

บทที่ 2

หลักการและทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง

2.1 การเลี้ยงไก่เนื้อหรือไก่กระທ

ไก่กระທ (Broilers) หมายถึง ไก่ที่เลี้ยงเอาไว้เพื่อบริโภคเนื้อเป็นหลักและมีอายุการเลี้ยงสั้น ปัจจุบันไก่กระທได้ถูกปรับปรุงพันธุ์ให้มีการเจริญเติบโตเร็ว ให้เนื้อมาก อายุการเลี้ยงสั้นลง ก็สามารถนำมาบริโภคได้ตั้งแต่อายุ 28-60 วัน (ประภากร, 2558)

ไก่เนื้อ (Meat type chickens) หมายถึง ไก่ที่เลี้ยงขุนเพื่อบริโภคเนื้อเป็นหลัก ไก่เนื้อเป็นคำที่เรียกรวมๆ ซึ่งจะประกอบด้วย ไก่กระທ ไก่ไข่ตัวผู้ขุน และไก่พื้นเมืองขุน ดังนั้น ไก่กระທจึง หมายถึงรวมถึงไก่เนื้อ แต่ไก่เนื้อมิได้หมายถึงไก่กระທเสมอไป (ประภากร, 2558)

2.1.1 โปรแกรมการเลี้ยงไก่กระທ

การเลี้ยงไก่กระທควรใช้ระบบการเลี้ยงแบบเข้าออกพร้อมกันหมด (All in - All out) คือ ในโรงเรือนเดียวกันจะเริ่มต้นเลี้ยงไก่อายุเท่ากัน ภายหลังจากที่จับไก่ออกหมดแล้ว โรงเรือนจะมีเวลาว่าง ซึ่งเป็นเวลาที่ผู้เลี้ยงจะต้องทำความสะอาดโรงเรือนและอุปกรณ์ต่างๆ ให้สะอาด ทำการฆ่าเชื้อโรคทั้งภายในและภายนอกโรงเรือน ฆ่าเชื้อโรคอุปกรณ์ต่างๆ ที่ใช้ เช่น อุปกรณ์ให้น้ำ ให้อาหาร ฝ้ายาน เป็นต้น ภายหลังจากทำความสะอาดโรงเรือนและอุปกรณ์แล้ว จะมีการหยุดพักโรงเรือน (Down time) อย่างน้อย 7- 14 วัน เพื่อตัดวงจรการติดต่อของโรคระบาดบางชนิด ระยะเวลาในการเลี้ยงไก่กระທจะขึ้นอยู่กับขนาดของไก่ที่ตลาดต้องการซึ่งจะมีน้ำหนักตั้งแต่ 1.3-2.8 กิโลกรัมต่อตัว ไก่ที่มีน้ำหนักน้อยมักจะนำไปทำเป็นไก่ย่างหรือขายทั้งตัว ส่วนไก่ที่มีน้ำหนักมากส่วนใหญ่จะนำไปขายเป็นไก่แยกชิ้นส่วนหรือแปรรูปเป็นผลิตภัณฑ์อื่นๆ ระยะเวลาในการเลี้ยงจะอยู่ระหว่าง 28-60 วัน

2.1.2 การเตรียมโรงเรือน

โดยการทำความสะอาดและฆ่าเชื้อทั้งภายในและภายนอกโรงเรือน ทำความสะอาดและฆ่าเชื้อตามอุปกรณ์ต่างๆ ที่จะใช้เลี้ยงไก่ โดยถึงเก็บอาหารนอกโรงเรือนจะต้องเอาอาหารเก่าออกให้หมด จากนั้นจึงใช้บั้งแรงดันฉีดล้างให้สะอาดแล้วใช้สารละลายคลอรีนเข้มข้น 10% ฉีดพ่นฆ่าเชื้อให้ทั่ว สำหรับอุปกรณ์ให้น้ำอัตโนมัติควรจะต้องล้างท่อส่งน้ำโดยการปล่อยน้ำเก่าที่ค้างอยู่ในท่อออกให้หมดแล้วจึงเปิดน้ำใหม่เข้ามาแทนที่เพื่อให้มั่นใจได้ว่าไก่จะได้ดื่มน้ำใหม่

2.1.3 วัสดุรองพื้น (Litter)

อุตสาหกรรมการเลี้ยงไก่กระตังในปัจจุบันมักจะเลี้ยงไก่บนพื้นคอนกรีต ดังนั้น ก่อนที่จะนำไก่เข้ามาเลี้ยงจะต้องปูทับด้วยวัสดุรองพื้นเสียก่อน โดยวัสดุรองพื้นให้มีความหนาประมาณ 3-4 นิ้ว (8-10 เซนติเมตร) วัสดุรองพื้นที่ดีจะต้องมีน้ำหนักเบา สามารถดูดซับความชื้นและน้ำได้ดี ราคาไม่แพง หาได้ง่ายในท้องถิ่นและต้องไม่เป็นพิษต่อไก่ที่เลี้ยง มีวัสดุหลายชนิดสามารถนำมาทำเป็นวัสดุรองพื้นสำหรับเลี้ยงไก่ได้ ซึ่งประโยชน์ของวัสดุรองพื้นมีดังนี้

- ช่วยดูดซับความชื้นจากมูลไก่และน้ำที่หกหล่นจากอุปกรณ์ให้น้ำ ช่วยให้พื้นโรงเรือนแห้ง
- ช่วยเจือจางมูลไก่ โดยมูลที่ไก่ที่ถูกขับถ่ายออกมาจะผสมกับวัสดุรองพื้น ช่วยให้ไก่ไม่สัมผัส กับมูลโดยตรงมากนัก
- ช่วยเป็นฉนวนกันความหนาวเย็นของพื้นคอนกรีตในช่วงฤดูหนาวและช่วยเป็นสื่อนำความร้อนออกจากร่างกายในช่วงฤดูร้อน

2.1.4 ความหนาแน่นและอัตราการเลี้ยง (Stocking density)

การกำหนดความหนาแน่นหรืออัตราการเลี้ยงมี 2 ลักษณะคือ การกำหนดเป็นจำนวนตัวต่อพื้นที่การเลี้ยง การกำหนดลักษณะนี้จะทำให้ทราบว่าเราจะสามารถเลี้ยงไก่ได้จำนวนเท่าใดต่อโรงเรือน หรือการกำหนดเป็นน้ำหนักตัวต่อพื้นที่การเลี้ยง ซึ่งจะบอกได้ว่าเราจะได้ผลผลิตไก่ได้น้ำหนักเท่าใดต่อโรงเรือน ซึ่งโดยปกติแล้วจำนวนไก่ที่จะเลี้ยงได้ภายในโรงเรือนจะขึ้นอยู่กับน้ำหนักตัวเมื่อจับส่งตลาด ลักษณะของโรงเรือน และฤดูกาล

ไก่กระตังที่เลี้ยงในโรงเรือนระบบ Evaporative cooling system สามารถผลิตไก่ได้ประมาณ 30.8 กิโลกรัมต่อตารางเมตร ในฤดูหนาว และประมาณ 29.3 กิโลกรัมต่อตารางเมตรในฤดูร้อน การเลี้ยงไก่ในอัตราส่วนที่สูงหรือเลี้ยงแบบหนาแน่นมากจะส่งผลทำให้ไก่มีน้ำหนักตัวน้อยลง ให้ผลผลิตเนื้อลดลง ประสิทธิภาพการใช้อาหารลดลง จำนวนไก่คุณภาพต่ำมีมากขึ้น และมีอัตราการตายเพิ่มขึ้น

