ภาคผนวก ก

การเตรียมสารเคมีที่ใช้ในการวิเคราะห์

1. สารเคมีสำหรับการวิเคราะห์ ไนโตรเจน

สารเคมีและวิธีเตรียม

1. $HgSO_4$: ละลาย HgO 8.0 g ใน 50 mL ของกรด H_2SO_4 และปรับปริมาตรด้วยน้ำกลั่นให้ได้ 100 mL

2. น้ำยาย่อยสลาย: ละลาย K_2SO_4 267.0 g ในน้ำ 1,300 mL และเติม conc H_2SO_4 400 mL จากนั้นเติมสารละลาย $HgSO_4$ จากข้อ (ก) 50 mL ปรับปริมาตรด้วยน้ำกลั่น

3. โซเดียมไฮดรอกไซด์-โซเดียมไธโอซัลเฟต: ละลาย NaOH 500 g และ $Na_2S_2O_3.5H_2O$ 25 g ในน้ำกลั่นและปรับปริมาตรให้เป็น 1 L

4. สารละลายกรดบอริก: ละลาย H_3BO_3 20 gในน้ำกลั่นและปรับปริมาตรให้เป็น 1 L

2. สารเคมีสำหรับวิเคราะห์ฟอสฟอรัส

ปริมาณฟอสเฟต-ฟอสฟอรัส ($P\text{-}PO_4^{3-}$) ทั้งหมด (Total phosphate)

1. Phenolphthalein indicator

ละลาย Phenolphthalein 0.5 g ใน เอธานอล 95% 100 mL (เก็บได้ 2 ปี)

2. Ammonium molybdate [$(NH_4)_6Mo_7O_{24}.4H_2O$]

ละลาย $(NH_4)_6Mo_7O_{24}.4H_2O$ 4 g ในน้ำDI 100 mL (เก็บในตู้เย็นที่ 4^0C ได้ 1 สัปดาห์)

3. 4 M NaOH

ละลาย NaOH 80 g ในน้ำ DI 500 mL (เก็บได้ 1 ปี)

4. 2.5 M H_2SO_4

ละลายกรด H_2SO_4 เข้มข้น 70 mLในน้ำ DI 300 mL และเจือจางเป็น 500 mL (ควรเติมกรดลงในน้ำ และเก็บได้ 1 ปี)

5. Stock phosphate solution

ละลาย Anhydrous KH_2PO_4 0.4394 g ในน้ำ DI 1000 mL เก็บในขวดแก้ว (เก็บได้ 1 ปี)

6. Intermediate stock solution

เจือจาง Stock phosphate solution โดยไปเปต 10.0 mL ของ Stock phosphate solution แล้วปรับปริมาตรสุดท้ายเป็น 500 mL ด้วยน้ำ DI (เก็บได้ 6 เดือน)

3. การทดสอบความเป็นพิษของสังกะสีต่อหนอนแดง (*Chironomus calipterus* (Kieffer))

100 mg/L Zinc Standard Solution

ชั่ง ZnO 0.1244 g เติมน้ำกลั่นเล็กน้อยแล้วหยด HNO_3 2-3 หยด เพื่อละลาย ZnO แล้วเติมน้ำกลั่นเพื่อปรับปริมาตรเป็น 1000 mL จะได้ Zinc Standard Solution ความเข้มข้น 100 mg/L

4. สารเคมีและอาหารเลี้ยงเชื้อสำหรับการศึกษาความเป็นไปได้เบื้องต้นของการลดปริมาณสังกะสี โดยใช้จุลินทรีย์

1,000 mg/L Zinc Standard Solution

นำ Zinc Standard Solution 1,000 mg/L มากรองด้วยชุดกรองจุลินทรีย์ที่ผ่านการนึ่งฆ่าเชื้อแล้ว พร้อมกระดาษกรองขนาด 0.45 μm หรือ 0.22 μm

Nutrient broth: ประกอบด้วย

Beef extract	3 g
Peptone	5 g
Distilled water	1 L

ละลายสารอาหารดังกล่าวในน้ำกลั่น นำไปนึ่งฆ่าเชื้อด้วยหม้อนึ่งความดันไอที่อุณหภูมิ 121°C เป็นเวลา 15 นาที

Nutrient agar: ประกอบด้วย

Beef extract	3 g
Peptone	5 g
Agar	15 g
Distilled water	1 L

ละลายสารอาหารในน้ำกลั่น นำไปนึ่งฆ่าเชื้อด้วยหม้อนึ่งความดันไอที่อุณหภูมิ 121°C เป็นเวลา 15 นาที

Peptone broth (0.1% peptone): ประกอบด้วย

Peptone	1 g
Distilled water	1 L

นำไปนึ่งฆ่าเชื้อด้วยหม้อนึ่งความดันไอที่อุณหภูมิ 121°C เป็นเวลา 15 นาที

ภาคผนวก ข

วิธีการวิเคราะห์สมบัติทางกายภาพ และเคมีของกากตะกอน

1. การศึกษาสมบัติทางกายภาพของกากตะกอนจากอุตสาหกรรมน้ำยางธรรมชาติ

ทำการบันทึกค่าอุณหภูมิ ของกากตะกอน และศึกษาปริมาณความชื้น

1.1 การศึกษาค่าปริมาณความชื้น (AOAC Official Method 985.29, 2000)

1. อบครูซิเบิ้ล ที่อุณหภูมิ 103^0C เป็นเวลา 1 hr หรือจนน้ำหนักคงที่
2. นำครูซิเบิ้ลใส่ในเดซิเคเตอร์ ทิ้งไว้ให้เย็น (ประมาณ 15 - 30 นาที) ชั่งน้ำหนัก ครูซิเบิ้ล (A)
3. ชั่งตัวอย่างที่ทราบน้ำหนักแน่นอนใส่ในครูซิเบิ้ล บันทึกน้ำหนักตัวอย่างรวมกับน้ำหนักครูซิเบิ้ล (B)
4. นำไปอบที่อุณหภูมิ 103^0C เป็นเวลา 1 hr หรือจนน้ำหนักคงที่
5. นำครูซิเบิ้ล ไปใส่ในเดซิเคเตอร์ ทิ้งไว้ให้เย็น (ประมาณ 15 - 30 นาที)
6. ชั่งน้ำหนักรวมของตัวอย่างรวมกับน้ำหนักครูซิเบิ้ล หลังการอบ (C) และคำนวณผล

คำนวณตามสูตร % MC (ความชื้น) = ((X – Y) x 100) / X

โดยที่ X = น้ำหนักของตัวอย่างสด = (B - A) หน่วยเป็น g

Y = น้ำหนักของตัวอย่างหลังอบ = (B - C) หน่วยเป็น g

2. การศึกษาสมบัติทางเคมีของกากตะกอนจากโรงงานอุตสาหกรรมน้ำยางข้น

2.1 ศึกษา ความเป็นกรด ด่าง (AOAC Official Method 994.18, 2000)

1. ชั่งตัวอย่าง ประมาณ 10 ± 0.1 g ใส่ลงในขวดรูปชมพู่ ขนาด 150 mL
2. เติมน้ำกลั่นปราศจากไอออนปริมาตร 50 mL เขย่าตัวอย่างเป็นเวลา 30 นาที ตั้งทิ้งไว้ให้ตัวอย่างตกตะกอน
3. วัดค่ากรด ด่าง ด้วยเครื่อง pH meter ค่าที่ได้ ± 0.1
4. การประมวลผลข้อมูลหาค่าเฉลี่ย ข้อมูล (n = 3) และ วิเคราะห์หาค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน

2.2 การวิเคราะห์ปริมาณไนโตรเจนทั้งหมด (AOAC Official Method 955.04, 2000)

2.2.1 <u>การเตรียมอินดิเคเตอร์</u>

1. ชั่ง Methyl red 200 mg ละลายใน 95 % C_2H_5OH 100 mL
2. ชั่ง Ethylene blue 100 mg ละลายใน 95 % C_2H_5OH 50 mL
3. ผสมสารในข้อ 1 และ 2 เข้าด้วยกัน ปรับปริมาตรด้วยน้ำกลั่นเป็น 1 L

2.2.2 การเตรียมตัวอย่าง

1. ชั่งตัวอย่าง 1 g ลงในหลอดทดลองขนาด 500 mL เติม $CuSO_4$ 1 g และ K_2SO_4 9 g ลงในหลอดทดลองขนาด 500 mL

2. เติมกรด H_2SO_4 เข้มข้น ปริมาตร 30 mL นำเข้าเครื่องย่อย ให้ความร้อนที่ อุณหภูมิ 450 ^{0}C จนสารละลายใส

ปฏิกิริยาในกระบวนการย่อย

Organic N + H_2SO_4 $\longrightarrow$ $(NH_4)_2SO_4$ + H_2O + CO_2 + other sample matrix by-products

3. ตั้งทิ้งไว้ให้เย็น นำเข้าเครื่องกลั่นอัตโนมัติเติมน้ำปราศจากไอออนปริมาตร 100 mL เติมสารละลาย NaOH เข้มข้น 40% ปริมาตร 50 mL

4. เก็บสารที่กลั่นด้วยกรด H_3BO_4 ปริมาตร 100 mL ในขวดรูปชมพู่ขนาด 250 mL ที่เติมอินดิเคเตอร์ 2 ถึง 3 หยด NH_3 ที่กลั่นได้ มากกว่าหรือเท่ากับ 200 mL

ปฏิกิริยาในกระบวนการกลั่น

$(NH_4)_2SO_4 + 2NaOH \longrightarrow 2NH_3 + Na_2SO_4 + 2H_2O$

$NH_3 + H_3BO_3 \longrightarrow 2NH_4^+:H_2BO_3^- + H_3BO_3$ (สีม่วงอมชมพู $\longrightarrow$ สีเขียว)

Ammonium – borate complex

5. ไทเทรตสารที่กลั่นได้กับสารมาตรฐาน ตัดสินความถูกต้องด้วยสารละลาย แบลงค์

ปฏิกิริยาในกระบวนการไทเทรต

$NH_4^+:H_2BO_3^- + H_2SO_4 \longrightarrow (NH_4)_2SO_4 + 2H_3BO_3$ (สีเขียว $\longrightarrow$ สีม่วงอมชมพู)

คำนวณตามสูตร

เมื่อใช้ HCl หรือ H_2SO_4 เป็นสารมาตรฐาน

ร้อยละN = [(mL standard acid x molarity acid - (mL standard NaOH x molarity NaOH)] x 1.4007 / g test portion

2.3 การวิเคราะห์ปริมาณฟอสฟอรัสในรูป P_2O_5 (AOAC Official Method 958.01, 2000)

2.3.1 การเตรียมสารละลาย

Molybdovanadate reagent

1. ละลาย Ammonium molybdate tetra hydrate 40 g ในน้ำกลั่นปราศจากไอออนที่ร้อน 400 mL

2. ละลาย Ammonium metavanadate 2 g ในน้ำกลั่นปราศจากไอออนที่ร้อน 250 mL

3. เติมข้อ 1 และ 2 ลงใน 70% $HClO_4$ ปริมาตร 450 mL

4. ปรับปริมาตรด้วยน้ำกลั่นปราศจากไอออนจนได้ปริมาตร 2 L

Phosphate standard solution

1. อบ KH_2PO_4 (52.15 % P_2O_5) เป็นเวลา 2 hr ที่อุณหภูมิ 105 ^0C

2. เตรียมสารละลายมาตรฐานที่ความเข้มข้น 0.4, 0.5, 0.6, 0.7, 0.8, 0.9 และ 1.0 mg P_2O_5 /mL โดยใช้ชั่ง KH_2PO_4 0.0767, 0.0959, 0.1151, 0.1342, 0.1534, 0.1726 และ 0.1918 g ตามลำดับ

3. ละลาย KH_2PO_4 แต่ละน้ำหนักที่ชั่ง ด้วยน้ำกลั่นปราศจากไอออนและปรับปริมาตรเป็น 100 mL (ควรเตรียมสารใหม่ทุกสัปดาห์)

2.3.2 <u>การเตรียมกราฟมาตรฐาน</u>

1. ไปเปตสารละลายมาตรฐาน 5 mL ที่เตรียมไว้แต่ละความเข้มข้นลงใน ขวดปรับปริมาตรขนาด 100 mL จะได้ สารละลายที่มีความเข้มข้น 2 - 5 mg P_2O_5/ส่วนแบ่ง เช่น

ความเข้มข้น (mg P_2O_5/mL)	ไปเปตสารละลาย (mL)	ความเข้มข้น (mg P_2O_5 /ส่วนแบ่ง)
0.4	5.0	2.0
0.5	5.0	2.5
0.6	5.0	3.0
0.7	5.0	3.5
0.8	5.0	4.0

2. เติมน้ำกลั่นปราศจากไอออน 45 mL ตั้งทิ้งไว้ 5 นาที และเติมสารละลาย Molybdovanadate 20 mL

3. ปรับปริมาตรด้วยน้ำกลั่นปราศจากไอออนจนได้ปริมาตร 100 mL

4. ตั้งทิ้งไว้ 10 นาที แล้ววัดค่าการดูดกลืนแสงด้วยเครื่องวัดค่าการดูดกลืนแสง ที่ความยาวคลื่น 400 nm นำค่าที่ได้ เขียนกราฟระหว่าง ค่าการดูดกลืนแสงกับmg P_2O_5/ส่วนแบ่ง

2.3.3 <u>การเตรียมตัวอย่าง</u>

1. ชั่งตัวอย่างประมาณ 1 g ใส่ใน บีกเกอร์ขนาด 250 mL เติม HNO_3 เข้มข้น 20 - 30 mL ย่อยบน hotplate (จนควันสีน้ำตาลหมดยกลงจากเตามาวางให้เย็นที่อุณหภูมิห้อง)

2. เติม 70 - 72 % $HClO_4$ ปริมาตร 10 - 20 mL นำไปย่อยต่อบนเตาให้ความร้อนจนกระทั่งใส (ไม่มีควันขาว)

3. ปล่อยให้เย็นที่อุณหภูมิห้อง เติมน้ำกลั่น 50 mL ต้มต่อ 2 - 3 นาที

4. ไปเปต สารละลาย 5 mL ลงใน ขวดปรับปริมาตร 100 mL เติมน้ำกลั่นปราศจากไอออน 45 mL ตั้งทิ้งไว้ 5 นาที

5. เติมสารละลาย Molybdovanadate 20 mL ปรับปริมาตรด้วยน้ำกลั่นปราศจากไอออน 100 mL ตั้งทิ้งไว้ 10 นาที

