คู่มือ เทคนิคการผลิตก๊าซชีวภาพ ระดับครัวเรือนและชุมชน

รศ.ดร.วิสาขา ภู่จินดา

คู่มือ เทคนิคการผลิตก๊าซชีวภาพ ระดับครัวเรือนและชุมชน

จัดทำโดย

รศ.ดร.วิสาขา ภู่จินดา

สถาบันบัณฑิตพัฒนบริหารศาสตร์

สนับสนุนโดย
สำนักงานคณะกรรมการวิจัยแห่งชาติ (วช)

ชื่อหนังสือ : **คู่มือ เทคนิคการผลิตก๊าซชีวภาพ ระดับครัวเรือนและชุมชน**

ผู้แต่ง : **ดร. วิสาขา ภู่จินดา**
ว่าที่เรือตรีวิวัฒน์ แก้วดวงเล็ก

ผู้ช่วยวิจัย : **นางสาวสิริสุดา หนูทิมทอง**
นางสาวณุดี ชนินจิรัฐกาล

จำนวนหน้า : **39 หน้า**

ปีที่พิมพ์ : **2558**

จัดพิมพ์โดย : **สำนักงานคณะกรรมการวิจัยแห่งชาติ (วช)**
สำนักวิจัย สถาบันบัณฑิตพัฒนบริหารศาสตร์

พิมพ์ครั้งที่ 1 : **2558**

ISBN

คำนำ

ประเทศไทยได้ให้ความสำคัญในการใช้พลังงานทดแทนหรือพลังงานทางเลือก ซึ่งส่วนใหญ่จะเป็นพลังงานประเภทหมุนเวียน เช่น พลังงานจากชีวมวล พลังน้ำ พลังงานแสงอาทิตย์ พลังงานลม ก๊าซชีวภาพ เพื่อทดแทนพลังงานประเภทสิ้นเปลืองที่กำลังจะหมดไป แนวทางในการจัดการพลังงานของประเทศจึงได้ให้ความสำคัญและสนับสนุนพลังงานทางเลือกมากขึ้น หนึ่งในนั้นคือก๊าซชีวภาพซึ่งปัจจุบันมีการผลิตจากมูลสัตว์ ขยะอินทรีย์ และเศษอาหารเป็นจำนวนมากในระดับชุมชนและระดับครัวเรือน โดยมีวิธีการผลิตและขั้นตอนการผลิตแตกต่างกันตามความรู้ความเข้าใจและการสนับสนุนที่ได้รับจากหน่วยงานที่เกี่ยวข้อง

คู่มือ เทคนิคการผลิตก๊าซชีวภาพระดับครัวเรือนและชุมชน จึงได้จัดทำขึ้น โดยได้รับการสนับสนุนจาก สำนักงานคณะกรรมการวิจัยแห่งชาติ (วช) เพื่อแสดงข้อมูลที่สำคัญต่อการผลิตก๊าซชีวภาพในระดับชุมชนและระดับครัวเรือน รวมทั้งรูปแบบของถังหมักก๊าซชีวภาพ ข้อควรระวังและความปลอดภัยในการใช้ก๊าซชีวภาพ และแหล่งสำหรับศึกษาเรียนรู้การผลิตก๊าซชีวภาพในระดับครัวเรือนและระดับชุมชน ซึ่งจะเป็นประโยชน์ต่อการผลิตก๊าซชีวภาพในระดับครัวเรือนและระดับชุมชนให้ประสบผลสำเร็จได้อย่างต่อเนื่องตลอดไป

คณะผู้จัดทำ
สำนักวิจัย สถาบันบัณฑิตพัฒนบริหารศาสตร์
พฤศจิกายน 2557

สารบัญ

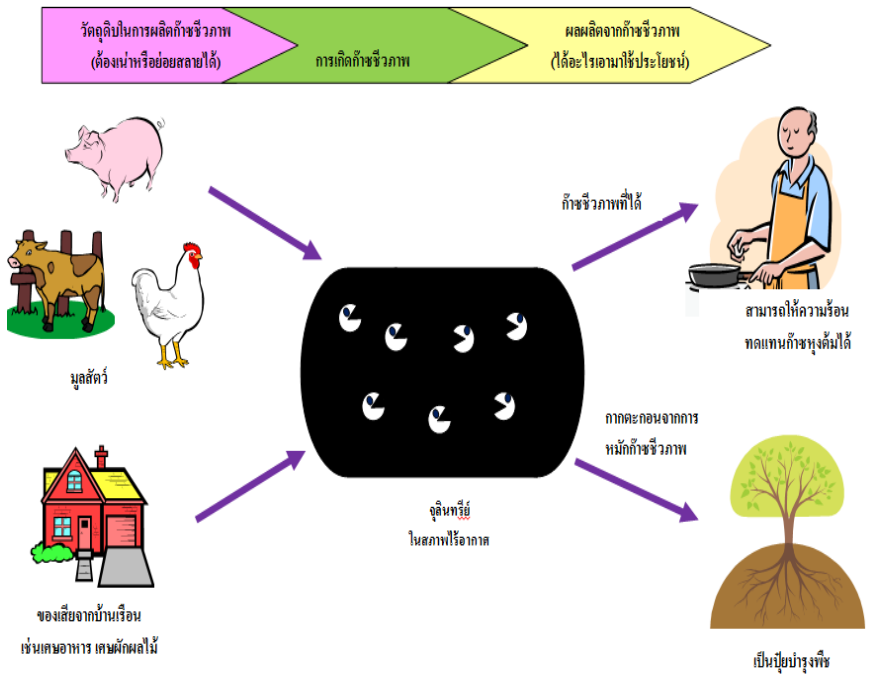
		หน้า
1.	ความรู้ทั่วไปเกี่ยวกับก๊าซชีวภาพ	1
2.	ข้อควรพิจารณาก่อนการก่อสร้างบ่อหมักก๊าซชีวภาพ	12
3.	ข้อควรระวังในการดูแลและบำรุงรักษาระบบการผลิตก๊าซชีวภาพในระดับชุมชนและระดับครัวเรือน	17
4.	สุขอนามัยในการผลิตก๊าซชีวภาพในระดับชุมชนและระดับครัวเรือน	29
5.	แหล่งข้อมูลเพิ่มเติมในการผลิตก๊าซชีวภาพในระดับชุมชนและระดับครัวเรือน	33
6.	เอกสารอ้างอิง	34

ความรู้ทั่วไปเกี่ยวกับก๊าซชีวภาพ

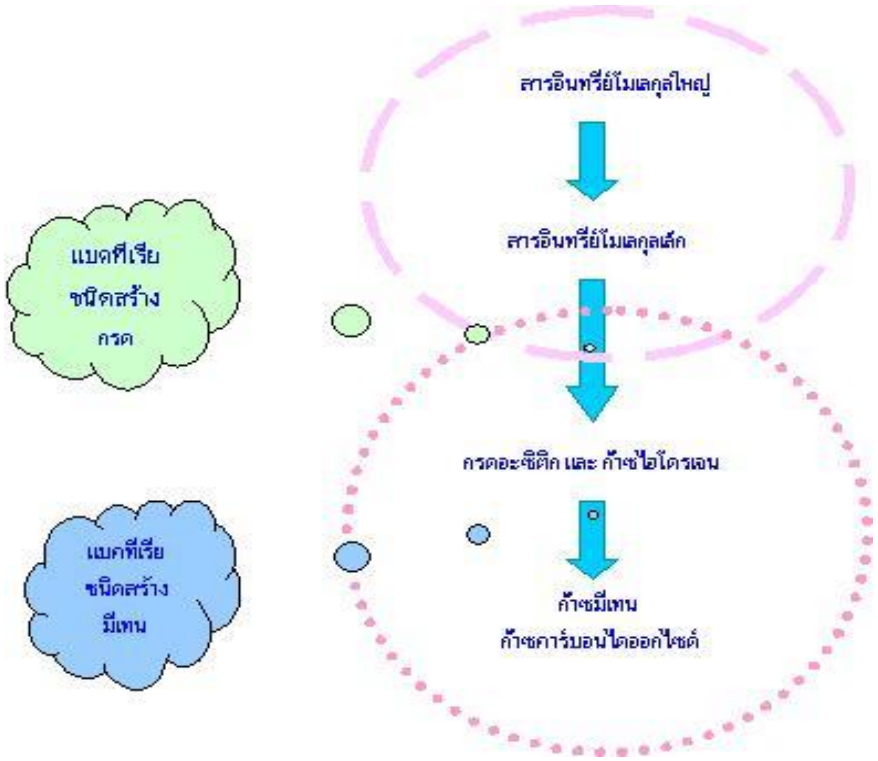
1. ก๊าซชีวภาพ

ก๊าซชีวภาพ (Biogas) หมายถึง ก๊าซที่เกิดขึ้นจากแบคทีเรียชนิดที่ไม่ต้องการอากาศหรือออกซิเจน (Anaerobic Bacteria) ทำปฏิกิริยาการย่อยสลายสารอินทรีย์ เช่น น้ำเสีย เศษอาหาร เศษผักผลไม้ ฟางข้าว มูลสัตว์ อุจจาระคน ฯลฯ ทำให้เกิดก๊าซผสมที่ติดไฟได้ สามารถนำไปใช้เป็นเชื้อเพลิงสำหรับหุงต้ม (ดังแสดงในภาพที่ 1 และ 2) ในระบบการหมักก๊าซชีวภาพนอกจากจะผลิตก๊าซที่สามารถจุดติดไฟได้แล้ว วัสดุที่ระบายออกจากระบบหมักก๊าซชีวภาพซึ่งเป็นสารอินทรีย์ยังสามารถนำไปใช้ประโยชน์อื่นๆ ได้อีก เช่น การนำไปทำปุ๋ย

