บทที่ 3
การวางแผนการวิจัย

การดำเนินการวิจัยนี้ทำการทดลองที่ห้องปฏิบัติการของภาควิชาวิศวกรรมสิ่งแวดล้อม คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

3.1 แผนการทดลอง

3.1.1 การเตรียมน้ำเสีย

น้ำเสียที่ใช้ในการดำเนินการวิจัยนี้ ใช้น้ำชะมูลฝอยจากสถานที่ฝังกลบมูลฝอยบริเวณอำเภอบางไทรน้อย จังหวัดนนทบุรี ซึ่งเป็นสถานที่รองรับมูลฝอยของจังหวัดนนทบุรี โดยเปิดใช้งานมาแล้วประมาณ 13 ปี และในปัจจุบันยังคงเปิดดำเนินการอยู่ ทำให้น้ำชะมูลฝอยที่ออกมาเป็นน้ำชะมูลฝอยจากทั้งมูลฝอยเก่า และใหม่ ในงานวิจัยนี้ได้เตรียมน้ำเสียให้ได้ซีโอดีเริ่มต้น 1,000 , 2,000 และ 4,000 มก./ล. คิดเป็นภาระบรรทุกสารอินทรีย์ 0.571, 1.143 และ 2.286 กก. ซีโอดี/ลบ.ม.-วัน ตามลำดับ โดยการเจือจางด้วยน้ำประปา

3.1.2 การคัดเลือกถ่านกัมมันต์ชนิดผง (Powder Activated Carbon : PAC)

ผงถ่านกัมมันต์ที่นำมาใช้ในการดำเนินงานวิจัยนี้นั้น ได้ทำการคัดเลือกจากผงถ่านกัมมันต์ทั้งหมด 3 ชนิด ได้แก่ HRO-M325 HRO-W และ PL-75 (คุณสมบัติเฉพาะแสดงในภาคผนวก ฉ.) ซึ่งเป็นถ่านกัมมันต์ชนิดผงที่ผลิตในประเทศไทยทั้งหมด เพื่อหาประสิทธิภาพที่ดีที่สุดในการลดสี และซีโอดี จากน้ำชะมูลฝอย โดยใช้ Freundlich Isotherm Test และใช้สี และซีโอดีเป็นสารถูกดูดติด เนื่องจากคุณสมบัติของผงถ่านแต่ละชนิดไม่เหมือนกัน ขั้นตอนในการทำ Freundlich Isotherm Test มีดังนี้

1) นำน้ำชะมูลฝอยที่เตรียมให้ได้ค่าซีโอดีเริ่มต้นประมาณ 1,000 มก./ล. แล้วนำมาเติมลงในขวดที่มีฝาปิดสนิทจำนวน 800 มิลลิลิตร ในการทำ Isotherm Test ครั้งนี้ได้ทำการแปรผันความ เข้มข้นของผงถ่านทั้ง 3 ชนิด ทั้งสิ้น 8 ค่า คือ 0, 100, 500, 1,000 2,000, 5,000, 10,000 และ 20,000 มก./ล. โดยผงถ่านที่ใช้ทั้ง 3 ชนิด นำไปผ่านการอบที่อุณหภูมิประมาณ 100 องศาเซลเซียส เพื่อไล่ความชื้นก่อนนำมาชั่งแล้วเติมลงไปในขวดน้ำตัวอย่างให้ได้ตามความเข้มข้นที่กำหนดไว้

2) นำน้ำตัวอย่างที่ได้จากข้อ (1) มาเข้าเครื่องเขย่า ที่ความเร็วรอบ 200 รอบต่อนาที ณ. อุณหภูมิห้อง เป็นเวลา 7 ชั่วโมง

3) เก็บตัวอย่างน้ำหลังจากทำการเขย่าตามช่วงเวลาต่างๆ 0.5, 1, 2, 3, 5 และ 7 ชั่วโมง แล้วนำไปวัดหาประสิทธิภาพในการดูดติดซีโอดี และสี

4) คำนวณหาค่า q และค่า C นำค่าที่ได้ไปเขียนบนกราฟ log-log ให้แกน X เป็นค่า C แกน Y เป็นค่า q โดยใช้ ซีโอดี และสีเป็นสารถูกดูดติด

