

中華民國第 60 屆中小學科學展覽會

作品說明書

國小組 化學科

佳作

080211

決剩 Food，這「咖」油夠厲害—咖啡渣油抗紫外線效果之研究

學校名稱：桃園市中壢區龍岡國民小學

作者： 小六 莊崴翔 小六 黃瑋綺 小五 蔡林泮 小五 劉禹昕	指導老師： 王杉萱 馬慧惠
---	---------------------

關鍵詞：咖啡渣、紫外線、有機溶劑

摘要

因應咖啡消費量與日俱增，產生大量廢棄咖啡渣的問題，我們想找出咖啡渣的再利用價值。本研究先以不同溶劑、體積、溫度浸泡咖啡渣，將濾液經蒸餾設備濃縮取得咖啡渣油，找出抗紫外線效果最佳的條件；再比較不同沖煮方式、烘焙程度的咖啡渣，萃取出咖啡渣油抗紫外線效果；最後將最佳抗紫外線效果的咖啡渣油與市售防曬品，照射紫外燈與塗抹在豬皮上比較。實驗結果顯示，咖啡渣油具有良好的抗紫外線效果，冷泡淺焙咖啡渣 100 g，以 150 ml 丙酮，常溫浸泡，所萃取出咖啡渣油抗紫外線效果最佳。利用「小畫家」軟體比較豬皮照射前後顏色差異，發現咖啡渣油防曬效果與市售防曬品 PA⁺⁺⁺效果接近。希望未來能應用在各式防曬用品，達到綠色環保的效益。

壹、研究動機

咖啡是全世界最受歡迎的飲品，根據財政部推估，目前台灣平均每人、每年喝掉 130 杯的咖啡，相當於一年可喝掉 28.5 億杯的咖啡。而以一杯中杯咖啡來說，沖煮後約會產生 20 克的咖啡渣，全球一天因咖啡而衍生的咖啡渣就可高達 2 萬座 101 大樓，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。已知咖啡渣的用途有除臭、施肥、抽咖啡紗、回收咖啡因等用途。所以我們想再進一步擴展咖啡渣的用途，提升咖啡渣再利用的價值。

在查閱有關於咖啡渣再利用的文獻資料中，最讓我們感到有趣的是，咖啡渣可以製成具有抗紫外線效果的咖啡紗。引起我們對了解咖啡渣抗紫外線效果的研究興趣，想再進一步嘗試，利用蒸餾設備濃縮咖啡渣濾液，萃取咖啡渣油，希望找出最佳咖啡渣油的萃取方式。並測試其抗紫外線效果是否能達到、甚至更優於市售防曬品，希望未來能應用在防曬用品上，達到綠色環保的效益。

貳、研究目的

利用不同溶劑、不同體積、不同溫度，浸泡咖啡渣，使用蒸餾設備進行濃縮，取得咖啡渣油，找出最佳抗紫外線效果咖啡渣油的萃取方法。再比較不同的沖煮方式和烘焙程度的咖啡渣，萃取出來的咖啡渣油抗紫外線效果的差異，並與市售防曬品做防曬效果的比較，探討未來將咖啡渣油在防曬用品上應用的發展性。

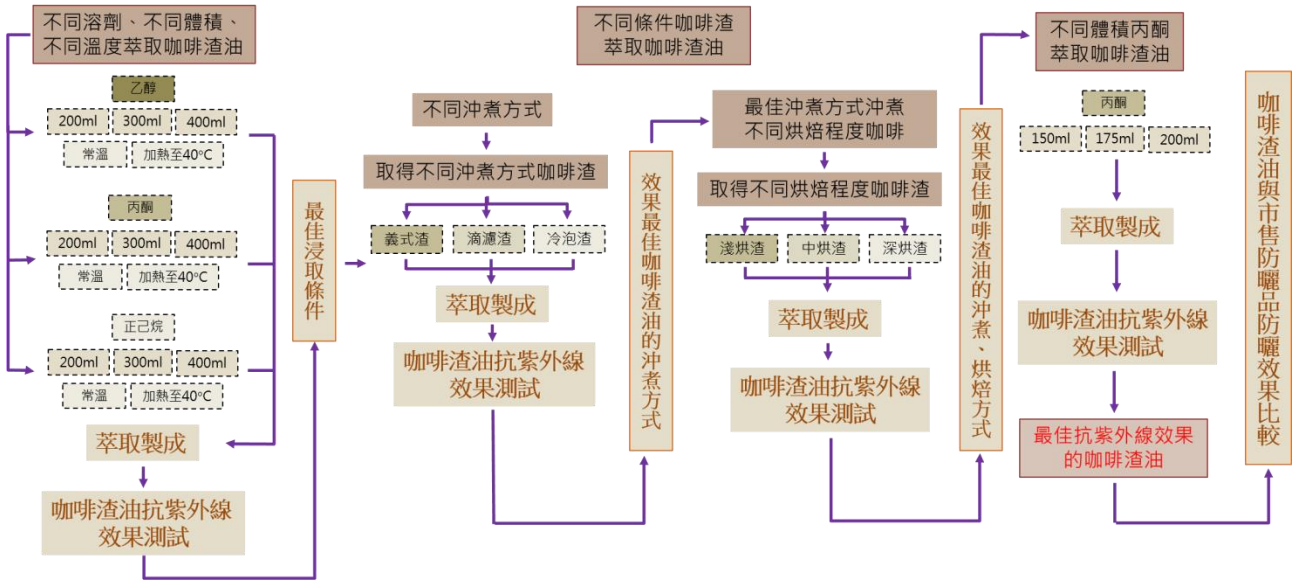
參、研究設備及器材

儀器設備			
紫外線檢測儀	自製紫外燈箱	蒸餾設備	食物乾燥機
			
UV-340A 紫外線強度計 單位： $\mu\text{W}/\text{cm}^2$ 範圍：0-1999 $\mu\text{W}/\text{cm}^2$ 感應波長：290~390 nm	紫外燈： 長 15 cm，6 W 波長：365 nm 輻射照度 200 mW/cm ² 燈架照射高度：4 cm	電熱包 燒瓶 控溫器、溫度計 冷凝管	型號：HL-1080S 電壓：110 V / 60 HZ 電流：6 A 使用溫度：75°C
實驗器材			
燒杯	量筒	滴管	玻璃皿
濾紙	護目鏡	電子秤	數位相機
吹風機	計時器		
實驗藥品、材料			
95%乙醇	丙酮	正己烷	蒸餾水
咖啡渣	豬皮	Biore 高效防曬乳液 SPF30(PA ⁺⁺)	Biore 高防曬乳液 SPF40(PA ⁺⁺⁺)
Biore 長效清透防曬乳 液 SPF50(PA ⁺⁺⁺⁺)			

