

# 中華民國第 61 屆中小學科學展覽會 作品說明書

---

國小組 化學科

佳作

團隊合作獎

080216

鋤禾日當午，擦點防曬乳

學校名稱：高雄市苓雅區四維國民小學

作者：  小六 吳旻叡  小六 林林依  小六 吳宛侖  小六 蔡欣彤  小六 葉承宇	指導老師：  金叔芬  陳韻丞
---------------------------------------------------------------------------	-----------------------------

關鍵詞：UV 吸收、紫外線、化學性防曬乳

## 摘要

本研究的目的是探討常見天然食材及廢棄果皮對紫外線(UV)的吸收效果，以 Arduino 組裝 UV 檢測儀檢測 UVA、UVB 的吸收值，並與市售 UV 強度計確認可信度。以水及酒精萃取食材發現常用食材都有吸收 UV 效果，其中柑橘類果皮和綠茶比過往科展的火龍果皮、蘆薈皮和咖啡渣效果更好。植物油中 UV 吸收效果最佳的是麻油，食材經油萃取後可提升吸收 UV 效果。防曬乳製作以水萃取綠茶 3 天及綠茶和水重量比 1：3，搭配 9 種植物油萃取綠茶 3 天及綠茶和油重量比 1：3，用油相/乳化劑/硬脂酸/水相重量比 60：4：1：35，製出 9 種天然防曬乳，經自製 UV 檢測裝置評估後，發現防曬效果與市售防曬乳相近，也透過解剖顯微鏡觀察到油包水的圓球形微胞，證實此配方可成功製成防曬乳。

## 壹、研究動機

在五年級的自然課—太陽與生活單元中，得知太陽光中的紫外線雖可消毒殺菌，但在一年四季中，我們都可能受到它的傷害。近年來臺灣的紫外線量常常超標，防曬乳已成為市面上的熱門商品。防曬乳雖然方便實用，但我們深入了解後發現：大多數市售防曬乳為了提升防曬效果，會加入刺激皮膚、破壞海洋生態的有害物質（如：化學性防曬的二苯甲酮、甲氧基肉桂酸辛酯等），許多國家也開始實施禁令，規定民眾不得使用含有對珊瑚礁有害成分的防曬產品。促使我們想要找出生活中有 UVA、UVB 吸收效果的常見天然食材或廢棄果皮，我們花了一年多的時間進行研究，希望能製作出對環境友善且有效的天然環保的防曬乳。

## 貳、研究目的

- 一、自製 UV 檢測儀與評估其可信度。
- 二、利用水、酒精萃取和烘乾，找出生活中具有較佳吸收 UV 效果的常見食材。
- 三、探討食材以水萃取的天數、濃度與吸收 UV 效果的關係，找出以水萃取的最佳條件。
- 四、檢測植物油的吸收 UV 效果，並探討植物油萃取食材的最佳條件。
- 五、探討防曬乳的水相、油相、乳化劑的最佳比例配方、自製防曬乳及評估防曬效果。

## 參、研究器材與設備

### 一、研究器材：

UV 感測晶片 SparkFun VEML6075		紫外線強度計 YK-35UV		顯微鏡 Nikon ECLIPSE TS100			
行動電源/手機		控制版 NodeMCU ESP8266		20x4 的 LCD 顯示器		麵包板/杜邦線	
燒杯/定量瓶		醬料杯蓋		塑膠滴管		飲用水/95%酒精	
食物調理機		玻璃瓶/塑膠瓶		電子秤/溫度計		藥材袋/漏斗	
黑晶爐/鑄鐵鍋		手提攪拌機		塑膠投影片		安全玻璃	
膠帶		塑膠板/紙板		黑布/長尾夾		擀麵棍	
							
UV 燈/燈罩		A4 文件資料櫃		強度計/維他命 B <sub>2</sub>		微量吸管/吸管尖	
							
食材烘乾機		蘆薈皮/紫洋蔥 檸檬皮/綠茶		金桔皮/柚子皮 紫地瓜/紫地瓜皮		青江菜/香蕉皮 火龍果皮/紅鳳菜	
							
紅棗/決明子/ 陳皮/紅茶		橄欖乳化蠟 900/ 硬脂酸		九種植物油		UV 變色黏土	

## 二、自製研究工具：

### (一) 自製 UV 檢測儀：

我們一開始使用市售強度計來檢測食材及廢棄果皮萃取液對紫外線的吸收效果，發現市售 UV 強度計只能測得 UV 強度值，後來看到過往科展有許多 Arduino 的應用，讓我們想利用 Arduino UV 感測器來自製 UV 檢測儀。我們請教專家，先上網挑選 UV 感測器、控制板和顯示器等零件，組裝後匯入程式庫，經過不斷測試改良後，完成可直接測量 UVA、UVB 及 UV 強度值的自製 UV 檢測儀。

#### 1. 選購零件過程如下：


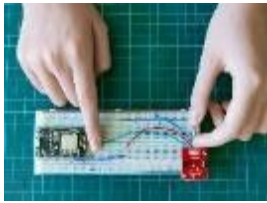


- (1)選購 UV 感測器模組：上網搜尋比較規格後，依量測 UV 波長範圍(280~400nm)和可讀取的測量值 (UVA、UVB 和 UV)，決定使用 UV 感測器 SparkFun VEML6075。
- (2)選購 LCD 顯示器：為了讓讀取量測數據時不必連線電腦，我們比較後選用亮度足夠且能同時顯示 UVA、UVB 和 UV 的數據的 20x4 的 LCD 顯示器。
- (3)選購控制板：配合之後的組裝空間配置，選擇體積小且配合電池或行動電源即可獨立運作的控制板 NodeMCU ESP8266。
- (4)購買用來連接的麵包板和杜邦線，就可以開始組裝 UV 感測器層。

#### 2. UV 感測器層組裝過程如下：






- (1)參考網路上專業文章的介紹與組裝示範：首先將感測器、顯示器和控制板固定在麵包板上，找出 UV 感測器的訊號、訊號控制、電源、接地四個腳位，再透過杜邦線對應控制板上相同腳位連接起來，接著依照相同方式連接 LCD 顯示器，最後接上行動電源。控制板就能透過連接電源腳位和連接接地線腳位的杜邦線傳遞電力來使 UV 感測器與 LCD 顯示器運作，控制板也可以由連接訊號腳位和連接訊號控制線腳位的杜邦線來溝通傳遞彼此需要送出與讀取的資料。
- (2)程式開發的準備：首先，到官方網站下載 Arduino 整合環境開發軟體並且安裝，執行後至工具選單的開發版管理員區更換內訂標準控制板改為 NodeMCU ESP8266，再到管理程式庫依序安裝顯示器 LiquidCrystal I2C 與感測器 VEML6075 SparkFun Arduino Library 的硬體驅動程式庫。最後，整合 UV 感測器

和 LCD 顯示器在 GitHub 網站上廠商提供的開源程式碼，使 UV 感測器量測的數據能輸出到電腦螢幕與 LCD 顯示器上顯示。

(3)UV 感測器層的組裝，流程圖如下：

			
(1) 將控制板、感測器和顯示器固定到麵包板上。	(2) 用杜邦線將感測器對應控制板上相同腳位連接起來。	(3)用同樣的方法連接顯示器，並接上行動電源。	(4)匯入程式庫，並將程式碼上傳至控制板。

3. 自製 UV 檢測儀的設計與組裝，流程圖及完成圖如下：

				
(1) 裁切紙板	(2) 製作 UV 燈源層	(3) 製作檢品載盤層	(4) 製作 UV 感測器層	(5) 將層板放入 A4 文件櫃

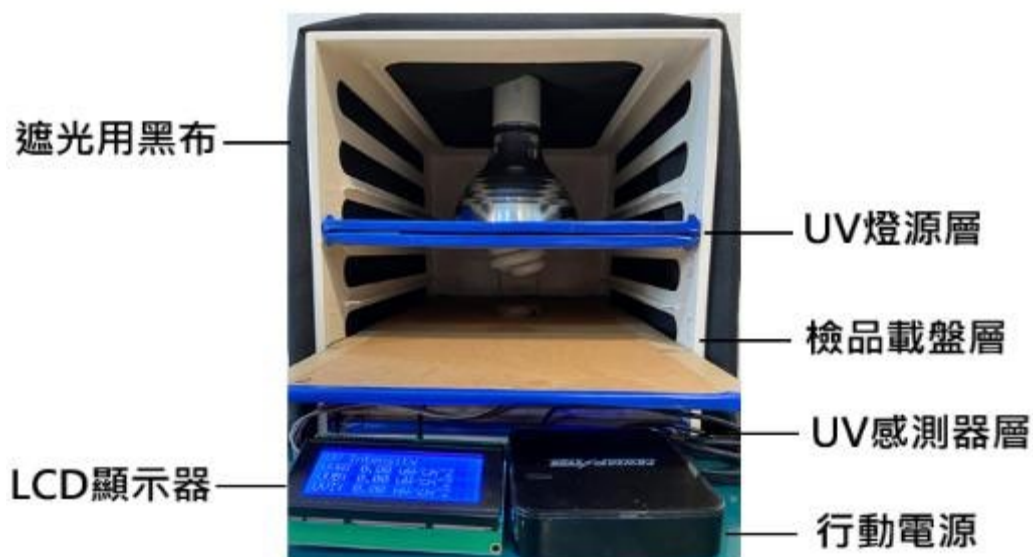


圖 1、自製 UV 檢測儀

4. 自製 UV 檢測儀組裝過程討論：

(1)組裝時發現燈源和感測器的距離越接近，讀取到 UV 強度值越高。我們原先用紙箱當支撐架，後來發現 A4 文件櫃有隔層，更適合來調整層板間的距離。

(2)我們試過很多可以透光的容器當載盤，包括前人科展使用的蓋玻片空盒、保鮮

膜包養樂多瓶，最後發現通過醬料杯蓋的 UV 強度值是最高的，而且中間凹槽可盛裝萃取液，是最理想的載盤。為了讓燈源直射至 UV 感測器晶片，燈源、載盤凹槽、UV 感測器必須定位成一直線，我們試過用冰棒棍、紙板及紙黏土等來固定載盤位置，最後用整卷紙膠帶來固定，終於讓檢測順利進行。





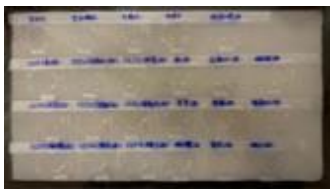

(3)當載盤加入的萃取液愈多，液體的厚度也會增加，造成讀取到 UV 強度值下降，因此以微量吸管抽取 0.1、0.3、0.45、0.6 mL 的萃取液做測試，發現 0.45 mL 剛好可以覆蓋醬料杯蓋的凹槽，因此選用 0.45 mL 作為本研究的檢測量。

(4)外部燈源的干擾可能會讓檢測得到的數據不穩定，於是我們用黑布遮蓋 A4 文件櫃，阻隔外來光源，UV 強度值明顯變穩定。



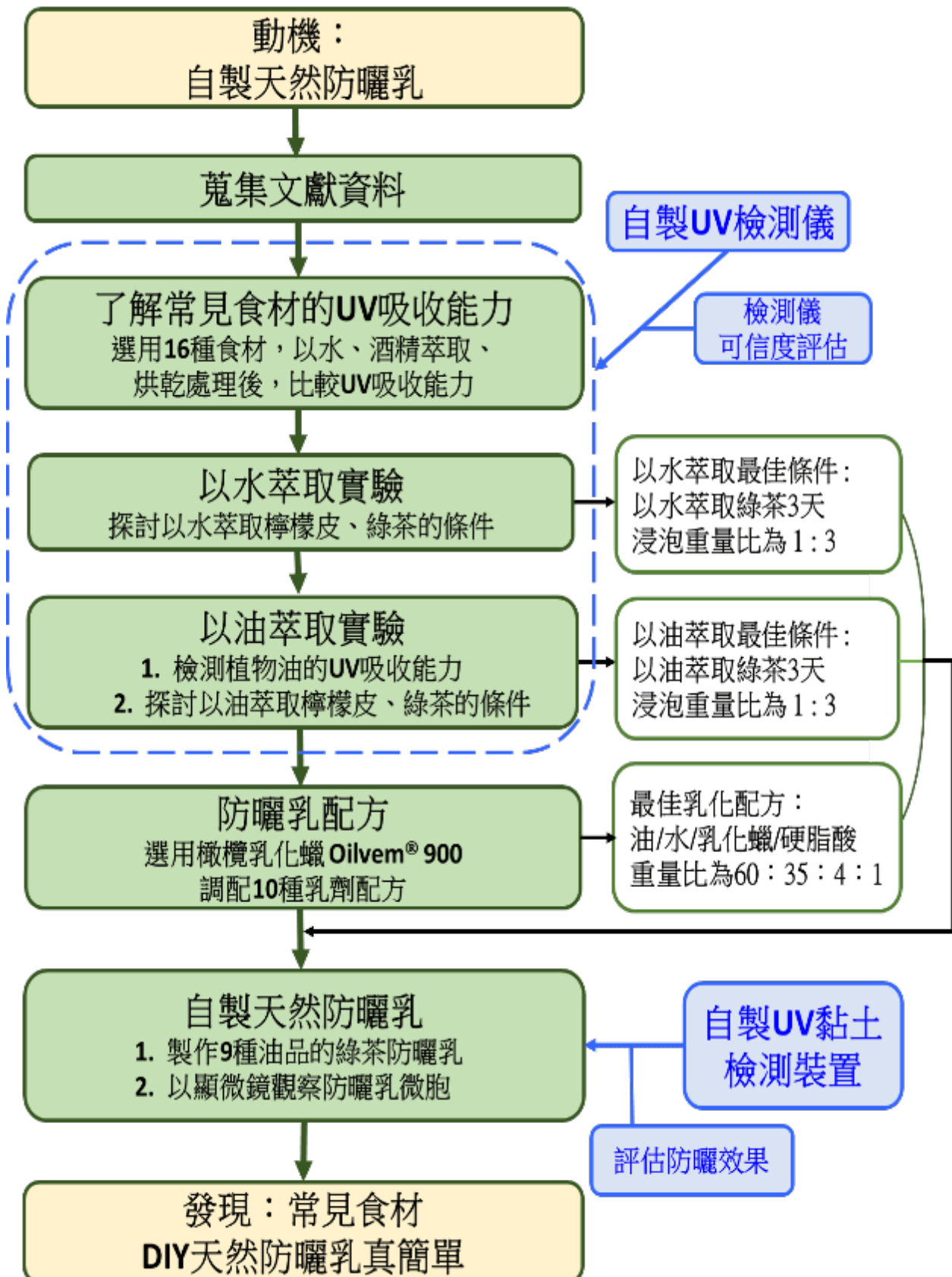
## (二) 自製 UV 變色黏土檢測裝置：

我們試過將防曬乳稀釋後直接檢測、直接塗抹在塑膠片上用陽光照射及參考前人科展維他命 B<sub>2</sub> 濃度的色差比較等方法，但因步驟繁複，無法直接檢測出差異。後來發現 UV 變色黏土可以立即對 UV 產生反應並變色，組裝過程中克服黏土擰平、壓除黏土氣泡及清楚照相等困難，設計「自製 UV 黏土檢測裝置」評估防曬效果。裝置步驟圖解如下：

		
<p>1. 將 A4 收納櫃除了底面之外的 5 面都貼上黑色塑膠板，以阻隔光線。</p>	<p>2. 將 UV 變色黏土擰平於 A4 大小的投影片上，並貼到安全玻璃板的背面。</p>	<p>3. 剪 23 個醬料杯蓋凹槽，以無痕膠帶貼在投影片上，寫上標籤即完成載盤片。</p>
		
<p>4. 將安全玻璃板未貼黏土的面貼上無痕膠帶，並依載盤片標籤位置寫上名稱。</p>	<p>5. 將載盤片放在安全玻璃上方，對齊膠帶位置，做為防曬檢測玻璃片。</p>	<p>6. 將防曬檢測玻璃片放在 A4 收納櫃上方，即完成自製 UV 變色黏土檢測裝置。</p>

## 肆、研究過程與方法

### 一、研究架構圖：



## 二、與歷屆科展相關研究比較：

前人研究	本研究
以強度計直接測量法或以 Arduino 測量燈源照射維他命 B <sub>2</sub> 溶液，間接得知紫外線強度。	組裝 Arduino UV 檢測儀，讀取 UVA、UVB 值，檢測時間 1 分鐘，檢品量 0.45 mL。
探討花青素、蔥醌類成分，或果皮、葉片、咖啡渣等新鮮或廢棄食材。	除了花青素、蔥醌類，還探討柑橘類果皮、綠茶等萃取液，植物油的 UV 吸收效果。
果皮汁原液加入水和不同保養品中，製作成自製果皮汁液防曬乳。	利用食材萃取液、植物油、天然橄欖乳化蠟探討最佳配方，自製油包水型防曬乳。
以陽光照射維他命 B <sub>2</sub> 濃度、豬皮後色差比較法。	以 UV 變色黏土可立即且直接檢測防曬效果。

## 三、文獻探討：

我們將前人對防曬的文獻和研究整理如下：

### (一) 探討紫外線造成的傷害與防曬原理

1. 陽光中含有紫外線，若過度曝曬會造成皮膚傷害，其中 UVA（波長 320~400nm），使皮膚老化、曬黑及皺紋；UVB（波長 280~320nm），會使皮膚變紅、暗沉與曬傷。
2. 防曬乳的作用原理
  - (1) 物理性防曬：主要利用散射和反射，阻隔照射到皮膚的紫外線，來達成防曬效果，常見的成分有二氧化鈦及氧化鋅。
  - (2) 化學性防曬：主要利用化合物來吸收 UVA 或 UVB，來減少皮膚接受的紫外線照射量，而達到保護的效果。

