ภาคผนวก ก. วิธีควบคุมการทำงานระบบตะกอนเร่งแบบทีละเท

ตัวอย่างการคำนวณที่เกี่ยวข้องกับกระบวนการตะกอนเร่งแบบทีละเท

1 การคำนวณ F/M ratio ที่ระยะเวลาการให้อากาศต่างๆ

$$\text{ภาระบรรทุกบีโอดี } (BOD_5 \text{ loading}) = \frac{\text{บีโอดีโหลดหรือน้ำหนักบีโอดีต่อวัน}}{\text{ปริมาตรถังเติมอากาศ}}$$

$$= \frac{(3150\frac{mg}{liter})*(2\frac{liter}{day})}{(7liter)}$$

$$= 0.9 \text{ kg.BOD}_5\text{.m}^{-3}\text{.d}^{-1}$$

ตัวอย่างการคิดคำนวณที่ระยะเวลาการให้อากาศ = 4 ชั่วโมง (6 รอบต่อวัน)

ดังนั้นแต่ละรอบต้องเติมน้ำเสีย 0.33 ลิตร ได้ว่า :

$$\text{อัตราส่วนอาหารต่อจุลินทรีย์} = \frac{\text{อัตราการไหลของน้ำเสีย (ลิตร/วัน) x BOD}_5 \text{ (มก./ล.)}}{\text{ปริมาตรถังเติมอากาศ (ลิตร) x MLSS (มก./ล.)}}$$

กำหนดค่า F/M ratio = 0.2 0.3 0.4 0.5 และ 0.6 วัน$^{-1}$ ได้ว่า

ที่ F/M ratio = 0.2 วัน$^{-1}$ แทนค่าสมการได้ว่า

$$0.2 \text{ วัน}^{-1} = \frac{2 \text{ x } 3{,}150 \text{ x } 1{,}000 \text{ กก.บีโอดี}}{5.33 \text{ x MLSS กก.MLSS -วัน}}$$

ดังนั้น MLSS (mg/l) = 5,910 mg/l

ทำนองเดียวกันที่ F/M ratio ต่างๆ ได้ว่า

F/M ratio = 0.3 วัน$^{-1}$; MLSS = 3,940 mg/l : F/M ratio = 0.4 วัน$^{-1}$; MLSS = 2,955 mg/l

F/M ratio = 0.5 วัน$^{-1}$; MLSS = 2,364 mg/l : F/M ratio = 0.6 วัน$^{-1}$; MLSS = 1,970 mg/l

ที่ระยะเวลาการให้อากาศ = 6 ชั่วโมง (4 รอบต่อวัน)

ดังนั้นแต่ละรอบต้องเติมน้ำเสีย 0.50 ลิตร ได้ว่า :

$$\text{อัตราส่วนอาหารต่อจุลินทรีย์} = \frac{\text{อัตราการไหลของน้ำเสีย (ลิตร/วัน) x บีโอดี (มก./ล.)}}{\text{ปริมาตรถังเติมอากาศ (ลิตร) x MLSS (มก./ล.)}}$$

กำหนดค่า F/M ratio = 0.2 0.3 0.4 0.5 และ 0.6 วัน$^{-1}$ ได้ว่า

ที่ F/M ratio = 0.2 วัน$^{-1}$ แทนค่าสมการได้ว่า

$$0.2 \text{ วัน}^{-1} = \frac{2 \text{ x } 3{,}150 \text{ x } 1{,}000 \text{ กก.บีโอดี}}{5.5 \text{ x MLSS กก.MLSS - วัน}}$$

ดังนั้น MLSS (mg/l) = 5,727 mg/l

ทำนองเดียวกันที่ F/M ratio ต่างๆ ได้ว่า

F/M ratio = 0.3 วัน$^{-1}$; MLSS = 3,818 mg/l : F/M ratio = 0.4 วัน$^{-1}$; MLSS = 2,864 mg/l

F/M ratio = 0.5 วัน$^{-1}$; MLSS = 2,291 mg/l : F/M ratio = 0.6 วัน$^{-1}$; MLSS = 1,909 mg/l

2 การควบคุมระบบตะกอนเร่งแบบต่อเนื่อง (Continuous Activated Sludge System)

2.1 วิธีควบคุมค่าอัตราส่วนอาหารต่อจุลินทรีย์

ตะกอนจุลินทรีย์จะทำงานได้อย่างมีประสิทธิภาพจะต้องมีปริมาณอาหารที่เหมาะสม โดยการควบคุมอัตราส่วนของน้ำหนักบีโอดีต่อน้ำหนักของตะกอน ซึ่งวัดในรูปของตะกอนแขวนลอย (MLSS) หรือตะกอนแขวนลอยระเหย (MLVSS) ให้มีค่าตามต้องการ และเรียกค่าอัตราส่วนอาหารต่อจุลินทรีย์ว่า Food to Microorganism Ratio, F/M ratio สามารถเขียนเป็นสมการได้ดังนี้

$$\text{อัตราส่วนอาหารต่อจุลินทรีย์} = \frac{\text{อัตราการไหลของน้ำเสีย (ลบ.ม./วัน) x บีโอดี (มก./ล.)}}{\text{ปริมาตรถังเติมอากาศ (ลบ.ม.) x MLSS (มก./ล.)}}$$

การควบคุมการทำงานของระบบตะกอนเร่งโดยใช้ค่า F/M ratio เห็นได้ว่าค่าบีโอดี (F) ไม่สามารถควบคุมได้หรือควบคุมได้น้อยมาก ดังนั้นผู้ควบคุมต้องรักษาค่า F/M ratio โดยการเปลี่ยนแปลงค่าน้ำหนักจุลินทรีย์ (M)

ตารางที่ 31 แสดงช่วงการทำงานของรูปแบบต่างๆตามค่า F/M ratio โดยวัดค่าอาหารอยู่ในรูป BOD_5 COD และ TOC

ซึ่งค่าดังกล่าวเป็นแนวทางในการปฏิบัติ ไม่ใช่ค่าต่ำสุดหรือสูงสุดที่ยอมให้เปลี่ยนแปลงได้ ดังนั้นผู้ควบคุมจึงต้องหาค่า F/M ratio ที่เหมาะสมสำหรับระบบบำบัดน้ำเสียแต่ละแห่งเพียงค่าเดียวแล้วควบคุมให้คงที่

พารามิเตอร์	ภาระบรรทุกสารอินทรีย์ (F/M ratio)		
	อัตราการบำบัดสูง	อัตราการบำบัดธรรมดา	อัตราการบำบัดต่ำ
BOD_5	0.5-2.0	0.2-0.5	0.05-0.15
COD*	0.3-1.5	0.12-0.03	0.03-0.09
TOC+	1.5-6.0	0.5-1.5	0.10-0.33

หมายเหตุ : *กำหนด BOD_5/COD สำหรับน้ำเสียมีค่า = 0.60

+กำหนด BOD_5/TOC สำหรับน้ำเสียมีค่า = 2.50

ตัวอย่างการคำนวณเกี่ยวกับระบบบำบัดน้ำเสียตะกอนเร่ง

อัตราการไหลของน้ำเสีย = 0.120 ลบ.ม./วัน

ความเข้มข้นของบีโอดีเข้าระบบ = 2,600 มก./ลิตร

ปริมาตรถังเติมอากาศ = 0.120 ลบ.ม.

ค่าความเข้มข้นตะกอนจุลินทรีย์ในถังเติมอากาศ (MLSS) = 5,200 มก./ลิตร

ดังนั้น อัตราส่วนอาหารต่อจุลินทรีย์ = $\frac{\text{อัตราการไหลของน้ำเสีย (ลบ.ม./วัน) x บีโอดี (มก./ล.)}}{\text{ปริมาตรถังเติมอากาศ (ลบ.ม.) x MLSS (มก./ล.)}}$

$= \frac{0.120 \times 2,600 \times 1,000 \text{ กก.บีโอดี}}{0.120 \times 5,200 \times 1,000 \text{ กก.MLSS - วัน}}$

$= 0.50 \text{ กก.บีโอดี. กก.MLSS}^{-1}\text{.วัน}^{-1}$

ระยะเวลากักเก็บ = $\frac{\text{ปริมาตรถังเติมอากาศ}}{\text{อัตราการไหล}}$

$= \frac{0.120 \text{ ลบ.ม}}{0.120 \text{ ลบ.ม.วัน}} = 1 \text{ วัน}$

2.2 การควบคุมอัตราการทิ้งตะกอนจุลินทรีย์ส่วนเกิน

จุลินทรีย์จะเพิ่มปริมาณมากขึ้นจากการย่อยอาหารซึ่งมีอยู่ในน้ำเสีย ทำให้ต้องนำจุลินทรีย์ส่วนหนึ่งไปทิ้งเพื่อรักษาอัตราส่วนอาหารต่อจุลินทรีย์หรือค่าอายุตะกอนให้คงที่ เพื่อให้ระบบสามารถทำงานได้อย่างมีประสิทธิภาพตลอดเวลา

2.2.1 คำนวณจากอัตราส่วนอาหารต่อจุลินทรีย์

เมื่อกำหนดค่าอัตราส่วนอาหารต่อจุลินทรีย์ไว้แล้ว เมื่อทราบค่าปริมาณอาหาร (F) ดังนั้นสามารถคำนวณหาค่าปริมาณจุลินทรีย์ (M) ได้ ถ้าพบว่าค่า MLSS ที่ต้องการจากการคำนวณมีค่ามากกว่าค่า MLSS ที่มีอยู่ในถังเติมอากาศ แสดงว่าไม่ต้องนำตะกอนจุลินทรีย์ไปทิ้ง ให้คอยจนกว่าจะมีค่า MLSS เพิ่มขึ้นกว่าที่ต้องการ ถ้าพบว่าค่า MLSS จากการวิเคราะห์ตัวอย่างมีค่ามากกว่าค่า MLSS ที่ต้องการจากการคำนวณแสดงว่าต้องนำจุลินทรีย์ไปทิ้ง โดยการคำนวณดังนี้

น้ำหนักของตะกอนจุลินทรีย์ที่ต้องนำไปทิ้ง (ก.ก.)

