บทที่ 3

แผนงานและการดำเนินการวิจัย

การทดลองทั้งหมดในการวิจัยนี้กระทำที่ห้องปฏิบัติการของภาควิชาวิศวกรรมสิ่งแวดล้อม คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

3.1 แผนการทดลอง

การวิจัยนี้เป็นการศึกษาสมรรถนะภาพการกำจัดสีรีแอกทีฟของน้ำเสียสังเคราะห์โดยใช้กระบวนการเอสบีอาร์แบบแอนแอโรบิก-แอโรบิกที่มีโครงสร้างทางเคมีของสีย้อมรีแอกทีฟแตกต่างกัน

<u>ตัวแปรกำหนด</u>

ตัวแปรกำหนดที่ต้องการให้คงที่ ได้แก่

- ขนาดของถังปฏิกิริยา กว้าง 20 ซม. ยาว 20 ซม. และสูง 35 ซม. การใช้ถังที่มีรูปร่างสูงเพื่อกันการถ่ายเทออกซิเจนที่ผิวหน้าในช่วงแอนแอโรบิกให้มีน้อยที่สุด และกำหนดให้ปริมาตรของน้ำในถังปฏิกิริยาขณะเริ่มทำงานมีค่าเท่ากับ 10 ลิตร
- เป็นกระบวนการเอสบีอาร์แบบแอนแอโรบิก-แอโรบิก ช่วงเวลาการทำงาน 1 วัฏจักรต่อวัน สำหรับขั้นตอนการทำงานที่กำหนดไว้มีดังนี้

ช่วงเติมน้ำเสีย	4	นาที
(เติมน้ำเสียเข้า 5 ลิตร; $V_f : V_0 = 1 : 1$)		

(หมายเหตุ : สำหรับน้ำเสียสี 20 มก./ล. จะตั้งระบบฯเป็นพรีแอนน็อกซิกคือเกิดกระบวนการแอนน็อกซิกในช่วงต้นของกระบวนการแอนแอโรบิก แต่สำหรับน้ำเสียสี 100 มก./ล. จะตั้งระบบฯเป็นโพสต์แอนน็อกซิกคือมีช่วงแอนน็อกซิกต่อจากช่วงแอโรบิกอีก 1 ชั่วโมง โดยปรับลดเวลาในช่วงแอนแอโรบิกลงเหลือ 17 ชั่วโมง)

ช่วงแอนน็อกซิก+แอนแอโรบิก	18	ชั่วโมง
ช่วงแอโรบิก	5	ชั่วโมง
ช่วงตกตะกอน	52	นาที
ช่วงระบายน้ำในส่วนบน	4	นาที
รวม	24	ชั่วโมง

- ใช้เชื้อจุลินทรีย์จากโรงบำบัดน้ำเสียสี่พระยาซึ่งเป็นโรงบำบัดน้ำเสียชุมชนแบบแอกทิเวเต็ดสลัดจ์ โดยนำมาเลี้ยงในระบบแอนแอโรบิก-แอโรบิกเป็นเวลาไม่ต่ำกว่า 30 วัน เพื่อให้เคยชินกับสีก่อน
- กำหนดอายุสลัดจ์มีค่าคงที่เท่ากับ 8 วัน ดังนั้นจะต้องระบายสลัดจ์ส่วนเกินจากถังในช่วงท้ายแอโรบิกเท่ากับ 1.25 ลิตร/วัน เพื่อให้มี aerobic θ_C เท่ากับ 1.74 วัน และจะระบายน้ำใสออกจนกระทั่งปริมาตรของน้ำในถังปฏิกิริยาลดลงเหลือเท่ากับ 5 ลิตร ($V_f : V_0 = 1 : 1$) เพื่อกันไม่ให้สลัดจ์หลุดออกไปกับน้ำทิ้ง
- สมบัติของน้ำเสียสังเคราะห์ที่จะใช้ในการทดลองเป็นดังต่อไปนี้

ซีโอดี	1000	มก./ล.
(จากเกรดอะซิติก 150 มก./ล., จากกลูโคส 850 มก./ล.)		
สภาพด่าง	500	มก./ล.
ไนโตรเจน	50	มก./ล.
ฟอสฟอรัส	15	มก./ล.
แมกนีเซียม	3.75	มก./ล.
แคลเซียม	7.5	มก./ล.
เหล็ก	2	มก./ล.
สี	20	มก./ล.