2.2 ก๊าซชีวภาพ

ก๊าซชีวภาพเป็นก๊าซที่เกิดขึ้นตามธรรมชาติจากปฏิกิริยาการย่อยสลายสารอินทรีย์ในสภาวะที่ไร้อากาศ โดยแบคทีเรียที่ไม่ต้องการอากาศ (Anaerobic Bacteria) ทำให้เกิดผลผลิตของก๊าซชีวภาพซึ่งจะอยู่ในรูปของก๊าซผสม ประกอบด้วยก๊าซมีเทน (CH_4) 50-70% ก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ (CO_2) 30-50% และส่วนที่เหลือเป็นก๊าซอื่นๆ เช่น ไฮโดรเจนซัลไฟด์ (H_2S) ออกซิเจน (O_2) ไนโตรเจน (N_2) และไอน้ำ (H_2O) เป็นต้น

คุณสมบัติของก๊าซชีวภาพ มีดังนี้

ค่าความร้อน(โดยประมาณ)	21.5	เมกะจูลต่อลูกบาศก์เมตร (ที่ปริมาณมีเทน, CH ₄ 60%)
ความเร็วเปลวไฟ	25	เซนติเมตรต่อวินาที
อัตรา A/F ในทางทฤษฎี	6.19	ลูกบาศก์เมตรต่อลูกบาศก์เมตร
อุณหภูมิเผาไหม้ในอากาศ	650	องศาเซลเซียส
อุณหภูมิจุดติดไฟ (CH ₄)	600	องศาเซลเซียส
ค่าความจุความร้อน	1.6	กิโลจูลต่อลูกบาศก์เมตร
ความหนาแน่น	1.15	กิโลกรัมต่อลูกบาศก์เมตร

2.2.1 ระบบบำบัดน้ำเสียแบบไร้อากาศ

การบำบัดน้ำเสียแบบไร้อากาศ (Anaerobic Wastewater Treatment) จะไม่เติมอากาศให้แก่จุลินทรีย์ซึ่งได้รับความนิยมมากขึ้นในปัจจุบันเนื่องจากประหยัดพลังงานในการอัดอากาศและกวนของเหลว และให้ผลิตภัณฑ์เป็นก๊าซมีเทน ระบบบำบัดน้ำเสียแบบไร้อากาศมีการผลิตตะกอนสลัดจ์ขึ้นน้อยกว่าระบบบำบัดน้ำเสียแบบใช้อากาศจึงทำให้ค่าใช้จ่ายในการบำบัดตะกอนลดลง ข้อเสียของระบบบำบัดน้ำเสียแบบไร้อากาศคือจุลินทรีย์มีอัตราการเจริญเติบโตต่ำทำให้ใช้เวลานานในการเริ่มต้นระบบ อีกทั้งระบบมีประสิทธิภาพในการบำบัดต่ำ จึงต้องใช้ระยะเวลาในการกักเก็บน้ำ (hydraulic retention time, HRT) นานขึ้น ระบบจึงมีขนาดใหญ่ขึ้น นอกจากนี้ระบบยังมีการปรับตัวต่อการเปลี่ยนแปลงของสภาพแวดล้อมได้ไม่ดีนัก และมีปัญหาด้านกลิ่นซึ่งเกิดจากการผลิตก๊าซไฮโดรเจนซัลไฟด์รวมทั้งน้ำเสียขาออกอาจมีสีดำเป็นผลมาจากปฏิกิริยาระหว่างก๊าซไฮโดรเจนซัลไฟด์และไอออนของโลหะในน้ำ

2.2.2 กระบวนการย่อยสลายในสภาวะไร้อากาศ (Anaerobic Digestion)

ระบบบำบัดน้ำเสียแบบไร้อากาศเป็นระบบที่มีความสำคัญต่อการบำบัดน้ำเสียที่มีสารอินทรีย์ (Organic matter) ปริมาณความเข้มข้นสูง ภายในระบบจะมีการย่อยสลายสารอินทรีย์ในสภาวะไร้อากาศซึ่งประกอบด้วย การย่อยสลายหลายขั้นตอนที่มีความซับซ้อน โดยการทำงานร่วมกันของ

แบคทีเรียหลายกลุ่ม แต่ละกลุ่มก็จะทำหน้าที่ต่างกันในแต่ละขั้นตอนของการย่อยสลาย เพื่อให้ได้ก๊าซชีวภาพซึ่งสามารถนำไปใช้เป็นแหล่งพลังงานได้

ขั้นตอนในการย่อยสลายสารอินทรีย์ในสภาวะไร้อากาศ โดยแบคทีเรียกลุ่มผลิตกรดสามารถแบ่งออกได้เป็น 3 ขั้นตอนดังนี้

ขั้นตอนที่ 1 กระบวนการไฮโดรไลซิส (Hydrolysis)

เป็นขั้นตอนของการย่อยสลายสารอินทรีย์โครงสร้างโมเลกุลใหญ่ ทั้งที่ละลายน้ำและไม่ละลายน้ำ เช่นคาร์โบไฮเดรต โปรตีน และไขมัน ให้มีขนาดโครงสร้างโมเลกุลเล็กลงที่สามารถละลายน้ำได้ ผลของปฏิกิริยาจะได้สารประกอบอินทรีย์ที่มีโครงสร้างโมเลกุลเล็ก เช่น น้ำตาลกลูโคส กรดอะมิโน กรดไขมัน เป็นต้น อัตราการเกิดปฏิกิริยาขึ้นอยู่กับค่าความเป็นกรด-ด่าง (pH) ระยะเวลาที่เก็บน้ำเสีย และองค์ประกอบของสารอินทรีย์ในน้ำเสียที่ป้อนเข้าสู่ถังปฏิกรณ์ แบคทีเรียกลุ่มที่เกี่ยวข้องในขั้นตอนนี้คือ แบคทีเรียกลุ่มไฮโดรไลติก (Hydrolytic bacteria) และกลุ่มเฟอร์เมนเตทิฟ (Fermentative bacteria)

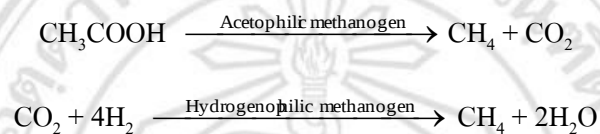
ขั้นตอนที่ 2 กระบวนการอะซิโดเจเนซิส (Acidogenesis)

สารประกอบอินทรีย์โครงสร้างโมเลกุลเล็กที่ละลายน้ำซึ่งถูกสร้างโดยกระบวนการไฮโดรไลซิส จะถูกแบคทีเรียที่ดำรงชีพอยู่ได้ทั้งสภาพที่มีและไม่มีอากาศ (Facultative bacteria) ใช้เป็นแหล่งอาหารและพลังงาน โดยในช่วงแรกของการย่อยสลายขั้นตอนนี้ ผลของปฏิกิริยาจะได้กรดไขมันระเหยง่าย (Volatile fatty acid) ซึ่งโมเลกุลมีอะตอมของคาร์บอนไม่เกิน 5 ตัว เช่น กรดอะซิติก (CH_3COOH) กรดไพรูวอิก ($\text{C}_2\text{H}_3\text{COOH}$) กรดบิวทีริก ($\text{C}_3\text{H}_7\text{COOH}$) เป็นต้น และสารอื่นๆ เช่น เอทานอล ($\text{C}_2\text{H}_5\text{OH}$) ไฮโดรเจน (H_2) คาร์บอนไดออกไซด์ (CO_2) เป็นต้น แบคทีเรียกลุ่มนี้เรียกว่าแบคทีเรียกลุ่มผลิตกรด (Acid forming bacteria) ซึ่งชนิดของแบคทีเรียจะถูกเรียกแตกต่างกันไปตามชนิดของสารอินทรีย์นั้นๆ ขั้นตอนที่ต่อมากรดไขมันระเหยง่ายที่เกิดขึ้นดังกล่าวข้างต้นจะถูกแบคทีเรียกลุ่มอะซิโดเจเนติก (Acetogenic bacteria) เปลี่ยนให้เป็นอะซิเตต ฟอर्मेट ก๊าซไฮโดรเจนและก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ ซึ่งเป็นสารประกอบที่สำคัญในการผลิตก๊าซมีเทน ปฏิกิริยานี้ถือเป็นปฏิกิริยาสำคัญในการหลีกเลี่ยงไม่ให้เกิดการสะสมของกรดไขมันระเหยง่ายและก๊าซไฮโดรเจนในปริมาณสูงพอที่จะยับยั้งกระบวนการผลิตก๊าซมีเทน แบคทีเรียกลุ่มนี้อาจเรียกว่าแบคทีเรียกลุ่มผลิตก๊าซไฮโดรเจน (Hydrogen forming bacteria) เนื่องจากแบคทีเรียกลุ่มผลิตไฮโดรเจนมักสร้างกรดอินทรีย์ด้วย แต่ตัวที่ผลิตกรดอินทรีย์ได้อาจไม่สามารถผลิตก๊าซไฮโดรเจนได้ จึงถือว่าแบคทีเรียกลุ่มผลิตก๊าซ