$= \frac{\text{ผลต่าง MLSS (มก./ล.) x ปริมาตรถังเติมอากาศ (ลบ.ม.)}}{1,000}$

ถ้านำตะกอนจุลินทรีย์ส่วนเกินไปทิ้งโดยการสูบจากท่อส่งตะกอนกลับจากถังตกตะกอนเข้าไปในถังเติมอากาศ สามารถคำนวณปริมาตรตะกอนที่ต้องทิ้งจากสมการ

ปริมาตรน้ำตะกอนจุลินทรีย์ส่วนเกินที่ต้องทิ้งจากท่อส่งตะกอนกลับ (ลบ.ม.)

$$= \frac{\text{น้ำหนักของตะกอนจุลินทรีย์ที่ต้องนำไปทิ้ง (กก.)} \times 1{,}000}{\text{ความเข้มข้นของตะกอนในเส้นท่อสูบตะกอนกลับ (มก./ล.)}}$$

การคำนวณปริมาตรตะกอนจุลินทรีย์ส่วนเกินที่ต้องทิ้งจากท่อสูบตะกอนกลับ

1. กำหนดค่า F/M ratio = 0.5 กก.บีโอดี. กก.$MLSS^{-1}$.$วัน^{-1}$
2. อัตราการไหลของน้ำเสีย = 0.120 ลบ.ม./วัน
3. ความเข้มข้นของบีโอดีเข้าระบบ = 2,600 มก./ลิตร
4. ปริมาตรถังเติมอากาศ = 0.120 ลบ.ม.
5. ค่าความเข้มข้นตะกอนจุลินทรีย์ในถังเติมอากาศ (MLSS) = 6,200 มก./ลิตร
6. ค่า SS ในท่อส่งตะกอนกลับ = 20,000 มก./ลิตร

<u>วิธีคำนวณ</u>

ปริมาตรอาหาร(BOD loading) $= \frac{0.120 \times 2{,}600}{1{,}000}$ กก.บีโอดี/วัน

$= 0.312$ กก.บีโอดี/วัน

อัตราส่วน F/M ratio = 0.5 กก.บีโอดี. กก.$MLSS^{-1}$.$วัน^{-1}$

น้ำหนัก MLSS ทั้งหมด = 0.312 / 0.50

= 0.624 กก.

ค่า MLSS ที่ต้องการ = 0.624 /0.120 กก./ลบ.ม.

= 5.2 กก./ลบ.ม.

= 5,200 มก./ลิตร

ผลต่าง MLSS = 6,200 - 5,200 มก./ลิตร

= 1,000 มก./ลิตร

น้ำหนักของ MLSS ที่ต้องนำไปทิ้ง $= \frac{1{,}000 \times 0.120}{1{,}000}$ กก.

= 0.120 กก.

ปริมาตรน้ำตะกอนที่ต้องนำไปทิ้ง $= \frac{0.120 \times 1{,}000}{20{,}000}$ ลบ.ม.

= 0.0060 ลบ.ม. หรือ 6 ลิตร

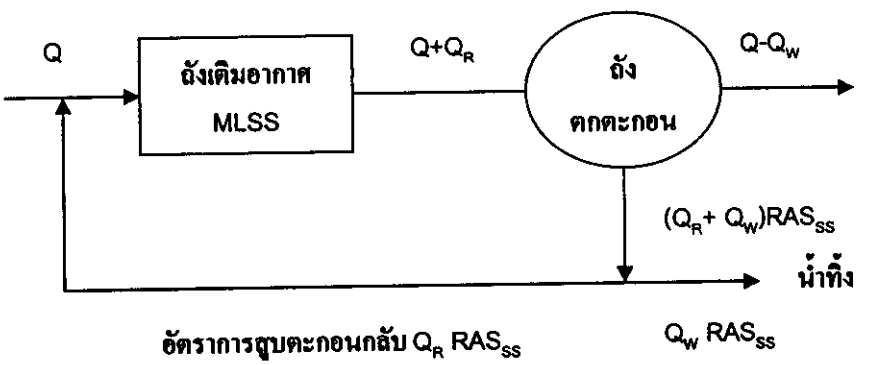
2.3 การควบคุมการสูบตะกอนกลับ

ตะกอนจุลินทรีย์ที่แยกตัวจมอยู่ส่วนล่างของถังตกตะกอนขั้นสองจะต้องสูบกลับมาเข้าถังเติมอากาศเพื่อนำมาใช้บำบัดน้ำเสียใหม่ และเพื่อรักษาความสูงของชั้นตะกอนในถังตกตะกอนขั้นสองให้มีค่าไม่เกิน 0.9 เมตร ปกติจะมีค่าอัตราการสูบตะกอนกลับประมาณร้อยละ 20-200 เมื่อเทียบกับอัตราการไหลของน้ำเสียเข้าระบบ ซึ่งขึ้นอยู่กับคุณภาพและความเร็วในการตกตะกอนของตะกอนของตะกอนจุลินทรีย์ ตาราง 5 แสดงอัตราการสูบตะกอนกลับของกระบวนการแบบต่างๆ

ตารางที่ 32 อัตราการสูบตะกอนกลับของกระบวนการแบบต่างๆ

รูปแบบของกระบวนการ	อัตราการสูบตะกอนกลับคิดเป็นร้อยละของอัตราการไหลเข้าถังเติมอากาศ		
	เฉลี่ย	ต่ำสุด	สูงสุด
อัตราการบำบัดสูง	20	10	50
อัตราการบำบัดธรรมดา	30	15	75
อัตราการบำบัดต่ำ	100	50	200

การคำนวณอาศัยหลักสมดุลของจุลินทรีย์ในกระบวนการ โดยพิจารณาจากค่าของตะกอนจุลินทรีย์ที่เข้าและออกจากถังตกตะกอนซึ่งแสดงในภาพประกอบ และนำมาเขียนเป็นสมการได้ดังนี้



ภาพประกอบ 40 สมดุลมวลจุลชีพในกระบวนการตะกอนเร่ง

สมการดุลมวลได้ว่า $(Q + Q_R)MLSS = (Q_R)RAS_{SS} + (Q_W)RAS_{SS} + (Q)E_{SS}$

เมื่อ Q = อัตราการไหลของน้ำเสียเข้า

R = อัตราส่วนของอัตราการสูบตะกอนกลับต่ออัตราการสูบน้ำเสียเข้า

W = อัตราส่วนของอัตราการสูบตะกอนทิ้งต่ออัตราการสูบน้ำเสียเข้า

MLSS = ความเข้มข้นของน้ำตะกอนในถังเติมอากาศ

RAS_{SS} = ความเข้มข้นของน้ำตะกอนในท่อสูบตะกอนกลับ

E_{SS} = ความเข้มข้นของตะกอนในน้ำทิ้ง

หากถือว่าปริมาณตะกอนที่นำไปทิ้งและความเข้มข้นของตะกอนในน้ำทิ้งมีค่าน้อยสามารถตัดทิ้งได้ เหลือสมการดังนี้

$$(1 + R)MLSS = (R)RAS_{SS}$$

$$R\ (\%) = \frac{MLSS*100}{RAS_{SS} - MLSS}$$

ตัวอย่างการคำนวณอัตราการสูบตะกอนกลับ

1.ความเข้มข้นของ MLSS = 5,200 มก./ลิตร

2.ความเข้มข้นของ RAS_{SS} = 20,000 มก./ลิตร

จากสมการสามารถคำนวณหาอัตราการสูบตะกอนได้โดย

$$R\ (\%) = \frac{MLSS*100}{RAS_{SS} - MLSS}$$

$$= \frac{6,200*100}{20,000-6,200}$$

= 44.93 % ของอัตราการไหลของน้ำเสียเข้า

ภาคผนวก ข. วิธีวิเคราะห์คุณภาพน้ำเสีย และน้ำทิ้ง

1.ลักษณะสมบัติของน้ำเสียที่สำคัญในการตรวจวิเคราะห์

1. ปริมาณของแข็งแขวนลอย (Total suspended solid)

เครื่องมือและอุปกรณ์

1. ตู้อบ ควบคุมอุณหภูมิ 103-105 ^{0}C
2. เดสิกเคเตอร์ (Desiccator)
3. เครื่องชั่งละเอียด (Analytical balance)
4. กระดาษกรอง Whatman GF/C เส้นผ่านศูนย์กลาง 4.7 cm.
5. เครื่องกรองบุชเนอร์ (Buchner funnel) ความจุ 100 มล.
6. เครื่องดูดอากาศ (Suction pump)

วิธีการวิเคราะห์

1. อบกระดาษกรองให้แห้งที่อุณหภูมิ 103-105 ^{0}C เป็นเวลา 1 ชม.ทิ้งให้เย็นในเดสิกเคเตอร์แล้วชั่งน้ำหนัก
2. วางกระดาษกรองลงในกรวยบุชเนอร์ซึ่งต่อเข้ากับเครื่องดูดอากาศ
3. ใช้น้ำกลั่นฉีดกระดาษกรองให้เปียก เปิดเครื่องดูดอากาศให้กระดาษกรองติดกับกรวยบุชเนอร์
4. กรองตัวอย่างน้ำที่ผสมกันเข้ากันดีแล้ว 50-100 มล.แล้วล้างเครื่องกรองด้วยน้ำกลั่น 10 มล. เปิดเครื่องทิ้งไว้ 3 นาที
5. เมื่อแห้งแล้วนำกะดาษกรองออกมาวางในภาชนะเดิม แล้วนำไปอบที่อุณหภูมิ 103-105 ^{0}C เป็นเวลาอย่างน้อย 1 ชม. ทิ้งให้เย็นในเดสิกเคเตอร์ แล้วชั่งน้ำหนักจนได้น้ำหนักคงที่

การคำนวณ $\text{mg/l Total suspended solid} = \dfrac{(A-B) \times 1{,}000}{\text{ml Sample}}$

A = น้ำหนักของกระดาษกรองและสารแขวนลอย , mg

B = น้ำหนักกระดาษกรอง , mg

1.2 บีโอดี (Biochemical oxygen demand)

