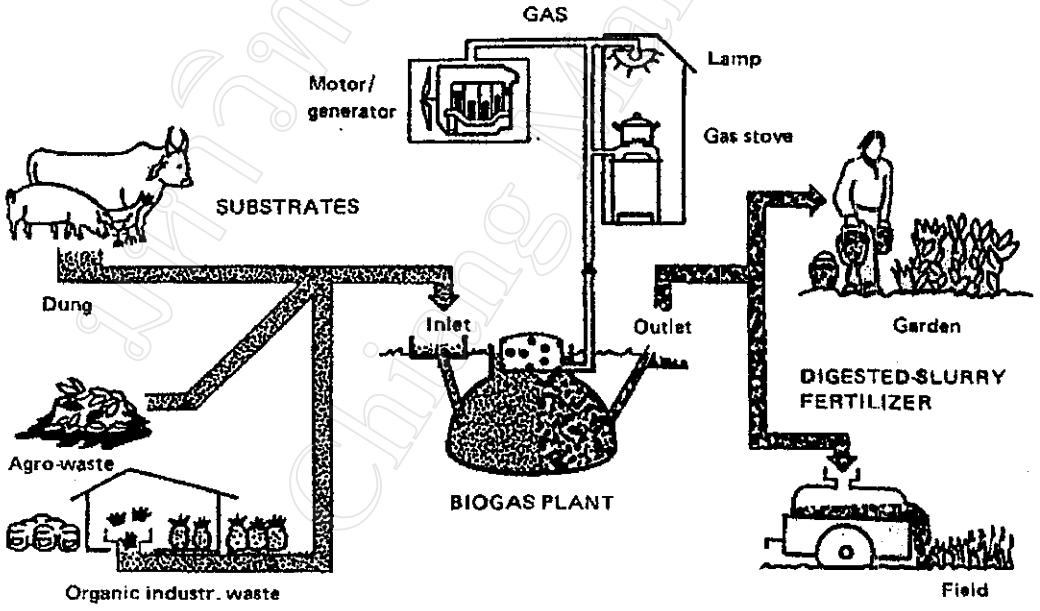
บทที่ 2
ก๊าซชีวภาพและระบบก๊าซชีวภาพ

2.1 ก๊าซชีวภาพ

ก๊าซชีวภาพ เป็นพลังงานที่ผลิตได้จากวัสดุเหลือใช้หรือวัสดุธรรมชาติ เช่น มูลสัตว์ เศษพืช หรือขยะอินทรีย์จากโรงงานอุตสาหกรรม ก๊าซชีวภาพ ที่ผลิตขึ้นได้นี้มีส่วนประกอบของ ก๊าซมีเทน (CH_4) 55-65% ก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ (CO_2) 35-45% ก๊าซไฮโดรเจนซัลไฟล์ (H_2S) 1-5% (เสาวลักษณ์, 2535) ส่วนที่เหลือเป็นก๊าซอื่น ๆ ก๊าซมีเทน เป็นก๊าซที่ไม่มีกลิ่น ไม่มีสี และติดไฟง่าย ก๊าซชีวภาพสามารถ ใช้เป็นพลังงานทดแทนพลังงานอื่น ๆ ได้ เช่น ถ่าน ฟืน ก๊าซถัง น้ำมัน เป็นต้น นอกจากนี้ ปุ๋ยอินทรีย์ ที่ได้จากกระบวนการย่อยสลายมูลสัตว์ ซึ่งประกอบไปด้วยธาตุอาหารของพืช เช่น ไนโตรเจน ฟอสฟอรัส ฟอแตสเซียม และอื่น ๆ สามารถนำไปใช้เป็นปุ๋ยได้อย่างดี



รูป 2.1 วงจรของระบบก๊าซชีวภาพ (Werner et al., 1989)

