บทที่ 3
แผนการทดลองและการดำเนินการวิจัย

3.1 แผนการทดลอง

การวิจัยนี้เป็นการศึกษาในระดับห้องปฏิบัติการเพื่อหาผลของอัตราส่วนบีโอดีต่อฟอสฟอรัสต่อการกำจัดฟอสฟอรัสและต่อลักษณะของสลัดจ์ที่เกิดขึ้น รวมทั้งหาระยะเวลาการเติมอากาศในช่วงแอโรบิกในกระบวนแอนแอโรบิก/แอโรบิก เพื่อให้มีประสิทธิภาพในการกำจัดฟอสฟอรัสดีที่สุดและสลัดจ์เกิดขึ้นน้อยที่สุดรวมทั้งรีดน้ำได้ง่ายที่สุดไปพร้อมๆกัน ซึ่งน้ำเสียที่ใช้เป็นน้ำเสียสังเคราะห์โดยมีสัดส่วนบีโอดีต่อฟอสฟอรัส 3 ค่าคือ ชนิดที่มีแหล่งคาร์บอนมากเกินพอ (CE), ชนิดที่มีแหล่งคาร์บอนจำกัด (CL) และชนิดที่พอดีต่อการกำจัด (OK)

3.1.1 ตัวแปรกำหนด

ตัวแปรกำหนดคือตัวแปรที่ต้องการให้มีค่าคงที่ตลอดการทดลอง ได้แก่

- อัตราการไหลของน้ำเสียเข้า เท่ากับ 36 ลิตร/วัน
- อัตราการไหลของสลัดจ์เวียนกลับ เท่ากับ 36 ลิตร/วัน
- ปริมาตรของถังแอนแอโรบิก มีค่าเท่ากับ 3 ลิตร
- ปริมาตรของถังแอโรบิก มีค่าเท่ากับ 6 ลิตร
- ปริมาตรของถังตกตะกอน มีค่าเท่ากับ 2 ลิตร
- กำหนดระยะเวลากักพักน้ำในถังแอนแอโรบิก 2 ชั่วโมง
- กำหนดระยะเวลากักพักน้ำในถังแอโรบิก 4 ชั่วโมง
- กำหนดระยะเวลาในการตกตะกอน 40 นาที
- กำหนดค่า MLSS เริ่มต้น 2000-2500 มก/ล.
- กำหนดอุณหภูมิห้องเป็นอุณหภูมิที่ใช้ในการทดลอง 26-32 องศาเซลเซียส
- ลักษณะของน้ำเสียสังเคราะห์เริ่มต้นที่จะใช้ในการทดลองมีบีโอดีคงที่ แสดงไว้ดังตารางที่ 3.1

ตารางที่ 3.1 ลักษณะของน้ำเสียสังเคราะห์เริ่มต้นที่ใช้ในการทดลอง

ชนิดของน้ำเสีย	ลักษณะของน้ำเสียสังเคราะห์				
	บีโอดี (มก./ลิตร)	ไนโตรเจน (มก./ลิตร)	ฟอสฟอรัส (มก./ลิตร)	บีโอดี:ฟอสฟอรัส	พีเอช
CE	300	10.5	6.7	45:1	5.7-6.3
OK	300	10.5	15.0	20:1	5.7-6.3
CL	300	10.5	60.0	5:1	5.7-6.3

หมายเหตุ: CE = น้ำเสียบีโอดีปกติที่มีแหล่งคาร์บอนมากเกินพอ

OK = น้ำเสียบีโอดีปกติที่มีสัดส่วนพอดีต่อการกำจัด

CL = น้ำเสียบีโอดีปกติที่มีแหล่งคาร์บอนจำกัด

3.1.2 ตัวแปรอิสระ

การศึกษาวิจัยนี้ทำขึ้นเพื่อศึกษาผลของอัตราส่วนบีโอดีต่อฟอสฟอรัสและหาระยะเวลาในการเติมอากาศช่วงแอโรบิกที่เหมาะสมที่สุดในการกำจัดฟอสฟอรัสและมีปริมาณสลัดจ์เกิดขึ้นน้อยที่สุด รวมทั้งสามารถรีดน้ำได้ง่ายที่สุดด้วย ดังนั้นตัวแปรอิสระคือ อายุสลัดจ์ที่ใช้ซึ่งทำการทดลองที่อายุสลัดจ์ 2 ค่าด้วยกัน คือ 5 และ 10 วัน ปริมาณฟอสฟอรัสที่เปลี่ยนแปลงไปเพื่อให้ได้อัตราส่วนบีโอดีต่อฟอสฟอรัสแตกต่างกัน (ดังตารางที่ 3.1) และระยะเวลาในการเติมอากาศช่วงแอโรบิกเมื่อทำการทดลองแบบแบตช์

ในการศึกษานี้ทำการทดลองโดยใช้อุปกรณ์ 3 ชุดทำการทดลองกับน้ำเสียบีโอดีปกติ ซึ่งแต่ละชุดจะแตกต่างกันที่ชนิดของน้ำเสีย แต่สิ่งที่เหมือนกันคือระยะเวลากักพักน้ำในถังแอนแอโรบิก ระยะเวลากักพักน้ำในถังแอโรบิกและระยะเวลาในการตกตะกอน จะเริ่มทำการทดลองทั้ง 3 ชุดพร้อมๆ กัน และเมื่อระบบเข้าสู่สถานะคงตัวแล้วจะทำการยืดเวลาการเติมอากาศช่วงแอโรบิกออกไปอีกจนกระทั่งได้ระยะเวลาประมาณ 48 ชั่วโมงหรือจนกระทั่งมีประสิทธิภาพในการกำจัดฟอสฟอรัสลดลงเพื่อศึกษาการเปลี่ยนแปลงของพารามิเตอร์ต่างๆ ที่เกี่ยวข้องมาใช้ในการวิเคราะห์หาระยะเวลาการเติมอากาศที่เหมาะสมที่สุด