ไฮโดรเจนเป็นชนิดของแบคทีเรียกลุ่มผลิตกรดด้วย แบคทีเรียทั้ง 2 ชนิดอาจรวมเรียกว่าเป็นแบคทีเรียกลุ่มที่ไม่ผลิตก๊าซมีเทน (Non-methanogenic bacteria)

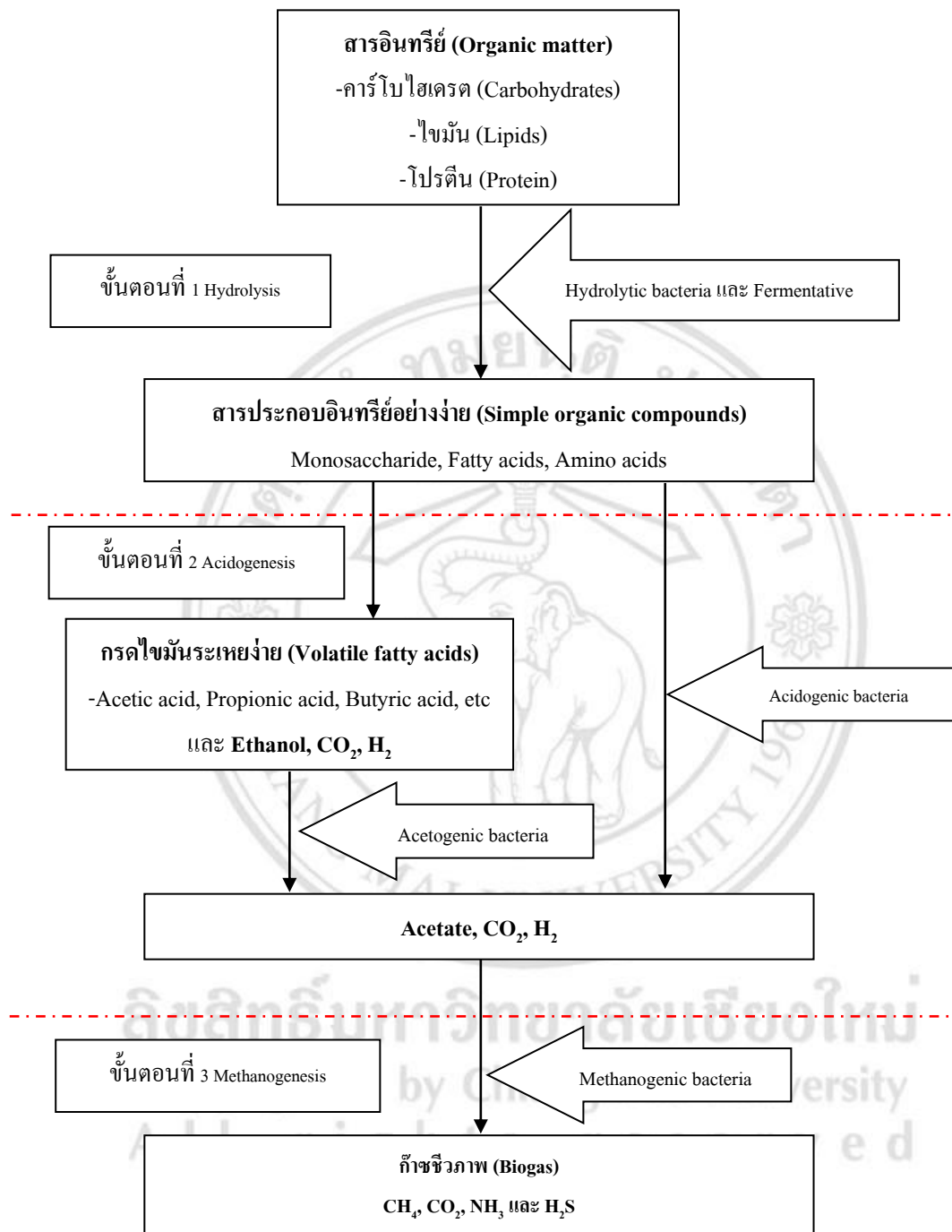
ขั้นตอนที่ 3 กระบวนการผลิตก๊าซมีเทน (Methanogenesis)

กระบวนการผลิตก๊าซมีเทน เป็นขั้นตอนสุดท้ายของการย่อยสลายสารอินทรีย์ภายใต้สภาวะไร้อากาศ ผลผลิตสุดท้ายคือ ก๊าซมีเทน(CH_4), ก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ (CO_2), น้ำ (H_2O) และก๊าซอื่นๆ ในปริมาณเล็กน้อย เช่น ก๊าซไฮโดรเจนซัลไฟด์(H_2S) และก๊าซแอมโมเนีย(NH_3) สารตั้งต้นของขั้นตอนนี้เป็นผลผลิตที่ได้มาจากระยะก่อนการหมัก โดยสารตั้งต้นที่มีความสำคัญมากที่สุดคือ กรดอะซิติก และก๊าซไฮโดรเจนกับก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ ปฏิกริยาดังสมการ



แบคทีเรียที่เกี่ยวข้องในขั้นตอนนี้มีความเฉพาะเจาะจงสูง คือ แบคทีเรียกลุ่มผลิตก๊าซมีเทน (Methanogenic bacteria) ได้แก่ กลุ่ม Acetoclastic methanogenic bacteria (Acetophilic methanogen) และกลุ่ม Hydrogenophilic methanogen

ในระบบการย่อยสลายสารอินทรีย์ในสภาวะไร้อากาศนี้ แบคทีเรียกลุ่มผลิตก๊าซมีเทนมีความอ่อนไหวต่อการเปลี่ยนแปลงของสภาวะแวดล้อมมาก และมีอัตราการเจริญเติบโตต่ำกว่าแบคทีเรียกลุ่มอื่นๆ ดังนั้นการเจริญเติบโตและปริมาณของแบคทีเรียกลุ่มนี้จึงเป็นปัจจัยสำคัญ สำหรับกระบวนการผลิตก๊าซชีวภาพ ขั้นตอนการย่อยสลายสารอินทรีย์ในสภาวะไร้อากาศแสดงดังรูปที่ 2.1



รูปที่ 2.1 ขั้นตอนการย่อยสลายสารอินทรีย์ในสภาวะไร้อากาศ

(ดัดแปลงจาก: Breure, A.M. and Andel, J.G., 1987)

