) เป็นบ่อซึ่งก่อสร้างด้วยคอนกรีต ตัวบ่อมีรูปร่างยาวคล้ายรางหรือคลองส่งน้ำ ซึ่งมีชื่อเรียกว่า Channel digester ส่วนบนบ่อหมักมีพลาสติกคลุม เพื่อใช้เก็บก๊าซชีวภาพ ตัวบ่อหมักจะถูกฝังอยู่ในดิน มีบ่อเติมมูล และบ่อล้นอยู่ทางหัวและท้ายบ่อ เนื่องจากใช้พลาสติกเป็นตัวเก็บก๊าซ ดังนั้นจึงมีแรงดันก๊าซค่อนข้างต่ำจำเป็นต้องมีอุปกรณ์เพิ่มแรงดันเพื่อนำก๊าซไปใช้งาน ดังแสดงในรูปที่ 2.5

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



1. ระดับความดันก๊าซ
2. เศษของแข็ง
3. ตะกอนหมัก
4. กากแขวนลอย
5. ความดันก๊าซ
6. ฝาถังกันรั่ว และน้ำหนักถ่วง
7. ท่อก๊าซ
8. ที่กักก๊าซ
9. ถังมูลที่หมักแล้ว
10. ถังหมักมูล
11. ถังผสมมูล และท่อเติม

รูปที่ 2.4 บ่อหมักแบบฝาครอบลอย (floating drum digester) หรือแบบอินเดีย (Indian digester) (Sayan Chakrabarty. 2013)

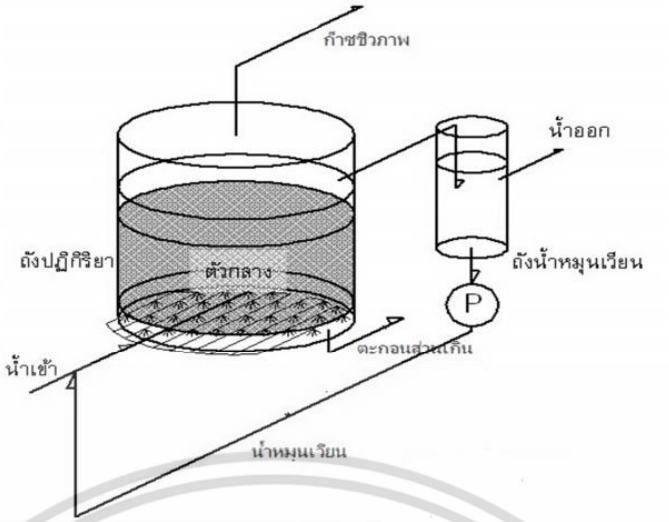


รูปที่ 2.5 บ่อหมักแบบพลาสติกคลุมราง (plastic covered ditch) หรือแบบพลักโฟลว์ (plug flow digester) (กรมพัฒนาพลังงานทดแทนและอนุรักษ์พลังงาน. 2560)

2.2.5.2 บ่อหมักเร็วหรือบ่อบำบัดน้ำเสีย แบ่งได้เป็น 2 แบบหลัก คือ

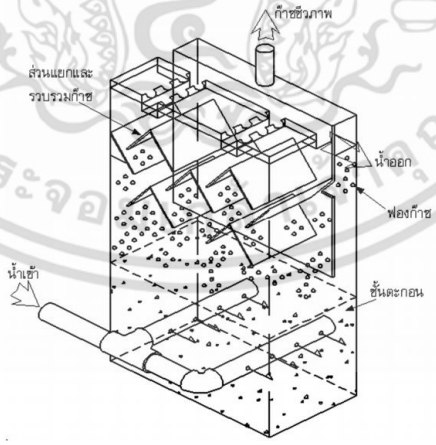
1) แบบบรรจุตัวกลางในสภาพไร้ออกซิเจน (Anaerobic Filter) หรืออาจเรียกตามชื่อย่อว่า แบบเอเอฟ (AF) ตัวกลางที่ใช้ทำได้จากวัสดุหลายชนิด เช่น ก้อนหิน กรวด พลาสติก เส้นใย สังเคราะห์ ไม้ไผ่ตัดเป็นท่อน เป็นต้น ในลักษณะของบ่อหมักเร็วแบบนี้ จุลินทรีย์จะเจริญเติบโตและเพิ่ม จำนวนบนตัวกลางที่ถูกตรึงอยู่กับที่ ก๊าซจะถูกเก็บภายในพลาสติกที่คลุมอยู่เหนือราง มักใช้ไม้แผ่นทับเพื่อป้องกันแสงแดดและเพิ่มความดันก๊าซ ดังแสดงในรูปที่ 2.6

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.6 บ่อหมักแบบบรรจุตัวกลางในสภาพไร้ออกซิเจน (AF หรือ Anaerobic Filter)
(คู่มือการพัฒนาและการลงทุนผลิตพลังงานทดแทน. 2554)

2) แบบยูเอเอสบี (UASB หรือ Upflow Anaerobic Sludge Blanker) บ่อหมักเร็วแบบนี้ใช้ตะกอนของสารอินทรีย์ (sludge) ที่เคลื่อนไหวภายในบ่อหมักเป็นตัวกลางให้จุลินทรีย์เกาะ ลักษณะการทำงานของบ่อหมักเกิดขึ้น โดยการควบคุมความเร็วของน้ำเสียให้ไหลเข้าบ่อหมักจากด้านล่างขึ้นสู่ด้านบน ตะกอนส่วนที่เบาจะลอยตัวไปพร้อมกับน้ำเสียที่ไหลล้นออกนอกบ่อ ตะกอนส่วนที่หนัก จะจมลงก้นบ่อ ดังแสดงในรูปที่ 2.7



รูปที่ 2.7 บ่อหมักแบบยูเอเอสบี (UASB หรือ Up flow Anaerobic Sludge Blanker)
(คู่มือการพัฒนาและการลงทุนผลิตพลังงานทดแทน. 2554)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.2.6 ประโยชน์จากก๊าซชีวภาพ

การทำระบบก๊าซชีวภาพก่อให้เกิดประโยชน์ทั้งในด้านการอนุรักษ์พลังงาน การอนุรักษ์สิ่งแวดล้อม และการเกษตร นอกจากนี้ ยังให้ผลตอบแทนในรูปแบบต่างๆ อีกมากมาย ดังต่อไปนี้

2.2.6.1 ด้านพลังงาน เมื่อพิจารณาถึงด้านเศรษฐกิจแล้ว การลงทุนผลิตก๊าซชีวภาพจะลงทุนต่ำกว่าการผลิตเชื้อเพลิงชนิดอื่นๆ สามารถนำมาใช้ทดแทนพลังงานเชื้อเพลิงจากแหล่งอื่นๆ เช่น ฟืน ถ่าน น้ำมัน ก๊าซหุงต้ม และไฟฟ้า ก๊าซชีวภาพจำนวน 1 ลูกบาศก์เมตรสามารถนำไปใช้ได้ดังแสดงในตารางที่ 2.3

ตารางที่ 2.3 อัตราการทดแทนการใช้พลังงาน ต่างๆ ของก๊าซชีวภาพ 1 ลูกบาศก์เมตร

เชื้อเพลิง	ปริมาณ
ก๊าซหุงต้ม (LPG)	0.46 กิโลกรัม
น้ำมันดีเซล	0.60 ลิตร
น้ำมันเบนซิน	0.67 ลิตร
น้ำมันเตา	0.55 ลิตร
ฟืนไม้	1.50 กิโลกรัม
ผลิตกระแสไฟฟ้า	1.2-2.5 กิโลวัตต์-ชั่วโมง (ขึ้นอยู่กับเครื่องยนต์ที่ผลิตไฟฟ้า)

ที่มา : พลกฤษณ์ คุ้มกล้ำ. 2557

2.2.6.2 ด้านปรับปรุงสภาพแวดล้อม

1) กลิ่น ลดกลิ่นรบกวนจากของเสียที่เกิดขึ้น

2) แมลงวัน ทำให้แมลงวันไม่สามารถใช้ของเสียและน้ำเสียเหล่านั้นเป็นแหล่งเพาะพันธุ์และแพร่ขยายเชื้อโรค

3) น้ำเสียที่ผ่านการบำบัดแล้ว จะสามารถหมุนเวียนนำกลับมาใช้และจะถูกปล่อยออกสู่ แหล่งน้ำภายนอกโดยไม่มีปัญหาต่อสภาพแวดล้อมอีกต่อไป

4) การแพร่กระจายของก๊าซมีเทนลดลง ช่วยลดการเกิดปรากฏการณ์ภาวะเรือนกระจกที่เป็นสาเหตุหลักของภาวะโลกร้อน

2.2.6.3 ด้านการเกษตร

1) การทำเป็นปุ๋ย กากที่ได้จากการหมักก๊าซชีวภาพเราสามารถนำไปใช้เป็นปุ๋ยได้ดีกว่ามูลสัตว์สดๆ และปุ๋ยคอก ทั้งนี้เนื่องจากในขณะที่มีการหมักจะมีการเปลี่ยนแปลงสารประกอบไนโตรเจนในมูลสัตว์ ทำให้พืชสามารถนำไปใช้ประโยชน์ได้ดีขึ้น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2) การทำเป็นอาหารสัตว์ โดยนำส่วนที่เหลือจากการหมัก นำไปตากแห้ง แล้วนำไปผสมเป็นอาหารสัตว์ให้โคและสุกรกินได้ แต่ทั้งนี้มีข้อจำกัด คือ ควรใส่ อยู่ระหว่าง 5-10% จะทำให้สัตว์เจริญเติบโตตามปกติและเป็นการลดต้นทุนการผลิต

2.3 เทคโนโลยีการปรับปรุงคุณภาพก๊าซชีวภาพ

2.3.1 การกำจัดก๊าซไฮโดรเจนซัลไฟด์ (H_2S)

กระบวนการกำจัดก๊าซไฮโดรเจนซัลไฟด์แบ่งออกเป็น 2 วิธีคือกระบวนการแบบแห้งและกระบวนการแบบเปียก

2.3.1.1 กระบวนการแบบแห้ง (Dry process)

ก๊าซชีวภาพที่มีก๊าซไฮโดรเจนซัลไฟด์ไหลผ่านสารดูดซับ จะมีการจับก๊าซไฮโดรเจนซัลไฟด์เกิดขึ้น ซึ่งสารดูดซับ ได้แก่ activated carbon iron oxide (Fe_2O_3) หรือฝอยเหล็กที่เป็นสนิม เมื่อมีการจับก๊าซไฮโดรเจนซัลไฟด์จนอิ่มตัวแล้ว ต้องเปลี่ยนสารดูดซับใหม่ แล้วนำสารดูดซับที่อิ่มตัวไปฟื้นสภาพ (regenerate) ด้วยอากาศและนำกลับมาใช้ใหม่ โดยทั่วไปการใช้การกำจัดก๊าซไฮโดรเจนซัลไฟด์ โดยวิธี adsorption จะต้องมีถังปฏิกรณ์หลายใบที่ทำงาน และสำรองไว้ช่วงระหว่างการฟื้นสภาพ และควรเป็นถังสแตนแลส เนื่องจากมีอุณหภูมิสูงมากและต้องระมัดระวังเรื่องการเกิดการติดไฟ

2.3.1.2 กระบวนการแบบเปียก (Wet Process)

เป็นกระบวนการดูดซึม (absorption) อาศัยหลักการของการละลาย ซึ่งก๊าซไฮโดรเจนซัลไฟด์จะละลายลงไปในสารละลายที่ทำหน้าที่เป็นสารดูดซึม (absorbent) ที่ไหนผ่านกัน และเมื่อก๊าซไฮโดรเจนซัลไฟด์ละลายลงไปในสารดูดซึมแล้ว อาจจะเกิดปฏิกิริยาการเปลี่ยนรูปของก๊าซไฮโดรเจนซัลไฟด์เป็นกำมะถัน ซึ่งปฏิกิริยาที่เกิดขึ้นมีทั้งที่เป็นปฏิกิริยาเคมี (chemical reaction) หรือเกิดปฏิกิริยาทางชีวภาพ (biological reaction) จากจุลินทรีย์ที่มีในระบบ มีกระบวนการกำจัดก๊าซไฮโดรเจนซัลไฟด์ ดังนี้

1) กระบวนการ absorption ก๊าซไฮโดรเจนซัลไฟด์ด้วยสารละลายด่าง เป็นเทคโนโลยีที่ใช้ในการจับก๊าซไฮโดรเจนซัลไฟด์ด้วยสารละลายด่าง อาศัยหลักการละลายของก๊าซไฮโดรเจนซัลไฟด์ที่ละลายในสารละลายที่มีค่าความเป็นกรดด่างสูง สารละลายที่ก๊าซไฮโดรเจนซัลไฟด์ละลายลงไปแล้ว ทำให้สภาพความเป็นกรด-ด่าง (pH) ของสารละลายลดลง และความสามารถในการละลายของก๊าซไฮโดรเจนซัลไฟด์ต่ำลงด้วย จึงต้องมีการเปลี่ยนสารละลายใหม่อยู่เสมอ โดยส่วนใหญ่จะใช้การควบคุม pH ให้ต่ำกว่า 8 อยู่เสมอจึงจะทำให้มีประสิทธิภาพการกำจัดสูง

2) กระบวนการกำจัดก๊าซไฮโดรเจนซัลไฟด์ด้วยจุลินทรีย์ เป็นเทคโนโลยีที่ใช้ในการกำจัดก๊าซไฮโดรเจนซัลไฟด์ อาศัยกลุ่มของเชื้อแบคทีเรียประเภท sulphide oxidizing

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

bacteria ซึ่งใช้ออกซิเจนในการเปลี่ยนก๊าซไฮโดรเจนซัลไฟด์ ให้อยู่ในรูปของกำมะถัน (S^0) แต่ถ้าในกรณีที่มีการให้ออกซิเจนมากเกินไปก๊าซไฮโดรเจนซัลไฟด์จะถูกออกซิไดซ์เป็นซัลเฟต เทคโนโลยีที่ใช้ในการกำจัดก๊าซไฮโดรเจนซัลไฟด์ โดยการทำงานของแบคทีเรีย ยังแบ่งเป็นเทคโนโลยีย่อยได้อีกหลายแบบ ดังนี้

- เทคโนโลยีการเติมอากาศ เทคโนโลยีกำจัดก๊าซไฮโดรเจนซัลไฟด์ ด้วยการเติมอากาศที่ผิวหน้าของน้ำในถังปฏิกรณ์ผลิตก๊าซชีวภาพ เพื่อเปลี่ยนก๊าซไฮโดรเจนซัลไฟด์ให้อยู่ในรูปแบบกำมะถันและย่อยสลายด้วยแบคทีเรีย โดยต้องมีการควบคุมปริมาณอากาศที่ป้อนเข้าโดยวัดจากความเข้มข้นของออกซิเจนในก๊าซชีวภาพไม่ให้เกิน 3(v/v) ทั้งนี้ในถังปฏิกรณ์ต้องมีกลุ่มเชื้อแบคทีเรียประเภท sulphide oxidizing bacteria อยู่ด้วย ไม่เช่นนั้นก็ไม่สามารถกำจัดก๊าซไฮโดรเจนซัลไฟด์ได้
- เทคโนโลยี Bio Filter จะกำจัดก๊าซไฮโดรเจนซัลไฟด์ จะเป็นลักษณะของการดูดอากาศที่มีก๊าซแอมโมเนียและก๊าซไฮโดรเจนซัลไฟด์ปนเปื้อนอยู่มาเข้าตัวระบบกรองที่ประกอบไปด้วยถังหรือคอลัมน์ที่บรรจุตัวกลาง และควบคุมสภาวะให้เหมาะสมกับการทำงาน เช่น อุณหภูมิ ฝุ่นละออง ความชื้นของตัวกลาง ค่า pH ของระบบ เป็นต้น ซึ่งประสิทธิภาพของระบบจะสามารถหาได้จากการตรวจวัดความเข้มข้นของก๊าซที่เข้าสู่ระบบและความเข้มข้นของก๊าซที่ออกจากระบบ ซึ่งระบบที่มีการบำรุงรักษาสม่ำเสมอจะมีประสิทธิภาพในการบำบัดกลิ่นสูงถึงร้อยละ 99 (กรมควบคุมมลพิษ. 2553) ซึ่งการบำรุงรักษาระบบนั้นนอกจากจะเป็นการเพิ่มประสิทธิภาพการกำจัดกลิ่นแล้วยังช่วยในการยืดอายุการใช้งานของระบบได้ด้วย ระบบกำจัดกลิ่นแบบชีวภาพที่ใช้ในฟาร์มสุกรนั้นสามารถดัดแปลงวัสดุที่มีอยู่ในครัวเรือน แล้วนำมาประกอบกันเป็นระบบบำบัดกลิ่นได้ ซึ่งหลักการทำงานของระบบนี้คืออากาศที่มีการเจือปนของก๊าซที่ทำให้เกิดกลิ่นถูกดูดเข้าสู่ระบบกรองและตัวกรองที่มีความชื้นจะดูดซับกลิ่นที่เกิดขึ้นและย่อยสลายโดยจุลินทรีย์ที่เกิดที่ตัวกรอง ทำให้ความเข้มข้นของกลิ่นลดลงได้
- เทคโนโลยี Bio Trickling Filter มีหลักการในการทำงานเช่นเดียวกับ Bio Filter โดยก๊าซจะผ่านชั้นกรองโดยการเป่าเข้าหรือดูดออกก็ได้ ซึ่งไม่มีผลต่อประสิทธิภาพการบำบัด (Cox และ Deshusses. 1999) และก๊าซผ่านตัวกลางที่มีการให้ธาตุสารอาหารที่เป็นสารละลาย โดยการพ่นลงมาบนตัวกลาง และจุลินทรีย์จะเจริญเติบโตในตัวกลางจากถังกรองชีวภาพมีลักษณะเป็นไบโอฟิลม์ ในขั้นแรกก๊าซจะถูกดูดซับโดยตัวกลางและถูกดูดซึมแล้วย่อยสลายในไบโอฟิลม์
- เทคโนโลยี Bio Scrubber Filter อาศัยหลักการในการทำงานเช่นเดียวกับระบบ Bio Filter ซึ่งระบบนี้จะให้ก๊าซและของเหลวจะไหลสวนทางกันในหอดูดซึม ซึ่งในหอดูดซึมจะบรรจุชั้นกรองและอาจมีการเพิ่มวัสดุตัวกรองที่เป็นวัสดุที่มีพื้นที่ผิวเยอะและมีความเฉื่อย เพื่อช่วยให้ชั้นตัวกรองมีพื้นที่ผิวสัมผัสกับก๊าซและของเหลวได้มากขึ้นนรวมทั้งชะลอการย่อยสลายของชั้นกรอง ซึ่งก๊าซที่ผ่านการบำบัดจะถูกปล่อยออกด้านบนของระบบ โดยมีการพ่นน้ำจากบ่อเติม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

อากาศที่รองรับน้ำจากการฉีดพ่นในชั้นกรองและถังเติมอากาศนี้มีการเลี้ยงจุลินทรีย์สำหรับย่อยสลายก๊าซที่เข้าสู่ระบบ

