

การทดลองที่ 4.3 : การวิเคราะห์หาความกระด้างรวมในตัวอย่างน้ำ

วัตถุประสงค์

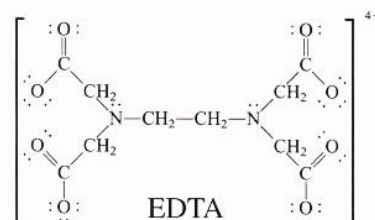
- 1) เพื่อศึกษาการไทเทรตปฏิกิริยาการเกิดสารประกอบเชิงซ้อน
- 2) เพื่อสามารถหาความกระด้างรวมของน้ำตัวอย่าง

หลักการ

ความกระด้างของน้ำเป็นการวัดความสามารถของน้ำที่จะตกตะกอนสบู่ สบู่จะถูกทำให้ตกตะกอนโดย Ca^{2+} และ Mg^{2+} ในน้ำเป็นส่วนใหญ่ แต่อาจตกตะกอนโดยไอออนตัวอื่นๆ เช่น Al^{3+} , Fe^{2+} , Mn^{2+} , Sr^{2+} , Zn^{2+} ได้ด้วย แต่เนื่องจากไอออน Ca^{2+} และ Mg^{2+} มีอยู่ในน้ำธรรมชาติเป็นปริมาณมาก ดังนั้นจึงให้คำจำกัดความของความกระด้างของน้ำว่าเป็นสมบัติของน้ำ ซึ่งแทนค่าความเข้มข้นทั้งหมดของ Ca^{2+} และ Mg^{2+} ซึ่งบอกในรูปแบบมิลลิกรัมต่อลิตร (mg/L หรือ ppm) ของแคลเซียมคาร์บอเนต (CaCO_3) เช่น น้ำอ่อน, น้ำค่อนข้างกระด้าง, น้ำกระด้าง และน้ำกระด้างมากจะมีความกระด้างเป็น 0-75, 75-150, 150-300 และมากกว่า 300 mg/L as CaCO_3 ตามลำดับ

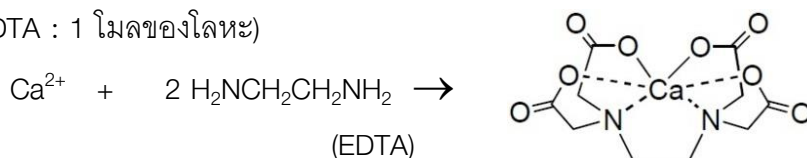
ความกระด้างของน้ำจะแสดงในหน่วยมิลลิกรัมต่อลิตรของเกลือแคลเซียมคาร์บอเนต ในการวิเคราะห์จะนำน้ำตัวอย่างมาทำการไทเทรตด้วยสารละลายมาตรฐาน ethylene diamine tetraacetic acid (EDTA) โดยมี eriochrome Black-T เป็นอินดิเคเตอร์

EDTA เป็นสารประกอบประเภทกรดอะมิโนโพลีคาร์บอนซิลิกที่มีสมบัติเป็นกรดอ่อนที่มีค่าคงที่ของการแตกตัว ดังนี้ $\text{pK}_1=2.0$, $\text{pK}_2=2.67$, $\text{pK}_3=6.16$, และ $\text{pK}_4=10.26$ EDTA มีสูตรทั่วไปคือ H_4Y และสูตรโครงสร้างดังรูปที่ 4.2



รูปที่ 4.2 สูตรโครงสร้างของ EDTA

EDTA สามารถทำปฏิกิริยากับโลหะได้หลายชนิด จึงนิยมใช้เป็นไทเทรนต์ในการไทเทรตแบบการเกิดสารประกอบเชิงซ้อนกับโลหะได้หลายชนิดได้ดี เนื่องจากเมื่อ EDTA แตกตัวให้โปรตอนไปทั้งหมด 4 ตัว ทำให้ EDTA เกิดคู่อิเล็กตรอนอิสระอยู่ 6 คู่ที่สามารถเกิดพันธะชนิดโคออร์ดิเนตกับโลหะได้ ดังนั้น EDTA เป็นลิแกนด์ชนิด hexadentate ligand โดยจะเกิดเป็นไอออนเชิงซ้อนไม่มีสีในอัตราส่วนแบบ 1:1 (1 โมล EDTA : 1 โมลของโลหะ)



อินดิเคเตอร์ที่ใช้ในการไทเทรตเพื่อหาจุดยุติสำหรับการไทเทรตสารประกอบเชิงซ้อนของ EDTA เป็นพวกสีย้อมทางอินทรีย์ที่สามารถเกิดสารเชิงซ้อนกับไอออนของโลหะได้ ซึ่งอินดิเคเตอร์ที่นิยมใช้คือ eriochrome black-T

สารเคมี

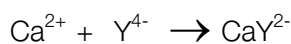
1. CaCO_3 (MW=100.01 g/mol) ชั่ง CaCO_3 1.0000 กรัม (ที่ผ่านการอบที่อุณหภูมิ 105°C นาน 1 ชั่วโมง) ในบีกเกอร์ 50 mL ละลายด้วยน้ำกลั่นประมาณ 25 mL จนละลายหมด ต้มจนเดือดเพื่อไล่ CO_2 จึงเทสารทั้งหมดลงในขวดปริมาตรขนาด 1000 mL แล้วปรับปริมาตรด้วยน้ำกลั่น (1 mL = 1 mg CaCO_3)
2. EDTA (MW=372.24 g/mol) ชั่ง $\text{Na}_2\text{EDTA}\cdot 2\text{H}_2\text{O}$ หนักประมาณ 3.725 กรัม (ที่ผ่านการอบที่อุณหภูมิ 80°C นาน 1 ชั่วโมง) ละลายในน้ำ 700 mL กวนสารละลายโดยใช้แท่งแม่เหล็ก เติม NaOH ที่ละน้อยๆ (ประมาณ 5 กรัม) จนละลายหมดแล้วปรับปริมาตรด้วยน้ำกลั่นให้ได้ 1000 mL
3. 1% w/v eriochrome black-T ละลาย eriochrome black-T 1.0 กรัม ใน 100 mL (20:20:60 v/v ethanol : ethanolamine : H_2O)
4. บัฟเฟอร์ pH 10 ($\text{NH}_4\text{Cl}-\text{NH}_3$) ชั่งเกลือ NH_4Cl 6.8 กรัม ละลายด้วยสารละลายแอมโมเนียเข้มข้น 57 mL แล้วเจือจางด้วยน้ำกลั่นจนครบปริมาตร 100 mL

