

บทที่ 2

วิธีการวิจัย

ประสิทธิภาพในการบำบัดทางชีวภาพขึ้นอยู่กับลักษณะของจุลินทรีย์ แม้ว่าโดยทั่วไปแล้ว จุลินทรีย์สามารถปรับสภาพให้เข้ากับน้ำเสียต่างๆ ที่เข้าระบบบำบัดได้ แต่พบว่าการดำเนินการบำบัดน้ำเสียล้มเหลว โดยเฉพาะอย่างยิ่งการบำบัดน้ำเสียโรงงานเป็นปัญหาในการดำเนินการ ตะกอนเร่ง เนื่องจากการเปลี่ยนแปลงองค์ประกอบน้ำเสียและอัตราการไหล (Flow rate) และลักษณะทั่วไปของน้ำเสียคือ 1. High ionic strength 2. Unusual pH 3. Uncommon minerals 4. specific composition 5. High concentration of toxicity or/and hazardous compounds (Finn, 1983; Toth and Tomasovicova, 1989; Fresenius *et al.*, 1990)

ดังนั้นระบบดังกล่าวจึงจำเป็นต้องรู้ปัจจัยต่างๆที่มีผลต่อการบำบัดเช่น F/M ratio Hydraulic retention time (HRT) และ Maximum tolerable toxicity concentration เช่นแคลเซียมและซัลเฟต (Calcium and sulfate) เพื่อให้ประสิทธิภาพในการบำบัดสูงสุด ดังนั้นในการหาค่าที่เหมาะสมของปัจจัยต่างๆข้างต้นจะกระทำในระบบแบบทีละเท (Batch activated sludge system) และนำค่าที่ได้มาประยุกต์ใช้กับระบบต่อเนื่อง (Continuous activated sludge system) และเป็นข้อมูลเบื้องต้นในการออกแบบระบบบำบัดน้ำเสียโรงงานน้ำยางชั้น

1. การศึกษาข้อมูลพื้นฐานเกี่ยวกับกระบวนการผลิตน้ำยางชั้น บริษัท เฟลเท็กซ์ จำกัด และการบำบัดน้ำเสียที่ใช้ในปัจจุบันของโรงงานน้ำยางชั้นในจังหวัดสงขลา
 - ศึกษากระบวนการผลิตน้ำยางชั้นและกระบวนการบำบัดน้ำเสียจากการรวบรวมข้อมูลของงานวิจัยที่ศึกษาผ่านมา และรวบรวมข้อมูลเพิ่มเติมจาก บริษัท เฟลเท็กซ์ จำกัด

2. การศึกษาองค์ประกอบของน้ำเสียรวม น้ำชีวมและน้ำล้างเครื่องปั่นแยก บริษัท เฟลเท็กซ์ จำกัด
 - อ. รัศมี จ.สงขลา

งานวิจัยนี้ทำการทดลองโดยการเก็บน้ำเสียต่างๆจาก บริษัท เฟลเท็กซ์ จำกัด ตั้งอยู่ที่ตำบลชะม่วง อำเภอรัตภูมิ จังหวัดสงขลา ซึ่งสามารถผลิตน้ำยางชั้นเฉลี่ยประมาณ 1,782,797 กิโลกรัมต่อเดือน โดยเก็บน้ำชีวม น้ำล้างเครื่องปั่นแยกและน้ำเสียรวมซึ่งเป็นน้ำเสียมาจากการผสมระหว่างน้ำเสียจากกระบวนการสกิมยากกับน้ำล้างต่างๆ ที่ผ่านการบำบัดขั้นต้นโดยผ่านบ่อดักยางแล้วนำมาวิเคราะห์สมบัติของน้ำเสีย

- ก. ความเป็นกรด-ด่าง (pH) โดยใช้เครื่องวัดพีเอช (pH meter)

ข. ค่าบีโอดี (Biochemical oxygen demand) ซีโอดี (Chemical oxygen demand) ปริมาณออกซิเจนละลาย (Dissolved oxygen) ของแข็งแขวนลอย (Suspended solid) ปริมาณไนโตรเจน (Total nitrogen) ซัลเฟต (Sulfate) ฟอสฟอรัส (Phosphorus) โดยวิธีมาตรฐาน (Standard method for the Examination of Water and Wastewater (APHA, AWWA and WEF, 1995)

2.1 อุปกรณ์และสารเคมี

2.1.1 สารเคมีและเครื่องมือในการหาค่าบีโอดี ซีโอดี ของแข็งแขวนลอย ไนโตรเจน ฟอสฟอรัส ซัลเฟต

2.1.2 เครื่อง pH มิเตอร์

2.1.3 อุปกรณ์การเก็บน้ำเสีย

3. การศึกษาปัจจัยที่มีผลต่อประสิทธิภาพการบำบัดน้ำเสียจากโรงงานน้ำยางชั้นระบบตะกอนเร่งแบบที่ละเทและแบบต่อเนื่องในสถานะต่างๆ