5) ทำการทดลองตามข้อ 1-4 จนครบทุกความเข้มข้น แล้วนำผลที่ได้มาเปรียบเทียบเพื่อเลือกใช้ผงถ่านชนิดที่เหมาะสมที่สุด และความเข้มข้นที่เหมาะสมเพื่อใช้ในการดำเนินการวิจัยขั้นต่อไป

3.1.3 ปริมาณงานทดลอง

ในงานวิจัยครั้งนี้ ทำการบำบัดน้ำชะมูลฝอยด้วยระบบ BPAC-SBR โดยแบ่งการทดลองออกเป็น 5 ครั้ง ตามหัวข้อที่ทำการศึกษา ดังนี้

1) การศึกษาถึงผลของความเข้มข้นของผงถ่านกัมมันต์ที่เติมลงในระบบ SBR
2) การศึกษาถึงผลของอายุสลัดจ์ ต่อประสิทธิภาพของการกำจัดซีโอดี และสีของระบบ BPAC-SBR
3) การศึกษาถึงผลของการเปลี่ยนแปลงช่วงเวลาแอนแอโรบิก-แอโรบิก-แอนนอกซิก ต่อประสิทธิภาพการกำจัดซีโอดี และสีของระบบ BPAC-SBR
4) การศึกษาผลของการเปลี่ยนแปลงภาระบรรทุกอินทรีย์ต่อประสิทธิภาพการกำจัดซีโอดี และสีของระบบ BPAC-SBR
5) การเปรียบเทียบผลของประสิทธิภาพการกำจัดซีโอดีและสีของระบบ เมื่อนำกระบวนการโคเมตาโบลิซึมมาใช้ร่วมกับระบบ BPAC-SBR

ค่าตัวแปรควบคุม และค่าตัวแปรอิสระของชุดการทดลองในแต่ละครั้ง แสดงไว้ในตารางที่ 3-1

ตารางที่ 3-1 ตัวแปรควบคุม และตัวแปรอิสระในแต่ละชุดการทดลอง

การทดลอง	ตัวแปรอิสระ		ตัวแปรควบคุม
ครั้งที่ 1	ความเข้มข้นผงถ่านชนิด PL-75		- อายุสลัดจ์ 20 วัน
ชุดที่ 1	0		- ระยะเวลาวงจร 24 ชม.
ชุดที่ 2	5,000		- แอนแอโรบิก-แอโรบิก-แอนนอกซิก
ชุดที่ 3	10,000		(5.5 – 12 – 4.5 ชม.)
ชุดที่ 4	20,000		- COD 1,000 มก./ล.
			- พีเอช 6 – 8 , อุณหภูมิห้อง
ครั้งที่ 2	อายุสลัดจ์	ความเข้มข้นผงถ่าน	- ระยะเวลาวงจร 24 ชม.
	(วัน)	(มก./ล.)	- แอนแอโรบิก-แอโรบิก-แอนนอกซิก
ชุดที่ 1	30	0	(5.5 – 12 – 4.5 ชม.)
ชุดที่ 2	30	20,000	- COD 1,000 มก./ล.
ชุดที่ 3	20	20,000	- พีเอช 6 – 8 , อุณหภูมิห้อง
ครั้งที่ 3	ช่วงเวลา แอนแอโรบิก-แอโรบิก-แอนนอกซิก		- อายุสลัดจ์ 20 วัน
	(ชั่วโมง)		- PAC เข้มข้น 20,000 มก./ล.
ชุดที่ 1	8.5 – 9 - 4.5		- ระยะเวลาวงจร 24 ชม.
ชุดที่ 2	5.5 - 12 - 4.5		- COD 1,000 มก./ล.
			- พีเอช 6 – 8 - อุณหภูมิห้อง
ครั้งที่ 4	ภาระบรรทุกสารอินทรีย์		- อายุสลัดจ์ 20 วัน
	(กก./ลบ.ม.-วัน)		- PAC เข้มข้น 20,000 มก./ล.
ชุดที่ 1	0.571		- ระยะเวลาวงจร 24 ชม.
ชุดที่ 2	1.143		- แอนแอโรบิก-แอโรบิก-แอนนอกซิก
ชุดที่ 3	2.286		(5.5 – 12 – 4.5 ชม.)
			- พีเอช 6 – 8 , อุณหภูมิห้อง
ครั้งที่ 5	กระบวนการที่ใช้บำบัด	ความเข้มข้นผงถ่าน	- อายุสลัดจ์ 20 วัน
		(มก./ล.)	- แอนแอโรบิก-แอโรบิก-แอนนอกซิก
ชุดที่ 1	SBR } ซีโอดีน้ำขยะ	0	(5.5 – 12 – 4.5 ชม.)
ชุดที่ 2	BPAC-SBR } 1,000 มก./ล.	20,000	- ระยะเวลาวงจร 24 ชม.
ชุดที่ 3	SBR + } โคเมตา	0	- พีเอช 6 – 8
ชุดที่ 4	BPAC-SBR + } โบลิซีม	20,000	- อุณหภูมิห้อง
	(ซีโอดีน้ำตาล 1,000 + น้ำขยะ 1,000 มก./ล.)		

