บทที่ 2
แนวคิด ทฤษฎี เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

2.1 ก๊าซชีวภาพ

ก๊าซชีวภาพ หรือไบโอก๊าซ คือก๊าซที่เกิดขึ้นตามธรรมชาติจากการหมักย่อยสลายของสารอินทรีย์ภายใต้สภาวะไร้อากาศ (Anaerobic digestion) โดยมีจุลินทรีย์หลายชนิดเป็นตัวย่อยสลายโดยทั่วไปจะหมายถึงก๊าซมีเทน ที่เกิดจากการหมักของสารอินทรีย์โดยกระบวนการนี้สามารถเกิดขึ้นได้ในหลุมขยะกองมูลสัตว์ และก้นบ่อแหล่งน้ำนิ่ง กล่าวคือเมื่อไหร่ก็ตามที่มีสารอินทรีย์หมักหมมกันเป็นเวลานานก็อาจเกิดก๊าซชีวภาพ และองค์ประกอบส่วนใหญ่ของก๊าซชีวภาพก็จะประกอบด้วยแก๊สมีเทน (CH_4) ประมาณ 50-70 % และก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ (CO_2) ประมาณ 30-40% ส่วนที่เหลือเป็นแก๊สชนิดอื่น ๆ เช่น ก๊าซไฮโดเจน (H_2) ก๊าซออกซิเจน (O_2) ก๊าซไฮโดรเจนซัลไฟด์ (H_2S) ก๊าซไนโตรเจน (N_2) และไอน้ำ ปนอยู่บ้างเล็กน้อยก๊าซที่เกิดจากกระบวนการหมักจะมีปริมาณที่แตกต่างกันขึ้นอยู่กับวัตถุดิบที่ใช้และสภาวะของกระบวนการหมักก๊าซชีวภาพมีคุณสมบัติเป็นเชื้อเพลิงที่สามารถทดแทนเชื้อเพลิงจากแหล่งอื่นได้ เช่น ฟืน ถ่าน น้ำมัน ก๊าซหุงต้ม เป็นต้น ก๊าซชีวภาพสามารถนำมาใช้เป็นเชื้อเพลิงในการหุงต้มได้โดยตรงเหมือน ก๊าซ LPG ซึ่งมีความสะดวกในการใช้งานมากกว่าการใช้ฟืนหรือถ่านทั้งยังปราศจากควันและเขม่าด้วยจึงทำให้สถานที่ที่ใช้ก๊าซชีวภาพมีความสะอาดกว่าการใช้ ฟืน ถ่าน ยังสามารถให้พลังงานด้านแสงสว่างเมื่อนำมาใช้กับตะเกียงหรือเครื่องปั่นไฟรวมทั้งให้พลังงานความร้อนนอกจากนั้นยังสามารถนำไปใช้กับรถยนต์ชนิดต่างๆ แทนน้ำมันได้อีกด้วยก๊าซชีวภาพที่สามารถใช้เป็นพลังงานเชื้อเพลิงได้จะต้องมีก๊าซมีเทนเป็นองค์ประกอบไม่น้อยกว่าร้อยละ 50 ซึ่งวิธีการบำบัดน้ำเสียและลดมลพิษด้วยเทคโนโลยีก๊าซชีวภาพ สามารถให้ประโยชน์ถึง 3 ประการ คือ

1) ให้พลังงานในรูปของก๊าซชีวภาพ
2) ลดปัญหามลพิษและสภาพแวดล้อม
3) กากที่ผ่านการย่อยสลายแล้วสามารถนำไปใช้เป็นปุ๋ยอินทรีย์ในสภาพปุ๋ยน้ำ และปุ๋ยแห้ง เพื่อการปรับปรุงบำรุงดินได้ดี

2.1.1 กลุ่มแบคทีเรียที่ทำการย่อยสลาย กลุ่มนี้มีด้วยกัน 3 ชนิด ได้แก่

1.) Psychrophilic แบคทีเรียชนิดนี้จะผลิตก๊าซได้ในช่วงอุณหภูมิ 0-10 องศา-เซลเซียส แต่จะผลิตก๊าซได้ปริมาณที่น้อยและเมื่ออุณหภูมิต่างจากนี้ แบคทีเรียชนิดนี้จะหยุดการย่อยอินทรีย์สาร ทำให้ไม่เกิดก๊าซและแบคทีเรียชนิดนี้อาจจะตายลงได้

2.) Mesophilic แบคทีเรียชนิดนี้จะผลิตก๊าซได้ในช่วงอุณหภูมิ 30-40 องศา-เซลเซียส ผลิตก๊าซได้ในปริมาณปานกลางแต่จะทนต่อสภาพแวดล้อมที่เปลี่ยนแปลงได้ดี ถึงอุณหภูมิจะแตกต่างไปกว่านี้เล็กน้อยแบคทีเรียชนิดนี้ก็ยังสามารถมีชีวิตอยู่ได้

3.) Hemophilic แบคทีเรียชนิดนี้จะผลิตก๊าซได้ในช่วงอุณหภูมิ 50-58 องศา-เซลเซียส ผลิตก๊าซได้ในปริมาณมากที่สุดในบรรดาแบคทีเรียทั้ง 3 ชนิด แต่แบคทีเรียชนิดนี้เป็นพวกที่อ่อนแอที่สุดไม่สามารถทนกับสภาวะแวดล้อมที่เปลี่ยนแปลงไปเพียงเล็กน้อย เช่น มีฝนตกซึ่งจะทำให้อุณหภูมิในบ่อลดลงประมาณ 2 องศาเซลเซียส แบคทีเรียชนิดนี้จะตายทันที ดังนั้นถ้าหากต้องการให้แบคทีเรียชนิดนี้ย่อยอินทรีย์สารที่มีปริมาณมากให้หมดเร็วๆ จะต้องมีระบบควบคุมสภาวะแวดล้อมของบ่อด้วย (เชียงใหม่, มหาวิทยาลัย,.2556)

ตารางที่ 2.1 องค์ประกอบของก๊าซชีวภาพ

องค์ประกอบ	เปอร์เซ็นต์ (%)
ก๊าซมีเทน (CH_4)	50-70
ก๊าซคาร์บอนไดออกไซน์ (CO_2)	30-40
ก๊าซไฮโดรเจน (H_2)	5-10
ก๊าซไนโตรเจน (N_2)	1-2
ไอน้ำ (H_2O)	0.3
ก๊าซไฮโดรเจนซัลไฟด์ (H_2S)	เล็กน้อย

ที่มา :ไทยแลนด์อินดัสตรี้ดอทคอม, 2010

2.1.2 การทำระบบก๊าซชีวภาพก่อให้เกิดประโยชน์ทั้งในด้านการอนุรักษ์พลังงานการอนุรักษ์สิ่งแวดล้อม และการเกษตรนอกจากนี้ยังให้ผลตอบแทนในรูปแบบต่างๆอีกมากมาย ดังต่อไปนี้

1) การอนุรักษ์พลังงาน ก๊าซชีวภาพ 1 ลูกบาศก์เมตร สามารถทดแทนพลังงานในรูปต่างๆ ได้ดังนี้ ก๊าซหุงต้ม (LPG) 0.46 กิโลกรัม น้ำมันเบนซิน 0.67 ลิตร น้ำมันเตา 0.55 ลิตร และพลังงานไฟฟ้า 1.20 กิโลวัตต์-ชั่วโมง

2) การอนุรักษ์สิ่งแวดล้อมการใช้เทคโนโลยีก๊าซชีวภาพในการจัดการน้ำเสียในฟาร์มเลี้ยงสัตว์ก่อให้เกิด ประโยชน์ด้านสิ่งแวดล้อม ดังนี้

ลดปัญหามลพิษทางน้ำโดยสามารถบำบัดและลดสารปนเปื้อนของสารอินทรีย์ในน้ำเสียได้ตามที่กฎหมายกำหนด

1. ลดปัญหากลิ่นเหม็นและแมลงที่เป็นพาหะนำโรคต่างๆ

2. ลดการปล่อยทิ้งก๊าซมีเทนสู่บรรยากาศ เป็นการช่วยลดอัตราการเกิดภาวะเรือนกระจก ซึ่งเป็นต้นเหตุให้อุณหภูมิของโลกสูงขึ้น

3) การเกษตรการใช้เทคโนโลยีก๊าซชีวภาพในการจัดการน้ำเสียในฟาร์มเลี้ยงสัตว์ก่อให้เกิดประโยชน์ด้านการเกษตร ดังนี้

1. การย่อยสลายอินทรีย์แบบไร้อากาศทำให้ปริมาณเชื้อโรคที่เป็นสาเหตุของโรคพืช บางชนิดลดลงและมีส่วนทำลายการงอกของเมล็ดวัชพืชอีกด้วย

2.การทำเป็นอาหารสัตว์ โดยนำส่วนที่เหลือจากการหมักนำไปตากแห้งแล้วนำไปผสมเป็นอาหารสัตว์ให้โคและสุกรกินได้แต่ทั้งนี้มีข้อจำกัด คือควรใช้ในระดับ 5-10% จะทำให้สัตว์เจริญเติบโตตามปกติและเป็นการลดต้นทุนการผลิต

4) การจ้างงาน เป็นการส่งเสริมให้คนไทยมีงานทำทั้งในระยะสั้น (ระยะก่อสร้างระบบ) และระยะยาว (ระยะการใช้งานของระบบ) โดยในระยะการใช้งานของระบบจะมีการจ้างงานที่สม่ำเสมอตลอดอายุการใช้งานของ ระบบ

5) การเพิ่มประสิทธิภาพการใช้ทรัพยากร การใช้เทคโนโลยีที่มีการจัดการของเสียอย่างครบวงจรภายในฟาร์มและมีการใช้ ประโยชน์จากผลพลอยได้อย่างคุ้มค่า หรือมีการปล่อยของเสียออกสู่สิ่งแวดล้อมน้อยที่สุด (Waste minimize) ถือเป็นการใช้ทรัพยากรอย่างมีประสิทธิภาพสูงสุด

6) ผลตอบแทนจากการลงทุน ระยะเวลาในการคืนทุนประมาณ 3 - 5 ปี ขึ้นอยู่กับการนำก๊าซชีวภาพไปใช้ประโยชน์ เช่น กรณีทดแทนเชื้อเพลิงที่ต้องซื้อมาในราคาสูง เช่น ก๊าซหุงต้ม น้ำมันเชื้อเพลิง จะคืนทุนได้เร็วกว่ากรณีนำไปใช้ทดแทนพลังงานรูปแบบอื่นๆ ที่มีราคาต่ำ

2.2 เชื้อเพลิงชีวภาพ

เชื้อเพลิงชีวภาพ คือ เชื้อเพลิงที่ได้จากชีวมวล หรือสสารที่ได้จากพืชและสัตว์โดยมีพื้นฐานจากการสังเคราะห์แสง แล้วเก็บรวบรวมพลังงานจากดวงอาทิตย์เอาไว้ในรูปของพลังงานเคมีพืชเป็นพลังงานชีวภาพรูปแบบหนึ่งเพราะเป็นพลังงานที่เกิดขึ้นเองโดยกลไกของธรรมชาติที่เรียกว่า “กระบวนการสังเคราะห์แสง” ซึ่งพืชจะเปลี่ยนพลังงานแสงอาทิตย์ให้เป็นพลังงานสะสมในรูปของสารอินทรีย์ที่เป็นประโยชน์ต่อการเจริญเติบโตของพืช เมื่อคนหรือสัตว์กินพืชเป็นอาหารก็จะได้สารอินทรีย์ที่เป็นประโยชน์ต่อร่างกายเราเรียกสารอินทรีย์จากสิ่งมีชีวิตทั้งหลายว่าชีวมวลและเมื่อเรานำสารอินทรีย์เหล่านั้นมาผ่านกระบวนการที่เหมาะสมจะสามารถเปลี่ยนชีวมวลเหล่านั้นให้เป็นพลังงานที่เป็นประโยชน์ได้เชื้อเพลิงชีวภาพแตกต่างจากเชื้อเพลิงฟอสซิล (ถ่านหินและปิโตรเลียม) ซึ่งเป็นเชื้อเพลิงสิ้นเปลือง ตรงที่เชื้อเพลิงชีวภาพจัดเป็นพลังงานหมุนเวียนที่สามารถฟื้นฟูหรือสร้างขึ้นใหม่ได้ ตราบใดที่ต้นไม้และพืชไม่ถูกตัดโค่นในอัตราที่รวดเร็วเกินกว่าที่จะสามารถปลูกทดแทนให้เจริญเติบโตขึ้นมาได้ทัน ข้อดีอีกประการของเชื้อเพลิงชีวภาพ คือ สถานะที่หลากหลายของเชื้อเพลิงทั้งในสถานะของแข็ง ของเหลว และก๊าซจึงสะดวกและสามารถใช้งานได้ตามวัตถุประสงค์ต่างๆ ที่สำคัญ คือ การเผาเชื้อเพลิงชีวภาพไม่ก่อให้เกิดปริมาณคาร์บอนไดออกไซด์เพิ่มขึ้นและยังก่อให้เกิดปริมาณก๊าซพิษน้อยกว่าเชื้อเพลิงชนิดอื่นเมื่อเทียบกันในอัตราต่อหน่วยการใช้เชื้อเพลิงชีวภาพ (พงษ์ศักดิ์ โพธิ์ศรีทอง, 2553)

2.2.1 ของแข็ง ได้แก่ ไม้ ขี้เลื่อย ฟางข้าว ซังข้าวโพด ชานอ้อย มูลสัตว์ ถ่าน เปลือกสัตว์หรือเปลือกพืชอาทิ แกลบข้าว ฝ้าย ถั่วลิสง เปลือกสับปะรด เป็นต้น

(ก) (ข) (ค)

(ง) (จ) (ฉ)

รูปที่ 2.1 ของแข็งที่ใช้เป็นพลังงานชีวภาพ
(ก) แกลบ (ข) ฟางข้าว (ค) เปลือกสับปะรด
(ง) ขี้เลื่อย (จ) ซังข้าวโพด (ฉ) ชานอ้อย
ที่มา : (วิชาการ.คอม, 2014)

ไม้ฟืนเป็นพลังงานชีวภาพชนิดแรกที่มนุษย์นำมาใช้ในการหุงต้มอาหารให้แสงสว่างและสร้างความอบอุ่นให้แก่ครัวเรือนตั้งแต่สมัยดึกดำบรรพ์หลายพันปีมาแล้วเนื้อไม้ประกอบด้วยสารประกอบต่าง ๆ มากมาย โดยมีเซลลูโลส (Cellulose) เป็นสารประกอบหลักประมาณร้อยละ 50 สารประกอบแต่ละชนิดจะให้ความร้อนแตกต่างกันไป ไม้ที่มีความชื้นต่ำจะให้ค่าความร้อนมากกว่าไม้ที่มีความชื้นสูง ดังจะเห็นได้ว่าการนำไม้สดไปใช้เป็นฟืนโดยตรงจะให้ความร้อนน้อย คือ มีค่าความร้อนต่ำ อย่างไรก็ตามในปัจจุบันทรัพยากรไม้มีปริมาณลดน้อยลงมาก การตัดไม้ทั่วโลกเพื่อใช้ทำฟืนจึงมีปริมาณลดลง

2.2.2 ของเหลว พลังงานจากเชื้อเพลิงชีวภาพที่อยู่ในรูปของเหลวอาจจะแบ่งได้เป็น 3 ประเภท ได้แก่

1) แอลกอฮอล์ ซึ่งเป็นสารประกอบอินทรีย์ มีสถานะเป็นของเหลวระเหยง่ายแอลกอฮอล์ที่นำมาใช้เป็นเชื้อเพลิงมี 2 ชนิดคือ เอทานอล (แอลกอฮอล์ที่รับประทานได้) และเมทานอล(แอลกอฮอล์ที่ไม่สามารถรับประทานได้)

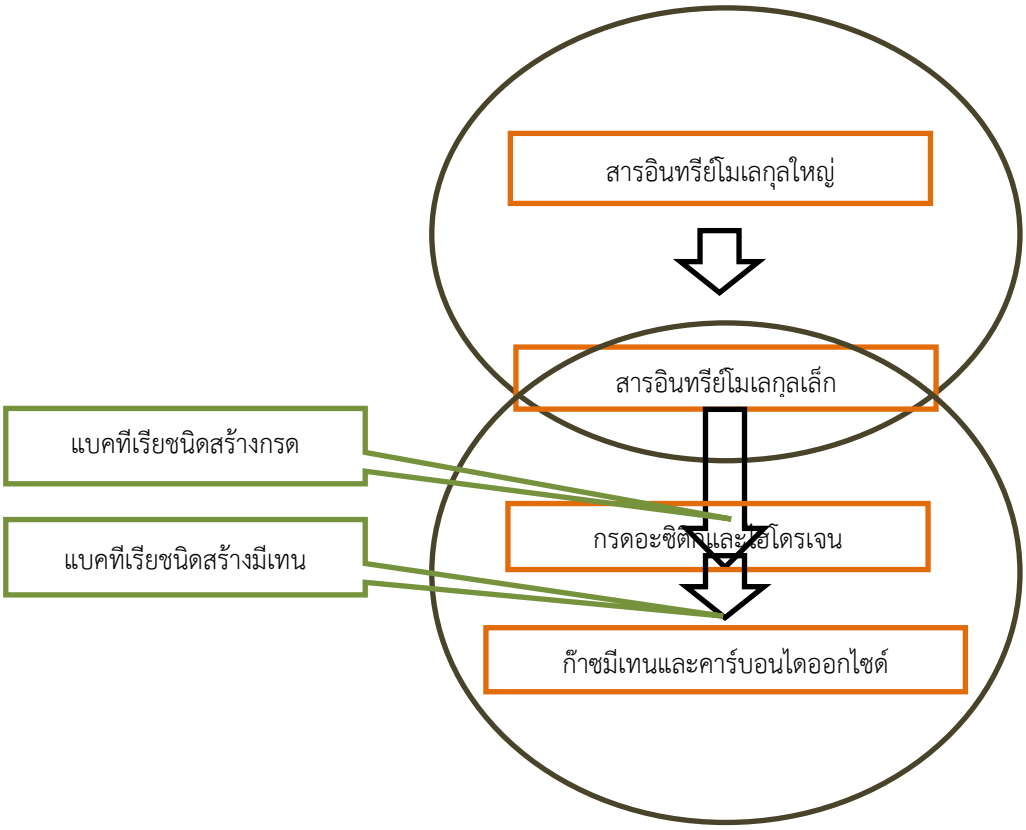
2) น้ำมันจากพืชและสัตว์ ได้แก่ น้ำมันพืชบริสุทธิ์ น้ำมันพืชที่ใช้แล้ว (Waste vegetable oil) ไขสัตว์ และไบโอดีเซล ที่ผลิตจากน้ำมันพืช ไขสัตว์ และน้ำมันพืชใช้แล้ว โดยผ่านกรรมวิธีทางเคมี

3) น้ำมันจากขยะ น้ำมันซึ่งมีคุณลักษณะทางเคมีและกายภาพคล้ายคลึงกับปิโตรเลียม สามารถสกัดจากขยะชีวมวลมาใช้งานได้