6. วัดค่าการดูดกลืนแสง ที่ความยาวคลื่น 400 nm และบันทึกค่าและคำนวณ

2.4 การวิเคราะห์ปริมาณโพแทสเซียมในรูป K_2O (AOAC Official Method 893.02, 2000)

2.4.1 <u>การเตรียมสารละลาย</u>

1. กรดผสม HNO_3 ต่อ $HClO_4$

เตรียมโดยผสม HNO_3 เข้มข้น 1250 mL $HClO_4$ เข้มข้น 250 mL และ NH_4VO_3 0.06 g (ละลายใน NH_4VO_3 0.06 g ในน้ำกลั่นปราศจากไอออน ประมาณ 5 - 10 mL ให้ความร้อนจนละลาย วางให้เย็นแล้วผสมลงในกรด)

2. สารละลายโพแทสเซียมมาตรฐาน ความเข้มข้น 1000 mg/L

เตรียมโดยละลาย KCl (ที่ผ่านการอบที่อุณหภูมิ 105 ^{0}C เป็นเวลา 4 hr) โดยชั่ง KCl 1.9067 g ละลาย ด้วยน้ำกลั่นปราศจากไอออน ในขวดวัดปริมาตรขนาด 100 mL แล้วค่อย ๆ เติม HNO_3 เข้มข้น 12 mL ปรับปริมาตรให้ครบ 1 Lน้ำกลั่นปราศจากไอออน

3. สารละลายโพแทสเซียมมาตรฐานความเข้มข้น 100 mg/L

เตรียมโดยปิเปตสารละลายโพแทสเซียมมาตรฐาน ความเข้มข้น 1000 mg/L ปริมาตร 100 mL ใส่ขวดปรับปริมาตร ขนาด 1 L ปรับปริมาตรด้วยน้ำกลั่นปราศจากไอออน

4. สารละลายโพแทสเซียมมาตรฐานความเข้มข้น 0, 10, 20, 30, 40, 50 และ 60 mg/L

เตรียมโดยปิเปตสารละลายโพแทสเซียมมาตรฐาน ความเข้มข้น 100 mg/L ปริมาตร 0, 10, 20, 30, 40, 50 และ 60 ใส่ขวดปรับปริมาตร ขนาด 100 mL ตามลำดับ แล้วปรับปริมาตรด้วยน้ำกลั่นปราศจากไอออน จนได้ปริมาตร 100 mL

2.4.2 <u>การเตรียมตัวอย่าง</u>

1. ชั่งตัวอย่าง 0.5 - 1.0 g และเตรียมสารละลายแบลงค์ไปพร้อมกัน ใส่ในขวดรูปชมพู่ขนาด 250 mL

2. เติมกรดผสม HNO_3 ต่อ $HClO_4$ 15 mL เขย่าเบาให้เข้ากัน ปิดขวดรูปชมพู่ ด้วยกรวยแก้ว

3. ย่อยบนเครื่องให้ความร้อนที่อุณหภูมิ 80 ^{0}C จนควันสีน้ำตาลหมด แล้วเพิ่มอุณหภูมิจนเกิดควันขาว

4. ย่อยต่อไปจนได้สารละลายใสตั้งทิ้งไว้ให้เย็น กรองผ่านกระดาษกรองลงใน ขวดวัดปริมาตร ขนาด 100 mL ใช้น้ำกลั่นปราศจากไอออน ล้างตัวอย่างบนกระดาษกรอง

5. ปรับด้วยน้ำกลั่นปราศจากไอออน ให้ได้ ปริมาตร 100 mL

6. วัดค่าการปลดปล่อยแสงด้วยเครื่อง Flame Photometer (สารละลายโพแทสเซียมมาตรฐานความ 0, 10, 20, 30, 40, 50 และ 60 mg/L และตัวอย่าง)

สภาวะของเครื่อง Flame Photometer 410

Sensitivity	0.1 mg/L Na และ K เท่ากับ100 units
Detection Limits (S/N=2)	Na, K 20 µg/L
Specificity	Interference less than 0.5%
Gas	Propane, Butane หรือ Natural Gas

7. เขียนกราฟระหว่างค่าการปลดปล่อยแสงกับความเข้มข้นของโพแทสเซียม

8. คำนวณโดยใช้สมการจากกราฟมาตรฐาน

<u>การคำนวณ</u>

ปริมาณโพแทสเซียมทั้งหมด

= (X – b) x 250 / (10000 x น้ำหนักตัวอย่าง) x 1.204 x mof (ร้อยละ)

X = ความเข้มข้นของโพแทสเซียมในสารละลายตัวอย่างเทียบจากกราฟมาตรฐาน (mg/L)

b = ความเข้มข้นของโพแทสเซียมใน blank เทียบจากกราฟมาตรฐาน (mg/L)

mof = moisture correction factor = (100 + ความจุความชื้นในดิน) / 100

2.5. การวิเคราะห์ปริมาณสังกะสี ในกากตะกอน (AOAC Official Method, 965.09, 2000)

1. ชั่งตัวอย่างประมาณ 1 g ลงในบีกเกอร์ ขนาด 150 mL เติมกรดไฮโดรคลอริก 10 mL ให้ความร้อนจนสารเกือบแห้ง

2. เติม 2 M HCl 20 mL ให้ความร้อนต่อ 2 - 3 นาที ตั้งทิ้งไว้ให้เย็น กรองผ่านกระดาษกรองลงใน ขวดวัดปริมาตร ขนาด 100 mL ใช้น้ำกลั่นปราศจากไอออน ล้างตัวอย่างบนกระดาษกรอง

3. ปรับปริมาตรด้วย 0.5 M HCl ให้ได้ 100 mL

4. ทำการวิเคราะห์ตัวอย่าง ดังนี้

<u>การเตรียม Zinc standard solution</u> สำหรับ Zn standard curve โดยใช้ 1,000 mg/L Zn stock solution เตรียม Zn standard solution เข้มข้น 0.5, 1.0, 1.5, 2.0, 2.5 และ 3.0 mg/L โดยใช้ 10% HNO_3 ในการเจือจาง จะต้องเตรียมใหม่ในวันวิเคราะห์

<u>การเจือจางตัวอย่าง</u>

โดยใช้ 10% HNO_3 ในการเจือจางเพื่อให้ปริมาณของโลหะสังกะสีที่จะวัดอยู่ในช่วงเดียวกันกับค่าสังกะสีมาตรฐาน

การตรวจวัดโดย FAAS มีสภาวะของการตรวจวัด ดังนี้

Wavelength (nm): 213.9

Flame: oxidizing air-C_2H_2,

Optimum range (mg/L): 0.1-2.0

ให้เครื่องอ่าน Blank, Zinc standard solution ที่ความเข้มข้นต่าง ๆ จากน้อยไปมากแล้วตามด้วยตัวอย่างที่ต้องการวัด

ภาคผนวก ค

ผลการวิเคราะห์สมบัติทางกายภาพ และเคมี

ตาราง ค - 1 pH ที่ได้จากการทดลองในกากตะกอนจากโรงงานอุตสาหกรรมน้ำยางข้น

ครั้งที่	น้ำหนักตัวอย่าง (g)	ค่า pH (จุดที่ 1)	น้ำหนักตัวอย่าง (g)	ค่า pH (จุดที่ 2)
1	2.026	7.20	2.040	7.70
2	2.013	7.11	2.026	7.65
3	2.017	7.13	2.015	7.69
Average	2.019	7.15	2.027	7.68
SD	0.007	0.047	0.013	0.026

