บทที่ 3

แผนการทดลองและดำเนินการวิจัย

3.1 รูปแบบการวิจัย

มีรูปแบบเป็นการวิจัยเชิงทดลอง ภายใต้สถานการที่ควบคุมภายในห้องปฏิบัติการ

3.2 สถานที่ทำการวิจัย

การดำเนินการวิจัยนี้กระทำที่ห้องปฏิบัติการภาควิชาวิศวกรรมสิ่งแวดล้อม คณะวิศวกรรมศาสตร์ และภาควิชาเคมีเทคนิค คณะวิทยาศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

3.3 แผนการทดลอง

งานวิจัยนี้เป็นการทดลองกำจัดสีรีแอกทีฟ ด้วยถ่านกัมมันต์ที่เตรียมจากกะลามะพร้าว ไม้ยูคาลิปตัส และแอนทราไซต์ โดยใช้น้ำเสียสังเคราะห์ที่เตรียมจากสีย้อม รีแอกทีฟ C.I.Reactive 180 สีแดง มีโครงสร้างโมโนอะโซและสีย้อมรีแอกทีฟ Remazol Black B สีน้ำเงิน โครงสร้างไดอะโซ มีความเข้มข้นสีคงที่ 50 มก./ล.ตลอดการวิจัย โดยทำการทดลองทั้งแบบแบตช์และคอลัมน์ งานวิจัยนี้ได้แบ่งการทดลองเป็น 4 ขั้นตอนคือ

3.3.1 ถ่านกัมมันต์ที่ใช้ในงานวิจัย

การทดลองนี้จะใช้ถ่านกัมมันต์จากกะลามะพร้าวที่ขายเป็นการค้า ส่วนถ่านกัมมันต์จากไม้ยูคาลิปตัส (Eucalyptus camaldulensis Dehnh.) และแอนทราไซต์ได้รับความอนุเคราะห์จากภาควิชาเคมีเทคนิค คณะวิทยาศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย ซึ่งใช้ถ่านกัมมันต์พื้นที่ผิวแตกต่างกัน ยกเว้นถ่านกัมมันต์จากไม้ยูคาลิปตัส และกะลามะพร้าวที่ขายเป็นการค้า1 ตัวอย่าง มีพื้นที่ผิวใกล้เคียงกันแต่เตรียมจากวัสดุต่างกัน

3.3.1.1 การเตรียมถ่านกัมมันต์เพื่อใช้ในงานวิจัย

ถ่านกัมมันต์ที่ใช้ในการทดลองแบบแบตช์จะบดด้วยเครื่องบดละเอียด ให้สามารถลอดผ่านตะแกรงเบอร์ 325 ได้ไม่น้อยกว่า 95% (ASTM D3860-89a, 1993) หลังจากนั้นอบถ่านกัมมันต์ในเตาอบที่อุณหภูมิ 150 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 3 ชั่วโมง ทิ้งไว้ให้เย็นในโถป้องกันความชื้น (Desicator) และวิเคราะห์ลักษณะทางกายภาพและเคมีของถ่านกัมมันต์ด้วย Scanning Electron Microscope (SEM) และ Fourier Transform Infrared Spectroscopy (FTIR) ตามลำดับ

ส่วนถ่านกัมมันต์ที่ใช้ในการทดลองแบบต่อเนื่องจะทำการร่อนคัดขนาดผ่านตะแกรงเบอร์ 12 แล้วค้างบนตะแกรงเบอร์ 40 จะได้ขนาดอนุภาค 0.42 – 1.68 มิลลิเมตร และวิเคราะห์ค่าผ่านตะแกรงเพื่อหา Effective size และ Uniformity coefficient

3.3.2 การทดสอบหาเวลาที่เหมาะสมของการดูดติดผิว สำหรับการทดลองแบบแบตช์

มีขั้นตอนและวิธีทำ สรุปได้ดังรูปที่ 3.1 และมีรายละเอียดวิธีทำดังนี้

1) เติมน้ำเสียสังเคราะห์ 2 ชนิด (จากสีย้อมรีแอกทีฟสีแดง และน้ำเงิน) ความเข้มข้น 50 มก./ล. ปริมาตร 100 มล.ลงในขวดวัดปริมาตรขนาด 250 มล.

