บทที่ 3

แผนการทดลองและการดำเนินการวิจัย

3.1 แผนการทดลอง

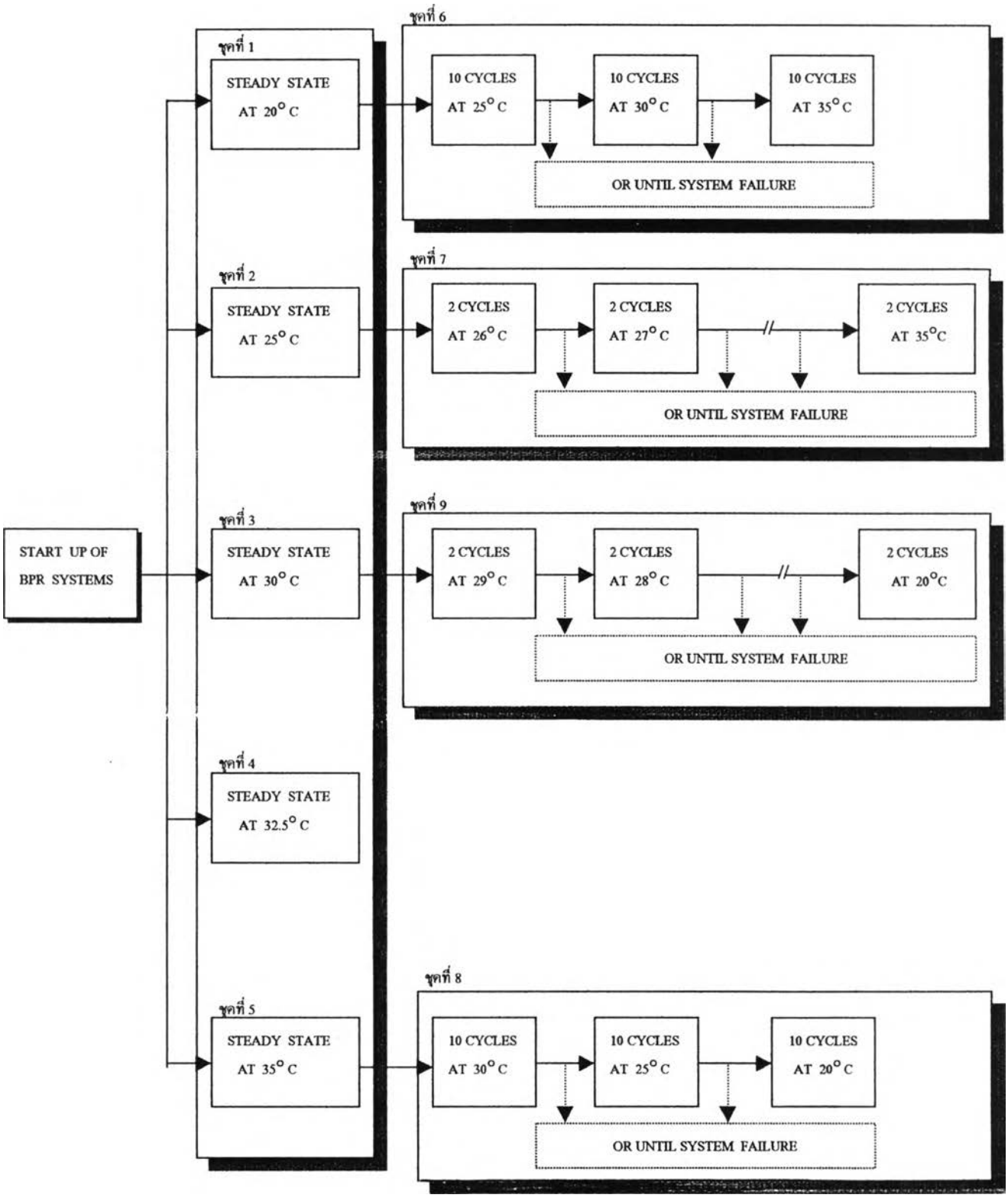
งานวิจัยนี้เป็นการศึกษาผลของอุณหภูมิในช่วง 20–35°ซ. ที่มีต่อการกำจัดฟอสฟอรัสด้วยกระบวนการทางชีวภาพ รวมถึงผลของการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิในช่วงดังกล่าวทั้งแบบค่อยเป็นค่อยไปและแบบเฉียบพลันด้วย การทดลองทั้งหมดในงานวิจัยนี้ ทำที่ห้องปฏิบัติการของภาควิชาวิศวกรรมสิ่งแวดล้อม คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย การทดลองแบ่งออกเป็น 2 ส่วนดังแสดงในรูปที่ 3.1 โดยมีรายละเอียดดังนี้

ส่วนที่ 1 ประกอบด้วยชุดการทดลอง 5 ชุด คือ

- ชุดการทดลองที่ 1 : การทดลองที่อุณหภูมิคงที่ 20 °ซ.
- ชุดการทดลองที่ 2 : การทดลองที่อุณหภูมิคงที่ 25 °ซ.
- ชุดการทดลองที่ 3 : การทดลองที่อุณหภูมิคงที่ 30 °ซ.
- ชุดการทดลองที่ 4 : การทดลองที่อุณหภูมิคงที่ 32.5 °ซ.
- ชุดการทดลองที่ 5 : การทดลองที่อุณหภูมิคงที่ 35 °ซ.