3.2 ระยะเวลาที่ใช้ในการทดลอง

รายละเอียดของระยะเวลาที่ใช้ในการทดลองในครั้งนี้ ได้แสดงไว้ในตารางที่ 3-2 โดยมีระยะเวลารวมประมาณ 17 เดือน โดยเริ่มดำเนินการทดลองตั้งแต่เดือน ตุลาคม 2541 สิ้นสุดการทดลองประมาณในช่วงต้นเดือน กุมภาพันธ์ 2543

ตารางที่ 3-2 ระยะเวลาในการทำการทดลอง

แผนการทดลอง	เดือนที่																	
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18
การเตรียมอุปกรณ์	■	■																
การเลี้ยงเชื้อ			■	■	■	■	■											
Isotherm test					■	■	■											
การทดลองครั้งที่ 1							■	■	■	■	■							
การทดลองครั้งที่ 2												■	■	■				
การทดลองครั้งที่ 3												■	■	■				
การทดลองครั้งที่ 4														■	■	■		
การทดลองครั้งที่ 5														■	■	■		
การวิเคราะห์ผล ฯ												■	■	■	■	■	■	
จัดทำรูปเล่มวิทยานิพนธ์																	■	■

3.3 เครื่องมือและอุปกรณ์ที่ใช้ในการทดลอง

เครื่องมือ และอุปกรณ์ที่ใช้ในการทดลองครั้งนี้ประกอบไปด้วย

1) ถังปฏิกิริยาทำด้วยวัสดุใส ขนาด 0.2 x 0.2 x 0.35 เมตร มีปริมาตรในการเก็บกักน้ำประมาณ 7 ลิตร แสดงดังรูปที่ 3-1 โดยมีรูระบายน้ำทิ้งสูงจากก้นถังประมาณ 7.5 เซนติเมตร เพื่อให้ได้ปริมาตรเก็บกักตะกอน และน้ำใสเหนือตะกอนที่ก้นถังประมาณ 3 ลิตร แผนภูมิการเดินระบบ BPAC-SBR แสดงดังรูปที่ 3-2

2) อุปกรณ์ควบคุมการทำงาน การเปิด-ปิด ของอุปกรณ์ในระบบ ได้แก่ Timer ชนิด 24 ชั่วโมง ในการควบคุมการปิด-เปิดของเครื่องเติมอากาศ และเครื่องกวน ใช้วาล์วที่ใช้แรงคนในการปิด - เปิด ท่อน้ำทิ้ง และท่อระบายสลัดจ์ส่วนเกินออกจากระบบ

3) เครื่องเติมอากาศ (Air pump) เป็นเครื่องเติมอากาศที่ใช้กับการเลี้ยงปลาโดยติดหัวกระจายอากาศชนิดที่ใช้ในตู้ปลาทั่วไป

4) เครื่องกวน (Mixer) ดัดแปลงจากอุปกรณ์ของเครื่องเล่นเทป ต่อเข้ากับแผงวงจรที่สามารถปรับกระแสไฟฟ้าเข้ามอเตอร์เพื่อให้สามารถปรับความเร็วรอบได้ และปรับให้มีความเร็วรอบประมาณ 120 รอบต่อนาที ใบกวนทำด้วยพลาสติก

