

# 2024 年【科學探究競賽-這樣教我就懂】

## 國中組 成果報告表單

### 題目名稱：「鈣」率思考—食品中的鈣含量檢測

#### 一、摘要

本研究的主要目的是測量與檢測礦泉水和牛奶中所含的鈣含量，藉以探究不同品牌的牛奶，其鈣離子含量的真實性和營養訊息。我們以乙二胺四乙酸(Ethylenediaminetetraacetic acid，簡稱 EDTA)之鈉鹽溶液滴定不同的水溶液，EDTA 是一種有機化合物，它是一個六牙配位基，可以螯合多種金屬離子，當鈣離子和鎂離子都被螯合，溶液的顏色由酒紅色轉為藍色，即為滴定終點，此方法可適用於飲用水、地面水、礦泉水、牛奶等待測液鈣離子濃度的檢測，幫助我們判定生活中各種水質的硬度大小。

在生活應用的方面，我們從理化課堂「酸鹼的濃度」中學習到滴定的技巧，以已知濃度的酸或鹼滴定未知濃度的鹼或酸，並利用酚酞指示劑判斷滴定終點。透過本次研究使我們更加熟悉滴定的應用及指示劑的顏色變化。另一方面，我們了解到飲用水和牛奶中的鈣含量對於維持骨骼健康至關重要，人們可以透過飲用牛奶，選擇適合自己的口味和健康需求的品牌，並確保每天攝取足夠的鈣含量。

#### 二、探究題目與動機

日常生活中，我們常聽到牛奶是一種豐富的鈣來源，且有助於維持人體骨骼健康和強壯，因為它富含「鈣」的成分，而鈣是骨骼的主要組成成分，適量的攝取牛奶可以預防骨質疏鬆症和骨折，有助於維持骨骼的健康狀態。但實際上我們是否真的了解不同品牌的牛奶中究竟含有多少鈣？平日喝的飲用水中是否也含有鈣的成分？對於不同品牌的牛奶中究竟含有多少鈣，以及平日飲用水是否含有鈣成分，我們並不清楚且抱有許多好奇心。因此，為了解平日所攝取牛奶和水中的鈣含量，我們進行了本次實驗，並搜尋資料，找尋合適的方法來檢測溶液中的鈣離子含量。

#### 三、探究目的與假設

牛奶是人們生活中常見的飲品之一，牛奶在大眾的認知當中是含有非常多「鈣」的產品，更將讓我們好奇「牛奶中是否真的含有鈣？平日喝的飲用水中是否也含有鈣的成分？那鈣究竟含有多少呢？」為了瞭解其原因，我便開始探索不同品牌的牛奶中鈣的含量，並將其與不同品牌的水進行比較。藉由 EDTA 滴定法，我們將對牛奶和飲用水樣本進行鈣含量測定，以獲得準確的數據。而透過檢測不同品牌的牛奶和飲用水中的鈣含量，我們不僅可以評估不同品牌的品質，還可以提供更準確的營養訊息，有助於我們了解待測液中的鈣含量。

以下是為本次研究目的提供的假設：

- 1.不同品牌的飲用水和牛奶中的鈣含量可能具有顯著差異。
- 2.不同品牌的飲用水和牛奶中的鈣含量可能受到原料來源、生產流程和添加物等因素的影響，例如牛奶含有不同的鈣含量，可能取決於牛奶的加工過程和來源。至於飲用水中的鈣

含量，則應取決於水源地的地質狀況和處理方式。

3.不同品牌的飲用水中也可能存在微量的鈣成分，但或許含量普遍較低，因為水通常不是主要的鈣來源。

#### 四、探究方法與驗證步驟

##### (一)實驗架構心智圖

為了有系統的設計本研究的實驗過程，我們繪製如圖一所示的心智圖，幫助我們有邏輯的找出實驗的操縱變因、控制變因和應變變因，實驗流程圖如圖二所示，有期望藉由完整的實驗操作了解到自然界各種不同種溶液的硬度大小。



圖一 實驗架構心智圖



圖二 實驗流程圖

##### (二)實驗藥品與器材

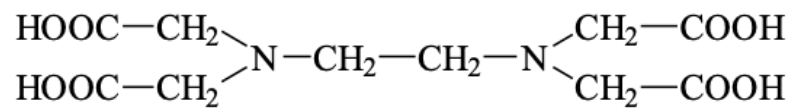
1.實驗藥品：乙二胺四乙酸(EDTA)、Eriochrome BlackT 指示劑(EBT)、氯化鎂、碳酸鈣、濃氨水、鹽酸、氯化銨、蒸餾水