การดำเนินการของแต่ละชุดการทดลองและขั้นตอนการศึกษาวิจัยดังตารางที่ 3.2 และรูปที่ 3.1 ตามลำดับ ส่วนแนวคิดการเปรียบเทียบงานที่จะศึกษาในแต่ละชุดการทดลองเป็นดังตารางที่ 3.3

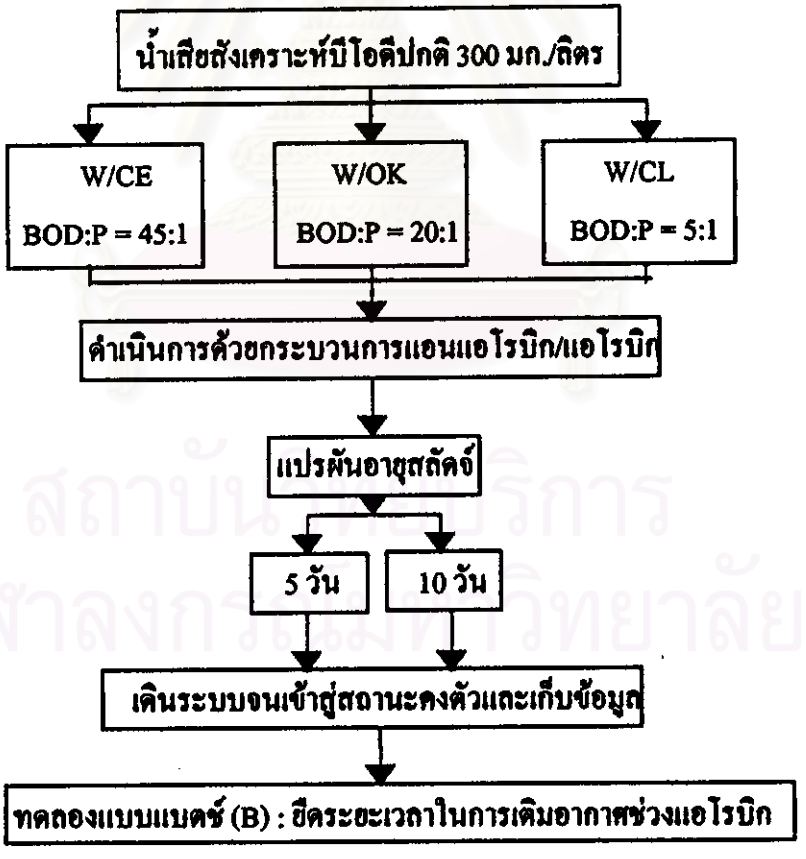
ตารางที่ 3.2 การดำเนินการของแต่ละชุดการทดลอง

การทดลองที่	ชื่อการทดลอง	ชนิดของน้ำเสีย	เอสอาร์ที (วัน)	เวลาในช่วงแอนแอโรบิก (ชั่วโมง)	เวลาในช่วงแอโรบิก (ชั่วโมง)
1	W/CE5	CE	5	2	4
2	W/OK5	OK			
3	W/CL5	CL			
4	W/CE10	CE	10	2	4
5	W/OK10	OK			
6	W/CL10	CL			

หมายเหตุ: CE = น้ำเสียบีโอดีปกติที่มีแหล่งคาร์บอนมากเกินพอ

OK = น้ำเสียบีโอดีปกติที่มีสัดส่วนพอดีต่อการกำจัด

CL = น้ำเสียบีโอดีปกติที่มีแหล่งคาร์บอนจำกัด



รูปที่ 3.1 ขั้นตอนการศึกษาวิจัย

ตารางที่ 3.3 สรุปแนวคิดการเปรียบเทียบงานที่จะศึกษาในแต่ละชุดทดลอง

กรณีที่	การทดลอง	ข้อแตกต่างหรือข้อเปรียบเทียบ
1	W/CE5 เปรียบเทียบกับ W/OK5 และ W/CL5	เป็นน้ำเสียบีโอดีปกติเหมือนกันและทำงานที่สภาวะเดียวกัน (อายุสลัดจ์ 5 วัน) แต่แตกต่างกันที่สัดส่วนของบีโอดีต่อฟอสฟอรัสในน้ำเสีย
2	W/CE10เปรียบเทียบกับW/OK10 และ W/CL10	เหมือนกรณีที่ 1 (อายุสลัดจ์ 10 วัน)
3	W/CE5 เปรียบเทียบกับ W/CE10	เป็นน้ำเสียบีโอดีปกติที่มีสัดส่วนบีโอดีต่อฟอสฟอรัสเดียวกัน คือมีแหล่งคาร์บอนมากเกินพอ ทำการเปรียบเทียบเมื่อมีอายุสลัดจ์ต่างกัน
4	W/OK5 เปรียบเทียบกับW/OK10	เหมือนกรณีที่ 5 แต่มีสัดส่วนบีโอดีต่อฟอสฟอรัสพอดีตามที่ควรจะเป็น
5	W/CL5 เปรียบเทียบกับ W/CL10	เหมือนกรณีที่ 5 แต่มีแหล่งคาร์บอนเป็นตัวจำกัด
6	เปรียบเทียบการทดลองแบบแบตช์ของน้ำเสียแต่ละชนิด	เปรียบเทียบผลการทำงานของระบบเมื่อทำการยืดเวลาในการเติมอากาศ

