# ภาคผนวก

มหาวิทยาลัยบูรพา
Burapha University

# ภาคผนวก ก

วิธีการคำนวณ

มหาวิทยาลัยบูรพา
Burapha University

**การเตรียมน้ำเสียสังเคราะห์**

การเปลี่ยนหน่วยมิลลิกรัมเป็นหน่วยกรัม

ถ้าต้องการความเข้มข้น 100 มิลลิกรัมต่อลิตร 100 mg → $100 \times 10^{-3}$ g = 0.1 g

ถ้าต้องการความเข้มข้น 200 มิลลิกรัมต่อลิตร 200 mg → $200 \times 10^{-3}$ g = 0.2 g

ถ้าต้องการความเข้มข้น 300 มิลลิกรัมต่อลิตร 300 mg → $300 \times 10^{-3}$ g = 0.3 g

ถ้าต้องการความเข้มข้น 400 มิลลิกรัมต่อลิตร 400 mg → $400 \times 10^{-3}$ g = 0.4 g

ถ้าต้องการความเข้มข้น 500 มิลลิกรัมต่อลิตร 500 mg → $500 \times 10^{-3}$ g = 0.5 g

**1. การเตรียมน้ำเสียสังเคราะห์ของทองแดง**

หามวลโมเลกุลของ $CuSO_4.5H_2O$ = 63.546 + 32.066 + 4(15.9998) + 5(2(1.00794) + (15.9998))

= 249.6856

มวลโมเลกุลของ Cu = 63.546

1.1 การเตรียมน้ำเสียสังเคราะห์ของทองแดงที่ความเข้มข้น 100 มิลลิกรัมต่อลิตร

คำนวณโดย มวลโมเลกุลของ $CuSO_4.5H_2O$/มวลโมเลกุลของ Cu * 0.1

= 249.6856/63.546 * 0.1

= 0.3929

ดังนั้น ชั่งสารมา 0.3929 กรัม ใส่ในขวดวัดปริมาตร 1,000 มิลลิลิตร และปรับปริมาตรด้วยน้ำกลั่นที่ปราศจากไอออนจนมีปริมาตร 1,000 มิลลิลิตร

1.2 การเตรียมน้ำเสียสังเคราะห์ของทองแดงที่ความเข้มข้น 200 มิลลิกรัมต่อลิตร

คำนวณโดย มวลโมเลกุลของ $CuSO_4.5H_2O$/มวลโมเลกุลของ Cu * 0.2

= 249.6856/63.546 * 0.2

= 0.7858

ดังนั้น ชั่งสารมา 0.7858 กรัม ใส่ในขวดวัดปริมาตร 1,000 มิลลิลิตร และปรับปริมาตรด้วยน้ำกลั่นที่ปราศจากไอออนจนมีปริมาตร 1,000 มิลลิลิตร

1.3 การเตรียมน้ำเสียสังเคราะห์ของทองแดงที่ความเข้มข้น 300 มิลลิกรัมต่อลิตร

คำนวณโดย มวลโมเลกุลของ $CuSO_4.5H_2O$/มวลโมเลกุลของ Cu * 0.3

= 249.6856/63.546 * 0.3

= 1.1787

ดังนั้น ชั่งสารมา 1.1787 กรัม ใส่ในขวดวัดปริมาตร 1,000 มิลลิลิตร และปรับปริมาตรด้วยน้ำกลั่นที่ปราศจากไอออนจนมีปริมาตร 1,000 มิลลิลิตร

มหาวิทยาลัยบูรพา Burapha University

1.4 การเตรียมน้ำเสียสังเคราะห์ของทองแดงที่ความเข้มข้น 400 มิลลิกรัมต่อลิตร

คำนวณโดย มวลโมเลกุลของ $CuSO_4.5H_2O$/มวลโมเลกุลของ Cu * 0.4

= 249.6856/63.546 * 0.4

= 1.5716

ดังนั้น ชั่งสารมา 1.5716 กรัม ใส่ในขวดวัดปริมาตร 1,000 มิลลิลิตร และปรับปริมาตรด้วยน้ำกลั่นที่ปราศจากไอออนจนมีปริมาตร 1,000 มิลลิลิตร