2.3.2 การกำจัดก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ (CO_2)

กระบวนการกำจัดก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ (CO_2) ก๊าซชีวภาพมีจุดมุ่งหมายเพื่อที่จะเพิ่มค่าความร้อนของก๊าซชีวภาพให้สูงขึ้น หรือเป็นการควบคุมความเข้มข้นก๊าซมีเทนให้คงที่ ทำให้เพิ่มประสิทธิภาพการใช้งานก๊าซชีวภาพ ซึ่งประกอบไปด้วยเทคโนโลยีต่างๆ ดังนี้

2.3.2.1 การดักจับด้วยน้ำ (Water Scrubber Technology) เป็นเทคนิคการแยกก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ออกจากกระแสก๊าซด้วยการสัมผัสกันโดยตรงของก๊าซและน้ำ ภายในกระบอกดูดซับในกระบวนการจะมีการป้อนก๊าซที่ถูกอัดแรงดันเข้าทางด้านล่างของกระบอกดูดซับ และภายในมีการสเปรย์น้ำเข้ากระบอกดูดซับทางด้านบน ก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ที่สัมผัสกับน้ำจะละลายเข้าไปในน้ำได้โดยตรง ก๊าซที่เหลือจากกระบวนการดูดซับจะมีสัดส่วนของก๊าซเชื้อเพลิงหรือไบโอมีเทนในปริมาณที่สูงขึ้น

2.3.2.2 การดักจับโดยการเปลี่ยนแปลงแรงดัน (Pressure Swing Adsorption (PSA) Technology) เป็นกระบวนการแยกก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ออกจากก๊าซมีเทนด้วยการเปลี่ยนความดัน ก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์จะถูกดูดซับบนพื้นผิวของของแข็งที่มีรูพรุน ที่บรรจุอยู่ในกระบอกดูดซับโดยอาศัยความแตกต่างของแรงดัน ระบบจะดูดซับก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ และน้ำไว้ที่พื้นผิววัสดุดูดซับได้ดีเป็นพิเศษ ส่วนไบโอมีเทนที่ได้จะมีความเข้มข้นสูงขึ้น

2.3.2.3 การดักจับด้วยสารเคมี (Chemical Adsorption Technology) เป็นกระบวนการดักจับก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ด้วยสารละลายเอมีน ซึ่งถูกนำมาใช้อย่างกว้างขวางในภาคอุตสาหกรรมที่มีก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์เกิดขึ้นในระบบ เช่น อุตสาหกรรมที่มีการเผาไหม้เชื้อเพลิง การแยกก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ออกจากก๊าซธรรมชาติหรือก๊าซเชื้อเพลิง เป็นต้น โดยตัวอย่างสารละลายเอมีนที่นิยมใช้ในกระบวนการนี้ Mono Ethanolamine (MEA ,$(CH_2CH_2OH)N_2H$) Diethanolamine (DMA, $(CH_2CH_2OH)_2NH$) และ Methyl Diglycolamine (DGA) กระบวนการนี้สามารถหมุนเวียนสารละลายเอมีนกลับมาใช้ได้ใหม่ จึงเป็นกระบวนการที่มีความน่าสนใจ ทั้งนี้ในการวิจัยจะศึกษาการใช้สารละลาย monoethanolmine ในการดูดซึม หรือเรียกได้ว่า Mono Ethanolamine Absorption Process

2.3.2.4 การแยกด้วยเมมเบรน (Membrane Separation Technology) เป็นการแยกก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์โดยใช้เยื่อเลือกผ่าน ในกระบวนการจะมีการป้อนก๊าซชีวภาพเข้าไปทางด้านหนึ่งของเมมเบรน ซึ่งจะควบคุมความดันไว้ที่ P1 ก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ที่ผสมอยู่ในก๊าซชีวภาพจะเคลื่อนที่ผ่านเมมเบรนไปยังอีกด้านหนึ่งซึ่งควบคุมความดันไว้ที่ P2 ทั้งนี้ระบบจะมีการควบคุมให้ความดัน P1 และ P2 มีค่าแตกต่างกัน เป็นผลทำให้ก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ และก๊าซมีเทนสามารถแยกออกจากกันได้ค่อนข้างสมบูรณ์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.4 การคำนวณหาปริมาตร

สูตรการคำนวณปริมาตรทรงกระบอก = $\pi r^2 h$ (2.1)

1) หาปริมาตรหลุมหมักก๊าซชีวภาพ

โดย เส้นรอบวง (c) = 5.25 เมตร

ความยาว (h) = 3.5 เมตร

จากสมการเส้นรอบวง c = $2\pi r$ (2.2)

จะได้สูตรหารัศมีจากสมการ (2.2) คือ $r = \frac{c}{2\pi}$ (2.3)

แทนค่าลงในสมการ (2.3)

จะได้ $r = \frac{5.25}{2\pi}$

$r \approx 0.83$ เมตร

แทนค่ารัศมี (r) และความยาว (h) ลงในสมการ (2.1)

จะได้ ปริมาตรทรงกระบอก = π(0.83 เมตร)^2(3.5เมตร)

= 7.6 ลูกบาศก์เมตร

หลุมหมักมีปริมาตรทั้งหมด 7.6 ลูกบาศก์เมตร แยกเป็นของเหลว ¾ ส่วนของปริมาตรทั้งหมด และแยกเป็นก๊าซ ¼ ส่วนของปริมาตรทั้งหมด

ดังนั้น ปริมาตรก๊าซที่อยู่ในหลุมหมัก = $\frac{7.6}{4}$

= 1.9 ลูกบาศก์เมตร

เพราะฉะนั้น ปริมาตรก๊าซที่อยู่ในหลุมหมักทั้งหมด ≈ 1.9 ลูกบาศก์เมตร

2) หาปริมาตรของตัวกรอง

โดย รัศมี (r) = 0.15 เมตร

ความยาว (h) = 0.9 เมตร

แทนค่ารัศมี (r) และความยาว (h) ลงในสมการ (2.1)

จะได้ ปริมาตรทรงกระบอก = π(0.15 เมตร)^2(0.9เมตร)

= 0.063 ลูกบาศก์เมตร

ปริมาตรก๊าซที่อยู่ในตัวกรองทั้งหมด (3 ตัวกรอง) = (0.063 ลูกบาศก์เมตร)(3)

= 0.192 ลูกบาศก์เมตร

เพราะฉะนั้น ปริมาตรก๊าซที่อยู่ในตัวกรองทั้งหมด ≈ 0.192 ลูกบาศก์เมตร

สรุปผลการคำนวณ ปริมาตรก๊าซที่อยู่ในหลุมหมักทั้งหมดประมาณ 1.9 ลูกบาศก์เมตร และปริมาตรก๊าซที่อยู่ในตัวกรองทั้งหมดประมาณ 0.192 ลูกบาศก์เมตร

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

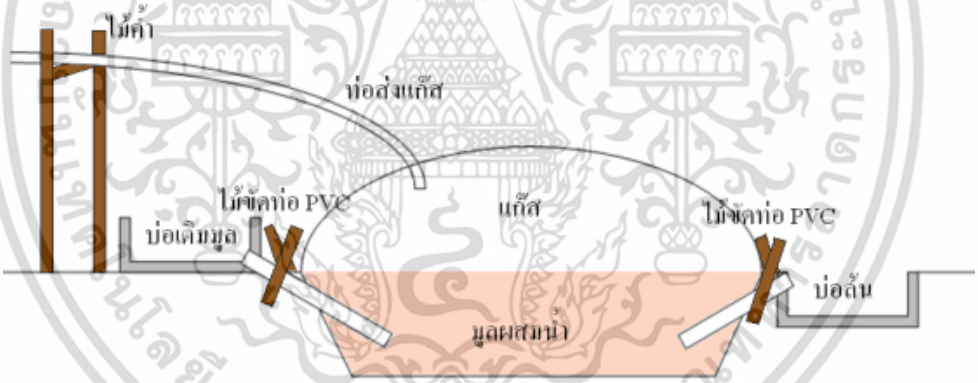
ดังนั้น อัตราส่วนระหว่างปริมาตรก๊าซที่อยู่ในหลุมหมักทั้งหมด กับปริมาตรก๊าซที่อยู่ในตัวกรองทั้งหมด คิดเป็น 1 : 10

2.5 เทคโนโลยีการปรับปรุงคุณภาพก๊าซชีวภาพ

2.5.1 เทคโนโลยีบ่อหมักแบบพลาสติกคลุมรางโดยถุงพลาสติกพีวีซี

รูปแบบมีถุงพีวีซีเป็นบ่อหมัก วางบนบ่อคอนกรีตหรือดินขุดก็ได้ ในกรณีที่เป็นบ่อดินขุดอาจใช้พลาสติกหรือถุงอาหารสัตว์รองก้นบ่อ เพื่อไม่ให้หินหรือก้อนดินไปบาดให้ถุงก๊าซเกิดการรั่วซึม คาดว่าในอนาคตรูปแบบบ่อชนิดนี้จะได้รับความนิยมในเกษตรกรรายย่อย เนื่องจากมีต้นทุนในการก่อสร้างต่ำ

บ่อหมักก๊าซแบบถุงพลาสติกพีวีซี จะแบ่งออกเป็น 3 ส่วน คือ บ่อเติม บ่อหมัก และบ่อล้น ซึ่งบ่อหมักจะอยู่ต่ำกว่าบ่อเติม และบ่อล้น (แต่ต้องเติมมูลผสมน้ำให้สูงกว่าบ่อล้น) หลังจากเติมมูลสัตว์และน้ำลงมายังบ่อเติมแล้วเข้าสู่บ่อหมัก ซึ่งเป็นบ่อไม่มีอากาศ โดยจุลินทรีย์จะย่อยสลายมูลสัตว์ ทำให้เกิดก๊าซขึ้น ก๊าซก็จะส่งทางท่อส่งก๊าซไปยังเตาเพื่อใช้งานต่อไป ส่วนมูลสัตว์ที่ผ่านการหมักแล้วก็จะล้นมายังบ่อล้นเอง ดังแสดงในรูปที่ 2.8



รูปที่ 2.8 เทคโนโลยีบ่อหมักแบบถุงพลาสติกพีวีซี (กระทรวงวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี. 2555)

2.5.1.1 คุณสมบัติเทคโนโลยีบ่อหมักแบบถุงพลาสติกพีวีซี

1) ก่อสร้างง่าย ใช้วัสดุที่หาได้ในท้องถิ่นราคาถูก
2) ง่ายต่อการบำรุงรักษา
3) มีประสิทธิภาพในการหมักย่อยมูลสัตว์
4) เหมาะสำหรับผู้ประกอบการฟาร์มขนาดเล็ก

2.5.1.2 ข้อดี

1) ทนแรงตึงได้ดี (2.60 N/mm^2)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2) ยืดหยุ่นดี (ไม่มีปัญหาแตกร้าว)

3) ราคาถูก

4) ง่ายต่อการทำ

5) ซ่อมง่าย

6) เกิดก๊าซดี

2.5.1.3 ข้อเสีย

1) รั่วซึมง่าย

2) อายุการใช้งานสั้น (3-5 ปี)

2.5.2 เทคโนโลยีระบบกรองก๊าซชีวภาพ

2.5.2.1 การกำจัดก๊าซไฮโดรเจนซัลไฟด์ (H_2S)

1) กระบวนการแบบแห้ง (Dry process) ด้วยขี้กลึงเหล็ก

ขี้กลึงเหล็ก เศษเหล็กประเภทนี้เป็นเศษเหล็กที่ได้จากการตบแต่งชิ้นส่วนเหล็กหล่อชนิดที่ไม่มีการเติมธาตุผสมด้วยเครื่องมือกล อาทิเช่นการกลึง การเจาะ การกัด เศษขี้กลึงนั้นจะต้องเป็นเศษใหม่ที่ไม่มีสนิมหรือผิวออกไซด์ รวมทั้งไม่มีน้ำมันปะปนมามากเกินไป เหล็กคลอไรด์ทำโดยเติมเหล็กคลอไรด์ (FeCl) ดังแสดงในรูปที่ 2.9

รูปที่ 2.9 ขี้กลึงเหล็ก (Titnet Jitmungmai. 2017)

2.5.2.2 การกำจัดก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ (CO_2)

1) การดักจับด้วยสารเคมี (chemical adsorption technology) ด้วยน้ำปูนใส

ก่อนจะมาเป็นปูนแดง ปูนขาว เป็นวัสดุที่ได้จากการเผาหินปูน (แคลเซียมคาร์บอเนต) โดยใช้ความร้อนสูง จะได้เป็นปูนสุก (แคลเซียมออกไซด์, CaO) เมื่อเย็นตัวลงแล้วพรมน้ำให้ชุ่ม ปูนสุกจะทำปฏิกิริยากับน้ำได้เป็นแคลเซียมไฮดรอกไซด์ ส่วนที่เป็นผงแห้งได้เป็นปูนขาว ส่วนปูนแดงได้มาจากการผสมปูนขาวกับผงขมิ้น จากนั้นทางปฏิกิริยาเคมีก็จะเปลี่ยนปูนขาวเป็นสี

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

แดง จึงเรียกว่าปูนแดงจาก $CaO + H_2O = Ca(OH)_2$ ก็คือเอาปูนขาวหรือปูนแดงผสมกับน้ำก็จะได้สารละลายแคลเซียมไฮดรอกไซค์ หรือน้ำปูนใส (คุณสมบัติเป็นด่าง) คุณสมบัติของสารละลายตัวนี้ก็คือ เมื่อจับตัวกับก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์จะได้ผลึกหินปูนเล็กๆ (กระทรวงวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี. 2556) ดังแสดงในรูปที่ 2.10

รูปที่ 2.10 ปูนแดงสำหรับทำน้ำปูนใส (เกษวรา นาทวีไพโรจน์. 2017)

2.5.2.3 การกำจัดกลิ่นและความชื้น

1) การกำจัดกลิ่นและความชื้น ด้วยถ่าน

ถ่าน หมายถึง ไม้ที่ใช้เป็นเชื้อเพลิง ไม้แห้งทุกชนิดและทุกขนาดอาจใช้เป็นเชื้อเพลิงหรือฟืนได้ทั้งสิ้น สำหรับขี้เลื่อยที่มีขนาดเล็ก อาจอัดให้เป็นก้อนเสียก่อนเพื่อความสะดวกในการหยิบฉวย ฟืนมีข้อเสีย คือ เมื่อติดไฟแล้วมีควัน และให้ความร้อนต่ำ การปรับปรุงเตาฟืนเพื่อให้การเผาไหม้ดีขึ้นจะช่วยให้การใช้ฟืนมีประสิทธิภาพยิ่งขึ้น เพื่อความสมบูรณ์ของการเผาไหม้ อุตสาหกรรมที่ใช้เศษไม้เป็นเชื้อเพลิง ต้องทำให้เศษไม้เป็นผงแบบขี้เลื่อย หรือละเอียดกว่านั้นก่อนแล้วจึงพ่นไปสู่เตาที่ออกแบบสร้างไว้อย่างเหมาะสม ถ่านมีคุณสมบัติพิเศษอีกอย่างหนึ่ง คือ สามารถดูดซับกลิ่นเหม็นอับไม่พึงประสงค์ต่างๆได้ซึ่งจะเห็นจากการนำถ่านมาไว้ในตู้เย็น ทำให้ตู้เย็นไม่มีกลิ่นเหม็นคาว ใส่ไว้ในตู้เสื้อผ้า และตู้โชว์ เพื่อไม่ให้มีกลิ่นเหม็นอับ (ชนม์ชน บุรีแก้ว. 2556) ดังแสดงในรูปที่ 2.11

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รูปที่ 2.11 ถ่านไม้ (ชนม์ชนก บุรีแก้ว. 2556)

2.6 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

เจนจิรา ไล่สุด และเพ็ญพิชชา บุญรัตน์ (2555) จัดทำชุดปรับปรุงคุณภาพก๊าซชีวภาพ เนื่องจากก๊าซชีวภาพมีองค์ประกอบหลักคือ ก๊าซมีเทน ก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์และก๊าซไฮโดรเจนซัลไฟด์ ดังนั้นเพื่อเพิ่มปริมาตรก๊าซมีเทน จึงควรมีการปรับปรุงคุณภาพของก๊าซชีวภาพก่อนการหุงต้ม โดยลักษณะชุดปรับปรุงคุณภาพก๊าซชีวภาพเป็นท่อพีวีซี ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 6 นิ้ว ยาว 1.2 เมตร จำนวน 2 กระบอก กระบอกที่ 1 จะมีฝอยเหล็กอยู่ข้างใน กระบอกที่ 2 จะมีสารละลายด่างอยู่ข้างใน เพื่อกรองก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์และก๊าซไฮโดรเจนซัลไฟด์ และชุดอัดก๊าซชีวภาพลงถัง โดยใช้คอมเพรสเซอร์ที่มีกำลังของมอเตอร์ขนาด 0.5 แรงม้า ทำหน้าที่อัดก๊าซชีวภาพลงถัง ผลการทดลองสามารถกรองก๊าซชีวภาพได้บริสุทธิ์และสามารถอัดก๊าซชีวภาพลงถังด้วยคอมเพรสเซอร์ที่มีกำลังของมอเตอร์ขนาด 0.5 แรงม้า ได้ความดัน 60 ปอนด์ต่อตารางนิ้ว ทั้งสองอย่างจะเป็นทางเลือกให้กับผู้ประกอบการหรือหน่วยงานที่สนใจการที่จะนำก๊าซชีวภาพที่ได้จากการหมักมูลสุกรไปใช้ประโยชน์ให้คุ้มค่ามากที่สุด

