

屏東縣第65屆國中小學科學展覽會 作品說明書

科 別：生活與應用科學科(二) (含生物科技/食品科學)

組 別：國中組

作品名稱：薑黃萃取物光穩定性研究與應用

關 鍵 詞： 薑黃萃取物 、 穩定性 、 RGB (最多三個)

編號：B7001

目錄

摘要.....	1
壹、 前言.....	1
一、 研究動機.....	1
二、 研究目的.....	1
三、 理論背景.....	2
1. 色素分子共軛結構與顏色.....	2
2. 薑黃素(Curcumin).....	2
3. 薑黃素的分解.....	2
4. 玫瑰花青苷(Rosocyanine).....	3
四、 文獻回顧.....	4
貳、 研究設備與器材.....	5
參、 研究過程與方法.....	5
一、 薑黃素濾紙試片製作.....	5
二、 薑黃衍生物試紙製作.....	5
三、 薑黃萃取物及其衍生物試紙太陽光照分解測試.....	5
四、 數據截取與分析.....	6
1. 數據截取.....	6
2. 數據分析與呈獻.....	7
五、 薑黃萃取色素與其衍生物應用.....	9
1. 數位正片製作.....	9
2. 太陽光曝曬實驗.....	10
肆、 研究結果與討論.....	11
一、 以盒型圖顯示各種色素試片 RGB 值分佈.....	11
二、 薑黃萃取物濾紙與其衍生處理濾紙太陽光分解測試結果.....	16
三、 薑黃萃取物濾紙與其衍生處理濾紙太陽光顏色變化結果.....	17
四、 薑黃萃取物及其衍生物濾紙光曝曬影像成果.....	22
伍、 結論.....	24
陸、 未來展望.....	25
柒、 參考文獻.....	25

薑黃萃取物光穩定性研究與應用

摘要

本研究利用酒精萃取薑黃粉，並將萃取物經過硼砂、硼酸與小蘇打水溶液處理後，塗佈於濾紙上，置於太陽光下分解，以影印機檢測其顏色的RGB與灰階值，並計算其分解程度與顏色變化程度。經過實驗後我們發現硼酸、硼砂、小蘇打處理後可有效提升薑黃的穩定性，其經過7.5小時太陽光照射後，普通薑黃萃取物分解率為40%，而硼砂處理的薑黃分解率為22%，小蘇打處理的薑黃分解率為19%，最穩定的為硼酸處理的薑黃分解率為17%。最後我們也將該實驗應用於曬圖花色素印相法中，獲得需要的圖案。

壹、前言

一、研究動機

由於前一次科展為研究天然色素光熱穩定性分析，在研究過程中發現天然色素有著不同的光熱穩定性，該研究一開始是因為衣服上在吃午餐時沾到咖哩，而在清洗後發現衣服上仍有殘留，但經太陽曝曬後，咖哩的顏色變但甚至消失，因此著手研究其光穩定性。在上次科展結束後，一直思考色素的光穩定性還有哪些應用，因此經過網路上的資料蒐尋發現花色素印相法(Anthotype)後發現似乎很有趣，然而實際測試後發現，花色素印相法如果使用薑黃素來製作，曝曬完後，其顏色過淡，無法明顯看到圖案，且由於薑黃為植物色素，其在一般環境下不好保存，即便曬完得到成品後，其成品仍會繼續分解。此外薑黃色素目前為課本酸鹼指示劑章節的天然物指示劑，因此似乎也可以用在此實驗上。故找到讓曝曬完太陽的薑黃色素變色，以及增加薑黃色素圖像的穩定性，便為本次實驗的主題。

二、研究目的

1. 開發利用RGB值顯示顏色分布之方法
2. 了解薑黃萃取物與其衍生物於太陽光照射下的穩定性

3. 了解薑黃萃取物與其衍生物應用於花色素印相法

三、理論背景

1. 色素分子共軛結構與顏色

有機分子的顏色來自於其結構上的單鍵-雙鍵-單鍵-雙鍵的延伸排列，我們稱之為共軛系統(Conjugated system)，當共軛系統結構受到破壞，或者相鄰有其他物質，則會影響共軛系統吸收光線的特性，導致結構改變。目前國中自然課本光學中有稍微提到，物體照射白光後產生何種顏色來自於該物體吸收/反射何種光線，故在此為色素分子的共軛系統反射特定顏色(波長)的光，因此當共軛結構改變，其吸收與反射的顏色就會隨之改變。

2. 薑黃素(Curcumin)

本實驗所使用的薑黃萃取液中，有三種薑黃素結構，分別為薑黃素，占萃取物中 60-70%，去甲氧基薑黃素，佔萃取物 20-27%，去二甲氧基薑黃素，佔萃取物 10-15%。其各結構與共軛系統(黃色螢光筆標註)如下圖。(Moetlediwa 等, 2023)

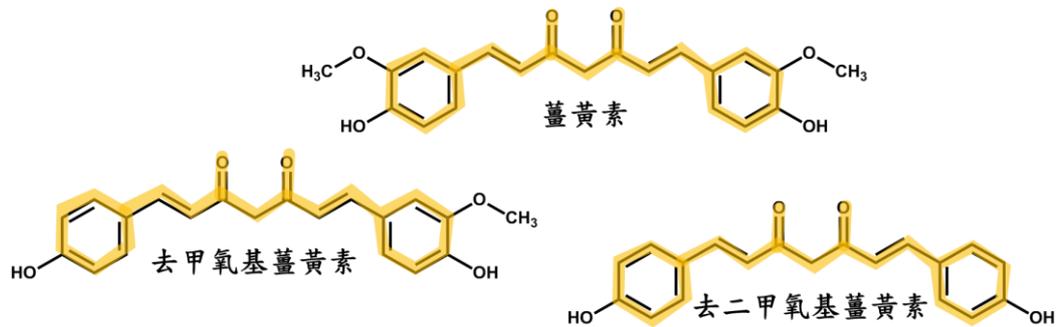


圖 1 薑黃素結構

3. 薑黃素的分解

依照過去的研究指出(柯逸萱等, 2017)，薑黃素結構在酸性環境中較為穩定，在鹼性環境下較容易被分解。當薑黃素照光後，其共軛結構會被破壞，整個分子會分解成香草醛與阿魏酸，導致薑黃素共軛結構鍊變短，使顏色變淡

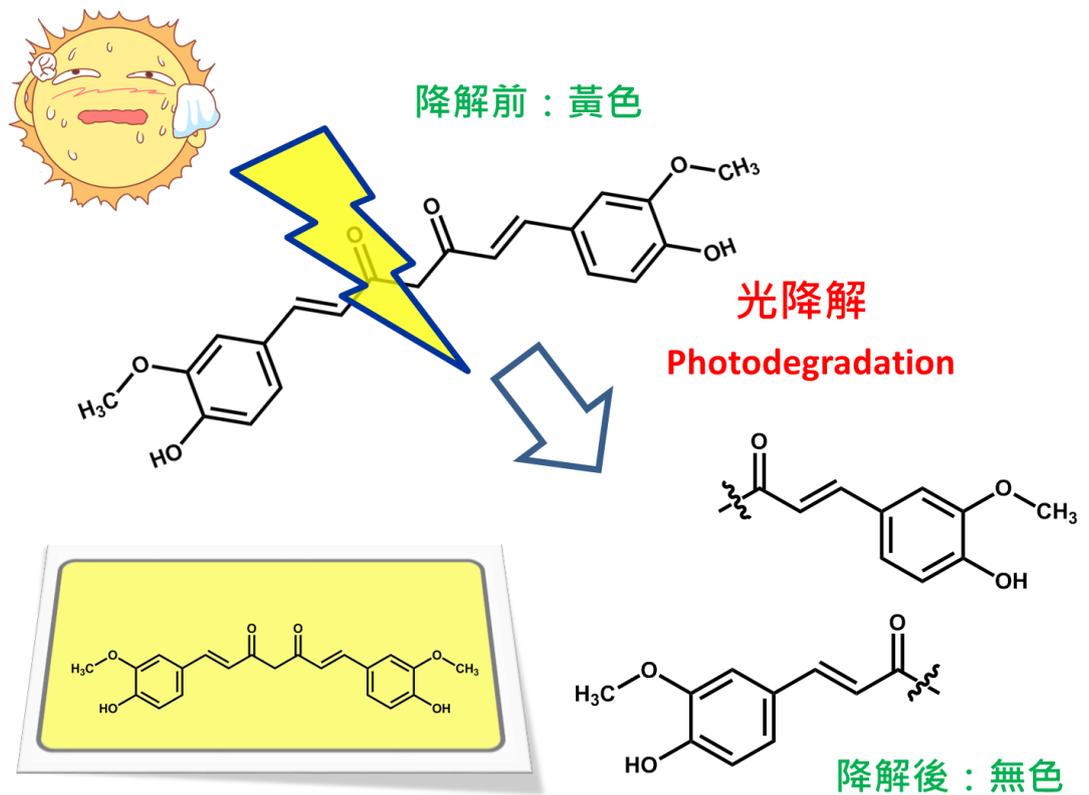


圖 2 薑黃素分解過程

4. 玫瑰花青苷(Rosocyanine)

薑黃素於酸性條件下會以 2 分子的薑黃素與 1 個硼離子結合，產生紅色的玫瑰花青苷分子，其顏色也會由原先薑黃素的亮黃色轉為紅色。目前尚未有確切的實驗資料顯示，薑黃素與硼離子結合後，光穩定性會提高。

