

高中化學實驗設計一

維他命C片中抗壞血酸含量的測定

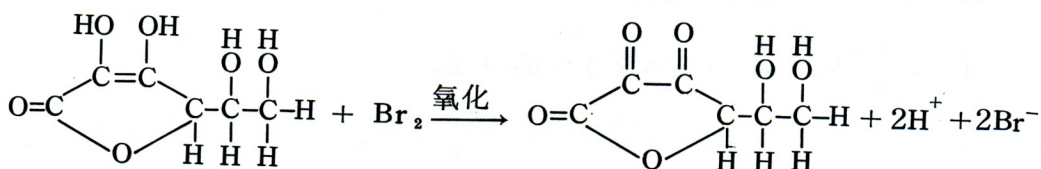
廖焜熙

國立臺灣師範大學化學系

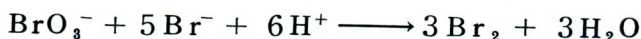
維他命C是我們所熟悉的營養品。市售的維他命C通常含有抗壞血酸(ascorbic acid)、澱粉、黏著劑等。抗壞血酸是人體不可缺少的營養素之一。新鮮蔬菜水果含有豐富的維他命C，常常攝取維他命C可增進健康，人體若缺乏這種維他命將產生壞血病等。本篇介紹三種測定抗壞血酸含量的方法。

壹、使用溴酸鉀

抗壞血酸在藥片中的含量，是根據抗壞血酸很容易被溴或碘氧化而形成去氫抗壞血酸的原理而測定。其與溴的反應式如下：



由於溴在常溫常壓下是一種揮發性大、有毒、易刺激眼睛的暗紅色液體，在分析化學，通常不直接取來作實驗。與抗壞血酸作用所需的溴可由溴酸根離子與溴離子在酸性條件下而產生。其反應式如下：

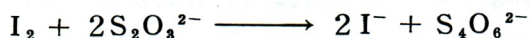


加入稍過量的溴酸根離子與抗壞血酸作用，剩餘的量可加入過量的碘離子使之與碘離子作用而生成碘，而碘的量可用標準的硫代硫酸鈉溶液來測定。如此一步步計算即可

算出維他命C片中抗壞血酸的含量。溴酸根離子與碘離子的反應式如下：



硫代硫酸根與碘的反應式如下：



由於抗壞血酸在空氣中容易被氧化，因此實驗的進行動作要迅速，一經水溶解的維他命C片要立刻以溴酸根離子來完成滴定，處理一個樣品完再處理另外一個樣品，並且盡量避免與空氣接觸，可使實驗得有較好的結果。

一、藥品與器材

1. 標準 0.004 M 溴酸鉀溶液
2. 標準 0.004 M 硫代硫酸鈉溶液
3. 硫酸 (3 M) 溶液
4. 溴化鉀固體
5. 碘化鉀固體
6. 澱粉溶液
7. 市售維他命C片
8. 小型研鉢及杵 1 套
9. 滴定裝置 (包括滴定管 2 支、滴定管夾 1 個、鐵架 1 座)
10. 錐形瓶 (250 毫升) 3 個
11. 小刮勺 1 支
12. 藥品瓶 1 個 (內徑約 1.5 公分，高 3 公分含蓋)
13. 燒杯 (500 毫升) 2 個
14. 玻棒 1 支
15. 量筒 (50 毫升) 1 支
16. 量筒 (10 毫升) 1 支
17. 量瓶 (200 毫升) 2 個
18. 滴管 1 支

二、實驗步驟

1. 配製 $0.004\text{ M} (\text{M}_{\text{BrO}_3^-})$ 溴酸鉀溶液 200 毫升，置於 500 毫升燒杯內備用。
2. 配製 $0.004\text{ M} (\text{M}_{\text{S}_2\text{O}_3^{2-}})$ 硫代硫酸鈉溶液 200 毫升，置於 500 毫升燒杯內備用。
3. 配製 3 M 硫酸溶液 30 毫升。
4. 稱量三顆維他命 C 片，精確到毫克數，放在研鉢內研磨成粉末，將粉末放於已乾燥的藥品瓶內備用。
5. 安裝滴定裝置：
 - (1) 清洗滴定管。
 - (2) 在左管，倒入溴酸鉀溶液數毫升以潤濕滴定管後旋開活栓，由滴定管口放掉潤濕液，同樣用硫代硫酸鈉溶液潤濕另一管。
 - (3) 左管藉由漏斗的幫助倒入溴酸鉀溶液，另一管倒入硫代硫酸鈉溶液。
6. 精確稱取 $0.20 \sim 0.25$ 克的維他命 C 粉末來作實驗。
7. 將樣品放入 250 毫升的錐形瓶內加入 30 毫升蒸餾水、10 毫升 3M 硫酸、0.10 克溴化鉀，搖動錐形瓶使之溶解。
8. 由左管滴加溴酸鉀溶液於錐形瓶中，使之與瓶內的溶液作用。剛開始溶液為無色，直到瓶內有微黃色出現才停止滴定（到變黃色約需消耗 30 毫升的溴酸鉀溶液），精確記錄消耗掉的溴酸鉀溶液的體積 ($V_{\text{BrO}_3^-}$)。
9. 稱取約 0.06 克的碘化鉀固體加入錐形瓶內。注意觀察加入後顏色變化。
10. 迅速以硫代硫酸鈉溶液來滴定，觀察滴定過程顏色之轉變。在接近滴定終點時，加入澱粉液數滴至呈藍色。然後繼續滴下硫代硫酸鈉溶液到藍色消失為止，精確記錄所消耗掉的硫代硫酸鈉溶液的體積 ($V_{\text{S}_2\text{O}_3^{2-}}$)。
11. 再重複步驟 6～10 二次，如此共作實驗三次，依序分別記錄。
12. 計算每片維他命 C 片中所含抗壞血酸的重量百分比。