3.1.3 ตัวแปรตาม

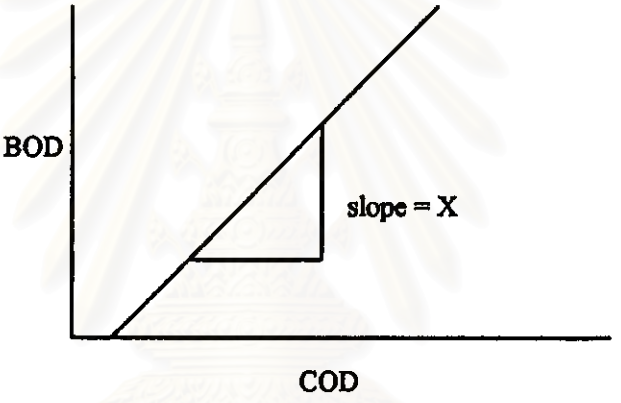
ตัวแปรตามที่จะต้องวิเคราะห์คือตัวแปรที่มีการเปลี่ยนแปลงไปเมื่อมีการเปลี่ยนแปลงค่าตัวแปรอิสระ ได้แก่ ค่าซีโอดี ไนโตรเจน ฟอสฟอรัส เอ็มแอลเอสเอส เอ็มแอลวีเอสเอส พีเอชเอ และลักษณะที่สำคัญอื่นๆของน้ำในระบบที่สถานะคงตัว ตลอดจนถึงค่าซีเอสที (Capillary Suction Time) และค่าความต้านทานจำเพาะ (Specific Resistance) ของสลัดจ์ที่บอกได้ถึงความสามารถในการรีดน้ำด้วย ซึ่งพารามิเตอร์ที่จะทำการวัดในแต่ละกระบวนการแสดงอยู่ในตารางที่ 3.5

3.2 การเตรียมน้ำเสียสังเคราะห์

ลักษณะน้ำเสียที่ใช้เป็นน้ำเสียสังเคราะห์ในห้องปฏิบัติการเพื่อให้มีลักษณะตามต้องการโดยเป็นน้ำเสียสังเคราะห์ที่สามารถย่อยสลายได้โดยวิธีทางชีวภาพอย่างรวดเร็ว (RBCOD) ส่วนประกอบของน้ำเสียใช้แหล่งคาร์บอนจากอะซิเทต (ในเทอมบีโอดี) กรดอะซิทิก (ในเทอมบีโอดี) และนิวเทรียนต์บรอธ (ในเทอมบีโอดี) โดยมีอัตราส่วนอะซิเทตต่อกรดอะซิทิกเป็น 2 ต่อ 1 ส่วนการเติมไนโตรเจนจะให้มีเพียงพอต่อการเจริญเติบโตของเซลล์จุลินทรีย์เท่านั้นโดยใช้อัตราส่วน BOD:N เท่ากับ 100:5 แต่เมื่อทำการทดลองพบว่ายังมีไนโตรเจนเหลืออยู่จึงลดไนโตรเจนลงอีก อัตราส่วนบีโอดีต่อไนโตรเจนที่ใช้จึงมีค่า 100:3.5 โดยน้ำเสียที่มีคาร์บอนมากเกินพอ (CE) มีสัดส่วนบีโอดีต่อฟอสฟอรัสเท่ากับ 45:1 น้ำเสียที่มี

ฟอสฟอรัสและแหล่งคาร์บอนพอดีต่อการจำกัด (OK) จะใช้สัดส่วนบีโอดีต่อฟอสฟอรัสเท่ากับ 20:1 ตามที่ Randall และคณะ(1992)ได้กล่าวไว้ สำหรับน้ำเสียที่มีแหล่งคาร์บอนจำกัด (CL) จะใช้สัดส่วนต่ำกว่า คือ 5:1

เนื่องจากในการทำน้ำเสียแต่ละชนิดการเตรียมสารเคมีต่างๆมักจะคำนวณออกมาในรูปซีโอดีเพราะการวัดปริมาณสารอินทรีย์ด้วยซีโอดีมีความสะดวกรวดเร็วกว่าบีโอดี ดังนั้นเพื่อที่จะคำนวณหาส่วนประกอบต่างๆของน้ำเสียได้จึงต้องทำการหาสัดส่วนของบีโอดีต่อซีโอดีก่อนโดยทำให้อยู่ในรูป BOD = XCOD ดังรูปที่ 3.2 และรายละเอียดการทดลองเพื่อหาสัดส่วนแสดงในภาคผนวก ก. จากนั้นจึงคำนวณหาส่วนประกอบต่างๆของน้ำเสียต่อไป ซึ่งส่วนประกอบของน้ำเสียแต่ละชนิดประกอบด้วยสารอาหารต่างๆดังแสดงในตารางที่ 3.4 และมีตัวอย่างรายละเอียดการคำนวณในภาคผนวก ข.



รูปที่ 3.2 กราฟแสดงการหาสัดส่วนของบีโอดีต่อซีโอดี

ตารางที่ 3.4 ส่วนประกอบของน้ำเสียสังเคราะห์

แหล่งสารอาหาร	สารอาหาร
แหล่งคาร์บอน:	$CH_3COONa.3H_2O$
	CH_3COOH
	Nutrient broth
แหล่งไนโตรเจน:	Nutrient broth
แหล่งฟอสฟอรัส:	KH_2PO_4
แหล่งธาตุอาหารสำคัญ:	$MgSO_4.7H_2O$
	$FeCl_3$
	$CaCl_2$

การแก้ปัญหาจากน้ำระเหย

ด้วยเหตุที่มีการเติมอากาศช่วงแอโรบิกมีระยะเวลานานมาก จึงทำให้เกิดปัญหาจากการระเหยของน้ำออกจากระบบ เพื่อควบคุมให้ปริมาตรของระบบคงที่ดังนั้นก่อนที่จะเริ่มต้นการทำงานของการทดลองจริง จะทำการศึกษาเพื่อหาอัตราการระเหยของน้ำเมื่อมีการเติมอากาศยาวนาน โดยใช้น้ำกลั่นปริมาตร 6 ลิตรเท่ากับปริมาตรของถังแอโรบิกที่จัดสร้างขึ้น ทำการเติมอากาศให้กับน้ำกลั่นดังกล่าวแล้วทำการวัดปริมาตรที่เปลี่ยนแปลงไปเมื่อเติมอากาศได้ระยะเวลาหนึ่ง จากการทดลองดังกล่าวจะได้ว่าปริมาตรที่หายไปในหนึ่งหน่วยเวลาของการเติมอากาศคืออัตราการระเหยของน้ำ ซึ่งค่าที่ได้นี้สามารถนำไปคำนวณหาปริมาตรของน้ำที่ต้องเติมให้กับระบบในแต่ละการทดลองได้ เพื่อควบคุมให้ปริมาตรของระบบคงที่

