หอสมุดกลาง สถาบันวิทยบริการ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

# บทที่ 3

## ทฤษฎี ของ Rotating Biological Contactor System

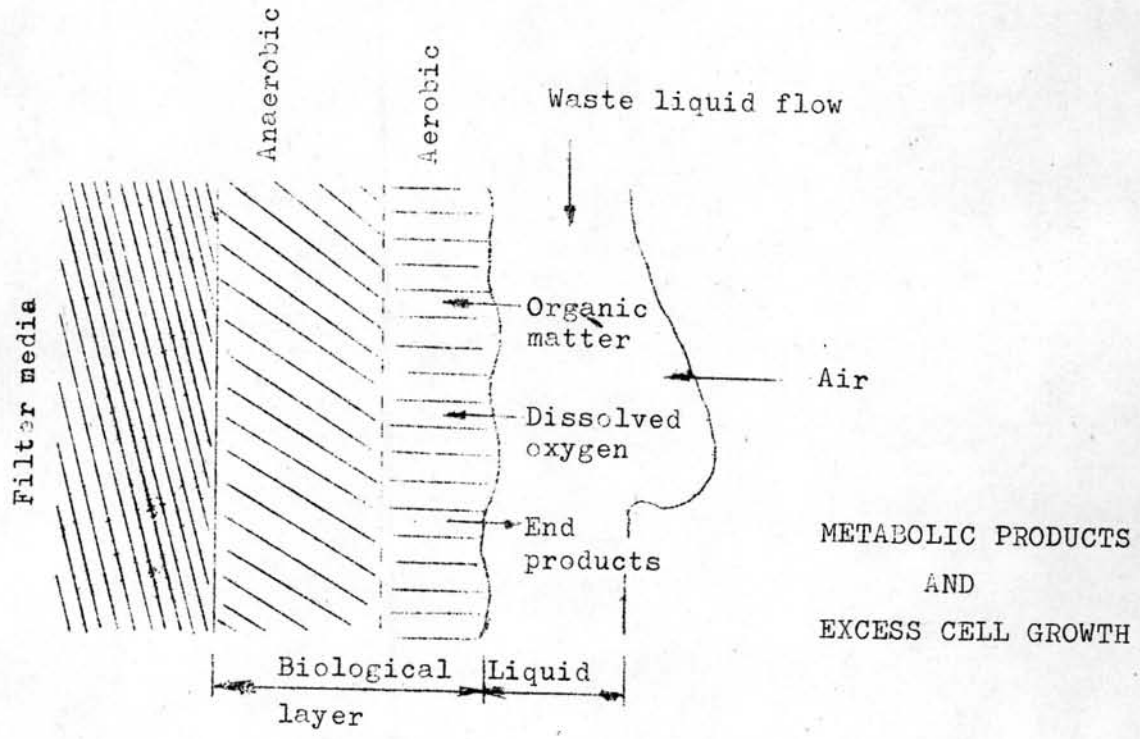
### 3.1 ทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง

การย่อยสลายสารอินทรีย์ในน้ำทิ้งอาศัยหลักการทำลายสารอินทรีย์ โดยเชื้อจุลินทรีย์ที่เกิดขึ้นในน้ำทิ้งเกาะอยู่กับวัสดุยึดเกาะ ( contacting media ) ซึ่งวัสดุยึดเกาะจะหมุนรอบตัวเองตลอดเวลา เพื่อช่วยในการถ่ายเทออกซิเจน ซึ่งจำเป็นสำหรับการย่อยสลายสารอินทรีย์และการเจริญเติบโตของเชื้อจุลินทรีย์ หลักการของ rotating biological contactor system เป็นวิวัฒนาการปรับปรุงการกำจัดสารอินทรีย์ในน้ำทิ้งจากหลักการของ trickling filter ซึ่งวัสดุยึดเกาะของเยื่อจุลินทรีย์จะอยู่ในสภาพหยุดอยู่กับที่ ซึ่งก่อให้เกิดปัญหาการอุดตันของตะกอนจุลินทรีย์ การกำจัดสารอินทรีย์ในน้ำทิ้งโดยอาศัยปฏิกริยาชีวเคมีแบบใช้ออกซิเจน โดยจุลินทรีย์จะย่อยสลาย ( degrade ) สารอินทรีย์เพื่อใช้เป็นพลังงานในการเจริญเติบโต และสร้างเซลล์ใหม่ ดังสมการ (3.1) และ (3.2)

$$\text{organic} + O_2 + \text{bacteria} \longrightarrow CO_2 + H_2O + NO_3^- + SO_4^= + \text{energy} \quad (3.1)$$

$$\text{organic} + O_2 + \text{bacteria} + \text{energy} \longrightarrow \text{new bacteria} \quad (3.2)$$

