

บทที่ 2 ทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

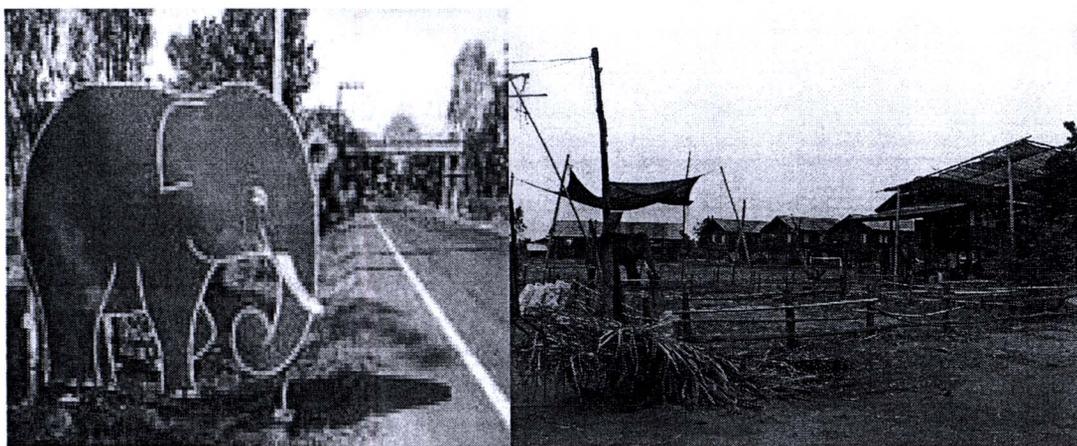
2.1 ความรู้ทั่วไปเกี่ยวกับช้าง

ช้างเป็นสัตว์เลี้ยงและเลี้ยงลูกด้วยนม[8] ที่มีขนาดใหญ่ที่สุดในโลก ความยาวของลำตัวจากหัวจรดโคนหางยาวประมาณ 400 เซนติเมตร หางยาวประมาณ 100-150 เซนติเมตร ใบหูกว้างประมาณ 40-50 เซนติเมตร เมื่อโตเต็มที่จะมีน้ำหนักประมาณ 3,500-4,000 กิโลกรัม (3.5-4.0 ตัน) ความสูงบริเวณไหล่เฉลี่ยประมาณ 240-270 เซนติเมตร (8-9 ฟุต) ช้างจะโตเต็มที่เมื่ออายุประมาณ 25 ปี และมีอายุยืน 70 ปี ช้างในประเทศไทยจะเป็นช้างเอเชียพันธุ์อินเดีย (*Elephas maximus indicus* Cuvier) ช้างเป็นสัตว์สังคมชอบหากินเป็นฝูง ไม่ชอบอยู่ตามลำพัง โดยฝูงหนึ่งจะใช้เรียกว่า โขลง โขลงละ 1 ครอบครัว [9] ในโขลงมักประกอบด้วยช้างตัวเมีย และช้างตัวผู้อายุน้อย ส่วนตัวผู้ที่โตเต็มวัยมักหากินตามลำพัง เรียกว่า ช้างโทน จะเข้าโขลงในช่วงฤดูผสมพันธุ์เท่านั้น จำโขลงมักเป็นตัวเมียที่มีอายุมาก เป็นผู้นำโขลงในการหากิน และหลบภัย ช้างตัวผู้บางตัวมีงา เรียกว่า ช้างพลาย ถ้างาใหญ่ เรียกว่า ช้างงาปลี ถ้างาเล็ก ยาวเรียว เรียกว่า ช้างงาเครือ ตัวผู้ที่ไม่มีงา เรียกว่า ช้างสีดอ (Mukna) ช้างตัวเมีย เรียก ช้างพัง ช้างสีดอและช้างพัง ไม่มีงา มีแต่ขนายที่ชี้แทนงา ช้างเผือก คือ ช้างที่มีต่อมทำสีเมลานินผิดปกติ ผิวหนังและขนค่อนข้างเป็นสีหม้อใหม่ นัยน์ตาขาวๆ เหลืองๆ ส่วนอื่นๆ จะเป็นสีจาง ช้างแก่ๆ มักมีโคนงวงและใบหูตกกระเป็นสีหม้อใหม่เหมือนกัน

ช้างเป็นสัตว์กินพืช อาหารของช้างได้แก่ ต้นไม้ใบหญ้า ดินโป่ง ช้างจะกินอาหารประมาณ 200-300 กิโลกรัมต่อวัน และจะดื่มน้ำวันละครั้งหรือ 2-3 ครั้ง นอกจากนี้ช้างจะขับถ่ายวันละ 150 กิโลกรัม/วัน/เชือก และจะปัสสาวะประมาณ 500 ลิตร/วัน/เชือก ในมูลช้าง จะมีตัวด้วง และแมลงต่างๆ เข้าไป ตอม หากิน นอกจากนี้ยังมีเมล็ดพืช ชนิดต่างๆ ที่ช้างกินเข้าไป

หมู่บ้านช้างตากกลาง หรือ หมู่บ้านช้างจังหวัดสุรินทร์ ตั้งอยู่ที่ หมู่ 9 และหมู่ 13 บ้านตากกลาง ต. กระจ่าง อ. ท่าตูม จังหวัดสุรินทร์ มีช้างเลี้ยงประมาณ 200 เชือก ในอดีตบริเวณหมู่บ้านตากกลาง มีภูมิประเทศที่เหมาะสมแก่การเลี้ยงช้าง เพราะตั้งอยู่ในบริเวณที่ราบ ริมฝั่งแม่น้ำมูลและแม่น้ำชีไหลมาบรรจบกัน ซึ่งในฤดูแล้งสามารถนำช้างมาปล่อยเลี้ยง เพราะมีพืชพรรณจำนวนมากในการเป็นอาหารให้ทั้งคนและช้าง ขณะเดียวกันทางทิศใต้ของจังหวัดสุรินทร์มีอาณาเขตติดต่อกับประเทศกัมพูชา ทำให้สามารถคล้องช้างในป่าได้ด้วยความสะดวก ปัจจุบันได้มีงบประมาณ และแนวทางการพัฒนาหมู่บ้านจากหน่วยงานราชการส่วนกลาง โดยเฉพาะการจัดตั้งศูนย์ศึกษา เพื่อแก้ไขปัญหาช้างเร่ร่อนและพัฒนาหมู่บ้านตากกลางเป็นแหล่งท่องเที่ยว ภายใต้การดูแลขององค์การบริหารส่วนจังหวัดสุรินทร์

การดำเนินของโครงการได้แก่ การปลูกอาหารช้าง การชูดบ่อน้ำ กระจายสาจากมูลช้าง กิจกรรมการ
แสดงช้าง เป็นต้น นอกเหนือจากที่กล่าวมาแล้ว ช้างยังเป็นปัจจัยการผลิตสินค้าที่สำคัญ ราคาช้าง
ทั้งตัวมีราคาหลายแสน งาช้าง ขนหางช้าง และกระดูกช้าง ล้วนสร้างรายได้ให้กับหมู่บ้านช้างตากกลาง
ดังนั้นจึงนับได้ว่าหมู่บ้านช้างจังหวัดสุรินทร์ ดังรูปที่ 2.1 เป็นหมู่บ้านช้างเลี้ยงที่ใหญ่ที่สุดในโลก และ
มีความสำคัญทางด้านเศรษฐกิจ



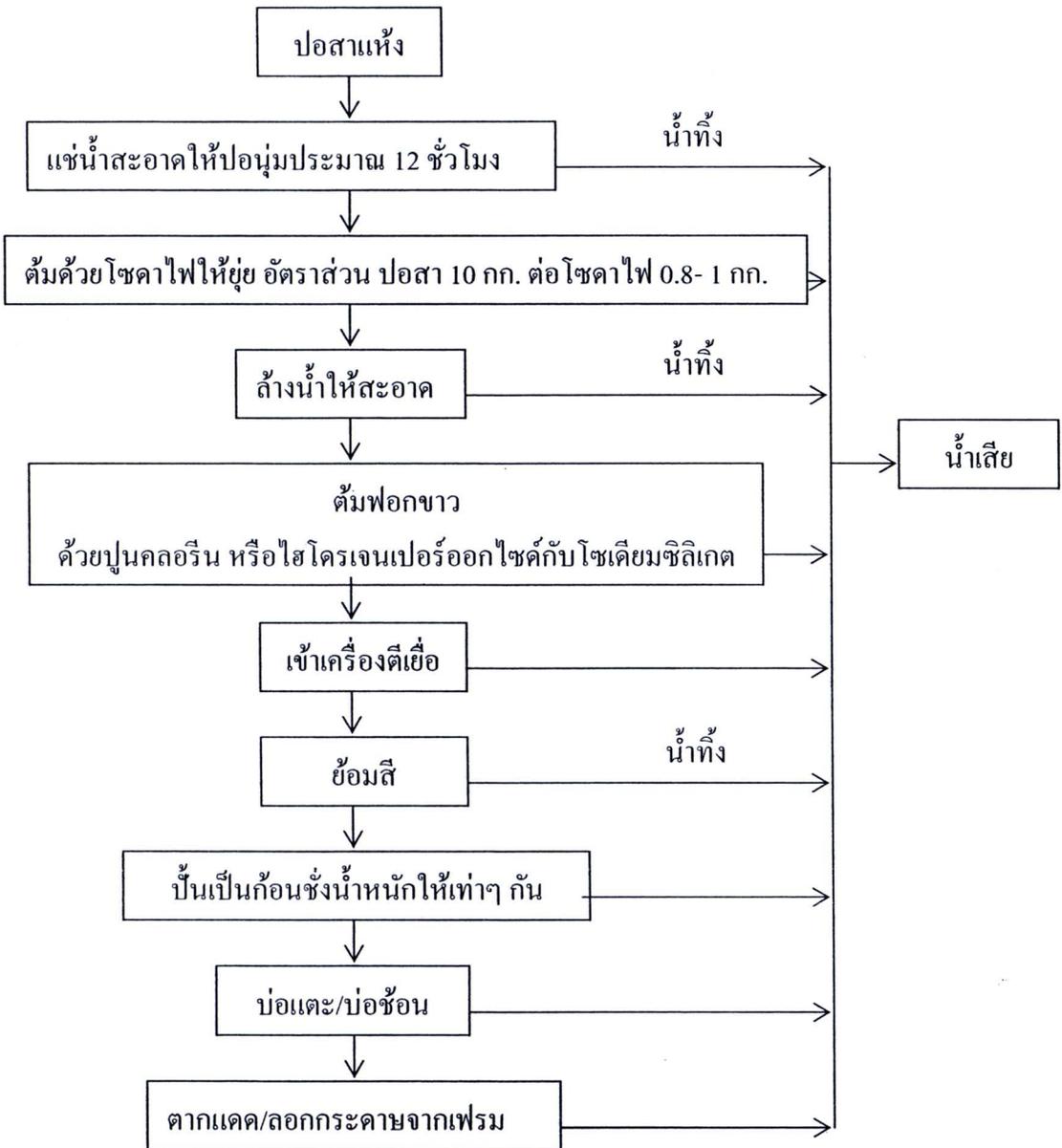
รูปที่ 2.1 บรรยากาศภายในหมู่บ้านช้าง

2.2 ความรู้ทั่วไปเกี่ยวกับการผลิตกระดาษสา

กระดาษสา เป็นกระดาษที่ได้มาจากพืชเส้นใยปอสา มีการผลิตทั้งในระดับครัวเรือน และ
ระดับโรงงานอุตสาหกรรม ส่วนใหญ่การผลิตกระดาษสาจะอยู่ในหลายๆ จังหวัด ของภาคเหนือ
ได้แก่ เชียงใหม่ ลำปาง แพร่ น่าน เป็นต้น ประโยชน์ของกระดาษสาใช้สำหรับตกแต่ง กระดาษห่อ
ของขวัญ กระดาษสาบดิก ฯลฯ ถูกจำหน่ายส่งขายทั้งในและต่างประเทศ ขณะเดียวกันจัดเป็นสินค้า
หนึ่งตำบลหนึ่งผลิตภัณฑ์ (OTOP) ที่สำคัญชนิดหนึ่งของจังหวัดเชียงใหม่ จึงส่งผลให้เป็นแหล่งสร้าง
งานและรายได้ที่สำคัญ

2.2.1 ขั้นตอนการผลิตกระดาษสา [14]

จากการสำรวจพื้นที่การผลิตกระดาษสา หมู่ที่ 1 ตำบลต้นเปา อำเภอสันกำแพง จังหวัดเชียงใหม่ ซึ่งเป็นแหล่งผลิตกระดาษสาในรูปอุตสาหกรรมครัวเรือนที่ใหญ่ที่สุด มีกระบวนการดังแสดงในรูปที่ 2.2 สำหรับขั้นตอนการผลิตมี 2 ขั้นตอนหลักคือ การผลิตเยื่อ และการผลิตแผ่นกระดาษ

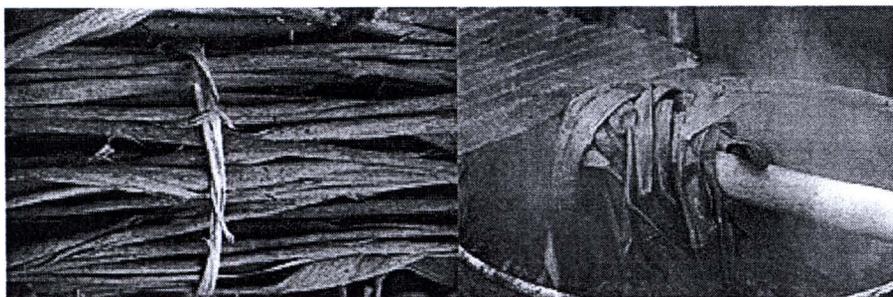


รูปที่ 2.2 ขั้นตอนการผลิตกระดาษสาในครัวเรือน [14]

1. การผลิตเยื่อ (pulp) เป็นขั้นตอนที่มีน้ำเสียปริมาณมาก และมีความเข้มข้นสารมลพิษสูง ประกอบด้วย

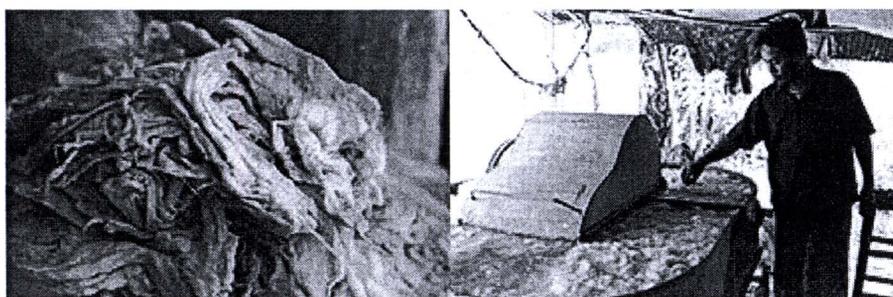
- การแช่และทำความสะอาดเปลือกสากในน้ำ ปอสาแห้งที่ลอกเปลือกออกแล้ว จะต้องคัดแยกตามอายุ และคุณภาพ นำไปแช่น้ำให้ท่วม ดังรูปที่ 2.3 (ก) ทิ้งไว้ประมาณ 12 ชั่วโมง หรือ 1 คืน เพื่อให้เปลือกสากอ่อนตัวลงหลังจากนั้นนำมาทำความสะอาดโดยการใช้มีดบางๆ ขูดผิวส่วนที่เป็นสีดำหรือน้ำตาลออกและเก็บสิ่งสกปรกต่างๆออก
- การต้มเยื่อปอสา นำปอสามาต้ม ดังรูปที่ 2.3 (ข) โดยเติมโซดาไฟลงไปในอัตราปอสาแห้งประมาณ 1 กิโลกรัมต่อโซดาไฟ 80-100 กรัม ใช้เวลาประมาณ 1 ชั่วโมง เปลือกปอสาที่ต้มเปื่อยแล้วจะไม่ล้า น้ำที่ทิ้งเพราะจะทำให้เส้นใยปอสาแข็งกระด้างต้องรอให้ปอสาเย็นลงก่อน จึงนำไปล้างน้ำสะอาดดังรูปที่ 2.3 (ค) เพื่อกำจัดเศษผงหรือโซดาไฟ
- การต้มฟลอกขาว แต่ก่อนมักใช้ปูนคลอรีน(แคลเซียมไฮโปคลอไรต์) แต่ปัจจุบันนิยม ใช้ไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ กับ โซเดียมซัลไฟด์ วิธีนี้ต้องต้มน้ำให้ได้อุณหภูมิประมาณ 70-80 ° ซ ปอสาแห้ง 1 กิโลกรัม ต่อน้ำ 10 ลิตร ใช้โซเดียมซัลไฟด์ 40-50 กรัม และไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ ประมาณ 80-100 กรัม ใช้เวลาในการต้มประมาณ 1 ชั่วโมง
- การตีเยื่อและการย้อมสี ดังรูปที่ 2.3 (ง) ถ้าต้องการเยื่อสีขาว จะตีเยื่อได้เลย แต่ถ้าต้องการย้อมสีจะทำร่วมกันไป เยื่อปอสาซึ่งผ่านการต้มให้ยุ่ยและทำความสะอาดแล้วจะถูกนำมาเข้าเครื่องตีเยื่อ เพื่อให้เยื่อปอสาแตกละเอียดสม่ำเสมอ สำหรับนำไปทำแผ่นกระดาษต่อไป ในการย้อมสีเยื่อ จะเติมสีที่ต้องการลงไปขณะทำการโม่ปอสาในเครื่องตีเยื่อ ซึ่งจะทำให้แผ่นกระดาษที่ได้ มีสีสม่ำเสมอ สำหรับชนิดและ ปริมาณสีที่ใช้ในการย้อมจะไม่แน่นอนขึ้นอยู่กับความต้องการของลูกค้า

