การทดลองที่ 13
การหาปริมาณซัลเฟตโดยการตกตะกอนในรูปของแบเรียมซัลเฟต
(Determination of sulphate by gravimetric method)

วัตถุประสงค์

1. เพื่อศึกษาการหาปริมาณสารโดยอาศัยการชั่งน้ำหนัก
2. เพื่อหาปริมาณซัลเฟตโดยเทคนิคการตกตะกอนในรูปของแบเรียมซัลเฟต

หลักการ

การวิเคราะห์เชิงปริมาณ โดยอาศัยการชั่งน้ำหนัก (Gravimetry / Gravimetric analysis) เป็นวิธีเชิงปริมาณ เพื่อกำหนดปริมาณของสารอย่างแม่นยำ ผ่านกระบวนการการตกตะกอน (Precipitate) ของสารจากสารละลายที่ต้องการวิเคราะห์ จากนั้นจึงอาศัยเทคนิคการชั่งสารที่ถูกต้อง และสารที่นำมาชั่งจะต้องมีความบริสุทธิ์สูงไม่มีสารปนเปื้อนเจือปนอยู่ [1, 2] โดยทั่วไปการวิเคราะห์เชิงปริมาณจะแบ่งออกเป็น 4 ประเภท ได้แก่ [3]

1) เทคนิคการตกตะกอน (Precipitation gravimetry)
2) อิเล็กโตรกราวิเมตรี (Electrogravimetry)
3) วิธีการทำให้ระเหย (Volatilization gravimetry)
4) กราวิเมตรีของอนุภาค (Particulate gravimetry)

CATRE LAB

สำหรับในการทดลองนี้จะอาศัยเทคนิคการตกตะกอน (Precipitation gravimetry) ซึ่งเป็นวิธีที่นิยมใช้ในการวิเคราะห์ธาตุหรือไอออนที่สนใจที่มีปริมาณค่อนข้างมาก ประมาณ 10-20% หรือมีขนาด 100 mg ขึ้นไป (Macro quantitative analysis) [4, 5] ในการตกตะกอนจะเลือกใช้ตัวตกตะกอน (Precipitating agent / precipitant) 2 ประเภท ดังนี้ [6]

1) อนินทรีย์ (Inorganic reagent) เช่น สารที่สามารถเป็นสารที่ใช้เป็นตัวตกตะกอนของธาตุหรือโลหะต่างๆ ได้

สารอนินทรีย์ที่ใช้ในการตกตะกอน	ธาตุที่ตกตะกอน
NH_3	Al (Al_2O_3), Fe (Fe_2O_3)
H_2SO_4	Li, Mn, Cd, Pb
$AgNO_3$	Cl (AgCl), Br (AgBr)
$BaCl_2$	SO_4^{2-} ($BaSO_4$)
$MgCl_2$, NH_4Cl	PO_4^{3-} ($Mg_2P_2O_7$)
HNO_3	Sn (SnO_2)
HCl	Ag (AgCl), Hg (Hg_2Cl_2), Na (เช่น NaCl จาก butyl alcohol), Si(SiO_2)

2) สารอินทรีย์ (Organic reagent) เช่น

สารอินทรีย์ที่ใช้ในการตกตะกอน	ตะกอนของโลหะ
Dimethylglyoxime	Ni^{2+},Pd^{2+},Pt^{2+}
EDTA (Ethylenediamine tetraacetic acid)	Zn^{2+}, Cu^{2+}, Pb^{2+}, Ca^{2+}, Ni^{2+}, Fe^{3+}
Cupferron	Fe^{3+},VO_2^{+},Ti^{4+}, Zr^{4+},Ce^{4+},Ga^{3+},Sn^{4+}
8-Hydroxyquinoline	Fe^{3+},Al^{3+},Mg^{2+},Zn^{2+},Cu^{2+},Cd^{2+},Pb^{2+}, Bi^{3+}, Ga^{3+},Th^{4+}, Zr^{4+}, TiO^{2+}, UO_2^{2+}
Salicylaldoxime	Bi^{3+},Ni^{2+},Pd^{2+},Zn^{2+}, Cu^{2+},Pb^{2+}
1-Nitroso-2-naphthol	Fe^{3+},Co^{2+},Pd^{2+}, Zr^{4+}
Nitron ($C_{20}H_{16}N_4$)	NO_3^{-}, ClO_4^{-}, BF_4^{-}, WO_4^{2-}
Sodium tetraphenylborate	NH_4^{+}, organic ammonium, Ag^{+}, Cs^{+}, Rb^{+}, K^{+}
Tetraphenylarsonium chloride	$Cr_2O_7^{2-}$, MnO_4^{-}, ReO_4^{-}, MoO_4^{2-},WO_4^{2-}, ClO_4^{-}

