

作品名稱：你被捕了 — 蛋白質？！

高小組 化學科 第三名

縣市：高雄縣

作者：孫以倫、陳昭政

蔡孟辰、廖桂田

校名：高雄縣鳳山市瑞興國民小學

指導教師：林心怡、林沂昇

關鍵詞：蛋白質、魚肉奶蛋豆類、硫酸銅



# 你被捕了…蛋白質？！

## 一、研究動機

有一次，我們和同學在家裡的電視上看見一則洗髮精的廣告，上面說洗髮精之中含有百分之八十幾的蛋白質，所以我們對蛋白質產生很濃厚的興趣，我們到了學校以後，我們就去請教老師，老師教我們一些檢驗蛋白質的相關實驗，我們就開始依照老師所說的和書上所寫的實驗一步一步的去探討並研究，在實驗過程中也發生許多令我們百思不解的問題，這就成爲我們做實驗的念頭！

## 二、研究目的

### (一) 如何檢驗蛋白質？

1. 由藍色變紫色的變色臨界點。
2. 由紫色變藍色的變色臨界點。
3. 硫酸銅加熱沈澱法讓蛋白質「跑出來」。

### (二) 氫氧化鈉、硫酸銅與蛋白質之間的關係。

### (三) 利用加熱沈澱法尋找食物中的蛋白質。

## 三、研究設備

(一) 鹼性滴定管、量筒、酒精燈、巴氏特滴管、PH 檢測計、過濾器、天平、砝碼、磁石、攪拌機、電子秤。

(二) 氫氧化鈉、氫氧化鉀、硫酸銅、豆子、牛奶、奶茶、豆漿、蛋白、奶粉。

## 四、研究過程與討論

### (一) 如何檢驗蛋白質？

#### 1.由藍色變紫色的變色臨界點：

- (1) 先調配實驗用的奶粉溶液，其中取 15c.c.的奶粉溶液進行實驗。
- (2) 加入硫酸銅溶液，此時內溶液成藍色。再慢慢加入氫氧化鈉溶液直到變紫色爲止。

結果：我們發現加入硫酸銅的奶粉溶液馬上就變成藍色而且有結塊的現象，後來滴入氫氧化鈉的時候，滴入的地方明顯地變成紫色，持續滴入氫氧化鈉，整個溶液最後會變成紫色。

推論：我們判斷蛋白質與硫酸銅結合會變成藍色，再遇到氫氧化鈉會變紫色，直到變成紫色的結合物變多後，整個溶液才會變成紫色。

發現：整個溶液由藍色變成紫色的臨界點很難判斷，我們曾利用配色表比照顏色，但是配色表其中的顏色仍無法代表溶液真正的顏色，所以會造成極大的誤差，所以我們決定要換另一種方式檢驗蛋白質。

#### 2.由紫色變藍色的變色臨界點：

由於在奶粉溶液中先加入硫酸銅溶液會有結塊的現象，所以這次實驗過程如下：

- (1) 取 5c.c.的奶粉溶液加上 20c.c.的水，使整個水溶液固定在 25c.c.進行實驗。
- (2) 在溶液中加入氫氧化鈉溶液 2 滴。

- (3) 慢慢加入硫酸銅溶液，此時溶液會變成紫色，繼續加入硫酸銅直到整個溶液變成藍色為止。
- (4) 提高奶粉溶液所佔的比例，氫氧化鈉還是維持 2 滴，看由紫色變藍色的臨界點時，所滴入的硫酸銅滴數是否會有變化。
- (5) 提高奶粉溶液所佔的比例，並改變氫氧化鈉的滴數，看由紫色變藍色的臨界點時，所滴入的硫酸銅滴數是否會有變化。

#### 固定氫氧化鈉量-紫色變藍色的變色臨界點實驗

(第一次實驗)