2. การผลิตแผ่นกระดาษ ทำได้ 2 วิธี คือ การดักซ้อนและการตะะ ดังรูปที่ 2.3 (จ) การดักซ้อนนำเยื่อมาละลายลงในบ่อน้ำ ใช้ไม้กวาดเพื่อให้เยื่อกระจายตัวอย่างสม่ำเสมอแล้วใช้ตะแกรงไนลอนหรือตะแกรงมุ้งลวด ดักซ้อนเยื่อปอสาในบ่อขึ้นมา ตากแดดทั้งตะแกรงจนแห้งใช้เวลาประมาณ 1-2 ชั่วโมง ส่วนการตะะ นั้นนำเยื่อปอสาซึ่งน้ำหนักให้เท่ากันตามต้องการ บั่นเป็นก้อนกลม นำแต่ละก้อนละลายน้ำในตะแกรงซึ่งวางในกระเบาะน้ำตื้น ใช้มือเกลี่ยตะะให้เยื่อกระจายออกไปทั่วตะแกรงอย่างสม่ำเสมอแล้วยกขึ้นวางผึ่งให้สะเด็ดน้ำก่อนไปตากแดดให้แห้ง ดังรูปที่ 2.3 (ฉ)



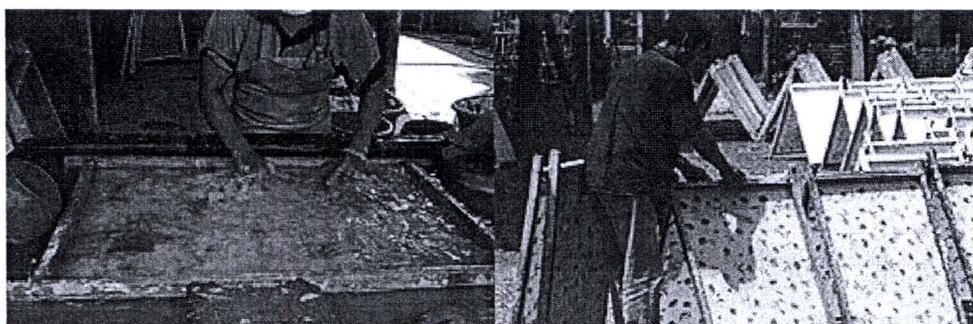
(ก). แซ่ปอสา

(ข). ต้มปอสา



(ค). ล้างน้ำ

(ง). ตีเยื่อและข้อมสี่



(จ). แตะแผ่นกระดาษ

(ฉ). ตากกระดาษ

รูปที่ 2.3 ขั้นตอนการผลิตกระดาษสา

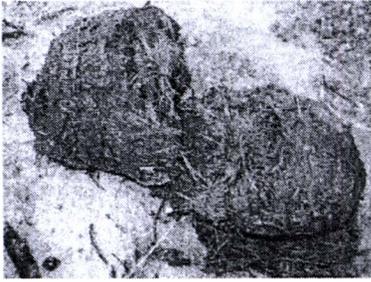
2.2.2 การผลิตกระดาษสาจากมูลช้าง

ศูนย์ชอาณาจักร ได้จัดทำโครงการผลิตกระดาษสาจากมูลช้าง โดยมีจุดประสงค์คือ การนำของเสีย (มูลช้าง) มาแปรรูปเป็นกระดาษสา เพื่อช่วยลดปริมาณของเสีย มาทำให้เกิดประโยชน์เป็นผลิตภัณฑ์กระดาษสาจากมูลช้าง และช่วยรักษาสิ่งแวดล้อม รายได้จากการจำหน่ายกระดาษสาจากมูลช้าง

สามารถนำไปเป็นทุนสำหรับซื้ออาหารเลี้ยงช้างภายในศูนย์คชอาณาจักร และ อุปกรณ์การผลิตที่เกี่ยวข้องกับการผลิตกระดาษสาจากมูลช้าง

ขั้นตอนการผลิตกระดาษสาจากมูลช้าง

1. นำมูลช้างประมาณ 40 กิโลกรัม ที่คัดเลือกเอาเฉพาะมูลช้างที่มีอายุไม่เกิน 10 ปี ดังรูปที่ 2.4 (ก) เนื่องจากระบบขับถ่าย การย่อยอาหาร มีความละเอียด ที่มีคุณสมบัติเหมาะสมกว่ามูลช้างที่มีอายุมาก ซึ่งมูลช้างจะมีผลต่อกระดาษสาในด้านความเรียบของกระดาษ
2. ทำความสะอาดมูลช้าง ที่บ่อกัดแยกด้วยน้ำสะอาด นำสิ่งที่ไม่ต้องการเกี่ยวกับมูลช้างออก เช่น เศษใบไม้ เมล็ดพืช รวมทั้งสัตว์เล็กๆ ดังรูปที่ 2.4 (ข) เป็นต้น
3. มูลช้างที่ผ่านการทำความสะอาด ใส่ลงเตาต้มมูลช้างดังรูปอักษร (ค) เตาต้มมูลช้างเป็นอุปกรณ์ที่ทำมาจากถังน้ำมัน 200 ลิตรแล้วทำการแบ่งครึ่ง ส่วนที่แบ่งครึ่งเป็นอุปกรณ์สำหรับต้มมูลช้าง ผสมมูลช้าง 40 กิโลกรัม กับโซดาไฟ 1 กิโลกรัม ต้มให้เปื่อยยุ่ย ใช้เวลาประมาณ 3-4 ชั่วโมง เชื้อเพลิงที่ให้ความร้อน เป็นชีวมวล ไม้ฟืน ปริมาณที่ใช้ 20 กิโลกรัม/วัน
4. ทำความสะอาดล้างมูลช้างกับโซดาไฟ น้ำหนักมูลช้างต่อโซดาไฟ 40:1 กิโลกรัม โดยนำมูลช้างออกจากเตาต้มใส่ตะกร้าข่งที่มีตาข่ายพลาสติกรองรับ ด้วยน้ำสะอาด ล้างน้ำประมาณ 3 ครั้ง เพื่อล้างโซดาไฟออก
5. ใส่มูลช้างลงไปนเครื่องปั่นตีเยื่อ ดังรูปที่ 2.4 (ง) โดยรอบแรกปั่นตีเยื่อมูลช้าง 40 นาที รอบสองใส่ปอสา จำนวน 2 กิโลกรัม ปั่นตีเยื่อกับมูลช้าง ใช้เวลาประมาณ 1 ชั่วโมง รอบสามใส่คลอรีน 2 กิโลกรัม ปั่นตีเยื่อผสมให้เข้ากัน ใช้เวลาประมาณ 5-10 นาที
6. นำมูลช้างออกจากเครื่องตีเยื่อ ทำการล้างคลอรีนด้วยน้ำสะอาด 2 รอบ
7. มูลช้างที่ได้จะถูกปั่นเป็นก้อนกลมๆ น้ำหนัก 300 กรัม ได้จำนวนประมาณ 120 ลูก (จากมูลช้าง 40 Kg) แปรรูปเป็นกระดาษสา 120 แผ่น
8. จากนั้นทำการขึ้นแผ่นเฟรม (ขนาด 47.5x74 cm) ดังรูปที่ 2.4 (จ) จากการนำมูลช้างที่ปั่นเป็นก้อนกลมๆ จำนวน 1 ลูก ละลายน้ำ แล้วเทใส่บ่อซีเมนต์มีลักษณะเป็นรูปสี่เหลี่ยมผืนผ้า ค่อยๆทำการช้อนแผ่นเฟรมกับมูลช้างที่ละลายน้ำอยู่ในบ่อซีเมนต์ ให้มูลช้างมีการกระจายสม่ำเสมอในแผ่นเฟรม
9. มูลช้างที่อยู่ในแผ่นเฟรมต้องทำการผึ่ง ให้สะเด็ดน้ำออกก่อน ชักครู่ ดังรูปที่ 2.4 (ฉ)
10. ทำการเคลื่อนย้ายแผ่นเฟรมไปตากแดดให้แห้ง (ประมาณ 1-2 วัน) ดังรูปที่ 2.4 (ช) กระดาษที่แห้งทำการลอกออกจากแผ่นเฟรมให้เรียบร้อย สามารถนำไปใช้ได้กับงานประดิษฐ์ ตกแต่ง เพื่อเกิดความสวยงาม



(ก). มูลขี้ัง



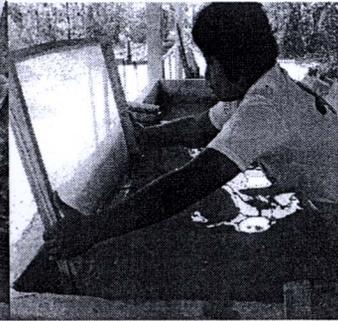
(ข). คัดแยก



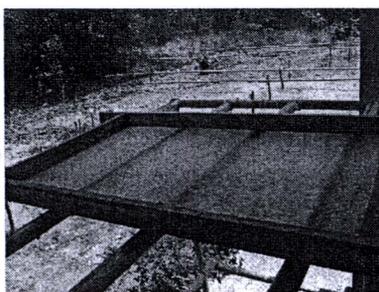
(ค). ต้มมูลขี้ัง



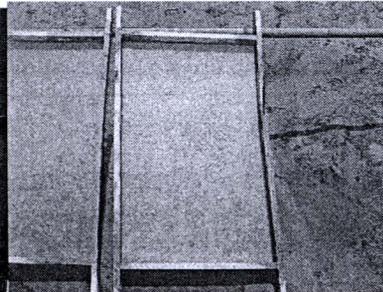
(ง). ปั่นตีเยื่อ



(จ). การขึ้นแผ่นเฟรม



(ฉ). ทิ้งให้สะเด็ดน้ำ



(ช). ตากแดดให้แห้ง

รูปที่ 2.4 ขั้นตอนการผลิตกระดาษสาจากมูลขี้ัง ศูนย์ชอณาจักร

2.2.3 ประโยชน์จากกระดาษสา

โดยเริ่มจากการนำไปใช้ประโยชน์ เป็นกระดาษสำหรับการจดบันทึกตำรายาโบราณ การเขียนคัมภีร์ พุทธศาสนา การวาดภาพ การทำกระดาษเช็ดมือ กระดาษห่อของ เช่น ห่ออาวุธ (มีดดาบ ปืนยาว) ห่อผ้าโบราณ ห่อของเก่า (วัตถุโบราณ) ทำสายขนวนพลุไฟ ทำร่ม ทำพัด หัวโขน ถุงหรือใช้เป็นกระดาษแบบเสื่อ ต่อมาได้มีการคิดค้น ประโยชน์จากผลิตภัณฑ์กระดาษสาเพิ่มขึ้นอีกเป็นจำนวนมาก เช่น ใช้ห่อเครื่องมือแพทย์ ดัดชุดเจ้าสาว กระดาษห่อของขวัญ กระดาษปิดฝาผนัง ทำวาว สมุดแบบต่างๆ ทำเชือก (ผูก มัด) โคมไฟ กรอบรูป บัตรอวยพร ดอกไม้ประดิษฐ์ ซองพร้อมกระดาษเขียนจดหมาย กระดาษเช็ดเลนส์ ตุ๊กตาโมบาย เครื่องแขวนของไทย กระดาษสาบดึก ที่ชั้นหนังสือ ทำนามบัตร กล่องใส่ของรูปทรงต่างๆ กระดาษปิดปากอนามัย ทำของชำร่วย พวงมาลัย การประดิษฐ์ผัก ผลไม้ ฝั่มใส่เอกสาร การทำบายสีจากกระดาษสา พานพุ่มบูชา โบว์ คุ่มหู สายสร้อย กระถาง งานพิมพ์ ลวดลายลงบนกระดาษสา การทำภาพจากคอมพิวเตอร์ลงบนกระดาษสา ฯลฯ

2.3 ความรู้ทั่วไปเกี่ยวกับแก๊สชีวภาพ

2.3.1 ความหมายของแก๊สชีวภาพ

แก๊สชีวภาพ คือ แก๊สที่เกิดจากกระบวนการย่อยสลายสารอินทรีย์ โดยไม่ใช้ออกาศ (Anaerobic Digestion) วัตถุดิบที่นำมาผลิตแก๊สชีวภาพ ได้แก่ ฟาร์มปศุสัตว์ โรงงานอุตสาหกรรมแปรรูปเกษตร และอาหาร ขยะและน้ำเสียชุมชน [11] ส่วนประกอบของแก๊สชีวภาพจะประกอบไปด้วยก๊าซมีเทน มีสมบัติในการติดไฟ จึงได้ถูกนำมาเป็นแหล่งพลังงานหมุนเวียน ก่อให้เกิดประโยชน์ผลิตพลังงาน ความร้อน พลังงานไฟฟ้า ปุ๋ยที่ได้จากการหมัก และเป็นการช่วยลดการปลดปล่อยแก๊สมีเทนออกสู่บรรยากาศ ลดภาวะโลกร้อน

2.3.2 ขั้นตอนการเกิดก๊าซชีวภาพ

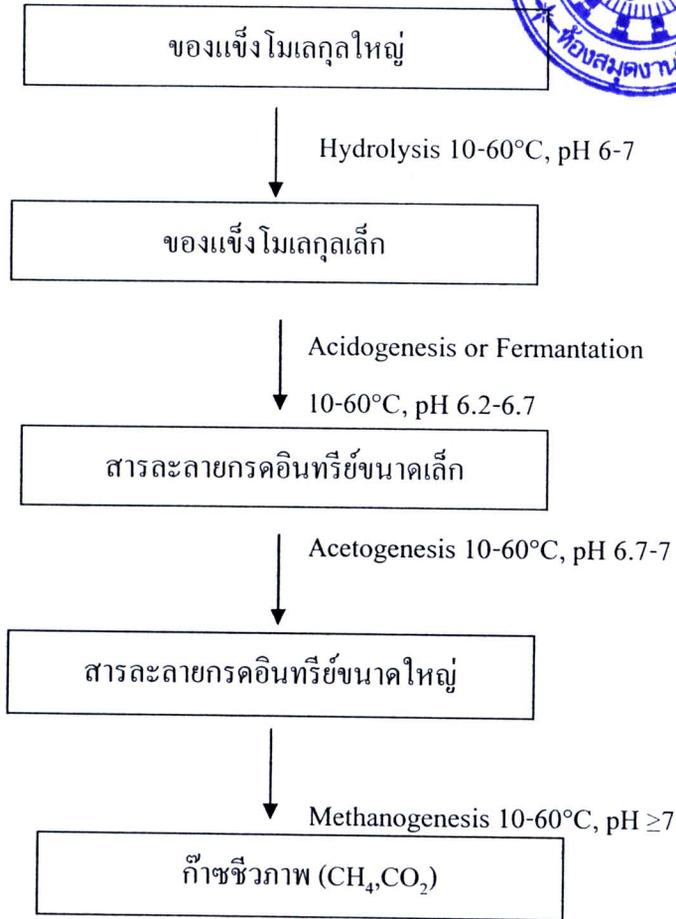
กระบวนการหมักเพื่อผลิตแก๊สชีวภาพเป็นปฏิกิริยาที่เกิดขึ้นในสภาวะไร้ออกซิเจนและมีการย่อยสลายสารอินทรีย์จำพวก คาร์โบไฮเดรต ไขมัน และ โปรตีน โดยจุลินทรีย์ในการย่อยสลายมีหลายชนิด มีทั้งจุลินทรีย์ที่ต้องการอากาศและไม่ต้องการอากาศจนได้ผลิตภัณฑ์สุดท้ายเป็นแก๊สมีเทนและคาร์บอนไดออกไซด์เป็นองค์ประกอบหลักของแก๊สชีวภาพ ซึ่งแก๊สมีเทนสามารถใช้เป็นพลังงานทดแทนน้ำมันเชื้อเพลิง ปฏิกิริยาชีวเคมีของกระบวนการย่อยสลายสารอินทรีย์โดยจุลินทรีย์ที่ทำงานร่วมกันหลายชนิดเป็นกระบวนการที่ซับซ้อนสามารถแบ่งได้เป็น 4 ขั้นตอน คือ [12]

ขั้นที่ 1 ขั้นตอนไฮโดรไลซิส เกิดจากการย่อยสลายสารอินทรีย์โมเลกุลใหญ่ให้เป็นโมเลกุลเล็ก เช่น ย่อยแป้งให้เป็นน้ำตาล ย่อยโปรตีนให้อยู่ในรูปกรดอะมิโน ย่อยไขมันให้อยู่ในรูปกรดไขมัน โดยเป็นการทำงานของจุลินทรีย์ที่มีชื่อว่า Acidogenic โดยเกิดจากปัจจัยคือ ค่า pH ซึ่งอยู่ในช่วง 6-7 และ อุณหภูมิอยู่ในช่วง 10-60 °C สารอินทรีย์ที่ใช้ในการหมัก ถ้ามีคาร์โบไฮเดรตสูงสามารถเกิดการย่อยสลายที่เร็วขึ้น

ขั้นที่ 2 ขั้นตอนการสร้างกรดอินทรีย์ (Acidogenesis) เกิดจากการย่อยสลายของโมเลกุลเล็กให้เป็นสารละลายกรดอินทรีย์ขนาดใหญ่ โดยเป็นการย่อยพวกกรดอะมิโนให้เป็นกรดระเหยง่าย คาร์บอนไดออกไซด์และไฮโดรเจน ซึ่งเป็นการทำงานของจุลินทรีย์กลุ่ม Acetogenic โดยค่า pH ที่เหมาะสมในการสร้างกรดอยู่ในช่วง 6.2-6.7

ขั้นที่ 3 ขั้นตอนการสร้างกรดอะซิติก (Acitogenesis) เกิดจากการเปลี่ยนสารละลายอินทรีย์ขนาดใหญ่ให้เป็นสารละลายอินทรีย์ขนาดเล็ก โดยเป็นการเปลี่ยนกรดระเหยง่ายให้กลายเป็นกรดอะซิติกหรือเกลืออะซิเตต ซึ่งเป็นการทำงานของจุลินทรีย์กลุ่ม Homoacetogenic ได้แก่ Butyribacterium Methylophicum จุลินทรีย์กลุ่มนี้เป็นกลุ่มที่ใช้แก๊สไฮโดรเจนซัลไฟด์และคาร์บอนไดออกไซด์ ได้ผลผลิตเป็นกรดอะซิติก และค่า pH ในขั้นนี้อยู่ในช่วง 6.7-7