1.5 การเตรียมน้ำเสียสังเคราะห์ของทองแดงที่ความเข้มข้น 500 มิลลิกรัมต่อลิตร

คำนวณโดย มวลโมเลกุลของ $CuSO_4.5H_2O$/มวลโมเลกุลของ Cu * 0.5

= 249.6856/63.546 * 0.5

= 1.9645

ดังนั้น ชั่งสารมา 1.9645 กรัม ใส่ในขวดวัดปริมาตร 1,000 มิลลิลิตร และปรับปริมาตรด้วยน้ำกลั่นที่ปราศจากไอออนจนมีปริมาตร 1,000 มิลลิลิตร

**2. การเตรียมน้ำเสียสังเคราะห์ของแมงกานีส**

หามวลโมเลกุลของ $MnSO_4.H_2O$ = 54.938049 + 32.066 + 4(15.9998) + 2(1.00794) + (15.9998)

= 169.01

มวลโมเลกุลของ Mn = 54.938049

2.1 การเตรียมน้ำเสียสังเคราะห์ของแมงกานีสที่ความเข้มข้น 100 มิลลิกรัมต่อลิตร

คำนวณโดย มวลโมเลกุลของ $MnSO_4.H_2O$/มวลโมเลกุลของ Mn * 0.1

= 169.01/54.938049* 0.1

= 0.3076

ดังนั้น ชั่งสารมา 0.3076 กรัม ใส่ในขวดวัดปริมาตร 1,000 มิลลิลิตร และปรับปริมาตรด้วยน้ำกลั่นที่ปราศจากไอออนจนมีปริมาตร 1,000 มิลลิลิตร

2.2 การเตรียมน้ำเสียสังเคราะห์ของแมงกานีสที่ความเข้มข้น 200 มิลลิกรัมต่อลิตร

คำนวณโดย มวลโมเลกุลของ $MnSO_4.H_2O$/มวลโมเลกุลของ Mn * 0.2

= 169.01/54.938049 * 0.2

= 0.6153

ดังนั้น ชั่งสารมา 0.6153 กรัม ใส่ในขวดวัดปริมาตร 1,000 มิลลิลิตร และปรับปริมาตรด้วยน้ำกลั่นที่ปราศจากไอออนจนมีปริมาตร 1,000 มิลลิลิตร

มหาวิทยาลัยบูรพา Burapha University

2.3 การเตรียมน้ำเสียสังเคราะห์ของแมงกานีสที่ความเข้มข้น 300 มิลลิกรัมต่อลิตร

คำนวณโดย มวลโมเลกุลของ $MnSO_4$. $H_2O$/มวลโมเลกุลของ Mn * 0.3

= 169.01/54.938049* 0.3

= 0.9229

ดังนั้น ชั่งสารมา 0.9229 กรัม ใส่ในขวดวัดปริมาตร 1,000 มิลลิลิตร และปรับปริมาตรด้วยน้ำกลั่นที่ปราศจากไอออนจนมีปริมาตร 1,000 มิลลิลิตร

2.4 การเตรียมน้ำเสียสังเคราะห์ของแมงกานีสที่ความเข้มข้น 400 มิลลิกรัมต่อลิตร

คำนวณโดย มวลโมเลกุลของ $MnSO_4$. $H_2O$/มวลโมเลกุลของ Mn * 0.4

= 169.01/54.938049* 0.4

= 1.2306

ดังนั้น ชั่งสารมา 1.2306 กรัม ใส่ในขวดวัดปริมาตร 1,000 มิลลิลิตร และปรับปริมาตรด้วยน้ำกลั่นที่ปราศจากไอออนจนมีปริมาตร 1,000 มิลลิลิตร

