

ก๊าซชีวภาพ

ฝ่ายประมวลผลข้อมูลพลังงาน

27 มกราคม 2543

ก๊าซชีวภาพคืออะไร

ก๊าซชีวภาพ (Biogas) คือก๊าซที่เกิดจากการย่อยสลายของอินทรีย์สารในสภาพที่ขาดแคลนออกซิเจน เรียกกระบวนการที่เกิดขึ้นนี้ว่า การย่อยสลายไร้อากาศ ตามธรรมชาติโดยทั่วไปกระบวนการนี้จะเกิดขึ้นในที่ลุ่มชื้นแฉะ ก้นทะเลสาบ และในที่ลึกลงไปใต้ผิวดิน หรืออาจเกิดจากน้ำมอมมนุษย์ เช่น ในบ่อน้ำเสียปศุสัตว์ และในหลุมขยะกลบฝัง เป็นต้น

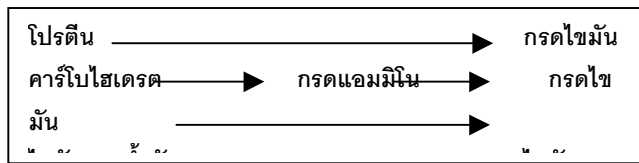
โดยเฉลี่ยมีเทนมีค่าความร้อน 1,000 บีทียูต่อลูกบาศก์ฟุต ดังนั้นทุก 1% ของมีเทนที่มีอยู่ในก๊าซชีวภาพให้ค่าความร้อน 10 บีทียู ก๊าซชีวภาพโดยทั่วไปจึงให้ค่าความร้อนระหว่าง 600-800 บีทียูต่อลูกบาศก์ฟุต หรือประมาณ 60-80% ของค่า

ก๊าซชีวภาพ ประกอบด้วยมีเทน 60-80% และคาร์บอนไดออกไซด์ 20-40% โดยประมาณ นอกจากนี้อาจมีไนโตรเจน ไฮโดรเจน และไฮโดรเจนซัลไฟด์ ปนอยู่ในปริมาณเล็กน้อย

การย่อยสลายไร้อากาศเป็นอย่างไร

การย่อยสลายไร้อากาศ (Anaerobic Digestion) เป็นกระบวนการย่อยสลายของสารอินทรีย์โดยการทำงานของจุลินทรีย์ในสภาพขาดแคลนออกซิเจน มี 2 ขั้นตอนสำคัญ ดังนี้

1. การแปรสภาพเป็นกรด (Acidification) จุลินทรีย์กลุ่มที่ 1 (ให้กำเนิดกรด) ทำหน้าที่ย่อย



สลายสารอินทรีย์เชิงซ้อน เปลี่ยนให้เป็นกรดไขมัน จากนั้นจุลินทรีย์กลุ่มที่ 2 (ผลิตอะซีโตน) จะทำหน้าที่ต่อ เปลี่ยนจากกรดไขมันให้เป็นกรดอะซีติก โพรไพโอเนต และแลคติก ในช่วงนี้จะมีการปลดปล่อย

ไฮโดรเจน และคาร์บอนไดออกไซด์

2. กระบวนการผลิตมีเทน (Methanation) เกิดขึ้นโดยจุลินทรีย์กลุ่มที่ 3 ที่เรียกว่า Methanogens ใช้กรดที่เกิดขึ้นในขั้นตอนแรกเป็นอาหาร ดำรงชีพแล้วถ่ายออกมาเป็นก๊าซมีเทน ส่วนจุลินทรีย์กลุ่มที่ 4 ใช้ไฮโดรเจนและคาร์บอนไดออกไซด์ แล้วทำให้เกิดเป็นก๊าซมีเทนขึ้นมา

อะไรเป็นเงื่อนไขสำคัญของกระบวนการย่อยสลายไร้อากาศ

อุณหภูมิ เป็นองค์ประกอบที่สำคัญที่ควบคุมจำนวนประชากรจุลินทรีย์ให้สมดุลในแต่ละขั้นตอนของกระบวนการ เพราะจุลินทรีย์เหล่านี้อ่อนไหวต่อการเปลี่ยนแปลงในสภาพแวดล้อมมาก อุณหภูมิที่เหมาะสมที่สุดในการย่อยสลายไร้อากาศ อยู่ที่ประมาณ 35°C ถ้าหากอุณหภูมิลดลง บทบาทการทำงานของจุลินทรีย์ก็มัน้อยลง ทำให้การผลิตก๊าซชีวภาพก็ลดลงตามไปด้วย ในทางตรงกันข้ามเมื่ออุณหภูมิสูงขึ้น จุลินทรีย์ก็จะเริ่มล้มตาย และในทันทีที่จุลินทรีย์บางส่วนตายลง การผลิตก๊าซชีวภาพก็ลดลงตามด้วย การควบคุมอุณหภูมิจึงเป็นหลักสำคัญที่ต้องพิจารณาในการออกแบบถังย่อยสลาย

