

(ร่าง)



การจัดการขยะเพื่อการผลิตพลังงานภายในครัวเรือนในพื้นที่
เทศบาลตำบลป่าเซ่า อำเภอเมือง จังหวัดอุดรดิตถ์

กฤษณะ คำฟอง

ทุนอุดหนุนวิจัยจากเงินกองทุนวิจัยของมหาวิทยาลัยราชภัฏอุดรดิตถ์

ปีงบประมาณ 2559

คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี

มหาวิทยาลัยราชภัฏอุดรดิตถ์

กิตติกรรมประกาศ

รายงานวิจัยฉบับนี้ สำเร็จลุล่วงไปด้วยดีด้วยทุนสนับสนุนงานวิจัยจากมหาวิทยาลัยราชภัฏอุตรดิตถ์ สำหรับบุคลากรภายใน และได้รับความช่วยเหลือจาก อาจารย์ประจำหลักสูตรวิทยาศาสตร์สิ่งแวดล้อม ในการรวบรวมข้อมูล นอกจากนี้ขอขอบคุณอาจารย์ฉันทบุรณ์ ถาวรวรรณ ที่ให้การสนับสนุนเครื่องเก็บบันทึกข้อมูลและสายวัดอุณหภูมิ และเพื่อนอาจารย์คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี ในการให้ข้อเสนอแนะและให้ความช่วยเหลือในการทำงานวิจัยในครั้งนี้

กฤษณะ คำฟอง และคณะผู้ร่วมวิจัย



สารบัญ

เรื่อง	หน้า
กิตติกรรมประกาศ	ก
สารบัญ	ข
สารบัญตาราง	ง
สารบัญภาพ	จ
บทคัดย่อ	ฉ
บทที่	
1. บทนำ	1
1.1 ที่มาและความสำคัญ	1
1.2 วัตถุประสงค์	3
1.3 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ	3
1.4 ขอบเขตการศึกษา	4
1.5 นิยามศัพท์เฉพาะ	4
1.6 กรอบแนวความคิด	6
2. เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง	7
2.1 ก๊าซชีวภาพ	7
2.2 ชนิดและแบบของบ่อก๊าซชีวภาพ (Biogas Plant)	8
2.3 การใช้ประโยชน์จากก๊าซชีวภาพ	9
2.4 ระบบผลิตก๊าซชีวภาพ	9
2.5 ข้อมูลการใช้ประโยชน์ก๊าซ	20
2.6 แนวคิดการจัดการขยะ	22
2.7 การนำขยะมูลฝอยกลับมาใช้ประโยชน์ใหม่	23
2.8 การจัดการมูลสุกรและน้ำเสียจากฟาร์มสุกร	28
2.9 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง	29
3. วิธีการดำเนินงาน	33
3.1 การเตรียมวัสดุในการทดลอง	33

สารบัญ (ต่อ)

เรื่อง	หน้า
3.2 การทำถังหมักขนาดทดลอง	34
3.3 การออกแบบและสร้างถังหมักก๊าซชีวภาพ	36
3.4 วิธีการประกอบถังหมักก๊าซชีวภาพ	37
3.5 วิธีการประกอบถังเก็บก๊าซชีวภาพ	37
3.6 การใช้งานถังหมักก๊าซชีวภาพ	38
3.7 การทดสอบประสิทธิภาพ	39
3.8 การวิเคราะห์	39
4. ผลการศึกษาวิจัย	40
4.1 ผลวิเคราะห์ขยะมูลฝอยที่ผ่านการหมัก	40
4.2 ผลการวิเคราะห์มูลสุกร	40
4.3 การออกแบบและสร้างถังหมักก๊าซชีวภาพ	41
4.4 ขั้นตอนการหมักที่ถ่ายทอดกระบวนการสู่ชุมชน	43
5. อภิปรายผลและสรุปผลการทดลอง	44
5.1 การทำถังหมักก๊าซชีวภาพ	44
5.2 กระบวนการหมัก	45
5.3 ข้อเสนอแนะ	46
บรรณานุกรม	48
ภาคผนวก	50
ภาคผนวก ก ข้อมูลก๊าซชีวภาพ	51
ภาคผนวก ข ภาพประกอบการวิจัย	57

สารบัญตาราง

ตารางที่	หน้า
3.1 พารามิเตอร์ที่ทำการวิเคราะห์คุณสมบัติ	39
3.2 พารามิเตอร์ต่างๆ ที่ทำการวิเคราะห์ก๊าซชีวภาพที่เกิดในขวด	39
4.1 ผลวิเคราะห์ข้อมูลขยะที่ทิ้งจากเศษอาหาร	40
4.2 ผลวิเคราะห์มูลสุกร	40



สารบัญภาพ

ภาพที่	หน้า
1.1 กรอบแนวคิดงานวิจัย	6
2.1 ระบบบ่อปิดแบบไร้ออกซิเจน	11
2.2 ลักษณะทิศทางการไหลของน้ำผ่านแผ่นกั้นและห้องต่างๆ ในระบบผลิตแก๊ส แบบแผ่นกั้นไม่ใช้อากาศ	12
2.3 ระบบแบบตะกอนลอย	13
2.4 Packing media	14
2.5 ถังกรองไร้ออกซิเจน	15
2.6 ระบบแบบโดมคงที่	16
2.7 ระบบแบบราง	17
2.9 ระบบแบบถังกวนสมบูรณ์	18
3.1 การเก็บมูลสุกร	34
3.2 การเจาะรูขนาด 1 เซนติเมตร	34
3.3 การตัดกระบอกลำพลาสติกและเจาะรูขนาด 1 เซนติเมตร บริเวณก้นกระบอกลำพลาสติก	35
3.4 การต่อสายยางเข้ากระบอกลำแก้วชีวภาพ	35
3.5 การประกอบถังหมักก๊าซชีวภาพขนาดทดลอง	36
3.6 ภาพถังหมักก๊าซชีวภาพ	38
4.1 แบบประกอบถังหมักก๊าซชีวภาพ	42
4.2 แบบถังหมักก๊าซชีวภาพ	42

ชื่อเรื่อง : การจัดการขยะเพื่อการผลิตพลังงานภายในครัวเรือนในพื้นที่เทศบาล
ตำบลป่าเช่า อำเภอเมือง จังหวัดอุดรธานี

หัวหน้าโครงการวิจัย: กฤษณะ คำฟอง

ผู้ร่วมวิจัย : วิรัตน์ จำนงรัตนพันธ์, ซาติทง โพธิ์ดง, พุทธิ อุบลสุข,
ปริญญา ไกรภูณินันท์

บทคัดย่อ

งานวิจัยเรื่องการจัดการขยะเพื่อการผลิตพลังงานภายในครัวเรือนในพื้นที่เทศบาลตำบลป่าเช่า อำเภอเมือง จังหวัดอุดรธานี เป็นการผลิตก๊าซชีวภาพจากขยะจากครัวเรือน ช่วงอุณหภูมิที่เหมาะสมสำหรับการผลิตก๊าซชีวภาพ ช่วงอุณหภูมิระดับกลาง ประมาณ 25 - 60 องศาเซลเซียส พีเอช (pH) ควรควบคุมค่าพีเอชให้อยู่ในช่วง 6.6 - 7.8 ค่าพีเอชที่เหมาะสมที่สุดจะอยู่ในช่วง 7 - 7.2 ถึงหมักขนาด 200 ลิตร นำมูลสัตว์เข้าไปหมักในครั้งแรกที่ 50 กิโลกรัม ทำการหมักในระบบ 15 วัน เติมวัตถุดิบแต่น้อยทุกวันที่มีการใช้ก๊าซประมาณ 1-2 กิโลกรัม ซึ่งเป็นไปตามวัตถุประสงค์ในการทำเพื่อสร้างก๊าซชีวภาพและกำจัดเศษอาหารที่เหลือในครัวเรือน แต่สิ่งที่ได้ตามมาคือ การจัดการกับกากตะกอนที่เหลือจากการหมัก โดยการลดความชื้นและปรับสภาพให้เหมาะสมสำหรับการนำไปใช้เป็นปุ๋ยอินทรีย์

คำสำคัญ : การจัดการขยะ, ก๊าซชีวภาพ, การหมัก

บทที่ 1

บทนำ

1.1 ที่มาและความสำคัญ

ปัญหาขยะมูลฝอยของประเทศไทยได้ทวีความรุนแรงขึ้นอย่างรวดเร็วตามการขยายตัวของ เมือง และการเปลี่ยนแปลงพฤติกรรมกรรมการบริโภคของประชาชน ในขณะที่หน่วยงานรับผิดชอบในการกำจัด ขยะมีอยู่ทั้งส่วนกลางและส่วนภูมิภาคที่มีแนวคิดและนโยบายที่แตกต่างกัน โดยเฉพาะอย่างยิ่ง ส่วน ภูมิภาคที่มีหน่วยงานสวนท้องถิ่นในระดับเทศบาลนคร เมือง และตำบลที่มีผู้นำที่ได้มาจากการ เลือกตั้งมีทิศทางการทำงานเป็นของตนเองอย่างอิสระ ทำให้การจัดการขยะมูลฝอยชุมชนโดยรวมใน จังหวัดไม่มีแกนนำและเป็นการแก้ไขปัญหาเฉพาะหน้าในพื้นที่ที่ตนเองรับผิดชอบอยู่ทั้งสิ้น ซึ่งหลายๆ ครั้งพบว่า การแก้ไขปัญหาการจัดการขยะมูลฝอยพื้นที่หนึ่ง แต่กลับไปสร้างปัญหาเพิ่มเติมให้กับอีก พื้นที่หนึ่ง นอกจากนี้ส่วนใหญ่ยังขาดความพร้อมทั้งทาง ด้านงบประมาณ เครื่องมืออุปกรณ์ บุคลากร ที่มีความรู้ และสถานที่ที่ใช้ในการกำจัดขยะ จึงทำให้การกำจัดขยะส่วนใหญ่ไม่ถูกต้องตามหลัก วิชาการ ก่อให้เกิดปัญหาผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมและสุขภาพอนามัยของประชาชน และกลายเป็นป ญหาระดับชาติ

เนื่องจากปริมาณขยะมูลฝอยที่เกิดขึ้นในแต่ละวันมีมากเพิ่มขึ้นเรื่อยๆ สะท้อนให้เห็นถึง ประสิทธิภาพการบริหารจัดการกำจัดขยะมีไม่เพียงพอ การตกค้างของขยะมีเพิ่มมากขึ้น ส่งผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมทั้ง ทางน้ำ ดิน และอากาศ ตลอดจนบางส่วนตกค้างอยู่ในอาหาร ที่สำคัญการทำลาย ขยะที่ไม่ถูกวิธีจะส่งผลกระทบต่อสุขภาพอนามัยของประชาชนโดยตรง ทำให้ประชาชนทั่วไปเสี่ยงต่อ อันตรายจากการเป็นโรคต่างๆ เห็นได้จากสถานที่บางแห่งก็มีคนทิ้งขยะกันตามสะดวก โดยนำไปเท กองรวมกันไว้ริมทางเดินบ้าง โคนต้นไม้บ้าง ทำให้มีการหมักหมมเน่าเปื่อย ส่งกลิ่นเหม็นคุ้ง บางครั้ง อาจมองเห็นหนอนจำนวนมากมาไต่ยั้วเยี้ยออกมาจากกองขยะ ดูน่าขยะแขยง นอกจากนั้นกองขยะ ยังเป็นแหล่งชุมนุมของสัตว์นำโรคสารพัดชนิด เช่น ยุง แมลงวัน หนู แมลงสาบ ฯลฯ ยามที่ฝนตกลง มาน้ำฝนก็ชะเอาสิ่งสกปรกเน่าเหม็นในกองขยะไหลไปยังพื้นที่ใกล้เคียง และอาจจะไหลลงท่อระบาย น้ำ และแม่น้ำลำคลองใกล้ๆ ก่อให้เกิดความเสียหายตามมา การทิ้งขยะลงท่อระบายน้ำทำให้เกิด ผลเสียอย่างร้ายแรง คือ ทำให้ท่อระบายน้ำอุดตัน เมื่อฝนตกก็ไม่สามารถระบายน้ำฝนได้ จึงเกิดสภาพ น้ำท่วมขังตามถนนสายต่างๆ ตามตรอกซอกซอย และผลที่ตามมาก็คือ การเดินทางไปตามเส้นทาง

เหล่านั้นลำบากขึ้น การจราจรที่ติดขัดและถนนหนทางอาจจะได้รับความเสียหาย ซึ่งเมื่อน้ำลดลงสู่สภาพปกติก็ต้องซ่อมแซมใหม่ ทำให้ต้องสิ้นเปลืองงบประมาณ บ้านเรือนที่มีขยะมูลฝอยรกรุงรังอยู่ภายในบริเวณบ้าน นอกจากจะดูสกปรกไม่น่าดูอยู่แล้ว ก็ยังเป็นที่ชุมนุมของหนู แมลงวัน แมลงสาบ ซึ่งเป็นพาหะนำโรคทางเดินอาหารมาสู่คน และยังก่อความรำคาญให้อีกด้วย ทั้งนี้เนื่องจากขยะและสิ่งปฏิกูลจะมีปริมาณเพิ่มขึ้นแล้ว ขยะและสิ่งปฏิกูลเหล่านั้นยังคงมีความเน่าเสีย หรือความเป็นพิษต่อระบบนิเวศน์ และต่อสุขภาพอนามัยที่รุนแรงมากยิ่งขึ้น สมัยก่อนขณะที่บ้านเมืองยังไม่ได้พัฒนา ประชาชนยังมีจำนวนอยู่น้อยและอยู่กระจัดกระจายทั่วไป การทิ้งขยะและสิ่งปฏิกูลก็ได้มีการเก็บอย่างเป็นระบบเช่นในปัจจุบัน ประชาชนมักจะทิ้งขยะและสิ่งปฏิกูลลงพื้นดิน บริเวณบ้าน ในที่สาธารณะ และในแหล่งน้ำต่างๆ เนื่องจากปริมาณขยะมีน้อยจึงไม่ก่อให้เกิดผลกระทบต่อธรรมชาติหรือระบบนิเวศน์ เพราะขยะและสิ่งปฏิกูลจะถูกย่อยสลายหรือถูกดูดซึมเข้าไปกับธรรมชาติ นอกเสียจากในบางครั้งเมื่อมีโรคระบาดเกิดขึ้นก็อาจก่อเกิดการแพร่กระจายของเชื้อโรคได้ในบางช่วงเวลาเท่านั้น การกำจัดขยะให้ได้ผลดีและเกิดประโยชน์สูงสุดนั้น ขึ้นอยู่กับองค์ประกอบต่างๆ มากมาย โดยเฉพาะอย่างยิ่งการคัดแยกวัสดุจากขยะมูลฝอย ก่อนที่จะนำไปกำจัดในขั้นสุดท้ายซึ่งเป็นขั้นตอนที่สำคัญในการจัดการกับขยะ เป็นการลดค่าใช้จ่ายในการกำจัดด้วย ทั้งยังเป็นการสร้างรายได้เกิดจากการนำวัสดุที่แยกออกมานั้น ไปจำหน่ายได้ด้วย ซึ่งวิธีการคัดแยกขยะที่มีประสิทธิภาพที่สุด คือ การคัดแยกจากแหล่งกำเนิดของขยะนั่นเอง เพราะทำได้ง่ายค่าใช้จ่ายน้อยเพียงให้แต่ละบ้านจัดภาชนะรองรับขยะแยกกันไว้แต่ละส่วน ซึ่งนอกจากจะเป็นการกำจัดขยะโดยตรงแล้ว ยังเป็นการฝึกหรือเปลี่ยนแปลงพฤติกรรม การทิ้งขยะของประชาชนให้เป็นที่เป็นทางอีกด้วย ในด้านการกำจัดขยะนั้น ในท้องถิ่นส่วนใหญ่ใช้วิธีกองทิ้งไว้ให้เน่าเปื่อยผุพังไปเองตามธรรมชาติ มีการจุดไฟเผาบ้างเป็นครั้งคราวสำหรับขยะที่เผาไหม้ได้ ซึ่งทำให้เกิดปัญหามลพิษต่อสภาพแวดล้อมอย่างมากมาย เช่น การปนเปื้อนของดิน การปนเปื้อนของแหล่งน้ำ และการปนเปื้อนของอากาศ ซึ่งพบเห็นได้ทั่วไปเกือบทุกชุมชนทั่วประเทศ ทำให้พบเห็นความสกปรกและความไม่เป็นระเบียบเรียบร้อยของบ้านเมืองอยู่ทั่วไป สำหรับชุมชนในระดับหมู่บ้านปรากฏว่า หลายแห่งได้พยายามปรับปรุงในด้านการรักษาความสะอาด ทำให้หมู่บ้านสะอาดและความเป็นระเบียบเรียบร้อยดีขึ้น แต่มักทำกันเป็นครั้งคราว โดยเฉพาะอย่างยิ่งเมื่อจะมีการประกวดเพื่อรางวัลจากทางราชการ ส่วนวิธีการกำจัดนั้น ก็มักจะกระทำโดยการเผากลางแจ้งซึ่งง่ายและสะดวก มีบางแห่งได้พยายามนำขยะไปหมักทำปุ๋ย ซึ่งบางแห่งก็ใช้มูลสัตว์หมัก

รวมเข้าไปด้วย แต่ในการหมักก็มักทำแบบกองรวมกันไว้โดยไม่มีการพลิกกลับจึงทำให้กองปุ๋ยหมักหลายแห่งกลายเป็นแหล่งเพาะพันธุ์สัตว์พาหะนำโรค

ในสภาวะที่ประเทศไทยมีความจำเป็นที่จะต้องแสวงหาแหล่งพลังงานหมุนเวียนเพื่อทดแทนพลังงานจากเชื้อเพลิงฟอสซิล ซึ่งนับวันจะมีปริมาณลดน้อยลงและมีราคาสูงขึ้น ขยะชีวมวลจัดเป็นพลังงานชนิดหนึ่งซึ่งมีศักยภาพในการนำมาใช้เพื่อผลิตพลังงาน และนอกจากนี้ยังสามารถนำมาผลิตเป็นก๊าซเพื่อใช้ในการประกอบอาหารได้อีกด้วย ทั้งนี้เนื่องจากขยะมีปริมาณมากและจำเป็นต้องกำจัด ในขณะที่ปัจจุบันมีการกำจัดขยะโดยนำขยะมาใช้เพื่อผลิตพลังงานยังมีน้อยมาก ดังนั้นผู้ศึกษาจึงให้ความสนใจในปัญหาการจัดการขยะที่สามารถแก้ไขปัญหาทั้งระยะสั้นและระยะยาวตลอด จนให้เกิดประโยชน์สูงสุดแก่ชุมชน สังคมและประเทศ ในด้านอื่นๆ ด้วยการศึกษาวิเคราะห์ปัญหาของการจัดการขยะในครัวเรือนและชุมชน ทิศทางการจัดการขยะมูลฝอยระดับครัวเรือน แนวทางการจัดการขยะ และแนวทางการกำจัดขยะมูลฝอยเพื่อผลิตพลังงานในภาคครัวเรือน ซึ่งประกอบด้วยเทคโนโลยีทางเลือกที่เหมาะสมในการนำขยะมาบำบัดและผลิตพลังงานจากขยะ ศึกษาความเหมาะสมของเทคโนโลยีผลิตพลังงานจากขยะที่มีต้นทุนต่ำ เพื่อให้สามารถใช้ได้ในครัวเรือนตลอดจนพัฒนาสู่ระดับชุมชน และจัดเป็นแหล่งสร้างรายได้ให้กับครอบครัวและชุมชนได้อีกทางหนึ่ง

1.2 วัตถุประสงค์

- 1.2.1 เพื่อศึกษาวิเคราะห์ปัญหาของการจัดการขยะเพื่อการผลิตพลังงานภายในครัวเรือน
- 1.2.2 เพื่อศึกษาความเหมาะสมของเทคโนโลยีผลิตพลังงานจากขยะในครัวเรือน
- 1.2.3 เพื่อศึกษาการใช้พลังงานก๊าซชีวภาพ ในการทดแทนพลังงานเชื้อเพลิง (LPG)

1.3 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

- 1.3.1 ครัวเรือนได้นำขยะที่มีคุณสมบัติที่สามารถนำมาผลิตพลังงานมาเป็นทางเลือกในครัวเรือน
- 1.3.2 ทราบถึงวิธีการที่เหมาะสมในการหมักก๊าซชีวภาพจากน้ำขยะร่วมกับมูลสุกร
- 1.3.2 ได้อัตราส่วนที่สามารถผลิตก๊าซชีวภาพที่ได้ปริมาณมากที่สุด
- 1.3.3 สามารถนำก๊าซชีวภาพที่ได้มาใช้แทนก๊าซ LPG ใช้ในครัวเรือน
- 1.3.4 สามารถแก้ปัญหาคัดแยกขยะและลดการทิ้งขยะจากภาคครัวเรือนได้

1.3.5 สามารถใช้เทคโนโลยีที่เหมาะสมมาดำเนินการสร้างพลังงานจากขยะและใช้ในระดับครัวเรือนหรือชุมชนได้

1.3.6 ลดการใช้พลังงานจากเชื้อเพลิงฟอสซิล

1.3.7 ลดปัญหามลพิษต่อสภาพแวดล้อม เช่น การปนเปื้อนของดิน การปนเปื้อนของแหล่งน้ำ และการปนเปื้อนของอากาศ

1.3.8 ลดความสกปรกและความไม่เป็นระเบียบเรียบร้อยของบ้านเมือง

1.3.9 สามารถสร้างและฝึกหรือเปลี่ยนแปลงพฤติกรรมกาทั้งขยะของประชาชนให้เป็นที่เป็นที่เป็นทางได้