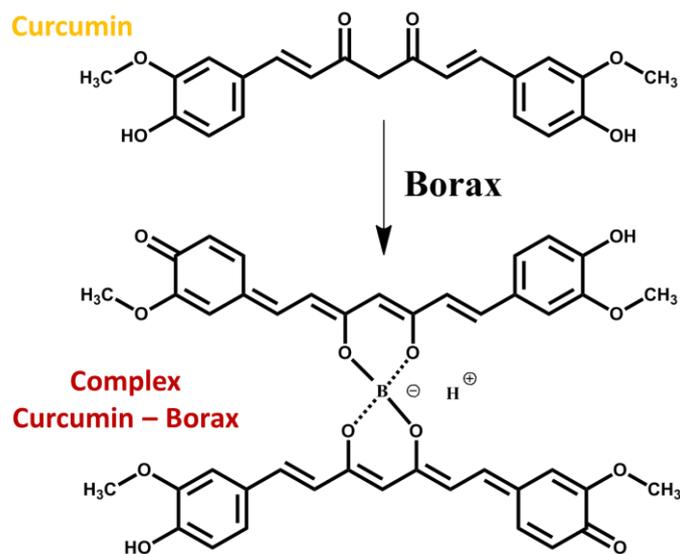


圖 3 薑黃素與硼離子結合產生玫瑰花青苷

四、文獻回顧

目前針對薑黃素有很多的研究，其中薑黃素具有光分解特性，尤其在鹼性的環境下較容易分解。其中第 55、57 屆高中科展利用薑黃素的光分解與金屬離子結合的特性進行水質的淨化，因此各項研究表明薑黃具有光分解的特性。而在薑黃素與離子結合的研究中，57 屆高中科展指出，薑黃素與銅離子 Cu^{2+} 結合後會由原先的亮黃色澄清溶液變成土黃色沉澱；與鐵離子 Fe^{3+} 結合後會產生深褐色(詹昀臻等, 2017)

1. 為了解決薑黃素曬完後圖像不明顯的問題，經觀察後發現由於薑黃素本身為黃色，其顏色在白紙的濾紙上不明顯，故導致圖案不清楚，因此便想到國中八年級自然課本，以及國小課程中酸鹼指示劑的單元，是否能夠藉由酸鹼或者其他的化學變化，使薑黃色素變色。根據目前已知知識，薑黃素於酸性或中性 ($\text{pH} < 7.8$) 中呈現黃色，在鹼性中 ($\text{pH} > 8.4$) 為紅褐色或棕色，因此我們打算利用酸性物質與鹼性物質處理薑黃素後，看其顏色的改變。由於目前中小學缺乏光譜儀等儀器，無法了解薑黃色與衍生物的吸收光譜，於是我們利用去年開發的技術，以影印機掃描色素於濾紙上的 RGB 值，打算藉此呈獻薑黃萃取物於不同物質處理後的顏色。
2. 為了解決薑黃色素光穩定性不足的問題，我們嘗試搜尋網路上的資料，發現薑黃素能夠與硼離子結合，產生玫瑰花青苷 (Rosocyanine) 用於檢測水中硼離子的濃度。過去的科展中也有人使用薑黃素於鹼性條件下照光分解的特性用於淨化水質，而該實驗也指出薑黃素於酸性條件下較為穩定。但目前尚未找到當薑黃素與硼離子結合後的產物其光穩定度是否會產生改變，目前只有看到在 2011 年國立高雄科技大學化學工程與材料學系的碩士論文中，將將黃素以環糊精製備水溶性薑黃素類複合物，並檢測其穩定性，並未找到與硼離子結合後的穩定性測試。(余家漳, 2011)

貳、研究設備與器材

小磨坊薑黃粉	碳酸氫鈉	硼砂	硼酸
95% 酒精	PP 塑膠瓦楞板	豆豆貼	濾紙
塑膠針筒 60ml	棉花	滴管	吹風機
壓克力相框	鋁箔紙與鋁箔袋	夾鏈袋	影印機
筆記型電腦	ImageJ		

參、研究過程與方法

一、薑黃素濾紙試片製作

我們參照去年科展所得到的結果並加以修改，讓每張濾紙的大小相同，以及滴於上面的薑黃萃取液溶液量相同，藉此控制每張濾紙上薑黃萃取物含量相同。利用 95% 酒精萃取薑黃粉，薑黃粉與酒精的質量比為 1:1，並將混合的酒精溶液用 60ml 的塑膠注射筒與棉花進行過濾，即可得到澄清黃色的薑黃萃取物溶液。接著利用塑膠滴管吸取 2ml 薑黃萃取溶液，均勻滴在濾紙上，以吹風機吹乾。以影印機掃描，並用 Image J 分析其 RGB 與灰階值。

二、薑黃衍生物試紙製作

將上一步製做好的薑黃試紙裁切成約 1cm x 3cm 的試片，並分為兩組，其中一組中各試片以塑膠滴管滴 2ml 5% 的硼砂溶液，可觀察到當薑黃試片遇到 5% 的硼砂溶液後，顏色從亮黃色轉成咖啡色，並將試片置於陰暗處晾乾；另一組薑黃試片則以 7% 小蘇打溶液，以相同的方式處理。

三、薑黃萃取物及其衍生物試紙太陽光照分解測試

將乾燥後的薑黃萃取物、5% 硼砂處理、5% 硼酸、7% 小蘇打處理的試片，各取 6 片，黏貼於一張 A4 白紙上，並將白紙置於壓克力相框中，放於太陽光下，使其照光分解，並間隔一小時用影印機掃描，以 Image J 軟體分析其 RGB 與灰階值。

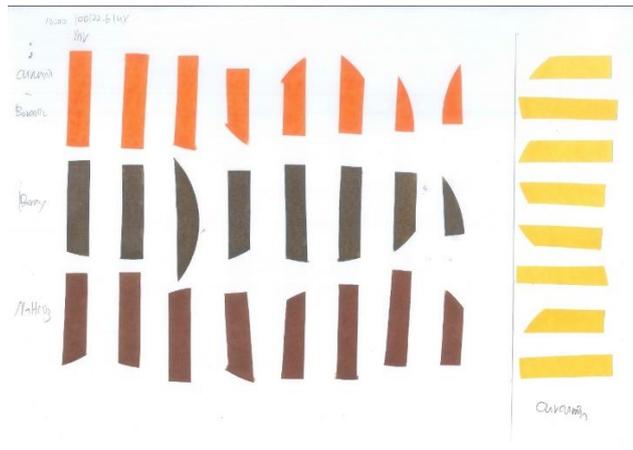


圖 4 太陽光照實驗

四、數據截取與分析

1. 數據截取

我們利用學校的影印機於特定時間，將試片進行掃描存檔，並以 Image 讀取試片的 RGB 值。利用 Image 程式開啟掃描的圖片，並以選取工具選取欲分析的試片範圍，並點選 Analyze → Histogram → 記錄灰階與 RGB 圖型下方的 mean (平均數)