สามารถคิดเป็นอัตราส่วนของสารที่ใช้ได้ดังนี้ (ภาคผนวก)

กลูโคส	860	มก./ล.
กรดอะซิติก	0.150	มล./ล.
$(NH_2)_2CO$	108	มก./ล.
KH_2PO_4	67	มก./ล.
$NaHCO_3$	840	มก./ล.
$MgSO_4.7H_20$	38	มก./ล.
$CaCl_2$	21	มก./ล.
$FeCl_3.6H_20$	7	มก./ล.
สี	20	มก./ล.

- สำหรับขั้นตอนที่สองเป็นการทดลองแบบแบตช์ โดยได้นำน้ำเสียสีจากถังปฏิกิริยาทั้ง 4 ชนิดจากขั้นตอนแรกที่เวลา t=5นาที ซึ่งเป็นช่วงเริ่มต้นของระบบฯหลังจากที่ทำการเติมน้ำเสียเข้าถังปฏิกิริยาโดยตั้งสมมติฐานว่าน้ำเสียได้ถูกผสมจนมีลักษณะเข้าเป็นเนื้อเดียวกันแล้ว จากนั้นมาใส่ในหลอดแก้วมีฝาปิดขนาด 30 มล. โดยทำ

เป็น 3 ซ้ำหรือ 3 หลอดต่อตัวอย่าง แล้วปล่อยอิสระคือให้สัตว์จมตัวอยู่ที่ก้นหลอด โดยไม่มีการเขย่าหรือการกวน เมื่อเวลาผ่านไปตามที่กำหนด (ตั้งแต่เริ่มต้นถึง 3 วัน) ได้ทำการวัดค่าซีโอดีและค่าสีในหน่วยเอสยู (GF/C + 0.45 µm. Filtering) โดยแต่ละค่าที่นำเสนอได้จากผลเฉลี่ยของตัวอย่างน้ำเสีย 3 หลอดที่สภาวะเดียวกัน มาเปรียบเทียบที่เวลาต่างๆกัน โดยแบ่งเป็น 5 ชุดการทดลอง ดังนี้

1. ศึกษาผลของปริมาณไนเทรต ตั้งไว้ในห้องทดลอง (อุณหภูมิประมาณ 30°C ไม่โดนแดด) โดยแบ่งเป็น 3 ค่าคือ C-ชุดควบคุม (ไม่มีการเติมไนเทรต) , N5-เติมไนเทรต 5 มิลลิโมล , N10-เติมไนเทรต 10 มิลลิโมล
2. ศึกษาผลของปริมาณซัลเฟต โดยแบ่งเป็น 3 ค่า(อุณหภูมิประมาณ 30°C ไม่โดนแดด) คือ C-ชุดควบคุม (ไม่มีการเติมซัลเฟต) , S5-เติมซัลเฟต 5 มิลลิโมล , S10-เติมซัลเฟต 10 มิลลิโมล
3. ศึกษาผลของสภาวะแวดล้อม 3 จุดที่แตกต่างกันคือ DR (dark refrigeration)-ในตู้เย็นมืด (อุณหภูมิ 4°C) , RC (room condition)-ในห้องทดลอง (อุณหภูมิห้องช่วง 28-33°C ไม่โดนแดด) , OE (open exposure)-สภาวะกลางแจ้ง (โดนแดด มีโฟโต้อ็อกซิเดชัน และอุณหภูมิเปลี่ยนแปลงไปตามกลางวัน-กลางคืนในช่วง 28-38°C)
4. ศึกษาการลดสีในสภาวะที่มีกับไม่มีจุลินทรีย์ในสภาวะกลางแจ้ง โดนแดด และอุณหภูมิเปลี่ยนแปลงไปตามกลางวัน-กลางคืนคือ VO (viable organisms)-ชุดควบคุม (น้ำเสียที่ t=5) , F/St (filter + sterilization)-น้ำเสียจากถังปฏิกิริยาที่ t=5 นาที นำมากรองด้วยกระดาษ GF/C เพื่อแยกเซลล์ออก แล้วนำน้ำเสียส่วนใสที่ได้ไปฆ่าเชื้อในหม้อนึ่งอัด (autoclave), DC (dead cell)-น้ำเสียที่ t=5 นาที นำไปฆ่าเชื้อในหม้อนึ่งอัดเลยโดยที่ไม่ได้กรองเอาเซลล์ออก
5. ศึกษาผลของอุณหภูมิต่อการลดสีในสภาวะไร้แสง โดยทดลองที่อุณหภูมิต่างๆ ดังนี้ RT (room temperature)-อุณหภูมิห้อง (ประมาณ 30°C ในตู้มืดไม่มีแสงเข้า) , T20-(ที่ 20°C) , T40-(ที่ 40°C) (ในตู้อินคิวเบเทอร์ควบคุมอุณหภูมิไม่มีแสง)