เทคนิคการตกตะกอนนั้นสามารถทำได้โดยชั่งน้ำหนักสารตัวอย่างที่ต้องการวิเคราะห์ จากนั้นละลายสารตัวอย่างให้อยู่ในรูปของสารละลาย (Preparation of the solution) แล้วจึงค่อยทำการตกตะกอน (Precipitation) ย่อยตะกอนที่ได้ (Digestion) เพื่อทำให้ขนาดของตะกอนใหญ่ขึ้น และให้สารปนเปื้อนถูกขจัดออกไป แล้วทำการกรองตะกอนที่ได้ (Filtration) และล้างตะกอน (Washing) จากนั้นตะกอนจะถูกแยกออกจากสารละลายและถูกทำให้แห้ง (Drying or Igniting) ตะกอนที่ได้จะถูกชั่งน้ำหนักและถูกเปรียบเทียบน้ำหนักของสารตัวอย่างเริ่มต้น วิธีการตกตะกอนใช้วิธีการแยกเอาธาตุที่สนใจออกจากสารตัวอย่างทีละขั้นตอน แล้วเปลี่ยนให้อยู่ในรูปที่มีความบริสุทธิ์สูงสุดที่สามารถชั่งน้ำหนักได้ (Weighing) เพื่อนำไปคำนวณหาเปอร์เซ็นต์ของสารที่วิเคราะห์ในตัวอย่าง (Calculation) เช่น การหาปริมาณซัลเฟอร์ (S) ในตัวอย่าง โดยการตกตะกอนในรูปแบบแบเรียมซัลเฟต ($BaSO_4$) เป็นต้น [2, 3, 7]

โดยทั่วไปการวิเคราะห์ด้วยเทคนิคการตกตะกอนมักใช้เวลานาน แต่มีข้อดีคือผลการวิเคราะห์มีความแม่นยำสูง และสามารถตรวจสอบความคลาดเคลื่อนได้ เช่น ตรวจสอบว่ามีการตกตะกอนสมบูรณ์หรือไม่ การตรวจสอบสามารถทำได้โดยตรง โดยไม่ต้องเปรียบเทียบกับสารมาตรฐาน และสามารถตรวจสอบความบริสุทธิ์ของตะกอน นอกจากนั้นยังใช้อุปกรณ์พื้นฐานทางเคมีทั่วไปที่มีอยู่แล้วในห้องปฏิบัติการทางเคมี ความถูกต้องของวิธีนี้จะอยู่ที่เทคนิคของการตกตะกอนและธรรมชาติของตะกอนที่เกิดขึ้น ซึ่งสามารถสรุปได้ดังนี้

1) สัดส่วนของการเกิดตะกอนต้องคงที่
2) ตะกอนที่เกิดขึ้นต้องมีความสามารถในการละลายต่ำ (Low solubility) ในสารละลายตัวอย่างและน้ำล้างตะกอน เพื่อให้ตะกอนเกิดได้สมบูรณ์และไม่เกิดการสูญเสียตะกอนขณะทำการล้างตะกอน (Washing)