เจษฎา มิ่งฉาย และคณะ (2556) ได้ทำระบบการกำจัดก๊าซไฮโดรเจนซัลไฟด์ในก๊าซชีวภาพ ชุดกำจัดก๊าซไฮโดรเจนซัลไฟด์ในก๊าซชีวภาพของบ้านห้วยบงนี้ใช้เหล็กออกไซด์ (Fe_2O_3) ที่เป็นของเสีย (waste) มีลักษณะผงสีส้ม มาพัฒนาเป็นตัวกำจัดก๊าซไฮโดรเจนซัลไฟด์ (H_2S) ในขั้นตอนกระบวนการขึ้นรูปวัสดุให้มีคุณสมบัติการดูดซับมากกว่าวัสดุชนิดอื่น รวมทั้งการที่มีต้นทุนการผลิตที่ต่ำ และอายุการใช้งานที่นาน เพราะสามารถฟื้นฟูตัวกำจัดจากองค์ประกอบ Fe_2S_3 กลับมาเป็น Fe_2O_3 ได้ตามเดิม โดยการเปิดให้อากาศ (O_2) ผ่านระบบการทดสอบประสิทธิภาพของชุดกำจัดก๊าซไฮโดรเจนซัลไฟด์ในก๊าซชีวภาพ โดยการสร้างคอลัมน์ขนาด 2 นิ้ว ยาว 70 เซนติเมตร บรรจุสาร 1 กิโลกรัม นำไปทดสอบกับระบบผลิตก๊าซชีวภาพขนาด 8 ลูกบาศก์เมตร ที่มีวัตถุดิบการผลิตก๊าซชีวภาพจากมูลโค จากปริมาณก๊าซไฮโดรเจนซัลไฟด์ก่อนเข้าระบบวัดได้ 210 ppm. และเมื่อผ่านชุดกำจัดก๊าซไฮโดรเจนซัลไฟด์ในก๊าซชีวภาพลดลง เหลือ 0 ppm. จากนั้นได้นำไปทดสอบกับระบบก๊าซชีวภาพจากน้ำหมักแป้งข้าวแคบ จากปริมาณก๊าซไฮโดรเจนซัลไฟด์ก่อนเข้าระบบวัด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ได้ 3,570 ppm หลังผ่านจากชุดกำจัดก๊าซไฮโดรเจนซัลไฟด์ในก๊าซชีวภาพลดลงเหลือ 20 ppm. ผลการศึกษาเบื้องต้นนี้มีค่าเฉลี่ยการกำจัดปริมาณก๊าซไฮโดรเจนซัลไฟด์อยู่ระหว่าง 95.23-99.43 เปอร์เซ็นต์ ซึ่งมีประสิทธิภาพมากกว่าการกำจัดด้วยสนิมจากฝอยเหล็กที่มีประสิทธิภาพการกำจัดที่ 50-69 เปอร์เซ็นต์ และมีประสิทธิภาพใกล้เคียงกับชุดกำจัดในระบบอุตสาหกรรมขนาดใหญ่

ปภัส ชนะโรค และคณะ (2555) ได้ทำเครื่องต้นแบบปรับปรุงคุณภาพก๊าซชีวภาพด้วยการดูดซับสลับความดัน (pressure swing adsorption) อาศัยหลักการของความแตกต่างของความดัน โดยกระบวนการดูดซับ (adsorption) จะเกิดได้ดีที่ความดันสูงแต่การคายซับ (desorption) จะเกิดได้ดีที่ความดันต่ำๆ กระบวนการนี้เหมาะสมที่จะใช้เพื่อแยกสารที่มีความดันไอสูง หรือมีสถานะก๊าซที่อุณหภูมิห้อง ซึ่งมักมีความแรงของการดูดซับ (adsorption strength) ต่ำ การคายซับจึงทำได้ง่ายกว่าการดูดซับ กล่าวคือจะใช้เวลาในการดูดซับนานกว่าการคายซับกระบวนการดูดซับสลับความดันจึงมักประกอบด้วยถังดูดซับ 2 ถัง ขึ้นไป ตัวแปรต่างๆ ที่มีผลต่อประสิทธิภาพของกระบวนการดูดซับ ก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ที่ปะปนอยู่กับก๊าซชีวภาพจะปรับปรุงคุณภาพก๊าซชีวภาพด้วยกระบวนการดูดซับสลับความดัน (pressure swing adsorption) ที่พัฒนาขึ้นโดยใช้ตัวดูดซับเชิงพาณิชย์ 2 ชนิดคือ ผลึกคัดโมเลกุล (molecular sieve) และถ่านดูดซับ (activated carbon) เป็นตัวดูดซับ และใช้ก๊าซชีวภาพจากบ่อผลิตก๊าซชีวภาพที่มีมูลสุกรเป็นสารตั้งต้นในการผลิตก๊าซชีวภาพ

วงศ์วิวรรธ ธนูศิลป์ และสุนันทา เลาวัณย์ศิริ (2555) ได้จัดทำชุดบรรจุวัสดุในการดูดซับ โดยใช้ท่อพีวีซีเส้นผ่านศูนย์กลางขนาด 2.54 เซนติเมตร ความยาววัสดุดูดซับ 10 เซนติเมตร โดยทำการติดตั้งหัวก๊อกทองเหลืองบริเวณด้านบนตรงกลางของท่อเพื่อทำเป็นทางก๊าซเข้า และบริเวณด้านล่างก็ทำการติดตั้งก๊อกทองเหลืองเหมือนด้านบนเพื่อทำเป็นบริเวณสำหรับเก็บก๊าซตัวอย่างไปทำการตรวจวิเคราะห์ โดยบริเวณด้านล่างมีการติดตะแกรงขนาดเล็กเพื่อทำการดักวัสดุดูดซับชุดการทดลองที่ 1 ถ่านกัมมันต์ นำคอลัมน์ที่ประกอบเสร็จสมบูรณ์มาบรรจุวัสดุดูดซับ ความสูงตัวกลาง 10 เซนติเมตร ปริมาณ 30.87 กรัม ชุดการทดลองที่ 2 ขี้กลึงเหล็กไม่ปรับสภาพ นำคอลัมน์ที่ประกอบเสร็จสมบูรณ์มาบรรจุวัสดุดูดซับ ความสูงตัวกลาง 10 เซนติเมตร ปริมาณ 9 กรัม ชุดการทดลองที่ 3 ขี้กลึงเหล็กปรับสภาพ นำคอลัมน์ที่ประกอบเสร็จสมบูรณ์มาบรรจุวัสดุดูดซับ ความสูง

สำนักเทคโนโลยีความปลอดภัย กรมโรงงานอุตสาหกรรม (2553) ได้ทำการศึกษาการปรับปรุง และควบคุมคุณภาพก๊าซชีวภาพ โดยพบปัญหาเมื่อใช้ก๊าซชีวภาพที่ไม่มีการปรับปรุงคุณภาพเป็นเชื้อเพลิงที่หัวเผาสำหรับหม้อน้ำหรือหม้อน้ำมันร้อน เช่น การจุดเตาไม่ติด การระเบิดในห้องเผาไหม้ในขณะจุดเตาหรือในขณะเดินเครื่อง เปลวไฟกระพือและดับในขณะกำลังเร่งไฟ การระเบิดที่ปล่องไอเสีย อุปกรณ์ทุกชนิดที่สัมผัสกับก๊าซชีวภาพชำรุดง่ายและมีอายุการใช้งานสั้น เป็นต้น สาเหตุเหล่านี้เกิดจาก ก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ ก๊าซไฮโดรเจนซัลไฟด์หรือก๊าซไข่เน่า ความชื้นหรือละอองน้ำ โดยมีการกำจัด คือ การกำจัดความชื้นหรือละอองน้ำด้วย Indirect Heat

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Exchanger : การแลกเปลี่ยนความร้อนระหว่างก๊าซชีวภาพกับน้ำเย็น (Chiller) Direct Heat Exchanger : การแลกเปลี่ยนความร้อนระหว่างก๊าซชีวภาพกับสารทำความเย็น (Refrigerant)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

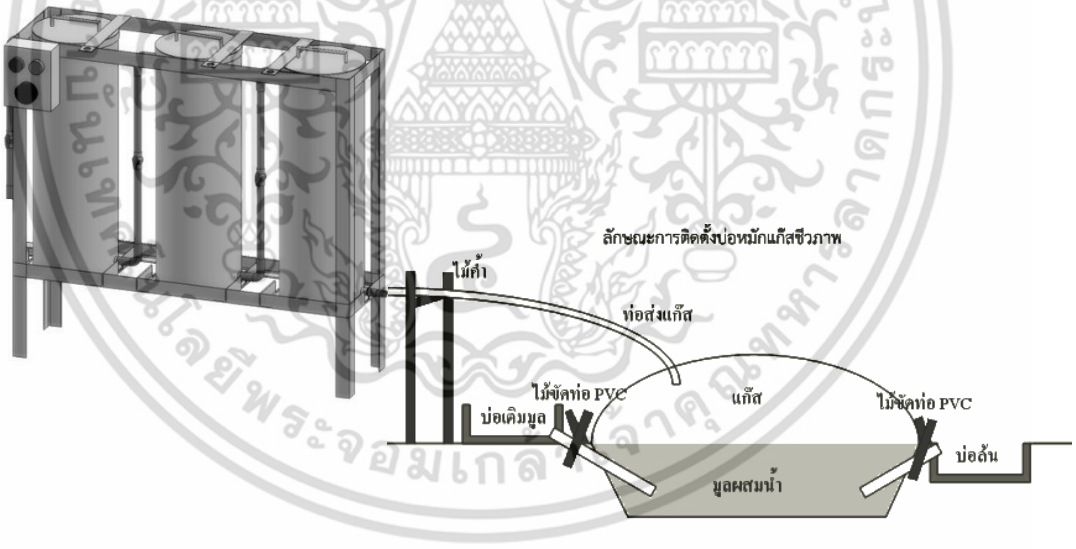
บทที่ 3
วิธีการดำเนินการ

3.1 การออกแบบ/เครื่องมือ

การออกแบบเป็นขั้นตอนที่สำคัญ ซึ่งต้องคำนึงถึง หลักการ ทฤษฎี และลักษณะการทำงานของระบบ ความต้องการของผู้ใช้งาน สามารถนำไปใช้งานได้จริงโดยไม่ส่งผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อม ซึ่งขั้นตอนในการออกแบบมีดังนี้

3.1.1 การออกแบบระบบโดยรวม

บ่อหมักก๊าซชีวภาพเมื่อเติมมูลสัตว์และน้ำเข้าสู่บ่อหมักโดยจุลินทรีย์จะย่อยสลายมูลสัตว์ทำให้เกิดก๊าซขึ้น ก๊าซก็จะส่งทางท่อส่งก๊าซไปยังระบบกรองก๊าซชีวภาพเพื่อกำจัดก๊าซไฮโดรเจนซัลไฟด์ ก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ กลิ่นและความชื้น ทำให้ก๊าซชีวภาพมีปริมาณและสัดส่วนดีขึ้น ดังแสดงในรูปที่ 3.1



รูปที่ 3.1 ภาพรวมบ่อหมักและระบบกรองก๊าซชีวภาพ

3.1.2 การออกแบบบ่อหมักก๊าซชีวภาพ

บ่อหมักก๊าซแบบถุงพลาสติกพีวีซี จะแบ่งออกเป็น 3 ส่วน คือ บ่อเติม บ่อหมัก และบ่อล้น ซึ่งบ่อหมักจะอยู่ต่ำกว่าบ่อเติม และบ่อล้น (แต่ต้องเติมมูลผสมน้ำให้สูงกว่าบ่อล้น) หลังจากเติมมูลสัตว์และน้ำลงมายังบ่อเติมแล้วเข้าสู่บ่อหมัก ซึ่งเป็นบ่อไม่มีอากาศ โดยจุลินทรีย์จะย่อยสลายมูลสัตว์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ทำให้เกิดก๊าซขึ้น ก๊าซก็จะส่งทางท่อส่งก๊าซไปยังเตาเพื่อใช้งานต่อไป ส่วนมูลสัตว์ที่ผ่านการหมักแล้วก็จะล้นมายังบ่อล้นเอง

3.1.3 การออกแบบระบบกรองก๊าซชีวภาพ

หลักการทำงานของระบบกรองก๊าซชีวภาพ มีการออกแบบโดยจะให้ก๊าซชีวภาพไหลผ่านในระบบกรองก๊าซชีวภาพ ซึ่งจะแบ่งเป็น 3 ตัวกรองคือ ตัวกรองที่ 1 จะมีฝอยเหล็กบรรจุอยู่ภายในเพื่อกำจัดก๊าซไฮโดรเจนซัลไฟด์ ตัวกรองที่ 2 จะมีน้ำปูนแดงบรรจุอยู่ภายในเพื่อกำจัดก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ ตัวกรองที่ 3 จะมีก้อนถ่านบรรจุอยู่ภายในเพื่อกำจัดกลิ่นและความชื้น จากหลักการดังกล่าวจึงนำไปสู่กระบวนการออกแบบและคำนวณชิ้นส่วนต่างๆ โดยได้รวบรวมรายละเอียดต่างๆ ที่ต้องการใช้ในการออกแบบ เพื่อเป็นข้อมูลและแนวทางในการตัดสินใจสร้างชิ้นส่วน

3.1.4 วัสดุที่นำมาปรับปรุงคุณภาพก๊าซชีวภาพ

3.1.4.1 นำฝอยเหล็กมาบรรจุไว้ภายในตัวกรองที่ 1 เพื่อกำจัดก๊าซไฮโดรเจนซัลไฟด์ เพราะฝอยเหล็กสามารถดักจับก๊าซไฮโดรเจนซัลไฟต์ได้

3.1.4.2 นำน้ำปูนแดงบรรจุไว้ภายในตัวกรองที่ 2 เพื่อกำจัดก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์

3.1.4.3 นำก้อนถ่านบรรจุไว้ภายในตัวกรองที่ 3 เพื่อกำจัดกลิ่นและความชื้น เพราะก้อนถ่านสามารถดักจับพวกกลิ่นไม่พึงประสงค์ได้และยังสามารถดูดซับความชื้นที่ปะปนอยู่ในก๊าซชีวภาพได้อีกด้วย

3.2 ขั้นตอนการสร้าง/ขั้นตอนการดำเนินงาน

3.2.1 ขั้นตอนการสร้าง/ขั้นตอนการดำเนินงาน บ่อหมักก๊าซชีวภาพ

การผลิตก๊าซชีวภาพแบบหมักพีวีซีเป็นขนาดที่เหมาะสมกับเกษตรกรรายย่อย ซึ่งเลี้ยงสัตว์ประมาณ 15 ตัว ขนาดของบ่อมีความยาว 3.5 เมตร เส้นรอบวง 5.25 เมตร มีปริมาณรวม 7.6 ลูกบาศก์เมตร แยกเป็นส่วนของเหลว 5.7 ลูกบาศ์กเมตร ก๊าซ 1.9 ลูกบาศก์เมตร สามารถผลิตก๊าซชีวภาพต่อวันได้ 35 % ของของเหลวหรือเท่ากับ 2 ลูกบาศ์กเมตร ซึ่งเพียงพอต่อการนำก๊าซจำนวนนี้ไปใช้กับเตาหุงต้มสำหรับใช้ทำอาหารในครัวเรือนได้พอดี (ใช้ก๊าซ 0.15 ต่อลูกบาศก์เมตรต่อชั่วโมง)

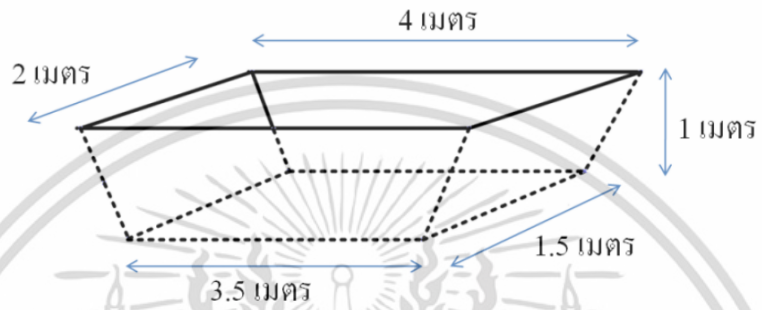
ในมูลสุกรทั่วไปมีของแข็งประมาณ 15% ซึ่งในบ่อหมักต้องการน้ำที่มีส่วนผสมของของแข็งประมาณ 3 % ดังนั้นการผลิตก๊าซดังกล่าวต้องใช้สัดส่วนของมูลและน้ำที่เท่ากับ 1 : 1 ส่วน จึงควรเติมมูลสัตว์วันละ 24 ลิตร และใช้น้ำวันละ 24 ลิตร

3.2.1.1 การเตรียมพื้นที่

พื้นที่ที่จะทำการสร้างบ่อหมัก ควรเป็นพื้นที่ลาดเอียงต่ำกว่าระดับคอกสัตว์เล็กน้อย เพื่อให้มูลสัตว์ไหลระบายเข้าบ่อเอง แต่หากไม่คำนึงระดับของบ่อหมักกับคอกสัตว์ อาจจะทำเป็นบ่อ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ชนิดตักมูลสัตว์มาเติมก็ได้ โดยขนาดของหลุมที่จะขุด มีขนาดกว้างด้านบน 2 เมตร ยาว 4 เมตร ลึก 1 เมตร (สำหรับการเลี้ยงสุกรขนาดเฉลี่ยปานกลางจำนวน 15 ตัว หรือเท่ากับบ่อเก็บมูลปริมาณ 7.6 ลูกบาศก์เมตร) ขุดเป็นสี่เหลี่ยมคางหมูให้ฐานของบ่อมีพื้นที่หน้าตัดที่แคบกว่าเล็กน้อย ควรขุดด้านหัวและท้ายของบ่อเป็นแนวสำหรับวางท่อรับและระบายมูลด้วย โดยให้ทางเข้ามูลมีระดับสูงกว่าทางระบายมูลออกเล็กน้อย ดังแสดงในรูปที่ 3.2 และ รูปที่ 3.3



รูปที่ 3.2 การขุดหลุมสำหรับทำบ่อหมักมูลรูปสี่เหลี่ยมคางหมู

รูปที่ 3.3 ลักษณะหลุมบ่อหมัก

3.2.1.2 การเตรียมวัสดุอุปกรณ์

วัสดุอุปกรณ์ที่นอกเหนือจากพลาสติกพีวีซี ควรจัดหาวัสดุอุปกรณ์ที่หาได้ง่ายจากท้องถิ่น เพื่อประหยัดต้นทุนและนำสิ่งที่อยู่รอบตัวมาใช้ให้เกิดประโยชน์สูงสุด โดยวัสดุอุปกรณ์สำหรับการทำบ่อหมักก๊าซชีวภาพขนาด 7.6 ลูกบาศก์เมตร โดยประมาณ ดังแสดงในตารางที่ 3.1

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 3.1 วัสดุอุปกรณ์สำหรับบ่อหมักก๊าซชีวภาพ

ลำดับ	ชนิด	ลักษณะ	ขนาด	จำนวน
1.	พลาสติกพีวีซี		ความหนา 0.25 มม. กว้าง 1.8 เมตร ยาว 6 เมตร	3 ผืน
2.	ท่อพีวีซี		เส้นผ่าศูนย์กลาง 4 นิ้ว ยาว 1.2 เมตร	2 อัน
3.	กาวอีแว็ป พร้อมแปรง		-	1/2 กระป๋อง
4.	เกลียว นอก - ใน พีวีซี		3/4 นิ้ว	1 ชุด
5.	ยางในรถจักรยานยนต์เก่า		-	
6.	แผ่นพลาสติกแข็ง (จากกระป๋องน้ำมันเครื่องเก่า)		3 นิ้ว	2 แผ่น
7.	ท่อพีอี หรือท่อพีวีซีข้อต่อ		3/4 นิ้ว - 1 นิ้ว	ขึ้นอยู่กับความยาวของท่อส่งก๊าซที่ต้องการ
8.	สามทางพีวีซี		3/4 นิ้ว - 1 นิ้ว	1 อัน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 3.1 วัสดุอุปกรณ์สำหรับบ่อหมักก๊าซชีวภาพ (ต่อ)

