อภินันทนาการ

24/50
สำนักหอสมุด

รายงานการวิจัย

การประยุกต์ถังบำบัดน้ำเสียเพื่อใช้เป็นถังหมักก๊าซชีวภาพสำหรับฟาร์มสุกรขนาดเล็ก

An application of septic tanks for biogas digester in small pig farm

คณะผู้วิจัย

หัวหน้าโครงการวิจัย : นางสาวปาณิสรา ดีเสือ

ผู้ร่วมงานวิจัย : นายอากาศ เสนีวงศ์ ณ อยุธยา

สำนักหอสมุด มหาวิทยาลัยนเรศวร
วันลงทะเบียน - 5 JUL 2011
เลขทะเบียน 15635303
เลขเรียกหนังสือ 3 TD
.5
ป5ณรร
2550

งานวิจัยงบประมาณรายได้ คณะวิทยาศาสตร์
มหาวิทยาลัยนเรศวร
ประจำปีงบประมาณ 2550

ประกาศคุณูปการ

งานวิจัยเรื่องการประยุกต์ถังบำบัดน้ำเสียเพื่อใช้เป็นถังหมักก๊าซชีวภาพสำหรับฟาร์มสุกรขนาดเล็กนี้สำเร็จลงได้ด้วยดี เนื่องจากได้รับความร่วมมือเป็นอย่างดีจากเกษตรกรผู้เลี้ยงสุกรรายย่อย คือ นางทุเรียน หลาแก้ว และครอบครัว ที่ให้ความอนุเคราะห์พื้นที่ติดตั้งอุปกรณ์ต่างๆ และจัดเตรียมมูลสุกรให้สำหรับงานวิจัยนี้อย่างสม่ำเสมอมาตลอด

และขอขอบคุณ คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยนเรศวร เป็นอย่างยิ่ง ที่ให้การสนับสนุนทุนวิจัยในครั้งนี้ และรวมทั้งภาควิชาฟิสิกส์ ที่ความอนุเคราะห์เครื่องมือสำหรับการทำวิจัย มา ณ ที่นี้ด้วย

วันที่ 30 พฤศจิกายน 2551

.....

(นางสาวปาณิสรา ดีเสือ)

ชื่อเรื่อง : การประยุกต์ถังบำบัดน้ำเสียเพื่อใช้เป็นถังหมักก๊าซชีวภาพสำหรับฟาร์มสุกรขนาดเล็ก

ผู้วิจัย : นางสาวปาณิสรา ดีเสือ

ภาควิชาฟิสิกส์ คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยนเรศวร

: นายอากาศ เสนีวงศ์ ณ อยุธยา

แผนกวิชาเทคนิคอุตสาหกรรม วิทยาลัยเทคนิคสุโขทัย

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้เป็นการศึกษาวิธีการและผลการประยุกต์การใช้งานโดยการดัดแปลงถังกรองที่ใช้ในระบบบำบัดน้ำเสียที่ใช้ในอาคารบ้านพักอาศัยเพื่อเป็นถังหมักเพื่อผลิตก๊าซชีวภาพ เนื่องจากถังบำบัดน้ำเสียมีโครงสร้างใกล้เคียงกับบ่อหมักก๊าซชีวภาพ และอาจถูกดัดแปลงเพื่อนำมาใช้ผลิตก๊าซชีวภาพได้ ซึ่งโดยทั่วไปการสร้างบ่อหมักก๊าซชีวภาพ ต้องการช่างฝีมือ และยังมีปัญหาด้านการบำรุงรักษาอีกด้วย ดังนั้น ผลการวิจัยนี้จึงเป็นประโยชน์อย่างมากต่อการดัดแปลงหรือออกแบบถังหมักก๊าซชีวภาพแบบสำเร็จรูปพร้อมใช้งาน เพื่อการผลิตเชิงพานิช ซึ่งอาจจะสามารถใช้ได้กับทั้งกับบ้านพักอาศัยและปศุสัตว์ขนาดเล็กได้

โดยการดัดแปลงถังบำบัดน้ำเสียชนิดถังกรองและมีขนาดความจุถังละ 600 ลิตรให้เป็นถังหมักก๊าซชีวภาพ โดยการใช้ถังบำบัดน้ำเสียดังกล่าวจำนวน 2 ถัง ทำให้มีความจุรวม 1,200 ลิตร ส่วนอุปกรณ์ที่ใช้กักเก็บก๊าซดัดแปลงจากถังเหล็กจำนวน 2 ใบ คือถังเหล็กขนาด 200 ลิตร อยู่ในลักษณะหงาย และบรรจุน้ำใบถังสูง 60 เซนติเมตร และถังเหล็กขนาด 100 ลิตร ทำหน้าที่เป็นถังลอยเพื่อกักเก็บก๊าซ

ฝาปิดถังหมักทำจากเหล็กแผ่นกลมทาสีกันสนิมปิดทั้งสองถัง และกันรั่วรอยต่อระหว่างฝากับปากถังด้วยซิลิโคน มีใบพัดกวนส่วนผสมที่หมุนด้วยมือถูกติดตั้งที่ฝาถังใบแรกที่ส่วนผสมเข้าเพื่อลดการสะสมของตะกอน ทำลายฝ้าเหนียวที่ผิวส่วนผสมในถังหมักและทำให้แบคทีเรียกระจายตัวในส่วนผสมอย่างสม่ำเสมอ

ส่วนผสมที่เติมลงถังคือมูลสุกรและน้ำในอัตราส่วน 1:1 และเติมส่วนผสม 48 ลิตร ต่อวัน จะทำให้มีระยะพัก 30 วัน จากการเก็บข้อมูล 30 วัน พบว่าปริมาตรก๊าซเริ่มวัดได้เมื่อผ่านไป 8 วัน อัตราการผลิตก๊าซชีวภาพโดยเฉลี่ยตั้งแต่เริ่มวัดปริมาตรได้คือ 0.14 ลูกบาศก์เมตรต่อวัน และผลิตก๊าซเป็นเวลาเพียง 20 วัน จากนั้นเมื่อเวลาผ่านไป 21 วันไม่สามารถเติมส่วนผสมและระบายกากออกได้ ปริมาณก๊าซที่ได้ลดลงและไม่สามารถผลิตก๊าซได้เลยเมื่อเวลาผ่านไป 29 วัน สาเหตุที่ระบบล้มเหลวเนื่องจากมีการสะสมของตะกอนของแกลบที่อยู่ในกับมูลสุกร ซึ่งย่อยสลายได้ช้ามาก

Title : An application of septic tanks for biogas digester in small pig farm

Author : Ms. Panisara Disuea

Faculty of Science, Department of Physics, Naresuan University

: Mr.Akart Seniwong Na Ayuthaya

Department of Industrial Technology, Sukhothai Technical Collage

Abstract

This paper aim that an application of filter tanks for a biogas digester, due to the filter tanks structure are similar to common biogas digesters. The common biogas digesters generally are masonry structure must be constructed by technician and also has maintenance problem essentially sludge removing.

In adaptation, two filter tanks of septic system with capacity 600 liter of each were applied for a biogas digester. Therefore total capacity of the digester is 1200 liter. Two steel plates were used as covers of the digester tops and gas sealing with silicone. A stirring device was installed on first tank cover plate for breaking up of scum layer, sludge and increasing contact of bacteria to main volume of substrate. A gas storage system was made from a 200 liter steel cylinder with 60 centimeter depth of water inside for gas sealing and a 100 liter steel cylinder for floating drum gas chamber. The gas storage system is also used for measuring quantity of gas production.

The digester was operated for a period of 30 days by feeding 48 liters of slurry every day. Result shows that during 30 days of operation and data collection. The gas can be measured in day of 9 to 29 and average gas volume was 0.14 m^3 per day, and in day of 21 to 30, the slurry can not be feed and spent slurry can not be exhausted. The digester operation was failed because lot of chaff in pig dung to form a sludge that is too slow digestion.

สารบัญ

เนื้อหา	หน้า
บทที่ 1 บทนำ	1
ความเป็นมาของปัญหา	1
วัตถุประสงค์	3
ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ	3
ขอบเขตการศึกษา	3
นิยามศัพท์เฉพาะที่ใช้ในงานวิจัยนี้	4
บทที่ 2 เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง	5
ก๊าซชีวภาพ	5
ขั้นตอนการเกิดก๊าซชีวภาพ	6
ปัจจัยสำคัญในการผลิตก๊าซชีวภาพ	7
ชนิดของบ่อหมักก๊าซชีวภาพ	9
เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง	18
บทที่ 3 การดำเนินการวิจัย	24
การติดตั้งถังหมักก๊าซชีวภาพ	24
การติดตั้งระบบกักเก็บและวัดปริมาณก๊าซ	27
การทดสอบระบบและเก็บข้อมูล	29
บทที่ 4 ผลการทดลองและอภิปรายผล	31
บทที่ 5 สรุปผลการทำวิจัย	35
สรุปผลการวิจัย	35
ปัญหาและอุปสรรคในการทำวิจัย	36
ข้อเสนอแนะเพื่อทำวิจัยครั้งต่อไป	37
บทวิจารณ์	38
บรรณานุกรม	39

สารบัญภาพ

ภาพที่		หน้า
2.1	ลักษณะของระบบหมักก๊าซชีวภาพแบบอ่าง	10
2.2	ส่วนประกอบที่สำคัญของระบบหมักแบบโดมคงที่และการทำงาน	11
2.3	ลักษณะของระบบหมักก๊าซชีวภาพชนิดโดมคงที่แบบจีน	12
2.4	ลักษณะของระบบหมักแบบ Janata	12
2.5	ลักษณะของระบบหมักชนิด Deebandhu	13
2.6	ลักษณะของระบบหมักชนิดโดมคงที่แบบ Camartic	14
2.7	บ่อหมักก๊าซชีวภาพชนิดโดมคงที่ชนิดไทย-เยอรมัน	14
2.8	บ่อหมักชนิดถังลอยชนิด KVIC ซึ่งถังเก็บก๊าซครอบลงในส่วนผสมโดยตรง	16
2.9	บ่อหมักชนิดถังลอยแบบPrangati	16
2.10	บ่อหมักแบบถังลอยแบบ Ganesh	17
2.11	บ่อหมักแบบถุงพลาสติค	17
2.12	บ่อหมักชนิดราง	18
2.13	หน่วยผลิตก๊าซชีวภาพขนาดเล็กแบบเติมครั้งเดียว	19
2.14	หน่วยผลิตก๊าซชีวภาพขนาด60 ลิตร แบบถังลอย	20
2.15	ถังหมักก๊าซชีวภาพครัวเรือน 800 ลิตร แบบถังลอย	20
2.16	บ่อหมักก๊าซชีวภาพขนาด 2 ลูกบาศก์เมตรของ Tushar Jash และ Sujay Basu	21
2.17	หลักการทำงานของถังบำบัดน้ำเสียจากครัวเรือน	22
2.18	ถังบำบัดน้ำเสียจากครัวเรือนแบบไร้ออกซิเจนชนิดถังรวม	22
2.19	ถังเกรอะ	23
2.20	ถังกรอง	23
3.1	บ่อหมักก๊าซที่ใช้ในงานวิจัยนี้	24
3.2	การเตรียมหลุมเพื่อฝังถังหมัก	25
3.3	การวางถังหมักลงในหลุม	25
3.4	จุดที่ต้องอุดของถังใบแรก	26
3.5	จุดที่ต้องอุดของถังใบที่สอง	26
3.6	ฝาถังใบแรกที่ติดตั้งใบพัดสำหรับกวนส่วนผสม	27

สารบัญภาพ (ต่อ)

ภาพที่		หน้า
3.7	ระบบกักเก็บและวัดปริมาณก๊าซ	28
3.8	การทำงานของระบบกักเก็บก๊าซ	28
3.9	ถังหมักก๊าซชีวภาพในการวิจัยนี้	29
3.10	อีกมุมหนึ่งของถังหมักก๊าซชีวภาพ	29

มหาวิทยาลัยนเรศวร

บทที่ 1

บทนำ

ความเป็นมาของปัญหา

ในปัจจุบันราคาของเชื้อเพลิงต่างๆ มีแนวโน้มสูงขึ้น อีกทั้งแนวโน้มปริมาณความต้องการใช้พลังงานยังคงมีสูงขึ้นเรื่อยๆ และอาจมีความขาดแคลนเกิดขึ้นในอนาคต นอกจากนี้ ยังมีปัญหามลพิษจากการใช้น้ำมันเชื้อเพลิงปิโตรเลียมในการเผาไหม้เพื่อทำกิจกรรมต่างๆ ดังนั้น การใช้พลังพลังงานหมุนเวียนหรือพลังงานทดแทน จึงเป็นอีกทางเลือกหนึ่ง เพื่อให้เป็นแหล่งพลังงานที่ยั่งยืนเพื่อทดแทนการหรือลดการใช้เชื้อเพลิงปิโตรเลียมและก๊าซธรรมชาติ

ประเทศไทยเป็นประเทศเกษตรกรรม ซึ่งเกษตรกรจำนวนมากในเขตจังหวัดสุโขทัยและพิษณุโลก มีอาชีพทำนาข้าว และหลายรายมีอาชีพเสริมคือการเลี้ยงสุกร การเลี้ยงสุกรนี้เป็นรายได้เสริมนี้ เกษตรกรแต่ละราย จะทำการเลี้ยงในโรงเรือนเปิดที่สร้างขึ้นอย่างง่าย โดยมีจำนวนสุกรประมาณ 20–25 ตัว ในแต่ละวันจะมีมูลของสุกรจำนวนมากเกินกว่าจะบำบัดได้ตามธรรมชาติ อีกทั้งยังเสียค่าใช้จ่ายในการขนย้ายไปทิ้งที่อื่น และยังก่อปัญหามลพิษให้กับสิ่งแวดล้อม ได้แก่ เป็นแหล่งเพาะพันธ์แมลงวัน น้ำเน่าเสียและกลิ่นเหม็น

ก๊าซชีวภาพที่ได้จากการย่อยสลายสารอินทรีย์ในสภาวะไร้ออกซิเจน ก๊าซนี้สามารถใช้เป็นเชื้อเพลิงซึ่งเป็นแหล่งพลังงานหมุนเวียนอีกแหล่งหนึ่งที่มีประโยชน์ต่อเกษตรอย่างยิ่ง เพราะนอกจากจะเป็นพลังงานที่สะอาดแล้ว กากที่ได้จากการหมักยังสามารถทำเป็นปุ๋ยที่ดีได้อีกด้วย เพราะการหมักแบบไร้ออกซิเจนที่ถูกต้องนั้นจะช่วยกำจัดเมล็ดพันธ์ของวัชพืชและเชื้อโรคต่างๆจากระบบปศุสัตว์ เนื่องจากสามารถช่วยลดปริมาณสารอินทรีย์ต่างๆที่มีอยู่ในกากของมูลสัตว์ที่ผ่านการหมักและสามารถบำบัดมลพิษจากมูลสัตว์ได้ นอกจากนี้กากมูลสัตว์ที่ได้ดังกล่าว ยังมีความอุดมสมบูรณ์ไปด้วยสารอาหารสำหรับพืช เมื่อมาทำเป็นปุ๋ยจะทำให้เพิ่มผลผลิตทางการเกษตรได้ถึงร้อยละ 10-20 ซึ่งระบบการผลิตก๊าซชีวภาพที่เป็นระบบปิดหรือแบบไร้ออกซิเจนนี้ ยังคงสามารถเก็บกากที่เหลือไว้ได้ถึงร้อยละ 70-75 ของน้ำหนักกากมูลสัตว์เดิมทั้งหมด ซึ่งดีกว่าการหมักที่ใช้ในระบบบ่อหมักปุ๋ยแบบเปิดหรือปุ๋ยคอก ที่มีการสูญเสียปริมาณกากมูลสัตว์ถึงประมาณร้อยละ 50 หรือมากกว่า และกากที่ได้จากการหมักแบบไร้ออกซิเจนนี้ยังให้สารอาหารสำหรับพืชมากกว่าอีกด้วย นอกจากนี้ และประการสุดท้าย กากที่ผ่านการย่อยสลายแล้วสามารถนำไปใช้เป็นปุ๋ยอินทรีย์ในสภาพปุ๋ยเปียกและปุ๋ยแห้งได้ เพื่อการปรับปรุงบำรุงดินได้ดี และก๊าซชีวภาพที่ได้ยังสามารถใช้

ทดแทนก๊าซหุงต้ม (LPG) ในครัวเรือนได้ ทั้งยังช่วยแก้ไขปัญหาด้านมลพิษต่อสภาพแวดล้อมทั้งในเรื่องกลิ่น แมลงวัน และของเสียต่างๆจากโรงเลี้ยงสัตว์ทั้งในบริเวณทำปศุสัตว์และชุมชนอีกด้วย [1]

การออกแบบบ่อหมักก๊าซชีวภาพ มักจะออกแบบให้มีทั้งรูปร่างลักษณะรวมถึงวัสดุที่ใช้ให้เหมาะสมกับลักษณะภูมิประเทศ และวัสดุที่มีในท้องถิ่นเพื่อให้มีความเหมาะสมต่อการใช้งานและค่าใช้จ่ายในการสร้าง ระบบผลิตก๊าซชีวภาพที่นิยมใช้ทั่วไปตามลักษณะการทำงานของระบบมี 4 แบบใหญ่ๆได้แก่ แบบโดมคงที่ (Fixed Dome Digester) แบบถังลอย (Floating Drum Digester) แบบราง (Plug Flow Digester) และแบบถุงพลาสติค (Bag Digester) ซึ่งปัญหาสำคัญที่เกิดขึ้นของการใช้งานของระบบหมักก๊าซแบบต่างๆ มีดังนี้คือ แบบโดมคงที่ ซึ่งถังหมักและห้องเก็บก๊าซที่ส่วนบนของถังหมักจะสร้างโดยการก่อด้วยอิฐ ปัญหาที่เกิดขึ้นคือการรั่วซึมที่บริเวณห้องเก็บก๊าซที่ด้านบนของถังหมัก ถ้าการฉาบผนังด้านในหรือทาสีเพื่อป้องกันการรั่วซึมรั่วของห้องเก็บก๊าซไว้ไม่ดี หรืออาจเกิดการแตกร้าวของผนังได้ถ้าความดันภายในถังหมักสูงเกินไป จึงต้องมีการออกแบบวิธีการก่ออิฐเพื่อสร้างบ่อหมักเป็นพิเศษ ซึ่งต้องใช้ช่างที่มีความชำนาญด้านการก่ออิฐเพื่อสร้างผนังของบ่อหมักที่ผ่านอบรมมาโดยเฉพาะ [2]

ถังหมักแบบถังลอยอินเดีย มักมีปัญหาเรื่องการกัดกร่อนของห้องเก็บก๊าซ เพราะทำจากโลหะแผ่น นำมาม้วนขึ้นรูป ถังเก็บก๊าซจะมีอายุการใช้งานสั้นมากเมื่อเปรียบเทียบกับส่วนอื่นๆของระบบ และราคาของมันสูงถึงประมาณร้อยละ 30-40 ของราคาของระบบทั้งหมด ถึงแม้ว่าจะมีความพยายามยืดอายุการใช้งานของมันด้วยการทาสีกันสนิม แต่ในทางปฏิบัติ เป็นการยากที่จะควบคุมให้คุณภาพในการทาสี ให้มีความสม่ำเสมอทั่วกันทั้งชิ้น และถังเก็บก๊าซนี้ยังมีขนาดใหญ่และมีน้ำหนักมาก ยากต่อการยกออกมาเพื่อซ่อมแซม นอกจากนี้ การออกแบบระบบผลิตก๊าซชีวภาพอีกแบบหนึ่ง ได้แก่ การออกแบบที่เป็นระบบผลิตก๊าซชีวภาพขนาดเล็กอีกแบบหนึ่งคือแบบที่ใช้ถุงพลาสติค ซึ่งยังคงมีปัญหาได้แก่ รั่วได้ง่ายเมื่อสัมผัสกับของมีคม ความดันที่ได้ค่อนข้างต่ำ แต่ต้นทุนในการสร้างระบบนี้ต่ำและสร้างได้ง่ายมาก [2], [3]

