

中華民國第 59 屆中小學科學展覽會 作品說明書

國中組 化學科

030204

Eye 生活-論薑黃素之護眼功效

學校名稱：嘉義縣立永慶高級中學(附設國中)

作者： 國二 陳祐鈞 國三 吳瑜蓁 國三 張楨葵	指導老師： 谷桂梅 李雅婷
---	-----------------------------

關鍵詞：薑黃素、濾藍光、抗氧化

摘要

本研究主要探討薑黃素的濾藍光和抗氧化作用。結果發現：(1)薑黃素確實可以有效降低藍光穿透率，且與凝膠厚度、濃度成一次線性函數關係。(2)在加熱、藍光、紫外光照射下，薑黃素具有不易被破壞的特性，可持續維持濾除藍光的效益。(3)相較於維生素 C，薑黃素也同樣具有高抗氧化的特性。(4)在加熱後，薑黃素也保持良好的抗氧化力；在藍光、紫外光照射下，其抗氧化力是有隨時間提升的趨勢。

最後，我們用薑黃素製作出濾藍光薄膜，建議可廣泛運用在螢幕保護貼、濾藍光鏡片、燈具遮光罩、日拋隱形眼鏡或人工水晶體上，以減少藍光對眼睛的損耗。未來，在醫學治療上，也可以結合薑黃素的抗氧化力來開發眼睛保養液，以降低眼球細胞膜的氧化損傷。

壹、研究動機

眼睛是我們的靈魂之窗。因為有了它，我們得以看見美好事物，觀察身邊的一切。但它若失去了功用，不僅無法看見世界，連生活都會產生極大的困擾。但是現在科技發達，隨處都可以看見低頭族，拿著手機滑呀滑，沉浸在自己的世界中。在享受 3C 產品帶來前所未有的便利同時，卻也無形伴隨著視力受損的危機。

最近，含有葉黃素的保健食品，常出現在電視廣告或藥局、賣場中。葉黃素到底有什麼神奇功效？原來是具有吸收藍光及抗氧化的能力，可以保護眼睛、減低黃斑部病變的風險。然而同屬黃色的養生新寵-薑黃，為咖哩的主要香料之一，是否也有類似的功效和利用價值？這引起我們的興趣，因而展開薑黃素的奇幻化學之旅。

貳、研究目的

- 一、探討各種光源的藍光強度。
- 二、探討薑黃素在溫度、酸鹼、照光影響下的濾藍光力。
- 三、探討薑黃素在溫度、酸鹼、照光影響下的抗氧化力。
- 四、探討薑黃素的生活應用可能性。

參、研究設備與材料

一、儀器設備

傳統檯燈(日光燈管)、LED 檯燈(0.14 W * 45 顆)、LED 藍光魚燈(445 nm/ 5 顆)、紫外光燈(365 / 302 nm)、微量天平、恆溫水浴槽、超音波震盪器、光強度感應光纖、分光光度計、照度計、磁石加熱攪拌器。

二、器材、材料、藥品

98%薑黃素、維生素 B2、維生素 C、鹽酸、氫氧化鈉、碘液、澱粉、95%酒精、蒸餾水、速成透明膠、微量吸管、廣用試紙、Y 型比色管、濾紙、漏斗、玻片、試管、量筒、燒杯、錐形瓶、玻璃培養皿、塑膠秤量皿、塑膠滴管、美工刀、隱形膠帶、簽字筆、Logger Pro 分析軟體。

肆、研究過程與方法

一、探討各種光源的藍光強度

(一)自然光源：太陽光

在午休時段（12：30 - 13：00），利用光強度感應光纖(須搭配分光光度計使用)，檢測各種天氣狀況下不同地點之藍光強度。

(二)人工光源：傳統檯燈、LED 檯燈（三種色溫-暖黃光、暖白光、冷白光）

在暗室中，利用光強度感應光纖(須搭配分光光度計使用)、照度計，分別檢測在相同距離下各種檯燈之藍光強度和光通量。

二、探討薑黃素在溫度、酸鹼、照光影響下的濾藍光力

(一)在常溫下，不同厚度對薑黃素濾藍光效果的影響

1.配製 200 ppm 薑黃素酒精溶液。

2.以溶液：速成透明膠 = 1：1 比例，攪拌均勻使其呈凝膠狀。

3.製作厚度分別為 0.1 ~ 0.5 mm 的樣本（調整蓋玻片數量為 1~5 片）。（圖一）

4.啟動 LED 檯燈(冷白光模式 1)，調整光強度感應光纖，使未遮蔽前的藍光強度（相對）約為 0.95。（圖二）

5.收集藍光穿透後的相對強度變化，以比較不同厚度對濾藍光效果的影響。

(二)在常溫下，不同濃度對薑黃素濾藍光效果的影響

1.配製 100 ppm、50 ppm、25 ppm 及 12.5 ppm 薑黃素酒精溶液。

2.分別製成厚度為 0.4 mm 的凝膠樣本。

3.啟動藍光強度感應裝置，以比較不同濃度對濾藍光效果的影響。

(三)在常溫下，比較薑黃素與各種鏡片的濾藍光效果差異

1.製備 200 ppm 厚度 0.4 mm 薑黃凝膠樣本。

2.準備市售 2 副濾藍光鏡片、1 副變色鏡片及 1 副黑色太陽眼鏡。

3.啟動藍光強度感應裝置，檢測藍光穿透薑黃凝膠與各種鏡片的相對強度。

(四)在高溫加熱下，薑黃素與維生素 B2 的濾藍光效益

1.配製 100 ppm 薑黃素酒精溶液及維生素 B2 水溶液。

2.分裝各試管中，再置入沸水加熱 10~60 分鐘。

3.利用分光光度計檢測各試管溶液的吸光值，以比較加熱時間對各物質的影響。

4.取各試管溶液分別製成厚度為 0.4 mm 的凝膠樣本。

5.啟動藍光強度感應裝置，以比較兩種物質在高溫加熱下的濾藍光效益。

(五)在不同酸鹼下，薑黃素與維生素 B2 的濾藍光效益

1.配製 100 ppm 薑黃素酒精溶液及維生素 B2 水溶液。

2.用鹽酸、氫氧化鈉和蒸餾水，調配出不同酸鹼值溶液。

3.在各試管中加入 10 mL 薑黃素酒精溶液或維生素 B2 水溶液。

4.依序將 pH= 1~13 溶液 0.5 mL 加入各試管中，觀察混合後的顏色變化。

5.使用分光光度計檢測各試管混合液的可見光波段吸光值。

6.取各試管混合液，分別製成厚度為 0.4 mm 的凝膠樣本。

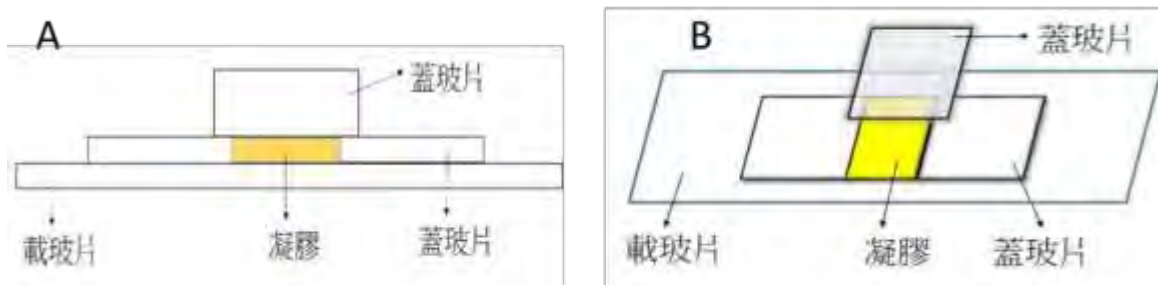
7.啟動藍光強度感應裝置，以比較兩種物質在不同酸鹼下的濾藍光效益。

(六)在藍光照射下，薑黃素與維生素 B2 的濾藍光效益

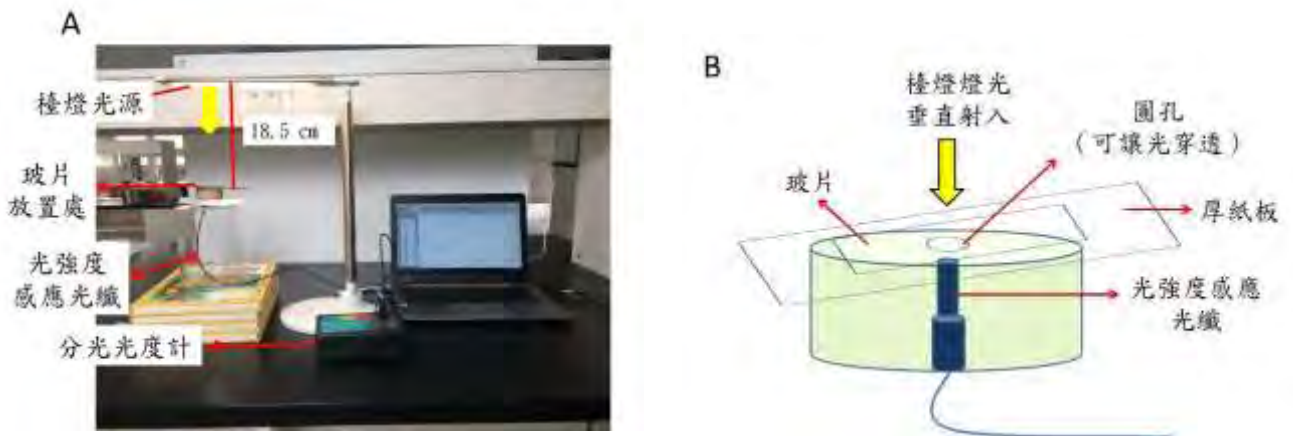
- 1.以透明玻璃瓶盛裝薑黃素酒精溶液、維生素 B2 水溶液。
- 2.將各瓶放置於藍光魚燈下方，要對準上方的 LED 燈泡以求照光一致。
- 3.取未照射、已照射 1~4 小時的各種溶液備用。
- 4.利用分光光度計檢測各瓶溶液的吸光值，以比較照射時間對各物質的影響。
- 5.取各瓶溶液分別製成厚度為 0.4 mm 的凝膠樣本。
- 6.啟動藍光強度感應裝置，以比較兩種物質在藍光照射後的濾藍光效益。

(七)在紫外光照射下，薑黃素與維生素 B2 的濾藍光效益

- 1.以透明玻璃瓶盛裝薑黃素酒精溶液、維生素 B2 水溶液。
- 2.將各瓶放置於紫外光燈下方，要對準上方的 UVA / UVB 燈管以求照光一致。
- 3.取未照射、已照射 1~4 小時的各種溶液備用。
- 4.利用分光光度計檢測各瓶溶液的吸光值，以比較照射時間對各物質的影響。
- 5.取各瓶溶液分別製成厚度為 0.4 mm 的凝膠樣本。
- 6.啟動藍光強度感應裝置，以比較兩種物質在紫外光照射後的濾藍光效益。



圖一、凝膠塗抹方式 A.側面圖 B.正面圖



圖二、A.藍光強度感應裝置，B.凝膠放置及光源照射方式

三、探討薑黃素在溫度、酸鹼、照光影響下的抗氧化力

(一)在常溫下，薑黃素的抗氧化力

- 1.用 5 mL 蒸餾水、1 mL 澱粉液(0.3%)、0.2 mL 碘液(10%)，調配出指示劑。
- 2.以分光光度計檢測 1 mL 指示劑，找出碘分子與澱粉所生成的藍黑色錯合物含量。
- 3.將 0.3 mL 酒精滴入指示劑，利用磁石加熱攪拌器，以 750 rpm 攪拌 30 秒。
- 4.取出 1 mL 混合溶液，再以分光光度計檢測藍色錯合物的剩餘含量。

- 5.如混合溶液中的藍黑色錯合物愈少，即代表碘分子(I₂)被還原成碘離子(I⁻)愈多，故可用來表示滴定物質的抗氧化力愈佳。
 - 6.將滴定物質依序更改為薑黃素酒精溶液(100 ppm)、維他命 B2 及維他命 C 水溶液(100 ppm)，重複步驟 3~5。
- (二)在高溫加熱下，薑黃素的抗氧化力變化
- 1.將 100 ppm 薑黃素酒精溶液分裝各試管中，再置入沸水加熱 10~60 分鐘。
 - 2.以各加熱樣本 0.3 mL 為滴定物質，重複步驟三、(一)、1~5。
- (三)在不同酸鹼下，薑黃素的抗氧化力變化
- 1.在各試管中加入 10 mL 薑黃素酒精溶液(100 ppm)。
 - 2.用鹽酸、氫氧化鈉和蒸餾水，調配出不同酸鹼值溶液。
 - 3.依序將 pH= 1~13 溶液 0.5 mL 加入各試管中。
 - 4.以各試管樣本 0.3 mL 為滴定物質，重複步驟三、(一)、1~5。
- (四)在藍光照射下，薑黃素的抗氧化力變化
- 1.以透明玻璃瓶盛裝薑黃素酒精溶液。
 - 2.將各瓶放置於藍光魚燈下方，要對準上方的 LED 燈泡以求照光一致。
 - 3.取未照射、已照射 0.5 ~ 2 小時的樣本 0.3 mL 為滴定物質，重複步驟三、(一)、1~5。
- (五)在紫外光照射下，薑黃素的抗氧化力變化
- 1.以透明玻璃瓶盛裝薑黃素酒精溶液。
 - 2.將各瓶放置於紫外光燈下方，要對準上方的 UVA / UVB 燈管以求照光一致。
 - 3.取未照射、已照射 0.5 ~ 2 小時的樣本 0.3mL 為滴定物質，重複步驟三、(一)、1~5。

伍、實驗結果

一、探討各種光源的藍光強度

(一)藍光波長範圍約在 400 - 500 nm，接近紫外光的光譜。

(二)從圖三、圖四和附圖一~附圖五，我們發現：

1.太陽光才是藍光的最大來源。

2.在晴朗無雲的好天氣時

(1)即便是室外有樹影遮陽，藍光強度也還是很大。

(2)唯有在建築物內，因未被太陽直接照射，藍光強度才會快速銳減。

3.以太陽能夠直接照射的空地為測量點

(1)即使空氣中懸浮微粒多(空氣品質不佳)，仍無法明顯減緩藍光強度。

(2)如為陰天多雲的天氣，則會促使藍光強度下降約 30 %~50 %。

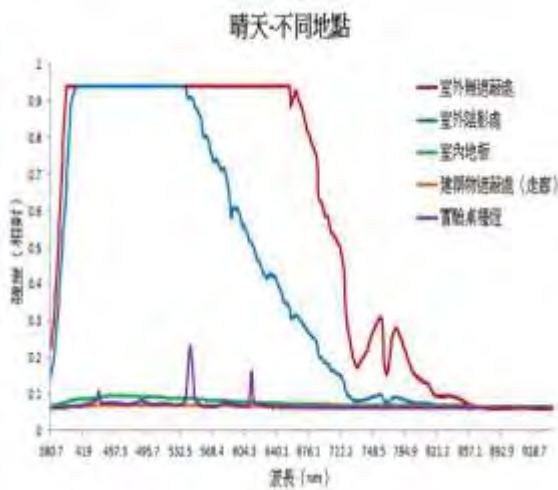
(三)從圖五和圖六，我們發現：

1.傳統檯燈和 LED 檯燈之冷白光（模式 1~3）、暖白光（模式 1~3）及暖黃光（模式 1），照度均為 770 Lux，但 LED 檯燈的目視結果卻是模式愈小燈愈明亮。

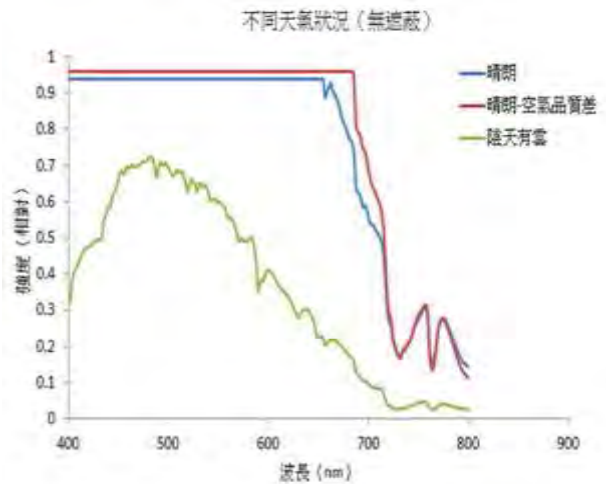
2.在有相同照度前提下

(1)傳統檯燈的藍光強度明顯低於 LED 檯燈之冷白光。

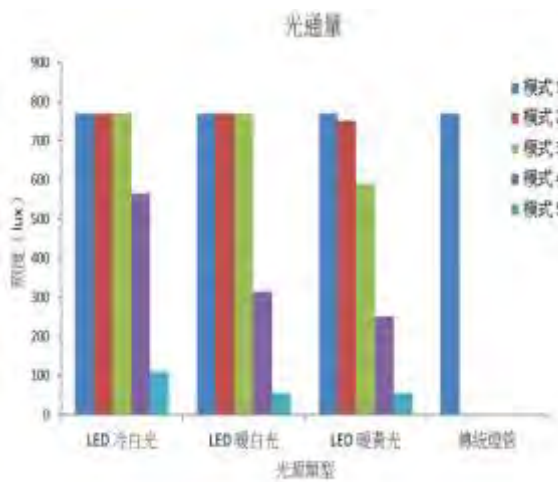
(2) LED 檯燈以冷白光(模式 1)最明亮，但發出的藍光強度也最高。



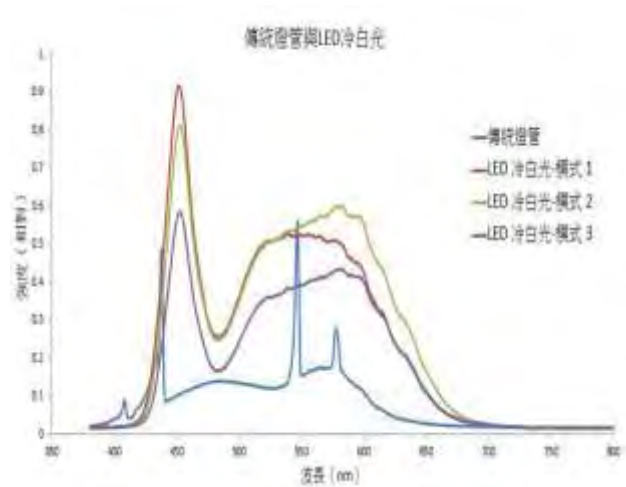
圖三、晴天的太陽光強度分佈



圖四、不同天氣的太陽光強度分佈(戶外)



圖五、LED 檯燈及傳統檯燈的光通量比較



圖六、傳統檯燈與 LED 檯燈的光強度比較

二、探討薑黃素在高溫、酸鹼、照光影響下的濾藍光力

(一)在常溫下，不同厚度對薑黃素濾藍光效果的影響

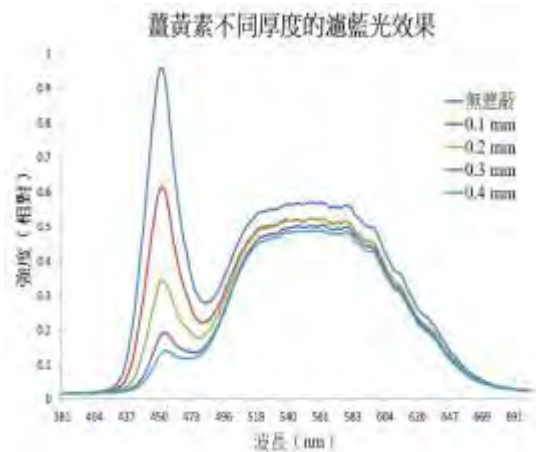
從圖七和圖八，我們發現：

1.凝膠厚度愈大，濾藍光效果愈好。

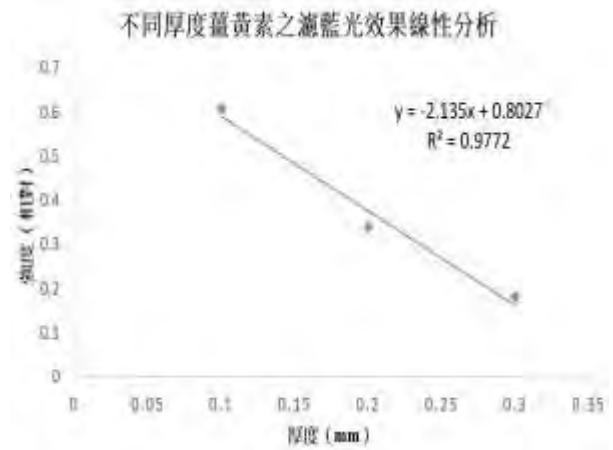
2.定義：以 450 nm 為基準， $\text{濾藍光力} = \frac{\text{強度下降值}}{\text{原強度(無遮蔽)}}$

3.以濃度 100 ppm 厚度 0.4 mm 為例，可過濾掉 86 % 以上的藍光，但對其他色光的遮蔽則是相當微小。

4.薑黃素厚度和藍光穿透強度(相對)間存在有一次線性函數關係式。



圖七、檢測 100 ppm 薑黃素濾藍光力

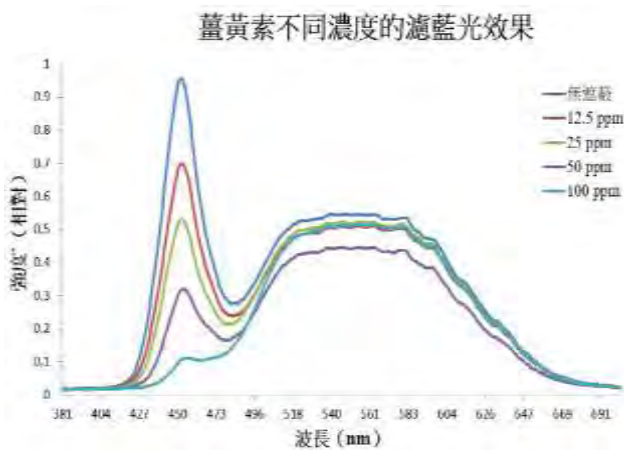


圖八、探討厚度與濾藍光力的關聯性

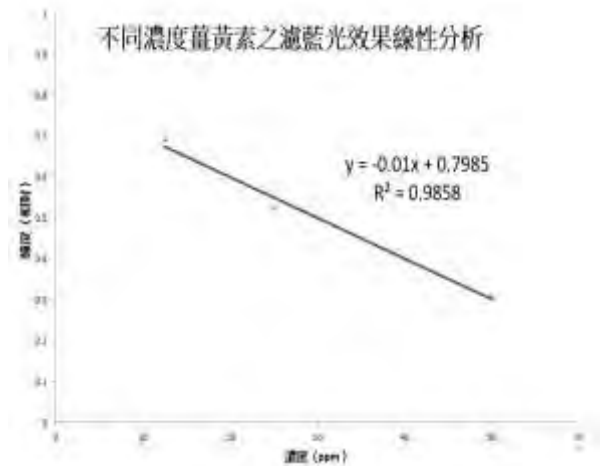
(二)在常溫下，不同濃度對薑黃素濾藍光效果的影響

從圖九和圖十，我們發現：

- 1.在凝膠厚度為 0.4 mm 時，薑黃素濃度愈高，濾藍光的效果愈好。
- 2.薑黃素濃度和藍光穿透強度(相對)間存在有一次線性函數關係式。



圖九、檢測厚度 0.4 mm 薑黃素濾藍光力

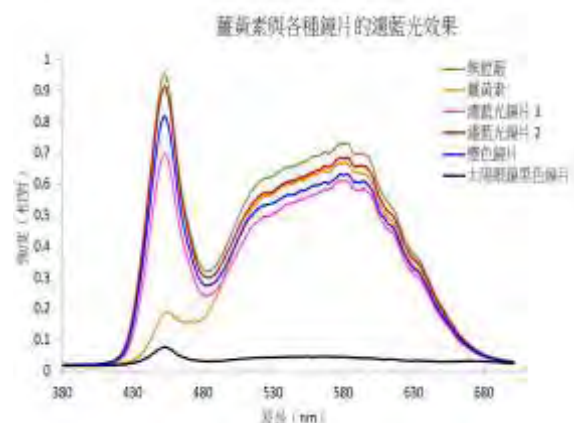


圖十、探討濃度與濾藍光力的關聯性

(三)在常溫下，比較薑黃素與各種鏡片的濾藍光效果差異

從圖十一，我們發現：

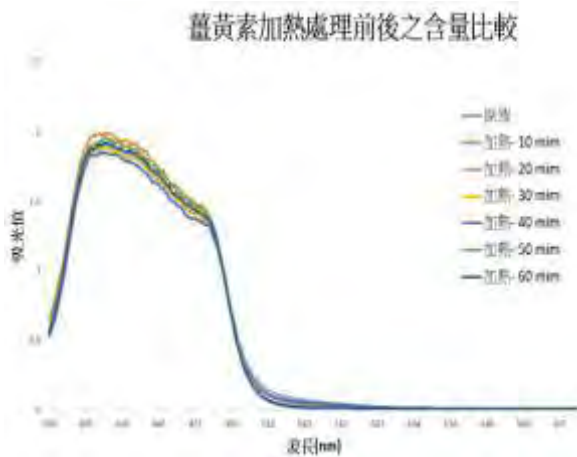
- 1.市售的濾藍光鏡片僅能過濾 4 ~ 23 % 的藍光；至於變色鏡片，則可過濾 14%的藍光。
- 2.薑黃素可過濾 80 %的藍光，且不太會影響其他色光的穿透。
- 3.黑色太陽眼鏡雖能過濾 92 %的藍光，但同時也嚴重遮蔽了其他色光的穿透。