3.1 การศึกษา F/M ratio ที่เหมาะสมในการบำบัดน้ำเสียโรงงานน้ำยางชั้นด้วยระบบตะกอนเร่งแบบที่ละเท

ป้อนน้ำเสียจากโรงงานดังกล่าวเข้าสู่ระบบตะกอนเร่งแบบที่ละเทที่อุณหภูมิห้อง เนื่องจากน้ำเสียมีสภาพเป็นกรดจึงต้องปรับพีเอชก่อนเข้าสู่ระบบ ซึ่งถือว่าพีเอชเป็นพารามิเตอร์ที่สำคัญในการควบคุมกระบวนการบำบัดน้ำเสียทางชีวภาพ พีเอชที่เหมาะสมในการบำบัดน้ำเสียที่อาศัยหลักทางชีวภาพเท่ากับ 6.5-8.5 โดยน้ำเสียโรงงานน้ำยางชั้นมีพีเอชต่ำหรือมีสภาพเป็นกรดสามารถทำให้เป็นกลางโดยใช้ปูนขาวหรือแคลเซียมไฮดรอกไซด์ ($\text{Ca}(\text{OH})_2$) แทนการใช้โซเดียมไฮดรอกไซด์ (NaOH) ซึ่งจะก่อให้เกิดปัญหาอุคตันในท่อ และปูนขาวมีราคาถูกที่สุดในสารประเภทต่างที่ใช้ในการปรับพีเอชน้ำเสียซึ่งลดต้นทุนการบำบัดน้ำเสีย จากงานวิจัยของ Sudhir *et al.*, (1998) ศึกษาการบำบัดน้ำเสียระบบตะกอนเร่งความเข้มข้น COD 10,000 mg/l pH 8.8 ควบคุมค่า F/M ratio ในช่วง 0.15-0.6 วัน⁻¹ ความเข้มข้นโซเดียมไอออน (Na^+) สูงประมาณ 2,000 mg/l ซึ่งเกิดจากการเติมโซเดียมไฮดรอกไซด์ในขั้นตอน pretreatment พบว่าตะกอนจุลินทรีย์มีการตกกมน้อยเนื่องจากโซเดียมไอออนมีความเข้มข้นสูงทำให้ประสิทธิภาพในการบำบัดน้ำ (Kenneth A. Mikkelson, 1995) ดังนั้นระบบจึงควรเลือกใช้แคลเซียมไฮดรอกไซด์

งานวิจัยนี้ควบคุมการดำเนินการ F/M ratio เท่ากับ 0.2 0.3 0.4 0.5 และ 0.6 วัน⁻¹ ที่ HRT 4 6 8 และ 10 ชั่วโมง F/ M ratio สามารถเปลี่ยนแปลงโดยการปรับเปลี่ยน 1. ความเข้มข้นของ BOD₅ หรืออัตราการไหล 2. ปริมาตรถังเติมอากาศ 3. ความเข้มข้นของ MLSS พบว่าการเปลี่ยนความเข้มข้นของ MLSS เป็นทางเลือกที่ง่ายที่สุด การลดความเข้มข้นของ MLSS และการทิ้งตะกอนจะทำให้ F/M ratio เพิ่มขึ้น

ขณะที่การเพิ่ม MLSS ในถังเติมอากาศและไม่มีการนำตะกอนไปทิ้งจะทำให้ F/M ratio ลดลง และควบคุมค่าภาระบรทุกสารอินทรีย์อยู่ในช่วง 0.4-1.2 kg.BOD₅.m⁻³.d⁻¹ ซึ่งถือเป็น Convention treatment rate (Hawkes, 1983) ซึ่ง Nazareth (1990) ศึกษาการเปลี่ยนแปลงค่าบรทุกสารอินทรีย์ พบว่าที่ค่าบรทุกสารอินทรีย์ต่ำๆ (COD 200 mg/l) เกิดไนตริฟิเคชัน 70 % เมื่อเติมอากาศระบบเอสปีอาร์ 2 ชม. ในขณะที่ค่าภาระบรทุกสูง (COD 800 mg/l) เกิดไนตริฟิเคชันเพียง 24 %

การศึกษาทำโดยการนำตะกอนจุลินทรีย์ที่เลี้ยงในน้ำเสียจนเชื้อจุลินทรีย์เคชินและปรับสภาพผสมกับน้ำเสียให้ได้อัตราส่วน F/M ที่ต้องการ จากนั้นให้อากาศโดยเครื่องเติมอากาศแบบใช้ในตู้ปลาโดยควบคุมค่าออกซิเจนละลายประมาณ 3-4 mg/l เพื่อให้การบำบัดน้ำเสียไม่มีขีดจำกัดเนื่องจากออกซิเจนไม่เพียงพอ โดยพบว่าออกซิเจนละลายต่ำเป็นสาเหตุให้เกิดบัลกิงแบบเส้นใย ความต้องการออกซิเจนละลายไม่ใช่ค่าคงที่แต่จะขึ้นกับ F/M rate (Michael Richard, 2002) เก็บน้ำตัวอย่างวิเคราะห์ BOD₅ และ COD ทุกวันต่อเนื่อง 2 อาทิตย์