3) ในขั้นตอนการวิเคราะห์ตลอดจนในองค์ประกอบของตัวอย่าง ตัวรบกวนต้องมีปริมาณที่ต่ำ
4) ตะกอนที่เกิดขึ้นต้องมีพื้นผิวน้อย เพื่อป้องกันการถูกปนเปื้อนบนผิวของตะกอนจากสิ่งเจือปน
5) เทคนิคการแยกตะกอนออกจากสารละลายเริ่มต้นและการล้างตะกอนต้องทำอย่างระมัดระวังเพื่อป้องกันการสูญเสียตะกอนที่เกิดขึ้น
6) ตะกอนที่เกิดขึ้นต้องมีความเสถียรที่อุณหภูมิสูง และมีความบริสุทธิ์สูง (High purity)
7) ตะกอนที่บริสุทธิ์ที่ได้จากการเผาหรือทำให้แห้ง (Drying) แล้วต้องมีความสามารถในการดูดความชื้นได้ต่ำ ไม่เกิดปฏิกิริยาและไม่เปลี่ยนแปลงคุณสมบัติทางเคมีในขณะเผาหรือทำให้แห้ง และเมื่อทำให้แห้งต้องมีองค์ประกอบทางเคมีที่แน่นอน และไม่เปลี่ยนแปลง [5, 8]

สำหรับในการทดลองนี้เป็นการวิเคราะห์เชิงปริมาณ เพื่อหาปริมาณซัลเฟต (SO_4^{2-}) โดยอาศัยการชั่งน้ำหนักและปฏิกิริยาที่เกิดขึ้น เพื่อเปลี่ยนองค์ประกอบให้อยู่ในรูปที่สะดวกต่อการแยกและชั่งน้ำหนักได้อย่างถูกต้อง ด้วยเทคนิคการตกตะกอนเป็นแบเรียมซัลเฟต ($BaSO_4$) โดยมีสารตกตะกอนอินทรีย์อย่างแบเรียมคลอไรด์ ($BaCl_2$) ผ่านการให้ความร้อน ทำให้น้ำหนักของผลิตภัณฑ์ที่เกิดขึ้นจากปฏิกิริยาสามารถคำนวณย้อนกลับไปหาน้ำหนักขององค์ประกอบ โดยใช้ปริมาณสารสัมพันธ์จากปฏิกิริยาที่ดุลแล้วดังนี้

$$BaCl_2(aq) + SO_4^{2-}(aq) \xrightarrow{\Delta} BaSO_4(s) + 2Cl^-(aq)$$

เนื่องจากสารละลายที่จะหาปริมาณซัลเฟตควรมีความเป็นกรดเล็กน้อย จึงเติม HCl เพื่อป้องกันการตกตะกอนร่วม (Contaminant) อาทิ $BaCO_3$, $Ba(OH)_2$ เป็นต้น ทั้งนี้ตะกอนของ $BaSO_4$ มีสีขาวละเอียด จึงต้องใช้กระดาษกรองที่เนื้อละเอียด เมื่อเผาแล้วมีเถ้าน้อยหรือเกือบไม่มีเลย แต่ตะกอนที่ได้นั้นจะมีผลึกน้ำอยู่ภายใน จำเป็นต้องไล่น้ำออกโดยการเผาที่อุณหภูมิสูง จึงจะสามารถนำตะกอนไปชั่งน้ำหนักได้ และเมื่อชั่งตะกอน $BaSO_4$ ที่เกิดขึ้น จะสามารถคำนวณเปอร์เซ็นต์ของ SO_4^{2-} ในสารตัวอย่าง [2, 9] ได้จากสมการที่ 13.1

$$\%X = \frac{\text{Weight of A}}{\text{Weight of sample}} \times 100 \qquad (13.1)$$

เมื่อ %X คือ เปอร์เซ็นต์ของธาตุหรือสารที่ต้องการจะวิเคราะห์ในสารตัวอย่าง
Weight of A คือ น้ำหนักของตะกอนที่ได้ (g)
Weight of Sample คือ น้ำหนักสารตัวอย่างเริ่มต้นที่ใช้ (g)

