

# 2025 年【全國科學探究競賽-這樣教我就懂】

## 高中（職）組 成果報告表

題目：五星級 A5 和牛奶鈣

### 一、摘要

本實驗旨在分析不同品牌的鮮乳、保久乳及乳製品中的鈣離子濃度與醣類成分，以探討各品牌乳製品的營養差異。

第一個實驗我們透過螯合滴定法比較三種品牌鮮乳的鈣離子濃度，比較三種品牌鮮乳的鈣離子濃度。牛奶中有許多鈣離子，所以家長們會推從青少年們喝牛奶來獲得鈣離子長高，而我們想透過 EBT 指示劑來比較各品牌鮮奶的鈣離子濃度，來知道喝哪個品牌的鮮奶獲取鈣離子的效率最高。而螯合滴定的原理如下，當銻黑 T 與鈣、鎂或其他金屬離子形成錯合物時，溶液顏色會從藍色變為紅色。我們透過觀察溶液的顏色變化，並計算滴定所需的 EDTA 體積來準確測定鈣離子濃度。

而在第二個實驗中，我們同樣使用 EBT 某品牌各種乳製品的鈣離子濃度，因為我們從新聞上得知保久乳和鮮乳的差別在於加熱方式的不同，而銻黑 T 在其去質子化的形式中，銻黑 T 是藍色的。當它與鈣、鎂或其他金屬離子形成錯合物時會變成紅色。因此只需看被 EBT 指示劑滴過的牛奶顏色大概知道鈣離子量，以及配合計算滴定 EDTA 的量，就能算出精確的值，進一步探討加工過程對鈣含量的影響。

使用本氏液比較某品牌乳製品的糖種類，並利用透光度測定其濃度。本氏液能與乳製品中的糖類發生反應，而不同種類的本氏液對不同糖類的反應性也有所不同。我們選擇了兩種較常見的本氏液，分析哪一種較容易與乳糖發生反應，並比較了鮮乳、保久乳及其他乳製品的糖類成分。

最後，我們使用本氏液來檢測並比較某品牌乳製品中的糖類種類與濃度。本氏液可與乳製品中的還原糖發生氧化還原反應，產生顏色變化，而不同糖類與本氏液的反應程度不同，因此我們選擇了兩種較常見的本氏液進行測試，以分析哪一種較容易與乳糖發生反應。我們透過測定反應後溶液的透光度，進一步比較鮮乳、保久乳及其他乳製品中的糖類成分與濃度，探討乳製品在糖類營養上的差異。

本實驗透過滴定法與光度分析，評估乳製品中的鈣離子與糖類含量，期望能為消費者在選擇乳製品時提供有價值的參考資訊。

### 二、探究題目與動機

三年級上學期自主學習課時，了解了 EBT（銻黑 T）的使用方法，進而探討如何測得葉綠素中的鎂離子，但最後因為各項數據判斷有誤，導致最後失敗的成果。這讓高三下的我們深刻的檢討，於是決定再做一遍銻黑 T 的實驗，但實驗題目改為測市售乳製品的鈣離子濃度，以及使用本氏液測某品牌的各項牛奶的糖濃度。

### 三、實驗原理

(一) 螯合滴定：銻黑 T 用作 EDTA 滴定中的指示劑，當添加足夠的 EDTA 時會達到特徵性的藍色終點，並且與指示劑結合的金屬離子被 EDTA 螯合，留下游離的指示劑分子。在滴定 EDTA 前含有鈣、鎂離子並加入 EBT 的溶液會是紅色的。

(二) 乳糖檢測：蘋果酸本氏液的原理主要是由本氏液中的  $\text{Cu}^{2+}$  與乳糖的  $\text{OH}^-$  還原成銅，進而發生顏色變化。陽性結果，含有本氏液可反應之醣類，顏色會由藍色變成綠、橙、紅，並變混濁

### 四、探究目的與假設

目的: 比較各品牌的鮮乳鈣離子含量

討論一：探討不同品牌鮮乳中所含鈣離子濃度(以螯合滴定法)