3.1.1 อุปกรณ์และสารเคมี

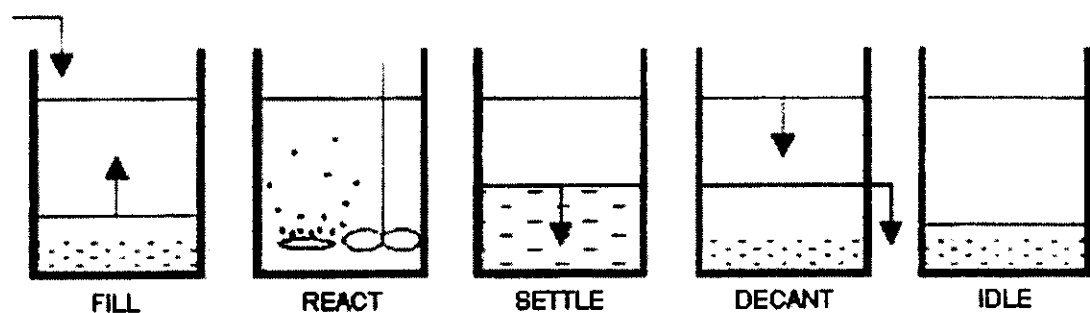
3.1.1.1 สารเคมีและเครื่องมือในการหาค่าบีโอดี ซีโอดี ของแข็งแขวนลอย

3.1.1.2 เครื่อง pH มิเตอร์

3.1.1.3 DO มิเตอร์

3.1.1.4 อุปกรณ์การเก็บน้ำเสีย

3.1.1.5 ชุดอุปกรณ์การเติมอากาศและชุดถังปฏิกรณ์แบบทีละเท



ภาพประกอบ 5 ชุดอุปกรณ์ถังปฏิกรณ์แบบทีละเท

3.2 การศึกษา HRT ที่เหมาะสมในการบำบัดน้ำเสียโรงงานน้ำยางชั้นระบบตะกอนเร่งแบบทีละเท

งานวิจัยนี้ดำเนินการโดยการควบคุม F/M ratio เท่ากับ 0.4 วัน⁻¹ ซึ่งเป็นค่าที่ให้ประสิทธิภาพการกำจัด BOD₅ และ COD สูงสุดดังผลการทดลองในหัวข้อ 3.1 มีภาระบรทุกสารอินทรีย์ 1.028 kg.BOD₅.m⁻³.d⁻¹ ที่ HRT เท่ากับ 12 15 และ 24 ชั่วโมง ขนาดของถังเติมอากาศขึ้นกับรูปแบบต่างๆของ

กระบวนการ ความเข้มข้นของสารอินทรีย์และประสิทธิภาพที่ต้องการ โดยทั่วไปน้ำเสียชุมชน ระยะเวลาเก็บกักในถังเติมอากาศประมาณ 6-14 ชั่วโมง แต่ในน้ำเสียโรงงานจะเปลี่ยนแปลงตาม ความเข้มข้นสารอินทรีย์ (Kenneth A. Mikkelsen, 1995) กล่าวคือระยะเวลาที่ใช้ในการบำบัดน้ำเสียใน ถังเติมอากาศต้องมากพอที่จุลินทรีย์ใช้ย่อยสลายสารอินทรีย์ หากระยะเวลาดำเนินไปสารที่ย่อยยาก จะถูกย่อยไม่ถึงขั้นสุดท้าย ทำให้น้ำที่ผ่านการบำบัดมี BOD_5 เหลืออยู่มาก

3.3 การศึกษาความเข้มข้นของซัลเฟตที่มีผลต่อการบำบัดน้ำเสียโรงงานน้ำยางชั้นด้วยระบบ ตะกอนเร่งแบบที่ละเท

น้ำเสียชุมชนมีองค์ประกอบซัลเฟตอยู่ระหว่าง 20-500 mg/l แต่ในโรงงานอุตสาหกรรมจะมี ปริมาณสูงกว่าซึ่งอยู่ในรูปของซัลเฟต ซัลไฟด์หรือองค์ประกอบซัลเฟอร์ ปริมาณซัลเฟตในโรงงาน น้ำยางชั้นเกิดจากการผลิตยางสกิมในปริมาณสูง (แกมกาญจน์ รักษาพรหมณ์, 2539)

การทดลองทำโดยควบคุมค่า F/M ratio เท่ากับ 0.4 วัน^{-1} มีค่าภาระบรรทุกสารอินทรีย์เท่ากับ $1.242 \text{ kg.BOD}_5 \cdot \text{m}^3 \cdot \text{d}^{-1}$ และ HRT เท่ากับ 12 ชั่วโมง ซึ่งพารามิเตอร์ที่ควบคุมทั้งสองให้ประสิทธิภาพการ กำจัด BOD_5 และ COD สูงสุดตั้งผลการทดลองหัวข้อ 3.1 และ 3.2 ทำการเปลี่ยนแปลงค่าความเข้มข้น ของซัลเฟตโดยการเติมเกลือ โซเดียมซัลเฟต (Na_2SO_4) ในปริมาณที่แตกต่างกันให้ได้ความเข้มข้นที่ ต้องการ ซึ่งสามารถวิเคราะห์ความเข้มข้นซัลเฟตด้วยเครื่อง UV-Spectrophotometer ความยาวคลื่น 420 นาโนเมตร