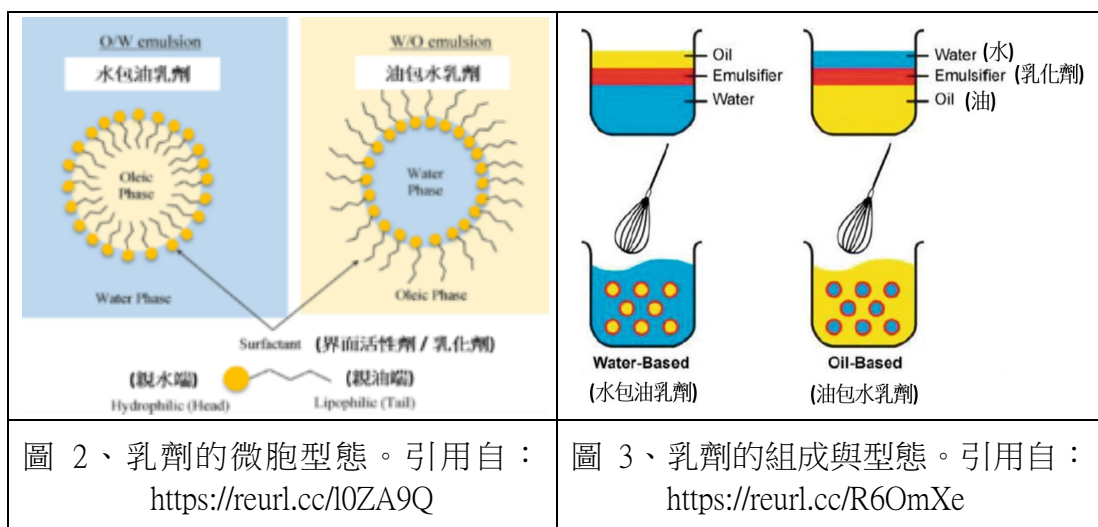
### (二) 防曬乳的配方組成與製作

1. 防曬乳的組成包含油相、水相和乳化劑，油和水是兩種不相溶的液體，加入乳化劑後其親水端溶於水中，親油端溶於油中，降低了油水間的界面張力，並藉由高速攪拌，其中一相液體會離散成為許多液滴，分散於另一相液體中成為乳狀液。
2. 乳化劑來源可分為天然物和人工合成品兩大類，我們使用的橄欖乳化蠟 Olivem<sup>®</sup> 900，屬於熱作型天然油包水型乳化劑，由橄欖油提煉而得，為白色片狀固體、熔點為 65-75°C，適合作為防水型防曬乳的乳化劑。
3. 防曬乳依乳化劑的特性，可分為下列兩種型態：

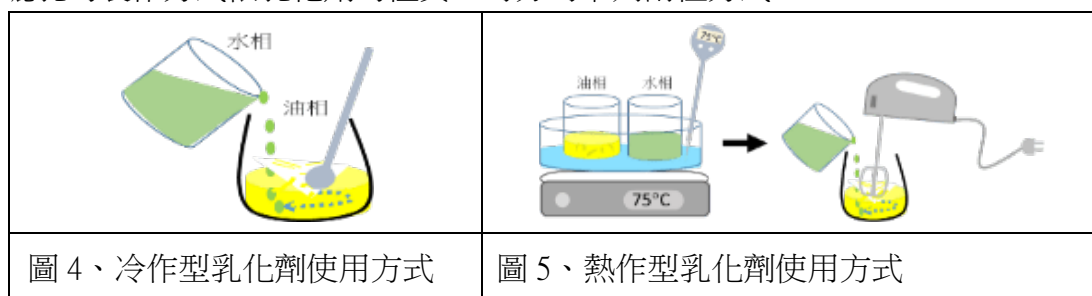


(1)油包水型的乳劑，油相含量高容易形成乳霜，適合做成防水防曬乳。

(2)水包油型的乳劑，水相含量高容易形成乳液，塗抹後具有清爽感覺。



4. 防曬乳的製作方式依乳化劑的性質，可分為下列兩種方式：



#### 四、自製 UV 檢測儀的可信度評估

##### (一) 實驗 1、評估自製 UV 檢測儀的可信度

1. 實驗目的：為了確認自製 UV 檢測儀的可信度，我們請教過專家意見後，配製不同濃度的維他命 B<sub>2</sub> 溶液，分別以自製 UV 檢測儀、市售強度計來檢測建立檢量線。
2. 實驗步驟：
  - (1) 取 1 顆維他命 B<sub>2</sub> 膜衣錠(100 mg/顆)，放入 100 mL 的定量瓶，加入適量水並振搖，再加水到刻度，靜置 24 小時後得到 1.0 mg/mL 維他命 B<sub>2</sub> 上清液。
  - (2) 接著用水稀釋為 1.0、0.8、0.6、0.4 mg/mL 的 4 個濃度。
  - (3) 以微量吸管抽取 0.45 mL 的溶液，並放置於載盤，以自製 UV 檢測儀，測量步驟(2)的 4 個不同濃度維他命 B<sub>2</sub> 溶液，讀取強度值並記錄。
  - (4) 將 Arduino UV 感測器抽換，以市售強度計取代，測量步驟(2)的 4 個不同濃度的維

他命 B<sub>2</sub> 溶液，讀取強度值並記錄。步驟圖解如下圖：



## 五、利用水、酒精萃取和烘乾，找出生活中具有 UV 吸收效果的食材

查詢過去科展及文獻，得知有些蔬菜、水果本身就有防曬的成分，讓我們想找出有哪些食材是有 UV 吸收效果的。一開始先挑選 25 種食材，過程中淘汰如葡萄籽、葡萄皮、酪梨皮等無法大量取得，最後挑選比較容易取得的 16 種食材有柚子皮、金桔皮、檸檬皮、陳皮、紅棗、香蕉皮、火龍果皮、紫洋蔥、紫地瓜、紫地瓜皮、紅鳳菜、青江菜、蘆薈、決明子、紅茶、綠茶，用水和 95% 酒精進行萃取，分析 UV 吸收的能力。

我們以「UV 吸收值」來評估萃取液的 UV 吸收效果，UV 吸收值越高，表示萃取液吸收 UV 的能力越強。首先利用自製 UV 檢測裝置對未裝萃取液的空白載盤進行檢測，讀取 LCD 螢幕上 UVA、UVB 的強度值，再抽取 0.45 mL 萃取液進行檢測，讀取 LCD 螢幕上 UVA、UVB 的強度值，即可得到萃取液的 UV 吸收值 = (空白載盤強度值) - (有萃取液載盤強度值)。

### (一) 實驗 2、探討不同食材的水萃取液 UV 吸收能力

1. 實驗目的：我們想要知道用水浸泡，是否可以將吸收 UV 的成分萃取出來，並找出哪一種食材以水萃取的效果最好。
2. 實驗步驟：
  - (1) 新鮮食材、果皮用剪刀剪碎，乾燥食材、茶葉以食物調理機搗碎。
  - (2) 分別秤取食材 20 克及水 60 克（重量比為 1：3）混合均勻，第 1 天室溫浸泡，第 2、3 天放到冰箱冷藏浸泡，以防止變質發臭。
  - (3) 用藥材袋過濾食材殘渣，取用過濾後的萃取液，進行檢測。
  - (4) 用自製 UV 檢測裝置對未裝萃取液的空白載盤進行檢測，紀錄 LCD 螢幕上 UVA、

UVB 的強度值。

(5) 用微量吸管抽取 0.45 mL 萃取液，放置載盤中進行檢測，紀錄 LCD 螢幕上 UVA、UVB 的強度值。

(6) 求得萃取液的「UV 吸收值」= (空白載盤強度值) - (有萃取液載盤強度值)。

(7) 重複 2 次步驟 4~6，計算出萃取液 UVA、UVB 的 3 次平均吸收值。



### (二) 實驗 3、探討不同食材的酒精萃取液 UV 吸收能力

1. 實驗目的：酒精是很常用的萃取溶劑，生活中常用來浸泡中藥材或料理食物，所以我們想知道食材的防曬成分，是否也可以用酒精萃取出來。

2. 實驗步驟：

(1) 將新鮮食材或果皮用剪刀剪碎，乾燥食材、茶葉以食物調理機攪碎。

(2) 秤取食材 20 克及 95%酒精 60 克（重量比為 1：3）混合均勻，室溫浸泡 3 天。

(3) 依照實驗 2 的步驟 3~7，檢測「UV 吸收值」。

### (三) 實驗 4、探討食材烘乾（減少水分）後的 UV 吸收能力

1. 實驗目的：我們在處理食材時發現有些食材的水分含量很多，認為可能會導致萃取液 UV 成分的濃度降低，所以將食材烘乾來減少水分，比較烘乾前後的 UV 吸收效果。

2. 實驗步驟：

(1) 分別秤取 400 克的食材有柚子皮、檸檬皮、金桔皮、香蕉皮、火龍果皮、紫洋蔥、紫地瓜、紫地瓜皮、紅鳳菜、青江菜、蘆薈皮，放入食材烘乾機，溫度設定 41°C，烘乾至與前一個小時的重量相差小於 10%。



(2) 依照實驗 2 的步驟 2~7 求得「UV 吸收值」。

## 六、找出以水萃取食材的最佳條件（萃取天數、濃度）

我們希望找出以水萃取食材的最佳條件，得到水萃取液來調配防曬乳。由於一年四季都可以買到檸檬，且我們是將飲料店榨汁後廢棄的檸檬皮再次利用；綠茶味道較紅茶清香且顏色較淡，更適合做成防曬乳，經過討論決定用檸檬皮和綠茶來進行實驗。

### （一）實驗 5、探討食材以水萃取的天數和 UVB 吸收值的關係

1. 實驗目的：我們測試過食材浸泡 3 天，可得到吸收 UV 成分，想進一步探討浸泡多久的時間，才能將有效成分完全萃取出來。
2. 實驗步驟：
  - (1) 依實驗 2 的步驟 1~2 進行萃取檸檬皮、綠茶各 7 瓶。
  - (2) 浸泡 1、2、3、4、5、6、7 天，依照實驗 2 的步驟 3~7，檢測「UV 吸收值」。

### （二）實驗 6、探討食材水萃取液濃度和 UVB 吸收值的關係

1. 實驗目的：我們想知道萃取濃度和 UV 吸收效果的關係，所以配製 5 個不同濃度食材萃取液來進行實驗，但檢測後發現這些萃取液的 UV 吸收效果都很好，也比較不出差異，所以再將其中濃度最低的重量比 1：9 萃取液，用蒸餾水稀釋檢測。
2. 實驗步驟：
  - (1) 分別秤取檸檬皮、綠茶 20 克各 5 瓶，依序加入 20、60、100、140、180 克的水，調製成重量比為 1：1、1：3、1：5、1：7、1：9 的 5 種萃取液，依照實驗 2 的步驟 3~6 作分析，但發現萃取液太濃，比較不出差異。
  - (2) 選擇濃度最低的重量比為 1：9 萃取液，依照表 1 方法稀釋後，接著以實驗 2 的步驟 4~7，得到「UV 吸收值」。

表 1、檸檬皮和綠茶 1：9 水萃取液稀釋方法

稀釋倍數	1/2	1/3	1/4	1/5	1/6	1/7	1/8	1/9	1/10
1：9 萃取液添加量(mL)	1	1	1	1	1	1	1	1	1
純水添加量(mL)	1	2	3	4	5	6	7	8	9

## 七、檢測植物油的吸收 UV 效果，並探討植物油萃取食材的最佳條件

查詢文獻時，看到有些植物油本身就有防曬效果，讓我們想探討市售植物油 UV 吸收的效果。檢測結果發現大多數植物油的 UV 吸收值並不強，查詢資料得知「柚子皮精油萃取」方法，想到用植物油來萃取食材，看看是否可以提升植物油的「UV 吸收值」。

### (一) 實驗 7、探討植物油的 UVB 吸收效果

1. 實驗目的：我們用自製 UV 檢測儀，檢測植物油的 UVB 吸收值。
2. 實驗步驟：
  - (1) 蒐集 9 種植物油：麻油、苦茶油、亞麻仁油、紫蘇油、葡萄籽油、酪梨油、橄欖油、葵花油、椰子油。
  - (2) 以實驗 2 的步驟 4~7，檢測植物油的「UV 吸收值」。

### (二) 實驗 8、探討植物油萃取食材的天數和 UVB 吸收值的關係

1. 實驗目的：我們依實驗 7 的結果，選 UVB 吸收值效果最好的麻油、亞麻仁油、葡萄籽油做為代表，將檸檬皮和綠茶加入油中，探討以油萃取最佳的天數。
2. 實驗步驟：
  - (1) 分別秤取 10 克的檸檬皮、綠茶，各 15 份。
  - (2) 分別秤取 30 克的麻油、亞麻仁油、葡萄籽油，各 10 瓶。
  - (3) 將步驟 1 的檸檬皮、綠茶，分別加入步驟 2 的油中，靜置室溫浸泡。
  - (4) 浸泡後第 1、2、3、4、5 天，以實驗 2 的步驟 3~7，檢測萃取液的「UV 吸收值」。

### (三) 實驗 9、利用 9 種植物油萃取檸檬皮、綠茶提升 UVB 吸收效果

1. 實驗目的：我們將檸檬皮和綠茶分別加入植物油中萃取，來提升植物油的 UV 吸收效果和比較以油萃取後的 UV 吸收能力。
2. 實驗步驟：
  - (1) 分別秤取 10 克的檸檬皮和綠茶各 9 份，以及 30 克的 9 種植物油各 2 份。
  - (2) 將步驟 1 的食材，加入步驟 2 植物油中，室溫浸泡 3 天後，以實驗 2 的步驟 3~7，檢測萃取液的「UV 吸收值」。

## 八、探討防曬乳水相、油相、乳化劑的最佳配方、自製防曬乳及評估防曬效果

在製作防曬乳的過程中，我們發現用簡易型乳化劑，很容易就做出穩定的防曬乳，但我們想要做出天然防曬乳，因此嘗試困難度高的蛋黃、卵磷脂及天然植物蠟等天然乳化劑，經不斷實驗測試後選用天然橄欖乳化蠟（Olivem<sup>®</sup>900）來探討油、水、乳化劑的配方比例關係，並以「自製 UV 變色黏土檢測裝置」來測試評估防曬乳的效果。

### （一）實驗 10、探討不同比例水相、油相及乳化劑的組成來找出最佳配方

1. 實驗目的：我們要製作油包水型防曬乳，因此參考橄欖乳化蠟 Olivem<sup>®</sup>900 的使用說明，設計了 10 組不同比例的空白防曬乳配方，並從中找出最佳的配方。

2. 實驗步驟：

(1) 用黑晶爐將鑄鐵鍋內的水加熱，水溫控制在 70~75°C。

(2) 依照第 22 頁表 4，秤取每種配方所需材料。

A 杯（油相）材料：橄欖油、橄欖乳化蠟 Olivem<sup>®</sup>900、硬脂酸。

B 杯（水相）材料：水。

(3) 將 A、B 杯隔水加熱至約 75°C，將 A 杯材料完全熔化，將 A、B 杯取出。

(4) 先用電動攪拌機快速攪拌 A 杯，再以少量多次的方式，將 B 杯慢慢加入 A 杯，並持續攪拌 3 分鐘。

(5) 靜置 2 小時後，依照表 4 評估防曬乳的性質。



### （二）實驗 11、調配自製防曬乳

1. 實驗目的：選用綠茶水萃取液搭配 9 種綠茶油萃取液製作防曬乳，且為了確認是否乳化成功及方便觀察，以解剖顯微鏡觀察稀釋後的自製防曬乳。

2. 實驗步驟：

- (1) 依（重量比為 1：3，浸泡 3 天）製作綠茶水萃取液。
- (2) 依以油萃取的最佳條件（重量比為 1：3，浸泡 3 天），製作綠茶油萃取液。
- (3) 依最佳配方比例，秤取 A 杯：綠茶油萃取液（18 克）、橄欖乳化蠟（Olivem<sup>®</sup>900）（1.2 克）和硬脂酸（0.3 克）；秤取 B 杯：綠茶水萃取液（10.5 克）；依照實驗 10 的步驟自製 9 種植物油的綠茶防曬乳。
- (4) 取自製橄欖油綠茶防曬乳加入橄欖油以 $\frac{1}{10}$ 的倍數稀釋後，滴到載玻片上並蓋上蓋玻片，使用解剖顯微鏡觀察防曬乳的微胞，確認是否有成功乳化，並以智慧型手機拍照記錄。

### （三）實驗 12、以「自製 UV 變色黏土檢測裝置」評估防曬乳的效果

1. 實驗目的：將 9 種自製防曬乳（實驗組），空載盤、不含綠茶萃取液的空白防曬乳、2 種市售防曬乳、綠茶水萃取液、9 種植物油（對照組），共 23 個檢品，以「自製 UV 變色黏土檢測裝置」比較防曬效果及持久性。
2. 實驗步驟圖解：

		
<p>(1) 抽取 0.2 mL 檢品放在載盤片上標示的位置，即完成 1 組載盤片。</p>	<p>(2) 共準備 3 組載盤片，同時放在日光下分別日照 1、2、3 小時。</p>	<p>(3) 1 小時後第一片移到室內，貼合於防曬檢測玻璃片上。</p>
		
