บทที่ 3

กระบวนการตะกอนเร่งแบบแอนแอโรบิคคอนแทกต์สเตบิไลเซชัน

3.1 การพัฒนาของกระบวนการ

กระบวนการตะกอนเร่งแบบแอนแอโรบิคคอนแทกต์สเตบิไลเซชันเป็นกระบวนการใหม่ซึ่งอยู่ระหว่างดำเนินการวิจัย โดยได้รับการพัฒนาขึ้นมาจากกระบวนการคอนแทกต์สเตบิไลเซชันแบบแอนแอโรบิคมีตัวกลางอยู่กับที่[65] เพื่อแก้ไขปัญหาเรื่องการอุดตันในตัวกลาง (media) และลดราคาค่าก่อสร้าง

วิธีการและหลักการบำบัดน้ำเสียคงเหมือนกับกระบวนการคอนแทกต์สเตบิไลเซชัน เพียงแต่ไม่มีการเติมอากาศและการกวนภายในถังปฏิกิริยาทั้งสองเท่านั้น เพื่อให้จุลินทรีย์แบบแอนแอโรบิคเจริญเติบโต และเป็นจุลินทรีย์หลักในการบำบัดน้ำเสีย รวมทั้งยังสามารถผลิตก๊าซชีวภาพนำกลับมาใช้เป็นพลังงานทดแทนได้อีกด้วย

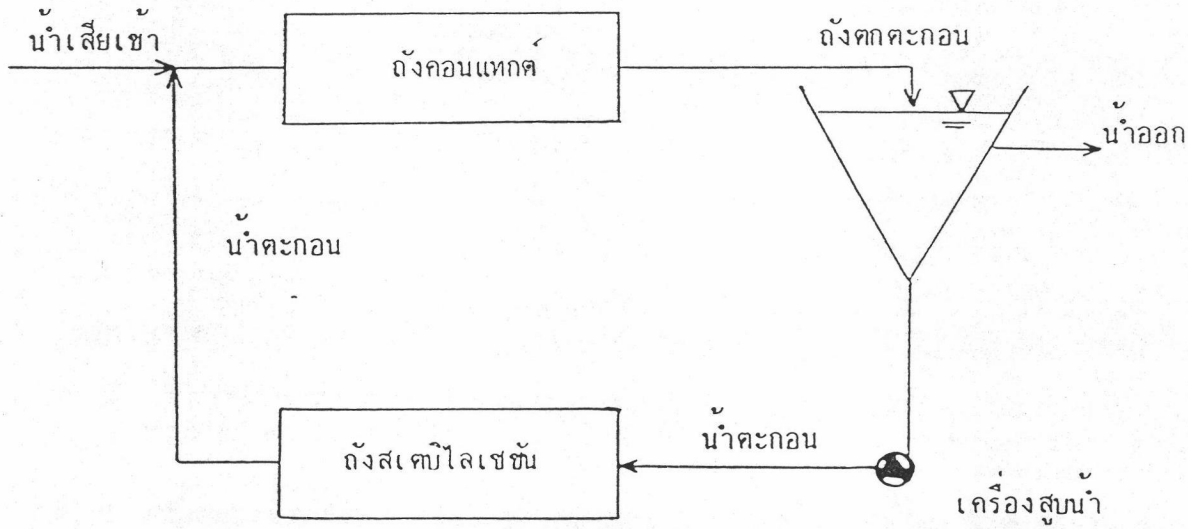
จากการทดลองเบื้องต้นเกี่ยวกับกระบวนการนี้ พบว่า เป็นกระบวนการที่มีประสิทธิภาพในการบำบัดน้ำเสียและการผลิตก๊าซชีวภาพ ดังนั้น จึงนำกระบวนการนี้มาศึกษาความเป็นไปได้ในการประยุกต์เพื่อผลิตก๊าซชีวภาพ และเพื่อบำบัดน้ำเสีย