2.5 การเตรียมน้ำเสียสังเคราะห์ของแมงกานีสที่ความเข้มข้น 500 มิลลิกรัมต่อลิตร

คำนวณโดย มวลโมเลกุลของ $MnSO_4$. $H_2O$/มวลโมเลกุลของ Mn * 0.5

= 169.01/54.938049* 0.5

= 1.5382

ดังนั้น ชั่งสารมา 1.5382 กรัม ใส่ในขวดวัดปริมาตร 1,000 มิลลิลิตร และปรับปริมาตรด้วยน้ำกลั่นที่ปราศจากไอออนจนมีปริมาตร 1,000 มิลลิลิตร

**3. การเตรียมน้ำเสียสังเคราะห์ของสังกะสี**

หามวลโมเลกุลของ $ZnSO_4$. $7H_2O$ = 65.409 + 32.066 + 4(15.9998) + 7(2(1.00794) + (15.9998))

= 287.54

มวลโมเลกุลของ Zn = 65.409

3.1 การเตรียมน้ำเสียสังเคราะห์ของสังกะสีที่ความเข้มข้น 100 มิลลิกรัมต่อลิตร

คำนวณโดย มวลโมเลกุลของ $ZnSO_4.7H_2O$/มวลโมเลกุลของ Zn * 0.1

= 287.54/65.409 * 0.1

= 0.4396

ดังนั้น ชั่งสารมา 0.4396 กรัม ใส่ในขวดวัดปริมาตร 1,000 มิลลิลิตร และปรับปริมาตรด้วยน้ำกลั่นที่ปราศจากไอออนจนมีปริมาตร 1,000 มิลลิลิตร

มหาวิทยาลัยบูรพา Burapha University

3.2 การเตรียมน้ำเสียสังเคราะห์ของแมงกานีสที่ความเข้มข้น 200 มิลลิกรัมต่อลิตร

คำนวณโดย มวลโมเลกุลของ $ZnSO_4.7H_2O$/มวลโมเลกุลของ Zn * 0.2

= 287.54/65.409 * 0.2

= 0.8792

ดังนั้น ชั่งสารมา 0.8792 กรัม ใส่ในขวดวัดปริมาตร 1,000 มิลลิลิตร และปรับปริมาตรด้วยน้ำกลั่นที่ปราศจากไอออนจนมีปริมาตร 1,000 มิลลิลิตร

3.3 การเตรียมน้ำเสียสังเคราะห์ของแมงกานีสที่ความเข้มข้น 300 มิลลิกรัมต่อลิตร

คำนวณโดย มวลโมเลกุลของ $ZnSO_4.7H_2O$/มวลโมเลกุลของ Zn * 0.3

= 287.54/65.409 * 0.3

= 1.3188

ดังนั้น ชั่งสารมา 1.3188 กรัม ใส่ในขวดวัดปริมาตร 1,000 มิลลิลิตร และปรับปริมาตรด้วยน้ำกลั่นที่ปราศจากไอออนจนมีปริมาตร 1,000 มิลลิลิตร

3.4 การเตรียมน้ำเสียสังเคราะห์ของแมงกานีสที่ความเข้มข้น 400 มิลลิกรัมต่อลิตร

คำนวณโดย มวลโมเลกุลของ $ZnSO_4.7H_2O$/มวลโมเลกุลของ Zn * 0.4

= 287.54/65.409 * 0.4

= 1.7584

ดังนั้น ชั่งสารมา 1.7584 กรัม ใส่ในขวดวัดปริมาตร 1,000 มิลลิลิตร และปรับปริมาตรด้วยน้ำกลั่นที่ปราศจากไอออนจนมีปริมาตร 1,000 มิลลิลิตร