2.2.3 จุลินทรีย์ที่เกี่ยวข้องในกระบวนการย่อยสลายสารอินทรีย์ภายใต้สภาวะไร้อากาศ

2.2.3.1 แบคทีเรียพวกที่ไม่สร้างมีเทน

1) Hydrolytic Bacteria

แบคทีเรียประเภทนี้ประกอบด้วยเซลล์ที่ไม่ต้องการออกซิเจนอย่างเด็ดขาด (Obligate Anaerobes) และพวกที่ใช้ก๊าซได้บ้าง (Facultative Anaerobes) ซึ่งประเภทแรกมีจำนวนมากกว่าชนิดทั้งหลายสิบเท่า เนื่องจากเมตาบอลิซึมของแบคทีเรียประเภทไม่สร้างมีเทนมีได้หลายแบบ Hydrolytic Bacteria จะย่อยสลายสารอินทรีย์โมเลกุลใหญ่ เช่น โปรตีน เซลลูโลส และไขมัน โดย Extracellular Enzyme ได้แก่ โปรติเอส เซลลูเลส และไลเปส ให้เป็นสารโมเลกุลเดี่ยว ซึ่งละลายน้ำได้ เช่น กรดอะมิโน กลูโคส กรดไขมัน และกลีเซอรอล เป็นต้น การย่อยสลายสารอินทรีย์ในขั้นตอนนี้เป็นไปได้ช้าโดยเฉพาะสารอินทรีย์ที่มีโครงสร้างซับซ้อนและยากต่อการย่อยสลายโดยจุลินทรีย์ เช่น เซลลูโลสที่มีลิกนินเป็นองค์ประกอบในปริมาณมาก

2) Fermentative Acidogenic Bacteria

แบคทีเรียกลุ่มนี้ ได้แก่ Acidogenic หรือ Acid forming bacteria สามารถย่อยสลายสารอินทรีย์โมเลกุลเดี่ยว เช่น กรดอะมิโน, น้ำตาล และกรดไขมันให้เป็น คาร์บอนไดออกไซด์ ไฮโดรเจน กรดฟอร์มิก กรดอะซิติก และเมทานอล เป็นต้น

3) Acetogenic Bacteria หรือ Acetate- H_2 Producing Bacteria

แบคทีเรียกลุ่มนี้สามารถย่อยสลายกรดอินทรีย์ระเหยได้และแอลกอฮอล์ให้เป็น กรดอะซิติก ไฮโดรเจน คาร์บอนไดออกไซด์ หรือสารโมเลกุลอย่างง่ายตัวอื่นๆ ในสภาวะที่มีความดันย่อยของไฮโดรเจนต่ำ (H_2 partial pressure) การย่อยสลายกรดอินทรีย์ระเหยได้จะถูกเปลี่ยนเป็น กรดอะซิติก ซึ่งถูกนำไปใช้ในการสร้างมีเทนได้ง่ายกว่า แต่ภายใต้สภาวะที่มีความดันย่อยของไฮโดรเจนสูง จะทำให้การย่อยสลายเปลี่ยนเป็นกรดอะซิติก ลดลง และสารตั้งต้นจะถูกเปลี่ยนไปเป็น กรดไพรูวิก บิวทีริก และเอทานอล ทำให้เกิดการสะสมกรดอินทรีย์ขึ้นภายในระบบ ทำให้ค่าพีเอชของระบบลดลง เกิดสภาวะไม่เหมาะสมต่อการเจริญของแบคทีเรียกลุ่มที่สร้างมีเทน แต่พบว่าแบคทีเรียทั้งสองกลุ่มมีความสัมพันธ์กันแบบพึ่งพาอาศัยกัน (Symbiosis Relationship) คือแบคทีเรียกลุ่มที่สร้างมีเทนจะดึงไฮโดรเจนไปใช้ ทำให้ความดันย่อยของไฮโดรเจนต่ำลง ซึ่งมีความเหมาะสมต่อการเจริญต่อแบคทีเรียในกลุ่มที่สร้างกรด

2.2.3.2 แบคทีเรียพวกที่สร้างมีเทน

แบคทีเรียประเภทนี้เจริญได้ช้ามากและมีความไวต่อการเปลี่ยนแปลงของสภาพแวดล้อม เช่น ไม่สามารถทนอยู่ได้ในสภาวะที่มีอากาศเพียงเล็กน้อยหรือสภาวะที่มีการเปลี่ยนแปลงของค่า pH ในการเจริญเติบโต เป็นต้น แบคทีเรียพวกที่สร้างมีเทนสามารถแบ่งได้เป็น 3 ประเภท คือ

1) Obligate Acetoclastic Methanogen เป็นแบคทีเรียที่สามารถใช้กรดอะซิติกเป็นแหล่งพลังงานได้เพียงอย่างเดียว

2) Obligate Hydrogenotrophic Methanogen (H_2 Utilizer) เป็นแบคทีเรียที่สามารถผลิตมีเทนได้จากไฮโดรเจนเพียงอย่างเดียว โดยใช้ไฮโดรเจนเป็นแหล่งพลังงาน และมีคาร์บอนไดออกไซด์เป็นแหล่งคาร์บอน

3) Hydrogenotrophic/ Acetoclastic Methanogen เป็นแบคทีเรียที่สร้างมีเทนได้จากกรดอะซิติก หรือไฮโดรเจน แต่ชอบไฮโดรเจนมากกว่า

2.2.4 ปัจจัยต่างๆ ที่มีผลต่อการผลิตก๊าซชีวภาพ

การย่อยสลายสารอินทรีย์และการผลิตก๊าซมีปัจจัยต่างๆ เกี่ยวข้องดังต่อไปนี้

1) คุณภาพและปริมาณของเชื้อจุลินทรีย์ตั้งต้น

ในการเริ่มต้นเดินระบบบำบัดน้ำเสียแบบไร้อากาศนั้นคุณภาพและปริมาณของเชื้อ จุลินทรีย์ ที่นำมาใช้ในระบบมีความสำคัญเป็นอย่างยิ่ง เชื้อจุลินทรีย์ที่นำมาใช้ควรมาจากระบบบำบัดน้ำเสียแบบไร้อากาศที่มีลักษณะและองค์ประกอบใกล้เคียงกันกับน้ำเสียที่ต้องการบำบัด ซึ่งทำให้เชื้อจุลินทรีย์สามารถปรับสภาพเข้ากับน้ำเสียชนิดใหม่ที่ป้อนเข้าสู่ระบบบำบัดได้อย่างรวดเร็วและสามารถทนต่อสารที่เป็นพิษหรือสารที่ยับยั้งการเจริญเติบโตที่มีอยู่ในน้ำเสียได้ หากไม่สามารถหาได้ก็สามารถใช้มูลสัตว์ต่างๆ เช่น มูลโค มูลสุกร เป็นต้น ซึ่งอาจจะต้องใช้ระยะเวลาในการเริ่มต้นเดินระบบนานกว่าวิธีการนำเชื้อจุลินทรีย์ที่ได้จากระบบบำบัดน้ำเสียที่มีลักษณะและองค์ประกอบใกล้เคียงกับน้ำเสียที่เราต้องการบำบัดมาใช้ นอกจากนั้นแล้วปริมาณเชื้อจุลินทรีย์ ที่ใส่ลงในบ่อบำบัดในช่วงเริ่มต้นเดินระบบบำบัดก็มีความสำคัญเช่นเดียวกัน ซึ่งอาจต้องเติมเชื้อจุลินทรีย์เข้าไปในระบบบำบัดอย่างต่อเนื่อง หรือควรเติมเชื้อจุลินทรีย์เมื่อเริ่มต้นเดินระบบให้มีปริมาณมากๆ หรือทำการวนเชื้อจุลินทรีย์กลับเข้าสู่บ่อบำบัดให้เพียงพอเพื่อย่อยสลายสารอินทรีย์ในน้ำเสียที่ป้อนเข้าสู่ระบบบำบัด ซึ่งจะสามารถช่วยลดระยะเวลาที่ใช้ในการเริ่มต้นเดินระบบให้ลดลงได้

2) อุณหภูมิในการเดินระบบ (Operating temperature)

อุณหภูมิมีความสำคัญต่อประสิทธิภาพของการบำบัดน้ำเสียแบบไร้อากาศ อัตราการเกิดปฏิกิริยาเคมีหรือปฏิกิริยาชีวเคมีจะมีค่าสูงขึ้นเมื่อมีอุณหภูมิสูงขึ้น และอุณหภูมิที่แบคทีเรียเจริญเติบโตได้เป็นอุณหภูมิที่มีผลต่อองค์ประกอบของเซลล์และกิจกรรมของเอนไซม์ภายในเซลล์ อุณหภูมิถูกแบ่งเป็น 3 ช่วง คือ