3.4 การศึกษาความเข้มข้นของแคลเซียมที่มีผลต่อการบำบัดน้ำเสียโรงงานน้ำยางชั้นด้วยระบบ ตะกอนเร่งแบบที่ละเท

แร่ธาตุมีบทบาทสำคัญใน metabolism ของจุลินทรีย์โดยแบ่งเป็น 2 กลุ่มบนพื้นฐานความต้องการ ของเซลล์ คือความต้องการแร่อาหารรอง (micronutrients) ที่ปริมาณต่ำมากๆ นานครั้งที่เติมลงในน้ำเสีย ที่บำบัดแบบชีวภาพ ส่วนแร่อาหารหลัก (macronutrients) แม้ว่าจะต้องการนานๆ ครั้ง แต่บางครั้งอาจ จำเป็นต้องเติม โดยเฉพาะเมื่อน้ำเสียได้รับการบำบัดทางเคมีซึ่งกำจัดอินทวยออกมาก่อนการบำบัด ทางชีวภาพ แคลเซียมเป็นแร่อาหารหลักที่เกี่ยวข้องกับการคงตัวของผนังเซลล์เช่นเดียวกับความคงตัว ทางความร้อนของ (Spores) ของแบคทีเรีย (ธีระ เกรอด, 2539)

ปริมาณแคลเซียมที่มีในน้ำเสียโรงงานน้ำยางชั้นขึ้นกับปริมาณแคลเซียมไฮดรอกไซด์ที่เติมเพื่อ ปรับสภาพความเป็นกรด-ด่างให้เป็นกลางก่อนเข้าระบบบำบัดชีวภาพ โดยส่วนใหญ่อัตราส่วนของ แคลเซียมที่เติมลงไปเท่ากับ $62 \times 10^{-4} \text{ mg/mg BOD}_5$ หัวข้อวิจัยนี้ศึกษาอิทธิพลความเข้มข้นแคลเซียมต่อ ประสิทธิภาพการบำบัดระบบตะกอนเร่งแบบที่ละเท โดยควบคุมค่า F/M ratio เท่ากับ 0.4 วัน^{-1} ภาระ

บรรทุกสารอินทรีย์ $1.208 \text{ kg.BOD}_5.\text{m}^{-3}.\text{d}^{-1}$ และ HRT 12 ชั่วโมง และทำการเปลี่ยนแปลงค่าความเข้มข้นของแคลเซียมโดยการเติมเกลือแคลเซียมคลอไรด์ (CaCl_2) ในปริมาณที่แตกต่างกันให้ได้ความเข้มข้นที่ต้องการ ซึ่งสามารถวิเคราะห์ความเข้มข้นแคลเซียมด้วยเทคนิค Atomic absorption Spectrophotometry

3.5 การศึกษา HRT เหมาะสมในการบำบัดน้ำเสียโรงงานน้ำยางชั้นระบบตะกอนเร่งแบบ ต่อเนื่อง

ระบบตะกอนเร่งแบบต่อเนื่อง ถูกดำเนินการประมาณ 2 เดือนที่อุณหภูมิจากห้องเพื่อให้จุลินทรีย์ปรับสภาพเพื่อปล่อยเอนไซม์ในการย่อยสลายน้ำเสียจากโรงงานน้ำยางชั้น และมีปริมาณตะกอนจุลินทรีย์เพียงพอเพื่อให้ได้อัตราส่วน F/M ratio ที่เหมาะสมจนกระทั่งเข้าสู่สถานะคงตัว จากการดำเนินการระบบตะกอนเร่งที่ละเทพบว่าอัตราส่วน F/M ratio ที่เหมาะสมเท่ากับ 0.4 วัน^{-1}

การบำบัดน้ำเสียแบบตะกอนเร่งต้องการอาหารเสริมในอัตราส่วนที่เหมาะสม อาหารเสริมที่จุลินทรีย์ต้องการได้แก่ ไนโตรเจน ฟอสฟอรัส โดยอัตราส่วน $\text{BOD}_5:\text{N}:\text{P}$ เท่ากับ 100:5:1 ซึ่งเป็นอัตราส่วนที่เหมาะสมในการกำจัด BOD_5 นอกจากนี้เหล็กและซัลเฟอร์ (sulfur) ยังมีความสำคัญต่อกระบวนการตะกอนเร่ง โดยปกติสารอาหารเหล่านี้จะมีอยู่อย่างเพียงพอในน้ำเสียชุมชน แต่อาจไม่เพียงพอในน้ำเสียจากโรงงานอุตสาหกรรม ซึ่งการขาดอาหารเสริมจะทำให้จุลินทรีย์สร้างฟล็อกได้ไม่ดี จนทำให้จุลินทรีย์ชนิดเส้นใยเจริญเติบโตได้มากกว่าดังแสดงในตารางที่ 6 ซึ่งทำให้ตะกอนจุลินทรีย์ตกตะกอนได้ยากและเกิดตะกอนเหนียวหนืดซึ่งเกิดจาก exopolysaccharide และเกิด foam ในถังเติมอากาศ และอาจมีตะกอนไหลล้นออกมากับน้ำทิ้งได้ การตรวจสอบความต้องการสารอาหารโดยการตรวจสอบคุณภาพน้ำทิ้งต้องประกอบด้วย 1 mg/l total inorganic nitrogen (TIN = ammonia + nitrate + nitrite) และ $0.5\text{-}1.0 \text{ mg/l}$ ortho-phosphorus