<u>ตัวแปรอิสระ</u>

ตัวแปรอิสระที่ศึกษาในชุดการทดลองแรก(ระบบเอสบีอาร์แบบแอนแอโรบิก-แอโรบิก) คือ โครงสร้างทางเคมีของสี 4 ชนิด และความเข้มสี (20 และ 100 มก./ล.) สำหรับส่วนที่สอง(แบบ

แบตช์) คือ สภาวะแวดล้อม (อุณหภูมิ, แสงแดด), ปริมาณไนเทรต และปริมาณซัลเฟต (5 และ 10 มิลลิโมล)

ตัวแปรตาม

ตัวแปรตามในชุดการทดลองแรกที่จะต้องวิเคราะห์คือ ประสิทธิภาพการกำจัดสี, การลดลงของค่าซีโอดี, ไนโตรเจน, ฟอสฟอรัส, และลักษณะต่าง ๆของน้ำเสีย ซึ่งพารามิเตอร์ที่จะทำการวัดแสดงอยู่ในตารางที่ 3.1 สำหรับชุดการทดลองที่สองคือค่าซีโอดีและค่าสี

ตารางที่ 3.1 พารามิเตอร์ ตำแหน่งการเก็บตัวอย่าง และความถี่ที่ต้องวิเคราะห์ สำหรับกระบวนการเอสบีอาร์แบบแอนแอโรบิก-แอโรบิก

พารามิเตอร์	ตำแหน่งการเก็บตัวอย่าง			
	น้ำเสีย	ช่วงท้ายแอนแอโรบิก	ช่วงท้ายแอโรบิก	น้ำทิ้ง
พีเอช	I	3/W	3/W	-
โออาร์พี	-	3/W/P	3/W/P	-
อุณหภูมิ	-	3/W/P	3/W/P	-
ออกซิเจนละลาย	-	3/W/P	3/W/P	-
เอสวี30	-	-	3/W	-
เอ็มแอลเอสเอส	-	-	3/W	-
เอ็มแอลวีเอสเอส	-	-	3/W	-
สี(กรอง)	I/S	3/W/P/S	3/W/P/S	-
เอสเอส	-	-	-	3/W/S
ซีโอดีทั้งหมด	I/S	-	-	-
ซีโอดี(กรอง)	-	3/W/S/P	3/W/S/P	-
ความเป็นด่าง(กรอง)	I	3/W	3/W	-
วีเอฟเอ(กรอง)	I	3/W/S	3/W/S	-
ทีเคเอ็น	I	3/W/S/P	3/W/S/P	-
ฟอสฟอรัสทั้งหมด	I	-	-	-
ฟอสฟอรัสทั้งหมด(กรอง)	-	3/W/S/P	3/W/S/P	-

หมายเหตุ I หมายถึง ตัวแปรที่วิเคราะห์เปรียบเทียบเป็นระยะ ๆ (intermittent)