<p>(4) 將檢測裝置移至室外日照，黏土會立即由白色轉成紫紅色。</p>	<p>(5) 待 3 分鐘後將載盤片快速移開並立即拍照記錄。</p>	<p>(6) 第 2、3 小時後，分別取第 2、3 組載盤片，依步驟 3、4 拍照記錄。</p>

## 伍、研究結果

### 一、自製 UV 檢測儀與評估其可信度

#### (一) 實驗 1、評估自製 UV 檢測儀的可信度

以自製 UV 檢測儀及市售強度計檢測同一組維他命 B<sub>2</sub> 溶液濃度，將檢測結果的空白載盤強度值減萃取液載盤強度值，得到 UV 吸收值。我們請教過專家之後，利用 Excel 的繪圖及計算功能建立維他命 B<sub>2</sub> 濃度(X)對於 UV 吸收值(Y)的檢量線，如圖 6。

1. 自製 UV 檢測儀的 UVA、UVB 及市售強度計三條檢量線的 R<sup>2</sup> 值都高達 0.99 以上，表示兩台儀器測到的 UV 吸收值和維他命 B<sub>2</sub> 濃度變化，線性關係規律性高且準確度大，可知自製 UV 檢測儀具有很高的可信度。
2. 自製 UV 檢測儀所測得的 UVA、UVB 和市售強度計的三條檢量線斜率不同，是因為我們測量的 UV 吸收值是相對比較值，而不是絕對值，且兩台儀器的靈敏度不同。

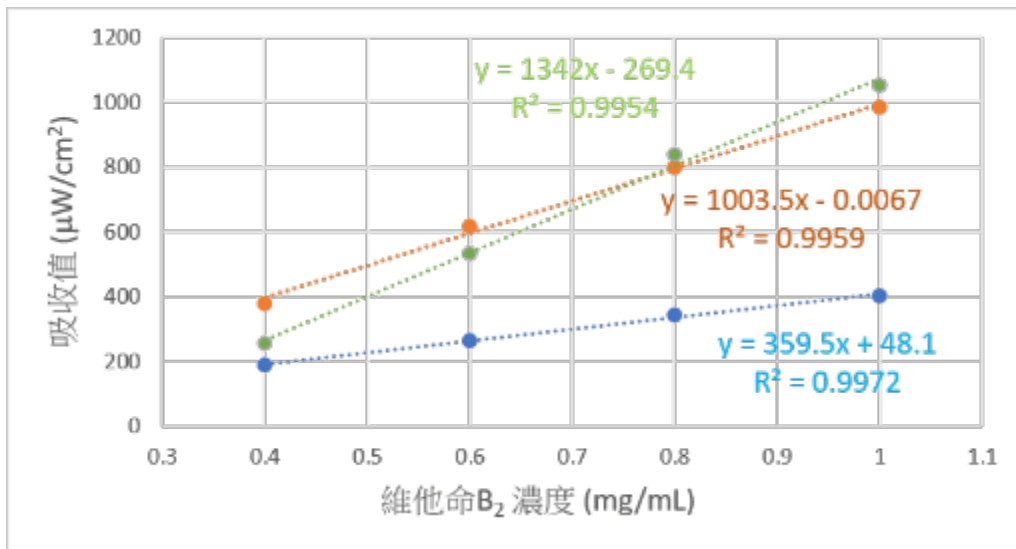


圖 6、使用市售強度計和自製 UV 檢測儀測量維他命 B<sub>2</sub> 的吸收值結果

( ● 為市售強度計、● 為自製檢測儀 UVA、● 為自製檢測儀 UVB )

### 二、利用水、酒精萃取和烘乾，找出生活中具有較佳吸收 UV 效果的常見食材

**實驗數據說明**：我們利用自製 UV 檢測儀測量萃取液 UV 吸收值，因為實驗 2~9 的測量數據龐大，因此詳記在實驗記錄本中，而不寫進作品說明書。

#### (一) 實驗 2、探討不同食材的水萃取液 UV 吸收能力

#### (二) 實驗 3、探討不同食材的酒精萃取液 UV 吸收能力



1. 由圖 7(水、酒精萃取液 UVA 吸收值)、圖 8(水、酒精萃取液 UVB 吸收值)可看出，紅棗及香蕉皮的水萃取液比酒精萃取液好(藍色標示)；龍果皮、紫洋蔥及青江菜酒精萃取液比水萃取液好(黃色標示)。但是大多數的食材不論以水或酒精萃取，UV 吸收值都很接近，表示這些防曬成分都可以溶於水和酒精。由於防曬乳的製作會用到水萃取液，因此我們決定用水萃取來進行天數和濃度實驗。

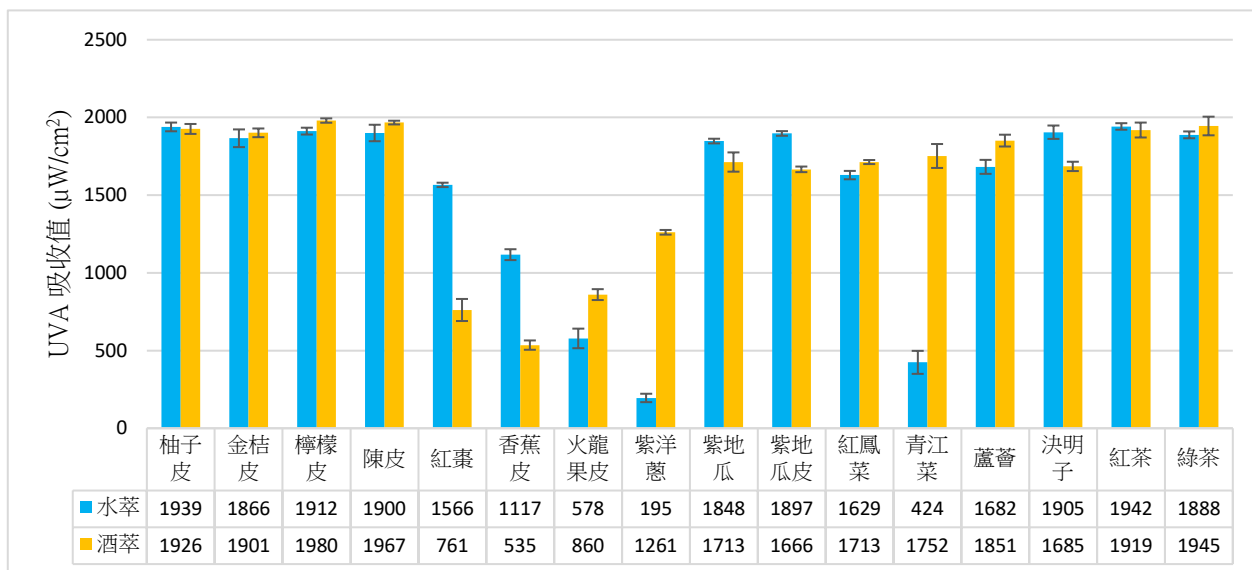


圖 7、16 種食材水萃取液、酒精萃取液的 UVA 吸收值

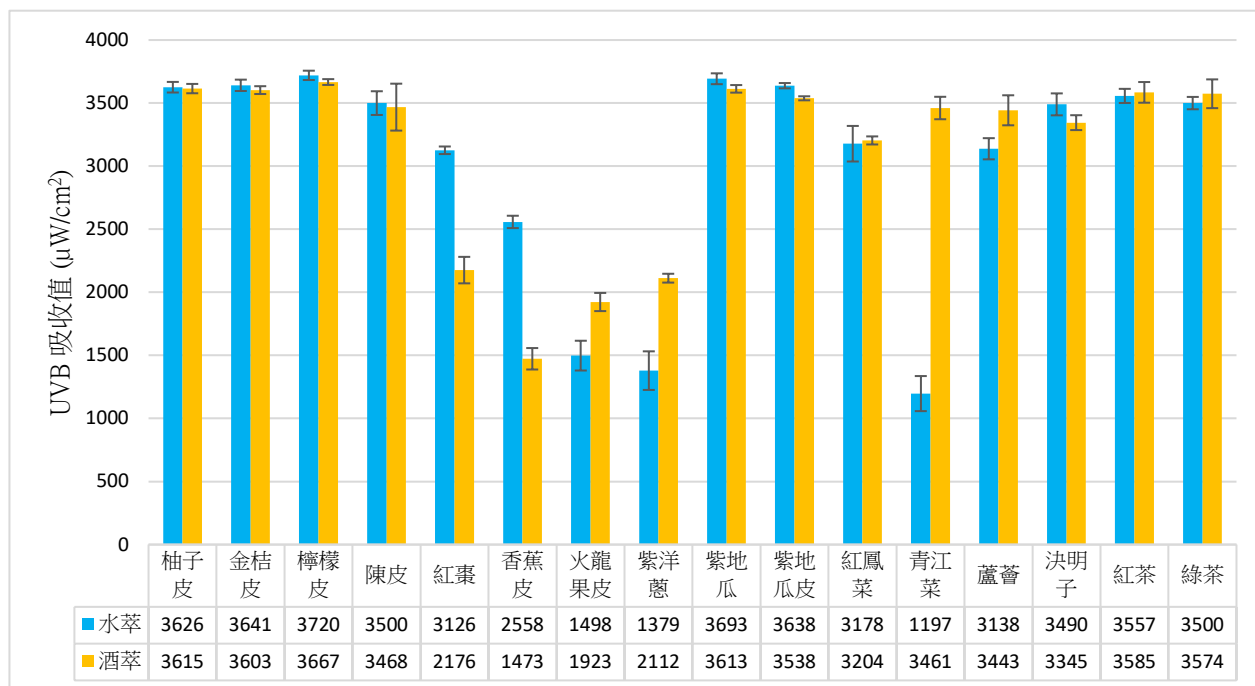


圖 8、16 種食材水萃取液、酒精萃取液的 UVB 吸收值

## 2. 同一種食材對 UVA/UVB 吸收值的比較：

- (1) 實驗使用的燈源含有 5%UVA 和 10%UVB，UVA 和 UVB 比值= 0.5。為了比較同一種食材萃取液吸收 UVA 或 UVB 是否有明顯差異，我們設定 UVA/UVB 的比值介於 0.45~0.55 表示吸收能力相當(長條圖頂端在灰色區間)；若比值> 0.55 表示吸收 UVA 的能力優於 UVB；若比值< 0.45 表示吸收 UVB 的能力優於 UVA，結果如圖 9 所示。
- (2) 不論用水或酒精萃取，大多數食材吸收 UVA 和 UVB 比值皆介於 0.45~0.55，表示食材萃取液在 UVA 和 UVB 吸收效果差異不大，我們考量後認為 UVB 會對皮膚造成立即性傷害，所以決定後續實驗都以 UVB 吸收值來進行探討。

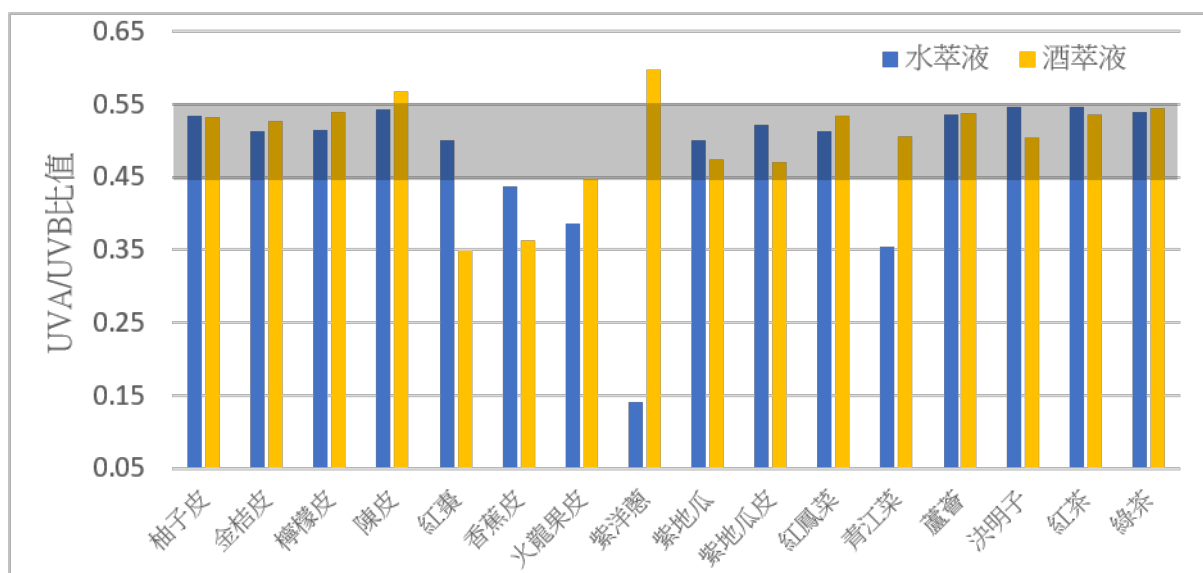


圖 9、16 種食材水萃取液、酒精萃取液的 UVA/UVB 比值

## 3. 16 種食材水萃取液的 UVB 吸收能力分類：

我們將食材依照水萃取液的 UVB 吸收值，區分為優、佳、普通三級來比較。由表 2 可知，UV 吸收能力優的有類黃酮、茶多酚及花青素成分。我們從效果最好的類黃酮類和茶多酚類中，挑選出較容易取得的檸檬皮和綠茶當代表，來進行以水取萃天數與濃度實驗。

表 2、食材水萃取液的 UVB 吸收能力分級（吸收值單位： $\mu\text{W}/\text{cm}^2$ ）

UVB 吸收能力	食材	成分
優 (3700~3500)	柑橘類果皮：檸檬皮、柚子皮、金桔皮、陳皮	類黃酮
	綠茶、紅茶	茶多酚
	紫地瓜、紫地瓜皮	花青素
佳 (3500~3000)	蘆薈、決明子	蒽醌
	紅鳳菜	花青素
	紅棗	其他
普通 (3000 以下)	火龍果皮	花青素
	香蕉皮、紫洋蔥、青江菜	其他

4. 16 種食材水、酒精萃取液的顏色如圖 10 及圖 11，不同食材萃取液呈不同顏色，同一種食材的水或酒精萃取液顏色也不同，表示水和酒精會萃取出不同的食材成分。

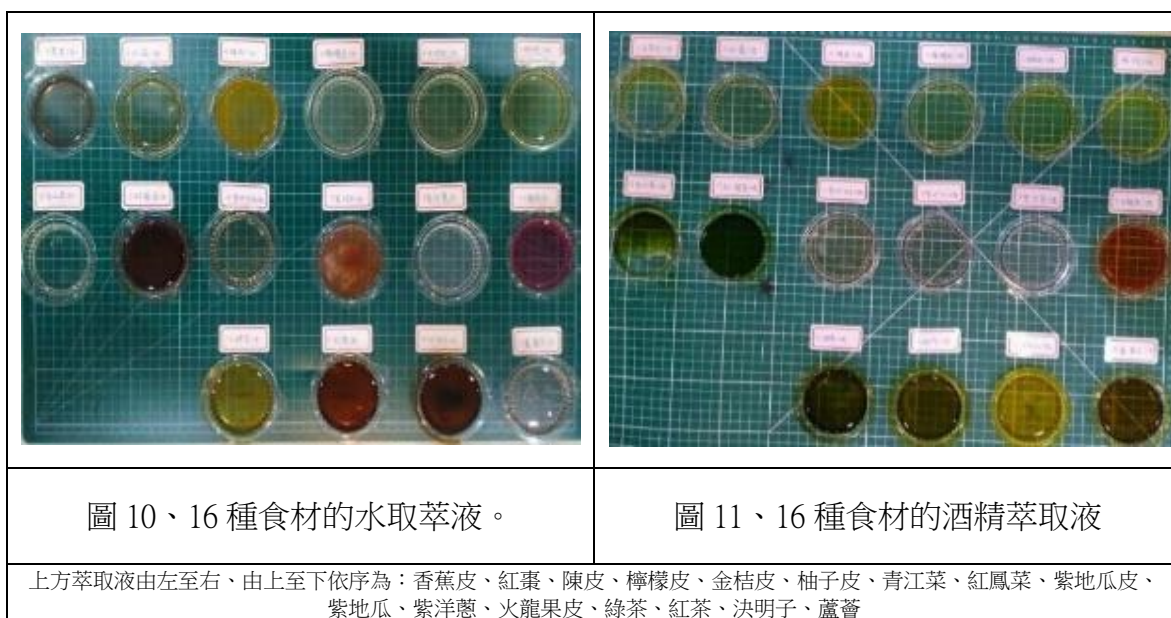


圖 10、16 種食材的水萃取液。

圖 11、16 種食材的酒精萃取液

上方萃取液由左至右、由上至下依序為：香蕉皮、紅棗、陳皮、檸檬皮、金桔皮、柚子皮、青江菜、紅鳳菜、紫地瓜皮、紫地瓜、紫洋蔥、火龍果皮、綠茶、紅茶、決明子、蘆薈

### (三) 實驗 4、探討不同食材烘乾（減少水分）後的 UV 吸收能力

1. 11 種新鮮食材烘乾後，重量減少百分比最多的是青江菜(88%)，最少的是紫地瓜皮 (65%)，結果如表 3。

表 3、新鮮食材烘乾後重量減少百分比

食材	柚子皮	金桔皮	檸檬皮	香蕉皮	火龍果皮	紫洋蔥	紫地瓜	紫地瓜皮	紅鳳菜	青江菜	蘆薈
重量減少	69%	85%	77%	87%	76%	75%	66%	65%	76%	88%	86%

