รายงานการวิจัย
เรื่อง

การกำจัดก๊าซไฮโดรเจนซัลไฟด์ (H_2S) จากก๊าซชีวภาพ สำหรับชุมชนในเขตจังหวัดมหาสารคาม

Removal of hydrogen sulfide (H_2S) from biogas for the community in the province of Maha Sarakham

มหาวิทยาลัยราชภัฏมหาสารคาม
RAJABHAT MAHASARAKHAM UNIVERSITY

วสันต์ ปินะเต
ดวงกมล ดังโพนทอง

มหาวิทยาลัยราชภัฏมหาสารคาม
2562
ลิขสิทธิ์ของมหาวิทยาลัยราชภัฏมหาสารคาม
(งานวิจัยนี้ได้รับทุนอุดหนุนจากสถาบันวิจัยและพัฒนา มหาวิทยาลัยราชภัฏมหาสารคาม ปีงบประมาณ 2560)

รายงานการวิจัย
เรื่อง

การกำจัดก๊าซไฮโดรเจนซัลไฟด์ (H_2S) จากก๊าซชีวภาพ สำหรับชุมชนในเขตจังหวัดมหาสารคาม

Removal of hydrogen sulfide (H_2S) from biogas for the community in the province of Maha Sarakham

มหาวิทยาลัยราชภัฏมหาสารคาม
RAJABHAT MAHASARAKHAM UNIVERSITY

วสันต์ ปินะเต
ดวงกมล ดังโพนทอง

มหาวิทยาลัยราชภัฏมหาสารคาม
2562
ลิขสิทธิ์ของมหาวิทยาลัยราชภัฏมหาสารคาม
(งานวิจัยนี้ได้รับทุนอุดหนุนจากสถาบันวิจัยและพัฒนา มหาวิทยาลัยราชภัฏมหาสารคาม ปีงบประมาณ 2560)

บทที่ 4
ผลการดำเนินงานวิจัย

ในบทนี้จะกล่าวถึงการวิเคราะห์ปริมาณการกำจัดก๊าซไฮโดรเจนซัลไฟด์ (H_2S) จากก๊าซชีวภาพที่ได้จากบ่อหมักมูลสุกร โค และกระบือ โดยเครื่องวิเคราะห์ก๊าซชีวภาพ Biogas 5000 พร้อมทั้งเปรียบเทียบประสิทธิภาพการกำจัดก๊าซไฮโดรเจนซัลไฟด์ระหว่างสารเฟอร์ริกไฮดรอกไซด์กับฝอยเหล็ก หลังการติดตั้งชุดดูดซับเรียบร้อยแล้ว ซึ่งจะทำการทดลองบ่อก๊าซชีวภาพของเกษตรกรทั้งหมด จำนวน 3 บ่อ โดยแบ่งเป็นบ่อหมักมูลสุกร 1 บ่อ บ่อหมักมูลโค 1บ่อ และบ่อหมักมูลกระบือ 1 บ่อ ในเขตพื้นตำบลกุดรัง อำเภอกุดรัง

4.1 ผลการวิเคราะห์ปริมาณก๊าซไฮโดรเจนซัลไฟด์ (H_2S)

4.1.1 ผลการวิเคราะห์ปริมาณก๊าซไฮโดรเจนซัลไฟด์ (H_2S) จากบ่อหมักสุกร

ตารางที่ 4.1 ปริมาณก๊าซ H_2S ที่วัดได้จากบ่อหมักสุกร

โดยวัดปริมาณก๊าซ **H_2S** ก่อนติดตั้งชุดดูดซับด้วยเฟอร์ริกไฮดรอกไซค์ได้เท่ากับ 3,332 ppm และวัดปริมาณก๊าซ **H_2S** ก่อนติดตั้งชุดดูดซับด้วยฝอยเหล็กได้เท่ากับ 3,129 ppm

ปริมาณ / วัน	เฟอร์ริกไฮดรอกไซค์ $Fe(OH)_3$ (ppm)	ฝอยเหล็ก (ppm)
1	1,639	2,956
2	842	2,769
3	200	2,431
4	143	2,146
5	79	2,084
6	53	1,995
7	38	1,860
8	0	1,752
9	-	1,548
10	-	1,320
11	-	958
12	-	778
13	-	498
14	-	216
15	-	94
16	-	0

มหาวิทยาลัยราชภัฏมหาสารคาม
RAJABHAT MAHASARAKHAM UNIVERSITY

จากตารางที่ 4.1 ปริมาณของก๊าซไฮโดรเจนซัลไฟด์ที่วิเคราะห์ได้โดยเครื่องวิเคราะห์ก๊าซชีวภาพจากบ่อหมักสุกร หลังการติดตั้งชุดดูดซับด้วยเฟอร์ริกไฮดรอกไซค์และชุดดูดซับด้วยฝอยเหล็ก พบว่า ชุดดูดซับที่ทำจากเฟอร์ริกไฮดรอกไซด์มีประสิทธิภาพในการดูดซับก๊าซไฮโดรเจนซัลไฟด์มากกว่าชุดดูดซับที่ทำจากฝอยเหล็ก เนื่องจากชุดดูดซับที่ทำจากเฟอร์ริกไฮดรอกไซด์ใช้เวลาในการดูดซับก๊าซไฮโดรเจนซัลไฟด์น้อยกว่าชุดดูดซับที่ทำจากฝอยเหล็ก

ตารางที่ 4.2 ปริมาณก๊าซ H_2S ที่วัดได้จากบ่อหมักโค

โดยวัดปริมาณก๊าซ **H_2S** ก่อนติดตั้งชุดดูดซับด้วยเฟอร์ริกไฮดรอกไซค์ได้เท่ากับ 1,874 ppm และวัดปริมาณก๊าซ **H_2S** ก่อนติดตั้งชุดดูดซับด้วยฝอยเหล็กได้เท่ากับ 1,829 ppm

ปริมาณ / วัน	**เฟอร์ริกไฮดรอกไซค์ $Fe(OH)_3$ (ppm)**	**ฝอยเหล็ก (ppm)**
1	975	1,668
2	463	1,476
3	228	1,243
4	148	1,089
5	58	821
6	0	584
7	-	391
8	-	203
9	-	96
10	-	34
11	-	0
12	-	-
13	-	-
14	-	-
15	-	-
16	-	-

มหาวิทยาลัยราชภัฏมหาสารคาม
RAJABHAT MAHASARAKHAM UNIVERSITY

จากตารางที่ 4.2 ปริมาณของก๊าซไฮโดรเจนซัลไฟด์ที่วิเคราะห์ได้โดยเครื่องวิเคราะห์ก๊าซชีวภาพจากบ่อหมักโค หลังการติดตั้งชุดดูดซับด้วยเฟอร์ริกไฮดรอกไซค์และชุดดูดซับด้วยฝอยเหล็ก พบว่า ชุดดูดซับที่ทำจากเฟอร์ริกไฮดรอกไซด์มีประสิทธิภาพในการดูดซับก๊าซไฮโดรเจนซัลไฟด์มากกว่าชุดดูดซับที่ทำจากฝอยเหล็ก เนื่องจากชุดดูดซับที่ทำจากเฟอร์ริกไฮดรอกไซด์ใช้เวลาในการดูดซับก๊าซไฮโดรเจนซัลไฟด์น้อยกว่าชุดดูดซับที่ทำจากฝอยเหล็ก

ตารางที่ 4.3 ปริมาณก๊าซ H_2S ที่วัดได้จากบ่อหมักกระบือ

โดยวัดปริมาณก๊าซ **H_2S** ก่อนติดตั้งชุดดูดซับด้วยเฟอร์ริกไฮดรอกไซค์ได้เท่ากับ 1,662 ppm และวัดปริมาณก๊าซ **H_2S** ก่อนติดตั้งชุดดูดซับด้วยฝอยเหล็กได้เท่ากับ 1,619 ppm

ปริมาณ / วัน	**เฟอร์ริกไฮดรอกไซค์ $Fe(OH)_3$ (ppm)**	**ฝอยเหล็ก (ppm)**
1	1,218	1,428
2	845	1,282
3	425	1,086
4	96	850
5	0	662
6		420
7	-	285
8	-	97
9	-	34
10	-	0
11	-	-
12	-	-
13	-	-
14	-	-
15	-	-
16	-	-

มหาวิทยาลัยราชภัฏมหาสารคาม
RAJABHAT MAHASARAKHAM UNIVERSITY

จากตารางที่ 4.3 ปริมาณของก๊าซไฮโดรเจนซัลไฟด์ที่วิเคราะห์ได้โดยเครื่องวิเคราะห์ก๊าซชีวภาพจากบ่อหมักกระบือ หลังการติดตั้งชุดดูดซับด้วยเฟอร์ริกไฮดรอกไซค์และชุดดูดซับด้วยฝอยเหล็ก พบว่า ชุดดูดซับที่ทำจากเฟอร์ริกไฮดรอกไซด์มีประสิทธิภาพในการดูดซับก๊าซไฮโดรเจนซัลไฟด์มากกว่าชุดดูดซับที่ทำจากฝอยเหล็ก เนื่องจากชุดดูดซับที่ทำจากเฟอร์ริกไฮดรอกไซด์ใช้เวลาในการดูดซับก๊าซไฮโดรเจนซัลไฟด์น้อยกว่าชุดดูดซับที่ทำจากฝอยเหล็ก

4.2 ผลการวิเคราะห์ต้นทุน

4.2.1 การวิเคราะห์ต้นทุนชุดดูดซับก๊าซไฮโดรเจนซัลไฟด์ด้วยฝอยเหล็ก

ข้อมูลต่าง ๆ สามารถแสดงได้ดังนี้

1. ฝอยเหล็ก จำนวน 2 กระสอบ	20	บาท
2. กระปุกพลาสติก 3 กระปุก	60	บาท
3. ข้อต่อ 6 ข้อ	42	บาท
4. เทปดำ 1 ม้วน	40	บาท
คำนวณต้นทุนได้	162	บาท

เมื่อนำวิเคราะห์ต้นทุนชุดดูดซับก๊าซไฮโดรเจนซัลไฟล์ด้วยฝอยเหล็ก จำนวน 1 ชุดดูดซับ สามารถแสดงได้ดังนี้

1. ฝอยเหล็ก	4	บาท
2. กระปุกพลาสติก	20	บาท
3. ข้อต่อ	14	บาท
4. เทปดำ	7	บาท
คำนวณต้นทุนได้	45	บาท

4.2.2 การวิเคราะห์ต้นทุนชุดดูดซับก๊าซไฮโดรเจนซัลไฟด์ด้วยเฟอร์ริกไฮดรอกไซด์

ข้อมูลต่าง ๆ สามารถแสดงได้ดังนี้

1. สารเฟอร์ริกคลอไรด์ ขนาด 8 ลิตร	1,500	บาท
2. โซดาไฟ 10 ถุง	1,200	บาท
3. ปูน 1 กระสอบ	125	บาท
4. ทราย 3 กระสอบ	150	บาท
5. กระปุกพลาสติก 3 กระปุก	60	บาท
6. ข้อต่อ 6 ข้อ	42	บาท
7. เทปดำ 1 ม้วน	40	บาท
คำนวณต้นทุนได้	3,117	บาท

เมื่อนำวิเคราะห์ต้นทุนชุดดูดซับก๊าซไฮโดรเจนซัลไฟล์ด้วยเฟอร์ริกไฮดรอกไซด์ จำนวน 1 ชุดดูดซับ สามารถแสดงได้ดังนี้

1. เฟอร์ริกไฮดรอกไซด์ 1 กระปุก	62	บาท
2. กระปุกพลาสติก	20	บาท
3. ข้อต่อ	14	บาท
4. เทปดำ	7	บาท
คำนวณต้นทุนได้	103	บาท

มหาวิทยาลัยราชภัฏมหาสารคาม
RAJABHAT MAHASARAKHAM UNIVERSITY

บทที่ 5

สรุปผลการดำเนินงาน

5.1 สรุปผลการวิจัย

ในงานวิจัยนี้ได้ทำการศึกษาการกำจัดก๊าซไฮโดรเจนซัลไฟด์จากก๊าซชีวภาพชุมชนโดยใช้สารเฟอร์ริกไฮดรอกไซด์และฝอยเหล็ก ผลที่ได้ดังรายละเอียดต่อไปนี้

5.1.1 สรุปผลการศึกษาเพื่อเปรียบเทียบประสิทธิภาพการกำจัดก๊าซไฮโดรเจนซัลไฟด์ระหว่างสารเฟอร์ริกไฮดรอกไซด์กับฝอยเหล็ก

จากการทดลองวัดปริมาณก๊าซไฮโดรเจนซัลไฟด์จากบ่อหมักสุกร โค และกระบือหลังติดตั้งชุดดูดซับด้วยเฟอร์ริกไฮดรอกไซค์และชุดดูดซับด้วยฝอยเหล็ก พบว่าชุดดูดซับที่ทำจากเฟอร์ริกไฮดรอกไซด์มีประสิทธิภาพในการดูดซับก๊าซไฮโดรเจนซัลไฟด์มากกว่าชุดดูดซับที่ทำจากฝอยเหล็ก เนื่องจากชุดดูดซับที่ทำจากเฟอร์ริกไฮดรอกไซด์ใช้เวลาในการดูดซับก๊าซไฮโดรเจนซัลไฟด์น้อยกว่าชุดดูดซับที่ทำจากฝอยเหล็ก ดังแสดงในตารางที่ 4.1 วัดปริมาณก๊าซ H_2S ก่อนติดตั้งชุดดูดซับด้วยเฟอร์ริกไฮดรอกไซค์ได้เท่ากับ 3,332 ppm ใช้เวลาเพียง 7 วัน ปริมาณก๊าซ H_2S เป็น 0 ppm แต่เมื่อวัดปริมาณก๊าซ H_2S ก่อนติดตั้งชุดดูดซับด้วยฝอยเหล็กได้เท่ากับ 3,129 ppm ใช้เวลาถึง 15 วัน ปริมาณก๊าซ H_2S จึงเป็น 0 ppm ในตารางที่ 4.2 วัดปริมาณก๊าซ H_2S ก่อนติดตั้งชุดดูดซับด้วยเฟอร์ริกไฮดรอกไซค์ได้เท่ากับ 1,874 ppm ใช้เวลาเพียง 5 วัน ปริมาณก๊าซ H_2S เป็น 0 ppm แต่เมื่อวัดปริมาณก๊าซ H_2S ก่อนติดตั้งชุดดูดซับด้วยฝอยเหล็กได้เท่ากับ 1,829 ppm ใช้เวลาถึง 10 วัน ปริมาณก๊าซ H_2S จึงเป็น 0 ppm และในตารางที่ 4.3 วัดปริมาณก๊าซ H_2S ก่อนติดตั้งชุดดูดซับด้วยเฟอร์ริกไฮดรอกไซค์ได้เท่ากับ 1,662 ppm ใช้เวลาเพียง 4 วัน ปริมาณก๊าซ H_2S เป็น 0 ppm แต่เมื่อวัดปริมาณก๊าซ H_2S ก่อนติดตั้งชุดดูดซับด้วยฝอยเหล็กได้เท่ากับ 1,619 ppm ใช้เวลาถึง 9 วัน ปริมาณก๊าซ H_2S จึงเป็น 0 ppm

5.1.2 สรุปผลการศึกษาเพื่อวิเคราะห์ต้นทุนการกำจัดก๊าซไฮโดรเจนซัลไฟด์ระหว่างสารเฟอร์ริกไฮดรอกไซด์กับฝอยเหล็ก

จากผลการวิเคราะห์ต้นทุนชุดดูดซับก๊าซไฮโดรเจนซัลไฟด์ด้วยฝอยเหล็กและชุดดูดซับก๊าซไฮโดรเจนซัลไฟด์ด้วยเฟอร์ริกไฮดรอกไซด์ พบว่าชุดดูดซับก๊าซไฮโดรเจนซัลไฟด์ด้วยฝอยเหล็กมีต้นทุนที่ต่ำกว่าชุดดูดซับก๊าซไฮโดรเจนซัลไฟด์ด้วยเฟอร์ริกไฮดรอกไซด์ โดยชุดดูดซับก๊าซไฮโดรเจนซัลไฟด์ด้วยฝอยเหล็กมีต้นทุนอยู่ที่ 45 บาท แต่ชุดดูดซับก๊าซไฮโดรเจนซัลไฟด์ด้วยเฟอร์ริกไฮดรอกไซด์มีต้นทุนอยู่ที่ 103 บาท

5.2 ข้อเสนอแนะเพิ่มเติม

จากการวิเคราะห์ต้นทุนพบว่าชุดดูดซับก๊าซไฮโดรเจนซัลไฟด์ด้วยฝอยเหล็กมีต้นทุนที่ต่ำกว่าชุดดูดซับก๊าซไฮโดรเจนซัลไฟด์ด้วยเฟอร์ริกไฮดรอกไซด์ แต่เมื่อพิจารณาถึงความคุ้มค่าคุ้มทุน ชุดดูดซับก๊าซไฮโดรเจนซัลไฟด์ด้วยเฟอร์ริกไฮดรอกไซด์ จะคุ้มค่ามากกว่า เพราะเมื่อชุดดูดซับก๊าซไฮโดรเจนซัลไฟด์ด้วยเฟอร์ริกไฮดรอกไซด์ดูดซับก๊าซไฮโดรเจนซัลไฟด์แล้ว เมื่อเปิดฝาชุดดูดซับออกก๊าซไฮโดรเจนซัลไฟด์จะระเหยออกสู่อากาศ ก้อนเฟอร์ริกไฮดริกไซด์จะนำกลับมาใช้ได้อีก เกษตรกรไม่จำเป็นต้องเปลี่ยนชุดดูดซับใหม่ แต่ชุดดูดซับก๊าซไฮโดรเจนซัลไฟด์ด้วยฝอยเหล็กดูดซับก๊าซไฮโดรเจนซัลไฟด์แล้ว ฝอยเหล็กจะเกิดสนิมเหล็ก เกษตรกรไม่สามารถนำกลับมาใช้ได้อีก จึงต้องเปลี่ยนชุดดูดซับใหม่

มหาวิทยาลัยราชภัฏมหาสารคาม
RAJABHAT MAHASARAKHAM UNIVERSITY

บรรณานุกรม

มหาวิทยาลัยราชภัฏมหาสารคาม
RAJABHAT MAHASARAKHAM UNIVERSITY

บรรณานุกรม

ชุมนัดภ์ มณีศิริ.”องค์ประกอบและคุณสมบัติของก๊าซชีวภาพ”.[ระบบออนไลน์].แหล่งที่มา http://www.erdi.or.th/readarticle.php?id=54 (วันที่ 3 พศจิกายน 2552)

เค.พี.แอล.เวิล์ดเทรดดิ้ง. (2014). การผลิตก๊าซชีวภาพจากของเสียฟาร์มปศุสัตว์ และโรงงานอุตสาหกรรม. [online], Available HTTP:http://www.kplworldtrading.com/product/biogas-bag/

จรัญ บุญกาญจน์ , รัตนา จริยาบูรณ์, สุดารัตน์ ถิ่นจะนะ และ พรพิมล แสนสุข. (2557). การกำจัดไฮโดรเจนซัลไฟด์จากภาพแก๊สชีวภาพเพื่อใช้งานในครัวเรือนโดยการดูดซึมทางเคมีด้วยสารละลายคีเลทไอรอน. ภาควิชาวิศวกรรมเคมี คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ อ.หาดใหญ่ จ.สงขลา 90112. วิศวสารลาดกระบัง ปี ที่ 31 ฉบับที่ 4 ธันวาคม 2557.

เชียงใหม่, มหาวิทยาลัย.(2556). กระบวนการเกิดก๊าซชีวภาพ. [online], Available. HTTP:http://www.green-energy.ete.eng.cmu.ac.th/methane.php.

เชียงใหม่, มหาวิทยาลัย.(2557). ทฤษฎีก๊าซชีวภาพ. [online], Available. HTTP:http://teenet.cmu.ac.th/btc/introbiogas02.php

ไทยแลนด์อินดัสตรี้ดอทคอม. (2010). ก๊าซชีวภาพ พลังงานทดแทนจากสิ่งปฏิกูล. [online], Available HTTP:http://www.thailandindustry.com/guru/view.php?id=12547&section=9&rcount=Y

พงษ์ศักดิ์ โพธิ์ศรีทอง. (2553). การผลิตก๊าซชีวภาพจากมูลโค และเปลือกสับประรด โดยกระบวนการย่อยสลาย. วิทยานิพนธ์สาธารณสุขศาสตร์มหาบัณฑิต สาขาอนามัยสิ่งแวดล้อม.มหาวิทยาลัยมหาสารคาม.

รุ่งเรือง ฟาร์ม. (2557). ประโยชน์ของกระบือ. [0nline], Available HTTP://wrrfarm.wordpress.com/tag/.

วสันต์ ปินะเต. (2559) การนำก๊าซชีวภาพไปใช้ประโยชน์. ภาควิชาฟิสิกส์ คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยราชภัฏมหาสารคาม

วิบูลย์ นุชประมูล. (2534). การผลิตก๊าซชีวภาพ. 1, 66-71

วิชาการ.คอม. (2014). เปลี่ยนของเหลือใช้ให้เป็น “พลังงานชีวมวล”. [online], Available HTTP: http://www.vcharkarn.com/varticle/57061

มหาวิทยาลัยราชภัฏมหาสารคาม RAJABHAT MAHASARAKHAM UNIVERSITY

Cornell Coopertive Exteusion Association of Wyoming Count . *Biogas application for large dairy operation:Alternative to conventional engine-generators*. 2001.

Hao, Wenfeng, Jinqu Wang, Shuanshi Fan, and Wenbin Hao. *Evaluation and analysis method for natural gas hydrate storage and transportation processes*. *Energy Conversion and Management* 49:2546-2553. 2008.

Herrán-González, A., J. M. De La Cruz, B. De Andrés-Toro, and J. L. Risco-Martín. *Modeling and simulation of a gas distribution pipeline network. Applied Mathematical Modelling* 33:1584-1600. 2009.

Iniyana S and Sumathy K.. The applicationof a Delphi technique in the linear programming optimization of future renewable energy options for India. *Biomass and Bioenergy* 24:39-50. 2003.

IEA Bioenrgy . *Biogas production and utilization*. 2005.

Jason Dahlman and Charlie Forst.Technologies Demonstrated at ECHO:Floating Drum Biogas Digester.USA.2001.

Konstantinos P. Tsagarakis. Optimal number of energy generators for biogas utilization in wastewater treatment facility. *Energy Conversion and Management* 48:2694-2698. 2007.

McIntosh, R. D., P. F. Nolan, R. L. Rogers, and D. Lindsay. *Simplified Methodology for Calculating Dump Tank Volumes*. *Chemical Engineering Research and Design* 78:473-480. 2000.

McIntosh, R. D., P. F. Nolan, R. L. Rogers, and D. Lindsay. *Small-scale evaluation of dump tank sizing methods*. *Journal of Loss Prevention in the Process Industries* 8:185-196. 1995.

Nelson, D. B., M. H. Nehrir, and C. Wang. *Unit sizing and cost analysis of stand-alone hybrid wind/PV/fuel cell power generation systems. Renewable Energy* 31:1641-1656. 2006.

Rami, El Golli, Bezian Jean-Jacques, Grenouilleau Pascal, and Menu François. *Stability study and modelling of a pressure regulating station. International Journal of Pressure Vessels and Piping* 82:51-60. 2005.