ขั้นที่ 4 ขั้นตอนการสร้างก๊าซมีเทน เกิดจากการเปลี่ยนสารละลายอินทรีย์ขนาดเล็ก หรือ กรดอะซิติก ให้เป็นแก๊สมีเทน รวมทั้งคาร์บอนไดออกไซด์และไฮโดรเจนบางส่วนก็จะถูกเปลี่ยนไปเป็นแก๊สมีเทน ขั้นตอนนี้เป็นการทำงานของ Methanogenic แบคทีเรียกลุ่มนี้ตามธรรมชาติพบในชั้นตะกอนของแม่น้ำลำคลอง หรือในกระเพาะของสัตว์เคี้ยวเอื้อง แบคทีเรียทำหน้าที่เกี่ยวข้องกับการผลิตแก๊สมีเทนส่วนใหญ่จัดอยู่ในพวก Obligate Anaerobic เจริญเติบโตได้ดีในสภาวะที่ขาดออกซิเจน ค่า pH ตั้งแต่ 7.0 ขึ้นไป และในการผลิตแก๊สมีเทนนั้นต้องอาศัยทั้งจุลินทรีย์ที่ไม่ต้องการอากาศและต้องการอากาศซึ่งจุลินทรีย์ทั้งสองแบบนี้ต้องทำงานร่วมกัน ขาดตัวใดตัวหนึ่งไม่ได้ โดยที่ขึ้นอยู่กับกลุ่มของชนิดของแบคทีเรีย และค่าอัตราการรับภาระสารอินทรีย์ ซึ่งขั้นตอนการย่อยสลายสารอินทรีย์ จะแสดงดังรูปที่ 2.5



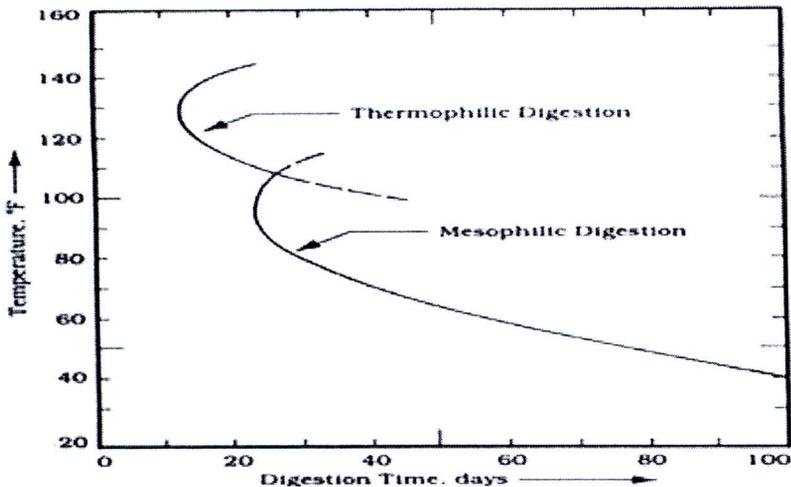
รูปที่ 2.5 ขั้นตอนการย่อยสลายและการเกิดก๊าซชีวภาพ [12]

2.3.3 ปัจจัยและสภาพแวดล้อมที่มีผลต่อการผลิตก๊าซชีวภาพ

การเกิดแก๊สชีวภาพต้องอาศัยปัจจัยหลายอย่าง สรุปดังนี้[12]

1. อุณหภูมิ ในการเดินระบบโดยทั่วไปแล้วมีอยู่ 2 ระดับ คืออุณหภูมิระดับกลาง อยู่ในช่วง 25-40 °C และระดับสูง อยู่ในช่วง 40-60 °C ถ้าอุณหภูมียิ่งสูงขึ้นส่งผลให้ผลิตแก๊สชีวภาพได้เร็วขึ้น เนื่องจากจุลินทรีย์ที่ทำหน้าที่ผลิตแก๊สชีวภาพสามารถทำงานได้ดีในช่วงอุณหภูมินี้ แต่สำหรับประเทศไทยนั้น อุณหภูมิสิ่งแวดล้อมอยู่ในช่วง 30-35°C ซึ่งถ้าต้องการใช้อุณหภูมิในระดับสูงในการเดินระบบต้องใช้พลังงานภายนอกเข้ามาช่วย เมื่อนำแก๊สชีวภาพที่เกิดขึ้นมาหักล้างกับพลังงานภายนอกที่เข้ามาช่วยค่าพลังงานความร้อนของแก๊สชีวภาพที่ได้ก็ยิ่งต่ำกว่าอุณหภูมิต่ำกว่า อุณหภูมิระดับกลาง ดังนั้นอุณหภูมิต่ำกว่าจึงมีประสิทธิภาพในการผลิตแก๊สได้ดีที่สุด ซึ่งอุณหภูมิแต่ละช่วงแสดงดังรูปที่ 2.6





รูปที่ 2.6 ความสัมพันธ์ระหว่างอุณหภูมิในการย่อยสลาย [12]

2. ค่า pH ในการเดินระบบนั้นจำเป็นต้องมีการควบคุมค่า pH ให้อยู่ในเกณฑ์ที่เหมาะสม ซึ่งโดยทั่วไปอยู่ในช่วง 6.6–7.8 แต่ค่า pH ที่เหมาะสมที่สุดอยู่ในช่วง 7-7.2 ในกรณีที่มีการป้อนสารอินทรีย์มากเกินไปหรือป้อนสารอินทรีย์ชนิดที่เป็นกรดทำให้ระบบมีกรดสะสมมากเกินไป ส่งผลให้ค่า pH ลดลงถึง 6.6 ซึ่งไปยับยั้งการทำงานของจุลินทรีย์ที่ผลิตแก๊สมีเทน วิธีแก้ไขคือเติมสารจำพวกด่างเช่น โซดาปูนขาว เพื่อปรับค่า pH ให้สูงขึ้น แต่ถ้าการสะสมกรดมากเกินไปจนทำให้ค่า pH ลดต่ำถึง 6.5 ทำให้ระบบล้มเหลวได้ต้องทำการเริ่มระบบใหม่

3. การป้อนสารอินทรีย์เข้าสู่ระบบควรมีการควบคุมให้เหมาะสม ถ้ามีการป้อนสารอินทรีย์น้อยเกินไปทำให้เกิดชีวภาพที่เกิดมีปริมาณน้อยเกินไปเช่นกัน ซึ่งไม่เพียงพอต่อการใช้งานและทำให้ถึงปฏิบัติการมีขนาดใหญ่โดยไม่จำเป็น แต่ถ้ามีการป้อนสารอินทรีย์เข้าสู่ระบบมากเกินไป ทำให้มีกรดสะสมมาก ซึ่งส่งผลให้ค่า pH ลดต่ำลง และไปยับยั้งการทำงานของแบคทีเรียทำให้ปริมาณแก๊สชีวภาพที่เกิดลดลง ดังนั้นก่อนเติมสารอินทรีย์เข้าสู่ระบบ ควรมีการตรวจเช็คค่า pH ถ้าค่า pH ต่ำถึง 6.5 ไม่ควรเติมสารอินทรีย์ลงไป

4. อัตราส่วนคาร์บอนต่อไนโตรเจน (C/N Ratio) ของอินทรีย์วัตถุกย่อยสลายด้วยจุลินทรีย์ เนื่องจากคาร์บอนจะถูกนำไปใช้เป็นพลังงานของจุลินทรีย์ และไนโตรเจนจะถูกนำไปใช้ประโยชน์ในการสร้างเซลล์ ปกติจุลินทรีย์จะใช้คาร์บอนมากเป็น 10-30 เท่าของไนโตรเจน การย่อยสลายจึงสมดุล วิธีการอย่างง่ายในการพิจารณาว่าอินทรีย์วัตถุที่มีอยู่ มีความเหมาะสมสำหรับการผลิตแก๊สชีวภาพหรือไม่ ให้สังเกตจากการกองขึ้นรูปของอินทรีย์วัตถุเหล่านั้น เช่น ในกรณีที่นำขยะอินทรีย์พวกเศษกิ่งไม้ ใบไม้ ซึ่งมีอัตราส่วนคาร์บอนต่อไนโตรเจนสูงและย่อยสลายได้ยาก มากองขึ้นรูป

พบว่าทำได้ง่ายขยะอินทรีย์เหล่านี้ไม่เหมาะสำหรับนำมาผลิตแก๊สชีวภาพ ในขณะที่หากนำเศษอาหาร มูลสัตว์มากองขึ้นรูป เห็นได้ว่าทำได้ยากและมีน้ำไหลซึม แสดงว่าสารอินทรีย์เหล่านี้มีอัตราส่วนคาร์บอนต่อไนโตรเจนต่ำและย่อยสลายง่าย จึงเหมาะที่จะนำมาผลิตแก๊สชีวภาพ

5. ระยะเวลาในการกักเก็บขึ้นอยู่กับอุณหภูมิในการเดินระบบ ถ้ามีอุณหภูมิสูงขึ้นทำให้เวลาในการกักเก็บน้อยลง ชนิดและ ปริมาณของสารอินทรีย์ที่ป้อนเข้าสู่ระบบ และการออกแบบถังหมักหากมีการออกแบบถังหมักให้มีระยะเวลาการกักเก็บสั้นเกินไป ไม่เพียงพอสำหรับการทำงานของจุลินทรีย์ในการผลิตแก๊สชีวภาพ และทำให้จุลินทรีย์ถูกชะล้างออกจากระบบเร็วเกินไป ขณะที่การออกแบบให้ถังหมักมีระยะเวลาการกักเก็บมากเกินไป ส่งผลให้เกิดการสะสมกากตะกอนที่ย่อยสลายแล้วที่บริเวณก้นถัง ซึ่งระบายออกจากถังได้ยากและทำให้ถังหมักมีขนาดใหญ่โดยไม่จำเป็น

6. สารอาหาร แบคทีเรียต้องการสารอาหารในการเจริญเติบโตที่นอกเหนือจากคาร์บอนและไฮโดรเจน ได้แก่ ไนโตรเจน ซัลเฟอร์ ฟอสฟอรัส โพแทสเซียม แคลเซียม แมกนีเซียม และธาตุอื่นๆ ที่จำเป็นในปริมาณน้อย เช่น เหล็ก แมกกาเนส โมลิบดีนัม สังกะสี โคบอลท์ ซิลิเนียม ทังสแตน และ นิกเกิล เป็นต้น ซึ่งอินทรีย์วัตถุ โดยทั่วไปมีปริมาณธาตุอาหารเหล่านี้สมดุลและเพียงพออยู่แล้ว จึงไม่จำเป็นต้องเติมสารอาหารใดๆลงในอินทรีย์วัตถุ เพื่อหมักแก๊สชีวภาพ

7. สารยับยั้งการเจริญเติบโตของแบคทีเรียโลหะหนัก สารพิษ และสารปฏิชีวนะต่างๆ รวมทั้งสามารถยับยั้งกระบวนการผลิตแก๊สชีวภาพของแบคทีเรียได้ และอาจทำให้ระบบล้มเหลวได้

8. การกวนสารอินทรีย์ภายในถังหมัก มีความสำคัญมาก เนื่องจากทำให้สารอินทรีย์ที่ป้อนเข้าสู่ถังหมักได้สัมผัสกับแบคทีเรียอย่างทั่วถึง เพื่อกระตุ้นการเกิดแก๊สชีวภาพและเพื่อลดการตกตะกอนของแข็งบริเวณก้นถัง รวมทั้งเพื่อป้องกันการเกิดตะกอนลอยบริเวณส่วนบนของถัง การกวนสารอินทรีย์ที่เหมาะสมควรกวนวันละ 6 ชั่วโมงต่อวัน

2.3.4 องค์ประกอบของแก๊สชีวภาพ

เนื่องจากแก๊สชีวภาพ ประกอบด้วยแก๊สหลายชนิด และมีแก๊สมิเทนเป็นองค์ประกอบหลัก

ตารางที่ 2.1 องค์ประกอบของแก๊สชีวภาพ [13]

องค์ประกอบ	ร้อยละโดยปริมาตรแห้ง
มีเทน	60-65
คาร์บอนไดออกไซด์	30-38
ไนโตรเจน	2-5
ออกซิเจน	2-5
ซัลไฟด์, ไคซัลไฟด์, เมอร์แคปเทน, อื่นๆ	0-1.0
แอมโมเนีย	0.1-1.0
ไฮโดรเจน	0-0.2
คาร์บอนมอนอกไซด์	0-0.2
ก๊าซอื่นๆ	0.01-0.6
อุณหภูมิ, °F	100-120
ความถ่วงจำเพาะ	1.02-1.06
ความชื้น	Saturated
ค่าความร้อนสูง, บีทียู/ลบ.ม.	400-555

2.3.5 การเผาไหม้ของแก๊สชีวภาพ [12]

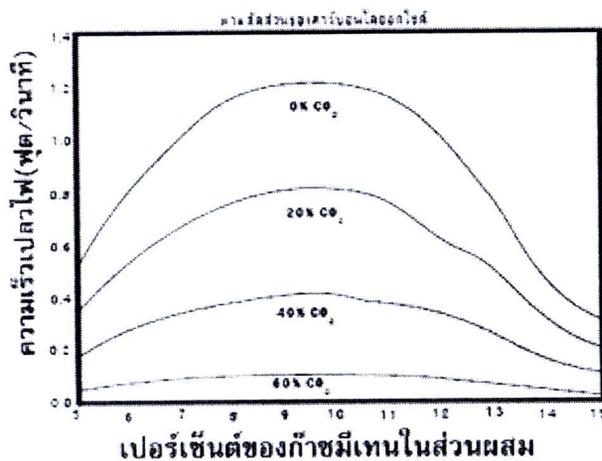
1. จุดติดไฟอัตโนมัติ การที่เชื้อเพลิงจะติดไฟหรือเกิดการเผาไหม้ได้นั้นต้องอาศัยองค์ประกอบ คือ ออกซิเจน อุณหภูมิ เมื่อเชื้อเพลิงผสมกับออกซิเจนแล้วมีอุณหภูมิสูงจนถึงจุดติดไฟก็จะทำให้เชื้อเพลิงเกิดการลุกไหม้หรือติดไฟได้เอง ซึ่งอุณหภูมิในการติดไฟอัตโนมัติของก๊าซชนิดต่างๆมีแสดงในตารางที่ 2.3

ตารางที่ 2.3 อุณหภูมิการติดไฟอัตโนมัติของแก๊ส [12]

ชนิดเชื้อเพลิง	จุดติดไฟอัตโนมัติ (°C)
มีเทน	650
โพรเพน	470
บิวเทน	365

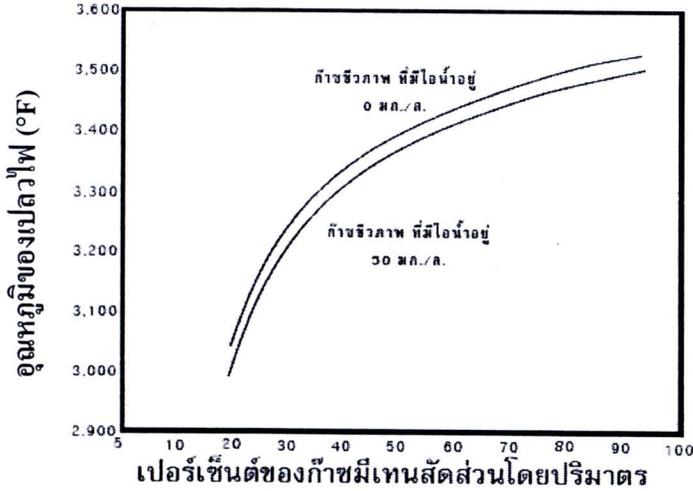
จากตารางที่ 2.3 ซึ่งเป็นการเปรียบเทียบของอุณหภูมิการจุดติดไฟอัตโนมัติของแก๊ส 3 ชนิด ได้แก่ แก๊สมีเทน แก๊สโพรเพน และแก๊สชีวภาพ โดยแก๊สโพรเพน แลแก๊สชีวภาพ เป็นแก๊สที่อยู่ในแก๊สหุงต้ม (LPG) ซึ่งเห็นว่าแก๊สทั้งสามชนิดมีค่าจุดติดไฟอัตโนมัติอยู่ระหว่าง 350-650°C โดยแก๊สชีวภาพติดไฟง่ายที่สุด และแก๊สมีเทนติดไฟยากที่สุด ดังนั้นการติดไฟของแก๊สชีวภาพจำเป็นต้องอาศัยประกายไฟถ้าไม่มีประกายไฟหรืออุณหภูมิที่สูงไปไม่สามารถเกิดการจุดติดไฟเอง ซึ่งมีความปลอดภัยสูงและเป็นข้อดีในการนำไปใช้งาน

3. ความเร็วของเปลวไฟ เป็นสิ่งที่ต้องนำมาพิจารณาในการออกแบบระบบจ่ายแก๊สเข้าสู่หัวเผาและการออกแบบการจุดเครื่องยนต์ ความเร็วของเปลวไฟจะเปลี่ยนแปลงได้ตามสัดส่วนของมีเทนที่อยู่ในแก๊สผสมระหว่างแก๊สชีวภาพกับอากาศ นอกจากนี้ปริมาณของคาร์บอนไดออกไซด์ก็มีผลต่อความเร็วของเปลวเช่นกันดังแสดงไว้ในรูปที่ 2.7



รูปที่ 2.7 ความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณคาร์บอนไดออกไซด์ต่อความเร็วของเปลวไฟ [12]

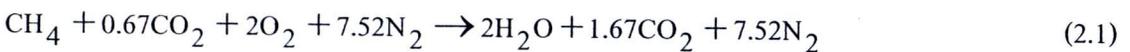
4. อุณหภูมิของเปลวไฟ ขึ้นอยู่กับความชื้นของแก๊สและสัดส่วนมีเทนที่มีอยู่ในแก๊สชีวภาพ เมื่อแก๊สชีวภาพที่มีความชื้นมากขึ้นจะทำให้อุณหภูมิของเปลวไฟลดลง โดยจะลดลงประมาณ 10-20°C เมื่อน้ำอยู่ใน 50 mg/L ดังนั้นการนำแก๊สไปใช้จึงต้องมีการออกแบบระบบดักน้ำและควบแน่นไอน้ำที่มากับแก๊สชีวภาพที่มีประสิทธิภาพ ซึ่งแสดงไว้ในรูปที่ 2.8