1.4 ขอบเขตการศึกษา

ขอบเขตด้านประชากร

หัวหน้าครัวเรือน เทศบาลตำบลป่าเต่า อำเภอมือง จังหวัดอุดรธานี

ขอบด้านตัวแปร/ขอบเขตด้านเนื้อหา

1. ศึกษาขยะมูลฝอยและการคัดแยกขยะ ภายในครัวเรือน
2. สร้างระบบหมักขยะแบบปิดที่มีขนาดเหมาะสมกับครัวเรือน

ขอบเขตด้านพื้นที่และระยะเวลาที่ทำการวิจัย

เทศบาลตำบลป่าเต่า อำเภอมือง จังหวัดอุดรธานี

1.5 นิยามศัพท์เฉพาะ

1.5.1 ก๊าซชีวภาพ หมายถึง ก๊าซที่เกิดขึ้นตามธรรมชาติจากการหมักย่อยสลายของสารอินทรีย์ภายใต้สภาวะที่ปราศจากออกซิเจน (anaerobic digestion) โดยทั่วไปจะ หมายถึง ก๊าซมีเทนที่เกิดจากการหมัก (fermentation) ของสารอินทรีย์

1.5.2 มูลสุกร หมายถึง ของเสียที่ถูกขับออกมาจากร่างกายของสุกร ซึ่งถ้ามีสะสมในปริมาณมากจะส่งกลิ่นเหม็นรบกวน

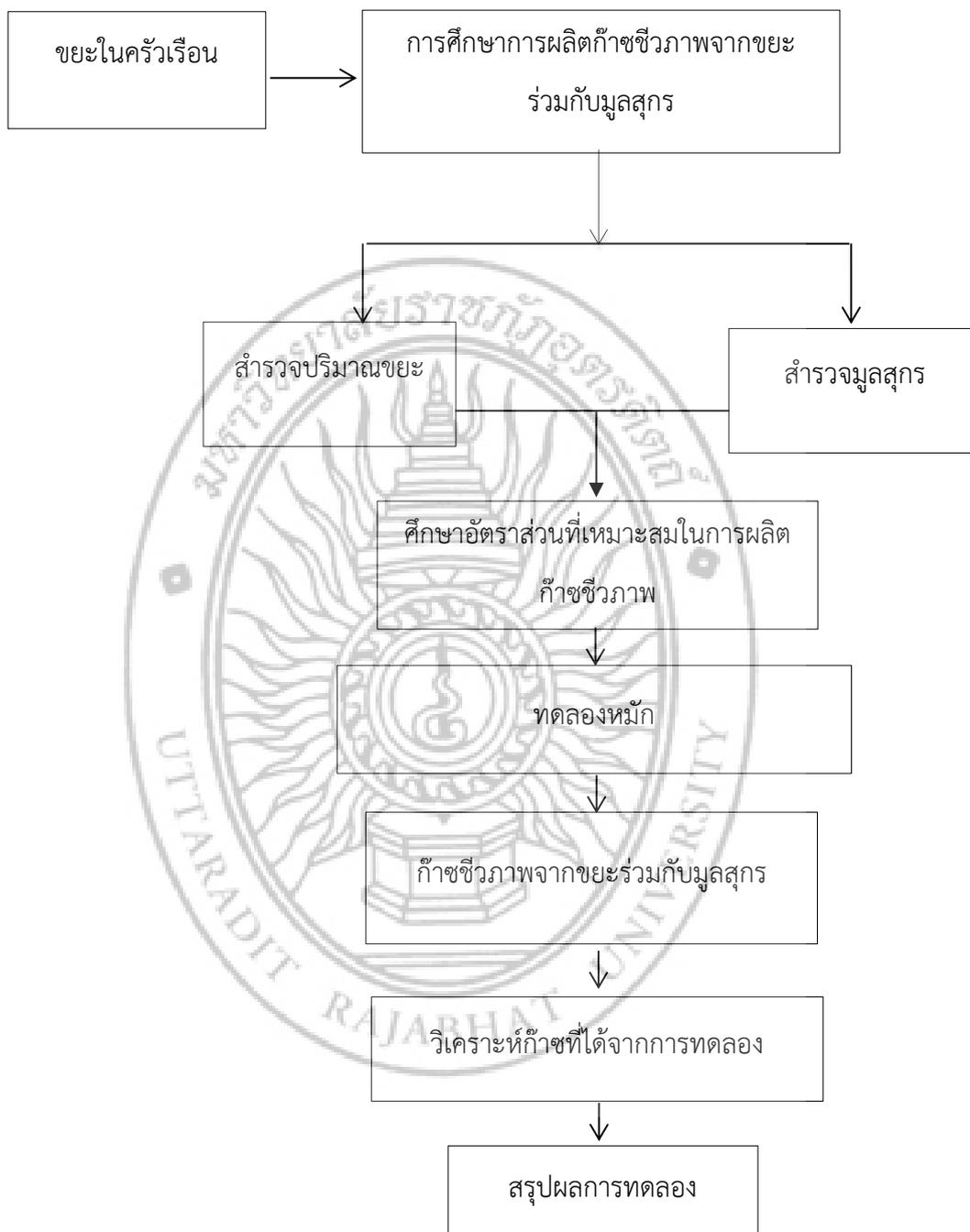
1.5.3 การหมักแบบไร้อากาศ หมายถึง การย่อยสลายสารอินทรีย์ภายใต้สภาวะไร้ออกซิเจนเป็นกระบวนการทางชีววิทยาในการเปลี่ยนแปลงสารอินทรีย์ไปเป็นแก๊สชีวภาพ ในสภาวะที่ไม่มีออกซิเจนและเป็นสภาวะรีดิวัซ์

1.5.4 ขยะ หมายถึง สิ่งต่างๆ ที่ผู้คนไม่ต้องการและทิ้งมันไป ขยะมีมากมายหลายรูปแบบ ทั้งที่เป็นของแข็ง ของเหลว ขยะที่ย่อยสลายได้และที่ย่อยสลายไม่ได้ ของที่ใช้ประโยชน์ได้และที่ใช้ประโยชน์ไม่ได้ และขยะมีพิษต่อมนุษย์และสิ่งแวดล้อม ถ้าหากว่ามีการจัดการกำจัดที่ไม่ถูกต้อง

1.5.5 การจัดการขยะ หมายถึง การดำเนินการใดๆ ก็ตามที่เกี่ยวข้องกับการบริหารจัดการขยะมูลฝอยในครัวเรือนภายในเทศบาลตำบลป่าเตา อำเภอมือง จังหวัดอุดรดิตถ์ ได้แก่ การคัดแยกขยะ การลดการเกิดขยะมูลฝอย การนำกลับมาใช้ใหม่ และการกำจัดขยะ



1.6 กรอบแนวความคิด



บทที่ 2

เอกสารงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

2.1 ก๊าซชีวภาพ

ก๊าซชีวภาพ (Biogas) ก๊าซที่เกิดขึ้นตามธรรมชาติจากการย่อยสลายอินทรีย์ โดยจุลินทรีย์ภายใต้สภาวะที่ปราศจากออกซิเจน ก๊าซชีวภาพประกอบด้วย แก๊สหลายชนิด ส่วนใหญ่เป็นก๊าซมีเทน (CH_4) ประมาณ 50 – 70 % และก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ (CO_2) ประมาณ 30 – 50 % ส่วนที่เหลือเป็นก๊าซชนิดอื่นๆ เช่น ไฮโดรเจน (H_2) ออกซิเจน (O_2) ไฮโดรเจนซัลไฟด์ (H_2S) ไนโตรเจน (N_2) และไอน้ำ

2.1.1 ขบวนการย่อยสลายสารอินทรีย์สภาวะปราศจากออกซิเจนก๊าซชีวภาพ

กระบวนการย่อยสลายทางชีวภาพแบบไม่ใช้ออกซิเจน (anaerobic biological) โดยเกิดจากการเปลี่ยนแปลงของสารอินทรีย์ในกระบวนการที่มี 3 ขั้นตอนหลัก สรุปได้ดังนี้ ขั้นตอนแรก จุลินทรีย์จะทำการใช้เอนไซม์เปลี่ยนสารอินทรีย์โมเลกุลใหญ่ให้เป็นโมเลกุลเล็กลง เช่น ไขมัน โพลีแซคคาไรด์ โปรตีน โดยจะเปลี่ยนให้อยู่ในรูปโมเลกุลของโมโนแซคคาไรด์ (น้ำตาลโมเลกุลเดี่ยว) กรดอะมิโนและกรดไขมัน โดยขั้นตอนนี้เรียกว่า Hydrolysis โดย การทำงานขั้นตอนนี้เกิดจากจุลินทรีย์กลุ่มไม่ใช้ออกซิเจนแบบ Strict anaerobe เช่น Bactericides , clostridia และกลุ่ม facultative bacteria เช่น streptococci ขั้นตอนที่ 2 เป็นขั้นตอนการเกิดกรด (acidogenesis) โดยเกิดจากจุลินทรีย์กลุ่มกลุ่มสร้างกรด (acid-producing bacteria) สามารถหมักได้ โดยจะทำการเปลี่ยนสารโมเลกุลเล็ก ๆ จากขั้นตอนแรกไปเป็น กรดอะซิติก , ไฮโดรเจน , คาร์บอนไดออกไซด์ และกรดอินทรีย์ระเหยง่าย (Volatile Organic Acid) เช่น กรด Propionic และ กรด Butyric ซึ่งสามารถเปลี่ยนไปเป็นกรด Acetic ได้เช่นกัน และในขั้นตอนสุดท้ายนี้ กรด Acetic ไฮโดรเจน และ CO_2 จะเปลี่ยนไปเป็นแก๊สมีเทน และ CO_2 โดยจุลินทรีย์กลุ่ม Methanogenic bacteria เช่น Methanosarcinaspp, Methanothrix spp, ก๊าซไฮโดรเจน, Formate เกิดจากแบคทีเรียที่เรียกลุ่ม Methanobacterium, Methanococcus (ชัยศรี ธาราสวัสดิ์พิพัฒน์ และ โกวิท สุวรรณหงษ์, 2555)

2.1.2 ปัจจัยที่มีอิทธิพลต่อการผลิตก๊าซชีวภาพการย่อยสลายสารอินทรีย์และการผลิตก๊าซมี
ปัจจัยต่างๆ เกี่ยวข้องดังต่อไปนี้

2.1.2.1 อุณหภูมิ (Temperature) การย่อยสลายอินทรีย์และการผลิตก๊าซในสภาพปราศจากออกซิเจน สามารถเกิดขึ้นในช่วงอุณหภูมิที่กว้างมาก ตั้งแต่ 40 - 60 องศาเซลเซียส ขึ้นอยู่กับชนิดของกลุ่มจุลินทรีย์

2.1.2.2 ความเป็นกรด-ด่าง (pH) ความเป็นกรด-ด่าง มีความสำคัญต่อการหมักมาก ช่วง pH ที่เหมาะสมอยู่ในระดับ 6.6 - 7.5 ถ้า pH ต่ำเกินไปจะเป็นอันตรายต่อแบคทีเรียที่สร้างแก๊สมีเทน

2.1.2.3 อัลคาลินิตี (Alkalinity) ค่าอัลคาลินิตี หมายถึง ความสามารถในการรักษาระดับความเป็นกรด-ด่าง ค่าอัลคาลินิตีที่เหมาะสมต่อการหมักมีค่าประมาณ 1,000 - 5,000 มิลลิกรัม/ลิตร ในรูปของแคลเซียมคาร์บอเนต (CaCO_3)

2.1.2.4 สารอาหาร (Nutrients) สารอินทรีย์ซึ่งมีความเหมาะสมสำหรับการเจริญเติบโตของจุลินทรีย์ มีรายงานการศึกษาพบว่า มีสารอาหารในสัดส่วน C : N และ C : P ในอัตรา 25 : 1 และ 20 : 1 ตามลำดับ

2.1.2.5 สารยับยั้งและสารพิษ (Inhibiting and Toxic Materials) เช่น กรดไขมันระเหยได้ ไฮโดรเจน หรือแอมโมเนีย สามารถทำให้ขอบวนการย่อยสลายในสภาพไร้ออกซิเจนหยุดชะงักได้

2.1.2.6 สารอินทรีย์และลักษณะของสารอินทรีย์สำหรับขอบวนการย่อยสลาย ซึ่งมีความแตกต่างกันไป ขึ้นอยู่กับปัจจัยต่างๆ ที่เกี่ยวข้อง

2.2 ชนิดและแบบของบ่อก๊าซชีวภาพ (Biogas Plant)

บ่อก๊าซชีวภาพ แบ่งตามลักษณะการทำงาน ลักษณะของของเสียที่เป็นวัตถุดิบ และประสิทธิภาพการทำงานได้เป็น 2 ชนิดใหญ่ ดังนี้

2.2.1 บ่อหมักช้าหรือบ่อหมักของแข็งบ่อหมักช้าที่มีการสร้างใช้ประโยชน์กันและเป็นที่ยอมรับกันโดยทั่วไป มี 3 แบบหลัก คือ

2.2.1.1 แบบยอดโดม (fixed dome digester)

2.2.1.2 แบบฝาครอบลอย (floating drum digester) หรือแบบอินเดีย (Indian digester)

2.2.1.3 แบบพลาสติกคลุมราง (plastic covered ditch) หรือแบบปลั๊กโฟลว์ (plug flow digester)

2.2.2 บ่อหมักเร็วหรือบ่อบำบัดน้ำเสียเป็นแบบบรรจุตัวกลางในสภาพไร้ออกซิเจน (Anaerobic Filter) หรืออาจเรียกตามชื่อย่อว่า แบบเอเอฟ (AF) ตัวกลางที่ทำได้จากวัสดุหลายชนิด เช่น ก้อนหิน กรวด พลาสติก เส้นใยสังเคราะห์ ไม้ไผ่ตัดเป็นท่อน เป็นต้น ในลักษณะของบ่อหมักเร็วแบบนี้ จุลินทรีย์จะเจริญเติบโตและเพิ่มจำนวนบนตัวกลาง ที่ถูกตรึงอยู่กับที่ก๊าซถูกเก็บอยู่ภายในพลาสติกที่คลุมอยู่เหนือราง มักใช้ไม้แผ่นทับเพื่อป้องกันแสงแดดและเพิ่มความดันก๊าซ

2.3 การใช้ประโยชน์จากก๊าซชีวภาพ

ประโยชน์จากก๊าซชีวภาพพบว่ามีหลายด้าน ประกอบด้วย

2.3.1 ด้านพลังงานเมื่อพิจารณาถึงด้านเศรษฐกิจแล้ว การลงทุนผลิตก๊าซชีวภาพจะลงทุนต่ำกว่า การผลิตเชื้อเพลิงชนิดอื่นๆ สามารถนำมาใช้ทดแทนพลังงานเชื้อเพลิงจากแหล่งอื่นๆ เช่น ฟืน ถ่าน น้ำมัน แก๊สหุงต้ม และไฟฟ้า ก๊าซชีวภาพจำนวน 1 ลูกบาศก์เมตร สามารถนำไปใช้ได้ดังนี้

2.3.1.1 ให้ค่าความร้อน 3,000 - 5,000 กิโลแคลอรี ความร้อนนี้จะทำให้น้ำ 130 กิโลกรัม ที่อุณหภูมิ 20 องศาเซลเซียส เดือดได้

2.3.1.2 ใช้กับตะเกียงแก๊สขนาด 60 - 100 วัตต์ ลุกไหม้ได้ 5 - 6 ชั่วโมง

2.3.1.3 ผลิตกระแสไฟฟ้า 1.25 กิโลวัตต์

2.3.1.4 ใช้กับเครื่องยนต์ 2 แรงม้า ได้นาน 1 ชั่วโมง

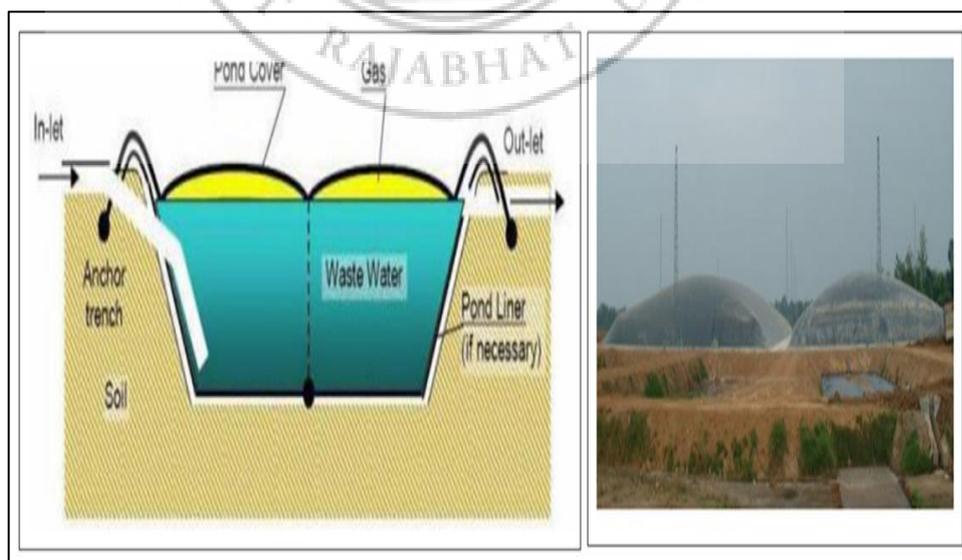
2.3.1.5 ถ้าใช้กับครอบครัวขนาด 4 คน สามารถหุงต้มได้ 3 มื้อ

2.4 ระบบผลิตก๊าซชีวภาพ

การผลิตก๊าซชีวภาพในระยะแรกนั้นเป็นผลพลอยได้จากการบำบัดน้ำเสีย ต่อมาเนื่องจากภาวะที่โลกเริ่มมีปัญหาคาราคาซังเชื้อเพลิง โดยมีสาเหตุมาจากการลดลงอย่างต่อเนื่องของเชื้อเพลิงฟอสซิล จึงมีการศึกษาวิจัยเพื่อจะหาแหล่งเชื้อเพลิงที่จะมาทดแทนพลังงานฟอสซิล ซึ่งพลังงานจากแก๊สชีวภาพเป็นทางเลือกหนึ่งที่มีความสนใจอย่างมาก โดยมีการศึกษาวิจัยและออกแบบเทคโนโลยีที่จะนำมาใช้ผลิตแก๊สชีวภาพกันอย่างกว้างขวาง โดยเทคโนโลยีในการผลิตก๊าซชีวภาพที่ใช้กันอยู่ในปัจจุบันมีดังต่อไปนี้ (ไตรภพ อินทุไส, 2548; จินตนา จิตต์ภูักดี, 2552; กรมโรงงานอุตสาหกรรม, 2553; สืบสกุล อยู่อินทร์พรหม, 2556)

2.4.1 ระบบบ่อปิดแบบไร้ออกซิเจน (Anaerobic Covered Lagoon)

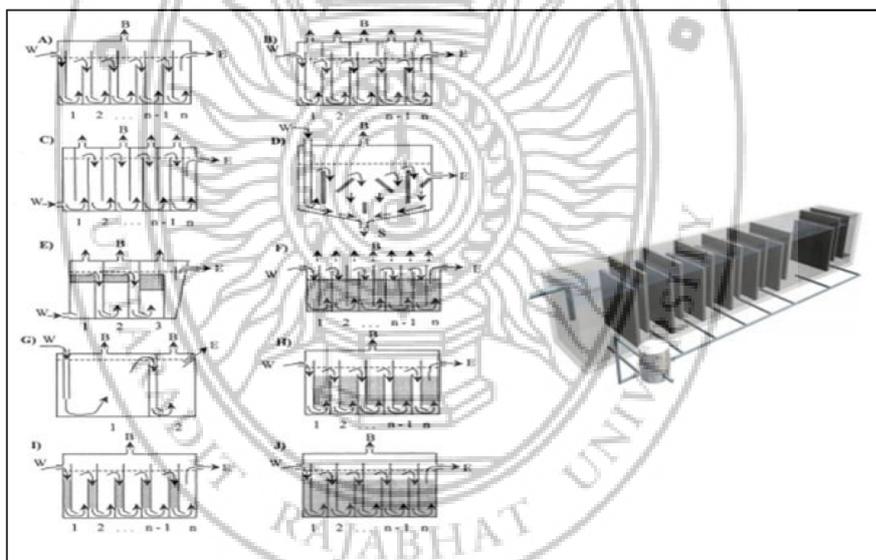
ระบบบ่อบิดแบบไร้ออกซิเจน ดังปฏิกิริยาเป็นแบบบ่อดินขนาดใหญ่ โดยปกติบ่อบิดควรมีความลึกไม่ต่ำกว่า 6 เมตร และปิดคลุมด้วยแผ่นพลาสติกที่ทำด้วย PVC หรือ HDPE ที่ด้านบน เพื่อเก็บกักก๊าซชีวภาพ โดยเก็บแก๊สภายใต้ความดันสูงกว่าความดันบรรยากาศเล็กน้อย ตัวผนังและพื้นบ่อดินจะมีการปูพื้นเพื่อป้องกันการปนเปื้อนสู่หน้าใต้ดิน โดยใช้แผ่นพลาสติกที่ทำด้วย PVC หรือ HDPE เป็นวัสดุปูพื้น ใช้ดินกดทับปล่อยขอบพลาสติก หรือใช้น้ำ Seal ไว้โดยที่ปลายขอบพลาสติกถูกยึดจมในรางน้ำ องค์กรประกอบภายในบ่อบิดประกอบด้วย ท่อป้อนน้ำ และท่อปล่อยน้ำออก ซึ่งอยู่ด้านตรงข้าม โดยอาจจะมีรางต่อออกมาจากบ่อบิดเตรียมไว้สำหรับดึงกากตะกอนก็ได้ โดยระบบบ่อบิดแบบไร้ออกซิเจนนั้นท่อป้อนน้ำเสียจะถูกต่อลงด้านล่างของบ่อบิด ซึ่งมีการตกตะกอนของจุลินทรีย์บริเวณก้นบ่อบิด และเกิดการย่อยสลายเป็นกรดอินทรีย์และก๊าซชีวภาพ ตามลำดับ ข้อดีของระบบนี้ คือ ก่อสร้างง่าย รวดเร็ว มีค่าใช้จ่ายต่ำ เหมาะสำหรับน้ำเสียหรือของเสียที่มีความเข้มข้นของของแข็งสูง มีประสิทธิภาพในการบำบัดสูง แต่อย่างไรก็ตามระบบแบบนี้ต้องการพื้นที่ก่อสร้างขนาดใหญ่ อีกทั้งการกวนผสมไม่ดีทำให้การใช้งานบ่อบิดไม่เต็มประสิทธิภาพจึงมีโอกาสไหลล้นดวงจรสูง การกำจัดตะกอนที่สะสมภายในบ่อบิดทำได้ยาก ถ้าระบบล้มเหลวจะแก้ไขให้ระบบเข้าสู่สภาวะปกติได้ช้า และอาจมีปัญหาเรื่องการฉีกขาดของแผ่นพลาสติก โดยแสดงลักษณะบ่อบิดแบบไร้ออกซิเจน ดังภาพที่ 2.1