ภาคผนวก

มหาวิทยาลัยราชภัฏมหาสารคาม
RAJABHAT MAHASARAKHAM UNIVERSITY

ภาคผนวก ก

ผลการวิจัย

มหาวิทยาลัยราชภัฏมหาสารคาม
RAJABHAT MAHASARAKHAM UNIVERSITY

ผลการวิจัย

ตารางที่ ก-1 ปริมาณก๊าซ H_2S ที่วัดได้จากบ่อหมักสุกร

ปริมาณ / วัน	เฟอร์ริกไฮดรอกไซค์ $Fe(OH)_3$ (ppm)	ฝอยเหล็ก (ppm)
1	1,639	2,956
2	842	2,769
3	200	2,431
4	143	2,146
5	79	2,084
6	53	1,995
7	38	1,860
8	0	1,752
9	-	1,548
10	-	1,320
11	-	958
12	-	778
13	-	498
14	-	216
15	-	94
16	-	0

มหาวิทยาลัยราชภัฏมหาสารคาม
RAJABHAT MAHASARAKHAM UNIVERSITY

ตารางที่ ก-2 ปริมาณก๊าซ H_2S ที่วัดได้จากบ่อหมักโค

ปริมาณ / วัน	**เฟอร์ริกไฮดรอกไซค์ $Fe(OH)_3$ (ppm)**	**ฝอยเหล็ก (ppm)**
1	975	1,668
2	463	1,476
3	228	1,243
4	148	1,089
5	58	821
6	0	584
7	-	391
8	-	203
9	-	96
10	-	34
11	-	0
12	-	-
13	-	-
14	-	-
15	-	-
16	-	-

มหาวิทยาลัยราชภัฏมหาสารคาม
RAJABHAT MAHASARAKHAM UNIVERSITY

ตารางที่ ก-3 ปริมาณก๊าซ H_2S ที่วัดได้จากบ่อหมักกระบือ

ปริมาณ / วัน	เฟอร์ริกไฮดรอกไซค์ $Fe(OH)_3$ (ppm)	ฝอยเหล็ก (ppm)
1	1,218	1,428
2	845	1,282
3	425	1,086
4	96	850
5	0	662
6		420
7	-	285
8	-	97
9	-	34
10	-	0
11	-	-
12	-	-
13	-	-
14	-	-
15	-	-
16	-	-

มหาวิทยาลัยราชภัฏมหาสารคาม
RAJABHAT MAHASARAKHAM UNIVERSITY

ภาคผนวก ข

ภาพประกอบงานวิจัย

มหาวิทยาลัยราชภัฏมหาสารคาม
RAJABHAT MAHASARAKHAM UNIVERSITY

ภาพประกอบงานวิจัย

รูปที่ ข-1 บ่อก๊าซชีวภาพ

รูปที่ ข-2 เครื่องวิเคราะห์ก๊าซชีวภาพ biogas 5000

รูปที่ ข-3 ฝอยเหล็ก

รูปที่ ข-4 เฟอริกไฮดรอกไซด์

มหาวิทยาลัยราชภัฏมหาสารคาม
RAJABHAT MAHASARAKHAM UNIVERSITY

รูปที่ ข-5 บรรจุฝอยเหล็กลงในขวดโหล

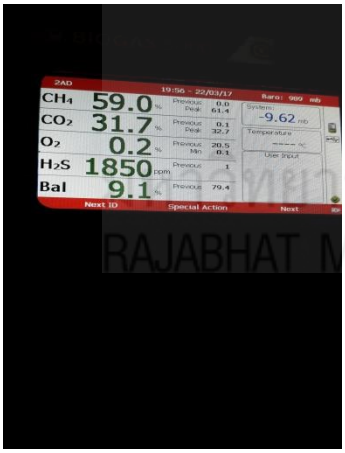
รูปที่ ข-6 บรรจุเฟอร์ริกไฮดรอกไซด์ลงในขวดโหล

รูปที่ ข-7 เชื้อเพลิงที่ได้จากก๊าซชีวภาพไฮโดรเจนซัลไฟด์

รูปที่ ข-8 วัดปริมาณก๊าซ

รูปที่ ข-9 ดักด้วยชุดดักฝอยเหล็กอกไซด์

รูปที่ ข-10 ดักด้วยชุดดักเฟอร์ริกไฮดร



รูปที่ ข-11 ปริมาณก๊าซต่างๆที่วัดโดยเครื่อง Biogas 5000

รูปที่ ข-12 การเกิดสนิมเหล็กของฝอยเหล็กหลังดูดซับก๊าซ H_2S

มหาวิทยาลัยราชภัฏมหาสารคาม
RAJABHAT MAHASARAKHAM UNIVERSITY

รูปที่ ข-13 การเปลี่ยนสีของเฟอร์ริกไฮดรอกไซด์หลังดูดซับ H_2S

รูปที่ ข-14 การกลับสภาพของเฟอร์ริกไฮดรอกไซด์เมื่อเปิดฝาทิ้งไว้

มหาวิทยาลัยราชภัฏมหาสารคาม
RAJABHAT MAHASARAKHAM UNIVERSITY

ประวัตินักวิจัย

หัวหน้าโครงการ

1. ชื่อ-นามสกุล (ภาษาไทย) นายวสันต์ ปินะเต
(ภาษาอังกฤษ) Mr. Wasan Pinate
2. เลขหมายประจำตัวประชาชน 1 4410 00012 XX X
3. ตำแหน่งปัจจุบัน อาจารย์
4. หน่วยงานที่สามารถติดต่อได้สะดวก ภาควิชาฟิสิกส์ คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏมหาสารคาม เลขที่ 80 ถนนนครสวรรค์ ตำบลตลาด อำเภอเมือง จังหวัดมหาสารคาม รหัสไปรษณีย์ 44000

โทรศัพท์ - โทรศัพท์มือถือ 08-43635654 โทรสาร -

E-mail kaapplied@hotmail.com

5. ประวัติการศึกษา

ปริญญาโท วศ.ม.วิศวกรรมพลังงาน มหาวิทยาลัยเชียงใหม่

ปริญญาตรี วท.บ. ฟิสิกส์ประยุกต์(พลังงาน) มหาวิทยาลัยมหาสารคาม

6. สาขาวิชาการที่มีความชำนาญพิเศษ

กระบวนการทางความร้อน, การจำลองการทำงานของระบบพลังงาน, เทอร์โมไดนามิกส์

7. งานวิจัย

-การประเมินศักยภาพการผลิตไฟฟ้าจากฟาร์มกังหันลมที่บริเวณ อำเภอสะเมิง จังหวัดเชียงใหม่ (นักวิจัย)

-การพัฒนาห้องอบแห้งแสงอาทิตย์แบบอุโมงค์ที่มีระบบก๊าซซิไฟเออร์ชีวมวลให้ความร้อนเสริมสำหรับการอบแห้งผลผลิตทางเกษตร (นักวิจัย)

-การศึกษาศักยภาพการผลิตไฟฟ้าจากพลังงานลมในเขตภาคเหนือตอนบน: ระยะที่ 2 การคัดเลือกแหล่งพัฒนาฟาร์มกังหันลม (ผู้ช่วยนักวิจัย)

-โครงการการติดตั้งกังหันลมขนาด 3 kW บริเวณตำบลหัวแม่เมือง อำเภอปาย จังหวัดแม่ฮองสอน (ผู้ช่วยนักวิจัย)

-โครงการวางแผนพลังงานชุมชน 80 ชุมชน สนองพระราชดำริเศรษฐกิจพอเพียง: สำนักวิชาการพลังงานภาค 5 (ผู้ช่วยนักวิจัย)

-โครงการลดใช้พลังงานในหน่วยงานราชการขนาดเล็ก: สำนักวิชาการพลังงานภาค 5 (ผู้ช่วยนักวิจัย)

8. บทความวิจัย/บทความทางวิชาการ

-วสันต์ ปินะเต ทนงเกียรติ เกียรติศิริโรจน์ ณัฐวุฒิ ดุษฎี และกิตติกร สาสุจิตต์, การประเมินศักยภาพการผลิตไฟฟ้าจากฟาร์มกังหันลมของสถานีวัดลมโครงการหลวงแม่แฮ อำเภอสะเมิง จังหวัดเชียงใหม่, การประชุมวิชาการ การถ่ายเทพลังงานความร้อนและมวลในอุปกรณ์ด้านความร้อน ครั้งที่ 9 โรงแรมปัตตาเวียรีสอร์ตแอนด์ สปา ปราณบุรี จังหวัดประจวบคีรีขันธ์ 11-12 มีนาคม 2553

-วสันต์ ปินะเต วาสนา คำโอภาส ณัฐนี วรยศและทนงเกียรติ เกียรติศิริโรจน์,ระบบก๊าซซิไฟเออร์ชีวมวลให้ความร้อนเสริม, การประชุมวิชาการ การถ่ายเทพลังงานความร้อนและมวลในอุปกรณ์ด้านความร้อน ครั้งที่ 10 โรงแรมเชียงใหม่แกรนด์วิว จังหวัดเชียงใหม่ 10-11 มีนาคม 2554

มหาวิทยาลัยราชภัฏมหาสารคาม
RAJABHAT MAHASARAKHAM UNIVERSITY

ผู้ร่วมวิจัย

ผู้ร่วมรับผิดชอบ : นางสาวดวงกมล ดังโพนทอง

1. ชื่อ - สกุล (ภาษาไทย) นางสาวดวงกมล ดังโพนทอง
(ภาษาอังกฤษ) Miss. Duangkamol Dangphonthong
2. เลขหมายบัตรประจำตัวประชาชน 3 3604 00061 XX X
3. ตำแหน่งปัจจุบัน อาจารย์ประจำ สาขาวิชาวิศวกรรมการจัดการ
คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏมหาสารคาม จังหวัดมหาสารคาม
4. หน่วยงานที่อยู่ที่สามารถติดต่อได้สะดวก พร้อมหมายเลขโทรศัพท์ โทรสาร และ e-mail
สาขาวิชาวิศวกรรมคอมพิวเตอร์ คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏมหาสารคาม เลขที่ 80 ถนนนครสวรรค์ ตำบลตลาด อำเภอเมือง จังหวัดมหาสารคาม รหัสไปรษณีย์ 44000
โทรศัพท์ 043 – 722118 – 9 ต่อ 361 โทรศัพท์มือถือ 08-31451654 โทรสาร -
E-mail ob_kmitl@hotmail.com , duangkamol@rmu.ac.th
5. ประวัติการศึกษา
ปริญญาโท วศ.ม.(วิศวกรรมคอมพิวเตอร์) สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
ปริญญาตรี วศ.บ.(วิศวกรรมคอมพิวเตอร์) สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
6. สาขาวิชาการที่มีความชำนาญพิเศษ
- การประมวลผลภาพ (Image Processing)
- การเขียนโปรแกรมคอมพิวเตอร์ควบคุมการทำงานของไมโครคอนโทรลเลอร์
- การออกแบบวงจรควบคุมการทำงานของอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์
7. งานวิจัย
- การศึกษาและประยุกต์ใช้งานซอฟต์แวร์บนระบบ Cloud Computing เพื่อแก้ปัญหาและพัฒนาศักยภาพด้านเทคโนโลยีสารสนเทศของธุรกิจ SMEs ในการแข่งขันสู่ตลาด ASEAN, (ผู้ร่วมวิจัย) ทุนสนับสนุนการวิจัยจาก สำนักงานคณะกรรมการการวิจัยแห่งชาติ, 2555
- การส่งเสริมการผลิตถ่านอัดแท่งจากเศษวัสดุเหลือใช้ทางการเกษตรเพื่อใช้ประโยชน์ในชุมชนระดับครัวเรือนตามหลักปรัชญาเศรษฐกิจพอเพียง, (หัวหน้าโครงการ) ทุนสนับสนุนการวิจัยจากมหาวิทยาลัยราชภัฏมหาสารคาม, 2556
- Image Retrieval using Connected Color Region And Moment Invariants, IMECS 2007
- การค้นคืนภาพโดยใช้ค่าความสัมพันธ์ของสีในพื้นที่ติดกัน ร่วมกับ Moment Invariants,CIT 2007
8. บทความวิจัย/บทความทางวิชาการ
- การวิเคราะห์น้ำหนักไข่ไก่ด้วยการประมวลผลภาพถ่ายดิจิตอล, การประชุมสัมมนาเชิงวิชาการพลังงานทดแทนสู่ชุมชนแห่งประเทศไทย ครั้งที่ 5, มหาวิทยาลัยราชภัฏเชียงใหม่, 18 – 20 ธันวาคม 2555

มหาวิทยาลัยราชภัฏมหาสารคาม MAHASARAKHAM UNIVERSITY

- การค้นคืนภาพโดยใช้ค่าระดับความสัมพันธ์ของสีในพื้นที่ติดกันร่วมกับโมเมนต์อินวาเรียนท์, วารสารวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยมหาสารคาม ฉบับพิเศษ การประชุมทางวิชาการมหาวิทยาลัยมหาสารคามวิจัยครั้งที่ 8 การวิจัยสู่ประชาคมอาเซียน, 8 – 9 พฤศจิกายน 2555

มหาวิทยาลัยราชภัฏมหาสารคาม
RAJABHAT MAHASARAKHAM UNIVERSITY

กิตติกรรมประกาศ

งานวิจัยฉบับนี้สำเร็จลุล่วงได้ด้วยดี ด้วยความ กรุณาจาก สถาบันวิจัยและพัฒนา มหาวิทยาลัยราชภัฏมหาสารคามที่สนับสนุนงบประมาณในการดำเนินการวิจัยแก่คณะผู้วิจัย และช่วยตรวจสอบแก้ไขข้อบกพร่องในการทำงานด้วยความเอาใจใส่ตั้งแต่ต้นจนเสร็จสมบรูณ์

ขอขอบคุณ คณะวิศวกรรมศาสตร์และคณะเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่ และขอขอบพระคุณผู้ทรงคุณวุฒิทุกท่านที่ได้ให้ความกรุณา และอำนวยความสะดวกในการใช้สถานที่ อุปกรณ์ และเครื่องมือต่าง ๆ ตลอดจนแหล่งข้อมูลเพื่อเป็นประโยชน์ในการวิจัย ในครั้งนี้

ขอขอบพระคุณ พี่ๆ ศิษย์เก่าสาขาวิศวกรรมพลังงาน คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่ ผู้ทำวิจัยด้านการปรับปรุงคุณภาพก๊าซชีวภาพที่ให้คำแนะนำด้านการทำวิจัยเสมอมา รวมทั้งผู้ที่เกี่ยวข้องกับงานวิจัยฉบับนี้ที่ยังไม่ได้กล่าวถึงด้วย คณะผู้วิจัยขอขอบพระคุณไว้เป็นอย่างสูง ประโยชน์อันพึงมีจากงานวิจัยนี้ขอมอบแด่บิดามารดาและบุคลากรที่กล่าวมาข้างต้น

ท้ายสุดขอขอบคุณทุกท่านที่ให้ความช่วยเหลือ และเป็นกำลังใจสำคัญอย่างยิ่งในการดำเนินโครงการฉบับนี้ให้สำเร็จด้วยดี

คณะผู้วิจัย
2562

มหาวิทยาลัยราชภัฏมหาสารคาม
RAJABHAT MAHASARAKHAM UNIVERSITY

หัวข้อวิจัย การกำจัดก๊าซไฮโดรเจนซัลไฟด์ (H_2S) จากก๊าซชีวภาพสำหรับชุมชนในเขตจังหวัดมหาสารคาม

ผู้ดำเนินการวิจัย วสันต์ ปินะเต

ดวงกมล ดังโพนทอง

หน่วยงาน คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี

มหาวิทยาลัยราชภัฏมหาสารคาม

ปี พ.ศ. 2562

บทคัดย่อ

การผลิตก๊าซชีวภาพจากการหมักมูลสุกร โค และกระบือ ในเขตตำบลกุดรัง อำเภอกุดรัง จังหวัดมหาสารคาม พบว่าหนึ่งในส่วนประกอบของก๊าซชีวภาพคือก๊าซไฮโดรเจนซัลไฟด์ (H_2S) วัดปริมาณก๊าซไฮโดรเจนซัลไฟด์ด้วยเครื่องวิเคราะห์ก๊าซชีวภาพแบบพกพารุ่น Biogas 5000 เท่ากับ 3200, 1800 และ 1900 ppm ตามลำดับ ก๊าซนี้มีกลิ่นเหม็นและหากการสูดดมหรือแพร่เข้าสู่กระแสเลือดจะทำให้เกิดพิษจากก๊าซเข้าทำลายปอด ไต ระบบทางเดินอาหาร และเป็นอันตรายต่อทารกในครรภ์ได้ คณะผู้วิจัยจึงมีแนวความคิดที่จะกำจัดก๊าซไฮโดรเจนซัลไฟด์จากก๊าซชีวภาพ ซึ่งใช้วัสดุในการดูดซับก๊าซไฮโดรเจนซัลไฟด์สองชนิดคือ เฟอร์ริกไฮดรอกไซด์(ทำจาก $FeCl_3$ ผสมกับ NaOH ปูนซีเมนต์ และทราย)และฝอยเหล็ก ผลการวิจัยพบว่าชุดดูดซับที่ทำจากเฟอร์ริกไฮดรอกไซด์มีประสิทธิภาพในการดูดซับก๊าซไฮโดรเจนซัลไฟด์มากกว่าชุดดูดซับที่ทำจากฝอยเหล็ก เนื่องจากชุดดูดซับที่ทำจากเฟอร์ริกไฮดรอกไซด์ ใช้เวลาในการดูดซับก๊าซไฮโดรเจนซัลไฟด์จนมีค่าเป็นศูนย์น้อยกว่าชุดดูดซับที่ทำจากฝอยเหล็ก

มหาวิทยาลัยราชภัฏมหาสารคาม
RAJABHAT MAHASARAKHAM UNIVERSITY

Research Title	Removal of hydrogen sulfide (H_2S) from biogas for the community in the province of Maha Sarakham
Researcher	Wasan Pinate
	Duangkamol Dangphonthong
Organization	Sciences and Technology
	Rajabhat Maha Sarakham University
Year	2019

ABSTRACT

Biogas produced from fermentation of pigs and buffaloes manure in Kut Rang District, Kut Rang District, Maha Sarakham Province. One of the components of biogas was found to be hydrogen sulfide (H_2S). Measure the amount of hydrogen sulphide gas with Biogas 5000 portable gas analyzer, which is 3200, 1800 and 1900 ppm, respectively. This gas has a foul odor and if inhaled or spread to the blood stream, it can cause toxic gas digest the lungs, kidneys, digestive system and harm to the fetus. The research team has the idea to eliminate hydrogen sulfide gas from biogas, which uses materials to absorb two types of hydrogen sulfide. Ferric hydroxide (made of FeCl3 mixed with NaOH, cement and sand) and ferrous. The results showed that the ferric hydroxide adsorbent was more effective in adsorbing hydrogen sulphide than the ferrous adsorbent. Due to the Ferric Hydroxide Absorption Kit It takes less time to adsorb hydrogen sulfide to zero than the ferrous adsorbent.

มหาวิทยาลัยราชภัฏมหาสารคาม
RAJABHAT MAHASARAKHAM UNIVERSITY

สารบัญ

		หน้า
กิตติกรรมประกาศ		ก
บทคัดย่อภาษาไทย		ข
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ		ค
สารบัญ		ง
สารบัญตาราง		ฉ
สารบัญรูปภาพ		ช
บทที่ 1	**บทนำ**	**1**
	1.1 ที่มา และความสำคัญ	1
	1.2 วัตถุประสงค์ของการวิจัย	2
	1.3 ขอบเขตของการวิจัย	2
	1.4 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ	2
บทที่ 2	**ทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง**	**3**
	2.1 ลักษณะทั่วไปเกี่ยวกับโค	3
	2.2 ลักษณะทั่วไปเกี่ยวกับสุกร	7
	2.3 ลักษณะทั่วไปเกี่ยวกับกระบือ	11
	2.4 ก๊าซชีวภาพ	14
	2.5 หลักการทำงานของระบบผลิตก๊าซชีวภาพ	14
	2.6 ระบบผลิตก๊าซชีวภาพที่นิยมใช้	14
	2.7 ประสิทธิภาพของการผลิตก๊าซชีวภาพ	16
	2.8 องค์ประกอบของก๊าซชีวภาพ	16
	2.9 การนำก๊าซชีวภาพไปใช้ประโยชน์	18
	2.10 การเกิดไฮโดรเจนซัลไฟด์ (H_2S)	18
	2.11 ผลกระทบที่เกิดจากก๊าซไฮโดรเจนซัลไฟด์หรือก๊าซไข่เน่า	19
	2.12 การกำจัดก๊าซไฮโดรเจนซัลไฟด์	20
	2.13 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง	23

มหาวิทยาลัยราชภัฏมหาสารคาม
RAJABHAT MAHASARAKHAM UNIVERSITY

สารบัญ (ต่อ)

		หน้า
บทที่ 3	**วิธีการดำเนินงานวิจัย**	**27**
	3.1 อุปกรณ์	27
	3.2 วิธีดำเนินงานวิจัย	34
บทที่ 4	**ผลการวิจัยและวิเคราะห์ข้อมูล**	**40**
	4.1 ผลการวิเคราะห์ปริมาณก๊าซไฮโดรเจนซัลไฟด์ (H_2S)	40
	4.2 ผลการวิเคราะห์ต้นทุน	43
บทที่ 5	**สรุปผลการวิจัย วิจารณ์ผล และข้อเสนอแนะ**	**44**
	5.1 สรุปผลการวิจัย	44
	5.2 ข้อเสนอแนะเพิ่มเติม	45
บรรณานุกรม		**46**
ภาคผนวก		**49**
	ภาคผนวก ก	50
	ภาคผนวก ข	54
ประวัติผู้วิจัย		**59**

มหาวิทยาลัยราชภัฏมหาสารคาม
RAJABHAT MAHASARAKHAM UNIVERSITY

สารบัญตาราง

ตารางที่ **หน้า**

2.1 คุณสมบัติของก๊าซชีวภาพ (ที่ 0 องศาเซลเซียส ความดันบรรยากาศ)..... 17

2.2 ก๊าซชีวภาพ 1 ลูกบาศก์เมตรที่มีสัดส่วนของก๊าซมีเทนร้อยละ 60 มีค่าความร้อนเทียบเท่า..... 17

4.1 ปริมาณก๊าซ H_2S ที่วัดได้จากบ่อหมักสุกร..... 40

4.2 ปริมาณก๊าซ H_2S ที่วัดได้จากบ่อหมักโค..... 41

4.3 ปริมาณก๊าซ H_2S ที่วัดได้จากบ่อหมักกระบือ..... 42

ก-1 ปริมาณก๊าซ H_2S ที่วัดได้จากบ่อหมักสุกร..... 51

ก-2 ปริมาณก๊าซ H_2S ที่วัดได้จากบ่อหมักโค..... 52

ก-3 ปริมาณก๊าซ H_2S ที่วัดได้จากบ่อหมักกระบือ..... 53

มหาวิทยาลัยราชภัฏมหาสารคาม
RAJABHAT MAHASARAKHAM UNIVERSITY

สารบัญรูปภาพ

รูปที่		หน้า
2.1	โคเนื้อ	4
2.2	สุกรฟาร์มมณีกิ่งแก้ว	8
2.3	กระบือที่เลี้ยงตามธรรมชาติ	11
2.4	บ่อหมักก๊าซชีวภาพแบบ UASB	16
2.5	ก๊าซไฮโดรเจนซัลไฟด์ (สีเขียว) ที่เกิดขึ้นบริเวณชายฝั่งสาธารณรัฐนามิเบีย	20
3.1	พลากสติกพีวีซี	27
3.2	ท่อพีวีซี ขนาด 4 นิ้ว	27
3.3	กาว	28
3.4	เกลียวนอก-ใน พีวีซี	28
3.5	ยางในรถจักรยานยนต์	28
3.6	พลาสติกแข็ง	29
3.7	ท่อพีอี ขนาด ¾ -1 นิ้ว	29
3.8	สามทางพีวีซี	29
3.9	ขวดน้ำดื่มที่ใช้แล้ว (ขวดทำวาล์วน้ำ)	30
3.10	วาล์วพีวีซี	30
3.11	หัวเตาก๊าซ	30
3.12	สายส่งก๊าซ	31
3.13	ปูนซีเมนต์และทราย	31
3.14	วงบ่อ ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 80-100 ซม	31
3.15	ขวดโหล	32
3.16	ชุดดูดซับเฟอร์ริกไฮดรอกไซด์	32
3.17	ชุดดูดซับฝอยเหล็ก	32
3.18	ข้องดลดเกลียวใน	33
3.19	ท่อสั้นเกลียวนอก	33
3.20	เครื่องวิเคราะห์ก๊าซชีวภาพ	33
3.21	โครงสร้างบ่อหมักก๊าซชีวภาพ	34
3.22	พลาสติกพีวีซีที่ตัดแล้ว	34
3.23	ทากาวเพื่อประกอบถุงหมักพีวีซี	35

มหาวิทยาลัยราชภัฏมหาสารคาม
RAJABHAT MAHASARAKHAM UNIVERSITY

สารบัญรูปภาพ (ต่อ)

รูปที่		หน้า
3.24	ติดตั้งชุดส่งก๊าซ	35
3.25	มัดประกอบถุงหมักพีวีซีเข้ากับท่อพีวีซี	36
3.26	เป่าลมทดสอบรอยรั่ว	36
3.27	วางถุงหมักในบ่อที่เตรียมไว้	37
3.28	ทำบ่อล้นและบ่อเติม	37
3.29	ประกอบสายส่งแก๊สและขวดปรับแรงดัน	38
3.30	ติดตั้งท่อส่งก๊าซและวาล์วควบคุมก๊าซ	38
ข-1	บ่อก๊าซชีวภาพ	55
ข-2	เครื่องวิเคราะห์ก๊าซชีวภาพ Biogas 5000	55
ข-3	ฝอยเหล็ก	55
ข-4	เฟอร์ริกไฮดรอกไซด์	55
ข-5	บรรจุฝอยเหล็กลงในขวดโหล	56
ข-6	บรรจุเฟอร์ริกไฮดรอกไซด์ลงในขวดโหล	56
ข-7	เชื้อเพลิงที่ได้จากก๊าซชีวภาพ	56
ข-8	วัดปริมาณก๊าซไฮโดรเจนซัลไฟด์	56
ข-9	ดักด้วยชุดดักฝอยเหล็ก	57
ข-10	ดักด้วยชุดดักเฟอร์ริกไฮดรอกไซด์	57
ข-11	ปริมาณก๊าซต่างๆที่วัดโดยเครื่อง Biogas 5000	57
ข-12	การเกิดสนิมเหล็กของฝอยเหล็กหลังดูดซับก๊าซ H_2S	57
ข-13	การเปลี่ยนสีของเฟอร์ริกไฮดรอกไซด์หลังดูดซับ H_2S	58
ข-14	การกลับสภาพของเฟอร์ริกไฮดรอกไซด์เมื่อเปิดฝาทิ้งไว้	58