2.3 การเกิดก๊าซชีวภาพ

สารอินทรีย์ + Anaerobic bacteria $\Rightarrow$ ก๊าซชีวภาพ + กาก + ความร้อน

กระบวนการหมักเพื่อผลิตก๊าซชีวภาพเป็นปฏิกิริยาที่เกิดขึ้นในสภาวะไร้อากาศโดยที่สารอินทรีย์ได้แก่ คาร์โบไฮเดรต ไขมัน และโปรตีน จะถูกย่อยสลายโดยจุลินทรีย์หลายชนิด จนได้ผลิตภัณฑ์สุดท้ายเป็น ก๊าซมีเทนและก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ ซึ่งเป็นองค์ประกอบหลักของก๊าซชีวภาพ กระบวนการหมักก๊าซชีวภาพจัดเป็นกระบวนการที่มีการหมุนเวียนคาร์บอน เนื่องจากการย่อยสลายแบบไร้อากาศของสารอินทรีย์ทำให้ได้ผลิตภัณฑ์ คือ ก๊าซมีเทนและคาร์บอนไดออกไซด์ ซึ่งก๊าซมีเทนสามารถใช้เป็นพลังงานทดแทน และการเผาไหม้ก๊าซมีเทนได้ก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ ซึ่งสามารถกลับคืนสู่วัฏจักรการสังเคราะห์แสงของพืชได้ ปฏิกิริยาชีวเคมีของกระบวนการย่อยสลายสารอินทรีย์โดยแบคทีเรียสามารถแบ่งได้ 3 ขั้นตอนคือ ขั้นตอนการไฮโดรไลซีส (Hydrolysis) ขั้นตอนการผลิตกรดอินทรีย์ (Acid production) และขั้นตอน การผลิตก๊าซมีเทน (Methane production) (เชียงใหม่, มหาวิทยาลัย, 2556)



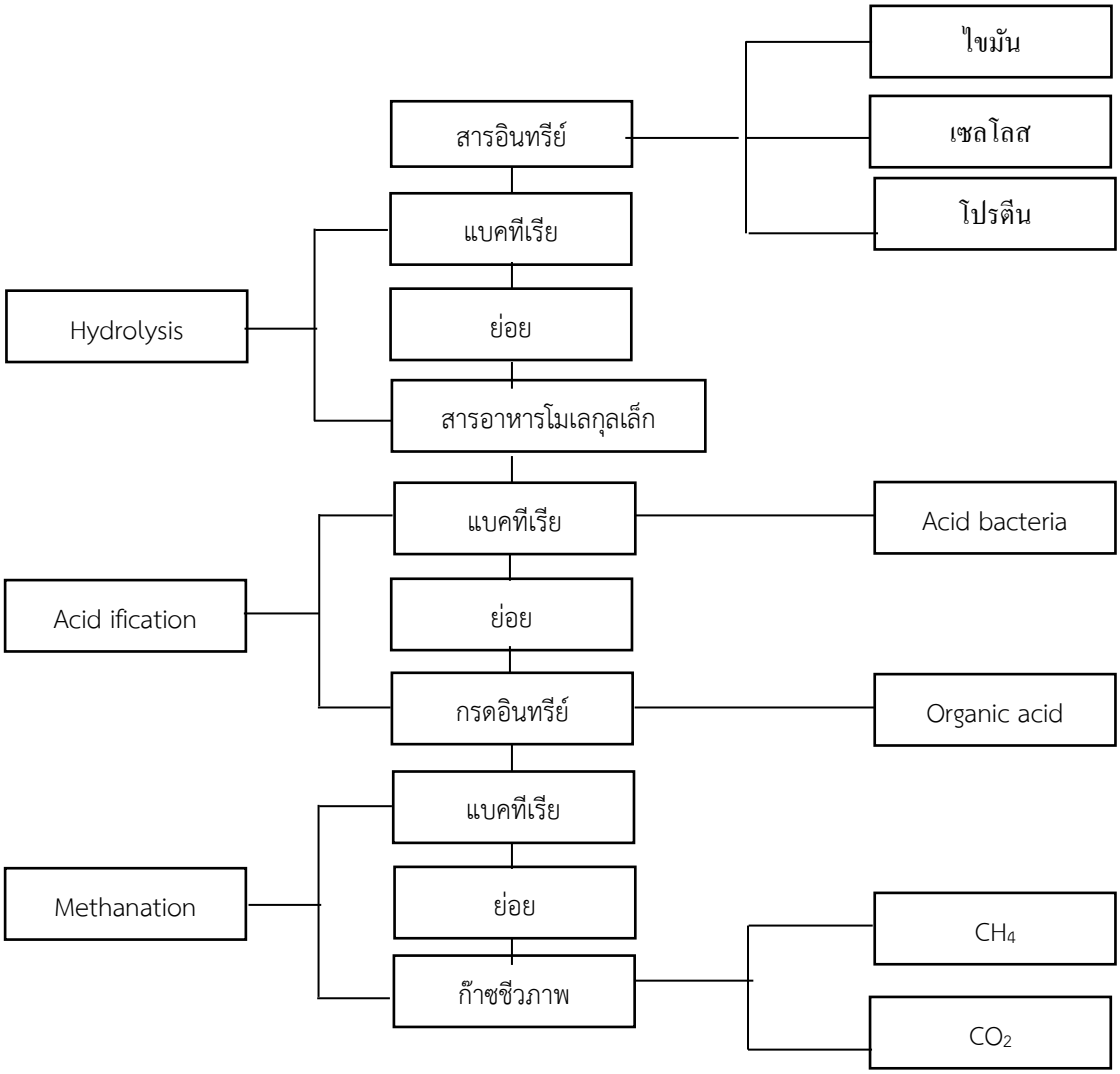
รูปที่ 2.2 ขั้นตอนการย่อยสลายสารอินทรีย์ (ขั้นตอนการเกิดก๊าซชีวภาพ)
ที่มา : (เชียงใหม่, มหาวิทยาลัย,2557)

หลังจากที่นำอินทรีย์สารลงในบ่อหมักแล้วแบคทีเรียจะทำการย่อยสลายอินทรีย์สารให้เกิดเป็นก๊าซชีวภาพ

ขั้นตอนที่ 1 Hydrolysis เป็นกระบวนการย่อยสลายอินทรียสารให้มีโมเลกุลเล็กลงเพื่อให้สารอาหารสามารถซึมผ่านเซลเมนเบรมของแบคทีเรียได้ และทำให้ละลายน้ำได้

ขั้นตอนที่ 2 Acid formation เป็นกระบวนการที่อินทรียสารโมเลกุลเล็กๆถูกย่อยสลายให้เป็นกรดอินทรีย์โดยแบคทีเรียที่ชื่อ Acid formation ส่วนใหญ่เกิดเป็นกรดอามิติก

ขั้นตอนที่ 3 Methane formation เป็นกระบวนที่แบคทีเรียที่ชื่อ Methanogen bacteria ย่อยสลายกรดอินทรีย์ให้เป็นก๊าซชีวภาพ (ก๊าซมีเทนและคาร์บอนไดออกไซน์เป็นส่วนใหญ่)



รูปที่ 2.3 แผนภาพแสดงขั้นตอนกระบวนการเกิดก๊าซชีวภาพ
ที่มา : (สมจินตนา ลิ้มสุข และคณะ, 2554)

2.4 ปัจจัยที่มีผลต่อการเกิดก๊าซชีวภาพ

2.4.1 อุณหภูมิในการเดินระบบ (Operating temperature)

เมทาโนเจน ไม่สามารถทนต่ออุณหภูมิที่ต่ำมากหรือสูงมากได้ ถ้าหากอุณหภูมิลดลงต่ำกว่า 10 องศาเซลเซียส แบคทีเรียจะหยุดทำงานอุณหภูมิในการเดินระบบแบ่งเป็นสองระดับตามสปีชีส์ของเมทาโนเจน ได้แก่ เมโซฟิลิก(Mesophilic) และเทอร์โมฟิลิก(Thermophilic) อุณหภูมิที่เหมาะที่เมโซฟิลิก ทำงานได้ดีคือประมาณ 20 – 45 องศาเซลเซียส แต่ที่เหมาะสมที่สุดคือ ช่วง 35 – 37 องศาเซลเซียส โดยในช่วงอุณหภูมิระดับนี้แบคทีเรียส่วนใหญ่ในถังหมักจะเป็นเมโซฟิลิก ส่วนเทอร์โมฟิลิก ทำงานได้ดีในช่วงอุณหภูมิที่สูงกว่า โดยอุณหภูมิที่เหมาะสมที่สุดคือประมาณ 50 – 52 องศาเซลเซียส แต่ก็สามารถทำงานในอุณหภูมิที่สูงขึ้นไปถึง 70 องศาเซลเซียส แบคทีเรียเมททาโนเจนเมโซฟิลิกนั้นมีจำนวนสปีชีส์มากกว่าเทอร์โมฟิลิก นอกจากนี้ยังสามารถทนต่อการเปลี่ยนแปลงของสภาพแวดล้อมได้ดีกว่าเทอร์โมฟิลิกอีกด้วย ทำให้ระบบหมักก๊าซชีวภาพที่ใช้เมโซฟิลิกเสถียรกว่า แต่ขณะเดียวกันอุณหภูมิซึ่งสูงกว่าในระบบที่ใช้เทอร์โมฟิลิกก็เป็นการช่วยเร่งปฏิกิริยาส่งผลให้อัตรา

การผลิตก๊าซสูงกว่า ข้อเสียอีกข้อของระบบเทอร์โมฟิลิก คือการที่ต้องใช้พลังงานจากภายนอกมาเพิ่มความร้อนให้ระบบ ทำให้อาจได้พลังงานสุทธิที่ต่ำกว่า

2.4.2 ความเป็นกรด-ด่าง (pH Value)

ค่า pH ที่เหมาะสมที่สุดในการผลิตก๊าซชีวภาพคือระหว่าง 7.0 – 7.2 ค่า pH ในถังหมักขึ้นอยู่กับช่วงของการหมักด้วย เพราะในช่วงแรกแบคทีเรียที่สร้างกรดจะสร้างกรดเป็นจำนวนมากและทำให้ค่า pH ลดลง ซึ่งถ้าหาก pH ลดลงต่ำกว่า 5 ก็จะหยุดกระบวนการย่อยและหมักทั้งหมดหรืออีกนัยหนึ่งก็คือแบคทีเรียตาย Methanogen นั้นอ่อนไหวต่อความเป็นกรดด่างมากและจะไม่เจริญเติบโต หาก pH ต่ำกว่า 6.5 ในช่วงท้ายของกระบวนการ ความเข้มข้นของ NH4 จะมากขึ้นตามการย่อยสลายไนโตรเจนที่เพิ่มขึ้น ซึ่งจะส่งผลให้ค่า pH เพิ่มโดยอาจเกิน 8 จนกระทั่งระบบผลิตเริ่มมีความเสถียร pH จะอยู่ระหว่าง 6.8 – 8

2.4.3 อัตราส่วนคาร์บอนต่อไนโตรเจน (C/N Ratio)

อัตราส่วนของคาร์บอนต่อไนโตรเจนของขยะอินทรีย์ที่สามารถใช้ผลิตก๊าซชีวภาพคือตั้งแต่ 8 – 30 แต่อัตราส่วนที่เหมาะสมที่สุดสำหรับการผลิตก๊าซชีวภาพคือประมาณ 23 ถ้าอัตราส่วนคาร์บอนต่อไนโตรเจนสูงมากไนโตรเจนจะถูก Methanogen นำไปใช้เพื่อเสริมโปรตีนให้ตัวเองและจะหมดอย่างรวดเร็ว ส่งผลให้ได้ก๊าซน้อย แต่ถ้าหาก C/N Ratio ต่ำมากๆ ก็จะทำให้ไนโตรเจนมีมากและไปเกาะกันเป็นแอมโมเนีย แอมโมเนียจะไปเพิ่มค่า pH ซึ่งถ้าหากค่า pH สูงถึง 8.5 ก็จะเริ่มเป็นพิษกับแบคทีเรียทำให้จำนวน Methanogen ลดลง นอกจากนี้หาก C/N ratio อยู่นอกเหนือจากช่วง 8-30 จะทำให้มีสัดส่วนปริมาณก๊าซที่ได้เป็นก๊าซอื่นๆ เช่น คาร์บอนไดออกไซด์สูงขึ้น มูลสัตว์โดยเฉพาะโคกระบือมีอัตราส่วนคาร์บอนต่อไนโตรเจนที่เหมาะสมที่สุด รองลงมาก็ได้แก่พวกดอกจอกผักตบและเศษอาหาร ขณะที่ฟางมีอัตราส่วนคาร์บอนต่อไนโตรเจนที่ค่อนข้างจะสูง อย่างไรก็ตามสามารถนำวัตถุดิบที่มีอัตราส่วนคาร์บอนต่อไนโตรเจนสูงมาผสมกับวัตถุดิบที่มีอัตราส่วนคาร์บอนต่อไนโตรเจนต่ำได้ เพื่อให้ได้วัตถุดิบที่มีอัตราส่วนคาร์บอนต่อไนโตรเจนที่ต้องการ

2.4.4 ปริมาณสารอินทรีย์เข้าสู่ระบบ (Loading)

ปริมาณสารอินทรีย์เข้าสู่ระบบคือ ปริมาณสารอินทรีย์ที่เราเติมใส่ถังหมักในแต่ละวัน ซึ่งถ้าหากว่าปริมาณที่เราเติมนั้นมากเกินไป ก็จะส่งผลให้ค่า pH ลดลงมากเกินไป(เนื่องจากในช่วงแรกของกระบวนการคือ acidogenesis กรดจะถูกผลิตขึ้นมา)จนทำให้ระบบล้มเหลวเนื่องจาก methanogen ตายหมด ซึ่งหากสิ่งนี้เกิดขึ้นจริงก็จะต้องเริ่มต้นระบบใหม่หมด แต่ถ้าหากปริมาณสารอินทรีย์เข้าสู่ระบบน้อยก๊าซที่ผลิตได้ก็จะน้อยตามไปด้วย เท่ากับว่าไม่ได้เดินระบบเต็มตามกำลังการผลิต ทำให้ถังหมักมีขนาดใหญ่เกินไปโดยไม่จำเป็น

2.4.5 ระยะเวลาการกักเก็บสารอินทรีย์ในถังหมัก (Retention time)

ระยะเวลาในการกักเก็บสารอินทรีย์ในถังหมักขึ้นอยู่กับปริมาณ และประเภทของสารอินทรีย์ที่เติมเข้าไปซึ่งมีลักษณะและคุณสมบัติที่แตกต่างกันไป รวมถึงรูปแบบของระบบ/ถังหมัก หากระยะเวลาในการกักเก็บสั้นไปก็จะไม่พอสำหรับแบคทีเรียที่จะผลิตก๊าซชีวภาพ นอกจากนี้แบคทีเรียยังจะถูกถ่ายออกจากระบบเร็วเกินไปส่งผลให้จำนวนแบคทีเรียลดลงไปทำให้แบคทีเรียที่เหลืออยู่ทำการย่อยไม่ทันและอาจทำให้ค่า pH ในถังหมักลดลง ขณะเดียวกันการที่ระยะเวลากักเก็บนานเกินไปจะทำให้เกิดตะกอนของสารอินทรีย์ที่แบคทีเรียย่อยสลายแล้วสะสมอยู่ทำให้ถังหมักมีขนาดใหญ่โดยไม่จำเป็น ควรใช้ระยะเวลาในการกักเก็บประมาณ 14-60 วัน ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับปัจจัยต่างๆ คือ ค่า TSC อุณหภูมิ ประเภทของการย่อยสลาย และปริมาณสารอินทรีย์ที่เติม ระยะเวลาในการกักเก็บนั้นเป็นตัวบ่งชี้ว่าแบคทีเรียจะมีชีวิตได้นานเท่าไหร่โดยไม่มีการเติมอาหาร เนื่องจากระยะเวลาการกักเก็บนั้นหมายถึงระยะเวลาที่แบคทีเรียต้องการเพื่อย่อยอาหารให้หมด ดังนั้นเมื่อไหร่ก็ตามที่แบคทีเรียยังย่อยอาหารไม่หมดก็หมายความว่าแบคทีเรียจะยังไม่ตายจากการขาดอาหาร

2.4.6 การคลุกเคล้า (Mixing)

การคลุกเคล้าตะกอน น้ำ และ สารอินทรีย์ เป็นส่วนที่สำคัญอีกส่วนเพราะจะทำให้แบคทีเรียสัมผัสกับสารอินทรีย์ได้อย่างทั่วถึง ทำให้แบคทีเรียทำงานได้อย่างมีประสิทธิภาพมากขึ้น ส่งผลให้การเกิดก๊าซเร็วขึ้นและมากขึ้น นอกจากนี้ยังป้องกันการตกตะกอนและตะกอนลอยซึ่งตะกอนอาจจะไปอุดช่องทางสำหรับระบายของเหลวจากถัง

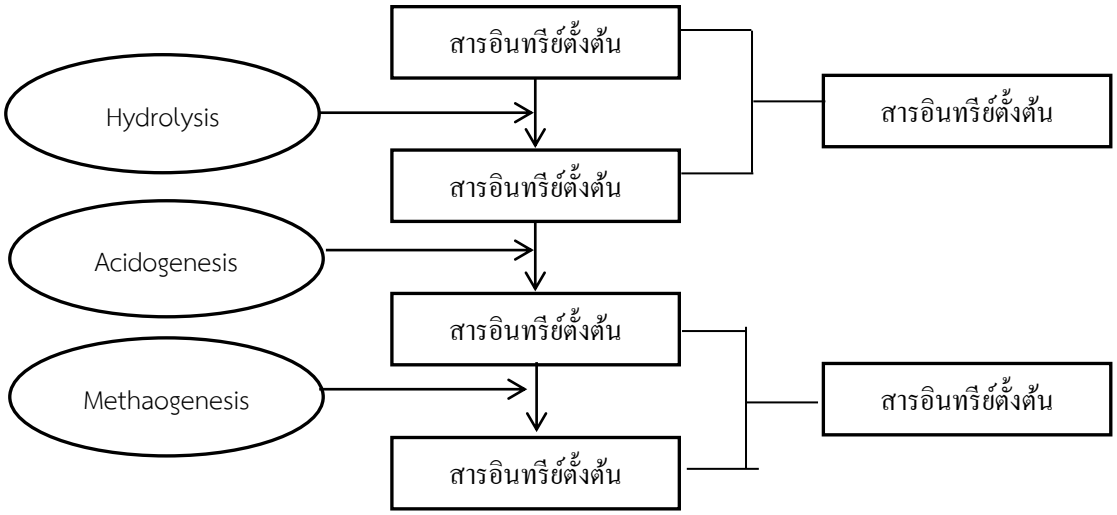
2.4.7 สารอาหาร (Nutrient)

สารอาหารที่แบคทีเรียต้องการเพื่อการเจริญเติบโต นอกเหนือไปจากคาร์บอนและไฮโดรเจนแล้ว ยังมีไนโตรเจน ซัลเฟอร์ ฟอสฟอรัส โพแทสเซียม แคลเซียม นอกจากนี้ก็มีธาตุที่จำเป็นในปริมาณน้อยมากๆ เช่น เหล็ก แมงกานีส สังกะสี โคบอลต์ ซิลิเนียม ทังสเตน และนิเกิล เป็นต้น แต่ขยะอินทรีย์โดยทั่วไปจะมีธาตุอาหารเหล่านี้ในระดับที่สมดุลพอเพียงเพราะฉะนั้นในการหมักจึงไม่จำเป็นต้องเติมสารอาหารใดๆ ลงไป