ส่วนที่ 2 เป็นการศึกษาผลของการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิที่มีต่อการกำจัดฟอสฟอรัสทางชีวภาพ ซึ่งประกอบด้วยชุดการทดลอง 4 ชุด คือ

- ชุดการทดลองที่ 6 : การเพิ่มอุณหภูมิของระบบแบบเฉียบพลันครั้งละ 5 °ซ.
- ชุดการทดลองที่ 7 : การเพิ่มอุณหภูมิของระบบแบบค่อยเป็นค่อยไปครั้งละ 1 °ซ.
- ชุดการทดลองที่ 8 : การลดอุณหภูมิของระบบแบบเฉียบพลันครั้งละ 5 °ซ.
- ชุดการทดลองที่ 9 : การลดอุณหภูมิของระบบแบบค่อยเป็นค่อยไปครั้งละ 1 °ซ.



รูปที่ 3.1 แผนผังขอบเขตการทดลอง

ตัวแปรที่เกี่ยวข้องกับการทดลองมีดังนี้

3.1.1 ตัวแปรคงที่

เป็นตัวแปรที่ต้องควบคุมให้คงที่ตลอดการทดลอง ซึ่งประกอบด้วย

1. ขนาดของถังปฏิกิริยา กำหนดให้มีขนาดความกว้าง 25 ซม. ยาว 25 ซม. และสูง 37 ซม. โดยมีปริมาตรใช้งานสูงสุดและต่ำสุดเป็น 16.8 ลิตร และ 5.6 ลิตรตามลำดับ ดังนั้นจึงต้องเติมน้ำเสียเข้าระบบ 11.2 ลิตรในแต่ละวัฏจักร สัดส่วนปริมาตรน้ำที่เติม (V_f) ต่อน้ำค้างถัง (V_0) เท่ากับ 2 :1

2. เวลาเก็บกัก ในการทดลองนี้จะใช้เวลาเก็บกักเท่ากับ 12 ชั่วโมง โดยมีวัฏจักรการทำงานตามรายละเอียดในตารางที่ 3.1

3. อายุสลัดจ์เฉลี่ย กำหนดให้เท่ากับ 10 วัน โดยพิจารณาจากปริมาณเซลล์ที่มีอยู่ในระบบต่อปริมาณเซลล์ที่ออกจากระบบต่อเวลา ปริมาณเซลล์ที่ออกจากระบบมีอยู่สองส่วนคือ สลัดจ์ที่ระบายออกจากระบบในปลายช่วงแอโรบิก และเซลล์ที่ออกไปกับน้ำทิ้งในช่วงท้ายของวัฏจักร ซึ่งสลัดจ์ส่วนเกินถูกระบายออกจากถังปฏิกิริยาโดยเฉลี่ยวันละ 0.7-1.4 ลิตร โดยขึ้นอยู่กับปริมาณเซลล์ในระบบและปริมาณเซลล์ที่ออกจากระบบไปกับน้ำทิ้งของแต่ละชุดการทดลอง

ตารางที่ 3.1 วัฏจักรการทำงานของระบบ

ขั้นตอนการทำงานของระบบ	ระยะเวลา
ช่วงเติมน้ำเสีย*	5 นาที
ช่วงแอนแอโรบิก	4 ชั่วโมง 50 นาที
ช่วงแอโรบิก	6 ชั่วโมง
ช่วงระบายสลัดจ์ส่วนเกิน	ช่วงปลายขั้นตอนแอโรบิก
ช่วงตกตะกอน	1 ชั่วโมง
ช่วงระบายน้ำใส	10 นาที
รวมระยะเวลาใน 1 วัฏจักร	12 ชั่วโมง

หมายเหตุ : * ทำพร้อมกับขั้นตอนแอนแอโรบิก

4. ค่าซีโอดีในน้ำเสียสังเคราะห์กำหนดให้เท่ากับ 300 มก./ล. ดูรายละเอียดในหัวข้อ 3.3

3.1.2 ตัวแปรอิสระ

ตัวแปรอิสระได้แก่อุณหภูมิของระบบ โดยในที่นี้ได้กำหนดอุณหภูมิที่จะทำการทดลองดังนี้

1. อุณหภูมิคงที่ที่สถานะคงตัวเท่ากับ 20, 25, 30, 32.5 และ 35°ซ.
2. การเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิแบบค่อยเป็นค่อยไป กำหนดให้อุณหภูมิของระบบเปลี่ยนวันละ 1°ซ.
3. การเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิแบบเฉียบพลัน กำหนดให้อุณหภูมิของระบบเปลี่ยนไปครั้งละ 5 °ซ.

3.1.3 ตัวแปรตาม

ตัวแปรตามเป็นค่าที่แปรเปลี่ยนไปเมื่อเปลี่ยนแปลงค่าตัวแปรอิสระ ตัวแปรตามที่จะทำการศึกษาได้แก่ ค่าพีเอช ค่าโออาร์พี ค่าออกซิเจนละลายน้ำ ค่าเอ็มแอลเอสเอส ค่าเอ็มแอลวีเอสเอส ค่าเอสเอส ค่าเอสวี 30 ค่าเอสวีไอ ค่าสภาพด่าง ไนโตรเจน กรดไขมันระเหยง่าย ค่าซีโอดี และค่าฟอสฟอรัส และในชุดการทดลองที่ 1-5 เมื่อระบบเข้าสู่สถานะคงตัวแล้ว ได้ทำการศึกษาอัตราการปลดปล่อยฟอสฟอรัสจำเพาะ (specific phosphorus release rate, SPRR) และอัตราการจับใช้ฟอสฟอรัสจำเพาะ(specific phosphorus uptake rate, SPUR) ด้วย