2. 烘乾食材與新鮮食材水萃取液 UVB 吸收值結果如圖 12，大部分食材經過烘乾後，

UVB 吸收值都有明顯提升，增加最明顯有：火龍果皮、紫洋蔥、青江菜。

3. 烘乾過程非常耗時（6~9 小時），且烘乾後食材本身的水分含量變少，在萃取過程中會把水分吸回，例如已烘乾的金桔皮，以水萃取後根本擠不出萃取液，因此我們決定使用新鮮食材來進行本研究的探討。

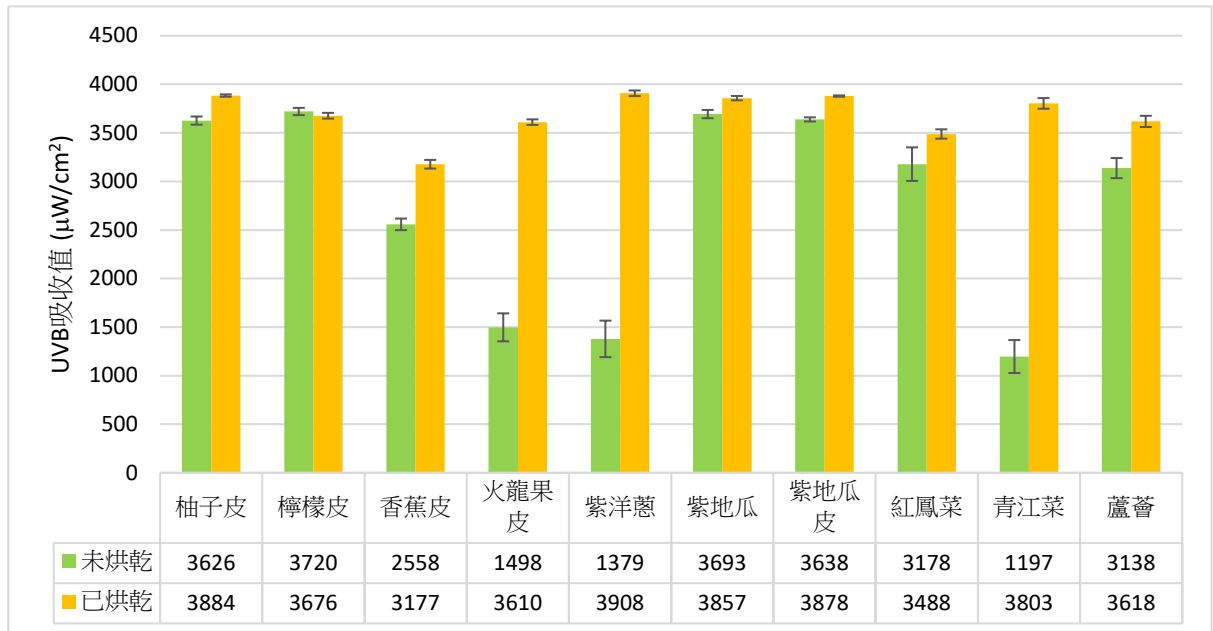


圖 12、烘乾食材與新鮮食材的水萃取液 UVB 吸收值

### 三、探討食材以水萃取的天數、濃度與吸收 UV 效果的關係，找出以水萃取的最佳條件

#### (一) 實驗 5、探討食材以水萃取的天數和 UVB 吸收值的關係

由圖 13 結果可知，用水萃取綠茶和檸檬皮，浸泡的天數影響不大，且因 3 天以上的萃取液容易發霉，因此以 3 天作為本實驗後續用水萃取的天數。

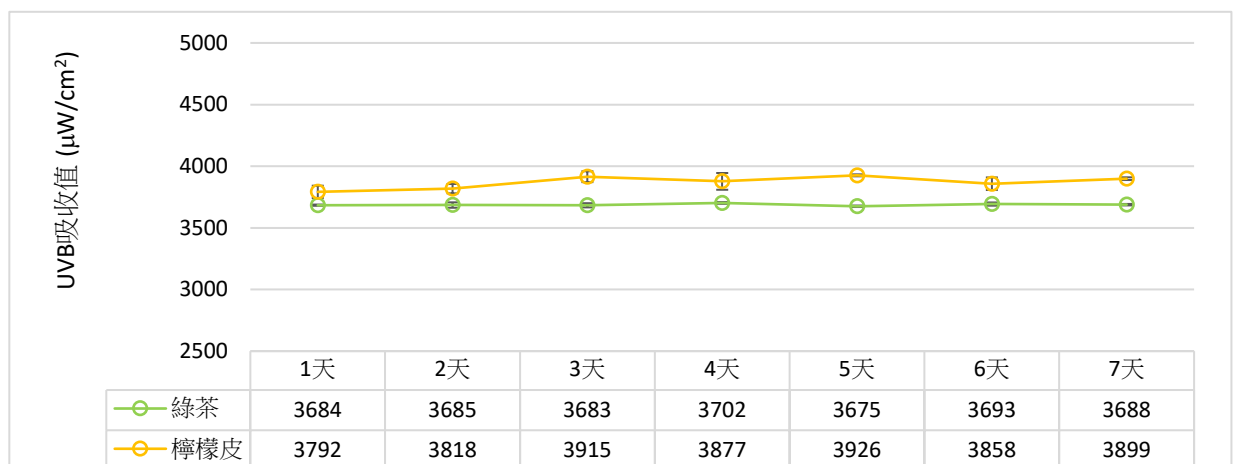


圖 13、綠茶和檸檬以水萃取的天數與 UVB 吸收值的關係

## (二) 實驗 6、探討食材水萃取液濃度和 UVB 吸收值的關係

1. 我們原本配製食材和水 5 種重量比的萃取液濃度，但檢測後發現濃度太高超出檢測範圍，所以圖 14 是將濃度最低的 1：9 萃取液，用水稀釋檢測的結果。
2. 由圖 14 可知稀釋水萃取液後，UVB 吸收值也跟著下降，表示萃取液濃度越稀，UVB 吸收效果越差，因此應該以最濃且可完全浸泡食材的比例來萃取檸檬皮或綠茶。
3. 因為使用食材和水重量比為 1：1 的水量太少，無法取得足量萃取液，重量比 1：3 以上才能完全浸泡食材，因此選用 1：3 來進行後續實驗。

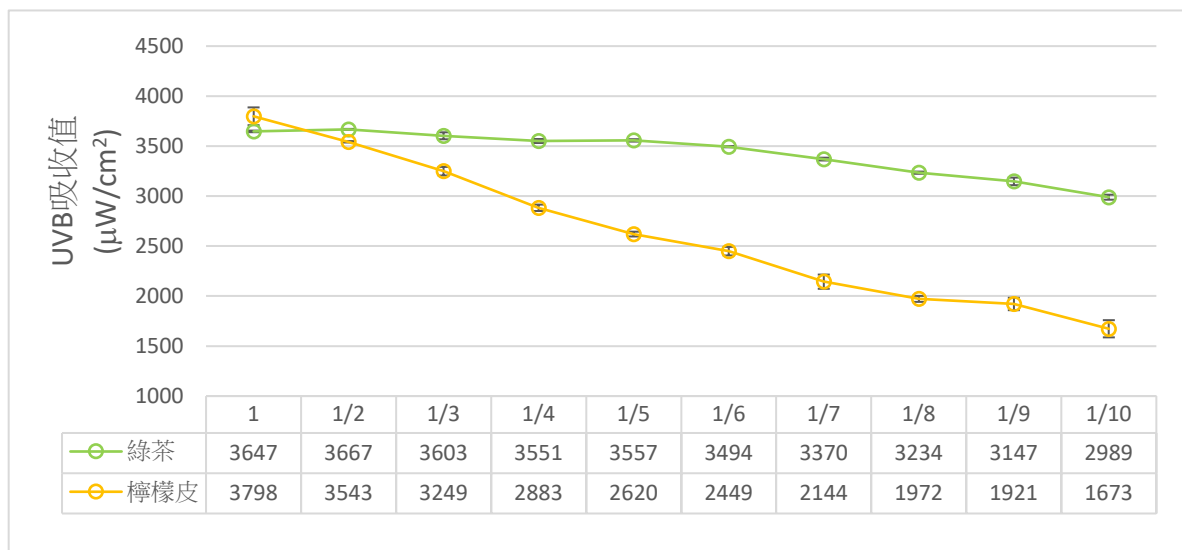


圖 14、重量比為 1：9 的綠茶水萃取液和檸檬水萃取液之稀釋倍數與 UVB 吸收值關係

## 四、檢測植物油的吸收 UV 效果，並探討植物油萃取食材的最佳條件

### (一) 實驗 7、探討植物油的 UVB 吸收值

#### 實驗 9、利用 9 種植物油萃取檸檬皮、綠茶提升 UVB 吸收值

1. 由圖 15 棕色長條圖可知，植物油本身的 UVB 吸收能力，最好的是麻油( $3700 \mu\text{W}/\text{cm}^2$ )，最差的是椰子油，幾乎沒有 UVB 吸收效果。其餘分別為亞麻仁油、葡萄籽油、酪梨油、苦茶油 ( $3500\sim 2000$ )；紫蘇油、橄欖油、葵花油 ( $2000\sim 1000$ )。
2. 由黃色長條圖（植物油萃取檸檬皮）、綠色長條圖（植物油萃取綠茶）可知，以油萃取後 UVB 吸收值都有增加，表示植物油萃取食材可提升 UVB 吸收值。
3. 我們發現以油萃取綠茶的 UV 吸收效果比以油萃取檸檬皮提升更多，所以決定以植物油萃取綠茶當做自製防曬乳的油相。

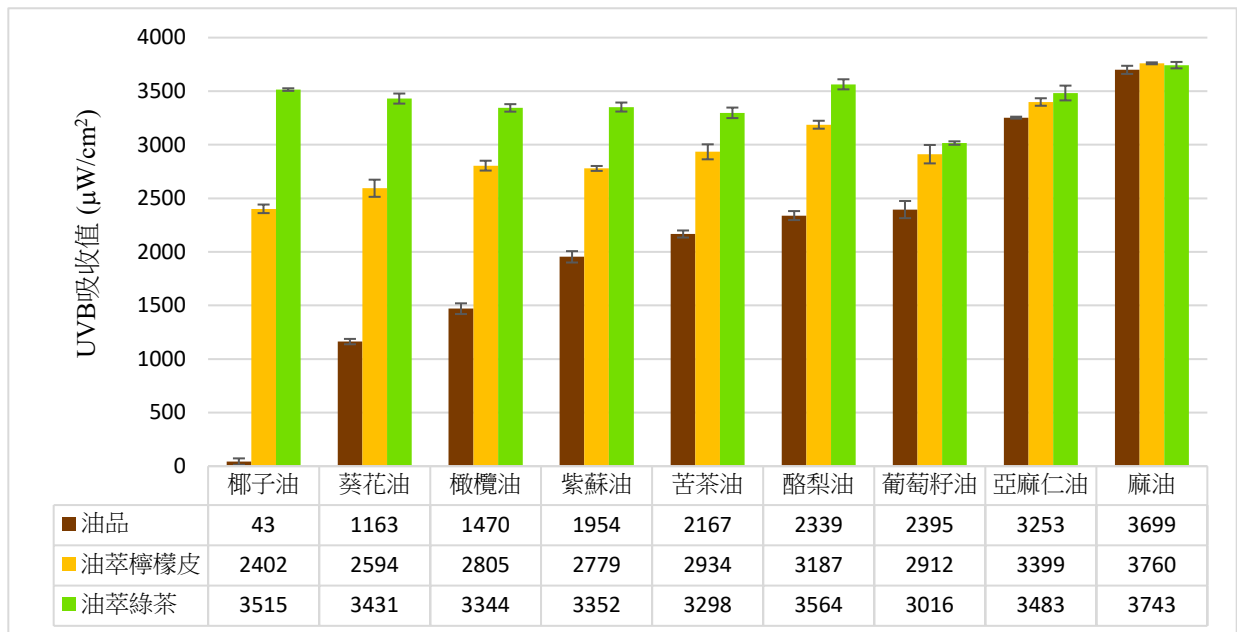


圖 15、9 種植物油及以油萃取檸檬皮、綠茶結果分析

(二) 實驗 8、探討植物油萃取食材的天數和 UVB 吸收值的關係

由圖 16 可知，以麻油、亞麻仁油、葡萄籽油萃取檸檬皮、綠茶，浸泡 1~5 天 UV 吸收值都很相近，表示浸泡時間對食材油萃取液的吸收 UV 效果影響不大，所以我們參照以水萃取的天數，將以油萃取的最佳天數定為 3 天。

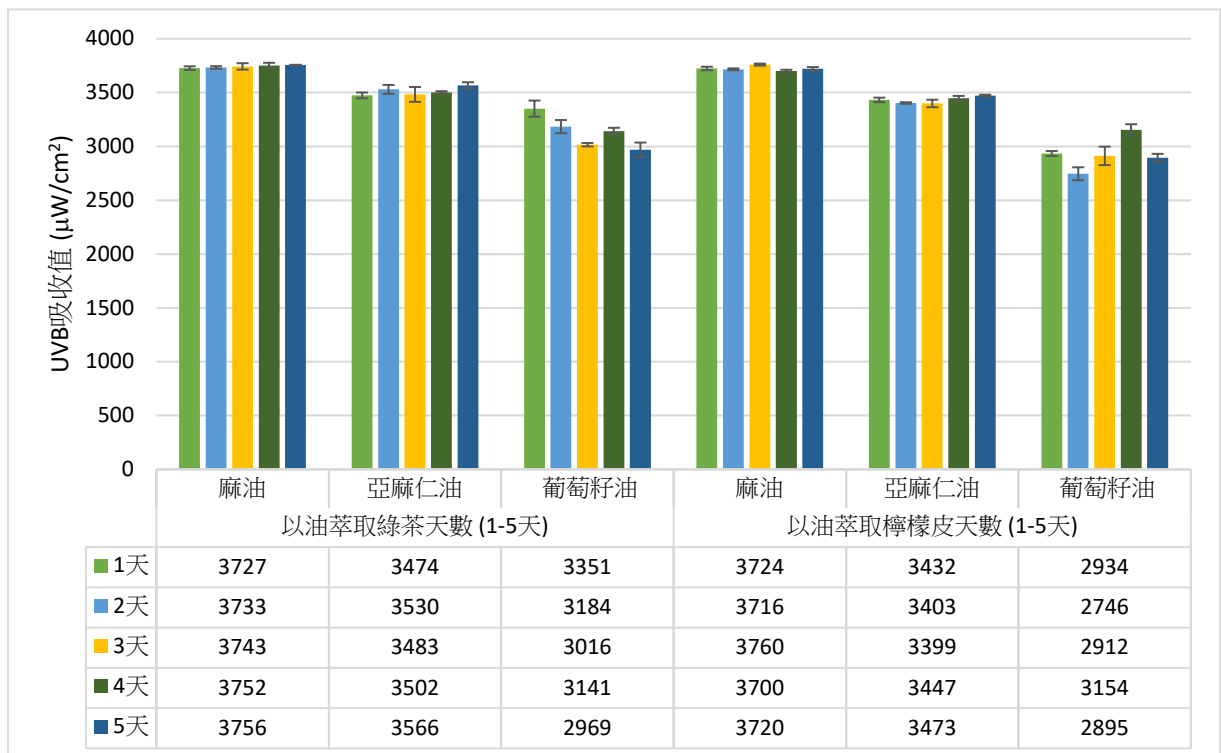


圖 16、3 種植物油萃取檸檬皮、綠茶的天數與 UVB 吸收值的關係

## 五、探討防曬乳水相、油相、乳化劑的最佳比例配方、自製防曬乳及評估防曬效果

### (一) 實驗 10、探討不同比例水相、油相及乳化劑的組成來找出最佳配方

1. 圖 17 為 10 種空白防曬乳照片，表 4 為空白防曬乳的組成配方表與性質評估結果。

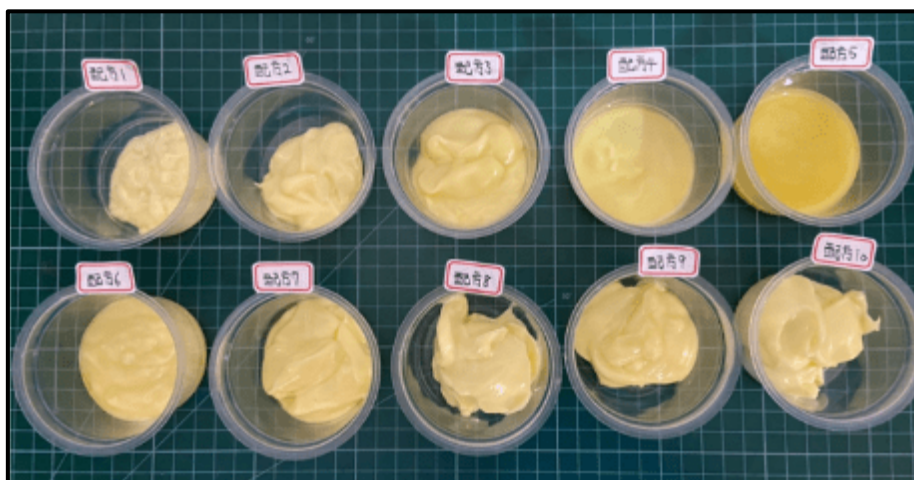


圖 17、10 種空白防曬乳的照片

表 4、空白防曬乳的組成配方表與性質評估結果

配方	A 杯(油相)			B 杯	評估					
	油	乳化劑	增稠劑	水相	型態	穩定性	流動性	舒適感 (1~5 分)		
	橄欖油	Olivem®900	硬脂酸	水	乳液/乳霜	油水分離 (是/否)	類似的食物	清爽	油膩	厚重
調整油的比例										
1	40	5	--	55	乳霜	是(水滲出)	豆花	3	2	4
2	50	5	--	45	乳霜	否	優格	3	2	3
3	60	5	--	35	乳霜	否	奶酪	4	2	1
4	70	5	--	25	乳霜	是(油滲出)	沙拉醬	3	2	5
調整乳化劑的比例										
5	60	2	--	38	未成型	是(明顯分離)	融化奶油	無法評估		
6	60	4	--	36	乳液	否	融化冰淇淋	3	3	2
7	60	6	--	34	乳霜	否	布丁	3	4	1
8	60	8	--	32	乳霜	否	冰淇淋	3	2	3
調整增稠劑的比例										
9	60	4	1	35	乳霜	否	美乃滋	5	2	1
10	60	4	3	33	乳霜	否	奶油	2	4	2

