

2025 年【科學探究競賽-這樣教我就懂】

■國中組 □普高組 □技高組成果報告格式

題目名稱：蝶豆花彩虹晶球～蝶豆花與海藻酸鈉的創意

一、摘要

由蝶豆花晶球在不同 pH 值的 RGB(紅綠藍)值可知：pH 值 1~2 的紅色最高，其次是藍色，呈紅紫色！pH 值 3~11 的藍色都維持最高值，呈藍色！pH 值=12 時，綠色略高於藍色及紅色，呈墨綠色！pH 值 13~14 的紅色最高，其次是綠色，藍色降很低，呈黃橘色！整個完整色票呈現，很驚艷！美得像彩虹晶球。且在生物課程有談到動物細胞紅血球水的滲透作用，我們用紅茶晶球來呈現效果很好！甚至測量其 pH 值及 TDS 值 (Total Dissolved Solids，總溶解固體) 來呈現模擬細胞膜滲透出水分子，造成水中離子的變化情形！

二、探究題目與動機

暑輔時，老師帶我們玩趣味化學實驗~假的鮭魚卵製作與電解蝶豆花硫酸鈉水溶液時，引起我們的強烈好奇心！突發奇想：生物課程 2-3 物質進出細胞的方式，也許可用染色的假鮭魚卵，來進行模擬不同鹽度動物細胞紅血球水的滲透作用！甚至可觀察在不同酸鹼，花青素的顏色變化！我們也想親自實作體驗看看！且發想如果將蝶豆花與海藻酸鈉做成晶球，來測試 pH 值 1~14 的顏色變化，也許會讓花青素在不同酸鹼顏色變化的色票更有概念！所以我們心動不如馬上行動，開始了我們科展主題的研究！

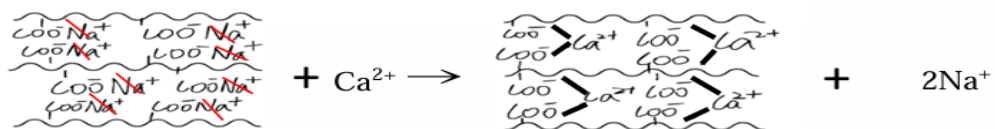
三、探究目的與假設

- (一) 蝶豆花茶與海藻酸鈉混合滴入氯化鈣做成晶球，在 pH 值 1~14 顏色變化測 RGB 值。
- (二) 模擬動物細胞紅血球在不同鹽度水的滲透作用，且測其 pH 值及 TDS 值的變化。

四、探究方法與驗證步驟

海藻酸鈉與氯化鈣的化學反應方程式：

海藻酸鈉 (Sodium alginate) 與氯化鈣 (Calcium chloride) 之間的反應是一種常見的凝膠形成過程，廣泛應用於食品工業和生物醫學領域。當海藻酸鈉溶液與氯化鈣溶液混合時，鈣離子 (Ca^{2+}) 取代海藻酸鈉中的鈉離子 (Na^+)，與海藻酸的羧酸基團 ($-\text{COO}^-$) 結合，形成不溶性的海藻酸鈣 (Calcium alginate) 凝膠。這一反應的化學方程式可表示為： $2\text{NaAlg}_{(aq)} + \text{CaCl}_{2(aq)} \rightarrow \text{Ca}(\text{Alg})_{2(s)} + 2\text{NaCl}_{(aq)}$ 其中，NaAlg 代表海藻酸鈉， $\text{Ca}(\text{Alg})_2$ 代表海藻酸鈣凝膠。這個反應的結果是形成一種三維網狀結構的凝膠，具有良好的生物相容性和穩定性，因此被廣泛應用於食品增稠劑、藥物控釋載體等領域。



研究 1：蝶豆花晶球在 pH 值 1~14 的顏色變化如何？



圖(1)製作蝶豆花晶球的 pH 值色票及測量其 RGB 值。

實驗步驟：

1. 用標準液 pH=4，pH=7，pH=10 校正 pH 計，調整螺絲到該溶液數值為止。
2. 用鹽酸和氫氧化鈉調配各 pH 值=1~14，用 pH 計測量調整各杯 pH 值為該整數值。
3. 秤量蝶豆花 5 克先用 200mL 熱水溶出花青素，再加入 2 克海藻酸鈉拌勻備用。
4. 配製氯化鈣 10 克溶於 200mL 蒸餾水備用。將步驟 2 滴入步驟 3 做成蝶豆花晶球。
5. 分裝於試喝杯，各放入 10 顆，滴管吸取各不同 pH 值 10mL 分別滴入，沒過晶球。
6. 觀察記錄其顏色變化，並用手機下載 Color Grab 軟體，測量其 RGB 值分析色票。