มหาวิทยาลัยราชภัฏมหาสารคาม
RAJABHAT MAHASARAKHAM UNIVERSITY

บทที่ 1
บทนำ

1.1 ความสำคัญและที่มาของปัญหา

จังหวัดมหาสารคามเป็นจังหวัดที่มีประชากรส่วนใหญ่ประกอบอาชีพเกษตรกรรมและเลี้ยงสัตว์ในครัวเรือน โดยสิ่งปฏิกูลทั้งหลายที่เกิดขึ้นจากระบบเกษตรกรรมและของเสียจากมูลและปัสสาวะที่ขับถ่ายออกจากตัวสัตว์เลี้ยง ซึ่งยังไม่มีระบบจัดการกับของเสียที่เกิดขึ้น ส่งผลให้เกิดมลภาวะทางสิ่งแวดล้อมภายในชุมชน เช่น ปัญหามลภาวะของกลิ่น น้ำเสีย แมลงวัน และพาหะนำโรคต่างๆเป็นต้น ดังนั้นจึงควรมีระบบการกำจัดของเสียภายในชุมชนและควรใช้วิธีการที่เหมาะสมเพื่อจะช่วยลดปัญหามลภาวะที่กล่าวมาข้างต้น ซึ่งการกำจัดมูลและปัสสาวะจากสัตว์ด้วยระบบก๊าซชีวภาพ ถือเป็นวิธีที่เหมาะสมและใช้กันอย่างแพร่หลาย ก๊าซชีวภาพหรือไบโอก๊าซ เป็นก๊าซที่เกิดขึ้นจากกระบวนการย่อยสลายสารอินทรีย์วัตถุในกระบวนการย่อยสลายโดยไม่ต้องอาศัยออกซิเจน และในก๊าซชีวภาพนี้ก็ประกอบด้วยก๊าซมีเทน (CH4) คาร์บอนไดออกไซด์ (CO2) ไฮโดรเจนซัลไฟด์ (H2S) และก๊าซไนโตรเจน (N2) ซึ่งคุณสมบัติของก๊าซมีเทนนั้นเป็นก๊าซที่ติดไฟได้ ดังนั้น “ก๊าซชีวภาพ” ที่มีมีเทนอยู่เป็นจำนวนมากจึงสามารถใช้เป็นพลังงานทดแทนได้ และกากตะกอนที่เหลือจากกระบวนการดังกล่าว สามารถนำมาใช้เป็นปุ๋ยให้แก่พืช ทั้งนี้เพราะกากตะกอนหลังการหมัก ประกอบด้วยธาตุอาหารหลัก ธาตุอาหารรอง และธาตุอาหารเสริมพืช สามารถนำไปใช้ประโยชน์ได้ทันที เราจึงควรให้ความสำคัญกับเทคโนโลยีการผลิตก๊าซชีวภาพที่เหมาะสมและมีความคุ้มทุน และเราควรนำเอาเทคโนโลยีการผลิตก๊าซชีวภาพมาใช้ในด้านการลดปัญหามลพิษจากการเลี้ยงสัตว์ นอกจากได้ก๊าซชีวภาพที่ใช้เป็นพลังงานทดแทนแล้ว ยังช่วยลดปัญหามลพิษทางสิ่งแวดล้อมอีกด้วย ซึ่งการสร้างบ่อหมักก๊าซชีวภาพโดยใช้ถุงหมักแบบพลาสติกพีวีซีขนาด 8 ลูกบาศก์เมตร สามารถติดตั้งได้ง่าย ต้นทุนที่ใช้ในการผลิตก็ไม่สูงมากประมาณ 3,375 บาท ต่อหนึ่งบ่อ (สุชน ตั้งทวีวิพัฒน์ , 2555)

จะเห็นได้ว่าหนึ่งในส่วนประกอบของก๊าซชีวภาพนั้น มีก๊าซไฮโดรเจนซัลไฟด์ หรือ เรียกทั่วไปว่าก๊าซไข่เน่า เนื่องจากเป็นก๊าซที่มีกลิ่นเหม็นรุนแรงเหมือนไข่เน่าจากซัลเฟอร์ที่เป็นองค์ประกอบ ก๊าซนี้เกิดจากการเน่าสลายของสารอินทรีย์ในสภาพไร้อากาศ ก๊าซไฮโดรเจนซัลไฟด์ที่เกิดขึ้นในระบบผลิตก๊าซชีวภาพจะเป็นสาเหตุหนึ่งที่เป็นพิษต่อแบคทีเรีย ทำให้ปริมาณก๊าซมีเทนที่เป็นก๊าซหลักสำหรับนำไปใช้เป็นเชื้อเพลิงลดลง และที่สำคัญหากนำก๊าซชีวภาพไปใช้ประโยชน์เพื่อการเผาไหม้ในเครื่องยนต์แล้ว มีความจำเป็นอย่างยิ่งที่ต้องกำจัดก๊าซไฮโดรเจนซัลไฟด์ออกเสียก่อน ก๊าซไฮโดรเจนซัลไฟด์ เมื่อสัมผัสหรือสูดดมจะทำให้เกิดการระคายเคืองต่อเนื้อเยื่อเป็นหลัก นอกจากนั้น หากสูดดมมากจนแพร่เข้าสู่กระแสเลือดจะทำให้ความสามารถในการนำออกซิเจนเข้าสู่ร่างกายได้น้อยลง ทั้งนี้การสูดดมหรือการแพร่เข้าสู่กระแสเลือดจะทำให้เกิดพิษจากก๊าซเข้าทำลายปอด ทรวงอก ไต ระบบทางเดินอาหาร กระเพาะปัสสาวะ และเป็นอันตรายต่อทารกในครรภ์ได้ การอยู่ในสถานที่ที่มีก๊าซไฮโดรเจนซัลไฟด์ในความเข้มข้นสูงจะทำให้ขาดอากาศหายใจได้ง่าย จนเป็นสาเหตุของการเสียชีวิตตามมา เช่น คนงานที่ลงทำความสะอาดบ่อหมักก๊าซชีวภาพหรือระบบบำบัดน้ำเสียที่มีความเข้มข้นของก๊าซไฮโดรเจนซัลไฟด์สูง (สยามเคมี , 2559)

ผลกระทบของก๊าซไฮโดรเจนซัลไฟด์นั้น เป็นสิ่งที่เราควรตระหนักเป็นอย่างยิ่ง เพราะเมื่อเรามีบ่อหมักก๊าซชีวภาพสำหรับชุมชน สิ่งที่ชาวบ้านได้รับไม่ใช่แค่เพียงเชื้อเพลิงจากก๊าซชีวภาพ แต่ในขณะเดียวกันชาวบ้านก็ได้รับพิษจากก๊าซไฮโดรเจนซัลไฟด์เข้าสู่ร่างกายไปพร้อมๆกัน คณะผู้วิจัยจึงมีแนวความคิดที่จะกำจัดก๊าซไฮโดรเจนซัลไฟด์ (H2S) จากก๊าซชีวภาพสำหรับชุมชนในเขตจังหวัดมหาสารคาม โดยดำเนินการในพื้นที่ตำบล อำเภอกุดรัง จังหวัดมหาสารคาม ซึ่งสารที่ใช้ดูดซับก๊าซไฮโดรเจนซัลไฟด์ คณะผู้วิจัยจะพิจารณาจากวัสดุสองชนิดคือ วัสดุจากสารเคมีและวัสดุที่สามารถหาได้ในท้องถิ่น ซึ่งจะศึกษาถึงประสิทธิภาพและต้นทุนที่เหมาะสมเพื่อจะถ่ายทอดเทคโนโลยีแก่ชุมชนผู้ใช้ก๊าซชีวภาพใน จังหวัดมหาสารคามต่อไป

1.2 วัตถุประสงค์ของงานวิจัย

1. เพื่อกำจัดก๊าซไฮโดรเจนซัลไฟด์ออกจากก๊าซชีวภาพสำหรับบ่อก๊าซในชุมชน
2. เพื่อเปรียบเทียบประสิทธิภาพการกำจัดก๊าซไฮโดรเจนซัลไฟด์ระหว่างสารเฟอร์ริกไฮดรอกไซด์กับฝอยเหล็ก
3. เพื่อวิเคราะห์ต้นทุนการกำจัดก๊าซไฮโดรเจนซัลไฟด์ระหว่างสารเฟอร์ริกไฮดรอกไซด์กับฝอยเหล็ก

1.3 ประโยชน์ที่ได้รับจากงานวิจัย

1. สามารถกำจัดก๊าซไฮโดรเจนซัลไฟด์ออกจากก๊าซชีวภาพสำหรับบ่อก๊าซในชุมชนได้
2. ทราบประสิทธิภาพการกำจัดก๊าซไฮโดรเจนซัลไฟด์ระหว่างสารเฟอร์ริกไฮดรอกไซด์กับฝอยเหล็ก
3. ทราบต้นทุนการกำจัดการไฮโดรเจนซัลไฟด์ระหว่างสารเฟอร์ริกไฮดรอกไซด์กับฝอยเหล็ก
4. ทราบผลการวิเคราะห์กำจัดก๊าซไฮโดรเจนซัลไฟด์จากก๊าซชีวภาพที่ได้จากบ่อหมักสุกร โค กระบือ
5. เกษตรกรสามารถใช้ก๊าซชีวภาพได้อย่างมีประสิทธิภาพ สะอาด และปลอดภัย

1.4 ขอบเขตของงานวิจัย

1. บ่อก๊าซชีวภาพ (สุกร โค กระบือ) ใน อบต.กุดรัง อ.กุดรัง จ.มหาสารคาม
2. วัสดุที่หาได้ในท้องถิ่นคือฝอยเหล็กจากโรงกลึงในจังหวัดมหาสารคาม สารเคมีคือสารเฟอร์ริกไฮดรอกไซด์
3. ประเมินผลลัพธ์จากการกำจัดก๊าซไฮโดรเจนซัลไฟด์ต่อชุมชนด้วยการวิเคราะห์องค์ประกอบของก๊าซชีวภาพ

มหาวิทยาลัยราชภัฏมหาสารคาม
RAJABHAT MAHASARAKHAM UNIVERSITY

บทที่ 2
ทฤษฎี เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

จากการศึกษาเอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับเรื่องการกำจัดก๊าซไฮโดรเจนซัลไฟด์จากก๊าซชีวภาพชุมชนโดยใช้เฟอร์ริกไฮดรอกไซด์และฝอยเหล็ก ผู้วิจัยขอเสนอองค์ความรู้ทฤษฎี และงานวิจัยที่เกี่ยวข้องดังต่อไปนี้

2.1 ลักษณะทั่วไปเกี่ยวกับโค

การจำแนกชั้นทางวิทยาศาสตร์

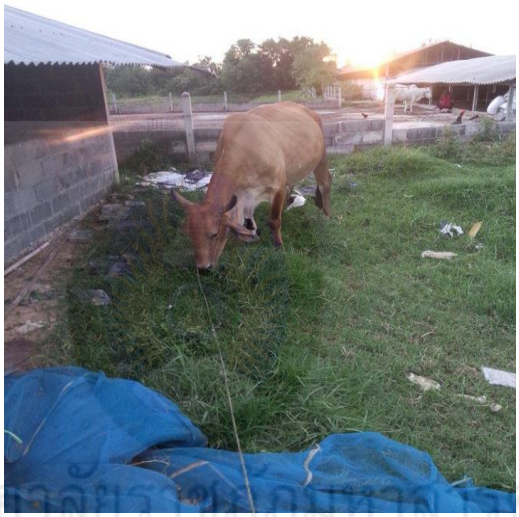
อาณาจักร	:	Animalia
ไฟลัม	:	Chordata
ชั้น	:	Mammalia
อันดับ	:	Artiodactyla
วงศ์	:	Bovidae
วงศ์ย่อย	:	Bovinae
สกุล	:	Bos
สปีชีส์	:	B. primigenius
ชนิดย่อย	:	B. p. taurus, B. p. indicus

มหาวิทยาลัยราชภัฏพระนครศรีอยุธยา
RAJABHAT PHRANAKHON SI AYUTTHAYA UNIVERSITY

โค หรือ วัว (ภาษาไทยถิ่นเหนือ: งัว) เป็นสัตว์มีกีบเท้าที่เป็นสัตว์เลี้ยงขนาดใหญ่ชนิดที่สามัญที่สุด เป็นสมาชิกสมัยใหม่ที่โดดเด่นในวงศ์ย่อย Bovinae เป็นชนิดที่แพร่หลายที่สุดในสกุล Bos และถูกจำแนกเป็นกลุ่มอย่างกว้างขวางที่สุดว่า Bos primigenius โคถูกเลี้ยงเป็นปศุสัตว์เพื่อเอาเนื้อ เพื่อเอานมและผลิตภัณฑ์นมอื่น ๆ และเป็นสัตว์ลากเทียม ผลิตภัณฑ์อื่นจากโคมีหนังและมูลเพื่อใช้เป็นปุ๋ยคอกหรือเชื้อเพลิง ในบางประเทศ เช่น อินเดีย โคเป็นสัตว์ศักดิ์สิทธิ์ จากบรรพบุรุษโคที่เป็นสัตว์เลี้ยงเพียง 80 ตัว ในทางตะวันออกเฉียงใต้ของตุรกีเมื่อราว 10,500 ปีก่อน มีการประเมินว่าปัจจุบันมีโค 1,300 ล้านตัวทั่วโลก เมื่อพ.ศ. 2552 โคเป็นปศุสัตว์ชนิดแรกที่มีการทำแผนที่จีโนมอย่างสมบูรณ์“โค” มีความหมายเดียวกับ “วัว” Cattle นิยมใช้คำว่า โค ในภาษาเขียน และใช้โคในภาษาพูดในทางสัตววิทยา อธิบายความหมายของโคไว้ว่า โคคือสัตว์ มีกระดูกสันหลัง เลี้ยงลูกด้วยน้ำนม เท้าเป็นกีบคู่ เคี้ยวเอื้อง เขากลวง มีโครโมโซม 60 คู่ คำจำกัดความของแพะ แกะ และกระบือเหมือนกับโค เพียงแต่มีโครโมโซมไม่เท่ากัน คือ

กระบือ	มีโครโมโซม	48	คู่
แพะ	มีโครโมโซม	30	คู่
แกะ	มีโครโมโซม	27	คู่

โคมีอยู่ 2 ตระกูล คือตระกูลเมืองร้อน (Bos indicus) และตระกูลเมืองหนาว(Bos taurus) ลักษณะที่แตกต่างเด่นชัดคือ โคตระกูลเมืองร้อนจะมีหนอก (hump) โคตระกูลเมืองหนาวไม่มีหนอก ในโลกมีโคประมาณ 1200 ล้านตัว ในประเทศไทยมีโคประมาณ 7-8 ล้านตัว ในจำนวนนี้เป็นโคนม ในประเทศไทยส่วนใหญ่เป็นพันธุ์โฮลสไตฟรีเซียน มีสีขาวดำส่วนโคเนื้อส่วนใหญ่มีสีขาว หรือสีครีม ซึ่งมีสายเลือดของพันธุ์บราห์มันและพันธุ์ชาโรเลส์



มหาวิทยาลัยราชภัฏมหาสารคาม
RAJABHAT MAHASARAKHAM UNIVERSITY

รูปที่ 2.1 โคเนื้อ

โคมีเฉพาะฟันหน้าด้านล่างจำนวน 4 คู่ ส่วนฟันหน้าด้านบนไม่มีเลย ฟันหน้าด่านล่างที่งอกออกมา ครั้งแรกซึ่งเรียกว่าพันน้ำนมจะงอกขึ้นมาครบ 4 คู่ เมื่ออายุประมาณ 1 เดือน และฟันน้ำนม(คู่ที่ 1) จะหลุดแล้วมีพันแท้ขึ้นมาแทนที่ เมื่ออายุประมาณ 2 ปี ฟันแท้คู่ที่ 2, 3, 4 จะมีขึ้นมาแทนที่ ฟันน้ำนมปีละ 1 คู่ (โดยประมาณ) ดังนั้นจึงสามารถทำนายอายุโคได้โดยดูจากจำนวนคู่ของฟันแท้ เขาของโคจะยาวขึ้นเรื่อยๆตามอายุ เขาประกอบขึ้นด้วยแร่ธาตุต่างๆ โดยเฉพาะอย่างยิ่งแคลเซียมและฟอสฟอรัส เมื่อแม่โคให้ลูก 1 ตัว แคลเซียมและฟอสฟอรัสถูกดึงไปใช้ในการสร้างน้ำนมมากช่วงนั้นแคลเซียมและฟอสฟอรัสไม่พอในการเจริญของเขาตามปกติ จึงเกิดรอยคอดเป็นวงแหวน 1 วงต่อการมีลูก 1 ตัว จึงสามารถทำนายจำนวนลูกของแม่โคจากจำนวนวงแหวนที่เขาได้ ในการเลี้ยงโคเป็นการค้า เขามีโทษมากกว่าประโยชน์หลายประการ ผู้เลี้ยงจึงนิยมทำให้โคไม่มีเขา ซึ่งทำได้ 2 วิธี คือปรับปรุงพันธุ์ไม่ให้โคมีเขา เช่นโคพันธุ์แองกัส หรือทำลายเขาโดยการใช้หัวแร้ง เผาไฟจี้เขาลูกโคขณะอายุยังน้อย เหนียงคอ(dew lap) เป็นแผ่นหนังใต้คอ โคตระกูลเมืองร้อนจะมีมากกว่าโคตระกูลเมืองหนาว ธรรมชาติสร้างมาเพื่อเพิ่มพื้นที่การระบายความร้อน หนอก (hump) ลักษณะเป็นก้อนเนื้อที่มีพังผืดประสานกันเป็นร่างแห หากโคได้รับอาหารเกิน ความต้องการไขมันจะไปสะสมติดอยู่กับ

ผังผืดในหนอก กระเพาะโคต่างกับกระเพาะคนหรือกระเพาะหมูคือคนหรือหมูเป็นสัตว์กระเพาะเดี่ยว ส่วนโคเป็นสัตว์ สี่กระเพาะ กระเพาะที่ 1 เรียกผ้าขี้ริ้ว (Rumen) เป็นกระเพาะใหญ่สุด ลักษณะเหมือนผ้าขนหนูเก่าๆ กระเพาะที่ 2 เรียกรังผึ้ง (Recticulum) ลักษณะเป็นหลืบคล้ายๆ รังผึ้ง กระเพาะที่ 3 เรียกสามสิบกลีบ (Omasum) ลักษณะเป็นกลีบจำนวนมาก (มากกว่า 30 กลีบ) กระเพาะที่ 4 เรียกว่าไส้เปรียว (Abomasum)ลักษณะและหน้าที่เหมือนของสัตว์กระเพาะเดียว

2.1.1 ขั้นตอนการกินและการใช้ประโยชน์จากอาหาร

โคจะกินหญ้าโดยใช้ลิ้นตวัดต้นหญ้าเข้าปากแล้วใช้ฟันหน้า (ล่าง) กัดต้นหญ้านั้นประกบกับเหงือกบน พร้อมกับเบี่ยงหัวเพื่อดึงต้นหญ้านั้นให้ขาด (ในกรณีที่เป็นหญ้าซึ่งตัดมาให้กินหรือเป็นอาหารข้น โคจะกินโดยไม่ต้องใช้ลิ้นตวัด) โคจะใช้ฟันกรามเคี้ยวอาหารเพียงเล็กน้อยและคลุกเคล้ากับน้ำลาย ให้พอเป็นก้อน แล้วก็กลืนผ่านหลอดอาหารลงไปสู่กระเพาะ rumen ในขณะนั้นโคก็จะกัดกินหญ้าคำต่อๆ ไปเรื่อยๆ เมื่อโคหยุดพักจากการกินหรือกินอาหารหมดแล้ว rumen จะบีบต้นหญ้าขึ้นมาที่ reticulum แล้ว reticulum จะปั้นหญ้าให้เป็นก้อนขนาดเท่าไข่ไก่เรียกว่า bolus และบีบดันก้อนหญ้านี้ขึ้นมาในปาก เพื่อเคี้ยวให้ละเอียดอีกทีหนึ่ง เรียกขบวนการนี้ว่าการเคี้ยวเอื้อง (rumination) หญ้าที่เคี้ยวเอื้องแล้ว จะถูกส่งกลับมาหมักย่อยใน rumen อีกครั้งหนึ่ง การหมักย่อยนี้เป็นขบวนการที่จุลินทรีย์นำเอาธาตุอาหาร บางอย่างจากอาหารที่โคกินเข้าไป (ซึ่งส่วนใหญ่สัตว์ไม่สามารถใช้ประโยชน์ได้โดยตรง) มาสร้างเซลล์ ของตัวจุลินทรีย์เองในขณะเดียวกันก็เกิดผลพลอยได้คือ Volatile fatty acid ขึ้นมาซึ่งสัตว์สามารถดูดซึม ผ่านผนังกระเพาะไปใช้ประโยชน์ได้ อาหารที่ถูกหมักย่อยแล้วระยะหนึ่งจะออกจาก rumen ผ่าน reticulum เข้าไปยัง omasum ในระหว่างการเดินทางของอาหารนี้ก็จะเกิดการหมักย่อยและการดูดซึมไปด้วย จนกระทั่งอาหารผ่านเข้าไปใน abomasm ซึ่งมีสภาพเป็นกรดอย่างแรง จุลินทรีย์ที่ติดไปกับอาหาร ก็จะตายและถูกน้ำย่อยในกระเพาะส่วนนี้ย่อย และดูดซึมเป็นประโยชน์แก่ร่างกายของสัตว์ ขณะเดียวกัน อาหารที่หลงเหลือจากการหมักย่อยโดยจุลินทรีย์เมื่อเข้ามาถึง abomasm ก็จะถูกน้ำย่อยในกระเพาะ ส่วนนี้ย่อยเช่นกัน อาหารที่ออกจากกระเพาะจะผ่านต่อไปยังลำไส้เล็ก ลำไสใหญ่ ซึ่งมีการย่อยและดูดซึมเช่นกัน และในที่สุดกากอาหารที่เหลือจะถูกส่วนปลายของลำไส้ใหญ่ (Colon) ดูดน้ำออกจำนวนมากและขับ ออกมาเป็นอุจจาระ เต้านมและหัวนม โคมีนม 4 เต้าและมีหัวนมเต้าละ 1 หัว น้ำนมของโคออกจากหัวนมเป็นรูเดียวต่อหัว

2.1.2 อาหารของโค

หญ้า ฟาง ต้นข้าวโพด เป็นอาหารประเภทที่เรียกว่าอาหารหยาบ(Roughage) เพราะมีความหยาบหรือมีเยื่อใยสูงนั่นเอง ในธรรมชาติโคกินอาหารหยาบจนอิ่มก็เพียงพอต่อความต้องการของร่างกาย แต่ในปัจจุบันต้องการให้โคเติบโตอย่างรวดเร็ว อาหารหยาบอย่างเดียวไม่เป็นการเพียงพอจึงต้องให้อาหารที่มีคุณค่าทางอาหารสูงที่เรียกว่าอาหารข้น (Concentrate) ร่วมไปกับอาหารหยาบด้วย อาหารข้นเป็นส่วนผสมของวัตถุดิบหลายๆ อย่างเช่น รำ กากปาล์ม ข้าวโพด มันสำปะหลัง เป็นต้น และที่น่าสนใจคือ สามารถใช้ปุ๋ยยูเรียผสมลงในอาหารข้นเพื่อเป็นแหล่งโปรตีนได้ โคไม่ได้ใช้ยูเรียนนี้โดยตรง แต่จุลินทรีย์ในกระเพาะโคเป็นตัวที่เปลี่ยน ไนโตรเจนจากยูเรียให้เป็น

โปรตีนอีกต่อหนึ่งวิวัฒนาการด้านอาหารโคขณะนี้ก้าวหน้ามากขึ้น ได้มีการนำเอาหารหยาบกับอาหารข้นมาผสม รวมกันเรียกว่าอาหาร ที เอ็ม อาร์ (Total Mixed Ration) ทำให้สะดวกและประหยัดแรงงานในการเลี้ยง โคและทำให้โคเติบโตอย่างรวดเร็ว

