

中華民國第 59 屆中小學科學展覽會  
作品說明書

---

國中組 生活與應用科學(二)科

探究精神獎

032920

拒絕抹黑~VitaminB<sub>2</sub>在 UV 強度量測與物理防  
曬的應用

學校名稱：新北市立土城國民中學

作者： 國一 吳紓慧	指導老師： 莊佩蓁
---------------	--------------

關鍵詞：UV 強度量測、Vitamin B<sub>2</sub>、物理防曬

## 摘要

分析 Vitamin B<sub>2</sub> 水溶液照射 UV 後的光譜穿透率，在可見光 400~530nm 左右的範圍，穿透率有穩定上升趨勢，因此利用此特性，以此波長的可見光源(LED 燈泡)來穿透 Vitamin B<sub>2</sub> 溶液，並利用 Arduino 光敏電阻類比數位轉換法的 ADC 值變化，檢驗 Vitamin B<sub>2</sub> 溶液曝曬之紫外線強度，並建立檢驗標準曲線。同時利用 Vitamin B<sub>2</sub> 照射 UV 後在波長 350nm 以下 UVA、290~320nmUVB 及 260nm 以下 UVC 的波段穿透率反而下降、遮光效果增強的特性，探討其在防曬應用上的可行性，將 Vitamin B<sub>2</sub> 溶液加入甲基纖維素、TiO<sub>2</sub>、疏水性高分子(PTFE 鐵氟龍)等無毒材料，成功自製一瓶效果絕佳的防曬乳液。

## 壹、研究動機

電視看到有關於帛琉 2020 年要禁用有毒防曬乳的新聞，內容中提到市售防曬乳中含有多種化學物質，會污染海洋且導致珊瑚礁白化，所以想要研究是否有辦法做出不傷害大自然的防曬乳，於是上網找資料發現 Vitamin B<sub>2</sub> 可以吸收紫外線，所以想要



以 Vitamin B<sub>2</sub> 自製無毒吸光的物理性防曬乳液，並嘗試利用 Arduino 光敏電阻測試 Vitamin B<sub>2</sub> 照射 UV 後的 ADC 值變化來測量紫外線強度，希望可以取代市售高價的測量儀器。本研究運用國中自然與生活科技第三冊 4-2 光的折射與透鏡 4-5 光與顏色、第五冊 3-1 功與功率 4-2 電壓 4-3 電流 4-4 電阻，來對應實驗加以研究討論。

## 貳、研究目的

- 一、探討影響 Vitamin B<sub>2</sub> 變色的環境因子。
- 二、探討 Vitamin B<sub>2</sub> 變色的原理。
- 三、Vitamin B<sub>2</sub> 溶液照射陽光前後之光譜穿透率比較。
- 四、不同濃度 Vitamin B<sub>2</sub> 溶液照射不同強度 UV 後之光譜穿透率比較。
- 五、組裝 Arduino 光敏電阻類比數位轉換法檢驗 UV 強度的量測工具。
- 六、建立 Arduino 光敏電阻類比數位轉換法量測 UV 強度之檢驗標準曲線。
- 七、Vitamin B<sub>2</sub> 在物理防曬上的應用（自製吸光物理防曬乳液）。

## 參、研究設備與器材

Vitamin B<sub>2</sub> 粉末、電子天平、試管、橡膠塞、試管架、燒杯、量筒、滴管、標籤、量液瓶 (1000ml)、塗佈棒、培養皿、保鮮膜、玻璃片、鋁箔紙、餵食針筒(50ml)、針筒(1ml)、刮勺、市售防曬乳、甲基纖維素 CMC、TiO<sub>2</sub>、疏水性高分子(PTFE 鐵氟龍)、甘油、香精、十字夾、









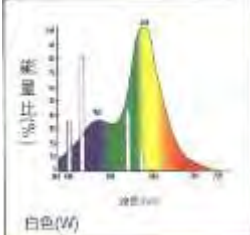
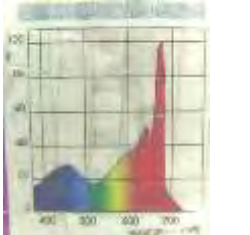
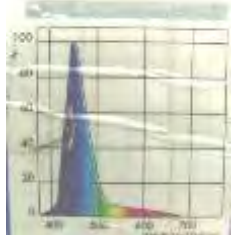
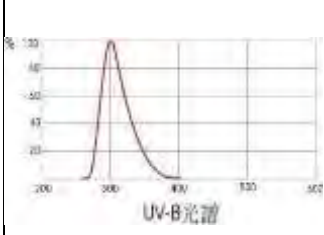
壓克力盒、細沙、筆記型電腦、Arduino 光敏電阻、升降電壓器、LED 燈泡、電線、抽風機、變壓器、凸透鏡、LEGO 積木、pH 計、自製紫外線照光設備：紫外線燈炮、紫外線燈管、UV 護目鏡、手套、袖套、日光燈管、紅光燈管、藍光燈管、O<sub>2</sub> 鋼瓶、UV/Visible 光譜分析儀、磁石攪拌機、Sigmaplot10 作圖軟體。UVM340 型紫外線強度計、酸性溶液(鹽酸、硫酸、醋酸、硼酸)、鹼性溶液(小蘇打、氨水、氫氧化鈉)。

## 肆、研究過程或方法

### 一、探討影響 Vitamin B<sub>2</sub> 變色的環境因子。

方法：

- 1.將相同濃度(50mg/L)的 Vitamin B<sub>2</sub> 溶液各倒 15ml 裝在 5 支試管中，分別放置不同溫度的環境中 6 小時。
- 2.將 8 支試管都倒入相同濃度 50mg/L 的 Vitamin B<sub>2</sub> 水溶液 9ml，再分別倒入不同的酸鹼溶液各 6ml，充分搖勻混合，將試管靜置室內觀察顏色的變化。
- 3.將 Vitamin B<sub>2</sub> 水溶液 15ml，分別以不同光質的燈光照射，觀察顏色的變化。
- 4.準備壓克力容器 2 個，各倒入 50mg/L 的 Vitamin B<sub>2</sub> 水溶液 50ml。一個做為對照組，另一個在底部以塑膠管連接氧氣鋼瓶持續充氧，並放置陰暗處不照光，觀察顏色的變化。

			
沸水持續加熱 6 小時	調製不同酸鹼溶液	測試溶液 pH 值	持續充氧
			
照日光燈	照紅光燈	照藍光燈	照紫外線燈
			
日光燈光譜	紅光燈光譜	藍光燈光譜	UV-B 光譜

## 二、探討 Vitamin B<sub>2</sub> 變色的原理。

方法：

上網查詢 Vitamin B<sub>2</sub> 變色之相關報告，並與研究一之實驗結果相對照。

## 三、Vitamin B<sub>2</sub> 溶液照射陽光前後之光譜穿透率比較。

方法：


- 1.將四種不同濃度的 Vitamin B<sub>2</sub> 溶液各取 12ml 倒入試管中，置於陽光下照射 15 分鐘。
- 2.用光譜分析儀檢驗

			
B2 溶液各濃度配置	四種濃度 Vitamin B <sub>2</sub> 溶液 陽光下照射 15 分鐘	照陽光前後 Vitamin B <sub>2</sub> 溶液 檢測不同波長光譜照射下的穿透率	

## 四、不同濃度 Vitamin B<sub>2</sub> 溶液照射不同級數 UV 後之光譜穿透率比較。

方法：

- 1.調整紫外線燈輸入的電壓強度與照光距離，用 UVM340 型(感應波長 280~390nm)紫外線強度計測量照射位置的 UV 強度值。
- 2.將不同濃度 (50mg/L、75mg/L、100mg/L、125mg/L) 的 Vitamin B<sub>2</sub> 水溶液各取 12ml 倒入試管，置於紫外線箱中照射不同強度 UV15 分鐘。
- 3.用光譜分析儀檢驗照光後四種不同濃度的 Vitamin B<sub>2</sub> 溶液在不同波長光譜照射下的穿透率。

			
調整紫外線燈電壓強度	紫外線強度計 測量照射位置的 UV 強度值	調整紫外線燈強 度、照光距離	光譜分析儀檢驗穿透率

## 五、組裝 Arduino 光敏電阻類比數位轉換法檢驗 UV 強度的量測工具。

### (一)Arduino 光敏電阻類比數位轉換法的量測工具

組裝步驟：

- 1.以升降電壓器、LED 燈泡 5W、ArduinoUNO 板、光敏電阻(LSR)、電線、熱熔膠、積木，製做一組 Arduino 光敏電阻類比數位轉換法檢驗 UV 強度的量測盒。(如下圖)
- 2.利用 LEGO 積木固定光敏電阻(LSR)高度以利接收固定光源。
- 3.在量測盒上貼上紙尺，以利判讀接收數據時記錄正確位置。
- 4.調整光源距離、LSR 位置，觀測電腦螢幕之 ADC 數位值是否呈現穩定合理變化。



量測盒內部構造



量測盒密封以遮蔽外部光源



量測盒內細部構造



LSR 測得 ADC 數位值

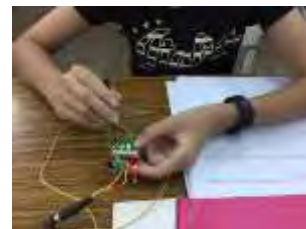
試管接受光源位置

放入試管後接受光源

(二)改變不同電壓強度的光源，穿透不同濃度的 Vitamin B<sub>2</sub> 溶液，Arduino 之 ADC 數位值變化分析。

方法：

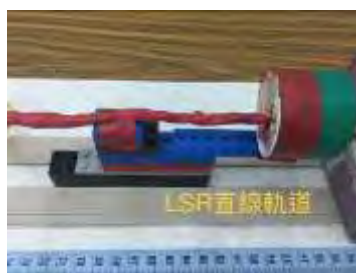
- 1.準備 25 mg/L、50 mg/L、75 mg/L、100 mg/L、125mg/L 的 Vitamin B<sub>2</sub> 溶液，各倒 12ml 至相同的試管中，插在檢驗量測盒的試管穿入孔。
- 2.分別以 3V.4V.5V.6V.7V.9V.12V 的光源強度照射穿透試管。
- 3.固定光敏電阻(LSR)位置(距試管 27cm)，以不同電壓強度的光源照射(距試管 27cm)，測量穿透 Vitamin B<sub>2</sub> 溶液後的 ADC 數位值。
- 4.將測得數值輸入 Sigma Plot 10.0 作圖軟體，畫出 ADC 數位值變化趨勢線圖。



(三)遠近不同 LSR 位置，測試照射不同 UV 強度的 Vitamin B<sub>2</sub> 溶液，Arduino 之 ADC 數位值變化分析。

方法：

- 1.將 75mg/L 的 Vitamin B<sub>2</sub> 溶液各 12ml，分次放入自製紫外線箱，各照射不同 UV 強度 15 分鐘備用。
- 2.取研究五(二)中，ADC 數位值變化最明顯的電壓強度作為固定光源，移動光敏電阻 LSR，使它和試管的距離不同，測量光穿透 Vitamin B<sub>2</sub> 溶液的 ADC 數位值。
- 3.將測得數值輸入 Sigma Plot 10.0 作圖軟體，畫出 ADC 數位值變化趨勢線圖。



利用 lego 積木架高光敏電阻  
並使其以直線軌道前後移動



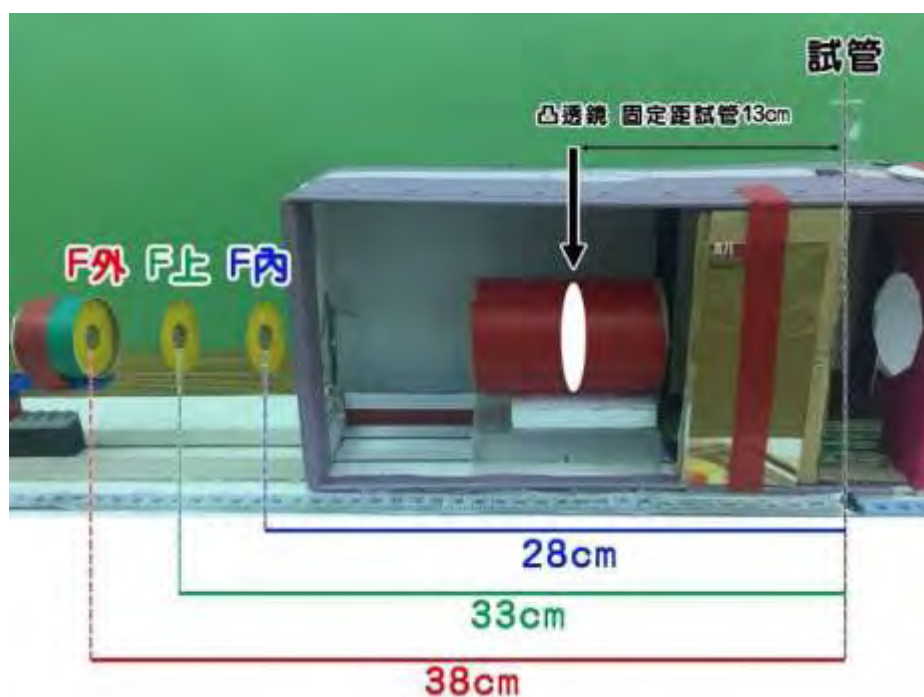
照射不同 UV 強度  
Vitamin B<sub>2</sub> 溶液

(四)利用凸透鏡聚光，測試照射不同 UV 強度的 Vitamin B<sub>2</sub> 溶液，Arduino 之 ADC 數位值變化分析。



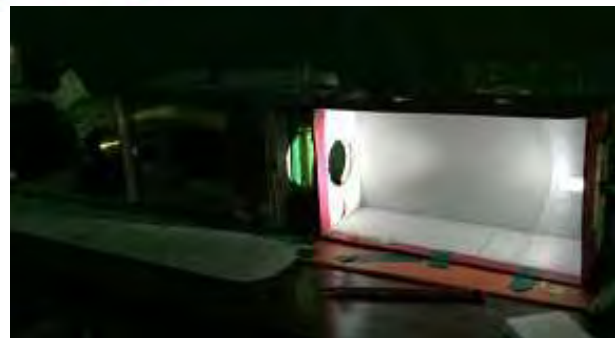
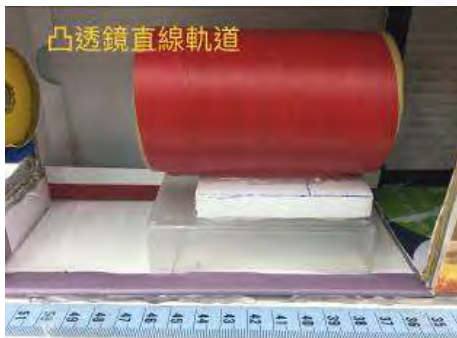
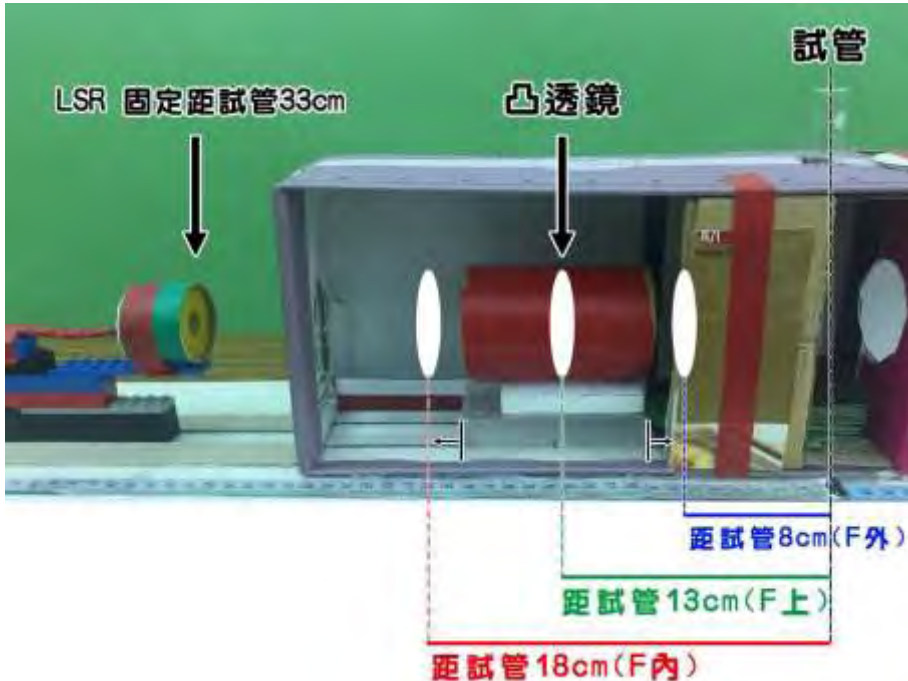
方法 1：固定凸透鏡距試管 13cm，移動 LSR。