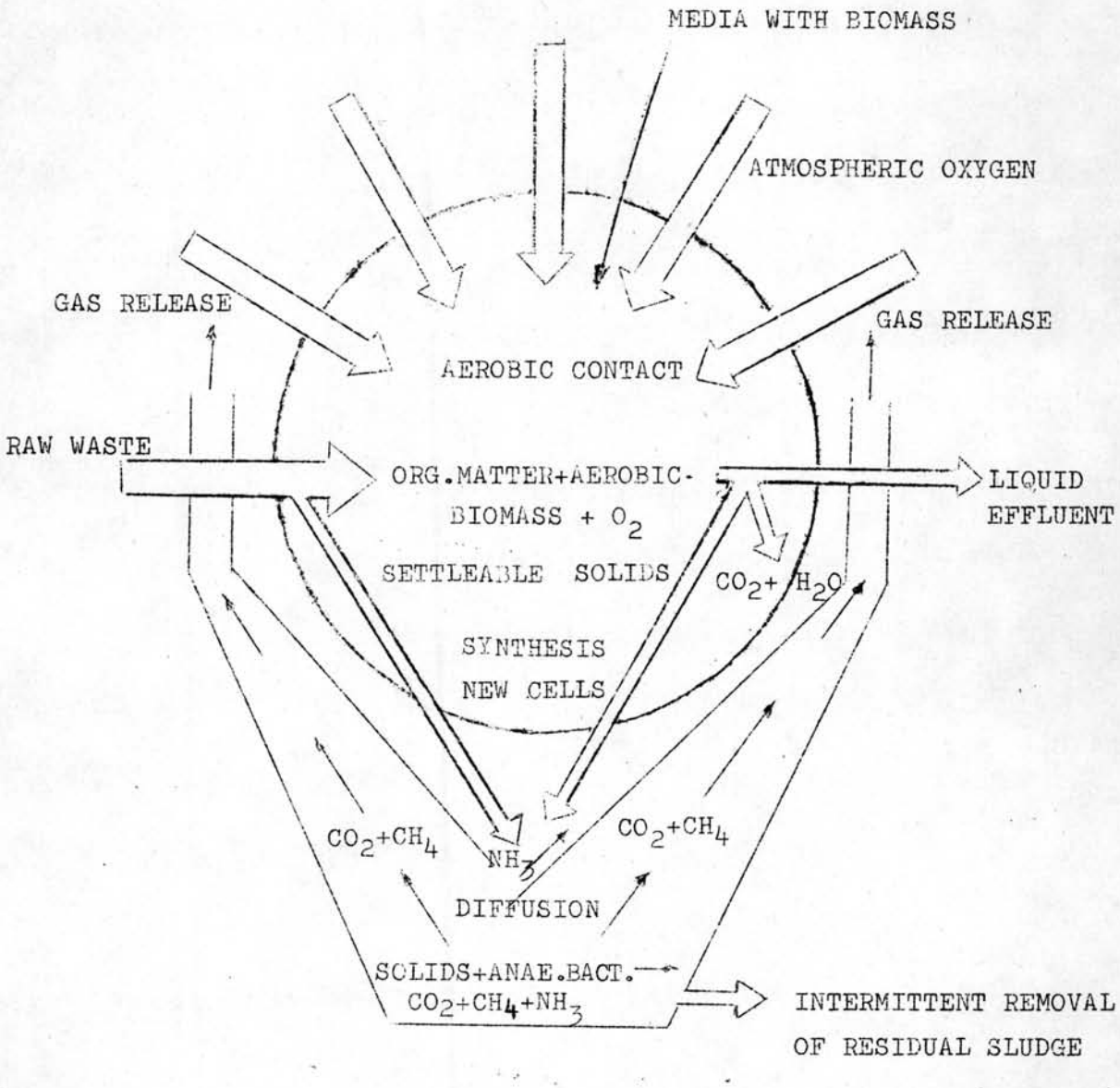
trickling filter เป็นเครื่องกรองกำจัดน้ำเสียโดยมีตัวกลางให้พวกจุลินทรีย์ที่เจริญเติบโตเกาะที่ผิวของตัวกลาง และอาศัยอาหารซึ่งเป็นสารอินทรีย์ที่อยู่ในน้ำทิ้งและอากาศผ่านผิวตัวกลางอยู่ตลอดเวลา ดังรูปที่ 3.1 น้ำเสียจะไหลผ่านตัวกลางที่อยู่กับที่ ทำให้เกิดเป็นเมือก (slime ) เกลือบอยู่บริเวณผิวของตัวกลาง ซึ่งเยื่อบางๆ นี้เป็นพวกจุลินทรีย์หลายชนิดอยู่เป็นจำนวนมาก เช่น bacteria, protozoa, fungi. สารอินทรีย์ที่มีอยู่ในน้ำเสีย และสารละลายออกซิเจน ( dissolved oxygen ) ที่อยู่รอบๆ ผิวของตัวกลางจะถูกพวกจุลินทรีย์นำไปใช้ในการเจริญเติบโตและสร้างเซลล์ใหม่ ขบวนการนี้เป็นระบบกำจัดสารอินทรีย์ในน้ำทิ้งแบบใช้ออกซิเจน ( aerobic treatment ) จุลินทรีย์ที่เกาะอยู่บริเวณๆ ผิวบนหรือผิวนอกของตัวกลางจะเจริญเติบโตเร็วกว่าพวกที่อยู่




รูปที่ 3.1 แสดง SCHEMATIC DIAGRAM OF TRICKLING FILTER PROCESS (SCHULZE, 1960)

บริเวณส่วนใน เพราะสารอินทรีย์จะค่อยๆ ถูกย่อยสลายโดยจุลินทรีย์ตามผิวตัวกลางผ่านลงไปเรื่อยๆ เมื่อมีจำนวนจุลินทรีย์เจริญเติบโตมากมาย ออกซิเจนจะผ่านเข้าไปถึงผิวในของแผ่นเยื่อ เมื่อแผ่นเยื่อหนาขึ้น จะทำให้ส่วนในของแผ่นเยื่อเกิดสภาพไร้ออกซิเจน อีกทั้งก็จะมีจุลินทรีย์ที่เกิดขึ้นตอนแรกเริ่มหมดอายุ ( endogenous phase ) ตายหลุดออกมาทางด้านน้ำทิ้งออก ซึ่งจะเกิดการสะสมของตะกอนจุลินทรีย์ทำให้อุดตันตามช่องว่างระหว่างตัวกลาง เรียกว่า ponding ทำให้ประสิทธิภาพในการย่อยสลายสารอินทรีย์ในน้ำทิ้งลดลง และเกิดกลิ่นเนื่องจากสภาวะไร้ออกซิเจนขึ้น

