

## บทที่ 2

### แนวคิด ทฤษฎี และงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

#### 2.1 พลังงานแก๊สชีวภาพ

จากการเจริญเติบโตทางด้านเศรษฐกิจอย่างรวดเร็วและการเพิ่มขึ้นของประชากรโลกนำไปสู่ความต้องการใช้พลังงานที่เพิ่มขึ้น ส่งผลให้ปริมาณเชื้อเพลิงลดน้อยลงและราคาพลังงานปรับตัวสูงขึ้น ทำให้มีการพัฒนาหาแหล่งพลังงานที่ยั่งยืนเพื่อลดการพึ่งพาพลังงานเชื้อเพลิงฟอสซิลและลดการปล่อยแก๊สเรือนกระจก แก๊สชีวภาพจึงเป็นอีกทางเลือกหนึ่งที่น่าสนใจ แก๊สชีวภาพมีแก๊สมีเทนเป็นองค์ประกอบหลักเป็นพลังงานสะอาด แม้ปัจจุบันการใช้พลังงานหุงต้มในครัวเรือนนั้นนับว่ามีความจำเป็นของทุกครัวเรือน โดยพลังงานที่ใช้เป็นแก๊สหุงต้มแอลพีจีนั้นวันจะหมดไป ดังนั้นจึงจำเป็นต้องหาพลังงานทดแทนใช้เพื่อก่อเกิดประโยชน์ และระบบสุขาภิบาลที่มีสิ่งปฏิกูลจากมนุษย์เป็นของเสียที่ไม่พึงปรารถนาเนื่องจากมีมลภาวะทางกลิ่น รวมถึงเศษอาหารประเภทเปียก หากจัดการระบบสุขาภิบาลนี้ให้เป็นระบบการผลิตแก๊สชีวภาพเพื่อใช้ในครัวเรือนได้จะเกิดประโยชน์ ลดการใช้เชื้อเพลิงหุงต้มได้ รวมถึงมลภาวะทางกลิ่นเนื่องจากระบบสุขาภิบาลของครัวเรือนทุกแห่งจะมีท่อปล่อยแก๊สไข่นำออกมาทุกบ่อโดยยังไม่การนำแก๊สนี้ไปใช้งานจริง ซึ่งแก๊สนี้เมื่อถูกปล่อยสู่บรรยากาศจะก่อเกิดมลภาวะ หากนำแก๊สนี้ไปใช้เป็นแก๊สหุงต้มจะดีมากขึ้นรวมถึงการนำเอาน้ำนั้นเป็นปุ๋ยชีวภาพ จากปัญหาการปล่อยแก๊สไข่นำที่ประกอบด้วย แก๊สคาร์บอนไดออกไซด์นั้นและแก๊สมีเทน จึงควรจำเป็นมีการจัดระบบสุขาภิบาลเพื่อลดปัญหาดังกล่าวรวมถึงได้เชื้อเพลิงแก๊สชีวภาพเป็นพลังงานทดแทนอีกด้วยซึ่งนับว่าเป็นผลดีจากการจัดระบบสุขาภิบาลนี้รวมถึงสิ่งแวดล้อมดีขึ้น

แก๊สชีวภาพ (Biogas) คือ แก๊สที่เกิดขึ้นเองตามธรรมชาติจากการหมักย่อยสลายของสารอินทรีย์ภายใต้สภาวะที่ปราศจากออกซิเจน โดยทั่วไปจะหมายถึงแก๊สมีเทนที่เกิดจากการหมักของสารอินทรีย์ โดยกระบวนการนี้สามารถเกิดขึ้นได้ในหลุมขยะ กองมูลสัตว์และก้นบ่อแหล่งน้ำนิ่ง กล่าวคือเมื่อไรก็ตามที่มีสารอินทรีย์หมักกันเป็นเวลานานก็อาจเกิดแก๊สชีวภาพ แต่นี้เป็นเพียงแค่หลักการทางทฤษฎีองค์ประกอบส่วนใหญ่เป็นแก๊สมีเทน( $\text{CH}_4$ ) ประมาณ 50-70% และแก๊สคาร์บอนไดออกไซด์ ( $\text{CO}_2$ ) ประมาณ 30-40% ส่วนที่เหลือเป็นแก๊สชนิดอื่น ๆ เช่น ไฮโดรเจน( $\text{H}_2$ ) ออกซิเจน ( $\text{O}_2$ ) ไฮโดรเจนซัลไฟด์ ( $\text{H}_2\text{S}$ ) ไนโตรเจน ( $\text{N}$ ) และไอน้ำ เป็นต้น (จุฑาภรณ์ ชนะถาวร, 2560 : หน้า 6; ชัยศรี ธาราสวัสดิ์พิพัฒน์ และโกวิท สุวรรณหงษ์, 2555 : หน้า 5; ศิริลักษณ์ ช่วยพจน์ และอุษา อันทอง, 2556 : หน้า 1) แก๊สชีวภาพหรือแก๊สหนองน้ำขึ้นอยู่กับแหล่งที่มันเกิด กระบวนการนี้เป็นที่นิยมในการเปลี่ยนของเสียประเภทอินทรีย์ทั้งหลายไปเป็นกระแสไฟฟ้า นอกจากกำจัดขยะได้แล้วยังทำลาย เชื้อโรค ได้ด้วย การใช้แก๊สชีวภาพเป็น การบริหารจัดการของเสีย ที่ควรได้รับการสนับสนุนเพราะไม่เป็นการเพิ่มแก๊สคาร์บอนไดออกไซด์ ในชั้นบรรยากาศที่เป็นต้นเหตุของปรากฏการณ์เรือนกระจกส่วนการเผาไหม้ แก๊สชีวภาพ ซึ่งมีแก๊สมีเทนเป็นส่วนประกอบหลักที่สะอาด

ตารางที่ 2.1 องค์ประกอบของแก๊สชีวภาพโดยทั่วไป

ชนิด	ปริมาณ %
มีเทน	50-70
คาร์บอนไดออกไซด์	30-50
แอมโมเนีย (NH <sub>3</sub> )	0-300 ppm
ออกซิเจน (O <sub>2</sub> )	<1
ไนโตรเจน (N <sub>2</sub> )	1-4
ความชื้น (H <sub>2</sub> O)	2-5

(จุฬารัตน์ ชนะถาวร, 2560 : หน้า 6)

ตารางที่ 2.2 คุณสมบัติของแก๊สชีวภาพ

คุณสมบัติ	ค่าคุณสมบัติ
ค่าความร้อน	21 MJ/m <sup>3</sup> (CH <sub>4</sub> 60%)
ความเร็วเปลวไฟ	25 cm/s
อุณหภูมิเผาไหม้ในอากาศ	650 °C
อุณหภูมิจุดติดไฟ (CH <sub>4</sub> )	600 °C
ค่าความจุความร้อน	1.6 kJ/m <sup>3</sup> -°C
ความหนาแน่น	1.15 Kg/m <sup>3</sup>

(จุฬารัตน์ ชนะถาวร, 2560 : หน้า 7; ศิวรินทร์ ชีวรัตน์, 2560 : หน้า 3)

ตารางที่ 2.3 ปริมาณแก๊สที่ผลิตได้จากมูลสัตว์ชนิดต่าง ๆ

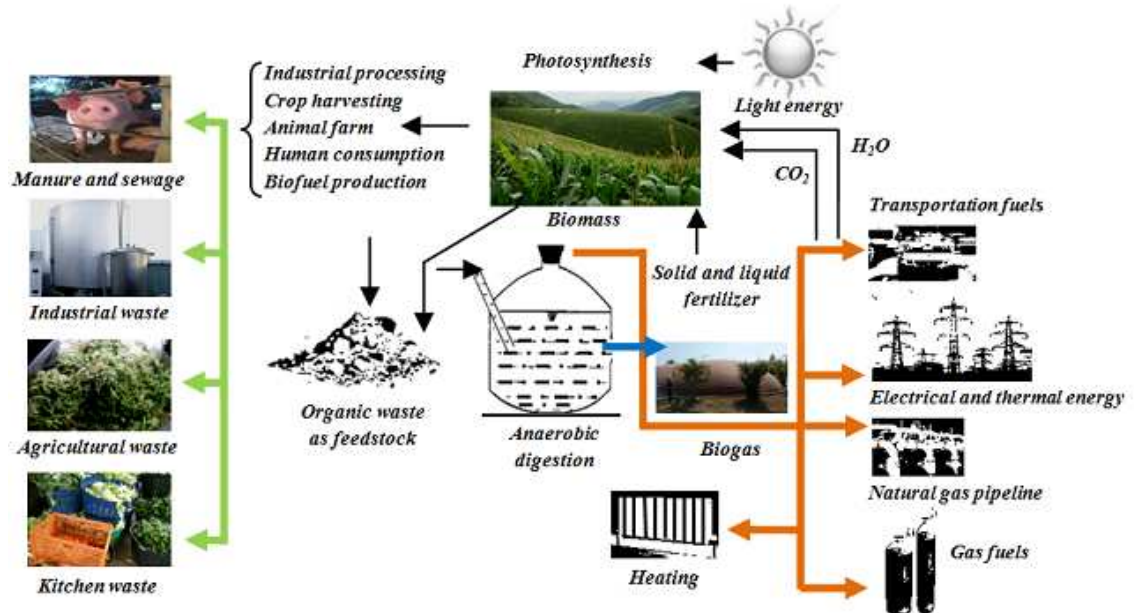
ชนิดของสัตว์	ปริมาณแก๊สต่อมล (ลบ.ม./กก.)	ปริมาณแก๊สต่อวัน (ลบ.ม./ตัว)
สุกร	0.4-0.5	0.24
โค	0.1-0.3	0.22
ไก่	0.3-0.6	0.014
คนหรือของเสียในครัวเรือน	0.3-0.7	0.028

(เชชมพงษ์ สงสอน, กษิดีเดช สิบศิริ และกิตติคุณ แก้วภิรมย์, 2559 : หน้า 15)

ตารางที่ 2.4 องค์ประกอบแก๊สชีวภาพตามแหล่งวัตถุดิบชีวภาพ

องค์ประกอบแก๊สชีวภาพ	หน่วย	ขยะอินทรีย์	จากน้ำเสีย	จากพื้นที่ฝังกลบ
มีเทน	%vol	60-70	55-65	45-55
คาร์บอนไดออกไซด์	%vol	30-40	35-45	30-40
ไนโตรเจน	%vol	<1	<1	5-15
ไฮโดรเจนซัลไฟด์	ppmv	10-2000	10-40	50-300

(ผจสุช สุธารัตน์ และคณะ, 2560 : หน้า 3)



ภาพที่ 2.1 วงจรการผลิตแก๊สชีวภาพ  
(จุฑาภรณ์ ชนะถาวร, 2560 : หน้า 7)

### 2.1.1 ระบบผลิตแก๊สชีวภาพใช้ทั่วไปในปัจจุบัน

ระบบการย่อยสลายในสภาวะไร้อากาศ มีการป้อนสารอินทรีย์เข้าสู่ระบบหมักหรือถังปฏิกริยาในลักษณะที่แตกต่างกัน สามารถแบ่งตามลักษณะการป้อนสามารถแบ่งได้เป็น 3 วิธีดังต่อไปนี้ (จุฑาภรณ์ ชนะถาวร, 2560 : หน้า 14-16)

