

中華民國第 61 屆中小學科學展覽會 作品說明書

國中組 化學科

030214

「啡」常手段抗 UV—咖啡渣粗萃物之抗紫外
線效果研究

學校名稱：桃園市私立復旦高級中學(附設國中)

作者： 國二 李 謙 國一 莊崴翔	指導老師： 王杉萱 吳玉華
---------------------------------	-----------------------------

關鍵詞：管柱層析法、二苯甲酮、分光光譜儀

摘要

本研究希望找出天然防曬物質，替代防曬乳中化學成分二苯甲酮-3，降低海洋汙染。以咖啡渣為原料，經管柱層析法分離咖啡渣萃取物，丙酮、丙酮：乙醇=6：4、丙酮：乙醇=4：6、乙醇四種比例依序沖提，共分得四個區段粗萃物，再以分光光譜儀分析抗紫外線能力。發現：極性較大的溶劑沖提後，收集到的第3、4區段粗萃物，紫外線吸收能力佳，在UVB及UVA波段皆有良好的抗紫外線效果。其中第4區段粗萃物紫外線吸收範圍最寬、吸收度最高，吸收光譜曲線與化學防曬物二苯甲酮-3相似。若將各區段粗萃物添加至二苯甲酮-3溶液，皆有提升紫外線吸收的效果，添加的濃度越高，紫外線吸收度越高。顯現樣品應用的可行性，可增加自然環保及經濟利益。

壹、研究動機

在新聞報導中看到，海邊戲水時所擦的防曬乳，其中的化學物質二苯甲酮和甲氧基肉桂酸辛酯，被證實會降低珊瑚適應氣候變化的能力，並抑制珊瑚繁殖，對於珊瑚與其他的海洋生物有遺傳損害。研究顯示許多人對二苯甲酮過敏，產婦使用該物質可能會導致女嬰過輕，而二苯甲酮仍普遍被歐美、日本等國使用。







咖啡是全球經濟中最重要的商品之一，僅次於石油的第二大交易商品，全世界每天大約喝掉16億杯咖啡，每年產生的咖啡渣約763萬公噸。有越來越多醫學研究證實，咖啡中的有機化合物，是非常有效的防曬物質。若大量的咖啡渣能再利用，不但符合環保更能創造出新的價值，引起我們對咖啡渣抗紫外線效果的研究興趣。

利用管柱層析法分離咖啡渣萃取物，希望成為替代防曬乳中化學物質的天然產品，作為化學成分的替代選項，降低遊客帶來新的化學汙染。

貳、研究目的

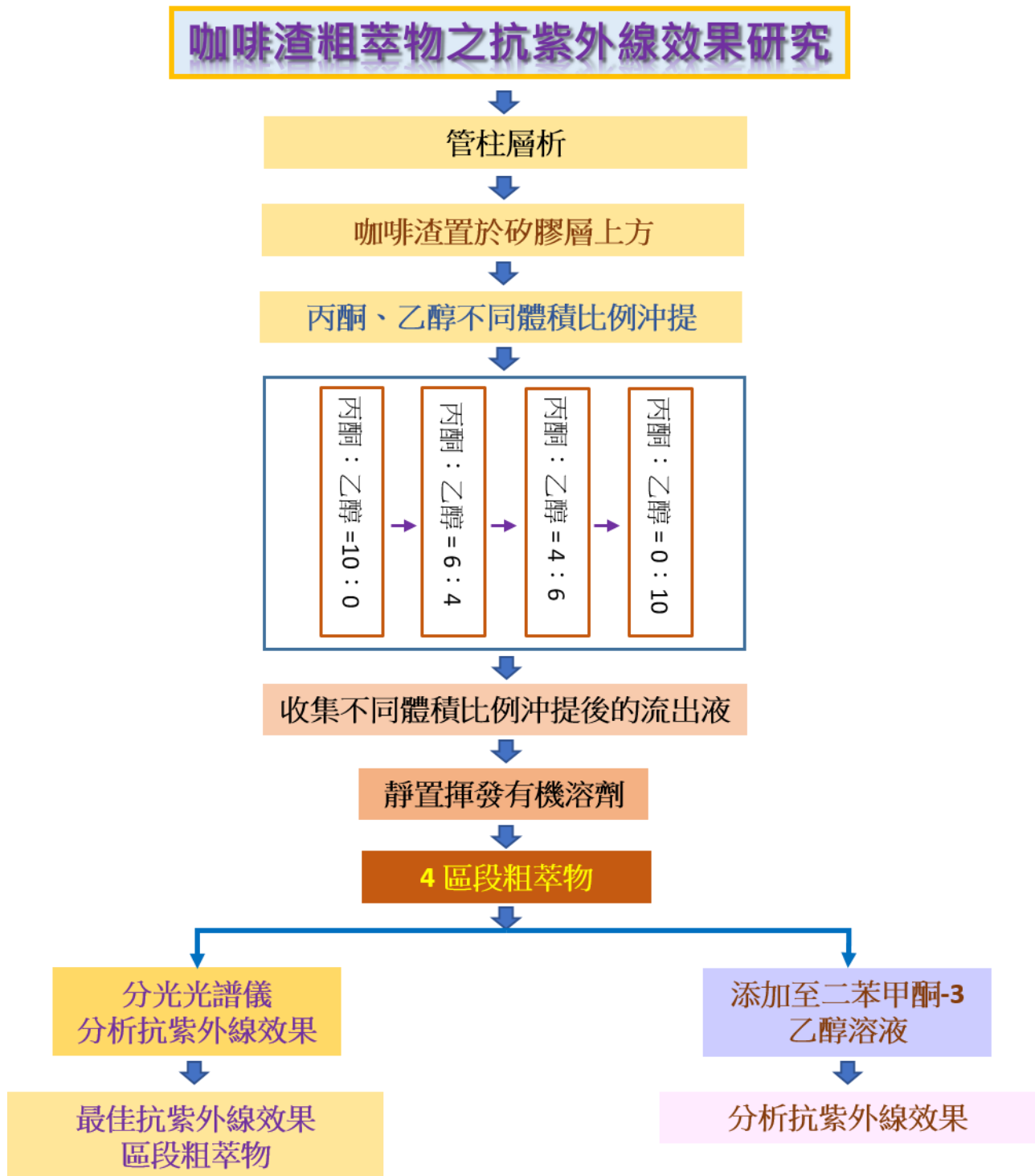
利用管柱層析法，咖啡渣為原料，以不同極性有機溶劑、不同比例沖提，分離出最佳抗紫外線效果化合物。並與市售防曬乳其中的化學物質二苯甲酮-3，作防曬效果的比較，探討未來將此化合物在防曬用品上應用的發展性。

參、研究設備及器材

儀器設備			
Jasco V-670 紫外/可見/近紅外分光光譜儀		管柱層析設備	
			
波長範圍：190~2700 nm		管柱 45 cm 管徑 3 cm	
實驗器材			
燒杯	量筒	滴管	電子秤
橡皮塞	微量分注器	定量瓶	刮匙
實驗藥品、材料			
95%乙醇	丙酮	矽膠 silica gel	咖啡渣—混合渣
			
二苯甲酮-3			
			

肆、研究過程與方法

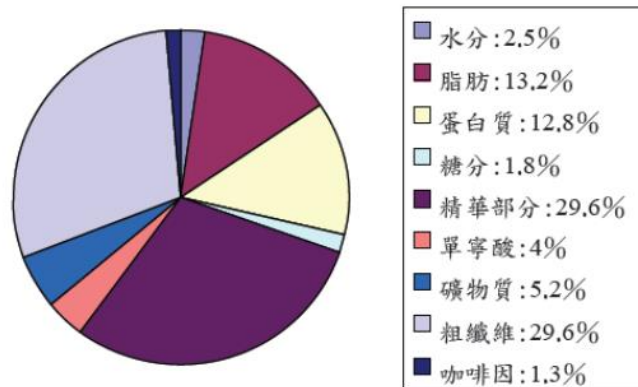
一、研究架構



二、文獻探討

(一) 咖啡渣

咖啡渣為咖啡沖煮後的剩餘成分，咖啡中所含的成分，仍有大部分還殘留在咖啡渣中，下表為烘焙後咖啡豆成分整理表。



(黃國棟 2002 焙炒條件對咖啡豆香氣形成影響之研究 屏東科技大學碩士論文)

(二) 萃取

萃取 (extraction) 是利用物質在不同溶劑中溶解度的差異，將混合物中的某一特定成分轉移到另一溶劑中，達到分離的目的。萃取是從溶液中提出有機化合物的方法，它與再結晶或蒸餾的目的相同，但其中最大的區別就是，萃取法並不能獲得極純淨的產物，故由萃取所得之初產物通常仍須進一步純化 (<https://www.ch.ntu.edu.tw/~genchem99/doc/tech-organic/extraction.pdf>)。

萃取可分為兩種方式：

- (1) 液-液萃取，用選定的溶劑分離液體混合物中某種成分，溶劑必須與被萃取的混合物液體不相溶，具有選擇性的溶解能力，而且必須有好的熱穩定性和化學穩定性。
- (2) 固-液萃取，也叫浸取，用溶劑分離固體混合物中的成分，如用己烷浸取黃豆中的豆油以提高油產量。雖然萃取經常被用在化學試驗中，但它的操作過程並不造成被萃取物質化學成分的改變 (或說化學反應)，所以萃取操作是一個物理過程 (維基百科)。

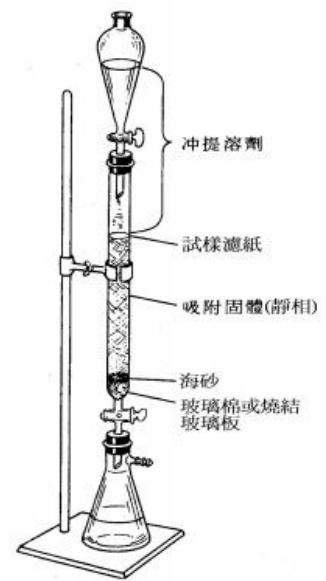
萃取是有機化學實驗室中用來提純和純化化合物的手段之一。通過萃取，能從固體或液體混合物中提取出所需要的化合物。

(三) 管柱層析法

層析是利用化合物在靜相與流動相之間的分佈差異以分離混合物的方法。管柱層析是在直立的玻璃管柱中，裝填已經用沖提劑潤濕的吸附性固態填充物，例如矽膠，作為靜相（固定相），要分離的混合物由管柱頂端載入，再以沖提劑作為流動相，利用化合物與固定相之間的吸附力，及化合物與沖提劑間溶解度的差異，造成各成分物被沖提的速率不同，而達到分離的目的。

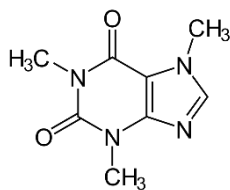
常用有機溶劑極性大小：正己烷 < 四氯化碳 < 甲苯 < 苯 < 二氯甲烷 < 乙醚 < 氯仿 < 乙酸乙酯 < 丙酮 < 乙醇 < 甲醇。想分離的各組成，分配在固定相和流動相之間，化合物被固定相吸附愈強，該化合物存在於流動相中就愈少。藉著沖提作用及固定相同時對溶劑及溶質吸附力大小而使之成為差別移動，進而將各組成分分離。

一般極性大的的物質被吸附較多，而極性較小的物質因不易被吸附，因此較易向下流動（國立台灣大學化學系，大學化學實驗）。

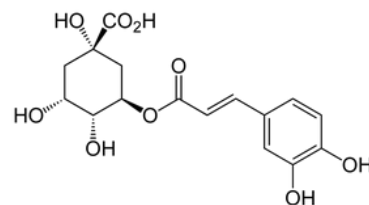


(四) 咖啡與防曬

醫學研究顯示，咖啡中的有機化合物，是非常有效的深度防曬物質。「科普 | 深度防曬秘密武器：咖啡」文章則提出，數個醫學研究證據顯示，咖啡因具有優良的抗曬傷能力，可預防皮膚癌變。咖啡中常見的酯類化合物－綠原酸（CGA，Chlorogenic Acid），也被證明有抗光損傷的功效。綠原酸（CGA），由咖啡酸及奎尼酸酯化而成，常見於許多植物，但含量最豐富的是咖啡。



咖啡因



綠原酸

在咖啡生豆中，綠原酸含量約佔豆重的 6~12%。深烘焙咖啡流失 100%，咖啡因則不受到

烘焙方式差異影響含量。綠原酸易溶於乙醇及丙酮，微溶於乙酸乙酯，可以利用乙醇、丙酮、甲醇等極性溶劑，從植物中提取出來，但是由於綠原酸本身的不穩定性，提取時不能高溫、強光及長時間加熱。（浦瑞生物醫藥 <http://www.puriactives.com/archives/2123>）。

防曬原理主要分為「化學性防曬」和「物理性防曬」兩大類，物理性防曬被認為是物理性防曬劑的顆粒透過反射、散射、折射的能力，來避免皮膚接受紫外線的傷害。而化學性防曬則是化學性防曬劑的成分，透過分子結構吸收紫外線的能量，再轉化為熱能釋放出來，藉此降低皮膚傷害。



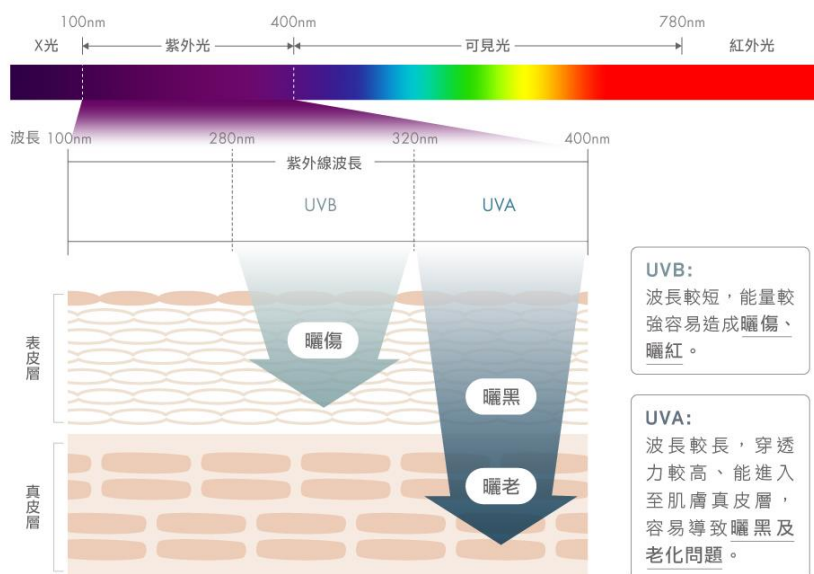
(網路資料：<https://www.medpartner.club/physical-chemical-sunscreen-myth/>)