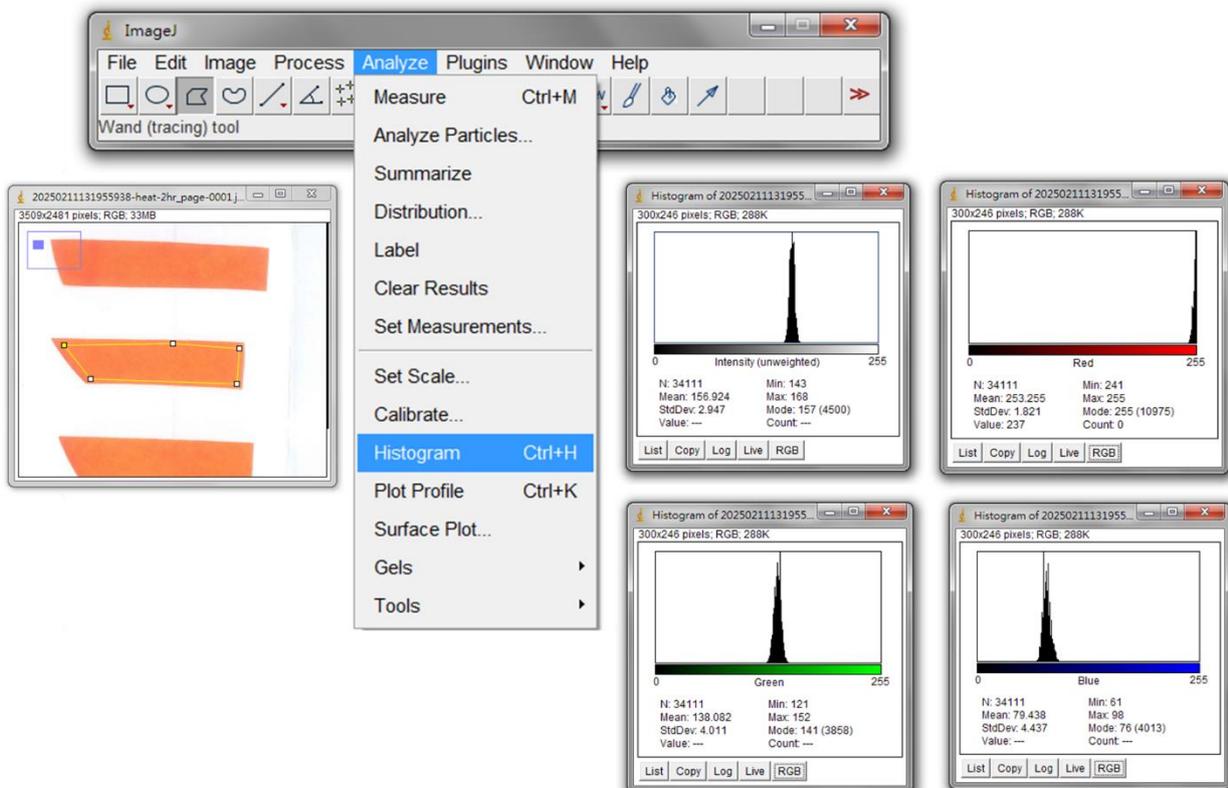


圖 5 Image J 操作示意

2. 數據分析與呈獻

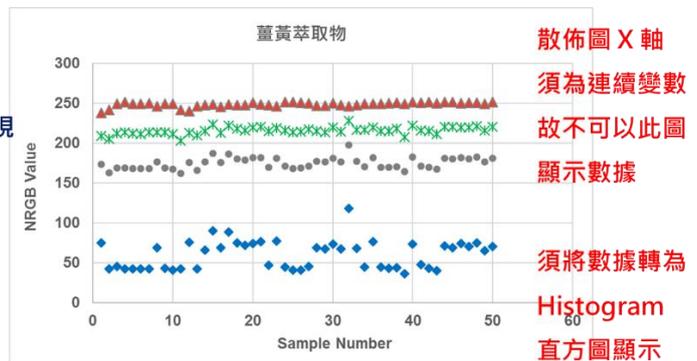
(1). 利用盒型圖顯示薑黃萃取物、硼砂處理、以及小蘇打處理，各試片之間的 RGB，以便了解這三種試片顏色在 RGB 圖上的顏色分佈範圍，藉此以圖形的方式判別顏色差異。

遭遇的問題：

我們在進行薑黃萃取物與衍生物濾紙製作時發現相同比例與實驗條件下製作的薑黃萃取物濾紙成品顏色一致，但經過酸性物質（硼酸）或鹼性物質（硼砂、小蘇打）處理後，會造成顏色有所差異，因此我們便製作很多衍生物濾紙，並記錄各組別濾紙的 RGB 值，建立數據庫。當數具都截取後，我們想要在圖表上呈現薑黃萃取物、硼砂處理、硼酸處理、小蘇打處理，各個的 RGB 值分佈，一開始我們用散佈圖去進行數據的呈現，只要看 50 個同組的 RGB 值，就能看到各試片之間是否有差異，但經過指導老師提示散佈圖的各組數值需要有連續性，因此我們改使用盒型圖呈現。盒型圖能夠直接顯示平均數、最大最小值、四分衛數等資訊，並且一目了然的顯示 50 組 RGB 值的數據分佈，容易比較不同處理方式組別的 RGB 值於 0-255 之間的分佈。

	編號	N	R	G	B
郭知祐	1	173.775	237.695	209.096	74.643
	2	163.281	241.76	205.696	42.367
	3	168.941	249.063	212.095	45.67
	4	169.331	251.67	213.581	42.538
	5	168.065	249.232	212.024	42.773
	6	167.899	249.539	211.206	42.779
	7	168.491	249.754	213.308	42.214
	8	176.204	246.177	213.74	68.698
	9	168.764	249.631	213.401	43.091
	10	167.291	249.191	211.139	41.231

數值以
圖形呈現



編號	N	R	G	B
平均值	174.86	248.56	215.76	60.19
最大值	197.49	251.67	228.00	118.37
最小值	162.44	237.70	203.12	36.56
標準差	7.11	2.98	4.63	17.79
全距	35.055	13.975	24.873	81.813

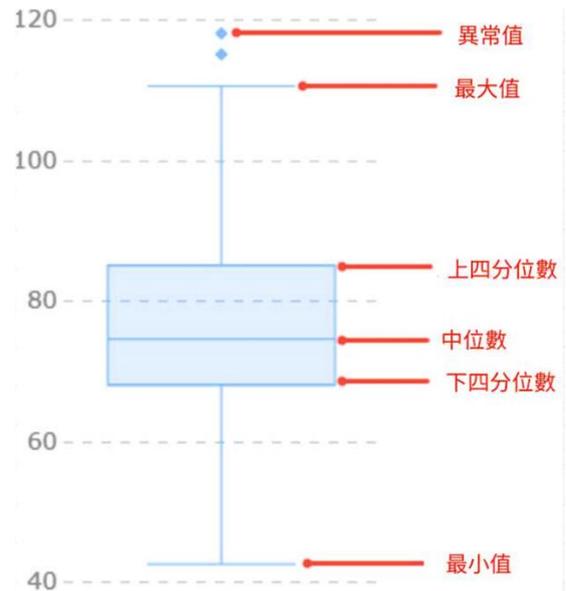


圖 6 數據處理與分析

(2). 利用去年設計的公式，計算各小時色素分解的程度，以及顏色改變的情形，藉此了解薑黃素與其衍生物於光照下的穩定度。且由於薑黃色素的 R 值非常接近 255，因此我們會同時比較分解率與分解度以及變化率與變化度。

①. 分解率：從初始時間到特定時間 n 小時變化值除以理論分解量。

此公式是將空白濾紙的 RGB 與灰階值設為薑黃色素在濾紙上完全分解，為最終理想狀態；因此藉由將特定時間（n 小時）與初始時間（0 小時）的變化量除以從初始時間到最終理想狀態的變化量，藉此可得知，特定時間內，將黃色素分解程度。

$$\text{分解率} = \frac{n \text{ 小時灰階值} - 0 \text{ 小時灰階值}}{\text{空白濾紙灰階值} - 0 \text{ 小時灰階值}} \times 100\%$$

②. 變化率：與分解率相同，分別針對 R、G、B 三個顏色進行分析其顏色隨實驗變化的程度。

$$\text{分解率} = \frac{n \text{ 小時 RGB 值} - 0 \text{ 小時 RGB 值}}{\text{空白濾紙 RGB 值} - 0 \text{ 小時 RGB 值}} \times 100\%$$

- ③. 變化度:特定時間的灰階值與原始的 RGB 值差異,如果兩個數值相近,則比值會接近 1,假設照光後分解後,RGB 值應該提高,因此比值應大於 1,由於為了更直覺觀看,因此將所算出之比值 -1,設計下列公式