rotating biological contactorอาศัยหลักเกณฑ์คล้ายกับ trickling filter แต่ทำการปรับปรุงให้ตัวกลางซึ่งเป็นที่ยึดเกาะของเยื่อจุลินทรีย์สามารถหมุนรอบตัวเองได้และตัวกลางหรือวัสดุยึดเกาะนี้ (contacting media ) จะถูกวางให้จมอยู่ในน้ำทิ้งส่วนหนึ่งอีกส่วนหนึ่งจะสัมผัสกับอากาศ ตามรูป 3.2 เมื่อทำการผ่านน้ำทิ้งสู่ถังปฏิกริยาตะกอนที่ปะปนมาก็จะตกสู่ข้างล่างของถัง ส่วนสารอินทรีย์ที่ละลายหรืออยู่ในสภาพคอลลอยย์ (colloidal organic) จะถูกย่อยสลายโดยจุลินทรีย์ซึ่งอาศัยออกซิเจนในอากาศเป็นตัวเร่งปฏิกริยา เพื่อการเจริญเติบโตและสร้างเซลล์ใหม่ จุลินทรีย์ที่เกิดขึ้นจะเกาะอยู่บริเวณผิวของวัสดุยึดเกาะบริเวณส่วนที่จมน้ำ วัสดุยึดเกาะจะถูกทำให้หมุนรอบตัวเองอย่างช้า ๆ เพื่อป้องกันไม่ให้เยื่อที่ติดอยู่กับวัสดุยึดเกาะหลุดอีกทั้งยังทำหน้าที่คล้ายเครื่องเติมอากาศ (mechanical aerator ) ให้กับน้ำทิ้ง เพราะวัสดุยึดเกาะเมื่อถูกทำให้หมุนรอบตัวเองก็จะทำให้ส่วนที่จมอยู่ในน้ำทิ้งขึ้นมาสัมผัสอากาศรับออกซิเจนเพื่อใช้ในการเจริญเติบโตของจุลินทรีย์ และเปลี่ยนส่วนที่อยู่ในอากาศลงไปสัมผัสกับน้ำทิ้งเพื่อทำการย่อยสลายสารอินทรีย์ในน้ำทิ้งสลับกันไป ทำให้สามารถรักษาสภาพของกระบวนการย่อยสลายสารอินทรีย์ในน้ำทิ้งแบบใช้ออกซิเจนอยู่ได้ เมื่อจุลินทรีย์เจริญเติบโตมากขึ้นเรื่อยๆ ก็จะเกาะอยู่บริเวณรอบผิวของวัสดุยึดเกาะทำให้แผ่นเยื่อ




รูปที่ 3.2 แสดง SCHEMATIC DIAGRAM OF WASTE STABILIZATION BY ROTATING BIOLOGICAL CONTACTOR AND ANAEROBIC DIGESTION (PESCOD and NAIR, 1972)

, slime ) หนาขึ้นเรื่อยๆ อีกทั้งสภาพความแข็งแรงของจุลินทรีย์ลดน้อยถอยลง (endogenous phase ) เนื่องจากมีอายุนาน แผ่นเยื่อจุลินทรีย์ก็จะหลุดจากวัสดุยึดเกาะด้วยน้ำหนักตัวมันเอง และแรงเฉือนเนื่องจากวัสดุยึดเกาะกับน้ำตกลงสู่ส่วนตอนล่างของถัง ซึ่งตะกอนจุลินทรีย์จะทับถมกันเป็นจำนวนมากและออกซิเจนไม่สามารถละลายซึมผ่านลงไปถึงทำให้เกิดสภาพไร้ออกซิเจนบริเวณตอนล่างของถังปฏิกริยา

3.2 <u>ปฏิกริยาของ Rotating Biological Contactor</u>

การหาความสัมพันธ์ในการทำลายอาหารกับอัตราการไหลหรือระยะเวลาเก็บกักได้สมมุติฐานว่าการย่อยสลายอาหาร (substrate degradation ) ซึ่งส่วนใหญ่เป็นพวกสารอินทรีย์เกิดขึ้นในสภาพใช้ออกซิเจน (aerobic zone ) และของเหลวถูกกวนโดยวัสดุยึดเกาะซึ่งถูกหมุนอยู่ตลอดเวลาให้ผสมเข้าเป็นเนื้อเดียวกันโดยตลอด (thoroughly mixing ) ถังปฏิกริยาซึ่งภายหลังได้ถูกดัดแปลงให้มีลักษณะเป็นถังปฏิกริยาแบบต่อเนื่องหลายๆ ชุดติดต่อกัน ( compartment ) ค่าเฉลี่ยเวลาเก็บกักของน้ำทิ้งในการทำปฏิกริยาแบบใช้ออกซิเจนมีค่าเท่ากับอัตราส่วนของปริมาตรของถังส่วนที่ทำปฏิกริยาแบบใช้ออกซิเจนหักด้วย ปริมาตรส่วนจมน้ำของวัสดุตัวกลาง กับอัตราการไหลของน้ำทิ้ง สามารถเขียนเป็นสูตรได้ดังนี้

$$\theta = \frac{V_t - V_m}{q} \qquad (3\text{-}1)$$

เมื่อ $\theta$ = ระยะเวลาเก็บกัก

$V_t$ = ปริมาตรของถังปฏิกริยาแบบใช้ออกซิเจน

$V_m$ = ปริมาตรของตัวกลางส่วนที่จมน้ำ

$q$ = อัตราการไหลของน้ำทิ้ง

I16886299

การเพิ่มระยะเวลาการเก็บกักจนถึง endogeneous phase ในแต่ละช่องจะทำให้ค่าความเข้มข้นของน้ำทิ้งในแต่ละช่องแตกต่างกันมากและมีผลต่อการย่อยสลายสารอินทรีย์ช้าลง เนื่องจากจำนวนจุลินทรีย์ที่อยู่ในถังปฏิกริยาจะมีความแข็งแรงน้อยกว่าในช่วงสั้นๆ ทำให้จำนวนจุลินทรีย์มีน้อยลงและการเจริญเติบโตของจุลินทรีย์จะเปลี่ยนแปลงมาก ดังนั้นการลดระยะเวลาเก็บกักในแต่ละช่องและควบคุมให้คุณภาพของน้ำทิ้งที่ออกจากระบบกำจัดจำเป็นต้องมีจำนวนช่องมากมายซึ่งเป็นผลให้ค่าใช้จ่ายสูงขึ้นตามด้วย