肆、研究過程與方法

一、研究架構

決剩food·這「咖」油夠厲害—咖啡渣油抗紫外線效果之研究



二、文獻探討

(一) 咖啡

咖啡是經過烘焙過程的咖啡豆，所製作沖泡的飲料。是人類社會流行範圍最為廣泛的飲料之一，也是重要經濟作物，咖啡品種普遍分為阿拉比、卡羅布斯塔兩種（維基百科）。

咖啡的主要成分：蔗糖、咖啡因、綠原酸、脂肪、蛋白質、礦物質…。

咖啡透過烘焙，從生豆、淺焙、中焙到深焙可以釋放出咖啡特殊的香味，再根據水和咖啡粉的接觸方式，可歸類為六種烹製法：「浸泡法」、「煎煮法」、「循環法」、「滴濾法」、「虹吸法」、「加壓法」。

咖啡渣為咖啡沖煮後的剩餘成分，咖啡中所含的成分，仍有大部分含殘留在咖啡渣中，下表為殘餘成分整理表（103 年全國高職學生專題暨創意製作競賽 垃圾變黃金—咖啡渣利用）。

沖煮後的咖啡渣成分含量及功能特性	
成分及含量	功能及特性
咖啡因 1.3% (C ₈ H ₁₀ N ₄ O ₂)	適量的咖啡因會刺激大腦皮質，血管擴張血液循環增強，並提高新陳代謝功能。微溶於水，溶於非極性溶劑：乙酸乙酯、二氯甲烷、氯仿、丙酮中。

綠原酸 6.0% (C ₁₆ H ₁₈ O ₉)	易溶於水中，經煮沸，會分解而產生焦梧酸。易溶於乙醇及丙酮，極微溶於乙酸乙酯，難溶於三氯甲烷、乙醚、苯等親脂性有機溶劑。
脂肪 11.7%	脂肪在咖啡風味上，主要分為兩大類，一類為酸性脂肪，其強弱會因咖啡種類不同而異及另一類揮發性脂肪，是咖啡香氣主要來源。
蛋白質 11.8%	卡洛里主要來源，它佔的比例並不高，攝取到的也很有限。
糖分 8.0%	咖啡生豆所含的糖分約 8%，會使咖啡形成褐色的焦糖作用，會和單寧酸互相結合，產生稍苦的甜味。
礦物質 4.5%	有石灰、鐵質、磷、碳酸鈉…等，但因所佔的比率極少，影響咖啡的品質以及咖啡的風味並不大。

(二) 有機溶劑

溶劑是一種可以溶解固體、液體或氣體溶質的液體，繼而成為溶液。在日常生活中最普遍的溶劑是水。所謂有機溶劑是包含碳原子的有機化合物溶劑，不溶於水。溶劑通常擁有比較低的沸點和容易揮發的性質，可以由蒸餾來去除，從而留下被溶物。有機溶劑通常是透明，無色的液體，大多都有獨特的氣味（維基百科）。

溶劑和溶質大致上可分為極性（親水）和非極性（親油），溶劑的極性決定了它所能溶解的物質，以及可以相互混合的其他溶劑或液態物質。根據這個基本原則，極性物質在極性溶劑溶解的最好；非極性物質在非極性的溶劑中溶解的最好：即「相似相溶原理」。

乙醇（CH₃CH₂OH）沸點 78.4°C，是醇類的一種，俗稱酒精，是常用的燃料、溶劑和消毒劑。此外，其非極性的羥基使得乙醇也可溶解一些非極性的物質，例如：大多數香精油和很多增味劑、增色劑和醫藥試劑。

丙酮（CH₃COCH₃）沸點 56.53°C，在常溫下為無色透明液體，易揮發、易燃，有芳香氣味。與水、甲醇、乙醇、乙醚…等均能互溶，能溶解油、脂肪、樹脂和橡膠等，是一種重要的揮發性有機溶劑。

正己烷（C₆H₁₄）沸點 68.7°C，正己烷為一種由原油提煉出的化學物質。主要用以提煉如黃豆等作物中的植物油，這些溶劑同時也被用作印刷、紡織品、家具及製鞋產業中的清潔劑。是常用的非極性具汽油味的有機溶劑，使用這類產品時保持良好通風。

(三) 萃取法

萃取是利用溶劑中不同的溶解度來分離混合物。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，而且熱穩定性和化學穩定性要好，且毒性和腐蝕性要小。
2. 液－固萃取，也叫浸取，用溶劑分離固體混合物中的成分，如：用水浸取甜菜中的糖類、用酒精浸取黃豆中的豆油以提高油產量。

萃取經常被用在化學實驗中，它的操作過程並不會造成被萃取物質化學成分的改變，僅僅是將被萃取物與萃取成分分離而已，所以萃取操作只是一個物理過程。

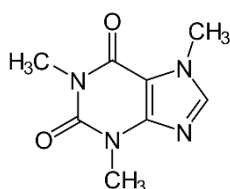
（四）蒸餾法

利用混合液體或液－固體系中各成分沸點不同，使低沸點成分蒸發，再冷凝分離整個成分的單元操作過程。化學工業中，許多化學合成的產物會用蒸餾方式，和其他物質分離，不同成分液體具有不同的沸點，是蒸餾最基本的理論依據。