2.4.8 สารยับยั้งและสารพิษ (Inhibiting and toxic materials)

สารยับยั้งและสารพิษ เช่น กรดไขมันระเหยได้ ก๊าซไฮโดรเจน หรือแอมโมเนีย รวมถึงธาตุไอออน, สารพิษ, โลหะหนัก, สารทำความสะอาดต่างๆ เช่นสบู่ น้ำยาล้างต่างๆ และยาปฏิชีวนะ สามารถส่งผลยับยั้งการเจริญเติบโตและการผลิตก๊าซของแบคทีเรียได้ ธาตุไอออนในปริมาณน้อย(เช่น โซเดียมโพแทสเซียม แคลเซียม แมกนีเซียม ซัลเฟอร์ แอมโมเนีย) สามารถช่วยกระตุ้นการเจริญเติบโตของแบคทีเรียเช่นกัน แต่ถ้าหากปริมาณนั้นมากก็จะส่งผลเป็นพิษได้ ยกตัวอย่างเช่นแอมโมเนียในปริมาณ 50-200 มิลลิกรัมต่อลิตร จะเป็นผลดีช่วยในการเจริญเติบโตของแบคทีเรีย แต่เมื่อใดที่ความเข้มข้นของแอมโมเนียสูงกว่า 1,500 มิลลิกรัมต่อลิตร ก็จะเริ่มส่งผลเสียในทางเดียวกัน โลหะหนักบางประเภท(เช่น ทองแดง นิกเกิล โครเมียม สังกะสี ตะกั่ว และอื่นๆ) ในปริมาณที่น้อยๆ ช่วยในการเจริญเติบโตของแบคทีเรีย แต่เมื่อความเข้มข้นสูงก็จะเป็นพิษ (พงษ์ศักดิ์ โพธิ์ศรีทอง, 2553)

2.5 ทฤษฎีของกระบวนการเกิดก๊าซมีเทน



รูปที่ 2.4 กระบวนการเกิดก๊าซมีเทน
ที่มา : (เชียงใหม่, มหาวิทยาลัย, 2556)

การย่อยเป็นปฏิกิริยาระหว่างจุลินทรีย์เมทาโนเจน รวมทั้งจุลินทรีย์อื่น ๆ กับอินทรีย์สารที่ใส่เข้าไปในถังหมักการย่อยเป็นกระบวนการชีวเคมีที่ซับซ้อนที่เกี่ยวข้องกับองค์ประกอบหลายอย่างที่แตกต่างกันก่อนที่อินทรียวัตถุจะถูกเปลี่ยนเป็นก๊าซชีวภาพการเปลี่ยนจากอินทรียสารเป็นก๊าซนั้นมีลำดับขั้นของการเปลี่ยนแปลงเป็น 3 ขั้นตอน ได้แก่

ขั้นที่ 1 ขั้นตอนไฮโดรไลซีส

ในขั้นตอนนี้สารอินทรีย์เชิงซ้อน (Complex organic compound) ที่มีโมเลกุลขนาดใหญ่ไม่สามารถละลายน้ำได้ เช่นคาร์โบไฮเดรต โปรตีน และ ไขมัน จะถูกย่อยโดยเอนไซน์ที่ปล่อยออกมานอกเซลล์จุลินทรีย์ที่เกี่ยวข้องในขั้นตอนนี้จะเป็นพวก Hydrolytic bacteria และ fermentative bacteria ทำให้สารอินทรีย์แตกตัวมีขนาดเล็กลงและละลายน้ำได้และเคลื่อนย้ายเข้าไปในเซลล์ของจุลินทรีย์ ผลิตภัณฑ์ที่ได้ในขั้นตอนนี้จะขึ้นกับชนิดของสารตั้งต้น เช่น ถ้าสารตั้งต้นเป็นคาร์โบไฮเดรตจะได้ น้ำตาลโมเลกุลเดี่ยว โปรตีนเปลี่ยนไปเป็นเปปไทด์ หรือกรดอะมิโน ไขมันจะเปลี่ยนเป็นกรดไขมันและ กลีเซอรอล นอกเหนือจากการย่อยที่เกิดจาก Hydrolytic bacteria แล้วยังอาจมีปฏิกิริยาที่เกิดจากพวก Fermentative bacteria ซึ่งให้ผลิตภัณฑ์พวกสารประกอบแอลกอฮอล์ กรดอินทรีย์ ไฮโดรเจน และคาร์บอนไดออกไซน์รวมอยู่ด้วย ชนิดและปริมาณของแบคทีเรียในถังหมักจะเปลี่ยนแปลงไปขึ้นอยู่กับชนิดและปริมาณของสารอินทรีย์ภายในระบบ

ขั้นที่ 2 ขั้นตอนการผลิตกรดอินทรีย์

ขั้นตอนนี้เป็นการย่อยสลายผลิตภัณฑ์ที่ได้จากขั้นตอนไฮโดรไลซีส เพื่อนำมาใช้ในการสร้างเซลล์ใหม่เพื่อใช้เป็นพลังงาน อินทรีย์สารโมเลกุลเล็กจากขั้นตอนไฮโดรไลซีสเจริญเติบโตในช่วง pH 6.5-7.5 ทนต่อการเปลี่ยนแปลงสภาวะแวดล้อมได้ดี มีอัตราการเจริญเติบโตสูง สามารถแบ่งตัวเพิ่มจำนวนเป็น 2 เท่า ภายใน 24 ชั่วโมง และใช้อินทรีย์สารเหล่านี้เป็นแหล่งพลังงานเกิดกระบวนการหมัก (Fermentation) ซึ่งผลของปฏิกิริยาทำให้ได้สารที่อยู่ในรูปออกซิไดส์และรีดิวส์ พวกที่อยู่ในรูปออกซิไดส์ส่วนใหญ่เป็นพวกกรดอินทรีย์ระเหย (Volatile fatty acid) ที่มีคาร์บอนอะตอมไม่เกิน 5 อะตอม เช่นกรดอะ-ซิติก (Acetic acid) กรดโพรพิออนิก (Propionic acid) กรดบิวทีริก (Butyric acid) กรดแวรีลิก (Valeric acid) เป็นต้น แบคทีเรียที่ทำหน้าที่ในช่วงนี้คือ แบคทีเรียที่สร้างกรด หรือ Non-methanogenic bacteria พวกที่อยู่ในรูป รีดิวส์มีอยู่หลายอย่างขึ้นอยู่กับชนิดของแบคทีเรียและตัวรับอิเล็กตรอน เช่น เมธานอล เอทธานอล โพรพานอล เป็นต้น ขั้นตอนการผลิตกรดอินทรีย์ซึ่งให้ผลผลิตเป็น กรดอะซิติก ก๊าซไฮโดรเจน และพวกแอลกอฮอล์ เช่น เมทธานอล จะถูกใช้โดยจุลินทรีย์กลุ่ม Methanogenic bacteria เพื่อให้เกิดเป็นก๊าซมีเทนต่อไป

ขั้นที่ 3 การผลิตก๊าซมีเทน

กรดอินทรีย์ที่เกิดขึ้นในขั้นตอนที่สองเป็นสารประกอบอย่างง่ายส่วนใหญ่ได้แก่กรดอะซิติก กรดฟอร์มิก ไฮโดรเจน และ ก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์จะถูกเปลี่ยนไปเป็นก๊าซมีเทนโดยแบคทีเรียที่สร้างก๊าซมีเทน แบคทีเรียกลุ่มนี้เรียกว่า Methanogenic bacteria จัดอยู่ในพวก Obligate anaerobic bacteria จะดำรงชีวิตอยู่ได้แต่ในสภาวะไร้อากาศเท่านั้น เจริญได้ดีทั้งในช่วงอุณหภูมิปานกลาง 35-40 องศาเซลเซียส และช่วงอุณหภูมิสูง 55-60 องศาเซลเซียส ค่า pH ที่เหมาะสมในการเจริญเติบและผลิตก๊าซมีเทนอยู่ในช่วง 6.5-7.5 การรักษาสภาวะของระบบก๊าซชีวภาพจะต้องมีจำนวนแบคทีเรีย Non-methanogenic และ Methanogenic สมดุลกัน การรักษาสภาวะสมดุลดังกล่าวจะต้องควบคุม สารอาหาร ชนิดของ กรดอินทรีย์ ปริมาณของแอมโมเนีย ปริมาณโลหะหนัก ระดับอุณหภูมิ ค่าอัลคาไลนิตี้ และ ค่า pH ที่เหมาะสม (เชียงใหม่, มหาวิทยาลัย, 2556)

2.6 ปัจจัยที่มีผลต่อกระบวนการเกิดก๊าซมีเทน

ปัจจัยและสภาพแวดล้อมที่มีผลต่อการเจริญเติบโตและประสิทธิภาพในการย่อยสลายสารอินทรีย์ของจุลินทรีย์ได้และอุณหภูมิ ค่า pH – ด่างกรดอินทรีย์ ความเป็นด่างสารอาหารที่จำเป็น และสารพิษเป็นต้น ดังนั้นในควบคุมกระบวนการให้เสถียรภาพ และมีประสิทธิภาพสูงสุดจึงจำเป็นจะต้องควบคุมปัจจัยและสภาพแวดล้อมให้พอเหมาะ

2.6.1 อุณหภูมิ มีอิทธิพลต่อการย่อยสลายสารอินทรีย์ของจุลินทรีย์อย่างมาก เพราะจุลินทรีย์มีน้ำเป็นองค์ประกอบหลัก ดังนั้นจุลินทรีย์ส่วนมากจะดำรงชีพอยู่ได้ในช่วงอุณหภูมิต่ำกว่า 99 องศาเซลเซียส ผลของอุณหภูมิที่มีผลต่อการเจริญเติบโต สามารถแบ่งได้เป็น 3 ช่วง ดังนี้คือ

ก) Psychophysics range ช่วงอุณหภูมิ 5-15 องศาเซลเซียส

ข) Mesospheric range ช่วงอุณหภูมิ 35-37 องศาเซลเซียส

ค) Thermophilic range ช่วงอุณหภูมิ 50-55 องศาเซลเซียส

ในแต่ล่ะช่วงอุณหภูมิก็จะมีจุลินทรีย์ที่แตกต่างกันจะเห็นว่า Mesospheric range เป็นช่วงจุลินทรีย์มีอัตราการย่อยสลายสารอินทรีย์สูงกว่าในช่วง Psychophysics range มาก แต่น้อยกว่าในช่วง Thermophilic range เพียงเล็กน้อย ยังต้องการพลังงานในการควบคุมต่ำกว่า Psychophysics range และมีความยืดหยุ่นต่อการเปลี่ยนแปลงของอุณหภูมิ

2.6.2 ค่าความเป็นกรด-ด่าง ที่มีอิทธิพลต่อจุลินทรีย์ในแง่ของการเจริญเติบโต GAUDY.A.Fได้สมมติฐานว่า ค่าความเป็นกรด-ด่าง ที่แตกต่างกันจะมีปริมาณไฮโดรเจนอิออนแตกต่างกันไปซึ่งทำให้ค่าความต่างศักย์ไฟฟ้า (Electro chemical gradient) ของการขนถ่ายสารอาหารและกำจัดของเสียออกจากเซลล์เปลี่ยนแปลง โดยที่ค่าความเป็นกรด-ด่าง ต่ำจะมีปริมาณไฮโดรเจนอิออนอยู่มากทำให้การซึมเข้าและออกจากเซลล์เป็นไปได้ยาก เป็นเหตุให้เกิดการยับยั้งการเจริญเติบโตและการตายของจุลินทรีย์

2.6.3 สารอาหารที่จำเป็น สารอาหารที่จำเป็นต่อจุลินทรีย์ ในกระบวนการหมักแบบไร้อากาศ ได้แก่ ก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ ธาตุไนโตรเจน ธาตุฟอสฟอรัส อัตราส่วนที่เหมาะสมมี COD:N:P เท่ากับ 100:1.1:0.2 จุลินทรีย์ต้องการฟอสฟอรัสเท่ากับ 1 ใน 7 ของธาตุไนโตรเจน และนอกจากสารอาหารหลักที่จำเป็นแล้วจุลินทรีย์ยังต้องการสารอาหาร เพื่อให้การย่อยสลายอินทรียสารได้อย่างมีประสิทธิภาพ

2.7 ลักษณะการเกิดก๊าซชีวภาพในถังหมักก๊าซชีวภาพ

เมื่อหมักสารอินทรีย์ลงในถังหมัก สารอินทรีย์จะถูกย่อยสลายและเกิดการเรียงตัวของส่วนต่างๆ ในถังหมักก๊าซชีวภาพ ดังต่อไปนี้

Biogas คือ ส่วนของก๊าซชีวภาพที่เกิดขึ้นและนำไปใช้ประโยชน์

Scum คือ ส่วนของกากสารอินทรีย์ที่ลอยขึ้น ส่วนนี้อาจจะปิดกั้นการผุดขึ้นของก๊าซได้

Supernatant คือ ส่วนที่เป็นของเหลวซึ่งเป็นส่วนที่เกิดปฏิกิริยาการย่อยสลาย

Digested sludge spent slurry คือ ส่วนของกากที่เกิดการย่อยสลาย

Inorganic solids คือ ส่วนที่เป็นของแข็งที่ตกอยู่ก้นบ่อหมัก (วิบูลย์ นุชประมูล, 2534)

2.8 สมบัติของก๊าซชีวภาพ

ก๊าซชีวภาพเป็นก๊าซผสมระหว่างก๊าซชนิดต่างๆ เช่น CH_4 CO_2 N_2 H_2 และ (H_2S) แต่ส่วนใหญ่แล้วจะประกอบไปด้วยก๊าซมีเทนซึ่งมีคุณสมบัติติดไฟได้

2.8.1 ความหนาแน่น ก๊าซชีวภาพมีความหนาแน่นประมาณ 1.2 กิโลกรัมต่อลูกบาศก์เมตรที่สถานะปกติ (ก๊าซมีเทน 60%) โดยค่าความหนาแน่นของก๊าซชีวภาพจะขึ้นอยู่กับความดัน และอุณหภูมิ

2.8.2 ค่าความร้อน ก๊าซชีวภาพมีค่าความร้อน 23,400 กิโลจูลต่อลูกบาศก์เมตร ที่สถานะปกติโดยค่าความร้อนของก๊าซชีวภาพจะขึ้นอยู่กับปริมาณก๊าซมีเทนและความหนาแน่นของก๊าซ

2.8.3 การลุกไหม้ ก๊าซชีวภาพลุกไหม้ที่อุณหภูมิ 650-750 องศาเซลเซียส เมื่อปริมาตรของ ก๊าซชีวภาพผสมในอากาศ 9-23 % (โดยเฉลี่ย 15%) ที่สถานะปกติ

2.8.4 ส่วนประกอบสำคัญของก๊าซชีวภาพ

ตารางที่ 2.2 เปอร์เซ็นก๊าซโดยปริมาตร

ก๊าซ	โดยปริมาตร (%)
มีเทน (CH_4)	50-70
คาร์บอนไดออกไซน์ (CO_2)	30-50
ก๊าซอื่นๆ เช่น H_2S H_2 ฯลฯ	เล็กน้อย

ที่มา : (สมจินตนา ลิ้มสุข และคณะ, 2554)

ตารางที่ 2.3 คุณสมบัติของก๊าซชีวภาพ

คุณสมบัติ	ปริมาณ	หน่วย
ค่าความร้อนประมาณ	21	เมกกะจูล/ลบ.ม. (ที่ปริมาณมีเทน 60 %)
ความเร็วเปลวไฟ	25	ซม./วินาที
อุณหภูมิเผาไหม้ในอากาศ	650	℃
อุณหภูมิจุดติดไฟ (CH_4)	600	℃
ค่าความจุความร้อน	1.6	กิโลจูล/ลบ.ม.- ℃
ความหนาแน่น	1.15	กิโลกรัม/ลบ.ม.

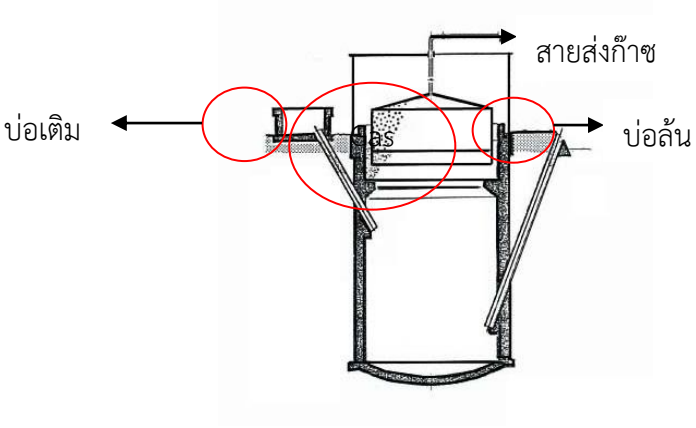
ที่มา : (ไทยแลนด์อินดัสตรี้ดอทคอม, 2010)

2.9 รูปแบบบ่อหมักแบบไร้อากาศ (Anaerobic digester)

รูปแบบบ่อหมักแบบไร้อากาศ สามารถแยกตามลักษณะอัตราการย่อยสลายสารอินทรีย์ในน้ำเสียได้เป็น 2 ประเภทใหญ่ๆ คือ

2.9.1 บ่อหมักไร้อากาศแบบช้า (Low rate anaerobic digester) เป็นบ่อหมักที่ออกแบบเพื่อที่อาศัยกลุ่มของแบคทีเรียชนิดที่ไม่ต้องการใช้ออกซิเจนในการย่อยสลายสารอินทรีย์ในน้ำเสีย ซึ่งผลิตก๊าซชีวภาพที่มีส่วนประกอบของ ก๊าซมีเทน 65-70 % ก๊าซจะเกิดขึ้นตลอดเวลาจึงจำเป็นต้องมีส่วนของบ่อหมักที่ใช้เก็บก๊าซชีวภาพ และจะต้องมีการนำก๊าซไปใช้อย่างสม่ำเสมอ บ่อหมักแบบนี้แบ่งออกได้เป็น 3 รูปแบบ คือ

1) บ่อหมักช้าแบบถังลอย (Floating drum digester) เป็นรูปแบบ จากประเทศอินเดียมีรูปทรงกระบอกที่เป็นคอนกรีตหรือโลหะอาจติดตั้งบนดินหรือฝังดิน โดยที่ปลายท่อเติมมูลจะจมอยู่ด้านบน และปลายท่อล้นจะจมอยู่ด้านล่างของบ่อหมักซึ่งเป็นของเหลว สำหรับส่วนที่เก็บก๊าซจะเป็นฝาครอบซึ่งลอยอยู่ในน้ำและมีน้ำหนักกดทับฝาเพื่อสร้างแรงดันให้ก๊าซชีวภาพ



รูปที่ 2.5 บ่อหมักช้าแบบถังลอย (Floating drum digester)
ที่มา : (เค.พี.แอล.เวิล์ดเทรดดิ้ง, 2014)