2.1.3 การผสมพันธุ์และการเลี้ยงดู

การที่ไข่ในรังไข่ของโคตัวเมียสุก จะเกิดฮอร์โมนเอสโตรเจน (Estrogen) ขึ้นมาก ทำให้โคตัวเมีย แสดงอาการกระวนกระวาย น้ำเมือกไหลออกมาทางช่องคลอด และพร้อมที่จะให้ตัวผู้ผสมพันธุ์ ซึ่งเรียกพฤติกรรมนี้ว่า การเป็นสัด (Heat หรือ Estrus) ลูกโคเพศเมียที่สมบูรณ์จะเป็นสัดตั้งแต่ อายุได้ประมาณ 12 เดือน แต่ควรจะปล่อยผ่านไปก่อน จนกระทั่งอายุ 14-15 เดือน จึงจะอนุญาต ให้ผสมพันธุ์ได้ การเป็นสัดแต่ละครั้งจะกินเวลาประมาณ 18 ชั่วโมง หากได้รับการผสมพันธุ์จากตัวผู้ แต่ผสมไม่ติด โคจะกลับสัดและยอมให้ตัวผู้ผสมอีกครั้งใน 21 วัน ข้างหน้า แต่ถ้าผสมติด โคก็จะไม่เป็นสัดและไม่ยอมให้ตัวผู้ผสมพันธุ์อีกเลย โคจะตั้งท้อง 280-290 วัน โดยปกติโคจะคลอดลูกเองโดยไม่ต้องช่วยเหลือ ท่าปกติของลูกโคขณะคลอดคือโผล่ขาหน้าออกมาก่อน ตามด้วย จมูก หัว และลำตัว ตามลำดับ เมื่อลูกโคหล่นถึงพื้น แม่จะเลียลูกจนแห้ง อีกประมาณ 30 นาที ต่อมาลูกโคก็จะยืนได้ และหาดูดนมแม่ทันที นมที่ได้ใน 36 ชั่วโมงแรกหลังคลอดเรียกว่านมน้ำเหลือง (Colostrum) เพราะมีสีเหลืองกว่านมปกติ มียาปฏิชีวนะตามธรรมชาติที่ช่วยป้องกันโรค ป้องกันลูกโค ท้องเสีย แต่นมนี้ไม่ควรให้สัตว์ที่โตแล้วหรือคนบริโภค เพราะไม่สามารถดูดซึมได้ และอาจจะทำให้ท้องเสียในโคนมจะแยกลูกโคออกจากแม่ตั้งแต่วันแรกหลังคลอด แล้วแยกเลี้ยงต่างหาก แต่ในโคเนื้อจะ ให้ลูกอยู่กับแม่ไปจนอายุได้ประมาณ 7 เดือน จึงแยกลูกออกมา เรียกว่า การหย่านม (Weaning) แม่โคที่ดีควรเป็นสัดหลังคลอดได้ไม่เกิน 60 วัน ฉะนั้นในขณะที่หย่านมลูกนอกท้อง ลูกในท้องจะมีอายุ ได้ 4-5 เดือน ซึ่งจะทำให้แม่โคตัวนั้นให้ลูกได้ปีละ 1 ตัวแม่โคจะให้ลูกได้จนอายุประมาณ 18-20 ปี โคมีอายุยืนได้ถึง 40 ปี ซึ่งอาจจะเทียบได้กับคนอายุ 100 ปี

มหาวิทยาลัยราชภัฏมหาสารคาม
RAJABHAT MAHASARAKHAM UNIVERSITY

2.1.4 การเลี้ยงโคเป็นอาชีพ

แบ่งได้เป็น 2 รูปแบบ

1. เลี้ยงแม่โคเพื่อผลิตลูกขาย (Cow-Calf) เป็นอาชีพที่มั่นคงไม่เสี่ยงต่อการตลาด แต่ต้องใช้ เวลายาวนานจึงจะคืนทุนและต้องใช้พื้นที่มาก

2. เลี้ยงโคขุน (Feed lot) คือซื้อลูกโคมาเลี้ยงด้วยอาหารอย่างดีเพียงระยะเวลาสั้นๆ ก็ส่งขาย เป็นโคเนื้อได้ รูปแบบนี้เงินหมุนเร็ว ใช้พื้นที่น้อย แต่เสี่ยงต่อการขึ้นลงของราคาและต้องตื่นตัวอยู่เสมอ

2.1.5 เนื้อโค (Beef)

โคเมื่อขุนเสร็จแล้วจะได้น้ำหนักประมาณ 500 กิโลกรัม เมื่ออายุประมาณ 18-20 เดือน เมื่อนำส่งโรงฆ่าสัตว์ที่มาตราฐาน จะมีกรรมวิธีในการเอาหนัง เครื่องใน หัว แข้ง ออก เหลือเฉพาะเนื้อกับกระดูกเรียกว่า ซาก (Carcass) ซึ่งจะได้ซากประมาณ 60% ของน้ำหนักมีชีวิตก่อนฆ่า นำซากที่ได้แช่บ่มไว้ในห้องเย็น 3^0 เซลเซียส เป็นเวลา 14 วัน แล้วนำมาตัดเป็นชิ้นส่วนย่อยๆ แต่ละชิ้นส่วนจะมีราคาต่างกันและเหมาะสำหรับการประกอบอาหารต่างๆ กัน เนื้อสันใน (Tender loin) เป็นเนื้อที่นุ่มที่สุด รองลงมาคือเนื้อสันนอก (Sir loin) ถ้าตัดชิ้นเนื้อให้มีสันในอยู่ด้วยกันกับสันนอก

ตรงกลางมีกระดูกรูปตัวที ชิ้นเนื้อนี้เรียกว่า T-bone steak ซึ่งเป็นเนื้อสเต็กที่นิยมมากที่สุด สเต็กที่มีเฉพาะสันนอกติดอยู่กับกระดูกซี่โครงเรียกว่า Rib stack เนื้อสะโพก (Rump และ Round) ก็เป็นเนื้อที่ดีเหมาะสำหรับผัดหรือแกง เนื้อเสือร้องไห้และเนื้อพื้นท้องเป็นเนื้อที่มีมันติดมาก แต่ค่อนข้างเหนียวจึงเหมาะสำหรับย่างหรือทำเนื้อย่างน้ำตกสำหรับคอเหล้า ส่วนเนื้อน่องและเนื้อไหล่จะมีเอ็นอยู่ด้วยจึงเหมาะสำหรับทำเนื้อตุ๋น หลายคนไม่บริโภคเนื้อโคเพราะมีประสบการณ์สมัยดั่งเดิมว่าเนื้อโคเหนียวและมีกลิ่นแรง แต่ถ้าท่านได้ทดลองลิ้มรสเนื้อโคขุนที่ผ่านกรรมวิธีต่างๆ อย่างถูกต้องแล้วรับรองว่าจะติดใจไปอีกนาน

2.2 ลักษณะทั่วไปเกี่ยวกับสุกร

อาณาจักร : Animalia
ไฟลัม : Chordata
ชั้น : Mammalia
อันดับ : Artiodactyla
วงศ์ : Suidae
สกุล : Sus
สปีชีส์ : Sus scrofa

สุกร หรือ หมู (ชื่อวิทยาศาสตร์: Sus scrofa domesticus) เป็นสัตว์เลี้ยงขนาดใหญ่ ซึ่งมีบรรพบุรุษ คือ สุกรป่า (Sus scrofa) สามารถจำแนกเป็นสปีชีส์ย่อยของสุกรป่าหรือเป็นอีกสปีชีส์หนึ่งแยกต่างหาก หัวและความยาวลำตัวอยู่ระหว่าง 0.9 ถึง 1.8 เมตร ตัวโตเต็มวัยหนักระหว่าง 50 ถึง 350 กิโลกรัม สุกรแม้จะเป็นสัตว์กีบคู่ซึ่งมักกินพืชเป็นอาหาร แต่กินได้ทั้งพืชและสัตว์เป็นอาหารเหมือนกับบรรพบุรุษสุกรป่า สุกรมีวิวัฒนาการกระเพาะอาหารใหญ่ขึ้นและลำไส้ยาวขึ้นเพราะพืชย่อยได้ยากกว่าสุกร

มหาวิทยาลัยราชภัฏมหาสารคาม RAJABHAT MAHASARAKHAM UNIVERSITY

สุกรเป็นสัตว์เลือดอุ่นไม่มีต่อมเหงื่อ มีชั้นไขมันใต้ผิวหนังหนา เป็นสัตว์เลี้ยงที่มีความจำดี มีพฤติกรรมฝูงและสนใจต่อสิ่งแวดล้อม นิสัยชอบน้ำ ต้องการคอกที่มีอากาศถ่ายเทดี และอากาศอบอุ่น อุณหภูมิประมาณ 25-29 เซลเซียส หรือ 78-85 ฟาเรนไฮต์ และมีอุณหภูมิร่างกายคงที่ไม่เปลี่ยนแปลง แสงสว่างจะไม่จำเป็นในการเจริญเติบโตเป็นสัตว์ที่ไม่ทนต่อสภาพอากาศร้อน ซึ่งอากาศร้อนจะมีผลต่อปริมาณการกินอาหาร ประสิทธิภาพการใช้อาหาร องค์ประกอบของเนื้อ การสืบพันธุ์และการให้ผลผลิตอื่นๆ อุณหภูมิของร่างกายเฉลี่ยประมาณ 39 เซลเซียส หรือ 102 ฟาเรนไฮต์ อัตราการเต้นของหัวใจปกติ 60-80 ครั้งต่อนาที อัตราการหายใจ 20-30 ครั้งต่อนาที และมีจำนวนโครโมโซม 38 คู่ โครงร่างของสุกร ประกอบด้วย ส่วนต่าง ๆ ดังนี้ หน้า (face) จมูก (snout) ตา (eye) ใบหู (ear) คาง (jowl) คอ (neck) ไหล่ (shoulder) หลัง (back) เอว (loin) บั้นท้าย (rump) หาง (tail) สะโพก (ham) ข้อต่อขาหลัง (stifle) ข้อขาหลัง (hock) ขาหลัง (rear leg) นิ้วก้อย

(dewclaw) กีบ (toe) ขาพับหลัง (rear flank) ท้อง (belly) ขาพับหน้า (fore flank) ขาหน้า (front leg) เข่า (knee) ข้อเท้า (pastern) ความยาวด้านข้าง (length of side) (CHALAD THONGSAW, 2015)

รูปที่ 2.2 สุกรฟาร์มมณีกิ่งแก้ว

2.2.1 การเลี้ยงสุกร

อาชีพการเลี้ยงสัตว์ที่นิยมเลี้ยงในหมู่บ้านต่างๆ ก็คือ การเลี้ยงสุกร หรือ การเลี้ยงสุกร ทั้งนี้เพราะสามารถเลี้ยงเป็นฟาร์มเล็กๆจำนวนไม่กี่ตัวก็ได้ เพราะใช้พื้นที่น้อยเลี้ยงง่ายใช้แรงงานน้อย และสามารถนำเศษอาหารมาใช้เป็นอาหารของสุกรได้ เงินลงทุน ค่าพันธุ์สุกรประมาณตัวละ 1,000 บาทขึ้นไป (ค่าโรงเรือน ค่าอาหาร ขึ้นอยู่กับสุกรที่เลี้ยง) รายได้ ขึ้นอยู่กับจำนวนสุกรที่เลี้ยง อุปกรณ์ พันธุ์สุกร โรงเรือนหรือเล้า รางน้ำ รางอาหาร อาหารสุกร (เช่น ข้าวโพด ปลายข้าว ข้าวฟ่าง รำละเอียด เป็นต้น แหล่งจำหน่ายพันธุ์สุกร สถานีบำรุงพันธุ์สัตว์ทุกแห่งของกรมปศุสัตว์ แนวทางการให้อาหารสุกร

การให้อาหารแก่สุกร แยกออกเป็น 3 ระบบใหญ่ ๆ คือ ระบบหากินเอง ระบบ ให้กินเป็นมื้อ และระบบผสมผสาน

1.1 ระบบหากินเอง เป็นลักษณะที่นำอาหารใส่ลงในถังหรือกล่องขนาดใหญ่ มีความจุพอที่กินได้พอเพียงต่อการกินไม่น้อยกว่า 1 วัน และสุกรเปิดกินเองได้ตลอดเวลา มีลักษณะรูปทรงกลมหรือแนวยาวแบบสี่เหลี่ยมผืนผ้าเปิดได้ 2 ข้างหรือข้างเดียวนิยมใช้เลี้ยงเป็นกลุ่มหรือคอกอนุบาล ลักษณะอาหารที่ให้เป็นอาหารสำเร็จรูปป่นหรืออาหารอัดเม็ดไม่นิยมการให้อาหารแบบเลือกกิน (freechoice) เพราะต้องมีถังหลายอัน ยกเว้นกรณีที่ต้องการให้อาหารเสริมพิเศษ เช่น แร่ธาตุผสมหรืออาหารเยื่อใย ระบบนี้เหมาะกับการเลี้ยงลูกสุกร สุกรรุ่นและสุกรขุน ตลอดจนแม่เลี้ยงลูกแต่ไม่นิยมใช้กับสุกรพันธุ์เพราะจะทำให้อ้วน แม้ว่ามีการทำสูตรอาหารที่มี กากหรือเยื่อใยมากเพื่อให้สุกรพันธุ์กินแบบระบบนี้ แต่ทำให้ถ่ายมากกลายเป็นเพิ่มภาระด้านแรงงาน ดังนั้น ระบบนี้ทำให้สัตว์ได้รับอาหารครบถ้วนแต่ไม่มีโอกาสเลือกสิ่งที่ชอบเติบโตได้เร็วและแก้ปัญหาการเติบโตไม่สม่ำเสมอของการ

เลี้ยงรวม สุกรที่แข็งแรงหรือตะกละมีโอกาสผละออกจากที่ให้อาหาร เป็นการเปิดโอกาสให้สุกรที่อ่อนแอกว่าเข้าไปกินได้และเป็นการเพิ่มพื้นที่กินอาหารในทางอ้อม

1.2 ระบบให้กินเป็นมื้อ เป็นการให้อาหารอย่างมีประสิทธิภาพ ไม่มีอาหารเหลือค้างราง ควบคุมการเพิ่มน้ำหนักตัวได้ถ้าเลี้ยงในที่ขังเดี่ยว จึงนิยมในสุกรพันธุ์หรือสุกรอุ้มท้อง หรือสุกรเลี้ยงลูก ลักษณะอาหารที่ให้ใช้ได้ทั้งอาหารป่นแห้ง หรืออาหารป่นเปียก หรืออาหารเหลว อย่างไรก็ตาม ใช้ได้ทั้งกรณีต้องการขุนหรือควบคุมคุณภาพซาก การให้กินโดยทั่วไปใช้ใส่ในราง

1.3 ส่วนระบบผสมผสาน เป็นการผสมระหว่างระบบหากินเองและระบบให้เป็นมื้อ เพื่อลดปัญหาแรงงาน โดยให้กินสลับกันระหว่างระบบหากินเองแบบจำกัดเวลา 2 – 8 ชั่วโมงเป็นเวลา 1 วัน แล้วให้กินอาหารเป็นเวลาอีก1-2 วัน แล้วกลับไปกินแบบเดิมอีกวิธีการดำเนินงาน

พันธุ์สุกรที่นิยมเลี้ยงมี 3 พันธุ์ คือ ลาร์จไวท์ แลนด์เรซและดูรอก เริ่มจากซื้อลูกสุกรช่วงอายุที่หย่านมแล้ว คือ ประมาณ 28 วันขึ้นไป มาเลี้ยง เมื่อนำสุกรมาถึง โรงเรือน ควรแยกสุกรใหม่เลี้ยงไว้ต่างหากจากสุกรเดิม ประมาณ 15 วัน เพื่อป้องกันการนำโรคมาติดต่อ แล้วฉีดวัคซีนป้องกันโรคอหิวาต์ โรคปากและเท้าเปื่อยให้สุกรใหม่สุกรพ่อพันธุ์ นิยมเลี้ยงพันธุ์ลาร์จไวท์และดูรอก เมื่อน้ำหนัก 50 กิโลกรัม แยกเลี้ยง ไว้คอกละ 1 ตัว ให้อาหารวันละ 1.5 กิโลกรัม (ไม่ควรเลี้ยงให้มีน้ำหนักมากเกินไป) เพราะจะทำให้ใช้งานไม่ได้นานและผสมพันธุ์ยาก) เมื่ออายุ 6 เดือนครึ่ง หัดให้ผสมพันธุ์กับตัวเมีย อายุ 8 เดือน จึงใช้เป็นพ่อพันธุ์

สุกรแม่พันธุ์ นิยมเลี้ยงพันธุ์ลาร์จไวท์และแลนด์เรซ ควรแยกเลี้ยงจากตัวผู้ เมื่อน้ำหนัก 50 กิโลกรัม และเลี้ยงร่วมกันเฉพาะตัวเมียคอกละไม่เกิน 6 ตัว เพื่อลดปัญหาไม่เป็นสัด (ไม่ควรเลี้ยงให้น้ำหนักมากเกินไป) สุกรตัวเมียจะเริ่มเป็นสัดเมื่ออายุประมาณ 5 เดือน และเป็นครั้งต่อไปประมาณ 21 วัน/ครั้ง อาการที่สังเกตได้คือ เบื่ออาหาร อวัยวะเพศบวมแดง ปากช่องคลอดจะมีน้ำเมือกชุ่ม กระวนกระวายหรือซึม เริ่มให้ผสมพันธุ์ควรมีน้ำหนักไม่ต่ำกว่า 90 กิโลกรัม (อายุประมาณ 8 เดือน)

มหาวิทยาลัยราชภัฏมหาสารคาม
RAJABHAT MAHASARAKHAM UNIVERSITY

การผสมพันธุ์ควรทำในเวลาเช้าหรือเวลาเย็น หลังจากผสมพันธุ์แล้ว 24 วัน หากแม่สุกรไม่เป็นสัดอีก แสดงว่าผสมพันธุ์ติดและอุ้มท้อง จึงควรระวังไม่ให้ได้รับการกระทบกระเทือน โดยแยกไปเลี้ยงเดี่ยวและอย่าให้แม่สุกรท้องผูกโดยผสมรำหรือผักสดให้กินทุกวัน

เมื่อแม่สุกรจะคลอดลูกจะนอนหายใจถี่มีเมือกและน้ำคล่ำไหลออกมา หลังจากนั้นจึงคลอด ควรมีน้ำสะอาดตั้งไว้ให้ลูกสุกรกินตั้งแต่อายุได้ 2-3 วัน เมื่ออายุ 5-7 วัน ควรตั้งรางใส่อาหารให้หัดกิน อายุ 28-35 วัน ให้ทำการหย่านมลูกสุกร อายุ 42 วันถ่ายพยาธิ หลังจากนั้น 1-2 สัปดาห์ ฉีดวัคซีนป้องกันโรคอหิวาต์ การเลี้ยงสุกรขุน ควรเลี้ยงสุกรลูกผสมสองสายเลือดหรือสามสายเลือดเพราะเลี้ยงง่าย โตเร็วและแข็งแรงกว่าสุกรพันธุ์แท้ เลี้ยงจนอายุประมาณ 6 เดือน และน้ำหนักได้ตามความต้องการของตลาด จึงจำหน่าย (กรมการจัดหางาน กระทรวงแรงงาน , 2558)

นอกจากนี้มูลสุกรยังสามารถนำมาเป็นปุ๋ยหรืออาหารในบ่อเลี้ยงปลาได้ สุกรเป็นสัตว์เลี้ยงที่ขยายพันธุ์ได้เร็วมีลูกดกจึงเป็นกิจการที่ให้ผลกำไรดี ทำให้เป็นที่นิยมเลี้ยงกันมาก เนื้อสุกรนั้นเป็นที่นิยมของผู้บริโภคเป็นส่วนมาก และ สามารถขายหรือจำหน่ายได้หลายๆตลาดทั้งในท้องถิ่นและตลาดที่รับซื้อทั่วไปในเมือง โดยผู้คนหรือเกษตรกร สามารถเลี้ยงสุกรได้ทั้งแบบเป็นฟาร์มขนาดเล็ก ,ฟาร์มขนาดใหญ่ เนื่องด้วยการเลี้ยงสุกรนั้นใช้พื้นที่ไม่มากแถมยังมีการเลี้ยงที่ง่ายและไม่สับซ้อน

จนเกินไปในวันนี้ฟาร์มไทยจะมาแนะนำการเลี้ยงสุกรขุน เพราะการเลี้ยงสุกรขุนจะใช้เงินลงทุนน้อยกว่าการเลี้ยงสุกร หรือ การเลี้ยงสุกร ในแบบอื่นๆและแถมการเลี้ยงสุกรขุนนั้นยังให้ผลตอบแทนที่ดีอีกด้วย แต่ทั้งนี้ทั้งนั้นผู้เลี้ยงหรือเกษตรกรก็ต้องมีเงินลงทุนไว้สำหรับใช้จ่ายในส่วนของค่าอาหารเพื่อให้สุกรมีอาหารได้กินอย่างเพียงพอด้วยเช่นกัน ส่วนเรื่องสถานที่การเลี้ยงนั้น เกษตรกรควรจะสร้างโรงเรือนให้อยู่ห่างจากชุมชนสักหน่อยถ้าเป็นไปได้ เพราะการเลี้ยงสุกรอาจจะทำให้มีกลิ่นที่แรงและอาจจะไม่เป็นผลดีต่อสิ่งแวดล้อมของชุมชนในย่านนั้น หรือไม่เกษตรกรก็ต้องมีการจัดการกับระบบมูลสุกรหรือของเสียที่อาจจะส่งกลิ่นออกมาให้ดี แหละถ้าให้ดีควรอยู่ใกล้แหล่งวัตถุดิบอาหารที่สามารถหาซื้อได้โดยไม่แพงมากจนเกินไป หรือ อาจจะใกล้แหล่งที่สามารถหาอาหารเหลือใช้จากครัวเรือน หรือระบบไร่นาเพื่อใช้เป็นอาหารเลี้ยงสุกรได้อย่างเพียงพอ การตลาดเกษตรกรก็ควรศึกษาหาแหล่งตลาดที่รับซื้อสุกร ขายสุกร ทั้งที่สุกรยังมีชีวิต และตลาดที่รับสุกรชำแหละแล้วไว้ด้วย โดยพันธุ์สุกรที่เกษตรกรหรือผู้คนทั่วไปที่เลี้ยงสุกร จะนิยมนำมาขุน ส่วมมากจะนิยมใช้ผสม 2, 3, หรือ 4 สายพันธุ์ซึ่งจะมีลักษณะการให้ผลผลิต การเติบโต และ ความแข็งแรง ที่ดีกว่าการได้จากพ่อและแม่พันธุ์ที่ให้กำเนิดพันธุ์เดียวกันพันธุ์ที่ส่วนมากใช้ในการผสมข้ามสายพันธุ์มีหลายพันธุ์ อย่าเช่น พันธุ์ลาร์จไวน์ พันธุ์แลนด์เรช และพันธุ์ดูร็อคเจอร์ซี่ เป็นตัน ฟาร์มหรือโรงเรือนที่ใช้เลี้ยงสุกร ควรตั้งอยู่ในที่น้ำไม่ท่วม สามารถระบายน้ำได้ดี ห่างไกลจากชุมชน หรือ ตลาด ต่างๆโรงเรือนที่ใช้เลี้ยงสุกรต้องสามารถป้องกันแดด กันฝน และ กันลม ยิ่งถ้าช่วงในฤดูร้อนควรจะต้องดูแลเป็นพิเศษ พื้นในคอกของสถานที่เลี้ยงควรเป็นพื้นคอนกรีต เพื่อความสะดวกในการทำความสะอาดโดยขนาดของคอกควรมีประมาณ 4 x 35 เมตร จึงจะสามารถเลี้ยงสุกรขุน ที่มีขนาด 60 – 100 กิโลกรัม ประมาณ 8 – 10 ตัว ส่วนความยาวของคอกนั้นให้ขึ้นอยู่กับว่า จำนวนสุกรที่เกษตรกรเลี้ยงมีจำนวนมากเท่าไหร่ การให้อาหารสุกร โดยสุกรนั้นเป็นสัตว์กระเพาะเดียว ไม่สามารถย่อยอาหารที่มีเยื่อมากๆได้ดีเหมือนสัตว์กระเพาะรวมชนิดอื่นๆดังนั้นอาหารที่ใช้เลี้ยงสุกร จึงควรจะต้องมีโภชนาการที่ครบถ้วน อาหารสำหรับสุกรขุนส่วนใหญ่จะนิยมใช้อาหารแบบสำเร็จรูป หรือ ผู้เพาะเลี้ยง เกษตรกรบางรายอาจผสมอาหารเพื่อใช้เลี้ยงสุกรเอง ซึ่งจะช่วยให้ลดต้นทุนการผลิต โดยใช้หัวอาหารผสมรวมกับรำ, ปลายข้าว หรือวัสดุอื่น ๆ ตามสัดส่วนที่เกษตรกรเป็นคนกำหนด และการให้อาหารสุกรแต่ละช่วงนั้นจะต้องมีความสอดคล้องกับความต้องการบริโภคของสุกรในแต่ละช่วงอายุของตัวสุกร โดยการจัดการเลี้ยงดูแลสุกร เกษตรกรควรเริ่มเลี้ยงสุกรขุน ตั้งแต่ระยะที่สุกรนั้นหย่านม โดยมีน้ำหนักที่ประมาณ 20 กิโลกรัม โดยใช้อาหารที่มีโปรตีนประมาณ 18 เปอร์เซ็นต์และให้สุกรกินเต็มที่ประมาณวันละ 1–2 กิโลกรัม จากนั้นเมื่อสุกรขุนมีน้ำหนักประมาณ 60 กิโลกรัม ก็จะเปลี่ยนอาหารโดยใช้อาหารที่มีโปรตีน 16 เปอร์เซ็นต์แทน และให้สุกรกินอาหารวันละ 2.5 – 3.5 กิโลกรัม จนถึงระยะที่จะส่งตลาดเมื่อสุกรมีน้ำหนัก ประมาณ 100 กิโลกรัม โดยตลอดระยะเวลาการเลี้ยงสุกรนั้น จะต้องมีน้ำสะอาดให้สุกรกินตลอดทั้งวัน ด้านความสะอาดของสถานที่เลี้ยงหรือคอd เกษตรกรควรทำความสะอาดพื้นคอกสุกรอยู่เป็นประจำ เพื่อลดการหมักหมมของเชื้อโรคต่างๆ ที่อาจจะนำโรคมาสู้ตัวสุกรได้ และอีกทั้งยังป้องกันกลิ่นจากมูลสุกรไปรบกวนชุมชนสถานที่ใกล้เคียงอีกด้วยอีกด้วย และสุกรทุกตัวต้องมีการถ่ายพยาธิ และ จัดฉีดวัคซีนตามกำหนด ที่เราได้ตั้งไว้อย่างสม่ำเสมอ เพื่อให้สุกรมีสุขภาพที่ดี