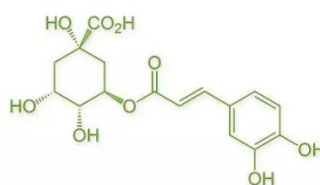
（五）咖啡與防曬與紫外線

紫外線 (Ultraviolet, 簡稱為 UV)，為波長在 10 nm 至 400 nm 之間的光波，波長比可見光短。紫外線 A (UVA)，波長較長，波長介於 320~400 nm，可穿透雲層、玻璃進入室內及車內，穿透至皮膚真皮層，會造成曬黑；紫外線 B (UVB)，波長居中，波長介於 280~320 nm，會被臭氧層所吸收，引起曬傷及皮膚紅、腫、熱、痛，嚴重者還會起水泡或脫皮；紫外線 C (UVC)，波長介於 100~280nm，由於可被臭氧層所阻隔，只有少量會到達地球表面。

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%，淺烘焙咖啡流失 40%綠原酸，中烘焙咖啡流失 60%，深培焙咖啡流失 100%。咖啡酸與咖啡因，則不受到烘培方式差異影響含量。

三、研究問題

- (一) 不同溶劑、不同體積萃取咖啡渣油抗紫外線效果之差異性
- (二) 溶劑常溫與加熱萃取咖啡渣油抗紫外線效果之差異性
- (三) 不同沖煮方式的咖啡渣萃取咖啡渣油抗紫外線效果之差異性
- (四) 不同烘焙程度的咖啡渣萃取咖啡渣油抗紫外線效果之差異性
- (五) 不同體積丙酮萃取咖啡渣油抗紫外線效果之差異性
- (六) 咖啡渣油與市售防曬品防曬效果比較

四、研究過程

(一) 實驗方法與步驟:

1. 空白實驗

根據實驗設計內容先做儀器和試劑的空白實驗作為對照，讓實驗結果更加精確減少誤差。

(1) 儀器空白實驗：

a. 將未放油的玻璃皿置於離 365 nm 紫外燈下 4 cm 照射，利用紫外線檢測儀檢測，記錄紫外線指數。

b. 實驗結果：

時間 (分鐘)	1	5	10	15	20	30	40	50	60
玻璃皿未放油 紫外線檢測值	>1999	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----

檢測數值越小代表紫外線弱，數值越大代表紫外線強，本次實驗用檢測儀檢測範圍：0~1999 $\mu\text{W}/\text{cm}^2$ ，若紫外線強度超過 1999 $\mu\text{W}/\text{cm}^2$ ，將顯示「-----」。

(2) 溶劑空白實驗：

a. 取 100 克咖啡渣加入 200 ml 蒸餾水浸泡，靜置 2 天，過濾後將濾液放置燒瓶中，利用蒸餾設備將至水汽化，經冷凝管回收至燒杯中。再將燒瓶中濃縮的咖啡渣萃取液




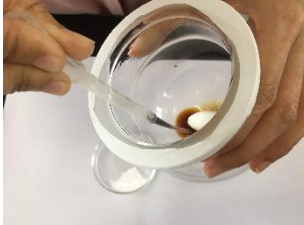



取出，取 0.5 ml 置於玻璃皿，於離 365 nm 紫外燈下 4 cm 照射，利用紫外線檢測儀檢測紀錄紫外線指數。

b. 實驗結果：

時間（分鐘）	1	5	10	15	20	30	40	50	60
咖啡渣與蒸餾水萃取液，紫外線檢測值	1342	1691	>1999	-----	-----	-----	-----	-----	-----



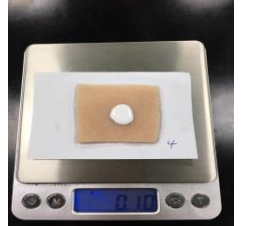
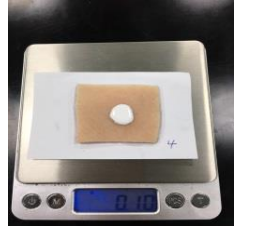

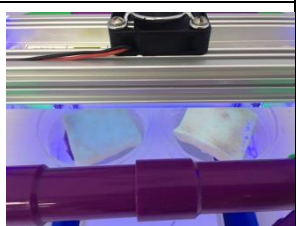
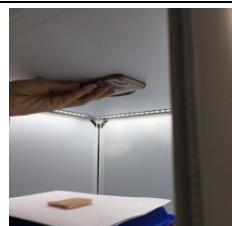
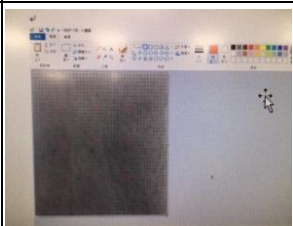
2. 抗紫外線檢測實驗

- (1) 將咖啡渣置於食物乾燥機中，60 °C 乾燥 3 小時後，每隔 30 分鐘取出稱重，重複操作至恆重為止。
- (2) 分別取 100 克咖啡渣加入不同有機溶劑，乙醇、丙酮、正己烷 200 ml、300 ml、400 ml 浸泡，燒杯杯口包上保鮮膜，靜置 2 天。
- (3) 過濾後，取濾液 50 ml 放置燒瓶中，利用蒸餾設備，蒸餾至不再冷凝出有機溶劑，將留在燒瓶中濃縮的咖啡渣油萃取出來。
- (4) 將燒瓶中的咖啡渣油取 0.5 ml 置於玻璃皿，用吹風機將油吹均勻，平鋪在皿中。
- (5) 將玻璃皿置於離 365 nm 紫外燈下 4 cm 照射，利用紫外線檢測儀檢測，記錄紫外線指數。

			
<p>將咖啡渣置於食物乾燥機中乾燥</p>	<p>取 100 克咖啡渣加入乙醇、丙酮、正己烷，浸泡靜置 2 天</p>	<p>過濾後，取濾液 50 ml 放置燒瓶中</p>	<p>蒸餾至乙醇、丙酮、正己烷不再冷凝出</p>
			
<p>將燒瓶中濃縮的咖啡渣油取出</p>	<p>取 0.5 ml 置於玻璃皿</p>	<p>用吹風機將咖啡渣油吹勻，平均鋪在玻璃皿中</p>	<p>利用紫外線檢測儀檢測並記錄紫外線數值</p>