โดยปกติ A ไม่ใช่ตะกอน และไม่ถูกวัดโดยตรง แต่มีความสัมพันธ์เป็นองค์ประกอบหนึ่งของตะกอน ซึ่งสามารถคำนวณหาน้ำหนักของ A จากน้ำหนักของตะกอนที่ได้โดยใช้กราวิเมตริแฟกเตอร์ (Gravimetry factor; GF) หมายถึงจำนวนกรัมของสาร A ที่สามารถทำปฏิกิริยาพอดีสมมูลกับ 1 กรัมของตะกอนที่สามารถนำไปชั่งน้ำหนัก [3, 7] ดังสมการที่ 13.2

$$\text{Gravimetry factor} = \frac{\text{Gram formula weight of a}}{\text{Gram formula weight of Precipitate}} \qquad (13.2)$$

เมื่อ	Gram formula weight of a	คือ มวลโมเลกุลหรือน้ำหนักอะตอมของธาตุหรือสารที่ต้องการจะวิเคราะห์ในสารตัวอย่าง (g/mol)
	Gram formula weight of Precipitate	คือ มวลโมเลกุลของตะกอนที่เกิดขึ้น (g/mol)

จากสมการที่ 13.1 และ 13.2 จะได้

$$\%X = \frac{\text{Weight of A} \times \frac{\text{Gram formula weight of a}}{\text{Gram formula weight of Precipitate}}}{\text{Weight of sample}} \times 100 \qquad (13.3)$$

ตัวอย่างเช่น สารตัวอย่างแร่เหล็ก (Fe) หนัก 0.5 กรัม เมื่อนำมาละลายในกรดแล้วออกซิไดส์ให้เป็น Fe^{3+} แล้วทำการตกตะกอนเป็น $Fe(OH)_3$ โดยใช้แอมโมเนียที่มากเกินพอ เมื่อกรองตะกอนและเผาให้แห้งเป็น Fe_2O_3 ชั่งได้หนัก 0.25 กรัม คำนวณหาเปอร์เซ็นต์ของ Fe ในแร่เหล็ก (กำหนดให้ Fe_2O_3 = 159.69, Fe = 55.8 g/mol)

วิธีทำ

1) เขียนสมการที่เกิดขึ้นได้ดังนี้

$$Fe \longrightarrow Fe_2O_3$$

2) ดุลสมการ จะได้

$$2Fe \longrightarrow Fe_2O_3$$

จะเห็นได้ว่า Fe 2 โมลจะให้ Fe_2O_3 1 โมล ดังนั้น

2 x moles Fe = 1 x moles Fe_2O_3

$$\%Fe = \frac{\text{Weight of } Fe_2O_3 \times \frac{\text{Gram formula weight of Fe}}{\text{Gram formula weight of } Fe_2O_3}}{\text{Weight of sample}} \times 100$$

$$\%Fe = \frac{0.25 \times \frac{2\times(55.8)}{1\times(159.69)}}{0.5} \times 100$$

ดังนั้น เปอร์เซ็นต์ของ Fe ในแร่เหล็กเท่ากับ 34.9%

CATRE LAB

ตัวอย่างเช่น สารตัวอย่างมีปริมาณซัลเฟต (SO_4^{2-}) ที่เป็นองค์ประกอบอยู่ 40-60% ซึ่งวิเคราะห์โดยตกตะกอนเป็น $BaSO_4$ จงหาน้ำหนักที่น้อยที่สุดของสารตัวอย่างเพื่อตรวจสอบให้แน่ใจว่าได้ตะกอน $BaSO_4$ หนักอย่างน้อยที่สุด 0.9984 กรัม (กำหนดให้มวลโมเลกุลของ SO_4^{2-} = 96.07, $BaSO_4$ = 244.28 g/mol)