2.1) ช่วงไซโครฟิลิก (Psychrophilic) เป็นช่วงอุณหภูมิที่ต่ำกว่า 20 องศาเซลเซียส

2.2) ช่วงมีโซฟิลิก (Mesophilic) เป็นช่วงอุณหภูมิระหว่าง 20 – 45 องศาเซลเซียส

2.3) ช่วงเทอร์โมฟิลิก (Thermophilic) เป็นช่วงอุณหภูมิที่สูงกว่า 45 องศาเซลเซียส

สำหรับระบบบำบัดน้ำเสียแบบไร้อากาศจะมีช่วงอุณหภูมิที่เหมาะสมอยู่ 2 ช่วงที่ทำให้เกิดก๊าซมีเทนขึ้นในระบบได้ดี คือ ช่วง 30 – 38 องศาเซลเซียส และช่วง 48 – 57 องศาเซลเซียส อย่างไรก็ตามการเดินระบบที่ช่วงอุณหภูมิสูง มีข้อเสียเนื่องจาก Thermophilic bacteria ทนทานต่อการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิได้ต่ำกว่า Mesophilic bacteria จึงมีความเสี่ยงต่อการล้มเหลวของระบบสูง และการเดินระบบที่อุณหภูมิสูงอาจสิ้นเปลืองพลังงานในการควบคุมอุณหภูมิของถังปฏิกรณ์อีกด้วย

3) ความเป็นกรด-ด่าง (pH Value)

ค่า pH ที่เหมาะสมต่อการผลิตก๊าซชีวภาพ คือระหว่าง 6.6 – 7.4 ค่า pH ในถังหมักขึ้นอยู่กับช่วงของการหมัก เพราะในช่วงแรกแบคทีเรียที่สร้างกรด จะสร้างกรดเป็นจำนวนมากและทำให้ค่า pH ลดลง ซึ่งถ้าหาก pH ลดลงต่ำกว่า 5 ก็จะหยุดกระบวนการย่อยและหมักทั้งหมดหรืออีกนัยหนึ่งก็คือแบคทีเรียตาย เพราะจุลินทรีย์ผลิตก๊าซมีเทน (Methanogen) นั้นอ่อนไหวต่อความเป็นกรดต่างมากและจะไม่เจริญเติบโตหาก pH ต่ำกว่า 6.5 ในช่วงท้ายของกระบวนการ ความเข้มข้นของแอมโมเนียในโตรเจนจะมากขึ้นตามการย่อยสลายในโตรเจนที่เพิ่มขึ้น ซึ่งจะส่งผลให้ค่า pH เพิ่มขึ้น อาจเกิน 8 จนกระทั่งระบบผลิตก๊าซชีวภาพเริ่มมีความเสถียรค่า pH จะอยู่ระหว่าง 6.8 – 8 และค่า pH ยังส่งผลทางอ้อมต่อแบคทีเรียที่ผลิตก๊าซมีเทน จะส่งผลต่อรูปอ็อกซิเจนของสารต่างๆ เช่น ปริมาณกรดไขมัน (VFA), แอมโมเนีย (NH_3) และไฮโดรเจนซัลไฟด์ (H_2S) ซึ่งจะมีความเป็นพิษต่อแบคทีเรียต่างกัน

4) ปริมาณสารอินทรีย์เข้าสู่ระบบ (Loading)

ปริมาณสารอินทรีย์เข้าสู่ระบบคือ ปริมาณสารอินทรีย์ที่เติมใส่ถังหมักในแต่ละวัน ซึ่งหากเติมสารอินทรีย์เข้าระบบในปริมาณที่มากเกินไป ก็จะส่งผลให้ค่า pH ลดลงต่ำเกินไป

เนื่องจากในช่วงแรกของกระบวนการคือ acidogenesis กรดจะถูกผลิตขึ้นมามาก ส่งผลให้ระบบล้นเหลวได้เนื่องจากจุลินทรีย์ผลิตก๊าซมีเทนตาย แต่ถ้าหากปริมาณสารอินทรีย์เข้าสู่ระบบน้อยเกินไป ปริมาณก๊าซที่ผลิตได้ก็จะน้อยตามไปด้วย กล่าวคือไม่ได้เดินระบบเต็มตามกำลังการผลิต ทำให้ถังหมักมีขนาดใหญ่เกินไปโดยไม่จำเป็น

5) การกวนผสม (Mixing)

การกวนผสม ตะกอน น้ำ และ สารอินทรีย์ เป็นสิ่งสำคัญอีกส่วนเพราะจะทำให้แบคทีเรียสัมผัสกับสารอินทรีย์ได้อย่างทั่วถึง ทำให้แบคทีเรียทำงานได้อย่างมีประสิทธิภาพมากขึ้น ส่งผลให้การผลิตก๊าซเร็วขึ้นและมากขึ้น นอกจากนี้ยังป้องกันการตกตะกอนและตะกอนลอย (Scum) ซึ่งตะกอนอาจจะไปอุดตันที่ช่องทางสำหรับระบายของเหลวออกจากถัง

6) ระยะเวลาการกักเก็บ (Retention Time)

เป็นระยะเวลาที่สารอินทรีย์อยู่ในถังหมักจนกระทั่งออกมาจากระบบ หมายถึง ระยะเวลาการกักเก็บของแข็ง (Solid Retention Time, SRT) หรือระยะเวลาการกักเก็บน้ำ (Hydraulic Retention Time, HRT) อยู่ในถังหมัก โดยระยะเวลาการกักเก็บที่เหมาะสมเป็นค่าที่ขึ้นอยู่กับปัจจัยสภาพแวดล้อมภายในระบบ และประเภทของสารอินทรีย์ที่ป้อนเข้าสู่ระบบ รวมไปถึงชนิดของแบคทีเรียในระบบ ด้วย การเลือกระยะเวลาในการหมักที่เหมาะสมจะช่วยให้การหมักมีการย่อยสลายวัตถุดิบได้สมบูรณ์ และสามารถออกแบบขนาดถังหมักได้อย่างเหมาะสม หากระยะเวลาในการกักเก็บสั้นเกินไป จะทำให้แบคทีเรียมีระยะเวลาไม่เพียงพอสำหรับการเกิดปฏิกิริยาและผลิตก๊าซชีวภาพ นอกจากนี้แบคทีเรียจะถูกถ่ายออกจากระบบเร็วเกินไป ส่งผลให้จำนวนแบคทีเรียในระบบลดลง ทำให้แบคทีเรียที่เหลืออยู่ทำการย่อยสารอินทรีย์ไม่ทัน และอาจทำให้ค่าพีเอชในถังหมักลดลง ในขณะเดียวกันหากมีระยะเวลากักเก็บนานเกินไป จะทำให้เกิดการสะสมตะกอนของสารอินทรีย์ที่แบคทีเรียย่อยสลายแล้ว ทำให้ถังหมักมีขนาดใหญ่โดยไม่จำเป็น ดังนั้นการควบคุมระยะเวลากักเก็บให้เหมาะสม ทำให้แบคทีเรียที่อยู่ในระบบมีปริมาณคงที่ ซึ่งค่าระยะเวลากักเก็บที่เหมาะสมขึ้นอยู่กับปัจจัยสภาพแวดล้อมภายในระบบ ลักษณะของสารอินทรีย์ที่ป้อนเข้าสู่ระบบ และชนิดของแบคทีเรียในระบบ โดยระบบจะมีระยะเวลากักเก็บของแข็งเท่ากับระยะเวลากักเก็บน้ำ (SRT=HRT)

$$HRT = SRT = \frac{\text{Volume (V)}}{\text{Flow rate (Q)}} \dots\dots\dots(2.1)$$