ส่วนในประเทศไทยนั้น มีการตื่นตัวในการสร้างและใช้บ่อผลิตก๊าซชีวภาพขนาดเล็กในครัวเรือนเพิ่มขึ้น แต่ปัญหาที่เกิดขึ้นอีกอันหนึ่งคือการดูแลรักษาโดยการขุดลอกตะกอนออกโดยทุก 2 สัปดาห์ ส่วนขนาดใหญ่นั้นอาจจะต้องทำทุกๆ 6 เดือน ซึ่งทำให้ขาดความต่อเนื่องในการใช้งานและเสียค่าใช้จ่ายสูง

ด้วยเหตุที่การเลี้ยงสุกรจำนวน 20-25 ตัวเป็นรายได้เสริมนั้น เกษตรแต่ละรายจะทำการเลี้ยงในพื้นที่ใกล้บ้านของตนเอง และมีคอกกระจัดกระจายอยู่ทั่วไปในหมู่บ้าน จึงเกิดปัญหามลพิษขึ้นกระจายอยู่ทั่วไป ดังนั้น การติดตั้งระบบผลิตก๊าซชีวภาพจากมูลของสุกรขนาดเล็ก ที่มีขนาดเหมาะสมกับจำนวนสุกรดังกล่าว นอกจากจะเป็นแหล่งพลังงานหมุนเวียน เพื่อลดค่าใช้จ่ายด้าน

พลังงานในการหุงต้มหรือทำความร้อนอื่นๆในครัวเรือนของเกษตรกรแต่ละรายแล้ว ยังเป็นการลดปัญหามลพิษที่เกิดจากการเลี้ยงสุกรอีกด้วย ระบบผลิตก๊าซชีวภาพขนาดเล็กนั้น ควรเป็นระบบที่สร้างและติดตั้งง่าย สะดวกต่อการใช้งานและการดูแลบำรุงรักษา โดยเฉพาะอย่างยิ่งคือการตักตะกอน อีกทั้งควรมีอายุการใช้งานนาน ซึ่งถังพลาสติกมีใช้ในระบบบำบัดน้ำเสียที่มีขายอยู่ตามท้องตลาดในประเทศไทยในปัจจุบัน มีลักษณะโครงสร้างและการทำงานที่ใกล้เคียงกับระบบผลิตก๊าซชีวภาพดังกล่าวข้างต้น อีกทั้งยังมีหลายขนาดให้เลือกใช้ และอาจจะสามารถดัดแปลงเพื่อเป็นถังหมักก๊าซชีวภาพได้ที่สามารถมีการใช้งานได้เป็นอย่างดี จึงเป็นที่มาของการวิจัยนี้

วัตถุประสงค์

1. เพื่อดัดแปลงถังบำบัดน้ำเสียที่มีทั่วไปในท้องตลาด ให้เป็นถังหมักก๊าซชีวภาพอย่างง่ายขนาดเล็ก
2. เพื่อวัดปริมาณก๊าซที่สามารถผลิตได้จากถังหมักนี้
3. เพื่อศึกษาปัญหาที่เกิดขึ้นในการเติมส่วนผสมและการระบายกากออกจากถังหมักนี้

ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

1. เพื่อเป็นข้อมูลในการดัดแปลงถังของระบบบำบัดน้ำเสียที่มีขายอยู่ทั่วไปในท้องตลาดให้สามารถติดตั้งได้ง่ายและรวดเร็ว ในการนำมาดัดแปลงเพื่อทดแทนการสร้างบ่อหมักแบบการใช้คอนกรีตหรือวิธีการอื่นๆที่ใช้กันอยู่ในปัจจุบัน
2. เป็นข้อมูลในการดัดแปลงถังบำบัดน้ำเสียที่มีขนาดใหญ่ขึ้นและสามารถใช้กับอาคารบ้านพักอาศัยได้โดยสะดวก ดูแลรักษาง่าย โดยเฉพาะการบำรุงรักษาระบบโดยการตักตะกอนที่ก้นถัง อีกทั้งมีอายุการใช้งานที่ยาวนาน
3. เป็นข้อมูลในการออกแบบระบบผลิตก๊าซชีวภาพขนาดเล็กสำเร็จรูปพร้อมใช้งาน ในการผลิตเพื่อจำหน่ายเป็นจำนวนมาก (mass production) ในอนาคต ทำให้มีราคาถูกลงและใช้งานง่าย

ขอบเขตการศึกษา

1. ใช้ถังกรองกากของระบบบำบัดน้ำเสียที่ทำจากพลาสติกชนิด HDPE ขนาด 600 ลิตร จำนวน 2 ใบ
2. ติดตั้งและทดสอบระบบโดยใช้มูลสุกรของเกษตรกร ณ บ้านเลขที่ 311/6 หมู่ 7 ตำบลบ้านกล้วย อำเภอเมือง จังหวัดสุโขทัย

นิยามศัพท์เฉพาะที่ใช้ในงานวิจัยนี้

มูลสุกร(Pigs or hogs dung)	หมายถึง	**มูลสุกรสดที่ยังไม่ได้ผสมน้ำ**
ส่วนผสม (Slurry)	หมายถึง	มูลสุกรที่ผสมกับน้ำและถูกกวนให้เข้ากันแล้ว และพร้อมถูกเติมลงในบ่อหมักหรือถังหมัก รวมถึงส่วนผสมของมูลสัตว์และน้ำในบ่อหมักหรือถังหมักด้วย
กาก (Spent slurry)	หมายถึง	ส่วนผสมของมูลสัตว์และน้ำที่ผ่านขบวนการหมักภายในบ่อหมักหรือถังหมักแล้วและจะล้นออกหรือถูกดันออกทางท่อทางออกหรือช่องทางออกของบ่อหมักหรือถังหมัก

บทที่ 2

เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

ในบทนี้ กล่าวถึงก๊าซชีวภาพ คุณสมบัติทางกายภาพและทางเคมี ขั้นตอนการเกิดก๊าซชีวภาพ ปัจจัยสำคัญในการผลิตก๊าซชีวภาพ ชนิดของบ่อหมักก๊าซชีวภาพ รวมถึงเอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้องได้แก่ ถังหมักก๊าซชีวภาพในครัวเรือนแบบต่างๆและถังบำบัดน้ำเสียที่มีขายในท้องตลาด

ก๊าซชีวภาพ [4]

ก๊าซชีวภาพเป็นก๊าซที่เกิดขึ้นตามธรรมชาติ ได้จากการย่อยสลายสารอินทรีย์ด้วยจุลินทรีย์ในสภาพของอุณหภูมิ ความชื้น ความเป็นกรดที่เหมาะสมและไร้ออกซิเจน ส่วนประกอบที่สำคัญของก๊าซชีวภาพคือก๊าซมีเทน ในการหมักสารอินทรีย์ที่ที่ผสมน้ำและมีลักษณะเหมือนโคลนและเมื่อมีการเน่าเปื่อย จะมีฟองผุดขึ้นที่ผิวและภายในฟองนี้จะมีก๊าซชีวภาพอยู่ซึ่งสามารถติดไฟได้ ก๊าซชีวภาพเป็นอีกรูปแบบหนึ่งของพลังงานที่ได้จากขบวนการทางชีวภาพที่สามารถสังเคราะห์ขึ้นได้ ซึ่งในธรรมชาติ มีวัตถุดิบหลายอย่างที่สามารถนำมาผลิตก๊าซชีวภาพได้ เช่น มูลของคนและสัตว์ ใบไม้ หญ้า เศษกิ่งไม้ เศษที่เหลือจากผลผลิตทางการเกษตร รวมถึงขยะและของเสียจากอุตสาหกรรมที่มีอินทรียวัตถุมากกว่าร้อยละ 2 ก๊าซชีวภาพนี้สามารถใช้เป็นเชื้อเพลิงในการประกอบอาหารและเดินเครื่องยนต์สันดาปภายในได้

ก๊าซชีวภาพคือส่วนผสมของมีเทน ร้อยละ 50-70 ก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ร้อยละ 30-50 และก๊าซอื่นบนอยู่เล็กน้อยได้แก่ ไฮโดรเจนซัลไฟล์ (H_2S) ไนโตรเจน (N_2) ไฮโดรเจน (H_2) คาร์บอนมอนน็อกไซด์ (CO) สารประกอบของไฮโดรคาร์บอนอื่นๆ และไอน้ำ

ก๊าซมีเทนเป็นก๊าซที่ไม่มีกลิ่นเหม็น ไม่มีสี และไม่มีรส แต่ก๊าซอื่นๆที่ปนอยู่ในก๊าซชีวภาพจะทำให้มีกลิ่นเหม็นหรือที่เรียกว่าก๊าซไข่เน่า ก๊าซมีเทนมีน้ำหนักเบากว่าอากาศประมาณครึ่งหนึ่ง สามารถละลายน้ำได้เล็กน้อย โดยที่อุณหภูมิ 20 °C และความดัน 1 บรรยากาศ ก๊าซมีเทนสามารถละลายในน้ำได้เพียง 3 ส่วน ของน้ำ 100 ส่วนโดยปริมาตร สูตรทางเคมีของมีเทนคือ CH_4 มีน้ำหนักโมเลกุล 16.04 เมื่อเผาไหม้อย่างสมบูรณ์จะได้เปลวไฟสีฟ้า และให้พลังงานความร้อนจำนวนมาก การเผาไหม้อย่างสมบูรณ์ของก๊าซมีเทน 1 ลูกบาศก์เมตร สามารถทำอุณหภูมิสูงถึง 1400 °C และให้พลังงานความร้อน 8562 ถึง 9500 กิโลแคลอรี และ การเผาไหม้อย่างสมบูรณ์ของก๊าซชีวภาพ 1 ลูกบาศก์เมตรจะให้พลังงานความร้อน 5500 ถึง 6500 กิโลแคลอรี [4]

ขั้นตอนการเกิดก๊าซชีวภาพ [5]

ก๊าซชีวภาพเกิดขึ้นได้ โดยขบวนการย่อยสลายสารอินทรีย์ด้วยจุรินทรีย์ จนเกิดเป็นก๊าซชีวภาพ สารอินทรีย์ที่ใช้ในการสร้างก๊าซชีวภาพ ได้แก่ เศษอาหารที่ย่อยไม่ได้และถูกขับออกจากร่างกายสัตว์ ซึ่งประกอบด้วยสารที่ใช้สร้างก๊าซชีวภาพคือ เซลลูโลส (Cellulose) โปรตีน (Protein) ลิกนิน (Lignin) แป้งและน้ำตาล (Tanin) ไขมัน (Fit) กรดนิวคลีอิค (Nucleic acid) และแอลกอฮอล (Alcohol) ตัวการสร้างก๊าซชีวภาพ ได้แก่จุลินทรีย์บางกลุ่มที่จะย่อยสลายมูลสัตว์จนมีอนูเล็กลงและได้สารที่จุลินทรีย์กลุ่มที่สร้างก๊าซมีเทน (Methanogenic bacteria) นำไปสร้างก๊าซมีเทน โดยมีการแบ่งออกได้ 3 ขั้นตอน คือ

ขั้นตอนที่ 1 การย่อยสลายสารอินทรีย์ (Hydrolysis) เป็นการย่อยสลายสารอินทรีย์ที่มีโมเลกุลขนาดใหญ่ ให้กลายเป็นสารอินทรีย์ที่มีโมเลกุลขนาดเล็ก โดยแบคทีเรียกลุ่มที่1 ที่มีเอ็นไซม์ เช่น เซลลูโลส โปรตีนเอส ไลเปส โดยจะย่อยสลายส่วนผสมของมูลสัตว์ในบ่อหมัก พวกเซลลูโลส โปรตีนและไขมันให้เป็นสารจำพวก กลูโคส กรดอะมิโน กลีเซอรอล และกรดไขมัน ตามลำดับ ซึ่งหมายถึงอินทรีย์วัตถุที่เป็นของแข็งจะถูกเปลี่ยนเป็นสารละลายได้ ปฏิกริยานี้จะทำให้สภาพในบ่อหมักมีความเป็นกรด (ค่าpHต่ำ) จากนั้น แบคทีเรียที่เจริญเติบโตได้ดีในสภาพความเป็นกรดจะทำหน้าที่ต่อไป

ขั้นตอนที่ 2 ระยะเกิดกรด (Acid formation) สารละลายที่ได้ในขั้นตอนที่ 1 จะถูกย่อยสลายในสภาพที่ไม่มีอากาศโดยแบคทีเรียกลุ่มที่ 2 ซึ่งมีมากมายแตกต่างกันตามชนิดของวัตถุดิบ แต่แบคทีเรียกลุ่มที่ไม่ต้องการออกซิเจนจะมีบทบาทมาก สารละลายที่ได้ในขั้นตอนนี้ส่วนใหญ่ประมาณร้อยละ 80 เป็นกรดน้ำส้ม นอกจากนั้นจะเป็นพวกแอลกอฮอล์ คาร์บอนไดออกไซด์และไฮโดรเจน ซึ่งเป็นสารวัตถุดิบในการผลิตก๊าซมีเทนต่อไป

ขั้นตอนที่ 3 ระยะเกิดก๊าซมีเทน (Methane formation) โดยสารละลายที่ได้ในขั้นตอนที่ 1 และ 2 จะถูกเปลี่ยนไปเป็นก๊าซมีเทน โดยแบคทีเรียกลุ่มที่ 3 หรือที่เรียกว่าแบคทีเรียที่สร้างก๊าซมีเทน (Methanogenic bacteria) ปฏิกิริยาของแบคทีเรียกลุ่มนี้ มีอยู่หลายชนิดและเป็นแบคทีเรียที่ต้องอยู่ในสภาวะที่ปราศจากออกซิเจน ถ้ามีออกซิเจนเพียงเล็กน้อย จะทำให้แบคทีเรียพวกนี้หยุดการเจริญเติบโต ก๊าซมีเทนอาจเกิดจากปฏิกิริยาระหว่างกรดอินทรีย์ ส่วนใหญ่เป็นกรดอะซิติก กับน้ำและคาร์บอนไดออกไซด์และไฮโดรเจน

เชื้อแบคทีเรียทั้ง 3 กลุ่มจะต้องมีปริมาณสัมพันธ์กัน เพราะถ้าหากสารอาหาร(มูลสัตว์)มีมากเกินไป แบคทีเรียกลุ่มที่ 1 และกลุ่มที่ 2 จะผลิตกรดออกมามาก จนกระทั่งแบคทีเรียกลุ่มที่ 3 หยุดทำงาน(ก๊าซไม่เกิด) หากสารอาหารมีน้อยเกินไป แบคทีเรียก็จะเจริญเติบโตช้า(ผลิตก๊าซได้

ปัจจัยสำคัญในการผลิตก๊าซชีวภาพ [5]

เนื่องจากขบวนการผลิตก๊าซชีวภาพเป็นผลการทำงานของแบคทีเรียหลายชนิดเกี่ยวข้องกัน การที่จะทำให้แบคทีเรียผลิตก๊าซได้ดีนั้นจะต้องสร้างสภาพแวดล้อมให้เหมาะสมกับการเจริญเติบโตของแบคทีเรีย เพราะถ้าหากสภาพแวดล้อมไม่เหมาะสมจะทำให้การผลิตก๊าซได้ผลลดลง ปัจจัยที่มีผลต่อการผลิตก๊าซชีวภาพ ได้แก่

สภาพที่ไร้ออกซิเจน

ต้องไม่มีก๊าซออกซิเจนในบ่อหมัก การย่อยสลายสารอินทรีย์หรือส่วนผสมมูลสัตว์เพื่อให้เกิดก๊าซมีเทนหรือก๊าซหุงต้มนั้น จำเป็นจะต้องทำให้บ่อหมักอยู่ในสภาพที่ไม่มีก๊าซออกซิเจนอยู่เลย หากมีก๊าซออกซิเจนอยู่ก็ จะทำให้แบคทีเรียที่ผลิตก๊าซมีเทนหยุดการเจริญเติบโต นั่นหมายความว่าจะไม่มีการผลิตก๊าซมีเทนและสารอินทรีย์ ดังนั้นบ่อหมักก๊าซชีวภาพถ้ามีรอยรั่วหรือปิดไม่สนิท ก็จะทำให้ก๊าซมีเทนหยุดชะงักไป

อุณหภูมิ

อุณหภูมิในบ่อหมักมีผลต่อการผลิตก๊าซชีวภาพ เนื่องจากความเร็วของปฏิกิริยาทางเคมีจะขึ้นอยู่กับอุณหภูมิ ปฏิกิริยาการเกิดก๊าซมีเทนจะอยู่ในช่วงอุณหภูมิระหว่าง 3-70°C แบคทีเรียที่สามารถผลิตก๊าซมีเทนในช่วงอุณหภูมินี้แบ่งออกเป็น 3 กลุ่ม คือช่วงอุณหภูมิต่ำ ช่วงอุณหภูมิปานกลาง และช่วงอุณหภูมิสูง อุณหภูมิในแต่ละช่วงจะมีผลต่ออัตราการเกิดก๊าซชีวภาพ คืออุณหภูมิยิ่งสูงขึ้น การย่อยสลายสารอินทรีย์จำนวนหนึ่งเพื่อที่จะให้ได้ปริมาณก๊าซชีวภาพที่ต้องการก็จะเร็วขึ้น ซึ่งทำให้สามารถสร้างบ่อก๊าซขนาดเล็กลงได้ (แต่อุณหภูมิจะไม่มีผลต่อปริมาณก๊าซที่ควรจะผลิตได้ทั้งหมดจากสารอินทรีย์นั้น ซึ่งจะเป็นค่าคงที่ขึ้นอยู่กับชนิดของสารอินทรีย์)

ความเข้มข้นของ ๆแข็งในบ่อหมัก (Substrate Solids Content)

เพื่อให้เกิดประสิทธิภาพสูงสุด ความเข้มข้นของของแข็งของส่วนผสมในบ่อหมักแบบมีการเติมส่วนผสมอย่างสม่ำเสมอ ควรมีค่าระหว่างร้อยละ 5-10 และควรมีค่าประมาณร้อยละ 25 สำหรับบ่อหมักแบบเติมสารอินทรีย์เพียงครั้งเดียว (Batch operation) ความเข้มข้นของของแข็งในบ่อหมักมีมากไปหรือน้อยไปก็จะเกิดผลเสียคือ ถ้าความเข้มข้นของของแข็งเพิ่มมากขึ้นเกินไป ก็จะทำให้เกิดการสะสมของกรดเพิ่มขึ้น (ค่าpH ต่ำลง) ทำให้ขบวนการหมักหยุดชะงัก เป็นผลทำให้ไม่มีการผลิตก๊าซ แต่ถ้าความเข้มข้นของของแข็งในบ่อหมักน้อยเกินไป จะทำให้อัตราการผลิตก๊าซชีวภาพต่อปริมาตรของบ่อไม่มากเท่าที่ควร ทำให้ได้ก๊าซน้อย