ตาราง ค - 2 ค่าความชื้น (%) ที่ได้จากการทดลองในกากตะกอนจากโรงงานอุตสาหกรรมน้ำยางข้น

ครั้งที่	ร้อยละของความชื้น (จุดที่ 1)	ร้อยละของความชื้น (จุดที่ 2)
1	81.83	48.74
2	82.16	48.92
3	81.72	48.89
Average	81.90	48.85
SD	0.23	0.096

ตาราง ค - 3 ค่าไนโตรเจน (TKN) ที่ได้จากการทดลองในกากตะกอนจากโรงงานอุตสาหกรรมน้ำยางข้น

ตัวอย่างจุดที่ 1 (g)	TKN(g/L or g/kg)	TKN (mg/L or mg/kg)	ตัวอย่างจุดที่ 2 (g)	TKN (g/L or g/kg)	TKN (mg/L or mg/kg)
1.2473	1.80	1795.88	1.7253	0.81	811.45
1.2673	1.99	1988.48	1.7945	0.78	780.16
1.1928	2.11	2112.68	1.7413	1.13	1125.60
Average		1965.68			905.74
SD		159.62			191.04

ตาราง ค - 4 ค่าฟอสฟอรัสที่ได้จากการทดลองในกากตะกอนจากโรงงานอุตสาหกรรมน้ำยางข้น

ครั้งที่	จุดที่ 1		จุดที่ 2	
	Abs	**P (mg/kg)**	**Abs**	**P (mg/kg)**
1	0.54	131.37	0.22	0.22
2	0.44	158.56	0.18	0.18
3	0.67	252.62	0.19	0.19
Average		180.85		108.18
SD		63.60		15.40

ตาราง ค - 5 ค่าโพแทสเซียมที่ได้จากการทดลองในกากตะกอนจากโรงงานอุตสาหกรรมน้ำยางข้น

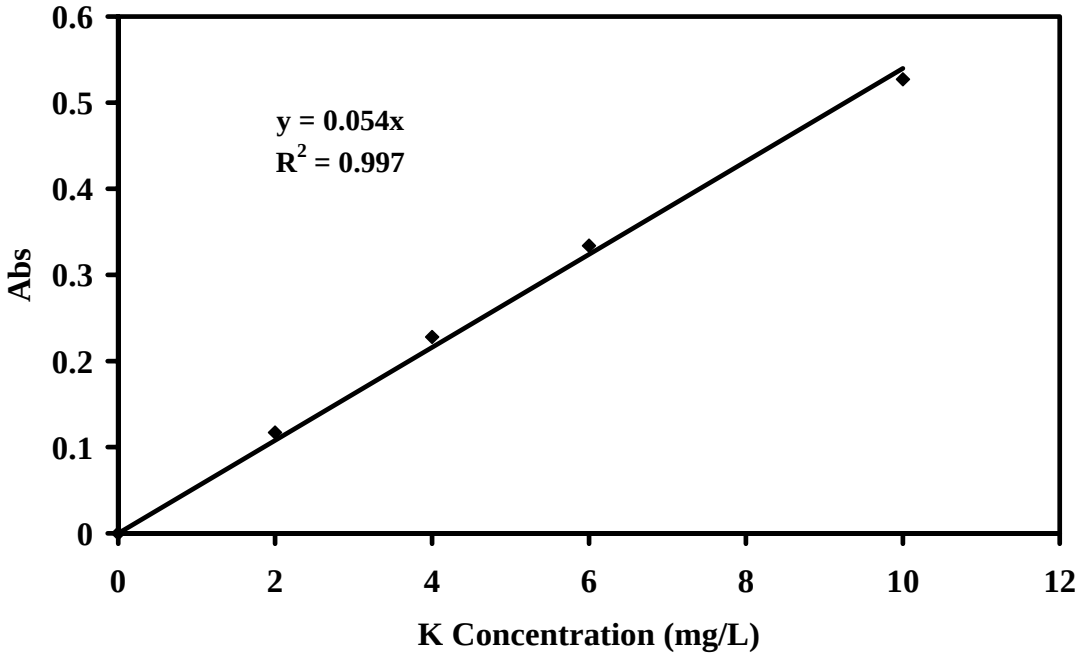
ครั้งที่	จุดที่ 1		จุดที่ 2	
	น้ำหนักตัวอย่าง (g)	**K (mg/kg)**	**น้ำหนักตัวอย่าง (g)**	**K (mg/kg)**
1	1.023	15.33	1.022	4.16
2	1.013	14.85	1.035	4.13
3	1.043	14.92	1.020	3.83
Average		15.03		4.04
SD		0.26		0.18

ตาราง ค - 6 ค่าการดูดกลืนแสงที่ 410 nm ที่ความเข้มข้น K 2, 4, 6 และ 10 mg/L

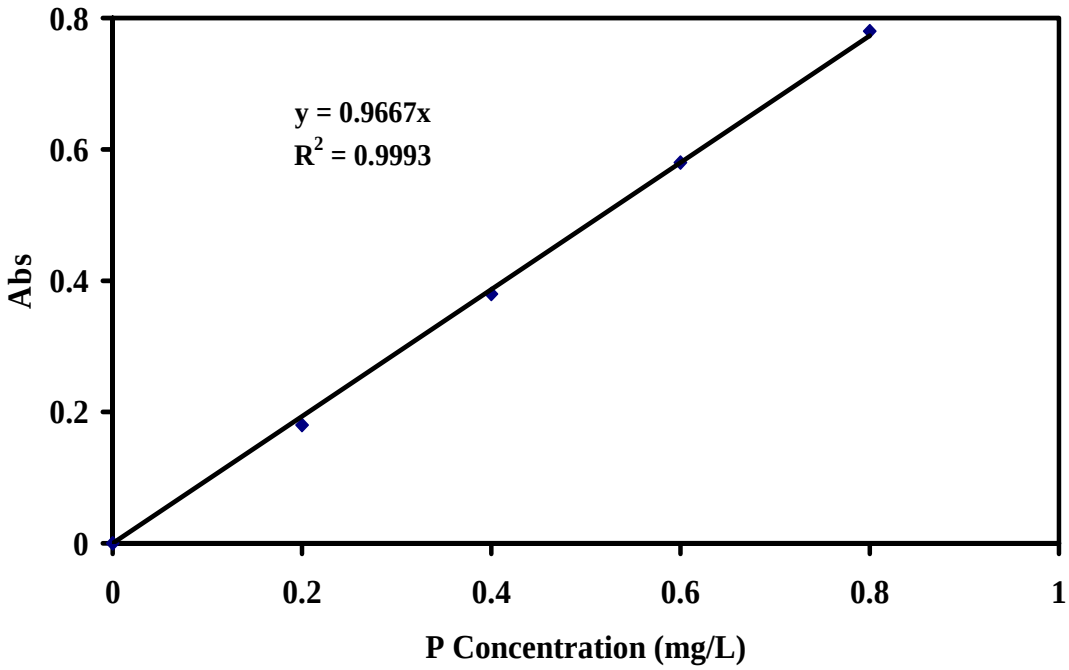
K mg/mL	Abs_{400}
2	0.177
4	0.268
6	0.334
10	0.520