เครื่องมือและอุปกรณ์

1. Incubation bottles: ขวดมีฝาแก้วปิดขนาด 250-300 มิลลิลิตร
2. Air incubate หรือ Water bath : ควบคุมอุณหภูมิที่ 20 ^{0}C เก็บในที่มืดเพื่อป้องกันการสังเคราะห์แสงทำให้เพิ่ม DO

รีเอเจนต์

1. น้ำกลั่น ต้องเป็นน้ำกลั่นซึ่งมีปริมาณของทองแดงน้อยกว่า 0.01 มก./ลบ.ซม. และต้องปราศจากคลอรีน คลอรามีน ความเป็นด่าง

2. สารละลายฟอสเฟตบัฟเฟอร์ ละลายโพแทสเซียมไดไฮโดรเจนฟอสเฟต (KH_2PO_4) 8.5 กรัม โพแทสเซียมไฮโดรเจนฟอสเฟต (K_2HPO_4) 21.75 กรัม ไดโซเดียมไฮโดรเจนฟอสเฟตเฮปต้าไฮเดรต ($Na_2HPO_4.7H_2O$) 33.4 กรัม และแอมโมเนียมคลอไรด์ (NH_4Cl) 1.7 กรัม ในน้ำกลั่น 500 มล. แล้วเจือจางเป็น 1 ลิตร สารละลายนี้จะมีพีเอชเท่ากับ 7.2 ข้อควรระวัง ให้เททิ้งทันทีถ้าพบเห็นการเจริญเติบโตของจุลินทรีย์ในขวดเก็บสารละลาย

3. สารละลายแมกนีเซียมซัลเฟตเฮปตร้าไฮเดรต ($MgSO_4.7H_2O$) 22.5 กรัม ในน้ำกลั่นแล้วเจือจางเป็น 1ลิตร

4. สารละลายแคลเซียมคลอไรด์ ละลายสารแอนไฮดรัสแคลเซียมคลอไรด์ (anhydrous $CaCl_2$) 27.5 กรัมในน้ำกลั่นแล้วเจือจางเป็น 1 ลิตร

5. สารละลายไอร์ออน (III) คลอไรด์ ละลายไอร์ออน (III) คลอไรด์เฮกซาไฮเดรต ($FeCl_3.6H_2O$) 0.25 กรัม ในน้ำกลั่นแล้วเจือจางให้เป็น 1 ลิตร

6. สารละลายเฟอริคคลอไรด์ ละลายเฟอริคคลอไรด์ ($FeCl_36H_2O$) 0.25 กรัม ในน้ำกลั่นเจือจางเป็น 1 ลิตร

7. สารละลายกรดและด่างเข้มข้น 1 โมล/ลิตร ใช้สำหรับปรับตัวอย่างน้ำที่เป็นกรดและด่างให้เป็นกลางก่อนที่จะนำมาวิเคราะห์

วิธีวิเคราะห์

1. การเตรียมตัวอย่างน้ำก่อนการวิเคราะห์ (Pretreatment)

1.1 ในกรณีที่ตัวอย่างน้ำที่ไม่เป็นกลาง จะต้องทำให้มีพีเอช 6.5-7.5 ด้วยกรดซัลฟิวริก 0.5 โมล/ลิตร หรือโซเดียมไฮดรอกไซด์ 1 โมล/ลิตร และต้องระวังไม่ให้ปริมาตรของตัวอย่างน้ำเปลี่ยนแปลงมากกว่า 0.5%

1.2 ในกรณีตัวอย่างน้ำมีคลอรีนตกค้างจะต้องกำจัดออกก่อน ซึ่งปกติคลอรีนตกค้างจะลดลงเองเมื่อตั้งทิ้งไว้ 1-2 ชั่วโมง แต่ในตัวอย่างซึ่งมีคลอรีนตกค้างปริมาณมากๆ จะต้องกำจัดโดยการเติมสารละลายโซเดียมซัลไฟต์ ซึ่งจะทราบปริมาณว่าต้องเติมไปเท่าใด โดยนำตัวอย่างน้ำที่ปรับพีเอชให้เป็นกลางแล้วนำมาในปริมาณที่เหมาะสม (ระหว่าง 100-1000 มล.) เติมกรดแอซีติก (กรดเข้มข้น+น้ำกลั่น = 1+1ส่วน) หรือกรดซัลฟิวริก (กรดเข้มข้น+น้ำกลั่น = 1+50 ส่วน) 10 ลบ.ซม.เติมสารละลายโพแทสเซียมไอโอไดด์ 10 มล. (เตรียมโดยละลายโพแทสเซียมไอโอไดด์ 10 กรัมในน้ำกลั่น 100 มล.) แล้วไทเทรตด้วยสารละลายโซเดียมซัลไฟต์ 0.0125 โมล/ลบ.ดม. โดยใช้น้ำแป้งเป็นอินดิเคเตอร์ นำปริมาณของสารละลายโซเดียมซัลไฟต์ที่ใช้ไทเทรตไปคำนวณหาปริมาณ

โซเดียมซัลไฟต์ที่ต้องเติมลงไปในตัวอย่างน้ำที่ปรับพีเอชแล้ว หลังจากเติมสารละลายโซเดียมซัลไฟต์ตามปริมาณที่คำนวณได้ลงในตัวอย่างแล้ว กวนให้เข้ากันตั้งทิ้งไว้ 10 – 20 นาที

1.3 การปรับอุณหภูมิของตัวอย่าง ทำให้อุณหภูมิของตัวอย่างน้ำคงที่ประมาณ 20 + 1 °C ก่อนทำการเจือจางใดๆ เนื่องจากตัวอย่างน้ำมีค่าบีโอดีสูง จะต้องวิเคราะห์โดยวิธีเจือจาง แบบปิเปตโดยตรงในขวดบีโอดีขนาดปริมาตร 300 มล.

ตารางที่ 33 บีโอดีที่วัดได้กับอัตราการเจือจางต่างๆ

% mixture	Range of BOD_5 (mg/l)
0.01	20,000 - 70,000
0.02	10,000 – 35,000
0.05	4,000 – 14,000
0.1	2,000 – 7,000
0.2	1,000 – 3,500
0.5	400 – 1,400
1.0	200 – 700
5.0	40 – 140
10.0	20 – 70
20.0	10 – 35
50.0	4 – 14
100.0	0 – 7

หมายเหตุ จาก Chemistry for Environmental Engineerimg, 3rd edition, 1985.

การเตรียมน้ำสำหรับการเจือจาง โดยใช้น้ำกลั่นเป่าอากาศ โดยใช้เครื่องปั๊มอากาศของตู้เลี้ยงตู้ปลาประมาณ 1 ชั่วโมง เพื่อให้มีปริมาณออกซิเจนละลายในน้ำอิ่มตัวเนื่องจากในขณะทดลองปริมาณสารอาหารที่จำเป็นสำหรับแบคทีเรียได้แก่ เหล็ก แมกนีเซียม แคลเซียม ซึ่งอาจจะมีปริมาณน้อยไม่เหมาะสมต่อการดำรงชีพของแบคทีเรีย จึงต้องมีการเติมสารเหล่านี้ให้แก่น้ำจะเจือจางด้วยสารที่เติมต่อน้ำเจือจาง 1 ลิตรมีดังนี้ ฟอสเฟตบัฟเฟอร์ 1 มล. เพื่อปรับพีเอชของน้ำ แมกนีเซียมซัลเฟต 1 มล. แคลเซียมคลอไรด์ 1 มล. เฟอริคคลอไรด์ 1 มล. สำหรับตัวอย่างที่นำมาวิเคราะห์บีโอดีจะต้องตรวจสอบความเป็นกรด-ด่างก่อน โดยจะต้องปรับให้เป็นกลางโดยใช้โซเดียมไฮดรอกไซด์ 1 โมล/ลิตร หรือกรดซัลฟูริค 1 โมล/ลิตร ถ้าตัวอย่างน้ำมีคลอรีนตกค้าง ต้องกำจัดโดยใช้โซเดียมซัลไฟท์ก่อน แต่โดยปกติคลอรีนจะระเหยหมดเมื่อทิ้งไว้ประมาณ 1 ชั่วโมง

วิธีการเจือจาง

1.ใช้ขวดบีโอดีขนาด 300 มล. จำนวน 2 ใบ

2. เลือกปริมาตรตัวอย่างน้ำตามช่วงบีโอดีโดยประมาณ ปิเปตใส่ขวดตามปริมาตรที่ต้องการ

3. นำขวดที่เตรียมตัวอย่างไว้เติมน้ำเจือจางที่เตรียมไว้ ขณะที่เทน้ำเจือจางอย่าให้เกิดฟองโดยการตะแคงขวดแล้วค่อยๆรินน้ำเจือจาง

4. ปิดฝาขวดจะมีน้ำล้นขึ้นมาเล็กน้อย เขย่าแบบพลิกมือเพื่อให้ตัวอย่างผสมเป็นเนื้อเดียวกัน นำขวดที่ 1 ไปวิเคราะห์หาปริมาณออกซิเจนละลาย DO_1 ส่วนขวดที่2 นำไปแช่ตู้ควบคุมอุณหภูมิ 20 ^0C เป็นเวลา 5 วัน เมื่อครบกำหนดนำออกมาวิเคราะห์หาปริมาณออกซิเจนละลาย DO_5

5. การคำนวณ : BOD(mg/l) = $(DO_1 - DO_5)$ / ml of sample

เมื่อ DO_1 = ปริมาณออกซิเจนละลายวันที่เริ่มทดลอง

DO_5 = ปริมาณออกซิเจนละลายวันที่ 5 ของการทดลอง

การวิเคราะห์ปริมาณออกซิเจนละลาย (Dissolved oxygen, DO) โดยวิธีไอโอไดเมตริก

รีเอเจนต์

1. สารละลายแมงกานีสซัลเฟต เตรียมโดยละลายแมงกานีสซัลเฟตเตตราไฮเดรต ($MnSO_4.4H_2O$) 480 กรัมหรือแมงกานีสซัลเฟตไดไฮเดรต ($MnSO_4.2H_2O$) 400 กรัมหรือแมงกานีสโมโนไฮเดรต ($MnSO_4.H_2O$) 364 กรัมในน้ำกลั่นเจือจางเป็น 1 ลิตร