ภาพที่ 2.1 ระบบบ่อปิดแบบไร้ออกซิเจน

(กรมพัฒนาพลังงานทดแทนและอนุรักษ์พลังงาน, 2556)

2.4.2 ระบบบ่อปิดแบบไร้ออกซิเจนดัดแปลง (Modified Anaerobic Covered Lagoon) ระบบนี้มีลักษณะเช่นเดียวกันกับบ่อปิดแบบไร้ออกซิเจนแต่มีการปรับปรุงหรือดัดแปลง เพื่อแก้ไขข้อจำกัดของบ่อปิดแบบไร้ออกซิเจนทำให้มีประสิทธิภาพสูงขึ้น และมีปริมาณบ่อเล็กลงจากระบบเดิม โดยมีการเพิ่มบ่อและเปลี่ยนการไหลให้เป็นแบบอนุกรมเพื่อดึงตะกอนย้อนกลับ อีกทั้งมีการเพิ่มท่อกระจายน้ำเข้าให้ทั่วบ่อ พร้อมทั้งมีการวนน้ำย้อนกลับเพื่อเพิ่มเวลาในการกวนผสม และเพิ่มจุดรวบรวมกากตะกอนและท่อระบายตะกอน

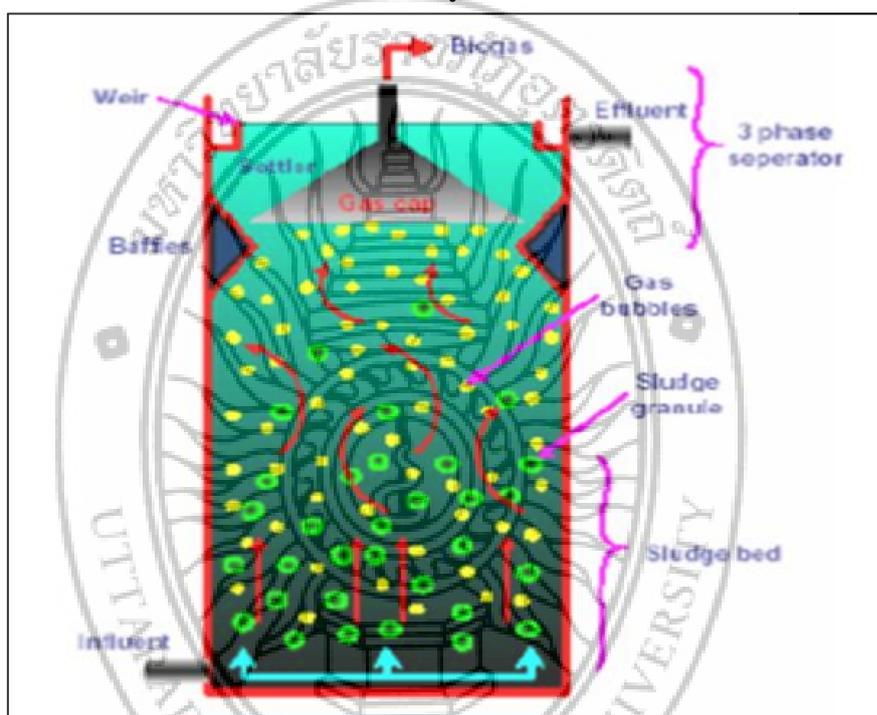


ภาพที่ 2.2 ลักษณะทิศทางการไหลของน้ำผ่านแผ่นกั้นและห้องต่างๆ ในระบบผลิตแก๊สแบบแผ่นกั้น
ไม่ใช้อากาศ

(กรมพัฒนาพลังงานทดแทนและอนุรักษ์พลังงาน, 2556)

2.4.3 ระบบแผ่นกั้นแบบไม่ใช้อากาศ (Anaerobic Baffled Reactor, ABR) ระบบจะมีแผ่นกั้นทางกายภาพหรือห้องเพื่อเป็นการบังคับให้น้ำเสียไหลขึ้นลงตามแผ่นกั้นโดยหน้าที่ของแผ่นกั้นคือสามารถกวนผสมเฉพาะในแนวตั้งฉากกับทิศทางการไหลของน้ำ จึงทำให้ส่วนต้นทางของบ่อเกิดการย่อยสลายอย่างรวดเร็ว นอกจากนี้ยังช่วยลดการหลุดออกจากระบบของจุลินทรีย์ ซึ่งจุลินทรีย์ใน

ระบบนี้จะเจริญเติบโตในลักษณะตะกอนแขวนลอย ซึ่งจุลินทรีย์สามารถลอยขึ้นและจมตัวลง โดยในส่วนห้องต้นทางจะเป็นแบบที่เรียสร้างกรด ห้องท้ายบ่อจะเป็นแบบที่เรียที่สร้างมีเทน การออกแบบแผ่นกั้นแสดง ดังภาพที่ 2.2 โดยจะแบ่งออกเป็นหลายชั้นแตกต่างกันขึ้นอยู่กับลักษณะน้ำเสียที่ไหลเข้าและออกจากระบบ ตลอดจนการรวบรวมแก๊สชีวภาพที่เกิดขึ้น นอกจากนี้ยังออกแบบให้มีการควบคุมการไหลของน้ำที่ถูกววนและฉีดเข้าไปในบ่อให้ไหลไปในทิศทางที่ต่างกัน ข้อดีของระบบนี้คือ ไม่เกิดปัญหาการหลุดออกจากระบบของตะกอนจุลินทรีย์ และสามารถลดระยะเวลาเก็บน้ำ แต่ไม่เหมาะกับระบบที่มีความเข้มข้นและสารแขวนลอยสูง

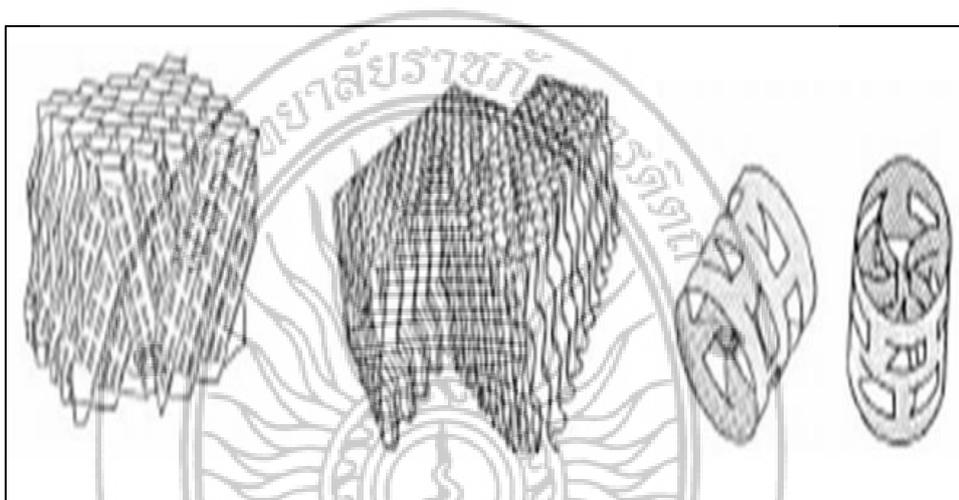


ภาพที่ 2.3 ระบบแบบตะกอนลอย

(กรมพัฒนาพลังงานทดแทนและอนุรักษ์พลังงาน, 2556)

2.4.4 ระบบแบบตะกอนลอย (Up Flow Anaerobic Sludge Blanket, UASB) โดยออกแบบให้แบคทีเรียยึดเกาะกันเองจนเป็นเม็ดตะกอน (Granule) โดยเม็ดตะกอนที่ดีควรมีความหนาแน่นสูงและตกตะกอนได้ดี การควบคุมการไหลของน้ำเข้าบ่อที่เหมาะสมจะทำให้เม็ดตะกอนลอยตัวอยู่เป็นชั้นสลัดจ์ไม่จมลงก้นถังหรือไหลหลุดออกจากระบบ โดยมีทิศทางการไหลจากด้านล่างขึ้นบน ดังแสดงในภาพที่ 2.3 โดยแบคทีเรียที่ก้นถังจะแบ่งออกเป็น 2 ชั้น ชั้นล่าง หรือ Sludge Bed เป็นตะกอนเม็ดขนาด 2-5 มิลลิเมตร ซึ่งเป็นแบคทีเรียยาวเกาะกันมีความหนาแน่นสูง และเนื่องจากทิศทางการไหลของน้ำเป็นแบบล่างขึ้นบนทำให้ส่วน Sludge Bed ได้รับสารอาหารสูงกว่าส่วนอื่น ดังนั้นส่วนนี้

จะเป็นชั้นตะกอนจุลินทรีย์ที่มีความสามารถในการย่อยสลายสูง ส่วนชั้นบนหรือ Sludge Blanket จะเป็นชั้นตะกอนหนาแน่นต่ำกว่าและมีความเร็วในการจมตัวต่ำกว่า โดยจุลินทรีย์จะลอยฟุ้งกระจายด้วยแรงของน้ำและแก๊สชีวภาพที่เกิดจากการย่อย สำหรับด้านบนของถังส่วนบนของระบบ UASB จะมีอุปกรณ์ที่เรียกว่า Gas Solid Separator (GSS) ทำหน้าที่แยกแก๊ส และป้องกันไม่ให้ตะกอนแบคทีเรียหลุดออกไปกับน้ำเสีย

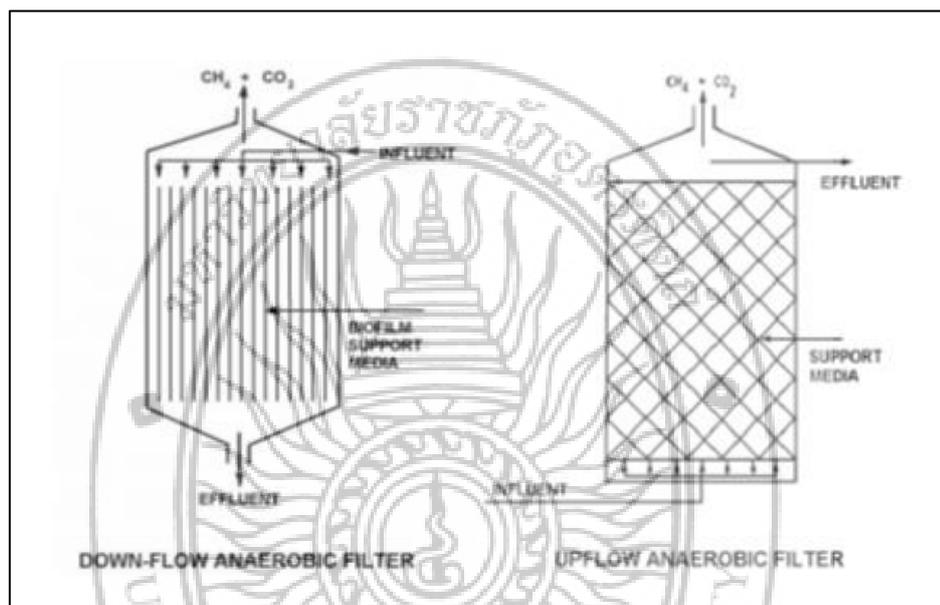


ภาพที่ 2.4 Packing media

(กรมพัฒนาพลังงานทดแทนและอนุรักษ์พลังงาน, 2556)

2.4.5 ระบบถังกรองไร้ออกซิเจน (Anaerobic Filter, AF) ระบบถังกรองไร้ออกซิเจนมีลักษณะเป็นบ่อหรือถังปิดภายในบรรจุตัวกลาง (Packing Media) ซึ่งมีลักษณะตามภาพที่ 2.4 โดยตัวกลางจะมีพื้นที่จำเพาะสูง เพื่อให้แบคทีเรียเจริญเติบโตและยึดเกาะบนผิววัสดุ และมีช่องว่างสูงเพื่อป้องกันการอุดตัน ระบบนี้จะมีทิศทางการไหลจากด้านบนลงสู่ก้นถัง (Down Flow) หรือไหลจากก้นถังขึ้นด้านบนก็ได้ (Up Flow) โดยน้ำจะไหลผ่านชั้นแบคทีเรียคล้ายการกรอง จึงเรียกถังแบบนี้ว่า “ถังกรองไร้ออกซิเจน” โดยแสดงลักษณะของระบบตามภาพที่ 2.5 ซึ่งการจัดเรียงวัสดุที่แตกต่างกัน ส่งผลถึงการทำงานและเสถียรภาพของระบบในระยะยาวด้วย การทำงานจะเริ่มจากการป้อนน้ำเสียเข้าระบบผ่านท่อกระจายให้ไหลผ่านชั้นแบคทีเรียซึ่งยึดเกาะอยู่บนผิววัสดุตัวกลาง โดยแบคทีเรียใช้สารอินทรีย์ในน้ำเป็นแหล่งอาหาร และเกิดแก๊สชีวภาพไหลขึ้นทางด้านบนของถังกรองไร้ออกซิเจน ซึ่งสามารถกำจัดสารอินทรีย์ที่แขวนลอยและสารละลายที่มีอยู่ในน้ำ โดยการดึงสารอินทรีย์เข้ามาใกล้ผิว

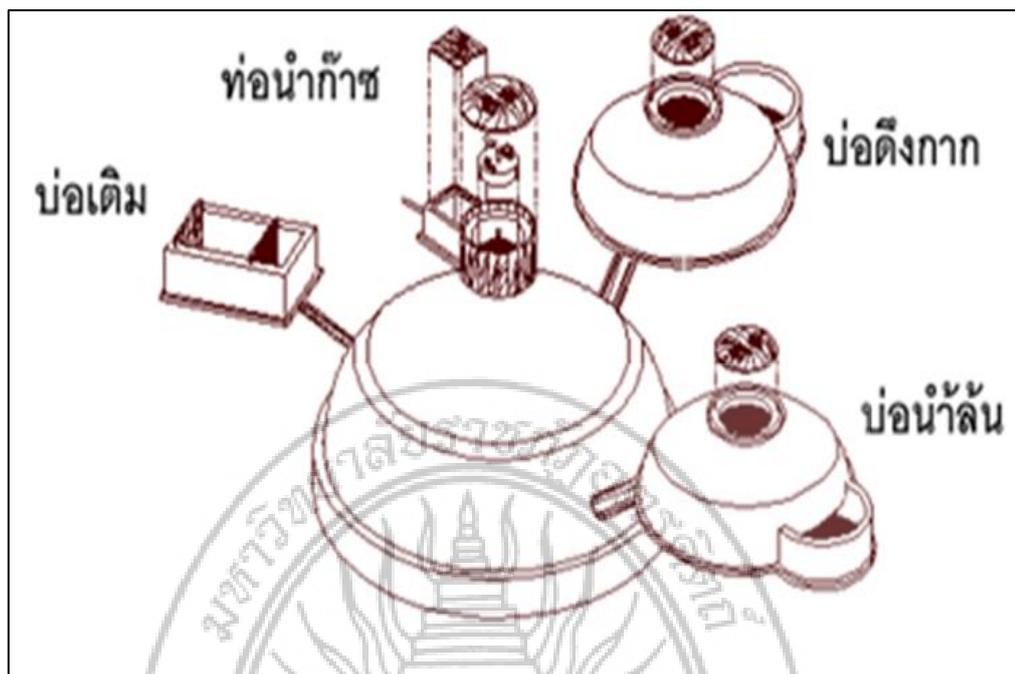
แบคทีเรียที่เกาะติดอยู่บนผิวตัวกลาง นอกจากนี้ยังมีแบคทีเรียบางส่วนอาศัยการเกาะติดบนผนังของถังปฏิกรณ์ ข้อดีของระบบนี้ คือ ควบคุมดูแลง่าย มีประสิทธิภาพ และเสถียรภาพสูง ข้อเสียของระบบอยู่ที่ต้นทุนที่เพิ่มขึ้นจากค่าวัสดุตัวกลางที่ใช้ และในระบบที่มีขนาดใหญ่การติดตั้งตัวกลางอย่างเป็นระบบ จำเป็นต้องใช้แรงงานที่มีฝีมือ ค่าใช้จ่ายจึงสูงนอกจากนี้ระบบที่ใส่วัสดุตัวกลางแบบไม่สม่ำเสมอจะมีปัญหาในเรื่องของการอุดตันและเกิดการไหลลัดวงจรของน้ำได้



ภาพที่ 2.5 ถังกรองไร้ออกซิเจน

(กรมพัฒนาพลังงานทดแทนและอนุรักษ์พลังงาน, 2556)

2.4.6 ระบบแบบโดมคงที่ (Fixed Dome Digester) ระบบแบบโดมคงที่เป็นระบบแบบขี้ (Low Rate Anaerobic Digester) โดยลักษณะของระบบและที่เก็บแก๊สจะเป็นรูปครึ่งวงกลมที่ฝังอยู่ในดิน การก่อสร้างจะใช้วิธีเทคอนกรีตหรือก่ออิฐโบกปูน โดยมีบ่อเติมสารอินทรีย์และบ่อล้นเมื่อสารอินทรีย์เบาตัว ส่วนตรงกลางยอดจะมีท่อแก๊สชีวภาพต่อออกมาเพื่อใช้งาน โดยแสดงลักษณะระบบแบบโดมคงที่ดังภาพที่ 2.6 ระบบแบบโดมคงที่นี้ต้องการเทคนิค และความชำนาญในการก่อสร้างสูง โดยเฉพาะส่วนโดมของระบบถ้าขาดความชำนาญจะทำให้เกิดแก๊สรั่วตามรอยแตกร้าวได้ ซึ่งการซ่อมแซมหรือการก่อสร้างใหม่นั้นทำได้ยาก



ภาพที่ 2.6 ระบบแบบโดมคงที่

(กรมพัฒนาพลังงานทดแทนและอนุรักษ์พลังงาน, 2556)

2.4.7 ระบบแบบราง (Channel Digester) ระบบแบบรางเป็นระบบที่พัฒนามาจากบ่อแบบท่อไหล (Plug Flow) มีลักษณะยาวคล้ายราง โดยความยาวจะมากกว่าความกว้างไม่น้อยกว่า 4 - 5 เท่า จะมีท่อล้นออกอยู่ส่วนหัวและท้ายของระบบ ปลายท่อเติมและท่อล้นจะจมอยู่ในของเหลวภายในระบบ เพื่อป้องกันไม่ให้แก๊สชีวภาพรั่วออกมาได้ ตัวระบบจะถูกฝังอยู่ในดิน ส่วนที่เก็บแก๊สจะทำด้วยพลาสติกหรือแผ่นพีวีซีซึ่งจะอยู่บนดิน ลักษณะของระบบราง แสดงดังรูปที่ 2.7 ดังนั้นระบบนี้จะมีแรงดันต่ำมาก การที่จะนำแก๊สชีวภาพไปใช้งาน จำเป็นต้องมีเครื่องส่งแก๊สช่วยส่งแก๊สไปยังอุปกรณ์ที่จะใช้งาน ในการเดินระบบจะต้องมีการดิ่งกากที่ผ่านการย่อยสลายสมบูรณ์ประมาณร้อยละ 1 ของปริมาตรบ่อต่อวัน เพื่อป้องกันการสะสมของตะกอนในระบบมากเกินไป จึงทำให้ระบบแบบรางไม่จำเป็นต้องขุดลอก โดยตะกอนที่สูบออกมาจะถูกแบ่งออกเป็น 2 ส่วน ส่วนแรกจะถูกนำไปตากให้แห้งในลานตากตะกอน อีกส่วนหนึ่งจะถูกนำไปหมุนเวียนกลับสู่บ่อรวบรวมน้ำเสีย เพื่อเป็นการเพิ่มปริมาณแบคทีเรีย และเป็นการผสมเชื้อแบคทีเรียเข้ากับน้ำเสีย ทำให้การย่อยสลายเกิดขึ้นได้เร็วยิ่งขึ้น โดยระบบนี้ก่อสร้างง่าย ไม่ต้องมีอุปกรณ์ติดตั้งภายในบ่อ ไม่เกิดการหลุดออกจากระบบของ

ตะกอนจุลินทรีย์ การดูแลรักษาไม่ยุ่งยาก แต่มีข้อจำกัด คือ การกวนผสมภายในบ่อขึ้นอยู่กับกำลังของน้ำและแก๊สที่เกิดขึ้นในบ่อเท่านั้น