5) เครื่องเขย่า Shaker

6) เครื่องเสปคโตรโฟมิเตอร์ (Spectrophotometer)

7) เครื่องกรองสูญญากาศ

8) กระดาษกรอง GF/C และแผ่นกรองเมมเบรนขนาด 0.45 ไมครอน

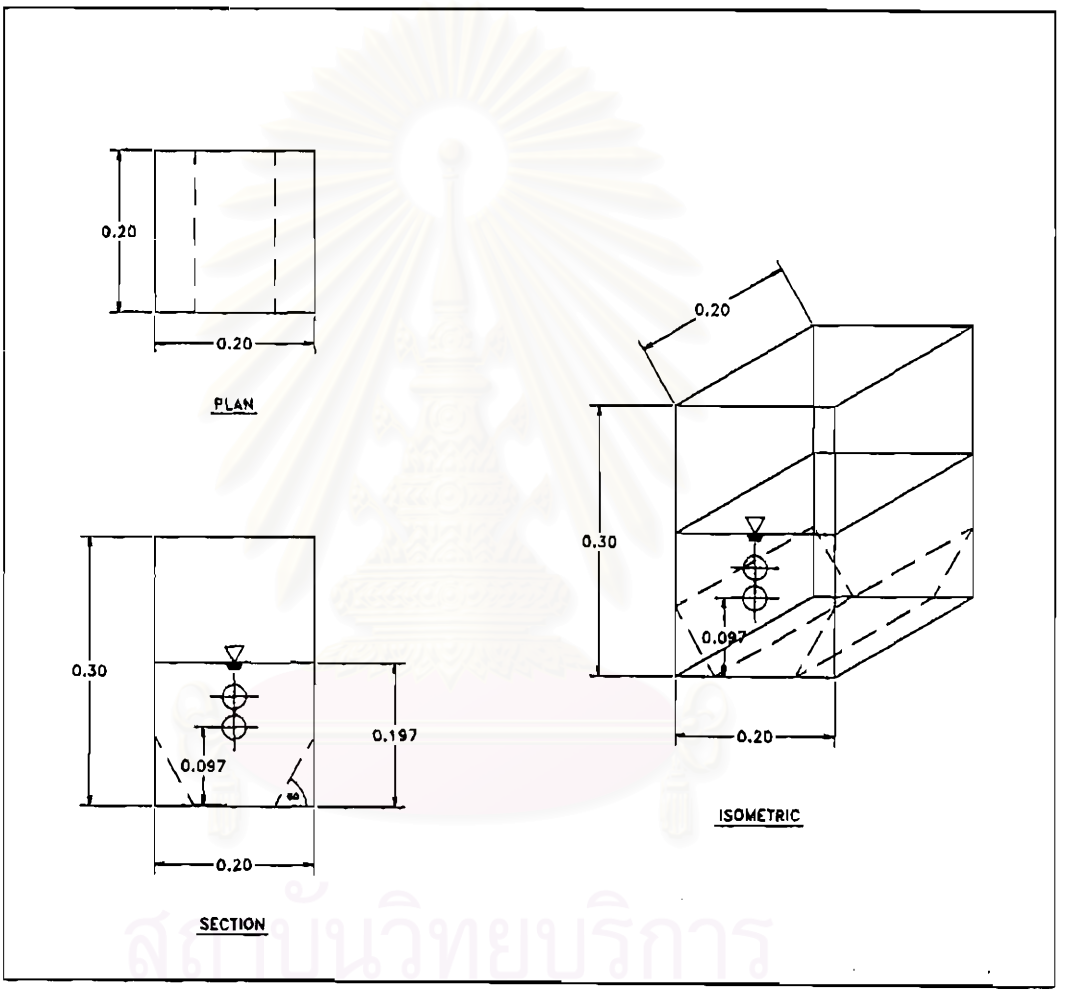
9) ตู้อบอุณหภูมิ 103 และ 550 องศาเซลเซียส

10) เครื่องอังน้ำ (Water bath)