ระยะเวลาพักตัว (Retention Time)

ระยะเวลาพักตัวของส่วนผสมในถังหมักในช่วงที่มีการผลิตก๊าซ เป็นระยะเวลาที่ให้สารอินทรีย์ถูกผสมอยู่ในบ่อหมักก๊าซ เพื่อให้แบคทีเรียได้ย่อยสลายสารอินทรีย์และใช้เป็นอาหารในการเพิ่มจำนวนจุรินทรีย์ให้มากขึ้นก่อนที่จะถูกถ่ายเทออกจากบ่อหมัก ระยะเวลาการพักตัวของการเกิดก๊าซ สำหรับบ่อหมักก๊าซที่มีการเติมสารอินทรีย์ตลอดเวลาหรือเป็นระยะๆ ถ้าระยะเวลาการพักตัวสั้นเกินไป การชะล้างของแบคทีเรียในบ่อหมักจะมีอัตราเร็วกว่าการสร้างแบคทีเรียใหม่ ปฏิกิริยาการย่อยสลายก็จะหยุดชะงัก เนื่องจากปริมาณแบคทีเรียในบ่อหมักลดลงหรือหมดไป แต่ถ้าให้ระยะเวลาพักตัวนานเกินไป หมายความว่าบ่อหมักจะต้องมีปริมาตรใหญ่ขึ้น ทำให้ราคาค่าก่อสร้างบ่อก๊าซชีวภาพแพงตามไปด้วย

ค่าความเป็นกรดเป็นด่าง (pH) และความเข้มข้นของกรดระเหย (Valatile acid)

ค่าความเป็นกรดเป็นด่างของสารละลายวัดค่าH ถ้าค่า pH = 7 แสดงว่าสารละลายนั้นเป็น กลาง ถ้าค่า pH ต่ำกว่า 7 แสดงว่าสารละลายนั้นมีความเป็นกรด และถ้าค่า pH มากกว่า 7 ก็แสดงว่าสารละลายนั้นมีความเป็นด่างเมื่อขบวนการหมักเข้าสู่สภาพคงที่แล้ว ก็จะทำให้เกิดความสมดุลของความเป็นกรดและด่าง เนื่องจากเกิดคาร์บอนไดออกไซด์ - ไบคาร์บอเนต (CO_2 - HCO_3) และเกิดแอมโมเนีย - แอมโมเนียม (NH_3 - NH_4) ทำให้สารละลายในบ่อหมักมีค่า pH ระหว่าง 7.0 ถึง 8.5 ซึ่งเป็นค่า pH ที่วัดได้ในสารละลายในบ่อหมักก๊าซชีวภาพที่ทำงานเป็นปกติ ถ้าค่า pH ของสารละลายในบ่อหมักลดลงต่ำกว่า 6.2 จะหยุดยั้งการทำงานของแบคทีเรียที่ผลิตก๊าซมีเทน เป็นผลทำให้การผลิตก๊าซมีเทนลดลงหรือไม่มีการผลิตเลย ส่วนขบวนการหมักปกติ ความเข้มข้นของกรดระเหยได้ ซึ่งวัดในรูปของกรดอะซิติค (Acetic acid) ควรจะต้องต่ำกว่า 2000 PPM. (ส่วนในล้านส่วน) ถ้ากรดระเหยมีค่าสูงกว่านี้ ก็จะไปหยุดยั้งการทำงานของแบคทีเรียที่ผลิตก๊าซมีเทน เช่นกัน

อัตราส่วนระหว่างคาร์บอนต่อไนโตรเจน (C/N Ratio)

อัตราส่วนระหว่างคาร์บอนต่อไนโตรเจนที่เหมาะสมต่อการเจริญเติบโตของแบคทีเรียควรอยู่ระหว่าง 10 ต่อ 1 ถึง 30 ต่อ 1 เนื่องจากแบคทีเรียจะต้องใช้ทั้งคาร์บอนและไนโตรเจนในการเจริญเติบโต ถ้าปริมาณไนโตรเจนมากเกินไปจะเกิดการสร้างแอมโมเนียมากขึ้น เป็นผลทำให้สภาพในบ่อหมักมีความเป็นด่างซึ่งจะไปหยุดยั้งการทำงานของแบคทีเรีย

สารเคมีและยาปฏิชีวนะ

สารเคมีและยาปฏิชีวนะที่ใช้ในการดูแลรักษาสุขภาพสัตว์ ล้างคอกและอื่นๆอาจมีผลต่อการผลิตก๊าซชีวภาพได้ทั้งนั้น เป็นเพราะสารเคมีและยาปฏิชีวนะบางอย่างเป็นอันตรายกับแบคทีเรียที่ผลิตก๊าซชีวภาพ ทำให้เกิดก๊าซชีวภาพน้อยลงหรือไม่เกิดเลย ดังนั้นการใช้และบำรุงรักษาบ่อก๊าซชีวภาพจะต้องระวังไม่ให้สารเคมีและยาปฏิชีวนะเข้าไปในบ่อก๊าซชีวภาพได้ เช่นเมื่อใดที่มีการใช้ยา

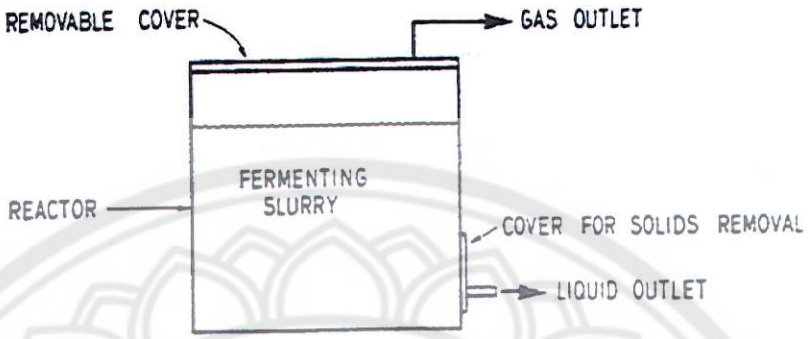
ชนิดของบ่อหมักก๊าซชีวภาพ[6]

บ่อหมักก๊าซชีวภาพ อาจแบ่งชนิดได้ตามลักษณะวิธีการเติม หรืออาจแบ่งตามลักษณะทางกายภาพของบ่อหมัก ถ้าแบ่งตามลักษณะวิธีการเติมส่วนผสม (อินทรีย์สาร+น้ำ) สามารถแบ่งได้ 3 ชนิด โดยชนิดแรกเป็นการเติมแบบครั้งเดียว (Batch Operation) โดยการเติมอินทรีย์สารครั้งเดียวแล้วปล่อยให้อินทรีย์สารถูกย่อยสลายจนหมดแล้วจึงเอากากออก เพื่อเติมสารอินทรีย์ลงใหม่ ระบบชนิดนี้มีประสิทธิภาพการเกิดก๊าซต่ำ และประมาณก๊าซไม่คงที่ แบบต่อมาเป็นการเติมแบบกึ่งต่อเนื่อง (Semi-Continuous Operation) โดยการเติมอินทรีย์สารเป็นประจำ วันเว้นวัน หรือวันเว้นสองวัน ขึ้นอยู่กับสภาพสารอินทรีย์ที่มีและขนาดของบ่อหมัก ผลที่ได้ประสิทธิภาพสูงกว่าชนิดแรก ประมาณก๊าซที่ได้ค่อนข้างคงที่ และชนิดสุดท้ายเป็นการเติมแบบต่อเนื่อง (Continuous Operation) เป็นการเติมสารอินทรีย์เข้าและเอาสารอินทรีย์ที่ถูกย่อยสลายแล้วออกอยู่ตลอดเวลา ด้วยอัตราการไหลเข้าและออกคงที่ ประสิทธิภาพของระบบนี้จะสูงสุด เหมาะสมกับการใช้ในโรงงานอุตสาหกรรม เนื่องจากประมาณก๊าซที่เกิดขึ้นค่อนข้างคงที่อยู่ตลอดเวลา

ในกรณีถ้าแบ่งตามลักษณะโครงสร้างทางกายภาพของบ่อหมักแล้ว โดยทั่วไปบ่อหมักที่ใช้กันโดยทั่วไปได้แก่ ชนิดเติมครั้งเดียว(Batch type) ชนิดโดมคงที่ (Fixed dome) ชนิดถังลอย (Floating drum) ชนิดถุงพลาสติค (Bag) และชนิดราง (Plug flow) ดังที่จะกล่าวต่อไป

บ่อหมักชนิดเติมครั้งเดียว(Batch type)

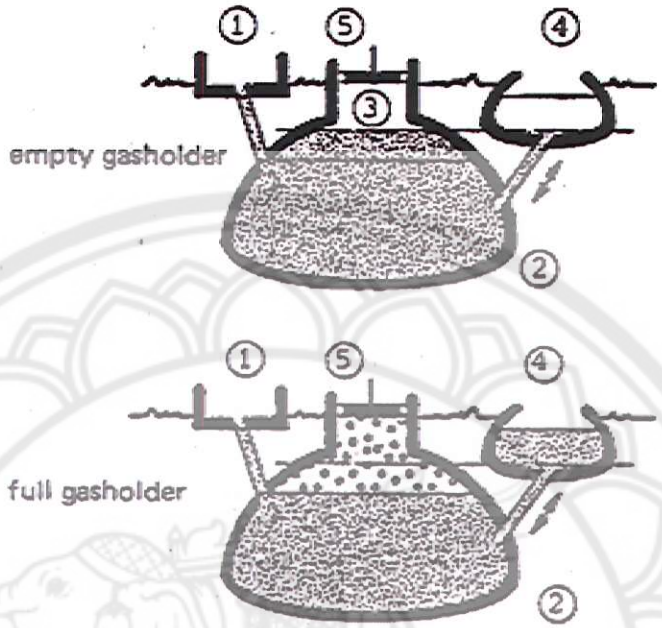
บ่อหมักชนิดเติมครั้งเดียวนี้เป็นระบบที่ง่ายที่สุด การเติมส่วนผสม จะเติมเพียงครั้งเดียว และใช้จนกว่าระบบจะไม่สามารถผลิตก๊าซให้ใช้ได้แล้ว การเติมโดยการนำส่วนผสมที่ต้องการหมักใส่ลงในบ่อหมักที่มีลักษณะเป็นถังปิด ปราศจากการถ่ายเทอากาศ จากนั้นขบวนการหมักจะเกิดขึ้นในช่วง 3-180 วัน ในช่วงนี้จะมีก๊าซเกิดขึ้นทุกวัน โดยในช่วงแรกของขบวนการหมักจะให้ปริมาณก๊าซมากและหลังจากนั้นปริมาณก๊าซที่ได้จะลดลงเรื่อยๆ และเมื่อปริมาณก๊าซที่ได้น้อยเกินกว่าจะใช้งานได้ จะต้องเทส่วนผสมเดิมออกและใส่ส่วนผสมใหม่แทน ถ้าส่วนผสมที่ใช้หมักมีสัดส่วนปริมาณของแข็งร้อยละ 6-10 เรียกว่าการหมักแบบ normal solid content แต่ถ้ามีปริมาณของแข็งสูงมากว่าร้อยละ 20 จะเรียกว่าการหมักแบบแห้ง (dry content หรือ dry fermentation) ระบบการหมักแบบอ่างนี้แสดงไว้ในภาพที่ 2.1



ภาพที่ 2.1 ลักษณะของระบบหมักก๊าซชีวภาพแบบอ่าง

บ่อหมักชนิดโดมคงที่ (Fixed dome)

บ่อหมักชนิดโดมคงที่นี้เป็นระบบที่มีการเติมส่วนผสมแบบกึ่งต่อเนื่อง(semi continuous) ในระบบที่ไม่มีชิ้นส่วนเคลื่อนที่ ไม่มีชิ้นส่วนที่เป็นโลหะ ทำให้มีอายุการใช้งานนานถึง 20 ปี หรือมากกว่า โครงสร้างทั้งหมดอยู่ใต้ดินทำให้ประหยัดเนื้อที่และลดความเสียหายจากอุบัติเหตุต่างๆได้ นอกจากนี้การที่มีโครงสร้างทั้งหมดอยู่ใต้ดินจะช่วยรักษาอุณหภูมิให้คงที่ทั้งฤดูร้อนและฤดูหนาวได้ ซึ่งจะทำให้การทำงานของแบคทีเรียเป็นไปอย่างสม่ำเสมอ แต่ปัญหาที่สำคัญคือการสร้างจะต้องใช้ช่างที่มีความชำนาญมาก เพราะถ้าการสร้างถังหมักที่ไม่ดี อาจทำให้มีรูรั่วหรือแตกร้าว ทำให้ก๊าซรั่วซึมได้ ส่วนประกอบที่สำคัญของบ่อหมักชนิดนี้ได้แก่ ห้องเก็บก๊าซ ที่สร้างจาก อิฐ หิน หรือ การหล่อด้วยคอนกรีต ส่วนบนและส่วนล่างเป็นทรงครึ่งทรงกลม และส่วนตรงกลางระหว่างส่วนบนและส่วนล่างเป็นทรงกระบอก ผิวผนังภายในถูกฉาบเรียบหลายชั้นด้วยปูน เพื่อป้องกันก๊าซรั่วซึมออกมา แต่ก็มักมีปัญหารั่วซึมที่ส่วนโดมด้านบน ถังหมักจะถูกเติมด้วยส่วนผสมอย่างกึ่งต่อเนื่อง (Semi continuously) เช่น 1 ครั้งต่อวันเป็นต้น ท่อทางเข้าเป็นเส้นตรงและปลายด้านล่างจะอยู่ที่ระดับความสูงที่กึ่งกลางของบ่อหมัก มีช่องบริการ (manhole) อยู่ด้านบน เพื่อสำหรับการทำความสะอาดและเพื่อติดตั้งท่อทางออกของก๊าซด้วย ส่วนผสมที่ป้อนเข้าถังหมักอาจจะเป็นทั้งมูลสุกร มูลวัว วัสดุที่เหลือจากการเกษตรต่างๆ โดยให้อัตราการผลิตก๊าซอยู่ที่ 0.1 - 0.2 ของปริมาตรของบ่อหมักต่อวัน ที่ระยะพัก(retention time) 60 วัน ที่อุณหภูมิ 25 °C และความดันที่ทำได้อยู่ที่ 1-1.5 เมตรของน้ำ ส่วนประกอบที่สำคัญของบ่อหมักชนิดโดมคงที่นี้มี 5 ส่วนได้แก่ บ่อเติมส่วนผสม(Inlet tank) ถังหมัก(digester) ห้องเก็บก๊าซ(gas chamber) บ่อล้น(displacement chamber) และ ท่อนำก๊าซ (Gas pipe) ดังในภาพที่ 2.2 ซึ่งแสดงส่วนประกอบที่สำคัญและการทำงานของระบบนี้

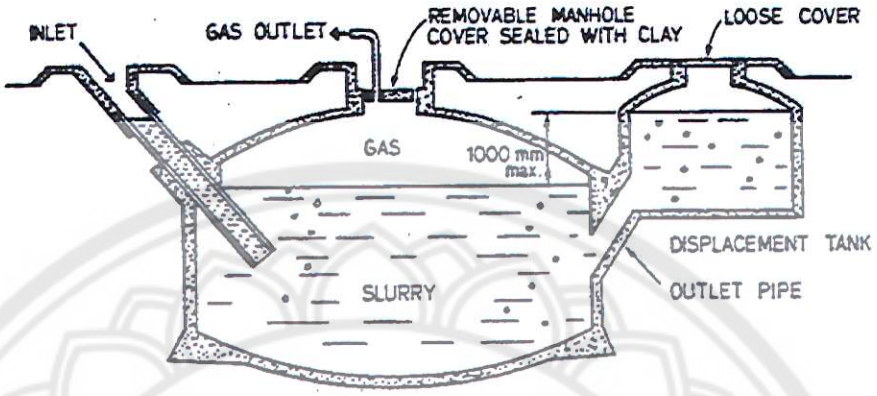


ภาพที่ 2.2 ส่วนประกอบที่สำคัญของระบบหมักแบบโดมคงที่และการทำงาน

จากภาพที่ 2.2 ภาพบน จะเห็นว่าส่วนผสมภายในบ่อล้นจะไหลเข้ามาในถังหมักเพื่อชดเชยปริมาตรของของก๊าซขณะที่ก๊าซมีปริมาณน้อย ในภาพล่างแสดงส่วนผสมในบ่อหมักถูกดันกลับเข้าไปในบ่อล้นเมื่อปริมาณก๊าซในห้องเก็บก๊าซมีมากขึ้น

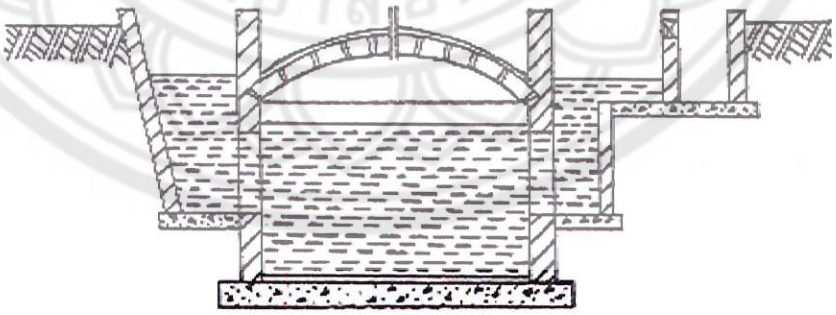
ส่วนที่เป็นห้องเก็บก๊าซนี้ ภายจะต้องถูกทาด้วยสีกันน้ำ. เพราะการฉาบด้วยปูนเพียงอย่างเดียวไม่พียงพอที่จะป้องกันการรั่วของก๊าซได้ เพราะอาจเกิดรอยร้าวและทำให้ก๊าซรั่ว ส่วนบนของระบบหรือบริเวณที่เก็บก๊าซจะต้องถูกกลบเพื่อให้น้ำหนักของวัสดุที่กลบนั้นต้านทานแรงดัน (Pressure) ของก๊าซภายใน ซึ่งบางครั้งอาจถึง 0.15 บาร์ นอกจากนั้น วัสดุที่กลบส่วนบนของระบบยังช่วยเป็นฉนวนความร้อนเพื่อรักษาอุณหภูมิภายในของระบบไม่ให้เปลี่ยนแปลงไปตามอุณหภูมิของบรรยากาศ โดยเฉพาะช่วงฤดูหนาว แต่ด้วยข้อจำกัดทางเศรษฐศาสตร์ บ่อหมักแบบโดมคงที่นี้จะมีขนาดของถังหมักเล็กสุดประมาณ 5 ลูกบาศก์เมตร และสามารถสร้างให้มีความจุได้ถึง 200 ลูกบาศก์เมตรและได้มีการออกแบบและพัฒนาไปหลายลักษณะ เช่น แบบจีน(China) แบบ Jantana แบบ Deebandhu แบบ Crametic และแบบ Nicaro เป็นต้น

บ่อหมักแบบจีนมีลักษณะด้านข้างถังเป็นทรงกระบอก ส่วนบนและส่วนล่างมีลักษณะโค้ง ท่อทางเข้าของส่วนผสมจะมีปลายยื่นลงไปในถังหมักจนถึงระดับกึ่งกลางของระดับความสูงของถังหมัก ดังแสดงในภาพที่ 2.3 ระบบหมักแบบนี้มีใช้กันอยู่ทั่วไปในประเทศจีน [2.3]