- 1.利用名片盒及紙捲設計凸透鏡活動架，沿底部直線軌道可穩定維持前後移動方向。
- 2.將凸透鏡固定架設在試管與光敏電阻之間，並距試管 13cm 處。
- 3.將光敏電阻分別擺設在凸透鏡焦點(F)上、焦距內、焦距外。
- 4.測量照射不同 UV 強度的 Vitamin B<sub>2</sub> 溶液的 ADC 數位值並作圖分析。



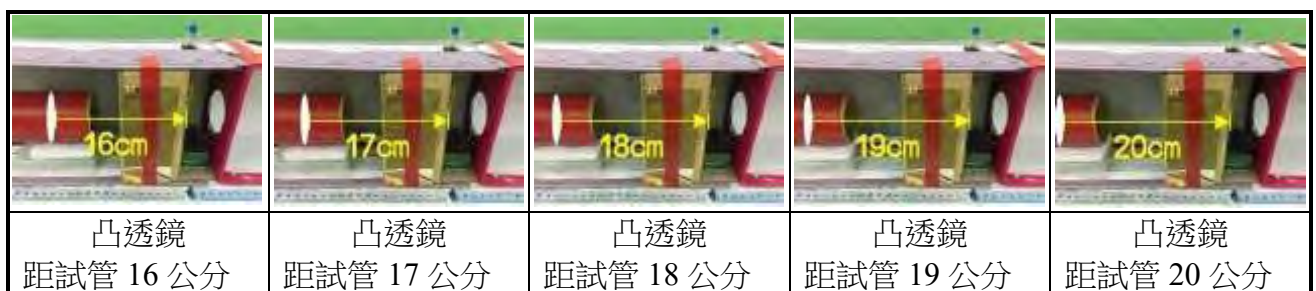
方法 2：固定 LSR 距試管 33cm，移動凸透鏡。

- 1.將光敏電阻固定不動在距試管 33cm 處，沿直線軌道移動凸透鏡位置，使 LSR 位置分別落在凸透鏡焦距外、焦點上、焦距內。
- 2.測量照射不同 UV 強度的 Vitamin B<sub>2</sub> 溶液的 ADC 數位值並作圖分析。



(五) LSR 在 F 內，微調凸透鏡距試管不同位置聚光，尋找趨勢線最大斜率之 ADC 數位值方法：

- 1.將研究五(四)中，ADC 數位值變化最明顯的位置組合做更細部的操作測試。
- 2.將光敏電阻固定(距試管 33 公分)，少量移動凸透鏡(距試管 16.17.18.19.20 公分)。
- 3.測量照射不同 UV 強度的 Vitamin B<sub>2</sub> 溶液的 ADC 數位值並作圖分析。





## 六、建立 Arduino 光敏電阻類比數位轉換法量測 UV 強度之檢驗標準曲線。

方法：

- 1.調整紫外線燈輸入的電壓強度與照光距離，用 UVM340 型(感應波長 280~390nm)紫外線強度計測量照射位置的 UV 強度值。
- 2.將不同濃度 (25 mg/L、50mg/L、75mg/L、100mg/L、125mg/L) 的 Vitamin B<sub>2</sub> 水溶液各取 12ml 倒入試管，置於紫外線箱中照射各不同強度 UV 15 分鐘。



- 3.照射不同強度 UV 後的各濃度 Vitamin B<sub>2</sub> 水溶液，倒入自製組裝的 UV 強度檢測儀之試管中，可測得 ADC 數位值，每支試管測試 3 次求平均值。
- 4.將實驗數據以 Sigmaplot10 作圖軟體繪出變化趨勢線圖，比較哪種濃度的趨勢線變化最明顯，即可作為檢驗標準曲線。當滑鼠游標在檢驗標準曲線上移動至指定之 ADC 數位值 (y 值) 時，即能自動顯現照射之 UV 強度值 (x 值)。

## 七、Vitamin B<sub>2</sub> 在物理防曬上的應用 (自製吸光物理防曬乳液)。

(一)自製吸光防曬乳液步驟：

**步驟一：**取 75mg/L 的 Vitamin B<sub>2</sub> 水溶液各 100ml，分別加入 1g、1.5g、2g、2.5g 的食品級甲基纖維素(C.M.C.)以磁石攪拌機攪拌 3 小時，再各以餵食針筒吸取 20ml，並在活塞上方固定一容器，慢慢盛入細沙，測量針筒中液體開始漏流之壓重，並與市售防曬乳液做比對，選擇最佳黏稠程度。



**步驟二：**準備 Vitamin B<sub>2</sub> 水溶液 100ml+甲基纖維素 2g 攪拌均勻的混合液 5 杯，再分別添加不同重量(0.5g、1g、1.5g、2g)的 TiO<sub>2</sub> 用磁石攪拌均勻，將混合液分別用塗佈棒塗抹相同的厚度在保鮮膜(PVDC)上，再貼在光譜儀的光線

接收孔，分析紫外光的穿透率。市售不同防曬係數(SPF)的防曬乳液也同上方法塗抹相同的厚度在保鮮膜上分析紫外光的穿透率。

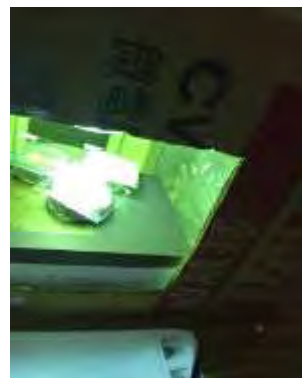
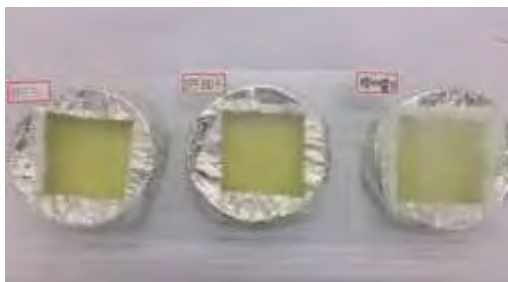


**步驟三：**以步驟二添加 1.5g TiO<sub>2</sub> 的自製防曬乳液秤重 100g，再添加 1c.c.甘油、微量香精用磁石攪拌均勻，增加塗抹潤滑度、保濕、觸感更佳、香氣芬芳。








## (二) 自製吸光防曬乳液防曬效果測試：

- 1.將 Vitamin B<sub>2</sub>(75mg/L)水溶液 18ml 倒入培養皿中，蓋上鋁箔紙，並在中央開一 4×4 cm<sup>2</sup> 的透光孔。
- 2.用針筒抽取自製與市售防曬乳液各 0.5ml，再以塗佈棒塗抹相同的厚度在玻璃片上，覆蓋在透光孔上方，放入紫外線箱中照射 UV(照射強度 15050 μw/cm<sup>2</sup>)。
- 3.每 30 分鐘將 Vitamin B<sub>2</sub> 溶液倒入試管測量 ADC 數位值。
- 4.本測試操作 3 次，以正確比較防曬效果。
- 5.同步驟二方法將自製防曬乳液塗抹相同的厚度在保鮮膜(PVDC)上分析紫外光的穿透率。



## 伍、研究結果

### 一、探討影響 Vitamin B<sub>2</sub> 變色的環境因子。

		
<p>Vitamin B<sub>2</sub> 不受低溫影響</p>	<p>Vitamin B<sub>2</sub> 持續沸水加熱 4 小時才明顯變淡</p>	
		
<p>Vitamin B<sub>2</sub> 加入酸性溶液穩定不變色 加入鹼性溶液顏色漸變淡。</p>	<p>Vitamin B<sub>2</sub> 照紫外線燈變色快且明顯</p>	<p>Vitamin B<sub>2</sub> 持續充打氧氣都不變色</p>

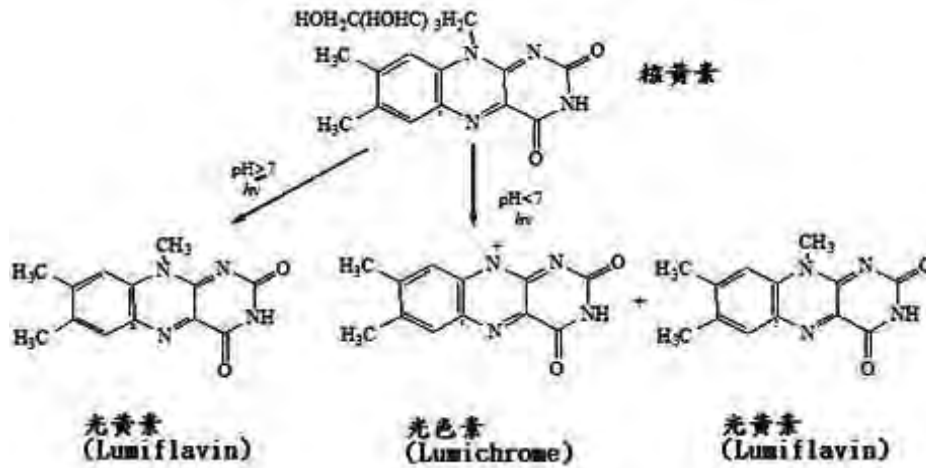
1. Vitamin B<sub>2</sub> 不受低溫影響，也很耐高溫，在沸水中持續加熱 2 小時才輕微變淡，3 小時後明顯變淡。
2. Vitamin B<sub>2</sub> 加入酸性溶液(鹽酸、硫酸、醋酸、硼酸)很穩定都不變色，在鹼性溶液(小蘇打、氨水、氫氧化鈉)中則不安定顏色漸變淡。
3. 以黃綠光為主的日光燈和波長較長的紅光燈都不會使 Vitamin B<sub>2</sub> 變色，但波長較短的藍紫光照射，可使 Vitamin B<sub>2</sub> 的顏色變淡，尤其在紫外線燈的照射下變色最快，且照射時間愈長，顏色愈淡。
4. Vitamin B<sub>2</sub> 不易氧化，持續充打氧氣都不變色。

### 二、探討 Vitamin B<sub>2</sub> 變色的原理。

Vitamin B<sub>2</sub> 又名核黃素，在中性和酸性溶液中對熱穩定，但在鹼性溶液中不穩定，易於分解破壞。游離核黃素對光特別是紫外光有高度的敏感性，引起核黃素降解的主要因素是光。

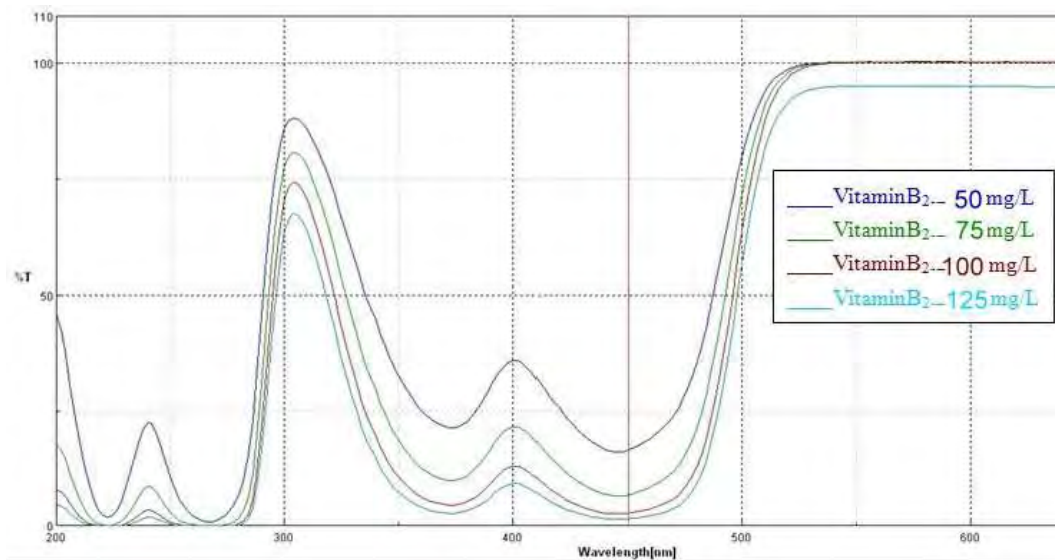
光降解反應分為兩個階段：第一階段是在光輻照表面的迅速破壞階段，第二階段為慢速階段，光的強度是決定整個反應速度的因素。酸性條件下，核黃素光解為光色素(Lumichrome)和少量光黃素(Lumiflavin)；鹼性或中性下光解生成為無生物活性的光黃素(Lumiflavin)。

光黃素是一種很強的氧化劑，它可以催化破壞維生素，若改用不透明容器存放就可避免這種現象的發生。

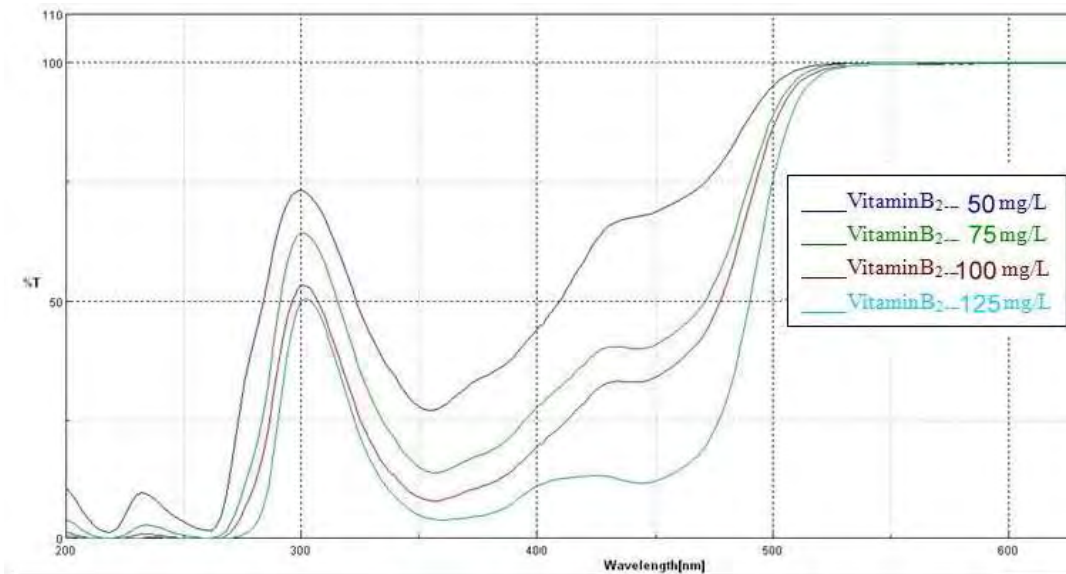


Vitamin B<sub>2</sub>(核黃素)受紫外光照射的分解機制  
 (資料來源 <http://www.foodmate.net/lesson/247/5.ppt>)