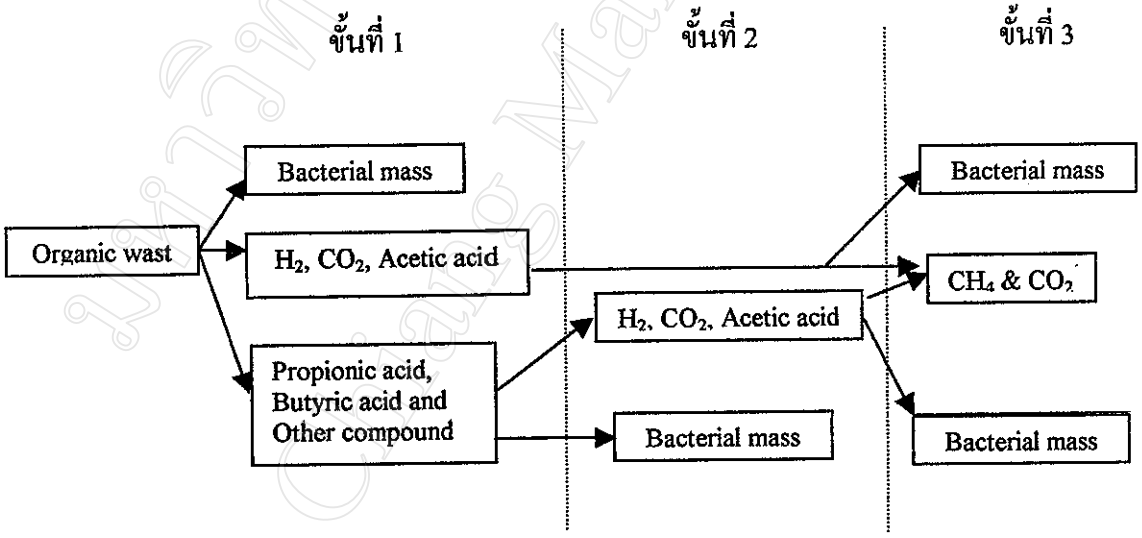
ตาราง 2.1 ส่วนประกอบของก๊าซชีวภาพ

ส่วนประกอบ	ร้อยละโดยปริมาตร
มีเทน (CH_4)	55-65
คาร์บอนไดออกไซด์ (CO_2)	35-45
ไฮโดรเจน (H_2)	0-1
ไฮโดรเจนซัลไฟล์ (H_2S)	0-1
ออกซิเจน (O_2)	0-1
ไนโตรเจน (N_2)	0-1

ที่มา : เสาวลักษณ์ (2535)

2.2 กระบวนการพื้นฐานของก๊าซชีวภาพ

กระบวนการเกิดก๊าซชีวภาพสามารถแยกออกเป็น 3 ขั้นตอน ได้แก่ Hydrolysis Acidification และ Methane formation ซึ่งมีกระบวนการดังรูป 2.2



รูป 2.2 ขบวนการเกิดก๊าซชีวภาพ (ปรีชา, 2544)

ขั้นที่ 1 Hydrolysis

อินทรียวัตถุต่างๆ จะถูกย่อยสลาย โดยเอนไซด์ (cellulose, amylase, protease และ lipase) ของจุลชีพ จากนั้นจะถูกแบคทีเรีย (fermentative bacteria) ย่อยอินทรีย์สารที่มีโครงสร้างโมเลกุลขนาดใหญ่ให้มีขนาดเล็กลง ได้สารอินทรีย์ที่ละลายน้ำได้ (simple solution organic compounds) ขั้นตอนนี้มักเกิดตอนกลางวันและที่อุณหภูมิที่เหมาะสม คือ 25 °C

ขั้นที่ 2 Acidification

สารอินทรีย์ที่ละลายน้ำได้ ที่ได้จากขั้นที่ 1 จะถูกแบคทีเรียในกลุ่ม Acid former หรือ Acetogenic bacteria ได้กรดอินทรีย์ (organic acids) หรือ กรด Acetic (CH_3COOH), ไฮโดรเจน (H_2) และคาร์บอนไดออกไซด์ (CO_2) ในกระบวนการนี้ ออกซิเจนจะถูกใช้จนหมด (สภาวะไร้ออกซิเจน) ซึ่งเป็นภาวะที่จำเป็นในการผลิตก๊าซมีเทน และนอกจากนี้แบคทีเรียจะย่อยอินทรีย์สารที่มีมวลโมเลกุลต่ำให้เป็นแอลกอฮอล์ กรดอินทรีย์ กรดอะมิโน คาร์บอนไดออกไซด์ และก๊าซมีเทนอีกเล็กน้อย ซึ่งเป็นปฏิกิริยาคายความร้อน