11) ชุดเครื่องมือสำหรับทำการย่อยสลาย และชุดเครื่องมือสำหรับทำการกลั่นแอมโมเนีย

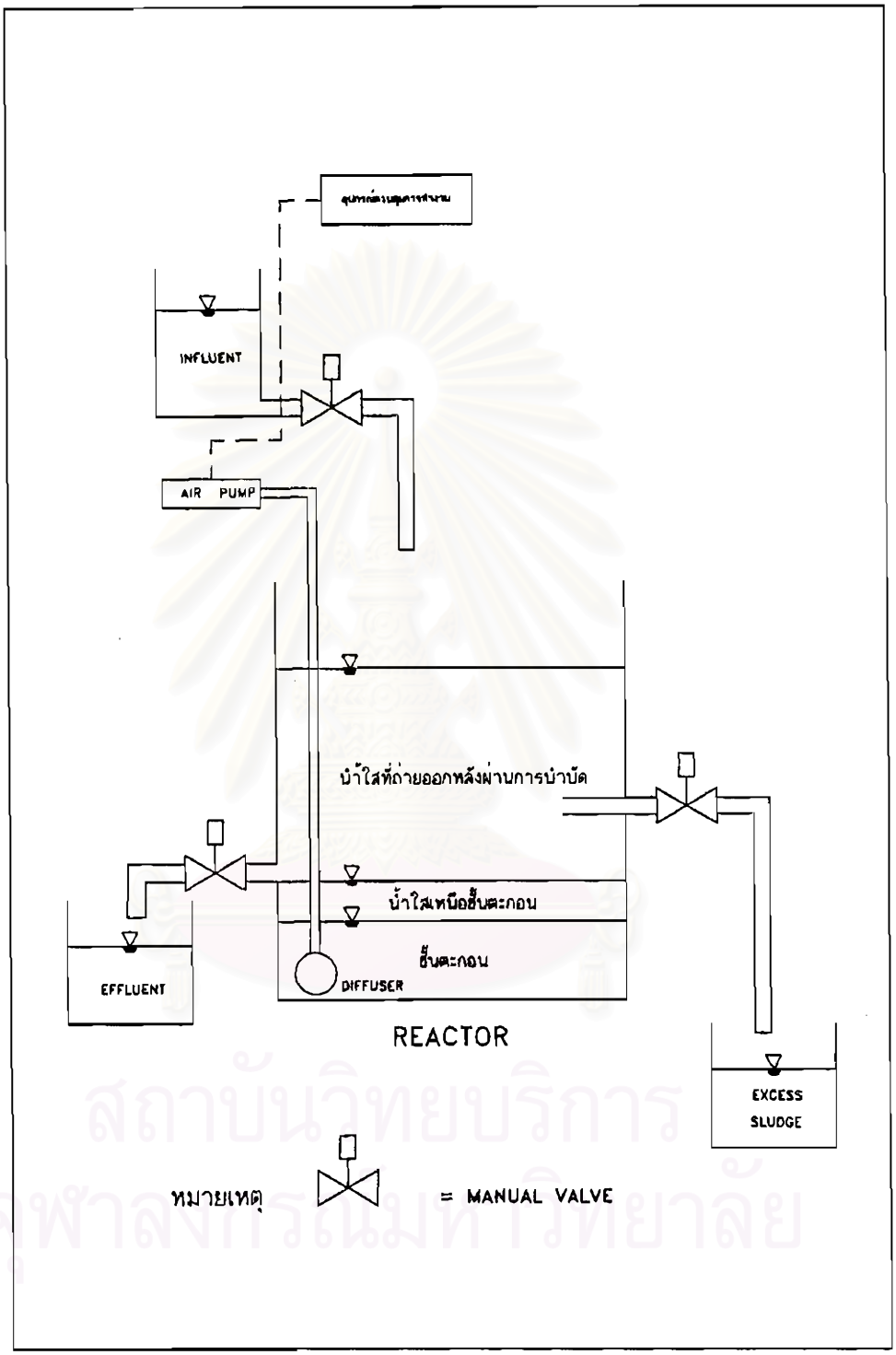
3.4 ค่าตัวแปรที่ทำการวิเคราะห์

ทำการวิเคราะห์ค่าตัวแปรต่าง ๆ เพื่อตรวจสอบระบบในระหว่างการดำเนินการทดลองจนกว่าจะเข้าสภาวะคงตัวของระบบ พารามิเตอร์ที่ทำการวิเคราะห์ ความถี่ และตำแหน่งเก็บน้ำ แสดงดังตารางที่ 3-3