(五) 紫外線

太陽放射的光線有很多種，依照波長可分為紅外線、可見光、紫外線，而對人體皮膚傷害最大的，稱為紫外線 (Ultraviolet，簡稱為 UV)，紫外線分為：

1. UVA：長波紫外線，波長 320~400 nm，為了進一步研究瞭解其危害性，目前甚至將其分為 UVAI (340~400 nm) 及 UVAIL (320~340 nm)。UVA 具有很強的穿透力，會使皮膚老化、曬黑。UVA 對肌膚造成的是慢性及長期的傷害，且陽光中紫外線成分以 UVA 比例最高，約 98%。

- UVB：中波紫外線，波長 280~320 nm，會使皮膚曬傷、曬紅，UVB 的能量比 UVA 更強。
- UVC：短波紫外線，波長 100~280 nm，是三者中能量最強的，但大部分都被臭氧層隔離，幾乎不會抵達地面。（行政院環境保護署）

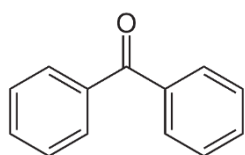


（網路資料：<https://blog.greenvines.com.tw/gv-clean-beauty-perspectives/the-difference-between-uva-and-uvb-rays/>）

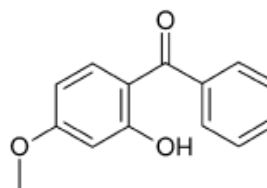
（六）二苯甲酮-3 (Oxybenzone, Benzophenone-3)

二苯甲酮 (Benzophenone) 的結構具有吸收紫外線的功能，於是成為相當知名的化學性防曬劑骨架，相關衍生物很多，其中以二苯甲酮-3 (Oxybenzone = BP-3 = Benzophenone-3) 的防曬強度最高，爭議性較大 (<https://vocus.cc/skindocchiu/5dc31620fd89780001901d88>)。

2019 的防曬指南中 (<https://www.earthday.org.tw/column/100/7247>)，美國環境工作組織 (EWG) 評估了超過 1300 種具有防曬係數 (SPF) 的產品，包括 750 種現正販售、可在海灘上及運動時使用的防曬產品，卻發現約有三分之二的產品仍使用劣質成分，例如二苯甲酮。二苯甲酮在護膚品中，常用於防曬護膚品、唇膏、指甲油，屬於紫外線吸收劑，因此也可作為產品香味和顏色的穩定劑。經研究發現，珊瑚白化及死亡亦與此成分有關，臺灣對於二苯甲酮-3 使用規範限量為 6%。



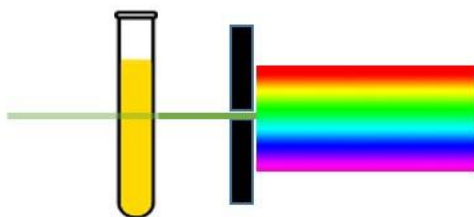
二苯甲酮



二苯甲酮-3

(七) 分光光度計

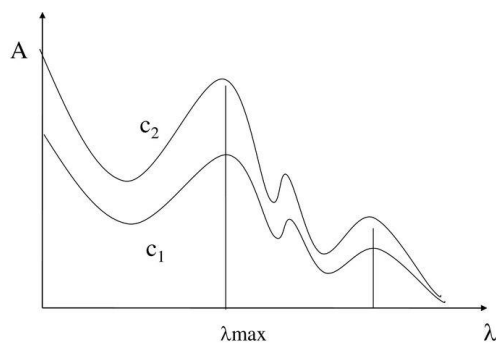
「分光」光度計的設計原理，是將燈源的光線分散成七彩色光，並從中擷取出某個「單一色光」，然後讓這個「單一色光」穿過樣品溶液之後，以光感測器量測這個單一色光的衰減程度，並將此衰減程度量化成數字(勢動科技 <https://www.acttr.com/tw/tw-report/tw-report-technology/335-tw-tech-spectrophotometer-principle-concept.html>)。



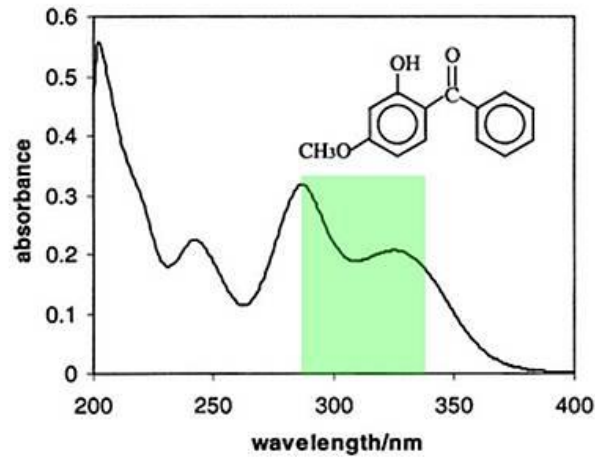
(擷取出單一色光，穿過樣品)

最後，以單一色光被樣品溶液所吸收的比例，來呈現測量結果 (也可以穿透的比例來呈現)。吸收比例越高，代表樣品溶液抗紫外線效果越佳。當分光光度計進階到能夠切割某個波長範圍的光線，以足夠細的分割 (比方說，1 nm)，逐一將各個波長的單一色光擷取出來，然後各別測量一連串的吸收值，並記錄下來，將所有的點，連成曲線線段，形成一幅「光譜圖」，這樣的分光光度計，也可稱為光譜儀。

吸收光譜又稱吸收曲線，是以波長(λ)為橫坐標、吸光度(A)為縱坐標所描繪的圖形。吸收峰是曲線上吸收最大的地方，他所對應的波長稱最大吸收波長(λ_{\max})。吸收光譜的形狀取決於物質，曲線上各點高度與濃度之間成正比關係。(<https://slidesplayer.com/slide/11130397/>)



同一物質不同濃度的吸收光譜 ($C_2 > C_1$)



(二苯甲酮-3 吸收光譜示意圖，主要防禦波段 340 nm~280 nm (UVB 及 UVAII)，
網路資料：<https://vocus.cc/skindocchiu/5dc31620fd89780001901d88>)

三、研究問題

- (一) 丙酮、乙醇不同體積比例沖提，咖啡渣粗萃物之抗紫外線效果分析
- (二) 咖啡渣粗萃物添加至二苯甲酮-3 溶液抗紫外線效果分析
 - 2-1：4 個區段粗萃物添加至二苯甲酮-3 溶液之抗紫外線效果分析
 - 2-2：最佳區段粗萃物不同重量添加至二苯甲酮-3 溶液之抗紫外線效果分析


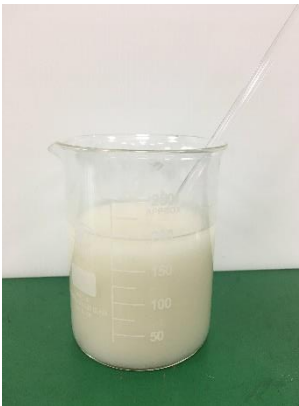
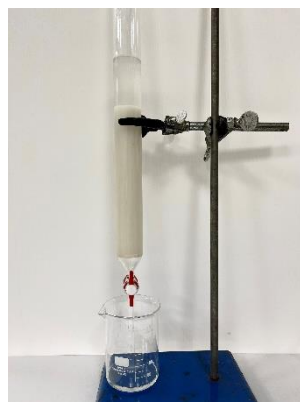


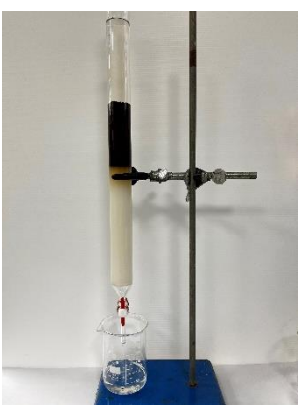
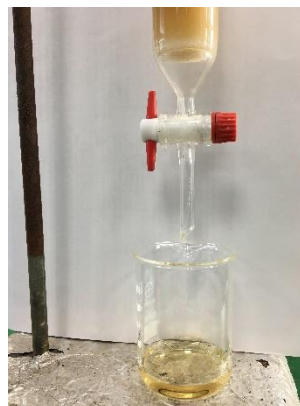



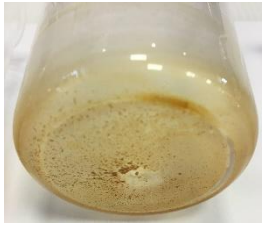

四、研究過程

(一) 實驗方法與步驟：

1. 管柱層析—取得咖啡渣粗萃物

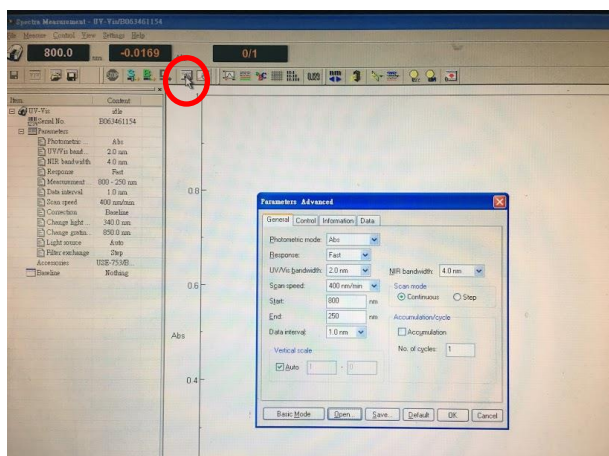
- (1) 製作填充物 (靜相)：將 silica gel 60 g 與丙酮 120 ml 攪拌均勻，攪拌成泥狀後倒入管柱中，選用管柱直徑為 3 cm，管柱中填充矽膠高度約 19 cm。
- (2) 將稀泥狀填充物倒入管柱，用滴管吸取沖提劑 (丙酮)，沖洗黏附在管壁上的填充物。
- (3) 輕敲管壁，除氣泡，讓填充物平整緊實。
- (4) 靜待填充物上方沖提液澄清。
- (5) 加入 35 g 咖啡渣 (此次實驗用為混合渣)。用湯匙取一小匙咖啡渣，沿著管壁慢慢旋轉加入，至全部咖啡渣倒入管柱。

- (6) 進行沖提，沖提液從丙酮→丙酮：乙醇=6：4→丙酮：乙醇=4：6→乙醇，每個沖提比例皆加入 80 ml。
- (7) 沖提液高度約為 1 cm 時，倒入下一種比例溶劑沖提。
- (8) 以相同時間差收集管柱下方的流出液，共收集 4 個區段。第 1 區段→第 4 區段，有機溶劑的極性逐漸增加。
- (9) 靜置，待有機溶劑揮發。
- (10) 分光光譜儀分析 4 個區段化合物抗紫外線效果。

			
矽膠 60 g	矽膠與丙酮 120 ml 攪拌均勻	倒入管柱	輕敲管柱
			
加入 35 g 咖啡渣	80 ml 有機溶劑，進行沖提	收集管柱下方流出液	靜置，待有機溶劑揮發
			
第 1 區段粗萃物	第 2 區段粗萃物	第 3 區段粗萃物	第 4 區段粗萃物

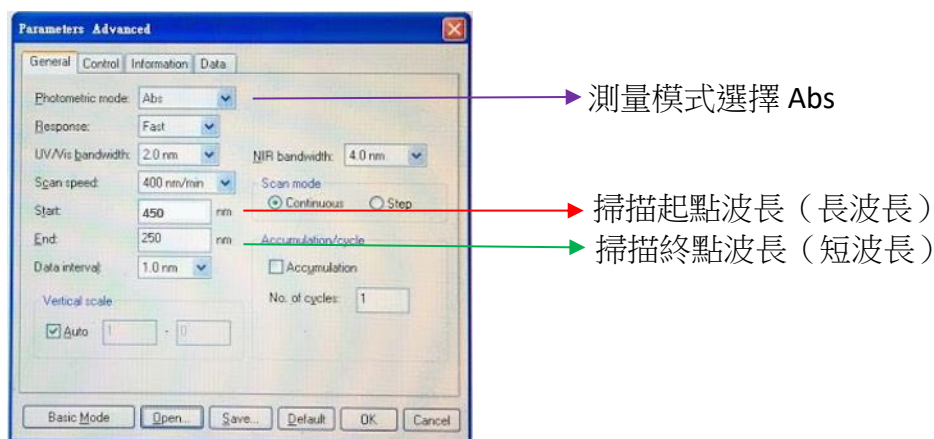
2. 抗紫外線效果分析－Jasco V-670 紫外/可見/近紅外分光光譜儀

(1) Jasco V-670 紫外/可見/近紅外分光光譜儀操作介面





(2) 設定圖譜掃描之各項參數，選擇分析波長範圍為 250 nm~450 nm。

選擇  設定參數

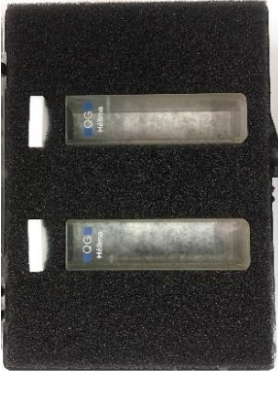






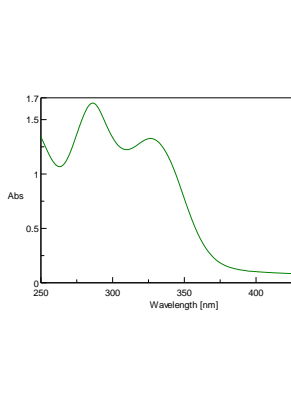


(2) 參數設定完畢後，按 **OK** 回至測量畫面。此時將裝有空白背景溶液之石英瓶放入樣品

槽座，按下  測量空白背景值；再放入代測樣品，按下  即會開始測量。

(3) 空白背景溶液選擇乙醇，樣品瓶為咖啡渣粗萃物與乙醇稀釋液，濃度為 200 ppm (2 mg 樣品 + 10 ml 乙醇)

(4) 每 1 nm 記錄 Abs 值，數據匯出至 Excel，繪製吸收光譜曲線，進行分析。

			
<p>石英瓶</p>	<p>樣品：咖啡渣粗萃物 2 mg 放入定量瓶</p>	<p>乙醇 10 ml 加入定量 瓶</p>	<p>粗萃物乙醇溶液溶液超 音波震盪，均勻混合</p>
			
<p>空白背景乙醇溶液 取 3 ml 至石英瓶， 放入光譜儀中分析</p>	<p>取樣品 3 ml 滴入石 英瓶</p>	<p>樣品放入光譜儀分 析測量</p>	<p>紫外線吸收光譜圖，將 數據匯出至 Excel 分析</p>