2.實驗器材：

量筒 10mL	玻璃棒	電子秤	秤量紙	稱藥勺	滴管
容量瓶 250mL	錐形瓶	燒杯 250mL	漏斗	滴定管	鐵架

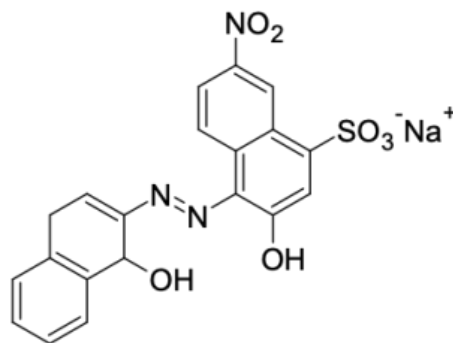
3.待測溶液：不同品牌飲用水、牛奶

EDTA 是廣泛使用的金屬鉗合試劑 (chelating agent, 或稱為螯合試劑), 其結構如圖三所示。結構式中的兩個氮原子和四個解離後的羧基能提供孤電子對與多種金屬離子形成穩定的錯合物, 因為可運於水中鈣離子濃度的測試。



圖三 EDTA 結構式

滴定鈣離子時最常用的指示劑為 Eriochrome Black T, 簡稱為 EBT 指示劑, 結構式如圖四所示, 在鹼性環境(pH 10)中會呈現藍色, 與鈣離子結合後則轉變為紅色, 操作上有時會添加少量鎂離子作為輔助。



圖四 Eriochrome Black T 結構式

### (三)實驗一：製作標準液與鈣離子檢量線

#### 實驗目的

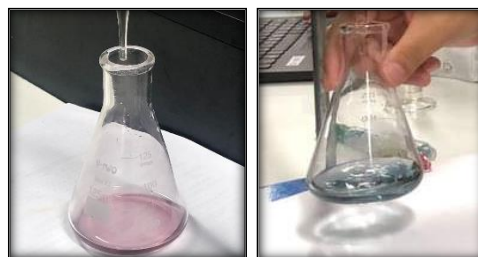
為了了解礦泉水及牛奶中的鈣含量。首先, 我們將配製一系列標準液, 接著, 利用 EDTA 滴定法建立檢量線作為基準, 以利後續測量礦泉水和牛奶中鈣的含量。

#### 實驗藥品

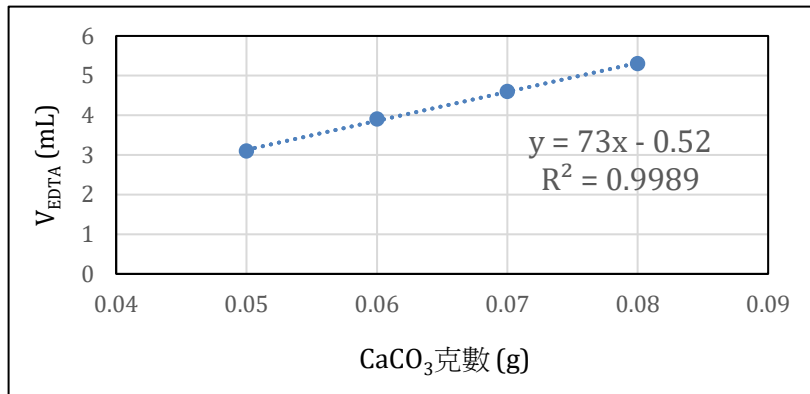
EDTA、緩衝溶液、EBT 指示劑、6M 鹽酸、碳酸鈣。

#### 實驗結果

標準檢量線在科學研究上有助於評估操縱變因對整體實驗的影響, 也有助於辨別實驗過程中的異常值, 為了了解生活中各式水體的硬度大小, 因此製做鈣離子檢量線, 以利後續的研究分析, 其滴定前、後指示劑顏色變化如圖五所示, 鈣含量檢量線如圖六所示, 相關係數  $R^2=0.9989$ 。



圖五 標準液滴定前(左圖)與滴定後(右圖)顏色變化



圖六 鈣含量檢量線

#### (四)實驗二：市售礦泉水的鈣含量滴定

##### 實驗目的

考量到週遭生活應用性的問題，我們選擇與生活息息相關的學校內飲用水和不同品牌的礦泉水去測量其中鈣含量。透過 EDTA 滴定法及檢量線做計算，探討並比較其中鈣含量的差異。

##### 實驗藥品及待測液

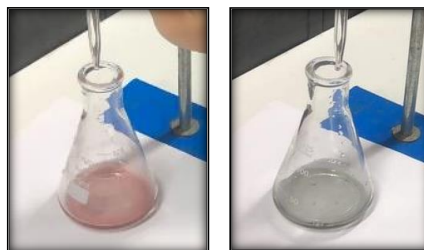
EDTA、緩衝溶液、EBT 指示劑、氯化氫、不同品牌礦泉水及校內飲水機飲用水，如表一所示