2) บ่อหมักช้าแบบโดมคงที่ (Fixed dome digester) เป็นรูปแบบจากประเทศจีน ที่เก็บจะเป็นรูปครึ่งทรงกลมที่ฝังอยู่ในดิน การก่อสร้างจะใช้วิธีเทคอนกรีตหรือก่ออิฐโบกปูน นิยมใช้กับฟาร์มเลี้ยงสัตว์ขนาดเล็กที่ต้องการความจุของบ่อหมักตั้งแต่ 12-100 ลูกบาศก์เมตร

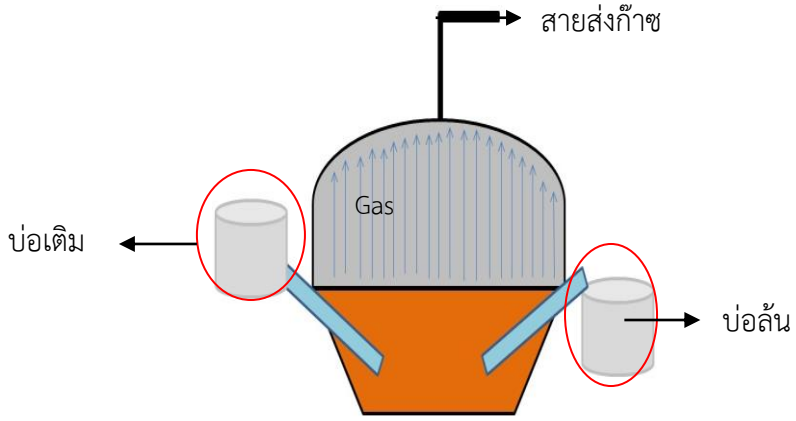
รูปที่ 2.6 บ่อหมักช้าแบบโดมคงที่ (Fixed dome digester)
ที่มา : (เค.พี.แอล.เวิล์ดเทรดดิ้ง, 2014)

3) บ่อหมักช้าแบบราง (Channel digester) มีลักษณะยาวคล้ายราง โดยความยาวจะมากกว่าความกว้างไม่น้อยกว่า 4-5 เท่า ท่อเติมมูลและท่อล้นจะอยู่ทางส่วนหัวและส่วนท้ายตามลำดับ โดยปลายท่อทั้งสองจะจมอยู่ในของเหลว ส่วนบนของบ่อจะมีพลาสติกคลุมอยู่เพื่อให้เป็นที่สำหรับเก็บก๊าซชีวภาพ โดยปลายพลาสติกจะจมอยู่ในของเหลวเพื่อกันไม่ให้ก๊าซหลุดออกไป บ่อแบบนี้นิยมใช้กับฟาร์มขนาดใหญ่ที่ต้องการความจุของบ่อมากกว่า 100 ลูกบาศก์เมตร ก๊าซชีวภาพที่เก็บอยู่ภายใต้พลาสติกที่คลุมบ่อนั้นจะมีแรงดันน้อยมากโดยแรงดันมีค่าไม่เกิน 5 เซนติเมตรของน้ำ

รูปที่ 2.7 บ่อหมักช้าแบบราง
ที่มา : (เค.พี.แอล.เวิล์ดเทรดดิ้ง, 2014)

4) บ่อหมักก๊าซชีวภาพแบบถุง LDPE ได้นำระบบแบบถุงของไต้หวันมาปรับปรุงให้ใช้วัสดุที่ผลิตในประเทศ และ มีราคาถูก รูปร่างมีลักษณะทรงกระบอกวางในแนวราบทำจาก LDPE มีปริมาตร ประมาณ 8 ลบ.ม.กำลังผลิตก๊าซชีวภาพประมาณ 2 ลบ.ม/วัน

รูปที่ 2.8 บ่อหมักก๊าซชีวภาพแบบถุง LDPE



รูปที่ 2.9 โครงสร้างบ่อหมักแบบพลาสติก LDPE

5) บ่อแบบ Covered lagoon รูปแบบของระบบนี้ได้นำรูปแบบถุงยางเก็บก๊าซของบ่อแบบ Plug Flow มา สร้างครอบไปบนบ่อรวบรวมมูลสัตว์ที่มีอยู่แล้ว ซึ่งอาจเป็น บ่อคอนกรีตหรือดินขุดก็ได้ ในกรณีที่เป็นบ่อดินขุด อาจปูแผ่นยางที่ใช้ปูสระนำมาปูทับ เพื่อมิให้เกิดการรั่วซึมของของเสียลงใต้ดิน

รูปที่ 2.10 บ่อแบบ Covered lagoon
ที่มา : (เค.พี.แอล.เวิล์ดเทรดดิ้ง, 2014)

2.9.2 บ่อหมักไร้อากาศแบบเร็ว (High rate anaerobic digester) เป็นบ่อหมักที่ออกแบบเพื่ออาศัยกลุ่มของแบคทีเรียชนิดที่ไม่ต้องการใช้ออกซิเจนในการย่อยสลายสารอินทรีย์ในน้ำเสีย และมีระยะเวลาในการย่อยสลายสั้นมาก (ใช้เวลาในการย่อยสลายประมาณ 0.5-3 วัน) บ่อหมักแบบนี้แบ่งออกได้เป็น 2 รูปแบบคือ

1) บ่อหมักเร็วแบบมีตัวกรอง (Anaerobic filter digester) เป็นบ่อหมักที่ไม่จำเป็นต้องมีอุปกรณ์แยกระหว่างของแข็ง-น้ำ-ก๊าซ เนื่องจากแบคทีเรียยึดเกาะอยู่กับตัวกลางที่หมักอยู่แล้วการนำของเสียเข้าสู่บ่อหมักจะปล่อยให้ไหลขึ้น โดยเติมเข้าทางด้านล่างและปล่อยให้ล้นออกทางด้านบนบ่อหมักแบบ UASB (Up-flow anaerobic sludge blanket digester) เป็นบ่อหมักที่จำเป็นต้องมีอุปกรณ์แยกระหว่างของแข็ง-น้ำ-ก๊าซในส่วนบนของถังหมัก เพื่อทำหน้าที่แยกก๊าซออกจากกลุ่มของแบคทีเรียซึ่งลอยขึ้นมาพร้อมกับก๊าซและน้ำที่ผ่านการบำบัดแล้ว มิฉะนั้นจะทำให้กลุ่มแบคทีเรียนั้นหลุดออกไปกับน้ำที่ออกจากบ่อหมัก

รูปที่ 2.11 บ่อหมักแบบ UASB
ที่มา : (เค.พี.แอล.เวิล์ดเทรดดิ้ง, 2014)
product/biogas-bag/

2) แบบ H-UASB (High suspension solid-up-flow anaerobic sludge blanket) พัฒนาจากระบบ UASB เพื่อแก้ปัญหาการอุดตันระบบหัวจ่ายน้ำ เนื่องจากตะกอนของมูลสัตว์ มี Buffer tank ทำหน้าที่แยกตะกอนแขวนลอยออกจากน้ำเสียและมูลสัตว์ ให้มีปริมาณน้อยที่สุด และนำแผ่น PE ที่ใช้คลุมบ่อหมักก๊าซชีวภาพแบบราง มาคลุมบน Buffer tank ทำหน้าที่เก็บก๊าซชีวภาพที่ผลิตได้จากระบบ UASB

รูปที่ 2.12 บ่อหมักก๊าซชีวภาพแบบ H-UASB
ที่มา : (เค.พี.แอล.เวิล์ดเทรดดิ้ง, 2014)

2.10 ประโยชน์ของการผลิตก๊าซชีวภาพ

2.10.1 ได้ก๊าซชีวภาพเป็นเชื้อเพลิงซึ่งสามารถนำไปใช้เป็นเชื้อเพลิงก๊าซหุงต้ม ใช้จุดตะเกียงเจ้าพายุ จุดเครื่องกกลูกหมู เครื่องทำน้ำอุ่น และนำไปใช้เดินเครื่องยนต์ ตัวอย่างประโยชน์ของก๊าซชีวภาพสามารถแสดงได้ ดังรูปที่ 2.13

รูปที่ 2.13 ใช้ก๊าซชีวภาพในการจุดติดไฟและใช้หุงต้ม
ที่มา : (สมจินตนา ลิ้มสุข และคณะ, 2554)

2.10.2 ช่วยลดปัญหามลภาวะสิ่งแวดล้อมเป็นพิษ (น้ำและอากาศ) และช่วยปรับสภาพแวดล้อมให้ดีขึ้น เช่น ลดกลิ่นเหม็น ลดปัญหาแมลงวัน เป็นต้น สภาพทั่วไปของคอกวัวสามารถแสดงได้ดังรูปที่ 2.14

รูปที่ 2.14 ปัญหามลภาวะที่สัตว์ถ่ายลงในคอก
ที่มา : (สมจินตนา ลิ้มสุข และคณะ, 2554)

2.10.3 มูลสัตว์ที่หมักเป็นก๊าซแล้วสามารถนำไปใช้เป็นปุ๋ยซึ่งมีคุณภาพดีกว่ามูลสัตว์สด และเป็นปุ๋ยอินทรีย์ที่เป็นได้ทั้งในสภาพปุ๋ยน้ำและสภาพปุ๋ยแห้ง สามารถแสดงได้ ดังรูปที่ 2.15

รูปที่ 2.15 ปุ๋ยชีวภาพที่ได้จากบ่อก๊าซชีวภาพ
ที่มา : (สมจินตนา ลิ้มสุข และคณะ, 2554)

2.11 การนำก๊าซชีวภาพไปใช้งาน

ก๊าซชีวภาพที่เกิดขึ้นถูกต่อท่อนำไปใช้เป็นเชื้อเพลิง กากที่เหลือจะนำไปใช้เป็นปุ๋ย พลังงานจากก๊าซชีวภาพยังสามารถถูกเปลี่ยนเป็นพลังงานรูปแบบอื่นๆ เช่น พลังงานกล โดยใช้เครื่องจักร เครื่องยนต์ เป็นพลังงานความร้อน ใช้ในการหุงต้ม จุดตะเกียงให้แสงสว่างขึ้นอยู่กับความต้องการและเทคโนโลยีที่จะหามาใช้ได้ แต่ส่วนใหญ่แล้วก๊าซชีวภาพรูปที่ถูกผลิตขึ้นมักจะถูกนำไปใช้ในการหุง-อาหาร ให้แสงสว่าง และเดินเครื่องยนต์

เทคโนโลยีก๊าซชีวภาพจึงมีประโยชน์หลายอย่างโดยเฉพาะอย่างยิ่งการเปลี่ยนเศษอินทรียวัตถุที่เหลือทิ้งทางการเกษตร มูลสัตว์ เศษอาหารจากบ้านเรือน ขยะที่ย่อยสลายได้จากเทศบาลและโรงงานอุตสาหกรรม ไปเป็นพลังงานที่มีค่าที่นับว่าจะมีราคาแพงขึ้นอีกทั้งยังได้ปุ๋ยหมักที่สามารถนำไปใช้ประโยชน์ทางการเกษตร ลดการใช้สารเคมีซึ่งส่งผลดีต่อสุขภาพของเกษตรกรและผู้บริโภค ต่อสภาพแวดล้อม และต่อเศรษฐกิจและสังคมโดยรวม อีกด้วยก๊าซชีวภาพสามารถจุดติดไฟในอากาศ และให้ความร้อนสูง สามารถนำมาใช้เป็นเชื้อเพลิงได้เป็นอย่างดี เช่นนำไปใช้เป็นเชื้อเพลิงตะเกียงแสงสว่าง ใช้เป็นเชื้อเพลิงในการหุงต้มแทนก๊าซ LPG ใช้เป็นเชื้อเพลิงสำหรับเครื่องยนต์แทนน้ำมันเบนซิน และใช้เป็นเชื้อเพลิงร่วมกับน้ำมันในเครื่องยนต์ดีเซล เป็นต้น ก๊าซชีวภาพจะไม่สามารถอัดให้มีปริมาณมากพอแก่การใช้เป็นเชื้อเพลิงที่เคลื่อนที่ได้ การอัดก๊าซชีวภาพนิยมกันคือ การอัดใส่ยางในรถยนต์ เพราะยางในรถยนต์สามารถยืดออกได้มากขนย้ายไปมาได้อย่างสะดวก แต่ปริมาณที่ขนย้ายได้นั้นยังน้อยไม่พอแก่ความต้องการ ดังนั้นอุปกรณ์ที่ใช้กับก๊าซชีวภาพ ควรจะอยู่ใกล้กับบ่อหมักก๊าซชีวภาพ เพื่อการประหยัดท่อทางเดินของก๊าซและยังเป็นการลดความฝืดของการไหลของก๊าซชีวภาพอีกด้วยก๊าซชีวภาพรวมตัวกับออกซิเจนติดไฟได้ก๊าซชีวภาพรวมตัวกับออกซิเจนติดไฟได้แต่อันตรายที่อาจเกิดจากการใช้ก๊าซชีวภาพมีน้อยด้วยเหตุผลดังนี้

2.11.1 ก๊าซชีวภาพมีอุณหภูมิจุดตัวเองเมื่อรวมกับออกซิเจนสูงถึง 1,350°C ที่ความดันบรรยากาศ ซึ่งการใช้งานโดยทั่ว ไปมีอุณหภูมิถังเก็บก๊าซไม่สูงเกิน 200°C

2.11.2 ก๊าซชีวภาพมี Critical compression ratio สูงถึง 12:6:1 ซึ่งเป็นค่าที่สูง (จากสมบัติของมีเทน) (วิบูลย์ นุชประมูล, 2534)

ตารางที่ 2.4 ก๊าซชีวภาพ 1 ลูกบาศก์เมตร เทียบเท่า:ทดแทน พลังงานต่างๆ

เชื้อเพลิง	ปริมาณ	หน่วย
ก๊าซหุงต้ม LPG	0.46	กิโลกรัม
น้ำมันดีเซล	0.60	ลิตร
น้ำมันเตา	0.55	ลิตร
ไฟฟ้า	1.20	กิโลวัตต์ชั่วโมง

ที่มา : (เชียงใหม่, มหาวิทยาลัย, 2557)

2.12 กากหลังการย่อยสลายสารอินทรีย์

หลังจากวัสดุหมักถูกย่อยสลายโดยแบคทีเรียเมทาโนเจนในสภาพไร้อากาศภายในถังหมักก็จะเกิดก๊าซชีวภาพที่จุดติดไฟสามารถนำไปใช้ประโยชน์ได้ กากที่เหลือทั้งของแข็งและของเหลวยังเป็นผลพลอยได้ที่มีประโยชน์อีกอย่างหนึ่งที่ได้จากบ่อหมัก เป็นปุ๋ยหมักชีวภาพและน้ำหมักชีวภาพสามารถนำไปใช้ปรับปรุงบำรุงดินได้เป็นอย่างดี

กากที่เหลือจากถังหมักนี้อยู่ในหลายรูปแบบ กากที่เป็นของแข็งน้ำหนักเบา จะลอยเป็นฝ้าอยู่ด้านบน กากเหล่านี้มักจะเป็นส่วนประกอบของกากใย กากที่เป็นของเหลวและน้ำจะอยู่ที่ระดับกลางของบ่อหมัก ส่วนที่ข้นเหนียวจะอยู่ด้านล่างซึ่งเป็นกากที่แท้จริง จะมีของแข็งบางส่วนที่มีน้ำหนักอยู่ที่ก้นบ่อหมักจะเป็นทรายและดิน

กากอาจจะมีลักษณะเป็นเนื้อเดียวกัน มีการแยกชั้นไม่มาก หากวัตถุดิบที่ป้อนเข้าไปมีสัดส่วนที่พอเหมาะระหว่างน้ำ และมูลสัตว์ ซึ่งมีการผสมคลุกเคล้าวัตถุดิบกันก่อนที่จะป้อนเข้าถังหรือบ่อหมักกากที่เหลือออกมาก็จะเป็นเนื้อเดียวกัน

2.13 ผลเสียเมื่อปล่อยก๊าซชีวภาพสู่บรรยากาศ

เนื่องจากก๊าซชีวภาพมีส่วนประกอบหลักเป็นก๊าซมีเทนซึ่งเป็นก๊าซที่ร่วมก่อภาวะเรือนกระจกที่ให้ผลรุนแรงกว่าก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ประมาณ 25 เท่า ดังนั้นหากปล่อยก๊าซชีวภาพทิ้งสู่บรรยากาศจะเป็นการเพิ่มอัตราการเกิดภาวะเรือนกระจกหรือเร่งให้โลกมีอุณหภูมิสูงมากขึ้น (วิบูลย์ นุชประมูล, 2534)

2.14 เครื่องวิเคราะห์ก๊าซชีวภาพ

รูปที่ 2.16 ลักษณะทางกายภาพของเครื่องวิเคราะห์ก๊าซชีวภาพ ยี่ห้อ Geotech รุ่น Biogas Check

คุณสมบัติของเครื่องที่สามารถวิเคราะห์ได้

มีหลักการในการวัดก๊าซดังนี้

1) CH_4 และ CO_2 โดยใช้หลักการดูดกลืนรังสีอินฟราเรด
2) O_2 โดย เซลล์ไฟฟ้าเคมี
3) ก๊าซอื่นๆ สามารถวัดได้โดยการต่อพอร์ตภายนอก
4) ระบบการวัดความดัน
5) การวัดแรงดันบารอเมติกซ์
6) วัดอัตราการไหลของก๊าซโดยใช้ อนีโมมิเตอร์, ออริฟิค เพสท, พิตอททิวบ์
7) วัดแรงดันคงที่ และแรงดันต่าง

2.15 ทฤษฎีการแทนที่น้ำ

หลักการของอาร์คีมีดีส

เมื่อนำวัตถุลงไปแทนที่ของเหลวจะมีแรงต้านเท่ากับน้ำหนักของของเหลวปริมาตรเท่าส่วนจม จากหลักการนี้ทำให้เข้าใจในหลักการหลายอย่าง เช่น เรือเหล็กทำไมจึงลอยน้ำ ของเหลวต่างชนิดกันมีความหนาแน่นต่างกัน อาร์คีมีดีสชี้ให้เห็นถึงเรื่องความหนาแน่นและนำมาเทียบกับน้ำเรียกว่าความถ่วงจำเพาะ ส่วนการหาปริมาตรของวัตถุใดๆ ทำได้โดยการจมของวัตถุนั้นลงในภาชนะที่มีน้ำอยู่ตราบใดที่วัตถุไม่ละลายหรือดูดซับน้ำ ปริมาตรของน้ำในส่วนที่เพิ่มขึ้น หรือปริมาตรของน้ำที่ล้นออกในกรณีเดิมที่มีน้ำเต็มภาชนะพอดีจะเท่ากับปริมาตรของวัตถุนั้น (trueplookpanya, 2557)

2.16 Hydrogen sulfide

แก๊สไข่เน่าเป็นแก๊สที่มีกลิ่นเหม็น เกิดจากการย่อยสลายของซากของเสียและสิ่งมีชีวิต แก๊สชนิดนี้เป็นแก๊สสำลัก (asphyxiant) ที่มีพิษรุนแรง ทำให้เกิดการตายได้บ่อย โดยเฉพาะในกรณีการลงสู่หลุมบ่อที่มีลักษณะอับอากาศ เช่น ใต้ท้องเรือประมงที่มีซากปลาเน่าหมักหมม บ่อเก็บมูลสัตว์ทำปุ๋ยคอก เป็นต้น

ชื่อ แก๊สไข่เน่า (Hydrogen sulfide)