ภาพที่ 2.3 ลักษณะของระบบหมักก๊าซชีวภาพชนิดโดมคงที่แบบจีน

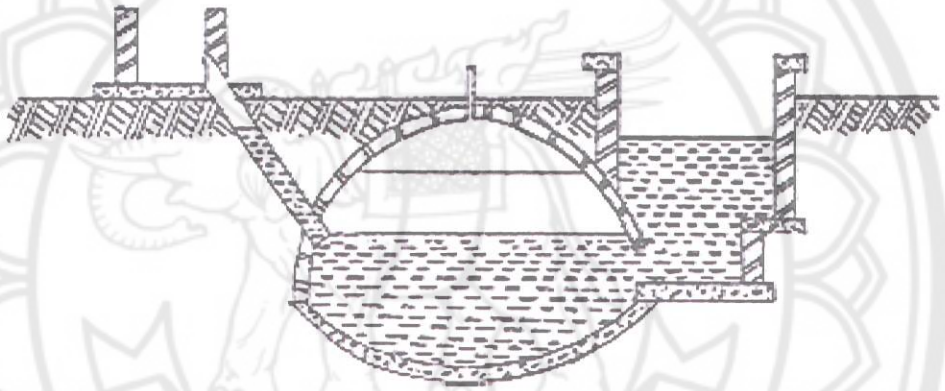
บ่อหมักชนิดโดมคงที่แบบ Janata เป็นบ่อหมักแบบโดมคงที่แบบแรกที่ออกแบบและใช้ในประเทศอินเดีย เนื่องจากแบบจีนนั้นไม่สามารถใช้งานได้ดีในประเทศอินเดีย เพราะมักเกิดปัญหาการรั่วที่บริเวณรอยต่อระหว่างส่วนลำตัวของบ่อหมักกับห้องเก็บก๊าซ ลักษณะของแบบ Janata นี้มีก้นแบน ผนังเป็นทรงกระบอกและมีห้องเก็บก๊าซเป็นรูปโดมและช่องทางเข้าของส่วนผสมมีลักษณะเป็นบ่อ ดังแสดงในภาพที่ 2.4



ภาพที่ 2.4 ลักษณะของระบบหมักแบบ Janata

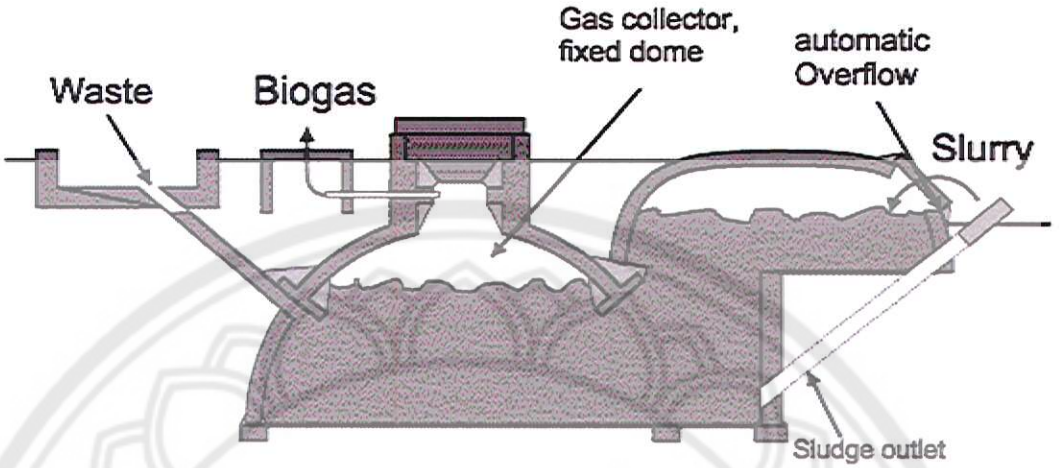
บ่อหมักแบบโดมคงที่อีกแบบหนึ่งที่ประสพความสำเร็จในการใช้งานในประเทศอินเดีย ได้แก่แบบ Deenbandhu ซึ่งพัฒนามาจากแบบ Janata เพราะสามารถลดปัญหาการแตกร้าวที่

ส่วนบนของถังหมักหรือส่วนที่เป็นห้องเก็บก๊าซ และสามารถลดการใช้วัสดุได้มากกว่าแบบ Janata บ่อหมักแบบ Deenbandhu นี้มีส่วนบนและส่วนล่างของบ่อหมักและห้องเก็บก๊าซเป็นรูปส่วนโค้งของทรงกลม (hemisphere) แต่ส่วนบนจะโค้งจนกระทั่งลงไปถึงก้นบ่อ เพื่อลดปัญหาการร้าวที่ห้องเก็บก๊าซ และถ้าในกรณีที่เกิดการแตกร้าว รอยร้าวนั้นจะอยู่ที่รอยต่อระหว่างส่วนบนและส่วนล่างของบ่อซึ่งยังอยู่ในระดับของส่วนผสมมูลสัตว์ภายในบ่อ ซึ่งมีลักษณะเหมือนโคลน ทำให้ลดปัญหาการรั่วของก๊าซได้ นอกจากนี้ทางเข้าของส่วนผสมยังมีลักษณะเป็นท่อ ดังแสดงในภาพที่ 2.5



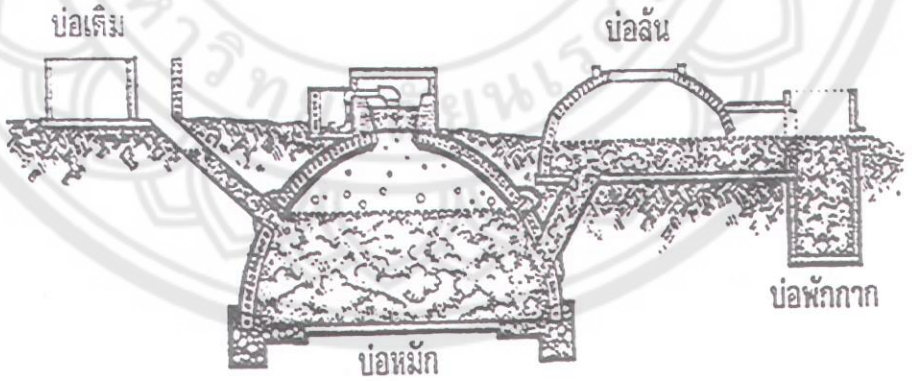
ภาพที่ 2.5 ลักษณะของระบบหมักชนิด Deebandhu

บ่อหมักชนิดโดมคงอีกแบบหนึ่งคือแบบ CAMARTEC แบบนี้มีลักษณะเป็นรูปครึ่งทรงกลมวางอยู่บนก้นบ่อที่แบน ถูกพัฒนาขึ้นในปี 1980 ในประเทศแทนซาเนีย ดังแสดงในภาพที่ 2.6 บ่อหมักชนิดนี้ ส่วนที่เป็นรอยต่อระหว่างส่วนถังหมักกับห้องเก็บก๊าซมีส่วนที่เรียกว่า "วงแหวนกันร้าว (Weak-ring)" ซึ่งวงแหวนกันร้าวนี้มีหน้าที่ป้องกันไม่ให้ห้องเก็บก๊าซเกิดรอยร้าวในแนวดิ่งซึ่งรอยร้าวอาจเกิดจากส่วนล่างของถังหมัก แต่จะให้เกิดในแนวนอนและอยู่ในแนวของแหวนกันร้าวนี้แทน รอยร้าวจะอยู่ในตำแหน่งที่มีส่วนผสมมูลสัตว์อยู่ ดังนั้นรอยร้าวจะไม่ส่งผลต่อการทำงานของระบบหรือทำให้ก๊าซรั่วได้ นอกจากนี้ยังมีวงแหวนเสริมความแข็งแรง (strong ring) ที่ส่วนล่างของห้องเก็บก๊าซ วงแหวนนี้มีไว้ป้องการลุกลามของรอยแตกที่อาจเกิดขึ้นจากภายในของผนังห้องเก็บก๊าซ วงแหวนกันร้าวและวงแหวนเสริมความแข็งแรงนี้ วิธีการนี้ประสพความสำเร็จในการใช้งานอย่างมากในระบบโดมคงที่แบบ CAMARTEC นี้



ภาพที่ 2.6 ลักษณะของระบบหมักชนิดโดมคงที่แบบ Camartic

ปัจจุบันในประเทศไทยนิยมใช้บ่อหมักก๊าซชีวภาพชนิดโดมคงที่ แบบไทย-เยอรมัน ซึ่งมีการทำงานแบบโดมคงที่ และมีการใช้วงแหวนกันร้าวและวงแหวนเสริมความแข็งแรงเช่นเดียวกับแบบ CAMARTEC ระบบผลิตก๊าซชีวภาพนี้มีลักษณะดังรูปที่ 2.7 ซึ่งตามแบบมาตรฐานจะมีขนาดให้เลือกใช้ตั้งแต่ 8 ลูกบาศก์เมตร จนกระทั่งถึงขนาด100 ลูกบาศก์เมตร [7]



ภาพที่ 2.7บ่อหมักก๊าซชีวภาพชนิดโดมคงที่ชนิดไทย-เยอรมัน

ข้อดีของบ่อหมักชนิดโดมคงที่คือต้นทุนต่ำ อายุการใช้งานนาน ไม่มีส่วนที่เคลื่อนไหวหรือส่วนที่เป็นสนิม มีรูปทรงที่กะทัดรัด มีโครงสร้างไม่ซับซ้อน ประหยัดพื้นที่ที่ใช้สร้าง และรักษาอุณหภูมิภายในถังหมักได้ดี

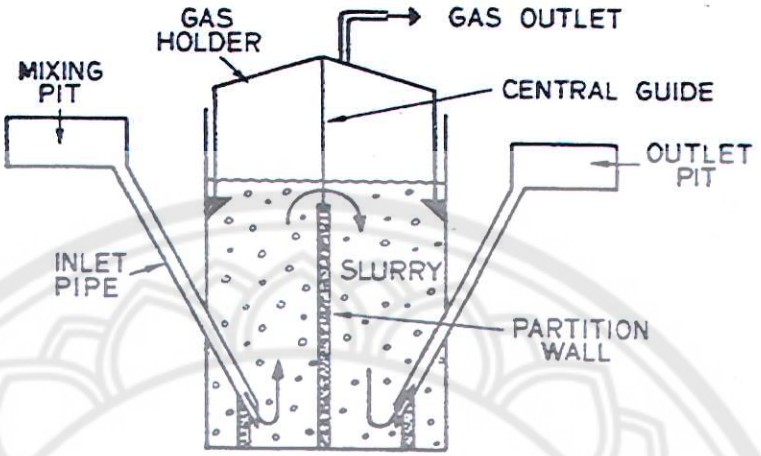
ข้อเสียของระบบนี้คือถังหมักสร้างจากการก่ออิฐ ดังนั้น จึงต้องมีการฉาบผิวผนังอย่างดี เพื่อป้องกันการรั่วของก๊าซ ซึ่งมักจะเกิดขึ้นบ่อยๆ นอกจากนี้ ความดันก๊าซภายที่ได้ไม่สม่ำเสมอ และควบคุมได้ยาก และในกรณีที่จะต้องนำก๊าซจากระบบนี้ไปใช้ด้วยความดันที่สม่ำเสมอ จำเป็น จะต้องมีอุปกรณ์ควบคุมความดัน (Regulator) เช่นใช้กับเครื่องยนต์สันดาปภายใน เป็นต้น

บ่อหมักชนิดถังลอย (Floating drum)

ชนิดถังลอยถูกพัฒนาขึ้นโดยมีพื้นฐานการออกแบบของ KVIC (Khai and Village Industrial Commission) ดังภาพที่ 2.8 โดยโครงสร้างมักทำด้วยอิฐ คอนกรีต หรือ คอนกรีตเสริมแรง ก๊าซที่เกิดขึ้นจะอยู่ภายใต้ถังลอย ซึ่งจะทำให้ถังเคลื่อนที่ขึ้นลงตามปริมาณก๊าซที่ผลิตได้ ปริมาตรของถังลอยจะอยู่ที่ประมาณร้อยละ 50 ของปริมาตรถังหมัก ถังเก็บก๊าซหรือถังลอย ถ้าทำจากเหล็กจะทำให้เกิดปัญหาจากการกัดกร่อนของสนิม จึงควรทำจากวัสดุโพลิเอทิลีน หรือ ไฟเบอร์กลาส ความดันที่ได้ขึ้นอยู่กับน้ำหนักของถังเก็บก๊าซหรือถังลอยนี้ และจะมีความผันแปรอยู่ในช่วงประมาณ 4-8 เซนติเมตรของความสูงน้ำ มูลสัตว์จะถูกเติมลงในถังแบบกึ่งต่อเนื่องทางท่อเข้า และกากจะไหลออกทางท่อออกด้วยปริมาณเดียวกัน ปริมาณก๊าซที่ได้จะอยู่ในช่วง0.2-0.6 ของปริมาตรของถังหมักในเขตพื้นที่บรรยากาศเย็นและอบอุ่น ตามลำดับ

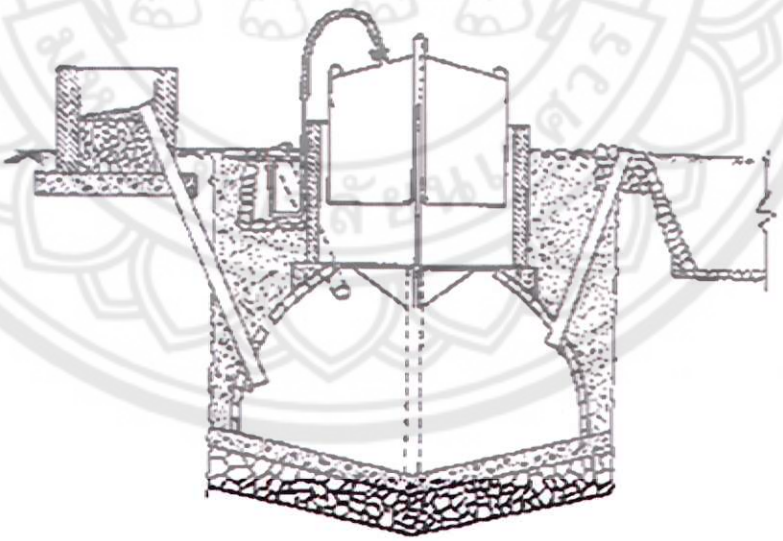
โดยมากบ่อหมักแบบถังลอยนี้ มักสร้างกันในประเทศอินเดีย ถังหมักแบบนี้ประกอบด้วยถังรูปทรงกระบอกหรือรูปโดม และชิ้นส่วนที่สำคัญคือ ห้องเก็บก๊าซที่เป็นถังลอย ถังลอยนี้อาจสวมครอบลงในเนื้อของส่วนผสมในถังหมักโดยตรง หรืออาจสวมลงในมีช่องที่ใส่น้ำกันก๊าซออก (water jacket) ดังแสดงในภาพที่ 2.8 ถังลอยนี้จะสามารถเลื่อนขึ้นลงตามอุปกรณ์นำเลื่อน (guide fame) ซึ่งอุปกรณ์นำเลื่อนนี้ อาจติดตั้งอยู่ภายในหรือภายนอกของบ่อหมัก ห้องเก็บก๊าซหรือถังเก็บก๊าซนี้จะเคลื่อนที่ขึ้นลงตามปริมาณของก๊าซที่มีอยู่ในถังหมัก โดยถ้าปริมาณก๊าซมากถังจะลอยขึ้นและจะเคลื่อนที่ลงเมื่อปริมาณก๊าซลดลง ระบบหมักแบบถังลอยนี้ สามารถป้อนส่วนผสมได้อย่างต่อเนื่องทุกวัน สามารถสร้างโดยตรงตั้งแต่ขนาดเล็ก 5-15 ลูกบาศก์เมตร และขนาดใหญ่ได้ตั้งแต่ 20-100 ลูกบาศก์เมตร

ข้อดีของระบบถังลอยคือเป็นระบบที่สร้างง่าย ความดันก๊าซคงที่ เพราะปริมาตรถังห้องเก็บก๊าซเปลี่ยนแปลงได้ตลอดเวลา ไม่มีปัญหาเรื่องการรั่วของก๊าซ ข้อเสียของระบบนี้คือการสร้างถังและบำรุงรักษาเก็บก๊าซค่อนข้างแพง การทำความสะอาดสนิมและการทาสีถังเก็บก๊าซใหม่ต้องกระทำอย่างสม่ำเสมอ ถังเก็บก๊าซที่เป็นโลหะจะมีอายุการใช้งานสั้น โดยเฉพาะระบบที่ถังเก็บก๊าซสวมครอบลงในส่วนผสมในบ่อหมักโดยตรง



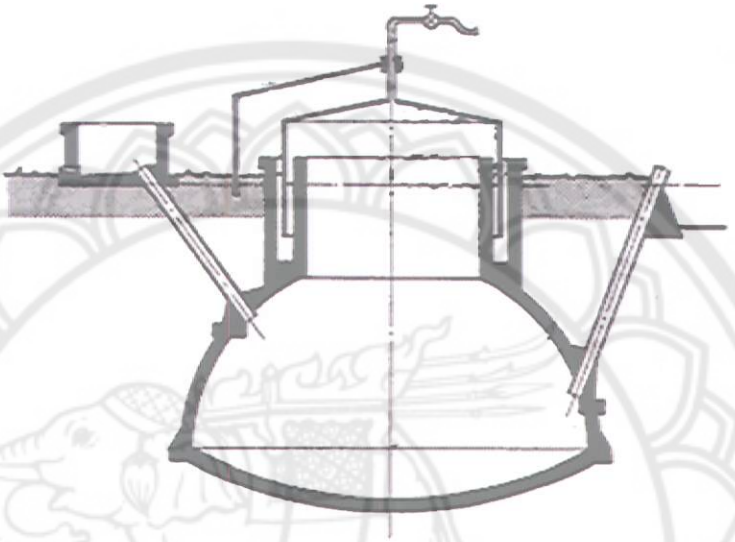
ภาพที่ 2.8 บ่อหมักชนิดถังลอยชนิด KVIC ซึ่งถังเก็บก๊าซครอบลงในส่วนผสมโดยตรง

จากบ่อหมักชนิดถังลอยแบบ KVIC ดังกล่าวข้างต้นแล้ว บ่อหมักชนิดถังลอยยังได้ถูกพัฒนาออกไปอีกหลายชนิด เช่น แบบ Pragati และ แบบ Ganesh ที่ออกแบบให้ส่วนบนของบ่อหมักเป็นรูปครึ่งทรงกลม เป็นต้น ดังที่แสดงไว้ในภาพที่ 2.9 และ 2.10 ตามลำดับ