ตาราง ค - 7 ค่าการดูดกลืนแสงที่ 400 nm ที่ความเข้มข้น P 0.2, 0.4, 0.6 และ 0.8 mg/L

P mg/L	Abs_{400}
0.2	0.18
0.4	0.38
0.6	0.58
0.8	0.78



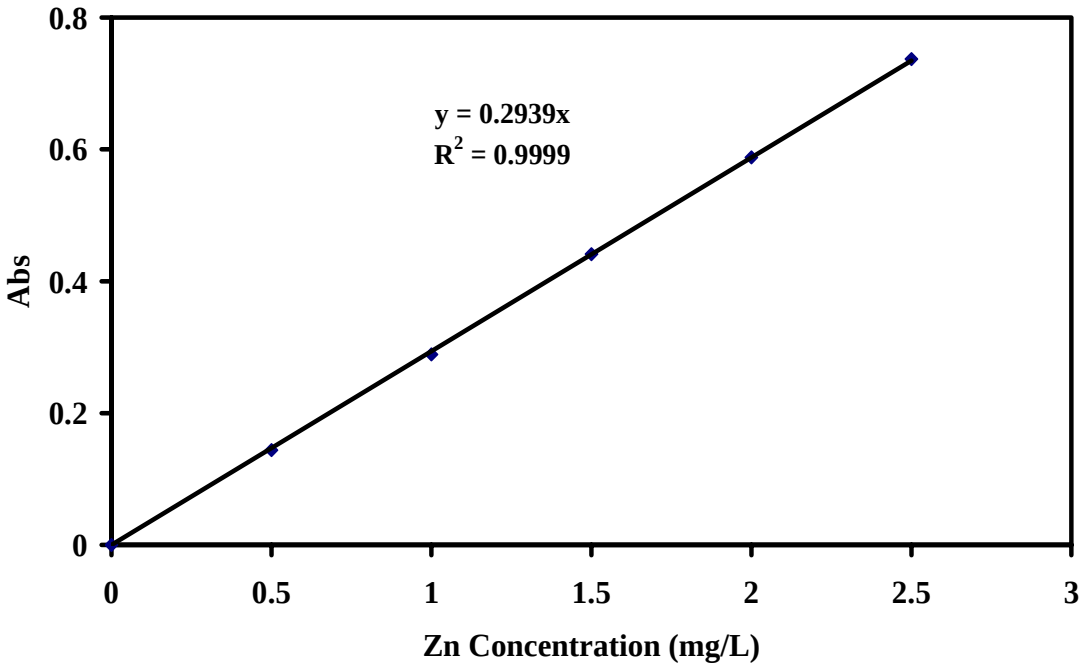
รูป ค - 1 กราฟมาตรฐานของโพแทสเซียมในรูป K_2O



รูป ค - 2 กราฟมาตรฐานของการวิเคราะห์ฟอสฟอรัสในรูป P_2O_5

ตารางที่ ค - 8 ค่า $Abs_{213.9}$ ที่สังกะสีเข้มข้น 0.5, 1.0, 1.5, 2.0 และ 2.5 mg/L วิเคราะห์โดย FAAS

Zn Concentration (mg/L)	$Abs_{213.9}$
0.5	0.144
1.0	0.289
1.5	0.441
2.0	0.588
2.5	0.737



รูป ค - 3 กราฟมาตรฐานของการวิเคราะห์สังกะสีโดย FAAS

ภาคผนวก ง

ค่ามาตรฐานน้ำทิ้งจากโรงงานอุตสาหกรรม

ตาราง ง - 1 ค่ามาตรฐานน้ำทิ้งจากโรงงานอุตสาหกรรม

ลักษณะน้ำทิ้ง	หน่วย	ค่ามาตรฐาน	หมายเหตุ
1. ความเป็นกรด-ด่าง (pH)	-	5-9	
2. ค่าของเปอร์มังกาเนต (Permananate value)	มก./ล (mg/L)	$\leq$ 60	
3. สารละลาย (Dissloved solids)	“	ไม่มากกว่า 2,000 หรือตามที่พนักงานเจ้าหน้าที่เห็นสมควร แต่ต้องไม่มากกว่า 5,000 มก./ล	น้ำทิ้งซึ่งระบายออกจากโรงงานลงสู่แหล่งน้ำกร่อยที่มีค่าความเค็มเกิน 2,000 มก./ล. หรือลงสู่ทะเล ค่าที่สารละลายได้ในน้ำทิ้งจะมีค่ามากกว่าค่าสารที่ละลายได้ที่มีอยู่ในแหล่งน้ำกร่อยหรือทะเลได้ไม่เกิน 5,000 มก./ล.
4. ซัลไฟด์คิดเทียบเป็นไฮโดรเจนซัลไฟด์ (Sulfide as H_2S)	“	$\leq$ 1.0	
5. ไซยาไนด์คิดเทียบเป็นไฮโดรเจนไซยาไนด์ (Cyanide as HCN)	“	$\leq$ 0.2	
6. โลหะหนัก			
- สังกะสี (Zn)	“	$\leq$ 5.0	โรงงานเกี่ยวกับการถลุงโลหะสังกะสีไม่มากกว่า 3.0 มก./ล.
- โครเมียม (Cr)	“	$\leq$ 5.0	โรงงานเกี่ยวกับการถลุงโลหะสังกะสีไม่มากกว่า 3.0 มก./ล.
- สารหนู (As)	“	$\leq$ 0.25	
- ทองแดง (Cu)	“	$\leq$ 1.0	โรงงานเกี่ยวกับการถลุงโลหะสังกะสี
- ปรอท (Hg)	“	$\leq$ 0.005	ไม่มากกว่า 0.002 มก./ล.
- แคดเมียม (Cd)	“	$\leq$ 0.03	โรงงานเกี่ยวกับการถลุงโลหะสังกะสีไม่มากกว่า 0.1 มก./ล.
- แบเรียม (Ba)	“	$\leq$ 1.0	โรงงานเกี่ยวกับการถลุงโลหะสังกะสีไม่มากกว่า 0.02 มก./ล.
- ซิลิเนียม (Se)	“	$\leq$ 0.2	โรงงานเกี่ยวกับการถลุงโลหะสังกะสี
- ตะกั่ว (Pb)	“	$\leq$ 0.2	ไม่มากกว่า 0.02 มก./ล.

ลักษณะน้ำทิ้ง	หน่วย	ค่ามาตรฐาน	หมายเหตุ
- นิคเกิล (Ni)	“	$\leq$ 0.2	โรงงานเกี่ยวกับการถลุงโลหะสังกะสี ไม่มากกว่า 0.02 มก./ล.
- แมงกานีส (Mn)	“	$\leq$ 5.0	
- เงิน (Ag)	“	ไม่กำหนด	โรงงานเกี่ยวกับการถลุงโลหะสังกะสี ไม่มากกว่า 0.02 มก./ล.
7. น้ำมันทาร์ (Tar)	-	ไม่มีเลย	
8. น้ำมันและไขมัน (Oil & Grease)	“	$\leq$ 5.0	- โรงกลั่นน้ำมันและโรงงานผสมน้ำมันหล่อลื่นและจาระบี ไม่มากกว่า 15.0 มก./ล. - โรงงานเกี่ยวกับการถลุงโลหะสังกะสี ไม่มากกว่า 5 มก./ล.
9. ฟอร์มัลดีไฮด์ (Foemzldehyde)	“	$\leq$ 1.0	
10. ฟีนอลและ/หรือครีโซลล์ (Phenol & Cresols)	“	$\leq$ 1.0	
11. คลอรีนอิสระ (Free chlorine)	“	$\leq$ 1.0	
12. ยาฆ่าแมลง (Insecticides)	“	ไม่มีเลย	
13. สารกัมมันตรังสี (Radioactivity)	“	ไม่มีเลย	
14. สารแขวนลอย (Suspended Solids)	“	ขึ้นอยู่กับอัตราส่วนผสมระหว่างน้ำทิ้งกับน้ำในลำน้ำสาธารณะ	**อัตราส่วนผสม** 1/8 ถึง 1/150 ไม่มากกว่า 30 มก./ล. 1/151 ถึง 1/300 ไม่มากกว่า 60 มก./ล. 1/301 ถึง 1/500 ไม่มากกว่า 150 มก./ล.
15. บีโอดี (5 วัน) ที่อุณหภูมิ 20^0C (BOD 5 day, at 20^oC)	“	$\leq$ 20	ค่าบีโอดีแตกต่างไปได้แล้วแต่ภูมิประเทศหรือลักษณะการระบายตามที่พนักงานเจ้าหน้าที่เห็นสมควร แต่ต้องไม่มากกว่า 60 **ยกเว้น** 1. โรงงานทำอาหารจากสัตว์น้ำและบรรจุในภาชนะที่ผนึกและอากาศเข้าไม่ได้ ไม่มากกว่า 100 มก./ล. 2. โรงงานผลิตแป้งมันสำปะหลัง

ลักษณะน้ำทิ้ง	หน่วย	ค่ามาตรฐาน	หมายเหตุ
			- โดยวิธีเหวี่ยงแยกแป้งแล้วทำให้แห้งด้วยลมร้อน ไม่มากกว่า 60 มก./ล. - โดยวิธีแยกแป้งด้วยการตกตะกอนและทำให้แห้งบนพื้นอังไฟ ไม่มากกว่า100 มก. /ล. 3. โรงงานผลิตอาหารจากแป้งเป็นเส้น หรือชิ้น (ประเภทก๋วยเตี๋ยว, ขนมจีน, เส้นหมี่ เป็นต้น) ไม่มากกว่า 100 มก./ล. 4. โรงงานหมัก ฟอกหนังสัตว์ ไม่มากกว่า 100 มก./ล. 5. โรงงานผลิตเยื่อกระดาษจากไม้ ชานอ้อย หญ้า เศษผ้า ฯลฯ ไม่มากกว่า 100 มก./ล. 6. โรงงานห้องเย็นชนิดแกะล้างแล้วแช่แข็งสัตว์น้ำ ไม่มากกว่า 60 มก./ล.
16. อุณหภูมิ (Temp.)	(^{o}C)	$\leq$ 40	
17. สี หรือ กลิ่น (Colour & Odour)	-	ไม่เป็นที่น่ารังเกียจ	

หมายเหตุ : $\leq$ ไม่มากกว่า

แหล่งที่มาของข้อมูล : ประกาศกระทรวงอุตสาหกรรม ออกตามความในพระราชบัญญัติโรงงาน พ.ศ. 2521 (2525) เรื่อง หน้าที่ของผู้รับใบอนุญาตประกอบกิจการโรงงาน ตีพิมพ์ในราชกิจจานุเบกษา เล่ม 99 ตอนที่ 33 (ฉบับพิเศษ) ลงวันที่ 5 มีนาคม 2525 และฉบับที่ 10 (2518) เรื่อง หน้าที่ของผู้รับใบอนุญาตประกอบกิจการโรงงานเฉพาะประเภทถลุงโลหะสังกะสี ตีพิมพ์ในราชกิจจานุเบกษาเล่มที่ 95 ตอนที่ 132 ลงวันที่ 28 พฤศจิกายน 2521 (ภาคผนวก ง)

ภาคผนวก จ

การย้อมสีแบบแกรม

ขั้นตอนการทำสเมียร์และฟิกซ์เชื้อ (นงลักษณ์และปรีชา, 2544)

หากแบคทีเรียอยู่ในอาหารเหลวให้ใช้ห่วงเพาะเชื้อที่ผ่านการทำไร้เชื้อแล้วจุ่มลงในหลอดเชื้อแบคทีเรีย แล้วนำเชื้อในห่วงเพาะเชื้อไปละเลงบนแผ่นสไลด์ที่สะอาดให้กระจายออกเป็นแผ่นฟิล์มบาง ๆ ปล่อยให้สเมียร์แห้งเองในอากาศ หากแบคทีเรียอยู่ในอาหารแข็งจะทำเสมียร์ได้โดย ใช้ห่วงเพาะเชื้อที่ผ่านการทำไร้เชื้อแล้วแตะเชื้อบนอาหารแข็ง แล้วจึงแตะเชื้อลงบนหยดน้ำซึ่งได้หยดไว้บนแผ่นสไลด์ที่สะอาด กระจายเชื้อออกไปให้เป็นแผ่นฟิล์มบาง ๆ แล้วจึงปล่อยให้แห้งเองในอากาศ จากนั้นจึงนำไปผ่านการฟิกซ์โดยใช้ความร้อน ซึ่งทำได้โดยนำแผ่นสไลด์ผ่านเปลวไฟไป-มา 2-3 ครั้ง โดยระวังให้สเมียร์อยู่ด้านบนไม่ถูกเปลวไฟโดยตรง จากนั้นจึงจะทำการย้อมสีได้

ขั้นตอนการย้อมสีแบบแกรม

1. ทำสเมียร์และฟิกซ์เชื้อตัวอย่างที่ได้เตรียมไว้
2. หยดคริสตัล ไวโอเลต ลงบนสเมียร์จนท่วม แล้วปล่อยทิ้งไว้นานประมาณ 1 นาที
3. ล้างสีออกด้วยน้ำก๊อกประปา แล้วหยดสารละลายแกรมไอโอดีนลงจนท่วมสเมียร์ ปล่อยทิ้งไว้นานประมาณ 1 นาที
4. ล้างน้ำแล้วซับน้ำที่เกาะแผ่นสไลด์จนแห้ง
5. หยดเอทิลแอลกอฮอล์ 95% ลงบนฟิล์มสเมียร์ทีละหยดจนไม่มีสีถูกชะล้างออกมาจากสไลด์ แล้วล้างน้ำ
6. ย้อมซ้ำด้วยซะฟรานิน ปล่อยทิ้งไว้ประมาณ 1 นาที แล้วล้างน้ำอีกครั้งหนึ่ง
7. ปล่อยให้แห้งแล้วจึงนำไปตรวจดูด้วยกล้องจุลทรรศน์

จากการย้อมสีแกรม แบคทีเรียแกรมบวกจะติดสีคริสตัล ไวโอเลต (สีม่วง) และแบคทีเรียแกรมลบจะติดสีซะฟรานิน (สีแดง)

ภาคผนวก ฉ

การทดสอบความเป็นพิษเฉียบพลัน

ตาราง ฉ - 1 การเลือกความเข้มข้นที่จะใช้ในการทดลองโดยใช้ Progressive bisection of intervals on logarithmic scale

A	B	C	D	E
10				
				8.7
			7.5	
				6.5
		5.6		
				4.9
			4.2	
				3.7
	3.2			
				2.8
			2.4	
				2.1
		1.8		
				1.55
			1.35	
				1.15
1				

ตัวอย่างการใช้ตาราง $\log_{10}$ (logarithmic scale or half log scale)

1) ถ้าต้องการเลือกใช้ใน 3 ความเข้มข้นอาจจะเลือกช่วง 10, 3.2 และ 1 mg/L
2) ถ้าต้องการเลือกใช้ใน 5 ความเข้มข้นอาจจะเลือกช่วง 10, 5.6, 3.2, 1.8 และ 1 mg/L
3) ถ้าต้องการเลือกใช้ใน 9 ความเข้มข้นอาจจะเลือกช่วง 10, 7.5, 5.6, 4.2, 3.2, 2.4, 1.8, 1.35 และ 1 mg/L

ภาคผนวก ช

ผลการทดสอบความเป็นพิษของสังกะสี

ตาราง ช - 1 ความเข้มข้นของสังกะสี (ZnO) ที่ใช้ในการทดสอบความเป็นพิษแบบเฉียบพลัน

Expected [Zn] (mg/L)	Initial [Zn] (mg/L)	Final [Zn] (mg/L)	Average [Zn] (mg/L)
5.6	5.38	4.21	4.79
6.5	6.14	5.55	5.84
7.5	7.15	6.60	6.87
8.7	9.09	8.42	8.75
10.0	10.71	9.91	10.31
13.5	12.24	10.89	11.56
15.5	17.72	11.81	14.76

ตาราง ช - 2 จำนวนการตายของหนอนแดงจากการทดสอบพิษแบบเฉียบพลันของสังกะสี (ในรูป ZnO) ในห้องปฏิบัติการ

Time (hr)	control	Zn working solution (mg/L)						
		4.79	5.84	6.87	8.75	10.31	11.56	14.76
24	0	0	0	0	0	0	0	0
36	0	1	0	0	0	0	0	0
48	0	1	1	1	1	1	2	3
60	0	1	1	1	1	1	2	4
72	0	1	2	3	4	1	5	7
84	0	2	3	3	4	4	5	7
96	0	4	5	6	6	6	7	8
108	0	6	7	8	8	7	7	8
120	0	7	7	8	9	7	7	8

ตาราง ช - 3 ความเข้มข้นของสังกะสีในกากตะกอนที่ใช้ในการทดสอบความเป็นพิษแบบเฉียบพลันก่อนการลดสังกะสีด้วยจุลินทรีย์

Expected [Zn] (mg/L)	Initial [Zn] (mg/L)	Final [Zn] (mg/L)	Average [Zn] (mg/L)
5.6	6.37	5.56	5.96
6.5	7.17	6.00	6.58
7.5	8.98	7.68	8.33
8.7	10.24	8.85	9.54
10.0	11.61	10.24	10.92
13.5	15.32	13.36	14.34
15.5	17.19	15.72	16.45

ตาราง ช - 4 จำนวนการตายของหนอนแดงจากการทดสอบพิษแบบเฉียบพลัน ก่อนลดสังกะสีด้วยจุลินทรีย์ โดยใช้สารละลายสังกะสีความเข้มข้นต่างๆ

Time (hr)	control	Zn working solution (mg/L)						
		5.96	6.58	8.33	9.54	10.92	14.34	16.45
24	0	0	0	1	1	1	2	3
36	0	0	1	2	2	3	4	5
48	0	1	2	3	3	4	5	8
60	0	1	2	3	3	4	5	8
72	0	1	2	3	4	4	6	9
84	0	2	2	4	4	5	7	9
96	0	2	2	4	5	6	7	9
108	0	4	5	7	7	7	8	9
120	0	6	7	7	8	8	8	9

ตาราง ช - 5 ความเข้มข้นของสังกะสีในกากตะกอนที่ใช้ในการทดสอบความเป็นพิษแบบเฉียบพลัน หลังการลดสังกะสีด้วยจุลินทรีย์ไอโซเลต C

Expected [Zn] (mg/L)	Initial [Zn] (mg/L)	Final [Zn] (mg/L)	Average [Zn] (mg/L)
5.6	4.75	4.61	4.68
6.5	5.32	4.94	5.13
7.5	6.45	6.09	6.27
8.7	7.38	7.38	7.38
10.0	10.38	9.18	9.78
13.5	13.45	11.86	12.65
15.5	14.45	13.78	14.11

ตาราง ช - 6 จำนวนการตายของหนอนแดงจากการทดสอบพิษแบบเฉียบพลัน หลังลดสังกะสีด้วยจุลินทรีย์ โดยใช้สารละลายสังกะสีความเข้มข้นต่างๆ

Time (hr)	control	Zn working solution (mg/L)						
		4.68	5.13	6.27	7.38	9.78	12.65	14.11
24	0	0	0	0	1	1	1	2
36	0	0	0	0	1	2	3	3
48	0	0	0	1	2	3	4	4
60	0	0	0	1	2	3	4	4
72	0	0	1	1	2	4	5	5
84	0	0	1	1	2	4	5	6
96	0	1	1	2	3	4	6	7
108	0	3	3	4	6	6	7	8
120	0	5	6	6	7	7	8	9

ภาคผนวก ซ

การทดสอบการลดปริมาณสังกะสีโดยจุลินทรีย์

1. การคัดเลือกจุลินทรีย์ที่สามารถเจริญได้ในอาหาร NB ที่เติมสังกะสีเข้มข้น 10 และ 20 mg/L

ตาราง ซ - 1 การเจริญเติบโตของจุลินทรีย์ (A-J) ที่คัดแยกได้จากธรรมชาติ

เชื้อ / วัน	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J
	OD_{600}	OD_{600}	OD_{600}	OD_{600}	OD_{600}	OD_{600}	OD_{600}	OD_{600}	OD_{600}	OD_{600}
0*	0.220	0.021	0.055	0.012	0.067	0.026	0.084	0.070	0.050	0.067
4*	0.280	0.076	0.633	0.069	0.046	0.081	0.210	0.220	0.160	0.270
8*	0.310	0.098	0.99	0.095	0.094	0.097	0.211	0.237	0.192	0.284
12*	0.367	0.094	1.125	0.109	0.139	0.129	0.142	0.195	0.183	0.200
16*	0.397	0.128	1.22	0.127	0.161	0.148	0.108	0.159	0.173	0.155
20*	0.361	0.149	1.336	0.145	0.172	0.142	0.095	0.149	0.122	0.139
24*	0.372	0.271	3.01	0.246	0.334	0.106	-	0.119	0.099	0.142
28*	0.350	0.272	3.24	0.334	0.311	-	-	-	-	-
32*	0.351	0.26	2.98	0.33	0.2.8	-	-	-	-	-
36*	0.320	0.258	3.42	0.268	0.273	-	-	-	-	-
40*	0.391	0.266	2.74	0.23	0.272	-	-	-	-	-
44	0.262	0.266	2.62	0.172	0.262	-	-	-	-	-
48	0.277	0.266	2.98	0.167	0.266	-	-	-	-	-
52*	0.287	0.247	2.35	0.158	0.279	-	-	-	-	-
56*	0.315	0.271	2.1	0.165	0.287	-	-	-	-	-
60*	0.397	0.24	2.61	0.168	0.257	-	-	-	-	-
64*	0.310	0.23	2.29	0.165	0.239	-	-	-	-	-
68*	0.319	0.231	2.29	0.165	0.255	-	-	-	-	-
72*	0.310	0.23	2.3	0.181	0.314	-	-	-	-	-
76*	0.327	0.235	2.29	0.197	0.257	-	-	-	-	-
80*	0.327	0.237	2.22	0.198	0.256	-	-	-	-	-
84*	0.313	0.237	2.22	0.195	0.257	-	-	-	-	-
88*	0.265	0.237	2.41	0.19	0.285	-	-	-	-	-
92*	0.234	0.24	2.17	0.19	0.296	-	-	-	-	-
96*	0.220	0.253	2.23	0.191	0.296	-	-	-	-	-

