การไทเทรตออกซิเดชัน-รีดักชัน

(Oxidation-Reduction Titration)

6

จุดประสงค์

1. เพื่อศึกษาเทคนิคการไทเทรตโดยใช้ปฏิกิริยาออกซิเดชัน-รีดักชัน
2. เพื่อหาปริมาณของวิตามิน C ในน้ำผลไม้

ทฤษฎี

การไทเทรตเป็นวิธีการที่ใช้วิเคราะห์หาปริมาณหรือความเข้มข้นของสารที่สนใจ โดยอาศัยหลักการง่ายๆ เมื่อเราทราบปริมาณความสัมพันธ์ระหว่างสารตั้งต้นที่เข้าทำปฏิกิริยากัน และทราบปริมาณของสารตั้งต้นตัวใดตัวหนึ่งอย่างแน่นอน ซึ่งสารนี้เรียกว่า*สารละลายมาตรฐาน* (Standard solution) ทำให้สามารถหาปริมาณของสารตั้งต้นอีกตัวหนึ่งได้ สำหรับสารละลายมาตรฐานมักจะถูกกำหนดให้เป็น*ไทแทรนต์* (Titrant) โดยมี*จุดยุติ*ของปฏิกิริยา (end point) หรือบางเทคนิคเรียกว่า *จุดสมมูล* (equivalence point) เป็นตัวบอกว่าปฏิกิริยาของสารตั้งต้นเกิดขึ้นอย่างสมบูรณ์

ที่จุดสมมูล

จำนวนกรัมสมมูลของไทแทรนต์ = จำนวนกรัมสมมูลของสารที่ไม่ทราบปริมาณ

หรือ นอร์แมลิตีของไทแทรนต์ × ปริมาตรที่ใช้เมื่อถึงจุดยุติของไทแทรนต์

= นอร์แมลิตีของ Unknown × ปริมาตรที่ใช้ของ Unknown

สำหรับปฏิกิริยาที่ไม่เกิดสีเมื่อถึงจุดยุติ จะต้องใช้อินดิเคเตอร์เติมลงไปเพื่อให้เห็นจุดยุติชัดเจนขึ้น โดยเห็นการเปลี่ยนสีหรือการเกิดตะกอนของอินดิเคเตอร์ เทคนิคการไทเทรตนิยมใช้กับปฏิกิริยากรด-เบส และปฏิกิริยาออกซิเดชัน-รีดักชัน

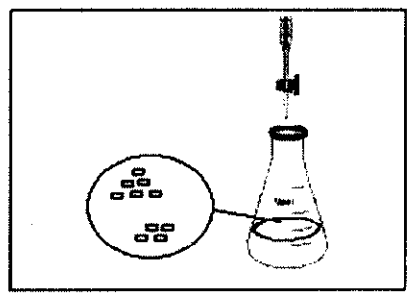
การไทเทรตที่ใช้ในปฏิกิริยาออกซิเดชัน-รีดักชันเรียกว่า *การไทเทรตออกซิเดชัน-รีดักชัน* หรือ *การไทเทรตรีดอกซ์* (Redox titration) สารที่เป็นไทแทรนต์อาจเป็นตัวรีดิวซ์หรือตัวออกซิไดส์ก็ได้ ตัวอย่างเช่น การหาเปอร์เซนต์ของไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ในสารตัวอย่าง โดยใช้สารละลายโพแทสเซียมเปอร์มังกาเนสทำปฏิกิริยารีดอกซ์ ดังสมการ

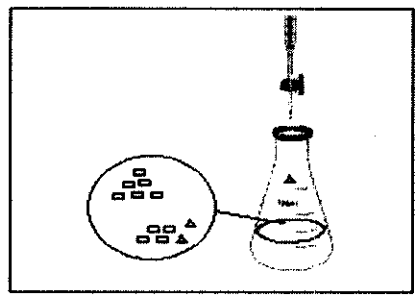
$$MnO_4^-(aq) + H_2O_2(aq) \xrightarrow{\text{acid}} Mn^{2+}(aq) + O_2(g) \quad 5.1)$$