2.3 ลักษณะทั่วไปเกี่ยวกับกระบือ

การจำแนกชั้นทางวิทยาศาสตร์

อาณาจักร : Animalia
ไฟลัม : Chordata
ชั้น : Mammalia
อันดับ : Artiodactyla
วงศ์ : Bovidae
วงศ์ย่อย : Bovinae
สกุล : Bubalus
สปีชีส์ : B. bubalis
ชื่อทวินาม : Bubalus bubalis

รูปที่ 2.3 กระบือที่เลี้ยงตามธรรมชาติ

ควาย (อังกฤษ : water buffalo) หรือภาษาทางการว่า กระบือ จัดอยู่ในไฟลัมสัตว์มีแกนสันหลังชั้นสัตว์เลี้ยงลูกด้วยนม เป็นสัตว์เลี้ยงที่ใกล้ชิดกับงานเกษตรกรรมของประเทศแถบเอเชียมากที่สุด เพราะชาวนานิยมเลี้ยงกระบือเป็นแรงงานเพื่อไว้ไถนา บ้างก็ใช้กระบือเป็นพาหนะเข้าไปทำไร่ทำนา บ้างก็ฆ่ากระบือกินเนื้อเป็นอาหาร กระบือจึงมีประโยชน์หลายประการ ปัจจุบันมีการใช้งานกระบือน้อยลง กระบือเป็นสัตว์มีสี่ขา เท้าเป็นกีบ ตัวขนาดใกล้เคียงกับวัวโตเต็มวัยเมื่ออายุระหว่าง 5-8 ปี น้ำหนักตัวผู้โตเต็มวัยโดยเฉลี่ย 520-560 กิโลกรัม ตัวเมียเฉลี่ยประมาณ 360-440 กิโลกรัม ตัวผู้จะใหญ่กว่าตัวเมียเล็กน้อย มีผิวสีเทาถึงดำ (บางตัวมีสีชมพู เรียกว่า กระบือเผือก) มีเขาเป็น

ลักษณะเด่นเฉพาะตัว ปลายเขาโค้งเป็นวงคล้ายพระจันทร์เสี้ยว กระบือเป็นสัตว์เลี้ยงลูกด้วยนม ลูกกระบือจะกินนมแม่จนอายุประมาณ 1 ปี 6 เดือน กระบือจะเจริญเติบโตใช้แรงงานได้ระหว่างอายุ 2.5-3 ปี ช่วงที่ใช้งานได้เต็มที่ คือระหว่างอายุ 6-9 ปี กระบือแต่ละตัวจะใช้งานได้จนอายุย่างเข้า 20 ปี อายุกระบือโดยทั่วไปเฉลี่ยประมาณ 25 ปี สายพันธุ์แยกได้เป็นสองกลุ่มคือกระบือป่า และกระบือบ้าน และกระบือบ้านนั้นก็แบ่งได้เป็น 2 ชนิดคือ กระบือปลัก (Swamp buffalo) กระบือแม่น้ำ (River buffalo) ทั้งสองชนิดจัดอยู่ในวงศ์ และ สกุล เดียวกันคือ Bubalus bubalis แต่ก็มีความแตกต่างกันทางสรีระวิทยา รูปร่าง อย่างเห็นได้ชัดเจน จากการศึกษาทางด้านชีวภาพโมเลกุลพบว่ากระบือปลักมีจำนวนโครโมโซม 24 คู่ ส่วนกระบือแม่น้ำจะจำนวนโครโมโซม 25 คู่ และสามารถผสมข้ามพันธุ์ระหว่างทั้งสองชนิดนี้ได้

กระบือปลักเลี้ยงกันในประเทศไทย ฟิลิปปินส์ มาเลเซีย อินโดนีเซีย เวียดนาม พม่า กัมพูชา และลาว เลี้ยงเพื่อใช้แรงงานในไร่นา เพื่อปลูกข้าวและทำไร่ และเมื่อกระบืออายุมากขึ้นก็จะส่งเข้าโรงฆ่าเพื่อใช้เนื้อเป็นอาหาร ชอบนอนแช่ปลัก มีรูปร่างล่ำสัน ผิวหนังมีสีเทาเข้มเกือบดำอาจมีสีขาวเผือก มีขนเล็กน้อย ลำตัวหนาลึก ท้องใหญ่ หัวยาวแคบ เขามีลักษณะแบบโค้งไปข้างหลัง หน้าสั้น หน้าผากแบบราบ ตานูนเด่นชัด ช่วงระหว่างรูจมูกทั้งสองข้างกว้าง คอยาวและบริเวณใต้คอจะมีขนขาวเป็นรูปตัววี (chevlon) หัวไหล่และอกนูนเห็นชัดเจน

กระบือแม่น้ำพบในประเทศอินเดีย ปากีสถาน อียิปต์ ประเทศในยุโรปตอนใต้และยุโรปตะวันออก ให้นมมากและเลี้ยงไว้เพื่อรีดนม ไม่ชอบลงแช่โคลน แต่จะชอบน้ำสะอาด มีหลายสายพันธุ์ เช่น พันธุ์มูร่าห์ นิลิ ราวี เมซานี เซอติ และเมดิเตอร์เรเนียน เป็นต้น กระบือประเภทนี้จะมีขนาดใหญ่ รูปร่างแข็งแรง ลักษณะทั่วไปจะมีผิวหนังสีดำ หัวสั้น หน้าผากนูน เขาสั้น และบิดม้วนงอ ส่วนลำตัวจะลึกมาก มีขนาดเต้านมใหญ่

2.3.1 การเลี้ยงกระบือ

จำแนกได้ 2 ประเภทใหญ่ ๆ

แบบแรก ได้แก่ การเลี้ยงกระบือเพื่อใช้แรงงาน การเลี้ยงแบบนี้เป็นการเลี้ยงที่ดำเนินกันทั่วไปในเมืองไทย อันได้แก่ การเลี้ยงกระบือเพื่อเป็นส่วนประกอบของการทำไร่ทำนา โดยมิได้มุ่งเลี้ยงเป็นการค้าโดยเฉพาะ การเลี้ยงเป็นไปแบบตามมีตามเกิด โดยมิต้องอาศัยวิชาการเข้าช่วยมากนัก อาศัยธรรมชาติเป็นเครื่องอำนวยการเลี้ยง การเลี้ยงกระบือแบบนี้จึง เรียกว่า การเลี้ยงแบบธรรมชาติ

การเลี้ยงกระบืออีกแบบหนึ่ง คือ การเลี้ยงแบบการค้า ซึ่งยังเลี้ยงกันเป็นส่วนน้อยในเมืองไทย การเลี้ยงแบบนี้ อาศัยวิธีการทางวิทยาศาสตร์เข้าช่วยเป็นอย่างมาก เพื่อมุ่งให้ได้กำไรมากที่สุดจากกิจการการเลี้ยวกระบือนั้น การเลี้ยงกระบือแบบนี้ จึงเรียกได้ว่า เป็นการเลี้ยงแบบอุตสาหกรรมโดยมุ่งให้ได้ผลผลิต คือ เนื้อมากที่สุดต่อหนึ่งหน่วยของสิ่งที่ลงทุน การเลี้ยงแบบอุตสาหกรรมจึงต้องคำนึงถึงปัจจัยสำคัญ 4 ประการ คือ 1. การดูแลจัดการ ได้แก่ การจัดสภาพและความเป็นอยู่ขอกระบือ ให้อยู่ในสภาพที่ดี ให้ผลสูงแต่ต้นทุนต่ำ การดูแลนี้ครอบคลุม ถึงการจัดโรงเรือน การปรนนิบัติต่อสัตว์ การควบคุมอุณหภูมิในโรงเรือนและความชื้น การดูแลรักษาความสะอาดเพื่อให้เหมาะสมแก่การขยายพันธุ์ การเจริญเติบโตจนการให้ผลผลิตของกระบือ 2. อาหารและการให้อาหาร ผู้เลี้ยงจะแสวงหาอาหารที่มีคุณภาพในราคาที่พอสมควรมาใช้เลี้ยงกระบือ โดยมุ่งให้ได้ผลผลิตและกำไรสูง ทั้งนี้จะได้พิจารณารวมถึงวิธีการให้อาหารที่เหมาะสมเพียงพอและประหยัด

มหาวิทยาลัยราชภัฏมหาสารคาม
RAJABHAT MAHASARAKHAM UNIVERSITY

3. พันธุ์และการผสมพันธุ์ ผู้เลี้ยงจะพิจารณาเลือกเลี้ยงพันธุ์ที่ให้ผลผลิตสูง แต่เลี้ยงง่ายตามสภาพแวดล้อมของท้องถิ่น ยิ่งกว่านั้นผู้เลี้ยงจะเลือกใช้วิธีการผสมพันธุ์ ที่เหมาะสมตามวัตถุประสงค์ของการผลิตว่าเป็นการผลิตพันธุ์แท้ การผลิตเพื่อขุน และการพยายามปรับปรุงคุณภาพของการเลี้ยงให้ดีขึ้นเรื่อย ๆ 4. การป้องกันโรค ได้แก่ การวางมาตรการอันเหมาะสมในการป้องกันโรค และการดูแลรักษาสุขภาพสัตว์

ระบบการเลี้ยงกระบือแบบอุตสาหกรรมอาจจำแนกได้เป็นประเภทต่าง ๆ ดังนี้ คือการเลี้ยงกระบือ ได้แก่ การเลี้ยงแบบทำไร่ปศุสัตว์ การเลี้ยงต้อนในทุ่ง และการเลี้ยงขุนในคอกการเลี้ยงกระบือเนื้อแบบทำไร่ปศุสัตว์ใช้พื้นที่กว้างขวางมาก และมีการลงทุนปรับปรุงพื้นที่ กั้นรั้วและปลูกสร้างแปลงหญ้าเลี้ยงสัตว์ การเลี้ยงแบบนี้โดยทั่วไป เป็นการเลี้ยงเพื่อขยายพันธุ์กระบือคุณภาพดี ราคาแพง มีการลงทุนสูงใช้วิชาการมาก ใช้โรงเรือนและเครื่องมืออุปกรณ์ไร่มาก ในเมืองไทยได้มีผู้ลงทุน ทำไร่ปศุสัตว์กันอยู่บ้างการต้อนเลี้ยงกระบือในทุ่ง เป็นการเลี้ยงแบบไล่ต้อนสัตว์ไปกินหญ้าในท้องกว้าง ซึ่งว่างเว้นจากการเพาะปลูกหรือทุ่งสาธารณะผู้เลี้ยงสัตว์อาจไม่มีพื้นที่เป็นขอบเขตของตนเอง หรือพื้นที่สำหรับจัดการกักขังกระบือเมื่อคราวจำเป็นเท่านั้น การเลี้ยงแบบนี้ลงทุนเกี่ยวกับสถานที่และการลงทุนน้อยมาก โดยทั่วไปไม่จำเป็นต้องมีโรงเรือนหรืออุปกรณ์มากนัก ใช้วิชาการน้อย ผู้เลี้ยงไล่ต้อนความไปเลี้ยงโดยการเดินเท้าหรือขี่ม้าแบบเคาบอยอเมริกันตะวันตก วัตถุประสงค์ของการเลี้ยงโดยทั่วไป เพื่อผลิตกระบือขาย ใช้งาน และเอาเนื้อ มีผู้เลี้ยงกระบือแบบนี้อยู่ทั่วไปในเมืองไทย การเลี้ยงแบบนี้ส่วนใหญ่เป็นการเลี้ยงกระบือในฝูงกระบือฝูงหนึ่ง ๆ มีจำนวนตั้งแต่ 200 – 300 ตัว การเลี้ยงกระบือแบบขุนในคอก เป็นการเลี้ยงกระบือเพื่อให้ขุนอ้วนแล้วส่งตลาดโดยเฉพาะ กระบือจะถูกกักบริเวณโดยได้รับอาหารที่มีพลังงานสูง ช่วยให้อ้วนเร็วการเลี้ยงแบบนี้ไม่จำเป็นต้องใช้ทุ่งหญ้าหรือพื้นที่ที่กว้างขวาง ส่วนใหญ่กระทำการแบบชานเมือง ในเมืองไทยไม่ค่อยมีการเลี้ยงแบบนี้ แต่ในอนาคตคาดว่า จะมีการเลี้ยงกระบือเกิดขึ้น เพราะราคาเนื้อแพงขึ้น ผู้บริโภคนิยมเนื้อคุณภาพสูง ราคาอาหารขุนก็ไม่แพงนัก วิชาการเลี้ยงกระบือแบบนี้แพร่หลายขึ้นพร้อมทั้งความต้องการเนื้อกระบือในต่างประเทศก็สูงขึ้นด้วย

2.3.2 ประโยชน์ของกระบือ

การใช้เป็นแรงงาน กระบือมีรูปร่างลักษณะเหมาะกับกับการใช้เป็นแรงงานในพื้นที่เป็นโคลนตมได้ดี เพราะขาทั้งสี่ข้างรับน้ำหนักได้ดี มีกีบเท้าใหญ่และแข็งแรงเดินได้ดีในโคลน และมีข้อกีบและข้อขาที่เคลื่อนไหวคล่องตัว ทำให้เดินได้ดีในที่นาขรุขระ กระบือ เป็นแรงงานหลักที่สำคัญของชาวนา เช่น ใช้ในการเตรียมดินไถนาและคราด การนวดข้าว ลากเกวียน ไถนา หรือไถวัชพืชระหว่างร่องมันสำปะหลังหรือร่องอ้อยในบางพื้นที่ การใช้มูลและปุ๋ย มูลกระบือมีความสำคัญมากในการฟื้นฟูความอุดมสมบูรณ์ของดิน เนื่องจากที่นาได้ใช้เป็นปุ๋ยเคมีติดต่อกันหลายปี ทำให้ดินเสื่อมคุณภาพแข็งแรงเป็นดินดาน แต่ถ้าใส่ปุ๋ยคอกจากมูลกระบือเป็นการเพิ่มอินทรียวัตถุให้กับดิน จะทำให้โครงสร้างของดินร่วนซุย เพิ่มธาตุอาหารให้กับพืช และให้ธาตุอาหารพืชในลักษณะต่อเนื่อง และยังทำให้การเกิดฟื้นฟูสิ่งมีชีวิตในดิน เช่น จุลินทรีย์ ไส้เดือน แมลงต่างๆ จากผลการวิเคราะห์ธาตุอาหารในมูลกระบือ โดยพบว่า ในมูลกระบือมีธาตุไนโตรเจน 1.39 % ฟอสฟอรัส 0.97% และโปตัสเซียม 0.43 % ของน้ำหนักแห้ง สำหรับปริมาณมูลที่ผลิตได้ต่อตัว กระบือโตเต็มที่จะถ่ายมูลคิดเป็นน้ำหนักแห้งปีละ 2-3 ตัน การให้เนื้อ เนื้อกระบือถือว่าเป็นเนื้อที่มีคุณภาพต่อผู้บริโภค ด้วยเหตุผลด้านรสชาติ

ที่ดี เป็นเนื้อที่มีปริมาณไขมัน และไตรกลีเซอไรด์น้อยเมื่อเทียบกับเนื้อไก่ เนื้อโค และเนื้อปลา แต่เส้นใยมีลักษณะหยาบกว่าเนื้อโค (รุ่งเรือง ฟาร์ม , 2557)

2.4 ก๊าซชีวภาพ

ก๊าซชีวภาพ คือ ก๊าซที่เกิดขึ้นโดยแบคทีเรียในกระบวนการย่อยสลายสารอินทรีย์ ภายใต้สภาวะ แบบ Anaerobic (ไม่ใช้อากาศ) โดยมีแบคทีเรียกลุ่ม Methanogens (กลุ่มที่ผลิตก๊าซมีเทน) ทำการย่อยสลาย สารอินทรีย์ ทำให้เกิดก๊าซชีวภาพ (ก๊าซมีเทน) ซึ่งเป็นแหล่งพลังงานหมุนเวียนที่สำคัญ โดยก๊าซชีวภาพที่เกิดขึ้น นี้จะผ่านกระบวนการ บำบัด หรือการทำให้ก๊าซที่ได้มีความสะอาดและปลอดภัยมากขึ้น โดยการกำจัดความชื้น รวมถึงก๊าซไฮโดรเจนซัลไฟด์ โดยส่วนใหญ่ก๊าซที่ได้หลังผ่านการบำบัดแล้ว ก็จะเข้าสู่กระบวนการผลิตพลังงาน ในรูปแบบของพลังงานไฟฟ้า และพลังงานความร้อน ในส่วนของพลังงานไฟฟ้าที่ผลิตได้สามารถที่จะเชื่อมต่อ กับระบบสายส่งสาธารณะเพื่อขายให้แก่รัฐ หรือนำไปใช้โดยตรงตามที่เจ้าของโครงการต้องการ และสำหรับ พลังงานความร้อนก็สามารถนำไปใช้โดยตรงได้ เช่น การนำไปเผาไหม้ในเครื่องกำเนิดไอน้ำ (Boiler) และระบบ ของเรายังสามารถดัดแปลงเพื่อใช้กับอุปกรณ์ต่างๆ เพื่อความเหมาะสม

2.5 หลักการทำงานของระบบผลิตก๊าซชีวภาพ

กระบวนการผลิตก๊าซชีวภาพนั้นเป็นกระบวนการทางธรรมชาติ ที่อาศัยการทำงานของจุลินทรีย์ จำพวกที่ไม่ชอบออกซิเจน ซึ่งจุลินทรีย์แบบไม่ชอบออกซิเจนนั้นมี ๒ พวก คือ พวกที่สร้างมีเทน (Methanogenic bacteria) และ พวกที่ไม่สร้างมีเทน (Non-methanogenic bacteria) โดยจุลินทรีย์ประเภทสร้างมีเทนนี้จะใช้ สารอินทรีย์ที่มีโครงสร้างไม่ซับซ้อนเป็นสารอาหาร และให้ผลผลิตเป็นก๊าซมีเทน (สูตรโมเลกุล CH_4) และ ก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ (สูตรโมเลกุล CO_2) เป็นหลัก โดยมีก๊าซอื่นๆในปริมาณเล็กน้อยเช่น ก๊าซไข่เน่า หรือ ก๊าซไฮโดรเจนซัลไฟด์ (สูตรโมเลกุล H_2S) จุลินทรีย์กลุ่มนี้ไม่ชอบออกซิเจนอิสระ (สูตรโมเลกุล O_2 เป็นโมเลกุล ที่มนุษย์ใช้หายใจเพื่อการดำรงชีพ) ดังนั้นในการผลิตก๊าซชีวภาพนั้นจะต้องระวังไม่ให้ออกซิเจนสามารถเข้าไป สัมผัสกับจุลินทรีย์กลุ่มที่สร้างมีเทน เพราะจะทำให้การผลิตก๊าซมีเทนด้อยประสิทธิภาพ และเนื่องจากแบกทีเรีย กลุ่มสร้างมีเทน สามารถใช้สารอาหารที่มีโครงสร้างไม่ซับซ้อนเท่านั้น การผลิตก๊าซมีเทนจากสารอินทรีย์ที่มี โครงสร้างซับซ้อน จึงต้องอาศัยการทำงานของแบกทีเรียกลุ่มไม่สร้างมีเทน เพื่อท้าการย่อยสลายสารอินทรีย์ที่มี ความซับซ้อนสูง ให้กลายเป็นสารอินทรีย์ที่มีความซับซ้อนต่ำพอที่แบกทีเรียกลุ่มสร้างมีเทนสามารถย่อยสลายได้ ดังนั้นในการผลิตก๊าซมีเทนจะต้องอาศัยการร่วมมือของแบกทีเรียหลายๆ กลุ่มเข้าด้วยกัน โดยทั่วไปน้ำเสียและ ขยะที่มีสารอินทรีย์นั้นสามารถนำมาผลิตก๊าซชีวภาพได้

2.6 ระบบผลิตก๊าซชีวภาพที่นิยมใช้

เมื่อองค์ประกอบต่างๆ ครบถ้วน เช่น มีแบคทีเรีย สารอินทรีย์ อาหารเสริม และสิ่งแวดล้อมอื่นๆ ที่เหมาะสมแต่ไม่มีออกซิเจน กระบวนการสร้างก๊าซชีวภาพ ก็สามารถเกิดได้ตามธรรมชาติทันที ดังนั้นในธรรมชาติ นั้นการเกิดก๊าซชีวภาพนั้นเกิดในบ่อที่มีการหมัก ในก้นแม่น้ำ ทะเลสาบ ลำไส้คนและโค ไร่นาข้าวที่มีน้ำท่วมขัง ในเปลือกไม้ที่อับชื้น ใต้ท้องทะเลลึก เป็นต้น

อย่างไรก็ตามการเกิดในสภาวะที่กล่าวมาแล้วขั้นต้นนั้นเป็น กระบวนการที่เกิดในธรรมชาติ ซึ่งอัตราการสร้างก๊าซชีวภาพจะเร็วหรือช้านั้นถูกกำหนดโดยธรรมชาติ แต่ในเชิง วิศวกรรมแล้ว วิศวกรจะสร้างระบบขึ้นมาเพื่อควบคุมสิ่งแวดล้อมต่างๆ ให้เหมาะสม ให้แบกทีเรียสามารถ ทำงานได้รวดเร็วตามที่ต้องการ หรืออีกนัยหนึ่งคือ วิศวกรที่ออกแบบระบบผลิตก๊าซชีวภาพคือ ผู้ที่เข้าใจ ธรรมชาติของสารอินทรีย์ และสภาวะการทำงานที่เหมาะสมของแบกทีเรียกลุ่มไม่ชอบออกซิเจน และทำการสร้างสภาวะดังกล่าว เพื่อเอาใจแบกทีเรียให้สามารถทำงานได้ ตามที่มนุษย์ต้องการ ประเภทของระบบผลิต ก๊าซชีวภาพที่นิยมใช้ได้แก่

ระบบบ่อไร้อากาศ (Anaerobic Ponds) ซึ่งเป็นบ่อที่นิยมใช้ในโรงงานอุตสาหกรรม เนื่องจาก ค่าใช้จ่ายถูกสุด แต่มีข้อเสียคือเกิดกลิ่นเหม็นรบกวน และใช้พื้นที่มาก

ระบบบ่อไร้อากาศแบบคลุมบ่อ (Anaerobic Covered Lagoons) เป็นระบบที่ดัดแปลงมาจากระบบบ่อไร้อากาศ โดยมีการคลุมบ่อเพื่อเก็บก๊าซชีวภาพที่เกิดขึ้นและนำไปใช้ประโยชน์ ข้อดีของ ระบบนี้คือ ไม่มีกลิ่นเหม็นรบกวนและสามารถใช้ประโยชน์จากก๊าซชีวภาพได้

ระบบกวนสมบูรณ์ (CSTR) โดยทั่วไปมักเป็นถังเหล็กหรือถังคอนกรีตเสริมเหล็ก ภายในถังมี การกวนผสมน้ำอย่างทั่วถึงเพื่อให้สารอาหารสัมผัสกับแบกทีเรียอย่างเต็มที่ แต่ข้อเสียคือ น้ำทิ้งที่ไหลออกจาก ถังจะมีแบกทีเรียปนออกไปด้วย ทำให้ความสามารถของระบบต่ำลง

ระบบแอนแอโรบิคคอนแทค (Anaerobic Contact) ระบบนี้เป็นระบบที่พัฒนาจากระบบกวนสมบูรณ์ คือมีการนำน้ำที่ไหลออกจากระบบกวนสมบูรณ์ไปแยกตะกอนออกโดยใช้ถังตกตะกอน แล้วสูบ ตะกอนกลับเข้าสู่ถังกวนสมบูรณ์เพื่อทำหน้าที่ผลิตก๊าซชีวภาพต่อไป

ระบบถังกรองไร้อากาศ (Anaerobic Filter) ระบบนี้จะมีการใส่ตัวกลางซึ่งมักเป็นพลาสติก เพื่อให้แบกทีเรียยึดเกาะติด ไม่ไหลออกไปจากถังผลิตก๊าซชีวภาพเมื่อน้ำไหลออกนอกถัง ระบบนี้จะทำให้ ปริมาณของแบกทีเรียในระบบมีมาก สามารถผลิตก๊าซชีวภาพได้ดี

ระบบยูเอเอสบี (UASB) ระบบนี้เป็นที่นิยมอย่างมากทั่วโลก แบกทีเรียในระบบจะรวมตัวจับ กันเป็นเม็ดคล้ายกับเม็ดแมงลัก ขนาด ๐.๔ – ๒ มิลลิเมตร การรวมตัวของแบกทีเรียปริมาณมาก (ซึ่งแต่ละเซล มีขนาดเพียงประมาณ ๐.๐๐๑ มม.) ทำให้ตะกอนเม็ดจมตัวและสะสมในระบบผลิตก๊าซชีวภาพได้มาก ทำให้ ระบบสามารถผลิตก๊าซชีวภาพได้ดี

รูปที่ 2.4 บ่อหมักก๊าซชีวภาพแบบ UASB

ที่มา (สถาบันวิจัยและพัฒนาพลังนครพิงค์งานมหาวิทยาลัยเชียงใหม่ ต.แม่เหียะ จ.เชียงใหม่, 2556)