ก๊าซชีวภาพประกอบด้วย ก๊าซมีเทน (CH_4) ร้อยละ 60-70 ที่เหลือเป็นก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ (CO_2) ไฮโดรเจนซัลไฟด์ (H_2S) และก๊าซไนโตรเจน (N_2) มีคุณสมบัติติดไฟง่าย



ภาพที่ 1 แสดงภาพรวมการเกิดก๊าซชีวภาพและการใช้ประโยชน์



กระบวนการผลิตก๊าซชีวภาพ

ภาพที่ 2 แสดงกระบวนการเกิดก๊าซชีวภาพและการใช้ประโยชน์

ที่มา: Thailand Energy and Environmental Network Chiang Mai University, 2549

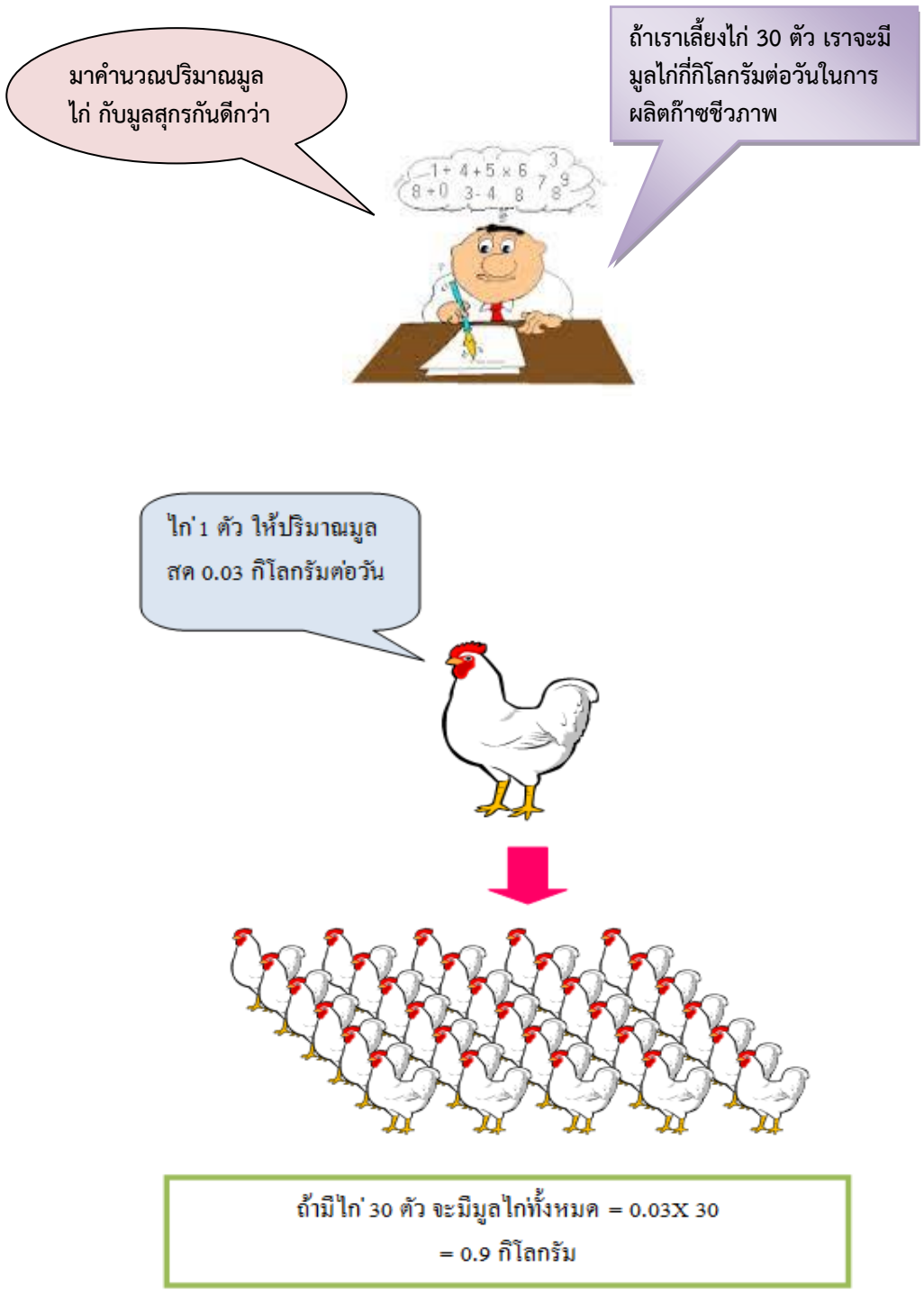
2. วัตถุดิบสำหรับการผลิตก๊าซชีวภาพ

การประเมินปริมาณวัตถุดิบสำหรับหมักก๊าซชีวภาพมีความสำคัญมากต่อการผลิตก๊าซชีวภาพในระดับชุมชนและในระดับครัวเรือน เพราะถ้ามีวัตถุดิบไม่เพียงพอ โอกาสที่ระบบการผลิตก๊าซชีวภาพจะล้มเหลวมีสูงมาก ดังนั้น ก่อนที่จะมีการผลิตก๊าซชีวภาพ จึงควรมีการประเมินปริมาณวัตถุดิบก่อนว่า มีเพียงพอหรือไม่ ทั้งนี้ ก๊าซชีวภาพ 1 ลูกบาศก์เมตร (1 คิว หรือ 1,000 ลิตรเทียบเท่า ก๊าซ LPG 0.46 กิโลกรัม) สามารถใช้ในการหุงต้มอาหารภายในครัวเรือนขนาด 4 คน ได้ 2-3 มื้อ หรือประมาณ 1 วัน (สุชน ตั้งทวีวิพัฒน์และคณะ, 2553)

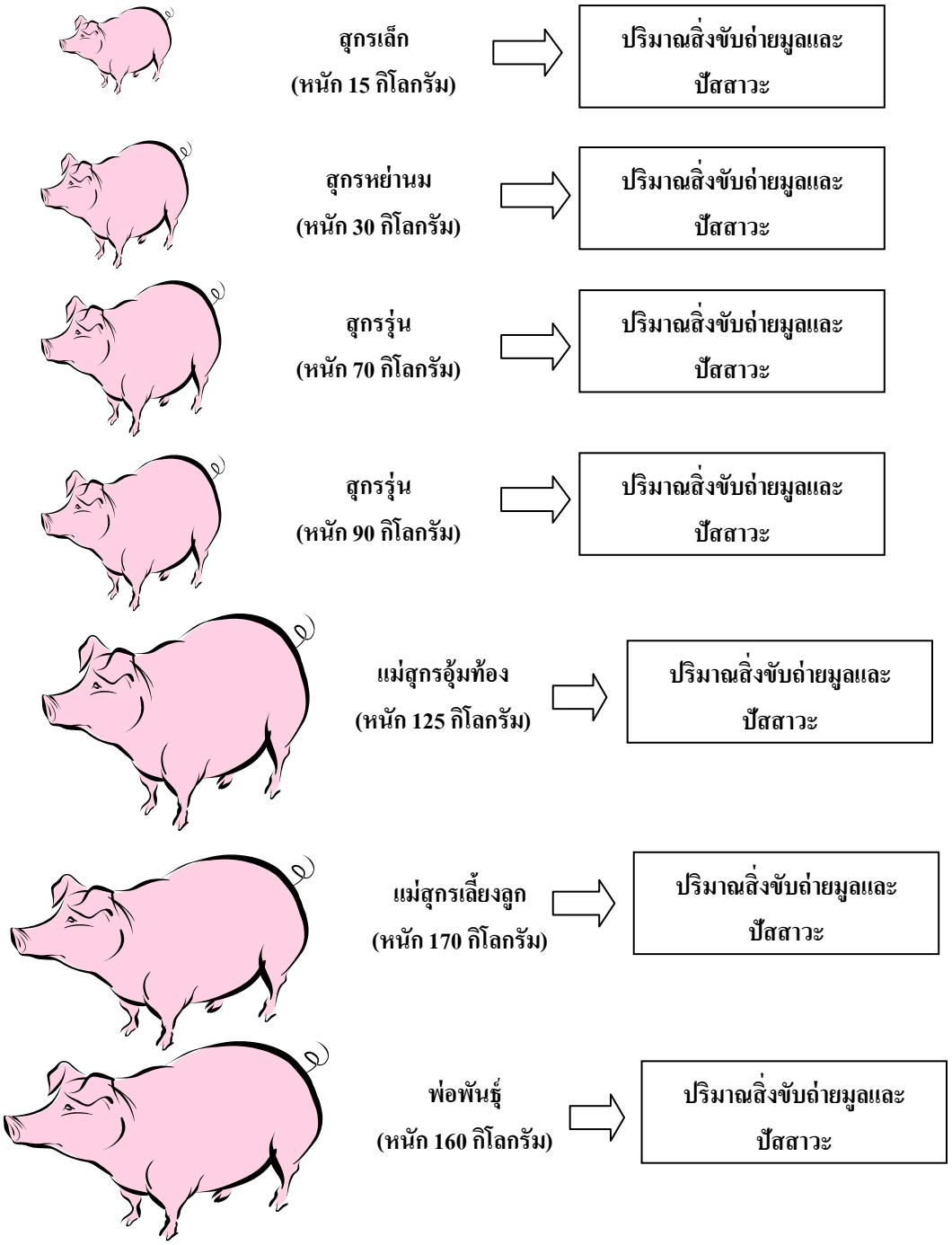
การวิเคราะห์วัตถุดิบเพื่อการผลิตก๊าซชีวภาพในระดับครัวเรือนและในระดับชุมชน สามารถพิจารณาได้ดังต่อไปนี้

ภาพที่ 3 ตัวอย่างวัตถุดิบเพื่อการผลิตก๊าซชีวภาพในระดับครัวเรือนและในระดับชุมชน

ที่มา: สุชน ตั้งทวีวิพัฒน์และคณะ. 2553: 6



ภาพที่ 4 ตัวอย่างการคำนวณเพื่อการผลิตก๊าซชีวภาพในระดับครัวเรือนและในระดับชุมชน



ภาพที่ 5 การวิเคราะห์วัตถุดิบเพื่อการผลิตก๊าซชีวภาพในระดับครัวเรือนและในระดับชุมชน

แหล่งที่มา: กรมควบคุมมลพิษ, 2542 อ้างถึงใน สุชน ตังทวีวิพัฒน์และคณะ. 2553.