สภาพความเป็นกรด-ด่าง (วัดโดยค่า pH) ที่ระดับ 7 คือความเป็นกลาง มากกว่าคือสภาพด่าง และน้อยกว่าคือสภาพกรด ในช่วง 6.5-8 คือสภาพที่ดีที่สุดของกระบวนการผลิต

มีเทน ความสมดุลระหว่างจุลินทรีย์ชนิดหนึ่งย่อยสลายอินทรีย์วัตถุทำให้เกิดกรด และจุลินทรีย์อีกชนิดหนึ่งเปลี่ยนกรดให้เป็นมีเทน ถือเป็นปัจจัยสำคัญ เพราะถ้าหาก pH ลดต่ำกว่า 6.5 จุลินทรีย์ผลิตมีเทนจะเริ่มตายลง เกิดสภาพไม่สมดุลย์ในจำนวนประชากรของจุลินทรีย์ทั้งสองกลุ่ม ผลก็คือจะไม่ทำให้เกิดการผลิตก๊าซชีวภาพขึ้นมา วิธีแก้ไขก็คือเติมผงฟู (Baking Soda) เพื่อเพิ่มระดับ pH คงจำนวนประชากรจุลินทรีย์ผลิตมีเทนให้สมดุลย์

ระบบของกระบวนการผลิตก๊าซชีวภาพ

ในกระบวนการผลิตก๊าซชีวภาพมีองค์ประกอบสำคัญ 2 ส่วน คือ ถังปฏิกรณ์ (Reactor) และระบบการรวบรวมก๊าซ (Gas Collection System)

ถังปฏิกรณ์ คือส่วนที่มีการย่อยสลายและก๊าซชีวภาพเกิดขึ้น แบ่งได้ตามวิธีการเติมวัตถุดิบซึ่งเป็นอินทรีย์วัตถุ ในการผลิตระดับอุตสาหกรรมการป้อนวัตถุดิบ อาจเป็นได้ทั้งแบบต่อเนื่อง รายวัน หรือรายสัปดาห์ และในขณะที่ป้อนวัตถุดิบเข้าไปจะต้องกำจัดกากออกมาในปริมาณที่เท่ากัน เพื่อรักษาระดับคงที่ในถังปฏิกรณ์ โดยปกติประชากรจุลินทรีย์จะลดจำนวนลงเมื่อกำจัดกากเก่าออก เพื่อช่วยเร่งปฏิกิริยาของการย่อยสลายการกระจายจุลินทรีย์ให้ทั่วถึงเป็นเรื่องจำเป็น ของเหลวเป็นตัวกลาง ในการกระจายจุลินทรีย์ที่ดี ดังนั้นในทางปฏิบัติโดยทั่วไปมักป้อนวัตถุดิบในรูปของน้ำโคลนข้น (Thick Slurry)

ระบบการรวบรวมก๊าซชีวภาพ เป็นกระบวนการสำคัญที่ต้องพิจารณา เนื่องจากก๊าซชีวภาพเป็นเชื้อเพลิงที่ไม่มีสี ไม่มีกลิ่น และติดไฟได้ง่าย จึงต้องระมัดระวังเป็นพิเศษในการสำรวจเก็บก่อนนำไปใช้ และเนื่องจากมีคาร์บอนไดออกไซด์ในองค์ประกอบค่อนข้างสูง ในกระบวนการผลิตระดับอุตสาหกรรมที่มีอัตราผลิตต่อวันสูง อาจติดตั้งเครื่องกำจัดคาร์บอนไดออกไซด์เพื่อลดระดับค่าความร้อนเข้าไปในระบบนี้ด้วย

มีหลักเกณฑ์ 3 ประการในการพิจารณาป้อนวัตถุดิบสู่ถังปฏิกรณ์ คือ (1) Volatile Solids (2) Hydraulic Retention Time และ (3) C/N Ratio