ขั้นที่ 3 Methane formation หรือ Gasification

กรดอินทรีย์ที่ได้จากขั้นตอนที่ 2 จะถูกเปลี่ยนให้เปลี่ยนให้เป็นก๊าซมีเทน และก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ โดยอาศัย Methanogenic bacteria กระบวนการนี้จะเกิดขึ้นในสภาวะไร้ออกซิเจน ในธรรมชาติกระบวนการดังกล่าว จะเกิดในที่ต่าง ๆ เช่น ใต้แม่น้ำลำคลอง หนอง บึง และในกระเพาะของสัตว์เคี้ยวเอื้อง เป็นต้น

2.3 ประโยชน์ของก๊าซชีวภาพ

ก๊าซชีวภาพที่เกิดขึ้นจากกระบวนการดังที่กล่าวมาแล้วข้างต้น สามารถนำมาใช้ประโยชน์ได้หลายประการ ดังเช่นต่อไปนี้

1) สามารถนำไปใช้เป็นพลังงานทดแทนเชื้อเพลิงธรรมชาติต่าง ๆ เช่น ก๊าซหุงต้ม น้ำมันจุดตะเกียง ให้พลังงานแทนไฟฟ้าในเครื่องกกลูกหมู เป็นการอนุรักษ์ธรรมชาติ ประหยัดเชื้อเพลิงธรรมชาติ และไฟฟ้า
2) ลดมลภาวะและปรับปรุงสภาวะแวดล้อมในชุมชนและในฟาร์มให้ดีขึ้น เช่น ลดกลิ่นเหม็นแมลงวัน และหนอนที่พาหะเชื้อโรคต่าง ๆ
3) ปุ๋ยอินทรีย์ ที่ได้จากกระบวนการย่อยสลายมูลสัตว์ สามารถนำไปใช้เป็นปุ๋ยได้อย่างดี และนำไปขายได้ทั้งในรูปของปุ๋ยน้ำและปุ๋ยแห้ง เป็นการเพิ่มรายได้ให้ครอบครัว

2.4 ระบบก๊าซชีวภาพ

ระบบก๊าซชีวภาพเป็นระบบที่สร้างขึ้นเพื่อแก้ไขปัญหาสิ่งแวดล้อมในฟาร์มเลี้ยงสัตว์ ซึ่งได้แก่ มลภาวะทางกลิ่น แมลง และน้ำเสียจากฟาร์มเลี้ยงสัตว์ โดยการจัดการมูลสัตว์ที่สัตว์ขับถ่ายออกมา เพื่อให้ได้พลังงานในรูปของก๊าซชีวภาพ (biogas) และปุ๋ยอินทรีย์

บ่อก๊าซชีวภาพที่ใช้ในประเทศไทย แบ่งออกได้หลายประเภท เช่น แบบถุงพลาสติก (flexible bag digester) แบบพลาสติกคลุมบ่อเก็บมูล (covered lagoon) แบบปล๊กโฟล์ที่ใช้บ่อดินเป็นบ่อหมัก แบบผสมของระบบบ่อหมักแบบต่าง ๆ และแบบโดม (fixed dome) ซึ่งเป็นแบบที่ใช้ในการศึกษานี้

1) แบบถุงพลาสติก (Flexible bag digester)

เป็นแบบที่นิยมใช้ประโยชน์กันอยู่ในประเทศไต้หวันลักษณะเป็นถุงพลาสติก (นิยมใช้พลาสติกที่เรียกกันว่า red mud plastic หรือ RMP และพลาสติกพีวีซี) รูปทรงกลมยาววางในบ่อดิน ถุงพลาสติกที่ยืดหยุ่นได้ทำหน้าที่เป็นทั้งบ่อหมัก (digester) และที่เก็บแก๊สขนาดที่มีการก่อสร้างในไต้หวันโดยทั่วไปขนาด 50 และ 100 ลูกบาศก์เมตร