3.2 การดำเนินการทดลอง

ชุดการทดลองที่1-5 เป็นการศึกษาผลของอุณหภูมิที่มีต่อการกำจัดฟอสฟอรัสด้วยกระบวนการทางชีวภาพ ณ อุณหภูมิคงที่ที่ 20, 25, 30, 32.5 และ 35°ซ. ในการเริ่มต้นระบบนั้นจะทำการเพาะเชื้อพีเอโอโดยการนำสลัดจ์จากโรงบำบัดน้ำเสียสี่พระยามาเติมด้วยสลัดจ์ที่มีกลุ่มพีเอโออยู่ด้วยจากถังเลี้ยงเชื้อของบุษกร อมรวิทย์ (2542) และ นภาพร ทองคำมาก (2542) และเพาะต่อด้วยกระบวนการแอนแอโรบิก/แอโรบิกที่อุณหภูมิ 20°ซ. ซึ่งเป็นอุณหภูมิที่พีเอโอสามารถเจริญเติบโตได้ดี (ปริยดา เหล่ารุจิจินดา, 2541)โดยใช้น้ำเสียสังเคราะห์ที่มีค่าซีโอดี 300 มก./ล.

และมีความเข้มข้นของฟอสฟอรัส 15 มก./ล. จนกระทั่งได้ปริมาณพีเอโอมากพอจึงค่อย ๆ เปลี่ยนอุณหภูมิไปสู่ค่าที่ต้องการเพื่อให้พีเอโอได้มีโอกาสปรับตัวและทำความคุ้นเคย หลังจากนั้นจึงเริ่มทำการทดลองที่อุณหภูมินั้น ๆ จนระบบเข้าสู่สถานะคงตัว

ชุดการทดลองที่ 6 เป็นการศึกษาผลของการ**เพิ่ม**อุณหภูมิแบบ**เฉียบพลัน**ที่มีต่อการกำจัดฟอสฟอรัสทางชีวภาพ หรือความสามารถของพีเอโอในการปรับตัวต่อการช็อคด้วยอุณหภูมิ โดยทำการทดลองต่อจากชุดการทดลองที่ 1 (ที่อุณหภูมิคงที่ 20 °ซ.) ด้วยการเพิ่มอุณหภูมิของระบบครั้งละ 5°ซ. จนกระทั่งอุณหภูมิของระบบเป็น 35°ซ. ในการเพิ่มอุณหภูมิแต่ละครั้งได้ทำการเดินระบบที่อุณหภูมินั้น ๆ ต่อไปอีก 5 วันจึงเพิ่มอุณหภูมิครั้งต่อไป เพื่อศึกษาการเปลี่ยนแปลงของระบบ

ชุดการทดลองที่ 7 เป็นการศึกษาผลของการ**เพิ่ม**อุณหภูมิแบบ**ค่อยเป็นค่อยไป**ที่มีต่อการกำจัดฟอสฟอรัสทางชีวภาพ หรือความสามารถของพีเอโอในการปรับตัวต่อการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิอย่างช้า ๆ โดยทำการทดลองต่อจากชุดการทดลองที่ 2 (ที่อุณหภูมิคงที่ 25°ซ.) ด้วยการเพิ่มอุณหภูมิของระบบวันละ 1°ซ. (2 วัฏจักร) เพื่อศึกษาการเปลี่ยนแปลงของระบบ จนกระทั่งอุณหภูมิของระบบเป็น 35 °ซ.

ชุดการทดลองที่ 8 เป็นการศึกษาผลของการ**ลด**อุณหภูมิแบบ**เฉียบพลัน**ที่มีต่อการกำจัดฟอสฟอรัสทางชีวภาพ หรือความสามารถของพีเอโอในการปรับตัวต่อการช็อคด้วยอุณหภูมิ โดยทำการทดลองต่อจากชุดการทดลองที่ 5 (ที่อุณหภูมิคงที่ 35 °ซ.) ด้วยการลดอุณหภูมิของระบบครั้งละ 5°ซ. จนกระทั่งอุณหภูมิของระบบเป็น 20°ซ. ในการลดอุณหภูมิแต่ละครั้งได้ทำการเดินระบบที่อุณหภูมินั้น ๆ ต่อไปอีก 5 วันจึงลดอุณหภูมิครั้งต่อไป เพื่อศึกษาการเปลี่ยนแปลงของระบบ

ชุดการทดลองที่ 9 เป็นการศึกษาผลของการ**ลด**อุณหภูมิแบบ**ค่อยเป็นค่อยไป**ที่มีต่อการกำจัดฟอสฟอรัสทางชีวภาพ หรือความสามารถของพีเอโอในการปรับตัวต่อการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิอย่างช้า ๆ โดยทำการทดลองต่อจากชุดการทดลองที่ 3 (ที่อุณหภูมิคงที่ 30°ซ.) ด้วยการลดอุณหภูมิของระบบวันละ 1°ซ. (2 วัฏจักร) เพื่อศึกษาการเปลี่ยนแปลงของระบบ จนอุณหภูมิของระบบเป็น 20°ซ.