3.5 การเตรียมน้ำเสียสังเคราะห์ของแมงกานีสที่ความเข้มข้น 500 มิลลิกรัมต่อลิตร

คำนวณโดย มวลโมเลกุลของ $ZnSO_4.7H_2O$/มวลโมเลกุลของ Zn * 0.5

= 287.54/65.409 * 0.5

= 2.1980

ดังนั้น ชั่งสารมา 2.1980 กรัม ใส่ในขวดวัดปริมาตร 1,000 มิลลิลิตร และปรับปริมาตรด้วยน้ำกลั่นที่ปราศจากไอออนจนมีปริมาตร 1,000 มิลลิลิตร

มหาวิทยาลัยบูรพา Burapha University

## การเตรียมสารเคมีที่ใช้ในการปรับ pH

**1. Sodium hydroxide (NaOH) เข้มข้น 0.1 M**

โดย NaOH มีมวลโมเลกุล 40 g/mol

โมล = น้ำหนักของสาร(กรัม) /มวลโมเลกุลสาร

ดังนั้น 0.1 mol = น้ำหนักของสาร NaOH (กรัม) / 40 g/mol

น้ำหนักสาร NaOH = 0. 1mol * 40 g/mol = 4 g

ดังนั้น ชั่งสาร NaOH มา 4 กรัม ใส่ในขวดวัดปริมาตร 1,000 มิลลิลิตร และปรับปริมาตรด้วยน้ำกลั่นจนมีปริมาตร 1,000 มิลลิลิตร

**2. Hydrochloric acid (HCl) เข้มข้น 0.1 M**

ปริมาณเนื้อกรด HCl 36% w/v, density=1.18 g/ml, MW=36.46 g/mol

วิธีการคำนวณ 1. หาความเข้มข้นของ HCl conc. โดยใช้สูตร C = 10dx / MW

โดย C = ความเข้มข้น หน่วยเป็น N (Normal)

d = density

x = %ปริมาณเนื้อกรด

ดังนั้นจะได้ C = (10 * 1.18 * 36)/36.46 = 11.65 N.

2. หาปริมาณน้ำในโดยการDilute ให้มีความเข้มข้น 0.1 M

$$C_1V_1 = C_2V_2$$

$$11.65 * V_1 = 0.1 \times 1000$$

$$V_1 = (0.1*1000)/11.6 = 8.58 \text{ ml}$$

ดังนั้น เติมน้ำกลั่นใส่ขวดวัดปริมาตรขนาด 1,000 มิลลิลิตร ประมาณครึ่งขวด แล้วปิเปตสาร HCl conc. มา 8.58 มิลลิลิตร ใส่ในขวดวัดปริมาตร และปรับปริมาตรด้วยน้ำกลั่นจนมีปริมาตรรวม 1,000 มิลลิลิตร

มหาวิทยาลัยบูรพา Burapha University

**การเตรียมสารละลายมาตรฐานในการทำกราฟมาตรฐาน**

คำนวณจากสูตร $M_1V_1 = M_2V_2$

โดย $M_1$ = ความเข้มข้นของสารที่ใช้ตอนต้น

$M_2$ = ความเข้มข้นของสารที่ต้องการเตรียม

$V_1$ = ปริมาตรของสารที่ใช้ตอนต้น

$V_2$ = ปริมาตรของสารที่ต้องการเตรียม

ตัวอย่าง เช่น ในการเตรียมสารละลามาตรฐานของทองแดงที่ความเข้มข้น 10 มิลลิกรัมต่อลิตร จะมีวิธีคำนวณความเข้มข้นดังนี้

จากสูตร $M_1V_1 = M_2V_2$

100 มิลลิกรัมต่อลิตร $\times$ $V_1$ = 10 มิลลิกรัมต่อลิตร $\times$ 50 มิลลิลิตร

$V_1$ = 0.25 มิลลิกรัม

ดังนั้น ปิเปตสารละลายมาตรฐานที่ความเข้มข้น 100 มิลลิกรัมต่อลิตร มาปริมาตร 5 มิลลิลิตรใส่ในขวดวัดปริมาตร 50 มิลลิลิตร และปรับปริมาตรด้วยน้ำกลั่นจนมีปริมาตร 50 มิลลิลิตร เป็นต้น