$$\text{分解度} = \frac{n \text{ 小時 RGB 值}}{0 \text{ 小時 RGB 值}} - 1$$

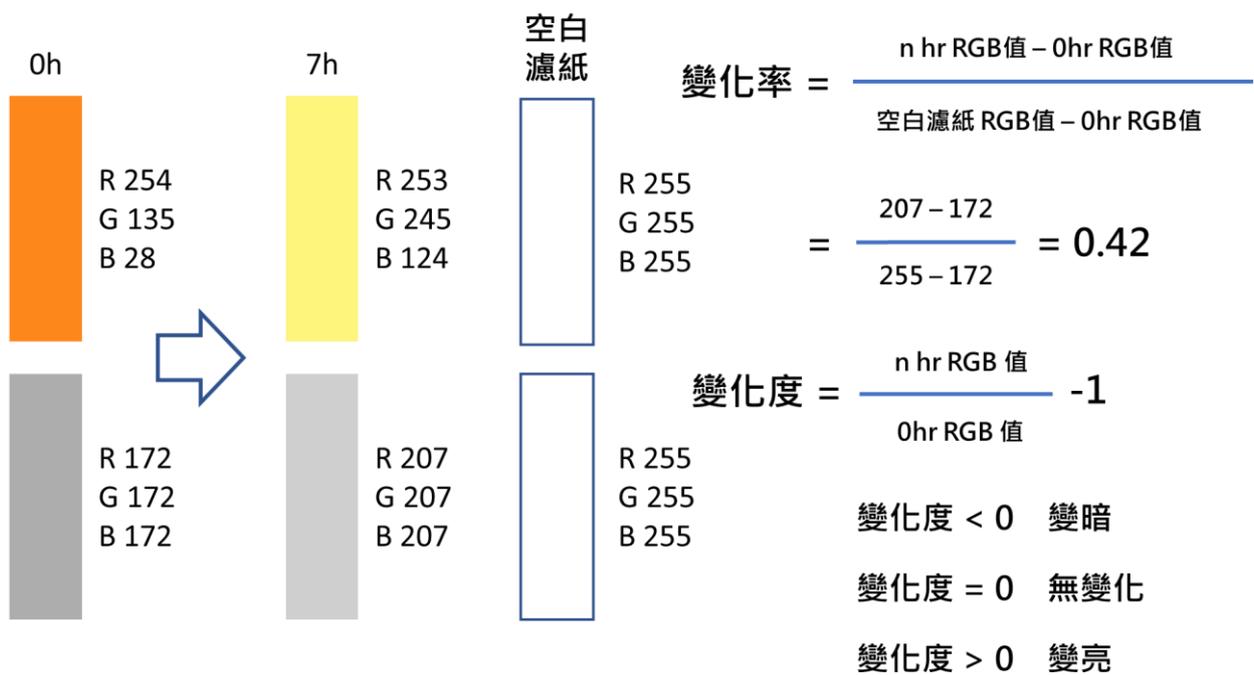


圖 7 變化率與變化度

五、薑黃萃取色素與其衍生物應用

1. 數位正片製作

本方法參考藍曬法(Cyanotype)中數位負片製作方式,進行透明膠片製作,唯獨不同的地方是,藍曬法中使用的膠片為負片,而我們所使用的膠片影像為正片。

- ①. 利用免費線圖片編輯器Pixlr,開啟欲處理圖片後,將色彩飽和度調整為0,將圖片轉為灰階,並調整對比度,即完成數位正片檔案製作。接著將檔案

由影印機列印於賽璐璐膠片上，即可得到正片膠片。

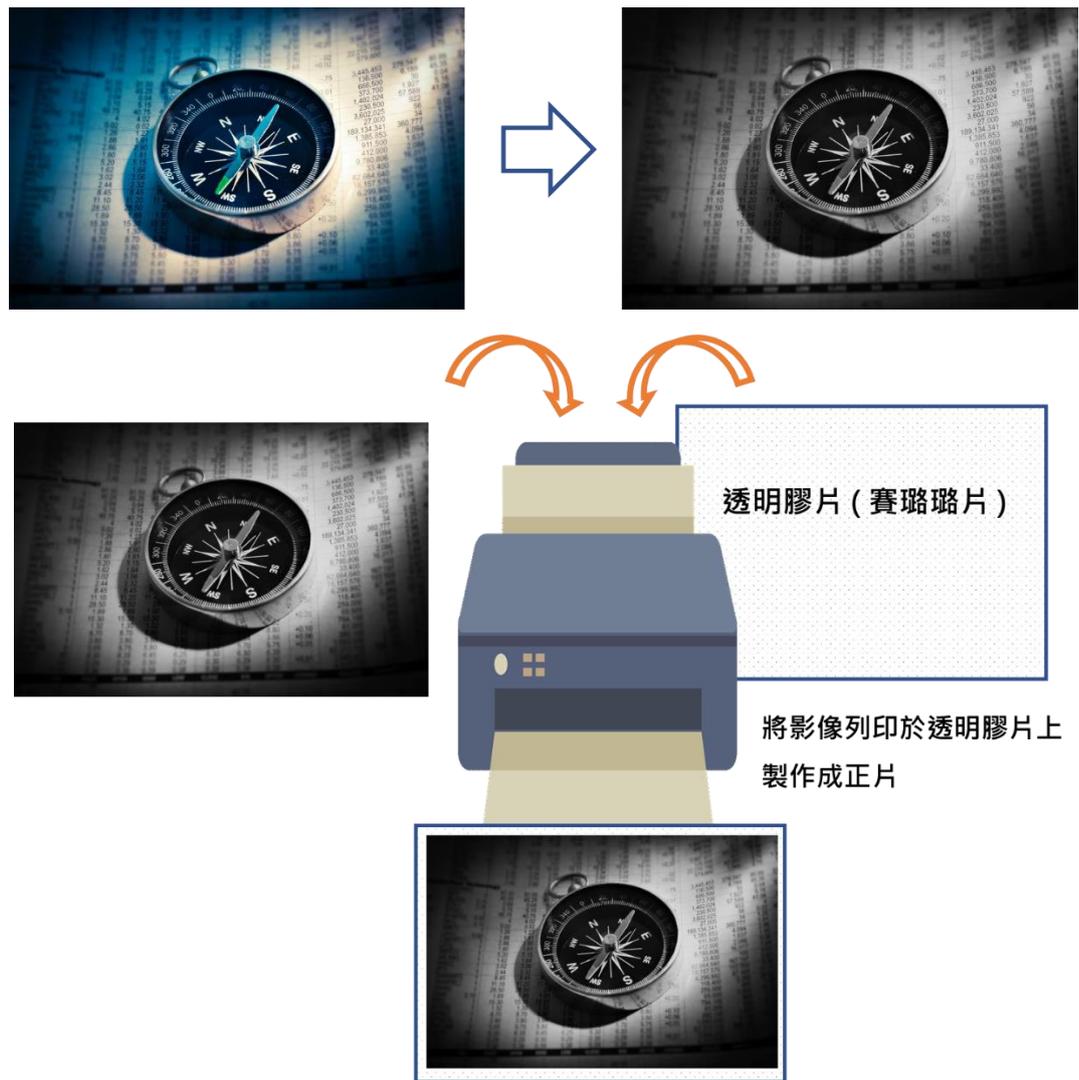


圖 8 數位正片膠片製作

2. 太陽光曝曬實驗

將數位正片放上薑黃萃取物濾紙與經硼砂、硼酸、或小蘇打處理後的濾紙，並至於太陽光下曝曬，曝曬時間依先前測試的最佳時間為7小時。由於經過實驗後發現，經硼砂或硼酸處理的薑黃色素濾紙，其色素穩定性較未處理的高，因此後續更改步驟，先以薑黃色素濾紙進行曝曬後，再將曝曬後的濾紙置於硼砂、硼酸、與小蘇打溶液中處理，以縮短曝曬時間，並達到相同目的。

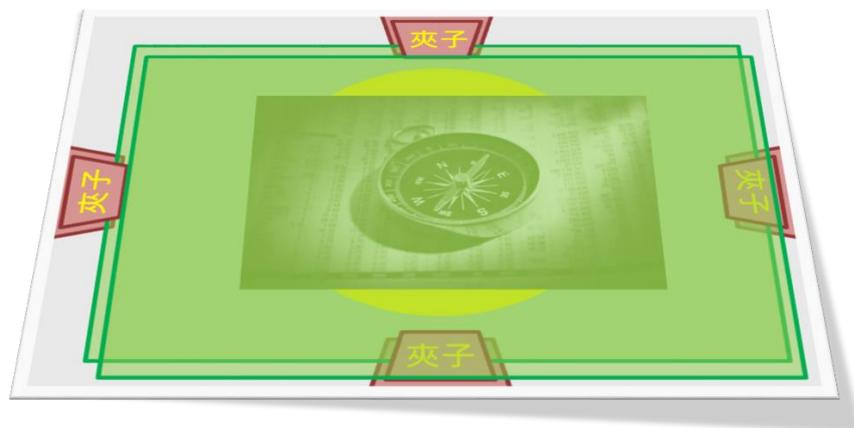
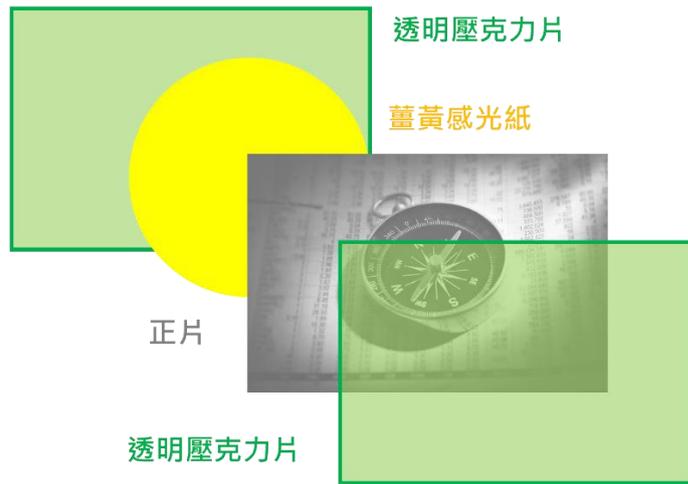


圖 9 太陽光分解實驗操作

肆、研究結果與討論

一、以盒型圖顯示各種色素試片 RGB 值分佈

由於薑黃萃取物試紙經小蘇打處理與硼砂處理時，在外觀上顏色相近，因此我們測試了薑黃萃取物試片 50 組，並以盒型圖顯示其 RGB 與灰階值得的統計數據，以便一目了然其顏色的分佈。我們可以從各個組別的 RGB 值分佈圖中發現，各組 RGB 值分佈有著明顯的差異，例如薑黃萃取物濾紙其 R 值平均約落於 248.56 左右、G 值平

均約 215.76，B 值平均約 60.19；而經硼酸處理的濾紙，R 值平均約 252.60，G 值平均為 129.82，B 值平均為 70.11；硼砂處理的濾紙，R 值平均為 144.55，G 值平均為 123.89，B 值平均為 106.23；小蘇打處理的濾紙，R 值平均為 128.41，G 值平均為 77.96，B 值平均為 69.57。故由此可知，該方法能夠有效呈現各顏色的 RGB 值位置，可做為未來色素顯示之參考。

表 1 薑黃萃取物各試片平均 RGB 值

	薑黃萃取物	經硼酸處理	經硼砂處理	經小蘇打處理
R	248.56	252.60	144.55	128.41
G	215.76	129.82	123.89	77.96
B	60.19	70.11	106.23	69.57