3.3 น้ำเสียสังเคราะห์ที่ใช้ในการทดลอง

ในการทดลองนี้จะใช้น้ำเสียที่สังเคราะห์ขึ้นในห้องปฏิบัติการ ซึ่งประกอบด้วยสารอาหารและธาตุอาหารที่จำเป็นต่อการเจริญเติบโตของพีเอโอ โดยค่าซีโอดีในน้ำเสียสังเคราะห์ที่ใช้ตลอดการทดลองเท่ากับ 300 มก./ล. โดยมีอัตราส่วนของฟอสฟอรัส : แคลเซียม : แมกนีเซียม : โพแทสเซียมเท่ากับ 1 : 0.5 : 0.25 : 0.24 ในหน่วยโมล (Randall และคณะ, 1992) ส่วนประกอบของน้ำเสียสังเคราะห์แสดงในตารางที่ 3.2 ในการทดลองนี้มิได้มุ่งศึกษาการกำจัดไนโตรเจน ดังนั้นปริมาณไนโตรเจนที่ใช้จึงกำหนดให้เกินความต้องการของเซลล์เพียงเล็กน้อยเพื่อป้องกันมิให้มีไนเทรตมารบกวนการทำงานระบบ โดยประมาณจากไนโตรเจนซึ่งเป็นองค์ประกอบของเซลล์ที่ออกจากระบบต่อวันทั้งที่ระบายออกในปลายขั้นตอนแอโรบิกและที่ออกไปในรูปของแข็งแขวนลอยพร้อมกับน้ำใสในช่วงท้ายของวัฏจักร เนื่องจากค่าเอ็มแอลวีเอสเอสและค่าของแข็งแขวนลอยเป็นตัวแปรตามที่ต้องทำการศึกษา ดังนั้นปริมาณไนโตรเจนที่ใช้ในแต่ละชุดการทดลองจึงขึ้นอยู่กับค่าพารามิเตอร์ทั้งสองที่วิเคราะห์ได้ในขณะนั้น (ดูรายละเอียดในภาคผนวก ฉ.)

ตารางที่ 3.2 ส่วนประกอบของน้ำเสียสังเคราะห์ (1 ลิตร)

สารที่ใช้	ปริมาณที่ใช้	ความเข้มข้นที่ได้
Nutrient broth	0.08 กรัม	80 มก.ซีโอดี/ลิตร (มีไนโตรเจน 11 มก.รวมอยู่ด้วย)
CH_3COOH	0.20 มล.	220 มก. ซีโอดี / ลิตร
$(NH_2)_2CO$[1]	x กรัม	y มก./ล.
KH_2PO_4	0.07 กรัม	15 มก. ฟอสฟอรัส / ลิตร
$NaHCO_3$	0.42 กรัม	400 มก. หินปูน / ลิตร
$MgSO_4 . 7H_2O$	0.36 มล. (จากสารละลาย 80 กรัม/ลิตร)	2.88 มก./ ลิตร
$FeCl_3 .6 H_2O$	0.48 มล. (จากสารละลาย 15 กรัม/ลิตร)	1.5 มก. / ลิตร
$CaCl_2$	0.53 มล. (จากสารละลาย 50 กรัม/ลิตร)	9.6 มก. / ลิตร

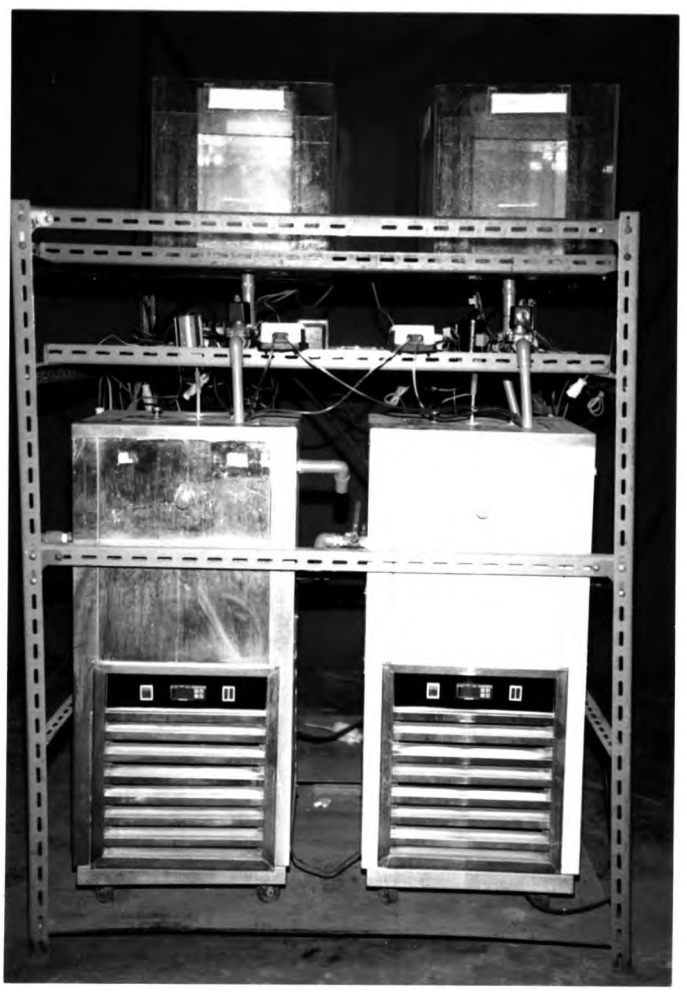
หมายเหตุ : 1) ปริมาณ $(NH_2)_2CO$ (x หรือ y) ที่ใช้ได้แสดงการคำนวณไว้ในภาคผนวก ฉ

2) อัตราส่วน ฟอสฟอรัส : แคลเซียม: แมกนีเซียม : โพแทสเซียม เท่ากับ 1 : 0.5 : 0.25 : 0.24 ในหน่วยโมล