奶粉溶液量 (c.c.)	5 c.c. 奶粉溶液 +20c.c.水	10 c.c. 奶粉溶液 +15c.c.水	15 c.c. 奶粉溶液 +10c.c.水	20 c.c. 奶粉溶液 +5c.c.水	25 c.c. 奶粉溶液
氫氧化鈉 (滴數)	2	2	2	2	2
硫酸銅量 (滴數)	3	3	3	3	3

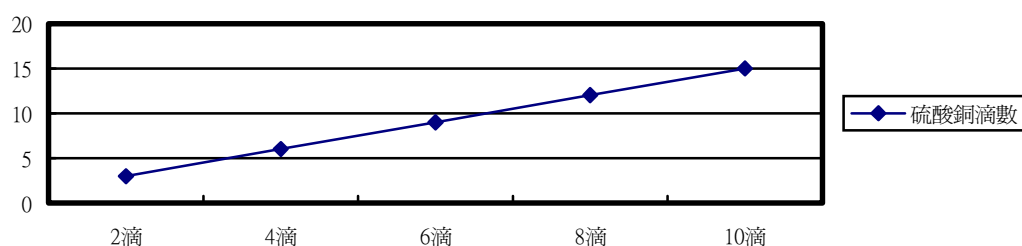
#### 改變氫氧化鈉量-紫色變藍色的變色臨界點實驗

(第二次實驗)

奶粉溶液量 (c.c.)	5 c.c. 奶粉溶液 +20c.c.水	10 c.c. 奶粉溶液 +15c.c.水	15 c.c. 奶粉溶液 +10c.c.水	20 c.c. 奶粉溶液 +5c.c.水	25 c.c. 奶粉溶液
氫氧化鈉 (滴數)	2	4	6	8	10
硫酸銅量 (滴數)	3	6	9	12	15

註：氫氧化鈉與硫酸銅均用巴氏特滴管滴定

#### 氫氧化鈉的增加與溶液變色臨界點所需硫酸銅量的關係



結果：

(1) 我們發現奶粉溶液加入氫氧化鈉之後會變較透明，接著滴入硫酸銅的地方會變成紫色。隨著硫酸銅的滴入，溶液慢慢地變成藍色。

(2) 當我們在奶粉溶液中加入的氫氧化鈉固定為 2 滴時，不論奶粉溶液的量是多還是少，都只加入到第 3 滴的硫酸銅時，溶液就明顯的變成藍色。可見奶粉溶液的變色除了奶粉的多寡外，也要考慮加入的氫氧化鈉及硫酸銅量。

(3) 另外，變色臨界點的顏色，會因為奶粉溶液量的多寡而改變，奶粉溶液量越多，臨界點的顏色便越深；相反的，奶粉溶液量越少，臨界點的

顏色便越淺。

推論：

(1) 這個實驗更確定了我們之前的推論，我們先將蛋白質與氫氧化鈉結合，結果發現變成透明溶液，再開始滴入硫酸銅，結果溶液變成紫色，這表示說：只要蛋白質、硫酸銅、氫氧化鈉三者結合就會變成紫色，和加入的先後順序無關。

(2) 可是當我們繼續加硫酸銅的時候，溶液會由紫色變成藍色。可能是硫酸銅愈加愈多時，多出來而沒有反應到的硫酸銅藍色會蓋過原本的紫色，所以最後會變成藍色。

發現：這個實驗在顏色的判斷上仍會有一些誤差，而且這個方法也無法真正的將蛋白質找出來，所以是否有其他方法可以讓蛋白質「跑出來」呢？

### 3.硫酸銅加熱沈澱法讓蛋白質「跑出來」：

由於我們想讓蛋白質能夠跑出來，剛好上一次的實驗時發現硫酸銅加入奶粉溶液中會有結塊的現象，我們就想結塊沈澱的部分會不會是蛋白質呢？於是我們就將實驗設計為：

實驗一：做法

- (1) 將足量的硫酸銅加入不同量的奶粉溶液中，此時會有結塊現象。
- (2) 爲了讓沈澱更多，用酒精燈加熱溶液到沸騰。
- (3) 把浮在溶液上面的渣質撈起來，再將剩餘的澄清部分倒入過濾器中過濾。
- (4) 用氫氧化鈉檢驗過濾後的澄清部分是否還留有蛋白質，若滴下呈紫色則繼續加熱再過濾，直到澄清部分沒有蛋白質爲止。
- (5) 將撈起來及過濾起來所得的渣質用衛生紙壓擠直到乾爲止。
- (6) 用電子秤秤出渣質質量並記錄。