3. 咖啡渣粗萃物添加至二苯甲酮-3 溶液之抗紫外線效果分析

(1) 4 個區段粗萃物添加至二苯甲酮-3 溶液之抗紫外線效果分析

①調製二苯甲酮-3乙醇溶液 20 ppm：

取 2 mg 二苯甲酮-3，溶解於 100 ml 乙醇。分光光譜儀分析三次，取平均值作為比較基準。

②調製分析樣品溶液 100 ppm：

4 個區段化合物各取 1 mg，溶於 10 ml 二苯甲酮-3 乙醇稀釋液（20 ppm）。

③分光光譜儀分析樣品抗紫外線效果。

(2) 最佳區段粗萃物不同重量添加至二苯甲酮-3 溶液之抗紫外線效果分析

①調製二苯甲酮-3乙醇溶液 10 ppm：

取 1 mg 二苯甲酮-3，溶解於 100 ml 乙醇。分光光譜儀分析三次，取平均值作為比較

基準。

②調製最佳粗萃物乙醇溶液 10 ppm：

取 1 mg最佳抗紫外線效果區段（第4區段）粗萃物，溶於 100 ml乙醇。分光光譜儀分析三次，取平均值作為比較基準。

③調製分析樣品溶液：

取 1 mg最佳抗紫外線效果區段（第4區段）粗萃物，添加至調製好的二苯甲酮-3乙醇稀釋液（10 ppm、100 ml）。每次粗萃物增加 1 mg，加至 10 mg。

④以分光光譜儀分析抗紫外線效果，共分析10種濃度。

五、實驗結果

1. 實驗一：丙酮、乙醇不同體積比例沖提，咖啡渣粗萃物之抗紫外線效果分析

參考全國中小學科展第60屆國小組咖啡渣油抗紫外線效果之研究實驗結果：以不同溶劑乙醇、丙酮和正己烷萃取咖啡渣油，丙酮萃取出咖啡渣油抗紫外線效果最好，乙醇次之，正己烷最差。有機溶劑極性正己烷<丙酮<乙醇，因此選擇極性較乙醇小的丙酮作為沖提液，調整丙酮與乙醇的體積比例，逐步增加沖提液極性，找出咖啡渣萃取物最佳抗紫外線的極性區段。

利用管柱層析法，咖啡渣為原料，再將丙酮、乙醇以不同體積比例依序沖提，沖提順序：丙酮80 ml（體積比10：0）→丙酮48 ml+乙醇32 ml（體積比6：4）→丙酮32ml+乙醇48 ml（體積比4：6）沖提→乙醇80 ml沖提（體積比0：10），相同時間差收集管柱下方流出液，共收集4瓶，分4個區段粗萃物，進行抗紫外線效果分析。

（1）實驗結果：咖啡渣 4 區段粗萃物之抗紫外線效果分析

a. 管柱層析第一次實驗：

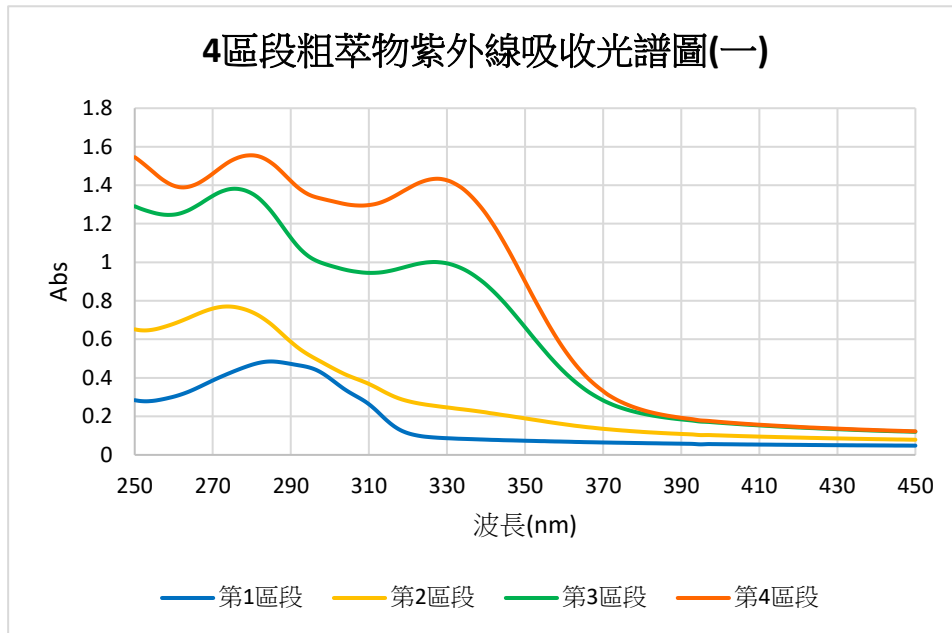


圖 1、咖啡渣 4 區段粗萃物紫外線吸收光譜圖 (一)

b. 管柱層析第二次實驗：

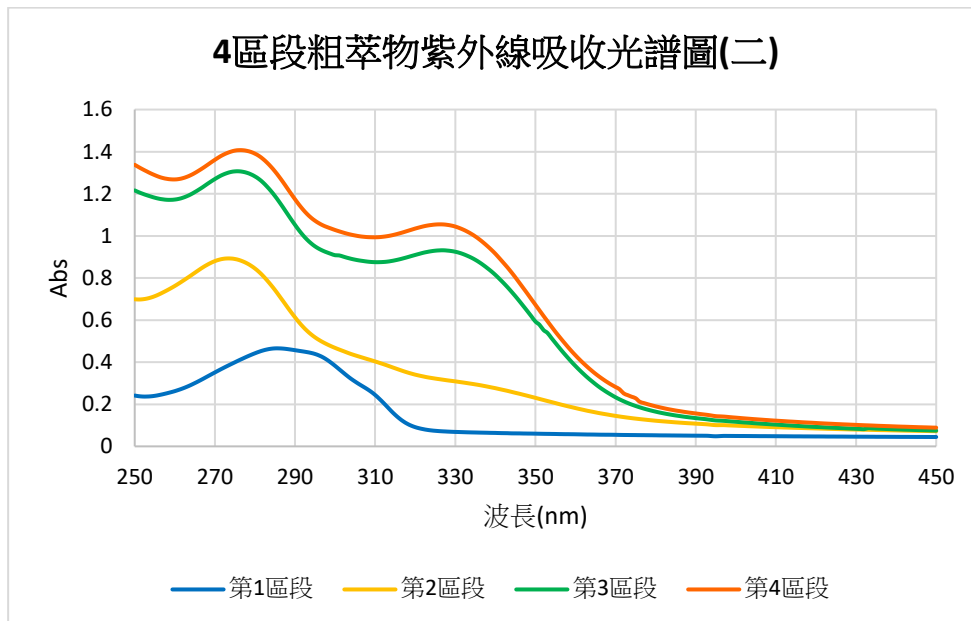


圖 2、咖啡渣 4 區段粗萃物紫外線吸收光譜圖 (二)