3. ตัวอย่างการคำนวณวัตถุดิบ

ชุมชนแห่งหนึ่งตั้งกลุ่มเลี้ยงสุกร โดยมีสุกรรุ่น หนัก 70 กิโลกรัม 8 ตัว สุกรหย่านม 8 ตัว สุกรพ่อพันธุ์ 3 ตัว และแม่สุกรตั้งท้องอีก 2 ตัว ชุมชนแห่งนี้จะสามารถผลิตก๊าซชีวภาพได้กี่ลูกบาศก์เมตรต่อวัน

วิธีการคำนวณ

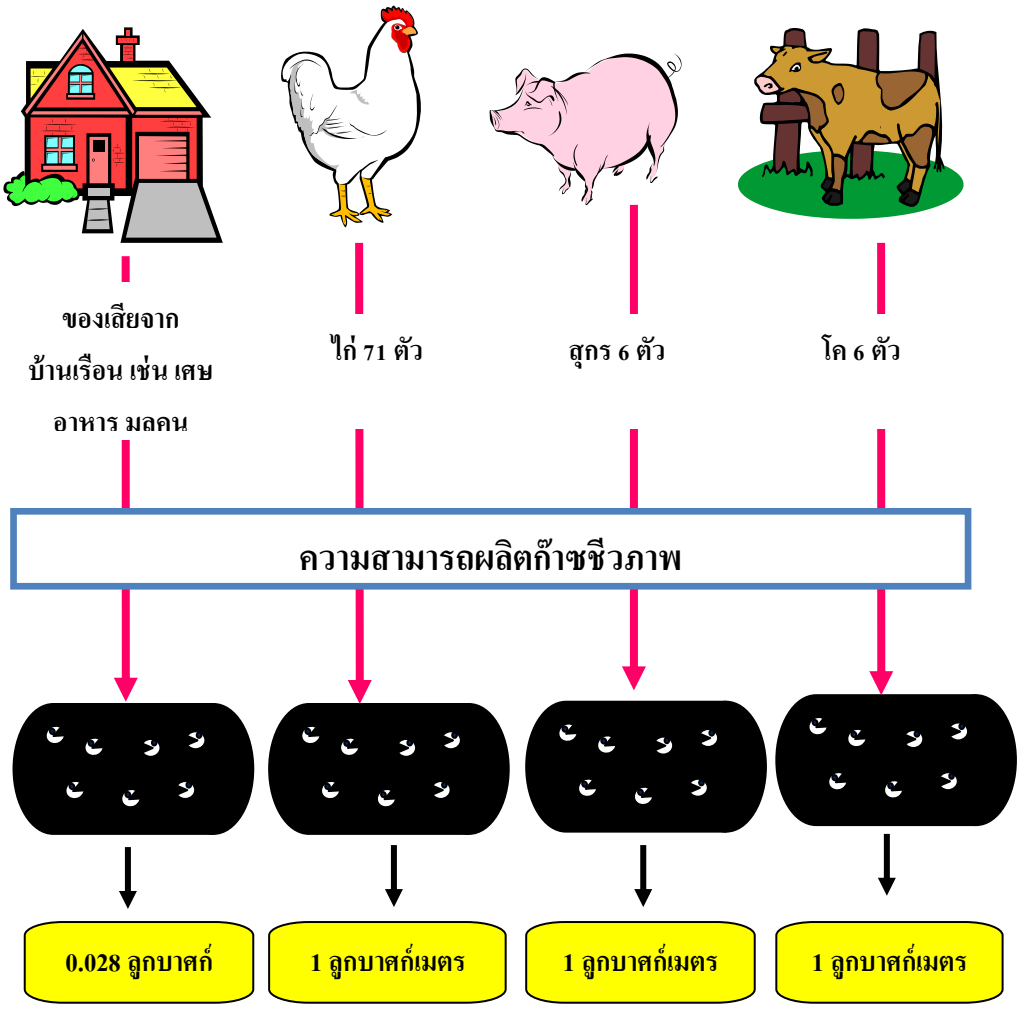
1) สุกรรุ่นหนัก 70 กิโลกรัม 1 ตัว เกิดมูลสุกรประมาณ 4.60 กิโลกรัมต่อวัน
ถ้าสุกรรุ่นหนัก 70 กิโลกรัม 8 ตัว จะเกิดมูลสุกรประมาณ
= (4.60X8)/1= 36.8 กิโลกรัมต่อวัน

2) สุกรหย่านม 1 ตัว เกิดมูลสุกรประมาณ 1.90 กิโลกรัมต่อวัน
สุกรหย่านม 8 ตัว จะเกิดมูลสุกรทั้งสิ้น
= (1.90X8)/1= 15.2 กิโลกรัมต่อวัน

3) สุกรพ่อพันธุ์ 1 ตัว เกิดมูลสุกรประมาณ 4.90 กิโลกรัมต่อวัน
สุกรพ่อพันธุ์ 3 ตัว เกิดมูลสุกรทั้งสิ้น
= (4.90X3)/1 = 14.7 กิโลกรัมต่อวัน

4) แม่สุกรอุ้มท้อง 1 ตัว เกิดมูลสุกรประมาณ 4.03 กิโลกรัมต่อวัน
แม่สุกรอุ้มท้อง 2 ตัว เกิดมูลสุกรทั้งสิ้น
= (4.03X2)/1= 8.06 กิโลกรัมต่อวัน

ดังนั้นชุมชนแห่งนี้มีมูลสุกรทั้งสิ้น
36.8+15.2+14.7+8.06 = <u>74.76</u> กิโลกรัมต่อวัน

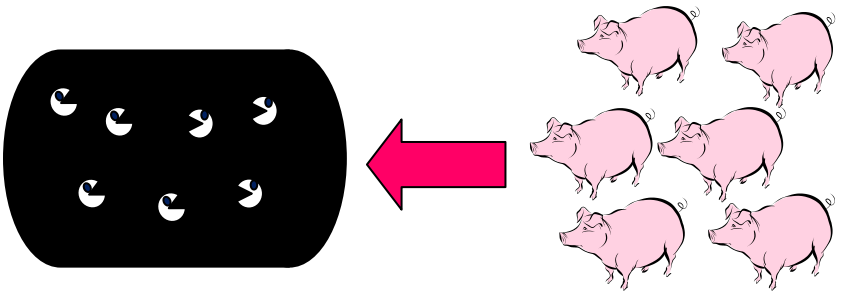


ภาพที่ 6 ความสามารถผลิตก๊าซชีวภาพจากมูลสัตว์แต่ละประเภท

หมายเหตุ ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับปัจจัยที่มีผลต่อปริมาณก๊าซชีวภาพที่ผลิตได้ เช่น ระยะเวลา อุณหภูมิ ความเป็นกรด - ด่าง สารอาหาร สารยับยั้งและสารพิษ สารอินทรีย์และลักษณะของสารอินทรีย์หรือวัตถุดิบที่ใช้หมัก และชนิดของแบบของบ่อหมักก๊าซชีวภาพ

แหล่งที่มา: สุชน ตั้งทวีวิพัฒน์และคณะ. 2553.

นายสุวิทย์มีความคิดว่าจะเลี้ยงสุกรเป็นอาชีพเสริม และอยากจะผลิตก๊าซชีวภาพเพื่อใช้ภายในครัวเรือนด้วย นายสุวิทย์ควรจะเลี้ยงสุกรอย่างน้อยกี่ตัว จึงจะผลิตก๊าซชีวภาพได้เพียงพอใน 1 วัน



ก๊าซชีวภาพ 0.18 ลูกบาศก์เมตร เกิดจากสุกร 1 ตัว
ดังนั้น ก๊าซชีวภาพ 1 ลูกบาศก์เมตร เกิดจากสุกรจำนวน
= (1X1)/0.18 = 5.56 หรือประมาณ 6 ตัว

สรุป นายสุวิทย์จะต้องเลี้ยงสุกรอย่างน้อย 6 ตัว จึงจะเพียงพอต่อการผลิตก๊าซชีวภาพเพื่อใช้1 ลูกบาศก์เมตรต่อวัน ซึ่งเพียงพอต่อการประกอบอาหาร 2-3 มื้อ