2. สารละลายอัลคาไลด์-ไอโอไดด์-อาไซด์ เตรียมโดยละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ (NaOH) 500 กรัม และโซเดียมไอโอไดด์ (NaI) 135 กรัมแล้วเจือจางเป็น 1ลิตร หลังจากนั้นเตรียมสารละลายโซเดียมอาไซด์ (NaN_3) โดยละลายโซเดียมอาไซด์ 10 กรัมในน้ำกลั่น 40 มล. คนให้สารละลายจนหมด นำไปเติมในสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ที่เตรียมไว้ก่อนแล้ววางให้เย็นก่อนนำมาใช้

3. กรดซัลฟูริกเข้มข้น

4. น้ำแป้ง(Starch solution) เตรียมโดยละลายแป้ง (Soluble starch) 5 กรัมในน้ำกลั่นประมาณ 50 มล.เทใส่ในน้ำกลั่นที่ต้มเดือด 800 มล.เจือจางเป็น 1 ลิตร ต้มให้เดือดต่ออีก 3 นาที เติมกรดซาลิไซลิก (Salicylic acid) 1.25 กรัม

5. สารละลายมาตรฐานโซเดียมไทโอซัลเฟต 0.0125 โมล/ลิตร เตรียมโดยละลายโซเดียมไทโอซัลแฟต ($Na_2S_2O_3.5H_2O$) 6.205 กรัมในน้ำกลั่นที่ต้มเดือดใหม่ รอให้เย็นเจือจางเป็น 1 ลิตร เติมโซเดียมไฮดรอกไซด์ 0.4 กรัม สารละลายนี้ 1 มล.สมมูลย์กับออกซิเจน 0.200 มก.

6. สารละลายมาตรฐานโปตัสเซียมไดโครเมท 0.0042 โมล/ลิตร เตรียมโดยละลายโปตัสเซียมไดโครเมทที่อบแห้ง 1.446 กรัมในน้ำกลั่นแล้วเจือจางเป็น 1 ลิตร

7. วิธีการหาค่ามาตรฐาน

-ละลายโปตัสเซียมไอโอไดด์ (KI) 2 กรัม ด้วยน้ำกลั่นประมาณ 150 มล.ในขวดรูปชมพู่ขนาด 500 มล.

-เติมกรดซัลฟูริก (1+9) 10 มล. ปิเปตสารละลายมาตรฐานโปตัสเซียมไดโครเมท 20 มล.ใส่ในสารละลายที่เตรียมไว้ วางไว้ในที่มืด 5 นาที

-เติมน้ำกลั่นจนปริมาตร 200 มล.นำมาไตเตรตกับสารละลายโซเดียมไทโอซัลเฟต 0.0125 โมลต่อลิตรจนได้สีเหลืองอ่อน เติมน้ำแป้ง 1-2 มล.ไตเตรตต่อจนถึงจุดยุติเปลี่ยนจากสารละลายสีน้ำเงินเป็นไม่มีสี คำนวณความเข้มข้นจากสูตร : M = ml $K_2Cr_2O_7$ x 0.0042 x 3/ml of $Na_2S_2O_3$

วิธีการทดลอง

1. จากตัวอย่างในขวดบีโอดีปริมาตร 300 มล. เปิดจุกขวด ปิเปตสารละลายแมงกานีสซัลเฟต 2 มล. ใส่ลงไปโดยให้ปลายปิเปตจุ่มในน้ำเล็กน้อยและปิเปตสารละลายอัลคาไลด์-ไอโอไดด์-อาไซด์ ตามลงไปทันที 2 มล.โดยให้ปลายปิเปตจุ่มใต้ตัวอย่างน้ำเล็กน้อย
2. ปิดจุกระวังอย่าให้มีฟองอากาศติดอยู่ข้างขวด หากมีฟองอากาศให้ใช้จุกขวดเคาะเบาๆข้างขวดฟองอากาศจะหลุดออกมา
3. จับขวดโดยใช้นิ้วชี้กดอยู่บนฝาจุก แล้วเขย่าเบาๆพลิกมือขึ้นลงสลับกันอย่างน้อย 15 ครั้งเพื่อให้สารเคมีทำปฏิกิริยากับออกซิเจนอย่างทั่วถึง
4. ปล่อยทิ้งไว้ให้ตกตะกอน ถ้ามีออกซิเจนจะได้ตะกอนสีน้ำตาล รอจนตกตะกอน น้ำใสด้านบน 100 มล.
5. ค่อยๆเปิดจุกแล้วเติมกรดซัลฟูริกเข้มข้น 2 มล.จนกระทั่งตะกอนละลายได้สารละลายสีเหลือง สามารถคำนวณหาปริมาณออกซิเจนละลายได้โดยนำสารละลายมาไตเตรตด้วยสารละลามาตรฐานโซเดียมไทโอซัลเฟต 0.0125 โมล/ลิตรโดย I_2 1โมลเกิดจาก MnO_2 2โมล และ MnO_2 โมลเกิดจาก O_2 0.5 โมลหรือคำนวณได้จากการเตรียมสารละลายให้มีความเข้มข้น 0.0125 โมล/ลิตร เมื่อนำมาไตเตรตกับ 1 มล. ของสารละลายมาตรฐานโซเดียมไทโอซัลเฟต 0.0125 โมล/ลิตร จะทำปฏิกิริยาพอดีกับออกซิเจน 0..200 มก.
6. การไตเตรตจากสารละลาย I_2 ที่เกิดขึ้นหลังจากการเติมกรดซัลฟูริกเข้มข้น ตวงสารละลายมา 203 มล.ปริมาตรนี้แทนตัวอย่างน้ำจริงๆ 200 มล.เนื่องจากตัวอย่างน้ำถูกแทนด้วยน้ำยาทั้งหมด 4 มล. ไตเตรตด้วยสารละลายมาตรฐานโซเดียมไทโอซัลเฟต 0.0125 โมล/ลิตร จนได้สารละลายสีเหลืองอ่อน เติมน้ำแป้ง 1-2 มล. ไตเตรตจนกระทั่งสีน้ำเงินหายไป
8. การคำนวณหาปริมาณออกซิเจนละลาย สมมุติทำการไตเตรตได้ 7 มล.เนื่องจาก

1 มล.ของ $Na_2S_2O_3$ ทำปฏิกิริยาพอดีกับ O_2 = 0.200 มก.

1 มล.ของ $Na_2S_2O_3$ สมมูลย์กับ O_2 = 0.200 มก.

7 มล.ของ $Na_2S_2O_3$ สมมูลย์กับ O_2 = 0.200 x 7 มก.

สารละลาย 200 มล. มี O_2 = 0.200 x 7 มก

สารละลาย 1,000 มล. มี O_2 = 0.200 x 7 x 1,000 / 200 มก

ดังนั้นปริมาณออกซิเจน = 7 มก./ลิตร

1.3.ซีโอดี (Chemical oxygen demand)

Dichromate reflux method

สารอินทรีย์ส่วนใหญ่จะถูกออกซิไดซ์ โดยสารละลายผสมของ Chromic และ Sulfuric acid ที่ต้มเดือด ตัวอย่างจะถูกรีฟลักซ์ ในสารละลายกรดแก่ที่รู้ปริมาณของ Potassium dichromate ($K_2Cr_2O_7$) หลังจากย่อยสลายแล้วทำการรีดิวซ์ $K_2Cr_2O_7$ ที่ถูกใช้ไปแล้วจึงนำมาคำนวณหาสารอินทรีย์ที่ถูกออกซิไดซ์ โดยเปรียบเทียบกับปริมาณ O_2

เครื่องมือและอุปกรณ์

1.Reflux apparatus ประกอบด้วยขวดรูปกรวยที่มีคอทำด้วยแก้วขนาด 20/40 ปริมาตร 500 หรือ 250 มล. และ Condensor 300-mm jacket liebig ที่มีข้อต่อขนาด 24/40

2.Hot plate ที่มีกำลังอย่างน้อย 1.4 W/cm^2

รีเอเจนต์

1. Standard potassium dichromate solution 0.25N : ละลาย 12.259 กรัม $K_2Cr_2O_7$ (อบแห้งที่ 103 ^0C เป็นเวลา 2 ชั่วโมง) ในน้ำกลั่นแล้วเติมน้ำจนครบ 1 ลิตร

2. Silver sulfate, $AgSO_4$ เป็นผลึกหรือผง

3. Sulfuric acid, H_2SO_4 conc.

4. Sulfuric acid reagent : เติม $AgSO_4$ ลงใน conc. H_2SO_4 ในอัตราส่วน 22 กรัม $AgSO_4$ต่อ conc. H_2SO_4 4 กิโลกรัม ทิ้งไว้ 1-2 วัน เพื่อให้ $AgSO_4$ ละลาย

5. Ferroin indicator solution : ละลาย 1.485 กรัม 1,10 -Phenanthroline Monohydrate และ 0.695 กรัม $FeSO_4 .7H_2O$ในน้ำกลั่นและเจือจางเป็น 100 มล.

6. Standard ferrous ammonium sulfate titrant, 0.25 : ละลาย 98 กรัม $Fe(NH_4)_2 .6H_2O$ (FAS) ในน้ำกลั่น เติม 20 มล. conc. H_2SO_4 ทิ้งให้เย็นแล้วเจือจางเป็น 1 ลิตร Standardize สารละลายนี้ก่อนใช้ด้วยสารละลาย $K_2Cr_2O_7$ โดยเจือจางสารละลาย $K_2Cr_2O_7$ มาตรฐาน 10 มล.เติมน้ำกลั่นให้ครบ 100 มล. เติม Conc. H_2SO_4 30 มล. ทำให้เย็น ไตเตรตด้วย FAS โดยใช้ Ferroin Indicator Solution 2-3 หยด

$$\text{Normality of FAS solution (M)} = \frac{\text{Volume 0.25N Potassium Dichromate Solution} \times \text{Solution titrated, ml} \times 0.25}{\text{Volume FAS used in titration, ml}}$$

7.Mercuric Sulfate : $HgSO_4$ ผลึกหรือผง

วิธีการวิเคราะห์

1. ชั่งเมอร์คิวรีซัลเฟต ($HgSO_4$) ประมาณ 0.4 กรัม ใส่ลงในขวดกกลั่น

2. ปิเปตตัวอย่างน้ำใส่ลงไป 20 มล.(หรือส่วนที่เจือจางเป็น 20 มล.)