ชื่ออื่น Sewer gas, Sour gas, Pit gas, Hydrosulfuric acid, Sulfuretted hydrogen, Sulfur hydride

สูตรโมเลกุล H2S

น้ำหนักโมเลกุล 34.1

CAS Number 7783 – 06 – 4

UN Number 1053

ลักษณะทางกายภาพ แก๊สไม่มีสี มีกลิ่นเหม็นคล้ายไข่เน่า หนักกว่าอากาศ

ค่ามาตรฐานในสิ่งแวดล้อม NAAQS – N/A กฎหมายสิ่งแวดล้อมไทย – ตามประกาศกระทรวงทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม เล่มที่ 123 ตอนที่ 50ง (พ.ศ. 2549) มาตรฐานอากาศเสียที่ระบายออกจากปล่องโรงงานอุตสาหกรรม ต้องไม่เกิน 100 ppm ในกระบวนการผลิตที่ไม่มีการเผาไหม้เชื้อเพลิง และไม่เกิน 80 ppm ในกระบวนการผลิตที่มีการเผาไหม้เชื้อเพลิง

อาการเฉียบพลัน ประกอบด้วยอาการจากฤทธิ์ระคายเคืองกับอาการจากฤทธิ์ยับยั้งการหายใจของเซลล์ อาการระคายเคืองจะทำให้จมูกไม่ได้กลิ่น (Olfactory nerve paralysis) เกิดได้ที่ความเข้มข้น 100 – 150 ppm ซึ่งทำให้สูญเสียความสามารถในการระมัดระวังตัวไป อาการเคืองตา จมูก คอ หลอดลม แสบหน้าอก หายใจเร็ว หายใจสั้น เกิดขึ้นได้บ่อย อาจพบมีหนังตากระตุก หรือผิวหนังแสบร้อนเกิดขึ้นได้ อาการระคายเคืองปอดจะทำให้ปอดบวมน้ำ (noncardiogenic pulmonary edema) เกิดการอักเสบของเนื้อปอด (chemical pneumonitis) อาการเกิดขึ้นได้ภายใน 2 – 3 ชั่วโมงหลังการสัมผัส ส่วนอาการจากฤทธิ์ยับยั้งการหายใจจะเกิดได้เร็วกว่า เนื่องจากแก๊สที่สูดดมเข้าไปสามารถดูดซึมเข้าสู่ร่างกายได้ดีมาก ที่ความเข้มข้น 600 – 800 ppm มักจะทำให้ผู้ที่สูดดมแก๊สหมดสติและเสียชีวิตไปในทันทีทันใด (knockdown) อาการนี้เป็นอาการที่พบได้บ่อยมากสำหรับการประสบเหตุจากแก๊สชนิดนี้ กรณีอาการรุนแรงน้อยกว่าจะพบ ปวดศีรษะ คลื่นไส้ อาเจียน วิงเวียน คลุ้มคลั่ง ชัก และโคม่าได้

อาการระยะยาว การสัมผัสปริมาณน้อยๆ ในระยะยาว จะทำให้เกิดระคายเคืองตา กระจกตาเป็นแผล มึนงง อ่อนเพลีย คลื่นไส้ เมื่อได้รับกลิ่นไปนานๆ จมูกจะปรับตัวทำให้ไม่ได้กลิ่นแก๊สนี้ ซึ่งเป็นเหตุให้ไม่สามารถระมัดระวังตัวได้เมื่อแก๊สนี้มีปริมาณสูงผิดปกติและมีกลิ่นฉุนแรงขึ้น กรณีผู้รอดชีวิตจากการสูดดมแก๊สในปริมาณมาก อาจมีอาการอารมณ์แปรปรวน บุคลิกภาพเปลี่ยนแปลง การคิดคำนวณของสมองทำได้ไม่ดี และจมูกไม่ได้กลิ่น (นพ.วิวัฒน์ เอกบูรณะวัฒน์, 2555)

2.17 เครื่องกำเนิดไฟฟ้า

ระบบไฟฟ้าที่ใช้งานอยู่ในปัจจุบันได้มาจากโรงต้นกำลัง (Power plant) ซึ่งเป็นแหล่งผลิตพลังงานไฟฟ้าอยู่ในความรับผิดชอบของการไฟฟ้าฝ่ายผลิตแห่งประเทศไทย ทำหน้าที่ในการจ่ายกระแสไฟฟ้าให้กับการไฟฟ้าภูมิภาค และการไฟฟ้านครหลวง เพื่อจำหน่ายให้กับบ้านพักอาศัย สำนักงาน หน่วยงานต่างๆ และโรงงานอุตสาหกรรม โรงต้นกำลังที่ผลิตพลังงานไฟฟ้านั้น มีทั้งโรงไฟฟ้าพลังงานความร้อน โรงไฟฟ้าพลังน้ำ โรงไฟฟ้ากังหันก๊าซ โรงไฟฟ้าพลังความร้อนร่วม โรงไฟฟ้านิวเคลียร์ และยังรวมถึงการผลิตไฟฟ้าจากพลังงานทดแทนอีกด้วย โดยภายในโรงงานไฟฟ้าแต่ละชนิดจะมีเครื่องจักรที่สำคัญทำหน้าที่ผลิตพลังงานไฟฟ้าส่งออกไปใช้งาน เรียกว่า เครื่องกำเนิดไฟฟ้า (Generator)

รูปที่ 2.17 โรงไฟฟ้าพลังงานความร้อน

เครื่องกำเนิดไฟฟ้าเป็นเครื่องกลที่ทำหน้าที่เปลี่ยนพลังงานกลเป็นพลังงานไฟฟ้า โดยอาศัยการเหนี่ยวนำของแม่เหล็กตามหลักการของ ไมเคิล ฟาราเดย์ โดยการหมุนตัดกันระหว่างขดลวดตัวนำกับสนามแม่เหล็ก พิกัดกำลังของเครื่องกำเนิดไฟฟ้าจะบอกเป็นโวลต์-แอมป์ (VA) หรือกิโลโวลต์-แอมป์ (KVA) ซึ่งเป็นกำลังไฟฟ้าปรากฏ (Apparent Power) ที่เครื่องจ่ายออกมา และสามารถแบ่งชนิดของเครื่องกำเนิดไฟฟ้าแต่ละประเภท ได้ดังนี้

1. ชนิดของเครื่องกำเนิดไฟฟ้า

การออกแบบสร้างเครื่องกำเนิดไฟฟ้าตั้งแต่อดีตจนถึงปัจจุบัน ได้มีการพัฒนาอย่างต่อเนื่องเพื่อให้เครื่องกำเนิดทำงานได้อย่างมีประสิทธิภาพ มีความเหมาะสมกับตัวต้นกำลังแต่ละชนิด เช่นเครื่องกังหันแบบต่างๆ มีขนาดกะทัดรัด ง่ายต่อการควบคุมและสะดวกต่อการบำรุงรักษานั่นเอง ซึ่งแบ่งได้ดังนี้

1.1 แบ่งตามจำนวนเฟสของระบบไฟฟ้า

1) เครื่องกำเนิดไฟฟ้าชนิด 1 เฟส (Single Phase Generator) ให้แรงดันไฟฟ้าระบบ 1 เฟส 2 สาย (L,N) 220 โวลต์ 50 เฮิรตซ์ ส่วนใหญ่จะเป็นเครื่องกำเนิดขนาดเล็กให้กำลังไม่เกิน 5 KVA หรือ 5 KW ใช้เครื่องยนต์ขนาดเล็กเป็นตัวต้นกำลัง ส่งกำลังโดยการต่อเพลาเข้าโดยตรงหรือใช้สายพานส่งกำลัง ส่วนใหญ่จะนำไปใช้งานผลิตไฟฟ้าชั่วคราว ใช้เป็นไฟฉุกเฉิน หรืองานเฉพาะกิจที่ไม่สามารถใช้ไฟของการไฟฟ้าได้

รูปที่ 2.18 เครื่องกำเนิดไฟฟ้า 1 เฟส

2) เครื่องกำเนิดไฟฟ้าชนิด 3 เฟส (Three Phase Generator) ให้แรงดันไฟฟ้าระบบ 3 เฟส 220/380 โวลต์ 50 เฮิรตซ์ หรือให้แรงดันไฟฟ้าสูงสุดได้ไม่เกิน 20 กิโลโวลต์ มีขนาดตั้งแต่ 5 KVA ขึ้นไป ที่ขดลวดสเตเตอร์ของเครื่องกำเนิดชนิดนี้ มีขดลวด 3 ชุด แต่ละชุดวางมุมห่างกัน 120 องศาทางไฟฟ้า

รูปที่ 2.19 เครื่องกำเนิดไฟฟ้า 3 เฟส

1.2 แบ่งตามลักษณะของขดลวดสนามแม่เหล็กที่กระทำกับขดลวดสเตเตอร์

1) เครื่องกำเนิดชนิดขดลวดสนามแม่เหล็กอยู่กับที่ มีขดลวดสนามแม่เหล็กติดอยู่กับที่ที่โครงสเตเตอร์ เพื่อสร้างเส้นแรงแม่เหล็กให้วิ่งจากขั้วเหนือ (N) ไปยังขั้วใต้ (S) ส่วนขดลวดอาร์เมเจอร์ที่เป็นตัวหมุนจะเป็นตัวจ่ายไฟออกไปใช้งานผ่านทาง สลิปริง และแปรงถ่าน ส่วนมากจะเป็นเครื่องกำเนิดขนาดเล็ก

2) เครื่องกำเนิดชนิดขดลวดสนามแม่เหล็กหมุน มีขดลวดสนามแม่เหล็กที่สร้างขั้วเหนือ และใต้เป็นตัวหมุน ส่วนขดลวดอาร์เมเจอร์ที่ผลิตไฟฟ้าออกไปใช้งานจะพันอยู่บนแกนเหล็กของโครง สเตเตอร์โดยไม่ต้องมีแปรงถ่านและสลิปริงสามารถรับพิกัดกระแสได้มากกว่าแบบแรก ส่วนมากจะเป็นเครื่องกำเนิด ขนาดกลางและใหญ่

1.3 แบ่งตามลักษณะการติดตั้ง

1) เครื่องกำเนิดไฟฟ้าชนิดเพลานอน หรือ แนวราบ ถ้าสังเกตที่เพลาโรเตอร์ของเครื่องกำเนิดชนิดนี้จะติดตั้งหรือวางในแนวราบ มีการต่อเพลาโดยตรงเข้ากับตัวต้นกำลังที่เป็นเครื่องยนต์ หรือเครื่องกังหันแบบต่างๆ มีทั้งขนาดเล็ก ขนาดกลาง และขนาดใหญ่ เป็นที่นิยมใช้งานกันทั่วไป

2) เครื่องกำเนิดไฟฟ้าชนิดเพลาตั้ง การติดตั้งจะวางเพลาโรเตอร์ของเครื่องกำเนิดอยู่ในแนวตั้งขึ้น เช่น เครื่องกำเนิดไฟฟ้าที่ใช้กับเขื่อนต่างๆ โดยมีกังหันน้ำต่อเพลาเข้ากับโรเตอร์ของเครื่องกำเนิดในแนวตั้งให้ความเร็วรอบของการหมุนต่ำ

1.4 แบ่งตามพิกัดกำลังใช้งาน

1) เครื่องกำเนิดไฟฟ้าขนาดเล็ก ส่วนมากจะเป็นเครื่องกำเนิดชนิด 1 เฟส ให้แรงดันไฟฟ้า 220 โวลต์ มีขนาดไม่เกิน 5 KVA มีจำหน่ายตามท้องตลาดทั่วไป ใช้ผลิตไฟฟ้าชั่วคราว ใช้เป็นไฟฉุกเฉิน และใช้กับงานเฉพาะกิจ

2) เครื่องกำเนิดไฟฟ้าขนาดกลาง เป็นเครื่องกำเนิดที่จ่ายระบบไฟ 3 เฟส ให้แรงดันไฟฟ้า 220 /380โวลต์ มีขนาดตั้งแต่ 5 KVA ถึง 500 KVA ใช้เป็นเครื่องสำรองไฟให้กับโรงพยาบาล โรงแรม ศูนย์การค้า ธนาคาร และโรงงานอุตสาหกรรม ในกรณีที่ระบบไฟฟ้าของการไฟฟ้าไม่สามารถจ่ายไฟได้ อาจจะให้เครื่องกำเนิดเริ่มเดินด้วยมือ(Manual) หรือให้เริ่มเดินแบบอัตโนมัติ แบบใช้ทรานส์เฟอร์สวิตช์ (Transfer switch) ทำหน้าที่ถ่ายโอนระบบไฟฟ้าของเครื่องสำรองไฟและระบบจำหน่ายของการไฟฟ้าเข้ากับโหลด

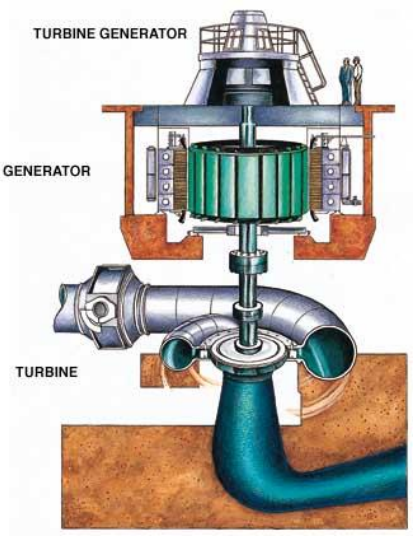
3) เครื่องกำเนิดไฟฟ้าขนาดใหญ่ มีขนาดตั้งแต่ 500 KVA เป็นต้นไป ส่วนมากจะใช้เป็นกำลังหลักในการผลิตไฟฟ้าของโรงต้นกำลัง เช่น โรงงานไฟฟ้าพลังงานความร้อน พลังน้ำ กังหันแก๊ส และโรงไฟฟ้าพลังความร้อนร่วม โดยจ่ายแรงดันไฟฟ้าได้ประมาณ 20 KV เข้าสู่ระบบสายส่งแรงสูงของการไฟฟ้าฝ่ายผลิตแห่งประเทศไทย หรือใช้ในการผลิตไฟฟ้าเพื่อเชื่อมต่อให้กับระบบจำหน่าย 22 KV ของการไฟฟ้าภูมิภาคโดยตรง

1.5 แบ่งตามพลังกลที่ใช้ขับเครื่องกำเนิด

1) เครื่องกำเนิดไฟฟ้าชนิดใช้กังหันไอน้ำเป็นตัวต้นกำลัง โดยการนำเอาไอน้ำที่มีความดันสูงและอุณหภูมิสูง (Supper heat) จากหม้อไอน้ำ (Boiler) ไหลผ่านวาล์วของระบบควบคุม และเมื่อไอน้ำไหลเข้าไปในกังหันไอน้ำ (Stream Turbine) ที่มีลักษณะเป็นซี่ๆ ทั้งชุดความดันต่ำและชุดความดันสูง ความดันของไอน้ำจะลดลงและเกิดการขยายตัวทำให้ปริมาตรของไอน้ำเพิ่มขึ้น มีผลทำให้ความเร็วในการไหลของไอน้ำสูงขึ้นและเมื่อไปปะทะกับใบพัดจำนวนหลายชุดที่ติดอยู่ที่เพลา ก็จะผลักให้เพลาของกังหันหมุนก่อให้เกิดกำลังกลและไปหมุนขับเครื่องกำเนิดไฟฟ้าผลิตไฟออกมา

รูปที่ 2.20 กังหันไอน้ำผลิตไฟฟ้า

2) เครื่องกำเนิดไฟฟ้าชนิดใช้กังหันน้ำเป็นตัวต้นกำลัง กังหันชนิดนี้จะมีใช้งานกับเขื่อนต่างๆ เช่น เขื่อนภูมิพล เขื่อนสิริกิตติ์ เขื่อนวชิรลงกรณ์ เขื่อนอุบลรัตน์ ฯลฯ มีทั้งแบบ คาปลาน (kaplan), ฟรานซิส (Francis), เทอบูล่าร์ (Tubular), เตอร์โก (Turgo) และ เพลตอน (Pelton) การทำงานอาศัยพลังงานจลน์ของแรงดันน้ำที่เกิดจากความต่างระดับของน้ำเหนือเขื่อน และท้ายเขื่อน ฉีดไปที่ใบพัดของกังหันน้ำ ทำให้เกิดการหมุนในแนวแกน เพื่อขับเคลื่อนเครื่องกำเนิดผลิตไฟฟ้า ซึ่งให้ความเร็วรอบของการหมุนต่ำ



รูปที่ 2.21 กังหันน้ำผลิตไฟฟ้า

3) เครื่องกำเนิดไฟฟ้าชนิดใช้กังหันก๊าซเป็นตัวต้นกำลัง การทำงานของเครื่องกังหันก๊าซ โดยมีเครื่องอัดอากาศ(Compressor)ต่ออยู่บนเพลาเดียวกับชุดกังหันและต่อตรงไปยังเครื่องกำเนิดไฟฟ้า เมื่อเริ่มเดินเครื่องอากาศจะถูกดูดจากภายนอกเข้าหาเครื่องอัดอากาศทางด้านล่าง ถูกอัดจนมีความดันและอุณหภูมิสูงประมาณ 8-10 เท่า แล้วถูกส่งไปยังห้องเผาไหม้ ซึ่งใช้เชื้อเพลิงเป็นก๊าซธรรมชาติ(หรือน้ำมันดีเซล)จะถูกเผาไหม้และให้ความร้อนแก่อากาศ ก๊าซร้อนที่ออกจากห้องเผาไหม้จะถูกส่งไปยังกังหัน ทำให้กังหันหมุนเกิดงานขึ้น ไปขับเครื่องอัดอากาศและขณะเดียวกันก็ขับเครื่องกำเนิดไฟฟ้าด้วย ความดันของก๊าซเมื่อผ่านตัวกังหันจะลดลงและผ่านออกมาที่บรรยากาศ

รูปที่ 2.22 กังหันก๊าซผลิตไฟฟ้า

4) เครื่องกำเนิดไฟฟ้าชนิดใช้กังหันลมเป็นตัวต้นกำลัง กังหันลมที่ใช้ผลิตไฟฟ้าเป็นพลังงานทดแทนรูปแบบหนึ่ง ซึ่งลมเป็นแหล่งพลังงานที่สะอาด สามารถใช้ได้อย่างไม่มีวันหมด หลักการทำงานเมื่อมีลมพัดมาปะทะกับใบพัดของกังหันลม กังหันลมจะทำหน้าที่เปลี่ยนพลังงานลมที่อยู่ในรูปของพลังงานจลน์ไปเป็นพลังงานกล โดยการหมุนของใบพัด แรงจากการหมุนของใบพัดนี้ จะถูกส่งผ่านแกนหมุนทำให้เพลาที่ติดอยู่กับแกนหมุนของเครื่องกำเนิดเพื่อผลิตไฟฟ้า ซึ่งกังหันลมที่ใช้ในการผลิตไฟฟ้ามี 2 แบบ คือ แบบแกนเพลาแนวนอน และแบบแกนเพลาแนวตั้ง