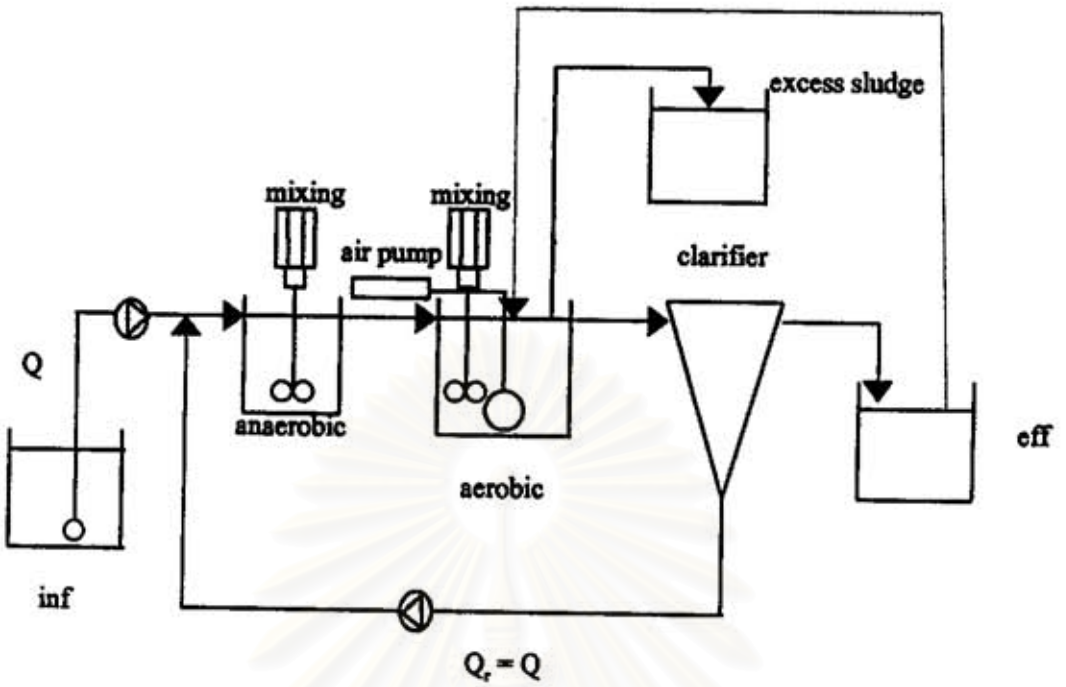
การยับยั้งปฏิกิริยาไนตริฟิเคชัน

จากการที่ระบบมีไนเทรตเกิดขึ้นได้ถ้ามีการเติมอากาศในช่วงแอโรบิกซึ่งส่งผลให้ระบบมีไนเทรตตกค้างอยู่ เมื่อสลัดจ์ถูกเวียนกลับไปยังถังแอนแอโรบิกอีกครั้งไนเทรตจะเป็นตัวรับอิเล็กตรอนตัวหนึ่งที่ให้พลังงานมากกว่าตัวรับอิเล็กตรอนตัวอื่น ส่งผลทำให้กระบวนการหมักไม่สามารถเกิดขึ้นได้ บีโอดีละลายจึงไม่เปลี่ยนเป็นกรดไขมันระเหยง่าย(VFAs)และไม่เกิดการกำจัดฟอสฟอรัส ดังนั้นการควบคุมการทำงานของระบบเพื่อทำให้ระบบสามารถกำจัดฟอสฟอรัสได้อย่างมีประสิทธิภาพคือควบคุมไม่ให้มีไนเทรตในช่วงแอนแอโรบิก (Randall และคณะ, 1992) ซึ่งสามารถทำได้โดยเติมตัวยับยั้ง (inhibitor) ไม่ให้เกิดไนตริฟิเคชันลงไปในระบบ ตัวยับยั้งดังกล่าวคือ เอทียู (Allylthiourea:ATU) ที่สามารถยับยั้งการออกซิไดส์แอมโมเนียเป็นไนไทรต์ได้เมื่อเติมลงไปในระบบที่ความเข้มข้น 5 มก./ลิตร (Wood และคณะ,1981 และ Volsch และคณะ,1990 อ้างโดย Gorska และคณะ,1996)

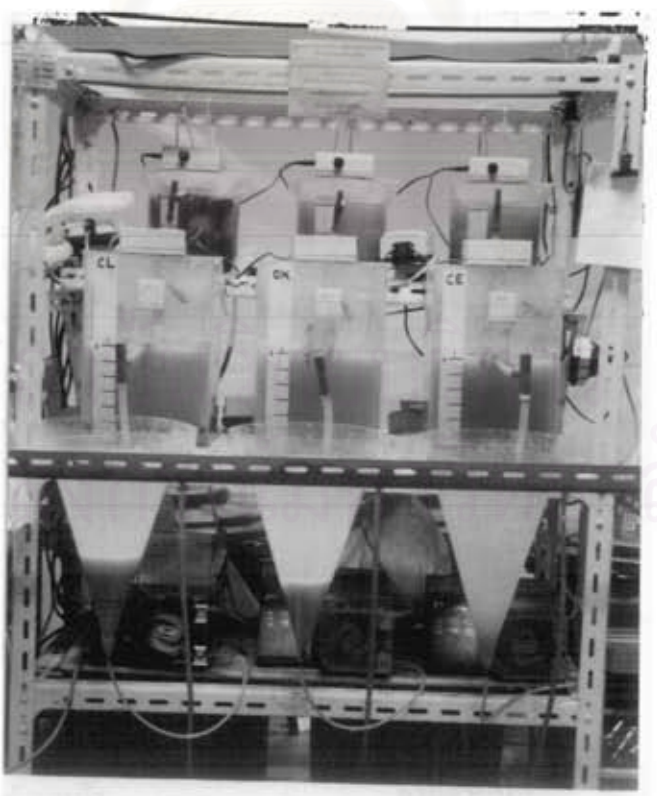
ในการทดลองนี้ได้ทำการหาผลของเอทียูต่อการทำงานของจุลชีพในการกำจัดซีโอดีและการยับยั้งไนเทรต โดยใช้ความเข้มข้นของเอทียูที่ 5 มก./ลิตร เติมลงไปในการทดลองแบบแบตช์ (ผลการทดลองแสดงไว้ในภาคผนวก ค. ซึ่งหากการเติมเอทียูมีผลต่อการทำงานของจุลชีพในการกำจัดซีโอดี จำเป็นต้องยับยั้งปฏิกิริยาไนตริฟิเคชันโดยวิธีอื่น คือลดปริมาณไนโตรเจนในน้ำเสียเข้าเพื่อให้เกิดปฏิกิริยาไนตริฟิเคชันลดลง