#### 1. การทำงานระบบแบบแบทช์ หรือแบบกะ (Batch operation)

เป็นลักษณะการป้อนสารอินทรีย์ทั้งหมดเข้าสู่ระบบหมักหรือถังปฏิกริยาในครั้งแรกเพียงครั้งเดียวให้เต็มระบบ ในขณะที่เริ่มต้นระบบจากนั้นจะถูกปิดเป็นระบบปิดและจะปล่อยให้เกิดการย่อยสลายสารอินทรีย์ โดยแบคทีเรียในระบบและจะไม่มีสารอินทรีย์เพิ่มเข้าไปอีก สารอินทรีย์ถูกย่อยสลายจนหมดสังเกตได้จากไม่มีแก๊สเกิดขึ้น จึงถ่ายหรือสูบตะกอนทิ้งไป แล้วเติมสารอินทรีย์เข้าไปใหม่ ระบบนี้เหมาะสมกับวัตถุดิบที่ปริมาณมาก ๆ แต่นานๆ จึงจะมีสักครั้ง การ

หมักแบบนี้ประสิทธิภาพไม่ดีนัก และเสถียรภาพของระบบไม่คงที่ เนื่องจากปริมาณแก๊สที่เกิดขึ้นไม่สม่ำเสมอ

## 2. การทำงานระบบแบบกึ่งต่อเนื่อง (Semi-continuous operation)

เป็นลักษณะการป้อนสารอินทรีย์เข้าสู่ระบบหมักหรือถังปฏิกริยาในลักษณะเป็นช่วงๆ แต่สม่ำเสมอ โดยจะมีการป้อนเข้าของสารอินทรีย์และถ่ายวัสดุหมักที่ผ่านการกำจัดสารอินทรีย์แล้ว ออกจากระบบหมักหรือถังปฏิกริยา เหมาะสำหรับใช้ในกรณีที่มีวัตถุดิบเป็นประจำ จะมีท่อสำหรับป้อนวัตถุดิบลงในระบบและท่อสำหรับให้วัตถุดิบเก่าในระบบที่ผ่านการย่อยสลายแล้วไหลล้นออกมาหรือถ่ายทิ้ง ปกติจะเติมสารอินทรีย์ใหม่ทุกวัน ๆ ละครั้ง การหมักแบบนี้จะส่งผลดีต่อการทำงานของแบคทีเรีย เนื่องจากช่วยให้เกิดสภาวะคงตัวของระบบ เนื่องจากแบคทีเรียที่สร้างมีเทนไวต่อการเปลี่ยนแปลงต่อความเข้มข้นของสารอาหาร ช่วยลดปัญหาอันเนื่องมาจากการที่สารอาหารเพิ่มเข้าสู่ระบบอย่างกะทันหันมีผลทำให้ประสิทธิภาพดีกว่าแบบครั้งคราวปริมาณแก๊สที่เกิดขึ้นค่อนข้างสม่ำเสมอใช้ทั่วไป

## 3. การทำงานแบบต่อเนื่อง (Continuous operation)

เป็นลักษณะการป้อนสารอินทรีย์เข้าสู่ระบบหมักหรือถังปฏิกริยาอย่างต่อเนื่องตลอดเวลา วัสดุหมักจะถูกย่อยสลายภายในระบบหมักหรือถังปฏิกริยาช่วงเวลาหนึ่งและถูกถ่ายออกจากระบบหมักหรือถังปฏิกริยาอย่างต่อเนื่อง เช่นเดียวกันประสิทธิภาพของระบบจะสูงที่สุด แต่การเติมวัสดุหมักตลอดเวลาด้วยอัตราคงที่นั้น อาจทำได้ยากหากไม่มีเครื่องสูบลม ดังนั้นในทางปฏิบัติระบบนี้อาจจะมีความยุ่งยากเมื่อนำไปใช้ผลิตแก๊สชีวภาพขนาดเล็กในชนบท

### 2.1.2 ปัจจัยที่มีความสำคัญต่อกระบวนการผลิตแก๊สชีวภาพ

การบวนการหมักแก๊สชีวภาพในระบบการหมักแบบไร้อากาศ จำเป็นต้องอาศัยจุลินทรีย์ที่ไม่ต้องการออกซิเจนในการย่อยสลายสารอินทรีย์ในระบบ เพื่อเปลี่ยนเป็นผลิตภัณฑ์ในรูปแบบของแก๊สชีวภาพ สภาวะของระบบหมักจะต้องเหมาะสมต่อการเจริญของจุลินทรีย์ เพื่อป้องกันการล้มเหลวของระบบ การย่อยสลายสารอินทรีย์และการผลิตแก๊สชีวภาพมีปัจจัยต่างๆ เกี่ยวข้องดังต่อไปนี้ (จุฑาภรณ์ ชนะถาวร, 2560 : หน้า 1-14; ผงสุข สุธารัตน์ และคณะ, 2560 : หน้า 9-12)

1. ค่าความเป็นกรดต่าง มีความสำคัญต่อการหมักมาก ช่วง pH ที่เหมาะสมอยู่ในระดับ 6.6-7.5 ถ้า pH ต่ำเกินไปจะเป็นอันตรายต่อแบคทีเรียที่สร้างแก๊สมีเทนในถังหมักแก๊สชีวภาพเกี่ยวข้องโดยตรงกับระยะเวลาในการหมัก ระยะเริ่มต้นของการหมักปริมาณของกรดอินทรีย์จะถูกสร้างขึ้นโดยแบคทีเรียที่สร้างกรด ค่า pH ภายในถังหมักสามารถลดลงถึงระดับที่ต่ำกว่า 5 ซึ่งจะชะลอหรือหยุดการย่อยหรือการหมักได้

2. อุณหภูมิ การย่อยสลายอินทรีย์และการผลิตแก๊สในสภาพปราศจากออกซิเจนสามารถเกิดขึ้นในช่วงอุณหภูมิที่กว้างมาก ตั้งแต่ 4-60 °C ขึ้นอยู่กับชนิดของกลุ่มจุลินทรีย์แบคทีเรียสร้างมีเทนจะไม่ทำงานในอุณหภูมิที่ต่ำมากๆ หรือสูงมากๆ อุณหภูมิสูงสุดที่เมทาโนเจนทำงานอยู่ได้คือ 35 °C และถ้าอุณหภูมิต่ำลงถึงระดับ 10 °C กระบวนการผลิตแก๊สจะหยุดโดยสิ้นเชิง ช่วงอุณหภูมิที่เหมาะสมในการผลิตแก๊สชีวภาพ คือ 25-30 °C การทำอุณหภูมิที่เหมาะสมสำหรับถังหมัก

จะช่วยเพิ่มประสิทธิภาพในช่วงฤดูหนาว เมื่ออุณหภูมิโดยรอบถึงหมักมีค่า 30 °C หรือน้อยกว่า อุณหภูมิเฉลี่ยภายในถังหมักจะสูงกว่าอุณหภูมิภายนอกถังหมักประมาณ 4 °C คือ ประมาณ 34 °C

3. ระยะเวลาในการย่อย ระยะเวลาในการย่อยวัสดุหมักที่เหมาะสมที่สุดควรอยู่ระหว่าง 40-60 วัน สามารถคำนวณหาระยะเวลาในการย่อยสลายได้โดยนำค่าของปริมาตรถังหมัก หรือบ่อหมักหารด้วยปริมาตรของวัสดุหมักที่เติมเข้าไปใน 1 วัน ดังนั้นปริมาตรของถังหมักหรือบ่อหมักจึงควรมีค่าเป็น 40-60 เท่า ของปริมาตรวัตถุดิบที่ใส่เข้าไปในแต่ละวัน นอกจากนี้ระยะเวลาในการย่อยยังขึ้นอยู่กับอุณหภูมิด้วย อุณหภูมิสูงจะทำให้ระยะเวลาในการย่อยน้อยลง ในปัจจุบันเป็นที่ยอมรับว่าจุลินทรีย์ที่สร้างแก๊สมีเทนสามารถเจริญเติบโต ในช่วง pH แคบเท่านั้น และปัจจัยจากสิ่งแวดล้อม จะมีผลโดยตรงต่อการเจริญเติบโต จุลินทรีย์พวกสร้างแก๊สมีเทนทุกชนิดเป็นจุลินทรีย์ที่ดำรงชีวิตอยู่ได้เฉพาะในสภาวะไร้ออกซิเจนเท่านั้น

4. สารยับยั้งและสารพิษ สารยับยั้งการเจริญเติบโตของจุลินทรีย์ที่เกี่ยวข้องกับระบบ ได้แก่ กรดไขมันระเหยได้ไฮโดรเจน หรือแอมโมเนีย รวมถึงธาตุไอออน, สารพิษ, โลหะหนัก, สารทำความสะอาดต่างๆ เช่นสบู่ น้ำยาล้างต่างๆ และยาปฏิชีวนะ สามารถส่งผลยับยั้งการเจริญเติบโตและการผลิตแก๊สของแบคทีเรียได้ โลหะหนักบางประเภท เช่น ทองแดง, นิกเกิล, โครเมียม, สังกะสี, ตะกั่ว และอื่นๆ ในปริมาณที่น้อยๆ ช่วยในการเจริญเติบโตของแบคทีเรีย แต่เมื่อความเข้มข้นสูงก็จะเป็นพิษ

5. วัตถุดิบที่ป้อนเข้าระบบสารอินทรีย์ทุกชนิดสามารถนำมาใช้วัตถุดิบในการผลิตแก๊สชีวภาพ ซึ่งโดยทั่วไปแล้วนิยมใช้วัสดุที่เป็นของเสียเหลือทิ้ง เช่น น้ำเสีย และขยะอินทรีย์ มาผลิตแก๊สชีวภาพ เนื่องจากเป็นการลดปริมาณของเสียไม่มีต้นทุนของวัตถุดิบและยังเป็นการนำของเสียมาเพิ่มมูลค่าจากการศึกษากระบวนการย่อยสลายสารอินทรีย์เพื่อผลิตแก๊สชีวภาพพบว่าสามารถใช้สารอินทรีย์โมเลกุลใหญ่ พวกคาร์โบไฮเดรต โปรตีน และไขมัน เป็นวัสดุที่ใช้หมักแก๊สชีวภาพได้ การใส่เศษอาหารแทนมูลสัตว์จึงเป็นแนวทางหนึ่งที่สามารถทำได้ เนื่องจากทั้งมูลสัตว์และเศษอาหารต่างก็เป็นสารที่มีองค์ประกอบของสารอินทรีย์โมเลกุลใหญ่ที่เหมือนกัน ทั้งนี้บทบาทของจุลินทรีย์กลุ่มแรกที่ขับน้ำย่อยออกมาย่อยสารโมเลกุลใหญ่ พวกคาร์โบไฮเดรต โปรตีน และไขมันให้เป็นสารโมเลกุลเล็กที่ละลายน้ำก็ยังคงเดิม