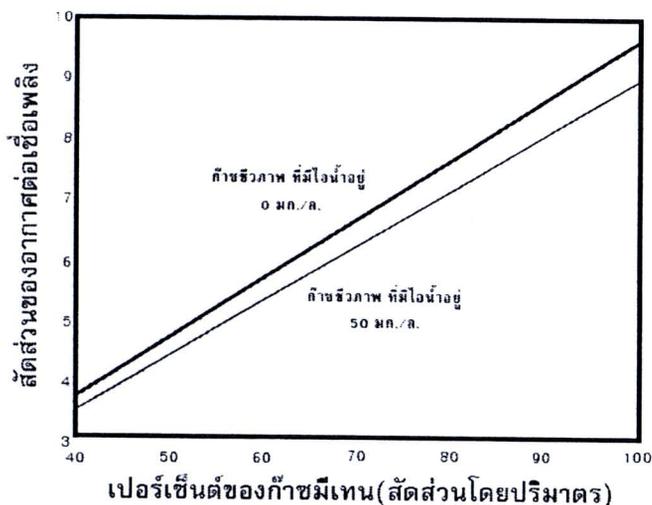
รูปที่ 2.8 ความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณของมีเทนต่ออุณหภูมิของเปลวไฟ [12]

5. ส่วนผสมในห้องเผาไหม้ การที่จะทำให้เกิดการลุกไหม้ของแก๊สมีเทน ต้องมีความเข้มข้นของมีเทนในอากาศอยู่ในช่วง 5-15% หมายความว่าหากในบรรยากาศมีแก๊สมีเทนน้อยกว่า 5% จะไม่เกิดการลุกไหม้เรียกตำแหน่งที่ 5% นี้ว่า Lower Explosive Limit หรือ LEL แต่ถ้าหากในบรรยากาศมีแก๊สมีเทนมากกว่า 15% จะไม่เกิดการลุกไหม้เช่นเดียวกัน เรียกจุดนี้ว่าเป็น Upper Explosive Limit หรือ UEL

โดยสัดส่วนที่ดีที่สุดในการลุกไหม้ตามทฤษฎีของมีเทนอยู่ที่ 9.4% ซึ่งเมื่อนำค่านี้ไปคำนวณเพื่อหาสัดส่วนของสารผสมระหว่างอากาศกับเชื้อเพลิง หรือที่เรียกว่า Air-Fuel Ratio (A/F) จะได้เท่ากับ 17.21 หากสัดส่วนในห้องเผาไหม้มีค่ามากกว่านี้ แสดงว่ามีอากาศมากเกินไปซึ่งเรียกว่า rich mixture ในขณะที่หากค่า A/F ต่ำกว่า 17.21 จะเรียกว่า lean mixture สำหรับแก๊สชีวภาพที่มีมีเทนอยู่ 60% สามารถเขียนสมการในห้องเผาไหม้ตามทฤษฎีได้ว่า



ซึ่งจากสมการ 2.1 พบว่าอากาศและเชื้อเพลิงในห้องเผาไหม้ เพื่อทำให้เกิดการเผาไหม้ที่สมบูรณ์ มีค่าเท่ากับ 6.03 ทั้งนี้สัดส่วน A/F ตามทฤษฎีเมื่อความเข้มข้นของมีเทนมีค่าต่างๆ กันแสดงไว้ในรูปที่ 2.9



รูปที่ 2.9 ความสัมพันธ์ระหว่างสัดส่วนอากาศต่อเชื้อเพลิงกับความเข้มข้นของมีเทน [12]

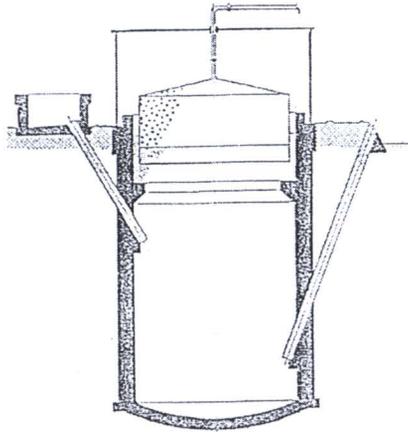
นอกจากค่าความร้อนของแก๊สชีวภาพจะเป็นเงื่อนไขสำคัญต่อการพิจารณาสำหรับเทคโนโลยีที่จะนำเอาแก๊สชีวภาพไปใช้เป็นพลังงานทดแทนแล้ว สมบัติอื่นๆ ได้แก่ อัตราส่วนระหว่างเชื้อเพลิงต่ออากาศ ความเร็วเปลวไฟ และอุณหภูมิของเปลวไฟที่ได้จากการเผาไหม้เป็นปัจจัยสำคัญต่อการนำแก๊สชีวภาพไปใช้ทดแทนเชื้อเพลิงอื่นด้วย การอัดแก๊สชีวภาพเพื่อใช้เป็นเชื้อเพลิงที่เคลื่อนที่นั้นต้องใช้พลังงานมากซึ่งไม่คุ้มกับพลังงานที่ได้ การอัดแก๊สชีวภาพที่นิยมกันคือ การอัดใส่ถังในรถยนต์ เพราะถังในรถยนต์สามารถยืดออกได้มากจนย้ายไปมาได้สะดวก แต่ปริมาณที่ขนย้ายได้นั้นยังน้อยไม่พอแก่ความต้องการ ดังนั้นอุปกรณ์ที่ใช้กับแก๊สชีวภาพ ควรอยู่ใกล้กับบ่อหมักแก๊สชีวภาพ เพื่อประหยัดท่อทางเดินของก๊าซ และยังเป็นการลดความฝืดของการไหลของแก๊สชีวภาพอีกด้วย ก๊าซชีวภาพรวมตัวกับออกซิเจนติดไฟได้ แต่อันตรายที่อาจเกิดจากการใช้แก๊สชีวภาพมีน้อยด้วยเหตุผลดังนี้ คือ แก๊สชีวภาพมีอุณหภูมิจุดตัวเองเมื่อรวมกับออกซิเจน สูงถึง 650°C ที่ความดันบรรยากาศ (จากสมบัติของมีเทน) ซึ่งการใช้งานโดยทั่วไปมีอุณหภูมิจึงเก็บแก๊สไม่สูงเกิน 100°C

2.3.6 เทคโนโลยีถังหมักผลิตแก๊สชีวภาพ [12]

เทคโนโลยีแก๊สชีวภาพสำหรับมูลสัตว์ที่ใช้อยู่ในประเทศไทยสามารถแบ่งออกได้เป็น 2 กลุ่ม ได้แก่ [13]

2.3.6.1 กลุ่มบ่อหมักไร้ออกซิเจนแบบช้าหรือบ่อหมักของแข็ง อัตราการย่อยขึ้นหมักแก๊สมีเทนช้ามากเมื่อเปรียบเทียบกับขึ้นหมักกรด และ Hydrolysis กล่าวคือ ปฏิกริยาทั้ง 4 ขั้นตอน เกิดในถังหมักถึงเดียว ประสิทธิภาพในการบำบัด COD และผลิตแก๊สชีวภาพต่ำ ต้องใช้เวลาในการกักเก็บ (ชั่วโมง) นานประมาณ 30-50 วัน ซึ่งทำให้บ่อหมักมีขนาดใหญ่ กลุ่มบ่อหมักไร้ออกซิเจนแบบช้า มีแบบบ่อ ดังนี้

(1) บ่อหมักข้าวแบบถังลอย (Floating Drum Digester) บ่อหมักชนิดนี้เป็นรูปแบบที่นำมาจากประเทศอินเดีย ลักษณะส่วนใหญ่จะเป็นรูปทรงกระบอก ฝังอยู่ใต้พื้นดินทำหน้าที่หมักมูลสัตว์และของเหลวให้เกิดแก๊สชีวภาพ สำหรับส่วนบนเป็นฝาครอบเก็บแก๊สทำด้วยโลหะหรือไฟเบอร์กลาส ลอยขึ้นลงตามปริมาตรแก๊สที่เกิดขึ้น แสดงดังรูปที่ 2.10



รูปที่ 2.10 บ่อหมักข้าวแบบถังลอย (Floating Drum Digester) เป็นบ่อหมักแบบช้าเหมาะสำหรับใช้มูลสัตว์ต่างๆ เป็นอินทรีย์วัตถุในการหมัก [12]

(2) บ่อหมักข้าวแบบโดมคงที่ (Fixed Dome Digester) บ่อหมักแบบนี้รูปแบบและหลักการทำงานมาจากประเทศจีน ลักษณะบ่อหมักส่วนใหญ่สร้างด้วยคอนกรีต หรือก่ออิฐ โบกปูนฝังอยู่ในดิน มีท่อเพื่อเติมมูลสัตว์และท่อให้มูลสัตว์ไหลออก ส่วนเก็บแก๊สจะสร้างด้วยคอนกรีต หรือ ก่ออิฐฉาบปูนติดกับตัวบ่อหมัก ทำให้แรงดันของแก๊สไม่คงที่ ขึ้นอยู่กับปริมาตรของแก๊สภายในบ่อ

(3) บ่อหมักข้าวแบบราง (Plug Flow Digester) เป็นบ่อที่ก่อสร้างด้วยคอนกรีต ตัวบ่อมีรูปร่างยาวคล้ายรางหรือคลองส่งน้ำซึ่งมีชื่อเรียกว่า channel digester ส่วนบนบ่อหมักมีพลาสติกคลุมเพื่อใช้เก็บแก๊สชีวภาพ ตัวบ่อหมักจะถูกฝังอยู่ในดิน มีท่อเติมมูล และท่อนำมูลออกอยู่ทางหัวและท้ายบ่อ เนื่องจากใช้พลาสติกเป็นตัวเก็บ แก๊สดังนั้นจึงมีแรงดันแก๊สค่อนข้างต่ำ จำเป็นต้องมีอุปกรณ์เพิ่มแรงดันเพื่อนำแก๊สไปใช้งาน

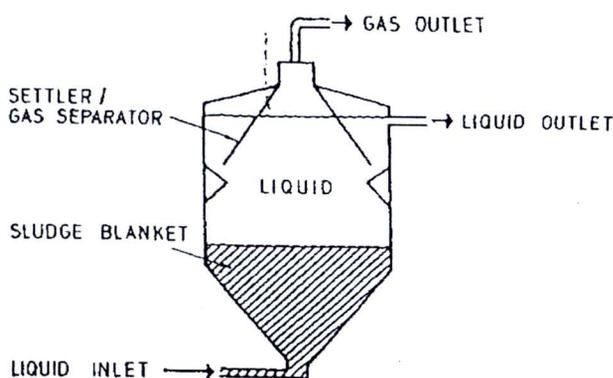
(4) บ่อแบบ Cover Lagoon รูปแบบของระบบนี้ได้นำรูปแบบถังยางเก็บแก๊สของบ่อแบบ plug flow มาสร้างครอบไปบนบ่อรวบรวมมูลสัตว์ที่มีอยู่แล้ว ซึ่งอาจเป็นบ่อคอนกรีตหรือดินขุดก็ได้ ในกรณีที่ เป็นบ่อดินขุด อาจปูแผ่นยางที่ใช้ปูสระเก็บน้ำมาปูทับ เพื่อมิให้เกิดการรั่วซึมของของเสียลงใต้ดิน คาดว่าในอนาคตรูปแบบบ่อชนิดนี้จะได้รับความนิยมในฟาร์ม เนื่องจากไม่ต้องก่อสร้างระบบขึ้นใหม่ ใช้บ่อเก็บมูลที่มีอยู่แล้ว ซึ่งจะทำให้มีต้นทุนในการก่อสร้างต่ำหลักการของระบบคือการนำฝ้ายาง

(HDPE – High Density Polyethylene) มาคลุมบ่อน้ำเสียซึ่งส่วนใหญ่จะเป็นบ่อดิน เพื่อป้องกันไม่ให้กลิ่นแพร่กระจายออกไป อีกทั้งยังเป็นการช่วยให้จุลินทรีย์สามารถย่อยสลายสารอินทรีย์ในน้ำเสียในสภาพไร้อากาศได้อย่างมีประสิทธิภาพ ซึ่งจะก่อให้เกิดแก๊สชีวภาพ ปฏิกิริยาดังกล่าวใช้เวลาอย่างน้อย 20 วัน ดังนั้นปริมาตรของบ่อต้องสามารถกักเก็บน้ำเสียได้อย่างน้อย 20 วันเช่นกัน ระบบนี้ดัดแปลงมาจากระบบบ่อผิวน้ำ ไม่จำเป็นต้องสร้างบ่อใหม่ เงินลงทุนต่ำ แต่ปริมาณการเกิดแก๊สชีวภาพเมื่อเทียบต่อพื้นที่ที่ใช้ต่ำกว่าระบบอื่นเช่นกัน (low rate digester) ระบบนี้กำลังเป็นที่นิยมในฟาร์มเลี้ยงหมู ขนาดกลางและใหญ่

2.3.6.2 กลุ่มบ่อหมักไร้ออกซิเจนแบบเร็วหรือบ่อบำบัดน้ำเสีย เป็นบ่อที่เหมาะสมสำหรับใช้บำบัดน้ำเสียประเภทที่มีปริมาณสารอินทรีย์ส่วนใหญ่ อยู่ในรูปที่ละลายน้ำได้ บ่อหมักแบบนี้จะมีประสิทธิภาพในการย่อยสลายค่อนข้างเร็ว ระยะเวลาเก็บกัก ประมาณ 0.5-3 วัน ประสิทธิภาพการกำจัด COD สูงถึงร้อยละ 80-90% ซึ่งจากประสิทธิภาพของบ่อหมักจึงทำให้บ่อหมักมีขนาดเล็ก แต่สามารถรับปริมาณของเสียได้มากกว่า ส่วนใหญ่จะไม่นิยมนำมาใช้กับมูลสัตว์ เนื่องจากตะกอนจากมูลสัตว์จะสร้างปัญหาแก่ระบบฯ รูปแบบบ่อชนิดนี้ ได้แก่

(1) แบบ UASB (Up-Flow Anaerobic Sludge Blanket) เป็นบ่อหมักแบบเร็วที่อาศัยการพัฒนาโครงสร้างของกลุ่มแบคทีเรียในบ่อหมัก โดยน้ำเสียจะถูกสูบเข้าที่ก้นถังตะกอนแบคทีเรียที่ก้นถังแบ่งเป็น 2 ชั้น ชั้นล่าง (Sludge bed) เป็นตะกอนเม็ด (granular bacteria) ขนาด 2-5 mm เป็นแบคทีเรียเส้นใยยาว (Filament bacteria) เกาะกันมีความหนาแน่นสูง ส่วนชั้นบนเรียกว่า

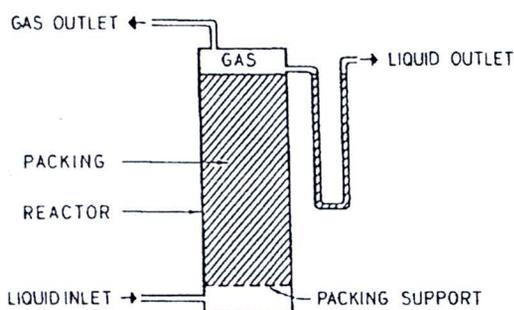
Sludge blanket ส่วนบนของบ่อหมัก UASB จะมีอุปกรณ์ที่เรียกว่า GSS (Gas Solid Separator) ทำหน้าที่แยกแก๊สและป้องกันมิให้ตะกอนแบคทีเรียหลุดออกไปกับน้ำเสีย ดังแสดงในรูปที่ 2.11



รูปที่ 2.11 บ่อหมักแบบ UASB (Up-Flow Anaerobic Sludge Blanket) เป็นบ่อหมักแบบเร็ว [12]

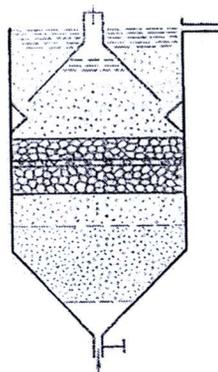
2) แบบ H-UASB (High suspension solid-Up-Flow Anaerobic Sludge Blanket) เป็นแบบบ่อหมักที่พัฒนาจากระบบ UASB เพื่อแก้ปัญหาการอุดตันระบบหัวจ่ายน้ำของ UASB เนื่องจากตะกอนของมูลสัตว์โดยนำบ่อปรับสภาพ (Stabilizing Pond หรือ EQ) จากระบบผลิตแก๊สชีวภาพจากน้ำเสียในอุตสาหกรรมมาใช้ พร้อมกับเรียกชื่อใหม่ว่า buffer tank ทำหน้าที่แยกตะกอนแขวนลอยออกจากน้ำเสียและมูลสัตว์ให้มีปริมาณน้อยที่สุด พร้อมกันนี้ยังได้นำแผ่นยาง PE ที่ใช้คลุมบ่อหมักแก๊สชีวภาพแบบราง มาคลุมบน buffer tank ทำหน้าที่เก็บแก๊สชีวภาพที่ผลิตได้จากระบบ UASB

(3) แบบตัวกลางกรอง (Anaerobic Filter) มีลักษณะเป็นบ่อหรือถังปิดภายในบรรจุด้วยตัวกลาง (packing media) ที่มีพื้นที่จำเพาะสูงเพื่อให้เมือกแบคทีเรียเกาะ และมีช่องว่างสูงเพื่อป้องกันการอุดตัน น้ำเสียที่ปล่อยเข้าบ่อ จะป้อนทางด้านบนให้ไหลลงก้นถัง (down flow) หรือจะให้ไหลเข้าจากก้นถังขึ้นข้างบนถัง (up flow) ก็ได้ แต่น้ำเสียที่จะนำป้อนเข้าบ่อหมักควรจะผ่านบ่อดกตะกอนเสียก่อน ข้อดีของระบบนี้คือ ควบคุมดูแลง่าย มีประสิทธิภาพสูง มีเสถียรภาพสูง สามารถรับการเปลี่ยนแปลงของน้ำเสียได้ดี ดังแสดงในรูปที่ 2.12



รูปที่ 2.12 ถังหมักแบบตัวกลางกรองที่ด้านในบรรจุวัสดุตัวกลางให้แบคทีเรียยึดเกาะได้ [12]