หมายเหตุ : * หมายถึง ทำการเจือจาง 10 เท่า

2. ทดสอบการลดปริมาณสังกะสีโดยจุลินทรีย์ที่คัดแยกได้จากธรรมชาติ

ตาราง ซ - 2 การเจริญเติบโตของไอโซเลต A และปริมาณสังกะสี (ความเข้มข้นเริ่มต้น 10 และ 20 mg/L)

เวลา (ชม.)	10 mg/L Zn			20 mg/L Zn		
	OD_{600}	[Zn]	%Removal	OD_{600}	[Zn]	%Removal
0	0.025	10.88	0	0.063	17.7	0
6	0.745	9.66	11.23	0.54	17.04	3.73
12	0.969	9.16	15.81	0.82	16.86	4.75
18	1.14	8.83	18.84	1.2	16.09	9.1
24	2.76	8.16	25	2.45	13.47	23.9
36	3.4	6.68	38.6	3.22	11.39	35.65
42	3.43	6.53	39.98	2.58	10.83	38.81
48	3.6	6.1	43.93	2.65	10.46	40.9
54	3.33	5.62	48.4	2.76	10.12	42.82
60	3.2	5.52	49.26	2.43	10.02	43.39
66	3.08	5.32	51.1	2.39	9.77	44.8
72	3.14	4.99	54.14	2.76	9.06	48.81

ตาราง ซ - 3 การเจริญเติบโตของไอโซเลต B และปริมาณสังกะสี (ความเข้มข้นเริ่มต้น 10 และ 20 mg/L)

เวลา (ชม.)	10 mg/L Zn			20 mg/L Zn		
	OD_{600}	[Zn]	%Removal	OD_{600}	[Zn]	%Removal
0	0.066	9.68	0	0.043	20.31	0
6	0.738	9.41	2.38	0.55	19.53	3.84
12	1.07	7.79	19.53	0.874	18.13	10.73
18	1.456	6.926	28.45	1.166	17.74	12.65
24	3.13	6.812	29.63	2.46	17.28	14.92
36	2.79	6.68	31	3.11	16.4	19.25
42	2.9	6.35	34.4	2.99	16.3	19.74
48	3.23	6.29	35.02	2.87	16.02	21.12
54	2.66	5.69	41.22	2.12	15.24	24.96
60	2.39	5.56	42.56	2.42	14.35	29.35
66	2.44	5.19	46.38	2.76	10.89	46.38
72	2.83	4.56	52.89	2.43	10.26	49.48

ตาราง ซ - 4 การเจริญเติบโตของไอโซเลต C และปริมาณสังกะสี (ความเข้มข้นเริ่มต้น 10 และ 20 mg/L)

เวลา (ชม.)	10 mg/L Zn			20 mg/L Zn		
	OD_{600}	[Zn]	%Removal	OD_{600}	[Zn]	%Removal
0	0.057	9.52	0	0.047	20.21	0
6	0.447	7.45	21.75	0.303	17.46	13.61
12	0.797	6.69	29.73	0.708	15.97	20.98
1*	1.35	6.15	35.4	1.25	15.41	23.76
24	2.93	5.75	39.61	2.98	15.25	24.55
30	2.76	5.54	41.81	2.46	15.07	25.44
36	2.43	5.45	42.76	2.51	14.56	27.96
42	2.35	5.35	43.81	2.24	12.78	36.77
48	2.21	5.16	45.8	2.65	12.07	40.28
54	2.09	5.19	45.49	2.27	11.24	44.39
60	2.23	4.83	49.27	2.22	10.35	48.79
66	2.31	4.71	50.53	2.16	9.95	50.77
72	2.62	4.66	51.06	2.29	9.25	54.23

ตาราง ซ - 5 การเจริญเติบโตของไอโซเลต D และปริมาณสังกะสี (ความเข้มข้นเริ่มต้น 10 และ 20 mg/L)

เวลา (ชม.)	10 mg/L Zn			20 mg/L Zn		
	OD_{600}	[Zn]	%Removal	OD_{600}	[Zn]	%Removal
0	0.046	6.95	0	0.025	16.16	0
6	0.46	6.85	1.44	0.208	14.66	9.29
12	0.60	6.59	5.18	0.34	14.4	10.89
18	1.30	6.22	10.51	1.15	13.24	18.07
24	2.75	5.92	14.82	2.45	13.15	18.63
30	2.70	5.43	21.87	2.37	13.1	18.94
36	2.52	5.41	22.16	2.28	12.85	20.48
42	2.27	5.4	22.3	2.24	12.77	20.98
48	2.25	5.17	25.61	2.21	12.45	22.96
54	2.15	5.16	25.76	2.48	12.33	23.7
60	2.02	5.03	27.63	1.84	12.18	24.63
66	2.35	4.9	29.5	1.78	12.05	25.43
72	2.6	4.7	32.38	2.07	11.97	25.93

ตาราง ซ - 6 การเจริญเติบโตของไอโซเลต E และปริมาณสังกะสี (ความเข้มข้นเริ่มต้น 10 และ 20 mg/L)

เวลา (ชม.)	10 mg/L Zn			20 mg/L Zn		
	OD_{600}	[Zn]	%Removal	OD_{600}	[Zn]	%Removal
0	0.02	11.54	0	0.018	18.49	0
6	0.344	10.72	7.1	0.07	18.06	2.33
12	1.64	8.82	23.57	0.82	16.96	8.28
18	2.17	8.78	23.92	1.45	16.43	11.14
24	2.53	8.09	29.9	2.21	16.06	13.14
30	2.37	7.42	35.7	2.15	15.91	13.95
36	2.09	5.6	51.48	1.93	15.33	17.09
42	2.12	5.39	53.29	1.99	15.37	16.88
48	2.05	5.24	54.59	1.87	14.3	22.66
54	2.06	4.83	58.15	1.97	12.97	29.85
60	2.01	4.51	60.92	1.84	12.45	32.67
66	1.94	4.55	60.57	1.67	10.67	42.5
72	1.97	4.48	61.18	1.62	10.62	42.56

ตาราง ซ - 7 ความเข้มข้นของสังกะสีที่เหลือ และร้อยละการกำจัดสังกะสีของจุลินทรีย์แต่ละชนิด

Isolate	Zn concentration	Zn concentration	% Removal of Zn	
	10 mg/L	20 mg/L	initial Zn =10 mg/L	initial Zn =20 mg/L
A	4.99	9.06	54.14	48.81
B	4.56	10.26	52.89	49.48
C	4.66	9.25	51.06	54.23
D	4.7	11.97	32.38	25.93
E	4.48	10.62	61.18	42.56