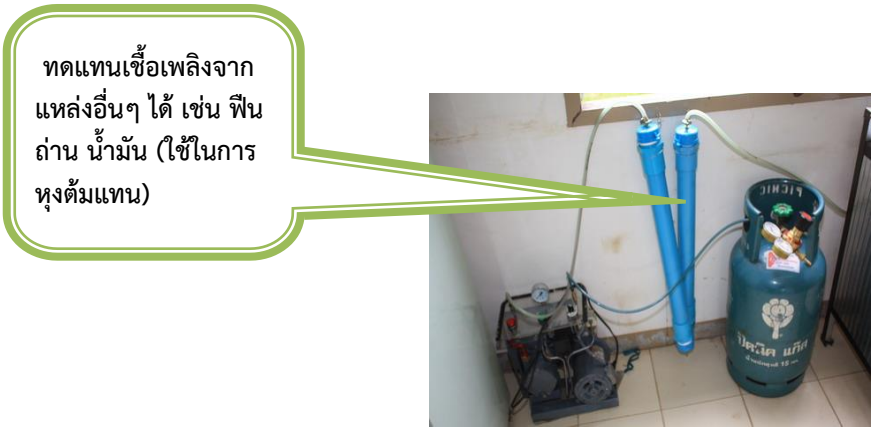
ขั้นตอนในการผลิตก๊าซชีวภาพ

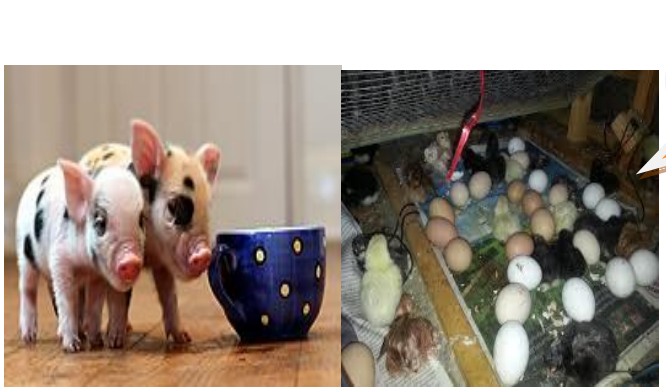
ภาพที่ 7 ขั้นตอนในการผลิตก๊าซชีวภาพ

แหล่งที่มา : ดัดแปลงจาก บริษัทไทยออยล์ จำกัด (มหาชน) และมหาวิทยาลัยทักษิณ, 2555

1) การผลิตก๊าซชีวภาพขนาดเล็ก

ใช้วัตถุดิบที่ได้จากการเกษตร เช่น มูลสัตว์ ของเหลือทิ้งจากการเกษตร ก๊าซชีวภาพที่ได้นำมาใช้ประโยชน์ดังแสดงในภาพที่ 8





ภาพที่ 8 การผลิตก๊าซชีวภาพขนาดเล็ก

2) โครงการผลิตก๊าซชีวภาพขนาดใหญ่

เหมาะสำหรับอุตสาหกรรมทางการเกษตรขนาดใหญ่ เช่น ฟาร์มเลี้ยงสัตว์ โรงงานแปรรูปผลิตผลทางการเกษตร โรงงานแปรรูปมันสำปะหลัง โรงงานสกัดน้ำมันปาล์มดิบ โรงงานน้ำตาล โรงงานผลิตแอลกอฮอล์ มีปริมาณวัตถุดิบมาก ทำให้ได้ก๊าซชีวภาพปริมาณมาก สามารถนำไปใช้ประโยชน์ด้านพลังงาน เช่น ใช้ทดแทนเชื้อเพลิง ผลิตกระแสไฟฟ้ารวมทั้งจำหน่ายให้กับการไฟฟ้าในรูปแบบของโรงไฟฟ้าขนาดเล็ก (SPP) และขนาดเล็กมาก (VSPP)

โรงไฟฟ้าขนาดเล็ก

ภาพที่ 9 ตัวอย่างโรงไฟฟ้าขนาดเล็ก

ข้อควรพิจารณาก่อนการก่อสร้างบ่อหมักก๊าซชีวภาพ

1. การเลือกสถานที่

- ควรอยู่ในที่ที่มีแสงสว่างส่องถึงเพราะจะทำให้ระบบการหมักทำงานได้อย่างมีประสิทธิภาพ

- ควรเป็นบริเวณที่น้ำท่วมไม่ถึง มีระดับน้ำใต้ดินลึก ควรให้อยู่ห่างจากบ่อน้ำใช้ไม่น้อยกว่า 1.5 เมตร เพื่อป้องกันสารที่อาจจะซึมมาจากบ่อหมักก๊าซชีวภาพ

- ก่อนก่อสร้างควรสำรวจพื้นที่และชนิดของดินก่อน ไม่ควรขุดหลุมใต้ต้นไม้ หรือ ในที่ร่ม เพราะจุลินทรีย์จะไม่สามารถเจริญเติบโตได้

- พื้นที่การสร้างบ่อหมัก ควรเป็นพื้นที่ลาดเอียงต่ำกว่าระดับคอกสัตว์เล็กน้อยเพื่อให้มูลสัตว์ไหลระบายเข้าบ่อได้เอง หรืออาจทำเป็นบ่อชนิดดักมูลสัตว์มาเติมได้ หากไม่คำนึงถึงระดับของบ่อหมักกับคอกสัตว์

- ระยะห่างจากหลุมถึงห้องครัว ควรห่างประมาณ 10-20 เมตร ไม่ควรใกล้เกินไป เพราะถ้ามีการทำอาหารโดยใช้ฟืนจะทำให้เถ้าถ่านปลิวตกบนถุงหมักอาจทำให้เกิดการระเบิดได้ แต่ถ้าหากไกลเกินไปจะทำให้แรงดันก๊าซน้อย ไฟไม่แรง

2. การเลือกแบบบ่อหมัก

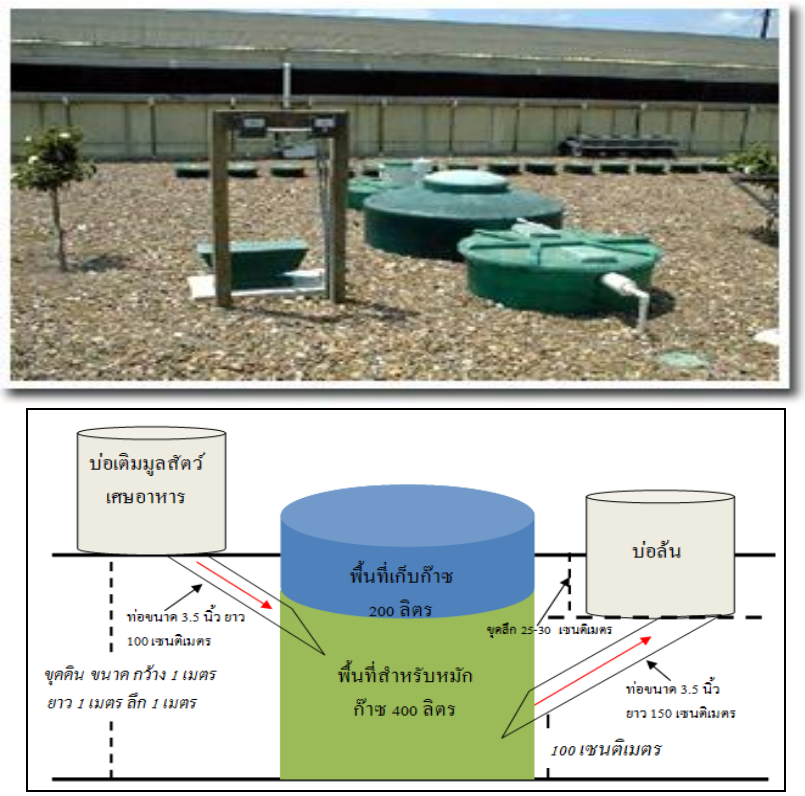
การเลือกแบบบ่อหมักให้เหมาะสมกับสภาพของแต่ละพื้นที่โดยยึดหลักประหยัดค่าใช้จ่าย ก่อสร้างง่าย มีประสิทธิภาพสูงเหมาะกับการใช้พลังงานประจำวันและเพื่อให้ได้ปริมาณก๊าซตามที่ต้องการ จึงควรคำนึงถึงสิ่งต่อไปนี้

1. สถานที่ที่จะก่อสร้างบ่อหมักก๊าซชีวภาพ
2. ขนาดของบ่อหมัก
3. ลักษณะของแบบ หรือรูปทรงของบ่อที่เหมาะสม
4. จำนวนสัตว์ที่เลี้ยงอยู่ในฟาร์มซึ่งจะสัมพันธ์กับมูลที่ถ่ายออกมาในแต่ละวัน
5. เงินทุนที่ใช้ในการก่อสร้าง
6. การใช้กระแสไฟฟ้าภายในฟาร์ม
7. วัสดุอุปกรณ์ที่ใช้ก่อสร้างบ่อก๊าซชีวภาพ
8. หน่วยงานทางราชการที่ให้คำปรึกษาเฉพาะด้านที่เกี่ยวกับเรื่องก๊าซชีวภาพ

3. รูปแบบของอุปกรณ์ผลิตก๊าซชีวภาพสำหรับการผลิตก๊าซชีวภาพ

รูปแบบของอุปกรณ์การผลิตก๊าซชีวภาพที่เหมาะสมในระดับชุมชนและระดับครัวเรือน คือ ถัง/ถุงหมักก๊าซชีวภาพซึ่งมีช่องสำหรับนำสารอินทรีย์ที่เป็นของเสียออกมาภายนอก ส่วนตะกอนหรือของเหลือจากการหมัก (Sludge) จะถูกดึงออกอีกทางด้านหนึ่ง สำหรับการเปลี่ยนสารอินทรีย์ไปเป็นก๊าซนั้น ขึ้นอยู่กับระยะเวลาที่สารอินทรีย์อยู่ในถังหมัก ซึ่งรูปแบบของถังหมักแต่ละประเภทนั้น มีดังต่อไปนี้

1. การผลิตก๊าซชีวภาพแบบโดมคงที่ (Fixed Dome Digester)



ภาพที่ 10 การผลิตก๊าซชีวภาพแบบโดมคงที่ (Fixed Dome Digester)