รูปที่ 2.23 กังหันลมผลิตไฟฟ้า

1.6 แบ่งตามลักษณะการนำไปใช้งาน

1) เครื่องกำเนิดไฟฟ้าชนิดสำรอง (Standby Generator Type) เครื่องกำเนิดชนิดนี้จะใช้เป็นกำลังสำรองเมื่อไฟฟ้าหลักดับไป เป็นเวลาไม่นานนัก ซึ่งมีไว้สำหรับใช้เมื่อมีความจำเป็นหรือกรณีฉุกเฉิน ความสำคัญของเครื่องกำเนิดจึงอยู่ที่ความพร้อมใช้งานเป็นหลัก ใช้สำหรับอาคารสูง โรงงานอุตสาหกรรมที่ต้องการผลผลิตอย่างต่อเนื่อง เครื่องกำเนิดชนิดนี้จะต้องตอบสนองความต้องการได้อย่างรวดเร็ว มีความเที่ยงตรงแม่นยำ และออกแบบให้ใช้งานเต็มกำลังของเครื่องยนต์เพื่อใช้ขับเคลื่อนเครื่องกำเนิด และเครื่องกำเนิดชนิดนี้จะไม่สามารถจ่ายโหลดเกินกำลังได้ ชั่วโมงการทำงานจะต้องไม่เกินพิกัดของผู้ผลิตเครื่องยนต์ เช่น กำหนดไว้ไม่เกิน 150 หรือ 200 ชั่วโมงต่อปี และการเดินเครื่องแต่ละครั้งจะต้องอยู่ในข้อกำหนดของผู้ผลิตด้วย เช่น ในรอบเดินเครื่อง 12 ชั่วโมง ต้องหยุด 1 ชั่วโมง เป็นต้น

2) เครื่องกำเนิดไฟฟ้าชนิดสำรองต่อเนื่อง (Continuous Generator Type) ใช้เป็นกำลังสำรองแต่สามารถใช้งานได้อย่างต่อเนื่องเมื่อไฟฟ้าหลักดับ เช่น กรณีที่ไฟฟ้าหลักดับนานเกิน 12 ชั่วโมง ใช้กับโหลดที่มีกระแสเริ่มเดินสูง เครื่องกำเนิดชนิดนี้จะมีขีดความสามารถสูงกว่าแบบแรกและราคา แพงกว่า เนื่องจากการออกแบบจะต้องเลือกเครื่องยนต์ที่มีกำลังหรือแรงม้าที่มากพอ และสามารถรับโหลดเกินกำลังได้ 10 % ตามมาตรฐาน IEC และมาตรฐานอื่นๆ การทำงานจะเป็นลักษณะกึ่งใช้งานหนัก และจะต้องพิจารณาถึงความคงทนของฉนวนและอุณหภูมิการใช้งานของเครื่องกำเนิดไฟฟ้าด้วย

3) เครื่องกำเนิดไฟฟ้าชนิดจ่ายกำลังหลัก (Base load Generator) เป็นเครื่องที่ใช้งานจ่ายกำลังไฟฟ้าหลัก สามารถใช้อย่างต่อเนื่องโดยไม่จำกัดชั่วโมงการทำงาน พิกัดของเครื่องจะต้องรับโหลดเป็น 70 % ของเครื่องชนิดสำรอง และ 60 % ของเครื่องชนิดสำรองต่อเนื่อง เครื่องชนิดนี้มักจะใช้ในเกาะ หรือสถานที่ใช้

ไฟฟ้าชั่วคราว เช่น แท่นขดเจาะน้ำมัน แคมป์งานก่อสร้าง ฯลฯ บางครั้งจะต้องติดตั้งเครื่องกำเนิดไฟฟ้าพร้อมกัน 2 เครื่อง แล้วสลับกันทำงาน เพื่อให้มีความสะดวกต่อการบำรุงรักษาตามช่วงเวลาที่กำหนด

1.7 แบ่งตามลักษณะการออกแบบ

1) เครื่องกำเนิดไฟฟ้าชนิดเปลือยติดตั้งอยู่กับที่ (Bare Generator) เป็นชนิดที่นิยมใช้งานกันโดยทั่วไป เครื่องยนต์ที่เป็นต้นกำลังและเครื่องกำเนิดจะเป็นชนิดเปลือย มีชุดควบคุมติดตั้งอยู่ด้านท้ายของเครื่องกำเนิด มีขนาดใหญ่และน้ำหนักมากจึงไม่นิยมเคลื่อนย้าย

2) เครื่องกำเนิดไฟฟ้าชนิดตู้ครอบเก็บเสียง (Canopied and Sound Proof) เป็นชนิดที่ต้องการย้ายพื้นที่การใช้งานบ่อยๆ หรือต้องการเก็บเสียงหรือพื้นที่ที่ไม่มีห้องสำหรับติดตั้งเครื่องกำเนิด ส่วนประกอบที่สำคัญทั้งหมดจะถูกออกแบบให้อยู่ในตู้ครอบ เช่น ถังน้ำมันเชื้อเพลิง ชุดควบคุมสตาร์ตอัตโนมัติ และสวิตช์ถ่ายโอนกระแสไฟฟ้า

3) เครื่องกำเนิดไฟฟ้าชนิดเคลื่อนย้าย (Mobile Generator Trailer) เครื่องกำเนิดชนิดนี้ใช้ในสถานที่ชั่วคราว เช่น งานพิธีการต่างๆ งานกู้ภัย งานเฉพาะกิจภาคสนาม สามารถเคลื่อนย้ายนำไปใช้งานในสถานที่ต่างๆ ได้ มีทั้งชนิดลากจูง (Trailer) และแบบบรรทุกบนรถยนต์ (Mobile Generator)

โครงสร้างและส่วนประกอบของเครื่องกำเนิดไฟฟ้า

ซึ่งในที่นี้จะพิจารณาเฉพาะเครื่องกำเนิดไฟฟ้าชนิดขดลวดสนามแม่เหล็กหมุน ซึ่งประกอบด้วยส่วนที่อยู่กับที่ (Stator) ส่วนที่หมุน (Rotor) ขดลวดแดมเปอร์และชุดเอ็กไซเตอร์

1. ส่วนที่อยู่กับที่หรือขดลวดอาร์เมเจอร์ (Armature winding) ขดลวดอาร์เมเจอร์จะพันอยู่ในร่องของแกนเหล็กแผ่นบางๆ อัดซ้อนกันเป็นเหล็กอ่อนผสมสารซิลิกอน เพื่อลดการสูญเสียเนื่องจากกระแสไหลวน (Eddy Current) และลดการสูญเสียเนื่องจากฮีสเตอร์ริซีส (Hysteresis) ขดลวดอาร์เมเจอร์มีอยู่ด้วยกัน 3 ชุด (เฟส A, B, C) แต่ละชุดวางมุมห่างกัน 120 องศาทางไฟฟ้า มีลักษณะการพัน 2 แบบ คือ พันขดลวดแบบชั้นเดียว จำนวนคอยล์ต่อกรุ๊ปจะเท่ากับครึ่งหนึ่งของจำนวนขั้วแม่เหล็ก และการพันขดลวดแบบสองชั้น มีจำนวนคอยล์ต่อกรุ๊ปเท่ากับจำนวนขั้วแม่เหล็ก ในการต่อขดลวดอาร์เมเจอร์เพื่อใช้งาน สามารถต่อได้ทั้งแบบสตาร์ (Star) และแบบเดลตา (Delta) เพื่อจ่ายกระแสไฟฟ้าออกสู่วงจรภายนอก และมีอยู่ส่วนหนึ่งที่ใช้สำหรับกระตุ้นให้กับตัวเอง

รูปที่ 2.24 ขดลวดอาร์เมเจอร์

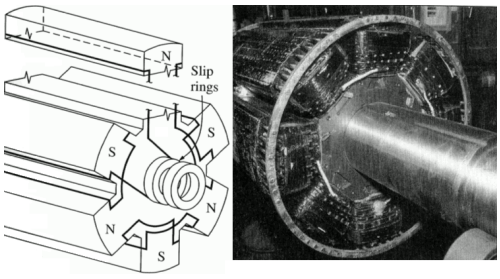
2. ส่วนที่หมุน หรือขดลวดสนามแม่เหล็กหมุน (Rotating field winding) ส่วนที่หมุนจะทำหน้าที่สร้างสนามแม่เหล็ก (ขั้ว N, S) จากการกระตุ้นด้วยไฟฟ้ากระแสตรงของตัวเอ็กไซเตอร์ (Exciter) ขดลวดสนามแม่เหล็กที่พันอยู่บนแกนเหล็กของโรเตอร์จะมีลักษณะเป็นขั้วๆ 2 ขั้ว 4 ขั้ว หรือ 24 ขั้วทั้งนี้ขึ้นอยู่กับ

การออกแบบให้เครื่องกำเนิดไฟฟ้าทำงานมีความเร็วรอบของการหมุนเท่าใดเช่นเครื่องกำเนิดชนิด 2 ขั้วแม่เหล็ก จะต้องใช้กำลังกลหมุนขับให้มีความเร็วรอบ 3,000 รอบต่อนาที เครื่องกำเนิดชนิด 4 ขั้วแม่เหล็ก ต้องใช้กำลังกลหมุนขับให้มีความเร็วรอบ 1,500 รอบต่อนาที เป็นต้น ขดลวดสนามแม่เหล็กหมุนของเครื่องกำเนิดไฟฟ้ามี 2 แบบ คือ แบบขั้วแม่เหล็กเรียบทรงกระบอก (Cylindrical Rotor) และแบบขั้วแม่เหล็กยื่น (Salientpole Rotor)

โรเตอร์แบบขั้วแม่เหล็กเรียบรูปทรงกระบอก จะใช้กับเครื่องกำหนดที่มีความเร็วรอบสูง 1,500 และ 3,000 รอบต่อนาที ใช้ร่วมกับตัวต้นกำลังที่เป็นกังหันไอน้ำ และกังหันก๊าซ โรเตอร์แบบนี้จะทำให้เกิดแรงเหวี่ยงหนีศูนย์กลางต่ำ และลดการสูญเสียเนื่องจากแรงต้านจากลม

รูปที่ 2.25 โรเตอร์แบบขั้วแม่เหล็กเรียบ

ส่วนโรเตอร์แบบขั้วแม่เหล็กยื่น ขดลวดที่พันอยู่บนแกนเหล็กจะมีลักษณะเป็นโพลยื่นออกมาเห็นได้ชัดเจน เหมาะสำหรับเครื่องกำเนิดที่ถูกขับด้วยความเร็วต่ำ และปานกลาง ใช้ตัวต้นกำลังที่เป็นกังหันน้ำของเขื่อนต่างๆ และเครื่องยนต์ดีเซลความเร็วต่ำ

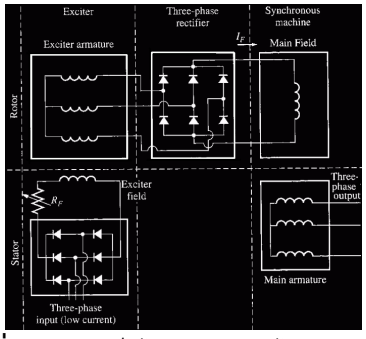


รูปที่ 2.26 โรเตอร์แบบขั้วแม่เหล็กยื่น

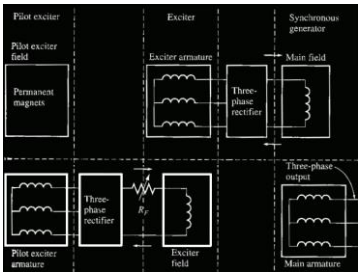
3. ขดลวดแดมเปอร์ (Damper Winding) ขดลวดแดมเปอร์มีลักษณะเป็นแท่งทองแดงฝังอยู่ที่ผิวด้านหน้าของขั้วแม่เหล็กทุกขั้ว ปลายของแท่งทองแดงจะถูกลัดวงจรเชื่อมต่อถึงกันหมดทุกขั้ว มีไว้สำหรับแก้การแกว่งหรือการสั่นของโรเตอร์ขณะที่โรเตอร์กำลังหมุนอยู่ ซึ่งการสั่นของโรเตอร์เกิดขึ้นเนื่องจากความเร็วรอบของต้นกำลังไม่สม่ำเสมอ นั่นเอง

รูปที่ 2.27 ขดลวดแดมเปอร์

4. เอ็กไซเตอร์ (Exciter) มีลักษณะเป็นเครื่องกำเนิดไฟฟ้ากระแสตรงขนาดเล็กที่ติดตั้งอยู่ที่ปลายเพลาของเครื่องกำเนิดไฟฟ้ากระแสสลับ ทำหน้าที่ผลิตและจ่ายไฟฟ้ากระแสตรงป้อนให้กับขดลวดสนามแม่เหล็กของเครื่องกำเนิดไฟฟ้ากระแสสลับ เครื่องกำเนิดขนาดใหญ่จะใช้เอ็กไซเตอร์ชนิดไร้แปรงถ่าน และแบบมีไพล๊อตรวมอยู่ด้วย เพื่อต้องการลดการบำรุงรักษา เนื่องจากไม่มีแปรงถ่านและสลิปริง และไม่ให้อำนาจแม่เหล็กตกค้างหมดในขณะที่เครื่องหยุดเดินเป็นเวลานาน

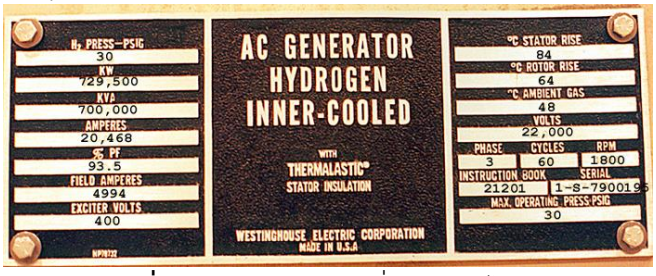


รูปที่ 2.28 เอ็กไซเตอร์แบบไร้แปรงถ่าน



รูปที่ 2.29 เอ็กไซเตอร์แบบไร้แปรงถ่านและมีไพล๊อต

การอ่านแผ่นป้ายเครื่องกำเนิดไฟฟ้า แผ่นป้ายที่ติดอยู่ด้านข้างเครื่องกำเนิดไฟฟ้าจะบอกข้อมูลเฉพาะของเครื่องกำเนิดแต่ละเครื่อง เพื่อให้นำไปใช้งานติดตั้งได้อย่างถูกต้อง เหมาะสมกับต้นกำลังที่เป็นเครื่องยนต์และกังหันแบบต่างๆ รวมถึงรายละเอียดของการผลิตกระแสไฟฟ้าเพื่อจ่ายออกด้วย



รูปที่ 2.30 แผ่นป้ายเครื่องกำเนิดไฟฟ้า

ตารางที่ 2.5 อักษรย่อและความหมายของแผ่นป้าย

อักษรย่อ	ความหมาย
AC GENERATOR HYDROGEN INNER-COOLED	เครื่องกำเนิดไฟฟ้ากระแสสลับ ชนิดระบายความร้อนภายในด้วยก๊าซไฮโดรเจน
THERMALASTIC STATOR INSULATION	ฉนวนของขดลวดสเตเตอร์เป็นแบบป้องกันความร้อน ใช้อีป๊อกซี่และไมก้าหุ้มขดลวด
WESTINGHOUSE ELECTRIC CORPORATION	ชื่อบริษัทผู้ผลิต
H2 PRESS-PSIG 30	ความดันของก๊าซไฮโดรเจนที่บรรจุอยู่ภายในเท่ากับ 30 ปอนด์ ต่อตารางนิ้ว (เกจ)
kW 729,500	พิกัดกำลังไฟฟ้าจริง (Active Power)
kVA 700,000	พิกัดกำลังไฟฟ้าปรากฏ (Apparent Power)
AMPERES 20,468	พิกัดของกระแสใช้งาน 20,468 แอมป์
% PF 93.5	มีค่าตัวประกอบกำลังไฟฟ้า (Power fector)
FIELD AMPERES 4,994	พิกัดของกระแสสำหรับป้อนขดลวดสนามแม่เหล็ก 4,994 แอมป์
EXCIIER VOLTS 400	พิกัดแรงดันกระตุ้นขดลวดสนามแม่เหล็ก 400 โวลต์
°C STATOR RISE 84	อุณหภูมิเพิ่มขึ้นของขดลวดสเตเตอร์ 84°C
°C ROTOR RISE 64	อุณหภูมิเพิ่มขึ้นของขดลวดโรเตอร์ 64°C
°C AMBIENT GAS 48	อุณหภูมิห้อง (แวดล้อม) ของก๊าซ 48 °C
VOLTS 22,000	พิกัดแรงดันไฟฟ้า 22,000 โวลต์
PHASE / CYCLES / RPM 3 / 60 / 1,800	จ่ายระบบไฟ 3 เฟส ที่ความถี่ 60 Hz และหมุนด้วยความเร็วรอบ 1800 รอบต่อนาที
INSTRUCTION BOOK / SERIAL 21201 / 1-S-7900195	หนังสือคู่มือเลขที่ 21201 และหมายเลขเบอร์จากโรงงาน
MAX.OPERATING PRESS-PSIG 30	ความดันของก๊าซสูงสุดขณะทำงาน 30 ปอนด์ต่อตารางนิ้ว (เกจ)

นอกจากนี้ เครื่องกำเนิดไฟฟ้าบางยี่ห้อ บอกข้อมูลรายละเอียดเพิ่มเติมมากกว่านี้ เช่น มาตรฐานการป้องกัน ชั้นของฉนวน ลักษณะการติดตั้ง น้ำหนัก ปีที่ผลิต การใช้น้ำมันหล่อลื่น ขนาดของตลับลูกปืนหน้า-หลัง และจำนวนชั่วโมงของการเปลี่ยนน้ำมันหล่อลื่นอีกด้วย