Volatile Solids (VS) หมายถึงปริมาณของอินทรีย์วัตถุในวัสดุ หากป้อนอินทรีย์วัตถุมากเกินไป กรดที่เกิดขึ้นจากการย่อยสลายของจุลินทรีย์ที่ผลิตกรด อาจเข้มข้นจนจุลินทรีย์ที่ผลิตมีเทนไม่สามารถดำรงชีวิตอยู่ได้

Hydraulic Retention Time (HRT) หมายถึงระยะเวลาที่ของเหลวค้างอยู่ในถังปฏิกรณ์ โดยการเติมเข้าไปทางด้านซ้ายแล้วปล่อยออกมาทางด้านขวาด้านละ 10 ลิตรของถังปฏิกรณ์ขนาด 200 ลิตร จะกินเวลา 20 วันขบวนการถ่ายเทจะสมบูรณ์ กระบวนการย่อยสลายจำเป็นต้องใช้เวลา และระยะเวลาที่เหมาะสมที่สุดในการผลิตมีเทน (ย่อยสลาย) อยู่ในช่วง 20-30 วัน

C/N Ratio โดยปกติจุลินทรีย์ไร้อากาศใช้คาร์บอนเป็นแหล่งพลังงาน และไนโตรเจน ในการสร้างเซลล์ ในสัดส่วน 25-30:1 ดังนั้นสัดส่วนที่เหมาะสมโดยทั่วไป ประมาณอยู่ที่ 30: 1

การผลิตก๊าซชีวภาพในจีน

จีนและอินเดียเป็น 2 ประเทศที่มีประสิทธิภาพในการผลิตและใช้ก๊าซชีวภาพมาอย่างยาวนาน ก่อนสมัยสงครามโลกครั้งที่ 2 และนับตั้งแต่ทศวรรษ 1970 เป็นต้นมา รัฐบาลจีนก็ได้มีการสนับสนุนให้มีการใช้ประโยชน์จากก๊าซชีวภาพอย่างเต็มที่ เพราะว่าประมาณร้อยละ 70 ของพลเมืองจีนกว่าพันล้านคนอาศัยอยู่เขตชนบท ที่ซึ่งไม่มีระบบการจัดการของเสียที่เพียงพอ ข้าว ถ้ามั่นเทศ มูลสัตว์ เศษอาหาร และของเสียจากร่างกายมนุษย์ คือขยะหลักของชุมชนเหล่านั้น การใช้ประโยชน์จากขยะเหล่านี้โดยผ่านกระบวนการผลิตเป็นก๊าซชีวภาพจากถังปฏิ

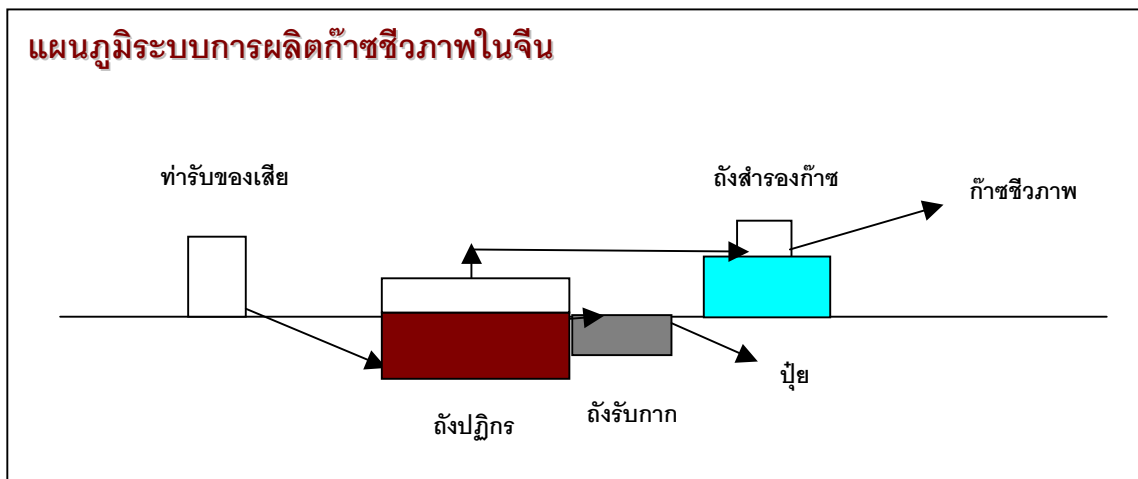
กรที่ฝังไว้ใต้ดิน จึงเกิดประโยชน์อย่างมหาศาล ประมาณกันว่ามากกว่า 5 ล้านครอบครัวทั่วประเทศจีนมีระบบผลิตก๊าซแบบนี้ใช้แล้ว