※註：舒適感評估 1 分為最低，5 分為最高。

1. 由表 4 配方表可知，除了配方 1、4、5 之外，其他配方皆無油水分離現象，表示皆有乳化成功。
2. 配方 1 雖然有乳化成功，但是水分含量 55%，靜置後過多的水會滲出。
3. 配方 4 雖然有乳化成功，但是油相占了 70%，靜置後過多的油會滲出。
4. 配方 5 的乳化劑太少，完全無法乳化，所以油水分離。
5. 配方 3、6、7、8 都是使用 4% 以上的乳化劑，皆有乳化成功。其中以配方 6 的流動性為最佳，比較容易用微量吸管抽取，進行防曬乳效果評估。
6. 配方 9 是將配方 6 添加 1% 硬脂酸，使用十分清爽，也不太會厚重或油膩，所以討論後決定以配方 9 的比例來製作防曬乳。

## (二) 實驗 11、調配自製防曬乳

1. 我們依照配方 9，將 9 種植物油的綠茶防曬乳成功製作出來，表示配方 9 的組成比例與製作過程都相當穩定，製程有很好的再現性，如圖 18 所示。

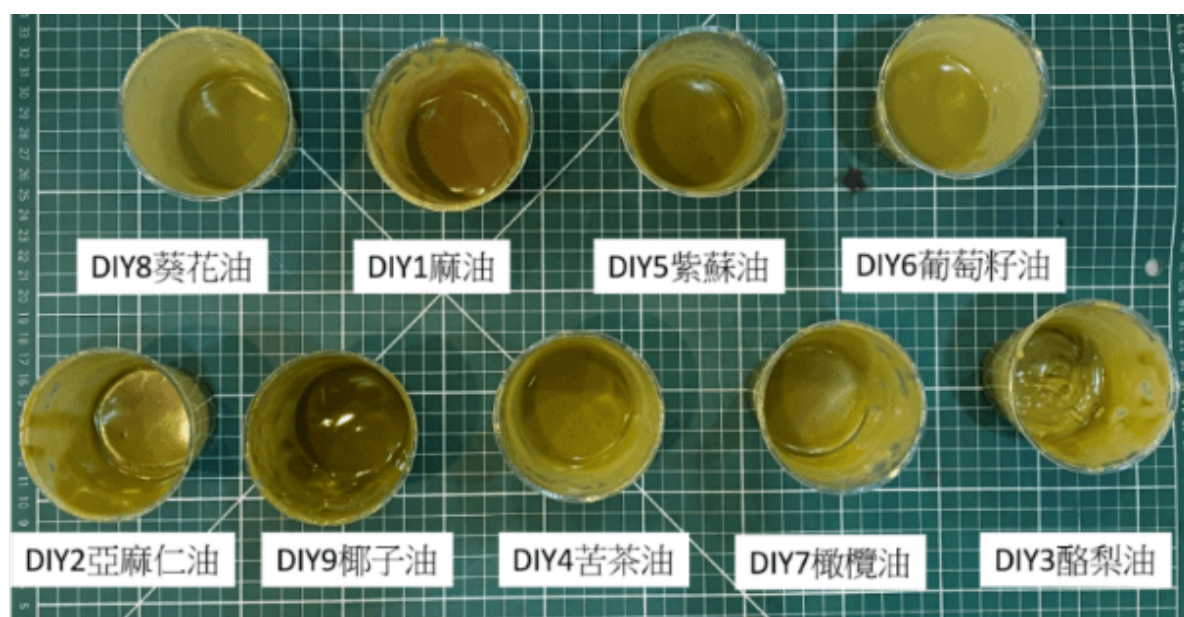
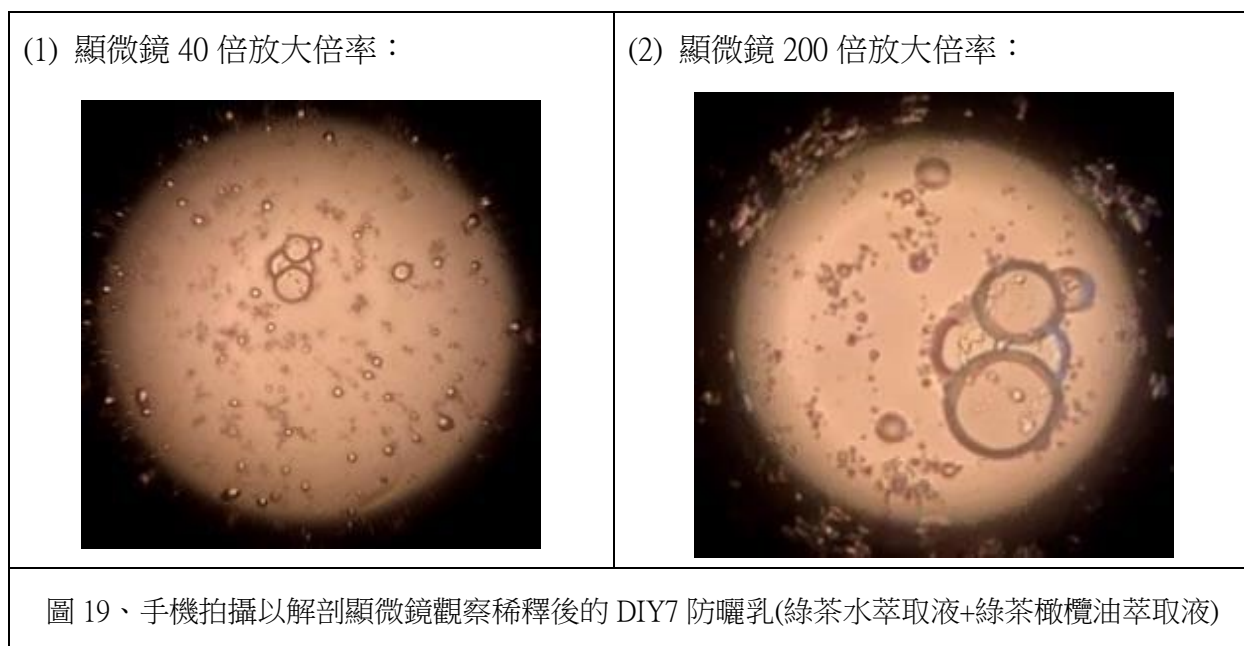


圖 18、依照配方 9 的比例，製作 9 種植物油的綠茶防曬乳

2. 9 種綠茶防曬乳的外觀顏色，由深綠至淺綠都有，以椰子油防曬乳顏色最深。不過分別塗抹於皮膚後，並不會讓塗抹處的皮膚看起來有明顯色差。
3. 我們先以橄欖油稀釋橄欖油綠茶防曬乳，再使用解剖顯微鏡以不同倍率觀察橄欖油綠茶防曬乳(DIY7)。如圖 19，可觀察到大小不同的圓球狀微胞；其中外相是油，內相是



被乳化劑包住的水液滴。在圖 19-(2)可以發現，有一層厚的膜包圍在外側，請教專家後，推測是乳化劑所形成的微胞界面膜，表示有成功的作出油包水型防曬乳。



### (三) 實驗 12、以「自製 UV 變色黏土檢測裝置」評估防曬乳的效果

1. 圖 20 為日曬 1、2、3 小時後，自製防曬乳和實驗對照組的防曬效果比較。由圖 19 可發現，經太陽照射後，第 1 小時的檢品片顏色是最深的紫紅色，因為當時的陽光最強（12:00-13:00），隨著時間經過陽光漸漸減弱，第 2 小時是比較淡的粉紅色，第 3 小時是最淡的淺粉紅色。表示黏土顏色的變化，確實可以反應出紫外線的強弱，可用來檢測防曬乳吸收 UV 的能力。
2. 由 9 種自製防曬乳的位置（橘色區 A2-C4）可看出，日曬第 1 小時後呈現白色最明顯，第 2、3 小時白色有些微減弱的現象，表示我們的自製防曬乳可以有效阻擋紫外線。
3. 與對照組分析：
  - (1) 空白載盤的位置（A1）呈現紫紅色，表示載盤完全沒有吸收 UV 的效果。
  - (2) 不含綠茶萃取液的空白防曬乳的位置（B1），呈現淡白色，表示空白防曬乳本身就有些微的吸收 UV 效果。
  - (3) 9 種自製防曬乳與市售防曬乳 A、B 以及綠茶水萃取液的位置（C1、D1 及 E1）呈白色，表示自製防曬乳三者與市售防曬乳 A、B 吸收效果相近。
  - (4) 9 種植物油只有麻油的位置（D2），呈現白色，表示麻油本身就有吸收 UV 效果。

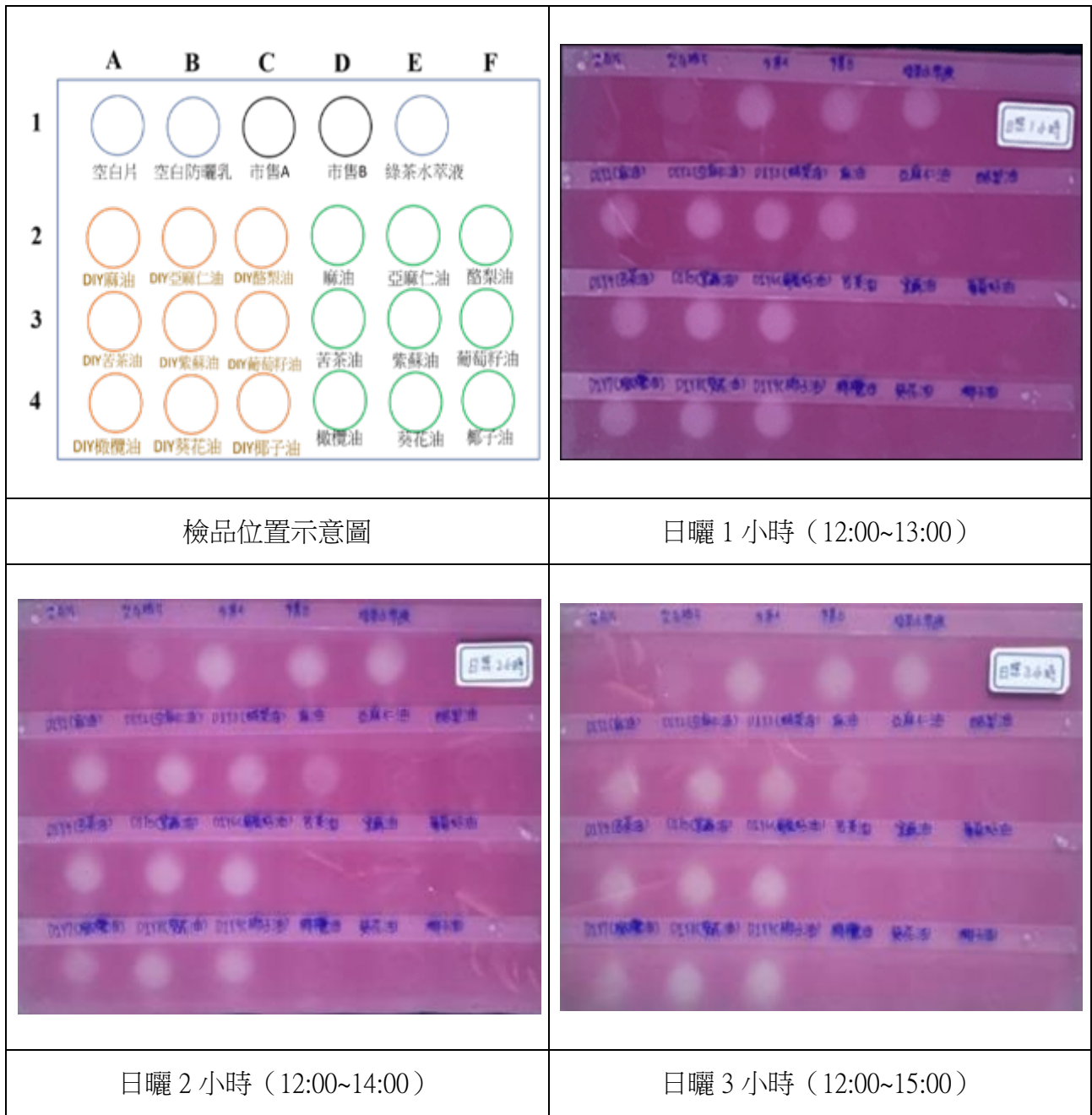


圖 20、日曬 1、2、3 小時後，自製防曬乳和實驗對照組的防曬效果比較

## 陸、討論

### 一、自製 UV 檢測儀與評估其可信度

1. 組裝 Arduino UV 感測器時，如果用 Arduino UNO 版的話會太大塊，無法接上麵包版，使用上也較不方便。所以改用較小的 NodeMCU 主控版，匯入程式後，有電源就可以運作。
2. 我們使用的 UV 燈源雖然含有較多的 UVB，但查詢資料後發現維他命 B<sub>2</sub> 對於 UVA 的吸收能力大於 UVB，因此圖 6 的綠色線(UVB)斜率並沒有比橘色線(UVA)斜率來得大。
3. 實驗過程中我們發現每 100 個空載盤中，約有 10 個強度值差異較大，所以每一次檢測萃取液前，我們都會先檢測並挑選強度值相近的空盤杯蓋進行實驗，來減少載盤造成的誤差。另外也會測量三次萃取液的 UV 平均吸收值（空白載盤強度值 - 有萃取液載盤強度值），增加測量準確度和減少載盤造成的誤差。

### 二、利用水、酒精萃取和烘乾，找出生活中具有較佳吸收 UV 效果的常見食材

1. 我們檢測生活中常見的 16 種植物性食材萃取液，發現柑橘類果皮、紅鳳菜、青江菜、蔬果(紫洋蔥、紫地瓜)、中藥材(陳皮、決明子)、茶葉(紅茶、綠茶)具有較佳 UV 吸收效果。從文獻資料得知，植物為避免陽光中紫外線傷害，會產生相關物質來保護自己，我們推測這些蔬果皮及食材可以吸收 UV 是因為具有這些防曬成分。
2. 由過往科展和本次研究，我們整理出 5 種防曬成分，其中類黃酮和茶多酚的吸收效果最好，接下來是花青素、蔥醌類和其他。檸檬皮含類黃酮；綠茶含茶多酚，從實驗中發現這兩種食材 UV 吸收效果好且易取得，適合製成天然防曬乳。

### 三、探討食材以水萃取的天數、濃度與吸收 UV 效果的關係，找出以水萃取的最佳條件

1. 由檸檬皮、綠茶以水萃取的天數結果發現 1-7 天的數據都很接近，因此我們希望未來研究可以找出更省時的浸泡時間(例如 12 小時內)。
2. 我們由檸檬皮、綠茶水萃取液的濃度發現，濃度越高，水萃取液的 UV 吸收效果越好。但是浸泡過程也發現，若水太少食材無法完全浸泡於水中，所以選擇可完全浸泡食材的濃度是食材和水的重量比為 1：3。

#### 四、 檢測植物油的吸收 UV 效果，並探討植物油萃取食材的最佳條件

1. 我們從以油萃取的實驗發現，椰子油萃取綠茶和檸檬皮的 UV 吸收效果提升最多。麻油本身的 UVB 吸收值是最好的；亞麻仁油、葡萄籽油的吸收值也不錯，但萃取檸檬皮或綠茶後的 UV 吸收能力只有些微提升。推測可能是綠茶和檸檬皮的防曬成分在植物油中溶解度不同，導致以油萃取後吸收 UV 能力提升效果不同。
2. 我們在以油萃取的實驗的過程中遇到寒流，椰子油因低溫而凝固，查詢資料得知，椰子油的飽和脂肪酸比例高達 92%，所以溫度低於 24°C 時會呈現固態，無法萃取綠茶。後來我們想到利用食材烘乾機來保持溫度讓椰子油維持液態，即可順利萃取綠茶。
3. 比較用水、酒精和椰子油萃取檸檬皮，水及酒精萃取液的 UVB 吸收值都大於 3600  $\mu\text{W}/\text{cm}^2$ ，但是椰子油萃取液只有 2400  $\mu\text{W}/\text{cm}^2$ ；同樣用水、酒精和椰子油比較綠茶，UVB 吸收值都大於 3500  $\mu\text{W}/\text{cm}^2$ 。推測檸檬皮水溶性的防曬成分比較多，而綠茶則是同時含水溶性和脂溶性的防曬成分。查資料得知，綠茶富含茶多酚，而茶多酚中的類黃酮和花青素是水溶性，酚酸是脂溶性，因此這些成分可能是吸收 UVB 的成分。