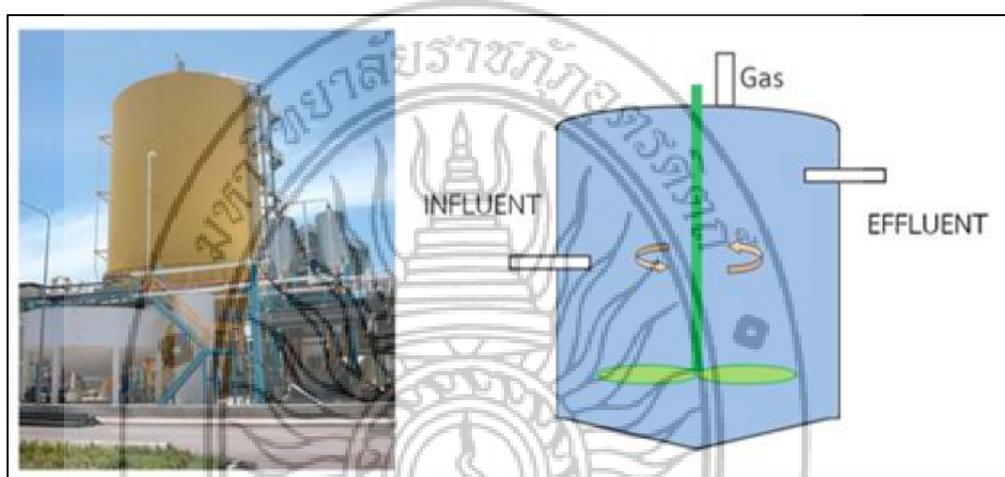
ภาพที่ 2.7 ระบบแบบบราว

(กรมพัฒนาพลังงานทดแทนและอนุรักษ์พลังงาน, 2556)

2.4.8 ระบบแบบฟาลอย (Top Floating Gas Holder Digester) ลักษณะของระบบโดยส่วนใหญ่มักจะเป็นรูปทรงกระบอกที่เป็นคอนกรีตและโลหะ ซึ่งอาจจะติดตั้งโดยการฝังดินหรืออยู่บนผิวดิน ระบบแบบนี้จะมีท่อเติมของเสียผสมน้ำ และท่อทางเดินน้ำล้นออกแบบง่ายๆ การติดตั้งจะให้ปลายของท่อเติมจมอยู่ด้านบนของระบบสำหรับเติมน้ำกับของเสีย และปลายของท่อล้นจมอยู่ทางด้านล่างของระบบ เพื่อใช้สำหรับนำของเหลวที่ผ่านการหมักแล้วออกไปด้านนอก สำหรับในส่วนที่ใช้เก็บแก๊สชีวภาพนั้นจะมีฝาครอบ โดยสร้างแรงดันของแก๊สชีวภาพที่อยู่ใต้ฝาครอบ และสามารถส่งออกแก๊สชีวภาพไปตามท่อเพื่อใช้งาน ฝาครอบแบบลอยนี้จะลอยขึ้นและลงได้ตามปริมาณแก๊สที่เกิดขึ้น ซึ่งเก็บอยู่ภายในฝาครอบ

2.4.9 ระบบแบบถังกวนผสมหมุน (Continuous Stirred Tank Reactor, CSTR) ถังปฏิกริยาแบบถังกวนผสมเป็นระบบบำบัดแบบจุลินทรีย์แขวนลอยอย่างง่าย ประกอบด้วย ถังกวนผสม ซึ่งอาจจะเป็นถังกลม ถังสี่เหลี่ยมจัตุรัส หรือสี่เหลี่ยมผืนผ้าลักษณะใดก็ได้ โดยรูปทรงของถังกวนจะสัมพันธ์ต่อการกวนผสม โดยมักสมมติว่าของเหลวที่อยู่ในถังได้รับการกวนผสมอย่างสมบูรณ์เป็นเนื้อเดียวกันทั่วทั้งถัง ถังปฏิกริยาแบบกวนผสมเป็นระบบบำบัดน้ำเสียแบบไร้ออกซิเจนที่เก่าแก่ที่สุดประเภทหนึ่งเหมาะสำหรับของเหลวที่มีความเข้มข้นสูง มีสารแขวนลอยสูง หรือแม้กระทั่งมีสารพิษปนอยู่ ทั้งนี้เนื่องจากเมื่อสารพิษเข้าสู่ระบบที่มีการกวนส่งผลให้สารพิษเจือจางลง โดยน้ำเสียจะถูกป้อนเข้าถังปฏิกริยาเพื่อกวนผสมจนได้น้ำออกที่มีเนื้อเดียวกันกับของเหลวที่อยู่ในถัง โดยแก๊สได้จากการทำ

ปฏิกิริยาจะถูกนำออกจากถังปฏิกิริยาทางท่อ นำแก๊สที่ติดตั้งอยู่บนฝาถัง การกวนผสมภายในถังทำได้ โดยการใช้เครื่องจักรกลแบบใบพัด การใช้เครื่องสูบน้ำแบบหมุนเวียน เช่น การติดตั้งใบกวนแบบ (Paddle) แบบสกรู (Screw) หรือใช้การหมุนวนน้ำหรือแก๊สชีวภาพ (Gas Diffuser) ในการกวนผสม เพื่อให้จุลินทรีย์และสารอาหารในถังปฏิกิริยามีการสัมผัสกันมากขึ้น ส่งผลให้ประสิทธิภาพในการย่อยสลายสารอินทรีย์ในน้ำเสียดีขึ้น โดยแสดงลักษณะระบบแบบถังกวนสมบูรณ์ ดังภาพที่ 2.9



ภาพที่ 2.9 ระบบแบบถังกวนสมบูรณ์
(กรมพัฒนาพลังงานทดแทนและอนุรักษ์พลังงาน, 2556)

2.4.10 ระบบบ่อหมักแบบแห้ง (Dry Digestion Process) ประกอบด้วย Dry Continuous Digestion Process, Dry Batch Digestion Process และ Leach-Bed Digestion Process ซึ่งมีรายละเอียดแต่ละระบบดังนี้

2.4.10.1 Dry Continuous Digestion Process เป็นระบบที่มีการบ้อนสารอินทรีย์ที่มีความเข้มข้นสูงประมาณร้อยละ 20 - 40 เข้าสู่ถังหมัก (Digester) อย่างต่อเนื่อง และมีการเติมน้ำเข้าสู่ระบบน้อยมาก โดยถังหมักอาจมีลักษณะเป็นแบบถังกวนสมบูรณ์ หรือเป็นเครื่องปฏิกรณ์แบบท่อไหล (Plug-Flow Digester) ก็ได้ ในการหมักจะมีการหมุนเวียนเอาตะกอนเหลวที่ย่อยสลายแล้ว (Digestate) มาใช้เป็นกล้าเชื้อ (Inoculum/Seed) สำหรับเติมเชื้อจุลินทรีย์ให้กับสารอินทรีย์ที่ถูกบ้อนเข้าไปใหม่ และเนื่องจากระบบนี้ต้องการใช้น้ำน้อยมาก ทำให้ได้สมดุลของพลังงานความร้อนที่เกิดจากการย่อยสลายสารอินทรีย์ เหมาะสมสำหรับการเดินระบบที่อุณหภูมิระดับสูง (Thermophilic Digestion Temperature)

2.4.10.2 Dry Batch Digestion Process เป็นระบบที่มีการป้อนสารอินทรีย์เข้าสู่ถังหมักแบบกะ (Batch) แล้วทำการเติมกล้าเชื้อซึ่งเป็นวัสดุอินทรีย์ที่ย่อยสลายแล้วจากการหมักครั้งก่อนเข้าไปในถังหมัก จากนั้นจะปิดถังหมักให้สนิทแล้วปล่อยให้กระบวนการย่อยสลายเกิดขึ้นตามธรรมชาติ ซึ่งทำให้เกิดน้ำชะสารอินทรีย์ที่ไหลลงสู่ก้นถัง ซึ่งน้ำชะสารอินทรีย์จะถูกระบบหมุนเวียนกลับขึ้นไปฉีดพ่นสารอินทรีย์ที่อยู่ส่วนบน เพื่อรักษาความชุ่มชื้นให้ทั่วถึง พร้อมทั้งเป็นการแพร่กระจายกรดไขมันระเหยง่าย รวมทั้งเป็นการกระจายแบคทีเรียที่ผลิตมีเทนให้ได้สัมผัสกับสารอินทรีย์ที่อยู่ในถังหมักอย่างทั่วถึงอีกด้วย เมื่อการย่อยสลายเกิดขึ้นอย่างสมบูรณ์แล้ว ระบบนี้จะมีถังสำหรับนำวัสดุอินทรีย์ที่ย่อยสลายแล้วออกไปและถังสำหรับเติมสารอินทรีย์ ข้อดีของระบบนี้ คือ การลดขั้นตอนการเตรียมสารอินทรีย์ และลดจำนวนเครื่องจักรกลที่ใช้ในการเดินระบบ แต่จะมีข้อเสีย คือ ปริมาณแก๊สมีเทนที่ได้จะไม่คงที่และจะต้องมีการบำบัดครั้งหลัง (Post Treatment/Back-end Treatment) สำหรับปรับปรุงคุณภาพของวัสดุปรับปรุงดิน

2.4.10.3 Leach-Bed Digestion Process เป็นระบบการหมักที่มีหลักในการออกแบบโดยทั่วไปคล้ายคลึงกับ Dry Batch Digestion Process แต่จะมีข้อแตกต่างกัน คือ มีการแลกเปลี่ยนน้ำจากถังหมักถังแรกที่เกิดกระบวนการย่อยสลายแล้วไปยังถังหมักใหม่ เพื่อกระตุ้นให้เกิดการย่อยสลายและเป็นการเติมกล้าเชื้อในถังหมักใหม่ รวมทั้งเป็นการกำจัดกรดไขมันระเหยง่ายบางส่วนจากถังหมักใบแรกเพื่อป้องกันการเกิดสภาวะเปรี้ยว (Sour Condition) ซึ่งอาจยับยั้งการทำงานของจุลินทรีย์ที่สร้างมีเทน ซึ่งระบบจะดำเนินไปเช่นนี้จนกระทั่งในถังหมักใหม่เริ่มมีแก๊สมีเทน จึงเกิดการหยุดหมุนเวียนน้ำชะสารอินทรีย์จากถังหมักใบแรก แต่จะหมุนเวียนน้ำชะสารอินทรีย์จากถังหมักใบที่สองไปยังถังหมักต่อไปอีก ซึ่งหลักการดังกล่าวอาจจะเรียกว่า การหมักแบบไม่ใช้ออกซิเจนแบบต่อเนื่อง (Sequential Batch Anaerobic Composting)

2.4.10.4 ระบบบ่อหมักแบบเปียก (Wet Digestion Process) ประกอบด้วย Wet Continuous Digestion Process และ Multi Stage Wet Digestion Process ซึ่งมีรายละเอียดแต่ละระบบดังนี้

2.4.10.5 Single-Stage Wet Digestion Process เป็นระบบการหมักที่มีการเติมน้ำปริมาณมากเข้าสู่ระบบ โดยจะป้อนสารอินทรีย์ที่มีลักษณะเป็นตะกอนเหลว (Slurry) ซึ่งมีปริมาณของแข็ง (Solid Content) อยู่ประมาณร้อยละ 10 เข้าสู่ถังหมักซึ่งส่วนใหญ่เป็นแบบถังกวนสมบูรณ์ โดยการหมักแบบนี้จะต้องมีขั้นตอนการเตรียมสารอินทรีย์ที่มีประสิทธิภาพ เมื่อของเหลวผ่านการย่อยสลาย

แบบสมบูรณ์จะต้องมีการแยกส่วนที่มีน้ำออกไป (Dewatering) โดยใช้อุปกรณ์ประเภท Filter Press หรือ Screw Press แล้วทำการหมุนเวียนน้ำในระบบต่อไป เพื่อลดภาระการกำจัดน้ำส่วนเกินเป็น ปริมาณมา

2.4.10.6 Multi-Stage Wet Digestion Process เป็นระบบการหมักซึ่งสารอินทรีย์ที่ผ่าน กระบวนการเตรียมสภาพเรียบร้อยแล้วถูกป้อนเข้าสู่ถังหมักกรด ที่ซึ่งมีจุลินทรีย์พวก Hydrolytic Bacteria และ Fermentative Bacteria คอยทำหน้าที่ในการย่อยสลายสารอินทรีย์ และเปลี่ยนให้ เป็นกรดไขมันระเหยง่าย ก่อนที่จะถูกส่งไปยังถังหมักแก๊ส (Methanogenic Fermenter) ซึ่งมี แบคทีเรียที่ผลิตมีเทน (Methanogenic Bacteria) คอยทำหน้าที่ในการเปลี่ยนกรดไขมันระเหยง่าย ให้กลายเป็นแก๊สมีเทน โดยถังหมักแก๊สในระบบนี้อาจจะเป็นระบบ Anaerobic Filter หรือ Up flow Anaerobic Sludge Blanket (UASB) ก็ได้ ซึ่งการออกแบบระบบจะทำให้เกิดสภาวะที่เหมาะสมต่อ การทำงานของจุลินทรีย์แต่ละประเภท ซึ่งจะทำได้ผลผลิตแก๊สมีเทนสูงขึ้น แต่อย่างไรก็ตาม Multi- Stage Wet Digestion Process มักจะมีความยุ่งยากซับซ้อนในการดำเนินการระบบมากกว่า Single-Stage Anaerobic Digestion Process

2.5 ข้อมูลการใช้ประโยชน์ก๊าซ

การใช้ก๊าซชีวภาพอาจแบ่งตามรูปแบบการใช้งานได้ 2 รูปแบบหลัก คือ การนำมาใช้ในรูปแบบ ของพลังงานความร้อน และ การใช้เป็นเชื้อเพลิงของเครื่องจักร เพื่อเปลี่ยนให้เป็นพลังงานในรูปแบบ อื่น เช่น ไฟฟ้า และพลังงานกล เป็นต้น ในกิจกรรมขนาดเล็กนิยมนำก๊าซชีวภาพมาใช้ประโยชน์ เพื่อ การหุงต้มอาหารในครัวเรือน ในขณะที่โครงการขนาดใหญ่มีศักยภาพในการที่จะผลิตแก๊สชีวภาพได้ เป็นจำนวนมาก สามารถนำก๊าซชีวภาพมาใช้ประโยชน์เป็นพลังงานทดแทน เช่น ผลิตความร้อน ผลิต ไฟฟ้า เป็นต้น และหากปริมาณพลังงานที่ได้จากก๊าซชีวภาพมากเกินความต้องการ ยังสามารถผลิต กระแสไฟฟ้าเพื่อจำหน่ายให้กับการไฟฟ้าได้อีกทางหนึ่ง (กรมพัฒนาพลังงานทดแทนและอนุรักษ์ พลังงาน, 2556)

2.5.1 การใช้ในรูปแบบของพลังงานความร้อนโดยตรง

การนำก๊าซชีวภาพไปใช้เป็นพลังงานความร้อนนั้น เป็นการนำก๊าซชีวภาพแบบง่ายที่สุด และไม่มีควมสลับซับซ้อนในการใช้งาน โดยสามารถเปลี่ยนหัวเผาเดิมซึ่งปกติอาจใช้น้ำมันก๊าซธรรมชาติ หรือแก๊สหุงต้มในการเผาไหม้ ให้สามารถที่จะใช้ก๊าซชีวภาพเป็นเชื้อเพลิงได้

2.5.2 การใช้เพื่อเป็นเชื้อเพลิงสำหรับเครื่องยนต์สันดาปภายใน

การปรับปรุงเครื่องจักรจากเดิมใช้น้ำมันมาใช้ก๊าซชีวภาพเป็นเชื้อเพลิงนั้น สามารถทำได้ กับเครื่องจักรหลายประเภท โดยเกณฑ์การพิจารณาความเหมาะสมในการปรับปรุงเครื่องจักรให้ใช้เชื้อเพลิงก๊าซชีวภาพ ขึ้นอยู่กับผลทางด้านเศรษฐศาสตร์ เช่น ราคาในการติดตั้ง ความถี่ในการใช้งานของเครื่องจักร ค่าใช้จ่ายในการดูแลรักษา รวมไปถึงความคุ้มค่าเมื่อเทียบกับเชื้อเพลิงที่ใช้อยู่ในปัจจุบัน สำหรับระบบผลิตก๊าซชีวภาพขนาดเล็กที่สามารถผลิตก๊าซได้ในปริมาณที่สูง หากนำไปใช้ในรูปของพลังงานความร้อนโดยตรง เช่น การหุงต้ม เป็นต้น แล้วยังมีก๊าซเหลือทิ้ง สามารถนำก๊าซชีวภาพส่วนเกินไปใช้ในการผลิตไฟฟ้า หรือใช้เป็นเชื้อเพลิงสำหรับเครื่องยนต์ขนาดเล็กได้ ส่วนในโครงการผลิตก๊าซชีวภาพขนาดใหญ่ ซึ่งมักเป็นอุตสาหกรรมทางการเกษตรหรือโรงงานผลิตผลทางการเกษตร ซึ่งมีวัตถุประสงค์เพื่อใช้ในการผลิตก๊าซชีวภาพเป็นจำนวนมาก ส่วนใหญ่แล้ววัตถุประสงค์ของโครงการก็เพื่อบำบัดของเสียที่เกิดขึ้นจากกระบวนการผลิตต่างๆ และนำก๊าซชีวภาพที่ผลิตได้มาใช้เป็นเชื้อเพลิง โดยที่ก๊าซชีวภาพที่ได้มานั้นสามารถนำไปใช้ประโยชน์ด้านพลังงาน เช่น ใช้ทดแทนเชื้อเพลิงเพื่อใช้กับเครื่องจักร หรือใช้เพื่อผลิตกระแสไฟฟ้า รวมทั้งการจำหน่ายไฟฟ้าให้การไฟฟ้า

2.5.3 การใช้ระบบพลังงานร่วม

การใช้ระบบพลังงานร่วมเป็นการใช้พลังงานชนิดหนึ่งที่สามารถผลิต หรือเปลี่ยนให้กลายเป็นพลังงานชนิดอื่นได้มากกว่าสองชนิด เพื่อเป็นการใช้พลังงานอย่างคุ้มค่า โดยส่วนมากนิยมที่จะใช้ในการผลิตพลังงานไฟฟ้าและความร้อนร่วมกัน ซึ่งมักจะเห็นภาพการใช้ก๊าซชีวภาพกับเครื่องยนต์ผลิตพลังงานไฟฟ้า หรือการต้มหม้อไอน้ำเพียงอย่างเดียวอย่างใดอย่างหนึ่ง แต่การลงทุนระบบนี้จะมีค่าใช้จ่ายสูง นอกจากนี้ยังสามารถใช้ประโยชน์จากแก๊สชีวภาพในรูปแบบอื่นได้ นอกเหนือจากพลังงาน โดยสามารถนำไปใช้เป็นวัตถุดิบในอุตสาหกรรมเคมีต่างๆ ได้โดยเป็นสารตั้งต้นเพื่อการผลิตเคมีภัณฑ์ เช่น Acetylene, Carbon, Disulphide, Carbon Tetrachloride Methylene Chloride เป็นต้น (กรมพัฒนาพลังงานทดแทนและอนุรักษ์พลังงาน, 2556)

2.6 แนวคิดการจัดการขยะ

(กรมควบคุมมลพิษ.การจัดการมูลฝอยชุมชน: <http://www.pcd.go.th>)

เน้นรูปแบบของการวางแผนจัดการขยะมูลฝอยอย่างมีประสิทธิภาพสูงสุด สามารถลดปริมาณขยะมูลฝอยที่จะต้องส่งเข้าไปทำลายด้วยระบบต่างๆ ให้น้อยที่สุด สามารถนำขยะมูลฝอยมาใช้ประโยชน์ทั้งในส่วนของการใช้ซ้ำและแปรรูปเพื่อใช้ใหม่ (Reuse & Recycle) รวมถึงการกำจัดที่ได้ผลพลอยได้ เช่น ปุ๋ยหมัก หรือ พลังงาน โดยสรุปวิธีการดำเนินการตามแนวทางมีดังนี้ คือ

การลดปริมาณการผลิตมูลฝอย

การลดปริมาณขยะมูลฝอยให้ได้ผลดีต้องเริ่มต้นที่การคัดแยกขยะมูลฝอยก่อนทิ้ง เพื่อไม่ให้เกิดการปนเปื้อน ทำให้ได้วัสดุเหลือใช้ที่มีคุณภาพสูง สามารถนำไป Reused-Recycle ได้ง่าย รวมทั้งปริมาณขยะมูลฝอยที่จะต้องนำไปกำจัดมีปริมาณน้อยลงด้วย ซึ่งการคัดแยกขยะมูลฝอย ณ แหล่งกำเนิดนั้นต้องคำนึงถึงความเหมาะสมของแต่ละชุมชน แบ่งการคัดแยกออกเป็น 4 กลุ่ม ขยะรีไซเคิล ขยะย่อยสลายได้ขยะทั่วไป และขยะอันตราย และรณรงค์ให้ประชาชนมีส่วนร่วมในการลดการผลิตมูลฝอยในแต่ละวัน ได้แก่ ลดการทิ้งบรรจุภัณฑ์โดยการใช้สินค้าชนิดเติมใหม่ เลือกใช้สินค้าที่มีคุณภาพมีห่อบรรจุภัณฑ์น้อย อายุการใช้งานยาวนาน และตัวสินค้าไม่เป็นมลพิษ ลดการใช้วัสดุกำจัดยาก เช่น โฟมบรรจุอาหาร และถุงพลาสติก

การลดปริมาณขยะ 5 R.