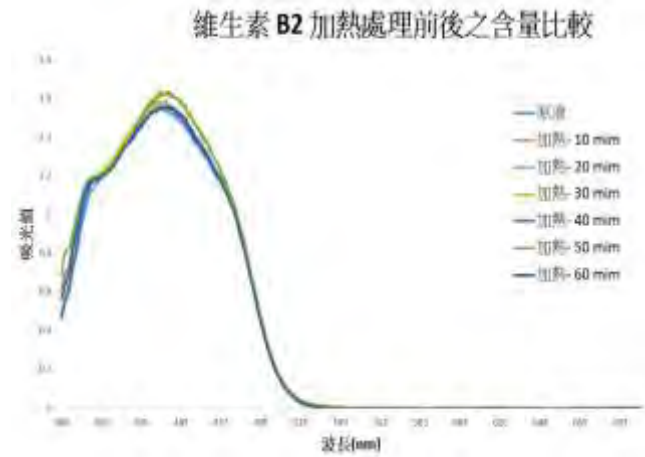
圖十一、薑黃素與各種鏡片之濾光效益比較

(四)在高溫加熱下，薑黃素與維生素 B2 的濾藍光效果

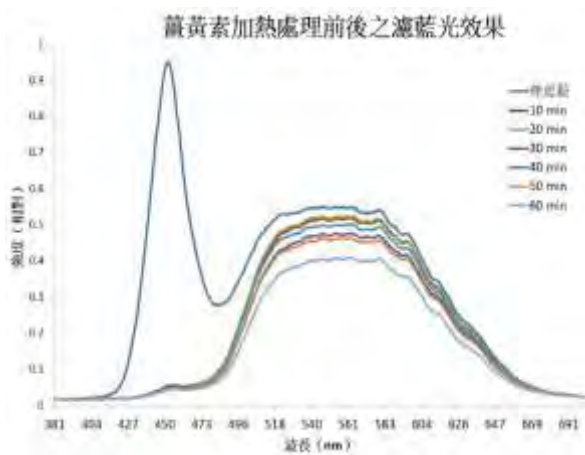
- 1.從圖十二和圖十三，我們發現：即使經沸水加熱過 1 小時，薑黃素與維生素 B2 含量均沒有顯著下降，這表示**薑黃素與維生素 B2 具有抵抗熱破壞的能力**。
- 2.從圖十四和圖十五，我們發現：
 - (1)以濃度 100 ppm 厚度 0.4 mm 為例，維生素 B2 僅可過濾將近 20%的藍光，明顯不如薑黃素的 40 %表現。
 - (2)無論是否有以沸水加熱過，**薑黃素與維生素 B2**，兩者的濾藍光力均不會因高溫加熱而有明顯的差異。



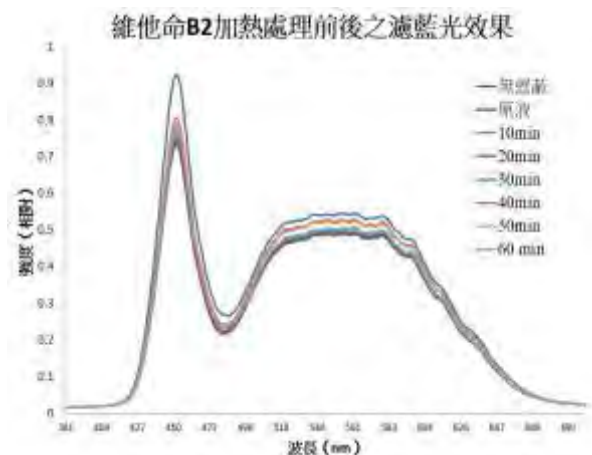
圖十二、加熱前後之薑黃素含量比較



圖十三、加熱前後之維生素 B2 含量比較



圖十四、沸水對薑黃素濾藍光力的影響



圖十五、沸水對維生素 B2 濾藍光力的影響

(五)在不同酸鹼下，薑黃素與維生素 B2 的濾藍光效果

- 1.從圖十六和圖十七，我們發現：
 - (1)薑黃素在酸性溶液中，呈黃色；在鹼性溶液中，呈紅褐色或深褐色。
 - (2)維生素 B2，無論在酸性或鹼性溶液中，均呈黃色。
- 2.從圖十八和圖十九，我們發現：
 - (1)在酸性溶液中，薑黃素的吸光值並沒有太大差異，而有較大吸光值的波段是介於 400 ~ 435 nm 之間。

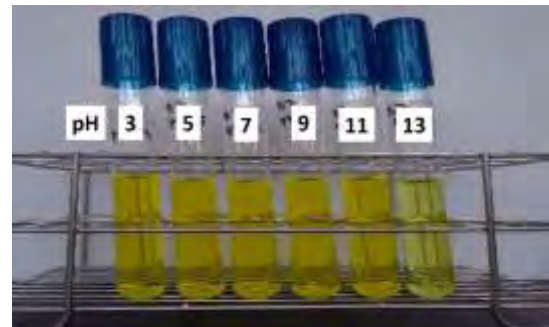
(2)在鹼性溶液中，薑黃素的吸光值有明顯的變化，除了原有的較大吸光值波段(400 ~ 435 nm)外，另出現了 500 ~ 700 nm 的極大吸光值波段，而且鹼性愈強，吸光值也愈大。

3.從圖二十和圖二十一，我們發現：薑黃素與維生素 B2 具有相似的性質：

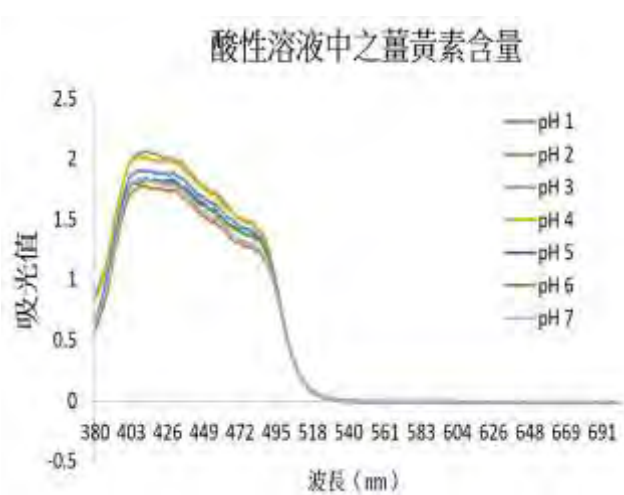
- (1)無論是在酸性或鹼性溶液中，兩者的濾藍光力都要比在中性溶液好。
- (2)如以 pH = 7 為分界，則 pH = 5 及 9、pH = 3 及 11 存在有對稱性(檢測數據幾近相等)。



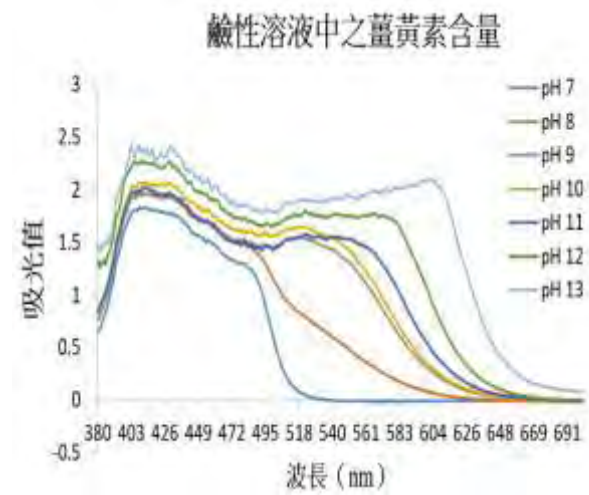
圖十六、薑黃素對酸鹼度之呈色反應



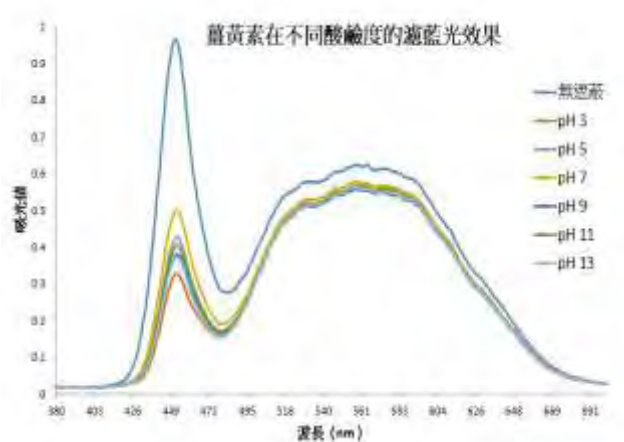
圖十七、維生素 B2 對酸鹼度之呈色反應



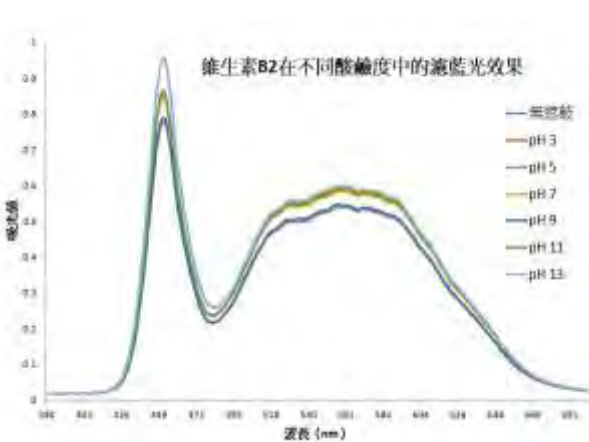
圖十八、在酸性溶液中之薑黃素含量比較



圖十九、在鹼性溶液中之薑黃素含量比較



圖二十、酸鹼對薑黃素濾藍光力的影響

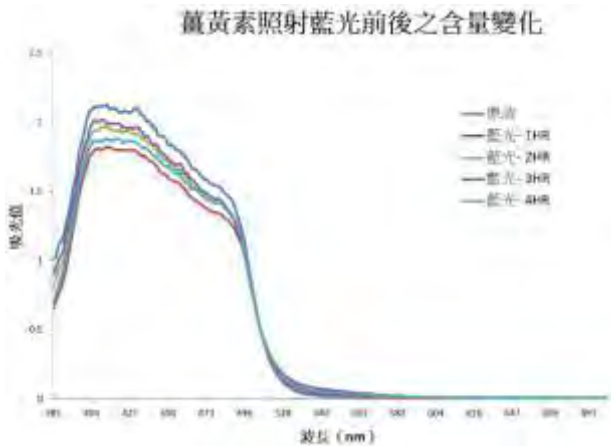


圖二十一、酸鹼對維生素 B2 濾藍光力的影響

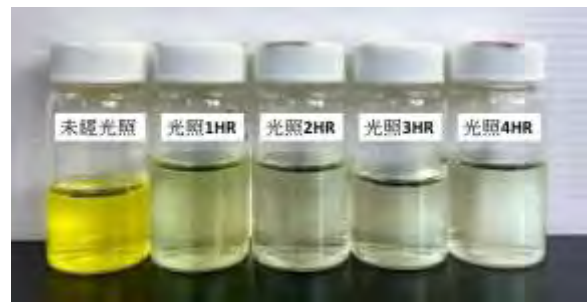
(六)在藍光照射下，薑黃素與維生素 B2 的濾藍光效果

從圖二十二~圖二十五，我們發現：

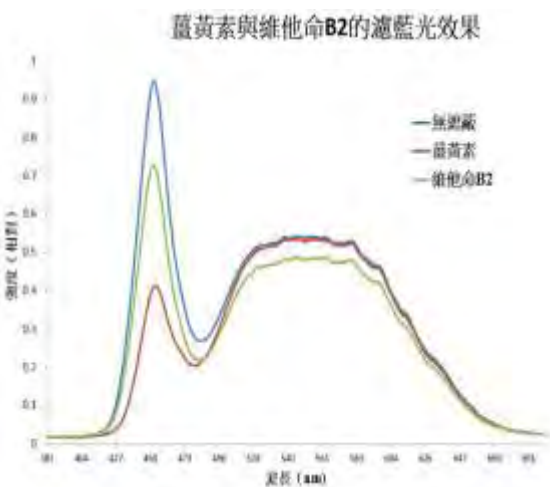
- 1.即使經過高強度藍光照射，但薑黃素含量也沒有顯著下降，這表示-**薑黃素對藍光照射有很好的耐受性**。
- 2.雖然薑黃素之濾藍光力會隨著光照時間延長而逐漸下降，但以**光照 2 小時為例，200 ppm 薑黃素仍可過濾將近 70 %藍光**。
- 3.**維生素 B2，在藍光照射下會自行分解(溶液顏色會隨光照時間而消退)**，致使其濾藍光力也被快速瓦解，終至消失殆盡。



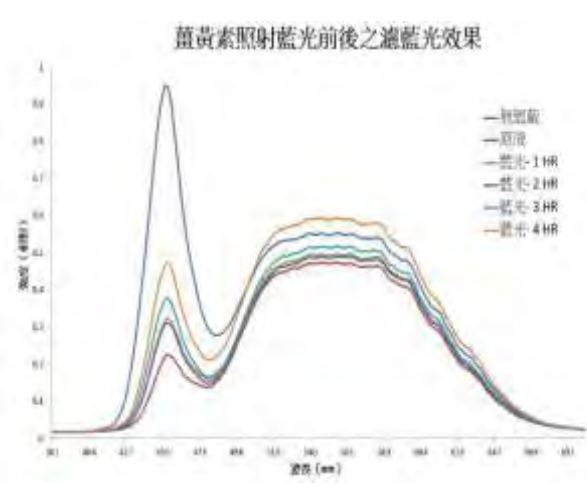
圖二十二、藍光照射前後之薑黃素含量比較



圖二十三、維生素 B2 對藍光照射之呈色反應



圖二十四、檢測 100 ppm 凝膠(在藍光照射前)



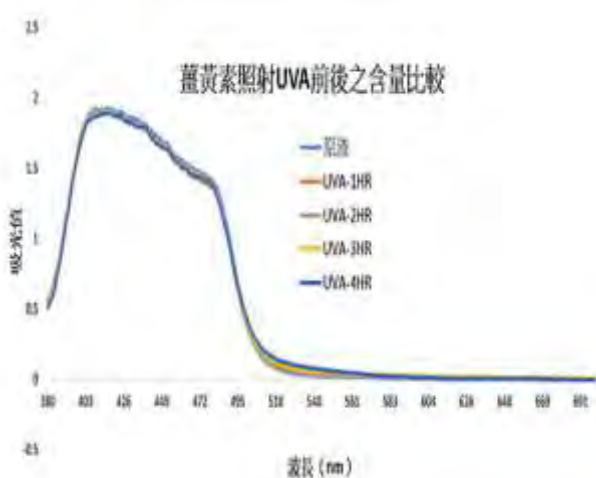
圖二十五、藍光照射對薑黃素濾藍光力的影響

(七)在紫外光照射下，薑黃素與維生素 B2 的濾藍光效果

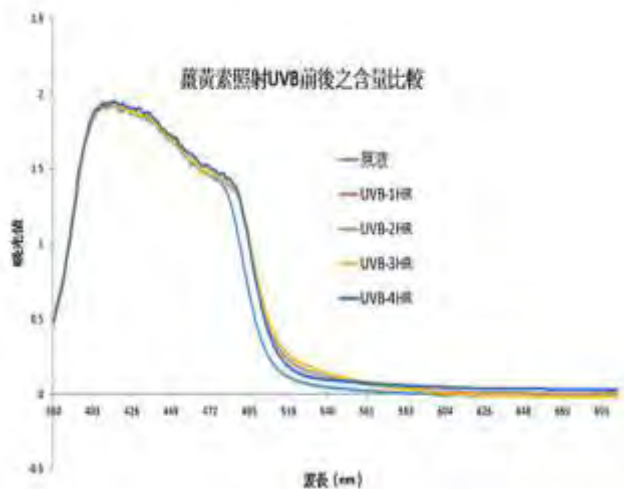
1.從圖二十六~圖二十九，我們發現：

- (1)即使經過紫外光照射，但薑黃素含量也沒有顯著下降，這表示-**薑黃素對紫外光照射有很好的耐受性**。
- (2)薑黃素經 UVA 照射後，其濾藍光力是有變得比較差，但以光照 4 小時為例，仍可過濾 32.5 %的藍光。
- (3)薑黃素經 UVB 照射後，其濾藍光力同樣也是會變得比較差，但以光照 4 小時為例，仍可過濾 45.2 %的藍光。

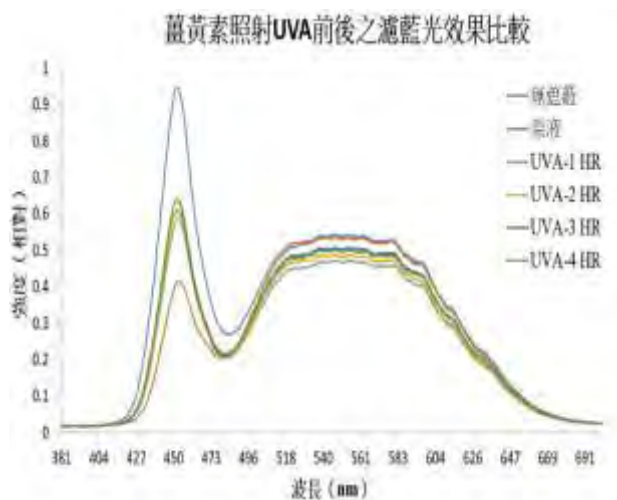
2.從圖三十~圖三十三，我們發現：**維生素 B2**，在經紫外光照射後，雖然外觀呈色無明顯差異，但**實際含量卻是會因紫外光照射而逐漸下降**。故其濾藍光力當然也就會隨光照時間延長而變得更差。



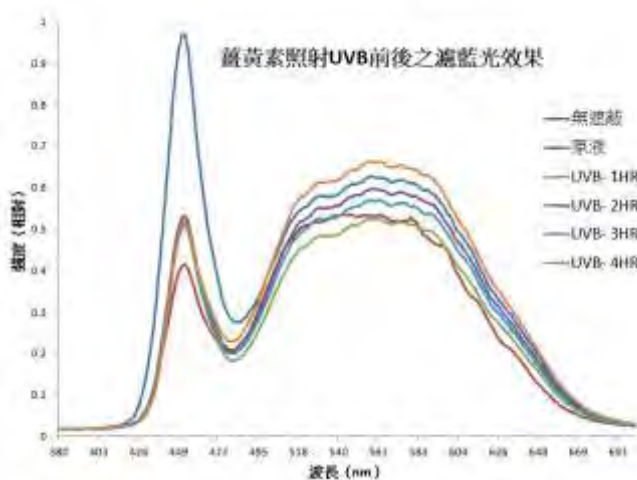
圖二十六、UVA 照射前後之薑黃素含量比較



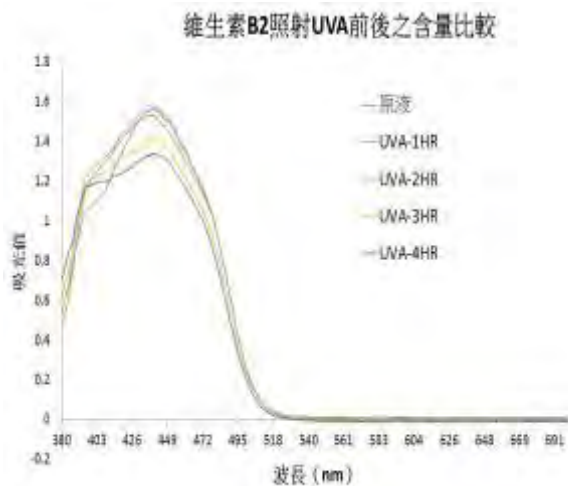
圖二十七、UVB 照射前後之薑黃素含量比較



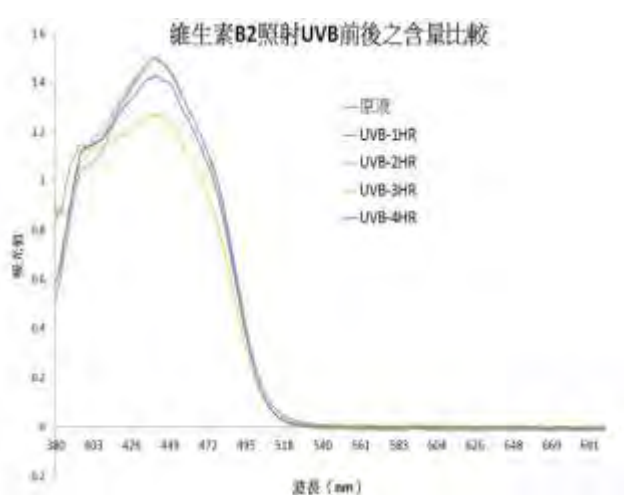
圖二十八、UVA 對薑黃素濾藍光力的影響



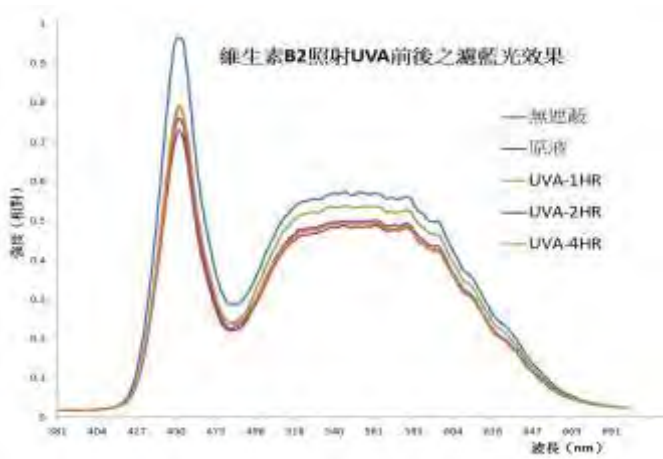
圖二十九、UVB 對薑黃素濾藍光力的影響



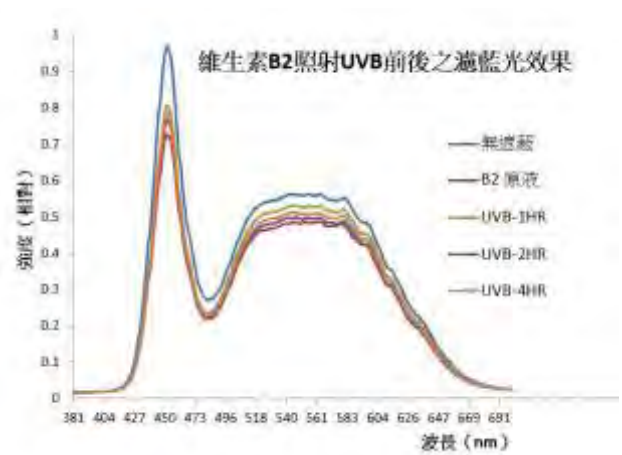
圖三十、UVA 照射前後之維生素 B2 含量比較



圖三十一、UVB 照射前後之維生素 B2 含量比較



圖三十二、UVA 對維生素 B2 濾藍光力的影響



圖三十三、UVB 對維生素 B2 濾藍光力的影響

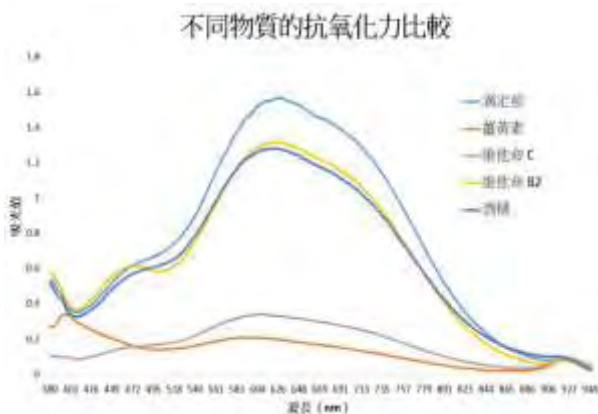
三、探討薑黃素在溫度、照光影響下的抗氧化力

(一)在常溫下，薑黃素的抗氧化力

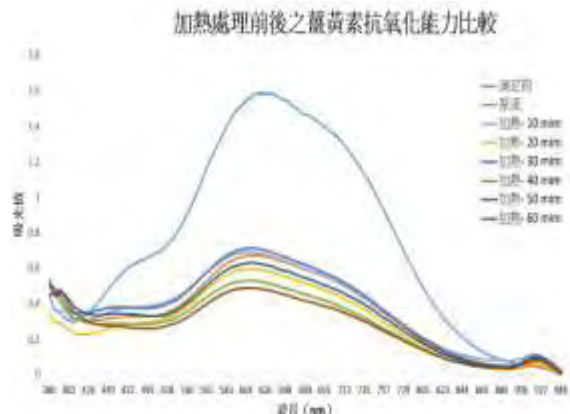
從圖三十四，我們發現：維他命 B2 和酒精的抗氧化力相當；**薑黃素的抗氧化力是可以媲美維生素 C，甚至於略勝一籌。**