ข้อดี ของระบบก๊าซชีวภาพแบบถุงพลาสติกคือสามารถเคลื่อนย้ายได้และต้นทุนการก่อสร้างต่ำ

ข้อเสีย ของระบบนี้ คือการสะสมของการตะกอนภายในถุงพลาสติกซึ่งมีผลทำให้พื้นที่การหมักลดน้อยลง

2) แบบพลาสติกคลุมบ่อเก็บมูล (Covered lagoon)

เป็นแบบที่มีการสร้างใช้ประโยชน์กันอยู่ในประเทศสหรัฐอเมริกา ปัจจุบันระบบแบบนี้กำลังได้รับการส่งเสริมการสร้างอยู่ในประเทศไทยโดยบริษัทเอกชนจากประเทศสหรัฐอเมริกาด้วยความร่วมมือของสมาคมผู้เลี้ยงสุกรแห่งประเทศไทย ลักษณะของระบบจะใช้พลาสติกคลุมบ่อเก็บมูลเพื่อรวบรวมก๊าซนำไปใช้ผลิตกระแสไฟฟ้าระบบนี้จึงมีความเหมาะสมโดยเฉพาะอย่างยิ่งสำหรับฟาร์มเลี้ยงสัตว์ที่มีบ่อเก็บมูลอยู่แล้ว

3) แบบปล๊กโฟล์ที่ใช้บ่อดินเป็นบ่อหมัก

ลักษณะคล้ายระบบก๊าซชีวภาพปล๊กโฟล์ (plug flow) ที่นิยมใช้สำหรับฟาร์มเลี้ยงสัตว์โดยทั่วไป แต่สร้างให้ต้นทุนถูกลงไปโดยการใช้ส่วนของบ่อหมัก (digester) เป็นบ่อดิน สร้างคูซีเมนต์โดยรอบบ่อเพื่อใช้ใช้ยึดพลาสติกเก็บแก๊ส ระบบนี้มีความเหมาะสมสำหรับฟาร์มในพื้นที่ที่ดินมีการยึดตัวกันดี สำหรับฟาร์มในพื้นที่ที่ดินไม่เหมาะสมอาจใช้พลาสติกกรองบ่อเช่นเดียวกับการทำบ่อเก็บน้ำในบางพื้นที่ได้

4) แบบผสมของระบบบ่อหมักแบบต่าง ๆ

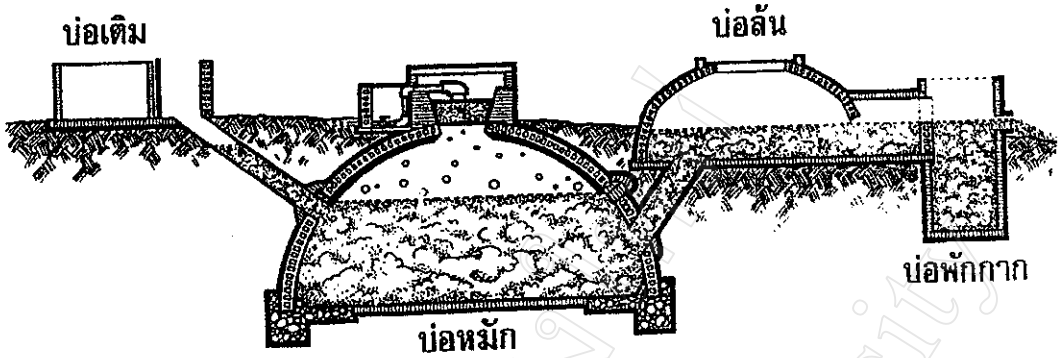
ปัจจุบันได้มีการศึกษาการนำเอาระบบบ่อหมักแบบต่าง ๆ มาใช้ร่วมกันเพื่อเพิ่มประสิทธิภาพการย่อยสลายสารอินทรีย์วัตถุ ประสิทธิภาพ การผลิตแก๊สและเพื่อลดพื้นที่ในการก่อสร้างระบบซึ่งเป็นปัญหาของการก่อสร้างระบบบำบัดของเสียจากฟาร์มเลี้ยงสัตว์ในปัจจุบันระบบลูกผสมเหล่านั้นได้แก่ การผสมระหว่าง บ่อหมักช้า (anaerobic low rate digester) ซึ่งเป็นระบบหมักของแข็งกับบ่อหมักเร็ว (anaerobic high rate digester) ซึ่งเป็นระบบบำบัดน้ำเสียและระบบลูกผสมระหว่าง anaerobic low rate digester กับ aerobic digester แบบที่ใช้ตัวกลาง (media) ซึ่งได้รับการพัฒนาขึ้นใหม่ ๆ หรือแบบที่ไม่ใช้ตัวกลางซึ่งได้รับการพัฒนาล่าสุด เช่น แบบเอสบีอาร์ (SBR หรือ Sequencing Batch Reactor)