6. อัตราการป้อนสารอินทรีย์อัตราการป้อนสารอินทรีย์เป็นปัจจัยหนึ่งที่ใช้ในการอธิบาย ปริมาณสารอินทรีย์หรือวัตถุดิบที่เติมเข้าสู่ถังหมักในแต่ละครั้งต่อช่วงเวลา โดยปริมาณสารตั้งต้นโดยการปรับอัตราการป้อนสารอินทรีย์ อัตราการป้อนสารอินทรีย์ที่เหมาะสมของระบบการย่อยสลายอินทรีย์แบบไร้อากาศ อยู่ในช่วงประมาณ 1-15 g VS/m<sup>3</sup>.d ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับลักษณะของถังหมักที่ในการผลิตแก๊สชีวภาพ

7. อัตราส่วนคาร์บอนต่อไนโตรเจน (C/N) เป็นค่าความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณคาร์บอนและไนโตรเจนในสารอินทรีย์และมีความสำคัญสร้างเป็นโปรโตพลาสซึมของเซลล์ใหม่และสร้างกำแพงแบคทีเรียให้กับระบบอัตราส่วนคาร์บอนต่อไนโตรเจนที่เหมาะสมในการย่อยสลายสารอินทรีย์ในสภาวะไร้อากาศอยู่ในช่วง 8-23 ถ้าอัตราส่วน C/N มีค่าสูงเกินไป ไนโตรเจนจะมีไม่เพียงพอเนื่องจากถูกใช้หมดอย่างรวดเร็ว ผลคืออัตราการเกิดเซลล์ของแบคทีเรียลดน้อยลง ส่งผลโดยตรงต่อปริมาณการผลิตแก๊สชีวภาพ ทำให้แก๊สชีวภาพที่ผลิตได้มีปริมาณน้อย ในทางกลับกันถ้าหากอัตราส่วน C/N

มีค่าต่ำเกินไป ไนโตรเจนจะมีมากเกินไปในการทำงานของแบคทีเรีย ทำให้เปลี่ยนมาสะสมอยู่ในรูปของแอมโมเนียไนโตรเจน ซึ่งจะเป็นตัวยับยั้งการทำงานของระบบ

8. กรดอินทรีย์ระเหยง่ายกรดอินทรีย์ระเหยง่ายที่เกิดขึ้นในระหว่างการหมัก หรือในองค์ประกอบของสารอินทรีย์จะถูกนำไปใช้โดยแบคทีเรียพวกสร้างแก๊สมีเทน แต่ถ้าใช้ไม่ทันจะเกิดการสะสมของกรด ส่งผลให้ค่า pH ลดลง ทำให้เกิดอันตรายต่อแบคทีเรีย โดยทั่วไปปริมาณกรดอินทรีย์ระเหยง่ายในถังหมักไม่ควรเกิน 2,000 mg/L แต่อาจทนได้ถึง 5,000 mg/L

9. อัลคาลินิตี (Alkalinity) เป็นความสามารถในการรักษาระดับความเป็นกรด-ด่างของระบบ หากค่าอัลคาลินิตีมีค่าต่ำจะมีแนวโน้มเป็นกรดได้ง่าย ค่าอัลคาลินิตีที่เหมาะสมต่อระบบหมักมีค่าประมาณ 1,000-5,000 mg/L ในรูปของแคลเซียมคาร์บอเนต ( $\text{CaCO}_3$ )

### 2.1.3 ชนิดและแบบของบ่อแก๊สชีวภาพ

บ่อแก๊สชีวภาพแบ่งตามลักษณะการทำงาน ลักษณะของของเสียที่เป็นวัตถุดิบและประสิทธิภาพ การทำงานได้ดังนี้ (ชัยศรี ธาราสวัสดิ์พิพัฒน์, 2554 : หน้า 20-21)

1. แบบยอดโดมหรือแบบฟิกซ์โดม (Fixed Dome) ลักษณะเป็นทรงกลมฝังอยู่ใต้ดิน ส่วนที่กักเก็บแก๊สมีลักษณะเป็นโดมแบบนี้เหมาะสำหรับฟาร์มเลี้ยงสัตว์ ขนาดเล็ก มีข้อดี คือ ประหยัดพื้นที่บริเวณฟาร์มง่ายต่อการต่อรางระบายมูลสุกรจากโรงเรือนไปสู่อบหมัก

2. แบบรางขนานหรือแบบปลั๊กโฟลว์ (Plug flow) มีลักษณะเป็นรูปสี่เหลี่ยมคางหมูฝังในดิน ส่วนที่ใช้เก็บแก๊สจะใช้ผ้าพลาสติกคลุมส่วนของบ่อหมักไว้ ข้อดีของบ่อแบบนี้ คือ เนื่องจากลักษณะของบ่อเป็นแนว จึงทำให้ระยะเวลาในการหมักมูลสุกรมากขึ้น ซึ่งถ้ามูลสุกรมีเวลาในการหมักนาน ก็จะทำให้ปริมาณแก๊สที่เกิดขึ้นมีมากขึ้นด้วย

3. แบบไฮฟี (Hippi) ระบบการกำจัดของเสียแบบไฮฟีระบบนี้ออกแบบขึ้นมาเพื่อกำจัดของเสียจากฟาร์มสุกรระดับกลางถึงระดับใหญ่หรือฟาร์มขนาดประมาณ 1,500 ตัว โดยเฉพาะ โดยมุ่งกำจัดทั้งของเสียที่เป็นของแข็งได้แก่มูลสุกรและส่วนที่เป็นของเหลว ได้แก่ ปัสสาวะและน้ำล้างคอก ระบบนี้ออกแบบมาเพื่อกำจัดของเสียที่มีความเข้มข้นต่ำ คำว่า ไฮฟีย่อมาจากคำว่า Hybrid plug - flow high-rate system ระบบนี้ประกอบด้วยถังหมักตะกอนแบบหมักช้า (Plug -flow) และถังหมักของเสียเป็นน้ำแบบหมักเร็วเข้าด้วย เพื่อให้ระบบการกำจัดของเสียดังกล่าวสามารถกำจัดของเสียที่เป็นน้ำได้

### 2.1.4 การสร้างบ่อหมักแก๊สชีวภาพ

ในการสร้างบ่อหมักแก๊สชีวภาพ ประกอบด้วยรายละเอียดดังนี้ (ชัยศรี ธาราสวัสดิ์พิพัฒน์, 2554 : หน้า 19)

1. การเลือกสถานที่นั้น ควรอยู่ในที่ที่มีแสงสว่างส่องถึง เพราะจะทำให้ระบบการหมักทำงานได้อย่างมีประสิทธิภาพ ควรเลือกสร้างที่ดอน น้ำท่วมไม่ถึง มีระดับน้ำใต้ดินลึก

2. การเลือกแบบบ่อหมักแก๊สชีวภาพ การพัฒนาแบบการสร้างบ่อแก๊สชีวภาพให้เหมาะสมกับสภาพของแต่ละพื้นที่ โดยยึดหลักสิ้นเปลืองค่าใช้จ่ายน้อย ง่ายแก่การปฏิบัติมีประสิทธิภาพสูงเหมาะกับการใช้พลังงานประจำวัน ต้องคำนึงถึงสิ่งต่อไปนี้เป็น

- สถานที่ที่จะสร้างบ่อแก๊สชีวภาพ
- ขนาดของบ่อหมัก
- ลักษณะของแบบ หรือรูปทรงของบ่อที่เหมาะสม
- จำนวนสัตว์ที่เลี้ยงอยู่ในฟาร์มซึ่งจะสัมพันธ์กับมูลที่ถ่ายออกมา
- เงินทุนที่ใช้ในการก่อสร้าง
- การใช้กระแสไฟฟ้าภายในฟาร์ม
- วัสดุอุปกรณ์ที่ใช้ก่อสร้างบ่อแก๊สชีวภาพ
- หน่วยงานทางราชการที่ให้คำปรึกษาเฉพาะด้านที่เกี่ยวกับเรื่องแก๊สชีวภาพ

3. ขั้นตอนการสร้างบ่อแก๊สชีวภาพ ขั้นตอนการสร้างบ่อแก๊สชีวภาพเริ่มต้นจากการสำรวจพื้นที่และชนิดของดินบริเวณที่จะก่อสร้างบ่อก่อน ต่อมาให้วางผังโดยใช้ปูนขาวโรยบริเวณที่เราจะขุดบ่อ บ่อที่จะขุด มีทั้งหมด 3 บ่อ คือ บ่อเติม บ่อหมัก บ่อล้น แล้วจึงขุดบ่อตามแบบที่เราต้องการ โดยเริ่มต้นก่อสร้างบริเวณกันบ่อก่อนทุกบ่อ แต่งรูปทรงบ่อให้ราบเรียบจากนั้นจึงเริ่มก่อผนังของแต่ละบ่อ และสร้างที่เก็บกักแก๊สที่ได้จากการหมักและโรงผลิตกระแสไฟฟ้า

#### 2.1.5 การใช้ประโยชน์จากแก๊สชีวภาพ (ชัยศรี ธาราสวัสดิ์พิพัฒน์, 2554 : หน้า 18-19)

ในกระบวนการผลิตแก๊สชีวภาพ มีระบบกักเก็บแก๊ส แล้วนำแก๊สที่ผลิตได้หลังจากกระบวนการหมักมาใช้เป็นเชื้อเพลิงในรูปของความร้อนโดยตรง เช่น เชื้อเพลิงสำหรับหม้อต้มไอน้ำ ในโรงงานผลิตอาหารสัตว์ ใช้เป็นเชื้อเพลิงในการอบแห้ง ใช้กับหัวกลูกสุกร ใช้ในครัวเรือน เป็นต้น ทางเลือกนี้จะเหมาะสำหรับฟาร์มที่มีรูปแบบการใช้พลังงานความร้อนภายในฟาร์ม และปริมาณความต้องการแก๊สชีวภาพเพื่อนำไปเป็นเชื้อเพลิงมีสูงพอ เมื่อเทียบกับปริมาณแก๊สชีวภาพที่ผลิตได้ โดยส่วนใหญ่จะเป็นดัดแปลงอุปกรณ์ที่มีอยู่เดิม ให้สามารถใช้งานกับแก๊สชีวภาพได้ จะเป็นการนำแก๊สชีวภาพไปใช้งานที่ได้ประสิทธิภาพเชิงความร้อนสูง พลังงานจากแก๊สชีวภาพยังสามารถถูกเปลี่ยนเป็นพลังงานรูปแบบอื่น ๆ เช่น พลังงานกล โดยใช้เดินเครื่องจักรเครื่องยนต์ เป็นพลังงานความร้อน ใช้ในการหุงต้ม จุดตะเกียงให้แสงสว่าง ขึ้นอยู่กับความต้องการและเทคโนโลยีที่จะนำมาใช้ได้ โดยสรุปเป็นข้อ ๆ ได้ดังนี้

1. ด้านพลังงาน เมื่อพิจารณาถึงด้านเศรษฐกิจแล้ว การลงทุนผลิตแก๊สชีวภาพจะลงทุนต่ำกว่าการผลิตเชื้อเพลิงชนิดอื่น ๆ สามารถนำมาใช้ทดแทนพลังงานเชื้อเพลิงจากแหล่งอื่นๆ เช่น ฟืน ถ่าน น้ำมัน แก๊สหุงต้ม และไฟฟ้า แก๊สชีวภาพจำนวน 1 ลูกบาศก์เมตรสามารถนำไปใช้ได้ดังนี้