(二)在高溫加熱下，薑黃素的抗氧化力變化

從圖三十五、我們發現：即使經過沸水加熱 60 分鐘，薑黃素的抗氧化力也沒有太大的顯著變化。



圖三十四、不同物質的抗氧化力比較

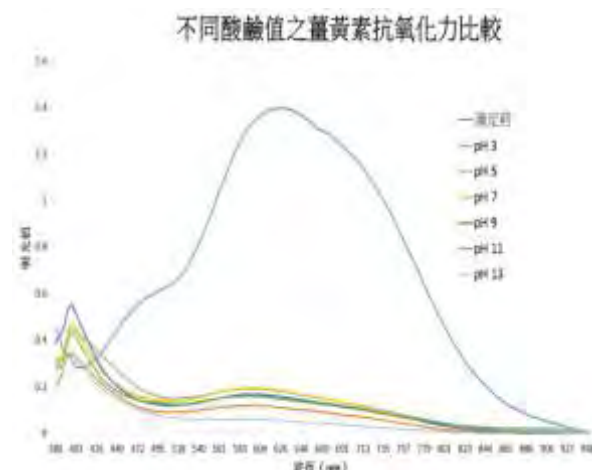


圖三十五、加熱前後之薑黃素抗氧化力比較

(三)在不同酸鹼下，薑黃素的抗氧化力變化

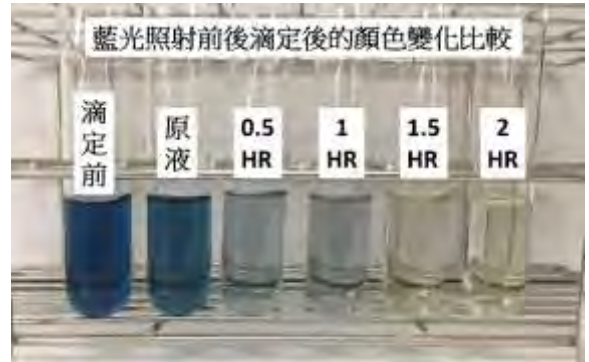
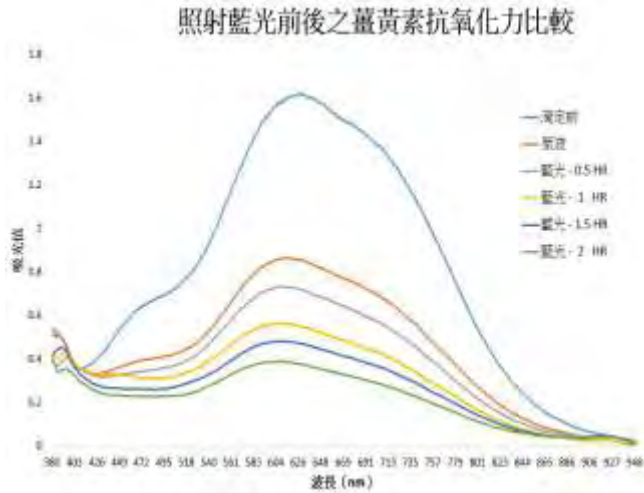
從圖三十六，我們發現：無論是在酸性或鹼性溶液中，薑黃素的抗氧化力並沒有顯著的改變。

圖三十六、不同酸鹼值之薑黃素抗氧化力比較



(四)在藍光照射下，薑黃素的抗氧化力變化
 從圖三十七~三十八，我們發現：

- 1.薑黃素的抗氧化力是會隨著藍光照射時間延長而有明顯的提升。
- 2.經藍光照射 2 小時後的薑黃素樣本，在 30 秒的反應時間內，已使指示劑由藍黑色轉變為幾近透明無色，這代表當下溶液中的藍黑色錯合物含量已殘留不多。

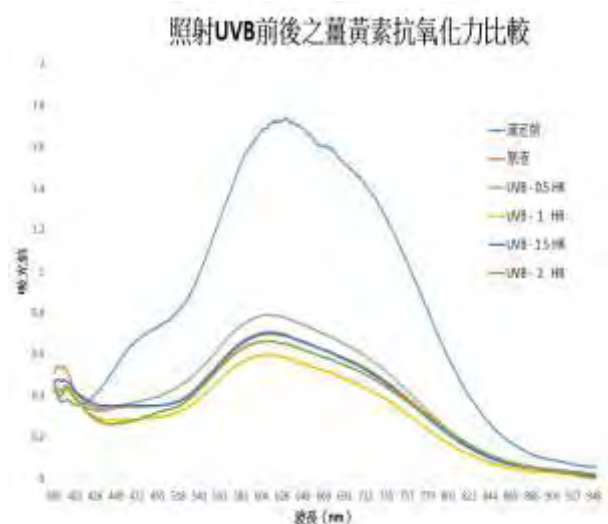
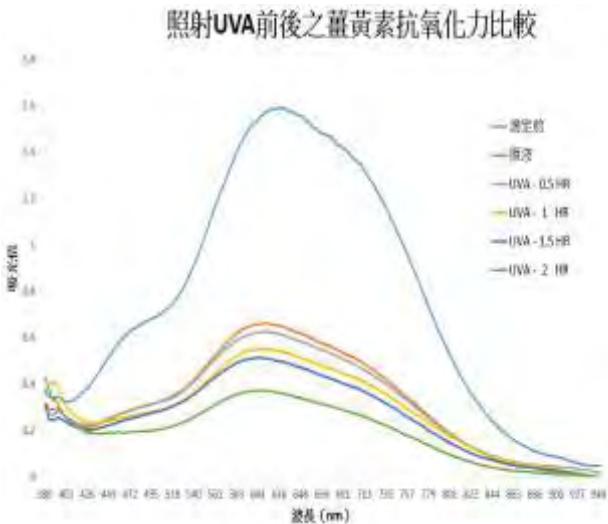


圖三十七、照射藍光前後之薑黃素抗氧化

圖三十八、照射藍光前後之滴定顏色比較

(五)在紫外光照射下，薑黃素的抗氧化力變化
 從圖三十九~四十，我們發現：

- 1.經過 UVA 照射後，薑黃素的抗氧化力有增加的趨勢。
- 2.照射 UVB 對薑黃素的抗氧化力並無明顯影響。



圖三十九、UVA 對薑黃素抗氧化力的影響

圖四十、UVB 對薑黃素抗氧化力的影響

陸、實驗討論

一、探討各種光源的藍光強度

- (一)雖然我們提到藍光就會直覺想到 3C 產品，但事實上，藍光的最大來源其實是太陽光，在這多彩的世界中，我們想躲也躲不掉。
- (二)如天空中有厚雲層(內含水滴越多)，當陽光照射到大水滴時，因不易往各方向做多重散射，故多半的光線反而被吸收掉，此時雲層看起來偏灰黑色，且能到達觀察者眼中的光線就更少了，所以，陰天多雲時，戶外的藍光強度會明顯減少。
- (三)傳統日光燈管，因能源轉換效率差而日漸被淘汰，其發光原理是利用兩端燈絲間的汞蒸氣導電時發出紫外光，促使螢光粉發出可見光。
- (四)**市售 LED 燈向來標榜節能、照明效率高，但主要是透過藍光 LED 與其補色之黃色螢光體所形成的組合而得到白光。**
- (五)依照各種場所照度標準，閱讀時僅需要照度 500 ~ 750 Lux，如使用檯燈作為局部照明，應注意：照度太低時，容易導致眼睛疲勞，而過分明亮刺眼則是會造成電力浪費。
- (六)雖然眼睛受傷害的程度與光源強度、與光源距離，以及暴露時間有關係；但我們還是不建議任何人用眼睛去直視強光，這絕對是種不必要的傷害！

二、探討薑黃素在溫度、酸鹼、照光影響下的濾藍光力

- (一)在常溫下，不同厚度對薑黃素濾藍光效果的影響
在相同濃度下，凝膠厚度愈大，內含的薑黃素就愈多，其濾藍光的效果也隨之愈佳。
- (二)在常溫下，不同濃度對薑黃素濾藍光效果的影響
 - 1.在相同厚度下，凝膠濃度愈大，內含的薑黃素就愈多，其濾藍光的效果也隨之愈佳。
 - 2.如想讓藍光穿透率降到 10 % 以下，則薑黃素濃度建議提高至 200 ppm 以上
- (三)在常溫下，比較薑黃素與各種鏡片的濾藍光效果差異
 - 1.相較於市售的濾藍光鏡片，薑黃素的濾藍光效果明顯勝出！
 - 2.變色鏡片主要是藉由紫外線照射來引發化學反應。在暗室中，變色鏡片呈現透明清晰狀態，故過濾藍光的效果沒有臆測中的理想。
 - 3.雖然黑色太陽眼鏡的濾藍光效果很好，但同時其他色光也被過濾掉了，會影響大腦的顏色辨識，故在室內建議摘下。
- (四)在高溫加熱下，薑黃素與維生素 B2 的濾藍光效益
 - 1.維生素 B2，是人體必需的維生素之一，溶於水後帶有黃綠色螢光。
 - 2.薑黃素與維生素 B2，對熱環境均有很好的耐受性。
 - 3.無論是薑黃素或維生素 B2，其濾藍光效果均不會因高溫加熱而有明顯差異。
- (五)在不同酸鹼下，薑黃素與維生素 B2 的濾藍光效益
 - 1.維生素 B2，在酸環境或鹼環境均甚為安定。
 - 2.薑黃素在酸性溶液中較為穩定(大多以 H_3A 存在)，但在鹼性溶液中，則是隨著 pH 值而有結構上的改變(H_2A^- 、 HA^{2-} 或 A^{3-})。
 - 3.由於薑黃素本身水溶性不佳，因此要在酒精溶液中再加入酸性或鹼性水溶液時，宜注意：過多的水溶液會造成薑黃酒精溶液因極性上升而發生部分析出沉澱。

4.薑黃素，在不同酸鹼值溶液中，因分子結構式不同，將促使藍光的吸收能力也不同。

(1)在 pH < 7 時，薑黃凝膠不太會影響其他色光的穿透。

(2)在 pH > 7 時，薑黃凝膠是有可能因吸收而影響黃光或紅光穿透。

(3)在鹼性環境中，薑黃素容易光降解為香草醛(vanillin)、阿魏酸(ferulic acid)和阿魏醯甲烷(feruloylmethane)；其中阿魏醯甲烷會縮合為黃色或深褐色的產物，因此薑黃素鹼性溶液呈現為紅褐色或深褐色。

(六)在藍光照射下，薑黃素與維生素 B2 的濾藍光效益

即便經過高強度藍光照射，薑黃素仍保有良好的濾藍光效果。這讓我們印證：薑黃素在光照環境下具有很好的耐受性。反倒是維生素 B2，會因為藍光照射分解而無法有效攔截藍光。

(七)在紫外光照射下，薑黃素與維生素 B2 的濾藍光效益

即便經過高強度紫外光照射，薑黃素仍保有良好的濾藍光效果。這讓我們再次印證：薑黃素對光照環境是甚為安定。反倒是維生素 B2，會因為紫外光照射而部分分解，致使無法有效攔截藍光。

(八)綜合(六)~(七)，即便現在有日本藥廠已將維生素 B2 研發成眼藥水販售，但我們也不建議在戶外活動時使用，因為在太陽光照射下，維生素 B2 會自行分解，無法有效過濾有害的藍光和紫外光。

三、探討薑黃素在溫度、酸鹼、照光影響下的抗氧化力

(一)在常溫下，薑黃素的抗氧化力

1.因薑黃素酒精溶液的抗氧化力明顯優於酒精，也就是說，薑黃素酒精溶液的抗氧化力主要是來自於薑黃素。

2.在化學結構中，薑黃素含有多種官能基，包括二酮基、碳-碳雙鍵、以及氫氧根-/氧甲基根-/苯基。薑黃素的抗氧化作用，主要就是來自於二酮上的氫氧根和氧甲基根。

3.除了濾藍光力之外，薑黃素的抗氧化力也是明顯優於維生素 B2。

(二)在高溫加熱下，薑黃素的抗氧化力變化

薑黃素在經過高溫加熱後仍保有良好的抗氧化力，再次印證：薑黃素對熱甚安定。

(三)在不同酸鹼下，薑黃素的抗氧化力變化

因薑黃素在鹼性溶液中較不穩定，故推估其抗氧化力會隨 pH 值增加而減弱，但與檢測數據不符。我們推測原因可能是：在調配各滴定樣本時，僅滴入少量酸性或鹼性水溶液，致使各滴定樣本仍大多是以 H₃A 形態存在。

(四)在藍光照射下，薑黃素的抗氧化力變化

因藍光照射而提升薑黃素的抗氧化力，我們推測原因可能來自於：在薑黃素的光降解過程中，會伴隨產生自由基-超氧陰離子(O₂⁻)，因具有還原劑（抗氧化）的特性，故也因此加成了薑黃素的抗氧化力。

(五)在紫外光照射下，薑黃素的抗氧化力變化

1.照射 UVA，同樣會提升薑黃素的抗氧化力，推測原因與(三)藍光照射相同。

2.綜合(三)~(四)，我們推論：薑黃素唯在照射藍光和 UVA 時，光降解效果才會明顯。

四、薑黃素的生活應用可能性

- (一)薑黃素作為脂溶性的多酚類物質，若單純以口服方式攝取，會因腸道及肝臟代謝快速，而造成人體吸收率低、可使用率不高的困境。
- (二)如利用薑黃素的優良著色性，為螢幕保護貼、濾藍光鏡片、節能燈具遮光罩、日拋隱形眼鏡或人工水晶體染色，將能夠從體外直接攔截短波、高能的藍光，以保護我們的眼角膜、前房房水、玻璃體、水晶體及視網膜。
- (三)如利用薑黃素的抗氧化力來研發眼用製劑，以藥水或藥膏的型式，直接滴在眼睛表面，就像過濾器一般來保護角膜細胞，理應也能用來降低因藍光照射所引起之自由基傷害。

柒、結論及未來展望

生活中，我們透過眼睛，接受外界光線刺激，進而產生視覺。當然，有害光線也是經由角膜及水晶體的聚光作用，最後聚焦於視網膜，尤其是增加黃斑部病變的機會。

我們關心的有害光線，是能夠到達視網膜的藍光（400~500nm）。在眼睛細部結構對有害光線的穿透性中，我們知道眼角膜、前房房水及玻璃體對於藍光沒有任何防護力。雖然水晶體可以濾除部分藍光，但是仍有少量的藍光會到達視網膜，導致感光細胞因產生許多的過氧化物-「自由基」而加速凋亡。

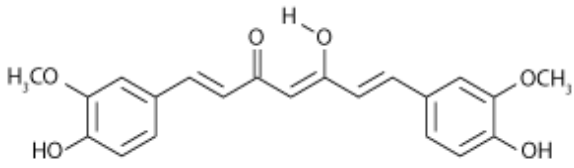
從我們的研究初步得知：存在於薑黃根莖類植物中的黃色色素，薑黃素，具有極佳的濾藍光及抗氧化作用。另外，在熱環境、酸性環境或光照環境中，薑黃素也具有好的耐受性。所以，微帶辛辣滋味的薑黃，除了有增添食材風味的作用外，未來，或許可以「藍光防護罩」的概念來保護我們敏感的眼睛。

捌、參考文獻

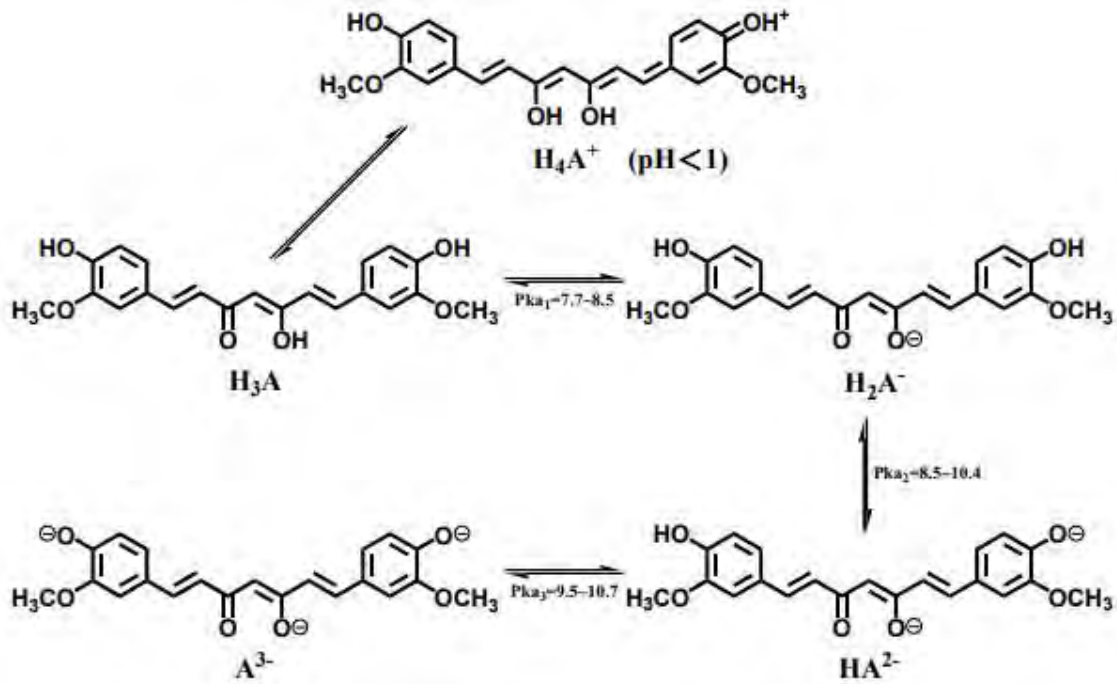
- 1.陳慶隆。3C 產品藍光傷眼？防曬真的比防藍光重要得多！長庚醫訊，108 年 6 月 1 日，第 40 卷，第 6 期，封面故事。
- 2.陳育忠。薑黃素對糖尿病腎病變的效果。台灣醫界，2017 年，第 60 卷，第 1 期，15-19。
- 3.梨孝韻、曾國慶。自由基及抗氧化物功能的探討。藥學雜誌，97 年 6 月 30 日，95 期，95-103。
- 4.王恬、張婧菲。薑黃素的理化特性、抗氧化功能及其在肉雞生產中的應用。動物營養學報，2014 年，26(10)，3101-3107。
- 5.中華民國第 48 屆中小學科學展覽。碘液調色盤--直鏈澱粉定量方法之改良。
- 6.中華民國第 51 屆中小學科學展覽。薑黃素的特性及其在生活上之應用研究。
- 7.中華民國第 55 屆中小學科學展覽。『薑』湖傳說-薑黃素光降解特性之研究。
- 8.中華民國第 57 屆中小學科學展覽。新式汙水處理複合材料-結合薑黃素與幾丁聚醣清除水中有機物和重金屬離子。

玖、附錄

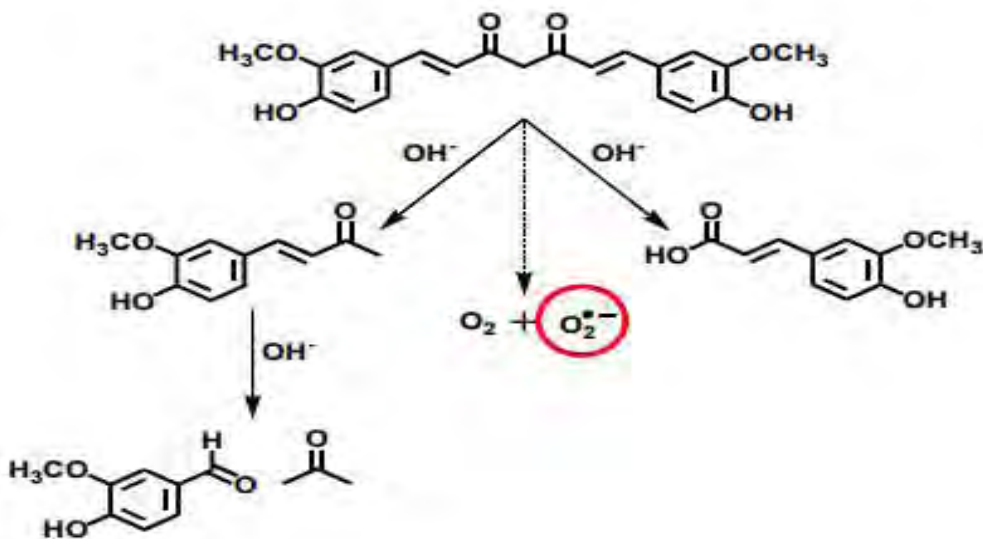
一、薑黃素的烯醇式結構



二、薑黃素在不同 pH 值時的結構變化

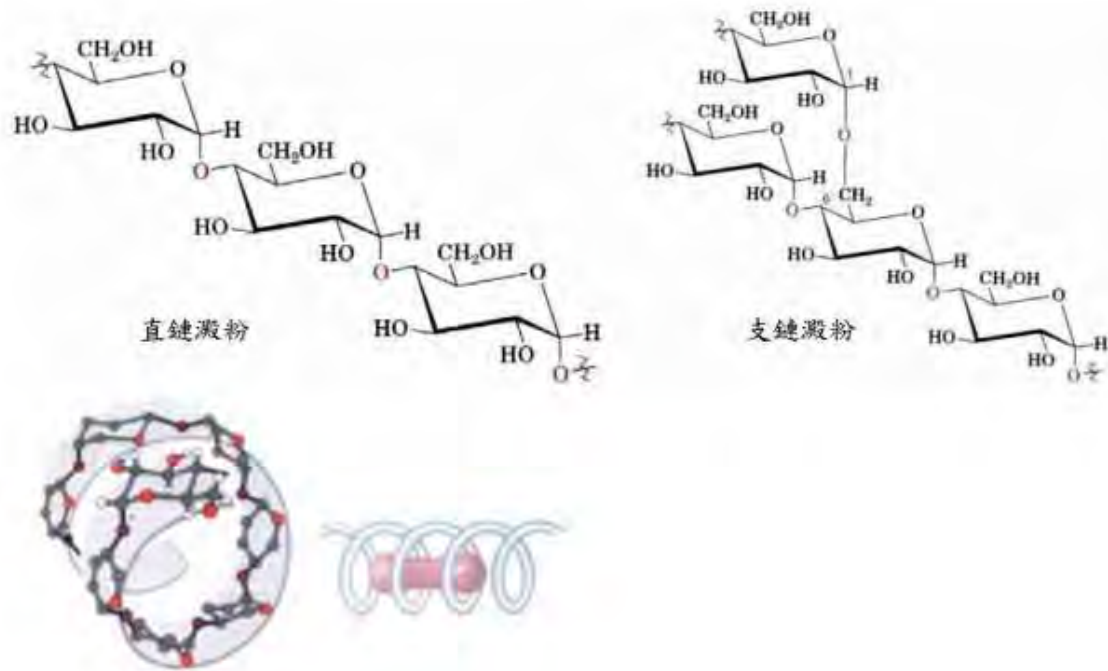


三、薑黃素在光降解時會生成超氧陰離子(O₂⁻)

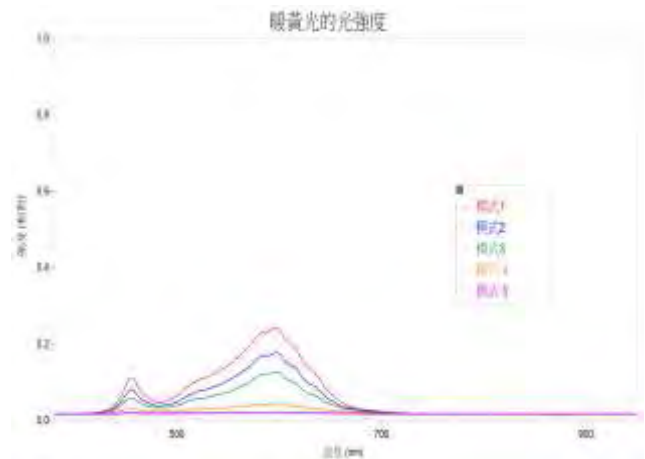
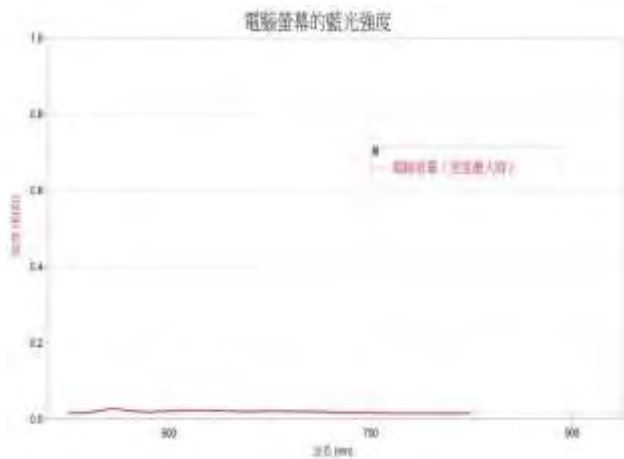