實驗二：檢驗是不是「蛋白質」

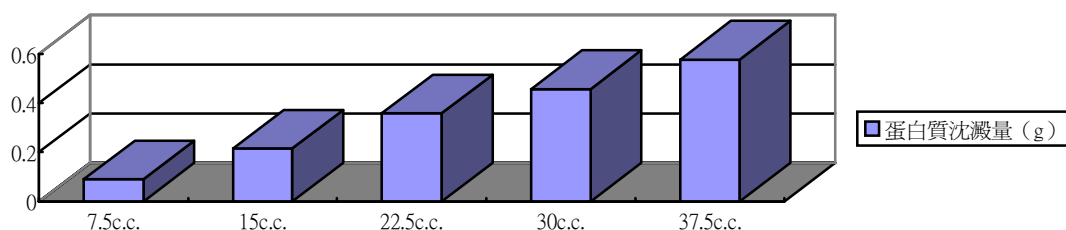
- (1) 將渣質滴上氫氧化鈉，如果渣質是蛋白質與硫酸銅的結合物，那滴上氫氧化鈉後應該會呈紫色。結果：明顯變成紫色。

加熱法與蛋白質的關係實驗的成果表

奶粉溶液用量 (c.c.)	7.5	15	22.5	30	37.5
硫酸銅溶液用量 (c.c.)	0.5	0.5	0.5	1	1
蛋白質質量 (標準: g)	0.0525	0.105	0.1575	0.210	0.2625
蛋白質質量 (實驗: g)	0.090	0.215	0.358	0.457	0.576

註 1：蛋白質的標準質量是由奶粉包裝上的營養標示用電算器所算出來的。

硫酸銅加熱沈澱法與蛋白質沈澱的關係長條圖



結果：奶粉溶液愈多其蛋白質的含量也愈多，而且呈現出很明顯的倍數關係，這表示用硫酸銅加熱沈澱法可以準確的測量出奶粉溶液中的蛋白質。我們做出來的蛋白質質量，雖然不是我們用電算器所算出的蛋白質標準質量，但是因為我們加入硫酸銅沈澱，而硫酸銅本身有重量，所以做出的結果跟電算器算出的質量有所差別。