วิธีทำ

จากโจทย์จะเห็นได้ว่าต้องการหาน้ำหนักที่น้อยที่สุด ฉะนั้นปริมาณซัลเฟตที่เป็นองค์ประกอบที่น้อยที่สุดคือ 40% จะได้

$$\%SO_4^{2-} = \frac{\text{Wt. } BaSO_4 \times \frac{\text{Mw. } SO_4^{2-}}{\text{Mw. } BaSO_4}}{\text{Wt. Sample}} \times 100$$

$$\text{Wt. Sample} = \frac{\text{Wt. } BaSO_4 \times \frac{\text{Mw. } SO_4^{2-}}{\text{Mw. } BaSO_4}}{\%SO_4^{2-}} \times 100$$

$$\text{Wt. Sample} = \frac{0.9984 \times \frac{96.07}{244.28}}{40} \times 100$$

ดังนั้น น้ำหนักที่น้อยที่สุดของสารตัวอย่าง เท่ากับ 0.9816 กรัม

CATRE LAB

อุปกรณ์

1. เครื่องชั่งสาร
2. ครูซิเบิลพร้อมฝาปิด (Crucible)
3. กระดาษกรอง เบอร์ 42
4. ตู้อบไฟฟ้า
5. บีกเกอร์ ขนาด 600 mL
6. กระบอกตวง ขนาด 10 mL
7. เครื่องกวนสารละลายพร้อมให้ความร้อน (Hotplate stirrer)

สารเคมี

1. แบเรียมคลอไรด์ (Barium chloride; $BaCl_2$ 5%w/v)
2. กรดไฮโดรคลอริกเข้มข้น (Hydrochloric; 1M HCl)
3. ซิลเวอร์ไนเทรต (Silver nitrate; 0.10M $AgNO_3$)
4. โซเดียมซัลเฟต (Sodium sulfate; Na_2SO_4)

CATRE LAB

วิธีการทดลอง

ตอนที่ 1 การเตรียมตัวอย่าง (Preparation of the solution)

1. เตรียมครูซิเบิลพร้อมฝาปิด ที่มีน้ำหนักคงที่โดยการนำครูซิเบิลพร้อมฝาที่ล้างสะอาดอบที่อุณหภูมิ 150 °C เป็นเวลา 30 นาที ทำให้เย็นในเดซิเคเตอร์ แล้วนำไปชั่งน้ำหนัก (ควรใช้ที่คีบครูซิเบิลทุกครั้งที่มีการเคลื่อนย้าย)
2. นำสารตัวอย่าง โซเดียมซัลเฟต (Na_2SO_4) อบในตู้อบที่อุณหภูมิ 110 °C เป็นเวลา 2 ชั่วโมง ทำให้เย็นในเดซิเคเตอร์
3. ชั่งตัวอย่าง Na_2SO_4 ที่เตรียมไว้ประมาณ 0.2-0.3 กรัม ใส่ลงในบีกเกอร์ 600 mL
4. เติมน้ำกลั่นลงไป 200 mL และเติม 1M HCl ลงไป 1 mL (ประมาณ 10 หยด) คนให้สารละลายตัวอย่างละลายเป็นเนื้อเดียวกัน

ตอนที่ 2 การตกตะกอนสารตัวอย่าง (Precipitation)

1. นำสารละลายที่ได้จากขั้นตอนที่ 1 มาต้มให้เดือด และยกลงจาก Hot plate จากนั้นเติมสารละลาย $BaCl_2$ ปริมาตร 15 mL อย่างช้าๆ พร้อมทั้งคนตลอดเวลา
2. ตั้งทิ้งไว้ให้เกิดตะกอนที่ก้นบีกเกอร์ประมาณ 30 นาที
3. หลังจากนั้นทดสอบการตกตะกอนของ $BaSO_4$ เกิดขึ้นสมบูรณ์หรือไม่ ทำได้โดย
    a. เก็บสารละลายส่วนใสใสในหลอดทดลองเพียงเล็กน้อย (5-6 หยด)
    b. หยดสารละลาย $BaCl_2$ 2-3 หยด
    c. ถ้าพบว่ามีตะกอนขาวขุ่นขณะทำการหยดสารละลาย $BaCl_2$ ลงไป แสดงว่าการตกตะกอนยังไม่สมบูรณ์ ให้เติมสารละลาย $BaCl_2$ ลงไปอีก 3 mL และคนให้เข้ากัน และทดสอบความสมบูรณ์ของการตกตะกอนอีกครั้ง
    d. หากหยดสารละลาย $BaCl_2$ ลงไปแล้วไม่เกิดตะกอนขาวขุ่น แสดงว่า $BaSO_4$ มีการตกตะกอนที่สมบูรณ์แล้ว (ไม่สามารถตกตะกอนได้อีก)

