

2025年【科學探究競賽-這樣教我就懂】

高中(職)組 成果報告表

題目名稱:

你吃進去的鈣有多少，小心吃菜否則結石!---建立EBT-EDTA方法檢測蔬菜的鈣離子濃度

一、摘要

本研究以「你吃進去的鈣有多少，小心吃菜否則結石！」為主題，旨在探討常見蔬菜中鈣離子濃度，並針對媒體報導中「吃完一盤炒菠菜導致腎結石」的說法進行驗證。研究動機源於一則新聞，提及一位男子因食用大量菠菜而導致急性腎衰竭，引發我們對蔬菜鈣含量是否過高、是否真會導致腎結石的好奇與質疑。

為了釐清此問題，我們選取三種分為「紅黃綠燈」的含鈣蔬菜，分別是紅燈蔬菜——菠菜、黃燈蔬菜——綠花椰菜與綠燈蔬菜——白花菜，透過EBT-EDTA滴定法進行鈣離子濃度測定。整體實驗過程包含：將蔬菜烘乾與研磨後，以蒸餾水萃取出菜汁，再藉由EDTA與鈣離子間的螯合作用進行滴定，並使用EBT作為金屬指示劑觀察反應終點，最終計算出各蔬菜的鈣濃度。

實驗數據顯示：

菠菜: 66.0 ppm($6.6 \times 10^{-2} \text{g}$)

綠花椰菜: 26.2 ppm($2.62 \times 10^{-2} \text{g}$)

白花菜: 21.8 ppm($2.18 \times 10^{-2} \text{g}$)

在換算為一克蔬菜中所含的鈣質量後，再推估欲形成腎結石所需的鈣含量(約0.14g)，我們發現：

必須攝取約(1*2.12)公斤菠菜、(1*5.34)公斤綠花椰菜，或(1*6.42)公斤白花菜，才有可能達到沉澱形成草酸鈣結石的條件。

然而，現實中一般人每餐只吃約100~150克蔬菜，即便每天如此攝取，也需超過80天才可能累積足夠的鈣來導致結石。若要如新聞中描述「一盤菠菜吃下去當晚就發病」，等同一餐要吃下超過27公斤菠菜，是不太合理的。

本研究不僅證實新聞內容過於誇張與缺乏科學根據，也強化了我們對科學方法與媒體識讀的能力。我們在過程中學習到理論與實務操作之間的落差，以及滴定實驗中精準度與誤差控制的重要性。最終，我們成功建立一套簡便且可應用於食品分析的鈣離子測定方法，並深化了對化學在生活中實際應用的理解。

二、探究主題與動機

先前在網路新聞上讀到有一名男子，平時清淡飲食。然而某日吃完一盤生炒菠菜後突然全身無力，求醫後診斷為急性腎衰竭，如此迅速地發病讓我們產生了對此事件的好奇心，蔬菜中的鈣含量真的多到會導致腎結石嗎？因此我們想要透過此實驗得知，並透過理論計算求得形成結石的條件。

三、探究目的與假設

目的:比較不同蔬菜中的鈣含量

目的- 選取3種不同的蔬菜，而3者皆屬於黃或紅燈蔬菜(鈣離子量顯著)

目的二 在實驗前將同重量蔬菜烘乾，搗碎，確保往後實驗的精確性

假設:

假設一 可以直接用使用冷水浸泡剛買來的蔬菜萃取出鈣離子

假設二 本研究方法可以成功鑑別不同蔬菜所含鈣離子濃度不同

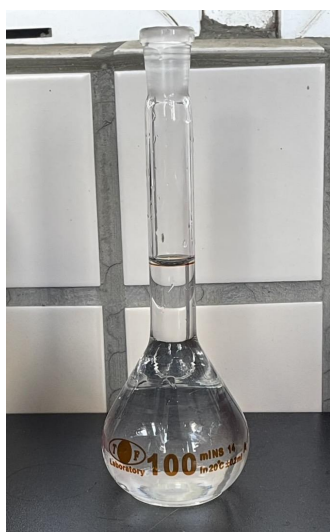
假設三 攝取蔬菜並不會造成結石

四、探究方法與驗證步驟

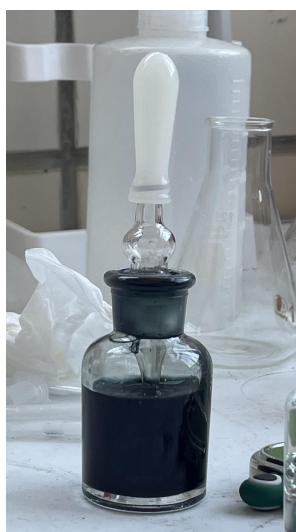
(一)實驗設備及器材

電器:烘箱、研磨機、電磁爐、電子秤

實驗器材:EDTA、EBT、定量瓶、滴定管、試管、錐形瓶、燒杯、濾紙



EDTA

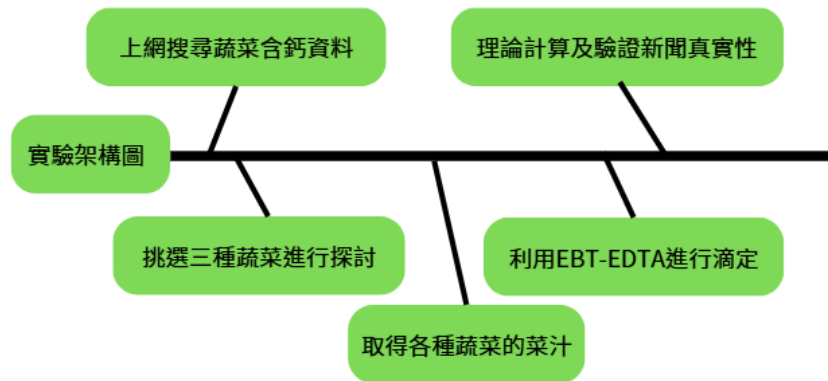


EBT



滴定管

(二)實驗架構



(三)實驗原理

EDTA指示劑 (分子量:372)

—利用EDTA的除鈣效果，來滴定測量物(蔬菜汁)，當測量物變色瞬間，測量滴定EDTA的量並透過計算求得鈣離子濃度。

EDTA的除鈣原理：螯合作用，與金屬離子(即鈣離子)形成穩定的可溶性配合物，防止金屬離子參與其他化學反應或沉澱。

EBT(又稱鉻黑-T) —金屬指示劑，主要用於滴定分析，尤其是水的硬度測定。

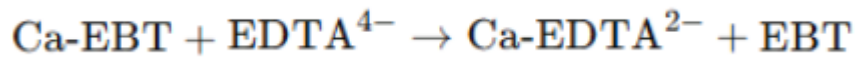
EDTA的調配：0.01M

取EDTA0.372g後，加至含100毫升蒸餾水定量瓶中，並搖晃使其完全溶解，得到0.01M的溶液。

EBT的調配：

取氨水20 ml，再將酸鹼檢測儀查看當前pH值。接著利用氨水的共軛酸NH₄Cl調配值到pH值為10為止，總共加入10 g。之後加入少許鉻，使溶液呈黑色。最後將此試劑加入到蒸餾水中，若呈現藍色，即調配成功。