Diez *et al.*, (2001) ศึกษาผลกระทบของสารอาหารในการบำบัดน้ำเสียระบบตะกอนเร่งโรงงานผลิตเยื่อกระดาษ โดยการเปลี่ยนแปลง HRT ในช่วง 4.5-48 ชั่วโมง โดยการเติมไนโตรเจนและฟอสฟอรัสเพื่อกำจัด BOD_5 , COD TSS VSS phenol compound tanin, lignin และสารพิษต่างๆ พบว่าไนโตรเจนและฟอสฟอรัสที่เติมในอัตราส่วน $\text{BOD}_5:\text{N}:\text{P}$ เท่ากับ 100:5:0.3 ให้ประสิทธิภาพการกำจัด BOD_5 , COD SS สูงสุด

3.5.1 อุปกรณ์และสารเคมี

3.5.1.1 สารเคมีและเครื่องมือในการหาค่าบีโอดี ซีโอดี ของแข็งแขวนลอย ไนโตรเจน ฟอสฟอรัส ซัลเฟตและแคลเซียม

3.5.1.2 DO มิเตอร์

3.5.1.3 เทอร์โมมิเตอร์

3.5.1.4 ชุดอุปกรณ์เติมอากาศ

3.5.1.5 เครื่อง pH มิเตอร์

3.5.1.6 อุปกรณ์การเก็บน้ำเสีย

3.5.1.7 เครื่องสูบน้ำเสียเข้าถังปฏิกรณ์และสูบตะกอนกลับ (Peristaltic pump) จำนวน 3 เครื่อง

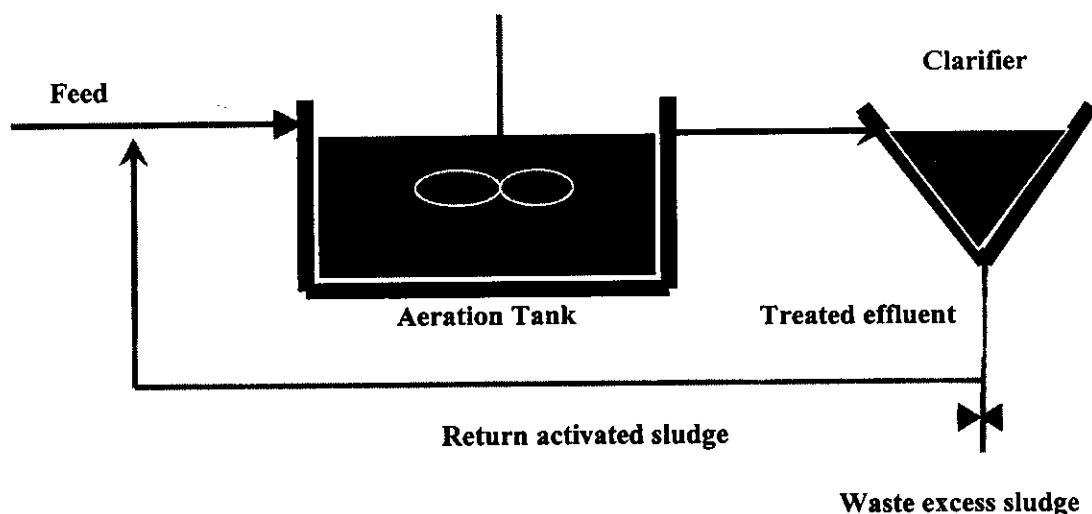
3.5.1.8 ชุดถังปฏิกรณ์แบบไหลต่อเนื่อง ซึ่งประกอบด้วย

- ถังเติมอากาศ (Aeration tank) ทำหน้าที่เป็นถังเลี้ยงจุลินทรีย์ที่แขวนลอยอยู่ในน้ำเสีย ซึ่งภายในถังเติมอากาศจะติดตั้งอุปกรณ์ในการเติมอากาศและต้องมีการกวนอย่างสมบูรณ์ ผลจากการกวนหรือการเติมอากาศจะทำให้แบคทีเรียรวมทั้งจุลินทรีย์อื่นๆบ้างเล็กน้อยจับตัวกันเป็นตะกอนที่เรียกว่าฟล็อก ซึ่งมักมีสีน้ำตาลกระจายระจายไปทั่ว ฟล็อกที่ดีจะต้องมีขนาดใหญ่และจมตัวได้ง่าย ซึ่งเมื่อฟล็อกนี้ตกตะกอนรวมตัวกันก็จะกลายเป็นสลัดจ์