- ให้ค่าความร้อน 3,000-5,000 กิโลแคลอรี ความร้อนนี้จะทำให้น้ำ 130 กิโลกรัม ที่อุณหภูมิ 20 °C เดือดได้

- ใช้กับตะเกียงแก๊สขนาด 60-100 วัตต์ ลูกใหม่ได้ 5-6 ชั่วโมง
- ผลิตกระแสไฟฟ้า 1.25 กิโลวัตต์
- ใช้กับเครื่องยนต์ 2 แรงม้า ได้นาน 1 ชั่วโมง
- ถ้าใช้กับครอบครัวขนาด 4 คน สามารถหุงต้มได้ 3 มื้อ

2. ด้านปรับปรุงสภาพแวดล้อมโดยการนำมูลสัตว์ และน้ำล้างคอกมาหมักในบ่อแก๊สชีวภาพ จะเป็นการช่วยกำจัดมูลในบริเวณที่เลี้ยงทำให้กลิ่นเหม็นและแมลงวันในบริเวณนั้นลดลง

และผลจากการหมักมูลสัตว์ ในบ่อแก๊สชีวภาพที่ปราศจากออกซิเจนเป็นเวลานาน ๆ ทำให้ไข่พยาธิ และเชื้อโรคส่วนใหญ่ในมูลสัตว์ตายด้วย ซึ่งเป็นการทำลายแหล่งเพาะเชื้อโรคบางชนิด เช่น โรคบิด อหิวาตกโรค และพยาธิที่อาจแพร่กระจายจากมูลสัตว์ด้วยกัน นอกจากนี้แล้วยังเป็นการป้องกันไม่ให้ มูลสัตว์ถูกชะล้างลงไปแหล่งน้ำตามธรรมชาติ

### 3. ด้านการเกษตร

- การทำเป็นปุ๋ย กากที่ได้จากการหมักแก๊สชีวภาพเราสามารถนำไปใช้เป็นปุ๋ยได้ดีกว่ามูลสัตว์สด ๆ และปุ๋ยคอก ทั้งนี้เนื่องจากในขณะที่มีการหมักจะมีการเปลี่ยนแปลงสารประกอบไนโตรเจนในมูลสัตว์ ทำให้พืชสามารถนำไปใช้ประโยชน์ได้

- การทำเป็นอาหารสัตว์ โดยนำส่วนที่เหลือจากการหมัก นำไปตากแห้ง แล้วนำไปผสมเป็นอาหารสัตว์ให้โคและสุกรกินได้ แต่ทั้งนี้ก็มีข้อจำกัด คือ ควรใส่ อยู่ระหว่าง 5-10 กิโลกรัม ต่อ ส่วนผสมทั้งหมด 100 กิโลกรัม จะทำให้สัตว์เจริญเติบโตตามปกติและเป็นการลดต้นทุนการผลิตอีกด้วย

## 2.2 กระบวนการผลิตแก๊สชีวภาพด้วยกระบวนการทางชีวภาพ

ด้วยกระบวนการย่อยสลายสารอินทรีย์ด้วยกระบวนการทางชีวภาพนั้นอาศัยการทำงานของ เชื้อแบคทีเรีย ซึ่งสามารถแบ่งออกเป็น 2 กระบวนการ ได้แก่ กระบวนการย่อยสลายสารอินทรีย์แบบใช้อากาศ (Aerobic digestion) และกระบวนการย่อยสลายสารอินทรีย์แบบไม่ใช้อากาศ (Anaerobic digestion) ทั้งสองกระบวนการนี้เชื้อแบคทีเรียที่ใช้จะมีความแตกต่างกัน รวมไปถึงพลังงานที่ได้จากการใช้งานแก๊สชีวภาพและผลิตภัณฑ์ข้างเคียงที่ได้ก็จะแตกต่างกัน (จุฬารัตน์ ชนะถาวร, 2560 : หน้า 7-8)

### 2.2.1 กระบวนการย่อยสลายสารอินทรีย์แบบใช้อากาศ (Aerobic digestion)

การย่อยสลายสารอินทรีย์แบบใช้อากาศจะอาศัยเชื้อแบคทีเรียในของเสียเป็นตัวย่อยสลายสารอินทรีย์ให้กลายเป็นสารประกอบไฮโดรคาร์บอน คือ มีเทน ( $\text{CH}_4$ ) โดยมีแก๊สออกซิเจนเป็นตัวรับอิเล็กตรอนและได้คาร์บอนไดออกไซด์เป็นผลิตภัณฑ์ เชื้อแบคทีเรียจะได้รับพลังงานเพื่อการสร้างเซลล์ใหม่ เนื่องจากออกซิเจนเป็นตัวรับอิเล็กตรอนที่ดีจึงทำให้เชื้อแบคทีเรียได้รับพลังงานจากการย่อยสลายสูงส่งผลทำให้เกิดเซลล์ใหม่จำนวนมาก (จุฬารัตน์ ชนะถาวร, 2560 : หน้า 7)

กระบวนการย่อยสลายสารอินทรีย์แบบใช้อากาศประกอบด้วยกลไก 2 ขั้นตอน ได้แก่

1. การย่อยสลายเข้มข้น (Intensive rotting phase) กลไกนี้จะเกิดขึ้นในช่วงเวลา 24 ชั่วโมงแรกๆ ที่เริ่มต้นการหมักและในช่วงนี้อุณหภูมิของการหมักเริ่มสูงขึ้นถึง  $45\text{ }^{\circ}\text{C}$  ดังนั้นช่วง 24 ชั่วโมงแรกๆ นี้จึงเป็นช่วงที่เกิดการย่อยสลายสารอินทรีย์ โดยอาศัยเชื้อแบคทีเรียประเภทมีโซฟิลิก (Mesophilic) หลังจากครบ 24 ชั่วโมงแรก อุณหภูมิของการหมักจะสูงขึ้นถึง  $75\text{ }^{\circ}\text{C}$  และเป็นช่วงที่การย่อยสลายสารอินทรีย์จะเกิดขึ้นจากเชื้อแบคทีเรียประเภทเทอร์โมฟิลิก (Thermophilic) อีกทั้งที่อุณหภูมิสูงจะทำให้เชื้อโรคที่อยู่ในระบบหมักส่วนใหญ่ตายได้ระยะเวลาของการเกิดกลไกนี้จะใช้เวลาประมาณ 3-6 สัปดาห์หรือตั้งแต่ 1-5 วัน ซึ่งขึ้นอยู่กับกระบวนการหมักและองค์ประกอบของสารป้อนที่ใช้หมักด้วย (จุฬารัตน์ ชนะถาวร, 2560 : หน้า 8)



2. การย่อยสลายขั้นสุดท้าย (Final rotting phase) หลังจากการย่อยสลายเข้มข้นในขั้นแรกเสร็จสิ้นแล้ว อุณหภูมิของสารหมักจะค่อยๆ ลดลงจนเหลืออุณหภูมิประมาณ 30 °C สารอินทรีย์ที่ย่อยสลายได้ยาก เช่น พวกเซลลูโลสจะถูกย่อยสลายในขั้นตอนนี้ และจะใช้เวลาดังแต่ 3 เดือนขึ้นไปจนถึง 1 ปี โดยการย่อยสลายในขั้นตอนนี้จะมีกลุ่มเชื้อแบคทีเรียพวกรา ได้แก่ ฟังไจ (Fungi) และแอคติโนมัยซิส (Actinomycetes) ช่วยในการย่อยสลายสารที่ย่อยสลายยากที่เหลืออยู่ในระบบ (จุฬารณณ์ ชนะถาวร, 2560 : หน้า 8)

### 2.2.2 กระบวนการย่อยสลายสารอินทรีย์แบบไม่ใช้ออกาศ (Anaerobic digestion)

กระบวนการย่อยสลายสารอินทรีย์แบบไม่ใช้ออกาศ จะย่อยสลายสารอินทรีย์ที่มีโครงสร้างโมเลกุลใหญ่และมีความซับซ้อน ได้แก่ คาร์โบไฮเดรต โปรตีนและไขมันด้วยอาศัยเชื้อแบคทีเรียที่ไม่ใช้ออกซิเจน คือ เชื้อแบคทีเรียที่ไม่ใช้ออกซิเจนในการหายใจ และสามารถย่อยสลายสารอินทรีย์ที่มีอัตราส่วนไนโตรเจนต่อคาร์บอนสูง ผลผลิตที่ได้จากการย่อยสลายสารอินทรีย์แบบไม่ใช้ออกาศ เรียกว่าแก๊สชีวภาพกระบวนการย่อยสลายสารอินทรีย์แบบไร้ออกาศประกอบด้วยกระบวนการทางจุลชีววิทยา (จุฬารณณ์ ชนะถาวร, 2560 : หน้า 8)

### 2.3 กระบวนการทางจุลชีววิทยาของการผลิตชีวภาพ

หลักการย่อยสลายสารอินทรีย์เพื่อการผลิตแก๊สชีวภาพ คือสารอินทรีย์จะถูกย่อยสลายโดยกลุ่มจุลินทรีย์ในสภาวะไร้ออกาศ โดยสารอินทรีย์โมเลกุลใหญ่ เช่น คาร์โบไฮเดรตโปรตีนและไขมันจะถูกย่อยสลายโดยจุลินทรีย์กลุ่มที่เปลี่ยนสารอินทรีย์โมเลกุลใหญ่ให้เป็นกรดอินทรีย์ขนาดเล็ก เช่น น้ำตาลโมเลกุลเดี่ยวกรดอะมิโนและกรดไขมัน เป็นต้น กลุ่มแบคทีเรียที่สร้างกรดอะซิติกจะเปลี่ยนกรดอินทรีย์ขนาดเล็กให้เป็นกรดอะซิติกและก๊าซไฮโดรเจน และขั้นตอนสุดท้ายกลุ่มแบคทีเรียจะสร้างแก๊สมีเทนโดยเปลี่ยนกรดอะซิติกและไฮโดรเจนให้กลายเป็นแก๊สมีเทนและแก๊สคาร์บอนไดออกไซด์ ซึ่งแก๊สดังกล่าวที่เกิดขึ้นจะลอยตัวขึ้นเหนือผิวน้ำและจะถูกรวบรวมนำไปใช้ผลิตพลังงานทดแทนต่อไป ปฏิกริยาทางชีวเคมีที่เกี่ยวข้องกับการย่อยสลายสารอินทรีย์ในสภาวะไร้ออกซิเจนอิสระของกระบวนการผลิตแก๊สชีวภาพ สามารถแบ่งออกเป็น 4 ขั้นตอนต่อเนื่องกันดังนี้ (จุฬารณณ์ ชนะถาวร, 2560 : หน้า 8)