3/W หมายถึง ตัวแปรที่ต้องวิเคราะห์ 3 ครั้งต่อสัปดาห์

/P หมายถึง ตัวแปรที่ต้องวิเคราะห์เทียบเวลาเป็นโพรไฟล์เป็นครั้งคราว

/S หมายถึง ตัวแปรที่ต้องวิเคราะห์หลังจากระบบเข้าสู่สถานะคงตัว (steady state)

3.2 เครื่องมือและอุปกรณ์ที่ใช้ในการทดลอง

เครื่องมือและอุปกรณ์ที่ใช้ในการทดลองมีดังนี้ (ดูรูปที่ 3.1 และ 3.2)

3.2.1 ถังเก็บน้ำเสีย

ถังเก็บน้ำเสียเป็นถังพลาสติกขนาดจุ 7 ลิตร สำหรับเก็บน้ำเสียก่อนเข้าระบบ ปริมาณน้ำเสียที่ถูกปล่อยให้ไหลเข้าถังปฏิกิริยาเท่ากับ 5 ลิตรต่อ 1 วัฏจักรการทำงาน โดยเจาะรูที่ข้างถัง และมีไมโครโพรเซสเซอร์เป็นตัวควบคุมการเปิด-ปิดของโซลีนอยด์วาล์ว และใช้ถังพลาสติกสำหรับรองรับน้ำทิ้งที่ออกจากระบบ และรองรับสลัดจ์ส่วนเกินในแต่ละระบบ และจะทำความสะอาดก่อนนำมาใช้ในครั้งต่อไป

3.2.2 ถังปฏิกิริยา

ถังปฏิกิริยาเป็นถังอะคริลิกใสขนาด 20 x 20 x 35 ซม.^{3} ซึ่งใช้ในกระบวนการเอสบีอาร์แบบแอนแอโรบิก-แอโรบิก โดยเจาะรูที่ข้างถังปฏิกิริยา 1 รู เป็นจุดที่จะทำการระบายน้ำทิ้งเพื่อให้ได้อัตราส่วนน้ำทิ้งต่อน้ำเหลือค้างถังเท่ากับ 1 ต่อ 1 หรือเท่ากับ 5 ต่อ 5 ลิตร

3.2.3 เครื่องกวน

เครื่องกวนที่จะนำมาใช้ในกระบวนการเอสบีอาร์แบบแอนแอโรบิก-แอโรบิก ทำหน้าที่ผสมน้ำเสียให้มีการสัมผัสกันระหว่างสารอินทรีย์กับจุลินทรีย์ ใบกวนทำด้วยพลาสติกโดยใช้มอเตอร์ขับให้มีความเร็วรอบประมาณ 200 รอบต่อนาที

3.2.4 เครื่องเติมอากาศ

เครื่องเติมอากาศที่ใช้ในการทดลองเป็นแบบที่ใช้สำหรับเติมอากาศในตู้ปลา โดยติดหัวกระจายอากาศ ชนิดที่ใช้ในตู้เลี้ยงปลาทั่วๆไป

3.2.5 ไมโครโพรเซสเซอร์

ไมโครโพรเซสเซอร์ที่ใช้คือเบอร์ 8051 ของบริษัท Intel ทำหน้าที่ควบคุมการทำงานของอุปกรณ์ต่างๆ ได้แก่ โซลีนอยด์วาล์ว เครื่องกวน และเครื่องเติมอากาศ ให้เปิด-ปิด ตามเวลาที่ตั้งไว้