R 1 (Reduce) เป็นการลดปริมาณมูลฝอยที่อาจเกิดขึ้น เช่น ใช้ตะกร้าใส่ของแทนถุงพลาสติก การลดปริมาณวัสดุ (Reduce material volume) เป็นการพยายามเลือกใช้สินค้าที่บรรจุในบรรจุภัณฑ์ขนาดใหญ่แทนบรรจุภัณฑ์ที่มีขนาดเล็ก เพื่อลดปริมาณของบรรจุภัณฑ์ที่จะกลายเป็นขยะมูลฝอย การลดความเป็นพิษ (Reduced toxic) เป็นการเลือกใช้ผลิตภัณฑ์ที่มีความเป็นพิษต่อสิ่งแวดล้อมน้อยที่สุด

R 2 (Reuse) นำขยะมูลฝอยเศษวัสดุมาใช้ใหม่หรือเป็นการใช้ซ้ำ ใช้แล้วใช้อีกๆ เช่น ขวดน้ำหวานนำมาบรรจุน้ำดื่ม ขวดกาแฟที่หมดแล้วนำมาใส่น้ำตาล การนำผลิตภัณฑ์กลับมาใช้ใหม่ (Product reuse) เป็นการพยายามใช้สิ่งของต่างๆ หลากๆ ครั้ง ก่อนที่จะทิ้งหรือเลือกซื้อของใหม่

R 3 (Repair) การนำมาแก้ไข นำวัสดุอุปกรณ์ที่ชำรุดเสียหาย ซึ่งจะทิ้งเป็นมูลฝอยมาซ่อมแซมใช้ใหม่ เช่น แก้ว

R 4 (Recycle) การหมุนเวียนกลับมาใช้ นำขยะมาแปรรูป ตามกระบวนการของแต่ละประเภท เพื่อนำกลับมาใช้ประโยชน์ใหม่ หรือเปลี่ยนแปลงสภาพจากเดิมแล้วนำมาใช้ใหม่ เช่น พลาสติก

กระดาษ ขวด โลหะต่างๆ ฯลฯ นำมาหลอมใหม่ นำยางรถยนต์ที่ใช้ไม่ได้แล้วมาทำรองเท้า นำแก้วแตกมาหลอมผลิตเป็นแก้วหรือกระจกใหม่ การนำวัสดุกลับมาใช้ใหม่ (Material recycling) เป็นการนำวัสดุมาผ่านกระบวนการเพื่อผลิตเป็นสินค้าใหม่

R 5 (Reject) การหลีกเลี่ยงการใช้วัสดุที่ทำลายยาก หรือวัสดุที่ใช้ครั้งเดียวแล้วทิ้ง เช่น โฟม ปฏิเสธการใช้ผลิตภัณฑ์ที่ย่อยสลายยาก หลีกเลี่ยงการใช้ที่ผิดวัตถุประสงค์ การนำขยะมูลฝอยกลับมาใช้ประโยชน์ใหม่

2.7 การนำขยะมูลฝอยกลับมาใช้ประโยชน์ใหม่

การนำขยะมูลฝอยกลับมาใช้ใหม่มีอยู่หลายวิธีขึ้นอยู่กับสภาพและลักษณะสมบัติของขยะมูลฝอย ซึ่งสามารถสรุปได้เป็น 5 แนวทางหลัก ๆ คือ

1 การนำขยะมูลฝอยกลับมาใช้ประโยชน์ใหม่ (Material Recovery) เป็นการนำมูลฝอยที่สามารถคัดแยกได้กลับมาใช้ใหม่ โดยจำเป็นต้องผ่านกระบวนการแปรรูปใหม่ (Recycle) หรือแปรรูป (Reuse) ก็ได้ เช่น การทำสิ่งประดิษฐ์จากวัสดุเหลือใช้

2 การแปรรูปเพื่อเปลี่ยนเป็นพลังงาน (Energy Recovery) เป็นการนำขยะมูลฝอยที่สามารถเปลี่ยนเป็นพลังงานความร้อนหรือเปลี่ยนเป็นรูปก๊าซชีวภาพมาเพื่อใช้ประโยชน์

3 การนำขยะมูลฝอยจากพวกเศษอาหารที่เหลือจากการรับประทานอาหารหรือการประกอบอาหารไปเลี้ยงสัตว์ การทำสบู่จากน้ำมันพืชที่ใช้แล้ว การทำน้ำยาล้างจานจากเปลือกผลไม้รสเปรี้ยว

4 การนำขยะมูลฝอยไปปรับสภาพให้มีประโยชน์ต่อการบำรุงรักษาดิน เช่น การนำขยะมูลฝอยสดหรือเศษอาหารมาหมักทำปุ๋ย

5 การนำขยะมูลฝอยปรับปรุงพื้นที่โดยนำขยะมูลฝอยมากำจัดโดยวิธีฝังกลบอย่างถูกหลักวิชาการ (Sanitary Landfill) จะได้พื้นที่สำหรับใช้ปลูกพืช สร้างสวนสาธารณะ สนามกีฬา เป็นต้น

เทคโนโลยีการผลิตพลังงานจากขยะ

โดยทั่วไปแล้วเทคโนโลยีการผลิตพลังงานจากขยะในปัจจุบันมีดังนี้

- 1 การเผาในเตาเผา (Incineration)
- 2 การย่อยสลายแบบไม่ใช้ออกซิเจน (Anaerobic Digestion, AD)
- 3 ก๊าซชีวภาพจากระบบฝังกลบ (Landfill Gas to Energy)
- 4 ก๊าซเชื้อเพลิงจากขยะ (Gasification)

5 เชื้อเพลิงอัดแท่ง (Refuse Derived Fuel)

6 ระบบเตาปฏิกิริยา (Plasma Arc)

ซึ่งแต่ละเทคโนโลยีก็จะมีคุณสมบัติ ข้อเสียแตกต่างกันไปตามองค์ประกอบของขยะและสภาพพื้นที่นั้นๆ

1 เทคโนโลยีเตาเผาขยะ (Incineration)

ระบบเตาเผาขยะสามารถแบ่งได้เป็น 2 ประเภท คือ

1.1 ระบบการเผาไหม้มวล (Mass Burn System) ได้แก่ การเผาไหม้ในเตาเผาแบบตะแกรงที่เคลื่อนที่ได้ (Moving grate) และระบบเตาเผาแบบฟลูอิดไดเบดซ์หมุน (Rotary Kiln)

1.2 ระบบที่ต้องมีการจัดการขยะเบื้องต้น โดยการลดขนาดและการคัดแยก เช่น เตาเผาแบบฟลูอิดไดเบดซ์ (Fluidized Bed) เป็นต้น สำหรับการผลิตพลังงานจะได้จากก๊าซร้อนที่เกิดจากการเผาไหม้ขยะในเตาเผาซึ่งจะถูกทำให้เย็นตัวลงในหม้อน้ำก่อนที่จะไหลเข้าสู่อุปกรณ์ควบคุมมลพิษทางอากาศ โดยชนิดของหม้อน้ำที่ติดตั้งจะขึ้นอยู่กับรูปแบบความต้องการพลังงาน เช่น น้ำร้อนเพื่อใช้กับระบบน้ำร้อน ใช้น้ำเพื่อใช้ในกระบวนการอุตสาหกรรม หรือเพื่อผลิตกระแสไฟฟ้าเตาเผาขยะเป็นเทคโนโลยีผลิตพลังงานจากขยะที่มีการใช้งานแพร่หลายที่สุดเมื่อเทียบกับเทคโนโลยีอื่นๆ สำหรับประเทศไทยได้มีการนำเตาเผามาใช้ผลิตพลังงานจากขยะแล้ว ได้แก่ โรงเผาขยะของเทศบาลนครภูเก็ต

2 เทคโนโลยีการย่อยสลายแบบไม่ใช้ออกซิเจน (Anaerobic Digestion)

เป็นกระบวนการหมักของเสียในสภาวะที่ไร้ออกซิเจน เพื่อให้จุลินทรีย์ย่อยสลายสารอินทรีย์ให้กลายเป็นก๊าซชีวภาพสำหรับใช้ผลิตพลังงานไฟฟ้า/ความร้อน และได้ผลพลอยได้เป็นปุ๋ยสำหรับปรับสภาพดินที่สามารถนำมาใช้ในการเพาะปลูกพืชได้อย่างปลอดภัยการใช้ระบบย่อยสลายแบบไม่ใช้ออกซิเจนบำบัดขยะชุมชน ประกอบด้วยขั้นตอนการทำงาน 3 ขั้นตอน คือ

1 การคัดแยกและเตรียมสภาพขยะ (Front-end Treatment) ได้แก่ การคัดแยกขยะอินทรีย์ออกจากขยะรวม และการคัดแยกสิ่งปะปนออกจากขยะอินทรีย์ รวมทั้งการเตรียมสภาพขยะอินทรีย์ให้เหมาะสำหรับการหมักในระบบย่อยสลายแบบไม่ใช้ออกซิเจน

2 การย่อยสลายแบบไม่ใช้ออกซิเจน (Anaerobic Digestion) เป็นขั้นตอนการผลิตก๊าซชีวภาพจากขยะอินทรีย์ และทำให้ขยะคงสภาพ ปราศจากกลิ่นเหม็นและเชื้อโรค

3 การบำบัดขั้นหลัง (Back-end Treatment) ได้แก่ การทำให้การย่อยสลายของขยะอินทรีย์สมบูรณ์มากขึ้นโดยใช้ระบบหมักปุ๋ยแบบใช้อากาศ การฆ่าเชื้อโรค และการทำให้สารปรับสภาพดินมีสภาพที่เหมาะสมและปลอดภัยสำหรับนำไปใช้ประโยชน์ในการเพาะปลูกพืชระบบย่อยสลายแบบไม่ใช้ออกซิเจน สามารถแบ่งได้เป็น 2 ประเภทหลักๆ ตามความเข้มข้นของสารอินทรีย์ที่ป้อนเข้าสู่ถังหมัก ได้แก่ (1) การหมักแบบแห้ง (Dry Digestion) ซึ่งมีความเข้มข้นของสารอินทรีย์ประมาณ 20-40 เปอร์เซ็นต์ และ (2) การหมักแบบเปียก (Wet Digestion) ซึ่งมีความเข้มข้นของสารอินทรีย์น้อยกว่า 20 เปอร์เซ็นต์ นอกจากนี้ยังสามารถแบ่งระบบหมักตามอุณหภูมิที่ใช้ในการเดินระบบได้แก่ ระบบหมักที่อุณหภูมิระดับกลาง (Mesophilic Digestion Process) และระบบหมักที่อุณหภูมิสูง (Thermophilic Digestion Process) ปริมาณและคุณภาพของก๊าซชีวภาพจากระบบย่อยสลายแบบไม่ใช้ออกซิเจนขึ้นกับลักษณะสมบัติของขยะอินทรีย์เป็นหลัก นอกจากนี้ยังขึ้นกับการควบคุมระบบและสภาพแวดล้อมของการหมัก ได้แก่ ปริมาณแบคทีเรีย ปริมาณสารอินทรีย์ อุณหภูมิ ระยะเวลาพัก การผสมคลุกเคล้า พีเอช และปริมาณสารยับยั้งแบคทีเรียที่ผลิตมีเทน ก๊าซชีวภาพที่ผลิตได้สามารถนำไปใช้ในการผลิตพลังงานได้หลายรูปแบบ เช่น ผลิตไฟฟ้าโดยใช้เครื่องยนต์ก๊าซ หรือใช้เป็นเชื้อเพลิงสำหรับหม้อน้ำเพื่อผลิตน้ำร้อนหรือไอน้ำ เป็นต้น

การใช้งานเทคโนโลยีการย่อยสลายแบบไม่ใช้ออกซิเจนในการบำบัดและผลิตพลังงานจากขยะชุมชน ปัจจุบันมีมากกว่า 160 แห่งทั่วโลก โดยในประเทศไทยมีการนำเทคโนโลยีนี้มาใช้งานแล้ว ได้แก่ โรงงานผลิตปุ๋ยอินทรีย์และพลังงานจังหวัดระยอง ของเทศบาลนครระยอง โครงการศูนย์กำจัดมูลฝอยรวมจังหวัดชลบุรี ขององค์การบริหารส่วน จังหวัดชลบุรี โครงการกำจัดขยะเกาะช้าง จ.ตราด ขององค์การบริหารการพัฒนาพื้นที่พิเศษเพื่อการท่องเที่ยวอย่างยั่งยืน (อพท.)

3 เทคโนโลยีผลิตพลังงานโดยใช้ก๊าซชีวภาพจากหลุมฝังกลบขยะ (Landfill Gas to Energy)

เป็นการพัฒนาและปรับปรุงระบบฝังกลบขยะเพื่อลดการปล่อยออก (Emission) และกักเก็บก๊าซมีเทนจากหลุมฝังกลบขยะ เพื่อนำมาใช้ในการผลิตพลังงานทดแทนการใช้เชื้อเพลิงฟอสซิลประกอบด้วย

1. ระบบบำบัดขั้นต้น (Pre-treatment System) ได้แก่ การคัดแยก และการลดขนาด เพื่อปรับปรุงลักษณะสมบัติของขยะให้มีความเหมาะสมสำหรับการย่อยสลายของจุลินทรีย์มากขึ้น (อาจมีหรือไม่ก็ได้)

2. การฝังกลบขยะในพื้นที่ฝังกลบ (Sanitary Landfill Operation) ซึ่งสามารถแบ่งได้เป็น 3 ประเภท ได้แก่ การฝังกลบแบบพื้นที่ การฝังกลบแบบร่อง และการฝังกลบแบบบ่อหรือพื้นที่ลาดเอียง

3. ระบบปิดคลุมพื้นที่ฝังกลบ (Cover Systems) ประกอบด้วย การปิดคลุมชั้นฝังกลบรายวัน การปิดคลุมระหว่างชั้นฝังกลบขยะ และการปิดชั้นฝังกลบชั้นสุดท้าย

4. ระบบควบคุมทางด้านสิ่งแวดล้อม ได้แก่ ระบบรวบรวมและบำบัดน้ำชะขยะ เพื่อควบคุมไม่ให้ น้ำชะขยะหรือน้ำจากภายนอกไหลซึมเข้า-ออกพื้นที่ฝังกลบ และระบบติดตามตรวจสอบคุณภาพน้ำใต้ดิน

5. ระบบรวบรวมก๊าซชีวภาพ (Landfill Gas Collection System) ส่วนใหญ่จะประกอบด้วย หลุมดูดก๊าซ (Extraction Well) ระบบท่อเมน (Header System) ระบบควบแน่นของเหลวในก๊าซ (Condensate System) และระบบเผาก๊าซส่วนเกิน (Flaring System)

6. ระบบผลิตพลังงานจากก๊าซชีวภาพ (Gas Utilization System) ก๊าซชีวภาพที่ได้สามารถนำไปใช้ประโยชน์เป็นเชื้อเพลิงพลังงานได้หลายทางเช่นเดียวกับก๊าซชีวภาพที่ได้จากระบบย่อยสลายแบบไม่ใช้ออกซิเจน แต่อาจมีความจำเป็นต้องปรับปรุงคุณภาพก๊าซก่อนนำไปใช้ เช่น การกำจัดน้ำคาร์บอนไดออกไซด์และสารก่อกวนต่างๆ ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับข้อกำหนดคุณภาพก๊าซสำหรับการใช้ประโยชน์ในแต่ละรูปแบบ เทคโนโลยีผลิตพลังงานโดยใช้ก๊าซชีวภาพจากหลุมฝังกลบขยะมีการใช้งานกันมากในประเทศแถบอเมริกาเหนือ สำหรับประเทศไทยได้มีการนำเทคโนโลยีดังกล่าวมาใช้งาน ได้แก่ โครงการผลิตไฟฟ้าโดยใช้ก๊าซชีวภาพจากหลุมฝังกลบขยะ กำแพงแสน จ.นครปฐม และโครงการผลิตไฟฟ้าราชานเทวะ

4 เทคโนโลยีผลิตเชื้อเพลิงขยะ (Refuse Derived Fuel)

เทคโนโลยีผลิตเชื้อเพลิงขยะ เป็นการนำขยะมาผ่านกระบวนการจัดการต่างๆ ได้แก่ การคัดแยกด้วยมือหรือเครื่องจักร การลดขนาด การผสม การทำให้แห้ง การอัดแท่ง การบรรจุและการเก็บ เพื่อปรับปรุงคุณสมบัติทางกายภาพและเคมีให้กลายเป็นเชื้อเพลิงขยะ (Refuse Derived Fuel : RDF) ที่มีค่าความร้อนสูงสามารถนำไปใช้เป็นเชื้อเพลิงเพื่อผลิตพลังงาน และสะดวกต่อการจัดเก็บ และขนส่งเชื้อเพลิงขยะแบ่งได้เป็น 7 ชนิด ตามมาตรฐาน ASTM E-75 ได้แก่ MSW, Coarse RDF, Fluff RDF, Dust RDF, Densified RDF, RDF Slurry และ RDF Syngas ซึ่งการพิจารณาว่าจะผลิตหรือใช้เชื้อเพลิงขยะแบบใดขึ้นอยู่กับเทคโนโลยีของระบบการเผาไหม้ สถานที่ตั้งระบบผลิตเชื้อเพลิงขยะ และสถานที่ที่ใช้เชื้อเพลิงขะนั้น ตัวอย่างการนำเชื้อเพลิงขยะมาใช้ประโยชน์ ได้แก่ การใช้ Dust-

RDF ในกระบวนการเผาไหม้ เชื้อเพลิงผง (Pulverized Fuel) และใช้เป็นเชื้อเพลิงเสริมในการเผาทำลายกากตะกอนของเสีย และการใช้ Densified-RDF ซึ่งมีการใช้ประโยชน์กว้างขวางกว่า เช่น ใช้กับหม้อน้ำขนาดเล็กถึงขนาดใหญ่ หรือใช้กับเตาเผาที่มีการใช้งานอยู่แล้ว สำหรับในประเทศไทยได้เริ่มมีการนำเทคโนโลยีผลิตเชื้อเพลิงขยะมาใช้งาน ได้แก่ โครงการจัดการขยะของเทศบาลนครเชียงใหม่

5 เทคโนโลยีผลิตก๊าซเชื้อเพลิง (Gasification)

การผลิตก๊าซเชื้อเพลิงจากขยะชุมชน (MSW Gasification) เป็นกระบวนการทำให้ขยะชุมชนกลายเป็นก๊าซโดยการทำปฏิกิริยาสันดาปแบบไม่สมบูรณ์ (Partial Combustion) กล่าวคือ สารอินทรีย์ในขยะจะทำปฏิกิริยากับอากาศหรือออกซิเจนในปริมาณจำกัด และทำให้เกิดก๊าซซึ่งมีองค์ประกอบหลัก คือ คาร์บอนมอนอกไซด์ ไฮโดรเจน และมีเทน เรียกว่า Producer Gas ทั้งนี้ องค์ประกอบของก๊าซเชื้อเพลิง จะขึ้นกับชนิดของเครื่องปฏิกรณ์ (Gasifier) สภาพความดันและอุณหภูมิ และลักษณะสมบัติของเชื้อเพลิงแห้งชนิดของเครื่องปฏิกรณ์ผลิตก๊าซเชื้อเพลิงสามารถแบ่งได้เป็น

1 Fixed Bed Gasifier ได้แก่ Downdraft Gasifier, Updraft Gasifier และ Cross-Current Gasifier และ

2 Fluidized Bed Gasifier ได้แก่ Bubbling Fluidized Bed Gasifier, Circulating Fluidized Bed Gasifier และ Pressurized Fluidized Bed Gasifier การเลือกใช้ชนิดเครื่องปฏิกรณ์ Gasifier นั้นจะขึ้นอยู่กับรูปแบบการใช้งานก๊าซเชื้อเพลิง และขนาดกำลังไฟฟ้าที่ต้องการผลิต เป็นต้น

ก๊าซเชื้อเพลิงที่ผลิตได้สามารถใช้งานได้หลายรูปแบบ เช่น การให้ความร้อนโดยตรง เป็นเชื้อเพลิงสำหรับผลิตไฟฟ้าโดยใช้กังหันก๊าซ เครื่องยนต์สันดาปภายใน หรือหม้อน้ำ และใช้เป็นเชื้อเพลิงสำหรับยานพาหนะ ทั้งนี้การใช้งานฯ จะต้องคำนึงถึงคุณภาพของก๊าซเชื้อเพลิง โดยอาจมีความจำเป็นต้องทำความสะอาดก๊าซเชื้อเพลิงโดยการกำจัดก๊าซกรด สารประกอบของโลหะอัลคาไลน์ น้ำมันทาร์ และฝุ่นละออง เพื่อเพิ่มประสิทธิภาพของระบบ ลดปัญหาการเสียหายของอุปกรณ์ และป้องกันปัญหามลพิษที่เกิดขึ้น ปัจจุบันได้มีการนำเทคโนโลยีผลิตก๊าซเชื้อเพลิงมาใช้ในการบำบัดและผลิตพลังงานจากขยะชุมชนมากขึ้น โดยเฉพาะอย่างยิ่งในประเทศแถบยุโรปและญี่ปุ่น สำหรับประเทศไทยยังไม่มีมีการใช้เทคโนโลยีนี้ในการบำบัดและผลิตพลังงานจากขยะชุมชน

2.8 การจัดการมูลสุกรและน้ำเสียจากฟาร์มสุกร

2.8.1. ของเสียจากฟาร์มสุกร

ของเสียจากฟาร์มสุกร มี 2 ประเภทหลัก คือ ส่วนที่เป็นมูลสุกรและเศษอาหารที่ตกค้างในคอก อีกส่วนหนึ่งเกิดจากการล้างคอกด้วยน้ำ และปัสสาวะสุกรซึ่งจะกลายเป็นน้ำเสีย