#### 1. ปฏิกริยาไฮโดรไลซิส (Hydrolysis)

เป็นกระบวนการย่อยสลายสารประกอบอินทรีย์เชิงซ้อนที่มีขนาดโมเลกุลใหญ่ เช่น โปรตีน คาร์โบไฮเดรต และไขมัน ให้กลายเป็นสารโมเลกุลเล็ก คือ โพลีแซคคาไรด์กลายเป็น โมโนแซคคาไรด์ และไดแซคคาไรด์ สำหรับ โพลีเปปไทด์ จะกลายเป็น กรดอะมิโน ปฏิกริยานี้จะเกิดภายนอกเซลล์ของเชื้อแบคทีเรีย ซึ่งเป็นกระบวนการย่อยสลายสารอินทรีย์จุลินทรีย์จะทำการใช้เอนไซม์เปลี่ยนสารอินทรีย์โมเลกุลใหญ่ให้เป็นโมเลกุลเล็ก โดยจะเปลี่ยนให้อยู่ในรูปโมเลกุลของโมโนแซคคาไรด์ (น้ำตาลโมเลกุลเดี่ยว) กรดอะมิโนและกรดไขมัน (ชัยศรี ธาราสวัสดิ์พิพัฒน์โกวิท สุวรรณหงษ์, 2555 : 5 ; จุฬารณณ์ ชนะถาวร, 2560 : หน้า 8; ผจงสุข สุรารัตน์ และคณะ, 2560 : หน้า 4)

#### 2. ปฏิกริยาอะซิโดเจเนซิส (Acidogenesis)

สารอินทรีย์ที่ได้จากกระบวนการไฮโดรไลซิสจะถูกย่อยด้วยเอนไซม์ภายในเซลล์และขับออกมาภายนอกโดยแบคทีเรียพวกสร้างกรด (Acidogenic Bacteria) ให้เป็นสารอินทรีย์ที่มีโมเลกุลเดี่ยวและดูดซึมผ่านเยื่อหุ้มเซลล์เข้าสู่เซลล์ เพื่อใช้เป็นแหล่งคาร์บอนและแหล่งพลังงาน โดยกระบวนการหมัก (Fermentation) ผลของปฏิกิริยาจะเกิดการย่อยสลายสารอินทรีย์เชิงเดี่ยวให้กลายเป็นกรดอินทรีย์ระเหยง่าย (Volatile Fatty Acid) ที่มีโมเลกุลคาร์บอนไม่เกิน 5 อะตอม เช่น กรดอะซิติก กรดฟอร์มิก กรดโพรพิโอนิก กรดไอโซบิวทีริก กรดวาเลอริก กรดไอโซวาเลอริก และ กรดบิวทีริก เป็นต้น นอกจากนี้ยังได้แอลกอฮอล์ แก๊สไฮโดรเจน และแก๊สคาร์บอนไดออกไซด์อีกด้วย

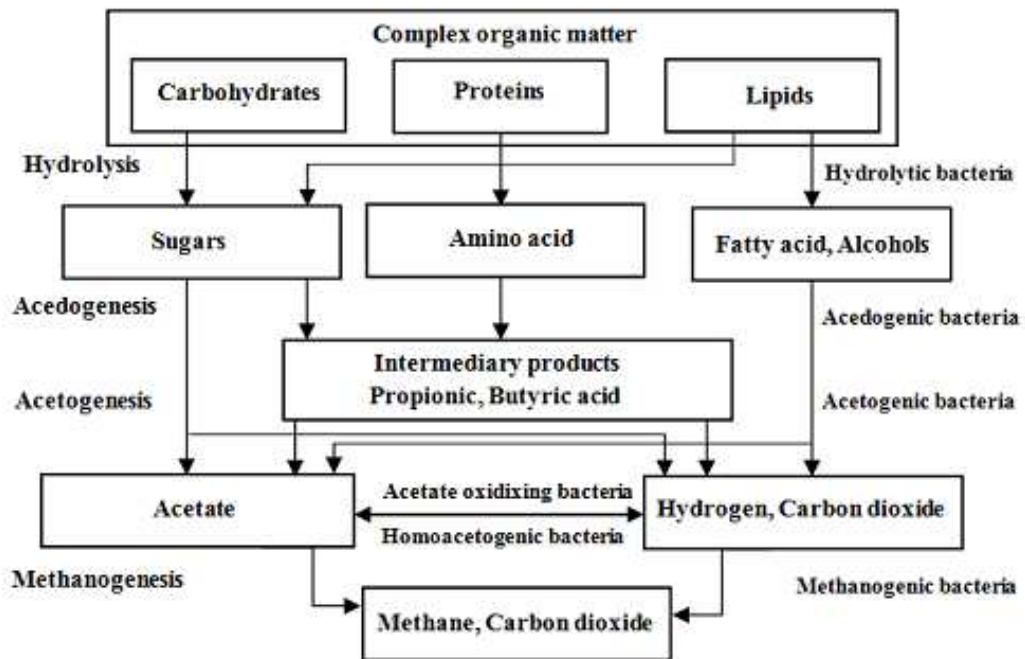
ด้วยในขั้นตอนนี้ สารอินทรีย์โมเลกุลเล็กซึ่งเป็นสารผลิตภัณฑ์ของการย่อยในขั้นตอนนี้แรกเช่น พวกน้ำตาลโมเลกุลเดี่ยว กรดอะมิโน และกรดไขมัน ถูกเปลี่ยนเป็นกรดอินทรีย์ชนิด (Valeric acid) และ กรดแลคติก (Lactic acid) โดยแบคทีเรียสร้างกรด มีชื่อว่า Acidogenesisbacteria หรือ Obligate หรือ Facultative anaerobes โมเลกุลเล็ก เช่น กรดอะซิติก (Acetic acid) กรดโพรพิโอนิก (Propionic acid) กรดวาเลอริกโดยเกิดจากจุลินทรีย์กลุ่มกลุ่มสร้างกรด (Acid-producing bacteria) สามารถหมักได้ โดยจะทำการเปลี่ยนสารโมเลกุลเล็ก ๆ จากขั้นตอนนี้ไปเป็น กรดอะซิติก, ไฮโดรเจน, คาร์บอนไดออกไซด์ และกรดอินทรีย์ระเหยง่าย (Volatile Organic Acid) เช่น กรด Propionic และ กรด Butyric ซึ่งสามารถเปลี่ยนไปเป็นกรด Acetic ได้เช่นกัน และในขั้นตอนนี้สุดท้ายนี้ กรด Acetic ไฮโดรเจนและ CO<sub>2</sub> จะเปลี่ยนไปเป็นแก๊สมีเทนและ CO<sub>2</sub> โดยจุลินทรีย์กลุ่ม Methanogenic bacteria ไขมัน (ชัยศรี ธาราสวัสดิ์พิพัฒน์ และโกวิท สุวรรณหงษ์, 2555 : 5; ผจงสุข สุธาร์ตัน และคณะ, 2560 : หน้า 5)

### 3. ปฏิกิริยาอะซิโตเจเนนิซิส (Acetogenesis)

ขั้นตอนอะซิโตเจเนนิซิสถือว่าเป็นขั้นตอนที่สำคัญมาก เนื่องจากเป็นขั้นตอนที่ช่วยป้องกันไม่ให้เกิดการสะสมของกรดอินทรีย์ที่เกิดขึ้นจากขั้นตอนอะซิโตเจเนนิซิส ในระบบหากเกิดการสะสมของกรดอินทรีย์ส่งผลทำให้เกิดสภาวะที่มีความเป็นกรดสูงและจะไปยับยั้งการเจริญเติบโตของเชื้อแบคทีเรีย และประสิทธิภาพการผลิตแก๊สชีวภาพต่ำในที่สุดขั้นตอนนี้เป็นการเปลี่ยนกรดไขมันระเหยง่ายที่มีขนาดใหญ่ให้กลายเป็นกรดอะซิติก เพื่อลดการสะสมของกรดอินทรีย์ในระบบ จากนั้นจึงเข้าสู่กระบวนการเมทาโนเจเนนิซิส (Methanogenesis) (จุฑาภรณ์ ชนะถาวร, 2560 : หน้า 9)

### 4. ปฏิกิริยาเมทาโนเจเนนิซิส (Methanogenesis)

ปฏิกิริยาเมทาโนเจเนนิซิส เป็นปฏิกิริยาที่เกิดขึ้นโดยแบคทีเรียกลุ่มเมทาโนเจน (Methanogens) ซึ่งมีทั้งเชื้อแบคทีเรียแกรมบวกและแกรมลบที่มีรูปร่างแตกต่างกัน ทำหน้าที่เปลี่ยนกรดอะซิติกและไฮโดรเจนให้กลายเป็นมีเทน โดยแบคทีเรียที่สร้างมีเทนมีสองแบบ แบบแรกจะเกิดจากการเปลี่ยนกรดอะซิติกเป็นแก๊สมีเทน โดยคิดเป็นร้อยละ 70 ของแก๊สมีเทนที่เกิดขึ้นในระบบ และแบบที่สอง เกิดการรวมตัวกันของแก๊สคาร์บอนไดออกไซด์และแก๊สไฮโดรเจนกลายเป็นแก๊สมีเทนคิดเป็นร้อยละ 30 (จุฑาภรณ์ ชนะถาวร, 2560 : หน้า 10; ศิวรินทร์ ธีวรรณ, 2560 : หน้า 8)



ภาพที่ 2.2 กระบวนการย่อยสลายสารอินทรีย์ภายใต้สภาวะไร้ออกซิเจน  
(จุฬารักษ์ ชนะถาวร, 2560 : หน้า 10)

### 2.3.1 ชนิดของจุลินทรีย์ในการผลิตแก๊สมีเทน

แบคทีเรียที่ทำหน้าที่ในการผลิตแก๊สมีเทนเป็นแบคทีเรียชนิด Anaerobic bacteria พวก Methanogenic bacteria ซึ่งจะพบในธรรมชาติตามโคลนสีดำ ดิน มูลของสัตว์กินหญ้า ฝิวน้ำ ทะเลสาบ ขยะ แหล่งน้ำเน่า เป็นต้น สามารถแยกแบคทีเรียพวก Methanogenic bacteria ออกเป็น 2 กลุ่มด้วยกันตามรูปร่าง (Morphological group) ดังนี้ (ผจงสุข สุธาร์รัตน์ และคณะ, 2560 : หน้า 6-7)

1. แบคทีเรียพวก Methanogen ที่มีรูปร่างเป็นท่อน
  - 1.1 ชนิดไม่สร้างสปอร์ (Non sporulating rod-shaped cells) ได้แก่
    - Methanobacterium solimgenii
    - Methanobacterium formicicum
    - Methanobacterium propionicum
  - 1.2 ชนิดสร้างสปอร์ (Sporulating rod-shaped cells) ได้แก่
    - Methanobacterium omelianskii
2. แบคทีเรียพวก Methanogen ที่มีรูปร่างกลม
  - 2.1 Cell not sarcina arrangement ได้แก่
    - Methanococcus vanielii
    - Methanococcus mazei
  - 2.2 Cell in sarcina arrangement ได้แก่

Methanosarcinamethanica

Methabosarcinabarkerii

การดำรงชีพของแบคทีเรียพวก Methane formers มีความไวต่อการเปลี่ยนสภาวะแวดล้อมมากกว่าแบคทีเรียพวก Acid formers ดังนั้นจำนวนประชากรของแบคทีเรียชนิด Methane formers จึงมีความสำคัญต่อเสถียรภาพของระบบการผลิตก๊าซชีวภาพมากที่สุด การเปลี่ยนแปลงสภาวะแวดล้อมเพียงเล็กน้อยอาจทำให้แบคทีเรียพวก Methane formers ชะงักการเจริญเติบโต แต่กระนั้นแบคทีเรียพวก Acid formers ยังคงเจริญได้รวดเร็ว ทำให้มีปริมาณกรดอินทรีย์ในระบบค่อยๆ สะสมเพิ่มปริมาณขึ้นเรื่อย ๆ pH จึงต่ำลงจนเป็นอันตรายต่อการดำรงชีพ (ผจญสุข สุธารัตน์ และคณะ, 2560 : หน้า 7)