ลำดับ	ชนิด	ลักษณะ	ขนาด	จำนวน
9.	ขวดรองรับไอน้ำ (ขวดน้ำดื่มที่ใช้แล้ว)		-	1 ใบ
10.	วาล์วทองเหลือง หรือ บอลวาล์ว		4 หุน	1 อัน
11.	หัวแก๊ส		-	1 หัว
12.	สายส่งก๊าซ		2 เมตร	1 เส้น
13.	ปูนซีเมนต์ พร้อม ทราย		-	1 ถุง
14.	วงบ่อ		เส้นผ่าศูนย์กลาง 50 - 80 ซ.ม.	2 ปล้อง

3.2.1.3 การประกอบถุงหมักพีวีซี

เมื่อจัดเตรียมวัสดุอุปกรณ์ครบแล้ว ก็เริ่มประกอบถุงหมักพีวีซี ซึ่งมีขั้นตอนต่างๆ ในการดำเนินงาน ดังนี้

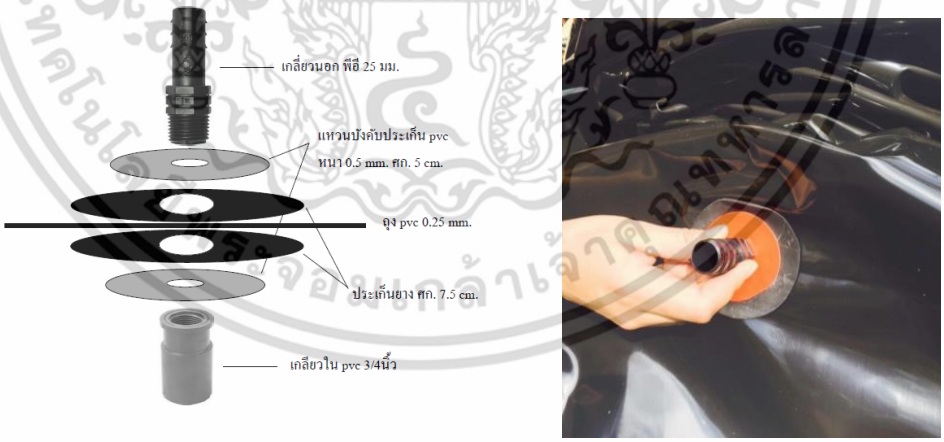
ขั้นตอนที่ 1 ตัดพลาสติกพีวีซีที่มีขนาดกว้าง 1.8 เมตร ยาว 6 เมตร จำนวน 3 ชิ้น โดยมีข้อควรระวังในขั้นตอนนี้ คือ ควรวางแผ่นพลาสติกบนพื้นราบ ที่ไม่มีกรวด หิน หรือทราย เพราะจะทำให้พลาสติกเป็นรอยขีดข่วน หรือรั่วได้

ขั้นตอนที่ 2 วางแผ่นพลาสติกที่ตัดแล้วทั้ง 3 ชิ้น ตามแนวยาวให้ด้านข้างทับกันประมาณ 3 นิ้ว จากนั้นติดพลาสติกเข้าด้วยกันด้วยกาวอีแว็ป ใช้มือกดหรือรีดบริเวณที่ทากาวเบาๆ เพื่อทำให้พลาสติกติดกันแน่นขึ้นและเป็นการตรวจสอบรอยรั่วข้อแนะนำสำหรับเกษตรกรหรือผู้ที่สนใจทั่วไป คือ ไม่ควรทากาวให้หนาเกินไป เพราะกาวจะทำให้พลาสติกย่น เกิดเป็นรูรั่วได้ ดังแสดงในรูปที่ 3.4

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รูปที่ 3.4 การตัดและติดกาวถุงพลาสติกพีวีซี

ขั้นตอนที่ 3 เมื่อติดกาวครบทั้ง 3 ชิ้นแล้ว ถุงที่ได้จะมีลักษณะเป็นทรงกระบอกให้ติดชุดส่งก๊าซจากตัวถุง โดยเลือกบริเวณที่จะติดให้อยู่ส่วนกลางของถุง พับถุงเป็นรูปสามเหลี่ยมแล้วตัดด้วยกรรไกรกว้าง 1 ซ.ม. จากนั้นติดชุดส่งก๊าซให้เกลียวในพีวีซีอยู่ด้านในถุง และเกลียวนอกพีอีสำหรับต่อกับสายส่งก๊าซอยู่ด้านนอก ควรระวังไม่ให้ปลายของเกลียวนอก/ใน ขีดข่วนกับถุง ดังแสดงในรูปที่ 3.5



รูปที่ 3.5 การติดชุดส่งก๊าซจากตัวถุง

ขั้นตอนที่ 4 ผูกท่อพีวีซีขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 4 นิ้ว ความยาว 1.2 เมตร ที่ปลายทั้งสองข้างของถุง แล้วรัดด้วยยางในรถจักรยานยนต์เก่า ให้ปลายของท่อพีวีซีเข้าไปในถุงประมาณ 2

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ใน 3 ส่วนของความยาวของท่อ ควรระวังไม่ให้ปลายท่อขดหรือขีดกับพลาสติก ควรยกทั้งท่อและถุงไว้ไม่ควรลากบนพื้นดิน ทั้งนี้เพื่อป้องกันไม่ให้ถุงรั่ว ดังแสดงในรูปที่ 3.6

รูปที่ 3.6 การผูกท่อพีวีซี ที่ปลายทั้งสองข้างของถุง

ขั้นตอนที่ 5 การทดสอบการรั่วของถุงด้วยเครื่องดูดฝุ่น โดยการสอดท่อเครื่องดูดฝุ่นเข้าที่ปลายท่อ ส่วนท่ออีกฝั่งและทางเดินของท่อก๊าซให้ปิดด้วยถุงพลาสติกเพื่อป้องกันลมออก แล้วเปิดเครื่องดูดฝุ่นนานประมาณ 5 – 10 นาที ถุงจะพองตัวขึ้นและหลังจากนั้นให้ช่วยกันยกถุงที่ได้นี้ไปยังบ่อที่ขุดเตรียมไว้แล้ว ควรระวังไม่ให้ถุงเกี่ยวโดนกิ่งไม้ หรือของปลายแหลม ดังแสดงในรูปที่ 3.7

รูปที่ 3.7 การทดสอบการรั่วของถุงด้วยเครื่องดูดฝุ่น

ขั้นตอนที่ 6 นำถุงลงหลุมและจัดวางถุงให้ดี ต่อสายยางเข้ากับชุดต่อส่งก๊าซที่ถุง แล้วเติมน้ำให้ท่วมปลายท่อด้านในของถุงทั้งสองด้านและพลาสติกที่ปลายท่อพีวีซีทั้งสองด้าน ดังแสดงในรูปที่ 3.8

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

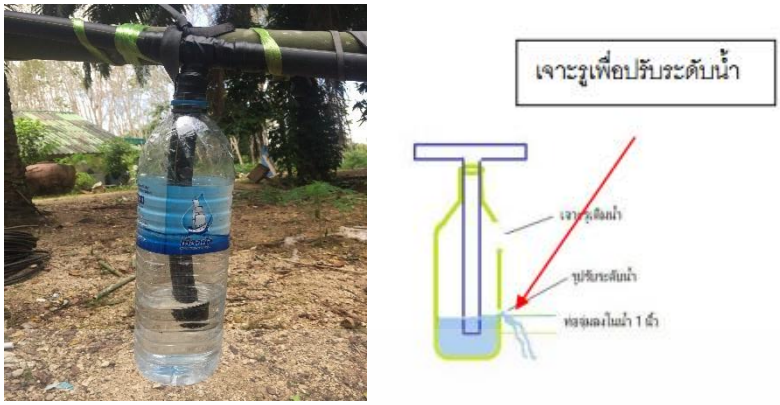
รูปที่ 3.8 การนำถุงลงหลุมและจัดวางถุงให้ดี

ขั้นตอนที่ 7 ทำบ่อหรือทางเข้าของมูลสัตว์และบ่อล้น ที่ปลายท่อท่อพีวีซีทั้งสองด้าน ดังแสดงในรูปที่ 3.9

รูปที่ 3.9 บ่อเติมและบ่อล้น

ขั้นตอนที่ 8 ประกอบสายส่งก๊าซ พร้อมกับติดตั้งขวดปรับแรงดันและดักน้ำ โดยให้จุดแรกอยู่ใกล้กับบ่อหมัก ถ้าระยะทางระหว่างบ่อกับจุดที่จะใช้ก๊าซอยู่ไกลมาก ก็สามารถติดตั้งขวดดักน้ำอีกหลายๆ จุดก็ได้ ข้อควรระวัง คือ ระยะทางอาจทำให้แรงดันก๊าซน้อยลง ควรเลือกบริเวณที่วางถุงให้อยู่ใกล้กับเตาหุงต้ม หากแรงดันก๊าซน้อยอาจใช้แผ่นไม้กระดานทับด้วยถุงทรายวางเป็นคานถ่วงน้ำหนักให้เกิดแรงกด ซึ่งเป็นอีกวิธีหนึ่งที่สามารถช่วยให้ก๊าซแรงขึ้น และที่สำคัญควรหมั่นตรวจสอบระดับน้ำในขวดดักน้ำให้เต็มเสมอ เพราะถ้าน้ำแห้งก๊าซจะระบายออกทางช่องระบายน้ำของขวด ดังแสดงในรูปที่ 3.10

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3.10 การประกอบสายส่งก๊าซ พร้อมกับติดตั้งขวดปรับแรงดันและดักน้ำ

ขั้นตอนที่ 9 ติดตั้งท่อส่งก๊าซและควรควบคุมก๊าซบริเวณใกล้เคียงกับเตาหุงต้ม ดังแสดงในรูปที่ 3.11

รูปที่ 3.11 การติดตั้งท่อส่งก๊าซและควรควบคุมก๊าซ

3.2.2 ขั้นตอนการสร้าง/ขั้นตอนการดำเนินงาน ระบบกรองก๊าซชีวภาพ

จากการออกแบบชิ้นส่วนต่างๆ ในขั้นตอนการผลิตและสร้างระบบกรองก๊าซชีวภาพ จะผลิตตามแบบที่ได้ออกแบบไว้และได้ทำการจัดซื้อจัดหาวัสดุและชิ้นส่วนต่างๆ จากท้องตลาด ดังแสดงในตารางที่ 3.2

3.2.2.1 การสร้างชุดขาตั้งไว้สำหรับติดตั้งระบบกรองก๊าซชีวภาพ

ทำการเชื่อมชุดขาตั้ง ตามรูปแบบที่ได้ออกแบบ 36×123×121 เซนติเมตร โดยใช้เหล็กกลมขนาด ¼×2 นิ้ว มาเชื่อมเป็นชุดขาตั้งที่ไว้สำหรับติดตั้งระบบกรองก๊าซชีวภาพ ดังแสดงในรูปที่ 3.12

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 3.2 รายการวัสดุและชิ้นส่วนมาตรฐานสำหรับระบบกรองก๊าซชีวภาพ

ลำดับ	รายการ	วัสดุ	ขนาด	จำนวน
1	แผ่นสแตนเลส	Stainless Steels	หนา 2 มม. 4 นิ้ว × 8 นิ้ว	1 แผ่น
2	แผ่นสแตนเลส	Stainless Steels	หนา 1.2 มม. (100×120 ซม.)	3 แผ่น
3	แผ่นสแตนเลสกลม	Stainless Steels	หนา 3 มม. (Ø 12 นิ้ว)	3 ชิ้น
4	แผ่นตะแกรงรูสแตนเลส	Stainless Steels	Ø 6 มม. หนา 1.2 มม. (60×100 ซม.)	3 แผ่น
5	เพลาสแตนเลส	Stainless Steels	Ø ¼ นิ้ว	1 เส้น
6	หูล็อคสแตนเลส	Stainless Steels	SS	9 ชุด
7	นิปเปิ้ล	Stainless Steels	Ø ½ นิ้ว	6 ชุด
8	ข้องอเกลียวในทองเหลือง	-	½ นิ้ว	7 ตัว
9	ข้อต่อหางปลาทองเหลือง	-	½ นิ้ว	2 ตัว
10	ฝาครอบทองเหลือง	Stainless Steels	½ นิ้ว	3 ตัว
11	บอลวาล์ว PVC	-	½ นิ้ว	5 ตัว
12	ท่อ PVC	-	½ นิ้ว	1 เส้น
13	เหล็กกลม	Stainless Steels	2 นิ้ว × 2 นิ้ว × ¼ นิ้ว	2 เส้น
14	กาวทาท่อ	-	50 กรัม	2 กระป๋อง
15	เทปพันเกลียว	-	10ม.×12มม.×0.07มม.	4 ม้วน
16	ข้องอ 90° PE	-	¾ นิ้ว	4 ตัว
17	ข้อต่อสามทาง PE	-	¾ นิ้ว	2 ตัว
18	ถ่านไม้	-	ใหญ่	10 ก.ก.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รูปที่ 3.12 การเชื่อมชุดขาตั้ง

3.2.2.2 การสร้างระบบกรองก๊าซชีวภาพ

ขั้นตอนที่ 1 ระบบกรองขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 12 นิ้ว สูง 0.9 เมตร ทำมาจากแผ่นสแตนเลส หนา 1.2 มิลลิเมตร นำมาม้วนเป็นทรงกระบอกทำการเชื่อมแบบอาร์กอน แล้วนำแผ่นสแตนเลสกลมหนา 3 มิลลิเมตร ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 12 นิ้ว มาเชื่อมปิดท้ายทรงกระบอก และนำแผ่นสแตนเลสกลมหนา 3 มิลลิเมตร ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 12.5 นิ้ว อีก 1 แผ่นมาทำเป็นฝาปิด ดังแสดงในรูปที่ 3.13

รูปที่ 3.13 ระบบกรองทำมาจากแผ่นสแตนเลส

ขั้นตอนที่ 2 ตะแกรงขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 11.5 นิ้ว สูง 0.77 เมตร ทำมาจากแผ่นตะแกรงสแตนเลสหนา 1.2 มิลลิเมตร มีขนาดของตะแกรง Ø 6 มิลลิเมตร นำมาม้วนเป็น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ทรงกระบอกทำการเชื่อมแบบอาร์กอน แล้วนำแผ่นตะแกรงสแตนเลสกลมหนา 3 มิลลิเมตร ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 11.5 นิ้ว มาเชื่อมปิดท้ายทรงกระบอก ดังแสดงในรูปที่ 3.14

รูปที่ 3.14 ตะแกรงทำมาจากแผ่นตะแกรงสแตนเลส

3.2.2.3 ติดตั้งระบบกรองก๊าซชีวภาพเข้ากับชุดขาตั้ง

ขั้นตอนที่ 1 ทำการต่อท่อพีวีซี และข้อต่อพีวีซี ขนาด 0.5 นิ้ว ต่อตามแบบที่ได้ออกแบบไว้ ดังแสดงในรูปที่ 3.15

รูปที่ 3.15 การต่อท่อพีวีซี และข้อต่อพีวีซี ใส่ตามแบบที่ได้ออกแบบไว้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.3 วิธีการทดสอบ

3.3.1 วิธีการทดสอบบ่อหมักก๊าซชีวภาพ

หลังจากติดตั้งบ่อก๊าซและเติมมูลไปแล้ว 10 วัน ให้ทดสอบ ดังนี้

3.3.1.1 ทดสอบการเกิดก๊าซ ให้ปล่อยลมออกจากบ่อหมักก๊าซพอประมาณ จากนั้นให้สังเกตอัตราการเกิดก๊าซของบ่อหมักอีกครั้ง จากการกลับคืนสภาพของบ่อหมัก (ได้แก่ การพองขึ้นของพลาสติกพีวีซี) จากนั้นจึงทดสอบการจุดติดไฟ ซึ่งปกติจะจุดติดไฟได้ในวันที่ 18 – 21

3.3.1.2 การจุดไฟที่หัวเตา ให้จุดไฟที่หัวเตา การปรับเร่งปริมาณก๊าซชีวภาพทำได้โดยปรับที่วาล์วควบคุมการปิด-เปิด

3.3.2 วิธีการทดสอบระบบกรองก๊าซชีวภาพ

การทดสอบการกรองก๊าซชีวภาพ สำหรับการทดสอบในครั้งนี้ สามารถกรองก๊าซชีวภาพได้จริงตามที่ต้องการหรือไม่ ดังแสดงในรูปการทดลองครั้งนี้

3.3.2.1 นำระบบกรองก๊าซชีวภาพที่ได้ประกอบเข้ากับขาตั้งเรียบร้อยแล้ว ไปติดตั้งเข้ากับท่อก๊าซชีวภาพที่มาจากหลุมหมักก๊าซชีวภาพ ดังแสดงในรูปที่ 3.16

รูปที่ 3.16 การประกอบระบบกรองก๊าซชีวภาพ

3.3.2.2 ทำการใส่ขี้กลึงเหล็กที่เกิดสนิมปริมาณ 5 กิโลกรัมลงในตะแกรงของตัวกรองที่ 1 ดังแสดงในรูปที่ 3.17

3.3.2.3 ทำการผสมปูนแดงกันน้ำในอัตราส่วนน้ำ 15 ลิตรต่อปูนแดง 10 กรัม แล้วนำไปเทใส่ในตัวกรองที่ 2 ดังแสดงในรูปที่ 3.18

3.3.2.4 ทำการใส่ถ่านไม้ที่มีลักษณะเป็นถ่านไม้ก้อนใหญ่ปริมาณ 10 กิโลกรัมลงในตะแกรงของตัวกรองที่ 3 ดังแสดงในรูปที่ 3.19

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รูปที่ 3.17 การใส่ขี้กลึงเหล็กลงในตะแกรงของตัวกรองที่ 1

รูปที่ 3.18 การผสมปูนแดงกันน้ำแล้วนำไปเทใส่ในตัวกรองที่ 2

3.3.2.5 นำตัวกรองทั้ง 3 ตัวที่ได้เตรียมใส่ตะแกรงไว้แล้วมาใส่ยังถังกรองแล้วทำการปิดฝาตัวกรองทุกตัวให้เรียบร้อย ดังแสดงในรูปที่ 3.20

3.3.2.6 เตรียมการดูดอากาศออกจากตัวกรองโดยทำการเปิดวาล์วทางเข้า-ออกระหว่างตัวกรองทุกตัว ดังแสดงในรูปที่ 3.21

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รูปที่ 3.19 การใส่ถ่านลงในตะแกรงของตัวกรองที่ 3

รูปที่ 3.20 การนำตัวกรองทั้ง 3 ตัวที่ได้เตรียมใส่ตะแกรงไว้แล้วมาใส่ยังถังกรองแล้วทำการปิดฝาตัวกรองทุกตัวให้เรียบร้อย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รูปที่ 3.21 การเปิดวาล์วทางเข้า-ออก และระหว่างตัวกรองทุกตัว

3.4 วิธีการวัดผลโดยใช้เครื่องวิเคราะห์ก๊าซชีวภาพแบบพกพา BIOGAS 5000

3.4.1 การวัดและเก็บตัวอย่างก๊าซชีวภาพไปตรวจสอบกับเครื่องวิเคราะห์ก๊าซชีวภาพแบบพกพา BIOGAS 5000