1 มูลสุกร การเลี้ยงสุกรทำให้เกิดมูลสุกรเป็นจำนวนมากหากไม่มีการจัดการที่ดีโดยเฉพาะด้านความสะอาด จะเป็นแหล่งที่ก่อให้เกิดกลิ่นเหม็น โดยเฉพาะบนพื้นคอกที่มีการหมักของมูลสุกร และใต้พื้นคอกที่มีการตกค้างของมูลสุกร ปัสสาวะ และ น้ำจากการล้างคอก นอกจากนี้มูลสุกรที่เก็บกวาดออกจากพื้นคอก เมื่อนำมาตากแห้งต้องมีการดูแลโดยไม่ควรกองทิ้งมูลไว้เป็นเวลานาน เพราะความชื้นในอากาศและอุณหภูมิจะทำให้เกิดปฏิกิริยาเกิดก๊าซที่มีกลิ่นได้

2 น้ำเสีย น้ำเสียจากฟาร์มสุกรส่วนใหญ่เกิดจากการล้างทำความสะอาดคอกและโรงเรือน ซึ่งในการทำความสะอาดคอก ควรเก็บกวาดมูลสุกรออกจากพื้นคอกก่อน เพื่อลดปริมาณความสกปรกของน้ำเสีย ของเสียอื่น ในการเลี้ยงสุกรยังทำให้เกิดของเสียอื่นๆ อีกหลายชนิดซึ่งต้องมีการกำจัดที่ถูกต้อง เช่น ขวดยา ขวดน้ำเสีย เข็มฉีดยา รก และซากสุกรที่ตายต้องมีการฝังกลบให้เรียบร้อย สำหรับใส่อาหารสัตว์สามารถนำกลับมาใช้ใหม่ได้ หรือใช้เป็นถุขบรรจุมูลสุกรขายเป็นปุ๋ย เป็นต้น

2.8.2. การจัดการมูลสุกรและน้ำเสียจากฟาร์มสุกร

การจัดการมูลสุกร มูลสุกรที่เก็บกวาดออกก่อนที่จะทำการฉีดล้างคอกสุกร อาจจะไปใช้ประโยชน์ได้หลายอย่าง เช่น ขยายสด : ให้แก่เกษตรกรที่ต้องการ ทำปุ๋ยคอก : ตากให้แห้งแล้วนำไปใช้เป็นปุ๋ยสำหรับเกษตร เป็นอาหารปลา : นำมูลสุกรที่ตากแห้ง หรือ มูลสุกรสด ให้เป็นอาหารโดยตรงหรือในสูตรอาหารที่ใช้เลี้ยงปลา แต่ในขณะเดียวกันต้องคำนึงถึงปริมาณที่จะใช้ ไม่ควรมากเกินไป เพราะจะทำให้ให้น้ำเน่าและปลาตายได้

การจัดการน้ำเสียฟาร์มสุกรส่วนใหญ่จะเป็นฟาร์มขนาดเล็กและฟาร์มสุกรรายย่อย ดังนั้นในการจัดน้ำเสียอย่างง่ายควรมีหลักการ คือ ต้องแยกมูลสุกรออกจากน้ำเสีย เพื่อลดการตื่นเงินของบ่อพักน้ำเสียและลดความสกปรกของน้ำเสียที่ไหลเข้าสู่บ่อพัก บ่อพักน้ำเสียควรมีประมาณ 2-3 บ่อต่อเนื่องกัน น้ำจากบ่อสุดท้ายสามารถนำกลับ มาใช้ประโยชน์ได้อีกไม่ว่าจะเป็นใช้ล้างพื้นคอก สูบใส่บ่อเลี้ยงปลา ใช้น้ำต้นน้ำบริเวณรอบๆ ฟาร์ม สำหรับฟาร์มสุกรที่มีน้ำเสียจากหลายโรงเรือน ควรจะมีรางระบายน้ำเสียอยู่ใต้หลังคาโรงเรือนเพื่อป้องกันไม่ให้น้ำฝนไหลมารวมเป็นการลดปริมาณน้ำเสียที่

จะบำบัดและเพื่อป้องกันปัญหาน้ำล้นบ่อพัก (กรมควบคุมมลพิษ, 2558 : ออนไลน์ของเสียจากฟาร์มสุกร)

2.9 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

ธนภุต บวกขุนทด (2553) ได้ศึกษาเรื่อง รูปแบบการจัดการการจัดเก็บขยะชุมชน กรณีศึกษา องค์การบริหารส่วนตำบลโนนเมืองพัฒนา อำเภอด่านขุนทด จังหวัดนครราชสีมา ผลการศึกษาพบว่า สาเหตุของการทิ้งขยะไม่ถูกวิธีนั้นมาจากประชาชนยังขาดความรู้ ความเข้าใจในรูปแบบของการจัดการการเก็บขยะมูลฝอย การคัดแยกการทิ้งขยะให้ถูกวิธี และขาดการประชาสัมพันธ์และการให้ความรู้เกี่ยวกับรูปแบบการจัดการขยะมูลฝอยในชุมชน

ธงชัย ทองทวี (2553) ได้ศึกษาเรื่อง สภาพปัญหาการจัดการขยะมูลฝอยขององค์การบริหารส่วนตำบลหนองขาม อำเภोजักราช จังหวัดนครราชสีมา ผลการศึกษาพบว่าประชาชนมีพฤติกรรมในการจัดการขยะมูลฝอยที่ไม่เหมาะสม ปัญหาที่พบคือ ปัญหากลิ่นเหม็นของกองขยะ ปัญหาแมลงวันและสัตว์นำโรคชนิดต่างๆ ปัญหาควันจากการเผาขยะมูลฝอย แนวทางการจัดการขยะมูลฝอยขององค์การบริหารส่วนตำบลหนองขามในการดำเนินการจัดการขยะมูลฝอยนั้น มีความเห็นร่วมกันว่าควรร่วมมือกันทั้งภาครัฐและภาคเอกชน และควรให้ประชาชนเข้ามามีส่วนร่วมในการจัดการจัดการขยะมูลฝอยของประชาชน จะเห็นได้ว่าผลการศึกษาของ ธงชัย (2553) ได้เน้นให้มีความร่วมมือกันทั้งภาครัฐ ภาคเอกชน และให้ประชาชนมีส่วนร่วมในการจัดการขยะ ซึ่งแตกต่างจากผลการศึกษาของ ธนภุต (2553) ที่เน้นการให้ความรู้เกี่ยวกับรูปแบบการจัดการขยะในชุมชน

พิภัทร แสงสินธุสร (2550) ได้ศึกษาเรื่อง พฤติกรรมการจัดการขยะมูลฝอยของประชาชนในเขตเทศบาลนครภูเก็ต และเพื่อเปรียบเทียบความแตกต่างของพฤติกรรมการจัดการขยะมูลฝอยของประชาชนในเขตเทศบาลนครภูเก็ต จังหวัดภูเก็ต ผลการศึกษาพบว่าพฤติกรรมการจัดการขยะมูลฝอยของประชาชนในเขตเทศบาลนครภูเก็ต โดยรวมมีพฤติกรรมการจัดการขยะมูลฝอย อยู่ในระดับสูง เมื่อพิจารณาพฤติกรรมการจัดการขยะมูลฝอยเป็นรายด้านพบว่า ด้านที่มีพฤติกรรมการจัดการขยะมูลฝอยมากที่สุดคือ ด้านการนำกลับมาใช้ใหม่ รองลงมาคือ ด้านการลดการเกิดขยะมูลฝอย และด้านการคัดแยกขยะมูลฝอย

ศศิพร แก้วพินิจ (2551) ได้ทำการศึกษาวิจัยเรื่อง ความร่วมมือระหว่างประชาชนกับภาครัฐในการลดปริมาณขยะ กรณีศึกษาเขตเทศบาลนครเชียงใหม่ จากการศึกษาเก็บรวบรวมข้อมูลจาก

ประชาชนที่อาศัยในเขตเทศบาลนครเชียงใหม่จำนวน 100 คน ผลการศึกษาพบว่า ขยะที่พบมากที่สุด คือ ขยะประเภทขวดพลาสติก/ ถังใส่อาหาร รองลงมาภายในครัวเรือนจะพบขยะประเภทเศษอาหาร/ เศษผัก มีการกำจัดโดยนำไปใส่ถุงดำก่อนทิ้งขยะส่วนประเภท เศษผักมีการกำจัดโดยนำไปทิ้งนอกบ้าน ตามพื้นที่รกร้าง ส่วนขยะประเภทหนังสือเก่า เศษกระดาษจะกำจัดโดยการเผาใน 1 รอบสัปดาห์ ส่วนใหญ่มีการทิ้งขยะประมาณวันละ 2-3 ครั้ง การมีส่วนร่วมในการลดปริมาณขยะคิดเป็นร้อยละ 72 วิธีที่นิยมมากที่สุด 2 วิธี คือคัดแยกขยะก่อนทิ้ง และลดการเกิดมูลฝอย ปัจจัยที่มีผลต่อการส่งเสริมการมีส่วนร่วมในการลดปริมาณขยะ คือ การมีจิตสำนึกต่อสิ่งแวดล้อม รองลงมาคือ การนำไปขายแล้วได้ราคาดี

ศิริวรรณ ปัญญาพิทย์ (2557) การผลิตก๊าซชีวภาพจากกากไขมันโดยมีสูตรการทดลอง คือ กากไขมัน:มูลสุกรน้ำทิ้ง ในอัตราส่วน 5 : 0 : 0, 3 : 0 : 2, 3 : 2 : 0, 2 : 1 : 2, 1 : 2 : 2, 1.5 : 1.5 : 2, 0.3 : 2.1 : 0.6, 0.5 : 3.5 : 1, 1 : 2.5 : 1.5, 0.5 : 2.5 : 2, 0.5 : 2 : 2.5, 1 : 6 : 10, 1 : 5 : 10, 1 : 6 : 8 และ 0.5 : 3.5 : 10 โดยทำการหมักในขวดลดความดัน (suction flask) ซึ่งใช้ระยะเวลาในการหมักทั้งหมด 7 วัน จากผลการศึกษาทดลองพบว่า อัตราส่วน 0.5 : 3.5 : 10 สามารถจุดไฟติดได้นานแล้วมีค่าความเป็นกรด – ด่างที่เหมาะสมกับการสร้างมีเทนในระบบการหมักก๊าซชีวภาพ ซึ่งมีค่าความเป็นกรด-ด่าง เท่ากับ 5.75 จึงนำไปทำการทดลองในถังหมักขนาด 200 ลิตร ได้ปริมาณก๊าซชีวภาพเฉลี่ยเท่ากับ 28.06 L/day ค่าก๊าซมีเทนเท่ากับ 53.24% ค่าปริมาณความร้อนที่เกิดจากการต้มเท่ากับ 68 กิโลแคลอรี (kcal) ค่าพลังงานจากปริมาณก๊าซชีวภาพ เท่ากับ 0.05 กิโลวัตต์ต่อชั่วโมง (kWh)

ณัฐภาพ ปัญญาวงศ์ (2557) ได้นำเปลือกทุเรียนมาผลิตเป็นเชื้อเพลิงในการหุงต้มและศึกษาระบบผลิตก๊าซชีวภาพต้นแบบจากเปลือกทุเรียน ผลการศึกษาเปลือกทุเรียนสามารถใช้ผลิตเป็นก๊าซหุงต้มได้ และการผลิตก๊าซชีวภาพต้นแบบจากเปลือกทุเรียน คือสูตรเปลือกทุเรียนผสมมูลสุกรและน้ำ อัตราส่วน 1 : 5 : 10 ค่าปริมาณความร้อนที่เกิดขึ้นจากการต้มน้ำเท่ากับ 70.30 kcal ปริมาณก๊าซมีเทนเท่ากับ 74.2% ประสิทธิภาพการให้ก๊าซชีวภาพ เท่ากับ 1,418.220 ลิตร สำหรับอัตราส่วนผสมที่เหมาะสมและประสิทธิภาพการให้ก๊าซชีวภาพจากเปลือกทุเรียนผสมมูลสุกร เศษอาหารและน้ำ คือ อัตราส่วน 1 : 2.5 : 2.5 : 10 ประสิทธิภาพการให้ก๊าซชีวภาพเท่ากับ 71.883 ลิตร

สุนันท์ วัดเมือง (2557) ได้การผลิตก๊าซชีวภาพจากน้ำทิ้งโรงอาหารร่วมมูลสุกรและเศษอาหาร โดยมีสูตรในการทดลองคือ น้ำทิ้งโรงอาหาร : มูลสุกร : เศษอาหาร ในอัตราส่วน 1 : 0 : 1, 1 : 1 : 0,

1 : 1 : 1, 1 : 1 : 2, 1 : 2 : 1, 2 : 1 : 1, 2 : 2 : 1, 3 : 2 : 1, 4 : 2 : 1, 6 : 5 : 1, 5 : 8 : 1, 10 : 3 : 1, 10 : 4 : 1 และ 10 : 5 : 1 โดยทำการหมักในขวดวัดความดัน (suction flask) ซึ่งใช้ระยะเวลาในการหมัก 7 วัน จากผลการศึกษาพบว่า อัตราส่วนที่เกิดปริมาณก๊าซชีวภาพสะสมมากที่สุด คือ อัตราส่วน 1:2:1 โดยปริมาณก๊าซที่เกิดขึ้นเท่ากับ 2,224 มิลลิลิตร จากนั้นนำอัตราส่วน 1:2:1 มาหมักในถังขนาด 200 ลิตร โดยทำการหมักแบบกะและแบบกึ่งกะจากผลการศึกษาพบว่าอัตราส่วน 1:2:1 ที่หมักแบบกึ่งกะ (เติมวัสดุทุกวัน) มีปริมาณก๊าซชีวภาพเท่ากับ 88.86 L/day มีค่าก๊าซมีเทนเท่ากับ 47.34% ค่าปริมาณความร้อนที่เกิดขึ้นจากการต้มน้ำเท่ากับ 68.67 kcal ซึ่งในการหมักมีปัจจัยเข้ามาเกี่ยวข้อง คือ ค่าความเป็นกรด-ด่าง โดยอัตราส่วน 1 : 2 : 1 ที่หมักแบบกึ่งกะ (เติมวัสดุทุกวัน) มีค่าความเป็นกรด-ด่างหลังหมัก เท่ากับ 7.29 ± 0.04 อุณหภูมิหลังหมัก เท่ากับ 30.97 ± 0.12 องศาเซลเซียส

สุพจน์ เกิดมี,รังสรรค์ เพ็งพัด,เสาวนิตย์ แดงทองดี,พิณทิพย์ แก้วแกมทอง และไพฑูริย์ (2555) บานเย็นงามได้พัฒนาการใช้พลังงานก๊าซชีวภาพจากมูลสัตว์และเศษวัสดุทางการเกษตรจากข้อมูลการใช้พลังงาน จังหวัดเพชรบูรณ์ ปี พ.ศ.2547 ในสาขาชีวมวลในที่อยู่อาศัย มีแนวโน้มการใช้พลังงานประเภทชีวมวลลดลงและใช้ก๊าซปิโตรเลียมเหลวมากขึ้น ประชากรในตำบลน้ำก้อส่วนใหญ่ประกอบอาชีพเกษตรกรรม มีการเลี้ยงปศุสัตว์ และการปลูกพืชหมุนเวียนตลอดทั้งปี ทำให้มีวัสดุที่เกิดจากการเกษตร ซึ่งสามารถนำไปหมักทำให้เกิดเป็นก๊าซชีวภาพ สามารถนำไปใช้เป็นเชื้อเพลิงทดแทนก๊าซปิโตรเลียมเหลว (LPG) ได้เป็นอย่างดี งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อ 1. เพื่อศึกษาและพัฒนาศักยภาพการใช้พลังงานก๊าซชีวภาพ ของชุมชนน้ำก้อ 2. เพื่อนำเศษวัสดุที่เหลือจากการเกษตรมาพัฒนาและประยุกต์ใช้ในชีวิตประจำวัน 3. เพื่อศึกษาการใช้พลังงานก๊าซชีวภาพ ในการทดแทนพลังงานเชื้อเพลิง (LPG) ในชีวิตประจำวัน การศึกษาครั้งนี้ คณะผู้วิจัยได้ศึกษาปริมาณเศษวัสดุทางการเกษตรเพื่อมาผลิตก๊าซชีวภาพ ศึกษาปริมาณการใช้ของพลังงานเชื้อเพลิงเพื่อมาผลิตก๊าซชีวภาพมาใช้แทน เพื่อเป็นแนวทางส่งเสริมให้มีการใช้อย่างประหยัด และมีประสิทธิภาพสูงสุด เป็นการสร้างความเข้มแข็งให้กับชุมชนด้านพลังงานเป็นผลดีต่อการพัฒนาท้องถิ่น ผลการศึกษา พบว่า การพัฒนาการใช้พลังงานก๊าซชีวภาพจากมูลสัตว์และเศษวัสดุทางการเกษตรนั้น สามารถสร้างเตาชีวมวลอย่างง่ายเพื่อใช้ทดแทนเตาแบบธรรมดาและเตาแก๊สที่ใช้กันในปัจจุบัน จากข้อมูลที่ได้จากการทดสอบการใช้เตาชีวมวลเปรียบเทียบกับการใช้เตาธรรมดาระยะเวลาในการจุดเตาและอัตราการสิ้นเปลืองเชื้อเพลิงของเตาชีวมวลนั้นมีค่าน้อยกว่า และสำหรับค่าความร้อนของแก๊สเชื้อเพลิงที่ผลิตจากเตาชีวมวลมีค่าสูงกว่าเตา

แบบ จะเห็นได้ว่าเตาชีวมวลมีประสิทธิภาพสูงทำให้ลดค่าใช้จ่ายด้านการใช้เชื้อเพลิงจากก๊าซธรรมชาติได้ และในส่วนของถังหมักก๊าซชีวภาพนั้นสามารถออกแบบและสร้างถังหมักและถังเก็บก๊าซและใช้งานได้จริง แต่เนื่องจากปริมาณของมูลสัตว์และเศษอาหารของชุมชนน้ำก้อ้นั้น มีปริมาณไม่เพียงพอสำหรับการใช้หมักก๊าซจึงไม่เหมาะสมที่จะใช้ก๊าซชีวภาพที่เกิดจากการหมักมูลสัตว์และเศษอาหาร ในการประกอบอาหารทดแทนการใช้พลังงานเชื้อเพลิงจากก๊าซธรรมชาติ ข้อเสนอแนะที่ได้จากงานวิจัย คือ การทำถังหมักก๊าซชีวภาพสำหรับครอบครัวเล็กควรใช้ถังหมักขนาด 60 ลิตร ครอบครัวใหญ่ควรใช้ถังหมักก๊าซที่มีขนาด 200 ลิตร



บทที่ 3

วิธีการดำเนินงาน

งานวิจัยเรื่องการจัดการขยะเพื่อการผลิตพลังงานภายในครัวเรือนในพื้นที่เทศบาลตำบลป่าเซ่า อำเภอเมือง จังหวัดอุดรดิตถ์ เป็นการผลิตก๊าซชีวภาพจากขยะจากครัวเรือนร่วมกับมูลสุกรเป็นการศึกษาในระดับห้องปฏิบัติการและทดสอบขนาดใช้งานจริง โดยทำการศึกษารูปแบบในการผลิตก๊าซชีวภาพและศึกษาอัตราส่วนที่เหมาะสมในการหมักก๊าซชีวภาพจากขยะจากครัวเรือนร่วมกับมูลสุกร โดยมีขั้นตอนการทดสอบดังต่อไปนี้

3.1 การเตรียมวัสดุในการทดลอง

ในการศึกษาการจัดการขยะเพื่อการผลิตพลังงานภายในครัวเรือนในพื้นที่เทศบาลตำบลป่าเซ่า อำเภอเมือง จังหวัดอุดรดิตถ์ เป็นการผลิตก๊าซชีวภาพจากขยะจากครัวเรือนร่วมกับมูลสุกรเป็นการศึกษาในระดับห้องปฏิบัติการและทดสอบขนาดใช้งานจริง จะต้องทำการเตรียม ซึ่งมีรายละเอียดดังนี้

3.1.1 การเก็บขยะทิ้งจากครัวเรือน โดยมีการแยกขยะที่เป็นเศษอาหารออกจากขยะที่ย่อยสลายไม่ได้ และขยะที่เป็นพิษ

3.1.2 การเก็บตัวอย่างขยะเหลือทิ้งจากครัวเรือน

3.1.3 การเก็บมูลสุกร ทำการเก็บมูลสุกรตากใส่ถังหรือถุงดำมัดให้แน่น ทำการเก็บมูลสุกรจากฟาร์มเลี้ยงสุกรในอำเภอลับแล จังหวัดอุดรดิตถ์



ภาพที่ 3.1 การเก็บมูลสุกร

3.2 การทำถังหมักขนาดทดลอง

3.2.1 นำขวดน้ำขนาด 1.5 ลิตร ล้างให้สะอาดและทำการเจาะรูขนาด 1 เซนติเมตรเพื่อเป็นทางออกก๊าซชีวภาพที่ฝาขวด



ภาพที่ 3.2 การเจาะรูขนาด 1 เซนติเมตร

3.2.2 ตัดกระบอกรับน้ำพลาสติกที่มีเกลี้ยงข้างขวดตามขนาดที่เราต้องการ เสร็จแล้วเจาะรูขนาด 1 เซนติเมตร บริเวณก้นกระบอกรับน้ำพลาสติก 2 รู เพื่อเป็นทางเข้าทางออกของก๊าซชีวภาพ



ภาพที่ 3.3 การตัดกระบอกรับน้ำพลาสติกและเจาะรูขนาด 1 เซนติเมตร บริเวณก้นกระบอกรับน้ำพลาสติก