2) เติมเม็ดถ่านกัมมันต์ปริมาณ 1.0 กรัมลงไป

3) นำขวดวัดปริมาตรแต่ละชุดไปเขย่าบนเครื่องเขย่า ที่รอบการทำงาน 250 รอบ/นาที เป็นเวลา 0.5 ชั่วโมงสำหรับชุดแรก และเป็นเวลา 5.0, 10.0, 15.0, 20.0, 25.0 นาที และ 0.5, 1.0, 2.0, 2.5, 3.0, 3.5, 4.0 จนถึง 12.0 ชั่วโมง สำหรับที่เหลืออีก 6 ชุดตามลำดับ ที่สภาพปกติ ณ อุณหภูมิห้อง

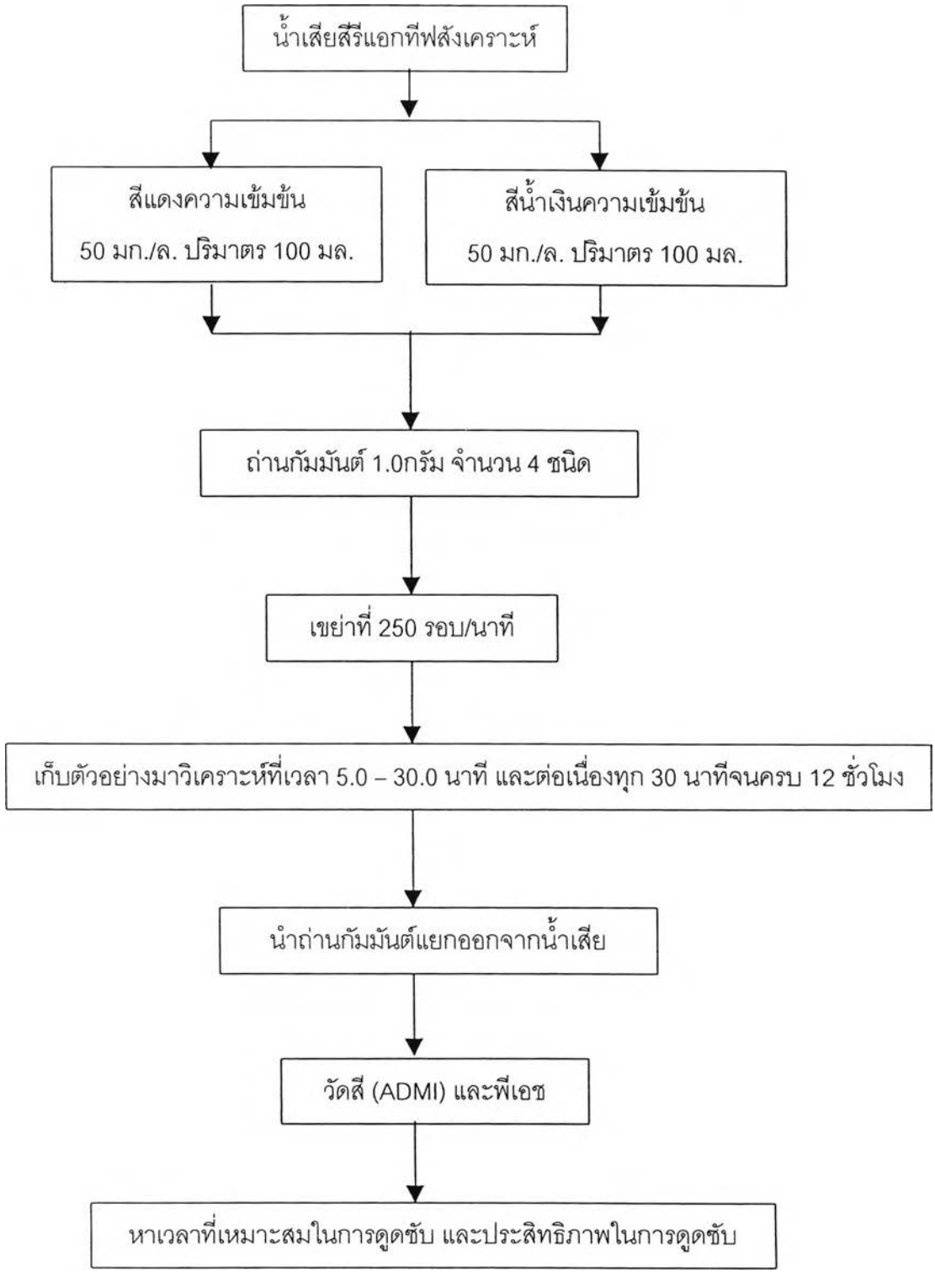
4) แยกถ่านกัมมันต์เม็ดออกโดยวางทิ้งไว้ให้จมตัวประมาณ 5 นาที