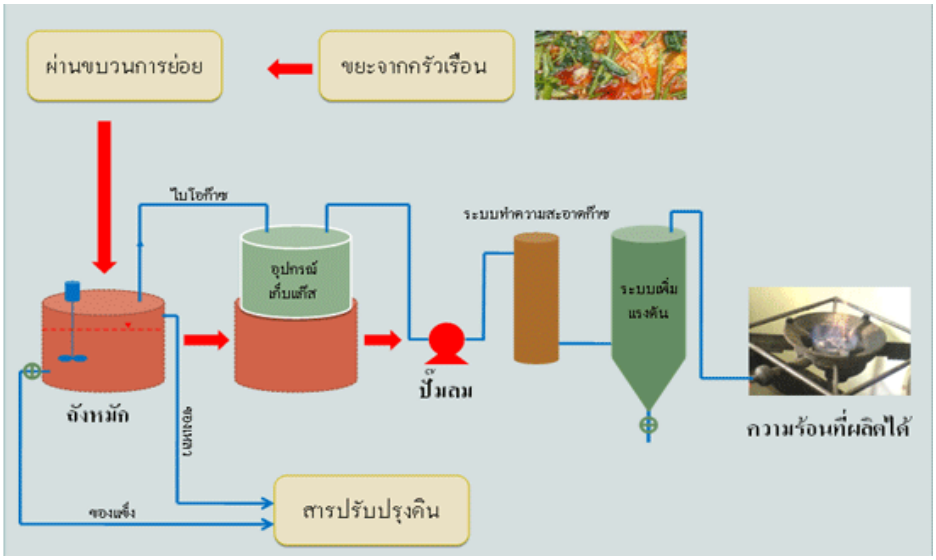
แหล่งที่มา: Thailand Energy and Environmental Network Chiang Mai University, 2549

2. แบบถังลอย (Floating Drum Digester)

ภาพที่ 11 ตัวอย่างถังลอย (Floating Drum Digester)

แหล่งที่มา: ศูนย์การเรียนรู้ปรัชญาเศรษฐกิจพอเพียงตามแนวพระราชดำริและศูนย์สาธิตและส่งเสริมงานศิลปาชีพ ภาคเหนือ. 2556

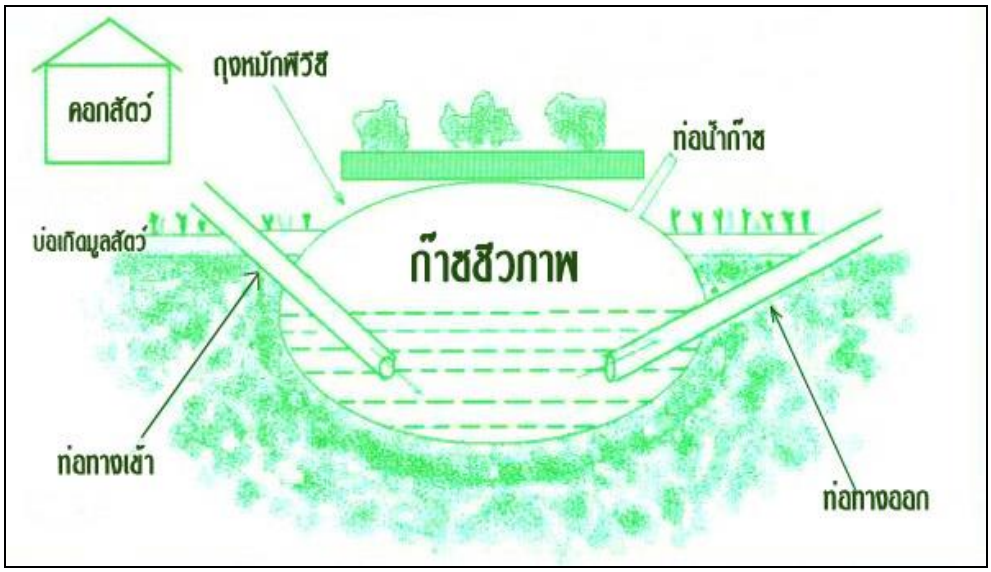
กระบวนการผลิตก๊าซชีวภาพแบบถังลอย



ภาพที่ 12 กระบวนการผลิตก๊าซชีวภาพแบบถังลอย

แหล่งที่มา: บุญมา ป้านประดิษฐ์. 2551.

ระบบหมักก๊าซชีวภาพแบบถุงหมักก๊าซ



ภาพที่ 13 กระบวนการผลิตก๊าซแบบถุงหมักก๊าซชีวภาพ
แหล่งที่มา: ชาญณรงค์ เพ็งโนนยาง. 2556.

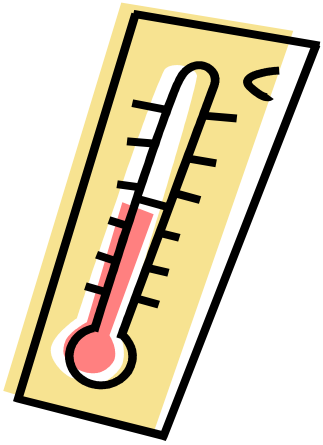
ข้อดี-ข้อเสีย ของเทคโนโลยีการผลิตก๊าซชีวภาพ

รูปแบบเทคโนโลยีการผลิตก๊าซชีวภาพ	ข้อดี	ข้อเสีย
แบบโดมคงที่ (Fixed Dom Digester)	- ประหยัดเนื้อที่เนื่องจากมีการฝังบ่อหมักไว้ใต้ดิน - ดินในบริเวณโดยรอบจะช่วยป้องกันการแตกร้าวของบ่อหมักได้เป็นอย่างดี	- ไม่เหมาะสมกับบริเวณที่มีระบบน้ำใต้ดินปริมาณสูง - บริเวณขอบบ่อหมักซึ่งเป็นรูปโดมโค้งขึ้นไปนั้นต้องอาศัยความชำนาญในการดำเนินการก่อสร้างเป็นอย่างมาก
แบบถังลอย (Floating Drum Digester)	- ใช้พื้นที่น้อย - การดูแลรักษาไม่ยุ่งยาก - ลงทุนต่ำ	- พื้นที่ในการเก็บกักก๊าซชีวภาพค่อนข้างน้อย ทำให้แรงดันของก๊าซมีปริมาณที่ต่ำมาก
ถุงหมักก๊าซชีวภาพ PVC (PVC Biogas Bag)	- ใช้วัตถุดิบในการผลิตก๊าซชีวภาพน้อย - เหมาะสมกับการใช้ในระดับครัวเรือน - การบำรุงรักษาไม่ยุ่งยาก	- อายุในการใช้งานประมาณ 5 ปีเท่านั้น - เสี่ยงต่อการฉีกขาดของบ่อหมักได้ง่าย

ข้อควรระวังในการดูแลและบำรุงรักษาระบบการผลิตก๊าซชีวภาพ

ปัจจัยที่มีผลต่อการเกิดก๊าซชีวภาพ

1. อุณหภูมิ ถังหมักก๊าซชีวภาพควรวางไว้กลางแจ้ง มีแสงแดดส่องถึง มีอุณหภูมิระหว่าง 28-35 องศาเซลเซียส หากอุณหภูมิต่ำกว่า 15 องศาเซลเซียส อัตราการผลิตก๊าซชีวภาพจะลดต่ำลง

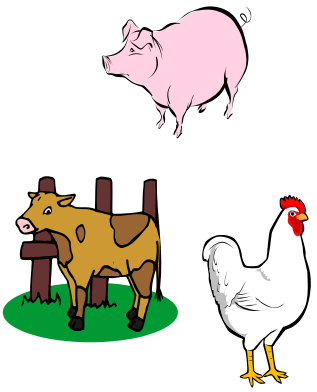


อุณหภูมิ ควรอยู่ที่ 28-35 องศาเซลเซียส
(ควรวางถังหมักก๊าซไว้กลางแจ้ง)

2. มีค่าความเป็นกรด-ด่าง ที่เป็นกลาง หรือช่วงของค่า pH ประมาณ 6-7

ความเป็นกรด-ด่าง อยู่ในภาวะสมดุล
(มีค่าความเป็นกรด-ด่างเท่ากับ 7)

3. ปริมาณของเสียหรือวัตถุดิบเหมาะสมในแต่ละวัน ถ้ามากเกินไปจะเกิดความเป็นกรดทำให้ระบบล้มเหลว แต่ถ้าวัตถุดิบน้อยเกินไปก็จะไม่เกิดก๊าซ



มูลสัตว์

ของเสียจากบ้านเรือน
เช่น เศษอาหาร
เศษผักผลไม้

4. สารยับยั้งและสารพิษ ทำให้จุลินทรีย์ตายได้ เช่น โซดาไฟ น้ำยาล้างจาน ผงซักฟอก สบู่ น้ำที่มีสารคลอรีน แอมโมเนีย โลหะหนักบางชนิด เช่น ทองแดง นิกเกิล สังกะสี

2. การบำรุงรักษาระบบผลิตก๊าซชีวภาพ (กระทรวงพลังงาน, 2556)

บ่อหมัก

1) ตรวจสอบรอยรั่ว และรอยเชื่อมต่อ

2) เปิดบ่อหมักปีละ 1 ครั้ง หากพบว่าวัตถุดิบในบ่อหมักเป็นฝ้าขาว ควรตักฝ้าขาวออกให้หมด หรือใช้กวนให้ฝ้าขาวละลาย

3) หากน้ำในบ่อหมักมีสีน้ำตาลปนสีขาว กลิ่นเหม็นเน่า แสดงว่าระบบการผลิตก๊าซชีวภาพอาจมีปัญหา ควรรื้อและเริ่มต้นระบบใหม่