3.2.3 นำสายยางใสขนาดเล็ก ต่อเข้ากับฝาขวดและนำสายยางอีกข้างต่อเข้ากับกระบอกรับก๊าซชีวภาพ และนำสายยางอีก 1 เส้นต่อเข้ากับรูของกระบอกรับก๊าซชีวภาพจากนั้นนำวาวเปิดเปิดมาต่อเข้ากับสายยางเพื่อที่สามารถเปิดทดลองก๊าซชีวภาพที่เกิดขึ้นได้ และนำซิลิโคนมาอุดบริเวณสายยางที่ต่อเข้าฝาขวดและกระบอกรับก๊าซชีวภาพเพื่อป้องกันการรั่วไหลของก๊าซชีวภาพ



ภาพที่ 3.4 การต่อสายยางเข้ากระบอกรับก๊าซชีวภาพ

3.2.4 นำกระบอกลูกแก้วก๊าซชีวภาพมาสวมเข้ากับกระบอกลูกพลาสติกโดยใช้หลักการแทนที่น้ำใน กระบอกลูกแก้วก๊าซชีวภาพ



ภาพที่ 3.5 การประกอบถังหมักก๊าซชีวภาพขนาดทดลอง

3.3 การออกแบบและสร้างถังหมักก๊าซชีวภาพ

การออกแบบถังหมักก๊าซชีวภาพสิ่งสำคัญที่ต้องคำนึงคือ ช่องทางเติมเศษอาหารจะต้องออกแบบให้ใส่เศษอาหารได้ง่ายๆ เวลาเปิดเติมเศษอาหาร ก๊าซในถังต้องไม่รั่วออกมา โครงสร้างถังต้องแข็งแรง ทนทาน ข้อสำคัญต้องไม่รั่วไม่ซึม ต้องมีช่องถ่ายกากออกได้ง่าย

วัสดุอุปกรณ์

1. ถังพลาสติก 200 ลิตร 2 ถัง
2. ข้อต่อเกลียวนอก ขนาด 1 นิ้ว 1 อัน
3. ข้อต่อเกลียวใน ขนาด 1 นิ้ว
4. ท่อพีวีซี ขนาด 1 นิ้ว ตัดยาว 2 นิ้ว 1 อัน 3 ทาง ขนาด 1 นิ้ว 2 อัน
5. ฝาปิดพีวีซี ขนาด 1 นิ้ว 1 อัน
6. ท่อพีวีซี ขนาด 1 นิ้ว ตัดประมาณ 40 เซนติเมตร 1 อัน
7. ท่อพีวีซี ขนาด 1 นิ้ว ตัดประมาณ 30 เซนติเมตร 1 อัน

ส่วนประกอบสำหรับช่องเติมและท่อส่งก๊าซของถังหมัก

1. ท่อพีวีซี ขนาดยาว 1 เมตร เจาะช่องกลางท่อ ขนาดกว้าง 0.5 ของท่อ และยาว 15 เซนติเมตร ตัดให้ช่องห่างจากปากท่อ 32 เซนติเมตร

2. ข้อต่อเกลียวนอก ขนาด 4 หุน 1 อัน

3. หัวต่อสายยางเกลียวนอก ขนาด 4 หุน 1 อัน

ส่วนประกอบสำหรับท่อนำก๊าซของถังเก็บก๊าซ

1. สามทาง ขนาด 4 หุน 1 ตัว

2. หัวต่อสายยางเกลียวนอก ขนาด 4 หุน 2 อัน

ส่วนประกอบปลีกย่อยอื่นๆ

1. กีบยึดท่อ ขนาด 1 นิ้ว 1-2 อัน

2. กาวซีเมนต์ (กาวแห้งเร็ว 2 หลอดคู่) 1 ชุด

3. กาวซิลิโคน ชนิดใส 1 หลอด

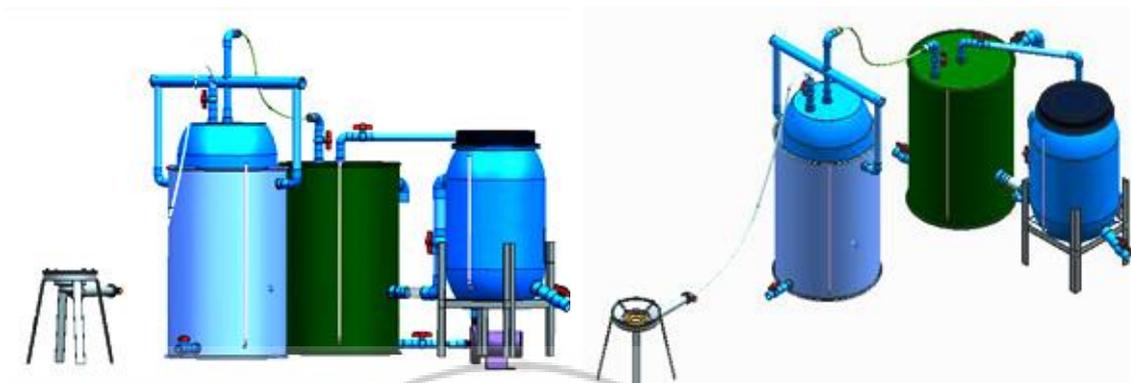
4. สายยาง 3 หุน ยาว 5 เมตร 1 เส้น

3.4 วิธีการประกอบถังหมักก๊าซชีวภาพ

นำถังใบที่ปิดสนิทเจาะรูขนาดเท่ากับเกลียวของข้อต่อเกลียวนอก 4 หุน บริเวณที่เรียบๆ บนฝาถัง เจาะรูถึงขนาดเท่ากับเกลียวนอกของข้อต่อตรงขนาด 1 นิ้ว เจาะบริเวณข้างถังสูงจากก้นถัง ประมาณ 3 นิ้ว เนื่องจากฝาถังหมักปิดสนิทต้องใช้แท่งพีวีซี ติดข้อต่อเกลียวนอก ขนาด 1 นิ้ว ไว้ที่ปลาย แล้วแยงจากช่องเดิมอาหารผ่านไปติดที่ข้างถังด้านใน โดยให้ปลายเกลียวพันรูถังออกมา ทากาวบริเวณที่พันผ่านรูออกมา และทากาวที่ปากท่อข้อต่อเกลียวใน 1 นิ้ว จึงนำมาประกอบกัน ในส่วนของส่วนประกอบท่อน้ำล้น โดย 3 ทางตัวบน ต้องสูงได้ 75 เปอร์เซ็นต์ของตัวถัง จากนั้นยึดด้วยกีบยึดท่อ ก็เป็นอันเสร็จในส่วนท่อน้ำล้น จากนั้นนำข้อต่อเกลียว ขนาด 4 หุน ทากาวที่ปากท่อหมุนเกลียวเข้ารูที่ใช้ลำเลียงก๊าซด้านบนของถังหมัก และติดหัวต่อสายยางเกลียวนอก ขนาด 4 หุน ที่ข้อต่อเพื่อจะใช้ต่อสายยางต่อไป ประกอบท่อพีวีซี 3 นิ้ว ส่วนที่เป็นที่เติมวัตถุดิบด้านบนของถัง โดยหย่อนลงในถังด้านบนที่เจาะรูไว้ หันช่องเดิมที่เจาะเข้าด้านในถัง ทากาวขอบท่อให้ทั่วเพื่อกันอากาศเข้า

3.5 วิธีการประกอบถังเก็บก๊าซชีวภาพ

เจาะรูที่ก้นถังพลาสติกขนาด 120 ลิตร 1 รู ขนาดเท่ากับเกลียวของข้อต่อเกลียวนอก ขนาด 4 หุน ติด 3 ทาง ขนาด 4 หุน ที่ก้นถังด้านบนออกอดกาวให้ทั่ว ใช้เกลียวหมุนให้แน่น ต่อหัวต่อสายยางเกลียวนอก ขนาด 4 หุน ทั้ง 2 ด้าน ของรู 3 ทาง จากนั้นต่อสายยาง ขนาด 3 หุน เข้าหาถังหมัก และถังเก็บก๊าซความยาวตามต้องการดังภาพ 3.6 เป็นตัวอย่าง



ภาพที่ 3.6 ภาพถังหมักก๊าซชีวภาพ

3.6 การใช้งานถังหมักก๊าซชีวภาพ

วัตถุดิบ

1. มูลสัตว์
2. น้ำ
3. เศษอาหาร

ขั้นตอนการหมักก๊าซชีวภาพ

นำมูลสัตว์แห้งหรือเปียกผสมกับน้ำแล้วใส่ลงไปในถังหมักปริมาตร 25 เพอร์เซ็นต์ของตัวถัง ใช้ท่อพีวีซี กระทุ้งให้มูลสัตว์กระจายตัวให้ทั่วถึง หมักมูลสัตว์ที่เป็นวัตถุดิบตั้งต้นในถังประมาณ 10-15 วัน หลังจากนั้น เติมน้ำลงไปให้ถึงระดับ 75 เพอร์เซ็นต์ของถัง ซึ่งจะอยู่ที่ระดับน้ำล้นของถัง แล้วจึงสามารถเติมเศษอาหารหรือมูลสัตว์เพื่อผลิตก๊าซต่อไปได้ ในระยะแรกเติมวัตถุดิบแต่น้อยทุกวันที่มีการใช้ก๊าซประมาณ 1-2 กิโลกรัม แต่ไม่ควรเกิน 4 กิโลกรัม ต่อวัน เมื่อใช้ไปนานๆ สามารถเติมได้มากขึ้น แต่ไม่เกิน 10 กิโลกรัม เมื่อเติมลงช่องให้ใช้ท่อพีวีซี กระทุ้งขึ้น-ลงให้เศษอาหารกระจายตัว กระบวนการย่อยเพื่อผลิตก๊าซจะใช้เวลาประมาณ 24 ชั่วโมง เมื่อมีก๊าซเกิดขึ้น ชุดถังเก็บก๊าซที่คว่ำอยู่จะเริ่มลอย ก๊าซที่เกิดมาชุดแรกให้ปล่อยทิ้งก่อนเพราะจะจุดไฟไม่ติดหรือติดยาก เพราะมีปริมาณคาร์บอนไดออกไซด์มาก เมื่อหมักจนเกิดก๊าซตั้งแต่ถังที่ 2 ต่อไปจึงสามารถจุดไฟใช้งานได้

3.7 การทดสอบประสิทธิภาพ

ทำการทดสอบโดยการจุดติดไฟของก๊าซที่เกิดขึ้นจากการหมักและทดลองใช้ก๊าซจากถังหมักประกอบอาหาร

3.8 การวิเคราะห์

การวิเคราะห์คุณสมบัติน้ำขยะ และมูลสุกร

ตาราง 3.1 พารามิเตอร์ที่ทำการวิเคราะห์คุณสมบัติ

พารามิเตอร์	หน่วย	วิธีการวิเคราะห์
อุณหภูมิ	องศาเซลเซียส	thermometer
ค่าความเป็นกรดต่าง	pH	pH meter

3.9 การวิเคราะห์ก๊าซชีวภาพที่เกิดขึ้น

ตาราง 3.2 พารามิเตอร์ต่างๆ ที่ทำการวิเคราะห์ก๊าซชีวภาพที่เกิดขึ้น

พารามิเตอร์	วิธีการวิเคราะห์	ระยะเวลาในการเก็บตัวอย่างวิเคราะห์
อุณหภูมิ	thermometer	ทุกวัน
ค่าความเป็นกรดต่าง	pH meter	ทุกวัน
ปริมาณการเกิดก๊าซชีวภาพ	การแทนที่ด้วยน้ำ	ทุกวัน

บทที่ 4

ผลการวิจัย

งานวิจัยเรื่องการจัดการขยะเพื่อการผลิตพลังงานภายในครัวเรือนในพื้นที่เทศบาลตำบลป่าเซ่า อำเภอเมือง จังหวัดอุดรดิตต์ เป็นการผลิตก๊าซชีวภาพจากขยะจากครัวเรือนร่วมกับมูลสุกรมีผลการทดลองดังนี้

4.1 ผลวิเคราะห์ขยะมูลฝอยที่ผ่านการหมัก

ผลการทดลองการวิเคราะห์น้ำขยะที่หมักทิ้งไว้ พบว่าอุณหภูมิเฉลี่ย ประมาณ 31.65 องศาเซลเซียส ค่าความเป็นกรด-ด่าง เฉลี่ยประมาณ 3.42 ซึ่งอยู่ในเกณฑ์ที่ต่ำ

ตารางที่ 4.1 ผลวิเคราะห์ข้อมูลขยะที่ทิ้งจากเศษอาหาร

พารามิเตอร์	หน่วย	ต่ำสุด-สูงสุด	ค่าเฉลี่ย
อุณหภูมิ	องศาเซลเซียส	30.50 - 32.80	31.65
ค่าความเป็นกรด-ด่าง	pH	3.10 - 3.73	3.42

4.2 ผลวิเคราะห์มูลสุกร

ผลการทดลองการวิเคราะห์มูลสุกรพบว่าอุณหภูมิเฉลี่ยของมูลสุกรประมาณ 31.77 องศาเซลเซียส ค่าความเป็นกรด - ด่าง มูลสุกรเฉลี่ยประมาณ 6.35 ซึ่งอยู่ในเกณฑ์ที่ดี

ตารางที่ 4.2 ผลวิเคราะห์มูลสุกร

พารามิเตอร์	หน่วย	ต่ำสุด-สูงสุด	ค่าเฉลี่ย
อุณหภูมิ	องศาเซลเซียส	30.75 - 32.78	31.77
ค่าความเป็นกรด-ด่าง	pH	5.57 - 7.13	6.35

ค่าความเป็นกรด-ด่าง เป็นปัจจัยที่บ่งบอกถึงระบบการย่อยสลายสารอินทรีย์ภายใต้สภาวะไร้ออกซิเจน ซึ่งค่าความเป็นกรด - ด่าง ในระบบควรอยู่ในช่วงประมาณ 6.5 - 7.5 ถ้าค่าความเป็นกรด

- ต่าง มีค่าสูงหรือต่ำกว่านี้ประสิทธิภาพของระบบจะลดลง ซึ่งจากการทดลองพบว่า สูตรมูลสุกร 100% มีค่าความเป็นกรด - ต่าง ก่อนหมักและหลังหมักอยู่ในช่วง 6.60 – 7.11

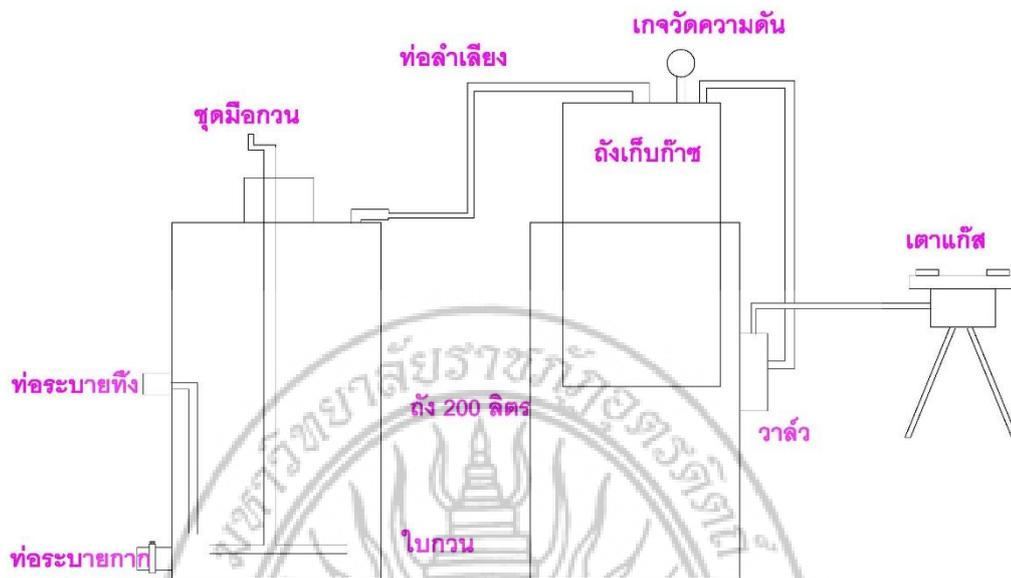
การทดลองหาสูตรและอัตราส่วนที่เหมาะสมสำหรับการผลิตก๊าซชีวภาพ ในระยะเวลา 10 วัน พบว่า สูตรมูลสุกร 100 % มีค่าก๊าซชีวภาพ เท่ากับ 1800 ml และมีอัตราการเกิดเฉลี่ยต่อวัน เท่ากับ 180 ml/day ในอัตราส่วนนี้มีการเกิดก๊าซมากเพราะปริมาณส่วนผสมอยู่ในอุณหภูมิ และค่าความเป็นกรด - ต่างที่เหมาะสมจึงทำให้เกิดก๊าซมากพอสมควร สูตรน้ำ : มูลสุกร มีค่าก๊าซชีวภาพ เท่ากับ 1450 ml และมีอัตราการเกิดเฉลี่ยต่อวัน เท่ากับ 145 ml/day ในอัตราส่วนนี้มีการเกิดก๊าซมากพอสมควรเพราะมีน้ำมาผสมเจือจางกับมูลสุกร

4.3 การออกแบบและสร้างถังหมักก๊าซชีวภาพ

หลักเกณฑ์การออกแบบถังหมักก๊าซชีวภาพ

การออกแบบถังหมักก๊าซชีวภาพสิ่งสำคัญที่ต้องคำนึงคือ ช่องทางเติมเศษอาหารจะต้องออกแบบให้ใส่เศษอาหารได้ง่ายๆ เวลาเปิดเติมเศษอาหาร ก๊าซในถังต้องไม่รั่วออกมา โครงสร้างถังต้องแข็งแรง ทนทาน ข้อสำคัญต้องไม่รั่วไม่ซึม ต้องมีช่องถ่ายกากออกได้ง่าย ถังหมักก๊าซชีวภาพในครัวเรือน ประกอบด้วยวัสดุอุปกรณ์ต่างๆ ดังนี้

1. ถังหมักก๊าซชีวภาพเป็นถังพลาสติก ภายในถังประกอบด้วยช่องเติมอาหาร ชุดไบโกวน ช่องระบายกากของเสีย และช่องระบายก๊าซ
2. ถังเก็บก๊าซประกอบด้วยถังพลาสติก 2 ใบและวาล์วปิดเปิดก๊าซ



ภาพที่ 4.1 แบบประกอบถังหมักก๊าซชีวภาพ

3. หัวก๊าซและอุปกรณ์จุดไฟ จากการทดลองพบว่ากระบวนการย่อยเพื่อผลิตก๊าซจะใช้เวลาประมาณ 24 ชั่วโมง เมื่อมีก๊าซเกิดขึ้น ชุดถังเก็บก๊าซที่คว่ำอยู่จะเริ่มลอย ก๊าซที่เกิดขึ้นชุดแรกจะจุดไฟไม่ติดหรือติดยาก เพราะมีปริมาณคาร์บอนไดออกไซด์มาก เมื่อหมักจนเกิดก๊าซตั้งแต่ถังที่ 2 ต่อไปจึงสามารถจุดไฟใช้งานได้ และปริมาณก๊าซที่เกิดขึ้นจากการหมักเศษอาหารและมูลสัตว์ 50 กิโลกรัม จะได้ปริมาณก๊าซชีวภาพ 200 กรัม สามารถจุดติดไฟได้



ภาพที่ 4.2 แบบถังหมักก๊าซชีวภาพ

ระบบการผลิตต้องการขยะจากเศษอาหารอย่างต่อเนื่อง เริ่มต้นด้วยการผลิตจากมูลสัตว์ จากนั้นก็ใช้เศษอาหารมาหมักหากเศษอาหารมีน้อยก็ใช้มูลสัตว์ต่อไป การใส่ขยะต้องใส่ไม่เกิน 4 กิโลกรัม/วัน แก๊สที่ได้จากเศษอาหารจะมีปริมาณน้อยกว่าก๊าซที่ได้จากมูลสัตว์ โดยสิ่งเหล่านี้คือเงื่อนไขประกอบของการทำถังหมักเพื่อให้เกิดก๊าซชีวภาพ

4.4 ขั้นตอนการหมักที่ถ่ายถอดกระบวนการสู่ชุมชน

1. นำมูลสัตว์แห้งหรือเปียกผสมกับน้ำแล้วใส่ลงไปจนถึงหมักปริมาตร 25% ของตัวถังใช้ท่อพีวีซี กระทุ้งให้มูลสัตว์กระจายตัวให้ทั่วถัง โดยมูลสัตว์มาละลายน้ำพอเหลวเป็นโคลน ให้ได้ปริมาณ 50 ลิตร

2. ทำการหมักมูลสัตว์ที่เป็นวัตถุดิบตั้งต้นในถังประมาณ 10-15 วัน หลังจากนั้นเติมน้ำลงไปจนถึงระดับ 75% หรือประมาณ 150 ลิตร ของถังซึ่งจะอยู่ที่ระดับน้ำล้นของถังแล้วจึงสามารถเติมเศษอาหารหรือมูลสัตว์เพื่อทำการผลิตก๊าซต่อไปได้ ในระยะแรกเติมวัตถุดิบแต่น้อยทุกวันที่มีการใช้แก๊สประมาณ 1 - 2 กิโลกรัม แต่ไม่ควรเกิน 4 กิโลกรัมต่อวัน เมื่อใช้ไปนาน ๆ สามารถเติมได้มากขึ้นแต่ไม่เกิน 10 กิโลกรัม เมื่อเติมลงช่องให้ใช้ท่อพีวีซีกระทุ้งขึ้นลงให้เศษอาหารกระจายตัว กระบวนการย่อยเพื่อผลิตก๊าซจะใช้เวลาประมาณ 24 ชั่วโมง