四、「澱粉-碘」錯合物

- (一)澱粉包含直鏈澱粉與支鏈澱粉兩種成分。直鏈澱粉遇到碘會產生深藍色；支鏈澱粉遇到碘會產生紫紅色，此二反應均極靈敏。其中直鏈澱粉含量之高低對澱粉特性有很大影響。
- (二)直鏈澱粉為左旋的螺旋結構，而中央的空穴為碘留下足夠的空間，因而直鏈澱粉可與碘形成藍色錯合物。

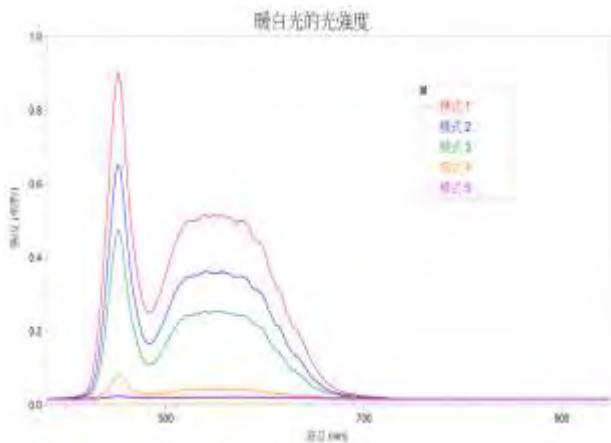


五、各種人工光源之光譜檢測

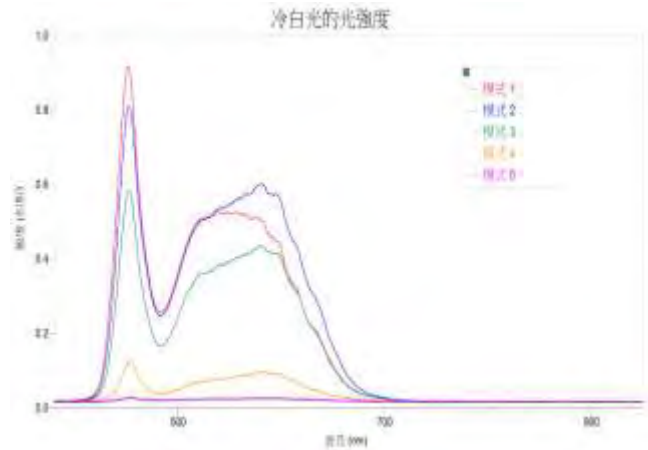


附圖一、電腦液晶螢幕(在極近距離下)之光譜圖

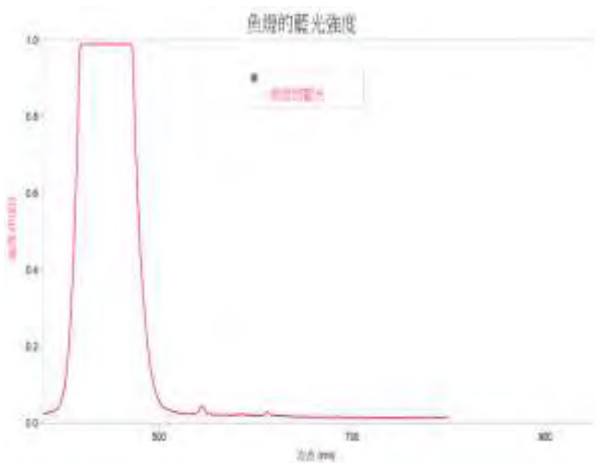
附圖二、LED 檯燈-暖黃光之光譜圖



附圖三、LED 檯燈-暖白光之光譜圖



附圖四、LED 檯燈-冷白光之光譜圖



附圖五、魚燈之光譜圖

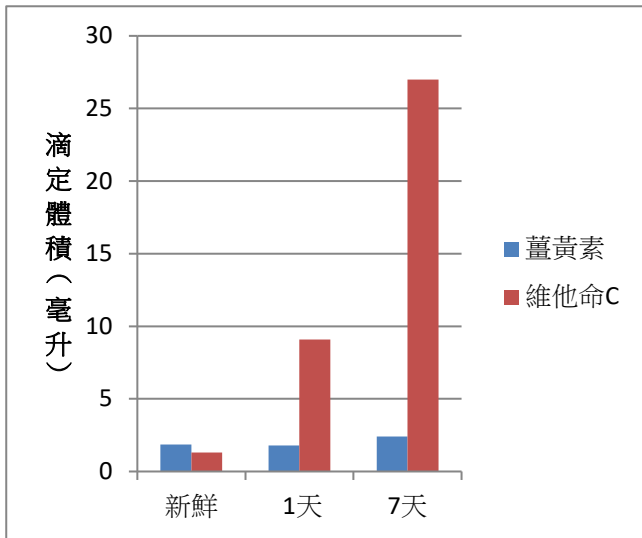
六、在常溫保存下之薑黃素及維他命 C 的抗氧化力比較

- (一)配製 200 ppm、50 mL 之薑黃酒精溶液和維他命 C 水溶液。
- (二)裝入錐形瓶內，用橡皮塞塞住瓶口，放置在實驗桌上(非太陽東曬及西曬區域)。
- (三)分批採樣進行抗氧化滴定實驗，並紀錄用去的各種溶液體積。
- (四)從附圖六，我們得知：

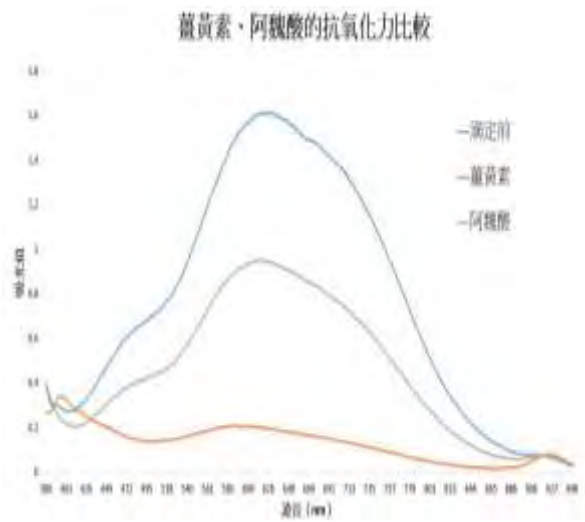
- 1.維他命 C 的抗氧化力是會隨著保存時間的延長而顯著消退。
- 2.薑黃素，即使常溫保存長達 7 天，其抗氧化力也未隨著時間延長而明顯下降。
- 3.相較於維他命 C，薑黃素在常溫下有很好的保存便利性。

七、薑黃素與阿魏酸的抗氧化力比較

- (一)配製 100 ppm、50 mL 之薑黃酒精溶液和阿魏酸水溶液。
- (二)以各樣本為滴定物質，重複步驟三、(一)、1~5。
- (三)從圖三十四和附圖八，我們得知：抗氧化力是薑黃素>阿魏酸>維生素 B2。



附圖六、抗氧化力之維持性比較



附圖七、薑黃素、阿魏酸的抗氧化力比較

【評語】 030204

此研究主要測試薑黃素在不同條件下濾藍光與抗氧化的能力，並且證實在相較於維生素 B2 有較好的濾藍光能力，且與維生素 C 相比有較強的抗氧化能力。實驗設計測試薑黃素濾藍光能力的方法相當有趣，也富有創意，透過吸收光譜的記錄，能夠有效評估與證實。另外利用碘分子與澱粉所生成的藍黑色錯合物測試薑黃素的抗氧化力，也能夠提供準確地評估。以下幾點建議提供參考：

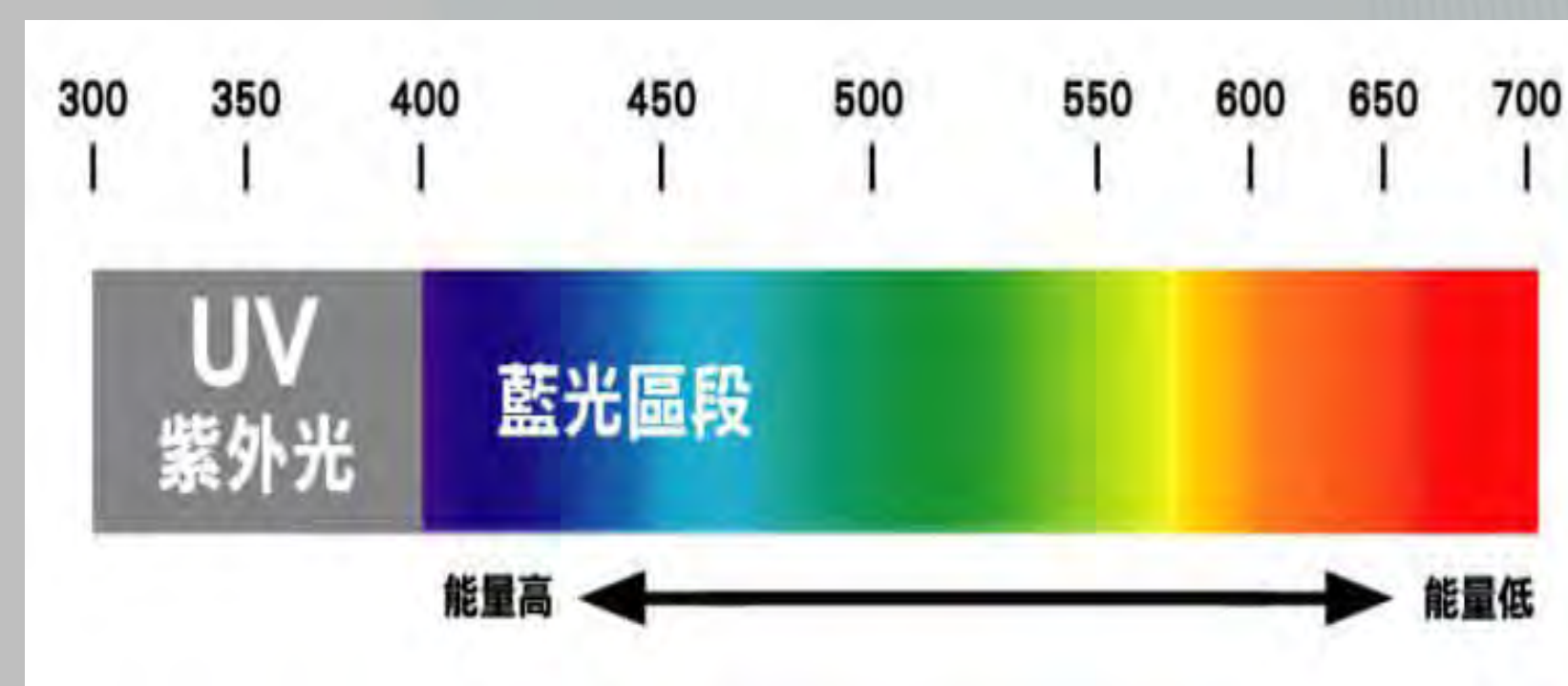
1. 為何濾藍光的能力選擇 450 nanometer 為基準？
2. 所測量的數據應該要有統計上的意義，譬如圖 8 可以多量測幾次。
3. 研究中說明薑黃素的溶解度不好，可以多增加測試其溶解度的實驗。
4. 在測試薑黃素的氧化能力時，說明的原因為光降解導致產生超氧化物，然而在測試薑黃素濾藍光的能力時，卻說明長時間照 UV 光時薑黃素能保有其濾藍光能力，這兩個觀點彼此不同。
5. 以薑黃素做濾藍光之材料實屬新穎。測光實驗設計優良簡易，以凝膠處理薑黃素使其容易成膜也是很好的構想設計。然而照光後薑黃素耗損，降低濾光能力係無法回復，恐為實際應用之阻礙。

壹、研究動機

眼睛是我們的靈魂之窗。我們得以看見美好事物，觀察身邊的一切。但是現在隨處可以看見低頭族，沉浸在自己的世界中。在享受3C產品帶來的便利同時，卻也無形伴隨著視力受損的危機。最近，含有葉黃素的保健食品，常出現在廣告或藥局、賣場中。葉黃素到底有什麼神奇功效？讓人趨之若鶩！原來葉黃素具有保護視網膜中心黃斑部的效果。而同屬黃色的養生新寵-薑黃，是否也有類似的濾藍光力和抗氧化力？這引起我們的興趣，於是展開薑黃素的奇幻化學之旅。

貳、研究目的

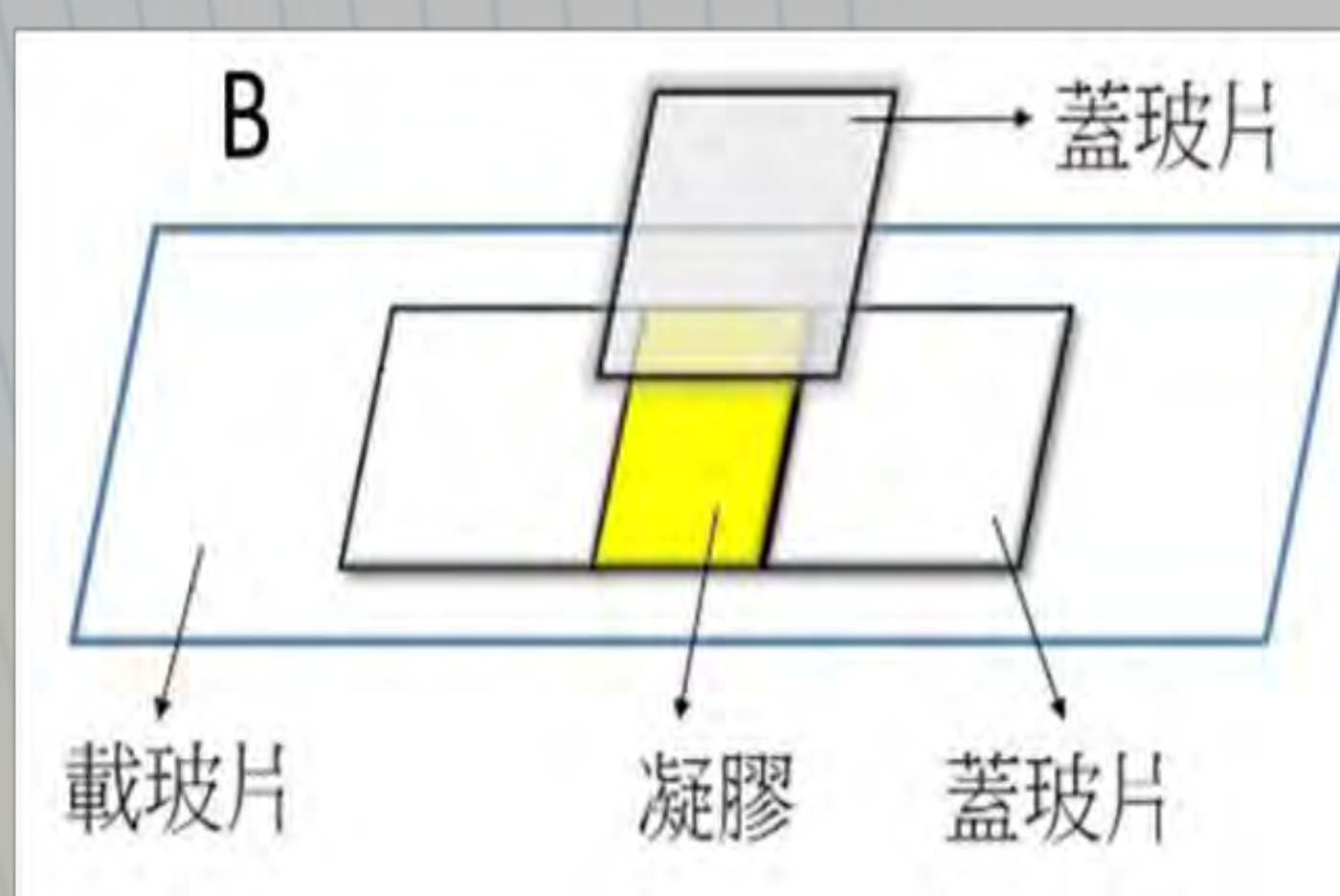
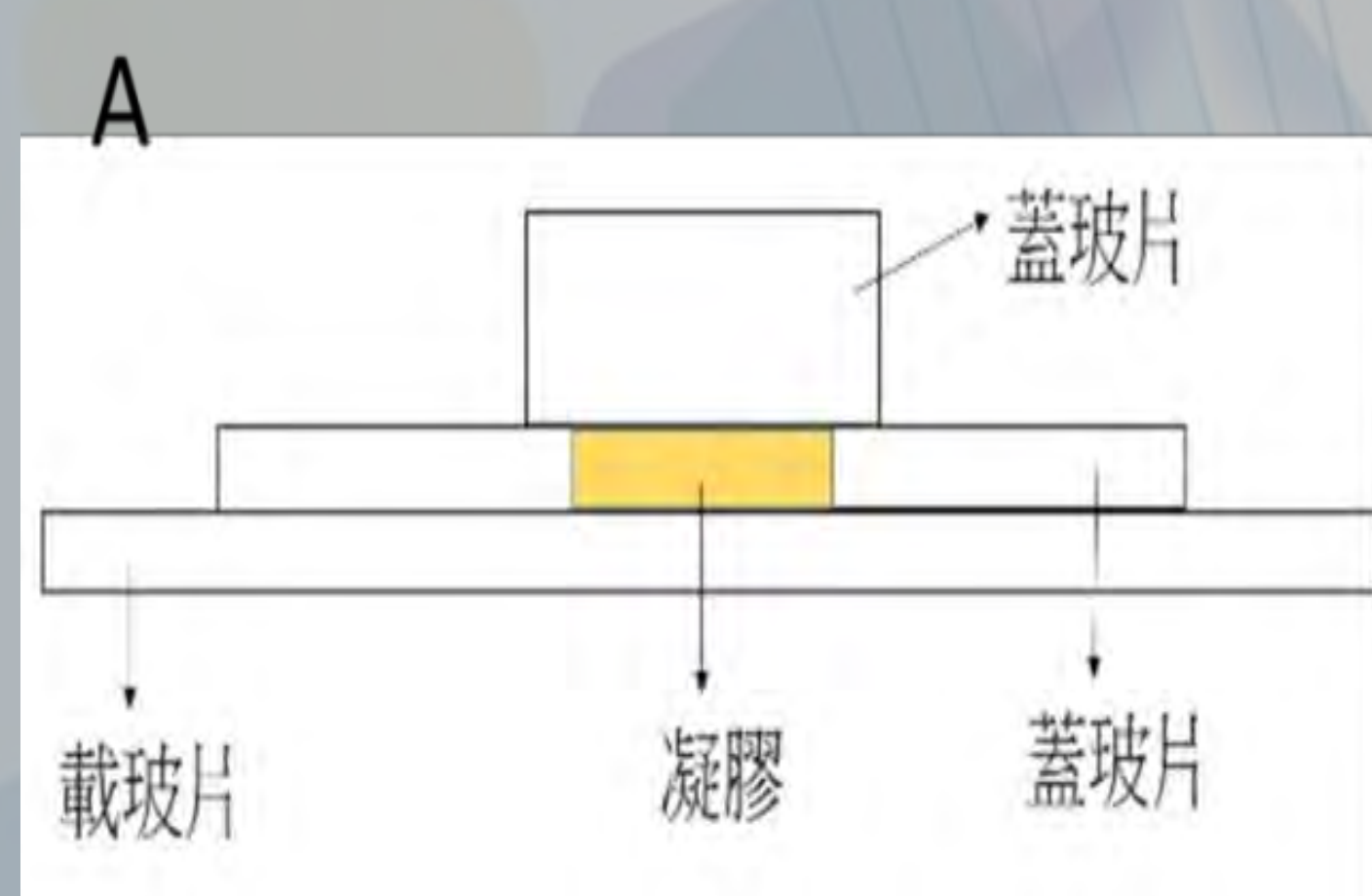
- 一、探討各種光源的藍光強度。
- 二、探討**薑黃素在不同環境因子下的濾藍光力**。
- 三、探討**薑黃素在不同環境因子下的抗氧化力**。
- 四、探討薑黃素的生活運用可能性。



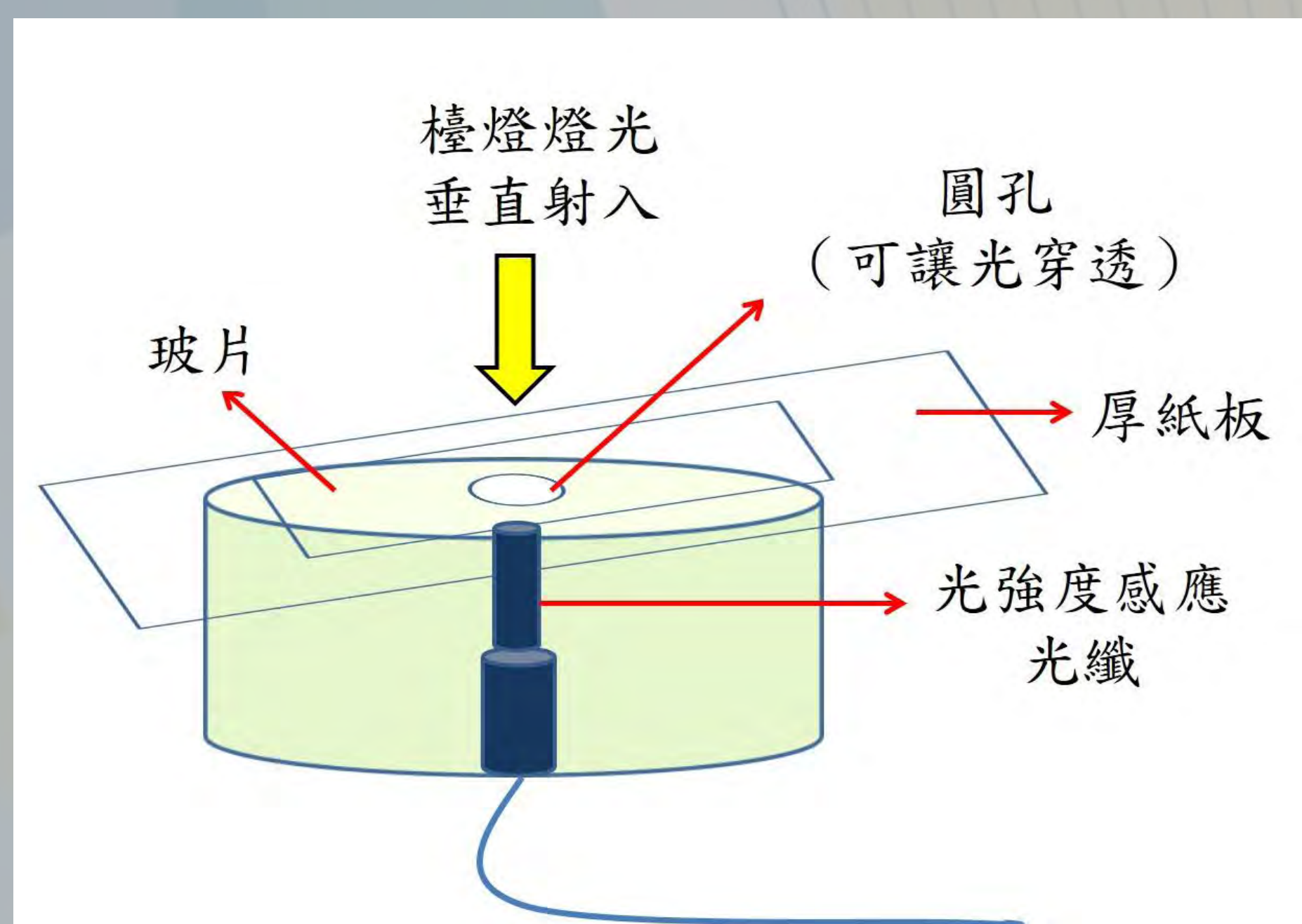
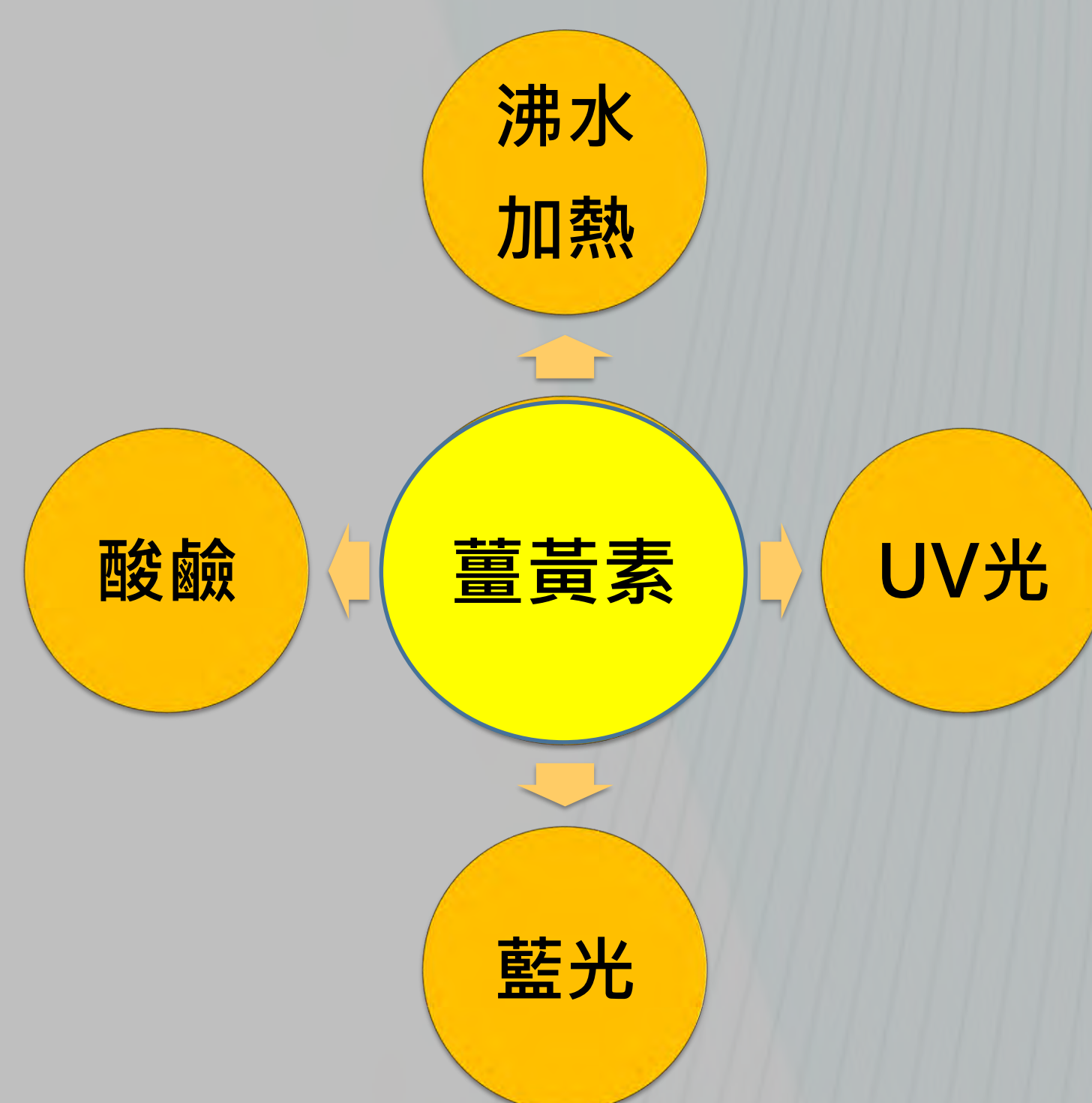
參、研究設備與器材