ภาพที่ 2.9 บ่อหมักชนิดถังลอยแบบPrangati

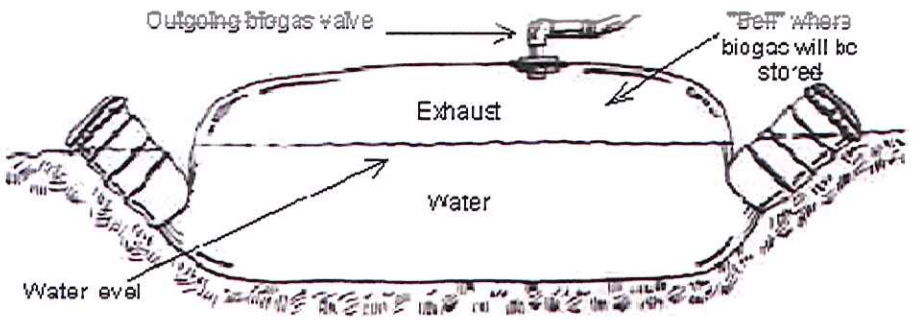
บ่อหมักแบบ Ganesh มีข้อดีคือถังลอยจะถูกใส่ได้ในช่องหล่อน้ำ (Water Jacket) ที่เป็นน้ำสะอาด ทำให้ง่านต่อการบำรุงรักษาเนื่องจากการเหนียวติดของผิวของส่วนผสมที่เป็นยางเหนียว (scum layer) ที่เกิดจากส่วนผสมที่มีความเข้มข้นของของแข็งสูง ทำให้ถังเก็บก๊าซมีอายุการใช้งาน



ภาพที่ 2.10 บ่อหมักแบบถังลอยแบบ Ganesh

แบบถุง (Bag Digester) [6]

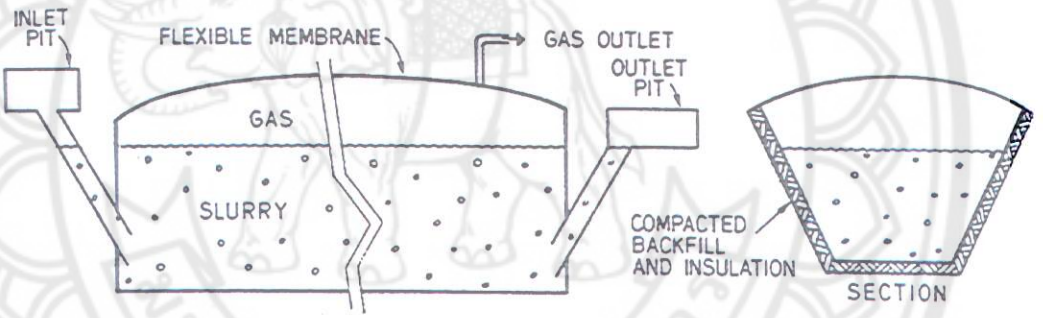
ถังหมักแบบถุง มีลักษณะยาว โดยความยาวจะมากกว่าเส้นผ่าศูนย์กลางประมาณ 3 - 14 เท่า ทำจากพลาสติค การทำงานของถังหมักเป็นแบบ Plug Flow คือไม่มีการผสมกันของมูลเก่าและมูลใหม่ และบางครั้ง อาจจะทำถุงเก็บก๊าซไว้อีกใบหนึ่งต่างหาก ถึงแม้ว่าจะมีราคาถูกมาก แต่ปัญหาที่สำคัญคือถุงจะเสียหายได้ง่ายจากของมีคม และข้อดีคือในภูมิภาคที่อากาศหนาวเย็นจะสามารถอุ่นถังหมักได้ด้วยการให้ความร้อนจากภายนอกเช่นแสงอาทิตย์



ภาพที่ 2.11 บ่อหมักแบบถุงพลาสติค

บ่อหมักชนิดราง (Plug Flow) [6]

บ่อหมักชนิดนี้นี้คล้ายกับบ่อหมักชนิดถุง แต่แตกต่างกันที่ขนาดและวัสดุที่ใช้ ชนิดนี้มักจะสร้างตัวบ่อด้วยคอนกรีต และคลุมด้วยวัสดุที่ยืดหยุ่นที่สามารถกักเก็บก๊าซได้ หรืออาจออกแบบให้เป็นถังเก็บก๊าซที่แยกต่างหากได้ แต่ที่สำคัญคือ ความยาวของบ่อหมักจะต้องยาวกว่าความกว้างของมันมาก และทางเข้าของส่วนผสมและทางออกของกากจะต้องอยู่ด้านตรงข้ามกัน การเติมมูลสัตว์เข้ายังเป็นการเติมแบบกึ่งต่อเนื่อง โดยปริมาณการเติมเข้าจะเท่ากับปริมาณที่ไหลออก บ่อหมักชนิดรางนี้จะให้อัตราการผลิตก๊าซชีวภาพสูงกว่าแบบโดมคงที่และแบบถังลอย บ่อหมักนี้เมื่อใช้งานที่อุณหภูมิบรรยากาศ 20 °C จะสามารถผลิตก๊าซได้ถึง 0.42 เท่าของปริมาตรบ่อหมักต่อวัน [2.3] ลักษณะของบ่อหมักชนิดราง ดังแสดงไว้ในรูปที่ 2.12



ภาพที่ 2.12 บ่อหมักชนิดราง

เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

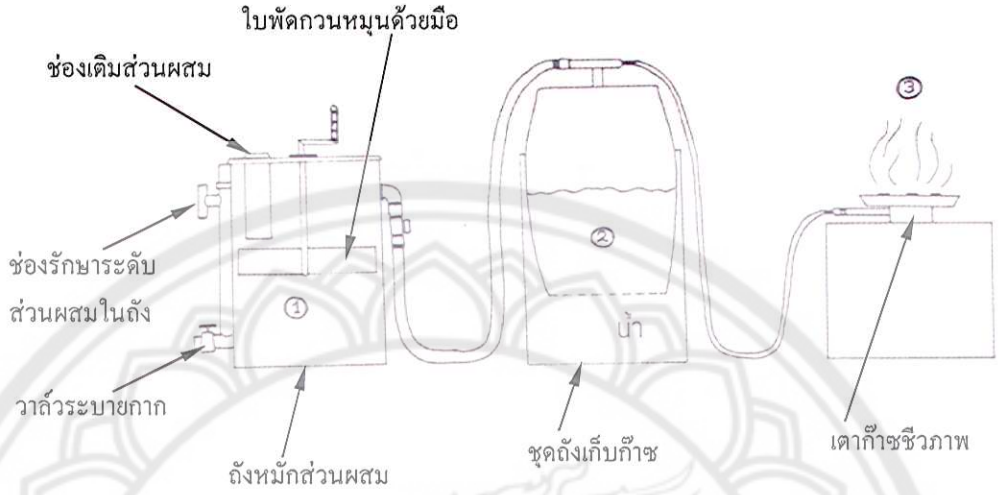
บ่อหมักก๊าซชีวภาพสำหรับครัวเรือนชนิดต่างๆ

องค์การอาหารและเกษตรแห่งสหประชาชาตินำเสนอหน่วยผลิตก๊าซชีวภาพขนาดเล็ก ที่สามารถประดิษฐ์ขึ้นจากถังเหล็กขนาด 200 ลิตร และ 120 ลิตร โดยการคว่ำถังขนาด 120 ลิตร ลงในถัง 200 ลิตร ก่อนจะนำถังดังกล่าวมาใช้ จะต้องทาสีกันสนิมที่ถังทั้งสองเสียก่อน หน่วยผลิตก๊าซชีวภาพขนาดเล็กมีลักษณะดังภาพที่ 2.13 ก๊าซชีวภาพจะถูกสะสมไว้ในถัง 150 ลิตรที่คว่ำอยู่และมีวาล์วเปิดปิดก๊าซติดตั้งอยู่ที่ถังนี้ด้วย โดยในช่วงแรก ถัง150 ลิตรจะอยู่ในระดับต่ำ ถังนี้จะเลื่อนขึ้นลงเองตามปริมาณก๊าซที่ผลิตได้ ขณะใช้งานจะต้องมีการกวนส่วนผสมภายในถังบ้าง เพื่อให้ได้ปริมาณก๊าซมากขึ้น หน่วยผลิตก๊าซชีวภาพขนาดเล็กนี้สามารถสร้างได้หลายหน่วยเพื่อผลิตก๊าซให้มากขึ้นได้ แต่หน่วยก๊าซมูลสัตว์ขนาดเล็กนี้มีข้อจำกัดคือไม่สามารถเติมมูลสัตว์เข้าระบบได้อย่างต่อเนื่องหรือทุกวัน ต้องใช้มูลที่หมักไว้เดิมจนกระทั่งก๊าซหมด จึงจะเทกากที่ผ่านการหมักแล้วนั้น

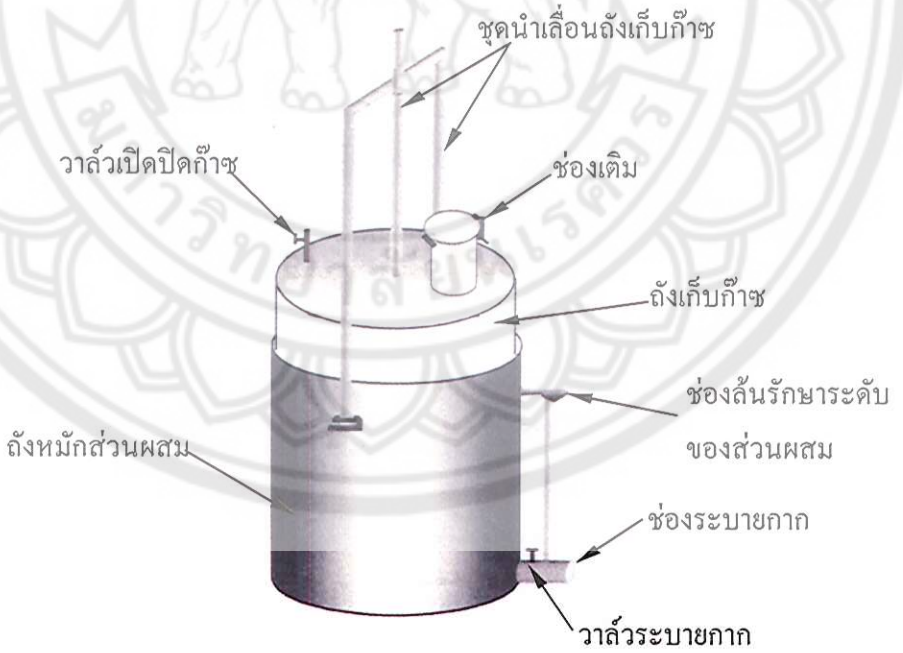
ภาพที่ 2.13 หน่วยผลิตก๊าซชีวภาพขนาดเล็กแบบเติมครั้งเดียว

บุญมา ป้านประดิษฐ์ และ อรรถวุทธิ์ รื่นเริงใจ [9] ได้ประดิษฐ์หน่วยผลิตก๊าซชีวภาพสำหรับครัวเรือนขนาด 60 ลิตร แบบถังลอย แต่ถังลอยเพื่อเก็บก๊าซแยกต่างหากจากถังหมัก เพื่อใช้กำจัดเศษอาหารที่เหลือจากการบริโภคประจำวัน ระบบผลิตก๊าซชีวภาพนี้ประกอบด้วยส่วนถังหมักที่ทำจากถังเหล็ก มีใบพัดที่ใช้มือหมุนเพื่อกวนส่วนผสมในถังหมัก อีกส่วนคือถังเก็บก๊าซที่ดัดแปลงจากถังพลาสติค โดยอาศัยหลักการทำงานแบบถังลอย ซึ่งส่วนผลิตและส่วนกักเก็บก๊าซจะแยกออกจากกัน ส่วนที่เป็นถังหมักสามารถเติมเศษอาหารหรือวัตถุดิบอื่นๆเพื่อผลิตก๊าซชีวภาพ และกากภายในถังหมักสามารถถ่ายออกได้โดยง่าย ซึ่งระบบผลิตก๊าซนี้มีลักษณะดังภาพที่ 2.14

สมชาย แก้วจันทร์ฉาย [10] ได้พัฒนาระบบถังผลิตก๊าซชีวภาพจาก 200 ลิตร เป็น 800 ลิตร ซึ่งให้ปริมาณก๊าซพอเพียงกับการปรุงอาหารสำหรับครอบครัว 4- 5 คน มีวัตถุประสงค์เพื่อให้หมักเศษวัสดุที่เหลือจากการเกษตร เช่นเปลือกสับปะรด เป็นต้น โครงสร้างของระบบประกอบด้วยถังที่ใบหนึ่งคว่ำใบหนึ่งหงาย และมีข้อดีคือสามารถเติมวัตถุดิบและถ่ายกากออกได้สะดวก บำรุงรักษาง่าย ถังทั้งสองใบดังกล่าวทำจากสเตนเลส ซึ่งต้นทุนสูง คือประมาณชุดละ 30,000 บาท จากนั้นจึงเปลี่ยนวัสดุโดยให้ถังที่หงายทำจากปูนก่อขึ้นมา ทำให้ลดต้นทุนลงได้ ต้นทุนจึงเหลือเพียงประมาณ 10,000 บาท ลักษณะของระบบถังผลิตก๊าซชีวภาพมีลักษณะดังภาพที่ 2.15



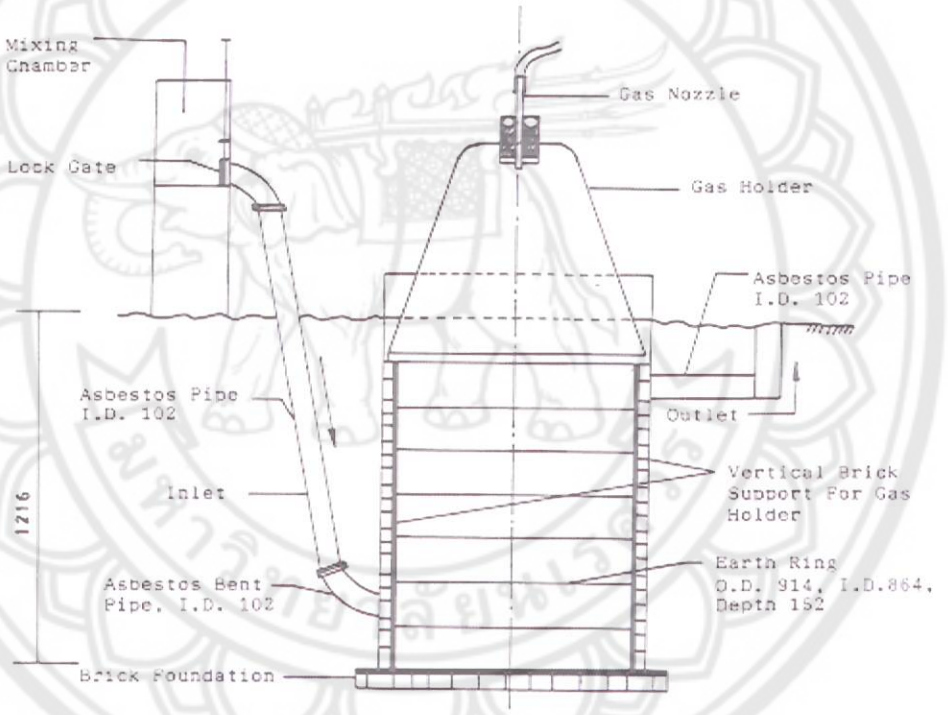
ภาพที่ 2.14 หน่วยผลิตก๊าซชีวภาพขนาด60 ลิตร แบบถังลอย



ภาพที่ 2.15 ถังหมักก๊าซชีวภาพครัวเรือน 800 ลิตร แบบถังลอย

Tushar Jash และ Sujay Basu [11] ได้พัฒนาบ่อหมักก๊าซชีวภาพขนาดเล็กขนาด 2 ลูกบาศก์เมตรเพื่อใช้ในครัวเรือนในเขตชนบทของประเทศอินเดีย โดยก๊าซชีวภาพที่ได้นำไปใช้ใน

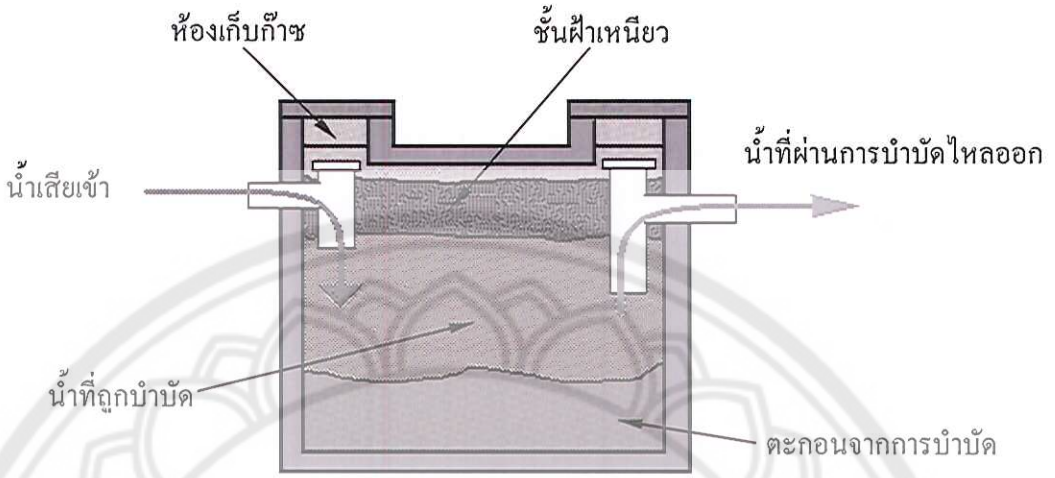
การให้แสงสว่างในครัวเรือน แต่ละครอบครัวมักจะเลี้ยงวัวประมาณ 6-8 ตัว บ่อหมักขนาดเล็กนี้ออกแบบให้เติมส่วนผสมวันละ 12 กิโลกรัมหรือประมาณ 0.5 ลูกบาศก์เมตรต่อวัน อัตราส่วนของมูลวัวและน้ำที่ใช้คือ 1:1 โครงสร้างของบ่อหมักจะออกแบบให้วัสดุราคาถูก ก๊าซชีวภาพที่ได้สามารถจุดไฟให้แสงสว่างได้ 4 ชั่วโมงต่อวัน ลักษณะของบ่อหมักนี้เป็นทรงกระบอกในแนวดิ่ง ประกอบขึ้นจากวงล้วมที่ปั้นจากดินเหนียวที่เผาแล้ว (pre-fire earthen rings) ห้องเก็บก๊าซเป็นรูประฆังทำจากดินเหนียวปั้นและเผาให้แข็ง(fire clay) ท่อทางเข้าของส่วนผสมและทางออกของกากทำจากท่อใยหิน (asbestos cement pipes) ลักษณะของบ่อหมักดังแสดงในภาพที่ 2.16