ตอนที่ 3 การย่อยตะกอนตัวอย่าง (Digestion)

1. เมื่อมีการตกตะกอน $BaSO_4$ ที่สมบูรณ์จากขั้นตอนที่ 2 แล้ว
2. ให้ใช้กระจกนาฬิกาปิดบีกเกอร์ไว้ (อย่านำแท่งแก้วออกจากบีกเกอร์) และไปอุ่นให้ร้อน โดยใช้อุณหภูมิประมาณ 50-60 °C (ระวังอย่าให้เดือด) เป็นเวลา 1 ชั่วโมง เพื่อย่อยตะกอน แล้วยกบีกเกอร์ออกจากการให้ความร้อน
3. ใช้น้ำกลั่นฉีดล้างกระจกนาฬิกาที่ปิดบีกเกอร์ โดยให้สารละลายมารวมกับสารละลายในบีกเกอร์

CATRE LAB

ตอนที่ 4 การกรองตะกอนและเผาตะกอนสารตัวอย่าง (Filtration)

1. กรองตะกอนที่ได้จากขั้นตอนที่ 3 ด้วยกระดาษกรองเบอร์ 42 ฉีดล้างตะกอนที่ติดกับบีกเกอร์ออกให้หมดด้วยน้ำร้อน จากนั้นล้างตะกอนที่ได้ด้วยน้ำร้อนหลายๆ ครั้ง ครั้งละ 10 mL จนปราศจากไอออนคลอไรด์
2. ทดสอบไอออนคลอไรด์ โดยใช้สารละลาย $AgNO_3$
    a. เก็บสารละลายที่กรองได้ส่วนสุดท้ายใส่ในหลอดทดลองเพียงเล็กน้อย
    b. หยดสารละลาย $AgNO_3$ 1-2 หยด
    c. ถ้าพบว่ามีตะกอนมีขาวขุ่น แสดงว่าตะกอนที่ได้ยังมีไอออนของคลอไรด์ตกค้างอยู่ในตะกอน ให้ล้างตะกอนต่อด้วยน้ำร้อน และทดสอบไอออนของคลอไรด์อีกครั้ง
    d. หากไม่ปรากฏตะกอนขาวขุ่น แสดงว่าตะกอนปราศจากไอออนของคลอไรด์ตกค้าง
3. เมื่อปราศจากไอออนของคลอไรด์ตกค้าง ให้นำกระดาษกรองพร้อมตะกอนออกจากกรวยกรอง แล้วพับกระดาษกรองดังรูป

a) Flatten paper

b) Fold in edges & Fold over top

c) Place inside crucible with point pushed against bottom

4. นำครูซิเบิลพร้อมกระดาษกรองไปอบ ที่อุณหภูมิ 150°C เป็นเวลา 1 ชั่วโมง
5. ทำให้เย็นที่อุณหภูมิห้อง จากนั้นนำถ้วยครูซิเบิลไปชั่งน้ำหนัก
6. คำนวณหาน้ำหนักของ SO_4^{2-} ในตัวอย่างเป็นเปอร์เซ็นต์