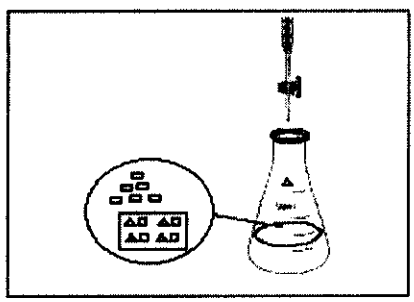
โพแทสเซียมเปอร์มังกาเนส นอกจากเป็นตัวออกซิไดส์ที่ดีแล้วยังมีสมบัติเฉพาะตัวคือสามารถเป็นอินดิเคเตอร์ได้เองด้วย Mn^{+2} เป็นสารละลายที่ไม่มีสี ขณะที่ MnO_4^- ให้สีชมพู ดังนั้นในการไทเทรต เมื่อใช้โพแทสเซียมเปอร์มังกาเนสเป็นสารไทแทรนต์ หยดลงในสารตัวอย่างที่มีไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ สารตั้งต้นทั้งสองจะทำปฏิกิริยากันเกิดเป็น Mn^{2+}(ไม่มีสี) จนกระทั่งปริมาณของไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ทำปฏิกิริยาหมดไป เหลือ MnO_4^- สีชมพูก็จะปรากฏขึ้น ดังรูปที่ 5.1

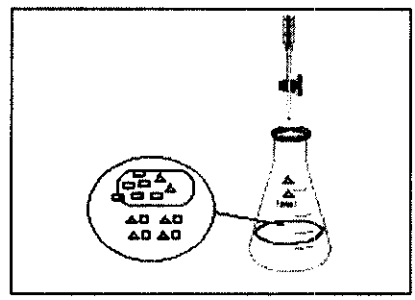
สำหรับการทดลองนี้เป็นการวิเคราะห์หาปริมาณของวิตามินซี ในน้ำผลไม้ชนิดต่างๆ ร่างกายมนุษย์ต้องการสารอาหาร 5 หมู่ คือ คาร์โบไฮเดรต โปรตีน ไขมัน วิตามิน และเกลือแร่ วิตามินเป็นสารประกอบอินทรีย์ที่ไม่ใช้เป็นแหล่งพลังงานแก่ร่างกายและร่างกายไม่สามารถสร้างขึ้นเองได้ ดังนั้นถ้าร่างกายขาดสารอาหารที่มีวิตามินซี จะมีผลทำให้เกิดโรคเลือดออกตามไรฟันได้ บางคนอาจมีอาการของผิวหนังเป็นด่าง

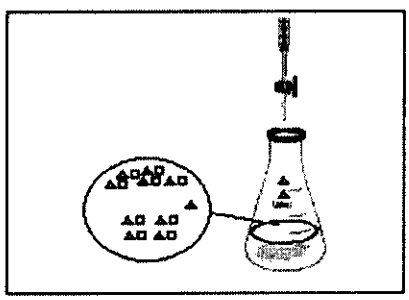
วิตามินซี มีชื่อเรียกทางเคมีว่ากรดแอสคอร์บิก (ascorbic acid) มีสูตรโมเลกุลเป็น $C_6H_8O_6$ มีโครงสร้างดังนี้

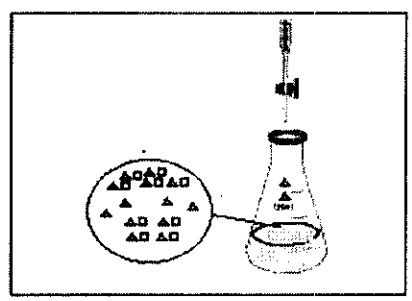

(1)


(2)


(3)


(4)


(5)


(6)

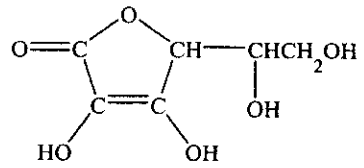
รูปที่ 5.1 (1) เมื่อเริ่มหยดสารไทแทรนต์ (Δ) ลงไป

(2) สารไทแทรนท์เริ่มทำปฏิกิริยากับไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ ▭)

(3) (4) เกิดสารผลิตภัณฑ์ Mn^{2+} (ΔΔ)

