

中華民國第 65 屆中小學科學展覽會

作品說明書

國小組 化學科

團隊合作獎

080218

**Dove 之戰-探討不同植物汁液在酸鹼條件下的
顏色變化與作用**

學校名稱：臺中市私立葳格高級中學附設國小

作者：	指導老師：
小五 陳宣筠	巫怡嫻
小五 彭煊榆	陳平兒
小五 黃煜棣	
小四 陳竣廷	
小四 林紹逢	
小四 張凱鈞	

關鍵詞：萃取、酸鹼、pH

摘要

本研究研發出最適植物萃取液配方：洛神花 3 滴、黑豆 1 滴、紫莢長豆 2 滴、紫色高麗菜 2 滴與蝶豆花 7 滴。建構出具穩定性、連續性與高辨識度的天然酸鹼色階圖卡，於 pH 1~14 範圍內產生自然清晰的協同變色反應，顯色漸層分明，辨識度高，成功取代市售指示劑。

探究初期以水萃法提取植物色素，觀察其顏色與稀釋後的色彩變化；接續將各萃取液滴於 pH 2~13 標準溶液中，運用電腦影像軟體分析 RGB 色彩參數，量化其變色趨勢。

探究發現，市售指示劑於全 pH 範圍內的顯色反應缺乏連續性與辨識度。因此更進一步評估植物色素間的協同效應，調整配方比例，提升色階表現整體性。最終優化配方具清晰的變色反應，整體效能優於市售指示劑，展現教學與綠色化學之應用潛力。

壹、前言

一、研究動機

在三年級上學期的自然科學課程中，我們學習了酸鹼性的概念，並使用紫色高麗菜、蝶豆花、葡萄皮和紅鳳菜等紫色植物的萃取液來測試溶液的酸鹼性。(王美芬等, 2024)¹指出，這些植物的汁液在酸性環境下會變偏紅色，在鹼性環境下則會變偏藍或綠色。然而，在實驗操作過程中，我們發現不同植物的萃取液在相同的酸鹼條件下，顏色變化並不完全一致。

這讓我們產生疑問：為什麼不同植物的萃取液在相同酸鹼環境下的顏色變化會有所不同？因此，我們希望更深入探討植物萃取液在不同 pH 值環境下的顏色變化，並透過拍照記錄顏色變化，以影像分析技術獲取具體數據，分析其變化規律。

二、研究問題

(一) 植物色素水萃取之色彩表現與觀察探討

探討不同植物經水萃取後，其萃取液原始色彩之差異與顯色特徵。

(二) 植物萃取液稀釋對色素濃度的探討

探討植物萃取液於不同稀釋比例下，其色素濃度之變化情形與差異表現。

(三) 電腦影像軟體分析植物萃取液色彩參數

應用電腦影像軟體量化分析植物萃取液的 RGB 色彩參數與變化趨勢。

(四) 植物萃取液與酸鹼溶液反應之顏色變化分析

探討植物萃取液與酸鹼溶液反應後的顏色變化與 RGB 數據變化趨勢。

(五) 植物萃取液於 pH 2~13 水溶液中的反應與色彩參數分析

探討植物萃取液在 pH 2~13 條件下的變色規律與對應之 RGB 參數表現。

(六) 植物萃取液協同滴定之色階優化與應用探討

探究植物萃取液於 pH 1~14 條件下的協同變色表現，進而建立具穩定性、連續性與辨識度的天然色階對照圖卡，並評估其在教育與實務應用上的可行性。

貳、研究資料&研究用品及材料

一、名詞定義

(一) 萃取² (extraction) 是利用物質在不同溶劑中溶解度的差異，將混合物中的某一特定成分轉移到另一溶劑中，達到分離的目的。

(二) 植物色素³⁴⁵ (Plant Pigments)：

植物色素是指存在於植物細胞中的天然色素化合物，能吸收特定波長的光，賦予植物不同的顏色。這些色素除了影響植物的外觀，還在光合作用、抗氧化、防禦機制等生理功能中扮演重要角色。植物色素的主要類別如下：

1. 葉綠素 (Chlorophylls) → 顏色：綠色

2. 類胡蘿蔔素 (Carotenoids) → 顏色：黃色、橘色、紅色

3. 花青素 (Anthocyanins) → 顏色：紅色、紫色、藍色

4. 甜菜色素 (Betalains) → 顏色：紅色 (甜菜紅素)、黃色 (甜菜黃素)

(三) 花青素⁶ (英語：anthocyanidin) 或稱花色素，化

學式為 $C_{15}H_{11}O_6$ ，是一種水溶性的植物色素，存在於液泡內的細胞液中。花青素的顏色會隨著身處環境的酸鹼值而有所變化，從酸性環境的紅色到紫色、再到鹼性環境下的藍色。因此，花青素亦有用於試紙。可吸收光能，但與光合作用無關。

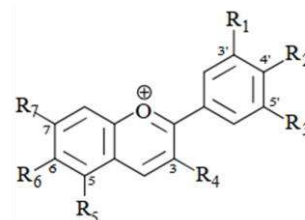
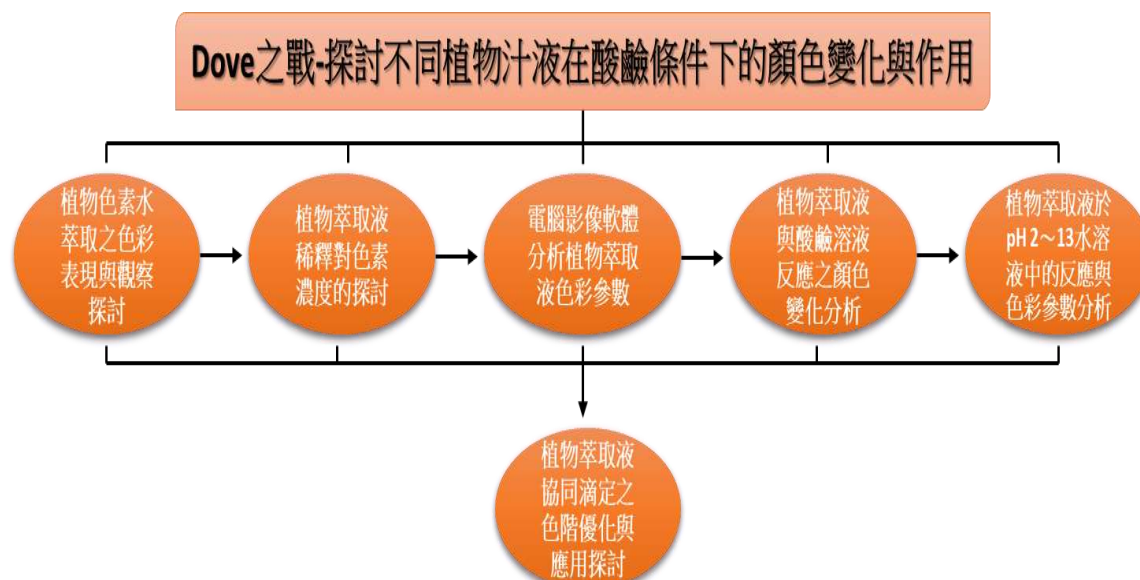


圖1 花青素的化學結構 (參考資料來源：維基百科)

二、研究架構



三、研究用品及材料

研究器材及文具用品							
項次	名稱	項次	名稱	項次	名稱	項次	名稱
1	燒杯	1	電子秤	1	水果刀	1	奇異筆
2	量杯	2	蝴蝶夾	2	免洗筷	2	原子筆
3	量筒	3	滴定管	3	免洗杯	3	鉛筆
4	試管	4	鐵架	4	擦手紙	4	美工刀
5	試管架	5	pH計	5	衛生紙	5	剪刀
6	試管刷	6	濾網	6	菜瓜布	6	直尺
7	試管夾	7	抹布	7	水壺	7	A4紙
8	培養皿	8	水桶	8	小茶匙	8	標籤紙
9	玻璃棒	9	水盆	9	湯匙	9	PP板
10	滴管	10	鑷子	10	烤肉夾	10	長尾夾
11	濾紙	11	電晶爐	11	砧板	11	延長線
12	鐵鍋	12	iPhone15/16	12	手電筒	12	電池
研究藥品							
項次	名稱	項次	名稱	項次	名稱	項次	名稱
1	食用醋	1	糖	1	小蘇打	1	溴瑞香草藍
2	檸檬酸	2	鹽	2	洗衣粉	2	廣用指示劑
3	鹽酸	3	純水	3	氫氧化鈉	3	pH計校正液
研究材料							
1	菠菜	1	茄子	1	葡萄汁2	1	蝶豆花
2	地瓜葉	2	洋蔥	2	火龍果	2	黑豆
3	高麗菜	3	花椰菜	3	甜椒	3	花皮長豆
4	紅鳳菜	4	葡萄露	4	辣椒	4	紫莢長豆
5	紫蘇	5	葡萄汁1	5	洛神花	5	金桔

叁、研究過程

主題一：植物色素水萃取之色彩表現與觀察探討

研究目的：運用水萃取植物的汁液，觀察其顏色變化，比較不同植物色素的差異，了解其特性，並探討在課堂實驗與科學研究中的應用。

研究步驟：

- 1.收集採買日常生活中常食用的數種蔬菜，並依照葉菜類、果實類、根莖類、花菜類加以分類，再填於表 1-1 中。
- 2.如表 1-1 中所示之植物，將其葉子的部分採摘並清洗去除泥沙與雜質後，再用純水清洗過晾乾，備用。如圖 1-1~1-6 所示。
- 3.取出步驟 2 中已晾乾之植物葉子，置入玻璃燒杯中，再使用電子秤稱量其重量為 100 ± 10 克。
- 4.取出燒杯裝取純水 1000ml，再倒入步驟 3 的燒杯中。
- 5.取出電晶爐再放上已裝 1/3 鍋水的鐵鍋，並在鐵鍋內放入步驟 4 的燒杯，隔水加熱 30 分鐘（用計時器設定計時 30 分鐘）。（若葉片較大將其切成小片，以增加萃取色素的效率）。用玻璃棒適時的輕輕攪拌，使植物均勻與水接觸。
- 6.用濾網過濾去除步驟 5 的菜渣，並將其萃取溶液倒入玻璃燒杯中。如圖 1-7~1-9 所示。
- 7.重複步驟 3~6，將表 1-1 中的植物依序分別萃取其汁液。
- 8.將步驟 6 的萃取液放置於實驗桌面，待冷卻後倒入玻璃瓶中，再放入冰箱保存，避免變質。觀察並記錄於表 1-1 中。



圖 1-1 採摘蔬菜



圖 1-2 切除茄子皮



圖 1-3 清洗-紅鳳菜



圖 1-4 清洗-菠菜



圖 1-5 清洗-洋蔥



圖 1-6 瀝乾蔬菜



圖 1-7 萃取汁液-茄子



圖 1-8 萃取汁液-紅鳳菜



圖 1-9 萃取汁液過濾液及菜渣

研究記錄：

表 1-1 植物分類及萃取液記錄表

編號	組別	植物分類	名稱	目視顏色	
				植物原色	萃取液
1	實驗組	葉菜類	菠菜	綠色	淡青黃色
2		葉菜類	地瓜葉	紫色	紫色
3			高麗菜	紫色	藍紫色
4			紅鳳菜	紫綠色	紫色
5			紫蘇	紫色	紫色
6		果實類	茄子	紫色	淡黃棕色
7		根莖類	洋蔥	紫色	紫色
8		花菜類	花椰菜	紫色	紫色
9		市售飲料	葡萄露	紫黃棕色	紫黃棕色
10			葡萄汁 1	紫色	紫色
11			葡萄汁 2	紫色	紫色
12		果實類	火龍果	紫紅色	紫紅色
13			甜椒	紅色	淡淡黃色
14			辣椒	紅色	淡淡黃色
15		乾貨	洛神花	棗紅色	棗紅色
16			蝶豆花	藍紫色	藍紫色
17			黑豆	黑色	淡紫黑色
18			花皮長豆	紫黑色	淡紫黑色
19			紫莢長豆	黃棕色	黃棕色

觀察結果：

1.目視不同植物萃取液的顏色差異：

- (1) 紫色高麗菜：萃取液呈現藍紫色。
- (2) 火龍果：萃取液呈現紫紅色。
- (3) 紫色茄子皮：加熱時，燒杯內會出現淡紫色，但過濾後的汁液變為淡棕黃色。
- (4) 洛神花：萃取液呈現棗紅色。
- (5) 菠菜、紅甜椒、紅辣椒：萃取液呈現透明且非常淡的青黃色，未見明顯的綠色或紅色色素析出。

2.萃取後的植物殘渣狀態：葉菜類的葉子在萃取後，變得軟爛的狀態。

主題二：植物萃取液稀釋對色素濃度的探討

研究目的：由於植物萃取液顏色深淺可能影響辨識，透過不同水量稀釋萃取液，以比較各植物色素的萃取量，並探討其顏色差異。

研究步驟：

- 1.準備滴定裝置，再取出試管、燒杯依照主題一如表 1-1 所示之萃取液編號之。如圖 2-1~2-3 所示。
- 2.用滴管吸取 1ml 萃取液滴入步驟 1 相對應的試管中。
- 3.用玻璃燒杯裝純水 1000ml 分別倒入滴定管 50ml。
- 4.將步驟 2 的燒杯，再移至滴定管下方開始滴定至目視萃取液較透明無色時，則

停止滴定並記錄水量於表 2-1 中。



圖 2-1 滴定裝置



圖 2-2 滴定萃取液



圖 2-3 滴定稀釋萃取液後的顏色

研究記錄：

表 2-1 稀釋萃取液記錄表

編號	蔬菜分類	名稱	原萃取液 (單位：ml)	加入水容量 (單位：ml)	總容量 (單位：ml)	稀釋 百分比	稀釋 排名
1	葉菜類	菠菜	1	10	11	9.09%	12
2		地瓜葉	1	10	11	9.09%	12
3		高麗菜	1	20	21	4.76%	11
4		紅鳳菜	1	30	31	3.23%	10
5		紫蘇	1	30	31	3.23%	10
6	果實類	茄子	1	30	31	3.23%	10
7	根莖類	洋蔥	1	70	71	1.41%	7
8	花菜類	花椰菜	1	20	21	4.76%	11
9	市售飲料	葡萄露	1	80	81	1.23%	6
10		葡萄汁1	1	175	176	0.57%	5
11		葡萄汁2	1	200	201	0.50%	4
12	果實類	火龍果	1	700	701	0.14%	3
13		甜椒	1	0	1	100.00%	13
14		辣椒	1	0	1	100.00%	13
15	乾貨	洛神花	1	800	801	0.12%	2
16		蝶豆花	1	1000	1001	0.10%	1
17		黑豆	1	30	31	3.23%	10
18		花皮長豆	1	60	61	1.64%	8
19		紫英長豆	1	50	51	1.96%	9

觀察結果：

- 1.洛神花與蝶豆花的顏色較深，需加入較多水量進行稀釋，顯示其色素較為濃縮。
- 2.菠菜、甜椒與辣椒的顏色較淡，幾乎透明，因此加入的水量較少，顯示其釋出色素含量較低。

主題三：電腦影像軟體分析植物萃取液色彩參數

研究目的：運用電腦影像軟體分析植物萃取液的色彩參數，希冀能更清晰地比較不同植物色素的差異，進一步了解其特性，並探討其在課堂實驗與科學研究中的應用價值。

研究步驟：

- 1.取 50ml 玻璃燒杯裝取主題一如表 1-1 中所示之萃取液各 30ml，備用。
- 2.將鐵架置於實驗桌上，其下方放置 2 張 A4 影印紙，並將實驗教室內之窗簾拉上遮蔽室外光線，室內燈光關閉。
- 3.取出步驟 1 的萃取液置於步驟 2 的鐵架之鐵環上方。
- 4.打開 iPhone 的手電筒模式且調至聚光功能，並將 iPhone 手機的手電筒放置步驟 3 萃取液的上方，使手電筒的光線從上方照進萃取液內，且光線穿透萃取液投射至下方白紙上。
- 5.打開 iPhone 的相機應用程式，將鏡頭對準步驟 4 白紙上的光線，且對準萃取液中透出的光之中心位置，再輕點手機螢幕對焦在透射光區域拍照。如圖 3-1~3-6 所示。
- 6.運用電腦影像軟體之 RGB 色彩分析且用其「滴管工具」點選步驟 5 照片中透射光線的 RGB 數值。〔即可在電腦螢幕上看到該像素點的 RGB（三原色）數值（0 - 255）〕
- 7.重複步驟 3~6 觀察並記錄於表 3-1 中。



圖 3-1 萃取液照光-高麗菜



圖 3-2 萃取液照光-紫蘇



圖 3-3 萃取液照光-葡萄汁 1



圖 3-4 萃取液照光-辣椒








圖 3-5 萃取液照光-火龍果



圖 3-6 萃取液照光-紫荊長豆

研究記錄：

表 3-1 萃取液 RGB 色彩參數

原萃取液									
編號	組別	蔬菜分類	萃取液名稱	色票	RGB色彩參數 標準偏差：±0.00~±5.00			顏色名稱	HEX色碼
					R	G	B		
1	實驗組	葉菜類	菠菜		192 ±3.71	184 ±3.76	146 ±4.02	米灰色	C0B692
2		葉菜類	地瓜葉		167 ±3.03	85 ±3.06	136 ±4.96	粉紫酒紅	A75588
3			高麗菜		86 ±3.20	77 ±0.98	126 ±2.40	靛藍灰紫	564D7E
4			紅鳳菜		136 ±1.62	48 ±1.47	132 ±3.72	紫羅蘭色	883484
5			紫蘇		119 ±3.88	20 ±2.99	73 ±4.22	深玫瑰紅	771449
6		果實類	茄子		130 ±3.46	66 ±1.74	44 ±4.71	紅棕色	82422C
7		根莖類	洋蔥		155 ±4.08	35 ±1.90	34 ±2.56	磚紅色	9B2322
8		花菜類	花椰菜		125 ±1.17	75 ±3.66	120 ±2.24	紫棕灰	7D4B78
9		市售飲料	葡萄露		193 ±3.46	72 ±3.20	41 ±2.53	深橘紅	C14829
10			葡萄汁1		71 ±4.26	21 ±1.67	20 ±4.59	深酒紅棕	471514
11			葡萄汁2		73 ±2.80	39 ±4.24	39 ±1.94	深棕紅色	492727
12		果實類	火龍果		164 ±1.47	30 ±2.19	32 ±4.49	紅緋色	A41E20
13			甜椒		155 ±3.20	153 ±3.87	149 ±3.72	金屬灰	9B9995
14			辣椒		141 ±1.72	139 ±4.73	137 ±4.43	錫灰色	8D8B89
15		乾貨	洛神花		100 ±2.23	26 ±4.59	29 ±2.56	紅褐黑	641A1D
16			蝶豆花		77 ±4.96	30 ±2.48	29 ±4.53	紅黑木色	4D1E1D
17			黑豆		147 ±1.17	52 ±3.54	26 ±4.73	紅磚色	93341A
18			花皮長豆		56 ±2.53	23 ±2.14	19 ±3.44	深紅棕黑色	381713
19			紫莢長豆		129 ±3.82	49 ±3.52	31 ±2.79	紅棕色	81311F

觀察結果：

1.實驗環境的光線控制：

為了避免環境光線的干擾，需在昏暗的環境中進行實驗，故關閉燈光，以確保觀察結果的準確性。

2.使用白紙增強觀察效果：

在裝有萃取液的燒杯下方放置白紙，有助於觀察透射溶液的光線更為明顯，便於辨識顏色變化。

3.RGB 色彩模式的基本概念：

RGB 色彩模式由紅色 (Red)、綠色 (Green) 和藍色 (Blue) 三種色光組成，每種顏色的亮度範圍為 0~255。當透過萃取液觀察到的顏色偏紅時，表示紅色光的亮度較高，而綠色和藍色光的亮度則相對較低。

4.實驗中 RGB 數值的應用：

在實驗中，透過軟體讀取透射光的 RGB 數值，可以量化顏色變化。

主題四：植物萃取液與酸鹼溶液反應之顏色變化分析

研究目的：運用電腦影像軟體分析植物萃取液與酸鹼性物質的反應後，比較不同植物色素在不同酸鹼環境下的顏色變化。

研究步驟：

- 1.取出量杯分別標記及裝取 1 茶匙的「醋、檸檬酸、糖、鹽、小蘇打、洗衣粉」，再分別量取主題一如表 1-1 中所示之萃取液各 10ml 倒入各量杯中並觀察記錄其交互作用之顏色變化於表 4-1 中。
- 2.打開 iPhone 的相機應用程式，將鏡頭對準步驟 1 各量杯的反應溶液，聚焦中心位置，再輕點手機螢幕拍照。如圖 4-1~4-5 所示。
- 3.運用電腦影像軟體之 RGB 色彩分析且用其「滴管工具」點選步驟 2 反應溶液照片，再讀取照片中的 RGB 數值。〔即可在電腦螢幕上看到該像素點的 RGB（三原色）數值（0 - 255）〕
- 4.重複步驟 2~3，觀察並記錄於表 4-2~4-4 中。



圖 4-1 溴瑞香草藍與酸/中/鹼物質反應



圖 4-2 廣用指示劑與酸/中/鹼物質反應



圖 4-3 紫蘇萃取液與酸/中/鹼物質反應



圖 4-4 洛神花萃取液與酸/中/鹼物質反應



圖 4-5 萃取液與酸/中/鹼物質反應

研究記錄：

表 4-1 萃取液與酸/中/鹼物質反應記錄表

編號	組別	蔬菜分類	名稱	交互作用之顏色變化					
				食用醋	檸檬酸	糖	鹽	小蘇打	洗衣粉
1	對照組		溴瑞香草藍	黃	黃	不變色	不變色	藍色	藍色
2			廣用指示劑	橘黃	橘黃	不變色	不變色	藍色	藍色
3	實驗組	葉菜類	菠菜	不變色	不變色	不變色	不變色	偏黃色	偏黃色
4		葉菜類	地瓜葉	偏紅色	偏紅色	不變色	不變色	偏深墨綠色	偏深墨綠色
5			高麗菜	偏紅色	偏紅色	不變色	不變色	偏藍綠色	偏藍綠色
6			紅鳳菜	偏紅色	偏紅色	不變色	不變色	偏藍綠色	偏藍綠色
7			紫蘇	偏紅色	偏紅色	不變色	不變色	偏藍綠色	偏藍綠色
8			果實類	茄子	偏紅色	偏紅色	不變色	不變色	偏藍綠色
9		根莖類	洋蔥	偏紅色	偏紅色	不變色	不變色	偏藍綠色	偏藍綠色
10		花菜類	花椰菜	偏紅色	偏紅色	不變色	不變色	偏藍綠色	偏藍綠色
11		市售飲料	葡萄露	偏紅色	偏紅色	不變色	不變色	偏藍綠色	偏藍綠色
12			葡萄汁1	偏深紅紫色	偏深紅紫色	不變色	不變色	偏藍綠色	偏藍綠色
13			葡萄汁2	偏深紅紫色	偏深紅紫色	不變色	不變色	偏藍綠色	偏藍綠色
14		果實類	火龍果	偏深紅色	偏深紅色	不變色	不變色	偏藍綠色	偏藍綠色
15			甜椒	不變色	不變色	不變色	不變色	偏黃色	偏黃色
16			辣椒	不變色	不變色	不變色	不變色	偏黃色	偏黃色
17		乾貨	洛神花	難辨認顏色	難辨認顏色	不變色	不變色	偏深墨綠色	偏深墨綠色
18			蝶豆花	偏深紅色	偏深紅色	不變色	不變色	偏藍綠色	偏藍綠色
19			黑豆	偏紅色	偏紅色	不變色	不變色	偏深墨綠色	偏深墨綠色
20			花皮長豆	偏紅色	偏紅色	不變色	不變色	偏深藍綠色	偏深藍綠色
21			紫莢長豆	淡黃棕色	淡黃棕色	不變色	不變色	黃棕色	黃棕色
被檢測溶液性質				酸	酸	中	中	鹼	鹼

表 4-2 萃取液與酸性物質（食用醋、檸檬酸）反應之 RGB 色彩參數

■食用醋 □檸檬酸 □糖 □鹽 □小蘇打 □洗衣粉								
編號	組別	萃取液名稱	色票	RGB色彩參數			顏色名稱	HEX色碼
				R	G	B		
1	對照組	溴瑞香草藍		149 ±4.07	80 ±3.54	36 ±0.49	深銅棕	955024
2		廣用指示劑		128 ±2.23	35 ±4.62	31 ±0.75	酒紅色	80231F
3	實驗組	菠菜		151 ±4.67	143 ±2.56	101 ±1.90	淺卡其綠	978F65
4		地瓜葉		121 ±1.90	27 ±1.72	41 ±3.06	暗紅	791B29
5		高麗菜		121 ±3.44	26 ±3.14	42 ±2.94	暗酒紅	791A2A
6		紅鳳菜		118 ±2.23	43 ±4.17	64 ±2.80	暗玫瑰紅	762B40
7		紫蘇		60 ±4.21	7 ±2.71	19 ±4.82	深紅棕	3C0713
8		茄子		83 ±1.83	16 ±1.67	21 ±2.76	暗血紅	531015
9		洋蔥		108 ±4.84	28 ±4.03	26 ±3.26	暗磚紅	6C1C1A
10		花椰菜		90 ±3.74	12 ±4.92	18 ±4.45	紅棕色	5A0C12
11		葡萄露		80 ±4.08	38 ±2.32	20 ±2.87	巧克力棕	502614
12		葡萄汁1		24 ±2.23	14 ±2.14	18 ±0.89	紫紅黑色	2E+14
13		葡萄汁2		34 ±3.07	20 ±2.32	25 ±2.04	暗紫黑	221419
14		火龍果		72 ±2.87	8 ±3.44	30 ±3.54	深紫紅	48081E
15		甜椒		143 ±3.63	138 ±3.87	105 ±3.19	卡其灰綠	8F8A69
16		辣椒		136 ±2.94	137 ±1.10	100 ±1.79	軍綠黃	888964
17		洛神花		14 ±3.74	9 ±3.01	13 ±4.66	幾乎黑	0E090D
18		蝶豆花		19 ±0.80	15 ±2.33	20 ±4.31	黑紫灰	130F14
19		黑豆		88 ±1.17	26 ±2.04	23 ±2.97	紅棕	581A17
20		花皮長豆		62 ±3.31	11 ±0.40	17 ±1.72	酒紅黑	3E0B11
21		紫莢長豆		131 ±1.47	96 ±2.04	38 ±1.60	金黃棕	836026
□食用醋 ■檸檬酸 □糖 □鹽 □小蘇打 □洗衣粉								
編號	組別	萃取液名稱	色票	RGB色彩參數			顏色名稱	HEX色碼
				R	G	B		
1	對照組	溴瑞香草藍		145 ±4.07	71 ±6.60	35 ±0.89	深橘棕色	914723
2		廣用指示劑		117 ±2.71	30 ±1.96	28 ±3.06	暗紅褐色	751E1C
3	實驗組	菠菜		142 ±4.35	137 ±3.72	100 ±1.47	橄欖灰色	8E8964
4		地瓜葉		118 ±0.75	29 ±2.79	38 ±2.24	暗紅紫色	761D26
5		高麗菜		101 ±3.54	19 ±2.33	26 ±4.17	深紅褐色	65131A
6		紅鳳菜		122 ±4.35	37 ±0.40	46 ±1.17	酒紅色	7A252E
7		紫蘇		67 ±1.72	16 ±3.60	25 ±3.66	極深酒紅	431019
8		茄子		62 ±1.62	19 ±2.06	27 ±0.80	極深紅褐	3E131B
9		洋蔥		102 ±1.85	29 ±2.65	27 ±1.47	巧克力紅	661D1B
10		花椰菜		89 ±0.49	14 ±1.83	21 ±2.80	黑紅色	6E+17
11		葡萄露		68 ±2.73	31 ±2.97	18 ±1.83	深棕紅色	441F12
12		葡萄汁1		23 ±1.02	15 ±3.10	19 ±2.76	幾乎黑	170F13
13		葡萄汁2		37 ±2.83	24 ±3.90	28 ±4.32	暗紫棕	25181C
14		火龍果		51 ±2.42	16 ±2.58	35 ±2.42	極暗紫紅	331023
15		甜椒		139 ±4.82	137 ±1.41	119 ±0.49	淡灰褐色	8B8977
16		辣椒		141 ±3.79	143 ±3.90	120 ±1.94	橄欖綠灰色	8D8F78
17		洛神花		28 ±1.50	22 ±1.72	26 ±1.62	深灰紫	1C161A
18		蝶豆花		34 ±4.77	28 ±1.47	32 ±1.60	黑灰色	221C20
19		黑豆		80 ±2.65	18 ±2.42	22 ±3.41	深紅色	501216
20		花皮長豆		65 ±3.19	19 ±3.07	24 ±2.14	暗酒紅	411318
21		紫莢長豆		123 ±2.28	82 ±3.41	36 ±0.89	棕土色	7B5224

表 4-3 萃取液與中性物質（糖、鹽）反應之 RGB 色彩參數





















































































<div><input type="checkbox"/>食用醋 <input type="checkbox"/>檸檬酸 <input checked="" type="checkbox"/>糖 <input type="checkbox"/>鹽 <input type="checkbox"/>小蘇打 <input type="checkbox"/>洗衣粉</div>								
編號	組別	萃取液名稱	色票	RGB色彩參數			顏色名稱	HEX 色碼
				R	G	B		
1	對照組	溴瑞香草藍		45 ±4.32	44 ±3.56	29 ±3.06	深灰橄欖色	2D2C1D
2		廣用指示劑		136 ±4.71	58 ±0.75	34 ±1.85	磚紅棕色	883A22
3	實驗組	菠菜		126 ±1.94	121 ±2.10	71 ±3.92	橄欖黃綠	7E7947
4		地瓜葉		63 ±3.56	40 ±2.24	50 ±3.35	深紫褐色	3F2832
5		高麗菜		46 ±3.83	42 ±2.28	63 ±3.66	深靛藍紫色	2E2A3F
6		紅鳳菜		69 ±2.61	34 ±2.56	64 ±2.23	酒紅紫色	452240
7		紫蘇		45 ±1.41	36 ±1.33	41 ±2.64	暗紫灰色	2D2429
8		茄子		77 ±1.62	48 ±3.22	40 ±4.17	深棕紅色	4D3028
9		洋蔥		91 ±4.12	40 ±4.22	34 ±4.45	暗紅棕色	5B2822
10		花椰菜		67 ±2.87	45 ±2.32	67 ±3.29	紫灰色	432D43
11		葡萄露		68 ±2.86	40 ±2.40	28 ±2.23	深紅棕色	44281C
12		葡萄汁1		39 ±2.23	35 ±1.72	37 ±2.40	暗灰紫	272325
13		葡萄汁2		42 ±2.87	38 ±2.73	38 ±2.33	幾乎黑	2A2626
14		火龍果		79 ±0.75	22 ±3.54	37 ±4.31	深酒紅色	4F1625
15		甜椒		146 ±4.17	144 ±3.12	118 ±1.85	暗卡其綠	929076
16		辣椒		147 ±2.24	150 ±1.85	118 ±3.31	橄欖綠灰色	939676
17		洛神花		36 ±4.54	32 ±1.60	33 ±1.26	黑灰紫	242021
18		蝶豆花		32 ±5.00	34 ±3.56	36 ±2.48	鐵灰藍色	202224
19		黑豆		60 ±3.54	46 ±1.26	40 ±2.97	暗棕紫色	3C2E28
20		花皮長豆		53 ±4.27	42 ±3.87	38 ±3.20	深咖啡灰色	352A26
21		紫莢長豆		109 ±3.31	76 ±4.50	39 ±3.88	土黃棕色	6D4C27
<div><input type="checkbox"/>食用醋 <input type="checkbox"/>檸檬酸 <input type="checkbox"/>糖 <input checked="" type="checkbox"/>鹽 <input type="checkbox"/>小蘇打 <input type="checkbox"/>洗衣粉</div>								
編號	組別	萃取液名稱	色票	RGB色彩參數			顏色名稱	HEX 色碼
				R	G	B		
1	對照組	溴瑞香草藍		42 ±4.56	46 ±3.44	36 ±4.41	深灰褐色	2A2624
2		廣用指示劑		132 ±4.83	61 ±2.79	33 ±2.45	鏽紅棕色	843D21
3	實驗組	菠菜		119 ±4.83	115 ±4.83	69 ±4.31	橄欖綠灰色	777345
4		地瓜葉		58 ±0.00	43 ±4.58	56 ±0.75	深紫灰	3A2B38
5		高麗菜		44 ±0.80	45 ±3.01	68 ±3.37	靛青藍灰色	2C2D44
6		紅鳳菜		72 ±2.87	43 ±1.60	73 ±4.13	深紫羅蘭色	482B49
7		紫蘇		37 ±3.61	37 ±3.58	44 ±2.32	幾乎黑	25252C
8		茄子		59 ±0.63	43 ±1.79	48 ±4.22	酒紅褐色	3B2B30
9		洋蔥		88 ±4.08	51 ±1.41	49 ±2.14	巧克力酒紅色	583331
10		花椰菜		51 ±3.26	36 ±2.73	63 ±2.40	深藍紫色	33243F
11		葡萄露		72 ±4.84	47 ±2.99	35 ±3.01	深棕咖啡色	482F23
12		葡萄汁1		36 ±2.42	34 ±4.41	35 ±4.71	黑灰色	242223
13		葡萄汁2		43 ±2.32	38 ±2.04	40 ±2.64	暗紫灰黑	2B2628
14		火龍果		80 ±4.29	28 ±3.25	43 ±2.48	深玫瑰紅	501C2B
15		甜椒		151 ±2.87	149 ±2.73	133 ±2.40	暗米灰色	979585
16		辣椒		145 ±3.54	149 ±3.61	127 ±1.02	綠灰米色	91957F
17		洛神花		36 ±5.11	33 ±3.93	34 ±3.66	極深灰紫	242122
18		蝶豆花		34 ±4.63	34 ±4.56	36 ±4.83	幾乎黑	222224
19		黑豆		58 ±1.47	48 ±3.83	46 ±1.02	暗棕紅灰色	3A302E
20		花皮長豆		55 ±1.60	44 ±2.04	43 ±4.35	棕紅灰黑	372C2B
21		紫莢長豆		110 ±2.33	79 ±2.19	42 ±2.23	土黃棕色	6E4F2A

表 4-4 萃取液與鹼性物質（小蘇打、洗衣粉）反應之 RGB 色彩參數

<div><input type="checkbox"/>食用醋 <input type="checkbox"/>檸檬酸 <input type="checkbox"/>糖 <input type="checkbox"/>鹽 <input checked="" type="checkbox"/>小蘇打 <input type="checkbox"/>洗衣粉</div>								
編號	組別	萃取液名稱	色票	RGB色彩參數			顏色名稱	HEX 色碼
				R	G	B		
1	對照組	溴瑞香草藍		32 ±3.77	42 ±4.12	59 ±4.59	墨藍灰色	202A3B
2		廣用指示劑		35 ±1.74	36 ±3.50	47 ±0.75	冷黑灰色	23242F
3	實驗組	菠菜		120 ±2.93	106 ±4.24	54 ±3.72	黃銅色	786A36
4		地瓜葉		52 ±4.08	54 ±1.67	47 ±2.45	墨綠灰	34362F
5		高麗菜		52 ±3.03	66 ±2.58	66 ±2.15	墨綠藍灰	344242
6		紅鳳菜		52 ±2.58	53 ±2.65	51 ±3.67	冷中性灰	343533
7		紫蘇		51 ±3.43	54 ±4.03	48 ±3.20	墨綠黑灰	333630
8		茄子		66 ±1.02	57 ±1.17	51 ±2.28	巧克力灰棕	423933
9		洋蔥		69 ±3.25	59 ±2.00	50 ±3.26	深咖啡灰	453B32
10		花椰菜		51 ±4.27	59 ±1.36	62 ±4.00	藍灰黑	333B3D
11		葡萄露		57 ±2.14	50 ±1.60	44 ±3.16	煙灰褐色	39322C
12		葡萄汁1		41 ±2.87	44 ±3.60	44 ±1.79	冷鐵灰色	292C2C
13		葡萄汁2		39 ±0.63	40 ±1.83	41 ±2.73	工業黑灰	272829
14		火龍果		69 ±2.00	54 ±2.50	66 ±2.97	深紫灰棕	453642
15		甜椒		137 ±3.60	129 ±4.62	96 ±3.69	軍綠米黃	898160
16		辣椒		118 ±2.50	110 ±3.93	50 ±3.71	黃橄欖綠	8E+34
17		洛神花		34 ±1.36	35 ±0.80	36 ±0.63	碳黑灰	222324
18		蝶豆花		39 ±3.26	44 ±3.32	44 ±1.10	深灰藍綠	272C2C
19		黑豆		67 ±0.80	63 ±1.10	57 ±2.23	褐灰綠色	433F39
20		花皮長豆		53 ±2.65	51 ±2.65	47 ±4.08	灰黑綠色	35332F
21		紫莢長豆		96 ±2.33	66 ±2.71	49 ±3.03	暗巧克力棕	604231
<div><input type="checkbox"/>食用醋 <input type="checkbox"/>檸檬酸 <input type="checkbox"/>糖 <input type="checkbox"/>鹽 <input type="checkbox"/>小蘇打 <input checked="" type="checkbox"/>洗衣粉</div>								
編號	組別	萃取液名稱	色票	RGB色彩參數			顏色名稱	HEX 色碼
				R	G	B		
1	對照組	溴瑞香草藍		37 ±4.26	45 ±3.43	65 ±2.86	深靛藍灰	252D41
2		廣用指示劑		37 ±3.82	39 ±4.80	42 ±4.53	暗鐵灰	25272A
3	實驗組	菠菜		116 ±0.98	97 ±1.47	48 ±2.48	土橄欖黃	746130
4		地瓜葉		62 ±1.72	64 ±2.87	49 ±3.90	墨綠褐色	3E4031
5		高麗菜		70 ±4.03	80 ±5.00	63 ±3.26	森林綠灰	46503F
6		紅鳳菜		66 ±2.71	68 ±1.26	60 ±4.17	石苔色	42443C
7		紫蘇		60 ±3.76	58 ±0.75	46 ±2.24	棕黑灰色	3C3A2E
8		茄子		76 ±2.80	64 ±2.99	56 ±4.71	深卡其棕	4C4038
9		洋蔥		74 ±1.74	65 ±3.63	54 ±3.71	棕灰色	4A4136
10		花椰菜		62 ±5.00	67 ±1.50	49 ±2.90	墨綠色	3E4331
11		葡萄露		69 ±3.31	51 ±3.46	43 ±2.42	深咖啡紅棕	45332B
12		葡萄汁1		43 ±4.59	44 ±2.06	46 ±3.19	幾乎黑	2B2C2E
13		葡萄汁2		43 ±2.06	44 ±1.50	45 ±1.17	冷黑灰	2B2C2D
14		火龍果		72 ±4.34	61 ±5.06	64 ±4.03	紫灰紅棕	483D40
15		甜椒		135 ±5.02	126 ±1.50	86 ±3.92	沙綠灰	9E+58
16		辣椒		109 ±1.26	98 ±2.33	54 ±4.31	橄欖綠土色	6D6236
17		洛神花		42 ±3.43	45 ±2.06	45 ±3.07	鐵灰黑	2A2D2D
18		蝶豆花		44 ±2.00	47 ±3.19	46 ±2.45	冷灰綠黑	2C2F2E
19		黑豆		73 ±2.97	64 ±1.72	55 ±2.79	濃茶棕色	494037
20		花皮長豆		58 ±4.45	51 ±4.50	42 ±1.72	深棕灰色	3A332A
21		紫莢長豆		93 ±2.73	69 ±3.03	57 ±2.86	暗磚紅棕色	5D4539

觀察結果：

1.植物萃取液在不同酸鹼環境中的顏色變化：

如表 4-1~4-4 所示，大多數植物萃取液在酸性水溶液中呈現偏紅色（醋、檸檬酸水溶液），在中性水溶液中顏色保持不變（鹽、糖水溶液），而在鹼性水溶液中則呈現偏藍綠色（小蘇打、洗衣粉水溶液）。

2.RGB 色彩模式：

如表 4-1~4-4 所示，RGB 模式中的三個數值分別代表紅色（R）、綠色（G）和藍色（B）光的亮度強度，範圍為 0 – 255。當反應顏色偏藍時，B 值相對較高，而 R、G 值則較低。

主題五：植物萃取液於 pH 2~13 水溶液中的反應與色彩參數分析

研究目的：透過電腦影像軟體分析植物萃取液在 pH 2~13 水溶液中的顏色變化，進一步探討其作為酸鹼指示劑的應用潛力。

研究步驟：

- 1.取出 1000ml 玻璃燒杯裝入純水，再用滴管吸取鹽酸、小茶匙舀取氫氧化鈉滴入及倒入燒杯中，調製 pH2~13 水溶液，備用。
- 2.取出試管並標記 pH 2~13，備用。
- 3.用滴管分別吸取步驟 1 中水溶液 3ml，再分別滴入步驟 2 中相對應的試管內。
- 4.取出滴管分別吸取主題一表 1-1 中所列的植物萃取液 3 mL，滴入步驟 3 標記為 pH 2~13 的試管中，觀察其顏色變化。
- 5.打開 iPhone 的相機應用程式，將鏡頭對準步驟 4 中各試管內的反應溶液，對焦於中心位置，輕點螢幕進行拍照，如圖 5-1~5-4 所示。
- 6.使用電腦影像軟體的 RGB 色彩分析功能，利用「滴管工具」點選步驟 5 中反應溶液的照片，讀取並記錄該像素點的 RGB（三原色）數值（範圍 0 – 255）。
- 7.重複步驟 3~6，觀察並記錄於表 5-1~5-12 中。



圖 5-1 紅鳳菜萃取液與 pH2~13 反應後顏色



圖 5-2 紫蘇萃取液與 pH2~13 反應後顏色



圖 5-3 火龍果萃取液與 pH2~13 反應後顏色



圖 5-4 蝶豆花萃取液與 pH2~13 反應後顏色

研究記錄：

表 5-1 萃取液與 pH2 反應之 RGB 色彩參數

pH值：2 3 4 5 6 7 8 9 10 11 12 13								
編號	組別	萃取液名稱	色票	RGB色彩參數			顏色名稱	HEX色碼
				R	G	B		
1	對照組	溴瑞香草藍		165 ±3.19	108 ±4.88	35 ±1.36	橘棕色	A56C23
2		廣用指示劑		146 ±2.23	65 ±4.80	35 ±0.63	繡紅棕色	924123
3	實驗組	菠菜		172 ±2.79	171 ±2.97	161 ±2.58	淡沙褐色	ACABA1
4		地瓜葉		142 ±2.64	51 ±3.43	89 ±3.43	酒紅紫	8E3359
5		高麗菜		142 ±2.24	32 ±3.60	64 ±4.90	桃紅酒紅	8E2040
6		紅鳳菜		162 ±3.85	112 ±2.14	129 ±2.73	淺乾燥玫瑰	A27081
7		紫蘇		77 ±3.93	8 ±3.07	13 ±3.12	極暗酒紅	4D080D
8		茄子		103 ±3.54	18 ±1.47	30 ±4.13	暗紅棗色	67121E
9		洋蔥		105 ±4.24	23 ±3.25	25 ±1.79	紅棗色	691719
10		花椰菜		115 ±4.12	22 ±3.61	27 ±3.06	深紅	73161B
11		葡萄露		113 ±4.63	78 ±1.72	35 ±1.36	深土金色	714E23
12		葡萄汁1		60 ±3.38	11 ±1.36	19 ±0.49	極深紅黑	3C0B13
13		葡萄汁2		41 ±3.01	12 ±1.10	15 ±2.15	幾乎黑	290C0F
14		火龍果		91 ±2.28	33 ±0.80	84 ±2.24	紫紅色	5B2154
15		甜椒		0 ±0.00	0 ±0.00	0 ±0.00		
16		辣椒		0 ±0.00	0 ±0.00	0 ±0.00		
17		洛神花		28 ±2.06	15 ±3.69	20 ±2.71	深紅黑灰	1C0F14
18		蝶豆花		15 ±0.63	9 ±0.80	12 ±0.98	幾乎純黑	0F090C
19		黑豆		115 ±4.00	40 ±3.06	29 ±2.04	酒紅磚紅色	73281D
20		花皮長豆		77 ±1.10	9 ±4.60	13 ±4.52	紅黑色	4D090D
21		紫莢長豆		132 ±2.83	101 ±1.02	39 ±0.80	深金棕土色	846527

表 5-2 萃取液與 pH3 反應之 RGB 色彩參數

pH值：2 3 4 5 6 7 8 9 10 11 12 13								
編號	組別	萃取液名稱	色票	RGB色彩參數			顏色名稱	HEX色碼
				R	G	B		
1	對照組	溴瑞香草藍		170 ±1.33	118 ±4.96	34 ±1.67	黃銅色	AA7622
2		廣用指示劑		150 ±3.60	69 ±4.26	35 ±0.63	鏽紅棕	964523
3	實驗組	菠菜		171 ±2.23	171 ±2.79	159 ±1.96	淡灰石色	ABAB9F
4		地瓜葉		122 ±4.26	82 ±1.96	111 ±4.76	紫褐色	7A526F
5		高麗菜		119 ±4.73	92 ±4.36	128 ±0.80	淺紫灰	775C80
6		紅鳳菜		108 ±3.01	77 ±1.94	131 ±3.38	紫羅蘭色	6C4D83
7		紫蘇		72 ±2.32	23 ±2.99	58 ±4.31	深酒紫	48173A
8		茄子		122 ±3.03	92 ±3.29	72 ±4.02	木質棕	7A5C48
9		洋蔥		113 ±2.68	41 ±4.90	28 ±3.67	紅棗色	71291C
10		花椰菜		125 ±4.45	100 ±4.88	127 ±2.99	淡紫灰	7D647F
11		葡萄露		100 ±4.83	59 ±2.42	28 ±2.42	可可紅棕色	643B1C
12		葡萄汁1		31 ±1.62	11 ±0.49	16 ±2.58	幾乎黑	1F0B10
13		葡萄汁2		24 ±0.49	12 ±1.50	16 ±0.75	極深紅紫黑	180C10
14		火龍果		105 ±2.48	25 ±1.36	65 ±4.15	紫紅玫瑰色	691941
15		甜椒		0 ±0.00	0 ±0.00	0 ±0.00		
16		辣椒		0 ±0.00	0 ±0.00	0 ±0.00		
17		洛神花		34 ±3.97	17 ±1.26	22 ±4.36	黑紅灰	221116
18		蝶豆花		19 ±2.99	13 ±4.63	16 ±2.61	純黑灰	130D10
19		黑豆		121 ±3.61	97 ±3.31	72 ±4.73	沙棕色	796148
20		花皮長豆		75 ±2.50	37 ±2.10	18 ±3.25	深紅棕	4B2512
21		紫莢長豆		128 ±2.76	98 ±0.49	39 ±0.49	黃銅棕	806227

表 5-3 萃取液與 pH4 反應之 RGB 色彩參數


pH值：□2 □3 ■4 □5 □6 □7 □8 □9 □10 □11 □12 □13								
編號	組別	萃取液名稱	色票	RGB色彩參數			顏色名稱	HEX 色碼
				R	G	B		
1	對照組	溴瑞香草藍		53 ±4.22	63 ±3.61	30 ±2.94	深橄欖綠	353F1E
2		廣用指示劑		149 ±0.75	73 ±1.50	35 ±0.63	焦糖紅磚	954923
3	實驗組	菠菜		160 ±3.90	161 ±3.97	136 ±4.52	石牆灰綠	A0A188
4		地瓜葉		119 ±1.94	103 ±4.34	118 ±4.63	紫灰色	776776
5		高麗菜		106 ±0.63	101 ±1.85	131 ±3.03	深薰衣草灰	6A6583
6		紅鳳菜		102 ±3.41	78 ±4.52	129 ±3.60	深紫色	664E81
7		紫蘇		87 ±3.60	55 ±3.71	79 ±2.79	暗酒紫	57374F
8		茄子		121 ±4.54	97 ±1.33	72 ±3.06	沙棕色	796148
9		洋葱		120 ±4.02	66 ±0.80	33 ±2.58	紅棕色	784221
10		花椰菜		121 ±2.04	109 ±2.58	130 ±2.10	紫灰褐色	796D82
11		葡萄露		101 ±4.50	65 ±3.38	30 ±2.10	深木色	65411E
12		葡萄汁1		31 ±3.54	12 ±3.97	16 ±4.63	幾乎黑	1F0C10
13		葡萄汁2		33 ±1.36	15 ±1.62	18 ±0.89	酒紅黑灰色	210F12
14		火龍果		107 ±2.50	27 ±1.67	69 ±4.20	深紫紅玫瑰色	6B1B45
15		甜椒		0 ±0.00	0 ±0.00	0 ±0.00		
16		辣椒		0 ±0.00	0 ±0.00	0 ±0.00		
17		洛神花		33 ±2.97	17 ±1.47	23 ±1.50	黑紅紫色	211117
18		蝶豆花		20 ±4.79	13 ±4.75	18 ±4.87	極深灰黑	140D12
19		黑豆		112 ±2.40	91 ±2.83	66 ±4.59	木頭棕	705B42
20		花皮長豆		69 ±1.72	36 ±1.36	18 ±2.14	咖啡棕	452412
21		紫莢長豆		126 ±3.61	95 ±1.67	38 ±1.26	深銅黃	7E5F26

表 5-4 萃取液與 pH5 反應之 RGB 色彩參數




pH值：□2 □3 □4 ■5 □6 □7 □8 □9 □10 □11 □12 □13								
編號	組別	萃取液名稱	色票	RGB色彩參數			顏色名稱	HEX 色碼
				R	G	B		
1	對照組	溴瑞香草藍		40 ±3.14	53 ±3.54	25 ±4.45	墨綠色	283519
2		廣用指示劑		151 ±4.49	71 ±3.87	35 ±0.40	磚紅棕	974723
3	實驗組	菠菜		155 ±4.03	154 ±4.32	130 ±3.49	灰黃褐	9B9A82
4		地瓜葉		115 ±3.31	99 ±3.71	115 ±3.66	薰衣草灰紫	736373
5		高麗菜		108 ±2.58	104 ±3.72	133 ±2.40	深紫藍灰	6C6885
6		紅鳳菜		106 ±3.14	85 ±3.01	133 ±3.16	葡萄紫	6A5585
7		紫蘇		91 ±3.16	60 ±1.20	81 ±1.47	暗紫灰紅	5B3C51
8		茄子		127 ±2.73	103 ±1.74	80 ±4.32	古銅灰棕	7F6750
9		洋葱		120 ±4.59	66 ±1.36	34 ±3.01	紅棕色	784222
10		花椰菜		118 ±1.36	105 ±1.02	126 ±1.36	紫灰褐色	76697E
11		葡萄露		109 ±4.35	74 ±1.85	33 ±2.32	深橡木棕色	6D4A21
12		葡萄汁1		50 ±4.32	13 ±3.72	19 ±0.75	深紅黑色	320D13
13		葡萄汁2		36 ±2.53	14 ±2.71	18 ±2.42	黑紅紫	240E12
14		火龍果		109 ±3.14	29 ±1.20	77 ±4.03	深玫瑰紫紅	6D1D4D
15		甜椒		0 ±0.00	0 ±0.00	0 ±0.00		
16		辣椒		0 ±0.00	0 ±0.00	0 ±0.00		
17		洛神花		37 ±3.31	16 ±0.49	20 ±1.60	黑紅色	251014
18		蝶豆花		21 ±1.10	14 ±1.33	16 ±0.80	幾乎黑	150E10
19		黑豆		112 ±3.97	90 ±4.56	65 ±3.16	木頭棕	705A41
20		花皮長豆		60 ±2.76	29 ±3.19	15 ±4.69	木炭紅棕	3C1D0F
21		紫莢長豆		126 ±3.83	95 ±1.62	38 ±1.50	深銅金色	7E5F26

表 5-5 萃取液與 pH6 反應之 RGB 色彩參數

pH值：□2 □3 □4 □5 ■6 □7 □8 □9 □10 □11 □12 □13								
編號	組別	萃取液名稱	色票	RGB色彩參數			顏色名稱	HEX色碼
				R	G	B		
1	對照組	溴瑞香草藍		36 ±4.08	48 ±1.67	25 ±4.50	極深墨綠	243019
2		廣用指示劑		150 ±4.67	70 ±2.45	35 ±0.49	焦糖紅磚色	964623
3	實驗組	菠菜		162 ±3.06	163 ±3.67	130 ±3.49	草木灰綠	A2A382
4		地瓜葉		121 ±3.76	108 ±4.08	121 ±4.63	紫灰色	796C79
5		高麗菜		110 ±2.87	107 ±3.76	133 ±2.71	灰藍紫色	6E6B85
6		紅鳳菜		109 ±3.58	89 ±3.50	132 ±1.67	葡萄紫	6D5984
7		紫蘇		90 ±4.12	59 ±1.85	80 ±5.04	黑莓酒紫	5A3B50
8		茄子		129 ±2.87	108 ±1.79	85 ±0.63	古銅褐色	816C55
9		洋蔥		124 ±4.12	73 ±3.12	37 ±4.59	橡木紅棕	7C4925
10		花椰菜		125 ±3.19	116 ±3.20	134 ±3.92	紫灰藍	7D7486
11		葡萄露		114 ±3.31	83 ±3.88	36 ±1.83	深金銅色	725324
12		葡萄汁1		52 ±3.61	14 ±2.64	19 ±2.33	黑紅紫色	340E13
13		葡萄汁2		39 ±3.71	14 ±1.85	16 ±1.26	黑巧克力色	270E10
14		火龍果		111 ±4.13	29 ±1.50	77 ±0.98	深玫瑰紫紅	6F1D4D
15		甜椒		0 ±0.00	0 ±0.00	0 ±0.00		
16		辣椒		0 ±0.00	0 ±0.00	0 ±0.00		
17		洛神花		38 ±3.50	14 ±2.50	18 ±2.32	黑紅色	260E12
18		蝶豆花		25 ±2.04	16 ±1.10	19 ±1.55	近純黑	191013
19		黑豆		114 ±3.31	93 ±4.56	68 ±1.33	咖啡棕	725D44
20		花皮長豆		68 ±4.47	35 ±4.45	18 ±0.80	深紅木色	442312
21		紫莢長豆		126 ±1.62	96 ±2.42	39 ±0.89	深黃銅	7E6027

表 5-6 萃取液與 pH7 反應之 RGB 色彩參數

pH值：□2 □3 □4 □5 □6 ■7 □8 □9 □10 □11 □12 □13								
編號	組別	萃取液名稱	色票	RGB色彩參數			顏色名稱	HEX色碼
				R	G	B		
1	對照組	溴瑞香草藍		40 ±3.14	48 ±1.36	27 ±4.92	墨綠黑色	28301B
2		廣用指示劑		149 ±2.64	73 ±3.58	35 ±0.40	焦糖紅棕	954923
3	實驗組	菠菜		155 ±2.06	157 ±2.37	134 ±2.93	淡卡其綠灰	9B9D86
4		地瓜葉		109 ±3.25	93 ±1.62	109 ±2.50	紫灰中帶紅	6D5D6D
5		高麗菜		107 ±3.25	104 ±3.16	131 ±2.87	冷灰藍紫色	6B6883
6		紅鳳菜		109 ±1.72	90 ±3.37	131 ±1.96	葡萄紫	6D5A83
7		紫蘇		88 ±2.28	63 ±2.58	79 ±2.94	黑莓紅紫	583F4F
8		茄子		127 ±4.29	107 ±3.54	82 ±3.85	沙金褐	7F6B52
9		洋蔥		120 ±3.76	69 ±3.63	35 ±4.08	深木紅棕	784523
10		花椰菜		117 ±2.76	105 ±4.67	125 ±4.22	薰衣草紫灰	75697D
11		葡萄露		107 ±4.07	74 ±2.23	33 ±1.96	木皮色	6B492C
12		葡萄汁1		53 ±2.80	20 ±1.41	24 ±2.23	酒紅黑	351418
13		葡萄汁2		41 ±3.95	18 ±1.60	21 ±3.01	黑紅紫	291215
14		火龍果		108 ±1.94	27 ±2.48	70 ±3.38	深玫瑰紫紅	6C1B46
15		甜椒		0 ±0.00	0 ±0.00	0 ±0.00		
16		辣椒		0 ±0.00	0 ±0.00	0 ±0.00		
17		洛神花		44 ±4.50	21 ±1.17	26 ±0.75	暗紫色	2C151A
18		蝶豆花		32 ±3.38	23 ±2.14	26 ±1.36	紫黑色	20171A
19		黑豆		108 ±3.16	86 ±4.79	62 ±4.38	古銅黃褐色	6C563E
20		花皮長豆		73 ±3.20	42 ±2.61	24 ±1.41	焦棕木色	492A18
21		紫莢長豆		128 ±4.87	99 ±4.79	39 ±0.63	深金黃	806327

表 5-7 萃取液與 pH8 反應之 RGB 色彩參數

pH值：□2 □3 □4 □5 □6 □7 ■8 □9 □10 □11 □12 □13								
編號	組別	萃取液名稱	色票	RGB色彩參數			顏色名稱	HEX色碼
				R	G	B		
1	對照組	溴瑞香草藍		47 ±2.06	55 ±4.45	36 ±3.32	墨苔綠	2F3724
2		廣用指示劑		143 ±4.12	74 ±3.38	36 ±0.80	焦糖紅棕	8F4A24
3	實驗組	菠菜		154 ±2.94	155 ±3.01	133 ±2.80	草綠灰	9A9B85
4		地瓜葉		102 ±4.00	86 ±3.98	99 ±2.19	薰衣草紫灰	665663
5		高麗菜		93 ±3.50	89 ±3.14	118 ±3.54	靛紫灰藍	5D5976
6		紅鳳菜		101 ±2.64	82 ±3.76	124 ±3.49	葡萄煙紫	65527C
7		紫蘇		87 ±0.49	59 ±2.58	77 ±1.60	黑莓紫紅	573B4D
8		茄子		117 ±3.01	95 ±3.44	72 ±3.87	沙金棕	755F48
9		洋蔥		117 ±1.60	67 ±2.10	36 ±2.14	古木紅棕	754324
10		花椰菜		114 ±3.37	104 ±0.40	121 ±2.42	冷紫灰	726879
11		葡萄露		107 ±3.93	74 ±4.03	33 ±1.50	咖啡棕	6B4A21
12		葡萄汁1		50 ±4.62	26 ±3.66	28 ±3.43	黑紅棕	321A1C
13		葡萄汁2		46 ±3.43	25 ±4.80	27 ±4.80	紅黑色	2E191B
14		火龍果		111 ±4.96	29 ±2.80	75 ±2.71	深玫瑰紫紅	6F1D4B
15		甜椒		0 ±0.00	0 ±0.00	0 ±0.00		
16		辣椒		0 ±0.00	0 ±0.00	0 ±0.00		
17		洛神花		48 ±4.38	31 ±4.35	32 ±3.63	黑紫灰	301F20
18		蝶豆花		40 ±3.14	34 ±5.08	34 ±3.87	石墨灰	282222
19		黑豆		107 ±2.61	86 ±4.58	64 ±2.06	皮革色	6B5640
20		花皮長豆		75 ±2.76	48 ±2.83	34 ±2.48	深棕木色	4B3022
21		紫莢長豆		122 ±4.62	91 ±4.17	38 ±1.17	深金銅黃	7A5B26

表 5-8 萃取液與 pH9 反應之 RGB 色彩參數


pH值：□2 □3 □4 □5 □6 □7 □8 ■9 □10 □11 □12 □13								
編號	組別	萃取液名稱	色票	RGB色彩參數			顏色名稱	HEX色碼
				R	G	B		
1	對照組	溴瑞香草藍		45 ±3.19	49 ±2.87	36 ±3.93	墨綠黑色	2D3124
2		廣用指示劑		144 ±3.54	71 ±3.31	35 ±0.75	焦糖紅棕色	904723
3	實驗組	菠菜		150 ±2.04	148 ±1.36	125 ±2.04	軍用綠灰	96947D
4		地瓜葉		105 ±4.92	89 ±4.62	104 ±4.54	霧紫灰	695968
5		高麗菜		94 ±3.58	92 ±4.53	120 ±4.50	冷灰藍紫	5E5C78
6		紅鳳菜		98 ±4.40	76 ±4.45	121 ±3.97	葡萄紫	624C79
7		紫蘇		86 ±2.04	56 ±4.40	75 ±3.97	黑莓紫紅	56384B
8		茄子		117 ±3.43	93 ±4.87	70 ±3.01	暗棕銅色	755D46
9		洋蔥		122 ±3.92	74 ±4.92	42 ±3.06	深紅棕色	7A4A2A
10		花椰菜		113 ±4.94	102 ±1.41	120 ±3.66	灰紫灰色	716678
11		葡萄露		111 ±4.12	81 ±1.47	36 ±2.14	古銅棕色	6F5124
12		葡萄汁1		49 ±4.49	26 ±4.15	28 ±3.66	黑紅色	311A1C
13		葡萄汁2		47 ±4.31	27 ±4.83	28 ±2.65	黑酒紅色	2F1B1C
14		火龍果		109 ±3.03	27 ±1.17	69 ±3.01	深紅紫色	6D1B45
15		甜椒		0 ±0.00	0 ±0.00	0 ±0.00		
16		辣椒		0 ±0.00	0 ±0.00	0 ±0.00		
17		洛神花		49 ±2.14	32 ±4.26	34 ±4.77	紫黑色	312022
18		蝶豆花		44 ±1.10	38 ±3.66	39 ±4.20	石墨黑	2C2627
19		黑豆		111 ±4.03	92 ±3.98	70 ±4.40	棕金色	6F5C46
20		花皮長豆		78 ±2.93	50 ±2.79	34 ±3.14	深紅棕木色	4E3222
21		紫莢長豆		121 ±4.45	89 ±4.31	38 ±1.36	暗黃銅色	795926

表 5-9 萃取液與 pH10 反應之 RGB 色彩參數

pH值：□2 □3 □4 □5 □6 □7 □8 □9 ■10 □11 □12 □13								
編號	組別	萃取液名稱	色票	RGB色彩參數			顏色名稱	HEX色碼
				R	G	B		
1	對照組	溴瑞香草藍		44 ±1.62	50 ±4.03	41 ±3.74	墨綠灰	2C3229
2		廣用指示劑		144 ±2.06	70 ±1.36	35 ±2.33	焦糖紅棕	904623
3	實驗組	菠菜		154 ±4.24	152 ±4.27	129 ±3.74	沙灰褐色	9A9881
4		地瓜葉		101 ±3.38	89 ±4.38	101 ±3.72	薰衣草紫	655965
5		高麗菜		87 ±0.63	87 ±2.28	115 ±3.72	靛藍紫灰	575773
6		紅鳳菜		95 ±3.25	74 ±3.19	118 ±4.08	葡萄酒紫	5F4A76
7		紫蘇		88 ±3.03	63 ±4.03	78 ±3.25	黑莓紫紅	583F4E
8		茄子		116 ±3.93	93 ±4.83	69 ±4.92	古銅棕	745D45
9		洋蔥		121 ±3.66	75 ±4.07	40 ±4.76	紅棕色	794B28
10		花椰菜		116 ±2.33	105 ±2.93	123 ±1.94	淡霧紫灰	74697B
11		葡萄露		106 ±2.99	72 ±3.95	33 ±0.63	焦糖木棕	6A4821
12		葡萄汁1		50 ±3.22	28 ±3.88	30 ±3.25	黑紅色	321C1E
13		葡萄汁2		45 ±2.24	27 ±4.13	29 ±4.79	暗紅黑色	2D1B1D
14		火龍果		113 ±2.53	29 ±1.02	76 ±2.87	深紅紫	711D4C
15		甜椒		0 ±0.00	0 ±0.00	0 ±0.00		
16		辣椒		0 ±0.00	0 ±0.00	0 ±0.00		
17		洛神花		54 ±3.71	35 ±3.97	37 ±4.12	深紫灰褐	362325
18		蝶豆花		44 ±3.44	38 ±4.36	39 ±4.56	石墨灰黑	2C2627
19		黑豆		108 ±2.90	86 ±3.35	65 ±4.18	棕灰色	6C5641
20		花皮長豆		76 ±4.66	48 ±3.98	33 ±4.84	深紅棕	4C3021
21		紫莢長豆		124 ±4.26	92 ±3.92	38 ±0.98	金褐色	7C5C26

表 5-10 萃取液與 pH11 反應之 RGB 色彩參數

pH值：□2 □3 □4 □5 □6 □7 □8 □9 □10 ■11 □12 □13								
編號	組別	萃取液名稱	色票	RGB色彩參數			顏色名稱	HEX色碼
				R	G	B		
1	對照組	溴瑞香草藍		40 ±4.22	37 ±3.61	70 ±2.97	深靛藍	282546
2		廣用指示劑		46 ±1.62	38 ±4.32	37 ±4.72	紫黑棕灰	2E2625
3	實驗組	菠菜		153 ±2.32	150 ±4.83	75 ±2.14	苔蘚黃綠	99964B
4		地瓜葉		57 ±4.22	62 ±3.82	38 ±4.41	苔蘚綠黑	393E26
5		高麗菜		55 ±1.96	91 ±1.74	104 ±1.74	青藍灰	375B68
6		紅鳳菜		63 ±2.48	71 ±3.98	62 ±2.94	鉛灰綠	3F473E
7		紫蘇		66 ±3.06	49 ±4.67	59 ±4.26	紫灰棕	42313B
8		茄子		100 ±3.88	74 ±4.13	36 ±4.27	古銅紅棕	644A24
9		洋蔥		120 ±3.01	83 ±3.58	36 ±0.98	暖黃銅色	785324
10		花椰菜		94 ±3.01	89 ±2.83	111 ±3.69	紫灰色	5E596F
11		葡萄露		109 ±4.90	76 ±4.00	34 ±1.47	古木紅棕色	6D4C22
12		葡萄汁1		53 ±3.26	28 ±4.59	30 ±4.50	紅紫色	351C1E
13		葡萄汁2		52 ±2.79	32 ±1.96	34 ±1.60	深紫棕色	342022
14		火龍果		96 ±1.94	30 ±2.83	74 ±1.47	紫紅色	601E4A
15		甜椒		0 ±0.00	0 ±0.00	0 ±0.00		
16		辣椒		0 ±0.00	0 ±0.00	0 ±0.00		
17		洛神花		51 ±3.19	36 ±5.11	38 ±5.00	紅紫色	332426
18		蝶豆花		45 ±5.04	40 ±1.72	40 ±1.83	石墨紅灰黑色	2D2828
19		黑豆		101 ±2.40	81 ±2.73	56 ±3.03	金黃褐色	655138
20		花皮長豆		66 ±3.72	42 ±3.38	30 ±4.03	深紅褐木色	422A1E
21		紫莢長豆		125 ±2.93	89 ±3.88	37 ±0.80	赤銅色	7D5925

表 5-11 萃取液與 pH12 反應之 RGB 色彩參數











































pH 值：□2 □3 □4 □5 □6 □7 □8 □9 □10 □11 ■12 □13								
編號	組別	萃取液名稱	色票	RGB 色彩參數			顏色名稱	HEX 色碼
				R	G	B		
1	對照組	溴瑞香草藍		40 ±3.38	39 ±3.20	79 ±3.54	靛紫深藍	28274F
2		廣用指示劑		45 ±2.73	41 ±3.97	41 ±4.71	暗紫棕黑	2D2929
3	實驗組	菠菜		165 ±2.40	165 ±2.58	39 ±2.42	鮮明黃綠	A5A527
4		地瓜葉		121 ±3.43	98 ±1.85	40 ±0.49	暗黃銅金	796228
5		高麗菜		157 ±2.93	151 ±2.58	36 ±1.85	軍金黃色	9D9724
6		紅鳳菜		121 ±3.14	108 ±2.37	42 ±0.75	黃綠色	796C2A
7		紫蘇		83 ±4.18	40 ±2.58	20 ±1.36	深紅褐	532814
8		茄子		97 ±3.43	54 ±4.15	25 ±1.74	皮革棕紅	613619
9		洋蔥		89 ±4.66	41 ±4.20	23 ±2.56	紅銅焦糖色	592917
10		花椰菜		139 ±2.94	122 ±2.61	41 ±0.63	暗黃銅綠	8B7A29
11		葡萄露		110 ±2.64	77 ±3.07	34 ±1.26	紅褐銅木色	6E4D22
12		葡萄汁1		42 ±3.50	35 ±2.14	36 ±2.61	酒紅黑色	2A2324
13		葡萄汁2		46 ±0.89	31 ±1.90	32 ±1.41	深紅紫灰	2E1F20
14		火龍果		161 ±5.00	159 ±2.80	86 ±2.56	淡黃銅色	A19F56
15		甜椒		165 ±3.07	163 ±3.01	141 ±2.24	綠棕灰	A5A38D
16		辣椒		170 ±3.44	160 ±2.28	123 ±4.67	黃褐偏綠	AAA07B
17		洛神花		48 ±3.41	35 ±3.10	37 ±3.85	酒紅偏紫灰	302325
18		蝶豆花		43 ±4.60	39 ±2.14	39 ±4.18	冷棕黑灰	2B2727
19		黑豆		99 ±3.67	67 ±4.45	31 ±2.32	焦糖紅褐	63431F
20		花皮長豆		59 ±1.36	38 ±2.99	26 ±3.38	暗焦木色	3B261A
21		紫莢長豆		112 ±3.49	68 ±1.83	31 ±4.49	暖古銅紅	70441F

圖 5-12 萃取液與 pH13 反應之 RGB 色彩參數

pH 值：□2 □3 □4 □5 □6 □7 □8 □9 □10 □11 □12 ■13								
編號	組別	萃取液名稱	色票	RGB 色彩參數			顏色名稱	HEX 色碼
				R	G	B		
1	對照組	溴瑞香草藍		38 ±3.22	39 ±1.85	81 ±2.14	深靛藍紫	262751
2		廣用指示劑		40 ±1.94	38 ±2.10	40 ±2.42	暗冷黑灰	282628
3	實驗組	菠菜		157 ±3.93	152 ±4.07	68 ±1.96	暗黃綠	9D9844
4		地瓜葉		151 ±4.12	133 ±3.79	39 ±0.89	古銅黃綠	97851D
5		高麗菜		160 ±4.62	143 ±1.72	36 ±2.58	暗黃金色	A08F24
6		紅鳳菜		143 ±3.22	131 ±2.32	40 ±2.33	黃銅綠	8F8328
7		紫蘇		117 ±4.82	62 ±1.17	31 ±1.94	紅棕木色	753E1F
8		茄子		107 ±2.68	62 ±1.96	29 ±1.02	深銅紅褐	6B3E1D
9		洋蔥		124 ±3.19	64 ±4.69	32 ±1.17	亮紅棕色	7C4020
10		花椰菜		144 ±4.35	108 ±3.19	39 ±0.49	斑鏽銅黃色	906C27
11		葡萄露		97 ±1.62	61 ±4.77	28 ±4.66	焦糖紅棕色	613D1C
12		葡萄汁1		43 ±4.80	33 ±3.88	32 ±2.93	黑紅色	2B2120
13		葡萄汁2		41 ±2.33	35 ±2.86	33 ±1.85	暗紅褐灰	292321
14		火龍果		171 ±2.79	173 ±3.16	112 ±3.98	苔蘚黃綠	ABAD70
15		甜椒		160 ±2.87	157 ±4.36	126 ±3.83	灰橄欖褐	A09D7E
16		辣椒		165 ±0.80	164 ±2.23	102 ±2.68	綠灰偏黃	A5A466
17		洛神花		42 ±2.48	38 ±2.83	37 ±3.03	黑灰紅色	2A2625
18		蝶豆花		98 ±3.82	54 ±3.43	33 ±1.94	焦糖紅棕	643621
19		黑豆		117 ±1.96	84 ±3.20	36 ±2.33	黃褐木色	755424
20		花皮長豆		86 ±4.36	51 ±4.76	24 ±4.63	深橡木紅棕	563318
21		紫莢長豆		114 ±3.56	76 ±4.96	34 ±1.47	古銅色	724C22

觀察結果：

1. pH2~13 水溶液的酸鹼性分類：

(1) 酸性溶液：pH 值 < 7。

(2) 中性溶液：pH 值 = 7。

(3) 鹼性溶液：pH 值 > 7。

2. 植物萃取液在 pH2~13 之交互作用下的變化：

大多數植物萃取液在 pH2~3 水溶液中呈現偏紅色調，在中性水溶液中顏色保持不變，而在 pH12~13 水溶液中則呈現偏藍綠色調或米黃色調。

3. RGB 色彩模式：

RGB 模式中的三個數值分別代表紅色 (R)、綠色 (G) 和藍色 (B) 光的亮度強度，範圍為 0 - 255。例如，當反應顏色偏綠時，G 值相對較高，而 R、B 值則較低。

主題六：植物萃取液協同滴定之色階優化與應用探討

研究目的：依據主題二之探討結果，進一步調整多種植物萃取液在相同酸鹼環境中協同滴定的比例組合，觀察其於不同 pH 值下的變色反應，藉此建立色階明確、穩定性高且具高度辨識度的天然酸鹼指示劑對照圖卡。

研究步驟：

1. 取出 1000ml 玻璃燒杯裝入純水，再用滴管吸取鹽酸、小茶匙舀取氫氧化鈉滴入及倒入燒杯中，調製 pH1~14 水溶液，備用。
2. 取出試管並標記 pH 1~14 及 1.5~13.5 備用。
3. 用滴管分別吸取步驟 1 中水溶液 3ml，再分別滴入步驟 2 中相對應的試管內。
4. 提取欲協同滴定之萃取液，其萃取濃度比例如表 6-1 所示。
5. 取出滴管分別吸取步驟 4 中所列的植物萃取液，滴入步驟 3 標記為 pH1~14 的試管中，觀察其顏色變化。
6. 打開 iPhone 的相機應用程式，將鏡頭對準步驟 5 中各試管內的反應溶液，對焦於中心位置，輕點螢幕進行拍照，如表 6-2~6-5 所示。
7. 使用電腦影像軟體的 RGB 色彩分析功能，利用「滴管工具」點選步驟 6 中反應溶液的照片，讀取並記錄該像素點的 RGB (三原色) 數值 (範圍 0 - 255)。
8. 重複步驟 5~7，觀察並記錄於表 6-2~6-5 中。
9. 取步驟 1 水溶液配置 pH1.5~13.5 水溶液，備用。
10. 用滴管分別吸取步驟 9 中水溶液 3ml，再分別滴入相對應的試管內。
11. 取出滴管分別吸取步驟 4 中所列的植物萃取液，滴入步驟 10 標記為 pH1.5~13.5 的試管中，觀察其顏色變化。
12. 重複步驟 6、7、11，觀察並記錄於表 6-6~6-7 中。
13. 如表 6-8 所示的物質調製成飽和溶液，分別取 3ml 滴入試管內，再加入步驟 4 之萃取液 (31227) 觀察其顏色變化。記錄於表 6-8~6-9 中。



圖 6-1 洛神花 5 滴、蝶豆花 5 滴之萃取液協同滴定與 pH1~14 反應後顏色



圖 6-2 洛神花 3 滴、黑豆 2 滴、蝶豆花 5 滴之萃取液協同滴定與 pH1~14 反應後顏色



圖 6-3 洛神花 3 滴、黑豆 1 滴、紫莢長豆 2 滴、紫色高麗菜 2 滴、蝶豆花 7 滴之萃取液協同滴定與 pH1~14 反應後顏色

表 6-1 提取植物萃取液之萃取濃度比例

萃取方式		加入熱水浸泡，加蓋						
編號	植物名稱	溶質重量 (單位：g)	水容量 (單位：ml)	總容量 (單位：ml)	濃度百分比 (單位：%)	比例	水溫 (單位：℃)	時間 (單位：分)
1	洛神花	1	300	301	0.33%	1：300	100	5
2	黑豆	1	20	21	4.76%	1：20	100	5
3	紫莢長豆	1	20	21	4.76%	1：20	100	5
4	紫色高麗菜	1	20	21	4.76%	1：20	100	5
5	蝶豆花	2	75	77	2.60%	2：75	100	5

研究紀錄：

表 6-2 廣用指示劑與 pH1~14 反應之 RGB 色彩參數















廣用指示劑						
pH	色票	RGB色彩參數 標準偏差：±0.00~±5.00			顏色名稱	HEX色碼
		R	G	B		
1		136 ±4.31	83 ±3.16	36 ±1.50	古銅橘褐	885324
2		134 ±3.85	88 ±3.97	36 ±1.36	黃銅橙棕	865824
3		128 ±2.58	86 ±4.31	37 ±1.02	暗棕黃	805625
4		123 ±2.32	88 ±3.26	37 ±0.63	深棕黃	7B5825
5		77 ±1.94	63 ±2.23	28 ±3.38	苔石深褐	423C1C
6		66 ±3.82	60 ±4.17	28 ±2.14	苔蘚土色	4D3F1C
7		65 ±4.10	68 ±3.61	32 ±1.62	深橄欖綠	414420
8		59 ±2.32	68 ±2.83	33 ±1.33	苔蘚褐綠	3B4421
9		62 ±2.80	71 ±1.20	34 ±0.40	黃綠色	3E4722
10		40 ±3.14	66 ±2.32	34 ±2.04	苔綠色	284222
11		26 ±1.26	43 ±1.33	84 ±4.67	靛藍色	1A2B54
12		25 ±1.50	42 ±2.79	84 ±3.52	深藍靛	192A54
13		26 ±0.89	42 ±1.36	85 ±3.88	深皇家藍	1A2A55
14		25 ±0.98	43 ±3.49	90 ±3.60	靛藍藍黑	192B5A

表 6-3 萃取液協同滴定（洛神花 5 滴、蝶豆花 5 滴）與 pH1~14 反應之 RGB 色彩參數















萃取液協同滴定（洛神花5滴、蝶豆花5滴）						
pH	色票	RGB色彩參數 標準偏差：±0.00~±5.00			顏色名稱	HEX色碼
		R	G	B		
1		131 ±3.93	82 ±2.24	84 ±1.10	玫瑰紅褐	835254
2		123 ±4.22	79 ±4.41	82 ±4.43	深玫瑰紅棕	7B4F52
3		110 ±3.20	79 ±4.45	81 ±2.06	深咖紅灰	6E4F51
4		93 ±2.56	81 ±2.79	83 ±3.50	紅灰色	5D5153
5		88 ±3.54	86 ±4.84	87 ±4.12	冷灰色	585657
6		89 ±2.15	95 ±1.47	93 ±0.89	深青綠灰	595F5D
7		66 ±3.14	81 ±3.54	72 ±2.71	苔綠灰黑	425148
8		68 ±2.61	81 ±4.31	64 ±1.02	森林灰綠	445142
9		71 ±4.13	76 ±4.08	45 ±2.50	暗黃綠	474C2D
10		82 ±3.90	83 ±4.12	42 ±3.35	苔蘚土綠	52532A
11		80 ±1.17	79 ±2.14	40 ±2.68	綠棕色	504F28
12		89 ±3.87	87 ±3.77	44 ±2.48	黃褐色	59572C
13		100 ±2.61	98 ±2.06	50 ±4.94	黃銅色	646232
14		121 ±3.54	111 ±2.15	43 ±1.72	苔黃褐色	796F2B

表 6-4 萃取液協同滴定（洛神花 3 滴、黑豆 2 滴、蝶豆花 5 滴）與 pH1~14 反應之 RGB 色彩參數

萃取液協同滴定（洛神花3滴、黑豆2滴、蝶豆花5滴）						
pH	色票	RGB色彩參數 標準偏差：±0.00~±5.00			顏色名稱	HEX色碼
		R	G	B		
1		136 ±2.42	91 ±4.32	89 ±4.32	灰玫瑰紅	885B59
2		127 ±1.72	84 ±1.72	82 ±3.31	暗紅褐	7F5452
3		116 ±4.80	88 ±2.00	87 ±1.96	紅褐色	745857
4		98 ±5.00	86 ±4.53	87 ±3.90	紅灰色	625657
5		92 ±1.74	91 ±1.20	90 ±1.41	暗灰色	5C5B5A
6		83 ±2.71	88 ±3.52	85 ±2.80	深苔綠灰	535855
7		77 ±4.17	90 ±3.66	79 ±3.44	暗森林綠	4D5A4F
8		80 ±3.54	90 ±3.37	72 ±4.31	苔綠黑	505A48
9		84 ±3.71	89 ±1.74	57 ±4.76	草綠黃	545932
10		89 ±4.76	89 ±4.02	50 ±4.02	軍黃灰	595932
11		96 ±2.06	94 ±2.15	51 ±4.80	苔土黃棕	605E33
12		93 ±1.94	89 ±2.24	43 ±1.94	深土黃色	5D592A
13		100 ±4.50	98 ±4.21	47 ±3.49	暗黃土綠	64622F
14		108 ±4.17	100 ±3.54	43 ±3.43	苔線黃銅	6C642B

表 6-5 萃取液協同滴定（洛神花 3 滴、黑豆 1 滴、紫莢長豆 2 滴、紫色高麗菜 2 滴、蝶豆花 7 滴）與 pH1~14 反應之 RGB 色彩參數


萃取液協同滴定 (洛神花3滴、黑豆1滴、紫莢長豆2滴、紫色高麗菜2滴、蝶豆花7滴)						
pH	色票	RGB色彩參數 標準偏差：±0.00~±5.00			顏色名稱	HEX 色碼
		R	G	B		
1		128 ±3.14	58 ±1.72	66 ±0.63	暗紅玫瑰	803A42
2		121 ±3.72	59 ±3.44	62 ±4.07	深血紅	793B3E
3		105 ±4.02	64 ±4.24	65 ±2.28	紅棕色	694041
4		97 ±2.42	79 ±3.31	77 ±3.07	紅褐灰	614F4D
5		89 ±4.18	86 ±2.42	80 ±4.21	石灰色	595650
6		84 ±3.60	88 ±2.79	82 ±3.66	深灰綠色	545852
7		78 ±4.84	90 ±3.85	77 ±4.53	青苔綠灰	4E5A4D
8		70 ±3.61	82 ±4.43	60 ±4.53	苔蘚暗綠	46523C
9		72 ±3.38	78 ±3.66	42 ±4.84	枯草綠黃	484E2A
10		74 ±4.20	75 ±4.50	35 ±2.42	青苔色	4A4B23
11		81 ±5.00	79 ±2.58	36 ±2.06	棕褐色	514F24
12		83 ±2.40	77 ±1.74	36 ±2.80	黃褐土色	534D24
13		96 ±3.06	90 ±2.83	39 ±2.87	乾土色	605A27
14		121 ±3.71	105 ±3.31	41 ±1.17	綠棕色	796921

表 6-6 廣用指示劑與 pH1.5~13.5 反應之 RGB 色彩參數




廣用指示劑						
pH	色票	RGB色彩參數 標準偏差：±0.00~±5.00			顏色名稱	HEX 色碼
		R	G	B		
1.5		150 ±2.04	77 ±2.80	36 ±0.49	深焦糖棕	974D24
2.5		141 ±0.80	73 ±3.98	35 ±1.17	紅褐色	8D4923
3.5		149 ±3.50	77 ±3.32	35 ±0.89	橙紅棕	954D23
4.5		129 ±3.67	69 ±3.88	34 ±1.67	木頭棕	804522
5.5		67 ±0.75	47 ±3.50	21 ±2.06	黑咖啡棕	432F15
6.5		13 ±2.10	13 ±2.65	9 ±2.58	夜黑灰	0D0D09
7.5		8 ±2.32	10 ±2.48	11 ±2.45	墨黑	080A0B
8.5		15 ±3.77	18 ±1.36	36 ±2.58	深靛藍	0F1224
9.5		15 ±3.19	18 ±2.15	40 ±4.20	午夜藍黑	0F1228
10.5		12 ±2.80	12 ±3.66	30 ±3.58	墨藍黑	0C0C1E
11.5		14 ±4.26	18 ±2.80	38 ±4.63	暗藍黑	0E1226
12.5		15 ±2.56	15 ±3.20	35 ±4.17	靜夜藍	0F0F23
13.5		13 ±1.85	16 ±4.22	37 ±2.58	星夜藍	0D1025

表 6-7 萃取液協同滴定（洛神花 3 滴、黑豆 1 滴、紫莢長豆 2 滴、紫色高麗菜 2 滴、蝶豆花 7 滴）與 pH1.5~13.5 反應之 RGB 色彩參數

萃取液協同滴定 (洛神花3滴、黑豆1滴、紫莢長豆2滴、紫色高麗菜2滴、蝶豆花7滴)						
pH	色票	RGB色彩參數 標準偏差：±0.00~±5.00			顏色名稱	HEX 色碼
		R	G	B		
1.5		133 ±3.19	71 ±4.08	75 ±3.31	煙燻玫瑰紅	85474B
2.5		122 ±4.83	79 ±2.83	83 ±4.12	玫瑰木棕紅	7A4F53
3.5		110 ±3.50	92 ±3.97	96 ±4.17	紫灰	6E5C60
4.5		95 ±3.77	91 ±3.41	94 ±2.93	煤灰紫	5F5B5E
5.5		92 ±4.34	98 ±2.15	99 ±4.79	石墨灰藍	5C6263
6.5		80 ±4.76	101 ±3.44	92 ±2.87	森林綠灰	50655C
7.5		70 ±4.22	91 ±4.94	74 ±4.52	苔蘚綠	465B4A
8.5		83 ±4.72	89 ±4.96	54 ±3.01	軍裝綠	525936
9.5		85 ±4.49	87 ±4.56	44 ±3.29	橄欖綠	55572C
10.5		89 ±3.60	89 ±3.44	41 ±1.20	艾黃綠	595929
11.5		99 ±2.79	92 ±3.50	41 ±3.88	乾燥橄欖綠	635C29
12.5		127 ±1.47	111 ±4.59	42 ±0.80	黃銅色	7F6F2A
13.5		111 ±2.24	100 ±3.49	42 ±0.75	橄欖褐	6F6422

表 6-8 廣用指示劑與（檸檬酸、醋、酒精、小蘇打）反應之 RGB 色彩參數

廣用指示劑						
pH	色票	RGB色彩參數 標準偏差：±0.00~±5.00			顏色名稱	HEX 色碼
		R	G	B		
檸檬酸		141 ±2.42	71 ±2.87	35 ±0.63	深紅褐色	8D4723
醋		136 ±1.33	62 ±4.40	34 ±0.00	紅褐色	883E22
酒精		146 ±1.85	98 ±2.40	37 ±0.40	黃褐色	926225
小蘇打		16 ±2.87	13 ±1.72	22 ±2.24	深紫灰色	100D16

表 6-9 萃取液協同滴定（洛神花 3 滴、黑豆 1 滴、紫莢長豆 2 滴、紫色高麗菜 2 滴、蝶豆花 7 滴）與（檸檬酸、醋、酒精、小蘇打）反應之 RGB 色彩參數

萃取液協同滴定 (洛神花3滴、黑豆1滴、紫莢長豆2滴、紫色高麗菜2滴、蝶豆花7滴)						
pH	色票	RGB色彩參數 標準偏差：±0.00~±5.00			顏色名稱	HEX 色碼
		R	G	B		
檸檬酸		119 ±4.92	66 ±0.49	72 ±1.17	葡萄酒紅	774248
醋		111 ±1.62	70 ±2.71	62 ±2.99	棕紅灰色	6F463E
酒精		99 ±2.32	93 ±4.76	96 ±3.25	石墨灰	635D60
小蘇打		77 ±3.54	89 ±3.87	68 ±4.35	苔蘚綠	4D5944

觀察結果：

此研究依固定比例萃取五種植物汁液後，協同滴定至 pH 1~14 的標準溶液中，觀察其顏色變化，並進行 RGB 數值分析。綜合觀察結果如下：

- 一、二種萃取液（洛神花 5 滴、蝶豆花 5 滴）與三種萃取液（洛神花 3 滴、黑豆 2 滴、蝶豆花 5 滴）變色區間有限，在 pH1~14 間反應顏色差異不夠明顯。如表 6-3~6-4 所示。
- 二、五種萃取液（洛神花 3 滴、黑豆 1 滴、紫荊長豆 2 滴、紫高麗菜 2 滴、蝶豆花 7 滴）於整個 pH（1~14 及 1.5~13.5）範圍內自然漸層色階，且在酸鹼兩端皆展現更穩定的顯色效果，顯示不同植源成分在協同作用下具補色與穩定性的提升。如表 6-5 所示。
- 三、廣用指示劑雖反應最穩定且快速，但於整個 pH（1~14 及 1.5~13.5）範圍內色階跳躍明顯、人工感較重且不具天然與環保特性。如表 6-2、6-6 所示。
- 四、如表 6-9 所示溶液滴入五種萃取液（洛神花 3 滴、黑豆 1 滴、紫荊長豆 2 滴、紫高麗菜 2 滴、蝶豆花 7 滴）其反應顏色清楚可辨，更可對照表 6-7 推測其 pH 值。反觀對照表 6-8 則無法推測其 pH 值，僅能辨其水溶液為酸中鹼性的區間，無法鑑識估其酸鹼數值。

肆、研究討論

主題一：植物色素水萃取之色彩表現與觀察探討

（方金祥）⁷指出天然植物色素，含有花青素的植物通常呈現藍色、紫色或紅色；含有甜菜紅素的植物則以紅色為主，較為鮮豔；而葉綠素含量較高的植物則多為綠色，顏色較為濃郁。

本主題利用水萃取不同植物的色素，其萃取液顏色主要取決於植物所含的色素種類與濃度。此外，萃取方法、萃取溶劑的選擇、溫度、pH 值等因素，也會間接影響萃取液的最終顏色，使其呈現不同深淺與色調，如表 1-1 所示的顏色。

主題二：植物萃取液稀釋對色素濃度的探討

- 一、如表 1-1 所示，天然植物萃取液的顏色濃度相較於乾貨類色素更為淺淡，且透明度與澄清度均較高，顯示其色素成分可能較為分散或溶解度較高，影響最終呈現的色澤與純淨度。
- 二、如圖 A 可看出，植物萃取液的顏色深淺與其色素濃度有直接關聯。通常，顏色較深的植物含有較高濃度的色素，因此需要更多水來稀釋，以產生明顯的顏色變化與對比。這表明，植物萃取液的顏色深淺不僅反應其內含色素的濃度，還受到稀釋程度、植物細胞結構以及色素溶解度等因素的影響。

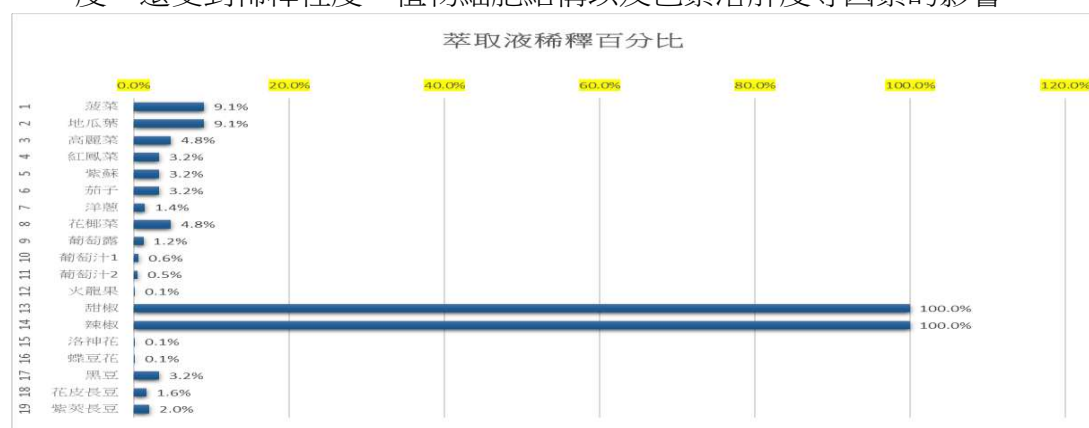


圖 A 萃取液稀釋百分比-長條圖

主題三：電腦影像軟體分析植物萃取液色彩參數

- 一、在本研究中，我們運用 iPhone 的手電筒與相機功能，並結合電腦影像軟體讀取 RGB 數據，以分析植物萃取液對光的過濾作用。當光照射萃取液時，特定波長的光會被吸收，而其他顏色的光則透過溶液，呈現不同的顏色變化。為了確保實驗結果的準確性與可重複性，我們固定植物萃取液的體積，以維持其透光特性的穩定性。
- 二、（蔡尚芳等，2024）⁸指出，當不同光照射在不同顏色物體上，就可以觀察到物體吸收或反射色光的特性。因此，當 iPhone 的手電筒照射在不同的植物萃取液上時，色素會選擇性吸收特定波長的光，使透射出的光呈現不同的顏色，展現各色素對光的選擇性吸收特性。如表 3-1 及圖 3-1~3-6 所示。
- 三、透過分析 RGB 值的總和或平均值，可以判斷透射光的亮度。數值越高，表示透出的光總量越多，亮度越高；數值越低，則表示透出光較弱，亮度較低。例如，紅色較明顯的萃取液可能讓紅色光較易通過（R 值高），而大量吸收藍光和綠光（B 和 G 值較低），因此透射光呈現紅色。如表 3-1。
- 四、當萃取液濃度較低或顏色較淺時，對光的吸收較少，允許更多的光穿透液體，因此從白紙上看到的光線會較明亮。反之，若濃度較高或顏色較深，溶液中有更多色素分子吸收光線，穿透的光線減少，整體看起來較暗。也就是說，萃取液濃度越高，透出的光線就越微弱。因此，萃取液透射光線的明亮程度與其吸光程度有關。如表 3-1 所示。

主題四：植物萃取液與酸鹼溶液反應之顏色變化分析

- 一、透過天然植物萃取液與酸鹼性物質之反應，可有效辨識日常物質的酸、鹼及中性特性。從表 4-1 可見，大多數紫色或紅色蔬果的萃取液在實驗中呈現出相似的變化規律：遇酸時偏向紅色系，遇鹼時則轉為藍綠色系。這種變化趨勢可能與其所含的花青素有關，顯示花青素在酸鹼指示上的潛在應用價值。
- 二、不同天然植物色素萃取液與酸鹼性物質反應時，雖顏色變化可能與預期有所不同，但只要植物體內含有對酸鹼敏感色素，其變色趨勢大致相似。如，葉綠素等天然色素亦對酸鹼環境產生不同程度的顏色變化。從表 4-2~4-4 所示。
- 三、透過電腦影像軟體分析萃取液與酸鹼性物質反應後的顏色變化及其強度，進一步提升化學分析的準確性。在此過程中，RGB 數值的變化可用於量化顏色變化，從而反映溶液的酸鹼性特徵，使傳統的目視觀察結果更加精確和可比較。
- 四、綜合上述研究結果，利用天然植物萃取液與酸鹼物質反應後的顏色變化，結合 RGB 數值進行分析，不僅能提供顏色變化的定量評估，還能提高檢測結果的準確性與客觀性。

主題五：植物萃取液於 pH 2~13 水溶液中的反應與色彩參數分析

- 一、透過軟體取得萃取液的 RGB 值以判讀顏色和強度
 - （一）不同色素會吸收不同波長的光，從而呈現特定顏色。例如，若反應溶液呈現紅色，則該溶液主要吸收藍光和綠光，讓紅光透過，因此我們看到紅色。
 - （二）反應溶液的亮度可由 RGB 值的總和或平均值判斷。數值越高，表示透出的光總量越多，亮度越高；數值越低，則透出光較少，亮度較低。
- 二、萃取液濃度對光吸收與透光性的影響

- (一) 低濃度或顏色較淺的萃取液對光的吸收較少，允許更多光線穿透，整體看起來較亮。
- (二) 高濃度或顏色較深的萃取液含有更多色素分子，吸收更多光線，透射光減少，整體看起來較暗。

三、植物萃取液在不同 pH 值下的變色機制

植物萃取液中的花青素等色素，因其分子結構中的發色團，對酸鹼環境敏感，導致顏色變化。在酸性環境中，花青素結構穩定，呈現偏紅色；在鹼性環境中，結構發生變化，呈現偏藍綠色。這種變色特性使其較適合作為天然酸鹼指示劑。如表 5-1~5-12 所示。

主題六：植物萃取液協同滴定之色階優化與應用探討

一、色彩變化具連續性與辨識度，適合作為天然指示劑

協同配方的植物萃取液在 pH 1~14 及 pH1.5~13.5 範圍內呈現自然漸層的色彩轉變，RGB 數據亦顯示紅、綠、藍值變化趨勢具高度可預測性與連續性，符合酸鹼指示劑色階設計的基本條件。如圖 6-2、6-5 及圖 B 所示。

二、協同配方顯色穩定性優於單一植物，尤其在中性至鹼性區表現佳

五種植物的色素成分在酸鹼環境中發揮互補作用，使色彩覆蓋酸到鹼，因其植物萃取液組合間兼具互補效果，能改善單一植物萃取液之色階空缺問題，因而達到呈現從深紅、粉紅、紫灰、青綠至黃褐的的完整色階呈現。如圖 6-5。

三、具環保性與教育應用潛力，可推廣於綠色化學與教學現場

相較於合成試劑，植物萃取液來源天然、無毒且可生物分解，符合綠色化學精神。其自然色彩與變化美感亦有助於提升學習興趣，適合應用於環境教育、科學實驗與永續指示劑的開發推廣。

「廣用指示劑&萃取液協同滴定」與「不同pH值」反應後之RGB - 色票														
廣用指示劑														
pH值	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
色票														
pH值	1.5	2.5	3.5	4.5	5.5	6.5	7.5	8.5	9.5	10.5	11.5	12.5	13.5	
色票														
萃取液協同滴定（洛神花3滴、黑豆1滴、紫荊長豆2滴、紫色高麗菜2滴、蝶豆花7滴）														
pH值	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
色票														
pH值	1.5	2.5	3.5	4.5	5.5	6.5	7.5	8.5	9.5	10.5	11.5	12.5	13.5	
色票														

圖 B 「廣用指示劑&萃取液協同滴定」與「不同 pH 值」反應後之 RGB - 色票

伍、研究結論

本研究選用多種富含天然色素的植物作為材料，深入探討其於水萃取過程中的色素釋放狀況及色彩呈現情形。為提升色彩量化精度，運用電腦影像分析技術，透過 RGB 三原色數值進行客觀量測，掌握不同酸鹼條件下植物萃取液的色彩變異，此方法有效排除肉眼辨色的主觀誤差，提升實驗資料的重現性與科學解釋力。

研究發現，大多數植物萃取液在 pH 2~13 之間皆能展現穩定且連續的變色反應，顯示其有作為天然酸鹼指示劑的潛能。在此基礎上，進一步評估不同植物色素之間的協同效應，透過多次比例試驗與調整，最終建立出表現度最佳的植物

萃取液的混合配方：洛神花 3 滴、黑豆 1 滴、紫莢長豆 2 滴、紫色高麗菜 2 滴與蝶豆花 7 滴。此協同組合在 pH 1~14 及 pH1.5~13.5 的全範圍內展現出之色階層次分明、顯色穩定且變化自然，整體辨識度明顯優於現行市售指示劑，擁有高度的實用性與展示效果。

綜合結果顯示，植物色素作為酸鹼指示劑具高度可行性，不僅具備天然、環保與可再生等特性，在辨識度、反應連續性與操作安全性方面亦表現優異，另運用 RGB 三原色數值達到數據之穩定，使其具有應用於綠色化學、環境教育及實驗教具等領域的進一步發展潛力。

陸、研究參考資料

- 1、王美芬等（2024）。自然科學 國民小學第一冊。（新北市：康軒文教事業股份有限公司，2024）， 110-116。
- 2、萃取。臺大化學系教學網。<https://teaching.ch.ntu.edu.tw> > uploads > tech-萃取
- 3、林真如、陳瑩方（2022）。植物天然色素之介紹。農業新知與技術。農業部臺東區農業改良場。臺東區農業專訓/119 期,p.22-25。
- 4、臺大醫院營養室（2016）。【健康營養補給站】天然食物的魔法師--植物色素。臺大醫院-健康電子報 109 期。臺大醫院。<https://epaper.ntuh.gov.tw> > health > health_1。
- 5、蔡尚恬、蔡振章（1993）。楓葉紅了，植物色素的彩妝魔法。科技大觀園。<https://scitechvista.nat.gov.tw> > Article > detail
- 6、維基百科。花青素- 維基百科，自由的百科全書 <https://zh.wikipedia.org> > zh-tw > 花青素
- 7、方金祥（1982）。色素的認識。臺灣師範大學科學教育中心。科學教育月刊 第 54 期 <https://www.sec.ntnu.edu.tw> > asset > dataPDF
- 8、蔡尚芳芬等（2024）。自然科學 國民中學第三冊（新北市：康軒文教事業股份有限公司，2024）， 130-135。
- 9、歷屆科展資料
- 10、余立文（2018）。天然色素之生產及安定化技術開發。生物資源保存及研究簡訊 107 年第 31 卷第 2 期。國家圖書館期刊文獻資訊網。<https://tpl.ncl.edu.tw> > NclService > pdfdownload//PDF
- 11、認識植化素（Phytochemicals）。無著健康之道。<http://www.asanga.com.tw> > article//2019.10.9
- 12、鐘詩文、編輯部（2020）。臺灣天然色素植物-食物裡的彩虹。農業知識入口網。<https://kmweb.moa.gov.tw> > theme_data//109.11.20
- 13、3 上自然科學（民 113）。康軒文教事業
- 14、養生常談之「植化素」概說 <https://www.cgmh.org.tw> > cgmh > category
- 15、防失智，你吃對了嗎？9 種多酚蔬果非吃不可 <https://tw.news.yahoo.com> >
- 16、天然染料染色植物筆記 - 農業兒童網 <https://kids.moa.gov.tw> > redirect
- 17、「多酚」幫健康加分！能保護腦神經、減緩腦退化這些蔬果含量多 TVBS <https://health.tvbs.com.tw> > 影音 2022 年 10 月 25 日
- 18、方金祥（1982）。色素的認識。臺灣師範大學科學教育中心。科學教育月刊 第 54 期。<https://www.sec.ntnu.edu.tw> > asset > dataPDF
- 19、劉曉倩（2018）。植物染缸論化學。臺灣化學教育。家庭化學實驗 第 24 期/2018 年 3 月。<https://chemed.chemistry.org.tw> >
- 20、陳炳輝。認識食品色素-料理・台灣 -第 15 期。中華飲食文化基金會。<https://ryoritaiwan.fcdc.org.tw> > article
- 21、說明書內容所有照片均由作者拍攝，圖表均由作者製作。

【評語】 080218

1. 本作品以「Dove 之戰」為題，系統性比較 5 種常見紫紅／藍色系植物萃取液在不同酸鹼條件下之顏色變化，並透過 RGB 影像分析量化色差，建構環保且連續的天然酸鹼指示劑，實驗設計邏輯清晰，步驟可複製，符合國小組難度與化學科領域核心，也具備科普教育與實用潛力，值得鼓勵。
2. 量測設備相機+影像軟體讀取 RGB 值，易受光源與拍攝角度影響，建議置於標準光源箱校正。
3. 建議針對指示劑色卡紙的色階穩定性評估實際使用壽命，以增加推廣價值。
4. 希望學生在從事科學研究的同時也同時學習正確的實驗紀錄（日誌）書寫方式，例如：每次記錄須標明日期與時間、避免使用鉛筆或電腦列印的方式、數據須標示單位，並注意實驗條件（如溫度、時間、使用的材料等）應詳實記錄、實驗步驟要明確，以方便後續比對與分析。這些習慣將有助於建立科學紀律，也讓成果更具可信度與可重現性。
5. 從事科學研究與實驗設計時須留意安全防護，建議附加酸鹼標準液操作 SOP、個人安全防護措施，並說明反應廢液之處理、排放或回收流程。

作品海報

Dove

之戰

● 探討不同植物汁液在酸鹼條件下的顏色變化與作用

摘要

本研究研發出最適植物萃取液配方：洛神花3滴、黑豆1滴、紫莢長豆2滴、紫色高麗菜2滴與蝶豆花7滴。建構出具穩定性、連續性與高辨識度的天然酸鹼色階圖卡，於pH 1～14範圍內產生自然清晰的協同變色反應，顯色漸層分明，辨識度高，成功取代市售指示劑。

探究初期以水萃法提取植物色素，觀察其顏色與稀釋後的色彩變化；接續將各萃取液滴於pH2～13標準溶液中，運用電腦影像軟體分析RGB色彩參數，量化其變色趨勢。

探究發現，市售指示劑於全pH範圍內的顯色反應缺乏連續性與辨識度。因此更進一步評估植物色素間的協同效應，調整配方比例，提升色階表現整體性。最終優化配方具清晰的變色反應，整體效能優於市售指示劑，展現教學與綠色化學之應用潛力。

壹、前言

一、研究動機

在三年級上學期的自然科學課程中，我們學習了酸鹼性的概念，並使用紫色高麗菜、蝶豆花、葡萄皮和紅鳳梨等紫色植物的萃取液來測試溶液的酸鹼性。（王美芬等，2024）指出，這些植物的汁液在酸性環境下會變偏紅色，在鹼性環境下則會變偏藍或綠色。然而，在實驗操作過程中，我們發現不同植物的萃取液在相同的酸鹼條件下，顏色變化並不完全一致。

這讓我們產生疑問：為什麼不同植物的萃取液在相同酸鹼環境下的顏色變化會有所不同？因此，我們希望更深入探討植物萃取液在不同pH值環境下的顏色變化，並透過拍照記錄顏色變化，以影像分析技術獲取具體數據，分析其變化規律。

二、研究問題

- （一）植物色素水萃取之色彩表現與觀察探討：探討不同植物經水萃取後，其萃取液原始色彩之差異與顯色特徵。
- （二）植物萃取液稀釋對色素濃度的探討：探討植物萃取液於不同稀釋比例下，其色素濃度之變化情形與差異表現。
- （三）電腦影像軟體分析植物萃取液色彩參數：應用電腦影像軟體量化分析植物萃取液的RGB色彩參數與變化趨勢。
- （四）植物萃取液與酸鹼溶液反應之顏色變化分析：探討植物萃取液與酸鹼溶液反應顏色變化與RGB數據變化趨勢。
- （五）植物萃取液於pH 2～13水溶液中的反應與色彩參數分析：探討植物萃取液在pH 2～13的變色規律與對應RGB參數表現。
- （六）植物萃取液協同滴定之色階優化與應用探討：探究植物萃取液於pH 全範圍下協同變色表現，進而建立具連續性與辨識度的天然色階對照圖，並評估其在實務應用可行性。

貳、研究資料

一、名詞定義

- （一）萃取（extraction），是利用物質在不同溶劑中溶解度的差異，將混合物中的某一特定成分轉移到另一溶劑中，達到分離的目的。
- （二）植物色素（Plant Pigments），植物色素是指存在於植物細胞中的天然色素化合物，能吸收特定波長的光，賦予植物不同的顏色。這些色素除了影響植物外觀，還在光合作用、抗氧化、防禦機制等生理功能中扮演重要角色。
- （三）花青素（英語：anthocyanidin）或稱花色素，化學式為C₁₅H₁₁O₆，是一種水溶性的植物色素，存在於液泡內的細胞液中。花青素的顏色會隨著身處環境的酸鹼值而有所變化，從酸性環境的紅色到紫色、再到鹼性環境下的藍色。因此，花青素亦有用於試紙。可吸收光能，但與光合作用無關。

二、研究架構

Dove之戰-探討不同植物汁液在酸鹼條件下的顏色變化與作用



參、研究結果與討論

植物萃取液協同滴定之色階優化與應用探討

主題一、植物色素水萃取之色彩表現與觀察探討

目的：用水萃取植物汁液，觀察顏色變化，比較不同植物色素差異，並探討在課堂實驗與科學研究中的應用。

結果：1.目視不同植物萃取液的顏色差異。
〈1〉紫色高麗菜：藍紫色。洛神花：棗紅色。火龍果：紫紅色。
〈2〉紫色茄子皮：加熱時出現淡紫色，過濾後的汁液變為淡棕黃色。
〈3〉菠菜、紅甜椒、紅辣椒：呈現透明非常淡的青黃色，未見明顯的綠色或紅色色素析出。
2.萃取後的植物殘渣變得軟爛的狀態。

討論：（方金祥）指出天然植物色素，含有花青素的植物通常呈現藍色、紫色或紅色；含有甜菜紅素的植物則以紅色為主，較為鮮豔；而葉綠素含量較高的植物則多為綠色，顏色較為濃郁。本主題利用水萃取不同植物的色素，其萃取液顏色主要取決於植物所含的色素種類與濃度。此外，萃取方法、萃取溶劑的選擇、溫度、pH值等因素，也會間接影響萃取液的最終顏色，使其呈現不同深淺與色調。如表1。

表1 植物分類及萃取液紀錄表

編號	植物分類	名稱	目視顏色	
			植物原色	萃取液
1	葉菜類	菠菜	綠色	淡青黃色
2		地瓜葉	紫色	紫色
3		高麗菜	紫色	藍紫色
4		紅鳳梨	紫綠色	紫色
5		紫蘇	紫色	紫色
6	果實類	茄子	紫色	淡黃棕色
7	根莖類	洋蔥	紫色	紫色
8	花菜類	花椰菜	紫色	紫色
9	市售飲料	葡萄露	紫黃棕色	紫黃棕色
10		葡萄汁1	紫色	紫色
11		葡萄汁2	紫色	紫色
12		火龍果	紫紅色	紫紅色
13	果實類	甜椒	紅色	淡淡黃色
14		辣椒	紅色	淡淡黃色
15		洛神花	棗紅色	棗紅色
16		蝶豆花	藍紫色	藍紫色
17		黑豆	黑色	淡紫黑色
18	乾貨	花皮長豆	紫黑色	淡紫黑色
19		紫莢長豆	黃棕色	黃棕色

主題二：植物萃取液稀釋對色素濃度的探討

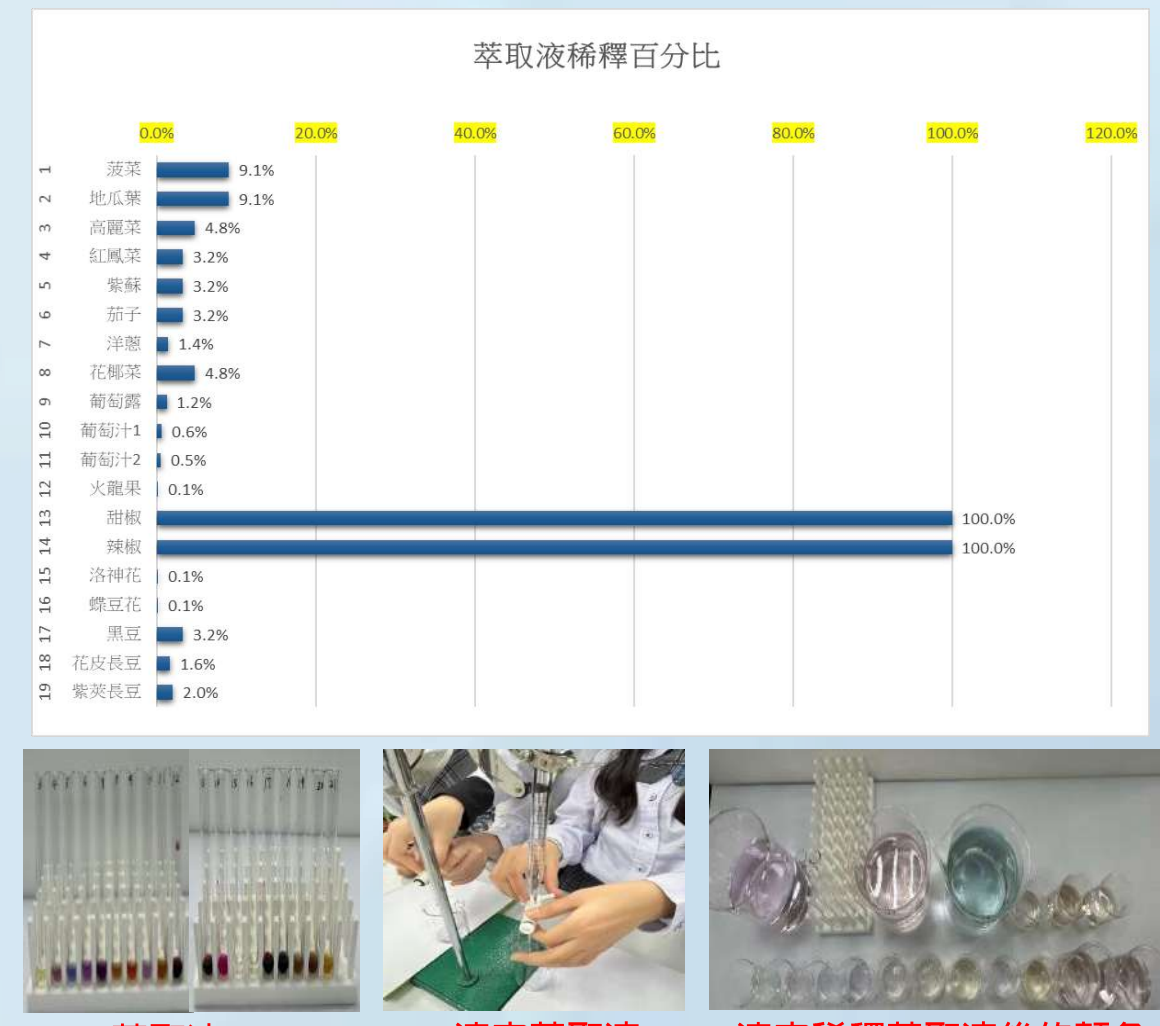
目的：由於植物萃取液顏色深淺可能影響辨識，透過不同水量稀釋，比較各植物色素萃取量，並探討其顏色差異。

結果：1.洛神花與蝶豆花萃取液顏色較深，需加入較多水量稀釋，顯示其色素較為濃縮。
2.菠菜、甜椒與辣椒的顏色較淡，幾乎透明，因此加入的水量較少，顯示其釋出色素含量較低。

討論：★天然植物萃取液的顏色濃度相較於乾貨類色素更為淺淡，且透明度與澄清度均較高，影響最終呈現的色澤與純淨度。

★圖A可看出，顏色較深的植物含有較高濃度的色素，因此需要更多水來稀釋。意即植物萃取液的顏色深淺不僅反應其內含色素的濃度，還受到稀釋程度植物細胞結構以及色素溶解度等因素的影響。

圖A 萃取液稀釋百分比-長條圖



主題三：電腦影像軟體分析植物萃取液色彩參數

目的：運用電腦影像軟體分析植物萃取液的色彩參數，希冀能更清晰地比較不同植物色素的差異，進一步了解其特性，並探討其在課堂實驗與科學研究中的應用價值。

結果：1. 為避免環境光線干擾，故關閉燈光，以確保觀察結果的準確性。並在萃取液的燒杯下方放白紙，讓透過溶液的光線更明顯，便於辨識顏色。

2. RGB色彩模式由紅色 (Red)、綠色 (Green) 和藍色 (Blue) 三種色光組成，每種顏色亮度範圍為 0~255。當透過萃取液觀察到的顏色偏紅時，表示紅色光的亮度較高，而綠色和藍色光的亮度則相對較低。在此實驗中，透過軟體讀取透射光的RGB數值，可以量化顏色變化。

討論：★研究中，運用 iPhone 的手電筒與相機功能，並結合軟體讀取 RGB 數據，以分析植物萃取液對光的過濾作用。當光照射萃取液時，特定波長的光會被吸收，而其他顏色的光則透過溶液，呈現不同顏色變化。

★（蔡尚芳等，2024）指出，當不同光照射在不同顏色物體上，就可以觀察到物體吸收或反射色光的特性。因此，當 iPhone 的手電筒照射在不同植物萃取液時，色素會選擇性吸收特定波長的光，使透射出的光呈現不同顏色，展現各色素對光的選擇性吸收特性。如表3-1。

★透過分析RGB數值，可判斷透射光的亮度。數值越高，表示透出的光總量越多，亮度越高；數值越低，則表示透出光較弱，亮度較低。例如，紅色較明顯的萃取液可能讓紅色光較易通過（R值高），而大量吸收藍光和綠光（B和G值較低），因此透射光呈現紅色。

★當萃取液濃度較低或顏色較淺時，對光的吸收較少，允許更多的光穿透液體，故從白紙上看到的光線會較明亮；反之，若濃度較高或顏色較深，溶液中有更多色素分子吸收光線，穿透的光線減少，整體看起來較暗。

主題四：植物萃取液與酸鹼溶液反應之顏色變化分析

目的：運用電腦影像軟體分析植物萃取液與酸鹼性物質的反應後，比較不同植物色素在不同酸鹼環境下的顏色變化。

結果：1.植物萃取液在不同酸鹼環境中的顏色變化。 大多數植物萃取液在酸性水溶液中呈現偏紅色（醋、檸檬酸）。中性水溶液中顏色保持不變（鹽、糖）。在鹼性水溶液中則呈現偏藍綠色（小蘇打、洗衣粉）。

2.RGB模式中的三個數值分別代表紅色（R）、綠色（G）和藍色（B）光的亮度。當反應顏色偏藍時，B值相對較高，而R、G值則較低。

討論：★透過天然植物萃取液與酸鹼性物質之交互作用，可有效辨識日常物質的酸性、鹼性及中性特性。從表4可見，大多數紫色或紅色蔬果的萃取液在實驗中呈現出相似變化規律：遇酸時偏向紅色系，遇鹼時則轉為藍綠色系。此變化趨勢可能與其所含的花青素有關，顯示花青素在酸鹼指示上的潛在應用價值。

★不同天然植物萃取液與酸鹼性物質反應時，雖顏色變化可能與預期有所差異，但發現只要植物體內含有對酸鹼敏感的色素，其變色趨勢大致相似。例如，除了花青素外，葉綠素等天然色素亦對酸鹼環境產生不同程度的顏色變化。

★透過數位軟體分析萃取液與酸鹼性物質反應後的顏色變化及其強度，進一步提升化學分析的準確性。在此過程中，RGB數值的變化可用於量化顏色變化，使傳統的目視觀察結果更加精確和可比較。

★綜合上述，利用天然植物萃取液與酸鹼物質反應後的顏色變化，結合 RGB 數值進行分析，不僅能提供顏色變化的定量評估，還能提高檢測結果的準確性與客觀性。此法兼具環保、低成本、可重複使用的優勢，未來可應用於教育實驗、環境檢測等領域，作為簡便且具科學依據的酸鹼性檢測工具。詳如表4及彙整紀錄冊。

主題五：植物萃取液於pH 2～13水溶液中的反應與色彩參數分析

目的：透過電腦影像軟體分析植物萃取液在pH 2 ~13水溶液中的顏色變化，進一步探討其作為酸鹼指示劑的應用潛力。

結果：大多數植物萃取液在pH2~6水溶液中呈現偏紅色調，pH10~13水溶液中呈現較顯偏藍綠色或幾乎接近透明淡淡黃綠色。

討論：★透過軟體取得萃取液的RGB值以判讀顏色和強度

一、不同色素會吸收不同波長的光，從而呈現特定顏色。

例如，若反應溶液呈現紅色，則該溶液主要吸收藍光和綠光，讓紅光透過，因此我們看到紅色。

二、反應溶液的亮度可由RGB值判斷。

數值越高，表示透出的光總量越多，亮度越高；數值越低，則透出光較少，亮度較低。

★萃取液濃度對光吸收與透光性的影響

一、低濃度或顏色較淺的萃取液對光的吸收較少，允許更多光線穿透，整體看起來較亮。

二、高濃度或顏色較深的萃取液含有更多色素分子，吸收更多光線，透射光減少，整體看起來較暗。

★植物萃取液在不同 pH 值下的變色機制

植物萃取液中的花青素等色素，因其分子結構中的發色團，對酸鹼環境敏感，導致顏色變化。在酸性環境中，花青素結構穩定，呈現偏紅色；在鹼性環境中，結構發生變化，呈現偏藍綠色。這種變色特性使其較適合作為天然酸鹼指示劑。詳如表5及彙整紀錄冊。

表3 萃取液RGB色彩參數

原萃取液							
編號	萃取液名稱	色票	RGB色彩參數			顏色名稱	HEX 色碼
			R	G	B		
1	菠菜		192 ±3.71	184 ±3.76	146 ±4.02	米灰色	C0B692
2	地瓜葉		167 ±3.03	85 ±3.06	136 ±4.96	粉紫酒紅	A75588
3	高麗菜		86 ±3.20	77 ±0.98	126 ±2.40	靛藍灰紫	564D7E
4	紅鳳菜		136 ±1.62	48 ±1.47	132 ±3.72	紫羅蘭色	883484
5	紫蘇		119 ±3.88	20 ±2.99	73 ±4.22	深玫瑰紅	771449
6	茄子		130 ±3.46	66 ±1.74	44 ±4.71	紅棕色	82422C
7	洋蔥		155 ±4.08	35 ±1.90	34 ±2.56	磚紅色	9B2322
8	花椰菜		125 ±1.17	75 ±3.66	120 ±2.24	紫棕灰	7D4B78
9	葡萄露		193 ±3.46	72 ±3.20	41 ±2.53	深橘紅	C14829
10	葡萄汁1		71 ±4.26	21 ±1.67	20 ±4.59	深酒紅棕	471514
11	葡萄汁2		73 ±2.80	39 ±4.24	39 ±1.94	深棕紅色	492727
12	火龍果		164 ±1.47	30 ±2.19	32 ±4.49	紅緋色	A41E20
13	甜椒		155 ±3.20	153 ±3.87	149 ±3.72	金屬灰	9B9995
14	辣椒		141 ±1.72	139 ±4.73	137 ±4.43	錫灰色	8D8B89
15	洛神花		100 ±2.23	26 ±4.59	29 ±2.56	紅褐黑	641A1D
16	蠔豆花		77 ±4.96	30 ±2.48	29 ±4.53	紅黑木色	4D1E1D
17	黑豆		147 ±1.17	52 ±3.54	26 ±4.73	紅褐色	93341A
18	花皮長豆		56 ±2.53	23 ±2.14	19 ±3.44	深紅棕黑色	381713
19	紫英長豆		129 ±3.82	49 ±3.52	31 ±2.79	紅棕色	81311F

表4 萃取液與不同酸中鹼性物質反應-色票總表

不同萃取液與不同酸鹼性物質反應後之RGB-色票統整							
編號	溶液名稱	酸性		中性		鹼性	
		食用醋	檸檬酸	糖	鹽	小蘇打	洗衣粉
1	溴瑞香草藍						
2	廣用指示劑						
3	菠菜						
4	地瓜葉						
5	高麗菜						
6	紅鳳菜						
7	紫蘇						
8	茄子						
9	洋蔥						
10	花椰菜						
11	葡萄露						
12	葡萄汁1						
13	葡萄汁2						
14	火龍果						
15	甜椒						
16	辣椒						
17	洛神花						
18	蠔豆花						
19	黑豆						
20	花皮長豆						
21	紫英長豆						

表5 萃取液與pH2~13反應-色票總表

不同萃取液與不同pH值反應後之RGB-色票統整													
編號	溶液名稱	pH值											
		2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
1	溴瑞香草藍												
2	廣用指示劑												
3	菠菜												
4	地瓜葉												
5	高麗菜												
6	紅鳳菜												
7	紫蘇												
8	茄子												
9	洋蔥												
10	花椰菜												
11	葡萄露												
12	葡萄汁1												
13	葡萄汁2												
14	火龍果												
15	甜椒												
16	辣椒												
17	洛神花												
18	蠔豆花												
19	黑豆												
20	花皮長豆												
21	紫英長豆												



研究照片：萃取液照光-紫色高麗菜/紫蘇/紫色花椰菜/葡萄露/火龍果/辣椒/洛神花/黑豆

主題六：植物萃取液協同滴定之色階優化與應用探討

目的：依據主題一~五之探討結果，進一步調整多種植物萃取液在相同酸鹼環境中協同滴定的比例組合，觀察其於不同pH值下的變色反應，藉此建立色階明確、穩定性高且具高度辨識度的天然酸鹼指示劑對照圖卡。

結果：此研究依固定比例萃取五種植物汁液後，協同滴定至 pH 全範圍的標準溶液中，觀察顏色變化，並進行 RGB 數值分析。綜觀結果如下：

一、二種萃取液（洛神花5滴、蝶豆花5滴）與三種萃取液（洛神花3滴、黑豆2滴、蝶豆花5滴）在pH1~14間反應顏色差異不夠明顯。

二、五種萃取液（洛神花3滴、黑豆1滴、紫荳長豆2滴、紫高麗菜2滴、蝶豆花7滴）於整個 pH（1~14及1.5~13.5）範圍內自然漸層色階，且在酸鹼兩端皆展現更穩定的顯色效果，顯示不同植源成分在協同作用下具補色與穩定性的提升。

三、廣用指示劑雖反應最穩定快速，但於整個pH全範圍內色階跳躍明顯、人工感較重且不具天然環保特性。

四、說明書表6-9所示溶液，滴入五種萃取液（31227）其反應顏色清楚可辨，更可對照說明書表6-5、6-7推測 pH值約略範圍。反觀說明書表6-8則無法推測pH值，僅能辨其為酸中鹼性區間，無法鑑識估其pH數值。

討論：★色彩變化具連續性與辨識度，適合作為天然指示劑

協同配方的植物萃取液在pH全範圍內呈現自然漸層的色彩轉變，具連續性與辨識度。

★協同配方顯色穩定性優於單一植物

五種植物的色素成分在酸鹼環境中發揮互補作用，使色彩覆蓋酸到鹼，能改善單一植物萃取液的色階空缺問題，因而達到呈現從深紅、粉紅、紫灰、青綠至黃褐的完整色階。

★具環保性與教育應用潛力，可推廣於綠色化學與教學現場

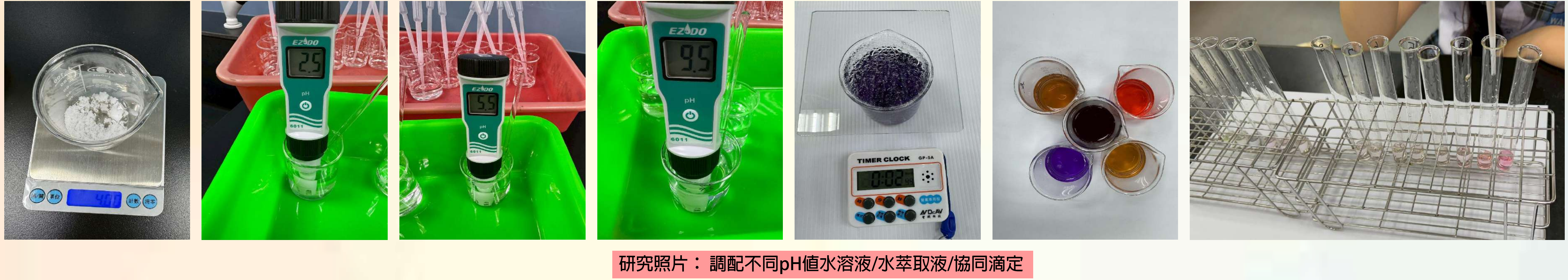
相較於合成試劑，植物萃取液來源天然、無毒且可生物分解。其自然色彩與變化美感亦有助於提升學習興趣，適合應用於環境教育、科學實驗的開發推廣。詳如彙整紀錄冊。


「萃取液協同滴定」與「不同pH值」反應後之RGB - 色票統整														
廣用指示劑														
pH值	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
色票														
萃取液協同滴定（洛神花5滴、蝶豆花5滴）														
pH值	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
色票														
萃取液協同滴定（洛神花3滴、黑豆2滴、蝶豆花5滴）														
pH值	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
色票														
萃取液協同滴定（洛神花3滴、黑豆1滴、紫荳長豆2滴、紫色高麗菜2滴、蝶豆花7滴）														
pH值	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
色票														

「廣用指示劑&萃取液協同滴定」與「不同pH值」反應後之RGB - 色票統整														
廣用指示劑														
pH值	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
色票														
pH值	1.5	2.5	3.5	4.5	5.5	6.5	7.5	8.5	9.5	10.5	11.5	12.5	13.5	
色票														
萃取液協同滴定（洛神花3滴、黑豆1滴、紫荳長豆2滴、紫色高麗菜2滴、蝶豆花7滴）														
pH值	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
色票														
pH值	1.5	2.5	3.5	4.5	5.5	6.5	7.5	8.5	9.5	10.5	11.5	12.5	13.5	
色票														

「廣用指示劑&調配不同萃取液比例協同滴定」與「不同pH值」反應後之RGB—色票

「廣用指示劑&萃取液協同滴定31227」與「不同pH值」反應後之RGB—色票





研究照片：萃取液協同滴定31227

廣用指示劑							
pH	色票	RGB色彩參數			標準偏差：±0.00~±5.00	顏色名稱	HEX色碼
		R	G	B			
檸檬酸		141 ±2.42	71 ±2.87	35 ±0.63	深紅褐色	8D4723	
醋		136 ±1.33	62 ±4.40	34 ±0.00	紅褐色	883E22	
酒精		146 ±1.85	98 ±2.40	37 ±0.40	黃褐色	926225	
小蘇打		16 ±2.87	13 ±1.72	22 ±2.24	深紫灰色	100D16	

萃取液協同滴定 (洛神花3滴、黑豆1滴、紫荳長豆2滴、紫色高麗菜2滴、蝶豆花7滴)							
pH	色票	RGB色彩參數			標準偏差：±0.00~±5.00	顏色名稱	HEX色碼
		R	G	B			
檸檬酸		119 ±4.92	66 ±0.49	72 ±1.17	葡萄酒紅	774248	
醋		111 ±1.62	70 ±2.71	62 ±2.99	棕紅灰色	6F463E	
酒精		99 ±2.32	93 ±4.76	96 ±3.25	石墨灰	635D60	
小蘇打		77 ±3.54	89 ±3.87	68 ±4.35	苔蘚綠	4D5944	

廣用指示劑/協同滴定（31227）與（檸檬酸、醋、酒精、小蘇打）反應之RGB色彩參數

肆、研究結論

本研究選用多種富含天然色素的植物作為材料，深入探討其於水萃取過程中的色素釋放狀況及色彩呈現情形。為提升色彩量化精度，運用電腦影像分析技術，透過RGB三原色數值進行客觀量測，掌握不同酸鹼條件下植物萃取液的色彩變異，此方法有效排除肉眼辨色的主觀誤差，提升實驗資料的重現性與科學解釋力。

研究發現，大多數植物萃取液在pH2~13之間皆能展現穩定的變色反應，顯示其有作為天然酸鹼指示劑的潛能。在此基礎上，進一步評估不同植物色素之間的協同效應，透過多次比例試驗與調整，最終建立出表現度最佳的植物萃取液的協同滴定配方洛神花3滴、黑豆1滴、紫荳長豆2滴、紫色高麗菜2滴與蝶豆花7滴。此協同組合在pH1~14及pH1.5~13.5的全範圍內展現出之色階層次分明、顯色穩定且變化自然，整體辨識度明顯優於現行市售指示劑，擁有高度的實用性與展示效果。

綜合結果顯示，植物色素作為酸鹼指示劑具高度可行性，不僅具備天然、環保與可再生等特性，在辨識度、反應連續性與操作安全性方面亦表現優異，另運用RGB三原色數值達到數據之穩定，使其具有應用於綠色化學、環境教育及實驗教具等領域的進一步發展潛力。

伍、研究參考資料

1、王美芬等（2024）。自然科學 國民小學第一冊。（新北市：康軒文教事業股份有限公司，2024），110-116。

2、萃取。臺大化學系教學網。https://teaching.ch.ntu.edu.tw › uploads › tech-萃取

3、林真如、陳瑩方（2022）。植物天然色素之介紹。農業新知與技術。農業部臺東區農業改良場。臺東區農業專訓/119期,p.22-25

4、臺大醫院營養室（2016）。【健康營養補給站】天然食物的魔法師--植物色素。臺大醫院-健康電子報109期。臺大醫院。https://epaper.ntuh.gov.tw › health › health_1。

5、蔡尚恬、蔡振章（1993）。楓葉紅了，植物色素的彩妝魔法。科技大觀園。https://scitechvista.nat.gov.tw › Article › detail

6、維基百科。花青素- 維基百科，自由的百科全書https://zh.wikipedia.org › zh-tw › 花青素

7、方金祥（1982）。色素的認識。臺灣師範大學科學教育中心。科學教育月刊 第54期 https://www.sec.ntnu.edu.tw › asset › dataPDF

8、蔡尚芳等（2024）。自然科學 國民中學第三冊（新北市：康軒文教事業股份有限公司，2024），130-135。

9、歷屆科展資料

10、余立文（2018）。天然色素之生產及安定化技術開發。生物資源保存及研究簡訊107年第31卷第2期。國家圖書館期刊文獻資訊網。https://tpl.ncl.edu.tw › NclService › pdfdownload//PDF

11、認識植化素（Phytochemicals）。無著健康之道。http://www.asanga.com.tw › article//2019.10.9

12、鐘詩文、編輯部（2020）。臺灣天然色素植物-食物裡的彩虹。農業知識入口網。https://kmweb.moa.gov.tw › theme_data//109.11.20

13、養生常談之「植化素」概說https://www.cgmh.org.tw › cgmn › category

14、防失智，你吃對了嗎？9種多酚蔬果非吃不可https://tw.news.yahoo.com ›

15、天然染料染色植物筆記 - 農業兒童網https://kids.moa.gov.tw › redirect

16、「多酚」幫健康加分！能保護腦神經、減緩腦退化這些蔬果含量多TVBS https://health.tvbs.com.tw › 影音2022年10月25日

17、劉曉倩（2018）。植物染缸論化學。臺灣化學教育。家庭化學實驗 第24期/2018年3月。https://chemed.chemistry.org.tw ›

18、陳炳輝。認識食品色素-料理·台灣-第15期。中華飲食文化基金會。https://ryoritaiwan.fcdc.org.tw › article

19、說明書內容所有照片均由作者拍攝，圖表均由作者製作。