3.3 เครื่องมือและอุปกรณ์ที่ใช้ในการทดลอง

การวิจัยจะแบ่งออกเป็น 3 ชุดการทดลอง โดยเครื่องมือและอุปกรณ์ที่ใช้ในการทดลองแต่ละชุดประกอบด้วยส่วนต่างๆ ดังแสดงในรูปที่ 3.3 และ 3.4



รูปที่ 3.3 การติดตั้งเครื่องมือในแต่ละชุดการทดลอง



รูปที่ 3.4 การติดตั้งเครื่องมือและอุปกรณ์ที่ใช้ในการทดลอง

3.3.1 ถังปฏิกิริยา

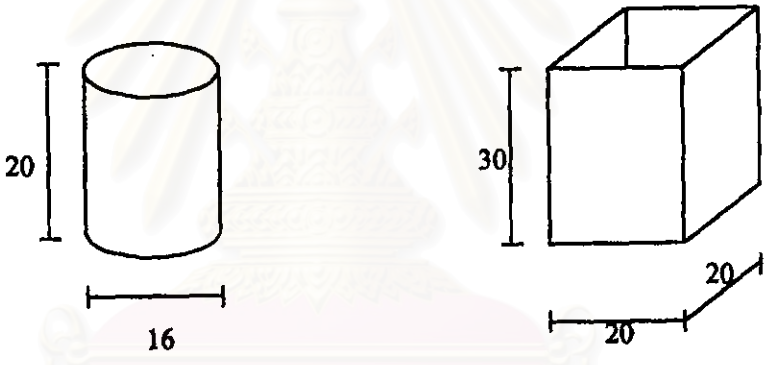
ถังปฏิกิริยาที่ใช้ในการวิจัยนี้แต่ละชุดมี 2 ถังด้วยกัน โดยมีชนิดและปริมาตรของถังดังต่อไปนี้

ก. ถังแอนแอโรบิก มีปริมาตร 3 ลิตร เป็นถังพลาสติกสำเร็จรูปทรงกระบอก ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 16 ซ.ม. สูง 20 ซ.ม. (ดังรูปที่ 3.5(ก)) ดัดแปลงให้เหมาะสมกับการทดลอง จำนวน 3 ใบ (1 ใบต่อ 1 ชุดการทดลอง)

ข. ถังแอโรบิก มีปริมาตร 6 ลิตร ทำมาจากอะคริลิกใส มีขนาด 20x20x30 ซ.ม.^{3} (ดังรูปที่ 3.5 (ข)) จำนวน 3 ใบ (1 ใบต่อ 1 ชุดการทดลอง)

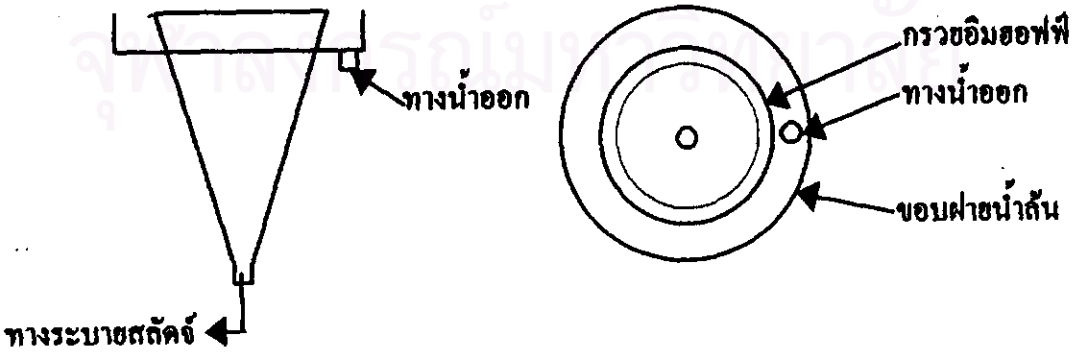
3.3.2 ถังตกตะกอน

ถังตกตะกอนที่ใช้เป็นกรวยพลาสติกสำเร็จรูปขนาด 2 ลิตรดัดแปลงให้มีความจุสุดท้ายเท่ากับ 2 ลิตร ดังรูปที่ 3.6 จำนวน 3 ใบ (1 ใบต่อ 1 ชุดการทดลอง)



(ก) ถังแอนแอโรบิก (ข) ถังแอโรบิก

รูปที่ 3.5 ถังปฏิกิริยา



ภาพด้านหน้า ภาพด้านบน

รูปที่ 3.6 ถังตกตะกอน (ดัดแปลงมาจากกรวยพลาสติกสำเร็จรูป)

3.3.3 ถังเก็บน้ำเสีย

ถังเก็บน้ำเสียเป็นถังพลาสติกขนาดจุ 70 ลิตร จำนวน 3 ใบ สำหรับเก็บน้ำเสียก่อนเข้าระบบ