3.4.1.1 เตรียมเครื่องวิเคราะห์ก๊าซชีวภาพแบบพกพา BIOGAS 5000 โดยทำการเสียบสายยางจำนวน 3 เส้น ดังนี้ สายสีเหลืองต่อเข้ากับท่อทางเข้าสีเหลือง สายสีฟ้าต่อเข้ากับท่อทางเข้าสีฟ้า สายสีขาวต่อเข้ากับท่อทางเข้าสีขาวหลังจากนั้นทำการเปิดเครื่องวิเคราะห์ก๊าซชีวภาพแบบพกพา BIOGAS 5000 ดังแสดงในรูปที่ 3.22

รูปที่ 3.22 การเตรียมเครื่องวิเคราะห์ก๊าซชีวภาพแบบพกพา BIOGAS 5000

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.4.1.2 ทำการเซ็ตเครื่องวิเคราะห์ก๊าซชีวภาพแบบพกพา BIOGAS 5000 เพื่อเตรียมการวัดค่าก๊าซชีวภาพ ดังแสดงในรูปที่ 3.23

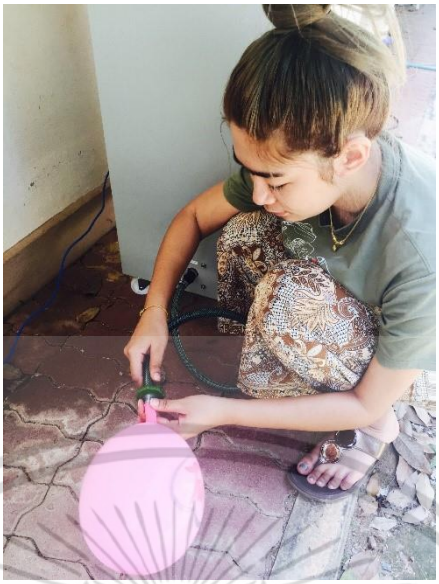
รูปที่ 3.23 การเซ็ตเครื่องวิเคราะห์ก๊าซชีวภาพแบบพกพา BIOGAS 5000

3.4.1.3 ทำการทดสอบเครื่องวิเคราะห์ก๊าซชีวภาพแบบพกพา BIOGAS 5000 โดยดูดอากาศเข้าในเครื่องพร้อมทั้งอ่านค่าเริ่มต้นของเครื่องวิเคราะห์ก๊าซชีวภาพแบบพกพา BIOGAS 5000 ก่อนการวัดค่าจริง ดังแสดงในรูปที่ 3.24

รูปที่ 3.24 การทดสอบเครื่องวิเคราะห์ก๊าซชีวภาพแบบพกพา BIOGAS 5000 โดยให้ได้ค่ามาตรฐานของอากาศปัจจุบัน

3.4.1.4 ทำการเก็บตัวอย่างก๊าซชีวภาพ โดยใช้ลูกโป่งในการเก็บตัวอย่าง ณ วันที่ 1 4 และ11 หลังจากวันที่เกิดก๊าซชีวภาพ (หลังจากวันที่ 45) เวลา 07.30 น. ที่อุณหภูมิอากาศ 28 องศาเซลเซียส ดังแสดงในรูปที่ 3.25

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



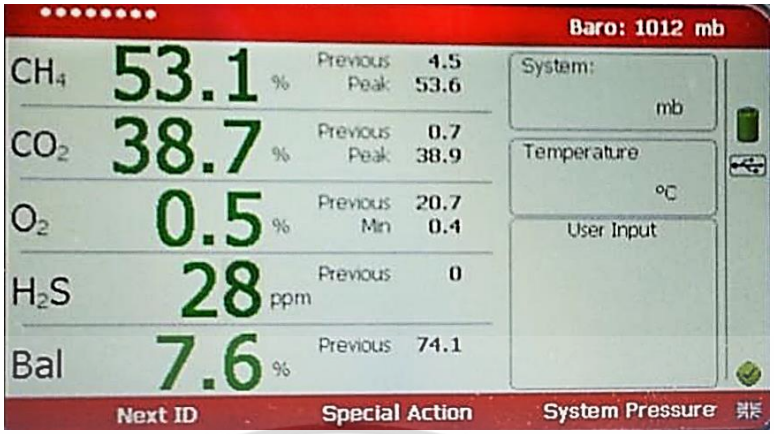
รูปที่ 3.25 การเก็บตัวอย่างก๊าซชีวภาพ โดยใช้ลูกโป่งในการเก็บ

3.4.1.5 นำลูกโป่งที่ได้เก็บตัวอย่างก๊าซชีวภาพมาต่อกับเครื่องวิเคราะห์ก๊าซชีวภาพแบบพกพา BIOGAS 5000 เพื่อทำการวิเคราะห์ปริมาณและสัดส่วนของก๊าซชีวภาพ ดังแสดงในรูปที่ 3.26

รูปที่ 3.26 การนำลูกโป่งที่ได้เก็บตัวอย่างก๊าซชีวภาพมาต่อกับเครื่องวิเคราะห์ก๊าซชีวภาพแบบพกพา BIOGAS 5000

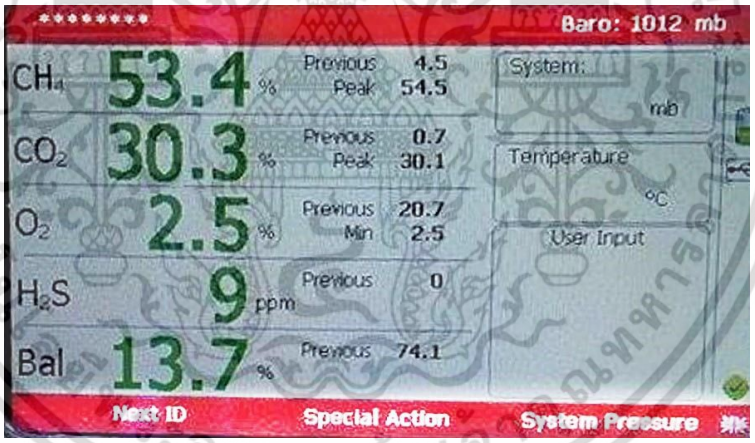
3.4.1.6 ทำการอ่านค่าจากเครื่องวิเคราะห์ก๊าซชีวภาพแบบพกพา BIOGAS 5000 ตัวอย่างก๊าซชีวภาพที่ไม่ผ่านระบบกรอง ดังแสดงในรูปที่ 3.27

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3.27 ตัวอย่างการอ่านค่าจากเครื่องวิเคราะห์ก๊าซชีวภาพแบบพกพา BIOGAS 5000 ของก๊าซชีวภาพที่ไม่ผ่านระบบกรอง

3.4.1.7 ทำการอ่านค่าจากเครื่องวิเคราะห์ก๊าซชีวภาพแบบพกพา BIOGAS 5000 ตัวอย่างก๊าซชีวภาพที่ผ่านระบบกรอง ดังแสดงในรูปที่ 3.28



รูปที่ 3.28 ตัวอย่างการอ่านค่าจากเครื่องวิเคราะห์ก๊าซชีวภาพแบบพกพา BIOGAS 5000 ของก๊าซชีวภาพที่ผ่านระบบกรอง

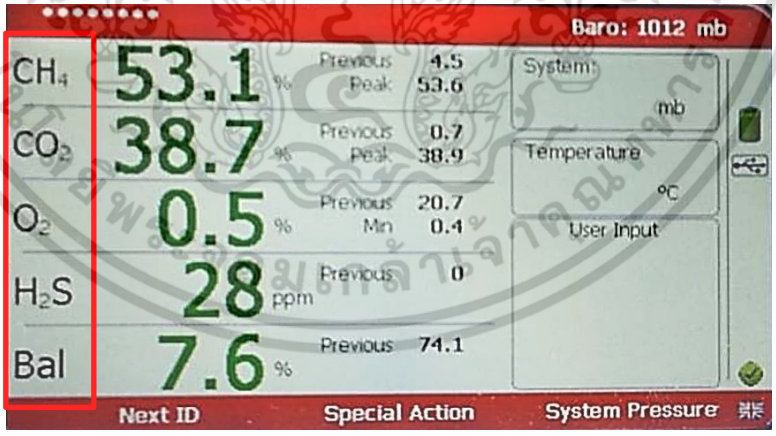
3.4.2 วิธีอ่านผลที่ได้จากเครื่องวิเคราะห์ก๊าซชีวภาพแบบพกพา BIOGAS 5000

3.4.2.1 ทำการกดปุ่มทางซ้ายมือบนสุดปุ่มแรก เพื่อให้เครื่องวิเคราะห์ก๊าซชีวภาพแบบพกพา BIOGAS 5000 ทำการเริ่มวิเคราะห์ค่าก๊าซชีวภาพ ดังแสดงในรูปที่ 3.29

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รูปที่ 3.29 การเริ่มวิเคราะห์ค่าก๊าซชีวภาพจากเครื่องวิเคราะห์ก๊าซชีวภาพแบบพกพา BIOGAS 5000

3.4.2.2 ทำการอ่านค่าจากเครื่องวิเคราะห์ก๊าซชีวภาพแบบพกพา BIOGAS 5000 ที่ได้วิเคราะห์ออกมาแสดงเป็นเปอร์เซ็นต์ ค่าที่ได้จากการอ่านคือ เปอร์เซ็นต์ของก๊าซมีเทน เปอร์เซ็นต์ของก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ เปอร์เซ็นต์ของก๊าซออกซิเจน เปอร์เซ็นต์ก๊าซสารอื่นๆ และค่าก๊าซไฮโดรเจนซัลไฟด์ที่วัดค่าออกมาเป็นหน่วย (ppm) ดังแสดงในรูปที่ 3.30



รูปที่ 3.30 การอ่านค่าจากเครื่องวิเคราะห์ก๊าซชีวภาพแบบพกพา BIOGAS 5000

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.5 แผนการดำเนินงาน

การวางแผนการทำงานของโครงงานนี้ เริ่มต้นจากการ ศึกษา ค้นคว้า ข้อมูลความเป็นไปได้ในการทำงานด้านต่างๆ มีรายละเอียดดังตาราง เริ่มดำเนินการเดือน สิงหาคม พ.ศ.2559 ถึง เดือน มีนาคม พ.ศ.2560 ดังแสดงในตารางที่ 3.3

ตารางที่ 3.3 แผนการดำเนินงานของโครงงาน

กิจกรรม		ส.ค. 2559	ก.ย. 2559	ต.ค. 2559	พ.ย. 2559	ธ.ค. 2559	ม.ค. 2560	ก.พ. 2560	มี.ค. 2560
1. นำเสนอหัวข้อวิจัย	P	- - -							
	A	———							
2. ศึกษาค้นคว้าหาเก็บรวบรวมข้อมูล	P	- - - - - - -							
	A	———	———						
3. วิเคราะห์ข้อมูล	P		- - - - - - -						
	A		———	———					
4. ออกแบบระบบ	P		- - - - - -						
	A		———	———					
5. พัฒนาและติดตั้ง	P			- - - - - - - - -					
	A			———	———	———			
6. ทดสอบการทำงาน	P				- - - -				
	A				———				
7. ปรับปรุงแก้ไขข้อผิดพลาด	P				- - - - - -				
	A				———	———	———		
8. สอบระบบ	P						- - - - -		
	A						———	———	
9. ส่งระบบพร้อมรูปเล่มฉบับสมบูรณ์	P							- - - - - -	
	A							———	———

- - - - - - P (Plan) : แสดงแผนการดำเนินงาน

——— A (Actual) : แสดงการดำเนินงานจริง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 4
ผลการดำเนินงานและการวิเคราะห์

งานวิจัยนี้เป็นการศึกษากระบวนการทำงานของระบบกรองก๊าซชีวภาพ ซึ่งสามารถกำจัดก๊าซไฮโดรเจนซัลไฟด์ ก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ กำจัดกลิ่นและความชื้น เพื่อให้ก๊าซชีวภาพมีปริมาณและสัดส่วนดีขึ้น โดยศึกษาคุณลักษณะของก๊าซชีวภาพที่ผ่านระบบกรอง เปรียบเทียบกับก๊าซชีวภาพที่ไม่ผ่านระบบกรอง ซึ่งผลการทดลองเป็นดังนี้

4.1 การศึกษาการเกิดก๊าซชีวภาพ

การศึกษาการเกิดก๊าซชีวภาพซึ่งเกิดจากการหมักของสารอินทรีย์โดยมีจุลินทรีย์จำพวกแบคทีเรีย โดยผสมวัตถุดิบในบ่อหมักก๊าซชีวภาพตามสัดส่วน คือ มูลสุกรและน้ำ (มูลสุกรผสมกับน้ำ 1:1 ส่วน หรือมูลสุกร 24 ลิตร และน้ำ 24 ลิตร) เมื่อหมักทิ้งไว้ในบ่อไร้อากาศ เพื่อสังเกตการเปลี่ยนแปลงของบ่อหมักก๊าซชีวภาพ ณ วันที่ 1 7 15 30 และ 45 ตามลำดับ พบว่าก๊าซชีวภาพจะเกิดขึ้นตั้งแต่วันที่ 45 เป็นต้นไป ดังแสดงในตารางที่ 4.1

ตารางที่ 4.1 การเกิดก๊าซชีวภาพของบ่อหมักก๊าซชีวภาพที่ผ่านระบบกรองและไม่ผ่านระบบกรอง

วันที่	มูลสัตว์	ปริมาณและสัดส่วน มูลสัตว์ : น้ำ (ลิตร)	การเกิดก๊าซชีวภาพ	
			บ่อหมักก๊าซชีวภาพที่ไม่ผ่านระบบกรอง	บ่อหมักก๊าซชีวภาพที่ผ่านระบบกรอง
1	มูลสุกร	96 : 96 (ครั้งแรก)	✗	✗
7	มูลสุกร	24 : 24	✗	✗
15	มูลสุกร	24 : 24	✗	✗
30	มูลสุกร	24 : 24	✗	✗
45	มูลสุกร	24 : 24	✓	✓

4.2 การศึกษาปริมาณและสัดส่วนก๊าซชีวภาพ

จากการนำระบบกรองก๊าซชีวภาพไปติดตั้งเพื่อทดสอบความสามารถในการกำจัดก๊าซไฮโดรเจนซัลไฟด์ ก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ กำจัดกลิ่นและความชื้น โดยเปรียบเทียบระหว่างก๊าซ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ชีวภาพที่ไม่ผ่านระบบกรองกับก๊าซชีวภาพที่ผ่านระบบกรองโดยทำการวัด 3 ครั้ง ณ วันที่ 1 4 และ11 ตามลำดับ หลังจากวันที่เกิดก๊าซชีวภาพ (หลังจากวันที่ 45) (วชิรวิทย์. 2557) พบว่าก๊าซชีวภาพที่ไม่ผ่านระบบกรองมีกลิ่นเหม็นของก๊าซไฮโดรเจนซัลไฟด์ปะปนอยู่เป็นจำนวนมาก หลังจากนั้นก็ได้มาทดสอบโดยการใช้ระบบกรองก๊าซชีวภาพ เพื่อนำไปทดสอบใช้งาน พบว่าก๊าซชีวภาพมีกลิ่นเหม็นลดน้อยลงจนแทบจะไม่มีกลิ่นของก๊าซไฮโดรเจนซัลไฟด์เลย และให้ค่าต่างๆที่ออกมามีความสมเหตุสมผล จึงได้นำเครื่องวิเคราะห์ก๊าซชีวภาพแบบพกพา BIOGAS 5000 มาวัดค่าก๊าซชีวภาพที่ไม่ผ่านระบบกรองและก๊าซชีวภาพที่ผ่านระบบกรอง เพื่อนำผลการทดลองที่ได้มาเปรียบเทียบ ดังแสดงในตารางที่ 4.2 และ ตารางที่ 4.3

ตารางที่ 4.2 ค่าเฉลี่ยรวมก๊าซชีวภาพที่ไม่ผ่านระบบกรอง

การทดสอบปริมาณและสัดส่วนก๊าซชีวภาพ	**ผลทดสอบก๊าซชีวภาพไม่ผ่านระบบกรอง**				
	CH_4 (%)	**CO_2 (%)**	**O_2 (%)**	**H_2S (ppm)**	**Others (%)**
วันที่ 1	53.1	38.7	0.5	28	7.6
วันที่ 4	53.6	37.5	0.4	31	8.4
วันที่ 11	54.5	39.4	0.3	30	5.8
เฉลี่ย	**53.7**	**38.5**	**0.4**	**29.7**	**7.3**
ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน	**0.71**	**0.97**	**0.1**	**1.23**	**1.33**

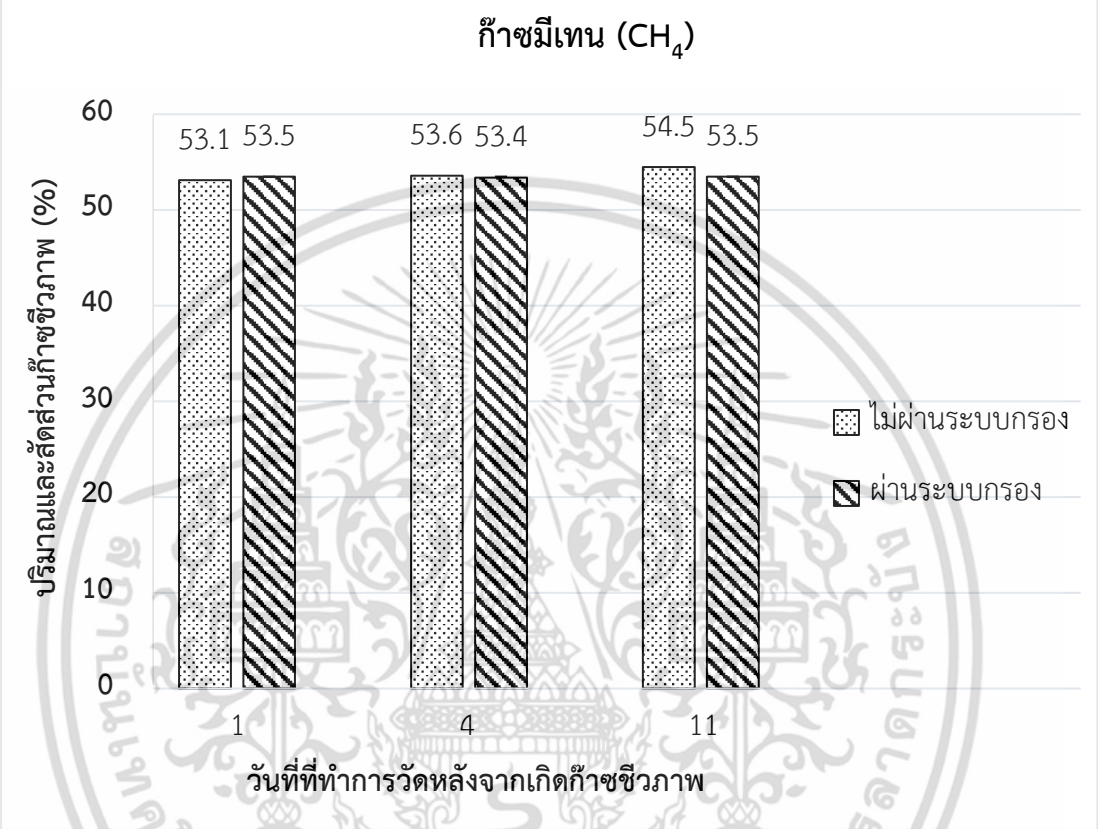
ตารางที่ 4.3 ค่าเฉลี่ยรวมก๊าซชีวภาพที่ผ่านระบบกรอง