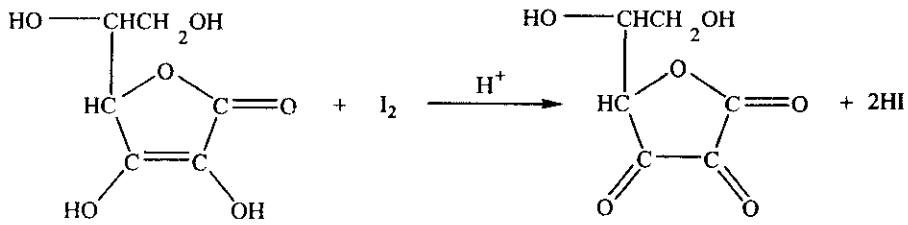
(5) ที่จุดสมมูล ไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ทำปฏิกิริยากับโพแทสเซียมเปอร์มังกาเนสหมด

(6) เกินจุดสมมูลเล็กน้อย มีโพแทสเซียมเปอร์มังกาเนสเหลืออยู่ จะปรากฏสีชมพู



Vitamin C , $C_6H_8O_6$ (ascorbic acid)

วิตามินซีพบในอาหารหลายชนิด ได้แก่ กะหล่ำปลี มะเขือเทศ ผักกาดหอม สตอเบอร์รี และผลไม้จำพวกส้ม กรดแอสคอร์บิกเป็นสารแอนตีออกซิแดนท์ (antioxidant, reducing agent) ที่สำคัญ เป็นตัวช่วยจับเหล็กในเอนไซม์ และช่วยสังเคราะห์คอลลาเจน (collagen) การสร้างคอลลาเจนผิดปกติมีผลทำให้ผิวหนังแห้งและหลอดเลือดแตกได้ ร่างกายมนุษย์ต้องการวิตามินซีอย่างน้อย 30 มิลลิกรัมต่อวันในการป้องกันโรคเลือดออกตามไรฟัน สารแอนตีออกซิแดนท์สามารถป้องกันการเกิดปฏิกิริยาออกซิเดชันของสารตั้งต้นอื่นได้ เนื่องจากเป็นตัวรีดิวซ์ที่แรงจึงสามารถให้อิเล็กตรอนแก่ตัวออกซิไดส์อื่นได้ เกิดปฏิกิริยาออกซิเดชัน ซึ่งเป็นพื้นฐานของการทดลองนี้ การเกิดปฏิกิริยากับไอโอดีนทำให้ทราบปริมาณของวิตามินซีในน้ำผลไม้ได้ ดังสมการ 5.2



5.2)

วิตามินซี (MW 176) Dehydroascorbic acid

วิตามินซีถูกออกซิไดส์ด้วยสารละลายไอโอดีน (I_2) เกิดไอโอไดส์ไอออน (I^-) เป็นสารผลิตภัณฑ์ เมื่อวิตามินซีทำปฏิกิริยาหมดไปหรือที่จุดสมมูล ไอโอดีนจะเกิดปฏิกิริยากับน้ำแป้งที่ใช้เป็นอินดิเคเตอร์เกิดเป็นสารประกอบเชิงซ้อนสีน้ำเงินเข้มของแป้ง-ไอโอดีน ดังนั้นปริมาณของวิตามินซีสามารถคำนวณได้จากสมการ

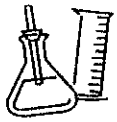
1 mL. ของ I_2 (0.01 M) = 1.76 mg ของวิตามินซี 5.3)

คำถามก่อนทำการทดลอง

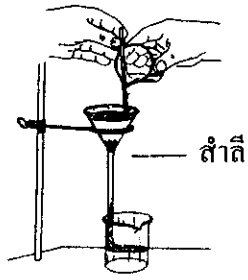
1. สาเหตุที่ทำให้เกิดโรคเลือดออกตามไรฟันคืออะไร
2. จงยกตัวอย่างอาหารที่มีวิตามินซีเป็นองค์ประกอบ
3. ปฏิกิริยาออกซิเดชัน-รีดักชันที่เกิดขึ้นระหว่างวิตามินซีกับไอโอดีน สารใดเกิดปฏิกิริยาออกซิเดชันและสารใดเกิดปฏิกิริยารีดักชัน

อุปกรณ์และสารเคมี

1. บิวเรตต์ พร้อมที่จับบิวเรตต์
2. ขาตั้งและฐาน
3. บีกเกอร์ขนาด 150 มล.
4. ปิเปตขนาด 25 หรือ 10 มล.
5. ขวดรูปกรวย
6. ขวดน้ำกลั่น
7. กรวยกรอง
8. กระดาษกรอง
9. น้ำผลไม้กระป๋อง 2 ชนิด
10. สารละลายไอโอดีนเข้มข้น 0.01 M (0.01M I_2)
11. สารละลายกรดไฮโดรคลอริกเข้มข้น 3 M (3M HCl)
12. น้ำแป้งเข้มข้น 2 %