c. 管柱層析第三次實驗：

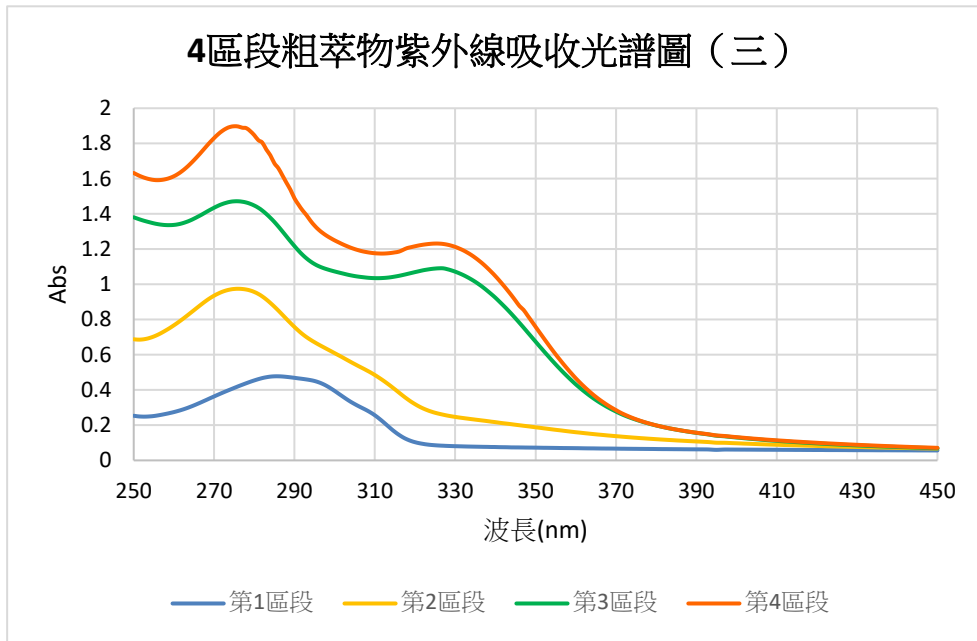


圖 3、咖啡渣 4 區段粗萃物紫外線吸收光譜圖（三）

d. 管柱層析第四次實驗：

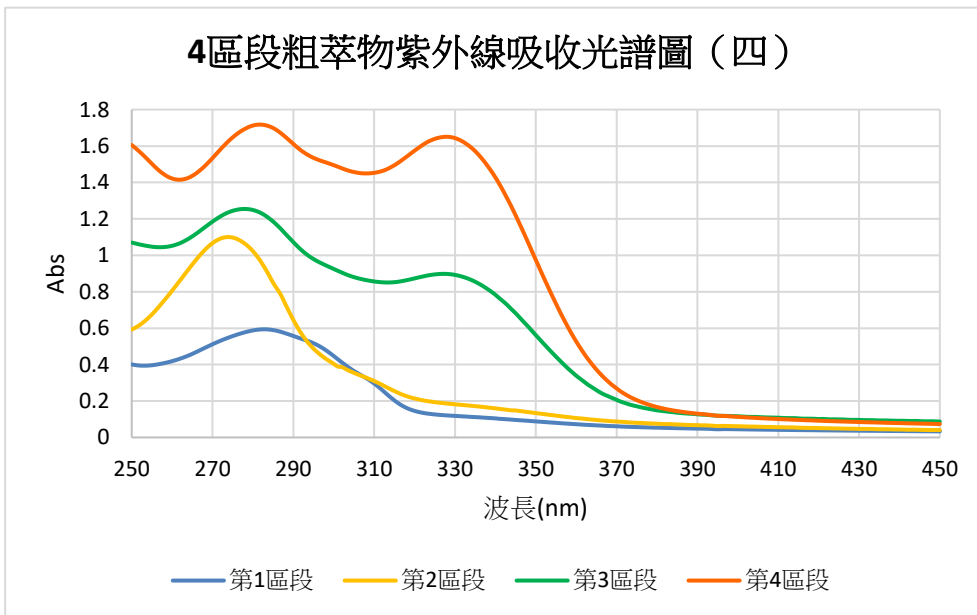


圖 4、咖啡渣 4 區段粗萃物紫外線吸收光譜圖（四）

e. 第 1 區段粗萃物紫外線吸收光譜圖

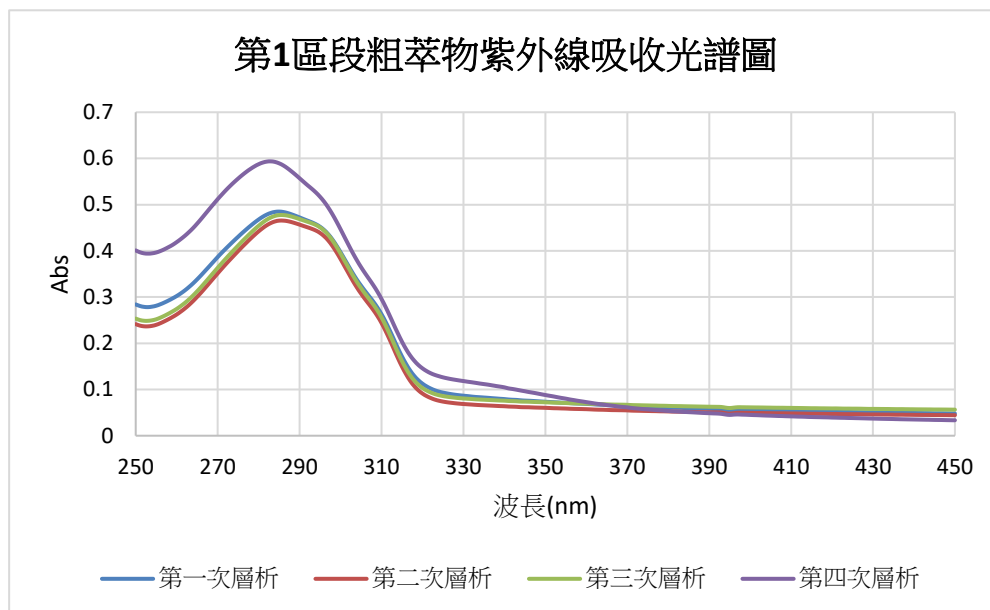


圖 5、第 1 區段粗萃物紫外線吸收光譜圖

f. 第 2 區段粗萃物紫外線吸收光譜圖

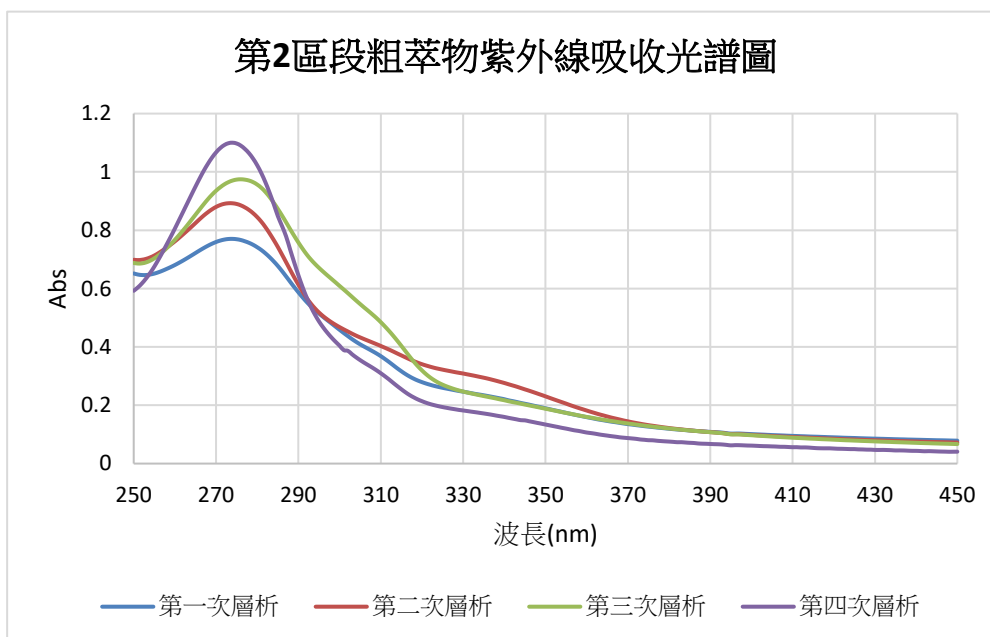


圖 6、第 2 區段粗萃物紫外線吸收光譜圖

g. 第3區段粗萃物紫外線吸收光譜圖

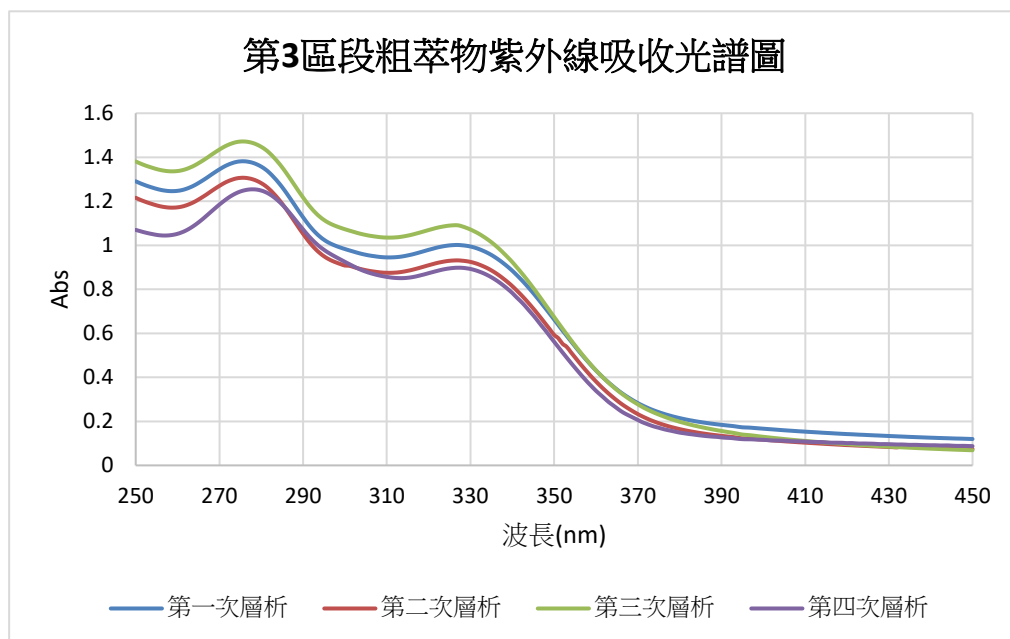


圖 7、第 3 區段粗萃物紫外線吸收光譜圖

h. 第 4 區段粗萃物紫外線吸收光譜圖

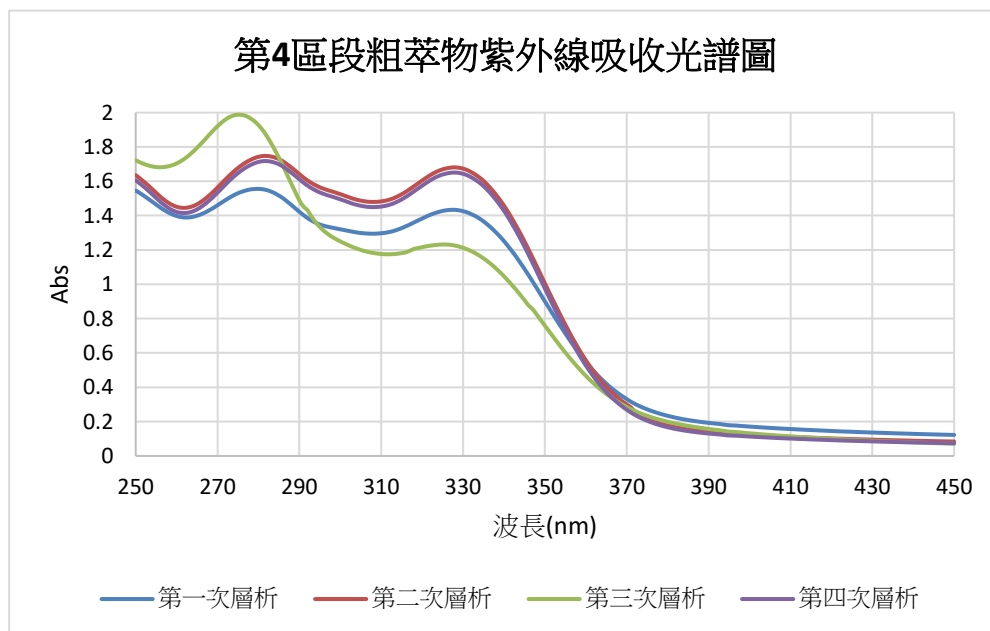


圖 8、第 4 區段粗萃物紫外線吸收光譜圖

i. 4 區段粗萃物紫外線吸收值四次平均分析

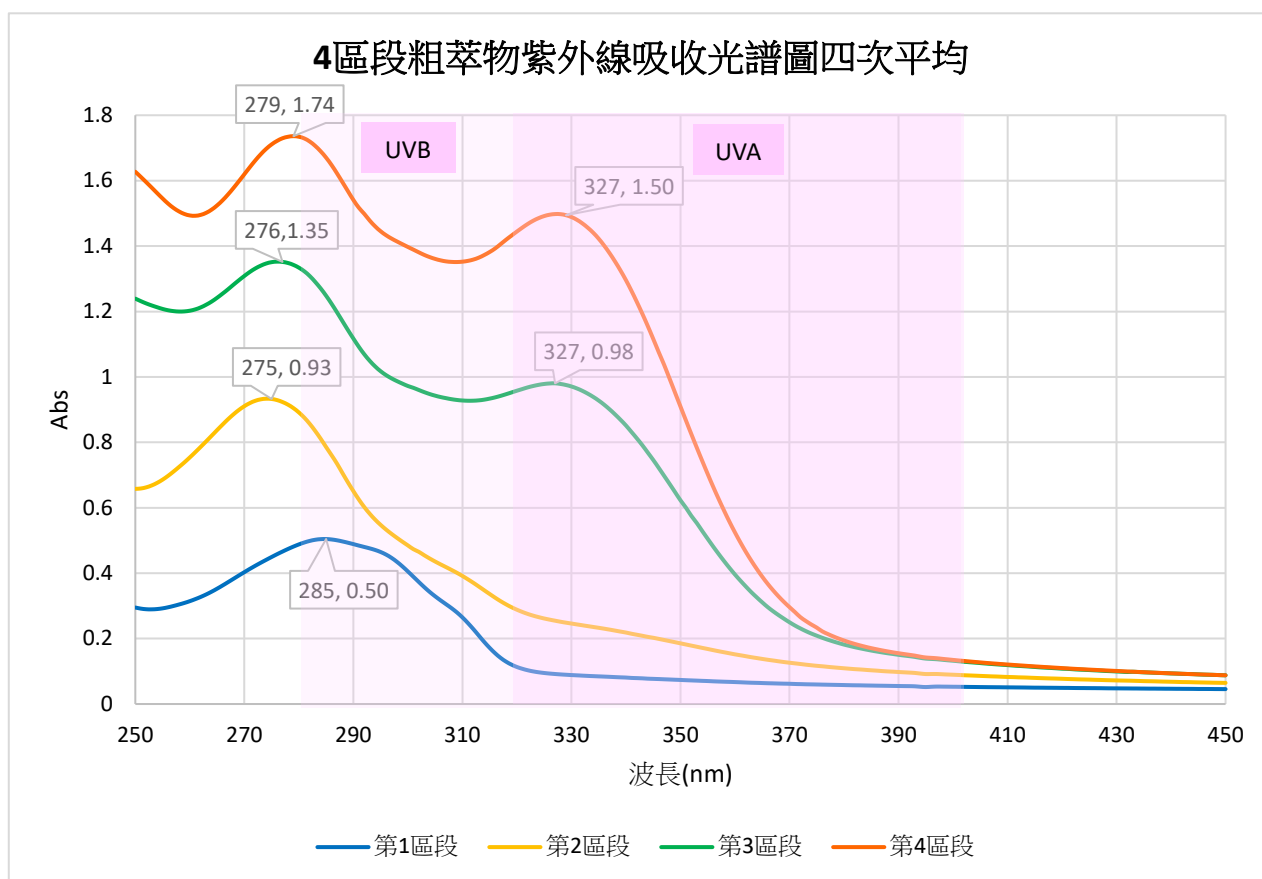


圖 9、咖啡渣 4 區段粗萃物紫外線吸收值四次平均光譜圖

(2) 討論：

四次實驗值平均後，製成圖 9，從圖 9 可以發現（有效吸收波段判定以吸收度高於 0.25 為依據）：

- 第1區段粗萃物，較佳吸收波段在270 nm~300 nm（UVB），最大吸收波長285 nm。
- 第2區段粗萃物，較佳吸收波段在250 nm~310 nm（UVB），最大吸收波長275 nm。
- 第3區段粗萃物，較佳吸收波段在250 nm~360 nm（UVB、UVAII、UVAI），最大吸收波長276 nm，次吸收波長327 nm。
- 第4區段粗萃物，較佳吸收波段在250 nm~365 nm（UVB、UVAII、UVAI），最大吸收波長279 nm，次吸收波長327 nm。
- 綜合以上製成表1，各區段粗萃物對紫外線有吸收效果，其中以第4區段粗萃物對紫外線吸收波段最寬、吸收度最高，能防禦UVB及UVA。

表1、咖啡渣各區段粗萃物之抗紫外線效果四次平均值分析

	吸收波長範圍	最大吸收波長	次吸收波長	最大吸收度
第1區段	270 nm~300 nm	285 nm	—	0.50±0.06
第2區段	250 nm~310 nm	275 nm	—	0.93±0.14
第3區段	250 nm~360 nm	276 nm	327 nm	1.35±0.09
第4區段	250 nm~365 nm	279 nm	327 nm	1.74±0.16

f. 第4區段粗萃物（200 ppm）紫外線吸收平均值，與BP-3（20 ppm）吸收光譜圖，製成圖10，發現兩者具有相似吸收曲線，吸收波長範圍及最大吸收波長接近。

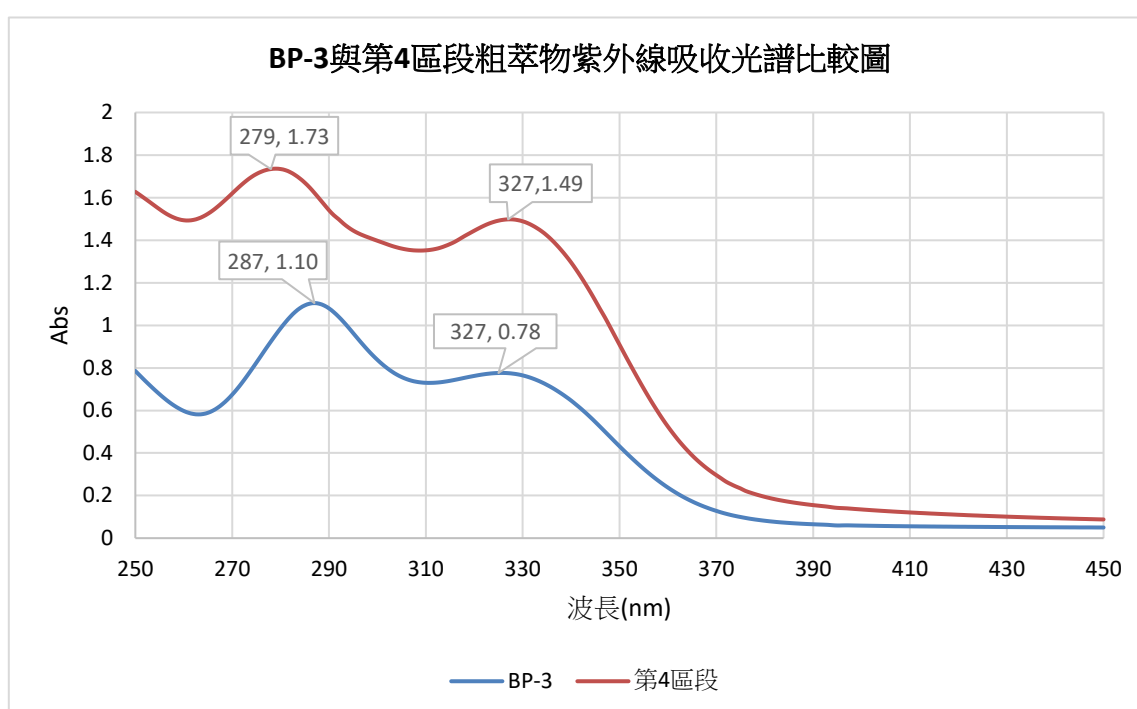


圖 10、BP-3 與第 4 區段粗萃物紫外線吸收光譜圖

2.實驗二：咖啡渣粗萃物添加至二苯甲酮-3溶液抗紫外線效果分析

咖啡渣粗萃物添加至二苯甲酮-3溶液，是否能提升抗紫外線能力，降低防曬乳中化學物質「二苯甲酮-3」使用量。

實驗 2-1：4 個區段粗萃物添加至二苯甲酮-3 溶液之抗紫外線效果分析

4 個區段化合物各取 1 mg 與二苯甲酮-3 乙醇稀釋液（20 ppm）10 ml 均勻混合後，分光光譜儀分析抗紫外線效果。

實驗 2-2：最佳區段粗萃物不同重量添加至二苯甲酮-3 溶液之抗紫外線效果分析

最佳區段粗萃物取1 mg添加至調製好的二苯甲酮-3乙醇稀釋液（10 ppm、100 ml），每次增加1 mg，逐次增加至10 mg，以分光光譜儀分析抗紫外線效果，共分析10種濃度。

(1) 實驗結果：

a. 實驗2-1：4個區段粗萃物添加至二苯甲酮-3溶液之抗紫外線效果分析

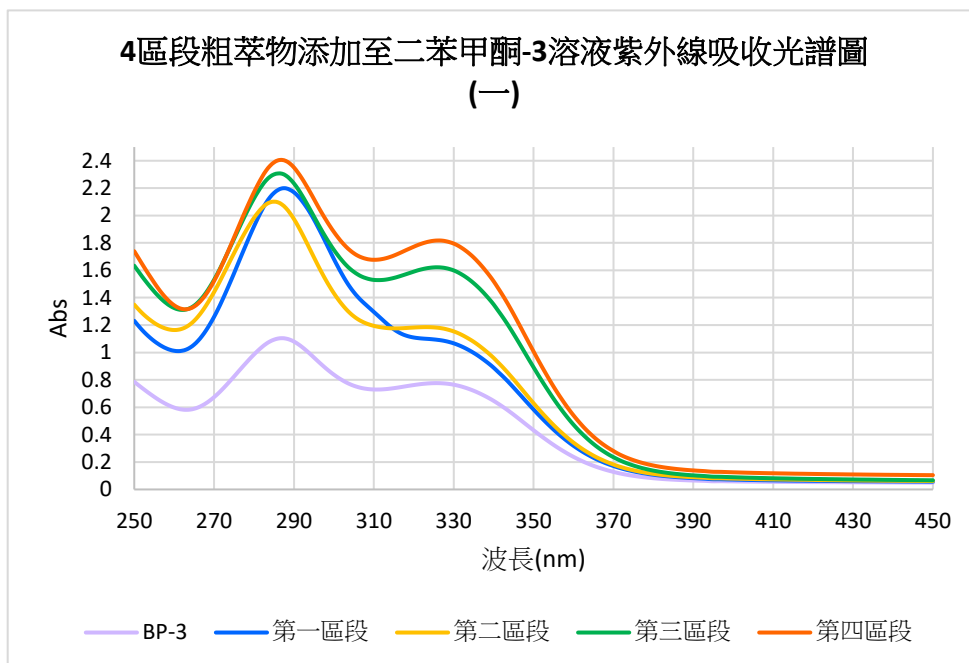


圖11、4區段粗萃物添加至二苯甲酮-3溶液紫外線吸收光譜圖(一)