## 2.4 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

สมจินตนา ลิ้มสุข, ปุณยวี เพียรธรรม และอนุรักษ์ ปีติรักษ์สกุล. (2554) ทำการศึกษาการผลิตแก๊สชีวภาพจากเศษอาหารและการเพิ่มอัตราการผลิตแก๊สชีวภาพโดยการเติมกลีเซอรินดิบที่ได้จากการผลิตไบโอดีเซล โดยกระบวนการหมักแบบไร้อากาศในถังหมักขนาด 200 ลิตร แบบกึ่งกะ ในตอนเริ่มต้นเดินระบบใช้เศษอาหารอย่างเดียวป้อนที่อัตราการระสาดอินทรีย์เฉลี่ยในช่วง 0.306-1.245g/L reactor-day (56.6-230.2 กรัม/วัน) ให้ผลผลิตของแก๊สมีเทนเฉลี่ย 0.465 m<sup>3</sup> CH<sub>4</sub>/kg.COD ที่อุณหภูมิห้องและให้ค่าผลผลิตของแก๊สชีวภาพเฉลี่ย 0.789 m<sup>3</sup> biogas/kg.COD ในการป้อนกลีเซอรินดิบร่วมกับเศษอาหารที่อัตราป้อนเศษอาหาร 1.245 กรัม/วัน reactor-day ปริมาตรแก๊สชีวภาพเฉลี่ยเพิ่มขึ้นจาก 36.8 ลิตร/วัน เป็น 72.2 ลิตร/วัน และ 90.4 ลิตร/วันหลังจากเพิ่มกลีเซอริน 30.8 และ 46.3 มิลลิลิตร/วันตามลำดับ

ตระกูลศักดิ์ เสนานิคม, วรายุทธ คัมภีร์วัฒน์ และอาคม แก้วระวัง. (2557) ได้ทำการศึกษาและทดลองการหมักแก๊สชีวภาพจากน้ำเสียจากกองขยะของขยะทั่วไปและน้ำเสียจากกองขยะของอินทรีย์และศึกษาผลของสภาพความเป็นกรด-ด่างและการกวนที่มีผลต่ออัตราการเกิดแก๊สชีวภาพ โดยทำการทดลองในถังหมักต้นแบบ การออกแบบการทดลองแบ่งออกเป็นสามส่วน ส่วนแรกเป็นการทดลองการเกิดแก๊สชีวภาพ โดยใช้ น้ำเสียจากกองขยะของขยะทั่วไปและน้ำเสียจากกองขยะของอินทรีย์ โดยทำการปรับค่า pH ให้เป็นกลางก่อนทำการทดลอง ส่วนที่สองเป็นการทดลองผลของความเป็นกรด-ด่างที่มีผลต่อการเกิดแก๊สชีวภาพ โดยการทดลองได้แบ่งค่าความเป็นกรด-ด่างออกเป็น 3 ค่า ได้แก่ค่า pH=6.5, 7.0 และ 7.5 ส่วนที่สามเป็นการทดลองการกวนที่มีผลต่อการเกิดแก๊สชีวภาพ โดยการทดลองได้แบ่งการกวนออกเป็น 3 กลุ่ม ได้แก่กวน 15 นาที หยุด 15 นาที, กวน 15 นาที หยุด 30 นาทีและกวน 15 นาที หยุด 45 นาที จากการศึกษาพบว่า การนำน้ำเสียจากกองขยะมาเป็นวัตถุดิบในการผลิตแก๊สชีวภาพ ควรใช้น้ำเสียจากกองขยะอินทรีย์และค่า pH=7.5 และการกวน 15 นาทีหยุด 15 นาที จึงจะทำให้เกิดแก๊สชีวภาพสูงสุด

ฉัตรกร ผลพันธิน, วลัยรัตน์ อุดตมะปรากรม และประเสริฐ เรียบร้อยเจริญ. (2557) ทำการศึกษาศักยภาพในการผลิตแก๊สชีวภาพจากน้ำเสียอุตสาหกรรม 5 ประเภท ได้แก่ โรงงานอุตสาหกรรมประเภทแป้ง โรงงานอุตสาหกรรมประเภทน้ำมันปาล์ม โรงงานอุตสาหกรรมประเภทเอ

ทานอล โรงงานอุตสาหกรรมประเภทแปรรูปอาหาร และอุตสาหกรรมประเภทแปรรูปยาง รวมถึงการคัดเลือกเทคโนโลยีระบบผลิตแก๊สชีวภาพที่เหมาะสมในแต่ละประเภทน้ำเสียอุตสาหกรรม งานวิจัยนี้แบ่งออกเป็น 3 ส่วนคือ การเก็บรวบรวมข้อมูลลักษณะน้ำเสีย ต่อมาคือการวิเคราะห์ข้อมูลทางด้านศักยภาพการผลิตแก๊สชีวภาพและการคัดเลือกเทคโนโลยี ส่วนสุดท้ายคือการวิเคราะห์ทางด้านเศรษฐศาสตร์เพื่อผลการตัดสินใจลงทุนสำหรับผู้ประกอบการ รวมถึงการวิเคราะห์ปัญหาและอุปสรรคในการส่งเสริมเทคโนโลยีการผลิตแก๊สชีวภาพพร้อมเสนอแนวทางการแก้ไขปัญหาเบื้องต้น สำหรับศักยภาพการผลิตแก๊สชีวภาพที่ได้จากงานวิจัยนี้เป็นเพียงภาพรวมสำหรับการผลิตแก๊สชีวภาพจากน้ำเสียในแต่ละประเภทอุตสาหกรรม โดยยึดประเภทและจำนวนโรงงานอุตสาหกรรมที่ทำการขึ้นทะเบียนโดยตรงกับกรมโรงงานอุตสาหกรรม โดยศักยภาพการผลิตแก๊สชีวภาพจากน้ำเสียอุตสาหกรรมโดยรวมที่มากที่สุด คือ อุตสาหกรรมประเภทเอทานอล โดยมีศักยภาพการผลิตที่ 1,005.55 ล้านลูกบาศก์เมตรต่อปี รองลงไปคือ อุตสาหกรรมแป้งมันสำปะหลังมีศักยภาพที่ 416.54 ล้านลูกบาศก์เมตรต่อปี อุตสาหกรรมประเภทน้ำมันปาล์มมีศักยภาพที่ 156.04 ล้านลูกบาศก์เมตรต่อปี อุตสาหกรรมประเภทแปรรูปอาหารมีศักยภาพที่ 60.10 ล้านลูกบาศก์เมตรต่อปี และอุตสาหกรรมประเภทยางมีศักยภาพที่ 18.05 ล้านลูกบาศก์เมตรต่อปี ตามลำดับ จากผลการวิจัยสามารถสรุปได้ว่า น้ำเสียอุตสาหกรรมทั้ง 5 ประเภท มีศักยภาพในการผลิตแก๊สชีวภาพที่ตีรวมถึงเทคโนโลยีในการผลิตแก๊สชีวภาพหรือเทคโนโลยีการบำบัดน้ำเสียแบบไร้ออกซิเจนเป็นทางเลือกที่เหมาะสมในการบำบัดน้ำเสียจากอุตสาหกรรมที่มีความเข้มข้นสูงในค่า ซีโอดี และบีโอดี เพื่อลดค่าใช้จ่ายภายในโรงงานและช่วยรักษาคุณภาพสิ่งแวดล้อม

ชนกพร วงษ์วัน และอรทัย ชวาลภาฤทธิ์. (2555) ทำการศึกษาผลของการปรับสภาพเบื้องต้นด้วยวิธีต่างๆ ได้แก่ การแช่ด้วยสารละลายด่าง (NaOH) การใช้ความร้อน ซึ่งจากผลการทดลองพบว่าการใช้ของเสียกลีเซอรอลที่ได้จากกระบวนการผลิตไบโอดีเซลเป็นสารหมักร่วมกับต้นข้าวโพดที่ผ่านการปรับสภาพเบื้องต้นด้วยสารละลายด่าง (NaOH) สามารถผลิตแก๊สชีวภาพทั้งหมด  $0.2 \text{ m}^3/\text{kg VS removed}$  เมื่อเทียบกับต้นข้าวโพดที่ไม่มีการปรับสภาพสามารถผลิตแก๊สได้เพียง  $0.1 \text{ m}^3/\text{kg VS removed}$  เมื่อนำกลีเซอรอลที่ได้จากกระบวนการผลิตไบโอดีเซลมาหมักร่วมกับต้นข้าวโพดที่ผ่านการปรับสภาพเบื้องต้นด้วยสารละลายด่าง (NaOH) จะช่วยเพิ่มสารอินทรีย์ในระบบทำให้เกิดการผลิตแก๊สชีวภาพสูงขึ้น ในงานวิจัยนี้ศึกษาสัดส่วนที่เหมาะสมของการเติมกลีเซอรอลเพื่อเพิ่มประสิทธิภาพในการผลิตแก๊สชีวภาพ ผลการทดลองพบว่าเมื่อเติมกลีเซอรอลจำนวน 1% (V/V) สามารถผลิตแก๊สชีวภาพได้ดีที่สุด โดยสามารถผลิตแก๊สชีวภาพได้ถึง  $0.24 \text{ m}^3/\text{kg VS removed}$

นพวรรณ เสมวิมล และเกษม จันท์แก้ว. (2556) ได้ทำการศึกษาปริมาณแก๊สที่เกิดขึ้นจากกระบวนการหมักกากตะกอนที่เกิดจากระบบบำบัดน้ำเสีย ภายใต้กระบวนการธรรมชาติช่วยธรรมชาติ เพื่อศึกษาปริมาณแก๊สที่เกิดขึ้นจากกระบวนการหมักกากตะกอนภายใต้สภาวะไร้อากาศ และปัจจัยด้านความชื้นที่ส่งผลต่อปริมาณแก๊สที่เกิดขึ้น โดยทำการหมักตะกอนในขวดแก้วสีขาขนาด 2.5 ลิตร บรรจุตะกอนสดที่คิดเป็นน้ำหนักแห้ง 200 กรัม ลงในแต่ละขวดแล้ววัดปริมาณแก๊สที่เกิดขึ้นจากกระบวนการหมักโดยอาศัยหลักการ fluid displacement ทำการเปรียบเทียบปริมาณแก๊สที่เกิดขึ้นจากตะกอน 2 กลุ่มคือตะกอนจากโรงงานอุตสาหกรรมแป้งมัน บ้านโป่ง จังหวัดราชบุรี