3. ปิเปตสารละลายโปตัสเซียมไดโครเมตปริมาตร 10 มล. ใส่ลูกแแก้ว 5-6 เม็ด เพื่อช่วยให้การเดือดสมบูรณ์

4. นำขวดสารที่เตรียมไว้ ต่อเข้ากับคอนเดนเซอร์ของอุปกรณ์รีฟลักซ์แล้วเปิดน้ำหล่อเย็น ป้องกันไม่ให้สารที่ต้มระเหยออกไปได้

5. ค่อยๆเติมกรดซัลฟิวริกซึ่งมีซิลเวอร์ซัลแฟตอยู่แล้วลงไป 30 มล.โดยเติมผ่านคอนเดนเซอร์

6. เปิดเตาให้ร้อน ต้มสารจนเดือดติดต่อเป็นเวลา 2 ชม.

7. เมื่อครบกำหนดเวลา ปิดเตาปล่อยให้เย็น ใช้น้ำกลั่นฉีดล้างคอนเดนเซอร์เพื่อให้สารที่ค้างอยู่ในคอนเดนเซอร์ลงในขวดกลั่น

8. เจือจางด้วยน้ำกลั่นให้ได้ปริมาตร 140 มล.หยดอินดิเคเตอร์ 2-3 หยด นำไปไตเตรดด้วยสารละลายมาตรฐานแอมโมเนียมเฟอรัสซัลเฟต จนกระทั่งจุดยุติเปลี่ยนจากสีเขียวแกมฟ้าเป็นสีน้ำตาลแดง

9. การทำแบลงค์ (Blank) ทำไปพร้อมๆกับน้ำตัวอย่างโดยใช้สารเคมีเช่นเดียวกับการวิเคราะห์ตัวอย่าง

การคำนวณ COD (mg/l) = (a-b)*M*8000/ml sample

a = มล.ของสารละลายมาตรฐานแอมโมเนียมเฟอรัสซัลเฟตที่ใช้กับแบลงค์

b = มล.ของสารละลายมาตรฐานแอมโมเนียมเฟอรัสซัลเฟตที่ใช้กับตัวอย่าง

M = ความเข้มข้นของสารละลายมาตรฐานแอมโมเนียมเฟอรัสซัลเฟต 0.1 โมล/ลิตร

1.4 ซัลเฟต (Sulfate)

นิยมใช้วิธี Turbidimetric เพราะเป็นวิธีที่ง่ายและสะดวกรวดเร็ว สามารถหาซัลเฟตปริมาณต่ำๆได้ดี (วัดซัลเฟตในช่วง 1-40 มิลลิกรัมต่อลิตร) ถ้าซัลเฟตมีปริมาณสูงวิเคราะห์ได้โดยการเจือจางตัวอย่างน้ำ

เครื่องมือและอุปกรณ์

1. เครื่องกวนวารละลายแบบแม่เหล็ก (Magnetic stirrer) แท่งกวนสารละลายแบบแม่เหล็ก (Magnetic bar)

2. เครื่อง Spectrophotometerที่ 420 นาโนเมตรและ light path 4-5 เซนติเมตร

3. นาฬิกาจับเวลา

4. ช้อนตวงที่มีความจุ 0.2-0.3 มิลลิเมตร

รีเอเจนต์

1. เตรียม Conditioning reagent โดยการผสมกลีเซอรอล 50 มิลลิลิตร กับ สารละลายที่ประกอบด้วยกรดเกลือเข้มข้น 30 มิลลิเมตร น้ำกลั่น 300 มิลลิลิตร 95% เอธิลอัลกอฮอล์ 100 มิลลิลิตร และโซเดียมคลอไรด์ 75 กรัม

2. $BaCl_2$ crystal 23-30 mesh

3. เตรียมสารละลายมาตรฐานซัลเฟต โดยการละลาย Na_2SO_4 (anhydrous) 147.9 มิลลิกรัมในน้ำกลั่นจนได้ปริมาตร 100 มิลลิกรัมหรือโดยการนำกรดกำมะถัน 0.02 นอร์มัลมา 10.41 มิลลิลิตร เติมน้ำกลั่นจนได้ปริมาตร 100 มิลลิลิตร (1 มิลลิลิตร = 100 ไมโครกรัมซัลเฟต)

วิธีการวิเคราะห์

1. Formation of $BaSo_4$

เติมตัวอย่าง 100 มิลลิลิตร ใส่ขวดรูปกรวยขนาด 250 มิลลิลิตร ผสมให้เข้ากันโดยใช้เครื่องกวนสารแม่เหล็กและแท่งเหล็กคนช้าๆค่อยๆเติม $BaCl_2$ crystal 1 ช้อน จับเวลาพอได้ 1 นาที ให้หยุดคนทันที

2. Measurement of $BaSO_4$ turbidity

เทสารละลายจากข้อ 1 ลงใน absorption cell ของ Spectrophotometer วัดค่าความขุ่นทุกๆ 30 วินาที เป็นเวลา 4 นาที และจะอยู่ตัวถึง 10 นาที ให้เอาค่าที่มากที่สุดที่อ่านได้ใน 4 นาที

3. Preparation of calibration curve

เตรียมสารละลายมาตรฐานซัลเฟตที่มีความเข้มข้น 0, 5, 10, 15, 20, 25, 30, 35, 40 มิลลิกรัมต่อลิตร โดยการปิเปต 0, 5, 10, 15, 20, 25, 30, 35, 40 มิลลิลิตร ของสารละลายมาตรฐานซัลเฟต เติมน้ำกลั่นจนได้ปริมาตร 100 มิลลิลิตรและทำทุกขั้นตอนตามการเตรียมตัวอย่าง

1.5 ฟอสฟอรัสและฟอสเฟต (Phosphorus and Phosphate)

ฟอสฟอรัสมักอยู่ในรูปของฟอสเฟต โพลิฟอสเฟตและอินทรีย์ฟอสเฟต ซึ่งอินทรีย์ฟอสเฟตนี้สามารถเปลี่ยนกลับมาเป็นฟอสเฟตโดยการต้มกับกรด และการตรวจวัดปริมาณฟอสเฟตทั้งหมดโดยการทำให้เกิดสี

การวิเคราะห์หาฟอสฟอรัสในน้ำและน้ำเสีย

การย่อยสลายขั้นแรกโดยวิธีกรดซัลฟิวริก-ไนทริก (Preliminary digestion step for total phosphorus by sulfusic acid-nitric acid digestion)

เครื่องมือและอุปกรณ์

1.ชุดย่อยสลายหรือไดเจสชันแรค (Digestion rack)

2.ขวดไมโครเจลดาห์ล (Micro-Kjeldahl flask)

รีเอเจนต์

1. กรดซัลฟิวริกเข้มข้น

2. กรดไนทริกเข้มข้น

3. สารละลายฟีนอล์ฟทาลีน อินดิเคเตอร์

4. โซเดียมไฮดรอกไซด์ 1 โมล/ลิตร

วิธีวิเคราะห์

ใส่ตัวอย่างน้ำประมาณ 25-100 มล. ลงขวดไมโครเจลดาห์ล ใส่กรดซัลฟิวริกเข้มข้น 1 มล. และกรดไนทริกเข้มข้น 5 มล. ตามลงไป นำไปย่อยสลายบนเครื่องไดเจสชั่นแรคจนได้ปริมาตร 1 มล. และย่อยสลายต่อไปเพื่อไล่กรดไนทริกจนกว่าสารละลายไม่มีสี ทำให้เย็นและเติมน้ำกลั่นประมาณ 20 มล. ใส่ฟีนอล์ฟทาลีน

อินดิเคเตอร์ 1 หยด เติมโซเดียมไฮดรอกไซด์ 1 โมล/ลิตร ลงไปทีละน้อยๆจนสารละลายมีสีชมพูอ่อน ถ้าสารละลายขุ่น ให้กรองก่อนแล้วถ่ายลงในขวดวัดปริมาตรขนาด 100 มล. ใช้น้ำกลั่นล้างสารละลายที่ติดตามขวดเจลดาห์ล จนแน่ใจว่าล้างหมด รวมน้ำที่ใช้ล้างทั้งหมดลงในสารละลายที่อยู่ในขวดวัดปริมาตรและเติมน้ำกลั่นจนถึงขีดจะได้ปริมาตร 100 มล. เก็บสารละลายนี้สำหรับหาฟอสฟอรัสต่อไป

การวิเคราะห์หาปริมาณฟอสฟอรัสโดยวิธีกรดแอสคอร์บิก (Ascorbic Acid Method)

หลักการ

แอมโมเนียมโมลิบเดต (Ammonium molybdate) และโพแทสเซียมแอนติโมนิลตาเตรต (Potassium antimonyl tartrate) จะทำปฏิกิริยากับสารละลายออโทฟอสเฟต (Orthophosphate) เจือจางในสภาวะที่เป็นกรด เกิดเป็นสารใหม่ซึ่งเมื่อทำปฏิกิริยากับกรดแอสคอร์บิกแล้วได้โมลิบดีนัมสีฟ้า (Molybdenum blue) โดยวิธีนี้จะวัดฟอสเฟต-ฟอสฟอรัสได้ระหว่าง 0.01-1.3 มก./ลิตร