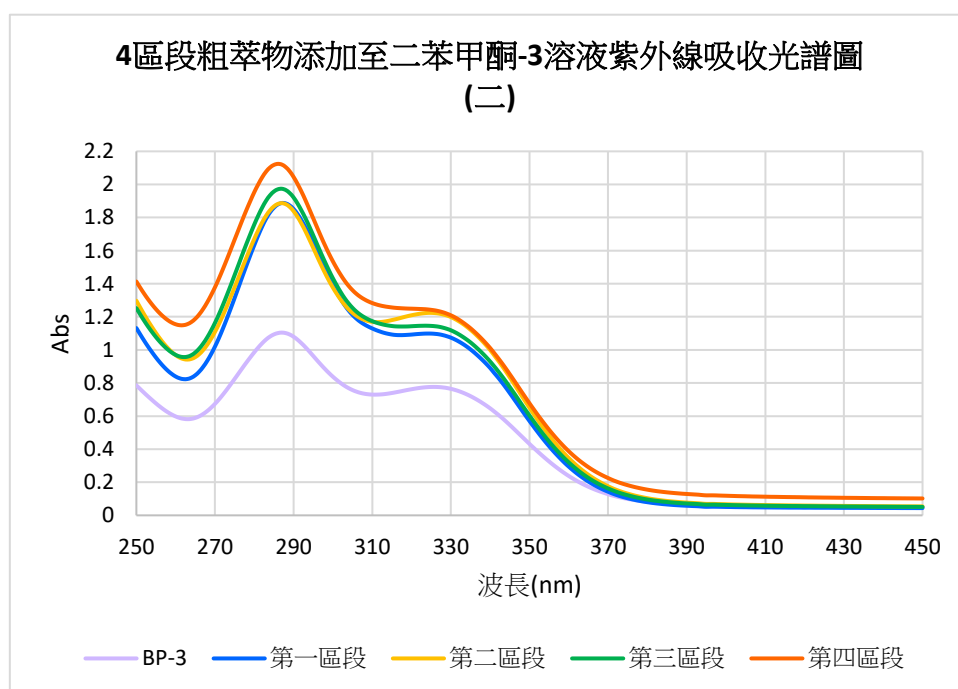


圖12、4區段粗萃物添加至二苯甲酮-3溶液紫外線吸收光譜圖(二)

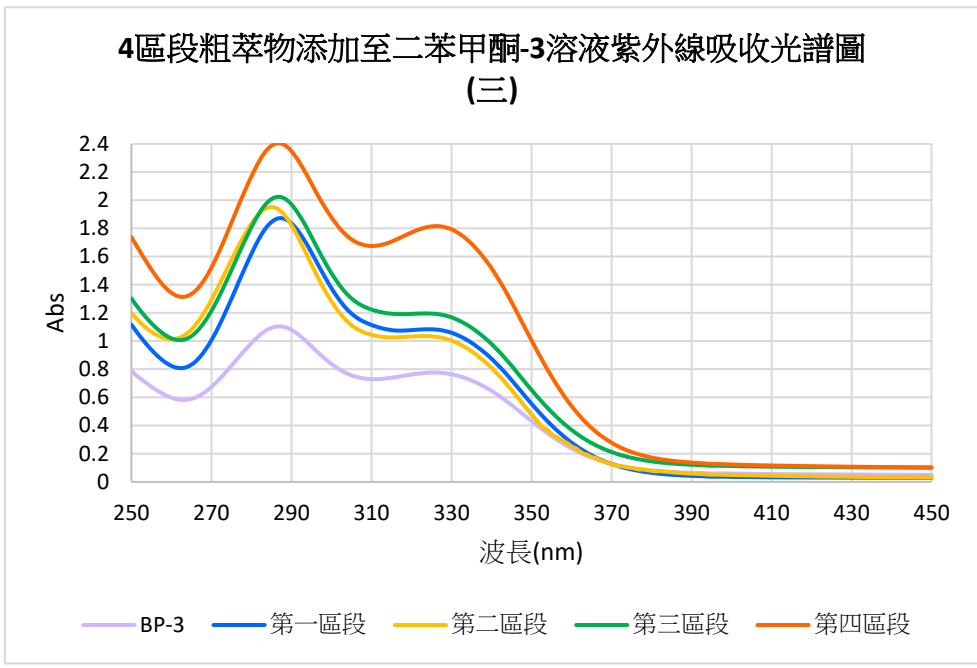


圖13、4區段粗萃物添加至二苯甲酮-3溶液紫外線吸收光譜圖(三)

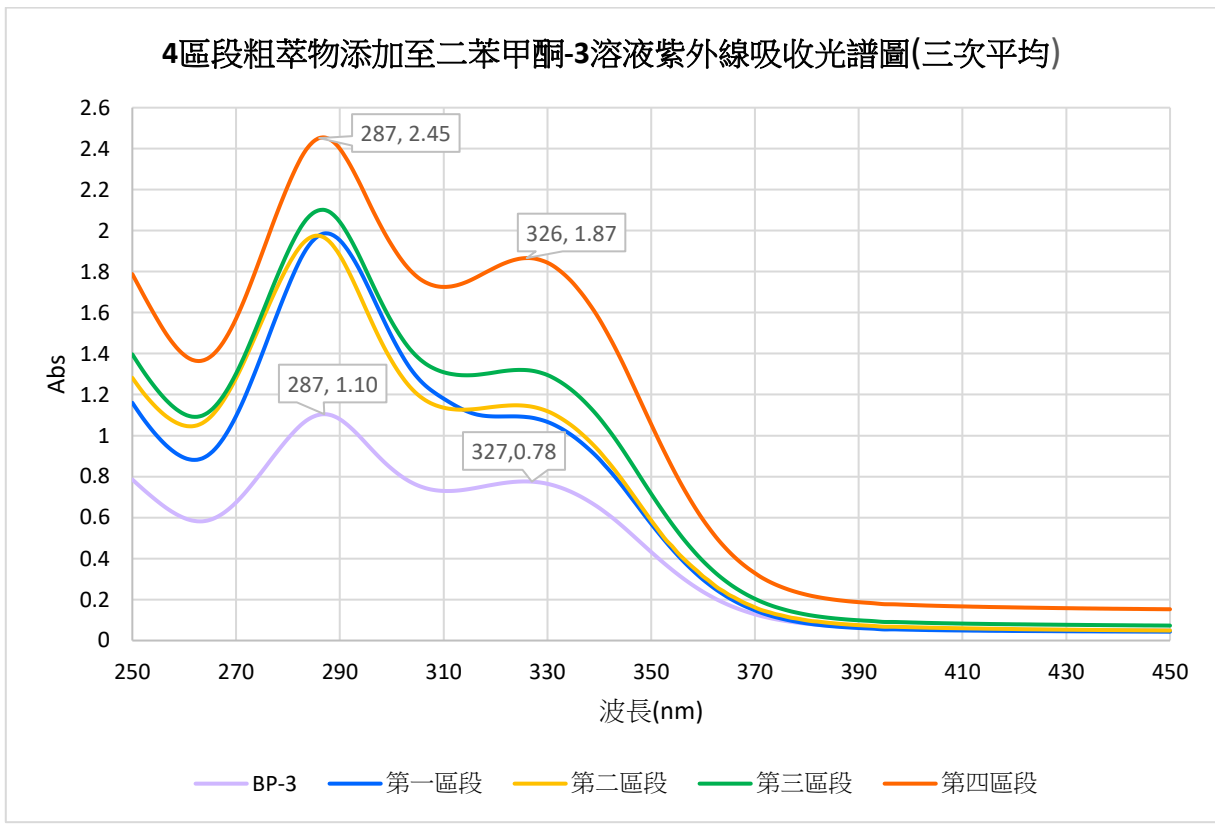


圖 14、4 區段粗萃物添加至二苯甲酮-3 溶液紫外線吸收值三次平均光譜圖

b. 實驗2-2：最佳區段粗萃物不同重量添加至二苯甲酮-3溶液之抗紫外線效果分析

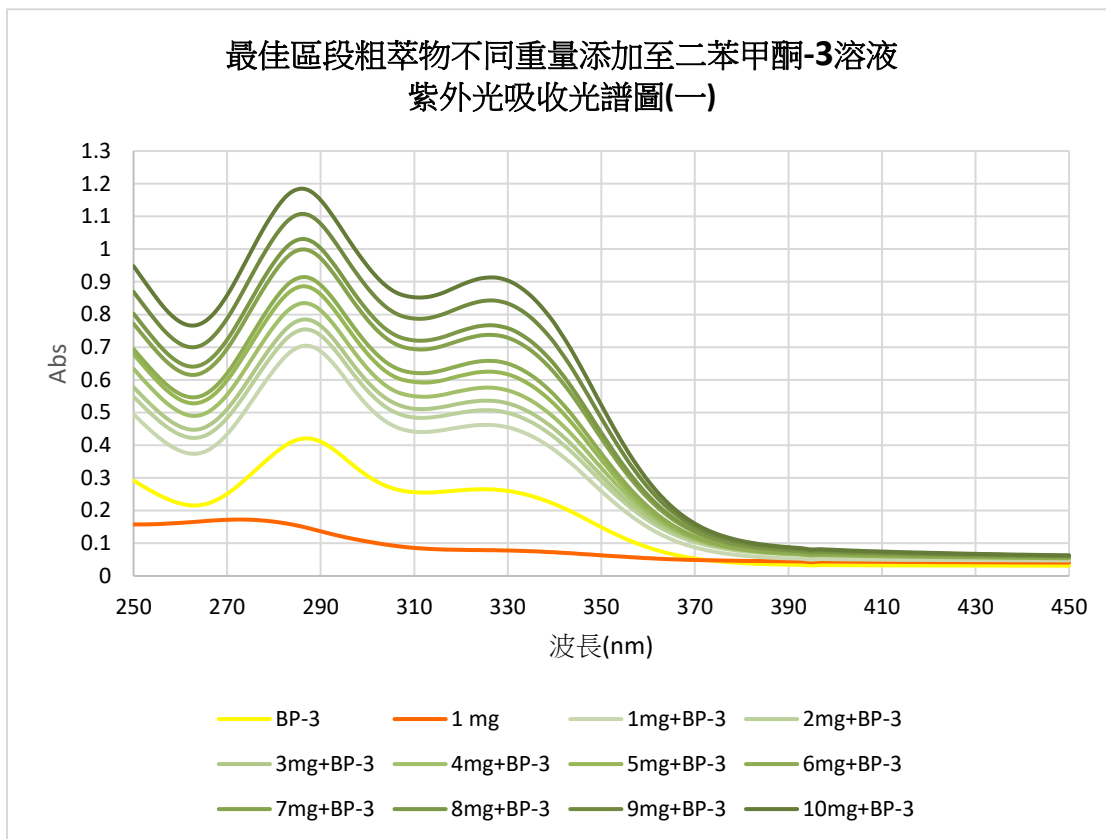


圖15、最佳區段粗萃物添加至二苯甲酮-3溶液紫外線吸收光譜圖(一)

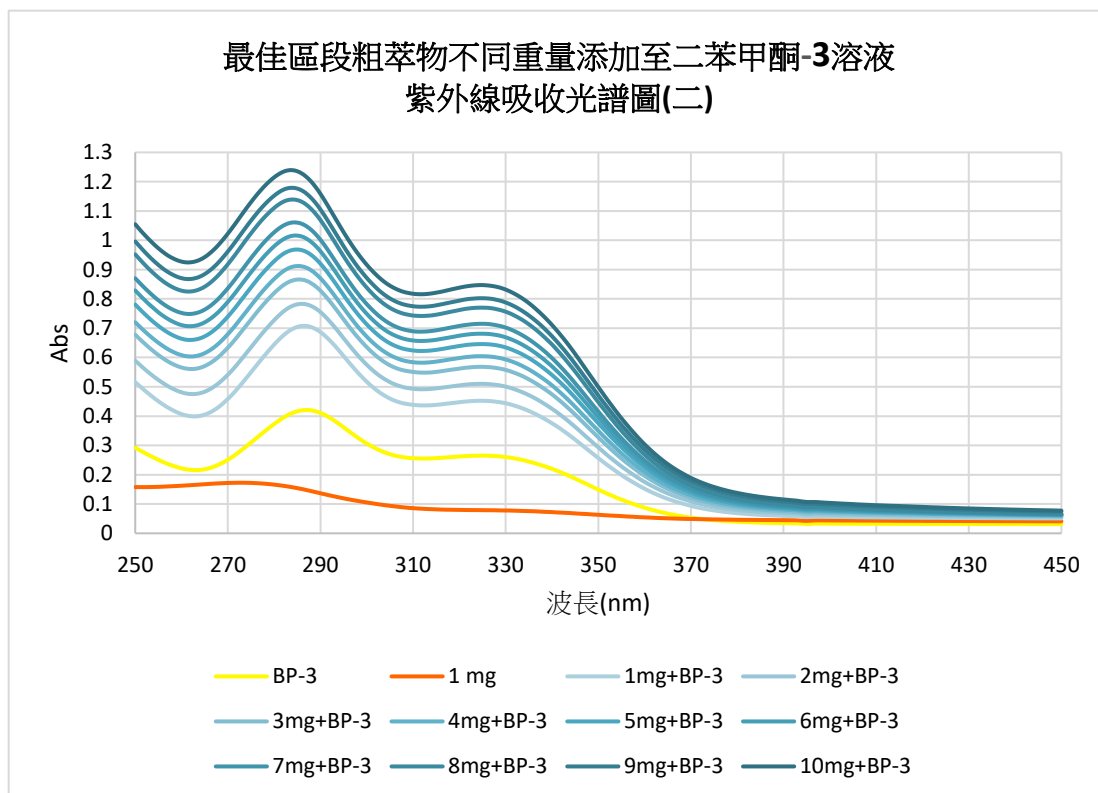


圖16、最佳區段粗萃物添加至二苯甲酮-3溶液紫外線吸收光譜圖(二)