ท่อเดินก๊าซชีวภาพ

1) ควรยึดท่อเดินก๊าซชีวภาพไว้กับฝาผนังบ้าน หรืออาจจะฝังใต้ดินเพื่อป้องกันการหักของท่อเดินก๊าซชีวภาพ

2) ควรตรวจเช็คสายยางอ่อนที่ต่อเข้ากับเตาแก๊สว่ามีน้ำขังหรือไม่ หากพบว่ามีน้ำขังให้ถอดสายยางเพื่อเทเอาน้ำออก แล้วต่อเข้าที่เดิมให้เรียบร้อย

แผงวัดความดันก๊าซ

ระดับน้ำของแผงวัดความดันแก๊สทั้ง 2 ข้างจะต้องเท่ากัน (เมื่อปล่อยแก๊สออกจากท่อจนหมด) เพื่อจะได้รู้ปริมาณของแก๊สที่ถูกต้องทำการปรับได้ โดยปิดวาล์วที่บ่อหมักและเปิดวาล์วก๊อกก่อนเข้าเตาแก๊สหุงต้ม เติมน้ำเข้าทางปลายท่อ จนน้ำทั้งสองข้างอยู่ที่ระดับศูนย์

ก๊อกดักน้ำ

1) ควรเปิดก๊อกดักน้ำ ทุก 2 สัปดาห์ โดยไม่ต้องปิดวาล์วที่ปากท่อ เพื่อปล่อยให้น้ำที่เกิดขึ้นภายในท่อไหลออกจากท่อให้หมดแล้วปิดแก๊สให้สนิท ทั้งนี้ เพื่อป้องกันไม่ให้น้ำขวางกั้นทางเดินแก๊ส

2) บ่อก๊อกดักน้ำควรมีฝาปิดไว้เพื่อป้องกันขยะ เศษใยไม้และน้ำฝนเข้าไปขังภายในบ่อ ซึ่งจะทำให้วาล์วก๊อกมีปัญหาหรือเกิดสนิมได้

3) ถ้าวาล์วก๊อกเกิดการชำรุดเสียหาย ให้ทำการซ่อมแซมหรือทำการเปลี่ยนวาล์วก๊อกใหม่ทันที

3. ปัญหาของการผลิตก๊าซชีวภาพและแนวทางการแก้ไข (กระทรวงพลังงาน, ม.ป.ป.)

ปัญหาการผลิตก๊าซชีวภาพ	สาเหตุของปัญหา	แนวทางการแก้ไขปัญหา
1. ความดันก๊าซลดลงเรื่อยๆ หรือต่ำกว่าปกติทั้งๆที่ไม่มีการใช้ก๊าซชีวภาพ	เติมวัตถุดิบน้อยไป	เติมวัตถุดิบให้มากขึ้นโดยไม่เกินความจุของบ่อหมักก๊าซชีวภาพ
	ฝาปิดปากบ่อหมักเกิดการรั่ว	ตรวจดูว่ามีฟองก๊าซผุดขึ้นในน้ำที่ใส่ไว้บนฝาบ่อหมักหรือไม่
	ท่อนำก๊าซหรือวาล์วก๊าซรั่ว	ใช้ฟองจากน้ำของผงซักฟอกทาเพื่อตรวจหารอยรั่วของวาล์วและข้อต่อทั้งที่อุปกรณ์ ที่ใช้ก๊าซ และท่อก๊าซ สายยางอ่อนทุกท่อ และตรวจดูว่าก๊อกดักน้ำและ/หรือ ลิ้นชักที่ดึงระบายกากว่าปิดสนิทหรือไม่
	มีการอุดตันที่ปลายท่อส่งก๊าซที่ฝาบ่อหมัก	ถอดสายยางอ่อนที่เชื่อมระหว่างข้อต่อที่ฝาบ่อหมักกับท่อส่งก๊าซออกตรวจสอบท่อและข้อต่อโดยใช้ไม้อ่อนๆ หรือลวด แหย่เข้าไปในท่อเพื่อกระทุ้งมูลสัตว์ที่อาจอุดตันปลายท่อด้านใน ให้หลุดออกได้
	บ่อหมัก/ถุงหมักก๊าซชีวภาพรั่ว	ตรวจสอบรอยรั่ว โดยใช้ฟองจากน้ำของผงซักฟอก หากพบการรั่วให้ตักวัตถุดิบออกจากบ่อให้หมดแล้วทำการซ่อมแซมรอยรั่ว
	เกิดฝ้าที่ผิวบนของบ่อหมัก	เปิดฝาบ่อแล้วใช้ไม้กวนให้ฝ้าละลายหรือเขี่ยฝ้าให้แยกจากกัน

ปัญหาการผลิตก๊าซชีวภาพ	สาเหตุของปัญหา	แนวทางการแก้ไขปัญหา
2. ความดันก๊าซปกติแต่ก๊าซหมดเร็ว	มีตะกอนก้นบ่อ/ถุงหมักมากเกินไป	ให้ระบายกากก้นบ่อหรือภายในถุงออก
	เกิดฝ้าที่ผิวบนของบ่อหมัก	เปิดฝาบ่อแล้วใช้ไม้กวนให้ฝ้าละลายหรือเขี่ยฝ้าให้แยกจากกัน
	ท่อล้นอุดตัน	ใช้ไม้ทะลวงท่อล้น
	ท่อควบคุมแรงดันก๊าซอุดตัน	ใช้ไม้ทะลวงท่อควบคุมแรงดัน
3. ความดันก๊าซสูงเกินกว่าปกติ		ให้ระบายกากก้นบ่อหรือภายในถุงออก
4. เกิดฟองขึ้นระหว่างเติมวัตถุดิบ	เติมวัตถุดิบมากเกินไป	หยุดเติมวัตถุดิบเป็นเวลา 7 วัน หรือเติมปูนขาววันละ 5 ถุง เป็นเวลา 4 วัน
	มีน้ำขังในท่อนำก๊าซ	เปิดก๊อกดักน้ำ ปล่อยน้ำที่อยู่ในท่อออก ทิ้งให้หมดแล้วปิดก๊อกให้สนิท
5. ความดันก๊าซไม่คงที่		ระดับของท่อ หรือก๊อกดักน้ำอาจจะเปลี่ยนไป เนื่องจากดินอาจมีการทรุดตัวต้องหาจุดต่ำสุด เพื่อทำก๊อกดักน้ำใหม่
	เกิดภาวะความเป็นกรดในบ่อหมักก๊าซ	เติมปูนขาวแล้ววัดค่าความเป็นกรด-ด่างให้มีค่าเป็นกลาง
	เติมวัตถุดิบมากเกินไป	หยุดเติมวัตถุดิบเป็นเวลา 7 วัน หลังจากนั้นให้เติมวัตถุดิบในปริมาณให้น้อยกว่าเดิม
6.ก๊าซมีกลิ่นเหม็นและไม่ติดไฟทั้งๆที่มีความดันพอเพียง	มีสารยับยั้ง เช่น น้ำสบู่ น้ำยาล้างจาน ยาฆ่าเชื้อโรคเข้ามาในบ่อหมักหรือถุงหมัก	หยุดเติมวัตถุดิบ ทิ้งไว้ประมาณ 2-3 วัน หากยังไม่ติดไฟ ให้ถ่ายวัตถุดิบ ออกจากบ่อก๊าซ แล้วเริ่มต้นใหม่
	เติมมูลครั้งแรกด้วยมูลสุกร	เปิดก๊าซดังกล่าวทิ้งเรื่อยๆ จนกว่าจะจุดไฟติดหรือตักมูลเก่าออก แล้วเติมมูลวัว หรือกากมูลสัตว์จากบ่อก๊าซที่กำลังใช้งานอยู่
	อากาศเข้ามากเกินไป	ปรับวงแหวนปิดรูอากาศให้อยู่ในตำแหน่งที่เหมาะสม

ปัญหาการผลิตก๊าซชีวภาพ	สาเหตุของปัญหา	แนวทางการแก้ไขปัญหา
7. เปลวไฟแรงเกินไป	รูนมหนูมีขนาดใหญ่เกินไป	เปลี่ยนนมหนูให้มีรูขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง ดังนี้ **ถ้าเป็นเตาตู้** รูนมหนูของหัวเตา วงในขนาด 1.2 มม. (3/64 นิ้ว) วงนอกขนาด 1.6 มม. (1/6 นิ้ว) **ถ้าเป็นเตาหัวเขียว** รูนมหนูของหัวเตา วงในขนาด 1.6 มม. (1/6 นิ้ว) วงนอกขนาด 2.3 มม. (3/32 นิ้ว หรือใช้การบังคับปริมาณก๊าซที่วาล์วปิด-เปิดก๊าซ
8. เปลวไฟไม่สม่ำเสมอ	มีน้ำขังในท่อก๊าซหรือสายยาง	เปิดก๊อกดันน้ำเพื่อระบายน้ำทิ้งให้หมด แล้วปิดให้สนิท ระบายน้ำออกจากท่ออ่อนทุกท่อ
	ความดันก๊าซต่ำเกินไป	ตรวจหารอยรั่วในบ่อก๊าซและท่อนำก๊าซ
	รูนมหนูมีขนาดเล็กเกินไป หรือเกิดการอุดตันที่หัวเตา	ขยายรูนมหนูให้มีขนาดรูเส้นผ่าศูนย์กลาง ดังนี้ **ถ้าเป็นเตาตู้** รูนมหนูของหัวเตา วงในขนาด 1.2 มม. (3/64 นิ้ว) วงนอกขนาด 1.6 มม. (1/6 นิ้ว) **ถ้าเป็นเตาหัวเขียว** รูนมหนูของหัวเตา วงในขนาด 1.6 มม. (1/6 นิ้ว) วงนอกขนาด 2.3 มม. (3/32 นิ้ว) และทำความสะอาดหัวเตาและนมหนู