การทำลายอาหารสารอินทรีย์ทำการวิเคราะห์อยู่ในรูปของการย่อยสลาย COD (COD degradation ) ซึ่งจะเกิดการย่อยสลายทั้งที่ก้อนของเหลว ( liquid bulk ) และที่แผ่นวัสดุยึดเกาะ ( contact media film ) ออกซิเจนจะถูกนำมาใช้เพื่อการสังเคราะห์เซลล์และพลังงานในการดำรงชีวิตของจุลินทรีย์ ความต้องการออกซิเจนต่อหนึ่งหน่วย COD สามารถคำนวณได้จากผลศึกษาการวัดการหายใจ ( respirometric study) โดยการวัดอัตราการใช้ออกซิเจน (oxygen uptake rate ) อัตราการการย่อยสลาย COD สามารถทราบได้ โดยการวัดค่า COD ของน้ำทิ้งก่อนและในช่วงการหายใจ (respirometric study)

การใช้ออกซิเจนของก้อนของเหลวสามารถคำนวณได้โดยตรงโดยการวัดค่าออกซิเจนในก้อนของเหลว โดยใช้ สมการของ Lewis - Whitman ตามสมการ ( 2-2 ) เมื่อสามารถรู้ค่าสัมประสิทธิ์ของการถ่ายเทั้งหมดของออกซิเจน ( the overall oxygen transfer coefficient ) และค่าประสิทธิภาพการถ่ายเทออกซิเจน ( oxygen transfer efficiency) สำหรับการลดค่า COD (COD removal ) ในก้อนของเหลวสามารถทราบโดยการแปลงค่า ( convert ) จำนวนความต้องการออกซิเจนเทียบเท่ากับ (equivalent)

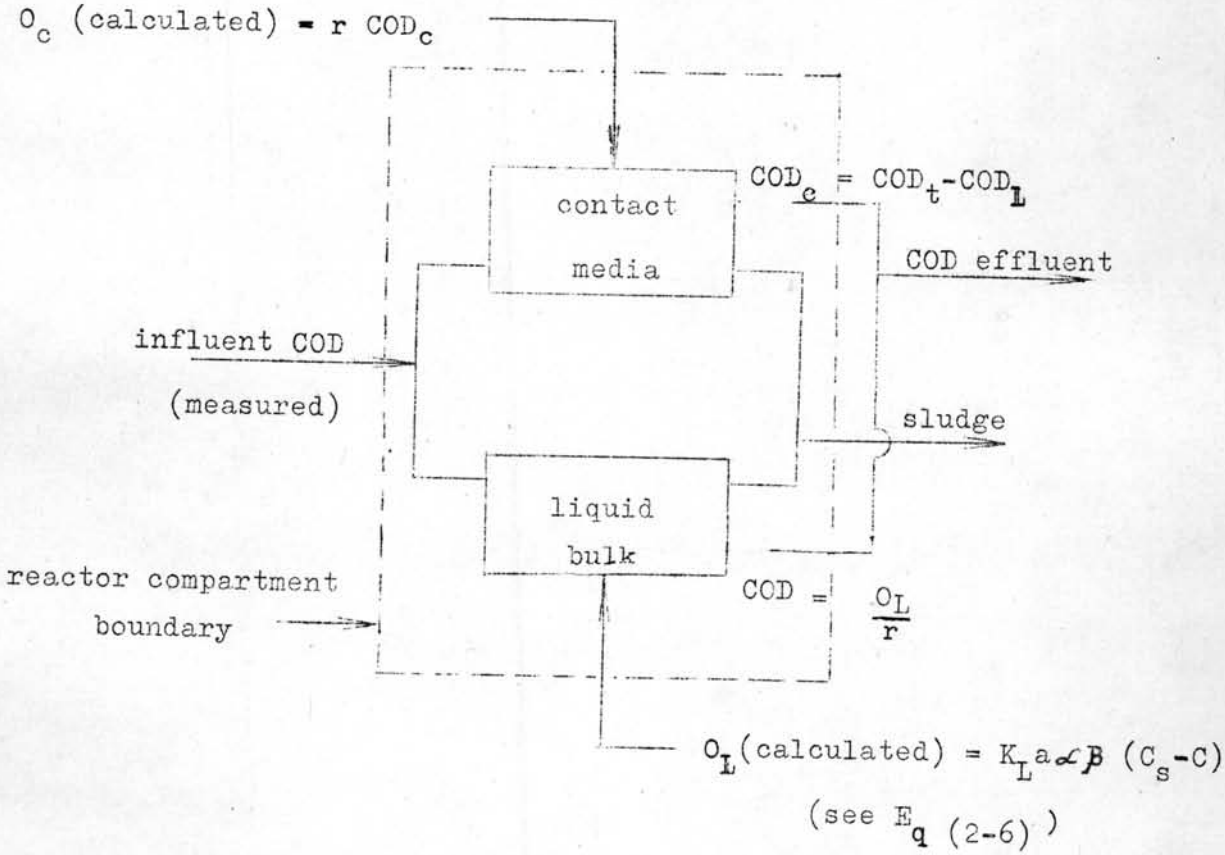
ค่าการลดค่า COD หนึ่งหน่วย ค่า COD ที่ถูกลดลงในตัวกลางยึดเกาะสามารถถูกคำนวณได้โดยหาผลต่างในการใช้ออกซิเจน นั่นคือค่าการส่งผ่านออกซิเจนไปยังตัวกลางยึดเกาะสามารถคำนวณโดยการใช้ค่าออกซิเจนที่ต้องการต่อการย่อยสลาย COD หนึ่งหน่วย