ภาพที่ 2.16 บ่อหมักก๊าซชีวภาพขนาด 2 ลูกบาศก์เมตรของ Tushar Jash และ Sujay

ระบบบำบัดน้ำเสีย

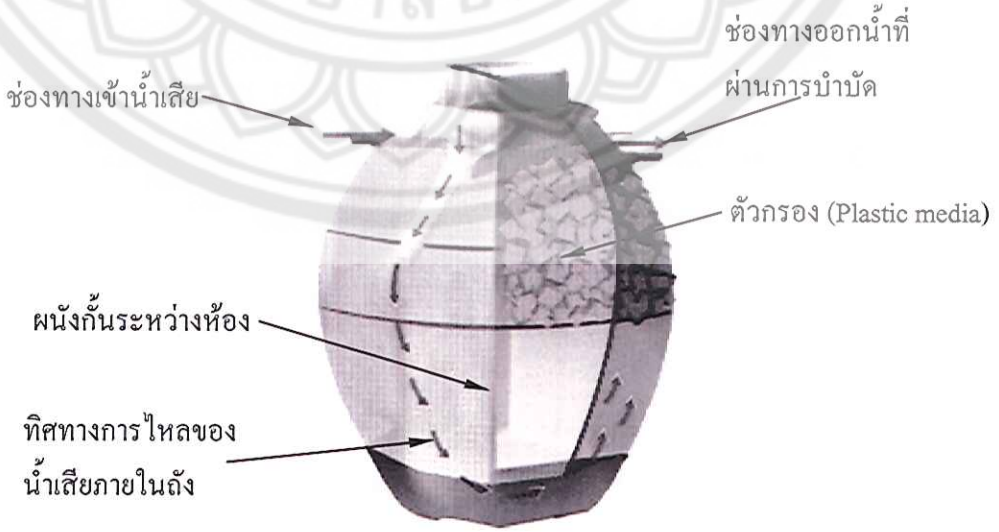
การบำบัดน้ำเสียมีทั้งการบำบัดแบบใช้อากาศและแบบไร้อากาศ ในขบวนการบำบัดแบบไร้อากาศจะมีขบวนการในการย่อยสลายของเสียและได้ก๊าซชีวภาพเช่นกัน เพียงแต่ระบบบำบัดน้ำเสียแตกต่างจากระบบหมักก๊าซชีวภาพตรงที่ระบบบำบัดน้ำเสียจะกับเก็บกากทั้งส่วนที่ตกตะกอนและส่วนที่ลอยตัวเป็นฝ้าบนผิวน้ำไว้ในระบบ ปล่อยให้แต่น้ำที่ผ่านการบำบัดแล้วและก๊าซชีวภาพที่ได้ทิ้งออกไปจากระบบ



ภาพที่ 2.17 หลักการทำงานของถังบำบัดน้ำเสียจากครัวเรือน

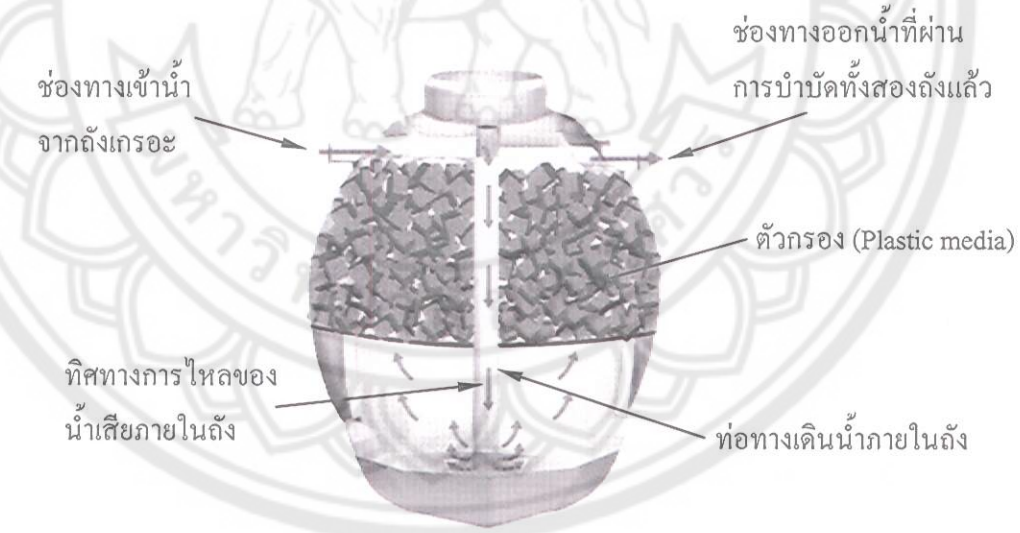
ถังบำบัดน้ำเสียที่มีขายในท้องตลาด [12]

ถังบำบัดน้ำเสียที่ทำจากพลาสติคชนิด HDPE ที่มีขายทั่วไปตามท้องตลาดเพื่อใช้สำหรับการบำบัดน้ำเสียจากอาคารบ้านเรือนที่ใช้การบำบัดแบบไร้อากาศ มีลักษณะของถังอยู่ 2 ลักษณะ ได้แก่ แบบถังรวมและแบบถังแยก ทั้งสองแบบแตกต่างกันคือแบบถังรวมจะส่วนที่เป็นถังเกรอะและถังกรองไว้ในถังใบเดียวกัน ส่วนแบบถังแยก จะแยกถังเกรอะและถังกรองไว้ต่างหาก ดังแสดงในภาพที่ 2.18, 2.19 และ 2.20 ตามลำดับ



ภาพที่ 2.18 ถังบำบัดน้ำเสียจากครัวเรือนแบบไร้ออกซิเจนชนิดถังรวม

ภาพที่ 2.19 ถังเกรอะ



ภาพที่ 2.20 ถังกรอง

จะเห็นได้ว่า ถังบำบัดน้ำเสียสำหรับอาคารบ้านพักอาศัยที่มีขายทั่วไปในท้องตลาด มีรูปทรงที่ภายในก้นถังโค้งมน ซึ่งจะทำให้มีการไหลของๆเหลวภายในได้อย่างราบรื่น และยังทำจากพลาสติกชนิด HDPE ซึ่งมีความทนทานต่อการใช้งาน ไม่แตกง่าย อีกทั้งทนต่อสภาพความเป็นกรดของก๊าซชีวภาพที่เกิดภายในถังอีกด้วย

บทที่ 3

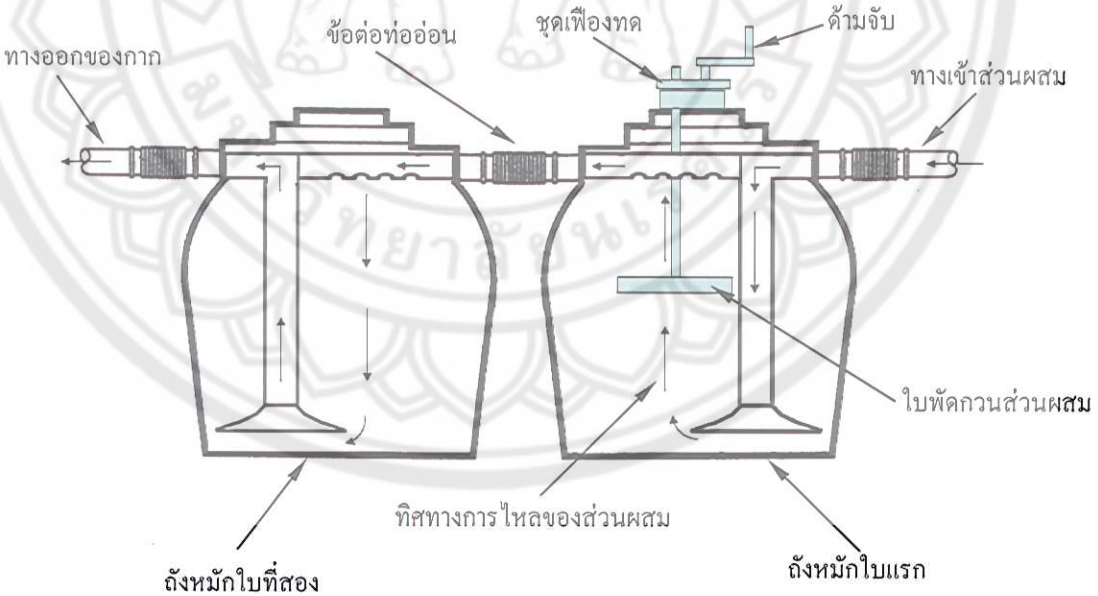
การดำเนินการวิจัย

ในบทนี้ นำเสนอเกี่ยวกับขั้นตอนในการดำเนินการวิจัย ตั้งแต่การติดตั้งถังหมักก๊าซชีวภาพ การติดตั้งระบบกักเก็บและวัดปริมาณก๊าซ รวมถึงการทดสอบระบบและการเก็บข้อมูล

การติดตั้งถังหมักก๊าซชีวภาพ

โดยการเลือกใช้ถังกรองของระบบบำบัดน้ำเสียที่ทำจากพลาสติค HDPE นำมาดัดแปลงให้เป็นถังหมักก๊าซชีวภาพ เนื่องจากมีโครงสร้างการเดินท่อภายในที่ง่ายต่อการดัดแปลงให้มีการทำงานของระบบตามต้องการ ถังกรองดังกล่าวมีขนาด 600 ลิตร ใช้จำนวน 2 ใบ รวมความจุของถังหมักทั้งสิ้น 1200 ลิตร และไม่ต้องใส่ตัวกรอง (Plastic media) ลงในถัง

ในการออกแบบการติดตั้งถังหมัก ถังหมักที่ต้องถูกดัดแปลงจากถังกรองของระบบบำบัดน้ำเสียดังกล่าวนั้น มีการวางตำแหน่งถังเพื่อให้มีการทำงานของระบบดังภาพที่ 3.1



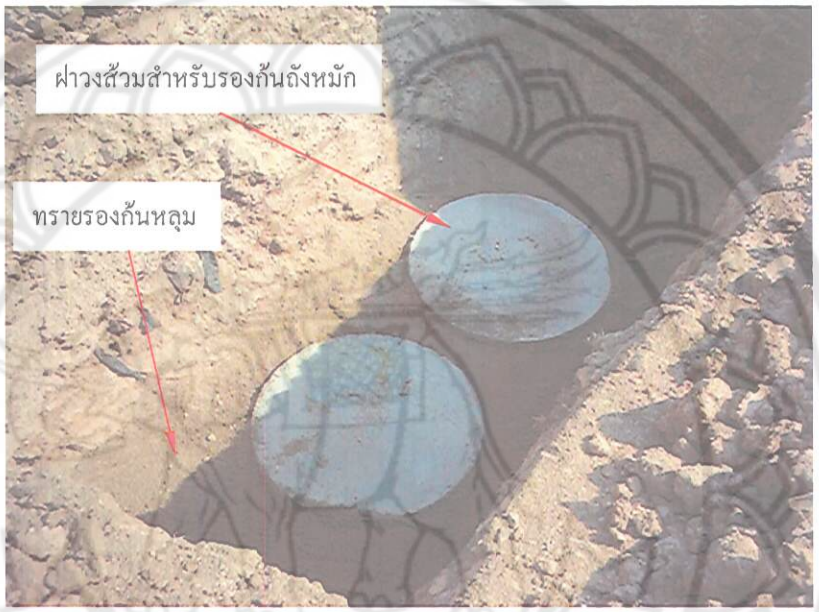
ภาพที่ 3.1 บ่อหมักก๊าซที่ใช้ในงานวิจัยนี้

ในการติดตั้ง ถังทั้งสองใบจะถูกวางลงในหลุมที่ขุดเตรียมไว้ ขนาดปากหลุม 2 x 3 เมตร ลึก 1.8 เมตร ซึ่งก่อนจะวางถังหมักลงในบ่อที่ขุดเตรียมไว้ ซึ่งได้ปูพื้นด้วยทรายที่ถูกอัดให้แน่นเป็นชั้น

ป TD
378
ว5
ป58ร5
2550

สำนักหอสมุด

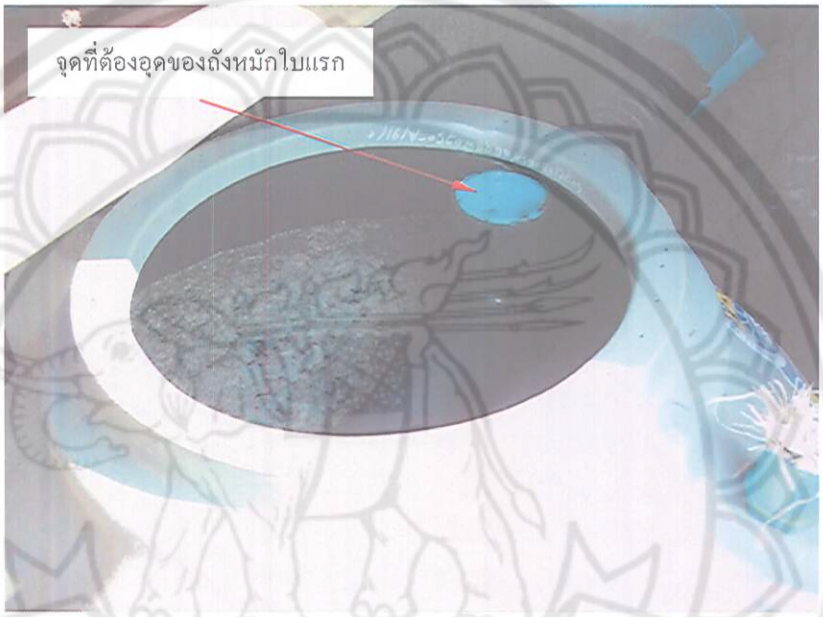
- 5 JUL 2011



ภาพที่ 3.2 การเตรียมหลุมเพื่อฝังถังหมัก

ภาพที่ 3.3 การวางถังหมักลงในหลุม

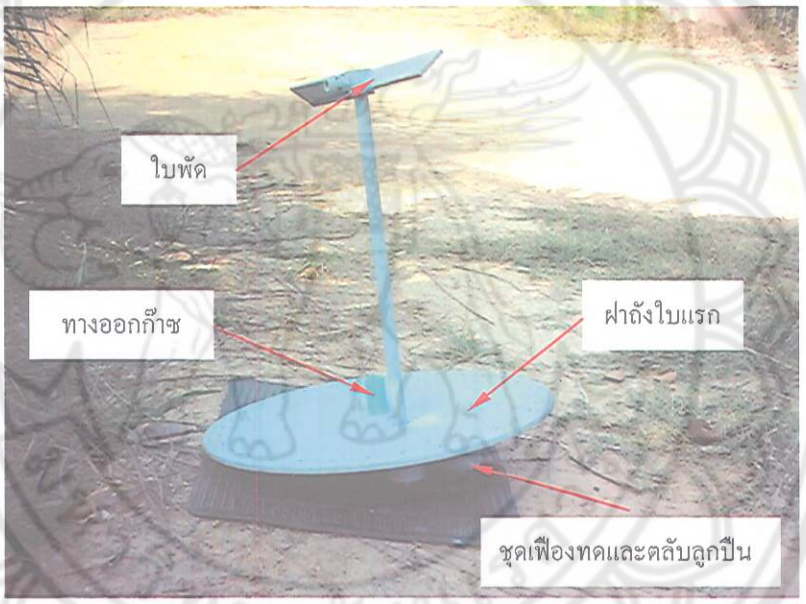
จุดที่ต้องดัดแปลงถังหมักได้แก่ ปลายท่อทางเข้าของส่วนผสมของถังใบแรกดังภาพที่ 3.4 และทางออกของกาก ดังภาพที่ 3.5 (ปลายท่อเดิมไม่ได้อุดไว้) การอุดดังกล่าวเพื่อให้เส้นทางการไหลของส่วนผสมเป็นไปตามต้องการ และเกิดเป็นห้องเก็บก๊าซที่ส่วนบนของถัง เนื่องจากก๊าซที่เกิดขึ้นจะไม่สามารถไหลย้อนออกทางท่อดังกล่าว



ภาพที่ 3.4 จุดที่ต้องอุดของถังใบแรก

ภาพที่ 3.5 จุดที่ต้องอุดของถังใบที่สอง

จากนั้นจึงปิดฝาถังหมักทั้งสองด้วยเหล็กแผ่นหนา 9 มิลลิเมตร ที่ทาสีกันสนิมไว้แล้ว ยึดฝาเหล็กติดกับปากถังหมักด้วยสกรูเกลียวปล่อย และใช้ซิลิทารอยต่อระหว่างปากถังหมักและฝาปิดเพื่อป้องกันก๊าซรั่วซึมออก บนฝาถังวาล์วเปิดปิดก๊าซมีติดตั้งอยู่ และที่ฝาถังหมักใบแรกหรือเป็นใบที่ส่วนผสมถูกเติมลงมาก่อน จะถูกติดตั้งใบพัดกวนส่วนผสมภายในถัง ที่ใช้มือหมุนเพื่อลดสะสมของตะกอน(Sludge) ที่ก้นถัง ช่วยทำลายฝ้าเหนียวบนผิวหน้าส่วนผสม (Scum) และยังช่วยให้แบคทีเรียกระจายตัวให้ทั่วถัง ชุดหมุนใบพัดจะใช้เฟืองอัตราทด 1:2หรือให้ใบพัดกวนหมุนเร็วกว่าความเร็วของมือที่หมุน 2 เท่า ฝาที่ติดตั้งใบพัดดังกล่าว แสดงในภาพที่ 3.6

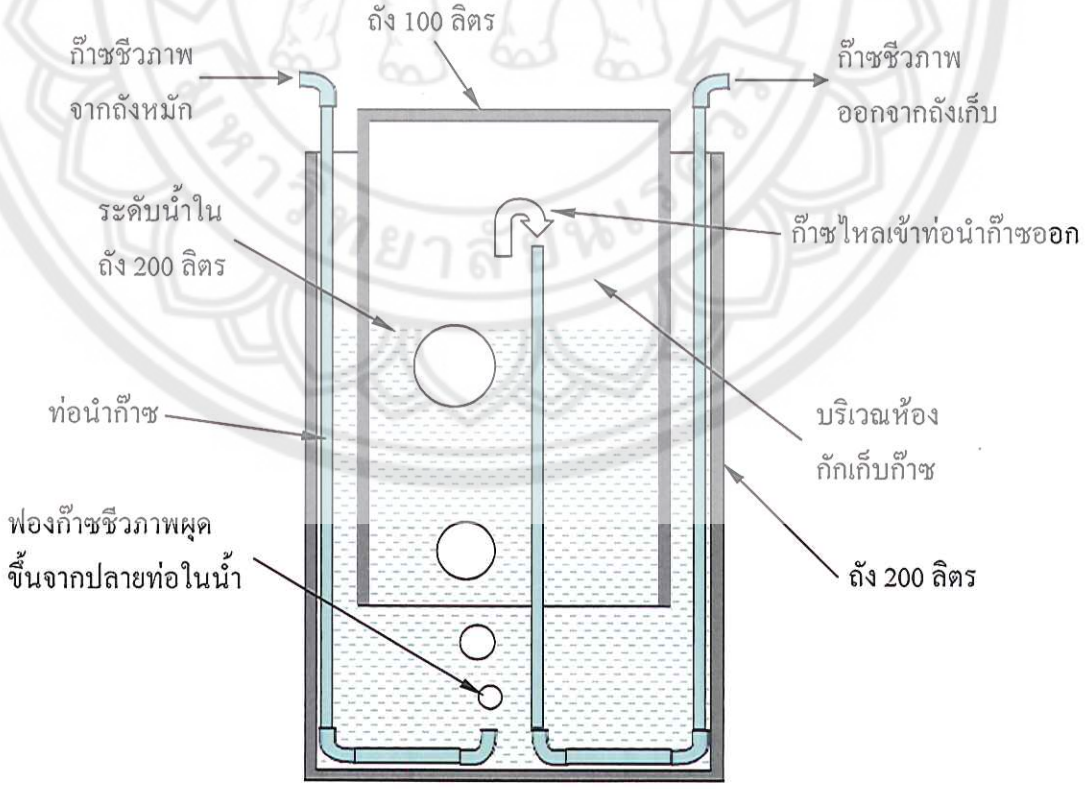


ภาพที่ 3.6 ฝาถังใบแรกที่ติดตั้งใบพัดสำหรับกวนส่วนผสม
(ในภาพฝาถังอยู่ลักษณะหงายขึ้น)

