หอสมุดกลาง สถาบันวิทยบริการ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

บทที่ 3

สมมติฐานการย่อยสลายของของแข็งเป็นแก๊สชีวภาพ

การย่อยสลายสารอินทรีย์เป็นแก๊สชีวภาพมี 3 ขั้นตอนดังที่ได้กล่าวไว้ในหัวข้อ 2.2 สำหรับการทดลองแต่ละครั้ง จะสามารถหาค่าคงที่ในการเปลี่ยนแปลงได้ตามสมมติฐานดังนี้

- สารตั้งต้น ------> COD เป็นการย่อยสลายสารโพลิเมอร์ให้อยู่ในรูปโมเลกุลเล็กที่สามารถละลายน้ำได้ด้วยอัตราการเกิดปฏิกิริยา R_s

- COD ------> VFA เป็นการเปลี่ยนแปลง COD ไปเป็น VFA (ในรูปกรดน้ำส้ม) ด้วยอัตราการเกิดปฏิกิริยา R_v

- VFA ------> แก๊สชีวภาพ เป็นการเปลี่ยนแปลงสารตัวกลาง (VFA) เช่นกรดน้ำส้มเป็นแก๊สชีวภาพ ด้วยอัตนาการเกิดปฏิกิริยา R_g

เมื่อพิจารณาทุกขั้นตอนที่เกิดขึ้นในถังปฏิกรณ์ก็สามารถเขียนได้ดังนี้

สารตั้งต้น ------> COD ------> VFA------> แก๊สชีวภาพ

3.1 สมมติฐานการเกิดปฏิกิริยาของกลุ่ม Hydrolytic bacteria

ปฏิกิริยาในขั้นตอนนี้เป็นปฏิกิริยาไฮโดรไลซิส โดยจุลินทรีย์จะปล่อยเอนไซม์ออกมานอกเซลล์ (external enzyme) เพื่อย่อยสลายสารโพลิเมอร์ต่าง ๆ ให้กลายเป็นสารอินทรีย์โมเลกุลเล็กที่สามารถละลายน้ำได้ ดังนั้นอัตราการเกิดปฏิกิริยาจึงสัมพันธ์กับกับสารตั้งต้นและปริมาณเอนไซม์

$R_s \alpha f([s][E])$

เมื่อ [s] = ปริมาณสารตั้งต้นที่ถูกย่อยสลายที่ผิวของแข็ง

[E] = ปริมาณเอนไซม์ที่จุลินทรีย์สร้างขึ้น

อนุมานว่าสารตั้งต้นมีลักษณะเป็นทรงกลม ดังนั้นอัตราการย่อยสลายจึงย่อมขึ้นกับพื้นที่ผิวของของแข็ง

กำหนดให้สารตั้งต้นมีพื้นที่ผิวเท่ากับ S_A ดังนั้น

ปริมาณสารตั้งต้นที่ถูกย่อยสลาย α S_A

$$[S] \alpha S_A \qquad \text{----(40)}$$

หรือ $[S] = C_1 S_A$

เมื่อ C_1 เป็นค่าคงที่

และ $S_A = 4\pi r^2$

โดย r = รัศมีของทรงกลม ดังนั้น $r = (S_A / 4\pi)^{1/2}$

ปริมาตรทรงกลม $(V) = 4/3\ \pi r^3$

ดังนั้นน้ำหนักของของแข็งจึงเท่ากับ $W = \rho\ 4/3\ \pi r^3$

ρ = ความหนาแน่นของของแข็ง

เมื่อเปรียบเทียบรัศมีซึ่งอยู่ในรูปของปริมาตร และน้ำหนักของทรงกลมจะเท่ากับ

$$(S_A / 4\pi)^{1/2} = (W / (4/3\ \pi\rho))^{1/3}$$

$$S_A = \frac{4\ \pi\ W^{2/3}}{(4/3\ \pi\rho)}$$

จากสมมติฐานที่กล่าวไว้ว่า $R_s = K\ [S]^n\ [E]^m$ เมื่อ K เป็นค่าคงที่

เมื่อ ปริมาณสารตั้งต้น $[S] = \frac{4\ \pi\ W^{2/3}}{(4/3\ \pi\rho)}$

ดังนั้น $R_s = K \cdot \frac{4\ \pi}{(4/3\ \pi\rho)} \cdot W^{2m/3}\ [E]^n$

โดยที่ [E] แปรตามจำนวนจุลินทรีย์ (X) จึงเขียนได้ว่า $[E] \alpha X$

สมมติให้การย่อยสลายของแบคทีเรียกลุ่มนี้มีลักษณะเป็น first order กับความเข้มข้นของเอนไซม์และความเข้มข้นของสารตั้งต้น m และ n จึงมีค่าเป็น 1