จำนวนเซลล์จุลินทรีย์ที่เกิดขึ้นจะรวมตัวกันอยู่ในรูปแผ่นเยื่อบาง ๆ ( slime) ติดอยู่กับตัวกลางยึดเกาะ จะหลุดจากแผ่นตัวกลางยึดเกาะเนื่องจากตายเป็นครั้งคราว ( discrete time ) และพร้อมที่จะตกลงสู่ส่วนล่างของถังซึ่งออกแบบเป็นกรวย ( hopper) บางส่วนของเซลล์จุลินทรีย์ที่เกิดจากการสังเคราะห์ในน้ำทิ้งจะไหลปะปนไปยังช่องต่อไปหรือบางส่วนจะตกตะกอนสู่ส่วนล่างของถัง ถ้าระยะเวลาการเก็บกักไม่นานไปในช่องใดช่องหนึ่ง เซลล์จุลินทรีย์ในน้ำทิ้งจะอยู่ในรูปของตะกอนแขวนลอย ดังนั้นจำนวนตะกอนจุลินทรีย์ทั้งหมดของระบบจะเป็นผลรวมของตะกอนจุลินทรีย์ที่หลุดจากแผ่นตัวกลางกับตะกอนจุลินทรีย์ที่แขวนลอยอยู่ทั่วไปทั้งถังปฏิกริยา ภาพแสดงหลักการสมดุลย์ของสสารโดยการคำนวณและการจัดแสดงตามรูป 3.3

อัตราการย่อยสลาย ( degradation rate ) สามารถคำนวณโดยหาผลต่าง COD ของน้ำทิ้งระหว่างตอนเข้ากับออกจากแต่ละช่องของถังปฏิกริยาด้วยระยะเวลาเก็บกัก ในปี 1965 ECKENFELDER ได้แสดงสมการความสัมพันธ์ของอัตราการย่อยสลายอาหาร ( rate of substrate degradation)และการเจริญเติบโตของจุลินทรีย์ ( microbial growth ) ตามสมการ (3-2) และ (3-3)

$$\frac{dL}{dt} = \frac{-K_1 I x}{K_2 + L} \qquad (3\text{-}2)$$

$$\frac{dx}{dt} = \frac{K_3 L x}{K_4 + L} - K_5 x \qquad (3\text{-}3)$$




Legend :

r = $O_2$/COD ratio (respirometry)

COD = chemical oxygen demand

O = contact media

L = liquid bulk

t = total

FIG3-3 MATERIAL BALANCE IN SLIME LAYER AND LIQUID BULK

(OUANO, E.A.R, 1974)

เมื่อ L = the substrate concentration ,mg/l

x = the microorganism concentration ,mg/l

K's = constants

ECKENFELDER (1965) ได้ชี้แจงว่าค่าความเข้มข้นของอาหารขณะใดๆ ( the instantaneous value of the substrate concentration) เป็นปัจจัยที่มีผลทำให้เกิดความล่าช้าของอัตราการทำลายอาหาร และเมื่อใดก็ตาม ถ้าค่าความเข้มข้นของอาหาร (L ) มีค่าน้อยกว่า $K_2$ ก็จะทำให้ละทิ้งตัวหารไปได้เพื่อความง่ายและสะดวกจึงสามารถเขียนสมการ (3-2) และ (3-3) ใหม่ได้ดังนี้

$$\frac{dL}{dt} = -K_1 Lx \qquad (3\text{-}4)$$

$$\frac{dx}{dt} = K_3 Lx - K_5 x \qquad (3\text{-}5)$$

แม้ว่าค่าความเข้มข้นของจุลินทรีย์ (x ) ในสมการที่ (3-4) จะสามารถหาได้จากสมการ (3-5) ก็ตามแต่ขั้นตอนในการหาค่ามีความยุ่งยากมากและใช้เวลานาน

สำหรับปฏิกริยาของ rotating biological contactor (RBC) เมื่อปฏิกริยาการย่อยสลายอาหารถึงสถานการณ์สมดุลย์ (steady state) จำนวนจุลินทรีย์ที่เกาะอยู่บริเวณผิวของตัวกลางภายใต้การเจริญเติบโต ,การตาย และการหลุดร่วงจากผิวตัวกลาง ในเวลาเดียวกันสามารถถูกคาดคะเนโดยสมการ (3-6)

$$x = B\left(\frac{A\delta}{V}\right) + f\,S(L) \qquad (3\text{-}6)$$

เมื่อ B = the density coefficient, dependent upon the type of microorganism attached to the contact media

$\delta$ = the slime thickness through which oxygen and substrate mass transfer is not limiting,(cm)

A = the surface area in each stage,($cm^2$)

V = the volume of the stage,($cm^3$)

S(L) = the suspended solids concentration (mg/l)

f = the activitity coefficient

PRETORIUS (1971) ได้รายงานว่าจำนวนของเซลล์จุลินทรีย์แปรผันตามความเข้มข้นของอาหารในน้ำทิ้ง ดังนั้นแทนค่า (3-6) ใน (3-4) ได้ผล

$$\frac{dL}{dt} = -K_1 B \left(\frac{A\delta}{V}\right) L + L S (L) f = r \quad (3\text{-}7)$$

เมื่อ $\frac{dL}{dt}$ = the rate of COD removal, and other terms are as defined before

$r_d$ = the rate of substrate degradation, $(hr^{-1})$

จะเห็นได้เด่นชัดว่าข้อได้เปรียบของสมการ (3-7) ต่อสมการ (3-4) คือสามารถแสดงให้เห็นตัวแปรที่ใช้ในการออกแบบ คือ ความหนาแน่นของพื้นที่ ( areal density ) ในสมการการย่อยสลายอาหาร และยังสามารถหาค่าคงที่ K ได้ โดยการเปลี่ยนค่าความเข้มข้นของอาหารที่ระดับต่างๆ

## 3.3 องค์ประกอบที่เกี่ยวข้องการทำงานของระบบ RBC

ระบบการทำงานของ RBC เป็นขบวนการที่อาศัยจุลินทรีย์มาทำลายอาหารอินทรีย์ที่ละลายอยู่ในน้ำทิ้ง เพื่อให้เกิดประสิทธิภาพในการทำลายอาหารดีที่สุด จำเป็นต้องควบคุมสภาพแวดล้อมต่างๆ ให้เหมาะสม กับการเจริญเติบโตของจุลินทรีย์และความสามารถในการทำลายอาหารของจุลินทรีย์ เช่นอุณหภูมิ อาหารเสริมสร้าง ความเป็นกรดเป็นด่าง เหมือนกับระบบชีววิทยาอื่นทั่วไป ในการศึกษาชี้ความสามารถของประสิทธิภาพ RBC จำเป็นต้องศึกษาลึกลงไปถึงช่วงที่เหมาะสมของระยะเวลาทำปฏิกริยา หรือระยะเวลาเก็บกัก (detention time), organic loading พื้นที่ผิวตัวกลางของวัสดุยึดเกาะ, ความเร็วของการหมุนตัวกลางในช่วงที่เหมาะสม และลักษณะของส่วนเติมอากาศร่วมกับส่วนย่อยตะกอน เป็นต้น