มหาวิทยาลัยบูรพา Burapha University

**ภาคผนวก ช**

ภาพวัสดุ อุปกรณ์ที่ใช้ในการทดลอง

มหาวิทยาลัยบูรพา
Burapha University

ภาพที่ ข-1 เปลือกหอยลาย

ภาพที่ ข-2 เปลือกหอยเชลล์

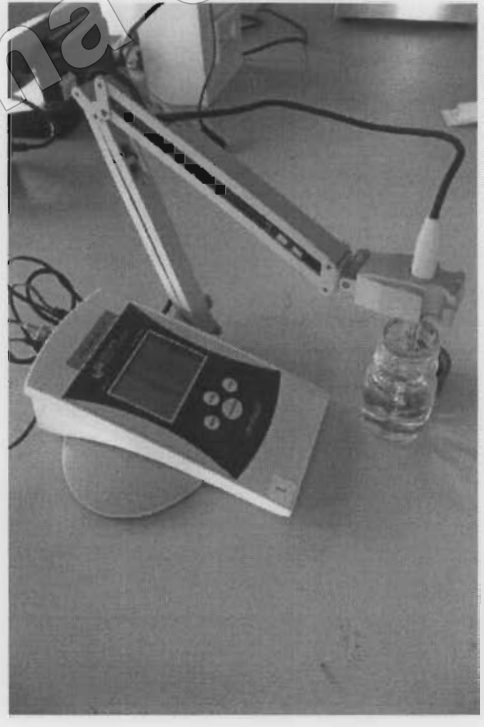
มหาวิทยาลัยบูรพา Burapha University

ภาพที่ ข-3 เปลือกหอยลายบดที่มีขนาดเล็กกว่า 75 ไมโครเมตร

ภาพที่ ข-4 เปลือกหอยเชลล์บดที่มีขนาดเล็กกว่า 75 ไมโครเมตร

มหาวิทยาลัยบูรพา Burapha University

ภาพที่ ข-5 เครื่องชั่งทศนิยมสี่ตำแหน่ง



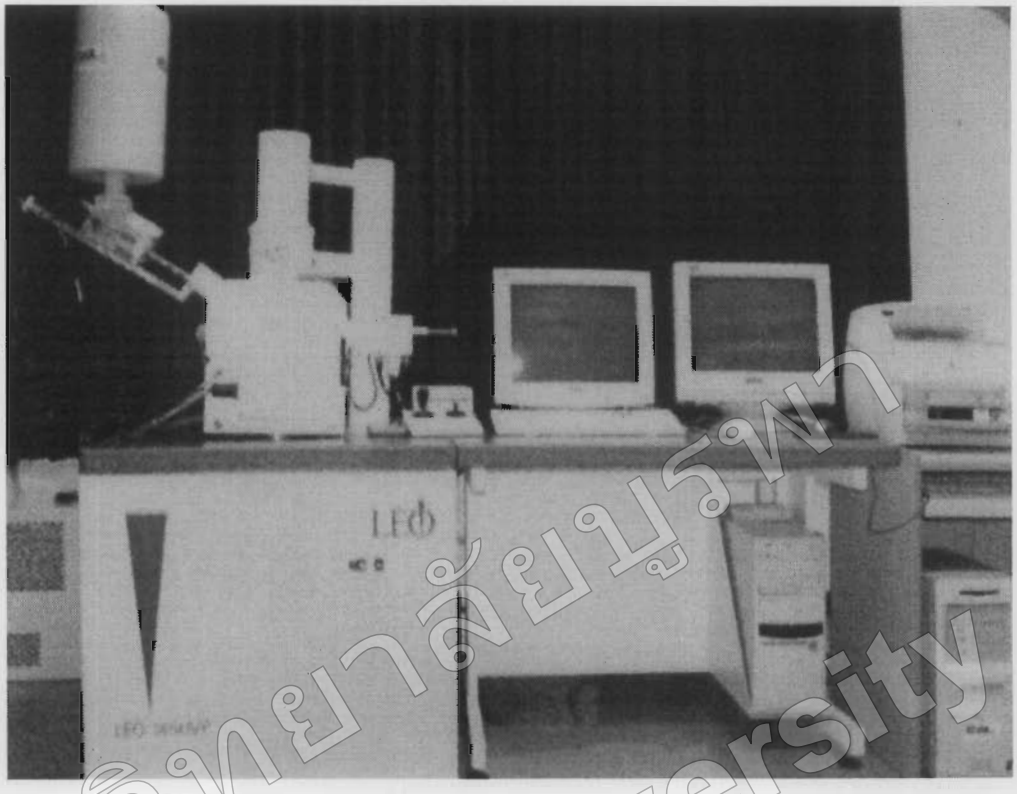
ภาพที่ ข-6 เครื่องวัด pH (pH meter)