ในช่วงต้นของการพัฒนาก๊าซชีวภาพในจีน ใช้ฟางข้าวซึ่งมีอยู่เป็นจำนวนมากเป็นวัตถุดิบ เนื่องจากวัสดุอื่นมีไม่มากพอ และถังย่อยมีขนาดใหญ่เกินไป อย่างไรก็ตามฟางข้าวย่อยสลายได้ยาก ก่อปัญหาจับตัวกันเป็นเปลือกแข็งหนา เป็นเมตรในถัง ลดประสิทธิภาพการทำงานของถังย่อยสลาย จำเป็นต้องลอกออกเป็นรายปี

ผลจากมีการบริโภคเนื้อสัตว์เพิ่มขึ้นในมณฑลเสฉวน ครอบครัวเกษตรกรรมส่วนใหญ่จึงเลี้ยงสุกรคอกละ 2-4 ตัว และเมื่อรวมของเสียจากคนและมูลสัตว์แล้ว มากเพียงพอในการผลิตก๊าซชีวภาพที่จำเป็นต้องใช้ในครัวเรือน

แบบของถังปฏิกรได้รับการพัฒนาเปลี่ยนแปลงตลอดเวลา แบบดั้งเดิมเป็นถังกลมยอดโดม มีท่ารับของเสียซึ่งเชื่อมต่อไปยังถังปฏิกร มีถังเก็บกากแยกต่างหาก เชื่อมต่อกันด้วยที่ติดตั้งไว้ใต้ระดับน้ำในถังปฏิกร ท่ารับของเสียสร้างไว้ในระดับที่อยู่เหนือถังปฏิกร มีขนาดค่อนข้างใหญ่ เพื่อสะดวกในการป้อนวัตถุดิบที่หลากหลาย และเป็นครั้งคราวได้ด้วย และเพื่อป้องกันการระเหยของก๊าซ ผาครอบของถัง ปฏิกรออกแบบไว้ให้หนักมากยากต่อการเคลื่อนที่ สำหรับรูปแบบปัจจุบันไม่มีท่ารับของเสีย และส่วนของถังปฏิกรและถังรับกากก็เป็นห้องที่ติดต่อกัน

เนื่องจากการขึ้นลงของของเหลว ในถังปฏิกร เปลี่ยนแปลงความกดดัน เป็นผลทำให้แรงดันก๊าซที่ส่งไปใช้ในบ้านไม่คงที่ ความร้อนในเตา และความสว่างของ ตะเกียงแปรเปลี่ยนตามไปด้วย จึงแก้ปัญหาด้วยการเพิ่มระบบถังสำรองก๊าซ ประกอบด้วยคอนกรีตรูปถ้วยคว่ำลอยตัวอยู่ในถังน้ำ สามารถเลื่อนขึ้นลงได้ตามปริมาตรของก๊าซที่อยู่ภายใน ระบบนี้นอกจากจะควบคุมแรงดันก๊าซให้คงที่แล้ว ยังช่วยทำให้เกิดการควบแน่นในถังแทนที่จะเป็นในท่อส่งในช่วงที่อากาศเย็น เช่น ในฤดูหนาว



การก่อสร้างระบบส่วนใหญ่สำเร็จลงได้ด้วยฝีมือของช่างเทคนิคและสมาชิกในชุมชน ซึ่งได้รับการฝึกอบรมมาอย่างดีจากรัฐบาลท้องถิ่น วัสดุก่อสร้างที่ใช้ค้นหาได้ง่ายในท้องถิ่น เช่น อิฐ และคอนกรีต การก่อสร้างเริ่มต้นด้วยการขุดดินเป็นหลุมกลม กั้นและยอดโดมปูด้วยอิฐฉาบด้วยปูน ทำวูร์ก๊าซไว้บนยอดโดม เหตุผลของการทำยอดรูปโดมก็เพื่อลดค่าใช้จ่ายในการก่อสร้าง ถังปฏิกรส่วนใหญ่ถูกสร้างพร้อมกับเล้าหมูและห้องน้ำ ในระดับใต้พื้นเล้าและห้องน้ำ เพื่อให้การระบายของเสียลงสู่ถังปฏิกรได้โดยตรง เวลาที่ใช้ในการก่อสร้างประมาณ 1 สัปดาห์ ค่าใช้จ่ายประมาณ 80 เหรียญสหรัฐ