1. 薑黃萃取物試紙 RGB 與灰階值 N 分佈

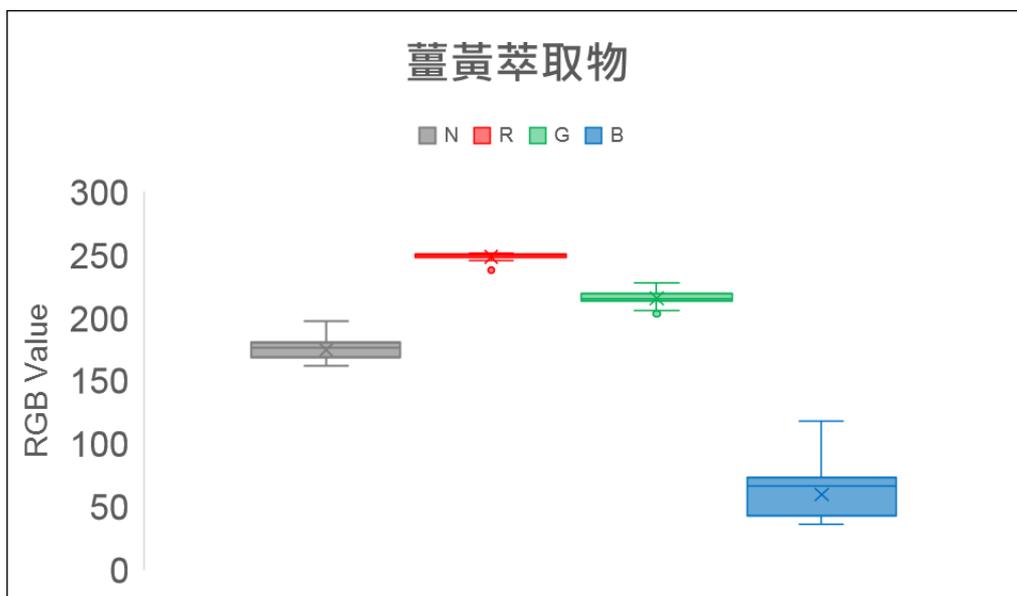


圖 10 薑黃萃取物 RGB 灰階值 N 分佈

表 2 薑黃萃取物 RGB 灰階值 N 統計數據

n = 50	N	R	G	B
平均	174.86	248.56	215.76	60.19
最大值	197.49	251.67	228.00	118.37
最小值	162.44	237.70	203.12	36.56
標準差	7.11	2.98	4.63	17.79
全距	35.06	13.98	24.87	81.81

2. 薑黃萃取物- 5% 硼砂處理試紙 RGB 與灰階值 N 分佈

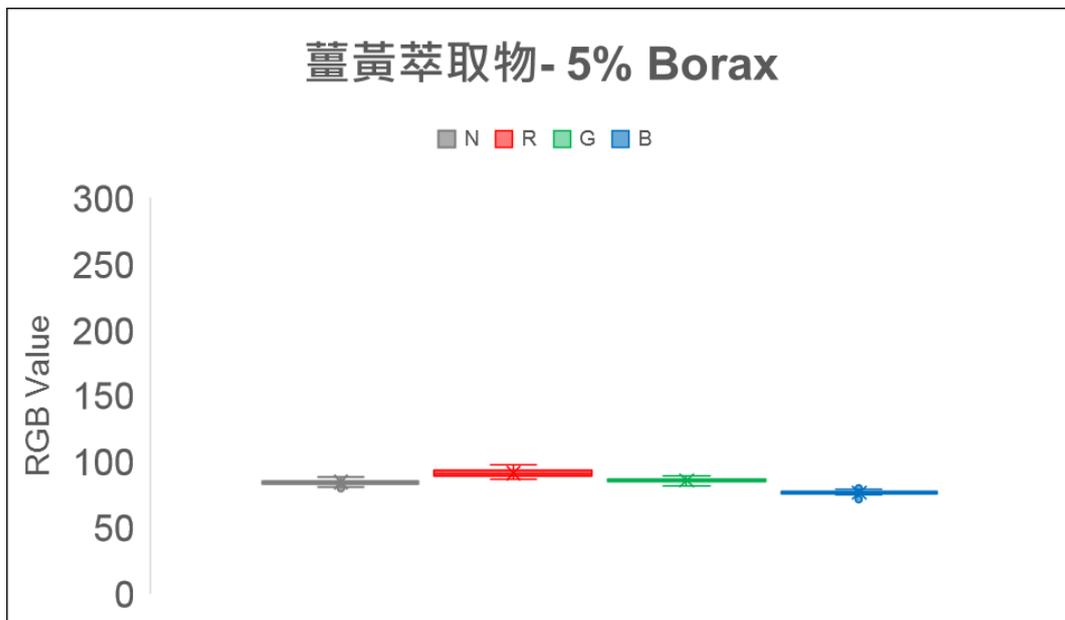


圖 11 經硼砂處理之薑黃萃取物 RGB 灰階值 N 分佈

表 3 經硼砂處理薑黃萃取物 RGB 灰階值 N 統計

N=50	N	R	G	B
平均	84.69	91.63	86.00	76.91
最大值	88.36	98.06	89.74	80.65
最小值	80.64	86.87	82.30	71.78
標準差	1.71	2.58	1.67	1.63
全距	7.723	11.190	7.442	8.877

3. 薑黃萃取物-硼酸處理試紙 RGB 與灰階值 N 分佈

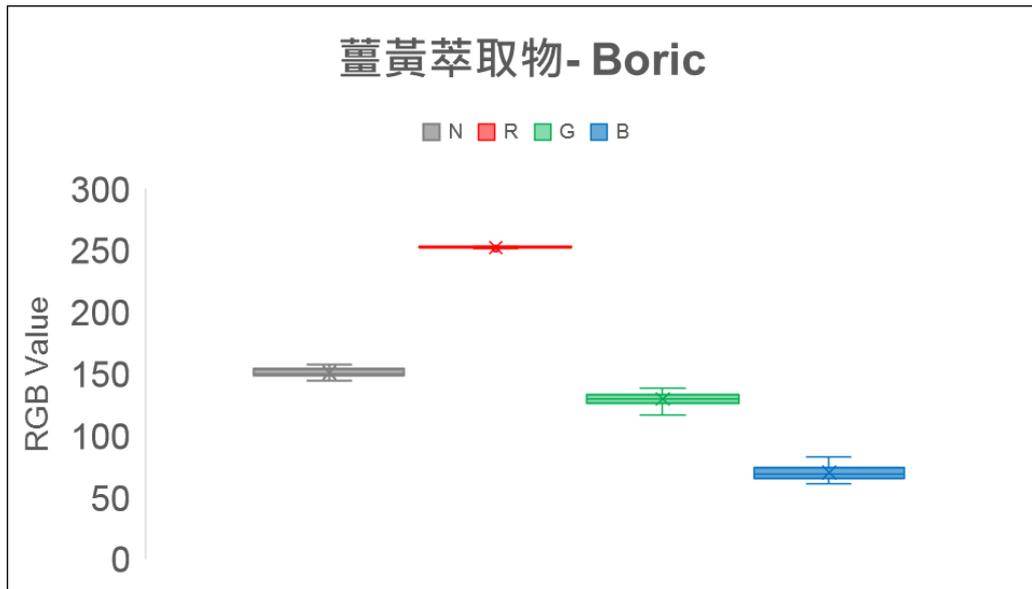


圖 12 經硼酸處理之薑黃萃取物 RGB 灰階值 N 分佈

表 4 經硼酸處理之薑黃萃取物 RGB 灰階值 N 統計

n = 50	N	R	G	B
平均	150.94	252.60	129.82	70.11
最大值	157.90	253.17	138.74	82.51
最小值	144.97	251.39	116.95	60.94
標準差	3.33	0.48	4.88	5.66
全距	12.927	1.775	21.791	21.571

4. 薑黃萃取物-小蘇打處理試紙 RGB 與灰階值 N 分佈

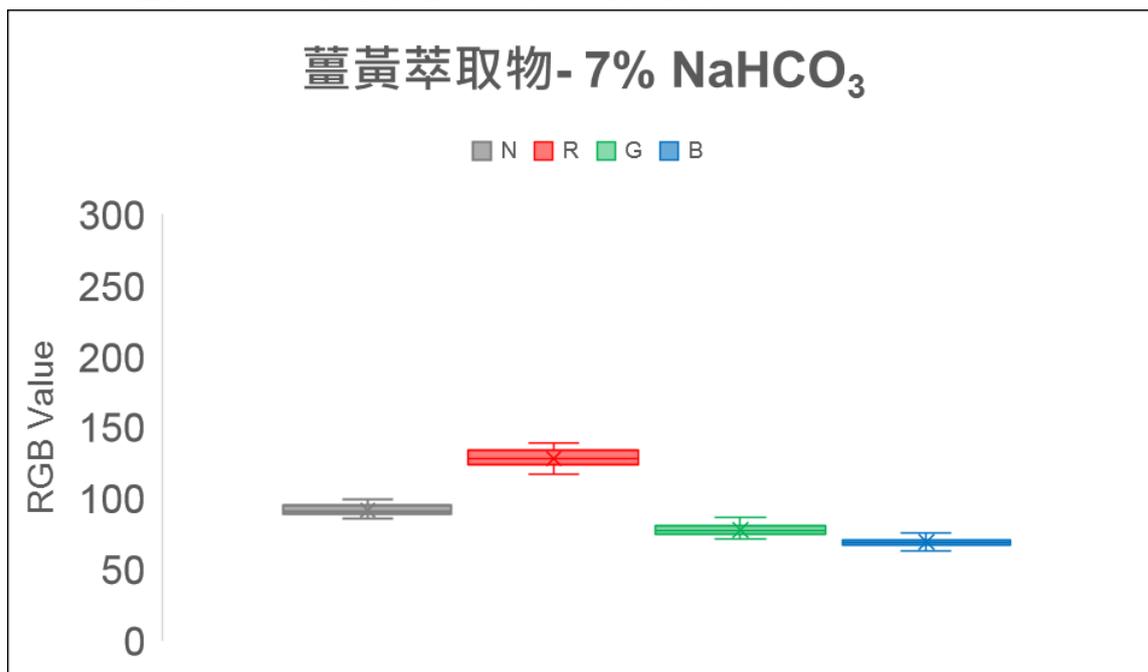


圖 13 經小蘇打處理之薑黃萃取物 RGB 灰階值 N 分佈

表 5 經小蘇打處理之薑黃萃取物 RGB 灰階值 N 統計

n = 50	N	R	G	B
平均	92.15	128.41	77.96	69.57
最大值	99.73	139.58	87.05	75.70
最小值	86.07	116.99	72.22	63.70
標準差	3.92	6.29	3.79	3.11
全距	13.659	22.592	14.837	11.995