5) นำเฉพาะน้ำเสียไปวัดสี แล้วบันทึกค่าความเข้มข้นสีของน้ำเสียที่เหลือ และพีเอช

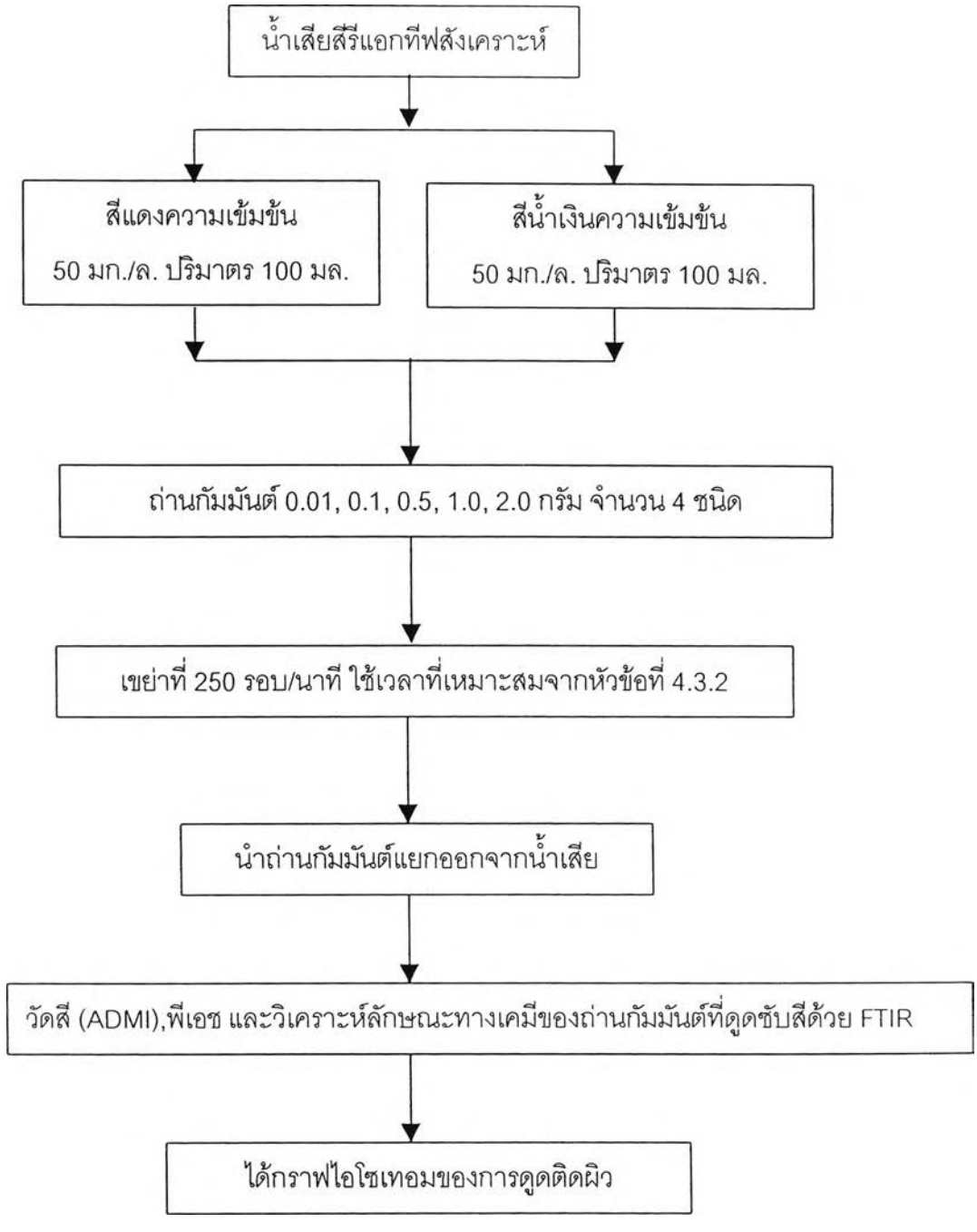
6) ทำซ้ำตั้งแต่ข้อ 1 โดยเปลี่ยนชนิดของถ่านกัมมันต์ และสีย้อมที่เตรียมจากหัวข้อที่ 3.3.1.1 จนครบ เลือกชนิดและเวลาที่มีประสิทธิภาพสูงสุดมาทดลองต่อไป

3.3.3 การทดสอบแบบแบตช์ เพื่อหาถ่านกัมมันต์ที่ให้ผลดี

มีขั้นตอนและวิธีทำ สรุปได้ดังรูปที่ 3.2 และมีรายละเอียดวิธีทำดังนี้



รูปที่ 3.1 แผนภาพการหาเวลาที่เหมาะสมในการดูดติดผิวของสีย้อมบนถ่านกัมมันต์



รูปที่ 3.2 แผนภาพการทดสอบแบบแบตช์ เพื่อหาถ่านกัมมันต์ที่ให้ผลดี

1) เติมน้ำเสียสังเคราะห์ 2 ชนิด (จากสีย้อมรีแอกทีฟแดง และน้ำเงิน) ปริมาตร 100 มล. ลงในขวดวัดปริมาตรขนาด 250 มล. จำนวน 6 ใบ แล้วเติมเม็ดถ่านกัมมันต์ปริมาณ 0, 0.01, 0.1, 0.5, 1.0, 2.0 กรัมลงไปตามลำดับ (ค่า m)

2) นำขวดวัดปริมาตรทั้ง 6 ใบไปเขย่าบนเครื่องเขย่า ที่รอบการทำงาน 250 รอบ/นาที เป็นเวลาตามที่ได้จากหัวข้อที่ 3.3.2 ที่สภาพปกติ ณ อุณหภูมิห้อง

3) แยกถ่านกัมมันต์เม็ดออกโดยวางให้จมตัวประมาณ 5 นาที

4) นำน้ำเสียไปวัดสี พีเอช และวิเคราะห์ลักษณะทางเคมีของถ่านกัมมันต์ที่ดูดซับสีด้วย FTIR

5) คำนวณหาปริมาณของสีที่ถูกดูดติดโดยถ่านกัมมันต์ที่อยู่ในแต่ละขวดวัดปริมาตร แล้วบันทึกค่าที่ได้จากการคำนวณ (ค่า x)

6) คำนวณหาอัตราส่วนปริมาณของสีที่ถูกดูดติด (ค่า x) ต่อหน่วยน้ำหนักของถ่านกัมมันต์ (ค่า m) แล้วทำการบันทึกค่าที่ได้จากการคำนวณ (ค่า x/m)

7) ทำซ้ำตั้งแต่ข้อ 1 โดยเปลี่ยนถ่านกัมมันต์ที่เตรียมจากหัวข้อ 3.3.1.1 และสีย้อม จนครบ

8) เปรียบเทียบผลเพื่อเลือกชนิดถ่านกัมมันต์ ที่ให้ค่าความจุสำหรับดูดติดที่ดีเพื่อไปศึกษาในรูปแบบต่อเนื่อง

3.3.4 การทดสอบแบบต่อเนื่อง

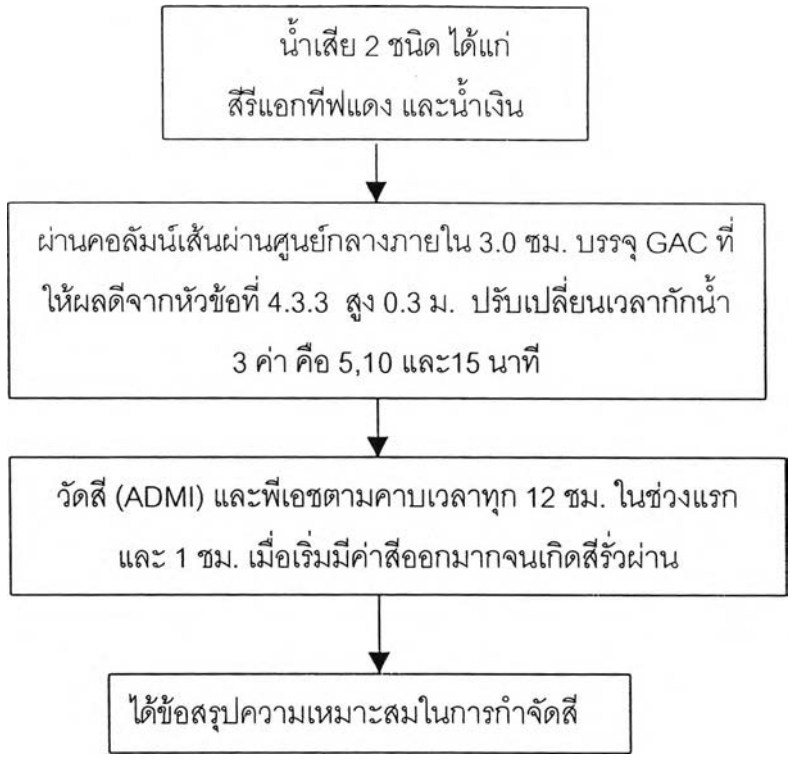
มีขั้นตอนและวิธีทำ สรุปได้ดังรูปที่ 3.3 และมีรายละเอียดวิธีทำดังนี้

1) การทดสอบในรูปแบบต่อเนื่อง ใช้คอลัมน์ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางภายใน 3.0 ซม. สูง 1.0 ม. มีถ่านกัมมันต์อยู่สูง 0.3 ม. ดังแสดงในรูปที่ 3.4 และ 3.5 ใช้น้ำเสียสังเคราะห์และชนิดถ่านกัมมันต์ที่ได้ผลดีจากหัวข้อที่ 3.3.3 กำหนดให้ระบบมีเวลากักน้ำ (Empty Bed Detention Time) เท่ากับ 5,10 และ15 นาที

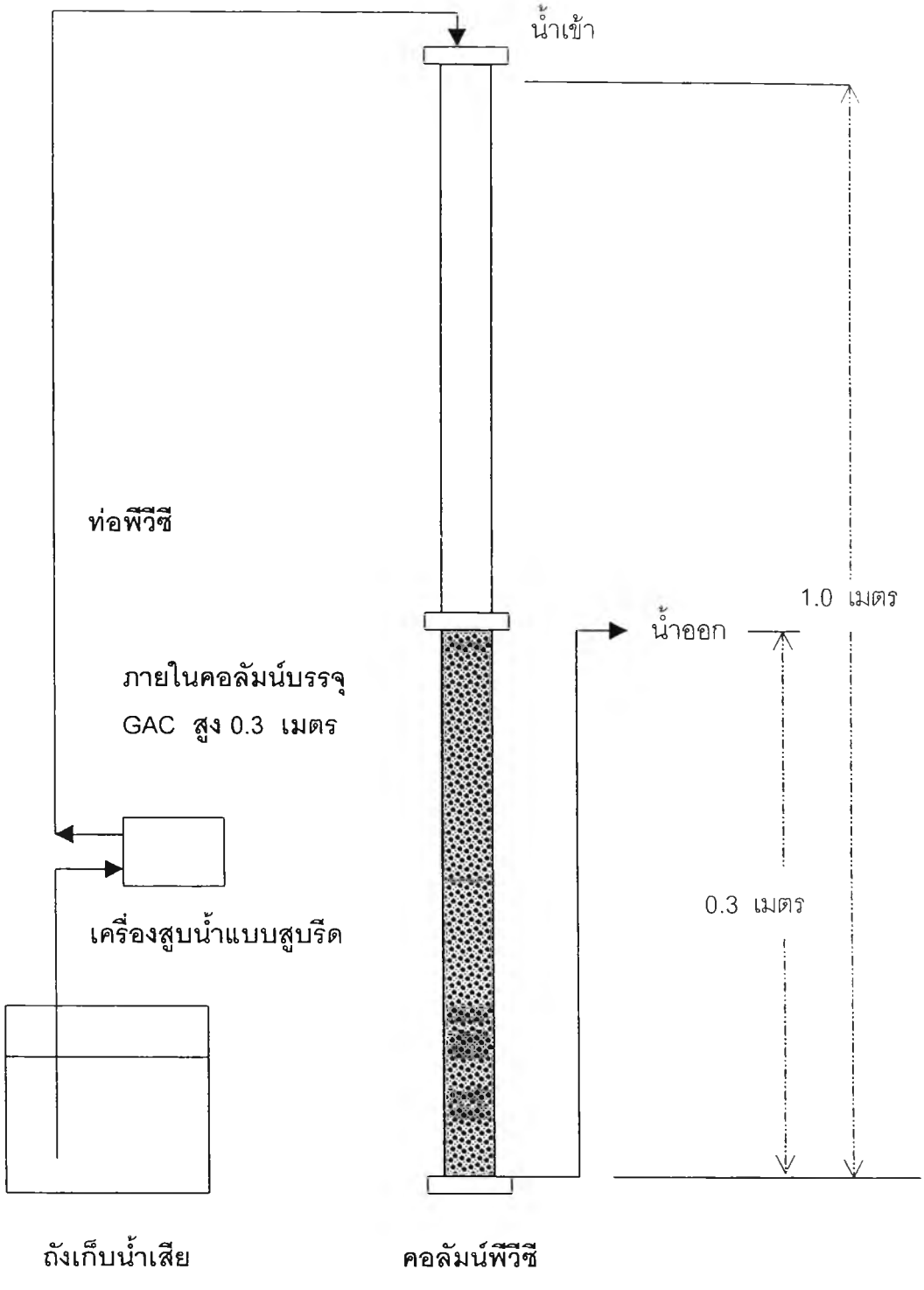
2) เก็บตัวอย่างน้ำเสียออกจากคอลัมน์ทีละ 100 ลบ.ซม. เพื่อทำการวัดสีในน้ำทุก 12 ซม. ส่วนช่วงที่ประสิทธิภาพการดูดติดลดลงจนสังเกตเห็นค่าสี (ADMI) ในน้ำออกเริ่มเพิ่มมากขึ้น จะเก็บตัวอย่างน้ำถี่มากขึ้นเพื่อให้ผลที่ถูกต้องแม่นยำมากขึ้นโดยเก็บทุก 1 ซม.