ระบบปฏิบัติการค่อนข้างเรียบง่าย มวลจากสุราและดอกสุรจะไหลลงสู่ถังปฏิกรณ์โดยตรง ตามรายงานของ Hong (1993) ปริมาณของวัตถุดิบที่ป้อนสู่ระบบที่มีถังปฏิกรณ์ขนาด 6 ลูกบาศก์เมตร ต่อวันควรเป็นมูลและของเสียอื่นรวม 30 กิโลกรัม น้ำและบัสสาวะอีก 50 กิโลกรัม รวมเป็นน้ำหนักสุทธิของของแข็งในเกณฑ์ 8% ก๊าซชีวภาพที่ผลิตได้ (60% มีเทน) อยู่ในเกณฑ์ 0.1-0.2 ลูกบาศก์เมตรต่อลูกบาศก์เมตรของขนาดถังปฏิกรณ์ต่อวัน ในอุณหภูมิบรรยากาศโดยเฉลี่ย 10°C ก๊าซที่ผลิตได้สามารถตอบสนองความต้องการภายในครัวเรือนถึงร้อยละ 60

กากที่ได้ออกมาจากถังปฏิกรณ์เป็นโคลนข้น สีเข้มและไม่เหม็น ส่วนใหญ่แล้วนำไปใช้เป็นปุ๋ย นอกจากนี้ก็นำไปใช้เป็นอาหารสุกร ก้อนอาหารเลี้ยงเห็ด ปุ๋ยสำหรับบ่อเลี้ยงปลา เพราะหนอนไว้เลี้ยงไก่ ฯลฯ ผลการศึกษาของ Wu and Liu (1988) เปิดเผยผลการใช้ สามารถชดเชยการใช้ปุ๋ยเคมี และช่วยเพิ่มผลผลิตทางเศรษฐกิจสุทธิราว 30%

ในด้านสิ่งแวดล้อมและสาธารณสุข เทคโนโลยีก๊าซชีวภาพให้ประโยชน์อย่างยั่งยืน การศึกษาของ Long (1993) ครอบคลุมขนาด 5 คนในกวาสีใช้ไม้พื้น 2.1 ต้นต่อปี ภายใน 2-3 ปี หลังจากติดตั้งถังปฏิกรณ์ในทุกบ้านของหมู่บ้านขนาด 125 ครัวเรือน ป่าไม้รอบๆ หมู่บ้านก็ฟื้นตัวกลับคืนมาอีกครั้ง โดยทั่วไปประเทศจีนระบบสุราส่วนใหญ่ไม่มีอนามัยเท่าใดนัก มักมีกลิ่นเหม็นและเป็นแหล่งเพาะเชื้อโรคและแมลง การเพิ่มระบบย่อยสลายไร้อากาศโดยติดตั้งถังปฏิกรณ์ไว้ร่วมกับระบบสุรา ช่วยทำให้สภาพที่นารังเกียจนี้หมดไป

การใช้ก๊าซชีวภาพในประเทศไทย

บทความที่ตีพิมพ์ในวารสารนโยบายพลังงานฉบับที่ 38 ปี 2540 เปิดเผยพัฒนาการใช้ก๊าซชีวภาพจากการเลี้ยงสัตว์ในประเทศไทย โดยการสนับสนุนของกองทุนเพื่อส่งเสริมการอนุรักษ์พลังงาน ให้ทุนหน่วยบริการก๊าซชีวภาพ สถาบันวิจัยและพัฒนาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยเชียงใหม่ ศึกษาวิจัยการผลิตก๊าซชีวภาพในฟาร์มเลี้ยงสัตว์ เพื่อเป็นพลังงานทดแทน และปรับปรุงสิ่งแวดล้อม โดยมีโครงการนำร่องในกิจการเลี้ยงสุกรขนาดกลางและขนาดใหญ่

การเลี้ยงสุกรในประเทศไทย (สำรวจในปี 2538)	
	ล้านตัว
ทั่วประเทศ	5.4
ฟาร์มขนาด 500 ตัวขึ้นไป	2.7