討論二：探討相同品牌乳製品(保久乳、蛋白粉)中所含鈣離子濃度(以螯合滴定法)

討論三：探討蛋白粉中鈣含量是否高於其餘乳飲品

討論四：探討不同品牌乳製品中所含乳糖多寡

假設一：若乳製品加工越少，其鈣離子含量越多

假設二：同品牌的鮮乳的含鈣量會比其餘保久乳多

假設三：相較於其他乳製品，蛋白粉的鈣含量較低

假設四：若乳糖越多，使用本氏液檢測其透光度最差

## 五、探究方法與實驗步驟

### 實驗一、探討不同品牌鮮乳中所含鈣離子濃度(以螯合滴定法)

#### 步驟一、製作EBT、EDTA

(一) 配置0.01M EDTA水溶液(滴定待測溶液)，取0.372 g 的EDTA粉末加入100 mL的蒸餾水中形成濃度為0.1M

(二) 製作EBT：

- 1.取適量的氨水及氨水共軛鹼（氯化銨）
- 2.使用酸鹼指示劑將溶液配成pH10的緩衝溶液



#### 步驟二、製備待測乳製品

(一)將三種不同廠牌的鮮奶(瑞穗鮮乳、好事多鮮乳、光泉鮮乳)各吸取0.1mL並加入蒸餾水2 mL稀釋使牛奶的顏色不會影響EBT的變色

(二) 滴入EBT指示劑，使待測溶液呈現粉紅色。



#### 步驟三、進行螯合滴定

(一) 將EDTA水溶液置於滴定管，待測溶液倒入錐形瓶

(二) 滴定至藍色，即達滴定終點。

### 實驗二、探討相同品牌乳製品(保久乳、蛋白粉)中所含鈣離子濃度(以螯合滴定法)

#### 步驟一、製備待測乳製品

(一)將三種不同的保久乳(光泉維生素保久乳、光泉高鈣保久乳、光泉保久乳)及鮮乳各吸取0.1 mL並加入蒸餾水2 mL稀釋使牛奶的顏色不會影響EBT的變色

(二) 滴入EBT指示劑，使待測溶液呈現粉紅色。

## 步驟二、進行螯合滴定

- (一) 將EDTA水溶液置於滴定管，待測溶液倒入錐形瓶
- (二) 滴定至藍色，即達滴定終點。

## 實驗三、探討蛋白粉中鈣含量是否高於其餘乳飲品

### 步驟一、製備待測蛋白粉飲

- (一) 將取蛋白粉25 g 250 mL (為該產品蛋白粉飲比例)
- (二) 吸取0.1 mL並加入蒸餾水2 mL稀釋使牛奶的顏色不會影響EBT的變色
- (三) 滴入EBT指示劑，使待測溶液呈現粉紅色