(二) 氫氧化鈉、硫酸銅與蛋白質之間的關係：

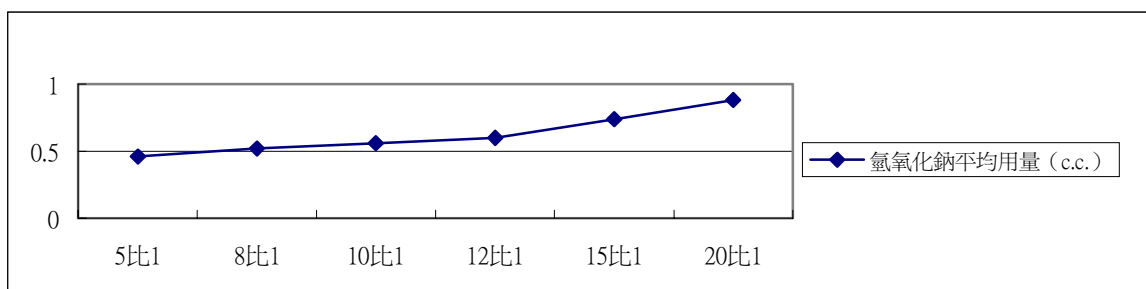
1. 不同比例的氫氧化鈉與硫酸銅與牛奶作用會有什麼結果？

實驗一：

- (1) 將水與氫氧化鈉的比例調配為 5 比 1、8 比 1、10 比 1、12 比 1、15 比 1 及 20 比 1 等六種不同的濃度，水與硫酸銅調配為 20 比 1 的固定濃度。
- (2) 先將 0.4c.c.的硫酸銅溶液加入 45c.c.的牛奶中，以攪拌器快速攪拌。
- (3) 將 5 比 1 的氫氧化鈉由滴定管中慢慢滴入牛奶與硫酸銅的結合物內。
- (4) 仔細觀察直到牛奶由藍色變成紫色的瞬間停止滴定，讀取氫氧化鈉下降的刻度並記錄。

不同氫氧化鈉濃度的氫氧化鈉用量	第一次	第二次	第三次	第四次	第五次	平均
5 比 1 (c.c.)	0.5	0.3	0.5	0.5	0.5	0.46
8 比 1 (c.c.)	0.6	0.5	0.5	0.5	0.5	0.52
10 比 1 (c.c.)	0.6	0.6	0.6	0.5	0.5	0.56
12 比 1 (c.c.)	0.6	0.6	0.6	0.6	0.6	0.6
15 比 1 (c.c.)	0.6	0.8	0.7	0.7	0.9	0.74
20 比 1 (c.c.)	0.9	1.0	0.8	1.2	1.1	0.88

氫氧化鈉的濃度與變色時氫氧化鈉的用量極限關係圖



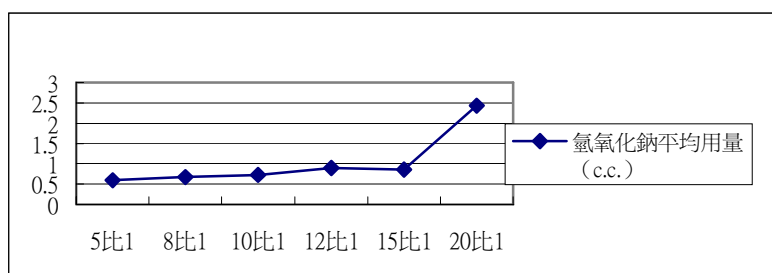
結果：氫氧化鈉的濃度的確會影響使牛奶變色的用量極限，氫氧化鈉的濃度愈低，要使牛奶由藍色變成紫色所需要的用量就愈多。

實驗二：

- (1) 改變水與硫酸銅的比例，調配為六種不同的濃度，水與氫氧化鈉的比例調配為固定濃度。
- (2) 先將 5 比 1 的硫酸銅溶液 0.4c.c.加入 45c.c.的牛奶中，以攪拌器快速攪拌。
- (3) 將固定濃度的氫氧化鈉由滴定管中慢慢滴入牛奶與硫酸銅的結合物內。
- (4) 仔細觀察直到牛奶由藍色變成紫色的瞬間停止滴定，讀取氫氧化鈉下降的刻度並記錄。

不同硫酸銅濃度的氫氧化鈉用量	第一次	第二次	第三次	平均
5 比 1 (c.c.)	0.8	0.4	0.6	0.6
8 比 1 (c.c.)	0.7	0.5	0.8	0.67
10 比 1 (c.c.)	0.6	0.6	1.1	0.73
12 比 1 (c.c.)	0.9	0.9	0.9	0.9
15 比 1 (c.c.)	0.9	0.9	1.0	0.86
20 比 1 (c.c.)	2.0	2.9	2.4	2.43