การทดสอบปริมาณและสัดส่วนก๊าซชีวภาพ	**ผลทดสอบก๊าซชีวภาพผ่านระบบกรอง**				
	CH_4 (%)	**CO_2 (%)**	**O_2 (%)**	**H_2S (ppm)**	**Others (%)**
วันที่ 1	53.5	30.0	2.5	11	14.0
วันที่ 4	53.4	30.3	2.5	9	13.7
วันที่ 11	53.5	30.4	2.5	9	13.6
เฉลี่ย	**53.5**	**30.3**	**2.5**	**9.7**	**13.8**
ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน	**0.06**	**0.21**	**0**	**1.15**	**0.21**

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.2.1 ผลทดลองปริมาณและสัดส่วนก๊าซมีเทน (CH_4)

การเปรียบเทียบปริมาณและสัดส่วนก๊าซมีเทน ระหว่างก๊าซชีวภาพที่ไม่ผ่านระบบกรองและก๊าซชีวภาพที่ผ่านระบบกรอง ณ วันที่ 1 4 และ11 ตามลำดับ หลังจากวันที่เกิดก๊าซชีวภาพ (หลังจากวันที่ 45) ดังแสดงในรูปที่ 4.1



รูปที่ 4.1 กราฟเปรียบเทียบปริมาณและสัดส่วนก๊าซมีเทน (CH_4) ระหว่างก๊าซชีวภาพที่ไม่ผ่านระบบกรองและก๊าซชีวภาพที่ผ่านระบบกรอง

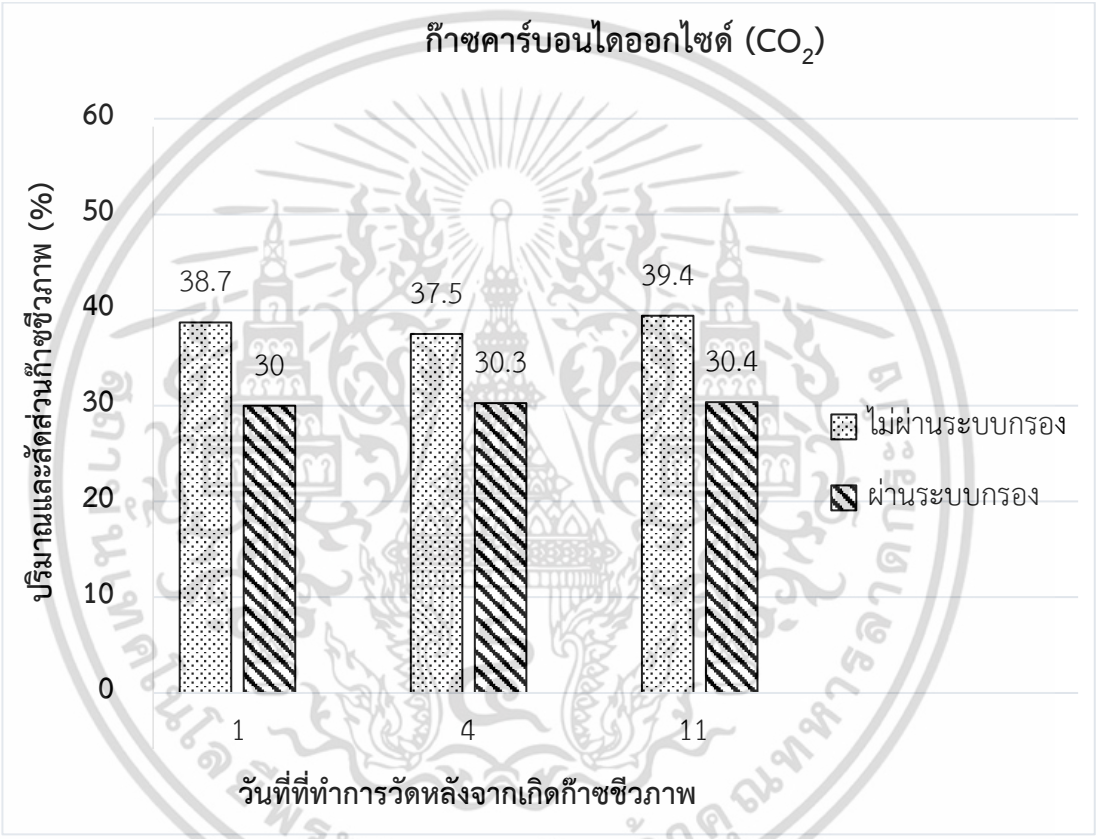
การเปรียบเทียบปริมาณและสัดส่วนก๊าซมีเทน พบว่า ก๊าซชีวภาพที่ไม่ผ่านระบบกรองมีปริมาณและสัดส่วนก๊าซมีเทนร้อยละ 53.1 53.6 และ 54.5 ตามลำดับ และก๊าซชีวภาพที่ผ่านระบบกรองมีปริมาณและสัดส่วนก๊าซมีเทนร้อยละ 53.5 53.4 และ 53.5 ตามลำดับ ซึ่งก๊าซชีวภาพที่ไม่ผ่านระบบกรองและก๊าซชีวภาพที่ผ่านระบบกรองปริมาณและสัดส่วนก๊าซมีเทนแตกต่างกันเพียงเล็กน้อย ดังนั้นก๊าซชีวภาพที่ผ่านระบบกรองจึงไม่มีผลต่อปริมาณและสัดส่วนก๊าซมีเทน

4.2.2 ผลทดลองปริมาณและสัดส่วนก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ (CO_2)

จากรูปที่ 4.2 เป็นการเปรียบเทียบปริมาณและสัดส่วนก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ ระหว่างก๊าซชีวภาพที่ไม่ผ่านระบบกรอง และก๊าซชีวภาพที่ผ่านระบบกรอง ณ วันที่ 1 4 และ11 หลังจากวันที่เกิดก๊าซชีวภาพ (หลังจากวันที่ 45) พบว่าก๊าซชีวภาพที่ไม่ผ่านระบบกรองมีปริมาณและสัดส่วนก๊าซ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

คาร์บอนไดออกไซด์ร้อยละ 38.7 37.5 และ39.4 ตามลำดับ และก๊าซชีวภาพที่ผ่านระบบกรองมีปริมาณและสัดส่วนก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ร้อยละ 30.0 30.3 และ30.4 ตามลำดับ พบว่าก๊าซชีวภาพที่ผ่านระบบกรองมีปริมาณและสัดส่วนก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ต่ำกว่าก๊าซชีวภาพที่ไม่ผ่านระบบกรอง เนื่องจากระบบกรองก๊าซชีวภาพมีกระบวนการกำจัดก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ ด้วยน้ำปูนใส มีคุณสมบัติของสารละลาย คือ จับตัวกับก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ ส่งผลให้ก๊าซชีวภาพมีปริมาณและสัดส่วนก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ลดน้อยลงร้อยละ 8.2 ดังนั้นการปรับปรุงคุณภาพก๊าซชีวภาพ หรือปริมาณและสัดส่วนก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ในก๊าซชีวภาพลดลง จะสามารถลดปัญหาข้างต้นลงได้



รูปที่ 4.2 กราฟเปรียบเทียบปริมาณและสัดส่วนก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ (CO_2) ระหว่างก๊าซชีวภาพที่ไม่ผ่านระบบกรองและก๊าซชีวภาพที่ผ่านระบบกรอง

4.2.3 ผลทดลองปริมาณและสัดส่วนก๊าซออกซิเจน (O_2)

จากรูปที่ 4.3 ณ วันที่ 1 4 และ11 ตามลำดับ หลังจากวันที่เกิดก๊าซชีวภาพ (หลังจากวันที่ 45) ก๊าซชีวภาพที่ไม่ผ่านระบบกรองมีปริมาณและสัดส่วนก๊าซออกซิเจนร้อยละ 0.5 0.4 และ 0.3 ตามลำดับ ซึ่งน้อยกว่าก๊าซชีวภาพที่ผ่านระบบกรองมีปริมาณและสัดส่วนก๊าซออกซิเจนร้อยละ 2.5 2.5 และ 2.5 ตามลำดับ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

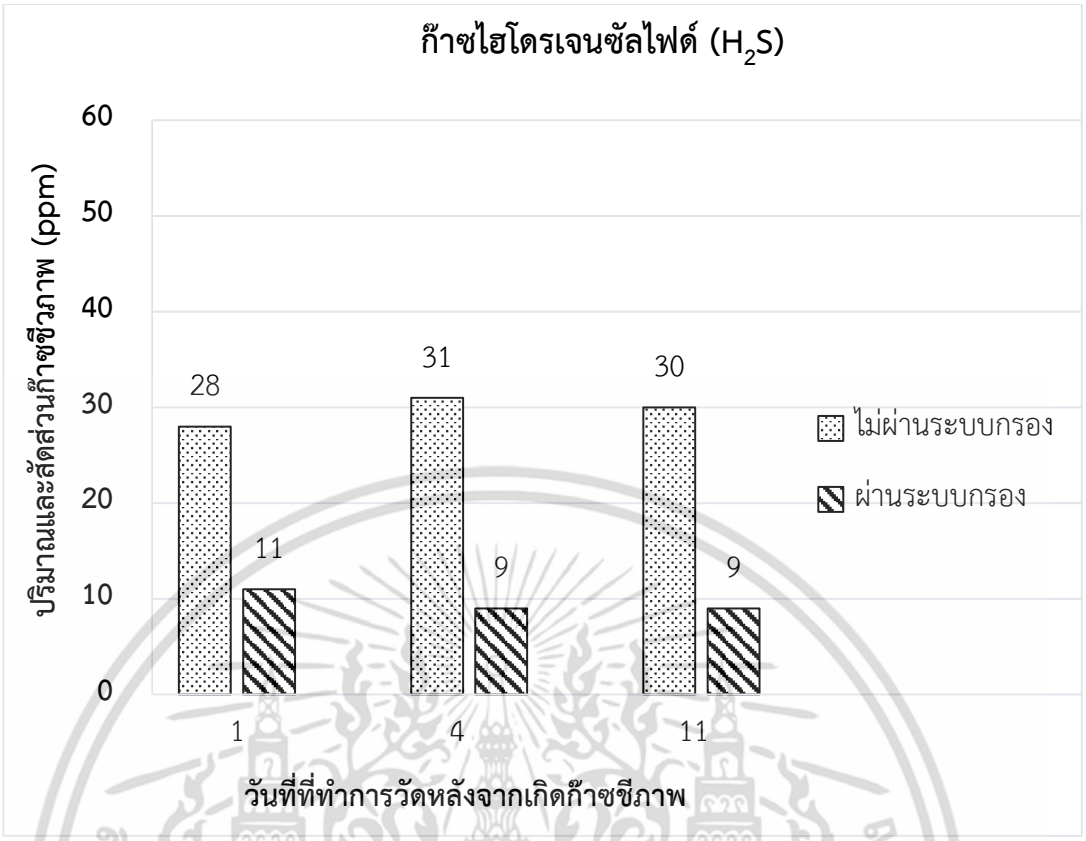
รูปที่ 4.3 กราฟเปรียบเทียบปริมาณและสัดส่วนก๊าซออกซิเจน (O_2) ระหว่างก๊าซชีวภาพที่ไม่ผ่านระบบกรองและก๊าซชีวภาพที่ผ่านระบบกรอง

ก๊าซชีวภาพเกิดจากการหมักย่อยสลายสารอินทรีย์ภายใต้สภาวะที่ปราศจากออกซิเจน (anaerobic digestion) จากการเปรียบเทียบ พบว่า ก๊าซชีวภาพที่ไม่ผ่านระบบกรองมีปริมาณและสัดส่วนก๊าซออกซิเจนน้อยกว่าก๊าซชีวภาพที่ผ่านระบบกรอง แต่ไม่ส่งผลกระทบต่อปริมาณและสัดส่วนของก๊าซมีเทน

4.2.4 ผลทดลองปริมาณและสัดส่วนก๊าซไฮโดรเจนซัลไฟด์ (H_2S)

จากรูปที่ 4.4 แสดงการเปรียบเทียบปริมาณและสัดส่วนก๊าซไฮโดรเจนซัลไฟด์ พบว่าก๊าซชีวภาพที่ผ่านระบบกรองมีปริมาณและสัดส่วนก๊าซไฮโดรเจนซัลไฟด์ลดลง ซึ่ง ณ วันที่ 1 4 และ 11 ตามลำดับ หลังจากวันที่เกิดก๊าซชีวภาพ (หลังจากวันที่ 45) ก๊าซชีวภาพที่ไม่ผ่านระบบกรองมีปริมาณและสัดส่วนก๊าซไฮโดรเจนซัลไฟด์เป็น 28 31 และ30 ppm ตามลำดับ และก๊าซชีวภาพที่ผ่านระบบกรองมีปริมาณและสัดส่วนก๊าซไฮโดรเจนซัลไฟด์เป็น 11 9 และ9 ppm ตามลำดับ ปริมาณและสัดส่วนของก๊าซไฮโดรเจนซัลไฟด์จะลดลงเรื่อยๆ จนถึงจุดอิ่มตัวและสามารถกำจัดก๊าซไฮโดรเจนซัลไฟด์ได้เหลือปริมาณและสัดส่วนน้อยที่สุด ซึ่งเท่ากับ 9 ppm ทำให้ปริมาณและสัดส่วนก๊าซชีวภาพดีขึ้น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



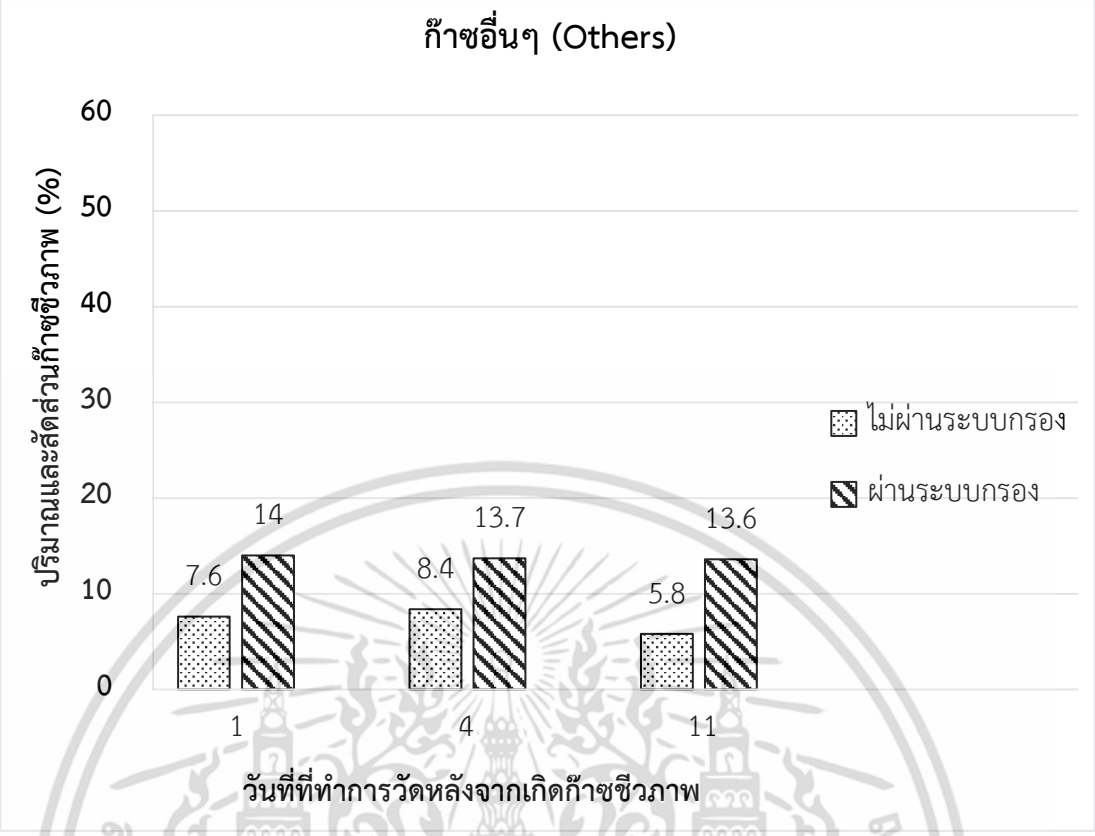
รูปที่ 4.4 กราฟเปรียบเทียบปริมาณและสัดส่วนก๊าซไฮโดรเจนซัลไฟด์ (H_2S) ระหว่างก๊าซชีวภาพที่ไม่ผ่านระบบกรองและก๊าซชีวภาพที่ผ่านระบบกรอง

ก๊าซชีวภาพที่ผ่านระบบกรองมีปริมาณและสัดส่วนก๊าซไฮโดรเจนซัลไฟด์ต่ำกว่าก๊าซชีวภาพที่ไม่ผ่านระบบกรอง และก๊าซชีวภาพที่ผ่านระบบกรองมีประสิทธิภาพในการกำจัดก๊าซไฮโดรเจนซัลไฟด์ 20 ppm เนื่องจากวัสดุดูดซับจากขี้เหล็กกลึงไม่แปรสภาพเป็นสนิมที่เกิดเองจากธรรมชาติ (สมชัย, 2546) เป็นสารประกอบระหว่างเหล็กกับออกซิเจน เกิดเป็นไฮเดรตเฟอริกออกไซด์ ($Fe_2O_3 \cdot XH_2O_3$) เมื่อรวมตัวกับก๊าซไฮโดรเจนซัลไฟด์เกิดเป็นสารประกอบเหล็กซัลเฟต จึงทำให้เกิดกระบวนการดูดซับก๊าซไฮโดรเจนซัลไฟด์มีประสิทธิภาพมากที่สุด (วงศ์วิวรรธ, 2555)

4.2.5 ผลทดลองปริมาณและสัดส่วนก๊าซอื่นๆ (Others)

ก๊าซไนโตรเจน (N_2) และก๊าซไฮโดเจน (H_2) เป็นองค์ประกอบของก๊าซชีวภาพที่มีปริมาณและสัดส่วนน้อย ซึ่งก๊าซไนโตรเจน (N_2) และก๊าซไฮโดเจน (H_2) จัดอยู่ในประเภทก๊าซอื่นๆ จากรูปที่ 4.5 การเปรียบเทียบก๊าซอื่นๆ พบว่า ณ วันที่ 1 4 และ11 ตามลำดับ หลังจากวันที่เกิดก๊าซชีวภาพ (หลังจากวันที่ 45) ก๊าซชีวภาพที่ไม่ผ่านระบบกรองมีปริมาณและสัดส่วนก๊าซอื่นๆร้อยละ 7.6 8.4 และ 5.8 ตามลำดับ และก๊าซชีวภาพที่ผ่านระบบกรองมีปริมาณและสัดส่วนก๊าซอื่นๆร้อยละ14.0 13.7 และ13.6 ตามลำดับ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