เมื่อ

$$SRT = \text{ระยะเวลาการกักเก็บของแข็ง (วัน)}$$

HRT = ระยะเวลาที่เก็บของเหลว (วัน)

V = ปริมาตรใช้งาน (ลูกบาศก์เมตร)

Q = อัตราการไหล (ลูกบาศก์เมตรต่อวัน)

7) สารยับยั้งและสารพิษ (Inhibiting and toxic materials)

โดยทั่วไปในน้ำเสียมักมีสารยับยั้งการทำงานของแบคทีเรีย (Inhibiting compounds) และสารพิษหลายชนิดปะปนอยู่ ซึ่งระดับความเป็นพิษจะมากหรือน้อยขึ้นอยู่กับชนิดและปริมาณของสารนั้นๆ การสะสมของสารบางชนิด เช่น กรดไขมันระเหย ไฮโดรเจน หรือ แอมโมเนีย โลหะหนัก สารทำความสะอาดต่างๆ และยาปฏิชีวนะ สามารถส่งผลยับยั้งการเจริญเติบโตและการผลิตก๊าซชีวภาพของแบคทีเรียได้ แม้ว่าสารเคมีบางชนิด เช่น โซเดียม โปแตสเซียม แคลเซียม แมกนีเซียม ซัลเฟอร์ และแอมโมเนียม ในปริมาณที่น้อยนั้นสามารถช่วยกระตุ้นการเติบโตของแบคทีเรียได้ แต่ถ้าปริมาณนั้นมากเกินไปอาจเป็นพิษกับจุลินทรีย์ได้ เช่น แอมโมเนียในปริมาณ 50-200 มิลลิกรัมต่อลิตร สามารถช่วยการเจริญเติบโตของแบคทีเรีย แต่ที่ความเข้มข้นของแอมโมเนียสูงกว่า 1,500 มิลลิกรัมต่อลิตร จะส่งผลเสียต่อระบบการผลิตก๊าซชีวภาพ เช่นเดียวกับโลหะหนักบางประเภท เช่น ทองแดง นิกเกิล โครเมียม สังกะสี ตะกั่ว ในปริมาณที่น้อยๆ จะช่วยในการเจริญเติบโตของแบคทีเรีย แต่เมื่อความเข้มข้นสูงจะเป็นพิษต่อแบคทีเรีย

8) กรดไขมันระเหยง่าย (Volatile Fatty Acid, VFA)

ปริมาณกรดไขมันระเหยง่ายมีความสำคัญในการตรวจสอบสถานะสมดุลของระบบบำบัดน้ำเสียแบบไม่ใช้อากาศ กรดไขมันระเหยง่าย ได้แก่ กรดอะซิติก กรดบิวทีริก และกรดโพรพอยอนิก เป็นต้น กรดไขมันระเหยง่ายเกิดจากการทำงานของกลุ่มแบคทีเรียผลิตกรด ซึ่งจะถูกนำไปใช้โดยกลุ่มแบคทีเรียสร้างก๊าซมีเทน แต่ถ้าปริมาณของกรดไขมันระเหยง่ายถูกสร้างในปริมาณมากเกินไปต่อการนำไปใช้ผลิตก๊าซมีเทนนั้นจะทำให้การสะสมขึ้น ส่งผลให้ค่า pH ของระบบลดลง อาจทำให้เกิดอันตรายต่อกลุ่มแบคทีเรียสร้างก๊าซมีเทน โดยทั่วไปปริมาณกรดไขมันระเหยง่ายในถังหมักไม่ควรเกิน 2,000 มิลลิกรัมของกรดอะซิติกต่อลิตร แต่อาจมีได้มากถึง 5,000 มิลลิกรัมของกรดอะซิติกต่อลิตร วิธีการควบคุมระบบไม่ให้มีปริมาณกรดไขมันระเหยง่ายมากเกินไปคือการควบคุมสัดส่วนกรดไขมันระเหยง่ายต่อค่าความเป็นด่างให้มีค่าไม่เกิน 0.3–0.4

9) สภาพด่าง (Alkalinity)

ค่าความเป็นด่างเป็นค่าที่บอกละดับปริมาณบัฟเฟอร์ (Buffering capacity) ของระบบ ซึ่งมีความสามารถในการต้านทานการเปลี่ยนแปลงค่าความเป็นกรด-ด่าง และยังเป็นตัวบ่งชี้

เสถียรภาพของระบบ ถ้าระบบมีค่าความเป็นด่างสูงแสดงว่าระบบมีปริมาณบัฟเฟอร์สูงสามารถรักษาค่าความเป็นกรด-ด่าง ของระบบให้คงตัวอยู่ได้นาน โดยไม่เกิดการแปรปรวนของค่าความเป็นกรด-ด่าง ได้ง่ายเมื่อมีปริมาณกรดไขมันระเหยง่ายเพิ่มขึ้นในระบบ โดยพบว่าค่าความเป็นด่างภายในระบบควรมีอยู่ในช่วง 1,000-5,000 มิลลิกรัมต่อลิตรในรูปของแคลเซียมคาร์บอเนต (mg/L CaCO_3)

10) สารอาหาร (Nutrients)

โดยปกติสารอาหารต่างๆ เช่น ไนโตรเจน โปรตีน เชื้อยีส และคาร์โบไฮเดรต จะพบในวัตถุดิบที่ใช้หมัก ซึ่งมีสัดส่วนแตกต่างกันไปตามประเภทของวัตถุดิบ อัตราส่วนระหว่างคาร์บอนต่อไนโตรเจน (C:N) ที่เหมาะสำหรับการผลิตก๊าซมีเทนควรอยู่ระหว่าง 10-16 : 1 และอัตราส่วนนี้อาจเพิ่มเป็น 30 : 1 ได้ ถ้าวัตถุดิบที่ใช้มีสารอินทรีย์คาร์บอนสูงมากๆ ในขณะที่อัตราส่วนระหว่างไนโตรเจนและฟอสฟอรัส (C:P) ที่เหมาะสมคือ 7 : 1 นอกจากนี้อัตราส่วนที่เหมาะสมในระบบเพื่อให้ประสิทธิภาพการย่อยสลายสารอินทรีย์และผลิตก๊าซชีวภาพได้ดี ควรมีอัตราส่วนของค่าบีโอดีต่อไนโตรเจนต่อฟอสฟอรัส (BOD : N : P) เท่ากับ 100 : 0.5 : 0.1 หรืออัตราส่วนระหว่างค่าซีโอดีต่อไนโตรเจนต่อฟอสฟอรัส (COD : N : P) อยู่ในช่วง 42-150 : 0.7 : 0.1 (Gray, 1981)

2.2.5 การหมักแบบแห้งและการหมักแบบเปียก

การผลิตก๊าซชีวภาพโดยการหมักในสภาวะไร้อากาศมี 2 วิธีคือ

2.2.5.1 การหมักแบบแห้ง (Dry fermentation)

เป็นการหมักภายใต้สภาวะไร้อากาศ โดยสารอินทรีย์หรือของเสียที่ใช้ต้องมีความชื้นน้อยกว่า 75% และไม่ต้องผ่านการปรับสภาพเบื้องต้น โดยระบบหมักแห้งไม่จำเป็นต้องมีการกวนสารอินทรีย์ (Bioferm Energy Systems, 2009)

2.2.5.2 การหมักแบบเปียก (Wet fermentation)

เป็นการหมักภายใต้สภาวะไร้อากาศ โดยสารอินทรีย์หรือของเสียที่ใช้ต้องมีความชื้นมากกว่า 75% โดยระบบหมักแบบเปียกจำเป็นต้องมีการกวนสารอินทรีย์ และมีการเติมของเหลวเพิ่มขึ้น โดยสารอินทรีย์หรือของเสียที่ใช้ต้องผ่านการปรับสภาพเบื้องต้นหลายขั้นตอน ขึ้นอยู่กับลักษณะทางกายภาพของวัตถุดิบ รวมถึงต้องมีการแยกสิ่งเจือปนออก เช่น หินกรวด และทราย เป็นต้น (Bioferm Energy Systems, 2009)