硫酸銅的濃度與變色極限的氫氧化鈉用量關係圖



結果：我們可以看出硫酸銅的濃度也會影響使牛奶變色的氫氧化鈉用量極限，由表我們可以推測：硫酸銅的濃度愈低（也就是水與硫酸銅的調配

比例愈高）時，要使牛奶由藍色變成紫色所需要的氫氧化鈉用量就愈多。

2.如果氫氧化鈉及硫酸銅用量都固定，變化牛奶的量，會有什麼反應呢？

(1) 將牛奶 5c.c.、10c.c.、20c.c.……80c.c.各倒入培養皿中。

(2) 加入固定量的硫酸銅及氫氧化鈉，用玻璃棒快速攪拌。

結果：牛奶量愈多，紫色愈不明顯；反而牛奶量較少的，紫色相當明顯。我們推論：牛奶愈多，蛋白質也會增加，那麼需要的氫氧化鈉與硫酸銅也要更多；但是如果把氫氧化鈉與硫酸銅固定，牛奶多的培養皿中氫氧化鈉與硫酸銅不夠，所以它們產生的紫色會被牛奶的白色蓋過去，所以看起來的顏色很淺。

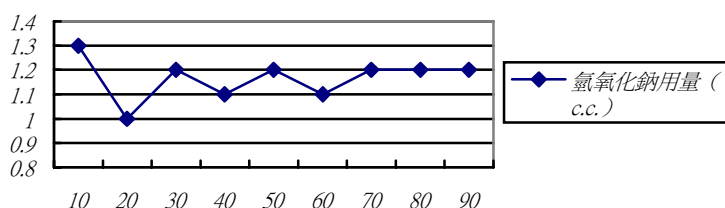
3.牛奶的溫度變化與氫氧化鈉的變色極限量有何關係？

(1) 加熱牛奶（由 10°C、20°C ……………到 90°C），並加入固定量的硫酸銅。

(2) 再慢慢加入氫氧化鈉直到變紫色為止，並讀取氫氧化鈉下降的刻度。

溫度 (°C)	10	20	30	40	50	60	70	80	90
氫氧化鈉用量 (c.c.)	1.3	1	1.2	1.1	1.2	1.1	1.2	1.2	1.2

溫度變化與變色極限的氫氧化鈉用量折線圖



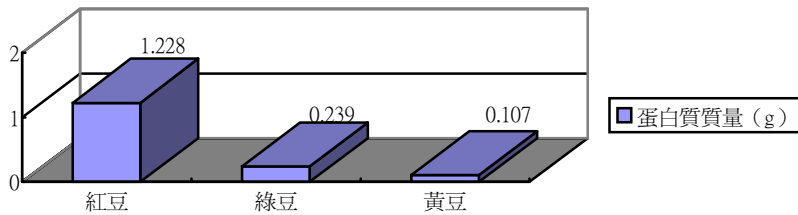
結果：溫度的高低對氫氧化鈉與蛋白質的作用影響並不大，所以在圖中的氫氧化鈉的用量都差不多。

(三) 利用加熱沈澱法尋找食物中的蛋白質：

1.各種豆奶製品所含有的蛋白質，誰比較多呢？

- (1) 將紅豆、黃豆及綠豆磨成粉狀。再加入固定比例的水在大試管中攪拌。
- (2) 等大試管中的豆水沈澱以後，以巴氏特滴管取出上面澄清的豆水 10 c.c.。
- (3) 在澄清的豆水中加硫酸銅，如硫酸銅加熱沈澱法的步驟，取出浮起來及沈澱的蛋白質，並以電子秤秤重。

豆類溶液種類	紅豆	綠豆	黃豆
蛋白質質量 (g)	1.228	0.239	0.107



結果：我們總共實驗了三種豆類，其中以紅豆的蛋白質最多，綠豆其次，黃豆最少。

找出三種豆類的蛋白質之後，我們想到還有許多物質內都含有蛋白質，所以我們就回家找一些含有蛋白質的物質來做實驗，有奶茶、牛奶（瑞穗鮮奶）、豆漿及蛋白。

- (1) 取 5c.c.的奶茶、牛奶（瑞穗鮮奶）、豆漿及蛋白倒入大試管中，各加入 5c.c.的水，攪拌均勻。
- (2) 以硫酸銅加熱沈澱法的步驟，取出蛋白質。