三、結果與討論

(一) 實驗數據

1. 粉末重量：1. ____ 克 2. ____ 克 3. ____ 克
2. 溴酸鉀體積：1. ____ mL 2. ____ mL 3. ____ mL
3. 硫代硫酸鈉體積：1. ____ mL 2. ____ mL 3. ____ mL

4. 產生溴的總莫耳數 (N_T) : 1. ____ mol 2. ____ mol 3. ____ mol

$$N_T = M_{BrO_3^-} \times V_{BrO_3^-} \times 10^{-3} \times 3$$

5. 剩餘溴的莫耳數 (N_R) : 1. ____ mol 2. ____ mol 3. ____ mol

$$N_R = M_{S_2O_8^{2-}} \times V_{S_2O_8^{2-}} \times 10^{-3} \times \frac{1}{2}$$

6. 與抗壞血酸作用的溴的莫耳數等於抗壞血酸的莫耳數 (N_I) :

1. ____ mol 2. ____ mol 3. ____ mol

$$N_I = N_T - N_R$$

7. 抗壞血酸重量 (W) : 1. ____ 克 2. ____ 克 3. ____ 克

$$W = N_I \times 176.1$$

8. 每片維他命C所含抗壞血酸重量百分比 :

1. ____ % 2. ____ % 3. ____ % 平均 ____ %

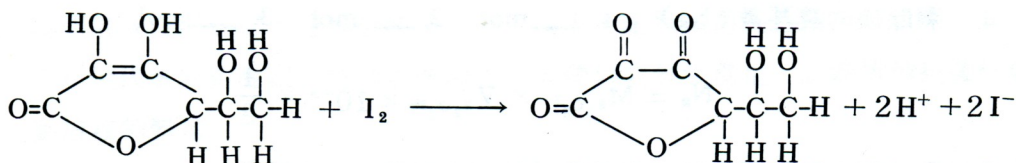
(二) 討論

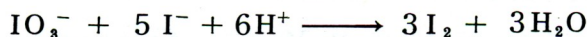
1. 滴定過程需加澱粉液當指示劑嗎？為什麼？
2. 步驟9，加入碘化鉀後，顏色變化為何？為什麼？
3. 滴定完畢錐形瓶內有無沈澱物產生？若有沈澱，此沈澱物為何？
4. 步驟8，滴定後有微黃色出現，此微黃色液是什麼？以方程式表示之。

貳、使用碘酸鉀

由於上列方法所用到的藥品較多，計算過程對於高中學生稍嫌複雜，因此另設計一實驗代替。

抗壞血酸同樣可以跟碘作用而生成去氫抗壞血酸。碘在常溫之下，不易溶於水，但加入碘離子即可增加其溶解性；碘亦可由碘酸根與碘離子在酸性情況下產生。因此上述有關反應方程式如下：





加入稍過量的碘酸根與抗壞血酸作用，剩餘的碘可用標準的硫代硫酸鈉溶液來反滴定，如此即可計算抗壞血酸的含量。

一、藥品與器材

除了用碘酸鉀的 0.004 M 標準溶液 ($\text{M}_{\text{IO}_3^-}$) 替代溴酸鉀外，其餘同前述實驗。

二、實驗步驟

1. 除了配製 0.004 M 碘酸鉀溶液 200 毫升外其餘實驗步驟與上述實驗步驟 2 ~ 6 相同。
2. 將樣品放入 250 毫升的錐形瓶內，加入 30 毫升的蒸餾水、10 毫升 3 M 硫酸及 0.16 克碘化鉀固體，攪拌使之溶解。
3. 由左管滴加碘酸鉀溶液於錐形瓶中，使之與瓶內的溶液作用。剛開始為無色，直到瓶內有褐色出現時立刻停止滴定（到滴下澱粉液時溶液會變藍色，約需 30 毫升的碘酸鉀），精確記錄消耗掉碘酸鉀體積。
4. 與前一個實驗的實驗步驟 10 ~ 12 相同。