二、薑黃萃取物濾紙與其衍生處理濾紙太陽光分解測試結果

我們將薑黃萃取物濾紙(Curcumin)、經硼砂(Borax)處理、經小蘇打處理(NaHCO_3)、經硼酸(Boric)處理於太陽光下進行光照分解時間，並計算其每小時的分解率，我們可由圖中發現，經過處理的薑黃萃取物相較於未處理的薑黃萃取物，有較好的抗分解能力，顯示經處理後的薑黃萃取物能有較高的光穩定性。而其中光穩定性最高的為經硼酸處理的薑黃萃取物，其經過7小時多的太陽光照，分解率最多約為17%，其次為經過小蘇打溶液處理的組別，7小時後分解率約為19%，再次之為硼砂處理22%，最低則為原先未經處理的薑黃萃取物40%，但由此可知經過三者處理後的薑黃萃取物相較未處理的有著較高的光穩定性。

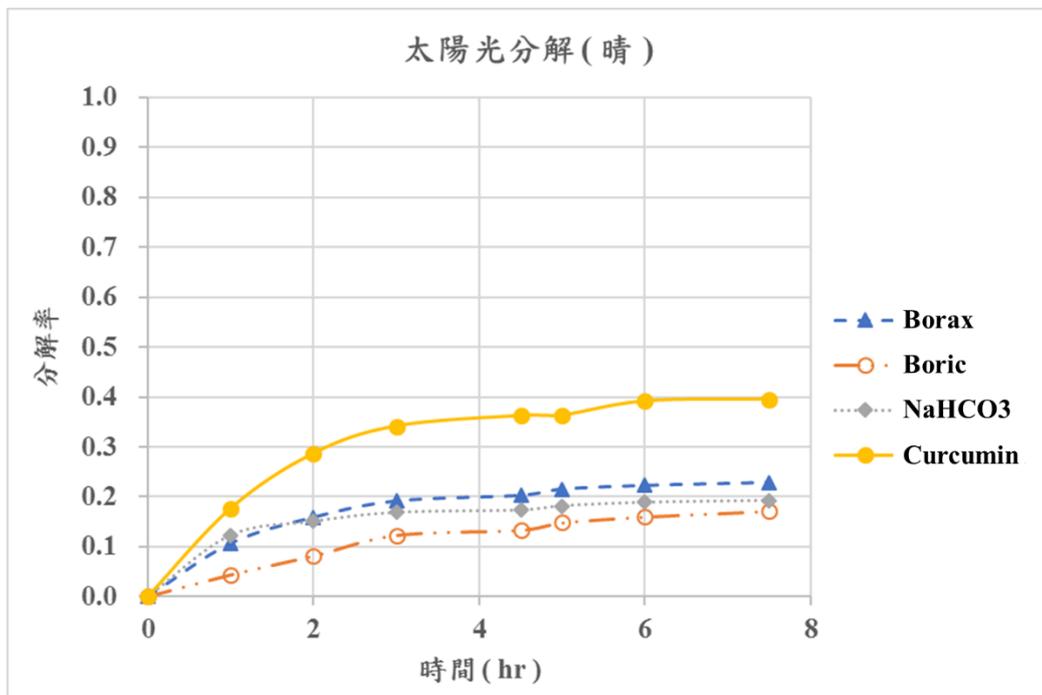


圖 14 薑黃萃取物及其衍生物太陽光分解率

三、薑黃萃取物濾紙與其衍生處理濾紙太陽光顏色變化結果

1. 薑黃萃取物顏色變化率與變化度

由圖中可知，在薑黃萃取物太陽光照射下，B 值有快速變化的現象，表示薑黃萃取物快速分解，而在變化度上 R 與 G 值變化不大。不過變化率中 R 值有大幅度變化，這是由於 R 值過於接近 255，與空白濾紙的 R 值過於相近，而在公式計算上產生的誤差。