3.3.1 ผลของ organic loading rate

เนื่องจากอัตราการทำลายอาหารในรูปของ BOD ของขบวนการชีววิทยาแปรผันตามความเข้มข้นของอาหารในขณะนั้น (first order characteristic ) ดังนั้นอัตราการให้อาหารของสารอินทรีย์ ( organic loading rate ) หรืออัตราการเก็บกัก (hydraulic rate ) จะเป็นตัวแปรที่สำคัญในการพิจารณาถึงประสิทธิภาพของ RBC เป็นที่นิยมวัดอยู่ในแบบของ volumetric loading (kg BOD/$m^3$tank capacity/day ) หรือ surface loading (g BOD/$m^2$ of media surface/day ) โดยทั่วไประบบ RBC จะทำงานอยู่ในช่วงไม่เกิน 3.4 kg BOD/$m^3$/day (ELLIS and BANAGA, 1976) อย่างไรก็ตามในปี 1972 PESCOD และ NAIR ได้ทดลองพบว่า volumetric loading 4 kg COD/$m^3$/day เป็นค่าที่เหมาะสมในการออกแบบระบบ RBC และมีการทดสอบหลายการทดลองได้รายงานว่า surface loading อยู่ในช่วง 5-6 g BOD/$m^2$/day เป็นค่าเหมาะสมกับระบบเมื่อให้ได้ค่าน้ำทิ้งที่ออกจากระบบกำจัดอยู่ในช่วงที่ยอมรับได้ (DEPARTMENT OF ENVIRONMENT , 1972)

3.3.2 ผลการเพิ่มพื้นที่ผิวของตัวกลาง

การเพิ่มพื้นที่ผิวตัวกลางมีผลโดยตรงในการเพิ่มประสิทธิภาพในการทำลายสารอินทรีย์ และไนโตรเจน อีกทั้งเป็นการเพิ่มความเข้มข้นของสารละลายออกซิเจน (dissolved oxygen )ของ mixed liguor ในระบบ RBC แต่ไม่มีผลต่อการเปลี่ยนแปลงจำนวนตะกอนแขวนลอย ( SS ) ในน้ำทิ้งที่ออกจากระบบกำจัด (SORENSEN, 1974)

3.3.3 ผลของปริมาณส่วนที่จมของตัวกลาง

ลักษณะการทำงานของตัวกลางเพื่อให้เยื่อจุลินทรีย์ยึดเกาะในระบบ RBC จะมีส่วนหนึ่งจมอยู่ใต้ผิวน้ำทิ้งอีกส่วนหนึ่งสัมผัสกับอากาศเหนือผิวน้ำ ตัวกลางจะถูกหมุนรอบตัวเองช้าๆ อยู่ตลอดเวลาทำให้บริเวณทั้งสองส่วนดังกล่าวสัมผัสน้ำทิ้งกับอากาศสลับกันโดยทั่วไปพื้นที่ผิวตัวกลางที่จมอยู่ใต้ผิวน้ำทิ้งจะน้อยกว่า 50% ของพื้นที่ผิวตัวกลางทั้งหมด จากการทดลอง ( ELLIS,et al.1976) ได้พบว่าพื้นที่ตัวกลางจมอยู่ใต้ผิวน้ำทิ้งที่เหมาะสมคือ 26%

3.3.4 ผลของความเร็วการหมุนรอบตัวเองของตัวกลาง

การเพิ่มความเร็วรอบของตัวกลางมีความสำคัญต่อระบบRBC จำแนกได้ 2 ประการ ประการแรกเป็นผลให้มีการเพิ่มระดับความเข้มข้นออกซิเจนของ mixed liquor ประการที่สองกระตุ้นให้อาหารและออกซิเจนในสารละลายเจาะลึกเข้าไปในกลุ่มตะกอนจุลินทรีย์ ( biomass ) จากการศึกษาพบว่าการเพิ่มความเร็วรอบมีขีดจำกัด ELLIS,et al (1976) ได้รายงานว่าความเร็วรอบ 10 รอบต่อนาทีเท่านั้นที่แผ่นเยื่อจุลินทรีย์ที่มีชีวิต ( thin active slime film) สามารถดำรงอยู่บนผิวตัวกลางได้และตะกอนจุลินทรีย์ในถังปฏิกริยาไม่ค่อยจะตกตะกอน แต่ความเร็วรอบช้าๆ จะทำให้ความหนาของแผ่นเยื่อที่เกาะอยู่ผิวตัวกลางมีความหนาเกินไป การทดลอง ANTONIE, et al. (1974) พบว่าความเร็ว 2 รอบต่อนาทีเหมาะสมในการกำจัด BOD และ ammonia nitrogen อย่างไรก็ตามไม่สามารถจะชี้เฉพาะเจาะจงว่าความเร็วรอบที่ถูกต้องเป็นเท่าใด จำเป็นต้องมีการทดลองก่อนเสมอ