EBT-EDTA與鈣的滴定反應：

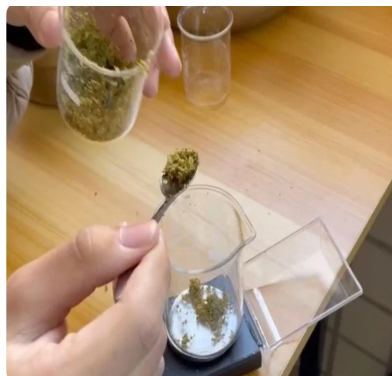


(四)實驗步驟---準備樣品

- 1.將蔬菜放入烘箱約3~6小時 / 2.用研磨機將蔬菜磨成較小塊狀



- 3.測量蔬菜重量(1公克)並將磨碎的菜放入裝有50mL的試管中
- 4.將樣品隔水加熱至鍋中直到水沸騰, 並記錄時間



- 6.將菜液冷卻至常溫並過濾菜渣 / 7.利用EBT-EDTA滴定

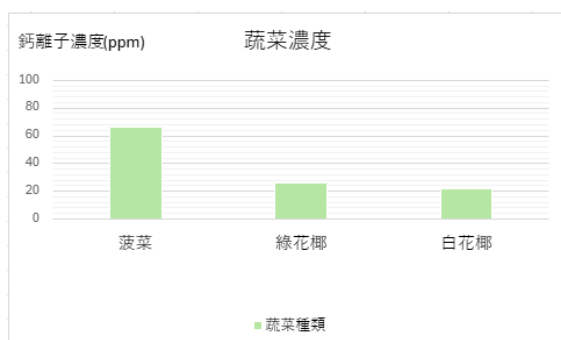


(五)實驗結果

1. 滴定完後得各蔬菜三次所使用的EDTA體積

次數/EDTA體積(mL)	菠菜	花椰菜	白花菜
第一次檢測	7.3	3.4	2.7
第二次檢測	7.8	3.6	2
第三次檢測	7.8	3	3.5

2. 利用 $C(\text{ppm}) = C(\text{M}) \times \text{原子量} \times 1000$ 公式算出濃度先分別計算出後，將得到數據取平均。



菠菜:66.0ppm

綠花椰菜:26.2ppm

白花菜:21.8ppm

之後再將ppm轉為公克(g)得到:菠菜 $6.60 \times 10^{-2} \text{ g}$ / 綠花椰菜 $2.62 \times 10^{-2} \text{ g}$ / 白花菜 $2.18 \times 10^{-2} \text{ g}$

由此柱狀圖可看出菠菜的鈣濃度遠高於綠花椰菜及白花菜，而綠花椰菜的鈣濃度則略高於白花菜。透過新聞所分紅黃綠燈蔬菜，與實驗結果相符。

草酸含量「紅綠燈」一次看

●綠燈區—每100克食物，草酸含量小於2毫克：白飯、白麵條、義大利麵、菱角等全穀雜糧類；白花菜、包心菜、洋蔥、洋菇等蔬菜；蘋果、木瓜、荔枝、櫻桃、香蕉、李子、桃子、瓜類、綠葡萄、百香果、芒果等水果；海鮮類、蛋、乳酪、魚貝類、牛羊豬肉、家禽等豆魚肉蛋類；酪梨、各種植物油等油脂及堅果種子類；白開水、去皮檸檬水、紅/白酒等飲品；糖、醋、肉桂、羅勒、白胡椒等調味料。

●黃燈區—每100克食物，草酸含量2-10毫克：玉米、糙米、麥片、玉米片等全穀雜糧類；蘆筍、蘑菇、萵苣、番茄、紅/白蘿蔔、綠花椰、白/黃甜玉米、罐頭綠碗豆等蔬菜類；黑棗、橘子、鳳梨、蘋果、水蜜桃、紫/乾梅等水果類；沙丁魚等豆魚肉蛋類；亞麻籽、葵花籽等油脂及堅果種子類，以及咖啡、薑、麥芽。

●紅燈區—每100克食物，草酸含量大於10毫克：蕎麥、芋頭、南瓜、玉米粉、小麥胚芽、馬鈴薯、全麥麵粉等全穀雜糧類；芹菜、西洋芹、菠菜、韭菜、秋葵、茄子、青椒、莧菜、芥菜、蕃薯等蔬菜；黑莓、藍莓、草莓、覆盆子、無籽紅葡萄乾、紫葡萄、醋栗、檸檬等水果；豆漿、豆腐等豆魚肉蛋類；花生、杏仁、腰果、開心果、榛果、巧克力等油脂及堅果種子類；生啤酒、茶、可樂等飲料，以及黑胡椒、辣椒、醬油等調味料。

$$\begin{aligned} S^2 &= [Ca^{2+}][C_2O_4^{2-}] = [Ca^{2+}]^2 \\ \text{當 } S \approx K_{sp} &= 1.78 \times 10^{-9} \text{ 時} \\ CaC_2O_4 &\rightleftharpoons Ca^{2+} + C_2O_4^{2-} \text{ 反應向左} \\ CaC_2O_4(s) &\text{ 沉澱, 之後可能導致結石} \\ S &\approx 1.78 \times 10^{-9}, [Ca^{2+}] \approx 4.2 \times 10^{-5} \\ [Ca^{2+}] &\text{ 以 } 169 \text{ 升取 } 2 \text{ 升為前提} \\ \frac{4.2 \times 10^{-5} \times 169}{C_M \cdot V \cdot M} &= \frac{40}{W} \end{aligned}$$