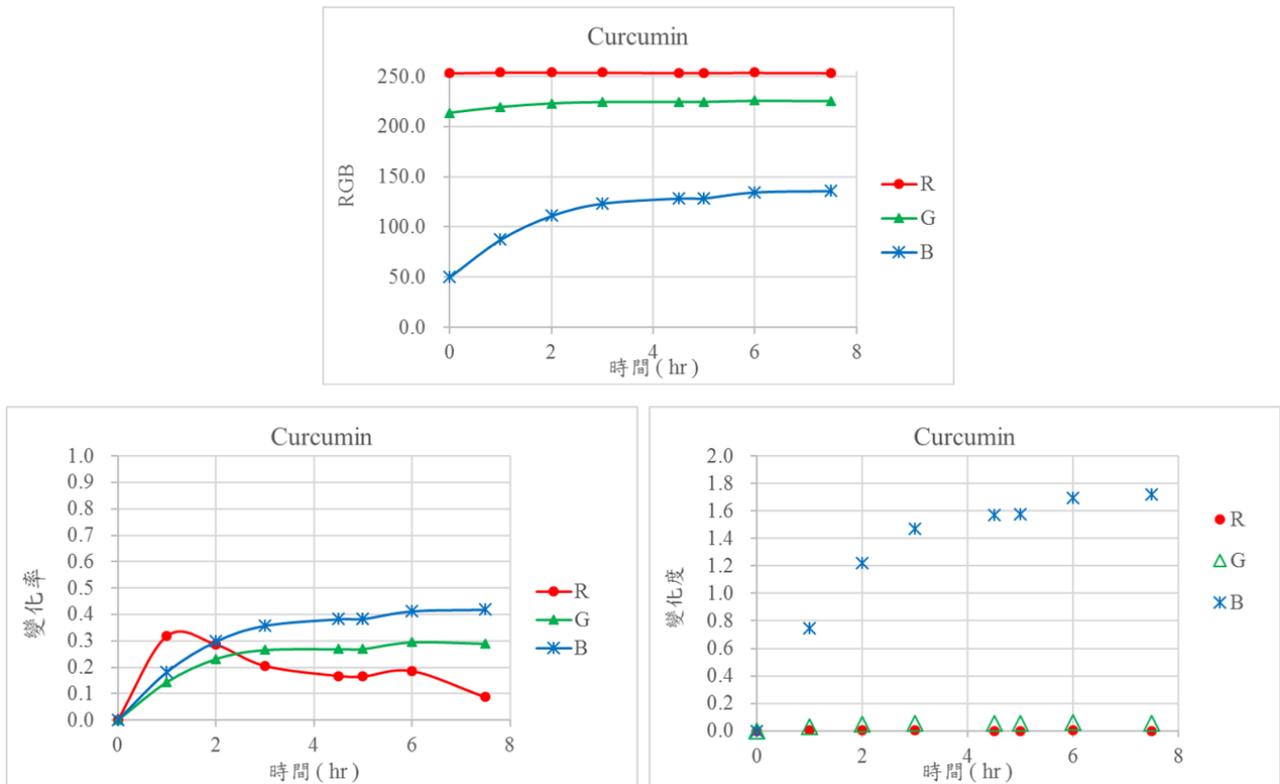


圖 15 薑黃萃取物之 RGB 值、變化率與變化度

2. 薑黃萃取物-硼砂處理的顏色變化率與變化度

由圖中可知經過硼砂處理的薑黃萃取物於太陽光照射下有些微的分解，其 RGB 三個顏色的值同時上升。

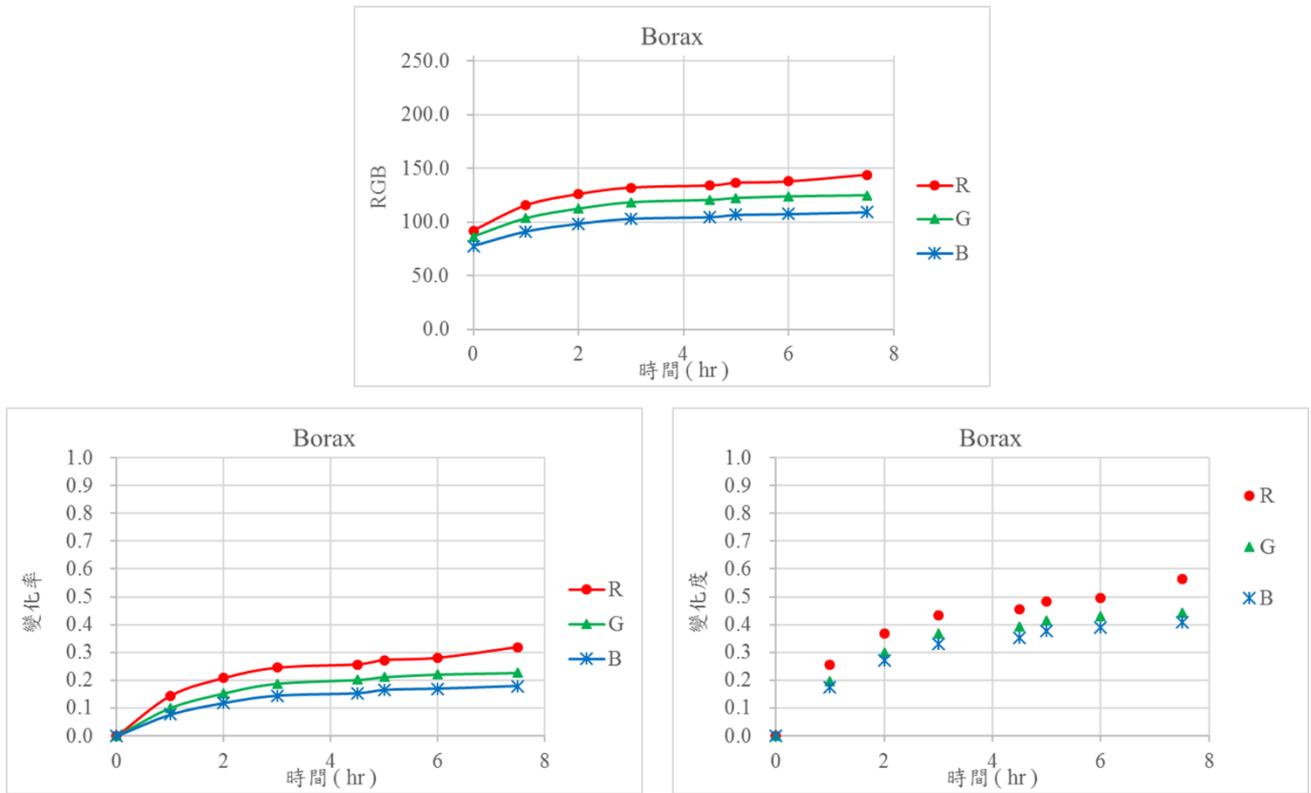


圖 16 薑黃萃取物經硼砂處理後 RGB 值、變化率與變化度

3. 薑黃萃取物-小蘇打處理的顏色變化率與變化度

相較於硼砂處理的變化曲線，小蘇打雖變化率、變化度與硼砂相近，但小蘇打有很明顯的前期快速分解變化升高的趨勢，推測薑黃萃取物中有著某個物質遇到鹼性易快速照光快速分解的現象。

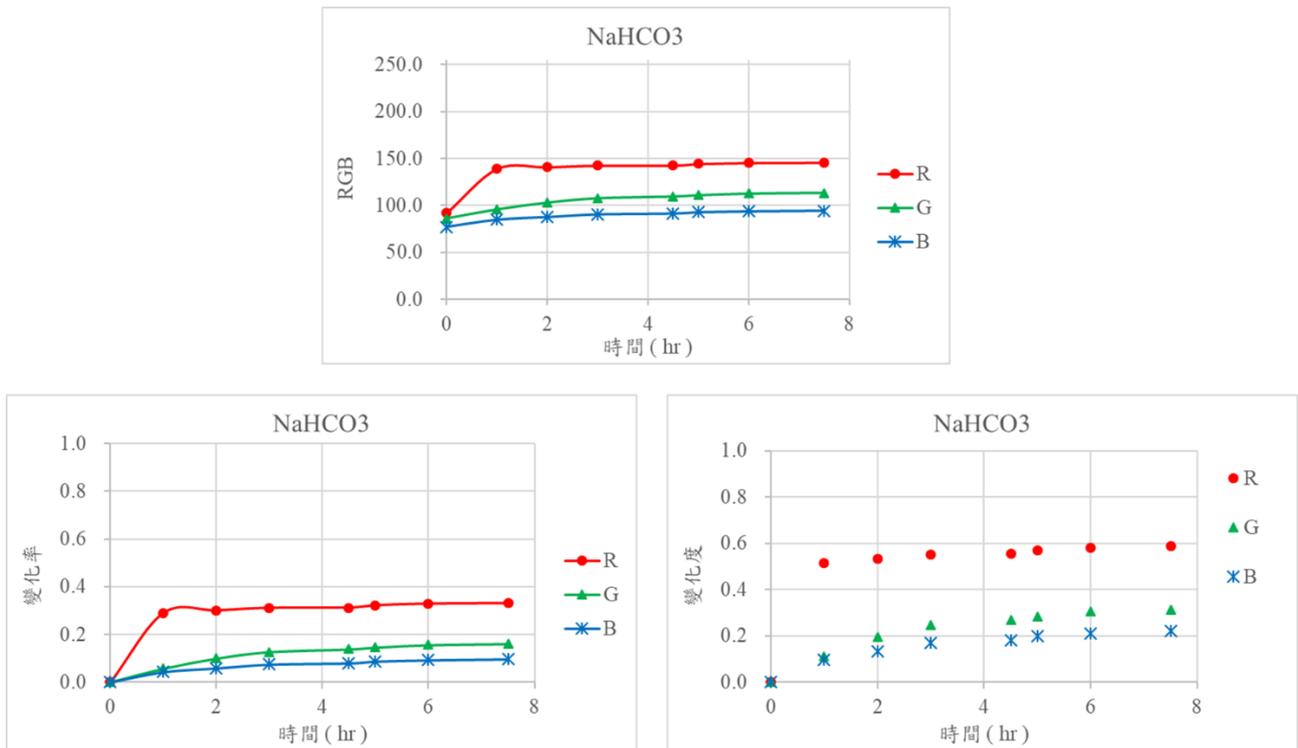


圖 17 薑黃萃取物經小蘇打處理後 RGB 值、變化率與變化度

4. 薑黃萃取物-硼酸處理的顏色變化率與變化度

薑黃萃取物經硼酸處理後其光穩定性是四個組別中最高的，我們可從圖中看到其 R 值變化率呈現震盪情況，此現象與薑黃萃取物組別相同，皆由 R 值過於接近 255 所引起，而從變化率與變化度皆可觀察到期 G 與 B 值都有顯著上升，代表其經硼酸處理後，於太陽光照下仍有變化現象

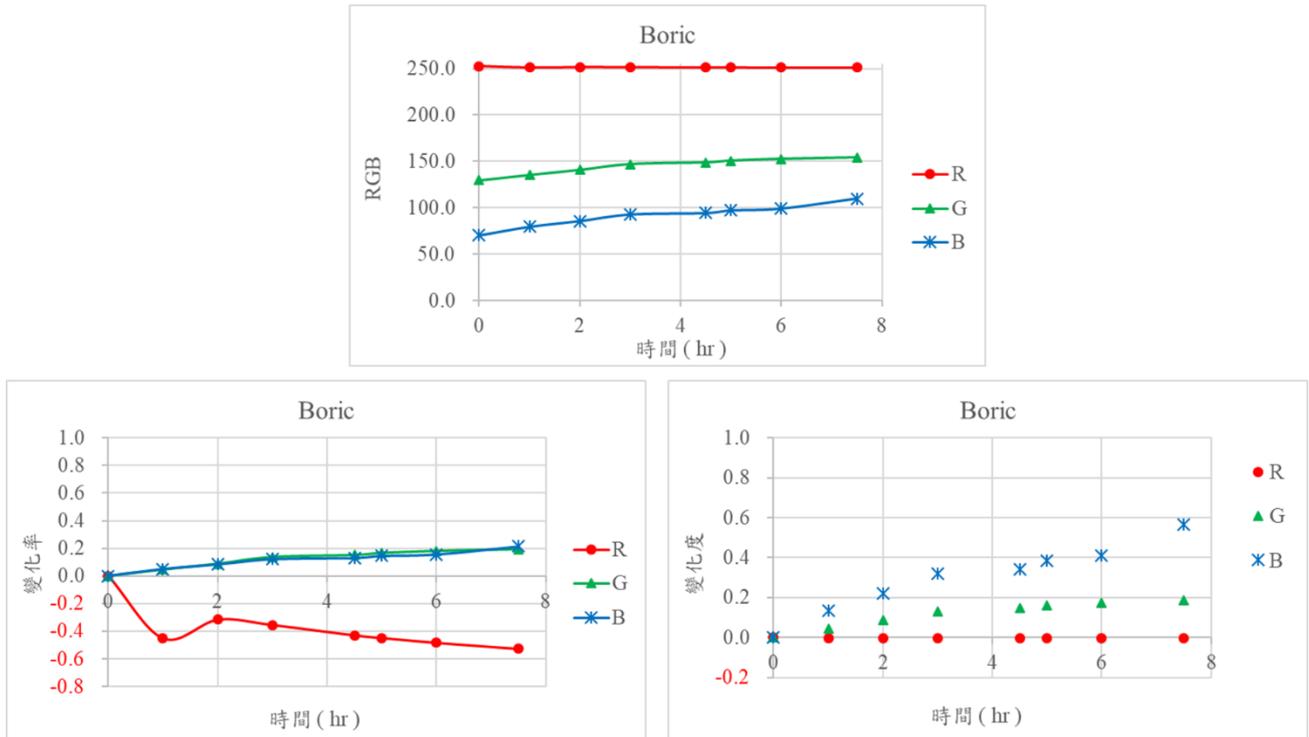


圖 18 薑黃萃取物經硼酸處理後 RGB 值、變化率與變化度

5. 薑黃萃取物於太陽光照射穩定性綜合比較

薑黃萃取物及其衍生物於太陽光照下顏色變化與分解率吻合，唯獨經硼酸處理的組別，其圖形顯示明顯的變化度，這邊與分解度圖形有差異，可能在照光的狀況下，經硼酸處理後的薑黃萃取物，並非分解，而是產生化學結構上的改變。