3. 豬皮曬黑程度實驗

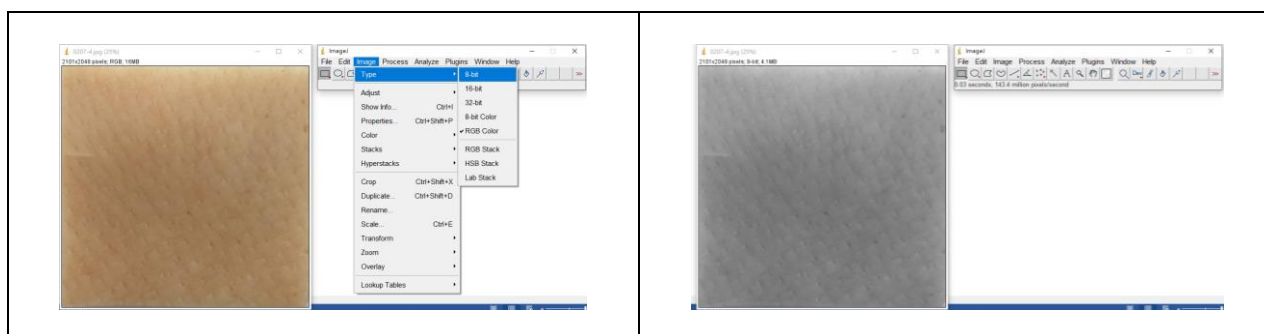
- (1) 取 $4 \times 4 \text{ cm}^2$ 豬皮數塊置於玻璃皿。
- (2) 取0.1克咖啡渣油及市售防曬品 PA^{++} 、 PA^{+++} 、 PA^{++++} ，分別平均塗抹在豬皮上。
- (3) 置於紫外燈下照射一小時。
- (4) 取一塊未照射紫外燈、未塗抹防曬品的豬皮，作為對照組。
- (5) 取出豬皮，置於攝影棚，以固定高度角度拍照。
- (6) 將豬皮照片，利用電腦軟體「小畫家」進行RGB數據比較，分析變色程度。

 <p>將整塊豬皮顏色相近的部分裁切成$4 \times 4 \text{ cm}^2$大小備用</p>	 <p>取 0.1 克咖啡渣油平均塗抹在豬皮上</p>	 <p>取 0.1 克市售防曬品PA^{++++}，分別平均塗抹在豬皮上</p>	 <p>取 0.1 克市售防曬品PA^{+++}，分別平均塗抹在豬皮上</p>
 <p>取 0.1 克市售防曬品PA^{++}，分別平均塗抹在豬皮上</p>	 <p>將豬皮置於玻璃皿內照射 1 小時</p>	 <p>置於攝影棚以固定高度角度拍照</p>	 <p>將豬皮照片利用「小畫家」軟體取得 RGB 數據，比較變色程度</p>

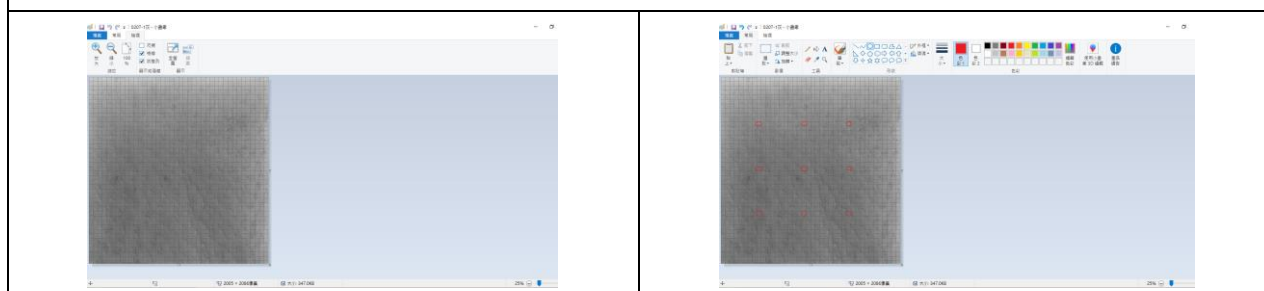
4. 「小畫家」軟體分析豬皮顏色

- (1) 將豬皮照片利用軟體「Image J」轉成灰階圖片。彩色照片轉為灰階，讓 RGB 三個數字一致，又不失顏色深淺的特徵。灰階圖片的R、G、B值會變成同一個，解決不知如何分析的困擾。
- (2) 在「小畫家」中開啟灰階圖片，利用格線功能定位，每張圖片都分析同樣的9點位置，減少誤差。
- (3) 利用「顏色滴管 (color picker)」工具選取所要分析的位置，就可以知道某個特定位置顏色的 RGB值，將顏色量化了。

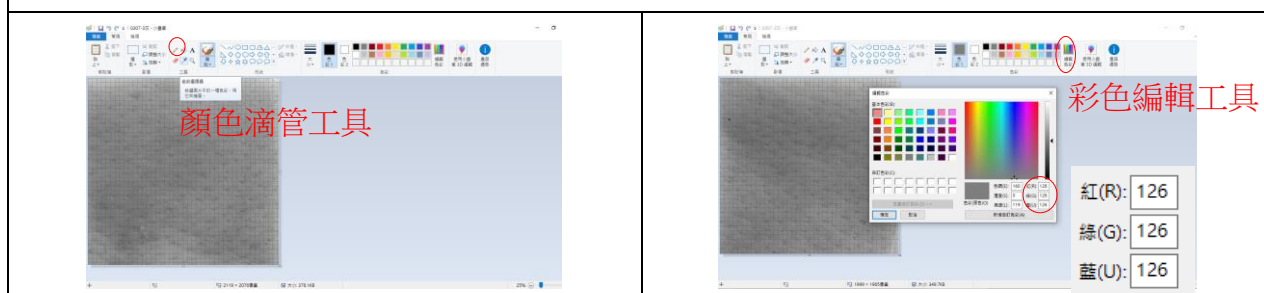
(4) 點選「彩色編輯」，由面板右下方可得知RGB數值，黑色為0，白色為255。因此值越小代表顏色越黑，值越大代表顏色越淺。