- ถังตกตะกอน (Clarifier) ซึ่งเป็นอุปกรณ์ที่ทำหน้าที่ช่วยแยกระหว่างชั้นน้ำใสผ่านกระบวนการบำบัดแล้วจากถังเติมอากาศ โดยภายในถังตกตะกอนจะมีการนำสลัดจ์ส่วนหนึ่งย้อนกลับไปใสในถังเติมอากาศ เพื่อเพิ่มปริมาณแบคทีเรียให้แก่ น้ำเสีย เพื่อทำให้เกิดการย่อยสลายได้เร็วขึ้น โดยสลัดจ์ที่นำย้อนกลับไปนี้ควรมีอายุหรือระยะเวลาเจริญของแบคทีเรียอยู่ในระยะคงตัว

- Return sludge เป็นการนำเอาสลัดจ์ส่วนหนึ่งจากถังตกตะกอนย้อนกลับไปใสในถังเติมอากาศ เพื่อเพิ่มปริมาณแบคทีเรียให้แก่ น้ำเสีย เพื่อจะทำให้การย่อยสลายเกิดได้เร็วขึ้น สลัดจ์ที่นำย้อนกลับไปนี้ควรมีอายุหรือระยะเวลาเจริญของแบคทีเรียอยู่ในระยะคงตัวซึ่งอยู่ในช่วง Log growth phase ซึ่งแบคทีเรีย Active มาก

- Waste excess sludge เป็นการระบายสลัดจ์ส่วนเกินออกไปไม่ให้สะสมมากเกินไป เพื่อที่จะได้รับฟล็อกที่ตกตะกอนเพิ่มลงมาใหม่อีก สลัดจ์ส่วนที่ระบายออกไปนี้ยังมีแบคทีเรียเป็นจำนวนมากอาจนำไปบำบัดต่อไป



ภาพประกอบ 6 แบบโครงสร้างถังปฏิกรณ์แบบไหลต่อเนื่องของกระบวนการบำบัดน้ำเสียแบบตะกอนเร่ง

3.5.2 การเพาะเลี้ยงเชื้อจุลินทรีย์

3.5.2.1 จัดเตรียมถังปฏิกรณ์แบบไหลต่อเนื่องซึ่งประกอบด้วยถังเติมอากาศ ถังตกตะกอน ปั๊มเครื่องเติมอากาศ

3.5.2.2 เก็บน้ำเสียแล้วนำไปวิเคราะห์หาคุณภาพน้ำก่อนเข้าระบบก่อนป้อนเข้าระบบ ส่วนที่เหลือนำไปเก็บในตู้เย็นอุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส โดยปริมาณน้ำเสียที่เก็บมาในแต่ละครั้งสามารถทำการทดลองได้ 1 สัปดาห์

3.5.2.3 นำเชื้อจุลินทรีย์ที่เพาะเลี้ยงไว้ใส่ในถังเติมอากาศเป็นครั้งหนึ่งของความจุของถัง และเติมน้ำเสียอย่างช้าๆ โดยเพิ่มครั้งละ 10% จนครบ 100% หากเป็นไปได้ควรเดินระบบแบบที่ละเทห์ให้นานที่สุดเท่าที่จะควบคุมระบบได้ การเพิ่มปริมาณน้ำเสียแต่ละขั้นอาจใช้เวลา 2-3 วันหรือนานเป็นสัปดาห์ ขึ้นอยู่กับความพร้อมของแบคทีเรีย ความพร้อมของระบบในการรับน้ำเสียเพิ่มอาจพิจารณาได้จากปัจจัยต่างๆ ดังนี้

1. ค่า F/M ratio ของระบบไม่ควรเกิน 0.05-0.1 (F วัดอยู่ในรูป COD) ตลอดเวลา
2. ระดับพีเอชของระบบต้องเป็นกลาง และไม่ลดลงระหว่างการบำบัดช่วงแรก
3. เมื่อทำการทดสอบการตกตะกอนในกระบอกตวงขนาด 1,000 ml สถิติจต้องตกตะกอนได้อย่างรวดเร็วและให้น้ำใส ระยะแรก V_{30} อาจต่ำกว่า 100 mg/l แต่มีค่าสูงขึ้นเรื่อยๆเมื่อเติมน้ำเสีย เมื่อระบบรับน้ำเสียเต็มที่แล้ว V_{30} ควรอยู่ในช่วง 200-600 mg/l

3.5.2.4 เปิดเครื่องให้ออกซิเจนแก่แบคทีเรียตลอดเวลา โดยกำหนดให้มีค่า DO อยู่ในช่วง 3-4 mg/l

3.5.2.5 วิเคราะห์ปริมาณของแฉ่งแฉวนลอยและ V_{30}

3.5.2.6 สูบน้ำเสียเข้าระบบให้มีอัตราการไหลตามที่กำหนด โดยกำหนดให้ระบบมีค่า F/M ratio ที่เหมาะสมตามการทดลองหัวข้อ 3.2 โดยเปลี่ยนแปลงระยะเวลาการกักเก็บ