#### 五、 探討水相、油相、乳化劑的最佳比例配方、自製防曬乳及評估防曬效果

1. 我們曾經使用化學合成的簡易型乳化劑，但是不符合我們環保的理念，為了找出更天然的乳化劑，我們又嘗試了天然的液態大豆卵磷脂作為乳化劑，但發現乳化能力不佳。接下來我們使用蛋黃作為乳化劑，發現效果好，但 3 天後就會發臭，不易保存。最後找到最符合我們需求的乳化劑：橄欖乳化蠟 900 型，它是由橄欖油脂化而成，較天然環保，也有較高的成功率可以製出防水型乳劑，加上它不易發臭腐壞，很適合本實驗。
2. 我們在製作防曬乳過程中發現，油、水、乳化劑以及適合的配方比例還有高速的攪拌，都是不可或缺的重要條件。當水相比油相還要多時，油會包不住水，會造成油水分離而失敗；油相比比例太高，過多的油就會滲出，因此最好的油相比比例是 50~60%。乳化劑的使用量太少(2%)時，乳化能力不足會失敗；乳化劑愈多(4~8%)，越容易乳化，製作出來的防曬乳較厚實(也就越硬)，屬於乳霜劑型。在配方中添加 1%硬脂酸，可減少油膩和厚重感，但是添加 3%以上硬脂酸厚重感就又增加，所以油、水、乳化劑和硬脂酸的配方比例要適當。

3. 我們使用過的乳化劑有冷作型也有熱作型。之前所使用的都是冷作型，不需要加熱，攪拌混合就可以了。後來我們用的橄欖乳化蠟 900 型則是熱作型，油相、水相必須同時加熱到 75°C(乳化蠟的熔點)，攪拌時保持相同的溫度。如果水相沒有加熱，攪拌時會使油溫快速下降，乳化蠟會轉回固態無法完全乳化，會形成塊狀不均勻的乳液。而且發現水相要分次加入油相攪拌，如果一次就全部加入，會無法均勻混和包覆水滴而失敗。
4. 我們使用冷作型乳化劑時，只要用攪拌棒混合，很容易就能把油和水乳化均勻，但是使用乳化蠟卻遇到了即使攪拌很久，還是一直沒有辦法完全乳化的問題。查詢資料後得知，橄欖乳化蠟 900 型必須靠著高轉速的攪拌力道，將油和水分散成更細微的液滴，水液滴分散在油液滴中被包覆形成油包水微胞達到乳化作用。所以我們後來就使用手提攪拌機來解決這個問題，也把攪拌時間固定為 3 分鐘，終於順利進行乳化實驗。
5. 以解剖顯微鏡觀察未經稀釋的自製防曬乳，會觀察到許多密集堆疊的圓球形物體，經過稀釋後才能觀察到個別的油包水微胞，並可確認所觀察到的不是氣泡。微胞的大小並不一致，經詢問老師後得知，我們用的電動攪拌機只能將油和水乳化成形，如果想要微胞大小很一致，就必須用更好的設備，例如高壓均質機，製備出來的成品，才會細緻均勻、也較不容易油水分層，能夠安定儲存更久。
6. 我們上網查詢資料，得知 UV 變色黏土中含有「光變色性物質」，經陽光照射吸收紫外線能量後，分子結構會產生變化而改變顏色，由原本的半透明白色轉變為桃紅色；當沒有紫外線照射時會失去能量，很快恢復為原來的半透明白色，是一種可逆的化學反應。
7. 我們利用 UV 黏土隨著紫外線強弱會改變顏色的特性，自行設計組裝防曬乳檢測裝置，組裝過程中，最大困難是如何同時檢測多種檢品，我們嘗試將變色黏土擀得又大又薄，但擀土過程易產生氣泡及沾黏，不斷改進後發現，用兩張透明投影片將黏土夾住來擀，擀平後再慢慢撕下投影片並貼合在安全玻璃上，才解決氣泡及沾黏問題。

## 柒、結論

- 一、我們利用 Arduino 技術製作出 UV 感測器，可以同時量測 UVA、UVB 吸收值。與市售 UV 強度計比較檢測出來的 UV 吸收值，發現兩台儀器測到的 UV 吸收值和維他命 B<sub>2</sub> 濃度變化，線性關係規律性高且準確度大，表示自製 UV 檢測儀的檢測結果是可信的。
- 二、實驗發現，柑橘類的果皮（檸檬、柚子、金桔）、蔬果（紅鳳菜、青江菜、紫洋蔥、紫地瓜）、中藥材（陳皮、決明子）、茶葉（紅茶、綠茶）等生活中常用的食材，用水和酒精就可以萃取出吸收 UVA、UVB 的成分。將食材烘乾後雖然可以提升萃取液的 UV 吸收效果，但是乾燥的食材回吸水分反而會減少萃取液量。本次研究新發現，含類黃酮成分的柑橘類果皮和含茶多酚的綠茶，相較於過往科展報告火龍果皮（含花青素成分）、蘆薈皮和決明子（含蒽醌類成分）UV 吸收效果更好。
- 三、用水萃取檸檬皮及綠茶，發現以水萃取的最佳條件為綠茶 3 天、綠茶和水重量比為 1:3。
- 四、植物油本身的 UV 吸收效果以麻油最佳，而椰子油幾乎沒有吸收效果。在植物油中加入檸檬皮、綠茶後，可提升植物油的 UV 吸收效果，而且以椰子油的萃取效果最好。以油萃取的效果綠茶比檸檬皮更佳，1~5 天油萃取液的吸收 UV 效果大致相同。我們選用 9 種植物油萃取綠茶 3 天、重量比為 1:3 作為以油萃取的最佳條件。
- 五、以最佳配方（油 60%：乳化劑 4%：硬脂酸 1%：水 35%）成功製作出 9 種綠茶防曬乳，表示配方與製作過程穩定，製程的再現性很好。並以自製防曬檢測裝置評估後，發現防曬效果與市售防曬乳相近，也以顯微鏡成功觀察到油包水的圓形微胞，證實自製防曬乳是成功的。
- 六、綜合上述，發現生活中有很多食材及廢棄果皮，例如茶葉、檸檬皮、紫地瓜皮……等，都有很好的吸收 UV 的效果，平常就可以利用這些容易取得的食材，用水及植物油浸泡萃取後，加上乳化劑即可輕鬆調配自製天然防曬乳。

## 捌、參考資料

王筱涵 (2017)。防曬每一天，皮膚科醫師自己都怎麼挑選防曬用品？取自

<http://drhhwang.blogspot.com/2017/07/uvproduct.html>

汪梅英、許坤田、張妙玲、張朝明 (2010)。防曬乳在 span80/tween60 系統中之貯存安定性與 SPF 值有效性評估，**嘉南學報**，36，151-158。

吳紓慧 (2019)。拒絕抹黑~Vitamin B<sub>2</sub>在 UV 強度量測與物理防曬的應用。第 59 屆全國中小學科展作品 (國中組)。取自：[https://www.ntsec.edu.tw/Science-Content.aspx?](https://www.ntsec.edu.tw/Science-Content.aspx?cat=15103&a=6821&fld=&key=&isd=1&icop=10&p=3&sid=15856)

[cat=15103&a=6821&fld=&key=&isd=1&icop=10&p=3&sid=15856](https://www.ntsec.edu.tw/Science-Content.aspx?cat=15103&a=6821&fld=&key=&isd=1&icop=10&p=3&sid=15856)

洪瑞勝、嚴宜凡、劉昱彰 (2019)。日曬剋星-火龍果皮花青素防曬之研究。第 59 屆全國中小學科展作品 (國中組)。取自：[https://www.ntsec.edu.tw/ScienceContent.aspx?cat=](https://www.ntsec.edu.tw/ScienceContent.aspx?cat=15733&a=6821&fld=&key=&isd=1&icop=10&p=4&sid=15846)

[15733&a=6821&fld=&key=&isd=1&icop=10&p=4&sid=15846](https://www.ntsec.edu.tw/ScienceContent.aspx?cat=15733&a=6821&fld=&key=&isd=1&icop=10&p=4&sid=15846)

莊崑翔、黃瑋綺、蔡林泓、劉禹昕 (2020)。決剩 Food，這「咖」油夠厲害—咖啡渣油抗紫外線效果之研究。第 60 屆全國中小學科展作品 (國小組)。取自：[https://www.ntsec.edu.](https://www.ntsec.edu.tw/Science-Content.aspx?cat=16344&a=6821&fld=&key=&isd=1&icop=10&p=1&sid=16605)

[tw/Science-Content.aspx?cat=16344&a=6821&fld=&key=&isd=1&icop=10&p=1&sid=16605](https://www.ntsec.edu.tw/Science-Content.aspx?cat=16344&a=6821&fld=&key=&isd=1&icop=10&p=1&sid=16605)

彭金玉、詹馥好編 (2006)。化妝品配方設計與實務。臺北，新文京。

曾俊諺、黃楷媿、莊軒宇 (2015)。蒼不蒼防曬?—蘆薈應用在防曬乳可行性之研究。第 55 屆全國中小學科展作品 (國中組)。取自：[https://www.ntsec.edu.tw/ScienceContent.aspx?](https://www.ntsec.edu.tw/ScienceContent.aspx?cat=&a=0&fld=&key=&isd=1&icop=10&p=86&sid=12581)

[cat=&a=0&fld=&key=&isd=1&icop=10&p=86&sid=12581](https://www.ntsec.edu.tw/ScienceContent.aspx?cat=&a=0&fld=&key=&isd=1&icop=10&p=86&sid=12581)

葉玉婷、王思涵 (2008)。綠茶緣-淺談綠茶。第 970331 梯次高級中等學校小論文比賽特優作品。取自：<https://www.shs.edu.tw/works/essay/2008/03/2008030217463481.pdf>

蔡蘊明 (2013)。油理油趣—淺談食油(Food oil)的化學。取自：

<https://www.ch.ntu.edu.tw/office/article/food-oil.html>

盧芊希、陳芊伶、鄭雯庭 (2020)。你戴”果罩”了嗎?~探討果皮的抗紫外線能力及自製果皮汁防曬乳。第 60 屆全國中小學科展作品 (國中組)。取自：[https://www.ntsec.edu.tw/](https://www.ntsec.edu.tw/Science-Content.aspx?cat=16344&a=6821&fld=&key=&isd=1&icop=10&p=4&sid=16459)

[Science-Content.aspx?cat=16344&a=6821&fld=&key=&isd=1&icop=10&p=4&sid=16459](https://www.ntsec.edu.tw/Science-Content.aspx?cat=16344&a=6821&fld=&key=&isd=1&icop=10&p=4&sid=16459)

## 【評語】 080216

探究以常見天然食材及廢棄果皮製作防曬乳，研究主題好玩有趣，也具環保性與生活化。

選擇科技用品自行組裝研究工具，符合國小從做中學以及科學探究的精神。

針對作品內容提供以下建議：

1. 變因探究的設計應說明清楚完整。
2. 自製量測器材值得鼓勵，但宜先經過認證。
3. 參考資料如取自網站，應標明上網日期。
4. 研究器材應標明規格型號。
5. 文獻探討應就歷年科展及期刊論文對相關主題的研究情形加以陳述。
6. 圖的縱座標和橫坐標應標明清楚。



## 作品簡報

# 鋤禾日當午，擦點防曬乳

組 別：國小組  
科 別：化學科  
編 號：080216

# 研究動機、工具、目的與過程

## 動機

1. 在自然課中得知紫外線的用途和傷害
2. 多數市售防曬乳加入破壞環境的物質
3. 想自製天然環保防曬乳

自製研究工具  
設計12個實驗

• 評估自製UV檢測儀的可信度

• 了解常見食材的UV吸收能力

• 探討以水萃取最佳條件

• 探討以油萃取最佳條件

• 探討防曬乳的最佳配方

• 調配自製防曬乳及評估防曬效果

# 與歷屆科展研究之比較

歷屆科展研究	本研究
以強度計直接測量或以Arduino測量燈源照射維他命B <sub>2</sub> 溶液，間接得知紫外線強度。	組裝Arduino UV檢測儀，讀取UVA、UVB值，檢測時間 <u>1分鐘</u> ，檢品量0.45 mL。 <b>省時方便</b>
探討花青素成分的果皮、葉片或蘆薈、咖啡渣等新鮮或廢棄食材。	探討花青素、蘆薈， <u>柑橘類果皮</u> 、 <u>綠茶</u> 等萃取液， <u>植物油</u> 的UV吸收效果。 <b>新發現</b>
果皮汁原液加入水和不同保養品中，製作成自製果皮汁液防曬乳	利用食材萃取液、植物油、天然橄欖乳化蠟探討最佳配方， <u>自製油包水型防曬乳</u> 。 <b>配方探討</b>
防曬檢測以陽光照射維他命B <sub>2</sub> 濃度、豬皮後色差比較法。	以 <u>UV變色黏土</u> 可立即且直接檢測防曬效果。 <b>直接判讀</b>