溶液種類	奶茶	牛奶	豆漿	蛋白
蛋白質質量 (g)	0.200	0.900	2.125	5.726

結果：蛋白的蛋白質是最多的，遠超過其他三種物質。其次是豆漿，我們認為豆漿是直接由豆類磨製而成的，所以它含有的蛋白質較多。再來是牛奶及奶茶，因為牛奶是純鮮奶比奶茶含有的奶量較多，所以牛奶所含的蛋白質比奶茶多。

再來進行取出各種肉類中蛋白質的作法：

- (1) 秤量出 50g 重的雞肉、牛肉、魚肉及豬肉放入燒杯中，再加入 300c.c.的水煮到沸騰，煮沸後就將酒精燈熄滅。
- (2) 由各肉湯中取出 15c.c.的湯汁，如硫酸銅加熱沈澱法的步驟，取出蛋白質。

肉湯種類	雞肉湯	牛肉湯	魚肉湯	豬肉湯
蛋白質質量 (g)	0.021	0.055	0.856	0.924

結果：由數據來看：豬肉湯的蛋白質是最多的，其次是魚肉湯、牛肉湯及雞肉湯。

推論：因為我們只能測量煮沸後肉類流失出來的蛋白質。所以，我們推想：(1) 如果每一種肉類的蛋白質流失率都相同的話，那麼蛋白質含量較豐富的肉類流失出來的蛋白質就會比較多；(2) 如果每一種肉類的蛋白質流失率不同的話，那麼流失到湯汁中的蛋白質多寡就不能代表肉類本身蛋白質的多寡。所以，我們決定要比較每一種肉類的蛋白質流失率。

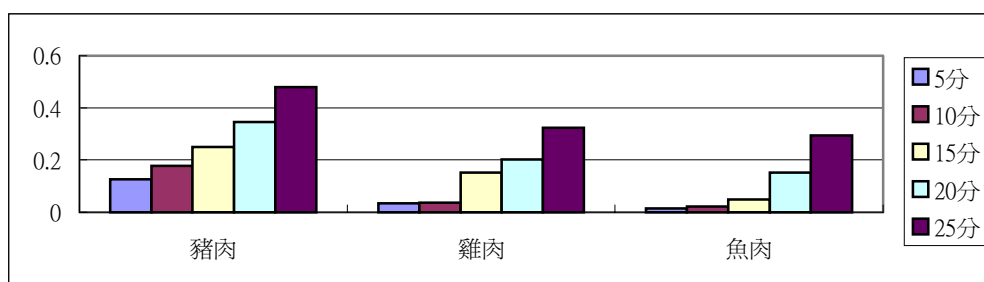
## 2.肉類經過烹煮之後，蛋白質會流失嗎？

秤量出 80g 重的魚肉、雞肉及豬肉放入燒杯中，再加入 300c.c.的水，同時用酒精燈加熱。經過五分鐘之後，再同時將酒精燈取出熄滅。

- (1) 由各肉湯中取出 15c.c.的湯汁，各加入 2c.c.的硫酸銅攪拌均勻，如硫酸銅加熱沈澱法的步驟，取出蛋白質。
- (2) 接下來繼續同時對各肉湯加熱，經過五分鐘之後再同時將火移開，重複步驟 (1)。

各種肉類蛋白質流失指數表

肉類種類 烹煮時間	豬肉	雞肉	魚肉
5 分鐘	0.127g	0.035g	0.015g
10 分鐘	0.179g	0.036g	0.023g
15 分鐘	0.250g	0.151g	0.050g
20 分鐘	0.346g	0.202g	0.152g
25 分鐘	0.480g	0.323g	0.294g



結果：我們發現肉類烹煮越久損失的蛋白質便越多，豬肉損失蛋白質的結果較穩定、而且有規律性，雞肉及魚肉的结果怪異損失的蛋白質忽多忽少，沒有規律性。我們知道在肉類加熱 20 分以上就會流失相當多的蛋白質，而且每一種肉類在加熱不同時間之後流失的蛋白質不一樣多。