3. 進行理論計算:

假設人每天吃1公斤蔬菜、身體含水量169公升、每日排尿量2公升、攝入的鈣足以與草酸根離子反應形成草酸鈣。

解說:要讓草酸鈣沉澱形成結石必須讓離子積(Q)大於草酸鈣 K_{sp} 。當 $[Ca^{2+}] > 4.2 \times 10^{-5}$ 時反應向左，且 K_{sp} 極小的緣故可以忽視向右反應的量。反應平衡後，利用實驗數據可以得知一次沉澱所需要鈣的重量，透過莫耳體積、體積、原子量(40)乘積得出。形成沉澱的最低鈣質量: $1.4 \times 10^{-1} \text{ g}$

(六)實驗討論

假設一 可以直接用使用冷水浸泡剛買來的蔬菜萃取出鈣離子

假設不成立。要先烘乾再泡熱水，因為蔬菜的鈣離子會在卡細胞壁中，增加實驗的不確定因素。

假設二 本研究方法可以成功鑑別不同蔬菜所含鈣離子濃度不同

假設成立。因為透過實驗得知：在鈣離子指標中分別為紅，黃，綠的蔬菜皆符合其定位如上左圖

假設三 攝取蔬菜並不會造成結石

假設成立。透過先前理論計算，如右上圖，可得形成結石最低鈣質量為0.14g，而實驗所得三種蔬菜含鈣質量皆未達到條件。

一、設定其他條件(會導致結石)

以理論形成結石最低質量/蔬菜中含鈣質量之公式，推知吃蔬菜能導致沉澱的最低條件：

一般來說，腎結石的直徑為0.24 cm，而草酸鈣為常見成因。因此利用體積公式及密度可得知重量為0.14 g。而導致沉澱最低的量分別為菠菜(66.0ppm):約2.12 kg、綠花椰菜(26.2ppm):約5.34 kg、白花菜(21.8ppm):約6.42 kg

五、結論

透過理論計算所算出最低導致結石的鈣質量0.14 g，比對三種蔬菜一公斤所含鈣質量，皆不會直接導致結石產生，而新聞提及「吃一盤炒菠菜」(約100~150公克)，含鈣量更不可能導致結石，故我們認為新聞提供錯誤資訊，或是沒有參照其他可能導致結石的原因。

經由此次實驗後，我們意識到理論與實作的落差，課本上所教的測量方法看似簡單明確，但在實際操作時，卻因為一些看似微小的疏忽，導致實驗出現誤差，甚至需要重新測量。所以在實驗過程中須謹慎每個步驟的進行。以本次實驗為例，我們進行了兩次操作。第一次因在滴定白花菜時操作失誤，導致數據出現極值，結果無法採用。在重新檢討與調整後，我們更加重視操作的準確性與細節的把關，最終順利完成實驗，並且運用高二所學的離子積計算方式，成功達成本次實驗的目標。

六、參考資料

[實驗五水溶液中鈣離子的定量](#)

[吃一大盤炒菠菜，竟終身洗腎！腎臟病「飲食5原則」避開這色蔬果](#)

[飲自製蔬菜汁變腸胃出血男子排血便靠洗腎保命醫生揭一種菜出事3類人忌食](#)

[這蔬菜超毒！研究：大增3成結石機率「害洗腎一輩子」](#)

[背痛、頻尿恐是腎結石徵兆！一圖了解腎結石有哪些症狀](#)

[這蔬菜超毒！研究：大增3成結石機率「害洗腎一輩子」](#)