# 自製研究工具

## ● 自製UV檢測儀：

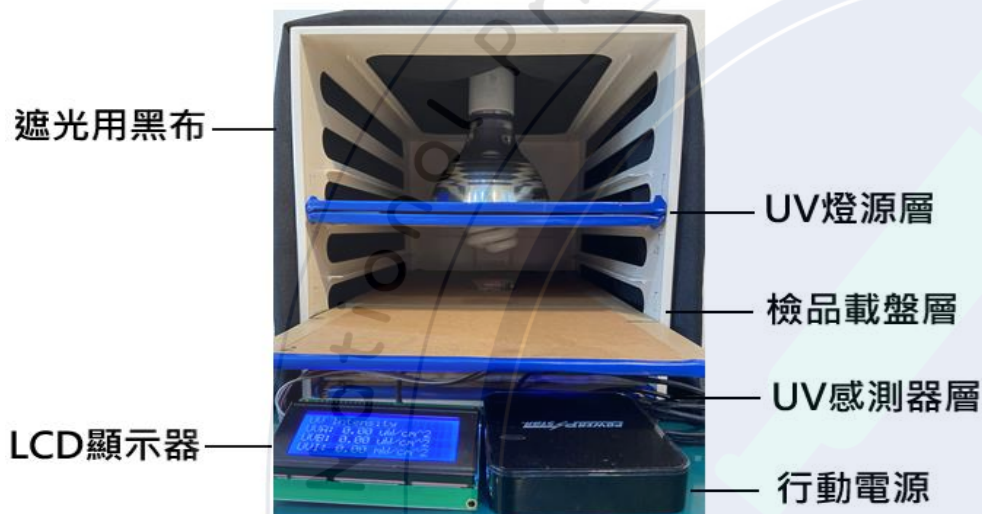


圖1、自製UV檢測儀完成圖

## ● 檢測方法：



圖2、檢測空白載盤UV強度值



圖3、檢測有萃取液載盤UV強度值

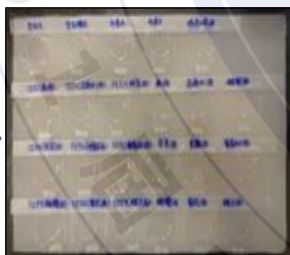
## ● 萃取液的「UV吸收值」

$$= (\text{空白載盤強度值}) - (\text{有萃取液載盤強度值})$$

## ● 自製UV變色黏土檢測裝置與檢測方法：



1. 擰平變色黏土



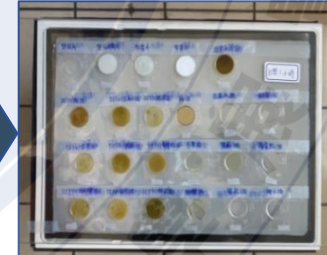
2. 完成自製檢測裝置



3. 抽取0.2 mL檢品放在載盤片上



4. 將載盤片放在日光下分別日照1、2、3小時



5. 將載盤片移到室內貼合於防曬檢測玻璃片上



6. 將載盤片快速移開並立即拍照記錄

● UV變色黏土經紫外線照射後會由白色變成紫紅色，紫紅色越深表示紫外線越強。

● 可同時檢測23種檢品。

# 實驗1 評估自製UV檢測儀的可信度

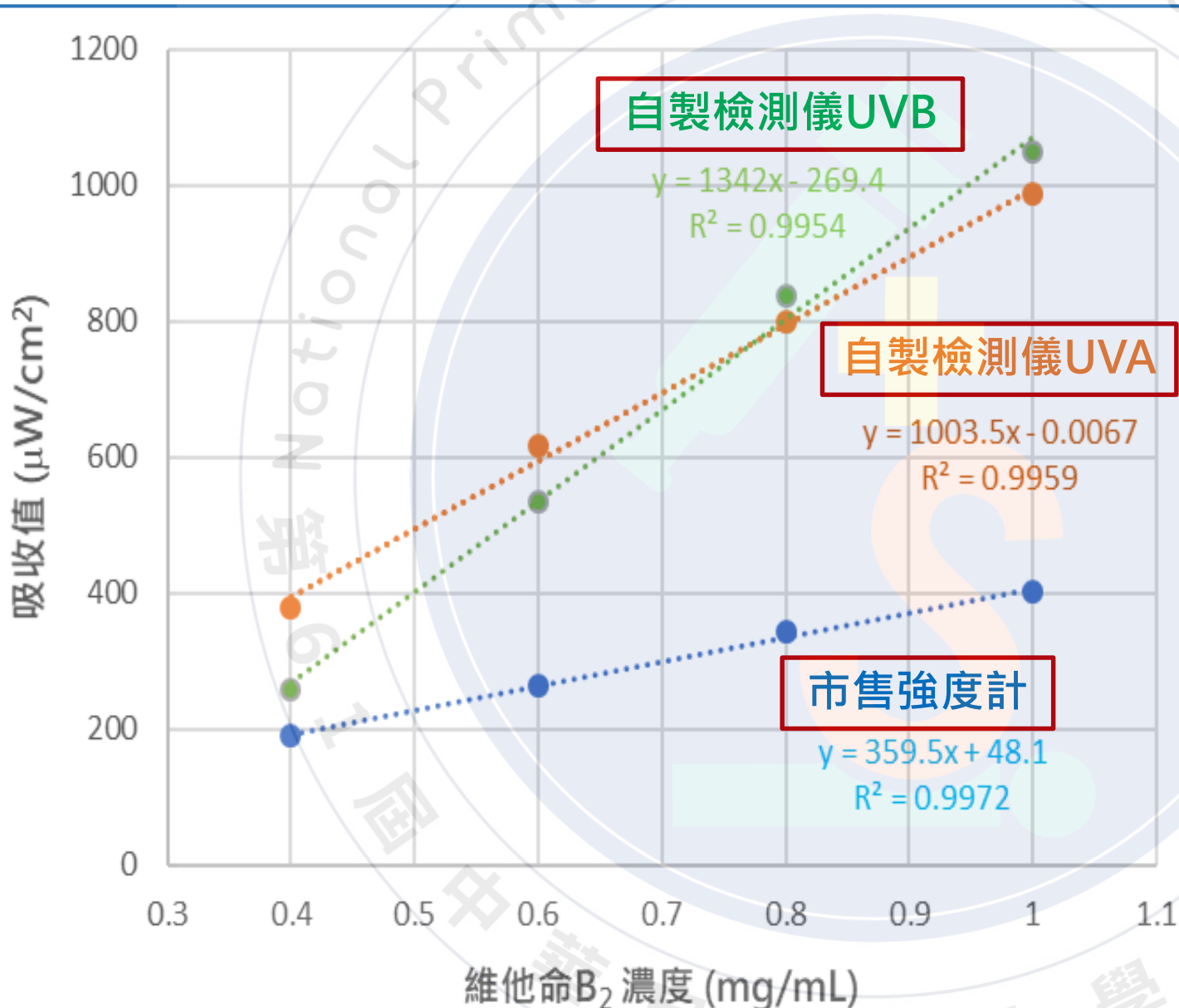
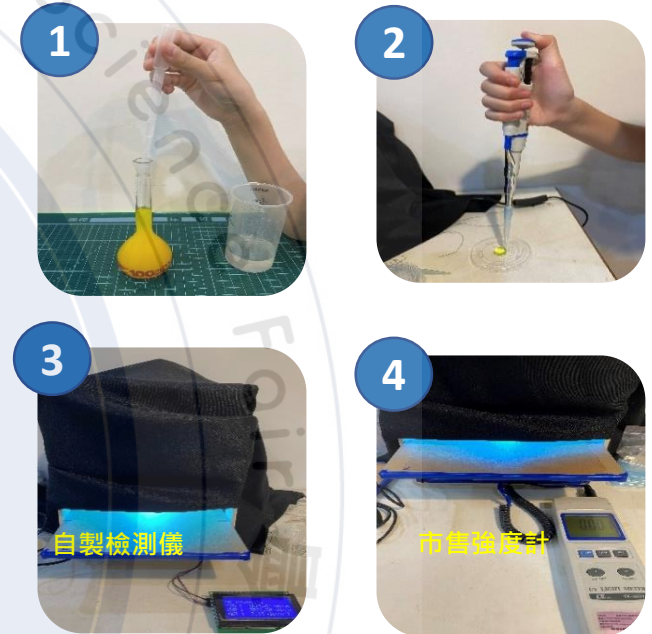


圖4、市售強度計和自製UV檢測儀測量維他命B<sub>2</sub>的吸收值結果

## ● 實驗步驟：



## ● 實驗結果：

三條檢量線的R<sup>2</sup>值都高於0.99，表示兩台儀器測量到的UV吸收值和維他命B<sub>2</sub>濃度變化線性關係高且準確度大，**自製UV檢測儀具有可信度。**

# 實驗2、3 不同食材以水、酒精萃取的UV吸收能力

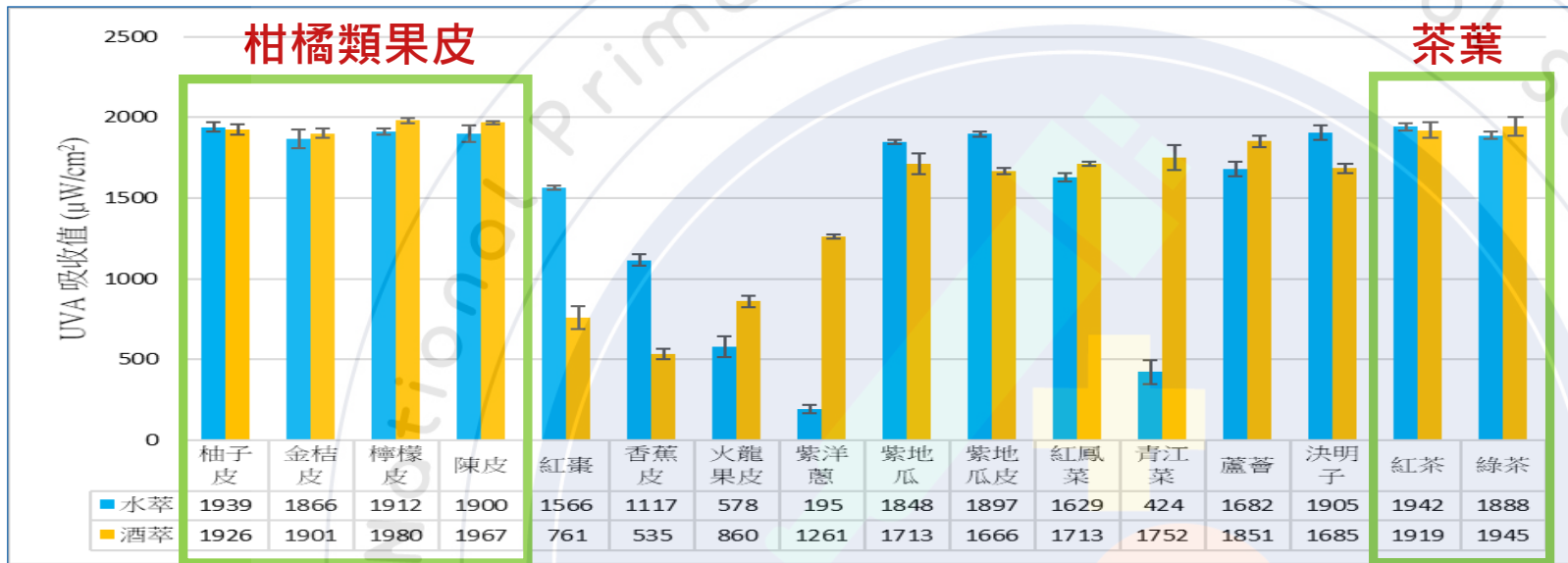


圖5、16種食材水萃取液、酒精萃取液的UVA吸收值

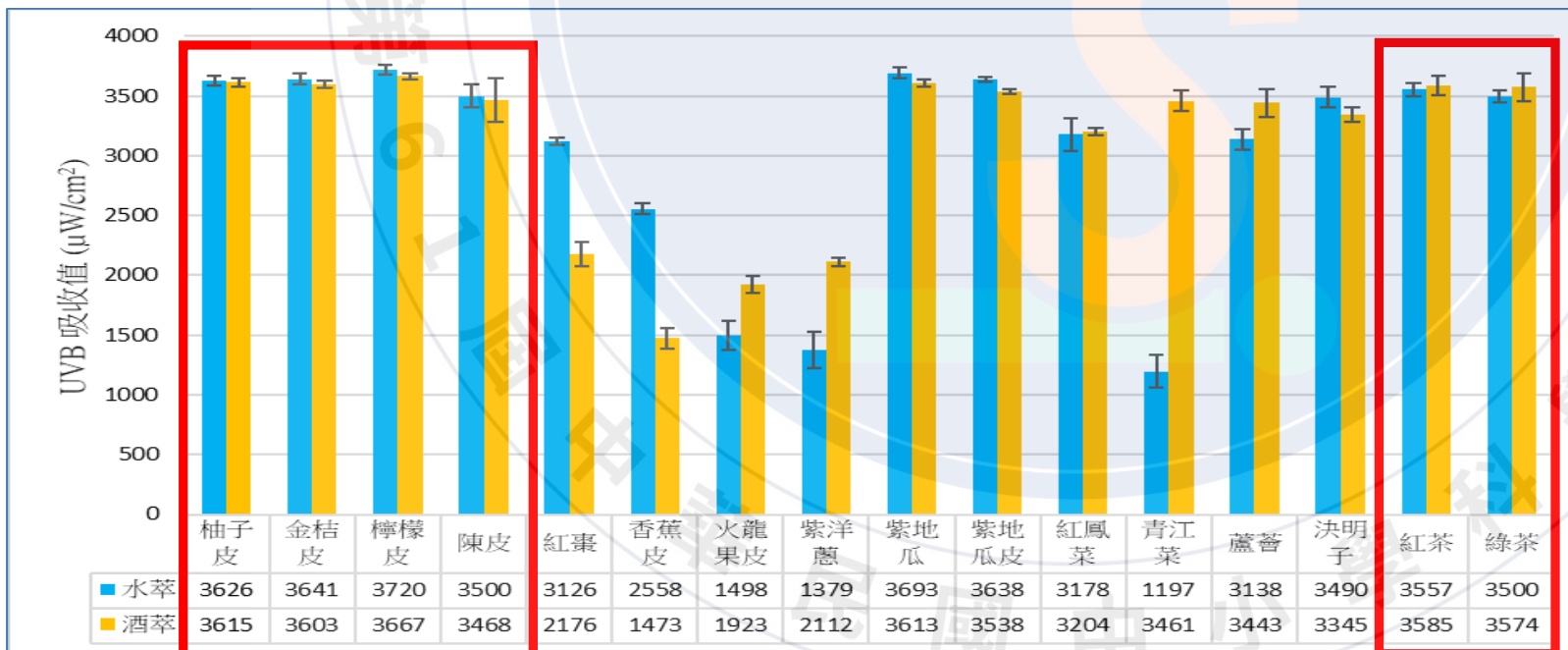


圖6、16種食材水萃取液、酒精萃取液的UVB吸收值

表1、16種食材UVB吸收能力

優	檸檬皮、柚子皮、金桔皮、陳皮 (柑橘類果皮)
	綠茶、紅茶 (茶葉)
佳	紫地瓜、紫地瓜皮
普通	蘆薈、決明子、紅鳳菜、紅棗
普通	火龍果皮、香蕉皮、紫洋蔥、青江菜

- 大多數食材以水或酒精萃取，UV吸收值都很接近。
- 大多數食材萃取液皆有吸收UVA和UVB的效果。
- 決定選用**以水萃取檸檬皮和綠茶**，探討**UVB吸收值**。

# 實驗4、5、6 探討以水萃取的最佳條件

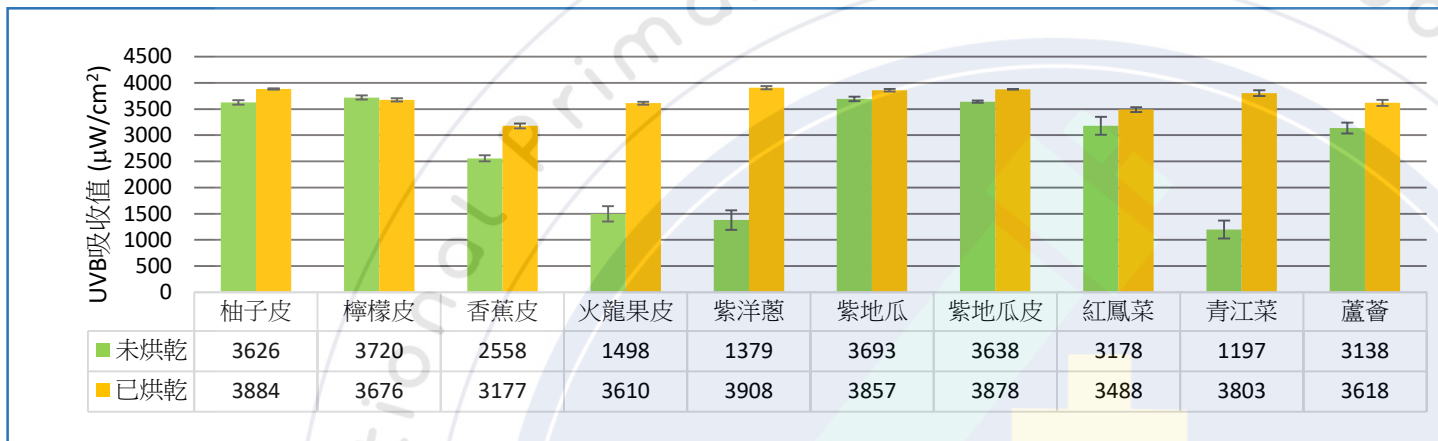


圖7、烘乾食材與新鮮食材的水萃取液UVB吸收值

- 多數食材烘乾後UVB吸收值皆有提升，但因耗時且不易收集萃取液，因此不進行烘乾。

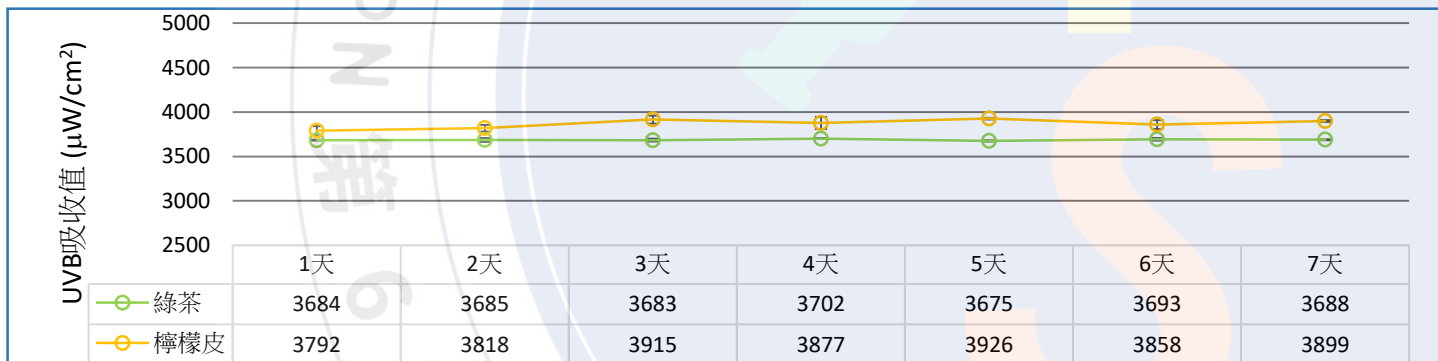
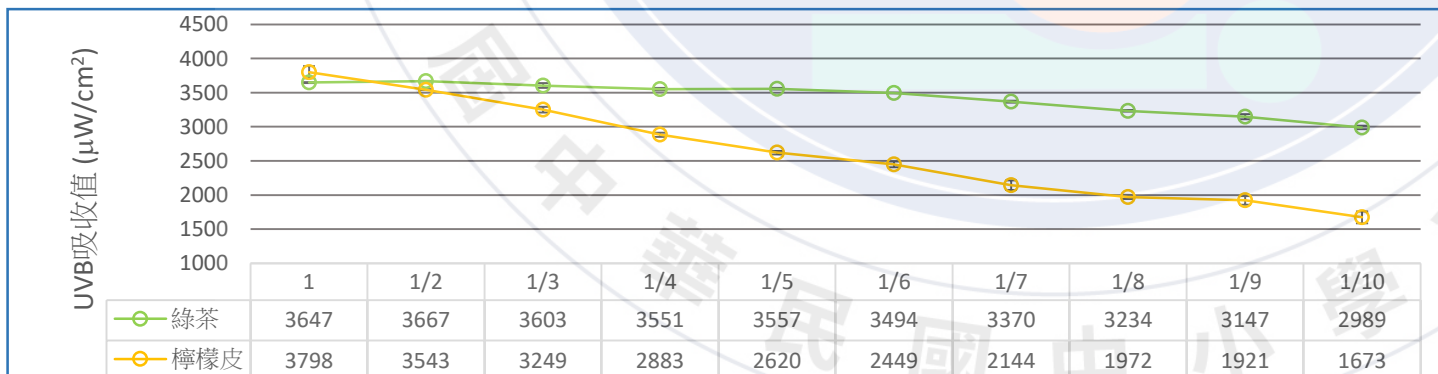