<u>รายงานผลการทดลองที่ 13 การหาปริมาณซัลเฟต โดยการตกตะกอนด้วยแบเรียมซัลเฟต</u>

<u>(Determination of sulphate by gravimetric method)</u>

น้ำหนักสารตัวอย่าง (Na_2SO_4) 0.2244 กรัม

น้ำหนักถ้วยครูซิเบิล ก่อนใส่ตัวอย่าง 17.5519 กรัม

น้ำหนักถ้วยครูซิเบิล หลังใส่ตัวอย่าง 18.5503 กรัม

น้ำหนักตะกอน $BaSO_4$ 0.9984 กรัม

$\%SO_4^{2-}$ ในสารตัวอย่าง 174.97 %

กำหนดให้

- มวลโมเลกุลของ $BaSO_4$ มีค่า 244.28 g/mol
- มวลโมเลกุลของ Na_2SO_4 มีค่า 142.04 g/mol
- มวลไอออนของ SO_4^{2-} มีค่า 96.07 g/mol

การคำนวณหาน้ำหนักตะกอน $BaSO_4$

น้ำหนักตะกอน $BaSO_4$ = น้ำหนักถ้วยครูซิเบิล หลังใส่ตัวอย่าง – น้ำหนักถ้วยครูซิเบิล ก่อนใส่ตัวอย่าง

= 18.5503 – 17.5519

= 0.9984 g

ดังนั้น น้ำหนักตะกอน $BaSO_4$ ที่ได้ = 0.9984 g

การคำนวณหาน้ำหนัก $\%SO_4^{2-}$ ในตัวอย่าง

จากสมการเคมี

$$BaCl_2(aq) + SO_4^{2-}(aq) \longrightarrow BaSO_4(s) + 2Cl^-(aq)$$

จะเห็นได้ว่า จะเห็นได้ว่า SO_4^{2-} 1 โมลจะเกิดตะกอน $BaSO_4$ 1 โมลกันพอดี

$$\%SO_4^{2-} \text{ ในสารตัวอย่าง} = \frac{\text{Wt. } BaSO_4 \times \frac{\text{Mw. } SO_4^{2-}}{\text{Mw. } BaSO_4}}{\text{Wt. Sample}} \times 100$$

จะได้ $\%SO_4^{2-}$ ในสารตัวอย่าง $= \frac{0.9984 \times \frac{96.07}{244.28}}{0.2244} \times 100$

ดังนั้น $\%SO_4^{2-}$ ในสารตัวอย่าง เท่ากับ 174.97%

การคำนวณหาน้ำหนักตะกอน $BaSO_4$ ตามทฤษฎี

น้ำหนักสารตัวอย่าง (Na_2SO_4) 0.2244 g ควรได้ตะกอน $BaSO_4$ = $\frac{0.2244 \times 244.28}{142.04}$

ดังนั้น น้ำหนักตะกอน $BaSO_4$ ตามทฤษฎี = 0.3859 g

การคำนวณ %ความคาดเคลื่อน (Percentage error)

$$\%Error = \left|\frac{\text{ค่าที่ได้จากการทดลอง - ค่าจากทฤษฎี}}{\text{ค่าจากทฤษฎี}}\right| \times 100$$

$$\%Error = \left|\frac{0.9984 - 0.3859}{0.3859}\right| \times 100$$

ดังนั้น %Error = 62.12%

<u>สรุปและวิจารณ์ผลการทดลอง</u>

จากการทดลองการหาปริมาณซัลเฟต ด้วยเทคนิคการตกตะกอนในรูปของแบเรียมซัลเฟต โดยใช้สารโซเดียมซัลเฟตเป็นตัวอย่างเริ่มต้นหนัก 0.2-0.3 กรัม ทำปฏิกิริยากับสารตกตะกอนอนินทรีย์อย่าง แบเรียมคลอไรด์ เป็นตัวตกตะกอนเพื่อให้ได้แบเรียมซัลเฟต 0.9984 กรัม โดยผ่านการให้ความร้อน

เนื่องจากทฤษฎีการตกตะกอนของแบเรียมซัลเฟตที่ควรเกิดเท่ากับหรือใกล้เคียง 0.3958 กรัม ต่อน้ำหนักโซเดียมซัลเฟต 0.2-0.3 กรัม หมายความว่ามีข้อผิดพลาดที่เกิดขึ้นระหว่างการทดลองอันเนื่องจากยังมีความชื้นอยู่ในตะกอน ทำให้น้ำหนักของตะกอนมีค่ามากกว่าทฤษฎี รวมถึงน้ำหนักของถ้วยครูซิเบิลที่ยังไม่คงที่และเกิดจากการย่อยตะกอนที่ขนาดของตะกอนยังไม่ใหญ่และบริสุทธิ์มากพอ