(4) แบบลูกผสม (Hybrid Digester) เป็นบ่อที่นำข้อดีของระบบหลายรูปแบบมาปรับปรุงและใช้รวมกัน เพื่อเพิ่มประสิทธิภาพในการผลิตแก๊สชีวภาพ เช่น นำระบบ UASB มารวมกับ AF เป็นต้น ดังแสดงในรูปที่ 2.13



รูปที่ 2.13 บ่อหมักแก๊สชีวภาพแบบลูกผสม (Hybrid digester) [12]

2.2.7 อันตรายของแก๊สชีวภาพต่อสุขภาพอนามัย

ด้วยคุณสมบัติของแก๊สชีวภาพประกอบไปด้วยแก๊สมีเทน แก๊สคาร์บอนไดออกไซด์ แก๊สไฮโดรเจนซัลไฟด์ แก๊สเหล่านี้ล้วนมีผลต่อสุขภาพของผู้ที่อยู่ในบริเวณระบบแก๊สชีวภาพ ตามตารางที่ 2.3 ดังนี้

ตารางที่ 2.3 อันตรายของแก๊สชีวภาพต่อสุขภาพอนามัย [13]

1. ชนิดแก๊ส	มีเทน	คาร์บอนไดออกไซด์	ไฮโดรเจนซัลไฟด์
2. สัมผัสทางหายใจ	หายใจติดขัดรุนแรง ปวดศีรษะ วิงเวียน และอาจหมดสติได้	มีอาการคลื่นไส้ หัว ใจเต้นผิดปกติ ปวด ศีรษะ มึนงง รบกวน การมองเห็น หายใจไม่ ออก มีอาการชัก	มีอาการคลื่นไส้ วิงเวียนศีรษะ ถ้าได้รับ สารปริมาณมากจะทำ ให้หมดสติ หรือมี อาการโคม่า อาจทำให้ เสียชีวิตได้
3. สัมผัสทางผิวหนัง	ไม่ปรากฏว่าอันตราย เมื่อสัมผัสถูกผิวหนัง	เป็นแผลพอง	เกิดการระคายเคืองต่อ ผิวหนัง
4. กินหรือกลืนเข้าไป	ไม่ปรากฏว่าอันตราย. กินหรือกลืนเข้าไป	มีอาการเหมือนน้ำแข็ง กัดบริเวณริมฝีปาก และ เยื่อเมือกจะมีผลทำลาย ตับ	-
5. สัมผัสถูกตา	อาจเกิดการระคาย เคืองได้ เมื่อสัมผัสถูก ตา	อาจเกิดการระคายเคือง ได้ เมื่อสัมผัสถูกตา การ มองเห็นไม่ชัดเจน	เกิดการระคายเคือง โรค เยื่อตาอักเสบ เยื่อตา ขาว ได้รับบาดเจ็บ
6. การก่อกัมเร่ง	-	สารนี้เป็นสารก่อกัมเร่ง ตาม OSHA, NTP, IARC	-
7. ความผิดปกติ, อื่นๆ	-	-	สารนี้ทำลายปอด ทรวง อก ระบบหายใจ ทางเดินอาหาร ไต ท่อ ไต กระเพาะปัสสาวะ และเป็นอันตรายต่อ ทารกในครรภ์

2.2.8 ประโยชน์และแนวทางการนำก๊าซชีวภาพไปใช้ประโยชน์

1. ด้านพลังงาน

เมื่อคำนึงถึงด้านเศรษฐกิจ การลงทุนผลิตแก๊สชีวภาพจะลงทุนต่ำกว่าการผลิตเชื้อเพลิงชนิดอื่นๆ สามารถนำมาใช้ทดแทนพลังงานเชื้อเพลิงจากแหล่งอื่นๆ เช่น ฝืน ถ่าน น้ำมัน ก๊าซหุงต้ม และไฟฟ้า แก๊สชีวภาพจำนวน 1 m^3 สามารถนำไปใช้งานได้ ดังนี้

โดยปกติมีเทนบริสุทธิ์ที่อุณหภูมิและความดันมาตรฐาน จะมีค่าความร้อน $34,000 \text{ kJ/m}^3$ โดยทั่วไปแล้วก๊าซชีวภาพ 1 m^3 ที่ประกอบด้วยมีเทน 60% จะมีค่าความร้อน $20,400 \text{ kJ/m}^3$ (ความเร็วเปลวไฟ 25 cm/s อัตราส่วนอากาศต่อแก๊สชีวภาพ $6.03 \text{ m}^3 \text{ air/ m}^3 \text{ gas}$ อุณหภูมิเผาไหม้ในอากาศ $650 \text{ }^\circ\text{C}$ ค่าความจุความร้อน $1.6 \text{ kJ/m}^3 \cdot \text{ }^\circ\text{C}$ และความหนาแน่น 1.15 kg/m^3) เมื่อนำค่าพลังงานความร้อนที่ได้จากแก๊ส มาเปรียบเทียบกับพลังงานจากเชื้อเพลิงชนิดอื่นๆ จะมีค่าเทียบเท่ากับ

ก๊าซหุงต้ม(LPG)	0.46 กก.
น้ำมันเบนซิน	0.67 ล
น้ำมันดีเซล	0.60 ล.
น้ำมันเตา	0.55 ล.
ฟืนไม้	1.50 กก.
ไฟฟ้า	1.20 kW/hr.

2. ด้านปรับปรุงสภาพแวดล้อม

โดยการนำมูลสัตว์ และน้ำล้างคอกมาหมักในบ่อแก๊สชีวภาพ จะช่วยกำจัดมูลในบริเวณที่เลี้ยง ทำให้กลิ่นเหม็นและแมลงวันในบริเวณนั้นลดลง และผลจากการหมักมูลสัตว์ในบ่อแก๊สชีวภาพที่ปราศจากออกซิเจนเป็นเวลานานๆ ทำให้ไข่พยาธิและเชื้อโรคส่วนใหญ่ในมูลสัตว์ตายด้วย ซึ่งเป็นการทำลายแหล่งเพาะเชื้อ โรคบางชนิด เช่น โรคมืด อหิวาต์ และพยาธิที่อาจแพร่กระจายจากมูลสัตว์ด้วยกัน นอกจากนี้แล้วยังเป็นการป้องกันไม่ให้มูลสัตว์ถูกชะล้างลงไปในแหล่งน้ำตามธรรมชาติ

3. ด้านการเกษตร

1. การทำเป็นปุ๋ย หากที่ได้จากการหมักแก๊สชีวภาพสามารถนำไปใช้เป็นปุ๋ยได้ดีกว่ามูลสัตว์สดๆ และปุ๋ยคอก เนื่องจากในขณะที่มีการหมัก จะมีการเปลี่ยนแปลงสารประกอบไนโตรเจน ในมูลสัตว์ ทำให้พืชสามารถนำไปใช้ประโยชน์ได้
2. การทำเป็นอาหารสัตว์ โดยนำส่วนที่จากการหมักไปตากแห้ง และนำไปผสมเป็น อาหารสัตว์ สำหรับโคและสุกร แต่ทั้งนี้ก็มีข้อจำกัด คือ ควรใส่ในอาหารสัตว์ ระหว่าง 5-10 kg ต่อส่วนผสมทั้งหมด 100 kg จึงจะมีผลทำให้สัตว์เจริญเติบโตตามปกติและเป็นการลดต้นทุนการผลิต

แนวทางการนำแก๊สชีวภาพไปใช้ประโยชน์

แก๊สชีวภาพสามารถเป็นพลังงานทดแทนแก๊สเชื้อเพลิงได้เป็นอย่างดี นอกจากนี้แก๊สชีวภาพยังสามารถนำมาใช้ประโยชน์ร่วมกับแก๊สเชื้อเพลิงและน้ำมัน เช่น ก๊าซหุงต้ม (LPG), น้ำมันดีเซล, น้ำมันเบนซิน เป็นต้น โดยมีการออกแบบปรับปรุงตกแต่งเครื่องยนต์ ก็จะสามารถใช้งานร่วมกับแก๊สชีวภาพได้ ซึ่งจากผลการทดลองใช้แก๊สชีวภาพที่มีแก๊สมีเทนร้อยละ 65 โดยปริมาตรกับอุปกรณ์และเครื่องยนต์ปรากฏผลดังนี้ [10]

1. เครื่องกลลูกสูบแบบแผ่นอิฐเผ่างี และแบบทรงกระบอกเผ่างี ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางนมหนู 0.3 มิลลิเมตร ที่ใช้ก๊าซหุงต้ม เมื่อใช้แก๊สชีวภาพต้องขยายขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางนมหนูเป็น 0.8 มิลลิเมตร และใช้ความดันแก๊สชีวภาพในช่วง 30-80 มิลลิบาร์ (30-100 เซนติเมตรของน้ำ) จะสิ้นเปลืองแก๊สชีวภาพประมาณ 200 ลิตรต่อชั่วโมง
2. เตาหุงต้มแบบหนึ่งหัวเตาที่ใช้ก๊าซหุงต้ม ขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางนมหนู 0.6 มิลลิเมตร เมื่อตัดแปลงมาใช้แก๊สชีวภาพ ขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางนมหนู 1.2/1.6 มิลลิเมตร ที่ความดันแก๊สชีวภาพ 30-80 มิลลิบาร์ การสิ้นเปลืองแก๊สชีวภาพ
3. ตะเกียงแก๊สชีวภาพ ขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางนมหนู 1.2 มิลลิเมตร อัตราการสิ้นเปลืองแก๊สชีวภาพจะขึ้นอยู่กับความดันแก๊สและความสว่างของแสงที่ใช้งาน ความดันแก๊สชีวภาพ 30-80 มิลลิบาร์ สิ้นเปลืองแก๊สชีวภาพ 120-150 ลิตรต่อชั่วโมง เมื่อนำตะเกียงปิกนิกของเส้นผ่าศูนย์กลางนมหนู 0.4 มิลลิเมตร ที่ใช้หุงต้มมาขยายขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางนมหนูเป็น 0.8 มิลลิเมตร และใช้แก๊สชีวภาพที่ความดัน 11 มิลลิบาร์ สิ้นเปลืองแก๊สชีวภาพ 74 ลิตรต่อชั่วโมง และความดัน 65 มิลลิบาร์ใช้แก๊ส 177 ลิตรต่อชั่วโมง ที่ขนาดความเข้มแสงของความสว่างเท่ากับตะเกียงแก๊สชีวภาพ
4. เครื่องฟักไข่ ขนาด 36 ฟอง ที่ใช้พลังงานไฟฟ้า มาดัดแปลงใช้แก๊สชีวภาพ โดยใช้ตะเกียงบุนเสนเป็นเครื่องให้ความร้อนขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางนมหนู 2 มิลลิเมตร และมีระบบวาล์วควบคุมปริมาณก๊าซเข้าตะเกียงบุนเสนแบบแม่เหล็ก เพื่อควบคุมอุณหภูมิของผู้ฟักไข่ และลดการสูญเสียแก๊สชีวภาพ การฟักไข่ 30 ฟอง ระยะเวลา 490 ชั่วโมง ที่ความดันแก๊สชีวภาพ 22 มิลลิบาร์สิ้นเปลืองแก๊สชีวภาพ 132 ลิตรต่อชั่วโมง
5. เครื่องยนต์ดีเซล

- เครื่องยนต์ดีเซลดัดแปลงให้ใช้แก๊สชีวภาพร่วมกับน้ำมันดีเซล เพื่อทดแทนการใช้ น้ำมันดีเซลได้ประมาณ 60-70 เปอร์เซ็นต์ วิธีนี้จะง่ายต่อการดัดแปลงมากและเสียค่าดัดแปลงน้อยที่สุด เพียงแต่ต่อเชื่อมแก๊สชีวภาพเข้ากับระบบท่อไอดีของเครื่องยนต์ และมีวาล์วสำหรับแต่งปริมาณการป้อนแก๊สชีวภาพให้เหมาะสม แต่ต้องการมีการใช้น้ำมันดีเซลอยู่ส่วนหนึ่ง ส่วนใหญ่จะเป็นเครื่องยนต์ดีเซลขนาดเล็ก และส่วนใหญ่จะนำไปใช้กับฟาร์มที่ต้องการสุกรขุนเพียงอย่างเดียว โดยใช้เป็นต้นกำลังขับเคลื่อนโรงเรือนอีเวป หรือในฟาร์มที่มีโรงงานผลิตอาหารสัตว์โดยใช้เครื่องยนต์ดีเซลเป็นเครื่องต้นกำลังในการผสมอาหาร

- เครื่องยนต์ดีเซลดัดแปลงให้สามารถใช้แก๊สชีวภาพได้ 100 เปอร์เซ็นต์ จะเป็นการดัดแปลงเครื่องยนต์ดีเซลให้มีการทำงานเหมือนเครื่องยนต์เบนซิน ซึ่งจะสามารถใช้แก๊สชีวภาพได้ทั้งหมด ราคาต่ำดัดแปลงค่อนข้างสูง แต่จะเหมาะสมกับเครื่องยนต์ขนาดใหญ่ คือ มากกว่า 30 กิโลวัตต์ขึ้นไป สามารถต่อร่วมกับเครื่องกำเนิดไฟฟ้า

6. เครื่องยนต์เบนซิน

- เครื่องยนต์เบนซินดัดแปลงให้สามารถใช้แก๊สชีวภาพได้ 100 เปอร์เซ็นต์ เป็นการดัดแปลงระบบผสมอากาศกับเชื้อเพลิงให้สามารถใช้งานกับแก๊สชีวภาพได้ทั้งหมด แต่กำลังของเครื่องยนต์จะลดลงไปร้อยละ 30-70 และเครื่องยนต์สามารถทำงานได้ที่ความเร็วในช่วงแคบๆที่ RPM ของเครื่องที่ เหมาะสมสำหรับเครื่องยนต์ขนาด 15-20 kw สามารถต่อร่วมกับเครื่องกำเนิดไฟฟ้า หรือมอเตอร์เหนี่ยวนำในการผลิตไฟฟ้า เมื่อใช้แก๊สชีวภาพจะไม่สามารถเร่งเครื่องเหมือนใช้น้ำมันได้

- เครื่องยนต์ที่ใช้แก๊สโดยเฉพาะ (เครื่องนำเข้าจากต่างประเทศ) จะเป็นเครื่องยนต์ที่สร้างมาสำหรับการใช้แก๊สชีวภาพโดยเฉพาะ จะมีประสิทธิภาพสูง แต่ราคาจะสูงมาก ส่วนใหญ่จะเป็นเครื่องยนต์ขนาดใหญ่กว่า 70 กิโลวัตต์ขึ้นไป โดยต่อร่วมกับเครื่องกำเนิดไฟฟ้าในการผลิตไฟฟ้า

อย่างไรก็ตามการนำแก๊สชีวภาพไปใช้ประโยชน์ ควรคำนึงถึงวิธีการส่งแก๊สชีวภาพด้วย ปกติจะส่งแก๊สชีวภาพไปตามท่อโดยอาศัย Blower ช่วยเพิ่มแรงดันและระยะทางท่อส่งแก๊สชีวภาพไม่ควรยาวเกินไปและไม่ควรไถลเกินไป ส่วนปัญหาที่พบบ่อยก็คือ ปัญหาการอุดตัน/การถูกกัดกร่อนของอุปกรณ์ที่ใช้แก๊สชีวภาพ เนื่องจากแก๊สชีวภาพมี H_2S อยู่ค่อนข้างมาก ดังนั้นการใช้งานประเภทนี้ต้องมีการกำจัดก๊าซ H_2S ก่อนนำไปใช้งานเพื่อยืดอายุการใช้งานของอุปกรณ์

2.4 ความรู้ทั่วไปเกี่ยวกับหัวเผาแก๊ส [14]

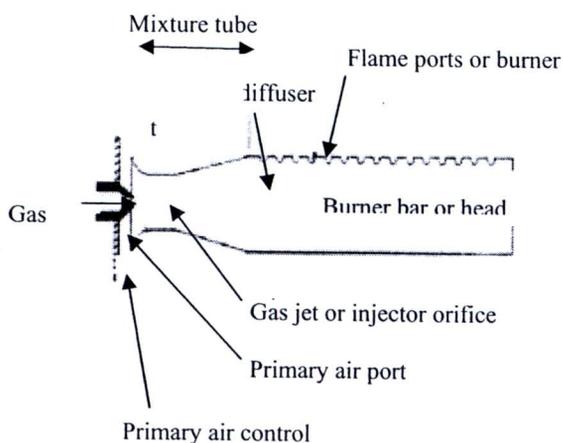
หัวเผาแก๊ส (gas burner) เป็นส่วนประกอบสำคัญที่ใช้เผาไหม้เชื้อเพลิงเพื่อให้ความร้อนแก่อากาศที่ใช้ในการอบแห้ง แต่เนื่องจากการให้ความร้อนแบบตรง (direct contact) ซึ่งไอเสียที่เกิดจากการเผาไหม้จะสัมผัสและให้ความร้อนแก่อากาศโดยตรง ดังนั้นในการเลือกใช้หัวเผาในการอบแห้งจึงคำนึงถึงลักษณะการเผาไหม้ของหัวเผาแต่ละประเภททั้งนี้เพื่อลดปัญหาเรื่องกลิ่นของเชื้อเพลิงที่เผาไหม้ไม่หมดและเขม่าที่เกิดขึ้นจากการเผาไหม้

2.4.1 ชนิดของหัวเผาแก๊ส (Gas Burner)

หัวเผาแก๊ส มีหน้าที่ลำเลียงเชื้อเพลิงที่ผสมแล้ว หัวเผาแก๊สแบ่งได้เป็นหลายประเภทขึ้นอยู่กับวิธีการนำแก๊สและอากาศมาพบและผสมกัน

2.4.1.1 แบบผสมล่วงหน้า (Premixing) หัวเผาชนิดนี้เป็นชนิดเดียวกันที่ใช้กับเตาแก๊สหุงต้มในครัวเรือน ดังรูปที่ 2.14 แก๊สที่ออกจากรู Orifice (รูปที่ 2.15) จะถ่ายโมเมนตัมและดึงอากาศปฐมภูมิ