將豬皮照片利用軟體「Image J」轉成灰階圖片。



在「小畫家」中開啟灰階圖片，利用格線功能定位，每次分析取9點數值平均。



利用「滴管」工具選取所要分析的位置。

點選「彩色編輯」，由面板右下方可得知RGB數值。

五、實驗結果

1. 實驗一：不同溶劑、不同體積萃取咖啡渣油抗紫外線效果之比較

分別以200ml、300ml、400ml的乙醇、丙酮、正己烷加入100克咖啡渣，浸泡靜置2天，過濾後，再將濾液利用蒸餾設備進行濃縮，取得咖啡渣油做比較，探討不同溶劑、不同體積萃取咖啡渣油抗紫外線效果之差異性。

實驗 1-1：乙醇 200 ml 浸泡 100 克咖啡渣萃取咖啡渣油抗紫外線效果

實驗 1-2：乙醇 300 ml 浸泡 100 克咖啡渣萃取咖啡渣油抗紫外線效果

實驗 1-3：乙醇 400 ml 浸泡 100 克咖啡渣萃取咖啡渣油抗紫外線效果

實驗 1-4：丙酮 200 ml 浸泡 100 克咖啡渣萃取咖啡渣油抗紫外線效果

實驗 1-5：丙酮 300 ml 浸泡 100 克咖啡渣萃取咖啡渣油抗紫外線效果

實驗 1-6：丙酮 400 ml 浸泡 100 克咖啡渣萃取咖啡渣油抗紫外線效果

實驗 1-7：正己烷 200 ml 浸泡 100 克咖啡渣萃取咖啡渣油抗紫外線效果

實驗 1-8：正己烷 300 ml 浸泡 100 克咖啡渣萃取咖啡渣油抗紫外線效果

實驗 1-9：正己烷 400 ml 浸泡 100 克咖啡渣萃取咖啡渣油抗紫外線效果

(1) 實驗結果：

a. 實驗 1-1：乙醇 200 ml 浸泡 100 克咖啡渣萃取咖啡渣油抗紫外線效果

次數/分鐘	1	5	10	15	20	30	40	50	60
第 1 次	746	863	933	983	1129	1242	1398	1495	1553
第 2 次	734	850	928	976	1118	1238	1387	1490	1548
第 3 次	743	854	931	982	1126	1243	1392	1493	1560
平均	741±6	855±7	930±3	980±4	1124±6	1241±3	1392±6	1492±3	1553±6

b. 實驗 1-2：乙醇 300 ml 浸泡 100 克咖啡渣萃取咖啡渣油抗紫外線效果

次數/分鐘	1	5	10	15	20	30	40	50	60
第 1 次	907	1075	1128	1169	1203	1261	1405	1514	1562
第 2 次	915	1083	1132	1172	1215	1273	1413	1520	1573
第 3 次	893	1069	1123	1158	1201	1258	1398	1507	1558
平均	905±11	1075±7	1127±5	1166±7	1206±8	1264±8	1405±8	1513±7	1564±8

c. 實驗 1-3：乙醇 400 ml 浸泡 100 克咖啡渣萃取咖啡渣油抗紫外線效果

次數/分鐘	1	5	10	15	20	30	40	50	60
第 1 次	1138	1256	1327	1386	1426	1484	1548	1605	1680
第 2 次	1127	1248	1320	1381	1419	1473	1539	1598	1673
第 3 次	1142	1242	1319	1378	1415	1471	1528	1595	1671
平均	1136±8	1248±7	1322±4	1381±4	1420±6	1476±7	1538±10	1599±5	1674±5

d. 實驗 1-4：丙酮 200 ml 浸泡 100 克咖啡渣萃取咖啡渣油抗紫外線效果

次數/分鐘	1	5	10	15	20	30	40	50	60
第 1 次	157	178	196	209	221	246	299	324	350
第 2 次	143	187	192	218	234	258	297	328	345
第 3 次	144	200	211	235	253	269	304	338	365
平均	148±8	188±11	200±10	221±13	239±12	261±7	300±4	330±7	353±10

e. 實驗 1-5：丙酮 300 ml 浸泡 100 克咖啡渣萃取咖啡渣油抗紫外線效果

次數/分鐘	1	5	10	15	20	30	40	50	60
第 1 次	184	217	266	304	334	347	422	465	509
第 2 次	174	211	259	301	328	372	418	452	501
第 3 次	169	201	248	298	320	369	407	448	498
平均	175±8	209±8	257±9	301±3	327±7	362±14	415±8	455±9	502±6

f. 實驗 1-6：丙酮 400 ml 浸泡 100 克咖啡渣萃取咖啡渣油抗紫外線效果

次數/分鐘	1	5	10	15	20	30	40	50	60
第 1 次	198	270	318	356	386	450	496	542	581
第 2 次	201	273	324	363	392	465	487	550	592
第 3 次	189	268	316	351	380	443	483	538	573
平均	196±6	270±3	319±4	356±6	386±6	452±11	489±7	543±6	582±10

g. 實驗 1-7：正己烷 200 ml 浸泡 100 克咖啡渣萃取咖啡渣油抗紫外線效果

次數/分鐘	1	5	10	15	20	30	40	50	60
第 1 次	1816	>1999	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----
第 2 次	1822	>1999	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----
第 3 次	1830	>1999	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----
平均	1823±6	>1999	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----

h. 實驗 1-8：正己烷 300 ml 浸泡 100 克咖啡渣萃取咖啡渣油抗紫外線效果

次數/分鐘	1	5	10	15	20	30	40	50	60
第 1 次	1890	>1999	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----
第 2 次	1912	>1999	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----
第 3 次	1895	>1999	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----
平均	1899±9	>1999	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----

i. 實驗 1-9：正己烷 400 ml 浸泡 100 克咖啡渣萃取咖啡渣油抗紫外線效果

次數/分鐘	1	5	10	15	20	30	40	50	60
第 1 次	1977	>1999	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----
第 2 次	1982	>1999	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----
第 3 次	1969	>1999	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----
平均	1976±5	>1999	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----