3.3.5 ผลการทำงานของส่วนเติมอากาศร่วมกับส่วนย่อยตะกอน

RBC จะถูกออกแบบให้ส่วนเติมอากาศ (aeration chamber ) ซึ่งทำหน้าที่ย่อยสลายอาหารสารอินทรีย์ซึ่งละลายอยู่ในน้ำทิ้งและส่วนย่อยตะกอน (digestion chamber ) ซึ่งทำหน้าที่รองรับตะกอนจุลินทรีย์ที่หลุดจากแผ่นตัวกลางอยู่ในถังปฏิกริยาเดียวกัน (compartment) จากการทดลอง ( NAIR, 1971) พบว่ามีการหมุนเวียนอาหารเสริมสร้าง (nutrient recycle ) ที่จำเป็นต่อการดำรง ชีวิตของจุลินทรีย์ได้แก่ ไนโตรเจน, และฟอสฟอรัส จากส่วนย่อยตะกอนเข้าผสมอยู่ในส่วนเติมอากาศ ช่วยให้ลดการเพิ่มอาหารเสริมพวกนี้จากภายนอกได้เหมาะสมกับน้ำทิ้งที่มีอาหารเสริมสร้างไม่เพียงพอ อีกทั้งยังตรวจพบ Beggiatoa alba ซึ่งเป็นบักเตรีที่สามารถออกซิไดซ์ $H_2S$ ให้เป็น sulphur บนแผ่นตัวกลาง (disc ) แสดงว่า $H_2S$ ผ่านจากส่วนย่อยตะกอนผ่านช่องขึ้นมายังส่วนเติมอากาศ ในปี 1973, ได้มีการทดลอง (CHEN, 1973) พบว่าขนาดของส่วนย่อยตะกอนที่ตอนล่างของส่วนเติมอากาศไม่มีผลต่อการลดค่า COD และการย่อยสลายไนโตรเจน ซึ่งวัดในรูปของ Total - N

ปัญหาที่เกิดขึ้นได้แก่ องอากาศส่วนใหญ่เป็น $H_2S$ ที่เกิดเนื่องจากการย่อยตะกอนซึ่งเป็นแบบไม่ใช้ออกซิเจนของถังย่อยตะกอนจะลอยขึ้น ทำให้พยุงตะกอนเบาให้ลอยขึ้นมายังผิวบนของส่วนเติมอากาศด้วย เป็นผลให้น้ำทิ้งที่ผ่านการกำจัดจากระบบจะมีตะกอนสูงขึ้น ซึ่งได้แนะนำให้แก้ไขโดยให้ช่องสุดท้าย (compartment ) ทำหน้าที่เป็นส่วนตกตะกอนอย่างเดียว ไม่มีตัวกลางยึดเกาะ และไม่มีช่องติดต่อกับส่วนย่อยตะกอนด้านล่าง อีกทั้งต้องหมั่นระบายตะกอนที่สะสมอยู่ด้านล่างของถังปฏิกริยา

3.3.6 ผลของอุณหภูมิ

อุณหภูมินับเป็นตัวแปรที่สำคัญมากในขบวนการชีววิทยา ปฏิกริยาการย่อยสลายอาหารสามารถเปลี่ยนแปลงสองถึงสามเท่าของทุก ๆ 10 °C ที่เปลี่ยนแปลงไป ( ECKENFELDER, 1961 ) จากการทดลองพบว่าผลกระทบต่อระบบการทำงานของ RBC เนื่องจากอุณหภูมิเหมือนกับระบบกำจัดน้ำทิ้งแบบชีววิทยาอื่นๆ ทั่วไป ซึ่งเหมาะสมในช่วง 20 ° – 30 °C WELCH (1968), ELLIS & BANAGA(1976)

3.4 ข้อดีและข้อเสียของ RBC เมื่อเทียบกับระบบกำจัดชนิดอื่น

ระบบการทำงานของ RBC ได้ถูกเปรียบเทียบกับระบบกำจัดน้ำทิ้ง แบบชีววิทยาชนิดอื่น เช่น activated sludge และ trickling filter ข้อดีและข้อเสียได้ถูกแยกเปรียบเทียบนับตั้งแต่ค่าใช้จ่ายในการสร้างระบบกำจัด ความยากง่ายในการดำเนินงานและบำรุงรักษา, ความสามารถการรับปริมาณน้ำทิ้ง เป็นต้น ซึ่งข้อดีและข้อเสียเหล่านี้อาจจะแตกต่างกันเล็กน้อยขึ้นอยู่กับสถานที่แต่ละสถานที่ด้วย

3.4.1 ค่าใช้จ่ายและค่าดำเนินงาน

RBC เป็นระบบที่มีการทำงานอย่างง่ายๆ และค่าใช้จ่ายไม่แพง ถังปฏิกริยาจะประกอบด้วยวัสดุตัวกลาง, แกนหมุน, ซึ่งถังปฏิกริยาจะถูกออกแบบให้รวมส่วนย่อยตะกอน ( anaerobic digestion ) อยู่ใต้ส่วนย่อยสลายอาหาร ( aerobic zone ) ทำให้ใช้พื้นที่น้อยกว่าระบบ activated sludge ที่จำเป็นต้องมีโรงกำจัดตะกอน ( degestion plant ) อยู่ด้วย เหมาะสมสำหรับบริเวณชุมชนซึ่งพื้นที่มีราคาแพงมาก ระบบ trickling filter เป็นระบบที่ใช้พื้นที่มากกว่าและค่าใช้จ่ายในการก่อสร้างแพงกว่า RBC ด้วย LABELLA, et al. (1972) ได้ทำการศึกษาเปรียบเทียบค่าใช้จ่ายระบบกำจัดน้ำเสียของโรงงานเหล้าองุ่น ( Winery waste ) ซึ่งมีปริมาณน้ำเสียวันละ 0.4 ล้านแกลลอนพบว่าค่าใช้จ่าย

ในการก่อสร้าง RBC ถูกกว่าระบบ activated sludge $ 12,000 เหรียญ และค่าดำเนินการตลอดปีของ RBC ถูกกว่าระบบ activated sludge $ 6000 เหรียญ

3.4.2 การบำรุงรักษา

เนื่องจากระบบเครื่องจักรกลของ RBC ไม่มีความยุ่งยากสลับซับซ้อน จึงทำให้ไม่จำเป็นต้องมีการควบคุมดูแลอย่างมากมาย ระบบจักรกลเป็นมอเตอร์และโซ่สายพานเท่านั้นทำการตรวจสอบน้ำมันหล่อลื่นต่างๆ สัปดาห์ละครั้งเท่านั้น RBC จึงเหมาะสมกับชุมชนหรือโรงงานที่ขาดแคลนผู้ชำนาญในการให้คำแนะนำต่างๆ