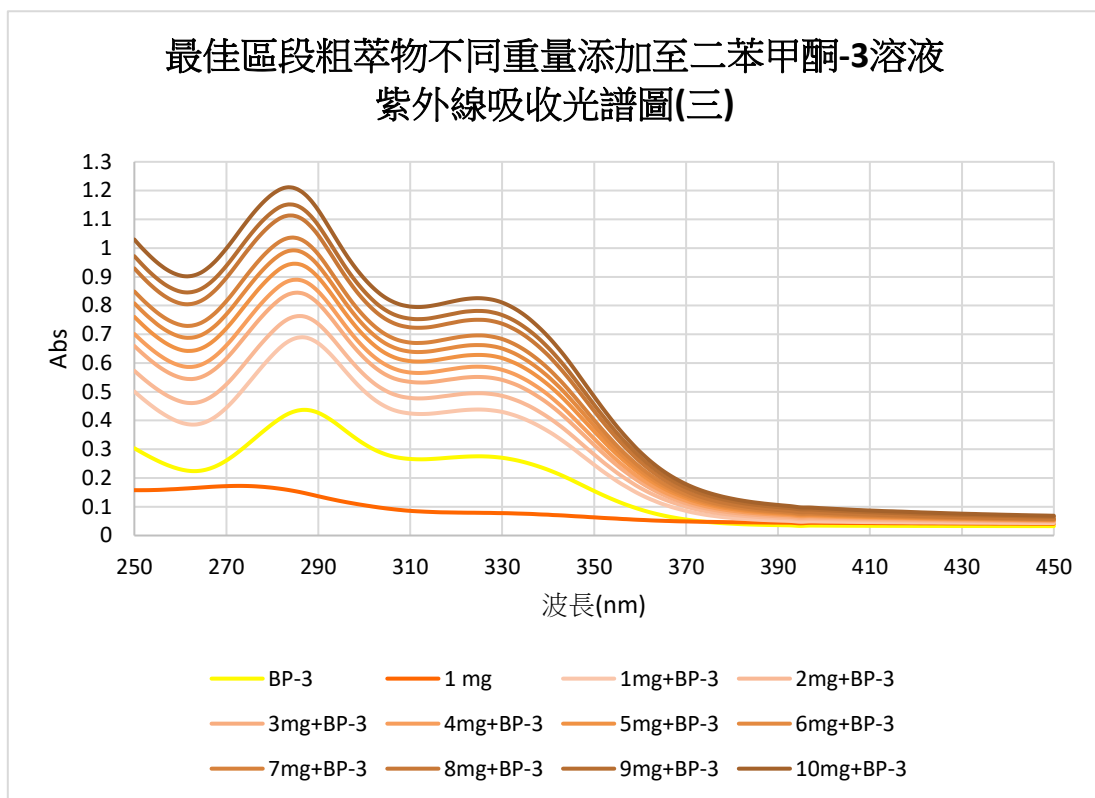


圖17、最佳區段粗萃物添加至二苯甲酮-3溶液紫外線吸收光譜圖(三)

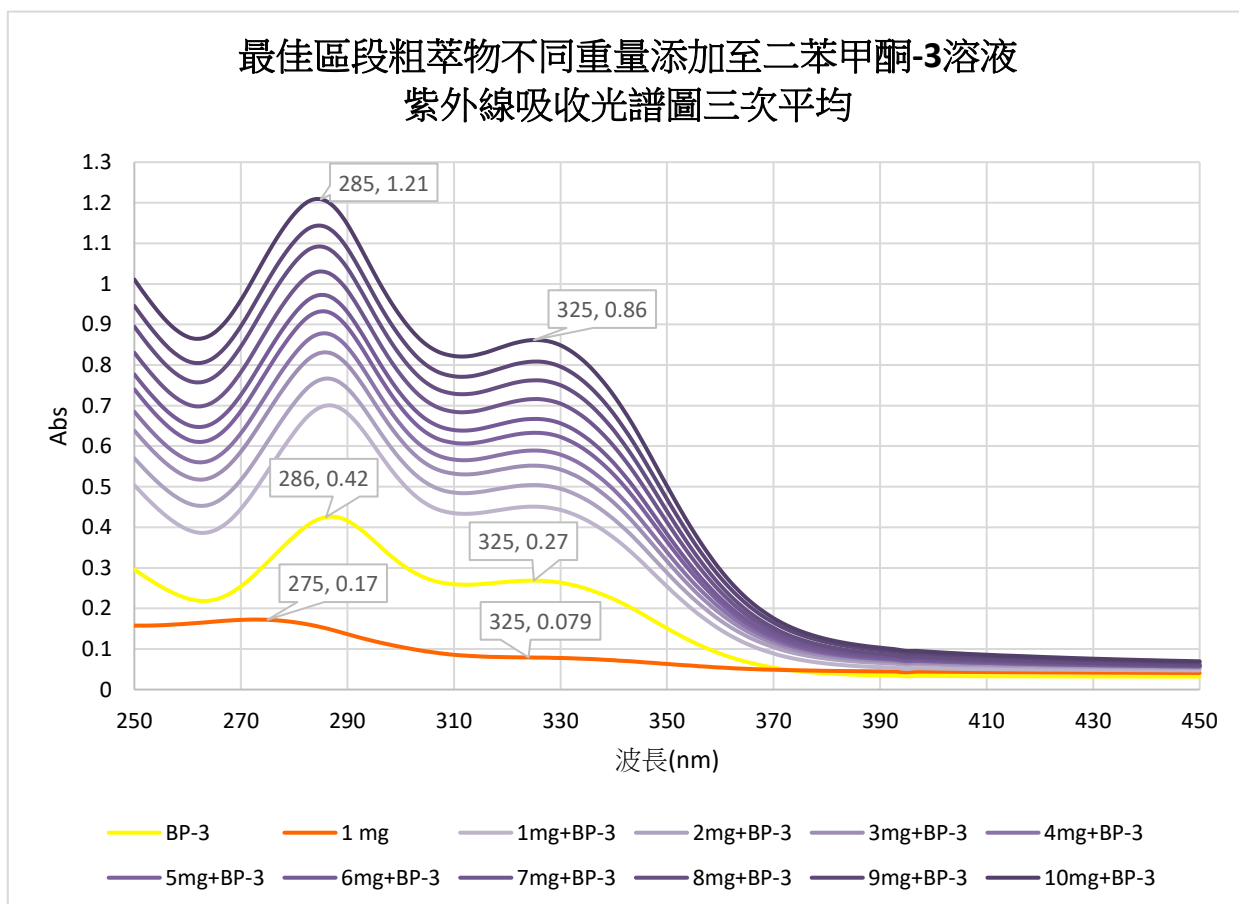


圖18、最佳區段粗萃物添加至二苯甲酮-3溶液紫外線吸收值三次平均光譜圖

(2) 討論：

a. 實驗 2-1：4 個區段粗萃物添加至二苯甲酮-3 溶液之抗紫外線效果分析

(a)圖 11~圖 14 可以發現，將粗萃物添加至二苯甲酮-3 溶液，皆具提升紫外線吸收效果。

(b)單一第 1 區段、第 2 區段粗萃物在 320 nm~350 nm (UVA) 並無防禦力，但與 BP-3 混合後並不會使此波段的吸收比例下降，250 nm~350 nm 範圍皆提升吸收比例。

(c)圖 14 製成表 2：

表2、咖啡渣各區段粗萃物添加至二苯甲酮-3溶液之抗紫外線效果三次平均值分析

	吸收波長範圍	最大吸收波長	次吸收波長	最大吸收度
BP-3	250 nm~350 nm	287 nm	326 nm	1.10±0.01
第1區段+BP-3	250 nm~365 nm	287 nm	326 nm	1.99±0.15
第2區段+BP-3	250 nm~365nm	287 nm	326 nm	1.97±0.10
第3區段+BP-3	250 nm~365 nm	287 nm	326 nm	2.10±0.18
第4區段+BP-3	250 nm~375 nm	287 nm	326 nm	2.45±0.05

由表 2 可知，第 4 區段粗萃物添加至二苯甲酮-3 溶液後，對紫外線吸收波段最寬、吸收度提升最多。

(d)最佳抗紫外線效果第 4 區段粗萃物進行吸收度分析，製成表 3：

表 3、第 4 區段粗萃物與第 4 區段粗萃物添加至二苯甲酮-3 溶液吸收度分析

	287 nm吸收度	326 nm吸收度
第 4 區段粗萃物	0.81	0.75
BP-3	1.10	0.77
第 4 區段粗萃物 + BP-3	1.91	1.52
	提升 28%	提升 23%
第4區段粗萃物粗萃物添加至 BP-3溶液（實驗）	2.45	1.87

由表 3 可知，第 4 區段粗萃物添加至二苯甲酮-3 溶液的吸收度，高於第 4 區段粗萃物、二苯甲酮-3 溶液吸收度相加，加成效果佳。

b. 實驗2-2：最佳區段粗萃物不同重量添加至二苯甲酮-3溶液之抗紫外線效果分析

(a)圖 15~圖 18 可以發現，將第 4 區段粗萃物添加至二苯甲酮-3 溶液，皆具提升紫外線吸收效果，隨濃度增加，抗紫外線效果亦增加。

(b)綜合圖 15~圖 18 製成表 4：

表4、第4區段粗萃物添加至二苯甲酮-3溶液之抗紫外線效果三次平均值分析

	吸收波長範圍	最大吸收波長	次吸收波長	最大吸收度
1 mg		275 nm	325 nm	0.17±0.005
BP-3	250 nm~350 nm	286 nm	325 nm	0.42±0.009
1 mg+BP-3	250 nm~351 nm	286 nm	325 nm	0.70±0.009
2 mg+BP-3	250 nm~353 nm	286 nm	325 nm	0.77±0.003
3 mg+BP-3	250 nm~355nm	286 nm	325 nm	0.83±0.028
4 mg+BP-3	250 nm~356 nm	286 nm	325 nm	0.87±0.025
5 mg+BP-3	250 nm~357 nm	285 nm	325 nm	0.93±0.027
6 mg+BP-3	250 nm~358 nm	285 nm	325 nm	0.97±0.036
7 mg+BP-3	250 nm~359 nm	285 nm	325 nm	1.03±0.016
8 mg+BP-3	250 nm~360 nm	285 nm	325 nm	1.09±0.037
9 mg+BP-3	250 nm~362 nm	285 nm	325 nm	1.14±0.019
10 mg+BP-3	250 nm~363 nm	285 nm	325 nm	1.21±0.011

(d)綜合實驗 2-1、2-2，依實驗數據比較，第 4 區段粗萃物添加至二苯甲酮-3 溶液，與不同濃度 BP-3 溶液吸收度。

表 5、第 4 區段粗萃物添加至 BP-3 溶液與不同濃度 BP-3 溶液之抗紫外線效果分析

	285 nm吸收度	325 nm吸收度
10 ppm BP-3 乙醇稀釋液	0.42	0.27
20 ppm BP-3 乙醇稀釋液	1.10	0.78
第 4 區段粗萃物 9 mg 添加至10 ppm BP-3溶液	1.14	0.81

實驗 2-1，20 ppm 二苯甲酮-3 乙醇稀釋液吸收度 1.1；實驗 2-2，10 ppm 二苯甲酮-3 乙醇稀釋液吸收度 0.42，實驗果發現：將第 4 區段粗萃物添加至 10 ppm 之二苯甲酮-3 乙醇稀釋液，添加 9 mg 後，吸收度可以超過 20 ppm 二苯甲酮-3 乙醇稀釋液。因此推論，咖啡渣粗萃物可降低化學防曬物質 BP-3 使用比例，而達到相同防曬效果。

伍、研究結論

- 一、咖啡渣經由不同極性溶劑沖提，管柱層析後分離成 4 個區段粗萃物，各區段粗萃物皆有良好的紫外線吸收能力。
- 二、極性較小的溶劑沖提後，收集到的第 1、2 區段粗萃物，在 UVB 波段具紫外線吸收能力。
- 三、極性較大的溶劑沖提後，收集到的第 3、4 區段粗萃物，紫外線吸收能力更佳，且在 UVB 及 UVA 波段皆有良好的抗紫外線效果。
- 四、第 4 區段粗萃物與化學防曬物質二苯甲酮-3 紫外線吸收曲線類似。
- 五、將各區段粗萃物添加至二苯甲酮-3 溶液，皆具提升紫外線吸收效果。第 1 區段、第 2 區段粗萃物在 320 nm~350 nm (UVA) 並無防禦力，但與二苯甲酮-3 溶液混合後也能提升此波段的紫外線吸收度。
- 六、第 4 區段粗萃物添加至二苯甲酮-3 溶液後，對紫外線有效吸收範圍最寬、吸收度提升最多。添加的濃度越高，紫外線吸收度增加越多，實驗發現可透過添加，降低化學防曬物質 BP-3 使用比例，達到相同防曬效果。

陸、未來展望

- 一、添加至化學防曬成分有提高抗紫外線的效果，可降低化學防曬物質使用的比例，使用「天然防曬」代替「化學防曬」有發展潛力，達到防曬品接近天然成分的訴求。
- 二、針對抗氧化效果作研究，若能同時兼具抗氧化及抗紫外線能力，添加製成防曬品後，則更能降低自由基形成。
- 三、在更純化和照光後穩定性方面，作更深入的研究，例如：將極性區段分得更細，往極性更大的區段（水）研究；使用薄層色層分析分析化合物、照光後的 SPF 值…。
- 四、若能確定此粗萃物屬於油脂成分，或許可替代目前化妝品、洗髮精、肥皂、衛生清潔用品中大量使用的棕櫚油，成為雨林保護及天然植物油利用的新契機。

柒、參考資料

- 一、國立台灣大學化學系（民98）。大學化學實驗。台北市：國立台灣大學出版中心。
- 二、田欣禾、邱意翔、羅玉佳（民99）。全國中小學科展第50屆高中組化學科，熬夜聖品—咖啡因之探討。
- 三、盧芊希、陳芊伶、鄭雯庭（民109）。全國中小學科展第60屆國中組生活與應用科學科，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~。
- 四、莊崑翔、黃瑋綺、蔡林泓、劉禹昕（民109）。全國中小學科展第60屆國小組化學科，決剩Food，這「咖」油夠厲害—咖啡渣油抗紫外線效果之研究。
- 五、王詠妍（2015）。聰明挑選！6種防曬乳危險成分大剖析。取自早安健康NEWS，
<https://news.everydayhealth.com.tw/>
- 六、Yova（2015）。[科學]~ 咖啡裡的抗氧化高手：綠原酸。取自左蛙咖啡館
<http://www.zova.tw/science-chlorogenic-acid/>。
- 七、李定達。要美白不要傷害 談紫外線對皮膚的傷害。取自台灣癌症臨床研究發展基金會
<http://web.tccf.org.tw/lib/addon.php?act=post&id=3667>。
- 八、嚴融怡（2018）。淺談夏威夷禁用防曬乳成分—甲氧基肉桂酸辛酯與羥苯甲酮。科學月