傳統檯燈、LED檯燈、LED魚燈(445 nm)、紫外光燈(365/302 nm)、微量天平、恆溫水浴槽、超音波震盪器、光強度感應光纖、分光光度計、照度計、Logger Pro分析軟體、磁石加熱攪拌器、98 %薑黃素、維生素B2、維生素C、鹽酸、氫氧化鈉、碘液、澱粉、95 %酒精、蒸餾水、速成透明膠、微量吸管、廣用試紙、Y型比色管、濾紙、漏斗、玻片、試管、量筒、燒杯、錐形瓶、玻璃培養皿、塑膠秤量皿、塑膠滴管、美工刀、隱形膠帶、簽字筆。

肆、研究過程與方法



圖一、自製凝膠塗抹方式 A.側面圖 B.正面圖



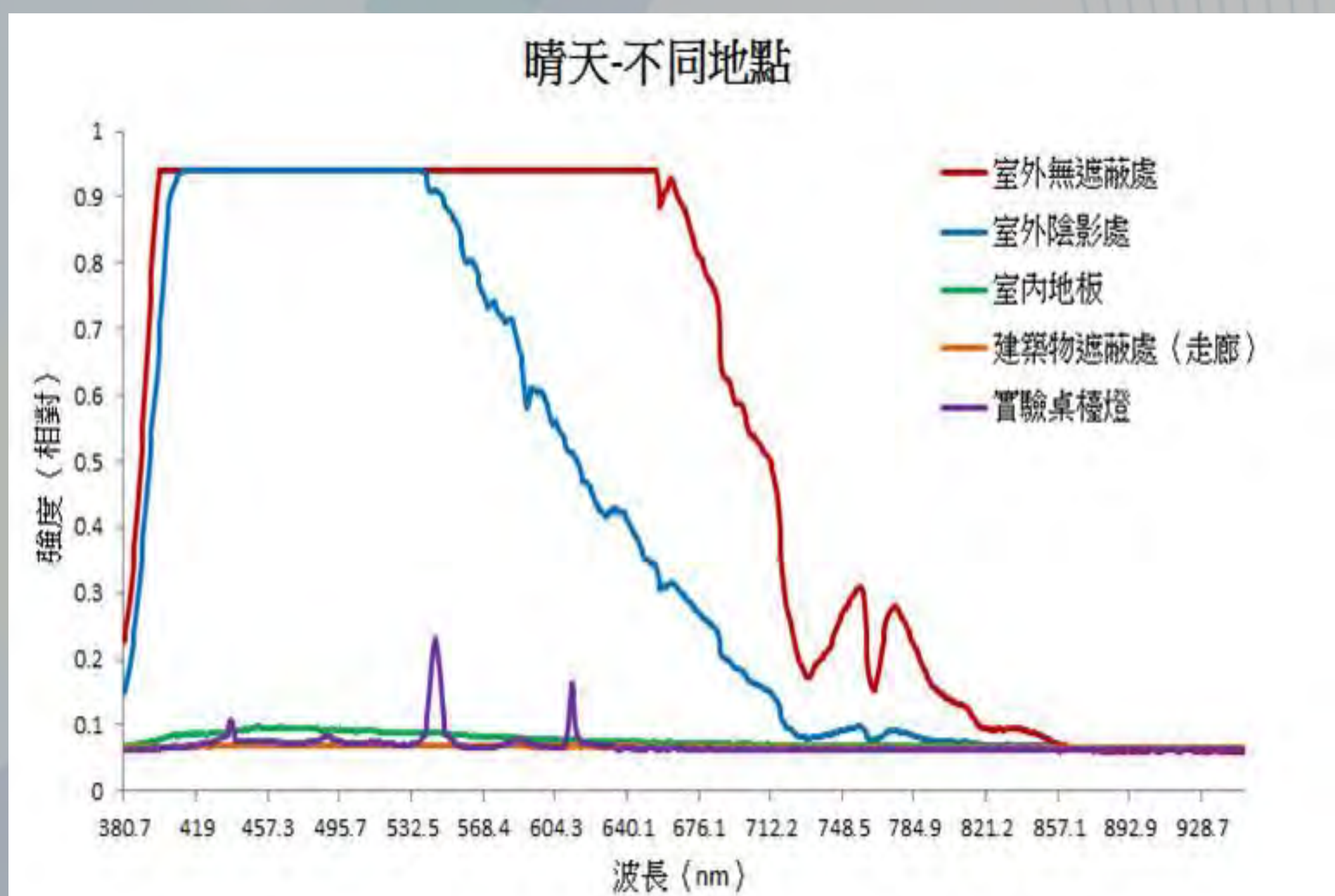
圖二、藍光強度感應裝置



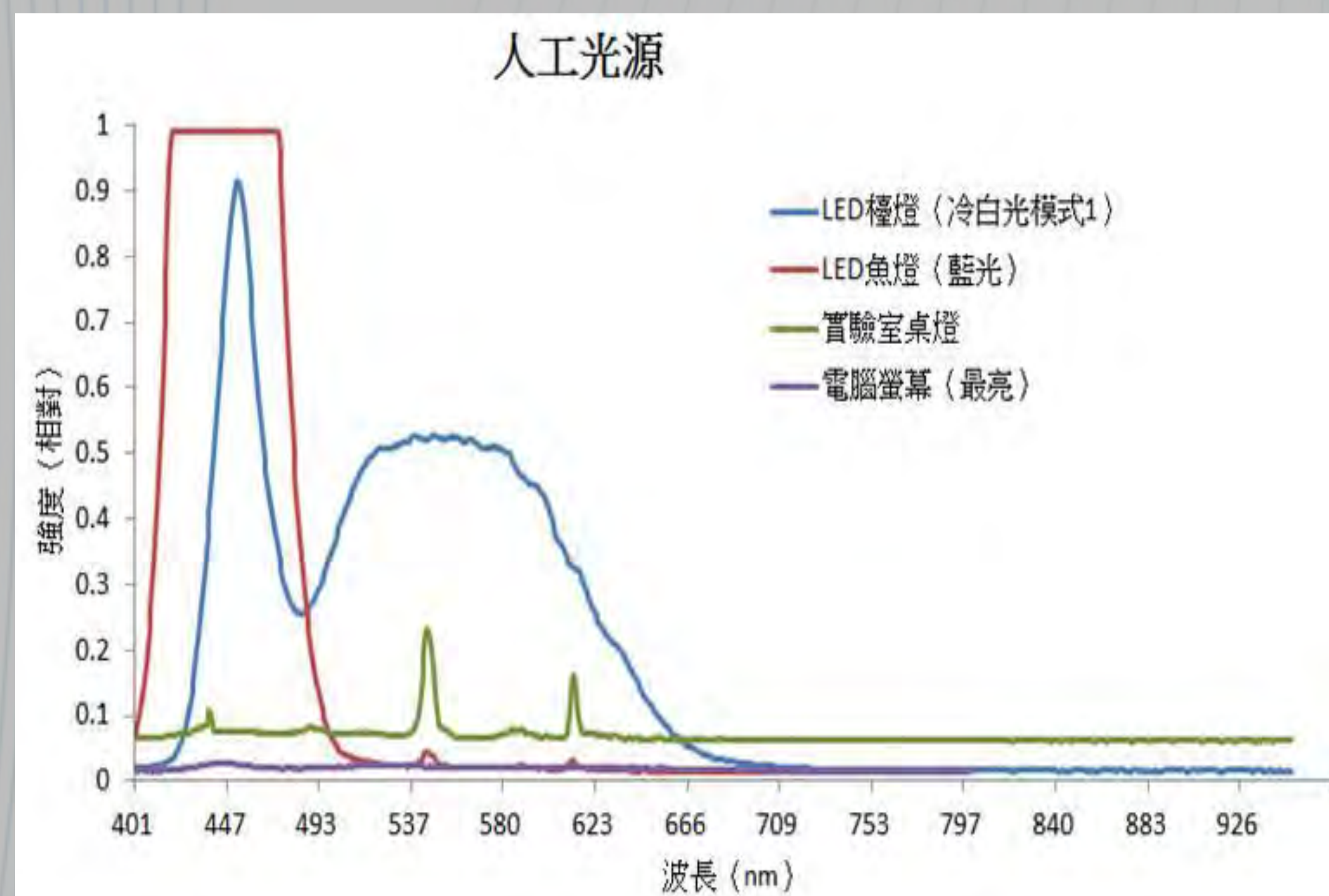
圖三、抗氧化檢測機制

伍、研究成果與討論

藍光-WHERE



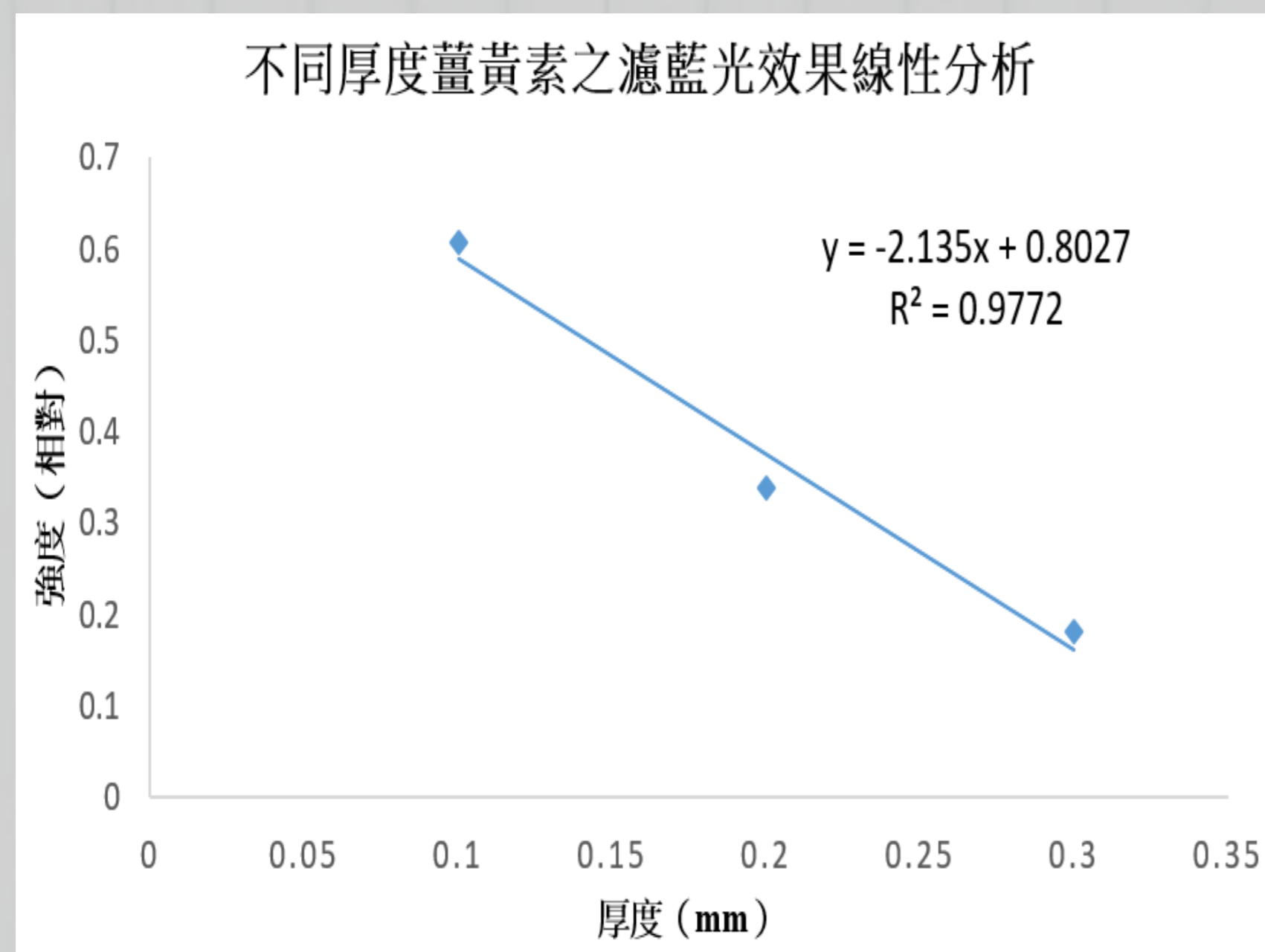
圖四、在不同地點之太陽光強度分佈



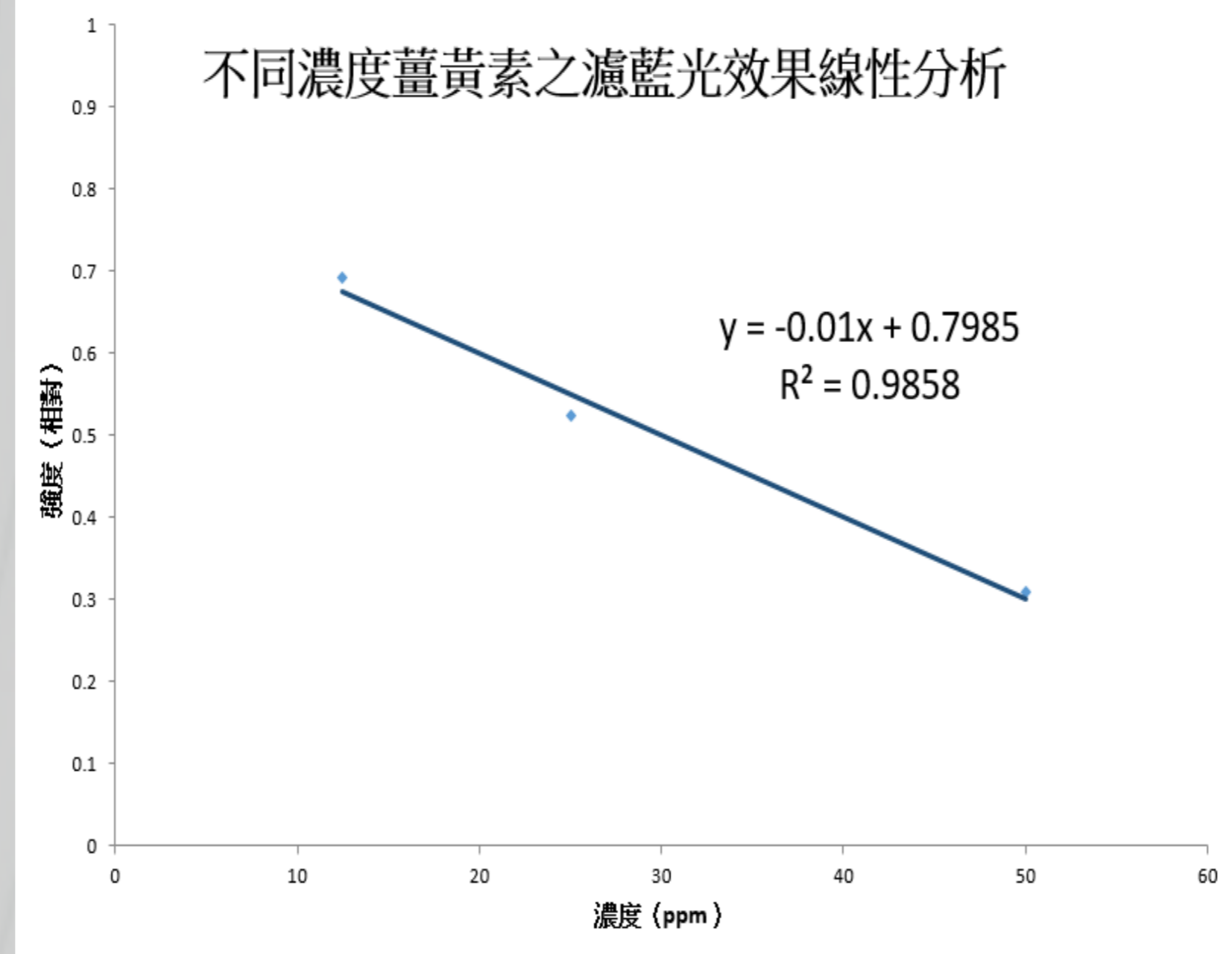
圖五、在暗室中之人工光源強度分佈

- ◎在日常生活中，**太陽光是藍光的最大來源**。
- ◎即使空氣品質不佳(懸浮微粒多)，仍無法明顯減緩藍光強度。
- ◎如天空有厚雲層(內含水滴越多)，當陽光照射到大水滴時，因不易往各方向做多重散射，故多半的光線反而被吸收掉，此時雲層看起來偏灰黑色，且能到達觀察者眼中的光線就更少了⇒藍光強度會明顯減少。
- ◎傳統日光燈管是利用兩端燈絲間的汞蒸氣導電時發出紫外光，促使螢光粉發出可見光。
- ◎市售**LED燈**標榜節能、照明效率高，但主要是透過**藍光LED與其補色之黃色螢光體**組合而得到白光。
- ◎在可見光中，**藍光波長短、能量高**，對於**眼角膜、前房房水、玻璃體、水晶體及視網膜**是會產生傷害，故採取適當的護眼措施是必要的！