การพิจารณาเลือกเครื่องกำเนิดไฟฟ้าใช้งาน

- มาตรฐานการผลิต ควรเป็นเครื่องกำเนิดที่ได้รับการรับรองและผลิตตามมาตรฐานสากล
- ความเร็วรอบของการหมุนจะขึ้นอยู่กับจำนวนขั้วแม่เหล็กของขดลวดสเตเตอร์ และความถี่ของแรงดันไฟฟ้า (ประเทศไทย 50 Hz) เครื่องกำเนิด 2 ขั้ว ความเร็วรอบจะเป็น 3,000 รอบต่อนาที และเครื่องกำเนิด 4 ขั้ว ความเร็วรอบจะเป็น 1,500 รอบต่อนาที
- ประเภทของเครื่องยนต์ที่ใช้ในการหมุนขับเครื่องกำเนิดไฟฟ้าใช้น้ำมันดีเซลหรือก๊าซธรรมชาติ การต่อเพลาระหว่างตัวเครื่องยนต์กับเครื่องกำเนิดใช้ตลับลูกปืนคู่ หรือตลับลูกปืนเดี่ยว
- เป็นเครื่องกำเนิดที่ใช้เป็นแหล่งจ่ายไฟฟ้าสำรอง หรือจ่ายไฟฟ้าแบบต่อเนื่อง หรือเป็นแหล่งจ่ายไฟฟ้าหลัก
- ชนิดของโรเตอร์เป็นแบบขั้วแม่เหล็กยื่น หรือขั้วแม่เหล็กเรียบทรงกระบอก
- ชนิดของตัวกระตุ้นขดลวดสนามแม่เหล็ก ถ้าเป็นเครื่องกำเนิดขนาดเล็กจะใช้การกระตุ้นด้วยตัวเอง (Self-excitation) และถ้าเป็นเครื่องกำเนิดขนาดใหญ่จะใช้การกระตุ้นจากภายนอก (Separately-excitation) และได้มีการพัฒนาตัวกระตุ้นชนิดแม่เหล็กถาวร (Pilot exciter) เพื่อรักษาระดับแรงดันไฟฟ้าให้คงที่มากที่สุด
- ชั้นฉนวนของขดลวดแต่ละชั้นของฉนวนจะมีอุณหภูมิที่เพิ่มขึ้นแตกต่างกัน มีชั้น A, B, F, และ H ยกตัวอย่าง เช่น ชั้น A เมื่อเครื่องกำเนิดทำงานสำรองไฟฟ้าค่าอุณหภูมิที่กำหนดเพิ่มขึ้น 85 °C.
- การควบคุมแรงดันไฟฟ้า (Auto voltage regulation) ต้องเป็นตามมาตรฐานสากลที่กำหนด เครื่องกำเนิดไฟฟ้าที่ดีจะต้องมีอัตราการเปลี่ยนแปลงของแรงดันไฟฟ้าจากสภาวะที่ไม่มีโหลดถึงสภาวะที่มีโหลดเต็มพิกัดมีเปอร์เซ็นต์ต่ำ การเปลี่ยนแปลงของโหลดเพิ่มขึ้นหรือลดลงจะต้องรักษาให้แรงดันไฟฟ้าคงที่เสมอ
- ความสามารถทำงานเกินพิกัดชั่วครู่ โดยสามารถทนกระแสไฟฟ้าได้ 1.5 เท่า โดยรักษาแรงดันไฟฟ้าให้ใกล้เคียงกับค่ากำหนดมากที่สุด
- มีการทดสอบฉนวนขดลวดด้วยไฟฟ้าแรงสูง
- ความคงทนต่อความเร็วรอบเกินพิกัด ค่ากระแสลัดวงจร และกระแสไฟฟ้าไม่สมดุลทั้ง 3 เฟส ต้องเป็นตามมาตรฐานที่กำหนด
- มีประสิทธิภาพสูง ปกติจะมีค่าอยู่ระหว่าง 88-93% ซึ่งขึ้นอยู่กับบริษัทผู้ผลิตเครื่องกำเนิดนั้น

จากที่กล่าวมาแล้ว เครื่องกำเนิดไฟฟ้าซึ่งเป็นเครื่องจักรที่มีความสำคัญอย่างยิ่งส่วนหนึ่งของโรงต้นกำลังที่ใช้ผลิตกระแสไฟฟ้า เพื่อป้อนเข้าสู่ระบบสายส่งของการไฟฟ้า จ่ายไฟให้กับบ้านพักอาศัย อาคาร สำนักงาน และโรงงานอุตสาหกรรม และยังใช้เป็นเครื่องสำรองไฟฟ้าในกรณีที่ไฟฟ้าหลักไม่สามารถจ่ายไฟได้ และใช้กับงานเฉพาะกิจต่างๆ การพิจารณาเลือกใช้เครื่องกำเนิดไฟฟ้าจึงเป็นหน้าที่ของวิศวกร หรือที่ปรึกษาโรงงานจะต้องเลือกให้ตรงตามวัตถุประสงค์ มีความเหมาะสมกับประเภทของงาน ลักษณะการทำงานและระยะเวลาในการเดินเครื่องทำงานรวมทั้งการวางแผนในการบำรุงรักษาเชิงป้องกันการบำรุงรักษาเชิงปรับปรุงแก้ไข และการบำรุงรักษาตามสภาพ เพื่อให้เครื่องกำเนิดไฟฟ้า ใช้งานได้เต็มประสิทธิภาพ

เครื่องกำเนิดไฟฟ้า (Generator) รุ่นเครื่องปั่นไฟ 1.0kVA. BERALA GENERATOR TP1200 1000va เบนซิน (Hardwaremart.net, 2556 : เว็บไซต์)

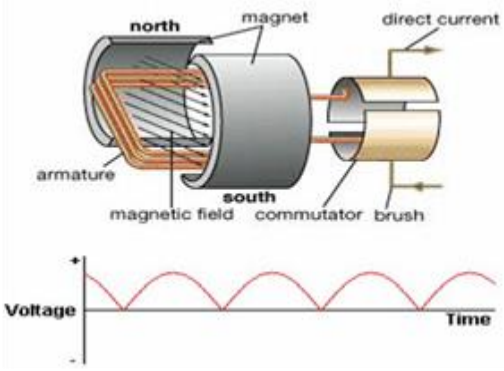
รูปที่ 2.31 เครื่องให้กำเนิดไฟฟ้า

ตารางที่ 2.6 ข้อมูลเครื่องกำเนิดไฟฟ้า (Generator) รุ่น 1.0kVA. BERALA GENERATOR TP1200 1000va เบนซิน

ข้อมูลเครื่องกำเนิดไฟฟ้า	ข้อมูล
พลังงานสูงสุด	2.4แรงม้า. / 3000 รอบต่อนาที
ความจุถังเชื้อเพลิง	6 ลิตร
กระแสไฟสูงสุด	1000 va
กระแสไฟที่ใช้	850 va
แรงดันไฟ	220/110 v
ชนิดเชื้อเพลิง	เบนซิน 91 ,95
ความจุถังน้ำมันหล่อลื่น	0.37 L
น้ำมันหมดเปลือง	1 ลิตร/ชม.
ระยะเวลาใช้ต่อเนื่อง	6 ชม.
ระบบจุดระเบิด	ระบบดึงสตาร์ท
น้ำหนักรวม	26 กก.

ที่มา: (Hardwaremart.net, 2560 : เว็บไซต์)

เครื่องกำเนิดไฟฟ้ากระแสตรง

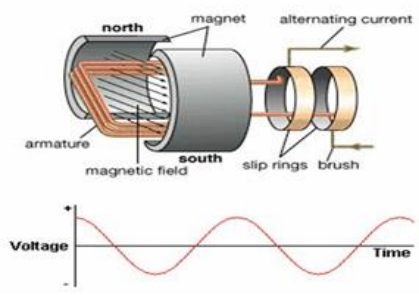


รูปที่ 2.32 การให้กำเนิดไฟฟ้ากระแสตรง

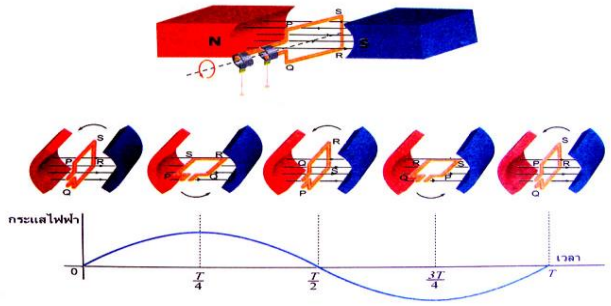
มอเตอร์ ต้องใช้กระแสไฟฟ้าจากภายนอก ส่วนเครื่องกำเนิดไฟฟ้า ตรงกันข้ามกับมอเตอร์ ใช้แรงจากภายนอกหมุนขดลวด ตัดกับสนามแม่เหล็ก เกิดแรงเคลื่อนไฟฟ้าเหนี่ยวนำขึ้น ในรูปมีแหวนแยก (Split Ring)หรือเรียกว่า คอมมิวเตเตอร์ (Commutator) เป็นส่วนที่สัมผัสกับแรงถ่าน (Brushes) ทำหน้าที่เชื่อมต่อกระแสไฟฟ้าออกสู่ภายนอก ไฟฟ้าที่ได้เป็นไฟฟ้ากระแสตรง ดังรูปที่ 102 (มีแต่ด้านบวกอย่างเดียว)

เครื่องกำเนิดไฟฟ้ากระแสสลับ

เครื่องกำเนิดไฟฟ้ากระแสสลับ แตกต่างจากเครื่องกำเนิดไฟฟ้ากระแสตรง คือ เครื่องกำเนิดไฟฟ้ากระแสสลับมีวงแหวนลื่น(Slip Ring) มีลักษณะเป็นวงแหวน 2 วง เมื่อขดลวดหมุนตัวจะทำให้ได้กระแสไฟฟ้าวิ่งกลับไปกลับมาในวงจร จึงเรียกว่าไฟฟ้ากระแสสลับ ดังรูปที่ 104



รูปที่ 2.33 การให้กำเนิดไฟฟ้ากระแสสลับ



รูปที่ 2.34 กราฟระหว่างกระแสไฟฟ้ากระแสสลับกับเวลา

จาก รูปที่ 104 ในช่วงเวลา 0 ถึง T/2 กราฟระหว่างกระแสไฟฟ้ากับเวลาของกระแสสลับจะเหมือนกับกระแสตรง แต่ในช่วงเวลา T/2 ถึง T กระแสไฟฟ้าเหนี่ยวนำของเครื่องกำเนิดไฟฟ้ากระแสสลับจะกลับทิศถ้า ต่อตัวต้านทานกับเครื่องกำเนิดไฟฟ้ากระแสสลับ กราฟระหว่างกระแสไฟฟ้าที่ผ่านตัวต้านทานกับเวลาและความต่างศักย์ระหว่างปลายทั้งสองของตัวต้านทานกับเวลา จะเป็นดังนี้ จากกราฟระหว่างกระแสไฟฟ้า กับเวลาด้านล่างของภาพ ช่วงเวลาการเปลี่ยนแปลงกระแสไฟฟ้าครบ 1 รอบ เรียกว่า คาบ ถ้าเครื่องกำเนิดไฟฟ้ากระแสสลับหมุนด้วยความถี่ 1 รอบต่อวินาที ไฟฟ้ากระแสสลับจะมีความถี่ 1 เฮิรตซ์ ในประเทศไทย ความถี่ของไฟฟ้ากระแสสลับมีค่า 50 เฮิรตซ์ และความต่างศักย์เป็น 220 โวลต์ ดังนั้นถ้าต้องการทราบว่าเครื่องใช้ไฟฟ้าชิ้นใดสามีรถใช้งานในประเทศไทยได้ ต้องพิจารณาจากตัวเลขกำกับเครื่องนั้นๆ ซึ่งจะบอกความต่างศักย์และความถี่ว่ามีค่า 220 โวลต์ 50 เฮิรตซ์ หรือไม่ เพราะงานไฟฟ้าบางประเภทต้องการความถี่ที่แน่นอน เช่น การใช้มอเตอร์

ไฟฟ้าของนาฬิกาไฟฟ้าบางชนิด เพราะถ้าความถี่แตกต่างจากที่กำหนดให้จะทำให้เครื่องใช้นั้นชำรุด หรือทำงานได้ไม่ดี

2.18 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

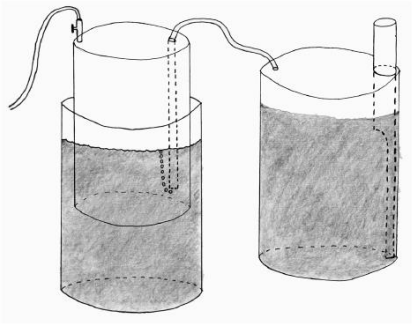
N.V. Deshpande และคณะ(2012) ศึกษาการผลิตก๊าซชีวภาพจาก กากที่ได้จากการสกัดน้ำมันดิบของเมล็ด Mahua (madhuca indiga) และ Hingan(Balanites aegyaptiaca) oil seedcake งานวิจัยนี้ศึกษาความเหมาะสมของกากที่บีบน้ำมันออกแล้วของเมล็ดพืชน้ำมันสองชนิดสำหรับผลิตก๊าซชีวภาพและจากงานวิจัยเผยให้เห็นว่ากากที่ได้จากการสกัดน้ำมันดิบของเมล็ด Mahua (madhuca indiga) และ Hingan(Balanites aegyaptiaca) มีศักยภาพในการผลิตในช่วง 198 – 233 ลิตร/กิโลกรัมของกาก ที่ได้จากการสกัดน้ำมัน ก๊าซภาพที่ได้จาการผลิตนี้มีความสำคัญต่อความต้องการด้านพลังงานที่ใช้ในการหุงต้มในพื้นที่ชนบทอีกทั้งงานวิจัยนี้ยังได้ให้ความสำคัญในเรื่องของกากตะกอนและน้ำโคลนที่ออกจากบ่อหมักในรูปของของเสียจะสามารถนำไปใช้ประโยชน์ต่อได้อีกเนื่องจากมันมีส่วนประกอบที่เป็นไนโตรเจนสูง

Hamed M.El-Mashand และ Ruihong Zhang(2010) ศึกษาผลผลิตก๊าซชีวภาพจากการย่อยสลายมูลโคนมและเศษอาหารผลของการคัดมูลที่มีผลต่อผลผลิตก๊าซชีวภาพในบ่อหมักมูลโคภายใต้เงื่อนไขที่อุณหภูมิปานกลาง (35 องศาเซลเซียส) นอกจากนี้ยังพิจารณาศักยภาพการผลิตก๊าซชีวภาพที่ผสมระหว่างมูลโคและเศษอาหารเทียบผลตอบแทนจากมูลหรือเศษอาหารเพียงอย่างเดียวลำดับแรกพัฒนาขึ้นในการคำนวณอัตราผลตอบแทนจากก๊าซมีเทนจากส่วนระหว่างมูลโคนมและเศษอาหาร ผลผลิตก๊าซมีเทนหลังจากหมักมูล 30 วัน เป็น 302, 228 และ241 ลิตร มูลดี มูลหยาบ และปุ๋ย ตามลำดับ คิดเป็นประมาณ 93%, 87% และ 90% ของผลผลิตก๊าซชีวภาพอาจได้รับตามลำดับหลังจาก 20 วันปริมาณมีเทนเฉลี่ยของก๊าซชีวภาพ คือ 69%, 57% และ 66% ตามลำดับส่วนผลผลิตก๊าซมีเทนของเศษอาหารเป็น 353 ลิตร/กิโลกรัมของกาก หลังจาก 30 วันของการย่อยสลายส่วนผสมของมูลกับเศษอาหาร 68/32% และ 52/48% ให้ผลผลิตก๊าซมีเทนเป็น 282 และ311 ลิตร/กิโลกรัมของกาก ตามลำดับหลังจาก 30 วันของการย่อยสลาย และหลัง 20 วัน ให้ผลผลิตก๊าซชีวภาพ 90% และ 95% ตามลำดับ คาดว่าการเพิ่มเศษอาหารในบ่อหมักมูลสัตว์ทำให้ได้ปริมาณก๊าซภาพที่สูงในเวลา 20 วัน หลังการย่อยสลาย

S.S. Kapdi et al. (2004) ศึกษาความเป็นไปได้เกี่ยวกับการทำก๊าซชีวภาพบรรจุลงถังด้วยความดันสูงในประเทศอินเดีย ในงานวิจัยนี้ได้กล่าวถึงการบรรจุก๊าซชีวภาพลงถังนั้นต้องทำให้ก๊าซชีวภาพ บริสุทธ์ก่อนโดยแยก CO_2 กับ H_2S ออกจากก๊าซชีวภาพก่อน การที่จะแยกไฮโดรเจนซัลไฟด์ออกจากก๊าซชีวภาพนั้นมีหลายวิธีซึ่งหนึ่งในวิธีนั้น คือ วิธีการเติมอากาศ ถ้ามีการเติมอากาศเข้าไปในระบบ 2-6% ก็จะส่งผลทำให้อากาศไปทำปฏิกิริยาทางเคมีกับไฮโดรเจนซัลไฟด์ในก๊าซชีวภาพทำให้ความเข้มข้นของไฮโดรเจนซัลไฟด์ลดลงน้อยกว่า 50 ppmและการเติมอากาศควรต้องระมัดระวังในการเติมอย่าให้เกิน 6-12% เพราะอาจทำให้เกิดอันตรายได้

Ikbal et al. (2003)ได้ศึกษาการนำเอาน้ำเสียจากขยะเทศบาลมาบำบัดโดยวิธีทางชีวภาพ งานวิจัยนี้ได้มีการเพิ่มสารอาหารให้กับเชื้อในอัตราที่เหมาะสมที่มีค่าเท่ากับ 1g/l.d เพื่อเป็นตัวช่วยเพิ่มประสิทธิภาพในกระบวนการหมักย่อยแบบไม่ใช้อากาศให้เป็นไปอย่างสมบูรณ์ ทำให้อัตราการเกิดก๊าซชีวภาพสูงขึ้น การเพิ่มการให้อาหารสำหรับเชื้อในอัตราที่สูงถึง 8 g/l.d.นี้ จะส่งผลทำให้คุณภาพของก๊าซชีวภาพที่เกิดจากกระบวนการการหมักย่อยแบบไร้อากาศลดลง คือจะมีก๊าซไฮโดรเจนซัลไฟด์ในก๊าซชีวภาพในปริมาณมากขึ้นตามมา จึงได้มีการควบคุมการเกิดก๊าซไฮโดรเจนซัลไฟด์ โดยการเติมอากาศเข้าไปในระบบที่ 7.5% ซึ่งอากาศจะเป็นตัวช่วยเสริมทำให้เกิดปฏิกิริยาทางเคมีซึ่งจะทำให้ความเข็มข้นของไฮโดรเจนซัลไฟด์ในก๊าซชีวภาพลดลง

Jason Dahlman and Charilie Forst (2001) ได้นำเสนอการสร้างระบบกักเก็บก๊าซชีวภาพ โดยระบบถังกักเก็บที่นำเสนอประกอบถังหมักก๊าซชีภาพหนึ่งถังและถังกักเก็บก๊าซชีวภาพหนึ่งถัง ถังหมักก๊าซชีวภาพจะผลิตก๊าซชีวภาพจากนั้นก๊าซที่เกิดขึ้นจะเข้าสู่ถังกักเก็บก๊าซชีวภาพผ่านท่อที่เชื่อมต่อกัน หลักการของถังกักเก็บชีวภาพที่ได้จากการหมักคือการนำถังที่สามารถสวมซ้อนกันได้สองถัง ถังที่ใหญ่กว่าใช้เป็นถังบรรจุน้ำ จากนั้นนำถังเล็กกว่ามาคว่ำลงไปในถังที่บรรจุน้ำดังรูปที 2.3



รูปที่ 2.35 แบบถังกักเก็บก๊าซชีวภาพ (Jason Dahlman and Charilie Forst, 2001)

R.D. McIntosh, et al., (1995) ได้ศึกษาการออกแบบถังสำหรับใช้แยกก๊าซและของเหลวที่ออกจากเครื่องทำปฏิกิริยาเคมี เพื่อนำไปบำบัดความเป็นพิษของก๊าซและของเหลวโดยได้พัฒนาสมการสำหรับออกแบบและนำไปทดสอบกับระบบที่มีขนาดเล็ก ซึ่งสมการที่พัฒนาจะแบ่งออกเป็นระบบไม่เกิดปฏิกิริยาและเกิดปฏิกิริยาโดยพิจารณาที่อัตราการไหลของของผสมสูงสุดและแรงดันที่ใช้เป็นเงื่อนไขสำหรับใช้พิจารณาสมการคือ 4.0 และ 3.0 bar ตามลำดับ ซึ่งผลจากการคำนวณสามารถได้ขนาดของถังจากสมการคือ 2.0 และ 1.1 x 10^{-3} m^3 ตามลำดับ จากนั้นทดสอบกับถังขนาด 5.06 ,2.55 ,1.20 ,0.66 และ 0.35x10^{-3} m^3 ตามลำดับ เพื่อวิเคราะห์หาสมการ ที่สามารถนำไปใช้ในการออกแบบถังได้