3.2.6 อุปกรณ์อื่นๆ

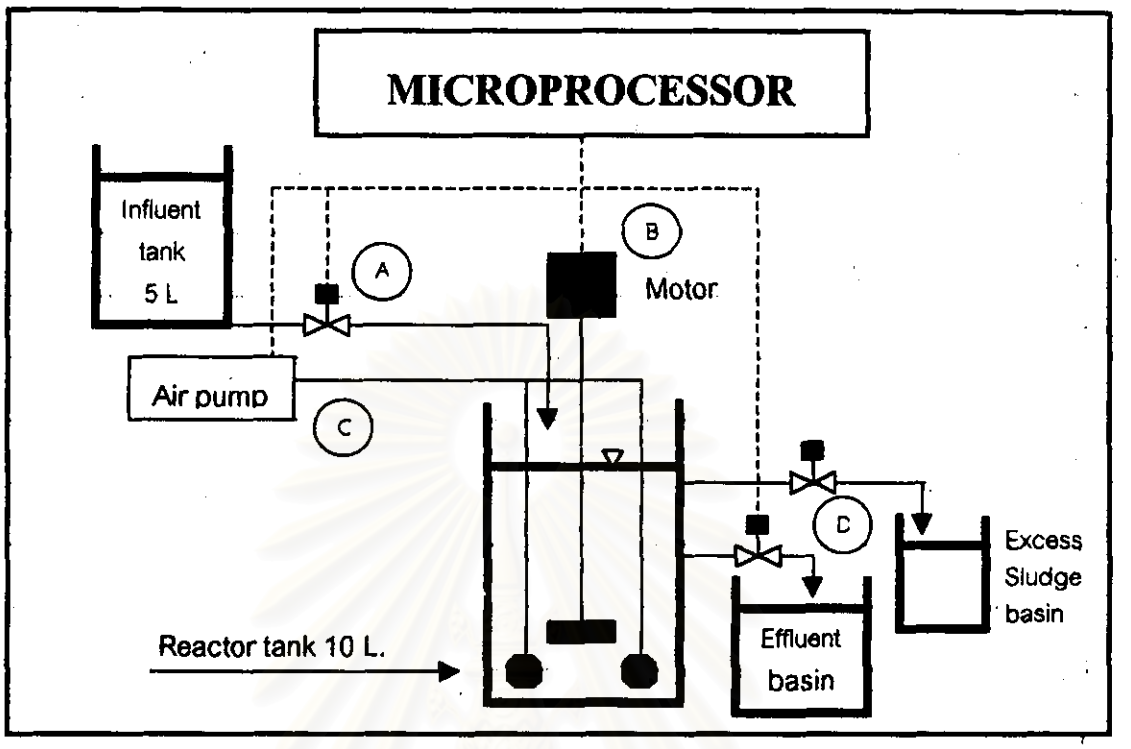
ได้แก่ วาล์วโซลินอยด์ ทำหน้าที่เปิด-ปิดการทำงานในช่วงที่มีการเติมน้ำเสีย ช่วงระบายสลัดจ์ส่วนเกิน และช่วงระบายน้ำใสส่วนบนออก, ท่อพีวีซีไว้สำหรับเป็นทางออกของน้ำทิ้งและสลัดจ์ส่วนเกิน