### 三、Vitamin B<sub>2</sub> 溶液照射陽光前後之光譜穿透率比較。



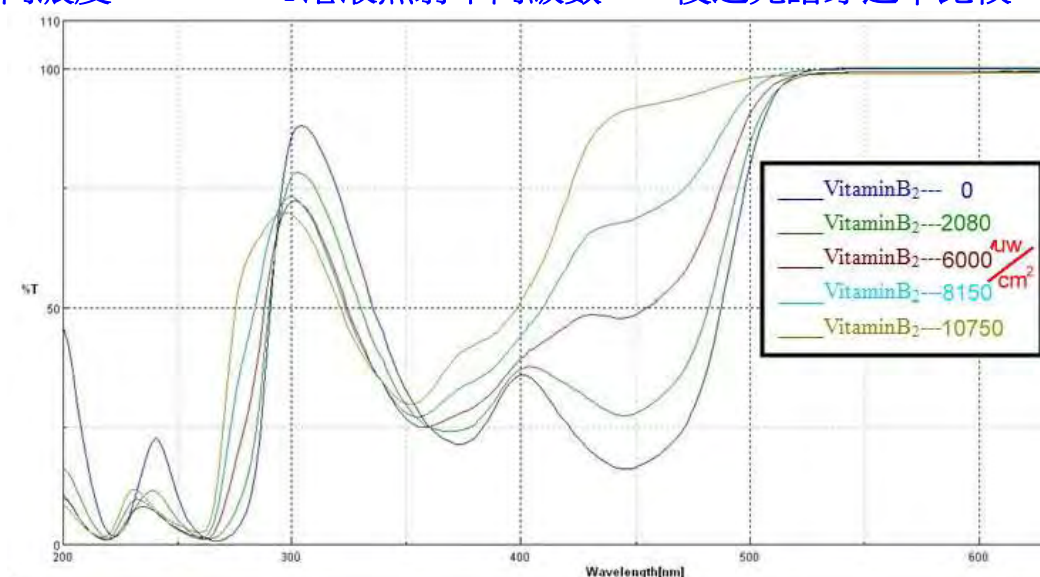
圖三-1：不同濃度 Vitamin B<sub>2</sub> 溶液未照光之光譜穿透率比較圖



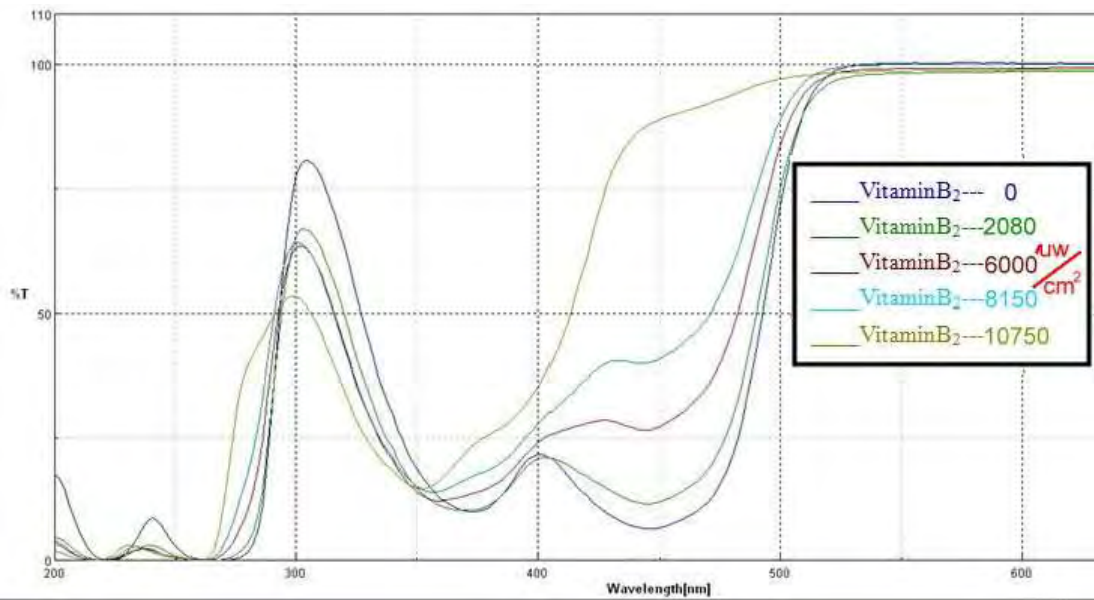
圖三-2：不同濃度 Vitamin B<sub>2</sub> 溶液照射陽光後（≐8300 $\mu\text{w}/\text{cm}^2$ 15min）光譜穿透率比較圖

1. 完全溶解的 Vitamin B<sub>2</sub> 溶液在波長 530nm 以上的穿透率是 100%，過飽和（125mg/L）的 Vitamin B<sub>2</sub> 溶液因有部分懸浮微粒而使穿透率降低。
2. 未照光 Vitamin B<sub>2</sub> 溶液在波長 530nm 以下偏藍紫光及波長 350nm~400nmUVA、280nm 以下 UVC 的範圍穿透率明顯降低，但在波長 400nm 和 290~320nmUVB 的波段時又有明顯的回升高點，穿透率上升(如圖三-1)。
3. 照射陽光後的 Vitamin B<sub>2</sub> 溶液，四種濃度顏色均有變淡的現象（濃度越低照陽光後顏色越淡）。以光譜分析儀照射，在波長 530nm 以下偏藍紫光至波長 360nm 以上 UVA 的範圍穿透率比照陽光前明顯上升，但在波長 350nm 以下 UVA、290~320nmUVB 及 260nm 以下 UVC 的波段穿透率反而下降、遮光效果增強(如圖三-2)。

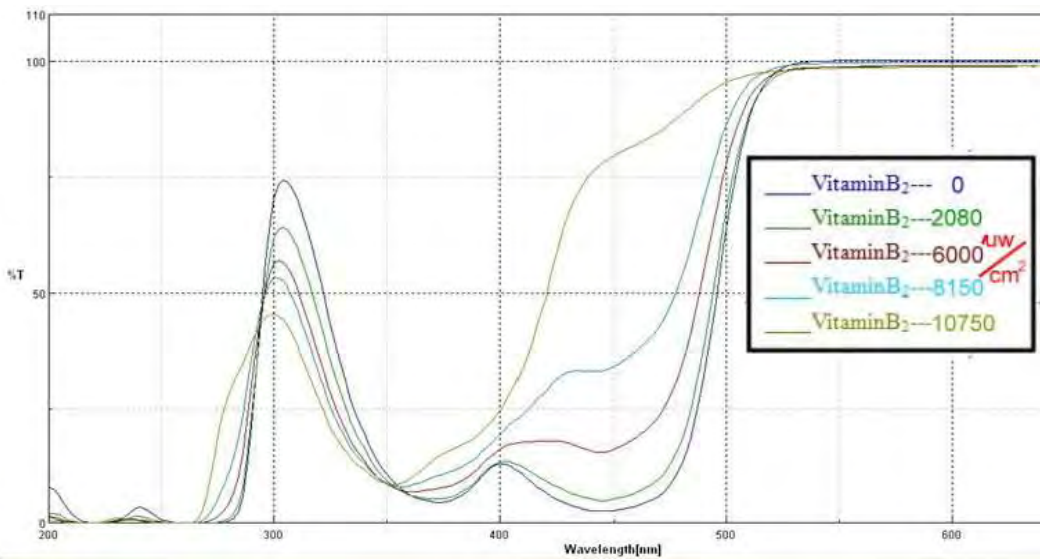
#### 四、不同濃度 Vitamin B<sub>2</sub> 溶液照射不同級數 UV 後之光譜穿透率比較。



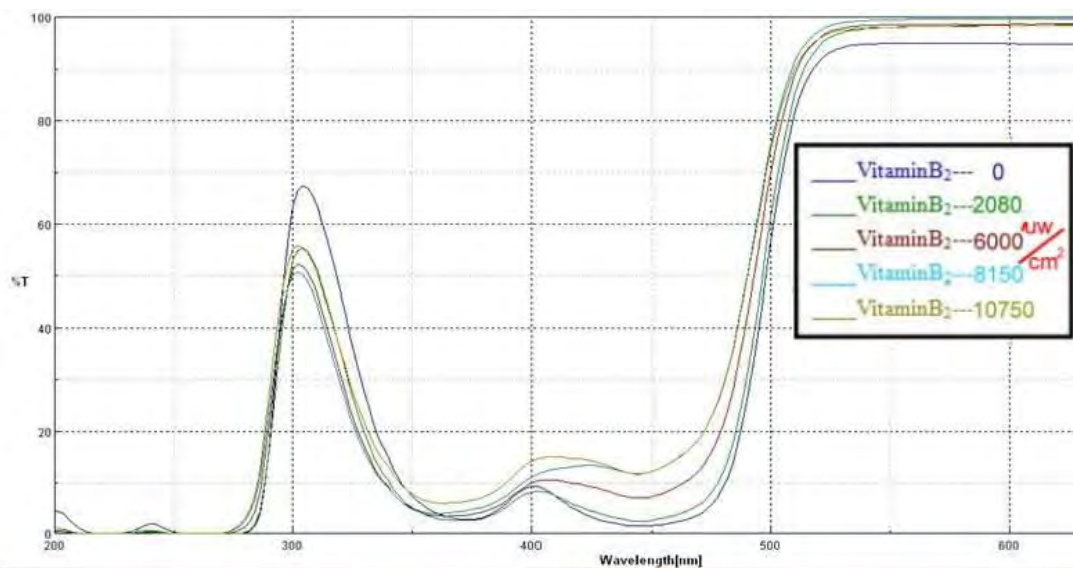
圖四-1：Vitamin B<sub>2</sub> 溶液（50mg/L）照射不同級數 UV 後之光譜穿透率變化圖







圖四-2：Vitamin B<sub>2</sub> 溶液（75mg/L）照射不同級數 UV 後之光譜穿透率變化圖



圖四-3：Vitamin B<sub>2</sub> 溶液（100mg/L）照射不同級數 UV 後之光譜穿透率變化圖



圖四-4：Vitamin B<sub>2</sub> 溶液（125mg/L）照射不同級數 UV 後之光譜穿透率變化圖

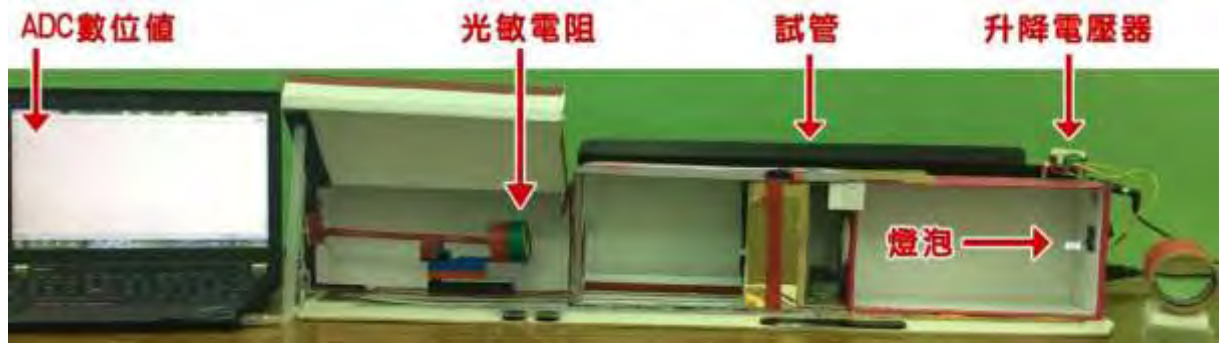
	
<p>過飽和的溶液 (125mg/L) 未溶解的粉末沉澱底部</p>	<p>未照射 UV 的四種濃度 Vitamin B<sub>2</sub> 溶液</p>
	
<p>照射 UV(6000<math>\mu\text{w}/\text{cm}^2</math>) 15 分鐘</p>	<p>照射 UV(10750<math>\mu\text{w}/\text{cm}^2</math>) 15 分鐘</p>

- 1.就 Vitamin B<sub>2</sub> 完全溶解的三個濃度來看 (圖四-1、四-2、四-3)，在波長 530nm 以下的可見光至 360nmUVA 的範圍，照射 UV 的能量越強、溶液的濃度越低，Vitamin B<sub>2</sub> 溶液的光譜穿透率就越高；但在 290~350nm 左右的紫外光部分，都有照射 UV 的能量越強、溶液的濃度越高，光譜穿透率反而越低的現象。
- 2.如圖四-4 過飽和的濃度 (125mg/L)，照射 UV 後顏色變淡的速度較慢，在波長 530nm 以下的可見光至 360nmUVA 的範圍，照射不同級數 UV 後的 Vitamin B<sub>2</sub> 溶液光譜穿透率變化差距較小。
- 3.如圖四-4 過飽和的濃度 (125mg/L) 照射紫外光的能量越強 (10750 $\mu\text{w}/\text{cm}^2$  以上)，因溫度明顯升高，增加了 Vitamin B<sub>2</sub> 的溶解度，提高了溶液中未被 UV 破壞的 Vitamin B<sub>2</sub> 比例，使波長 290~350nm 左右的光譜穿透率僅次於不照光的對照組，並沒有下降到最低。
- 4.既然 Vitamin B<sub>2</sub> 溶液照射 UV 後，在可見光 400~530nm 左右的範圍，穿透率有穩定上升趨勢，因此應可利用此特性，以此波長的可見光源來測試 Vitamin B<sub>2</sub> 溶液照射 UV 的強度。