เครื่องมือและอุปกรณ์

1.เครื่องมือที่ใช้ในการเทียบสี (Colorimetric equipment) เครื่องสเปกโทรโฟโตมิเตอร์ซึ่งมีอินฟราเรดโฟโตทิวบ์สำหรับใช้กับความยาวคลื่น 880 นาโนเมตร และเซลล์ขนาด 2.5 ซม.หรือยาวกว่านั้น หรือเครื่องฟิวเตอร์โฟโตมิเตอร์กับแก้วกรองแสงสีแดงและเซลล์ขนาด 0.5 ซม. หรือยาวกว่านั้น

2.เครื่องแก้วที่ล้างด้วยกรด และน้ำกลั่นตามลำดับ

รีเอเจนต์

1. เอทิลแอลกอฮอล์ (Ethyl Alcohol) ร้อยละ 95 หรือไอโซโพรพิล (Isopropyl)

2. กรดซัลฟิวริก 2.5 โมล/ลิตร

3. สารละลายแอนติโมนิลโพแทสเซียมตาเตรต ละลาย $K(SbO)C_4H_4O_6.1/2H_2O$ จำนวน 1.3715 กรัมในน้ำกลั่น 400 มล. เจือจางจนได้ปริมาตร 500 มล. เก็บรักษาในขวดกันแสง 4 ^{0}C

4. สารละลายแอมโมเนียมโมลิบเดต ละลาย $(NH_4)_6Mo_7O_{24}.4H_2O$ จำนวน 20 กรัม ในน้ำกลั่น 500 มล. เก็บรักษาในขวดพลาสติก 4 ^{0}C

5. กรดแอสคอร์บิก 0.1 โมล/ลิตร ละลายกรดแอสคอร์บิกจำนวน 1.76 กรัม ในน้ำกลั่น 100 มล. สารละลายนี้จะคงตัวประมาณ 1 สัปดาห์ ถ้าเก็บที่ 4 ^{0}C

6. สารเคมีรวม (Combined reagent) นำสารเคมีที่กล่าวมาข้างต้นตั้งแต่ 2-5 มาผสมกันโดยใช้ส่วนผสมแต่ละชนิดดังนี้

ข้อ 2 จำนวน 50 ลบ.ซม.

ข้อ 3 จำนวน 5 ลบ.ซม.

ข้อ 4 จำนวน 15 ลบ.ซม.

ข้อ 5 จำนวน 30 ลบ.ซม.

ก่อนผสมให้ทิ้งสารละลายแต่ละชนิดจนได้อุณหภูมิห้อง แล้วจึงนำมาผสมกันตามลำดับ โดยต้องผสมให้เข้ากันทุกครั้งเมื่อเติมส่วนผสมแต่ละชนิด หลังจากที่เติมสารละลายลงไป ถ้าขุ่นให้เขย่าและตั้งทิ้งไว้ 2-3 นาที จนสารละลายใสจึงนำมาใช้ สารละลายรวมนี้จะคงตัวอยู่ 4 ชั่วโมง และถ้าเก็บไว้ที่ 4 ^{0}C จะคงตัวอยู่อย่างน้อย 1 สัปดาห์

7. สารละลายสต๊อกฟอสเฟต (Stock phosphate solution) ละลาย $K_2H_2PO_4$ (anhydrous potassium dihydrogen phosphate) จำนวน 219.5 มก. ในน้ำกลั่นจำนวนพอเหมาะแล้วเติมน้ำกลั่นจนได้ปริมาตร 1,000 มล. สารละลายนี้ 1 มล. จะมีปริมาณฟอสฟอรัส 50.0 ไมโครกรัม

8. สารละลายมาตรฐานฟอสเฟต (Standard phosphate solution) นำสารละลายจากข้อ 7 มาจำนวน 50 ลบ.ซม. เจือจางด้วยน้ำกลั่นแล้วเติมน้ำกลั่นจนได้ปริมาตร 1,000 มล. สารละลายนี้ 1 มล. จะมีปริมาณฟอสฟอรัส 2.50 ไมโครกรัม

วิธีวิเคราะห์

1. วิธีการสร้างกราฟมาตรฐาน ใช้สารละลายมาตรฐานจากข้อ 8 จำนวน 2, 4, 6, 8, 10, 12, 16, 20 มล. ใส่ลงในขวดสำหรับย่อยสลายขั้นต้น (อาจใช้ขวดเจลดาห์หรือใช้ขวดชมพู่ขนาด 250 มล.) เติมน้ำกลั่นให้ได้ปริมาตรรวม 20 มล. เติมกรดซัลฟิวริก 1 มล. และกรดไนทริก 5 มล. นำไปย่อยสลายในตู้ควันจนกระทั่งสารละลายระเหยและไอกรดสีขาวระเหยหมด จะได้สารละลายใสที่ย่อยสลายประมาณ 1-2 มล. ปล่อยให้เย็น

2.ใช้น้ำกลั่นฉีดล้างรอบๆขวดเล็กน้อย หยดฟีนอล์ฟทาลีนอินดิเคเตอร์ 1-2 หยด ปรับสารละลายให้เป็นกลางโดยใช้สารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ (อย่าให้เป็นสีชมพูถาวร) ถ้าสารละลายที่ได้เป็นสีชมพูให้ใช้กรด

ซัลฟิวริก 2.5 โมล/ลิตร หยดลงไปเล็กน้อยจนสารละลายเปลี่ยนเป็นไม่มีสี

3. เทสารละลายที่เป็นกลางใส่ลงในขวดวัดปริมาตรขนาด 50 มล. เจือจางจนถึงขีดวัดปริมาตร สารละลายจะมีฟอสฟอรัส 10, 15, 20, 25, 30, 40, 50 ไมโครกรัม ต่อ 50 มล.ของสารละลายที่เตรียม

4. นำสารละลายที่เตรียมไว้เทใส่ภาชนะเดิม เติมสารเคมีรวม 8 มล.ถ้ามีฟอสฟอรัสจะได้สารละลายสีน้ำเงิน

5. นำไปวัดค่าการดูดกลืนแสง พลอตกราฟหาความสัมพันธ์ระหว่าง ค่าแอบซอพแบนซ์และค่าความเข้มข้น

6. การวิเคราะห์ฟอสฟอรัสสำหรับน้ำตัวอย่าง ใช้น้ำตัวอย่างตามความเหมาะสมโดยดูจากลักษณะของตัวอย่างน้ำ ใส่ลงในขวดรูปชมพู่ขนาด 50 มล.

7. เติมกรดซัลฟิวริกเข้มข้น 1 มล. และกรดไนทริกเข้มข้น 5 มล. นำไปย่อยสลายบนเตา ในตู้ดูดควันจนกระทั่งแห้งและไอกรดสีขาวระเหยจนหมด

8. นำตัวอย่างที่ย่อยสลายได้มาปรับให้เป็นกลาง โดยหยดสารละลายฟีนอลีฟทาลีน 1-2 หยด ใช้โซเดียมไฮดรอกไซด์ 0.1 โมล/ลิตร ปรับสารละลายให้เป็นกลาง

9. ค่อยเทสารละลายใส่ขวดวัดปริมาตรขนาด 50 มล. ล้างภาชนะใส่ลงจนหมดแล้วเจือจางเป็น 50 มล.

10. เทสารละลายที่เตรียมได้ ใส่ลงในขวดรูปชมพู่ขวดเดิม ปิเปตสารละลายสารเคมีรวม 8 มล.ใส่ลงในแต่ละขวดตัวอย่าง ถ้าตัวอย่างมีฟอสฟอรัสจะได้สีน้ำเงิน

11. นำสารละลายสีที่ได้วัดค่าแอบซอบแบนซ์แล้วพลอตหาค่าความเข้มข้นของฟอสฟอรัส

การคำนวณ

ฟอสฟอรัสทั้งหมด (มก./ลิตร) = ไมโครกรัมของฟอสฟอรัส /ปริมาตรตัวอย่างที่ใช้

1.6 ไนโตรเจนทั้งหมด (Total Nitrogen) Macro-Kjeldahl method)

เครื่องมือและอุปกรณ์

1. Digestion apparatus: ประกอบด้วย Kjeldahl flasks ขนาด 800 มิลลิลิตร ตั้งบนเตาที่สามารถปรับให้น้ำ 250 มิลลิลิตรเดือดภายในเวลา 5 นาทีและให้ความร้อนอยู่ในช่วง 365-370 ^{0}C

2. Apparatus for ammonia determination

รีเอเจนต์

1. น้ำกลั่นซึ่งปราศจากแอมโมเนียเตรียมโดยผ่านน้ำกลั่นลงในคอลัมน์ซึ่งมีแคทอิออนเรซิน (Cation-exchange resin)

2. สารละลายกรดบอริก (Boric acid, H_3BO_3) เตรียมโดยละลายกรดบอริก 20 กรัมในน้ำกลั่นแล้วเจือจางเป็น 1 ลิตร

3. สารละลายสำหรับย่อยสลาย (Digest solution) เตรียมโดยละลายโปตัสเซียมซัลเฟต (K_2SO_4) 134 กรัมในน้ำกลั่น 650 มล. เติมกรดซัลฟิวริกเข้มข้น 200 มล.ลงไปทีละน้อยๆจนสารละลายเข้ากันหมด เตรียมสารละลายเมอร์คิวรีออกไซด์ (แดง) [Mercury (II)oxide(red).H_2O] 2 กรัม ละลายในกรดซัลฟิวริก 3 โมล/ลิตร ปริมาตร 50 มล. นำไปเติมในสารละลายโปตัสเซียมซัลเฟตที่เตรียมไว้ตอนต้น คนให้เข้ากัน วางไว้ให้เย็นแล้วเจือจางเป็น 1 ลิตร

3. สารละลายฟีนอล์ฟทาลีนอินดิเคเตอร์ ละลายฟีนอล์ฟทาลีนไดโซเดียม 5 กรัมในน้ำกลั่นแล้วเจือจางเป็น 1 ลิตรหรือละลายฟีนอล์ฟทาลีน 5 กรัมในเอทิลแอลกอฮอล์ร้อยละ 95 แล้วเจือจางด้วยน้ำกลั่นจนปริมาตร 1 ลิตร