(2) 討論：

- a. 綜合實驗 1-1 到 1-3 數據 (表 10)，從圖 1 可以發現以乙醇 200 ml 浸泡 100 克咖啡渣，萃取的咖啡渣油抗紫外線效果最好，所以增加溶劑體積，並無法溶出更多的有效抗紫外線物質。

照射時間(分) 溶劑量	1	5	10	15	20	30	40	50	60
乙醇 200ml	741±6	855±7	930±3	980±4	1124±6	1241±3	1392±6	1492±3	1553±6
乙醇 300ml	905±11	1075±7	1127±5	1166±7	1206±8	1264±8	1405±8	1513±7	1564±8
乙醇 400ml	1136±8	1248±7	1322±4	1381±4	1420±6	1476±7	1538±10	1599±5	1674±5

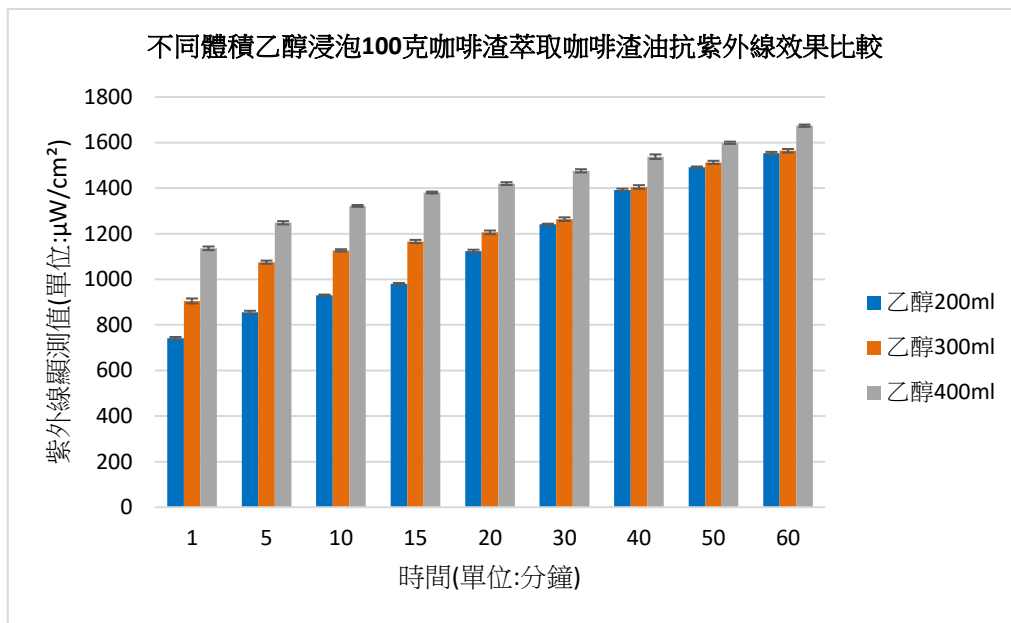


圖 1 不同體積乙醇浸泡 100 克咖啡渣萃取咖啡渣油抗紫外線效果比較

- b. 綜合實驗1-4到1-6數據（表11），從圖2可以發現以丙酮浸泡100克咖啡渣，萃取的咖啡渣油抗紫外線效果最好，所以增加溶劑體積，並無法溶出更多的有效抗紫外線物質。

照射時間(分) 溶劑量	1	5	10	15	20	30	40	50	60
丙酮 200 ml	148±8	188±11	200±10	221±13	239±12	261±7	300±4	330±7	353±10
丙酮 300 ml	175±8	209±8	257±9	301±3	327±7	362±14	415±8	455±9	502±6
丙酮 400 ml	196±6	270±3	319±4	356±6	386±6	452±11	489±7	543±6	582±10

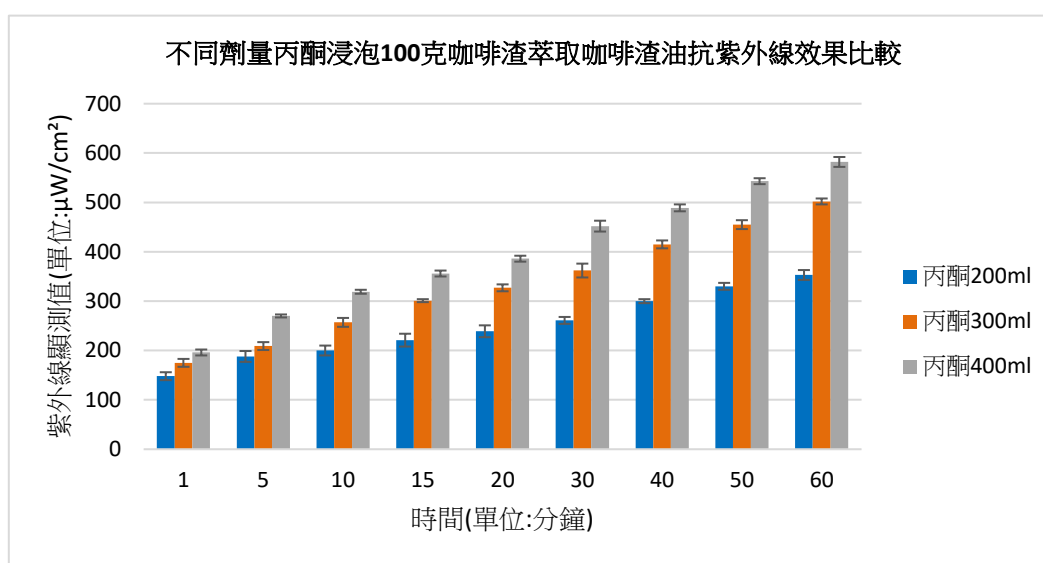


圖2 不同體積丙酮浸泡100克咖啡渣萃取咖啡渣油抗紫外線效果比較

- c. 綜合實驗1-7到1-9數據（表12），從圖3可以發現以正己烷200 ml浸泡100克咖啡渣，萃取的咖啡渣油抗紫外線效果最好，所以增加溶劑體積，並無法溶出更多的有效抗紫外線物質。

照射時間(分) 溶劑量	1	5
正己烷 200 ml	1823±6	> 1999
正己烷 300 ml	1899±9	> 1999
正己烷 400 ml	1976±5	> 1999