3.3 การติดตั้งเครื่องมือและการทำงาน

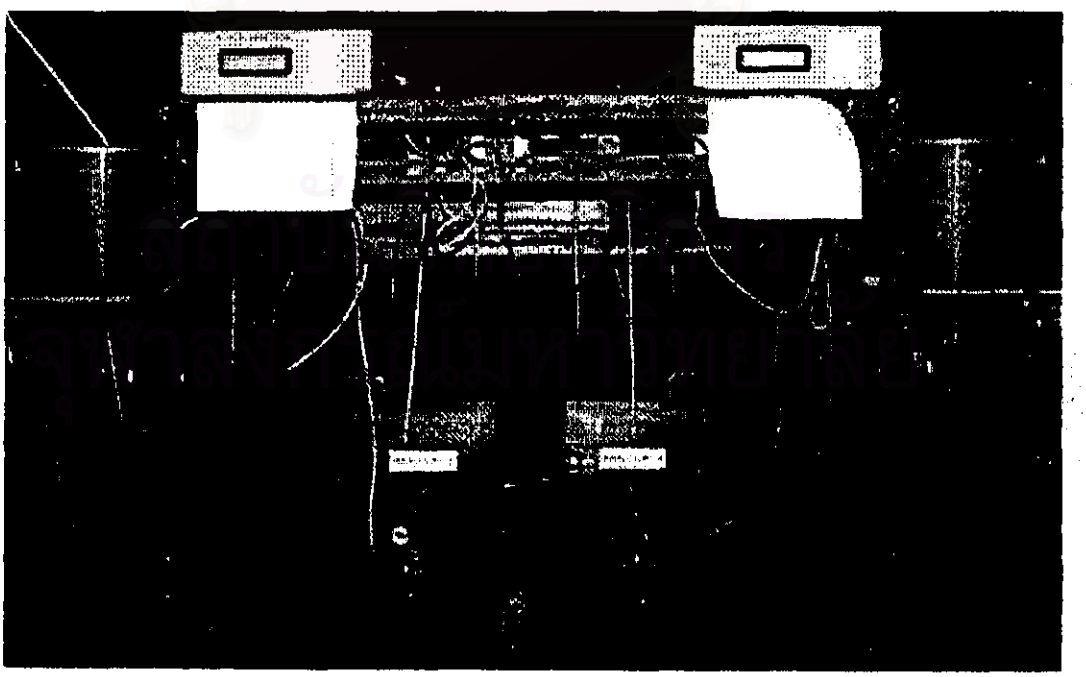
การติดตั้งเครื่องมือของกระบวนการเอสบีอาร์แบบแอนแอโรบิก-แอโรบิก แสดงดังในรูปที่ 3.1และ 3.2 ใช้ชุดทดลองทั้งหมด 4 ชุดการทดลอง สำหรับเชื้อจุลินทรีย์(seed)ที่ใช้จะเป็นเชื้อที่ทำการเลี้ยงให้เคยชินกับน้ำเสียสีสังเคราะห์ที่เดินระบบแบบแอนแอโรบิก-แอโรบิกอยู่แล้ว สำหรับรายละเอียดการทำงานของแต่ละกระบวนการอธิบายได้ดังนี้

ชุดควบคุมการทำงานไมโครโพรเซสเซอร์จะสั่งให้ระบบทำงานดังนี้

1). A สั่งเปิดโซลีนอยด์วาล์วเพื่อปล่อยให้น้ำเสียไหลเข้าถังปฏิกิริยาตามปริมาตรที่กำหนดไว้ เมื่อถึงเวลาที่ตั้งไว้ A จะสั่งปิดโซลีนอยด์วาล์ว
2). B ปล่อยกระแสไฟฟ้าเข้าสู่มอเตอร์ของเครื่องกวน เข้าสู่ช่วงแอนนอกซิก ต่อด้วยช่วงแอนแอโรบิก เมื่อถึงกำหนดเวลาตามที่ตั้งเอาไว้ B จะหยุดจ่ายไฟให้แก่มอเตอร์
3). C สั่งให้เครื่องเติมอากาศทำงาน เข้าสู่ช่วงออกซิก เมื่อเข้าสู่ตอนท้ายของช่วงนี้จะทำการระบายสลัดจ์สำหรับรักษาอายุของสลัดจ์ เมื่อถึงกำหนดเวลา C จะสั่งให้เครื่องเติมอากาศหยุดทำงาน
4). อุปกรณ์ทุกตัวที่ต่อเข้ากับไมโครโพรเซสเซอร์หยุดทำงาน เพื่อเข้าสู่ช่วงจมตัวของสลัดจ์
5). เมื่อถึงเวลาตามที่กำหนด D จะสั่งให้วาล์วโซลีนอยด์เปิด เพื่อระบายน้ำใสส่วนบนออก เมื่อเสร็จแล้วก็สั่งปิด
6). ครบวัฏจักร กลับไปเริ่มที่ขั้นที่ 1 ใหม่



รูปที่ 3.1 โมเดลการติดตั้งเครื่องมือในการทดลอง สำหรับกระบวนการเอสบีอาร์แบบเอทู/โอ