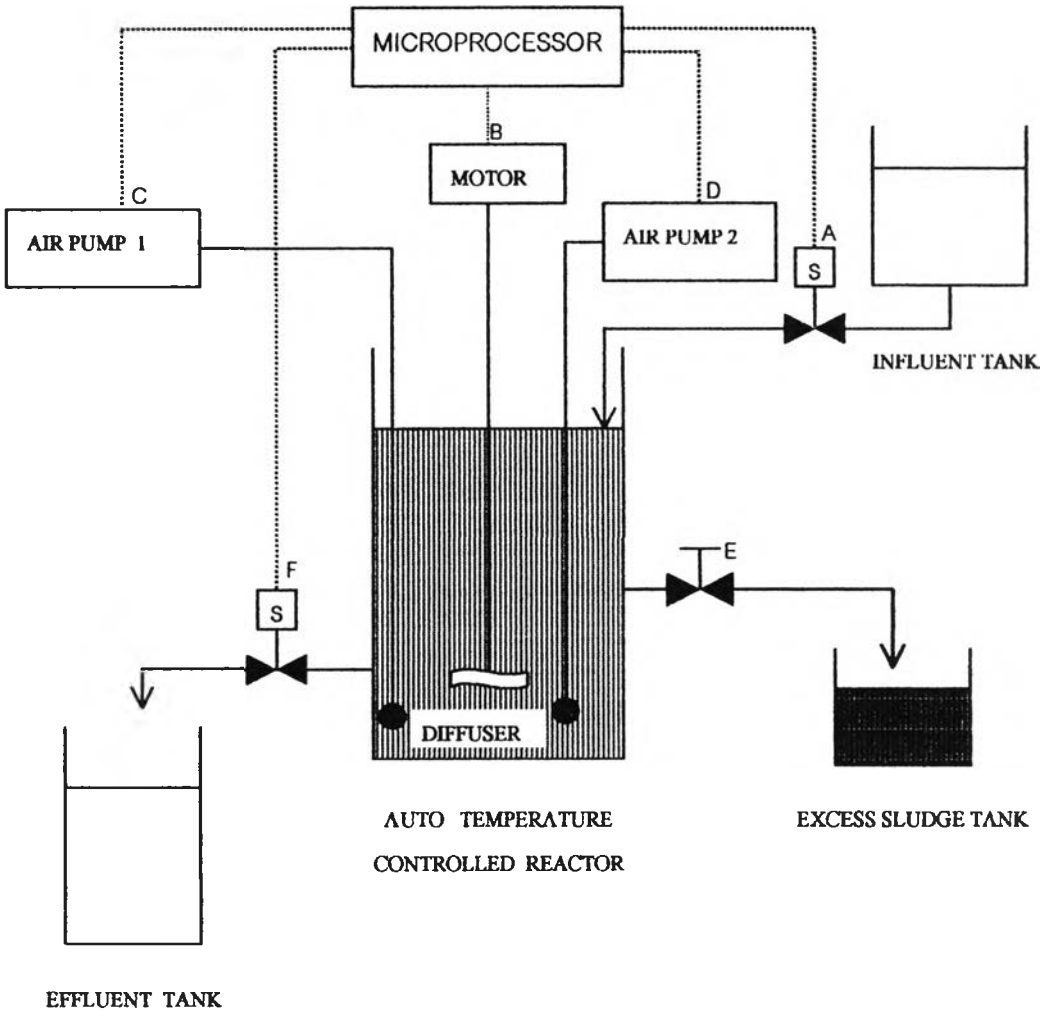
3) ดูรายละเอียดการคำนวณส่วนประกอบของน้ำเสียสังเคราะห์ในภาคผนวก ฉ

3.4 เครื่องมือและอุปกรณ์ที่ใช้ในการทดลอง

เครื่องมือและอุปกรณ์ต่าง ๆ ของชุดการทดลองที่ 1-9 ซึ่งเดินระบบด้วยกระบวนการเอสบีอาร์แบบแอนแอโรบิก/แอโรบิกมีการติดตั้งดังแสดงในภาพที่ 3.1 ผังการทำงานของกระบวนการเอสบีอาร์แบบแอนแอโรบิก/แอโรบิกแสดงในรูปที่ 3.2 ซึ่งควบคุมการทำงานของระบบด้วยไมโครโพรเซสเซอร์ ส่วนการทดสอบแบบแบตช์เพื่อหาค่าอัตราการปลดปล่อยและจับใช้ฟอสฟอรัสจำเพาะทำในตู้ควบคุมอุณหภูมิดังแสดงในภาพที่ 3.2 รายละเอียดของเครื่องมือและอุปกรณ์ต่าง ๆ ที่ใช้ในกระบวนการเอสบีอาร์เป็นดังนี้



ภาพที่ 3.1 เครื่องมือในการทดลองสำหรับกระบวนการเอสบีอาร์แบบแอนแอโรบิก/แอโรบิก



รูปที่ 3.2 ผังแสดงการทำงานสำหรับกระบวนการเอสบีอาร์แบบแอนแอโรบิก/แอโรบิก

ขั้นตอนการควบคุมการทำงานของอุปกรณ์ต่าง ๆ มีดังนี้

1. เปิด/ปิด โซลินอยด์วาล์วของท่อน้ำเข้า (A) ในขั้นตอนเติมน้ำเสียเข้าระบบ (5 นาที)

2. เปิด/ปิด มอเตอร์เครื่องกวน (B) ในขั้นตอนทำปฏิกิริยาทั้งแอนแอโรบิกและแอโรบิก โดยเริ่มเปิดพร้อมการเติมน้ำเสีย (10 ชั่วโมง 50 นาที)

3. ในขั้นตอนแอโรบิก เปิด/ปิด เครื่องเติมอากาศตัวที่ 1 (C,6 ชั่วโมง) และเครื่องเติมอากาศตัวที่ 2 (D, 45 นาที) โดยเครื่องเติมอากาศตัวที่ 2 นี้ทำงานเพียง 45 นาทีแรกของขั้นตอนแอโรบิกเพื่อให้มีออกซิเจนละลายน้ำเพียงพอในช่วงแรก