(primary air) ไหลผ่าน venturi throat และผสมกันในท่อผสม (mixing tube) ผ่านไปยังหัวซึ่งมีรูเล็กๆ จำนวนหนึ่งที่เผาไหม้ อากาศทุติยภูมิ (secondary air) ประมาณ 60% จะช่วยให้การเผาไหม้สมบูรณ์ยิ่งขึ้น สำหรับข้อเสีย คือ สามารถออกแบบให้มีการกระจายของเปลวไฟและความร้อนทั่วถึงสำหรับข้อเสีย คือ ไม่สามารถให้อัตราการให้ความร้อนได้อย่างเพียงพอภายในปริมาตรที่กำหนดไว้ซึ่งมีผลให้ไม่สามารถปรับอุณหภูมิเปลวไฟให้สูงขึ้นได้ ภายหลังจึงมีการออกแบบหัวเผาโดยใช้แก๊สและอากาศที่มีความดันสูงขึ้น เพื่อเพิ่มอัตราการให้ความร้อน



รูปที่ 2.14 ลักษณะของหัวเผาแบบ Premixing [12]

รูปที่ 2.15 ลักษณะของ Orifice [12]

อัตราการให้พลังงานของแก๊สที่ออกจากหัวเผาสามารถคำนวณได้ตามสมการที่ 2.2

$$Q_g = 12.55 A_o C_{do} W_e \sqrt{p_o} \quad (2.2)$$

เมื่อ Q_g คือ อัตราการให้พลังงานที่ออกจากหัวฉีด, W

A_o คือ พื้นที่หน้าตัดของรู Orifice, mm^2

C_{do} คือ สัมประสิทธิ์ปรับแก้ที่ทางออก Orifice, มีค่า 0.85-0.95

P_o คือ ความดันสถิตที่ Orifice, mbar

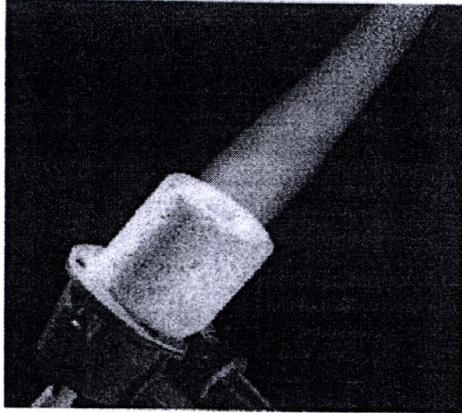
โดยที่ Wobbe number (W_e) = $\frac{HHV}{\sqrt{SG}}$

เมื่อ HHV คือ ค่าความร้อนสูงจำเพาะของแก๊ส, MJ/m^3

SG คือ ความถ่วงจำเพาะของแก๊สเทียบกับอากาศ

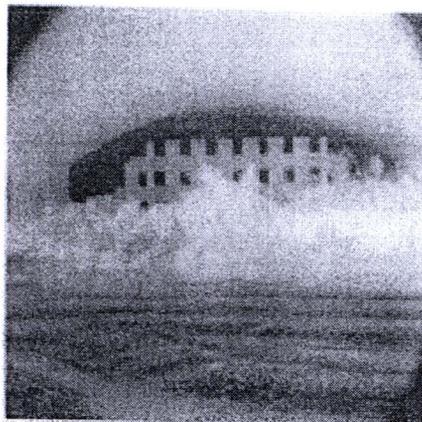
2.4.1.2 แบบผสมในหัวพ่น (Nozzle Mixing Type) ดังรูปที่ 2.16 แก๊สและอากาศจะไม่ผสมกันจนกว่าจะออกจากหัวเผา Orifice ของหัวฉีดได้รับการออกแบบให้เกิดการผสมกับอากาศอย่าง

รวดเร็วในขณะที่ออกจากหัวพ่น ข้อดีของการผสมแบบนี้ คือ ให้อัตราส่วนของอัตราการไหลสูงสุดต่ออัตราการไหลต่ำสุดของเชื้อเพลิง (turndown ratio) ที่สูง ข้อเสียคือ ต้องติดตั้งเครื่องปรับอัตราการฉีดภายนอก หรือวาล์วปรับอัตราส่วนซึ่งจะทำให้มีราคาสูงขึ้น



รูปที่ 2.16 หัวเผาแบบ Nozzle mixing [12]

2.4.1.3 แบบผสมภายนอก (Diffusion Type) แก๊สจะถูกฉีดด้วยความเร็วต่ำ ซึ่งรอบแก๊สจะถูกห่อหุ้มด้วยอากาศ อากาศจะค่อยๆ แพร่เข้าผสมกับแก๊ส อัตราการผสมจึงต่ำ การเผาไหม้จะเกิดที่พื้นที่ผิวที่เป็นรอยต่อระหว่างผิว (interface) ของแก๊สและอากาศ ความร้อนจะทำให้แก๊สแตกตัวเป็นอนุภาคคาร์บอนและเปล่งแสงออกมา ดังแสดงรูปที่ 2.17 ข้อดีของหัวเผาแบบนี้คือ เหมาะกับงานที่ต้องการถ่ายเทความร้อนในรูปของการแผ่รังสีความร้อน ข้อเสีย คือ หากการผสมของเชื้อเพลิงและอากาศไม่เหมาะสมจะเกิดปัญหาเขม่าและควันดำมาก



รูปที่ 2.17 เปลวไฟจากหัวเผาแบบ Diffusion [12]

2.5 ความรู้ทั่วไปเกี่ยวกับการวิเคราะห์น้ำเสีย วัดค่า COD และ BOD

2.5.1 การวัดค่า COD ด้วยวิธี Closed Reflux Colorimetric Method [15]

ค่า ซีโอดี (COD) เป็นค่าที่บอกความสกปรกของน้ำเสีย ในรูปของปริมาณออกซิเจนที่ต้องการออกซิไดซ์สารอินทรีย์อย่างสมบูรณ์ โดยใช้สารเคมีที่มีอำนาจออกซิไดซ์สูง ในสารละลายที่เป็นกรด การวิเคราะห์ COD จะบ่งชี้ปริมาณสารอินทรีย์ที่ปนเปื้อนในน้ำเสีย ใช้ประมาณการหาค่า BOD อย่างคร่าวๆ นอกจากนี้ยังเป็นพื้นฐานข้อมูลที่จะคำนวณการออกแบบระบบบำบัดน้ำเสีย

2.5.2 การวัดค่า BOD [16]

การวัดค่า BOD เป็นการวิเคราะห์เพื่อที่จะทราบถึงปริมาณความสกปรก ของน้ำเช่น น้ำในแม่น้ำลำคลอง น้ำทิ้งจากอาคารบ้านเรือน และ โรงงานอุตสาหกรรม เป็นต้น เพื่อประโยชน์ในการออกแบบระบบบำบัด ควบคุมคุณภาพน้ำทิ้งและประสิทธิภาพของระบบนั้นๆ โดยคิดเปรียบเทียบในรูปของปริมาณออกซิเจนที่จุลินทรีย์ต้องการใช้ในการย่อย สลายสารอินทรีย์

2.5.3 มาตรฐานสิ่งแวดล้อมอุตสาหกรรม (Industrial Environmental Standards)

เป็นมาตรฐานที่มีความสำคัญเพราะกำหนดขึ้นเพื่อเป็นการรักษาสีสิ่งแวดล้อมและให้ความสำคัญด้านการจัดการสิ่งแวดล้อม ดังนั้น รายละเอียดมาตรฐาน กฎระเบียบพื้นฐานน้ำทิ้งอุตสาหกรรม ก่อนปล่อยลงสู่แหล่งน้ำแสดงดังตารางที่ 2.4

ตารางที่ 2.4 พารามิเตอร์พื้นฐานตามเกณฑ์กำหนดน้ำทิ้งอุตสาหกรรม [4]

พารามิเตอร์	มาตรฐาน
1. pH (พีเอช)	5.5 – 9
2. ปริมาณของแข็งที่ละลายในน้ำทั้งหมด (Total Dissolve Solid-TDS)	ไม่มากกว่า 3,000 มิลลิกรัมต่อลิตรหรืออาจแตกต่างกันที่กำหนดไว้ได้ แล้วแต่ประเภทของแหล่งรองรับน้ำทิ้งหรือประเภทของโรงงานอุตสาหกรรมตามที่คณะกรรมการควบคุมมลพิษเห็นสมควรแต่ไม่เกิน 5,000 มิลลิกรัมต่อลิตร
3. สารแขวนลอย (Suspended Solids-SS)	ไม่เกิน 50 มิลลิกรัมต่อลิตร หรืออาจแตกต่างกันที่กำหนดไว้ได้ แล้วแต่ประเภทของแหล่งรองรับน้ำทิ้งหรือประเภทของอุตสาหกรรมหรือประเภทของระบบบำบัดน้ำเสียตามที่คณะกรรมการควบคุมมลพิษเห็นสมควรแต่ไม่เกิน 150 มิลลิกรัมต่อลิตร
4. อุณหภูมิ	ไม่เกิน 40 องศาเซลเซียส
5. สีหรือกลิ่น	เมื่อระบายลงสู่แหล่งน้ำสาธารณะแล้วไม่เป็นที่พึงรังเกียจ
6. ค่าบีโอดี (Biochemical Oxygen Demand- BOD)	ไม่เกิน 20 มิลลิกรัมต่อลิตร หรืออาจแตกต่างกันที่กำหนดไว้ได้ แล้วแต่ประเภทของแหล่งรองรับน้ำทิ้งหรือประเภทของโรงงานอุตสาหกรรม ตามที่คณะกรรมการควบคุมมลพิษเห็นสมควร แต่ไม่เกิน 60 มิลลิกรัมต่อลิตร
7. ค่าทีเคเอ็น (Total kjeldahl Nitrogen-TKN)	ไม่เกิน 100 มิลลิกรัมต่อลิตร หรืออาจแตกต่างกันที่กำหนดไว้ได้ แล้วแต่ประเภทของแหล่งรองรับน้ำทิ้งหรือประเภทของโรงงานอุตสาหกรรม ตามที่คณะกรรมการควบคุมมลพิษเห็นสมควร แต่ไม่เกิน 200 มิลลิกรัมต่อลิตร
8. ค่าซีโอดี (Chemical Oxygen Demand - COD)	ไม่เกิน 120 มิลลิกรัมต่อลิตร หรืออาจแตกต่างกันที่กำหนดไว้ได้ แล้วแต่ประเภทของแหล่งรองรับน้ำทิ้งหรือประเภทของโรงงานอุตสาหกรรม ตามที่คณะกรรมการควบคุมมลพิษเห็นสมควร แต่ไม่เกิน 400 มิลลิกรัมต่อลิตร

2.6 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

การหมักย่อยร่วม (Co-digestion)

ชัยณรงค์ ธรรมกุล [17] ได้ทำการทดลองหมักมูลนกพิราบ มูลวัว มูลค่างควา มูลสุกร มูลนกพิราบผสม มูลโค มูลนก พืชผสมมูลสุกร มูลนกพิราบผสมมูลค่างควาโดยใช้ถังในการหมักมีขนาด 2 L, 40 L, 200 L เป็นการหมักแบบควบคุมอุณหภูมิ ที่ 32°C และแบบไม่ควบคุมอุณหภูมิ ปริมาณแก๊สมีเทนที่ได้จาก มูลนกพิราบ มูลโค มูลสุกร มูลนกพิราบผสมมูลโค มูลนกพิราบผสมมูลหมู คือ 63%, 73%, 63%, 74% และ 74% ตามลำดับ การนำมูลนกพิราบมาผสมกับมูลสุกรส่งผลให้เกิดปริมาณแก๊สมีเทนที่เพิ่มขึ้น มากกว่าการใช้มูลนกพิราบเพียงอย่างเดียว มูลนกพิราบผสมกับมูลสุกรได้ปริมาณมีเทน 74% ซึ่งมีระยะเวลาเกิดอย่างต่อเนื่องนาน 29 วันและค่า pH ของมูลสัตว์ผสมดังกล่าวมีค่าเฉลี่ยอยู่ที่ 7.5 โดยการผสมมูลนกพิราบกับมูลสุกรสามารถนำแก๊สมาใช้งานได้เป็นอย่างดี เพราะมีปริมาณ $\text{CH}_4 > 60\%$ ซึ่งผ่านเกณฑ์มาตรฐานการจุดติดไฟได้

วีระยุทธ ทองหนู [18] ทดลองนำมูลโคมาหมักร่วมกับสาหร่ายหางกระรอกเพื่อศึกษาการเกิดแก๊สชีวภาพ โดยมีปัจจัยที่ศึกษาคือ ค่า pH, อัตราส่วน อุณหภูมิการหมัก ค่า COD และค่า BOD โดยศึกษาในถังหมัก 3 L ซึ่งเติมวัตถุดิบแบบครั้งเดียว เพื่อหาเงื่อนไขในการเกิดแก๊สที่เหมาะสม อัตราส่วนการหมักมูลโคต่อสาหร่ายหางกระรอกที่ใช้คือ 1 : 1, 1 : 2 และ 1 : 3 โดยมีการควบคุมอุณหภูมิไว้ที่ 37°C เปรียบเทียบกับการหมักที่อุณหภูมิแวดล้อมปกติ พบว่าอัตราส่วน 1 : 3 ที่ควบคุมอุณหภูมิ ค่า pH เฉลี่ย 7.9 ผลิตแก๊สชีวภาพเฉลี่ยได้ 0.60 L/วัน มีปริมาณมีเทน 72% เกิดแก๊สอย่างต่อเนื่อง 25 วัน และที่อุณหภูมิแวดล้อมปกติโดยเฉลี่ย 34°C ค่า pH เฉลี่ย 7.7 ผลิตแก๊สชีวภาพโดยเฉลี่ยได้ 0.52 L/วัน มีปริมาณมีเทน 71% เกิดแก๊สอย่างต่อเนื่อง 29

ชัยธร เกิดลำเจียก [19] ทดลองนำกากเบียร์สด มาหมักแบบเติมสารอาหารครั้งเดียวขนาดถึง 3 ลิตร แบ่งการทดลองเป็น 2 ชุดการทดลอง ชุดที่ 1 ทดลองด้วยการควบคุมอุณหภูมิไว้ที่ 37 องศาเซลเซียส โดยใช้ฮีสเตอร์เป็นตัวควบคุมอุณหภูมิ ทดลองหมัก 3 สัดส่วน คือ นำกากเบียร์สดผสมกับมูลโคที่อัตราส่วน 1:1, 1:2, 1:3 ส่วนการทดลองชุดที่สอง มี 6 สัดส่วนด้วยกัน สัดส่วนที่ 1 ใช้กากเบียร์สดอย่างเดียว สัดส่วนที่ 2-6 ใช้กากเบียร์ผสมกับมูลโคที่อัตราส่วน 1:1, 1:2, 1:3, 2:1, 3:1 ตามลำดับ พบว่าอัตราส่วน 1:3 แบบควบคุมอุณหภูมิ ค่าพีเอชเฉลี่ย 7.6 ผลิตแก๊สชีวภาพเฉลี่ย 0.58 ลิตร/วัน ปริมาณมีเทน 67% ผลิตแก๊สต่อเนื่อง 21 วัน และที่อุณหภูมิแวดล้อมเฉลี่ย 34 องศาเซลเซียส ค่าพีเอชเฉลี่ย 7.7 ผลิตแก๊สชีวภาพโดยเฉลี่ย 0.53 ลิตร/วัน ปริมาณมีเทน 62% ผลิตแก๊สต่อเนื่อง 29 วัน

ประทีน กุลละวณิช และคณะ [20] ได้ทำผลการศึกษา รวบรวม และวิเคราะห์ข้อมูลด้านสถานภาพ และศักยภาพของเทคโนโลยีแก๊สชีวภาพพบว่า ประเทศไทยมีแหล่งชีวมวลที่นำมาผลิตเป็นพลังงานแก๊สได้ราว 2,100 ล้าน ตบ.ม.ต่อปี ในปัจจุบันนำมาใช้ประโยชน์แล้วประมาณ 18% ผ่านระบบผลิตแก๊สชีวภาพแบบต่างๆ กว่า 2,300 แห่ง ผลิตแก๊สได้ประมาณ 380 ล้าน ตบ.ม. จากชีวมวลหลักๆ คือน้ำเสียจากการผลิตแป้งมันสำปะหลัง (53%) มูลสุกร (39%) อื่นๆ (8%) โดยมากกว่าร้อยละ 70 ของระบบที่ใช้เป็นระบบขนาดเล็กแบบ โคมคองที่ซึ่งนิยมใช้ในฟาร์มสุกรและโคนม สำหรับระบบแก๊สชีวภาพขนาดใหญ่ที่นิยม ได้แก่ ยูเอเอสบี โคเวอร์ลากรูม ตรีงฟิล์ม ถังกวนแบบสมบูร์น และเอบีอาร์ มีใช้ในฟาร์มสุกรขนาดใหญ่และโรงงานอุตสาหกรรม เช่น แป้งมันสำปะหลัง สุรา เบียร์ อาหารทะเล โรงฆ่าสัตว์ และน้ำมันปาล์ม โดยแก๊สชีวภาพที่ได้ใช้สำหรับการผลิตกระแสไฟฟ้าและความร้อนทดแทนการใช้น้ำมัน

มรกต ดันติเจริญ และคณะ [21] ทำการทดลองหมักสำหรับรายหรือไบส่นผสมกับมูลวัว ในการทดลอง โดยมีขบวนการที่ใช้ในการทดลองหมักขนาด 3.9 L และมีการควบคุมอุณหภูมิในการหมักที่ 30 °C และ 55°C โดยมีระยะเวลาการหมักขั้นต่ำ 21 วัน พบว่า ของเหลวที่ได้จากการหมักนี้สามารถใช้เป็น seed ในการหมักสำหรับรายหรือไบส่นคราวต่อไปโดยไม่ต้องใช้มูลมาผสมอีก เวลาของการเกิดแก๊สขึ้นอยู่กับจำนวนและสถานะของจุลินทรีย์ ถ้าใช้มูลสัตว์โดยตรง อัตราการเกิดแก๊สสูงสุดจะอยู่ระหว่าง 7-14 วัน ซึ่งตรงกันข้ามกับ seed ที่ได้มาจากการหมักครั้งก่อนๆ ซึ่งเมื่อเติมสำหรับรายลงไปใหม่ อัตราการเกิดแก๊สสูงสุดจะอยู่ระหว่างวันที่ 4 เมื่ออุณหภูมิสูงขึ้นแก๊สจะเกิดเร็วขึ้นและมากขึ้น นอกจากนี้ ปริมาณของสารต่อหน่วยปริมาตรยังมีผลต่อประสิทธิภาพของการเกิดแก๊สด้วย เมื่อปริมาณของสารต่อหน่วยเพิ่มขึ้นแก๊สจะเกิดขึ้นแต่ประสิทธิภาพลดลง ดังนั้นถ้าต้องการให้ทั้งปริมาณและประสิทธิภาพ อาจต้องทำการหมักแบบต่อเนื่อง โดยเติมสารครั้งแรกในปริมาณน้อย แต่หลังจากนั้นจะค่อยๆ เติม ไปอีกเป็นช่วง