3.3.4 ถังรองรับน้ำทิ้งที่ออกจากระบบ

ถังรองรับน้ำทิ้งที่ออกจากระบบ จะใช้ถังพลาสติกขนาดจุ 4 ลิตร ดัดแปลงให้มีปริมาตร 3.6 ลิตร โดยใส่ท่อระบายน้ำทิ้งระบายน้ำออกตลอดเวลา จำนวน 3 ใบ

3.3.5 ถังรองรับสลัดจ์ส่วนเกิน

ถังรองรับสลัดจ์ส่วนเกินจะใช้ขวดพลาสติกขนาดจุ 2 ลิตรรองรับสลัดจ์ส่วนเกินจากท่อระบายของถังแอโรบิกให้ได้ปริมาตรตามปริมาณสลัดจ์ส่วนเกินที่ต้องระบายออก เพื่อให้ได้ค่าอายุสลัดจ์ตามที่ต้องการ จำนวน 1 ใบ สำหรับใช้กับทุกๆการทดลอง ซึ่งจะทำความสะอาดก่อนนำมาใช้ในครั้งต่อๆ ไป

3.3.6 เครื่องผสม

เครื่องผสมทำหน้าที่ผสมน้ำเสียให้เกิดการสัมผัสกันระหว่างสารอินทรีย์และจุลินทรีย์ โดยจะใช้ในถังแอนแอโรบิก ดังนั้นการกวนต้องเกิดการถ่ายเทออกซิเจนจากบรรยากาศน้อยที่สุด ซึ่งถังแอนแอโรบิกแต่ละถังจะใช้ใบกวน 1 ใบ โดยใบกวนทำด้วยพลาสติก มีความเร็วเกรเดียนท์ระหว่าง 40-200 วินาที$^{-1}$ (จินตนา แป้นสุวรรณ, 2540) และใช้มอเตอร์ขับที่สามารถควบคุมความเร็วรอบระหว่าง 76-228 รอบต่อนาที ส่วนในถังแอโรบิกเครื่องผสมจะทำหน้าที่ผสมน้ำเสียให้เกิดการกวนอย่างสมบูรณ์ ซึ่งแต่ละถังจะใช้ใบกวน 1 ใบ ทำด้วยพลาสติกเช่นเดียวกับที่ใช้กับถังแอนแอโรบิก

3.3.7 ปั๊มลม

ปั๊มลมที่ใช้ในการทดลองเป็นแบบที่ใช้สำหรับเติมอากาศในตู้ปลาทั่วไป จำนวน 3 เครื่อง (ถังละ 1 เครื่อง) โดยติดหัวกระจายอากาศชนิดที่ใช้ในตู้เลี้ยงปลาจำนวน 6 หัว (ถังละ 2 หัว) และควบคุมปริมาณออกซิเจนละลายให้อยู่ในช่วง 2-4 มก./ลิตร

3.3.8 เครื่องสูบน้ำเสียและเครื่องสูบสลัดจ์

เครื่องสูบน้ำเสียเข้าระบบที่ใช้ในการทดลองเป็นเครื่องสูบน้ำแบบไดอะแฟรม (diaphragm pump) และเครื่องสูบสลัดจ์ในระบบใช้เครื่องสูบน้ำแบบรีดสาย (peristaltic pump) ซึ่งเครื่องสูบน้ำเสียเข้าระบบมีจำนวน 1 เครื่องต่อ 1 ชุดการทดลอง โดยมีอัตราไหลเท่ากับ 36 ลิตร/วัน ส่วนเครื่องสูบสลัดจ์เพื่อใช้ในการเวียนสลัดจ์กลับจากถังตกตะกอนไปสู่ถังแอนแอโรบิกด้วยอัตราไหล 36 ลิตร/วัน ($Q_r = Q$)

3.3.9 อุปกรณ์อื่นๆ

อุปกรณ์อื่นๆได้แก่ ท่อ สายยางและข้อต่อพีวีซีสำหรับเป็นทางน้ำเข้าของน้ำเสียและทางน้ำออกของน้ำทิ้งและสลัดจ์ส่วนเกิน

3.3.10 อุปกรณ์วัดค่าความต้านทานจำเพาะ (specific resistance apparatus)

ในการวัดค่าความต้านทานจำเพาะต่อการกรองได้ใช้อุปกรณ์ชุดกรวยบุคเนอร์ ซึ่งมีลักษณะดังแสดงในรูปที่ 3.7 ซึ่งประกอบไปด้วย

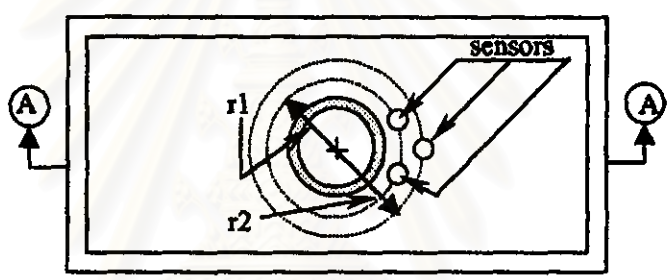
- บุคเนอร์ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 150 มิลลิเมตร
- จุกยาง (rubber stopper)
- กระบอกตวงขนาดความจุ 250 มิลลิลิตร
- ปั๊มสูญญากาศ
- กระดาษกรอง Whatman No.2 ซึ่งมีช่องเปิดเท่ากับ 8 ไมโครเมตร มีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 150 มิลลิเมตร

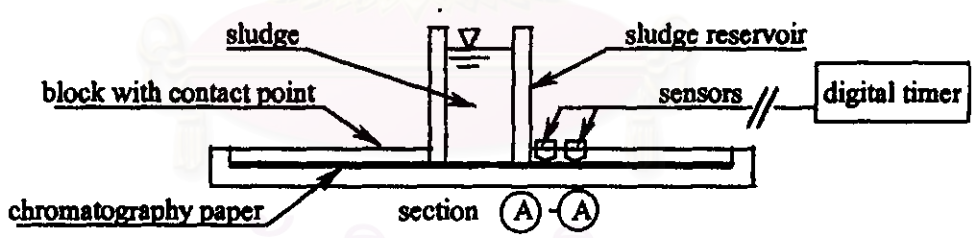
รูปที่ 3.7 ลักษณะของชุดกรวยบุคเนอร์ (Eckenfelder, 1989)