## 五、組裝 Arduino 光敏電阻類比數位轉換法檢驗 UV 強度的量測工具。

### (一)Arduino 光敏電阻類比數位值轉換的原理

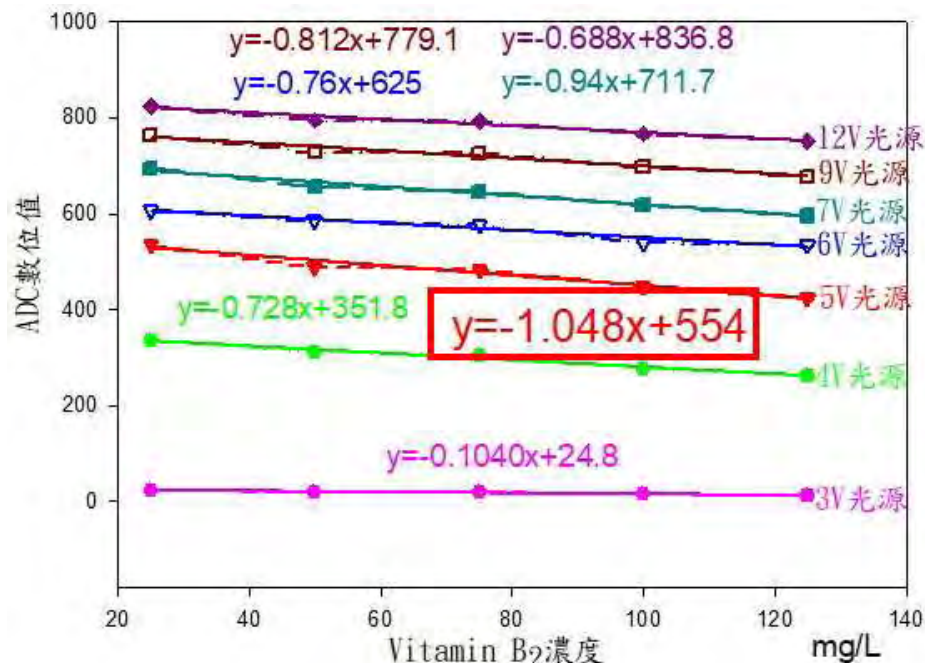
Arduino 接收到類比訊號時，必須使用類比數位轉換器(ADC)將類比訊號轉換成數位訊號。Arduino Uno 版的微處理器有 6 個 ADC，分別連接到 A0~A5 的類比輸入腳位。當類比輸入腳位讀取到外部的電壓值(0V~5V)後，經過 ADC 的轉換，會回傳一個 0 到 1023 的整數值來對應原本 0V~+5V 之間的電壓值。回傳的整數值將電壓值的大小分成 1024 段，所以 0 對應 0V，512 對應+2.5V，1023 則對應+5V。



(二)改變不同電壓強度的光源，穿透不同濃度的 Vitamin B<sub>2</sub> 溶液，ADC 數位值變化分析。

不同電壓強度的光源，穿透不同濃度的 Vitamin B<sub>2</sub> 溶液之 ADC 數位值變化紀錄表

ADC 數位值 \ 電壓 濃度	3V	4V	5V	6V	7V	9V	12V
25mg/L	23	335	534	606	694	763	823
50mg/L	18	310	488	585	654	728	794
75mg/L	18	304	484	576	646	726	792
100mg/L	14	276	448	539	617	697	766
125mg/L	12	261	423	534	595	677	751



圖五-2 不同電壓強度的光源，穿透不同濃度的 Vitamin B<sub>2</sub> 溶液之 ADC 值變化趨勢線圖

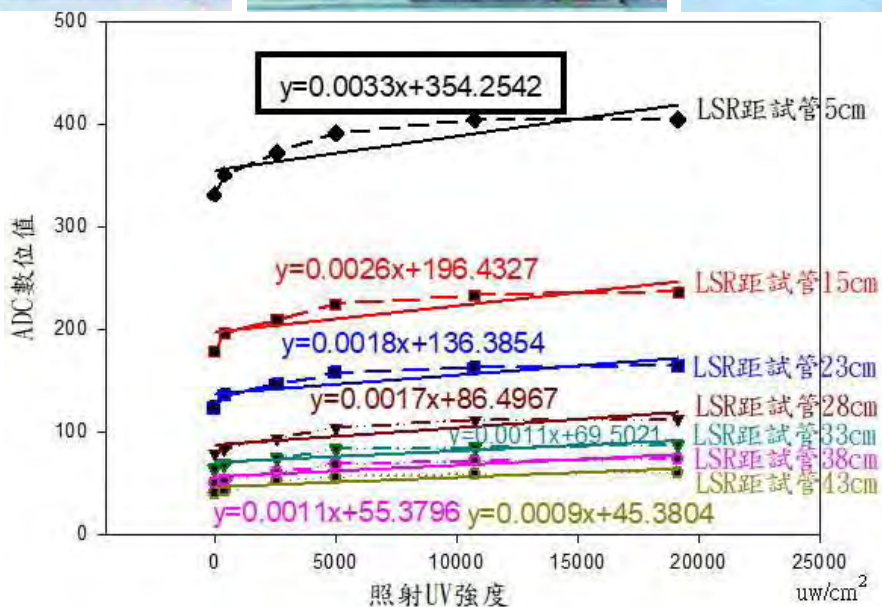
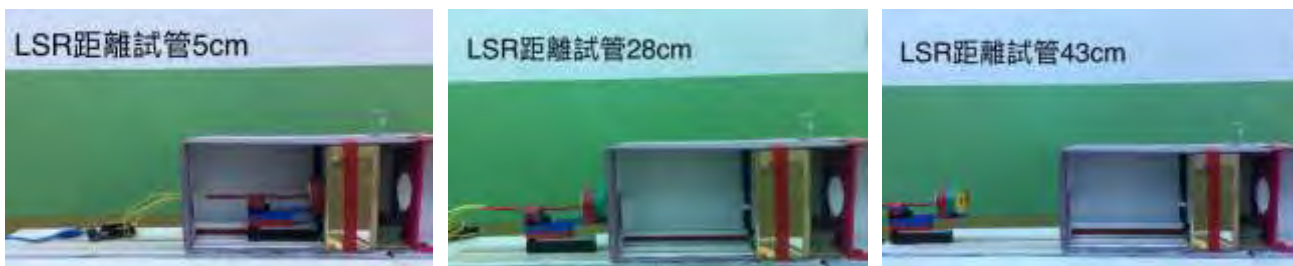
1. Vitamin B<sub>2</sub> 溶液濃度越低(25mg/L)顏色越淡，濃度越高(125mg/L)顏色越深。
2. 顏色越淡，ADC 數位值越大；顏色越深，ADC 數位值越小。
3. 以電壓強度 5V 的光源，穿透不同濃度的 Vitamin B<sub>2</sub> 溶液，測得的 ADC 數位值高低差最大，做變化趨勢線圖，其斜率(-1.048)負值最小最明顯，因此自製測量 UV 強度的儀器固定光源為 5V。



(三)遠近不同 LSR 位置，測試照射不同 UV 強度的 Vitamin B<sub>2</sub> 溶液，Arduino 之 ADC 數位值變化分析。

ADC 數位值		照射 UV 強度 $\mu\text{w}/\text{cm}^2$	0	425	2580	5000	10750	19140
LSR 位置								
LSR 與 試 管 距 離	43cm		40	42	52	56	58	60
	38cm		50	53	60	68	71	73
	33cm		63	68	74	83	84	87
	28cm		79	83	93	104	111	112
	23cm		123	135	146	157	162	164
	15cm		178	196	209	224	233	236
	5cm		331	350	372	391	404	404

LSR(light sensitive resistor)光敏電阻器



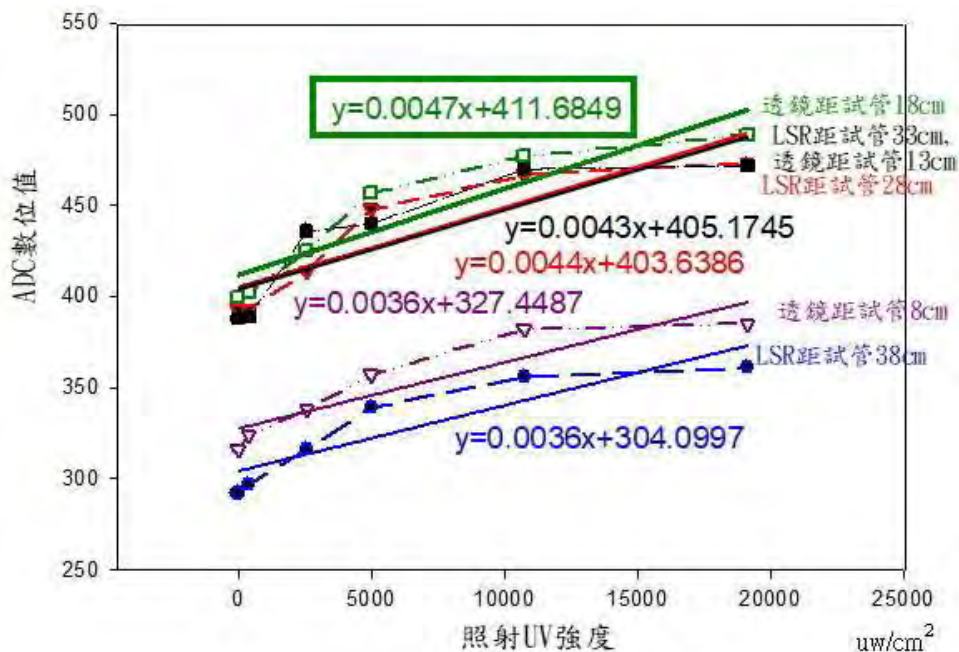
圖五-3 遠近不同 LSR 位置測試照射不同 UV 強度的 Vitamin B<sub>2</sub> 溶液，ADC 數位值變化趨勢線圖

1. Vitamin B<sub>2</sub> 溶液照射 UV 後顏色會變淡，照射 UV 強度越強(19140 $\mu\text{w}/\text{cm}^2$ )顏色變越淡。
2. 顏色越淡，ADC 數位值越大；未照光的溶液顏色最深，ADC 數位值最小。
3. 光敏電阻(LSR)位置距試管(光源)越近，測得的 ADC 數位值越大。本實驗以 LSR 距試管 5cm，穿透照射不同強度 UV 後的 Vitamin B<sub>2</sub> 溶液，測得的 ADC 數位值高低差最大，做變化趨勢線圖，其斜率(+0.0033)最大最明顯。

(四)利用凸透鏡聚光，測試照射不同 UV 強度的 Vitamin B<sub>2</sub> 溶液，Arduino 之 ADC 數位值變化分析。

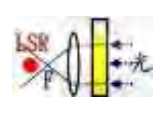

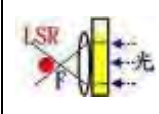
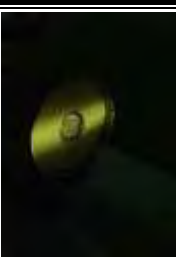
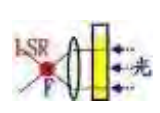

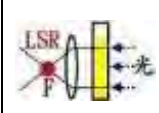


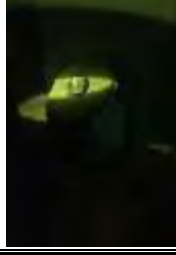

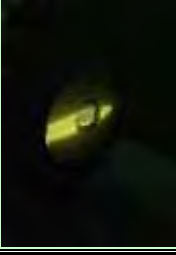
ADC 數位值 / LSR 位置		照射 UV 強度 μw/cm <sup>2</sup>	0	425	2580	5000	10750	19140
			LSR 位置					
凸透鏡 固定 距 試管 13cm	LSR 在 F 外 距試管 38cm		292	297	316	339	356	361
	LSR 在 F 上 距試管 33cm		388	389	436	440	470	472
	LSR 在 F 內 距試管 28cm		393	393	414	448	467	473
LSR 固定 距 試管 33cm	LSR 在 F 外 透鏡距試管 8cm		315	324	338	357	382	385
	LSR 在 F 上 透鏡距試管 13cm		388	389	436	440	470	472
	LSR 在 F 內 透鏡距試管 18cm		400	402	425	457	477	489

\*LSR(light sensitive resistor)光敏電阻器



圖五-4 利用凸透鏡聚光，測試照射不同 UV 強度的 Vitamin B<sub>2</sub> 溶液，ADC 數位值變化趨勢線圖

放入試管後 光敏電阻 LSR 亮度呈現比較

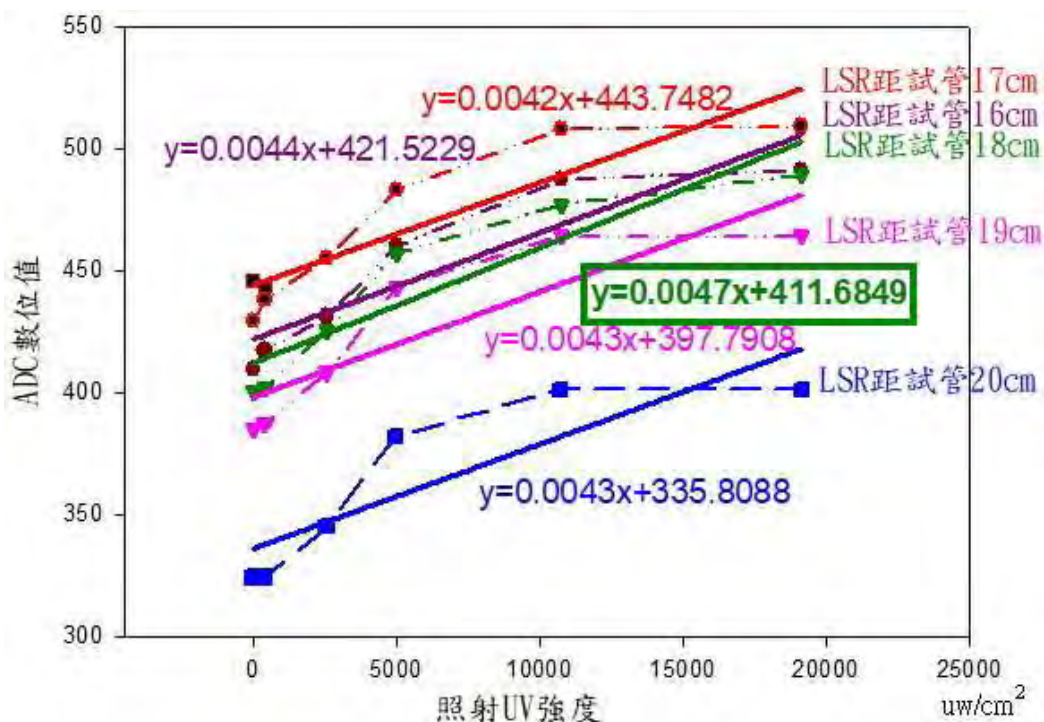
凸透鏡 固定	LSR 在 F 外 距試管 38cm			LSR 固定	LSR 在 F 外 透鏡距試管 8cm		
	LSR 在 F 上 距試管 33cm				LSR 在 F 上 透鏡距試管 13cm		
	LSR 在 F 內 距試管 28cm				LSR 在 F 內 透鏡距試管 18cm		
距 試管 13c m							

- 1.分別採用兩種方式進行實驗測試：一種**固定凸透鏡**位置，再移動 LSR 使其落在透鏡的 F 外、F 上和 F 內；另一種則**固定 LSR** 位置，再移動凸透鏡，使 LSR 也分別落在透鏡的 F 外、F 上和 F 內，如紀錄表中 6 種操作組合模式。
- 2.Arduino 之 ADC 數位值大小變化與光敏電阻(LSR)**接受光的能量強度**及**受光面積**有關，因此不全然 LSR 位置在凸透鏡的焦點 F 上或距光源(試管)較近時，測得的 ADC 數位值就一定較大。適度向後移動調整**凸透鏡**位置(遠離光源**距試管 18cm**)，使 **LSR 落在**離焦點偏移一點點的 **F 內**(如紀錄表最後一組)，反而測得的 ADC 數位值高低差最大，做變化趨勢線圖，其**斜率(+0.0047)**最大最明顯。