มหาวิทยาลัยบูรพา Burapha University

ภาพที่ ข-7 เครื่องเขย่าสาร (Shaker)

ภาพที่ ข-8 เครื่องวิเคราะห์ปริมาณโลหะหนัก (atomic absorption spectrometer, AAS)

มหาวิทยาลัยบูรพา Burapha University




ภาพที่ ข-9 กล้องจุลทรรศน์ (Scanning electron microscopy, SEM)

มหาวิทยาลัยบูรพา
Burapha University

มหาวิทยาลัยบูรพา
Burapha University

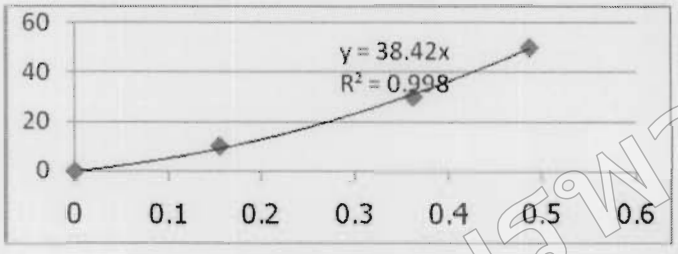
**ภาคผนวก ค**

กราฟมาตรฐาน

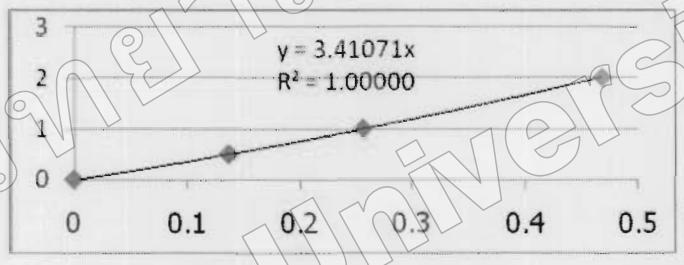
## กราฟมาตรฐาน

### 1. กราฟมาตรฐานของโลหะหนัก (การศึกษาระยะเวลาสมดุล)

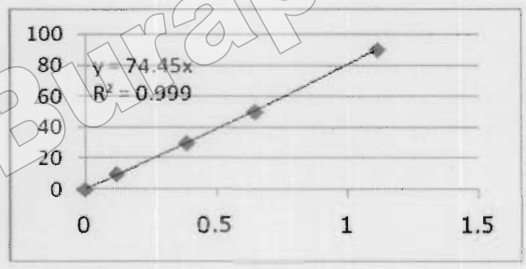
1.1 กราฟมาตรฐานแสดงค่า standard ของ Cu

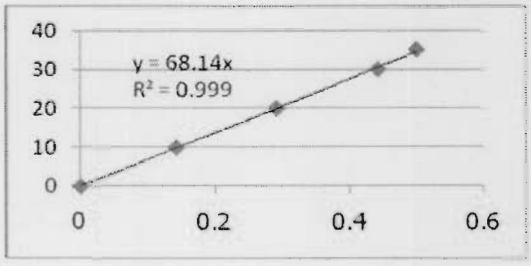



1.2 กราฟมาตรฐานแสดงค่า standard ของ Zn

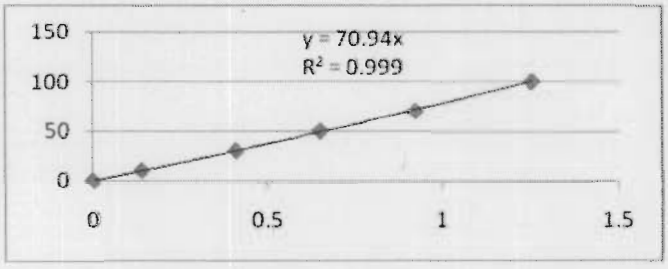



1.3 กราฟมาตรฐานแสดงค่า standard ของ Mn (1 mg/L)



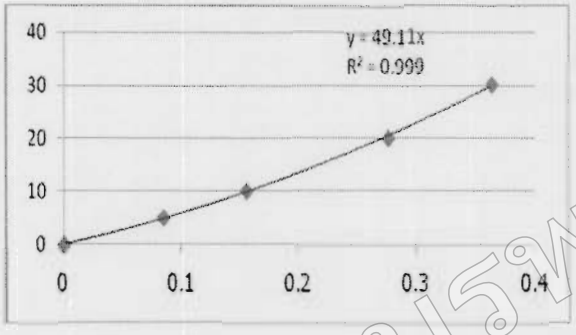

1.4 กราฟมาตรฐานแสดงค่า standard ของ Mn (5 mg/L)