ชยันต์ กิมยงค์ [22] ได้ศึกษาปัจจัยที่มีอิทธิพลต่อการผลิตแก๊สชีวภาพ คือ การเพิ่มอัตราการวนน้ำ และการเพิ่มความหนาของชั้นมูลสุกรในถังปฏิกรณ์ผลิตกรดอินทรีย์ได้สรุปไว้ว่า สภาวะที่เหมาะสมในงานวิจัยนี้ อยู่ที่อัตราการวนน้ำ 6 ลิตร/วัน ความหนาของชั้นมูลสุกร 10 เซนติเมตร โดยมีประสิทธิภาพการกำจัด COD สารอินทรีย์ระเหย (Volatile Solid) และของแข็ง ในถังปฏิกรณ์ผลิตกรดอินทรีย์ เป็นร้อยละ 54, 38 และ 33 ตามลำดับ ปริมาณแก๊สชีวภาพที่เกิดขึ้นทั้งหมด 380 ลิตร/มูลสุกร 8.4 กิโลกรัม (ความหนาของชั้นมูลสุกร 10 เซนติเมตร) และระยะเวลาในการหมักที่ดีที่สุดในการผลิตแก๊สชีวภาพคือ 40 วัน การเพิ่มอัตราการวนน้ำ ทำให้สามารถชะกรดอินทรีย์จากมูลสุกรในถังผลิตกรดไปยังถังผลิตมีเทนได้มากขึ้น ส่งผลให้การผลิตแก๊สชีวภาพในถังผลิตมีเทนเพิ่มมากขึ้นตามไปด้วย นอกจากนี้

ยังพบว่า การผลิตแก๊สชีวภาพในถังปฏิกรณ์ผลิตกรดมีอัตราไคท์ที่ดี และค่าพีเอชที่เหมาะสมต่อการทำงานของเชื้อจุลินทรีย์

สถาบันวิจัยวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีแห่งประเทศไทย (วว.) [23] โดยทางฝ่ายสิ่งแวดล้อม นิเวศวิทยาและพลังงาน ได้ค้นคว้าและพัฒนา ต้นแบบผลิตแก๊สชีวภาพจากเศษอาหาร โดยได้นำเศษอาหารในปริมาณ 5 tons/day มาผลิตก๊าซมีเทน โดยใช้กระบวนการหมักซึ่งได้ออกแบบถังหมักขนาด 60 L ที่อัตราการสูบน้ำเสียเข้าถัง 42 L/day และใช้ระยะเวลาเก็บกัก 1.5 day ในการทดลองสามารถผลิตแก๊สมีเทนได้ในอัตรา 50-60 L/day ที่ก๊าซมีเทน 70-80% และน้ำเสียที่ผ่านการผลิตแก๊สแล้วจะมีสารอินทรีย์ลดลงถึง 90-98% นอกจากนี้ น้ำเสียยังสามารถนำไปรดน้ำต้นไม้ได้ เนื่องจากมีแร่ธาตุไนโตรเจน ซึ่งอยู่ในรูปของแอมโมเนียที่พืชสามารถนำไปใช้ประโยชน์ได้ จากการสำรวจเศษอาหารตามสถานศึกษาหรือโรงเรียน พบว่า นักเรียน 1,000 คน จะมีเศษอาหารเกิดขึ้นในแต่ละวันประมาณ 110 L สามารถนำมาผลิตเป็นแก๊สมีเทนได้ 3,000 L/day ก๊าซมีเทนที่ผลิตได้สามารถนำไปใช้เป็นเชื้อเพลิงโดยตรง หรือนำไปผลิตกระแสไฟฟ้าได้ โดยแก๊สมีเทน 1 m³ สามารถให้ความร้อนได้เทียบเท่ากับน้ำมันเตาเกรด A 0.55 L หรือพลังงานไฟฟ้า 1.20 kW-hr หรือทดแทนก๊าซหุงต้มได้ 0.46 kg

บุญมา ป้านประดิษฐ์ [24] ได้ศึกษาวิจัยถังหมักเพื่อเปลี่ยนสารอินทรีย์ ให้กลายเป็นก๊าซชีวภาพที่สามารถจุดติดไฟได้ ตัวระบบประกอบด้วย 2 ถัง ได้แก่ ถังสำหรับทำปฏิกิริยา และถังเก็บก๊าซ กระบวนการเกิดแก๊สของถังหมักเลียนแบบการทำงานของกระเพาะอาหารของมนุษย์ กล่าวคือ มีกรกินอาหารลงไปแล้วกระเพาะจะมีการบีบตัวให้อาหารที่กินลงไปเกิดการย่อยสลายได้ก๊าซแล้วปล่อยแก๊สด้วยการผายลม อาหารส่วนที่ไม่หมดก็จะกลายเป็นกากออกมาเป็นอุจจาระ แต่กรณีของถังหมักอาหารในถังผสมกันด้วยไบโกลน ผายลมมาใส่ถังเก็บไว้ใช้ และกากที่ถ่ายออกมาใช้เป็นปุ๋ยน้ำถังขนาด 200 L จะรับอาหารได้ไม่เกิน 10 kg จะได้แก๊สชีวภาพ CH₄ 55% ประมาณ 60 L/day

ภาวิณี ชัยประเสริฐ และคณะ [25] ได้ศึกษาปัจจัยที่มีอิทธิพลต่อการผลิตแก๊สชีวภาพ คือ การเพิ่มอัตราการวนน้ำ และการเพิ่มความหนาของชั้นมูลสุกรในถังปฏิกรณ์ผลิตกรดอินทรีย์ ได้สรุปไว้ว่า สภาวะที่เหมาะสมในงานวิจัยนี้ อยู่ที่อัตราการวนน้ำ 6 L/day ความหนาชั้นมูลสุกร 10 cm โดยมีประสิทธิภาพการกำจัดซีโอดี สารอินทรีย์ระเหย (volatile solid) และของแข็งในถังปฏิกรณ์ผลิตกรดอินทรีย์ เป็นร้อยละ 54, 38 และ 33 ตามลำดับ ปริมาณแก๊สชีวภาพที่เกิดขึ้นทั้งหมด 380 L ต่อมูลสุกร 8.4 kg (ความหนาชั้นมูลสุกร 10 cm) และระยะเวลาในการหมักที่ดีที่สุดในการผลิตแก๊สชีวภาพคือ 40 วัน การเพิ่มอัตราการวนน้ำ ทำให้สามารถชะกรดอินทรีย์จากมูลสุกรในถังผลิตกรดไปยังถังผลิตมีเทนได้มากขึ้น ซึ่งส่งผลให้การผลิตแก๊สชีวภาพในถังผลิตมีเทนมากขึ้นตามไปด้วย นอกจากนี้ยัง

พบว่า การผลิตแก๊สชีวภาพในถังปฏิกรณ์ผลิตรวดอินทรีย์ที่มีค่าความชื้นต่ำกว่า 60% ด้วย เนื่องจากในถังปฏิกรณ์ผลิตรวดมีค่าอัลคาไลน์ดี และค่าพีเอชที่เหมาะสมต่อการทำงานของเชื้อจุลินทรีย์

นุชรา สิบบัวทอง [26] ได้ศึกษาการทำงานของถังหมักไร้อากาศชนิดที่มีตัวกลางยึดเกาะในการบำบัดของเสียจากโค ได้สร้างถังหมักไร้อากาศ ขนาด 10.2 ลิตร จำนวน 4 ถัง บรรจุตัวกลางตาข่ายพลาสติกชนิดพลาแกสแควด ให้รับภาระบรรทุกสารอินทรีย์ในช่วงเกณฑ์มาตรฐานของการหมักไร้อากาศ ความเข้มข้นมูลโคผสมที่เลือกใช้ อยู่ระหว่าง 5-20% โดยน้ำหนักต่อปริมาตร การป้อนมูลโคเข้าระบบเป็นแบบกึ่งต่อเนื่องคือทำการเติมทุกวัน ด้วยอัตราคงที่ 1.02 L/day ที่สภาวะการทดลองอุณหภูมิ 30-33 °C ควบคุมระยะเวลาพักเก็บให้คงที่ 10 วัน แก๊สชีวภาพที่เกิดจากการย่อยสลายสารอินทรีย์มูลโค ซึ่งส่วนใหญ่เป็นก๊าซมีเทนได้นำมาวิเคราะห์ปริมาณด้วยเทคนิคแก๊สโครมาโตกราฟี การเก็บตัวแก๊สชีวภาพทำได้โดยการแทนที่น้ำ ค่าภาระบรรทุกที่เหมาะสมที่ได้จากการทดลอง คือความเข้มข้นมูลโค 10% ซึ่งพิจารณาได้จากการมีประสิทธิภาพสูงสุดในการกำจัด บีโอดี ซีโอดี และเกิดแก๊สมีเทนในปริมาณที่เหมาะสม ที่ค่าภาระบรรทุกดังกล่าวสามารถกำจัด BOD Cod TS TVS ได้ 84.08, 63.77, 63.48 และ 61.09 % ตามลำดับ ปริมาณแก๊สมีเทนที่เกิดที่ค่าภาระบรรทุกมูลโค 5% ,10% ,15% และ 20% คือ 37.73%, 50.99%, 6.32% และ 49.54% ตามลำดับ ผลการศึกษาพบว่าประสิทธิภาพการกำจัดสารอินทรีย์มีแนวโน้มที่จะลดลงเมื่อค่าภาระบรรทุกสารอินทรีย์เพิ่มขึ้น ไปจากความเข้มข้นมูลโคผสม 10% ความสัมพันธ์ของแก๊สมีเทนที่เกิดต่อน้ำหนักมูลสารอินทรีย์ที่เติมเข้าระบบมีค่าเฉลี่ย 0.277 L/g BOD, 0.051 L/gCOD, 0.055 L/gTS และ 0.087 L/gTVS และความสัมพันธ์ของแก๊สมีเทนที่เกิดต่อน้ำหนักมูลสารอินทรีย์ที่ถูกกำจัดมีค่าเฉลี่ย 0.345 L/gBOD, 0.082 L/gCOD, 0.090 L/gTS และ 0.147 L/gTVS

ชินพงค์ วงใน และภาวิณี ชัยประเสริฐ [27] ได้ศึกษา ถังปฏิกรณ์ไม่ใช้อากาศแบบลูกผสมที่อาศัยการทำงานระหว่างระบบกักเก็บจุลินทรีย์แบบตรึงฟิล์มและแบบ UASB ได้รับการพัฒนาอย่างต่อเนื่องจนมีประสิทธิภาพสูงสำหรับผลิตแก๊สชีวภาพและบำบัดน้ำเสียจากอุตสาหกรรมการผลิตแป้งมันสำปะหลัง ที่มีองค์ประกอบสารอินทรีย์ในรูปของค่าซีโอดี บีโอดี และสารแขวนลอยในปริมาณสูง ได้มีการศึกษาแนวทางการประยุกต์ใช้ถังปฏิกรณ์แบบลูกผสมนี้เพื่อเป็นทางเลือกสำหรับการผลิตก๊าซชีวภาพจากน้ำเสียจากโรงงานสกัดน้ำมันปาล์ม จากศึกษาพบว่าถังปฏิกรณ์แบบลูกผสมสามารถทำงานได้อย่างมีประสิทธิภาพที่อัตราการป้อนสารอินทรีย์ (OLR) และระยะเวลาพักเก็บของเหลว (ชั่วโมง) เท่ากับ 10.4 kg COD/m³/day และ 7.5 วันตามลำดับ โดยให้ผลผลิตแก๊สชีวภาพเท่ากับ 0.5 m³/kg COD ที่ถูกย่อยสลาย มีก๊าซมีเทนเป็นองค์ประกอบ 60% และประสิทธิภาพในการกำจัดสารอินทรีย์ในรูปของค่าซีโอดี และสารแขวนลอยเท่ากับ 80 และ 64% ตามลำดับ จากข้อมูลดังกล่าวสรุปได้ว่า

ถึงปฏิกรณ์แบบลูกผสมมีประสิทธิภาพสูงเหมาะสำหรับผลิตแก๊สชีวภาพและบำบัดน้ำเสีย และหากมีการพัฒนาเพิ่มเติม ถึงปฏิกรณ์แบบลูกผสมนี้ยังเป็นทางเลือกที่เหมาะสมต่อการนำไปประยุกต์ใช้และการลงทุน

พิชิต สกุลพราหมณ์ และ มงคล โฉมงาม [28] ได้ศึกษาการผลิตก๊าซชีวภาพและปุ๋ยอินทรีย์โดยการหมักอินทรีย์วัตถุให้เกิดการย่อยสลายด้วยจุลินทรีย์ไม่ต้องการอากาศ ได้สรุปไว้เป็นตารางที่ 2.8 ตารางที่ 2.8 แก๊สชีวภาพที่เกิดขึ้นจากการหมักด้วยอินทรีย์วัตถุนิตต่างๆ ในระยะเวลา 21 วัน [32]

อินทรีย์วัตถุ	ก๊าซ/อินทรีย์วัตถุ (L/L)	ก๊าซ/น้ำหนักของของแข็ง(L/kg)
มูลกระบือ	8.42	61.00
มูลโค	6.60	42.27
มูลม้า	6.66	74.72
มูลสุกร	2.62	6.67
หญ้า	7.54	50.21
ผักตบชวา	6.68	53.64
ผักตบชวา + มูลเป็ด	7.26	36.54

Macias-Corral et al. [29] ทำการทดลองย่อยสลายร่วมระหว่างมูลวัว และขยะสดเทศบาลโดยใช้ถังหมักแบบไม่ใช้ออกซิเจนแบบ 2 ขั้นตอน (Two-Phase Anaerobic Digestion) โดยขั้นตอนแรกใช้ถังหมักขยะขนาด 6.4 ลูกบาศก์เมตร 1 ถัง และขั้นตอนที่สองใช้ถัง Up-flow anaerobic Filter (UAF) สูง 6.3 เมตร ปริมาตร 222 ลิตร 2 ถัง โดยบรรจุตัวกลางพลาสติกที่มีความพรุน 90 % ไว้ภายในใช้เวลาในการทดลอง 151 วัน เริ่มทดลองโดยใช้ขยะสด 182 กิโลกรัมผสมกับมูลวัว 18 กิโลกรัม ค่า COD จากถังหมักขั้นแรก จะมีค่าประมาณ 5000 มิลลิกรัมต่อลิตร และค่า VFA/COD เท่ากับ 0.28 และเมื่อผ่านถึง UAF ได้ค่าอัตราการเกิดแก๊สมีเทนเท่ากับ 0.1 ม³.CH₄/กก.VS มีค่า Methane Content เท่ากับ 72% ตามลำดับ การศึกษานี้แสดงให้เห็นถึงความสำคัญของกระบวนการ Hydrolysis สำหรับของเสียที่เป็นอนุภาคของแข็ง โดยใช้ถังหมักแบบ 2 ขั้นตอนในการปรับสภาพให้เหมาะสมสำหรับกระบวนการสร้างมีเทน

Lehtomaki et al. [30] ศึกษากระบวนการย่อยสลายร่วมระหว่างมูลวัวกับฟางข้าวและหญ้าเลี้ยงสัตว์ เปรียบเทียบประสิทธิภาพกับการหมักโดยใช้มูลวัวอย่างเดียว ทำการทดลองโดยใช้ถังปฏิกรณ์แบบกวนสมบรูณ์ขนาด 5 ลิตร ที่อุณหภูมิ 35 องศาเซลเซียส เริ่มทำการทดลองโดยใช้มูลวัวเป็นเชื้อตั้งต้นที่อัตราบรรทุกสารอินทรีย์ 2 กก. VS/(ม³.วัน) และเวลาเก็บกักน้ำ 20 วันหลังจากนั้นเปลี่ยนอัตราส่วน

ของสารตั้งต้นให้อยู่ในช่วงอัตราส่วนระหว่าง 90:10 จนถึง 60:40 (มูลวัวต่อฟางข้าว, หญ้า) และเพิ่มอัตราบรรทุกสารอินทรีย์เป็น 3 และ 4 กก. VS/(ม³.วัน) และเวลากักเก็บน้ำเป็น 18 และ 16 วัน สำหรับหญ้าและฟางข้าวตามลำดับ ผลจากการทดลองที่มีอัตราส่วน 70:30 จะให้อัตราการเกิดแก๊สมีเทนสูงสุดที่ 0.268 และ 0.213 ม³.CH₄ กก.VS สำหรับมูลวัวผสมกับหญ้าและฟางข้าวตามลำดับ เปรียบเทียบกับการใช้มูลวัวอย่างเดียวจะให้ค่าอัตราการเกิดแก๊สมีเทนเท่ากับ 0.15 ม³.CH₄ กก.VS และแนวโน้มในการกำจัด VS จะเพิ่มขึ้นตามอัตราส่วนระหว่างหญ้า และฟางข้าวต่อมูลวัวด้วย

Benjamin et al. [31] ทำการศึกษาหาประสิทธิภาพของการย่อยสลายร่วมโดยใช้มูลสุกรผสมกับมูลไก่ ในอัตราส่วนต่างๆกัน โดยใช้ถังปฏิกรณ์แบบเท (Batch) ขนาด 125 มิลลิลิตร ทำการทดลองทั้งหมด 113 วัน รักษาอุณหภูมิไว้ที่ 35 ±2 องศาเซลเซียส ลักษณะของน้ำเสียจะมีค่า COD อยู่ในช่วง 9750-17400 มิลลิกรัมต่อลิตร และค่า VS เท่ากับ 7000-14000 มิลลิกรัมต่อลิตร ซึ่งอัตราส่วนที่ให้ประสิทธิภาพสูงสุดคือ 80:20 (มูลสุกร:มูลไก่) โดยปริมาตร โดยได้ค่าอัตราการเกิดแก๊สมีเทนเท่ากับ 0.13 ม³.CH₄ กก.ของ VS ที่ถูกกำจัด