ผลจากการศึกษาต่อวันสุกร 1 ตัวให้ของเสียเท่ากับคน 2-3 คน หากต้องบำบัดน้ำเสียด้วยกระบวนการออกซิเดชันต้องใช้พลังงาน 0.46 กิโลวัตต์ชั่วโมง คิดเป็นค่าใช้จ่ายในการเดินระบบ 1.15 บาท แต่ในทางตรงกันข้าม หากใช้เทคโนโลยีก๊าซชีวภาพมาบำบัดจะสามารถผลิตก๊าซชีวภาพได้ 95 ลิตร เทียบเท่ากับก๊าซหุงต้ม 4.4 กรัม มูลค่า 0.50 บาท และถ้านำไปผลิตไฟฟ้า จะผลิตได้ 0.11 กิโลวัตต์ชั่วโมง มูลค่า 0.28 บาท นอกจากนี้ยังมีปุ๋ยอินทรีย์พลอยได้อีก 350 กรัม มูลค่า 0.35 บาท

ผลการดำเนินงานแบ่งออกเป็น 3 ระยะ ระยะที่ 1 (พ.ศ. 2539-2540) ก่อสร้างระบบคิด

เป้าหมายในการผลิตก๊าซชีวภาพในปี 2549		
ปริมาตรบ่อก๊าซที่จะสร้างทั้งหมด	0.21	ล้านลูกบาศก์เมตร
รับมูลสัตว์เทียบเท่าสุกร	1.3	ล้านตัว
ผลิตก๊าซชีวภาพได้	39	ล้านลูกบาศก์เมตรต่อปี
เทียบเท่ากับก๊าซหุงต้มหรือผลิตไฟฟ้าได้	17.5	ล้านกิโลกรัมต่อปี
	46.8	ล้านกิโลวัตต์ชั่วโมงต่อปี
หมายเหตุ: ค่าความร้อน 577 บีทียูต่อลูกบาศก์ฟุต		

เป็นปริมาตรบ่อก๊าซรวม 10,000 ลูกบาศก์เมตร สำหรับสุกร 60,000 ตัว และระยะที่ 2 (พ.ศ. 2541-2545) มีเป้าหมายรวมเป็นปริมาตรบ่อก๊าซ 40,000 ลูกบาศก์เมตร เพื่อรองรับ

ของสุกร 240,000 ตัว และระยะสุดท้าย (พ.ศ. 2546-2549) จะให้ความช่วยเหลือเฉพาะในด้าน
ให้คำปรึกษา ออกแบบระบบ และติดตามดูแลเท่านั้น

ปัจจุบันการใช้ก๊าซชีวภาพในประเทศไทยกำลังได้รับการพัฒนาถึงขั้นผลิตพลังงานไฟฟ้า โดยบริษัท เอส พี เอ็ม อาหารสัตว์ จำกัด อำเภอปากท่อ จังหวัดราชบุรี ซึ่งผลิตก๊าซชีวภาพจากมูลสุกรเพื่อใช้เป็นเชื้อเพลิงในการผลิตไฟฟ้าในโครงการผลิตไฟฟ้ารายย่อยของ กฟผ. กำลังผลิต 60 กิโลวัตต์

สรุป

เทคโนโลยีก๊าซชีวภาพ ถือได้ว่าเป็นแนว
ทางพัฒนาแบบเศรษฐกิจพอเพียง ที่สามารถ
ประยุกต์ใช้กับประเทศไทยได้เป็นอย่างดี
เพราะมีสภาพอุณหภูมิที่เหมาะสมต่อการเจริญ
เติบโตของจุลินทรีย์เกือบตลอดปี มีกิจกรรมภาคเกษตรอุตสาหกรรมอยู่มากมายและกระจาย
ไปทั่วทุกภาคของประเทศ นอกจากฟาร์มสุกร โคเนื้อ หรือไก่แล้ว เทคโนโลยีนี้ยังสามารถใช้ได้
กับกิจกรรมที่มีของเสียต่อวันจำนวนมาก เช่น โรงพยาบาล โรงเรียน โรงแรม หรือแม้แต่โรง
บำบัดน้ำเสียของเทศบาล และโรงงานอุตสาหกรรม

ตัวอย่างฟาร์มที่ผลิตก๊าซชีวภาพในประเทศไทย		
เจ้าของ	ที่ตั้ง	ระบบ ขนาด (ลบ.ม.)
ปากช่องฟาร์ม	ปากช่อง นครราชสีมา	2,000
บุญมีฟาร์ม	ปากท่อ ราชบุรี	2,000
เอส พี เอ็ม ฟาร์ม	ปากท่อ ราชบุรี	2,000
อภิชาติฟาร์ม	ปากท่อ ราชบุรี	2,000
ฟาร์มเกษตรโกธ	พชรพชร	1 กกก