表一 不同品牌礦泉水及校內飲水機飲用水

圖示						
品牌	校內飲水機	悅氏礦泉水	純水	竹炭水	多喝水	UNI Water

##### 實驗結果

各種不同的待測液在 EDTA 滴定的過程中，指示劑的顏色變化皆相似，因此列舉校內飲用水(飲水機品牌：力霸牌)的滴定顏色變化，結果如圖七所示。



圖七 校內飲用水滴定前(左圖)與滴定後(右圖)顏色變化

我們將校內飲用水、悅氏礦泉水、純水、竹炭水、UNI water 分別以 EDTA 進行多次滴

定，所得的鈣含量換算成 ppm，結果如表二所示。實驗結果顯示校內飲水機、悅氏礦泉水、多喝水礦泉水可測定到相當含量的鈣離子，而純水系列的飲用水則鈣含量明顯較低。

表二 不同待測液的滴定結果

待測液	EDTA 滴定量(mL)				鈣含量(ppm)	
	第一次	第二次	第三次	平均值	標籤值	實驗值
校內飲水機	0.52	0.40	0.31	0.41	--	12.7
悅氏礦泉水	0.45	0.40	0.40	0.42	> 0.96	12.9
多喝水礦泉水	0.60	0.65	0.70	0.65	3.0~40.2	16.0
純水	0.10	0.10	0.10	0.10	--	8.5
竹炭水	0.10	0.11	0.10	0.10	--	8.5
UNI Water	0.10	0.10	0.12	0.11	--	8.6

### (五)實驗三：牛奶中的鈣含量測定

#### 實驗目的

為了了解成長過程中對學生而言相對重要的飲品——牛奶中的鈣含量，我們使用了不同品牌的牛奶進行實驗。考量到不同公司所生產出的牛奶品質、營養訊息和行銷真實性，因此，選擇知名度較高的牛奶品牌來測量，探討並比較其中鈣含量的差異。

#### 實驗藥品及待測液

EDTA、緩衝溶液、EBT 指示劑、6M 氯化氫、不同品牌牛奶，如表三所示。

表三 不同品牌的牛奶

圖示						
品牌	光泉鮮乳		Dr. Milker		林鳳營鮮乳	

#### 實驗結果

我們將不同品牌的牛奶光泉鮮乳、Dr. Milker、林鳳營鮮乳，分別以 EDTA 進行多次滴定，所得的鈣含量換算成 mg/100 mL，結果如表三所示。實驗結果顯示牛奶能測出明顯的鈣含量，光泉鮮乳和 Dr. Milker 的鈣含量差不多，大於林鳳營鮮乳。而測量值與實際值的差異，我們相信廠商標籤的真實性，因此，推測有可能是實驗操作技巧的誤差，或是在讀取讀數的時候因為人為判定數值的差異而造成誤差來源。

表三 不同品牌的牛奶滴定結果

待測液	EDTA 滴定量(mL)				鈣含量(mg/100 mL)	
	第一次	第二次	第三次	平均值	標籤值	實驗值
光泉鮮乳	2.37	2.30	2.40	2.36	100	79
Dr. Milker	2.20	2.40	2.30	2.30	110	77
林鳳營鮮乳	1.95	1.95	2.15	1.98	100	69

## 五、結論與生活應用

1. 透過測量不同品牌的飲用水和牛奶的鈣含量進行檢測實驗，我們發現了一些有趣的結果。我們發現礦泉水中確實含有鈣，但含量非常少，與營養標示基本一致，在牛奶方面，儘管不同品牌的牛奶鈣含量可能會有些微的差異，且與營養標示有些許不同，但在實驗過程中仍可明顯測定出相當含量的鈣。

編號	實驗目的	實驗結果
實驗一	利用 $\text{CaCO}_3$ 配製成標準液進行滴定，將數據結果帶入 Excel 計算，製做成鈣離子檢量線	鈣離子檢量線： $y = 73x - 0.52$ ， $R^2=0.9989$
實驗二	測量不同來源的飲用水，其鈣含量是否符合標籤上的量	本身含微量鈣，測量出來的鈣也微量
實驗三	測量不同品牌的牛奶，其鈣含量是否符合營養標示上的量	光泉：79 (實際 100 mg/100 mL) Dr. Milker：77 (實際 110 mg/100 mL) 林鳳營：69 (實際 100 mg/100 mL)

2. 在生活應用的方面，我們從理化課堂「酸鹼的濃度」中學習到滴定的技巧，以已知濃度的酸或鹼滴定未知濃度的鹼或酸，並利用酚酞指示劑判斷滴定終點。透過本次研究使我們更加熟悉滴定的應用及指示劑的顏色變化。另一方面，我們了解到飲用水和牛奶中的鈣含量對於維持骨骼健康至關重要，人們可以透過飲用牛奶，選擇適合自己的口味和健康需求的品牌，並確保每天攝取足夠的鈣含量。

## 參考資料

中正大學-EDTA 滴定法 取自:

[https://www.chem.ccu.edu.tw/~genchem/02\\_course/principle/109\\_2/sup1.pdf](https://www.chem.ccu.edu.tw/~genchem/02_course/principle/109_2/sup1.pdf)

東海大學-檢測水的硬度 取自：<http://qclab.thu.edu.tw/gen-chem/pdf-gc/Exp13.pdf>

水的硬度及牛奶中概的定量-緩衝溶液 取自:

<https://www.yumpu.com/en/document/read/53896168/->