刊，586期。取自http://scimonth.blogspot.com/2018/09/blog-post_49.html。

九、馬復京、顧文君（2018）。點油成金—植物油的加值利用。林業研究專訊 Vol. 25 No. 1。

十、邱品齊（2019）。二苯酮（Benzophenone）真相大公開。取自VOCUS，幸福美肌學院

<https://vocus.cc/skindocchiu/5dc31620fd89780001901d88>。

十一、科普 | 深度防曬秘密武器：咖啡（2019）。CAFFESME咖啡師&我。取自

<https://caffes.me/2019/06/18/%E7%A7%91%E6%99%AE%E4%B8%A8%E6%B7%B1%E5%BA%A6%E9%98%B2%E6%9B%AC%E7%A7%98%E5%AF%86%E6%AD%A6%E5%99%A8%EF%BC%9A%E5%92%96%E5%95%A1/?fbclid=IwAR1BS1BzxRR2u3bvL2mZAKb0z2V37BRpPaxebOIR-OIKvuer-IcyUqRouSg>。

十二、帛琉2020年起禁用「有害珊瑚礁」防曬乳（2020）。The News Lens關鍵評論。取自

<https://www.thenewslens.com/article/129503>。

十三、防曬乳對珊瑚白化影響專家意見（2020）。新興科技媒體中心。取自

<https://smctw.tw/7435/>。

【評語】 030214

1. 摘要能夠清晰說明目的，簡報內容簡潔、美觀、易懂。
2. 第 60 屆全國科展國小組之咖啡渣實驗已觀察到萃取物具有抗紫外線效果，可加強說明本作品與過去實驗不同之處，例如在作品中使用矽膠管柱分萃取技術的導入，或是分光光度計測量吸收光譜測量吸收度的應用等，可再加強說明創新之處。
3. 萃取物質可能是複雜的混合物，可以矽膠管進行類似葉綠素層析實驗，檢視其是否為單一或混合物之特質。該作品僅利用到矽膠管做為萃取之用途，若能再進一步以矽膠搭管配不同溶劑組合進一步分離或驗證是否為混合物，則本作品會更精彩。

作品簡報

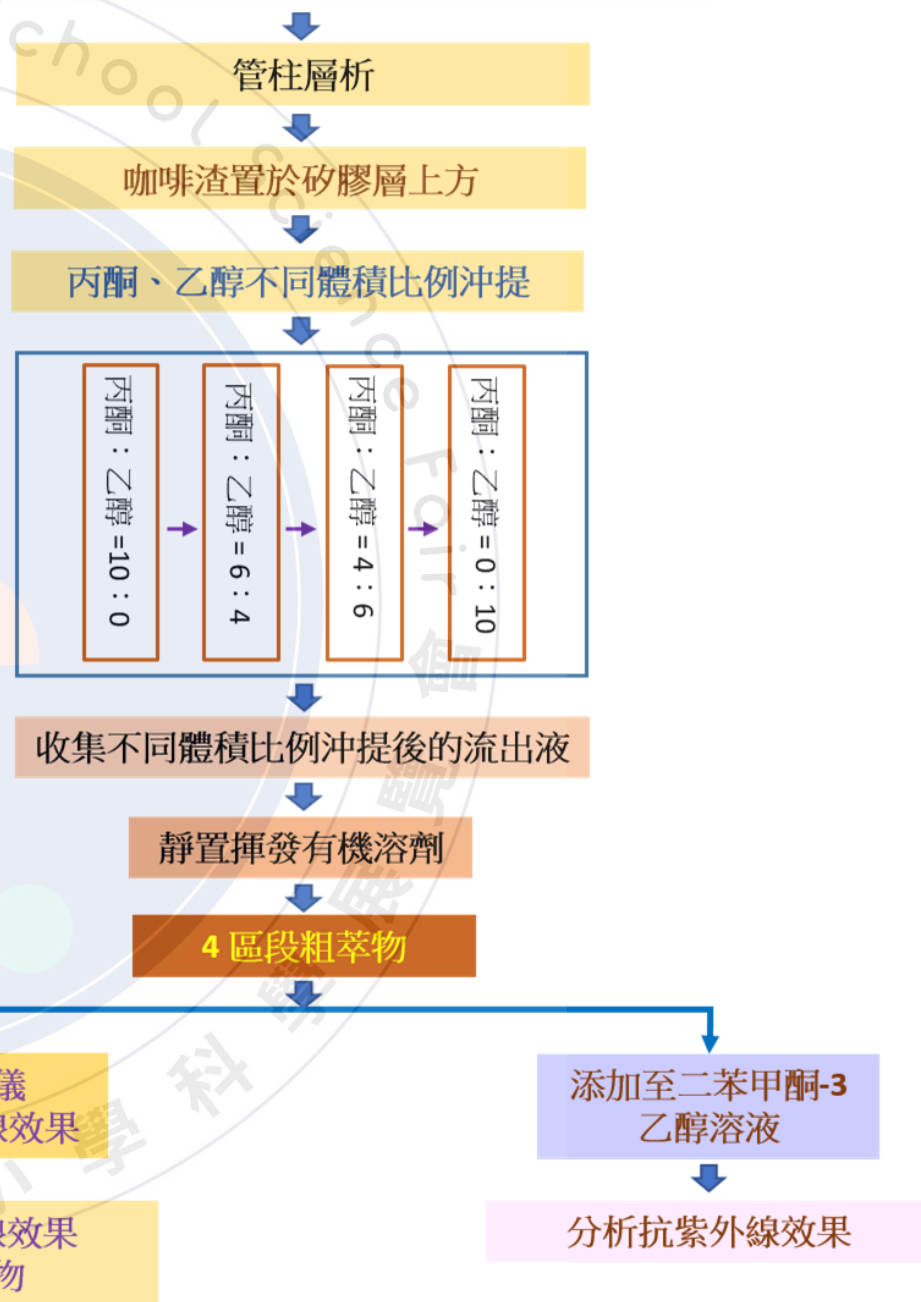
「啡」常手段抗UV — 咖啡渣粗萃物之抗紫外線效果研究

· 國中組 · 化學科 ·

- 一. 市售防曬乳，其中的化學物質二苯甲酮和甲氧基肉桂酸辛酯，被證實會降低珊瑚適應氣候變化的能力，並抑制珊瑚繁殖，對於珊瑚與其他的海洋生物有遺傳損害。又研究顯示產婦使用該物質可能會導致女嬰過輕。
- 二. 醫學研究證實，咖啡渣中含具防曬功能的有機化合物。若大量的咖啡渣能再利用，不但符合環保更能創造出新的價值，引起我們對咖啡渣抗紫外線效果的研究興趣。
- 三. 利用管柱層析法，咖啡渣為原料，粗略分離出四區段化合物，作防曬效果比較。並與市售防曬乳其中的化學物質二苯甲酮-3，作防曬效果的比較，並探討未來將此化合物在防曬用品上應用的發展性。

研究問題

- (一) 咖啡渣粗萃物之抗紫外線效果分析
- (二) 咖啡渣粗萃物添加至二苯甲酮-3溶液
抗紫外線效果分析



· 實驗方法與步驟 ·

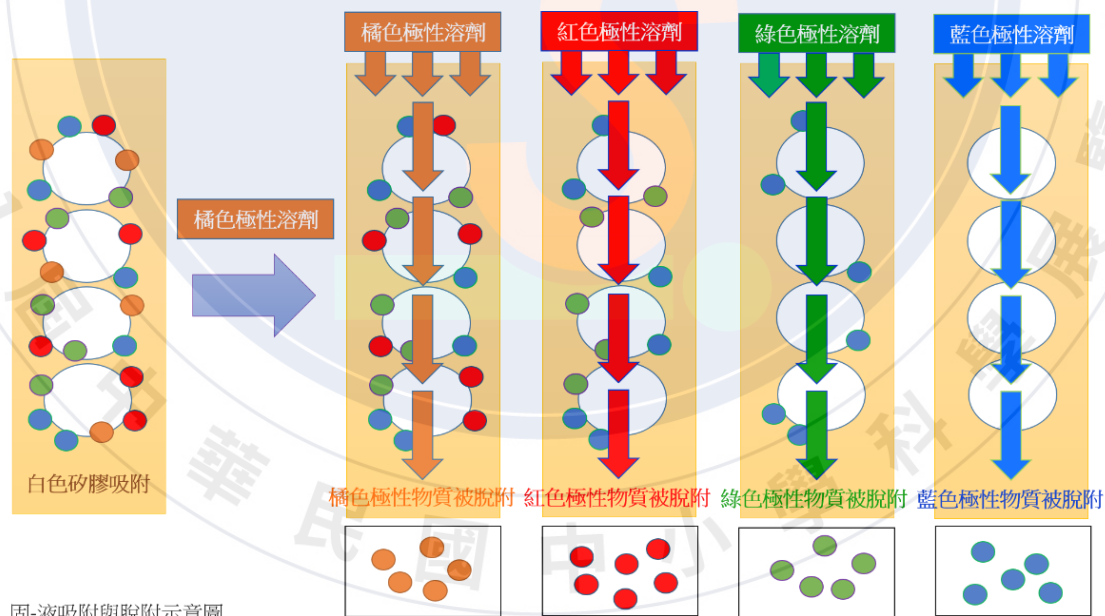
實驗一

丙酮、乙醇不同比例沖提，咖啡渣粗萃物之抗紫外線能力分析

1. 管柱層析－取得咖啡渣粗萃物

管柱層析利用化合物與固定相之間的吸附力，及化合物與沖提劑間溶解度的差異，造成各成分物被沖提的速率不同，而達到分離的目的。

參考全國中小學科展第60屆國小組咖啡渣油抗紫外線效果之研究實驗結果：以不同溶劑乙醇、丙酮和正己烷萃取咖啡渣油，丙酮萃取出來的咖啡渣油抗紫外線效果最好，乙醇次之，正己烷最差。



· 實驗方法與步驟 ·

實驗一

丙酮、乙醇不同比例沖提，咖啡渣粗萃物之抗紫外線能力分析

1. 管柱層析－取得咖啡渣粗萃物

01

製作填充物：
將 silica gel 60 g 與丙酮 120 ml 攪拌均勻。



02

攪拌成泥狀後倒入管柱中。



03

輕敲管壁，除氣泡，讓填充物平整緊實。
加入 35 g 咖啡渣。



· 實驗方法與步驟 ·

實驗一

丙酮、乙醇不同比例沖提，咖啡渣粗萃物之抗紫外線能力分析

1. 管柱層析－取得咖啡渣粗萃物



04

進行沖提，沖提液
80 mL，從
丙酮→
丙酮：乙醇=6：4→
丙酮：乙醇=4：6→
乙醇

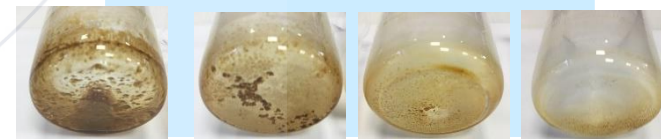
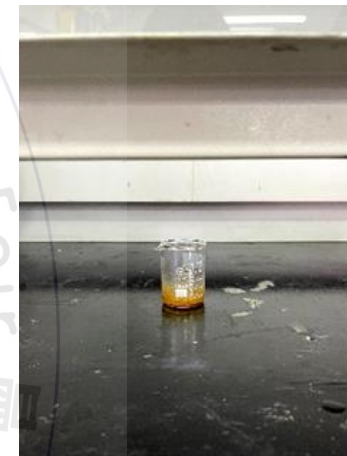
以相同時間差收集
管柱下方的流出液
，共收集4個區段
。第1區段→第4區
段，有機溶劑的極
性逐漸增加。

05



06

靜置，待有機溶液
揮發。



· 實驗方法與步驟 ·

實驗一

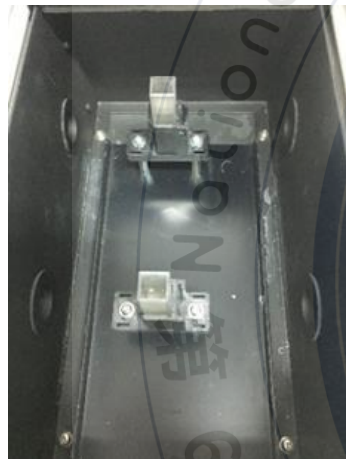
丙酮、乙醇不同比例沖提，咖啡渣粗萃物之抗紫外線能力分析




2. 抗紫外線效果分析－Jasco V-670 紫外/可見/近紅外分光光譜儀


本次實驗選擇分析波長範圍為 250 nm~450 nm，吸收度越高，代表樣品溶液抗紫外線效果越好。

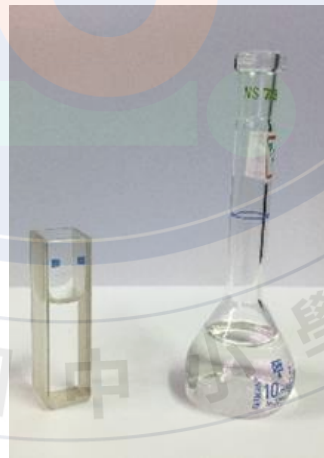
01



裝有乙醇溶液之石英瓶放入樣品槽座，按下  測量空白背景值。

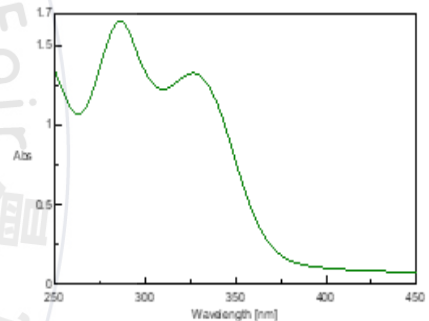
02

粗萃物溶液 200ppm，取 3 ml 稀釋液滴入石英瓶，放入樣品槽座按下  即會開始測量。



03

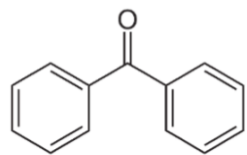
每 1 nm 記錄吸收度，數據匯出至 Excel，繪製吸收光譜曲線，進行分析。



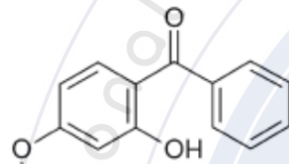
實驗二

咖啡渣粗萃物添加至二苯甲酮-3溶液之抗紫外線效果分析

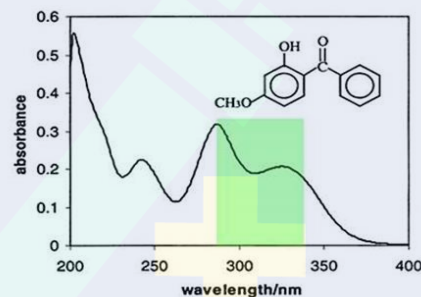
二苯甲酮的結構具有吸收紫外線的功能，是相當知名的化學性防曬劑骨架，相關衍生物很多，其中以二苯甲酮-3的防曬強度最高，爭議性較大。