การติดตั้งระบบกักเก็บและวัดปริมาณก๊าซ

ระบบกักเก็บก๊าซสร้างขึ้นโดยการดัดแปลงจากถังเหล็กขนาด 200 ลิตร และ 100 ลิตร อย่างละ 1 ใบ ที่ถัง 200 ลิตร ได้ติดตั้งท่อนำก๊าซโดยใช้ท่อ พี วี ซี และวาล์วเปิดปิด และยังเชื่อมชุดนำเลื่อนติดที่ถังด้วย ส่วนถัง 100 ลิตรจะมีแกนเลื่อนเชื่อมติดอยู่ที่ก้นถังด้านนอกและจะถูกสวมโดยคว่ำลงในถัง 200 ลิตรที่บรรจุน้ำอยู่ที่ความสูง 60 เซนติเมตร เหตุที่ใช้ความสูงน้ำ 60 เซนติเมตร เนื่องจากความดันน้ำระดับนี้เป็นความดันที่ต่ำสุดใช้โดยทั่วไปในระบบการใช้งานก๊าซชีวภาพ ซึ่งถัง 100ลิตรจะสามารถเลื่อนขึ้นลงได้ตามปริมาณก๊าซภายในทำให้สามารถวัดปริมาณก๊าซที่ผลิตได้ด้วยระบบกักเก็บก๊าซนี้ ดังแสดงในภาพที่ 3.7 ส่วนโครงสร้างและการทำงาน ดังแสดงในภาพที่ 3.8

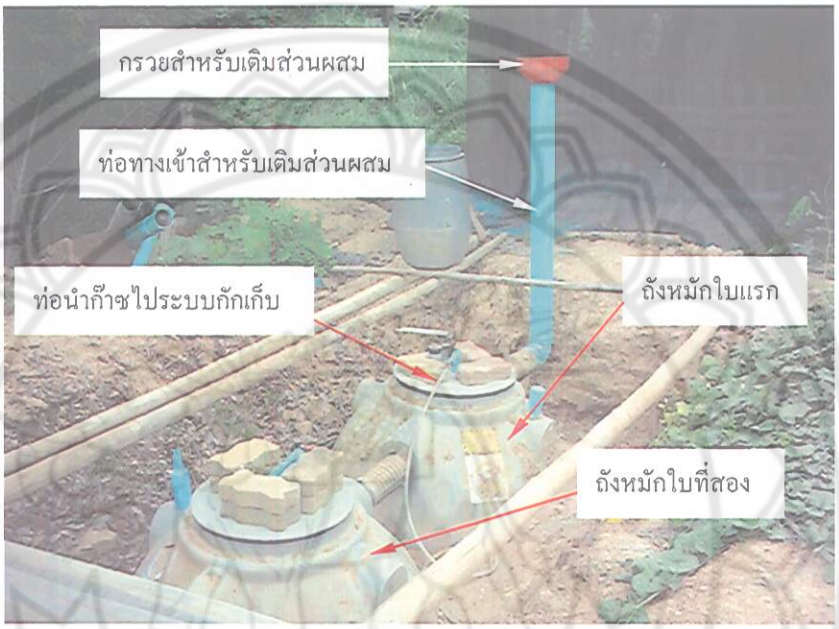
ภาพที่ 3.7 ระบบกักเก็บและวัดปริมาณก๊าซ
(ถัง 100 ลิตรอยู่ภายในถัง 200 ลิตร)



ภาพที่ 3.8 โครงสร้างและการทำงานของระบบกักเก็บก๊าซ

การทดสอบระบบและเก็บข้อมูล

เมื่อติดตั้งอุปกรณ์ต่างๆเป็นที่เรียบร้อยแล้ว ถังหมักจะมีลักษณะดังภาพที่ 3.9 และ 3.10 ตามลำดับ



ภาพที่ 3.9 ถังหมักก๊าซชีวภาพในการวิจัย

ภาพที่ 3.10 อีกมุมหนึ่งของถังหมักก๊าซชีวภาพ

ระบบนี้จะถูกทดสอบในสองด้าน ด้านแรกคือการทดสอบการไหลเข้าของส่วนผสมและไหลออกของกาก โดยเก็บข้อมูลโดยการสังเกตการไหลและกากที่ออก และด้านที่สองคืออัตราการผลิตก๊าซต่อวัน โดยใช้ระบบกักเก็บก๊าซเป็นตัววัดปริมาณของก๊าซที่ได้ ซึ่งปริมาณก๊าซที่ได้จะคำนวณจากความสูงของถัง 100 ลิตรที่ลอยขึ้น

ก่อนที่จะเริ่มการทดลอง ส่วนผสมจะถูกเติมทุกวันจนกระทั่งเต็มก่อนปิดฝา (ในระยะนี้กำลังอยู่ระหว่างการจัดทำฝาปิด) เพราะปริมาณมูลสุกรของโรงเลี้ยงนี้ไม่มากพอที่จะเติมให้เต็มได้ภายในครั้งเดียว ในการทดสอบอัตราการผลิตก๊าซที่ได้ต่อวันนั้น เนื่องจากระบบนี้มีความจุ 1200 ลิตร และอุณหภูมิสภาพแวดล้อมโดยเฉลี่ยอยู่ที่ประมาณ 30 องศาเซลเซียส ดังนั้น จึงเลือกใช้ช่วงระยะพักตัว (Retention time) ในถัง 30 วัน ดังนั้น แต่ละวันจึงต้องเติมส่วนผสมเป็นปริมาณ 48 ลิตร ซึ่งส่วนผสมนี้จะใช้อัตราส่วนมูลสุกรต่อน้ำคือ 1:1 การตวงจะใช้กระป๋องใส่ปูนที่ใช้จะมีปริมาตรประป๋องละ 6 ลิตร ดังนั้น จึงใช้มูลสุกร 4 กระป๋อง และน้ำ 4 กระป๋อง โดยจะนำมูลสุกรและน้ำมาผสมและกวนให้เข้ากันเสียก่อนจึงจะเติมลงในถังหมัก

ก่อนการเติมส่วนผสม จะถอดข้องอที่สวมไว้ที่ปลายท่อทางออกของถังหมัก เพื่อให้เกิดแรงเฉื่อยของการไหลของน้ำในท่อทางออกช่วยดึงกากที่ตกตะกอนอยู่ที่ก้นของถังหมักใบที่สองด้วย เมื่อน้ำและกากต่างๆที่ไหลออกจากท่อทางออกหมดแล้ว จึงสวมข้องกลับเข้าที่ปลายท่อทางออกอีกครั้ง

ขั้นต่อมาจึงหมุนใบพัดด้วยมือโดยควบคุมรอบการหมุนที่มือจับ (Handle) ให้ได้ 50 รอบต่อนาที และหมุนเป็นเวลา 1 นาที ซึ่งจะทำให้ใบพัดหมุนด้วยความเร็ว 100 รอบต่อนาที และหมุนไปเป็นจำนวน 100 รอบ และหลังจากเสร็จขั้นตอนดังกล่าวข้างต้นแล้ว จึงทำการเติมส่วนผสมที่เตรียมไว้ลงในถังหมักต่อไป

เหตุที่ต้องกวนส่วนผสมในถังที่ 1 ก่อนเนื่องจากการกวนจะทำให้ตะกอนที่ก้นถังลอยตัวขึ้นและทำให้สามารถเติมส่วนผสมใหม่ลงไปได้ ถ้าไม่กวนส่วนผสมก่อน จะทำให้เติมส่วนผสมใหม่ลงไปได้ยากหรือไม่ได้เนื่องจากปลายท่อทางเข้าของส่วนผสม (ส่วนที่คล้ายปากแตร) จะอยู่ลึกเกือบถึงก้นของถังหมัก

ในการเก็บข้อมูล จะเก็บข้อมูลสองอย่าง ได้แก่ ปริมาณก๊าซที่ผลิตได้ในแต่ละวันและการไหลเข้าของส่วนผสมและไหลออกของกาก โดยปริมาณก๊าซที่ผลิตได้ในแต่ละวัน ดูจากความสูงของถังกักเก็บก๊าซของระบบกักเก็บก๊าซและนำมาคำนวณหาปริมาตรที่เปลี่ยนไปในแต่ละวัน ส่วนการไหลเข้าของส่วนผสมและไหลออกของกากนั้น จะสังเกตด้วยตาว่ามีการไหลหรือดไม่ และกากที่ไหลออกมีลักษณะอย่างไร

บทที่ 4

ผลการทดลองและอภิปรายผล

บทนี้กล่าวถึงผลที่ได้การทดลองระบบนี้ซึ่งจะแสดงข้อมูลเกี่ยวกับปริมาณก๊าซชีวภาพที่ได้ ลักษณะการไหลเข้าของส่วนผสมและการไหลออกของกาก รวมถึงลักษณะของกากที่ไหลออกด้วย

ผลการทดลอง

ผลจากการทดลองหลังจากปิดฝาถัง และเติมส่วนผสมครั้งแรกในวันต่อมาหลังจากปิดฝาถังหมัก จากนั้นจะเติมส่วนผสมทุกวันโดยปิดฝาถังและเติมส่วนผสมครั้งแรกในวันที่ 16 ธันวาคม 2550 จนกระทั่งถังวันที่ 14 มกราคม 2551 รวมทั้งสิ้น 30 วัน โดยเติมวันละจำนวน 40 ลิตร เติม 1 ครั้งต่อวัน ในจำนวนส่วนผสม 48 ลิตรนี้ ใช้การตวงด้วยกระป๋องปูน แต่ละกระป๋องจุได้ 6 ลิตร การตวงใช้มูลสุกร 4 กระป๋อง และน้ำ 4 กระป๋อง เพื่อให้ได้ระยะพักตัว (retention time) 30 วัน โดยมูลสุกรที่เป็นก้อนจะถูกตีให้แตกและกวนผสมกับน้ำจนกระทั่งมีลักษณะเหมือนโคลน

ก่อนเติมส่วนผสมลงถังหมัก จะกวนส่วนผสมที่ถังหมักใบแรกก่อนด้วยใบพัดที่ติดตั้งไว้ที่ฝาของถังหมักใบแรก การหมุนมือจับ โดยหมุนให้จำนวนรอบของด้ามจับได้ 50 รอบ ภายใน 1 นาที และหมุนเป็นเวลา 1 นาที จะทำให้ได้จำนวนรอบการหมุนทั้งหมดของใบกวนได้ 100 รอบ จากนั้นจึงเติมส่วนผสม การเติมส่วนผสมลงถังหมักจะค่อยๆเติมลงทางท่อทางเข้าส่วนผสม เพื่อให้สามารถสังเกตการไหลของส่วนผสมเข้าถังหมักได้ ผลการทดลองและเก็บข้อมูลดังแสดงในตารางที่ 4.1

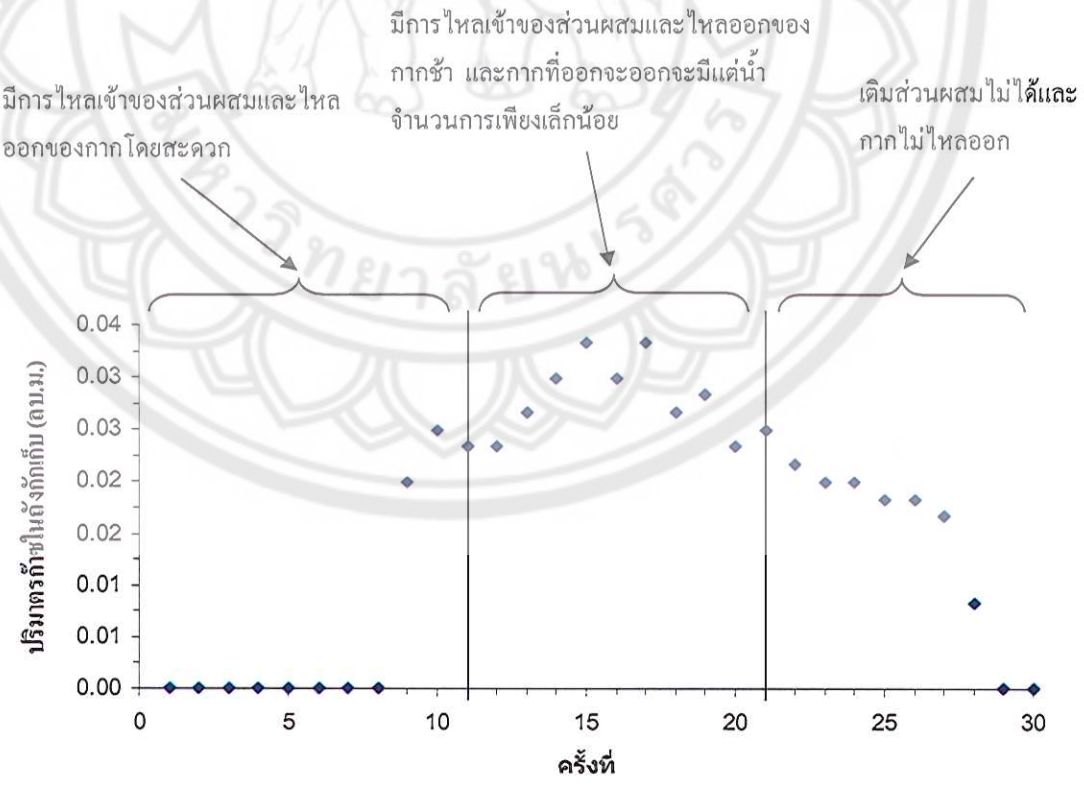
ตารางที่ 4.1 แสดงผลการทดลอง

ครั้งที่	วัน/เดือน/ปี	ความสูงถังกักเก็บก๊าซ (เมตร)	ปริมาตรก๊าซในถัง (เมตร^3)	การไหลเข้าของส่วนผสม		การไหลออกของกาก		ลักษณะของกากที่ออก
				เข้า/ไม่เข้า	เร็ว/ช้า	ออก/ไม่ออก	เร็ว/ช้า	
1	16/12/50	0.00	0.00	เข้า	เร็ว	ออก	เร็ว	น้ำและกาก
2	17/12/50	0.00	0.00	เข้า	เร็ว	ออก	เร็ว	น้ำและกาก
3	18/12/50	0.00	0.00	เข้า	เร็ว	ออก	เร็ว	น้ำและกาก
4	19/12/50	0.00	0.00	เข้า	เร็ว	ออก	เร็ว	น้ำและกาก
5	20/12/50	0.00	0.00	เข้า	เร็ว	ออก	เร็ว	น้ำและกาก

6	21/12/50	0.00	0.00	เข้า	เร็ว	ออก	เร็ว	น้ำและกาก
7	22/12/50	0.00	0.00	เข้า	เร็ว	ออก	เร็ว	น้ำและกาก
8	23/12/50	0.00	0.00	เข้า	เร็ว	ออก	เร็ว	น้ำและกาก
9	24/12/50	0.12	0.02	เข้า	เร็ว	ออก	เร็ว	น้ำและกาก
10	25/12/50	0.15	0.02	เข้า	เร็ว	ออก	เร็ว	น้ำและกาก
11	26/12/50	0.14	0.02	เข้า	ช้า	ออก	ช้า	มีแต่น้ำ
12	27/12/50	0.14	0.02	เข้า	ช้า	ออก	ช้า	มีแต่น้ำ
13	28/12/50	0.16	0.03	เข้า	ช้า	ออก	ช้า	มีแต่น้ำ
14	29/12/50	0.18	0.03	เข้า	ช้า	ออก	ช้า	มีแต่น้ำ
15	30/12/50	0.20	0.03	เข้า	ช้า	ออก	ช้า	มีแต่น้ำ
16	31/12/50	0.18	0.03	เข้า	ช้า	ออก	ช้า	มีแต่น้ำ
17	1/1/51	0.20	0.03	เข้า	ช้า	ออก	ช้า	มีแต่น้ำ
18	2/1/51	0.16	0.03	เข้า	ช้า	ออก	ช้า	มีแต่น้ำ
19	3/1/51	0.17	0.03	เข้า	ช้า	ออก	ช้า	มีแต่น้ำ
20	4/1/51	0.14	0.02	เข้า	ช้า	ออก	ช้า	มีแต่น้ำ
21	5/1/51	0.15	0.02	เข้า	ช้า	ออก	ช้า	มีแต่น้ำ
22	6/1/51	0.13	0.02	ไม่เข้า	-	ไม่ออก	-	-
23	7/1/51	0.12	0.02	ไม่เข้า	-	ไม่ออก	-	-
24	8/1/51	0.12	0.02	ไม่เข้า	-	ไม่ออก	-	-
25	9/1/51	0.11	0.02	ไม่เข้า	-	ไม่ออก	-	-
26	10/1/51	0.11	0.02	ไม่เข้า	-	ไม่ออก	-	-
27	11/1/51	0.10	0.02	ไม่เข้า	-	ไม่ออก	-	-
28	12/1/51	0.05	0.01	ไม่เข้า	-	ไม่ออก	-	-
29	13/1/51	0.00	0.00	ไม่เข้า	-	ไม่ออก	-	-
30	14/1/51	0.00	0.00	ไม่เข้า	-	ไม่ออก	-	-

จากตาราง 4.1 คอลัมน์ที่ 3 จะเป็นความสูงของก้นถังกักเก็บก๊าซที่เปลี่ยนไป ซึ่งจะสูงขึ้นเมื่อมีก๊าซไหลเข้ามาในถังและจะเปิดวาล์วปล่อยก๊าซในถังเพื่อเผาทิ้งทุกวัน เพื่อจะได้ทราบปริมาตรที่ผลิตได้จากถังหมักนี้ในแต่ละวัน คอลัมน์ที่ 4 เป็นปริมาตรของก๊าซที่ได้จากการคำนวณจากความ

สูงของถังกักเก็บก๊าซที่เปลี่ยนไปในคอลัมน์ที่ 3 ในคอลัมน์ที่ 5 และ6 แสดงการไหลของส่วนผสมขณะเติม โดยจะสังเกตการไหลของส่วนผสมเข้าถังหมักว่ามีการไหลเข้าหรือไม่และไหลเข้าได้อย่างสะดวกรวดเร็วหรือไหลอย่างช้าๆ ในคอลัมน์ที่ 7 และ 8 แสดงการไหลของกากที่ผ่านการหมักแล้วออกทางท่อทางออกของถังหมัก ซึ่งกากนี้จะต้องไหลออกเองขณะที่มีการเติมส่วนผสมใหม่ลงไปในถังหมัก จากการเก็บข้อมูลเป็นเวลา 30 วัน พบว่า อัตราการผลิตก๊าซชีวภาพโดยเฉลี่ยตั้งแต่เริ่มวันที่สามารถวัดปริมาตรได้คือตั้งแต่การเติมส่วนผสมครั้งที่ 9 ถึงครั้งที่ 28 เป็นจำนวน 20 ครั้ง ได้ค่าเฉลี่ยปริมาตรก๊าซได้ 0.14 ลูกบาศก์เมตรต่อวัน จะเห็นได้ว่า ในช่วงแรกของการเติมส่วนผสมลงในถังหมัก ส่วนผสมจะไหลเข้าถังหมักได้อย่างรวดเร็ว และการไหลออกของกากจะไหลออกอย่างรวดเร็วด้วยเช่นกัน และเป็นส่วนผสมของกากที่ผ่านการย่อยสลายในถังหมักแล้วปนกับน้ำ แต่เมื่อผ่านไปประมาณ 12 วัน การเติมจะทำได้ยากขึ้น การไหลของส่วนผสมเข้าถังหมักไหลเข้าอย่างช้าๆ และกากจะไหลออกที่ท่อทางออกอย่างช้าๆ ด้วย แต่ยังคงสามารถเติมส่วนผสมลงถังได้ จนกระทั่งหลังจากประมาณครั้งที่ 21 ของการเติมส่วนผสม ซึ่งหลังจากนี้ไม่สามารถเติมส่วนผสมได้ และระบบจะไม่สามารถผลิตก๊าซได้อีก