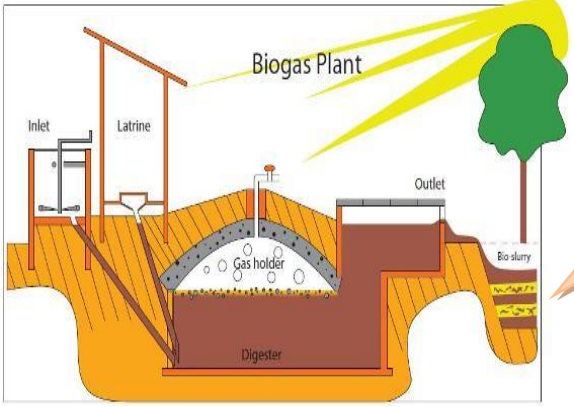
ปัญหาการผลิตก๊าซชีวภาพ	สาเหตุของปัญหา	แนวทางการแก้ไขปัญหา
9. เปลวไฟเป็นสีเหลืองแทนที่จะเป็นสีฟ้า	รูนมหนูกว้างเกินไป	เปิดรูอากาศเข้า ให้มากขึ้นจนได้เปลวไฟ สีฟ้า
	หัวเตามีสิ่งอุดตันขวางทางเดินก๊าซทำให้ก๊าซดันย้อนกลับออกมา	ทำความสะอาดโดยการใช้ลวดหรือตะปู แหย่ที่หัวเตา หรือ ใช้แปรงลวดปัดทำความสะอาด หลังจากนั้นเทตะกรันและเศษผงออกจากหัวเตา
10. มีเปลวไฟที่หน้าเตา	แผ่นเหล็กปิดรูอากาศ ปิดไม่สนิท	(สำหรับเตาตู้) ปรับวงแหวนปิดรูอากาศ ให้อยู่ในตำแหน่งที่ปิดสนิท

4 การป้องกันอันตรายจากก๊าซชีวภาพ

ก๊าซชีวภาพ (Biogas) เป็นก๊าซผสมซึ่งประกอบด้วยก๊าซชนิดต่างๆ เช่น คาร์บอนไดออกไซด์ (CO_2) ไฮโดรเจนซัลไฟด์ (H_2S) มีเทน (CH_4) ก๊าซเหล่านี้มีอันตรายต่อสุขภาพดังต่อไปนี้

ภาพที่ 14 องค์ประกอบของก๊าซชีวภาพที่อาจเป็นอันตรายต่อร่างกาย
แหล่งที่มา: สถาบันวิจัยและพัฒนาพลังงาน มหาวิทยาลัยเชียงใหม่, 2549

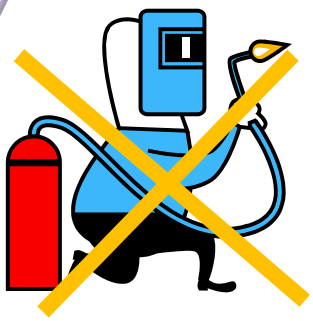
ข้อควรระวังในการผลิตและการใช้ก๊าซชีวภาพ



1. ควรติดตั้งถังหมักก๊าซชีวภาพในพื้นที่โล่งแจ้ง มีอากาศถ่ายเทสะดวก เพื่อให้เกิดการระบาย

2. ควรติดตั้งอุปกรณ์เพื่อช่วยในการทำความสะอาดก๊าซชีวภาพ เช่น ฝอยขัดหม้อ ที่จุดดักน้ำ เพื่อลดปริมาณของก๊าซที่อาจเป็นอันตรายต่อร่างกาย

3. ห้ามสูบบุหรี่ หรือทำงานเชื่อมตัด หรือทำให้เกิดประกายไฟในบริเวณที่มีการผลิตก๊าซชีวภาพ เพราะอาจเกิดการระเบิดได้



4. หมั่นตรวจสอบอุปกรณ์ในการผลิตก๊าซชีวภาพอย่างสม่ำเสมอ หากพบว่ามีการชำรุดควรดำเนินการซ่อมแซมทันที

ภาพที่ 15 ข้อควรระวังในการผลิตและการใช้ก๊าซชีวภาพ

สุขอนามัยในการผลิตก๊าซชีวภาพระดับครัวเรือนและชุมชน

1. การจัดการของเสีย

ของเสีย คือ ของเหลือทิ้งจากกระบวนการต่างๆในชีวิตประจำวัน รวมทั้งในกระบวนการผลิต และกิจกรรมต่างๆ ซึ่งไม่สามารถนำกลับมาใช้ได้อีก หากไม่ผ่านขบวนการบำบัดและจัดการที่เหมาะสม แบ่งออกได้เป็น 2 ส่วน ส่วนที่เป็นของแข็ง ได้แก่ มูลสัตว์ ซากสัตว์ เศษอาหาร วัสดุรองพื้น เศษขยะ และส่วนที่เป็นของเหลว ได้แก่ ปัสสาวะ น้ำล้างคอก น้ำล้างโรงเรือนหรือล้างตัวสัตว์ น้ำทิ้งอื่นๆ

การนำของเสียมาผลิตก๊าซชีวภาพในระดับครัวเรือนและระดับชุมชนนั้น วัตถุดิบในการผลิตอาจได้มาจากฟาร์มเลี้ยงสัตว์หรือของเสียในครัวเรือน เช่น เศษอาหาร มูลสัตว์ ขยะที่ย่อยสลายได้ ซึ่งจะต้องมีความระมัดระวังด้านสุขอนามัย โดยในที่นี้ ขอยกตัวอย่างการกำจัดหรือบำบัดของเสียจากฟาร์มเลี้ยงสัตว์

การกำจัดหรือบำบัดของเสียจากฟาร์มเลี้ยงสัตว์

ฟาร์มจะต้องจัดให้มีระบบกำจัดหรือบำบัดของเสียที่เหมาะสมเพื่อไม่ให้เกิดผลกระทบต่อผู้อยู่อาศัย ข้างเคียง หรือสิ่งแวดล้อม ประกอบด้วย

1. ขยะมูลฝอย ต้องทำการเก็บรวบรวมในภาชนะที่มิดชิด และนำไปกำจัดทิ้งในบริเวณที่ทิ้งของเทศบาล สุขาภิบาลหรือองค์การบริหารส่วนท้องถิ่น หรือรวบรวมและกำจัดในที่กำจัดขยะซึ่งจัดไว้เป็นสัดส่วนแยกออกจากบริเวณที่เลี้ยงสุกร

2. ซากสัตว์ ต้องมีบริเวณเฉพาะสำหรับทำลายซากสัตว์ที่ตาย พื้นที่ต้องห่างจากบริเวณโรงเรือนอื่น และไม่ใช่ทางผ่านประจำของเจ้าหน้าที่ในฟาร์ม การทำลายซากมี 2 วิธี ดังนี้

2.1 การทำลายโดยการฝัง ต้องมีเนื้อที่เพียงพอ และอยู่ในบริเวณน้ำท่วมไม่ถึง ฝังซาก ใต้ระดับผิวดินไม่น้อยกว่า 50 เซนติเมตร ใช้น้ำยาฆ่าเชื้อโรคที่เหมาะสม ทำการ ราดหรือโรยบนส่วนต่าง ๆ ของซากสัตว์จนทั่ว กลบหลุมเหนือระดับผิวดินและราด หรือโรยด้วยน้ำยาฆ่าเชื้อโรคซ้ำ

2.2 การทำลายโดยการเผา มีสถานที่เผา หรือเตาเผา อยู่ในบริเวณที่เหมาะสมใช้ไฟ เผาซากจนหมด

3. มูลสัตว์ มีการกวาดเก็บและกำจัดมูลสัตว์ที่เหมาะสมตามมาตรฐานของทางราชการ เพื่อไม่ให้เป็นแหล่งเพาะพันธุ์ของแมลง และก่อให้เกิดกลิ่นเหม็นเป็นที่รำคาญต่อผู้อยู่อาศัยข้างเคียง รวบรวมมูลสัตว์ในที่เฉพาะ เพื่อให้ง่ายต่อการจัดการและการขนถ่ายไปทำประโยชน์ต่อไป เช่น ใช้เป็นอาหารปลา ตากแห้งหรือหมักทำปุ๋ย หรือนำไปผลิตก๊าซชีวภาพ

4. น้ำเสีย น้ำเสียที่เกิดจากกิจกรรมต่าง ๆ ของการเลี้ยงสัตว์ ต้องมีการกำจัดที่จะไม่ก่อให้เกิดปัญหาต่อสิ่งแวดล้อมได้ โดยมีระบบระบายน้ำเสีย ที่ระบายได้คล่อง ไม่เกิดการอุดตัน ระบายลงกักเก็บในบ่อพัก เพื่อทำการบำบัดต่อไป จำนวนและขนาดของบ่อต้องเพียงพอที่จะกักเก็บน้ำเสียจากฟาร์มได้

2. สุขอนามัยของผู้ผลิตก๊าซชีวภาพระดับชุมชนและระดับครัวเรือน

สุขอนามัยในที่นี้หมายถึง การดูแลสุขภาพอนามัยและความปลอดภัยจากโรคติดต่อต่างๆ ของผู้ปฏิบัติงานในการผลิตก๊าซชีวภาพระดับชุมชนและระดับครัวเรือน อันเนื่องมาจากกระบวนการผลิตก๊าซชีวภาพจากมูลสัตว์หรือสิ่งปฏิกูลภายในครัวเรือน