### 步驟二、進行螯合滴定

- (一) 將EDTA水溶液置於滴定管，待測溶液倒入錐形瓶
- (二) 滴定至藍色，即達滴定終點。

## 實驗四、探討不同品牌乳製品中所含乳糖多寡

### 步驟一、調配本氏液

- (一) 加入50g水、0.5g硫酸銅、氫氧化鉀以及蘋果酸，調配至pH10。

### 步驟二、本氏液變色

- (一) 將本氏液加入乳製品中
- (二) 隔水加熱，等待至混合溶液變色

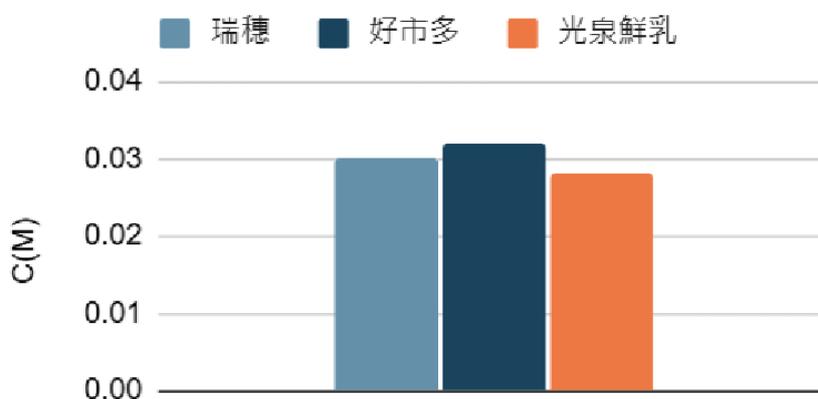
### 步驟三、離心本氏液牛奶混和液體

- (一) 將混合溶液加入離心管中離心。
- (二) 將沉澱物以外的液體吸光，加入2mL的水。(共 4 mL)
- (三) 混合完成後把離心管中溶液倒入分光管，並用分光光度計測得透光度。

## 六、實驗結果及數據分析

### 實驗一、探討不同品牌鮮乳中所含鈣離子濃度(以螯合滴定法)

不同品牌鮮乳鈣離子含量比較柱狀圖



【圖一】各品牌鮮乳中鈣離子含量比較圖

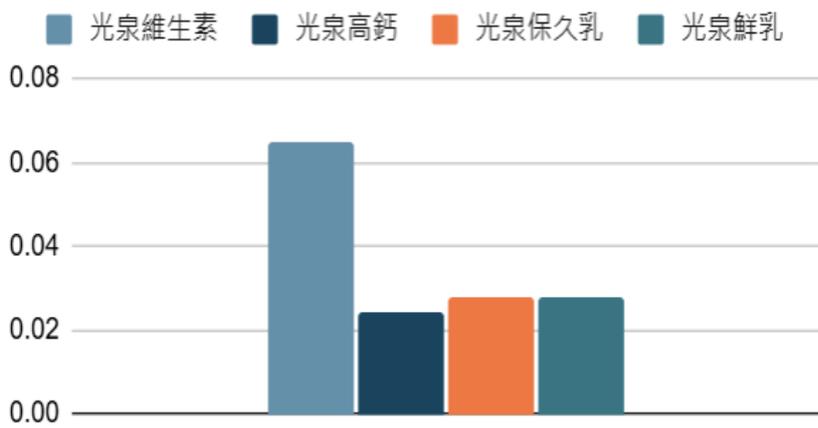
【表一】各品牌鮮乳中鈣離子含量比較數據表

滴定鮮乳檢測鈣含量			
	瑞穗	好市多	光泉鮮乳
C(M)	0.03	0.032	0.028

從【圖一】、【表一】可以看到，三種鮮乳中，鈣離子含量從大到小排序如下：  
「好事多 > 瑞穗 > 光泉鮮乳」

實驗二、探討相同品牌乳製品(保久乳、鮮乳)中所含鈣離子濃度(以螯合滴定法)