4. การระบายสลัดจ์ส่วนเกินโดยทำการเปิดบอลล์วาล์ว (E) เพื่อระบายสลัดจ์ออกในช่วงสุดท้ายของขั้นตอนเติมอากาศ

5. ปิดอุปกรณ์ทุกอย่างเพื่อให้สลัดจ์จมตัว 1 ชั่วโมง

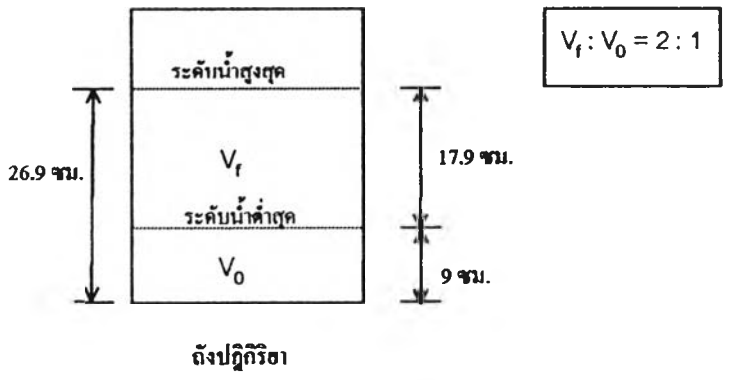
6. เปิด/ปิด โซลินอยด์วาล์วของท่อน้ำทิ้ง (F) ในขั้นตอนระบายน้ำใส (10 นาที)

ภาพที่ 3.2 การทดสอบแบบแบตช์เพื่อหาค่าอัตราการปลดปล่อยและจับใช้ฟอสฟอรัสจำเพาะ

3.4.1 ถังปฏิกิริยาแบบควบคุมอุณหภูมิอัตโนมัติ

ถังปฏิกิริยาแบบควบคุมอุณหภูมิอัตโนมัติทำจากเหล็กไร้สนิม เกรด 304 ประกอบด้วย 2 ส่วนคือส่วนที่เป็นถังปฏิกิริยาและส่วนที่เป็นอุปกรณ์ควบคุมอุณหภูมิ ขนาดโดยรวมกว้าง 40 ซม. ยาว 50 ซม. และสูง 90 ซม. ส่วนที่เป็นถังปฏิกิริยามีขนาดภายในกว้าง 25 ซม. ยาว 25 ซม. และสูง 37 ซม. ด้านข้างถังเจาะรูที่ระดับความสูง 9 ซม. จากก้นถังเพื่อใช้ระบายน้ำใส โดยมีปริมาตรใช้งานทั้งหมดเท่ากับ 20.4 ลิตร ดังแสดงในรูปที่ 3.3 ส่วนที่เป็นอุปกรณ์ควบคุมอุณหภูมิประกอบด้วยอุปกรณ์ทำความร้อน ซึ่งใช้ฮีทเตอร์ขนาด 700 วัตต์ และอุปกรณ์ทำความเย็นซึ่งใช้มอเตอร์คอมเพรสเซอร์ขนาด ¼ แรงม้า พร้อมทั้งติดตั้งคอนเดนเซอร์และพัดลมระบายอากาศ โดยมีเทอร์โมสตัทคอนโทรล และเทอร์โมมิเตอร์วัดอุณหภูมิของน้ำเป็นแบบดิจิตอลซึ่งอ่านค่าความละเอียดได้ 0.1°ซ. โดยในระหว่างทำการทดลองได้ตั้งค่าความแตกต่างของอุณหภูมิเพื่อให้อุปกรณ์ทำความร้อนหรืออุปกรณ์ทำความเย็นทำงาน ไว้ที่ 0.5 °ซ.

I19659842



รูปที่ 3.3 ถังปฏิกิริยาแบบควบคุมอุณหภูมิอัตโนมัติ

3.4.2 ถังเก็บน้ำเสียก่อนเข้าระบบ

ถังเก็บน้ำเสียสังเคราะห์ที่อุณหภูมิห้องก่อนเข้าระบบเป็นถังอะคริลิกใสขนาดความจุ 11.2 ลิตร โดยเจาะรูที่ก้นถังและมีไมโครโพรเซสเซอร์เป็นตัวควบคุมการเปิด/ปิดของโซลินอยด์วาล์ว เมื่อเติมน้ำเสียสังเคราะห์เข้าถังปฏิกิริยา อุณหภูมิในถังจะปรับไปสู่ค่าที่กำหนดไว้ภายใน 15 นาที ดังนั้น***จึงไม่มีการปรับอุณหภูมิของน้ำเสียสังเคราะห์ก่อนเข้าระบบ***

3.4.3 ถังรองรับสลัดจ์ส่วนเกิน

เป็นถังพลาสติกขนาดประมาณ 5 ลิตร ใช้รองรับสลัดจ์ที่ถูกระบายออกจากระบบในช่วงท้ายของขั้นตอนแอโรบิก

3.4.4 ถังรองรับน้ำที่ผ่านการบำบัด

เป็นถังพลาสติกขนาดประมาณ 15 ลิตร ใช้รองรับน้ำทิ้งในช่วงท้ายของวัฏจักร

3.4.5 เครื่องกวน

เครื่องกวนที่ใช้ในขั้นตอนแอนแอโรบิกและแอโรบิก ประกอบด้วยมอเตอร์และใบพัด เพื่อทำหน้าที่ในการผสมน้ำเสียให้มีการสัมผัสกับเซลล์ของจุลชีพอย่างทั่วถึง โดยใบกวนทำด้วยพลาสติกขนาดกว้าง 2 ซม. ยาว 10 ซม. และใช้มอเตอร์ยี่ห้อ ORIENTAL MOTOR รุ่น

