

กระบวนการเกิดก๊าซชีวภาพโดยการย่อยสลายในสภาวะไม่ใช้ออกซิเจน

นุชรา สิบบัวทอง

นักวิทยาศาสตร์ชำนาญการ ฝ่ายเครื่องมือและวิจัยทางวิทยาศาสตร์

สถาบันวิจัยและพัฒนาแห่ง มก.

กระบวนการเกิดก๊าซชีวภาพทำได้โดยการหมักแบบไม่ใช้ออกซิเจน ด้วยการใส่สารตั้งต้นเป็นสารอินทรีย์ (Organic substances) ความเข้มข้นสูง ได้แก่ น้ำเสียหรือของเสียอินทรีย์ หรืออาจเป็นพืชเพราะพืชมีเซลลูโลสและลิกนิน ภายในระบบหมักจะมีการย่อยสลายหลายขั้นตอนและมีความซับซ้อน โดยการทำงานร่วมกันของแบคทีเรียหลายกลุ่ม แบคทีเรียแต่ละกลุ่มจะทำหน้าที่ต่างกันในแต่ละขั้นตอนเพื่อให้ได้ก๊าซชีวภาพซึ่งสามารถนำไปใช้เป็นแหล่งพลังงานทดแทน (Renewable energy) ได้ องค์ประกอบหลักของก๊าซชีวภาพ คือ ก๊าซมีเทน (CH_4) และคาร์บอนไดออกไซด์ (CO_2) และอาจมีก๊าซอื่นๆ เช่น ไฮโดรเจน (H_2) ไฮโดรเจนซัลไฟด์ (H_2S) และไนโตรเจน (N_2) อยู่ด้วย การหมักก๊าซชีวภาพให้ได้ผลดีนั้นต้องอาศัยปัจจัยต่างๆ คือ 1. สารตั้งต้น 2. สารตั้งต้นร่วม 3. แบคทีเรีย 4. สภาวะที่เหมาะสมต่อการทำงานของแบคทีเรีย 5. การปรับสภาพสารตั้งต้นก่อนการหมัก อธิบายได้พอสังเขปดังนี้

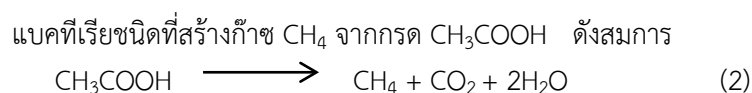
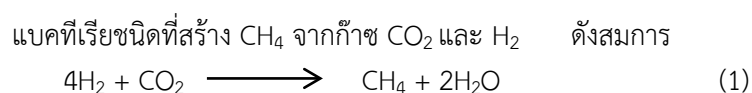
1. สารตั้งต้น จะต้องมีคาร์บอน (Carbon, C) เป็นองค์ประกอบหลัก ได้แก่ น้ำเสียอินทรีย์ ของเสียทางการเกษตร พืชพลังงาน วัชพืช สารตั้งต้นเหล่านี้ประกอบด้วยคาร์โบไฮเดรต โปรตีน และไขมัน แต่ถ้าสารตั้งต้นมีเพียงคาร์โบไฮเดรต จะต้องหาแหล่งไนโตรเจนจากสารตั้งต้นร่วมชนิดอื่นเพื่อให้การหมักมีประสิทธิภาพเพิ่มขึ้น

2. สารตั้งต้นร่วม มีเพื่อรักษาสมดุลในระบบ เช่นเติมลงเพื่อเพิ่ม N เป็นการรักษาอัตราส่วน C/N ได้แก่การใช้มูลโคหรือมูลสุกรเป็นสารตั้งต้นร่วมในการหมักวัชพืช ถ้าอัตราส่วน C/N ต่ำ หมายถึงอาหารของแบคทีเรียคือ C จะหมดไปในปฏิกิริยา จะเกิดความเป็นพิษต่อระบบเนื่องจากมี N เหลือและเกิดเป็นแอมโมเนีย (NH_4^+) เป็นพิษต่อแบคทีเรียในระบบหมัก ถ้าอัตราส่วน C/N สูง ขณะย่อยสลาย N จะหมดไป จะเป็นผลต่อการสร้างเซลล์แบคทีเรีย เนื่องจากการ N เป็นส่วนประกอบสำคัญของการสร้างเซลล์แบคทีเรีย (สูตรของเซลล์แบคทีเรียคือ $\text{C}_5\text{H}_7\text{O}_2\text{N}$) มีการศึกษาโดยใช้น้ำพืชหมักร่วมกับมูลโคเช่นการศึกษาการหมักหญ้าเนเปียร์ (Sawanon et al., 2017) หรือวัชพืชอื่นเช่น กก (Sinbuathong, et al, 2020) ผักปราบและจอก (Sinbuathong et al., 2019)