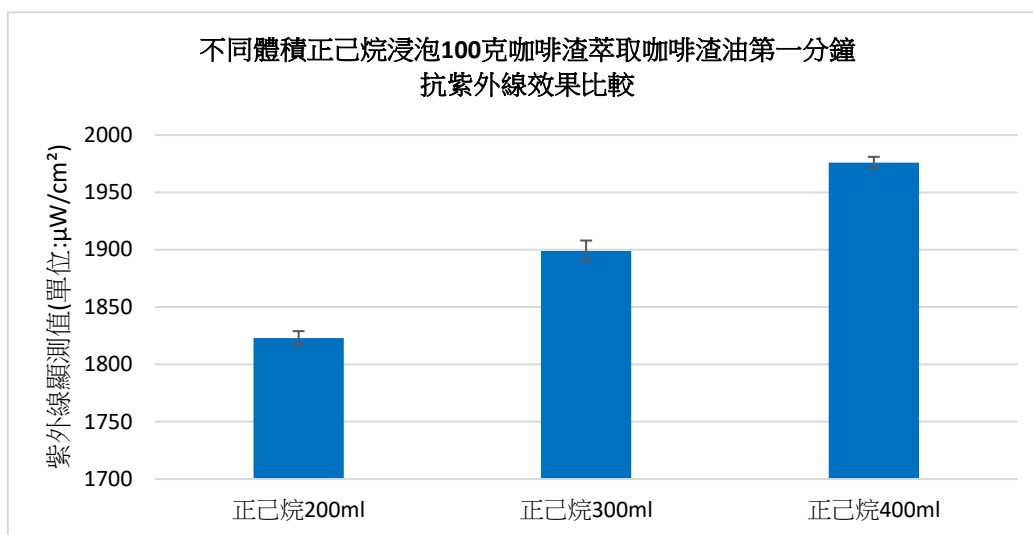


圖3 不同體積正己烷浸泡100克咖啡渣萃取咖啡渣油第一分鐘抗紫外線效果比較

d. 綜合實驗一的結果，不同溶劑、不同體積萃取咖啡渣油抗紫外線效果之差異性，以丙酮200 ml浸泡100克咖啡渣，萃取的咖啡渣油抗紫外線效果最好。

照射時間(分) \ 溶劑種類	1	5	10	15	20	30	40	50	60
正己烷 200 ml	1823±6	>1999	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----
乙醇 200 ml	741±6	855±7	930±3	980±4	1124±6	1241±3	1392±6	1492±3	1553±6
丙酮 200 ml	148±8	188±11	200±10	221±13	239±12	261±7	300±4	330±7	353±10

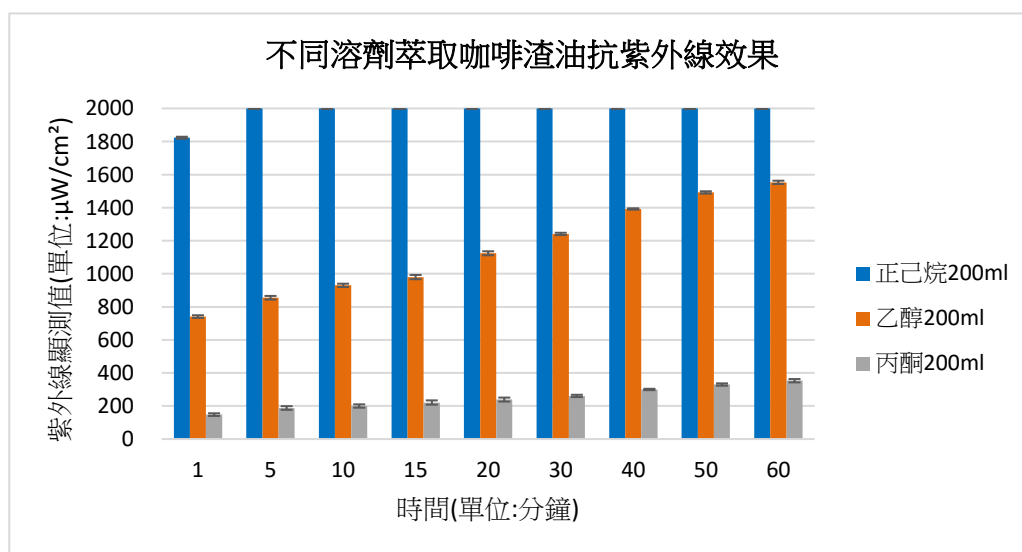


圖4 不同溶劑200 ml萃取咖啡渣油抗紫外線效果

- e. 就實驗一結果推論，水浸泡萃取咖啡渣油，抗紫外線效果不佳；乙醇及正己烷也不好，丙酮抗紫外線效果是最好的。

2.實驗二：溶劑常溫與加熱萃取咖啡渣油抗紫外線效果之比較

影響溶解度除了溶劑極性外，溶劑的溫度也是影響溶解度的因素之一，所以實驗二將相同溶劑、不同溫度200 ml的乙醇、丙酮、正己烷，分別加入100克咖啡渣後，用電熱包定溫40°C加熱30分鐘後靜置2天，過濾後，再將濾液利用蒸餾設備進行濃縮，取得的咖啡渣油，與實驗一常溫情況作比較，探討溶劑加熱後是否有助於萃取出更多抗紫外線成分的咖啡渣油。