รูปที่ 3.2 เครื่องมือที่ใช้ในการทดลอง

3.4 การเก็บตัวอย่างและการวิเคราะห์

3.4.1 การเก็บตัวอย่างน้ำ

ตัวอย่างน้ำจะถูกเก็บตามตำแหน่งต่างๆดังแสดงในตารางที่ 3.1 ซึ่งช่วงเวลาที่เก็บตัวอย่างน้ำเข้าจะเก็บก่อนที่น้ำเสียจะเข้าระบบ สำหรับช่วงแอนแอโรบิกและช่วงแอโรบิกจะเก็บตอนก่อนเปลี่ยนช่วงหรือสิ้นสุดช่วงนั้นๆ โดยที่จะทำกราฟการเปลี่ยนแปลง(โพรไฟล์)ของพารามิเตอร์บางตัวเทียบต่อเวลาเพื่อประโยชน์ในการวิเคราะห์ผล ส่วนน้ำทิ้งออกจากระบบจะเก็บหลังจากสิ้นสุดช่วงระบายน้ำใสส่วนบนออก

ตัวอย่างน้ำที่เก็บแต่ละจุดมีปริมาตรไม่เกิน 250 มล. และจะนำมาวิเคราะห์หาปริมาณค่าตัวแปรต่างๆ ดังแสดงรายละเอียดและความถี่ไว้ในตารางที่ 3.1 และเมื่อระบบเข้าสู่สถานะคงตัว จะทำการวิเคราะห์ตัวแปรต่างๆเพื่อดูแนวโน้มการทำงานของระบบ

3.4.2 การวิเคราะห์ตัวอย่างน้ำ

สำหรับวิธีวิเคราะห์หาค่าต่างๆของตัวอย่างน้ำมีดังแสดงในตารางที่ 3.2

ตารางที่ 3.2 วิธีการวิเคราะห์พารามิเตอร์ต่างๆ

พารามิเตอร์	วิธีวิเคราะห์
พีเอช	Electronic pH meter with glass electrode method, HACH EC30
ออกซิเจนละลาย	Membrane electrode method, YSI 52
โออาร์พี	Electronic ORP meter with platinum electrode method, RADIOMETER PHM80
อุณหภูมิ	Thermometer method
ซีโอดี	GF/C + 0.45 μm Filtering + Dichromate close reflux method
ฟอสฟอรัสละลาย	GF/C + 0.45 μm Filtering + Vanadomolybdate acid method
ทีเคเอ็น	GF/C Filtering + Macro-Kjeldahl method
เอ็มแอลเอสเอส	GF/C Filtering + drying at 103°C
เอ็มแอลวีเอสเอส	GF/C Filtering + volatile solids ignited at 550°C

พารามิเตอร์	วิธีวิเคราะห์
เอสเอส	GF/C Filtering + drying at 103°C
เอสวี30	gravity method
ความเป็นด่าง	GF/C Filtering + Titration method
สี	GF/C + 0.45 µm Filtering + Spectrophotometer, SHIMADZU UV-1201
วีเอฟเอ	GF/C Filtering + Titration method (คู่มือวิเคราะห์น้ำเสีย, 2540)

3.5 การวัดสี

ตัวอย่างน้ำที่จะนำมาทำการวัดสีได้กรองด้วยกระดาษกรอง GF/C ก่อนแล้วนำไปกรองต่อด้วยกระดาษกรอง 0.45 ไมครอน จากนั้นจึงนำไปเข้าเครื่องสเปกโทรโฟโทมิเตอร์ ใช้สแกนสีออกมาในรูปของค่าแอ็บซอบแบนซ์ และเปอร์เซ็นต์ทรานสมิทแทนซ์ ที่ความยาวคลื่นในช่วง 400-700 นาโนเมตร แล้วนำมาแสดงเป็นรูปกราฟระหว่างค่าแอบซอบแบนซ์กับความยาวคลื่น พื้นที่ใต้กราฟดังกล่าวจะนำมาคำนวณเป็นค่าสีในหน่วยเอสยู (Gregor,1992) สามารถใช้เป็นตัวแทนในการดูแนวโน้มการกำจัดสีได้ ส่วนค่าเปอร์เซ็นต์ทรานสมิทแทนซ์จะนำมาคำนวณเป็นค่าสีเอดีเอ็มไอซึ่งเป็นหน่วยที่มีค่าโดดๆ (Allen,1973 อ้างถึงใน Standard Methods,1995)

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย