หอสมุดกลาง สถาบันวิทยบริการ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

บทที่ 3

วัสดุ อุปกรณ์ และการดำเนินงานวิจัย

3.1 สถานที่ทำการทดลอง

ห้องปฏิบัติการภาควิชาเคมี คณะวิทยาศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย และสถาบันทรัพยากรทางน้ำ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

3.2 เครื่องมือ และอุปกรณ์ที่ใช้ในงานวิจัย

3.2.1 เครื่องกวนใบพัด

3.2.2 เครื่องเติมอากาศ (ปั๊มออกซิเจน)

3.2.3 โอโซน เจเนอเรเตอร์ (ozone generator) Fischer 500M

3.2.4 พีเอชมิเตอร์ Scan II

3.2.5 เครื่องชั่งละเอียด Mettler AT200

3.2.6 เครื่องอะตอมมิกแอบซอร์บชัน สเปกโตโฟโตมิเตอร์ รุ่น GBC 932 AA

3.2.7 อุปกรณ์ และเครื่องแก้วที่จำเป็น

3.3 สารเคมี และวิธีการวิเคราะห์ที่ใช้ในงานวิจัย

งานวิจัยนี้มีการวิเคราะห์พารามิเตอร์ที่จำเป็น (ธงชัย พรรณสวัสดิ์, 2539) คือ ระดับพีเอช (pH) ค่าความเป็นเบส (alkalinity) ค่าความกระด้าง (hardness) และปริมาณเหล็กทั้งหมด (total iron) ซึ่งมีรายละเอียดดังนี้

3.3.1 ระดับพีเอช (pH)

ก. ใช้พีเอชมิเตอร์เป็นอุปกรณ์ที่ใช้ในการวิเคราะห์

ข. สารเคมีที่จำเป็นคือสารละลายบัฟเฟอร์ที่พีเอช 4, 7 และ 9 เพื่อใช้ในการปรับระดับพีเอชให้ถูกต้องก่อนทำการวัด

ค. วิธีการวิเคราะห์ จุ่มอิเล็คโทรดลงในสารละลายที่ต้องการวัด และอ่านระดับพีเอชที่ได้

3.3.2 ค่าความเป็นเบส (alkalinity)

ก. ใช้วิธีการไตเตรตด้วยกรดซัลฟิวริคเจือจาง (H_2SO_4)

ข. สารเคมีที่จำเป็น คือ

- กรดซัลฟิวริคเจือจาง (H_2SO_4) 0.02 โมลาร์
- ฟีนอล์ฟธาลีน อินดิเคเตอร์ (phenolphthalein indicator)
- เมธิลออเรนจ์ อินดิเคเตอร์ (methyl orange indicator)
- โซเดียมไธโอซัลเฟต ($Na_2S_2O_3$) 0.1 โมลาร์

ค. วิธีการวิเคราะห์

1. ปิเปตสารละลายตัวอย่าง 25 ลบ.ซม.^{3} แล้วเจือจางให้เป็น 100 ลบ.ซม.^{3} (ไล่คลอรีนด้วยการหยดโซเดียมไธโอซัลเฟต ($Na_2S_2O_3$) 0.1 โมลาร์ 1 หยด)

2. หยดฟีนอล์ฟธาลีน อินดิเคเตอร์ 3 หยด ถ้ามีสีชมพูให้ไตเตรตกับสารละลายกรดซัลฟิวริคเจือจาง 0.02 โมลาร์ จนสีชมพูจางหายไป บันทึกปริมาตรสารละลายกรดที่ใช้

3. หยดเมธิลออเรนจ์ อินดิเคเตอร์ 3 หยด ถ้ามีสีเหลืองให้ไตเตรตกับสารละลายกรดซัลฟิวริคเจือจาง 0.02 โมลาร์ จนได้สีส้ม บันทึกปริมาตรสารละลายกรดที่ใช้

ง. วิธีการคำนวณค่าความเป็นเบสทั้งหมด (total alkalinity) (Greenberg และคณะ, 1992) คือ

$$\text{TOTAL ALKALINITY (มก./ล. } CaCO_3) = \frac{V_{H2SO4} \times \text{molarity} \times 2 \times 50 \times 1000}{V_{sample}}$$

เมื่อ

V_{H2SO4} : ปริมาตรของสารละลายกรดซัลฟิวริคเจือจางที่ใช้ทั้งหมด

molarity : ความเข้มข้นของสารละลายกรดซัลฟิวริคเจือจางที่ใช้

V_{sample} : ปริมาตรของสารละลายตัวอย่างที่ใช้

3.3.3 ความกระด้าง (hardness)

ก. ใช้วิธีการไตเตรตด้วยสารละลายอีดีทีเอ (EDTA)

ข. สารเคมีที่จำเป็น คือ

- สารละลายอีดีทีเอ (EDTA) 0.01 โมลาร์
- เออริโอโครม แบลค-ที อินดิเคเตอร์ (eriochrome black-T indicator)
- สารละลายบัฟเฟอร์ แอมโมเนียมคลอไรด์-แอมโมเนียมไฮดรอกไซด์ (NH_4Cl-NH_4OH) (พีเอช 10.0 ± 0.1)
- สารละลายโซเดียมซัลไฟด์ (Na_2S) 5 %

ค. วิธีการวิเคราะห์

1. ปิเปตสารละลายตัวอย่าง 25 ลบ.ซม.^{3} หยดสารละลายโซเดียมซัลไฟด์ จนตกตะกอนอย่างสมบูรณ์ แล้วนำไปกรองเอาตะกอนออกด้วยกระดาษกรอง เบอร์ 42

2. เจือจางสารละลายที่กรองได้ให้เป็น 50 ลบ.ซม.^{3} แล้วเติมสารละลายบัฟเฟอร์ 1 ลบ.ซม.^{3} (วัดพีเอชประมาณ 10.0 ± 0.1)

3. หยด เออริโอโครม แบลค-ที อินดิเคเตอร์ 2 หยด แล้วนำไปไตเตรตกับ สารละลายอีดีทีเอ 0.01 โมลาร์ สังเกตสีสารละลายที่จุดยุติจะเปลี่ยนสีจากสีแดงเป็นสีน้ำเงิน

ง. วิธีคำนวณความกระด้างทั้งหมด (total hardness) (Greenberg และคณะ, 1992) คือ

$$\text{TOTAL HARDNESS (มก./ล. } CaCO_3\text{)} = \frac{V_{EDTA} \times m \times 1000}{V_{sample}}$$

เมื่อ

V_{EDTA} : ปริมาตรของสารละลายอีดีทีเอที่ใช้

m : มก. $CaCO_3$ ใน 1.00 ลบ.ซม.^{3} ของสารละลายอีดีทีเอที่ใช้

3.3.4 ปริมาณเหล็กทั้งหมด (total iron)

ก. ใช้วิธีการรีดัคชันด้วยทิน (Sn(II)) และไตเตรตด้วยสารละลายโพแทสเซียมไดโครเมต ($K_2Cr_2O_7$) ร่วมกับการวิเคราะห์ด้วยเครื่องอะตอมมิกแอบซอร์บชัน สเปกโตโฟโตมิเตอร์