21K6GKA2 ขนาด 6W 100V 50/60Hz 0.25 A 2.5 μF ที่มีความเร็วรอบระหว่าง 1200-1450 รอบ/นาที เมื่อทดรอบแล้วได้ความเร็วรอบของเครื่องกวนเท่ากับ 100-120 รอบ/นาที

3.4.6 เครื่องเติมอากาศ

เครื่องเติมอากาศจะทำหน้าที่ในการเติมออกซิเจนให้กับน้ำเสีย โดยใช้ปั๊มลมแบบที่ใช้เติมอากาศในตู้ปลายี่ห้อ AQUARIUM รุ่น 999 และมีหัวกระจายอากาศจุ่มอยู่ในถังปฏิกิริยา

3.4.7 ไมโครโพรเซสเซอร์

ไมโครโพรเซสเซอร์ ยี่ห้อ MITSUBISHI รุ่น Fxos-14MR-ES มีช่องสัญญาณเข้า 8 ช่อง และช่องสัญญาณออก 6 ช่อง จำนวน input/output ที่ใช้เท่ากับ 2/5 ทำหน้าที่ในการควบคุมการทำงานของอุปกรณ์ต่าง ๆ ของระบบ เช่น ควบคุมการเปิด/ปิดโซลินอยด์วาล์ว เครื่องเติมอากาศ และเครื่องกวน

3.4.8 โซลินอยด์วาล์ว

โซลินอยด์วาล์วยี่ห้อ UNI-D รุ่น UK-15 ขนาด 0.5 นิ้ว ทำหน้าที่เปิด/ปิดการไหลของน้ำในขั้นตอนเติมน้ำเสีย และระบายน้ำใสออก

3.4.9 อุปกรณ์อื่น ๆ

ท่อพีวีซีขนาด 0.5 นิ้ว ทำหน้าที่เป็นทางเข้า/ออกของน้ำเสีย สลัดจ์ส่วนเกินและน้ำใส

3.5 การเก็บตัวอย่างและการวิเคราะห์

พารามิเตอร์ต่างๆ ที่ทำการวิเคราะห์ในชุดการทดลองที่ 1-5 รวมถึงตำแหน่งการเก็บตัวอย่างและความถี่ของการวิเคราะห์ แสดงรายละเอียดไว้ในตารางที่ 3.3 ส่วนในชุดการทดลองที่ 6 และ 8 ซึ่งเป็นการศึกษาผลของการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิอุณหภูมิแบบเฉียบพลัน ได้ทำการเก็บตัวอย่างใน 4 วัฏจักรแรกของการเปลี่ยนอุณหภูมิ จากนั้นจึงทำการเก็บตัวอย่างน้ำทุกวันจนเริ่มเปลี่ยนอุณหภูมิครั้งต่อไป ชุดการทดลองที่ 7 และ 9 ได้ทำการเก็บตัวอย่างน้ำทุกวันจนสิ้นสุดการ

ทดลอง โดยจุดเก็บตัวอย่างน้ำและพารามิเตอร์ต่าง ๆ ที่ทำการวิเคราะห์ เป็นเช่นเดียวกับชุดการทดลองที่ 1-5

วิธีวิเคราะห์พารามิเตอร์ต่าง ๆ นั้น ใช้วิธีวิเคราะห์ตามหนังสือมาตรฐานของสหรัฐอเมริกา (Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater,1992) และคู่มือวิเคราะห์น้ำเสีย (สวสท., 2540) โดยวิธีที่ใช้สามารถสรุปได้ในตารางที่ 3.4

3.6 การควบคุมค่าอายุสลัดจ์

ค่าอายุสลัดจ์ของแต่ละชุดการทดลองสามารถคำนวณได้จากปริมาณจุลชีพที่อยู่ในระบบต่อปริมาณจุลชีพที่ออกจากระบบในหนึ่งหน่วยเวลา ปริมาณจุลชีพที่ออกไปจากระบบนั้นประกอบด้วยส่วนที่ระบายออก ณ ปลายขั้นตอนแอโรบิก และส่วนที่ออกไปพร้อมกับน้ำทิ้งในช่วงท้ายวัฏจักร การคำนวณค่าอายุสลัดจ์แสดงดังสมการ 3.1

$$\text{ค่าอายุสลัดจ์} = \frac{\text{ปริมาณจุลชีพในระบบ}}{\text{ปริมาณจุลชีพที่ออกจากระบบต่อวัน}} \quad \text{.....(3.1)}$$

เนื่องจากปริมาตรใช้งานสูงสุดของถังปฏิกิริยาเท่ากับ 16.8 ลิตร โดยเติมน้ำเสียสังเคราะห์เข้าระบบวัฏจักรละ 11.2 ลิตร หรือเท่ากับ 22.4 ลิตรต่อวัน และในการทดลองนี้กำหนดให้ค่าอายุสลัดจ์เฉลี่ยของแต่ละชุดการทดลองมีค่าประมาณ 10 วัน ดังนั้นค่าอายุสลัดจ์ของระบบจึงคำนวณได้ดังสมการ 3.2

$$\text{ค่าอายุสลัดจ์} = \frac{(\text{MLVSS} * 16.8 \text{ ลิตร})}{[(\text{MLVSS*waste/วัน}) + (\text{SS} * f * (22.4\text{-waste})/\text{วัน}]} \quad \text{.....(3.2)}$$