(五) LSR 在 F 內，微調凸透鏡距試管不同位置聚光，尋找趨勢線最大斜率之 ADC 數位值

ADC 數位值		照射 UV 強度 $\mu\text{w}/\text{cm}^2$		0	425	2580	5000	10750	19140
		LSR 位置							
LSR 固定	LSR 在 F 內 透鏡距試管 16 cm			409	417	431	460	487	491
	LSR 在 F 內 透鏡距試管 17 cm			429	438	455	483	508	509
距試管 33cm	LSR 在 F 內 透鏡距試管 18 cm			400	402	425	457	477	489
	LSR 在 F 內 透鏡距試管 19 cm			385	387	408	443	464	464
	LSR 在 F 內 透鏡距試管 20 cm			324	324	345	382	401	401

\*LSR(light sensitive resistor)光敏電阻器



圖五：LSR 固定並在 F 內，微調凸透鏡距試管不同位置，光穿透溶液後 ADC 數位值變化趨勢線圖

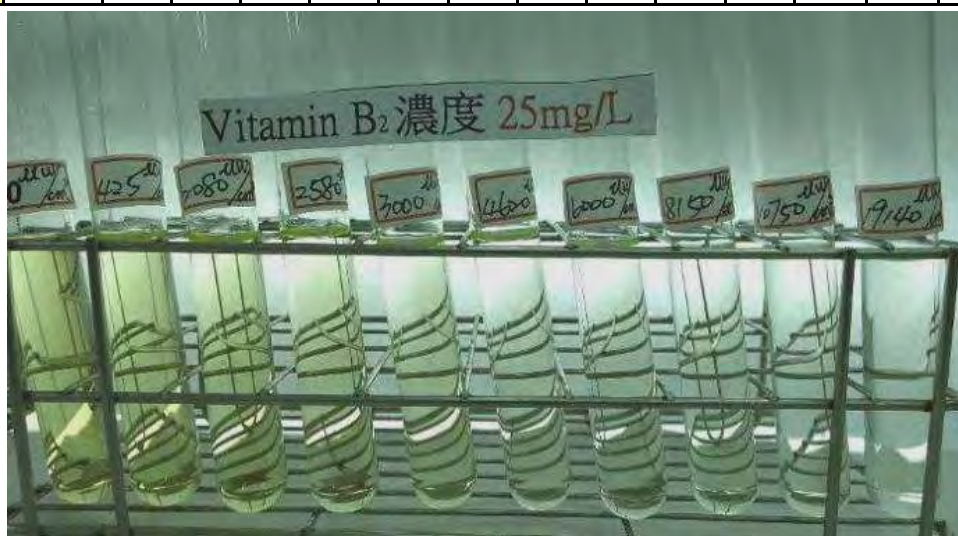
LSR 在焦點 F 內，微調凸透鏡距試管 18 cm 的位置聚光，光穿透溶液後測得的 ADC 數位值高低差最大，做變化趨勢線圖，其斜率(+0.0047)最大最明顯。

## 六、建立 Arduino 光敏電阻類比數位轉換法量測 UV 強度之檢驗標準曲線。

Arduino 光敏電阻類比數位轉換法檢驗 Vitamin B<sub>2</sub> 溶液曝曬之紫外線強度

表六-1：Vitamin B<sub>2</sub> 濃度 25mg/L

UV 強度 $\mu\text{w}/\text{cm}^2$	0 (對照組)	220	425	1630	2080	2580	3000	3530	4620	6000	6950	8150	9760	10750	15050	19140
曝曬級數		微量級			低量級			中量級		過量級		危險級				
照射時間 Min	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15
ADC 轉換 後之數位值	444	446	451	454	455	462	463	463	464	467	467	467	470	477	484	489



表六-2：Vitamin B<sub>2</sub> 濃度 50mg/L

UV 強度 $\mu\text{w}/\text{cm}^2$	0 (對照組)	220	425	1630	2080	2580	3000	3530	4620	6000	6950	8150	9760	10750	15050	19140
曝曬級數		微量級			低量級			中量級		過量級		危險級				
照射時間 Min	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15
ADC 轉換 後之數位值	422	425	431	434	435	435	439	442	450	455	461	465	473	477	485	489



表六-3：Vitamin B<sub>2</sub> 濃度 75mg/L

UV 強度 μw/cm <sup>2</sup>	0 (對照組)	220	425	1630	2080	2580	3000	3530	4620	6000	6950	8150	9760	10750	15050	19140
曝曬級數	微量級			低量級			中量級		過量級			危險級				
照射時間 Min	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15
ADC 轉換 後之數位值	400	401	402	412	417	425	427	431	437	446	453	461	471	477	483	489



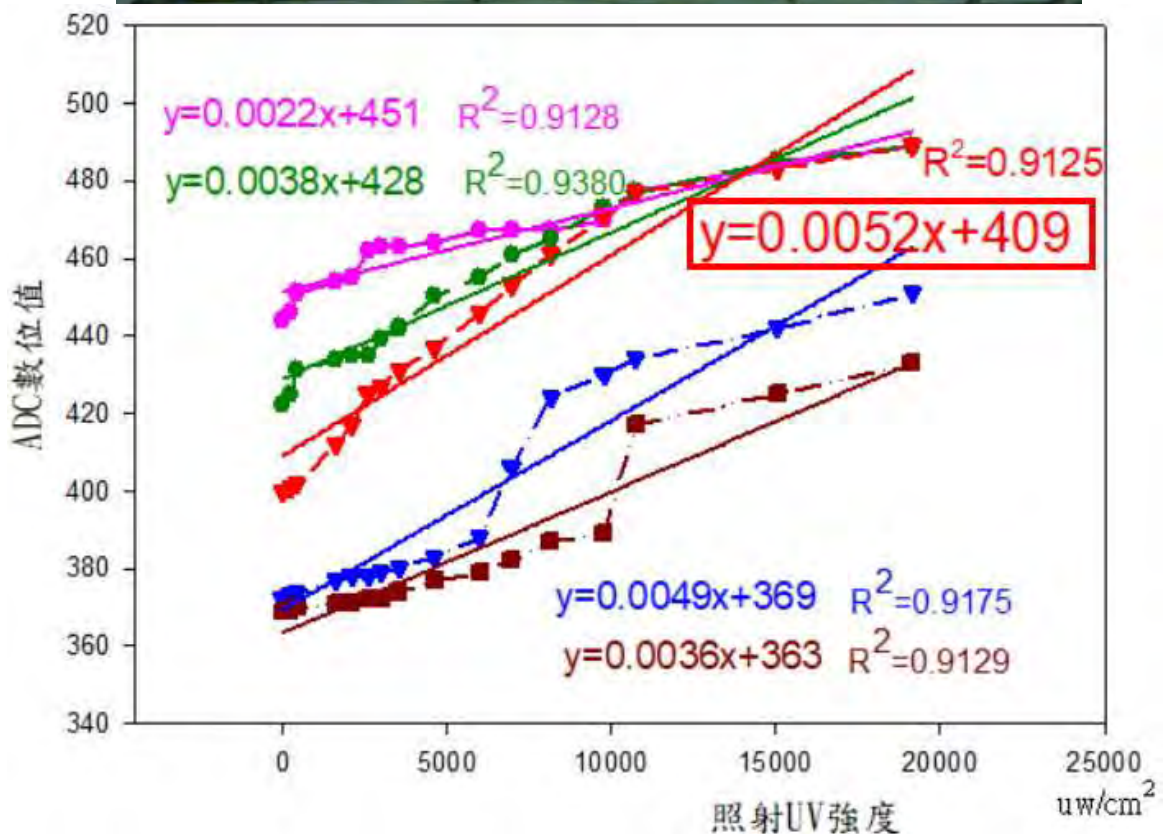
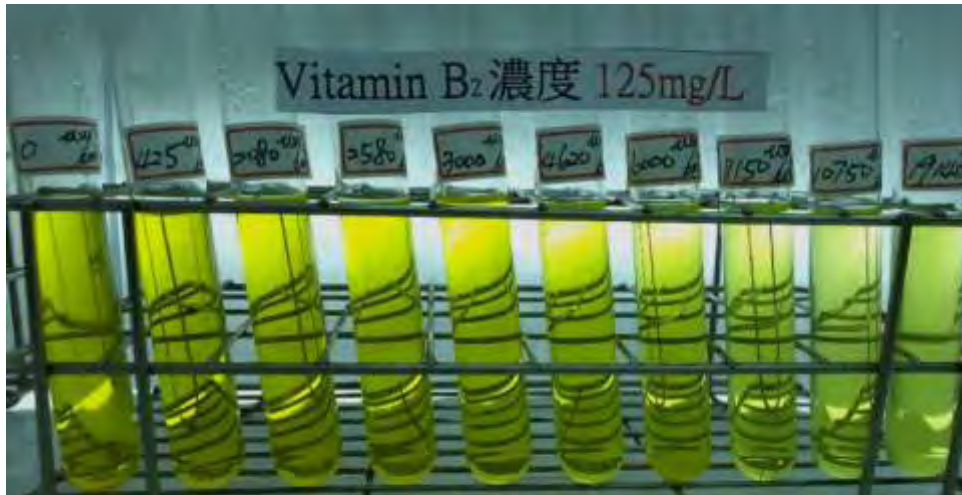
表六-4：Vitamin B<sub>2</sub> 濃度 100mg/L

UV 強度 μw/cm <sup>2</sup>	0 (對照組)	220	425	1630	2080	2580	3000	3530	4620	6000	6950	8150	9760	10750	15050	19140
曝曬級數	微量級			低量級			中量級		過量級			危險級				
照射時間 Min	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15
ADC 轉換 後之數位值	372	373	374	377	378	378	379	380	383	388	406	424	430	434	442	451

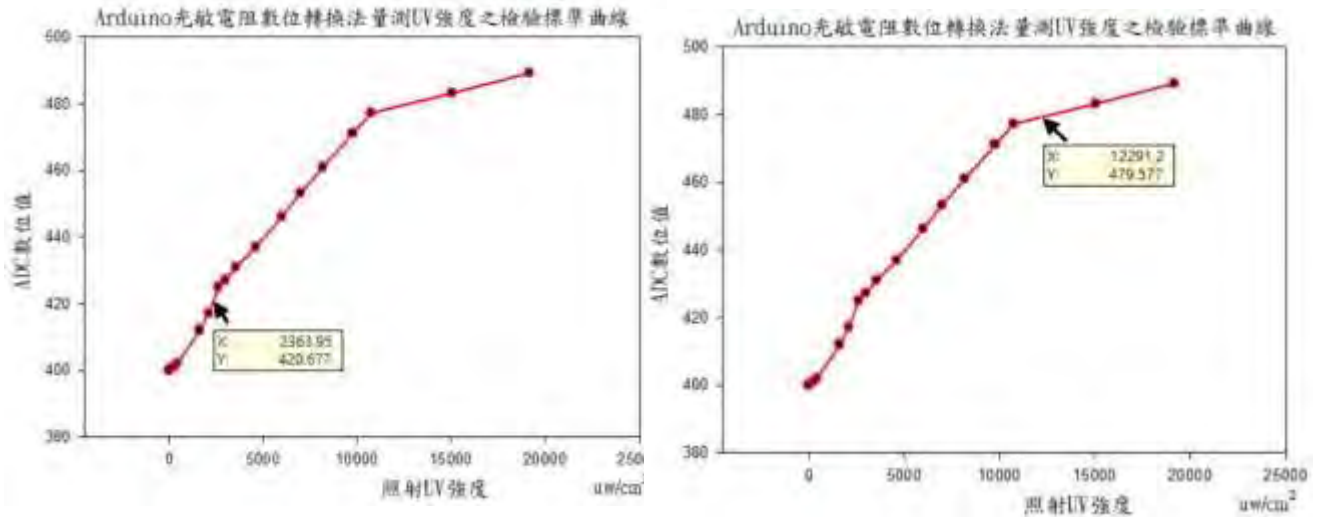


表六-5：Vitamin B<sub>2</sub> 濃度 125mg/L

UV 強度 μw/cm <sup>2</sup>	0 (對照組)	220	425	1630	2080	2580	3000	3530	4620	6000	6950	8150	9760	10750	15050	19140
曝曬級數	微量級			低量級			中量級		過量級			危險級				
照射時間 Min	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15
ADC 轉換 後之數位值	369	369	370	371	371	372	372	374	377	379	382	387	389	417	425	433



圖六-1:光敏電阻類比數位轉換法量測不同濃度 Vitamin B<sub>2</sub> 溶液照射不同強度 UV15min 後之 ADC 值變化趨勢線圖



圖六-2:Arduino 光敏電阻類比數位轉換法量測 UV 強度之檢驗標準曲線圖

- 1.五種濃度的 Vitamin B<sub>2</sub> 溶液，都有照射 UV 的強度(能量)越高，所得的 ADC 數位值越高的趨勢，五種濃度的 R<sup>2</sup> 值都在 0.91 以上。
2. Vitamin B<sub>2</sub> 溶液以濃度 75mg/L 照射不同強度 UV 後，測得的 ADC 數位值變化趨勢線斜率(0.0052)較大，最適合做為檢驗照射 UV 強度之標準曲線。
- 3.如圖六-2，當滑鼠游標在檢驗標準曲線上移動至指定之 ADC 數位值 (y 值) 時，即能自動顯現照射之 UV 強度值 (x 值)。

## 七、Vitamin B<sub>2</sub> 在物理防曬上的應用 (自製吸光物理防曬乳液)。

(一) 自製吸光防曬乳液步驟：

步驟一結果：

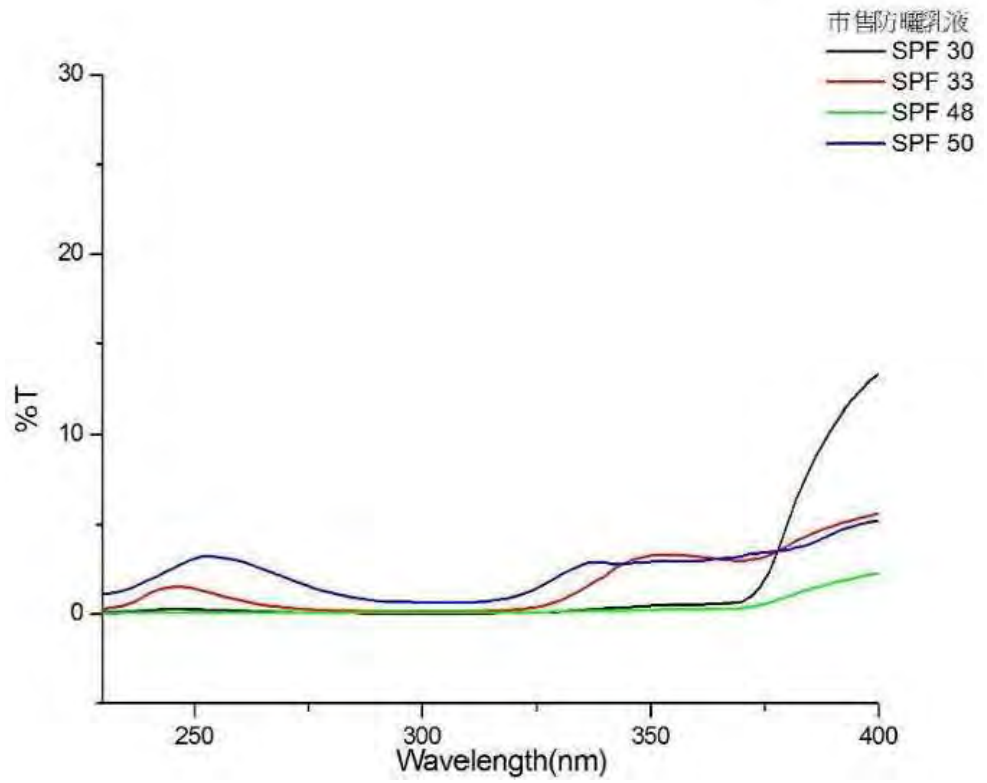
測試樣品	Vitamin B <sub>2</sub> 溶液 100ml 添加食品級 C.M.C.的量				市售防曬乳液		
	2.5g	2g	1.5g	1g	SPF50 <sup>+</sup>	SPF48	SPF30
漏流壓重(克)	1320	938	880	740	954	939	945