Gelegenis et al. [32] ทำการศึกษาระบวนการย่อยสลายร่วมโดยใช้มูลไก่ซึ่งมีแอมโมเนียและค่าความเป็นด่างสูง ผสมกับน้ำเสียจากโรงงานผลิตน้ำมันมะกอก ซึ่งมีแอมโมเนียและค่าความเป็นด่างต่ำ ทำการทดลองเป็นสองช่วงคือช่วง Lab scale และ Pilot scale โดยช่วงแรกเป็นการหาอัตราส่วนของมูลไก่ต่อปริมาณน้ำเสียที่ดีที่สุด โดยอัตราส่วนที่ดีที่สุดคือประมาณ 65:35 % โดยปริมาตร ผลจากการทดลองช่วงที่สองโดยใช้อัตราส่วนมูลไก่ต่อปริมาณน้ำเสียที่ 60:40 %V/V ใช้ถังปฏิกรณ์ขนาด 100 ลิตร ที่อุณหภูมิ 35 องศาเซลเซียส เวลากักเก็บน้ำ 18 วัน ใช้อัตราบรรทุกสารอินทรีย์ 4.85 กก./ (ม³.วัน) ได้อัตราการเกิดแก๊สชีวภาพ 1.53 ล./วัน เมื่อเปรียบเทียบกับการใช้เฉพาะมูลไก่ที่อัตราบรรทุกสารอินทรีย์ 5 กก./ (ม³.วัน) และอัตราการเกิดมีเทน 0.34 ม³.CH₄/กก.COD

ความเป็นกรดด่าง (pH)

McCarty [33] ค่าความเป็นกรดด่างที่เหมาะสมสำหรับถังหมักไร้อากาศอยู่ระหว่าง 6.6-7.6 และ ถ้ำลดน้ำในระบบมากเกินไปขึ้นตอนการเกิดมีเทนจะถูกยับยั้งทำให้แบคทีเรียผลิตมีเทนไม่สามารถผลิตแก๊สชีวภาพได้

Ferguson et al [34] ศึกษาผลกระทบของสารที่เป็นตัวปรับค่าความเป็นกรด-ด่าง ให้เป็นกลาง สำหรับการงานของระบบพบว่าโซเดียมคาร์บอเนตคือสารที่ดีที่สุดเมื่อพิจารณาในด้านราคา การนำน้ำกลับมาใช้ใหม่เป็นการลดค่าใช้จ่ายในการปรับสภาพน้ำเป็นกลาง

Malina and Pohland [35] กล่าวว่า ในการปรับค่าความเป็นกรดต่างของถังหมักไร้อากาศมักจะใช้ปูนขาว ($\text{Ca}(\text{OH})_2$) โดยเริ่มเติมปูนขาวเมื่อค่าความเป็นกรดต่างของระบบหมักลดลงกว่า 6.5 หรือ 6.6

Polprasert [36] กล่าวว่า ค่าความเป็นกรด-ต่างของถังหมักไร้อากาศควรอยู่ในช่วง 6.6-7.6 โดยช่วงที่เหมาะสมควรคือ 7.0-7.2 โดยถ้ามีการสะสมของกรดไขมันระเหย (Volatile Fatty Acid) ในปริมาณที่มากซึ่งสาเหตุอาจเกิดมาจากภาระบรรทุกของถังหมักสูงเกินไปหรือมีสารพิษเข้าถังหมัก และยับยั้งการทำงานของแบคทีเรียประเภทผลิตแก๊สมีเทนจะทำให้สามารถทำให้ค่าพีเอชสามารถลดลงต่ำถึง 6.6 สำหรับแบคทีเรียประเภทผลิตกรดจะสามารถทำงานได้ จนถึงที่ระดับค่าพีเอช 5.5 แต่ที่ระดับนี้แบคทีเรีย ชนิดผลิตกาซมีเทนจะถูกยับยั้ง

เสริมพล รัตนสุข และไชยยุทธ กลิ่นสุคนธ์ [37] เมื่อพีเอชของถังหมักไร้อากาศต่ำกว่า 6.2 ทำให้ประสิทธิภาพของระบบจะลดลงอย่างรวดเร็ว เนื่องจากสภาวะเป็นกรดเป็นอันตรายต่อแบคทีเรียชนิดผลิตแก๊สมีเทน

สินีนุช ศศิยชชาติ [38] ได้ทำการศึกษาผลของภาระบรรทุกสารอินทรีย์ที่มีต่อความต้องการต่างของระบบบำบัดน้ำเสียแบบไม่ใช้อากาศ โดยใช้ น้ำเสียสังเคราะห์คาร์โบไฮเดรตที่มีความเข้มข้นของซีโอดี 2500 มก./ล. ด้วยระบบยูเอเอสบี ภายใต้สภาวะทดสอบที่มีการเติมต่างโซเดียมคาร์บอเนต 750, 2250 และ 3750 มก./ล. (อัตราส่วนต่างต่อซีโอดี เท่ากับ 0.3:1, 0.9: 1 และ 1.5: 1 ตามลำดับ ปรากฏว่า ทุกการทดสอบสามารถบำบัดน้ำเสียได้ดีที่ทุกระดับของต่างที่ใช้ โดยการเติมโซเดียมคาร์บอเนต 3 ระดับดังกล่าว ทำให้พีเอชน้ำออกของระบบยูเอเอสบีมีค่าเท่ากับ 6.6, 7.1 และ 8.0 ตามลำดับ ที่ทุกระดับภาระบรรทุกสารอินทรีย์ตั้งแต่ 4-16 กก./ลบ.ม.-วัน แสดงว่าสามารถเติมโซเดียมคาร์บอเนตให้แก่ระบบบำบัดแบบไม่ใช้อากาศได้ตั้งแต่ 750-3750 มก./ล. จากผลการทดลองแสดงว่า ระดับพีเอชของน้ำออกจะขึ้นกับปริมาณต่างที่เติมให้แก่ น้ำเสีย แต่ไม่ขึ้นกับภาระบรรทุกสารอินทรีย์ของระบบ

อุณหภูมิ (Temperature)

Speece and Ken [39] ศึกษาผลการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิสั้นๆ ต่อการเกิดแก๊สมีเทน พบว่า ได้แก๊สมีเทนเกิดขึ้นที่อุณหภูมิต่ำกว่า 20 องศาเซลเซียส แต่ทันทีที่อุณหภูมิสูงกว่า 20 ก็เริ่มมีแก๊สมีเทนเกิดขึ้นที่ช่วงอุณหภูมิ 20- 45 องศาเซลเซียส จะเป็นช่วงที่มีการเกิดแก๊ส และค่า COD ของสารอินทรีย์มีค่าลดลง ผลของการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิอย่างรวดเร็วจะทำให้ระบบล้มเหลว และถ้าภาระบรรทุกของระบบสูงขึ้นจะทำให้อุณหภูมิเปลี่ยนแปลงทันที

Malina and Pohland [35] กล่าวว่าแบคทีเรียประเภทผลิตแก๊สมีเทนสามารถทำงานได้ที่สองช่วง อุณหภูมิ คือ ช่วงอุณหภูมิปานกลาง 30-40 องศาเซลเซียส ซึ่งเรียกว่า เมโซฟิลิก (Mesophilic) และที่ ช่วงอุณหภูมิ 50-60 องศาเซลเซียส เรียกว่า เทอร์โมฟิลิก (Thermophilic) แต่ที่ช่วงอุณหภูมิ 40-50 องศาเซลเซียส แบคทีเรียผลิตแก๊สมีเทนจะถูกยับยั้ง

เพ็ญศิริ ประชาภิตติกุล [40] ได้ศึกษาผลของอุณหภูมิต่อการผลิตแก๊สชีวภาพของกากตะกอนปาล์ม จากโรงงานสกัดน้ำมันปาล์ม โดยใช้ถังปฏิริยาแบบแอนแอโรบิกเอสปีอาร์ระดับห้องปฏิบัติการ มี ปริมาตร 2 ลิตร โดยแบ่งเป็นการทดลองภายใต้สภาวะเทอร์โมฟิลิก (55 °C) และสภาวะมีโซฟิลิก (30 ±1°C) เติมน้ำที่อัตราภาระสารอินทรีย์ 0.5-3 กิโลกรัมชีโอดีต่อลูกบาศก์เมตรต่อวัน ที่ระยะเวลา กักพักน้ำ 10 วัน เริ่มต้นระบบโดยใส่เชื้อตะกอนจุลินทรีย์ที่นำมาจากระบบแอนแอโรบิกเอสปีอาร์ ระดับห้องปฏิบัติการ โดยใช้ความเข้มข้นตะกอนจุลินทรีย์ในรูปแบบเอ็มแอลเอสเอสประมาณ 20000 มิลลิกรัมต่อลิตร โดยทำการเปรียบเทียบประสิทธิภาพการกำจัดชีโอดี อัตราการผลิตแก๊สชีวภาพและ ก๊าซมีเทนที่เกิดขึ้นแต่ละอัตราภาระสารอินทรีย์เมื่อเข้าสู่สภาวะคงที่ ผลการทดลองที่อัตราภาระ สารอินทรีย์ 0.5-3 กิโลกรัมชีโอดีต่อลูกบาศก์เมตรต่อวัน พบว่าถังปฏิริยาเทอร์โมฟิลิกและมีโซฟิลิก มีประสิทธิภาพในการกำจัดชีโอดีมากกว่าร้อยละ 90 ที่อัตราภาระสารอินทรีย์ 3 กิโลกรัม ชีโอดีต่อ ลูกบาศก์เมตรต่อวัน ถังปฏิริยาเทอร์โมฟิลิกมีปริมาณการผลิตแก๊สชีวภาพต่อปริมาตรถึงสูงสุด เท่ากับ 1.29 ลิตรต่อลิตรต่อวัน ซึ่งสูงกว่าถังปฏิริยามีโซฟิลิกเล็กน้อยที่มีปริมาณการผลิตแก๊สชีวภาพ ต่อปริมาตรถึงสูงสุดเท่ากับ 1.23 ลิตรต่อลิตรต่อวัน โดยในปริมาตรของแก๊สชีวภาพที่เกิดขึ้นที่อัตรา ภาระสารอินทรีย์ 3 กิโลกรัมชีโอดีต่อลูกบาศก์เมตรต่อวัน ของทั้งสองถังปฏิริยามีส่วนประกอบของ แก๊สมีเทนสูงสุดร้อยละ 63

Boe et al. [41] ได้ทำการศึกษาผลของอุณหภูมิในการเกิดแก๊สชีวภาพโดยใช้ถังปฏิริยากลวง แบบต่อเนื่อง โดยมีระยะเวลาการกักเก็บของเสีย 15 วัน โดยมีการหมักจากปฏิริยณ์ 5.3 วัน อุณหภูมิในการ หมักมี 3 อุณหภูมิ (55, 37, 15 °C) เป็นการเปรียบเทียบในเทอมของการผลิตแก๊สชีวภาพ กลุ่มจุลินทรีย์ และการเกิดแก๊ส จากผลการทดลอง อุณหภูมิที่ 55 °C , 37 °C และ 15 °C สามารถผลิตแก๊สได้ 11.7%, 8.4% และ 1.2% ตามลำดับ และมีแก๊สมีเทน 70% ของก๊าซทั้งหมด ในการหมักที่ 55 °C ผลิตก๊าซ ชีวภาพได้สูงกว่าและมีความคงตัวในเทอมของ VFA (Volatile Fatty Acid) ที่ต่ำ โดยเฉพาะการทำงาน ของแบคทีเรียในการผลิตมีเทน (Methanogenic Activity) ในถังหลัก (55 °C) และถังที่แบ่งย่อย ที่ อุณหภูมิ 55 °C และ 37 °C มีการทำงานของขั้นตอนของการสร้างกรดอินทรีย์และการสร้างมีเทน ดีมาก แต่ที่อุณหภูมิ 15 °C แบคทีเรียในการผลิตมีเทนทำงานได้ไม่ดี

Polprasert [36] กล่าวว่า ช่วงอุณหภูมิที่เกี่ยวข้องกับผลการผลิตแก๊สมีเทนมี 2 ช่วง คือ ช่วง อุณหภูมิปานกลาง (Mesophilic Range) 25-40 องศาเซลเซียส และช่วงอุณหภูมิสูง (Thermophilic Range) 50-60 องศาเซลเซียส โดยอัตราการผลิตแก๊สมีเทนจะเพิ่มขึ้นตามอุณหภูมิที่เพิ่มขึ้น แต่อัตราการผลิตแก๊สจะหยุดทันทีที่อุณหภูมิ 45 องศาเซลเซียส และที่อุณหภูมิต่ำกว่า 10 องศาเซลเซียส อัตราการผลิตแก๊สจะลดลงอย่างชัดเจน

Metcalf and Eddy [42] ระบบหมักไร้อากาศส่วนใหญ่ออกแบบให้ทำงานที่ อุณหภูมิ 2 ช่วงคือ ช่วงอุณหภูมิปานกลาง 20-40 องศาเซลเซียส ซึ่งเรียกว่าเมโซฟิลิก (Mesophilic) และที่ช่วงอุณหภูมิสูง 40-60 องศาเซลเซียส เรียกว่าเทอร์โมฟิลิก (Thermophilic) ในปัจจุบันได้มีการพัฒนาเพิ่มเติมโดยการรวมกันของทั้งเมโซฟิลิก และเทอร์โมฟิลิก แบบแยกถังหมัก นอกจากนี้ยังได้กล่าวว่าการเลือกช่วงอุณหภูมิสำหรับการออกแบบระบบหมักแบบไร้อากาศมีความสำคัญแต่การรักษาอุณหภูมิในระบบหมักกลับมีความสำคัญกว่าเพราะแบคทีเรีย (โดยเฉพาะแบคทีเรียประเภทผลิตมีเทน) มีความไวต่อการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิมาก โดยทั่วไปหากอุณหภูมิที่เปลี่ยนแปลงมากกว่า 1 องศาเซลเซียส ต่อวัน จะมีผลกระทบต่อประสิทธิภาพระบบ ค่าที่แนะนำคือ ไม่ควรให้อุณหภูมิของระบบเปลี่ยนแปลงมากกว่า 0.5 องศาเซลเซียส/วัน

อาหารเสริมสร้าง (Nutrient)

Metcalf and Eddy [42] กล่าวว่ากระบวนการบำบัดแบบไม่ใช้อากาศมีสัคคักเกิดขึ้นน้อยจึงต้องการไนโตรเจนและฟอสฟอรัสเพื่อการสร้างเซลล์น้อยด้วยค่าเฉลี่ยโดยทั่วไปสำหรับการเติมไนโตรเจน ฟอสฟอรัสซัลไฟด์อยู่ในช่วง 10-13, 2-2.6, และ 1-2 มก.ต่อ 100 มก. สัคคักตามลำดับและหากต้องการให้ระบบหมักมีประสิทธิภาพสูงควรควบคุมให้มีปริมาณไนโตรเจน ฟอสฟอรัส และซัลเฟอร์ 50, 10 และ 5 mg/l ตามลำดับสำหรับธาตุอื่นๆ ที่สำคัญคือกลุ่มโลหะซึ่ง ช่วยกระตุ้นการทำงานของจุลินทรีย์กลุ่มผลิตมีเทน ได้แก่ เหล็ก โคบอลต์ นิกเกิลและสังกะสี ควรให้มีค่าประมาณ 0.02, 0.004, 0.003 และ 0.002 มิลลิกรัม/กรัมอะซิเตรท ในการเดินระบบจริงแนะนำให้เติมที่อัตรา 1.0 มิลลิกรัม FeCl₂ มิลลิกรัม CoCl₂, 0.1 มิลลิกรัม NiCl₂ และ 0.1 มิลลิกรัม ZnCl₂ /ลิตรถังหมัก

สารพิษ (Toxic substance)

Henze and Harremoes [43] พบว่าซัลไฟด์และซัลเฟตซึ่งปกติไม่เป็นพิษ แต่เมื่ออยู่ระบบไร้ออกซิเจนจะเปลี่ยนเป็นซัลไฟด์ ซึ่งเป็นสารพิษและถ้าพีเอชต่ำกว่า 6.5 จะเพิ่มความเป็นพิษมากขึ้น เหล็กเป็นตัวลดความเป็นพิษได้โดยการตกตะกอนเป็นเฟอร์รัสซัลไฟด์

Bhattachaya and Parkin [44] กล่าวถึงการผลิตแก๊สมีเทน ถ้ามีแอมโมเนียในระบบ แบคทีเรียที่ผลิตแก๊สมีเทนจากอะซิเตต จะมีอิทธิพลมากกว่าแบคทีเรียที่ผลิตแก๊สมีเทนจากโพรพิโอเนต และถ้าต้องเติมแอมโมเนียลงในระบบเป็นครั้งคราวจะต้องให้มีตะกอนจุลินทรีย์ในปริมาณน้อยๆ และค่าอายุตะกอนต่ำจะเป็นการดี แต่ถ้ามีการเติมแอมโมเนียอย่างต่อเนื่องจะต้องใช้ค่าอายุตะกอนสูงๆ จึงจะสามารถรับสารอินทรีย์ที่เข้าระบบปริมาณมากๆ ได้

การกวน (Mixing)

Sung and Dague [45] ทำการศึกษาการบำบัดน้ำเสียที่มีการกวนผสมตลอดเวลา และการกวนผสมแบบเป็นช่วงๆ ในการบำบัดน้ำเสียสังเคราะห์ที่ใช้ไขมันขาดมันเนยเป็นสารอินทรีย์หลัก โดยกระบวนการ ASBR จากการศึกษาพบว่าถึงปฏิบัติการที่มีการกวนผสมแบบเป็นช่วงๆ (5 นาทีต่อชั่วโมง) มีอัตราการเกิดแก๊สมีเทนที่สูงกว่า และมีอัตราการกำจัดสารอินทรีย์ในรูป COD ที่ไม่แตกต่างจากถึงที่มีการกวนผสมตลอดเวลา