3.2 หลักการทำงาน

การทำงานของกระบวนการตะกอนเร่งแบบแอนแอโรบิคคอนแทกต์สเตบิไลเซชัน มีลักษณะการไหลของน้ำในระบบเหมือนกับกระบวนการคอนแทกต์สเตบิไลเซชัน เพียงแต่ไม่มีการเติมอากาศ (aeration) และการกวน (mixing) ภายในถังปฏิกริยาทั้งสอง โดยให้มีการไหลของน้ำเป็นแบบไหลขึ้น (up-flow) จากก้นถังด้านล่างและไหลล้นออกทางปากถังส่วนบน แผนผังแสดงการไหลของน้ำในกระบวนการได้แสดงไว้ในภาพ 3.1

น้ำเสียที่ต้องการบำบัดจะไหลมาเข้าถังคอนแทกต์ จุลินทรีย์มีอยู่ในถังคอนแทกต์ซึ่งเจริญเติบโตลอยอยู่ในน้ำ (suspended growth) จะทำการย่อยสลายและใช้สารอินทรีย์

เป็นผลให้เกิดการลดมลสารอินทรีย์ จากนั้นน้ำที่ได้รับการบำบัดแล้วและตะกอนจุลินทรีย์ที่ลอยออกมากับน้ำจากถังคอนแทกต์จะถูกส่งไปเข้าถังตกตะกอน เพื่อแยกน้ำใสส่วนบนทิ้งออกจากระบบ ส่วนตะกอนที่จมอยู่ที่ก้นถังจะถูกสูบกลับไปเข้าถังสเตบิไลเซชั่นเพื่อทำการบำบัดต่อ ถังสเตบิไลเซชั่นโดยทั่ว ๆ ไปจะมีขนาดใหญ่กว่าถังคอนแทกต์ เพื่อให้สามารถสร้างตะกอนซึ่งพร้อมที่จะใช้ในการลดมลสารที่เข้ามากับน้ำเสีย น้ำตะกอนที่ออกจากถังสเตบิไลเซชั่นจะมีจุลินทรีย์ที่ได้ใช้อาหารไปจนหมดแล้ว เมื่อไหลมาสัมผัสกับน้ำเสียในถังคอนแทกต์จึงสามารถลดมลสารได้อย่างรวดเร็ว



ภาพที่ 3.1 แผนผังการไหลของน้ำในกระบวนการตะกอนเร่งคอนแทกต์สเตบิไลเซชั่นแบบแอนแอโรบิค

3.3 พารามิเตอร์ที่สำคัญ

พารามิเตอร์สำคัญที่มีผลต่อการทำงานของระบบบำบัดน้ำเสีย โดยทั่วไปแบ่งออกได้เป็นสองประเภทใหญ่ ๆ คือ พารามิเตอร์ที่เกี่ยวกับสภาพแวดล้อมและความต้องการของจุลินทรีย์ เช่น ค่าพีเอช อุณหภูมิ อาหารเสริม (nutrients) การกวน ฯลฯ และพารามิเตอร์ที่ใช้ควบคุมการทำงาน เช่น ปริมาณสารอินทรีย์ อัตราการไหล อัตราการสูบตะกอนกลับ อายุของตะกอน เป็นต้น

สำหรับพารามิเตอร์ที่เกี่ยวกับสภาพแวดล้อมและความต้องการของจุลินทรีย์ จะต้องรักษาระดับให้อยู่ในช่วงที่พอเหมาะ และจุลินทรีย์สามารถเจริญเติบโตได้ดี ซึ่งสามารถอาศัยความรู้ทางจุลชีววิทยาและชีวเคมีขั้นพื้นฐานซึ่งทราบกันดีอยู่แล้ว ส่วนพารามิเตอร์ที่ใช้ควบคุมการทำงานของกระบวนการแต่ละชนิดจำเป็นต้องทำการศึกษาเฉพาะในแต่ละกรณี เพราะเกี่ยวข้องทั้งลักษณะสมบัติของน้ำเสียและกลไกในการทำงานของจุลชีพภายในกระบวนการนั้น ๆ