圖8、綠茶和檸檬以水萃取的天數與UVB吸收值的關係

- 天數對UVB吸收值影響不大，3天以上萃取液容易發霉，因此以3天作為用水萃取的天數。



- 稀釋後UVB吸收值會下降，表示濃度越濃吸收效果越好。
- 重量比 1 : 1無法完全浸泡食材，所以選用可完全浸泡食材的重量比 1 : 3。

圖9、重量比為1 : 9的綠茶水萃取液和檸檬水萃取液之稀釋倍數與UVB吸收值關係



# 實驗7、8、9 檢測植物油的吸收UV效果、探討植物油萃取食材的最佳條件

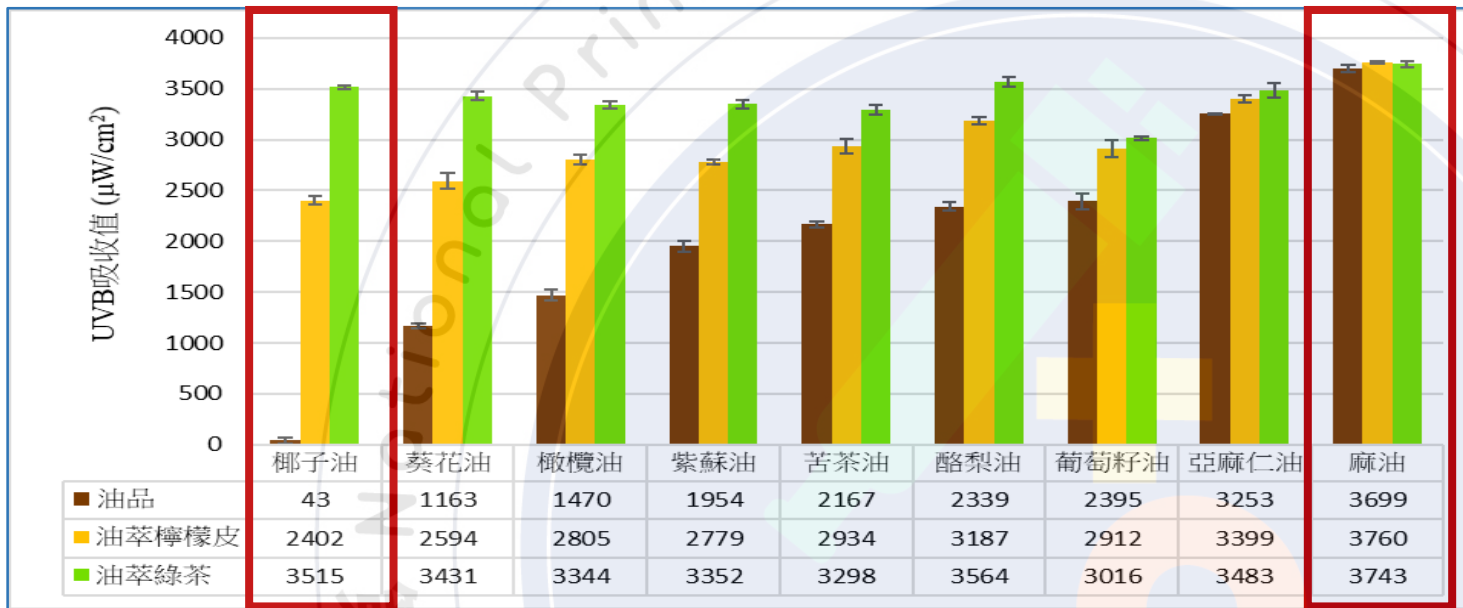


圖10、植物油吸收效果及以油萃取結果

- 植物油本身吸收能力以麻油最好、椰子油最差
- 以油萃取可提升UVB吸收值，且綠茶比檸檬皮佳。
- 選用：以油萃取綠茶做防曬乳油相。

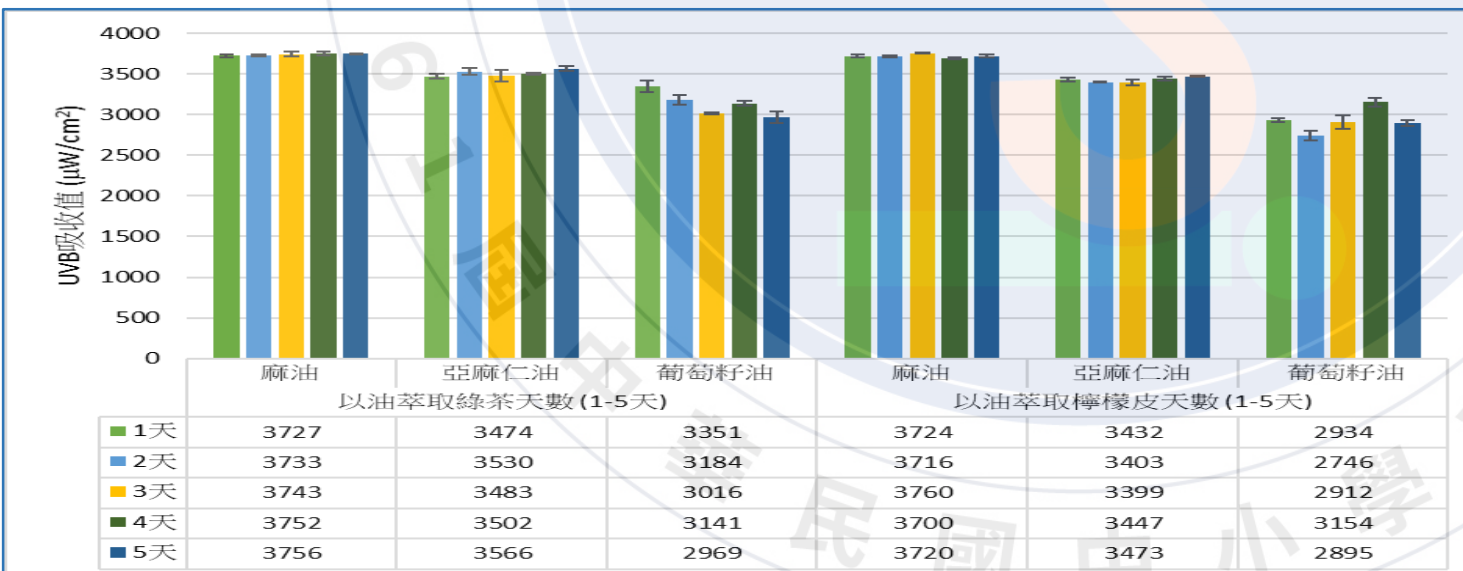


圖11、以植物油萃取檸檬皮、綠茶最佳萃取天數

- 同一種油浸泡1~5天UV吸收值都很相近。
- 選用：3天為以油萃取的最佳天數。

# 實驗10 探討製作防曬乳的最佳配方

表2、空白防曬乳的組成配方表與性質評估結果

配方重量比 (%)	A杯(油相)			B杯	評估				
	油	乳化劑	增稠劑	水相	穩定性	流動性	舒適感 (1~5分)		
	橄欖油	Olivem® 900	硬脂酸	水	油水分離	類似的食物	清爽	油膩	厚重
<b>調整油的比例</b>									
1	40	5	--	55	是	豆花	3	2	4
2	50	5	--	45	否	優格	3	2	3
3	60	5	--	35	否	奶酪	4	2	1
4	70	5	--	25	是	沙拉醬	3	2	5
<b>調整乳化劑的比例</b>									
5	60	2	--	38	是	融化奶油	無法評估		
6	60	4	--	36	否	融化冰淇淋	3	3	2
7	60	6	--	34	否	布丁	3	4	1
8	60	8	--	32	否	冰淇淋	3	2	3
<b>調整增稠劑的比例</b>									
9	60	4	1	35	否	美乃滋	5	2	1
10	60	4	3	33	否	奶油	2	4	2

## ● 實驗步驟：



**最佳配方(重量比)**

油60%、乳化劑4%

硬脂酸1%、水35%

# 實驗11 調配自製防曬乳

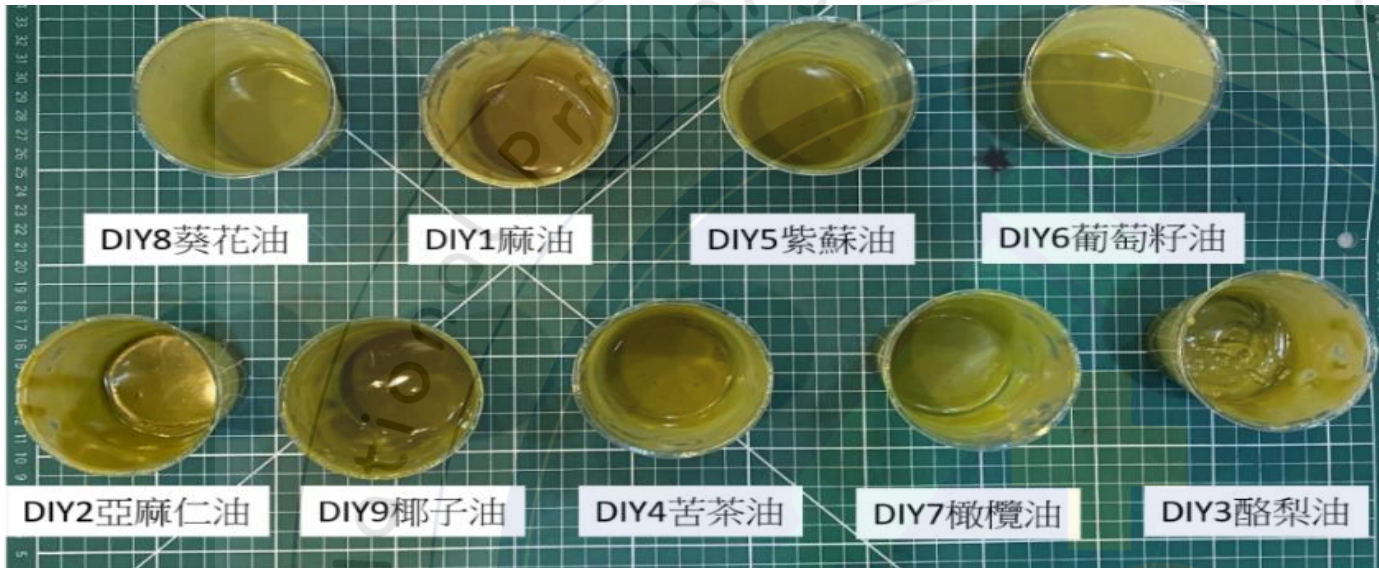


圖12、自製防曬乳成品照片

圖13、40倍放大倍率

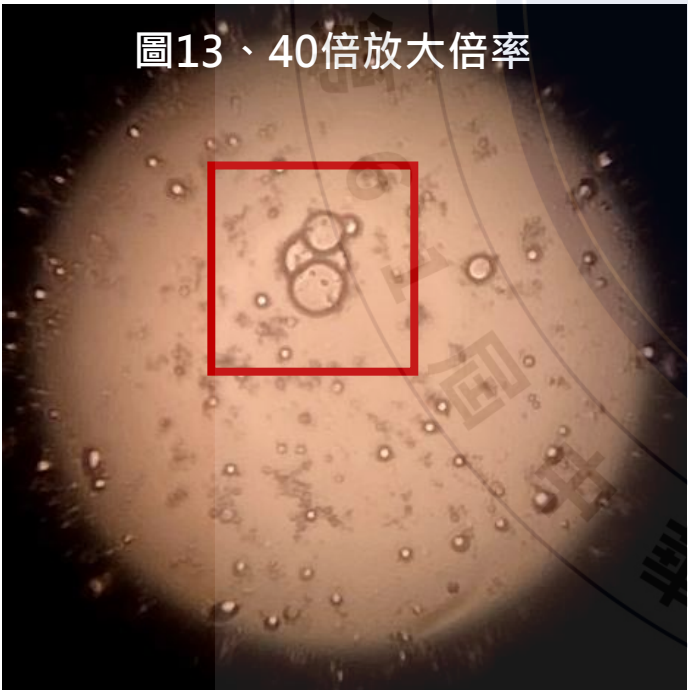


圖14、200倍放大倍率

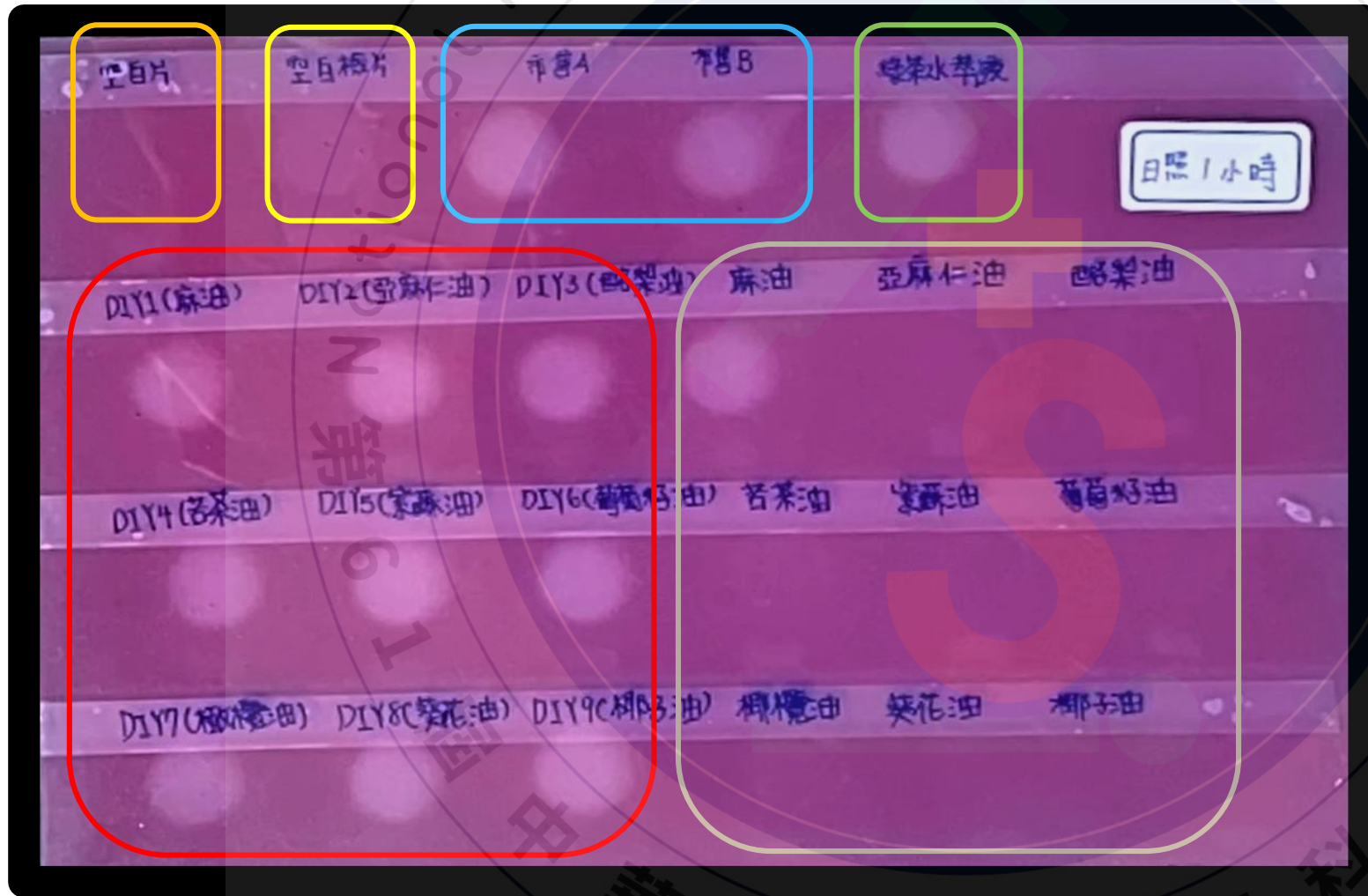


- 依最佳配方，成功製出9種植物油的綠茶防曬乳。

- 圓形微胞外相是油，內相是被乳化劑包住的水液滴。
- 有一層膜包圍在微胞外側，推測是乳化劑形成的界面膜，**表示防曬乳是成功的。**

# 實驗12 評估自製防曬乳的效果

空白載盤      空白防曬乳      市售防曬乳A、B      綠茶水萃液      日曬第1小時



9種自製防曬乳

9種植物油

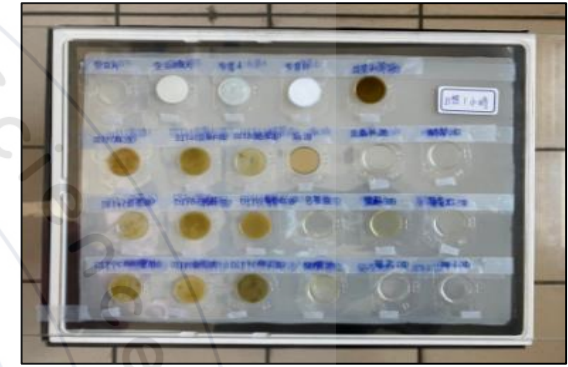
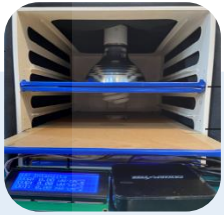


圖15、預備要檢測的檢品

- 空白載盤完全沒有吸收UV效果。
- 空白防曬乳本身就有些微的吸收UV效果。
- 綠茶水萃液本身就吸收UV效果。
- 9種自製防曬乳白色最明顯，表示可有效阻擋紫外線。
- 植物油只有麻油有效果。
- 發現自製防曬乳與市售A、B防曬效果相當。

圖16、日曬1小時後，自製防曬乳和實驗對照組的防曬效果比較

# 結論



自製UV檢測儀可同時檢測UVA和UVB，且具有**可信度**。



食材用水和酒精可萃取出吸收UV的成分，其中**柑橘類果皮**和**紅茶、綠茶**效果最好。



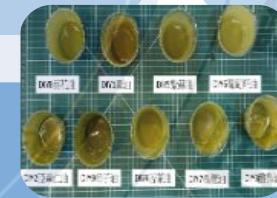
以**水萃取**的最佳條件為：浸泡3天、食材和水重量比為1：3。



植物油的UV吸收效果以麻油最佳。**以油萃取**食材可提升油的UV吸收效果。以油萃取的最佳條件為：3天、食材和油重量比為1：3。



以**最佳配方**（油60%：乳化劑4%：硬脂酸1%：水35%）成功製作出9種綠茶防曬乳，且與市售防曬乳效果相當。



平常就可以**利用生活中容易取得的食材或廢棄果皮**，用水及植物油浸泡萃取後，加上乳化劑調配出**自製天然防曬乳**。

參考資料(詳見作品說明書)