ดังนั้น จึงทำให้ได้ตะกอนที่มีน้ำหนักมากกว่าความเป็นทฤษฎีโดยมีข้อผิดพลาดหรือความคาดเคลื่อนร้อยละ 62.12 ส่งผลให้น้ำหนักของซัลเฟตที่ต้องการวิเคราะห์ในสารตัวอย่างเท่ากับ 174.97%

CATRE LAB

อ้างอิง

[1] ดร.นิธิยา รัตนาปนนท์, “การวิเคราะห์เชิงปริมาณ,” Food Network Solution, [ออนไลน์]. Available: https://www.foodnetworksolution.com/wiki/word/7368/%E0%B8%81%E0%B8%B2%E0%B8%A3%E0%B8%A7%E0%B8%B4%E0%B9%80%E0%B8%84%E0%B8%A3%E0%B8%B2%E0%B8%B0%E0%B8%AB%E0%B9%8C%E0%B9%80%E0%B8%8A%E0%B8%B4%E0%B8%87%E0%B8%9B%E0%B8%A3%E0%B8%B4%E0%B8%A1%E0%B8%B2%E0%B8%93. [เข้าถึง20 10 2023].

[2] นันทพร มูลรังษี, “เอกสารประกอบการสอน รายวิชาเคมีวิเคราะห์,” 2558. [Online]. Available: chrome-extension://efaidnbmnnnibpcajpcglclefindmkaj/http://www.academy.rbru.ac.th/uploadfiles/books/58-2018-07-31-15-37-21.pdf. [Accessed 20 10 2566].

[3] มหาวิทยาลัยแม่โจ้, “เอกสารประกอบการสอน เรื่อง การวิเคราะห์โดยน้ำหนัก (Gravimetric analysis),” คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยแม่โจ้, [Online]. Available: chrome-extension://efaidnbmnnnibpcajpcglclefindmkaj/http://www.science.mju.ac.th/chemistry/download/s_phaisansuthichol/%E0%B8%9A%E0%B8%97%E0%B8%97%E0%B8%B5%E0%B9%88%205_2_58.pdf. [Accessed 20 10 2023].

[4] Santa Monica College, “Gravimetric Analysis (Experiment),” 12 7 2023. [Online]. Available: https://chem.libretexts.org/Ancillary_Materials/Laboratory_Experiments/Wet_Lab_Experiments/General_Chemistry_Labs/Online_Chemistry_Lab_Manual/Chem_11_Experiments/07%3A_Gravimetric_Analysis_(Experiment).

[5] ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.วรวิทย์ จันทร์สุวรรณ, “การหาปริมาณซัลเฟต,” คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร, 23 5 2563. [ออนไลน์]. Available: https://web.rmutp.ac.th/woravith/?page_id=6171. [เข้าถึง20 10 2566].

[6] The NME ICT initiative of MHRD, “Virtual Amrita Laboratories Universalizing Education,” 15 9 2011. [Online]. Available: https://vlab.amrita.edu/?sub=2&brch=193&sim=348&cnt=1.

[7] BYJU'S, “BYJU'S,” 2023. [Online]. Available: https://byjus.com/chemistry/gravimetric-analysis/.

[8] Britannica, T, “Britannica,” 6 10 2022. [Online]. Available: https://www.britannica.com/science/gravimetric-analysis.

[9] มหาวิทยาลัยราชภัฏสงขลา, “การวิคราะห์โดยน้ำหนัก,” มหาวิทยาลัยราชภัฏสงขลา, [Online]. Available: chrome-extension://efaidnbmnnnibpcajpcglclefindmkaj/http://oservice.skru.ac.th/ebookft/811/chapter_8.pdf. [Accessed 20 10 2023].

CATRE LAB