3) เขียนกราฟค่าสี (ADMI) ในน้ำออกเปรียบเทียบกับปริมาตรน้ำออก

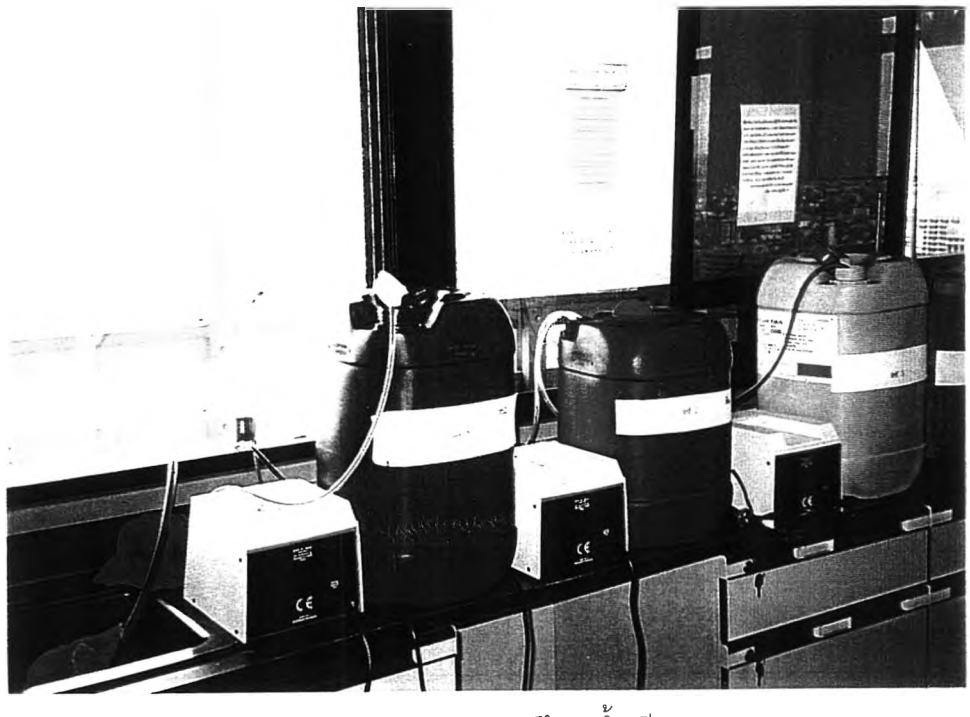
4) นำผลมาใช้เป็นข้อมูลในการสรุปความเหมาะสม ในการกำจัดสีโดยใช้ถ่านกัมมันต์ที่เลือกใช้



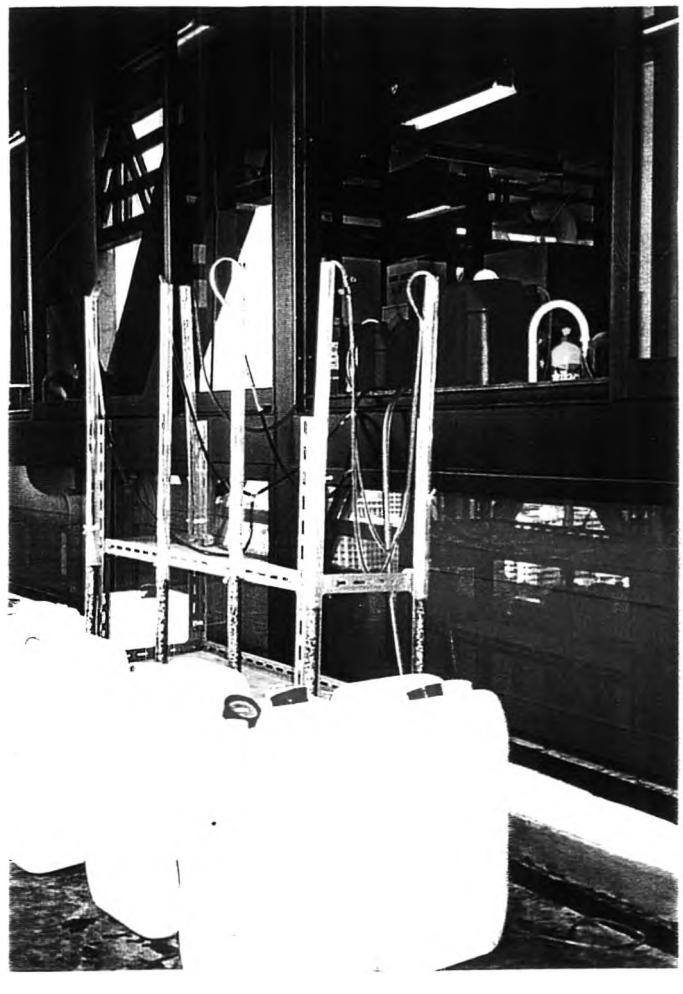
รูปที่ 3.3 แผนภาพการทดสอบแบบต่อเนื่อง



รูปที่ 3.4 คอลัมน์ที่ใช้ทดสอบแบบต่อเนื่อง



(ก) ชุดอุปกรณ์ป้อนน้ำเสีย



รูปที่ 3.5 ชุดอุปกรณ์ทดสอบแบบต่อเนื่อง

3.4 การกำหนดค่าและประเภทตัวแปร

3.4.1 การกำหนดค่าและประเภทตัวแปรตามการทดลองหัวข้อ 3.3.2

ตัวแปรอิสระ	
1. เวลาในการสัมผัส	5.0 – 30.0 นาที และต่อเนื่องจนครบ 12 ชั่วโมง ทุก 30 นาที
ตัวแปรที่ควบคุมให้คงที่	
1.ลักษณะน้ำเสียเริ่มต้น -ความเข้มข้นสีย้อม -ปริมาตรน้ำเสีย 2.ปริมาณถ่านกัมมันต์ 3.ความเร็วในการกวนผสม 4.อุณหภูมิ	 50 มิลลิกรัม/ลิตร 100 มิลลิลิตร 1.0 กรัม 250 รอบ/นาที อุณหภูมิห้อง
ตัวแปรตาม	
1.ลักษณะน้ำเสียหลังการทดลอง	ปริมาณสีย้อมที่เหลือ