ค่าเอ็มแอลวีเอสเอส สัดส่วนเอฟ และค่าของแข็งแขวนลอยเป็นตัวแปรตามที่ต้องทำการศึกษา ดังนั้นในการเดินระบบจึงต้องปรับปริมาณสลัดจ์ส่วนเกินที่ระบายออกให้สอดคล้องกับตัวแปรตามทั้งสามที่วิเคราะห์ได้ เพื่อให้ได้ค่าอายุสลัดจ์ของระบบตามที่กำหนด ดังสมการ 3.3

$$\text{waste/วัน} = \frac{(\text{MLVSS} * 16.8 \text{ ลิตร}) - (\text{SS} * f * 22.4 * 10 \text{ วัน})}{10 \text{ วัน} * (\text{MLVSS} - \text{SS} * f)} \quad \text{.....(3.3)}$$

ตารางที่ 3.3 ตำแหน่งการเก็บตัวอย่างและความถี่ของการวิเคราะห์พารามิเตอร์ต่าง ๆ

พารามิเตอร์	ตำแหน่งที่เก็บตัวอย่าง			
	น้ำเข้า	แอนแอโรบิก	แอโรบิก	น้ำออก
พีเอช	D	D,P	D,P	D
โออาร์พี	-	2/W, P	2/W, P	-
ออกซิเจนละลาย	-	D, P	D, P	-
อุณหภูมิ	D	D	D	-
ซีโอดีทั้งหมด	I,S	-	-	-
ซีโอดี(กรอง)	-	2/W, S, P	2/W, S, P	-
กรดไขมันระเหยง่าย (กรอง)	I*	2/W, S, P	2/W, S, P	-
ฟอสฟอรัสทั้งหมด	2/W, S	I	S	-
ฟอสฟอรัส(กรอง)	I	2/W, S, P	2/W, S, P	I
ทีเคเอ็น(กรอง)	I*	2/W, P	2/W, P	-
ไนเทรต(กรอง)	I*	I, P	I, P	-
ไนไทรต์(กรอง)	I*	I, P	I, P	-
เอสวี 30	-	-	2/W, S	-
เอ็มแอลเอสเอส	-	-	2/W, S	-
เอ็มแอลวีเอสเอส	-	-	2/W, S	-
เอสเอส	-	-	-	2/W, S
สภาพด่าง(กรอง)	I	I	I	I

หมายเหตุ:
- D หมายถึง วิเคราะห์ทุกวัน
- 2/W หมายถึง วิเคราะห์สัปดาห์ละ 2 ครั้ง (เก็บที่ช่วงท้ายขั้นตอนต่าง ๆ)
- I หมายถึง วิเคราะห์เป็นระยะ ๆ (เก็บที่ช่วงท้ายขั้นตอนต่าง ๆ)
- S หมายถึง วิเคราะห์เมื่อเข้าสู่สถานะคงตัว (เก็บที่ช่วงต้นและช่วงท้ายแอนแอโรบิก และช่วงท้ายแอโรบิก)
- P หมายถึง วิเคราะห์เป็นระยะ ๆ ตามเวลาที่เหมาะสมเพื่อทำโพรไฟล์
- * หมายถึงวิเคราะห์โดยไม่กรองตัวอย่าง

ตารางที่ 3.4 วิธีวิเคราะห์พารามิเตอร์ต่าง ๆ

พารามิเตอร์	วิธีวิเคราะห์	รายละเอียดเครื่องมือที่ใช้
พีเอช	Electronic pH meter	Horiba รุ่น F-13
โออาร์พี	ORP meter (platinum electrode)	Radiometer รุ่น PHM 80
ออกซิเจนละลาย	DO meter (membrane electrode)	YSI model 52
อุณหภูมิ	Thermometer	-
ซีโอดีทั้งหมด	Close reflux tritration method	เตาอบยี่ห้อ memmert รุ่น U-25
ซีโอดีกรอง	Close reflux tritration method	
กรดไขมันระเหยง่าย (กรอง)	Gas chromatography method (ที่ S, P ในตารางที่ 3.3) Tritration method (ที่ 2/W ในตารางที่ 3.3)	Shimadzu รุ่น GC-7AG
ฟอสฟอรัสทั้งหมด	Vanadomolybdate acid method	UV-spectro photometer ยี่ห้อ Shimadzu รุ่น UV-120
ฟอสฟอรัส(กรอง)	Vanadomolybdate acid method	
ทีเคเอ็น(กรอง)	Distillation method	เตา digest และกลั่น ยี่ห้อ Gerhardt
ไนเทรต(กรอง)	Colorimetric method	Merck Photometer รุ่น SQ 118
ไนไทรต์(กรอง)	Colorimetric method	
เอสวี 30	Gravity method	-
เอ็มแอลเอสเอส	GF/C + drying at 103°C	103°C, เตาอบยี่ห้อ Heraeus รุ่น FT 420 550°C, เตาเผายี่ห้อ Carbolite รุ่น ESF
เอ็มแอลวีเอสเอส	GF/C + drying at 103°C + drying at 550°C	
เอสเอส	GF/C + drying at 103°C	
สภาพด่าง(กรอง)	Tritration method	-

หมายเหตุ : พารามิเตอร์กรองทุกตัวใช้ GF/C filter ยกเว้นฟอสฟอรัสกรองใช้ 0.45 μm filter (เพื่อป้องกันการอุดตันจึงใช้ GF/C filter ก่อนแล้วจึงกรองด้วย 0.45 μm filter)