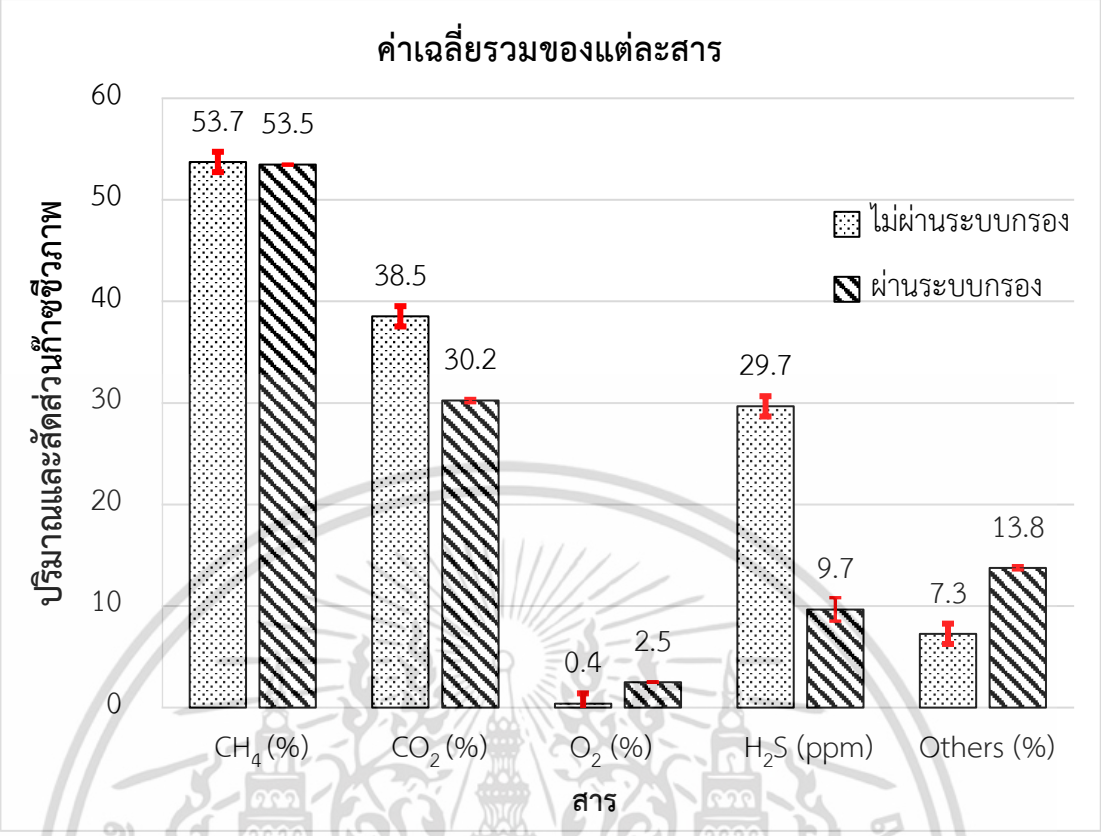
รูปที่ 4.5 กราฟเปรียบเทียบปริมาณและสัดส่วนก๊าซอื่นๆ (Others) ระหว่างก๊าซชีวภาพที่ไม่ผ่านระบบกรองและก๊าซชีวภาพที่ผ่านระบบกรอง

ก๊าซชีวภาพที่ผ่านระบบกรองมีปริมาณและสัดส่วนก๊าซอื่นๆมากกว่าก๊าซชีวภาพที่ไม่ผ่านระบบกรอง เนื่องจากก๊าซไหลผ่านเข้าสู่ระบบกรองก๊าซชีวภาพทำให้ก๊าซอื่นๆปะปนเข้ามามากกว่าก๊าซชีวภาพที่ไม่ผ่านระบบกรอง คาดว่าจะไม่ส่งผลกระทบต่อปริมาณและสัดส่วนก๊าซมีเทน

4.2.6 ผลทดลองปริมาณและสัดส่วนก๊าซชีวภาพ

องค์ประกอบของก๊าซชีวภาพที่ไม่ผ่านระบบกรองประกอบด้วยปริมาณและสัดส่วนก๊าซมีเทนเฉลี่ยร้อยละ 53.7 ก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์เฉลี่ยร้อยละ 38.5 ก๊าซออกซิเจนเฉลี่ยร้อยละ 0.4 ก๊าซไฮโดรเจนซัลไฟด์เฉลี่ย 29.7 ppm และก๊าซอื่นๆเฉลี่ยร้อยละ 7.3 และก๊าซชีวภาพที่ผ่านระบบกรองประกอบด้วยปริมาณและสัดส่วนของก๊าซมีเทนเฉลี่ยร้อยละ 53.5 ก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์เฉลี่ยร้อยละ 30.3 ก๊าซออกซิเจนเฉลี่ยร้อยละ 2.5 ก๊าซไฮโดรเจนซัลไฟด์เฉลี่ย 9.7 ppm และก๊าซอื่นๆเฉลี่ยร้อยละ 13.8

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.6 กราฟแสดงค่าที่วัดได้โดยไม่ผ่านระบบกรองและค่าที่วัดได้โดยผ่านระบบกรอง

การปรับปรุงและพัฒนาคุณภาพของก๊าซชีวภาพอย่างมีประสิทธิภาพ โดยมีหลักการ คือ ตัวกรองที่ 1 บรรจุฝอยเหล็กเพื่อกำจัดก๊าซไฮโดรเจนซัลไฟด์ (H_2S) ตัวกรองที่ 2 บรรจุน้ำปูนแดงเพื่อกำจัดก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ และตัวกรองที่ 3 บรรจุถ่านไม้เพื่อดักกลิ่นและความชื้น ซึ่งระบบที่ออกแบบและสร้างขึ้นสามารถปรับปรุงคุณภาพก๊าซชีวภาพได้อย่างมีประสิทธิภาพ เมื่อเปรียบเทียบกับก๊าซชีวภาพที่ไม่ผ่านระบบกรอง จากผลการทดลองพบว่า การสร้างระบบเพิ่มประสิทธิภาพก๊าซชีวภาพ เมื่อก๊าซผ่านตัวกรองที่ 1 สามารถลดปริมาณและสัดส่วนก๊าซไฮโดรเจนซัลไฟด์ได้ถึง 20 ppm ผ่านตัวกรองที่ 2 สามารถลดปริมาณก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ได้ถึงร้อยละ 8.2 และผ่านตัวกรองที่ 3 กลิ่นลดลงอย่างเห็นได้ชัด รวมถึงปริมาณความชื้นที่ลดลงโดยสังเกตได้จากก๊าซชีวภาพไม่มีไอน้ำเข้ามาปะปน ดังนั้นจากผลการทดลองที่ได้ในงานวิจัยนี้ สามารถเป็นแนวทางในการปรับปรุงคุณภาพก๊าซชีวภาพให้ดีขึ้นเหมาะแก่การใช้งานสำหรับครัวเรือน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.3 อุปกรณ์และค่าใช้จ่าย

ก๊าซชีวภาพสามารถผลิตได้จากวัตถุดิบที่นำมาจาก เศษอาหาร มูลสัตว์ จากการประกอบอาชีพด้านเกษตรกรรมและปศุสัตว์ ซึ่งการผลิตก๊าซชีวภาพควรจัดหาวัสดุอุปกรณ์ที่หาได้ง่าย ราคาถูกและซื้อได้ในท้องถิ่น เพื่อลดภาระค่าใช้จ่ายในครัวเรือน

4.3.1 อุปกรณ์และค่าใช้จ่ายบ่อหมักก๊าซชีวภาพ

อุปกรณ์และค่าใช้จ่ายบ่อหมักก๊าซชีวภาพขนาด 7.6 ลูกบาศก์เมตร โดยประมาณ ดังแสดงในตารางที่ 4.4

ตารางที่ 4.4 รายการอุปกรณ์และค่าใช้จ่ายบ่อหมักก๊าซชีวภาพ

ชนิด	ราคา
1. พลาสติกพีวีซี ความหนา 0.25 มิลลิเมตร กว้าง 1.8 เมตร ยาว 6 เมตร จำนวน 3 ผืน	1,000
2. ท่อพีวีซีเส้นผ่าศูนย์กลาง 4 นิ้ว ยาว 1.2 เมตร จำนวน 2 อัน	350
3. กาวอีแว๊ป ½ กระป๋อง พร้อมแปรง	100
4. เกลียวนอก-ใน พีวีซี ¾ - 1 นิ้ว จำนวน 1 ชุด	20
5. ยางในรถจักรยานยนต์เก่า	-
6. แผ่นพลาสติกแข็ง ขนาด 3 นิ้ว 2 แผ่น (กระป๋องน้ำมันเครื่องเก่า)	-
7. ท่อพีอี หรือท่อพีวีซี ข้อต่อ ขนาด ¾ - 1 นิ้ว จำนวนขึ้นกับความยาวของท่อส่งก๊าซที่ต้องการ (20 เมตร)	300
8. สามทางพีวีซี ¾ - 1 นิ้ว จำนวน 1 อัน	10
9. ขวดดักจับไอน้ำ 1 ใบ (ขวดน้ำดื่มที่ใช้แล้ว)	-
10. วาล์วทองเหลือง 4 หุน หรือบอลวาล์ว จำนวน 1 อัน	40-100
11. หัวก๊าซ 1 หัว	400-600
12. สายส่งก๊าซความยาว 2 เมตร	100
13. ปูนซีเมนต์ 1 ถุง พร้อมทราย	110
14. วงบ่อ ขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 50-80 ซม.	200-400
ราคารวมประมาณ 2,630-3,090 บาท (ไม่รวมค่าขุดหลุม)	

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.3.2 อุปกรณ์และค่าใช้จ่ายระบบกรองก๊าซชีวภาพ

อุปกรณ์และค่าใช้จ่ายระบบกรองก๊าซชีวภาพโดยประมาณ ดังแสดงในตารางที่ 4.5

ตารางที่ 4.5 รายการอุปกรณ์และค่าใช้จ่ายระบบกรองก๊าซชีวภาพ

ชนิด	ราคา
1. แผ่นสแตนเลส หนา 2 มม. 4 นิ้ว × 8 นิ้ว จำนวน 1 แผ่น	1,870
2. แผ่นสแตนเลส หนา 1.2 มม. (100×120 ซม.) จำนวน 3 แผ่น	4,800
3. แผ่นสแตนเลสกลม หนา 3 มม. (Ø 12 นิ้ว) จำนวน 3 ชิ้น	2,400
4. แผ่นตะแกรงรูสแตนเลส Ø 6 มม. หนา 1.2 มม. (60×100 ซม.) จำนวน 3 แผ่น	9,900
5. เพลาสแตนเลส Ø ¼ นิ้ว จำนวน 1 เส้น	560
6. หูล็อคสแตนเลส SS จำนวน 9 ชุด	480
7. นิปเปิ้ล Ø ½ นิ้ว จำนวน 6 ชุด	180
8. ข้องอเกลียวในทองเหลือง ½ นิ้ว จำนวน 7 ตัว	280
9. ข้อต่อหางปลาทองเหลือง ½ นิ้ว จำนวน 2 ตัว	100
10. ฝาครอบทองเหลือง ½ นิ้ว จำนวน 3 ตัว	30
11. บอลวาล์ว PVC ½ นิ้ว จำนวน 5 ตัว	125
12. ท่อ PVC ½ นิ้ว จำนวน 1 เส้น	42
13. เหล็กกลม 2 นิ้ว × 2 นิ้ว × ¼ นิ้ว จำนวน 2 เส้น	264
14. กาวทาท่อ 50 กรัม จำนวน 2 กระป๋อง	84
15. เทปพันเกลียว 10 ม.×12 มม.×0.07 มม. จำนวน 4 ม้วน	18
16. ข้องอ 90° PE ¾ นิ้ว จำนวน 4 ตัว	80
17. ข้อต่อสามทาง PE ¾ นิ้ว จำนวน 2 ตัว	10
18. ถ่านไม้10 จำนวน กิโลกรัม	60
ราคารวมประมาณ 21,283 บาท	

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 5
สรุปและข้อเสนอแนะ

จากการออกแบบระบบกรองก๊าซชีวภาพ โดยมีรายละเอียดดังกล่าวมาข้างต้นแล้ว สามารถสรุปผลการระบบกรองก๊าซชีวภาพและข้อเสนอแนะเพื่อการปรับปรุงพัฒนาให้ระบบมีประสิทธิภาพในการทำงานเพิ่มมากยิ่งขึ้นได้ดังนี้

5.1 สรุปผลการทดลอง

5.1.1 ผลการทดลองบ่อหมักก๊าซชีวภาพ

การศึกษาการเกิดก๊าซชีวภาพซึ่งเกิดจากการหมักของสารอินทรีย์โดยมีจุลินทรีย์จำพวกแบคทีเรีย จากการสังเกตการเปลี่ยนแปลงของบ่อหมักก๊าซชีวภาพ ณ วันที่ 1 7 15 30 และ 45 ตามลำดับ พบว่าก๊าซชีวภาพจะเกิดขึ้นตั้งแต่วันที่ 45 เป็นต้นไป

5.1.2 ผลการทดลองระบบกรองก๊าซชีวภาพ

จากการทดลองระบบกรองก๊าซชีวภาพ ด้วยการกำจัดก๊าซไฮโดรเจนซัลไฟด์ ก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ กลิ่นและความชื้น โดยนำเครื่องวิเคราะห์ก๊าซชีวภาพแบบพกพา BIOGAS 5000 เพื่อวิเคราะห์ผล พบว่า สามารถลดก๊าซไฮโดรเจนซัลไฟด์ได้ถึง 20 ppm สามารถลดก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ได้ถึงร้อยละ 8.2 และสามารถลดกลิ่นและความชื้นได้ดี เมื่อเปรียบเทียบกับก๊าซชีวภาพที่ได้จากหลุมหมักโดยตรง จึงส่งผลให้ก๊าซชีวภาพมีความบริสุทธิ์มากยิ่งขึ้น ระบบปรับปรุงคุณภาพก๊าซชีวภาพที่สร้างขึ้น สามารถปรับปรุงคุณภาพก๊าซชีวภาพได้ตามวัตถุประสงค์ของงานวิจัย คือสามารถกำจัดก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ จากเดิมร้อยละ 38.5 เหลือร้อยละ 30.3 กำจัดก๊าซไฮโดรเจนซัลไฟด์ จากเดิม 29.7 ppm เหลือ 9.7 ppm จากผลสรุปโดยภาพรวมทั้งหมดที่ได้มาจากการศึกษางานวิจัยและทฤษฎีที่เกี่ยวข้องนำมาศึกษาและเป็นแนวทางในการคิดริเริ่มระบบกรองก๊าซชีวภาพ สามารถทำให้ก๊าซชีวภาพมีความบริสุทธิ์เพิ่มมากขึ้น ซึ่งส่งผลให้ประสิทธิภาพการใช้ก๊าซชีวภาพได้เป็นอย่างดี

5.2 สิ่งที่ได้จากงานวิจัย

5.2.1 แนวทางในการกำจัดก๊าซไฮโดรเจนซัลไฟด์ ก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ กลิ่นและความชื้น

5.2.2 ปริมาณและสัดส่วนของก๊าซชีวภาพระหว่างก๊าซชีวภาพที่ไม่ผ่านระบบกรองและก๊าซที่ชีวภาพผ่านระบบกรอง

5.2.3 ทางเลือกในการผลิตก๊าซชีวภาพในครัวเรือนที่มีประสิทธิภาพดีขึ้น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

5.3 ข้อเสนอแนะ

5.3.1 ขนาดของระบบกรองก๊าซชีวภาพขึ้นอยู่กับขนาดของหลุมหมักก๊าซชีวภาพ จึงต้องมีการคำนวณปริมาตรก๊าซที่อยู่ในหลุมหมักก่อนที่จะกำหนดขนาดตัวกรอง ในส่วนปริมาณของขี้กลึงเหล็ก น้ำปูนใส และถ่านไม้ จะขึ้นอยู่กับขนาดของตัวกรองด้วย

5.3.2 สามารถลดต้นทุนการทำระบบกรองก๊าซชีวภาพได้โดยการทำด้วยท่อพีวีซีแทนแผ่นสแตนเลส (เรวัต ซ่อมสุข. 2554)

5.3.3 เนื่องจากงานวิจัยฉบับนี้ได้ศึกษาระบบการผลิตก๊าซชีวภาพจากมูลสัตว์เท่านั้น แต่ยังมีการผลิตก๊าซชีวภาพจากแหล่งอื่นได้อีก เช่น จากโรงงานมันสำปะหลัง จากโรงงานน้ำตาลที่มีกาก อ้อย จากโรงไม้ที่มีขี้เลื่อย จากโรงงานผลิตอาหารกระป๋องที่มีเศษอาหารเป็นวัสดุเหลือใช้ โดยนำมาเปรียบเทียบปริมาณก๊าซที่ได้ว่ามีความแตกต่างกันมากน้อยเพียงใด

5.3.4 ควรจัดหาวัสดุอุปกรณ์ที่หาได้ง่ายท้องถิ่น เพื่อประหยัดต้นทุนและนำสิ่งที่อยู่รอบตัวมาใช้ให้เกิดประโยชน์สูงสุด

5.3.5 ควรมีการศึกษาปัจจัยที่มีผลต่อการหมักอื่นๆ เช่น อุณหภูมิ ชนิดของวัสดุหมัก ความดัน สภาพความเป็นกรด-ด่าง (pH) ชนิดของสารอาหาร ซึ่งผลต่อการเจริญเติบโตของจุลินทรีย์และการผลิตก๊าซ เป็นต้น

5.3.6 ในอนาคตควรมีการวัดพารามิเตอร์ที่สภาพแวดล้อมคงที่ เพื่อให้ผลการวิเคราะห์ก๊าซชีวภาพน่าเชื่อถือและแม่นยำยิ่งขึ้น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บรรณานุกรม

กรมพัฒนาพลังงานทดแทนและอนุรักษ์พลังงาน. 2554. **พลังงานก๊าซชีวภาพ.** กรุงเทพฯ : เอเบิล คอนซัล แตนท์ จำกัด.

กรมโรงงานอุตสาหกรรม. 2553. **คู่มือการปฏิบัติงานเกี่ยวกับการออกแบบ การผลิต การควบคุมคุณภาพและการใช้ก๊าซชีวภาพ (Biogas) สำหรับโรงงานอุตสาหกรรม.** กรุงเทพฯ : สำนักวิจัย ค้นคว้า พลังงาน กรมพลังงานทดแทน และอนุรักษ์พลังงาน.

เจษฎา มิ่งฉาย และคณะ 2556. **การปรับปรุงคุณภาพก๊าซชีวภาพเพื่อการพัฒนาพลังงานชุมชนของเกษตรกรรายย่อยฯ.** อุตรดิตถ์ : คณะเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยราชภัฏอุตรดิตถ์.

ชนม์ชนก บุรีแก้ว. 2556. **มหัศจรรย์ถ่านไม้.** [Online]. เข้าถึงได้จาก https://poptaewall.wordpress.com.

ณัฐพล รัตนมุขย์. 2549. “การกำจัดก๊าซไฮโดรเจนซัลไฟล์โดยเครื่องกรองชีวภาพ.” วิทยานิพนธ์วิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาวิศวกรรมสิ่งแวดล้อม ภาควิชาวิศวกรรมสิ่งแวดล้อม, จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

ธงชัย พรรณสวัสดิ์, (ผู้รวบรวม) 2525. **คู่มือการวิเคราะห์น้ำทิ้ง.** กรุงเทพฯ : จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

บุญมา ป้านประดิษฐ์, สมชาย แก้วจันทร์ฉาย และคมสัน หุตะแพทย์. **ถังหมักมหัศจรรย์เปลี่ยนขยะเป็นก๊าซชีวภาพ.** กรุงเทพฯ : สำนักพิมพ์เกษตรกรรมธรรมชาติ. 2556.

บูรณะศักดิ์ มาดหมาย. 2552. “การใช้เทคโนโลยีพลังงานชีวภาพ.” **Technology Bio.** 36(205) : 60-67.

ปภัส ชนะโรค, รัตนวรรณ เกียรติโกมล และวีรชัย อาจหาญ. 2555. "การปรับปรุงคุณภาพก๊าซชีวภาพด้วยกระบวนการดูดซับสลับความดัน." **วารสารสมาคมวิศวกรรมเกษตรแห่งประเทศไทย.** 18(1) : 15-23.

พลกฤษณ์ คุ้มกล้ำ. 2557. **การผลิตก๊าซชีวภาพจากฟางข้าว.** กรุงเทพฯ : มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร.

รัศมี สิทธิขันแก้ว. 2554. “พัฒนาตัวดูดซับเพื่อบำบัดก๊าซไฮโดรเจนซัลไฟด์ออกจากก๊าซธรรมชาติ”. **ประชาคมวิจัย สกว.** 17(97) : 17-18.

เรวัต ซ่อมสุข. 2554. “การพัฒนาชุดกำจัดไฮโดรเจนซัลไฟด์ (H_2S) สำหรับก๊าซชีวภาพจากมูลสุกร.” หน้า 564-567.ใน **การประชุมวิชาการ การพัฒนาอนาคตชนบทไทย ฐานรากที่มั่นคงเพื่อการพัฒนาประเทศอย่างยั่งยืน.** ขอนแก่น : มหาวิทยาลัยขอนแก่น.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บรรณานุกรม (ต่อ)

วงศ์วิวรรธ ธนูศิลป์ และสุนันทา เลาวัณย์ศิริ. 2555. “การกำจัดก๊าซไฮโดรเจนซัลไฟด์จากก๊าซชีวภาพโดยใช้ถ่านกัมมันต์และเหล็ก.” หน้า 419-427. ใน **การประชุมวิชาการแห่งชาติ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตกำแพงแสน ครั้งที่ 9.** นครปฐม : มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

สาโรจน์ ฉิมปาน, จิตรา แซ่จง, พัชรี จันทร์ไชยแก้ว และจรัญ บุญกาญจน์. 2553. “ระบบกำจัดก๊าซไฮโดรเจนซัลไฟด์จากก๊าซชีวภาพที่เหมาะสมกับชุมชน.” หน้า 162-167. ใน **ประชุมวิชาการทาวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัย สงขลานครินทร์ ครั้งที่ 8.** สงขลา : มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์.

สุชน ตั้งทวีวิพัฒ. **การผลิตก๊าซชีวภาพเพื่อลดมลภาวะและพลังงานสำหรับครัวเรือน**. เชียงใหม่ : คลินิกเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยเชียงใหม่. 2555.

สุชาติ วงษ์โพธิ์, สมภพ ปัญญาสมพรรค์ และทวีวัฒน์ สุภารส. 2559. “อุปกรณ์ปรับปรุงคุณภาพก๊าซชีวภาพเพื่อการบรรจุลงถัง.” หน้า 706-706. ใน **การประชุมสัมมนาวิชาการนำเสนอผลงานวิจัยระดับชาติเครือข่ายบัณฑิตศึกษา มหาวิทยาลัยราชภัฏภาคเหนือ ครั้งที่ 16 และการประชุมวิชาการระดับชาติ มหาวิทยาลัยราชภัฏเพชรบูรณ์ ครั้งที่ 3.** พิษณุโลก : มหาวิทยาลัยราชภัฏเพชรบูรณ์.

สุทัศน์ ยกส้าน. 2553. **ก๊าซชีวภาพ.** [Online]. เข้าถึงได้จาก http://www.eng.chula.ac.th/newsletter/index.php?q=node/192

อมรพล ช่างสุพรรณ. “เทคโนโลยีการกำจัดสารอินทรีย์ระเหยง่าย (VOC) ด้วยระบบการกรองชีวภาพ (biofiltration)” **วารสารกรมวิทยาศาสตร์บริการ.** ปีที่62, ฉบับที่ 197. มกราคม 2557. หน้า 36-38.

Bo Guo1t, Liping Chang and Kechang Xie. 2006. “Adsorption of Carbon Dioxide on Activated Carbon.” **Journal of Natural Gas Chemistry.** 2006(15) : 223-229.

Nozic, M. 2006. “Remoal of carbon dioxide from biogas.” Department of Chemical Engineering, Lund University.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก ก
คู่มือการใช้และการบำรุงรักษาเบื้องต้น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ก.1 บ่อหมักก๊าซชีวภาพ

ก.1.1 การทดสอบระบบ

หลังจากติดตั้งบ่อหมักก๊าซชีวภาพ ชุดปรับแรงดัน วาล์วเปิดปิดก่อนเข้าหัวเตาแล้ว ให้เติมน้ำดิบที่ไม่มีคลอรีนลงในบ่อหมัก โดยให้ระดับน้ำในบ่อหมักท่วมปลายท่อพีวีซีด้านใน ซึ่งเป็นทางเข้าและทางออกของวัสดุหมักและกากตะกอน ตามลำดับ พร้อมกับสังเกตการทำงานชุดปรับแรงดัน จะพบว่ามีฟองอากาศลอยออกมาเมื่อแรงดันเกิน

หลังจากหยุดเติมน้ำลงบ่อแล้วประมาณ 10-30 นาที หากสังเกตเห็นว่า แรงตึงบ่อหมักก๊าซชีวภาพยังคงที่เหมือนเดิม แสดงว่าบ่อหมักอยู่ในสภาพดีสามารถใช้งานได้ แต่ถ้าสังเกตเห็นว่าแรงตึงของบ่อหมักก๊าซชีวภาพลดลงแสดงว่ามีรูรั่วให้ใช้กาวพีวีซีติดเชื่อม

ก.1.2 วิธีการใช้งาน

หลังจากติดตั้งบ่อหมักก๊าซชีวภาพและเติมมูลสัตย์ไปแล้ว 10 วัน ให้ทดสอบดังนี้

(1) ทดสอบการเกิดก๊าซ ให้ปล่อยลมหรือควันรถออกจากบ่อจากบ่อหมักก๊าซชีวภาพพอประมาณ จากนั้นให้สังเกตอัตราการเกิดก๊าซของบ่อหมักอีกครั้ง จากการกลับคืนสภาพของบ่อหมัก (ได้แก่ การพองขึ้นของพลาสติกพีวีซี)

(2) การจุดไฟที่หัวเตา ให้จุดไม้ขีดไฟหรือปืนจุดที่มีไฟติดแล้ว จ่อรอที่หัวเตา จากนั้นจึงเปิดวาล์วควบคุมก๊าซ ให้ก๊าซชีวภาพจากบ่อหมักไหลมาที่หัวเตา การปรับเร่งปริมาตรก๊าซชีวภาพทำได้โดยปรับที่วาล์วควบคุมการเปิดปิด (บอลวาล์ว) หรือควบคุมที่ตัวเร่งกรณีที่ใช้ชุดประหยัดก๊าซ

ก.1.3 ข้อควรระวังและการบำรุงรักษา

(1) ไม่ควรเป็นวาล์วท่อก๊าซชีวภาพทิ้งไว้

(2) ห้ามติดตั้งขวดปรับแรงดันไว้ในบ้าน

(3) ให้ทำรั้วป้องกันสัตว์ กรณีมีสัตว์เลี้ยงในบ้าน

(4) ดูแลบริเวณขอบบ่อก๊าซชีวภาพโดยรอบให้สะอาด

(5) ให้เติมมูลสัตว์หรืออินทรียวัตถุอื่นๆ ที่สับละเอียดไม่น้อยกว่าวันละ 20 กิโลกรัม ผสมกับน้ำไม่น้อยกว่า 30 ลิตร ยกเว้นมูลไก่ซึ่งเป็นมูลแห้งต้องใช้น้ำผสมกับมูลในสัดส่วนไม่น้อยกว่า 4-5:1 ทำเช่นนี้ทุกวันสม่ำเสมอ หรืออย่างน้อยทุกๆ 3-4 วัน

(6) ไม่ควรเติม EM ปูนขาว น้ำยาล้างจาน หรือน้ำที่มีคลอรีน

(7) ระมัดระวังอย่าให้วัสดุจำพวกหิน ดิน ทราย เปลือกหอย หรือวัสดุย่อยไม่ได้/ย่อยยาก ไหลลงไปในบ่อหมัก

ก.1.4 การแก้ปัญหาเบื้องต้น

(1) กรณีจุดไฟไม่ติด

บ่อก๊าซมีแรงดันอยู่ (ถุงพอง) ให้เปิดวาล์วก๊าซที่หัวเตา ถ้าไม่มีกลิ่น เช่น กลิ่นไข่เน่า แสดงว่าท่อส่งก๊าซตัน ให้ไล่น้ำออกจากท่อส่งก๊าซชีวภาพ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บ่อก๊าซไม่มีแรงดัน ให้ดูที่ขวดน้ำของชุดปรับแรงดันว่าแห้งหรือไม่ ถ้าแห้งให้เติมน้ำ ถ้าน้ำไม่แห้งแสดงว่ามีรอยรั่ว ให้ทำตามข้อที่ (2) ในลำดับถัดไป

(2) การตรวจสอบรอยรั่วของข้อต่อหรือส่งก๊าซ

ให้นำวาล์วที่หัวเตามาปิดตรงจุดก่อนเข้าชุดปรับแรงดัน จากนั้นให้ใช้เครื่องเป่าลมเป่าเข้าในถุงให้เต็ม ปิดวาล์ว สังเกตแรงตึงของถุงหมัก ถ้ายังคงเดิมแสดงว่าเกิดการซึมที่ท่อส่งหรือข้อต่อตามจุดต่างๆ ของท่อส่งก๊าซไปยังหัวเตา แต่ถ้าถุงหมักก๊าซสูญเสียแรงดันแสดงว่าถุงก๊าซชีวภาพมีรอยรั่วซึม

(3) การตรวจสอบรอยรั่วของถุงหมักก๊าซ

ให้เป่าลมเข้าในถุงให้มีแรงดันมากๆ จากนั้นทำความสะอาดพลาสติกของถุงหมักก๊าซด้วยน้ำ ใช้ผงซักฟอกละลายน้ำชโลมบนผิวผิวพลาสสิก หากมีรูรั่วจะสังเกตเห็นฟองอากาศได้อย่างชัดเจน

(4) การซ่อมถุงหมักพลาสติดพีวีซี

ทำความสะอาดบริเวณรั่ว ด้วยการใช้ผ้าสะอาดเช็ดสะอาดเช็ดให้แห้ง ตัดเศษพลาสติกพีวีซีที่มีความหนา 0.25 มิลลิเมตร เป็นรูปวงกลมขนาดใหญ่กว่ารูรั่ว ทากาวพีวีซีให้ทั่ว แล้วนำไปปิดทับรูรั่วดังกล่าว โดยใช้นิ้วมือรีดจนพลาสติกติดกัน

ก.2 ระบบกรองก๊าซชีวภาพ

ก.2.1 วิธีการใช้และการทำงาน

(1) ตรวจสอบความเรียบร้อยของระบบกรองก๊าซชีวภาพให้อยู่ในสภาพพร้อมที่จะใช้งาน เช่น สังเกตดูฝาตัวกรองไม่ให้ที่ล็อคฝาตัวกรองหลุด และสังเกตดูว่ามีจุดไหนที่ก๊าซชีวภาพรั่วซึมหรือไม่

(2) ทำการเปิดวาล์วที่อยู่ระหว่างระบบกรองก๊าซชีวภาพ

ก.2.2 ข้อควรระวัง

(1) ระบบกรองก๊าซชีวภาพ จะมีละอองน้ำและความชื้นหลุดไปในระบบท่อ ซึ่งอาจทำให้มีเมือก ตะกอน ไปสร้างปัญหากับอุปกรณ์การใช้งานต่อไป ถ้าไม่มีการดักจับน้ำและความชื้นที่ดี

ก.2.3 การบำรุงรักษา

(1) ตรวจเช็คจุดเชื่อมต่อต่างๆไม่ให้มีการรั่วซึมของก๊าซชีวภาพ

(2) สังเกตวัสดุที่อยู่ในตัวกรองแต่ละตัวว่ายังมีประสิทธิภาพในการดูดซับอีกหรือไม่

- ขี้กลึงเหล็ก สามารถสังเกตได้จาก การจับของสนิมบนขี้กลึงเหล็ก ถ้ามีมากเกินไปควรจะเปลี่ยนขี้กลึงเหล็กใหม่
- น้ำปูนแดง เปลี่ยนทุกๆ 3 เดือน
- ถ่านไม้ เปลี่ยนทุกๆ 3 เดือน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก ข
ขั้นตอนและวิธีการทำโดยย่อ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ข.1 บ่อหมักก๊าซชีวภาพ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

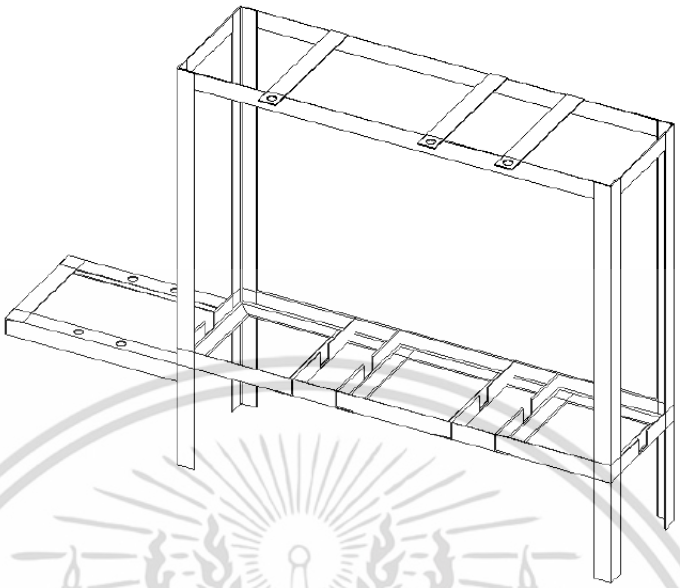
ประกอบสายส่งท่อ
พร้อมติดตั้งชุดปรับแรงดัน

ติดตั้งท่อส่งก๊าซและ
วาล์วควบคุมใกล้หัวเตา

เปิดวาล์วเพื่อจุดไฟใช้หุงต้ม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ข.2 ระบบกรองก๊าซชีวภาพ

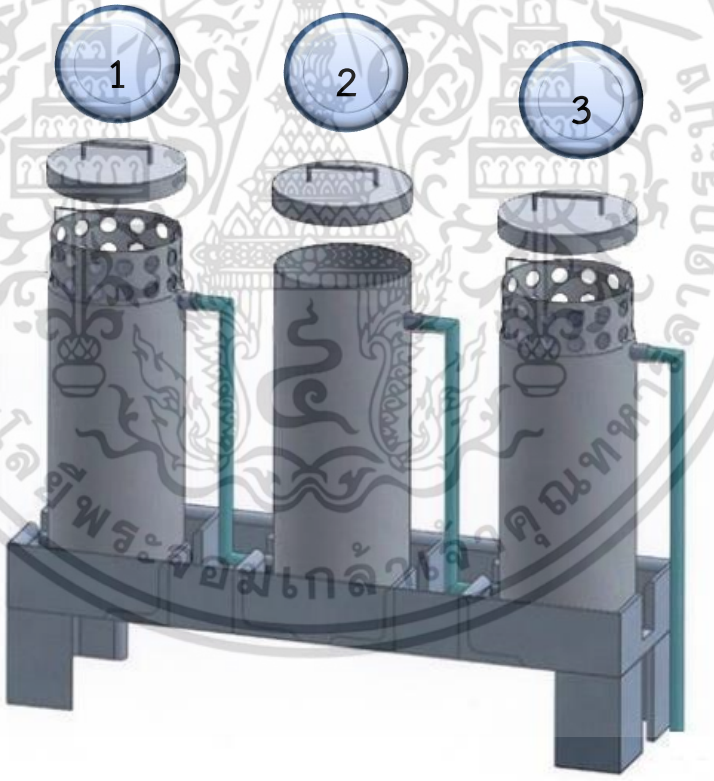


รูปที่ ข.1 โครงเหล็กไว้สำหรับติดตั้งระบบกรองก๊าซชีวภาพ

รูปที่ ข.2 ตัวกรองที่ 1 และ ตัวกรองที่ 3

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รูปที่ ข.3 ตัวกรองที่ 2



รูปที่ ข.4 ระบบกรองก๊าซชีวภาพ

หมายเลข 1 ตัวกรองที่ 1 กำจัดไฮโดรเจนซัลไฟด์ โดยใช้ฝอยเหล็ก

หมายเลข 2 ตัวกรองที่ 2 กำจัดคาร์บอนไดออกไซด์ โดยใช้น้ำปูนแดง

หมายเลข 3 ตัวกรองที่ 3 ดักกลิ่นและความชื้น โดยใช้ถ่าน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ประวัติผู้เขียน

ชื่อ-นามสกุล นางสาวทิฆัมพร เขมวงศ์

วัน เดือน ปีเกิด 17 มกราคม 2536 ที่นครศรีธรรมราช

ที่อยู่ 81/4 หมู่ 5 ตำบลปริก อำเภอทุ่งใหญ่ นครศรีธรรมราช 80240
โทร.08-7889-9367

ประวัติการศึกษา 2557 วิศวกรรมศาสตรบัณฑิต สาขาวิชาคอมพิวเตอร์
มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลศรีวิชัย

ประสบการณ์การทำงานและผลงานวิจัย

พ.ศ.2555-2557 ระบบตรวจสอบความสมบูรณ์เครื่องปรับอากาศและควบคุมอุปกรณ์ไฟฟ้าผ่านระบบอินเทอร์เน็ต
Air Conditioning Health Verifying System And Electrical Devices Control Via An Internet

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้