กระบวนการตะกอนเร่งแบบแอนแอโรบิคคอนแทกต์สเตบิไลเซชัน มีพารามิเตอร์ที่ใช้ควบคุมการทำงานหลักอยู่ 4 ข้อ คือ

1) ภาระบรรทุกสารอินทรีย์ (organic loading) ได้แก่ น้ำหนักของมลสารอินทรีย์ที่เข้าไปในถังปฏิกริยาต่อหนึ่งปริมาตรของถังปฏิกริยา ซึ่งแบ่งออกได้เป็นรวมทั้งหมดของระบบ เฉพาะในถังคอนแทกต์ และเฉพาะในถังสเตบิไลเซชัน

2) ภาระบรรทุกการไหลของน้ำ (hydraulic loading) ได้แก่ อัตราการไหลของน้ำที่เข้าถังปฏิกริยาต่อหนึ่งหน่วยปริมาตรของถังปฏิกริยา ซึ่งคำนวณได้ทั้งของถังคอนแทกต์และถังสเตบิไลเซชัน

3) อัตราการสูบตะกอนกลับ (recycle ratio) คือ อัตราการสูบน้ำตะกอนจากก้นถังตกตะกอนกลับมาเข้าถังสเตบิไลเซชัน ซึ่งมีผลโดยตรงต่อประสิทธิภาพในการทำงานของระบบ เพราะหากมีอัตราการสูบตะกอนกลับสูงก็จะทำให้ระบบมีลักษณะการทำงานคล้ายกับระบบซึ่งมีถังปฏิกริยาถังเดียวมากขึ้น โดยปกติจะมีค่าไม่เกิน 200% ของน้ำเสียเข้า

4) อายุของตะกอน (sludge age) คือ ระยะเวลาเก็บกักของตะกอนจุลินทรีย์ที่มีอยู่ในระบบ ซึ่งเป็นพารามิเตอร์สำคัญที่มีผลต่อประสิทธิภาพในการลดมลสารอินทรีย์ เนื่องจากเป็นตัวกำหนดและคัดเลือกพันธุ์ของจุลินทรีย์ชนิดต่าง ๆ

พารามิเตอร์ที่ใช้ในการควบคุมการทำงานทั้ง 4 ตัว ที่ได้กล่าวมาแล้วนั้น ค่าอายุของตะกอน ภาระบรรทุกสารอินทรีย์ และอัตราการสูบตะกอนกลับ นับได้ว่าเป็นค่าที่สำคัญที่สุด ส่วนภาระบรรทุกการไหลของน้ำจะมีผลต่อระยะเวลาในการบำบัดของจุลินทรีย์ ซึ่งหากไม่สั้นจนเกินไป ก็จะมีผลต่อประสิทธิภาพน้อยกว่าพารามิเตอร์ตัวอื่น ๆ

3.4 การศึกษาที่ผ่านมา

เนื่องจากกระบวนการนี้อยู่ในระหว่างการพัฒนาและวิจัย การศึกษาที่ผ่านมาจึงประกอบไปด้วยความคิดเห็นหรือข้อเสนอแนะจากงานวิจัยอื่น ๆ ที่มีแนวโน้มแสดงให้เห็นถึงความเป็นไปได้ในการพัฒนากระบวนการนี้ขึ้น รวมทั้งงานวิจัยที่ผ่านมาของกระบวนการนี้เองด้วย

W.V. Alexander et. al.[13,79] ได้วิจัยกระบวนการคอนแทกต์สเตบิไลเซชันแบบใช้อากาศ โดยใช้น้ำเสียจากบ้านเรือนเป็นน้ำทดลอง และอธิบายผลของการกำจัดซีโอดีที่เกิดขึ้นที่ถังคอนแทกต์ว่าเป็นกลไกของการดูดซึมเข้าสู่เซลล์ และดูดติดผิวเซลล์ (adsorbed และ enmechment)