5) บ่อก๊าซชีวภาพแบบโดม (Fixed dome)

บ่อก๊าซชีวภาพแบบโดม (fixed dome) ซึ่งเป็นแบบที่ใช้ในการศึกษาครั้งนี้ โดยเป็นรูปแบบที่ใช้ในการส่งเสริมแก่ฟาร์มเลี้ยงสัตว์ในประเทศไทย เป็นระบบที่คิดค้นขึ้นในประเทศจีน ต่อมาหน่วยงานGATE (German Appropriate Technology Exchange) ได้พัฒนาปรับปรุงโครงสร้างให้สอดคล้องกับหลักทางวิศวกรรมยิ่งขึ้น เน้นวัสดุที่หาได้ง่ายในท้องถิ่น สามารถให้ช่างฝีมือคุ้นเคยกับงานก่ออิฐฉาบปูนสามารถดำเนินการก่อสร้างเองได้ และกรมส่งเสริมการเกษตรได้ใช้รูปแบบดังกล่าวในฟาร์มเลี้ยงสัตว์ขนาดเล็ก ขนาดมาตรฐานของระบบก๊าซชีวภาพแบบโดม ซึ่งกรมส่งเสริมการเกษตรก่อสร้างในปัจจุบันมี 5 ขนาด คือ 12 16 30 50 และ 100 ลูกบาศก์เมตร (ราคาค่าก่อสร้างของระบบประมาณการไว้ในปี พ.ศ. 2540 สำหรับบ่อทั้ง 5 ขนาดเท่ากับ 27,000 33,000 48,900 86,000 และ 160,000 บาท ตามลำดับ)

โครงสร้างบ่อก๊าซชีวภาพแบบโดม แบ่งออกเป็น 4 ส่วนสำคัญ คือ

1) บ่อเติมเป็นที่ผสมของมูลสัตว์กับน้ำให้เข้ากัน หลังจากนั้นมูลสัตว์จะถูกปล่อยเข้าสู่บ่อหมัก
2) บ่อหมัก เป็นบ่อที่เก็บมูลสัตว์ ภายในมีเชื้อหมักที่ทำให้เกิดก๊าซได้
3) บ่อล้น มีหน้าที่รับมูลสัตว์ที่ล้นออกมาจากบ่อหมัก
4) บ่อพักกากจากบ่อล้น เป็นที่รองรับกากมูลสัตว์จากบ่อล้น ซึ่งกากมูลสัตว์ที่ล้นออกมาสามารถนำไปเป็นปุ๋ยได้