3.5.2.7 วิเคราะห์ที่ออกจากระบบจนกระทั่งกระบวนการเข้าสู่สถานะคงตัว โดยความถี่ในการวิเคราะห์คุณภาพน้ำ (BOD₅, COD, pH, SS) เท่ากับ 3 ครั้งต่อสัปดาห์

ผลการเพาะเลี้ยงเชื้อจุลินทรีย์

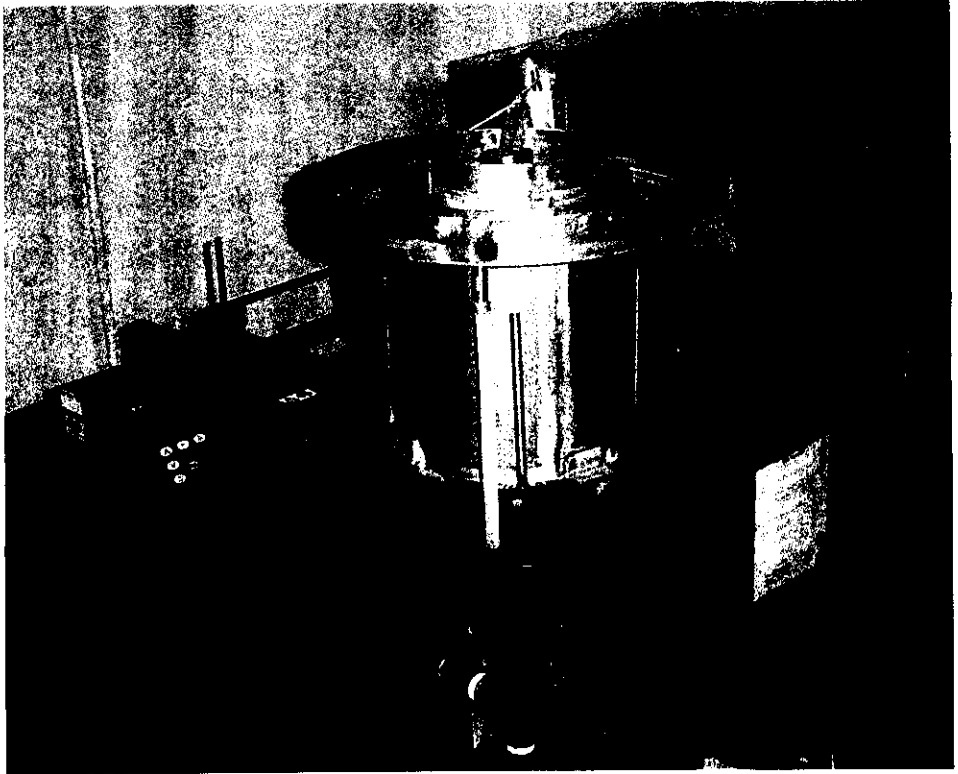
การเพาะเลี้ยงเชื้อตอนเริ่มต้นทำโดยการนำเชื้อจุลินทรีย์จากโรงงานอาหารทะเลมาทำการเพาะเลี้ยงโดยใช้น้ำเสียจากโรงงานน้ำยางชั้นเป็นอาหารในการเพาะเลี้ยงเชื้อ โดยในการทดลองแบบทีละเทจะมีการเติมอากาศนาน 12 ชั่วโมงแล้วหยุดการเติมอากาศ ทิ้งให้เชื้อจุลินทรีย์ตกตะกอนและทำการถ่ายน้ำใสส่วนบนทิ้งไป ทำซ้ำจนกระทั่งปริมาณจุลินทรีย์เพิ่มขึ้นมากพอที่จะทำการทดลองและตะกอนต้องตกจมได้ดีซึ่งการเจริญเติบโตของจุลินทรีย์อยู่ในช่วง Declining growth phase