二苯甲酮

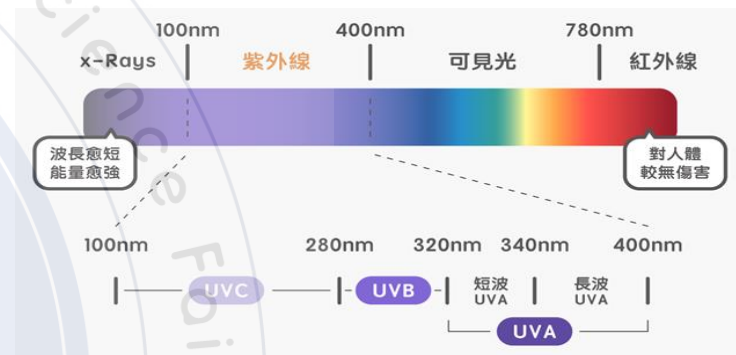


二苯甲酮-3



二苯甲酮-3吸收光譜示意圖

主要防禦波段340 nm~280 nm (UVB及UVAII)



2-1 4個區段粗萃物添加至二苯甲酮-3溶液之抗紫外線效果分析

1. 調製二苯甲酮-3乙醇溶液 20 ppm，分光光譜儀分析三次，取平均值作為比較基準。
2. 調製分析樣品溶液 100 ppm，4個區段化合物各取 1 mg，溶於10 ml二苯甲酮-3乙醇稀釋液（20ppm）。
3. 分光光譜儀分析樣品抗紫外線效果。

2-2 最佳區段粗萃物不同重量添加至二苯甲酮-3溶液之抗紫外線效果分析

1. 調製二苯甲酮-3乙醇溶液 10 ppm，分光光譜儀分析三次，取平均值作為比較基準。
2. 調製最佳粗萃物乙醇溶液 10 ppm，分光光譜儀分析三次，取平均值作為比較基準。
3. 調製分析樣品溶液：取 1 mg最佳抗紫外線效果區段粗萃物，添加至調製好的二苯甲酮-3乙醇稀釋液（10 ppm、100 ml）。每次粗萃物增加 1 mg，加至 10 mg。

實驗結果

實驗一

丙酮、乙醇不同比例沖提，咖啡渣粗萃物之抗紫外線能力分析

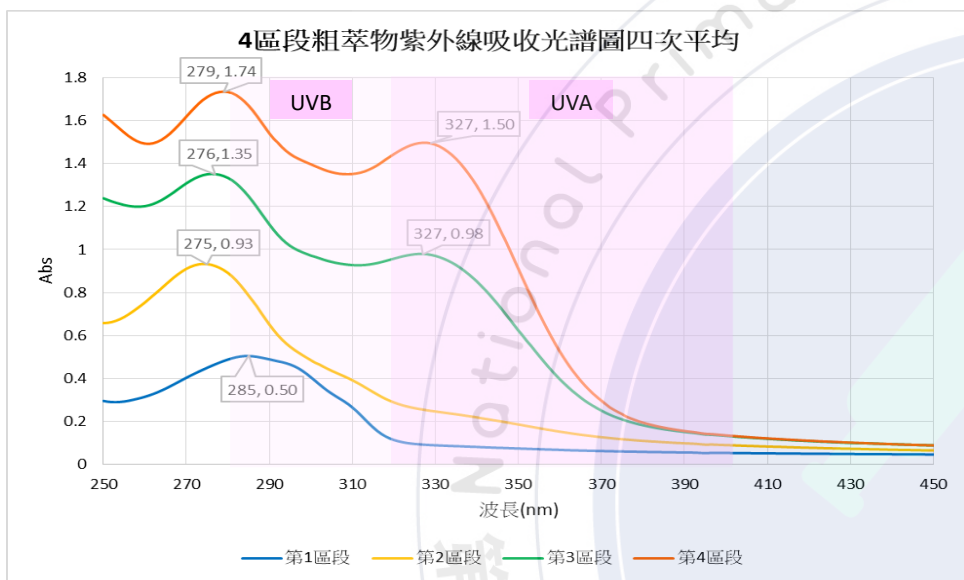


圖1、咖啡渣4區段粗萃物紫外線吸收值四次平均光譜圖

表1、咖啡渣各區段粗萃物之抗紫外線效果四次平均值分析

	吸收波長範圍	最大吸收波長	次吸收波長	最大吸收度
第1區段	270 nm~300 nm	285 nm	—	0.50 ± 0.06
第2區段	250 nm~310 nm	275 nm	—	0.93 ± 0.14
第3區段	250 nm~360 nm	276 nm	327 nm	1.35 ± 0.09
第4區段	250 nm~365 nm	279 nm	327 nm	1.74 ± 0.16

- ★各區段粗萃物對紫外線有吸收效果，其中以第4區段粗萃物對紫外線吸收波段最寬、吸收度最高，能防禦UVB及UVA。
- ★第4區段粗萃物（200 ppm）紫外線吸收平均值，與BP-3（20 ppm）吸收光譜圖，製成圖2，發現兩者具有相似吸收曲線，吸收波長範圍及最大吸收波長接近。

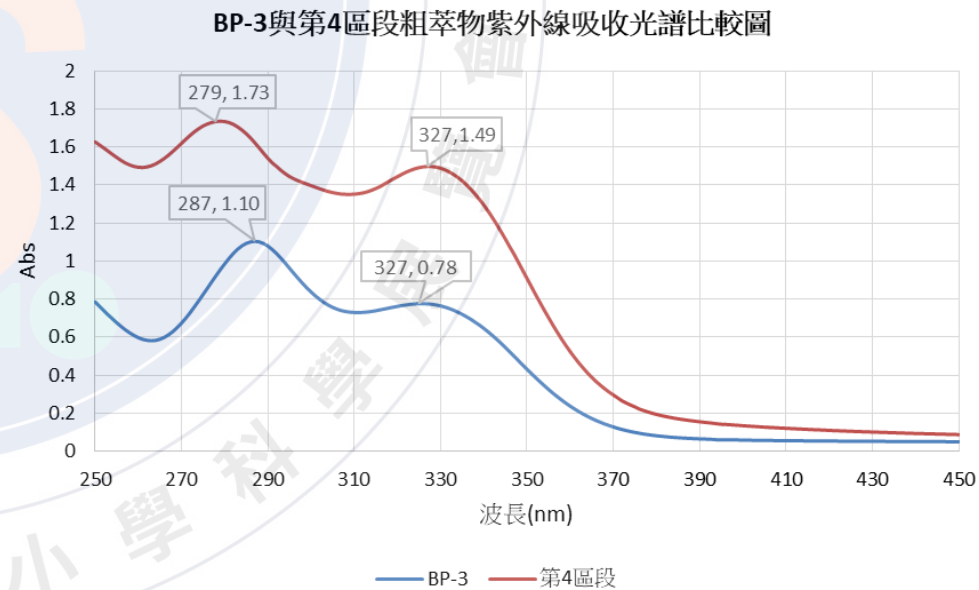


圖2、BP-3與第4區段粗萃物紫外線吸收光譜圖

實驗二

咖啡渣粗萃物添加至二苯甲酮-3溶液之抗紫外線能力分析

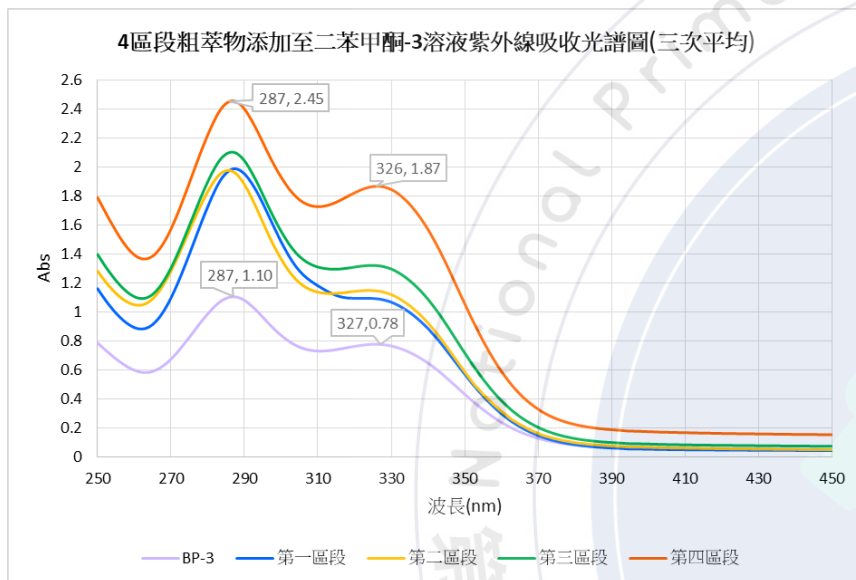


圖3、4區段粗萃物添加至二苯甲酮-3溶液紫外線吸收值三次平均光譜圖

表2、咖啡渣各區段粗萃物添加至二苯甲酮-3溶液之抗紫外線效果三次平均值分析

	吸收波長範圍	最大吸收波長	次吸收波長	最大吸收度
BP-3	250 nm~350 nm	287 nm	326 nm	1.10 ± 0.01
第1區段+BP-3	250 nm~365 nm	287 nm	326 nm	1.99 ± 0.15
第2區段+BP-3	250 nm~365nm	287 nm	326 nm	1.97 ± 0.10
第3區段+BP-3	250 nm~365nm	287 nm	326 nm	2.10 ± 0.18
第4區段+BP-3	250 nm~375 nm	287 nm	326 nm	2.45 ± 0.05

表3、第4區段粗萃物與第4區段粗萃物添加至二苯甲酮-3溶液吸收度分析

	287 nm吸收度	326 nm吸收度
第4區段粗萃物	0.81	0.75
BP-3	1.10	0.77
第4區段粗萃物 + BP-3	1.91	1.53
第4區段粗萃物粗萃物添加至BP-3溶液 (實驗)	↓ 提升 28% 2.45	↓ 提升 23% 1.87

★由表2可知，第4區段粗萃物添加至二苯甲酮-3溶液後，對紫外線吸收波段最寬、吸收度提升最多。

★由表3可知，第4區段粗萃物添加至二苯甲酮-3溶液的吸收度，高於第4區段粗萃物、二苯甲酮-3溶液吸收度相加。

實驗二

咖啡渣粗萃物添加至二苯甲酮-3溶液之抗紫外線能力分析

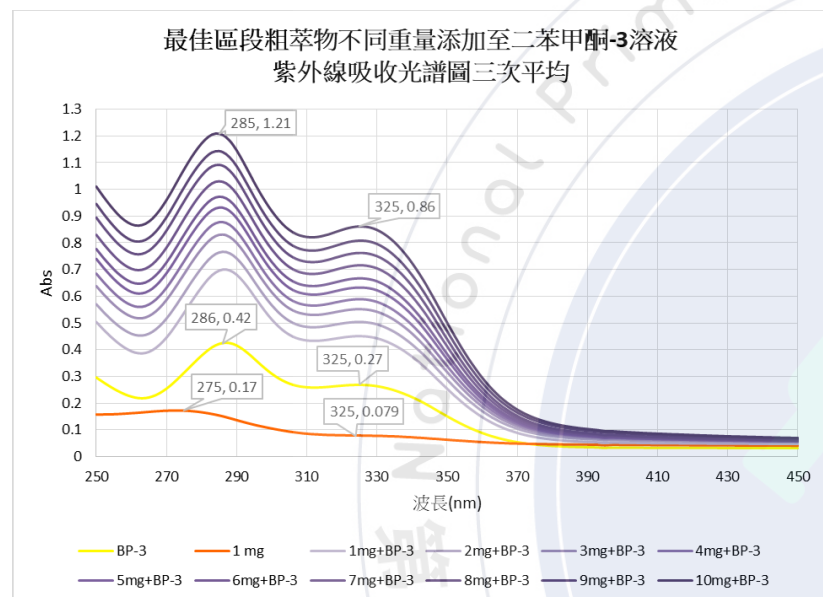


圖4、最佳區段粗萃物添加至二苯甲酮-3溶液紫外線吸收值三次平均光譜圖

★第4區段粗萃物添加至二苯甲酮-3溶液，**濃度增加，抗紫外線效果亦增加。**

★將第4區段粗萃物添加 9 mg後，吸收度可以超過20 ppm二苯甲酮-3乙醇稀釋液。因此推論，咖啡渣粗萃物可**降低化學防曬物質BP-3使用比例，而達到相同防曬效果。**

表4、第4區段粗萃物添加至二苯甲酮-3溶液之抗紫外線效果三次平均值分析

	吸收波長範圍	最大吸收波長	次吸收波長	最大吸收度
1 mg		275 nm	325 nm	0.17±0.005
BP-3	250 nm~350 nm	286 nm	325 nm	0.42±0.009
1 mg+BP-3	250 nm~351 nm	286 nm	325 nm	0.70±0.009
2 mg+BP-3	250 nm~353 nm	286 nm	325 nm	0.77±0.003
3 mg+BP-3	250 nm~355 nm	286 nm	325 nm	0.83±0.028
4 mg+BP-3	250 nm~356 nm	286 nm	325 nm	0.87±0.025
5 mg+BP-3	250 nm~357 nm	285 nm	325 nm	0.93±0.027
6 mg+BP-3	250 nm~358 nm	285 nm	325 nm	0.97±0.036
7 mg+BP-3	250 nm~359 nm	285 nm	325 nm	1.03±0.016
8 mg+BP-3	250 nm~360 nm	285 nm	325 nm	1.09±0.037
9 mg+BP-3	250 nm~362 nm	285 nm	325 nm	1.14±0.019
10 mg+BP-3	250 nm~363 nm	285 nm	325 nm	1.21±0.011

表5、第4區段粗萃物添加至BP-3溶液與不同濃度BP-3溶液之抗紫外線效果分析

	285 nm吸收度	325 nm吸收度
10 ppm BP-3乙醇稀釋液	0.42	0.27
20 ppm BP-3乙醇稀釋液	1.10	0.78
第4區段粗萃物9 mg 添加至10 ppm BP-3溶液	1.14	0.81

結論

1. 咖啡渣經由不同極性溶劑沖提，層析後各區段粗萃物皆有良好的紫外線吸收能力。
2. 極性較大的溶劑沖提後，收集到的第4區段粗萃物，紫外線吸收能力更佳，且在UVB及UVA波段皆有良好的抗紫外線效果，與化學防曬物質二苯甲酮-3紫外線吸收曲線類似。
3. 將各區段粗萃物添加至二苯甲酮-3溶液，皆具提升紫外線吸收效果。其中以第4區段粗萃物，對紫外線吸收度提升最多。
4. 粗萃物添加至二苯甲酮-3溶液的濃度越高，紫外線吸收度增加越多。實驗發現可降低化學防曬物質二苯甲酮-3使用比例，達到相同防曬效果。

建議

1. 針對抗氧化效果作研究。
2. 在更純化和照光後穩定性方面，作更深入的研究。
3. 若能確定此粗萃物屬於油脂成分，或許可替代目前化妝品、衛生清潔用品中大量使用的棕櫚油，成為雨林保護及天然植物油利用的新契機。