ระบบอีจีเอสบี (EGSB) ระบบนี้พัฒนาต่อเนื่องมาจากระบบยูเอเอสบี เพื่อให้สามารถทำงาน ได้ดีขึ้น โดยเน้นที่การสัมผัสและการถ่ายเทมวลสารระหว่างแบกทีเรียและสารอาหารที่ดีขึ้น แต่ระบบนี้ก็ ต้องการการออกแบบและดูแลที่ดีขึ้นเช่นกัน

ระบบย่อยสลัดจ์แบบราง (Plug Flow Digester) มักนิยมใช้ในฟาร์มสุกร ซึ่งมีสารแขวนลอยสูง (กรมการพลังงานทหาร,2556)

2.7 ประสิทธิภาพของการผลิตก๊าซชีวภาพ

ประสิทธิภาพของการผลิตก๊าซชีวภาพขึ้นอยู่กับองค์ประกอบ 2 ประการหลักดังนี้

2.7.1 องค์ประกอบทางด้านสิ่งแวดล้อม ได้แก่ ความเป็นกรด–ด่าง (pH 6.8–7.4) Alkalinity (ความต้านทาน pH) Volatile acid concentration อุณหภูมิ 35 องศาเซลเซียส อาหารเสริมสร้าง C N_2P K สารพิษ และ การกวน

2.7.2 องค์ประกอบด้านการทำงาน ได้แก่ วัตถุดิบ (C : N = 20 – 30:1)สถานภาพทางกายภาพของสารอินทรีย์ ปริมาณน้ำ : มูลสัตว์ = 2–1 : 1

2.8 องค์ประกอบของก๊าซชีวภาพ

ก๊าซชีวภาพประกอบไปด้วยก๊าซมีเทน (CH_4) และก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ (CO_2) เป็นองค์ประกอบหลัก ส่วนก๊าซอื่นๆ เช่น ก๊าซไฮโดรเจนซัลไฟด์ (H_2S) ก๊าซแอมโมเนีย และก๊าซไฮโดรเจนจะมีปริมาณเล็กน้อย เนื่องจากก๊าซมีเทนเป็นก๊าซที่ให้ค่าพลังงานความร้อนสูง โดยสามารถให้พลังงานความร้อนได้สูงถึงประมาณ 9,000 กิโลแคลอรี/ลูกบาศก์เมตร และโดยปกติก๊าซชีวภาพจะมีก๊าซมีเทนอยู่มากกว่าร้อยละ 60 จึงสามารถนำก๊าซชีวภาพไปใช้ประโยชน์ในรูปของพลังงานได้ เช่น เผาเพื่อใช้ประโยชน์จากความร้อนโดยตรง ใช้เป็นเชื้อเพลิงสำหรับขับเคลื่อนเครื่องยนต์ หรือเป็นเชื้อเพลิงในการผลิตกระแสไฟฟ้า เป็นต้น

มหาวิทยาลัยราชภัฏมหาสารคาม RAJABHAT MAHASARAKHAM UNIVERSITY

ตารางที่ 2.1 คุณสมบัติของก๊าซชีวภาพ (ที่ 0 องศาเซลเซียส ความดัน 1 บรรยากาศ)

ปริมาณ CH_4	65-70	% (v/v)
ปริมาณ CO_2	30-35	% (v/v)
ปริมาณ H_2S	1,000	Ppm
ค่าความร้อนทางต่ำ	24.48	MJ/m^3
ความเร็วเปลวไฟ	25	cm/s
อัตราส่วนระหว่างอากาศกับเชื้อเพลิงในทางทฤษฎี	6.19	m^3_a/m^3_g
อุณหภูมิเผาไหม้ในอากาศ	650	$^{\circ}$ C
ค่าความจุความร้อน (Cp)	1.6	$kg/m^3\,^{\circ}$ C
ค่าความหนาแน่น(ρ)	1.15	kg/m^3

ที่มา : พิษณุพงษ์ กินร (2550)

ตารางที่ 2.2 ก๊าซชีวภาพ 1 ลูกบาศก์เมตรที่มีสัดส่วนของก๊าซมีเทนร้อยละ 60 มีค่าความร้อนเทียบเท่า

ก๊าซหุงต้ม (LPG)	0.46	Kg
น้ำมันเบนซิน	0.67	L
น้ำมันดีเซล	0.60	L
น้ำมันเตา	0.55	L
ฟืนไม้	1.50	Kg
ไฟฟ้า	1.20	kWh

ที่มา : พิษณุพงษ์ กินร (2550)

มหาวิทยาลัยราชภัฏมหาสารคาม
MAHABHAT MAHASARAKHAM UNIVERSITY

2.9 การนำก๊าซชีวภาพไปใช้ประโยชน์

2.9.1 การใช้เป็นเชื้อเพลิงหม้อไอน้ำ

แรงดันจากระบบจะดันก๊าซชีวภาพไปเข้าหัวเผา ซึ่งต้องออกแบบพิเศษสำหรับใช้ก๊าซชีวภาพหรือใช้ร่วมกับเชื้อเพลิงอื่น ก๊าซชีวภาพ 1 ลูกบาศก์เมตร สามารถใช้แทนน้ำมันเตาได้ประมาณ 0.6 ลิตร ก๊าซชีวภาพนี้ไม่จำเป็นต้องกำจัดไฮโดรเจนซัลไฟด์ เนื่องจากก๊าซชีวภาพจากน้ำเสียทั่ว ๆ ไปมีไฮโดรเจนซัลไฟด์ปริมาณต่ำ การนำก๊าซชีวภาพไปใช้เป็นเชื้อเพลิงหม้อไอน้ำเป็นวิธีการที่เหมาะสมที่สุดสำหรับอุตสาหกรรมโดยทั่วไปเนื่องจากมีค่าใช้จ่ายต่ำและโรงงานโดยทั่วไปต้องการไอน้ำสำหรับการผลิต

2.9.2 การเผาให้ความร้อนในกระบวนการผลิต

ในกระบวนการผลิตหลายอย่างอาจมีความต้องการเชื้อเพลิงหรือไฟฟ้าในการต้มน้ำร้อน ทำให้น้ำมันร้อน เตาเผา เป็นต้น สามารถนำก๊าซชีวภาพมาใช้ได้โดยตรงและไม่ต้องแยกหรือ

กำจัดสารใดในก๊าซชีวภาพก่อนใช้ วิธีการนี้มีความเหมาะสมมาก เนื่องจากง่ายและเสียค่าใช้จ่ายต่ำในการปรับปรุงระบบจ่ายก๊าซ

2.9.3 การผลิตกระแสไฟฟ้า

วิธีการนี้ต้องมีการกำจัดก๊าซไฮโดรเจนซัลไฟด์ในก๊าซชีวภาพ เพราะไฮโดรเจนซัลไฟด์จะทำให้เครื่องยนต์ผลิตไฟฟ้าถูกกัดกร่อนได้ โดยทั่วไปเครื่องผลิตกระแสไฟฟ้า มีประสิทธิภาพรวมประมาณ 1.6–1.9 กิโลวัตต์ชั่วโมงต่อลูกบาศก์เมตรของก๊าซชีวภาพ วิธีนี้จะให้ผลตอบแทนต่ำกว่าการนำไปใช้กับหม้อไอน้ำ และราคาเครื่องผลิตกระแสไฟฟ้ามีราคาสูง แต่กรณีที่โรงงานมีความต้องการไอน้ำต่ำหรือผลิตก๊าซชีวภาพได้มากเกินความต้องการ สามารถนำก๊าซชีวภาพมาผลิตกระแสไฟฟ้าได้

2.9.4 การใช้ประโยชน์ทดแทนน้ำมันเชื้อเพลิง

ก๊าซชีวภาพสามารถนำมาใช้ประโยชน์ในภาคขนส่งได้ โดยนำมาใช้ทดแทนน้ำมันเชื้อเพลิงที่ใช้กับเครื่องยนต์ หรือใช้เป็นระบบสองเชื้อเพลิง โดยการติดตั้งระบบเก็บก๊าซชีวภาพเพิ่มเติมเข้าไป แต่ทั้งนี้จะต้องมีระบบการอัดก๊าซชีวภาพใส่ในถังแรงดันสูงเพื่อให้ใช้งานได้นาน ซึ่งในปัจจุบันนี้ยังไม่มีความคุ้มทุนที่จะทำ

2.9.5 การใช้ประโยชน์ด้านอื่นๆ (วสันต์ ปินะเต, 2559)

ก๊าซชีวภาพสามารถนำไปใช้ประโยชน์ด้านอื่น ๆ เช่น ใช้ก๊าซหุงต้มในโรงอาหารของโรงงานและบ้านพัก เป็นต้น ซึ่งสามารถทำได้ถ้าอยู่ไม่ห่างไกลจากระบบผลิตก๊าซชีวภาพมากนัก นอกจากการนำก๊าซชีวภาพไปใช้ประโยชน์ในด้านต่าง ๆ แล้ว กากตะกอนที่เหลือ จากกระบวนการผลิตก๊าซชีวภาพยังสามารถนำมาใช้และจำหน่ายเป็นปุ๋ยได้อีก ซึ่งจะมีคุณภาพที่ดีกว่าปุ๋ยคอก (มูลสัตว์สด) รวมทั้งยังมีคุณสมบัติที่ดีกว่าปุ๋ยเคมีเหมาะสมหรับใช้ในการปรับปรุงสภาพของดินให้ดีขึ้นอีกด้วย นอกจากนี้ การใช้ประโยชน์จากก๊าซชีวภาพนอกเหนือจากได้พลังงานแล้ว ยังสามารถนำไปใช้เป็นวัตถุดิบในอุตสาหกรรมเคมีได้ โดยเป็นสารตั้งต้นเพื่อการผลิตเคมีภัณฑ์ต่าง ๆ เช่น

1) Acetylene
2) Carbon Disulphide
3) Carbon Tetrachloride
4) Hydrogen Cyanide
5) Methyl Chloride
6) Methylene Chloride

มหาวิทยาลัยราชภัฏมหาสารคาม RAJABHAT MAHASARAKHAM UNIVERSITY

2.10 การเกิดไฮโดรเจนซัลไฟด์ (H_2S)

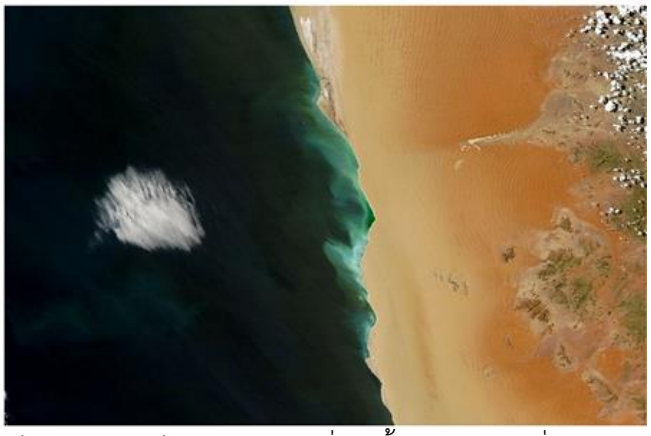
ไฮโดรเจนซัลไฟด์เป็นก๊าซที่พบได้ทั่วไปในธรรมชาติ เนื่องจากมีกลิ่นเหมือนไข่เน่าจึงทำให้เป็นก๊าซที่รู้จักกันอย่างกว้างขวาง ก๊าซนี้เกิดขึ้นจากการเน่าเปื่อยและย่อยสลายของอินทรีย์สาร จากปฏิกิริยาเคมีที่เรียกว่า ซัลเฟตรีดักชั่น (Sulfate Reduction) แบคทีเรียไร้อากาศทำหน้าที่ย่อยสลายสารอินทรีย์ โดยใช้ซัลเฟตเป็นสารรับอิเล็กตรอนและเปลี่ยนเป็นซัลไฟด์ ปฏิกิริยาระหว่างซัลไฟด์ (s2-) และน้ำทำให้เกิด ไฮโดรเจนซัลไฟด์(H2S) ไฮโดรเจนซัลไฟด์(H2S)พบได้มากในบ่อพักน้ำเสียหรือในท่อระบายน้ำเสีย น้ำเสียที่มีซัลไฟด์มากเป็นน้ำเสียจากโรงงานอุตสาหกรรมบางประเภท เช่น โรงกลั่น

น้ำมัน การเกิดไฮโดรเจนซัลไฟด์ในระบบบำบัดน้ำเสียไร้อากาศที่บำบัดน้ำเสียที่มีซัลเฟตสูงก่อให้เกิดปัญหาหลายประการ เช่น ปัญหากลิ่นเหม็นไข่เน่า ปัญหาการสึกหรอการกัดกร่อนของโลหะปัญหาเป็นพิษต่อแบคทีเรียผลิตมีเทนและทำให้ปริมาณก๊าซมีเทนลดลง รวมทั้งมีผลต่อระบบเติมอากาศที่ตามหลังเนื่องจากซัลไฟด์เป็นสารรีดิวซ์ที่ทำปฏิกิริยากับออกซิเจนได้ นอกจากนั้นเมื่อนำก๊าซชีวภาพที่มีไฮโดรเจนซัลไฟด์ไปใช้ประโยชน์จะมีปัญหาการกัดกร่อนของอุปกรณ์ต่างๆ ทำให้มีความจำเป็นต้องทำความสะอาดก๊าซชีวภาพก่อนนำไปใช้ประโยชน์ เมื่อก๊าซไฮโดรเจนซัลไฟด์หลุดสู่ชั้นบรรยากาศ จะถูกออกซิไดซ์เป็นก๊าซซัลเฟอร์ไดออกไซด์ ภายใต้ออกซิเจนและความชื้นที่เหมาะสม เกิดเป็นละอองของกรดกำมะถันที่กระจายอยู่ในบรรรยากาศที่เรียกว่า (Acid Mist)และเมื่ออากาศมีความชื้นสูงจะเกิดการควบแน่นทำให้อนุภาคเหล่านี้ตกลงมากับฝนเรียกว่า ฝนกรด (Acid Rain) (สยามเคมี, 2559)

2.11 ผลกระทบที่เกิดจากก๊าซไฮโดรเจนซัลไฟด์หรือก๊าซไข่เน่า

ทุกวันนี้คงไม่มีใครไม่รู้จักก๊าซไฮโดรเจนซัลไฟด์แต่จะมีสักกี่คนที่รู้และตระหนักถึงอันตรายของก๊าซชนิดนี้ที่มีต่อมลพิษทางอากาศและสุขภาพความเป็นอยู่ของมนุษย์ ก๊าซไฮโดรเจนซัลไฟด์หรือที่คนทั่วไปเรียกว่าก๊าซไข่เน่า คงเป็นเพราะกลิ่นของก๊าซชนิดนี้คล้ายกลิ่นของไข่เน่า ก๊าซชนิดนี้เป็นหนึ่งในสารประกอบที่ได้จากธาตุซัลเฟอร์ มีคุณสมบัติเป็นก๊าซพิษชนิดหนึ่งที่ไม่มีสี มีสูตรทางเคมีว่า H_2S น้ำหนักโมเลกุล 34.04 จุดเดือด -85.5°C จุดหลอมเหลว -60.7°C ความหนาแน่นของก๊าซ 1.393 g/L ที่อุณหภูมิ 25°C ความดันบรรยากาศ 1 atm ซึ่งมีน้ำหนักมากกว่าอากาศ ค่าปริมาณไอระเหยของก๊าซต่ำสุดที่สามารถเกิดการระเบิดได้ หากมีออกซิเจนเพียงพอ (Lower explosive Limit, LEL) อยู่ที่ 4% จึงจัดก๊าซชนิดว่าเป็นก๊าซที่มีความว่องไวในการลุกติดไฟได้ง่ายมากและเกิดการเผาไหม้อย่างรุนแรงและอุณหภูมิที่สามารถลุกติดไฟได้เองอยู่ที่อุณหภูมิ 290°C

แหล่งกำเนิดของก๊าซไฮโดรเจนซัลไฟด์โดยส่วนใหญ่มาจาก 2 แหล่งได้แก่ กระบวนการทางธรรมชาติและกระบวนการทางอุตสาหกรรม โดยกระบวนการทางธรรมชาติ เช่นกระบวนการย่อยสลายของซากอินทรีย์สารที่มีธาตุซัลเฟอร์เป็นส่วนประกอบโดยแบคทีเรียในสภาวะที่ไม่ใช้ออกซิเจน (Anaerobic digestion) ซึ่งสามารถดูการเกิดขึ้นของก๊าซไฮโดรเจนซัลไฟด์จากกระบวนการนี้ได้จากภาพถ่ายขององค์การนาซา (อังกฤษ: National Aeronautics and Space Administration - NASA) แสดงดังรูปที่ 1.5 พบว่ามีก๊าซไฮโดรเจนซัลไฟด์เกิดขึ้นเป็นจำนวนมากห่างจากแนวชายฝั่งสาธารณรัฐนามิเบีย (Namibia) เพียง 150 กิโลเมตรโดยสีเขียวในรูปภาพแสดงถึงก๊าซไฮโดรเจนซัลไฟด์ที่เกิดขึ้นเนื่องมาจากน้ำทะเลที่อยู่ชายฝั่งมีปริมาณออกซิเจนต่ำ ทำให้สิ่งมีชีวิตในทะเลตายเป็นจำนวนมากและเกิดการย่อยสลายซากอินทรีย์โดยแบคทีเรียส่งผลให้มีการปล่อยก๊าซไฮโดรเจนซัลไฟด์ขึ้นมา ซึ่งก๊าซพิษที่เกิดขึ้นยังส่งผลย้อนกลับไปทำลายระบบนิเวศน์ของชายฝั่งซ้ำอีกด้วยทำให้เกิดความเป็นพิษต่อชายฝั่งและสิ่งมีชีวิตในทะเล ในส่วนของกระบวนการทางอุตสาหกรรมได้แก่ กระบวนการกลั่นแยกปิโตรเลียม การผลิตสิ่งทอ การฟอกหนัง การทำเหมืองแร่ กระบวนการเกี่ยวกับการผลิตเยื่อกระดาษ กระบวนบำบัดน้ำเสียและสิ่งปฏิกูล



รูปที่ 2.5 ก๊าซไฮโดรเจนซัลไฟด์ (สีเขียว) ที่เกิดขึ้นบริเวณชายฝั่งสาธารณรัฐนามิเบีย
ที่มา : (Visible earth, 2014)

ก๊าซชนิดนี้ส่งผลเสียต่อมนุษย์ หากได้รับในระดับความเข้มข้นต่ำก็ส่งผลให้เกิดอาการระคายเคืองแต่ถ้าได้รับที่ปริมาณความเข้มข้นสูงๆ ก็อาจทำให้เสียชีวิตได้ทันที และนอกจากนี้เมื่อก๊าซพิษชนิดนี้สัมผัสกับน้ำหรือไอน้ำก็จะเปลี่ยนเป็นกรดซัลฟูริกมีฤทธิ์ทางการกัดกร่อนสูง สามารถกัดกร่อนหลังคาบ้านเรือนรวมไปถึงวัสดุและอุปกรณ์ต่างๆ อย่างรุนแรง โดยเฉพาะหากก๊าซชนิดนี้เกาะตัวอยู่บนโลหะหรืออยู่ในอากาศ เมื่อฝนตกลงมาก็จะกลายเป็นไอกรด หรือฝนกรด และถ้าหากถูกผิวหนังก็จะเกิดอาการปวดแสบปวดร้อน

ก๊าซชนิดนี้ ส่งผลให้มีคนได้รับบาดเจ็บและเสียชีวิตเกิดขึ้นด้วยเช่น อุบัติภัยที่เกิดขึ้นกับบริษัทยักษ์ใหญ่ในประเทศไทย คือ บริษัท ปตท. เคมีคอล จำกัด (มหาชน) เหตุเกิดเมื่อวันที่ 13 ก.พ. 2552 จ.ระยอง สาเหตุมาจากก๊าซไฮโดรเจนซัลไฟด์รั่ว ส่งผลให้คนงานและผู้รับเหมาจำนวน 27 ราย ได้รับก๊าซพิษทำให้เกิดอาการมึนศีรษะแน่นหน้าอก หายใจไม่ออก จนต้องนำตัวส่งโรงพยาบาล และในปีเดียวกันก็ได้เกิดอุบัติภัยจากก๊าซไฮโดรเจนซัลไฟด์รั่วขึ้นอีกครั้งที่โรงงานไทยเรยอน จ.สระบุรี เมื่อวันที่ 19 ธันวาคม 2552 โรงงานแห่งนี้จะผลิตเรยอนโดยใช้คาร์บอนไดซัลไฟด์จากปฏิกิริยาระหว่างก๊าซมีเทนกับกำมะถันแล้วจะได้ผลิตภัณฑ์เป็นคาร์บอนไดซัลไฟด์และไฮโดรเจนซัลไฟด์ ในส่วนของก๊าซไฮโดรเจนซัลไฟด์จะถูกนำกลับไปผ่านกระบวนการผลิตกำมะถันกลับคืนมาใหม่อุบัติภัยเกิดหลังจากที่ทางโรงงานซ่อมระบบสัญญาณเตือนภัยเสร็จ และเมื่อเปิดใช้ระบบพบว่ามีสัญญาณเตือนแจ้งว่ามีคาร์บอนไดซัลไฟด์สะสมมากผิดปกติในบางจุด ทางวิศวกรจึงรีบเข้าไปยังที่เกิดเหตุโดยขาดความชำนาญในการรับมือกับสารเคมีดังกล่าวเป็นเหตุให้วิศวกรได้รับบาดเจ็บ 4 รายและเสียชีวิต 1 ราย จากที่กล่าวมาข้างต้นจะเห็นว่าก๊าซไฮโดรเจนซัลไฟด์เป็นก๊าซพิษที่ทุกคนไม่ควรมองข้าม ควรตระหนักถึงอันตรายและแนวทางป้องกันและรับมือกับก๊าซพิษชนิดนี้ ซึ่งจะนำเสนอในบทความฉบับต่อไป (สยามเคมี, 2559)

2.12 การกำจัดก๊าซไฮโดรเจนซัลไฟด์

Ferrichydroxide ที่ใช้ทรายเป็นแกนในการจับ โดยใส่ทรายในสารละลาย 1M FeCL3 ทำให้แห้ง แล้วนำไปใส่ในสารละลาย 3M NH_4OH ทำให้แห้งอีกครั้งแล้วนำไปบรรจุในท่อขนาด

เส้นผ่าศูนย์กลาง5 ซม. ยาว 35 ซม. ซึ่งสามารถบรรจุ เม็ดทรายที่เคลือบ Ferric hydroxide ได้600 cm^3 พบว่าสามารถกรองแบคทีเรียในน้ำได้ถึง 99.9% ปวิตราและคณะ (2548) รายงานว่า การใช้ดินเบาจาก จังหวัดลำปางเคลือบด้วยFerrichydroxide สามารถ ดูดซับโลหะหนัก (สังกะสีทองแดง และแคดเมียม) ได้ถึง 92% การศึกษาในครั้งนี้จึงมีวัตถุประสงค์เพื่อ ผลิตสารตัวกลางเคลือบด้วย Ferric hydroxide ที่มี ประสิทธิภาพในการดูดซับ H_2S วิธีการศึกษา ทำการผลิตชุดตัวกรองซึ่งภายในจะบรรจุเม็ด Ferrichydroxide ที่ได้จากการใช้ดินเบา หรือใช้ทราย ผสมกับปูนซีเมนต์ในอัตราส่วนต่างๆ เพื่อหาระดับที่เหมาะสม จากนั้นนำไปทดสอบการดูดซับ H_2S ที่ได้จาก บ่อก๊าซชีวภาพขนาด 8-16 ลบ.ม. ตามที่สุชนและคณะ (2553) ได้ไปส่งเสริมและสนับสนุนสร้างบ่อไว้แล้วเปรียบเทียบกับการใช้ฝอยเหล็กในท่อที่มีความยาว 50ซม. เมื่อได้ชนิดของตัวกรองที่เหมาะสมแล้วนำไปใส่ในท่อที่มีความยาวแตกต่างกัน (50, 75 และ 100 ซม) เพื่อทดสอบประสิทธิภาพการดูดซับ และการคืนสภาพของตัวดูดซับ (Kaladjian ,2003)

$$2Fe(OH)_3 + H_2S \longrightarrow 2Fe(OH)_2 + 2H_2O + 1/8\ S_8 \quad (2.1)$$

และ $$Fe(OH)_2 + H_2S \longrightarrow FeS + 2H_2O \quad (2.2)$$

ทฤษฎีการเปลี่ยน Fes ให้เป็น Ferric hydroxide

$$2FeS + 3/2\ O_2 + 3\ H_2O \longrightarrow 2Fe(OH)_3 + ¼\ S_8 \quad (2.3)$$

และ $$FeS + H_2O_2S \longrightarrow Fe(OH)_2 \quad (2.4)$$

การศึกษาประสิทธิภาพการกำจัดก๊าซไฮโดรเจนซัลไฟด์โดยใช้ตัวกลาง AC (ถ่านกัมมันต์) , FH (ขี้กลึงเหล็กปรับสภาพ) , FA (ขี้กลึงเหล็กไม่ปรับสภาพ) และ AF (ถ่านกัมมันต์ร่วมกับขี้กลึงเหล็กไม่ปรับสภาพ) พบว่าก๊าซ ไฮโดรเจนซัลไฟด์ก่อนดูดซับด้วยตัวกลาง มีค่าเท่ากับ 1,334, 1,403, 1,205 และ 1,082 มิลลิกรัมต่อลิตร ตามลำดับ โดยเมื่อก๊าซไฮโดรเจนซัลไฟด์ผ่านการกำจัดโดยใช้วัสดุดูดซับพบว่าความเข้มข้นก๊าซไฮโดรเจนซัลไฟด์ ลดลงเหลือเท่ากับ 937.5, 1,187.4, 358.8 และ 610.7 มิลลิกรัมต่อลิตรของวัสดุดูดซับ AC, FH, FA และ AF ตามลำดับ โดยประสิทธิภาพการกำจัดก๊าซไฮโดรเจนซัลไฟด์ เท่ากับร้อยละ 29.72, 15.37, 70.22 และ 43.61 ของ วัสดุดูดซับ AC, FH, FA และ AF ตามลำดับ พบว่าวัสดุดูดซับ FA มีประสิทธิภาพการกำจัดก๊าซ ไฮโดรเจนซัลไฟด์สูงสุด ณ สภาวะคงที่ เนื่องจาก FA เป็นสนิมที่เกิดขึ้นเองตามธรรมชาติ (สมชัย, 2546) เป็นสารประกอบระหว่างเหล็กกับออกซิเจน เกิดเป็นไฮเดตรเฟอริกออกไซด์ (Fe2O3.XH2O3) เมื่อรวมตัวกับก๊าซไฮโดรเจนซัลไฟด์ (H_2S) เกิดเป็นสารประกอบเหล็กซัลเฟต จึงทำให้เกิดกระบวนการดูดซับก๊าซไฮโดรเจนซัลไฟด์ของ วัสดุดูดซับ FA มีประสิทธิภาพมากที่สุด