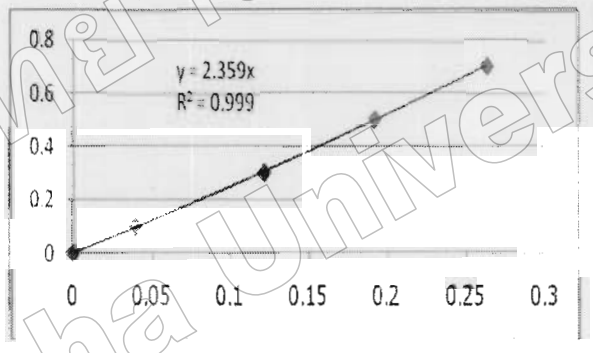

มหาวิทยาลัยบูรพา Burapha University

**2. กราฟมาตรฐานของโลหะหนัก (การศึกษาความเข้มข้น)**

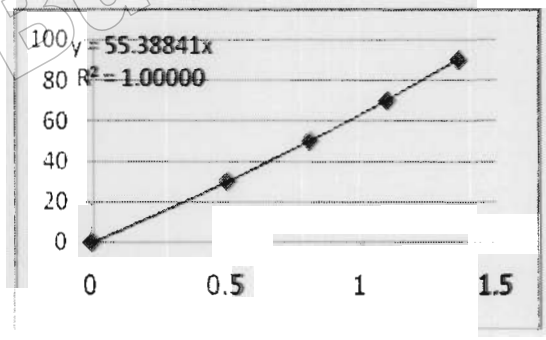
2.1 กราฟมาตรฐานแสดงค่า standard ของ Cu

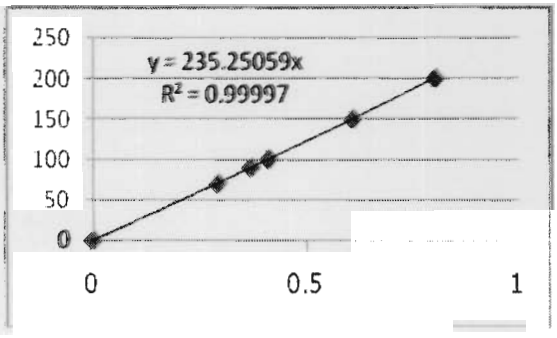



2.2 กราฟมาตรฐานแสดงค่า standard ของ Zn




2.3 กราฟมาตรฐานแสดงค่า standard ของ Mn

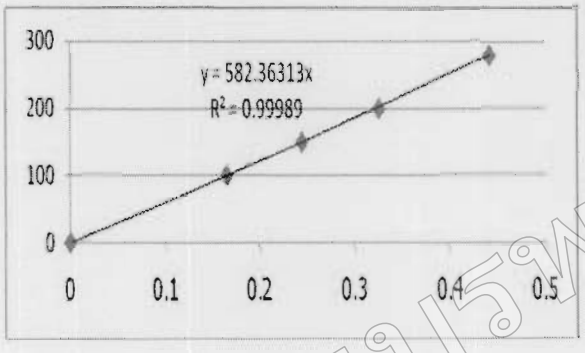