ภาพที่ 4.1 กราฟความสัมพันธ์ระหว่างจำนวนครั้งที่เก็บข้อมูลกับปริมาตรก๊าซที่ได้และพฤติกรรมของการไหลเข้าของส่วนผสมและการไหลออกของกาก

จากตารางที่ 4.1 สามารถแสดงเป็นกราฟได้ดังภาพที่ 4.1 แกนนอนคือครั้งที่เติมส่วนผสม และแกนตั้งคือปริมาณก๊าซในถังกักเก็บ

ปัจจัยสำคัญที่ส่งผลต่อการเลื่อนขึ้นลงของถังกักเก็บก๊าซคือความฝืดระหว่างแกนเลื่อนกับชุดนำเลื่อน เนื่องจากจะต้องมีการช่วยขยับถังเลื่อนขึ้นลงบ้างเล็กน้อยด้วยมือ อาจส่งผลทำให้ค่าความสูงของถังที่ลอยคลาดเคลื่อนได้ ถึงแม้นว่าจะมีการทาจาระบีเพื่อหล่อลื่นไว้แล้วก็ตาม

บทที่ 5

สรุปผลการทำวิจัย

ในบทนี้กล่าวถึงสรุปผลงานวิจัย ปัญหาและอุปสรรคในงานวิจัย ข้อเสนอแนะในการทำวิจัยครั้งต่อไปและบทวิจารณ์

สรุปผลการวิจัย

การประยุกต์โดยการดัดแปลงถังกรองซึ่งใช้ในระบบบำบัดน้ำเสียที่สำหรับใช้ในอาคารบ้านพักอาศัย เพื่อให้เป็นถังหมักและผลิตก๊าซชีวภาพจากมูลสุกร โดยการดัดแปลงถังบำบัดน้ำเสียชนิดถังกรองและมีขนาดความจุถังละ 600 ลิตรให้เป็นถังหมักก๊าซชีวภาพ โดยการใช้ถังบำบัดน้ำเสียดังกล่าวจำนวน 2 ถัง จึงทำให้มีความจุรวม 1,200 ลิตร นำมาต่อท่อทางเดินน้ำเข้าด้วยกัน และดัดแปลงท่อทางเดินน้ำภายในของถังเพื่อให้มีเส้นทางการไหลของส่วนผสมภายในถังตามที่ออกแบบไว้ และไม่บรรจุตัวกรอง (Plastic media) ลงในถัง ที่ปลายท่อทางออกของกากได้ติดข้องอ 90 องศา เพื่อใช้เป็นอุปกรณ์ช่วยดึงกากตะกอนก้นถังใบที่สองออก ส่วนอุปกรณ์ที่ใช้กักเก็บก๊าซดัดแปลงจากถังเหล็กจำนวน 2 ใบ ใบแรกเป็นถังเหล็กขนาด 200 ลิตร อยู่ในลักษณะหงาย และบรรจุน้ำใบถังสูง 60 เซนติเมตร ใบที่สอง เป็นถังเหล็กขนาด 100 ลิตร อยู่ในลักษณะคว่ำลงในถังใบแรก และใช้เป็นส่วนที่กักเก็บก๊าซ โดยการต่อท่อนำก๊าซจากถังหมักมายังถังเก็บก๊าซ และมีวาล์วเปิดปิดการไหลที่ ถัง 100 ลิตรที่ใช้กักเก็บก๊าซจะเลื่อนขึ้นลงในแนวดิ่งได้โดยใช้อุปกรณ์นำเลื่อน

ฝาปิดถังหมักทำจากเหล็กแผ่นกลมที่ทาสีกันสนิมปิดทั้งสองถัง และอุดรอยต่อระหว่างฝากับปากถังด้วยซิลิโคนบนฝาของถังหมักใบแรกหรือใบที่ส่วนผสมเข้าครั้งแรกจะติดตั้งใบพัดกวนส่วนผสมเพื่อลดการสะสมของตะกอน ทำลายฝ้าเหนียวที่ผิวส่วนผสม และทำให้แบคทีเรียกระจายตัวในส่วนผสมอย่างสม่ำเสมอและที่ฝาปิดยังมีวาล์วเปิดปิดก๊าซก่อนข้าสู่ถังกักเก็บ

ในการทดลองนี้ใช้มูลสุกรและน้ำในอัตราส่วน 1 : 1 รวมจำนวนส่วนผสมที่เติมลงถังหมักทั้งสิ้นเป็นจำนวน 48 ลิตรต่อวัน ซึ่งจะทำให้มีระยะพักตัวเป็น 30 วัน และทำการทดสอบระบบนี้เป็นจำนวน 30 วัน ผลการทดลองพบว่าปริมาตรก๊าซเริ่มวัดได้เมื่อผ่านไป 8 วัน และยังสามารถวัดปริมาณก๊าซได้จนกระทั่งถึงวันที่ 29 ของการเก็บข้อมูล ดังนั้น ช่วงเวลาที่วัดปริมาณก๊าซชีวภาพได้มีเพียง 20 วัน อัตราการผลิตก๊าซชีวภาพโดยเฉลี่ยช่วง 20 วันนี้คือ 0.14 ลูกบาศก์เมตรต่อวัน แต่ในช่วงวันที่ 21 ถึง 30 ของการเก็บข้อมูลไม่สามารถเติมส่วนผสมและระบายกากออกได้

ปัญหาและอุปสรรคในการทำวิจัย

ในการทดลองระบบผลิตก๊าซในงานวิจัยนี้ ต้องมีการปรับปรุงการดัดแปลงถังหมักอย่างมากถึงสามครั้ง โดยในการทดลองครั้งแรก ระบบนี้สามารถผลิตก๊าซชีวภาพได้ แต่ปัญหาที่เกิดคือ เมื่อมีการเติมส่วนผสมไปเป็นระยะประมาณ 1 เดือน จะไม่สามารถเติมส่วนผสมลงในถังหมักได้อีก เนื่องจากส่วนผสมในถังหมักที่ผ่านการหมักแล้ว ไม่สามารถไหลออกทางท่อทางออก โดยเชื่อว่าสาเหตุอาจจะเกิดจากตะกอนของส่วนผสมอุดตันที่ท่อทางออกที่บริเวณก้นถังใบที่สอง จึงได้แก้ไขโดยการติดตั้งท่อ พีวีซี ขนาด 1 นิ้ว ให้มีความยาวจากส่วนบนด้านนอกของถัง และลึกไปจนใกล้ถึงก้นถังและใส่น้ำในท่อนี้ก่อนเติมส่วนผสมลงในท่อทางเข้า เพื่อน้ำที่เติมในท่อดังกล่าวทำหน้าที่กวนตะกอนไม่ให้สะสมที่ก้นถังใบที่สอง และทดลองอีกเป็นระยะเวลา 2 เดือน แต่ยังไม่สามารถแก้ปัญหาการไหลเข้าของส่วนผสมและการไหลออกของกากได้ จึงปรับปรุงระบบอีกเป็นครั้งที่สอง ซึ่งยังเชื่อว่ายังเป็นเนื่องจากสาเหตุเดิม จึงปรับปรุงระบบอีกครั้งโดยการติดตั้งใบพัดที่ทำงานด้วยมือ เพื่อกวนส่วนผสมในถังที่สอง เพื่อไม่ให้มีการสะสมของตะกอน และทดสอบอีก 2 เดือน แต่ยังไม่สามารถแก้ปัญหาเดิมได้ จากนั้นจึงเปิดฝาถังใบที่หนึ่ง และพบว่า สาเหตุที่ทำให้ระบบอุดตันคือหรือการไม่ไหลของส่วนผสมภายในถังหมักคือ การสะสมของตะกอนในถังที่หนึ่ง ตะกอนเหล่านี้เป็นตะกอนที่เกิดจากเปลือกของเมล็ดข้าวเปลือกหรือแกลบ ซึ่งเป็นส่วนประกอบของรำหยาบที่มีแกลบปนอยู่มาก ที่ผู้เลี้ยงสุกรนำมาผสมอาหารที่ใช้เลี้ยงสุกรและอาจเป็นสิ่งที่ระบบย่อยอาหารของสุกรไม่สามารถย่อยได้จึงขับถ่ายออกมาในสภาพเดิมและเป็นส่วนหนึ่งของมูลสุกร เปลือกของเมล็ดข้าวมีลักษณะแข็งและยังย่อยสลายได้ยากในถังหมัก ในขณะที่ส่วนอื่นๆที่อ่อนกว่า และย่อยสลายได้ง่ายกว่าถูกย่อยไปหมดแล้ว จึงเหลือเพียงเปลือกของเมล็ดข้าวหรือแกลบตกค้างและตกตะกอนอัดแน่นอยู่เป็นจำนวนมากจนกระทั่งเต็มถังหมักใบแรกและอุดตันที่ปลายท่อทางเข้าที่อยู่ในถังหมัก จากการสังเกตด้วยสายตาพบว่ามูลสุกรสดมีส่วนที่เป็นแกลบนี้ปนอยู่มากถึงประมาณร้อยละ 20

ด้วยเหตุผลดังกล่าว จึงต้องตักเอาตะกอนของแกลบในถังที่แรกออกบางส่วน และย้ายใบพัดที่เคยใช้กวนถังที่สอง นำมากวนในถังที่หนึ่งแทน ตามที่ได้ทดลองในงานวิจัยนี้ ซึ่งผลที่ได้คือยังมีปัญหาการเนื่องจากตะกอนของแกลบอยู่

นอกจากนี้ ส่วนผสมของอาหารที่ใช้เลี้ยงสุกรมีส่วนผสมของสารบางชนิด ซึ่งสารนี้ผู้เลี้ยงใช้เพื่อลดกลิ่นของมูลสุกร และอาจเป็นสาเหตุหนึ่งที่ส่งผลปริมาณก๊าซที่ได้ ทำให้ก๊าซที่ได้ไม่มากนัก เนื่องสารนี้ไปอาจรบกวนการทำงานของแบคทีเรียในถังหมักได้

ข้อเสนอแนะในการทำวิจัยครั้งต่อไป

1. ทดลองใช้ส่วนผสมที่ได้จากมูลสุกรที่ได้รับการเลี้ยงโดยให้อาหารที่ถูกต้องตามหลักวิชาการในการเติมส่วนผสมลงในถังหมัก

2. ฝังกลบถังหมักให้เหมือนกับการใช้งานปกติและตรวจวัดอุณหภูมิทั้งภายในถังและอุณหภูมิบรรยากาศ เพื่อรักษาอุณหภูมิในการหมักให้สม่ำเสมอขึ้น

3. ควรนำก๊าซชีวภาพที่ได้มาตรวจสอบหาปริมาณของก๊าซมีเทน ก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ และก๊าซชนิดอื่นๆที่ปนมาด้วย

4. ควรนำกากที่ออกมาทางท่อทางออกของถังหมักมาตรวจสอบหาค่า COD และ BOD เพื่อให้ทราบถึงประสิทธิภาพในการหมักด้วยระบบนี้

5. ควรมีการศึกษาระบบนี้ในระยะที่ยาวขึ้น

6. ควรทำวิจัยในกรณีมีขยายขนาดของระบบผลิตก๊าซชีวภาพนี้ให้ใหญ่ขึ้น

7. นำพลังงานทดแทนอย่างอื่น เช่น พลังงานลมมาใช้ในการขับใบพัดที่ใช้กวนส่วนผสมในถังหมักแทนการใช้แรงงานคน

8. ควรศึกษาวิธีการกวนส่วนผสมในถังหมักที่เหมาะสม ทั้งการออกแบบอุปกรณ์และความเร็วในการกวน

9. ควรศึกษาความยาวของท่อทางออกกากที่เหมาะสมเนื่องจากการไหลของกากจะสามารถสร้างแรงเฉื่อยของการไหลและสามารถดึงตะกอนที่ก้นถังใบที่สองออกได้

10. การใช้ถังเหล็กเป็นถังกักเก็บก๊าซ ถึงแม้นว่าจะมีสีที่ทาเดิมที่ทนต่อสารเคมีอยู่แล้ว (เดิมเป็นเป็นถังใส่สารเคมี) และยังทาสีกันสนิมทับอีกครั้งหลายชั้น ยังไม่สามารถป้องกันการกัดกร่อนจากความเป็นกรดของก๊าซชีวภาพได้ จากที่ใช้ในงานวิจัยนี้ ได้สังเกตเห็นว่าถังเหล็กส่วนที่สัมผัสกับก๊าซจะผุกร่อนเร็วกว่าส่วนที่อยู่ในน้ำมาก ดังนั้น จึงควรหลีกเลี่ยงการใช้ถังเหล็ก ควรใช้ถังที่เป็นพลาสติคแทน ซึ่งสามารถหาซื้อได้โดยทั่วไปและราคาใกล้เคียงกับถังเหล็ก

11. เปลี่ยนจากการใช้มูลสุกรเป็นมูลวัวหรือมูลไก่ ปรับปรับเปลี่ยนสัดส่วนระหว่างมูลสัตว์กับน้ำในสัดส่วนต่างๆ เช่น 1: 2 หรือ 1:3 เป็นต้น

12. ออกแบบพัฒนาระบบการเติมส่วนผสมเข้าถังหมักและการไหลออกของกาก เพื่อให้ลดการสะสมของตะกอน (sludge) และฝ้าเหนียว (scum) ภายในถังหมัก เพื่อลดปัญหาการบำรุงรักษาถังหมัก

บทวิจารณ์

1. การใช้ใบพัดกวนส่วนผสมในถังหมักนี้ อาจจะช่วยลดปัญหาการสะสมของตะกอนภายในถังได้ โดยทั่วไประบบผลิตก๊าซชีวภาพมักมีปัญหาการสะสมของตะกอน และทำให้ปริมาตรภายในบ่อหมักลดลง เมื่อถึงระยะเวลาหนึ่งจำเป็นต้องเปิดระบบทั้งหมดเพื่อตักหรือทำความสะอาดตะกอนต่างๆ ออกด้วยคนงาน ซึ่งหาแรงงานได้ยาก ค่าแรงสูง และยังเสียเวลาเพื่อหยุดการใช้งานเนื่องจากการทำความสะอาดตะกอน ดังนั้น การที่สามารถลดการสะสมของตะกอนได้ย่อมมีส่วนช่วยให้ลดปัญหาการบำรุงรักษาลง ซึ่งการแก้ปัญหาการสะสมของตะกอนอาจมีวิธีอื่นอีก

2. สีกันสนิมสีเทาที่มีขายทั่วไปในท้องตลาด ซึ่งคุณภาพของสียังไม่พอเพียงที่จะปกป้องแผ่นฝาที่เป็นเหล็กจากการกัดกร่อนของก๊าซชีวภาพที่เกิดขึ้นได้อย่างดี ทำให้เกิดการกัดกร่อนอย่างรวดเร็วที่ผิวของฝาเหล็กที่สัมผัสกับก๊าซในห้องเก็บก๊าซที่ถังหมัก เนื่องจากเนื้อสีอาจมีความพรุนทำให้กรดเข้าไปกัดเนื้อเหล็กได้ ดังนั้น อาจจะต้องใช้วิธีการอื่น เช่น ใช้สีหรือวัสดุที่ใช้เคลือบผิวอื่นๆ ที่มีคุณสมบัติเหมาะสมกับการใช้งานนี้ หรือออกแบบโดยใช้วัสดุอื่นที่ไม่ใช่โลหะและต้องออก แบบวิธีการปิดฝาที่สามารถทนแรงดันก๊าซภายในถังหมักได้

3. ในกรณีที่ต้องการผลิตเพื่อจำหน่ายระบบผลิตก๊าซชีวภาพขนาดเล็กชนิดสำเร็จรูปเป็นจำนวนมาก จำเป็นต้องออกแบบให้ฝาปิดมีลักษณะที่สามารถผลิต ติดตั้งให้ง่ายขึ้น ทนต่อแรงดันก๊าซภายในได้ ป้องกันการรั่วของก๊าซชีวภาพภายในห้องสะสมก๊าซที่ส่วนบนของถังหมักได้อย่างดี และควรทำจากวัสดุที่ทนต่อความเป็นกรดของก๊าซในห้องเก็บก๊าซได้ เช่น พลาสติกชนิด HDPE ซึ่งเป็นวัสดุเดียวกับที่ใช้ทำถังบำบัดน้ำเสียทั่วไป ทำให้สามารถลดต้นทุนของค่าวัสดุในการผลิตและค่าแรงในการติดตั้งลงอีกทั้งยังบำรุงรักษาได้ง่าย และควรเป็นการวิจัยต่อเนื่องจากงานวิจัยนี้

4. ในการทดลองนี้อาจยังมีการรั่วของก๊าซเกิดขึ้น เนื่องจากสังเกตเห็นฟองผุดขึ้นที่ท่อทางเข้าของถังหมักใบแรก ซึ่งอาจส่งผลต่อปริมาณก๊าซที่วัดได้

บรรณานุกรม

[1] K C Khandel Wal and S S Mahdi. (1978). Biogas Technology: A Practical Handbook Volume1. New Delhi: Tata McGraw - Hill Publishing Company Limited.

[2] Charles G. Gunnerson and David C. (1986). Stuckey Anaerobic Digestion World Bank technical paper no.49 (1st ed.). Washington, D.C. U.S.A.

[3] D.M.Tam และ N.C Thanh. (1982). Biogas technology in development countries: An over view of perspectives. Environment Sanitation Reviews, No.9, December.

[4] Ariane van Buren. (1979). A Chinese biogas manual: popularizing technology in the countryside. London: Intermediate Technology Publications Ltd.

[5] Hohl feld and J. etal. (1986). Production and Utilization of Biogas in Rural Areas of Industrialized and Developing Countries: Schbirn. GTZE

[6] Charles G. Gunnerson and David C. Stuckey. (1986). Anaerobic Digestion World Bank technical paper no.49. (1st ed.). Washington, D.C. U.S.A.

[7] สถาบันพัฒนาและส่งเสริมปัจจัยการผลิต กรมส่งเสริมการเกษตร. คู่มือการใช้ประโยชน์และดูแลรักษาระบบก๊าซชีวภาพขนาดเล็ก.

[8] องค์การอาหารและเกษตรแห่งสหประชาชาติ. (1984). แก๊สมูลสัตว์. (สุนทร โคตรบรรเทา). กรุงเทพฯ: สุวีริยาสาส์น. พิมพ์ครั้งที่ 1. 2535.

[9] บุญมา ป้านประดิษฐ์ และ อรรถวุทธิ์ รื่นเริงใจ. (2549). ถังหมักมหัศจรรย์เพื่อครัวเรือนเปลี่ยนขยะป็นก๊าซหุงต้ม. นิตยสารเกษตรกรรมธรรมชาติ, ปีที่ 6 (ฉบับที่ 6).หน้า 24–28.

[10] สมชาย แก้วจันทร์ฉาย. (2549). ผลิตก๊าซชีวภาพใช้เองที่บ้านด้วยถังหมักระดับครัวเรือน. นิตยสารเกษตรกรรมธรรมชาติ, ปีที่ 6 (ฉบับที่ 6). หน้า 36–40.

[11] Tushar Jash and Sujay Basu. Development of a mini biogas digester for lighting in India, Pergamon. Energy. 27 April 1998

[12] http://wavetank.host.sk/waste.html