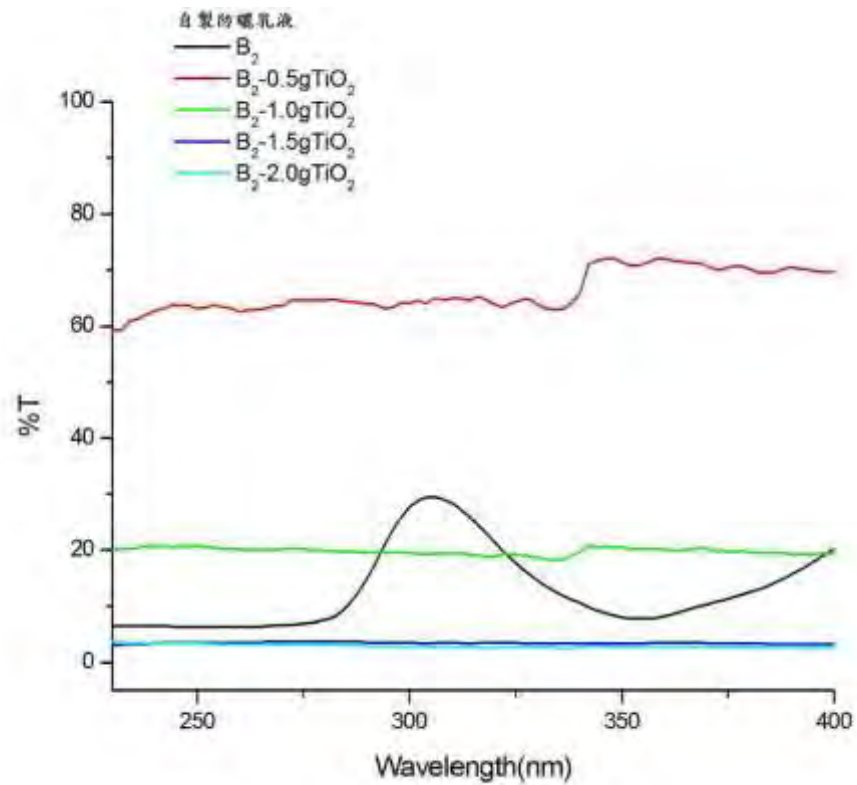
- 1.Vitamin B<sub>2</sub> 溶液 100ml 添加 1g 甲基纖維素的黏稠度稀，漏流壓重最輕，添加 2.5g 則太黏稠；每 100ml 添加 2g 的 C.M.C.均勻攪拌後，與市售防曬乳液做比對，測得的漏流壓重數值最接近，黏稠程度相當。
- 2.市售防曬乳液黏稠度都很相近，與 SPF 值無關。



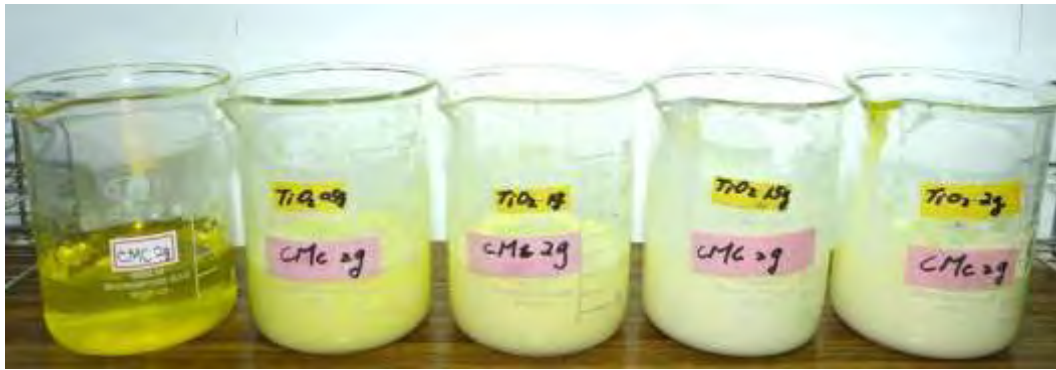
步驟二結果：



圖七-2-1:市售防曬乳液光譜穿透率比較圖



圖七-2-2:Vitamin B<sub>2</sub>+C.M.C. 2g+不同重量 TiO<sub>2</sub> 光譜穿透率比較圖



1. 紫外光對市售防曬乳液的穿透率都很低且非常接近，不同 SPF 值防曬乳液對瞬間的紫外線都有很好的遮蔽效果，差別可能在有效防曬時間的差異。
2. 自製防曬乳液會因添加 TiO<sub>2</sub> 的量增加而使 UV 穿透率降低，每 100ml 添加 1.5g 就有很好的遮蔽效果，和市售防曬乳液的效果相當。添加 TiO<sub>2</sub> 的量太少則 UV 反而容易從塗抹層 TiO<sub>2</sub> 的凝集顆粒間隙穿透，遮蔽效果不佳。
3. Vitamin B<sub>2</sub> 溶液添加甲基纖維素呈黏稠狀，塗抹薄薄的一層比液態的 Vitamin B<sub>2</sub> 溶液穿透率更低(對照圖三-1 得知)。

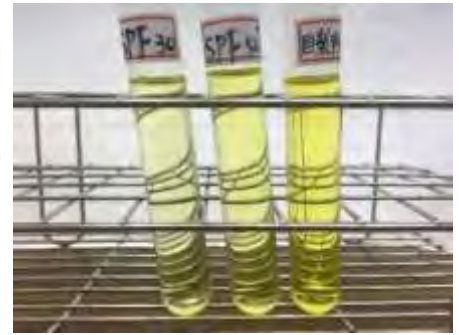
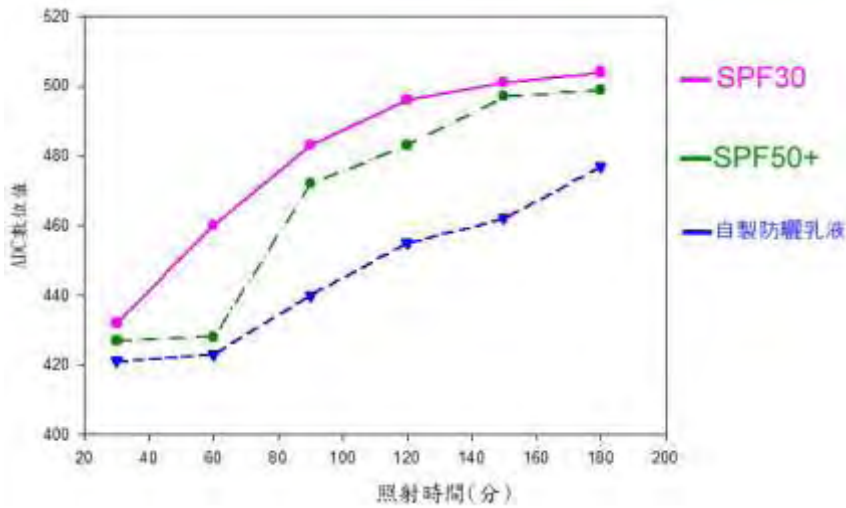
**步驟三結果：**自製防曬乳液添加甘油、香精，可增加塗抹潤滑度、保濕、觸感更佳、香氣芬芳。



(二) 自製吸光防曬乳液防曬效果測試：

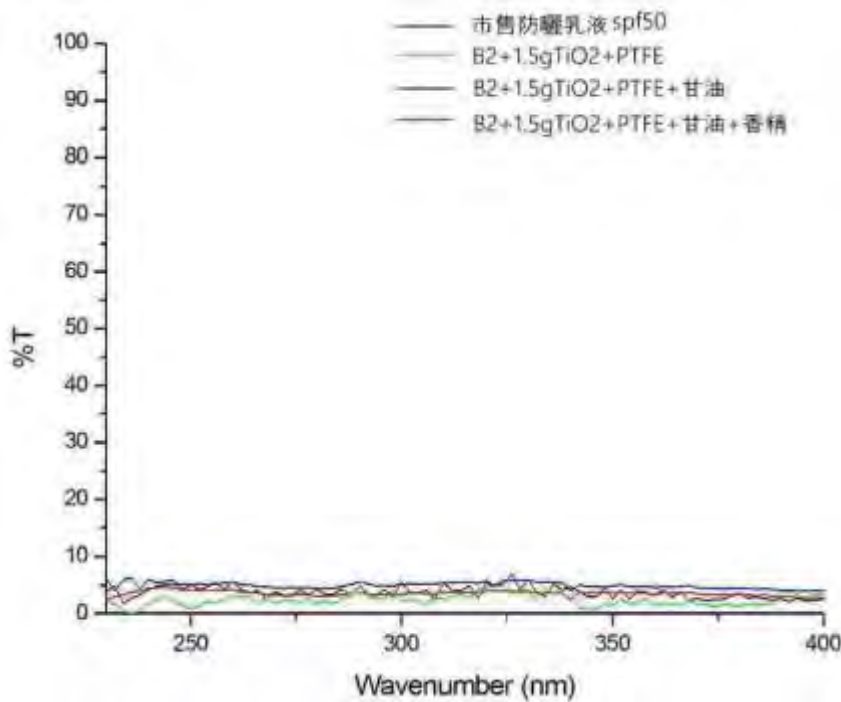
自製與市售防曬乳液覆蓋 Vitamin B<sub>2</sub> 溶液照射 UV 後 ADC 數位值變化比較表

ADC 數位值 樣品		照 值					
		30 分鐘	60 分鐘	90 分鐘	120 分鐘	150 分鐘	180 分鐘
市售 防曬 乳	SPF30	432	460	483	496	501	504
	SPF50 <sup>+</sup>	427	428	472	483	497	499
自製防曬乳液		421	423	440	455	462	477



照射 UV15050  $\mu\text{w}/\text{cm}^2$  180 分鐘

圖七-3-1:自製與市售防曬乳液覆蓋 Vitamin B<sub>2</sub> 溶液  
照射 UV 後 ADC 數位值變化比較圖



圖七-3-2: 自製吸光物理防曬乳液光譜穿透率比較圖

- 1.本實驗因照射 UV 強度高達危險級，因此無論塗抹市售或自製防曬乳液照射 UV30 分鐘以後，Vitamin B<sub>2</sub> 溶液就開始變淡，照射時間越長顏色越淡，ADC 值越高。
- 2.覆蓋 SPF 值越高的防曬乳液，Vitamin B<sub>2</sub> 溶液變淡所需時間越長，表示 UV 越不易穿透，可以延長遮蔽保護的時間。
- 3.自製防曬乳液採用無毒無刺激性的材料製作，ADC 值變化曲線最偏右下方，抗 UV 的能力比 SPF50 的市售防曬乳液更強。自製乳液中的 Vitamin B<sub>2</sub> 照射 UV 後，鍵結不斷被破壞並吸收紫外光，可降低 UV 穿透率。而市售乳液使用的材料繁多，且含對皮膚刺激性較大的防腐劑，使用後需加強卸妝。
- 4.自製防曬乳液添加 PTFE、甘油和精油不影響其抗 UV 的能力，塗抹薄薄的一層，其光譜穿透率幾乎都在 5% 以下，依然有很好的遮 UV 效果。

## 陸、討論

- 一、Vitamin B<sub>2</sub> 耐高溫，在沸水中持續加熱沸騰很久才會變淡，在酸性溶液中很穩定都不變色，在鹼性溶液中則不安定顏色很快變淡。波長較長的可見光不會使 Vitamin B<sub>2</sub> 變色，但短波長的藍紫光照射後則顏色變淡，尤其在紫外線燈的照射下變色最快，且照射時間愈長，顏色愈淡。Vitamin B<sub>2</sub> 不易氧化，持續充打氧氣都不變色。
- 二、酸性條件下，Vitamin B<sub>2</sub> (核黃素)光解為光色素(Lumichrome)和少量光黃素 (Lumiflavin)，鹼性或中性下光解生成光黃素 (Lumiflavin)，光黃素是一種很強的氧化劑，它可以催化破壞維生素，Vitamin B<sub>2</sub> 照射 UV 後，鍵結不斷被破壞並吸收紫外光，可降低 UV 穿透率。
- 三、Vitamin B<sub>2</sub> 溶液照射陽光前後之光譜穿透率有明顯變化：
  - (一)未照光 Vitamin B<sub>2</sub> 溶液在波長 530nm 以下偏藍紫光及波長 350nm~400nmUVA、280nm 以下 UVC 的範圍穿透率明顯降低，但在波長 400nm 和 290~320nmUVB 的波段時又有明顯的回升高點，穿透率上升、遮光效果下降。
  - (二)照射陽光後的 Vitamin B<sub>2</sub> 溶液，在波長 530nm 以下偏藍紫光及波長 360nm 以上 UVA 的範圍，因溶液顏色變淡，穿透率比照陽光前明顯上升，但在波長 350nm 以下 UVA、290~320nmUVB 及 260nm 以下 UVC 的波段穿透率反而下降、遮光效果增強。
- 四、同濃度 Vitamin B<sub>2</sub> 溶液照射不同級數 UV 後之光譜穿透率比較：

就 Vitamin B<sub>2</sub> 完全溶解的三個濃度來看，在波長 530nm 以下的可見光部分，照射 UV 的能量越強，Vitamin B<sub>2</sub> 溶液的光譜穿透率越高；但在 290~350nm 左右的紫外光部分，都有照射 UV 的能量越強，光譜穿透率反而越低的現象。
- 五、組裝 Arduino 光敏電阻類比數位(ADC 值)轉換法檢驗 UV 強度的量測工具:
  - (一)Vitamin B<sub>2</sub> 溶液濃度越低，顏色越淡，ADC 數位值越大；以電壓強度 5V 的 LED 光源，穿透不同濃度的 Vitamin B<sub>2</sub> 溶液，測得的 ADC 數位值高低差最大，變化趨勢線圖斜率最明顯。
  - (二)無凸透鏡聚光時，光敏電阻(LSR)位置距試管(光源)越近，測得的 ADC 數位值越大。
  - (三)Arduino 之 ADC 數位值大小變化與光敏電阻(LSR)接受光的能量強度及受光面積有關，因此不全然 LSR 位置在凸透鏡的焦點 F 上或距光源(試管)較近時，測得的 ADC 數位值就一定較大。適度向後移動調整凸透鏡位置(遠離光源距試管 18cm)，使 LSR 落在離焦點偏移一點點的 F 內，測得的 ADC 數位值高低差最大，做變化趨勢線圖，其斜率(+0.0047)最大最明顯。