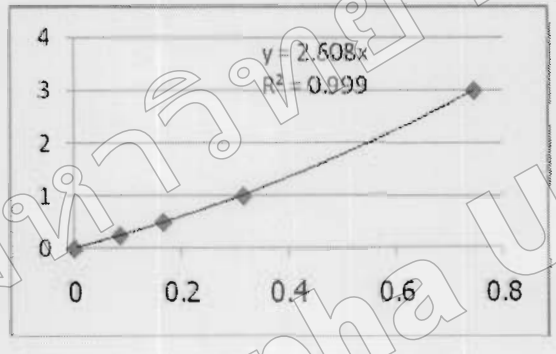

มหาวิทยาลัยบูรพา Burapha University

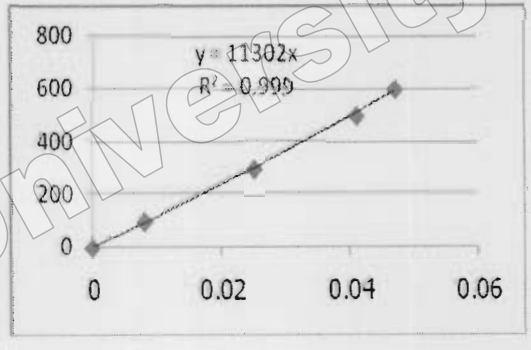
**3. กราฟมาตรฐานของโลหะหนัก (การศึกษา pH)**

3.1 กราฟมาตรฐานแสดงค่า standard ของ Cu

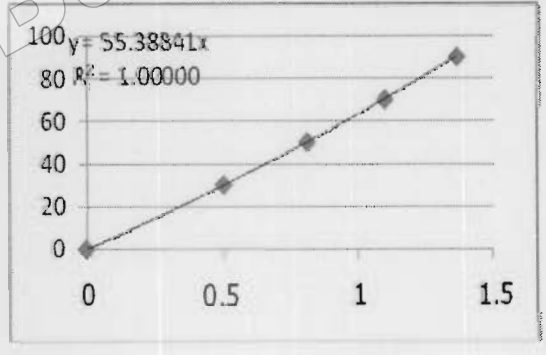


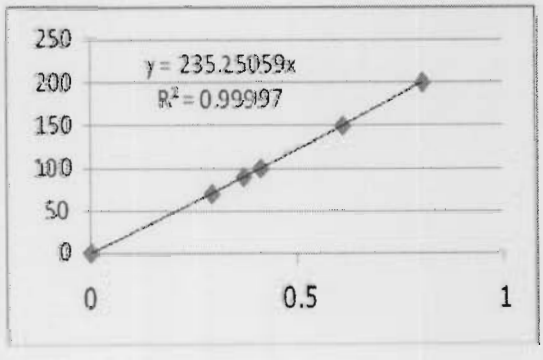

3.2 กราฟมาตรฐานแสดงค่า standard ของ Zn




3.3 กราฟมาตรฐานแสดงค่า standard ของ Mn




มหาวิทยาลัยบูรพา Burapha University