4. สารละลายมิกซ์อินดิเคเตอร์ เตรียมโดยละลายเมทิลเรดอินดิเคเตอร์ 200 มิลลิกรัมใน เอทิลแอลกอฮอล์ (ร้อยละ 95) 100 มล.และละลายเมทิลลีนบลู 100 มิลลิกรัม ในเอทิลแอลกอฮอล์ (ร้อยละ 95) 50 มล. ผสมสารละลายทั้งสองให้เข้ากัน สารละลายนี้ควรเตรียมทุกเดือน เมื่อหยดลงในสารละลายกรดบอริกจะได้สารละลายสีม่วง

5. สารละลายมาตรฐานกรดซัลฟิวริก 0.01 โมล/ลิตร เจือจางกรดซัลฟิวริก 0.5 โมล/ลิตร ปริมาตร 20 มล. แล้วเจือจางเป็น 1 ลิตร นำสารละลายกรดซัลฟิวริกที่เตรียมได้ไปหาค่ามาตรฐานกับสารละลายมาตรฐานโซเดียมไฮดรอกไซด์ 0.01 โมล/ลิตร

6. สารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์-โซเดียมไธโอซัลเฟต ละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ 500 กรัม และโซเดียมไธโอซัลเฟต ($Na_2S_2O_3.5H_2O$) 25 กรัม ในน้ำกลั่นแล้วเจือจางเป็น 1 ลิตร

วิธีการวิเคราะห์

1. ใช้ปริมาตรตัวอย่างน้ำ 100 มล. หรือส่วนของตัวอย่างที่เจือจางเป็น 100 มล. ใส่ขวดเจลดาห์ล

2. เติมสารละลายสำหรับย่อยสลาย (Digest solution) 50 มล. นำส่วนผสมนี้ไปย่อยสลายในตู้ควันจนกระทั่งได้สารละลายใส ให้เติมสารละลายย่อยสลายเพิ่มอีก 20 มล. ย่อยสลายต่อไปจนกระทั่งได้สารละลายใส ปล่อยให้เย็น เติมน้ำกลั่นลงไป 300 มล.

3. ทำให้เป็นด่างโดยใช้สารละลายฟีนอล์ฟทาลีน หยดลงในขวดเจลดาห์ล แล้วเติมสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์-โซเดียมไธโอซัลเฟตประมาณ 50 มล.สังเกตสีของฟีนอล์ฟทาลีนเป็นสีชมพู ถ้ายังไม่เปลี่ยนเป็นสีชมพูให้เติมลงไปทีละน้อยจนกระทั่งเปลี่ยนเป็นสีชมพูเข้ม

4. รีบต่อข้อต่อของชุดกลั่นทันที ป้องกันไม่ให้ไอของสารระเหยออกไป ซึ่งไอสารนั้นอาจมีแอมโมเนียออกมาด้วย

5. กลั่นตัวอย่างโดยให้ควบแน่นผ่านคอนเดนเซอร์แบบตรงลงในสารละลายบอริก จนกระทั่งได้สารละลายทั้งหมด 200 มล.

6. นำสารละลายที่กลั่นได้ไตเตรดกับสารละลายมาตรฐานกรดซัลฟิวริก 0.01 โมล/ลิตร คำนวณหาปริมาณออร์แกนนิคไนโตรเจน

$$\text{mg/l as N} = \frac{(A-B)M * 100 * 28}{sample}$$

A = มล. กรดซัลฟิวริกที่ไตเตรดตัวอย่าง

B = มล. กรดซัลฟิวริกที่ไตเตรดแบลงค์

M = โมล/ลิตร ของกรดซัลฟิวริกที่ใช้

1.7 การวิเคราะห์หาปริมาณของโลหะด้วยอะตอมมิกแอบซอร์ชันสเปกโทรโฟโตเมตรี

การวิเคราะห์หาปริมาณแคลเซียม (Calcium)

เครื่องมือและอุปกรณ์

1. อะตอมมิกแอบซอร์พชันสเปกโทรโฟโตมิเตอร์พร้อมด้วยอุปกรณ์
2. หัวเตาที่มีช่องสามช่อง (Three-Slot-Burner head) ถ้าไม่มีหัวเตาชนิดนี้อาจใช่หัวเตาที่มีช่องเดียว

รีเอเจนต์

1. อากาศ โดยใช้เครื่องอัดอากาศ อากาศที่ใช้ต้องสะอาดและแห้งทำให้โดยการผ่านเครื่องกรองที่เหมาะสม
2. แก๊สแอเซทิลีน ใช้ชนิดมาตรฐานการค้าที่บรรจุในท่อ ควรหยุดใช้เมื่อความดันในถังลดลงถึง 7 กก./ ตร.ซม.หรือ 100 psig เพื่อป้องกันมิให้แอซีโตนออกมาด้วย
3. สารละลายแคลเซียม ชั่งแคลเซียมคาร์บอเนต ($CaCO_3$) 630 มก. ละลายในกรดไฮโดรคลอริก (1 + 5) 50 ลบ.ซม. บางครั้งจำเป็นต้องต้มสารละลายให้เดือดช้าๆเพื่อให้ได้สารละลายใส ทำให้เย็นและเติมน้ำกลั่นจนครบ 1 ลิตร
4. น้ำกลั่นดีไอออนไนซ์ (Deionized distilled water)
5. กรดไฮโดรคลอริกเข้มข้น
6. สารละลายแลนทานัม (Lanthanum solution) ละลายแลนทานัมออกไซด์ (La_2O_3) 58.65 กรัม ในกรดไฮโดรคลอริกเข้มข้น 250 มล. โดยค่อยๆเติมจนกระทั่งแลนทานัมออกไซด์ละลายหมด แล้วเติมน้ำกลั่นจนครบ 1 ลิตร
7. สารละลายมาตรฐานแคลเซียม เติมน้ำ 50 มล.ลงในแคลเซียมคาร์บอเนต 2.497 กรัมแล้วเติมกรดไฮโดรคลอริกเข้มข้นทีละหยดเพื่อใช้กรดไฮโดรคลอริกน้อยที่สุดและทำปฏิกิริยาสมบูรณ์ เติมน้ำกลั่นจนครบ 1,000 มล.(1 มล. = 1มก.Ca)

การสร้างกราฟมาตรฐาน

1. เลือกสารละลายมาตรฐานแคลเซียมที่ความเข้มข้นต่างๆ แล้ววัดค่าแอบซอร์พแบนซ์
2. สำหรับการเตรียมสารละลายมาตรฐานแคลเซียม ให้ผสมสารละลายแลนทานัม 10 มล.ในสารละลายมาตรฐาน 100 มล.
3. การสร้างกราฟมาตรฐานแคลเซียมคิดจากความเข้มข้นเดิมของสารละลายมาตรฐาน ก่อนเจือจางด้วยสารละลายแลนทานัม

การวิเคราะห์สารตัวอย่าง

1. การหาปริมาณแคลเซียมให้ผสมและเจือจางสารละลายตัวอย่าง 100 มล.ด้วยสารละลายแลนทานัม 10 มล.
2. วัดวัดค่าแอบซอร์พแบนซ์ด้วยเครื่อง AAS

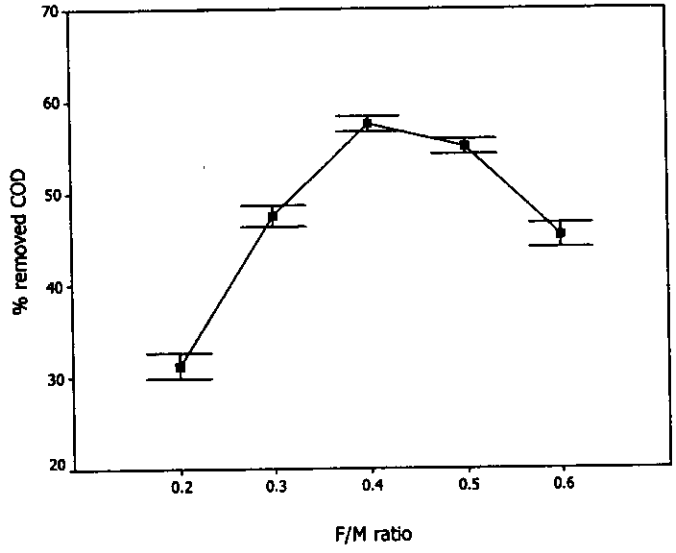
ภาคผนวก ค. การวิเคราะห์ผลการทดลองด้วยโปรแกรม SPSS for Windows

- การหา Mean Std.Deriation และ Variance ที่ F/M ratio 0.2 0.3 0.4 0.5 และ 0.5 วัน$^{-1}$ HRT 4 ชั่วโมง

Frequencies

Statistics

		0.2	0.3	0.4	0.5	0.6
N	Valid	14	14	14	14	14
	Missing	0	0	0	0	0
Mean		31.2571	47.4714	57.4786	55.0143	45.3714
Std. Deviation		2.55304	2.11276	1.59912	1.45012	2.45965
Variance		6.51802	4.46374	2.55720	2.10286	6.04989



Graph

การหานัยสำคัญที่ F/M ratio 0.2 0.3 0.4 0.5 และ 0.5 วัน$^{-1}$ HRT 4 ชั่วโมง

T-Test

Paired Samples Statistics

		Mean	N	Std. Deviation	Std. Error Mean
Pair 1	0.2	31.2571	14	2.55304	.68233
	0.4	57.4786	14	1.59912	.42738
Pair 2	0.3	47.4714	14	2.11276	.56466
	0.4	57.4786	14	1.59912	.42738
Pair 3	0.4	57.4786	14	1.59912	.42738
	0.5	55.0143	14	1.45012	.38756
Pair 4	0.4	57.4786	14	1.59912	.42738
	0.6	45.3714	14	2.45965	.65737

Paired Samples Correlations

		N	Correlation	Sig.
Pair 1	0.2 & 0.4	14	.432	.123
Pair 2	0.3 & 0.4	14	-.166	.571
Pair 3	0.4 & 0.5	14	-.223	.444
Pair 4	0.4 & 0.6	14	-.362	.203