วิธีการทดลอง

ตอนที่ 1 การหาความเข้มข้นที่แน่นอนของ EDTA

1. ปิเปตสารละลาย CaCO_3 ปริมาตร 10.00 mL ลงในขวดรูปชมพู่ขนาด 250 mL และเติมสารละลายบัฟเฟอร์ 2 mL
2. เติม eriochrome black-T 4-5 หยด
3. ไทเทรตกับสารละลาย EDTA จนสารละลายเปลี่ยนจากม่วงแดงเป็นสีฟ้าอย่างถาวร

ปฏิกิริยาในการไทเทรต



1 โมล $\text{Ca}^{2+} \equiv$ 1 โมล EDTA

$$M_{\text{EDTA}} \times V_{\text{EDTA}} = M_{\text{CaCO}_3} \times V_{\text{CaCO}_3}$$

$$M_{\text{EDTA}} = \frac{M_{\text{CaCO}_3} V_{\text{CaCO}_3}}{V_{\text{EDTA}}}$$

ตอนที่ 2 การวิเคราะห์หาความกระด้างของน้ำ

1. ตวงน้ำตัวอย่าง 50 mL ใส่ในขวดรูปชมพู่ 250 mL และเติมสารละลายบัฟเฟอร์ 2 mL
2. เติม eriochrome black-T 4-5 หยด (สารละลายเป็นสีม่วงแดง ถ้าน้ำตัวอย่างมีความกระด้าง)
3. ไทเทรตกับสารละลาย EDTA จนสารละลายกลายเป็นสีฟ้าอย่างถาวร
4. คำนวณความกระด้างรวม (ในหน่วย mg/L as CaCO_3)

การคำนวณหาความกระด้างรวม

$$\text{ความกระด้างรวม (mg/L as CaCO}_3) = \frac{M_{\text{EDTA}} V_{\text{EDTA}} \times \text{MW}_{\text{CaCO}_3}}{V_{\text{sample}}} \times 1000$$

รายงานการทดลอง

ปฏิบัติการที่ 4 เรื่อง การวิเคราะห์เชิงปริมาณโดยการไทเทรต
การทดลองที่ 4.3 การวิเคราะห์หาความกระด้างรวมในตัวอย่างน้ำ

ผู้ทำการทดลอง

.....

.....

.....

กลุ่ม..... วันที่ทำการทดลอง

1. วัตถุประสงค์การทดลอง

.....

.....

.....

2. หลักการ

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

3. วิธีการทดลอง

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

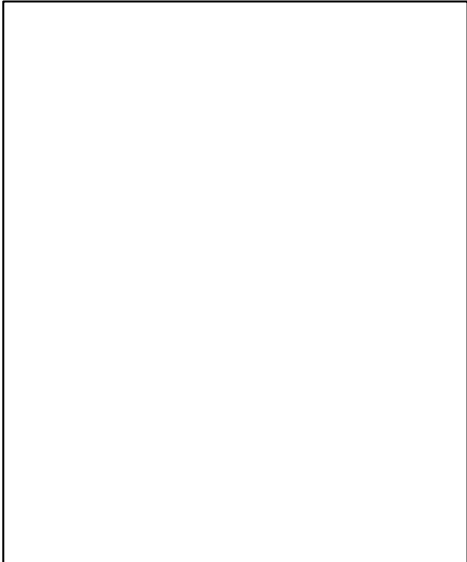
.....

.....

.....

.....

.....



4. ผลการทดลอง

ตอนที่ 1 การหาความเข้มข้นมาตรฐานสารละลาย EDTA

ปฏิกิริยาการไทเทรต

อินดิเคเตอร์ คือ

	ครั้งที่ 1	ครั้งที่ 2	ครั้งที่ 3
ความเข้มข้น CaCO_3 (M)			
ปริมาตร CaCO_3 (mL)			
ปริมาตร EDTA (mL)			
ความเข้มข้น EDTA (M)			
ความเข้มข้น EDTA (M) เฉลี่ย \pm SD			

แสดงการคำนวณหาความเข้มข้น EDTA ในการไทเทรต (ครั้งที่ 1)

.....

.....

.....

.....

.....

.....

ตอนที่ 2 การวิเคราะห์หาความกระด้างรวมในน้ำตัวอย่าง

ประเภทน้ำตัวอย่าง (ระบุแหล่ง).....

ปฏิกิริยาการไทเทรต

	ครั้งที่ 1	ครั้งที่ 2	ครั้งที่ 3
ปริมาตรน้ำตัวอย่าง (mL)			
ปริมาตร EDTA (mL) ที่จุดยุติ			
จำนวนมิลลิโมล EDTA (mmol)			
จำนวนมิลลิโมล CaCO_3 (mmol)			
จำนวน CaCO_3 (มิลลิกรัม)			
ความกระด้างรวม (mg/L) ในน้ำตัวอย่าง			
ความกระด้างรวมเฉลี่ย (mg/L) \pm SD			

