

新竹市第三十七屆中小學科學展覽會

作品說明書

科 別：化學科

組 別：國小組

作品名稱：蝶花彩影—蝶豆花變色抗氧化力與彩色晶球製作研究

關 鍵 詞：酸鹼值 抗氧化力 分子料理

編 號：

摘要

現代人講求健康養生，又喜愛創新美食，本研究先探討蝶豆花提取花青素的方式，接著透過花青素對酸鹼反應與抗氧化的特性，研究製作多采多姿的分子料理。由實驗研究

發現一：溶劑是提取蝶豆花花青素最常見的方式，水溫越高或水占酒精的比例越高，越易萃取出花青素。

發現二：蝶豆花花青素的顏色會隨著身處環境的酸鹼值而有所變化，花青素的濃度越高，顏色會更顯色。酸鹼值越高，其抗氧化力越強。

發現三：2%海藻酸鈉+2%檸檬酸鈣的晶球化濃度調配比率，且裝入2%海藻酸鈉滴瓶滴口與濃度2%檸檬酸鈣液面高度維持在12cm，產出成圓性最佳的彩色晶球。

發現四：以蝶豆花飲料與晶球顏色不相同組合搭配為前提，蝶豆花彩色分子料理最佳搭配單層飲料有2種組合，若是調製漸層飲料亦有2種組合。

壹、研究動機

記得上學期體育競賽，我們班大獲全勝，老師慰勞大家的辛勞，請全班喝飲料。這瓶飲料最令人印象深刻的地方是那夢幻的漸層，搭配Q彈的珍珠，讓大家看得目不轉睛，捨不得喝它。老師說：「這是時下最夯的飲料—蝶豆花漸層飲料！它含有維生素A、C、E，不但能抗氧化，還能養顏美容，修護眼睛黏膜……比起一般植物又高達10倍的花青素呢！蝶豆花萃取液遇到酸性或鹼性溶液能做不同顏色的變化，這也就是蝶豆花飲料能做出漸層效果的原因。」

五年級自然課，我們有學過酸鹼以及氧化單元，因此我們發想：如果透過蝶豆花萃取液的酸鹼反應，又測試抗氧化力，除了能調配出漸層飲料外，再製作出五彩繽紛的蝶豆花珍珠，那不就是一杯最具抗氧化又美麗的分子料理飲品嗎？基於這個想法，我們決定以蝶豆花進行一些酸鹼變色與抗氧化的深入研究。

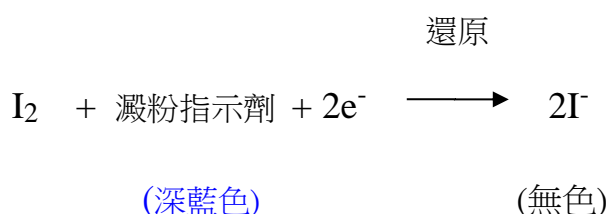
貳、文獻探討與研究原理

一、指示劑的選擇原理：

(一)參考文獻：105 年第 56 屆全國中小學科學展覽作品「薑」來少「硫」白

(二)文獻探討：滴定終點的檢討與改良

1. 碘滴定法（傳統）：利用碘的碘化鉀溶液與澱粉結合成深藍色作為指示劑，與還原劑反應，當溶液顏色由深藍色轉變為無色，即達滴定終點，若耗用還原劑量愈少，表示還原力愈強，即抗氧化力愈強。



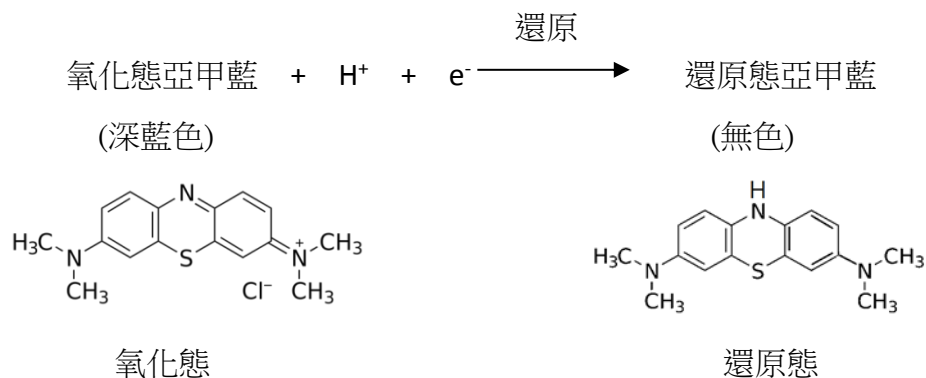
缺點：

1. 配製碘液須使用碘固體，易昇華為碘蒸氣對人體具有毒性，不適合長期於科展實驗使用。

2. 配製碘液使用澱粉，為有機營養物易發霉，不適合長期於科展實驗使用。

2. 亞甲藍滴定法（改良）：本研究選擇不具毒性與不發霉氧化態亞甲藍(深藍色)作為指示劑，與還原劑反應，當溶液顏色由深藍色(色卡代號 1t16)轉變為藍綠色(色卡代號 1t14)，即達滴定終點，若耗用還原劑量愈少，表示還原力愈強，即抗氧化力愈強。

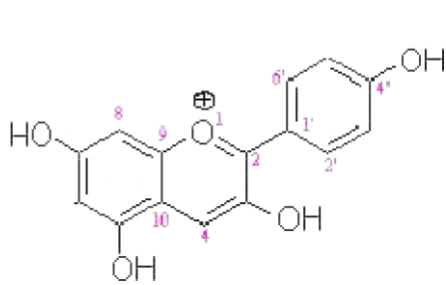
亞甲藍還原半反應（反應式一）



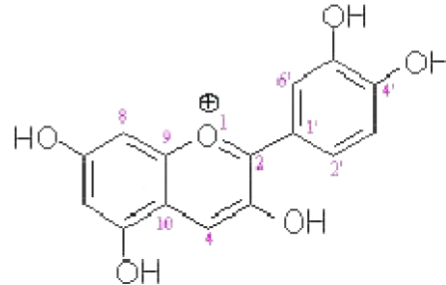
二、抗氧化劑原理：

花青素：

又名花色素，化學式(C₁₅H₁₁O₆)，為水溶性的植物色素，存在於液胞內的細胞液中，為天然的抗氧化劑。花青素屬於酚類化合物中的類黃酮類(flavonoids)。基本結構包含二個苯環，並由一3 碳的單位連結(C6-C3-C6)。花青素因所帶羥基數(-OH)、和連接位置等因素而呈現不同顏色。顏色的表現因生化環境條件的改變，如受花青素濃度、共色作用、液胞中 pH 值的影響。參考花青素對人體的影響探討(范和邱 1998)。

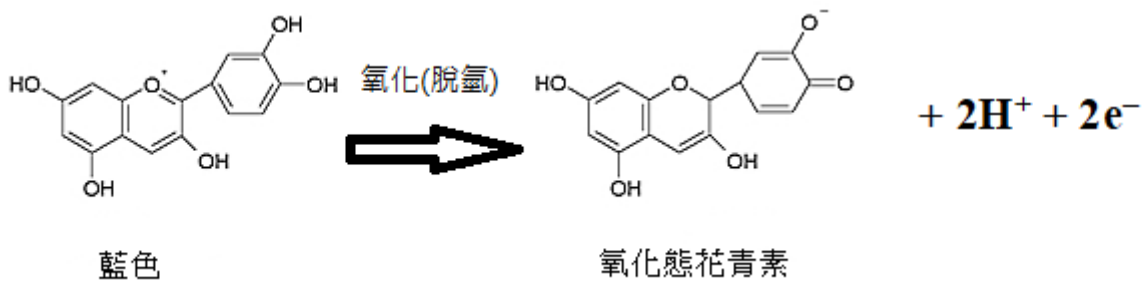


(圖一)紅花青素的結構式
(酸性溶液中)

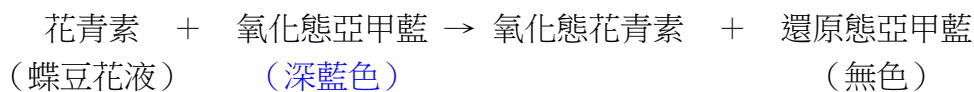


(圖二)藍花青素的結構式
(鹼性溶液中)

花青素氧化半反應式 (反應式二)



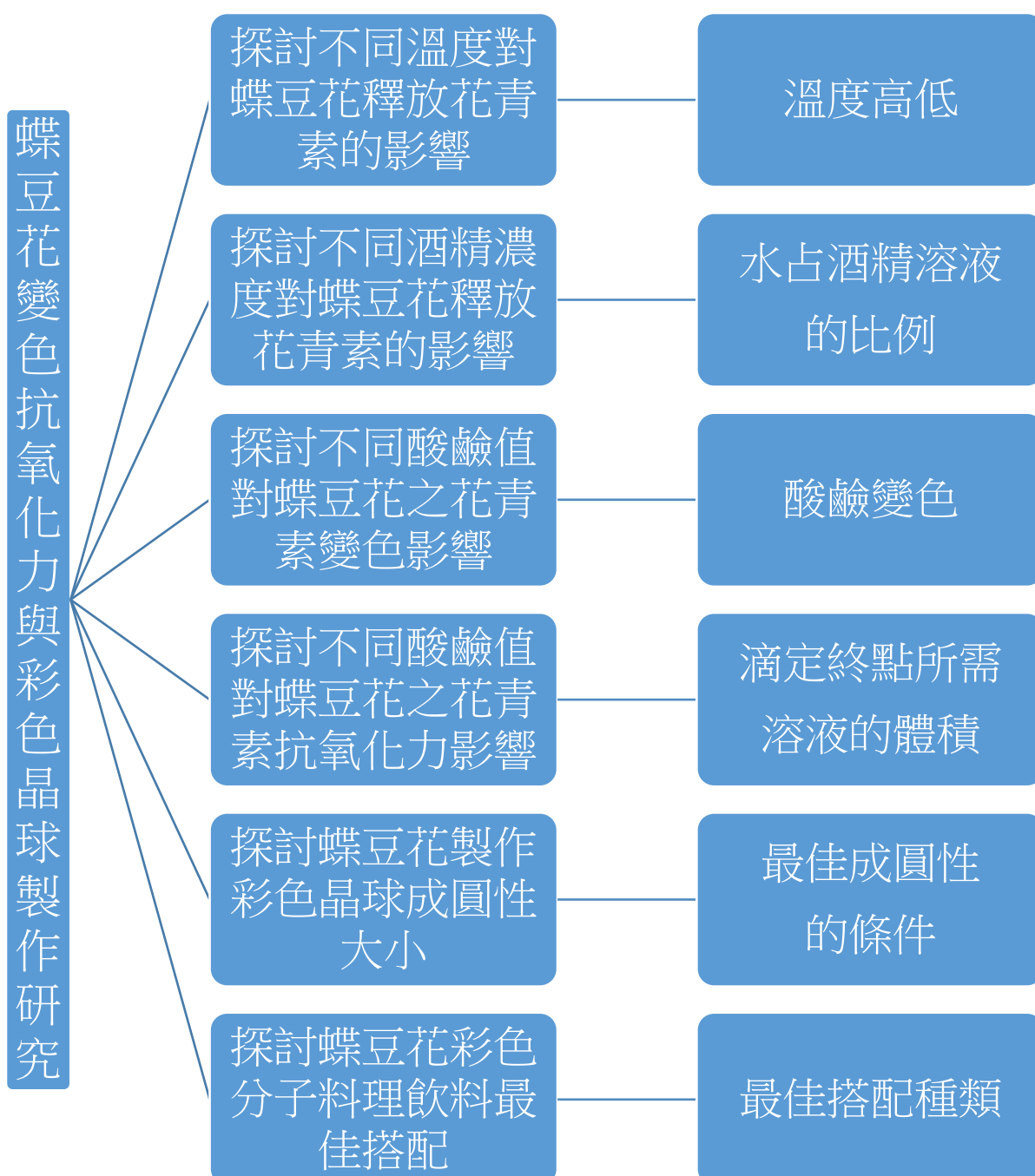
花青素和亞甲藍氧化還原 (反應式三)



參、研究目的









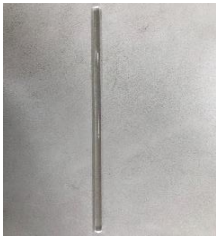




- 一、探討不同溫度對蝶豆花釋放花青素的影響
- 二、探討不同酒精濃度對蝶豆花釋放花青素的影響
- 三、探討不同酸鹼值對蝶豆花之花青素變色影響
- 四、探討不同酸鹼值對蝶豆花之花青素抗氧化力影響
- 五、探討蝶豆花製作彩色晶球成圓性大小
- 六、探討蝶豆花彩色分子料理飲料最佳搭配

實驗架構圖






肆、研究設備與器材

一、研究器材

一、名稱	名稱	名稱	名稱	名稱
磁石 攪拌機	微量電子秤	防水 PH 計	1000 毫升 燒杯	500 毫升 燒杯
				
名稱	名稱	名稱	名稱	名稱
200 毫升 燒杯	新配色卡	烘焙專用 溫度計	50ml 滴瓶	攪拌匙
				
名稱	名稱	名稱	名稱	名稱
攪拌棒	漏網	料理鉢	市售 75%酒精	市售 95%酒精
				
名稱	名稱	名稱	名稱	名稱
鑷子	直尺	滴管	計時器	剪刀

				
名稱	名稱	名稱	名稱	名稱
蝶豆花	食品級海藻酸鈉	食品級檸檬酸鈣	食品級小蘇打	食品級檸檬酸
				
名稱	名稱	名稱	名稱	名稱
無煙鹽酸	氫氧化鉀	亞甲藍	100ml 量筒	50ml 量筒
				

二、 研究裝置

名稱	名稱	名稱
酸鹼滴定裝置	晶球製作裝置	溶液攪拌裝置
		

伍、研究方法及結果

一、探討不同溫度對蝶豆花釋放花青素的影響

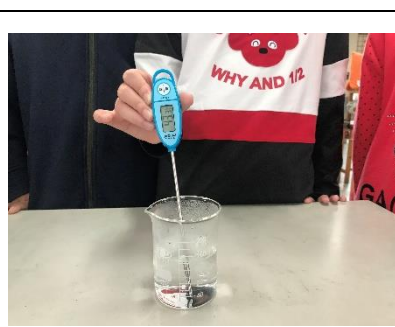
(一)實驗方法

控制變因	蝶豆花一朵（約 0.01 公克）剪 1 公分長、飲用水 100ml
操縱變因	30°C、40°C 與 50°C 水溫
應變變因	觀察 1 分鐘、10 分鐘、20 分鐘、30 分鐘、1 小時、2 小時、3 小時、4 小時與 5 小時蝶豆花萃取液顏色變化

- 1.用 200ml 的燒杯裝 30 度、100ml 的飲用水，並取一朵蝶豆花剪 1 公分長，將 1 公分長的蝶豆花放入 30 度的飲用水中，觀察其 1 分鐘、10 分鐘、20 分鐘、30 分鐘、1 小時、2 小時、3 小時、4 小時與 5 小時蝶豆花萃取液顏色變化。
- 2.將水溫改成 40 度與 50 度，並重複步驟 1。



將蝶豆花
剪 1 公分的長度




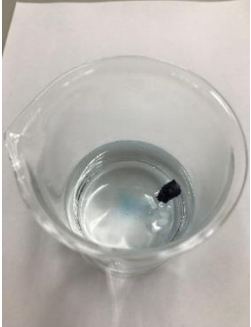


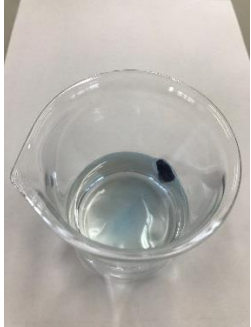
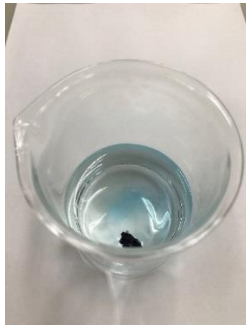
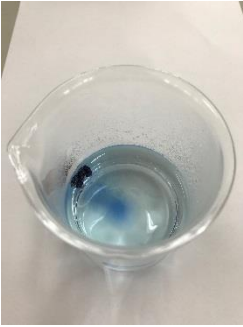

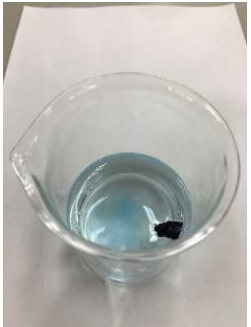















於燒杯中裝入 30 度
100ml 的飲用水



觀察蝶豆花萃取液
顏色變化

(二)實驗結果

水溫 時間	水溫 30 度	水溫 40 度	水溫 50 度
1 分 鐘			
10 分 鐘			
20 分 鐘			
30 分 鐘			

1 小 時			
2 小 時			
3 小 時			
4 小 時			



〈 表一：不同水溫對蝶豆花萃取液顏色變化 〉

(三) 實驗結果發現：

1. 溫度越高，蝶豆花萃取液越容易釋放於飲水中。
2. 溫度越高，燒杯中飲用水呈現藍色的速度越快。

二、探討不同酒精濃度對蝶豆花釋放花青素的影響

(一) 實驗方法：

控制變因	蝶豆花一朵（約 0.01 公克）剪 1 公分長、不同濃度之酒精 100ml
操縱變因	15%、35%、55%、75%與 95%之酒精濃度
應變變因	觀察 1 分鐘、10 分鐘、20 分鐘、30 分鐘、1 小時、2 小時、3 小時、4 小時與 5 小時蝶豆花萃取液顏色變化

1. 用 100ml 的量筒裝濃度 75%、100ml 的酒精，並取一朵蝶豆花剪 1 公分長，將 1 公分長的蝶豆花放入濃度 75%的酒精中，觀察其 1 分鐘、10 分鐘、20 分鐘、30 分鐘、1 小時、2 小時、3 小時、4 小時與 5 小時蝶豆花萃取液顏色變化。
2. 將酒精濃度改成 95%，並重複步驟 1。
3. 將酒精濃度改成 15%、35%與 55%並重複步驟 1。

說明：

由於市售的酒精濃度分別為 75%與 95%，我們為了求得蝶豆花在酒精中最佳的溶解度，因此我們又實驗了酒精濃度 15%、35%與 55%，此時必須先計算稀釋後的體積為何，才能得到上述三種酒精溶液。實驗中是使用濃度 75%之酒精來稀釋的，所以計算稀釋後體積

過程如下：

(1) **（欲稀釋成濃度 15%）**

假設 V1：濃度 75%原體積 V2：濃度 75%稀釋後體積

$$75\% \times V1 = 15\% \times V2$$

$$75V1 = 15V2$$

$$V2/V1 = 75/15 = 5/1$$

$$V_2/100 = 5/1$$

$$V_2 = 500\text{ml}$$

$$\text{所以需要加水} = V_2 - V_1 = 500 - 100 = 400 \text{ (ml)}$$

(2) (欲稀釋成濃度 35%)

假設 V_1 : 濃度 75% 原體積 V_3 : 濃度 75% 稀釋後體積

$$75\% \times V_1 = 35\% \times V_3$$

$$75V_1 = 35V_3$$

$$V_3/V_1 = 75/35 = 15/7$$

$$V_3/100 = 15/7$$

$$V_3 = 214\text{ml}$$

$$\text{所以需要加水} = V_3 - V_1 = 214 - 100 = 114 \text{ (ml)}$$

(3) (欲稀釋成濃度 55%)

假設 V_1 : 濃度 75% 原體積 V_4 : 濃度 75% 稀釋後體積

$$75\% \times V_1 = 55\% \times V_4$$

$$75V_1 = 55V_4$$



$$V_4/V_1 = 75/55 = 15/11$$











$$V_4/100 = 15/11$$



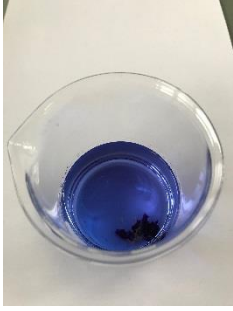



$$V_4 = 136\text{ml}$$

$$\text{所以需要加水} = V_4 - V_1 = 136 - 100 = 36 \text{ (ml)}$$

(一) 實驗結果：

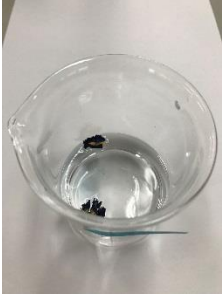

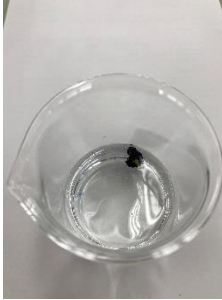
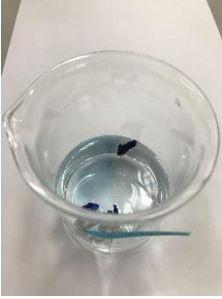


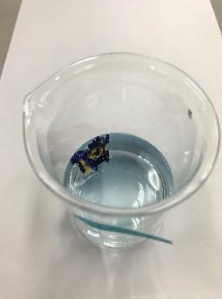
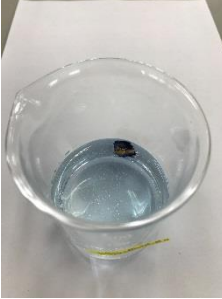


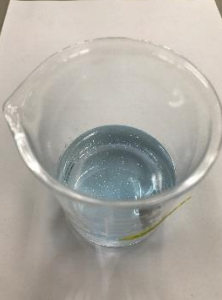




酒精濃度	75%	95%
1 分鐘		

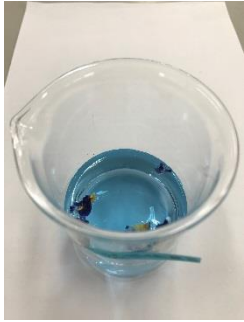

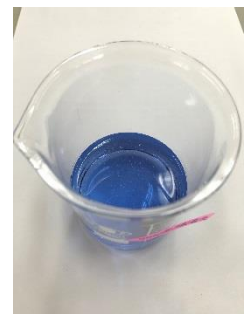
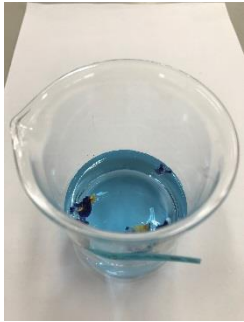


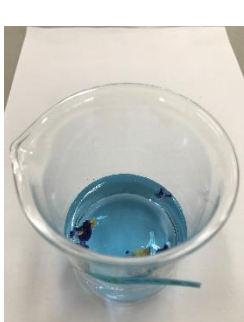


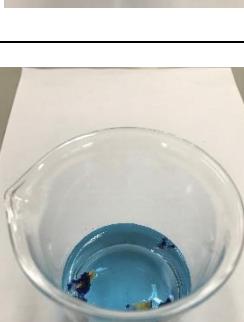

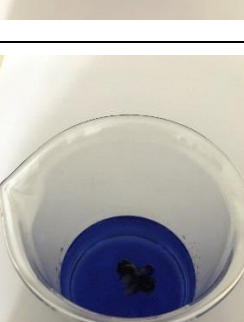
10 分鐘		
20 分鐘		
30 分鐘		
1 小時		
2 小時		

3 小時		
4 小時		
5 小時		

< 表二：酒精濃度 75%與 95%對蝶豆花釋放花青素的影響>

酒精濃度 浸泡時間	15%	35%	55%
--------------	-----	-----	-----

1 分鐘			
10 分鐘			
20 分鐘			
30 分鐘			
1 小時			

2 小時			
3 小時			
4 小時			
5 小時			

< 表三：酒精濃度 15%、35%與 55%對蝶豆花釋放花青素的影響 >

(三) 實驗結果發現：

1. 因為花青素是多酚類，含有多個極性的氫氧基，易溶於極性相同的水，95%的酒精，水的濃度只剩 5%，所以溶解度小，不易看到水有顯著的變色效果。而 75%的酒精，水的濃度是 25%，花青素溶於水比較多，所以可以明顯看出顏色的變化。
2. 酒精濃度 15%、35%與 55%對蝶豆花釋放花青素的影響的原因跟實驗結果發現 1 相同，亦即將酒精濃度 75%稀釋成酒精濃度 15%須加飲用水 400ml，花青素是多酚

類，含有多個極性的氫氧基，易溶於極性相同的水，因此 5 小時後蝶豆花萃取液顏色較淺，反之，將酒精濃度 75%稀釋成酒精濃 55%須加飲用水 36ml，故 5 小時後蝶豆花萃取液顏色較深。

3. 由上述 1、2 實驗結果發現，蝶豆花在酒精中萃取最佳溶解度為濃度 15%之酒精。

三、探討不同酸鹼值對蝶豆花之花青素變色影響

(一)實驗方法


控制變因	蝶豆花 40 朵 (約 0.4 公克)，每朵剪 1 公分長，並放入水溫 100 度、800ml 的飲用水浸泡，30 分鐘後取其萃取液 5 杯，1 杯 10ml，另準備 4 個 200ml 的燒杯各裝 100ml 飲用水
操縱變因	使用無煙鹽酸與氫氧化鉀分別製作 PH=2、PH=4、PH=10 與 PH=12 之水溶液
應變變因	PH=2、PH=4、PH=10 與 PH=12 之 100ml 水溶液，分別加入 10ml 的蝶豆花萃取液

- 1.準備蝶豆花 40 朵 (約 0.4 公克)，每朵剪 1 公分長，並放入水溫 100 度、800ml 的飲用水浸泡，30 分鐘後取其萃取液 5 杯，1 杯 10ml，另準備 4 個 200ml 的燒杯各裝 100ml 飲用水備用。
- 2.利用滴管吸取無煙鹽酸，並滴入 4 滴無煙鹽酸於 100ml 的飲用水中攪拌，將防水 PH 筆浸入水中測其酸鹼值，得到 PH=2 的水溶液，接著倒入 10ml 的蝶豆花萃取液，此時水溶液的顏色由透明無色變為粉紅色。
- 3.利用攪拌棒沾取少許無煙鹽酸，再浸入 100ml 的飲用水中攪拌，將防水 PH 筆浸入水中測其酸鹼值，得到 PH=4 的水溶液，接著倒入 10ml 的蝶豆花萃取液，此時水溶液的顏色由透明無色變為紫色。
- 4.利用美工刀切下氫氧化鉀些許碎末，再加入 100ml 的飲用水中攪拌，將防水 PH 筆浸入水中測其酸鹼值，得到 PH=10 的水溶液，接著倒入 10ml 的蝶豆花萃取液，此時水溶液的顏色由透明無色變為藍綠色。
- 5.取一片氫氧化鉀，再加入 100ml 的飲用水中攪拌，將防水 PH 筆浸入水中測其酸鹼值，得到 PH=12 的水溶液，接著倒入 10ml 的蝶豆花萃取液，此時水溶液的顏色由透明無色變為黃色。

		
40 朵蝶豆花剪 1 公分長	調製 PH=2 之水溶液	PH=2 之水溶液調製完成

(二)實驗結果:

顏色變化 溶液酸鹼值	顏色變化	圖示
PH=2	透明無色→粉紅色	
PH=4	透明無色→紫色	
PH=6	藍色	
PH=10	透明無色→藍綠色	

PH=12	透明無色→黃色	
-------	---------	---

〈 表四：不同酸鹼值對蝶豆花之花青素變色影響 〉

(三)實驗結果發現

1. 40 朵蝶豆花萃取液之 PH 值約 6，取 10ml 分別加入調製好的 PH=2、PH=4、PH=10 與 PH=12 的水溶液中，可明顯看見水溶液與蝶豆花萃取液的化學變化，而且顏色非常鮮艷又漂亮。
2. 因氫氧化鉀在水中的溶解速度比較緩慢，在加入 10ml 的蝶豆花萃取液時顯色不是那麼得快，因此，我們用保鮮膜覆蓋在燒杯上封口，放置一個晚上，隔天可見明顯的顏色變化。

四、探討不同酸鹼值對蝶豆花之花青素抗氧化力影響

(一).實驗方法

控制變因	PH=2、PH=4、PH=6、PH=10 與 PH=12 水溶液各 100ml，濃度 0.125% 之亞甲藍溶液 10ml
操縱變因	將五種酸鹼值不同的水溶液加入滴定管中
應變變因	觀察五種水溶液達滴定終點時，所需的體積

1. 準妥 PH=2、PH=4、PH=6、PH=10 與 PH=12 水溶液各 100ml 及 5 杯濃度 0.125% 之亞甲藍溶液 10ml。
2. 將 PH=2 之水溶液（粉紅色）加入滴定管中，下方放置濃度 0.125% 之亞甲藍溶液 10ml 之燒杯，觀察達滴定終點時，所需 PH=2 之體積。
3. 改變滴定管中的溶液，並重複步驟 2，觀察五種水溶液達滴定終點時，所需的體積。

		
配置濃度 0.125% 亞甲藍溶液	觀察滴定過程，滴定前 對照色卡代號:1t16	滴定終點， 對照色卡代號:1t14

<實驗過程照片圖>

(二)實驗發現

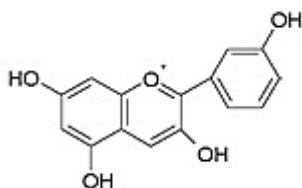
1.由下<表五>實驗數據發現：五種水溶液達滴定終點時，PH 值越大，滴定終點所需體積

積
越少，抗氧化力越大.

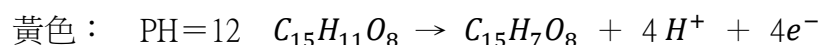
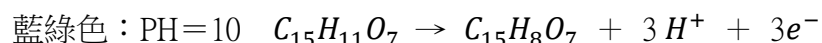
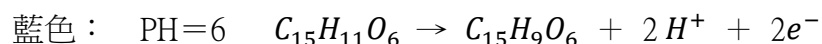
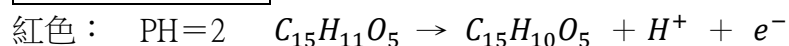
PH=12 > PH=10 > PH=6 > PH=4 > PH=2

2.原因：PH 值越小，溶液越酸，越不易斷裂 OH 鍵，越不易釋出 H 原子，不易產生 H^+ 與 e^- ，還原力差，抗氧化力降低。反之，PH 值越大，越鹼，抗氧化力增加。

舉例：紅花青素 PH=2



花青素氧化半反應：



亞甲藍還原半反應

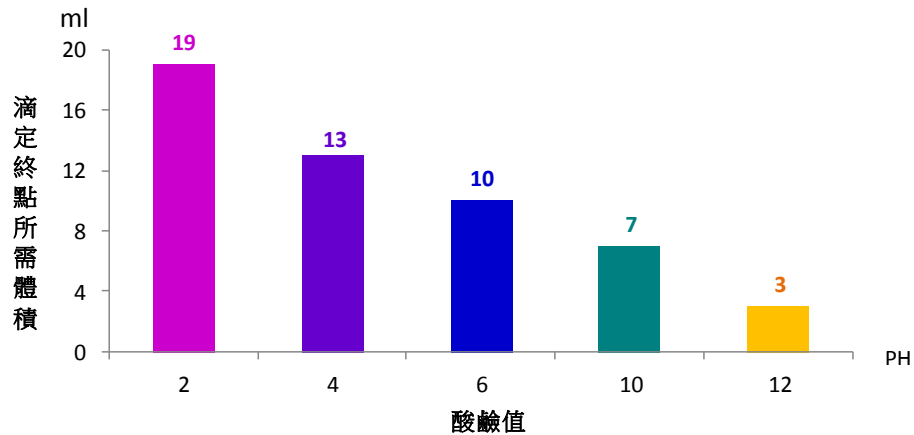
還原



酸鹼值	原來顏色→滴定顏色	滴定終點所需體積	抗氧化力排名
PH=2	lt16→lt14	19ml	5
PH=4	lt16→lt14	13ml	4
PH=6	lt16→lt14	10ml	3
PH=10	lt16→lt14	7ml	2
PH=12	lt16→lt14	3ml	1

< 表五：不同酸鹼值對蝶豆花之花青素抗氧化力影響 >

不同酸鹼值之滴定終點所需體積



< 圖五：不同酸鹼值對蝶豆花之花青素抗氧化力影響 >

五、探討蝶豆花製作彩色晶球成圓性大小

(一)實驗方法

控制變因	濃度 2%食用級海藻酸鈉分別與 PH=2、PH=6 及 PH=12 溶液 100ml 混和後分裝於三個大小相同的滴瓶中，濃度 2%食用級檸檬酸鈣裝於料理鉢中，滴瓶滴口與濃度 2%食用級檸檬酸鈣液面維持在 12cm
操縱變因	將三種滴瓶分別固定於廣口夾，轉動旋鈕，滴瓶中黏稠溶液向下滴入料理鉢上與濃度 2%食用級檸檬酸鈣做交聯作用
應變變因	觀察彩色晶球成圓性大小



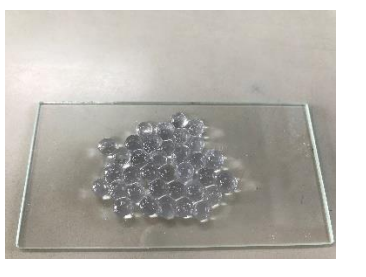
- 1.濃度 2%食用級海藻酸鈉分別與 PH=2、PH=6 及 PH=12 溶液 100ml 混和之黏稠溶液裝於滴瓶中，濃度 2%食用級檸檬酸鈣裝於料理鉢中，漏網放於料理鉢上。
- 2.三瓶滴瓶滴口各剪 2.7cm 長，形成一缺口，滴瓶固定於廣口夾，滴瓶滴口與料理鉢的液面維持在 12cm，轉動旋鈕，滴瓶受力將一滴一滴的滴出黏稠球體，與濃度 2%食用級檸檬酸鈣做交聯作用後形成一顆顆彩色晶球。
- 3.濃度 2%食用級海藻酸鈉分別與 PH=6、PH=12 溶液 100ml 混和，分裝於大小相同的滴瓶中，重複步驟 2，觀察並測量 10 顆彩色晶球成圓性大小取平均值，即一顆彩色晶球的直徑)。



		
濃度 2%食用級海藻酸鈉與 PH=12 溶液 100ml 混和	滴瓶滴出海藻酸鈉與檸檬酸鈣做交聯作用	觀察彩色晶球成圓性大小

<實驗過程照片圖>

(二)實驗結果

		
PH=12 製作的淺黃色晶球	PH=6 製作的藍色晶球	PH=2 製作的淺紫色晶球
顏色成圓美麗度：3	顏色成圓美麗度：1	顏色成圓美麗度：2
抗氧化力排名：1	抗氧化力排名：2	抗氧化力排名：3
兩項綜合優勢：2	兩項綜合優勢：1	兩項綜合優勢：3

<實驗成果照片圖>

(三)實驗發現

- 1.參考文獻「爆漿水果晶球—探討多彩多姿分子料理晶球製作研究」之實驗結果發現，當 2%海藻酸鈉+2%檸檬酸鈣的晶球化濃度調配比率，成圓性最佳。因此，我們依照此比率調配分別與 PH=12、PH=6 及 PH=2 之溶液混和，產出成圓性最佳的彩色晶球。
- 2.參考文獻「爆漿水果晶球—探討多彩多姿分子料理晶球製作研究」我們發現：滴瓶滴口與濃度 2%食用級檸檬酸鈣液面維持在 12cm 的高度其成圓性最佳，10 顆彩色晶球直徑為 5.8cm，一顆彩色晶球直徑約 0.58cm。
- 3.製作 PH=2 的彩色晶球時，2%海藻酸鈉與 PH=2 水溶液混和使得顏色從粉紅色變為紫色，即酸鹼值從 PH=2 變為 PH=4.55，溶液的 PH 值改變，在 PH=2 改變最大。
- 4.由實驗可發現：具抗氧化力的彩色晶球其酸鹼值排列為 PH=12>PH=6>PH=2。
- 5.由於晶球受到光線折射關係，PH=12 所製作出的彩色晶球會呈現淺黃色；PH=2 所製作出的彩色晶球會呈現淺紫色。

6.彩色晶球放置於室內時，因受到室內自然風乾，造成晶球內水分蒸發，使得晶球快速縮小甚至乾扁。參考文獻「爆漿水果晶球—探討多彩多姿分子料理晶球製作研究」之實驗結果發現，最佳的保存方式為冷凍保濕。



六、探討蝶豆花彩色分子料理最佳搭配

(一) 實驗方法

控制變因	濃度 2%食用級海藻酸鈉分別與 PH=2、PH=6 及 PH=8 溶液 100ml 混和後分裝於三個大小相同的滴瓶中，濃度 2%食用級檸檬酸鈣裝於料理鉢中，滴瓶滴口與濃度 2%食用級檸檬酸鈣液面維持在 12cm
操縱變因	將三種滴瓶分別固定於廣口夾，轉動旋鈕，滴瓶中黏稠溶液向下滴入料理鉢上與濃度 2%食用級檸檬酸鈣做交聯作用
應變變因	觀察彩色晶球成圓性，並做不同酸鹼值飲料搭配不同酸鹼值晶球之分子料理組合

- 水
入
用
- 1.使用食品級小蘇打 2 公克加入 100ml 的飲用水調製成 PH=8 的水溶液，100ml 的飲用水加入些許食品級檸檬酸調製成 PH=2 的水溶液，取 20 朵蝶豆花，各剪 1 公分長，加入 100ml、水溫 100 度的飲用水中，萃取 30 分鐘，得到 PH=6 的水溶液。
 - 2.步驟 1 得到的三種酸鹼值水溶液 98ml，分別與 2 公克的海藻酸鈉混和，再分別裝入三個大小相同滴瓶中。濃度 2%食用級檸檬酸鈣裝於料理鉢中，漏網放於料理鉢上。
 - 3.三瓶滴瓶滴口各剪 2.7cm 長，形成一缺口，滴瓶固定於廣口夾，滴瓶滴口與料理鉢中的液面維持在 20cm，轉動旋鈕，滴瓶受力將一滴一滴的滴出黏稠球體，與濃度 2%食用級檸檬酸鈣做交聯作用後形成一顆顆彩色晶球。
 - 4.根據(實驗四)不同酸鹼值對蝶豆花之花青素抗氧化力影響之實驗結果得知，我們可以知道三種酸鹼值的飲料與三種酸鹼值的彩色晶球做分子料理搭配，扣除相同酸鹼值的飲料搭配相同酸鹼值的晶球（因顏色一致不易觀察），總共有六種(3×3-3=6)分子料理組合。

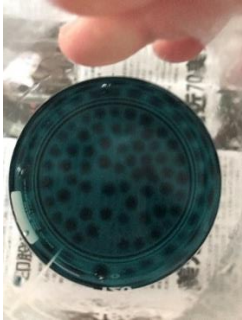
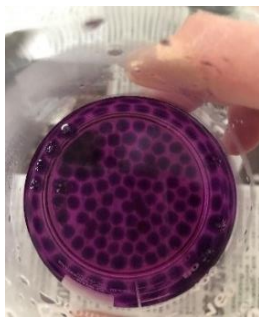


(二) 實驗結果：

		
PH=2 不成圓性：扁平狀	PH=6 成圓性：最佳	PH=8 不成圓性：長條狀
顏色成圓美麗度：2	顏色成圓美麗度：1	顏色成圓美麗度：3
抗氧化力排名：3	抗氧化力排名：2	抗氧化力排名：1
兩項綜合優勢：3	兩項綜合優勢：1	兩項綜合優勢：2

<實驗成果照片圖 6-1：不同酸鹼值蝶豆花彩色分子晶球>

(三) 實驗發現：

- 1.製作彩色晶球過程中，PH=2 與 PH=8 的成圓性不佳，前者成扁平型；後者成長條形，PH=6 成圓性最好。在 PH=2 水溶液與 2 公克的海藻酸鈉混和時感覺特別明顯，攪拌後溶液未有黏稠的感覺，因此影響成圓性。
- 2.參考文獻「爆漿水果晶球—探討多彩多姿分子料理晶球製作研究」之實驗結果得知，檸檬晶球成圓性最差，推測可能原因：檸檬汁濃稠度最小，內聚力較差，水分多，稀釋海藻酸鈉濃度，交聯作用晶球化差，不易形成圓球型。
- 3.依據實驗結果 1 與 2，三種酸鹼值的飲料與三種酸鹼值的彩色晶球做分子料理搭配只剩下兩種，即 PH=8 飲料搭配 PH=6 彩色晶球與 PH=2 飲料搭配 PH=6 彩色晶球。
- 4.如果調製漸層飲料，三種酸鹼值的飲料與三種酸鹼值的彩色晶球做分子料理漸層組合也只剩下兩種，亦即 PH=8 與 PH=6 做漸層搭配 PH=6 彩色晶球和 PH=8 與 PH=2 做漸層搭配 PH=6 彩色晶球，比較兩者的抗氧化力：PH=8 與 PH=6 做漸層搭配 PH=6 彩色晶球 > PH=8 與 PH=2 做漸層搭配 PH=6 彩色晶球。

			
PH=8 藍綠色飲料 搭配 PH=6 藍色晶球	PH=2 粉紅色飲料 搭配 PH=6 藍色晶球	PH=8 藍綠色與 PH=6 藍色做漸層飲料 搭配 PH=6 藍色晶球	PH=8 藍綠色與 PH=2 粉紅色做漸層飲料 搭配 PH=6 藍色晶球
顏色成圓美麗度：2	顏色成圓美麗度：1	顏色成圓美麗度：2	顏色成圓美麗度：1
抗氧化力排名：1	抗氧化力排名：2	抗氧化力排名：1	抗氧化力排名：2
兩項綜合優勢：相同	兩項綜合優勢：相同	兩項綜合優勢：相同	兩項綜合優勢：相同

<實驗成果照片圖 6-2：不同酸鹼值蝶豆花彩色分子晶球飲料>

陸、討論

一、探討不同溫度對蝶豆花釋放花青素的影響

- 1.溫度越高，蝶豆花萃取液越容易釋放於飲水中，燒杯中飲用水呈現藍色的速度越快。
- 2.我們對泡茶不陌生，泡茶前一定會先燒開水，即使剛沖泡下去，也要靜置一些時間才能倒入聞香杯中品茗。藉由這個例子，不同溫度對蝶豆花釋放花青素的實驗，我們就能操作得很輕鬆，而且還思考利用卡式爐增溫或是用烘焙專用溫度計來觀測溫度，控制溫度的變化。

二、探討不同酒精濃度對蝶豆花釋放花青素的影響

- 1.95%的酒精，水的濃度只剩 5%，所以溶解度小；而 75%的酒精，水的濃度是 25%，花青素溶於水比較多，所以明顯看出顏色的變化，蝶豆花釋放花青素多少量：75%的酒精 > 95%的酒精。
- 2.依此類推發現：蝶豆花釋放花青素多少量：15%的酒精 > 35%的酒精 > 55%的酒精 > 75%的酒精 > 95%的酒精。
- 3.由於市售的酒精溶液只有 75%與 95%兩種，為了解不同酒精濃度對蝶豆花釋放花青素的影

影

響，我們必須利用市售的酒精濃度去做稀釋，透過簡單的濃度稀釋計算式求得稀釋時需

加

入的水量，對於稀釋的概念有更深一層的認識，也體會到水占酒精溶液的比例越高，蝶

豆

花釋放花青素的效果越好。

三、探討不同酸鹼值對蝶豆花之花青素變色影響

1.蝶豆花中的花青素受到酸鹼影響時，花青素的結構會跟著改變而呈現不同顏色，因此，在酸性條件下（PH 值 < 7）時，花青素會隨著酸性的增強逐漸轉變為桃紅色，在中性

（PH=7）

條件下，顏色會偏向藍色，在鹼性條件下（PH 值 > 7），顏色會由藍色變為綠青色、草綠色

甚至黃色。

2.由實驗過程發現：**萃取時蝶豆花數量越多，變色效果越顯色**。另外，鹼性條件下，我們使用氫氧化鉀來操作，相較於氫氧化鈉，氫氧化鉀溶解速度慢，在配製 PH=10 與 PH=12 水溶液時，會比較容易控制氫氧化鉀加進飲用水的量，進而達到我們想要的 PH 值。

四、探討不同酸鹼值對蝶豆花之花青素抗氧化力影響

1.五種不同酸鹼值水溶液達滴定終點時，PH 值越大，滴定終點所需體積越少，抗氧化力越大。

$PH=12 > PH=10 > PH=6 > PH=4 > PH=2$

2.實驗我們選用有機的亞甲藍當作滴定終點的指示劑，再將實驗三所配製的五種酸鹼溶液裝於滴定管中，觀察亞甲藍滴定終點的顏色變化。選用亞甲藍當作滴定終點的指示劑除了它

屬有機溶液外，對於一般實驗所使用的碘 + 澱粉指示劑來說，比較不會因時間越長，產生食

物腐敗的味道。另外，滴定終點時，我們選擇新式色卡中的 It14 當作滴定終點的顏色，因此，

讓我們順利發現:PH 值越大，所需滴定的溶液體積越少，其抗氧化力越強。

五、探討蝶豆花製作彩色晶球成圓性大小

1.顏色成圓美麗度: PH=6 製作的藍色晶球 > PH=2 製作的淺紫色晶球 > PH=12 製作的淺黃色晶球

抗氧化力排名度: PH=12 製作的淺黃色晶球 > PH=6 製作的藍色晶球 > PH=2 製作的淺紫色晶球

兩項綜合優勢度: PH=6 製作的藍色晶球 > PH=12 製作的淺黃色晶球 > PH=2 製作的淺紫色晶球

2.此實驗我們是參考文獻「爆漿水果晶球—探討多彩多姿分子的料理晶球製作研究」，當 2% 海藻酸鈉 + 2% 檸檬酸鈣的晶球化濃度調配比率，成圓性最佳。

3.我們依照此調配比率將 2 公克的海藻酸鈉分別與 PH=12、PH=6 及 PH=2 之溶液 98ml 混和，滴瓶滴口與濃度 2% 食用級檸檬酸鈣液面維持在 12cm 的高度，10 顆彩色晶球直徑為

5.8cm，

一顆彩色晶球平均直徑約 0.58cm，產出成圓性最佳的蝶豆花彩色晶球。

4.不同酸鹼值彩色晶球抗氧化力大小的排列為 PH=12 > PH=6 > PH=2，由於光線折射的關係，顏色分別為淺黃色、深藍色與淺紫色。

六、探討蝶豆花彩色分子料理最佳搭配

1.利用實驗五的結果，我們想調製可以食用的彩色分子料理晶球，於是我們選用食品級的小蘇打與檸檬酸，我們想配製 PH=8 的食用小蘇打水溶液和 PH=2 的食用檸檬酸水溶液，而 PH=6 水溶液則是使用 20 朵蝶豆花萃取液。

2.實驗過程中，我們發現酸性溶液與 2 公克的海藻酸鈉混和後，溶液並不濃稠，因此，其成圓

性不佳；而鹼性溶液與 2 公克的海藻酸鈉混和後，再與檸檬酸鈣進行晶球化的效果也不佳

所以，最後我們選擇 PH=6 作為蝶豆花分子料理彩色晶球，搭配不同 PH 顏色的蝶豆花做成

單層或漸層飲料，並以人們喜好的顏色成圓美麗度和注重養生抗氧化力排名度及

兩項綜合優勢度:比較排名列出如下:。

3.單層飲料項目

顏色成圓美麗度：

PH=2 粉紅色飲料搭配 PH=6 藍色晶球 > PH=8 藍綠色飲料搭配 PH=6 藍色晶球

抗氧化力排名度：

PH=8 藍綠色飲料搭配 PH=6 藍色晶球 > PH=2 粉紅色飲料搭配 PH=6 藍色晶球

兩項綜合優勢度：

PH=2 粉紅色飲料搭配 PH=6 藍色晶球 = PH=8 藍綠色飲料搭配 PH=6 藍色晶球

4.漸層飲料項目

顏色成圓美麗度：

PH=8 藍綠色與 PH=2 粉紅色做漸層飲料搭配 PH=6 藍色晶球 >

PH=8 藍綠色與 PH=6 藍色做漸層飲料搭配 PH=6 藍色晶球

抗氧化力排名度：

PH=8 藍綠色與 PH=6 藍色做漸層飲料搭配 PH=6 藍色晶球 >

PH=8 藍綠色與 PH=2 粉紅色做漸層飲料搭配 PH=6 藍色晶球

兩項綜合優勢度：

PH=8 藍綠色與 PH=2 粉紅色做漸層飲料搭配 PH=6 藍色晶球 =

PH=8 藍綠色與 PH=6 藍色做漸層飲料搭配 PH=6 藍色晶球

柒、結論

一、探討不同溫度對蝶豆花釋放花青素的影響

分別以水溫 30 度、40 度與 50 度沖泡蝶豆花，實驗結果顯示水溫高低對蝶豆花釋放花青素效果影響為溫度越高，蝶豆花釋放花青素速度越快；反之，釋放花青素速度越慢。

二、探討不同酒精濃度對蝶豆花釋放花青素的影響

不同酒精濃度對蝶豆花釋放花青素的效果比較，酒精濃度越高，蝶豆花釋放花青素越不明顯；反之，釋放花青素越明顯。原因是花青素是多酚類，含有多個極性的氫氧基，易溶於極性相同的水，因此，水占酒精溶液比例越高，蝶豆花釋放花青素越明顯。

三、探討不同酸鹼值對蝶豆花之花青素變色影響

蝶豆花萃取液 PH=6，呈現藍色，將 40 朵蝶豆花萃取液 10ml 分別加入 PH=2、PH=4、PH=10 與 PH=12 之水溶液中，立即由透明無色變為粉紅色、紫色、藍綠色及黃色，且

蝶豆花朵數越多，顏色越顯著。

四、探討不同酸鹼值對蝶豆花之花青素抗氧化力影響

由於 PH 值越小，溶液呈酸性，越不易斷裂 OH 鍵，越易釋出 H 原子，不易產生 H^+ 與 e^- ，還原力差，抗氧化力弱；反之，PH 值越大，溶液呈鹼性，抗氧化力越強。

五、探討蝶豆花製作彩色晶球成圓性大小

依照 2%海藻酸鈉+2%檸檬酸鈣的晶球化濃度調配比率，成圓性最佳。依此調配比率分別與 PH=12、PH=6 即 PH=2 之溶液混和，且滴瓶滴口與濃度 2%食用級檸檬酸鈣液面維持在 12cm，產生 10 顆彩色晶球直徑為 5.8cm，一顆彩色晶球平均直徑約 0.58cm，為成圓性最佳的蝶豆花彩色晶球。

六、探討蝶豆花彩色分子料理最佳搭配

以食品級小蘇打與檸檬酸製作彩色晶球，PH=2 與 PH=8 的成圓性不佳，前者成扁平；後者成長條形，PH=6 成圓性最好。以飲料與晶球的顏色須不一致為前提，三種酸鹼值的飲料與三種酸鹼值的彩色晶球做分子料理搭配從六種變為種，即 PH=8 飲料搭配 PH=6 彩色晶球與 PH=2 飲料搭配 PH=6 彩色晶球。

1.如果做成具抗氧化力的單層飲料，其組合方式與優先順序為

PH=8 藍綠色飲料搭配 PH=6 藍色晶球 > PH=2 粉紅色飲料搭配 PH=6 藍色晶球

2.如果做成具抗氧化力的漸層飲料，其組合方式與優先順序為

PH=8 與 PH=6 做漸層，搭配 PH=6 彩色晶球 > PH=8 與 PH=2 做漸層，搭配 PH=6 彩色晶球。

捌、未來展望

根據本實驗結果，除了繼續研究食品級 PH=8 彩色晶球的最佳「小蘇打與海藻酸鈉的體積比」之外，我們將朝向研究「抗氧化食品添加物的天然替代材料」，為「健康飲食，食在安心」貢獻一份心力。

玖、參考資料

1. 王伶綺。花青素對人體的影響探討。
2. 以鹼酒精法提取葡萄籽中花青素。http://www.che.kuas.edu.tw/aseip_folder/3.htm
3. 蔓越莓的功效。<http://tw.myblog.yahoo.com/jw!q3s.2D6LGUGvfd56ZQ7Y2Q--/article?mid=796>
4. 何謂花青素 <http://tw.knowledge.yahoo.com/question/?qid=1105061609964>
5. 第 57 屆紫蝶飛舞－抗氧新花現－蝶豆花抗氧化研究
6. 蔡杰森、蔡孟韜、許安琪、歐陽君欣、鄒欣穎、張皓雅，「氧榆」樂趣多---地榆抗氧化力探討 臺北市第四十六屆中小學科學展覽會作品集。
7. 林靜宜、陳家蓉、陳彥博、陳揚，維生素 C 有沒？中華民國第四十七屆小學科展覽會參展作品集
8. 多 10 倍花青素！蝶豆花茶減脂抗發炎，1 種人別喝 早安健康網 張維庭／編譯 2016 年 9 月 1 日 <https://www.everydayhealth.com.tw/article/13092>
9. 高憲章 科學少年雜誌 2017 年 2 月 VOL:25 期 夢幻漸層飲品—蝶豆花飲
10. 蝶豆 特有生物研究保育中心 台灣野生植物資料庫 <http://plant.tesri.gov.tw/plant100/WebPlantDetail.aspx?tno=409026020>
11. 第 57 屆化學科科展：「可」不「可」以抗氧化 - 可可抗氧化力之研究

12. 第屆化學科科展：煉「精」術－探討「甘菊」萃取液『精油』『花露水』抗氧化力與應用
13. 黃閔淪、林欣理、陳冠樺。大家來找「茶」－茶抗氧化力之探討。中華民國第 52 屆中小學科展覽會 作品說明書 (080208)。
14. 第 56 屆化學科科展：「薑」來一少「硫」白
15. 酸鹼指示劑 (維基百科)取自：
<https://zh.wikipedia.org/wiki/%E9%85%B8%E7%A2%B1%E6%8C%87%E7%A4%BA%E5%89%82>
16. 亞甲藍(維基百科)，取自：
<https://zh.wikipedia.org/wiki/%E4%BA%9E%E7%94%B2%E8%97%8D>
17. 碘滴定法的使用，取自：
第 50 屆化學科科展：我是「地」一名－地瓜抗氧化力之探討
第 55 屆生物科科展：青春抗老的秘方－薑黃抗氧化力之探討
第 52 屆化學科科展：大家來找茶－茶抗氧化力之探討
18. 花青素－維基百科：<https://zh.wikipedia.org/wiki/%E8%8A%B1%E9%9D%92%E7%B4%A0>
19. 蝶豆花－維基百科：<https://zh.wikipedia.org/wiki/%E8%9D%B6%E8%B1%86>
20. 邱霽俞 (2016 年 11 月 12 日)。高出 10 倍！兩步驟自製「蝶豆花茶」。每日健康。
<https://healthylives.tw/Article/nQzitsPraqE.html>
21. (2016 年 8 月 8 日)，超夢幻蝶豆花，這 4 種人少喝。蘋果日報。
<https://tw.appledaily.com/new/realtime/20160808/923866/>