G.T. Schroepfer et. al.[69] ในปี ค.ศ.1955 ได้อธิบายผลของการกำจัดสารอินทรีย์ในกระบวนการตะกอนเร่งแบบไร้อากาศเมื่อใช้น้ำเสียจาก Packinghouse ว่ามีการดูดซึมสารอินทรีย์โดยเป็นกลไกทางด้านฟิสิกส์ เมื่อตะกอนจุลินทรีย์สัมผัสกับน้ำเสีย

Ullrich และ Smith[80] ในปี ค.ศ. 1957 ดัดแปลงกระบวนการเร่งแบบใช้อากาศ (Activated Sludge) เป็นกระบวนการ Biosorption ซึ่งเป็นแม่แบบของกระบวนการคอนแทกต์สเตบิไลเซชันในเวลาต่อมา พบว่า กระบวนการนี้สามารถรับภาระบรรทุกสารอินทรีย์ได้เพิ่มขึ้นถึง 3 เท่า และอธิบายว่าในช่วงที่จุลินทรีย์สัมผัสกับน้ำเสีย จุลินทรีย์จะดูดซึมสารอินทรีย์ไปเก็บไว้ในตัวก่อน หลังจากนั้นจึงย่อยสลาย

G.T. Schroepfer และ N.R. Ziemke[81] ในปี ค.ศ. 1959 ได้ใช้กระบวนการตะกอนเร่งแบบไร้อากาศ (Anaerobic Contact) ในการบำบัดน้ำเสียหลายชนิด และสรุปว่า ในการกำจัดซีโอดีอย่างมีประสิทธิภาพจะต้องรักษาความเข้มข้นของตะกอนจุลินทรีย์ในถังคอนแทกท์ให้อยู่ในระดับ 15,000 มก./ล. จะดีที่สุด และเมื่อมีความเข้มข้นของตะกอนจุลินทรีย์สูงถึง 30,000 มก./ล. ไม่พบว่าประสิทธิภาพของระบบดีขึ้นแต่อย่างใด

James B. Coulter และ M.B. Ettinger[18] ในปี ค.ศ. 1961 ได้ใช้กระบวนการตะกอนเร่งแบบไร้อากาศบำบัดน้ำเสียจากบ้านเรือน พบว่า ที่ถังคอนแทกต์มีการกำจัดซีโอดีสูงมาก แต่ไม่มีก๊าซมีเทนเกิดขึ้น และไม่พบว่าปริมาณตะกอนจุลินทรีย์สูงขึ้นด้วย

T.T. McGhee[82] ในปี ค.ศ. 1971 ได้ทดลองหาอัตราการทำลายกรดโวลาไทล์

ของกระบวนการย่อยสลายแบบไร้อากาศแบบเท (Batch Type) พบว่าในช่วง 0.50 ชม. แรก ปริมาณของกรดโวลาไทล์จะหายไปทันที และกลับปรากฏภายหลัง จึงให้ข้อสังเกตว่าลักษณะการที่เกิดขึ้นเช่นนี้อาจเกิดจากการดูดซึมเข้าสู่เซลล์ก่อนแล้วจึงย่อยสลาย

Willi Gujer และ David Jenkins.[83] ในปี ค.ศ. 1971 ได้ทดลองหาอัตราการสูบตะกอนกลับเพื่อปรับปรุงประสิทธิภาพของกระบวนการคอนแทกท์สเตบิไลเซชั่นแบบใช้อากาศ พบว่า อัตราการสูบตะกอนกลับมีผลต่อประสิทธิภาพของระบบ และเมื่ออัตราการสูบตะกอนกลับสูงถึง 400% แล้ว กระบวนการจะปรับตัวเป็นกระบวนการตะกอนเร่งแบบกวนสมบูรณ์แทน (Completely mixed)