เป็นตัวแทนของตะกอนกลุ่มที่มีค่าคาร์บอนสูงและตะกอนจากระบบบำบัดของโครงการศึกษาวิจัยและพัฒนาสิ่งแวดล้อมแหลมผักเบี้ยอันเนื่องมาจากพระราชดำริจังหวัดเพชรบุรีเป็นตัวแทนของตะกอนกลุ่มที่มีค่าคาร์บอนต่ำ ผลการศึกษาพบว่าปริมาณแก๊สที่ปลดปล่อยออกมาจากการหมักตะกอนจากระบบบำบัดของโครงการแหลมผักเบี้ยเริ่มเกิดแก๊สขึ้นในวันที่ 2 ของการหมักและมีปริมาณการปลดปล่อยแก๊สสูงสุดในวันที่ 6 ของการหมักอยู่ที่ 70 มิลลิลิตรต่อวันสามารถปลดปล่อยแก๊สรวมทั้งหมด (ระยะเวลา 10 วัน) 360.23 มิลลิลิตรคิดค่าเฉลี่ยเป็น 36.02 มิลลิลิตรต่อวันโดยคิดเป็นปริมาณแก๊สที่ถูกปลดปล่อยออกมาต่อน้ำหนักตะกอนแห้ง 1 กรัมได้เท่ากับ 1.80 ส่วนปริมาณแก๊สที่ปลดปล่อยออกมาจากการหมักตะกอนจากโรงงานแป้งมันมีปริมาณการปลดปล่อยแก๊สสูงสุดในวันที่ 1 อยู่ที่ 142.6 มิลลิลิตรต่อวัน สามารถปลดปล่อยแก๊สรวมทั้งหมด (ระยะเวลา 9 วัน) 649.97 มิลลิลิตร คิดค่าเฉลี่ยเป็น 72.2 มิลลิลิตรต่อวัน โดยคิดเป็นปริมาณแก๊สที่ถูกปลดปล่อยออกมาต่อน้ำหนักตะกอนแห้ง 1 กรัมได้เท่ากับ 3.25 มิลลิลิตร และผลจากการวิเคราะห์ชนิดและองค์ประกอบแก๊สโดยวิธีเก็บแก๊สจาก chamber แล้วตรวจวิเคราะห์แก๊สไฮโดรเจนซัลไฟด์และแก๊สมีเทนด้วยเครื่อง GC สำหรับแก๊สแอมโมเนียใช้เครื่อง IC พบว่าตะกอนระบบบำบัดของโครงการแหลมผักเบี้ย พบแก๊สมีเทนที่ความเข้มข้นสูงที่สุด 101,395 ppm รองลงมาคือแก๊สไฮโดรเจนซัลไฟด์ (360.27 ppm) และแก๊สแอมโมเนีย (36.22 ppm) ตามลำดับ ในทำนองเดียวกันตะกอนจากโรงงานแป้งมันพบแก๊สมีเทนเป็นแก๊สที่ความเข้มข้นสูงที่สุด 9,900,837 ppm รองลงมาคือแก๊สไฮโดรเจนซัลไฟด์ (68,050 ppm) และแก๊สแอมโมเนีย (44.15 ppm) ตามลำดับ

บุญสม จิตโสภณปัญญา, รัตนชัย ไพรินทร์ และแก้วกันยา สุตประเสริฐ. (2556) ได้ศึกษาความเป็นไปได้ในการผลิตแก๊สชีวภาพจากนมหมดอายุ โดยใช้วิธีหมักร่วมกับมูลโคและวัสดุเหลือทิ้งทางการเกษตรคือฟางข้าวโดยหมักรวมกันเพื่อให้เกิดแก๊สชีวภาพ ซึ่งสามารถนำมาใช้เป็นพลังงานทดแทนโดยวิธีการหมักที่อัตราส่วนแตกต่างกันในถังหมักขนาด 3 ลิตรโดยทำการหมักแบบไม่ใช้ออกซิเจนและทำการหมักแบบครั้งเดียวที่อุณหภูมิแวดล้อมปกติ โดยการเก็บปริมาณแก๊สด้วยการแทนที่น้ำและวิเคราะห์สัดส่วนปริมาณแก๊สชีวภาพด้วยเครื่องแก๊สโครมาโตกราฟี จากการทดลองพบว่าผลการทดลองที่ดีที่สุดเป็นการทดลองเงื่อนไขที่ 1 ด้วยอัตราส่วนของนมหมดอายุ/มูลโค/ฟางข้าวเป็น 1: 0.25: 0.05 เนื่องจากใช้ระยะเวลาในการการเกิดแก๊สชีวภาพเร็วกว่าทุกผลการทดลอง โดยใช้ระยะเวลา 15 วัน ได้เปอร์เซ็นต์แก๊สมีเทนโดยเฉลี่ย 63 % ปริมาณเฉลี่ยแก๊สชีวภาพมากที่สุด 1875 มล./วันค่า pH ที่เหมาะสมอยู่ในช่วง 7.5-8.0 หากนำนมหมดอายุ 1 ตันสามารถผลิตแก๊สชีวภาพโดยเฉลี่ยได้ 3.75 ลูกบาศก์เมตรได้ค่าความร้อน 80.63 MJ/m<sup>3</sup> สามารถทดแทนเป็นพลังงานก๊าซหุงต้ม (LPG) ได้ 1.73 กิโลกรัมพลังงานไฟฟ้าคิดเป็น 4.50 Kw-hr พลังงานชีวมวลถ่านได้ 6.00 กิโลกรัม น้ำมันดีเซลได้ 1.50 ลิตร น้ำมันเบนซินได้ 2.25 ลิตร น้ำมันเตาเกรด A ได้ 1.76 ลิตร ดังนั้นนมหมดอายุจึงนำมาใช้เป็นพลังงานทางเลือก เพื่อให้เกิดความหลากหลายและความมั่นคงทางด้านพลังงาน

มยุรา ศรีกัลานุกุล, ฐปน ชื่นบาล และรุ่งทิพย์ กาวารี. (2556) ทำการศึกษาการผลิตแก๊สไฮโดรเจนจากน้ำทิ้งฟาร์มสุกรโดยใช้กระบวนการหมักแบบ 2 ขั้นตอน ทำการปรับสภาพตะกอนหัวเชื้อโดยการให้ความร้อนที่อุณหภูมิ 100 °C เป็นเวลา 30 นาที ทำการออกแบบถังปฏิกรณ์ที่ใช้ในการผลิตแก๊สไฮโดรเจนโดยกระบวนการหมักแบบ 2 ขั้นตอน ประกอบด้วยถังผลิตกรด และถังผลิต

แก๊สไฮโดรเจน ขนาด 60 ลิตร ทำการศึกษาระยะเวลากักเก็บ (HRT) ที่ 12, 24, 36 และ 48 ชั่วโมง ต่อการผลิตแก๊สไฮโดรเจนทำการหมักที่มีการควบคุม pH ที่ 5.0 พบว่าระยะเวลาการกักเก็บที่ 24 ชั่วโมง สามารถผลิตแก๊สไฮโดรเจนได้สูงสุด คือ 540 มิลลิกรัมต่อลูกบาศก์เมตร จากนั้นศึกษาความเข้มข้นของน้ำทิ้งจากฟาร์มสุกรที่ 25, 50, 75 และ 100 (v/v) ต่อการผลิตแก๊สไฮโดรเจน พบว่าความเข้มข้นของน้ำทิ้งจากฟาร์มสุกร 100 % (v/v) สามารถผลิตกรดอินทรีย์ระเหยง่าย (VFA) ได้แก่ กรดอะซิติก กรดโพรไพโอนิก กรดบิวทริก และกรดคาโปรอิก 274.34, 113.29, 47.73 และ 46.75 mg/L ผลิตแก๊สไฮโดรเจนได้สูงสุด คือ 540 มิลลิกรัมต่อลูกบาศก์เมตร

ชัยรัตน์ หงษ์ทอง และเกรียงไกร แซมสีม่วง. (2555) ทำการศึกษากการผลิตแก๊สชีวภาพที่ได้จากโคลนที่มีการทับถมของเสียอยู่ในโคลนเป็นเวลานาน การนำแก๊สชีวภาพที่ได้นั้นมาใช้ให้เกิดประโยชน์โดยแทนที่เราจะรอให้แก๊สลอยขึ้นมาเหนือน้ำแล้วทิ้งไปโดยไม่เกิดประโยชน์ งานวิจัยนี้ทำการกระตุ้นโดยใช้คนย่ำไปที่โคลนเพื่อให้แก๊สชีวภาพเกิดและลอยขึ้นมาหลังจากนั้นนำมาเก็บไว้และนำมาทดลองโดยการใช้กับหัวเตาแก๊สที่ผลิตมาใช้กับแก๊สชีวภาพจากการทดลองพบว่าจะต้องใช้ผู้ปฏิบัติงานจำนวน 2 คนเพื่อลงไปใต้น้ำและทำการกระตุ้นโคลนเพื่อให้เกิดแก๊สลอยตัวผ่านน้ำขึ้นมาและจัดเก็บแก๊สชีวภาพที่เกิดขึ้นไว้ในภาชนะที่ครอบไว้บนผิวน้ำ หลังจากนั้นนำแก๊สชีวภาพที่ได้ไปจัดเก็บไว้ในภาชนะทรงกลมขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 18 นิ้วเมื่อแก๊สชีวภาพที่ได้เต็มภาชนะที่จัดเก็บแล้วโดยใช้เวลาที่ 10 นาทีนำขึ้นมาวัดหาปริมาณแก๊สชีวภาพโดยเครื่องมือวัดแก๊สชีวภาพแบบพกพา GFM 416 ผลที่ได้คือแก๊สมีเทน ( $\text{CH}_4$ ) ประมาณ 20.5% และก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ ( $\text{CO}_2$ ) ประมาณ 0.8% ส่วนที่เหลือเป็นแก๊สชนิดอื่น ๆ ขั้นตอนต่อไปนำต่อเข้ากับหัวเตาแก๊สที่สามารถใช้ได้กับแก๊สชีวภาพเพื่อทดลองการนำไปใช้งาน จากการทดลองสามารถใช้งานได้เฉลี่ยที่ 11.17 นาที ขั้นตอนต่อไปทดลองการหาประสิทธิภาพในการนำไปใช้งานจริง โดยการนำไปทอดไข่ไก่สามารถทอดได้ 2 ฟองในเวลาโดยเฉลี่ยที่ 11.56 นาที