蝶豆花爆爆珠在 pH 值 1~14 的顏色變化



圖(2)蝶豆花晶球在不同 pH 值的酸鹼花青素的顏色變化。



圖(3)蝶豆花晶球酸鹼指示劑，不同 pH 的色票，用手機下載軟體測量其 RGB 值。



圖(4)調製 pH 濃度。用**氫氧化鈉和鹽酸**水溶液調各個 pH 值。



圖(5)製作**蝶豆花晶球**。蝶豆花加入海藻酸鈉溶解後，滴入氯化鈣水溶液，撈起備用。



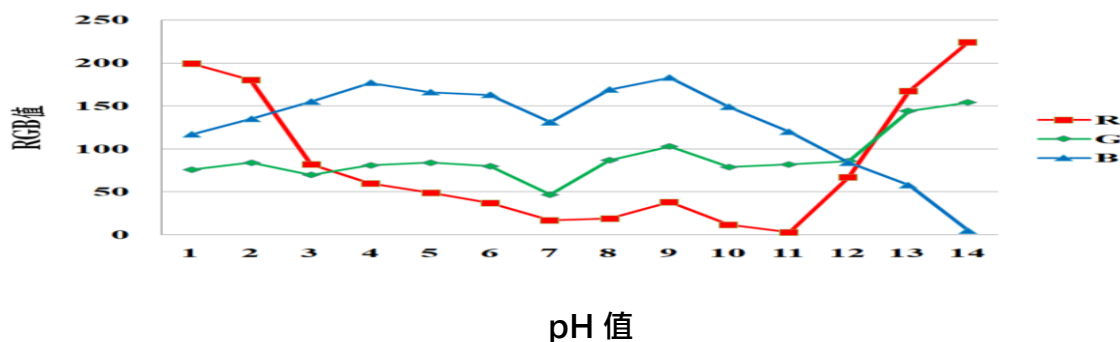
圖(6)等中心一樣顏色，再測 **RGB** 值。



圖(7)強鹼**顏色變化很大**，再等一下。

表(一) 蝶豆花晶球在 pH 值 1~14 的顏色變化

pH=	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
R	199	180	82	60	49	37	17	19	38	12	3	67	167	224
G	76	84	70	81	84	80	47	87	103	79	82	86	144	154
B	117	135	155	177	166	163	131	169	183	149	120	84	58	5



圖(8) 蝶豆花晶球在 pH 值 1~14 的顏色變化 RGB 值。

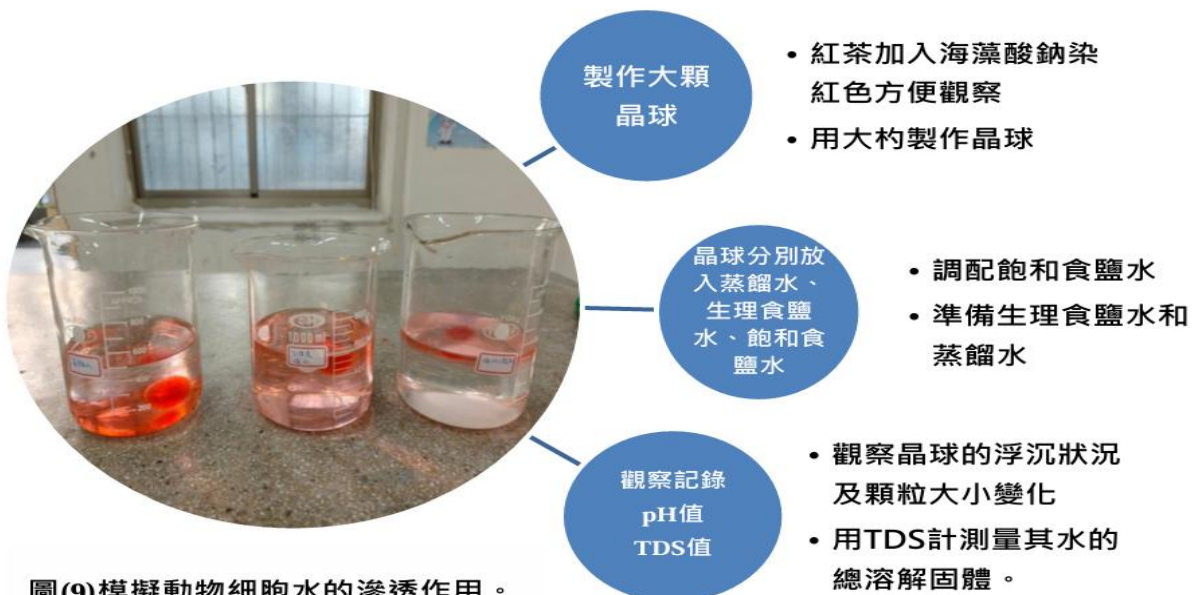
➤結果與討論：

由蝶豆花的花青素在不同 pH 值的顏色變化 RGB 值趨勢可知：

1. pH 值 1~2 的紅色最高，其次是藍色，所以酸性顏色偏紅紫色！
2. pH 值 3~11 的藍色都維持最高值，所以顏色變化不大，都呈藍色！
3. pH 值=12 時，綠色略高於藍色及紅色，所以弱鹼性顏色偏墨綠色！
4. pH 值 13~14 的紅色最高，其次是綠色，藍色降很低，所以強鹼性顏色偏黃橘色！

所以由 RGB 值來分析顏色變化是一個很棒的點子，淺顯易懂又可量化提供參考！

研究 2：模擬動物細胞紅血球水的滲透作用



圖(9)模擬動物細胞水的滲透作用。

➤實驗步驟：

1. 海藻酸鈉 2 克容於 100 mL 紅茶，用咖啡攪拌器拌勻後，滴入紅色色素染色，以方便觀察，且模擬紅血球的顏色，也可觀察色素的擴散作用。
2. 氯化鈣 10 克溶於 1 L 的蒸餾水中，用磁石攪拌器拌勻備用。
3. 用大杓先裝一點點氯化鈣水溶液，再倒入紅色的海藻酸鈉，接著將整杓慢慢放入氯化鈣水溶液中，30 秒後就可以形成一顆超大的晶球。
4. 用漏杓撈起，多做幾顆後，再一起各放入飽和食鹽水、生理食鹽水和蒸餾水中。
5. 觀察記錄其狀態及顆粒大小的變化？且測量其 pH 值及 TDS 值的變化？

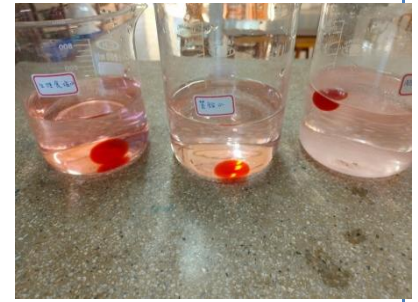
製作大顆晶球模擬動物細胞紅血球水的滲透作用



圖(10)氯化鈣水溶液微傾斜會比較好製作大顆爆爆珠。



圖(11)製作 3 個大小差不多的紅茶晶球，減少實驗觀察的誤差。



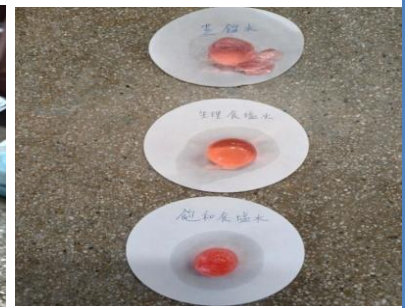
圖(12)紅茶密度比水大，所以顆粒都下沉，只在飽和食鹽水中浮起來。



圖(13)芭樂汁做成大顆晶球。



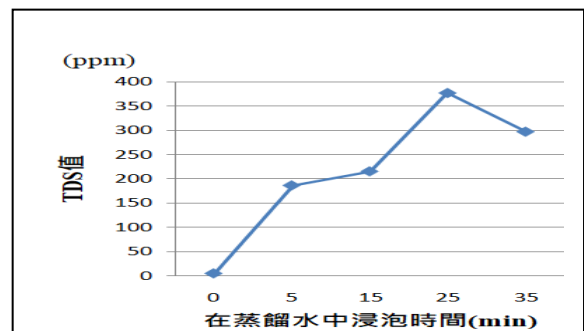
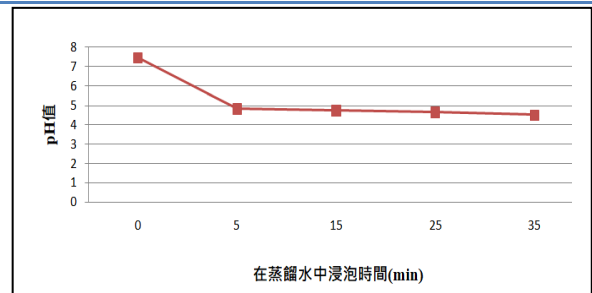
圖(14)測量其 pH 值及 TDS 值變化。