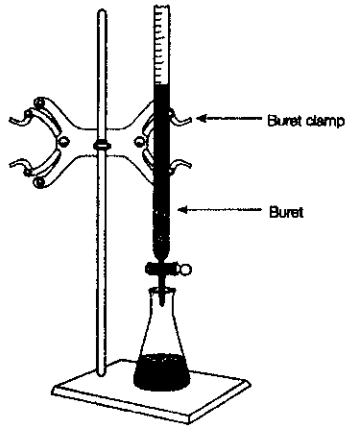


วิธีการทดลอง

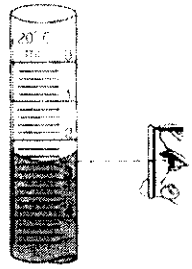


1. นำน้ำผลไม้ชนิดต่างๆ 2 ชนิด บันทึกชนิดของน้ำผลไม้ และยี่ห้อ
2. กรองน้ำผลไม้ประมาณ 60 มล. ด้วยสำลี ใส่บีกเกอร์ขนาด 150 มล. ดังรูป

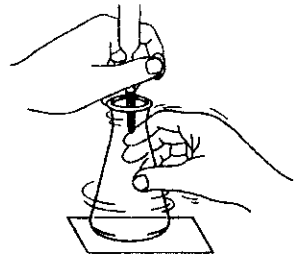
3. ปิเปตน้ำผลไม้ 10 มล. ใส่ขวดรูปกรวย เจือจางด้วยน้ำกลั่นปริมาตร 20 มล. เติม 5 หยดของ 3M สารละลายกรดไฮโดรคลอริก แล้วหยด 10 หยดของน้ำแป้ง



4. ทำความสะอาดบิวเรตต์ และรินส์ด้วยสารละลายไอโอดีน 2 ครั้ง ครั้งละประมาณ 5 มล. ตั้งอุปกรณ์สำหรับการไทเทรต ดังรูป โดยใช้สารละลายไอโอดีนเป็นสารไทแทรนต์ สังเกตอย่าให้มีฟองอากาศในบิวเรตต์
5. นำขวดรูปกรวยในข้อ 3 มาไทเทรตกับสารละลายไอโอดีน จนกระทั่งสารละลายเปลี่ยนเป็นสีน้ำเงินเข้ม บันทึกผลการทดลอง
6. ทำซ้ำกับน้ำผลไม้ชนิดเดียวกับข้อ 1 และชนิดอื่น



การอ่านบิวเรตต์



เทคนิคการไทเทรต

ผลการทดลอง

ชนิดของน้ำผลไม้ ตัวอย่างที่ 1 .....

ชนิดของน้ำผลไม้ ตัวอย่างที่ 2 .....

ความเข้มข้นของสารละลายไอโอดีน .....

	สารตัวอย่าง 1		สารตัวอย่าง 2	
	ครั้งที่ 1	ครั้งที่ 2	ครั้งที่ 1	ครั้งที่ 2
1) ขีดเริ่มต้นของบิวเรตต์				
2) ขีดสุดท้ายของบิวเรตต์				
3) ปริมาตรของไอโอดีนที่ใช้ (มล.) 2)-1)				
4) ปริมาตรเฉลี่ยของไอโอดีน (มล.)				
5) ปริมาตรของน้ำผลไม้ที่ใช้ในการไทเทรต				
6) จำนวนมิลลิกรัมของวิตามินซีใน 1 mL				
7) ความเข้มข้นของวิตามินซีในน้ำผลไม้ (mg/100mL)				

ตอบคำถาม

1. เพราะเหตุใดจึงต้องเติมกรดไฮโดรคลอริกในการไทเทรตหาปริมาณวิตามินซี
2. จงแสดงวิธีการคำนวณหาความเข้มข้นของวิตามินซี (มิลลิกรัมต่อ 100 มล.) ของสารตัวอย่างที่ 1
3. จงเขียนสมการของปฏิกิริยาออกซิเดชันและปฏิกิริยารีดักชันที่เกิดขึ้นในการไทเทรตวิตามินซีด้วยสารละลายไอโอดีน