2.2.6 ประเภทของการเติมสารหมัก

2.2.6.1 แบบเติมครั้งคราว (Batch Operation)

โดยการเติมสารอินทรีย์ครั้งเดียวแล้วปล่อยให้สารอินทรีย์ถูกย่อยสลายจนหมดแล้วจึงเอาออก และเติมสารอินทรีย์ลงใหม่

2.2.6.2 แบบกึ่งต่อเนื่อง (Semi-continuous Operation)

โดยการเติมสารอินทรีย์เป็นประจำ วันเว้นวัน หรือวันเว้นสองวัน ขึ้นอยู่กับสภาพของสารอินทรีย์และขนาดของบ่อหมัก ผลที่ได้ประสิทธิภาพสูงกว่าแบบแรก ปริมาณก๊าซที่ได้ค่อนข้างคงที่

2.2.6.3 แบบต่อเนื่อง (Continuous Operation)

โดยการเติมสารอินทรีย์เข้าและดึงสารอินทรีย์ที่ถูกย่อยสลายแล้วออกอยู่ตลอดเวลา ด้วยอัตราการไหลเข้าและออกคงที่ ประสิทธิภาพของระบบนี้จะสูงสุด ซึ่งอาจเหมาะสมกับโรงงานอุตสาหกรรม ปริมาณก๊าซที่เกิดขึ้นค่อนข้างคงที่อยู่ตลอดเวลา

2.2.7 ระบบผลิตก๊าซชีวภาพ

ชนิดของถังปฏิกรณ์ผลิตก๊าซชีวภาพสามารถจำแนกได้หลายแบบ ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับแนวทางที่ใช้ในการจำแนก เช่น สภาพของจุลินทรีย์ที่อยู่ในถัง ปริมาณความเข้มข้นของของแข็งในถัง หรือสถานะอุณหภูมิที่ควบคุมในถัง เป็นต้น ซึ่งถังปฏิกรณ์ อาจมีลักษณะเป็นถังที่มีโครงสร้างผนังและพื้นเป็นโลหะ เป็นคอนกรีตเสริมเหล็ก หรืออาจเป็นบ่อดินก็ได้ ในที่กล่าวถึงนี้จะแบ่งชนิดของถังปฏิกรณ์บำบัดน้ำเสียแบบไร้อากาศและผลิตก๊าซชีวภาพ ตามสภาพของจุลินทรีย์ที่อยู่ในถังปฏิกรณ์ ซึ่งแบ่งได้เป็น 2 ประเภท คือ

1) ถังปฏิกรณ์ที่มีเชื้อจุลินทรีย์อยู่ในสภาพแขวนลอย (Suspended growth)

ถังปฏิกรณ์ของระบบประเภทนี้ เชื้อจุลินทรีย์ที่อยู่ภายในถังจะอาศัยอยู่ และเจริญเติบโตในสภาพแขวนลอย โดยจุลินทรีย์ที่แขวนลอยในถังจะมีการกระจายตัวทั่วทั้งถัง ด้วยการกวนผสมหรือตะกอนจุลินทรีย์มีความเข้มข้นไล่ระดับ (Sludge profile) ไปตามการไหลของน้ำ เช่น ความเข้มข้นของเชื้อจุลินทรีย์บริเวณด้านล่างถังปฏิกรณ์สูงกว่าด้านบนถังปฏิกรณ์ เนื่องจากกระบวนการย่อยสลายสารอินทรีย์ในสถานะไม่ใช้ออกซิเจนนั้น เชื้อจุลินทรีย์ที่เจริญเติบโตช้าคือพวกเชื้อจุลินทรีย์ที่ผลิตมีเทน ดังนั้นการรักษาสีเชื้อจุลินทรีย์กลุ่มนี้ให้อยู่ในระบบได้นานเป็นเรื่องที่สำคัญ ซึ่งการรักษาสีเชื้อจุลินทรีย์ให้อยู่ในระบบได้นานทำได้โดย

1.1) การมีปริมาตรของเหลวในระบบมาก ทำให้ระยะเวลาที่กักเก็บน้ำ (Hydraulic Retention Time, HRT) สูง

1.2) การแยกตะกอนจุลินทรีย์ออกจากน้ำ และวนตะกอนจุลินทรีย์กลับเข้าไปในถังปฏิกรณ์ ซึ่งกรณีนี้ ทำให้ระยะเวลาเก็บกักของแข็ง (Solid Retention Time, SRT) นานกว่าระยะเวลาเก็บน้ำ (HRT)

1.3) การสร้างให้ตะกอนจุลินทรีย์เกาะตัวกันเป็นเม็ด (granule) และแยกออกจากน้ำได้ง่าย ซึ่งกรณีนี้ทำให้ระยะเวลาเก็บกักของแข็ง (SRT) นานกว่าระยะเวลาเก็บน้ำ (HRT) เช่นกัน

ตัวอย่างถึงบำบัดแบบไร้อากาศที่มีลักษณะของเชื้อจุลินทรีย์แขวนลอยอยู่ภายในถังปฏิกรณ์ที่นิยม โดยเฉพาะเพื่อบำบัดน้ำเสียและเพื่อผลิตก๊าซชีวภาพในโรงงานอุตสาหกรรม ได้แก่

- ถังปฏิกรณ์แบบกวนสมบูรณ์ CSTR / ถังแบบ AC
- ถังปฏิกรณ์แบบตะกอนลอย UASB
- ระบบบ่อบิดแบบไร้อากาศ Anaerobic covered lagoon
- ระบบบ่อบิดแบบไร้อากาศดัดแปลง Modified covered lagoon
- ระบบแผ่นกั้นแบบไร้อากาศ ABR
- ระบบบ่อแบบราง Plug flow anaerobic digester

2) ถังปฏิกรณ์ที่เชื้อจุลินทรีย์เกาะอยู่บนวัสดุตัวกลาง (Attached growth)

ระบบนี้พัฒนาขึ้นตามแนวคิดของ Yong และ McCarty บนแนวคิดที่ว่า ประสิทธิภาพของกระบวนการย่อยสลายแบบไร้อากาศมีความสัมพันธ์กับระยะเวลาเก็บกักเชื้อจุลินทรีย์ในถังปฏิกรณ์ (เทียบเท่ากับการมีจุลินทรีย์ปริมาณมากอยู่ในถัง) ดังนั้นเพื่อเพิ่มความสามารถในการเก็บกักเชื้อจุลินทรีย์ให้ดียิ่งขึ้น จึงทำการใส่ตัวกลางลงในถังปฏิกรณ์ เพื่อให้จุลินทรีย์ยึดเกาะหรือตรึงอยู่บนผิววัสดุของตัวกลางเป็นแผ่นฟิล์มหนา เพื่อทำการย่อยสลายสารอินทรีย์ในน้ำเสีย

ตัวกลางในถังปฏิกรณ์สามารถแบ่งได้ 2 กลุ่มตามลักษณะที่อยู่ในถัง คือตัวกลางที่ถูกยึดติดอยู่กับที่ (Fixed Bed) และ ตัวกลางที่เคลื่อนที่ (Mobile Bed) ในถังปฏิกรณ์

ถังปฏิกรณ์ชนิดที่วัสดุตัวกลางถูกยึดติดอยู่กับที่ มีการใช้ในโรงงานอุตสาหกรรม ได้แก่ ระบบแบบถังกรองไม่ใช้อากาศ (Anaerobic Filter) และระบบแบบตรึงฟิล์มจุลินทรีย์ชนิดไม่ใช้อากาศ (Anaerobic Fixed Film)