ช่วงเริ่มต้นการเพาะเลี้ยงเชื้อจุลินทรีย์พบว่าตะกอนมีการตกจมช้า และน้ำส่วนบนมีลักษณะขุ่น โดยสภาพภายในถังเพาะเชื้อต้องรักษาให้มีค่าความเป็นกรด-ด่าง อยู่ในช่วง 6.5-8.5 เนื่องจากการเกิดออกซิเดชันของระบบ ในการย่อยสลายอินทรีย์สารในน้ำเสียน้ำค่าความเป็นกรด-ด่างที่เหมาะสมอยู่ในช่วงค่าดังกล่าว ในช่วงแรกการเพิ่มจำนวนของจุลินทรีย์จะต่ำ ซึ่งกล่าวได้ว่าอยู่ในช่วง Lag growth phase เนื่องจากจุลินทรีย์ต้องใช้เวลาในการปรับตัวให้เข้ากับสิ่งแวดล้อมและสร้างเอนไซม์ที่จำเป็นในการย่อยสลายอินทรีย์สารในน้ำเสีย โดยเฉพาะอย่างยิ่งจุลินทรีย์ที่ใช้น้ำมาจากโรงงานอาหารทะเลนั้นต้องใช้เวลาในการปรับสภาพให้เข้ากับน้ำเสียโรงงานน้ำยางชั้น ซึ่งคุณสมบัติของน้ำเสียทั้งสองโรงงานดังกล่าวมีความแตกต่างกัน และภายในถังเติมอากาศต้องมีการเติมออกซิเจนให้ค่าออกซิเจนละลายน้ำอยู่ในช่วง 3-4 mg/l และมีการกวนอย่างทั่วถึงเพื่อไม่ให้ตะกอนบางส่วนจมตัวอยู่ก้นถังซึ่งทำให้เกิดสภาวะไร้อากาศ (Anaerobic condition) ซึ่งสิ่งเหล่านี้ล้วนเป็นปัจจัยสำคัญในการเจริญเติบโตของจุลินทรีย์ เมื่อควบคุมปริมาณน้ำเสียที่เติมให้คงที่ สังเกตได้ว่าปริมาณตะกอนเพิ่มขึ้นอย่างรวดเร็วทราบโดยการวิเคราะห์ค่าของแฉ่งแฉวนลอยหรือปริมาณของแฉ่งที่ตกจม 30 นาที (V_{30}) และพบว่าตะกอนตกจมได้ดี น้ำส่วนบนมีลักษณะใส และเมื่อตะกอนเพิ่มขึ้นจะเห็นได้ว่าตะกอนมีสีเข้มขึ้นและมีปริมาณค่อนข้างคงที่ การเปลี่ยนแปลงดังกล่าวอธิบายได้ว่า เมื่อมีการให้อาหารในปริมาณคงที่ จุลินทรีย์จะมีอัตราการเพิ่มขึ้นจนถึงจุดที่อาหารไม่เพียงพอต่อความต้องการของจุลินทรีย์ที่เพิ่มขึ้น ดังนั้นอัตราการเกิดและการตายจะใกล้เคียงกัน เมื่อเลี้ยงจุลินทรีย์ภายในถังปฏิกรณ์นานขึ้นค่าอายุตะกอน (θ_c) มากขึ้นทำให้จุลินทรีย์ในถังมีสีเข้มและมีความหนาแน่นสูงกว่าจุลินทรีย์ที่เกิดใหม่จึงตกตะกอนได้ดี

เมื่อนำตะกอนตัวอย่างที่เพาะเลี้ยงมาวิเคราะห์พบว่ามีค่าของแข็งแขวนลอยประมาณ 4,000 mg/l ค่าความเป็นกรดค้างอยู่ในช่วง 7.5-8.1 ปริมาณออกซิเจนละลายประมาณ 4 mg/l และมีการตกจมได้ดี จึงถือได้ว่าระยะนี้ตะกอนจุลินทรีย์ที่เพาะเลี้ยงไว้มีความเหมาะสมในการทดลองที่กำหนดไว้ สรุปได้ว่างานวิจัยนี้ดำเนินการควบคุมตั้งพารามิเตอร์ดังนี้

ตารางที่ 7 แสดงพารามิเตอร์ที่ควบคุมระบบตะกอนเร่งแบบต่อเนื่อง ที่ HRT เท่ากับ 1 วัน

Parameter	Conventional operation
Effective volume (l)	120
HRT (h)	24.0
Temperature ($^{\circ}$ C)	room temp.
Dissolved oxygen (mg/l)	3-4
Influent flow rate (l/h)	5.00
Return activated sludge (L/h)	2.50
F:M ratio (g BOD ₅ / [g MLSS.d])	0.40
pH	6.5-7.5



ภาพประกอบ 7 เครื่องมือและอุปกรณ์ที่ใช้ในการทดลองแบบไหลต่อเนื่องของกระบวนการบำบัดน้ำเสียระบบตะกอนเร่ง

หมายเหตุ : ระบบตะกอนเร่งจะทำงานอย่างมีประสิทธิภาพ เมื่อสภาวะแวดล้อมในน้ำผสมระหว่างน้ำทิ้งกับตะกอนแบคทีเรียในถังเดิมอากาศคือ

1. ปริมาณออกซิเจนละลายในถังเดิมอากาศควรอยู่ในช่วง 3-4 mg/l สูงสุดไม่เกิน 4 mg/l ถ้าสูงกว่านี้จะสิ้นเปลืองพลังงานโดยไม่จำเป็น และต้องไม่น้อยกว่า 0.5 mg/l ตลอดเวลา
2. ต้องมีอาหารเสริมสร้างพอเพียงที่สำคัญได้แก่ ไนโตรเจนและฟอสฟอรัส ในอัตราส่วน $BOD_5:N:P$ เท่ากับ 100:5:1
3. ค่า pH จะต้องอยู่ในช่วง 6.5-8.5
4. อุณหภูมิไม่ควรเกิน $37^{\circ}C$
5. ปริมาณสารพิษต้องไม่สูงเกินความเข้มข้นที่กำหนด