3. แบคทีเรีย อาจเป็น Mixed หรือ Pure culture ทำหน้าที่เกี่ยวข้องกับกระบวนการย่อยสลายสารอินทรีย์แบบไม่ใช้ออกซิเจน แบคทีเรียแบ่งเป็น 2 กลุ่มใหญ่คือ

3.1 แบคทีเรียชนิดสร้างกรด (Acid producing bacteria) จะเปลี่ยนสารอินทรีย์เป็นกรดไขมันระเหยง่าย (Volatile fatty acid, VFA) ได้แก่กรดอะซิติก (CH_3COOH) และจะผลิตก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ (CO_2) และไฮโดรเจน (H_2) เพื่อให้แบคทีเรียชนิดสร้าง CH_4 ใช้ก๊าซเหล่านี้ในการผลิตก๊าซ CH_4 ต่อไป ปฏิกิริยาการสร้างกรดอินทรีย์ระเหยง่ายนี้เรียกว่า Acidogenesis

3.2 แบคทีเรียชนิดสร้างมีเทน (Methane producing bacteria) ทำหน้าที่สร้างก๊าซ CH_4 แบคทีเรียชนิดนี้เจริญเติบโตได้ช้าและมีความอ่อนไหวต่อการเปลี่ยนแปลงของสภาพแวดล้อมสูง แบ่งออกได้เป็น 2 ชนิด คือ



ปฏิกิริยาการสร้างก๊าซ CH_4 เรียกว่า Methanogenesis

4. สภาวะที่เหมาะสมต่อการทำงานของแบคทีเรีย ได้แก่

4.1 สภาวะไร้ออกซิเจน เพราะออกซิเจนเป็นอันตรายต่อแบคทีเรียชนิดสร้างมีเทน

4.2 อุณหภูมิ (Temperature) เนื่องจากแบคทีเรียมีหลายกลุ่ม แต่ละกลุ่มสามารถเจริญเติบโตได้ดีในช่วงอุณหภูมิที่แตกต่างกัน ปฏิกริยาการย่อยสลายจะเกิดขึ้นได้ดีในช่วงอุณหภูมิระหว่าง 30–38 องศาเซลเซียส เรียกว่าช่วง Mesophilic และช่วงอุณหภูมิระหว่าง 48–57 องศาเซลเซียสซึ่งเรียกว่าช่วง Thermophilic โดยที่อุณหภูมิช่วงนี้สูงแบคทีเรียมีอัตราการเจริญเติบโตสูงและสามารถผลิตก๊าซได้ดี ในการทำการวิจัยทั่วไปนิยมทดลองที่ 35 และ 55 องศาเซลเซียส สำหรับ Mesophilic และ Thermophilic ตามลำดับ

4.3 ความเป็นกรด-ด่าง (pH) ช่วง pH ที่เหมาะสมต่อการเจริญเติบโตของแบคทีเรีย คือ 6.6–7.4 (McCarty, 1964)

4.4 ระบบจะต้องปราศจากสารพิษต่อแบคทีเรีย ได้แก่ โลหะหนักปริมาณสูง ความเค็ม (Salinity) ปริมาณสูง เพราะจะเป็นอันตรายต่อเซลล์แบคทีเรีย มีการศึกษาโดยใช้น้ำเสียที่มีสารอินทรีย์ปริมาณสูงซึ่งเหมาะกับการบำบัดแบบไร้ออกซิเจนแต่มีความเค็มซึ่งมี Na^+ สูงมาทำการหมัก (Sinbuathong et al, 2019; Sillapachoenkul and Sinbuathong, 2019) ผลที่ได้คือปริมาณสารอินทรีย์ลดลงได้ในระดับที่เป็นที่ยอมรับ แต่ปริมาณและผลผลิตก๊าซ CH_4 ที่ได้มีค่าต่ำมาก