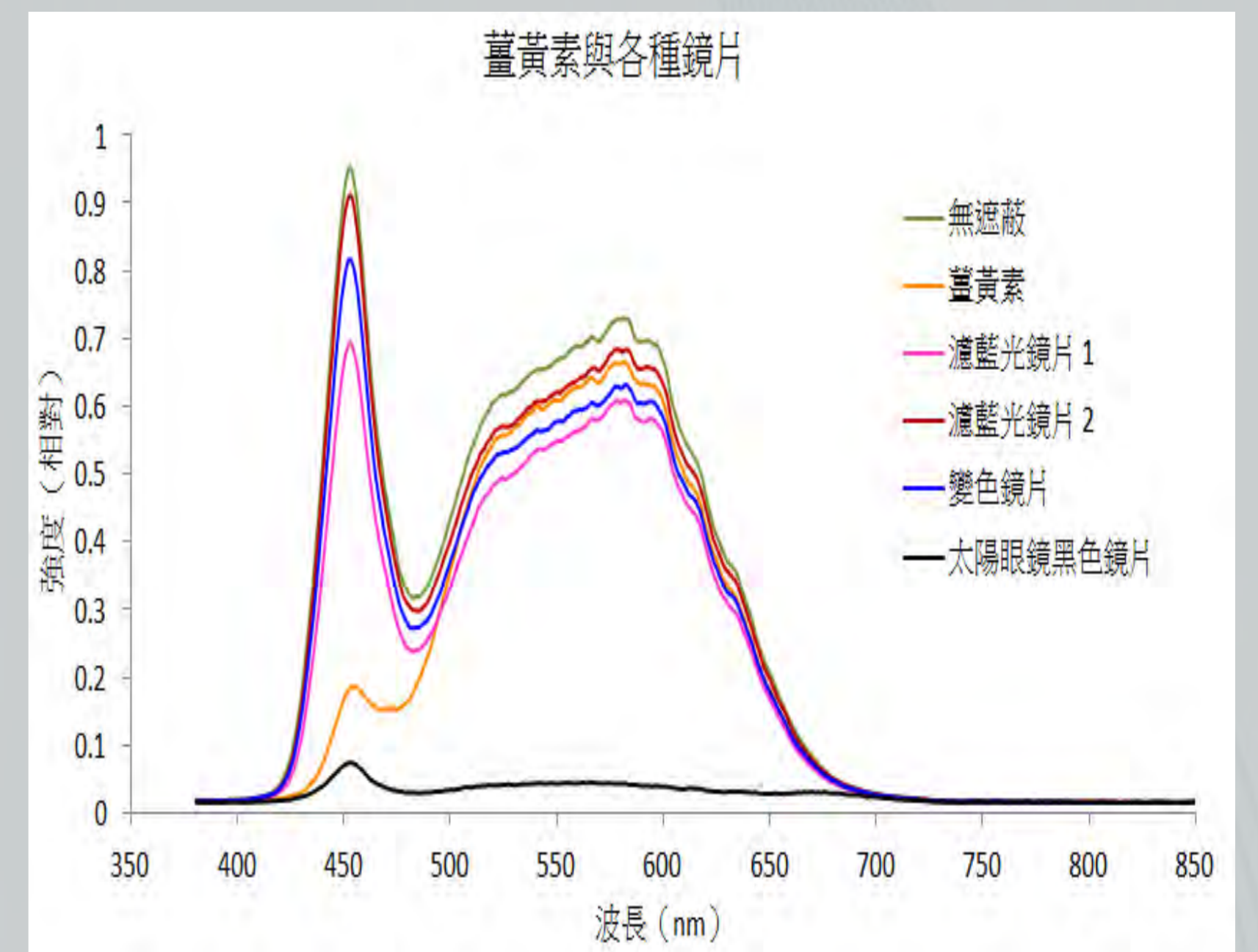
薑黃素-沸水加熱比較



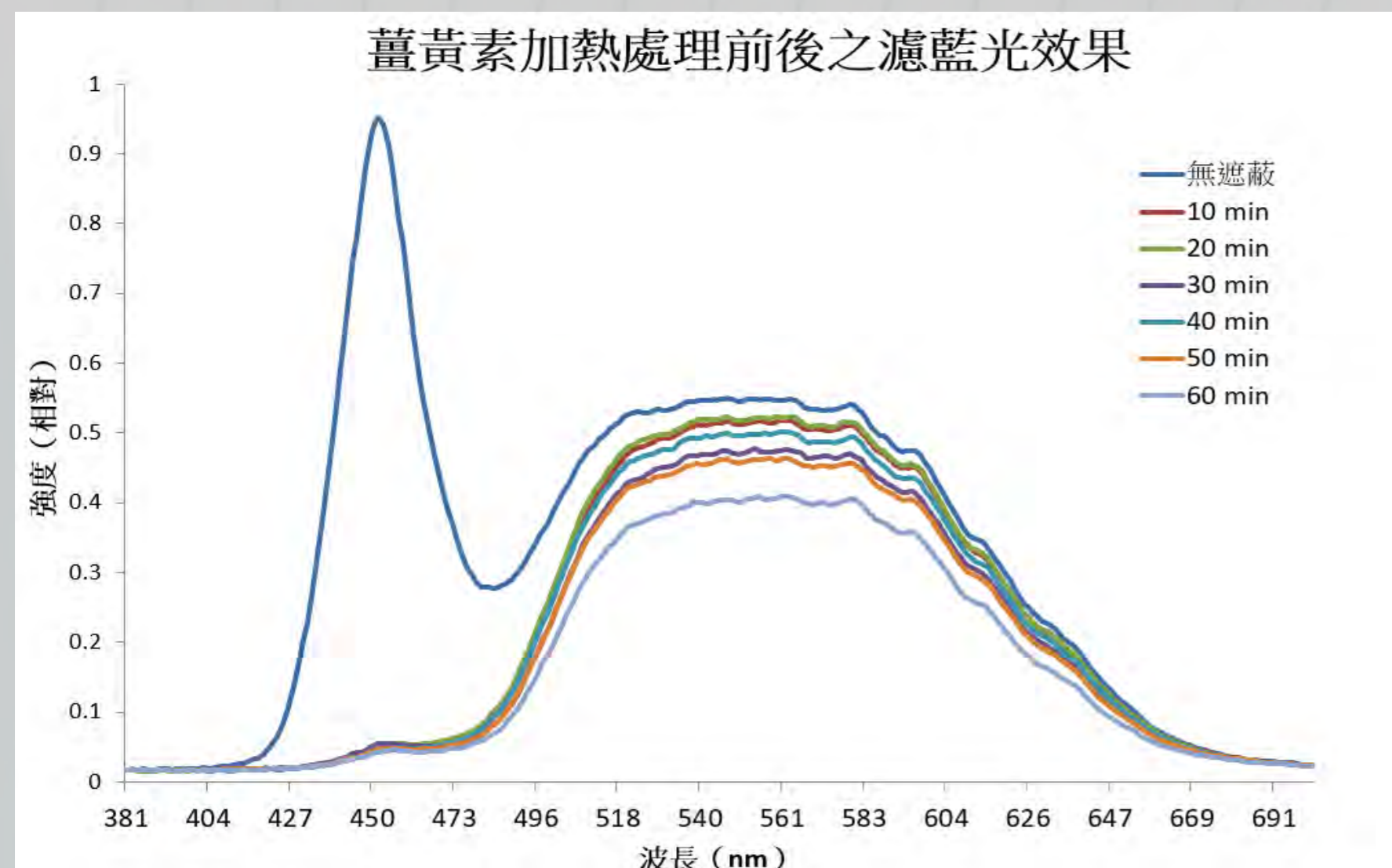
圖六、檢測100 ppm薑黃素



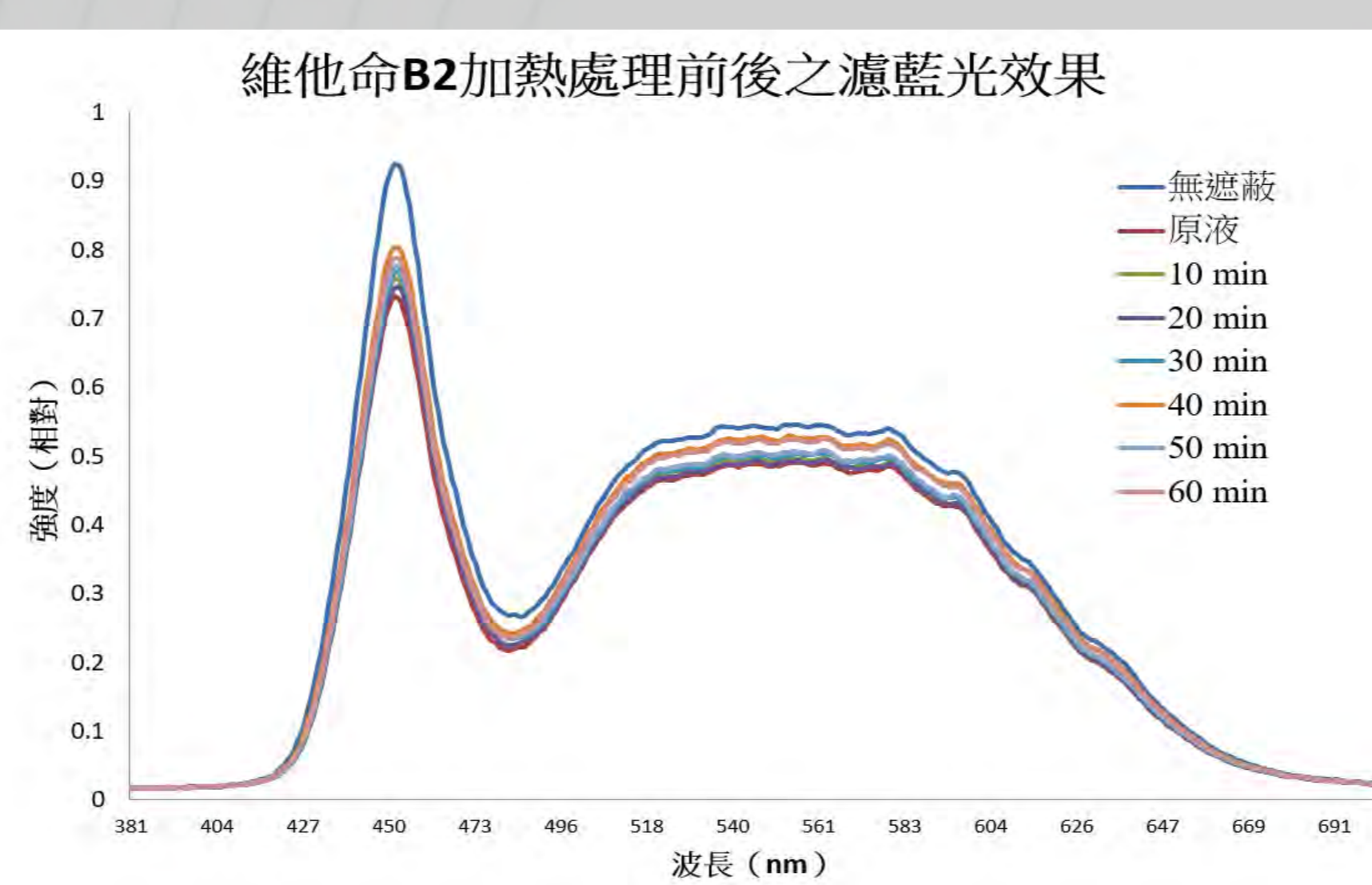
圖七、檢測厚度0.4 mm薑黃素



圖八、薑黃素與各種鏡片之濾光效益比較



圖九、沸水對薑黃素濾藍光力的影響



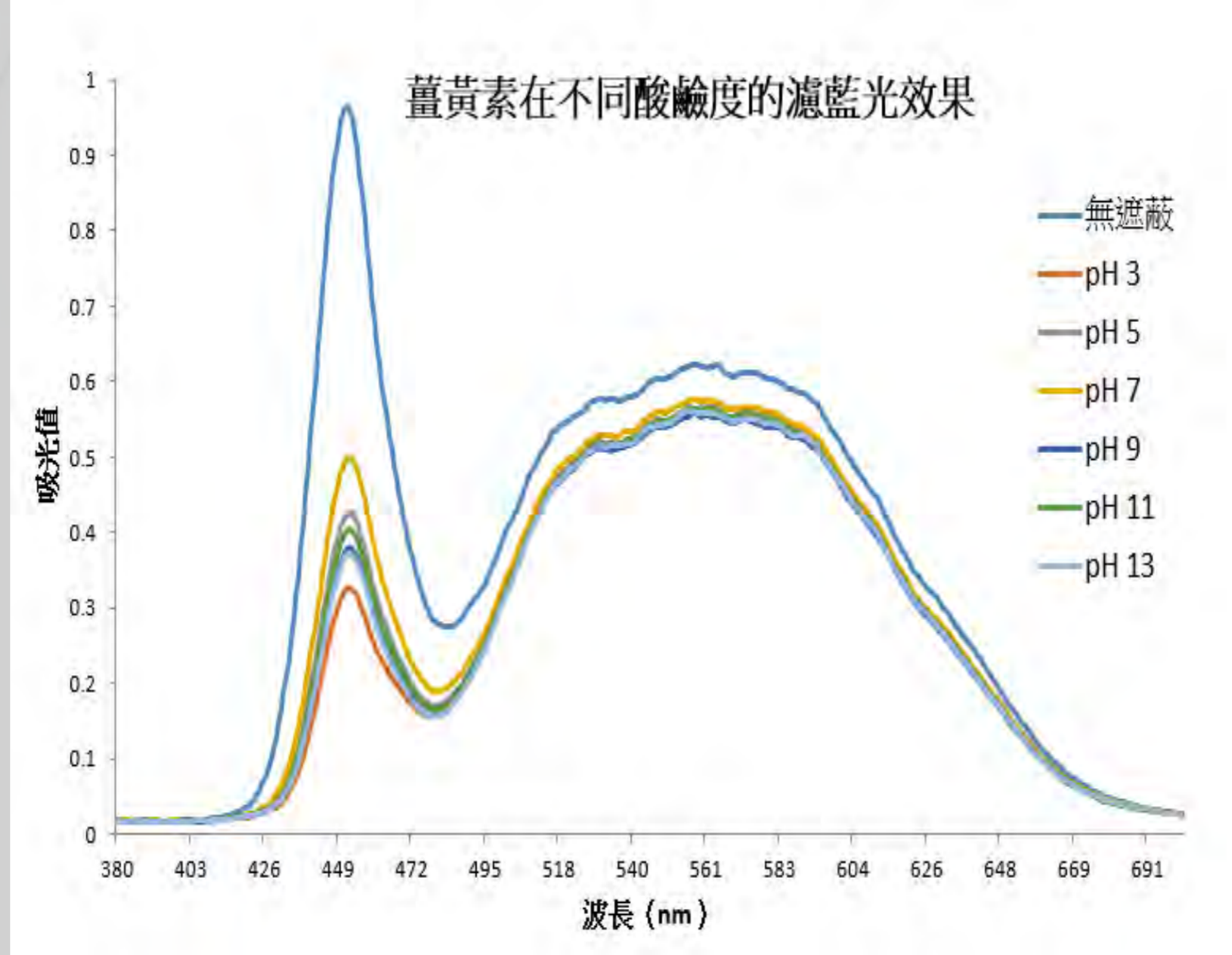
圖十、沸水對維生素B2濾藍光力的影響

◎即使沸水加熱1-2小時後，薑黃素或維生素B2含量也沒有顯著下降
 ⇒ 薑黃素或維生素B2對熱甚為安定。
 ◎無論薑黃素或維生素B2，其濾藍光力均不會因高溫加熱而有明顯差異。
 ◎在濃度100 ppm、厚度0.4 mm時，維生素B2僅可濾除將近20%藍光，故其濾藍光力是明顯小於薑黃素。
 ◎在濃度200 ppm、厚度0.4 mm時，薑黃素可以有效過濾80%以上藍光，且不太會影響其他可見色光的穿透。

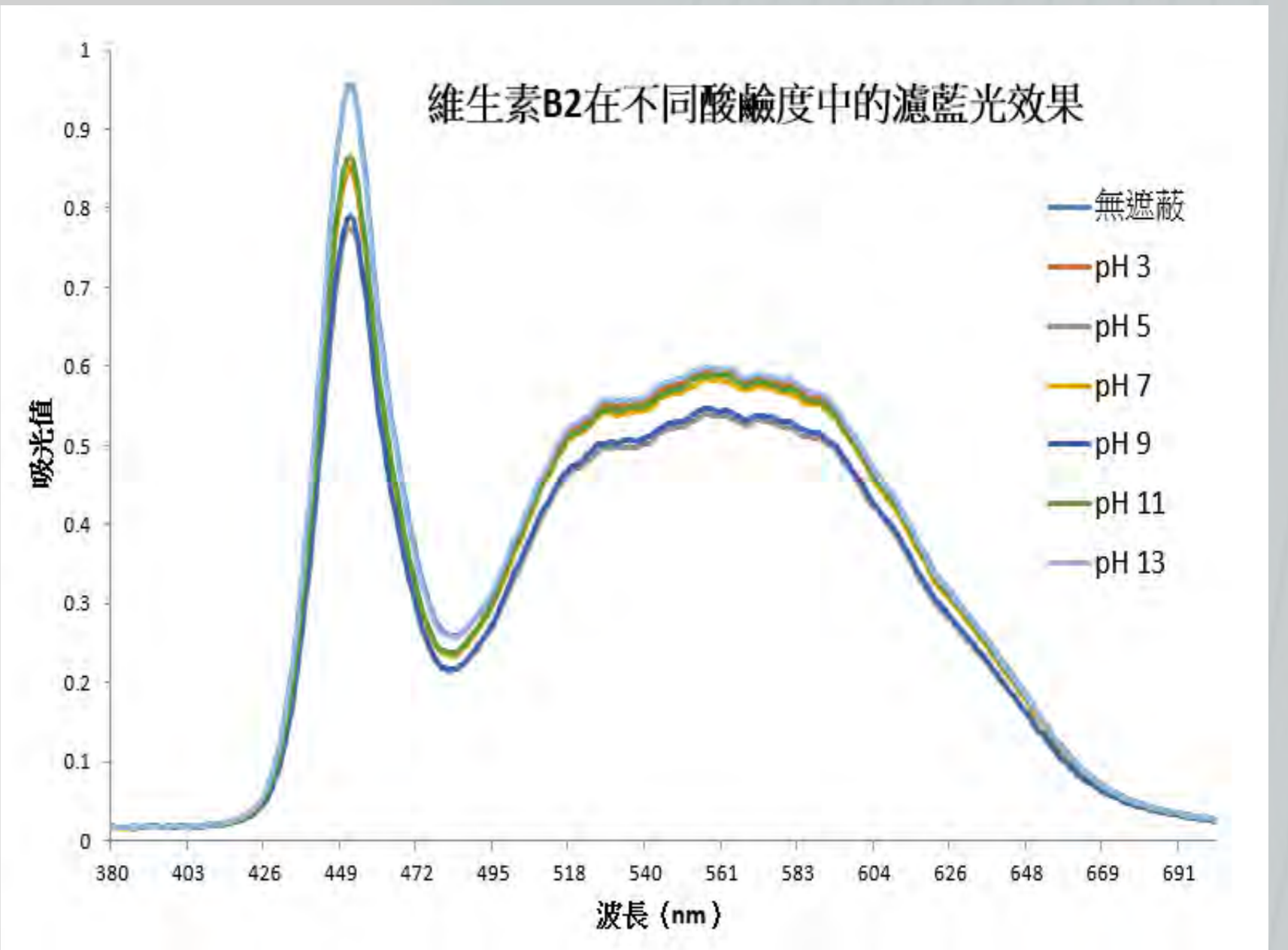
薑黃素-不同酸鹼度比較



圖十一、薑黃素對酸鹼度之呈色反應



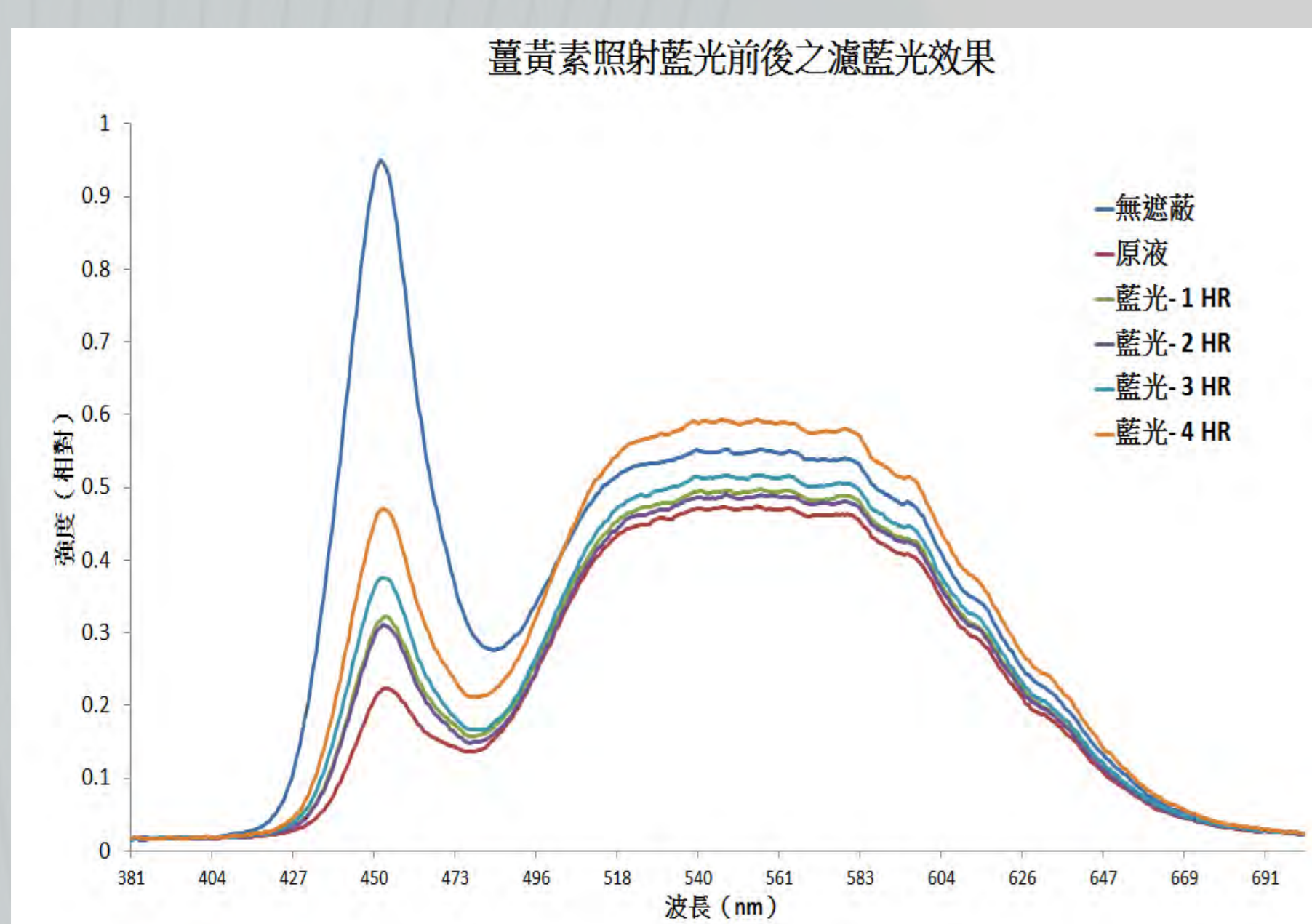
圖十二、酸鹼度對薑黃素濾藍光力的影響



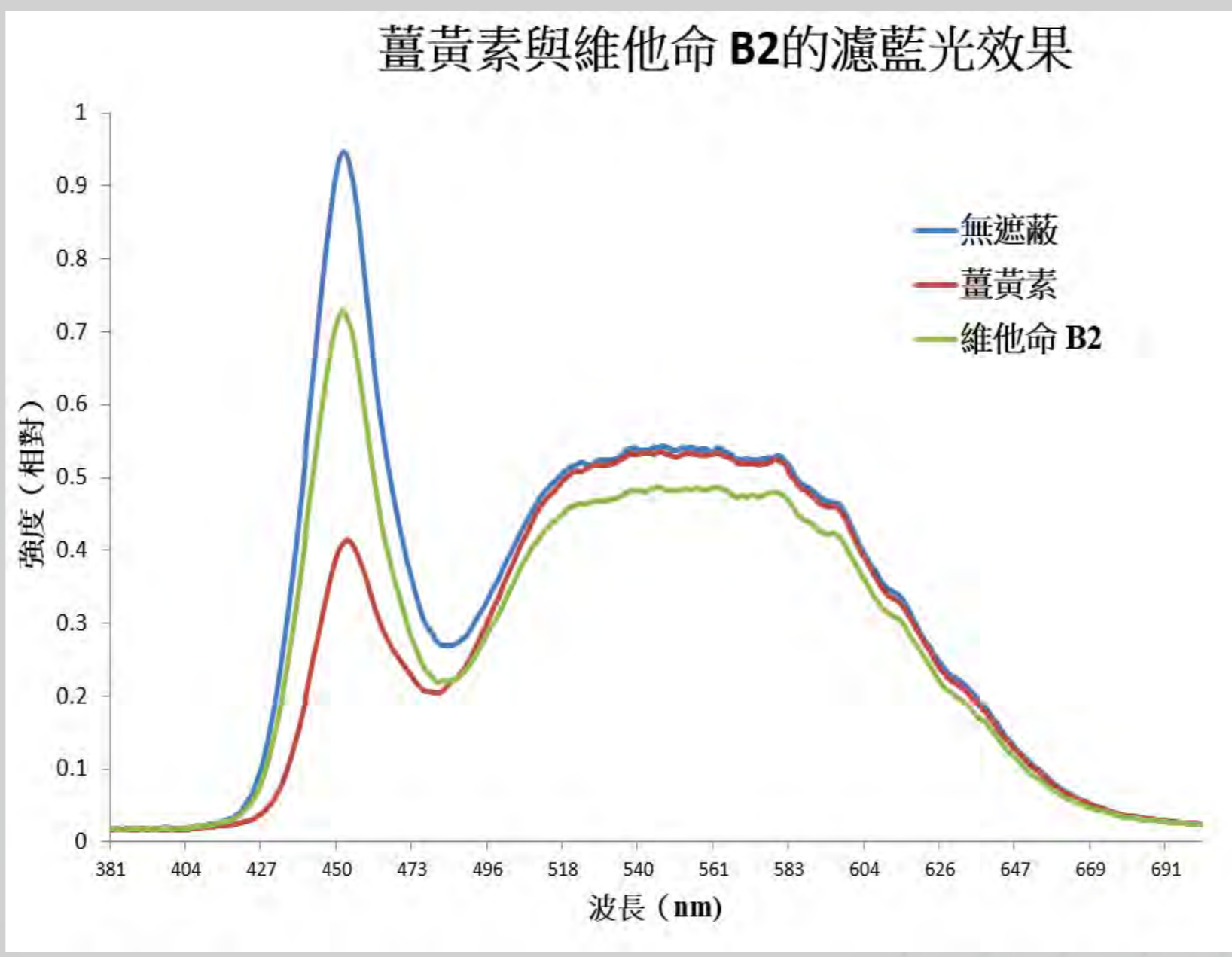
圖十三、酸鹼度對維生素B2濾藍光力的影響

◎薑黃素在酸性溶液中較為穩定(大多為H₃A)，但在鹼性溶液中，則是隨著pH值而有結構上的改變(H₂A⁻、HA²⁻或A³⁻)。
 ◎維生素B2，即使有經過酸或鹼處理，其含量仍維持定值⇒維生素B2對酸鹼有很好的耐受性。
 ◎無論是在酸性或鹼性溶液中，薑黃素與維生素B2的濾藍光力都要比在中性溶液中好。
 ◎在pH < 7時，薑黃凝膠不太會影響其他色光的穿透；但在pH > 7時，薑黃凝膠是有可能因吸收而影響黃光或紅光穿透。

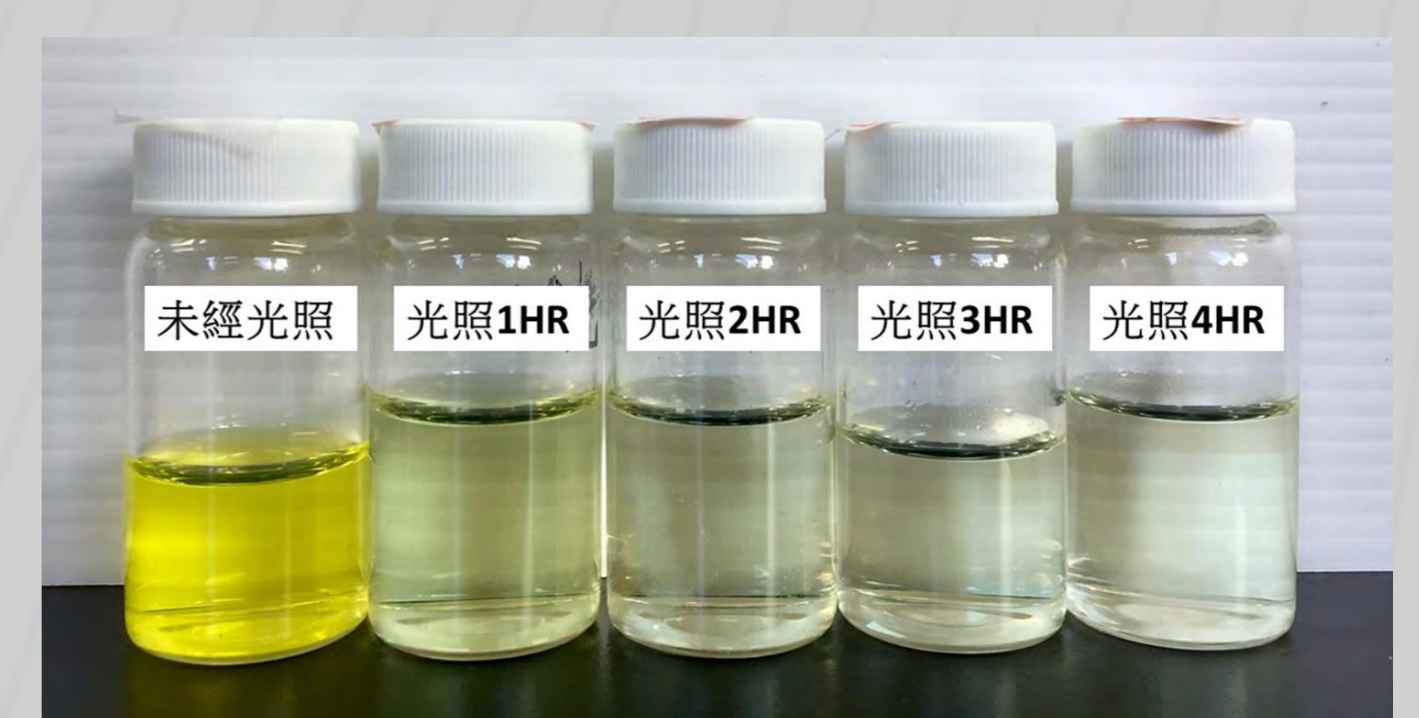
薑黃素-藍光照射後



圖十四、藍光照射對濾藍光力的影響



圖十五、檢測100 ppm凝膠(光照前)