รูปที่ 3-1 ขนาดของถังปฏิกิริยาที่ใช้ในการทดลอง

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



รูปที่ 3-2 แผนภูมิการทำงานของระบบ BPAC-SBR

ตารางที่ 3-3 พารามิเตอร์ ความถี่ และตำแหน่งในการเก็บน้ำตัวอย่างวิเคราะห์

พารามิเตอร์	ความถี่ในการเก็บ	ตำแหน่งที่เก็บ	วิธีการวิเคราะห์
COD	จันทร์ พฤหัสบดี	น้ำชะมูลฝอย น้ำออกจากการบำบัด	Dichromate Closed Reflux method
SS	จันทร์ พฤหัสบดี	น้ำชะมูลฝอย น้ำออกจากการบำบัด	Gravimetric method (Total Residue drying at 103 °c)
MLVSS	จันทร์ พฤหัสบดี	ในถังเติมอากาศ	Gravimetric method (Total Residue drying at 550 °c)
V_{30}	พุธ	ถังเติมอากาศ	Settled Volume method
SVI	พุธ	ถังเติมอากาศ	Calculated from MLSS & V_{30}
TKN	จันทร์ พฤหัสบดี	น้ำชะมูลฝอย น้ำออกจากการบำบัด	Macro-Kjeldahl method
NO_3^-	จันทร์ พฤหัสบดี	น้ำชะมูลฝอย น้ำออกจากการบำบัด	Ultraviolet Spectrophotometric method
NO_2^-	จันทร์ พฤหัสบดี	น้ำชะมูลฝอย น้ำออกจากการบำบัด	Ultraviolet Spectrophotometric method
DO	จันทร์ พฤหัสบดี	ถังเติมอากาศ	Membrane Electrode method
pH	จันทร์ พฤหัสบดี	ถังเติมอากาศ	Electronic pH meter with glass electrod method
Color	จันทร์ พฤหัสบดี	น้ำชะมูลฝอย น้ำออกจากการบำบัด	Su method
Temperature	จันทร์ พฤหัสบดี	น้ำชะมูลฝอย น้ำออกจากการบำบัด	Thermometer method

3.5 ขั้นตอนการดำเนินการทดลอง

ในการทดลองครั้งที่ 1 มีขั้นตอนการดำเนินการทดลองดังนี้

1) ทำการคัดเลือกชนิด และหาปริมาณความเข้มข้นของผงถ่านกัมมันต์ที่มีประสิทธิภาพในการกำจัดสี และ COD จากน้ำชะมูลฝอย โดยการทำ Freundlich Isotherm test

2) ในระยะเริ่มต้นของการทดลองได้นำหัวเชื้อ (seed) ซึ่งเป็นเซลล์แบคทีเรียจากการทิ้งสลัดจ์ของระบบบำบัดน้ำเสียชุมชนสี่พระยามาเริ่มเลี้ยงให้เซลล์แบคทีเรียชินกับน้ำชะมูล