3. เมื่อเกิดก๊าซขึ้นชุดถังเก็บก๊าซที่คว่ำอยู่จะเริ่มลอย แก๊สที่เกิดมาชุดแรกจะจุดไฟติดยากเพราะมีปริมาณคาร์บอนไดออกไซด์มากให้ทำการปล่อยทิ้งก่อน เมื่อหมักจนเกิดแก๊สถึงที่ 2 จึงจะสามารถจุดไฟใช้งานได้

การดูแลรักษา

1. เมื่อใช้งานจนถึงช่วง 7 เดือน ถึง 1 ปี ให้ทำการปล่อยกากออกทางช่องระบาย ซึ่งสามารถสังเกตได้จากเมื่อเติมแล้วไม่ค่อยล้นแสดงว่ามีเศษไปตกตะกอนอุดตัน หรือดูได้จากอัตราการเกิดก๊าซน้อยลงแสดงว่ามีการอุดตันเช่นเดียวกัน

2. ไม่ควรใส่เศษอาหารเปรี้ยวในถังเพราะจะทำให้แบคทีเรียไม่ทำงานเนื่องจากค่าความเป็นกรดต่างไม่เหมาะสม เมื่อมีค่ากรดในถังเกินไปจะสังเกตได้จากเกิดก๊าซน้อย

3. พยายามอย่าให้ถังกระทบกระเทือนมากเพราะกาวจะกะเทาะออกได้จนเกิดการรั่ว เมื่อเกิดก๊าซก็ตรวจสอบรอยรั่วและสามารถใช้กาวทาซ่อมได้

บทที่ 5

อภิปรายผลและสรุปผลการทดลอง

งานวิจัยเรื่องการจัดการขยะเพื่อการผลิตพลังงานภายในครัวเรือนในพื้นที่เทศบาลตำบลป่าเช่า อำเภอเมือง จังหวัดอุดรธานี เป็นการผลิตก๊าซชีวภาพจากขยะจากครัวเรือนร่วมกับมูลสุกร สำหรับใช้ในครัวเรือน เป็นการประหยัดการใช้ก๊าซหุงต้มจากท้องตลาดได้มาก อีกทั้งวัตถุดิบที่ใช้ผลิตก็ได้จากของเหลือทิ้งหรือวัสดุเหลือทิ้งทางการเกษตร ทำให้มีต้นทุนในการผลิตต่ำเหมาะสำหรับการใช้ในครัวเรือน

ปัจจัยและสภาพแวดล้อมที่มีผลต่อการผลิตก๊าซชีวภาพจากขยะ ช่วงอุณหภูมิที่เหมาะสมสำหรับการผลิตก๊าซชีวภาพ ช่วงอุณหภูมิระดับกลาง ประมาณ 25 - 40 องศาเซลเซียส ช่วงอุณหภูมิระดับสูง ประมาณ 50 - 60 องศาเซลเซียส อัตราการผลิตก๊าซจะเพิ่มขึ้นเมื่ออุณหภูมิสูงขึ้น แต่การเดินระบบที่อุณหภูมิระดับกลางจะได้พลังงานสุทธิมากกว่าการเดินระบบที่อุณหภูมิสูง เนื่องจากไม่จำเป็นต้องใช้พลังงานจากภายนอก พีเอช (pH) ควรควบคุมค่าพีเอชให้อยู่ในช่วง 6.6 - 7.8 ค่าพีเอชที่เหมาะสมที่สุดจะอยู่ในช่วง 7 - 7.2 ระยะเวลาเก็บกักที่เหมาะสม จะขึ้นกับอุณหภูมิ ชนิด ลักษณะสมบัติ และปริมาณของสารอินทรีย์ที่ป้อนเข้าสู่ระบบ ต้นทุนประสิทธิภาพในการผลิตก๊าซมีเทน หากระยะเวลาเก็บกักสั้นเกินไป ก็จะไม่เพียงพอสำหรับการทำงานของแบคทีเรียในการสร้างมีเทน หากระยะเวลาเก็บกักมากเกินไป จะทำให้เกิดการสะสมกากตะกอนที่บริเวณก้นถังและทำให้ถังหมักมีขนาดใหญ่โดยไม่จำเป็น

สรุปผลการทดลอง

5.1 การทำถังหมักก๊าซชีวภาพ

ในกระบวนการทำถังหมักก๊าซนั้น มีการใช้วัสดุที่สามารถหาซื้อได้ตามท้องตลาด เริ่มตั้งแต่ถังหมักขนาด 200 ลิตร สามารถหาซื้อได้เนื่องจากเป็นถังที่ใช้ในการบรรจุน้ำ ระบบเชื่อมต่อต่างๆ สามารถหาได้ตามร้านค้าของงานระบบสุขาภิบาลทั่วไป การเชื่อมต่อของถังหมัก ใช้อุปกรณ์ในการเชื่อมต่อที่สามารถหาได้ทั่วไป ซึ่งไม่เกิดค่าใช้จ่ายในการประกอบถังที่สูงมากจนเกินไป สิ่งสำคัญที่ต้องคำนึงถึงคือกาวในการเชื่อมต่อ จำเป็นต้องมีความระมัดระวังอย่างมาก ต้องเชื่อมต่อกันอย่างละเอียด เพื่อไม่ให้เกิดรอยรั่วของน้ำ อากาศ และอาจจะทำให้เกิดกลิ่นออกมาได้ อันเป็นเหตุให้ถังไม่สามารถ

สร้างกระบวนการหมักและไม่เกิดก๊าซที่จะสามารถนำไปใช้งานได้ โดยในกระบวนการนี้ได้ทำการทดลองร่วมกับผู้ใช้งาน ในช่วงแรกไม่สามารถทำให้ก๊าซเกิดขึ้นได้ ตามกระบวนการของการหมักเศษอาหารและมูลสัตว์ จึงได้ทำการตรวจสอบร่วมกัน จึงพบรอยรั่วของอากาศบริเวณถังหมักแรก เนื่องจากการเชื่อมต่อด้วยกาวบางจุดยังไม่ได้ระมัดระวังจึงได้ดำเนินการแก้ไข ระบบจึงกลับมาทำงานได้

5.2 กระบวนการหมัก

ในขั้นตอนการหมักเศษอาหารหรือเศษวัสดุเหลือทิ้งทางการเกษตร โดยการนำมูลสัตว์เข้าไปหมักในครั้งแรกที่ 50 กิโลกรัม แต่ไม่เกิดก๊าซเนื่องจากมีรอยรั่ว ภายหลังจากการแก้ไขก็ได้ทำการเติมมูลสัตว์เข้าไปเพิ่มเติม โดยมูลสัตว์นี้จะต้องทำให้แห้งก่อนโดยการผสมน้ำเข้าไป ทำการหมักในระบบ 15 วัน แต่ในช่วงนี้มีการเกิดก๊าซเพียงเล็กน้อย จึงได้ทิ้งช่วงระยะเวลาเพิ่มเติมอีก 15 วัน รวมเป็น 30 วัน ก็เกิดก๊าซ ภายหลังจากจึงสามารถเติมเศษอาหารหรือมูลสัตว์เพื่อทำการผลิตก๊าซต่อไปได้ โดยในระยะแรกเติมวัตถุดิบแต่น้อยทุกวันที่มีการใช้ก๊าซประมาณ 1-2 กิโลกรัม แต่ไม่ควรเกิน 4 กิโลกรัมต่อวัน เมื่อใช้ไปนาน ๆ สามารถเติมได้มากขึ้น แต่ไม่เกิน 10 กิโลกรัม เมื่อเติมลงช่อง ให้ใช้ท่อ พี วี ซี กระทุ้งขึ้นลง ให้เศษอาหารกระจายตัว กระบวนการย่อยเพื่อผลิตก๊าซจะใช้เวลาประมาณ 24 ชั่วโมง เมื่อมีก๊าซเกิดขึ้นชุดถังเก็บก๊าซที่คว่ำอยู่จะเริ่มลอย แก๊สที่เกิดขึ้นชุดแรกให้ทำการปล่อยทิ้งก่อนเพราะจะจุดไฟติดยาก เนื่องจากมีปริมาณคาร์บอนไดออกไซด์มาก จำเป็นต้องปล่อยทิ้งและทำให้เกิดก๊าซใหม่ต่อไป จึงสามารถจุดไฟใช้งานได้ ลำดับถัดมาก็เริ่มนำเศษอาหารมาเป็นการเติมลงในถังอีกได้ส่วนถึงจะมีท่อกากน้ำล้น ก็นำกากนั้นไปเป็นปุ๋ยได้เพิ่มเติมอีกด้วย พบว่าผู้ใช้งานมีความพึงพอใจในการทดสอบระบบนี้ เนื่องจากระบบสามารถผลิตก๊าซได้ต่อเนื่อง ถ้ามีการใส่เศษอาหารอย่างต่อเนื่อง

ถังหมักขนาด 200 ลิตร เมื่อแรกสร้างมีจุดประสงค์หลัก เพื่อกำจัดเศษอาหารที่เหลือในครัวเรือน เนื่องจากเศษอาหารต่าง ๆ หากนำไปทิ้งจะเกิดการเน่าเหม็น แต่หากนำมาใส่ถังหมักแล้วปล่อยให้น้ำอยู่ในถังก่อนจนไม่เหลืออะไรให้เน่าแล้ว เมื่อนำออกไปทิ้งก็จะไม่เหม็น ซึ่งในระหว่างการปล่อยน้ำเน่านั้น ได้ก๊าซชีวภาพออกมาด้วยเป็นของแถม จึงหาทางเก็บก๊าซใส่ถังไว้ใช้ ดังนั้นการมีถังหมักขนาด 200 ลิตร ติดครัวเรือนไว้ จึงเป็นการลดปัญหากลิ่นเน่าเหม็นจากการทิ้งขยะสด และได้ก๊าซชีวภาพไว้ใช้ด้วย

การคัดแยกสิ่งปะปนออกจากขยะอินทรีย์ และการบดย่อยขยะอินทรีย์ ให้มีความสม่ำเสมอและเหมาะสมสำหรับการย่อยสลายของจุลินทรีย์ เพื่อผลิตก๊าซชีวภาพ กำจัดกลิ่น และทำให้ของเสียคงสภาพ การจัดการกับกากตะกอนที่เหลือจากการหมัก โดยการลดความชื้นและปรับสภาพให้เหมาะสมสำหรับการนำไปใช้เป็นปุ๋ยอินทรีย์

ผู้ใช้งานจึงมีความพึงพอใจเนื่องจากก๊าซที่ได้ดังกล่าวสามารถใช้ในครัวเรือนได้ ประหยัดค่าก๊าซหุงต้ม ที่ปัจจุบันนี้มีราคาสูงขึ้น นอกจากนี้กากที่ล้นออกมาจากถังบ่มสามารถนำไปทำปุ๋ยบำรุงดินได้ ต้นทุนการผลิตไม่สูง การดูแลรักษาทำได้ง่าย สามารถใช้งานได้ต่อเนื่อง และเป็นการรักษาคุณภาพแวดล้อมที่ดีพร้อมกันไปด้วย

5.3 ข้อเสนอแนะ

1. ไม่ควรเติมวัสดุที่เป็นกรด เนื่องจากจะทำให้ไม่เกิดแก๊ส เช่น ผลไม้ที่มีรสเปรี้ยว
2. มะละกอ หน่อไม้ กากถั่วเหลือง จะเกิดแก๊สได้ดีมาก ทั้งนี้ต้องทำให้เป็นชั้นเล็กมากที่สุด
3. การเติมวัสดุมากหรือน้อย ให้สังเกตจากการเกิดแก๊ส และเราสามารถกำหนดเองได้
4. เราสามารถเพิ่มถังขนาดใหญ่ขึ้นหรือเล็กลงก็ได้ตามขนาดและความเหมาะสม
5. เราสามารถเพิ่มแรงดันให้มากขึ้นโดยใช้น้ำหนักกดทับถังก๊าซให้มากขึ้นและเมื่อมีความดันสูงเราก็ไม่จำเป็นต้องปรับปรุงเตาแก๊สที่จะใช้แต่ถ้ามีความดันต่ำต้องเจาะรูส่งแก๊สที่เตาให้โตขึ้น
6. เตาที่ใช้ควรเป็นเตาแบบหัวเดียว
7. ระยะเดือนแรก ๆ ก๊าซยังมีไม่มาก แต่จะค่อย ๆ มากขึ้นในเดือนต่อไป และเมื่อใช้ไปได้ประมาณ 1 ปี แล้วจึงถ่ายเทของเก่านำไปทำปุ๋ยผสมน้ำรดต้นไม้ได้ จากนั้นจึงเปลี่ยนมูลสัตว์และเศษอาหารเข้าไปใหม่ได้



บรรณานุกรม

บรรณานุกรม

- กระทรวงพลังงาน. (มปป.). **การใช้เทคโนโลยีพลังงานก๊าซชีวภาพ**. กรุงเทพฯ. กรมพัฒนาพลังงานทดแทนและอนุรักษ์พลังงาน.
- กระทรวงวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี (วท.). **Biogas (ก๊าซชีวภาพ)**. [ออนไลน์]. แหล่งข้อมูล:
<http://www.most.go.th/main/index.php/service/sci-daily-words/2900-biogas-.html>. วันที่สืบค้น: 16 มีนาคม 2559
- กรมควบคุมมลพิษ. (2557). **การจัดการมูลสุกรและน้ำเสียมูลสุกร**. [ออนไลน์]. แหล่งข้อมูล:
http://www.pcd.go.th/info_serv/water_swine.html. วันที่สืบค้น: 23 กุมภาพันธ์ 2559
- กรมพัฒนาพลังงานทดแทนและอนุรักษ์พลังงาน. (2556). **ข้อมูลระบบผลิตก๊าซ**. [ออนไลน์].
แหล่งข้อมูล : <http://encrop.sut.ac.th/project/content/khmuulrabbphlitkaach>
วันที่สืบค้น: 12 มีนาคม 2559
- กรมโรงงานอุตสาหกรรม. (2553). **คู่มือการปฏิบัติงานเกี่ยวกับการออกแบบ การผลิต การควบคุมคุณภาพ และการใช้ก๊าซชีวภาพ (Biogas) สำหรับโรงงานอุตสาหกรรม**. [ออนไลน์].
แหล่งข้อมูล:http://www.diw.go.th/km/safety/pdf/biogas_2.pdf. วันที่สืบค้น: 27 กุมภาพันธ์ 2559
- จินตนา จิตต์ภูักดี. (2552). **การผลิตก๊าซชีวภาพจากเปลือกและพัลพ์สับประรดโดยการหมักแบบ 2 ขั้นตอน** วิทยานิพนธ์ วท.ม. (เทคโนโลยีอุตสาหกรรมชีวภาพ) บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ
- จิระสมัย ดลขม. (2551). **การผลิตก๊าซชีวภาพจากกรดอินทรีย์ระเหยในระบบถังหมักแบบสองขั้นตอน**. วิทยานิพนธ์ วท.ม. (วิทยาศาสตร์ศึกษา) มหาวิทยาลัยราชภัฏพระนคร
- พิไท ตาทอง (2546) **การบำบัดน้ำเสีย**. [ออนไลน์]. แหล่งข้อมูล:
<http://www.yala.ac.th/links/pitai/link.htm> วันที่สืบค้น: 7 มีนาคม 2559
- พิภัทร แสงสินธุสร. (2550). **การศึกษาระดับพฤติกรรมกรรมการจัดการขยะมูลฝอยของประชาชนในเขตเทศบาลนครภูเก็ต**
- ณัฐภาพ ปัญญาวงศ์. (2557). **การผลิตก๊าซชีวภาพจากเปลือกทุเรียนผสมมูลสุกรและเศษอาหาร**

โครงการวิจัย วท.บ (วิทยาศาสตร์สิ่งแวดล้อม) คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีมหาวิทยาลัย
ราชภัฏอุตรดิตถ์

ธงชัย ทองทวี. (2553). การศึกษาสภาพปัญหาการจัดการขยะมูลฝอยองค์การบริหารส่วนตำบล
หนองขาม อำเภอจักราช จังหวัดนครราชสีมา

ชนกฤต บวกขุนทด. (2553). การศึกษารูปแบบการจัดการการเก็บขยะชุมชน กรณีศึกษา
องค์การบริหารส่วนตำบลโนนเมืองพัฒนา อำเภอด่านขุนทด จังหวัดนครราชสีมา

สุมานันท์ วัดเมือง. (2557). การผลิตก๊าซชีวภาพจากน้ำทิ้งโรงอาหารร่วมกับมูลสุกรและเศษ
อาหาร. โครงการวิจัย วท.บ (วิทยาศาสตร์สิ่งแวดล้อม) คณะวิทยาศาสตร์เทคโนโลยี
มหาวิทยาลัยราชภัฏอุตรดิตถ์

สำนักงานนโยบายและแผนพลังงาน. (2557). พลังงานก๊าซชีวภาพ. [ออนไลน์] แหล่งข้อมูล
<http://www.eppo.go.th/power/powerN/PICP/File/%2815%29.pdf>. วันที่สืบค้น: 14
กุมภาพันธ์ 2558.

ศศิพร แก้วพินิจ. (2551). ความร่วมมือระหว่างประชาชนกับภาครัฐในการลดปริมาณขยะ กรณีศึกษา
เขตเทศบาลนครเชียงใหม่. คณะเศรษฐศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่

ศิริวรรณ ปัญญาทิพย์. (2557). การผลิตก๊าซชีวภาพจากกากไขมันเหลือทิ้งร่วมกับมูลสุกรและน้ำ
ทิ้งโรงอาหาร. โครงการวิจัย วท.บ (วิทยาศาสตร์สิ่งแวดล้อม) คณะวิทยาศาสตร์เทคโนโลยี
มหาวิทยาลัยราชภัฏอุตรดิตถ์

อรรวรรณ วัฒนยมนาพร. (2553). การหมักร่วมของขยะเศษอาหารกับกากตะกอนน้ำเสียชุมชนโดย
ใช้ถังหมักไร้อากาศแบบสองขั้นตอนสำหรับผลิตก๊าซชีวภาพ. วิทยานิพนธ์ วท.ม.
(วิทยาศาสตร์สิ่งแวดล้อม)

อารียา วิรัชวรกุล. (2546). ได้ศึกษาการผลิตก๊าซชีวภาพจากเศษอาหารโดยการย่อยสลายภายใต้
สภาวะไร้ออกซิเจนแบบสองขั้นตอนในห้องปฏิบัติการ. วิทยานิพนธ์ วท.ม. (จุลชีววิทยา).
บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์



ภาคผนวก



ภาคผนวก ก

ข้อมูลก๊าซชีวภาพ อุณหภูมิ และ ค่าความเป็นกรด - ด่าง

ภาคผนวก ก

ข้อมูลก๊าซชีวภาพ อุณหภูมิ และ ค่าความเป็นกรด - ต่าง

ตารางแสดงปริมาณก๊าซสะสมใน 10 วัน ของสูตรน้ำ : มูลสุกร อัตราส่วน 1 : 1

จำนวนวัน	วันที่	pH	อุณหภูมิ	ปริมาณ ก๊าซ	ปริมาณ ลดลง	ก๊าซรวม
1	6/04/59	4.70	30.70	-	-	-
2	7/04/59	4.67	31.10	150	-	150
3	8/04/59	4.64	30.74	250	-	250
4	9/04/59	4.60	31.00	100	-	100
5	10/04/59	4.57	31.26	150	-	150
6	11/04/59	4.41	30.36	200	-	200
7	12/04/59	4.39	31.20	150	-	150
8	13/04/59	4.46	31.00	250	-	250
9	14/04/59	4.14	31.12	100	-	100
10	15/04/59	3.96	30.92	100	-	100

ตารางแสดงปริมาณก๊าซสะสมใน 10 วัน ของสูตรมูลสุกร 100 %

จำนวนวัน	วันที่	pH	อุณหภูมิ	ปริมาณ ก๊าซ	ปริมาณ ลดลง	ก๊าซรวม
1	6/04/59	6.60	31.24	-	-	-
2	7/04/59	5.67	30.72	100	-	100
3	8/04/59	6.16	31.80	500	-	500
4	9/04/59	6.12	30.87	150	-	150
5	10/04/59	6.14	32.46	200	-	200
6	11/04/59	5.91	31.79	250	-	250
7	12/04/59	6.22	31.94	100	-	100
8	13/04/59	6.24	31.82	150	-	150

9	14/04/59	6.55	30.90	200	-	200
10	15/04/59	7.11	31.00	150	-	150





ภาคผนวก ข
ภาพประกอบการทดลอง

ภาพประกอบการวิจัย



ภาพ ข (1) ขยะทิ้งจากชุมชน

ภาพ ข (2) มูลสุกร

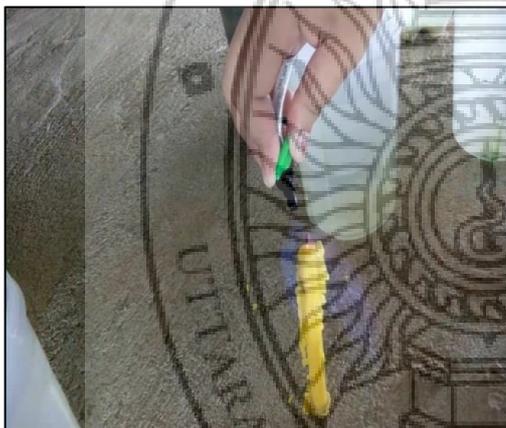


ภาพ ข (3) มูลสุกรผสมน้ำ



ภาพ ข (4) วัด PH และ อุณหภูมิ

ภาพ ข (5) ทดลองจุดไฟในขวด



ภาพ ข (6) ลักษณะเปลวไฟ 10 วัน

ภาพ ข (7) ลักษณะเปลวไฟ 10 วัน



ภาพ ข (8) ลักษณะเปลวไฟ 10 วัน



ภาพ ข (9) แบบถังหมักก๊าซชีวภาพ