มูลสัตว์หรือสิ่งปฏิกูลจากมนุษย์หรือสัตว์อาจมีเชื้อโรคต่างๆ ปะปนอยู่ทั้ง แบคทีเรีย ไวรัส โปรโตซัว และหนอนพยาธิ การสูดดม การสัมผัสมูลสัตว์/สิ่งปฏิกูลโดยตรง หรืออุปกรณ์ที่ปนเปื้อนมูลสัตว์/สิ่งปฏิกูล จะทำให้เชื้อโรคหรือไข่พยาธิบางชนิดมีโอกาสติดต่อเข้าสู่ร่างกายได้ หากไม่ได้สวมอุปกรณ์ป้องกันในระหว่างปฏิบัติงาน เช่น หน้ากาก ถุงมือ รองเท้าบูท รวมถึงการล้างมืออย่างผิดวิธี ไม่สะอาดเพียงพอ อาการของโรคอาจแสดงออกมาในลักษณะของอาการระคายเคืองหรือเป็นไข้ ซึ่งอาจก่อให้เกิดปัญหาสุขภาพอย่างอื่นด้วย เช่น ตับโตและต่อมน้ำเหลืองโต เป็นต้น ตัวอย่างโรคติดต่อ ที่เกิดจากการสัมผัสมูลสัตว์/สิ่งปฏิกูล เช่น อหิวาตกโรค (Cholera) บิดมีเชื้อ (Shigellosis) ไข้รากสาด (Salmonellosis) อาหารเป็นพิษ (Food poisoning) พยาธิเส้นด้าย (Enterobius) พยาธิตัวกลม (Ascaris) พยาธิปากขอ (Anoylostoma และ Necator) เป็นต้น

การแพร่กระจายของโรคติดต่อจากสัตว์สู่คนเกิดได้หลายทาง ได้แก่ การสัมผัสสัตว์โดยตรง การสัมผัสมูลสัตว์ หรือวัสดุปนเปื้อนมูลสัตว์ รวมถึงสิ่งปฏิกูลต่างๆ ดังนั้นการรักษาสุขอนามัยเบื้องต้น เช่น การสวมถุงมือ รองเท้าบูท และการล้างมืออย่างถูกวิธีจะช่วยลดความเสี่ยงจากโรคติดต่อได้

3. สวมอุปกรณ์ป้องกันห่างไกลโรค

1. หน้ากากอนามัย

2. ถุงมือยางกันน้ำ

3. รองเท้าบูทกันน้ำ

4. ขั้นตอนการล้างมือให้สะอาดอย่างถูกวิธี

ภาพที่ 15 ข้อควรระวังในการผลิตและการใช้ก๊าซชีวภาพ
แหล่งที่มา: กองสุขศึกษา กรมสนับสนุนบริการสุขภาพ กระทรวงสาธารณสุข

แหล่งข้อมูลเพิ่มเติม
ในการผลิตก๊าซชีวภาพในระดับชุมชนและระดับครัวเรือน

สถานที่ติดต่อ	ที่อยู่/ หมายเลขโทรศัพท์
1. สำนักงานพลังงานจังหวัดในทุกจังหวัด	สามารถเข้าไปค้นหาหมายเลขโทรศัพท์ในการติดต่อได้ที่ http://www.energy.go.th/?q=th/provincial_power
2. มูลนิธินโยบายสุขภาวะ (มนส)	87/495 หมู่บ้านภัสสรรัตนาธิเบศร์ (ซอย 31) ถ.บางกรวย-ไทรน้อย ต.บางรักใหญ่ อ. บางบัวทอง จ.นนทบุรี 11110 โทรศัพท์ 02-9209691 โทรสาร 02-9208845 www.energygreenhealth.com
3. รองศาสตราจารย์ ดร. วิสาขา ภู่จินดา	คณะพัฒนาสังคมและสิ่งแวดล้อม สถาบันบัณฑิตพัฒนบริหารศาสตร์ 118 ถนนเสรีไทย คลองจั่น บางกะปิ กรุงเทพมหานคร 10240 โทรศัพท์ 02-727-3106, 081-6637756 E: mail: wisakha.p@nida.ac.th
4. รองศาสตราจารย์ ดร. สุชน ตั้งทวีวิพัฒน์	คณะเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่ โทรศัพท์: 083-9482501 E-mail: agani002@chiangmai.ac.th
5. ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. อุษา อ้นทอง	คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยทักษิณ วิทยาเขตพัทลุง โทรศัพท์: 081-9614556 E-mail: usa@tsu.ac.th
6. ดร. แม่ชีสายจิตร จะวะนะ	วัดป่าธรรมอุทยาน กม. 11 ถนนมิตรภาพ ต.สำราญ อ.เมือง จ.ขอนแก่น 40000 โทรศัพท์: 081-9916188 E-mail: saichit.chawana@gmail.com
7. อาจารย์พงศ์พันธ์ กาญจนการุณ	มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลล้านนา จังหวัดเชียงราย โทรศัพท์ 081-3452250 E-mail: pongpank@gmail.com
8. อาจารย์เจษฎา มิ่งฉาย	มหาวิทยาลัยราชภัฏอุตรดิตถ์ โทรศัพท์ 081-8871448 E-mail: chedsada@yahoo.com
9. คุณวิจิตรา ชูสกุล	มูลนิธิพัฒนาอีสาน 100/1 กม. 14 ม. 4 ถ. สุรินทร์-สังขะ ต.ตาอ็อง อ.เมือง จ.สุรินทร์ 32000 โทรศัพท์: 044-501048 E-mail: netsurin@hotmail.com
10. คุณยุทธการ มากพันธุ์	มูลนิธิสถาบันพัฒนาพลังงานทดแทนแห่งเอเชียและแปซิฟิก 213 ม.2 ต. ท่ามะขาม อ.เมือง จ. กาญจนบุรี 71000 โทรศัพท์: 086-3361985E-mail: aek_makphan@hotmail.com

เอกสารอ้างอิง

กรมพัฒนาพลังงานทดแทนและอนุรักษ์พลังงาน. มปป. **คู่มือการพัฒนาและการลงทุนผลิตพลังงานทดแทน.** กรุงเทพมหานคร: กระทรวงพลังงาน จากhttp://www2.dede.go.th/km_ber/Attach/Biogas-present.pdf

กรมสนับสนุนบริการสุขภาพ. ม.ป.ป. **ขั้นตอนการล้างมือที่ถูกสุขอนามัย**. กรุงเทพมหานคร: กระทรวงสาธารณสุข จาก http://www.thaihed.com

กระทรวงพลังงาน. ม.ป.ป. **Biogas คู่มือสำหรับประชาชนทั่วไป.** กรุงเทพมหานคร: กระทรวงพลังงาน

เกษตรพอเพียงดอทคอม. 2556. **บ่อหมักก๊าซชีวภาพแบบโดมคงที่ (Fixed Dome Digester).** ค้นวันที่ 16 สิงหาคม 2556 จาก http://www.kasetporpeang.com/

ชาญณรงค์ เพ็งโนนยาง. 2556. **ก๊าซชีวภาพ.** ค้นจาก http://www.tsk2.ac.th/krooaon/lesson4-2.html วันที่16 สิงหาคม 2556

บุญมา ป้านประดิษฐ์. 2551. **โครงการผลิตก๊าซชีวภาพจากขยะอินทรีย์ครัวเรือน**. ค้นวันที่ 16 สิงหาคม 2556 จาก http://www.ku.ac.th/e-magazine/july51/agri/energy.htm

วรวิช เจริญบัณฑิตชัย. 2555. **โรงไฟฟ้าพลังงานหญ้าเนเปียร์บ้านโพนบก.** ค้นวันที่ 26 สิงหาคม 2557 จาก http://voravitpower.weebly.com/hho-power-plant.html

วิสาขา ภู่จินดา. 2555. **การบริหารจัดการพลังงานหมุนเวียน เพื่อผลิตพลังงานใช้ในระดับชุมชนและระดับครัวเรือน**. รายงานวิจัย เสนอต่อสถาบันบัณฑิตพัฒนบริหารศาสตร์

สถาบันวิจัยและพัฒนาพลังงาน มหาวิทยาลัยเชียงใหม่. 2549. **ความปลอดภัยในการใช้ก๊าซชีวภาพ.** ค้นวันที่ 14 พฤศจิกายน 2556 จาก http://biogas.erdi.or.th/biogasTech_sub_safety.php

สุชน ตั้งทวีวิพัฒน์ และคณะ. 2553. **การผลิตก๊าซชีวภาพเพื่อลดมลภาวะและเป็นพลังงานสำหรับใช้ในครัวเรือน**. กระทรวงวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี

Arthur, R., Baidoo, F. and Antwi, E. 2011. Biogas as a potential renewable energy source: A Ghanaian Case study. **Renewable energy. 36**(5): 1510-1516.

Energy for Environment Foundation.n.d.**Energy Technology produced from biomass fuel and biogas**. Bangkok: Energy for Environment Foundation.

Gautam, R., Baral, S., & Heart, S. 2009. Biogas as a sustainable energy source in Nepal: Present status and future challenges. **Renewable and Sustainable Energy Reviews, 13** (1), 248–252.

Thailand Energy and Environmental Network Chiang Mai University, 2549. **ปัญหามลภาวะในฟาร์มเลี้ยงสัตว์และการบำบัด.** ค้นวันที่ 3 มีนาคม 2558 จาก http://ns.ist.cmu.ac.th/riseat/teenet/btc/farmpollution06.php.

The Permanent Secretary of the Ministry of Energy. (2007). **Manual of energy technology for community** [in Thai]. Bangkok: Ministry of Energy.