ฝอย โดยเริ่มเลี้ยงในปริมาตรรวมประมาณ 30 ลิตร ความเข้มข้นเซลล์แบคทีเรียประมาณ 2,000 มก./ล. อัตราส่วนทิ้งน้ำใสหลังการตกตะกอนเท่ากับ 60 เปอร์เซ็นต์ ทำการควบคุมค่าอายุสลัดจ์เท่ากับ 20 วัน น้ำเสียที่นำมาใช้เลี้ยงในช่วงเริ่มต้นเป็นน้ำชะมูลฝอย รวมกับน้ำตาลทราย มีอัตราส่วนซีโอดีเท่ากับ 40 : 60 และมีซีโอดีรวมเท่ากับ 500 มก./ล. เลี้ยงด้วยน้ำเสียนี้ประมาณ 14 วัน เพิ่มความเข้มข้นซีโอดีรวมเป็น 750 มก./ล. โดยที่มีอัตราส่วนซีโอดีน้ำชะมูลฝอยต่อน้ำตาลทรายเท่าเดิม ในการเลี้ยงเชื้อในอีก 10 วันต่อมา แล้วจึงเพิ่มอัตราส่วนซีโอดีน้ำชะมูลฝอยต่อน้ำตาลทรายเป็น 70 : 30 ที่ความเข้มข้นซีโอดีรวมเท่ากับ 750 มก./ล. อีก 10 วัน เพิ่มความเข้มข้นซีโอดีเป็น 1,000 มก./ล. โดยมีอัตราส่วนซีโอดีน้ำชะมูลฝอยต่อน้ำตาลทรายเท่าเดิม เป็นเวลาประมาณ 7 วัน หลังจากนั้นทำการแบ่งเชื้อที่เลี้ยงไว้ใส่ลงในถังปฏิกิริยาที่ใช้ในการทดลองทั้ง 4 ชุด ในแต่ละชุดเติมเชื้อที่เลี้ยงไว้เท่ากับ 7 ลิตร แล้วจึงเริ่มเข้าสู่การทดลองครั้งที่ 1 จากการเลี้ยงเชื้อเพื่อให้ชินกับสภาพน้ำเสียดังที่อธิบายไว้ข้างต้น สามารถสรุปเป็นตารางได้ดังนี้

ซีโอดีน้ำเสียรวม (มก./ล.)	อัตราส่วนซีโอดี น้ำชะมูลฝอย : น้ำตาลทราย	ระยะเวลา (วัน)
500	40 : 60	14
750	40 : 60	10
750	70 : 30	10
1,000	70 : 30	7

โดยในการเลี้ยงเชื้อเพื่อให้ชินกับสภาพน้ำเสียใหม่นี้ใช้ระยะเวลารวม 41 วัน

3) นำเชื้อที่เลี้ยงไว้นี้แยกใส่ถังปฏิกิริยา จำนวน 7 ลิตร ทั้ง 4 ชุดการทดลอง โดยควบคุมให้มีความเข้มข้น MLSS ประมาณ 1,500 มก./ล.

4) ทำการเติมผงถ่านกัมมันต์ชนิดและความเข้มข้นที่จะศึกษาลงในถังเติมอากาศเท่ากับ 5,000 10,000 และ 20,000 มก./ล. สำหรับชุดการทดลองที่ 2 3 และ 4 โดยมีชุดการทดลองที่ 1 เป็นชุดควบคุมที่ไม่มีการเติมผงถ่าน

5) ควบคุมระยะเวลาวงจรเท่ากับ 24 ชั่วโมง โดยวงจรการทำงานของระบบมีดังนี้

(1) ระยะเวลาช่วงพัก และการเติมน้ำเสียเข้าระบบ 0.5 ชั่วโมง

(2) ระยะเวลาแอนแอโรบิก 5.5 ชั่วโมง

(3) ระยะเวลาแอโรบิก 12 ชั่วโมง

(4) ระยะเวลาแอนนอกซิก 4.5 ชั่วโมง

(5) ระยะเวลาตกตะกอน และถ่ายน้ำใสออก 1.5 ชั่วโมง

เริ่มต้นวงจรด้วยการเติมน้ำเสียเข้าระบบ จำนวน 4 ลิตร ที่ความเข้มข้นซีโอดี ประมาณ 1,000 มก./ล. ทุกชุดการทดลอง หลังจากน้ำเสียผ่านกระบวนการตามขั้นตอนต่าง ๆ แล้ว ทำการถ่ายน้ำที่ผ่านการบำบัดออกจากระบบจำนวน 4 ลิตร เช่นเดียวกัน โดยคิดเป็นเวลากักน้ำเสียในระบบ (HRT : Hall Retention Time) เท่ากับ 1.75 วัน

6) รักษาอายุสลัดจ์เท่ากับ 20 วัน ตามที่กำหนด โดยการถ่ายสลัดจ์ส่วนเกินออกจากถังเติมอากาศวันละ 0.35 ลิตร ทำการถ่ายสลัดจ์ส่วนเกินวงจรละ 1 ครั้ง ในขณะที่มีการเติมอากาศ