R.D. McIntosh, et al., (2000) ได้ศึกษาการออกแบบถังสำหรับใช้แยกก๊าซและของเหลวที่ออกจากเครื่องทำปฏิกิริยาเคมี โดยได้พัฒนาสมการออกแบบถังสำหรับใช้ระบบแรงดันไอ ระบบ gassy และระบบผสม โดยงานวิจัยนี้ได้พัฒนาให้สมการมีความสัมพันธ์กับขนาดของเครื่องทำปฏิกิริยาเคมีระหว่างของเหลวที่ต้องการบรรจุและอัตราการไหลของของผสม ผลที่ได้คือสมการและวิธีการคำนวณสำหรับออกแบบถังตามระบบที่กล่าวมาข้างต้น

Zhou et al.,(2006) ได้ศึกษาการทำงานของแบคทีเรียในถังปฏิกรณ์ UASB ที่ได้จากการบำบัดน้ำเสียจากโรงงานเยื่อกระดาษซึ่งมีสารประกอบซัลไฟด์ในปริมาณสูง ภายหลังให้อากาศแบบจำกัดในถังปฏิกรณ์ UASB ทำให้ปัญหาการขัดขวางการทำงานของแบคทีเรียที่ใช้ย่อยสารอินทรีย์ลดลงอย่างรวดเร็วโดยอัตรากำจัด COD เพิ่มขึ้นจาก 40% เป็น 80% เมื่อน้ำเสียมีสารอินทรีย์ 8 kg/d ทำการทดลองที่ HRT 12 วัน การให้อากาศแบบจำกัดจะไปทำให้เกิดปฏิกิริยาออกซิไดซ์ซัลเฟตและกำจัดไฮโดรเจนซัลไฟด์ แต่จะไม่มีผลต่อจุลินทรีย์ที่ไม่ใช้อากาศ การให้อากาศวิธีนี้เป็นผลดีต่อจุลินทรีย์ที่ใช้สร้างมีเทน

A. Herràn-Gonzàlez, et al., (2009) ได้ทำการสร้างแบบจำลองของระบบท่อส่งก๊าซ เพื่อศึกษาครอบคลุมทั้ง isothermal และ adiabatic และการคิดผลของความลาดเอียงของท่อส่งก๊าซซึ่งมีความแตกต่างจากงานวิจัยอื่น โดยงานวิจัยนี้ได้ใช้โปรแกรม MATLAB-Simulink เป็นเครื่องมือใช้ในการคำนวณการเคลื่อนที่และผลที่เกิดขึ้นในระบบท่อ โดยการสร้างฐานข้อมูลของอุปกรณ์ที่ใช้ในระบบท่อขึ้นมาจากระบบที่ใช้ในระบบทั่วๆไป เพื่อเป็นข้อมูลในการวิเคราะห์ของโปรแกรมและเป็นการเตรียมการคำนวณสำหรับการใช้งานจริงหรือเพื่อเป็นแนวทางในการศึกษาต่อไป โดยอุปกรณ์ที่สร้างขึ้นมาจะเป็นระบบอย่างง่ายซึ่งประกอบไปด้วยเครื่องสร้าง

แรงดัน ท่อ วาล์วต่างๆ ผลที่ได้จากการวิจัยสามารถได้แบบจำลองการไหลของก๊าซ แรงดันตกในแต่ละอุปกรณ์ในรูปแบบของโปรแกรมของ MATLAB ที่สามารถนำไปเปรียบเทียบกับงานวิจัยอื่นได้

กุลธิดา สว่างพล และคณะ (2556**)** ได้ศึกษาความเป็นไปได้ของการผลิตไฟฟ้าโดยใช้ก๊าซชีวภาพจากเซลลูโลส โดยเริ่มจากการคัดเลือกแหล่งวัสดุเหลือใช้ทางการเกษตรพวกลิกโนเซลลูโลสที่มีศักยภาพสูง จากนั้นเลือกกระบวนการปรับสภาพ กระบวนการไฮโดรไลซิส และถังปฏิกรณ์ที่มีประสิทธิภาพสูงตามลำดับ การผลิตไฟฟ้าพิจารณาที่เครื่องยนต์ก๊าซชีวภาพ 5 ขนาดที่อยู่ในช่วงประมาณ 200 ถึง 2,000 กิโลวัตต์ คำนวณต้นทุนไฟฟ้าต่อหน่วยของเครื่องยนต์ก๊าซชีวภาพขนาด 187 ถึง 1,966 กิโลวัตต์ ได้ 9.29 ถึง 4.77 บาท/กิโลวัตต์ชั่วโมง สำหรับฟางข้าว และ 11.29 ถึง 6.21 บาท/กิโลวัตต์ชั่วโมง สำหรับยอดและใบอ้อย ตามลำดับ เนื่องจากกระบวนการปรับสภาพมีต้นทุนค่อนข้างสูงจึงส่งผลต่อการคำนวณ ต้นทุนไฟฟ้าสูงกว่าอัตราราคารับซื้อไฟฟ้า (รวมอัตราส่วนเพิ่ม) สำหรับกรณีไม่มีการปรับสภาพวัตถุดิบตั้งต้น เลือกใช้ถังปฏิกรณ์แบบกวนต่อเนื่อง (CSTR) ในการผลิตก๊าซชีวภาพ การคำนวณต้นทุนไฟฟ้าต่อหน่วยขิงเครื่องยนต์ก๊าซชีวภาพขนาด 187 ถึง 1,966 กิโลวัตต์ ได้ 8.17 ถึง 4.55 บาท/กิโลวัตต์ชั่วโมง สำหรับฟางข้าว และ 9.37 ถึง 5.39 บาท/กิโลวัตต์ชั่วโมง สำหรับฟางข้าวตามลำดับ ซึ่งมีค่าสูงกว่าอัตราการรับซื้อไฟฟ้าเช่นกัน

ชาญ แซ่ม้า(2554) การศึกษาการผลิตก๊าซชีวภาพจากพืชผักร่วมกับมูลสัตว์เพื่อแก้ปัญหาสิ่งแวดล้อมที่เกิดจากมูลสัตว์รวมทั้งการนำพืชผักที่ถูกทิ้งให้เน่าเปื่อยและสลายตามธรรมชาติโดยไม่ก่อให้เกิดประโยชน์ จากปัญหาราคาพืชผักที่ตกต่ำ ที่มีการเพาะปลูกกันเป็นจำนวนมากในแถบอำเภอพบพระ จังหวัดตาก โดยศึกษาอัตราส่วนของมูลสุกรต่อมูลโคที่เหมาะสมต่อการผลิตก๊าซชีวภาพและก๊าซมีเทน ที่เป็นองค์ประกอบในการให้เชื้อเพลิงโดยใช้วิธีการหมักแบบไร้อากาศที่อัตราส่วนผสมของพืชผักต่อมูลสัตว์ 60:40 กรัมต่อมิลลิลิตร เป็นเวลา 12 วัน ซึ่งเก็บก๊าซชีวภาพทุกๆสามวันเพื่อวิเคราะห์และเปรียบเทียบโดยใช้กราฟเส้น พบว่าอัตราส่วนของมูลสุกรต่อมูลโคที่เหมาะสมในการผลิตก๊าซชีวภาพมากที่สุด คือ 70:30 และค่าความเป็นกรด-ด่าง(pH) อยู่ในช่วง 5.5-6.5

พงษ์ศักดิ์ โพธิ์ศรีทอง(2553) การวิจัยนี้ศึกษาเกี่ยวกับการผลิตก๊าซชีวภาพจากมูลโคและเปลือกสับปะรด โดยกระบวนการย่อยสลายภายใต้สภาวะไร้อากาศ โดยมีความมุ่งหมายเพื่อเปรียบเทียบปริมาณการเกิดก๊าซชีวภาพในแต่ละอัตราส่วนอินทรียวัตถุ เปรียบเทียบปริมาณการเกิดก๊าซชีวภาพในแต่ละระยะเวลาเก็บกักและวิเคราะห์ร้อยละของก๊าซมีเทนที่เกิดจากการหมัก การทดลองนี้ ทำการหมักทั้งหมด 5 อัตราส่วนคือ มูลโค:เปลือกสับปะรด:น้ำกลั่น เท่ากับ 1:0:1, 2:1:3, 1:1:2, 1:2:3 และ 0:1:1 วัดปริมาณก๊าซชีวภาพที่เกิดขึ้นโดยใช้หลักการแทนที่ของน้ำในการวัดปริมาตรน้ำที่ไหลออกมาจากถังปฏิกิริยา(3 ซ้ำ) และวิเคราะห์ร้อยละของก๊าซมีเทนด้วยเครื่อง GC-MS โดยใช้สถิติในการทดสอบ ได้แก่ F-test (One-way ANOVA) ผลการศึกษาพบว่า การผลิตก๊าซชีวภาพจากมูลโคและเปลือกสับปะรดภายใต้สภาวะไร้อากาศในอัตราส่วน มูลโค:เปลือกสับปะรด:น้ำกลั่น คือ 1:0:1 และระยะเวลาเก็บกัก 30 วัน จะทำให้เกิดปริมาณก๊าซชีวภาพมากที่สุด โดยมีปริมาณก๊าซมีเทน เท่ากับ 46.19%

รุ่งนภา เนินหาด(2554) การหมักเศษผักร่วมกับมูลสุกรในขวดน้ำเกลือปริมาตร 1 ลิตร ในสภาพไร้อากาศ อุณหภูมิ 29 ± 3 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 12 วัน ทำการป้อนวัสดุหมักแบบกะ (batch) หรือเติมวัสดุหมักครั้งเดียวใช้เศษผัก 200 กรัม ร่วมกับ มูลสุกรร้อยละ 10 ,20 , 30 , 40 และ 50 โดยปริมาตร ทำการเก็บก๊าซโดยใช้ลูกโป่งเก็บก๊าซทุก 3 วัน แล้ววัดปริมาณก๊าซชีวภาพที่เกิดขึ้นโดยการแทนที่น้ำ (Fluid displacement

method) พบว่าปริมาตรก๊าซที่ได้จากการหมักเศษผักร่วมกับมูลสุกรร้อยละ 50 ได้ปริมาตรก๊าซชีวภาพสูงสุด ปริมาตรก๊าซชีวภาพสะสมที่ได้สูงสุดเท่ากับ 1,248 มิลลิลิตร

บรรพต ทองนาค(2546) การผลิตก๊าซชีวภาพจากมูลสุกร การวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาประสิทธิภาพการบำบัดสารอินทรีย์และเปรียบเทียบประสิทธิภาพการบำบัดสารอินทรีย์จากการหมักก๊าซชีวภาพที่หมักด้วยมูลสุกรผสมน้ำจุลินทรีย์อีเอ็มและกลูโคส มูลสุกรผสมน้ำจุลินทรีย์อีเอ็มและกากน้ำตาล มูลสุกรผสมน้ำจุลินทรีย์อีเอ็มกลูโคสและกากน้ำตาล มูลสุกรปกติ ศึกษาปริมาณและเปรียบเทียบปริมาณก๊าซชีวภาพที่หมักด้วยมูลสุกรผสมน้ำจุลินทรีย์อีเอ็ม มูลสุกรผสมน้ำจุลินทรีย์อีเอ็มและกลูโคส มูลสุกรผสมน้ำจุลินทรีย์อีเอ็มและกากน้ำตาล มูลสุกรผสมน้ำจุลินทรีย์อีเอ็มกลูโคสและกากน้ำตาล มูลสุกรปกติ โดยใช้ถังพลาสติกขนาดความจุ 20 ลิตร จำนวน 5 ถัง ในการหมัก เก็บน้ำมูลสุกรก่อนและหลังหมักนำไปวิเคราะห์ค่า COD เพื่อหาประสิทธิภาพการบำบัดสารอินทรีย์

ไพศาล วงค์กระโซ่ (2554) การศึกษาการหมักร่วมระหว่างใบยางพารากับมูลโค และใบยางพารากับมูลสุกรที่ส่วนผสมต่างๆเพื่อหาส่วนผสมที่ดีที่สุดในการผลิตก๊าซชีวภาพ โดยหมักในขวดน้ำเกลือแบบไร้อากาศขนาด 1 ลิตร ปริมาตรใช้งานจริง 0.8 ลิตรภายใต้อุณหภูมิห้อง (29±3 องศาเซลเซียส) เป็นเวลา 12 วัน ทำการป้อนวัสดุหมักแบบกะ (batch) หรือเติมครั้งเดียว โดยชุดการทดลองที่ 1 เป็นการหมักระหว่างใบยางพารากับมูลโค ในอัตราส่วนผสมใบยางพารา 40 กรัม ร่วมกับมูลโค 40 กรัมต่อมูลโค 10% 30% และ 50% โดยน้ำหนัก และชุดการทดลองที่ 2 เป็นการหมักระหว่างใบยางพารากับมูลสุกร ในอัตราส่วนผสมใบยางพารา 40 กรัม ร่วมกับมูลสุกร 10% 30% และ 50% โดยปริมาตร ทำการเก็บก๊าซโดยใช้ลูกโป่งและวัดปริมาตรก๊าซทุก 2 วัน โดยการแทนที่น้ำ (fluid displacement method) พบว่า อัตราส่วนผสมระหว่างใบยางพารากับมูลโค และระหว่างใบยางพารากับสุกรที่ 10% ผลิตก๊าซได้สูงสุด รองลงมา คือ 30% และ 50% ตามลำดับ เมื่อเปรียบเทียบประสิทธิภาพการผลิตก๊าซชีวภาพของการหมักระหว่างใบยางพารากับมูลโค และใบยางพาราร่วมกับมูลสุกรที่อัตราส่วนเกิดก๊าซสูงสุด (10%) พบว่า การหมักระหว่างใบยางพารากับมูลโค ผลิตก๊าซได้สูงกว่าใบยางพาราร่วมกับมูลสุกร เท่ากับ 1664.333 มิลลิลิตร และ 1322.33 มิลลิลิตรตามลำดับ

อัจฉรา พิเลิศ และคณะ(2555) ผลกระทบของอุณหภูมิต่อการผลิตก๊าซชีวภาพ ประเทศไทยเป็นประเทศเกษตรกรรมจึงมีชีวมวลอยู่เป็นจำนวนมาก ในแง่ของพลังงานทดแทนแล้ว การนำพลังงานจากชีวมวลที่เหลือทิ้งไปใช้ให้เกิดประโยชน์นั้นมีอยู่หลายวิธี ทั้งการใช้กระบวนการทางความร้อน เช่น กระบวนการ pyrolysis หรือกระบวนการ gasification กระบวนการที่ไม่ใช้ความร้อน เช่นกระบวนการผลิตก๊าซชีวภาพเป็นกระบวนการเปลี่ยนแปลงพลังงานที่มีอยู่ในชีวมวลที่เหลือทิ้งได้เป็นอย่างดี และมีต้นทุนในการผลิตพลังงานต่อหน่วยค่อนข้างต่ำ ปัจจัยที่ส่งผลต่อการผลิตก๊าซชีวภาพมีอยู่หลายปัจจัยด้วยกันเช่นค่า pH เริ่มต้น อุณหภูมิ ระยะเวลาในการหมัก อัตราส่วน C/N ที่มีอยู่ในวัตถุดิบ ฯลฯ งานวิจัยนี้มุ่งเน้นศึกษาเรื่องอุณหภูมิที่มีผลกระทบต่อการผลิตก๊าซชีวภาพ วัตถุดิบที่ใช้ประกอบไปด้วย สาหร่ายหางกระรอกผสมกับมูลโค และ กากเบียร์สดผสมกับมูลโคในอัตราส่วน 1:1, 1:2, 1:3 โดยนำไปหมักในถังหมักขนาด 3 ลิตร ที่อุณหภูมิห้องปกติ (34°C) และอุณหภูมิควบคุมที่ 37°C นำก๊าซที่ผลิตได้ไปวิเคราะห์หาองค์ประกอบด้วยเครื่อง GC และตรวจวัดค่า BOD COD จากน้ำในถังหมัก ผลจากการทดลองพบว่าที่อุณหภูมิปกติ สาหร่ายหางกระรอกผสมกับมูลโค สามารถผลิตก๊าซมีเทนได้ 71% ค่า pH เท่ากับ 7.7 ระยะเวลาที่สามารถผลิตก๊าซ 29 วัน ที่อุณหภูมิควบคุมสามารถผลิตก๊าซมีเทนได้ 72% ค่า pH เท่ากับ 7.9 ระยะเวลาที่สามารถผลิตก๊าซ 25 วัน ส่วนกากเบียร์สดที่ผสมกับมูลโคที่อุณหภูมิปกติสามารถผลิตก๊าซมีเทนได้ 62% ค่า pH เท่ากับ 7.7 ระยะเวลาที่สามารถผลิตก๊าซ 29 วัน ที่อุณหภูมิควบคุมสามารถผลิตมีเทนได้ 67% ค่า pH เท่ากับ 7.6 ระยะเวลาที่สามารถผลิตก๊าซ 21 วัน ซึ่งแสดงให้เห็นว่าการเพิ่มอุณหภูมิสามารถช่วยเพิ่ม Yield ในการผลิตก๊าซชีวภาพได้ดีขึ้น 3 % และ 16 % ตามลำดับ ผลการตรวจวิเคราะห์ค่า

BOD COD ยังสูงกว่ามาตรฐานน้ำเสียของโรงงานอุตสาหกรรมแต่สามารถนำน้ำเสียเหล่านั้นไปใช้เป็นหัวเชื้อในการผลิตก๊าซชีวภาพในกระบวนการต่อไปได้เป็นอย่างดี อีกทั้งเศษชีวมวลที่เหลือจากการหมักยังสามารถนำไปใช้เป็นปุ๋ยให้แก่พืชได้เป็นอย่างดี เพราะปราศจากเมล็ดพืชที่ตกค้าง และมีสารอาหารที่ดีกว่ามูลสัตว์

สุขสถิต เคหา (2543) ได้ศึกษาการบำบัดน้ำเสียจากฟาร์มสุกรโดยกระบวนการเติมอากาศเป็นจังหวะ โดยทำการใช้แบบจำลองในห้องปฏิบัติการระบบบำบัดน้ำเสียซึ่งระบบจะถูกควบคุมให้มีการเติมอากาศแตกต่างกัน 4 รูปแบบคือ เติมอากาศตลอดเวลา เติมอากาศเป็นจังหวะแบบ 3-1 (ชั่วโมง)/เปิด-ปิด เติมอากาศเป็นจังหวะ 4-2 (ชั่วโมง)/เปิด-ปิด และเติมอากาศเป็นจังหวะ 3-3 (ชั่วโมง)/เปิด-ปิด น้ำเสียที่ใช้ในการทดลองเป็นน้ำเสียจากฟาร์มสุกรที่ผ่านการตกตะกอนและเจือจางให้มีความเข้มข้นของสารอินทรีย์ในรูปของ FCOD ประมาณ 300 มก./ล. พบว่าประสิทธิภาพในการบำบัดสารอินทรีย์ในรูปแบบ FCOD ของระบบที่มีการเติมอากาศตลอดเวลาและระบบที่มีการเติมอากาศเป็นจังหวะมีค่าไม่แตกต่างกัน