同品牌不同乳製品所含鈣離子比較柱狀圖



【圖二】光泉牌乳製品中鈣離子含量比較圖

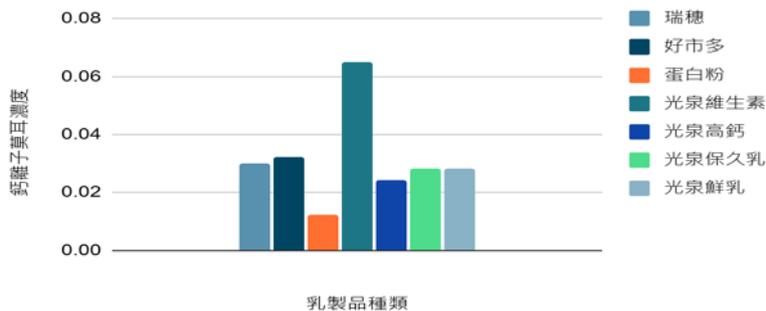
【表二】光泉牌乳製品中鈣離子含量比較數據表

滴定乳製品檢測鈣含量				
	光泉維生素	光泉高鈣	光泉保久乳	光泉鮮乳
C(M)	0.065	0.024	0.028	0.028

從【圖二】、【表二】可以看到，4種乳製品中，鈣離子含量從大到小排序如下：  
「光泉維生素 > 光泉鮮乳=光泉保久乳 > 光泉高鈣」

實驗三、探討蛋白粉中鈣含量是否高於其餘乳飲品

滴定乳製品檢測鈣含量



### 【圖三】各乳製品中鈣離子含量比較圖

### 【表三】各乳製品中鈣離子含量比較數據表

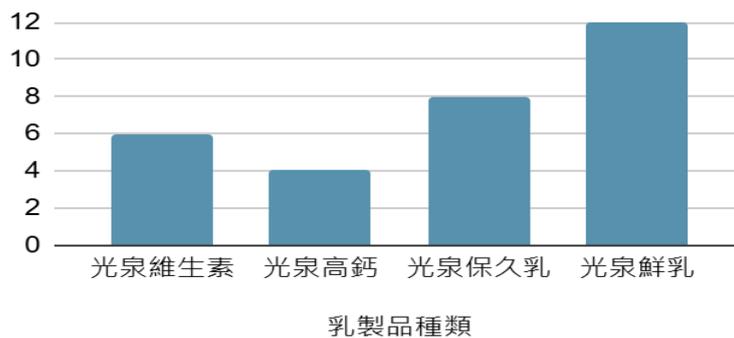
滴定乳製品檢測鈣含量 (五組數據平均)

	瑞穗	好事多	蛋白粉	光泉維生素	光泉高鈣	光泉保久乳	光泉鮮乳
C(M)	0.03	0.032	0.012	0.065	0.024	0.028	0.028

從【圖三】、【表三】可以看到，4種乳製品中，鈣離子含量從大到小排序如下：  
「光泉維生素 > 好事多 > 瑞穗 > 光泉鮮乳 = 光泉保久乳 > 光泉高鈣 > 蛋白粉」

### 實驗四、探討不同品牌乳製品中所含乳糖多寡

光泉品牌各乳製品之比較柱狀圖



### 【圖四】光泉牌乳製品中鈣離子含量比較圖

### 【表四】光泉牌乳製品中鈣離子含量比較數據表

透光度(%)	光泉維生素	光泉高鈣	光泉保久乳	光泉鮮乳
	6	4	8	12

從【圖四】、【表四】可以看到，4種乳製品中，透光度為光泉鮮乳最多，光泉高鈣牛奶最少。

### 七、結論

#### 結論一

從實驗一的數據分析來看，瑞穗鮮乳和好事多鮮乳還有光泉牛乳三種牛乳的鈣離子濃度差異約在 10% - 20% (即大約 100 - 200 mg/L)，在營養攝取上就會有差異。所以飲用這三種牛乳所能攝取到的鈣離子量是差不多的。此結果顯示不同品牌之間的製程與成分配方可能對鈣含量有明顯影響。

#### 結論二

光泉品牌的各項牛乳中鈣離子含量最多的為光泉維生素牛奶，其鈣離子含量遠高於同品牌其他乳製品。由於EBT可與其餘離子像鎂離子、銅離子等金屬元素離子螯合。故推測為光泉維生素牛奶的實驗數值可能受到添加維生素離子所導致。而光泉鮮乳與光泉保久乳相當，光泉高鈣牛奶反而最低，表示乳製品中有「高鈣」標示未必代表實際含量較高，但此實驗僅只使用一個品牌進行測試，為來若又機會，將會採樣更多品牌進行驗證。

### 結論三

透過【圖三】與【表三】分析，同樣發現光泉維生素牛奶鈣含量最高，其餘產品相近，與實驗二一致。然而蛋白粉水溶液中的鈣離子含量低於全數乳製品的鈣離子含量，相較於其他乳品，蛋白粉的鈣含量較低。

### 結論四

而在實驗四的部分，從數據分析來看可以得知，光泉鮮乳透光度最高，代表乳糖含量最少；而光泉高鈣牛奶透光度最低，乳糖含量最高。

由此可推測，部分產品中因加工、添加其他配方或稀釋，抑或者使用奶粉配置，可能導致乳糖含量與原先鮮乳不同，甚至更低。同樣地，此實驗僅只使用一個品牌進行測試，為來若又機會，將會採樣更多品牌進行驗證。