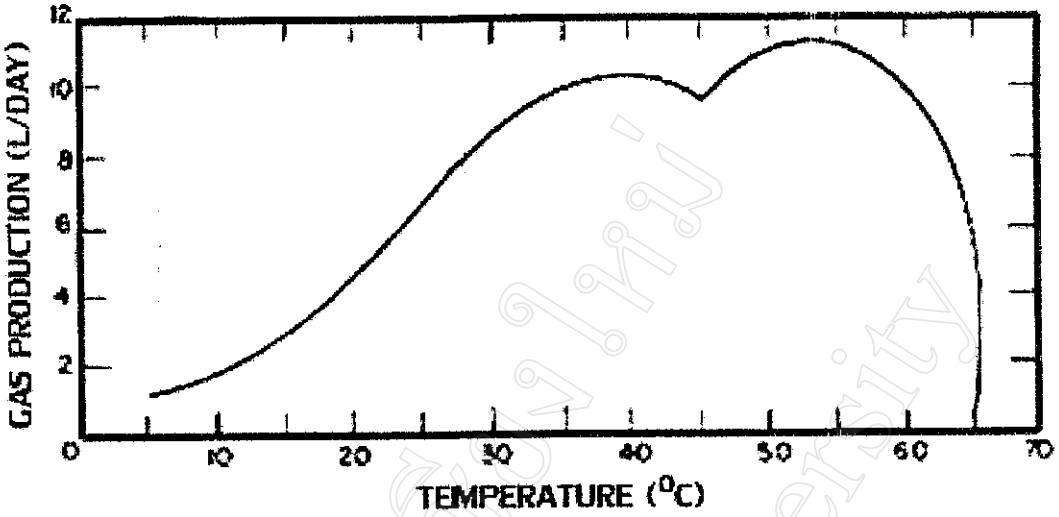


รูป 2.3 โครงสร้างของบ่อก๊าซชีวภาพแบบโดม (กรมส่งเสริมการเกษตร, 2536)

2.5 สิ่งที่มีอิทธิพลต่อการผลิตก๊าซชีวภาพ

ในกระบวนการหมักก๊าซชีวภาพนั้น มีปัจจัยต่าง ๆ ที่ส่งผลต่อการเกิดก๊าซ ดังมีต่อไปนี้ (กรมส่งเสริมการเกษตร, 2536)

1) มูลสัตว์ การเติมมูลสัตว์ต้องมีปริมาณเพียงพอ ไม่มากหรือน้อยเกินไป เพราะจะทำให้เกิดก๊าซน้อยหรือไม่เกิดเลย และต้องใช้เฉพาะมูลสัตว์สดเท่านั้น การใช้มูลแห้งเติมลงในบ่อจะไม่ช่วยให้เกิดก๊าซ และจะทำให้บ่อเกิดการอุดตันอีกด้วย นอกจากนี้ในการเติมมูลสัตว์ลงบ่อครั้งแรก ควรใช้มูลวัว หรือกระบือ หรือกากมูลสัตว์จากบ่อเก่าที่ใช้อยู่มาเติม ไม่ควรใช้มูลสุกรในการเติมครั้งแรก
2) เวลา การหมักและย่อยสลายของมูลสัตว์จะใช้เวลาประมาณ 30-40 วัน
3) การกวน ควรจะทำเป็นครั้งคราวเพื่อช่วยให้มูลสัตว์ผสมกันได้ดีขึ้นและสม่ำเสมอ จะทำให้ก๊าซเกิดมากขึ้นและป้องกันการเกิดฝ้าแข็ง (สำหรับมูลวัว) หรือการตกตะกอน (สำหรับมูลสุกร) ในบ่อหมัก
4) สารเคมี เช่น ยาฆ่าเชื้อ ยาปฏิชีวนะ ยาฆ่าแมลง ปุ๋ยเคมี หรือสารเคมีอื่นๆ อาจมีพิษต่อแบคทีเรียที่ย่อยสลายมูลสัตว์ในบ่อ ทำให้แบคทีเรียหยุดการทำงานและไม่มีก๊าซเกิดขึ้น
5) อุณหภูมิ ต้องพอเหมาะ แบคทีเรียจะเจริญเติบโตได้ดีที่อุณหภูมิ 37 องศาเซลเซียส ถ้าอุณหภูมิสูงหรือต่ำกว่านี้แบคทีเรียจะเจริญเติบโตได้ไม่ดีนัก ทำให้ก๊าซที่ผลิตได้มีปริมาณต่ำลงด้วย เช่น ในฤดูร้อนที่อากาศร้อนจัดหรือฤดูหนาวที่อากาศเย็นจัด การเกิดก๊าซจะช้ากว่าปกติ



รูป 2.4 ผลของอุณหภูมิต่อการเกิดก๊าซชีวภาพ (Price and Cheremisnoff, 1981)

มหาวิทยาลัยเชียงใหม่ Chiang Mai University