ข. สารเคมีที่จำเป็น คือ

- สารละลายโพแทสเซียมไดโครเมต ($K_2Cr_2O_7$) 0.0167 โมลาร์
- ไดเฟนิลซัลโฟนิค แอซิด อินดิเคเตอร์ (diphenyl sulphonic acid indicator)
- กรดไฮโดรคลอริคเข้มข้น (HCl)
- สารละลายกรดซัลฟิวริคเจือจาง (H_2SO_4) 2 ฟอร์มอล
- กรดฟอสฟอริค (H_3PO_4) 85 %
- สารละลายทินคลอไรด์ ($SnCl_2$)
- สารละลายทินคลอไรด์เจือจาง ($SnCl_2$)
- สารละลายเมอร์คิวรีคลอไรด์ ($HgCl_2$)
- สารละลายซิมเมอร์แมนน์ เรนฮาร์ด (zimmermann-reinhardt)
- สารละลายมาตรฐานเหล็กที่ความเข้มข้นต่างๆ ดังนี้ 0.30, 0.50, 0.70, 1.00 และ 2.00 มิลลิกรัมต่อลิตร

ค. วิธีวิเคราะห์

1. ปิเปตน้ำตัวอย่าง 25 ลบ.ซม.^{3} เติมกรดไฮโดรคลอริคเข้มข้น 8 ลบ.ซม.^{3} อุ่นให้มีอุณหภูมิประมาณ 80 องศาเซลเซียส

2. เติมสารละลายทินคลอไรด์ทีละหยดจนสีเหลืองจางหายไป แล้วเติมสารละลายทินคลอไรด์เจือจางทีละหยดจนสารละลายมีสีเขียวอ่อนๆ เติมอีก 1-2 หยด

3. ทิ้งให้เย็น แล้วเติมสารละลายเมอร์คิวรีคลอไรด์ 10 ลบ.ซม.^{3} (ต้องเกิดตะกอนสีขาวขุ่นขึ้น ถ้าไม่เกิดตะกอน หรือเกิดตะกอนสีเทาดำ ให้ทำใหม่เนื่องจากเติมสารละลายทินคลอไรด์น้อยหรือมากเกินไป)

4. เติมสารละลายซิมเมอร์แมนน์ เรนฮาร์ด 25 ลบ.ซม.^{3}

5. เติมสารละลายกรดซัลฟิวริคเจือจาง 2 ฟอร์มอล 25 ลบ.ซม.^{3} และกรดฟอสฟอริค 85 % 5 ลบ.ซม.^{3}

6. นำไปไตเตรตกับสารละลายโพแทสเซียมไดโครเมต โดยเติมไดเฟนิลซัลโฟนิค แอซิด อินดิเคเตอร์ 2-3 หยด สังเกตสีสารละลายที่จุดยุติจะมีสีน้ำเงิน

ง. วิธีคำนวณปริมาณเหล็กทั้งหมด (total iron) (Greenberg และคณะ, 1992) คือ

$$\text{Total Iron (กรัม/ล.)} = \frac{6 \times \text{molarity} \times V_{K2Cr2O7} \times 55.84}{V_{sample}}$$

เมื่อ

molarity : ความเข้มข้นของสารละลายโพแทสเซียมไดโครเมตที่ใช้

$V_{K2Cr2O7}$: ปริมาตรของสารละลายโพแทสเซียมไดโครเมตที่ใช้

V_{sample} : ปริมาตรของสารละลายตัวอย่างที่ใช้

3.4 วิธีดำเนินการวิจัย

3.4.1 ขั้นเตรียมการทดลอง

- ศึกษาค้นคว้าข้อมูลที่เกี่ยวข้องกับการกำจัดเหล็กออกจากน้ำเสีย
- เตรียมน้ำเสียสังเคราะห์ให้มีปริมาณของเหล็กทั้งหมดประมาณ 0.1000 โมลาร์ (5.58 กรัม/ล.) โดยเตรียมสารละลายเฟอร์รัสซัลเฟตในกรดไฮโดรคลอริคเจือจาง *
- คำนวณหาปริมาณตัวออกซิไดซ์ และตัวช่วยตกตะกอนแต่ละชนิดที่ต้องใช้ โดยคำนวณเทียบกับปริมาณเหล็กทั้งหมด

$$[KMnO_4] = 1/3\ [Fe^{II}]$$
$$[NaClO] = 1/2\ [Fe^{II}]$$
$$[Na_2CO_3] = 3/2\ [Fe^{III}]$$
$$[NaOH] = 3\ [Fe^{III}]$$
$$[Ca(OH)_2] = 4\ [Fe^{II}]$$

- เตรียมตัวออกซิไดซ์ 3 ชนิด และตัวช่วยตกตะกอน 3 ชนิดที่ต้องใช้

$KMnO_4$	3 %
NaOCl	5 %
Na_2CO_3	10 %
NaOH	10 %
$Ca(OH)_2$	10 %
อากาศ (Aeration Time : 30 นาที)	

- การวิจัยแบ่งออกเป็น 5 ขั้นตอนดังนี้

1. ทดสอบความสามารถในการตกตะกอนที่ระดับพีเอช 1-9 และระดับพีเอชที่ได้จากการเติมตัวช่วยตกตะกอนตามทฤษฎี (พีเอชอ้างอิง)

2. ทดสอบความสามารถในการตกตะกอนโดยใช้ตัวออกซิไดซ์ และตัวช่วยตกตะกอนแต่ละชนิด ที่ระดับพีเอช 5-9 และระดับพีเอชที่ได้จากการเติมตัวช่วยตกตะกอนตามทฤษฎี (พีเอชอ้างอิง)

3. ทดสอบความสามารถในการจมตัวของตะกอนที่ระดับพีเอช 5-9 และระดับพีเอชที่ได้จากการเติมตัวช่วยตกตะกอนตามทฤษฎี (พีเอชอ้างอิง)

4. ทดสอบความสามารถในการจมตัวของตะกอน โดยใช้ตัวช่วยให้ตะกอนจมตัวที่ปริมาณ 0, 100, 200, 300, 400 และ 500 มิลลิกรัมต่อลิตร

5. ทดสอบความสามารถในการตกตะกอนของเหล็กในน้ำเสีย จากโรงงานอุตสาหกรรมเหล็ก

3.4.2 การทดลองหาสภาวะที่เหมาะสมในการกำจัดเหล็กออกจากน้ำเสีย

ก ขั้นตอนการหาวิธีการกำจัดเหล็ก

1.ทดสอบความสามารถในการตกตะกอนที่ระดับพีเอช 1-9 และระดับพีเอชที่ได้จากการเติมตัวช่วยตกตะกอนตามทฤษฎี (พีเอชอ้างอิง)

1.1 เตรียมน้ำเสียสังเคราะห์ให้มีปริมาณเหล็กทั้งหมดประมาณ 0.1000 โมลาร์ (5.58 กรัมต่อลิตร)โดยเตรียมสารละลายเฟอร์รัสซัลเฟตในกรดไฮโดรคลอริคเจือจาง*และวิเคราะห์หาพารามิเตอร์ต่างๆ เช่น ระดับพีเอช ค่าความเป็นเบส ค่าความกระด้าง และ ปริมาณเหล็กทั้งหมด

1.2 เตรียมสารละลายเหล็ก 0.1000 โมลาร์ 100 ลบ.ซม.^{3} 2 ชุด ปรับระดับพีเอชให้ได้ระดับพีเอชเป็น 1.0 ด้วยกรดไฮโดรคลอริคเจือจาง และสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์เจือจาง

1.3 ปิเปตสารละลายเหล็กตัวอย่าง 10 ลบ.ซม.^{3} 2 ชุด ทำการวิเคราะห์หาปริมาณเหล็กทั้งหมดเริ่มต้น ด้วยการไตเตรตกับสารละลายโพแทสเซียมไดโครเมต

1.4 นำสารละลายตัวอย่างที่ทำการปรับพีเอชแล้ว 1 ชุด ไปทำการเติมอากาศเป็นเวลา 30 นาที อีกชุดหนึ่งไม่ต้องเติมอากาศ

1.5 กรองตะกอนที่เกิดขึ้น และปิเปตสารละลายที่กรองแล้ว 10 ลบ.ซม.^{3} อย่างละ 2 ชุด ทำการวิเคราะห์หาปริมาณเหล็กทั้งหมดหลังการเติมอากาศ และไม่เติมอากาศ ด้วยการไตเตรตกับสารละลายโพแทสเซียมไดโครเมต

1.6 ทำการทดลองซ้ำ แต่เปลี่ยนระดับพีเอชเป็น 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8 และ 9 ตามลำดับ ด้วยสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์

1.7 ทำการทดลองซ้ำ แต่เติมสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ตามที่คำนวณได้ทางทฤษฎี และวัดระดับพีเอชที่ได้ (พีเอชอ้างอิง)

1.8 คำนวณหาประสิทธิภาพในการกำจัดเหล็ก ดังนี้

1.8.1 การหาประสิทธิภาพในการกำจัดเหล็ก สามารถคำนวณได้จากสูตร

$$X_i = \frac{(A_i - B_i) \times 100\ \%}{A_i}$$

เมื่อ X_i = ประสิทธิภาพในการกำจัดเหล็กของแต่ละชุดการทดลอง

A_i = ปริมาณเหล็กทั้งหมดก่อนกำจัดของแต่ละชุดการทดลอง

B_i = ปริมาณเหล็กทั้งหมดหลังกำจัดของแต่ละชุดการทดลอง

1.8.2 การหาประสิทธิภาพในการกำจัดเหล็กเฉลี่ย สามารถคำนวณได้จากสูตร การหาค่าเฉลี่ยทางสถิติทั่วไป คือ

$$X = \frac{\sum Xi}{N}$$

เมื่อ X = ประสิทธิภาพในการกำจัดเหล็กเฉลี่ย

$\sum Xi$ = ประสิทธิภาพในการกำจัดเหล็กของแต่ละชุดการทดลอง

N = จำนวนชุดการทดลอง

2. ทดสอบความสามารถในการตกตะกอนโดยใช้ตัวออกซิไดซ์ และตัวช่วยตกตะกอนแต่ละชนิดที่ระดับพีเอช 5-9 และระดับพีเอชที่ได้จากการเติมตัวช่วยตกตะกอนตามทฤษฎี (พีเอชอ้างอิง)

2.1 ทำการทดลองตามชุดการทดลองที่กำหนดไว้แต่ละชุด โดยใช้สารละลายเหล็กตัวอย่าง 0.1000 โมลาร์ 100 ลบ.ซม.^{3} ทำ 3 ซ้ำ

2.2 ทำการเตรียมสารละลายของตัวออกซิไดซ์ และตัวช่วยตกตะกอนชนิดต่างๆ ตามที่ได้กำหนดไว้

2.3เติมตัวออกซิไดซ์ที่ต้องการในแต่ละชุดการทดลองให้มีปริมาณเท่ากับที่คำนวณได้ (ในกรณีของอากาศและโอโซน ใช้เวลาในการออกซิไดซ์ประมาณ 30 นาที)

2.4 คนให้เข้ากันเป็นเวลา 5 นาที เพื่อให้เกิดปฏิกิริยาออกซิเดชันอย่างสมบูรณ์

2.5 เติมตัวช่วยตกตะกอนตามปริมาณที่คำนวณได้ และทำการคนให้เข้ากันเป็นเวลา 15 นาที

2.6 ทำการปรับระดับพีเอชให้เป็นไปตามวิธีทดลองที่กำหนดไว้ ดังตารางที่ 3.1

2.7 ตั้งทิ้งไว้ประมาณ 20 นาที รอให้เกิดการตกตะกอนอย่างสมบูรณ์

2.8 กรองตะกอนที่ได้ด้วยกระดาษกรองเบอร์ 42 และเก็บสารละลายที่ได้นำไปวิเคราะห์หาพารามิเตอร์ต่างๆ ซ้ำอีกครั้ง

2.9 คำนวณหาประสิทธิภาพในการกำจัดเหล็กในระดับพีเอชต่างๆ

หมายเหตุ : ทำการทดลองเพิ่มเติมโดยใช้วิธีของอากาศร่วมกับแคลเซียมคาร์บอเนตและโซเดียมไฮดรอกไซด์

3. ทดสอบความสามารถในการจมตัวของตะกอนที่ระดับ 5-9 และระดับพีเอชที่ได้จากการเติมตัวช่วยตกตะกอนตามทฤษฎี (พีเอชอ้างอิง)

3.1 ทำการทดลองเหมือนกับ ขั้นตอนที่ 2 ถึงข้อ 2.6

3.2 เติมสารส้ม 50 มิลลิกรัม (500 มิลลิกรัมต่อลิตร) คนให้เข้ากันอย่างเร็ว 2 นาที และคนอย่างช้า 5 นาที

3.3 ตั้งทิ้งไว้ให้ตะกอนจมตัว บันทึกปริมาตรการจมตัวของตะกอนทุกๆ 10 นาที เป็นเวลา 1 ชั่วโมง (ในกรณีของอากาศ โอโซน และโซเดียมคาร์บอเนตใช้เวลาในการบันทึกทุกๆ 30 นาที เป็นเวลา 3 ชั่วโมง)

3.4 กรองตะกอนที่ได้ด้วยกระดาษกรองเบอร์ 42 และเก็บสารละลายที่ได้นำไปวิเคราะห์หาพารามิเตอร์ต่างๆ ซ้ำอีกครั้ง

3.5 ทำการทดลองซ้ำ เปลี่ยนจากสารส้มเป็น PAC แทน

หมายเหตุ : ทำการทดลองเพิ่มเติมโดยใช้วิธีของอากาศร่วมกับแคลเซียมคาร์บอเนตและโซเดียมไฮดรอกไซด์

4. ทดสอบความสามารถในการจมตัวของตะกอน โดยใช้ตัวช่วยให้ตะกอนจมตัวที่ปริมาณ 0, 100, 200, 300, 400 และ 500 มิลลิกรัมต่อลิตร

ทำการทดลองเหมือนกับขั้นตอนที่ 3 แต่ใช้ปริมาณของสารช่วยให้ตะกอนจมตัวตามที่กำหนดไว้ดังตารางที่ 3.1

หมายเหตุ : ทำการทดลองเพิ่มเติมโดยใช้วิธีของอากาศร่วมกับแคลเซียมคาร์บอเนตและโซเดียมไฮดรอกไซด์

5. ทดสอบความสามารถในการตกตะกอนของเหล็กในน้ำเสีย จากโรงงานอุตสาหกรรมเหล็ก

5.1 เลือกวิธีการกำจัดเหล็กจากขั้นตอน 1-4 3 วิธี คือ อากาศร่วมกับโซเดียมไฮดรอกไซด์ อากาศร่วมกับแคลเซียมไฮดรอกไซด์ และอากาศร่วมกับแคลเซียมคาร์บอเนตและโซเดียมไฮดรอกไซด์

5.2 ทดลองกับน้ำเสียจากโรงงานอุตสาหกรรมเหล็กแทนน้ำเสียสังเคราะห์

5.3 ปรับปรุงสภาวะให้เหมาะสมกับน้ำเสียจากโรงงานอุตสาหกรรมเหล็ก

ตารางที่ 3.1 แสดงรายละเอียดของหน่วยทดลอง และวิธีทดลอง

หน่วยทดลอง	ตำรับทดลอง	หน่วยทดลอง	วิธีทดลอง
1	ชุดที่มีระดับพีเอช = 5	7	ปริมาณสารส้ม หรือ PAC = 0 มก.
2	ชุดที่มีระดับพีเอช = 6	8	ปริมาณสารส้ม หรือ PAC = 10 มก.
3	ชุดที่มีระดับพีเอช = 7	9	ปริมาณสารส้ม หรือ PAC = 20 มก.
4	ชุดที่มีระดับพีเอช = 8	10	ปริมาณสารส้ม หรือ PAC = 30 มก.
5	ชุดที่มีระดับพีเอช = 9	11	ปริมาณสารส้ม หรือ PAC = 40 มก.
6	ชุดที่มีระดับพีเอชอ้างอิง	12	ปริมาณสารส้ม หรือ PAC = 50 มก.

