

บทที่ 3

วิธีดำเนินการวิจัย



3.1 แผนการดำเนินการวิจัย

งานวิจัยนี้ดำเนินการทดลอง ณ ห้องปฏิบัติการภาควิชาวิศวกรรมสิ่งแวดล้อม คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย โดยแบ่งการทดลองเป็นการทดลองย่อยได้ดังนี้

3.2.1 ศึกษาประสิทธิภาพในการบำบัดน้ำเสียจากอุตสาหกรรมฟอกย้อมในแง่ของการกำจัดค่าซีโอดีและสี โดยใช้ถังปฏิกริยาแบบแบทช์ที่มีการเดินระบบแบบไร้อากาศ-เติมอากาศ ซึ่งน้ำเสียที่นำมาใช้เป็นน้ำเสียจริง น้ำเสียสังเคราะห์จากนมขาดมันเนย และสีชนิด Reactive Black 5

3.2.2 ศึกษาหาค่าอายุตะกอนที่เหมาะสมในการบำบัดน้ำเสียจากโรงงานฟอกย้อม โดยจะทำการหาค่าอายุตะกอนที่เหมาะสมโดยการทิ้งน้ำ 1 2.5 และ 4 ลิตร จากถังปฏิกริยาขนาดจุ้น้ำ 5 ลิตร

3.2.3 ศึกษาผลกระทบของการใส่ผงถ่านกัมมันต์ (Powder Activated Carbon) เพอริกคลอไรด์ (FeCl_3) และไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ (H_2O_2) ที่มีต่อการทำงานของระบบ

3.2 เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย

3.2.1 วัสดุอุปกรณ์ที่ใช้ในการทดลอง

- ถังปฏิกริยาทำจากถังน้ำพลาสติกขนาด 6 ลิตร และ 1.5 ลิตร โดยคลุมด้วยพลาสติกสีดำเพื่อป้องกันแสงแดด

- เครื่องเติมอากาศ พร้อมสายยาง และหัวเติมอากาศแบบหัวฟู
- เครื่องเขย่าแบบ Shaker
- เครื่อง Spectrophotometer
- พีเอชมิเตอร์ (pH meter)
- ตู้อบความร้อนที่มีเครื่องควบคุมอุณหภูมิ (Drying Oven)
- กรวยกรอง (Membrane Filter Funnel)
- บั้มสุญญากาศ (Suction Pump) พร้อมขวดสุญญากาศขนาด 500 มล.
- กระดาษกรอง GF/C ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 4.7 ซม.
- บิวเรต
- ออโตปิเปต

3.2.2 สารเคมีที่ใช้ในการทดลอง

- สารช่วยลดสี ได้แก่ ผงถ่านกัมมันต์ เฟอริกคลอไรด์ และไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์
- สารละลายมาตรฐานโปตัสเซียมไดโครเมต ($K_2Cr_2O_7$) เข้มข้น 0.1 N
- สารละลายกรดซัลฟูริก (H_2SO_4) ผสมซิลเวอร์ซัลเฟต (Ag_2SO_4)
- สารละลายมาตรฐานเฟอร์รัสแอมโมเนียมซัลเฟต (FAS) 0.02 N
- สารละลายเฟอโรอินอินดิเคเตอร์ (Ferroin Indicator)
- สารละลายมาตรฐานไดโพแทสเซียมฟอสเฟต (K_2HPO_4)
- สารละลายมาตรฐานโพแทสเซียมไดไฮโดรเจนฟอสเฟต (KH_2PO_4)

3.3 วิธีการทดลอง

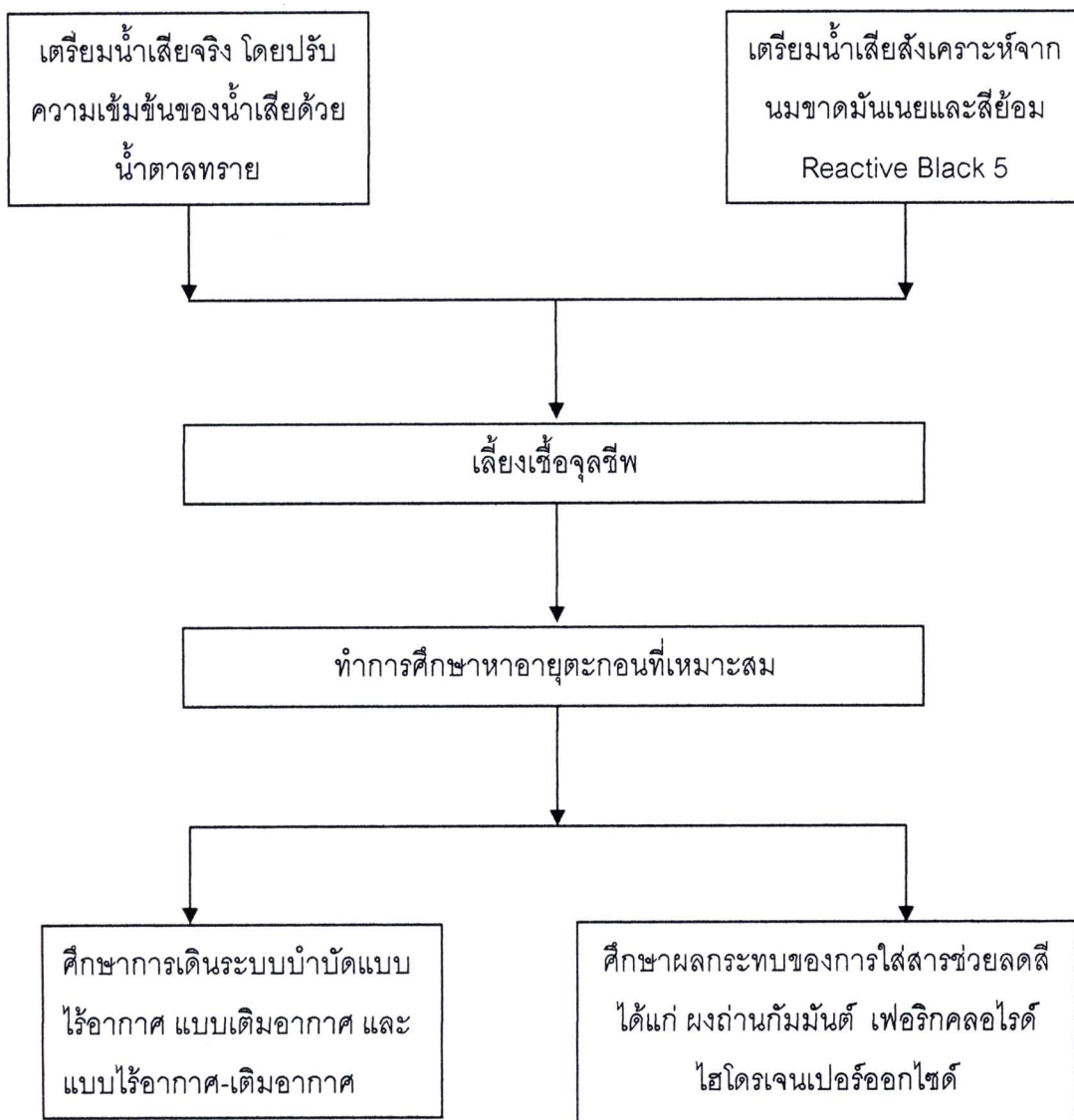
3.3.1 ตัวแปรที่ทำการศึกษา

ตารางที่ 3.1 ตัวแปรที่ทำการศึกษา

ตัวแปรอิสระ	ค่าที่ใช้ในการทดลอง
1. การทิ้งน้ำ	- 1 2.5 และ 4 ลิตร
2. ความเข้มข้นผงถ่านกัมมันต์	- 200 300 400 และ 500 มิลลิกรัมต่อลิตร
3. ความเข้มข้นเฟอริกคลอไรด์	- 50 100 200 500 และ 1000 มิลลิกรัมต่อลิตร
4. ความเข้มข้นไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์	- 50 100 200 400 และ 800 มิลลิกรัมต่อลิตร
ตัวแปรควบคุม	ค่าที่ใช้ในการทดลอง
1. ความเข้มข้นตะกอนจุลชีพเริ่มต้น	- 3000 มิลลิกรัมต่อลิตร
2. ชนิดและองค์ประกอบของน้ำเสียตั้งต้น	- น้ำเสียจริง น้ำเสียสังเคราะห์จากนมขาดมันเนย และสีย้อมผ้าชนิด Reactive Black 5
3. ค่าซีไอดีเริ่มต้นของน้ำเสีย	- 5000 มิลลิกรัมต่อลิตร
4. ความเข้มข้นสีเริ่มต้น	- 100 มิลลิกรัมต่อลิตร
5. ค่าพีเอช	- 7 ถึง 7.2
ตัวแปรตาม	พารามิเตอร์ที่ทำการวิเคราะห์
1. ซีไอดี	- Close Reflux Method
2. สี	- Spectrophotometer
3. อายุตะกอน	- คำนวณจากการทิ้งน้ำในการทดลอง

3.3.2 ขั้นตอนการดำเนินการวิจัย

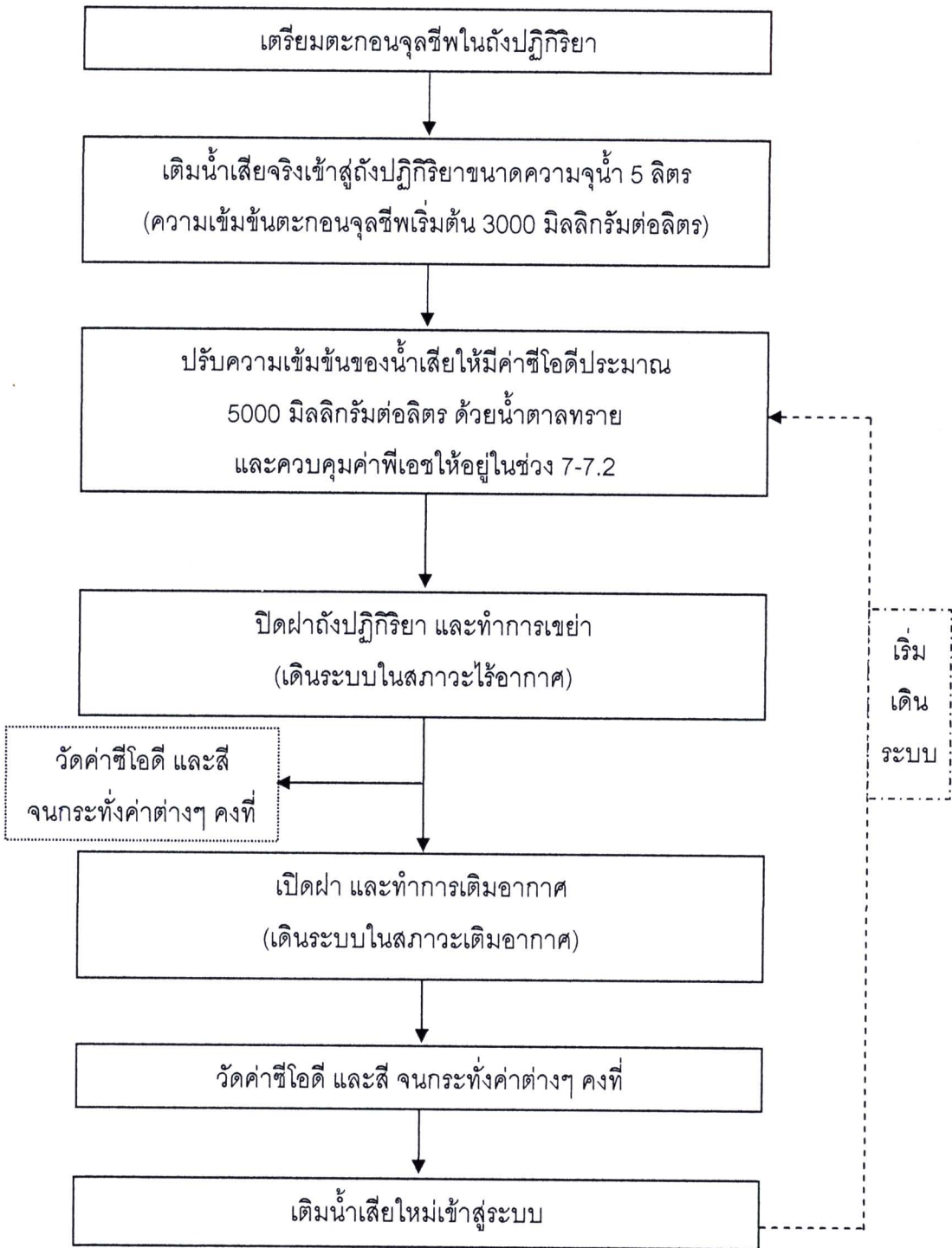
งานวิจัยนี้แบ่งขั้นตอนการดำเนินการวิจัยออกเป็น 4 ตอนหลัก คือ การเตรียมน้ำเสียและ
เลี้ยงเชื้อจุลินทรีย์ การหาอายุตะกอนที่เหมาะสม การศึกษาการเดินระบบแบบไร้อากาศ แบบเติม
อากาศ และแบบไร้อากาศ-เติมอากาศ และการศึกษาผลกระทบของการใส่สารช่วยลดสี แสดง
ดังรูปที่ 3.1



รูปที่ 3.1 แผนผังสรุปขั้นตอนการทดลอง

3.3.2.1 การทดลองกับน้ำเสียจริง

- 1) เตรียมถังปฏิกริยาขนาด 6 ลิตร มีความจุน้ำ 5 ลิตร
- 2) นำเชื้อจุลชีพจากระบบบำบัดแบบไร้อากาศของบริษัท เสริมสุข จำกัด ซึ่งมีลักษณะเป็นเม็ดและตะกอนแขวนลอยปนกันมาบั่นให้ผสมเป็นเนื้อเดียวกัน ทำการเตรียมเชื้อจุลชีพให้มีความเข้มข้น 3000 มิลลิกรัมต่อลิตร ก่อนใส่ลงในถังปฏิกริยา
- 3) เติมน้ำเสียจริงจากบริษัท ไทยอัมบริกา เคมีคัลส์ จำกัด ลงในถังปฏิกริยาให้มีปริมาตรน้ำในถังเท่ากับ 5 ลิตร และทำการปรับความเข้มข้นของน้ำเสียให้มีค่าซีโอดีประมาณ 5000 มิลลิกรัมต่อลิตร ด้วยน้ำตาลทราย และปรับค่าพีเอชของน้ำเสียให้อยู่ในช่วง 7-7.2 ตลอดการทดลองโดยใช้ไดโพแทสเซียมฟอสเฟต (K_2HPO_4) และโพแทสเซียมไดไฮโดรเจนฟอสเฟต (KH_2PO_4)
- 4) เริ่มเดินระบบโดยการปิดฝาถังปฏิกริยาเพื่อให้อยู่ในสภาวะไร้อากาศและนำไปวางบนเครื่องเขย่าที่มีความเร็วรอบ 100 รอบต่อนาที เพื่อให้เกิดการผสมที่สมบูรณ์ตลอดการทดลอง ทำการวัดค่าซีโอดีและสี จนกระทั่งค่าต่างๆ คงที่ จากนั้นทำการเติมน้ำเสียใหม่และน้ำตาลทรายเข้าสู่ระบบเพื่อเพิ่มความเข้มข้นของน้ำเสียให้มีค่าซีโอดีประมาณ 5000 มิลลิกรัมต่อลิตรและทำเช่นนี้ไปเรื่อยๆ จนกว่าจะได้ระยะเวลาในการบำบัดที่คงที่
- 5) เมื่อระบบในสภาวะไร้อากาศคงที่แล้วจึงเริ่มเดินระบบแบบเติมอากาศโดยใช้หัวฟู่ วัดการเปลี่ยนแปลงของค่าซีโอดีและสี จนกระทั่งคงที่
- 6) เติมน้ำเสียใหม่และน้ำตาลทรายเข้าสู่ระบบ จากนั้นจึงเริ่มเดินระบบแบบไร้อากาศและต่อด้วยการเดินระบบแบบเติมอากาศ จนกระทั่งค่าซีโอดีและสีคงที่ ทำเช่นเดิมจนกว่าจะได้ระยะเวลาในการบำบัดที่คงที่ แสดงดังรูปที่ 3.2



หมายเหตุ : ทำการทดลองซ้ำเรื่อยๆ จนกว่าจะได้ระยะเวลาในการบำบัดคงที่

รูปที่ 3.2 แผนผังสรุปการเลี้ยงเชื้อจุลชีพโดยใช้น้ำเสียจริง

3.3.2.2 การทดลองกับน้ำเสียสังเคราะห์

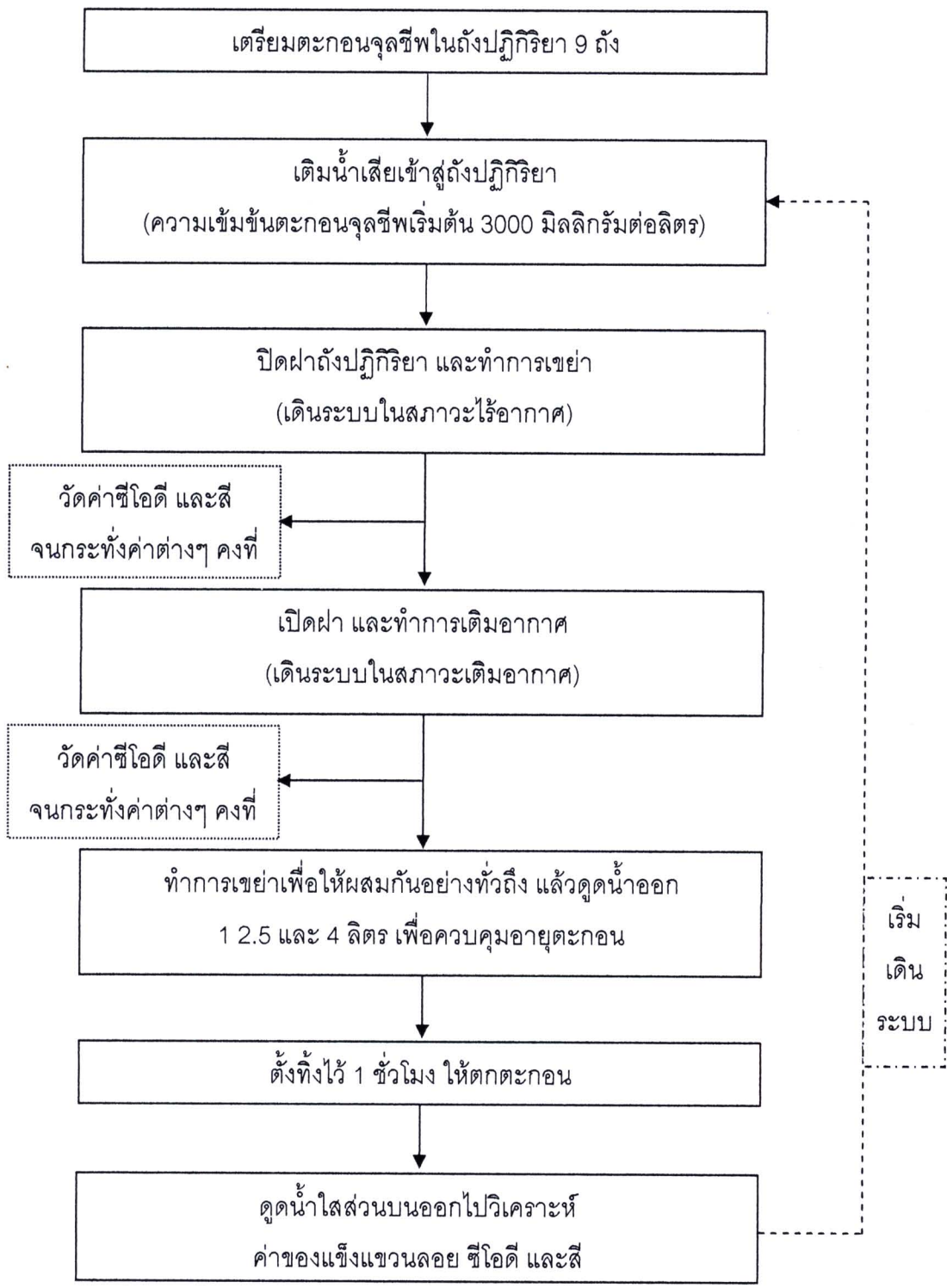
1) การเตรียมน้ำเสียสังเคราะห์

เตรียมน้ำเสียสังเคราะห์จากนมขาดมันเนยโดยคาดว่าน้ำเสียจากนมขาดมันเนยจะมีสารอาหารที่เพียงพอต่อความต้องการของจุลินทรีย์ และมีแต่สารที่สามารถย่อยสลายได้ง่ายโดยจุลินทรีย์ ซึ่งเลือกใช้ที่อัตราส่วน 1 ต่อ 25 (นม 1 ส่วนต่อน้ำ 25 ส่วน) เพื่อให้ได้ค่าซีโอดีเริ่มต้นประมาณ 5000 มิลลิกรัมต่อลิตร และเลือกใช้สีย้อมผ้าชนิด Reactive Black 5 ความเข้มข้น 100 มิลลิกรัมต่อลิตร (Van der Zee และ Villaverde, 2005)

2) การหาค่าอายุตะกอนที่เหมาะสม

2.1) เตรียมถังปฏิกริยาขนาด 6 ลิตร มีความจุน้ำ 5 ลิตร จำนวน 9 ถัง แต่ละถังประกอบด้วยน้ำเสียสังเคราะห์จากนมขาดมันเนยที่มีค่าซีโอดีเริ่มต้น 5000 มิลลิกรัมต่อลิตร สีย้อมผ้าชนิด Reactive Black 5 ความเข้มข้น 100 มิลลิกรัมต่อลิตร และตะกอนจุลินทรีย์ที่มีความเข้มข้น 3000 มิลลิกรัมต่อลิตร

2.2) ศึกษาการทิ้งตะกอนที่เหมาะสมสำหรับระบบบำบัดน้ำเสียแบบไร้อากาศ-เติมอากาศ เพื่อให้บำบัดน้ำเสียที่มีสีย้อมเจือปน เริ่มเดินระบบโดยการปิดฝาถังปฏิกริยาทั้ง 9 ถัง เพื่อให้อยู่ในสภาวะไร้อากาศและนำไปวางบนเครื่องเขย่าที่มีความเร็วรอบ 100 รอบต่อนาที เพื่อให้เกิดการผสมที่สมบูรณ์ตลอดการทดลอง ควบคุมค่าพีเอชให้อยู่ในช่วง 7-7.2 ทำการวัดค่าซีโอดีและสี จนกระทั่งค่าต่างๆ คงที่ จากนั้นเปิดฝาของถังปฏิกริยาออกและเติมอากาศด้วยหัวฟู่ วัดการเปลี่ยนแปลงของค่าซีโอดีและสี จนกระทั่งยุติ จากนั้นเขย่าเพื่อให้ผสมกันอย่างทั่วถึงและดูดน้ำตะกอนออก โดยถังที่ 1-3 ดูดน้ำออก 1 ลิตร ถังที่ 4-6 ดูดน้ำออก 2.5 ลิตร และ ถังที่ 7-9 ดูดน้ำออก 4 ลิตร จากนั้นตั้งทิ้งไว้ 1 ชั่วโมง เพื่อให้ตะกอนแยกตัวออกจากน้ำแล้วดูดน้ำใสส่วนบนออกให้เหลือแต่ตะกอนจุลินทรีย์ เมื่อเสร็จสิ้นขั้นตอนนี้ถือเป็นการจบการทดลองหนึ่งรอบ ต่อจากนั้นจะเติมน้ำเสียใหม่เข้าสู่ระบบแล้วทำการทดลองเช่นเดียวกับที่ได้กล่าวข้างต้นจนครบรอบการทดลอง ซึ่งจะทำให้การทดลองจนกว่าเวลาในแต่ละรอบคงที่ และการทิ้งตะกอนที่เหมาะสมจากประสิทธิภาพและอัตราการบำบัดของค่าซีโอดีและสี เพื่อนำไปใช้ในขั้นตอนต่อไป แสดงดังรูปที่



หมายเหตุ : ทำการทดลองซ้ำเรื่อยๆ จนกว่าจะได้ระยะเวลาเดินระบบในแต่ละรอบคงที่

รูปที่ 3.3 แผนผังสรุปการหาอายุตะกอนที่เหมาะสมโดยใช้น้ำเสียสังเคราะห์

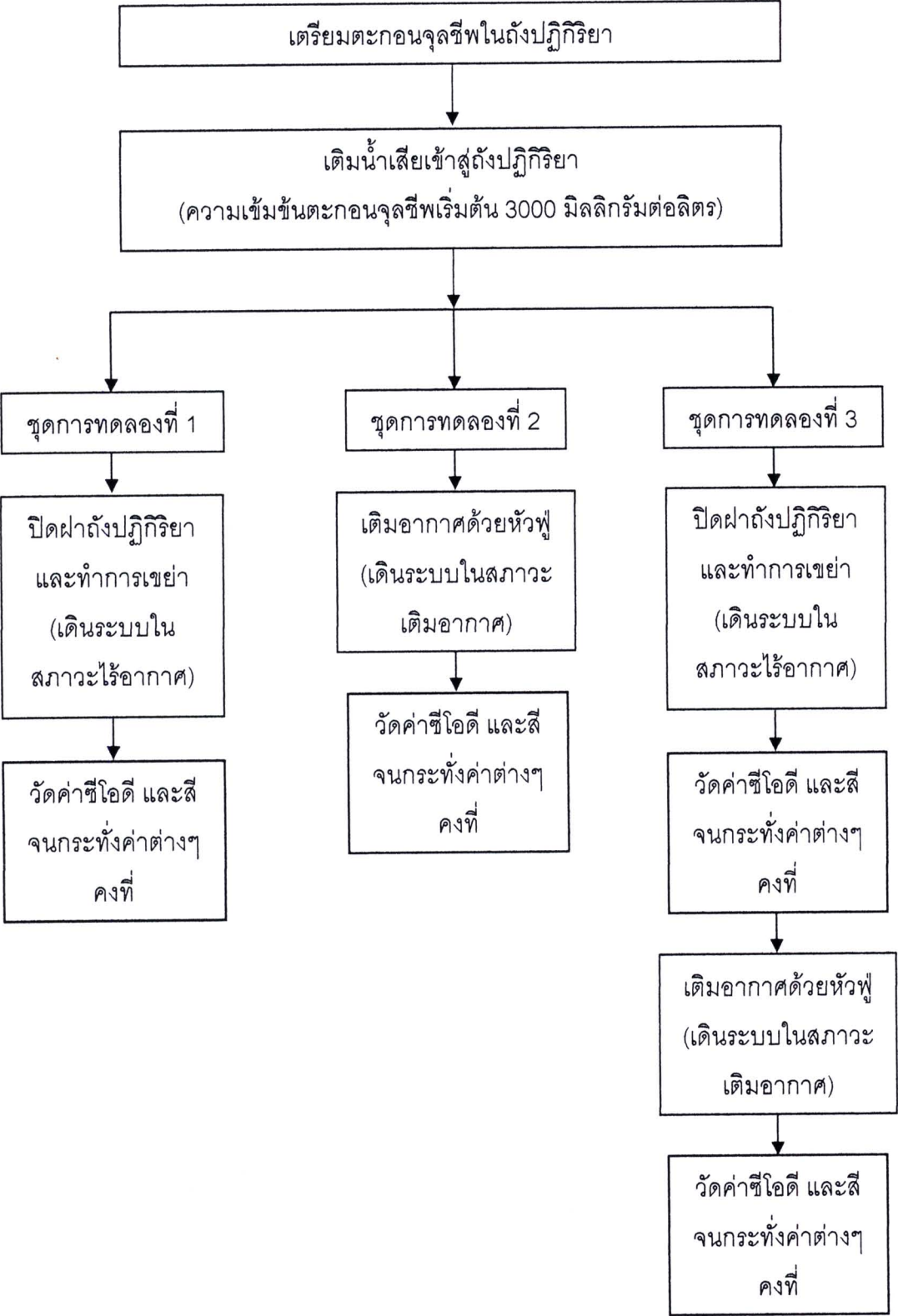
3) การทดลองเดินระบบบำบัดแบบไร้อากาศ แบบเติมอากาศ และแบบไร้อากาศ-เติมอากาศ แสดงดังรูปที่ 3.4

3.1) นำตะกอนจุลินทรีย์ที่ได้จากหัวข้อ 2) มาแบ่งเป็น 3 ชุดการทดลอง คือ ชุดการทดลองที่ 1 เดินระบบแบบไร้อากาศ ชุดการทดลองที่ 2 เดินระบบแบบเติมอากาศ และชุดการทดลองที่ 3 เดินระบบแบบไร้อากาศ-เติมอากาศ โดยแต่ละชุดการทดลองประกอบด้วยน้ำเสียสังเคราะห์ที่มีความเข้มข้นของค่าซีโอดีเริ่มต้น 5000 มิลลิกรัมต่อลิตร และความเข้มข้นสีเริ่มต้น 100 มิลลิกรัมต่อลิตร โดยใช้ตะกอนจุลินทรีย์ความเข้มข้น 3000 มิลลิกรัมต่อลิตร และควบคุมค่าพีเอชให้มีค่า 7-7.2 ตลอดการทดลอง

3.2) ชุดการทดลองที่ 1 หลังจากเตรียมน้ำเสียด้วยวิธีข้างต้นใส่ในถังปฏิกิริยาขนาด 1.25 ลิตร ปิดฝาเพื่อให้อยู่ในสภาวะไร้อากาศ นำไปวางบนเครื่องเขย่าที่ความเร็วรอบ 100 รอบต่อนาทีตลอดการทดลอง และทำการเก็บตัวอย่างเพื่อวิเคราะห์ค่าซีโอดีและสี จนกว่าค่าซีโอดีและสีจะคงที่

3.3) ชุดการทดลองที่ 2 หลังจากเตรียมน้ำเสียด้วยวิธีข้างต้นใส่ในถังปฏิกิริยาขนาด 1.25 ลิตร นำไปเติมอากาศด้วยหัวฟู่ตลอดการทดลอง และทำการเก็บตัวอย่างเพื่อวิเคราะห์ค่าซีโอดีและสี จนกว่าค่าซีโอดีและสีจะคงที่

3.4) ชุดการทดลองที่ 3 หลังจากเตรียมน้ำเสียด้วยวิธีข้างต้นใส่ในถังปฏิกิริยาขนาด 1.25 ลิตร ปิดฝาเพื่อให้อยู่ในสภาวะไร้อากาศ นำไปวางบนเครื่องเขย่าที่ความเร็วรอบ 100 รอบต่อนาที และทำการเก็บตัวอย่างเพื่อวิเคราะห์ค่าซีโอดีและสี จนกว่าค่าซีโอดีและสีจะคงที่ จากนั้นเปิดฝาของถังปฏิกิริยาออกและเติมอากาศด้วยหัวฟู่ วัดการเปลี่ยนแปลงของค่าซีโอดีและสี จนกระทั่งยุติ



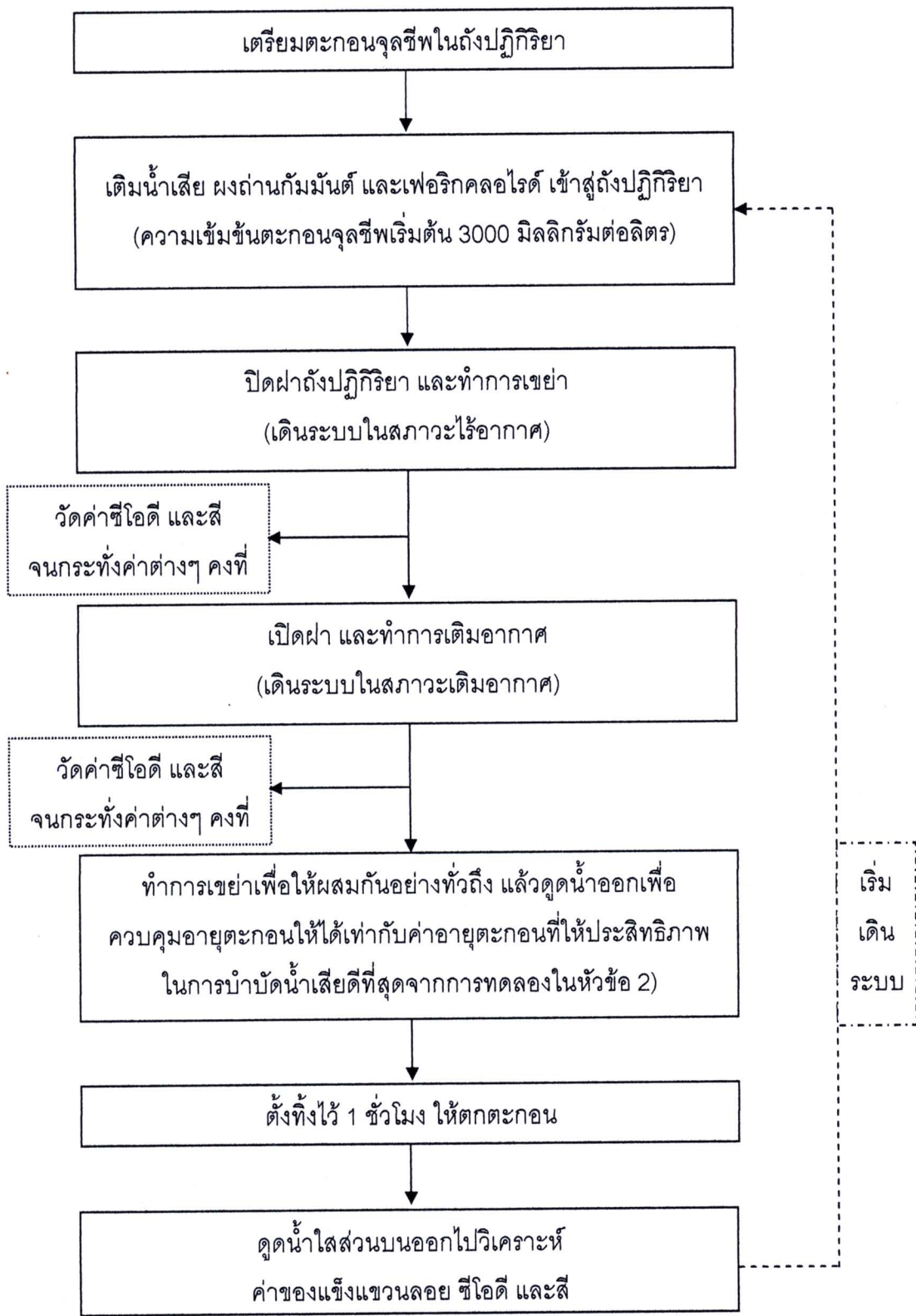
รูปที่ 3.4 แผนผังสรุปการเดินระบบบำบัดแบบไร้อากาศ แบบเติมอากาศ และแบบไร้อากาศ-เติมอากาศ

4) การทดลองโดยการใส่สารช่วยลดสี 3 ชนิด คือ ผงถ่านกัมมันต์ เพอริกคลอไรด์ และไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์

4.1) นำตะกอนจุลชีพที่ได้จากหัวข้อ 2) มาแบ่งเป็น 3 ชุดการทดลอง เพื่อทำการเติมสารช่วยลดสี ได้แก่ ผงถ่านกัมมันต์ เพอริกคลอไรด์ และไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์

4.2) ชุดการทดลองที่ 1 (ผงถ่านกัมมันต์) เตรียมน้ำเสียสังเคราะห์ที่มีความเข้มข้นของค่าซีไอดีเริ่มต้น 5000 มิลลิกรัมต่อลิตร และความเข้มข้นสีเริ่มต้น 100 มิลลิกรัมต่อลิตร โดยใช้ตะกอนจุลชีพความเข้มข้น 3000 มิลลิกรัมต่อลิตร ที่ได้จากหัวข้อ 2) โดยเตรียมทั้งหมด 4 ชุด ซึ่งในแต่ละชุดจะมีการเติมผงถ่านกัมมันต์ที่มีความเข้มข้น 200 300 400 และ 500 มิลลิกรัมต่อลิตรตามลำดับ (นวลละออง เนียมสอชิง, 2525; ธงชัย พรธนะสวัสดิ์, 2527ก และกมลรัตน์ ดีประเสริฐวงศ์, 2540) จากนั้นเดินระบบในสภาวะไร้อากาศโดยนำถังไปไว้บนเครื่องเขย่าเพื่อให้เกิดการผสมอย่างสมบูรณ์ เก็บตัวอย่างและวิเคราะห์ผลจนการลดลงของค่าซีไอดีและสีคังที่ จากนั้นนำถังไปปฏิริยาไปเติมอากาศ แล้วเก็บตัวอย่างและวิเคราะห์ผลจนการลดลงของค่าซีไอดีและสีคังที่ แสดงดังรูปที่ 3.5 ทั้งนี้เมื่อเริ่มเดินระบบรอบใหม่จะทำการเติมความเข้มข้นของผงถ่านกัมมันต์เท่ากับความเข้มข้นที่เติมในครั้งแรกทุกรอบ เพราะคาดว่าประสิทธิภาพของผงถ่านกัมมันต์ถูกใช้จนหมดไปแล้ว

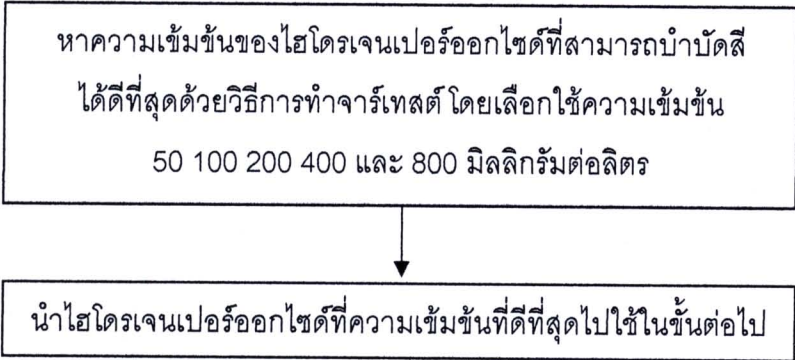
4.3) ชุดการทดลองที่ 2 (เพอริกคลอไรด์) เตรียมน้ำเสียสังเคราะห์ที่มีความเข้มข้นเริ่มต้นของค่าซีไอดี สี และตะกอนจุลชีพ เช่นเดียวกับชุดการทดลองที่ 1 จำนวน 5 ชุด และทำการเติมเพอริกคลอไรด์ความเข้มข้น 50 100 200 500 และ 1000 มิลลิกรัมต่อลิตร (Kim และคณะ, 2004) ตามลำดับ แล้วทำการเดินระบบและวิเคราะห์เช่นเดียวกับชุดการทดลองที่ 1 แสดงดังรูปที่ 3.5 สำหรับในแต่ละครั้งที่มีการเริ่มต้นการทดลองใหม่ ในการเติมเพอริกคลอไรด์ จะไม่ได้เติมในปริมาณเท่ากับค่าเริ่มต้น แต่จะทำการเติมในปริมาณเท่ากับเพอริกคลอไรด์ที่หลุดออกจากระบบ ซึ่งหาได้จากการคำนวณหาปริมาณเพอริกคลอไรด์ที่หลุดออกไปจากระบบทั้งในส่วนของการควบคุมอายุตะกอน การเก็บน้ำตัวอย่างไปวิเคราะห์ และการระบายน้ำใส



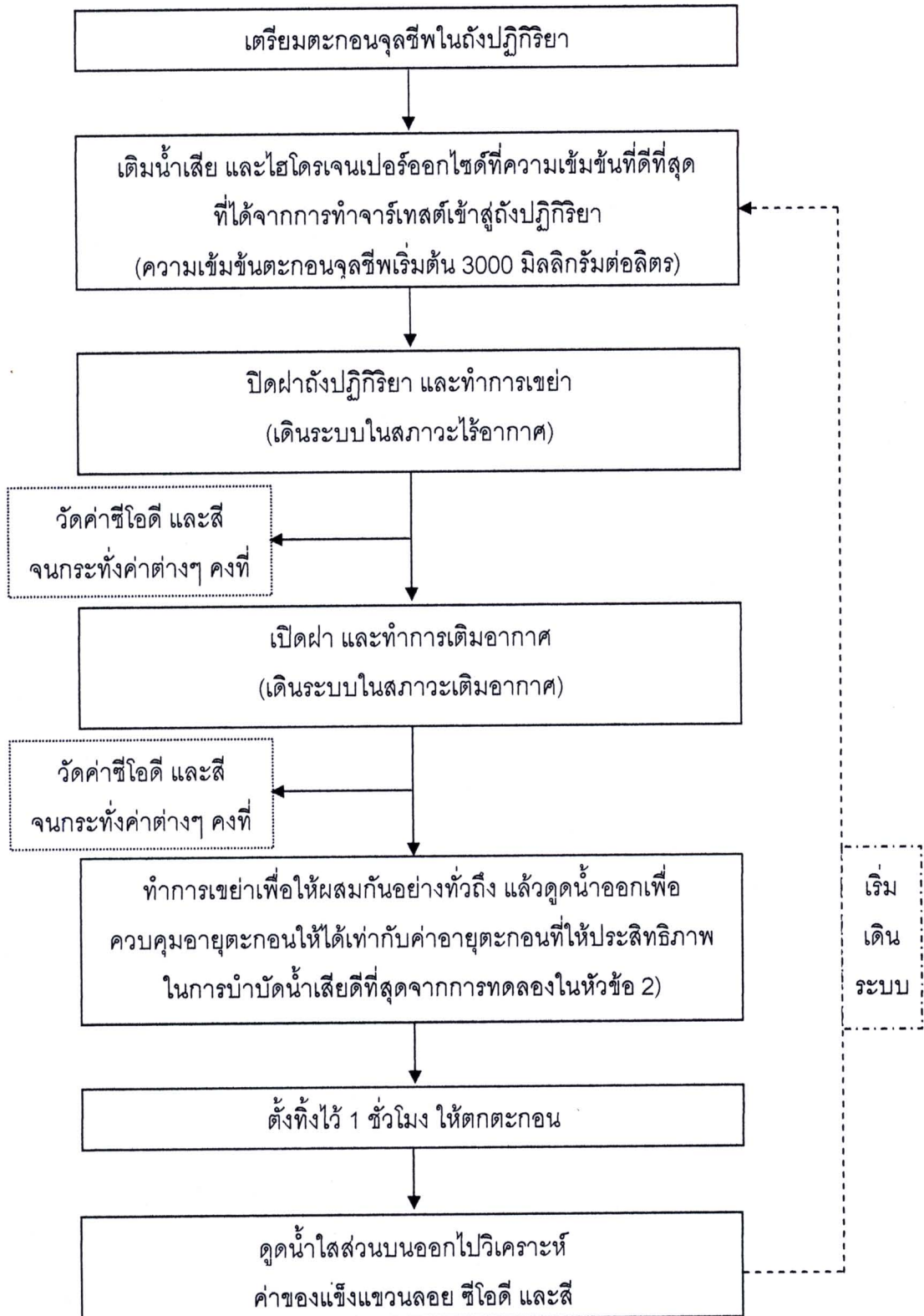
หมายเหตุ : ทำการทดลองซ้ำเรื่อยๆ จนกว่าจะได้ระยะเวลาเดินระบบในแต่ละรอบคงที่

รูปที่ 3.5 แผนผังสรุปการดำเนินการชุดการทดลองที่มีการเติมผงถ่านกัมมันต์และเพอริกคลอไรด์

4.3) ขั้นตอนการทดลองที่ 3 เป็นการศึกษาหาความเข้มข้นของไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ที่เหมาะสมที่จะนำมาใช้เป็นการบำบัดเบื้องต้นก่อนที่จะบำบัดต่อด้วยระบบบำบัดน้ำเสียแบบไร้อากาศ-เติมอากาศ เริ่มต้นการทดลองโดยการทำการทำจาร์เทสต์เพื่อหาความเข้มข้นของไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ที่เหมาะสมที่สามารถบำบัดได้ดีที่สุด และทำการควบคุมค่าพีเอชให้มีค่า 7-7.2 ตลอดการทดลอง เลือกใช้ความเข้มข้น 50 100 200 400 และ 800 มิลลิกรัมต่อลิตร (วุฒิ วิพันธุ์พงษ์,2540) เมื่อได้ความเข้มข้นของไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ที่เหมาะสมแล้ว จากนั้นเตรียมน้ำเสียเช่นเดียวกับชุดการทดลองที่ 1 และ 2 แล้วเติมไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ในความเข้มข้นที่ได้จากการทำการทำจาร์เทสต์ และทำการเดินระบบเช่นเดียวกับชุดการทดลองที่ 1 และ 2 แสดงดังรูปที่ 3.6 และ 3.7



รูปที่ 3.6 แผนผังสรุปการดำเนินการชุดการทดลองที่มีการเติมไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ ขั้นที่ 1



หมายเหตุ : ทำการทดลองซ้ำเรื่อยๆ จนกว่าจะได้ระยะเวลาเดินระบบในแต่ละรอบคงที่

รูปที่ 3.7 แผนผังสรุปการดำเนินการชุดการทดลองที่มีการเติมไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ ขั้นที่ 2

3.4 การเก็บตัวอย่างและการวิเคราะห์

3.4.1 การเก็บตัวอย่าง

- ช่วงสภาวะไร้อากาศ จะทำการเก็บตัวอย่างวันเว้นวัน
- ช่วงสภาวะเติมอากาศ จะทำการเก็บตัวอย่างทุกวัน

โดยการเก็บตัวอย่างนี้ระยะเวลาอาจมีการเปลี่ยนแปลงได้ขึ้นอยู่กับปฏิกิริยาที่เกิดขึ้น

ตารางที่ 3.2 พารามิเตอร์และวิธีการวิเคราะห์

พารามิเตอร์	วิธีวิเคราะห์/เครื่องมือที่ใช้ในการวิเคราะห์
พีเอช	pH meter
ของแข็งแขวนลอย	Cell COD = TCOD - SCOD
ซีโอดี	Close Reflux Method
สี	Spectrophotometer

3.5 การวัดสี

สำหรับการวัดสีในงานวิจัยนี้มีขั้นตอนดังนี้ คือ นำตัวอย่างน้ำไปกรองด้วยกระดาษกรอง GF/C ก่อนแล้วนำไปกรองด้วยกระดาษกรอง 0.45 ไมครอน จากนั้นทำการวัดสีโดยวัดค่าเปอร์เซ็นต์ทรานสมิตแทนซ์ด้วยเครื่องสเปกโตรโฟโตมิเตอร์ในช่วงความยาวคลื่นแสงตั้งแต่ 400 ถึง 700 นาโนเมตร วัดในช่วงละ 10 นาโนเมตร และนำมาคำนวณเป็นค่าสีในหน่วยเอดีเอ็มไอ (Allen และคณะ, 1973)