ปริมาณเอนไซม์นอกเซลล์จะขึ้นอยู่กับจำนวนเซลล์จึงเขียนได้ว่า

$$[E] = C_2 X$$

เมื่อ C_2 = ค่าคงที่

ดังนั้นอัตราการย่อยสลายของแข็ง (R_s) จึงเขียนได้ดังนี้

$$R_s = K_s W^{2/3} X \qquad \text{----(41)}$$

โดยที่ K_s = ค่าคงที่ของการย่อยสลาย

เนื่องจากอัตราการย่อยสลายของแข็งขึ้นกับปริมาณจุลินทรีย์ในระบบดังนั้นการเปลี่ยนแปลงปริมาณจุลินทรีย์ที่เวลาใด ๆ เท่ากับ

$$dX/dt = (\mu_{max} X)/ K + S = CX$$

เมื่อ C เป็นค่าคงที่ ดังนั้น

$$dX/X = Cdt$$

$$\ln X/X_o = Ct$$

$$X = X_o \exp Ct \qquad \text{----(42)}$$

แทนค่า (45) ในสมการที่ (44) จะเท่ากับ

$$R_s = K_s W^{2/3} X_o \exp Ct$$

หรือ $$dW/dt = K_s W^{2/3} X_o \exp Ct \qquad \text{----(43)}$$

3.2 <u>การเกิดปฏิกิริยาของกลุ่ม Acidogenic bacteria</u>

ในขั้นตอนนี้เกิดการเปลี่ยนแปลงจากสารโมเลกุลเล็ก ที่ได้จากการย่อยสลายในขั้นตอนแรกถูกจุลินทรีย์ในกลุ่มนี้เปลี่ยนแปลงไปเป็นสารตัวกลางเช่นกรดไขมันระเหยเพื่อให้ methanogens ใช้ในขั้นตอนต่อไป ดังนั้นการวัดอัตราของปฏิกิริยาจะวัดจากการเปลี่ยนแปลงปริมาณ COD ไปเป็นกรดไขมันระเหย (VFA) แทนด้วย R_v

ดังนั้นการสะสมของ COD ในระบบจะเท่ากับ COD ที่ผลิตขึ้นจากขั้นตอนแรกลบออกด้วยปริมาณ COD ที่ถูกเปลี่ยนแปลงไปเป็น VFA

$$d C_c/dt = K_s W^{2/3} X_o \exp Ct - K_v C_c \qquad \text{----(44)}$$

เมื่อ K_v = ค่าคงที่ของการย่อยสลาย COD เพื่อเปลี่ยนเป็น VFA

C_c = ปริมาณความเข้มข้นของ COD ในระบบที่เวลาใด ๆ

3.3 การเกิดปฏิกิริยาของกลุ่ม methanogenic bacteria

กิจกรรมของจุลินทรีย์ในกลุ่มนี้จะเปลี่ยนแปลงกรดไขมันระเหย ซึ่งเป็นสารตัวกลางในระบบไปเป็นแก๊สชีวภาพ โดยอนุมานว่าแก๊สที่อยู่เหนือระดับของเหลวภายในถังหมักอยู่ในสภาพอิ่มตัวดังนั้นแก๊สที่ผลิตได้จะเท่ากับปริมาณแก๊สที่ออกจากระบบ

การเปลี่ยนแปลงของ VFA จะเท่ากับการผลิต VFA ที่เกิดขึ้นในระบบลบด้วยการเปลี่ยนแปลง VFA เป็นแก๊สชีวภาพ

$$d C_v/dt = R_v - R_B$$

เมื่อ C_v = ความเข้มข้นของ VFA

R_v = อัตราการเปลี่ยนแปลง COD ไปเป็น VFA

R_B = อัตราการเปลี่ยนแปลง VFA ไปเป็นแก๊สชีวภาพ

ดังนั้น $$d VFA/dt = K_v C_c - K_b C_v \qquad ----(45)$$

K_b = ค่าคงที่ของอัตราการเปลี่ยน VFA เป็นแก๊สชีวภาพ