### 伍.結論

(一) 如果想要檢驗蛋白質，最簡易的方法就是運用硫酸銅加鹼性藥品，為進一步調查蛋白質質量，我們利用硫酸銅加熱食物樣本檢驗蛋白質質量，但檢驗出的蛋白質質量卻一定重於標準的蛋白質質量，因為我們在蛋白質中加入了硫酸銅，銅本身就有重量，所以在加入蛋白質中會比標準的還要重，我們推測是因為過濾蛋白質的時候，蛋白質殘留在濾紙上，所以我們使用烘乾的方式連試管和蛋白質一起用電子秤秤出總重量，並去除掉試管中的蛋白質再秤一次，並且用總重量減去試管重量，但因為有時候會因為烤焦而碳化所以還是會有一點點微小的誤差。

(二) 我們利用氫氧化鈉和硫酸銅可以使蛋白質產生變色的反應，但因為氫氧化鈉、硫酸銅和食物樣本的用量變化或比例的變化，會造成變色的快或慢和變色的極限（紫色的深淺），所以我們將它們的比例和用量變化，看會不會因為那些因素而改變，我們發現，固定氫氧化鈉與硫酸銅的用量時，變化牛奶的量，變色的極限會因為牛奶的多寡而改變，我們發現牛奶越多顏色越淡；相反的，牛奶越少



顏色越深，因為固定氫氧化鈉與硫酸銅，所以它們的量有限，而蛋白質要和兩者結合才能使蛋白質變色；牛奶越少能結合的量百分比會比較高，相反的，牛奶越多能結合的量百分比比較低，所以白色會與藥品（氫氧化鈉與硫酸銅）和蛋白質結合，就等於紫色，結合的越多就把白色給覆蓋。

（三）我們利用加熱沈澱的方法來取出豆類和肉類中的蛋白質我們發現肉類中的豬肉烹煮後損失的蛋白質有規律性，但魚肉檢驗出的蛋白質質量非常的不穩定，而且肉類烹煮越久，蛋白質損失便越多，但一定會有一點點誤差，我們推測是因為蛋白質會沈澱於肉湯內，所以會有一點誤差。

#### 陸.參考資料

- 〈一〉牛頓出版公司的科學入門〈第 5 冊 73 頁—138 頁〉
- 〈二〉貓頭鷹出版社的自然大百科〈78 頁—79 頁〉
- 〈三〉明山書局出版中國兒童大百科全書〈第 26 本〉374 頁
- （四）綠地球國際有限公司出版自然科學大百科〈健教科第 8 本營養與健康 51 頁—53 頁〉
- 〈五〉講義堂出版社講義雜誌〈第 10 本 124 頁—128 頁〉
- 〈六〉國內有關蛋白質資料的網站：
  1. <http://alpha4.ntcpe.edu.tw/health/health02.html>
  2. <http://www.yuntech.edu.tw/yuntech/heal/sys/b62.htm>
  3. <http://www.pingtung.com.tw/3ho/3.htm>

評語：

- 1 以一位高小組學生能有此動機探討蛋白質含量即已具備創造能力。
- 2 實驗設計思考程序，均合乎邏輯。
- 3 從動機開始及蛋白質含量偵測法和各種日常生活中的食物蛋白萃取，測定結果分析與討論均具完整性。
- 4 此作品具有實用價值。

## 作者簡介

姓名：陳昭政 年級：五年級 興趣：打球、自然科展

出生：1990年4月21日 專長：數學 志願：數學家

姓名：廖桂田 年級：五年級 興趣：吹直笛、打球、畫畫

專長：彈鋼琴 志願：當老師 生日：79.4.19

姓名：孫以倫 年級：五年級 興趣：看書

專長：彈鋼琴、畫畫、拉南胡、打躲避 志願：當醫生 生日：79.9.16

姓名：蔡孟辰 生日：79年2月21日 年級：五年級