圖(15)放幾天後，蒸餾水的爆開了！生理食鹽水的依然完好！飽和食鹽水的皺縮變硬了！

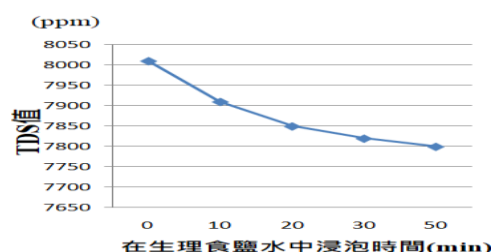
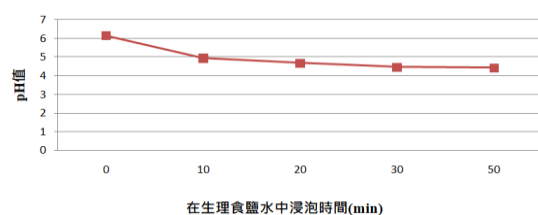
表(二)芭樂汁晶球在蒸餾水中

時間(min)	pH 值	TDS 值(ppm)
0	7.42	4
5	4.82	186
15	4.73	215
25	4.65	377
35	4.50	297



表(三)芭樂汁晶球在生理食鹽水中

時間(min)	pH 值	TDS 值(ppm)
0	6.13	8010
10	4.93	7910
20	4.67	7850
30	4.44	7820
50	4.42	7800



結果與討論：

- 隨著時間增加，無論在蒸餾水或生理食鹽水中，可能因 H^+ 較小，容易從高濃度往低濃度擴散，所以導致 pH 值也慢慢地降低。
- 而蒸餾水的 TDS 值檢測濃度有上升趨勢，生理食鹽水反而有些微降低的趨勢！可能因為在蒸餾水中，水分子往晶球內滲透作用，以致於晶球最後會直接爆開！而在生理食鹽水中，晶球內水分子濃度高，往晶球外水中進行滲透作用，所以在鹽水中，尤其是飽和食鹽水中，晶球也變小顆了，外部離子濃度也因此水分增多，而濃度降低。真的是很棒的科學量化數據分析及實物觀察操作！而在蒸餾水中，在最後第 35 分鐘時，TDS 值怎麼突然下降許多，猜測也許是實驗人為誤差，也或許是因為時間太長，物質沉澱了。

五、結論與生活應用

- 蝶豆花的花青素在不同 pH 值的顏色變化 RGB 值趨勢可知：強酸性呈紅紫色；弱酸到弱鹼呈藍色！強鹼呈墨綠色，甚至是黃橘色！可用於酸鹼指示劑外，也可以用來做蝶豆花漸層飲調的口味和色調的層次設計。
- 芭樂汁晶球隨著浸泡時間增加，在蒸餾水或生理食鹽水中，pH 值都慢慢地降低。且在蒸餾水內的 TDS 值有上升趨勢，而在生理食鹽水中有些微降低的趨勢！這些可做為膜的特色，未來可設計保鮮膜，吸管、貼布或濾材.....等高分子材料。

參考資料

- 國民中學自然科學 1 上，2-3 物質進出細胞的方式 P.45-48，翰林書局(113 年 8 月)。
- 國民中學自然科學 2 下，1-4 化學計量 P.23-25，3-1 認識電解質 P.64-69，3-2 常見的酸與鹼 P.73-81，3-3 酸鹼程度的表示 P.82-85，3-4 酸鹼中和反應 P.87-93，5-4 有機聚合物與衣料纖維 P.157-158 南一書局，(113 年 2 月)。
- 國立成功大學化學系，趣味化學與實驗，實驗六酸鹼變色球 P.21~24，(中華民國九十六年九月)。
- 臺中市翁子國小楊宗榮，金門科展指導攻略，熱電製冷晶片相關科展 P.25~37，為什麼海藻酸鈉 + 氯化鈣會變成爆漿珍珠呢？P.38~39，(2024 年 8 月 14 日)。