7) ทำการเติมผงถ่านกัมมันต์ลงในถังเติมอากาศ เนื่องจากในการถ่ายสลัดจ์ส่วนเกินออกนั้น ผงถ่านที่อยู่ในระบบจะถูกถ่ายออกไปด้วย ดังนั้นจึงต้องมีการเติมผงถ่านกลับเข้าสู่ระบบทุกวัน โดยทำการเติมเข้าระบบพร้อมกับการเติมน้ำเสีย โดยปริมาณของผงถ่านกัมมันต์ที่เติมคำนวณจากสูตร

ปริมาณผงถ่านที่เติม = $C_c \times Q_e$

Q_e = V/θ_c

โดย Q_e = ปริมาณสลัดจ์ที่ทิ้งในแต่ละวัน (ล./วัน)

ดังนั้นปริมาณผงถ่านที่เติม = $C_c \times V/\theta_c$

โดยที่ θ_c = อายุสลัดจ์ ,วัน

V = ปริมาตรถังปฏิกิริยา , ลิตร

C_c = ความเข้มข้นของผงถ่านที่ต้องการควบคุม , mg/l

ปริมาณการเติมผงถ่านในแต่ละวันในการทดลองแต่ละชุดนั้น แสดงไว้ในตารางที่ 3-4

6) ในขณะที่ทำการทดลอง ถ้าอัตราส่วนของ ซีโอดี : ไนโตรเจน : ฟอสฟอรัส ไม่ได้สัดส่วน 150 : 5 : 1 จะมีการเติมไนโตรเจนและฟอสฟอรัสลงในน้ำเสีย เพื่อไม่ให้ความต้องการสารอาหารของเซลล์แบคทีเรียเป็นตัวควบคุมการทำงานของระบบ

7) เติมสภาพด่างด้วยโซเดียมไบคาร์บอเนต เพื่อเป็นบัฟเฟอร์ ป้องกันไม่ให้พีเอชในระบบต่ำลงไปเรื่อยๆ ในกรณีที่สภาพด่างในน้ำเสียไม่เพียงพอต่อการทำงานของระบบ

ตารางที่ 3-4 ปริมาณผงถ่านกัมมันต์ที่เติมในแต่ละชุดการทดลอง

การทดลอง	ความเข้มข้นผงถ่านกัมมันต์ (มก./ล.)	อายุสลัดจ์ (วัน)	ปริมาณผงถ่านที่เติม	
			มก./วัน	มก./ล.(น้ำเสีย)
ครั้งที่ 1				
ชุดที่ 1	0	20	0	0
ชุดที่ 2	5,000	20	1,750	437.5
ชุดที่ 3	10,000	20	3,500	875
ชุดที่ 4	20,000	20	7,000	1,750
ครั้งที่ 2				
ชุดที่ 1	0	30	0	0
ชุดที่ 2	20,000	30	4,667	1,167
ชุดที่ 3	20,000	20	7,000	1,750
ครั้งที่ 3				
ชุดที่ 1	20,000	20	7,000	1,750
ชุดที่ 2	20,000	20	7,000	1,750
ครั้งที่ 4				
ชุดที่ 1	20,000	20	7,000	1,750
ชุดที่ 2	20,000	20	7,000	1,750
ชุดที่ 3	20,000	20	7,000	1,750
ครั้งที่ 5				
ชุดที่ 1	0	20	0	0
ชุดที่ 2	20,000	20	7,000	1,750
ชุดที่ 3	0	20	0	0
ชุดที่ 4	20,000	20	7,000	1,750

8) วิเคราะห์ค่าตัวแปรต่าง ๆ เพื่อตรวจสอบการทำงานของระบบ จนถึงสภาวะคงตัว (Steady State) แล้วจึงทำ profile ตลอดระยะเวลา 1 วงจร เพื่อศึกษาถึงกระบวนการต่างๆ ที่เกิดขึ้นใน 1 วงจร

ส่วนในการทดลองสำหรับชุดการทดลองครั้งต่อไป ได้นำเชื้อที่มีอยู่เดิมในแต่ละชุดการทดลองของการทดลองครั้งที่ 1 มาทำการทดลองต่อไป โดยทำการเปลี่ยนค่าตัวแปรควบคุมและตัวแปรอิสระตามตารางที่ 3-1