2.2.8 ถังปฏิกรณ์ไหลตามกัน

ถังปฏิกรณ์ไหลตามกันหรือถังปฏิกรณ์ทูลาร์ซึ่งมีลักษณะไหลในเส้นท่อหรือตามแนวยาวของถัง นิยมใช้ในการบำบัดน้ำเสียต่างๆ ซึ่งปัจจุบันถังปฏิกรณ์ไหลตามกันได้ใช้ในการบำบัดน้ำเสีย เช่น ถังเติมอากาศ ถังฆ่าเชื้อโรค โดยวิธีเติมคลอรีน บ่อบำบัดน้ำเสียโดยวิธีทางชีวภาพ เป็นต้น

2.2.8.1 ลักษณะและการทำงานของถังปฏิกรณ์ไหลตามกัน

ถังปฏิกรณ์ไหลตามกันมีลักษณะเป็นถังยาว มีการไหลของน้ำเคลื่อนที่ไปตามความยาวถัง เพื่อให้มีเชื้อจุลินทรีย์ไว้ใช้ในระยะเวลาเริ่มต้นของการเจริญเติบโต ระดับความเข้มข้นของจุลินทรีย์จะสูงมากจากตอนต้นถังและลดน้อยลงไปเรื่อยๆ ตามความยาวของถัง และมีนัยว่า ความเร็วและความเข้มข้นจะสม่ำเสมอในทิศทางของเส้นรัศมีที่จุดใดๆ ตามความยาว หรือตามแนวแกนตลอดความยาวของถังปฏิกรณ์ และเนื่องจากน้ำเสียจะไหลเข้าสู่พื้นที่หน้าตัดตามขวางขนาดเล็ก เมื่อเทียบกับพื้นที่หน้าตัดตามยาวซึ่งจะมีพื้นที่ใหญ่กว่ามากแล้วจึงทำให้ถังปฏิกรณ์แบบนี้ไม่สามารถที่จะรับน้ำเสียที่มีความเข้มข้นสูงขึ้นทันทีทันใดได้นัก หรือน้ำเสียที่มีสารพิษไหลปนเข้ามาทันทีทันใด น้ำเสียจะไหลเข้าถังปฏิกรณ์เพื่อผสมกับตะกอนหัวเชื้อภายในถัง เพื่อทำปฏิกิริยากับจุลินทรีย์ตามแนวความยาวถัง ก๊าซที่ได้จากการทำปฏิกิริยาจะถูกนำออกจากถังปฏิกรณ์ทางท่อนำก๊าซที่ติดตั้งอยู่ ซึ่งอยู่บนฝาถัง การกวนผสมในแต่ละจุดของถังอาจใช้เครื่องสูบน้ำหมุนเวียน หรือการกวนผสมด้วยก๊าซที่ได้จากการเกิดปฏิกิริยาเป็นก๊าซชีวภาพ

2.3 การประเมินศักยภาพการลงทุนด้านเศรษฐศาสตร์

ในทางวิศวกรรมหรือโครงการต่างๆ จำเป็นต้องมีการตัดสินใจที่จะสร้างและออกแบบขนาดโครงการนั้นๆ โดยจะใช้วิธีทางเศรษฐศาสตร์เข้ามาช่วยในการตัดสินใจ ดังนั้นจึงต้องมีการประเมินความคุ้มค่าทางเศรษฐศาสตร์นั้นเพื่อวิเคราะห์ความน่าลงทุนของโครงการ และเพื่อเป็นการวางแผนกระแสเงินสดในอนาคตของโครงการนั้นๆ การตัดสินใจในการลงทุนสามารถหาได้จาก การวิเคราะห์ทางเศรษฐศาสตร์ เพื่อให้ได้ผลตอบแทนที่สูงที่สุด อย่างไรก็ตามจะต้องคำนึงถึงองค์ประกอบอื่นๆ เช่น ผลกระทบต่อด้านสังคมและสิ่งแวดล้อม เป็นต้น

การประเมินศักยภาพการลงทุนมีดัชนีที่บ่งชี้แนวทางการลงทุนที่นิยมมีอยู่ 3 ชนิด คือ มูลค่าปัจจุบันสุทธิ (Net Present Value, NPV), อัตราผลตอบแทนภายใน (Internal Rate Return, IRR) และระยะเวลาคืนทุน (Payback Period)

2.3.1 มูลค่าปัจจุบันสุทธิ (Net Present Value, NPV)

เป็นผลรวมปัจจุบันของกระแสเงินสดรับและกระแสเงินสดจ่าย โดยคิดลดด้วยผลตอบแทนที่ต้องการ (required rate of return) ซึ่งหมายถึงต้นทุนส่วนเพิ่มของเงินทุน (marginal cost of capital)

$$NPV = CF_0 + \frac{CF_1}{(1+k)^1} + \frac{CF_2}{(1+k)^2} + \dots + \frac{CF_n}{(1+k)^n} \dots\dots\dots(6.2)$$

เมื่อ CF_n คือ กระแสเงินสด ณ ปีที่ n
 n คือ ระยะเวลาโครงการ (ปี)
 k คือ ต้นทุนส่วนเพิ่มของเงินทุน (marginal cost of capital)

ในการพิจารณาด้วยเทคนิคมูลค่าปัจจุบันสุทธิจะยอมรับโครงการเมื่อมูลค่าปัจจุบันสุทธินั้นมากกว่าศูนย์ และปฏิเสธโครงการเมื่อมูลค่าปัจจุบันสุทธิน้อยกว่าหรือเท่ากับศูนย์

2.3.2 อัตราผลตอบแทนภายใน (Internal Rate Return, IRR)

เป็นอัตราคิดลด (Discount Rate) หรือดอกเบี้ยที่ทำให้มูลค่าปัจจุบันของกระแสเงินสดรับเท่ากับมูลค่าปัจจุบันของกระแสเงินสดจ่าย หรือค่า $NPV = 0$

$$NPV = 0 = CF_0 + \frac{CF_1}{(1+IRR)^1} + \frac{CF_2}{(1+IRR)^2} + \dots + \frac{CF_n}{(1+IRR)^n} \dots\dots\dots(6.3)$$

เมื่อ CF_n คือ กระแสเงินสด ณ ปีที่ n
 n คือ ระยะเวลาโครงการ (ปี)
 IRR คือ อัตราคิดลด

โดยจะใช้วิธีลองผิดลองถูก (Trial and Error) เพื่อคำนวณหาอัตราคิดลด (IRR) ที่ทำให้ NPV = 0 และในการพิจารณาด้วยเทคนิคอัตราผลตอบแทนภายในจะยอมรับโครงการเมื่อ IRR มากกว่า ต้นทุนส่วนเพิ่มของเงินทุน (k) และปฏิเสธโครงการเมื่อ IRR น้อยกว่าต้นทุนส่วนเพิ่มของเงินทุน (k)

2.3.3 ระยะเวลาการคืนทุน (Payback Period)

คือระยะเวลาที่ได้รับผลตอบแทนในรูปของกระแสเงินสดเข้าเท่ากับกระแสเงินสดจ่ายลงทุน โดยไม่คำนึงถึงเรื่องมูลค่าของเงินตามระยะเวลาเข้ามา โดยมีหน่วยวัดเป็นระยะเวลา โดยระยะเวลาคืนทุนที่นิยมใช้จะเป็นแบบวิธีระยะเวลาคืนทุนแบบง่าย (Simple Payback Period) โดยสามารถคำนวณจาก

$$\text{ระยะเวลาคืนทุน(ปี)} = \frac{\text{มูลค่าในการลงทุนรวม (บาท)}}{\text{ผลตอบแทนสุทธิสะสมรายปี (บาท/ปี)}} \dots\dots\dots(6.4)$$

ในการพิจารณาด้วยเทคนิคระยะเวลาคืนทุนนั้นจะยอมรับโครงการเมื่อระยะเวลาคืนทุนน้อยกว่าเกณฑ์อายุเวลาสูงสุดที่กิจกรรมจะยอมรับได้ และจะปฏิเสธโครงการเมื่อระยะเวลาคืนทุนมากกว่าเกณฑ์อายุเวลาสูงสุดที่กิจกรรมจะยอมรับได้