ประสิทธิภาพในการดูดซับก๊าซไฮโดรเจนซัลไฟด์รองลงมาคือ AF ซึ่งเป็นการ ใช้วัสดุดูดซับ AC ร่วมกับ FA ทำให้ประสิทธิภาพการกำจัดก๊าซไฮโดรเจนซัลไฟด์ลดลง ประสิทธิภาพในการดูดซับก๊าซ ไฮโดรเจนซัลไฟด์ลำดับที่สามคือ AC เนื่องจากช่วงแรก AC จะมีความสามารถในการกำจัดที่ดี แต่เมื่อระยะเวลาผ่าน ไปความเข้มข้นของก๊าซไฮโดรเจนซัลไฟด์จะสูงขึ้นและความสามารถในการดูดซับก๊าซไฮโดรเจนซัลไฟด์ของ AC จะถึง จุดอิ่มตัวเร็ว ประสิทธิภาพในการดูดซับก๊าซไฮโดรเจนซัลไฟด์ลำดับที่สี่คือ FH เนื่องจาก FH มีการปรับสภาพด้วยกรด เพื่อที่จะเร่งปฏิกิริยาให้เกิดสนิม โดยกรด HCl ความเข้มข้นร้อยละ 15 เนื่องจากกรดมีผลต่อประสิทธิภาพการกำจัด ทำให้ประสิทธิภาพการ

กำจัดก๊าซไฮโดรเจนซัลไฟด์ไม่ค่อยดี โดยการนำเอาวัสดุที่ใช้เป็นตวักลางในการดูดซับควร คำนึงถึงราคาต้นทุนของวัสดุดูดซับด้วย ดังนั้น FA เหมาะสมที่สุดในการนำมาใช้ประโยชน์ในการดูดซับก๊าซไฮโดรเจนซัลไฟด์ เนื่องจากมีประสิทธิภาพการกำจัดที่ดีที่สุด และเป็นวัสดุที่เหลือทิ้งจากกระบวนการเชื่อม การกลึงเหล็ก มีค่าใช้จ่ายเพียงเล็กน้อยในการนำมาใช้ประโยชน์และยังเป็นการลดปัญหาเรื่องเศษขี้กลึงเหล็กตามโรงกลึงที่ไม่ มีวิธีการจัดการที่ถูกต้องด้วย ถ้าปล่อยไว้ก็จะเป็นปัญหาด้านสิ่งแวดล้อมต่อไป ปริมาณการดูดซับก๊าซไฮโดรเจนซัลไฟด์ต่อปริมาตรวัสดุดูดซับ แสดงปริมาณการกำจัดก๊าซไฮโดรเจนซัลไฟด์โดยใช้วัสดุดูดซับที่แตกต่างกันพบว่า FA มี ประสิทธิภาพการกำจัดที่ดีที่สุด โดยจะพบว่าก๊าซไฮโดรเจนซัลไฟด์ขาเข้า เท่ากับ 1,205 ppm เมื่อเวลาผ่านไป ความเข้มข้นของก๊าซไฮโดรเจนซัลไฟด์จะลดลงเรื่อยๆ จนถึงจุดอิ่มตัวและสามารถกำจัดปริมาณก๊าซไฮโดรเจนซัลไฟด์ขาเข้าได้เหลือความเข้มข้นน้อยที่สุด สอดคล้องกับงานวิจัยของวรวิทย์ (2551)

ศึกษาการพัฒนาตัวดูดซับเพื่อกำจัดก๊าซ ไฮโดรเจนซัลไฟด์ออกจากกระบวนการผลิตก๊าซธรรมชาติ พบว่าเหล็กมีประสิทธิภาพในการกำจัดก๊าซ ไฮโดรเจนซัลไฟด์ได้ดีกว่าถ่านกัมมันต์มันต์ขึ้นอยู่กับระยะเวลาในการทดลอง และจากงานวิจัยนี้พบว่า AF มีระยะเวลาการ กำจัดก๊าซไฮโดรเจนซัลไฟด์ยาวนานที่สุด เนื่องจากเป็นการรวมกันของวัสดุดูดซับสองชนิดคือ AC และ FH โดยมีการ บรรจุAC ก่อนและตามด้วย FH ทำให้วัสดุที่บรรจุไว้เกิดการดูดซับก๊าซไฮโดรเจนซัลไฟด์ที่ไหลผ่าน เมื่อระยะเวลาใน การกำจัดก๊าซไฮโดรเจนซัลไฟด์ที่มากขึ้นความเข้มข้นก๊าซไฮโดรเจนซัลไฟด์มีแนวโน้มลดลงเรื่อยๆ จนถึงสภาวะอิ่มตัว เรียกว่า breakthrough point ซึ่งเป็นเวลาที่ความเข้มข้นของก๊าซไฮโดรเจนซัลไฟด์สูงขึ้นอย่างรวดเร็วทำให้ค่าการดูดซับถึงจุดอิ่มตัว ค่าความเข้มข้นของก๊าซไฮโดรเจนซัลไฟด์ขาออกเท่ากับขาเข้า เรียกว่า breakthrough curve โดยวัสดุดูดซับ AC, FH, FA และ AF ได้ breakthrough point ที่ระยะเวลา 95, 140, 120 และ 215 นาที ตามลำดับ ปริมาณการดูดซับก๊าซไฮโดรเจนซัลไฟด์ต่อวัสดุดูดซับที่แตกต่างกัน ณ สภาวะคงที่ พบว่า FA มีความสามารถในการดูดซับก๊าซไฮโดรเจนซัลไฟด์สูงสุดเท่ากับ 2,249.68 มิลลิกรัมก๊าซไฮโดรเจนซัลไฟด์ต่อลูกบาศก์เซนติเมตรของ FA เนื่องจาก FA มีประสิทธิภาพในการกำจัดก๊าซไฮโดรเจนซัลไฟด์สูงสุด เพราะ FA เกิดการรวมตัวกับ ออกซิเจนกลายเป็นเหล็กออกไซด์ ดังนั้นเมื่อปล่อยก๊าซไฮโดรเจนซัลไฟด์เข้าสู่คอลัมน์ที่มี FA แล้ว FA จะทำการ รวมตัวกับก๊าซไฮโดรเจนซัลไฟด์เกิดเป็นเหล็กซัลเฟตทำให้ FA สามารถลดความเข้มข้นของก๊าซไฮโดรเจนซัลไฟด์ให้ น้อยลงได้ ส่วนวัสดุที่มีความสามารถในการดูดซับก๊าซไฮโดรเจนซัลไฟด์น้อยที่สุดคือ AC มีค่าเท่ากับ 338.34 มิลลิกรัมก๊าซไฮโดรเจนซัลไฟด์ต่อลูกบาศก์เซนติเมตรของ AC เนื่องจากอาจจะมีคุณสมบัติในการดูดซับน้ำเสียที่ดีแต่ ไม่ค่อยเหมาะสมกับการนำมาดูดซับก๊าซไฮโดรเจนซัลไฟด์ ทำให้เกิดการกำจัดที่ค่อนข้างน้อยและถึงจุดอิ่มตัวเร็วทำให้การดูดซับปริมาณก๊าซไฮโดรเจนซัลไฟด์ต่อปริมาตรวัสดุดูดซับน้อย เมื่อเทียบกับวัสดุดูดซับ FA, AF และ FH ซึ่งมี ความสามารถในการดูดซับก๊าซไฮโดรเจนซัลไฟด์ต่อปริมาตรวัสดุดูดซับเท่ากับ 2,249.68, 1,418.69 และ 438.69 มิลลิกรัมก๊าซไฮโดรเจนซัลไฟด์ต่อลูกบาศก์เซนติเมตรของวัสดุดูดซับ ตามลำดับ (วงศ์วิวรรธ ธนูศิลป์ และ สุนันทา เลาวัณย์ศิริ , 2555)

2.13 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

จรัญ บุญกาญจน์ , รัตนา จริยาบูรณ์, สุดารัตน์ ถิ่นจะนะ และ พรพิมล แสนสุข (2557) พบว่ากำจัดก๊าซไฮโดรเจนซัลไฟด์ (H_2S) จากก๊าซชีวภาพสำหรับการใช้งานในครัวเรือนเป็นสิ่งจำเป็น เพราะ H_2S เป็นก๊าซที่เป็นอันตรายต่อสุขภาพ มีคุณสมบัติการกัดกร่อนสูง และมีกลิ่นเหม็นที่ไม่พึงประสงค์ งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อพัฒนาชุดกำจัด H_2S โดยใช้กระบวนการดูดซึมทางเคมีด้วยสารละลายคีเลทไอรอน (Fe(III)EDTA)ในคอลัมน์บรรจุ ศึกษาผลของตัวแปรดำเนินการของคอลัมน์บรรจุโดยใช้เทคนิคพื้นผิวตอบสนอง (RSM) ในการออกแบบสภาวะการทดลองการสร้างแบบจำลองและการสภาวะดำเนินการที่เหมาะสมสำหรับการใช้งาน ผลการศึกษาพบว่าคอลัมน์บรรจุขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 5 ซม. ความสูง 50 ซม. บรรจุด้วยวัสดุบรรจุชนิด Raschig ring ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 1.5 ซม. และสารละลาย Fe(III)EDTA ปริมาตร 350 มล. เป็นชุดกำจัด H_2S ที่เหมาะสม และเมื่อใช้งานที่สภาวะที่เหมาะสมที่ทำนายจากแบบจำลองคืออัตราการไหลของก๊าซชีวภาพ 5 ลิตร/นาที ความเข้มข้นของสารละลาย Fe(III)EDTA 1 โมล/ลิตร ปริมาตรของสารละลาย Fe(III)EDTA 350 มล. และความเข้มข้นของก๊าซ H_2S ในก๊าซชีวภาพเท่ากับ 1000 ppm พบว่าอายุการใช้งานของชุดกำจัด H_2S คือ 8.14 ชม. และเมื่อทำการฟื้นฟูสภาพของสารละลาย Fe(III)EDTA ของชุดกำจัด H_2S โดยการเติมอากาศในอัตรา 5 ลิตร/นาที เป็นเวลา 12 ชม. ก็จะสามารถใช้งานชุดกำจัดไฮโดรซัลไฟด์ดังกล่าวได้ใหม่โดยให้ประสิทธิภาพเท่าเดิม จึงสามารถสรุปได้ว่าชุดกำจัดก๊าซ H_2S ที่พัฒนาขึ้นนี้มีศักยภาพในการนำไปใช้งานจริงเพื่อกำจัดไฮโดรเจนซัลไฟด์ในก๊าซชีวภาพสำหรับการใช้งานในระดับครัวเรือนได้

วงศ์วิวรรธ ธนูศิลป์ และ สุนันทา เลาวัลย์ศิริ (2555) ได้ทำการวิจัยกำจัดก๊าซไฮโดรเจนซัลไฟด์โดยใช้วัสดุดูดซับที่แตกต่างกัน ได้แก่ ถ่านกัมมันต์ (AC) ขี้กลึงเหล็กปรับสภาพด้วยกรดไฮโดรคลอริก (FH) ขี้กลึงเหล็กไม่ปรับสภาพ (FA) และ ถ่านกัมมันต์ร่วมกับขี้กลึงเหล็กไม่ปรับสภาพ (AF) ในคอลัมน์ตัวกลางสูง 10 เซนติเมตร เส้นผ่านศูนย์กลาง 2.54 เซนติเมตร ทำการตรวจวิเคราะห์ด้วยเครื่อง Biogas Analyzer ที่อัตราการไหล 340 มิลลิลิตรต่อนาที โดยวิเคราะห์แบบต่อเนื่อง จากการศึกษาพบว่า ขี้กลึงเหล็กไม่ปรับสภาพมีประสิทธิภาพการกำจัดก๊าซไฮโดรเจนซัลไฟด์สูงสุด รองลงมาคือ ถ่านกัมมันต์ร่วมกับขี้กลึงเหล็กไม่ปรับสภาพ ถ่านกัมมันต์ และขี้กลึงเหล็กปรับสภาพ ตามลำดับ โดยมีร้อยละการกำจัดก๊าซไฮโดรเจนซัลไฟด์เท่ากับ 70.22, 43.61, 29.72 และ 15.37 ตามลำดับ และ breakthrough point ที่ระยะเวลา 140, 215, 95 และ 120 นาที ตามลำดับ ปริมาณการดูดซับก๊าซไฮโดรเจนซัลไฟด์ต่อปริมาตรวัสดุดูดซับเท่ากับ 2,249.68, 1,418.69, 338.34 และ 438.69 มิลลิกรัมต่อลูกบาศก์เซนติเมตร ของวัสดุดูดซับขี้กลึงเหล็กไม่ปรับสภาพ ถ่านกัมมันต์ร่วมกับขี้กลึงเหล็กไม่ปรับสภาพถ่านกัมมันต์และขี้กลึงเหล็กปรับสภาพตามลำดับ

สุชน ตั้งทวีวิพัฒน์, องอาจ ส่องสี และ บุญล้อม ชีวะอิสระกุล(2555) พบว่าก๊าซชีวภาพที่ผลิตโดยเกษตรกรรายย่อยเมื่อใช้มูลสุกรแม่พันธุ์ สุกรขุน และมูลนกกระทาไข่ มีไฮโดรเจนซัลไฟด์ (H_2S) 480, 1,773 และ 3,509 ppm ตามลำดับ ก๊าซดังกล่าวมีกลิ่นเหม็น และกัดกร่อนโลหะเป็นอันตรายต่อหัวเตาหุงต้มหรือเครื่องยนต์ จึงควรกำจัดออกโดยใช้สารดูดซับที่แช่ในสารละลายเฟอร์ริกไฮดรอกไซด์และโซดาไฟ โดยใช้ปูนซีเมนต์เทาผสมดินเบาหรือทรายละเอียดเมื่อนำไปวัดในฟาร์มสุกรแม่พันธุ์ สุกรขุนและนกกระทาไข่ พบว่า การใช้ทรายผสมปูนซีเมนต์เทาสามารถลด H_2S ได้ดีกว่า

ดินเบาผสมปูนซีเมนต์เทาและการใช้ฝอยเหล็กกล่าวคือ ลดได้ 99.3-97.3,78.0-74.0 และ 69.4-49.9% ตามลำดับ (P<0.01) เมื่อนำตัวกลางทรายละเอียดผสมปูนซีเมนต์เทาบรรจุลงในท่อ PVC ที่มีความยาว 50, 75 และ 100 ซม. พบว่า ประสิทธิภาพในการดูดซับเพิ่มขึ้นตามความยาวของท่อ คือ ลด H_2S ได้เท่ากับ99.3-97.3, 99.8-99.0 และ 100-99.6% ตามลำดับ โดยชุดดูดซับที่มีความยาว 100 ซม. สามารถลด H2S จาก 2,400 ppm เป็น 0 ppm ในวันแรก และ 3 ppm หลังใช้งานนาน 30 วัน โดยตัวดูดซับจะเปลี่ยนสีจากน้ำตาลแดงเป็นสีน้ำตาลเข้ม

ไกรฤทธิ์ นิลคูหา และคณะ (2553) ได้ศึกษาเกี่ยวกับการพัฒนาระบบผลิตพลังงานไฮโดรเจนจากแหล่งพลังงานทดแทนโดยกระบวนการปฏิรูปด้วยไอน้ำ(Steam Reformation) เนื่องจากประเทศไทยมีแหล่งพลังงานก๊าซชีวภาพจากฟาร์มสุกรเป็นจำนวนมาก ซึ่งสามารถใช้เป็นแหล่งผลิตพลังงานไฮโดรเจนแบบกระจายศูนย์ (DecentralizedHydrogen Production) ในการศึกษานี้ได้แบ่งกระบวนการผลิตไฮโดรเจนออกเป็น 2 ขั้นตอน ขั้นตอนแรกคือ การแยกก๊าซไฮโดรเจนซัลไฟด์และก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ออกจากก๊าซชีวภาพ ซึ่งก๊าซไฮโดรเจนซัลไฟด์ถูกแยกโดยกระบวน-การโลแคท (Lo-Cat) โดยใช้สารละลายของสารประกอบเชิงซ้อนของเหล็ก (Fe(III) EDTA) ทำปฏิกิริยากับซัลไฟด์ไอออน จากนั้นสารประกอบเชิงซ้อนของเหล็กนี้จะถูกรีเจเนอเรตกับออกซิเจนในอากาศ ส่วนก๊าซคาร์บอน-ไดออกไซด์ถูกแยกโดยใช้การดูดซับด้วยโมเล-กุลาร์ซีพ ขั้นตอนที่สองคือการผลิตไฮโดรเจนโดยกระบวนการปฏิรูปด้วยไอน้ำของก๊าซหลังจากการแยกข้างต้น ซึ่งทำเตาปฏิกิริยาในเตาปฏิกรณ์ที่อุณหภูมิ 700-800 องศาเซลเซียส เมื่อทดสอบประสิทธิภาพของระบบแยกก๊าซและระบบผลิตไฮโดรเจน พบว่า ระบบสามารถแยกก๊าซไฮโดรเจนซัลไฟด์และก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ได้100เปอร์เซ็นต์ และ 14.3 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับซึ่งก๊าซขาออกจากระบบแยกก๊าซสามารถผลิตไฮโดรเจนได้ 54 ลิตรต่อวัน

สุภเวท มานิยม และ วิโรจน์ บุญอำนวย (2551) พบว่าก๊าซชีวภาพที่ได้จากการหมักของเชื้อจุลินทรีย์ โดยทั่วไปจะมีก๊าซไฮโดรเจนซัลไฟด์ผสมอยู่ประมาณ ร้อยละ 0.01-3.0 ซึ่งเป็นพิษและก่อให้เกิดการกัดกร่อนต่อวัสดุโลหะ ภายหลังขั้นตอนการผลิตก๊าซ ชีวภาพ จึงควรมีการกำจัดหรือลดปริมาณให้น้อยลง ในงานวิจัยนี้ประยุกต์ใช้ Thiobacillus ferrooxidans เป็นเชื้อแบคทีเรียที่สามารถออกซิไดซ์เหล็ก เฟอร์รัสได้เป็นเฟอร์ริก โดยที่เฟอร์ริกที่เกิดขึ้นจากปฏิกิริยาชีวภาพนี้จะทำปฏิกิริยาเคมีกับ ไฮโดรเจนซัลไฟด์ทำให้เกิดเป็นซัลเฟอร์ และเฟอร์รัส ดังนั้นซัลไฟด์จึงถูกกำจัดออกไปในรูปซัลเฟอร์ของ แข็ง ระบบการกำจัดซัลไฟด์ในงานวิจัยนี้เป็นกระบวนการต่อเนื่องประกอบด้วยหอสัมผัสแพคเบด (ขนาด เส้นผ่านศูนย์กลาง 50 มม. และสูง 1000 มม.๗ ซึ่งมีแหวน Raschig (ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 5 มม.) และถังปฏิกรณ์แบบเลี้ยงเชื้อแบบต่อเนื่อง ปริมาตร 4.5ลิตร (ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 250 มม. และสูง 400 มม.) ในการทดลองขั้นแรก ใช้โซเดียมซัลไฟด์แทนก๊าซไฮโดรเจนซลัไฟด์เพื่อหลีกเลี่ยงความเป็น พิษของก๊าซ พารามิเตอร์ที่ได้ทำการศึกษาคือ ความเข้มข้นของสารเฟอร์ริกและโซเดียมซัลไฟด์ เฟอร์ริกที่ ผสมในสารอาหาร (9K Medium) ป้อนเข้าสู่เครื่องปฏิกรณ์ชีวภาพด้วยอัตราการป้อนคงที่ที่ 0.028 และ 0.28 mM/h. ในขณะที่อัตราการป้อนของโซเดียมซัลไฟด์แปรเปลี่ยนในช่วง 0.25-10.0 mM/h. ผลการ ทดลองพบว่า ประสิทธิภาพในการกำจัดซัลไฟด์ออกจากระบบมากกว่าร้อยละ 95 เมื่ออัตราการป้อนเชิง มวลของซัลไฟด์ต้อเฟอร์ริกที่ 100 : 1 ซึ่งคาดว่าเป็นผลต่อเนื่องของปฏิกิริยาชีวเคมีกับปฏิกิริยาเคมีที่เกิดขึ้น

Edith Goldnik n and Thomas Turek (2016) ได้กำจัดก๊าซไฮโดรเจนซัลไฟด์จากอากาศได้โดยตัวดูดซับที่มีรูพรุนที่ชุบด้วยสารละลายด่างทับทิม ในการศึกษานี้สามารถเตรียมการได้โดยใช้ เช่น บนดิสก์ และลักษณะการวัด Pelletizing โดดเด่นด้วยไฮโดรเจนซัลไฟด์ ในการทดลองเหล่านี้แต่ละครั้งจะเกิดปฏิกิริยาที่แตกต่างกัน เม็ด ขนาด และความเข้มข้นขาเข้าพักเวลามาวิเคราะห์ศึกษากระบวนการปฏิกิริยาภายในเม็ด , การวิเคราะห์ด้วยกล้องจุลทรรศน์และ REM การวัดองค์ประกอบของอนุภาคแบบสแกนหลังจากเวลาปฏิกิริยาต่าง ๆในการวิจัย ผลลัพธ์เหล่านี้แสดงให้เห็นว่าปฏิกิริยาส่วนใหญ่เดินหน้า ปฏิกิริยาที่ค่อนข้างเร็ว เป็นวิธีการแรกหดตัวหลักประยุกต์ใช้แบบจำลองสำหรับรายละเอียดของการพัฒนาเส้นโค้งแสดงแล้วมีความสอดคล้องกับผลการทดลอง นอกจากนี้ปริมาณของรูปแบบการพัฒนา ซึ่งเป็นการพิจารณาต่อเนื่องสองปฏิกิริยาที่เกิดขึ้นในปริมาณอนุภาคทั้ง ในทางตรงกันข้ามกับหลักหดตัวแบบปริมาตรปฏิกิริยาแบบช่วยอธิบายการลดลงของวัดตำแหน่งของปฏิกิริยาดีโซนในข้อตกลงกับการวิเคราะห์และธาตุที่ทำปฏิกิริยาดูดซับแสงของเม็ด

Lee Chung Lau et al. (2016) พบว่าปัจจุบันรายงานเกี่ยวกับการเตรียมถ่านกัมมันต์ที่สามารถนำมาใช้อย่างมีประสิทธิภาพเพื่อลด H_2S จากก๊าซชีวภาพ แต่นอกเหนือจากการสังเคราะห์ของตัวดูดซับ ปฏิกิริยายังมีเงื่อนไขกระบวนการที่มีนัยสำคัญซึ่งมีอิทธิพลต่อประสิทธิภาพการทำงานของตัวดูดซับ ดังนั้นจุดมุ่งหมายของการศึกษาครั้งนี้คือการตรวจสอบผลกระทบของภาวะของกระบวนการที่อุณหภูมิการดูดซับความเข้มข้น H_2S การโหลดดูดซับอัตราและส่วนประกอบของก๊าซอื่น ๆ ที่เกี่ยวกับประสิทธิภาพของการใช้งานการไหลของตัวดูดซับคาร์บอนสำหรับการกำจัด H_2S ในการศึกษานี้คาร์บอนถูกเปิดใช้งานโดยถูกชุบด้วย CEO_2 และ NaOH ความจุการดูดซับ H_2S ของตัวดูดซับที่ดีที่สุด พบว่ามีการดูดซับเพิ่มขึ้นกับอุณหภูมิลดลง โดยจะดูดซับ H_2S ต่ำสุดที่ 2,000 ppm H_2S จะเพิ่มขึ้นด้วยการเพิ่มการดูดซับของการโหลดสูงสุดที่ 500 มิลลิลิตร / นาทีและสูงสุดที่ 25% ความชื้นสัมพัทธ์ CO_2 และ CH_4 พบว่าส่งผลกระทบต่อการดูดซับความจุในระดับที่แตกต่างกัน การฟื้นฟูที่มีประสิทธิภาพสูงที่สุดคือ 78% ซึ่งประสบความสำเร็จโดยใช้การรักษาความร้อนที่อุณหภูมิ 500 องศาเซลเซียส โดยใช้ระยะเวลา สี่ชั่วโมงในการฟื้นฟู ตัวดูดซับที่เลือกมีคุณสมบัติการดูดซับและลักษณะของการเกิดปฏิกิริยาที่ต้องการ