3.4.2 การกำหนดค่าและประเภทตัวแปรตามการทดลองหัวข้อ 3.3.3

ตัวแปรอิสระ	
1. ปริมาณถ่านกัมมันต์	0.01 , 0.1 , 0.5 , 1.0 และ 2 กรัม
ตัวแปรที่ควบคุมให้คงที่	
1.ลักษณะน้ำเสียเริ่มต้น -ความเข้มข้นสีย้อม -ปริมาตรน้ำเสีย 2.เวลาในการสัมผัส 3.ความเร็วในการกวนผสม 4.อุณหภูมิ	 50 มิลลิกรัม/ลิตร 100 ลูกบาศก์เซนติเมตร เวลาที่เหมาะสมจากหัวข้อที่ 3.3.2 250 รอบ/นาที อุณหภูมิห้อง
ตัวแปรตาม	
1.ลักษณะน้ำเสียหลังการทดลอง 2.ลักษณะของการดูดติดผิว	ปริมาณสีย้อมที่เหลือ สมการไอโซเทอม

3.4.3 การกำหนดค่าและประเภทตัวแปรตามการทดลองหัวข้อ 3.3.4

ตัวแปรอิสระ	
1.เวลาสัมผัสถังเปล่า	5,10 และ 15 นาที
ตัวแปรที่ควบคุมให้คงที่	
1.ความสูงของชั้นถ่านกัมมันต์เม็ด 2.อุณหภูมิ 3.ความเข้มข้นของสีย้อมเริ่มต้น	0.3 เมตร อุณหภูมิห้อง 50 มิลลิกรัม/ลิตร
ตัวแปรตาม	
1.ลักษณะของน้ำเสียที่ผ่านการกรอง 2.ความสามารถในการกำจัดสีย้อม	ปริมาณสีย้อมที่เหลือ , ปริมาณน้ำที่กรองได้ , พีเอช ร้อยละการกำจัด

3.5 การเตรียมน้ำเสียสังเคราะห์

น้ำเสียที่ใช้ในการทดลองเป็นน้ำเสียสังเคราะห์ ที่มีการเติมสีรีแอกทีฟ C.I.Reactive 180 สีแดง มีโครงสร้างโมโนอะโซ และสีย้อมรีแอกทีฟ Remazol Black B สีน้ำเงิน โครงสร้างไดอะโซดัง ความเข้มข้นของสีคงที่ 50 มก/ล ตลอดการวิจัย

3.6 เครื่องมือและอุปกรณ์ที่ใช้ในการทดลอง

3.6.1 การเตรียมถ่านกัมมันต์

1) เครื่องบดหยาบ
2) เครื่องบดละเอียด
3) เครื่องเขย่าตะแกรง
4) ตะแกรงแยกขนาด
5) เครื่องชั่งละเอียด 0.1 มก.
6) ตู้อบ
7) โถป้องกันความชื้น (Desicator)

3.6.2 การทดลองแบบแบตซ์ และแบบต่อเนื่อง

1) คอลัมน์ที่ทำจากท่อพีวีซีใส เส้นผ่านศูนย์กลางภายใน 30 ซม. สูง 1 ม. (รูปที่ 3.4)
2) เครื่องเขย่า
3) กระดาษกรองขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 0.40-0.45 ไมโครเมตร
4) เครื่องสูบน้ำแบบรีด
5) ถังเก็บน้ำเสีย ขนาด 200 ลิตร
6) สเปกโทรโฟโทมิเตอร์
7) SEM Analyzer
8) FTIR Analyzer

3.7 การวิเคราะห์ตัวอย่างน้ำ

น้ำตัวอย่างที่จะนำมาทำการวัดสีจะกรองด้วยกระดาษกรองขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 0.40-0.45 ไมโครเมตรจากนั้นจึงนำไปเข้าเครื่องสเปกโทรโฟโทมิเตอร์ ใช้วัดสีออกมาในรูปของค่าแอบซอบแบนซ์ และเปอร์เซ็นต์ทรานสมิทแทนซ์ แล้วนำมาแสดงเป็นรูปกราฟระหว่างค่าแอบซอบแบนซ์กับความยาวคลื่น พื้นที่ใต้กราฟดังกล่าวจะนำมาคำนวณเป็นค่าสีในหน่วยเอสยู สามารถเป็นตัวแทนในการดูแนวโน้มกำจัดสีได้ ส่วนค่าเปอร์เซ็นต์ทรานสมิทแทนซ์จะนำมาคำนวณเป็นค่าสีเอดีเอ็มไอ