六、Vitamin B<sub>2</sub> 溶液，都有照射 UV 的強度(能量)越高，以 Arduino 光敏電阻(LSR)類比數位轉換法測得的 ADC 數位值也越高的趨勢，五種濃度的 R<sup>2</sup> 值都在 0.91 以上。Vitamin B<sub>2</sub> 溶液以濃度 75mg/L 照射不同強度 UV 後，測得的 ADC 數位值變化趨勢線斜率最大，最適合做為檢驗照射 UV 強度之標準曲線。當滑鼠游標在檢驗標準曲線上移動至指定之 ADC 數位值 (y 值) 時，即能自動顯現照射之 UV 強度 (x 值)。

七、Vitamin B<sub>2</sub> 在防曬上的應用 (自製吸光物理防曬乳液)：

- (一)自製防曬乳液以每 100ml Vitamin B<sub>2</sub> 溶液添加 2g 甲基纖維素的黏稠度最適合。
- (二)自製防曬乳液會因添加 TiO<sub>2</sub> 的量增加而使 UV 穿透率降低，每 100ml 添加 1.5g 就有很好的遮蔽效果，和市售防曬乳液的效果相當。
- (三)自製防曬乳液添加鐵氟龍可增加疏水性，遇水不易流失。添加甘油、香精，可增加塗抹潤滑度、保濕、觸感更佳、香氣芬芳。
- (四)自製防曬乳液抗 UV 的能力比 SPF50+ 的市售防曬乳液更強，ADC 數位值變化曲線最偏右下方。利用 Vitamin B<sub>2</sub> 溶液覆蓋塗抹防曬乳液的玻璃片，再照射 UV 後測量 ADC 數位值的方法，可比較市售與自製防曬乳液遮蔽保護的效果。
- (五)自製防曬乳液使用的材料比市售乳液精簡，且無毒、無刺激性，光譜穿透率幾乎都在 5% 以下，遮 UV 效果佳。

## 柒、結論

- 一、照射陽光後的 Vitamin B<sub>2</sub> 溶液顏色會變淡。以光譜分析儀照射，在波長 530nm 以下偏藍紫光至波長 360nm 以上 UVA 的範圍穿透率比照陽光前明顯上升，因此我們利用波長 470nm 左右的 LED 燈穿透照射 UV15 分鐘後的 Vitamin B<sub>2</sub> 溶液，以 Arduino 光敏電阻 (LSR)類比數位轉換法測得的 ADC 數位值來判定曝曬之紫外線強度，成功的建立檢驗照射紫外線強度的標準曲線。
- 二、以 5V5W 的 LED 燈作為照射穿透光源，在插入 Vitamin B<sub>2</sub> 溶液的試管與光敏電阻間固定一凸透鏡距試管 18 cm 的位置聚光，使固定距試管 33cm 的 LSR 落在些微偏離焦點的 F 內，光穿透照射不同強度 UV 後的溶液測得的 ADC 數位值變化趨勢線，其斜率最大最明顯，依此模式成功組裝檢驗 UV 強度的自製量測工具。
- 三、Vitamin B<sub>2</sub> 溶液以濃度 75mg/L 照射不同強度 UV 後，測得的 ADC 數位值變化趨勢線斜率最大，R<sup>2</sup> 值達 0.91 以上，最適合做為檢驗 UV 強度的標準溶液，當滑鼠游標在檢驗標準曲線上移動至指定之 ADC 數位值(y 值)時，即能自動顯現照射之 UV 強度(x 值)μw/cm<sup>2</sup>。
- 四、Vitamin B<sub>2</sub> 水溶液照射 UV 後，在波長 350nm 以下 UVA、290~320nmUVB 及 260nm 以下 UVC 的波段穿透率反而下降、遮光效果佳。雖然顏色越透明，但 Vitamin B<sub>2</sub> 鍵結不斷被破壞並吸收紫外光，UV 波段的光譜穿透率不升反降，於是利用 Vitamin B<sub>2</sub> 此特性，結合無毒無刺激性的防曬材料，成功自製吸光物理防曬乳液，比市售 SPF50<sup>+</sup>的防曬乳液效果更佳。  
吸光物理防曬乳液製作配方是：100ml 的 Vitamin B<sub>2</sub> 溶液(75mg/L)+2g 甲基纖維素(食品級)攪拌 3 小時+1.5g TiO<sub>2</sub> 攪拌 1 小時+1gPTFE(疏水性高分子)+1c.c.甘油+微量精油。

## 捌、參考資料及其他

- 1.蔡威任、許敦洵、蔡秉諺，以維他命 B<sub>2</sub> 溶液照光反應比較暢銷品牌防曬乳之防護效果
- 2.簡宏霖、鄭建瑋、陳良光、梁致遠，核黃素光化學研究
- 3.陳圭宏、羅如惠,台灣紫外線指數分析探討
4. <https://taqm.epa.gov.tw/taqm/tw/b12081.aspx> 行政院環境保護署
5. <http://www.uho.com.tw/beauty.asp?aid=2254> uho 優活健康網
- 6.國民中學自然與生活科技 2 上南一書局出版 4-2 光的折射與透鏡 4-5 光與顏色
- 7.國民中學自然與生活科技 2 下南一書局出版 3-2 酸與鹼的性質 3-2 酸與鹼的反應
- 8.國民中學自然與生活科技 3 上南一書局出版 3-1 功與功率 4-2 電壓 4-3 電流 4-4 電阻

## 【評語】 032920

本作品探討影響 Vitamin B2 變色的環境因子與原理，比較不同濃度 B2 溶液在照射 UV 與陽光後之光譜穿透率，並組裝 Arduino 光敏電阻類比數位轉換法來量測 UV 強度。針對不同變因之分析清楚，架構明瞭，圖表豐富，惟題材不夠創新，例如旺宏科學獎之作品(102 年-市立建國中學-柯宇謙-我不要被抹黑~Vitamin B2 在紫外線強度量測與防曬的應用)。且利用 Vitamin B2 製作防曬乳跟 UV 強度檢測是重複性高的研究主題(第 47 屆中小學科展，台北市立永春高中-正妹研究室——曬出健康、曬出美；國立臺灣師範大學附屬高級中學-以維他命 B2 溶液照光反應比較暢銷品牌防曬乳之防護效果)。

作品海報

# 一、摘要

研究Vitamin B<sub>2</sub>水溶液照射UV後的光譜穿透率，在可見光400~530nm左右的範圍，穿透率有穩定上升趨勢，以此波長的可見光源(LED燈泡)來穿透Vitamin B<sub>2</sub>溶液，並利用Arduino光敏電阻類數位轉換法的ADC值變化，檢驗Vitamin B<sub>2</sub>溶液曝曬之紫外線強度，並建立檢驗標準曲線。同時利用Vitamin B<sub>2</sub>照射UV後在波長350nm以下UVA、290~320nmUVB及260nm以下UVC的波段穿透率反而下降、遮光效果增強的特性，探討其在防曬應用上的可行性，將Vitamin B<sub>2</sub>溶液加入無毒材料，成功自製一瓶效果絕佳的防曬乳液。

# 二、研究動機

新聞中看到有關於帛坑2020年要禁用有毒防曬乳的報導，內容中提到市售防曬乳中含有多種化學物質，會汙染海洋且導致珊瑚礁白化，所以想要研究是否有辦法做出不傷害大自然的防曬乳，發現Vitamin B<sub>2</sub>可以吸收紫外線，以Vitamin B<sub>2</sub>自製無毒吸光的物理性防曬乳液，並嘗試利用Arduino光敏電阻測試Vitamin B<sub>2</sub>照射UV後的ADC值變化來測量紫外線強度，希望可以取代市售高價的測量儀器。



# 三、研究目的

- 一、探討影響Vitamin B<sub>2</sub>變色的環境因子。
- 二、探討影響Vitamin B<sub>2</sub>變色的原理。
- 三、Vitamin B<sub>2</sub>溶液照射陽光前後之光譜穿透率比較。
- 四、不同濃度Vitamin B<sub>2</sub>溶液照射不同強度UV後之光譜穿透率比較。
- 五、組裝Arduino光敏電阻類數位轉換法檢驗UV強度的量測工具。
- 六、建立Arduino光敏電阻類數位轉換法量測UV強度檢驗標準曲線。
- 七、Vitamin B<sub>2</sub>在物理防曬上的應用(自製吸光物理防曬乳液)。

# 四、研究設備與器材

Vitamin B<sub>2</sub>粉末、試管、橡膠塞、燒杯、量筒、量液瓶(1000ml)、滴管、塗佈棒、培養皿、玻璃片、鋁箔紙、餵食針筒(50ml)、針筒(1ml)、刮勺、市售防曬乳、甲基纖維素CMC、TiO<sub>2</sub>(鈦白粉)、疏水性高分子(PTFE鐵氟龍)、甘油、香精、壓克力盒、細沙  
筆記型電腦、Arduino光敏電阻、升降電壓器、LED燈泡、電線、變壓器、凸透鏡、LEGO積木、酸性溶液、鹼性溶液  
自製紫外線照光設備、各類燈管、O<sub>2</sub>鋼瓶、UV/Visible光譜分析儀  
磁石攪拌機、Sigmaplot10作圖軟體、UVM340型紫外線強度計

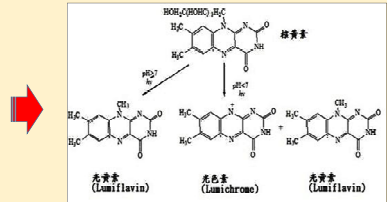
# 五、研究方法過程與結果

## 一、探討影響Vitamin B<sub>2</sub>變色的環境因子

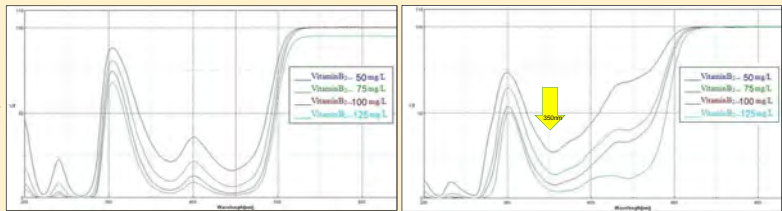


## 二、探討Vitamin B<sub>2</sub>變色的原理

Vitamin B<sub>2</sub>又名核黃素，它對紫外光有高度敏感性，核黃素降解主要因素是光。光降解反應分兩個階段：第一階段是在光幅照表面的迅速破壞階段，第二階段為慢速階段，光的強度是決定整個反應速度的因素。酸性條件下，核黃素光解為光色素和少量光黃素；鹼性或中性下光解生成為無生物活性的光黃素。

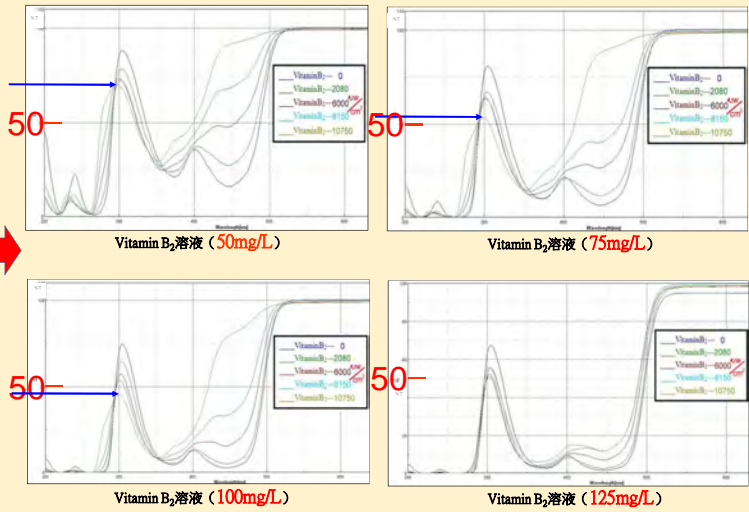
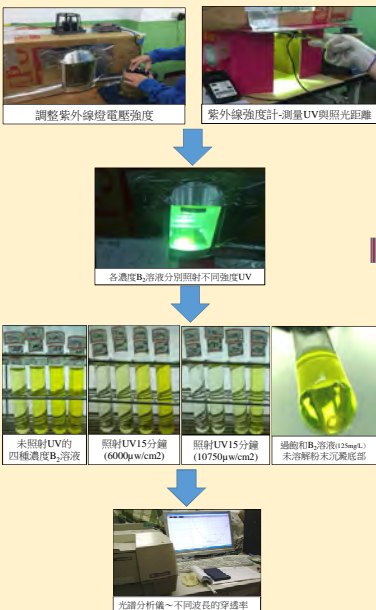


## 三、Vitamin B<sub>2</sub>溶液照射陽光前後之光譜穿透率比較



照射陽光後，在波長350nm以下的UV波段穿透率反而下降、遮光效果增強

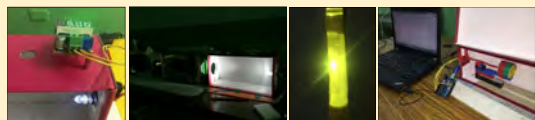
## 四、不同濃度Vitamin B<sub>2</sub>溶液照射不同級數UV後之光譜穿透率比較



50~125 mg/L 照射不同級數UV後之光譜穿透率變化圖  
完全溶解的三個濃度，都有B<sub>2</sub>濃度越高，照射UV的能量越強，紫外光的穿透率反而越低的現象。在短波長的可見光範圍，有照射UV的能量越強，溶液越透明、光譜穿透率越高的特性。

## 五、組裝Arduino光敏電阻類數位轉換法檢驗UV強度的量測工具

(一) Arduino光敏電阻類數位轉換法的量測工具  
以升降電壓器、LED燈泡5W、Arduino、光敏電阻(LSR)。調整光源距離、LSR位置，觀測ADC數位值是否呈現穩定合理的變化情形。製做完成Arduino光敏電阻類數位轉換法檢驗UV強度的量測盒。







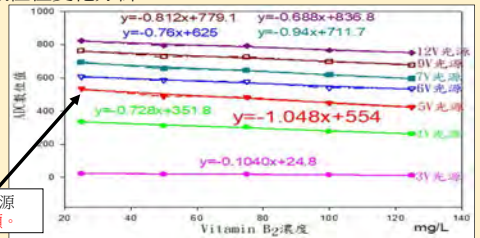
Arduino 接收到類比訊號時，ADC 類比數位轉換器會將類比訊號轉換成數位訊號，當 Arduino 讀取外部電壓值，經過 ADC 的轉換，回傳一個 0 到 1023 的整數值來對應原本 0~5V 之間的電壓值。

利用 B<sub>2</sub> 溶液照 UV 後的顏色深淺，透光後取得 ADC 數位值，建立一條變化最明顯的檢驗標準曲線。

(二) 改變不同電壓(3V~12V)強度的光源，穿透不同濃度的 Vitamin B<sub>2</sub> 溶液，Arduino 之 ADC 數位值變化分析



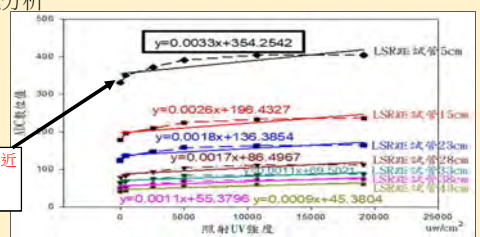
固定 LSR 位置，以 (3V~12V) 的光源強度，測量穿透溶液的 ADC 數位值，畫出變化趨勢圖。