Mehmet Ferdi Fellah (2015) ได้ศึกษาการดูดซับโมเลกุลของก๊าซไฮโดรเจนซัลไฟด์ผ่านกรอบทฤษฎีofmetals กับแคตไอออน (Fe , Co , Ni , ทองแดง และสังกะสี) ในช่อง 14t zsm-12 ซีโอไลต์ clustermodel วิธีนี้ใช้ในการศึกษาการทำงานกับชุด lanl2dz และ 6 - 31 g (d, p) ชุดพื้นฐาน จุฬาฯ– zsm-12 พลังงานเคมี อิเล็กโทรเนกาติวิตีมากที่สุด และ พลังงานช่องว่างระหว่าง homoand lumowith ไปยังกลุ่มอื่น ๆ เพราะการลดสารความแข็งค่า ดังนั้น จากข้อมูลเหล่านี้สามารถกล่าวว่า จุฬาฯ – zsm-12 คือสัญญาผู้สมัครตัวเร่งปฏิกิริยาสำหรับการกำจัดก๊าซไฮโดรเจนซัลไฟด์โดยผ่านการกระตุ้นของ S และ H พันธบัตรมากกว่าโลหะอื่น ๆzsm-12 ซีโอไลต์

J.krischan et al. (2011) พบว่าวิธีหนึ่งที่เชื่อถือได้ในการเลือกกำจัดก๊าซไฮโดรเจนซัลไฟด์(H_2S) ซึ่งเป็นส่วนหนึ่งของกระบวนการปรับปรุงก๊าซชีวภาพเพื่อให้มีความยืดหยุ่นในการแข่งขันทางตลาด ทำให้แนวโน้มเทคโนโลยีก๊าซชีวภาพ desulfurization ได้มีประสิทธิภาพโดยกระบวนการแยกแก๊สไฮโดรเจนซัลไฟด์ออกนี้ต้องคำนึงถึงสภาวะไร้สารพิษ หรือทางด้าน

นิเวศวิทยา หรือผลิตสารที่เป็นอันตรายจัดเป็นทางเลือกที่น่าสนใจเพื่อเทคโนโลยี desulfurization ที่มีอยู่ และในงานวิจัยนี้ ได้ทำการทดลองโดยใช้เครื่องปฏิกรณ์ถังกวนแบบต่อเนื่องและขัดในระดับห้องปฏิบัติการไฮโดรเจนซัลไฟด์ ก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ (CO_2) ถูกดูดซึมจากโมเลกุลที่มีขนาดใหญ่ โดยเป็นสารละลายที่เตรียมจากสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ (NaOH) โซเดียมไบคาร์บอเนต ($NaHCO_3$) และไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ (H_2O_2) อิทธิพลของค่า pH ปฏิกิริยารีดอกซ์ศักยภาพและประสิทธิภาพการดูดซับและการบริโภคของสารเคมีที่ถูกตรวจสอบ เพราะสนับสนุนปฏิกิริยาออกซิเดชันของ H_2S H_2O_2 ละลายกับประสิทธิภาพการกำจัดไฮโดรเจนซัลไฟด์สูง ในขณะที่CO_2 absorption จะต่ำลงจากที่มีอยู่ ทำให้เกิดการปรับปรุงก๊าซชีวภาพในระดับอุตสาหกรรมนำร่องโรงงานขึ้น ซึ่งมีประสิทธิภาพ desulfurizes 180 m3 /h คุณภาพก๊าซชีวภาพมีประสิทธิภาพเฉลี่ยถึง 97% นับเป็นค่าที่ค่อนข้างสูง

Sumate Chaiprapat and other (2010) ได้ทำการบำบัดน้ำเสียที่เกิดจากซัล-เฟตเนื่องจากผลของอุตสาหกรรมน้ำยางข้นสูง ก๊าซไฮโดรเจนซัลไฟด์ (H_2S) ในการผลิตก๊าซชีวภาพ ซึ่งเป็นก๊าซมีกลิ่นเป็นพิษและกัดกร่อนอุปกรณ์ ผลของเวลาการเก็บรักษา (RT) และอัตราส่วนการผสมอากาศประสิทธิภาพการทำงานและจลนศาสตร์ของเครื่องปฏิกรณ์ไบโอฟิล์มแอโรบิกในการกำจัด H_2S ที่ถูกประเมิน พบว่าประสิทธิภาพในการกำจัด H_2S เพิ่มขึ้นตามการผสมของอากาศและอัตราส่วน RT ภายใต้อัตราส่วน 1: 4 ก๊าซชีวภาพสู่อากาศระบบสามารถบรรทึกผลเฉลี่ย 94.7%, 87.3%, 85.6% ณ RT 160, 80 และ 40 วินาทีตามลำดับ ระบบกรองชีวภาพของเราแสดงให้เห็นความจุ amaximumelimination (ECmax) ของ 256.4 กรัม / M3 / H ในการศึกษาจลนศาสตร์ของเรา เมื่อดำเนินการกับน้ำเสียที่เป็นกรดออกจากโรงงานยางข้น ระบบให้ประสิทธิภาพการทำงานเทียบเท่ากับการสังเคราะห์ของเหลว ผลยังพบว่าบางออกซิเดชันก๊าซมีเทนที่ไม่พึงประสงค์ที่เกิดขึ้นในแผ่นกรองชีวภาพ นอกจากนี้ประเภทของของเหลวที่ใช้เห็นได้ชัดว่าได้ส่งผลกระทบต่อสายพันธุ์จุลินทรีย์ที่โดดเด่น แม้ว่าส่วนตรงกลางของแผ่นกรองชีวภาพที่มีจุลินทรีย์น้อยลง H_2S อาจยังคงมีประสิทธิภาพถูกแปลงเป็นกรดกำมะถันที่อาจจะนำกลับมาใช้ในอุตสาหกรรมน้ำยางข้น

บทที่ 3
ระเบียบวิธีดำเนินงานวิจัย

ในการดำเนินงานวิจัยนี้ ต้องการกำจัดก๊าซไฮโดรเจนซัลไฟด์จากก๊าซชีวภาพชุมชนในเขตพื้นที่ ต.กุดรัง อ.กุดรัง จ.มหาสารคาม โดยใช้สารเฟอร์ริกไฮดรอกไซด์และฝอยเหล็ก ซึ่งแบ่งวิธีการศึกษาดังต่อไปนี้

3.1 อุปกรณ์

3.1.1 วัสดุอุปกรณ์สำหรับทำบ่อหมักขนาด 8 ลูกบาศก์เมตร

1. พลาสติกพีวีซี ความหนา 0.25 มิลลิเมตร กว้าง 1.8 เมตร ยาว 6 เมตร จำนวน 3 ผืน

รูปที่ 3.1 พลาสติกพีวีซี

2. ท่อพีวีซีเส้นผ่านศูนย์กลาง 4 นิ้ว ยาว 1.2 เมตร จำนวน 2 ท่อน

มหาวิทยาลัยราชภัฏมหาสารคาม
RAJABHAT MAHA SARAKHAM UNIVERSITY

รูปที่ 3.2 ท่อพีวีซีขนาด 4 นิ้ว

3. กาวอีแว๊ป ½ กระป๋อง พร้อมแปรง

ก.) กาวอีแว๊ป ข.) กาวพีวีซี

รูปที่ 3.3 กาว

4. เกลียวนอก-ใน พีวีซี ¾-1นิ้ว จำนวน 1 ชุด

มหาวิทยาลัยราชภัฏมหาสารคาม
RAJABHAT MAHASARAKHAM UNIVERSITY

รูปที่ 3.4 เกลียวนอก-ใน พีวีซี

5. ยางในรถจักรยานยนต์เก่า

รูปที่ 3.5 ยางในรถจักรยานยนต์

6. แผ่นพลาสติกแข็ง ขนาด 3 นิ้ว 2 แผ่น (กระป๋องน้ำมันเครื่องเก่า)

รูปที่ 3.6 พลาสติกแข็ง

7. ท่อพีอี หรือท่อพีวีซี ข้อต่อ ขนาด ¾-1 นิ้ว จำนวนขึ้นกับความยาวของท่อส่งก๊าซที่ต้องการ (20 เมตร)

มหาวิทยาลัยราชภัฏมหาสารคาม
RAJABHAT MAHASARAKHAM UNIVERSITY

รูปที่ 3.7 ท่อพีอี ขนาด¾ -1 นิ้ว

8. สามทางพีวีซี¾-1 นิ้ว จำนวน 1 อัน

รูปที่ 3.8 สามทางพีวีซี

9. ขวดสำหรับทำวาล์วน้ำ

รูปที่ 3.9 ขวดน้ำดื่มที่ใช้แล้ว(ขวดทำวาล์วน้ำ)

10. วาล์วพีวีซีขนาด4 หุน หรือบอลวาล์ว จำนวน 1 อัน

มหาวิทยาลัยราชภัฏมหาสารคาม
RAJABHAT MAHASARAKHAM UNIVERSITY

รูปที่ 3.10 วาล์วพีวีซี

11. หัวก๊าซ 1 หัว

รูปที่ 3.11 หัวเตาก๊าซ

12. สายส่งก๊าซความยาว 2 เมตร

รูปที่ 3.12 สายส่งก๊าซ

13. ปูนซีเมนต์ 1 ถุง พร้อมทราย

มหาวิทยาลัยราชภัฏมหาสารคาม
RAJABHAT MAHASARAKHAM UNIVERSITY

รูปที่ 3.13 ปูนซีเมนต์และทราย

14. วงบ่อ ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 80-100 ซม.

รูปที่ 3.14 วงบ่อ ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 80-100 ซม.

3.1.2 วัสดุอุปกรณ์สำหรับทำชุดดูดซับก๊าซไฮโดรเจนซัลไฟด์

1. กระปุกพลาสติกสำหรับใส่วัสดุดูดซับ ขนาด 3 ลิตร

รูปที่ 3.15 กระปุกพลาสติก

2. เฟอร์ริกไฮดรอกไซด์ ขนาด 3 ลิตร

มหาวิทยาลัย... ...ราม
RAJABHAT M... ...VERSITY

รูปที่ 3.16 ชุดดูดซับเฟอร์ริกไฮดรอกไซด์

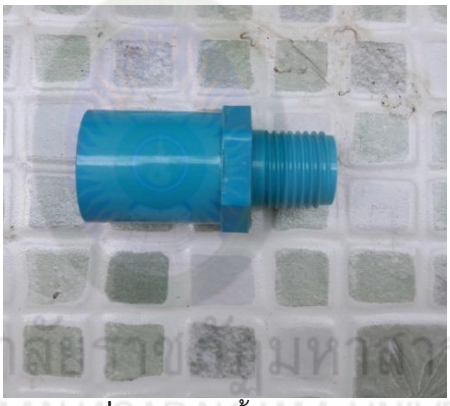
3. ฝอยเหล็ก ขนาด 3 ลิตร

รูปที่ 3.17 ชุดดูดซับฝอยเหล็ก

4. ข้องอลดเกลียวใน pvc ½ นิ้ว ชุดดูดซับละ 2 ตัว

รูปที่ 3.18 ข้องอลดเกลียวใน

5. ท่อสั้นเกลียวนอก pvc 1/2นิ้ว ชุดดูดซับละ 2 ตัว



มหาวิทยาลัยราชภัฏมหาสารคาม
RAJABHAT MAHASARAKHAM UNIVERSITY

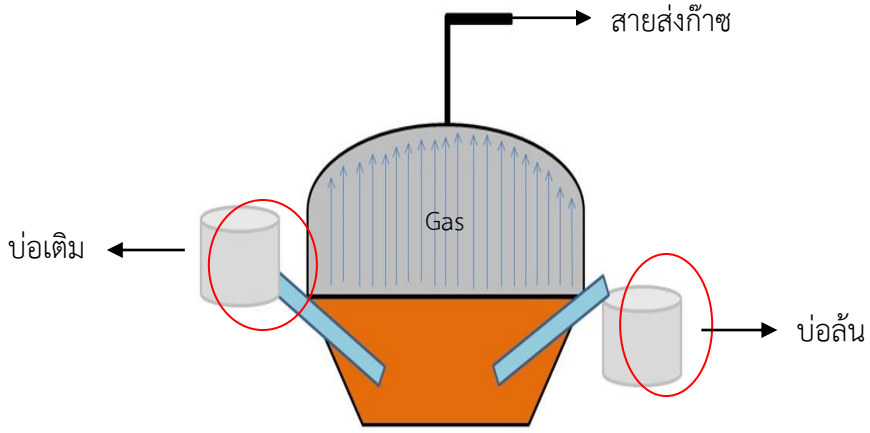
รูปที่ 3.19 ท่อสั้นเกลียวนอก

3.1.3 อุปกรณ์ที่ใช้ในการวิเคราะห์

เครื่องวิเคราะห์ก๊าซชีวภาพแบบพกพา รุ่น Biogas 5000

รูปที่ 3.20 เครื่องวิเคราะห์ก๊าซชีวภาพ

3.2 วิธีดำเนินงานวิจัย



รูปที่ 3.21 โครงสร้างบ่อหมักก๊าซชีวภาพ

3.2.1 การสร้างบ่อหมักและผลิตก๊าซชีวภาพ

ส่วนที่ 1.1 การประกอบถุงหมักก๊าซชีวภาพ

ขั้นที่ 1 ตัดพลาสติกพีวีซีขนาดกว้าง 1.8 เมตร ยาว 6 เมตร จำนวน 3 ผืน ข้อควรระวังในขั้นตอนนี้ คือ ควรวางแผ่นพลาสติกบนพื้นราบ ไม่มีกวาด หิน หรือ ทราย เพราะจะทำให้พลาสติกเป็นรอยขีดข่วน หรือรั่วได้ ดังรูปที่ 3.22

มหาวิทยาลัยราชภัฏมหาสารคาม
RAJABHAT MAHASARAKHAM UNIVERSITY

รูปที่ 3.22 พลาสติกพีวีซีที่ตัดแล้ว

ขั้นที่ 2 วางแผ่นพลาสติกที่ตัดแล้วทั้ง 3 ผืน ตามแนวยาวให้ด้านข้างทับกันประมาณ 4 นิ้ว จากนั้นติดพลาสติกเข้าด้วยกาวอีแว๊ป ใช้มือกด/รีดบริเวณที่ทากาวเบาๆ เพื่อย้ำให้พลาสติกติดกันแน่นขึ้นและเป็นการตรวจสอบรอยรั่วอีกทางหนึ่ง ข้อแนะนำสำหรับเกษตรก ร

หรือผู้ที่สนใจทั่วไปคือ ไม่ควรทากาวหนาเกินไป เพราะกาวจะทำให้พลาสติกย่น เกิดเป็นรูรั่วได้ ดังรูปที่ 3.23

รูปที่ 3.23 ทากาวเพื่อประกอบถุงหมักพีวีซี

ขั้นที่ 3 เมื่อติดกาวครบทั้ง 3 ผืนแล้วถุงที่ได้จะมีลักษณะเป็นทรงกระบอกให้ติดชุดส่งก๊าซจากตัวถุง โดยเลือกบริเวณที่จะติดให้อยู่ตรงรอยต่อของถุง พับถุงเป็นรูปสามเหลี่ยม แล้วตัดด้วยกรรไกรกว้าง 1 ซม. จากนั้นติดชุดส่งก๊าซชีวภาพให้เกลียวในพีวีซีอยู่ด้านในของถุงส่วนเกลียวนอกพีอีต่อกับสายส่งก๊าซอยู่ด้านนอกควรระวังไม่ให้ปลายของเกลียวนอก – ใน ขีดข่วนกับถุง ดังรูปที่ 3.24

รูปที่ 3.24 ติดตั้งชุดส่งก๊าซ

ขั้นที่ 4 สอดท่อพีวีซีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง นิ้ว 4 ความยาว 1.2 เมตร เข้าไปที่ปลายทั้งสองข้างของถุง แล้วรัดด้วยยางในรถจักรยานยนต์เก่า ให้ปลายท่อพีวีซีเข้าไปในถุง 2 ใน 3 ส่วนของความยาวท่อควรระวังไม่ให้ปลายท่อขูดหรือขีดกับพลาสติก ควรยกทั้งท่อและถุงไว้ ไม่ควรลากบนพื้นดิน ทั้งนี้เพื่อป้องกันไม่ให้ถุงรั่ว ดังรูปที่ 3.25

รูปที่ 3.25 มัดประกอบถุงหมักพีวีซีเข้ากับท่อพีวีซี

ขั้นที่ 5 ทดสอบการรั่วของถุงด้วยการเป่าลม โดยใช้เครื่องเป่าลมเป่าลมเข้าปลายท่อส่วนปลายท่ออีกฝั่งและทางออกของท่อก๊าซให้ปิดด้วยถุงพลาสติกเพื่อป้องกันลมออก แล้วเร่งเครื่องยนต์เป็นเวลา 5-10 นาที ถุงจะพองตัว หรืออาจใช้เครื่องพ่นเมล็ดพืช/ปุ๋ยแทนการใช้รถยนต์ก็ได้หลังจากถุงพองเต็มที่แล้วให้ช่วยกันยกถุงนี้ไปยังบ่อที่ได้ขุดเตรียมไว้ ควรระวังไม่ให้ถุงเกี่ยวกิ่งไม้ หรือของมีคมหรือของแหลม ดังรูปที่ 3.26

รูปที่ 3.26 เป่าลมทดสอบรอยรั่ว

ขั้นที่ 6 นำถุงไปยังหลุมที่เตรียมไว้จัดวางถุงให้ดี ต่อสายยางเข้ากับชุดส่งก๊าซที่ถุง แล้วเติมน้ำให้ท่วมปลายท่อด้านในของถุงทั้งสองด้าน แกะพลาสติกที่มัดปลายท่อพีวีซีทั้งสองด้านออกดังรูปที่ 3.27

รูปที่ 3.27 วางถุงหมักในบ่อที่เตรียมไว้

ขั้นที่ 7 ทำบ่อทางเข้าของมูลและบ่อล้น ที่ปลายท่อพีวีซีทั้งสองด้าน ดังรูปที่ 3.28

รูปที่ 3.28 ทำบ่อล้นและบ่อเติม

ขั้นที่ 8 ประกอบสายส่งก๊าซ พร้อมติดตั้งขวดปรับแรงดันและดักน้ำอยู่ใกล้กับบ่อหมักหางไม่เกิน 2 เมตรถ้าระยะทางระหว่างบ่อกับจุดที่จะใช้ก๊าซอยู่ไกลมา ให้ติดตั้งขวดดักน้ำอีก 1-3 จุด ข้อควรระวังคือ ระยะทางไกลจะทำให้แรงดันก๊าซน้อยลง ควรเลือกบริเวณที่วางถุงให้อยู่ใกล้กับเตาหุงต้ม หากแรงดันก๊าซน้อย อาจใช้แผ่นไม้กระดานทับด้วยถุงทรายวางเป็นคานถ่วงน้ำหนัก หรืออาจใช้ยางนอกรถยนต์วางทับถุงหมักพีวีซีเพื่อให้เกิดแรงกด เพื่อเพิ่มแรงดันซึ่งเป็นอีกวิธีหนึ่งที่สามารถช่วยให้ก๊าซแรงขึ้นและที่สำคัญควรหมั่นตรวจสอบระดับน้ำในขวดดักไอน้ำให้อยู่ในระดับที่กำหนดไว้เสมอ เพราะถ้าน้ำแห้งก๊าซจะระบายออกทางช่องระบายน้ำของวาล์วขวดน้ำ ดังรูปที่ 3.29

รูปที่ 3.29 ประกอบสายส่งก๊าซและขวดปรับแรงดัน

ขั้นที่ 9 ติดตั้งท่อส่งก๊าซและวาล์วควบคุมก๊าซบริเวณใกล้เคียงกับหัวเตาหุงต้ม ดังรูปที่ 3.30

รูปที่ 3.30 ติดตั้งท่อส่งก๊าซและวาล์วควบคุมก๊าซ

ขั้นที่ 10 ติดตั้งท่อทางเข้าและทางออกของมูล ที่ปลายพีวีซีทั้งสองด้าน (บ่อเติมมูล และบ่อเก็บกากตะกอน) ติดตั้งชุดปรับแรงดันเพื่อป้องกันถุงหมักแตก ห่างจากถุงหมักไม่เกิน 2 เมตร โดยกำหนดให้แรงดันไม่เกิน 2.5 มิลลิบาร์ หรือ 0.0025 กก./ซม.^{2} (ปลายท่อจุ่มน้ำลึก 2.5 ซม. หรือ 1 นิ้ว

ส่วนที่ 1.2 การหมักมูลสัตว์และวัดปริมาตรก๊าซไฮโดรเจนซัลไฟด์

1) เตรียมสารอินทรีย์วัตถุที่ป้อนเข้าสู่ถังหมัก โดยเตรียมจากมูล สุกร โคและกระบือ โดยเตรียมมูลประมาณ 700 กิโลกรัม ผสมกับน้ำก่อนที่จะป้อนเข้าในถังหมักควรกวนส่วนผสมให้เข้ากันเพื่อง่ายต่อการย่อยสลายของจุลินทรีย์และจุลินทรีย์จะได้รับสารอาหารอย่างทั่วถึง

2) นำวัตถุดิบที่เตรียมไว้ป้อนเข้าสู่ถังหมักปริมาตร 8 ลูกบาศก์เมตร หมักวัตถุดิบทิ้งไว้ประมาณ 8-14 วัน

3) ทำการทดลองตามข้อ 1-2 ทั้งสามบ่อหมักในเวลาเดียวกัน

4) วัดปริมาตรก๊าซที่เกิดขึ้น ก่อนติดตั้งชุดดูดซับด้วยเฟอร์ริกไฮดรอกไซค์และฝอยเหล็ก โดยใช้เครื่องวิเคราะห์ก๊าซชีวภาพแบบพกพา (Biogas 5000)

5) วัดปริมาตรก๊าซชีวภาพที่เกิดขึ้น (โดยนำชุดวัดปริมาตรต่อกับวาล์วควบคุมก๊าซที่สายส่งก๊าซเพื่อวัดปริมาตรก๊าซที่เกิดขึ้นถังหมักเป็นเวลา 16 วัน เก็บข้อมูลเป็นรายวัน)

3.2.2 การวิเคราะห์ก๊าซไฮโดรเจนซัลไฟด์

1) เก็บตัวอย่างก๊าซในการทดลองโดยเก็บก๊าซในถังหมัก 3 ถัง เพื่อตรวจหาก๊าซไฮโดรเจนซัลไฟด์โดยใช้เครื่องวิเคราะห์ก๊าซชีวภาพ เป็นเครื่องพกพาสามารถตรวจองค์ประกอบของก๊าซชีวภาพจากถังหมักโดยตรงได้เลย

2) ใช้เครื่องวิเคราะห์ก๊าซ ในการวิเคราะห์ก๊าซไฮโดรเจนซัลไฟด์ที่อยู่ภายในถังหมัก ก่อนติดตั้งชุดดูดซับด้วยเฟอร์ริกไฮดรอกไซค์และฝอยเหล็ก

3) ใช้เครื่องวิเคราะห์ก๊าซ ในการวิเคราะห์ก๊าซไฮโดรเจนซัลไฟด์ที่อยู่ภายในถังหมัก หลังติดตั้งชุดดูดซับด้วยเฟอร์ริกไฮดรอกไซค์และฝอยเหล็ก

4) บันทึกค่าปริมาณก๊าซไฮโดรเจนซัลไฟด์ที่เกิดจากถังหมัก

5) ทำตามข้อ 1-3 กับบ่อหมักทั้งมูลสุกร โค และกระบือ

3.2.3 เปรียบเทียบก๊าซไฮโดรเจนซัลไฟด์ที่ได้จากการหมักมูลของ สุกร โค และกระบือ

1) นำข้อมูลก๊าซไฮโดรเจนซัลไฟด์ที่ได้จากการวิเคราะห์ โดยเครื่องวิเคราะห์ก๊าซชีวภาพมา เพื่อเปรียบเทียบประสิทธิภาพการกำจัดก๊าซไฮโดรเจนซัลไฟด์ระหว่างสารเฟอร์ริกไฮดรอกไซด์กับฝอยเหล็ก

2) นำข้อมูลที่ได้มาเปรียบเทียบเพื่อวิเคราะห์การกำจัดก๊าซไฮโดรเจนซัลไฟด์จากก๊าซชีวภาพที่ได้จากบ่อหมักสุกร โค และกระบือ

มหาวิทยาลัยราชภัฏมหาสารคาม
RAJABHAT MAHASARAKHAM UNIVERSITY