สุพจน์ เกิดมี และคณะ. (2555) ทำการศึกษาและพัฒนาศักยภาพการใช้พลังงานแก๊สชีวภาพ ของชุมชนน้ำก้อ แล้วนำเศษวัสดุที่เหลือจากการเกษตรมาพัฒนาและประยุกต์ใช้ในชีวิตประจำวัน และศึกษาการใช้พลังงานแก๊สชีวภาพในการทดแทนพลังงานเชื้อเพลิง (LPG) ในชีวิตประจำวัน การศึกษาครั้งนี้ คณะผู้วิจัยได้ศึกษาปริมาณเศษวัสดุทางการเกษตรเพื่อมาผลิตแก๊สชีวภาพ ศึกษาปริมาณการใช้ของพลังงานเชื้อเพลิงเพื่อมาผลิตแก๊สชีวภาพมาใช้แทน เพื่อเป็นแนวทางส่งเสริมให้มีการใช้อย่างประหยัด และมีประสิทธิภาพสูงสุด เป็นการสร้างความเข้มแข็งให้กับชุมชนด้านพลังงานเป็นผลดีต่อการพัฒนาท้องถิ่น ผลการศึกษาพบว่า การพัฒนาการใช้พลังงานแก๊สชีวภาพจากมูลสัตว์และเศษวัสดุทางการเกษตรนั้น สามารถสร้างเตาชีวมวลอย่างง่ายเพื่อใช้ทดแทนเตาแบบธรรมดาและเตาแก๊สที่ใช้กันในปัจจุบัน จากข้อมูลที่ได้จากการทดสอบการใช้เตาชีวมวลเปรียบเทียบกับการใช้เตาธรรมดาระยะเวลาในการจุดเตาและอัตราการสิ้นเปลืองเชื้อเพลิงของเตาชีวมวลนั้นมีค่าน้อยกว่า และสำหรับค่าความร้อนของแก๊สเชื้อเพลิงที่ผลิตจากเตาชีวมวลมีค่าสูงกว่าเตาแบบธรรมดา จะเห็นได้ว่าเตาชีวมวลมีประสิทธิภาพสูงทำให้ลดค่าใช้จ่ายด้านการใช้เชื้อเพลิงจากแก๊สธรรมชาติได้ และในส่วนของถังหมักแก๊สชีวภาพนั้นสามารถออกแบบและสร้างถังหมักและถังเก็บแก๊สและใช้งานได้จริง แต่เนื่องจากปริมาณของมูลสัตว์และเศษอาหารของชุมชนน้ำก้อนั้น มีปริมาณไม่เพียงพอสำหรับการใช้หมักแก๊สจึงไม่เหมาะสมที่จะใช้แก๊สชีวภาพที่เกิดจาก

การหมักมูลสัตว์และเศษอาหาร ในการประกอบอาหาร ทดแทนการใช้พลังงานเชื้อเพลิงจากแก๊สธรรมชาติ ข้อเสนอแนะที่ได้จากงานวิจัยคือ การทำถังหมักแก๊สชีวภาพสำหรับครอบครัวเล็กควรใช้ถังหมักขนาด 60 ลิตร ครอบครัวใหญ่ควรใช้ถังหมักแก๊สที่มีขนาด 200 ลิตร

กฤตภาส สิงคิบุตร, วิชากร จารุศิริ และปฐมทัศน์ จิระเดชะ. (2554) ทำการศึกษาเทคโนโลยีที่เหมาะสมของการผลิตแก๊สชีวภาพจากขยะเศษอาหารที่มีความแตกต่างกันของกรณีตัวอย่างคือระบบ CSTR แบบแห้งระบบ CSTR แบบ 1 ขั้นตอนและระบบ CSTR แบบ AMR ซึ่งทั้ง 3 ระบบมีขนาดการรองรับเศษอาหารใกล้เคียงกันคือประมาณ 200 กิโลกรัมเศษอาหารต่อวัน โดยศึกษาเทคโนโลยีที่มีความเหมาะสมและมีความคุ้มค่าเพื่อวิเคราะห์ความเป็นไปได้ทางการเงินและการลงทุน การวิเคราะห์ต้นทุนและผลตอบแทนมีเกณฑ์การตัดสินใจลงทุนคือ อัตราผลตอบแทนค่าใช้จ่ายในการลงทุน ค่าใช้จ่ายในการดำเนินงานและบำรุงรักษา ค่าเสียโอกาสที่ดิน โดยผลประโยชน์ประกอบด้วยแก๊สชีวภาพปุ๋ยสดกลิ่น อีกทั้งเป็นการอนุรักษ์พลังงานและสิ่งแวดล้อมพร้อมยังเป็นการช่วยบรรเทาการปลดปล่อยแก๊สเรือนกระจก ผลการศึกษาพบว่าระบบการผลิตแก๊สชีวภาพจากเศษอาหารในขนาด 200 กิโลกรัมเศษอาหารต่อวันเดินระบบ 365 วัน/ปีอายุของโครงการ 15 ปี ให้แก๊สชีวภาพโดยเฉลี่ย 4,147 กิโลกรัม(แก๊ส)/ปี เทคโนโลยีที่ให้ความคุ้มค่าทางเศรษฐศาสตร์มากที่สุดคือเทคโนโลยี CSTR 1-Stage อัตราผลตอบแทน IRR เท่ากับ 47.10% และระยะเวลาคืนทุนเร็วที่สุดคือ 2.12 ปี

ชนะ เปลื้องกลาง, มณฑิชา พุทซาคำ และศิริลักษณ์ วงษ์พิเชษฐ. (2554) ได้ทำการการวิจัยโดยมีวัตถุประสงค์คือ เพื่อศึกษาระยะเวลาการเกิดแก๊สชีวภาพที่ได้จากการเติมสารกลีเซอริน และเพื่อศึกษาระดับของสารกลีเซอรินที่เหมาะสมที่ทำให้เกิดแก๊สชีวภาพสูงสุดดำเนินการวิจัยโดยใช้แผนการทดลองแบบสุ่มสมบูรณ์เตรียมหน่วยทดลองโดยใช้โถงขนาด 2,000 ลิตรจำนวน 12 โถงแบ่งแต่ละโถงบรรจุมูลโค 500 ลิตรและน้ำ 500 ลิตรหมักไว้ 7 วันจากนั้นสุ่มออกเป็น 3 ทริตเมนต์ ๆ ละ 4 ซ้ำแต่ละซ้ำได้รับสารกลีเซอรินในปริมาณที่แตกต่างกันดังนี้ทริตเมนต์ที่ 1 มูลโคผสมน้ำ (กลุ่มควบคุม) ทริตเมนต์ที่ 2 มูลโคผสมน้ำและเติมสารกลีเซอริน 1% และทริตเมนต์ที่ 3 มูลโคผสมน้ำและเติมสารกลีเซอริน 3 % หลังจากนั้นหมักต่ออีก 3 วันบันทึกระยะเวลาที่ก๊าซชีวภาพเต็มถึง 100 ลิตรเติมมูลโคและน้ำในอัตรา 40:40 และเติมกลีเซอรินตามปริมาณที่กำหนดทุก 3 วันและบันทึกระยะเวลาที่แก๊สชีวภาพเต็มถึง 100 ลิตรทุกวันบันทึกต้นทุนการผลิตทั้งหมดวิเคราะห์ข้อมูลโดยการวิเคราะห์ความแปรปรวนและเปรียบเทียบความแตกต่างของระยะเวลาแก๊สชีวภาพเต็มถึง 100 ลิตรของแต่ละกลุ่มโดยใช้วิธี Duncan's new multiple range test ผลการวิจัยพบว่าทริตเมนต์ที่ 3 ที่เติมกลีเซอริน 3% มีผลทำให้ระยะเวลาในการเกิดแก๊สชีวภาพจากการหมักมูลโคเต็มถึง 100 ลิตรมีระยะเวลาเฉลี่ยสั้นที่สุดเท่ากับ 0.57 นาทีรองลงมาคือทริตเมนต์ที่ 2 ที่เติมกลีเซอริน 1% เท่ากับ 2.08 นาทีและทริตเมนต์ที่ 1 มีระยะเวลาการเกิดแก๊สชีวภาพนานที่สุดเท่ากับ 22.14 นาที สำหรับต้นทุนการผลิตพบว่าทริตเมนต์ที่ 1 มีต้นทุนเท่ากับ 5,000 บาททริตเมนต์ที่ 2 เท่ากับ 5,125 บาทและทริตเมนต์ที่ 3 เท่ากับ 5,375 บาท

ชัยศรี ธาราสวัสดิ์พิพัฒน์ และโกวิท สุวรรณหงษ์. (2555) ทำการศึกษาหากระบวนการที่เหมาะสมในการผลิตพลังงานทดแทนจากเศษวัสดุเหลือทิ้งทางการเกษตรร่วมกับวัชพืชน้ำ และการสร้างกระบวนการมีส่วนร่วมของชุมชนด้านการจัดการวัสดุเหลือทิ้งทางการเกษตรและการกำจัด



วัชพืชน้ำให้เกิดประโยชน์ต่อวิถีชีวิตของชุมชน โดยใช้กระบวนการวิจัย 4 ขั้นตอน ประกอบด้วย การสร้างกระบวนการมีส่วนร่วมของชุมชนเพื่อค้นหาปัญหา กำหนดแนวทางการดำเนินงาน และคัดเลือกพื้นที่ตัวอย่าง โดยใช้ผลการหารือร่วมกับตัวแทนชุมชนทั้ง 11 ตำบลของอำเภออัมพวา พร้อมทั้งสอบถามเฉพาะกลุ่ม (Focus Group) ในการคัดเลือกพื้นที่ศึกษา การนำตัวอย่างวัสดุเหลือทิ้งทางการเกษตรและวัชพืชน้ำมาทดลองผลิตแก๊สชีวภาพในระดับห้องปฏิบัติการ การร่วมออกแบบสร้างระบบผลิตแก๊สชีวภาพในพื้นที่ตัวอย่าง และการจัดอบรม สาธิต ประเมินผลระดับความพึงพอใจของชุมชนผลการวิจัย พบว่า ร้อยละ 85.5 ของผู้เข้าร่วมหารือให้ใช้พื้นที่ของตำบลบางนางลี่เป็นพื้นที่ตัวอย่างในการศึกษา ซึ่งมีวัสดุเหลือทิ้งทางการเกษตรและวัชพืชน้ำที่สร้างปัญหาเกี่ยวกับสิ่งแวดล้อม และปัญหาด้านการสัญจรทางน้ำ ประกอบด้วย เปลือกมะพร้าวสด ประมาณ 10-15 ตันต่อฤดูกาล เปลือกส้มโอประมาณ 2-4 ตันต่อฤดูกาล วัชพืชน้ำประเภทสาหร่ายหางกระรอก ผักตบชวา จอก แหน ประมาณ 1-3 ตันต่อเดือน ในส่วนของผลการทดลองผลิตแก๊สชีวภาพในระดับห้องปฏิบัติการ พบว่า สามารถผลิตแก๊สชีวภาพจากวัสดุเหลือทิ้งทางการเกษตร 4 ประเภท ประกอบด้วย วัชพืชน้ำ เปลือกส้มโอ สาหร่ายหางกระรอก ผักตบชวา ร่วมกับมูลโค ในสัดส่วน 1:0:0:0:1 โดยน้ำหนักในปริมาตร 10 ลิตร สามารถผลิตแก๊สชีวภาพได้สูงสุดที่ 101.44 มิลลิลิตร ในระยะเวลา 15 วัน ผลิตแก๊สมีเทนได้สูงสุด 77.70 เปอร์เซ็นต์ และจากการนำผลการศึกษาไปสู่การออกแบบผลิตแก๊สชีวภาพในระดับชุมชนโดยสร้างระบบผลิตแก๊สชีวภาพแบบปลั๊กโพลว์ ความจุ 4,000 ลิตร พบว่าสามารถผลิตแก๊สชีวภาพได้สูง 115.86 ลิตร และผลิตแก๊สมีเทนได้สูงสุด 80.5% โดยใช้เวลาในการผลิต ต่อเนื่องระยะเวลาประมาณ 30-45 วัน และผลการทดสอบระดับความพึงพอใจในภาพรวมของกระบวนการวิจัยอยู่ในระดับดีมาก

ลิขสิทธิ์ของมหาวิทยาลัยราชภัฏรำไพพรรณี