3.3.11 เครื่องวัดค่าซีเอสที (capillary suction apparatus)

เครื่องวัดค่าซีเอสทีที่ใช้ในการทดลองนี้ (รูปที่ 3.8) จัดสร้างขึ้นเองโดยเอกพจน์ เหลืองเอกทิน (2540) ที่ภาควิชาวิศวกรรมสิ่งแวดล้อม โดยประกอบไปด้วยอุปกรณ์ต่างๆ ดังต่อไปนี้

- ตัวเครื่อง CST : clock generate
  digital timer
  delay
- ทรงกระบอกกลวงสเตนเลสขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางภายใน 10 มิลลิเมตร และ 18 มิลลิเมตร (โดยในการทดลองใช้ขนาดเดียวคือขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 10 มิลลิเมตร)
- แผ่นพลาสติกอะคริลิก 2 แผ่นโดยแผ่นล่างใช้วางกระดาษโครมาโตกราฟี และแผ่นบนติดตั้งเซนเซอร์ไว้
- กระดาษโครมาโตกราฟี Whatman No.17 chr. ซึ่งมีขนาด 46 x 57 เซนติเมตร นำมาใช้โดยตัดให้มีขนาด 70 x 90 มิลลิเมตรเพื่อให้วางลงบนแผ่นพลาสติกได้





รูปที่ 3.8 capillary suction apparatus (เอกพจน์ เหลืองเอกทิน, 2540)

3.4 การควบคุมการทำงาน

ระบบบำบัดน้ำเสียแบบแอนแอโรบิก/แอโรบิกในการวิจัยนี้มีสิ่งที่ต้องควบคุมตลอดการทดลองดังนี้

ก. ควบคุมอัตราการป้อนน้ำเสียเข้าระบบและการหมุนเวียนน้ำสลัดจ์ให้คงที่ โดยจะวัดและปรับแต่งทุกๆ วัน

ข. ทำความสะอาดอุปกรณ์และดูแลการทำงานของอุปกรณ์ในระบบ เช่น ตรวจสอบการทำงานของเครื่องสูบน้ำเสีย เครื่องสูบสลัดจ์ การชะเขี่ยมวลจุลชีพข้างถังลงถังปฏิกิริยา และ

ตรวจสอบการรั่วไหลของน้ำเสียจากถังปฏิกิริยา เป็นต้น ตลอดจนดูแลทำความสะอาดของสถานที่ทดลอง

ค. การควบคุมอายุสลัดจ์ (θ_c) ทำโดยนำปริมาณสลัดจ์ส่วนเกินออกจากถังแอโรบิกโดยตรง ซึ่งปริมาณสลัดจ์ส่วนเกินที่ต้องระบายออกสามารถคำนวณได้จากสมการต่อไปนี้

$$\theta_c = \frac{\text{ปริมาณจุลชีพที่มีอยู่ในถังปฏิกิริยา}}{\text{ปริมาณจุลชีพที่ระบายออกจากระบบ}}$$

หรือ
$$\theta_c = \frac{V_T X}{Q_w X + (Q - Q_w) X_e}$$

โดยที่ V_T = ปริมาตรรวมของถังปฏิกิริยาทุกถัง, ลิตร

X = ความเข้มข้นของจุลชีพแขวนลอยในถังปฏิกิริยา, มก./ลิตร

X_e = ความเข้มข้นของจุลชีพแขวนลอยในน้ำทิ้งที่ออกจากถังตกตะกอน, มก./ลิตร

Q_w = อัตราการระบายสลัดจ์ส่วนเกินออก, ลิตร/วัน

Q = อัตราการไหลของน้ำเสียเข้าระบบ, ลิตร/วัน

ถ้าน้ำทิ้งจากถังตกตะกอนค่อนข้างใส X_e มีค่าต่ำมาก

$$\theta_c = \frac{V_T}{Q_w}$$

ดังนั้นในระบบที่ทำการทดลองจะระบายสลัดจ์ส่วนเกินออกจากถังแอโรบิกด้วยอัตราการระบายดังต่อไปนี้

ที่ θ_c 5 วัน : Q_w = (3+6)/5 = 1.8 ลิตร/วัน

ที่ θ_c 10 วัน : Q_w = (3+6)/10 = 0.9 ลิตร/วัน

3.5 การเก็บตัวอย่างน้ำ ตัวอย่างสลัดจ์ และการวิเคราะห์ตัวอย่าง

ผู้วิจัยเริ่มเดินระบบทำการเลี้ยงเชื้อจุลชีพให้มีปริมาณเพิ่มมากขึ้นและเคยชินกับน้ำเสียสังเคราะห์โดยใช้หัวเชื้อที่ได้มาจากสลัดจ์จากระบบบำบัดน้ำเสียสี่พระยารวมกับเชื้อพีเอโอ สายพันธุ์ *Pseudomonas fluorescens* (Kavanaugh และ Randall, 1994) ซึ่งมีรายละเอียดการเลี้ยงเชื้อพีเอโอ และการเริ่มเดินระบบได้แสดงไว้ในภาคผนวก ง. และ จ. จากนั้นทำการเดินระบบจนถึงสถานะคงตัวแล้วจึงทำ

การเก็บตัวอย่างน้ำและสลัดจ์ต่อเนื่องกันเป็นเวลา 5 วันและนำผลมาหาค่าเฉลี่ยในแต่ละการทดลอง แล้วทำการทดลองแบบแบตช์เพื่อเก็บโพรไฟล์ต่างๆ ตามระยะเวลาการเติมอากาศ

จุดที่ทำการเก็บตัวอย่างเพื่อนำมาทำการวิเคราะห์

- น้ำเสียดิบ (inf)
- น้ำเสียในช่วงแอนแอโรบิก (an)
- น้ำเสียในช่วงแอโรบิก (ae)
- น้ำทิ้งออกจากถังตกตะกอน (eff)
- สลัดจ์จากถังแอโรบิก (X_{ae})

การเก็บตัวอย่างแต่ละจุดดังกล่าวจะทำเป็นระยะๆตามความเหมาะสมจนกว่าระบบเข้าสู่สถานะคงตัว และภายหลังจากที่ระบบคงตัวจะทำการยืดระยะเวลาการเติมอากาศออกไปโดยนำสลัดจ์ส่วนหนึ่งจากถังแอโรบิกมาทำการทดลองแบบแบตช์เพื่อทำการเติมอากาศตลอดเวลา ในขณะที่ยืดระยะเวลาการเติมอากาศจะทำการเก็บตัวอย่างน้ำและสลัดจ์ที่ระยะเวลาการเติมอากาศต่างๆ กัน จนกระทั่งสิ้นสุดการยืดเวลาการเติมอากาศเมื่อพบว่าประสิทธิภาพในการกำจัดฟอสฟอรัสลดลง ทั้งนี้จะทำการวิเคราะห์หาโพรไฟล์ของค่าซีโอดี ฟอสฟอรัส เอ็มแอลเอสเอส เอ็มแอลวีเอสเอส ค่าซีเอสที และค่าความต้านทานจำเพาะ เทียบกับเวลาการเดินระบบด้วย ตัวอย่างจะถูกเก็บตามตำแหน่งต่างๆ ในช่วงเวลาดังที่แสดงตารางที่ 3.5

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ 3.5 พารามิเตอร์และความถี่ที่จะวิเคราะห์ในแต่ละจุดเก็บตัวอย่าง

พารามิเตอร์	ตำแหน่งการเก็บตัวอย่างน้ำเสีย				
	inf	an	ae	eff	Xae
อุณหภูมิ	2/W	2/W	2/W	-	-
พีเอช	2/W	2/W	2/W	-	-
โออาร์พี	-	2/W	2/W	-	-
ออกซิเจนละลาย	-	2/W	2/W	-	-
เอสเอส	-	-	-	I	-
เอ็มแอลเอสเอส	-	2/W	2/W,S	-	P
เอ็มแอลวีเอสเอส	-	2/W	2/W,S	-	P
เอสวีไอ	-	-	S	-	-
เอสวี 30	-	-	S	-	-
ซีเอสที	-	-	-	-	P
ความต้านทานจำเพาะ	-	-	-	-	P
ซีโอดีทั้งหมด	2/W	-	-	-	-
ซีโอดีกรอง	-	2/W,S	2/W,S	2/W	-
บีโอดี	I	-	-	-	-
สภาพด่าง	I	I	I	-	-
กรดระเหยง่าย	I	I,S	I,S	-	-
พีเอชเอ	-	S	S	S	-
ทีเคเอ็น	I	I	I	-	-
ไนไทรต์	I	I	I	-	-
ไนเทรต	I	I	I	-	-
ฟอสฟอรัสทั้งหมด	2/W	-	-	-	-
ฟอสฟอรัสกรอง	-	2/W,S,P	2/W,S,P	2/W	-
ฟอสฟอรัสในสลัดจ์	-	-	I,S,P	-	-

หมายเหตุ: D = วิเคราะห์ทุกวัน (daily)

2/W = วิเคราะห์ 2 วันต่อสัปดาห์

S = วิเคราะห์เมื่อระบบเข้าสู่สถานะคงตัวแล้ว 5 วันติดต่อกัน (steady state)

P = โพรไฟล์ วิเคราะห์เมื่อทำการยืดระยะเวลาการเติมอากาศในช่วงแอโรบิกของการทดลองแบบแบตช์ (profile)

I = วิเคราะห์เป็นระยะๆตามความจำเป็น (intermittent)

ตารางที่ 3.6 วิธีที่ใช้ในการวิเคราะห์

พารามิเตอร์	วิธีการวิเคราะห์	หมายเหตุ
พีเอช	pH meter	Horiba รุ่น F-13
โออาร์พี	ORP meter	Radiometer รุ่น PHM80
อุณหภูมิ	Thermometer	-
ออกซิเจนละลาย	DO meter	YSI Model 52
เอสเอส	GF/C drying at 103°C	pore size 1.2 μ
เอ็มแอลเอสเอส	GF/C drying at 103°C	pore size 1.2 μ
เอ็มแอลวีเอสเอส	GF/C drying at 550°C	pore size 1.2 μ
เอสวี 30	Volumetric method	-
เอสวีไอ	Calculation	-
ซีเอสที	Capillary Suction Time Test	CST apparatus
ความต้านทานจำเพาะ	Buchner funnel test	Buchner funnel assembly
ซีโอดีทั้งหมด	Dichromate Close Reflux method	-
ซีโอดีกรอง	Dichromate Close Reflux method	GF/C filter pore size 1.2 μ
บีโอดี	Dilution method	-
สภาพด่าง	Potentiometric method	GF/C filter pore size 1.2 μ
กรดไขระเหยง่าย	Gas Chromatography method	GF/C filter pore size 1.2 μ
พีเอชเอ (ในเซลล์)	Gas Chromatography method	0.45 μ filter
ทีเคเอ็น	Digestion and Titration method	GF/C filter pore size 1.2 μ
ไนไทรต์	Test Kits from Spectroquant	GF/C filter pore size 1.2 μ
ไนเทรต	Test Kits from Spectroquant	GF/C filter pore size 1.2 μ
ฟอสฟอรัสทั้งหมด	Vanadomolybdo-Phosphoric acid method	-
ฟอสฟอรัสกรอง	Vanadomolybdo-Phosphoric acid method	0.45 μ filter
ฟอสฟอรัสในสลัดจ์	Vanadomolybdo-Phosphoric acid method	ผลต่างของฟอสฟอรัสทั้งหมดกับฟอสฟอรัสกรอง