三、結果與討論

(一) 實驗數據

1. 粉末重量：1. ____ 克 2. ____ 克 3. ____ 克 平均：____ 克
2. 碘酸鉀體積：1. ____ mL 2. ____ mL 3. ____ mL
硫代硫酸鈉體積：1. ____ mL 2. ____ mL 3. ____ mL
3. 產生碘的總莫耳數 (N_T)：1. ____ mol 2. ____ mol 3. ____ mol

$$N_T = M_{\text{IO}_3^-} \times V_{\text{IO}_3^-} \times 10^{-3} \times 3$$

4. 剩餘碘的莫耳數 (N_R)：1. ____ mol 2. ____ mol 3. ____ mol

$$N_R = M_{\text{S}_2\text{O}_3^{2-}} \times V_{\text{S}_2\text{O}_3^{2-}} \times 10^{-3} \times \frac{1}{2}$$

5. 與抗壞血酸作用之碘莫耳數等於抗壞血酸莫耳數 (N_I)：

$$1. \text{ ____ mol } 2. \text{ ____ mol } 3. \text{ ____ mol }$$

$$N_I = N_T - N_R$$

6. 抗壞血酸重量(W)：1. ____ 克 2. ____ 克 3. ____ 克

$$W = N_t \times 176.1$$

7. 每片維他命 C 粉末所含抗壞血酸重量百分比：

1. ____ % 2. ____ % 3. ____ % 平均：____ %

(二) 討論

1. 步驟 3，滴定過程中，顏色改變如何？之後以硫代硫酸鈉溶液來滴定顏色變化又如何？試以方程式表示之。
2. 計算維他命 C 片中抗壞血酸的重量百分比，並與標準值比較，誤差為多少？

參、以碘直接滴定

第三種方法是以碘直接滴定抗壞血酸。碘在常溫下為紫黑色固體，對水的溶解度甚小，造成滴定的不便，為了克服溶解度的問題，可於碘溶液中加入碘離子，形成三碘離子，如此可增加碘的溶解度。碘的濃度，可由標準的硫代硫酸鈉溶液來標定。

一、藥品與器材

1. 標準 0.025 M 碘溶液
2. 標準 0.05 M 硫代硫酸鈉溶液
3. 其他同前述實驗

二、實驗步驟

1. 配製 0.025M 碘溶液 200 毫升：稱取碘化鉀固體 6 克，加 20 毫升水溶解，再加入碘晶體 1.27 克，攪拌溶解後，加水稀釋到 200 毫升。
2. 配製 0.05M 硫代硫酸鈉溶液 200 毫升，然後同實驗壹的步驟 4 與 5。
3. 精確稱取 0.20～0.25 克的維他命 C 粉末放置於 250 毫升燒杯內，加入蒸餾水 30 毫升溶解。
4. 以碘溶液直接滴定，直到溶液呈黃褐色為止，記錄碘消耗體積。
5. 再以硫代硫酸鈉滴定，直到溶液顏色由藍轉變成無色為止，記錄所消耗硫代硫酸鈉溶液的體積。
6. 重複步驟 3～5，二次。
7. 計算維他命 C 片所含抗壞血酸的重量百分比。

三、結果與討論

(一) 實驗數據

1. 粉末重量：1. ____ 克 2. ____ 克 3. ____ 克
2. 碘溶液體積：1. ____ mL 2. ____ mL 3. ____ mL
3. 硫代硫酸鈉體積：1. ____ mL 2. ____ mL 3. ____ mL
4. 碘的總莫耳數 (N_T)：1. ____ mol 2. ____ mol 3. ____ mol
$$N_T = M_{I_2} \times V_{I_2} \times 10^{-3}$$
5. 剩餘碘莫耳數 (N_R)：1. ____ mol 2. ____ mol 3. ____ mol

$$N_R = M_{S_2O_8^{2-}} \times V_{S_2O_8^{2-}} \times 10^{-3} \times \frac{1}{2}$$

6. 與抗壞血酸作用之碘莫耳數等於抗壞血酸莫耳數 (N_I)：

1. ____ mol 2. ____ mol 3. ____ mol

$$N_I = N_T - N_R$$

7. 抗壞血酸重量 (W)：1. ____ 克 2. ____ 克 3. ____ 克

$$W = N_I \times 176.1$$

8. 每片維他命 C 粉末所含抗壞血酸重量百分比：

1. ____ % 2. ____ % 3. ____ % 平均：____ %

(二) 討論

1. 碘化鉀與碘放在一齊滴定，碘化鉀的含量是否會影響滴定結果？為什麼？
2. 本實驗碘管的滴定流速是否能太快，太快會造成什麼結果？
3. 本實驗若只知硫代硫酸鈉的濃度，而不知碘溶液的濃度，是否能作實驗？若能應如何做？若不能，簡述為什麼？

肆、結 論

抗壞血酸在維他命 C 片中含量的測定方法很多，本文所介紹的方法是利用碘滴定法來測定。利用此法可讓學生學習滴定法的基本操作，碘的自身氧化還原反應及一些分析化學的基本計算，不失為一良好的實驗。經實際操作實驗結果，第一種方法的誤差約 -14%，第二種約 -10%，第三種約 8%。因此使用第三種方法既準確又方便，可讓學生試驗。