5. อัตราการบรรทุกสารอินทรีย์ (Organic loading rate, OLR) ในระบบการหมักถ้าระบบรับ OLR สูงเกินไป จะทำให้อัตราการผลิตก๊าซมีเทนลดลง เนื่องจากมีการสร้างและสะสมของกรดไขมันระเหยง่าย (VFA) ภายในระบบสูง ระบบเกิดสภาวะกรดและยับยั้งการทำงานของแบคทีเรียชนิดสร้างก๊าซ CH_4

6. ระยะเวลาเก็บกักสารภายในระบบ (Hydraulic retention time, HRT) เป็นเวลาที่แบคทีเรียย่อยสลายสารอินทรีย์ หาก HRT น้อย จะช่วยลดขนาดของถังหมัก แต่เป็นการเพิ่ม OLR ให้กับระบบ ซึ่งอาจทำให้เกิดการสะสมของ VFA และหากเป็นระบบที่ใช้บำบัดน้ำเสียก็จะส่งผลกระทบต่อคุณภาพน้ำที่ได้ แต่ถ้าระบบมี HRT ที่มากเกินไป จะเป็นสาเหตุให้ถังปฏิกริยามีขนาดใหญ่ ซึ่งต้องเสียค่าใช้จ่ายเพิ่มขึ้น

7. การปรับสภาพสารตั้งต้นก่อนการหมัก เพื่อให้สารตั้งต้นหรือสารตั้งต้นรวมอยู่ในสภาพที่เหมาะสมต่อการย่อยโดยแบคทีเรีย ได้แก่การปรับสภาพสารตั้งต้นก่อนการหมักโดยการ 1. การระเบิดด้วยไอน้ำ 2. การปรับสภาพด้วยกรด หรือการปรับสภาพด้วยด่าง เป็นต้น การปรับสภาพสารตั้งต้นนี้อาจจะทำหรือไม่ทำก็ได้ขึ้นกับว่าสารตั้งต้นนั้นเป็นอะไร ถ้าเป็นสารชนิดที่ย่อยยากเช่นการทำการปรับสภาพพีชก่อนการหมักจะทำให้ได้ปริมาณและผลผลิตก๊าซ CH_4 ที่สูงขึ้นมาก (Sinbuathong et al., 2020)

ตัวแปรดังกล่าวมาทั้ง 7 ข้อนี้มีผลต่อการเกิดก๊าซมีเทน การศึกษาจึงจำเป็นต้องหาสภาวะที่เหมาะสมสำหรับการหมักสารตั้งต้นแต่ละชนิด

เอกสารอ้างอิง

- McCarty, P.L. 1964. Anaerobic waste treatment fundamental part 1, 2, 3, 4. Public Works 95(9): 107-115.
- Sawanon S., Sangsri P., Leungprasert S and Sinbuathong N. 2017. Methane production from Napier grass by co-digestion with cow Ddung. 2017. Chapter 7 Springer International Publishing Switzerland 2017 X.-R. Zhang and I. Dincer (eds.), Energy Solutions to Combat Global Warming, Lecture Notes in Energy 33, http://DOI.10.1007/978-3-319-26950-4_7
- Sillapachoenkul B, Sinbuathong N. Early access. 2019. Anaerobic biological treatment of frozen seafood wastewater. Environmental progress & Sustainability Energy, <http://DOI: 10.1002/ep.13418>
- Sinbuathong N. Leadvilai M. Sillapachoenkul B. 2019. Anaerobic digestion of high salinity wastewater and methane production. Desalination and Water Treatment 152:116–123 <http://DOI:10.5004/dwt.2019.24036>
- Sinbuathong N, Sombat N, Kratay W. 2020. Sedge for biogas production and improving the process by pretreating sedge prior to co-digestion International Journal of Global Warming, 20 (1): 12–24 <http://DOI:10.1504/IJGW.2020.104614>

Sinbuathong N, Sombat N, Meksumpun S. Early access 2019. Comparison of the increase in methane yield using alkali pretreatment for French weed and water lettuce prior to codigestion. Environmental progress & Sustainability Energy <http://DOI: 10.1002/ep.13361>