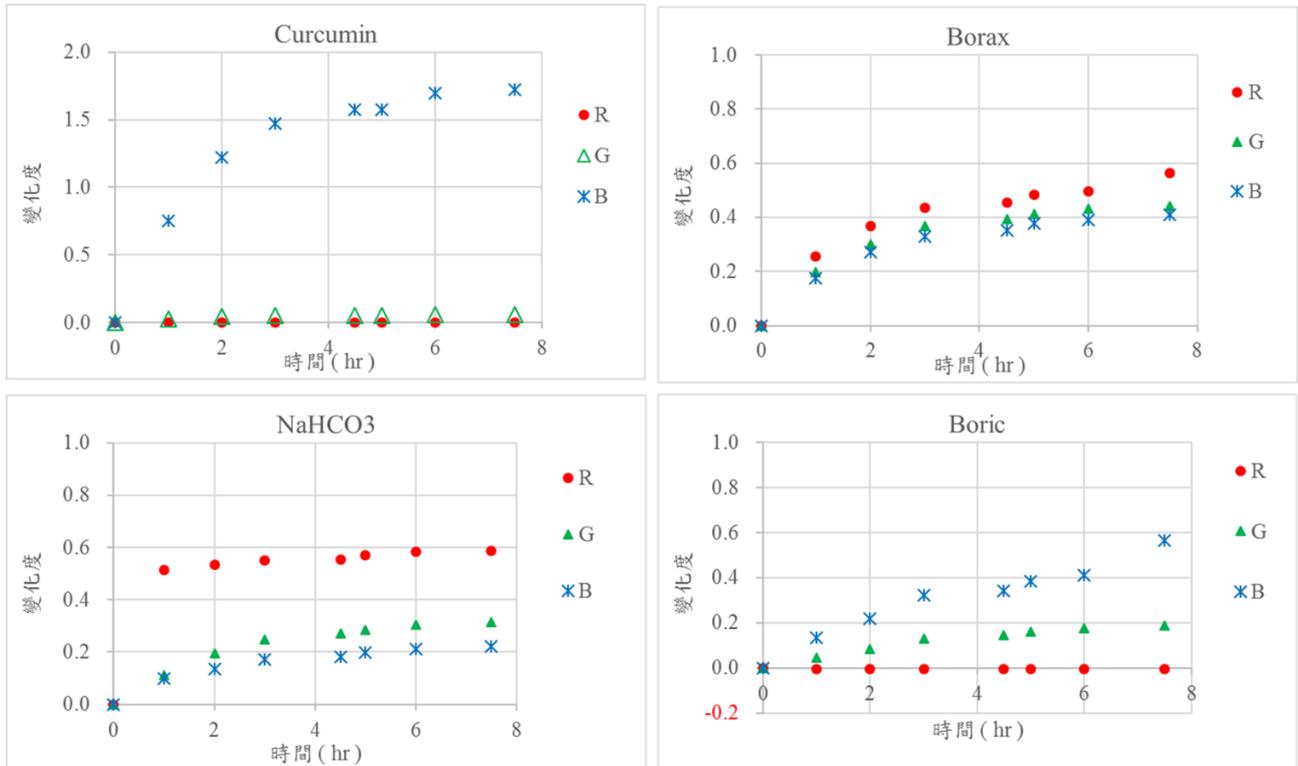


圖 19 薑黃萃取物及其衍生物經太陽光照射後顏色變化度與時間圖

基於其穩定性與顏色變化，以及相較於同樣以硼處理的組別顯示硼酸處理的薑黃萃取物有著優異的穩定性，輔以多篇的文獻中指出薑黃素於鹼性下較不穩定，酸性下較穩定，其結果與本實驗測試結果相符。因此我們推測經過硼酸處理的薑黃素產生玫瑰花青苷(Rosocyanine)。因此在照光 4 小時後，其 R 值與 G 值趨於平緩，但 B 值仍在升高，但其 N 值維持穩定，表示非分解，故推測可能是照光的過程中讓薑黃素與硼酸結合產生玫瑰花青苷的反應更完全，且從 RGB 的顏色也可以發現，他的顏色變得更紅一些。

表 6 經硼酸處理之薑黃素反應前後顏色變化

 0 hr			 7.5 hr		
R	G	B	R	G	B
252.60	129.82	70.11	251.34	154.04	109.74

另外依照過去文獻指出，薑黃素於鹼性環境中穩定度較酸性與中性低，但依照本次實驗結果，薑黃萃取液在中性環境下的穩定度低於鹼性硼砂處理以及鹼性小蘇打處理的衍生物，其推測原因可能為反應的環境，過去的文獻實驗結果，薑黃素多在溶液的狀態下，因此鹼氫氧根離子能夠進行分解，而本實驗是在乾燥固態的情況下，因此鹼性氫氧根離子並無法有效的進行分解，只能單靠薑黃素分子本身的光分解效應。至於為何在鹼性環境下能夠有效提升薑黃萃取物的穩定度，我們推測可能除了薑黃素分子與硼離子結合產生玫瑰化青苷外，是否有可能為經處理後的薑黃衍生物濾紙表面有殘於小蘇打或硼砂的結晶，導致照光時，能稍微反射太陽光，導致分解效果變差，這部分則需持續研究。

四、薑黃萃取物及其衍生物濾紙光曝曬影像成果

最後我們將欲曝曬的影像膠片覆蓋於薑黃萃取物濾紙上，並放置於太陽光下曝曬 7.5 小時後，分別以硼砂、硼酸、小蘇打溶液處理曝曬後的濾紙，獲得以下的影像。

<p>薑黃萃取物</p>	
<p>硼砂處理</p>	



圖 20 薑黃萃取物經太陽光曝曬實際應用於曬圖成品

伍、結論

一、以盒型圖顯示各種色素試片 RGB 值分佈

我們利用盒型圖顯示薑黃萃取試紙經各種處理後的顏色變化，且其顯示於盒型圖上能夠有效看出各顏色之間的差異性，因此該方法是在無光譜儀下，一個不錯的方式。

二、由實驗結果可知，薑黃萃取物經過硼砂、硼酸、小蘇打處理後能夠有效提升薑黃素的穩定性，由其在硼酸處理後光穩定性最佳，其次為小蘇打處理，再者為硼砂處理。

三、我們成功利用薑黃萃取物濾紙搭配正片膠片，於太陽光下曝曬 7.5 小時後，得到清

晰的影像，並利用硼砂、硼酸、小蘇打溶液處理後，讓影像更明顯，且依照實驗數具，經過處理的影像其光穩定性較未處理影像高。

陸、未來展望

由於薑黃素經硼酸、硼砂、小蘇打處理後的光穩定性與過去文獻有差異，因此之後的實驗會針對這項問題找出原因。

1. 我們實驗結果薑黃萃取液經過硼砂、硼酸、小蘇打處理後的光穩定性順序為硼酸 Boric 處理 > 小蘇打 NaHCO_3 > 硼砂 Borax > 原薑黃萃取物 (Curcumin)，而與過去研究不太符合。但由於過去的實驗薑黃素皆在溶液狀態下進行測試，而我們的實驗則是在乾燥且半密封，空氣不流通的情況下進行的。因此是否可能有其他因素影響實驗，之後再持續探究。

薑黃萃取物經硼砂或小蘇打處理後衍生物的表面可能有結晶，導至光分解效率降低，這部分可能在之後的實驗中，在薑黃萃取液經溶液處理後，還要經過清水沖洗，降低濾紙上殘留的小蘇打或硼砂。

2. 我們發現薑黃素以小蘇打處理後的衍生物在光照的情況下，前期有快速分解的現象，推測可能是萃取物中有某些物質在鹼性環境下比薑黃素更先分解，因此未來實驗會朝著將薑黃萃取物分離後，逐一分析其中成分對光的穩定性。

柒、參考文獻

郭知祐，林彥綱，孫靖惟，& 張伯鋒. (2024). 天然色素光熱穩定性質初探. 屏東縣第

64 屆國中小學科學展覽會作品說明書.

柯逸萱，郭宇晴，游宗穎，& 蘇政宏. (2017). 新式污水處理複合材料—結合薑黃素與

幾丁聚醣清除水中有機物和重金屬離子. 中華民國第 57 屆中小學科學展覽會作

品說明書.

余家漳. (2011). 製備薑黃素複合物及其穩定性研究. 國立高雄應用科技大學.

詹昀臻, 劉若婕, & 陸仲文. (2017). 反「薑」—「金」—探討薑黃素對於金屬離子的螯合作用. 中華民國第 57 屆中小學科學展覽會作品說明書.

Moetlediwa, M. T., Ramashia, R., Pheiffer, C., Titinchi, S. J. J., Mazibuko-Mbeje, S. E., & Jack, B. U. (2023). Therapeutic Effects of Curcumin Derivatives against Obesity and Associated Metabolic Complications: A Review of In Vitro and In Vivo Studies. *International Journal of Molecular Sciences*, 24(18). <https://doi.org/10.3390/ijms241814366>