Paired Samples Test

		Paired Differences					t	df	Sig. (2-tailed)
		Mean	Std. Deviation	Std. Error Mean	95% Confidence Interval of the Difference Lower	Upper			
Pair 1	0.2 - 0.4	-26.2214	2.35574	.62960	-27.5816	-24.8613	-41.648	13	.000
Pair 2	0.3 - 0.4	-10.0071	2.85346	.76262	-11.6547	-8.3596	-13.122	13	.000
Pair 3	0.4 - 0.5	2.4643	2.38605	.63770	1.0866	3.8420	3.864	13	.002
Pair 4	0.4 - 0.6	12.1071	3.38446	.90453	10.1530	14.0613	13.385	13	.000

การหาน้ัยสำคัญประสิทธิภาพการกำจัด BOD_5ที่ F/M ratio 0.4 วัน$^{-1}$ HRT 4 6 8 10 12 15 และ 24 ชั่วโมง

Frequencies

Statistics

		4	6	8	10	12	15	24
N	Valid	14	14	14	14	10	8	8
	Missing	0	0	0	0	4	6	6
Mean		92.2071	93.4500	95.7286	98.3214	98.6200	98.6125	98.6375
Std. Deviation		.83063	.86536	.64382	.42095	.13166	.26959	.13025
Variance		.68995	.74885	.41451	.17720	.01733	.07268	.01696

T-Test

Paired Samples Statistics

		Mean	N	Std. Deviation	Std. Error Mean
Pair 1	6	93.6300	10	.83938	.26543
	12	98.6200	10	.13166	.04163
Pair 2	8	95.7700	10	.70246	.22214
	12	98.6200	10	.13166	.04163
Pair 3	10	98.3300	10	.49001	.15496
	12	98.6200	10	.13166	.04163
Pair 4	12	98.6250	8	.14880	.05261
	15	98.6125	8	.26959	.09531
Pair 5	15	98.6125	8	.26959	.09531
	24	98.6375	8	.13025	.04605

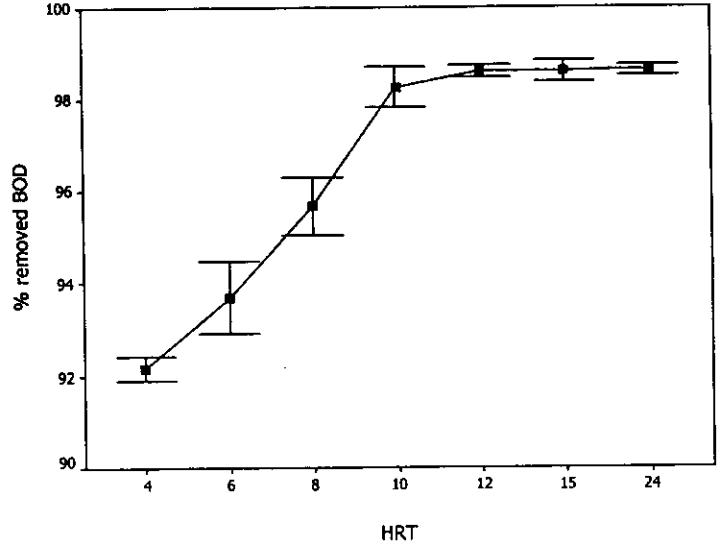
Paired Samples Correlations

		N	Correlation	Sig.
Pair 1	6 & 12	10	-.147	.686
Pair 2	8 & 12	10	-.509	.133
Pair 3	10 & 12	10	.816	.004
Pair 4	12 & 15	8	.490	.218
Pair 5	15 & 24	8	.595	.120

Paired Samples Test

		Paired Differences					t	df	Sig. (2-tailed)
		Mean	Std. Deviation	Std. Error Mean	95% Confidence Interval of the Difference Lower	Upper			
Pair 1	6 - 12	-4.9900	.86852	.27465	-5.6113	-4.3687	-18.168	9	.000
Pair 2	8 - 12	-2.8500	.77782	.24597	-3.4064	-2.2936	-11.587	9	.000
Pair 3	10 - 12	-.2900	.39001	.12333	-.5690	-.0110	-2.351	9	.043
Pair 4	12 - 15	.0125	.23566	.08332	-.1845	.2095	.150	7	.885
Pair 5	15 - 24	-.0250	.21876	.07734	-.2079	.1579	-.323	7	.756

Graph



การหานัยสำคัญประสิทธิภาพการกำจัด COD ที่ F/M ratio 0.4 วัน$^{-1}$ HRT 4 6 8 10 12 15 และ 24 ชั่วโมง

Frequencies

Statistics

		4	6	8	10	12	15	24
N	Valid	14	14	14	14	9	8	8
	Missing	0	0	0	0	5	6	6
Mean		57.47857	57.4786	77.5929	79.4429	89.2778	91.6000	92.7500
Std. Deviation		1.599124	1.59912	1.09085	1.35744	.77100	.69076	.49281
Variance		2.557198	2.55720	1.18995	1.84264	.59444	.47714	.24286

T-Test

Paired Samples Statistics

		Mean	N	Std. Deviation	Std. Error Mean
Pair 1	4	57.48889	9	1.888415	.629472
	12	89.2778	9	.77100	.25700
Pair 2	6	57.4889	9	1.88841	.62947
	12	89.2778	9	.77100	.25700
Pair 3	8	77.6000	9	1.26194	.42065
	12	89.2778	9	.77100	.25700
Pair 4	10	79.4000	9	1.51079	.50360
	12	89.2778	9	.77100	.25700
Pair 5	12	89.3500	8	.79102	.27967
	15	91.6000	8	.69076	.24422
Pair 6	12	89.3500	8	.79102	.27967
	24	92.7500	8	.49281	.17423

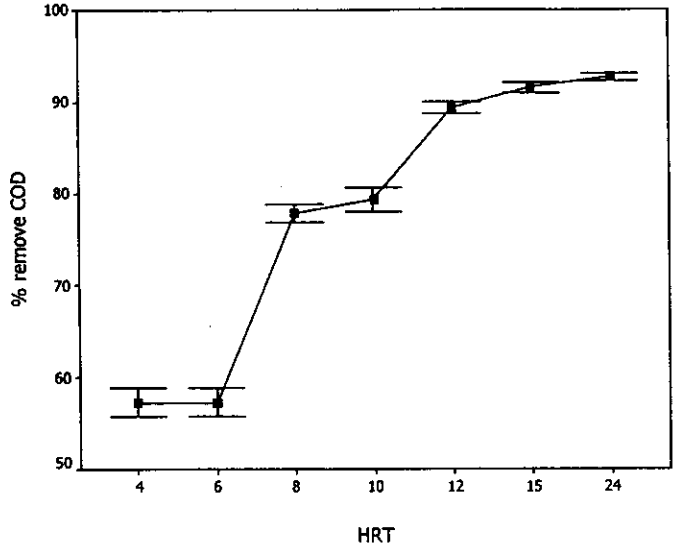
Paired Samples Correlations

		N	Correlation	Sig.
Pair 1	4 & 12	9	.214	.581
Pair 2	6 & 12	9	.214	.581
Pair 3	8 & 12	9	.505	.166
Pair 4	10 & 12	9	.525	.147
Pair 5	12 & 15	8	-.277	.506
Pair 6	12 & 24	8	.575	.136

Paired Samples Test

		Paired Differences					t	df	Sig. (2-tailed)
		Mean	Std. Deviation	Std. Error Mean	95% Confidence Interval of the Difference Lower	Upper			
Pair 1	4 - 12	-31.78889	1.881120	.627040	-33.23485	-30.34293	-50.697	8	.000
Pair 2	6 - 12	-31.7889	1.88112	.62704	-33.2348	-30.3429	-50.697	8	.000
Pair 3	8 - 12	-11.6778	1.09747	.36582	-12.5214	-10.8342	-31.922	8	.000
Pair 4	10 - 12	-9.8778	1.28625	.42875	-10.8665	-8.8891	-23.039	8	.000
Pair 5	12 - 15	-2.2500	1.18563	.41918	-3.2412	-1.2588	-5.368	7	.001
Pair 6	12 - 24	-3.4000	.64807	.22913	-3.9418	-2.8582	-14.839	7	.000

Graph



การหานัยสำคัญประสิทธิภาพการกำจัด COD แบบต่อเนื่องที่ F/M ratio 0.4 วัน$^{-1}$

Frequencies

Statistics

		COD 1 day	COD 2 days
N	Valid	15	15
	Missing	0	0
Mean		80.1867	92.3733
Std. Deviation		3.09490	1.36406
Variance		9.57838	1.86067

T-Test

Paired Samples Statistics

		Mean	N	Std. Deviation	Std. Error Mean
Pair 1	COD 1 day	80.1867	15	3.09490	.79910
	COD 2 days	92.3733	15	1.36406	.35220

Paired Samples Correlations

		N	Correlation	Sig.
Pair 1	COD 1 day & COD 2 days	15	.124	.660

Paired Samples Test

		Paired Differences					t	df	Sig. (2-tailed)
		Mean	Std. Deviation	Std. Error Mean	95% Confidence Interval of the Difference Lower	Upper			
Pair 1	COD 1 day - COD 2 days	-12.1867	3.22377	.83237	-13.9719	-10.4014	-14.641	14	.000

Frequencies

Statistics

		BOD 1 day	BOD 2 days
N	Valid	15	15
	Missing	0	0
Mean		82.9867	93.2400
Std. Deviation		2.01312	.92257
Variance		4.05267	.85114

T-Test

Paired Samples Statistics

		Mean	N	Std. Deviation	Std. Error Mean
Pair 1	BOD 1 day	82.9867	15	2.01312	.51979
	BOD 2 days	93.2400	15	.92257	.23821

Paired Samples Correlations

		N	Correlation	Sig.
Pair 1	BOD 1 day & BOD 2 days	15	-.113	.688

Paired Samples Test

		Paired Differences					t	df	Sig. (2-tailed)
		Mean	Std. Deviation	Std. Error Mean	95% Confidence Interval of the Difference Lower	Upper			
Pair 1	BOD 1 day - BOD 2 days	-10.2533	2.30740	.59577	-11.5311	-8.9755	-17.210	14	.000