3.4.3 ความต้องการพลังงานขับเคลื่อน

เนื่องจากตัวกลางซึ่งใช้เป็นที่เกาะยึดของเยื่อจุลินทรีย์ถูกวางให้จมอยู่ใต้ผิวน้ำน้อยกว่า 50% ของพื้นที่ทั้งหมด และการหมุนของเพลากลางก็เป็นไปอย่างช้า จะเห็นได้เด่นชัดว่า RBC ใช้พลังงานน้อยกว่าระบบ aotivated sludge จากการทดลองพบว่าน้อยกว่าประมาณ 25-35% (DAVIES and PERTORIUS , 1975)

3.4.4 ความยากง่ายในการทำงาน

สิ่งที่แตกต่างไปจากระบบ activated sludge และ trickling filter คือ RBC ไม่มีการหมุนเวียนกลับของตะกอน (sludge recycle ) จึงไม่ต้องการการควบคุมความเข้มข้นของตะกอนและง่ายต่อการดำเนินงาน ปัญหาเมือกจุลินทรีย์ที่เกิดขึ้นจะก่อให้เกิดปัญหาในการอุดตันของระบบ trickling filter แต่เมื่อจุลินทรีย์ที่เกิดขึ้นและเกาะอยู่ที่ผิวตัวกลางของระบบ

RBC จะถูกแรงเฉือนระหว่างตัวกลางกับแผ่นน้ำทำให้เมือกจุลินทรีย์สามารถถูกเฉือนหลุดจากผิวของตัวกลางได้ถ้าหากเมือกจุลินทรีย์นั้นหมดความสามารถในการยึดเกาะ และเมือกจุลินทรีย์จะตกลงสู่เบื้องล่างของถัง ทำให้สามารถแก้ปัญหาการอุดตันระหว่างผิวตัวกลาง เนื่องจากการเจริญเติบโตอย่างมากมายของเมือกจุลินทรีย์ได้ อีกทั้ง RBC ยังสามารถทำงานภายใต้สภาวะการเปลี่ยนแปลงปริมาณของ hydraulic และ organic loads โดยไม่ต้องการขบวนการพิเศษใดๆ เพิ่มเข้าสู่ระบบอีก

3.4.5 ความสามารถในการรับปริมาณน้ำทิ้ง ( loading rate )

การวัดความสามารถการรับปริมาณน้ำทิ้งของระบบ RBC นิยมวัดเป็น volumetric organic loading และ ระยะเวลาเก็บกัก (detention time ) จากการทดลองของ ELLIS , et al. (1976) ได้รายงานว่า RBC สามารถรับปริมาณน้ำทิ้งได้ถึง 3.4 kg BOD/$m^3$ of reaction tank/day ซึ่งมีค่าประมาณ 3-7 เท่าของความสามารถปรกติของระบบactivated sludge และประมาณ 40-60 เท่าของ trickling filter

3.4.6 ความสามารถในการทนทานต่อ shock loading

ได้มีการตรวจสอบการทำงานของระบบ RBC ในการทนทานต่อ shock loading (PESCOD and NAIR 1972 , WELCH , 1968) ได้รายงานว่าเมือกจุลินทรีย์สามารถมีความต้านทานและเจริญเติบโตได้ดีกว่าระบบของ activated sludge เนื่องจากจำนวนจุลินทรีย์ที่เกาะอยู่บนผิวตัวกลางจะสามารถย่อยสลายอาหารในน้ำทิ้งได้จำนวนหนึ่งอย่างสม่ำเสมอ ไม่ว่าจะอยู่ในสภาวะใดก็ตาม ทำให้การทำงานของ RBC สามารถคืนตัวสู่สภาพปกติเนื่องจาก hydraulic loading หรือ organic loading ได้เร็ว

3.4.7 ปริมาณตะกอนที่เกิดขึ้น

การหาปริมาณตะกอนจุลินทรีย์ที่เกิดขึ้นของระบบ RBC ได้มีการติดตามมาเป็นเวลาหลายปี (KOLBE , 1965) จะมีค่า 0.4 g/gBOD removal หรือน้อยกว่าสำหรับน้ำเสียจากชุมชน ซึ่งเป็นตัวเลขที่น้อยกว่าระบบ activated sludge หรือ trickling filter

3.4.8 อาหารเสริมสร้าง

โดยทั่วไประบบกำจัดน้ำทิ้งแบบชีววิทยาทุกชนิด การทำงานของระบบที่ปราศจากอาหารเสริมสร้าง (nutrient ) ที่พอเพียงจะให้ผลไม่ดีเท่ากับระบบที่มีการเติมอาหารเสริมสร้างอย่างพอเพียงอย่างไรก็ตาม RBC มีข้อได้เปรียบเหนือระบบ activated sludge คือ น้ำทิ้งที่มีอาหารเสริมสร้างไม่พอเพียงสามารถนำมากำจัดด้วย RBC โดยเติมอาหารเสริมสร้างจากภายนอกเพียงเล็กน้อย ( PESCOD and NAIR, 1972 ) เนื่องจากมีการทดแทนโดยเกิดจากการย่อยสลายตะกอน (sludge digestion)ตอนส่วนล่างของถังทำให้เพิ่มอาหารเสริมสร้างในน้ำทิ้งโดยอัตโนมัติ

ข้อเสียของ RBC ได้แก่การป้องกันระบบ RBC ให้สามารถทำงานได้ในทุกสภาวะภูมิอากาศโดยเฉพาะในเขตโซนร้อน ในบริเวณโซนที่มีฝนตกมากตลอดฤดูกาลจะทำให้มีผลต่อการชะล้างตะกอนจุลินทรีย์จากผิวตัวกลาง และหลุดปะปนออกมากับน้ำทิ้งที่ออกจากระบบ ถังจึงจำเป็นต้องสร้างหลังคาเพื่อป้องกันฝนที่จะตกลงมาดังกล่าว