ข. เปรียบเทียบประสิทธิภาพวิธีการกำจัดเหล็กออกจากน้ำเสีย โดยใช้

1. one-way analysis of varience (ANOVA) ในการวิเคราะห์หาความแปรปรวนของประสิทธิภาพในการกำจัดเหล็กของตัวออกซิไดซ์ และตัวช่วยตกตะกอนแต่ละชนิด ที่ระดับพีเอชต่างๆ ดังนี้

1.1 ทดสอบความแตกต่างของประสิทธิภาพในการกำจัดเหล็กของตัวออกซิไดซ์แต่ละชนิด ที่ระดับพีเอชและตัวช่วยตกตะกอนเดียวกัน

1.2 ทดสอบความแตกต่างของประสิทธิภาพในการกำจัดเหล็กของตัวออกซิไดซ์แต่ละชนิด ที่ระดับพีเอชต่างกัน แต่ตัวช่วยตกตะกอนชนิดเดียวกัน

1.3 ทดสอบความแตกต่างของประสิทธิภาพในการกำจัดเหล็กของตัวออกซิไดซ์แต่ละชนิด ที่มีตัวช่วยตกตะกอนต่างกัน แต่มีระดับพีเอชเดียวกัน

2. one-way analysis of varience (ANOVA) ในการวิเคราะห์หาความแปรปรวนของปริมาตรการจมตัวของตะกอนในการกำจัดเหล็กของตัวช่วยให้ตะกอนจมตัวแต่ละชนิดที่ระดับพีเอช และปริมาณตัวช่วยให้ตะกอนจมตัวต่างๆ ดังนี้

2.1 ทดสอบความแตกต่างของปริมาตรการจมตัวของตะกอนในการกำจัดเหล็กของตัวช่วยให้ตะกอนจมตัวแต่ละชนิด ที่มีปริมาณตัวช่วยให้ตะกอนจมตัวและระดับพีเอชเดียวกัน

2.2 ทดสอบความแตกต่างของปริมาตรการจมตัวของตะกอนในการกำจัดเหล็กของตัวช่วยให้ตะกอนจมตัวแต่ละชนิด ที่ระดับพีเอชเหมาะสม แต่ปริมาณตัวช่วยให้ตะกอนจมตัวต่างกัน

3. Duncan's new multiple range test (DMRT) ในการวิเคราะห์หาความแตกต่างของค่าเฉลี่ยของประสิทธิภาพในการกำจัดเหล็กออกจากน้ำเสีย ดังนี้

3.1 วิเคราะห์ความแตกต่างของค่าเฉลี่ยของประสิทธิภาพในการกำจัดเหล็กออกจากน้ำเสียของตัวออกซิไดซ์แต่ละชนิดในข้อ 1.1 -1.3

3.2 วิเคราะห์ความแตกต่างของค่าเฉลี่ยของปริมาตรการจมตัวของตะกอนของตัวช่วยให้ตะกอนจมตัวแต่ละชนิด ในข้อ 2.1 - 2.2

ค. เปรียบเทียบค่าใช้จ่าย ในแต่ละวิธีการกำจัดเหล็กออกจากน้ำเสียของแต่ละชนิดของตัวออกซิไดซ์ และตัวช่วยตกตะกอน โดยพิจารณาค่าใช้จ่ายในการกำจัดเหล็ก 1 กิโลกรัม และ 121.8 กิโลกรัม