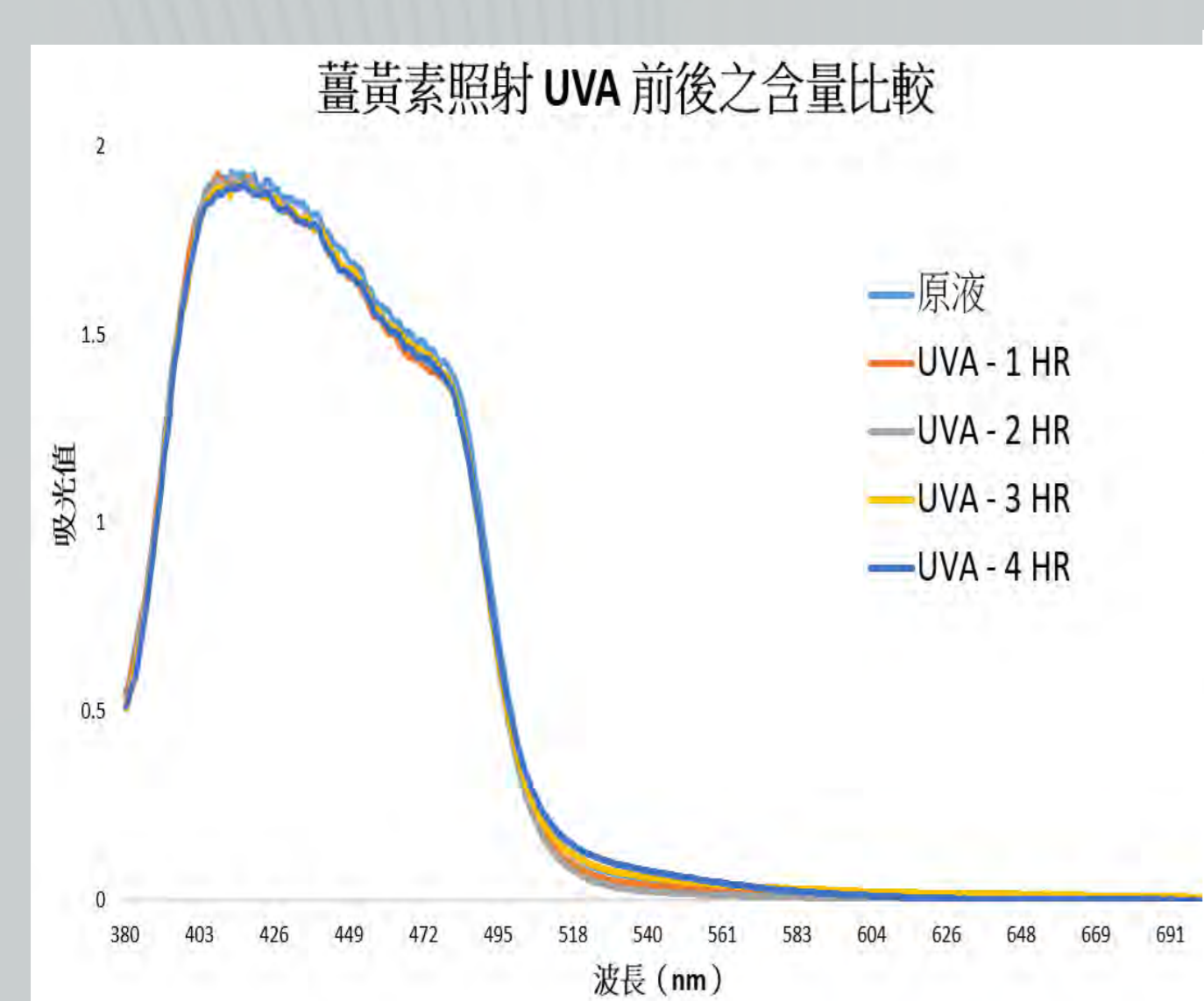


圖十六、維生素B2對藍光照射之呈色反應

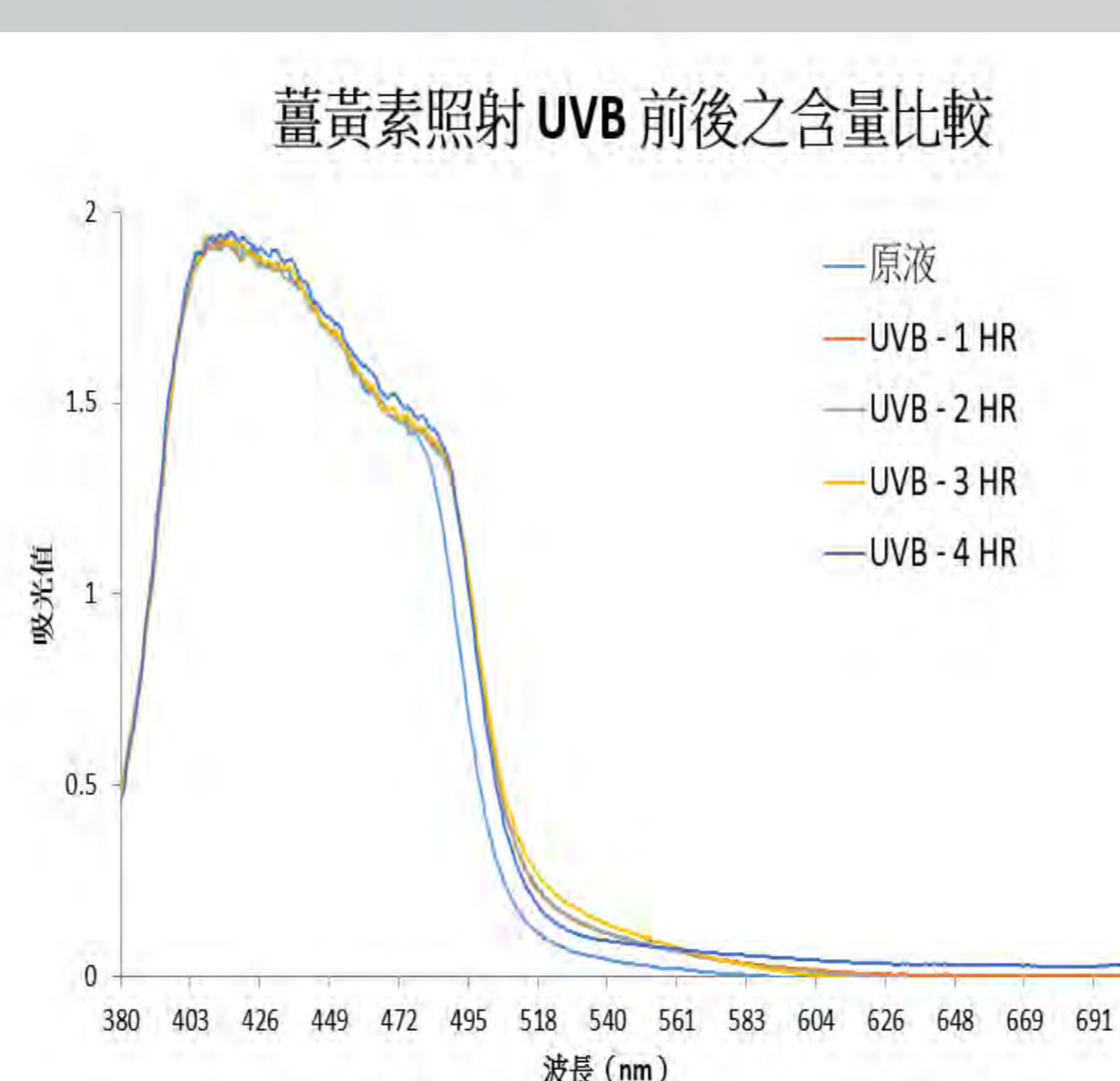
◎維生素B2，在藍光照射下會自行分解(溶液顏色會隨光照時間而消退)，致使其濾藍光力被快速瓦解，終至消失。

◎即使經過高強度藍光照射，但薑黃素含量也沒有顯著下降⇒薑黃素對藍光照射有很好的耐受性。
 ◎雖然薑黃素之濾藍光力會隨著光照時間而逐漸下降，但以光照2小時為例，200 ppm薑黃素仍可過濾將近70%藍光。

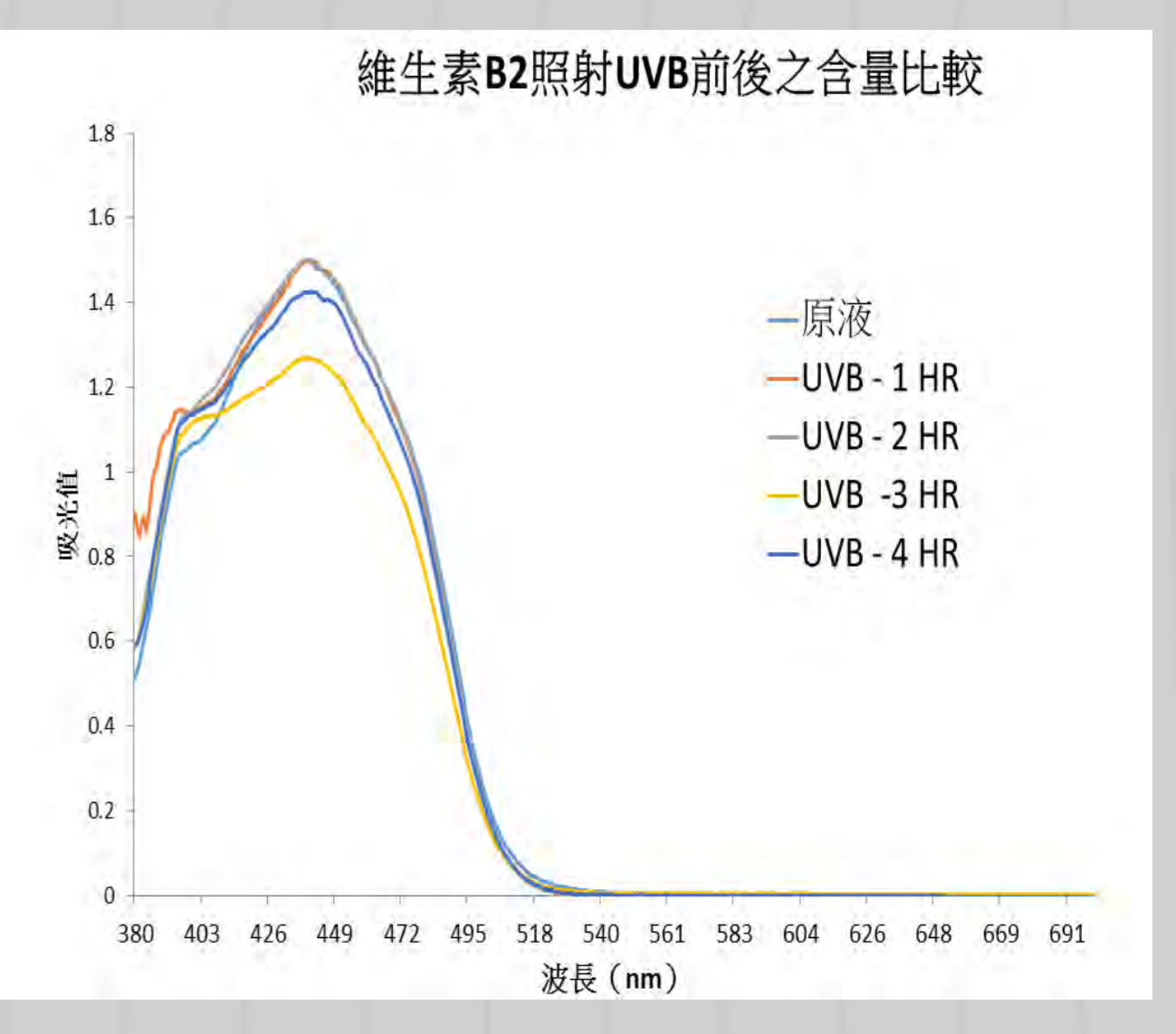
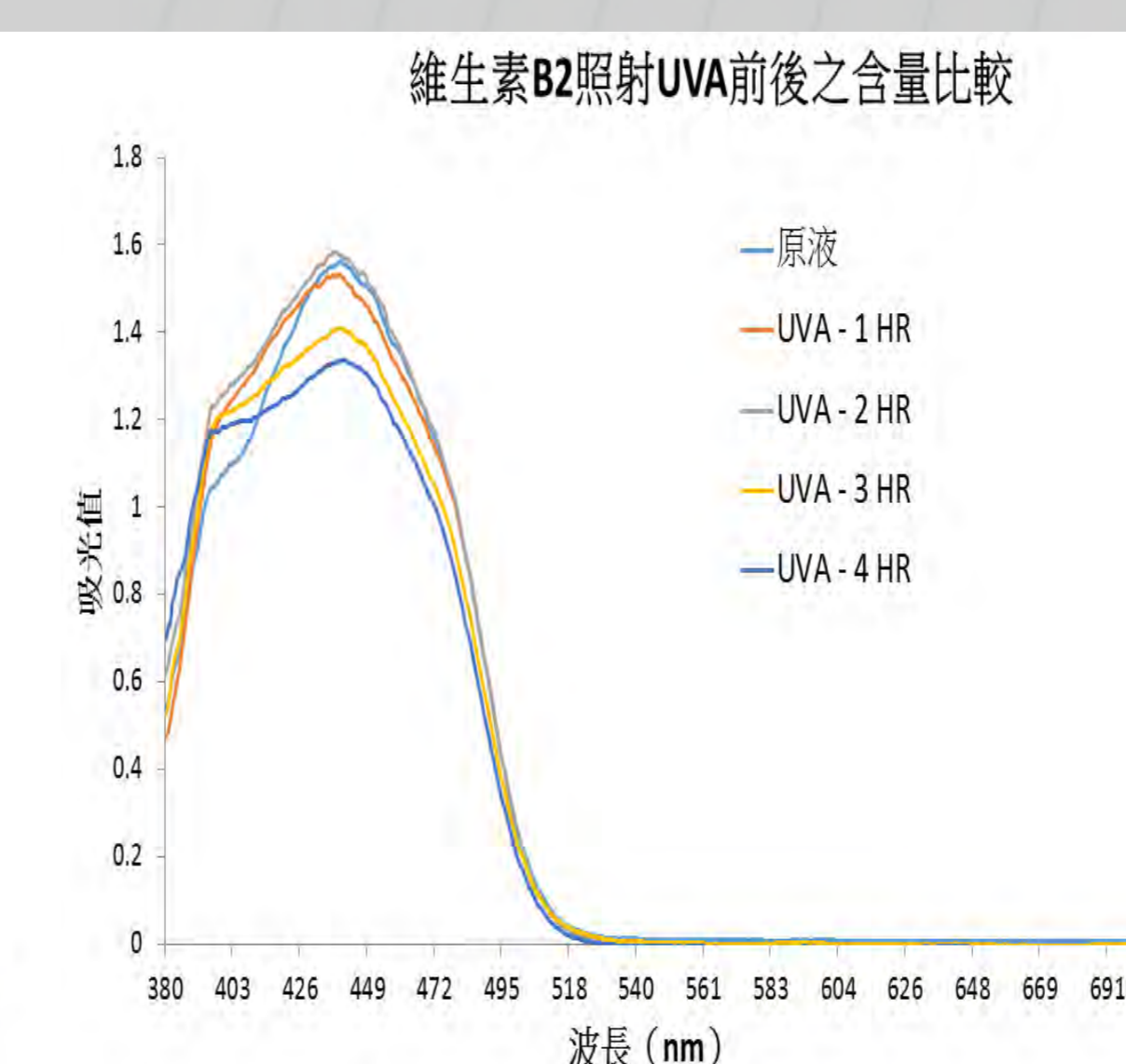
薑黃素-UV光照射後



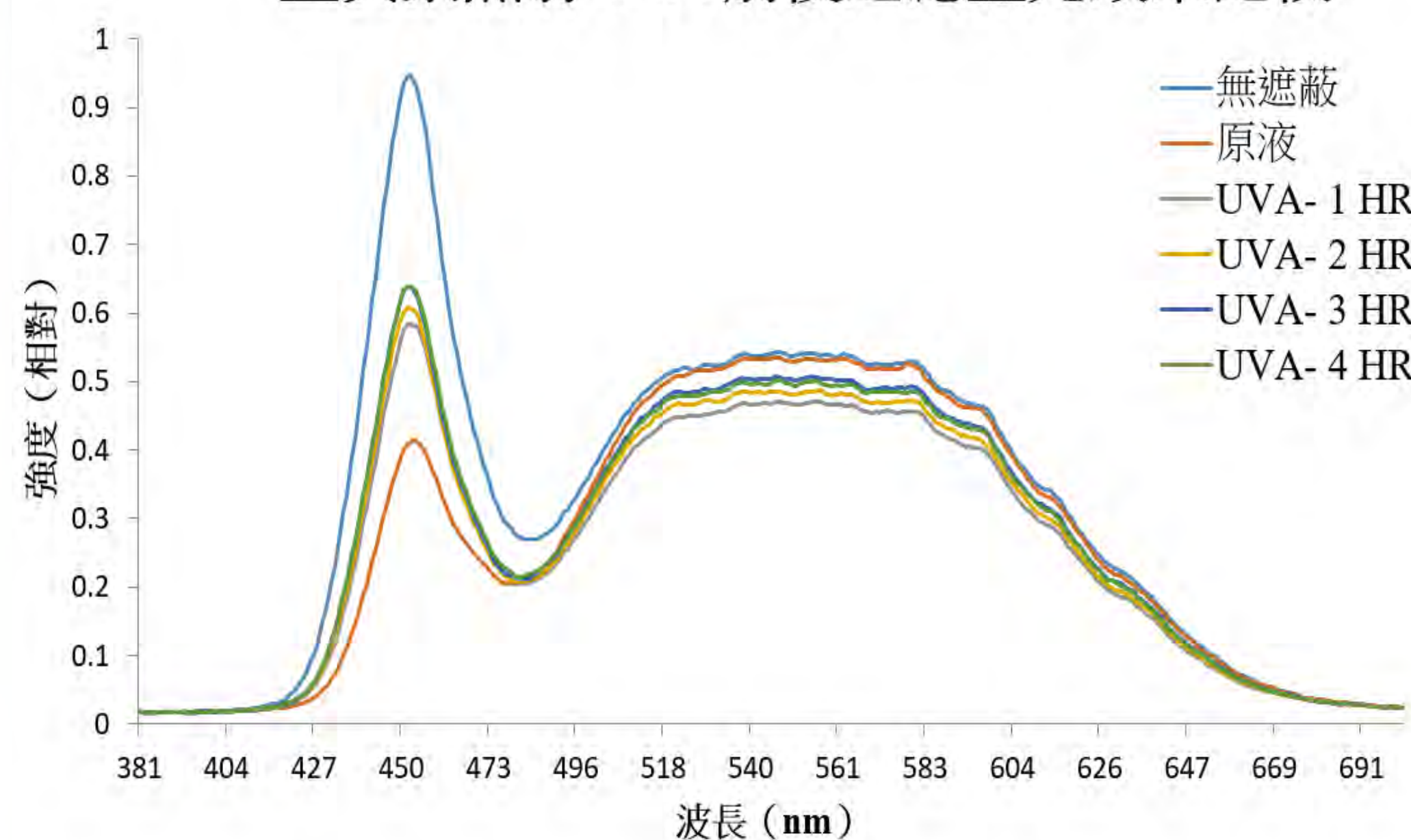
圖十七、UVA、UVB照射前後之薑黃素含量比較



圖十八、UVA、UVB照射前後之維生素B2含量比較

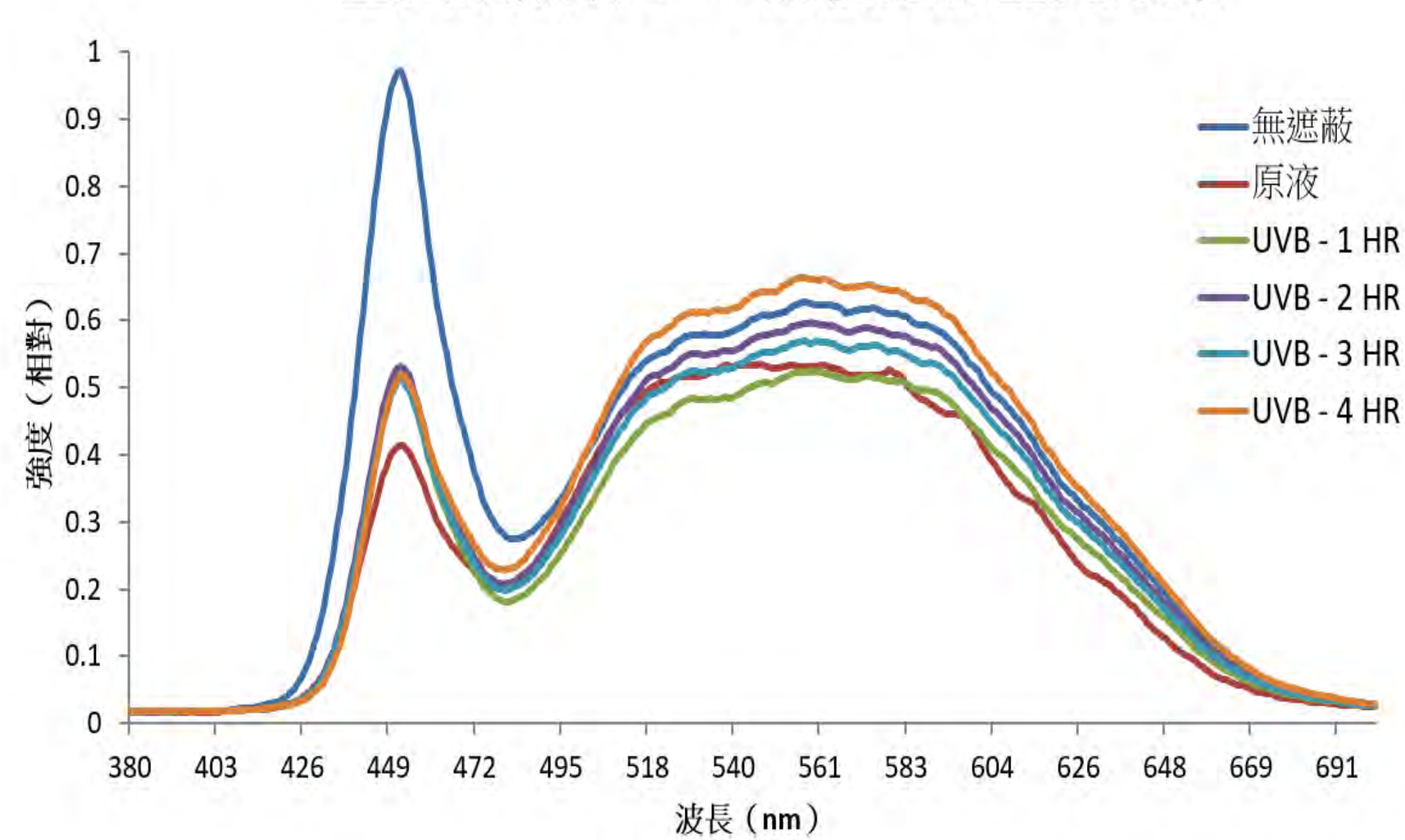


薑黃素照射 UVA 前後之濾藍光效果比較



圖十九、UVA對薑黃素濾藍光力的影響

薑黃素照射 UVB 前後之濾藍光效果

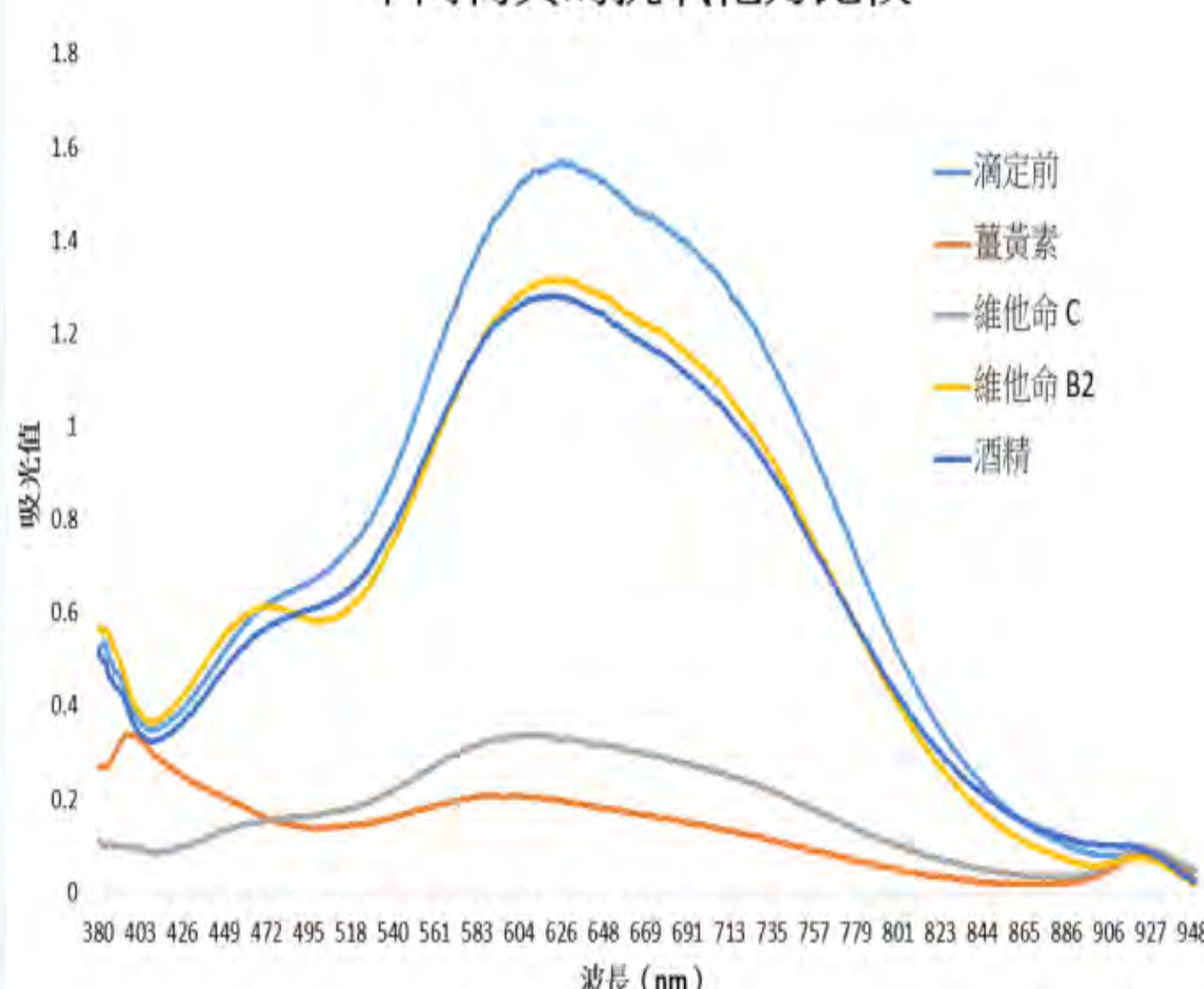


圖二十、UVB對薑黃素濾藍光力的影響

- ◎即使經過紫外光照射，但薑黃素含量也沒有顯著下降⇒薑黃素對紫外光照射有很好的耐受性。
- ◎薑黃素經UVA照射後，其濾藍光力是有變得比較差，但以光照4小時為例，仍可過濾32.5 %藍光。
- ◎薑黃素經UVB照射後，其濾藍光力同樣也是會變得比較差，但以光照4小時為例，仍可過濾45.2 %藍光。
- ◎維生素B2，經紫外光照射後，雖然外觀呈色無差異，但實際含量卻是會因光照逐漸下降。故其濾藍光力當然就會隨光照時間延長而變得更差。