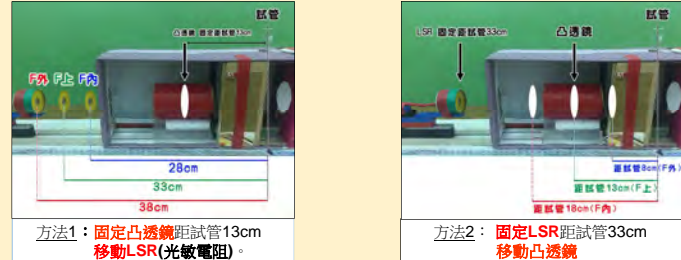
(三) 遠近不同 LSR 位置，測試照射不同 UV 強度的 Vitamin B<sub>2</sub> 溶液，Arduino 之 ADC 數位值變化分析



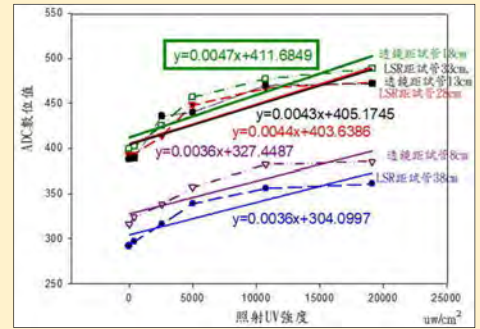
光敏電阻 (LSR) 位置距光源越近，ADC 數位值越大，趨勢線圖斜率最明顯。



(四) 利用凸透鏡聚光，測試照射不同 UV 強度的 Vitamin B<sub>2</sub> 溶液，Arduino 之 ADC 數位值變化分析



凸透鏡 固定	LSR 在 F 外	距離距試管 38cm	
	LSR 在 F 上	距離距試管 33cm	
距試管 13cm	LSR 在 F 內	距離距試管 28cm	
	LSR 固定	距離距試管 8cm	
距試管 33cm	LSR 在 F 上	距離距試管 13cm	
	LSR 在 F 內	距離距試管 18cm	

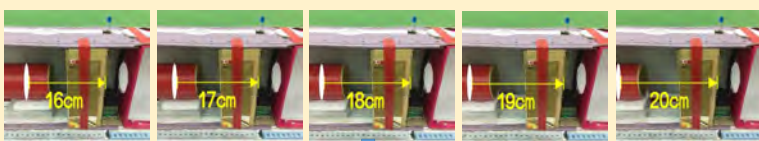


利用凸透鏡聚光，測試照射不同 UV 強度的 Vitamin B<sub>2</sub> 溶液 ADC 數位值變化趨勢線圖

增加了凸透鏡發現 ADC 數位值高低與光敏電阻接受到的光能量強度及受光面積有關。適度調整凸透鏡在不同位置在 LSR 落在離焦點偏一點點的 F 焦區內，ADC 數位值，趨勢線圖最大最明顯，成功組裝量測 UV 強度的儀器。

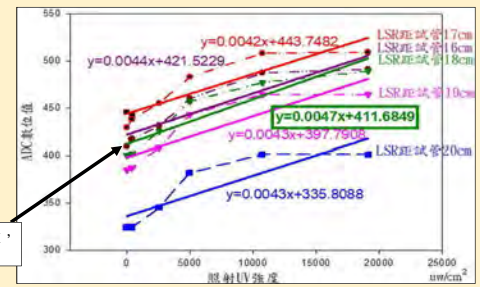
放入試管後 光敏電阻 LSR 各位置亮度呈現比較

(五) LSR 在 F 內，微調凸透鏡距試管不同位置聚光，尋找趨勢線最大斜率之 ADC 數位值



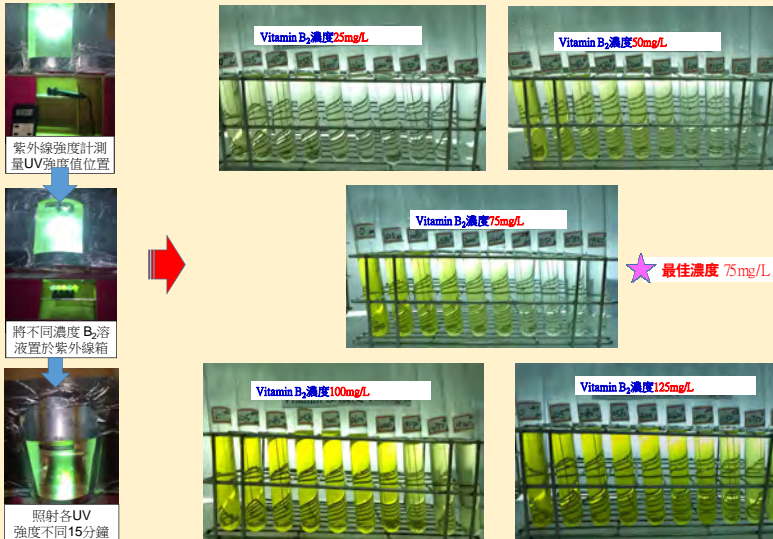
最佳距離

LSR 在焦點 F 內，微調凸透鏡仍以距試管 18 cm 的位置，測得的 ADC 數位值，趨勢線圖斜率最大最明顯。

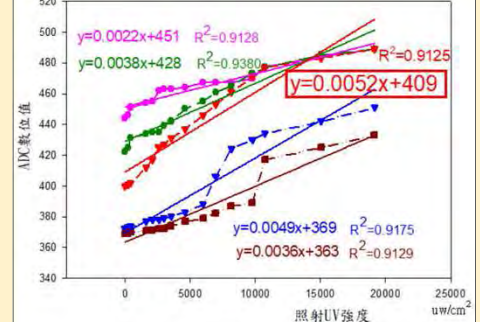


六、建立 Arduino 光敏電阻類比數位轉換法量測 UV 強度之檢驗標準曲線

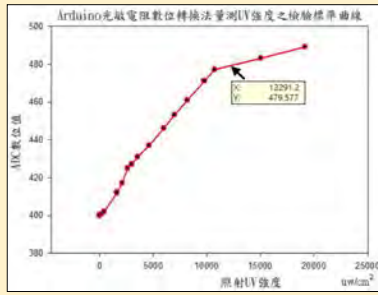
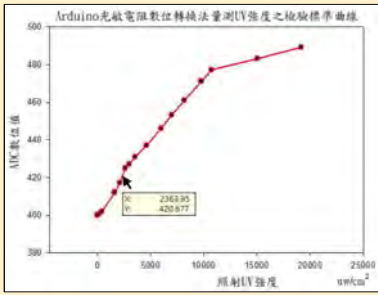
照射不同強度 UV 的各濃度 Vitamin B<sub>2</sub> 溶液，放入自製量測盒測得 ADC 數位值。將數據繪出變化趨勢圖，找出最佳檢驗標準曲線



UV 強度 (uw/cm²)	0	220	425	1630	2080	2580	3000	3530	4620	6000	6950	8150	9760	10750	15050	19140
曝曬級數	微量級			低量級			中量級			過量級			危險級			
ADC 值	444	446	451	454	455	462	463	463	464	467	467	467	470	477	484	489
25mg/L	422	425	431	434	435	435	439	442	450	451	461	465	473	477	485	489
50mg/L	400	401	402	412	417	425	437	431	437	446	453	461	471	477	483	489
100mg/L	372	373	374	377	378	378	380	380	383	385	385	387	389	394	404	411
125mg/L	369	369	370	371	371	372	372	374	377	379	382	387	389	411	425	433



五種濃度的 R<sup>2</sup> 值都在 0.91 以上，以 Vitamin B<sub>2</sub> 75mg/L 趨勢線斜率最大最適合做為檢驗 UV 強度的標準溶液。

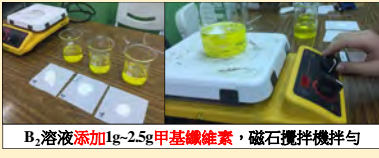


Arduino光敏電阻類比數位轉換器 量測UV強度之檢驗標準曲線圖

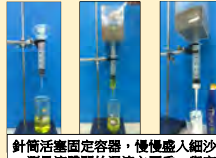
1. Vitamin B<sub>2</sub> 75mg/L 的變化趨勢線斜率最大 R<sup>2</sup>值在0.91以上  
最適合做為檢驗UV強度的標準溶液
2. 完成檢驗標準曲線~當游標在曲線上  
移動至指定的ADC數位值(y值)  
能自動對應UV強度(x值)  
{利用低成本自製量測工具即可取代  
高價位-紫外線強度計}

## 七、Vitamin B<sub>2</sub>在物理防曬上的應用

### (一) 自製吸光防曬乳液



B<sub>2</sub>溶液添加1g-2.5g甲基纖維素，磁石攪拌機拌勻



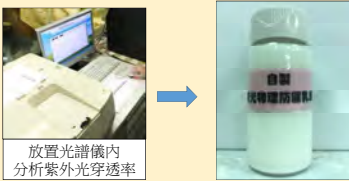
針筒活塞固定容器，慢慢倒入細沙，測量液體開始滴流之壓重，與市售防曬乳比較，選擇最佳粘稠程度



分別加入 (0.5g-2g)TiO<sub>2</sub>



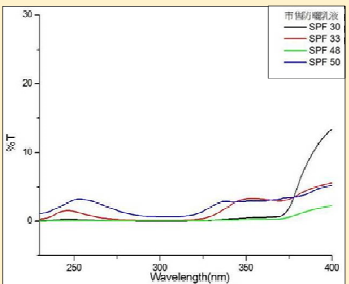
自製及市售防曬乳定量量、固定面積、厚度塗佈在保鮮膜PVDC上



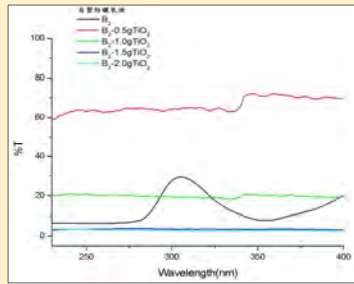
放置光譜儀內分析紫外光穿透率

測試樣品	Vitamin B <sub>2</sub> 溶液 100ml 添加食品級C.M.C. 的量				市售防曬乳液		
	2.5g	2g	1.5g	1g	SPF50+	SPF48	SPF30
漏流壓重 (克)	1320	938	880	740	954	939	945

每100ml B<sub>2</sub>添加2g C.M.C.，漏流壓重與市售防曬乳接近，黏稠度相當



市售不同SPF值防曬乳對瞬間紫外線均有很好遮蔽效果，差別是在有效防曬時間



自製防曬乳100ml添加1.5g TiO<sub>2</sub>即有很好的遮蔽效果。



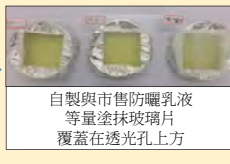
添加鐵氟龍PTFE、甘油、精油

添加 PTFE~增加疏水性  
甘油~增加潤滑保濕  
精油~香氣  
除特殊需求  
建議不添加

### (二) 自製吸光防曬乳液防曬效果測試



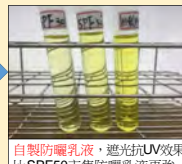
將B<sub>2</sub> 倒入培養皿中蓋上開孔鋁箔紙



自製與市售防曬乳液等量塗抹玻璃片覆蓋在透光孔上方



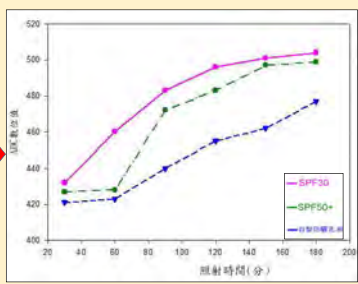
紫外線箱照射，每30分鐘將B<sub>2</sub>溶液倒入試管測ADC數位值



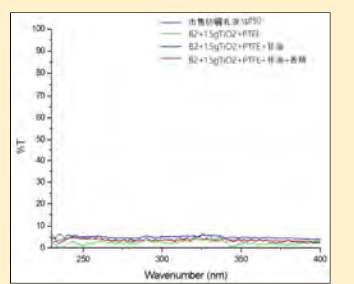
自製防曬乳液，避光抗UV效果比SPF50+市售防曬乳液更強



放置光譜儀內分析穿透率



自製與市售防曬乳液覆蓋Vitamin B<sub>2</sub>溶液照射UV後ADC數位值變化比較圖



自製吸光物理防曬乳液光譜穿透率比較圖

(一) 自製防曬乳液抗UV的能力比SPF50+的市售防曬乳液更強，ADC數位值變化曲線最偏右下方。利用Vitamin B<sub>2</sub>溶液覆蓋塗抹防曬乳液的玻璃片，再照射UV後測量ADC數位值的方法，可比較市售與自製防曬乳液遮蔽保護的效果。

(二) 添加或不添加鐵氟龍、甘油和精油不影響抗UV效果。

## 六、結 論

一、照射陽光後的Vitamin B<sub>2</sub>溶液顏色會變淡，以光譜分析儀照射，在波長530nm以下偏藍紫光至波長360nm以上UVA的範圍穿透率比陽光前明顯上升，利用波長470nm左右的LED燈穿透照射UV15分鐘後的Vitamin B<sub>2</sub>溶液，以Arduino光敏電阻(LSR)類比數位轉換法測得的ADC數位值來判定曝曬之紫外線強度，成功的建立檢驗照射紫外線強度的標準曲線。

二、以5V、5W的LED燈作為照射穿透光源，在放入Vitamin B<sub>2</sub>溶液的試管與光敏電阻間固定一凸透鏡距試管18cm的位置聚光，固定距試管33cm的LSR落在些微偏離焦點的F內，光穿透照射不同強度UV後的溶液測得的ADC數位值變化趨勢線，其斜率最大最明顯，依此模式成功組裝檢驗UV強度的自製量測工具。

三、Vitamin B<sub>2</sub>溶液以濃度75mg/L照射不同強度UV後，測得的ADC數位值變化趨勢線斜率最大，R<sup>2</sup>值達0.91以上，最適合做為檢驗UV強度的標準溶液，當滑鼠游標在檢驗標準曲線上移動至指定之ADC數位值(y值)時，即能自動顯現照射之UV強度(x值) μw/cm<sup>2</sup>。

四、Vitamin B<sub>2</sub>水溶液照射UV後，在波長350nm以下UVA、290-320nm UVB及260nm以下UVC的波段穿透率反而下降，避光效果佳。雖然顏色越透明，但Vitamin B<sub>2</sub>鍵結不斷被破壞並吸收紫外光，UV波段的光譜穿透率不升反降，於是我們利用Vitamin B<sub>2</sub>此特性，結合無毒無刺激性的防曬材料，成功自製吸光物理防曬乳液，比市售SPF50+的防曬乳液效果更佳。

吸光物理防曬乳液製作配方：100ml的Vitamin B<sub>2</sub>溶液(75mg/L)+2g甲基纖維素(食品級)+1.5g TiO<sub>2</sub>+1gPTFE(疏水性高分子)+1c.c.甘油+微量天然精油。

## 七、參考資料

- 1.蔡威仁、許敦頂、蔡彥謙~以維他命B<sub>2</sub>溶液照光反應比較暢銷品牌防曬乳之防護效果
- 2.簡宏霖、鄭建璋、陳良光、梁致遠~核黃素光化學研究
- 3.康圭宏、羅如惠~台灣紫外線指數分析探討
- 4.Arduino超入門~创客·自造者的原力 章奇煒著 旗標出版股份有限公司....