J.E. Goodard[84] ในปี ค.ศ. 1974 ได้สรุปและอธิบายถึงกลไกการกำจัดซีโอดีของกระบวนการคอนแทกต์สเตบิไลเซชั่นว่า ในช่วง 10 - 30 นาทีแรกที่จุลินทรีย์สัมผัสกับน้ำเสีย จุลินทรีย์จะดูดซึมสารอินทรีย์ (adsorbed) ในถังคอนแทกต์แล้วนำไปย่อยสลายต่อที่ถังสเตบิไลเซชั่น

E.J. Nyns et. al.[85] ในปี ค.ศ. 1979 ได้สรุปงานวิจัยของ Byrant และคณะ รวมทั้งตัวเขาว่า แบคทีเรียที่สร้างมีเทนนั้นส่วนใหญ่ไม่สามารถใช้กรดโวลาไทล์ได้โดยตรง แต่จะสร้างสารประกอบระหว่างกรดโวลาไทล์และไฮโดรเจนขึ้นก่อน แล้วจึงใช้สารประกอบนี้เป็นแหล่งอาหารและพลังงาน พร้อมทั้งได้คัดค้านแนวความคิดของ Ghosh[27,75] ที่จะแบ่งแยกกระบวนการย่อยสลายสารอินทรีย์แบบไร้อากาศออกเป็น 2 ถัง ตามลักษณะของแบคทีเรียด้วย

นอกจากที่กล่าวมาเบื้องต้น ยังมีงานวิจัยอีกหลายชิ้นที่สนับสนุนและคัดค้านแนวความคิดของการเกิดการดูดซึมก่อนทำการย่อยสลายภายหลังของเซลล์อีกหลายชิ้น แต่มักไม่อธิบายเหตุผลไว้ จึงไม่ได้นำมาเอ่ยในที่นี้

สำหรับกระบวนการตะกอนเร่งแบบแอนแอโรบิคคอนแทกต์สเตบิไลเซชั่นนั้น มีงานวิจัยที่ผ่านมาดังนี้

สุรพล สายพานิช[65] ในปี ค.ศ. 1984 ได้วิจัยกระบวนการนี้ และได้แสดงไว้ว่าเมื่อให้มีตัวกลางอยู่กับที่ภายในถังปฏิกริยาทั้งสอง โดยให้น้ำไหลในถังปฏิกริยาเป็นแบบไหลตาม

ยาว ที่ค่าภาระบรรทุกสารอินทรีย์ 0.65 - 2.6 กก.ซีโอดี/ลบ.ม.-วัน พบว่า ประสิทธิภาพของระบบประมาณร้อยละ 70 - 85 แต่มีตะกอนแขวนลอยในน้ำทิ้งสูงถึง 1,100 มก./ล.

และในงานวิจัยเดียวกัน แต่ให้รับค่าภาระบรรทุกสารอินทรีย์ 2.6 - 10.4 กก. ซีโอดี/ลบ.ม.-วัน โดยให้น้ำไหลในถังปฏิกริยาเป็นแบบกวนสมบูรณ์ที่ปฏิกริยาขนาดเดียวกัน พบว่า ระบบมีประสิทธิภาพร้อยละ 54 - 83 และยังคงมีตะกอนแขวนลอยในน้ำทิ้งสูง

ต่อมา สุรพล สายพานิช[78] ในปี ค.ศ. 1986 ได้วิจัยเกี่ยวกับกระบวนการนี้ต่อไป โดยใช้น้ำเสียรวมจากโรงงานผลิตแป้งมันสำปะหลัง โดยใช้ค่าภาระบรรทุกสารอินทรีย์เฉลี่ย 5.8 กก.ซีโอดี/ลบ.ม.-วัน และให้น้ำไหลในระบบเป็นแบบไหลขึ้น (Up-flow) โดยให้จุลินทรีย์เติบโตในสภาพแขวนลอย (Suspended growth) พบว่า ระบบมีประสิทธิภาพลดซีโอดีได้ร้อยละ 74 มีค่าตะกอนแขวนลอยในน้ำทิ้งลดลง กล่าวคือ มีค่าเฉลี่ย 834 มก./ล.