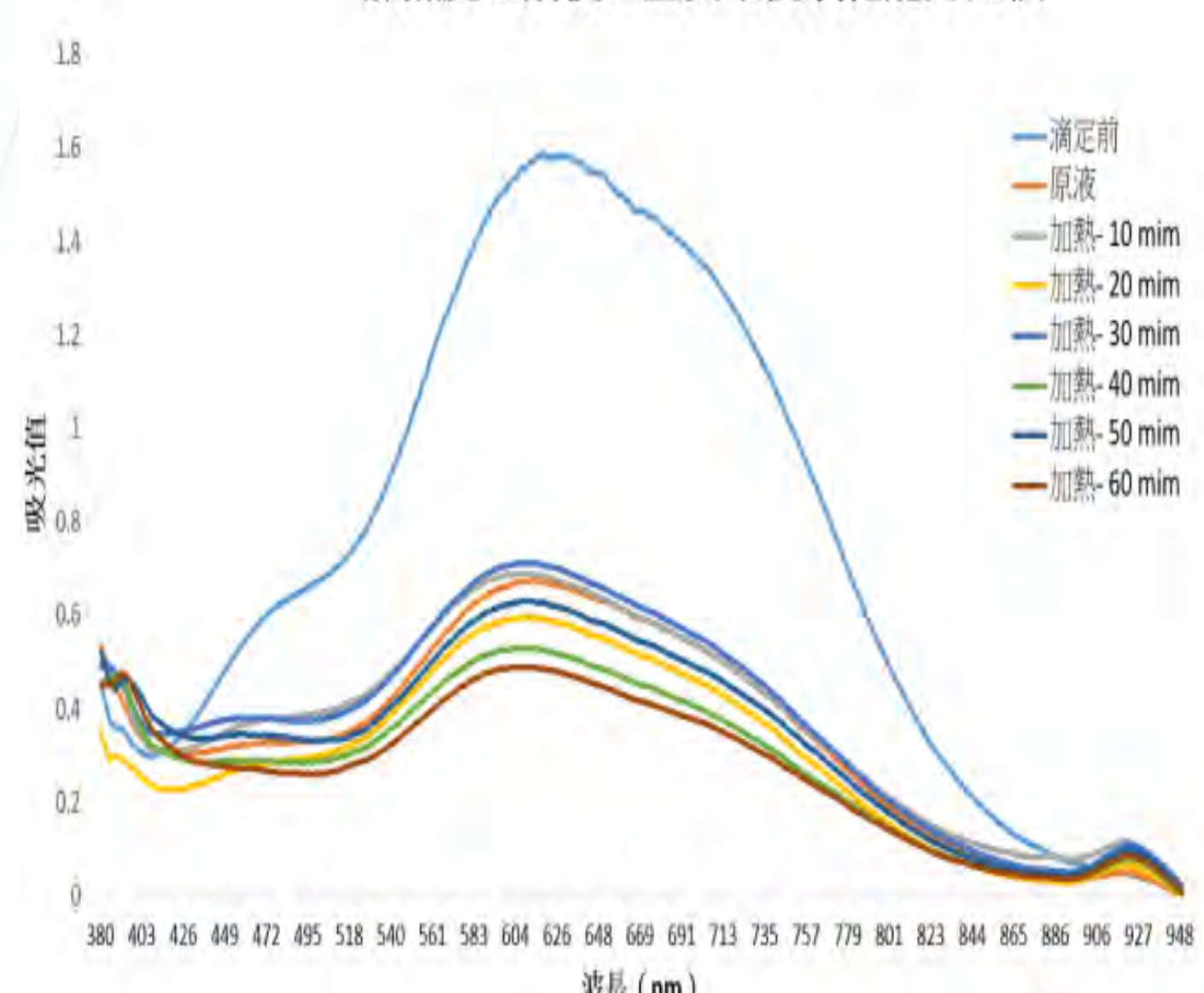
薑黃素-抗氧化力

不同物質的抗氧化力比較



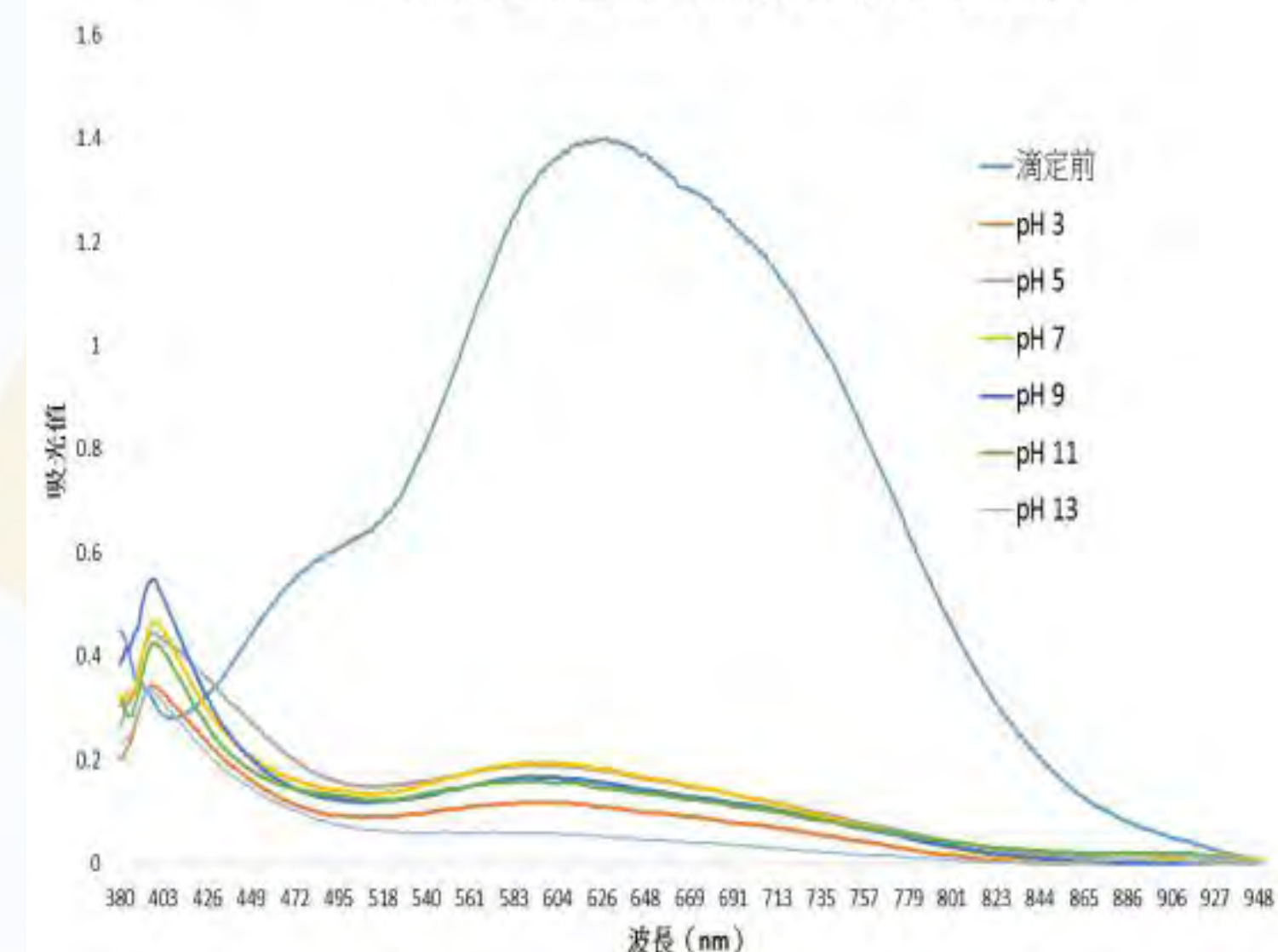
圖二十一、常溫時各物質的抗氧化力比較

加熱處理前後之薑黃素抗氧化能力比較



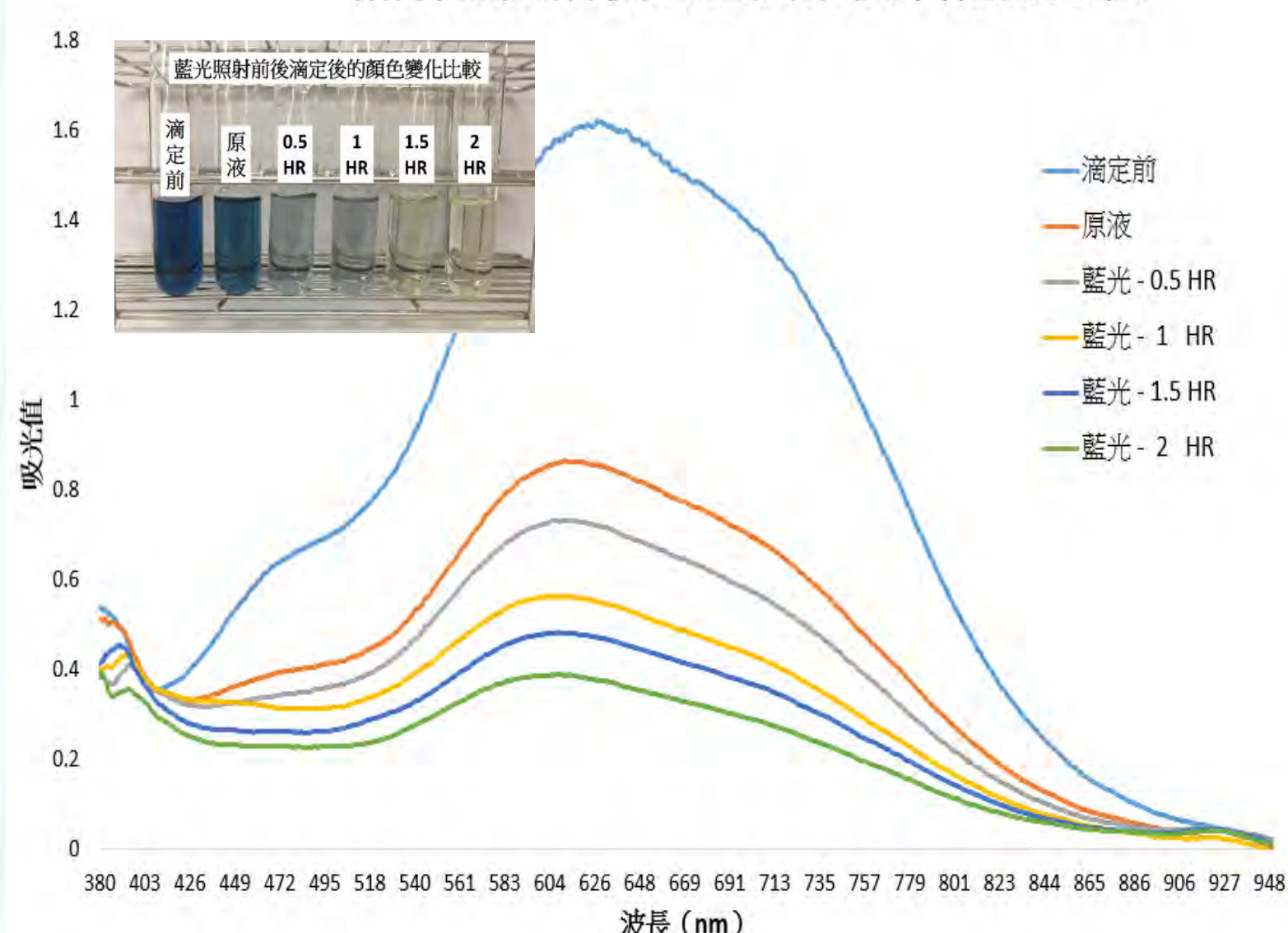
圖二十二、加熱前後薑黃素的抗氧化力比較

不同酸鹼值之薑黃素抗氧化力比較



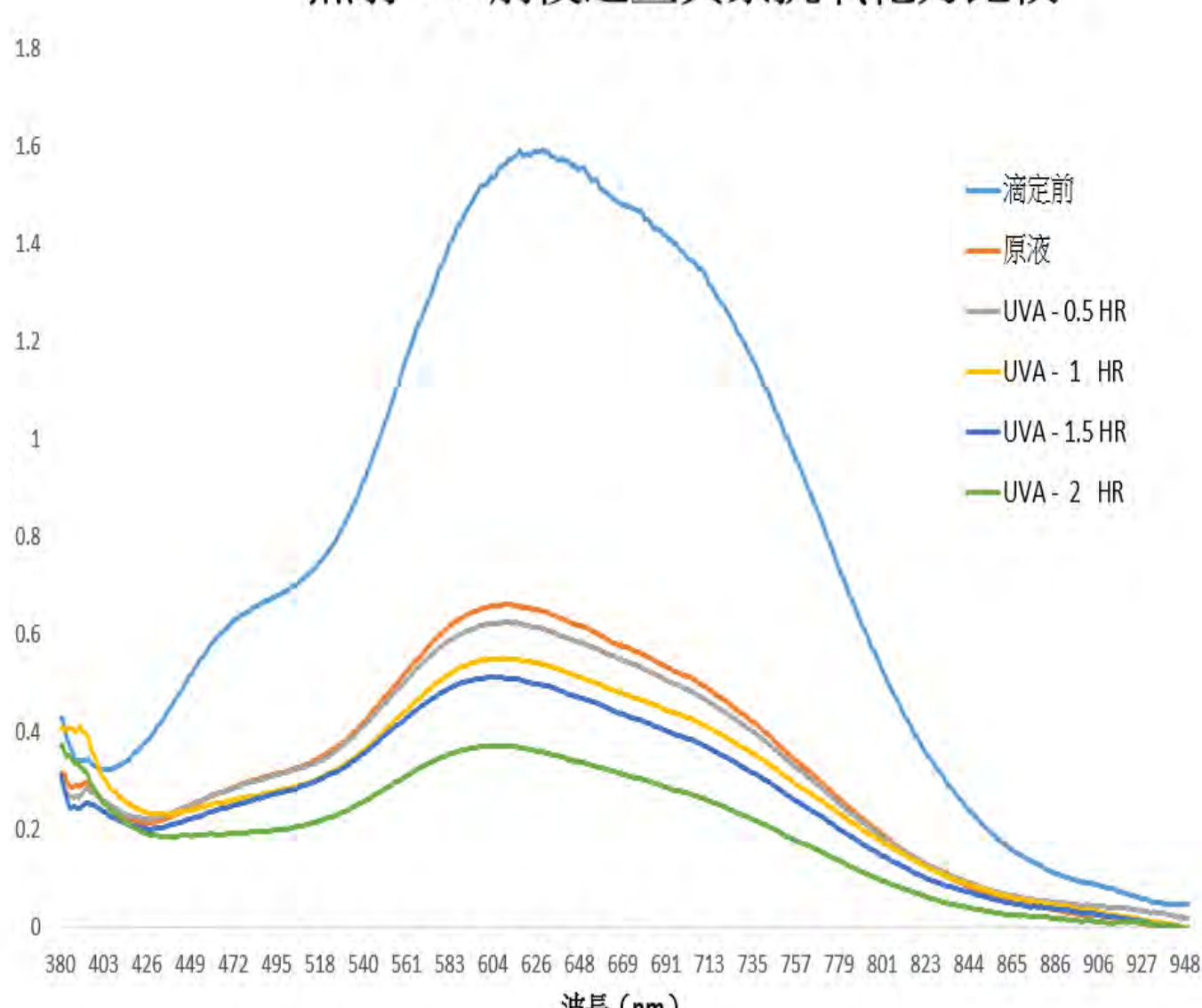
圖二十三、不同酸鹼值薑黃素的抗氧化力比較

照射藍光前後之薑黃素抗氧化力比較



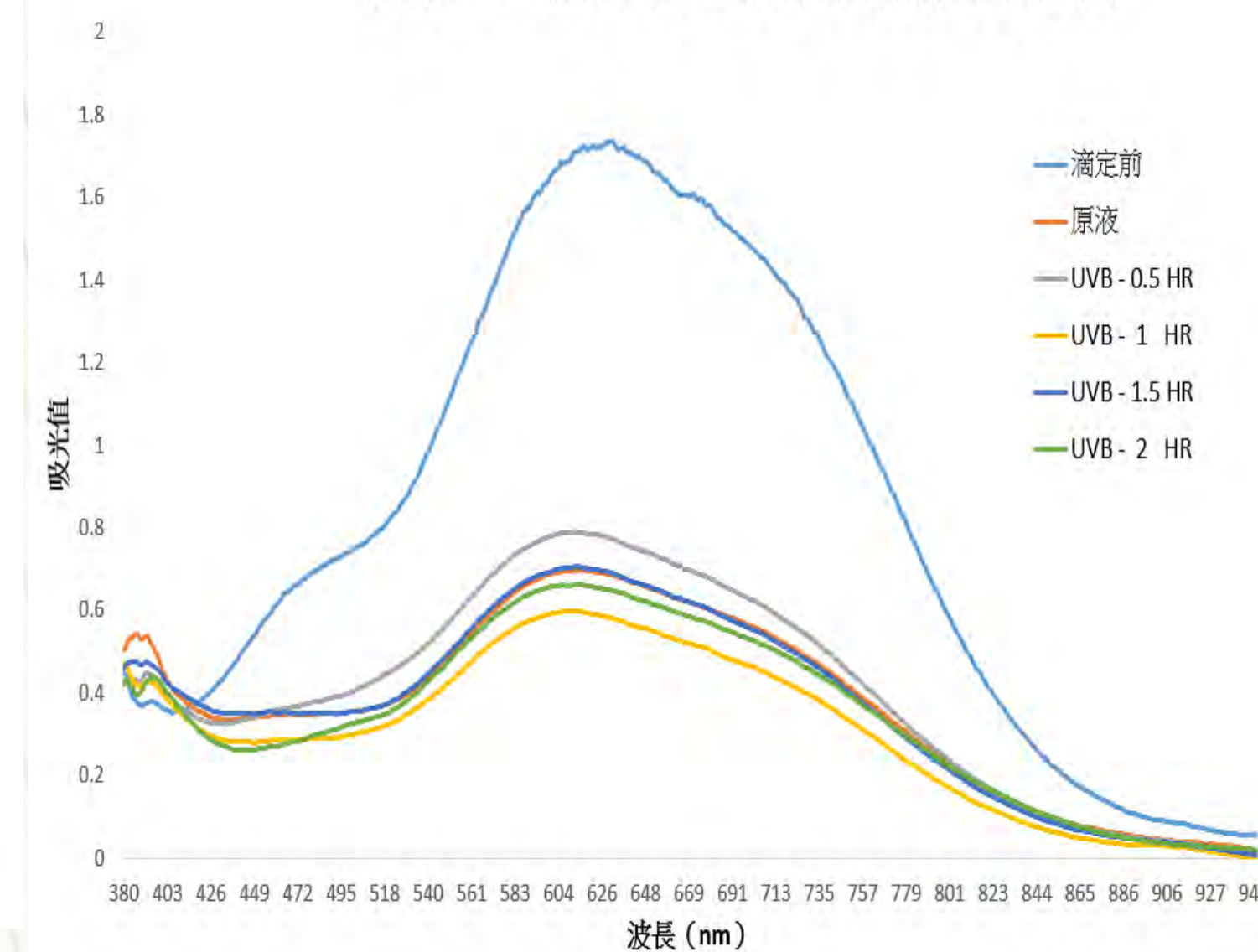
圖二十四、藍光照射前後薑黃素的抗氧化力比較

照射UVA前後之薑黃素抗氧化力比較



圖二十五、UVA、UVB照射前後之薑黃素的抗氧化力比較

照射UVB前後之薑黃素抗氧化力比較



- ◎薑黃素的抗氧化力是可以媲美維生素C，甚至於略勝一籌。
- ◎薑黃素在經過高溫加熱後仍保持良好的抗氧化力，再次印證：薑黃素對熱甚安定。
- ◎因薑黃素在鹼性溶液中較不穩定，故推估其抗氧化力會隨pH值增加而減弱，但與檢測數據不符。我們推測原因可能是：在調配各滴定樣本時，僅滴入少量酸性或鹼性水溶液，致使各滴定樣本仍大多是以H₃A形態存在。
- ◎因藍光、UVA照射而讓薑黃素的抗氧化力有提升的趨勢，我們推測原因可能來自於：在薑黃素的光降解過程中，會伴隨產生自由基-超氧陰離子(O₂⁻)，因具有還原劑(抗氧化)的特性，故也因此加成了薑黃素的抗氧化力。

薑黃素-生活運用可能性

- ◎薑黃素雖為脂溶性的多酚類物質，但若單純以口服方式攝取，會因腸道及肝臟代謝快速，而造成人體吸收率低、可使用率不高的困境。
- ◎我們關心的有害光線，是能夠到達視網膜的藍光(400~500 nm)。在眼睛細部結構對有害光線的穿透性中，我們知道眼角膜、前房房水及玻璃體對於藍光沒有任何防護力。雖然水晶體可以濾除部分藍光，但是仍有少量的藍光會到達視網膜，導致感光細胞因產生許多的過氧化物-「自由基」而加速凋亡。如利用薑黃素的優良著色性，為螢幕保護貼、濾藍光鏡片、節能燈具遮光罩、日拋隱形眼鏡或人工水晶體染色，將能夠從體外直接攔截短波、高能的藍光，以保護我們的眼角膜、前房房水、玻璃體、水晶體及視網膜。
- ◎如利用薑黃素的抗氧化力來研發眼用製劑，以藥水或藥膏的型式，直接滴在眼睛表面，就像過濾器一般來保護角膜細胞，理應也能用來降低因藍光照射所引起之自由基傷害。

陸、結論及未來展望

生活中，我們透過眼睛，接受外界光線刺激，進而產生視覺。然而有害光線也是經由角膜及水晶體的聚光作用而聚集於視網膜，可能提高黃斑部病變的機會。

從我們的研究初步得知：存在於薑黃根莖類植物中的黃色色素-薑黃素，具有極佳的濾藍光及抗氧化作用。另外，在熱環境、酸性環境或光照環境中，薑黃素也具有非常好的耐受性。所以，微帶辛辣滋味的薑黃，除了有增添食材風味的的作用外，未來，或許可以「藍光防護罩」的概念來保護我們敏感的眼睛。