實驗 2-1：乙醇加熱至 40°C 萃取咖啡渣油抗紫外線效果

實驗 2-2：丙酮加熱至 40°C 萃取咖啡渣油抗紫外線效果

實驗 2-3：正己烷加熱至40°C 萃取咖啡渣油抗紫外線效果

(1) 實驗結果：

a. 實驗2-1：乙醇加熱至40°C 萃取咖啡渣油抗紫外線效果

次數/分鐘	1	5	10	15	20	30	40	50	60
第 1 次	754	867	960	1019	1141	1243	1396	1487	1578
第 2 次	768	858	954	1032	1132	1255	1399	1498	1582
第 3 次	770	875	967	1023	1148	1267	1382	1510	1593
平均	764±9	867±9	960±7	1025±7	1140±8	1255±12	1392±9	1498±12	1584±8

b. 實驗2-2：丙酮加熱至40°C 萃取咖啡渣油抗紫外線效果

次數/分鐘	1	5	10	15	20	30	40	50	60
第 1 次	187	194	222	242	270	298	336	373	421
第 2 次	210	228	239	278	313	342	375	418	447
第 3 次	217	228	246	273	312	350	388	433	478
平均	205±13	217±16	236±10	264±16	298±20	330±23	366±22	408±25	449±23

c. 實驗 2-3：正己烷加熱至 40°C 萃取咖啡渣油抗紫外線效果

次數/分鐘	1	5	10	15	20	30	40	50	60
第 1 次	1829	>1999	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----
第 2 次	1837	>1999	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----
第 3 次	1848	>1999	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----
平均	1838±8	>1999	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----

(2) 討論：

a. 將實驗 1-1 與 2-1 結果相比較（表 17），從圖 5 綜合分析中發現，常溫與加熱後乙醇，萃取出咖啡渣油抗紫外線效果數值接近，無明顯差異。

照射時間(分) 溶劑溫度	1	5	10	15	20	30	40	50	60
乙醇(常溫)	741±6	855±7	930±3	980±4	1124±6	1241±3	1392±6	1492±3	1553±6
乙醇(加熱)	764±9	867±9	960±7	1025±7	1140±8	1255±12	1392±9	1498±12	1584±8

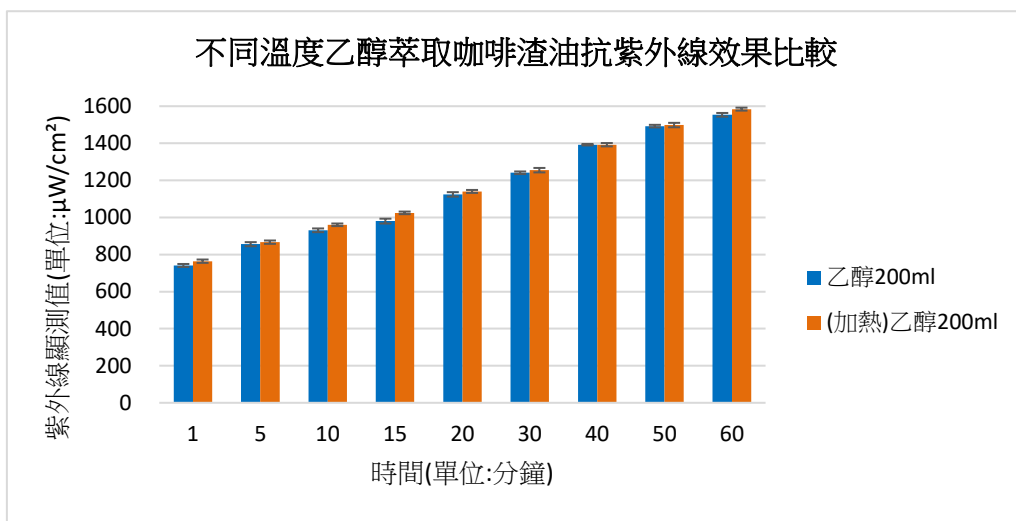


圖 5 不同溫度乙醇萃取咖啡渣油抗紫外線效果比較

b. 將實驗 1-4 與 2-2 結果相比較（表 18），從圖 6 綜合分析中發現，加熱後的丙酮，萃取出咖啡渣油抗紫外線效果，較常溫差。

照射時間(分) 溶劑溫度	1	5	10	15	20	30	40	50	60
丙酮(常溫)	148±8	188±11	200±10	221±13	239±12	261±7	300±4	330±7	353±10
丙酮(加熱)	205±13	217±16	236±10	264±16	298±20	330±23	366±22	408±25	449±23

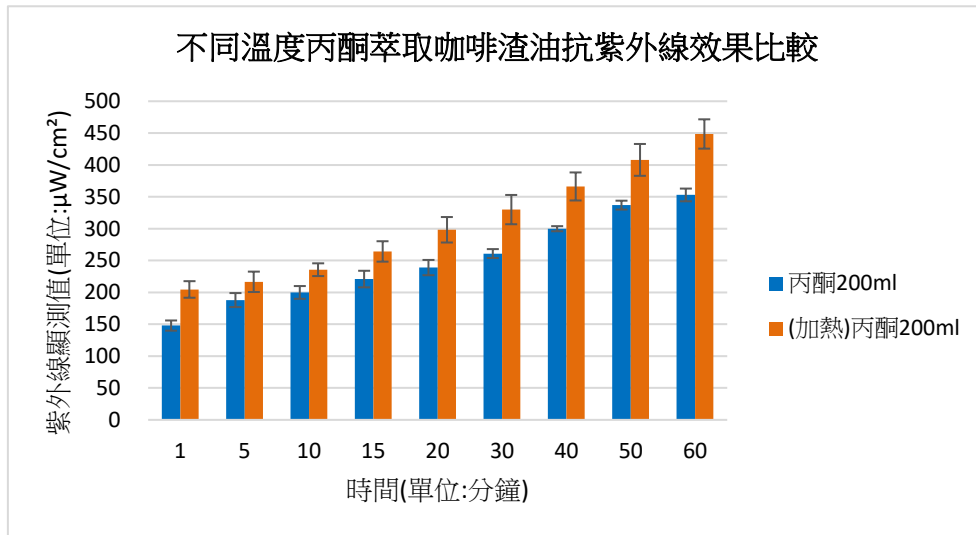


圖 6 不同溫度丙酮萃取咖啡渣油抗紫外線效果比較

c. 將實驗 1-7 與 2-3 結果相比較 (表 19)，從圖 7 綜合分析中發現，加熱後的正己烷，萃取出的咖啡渣油抗紫外線效果，較常溫差。

照射時間(分) \ 溶劑溫度	1	5	10	15	20	30	40	50	60
正己烷(常溫)	1823±6	> 1999	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----
正己烷(加熱)	1838±8	> 1999	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----

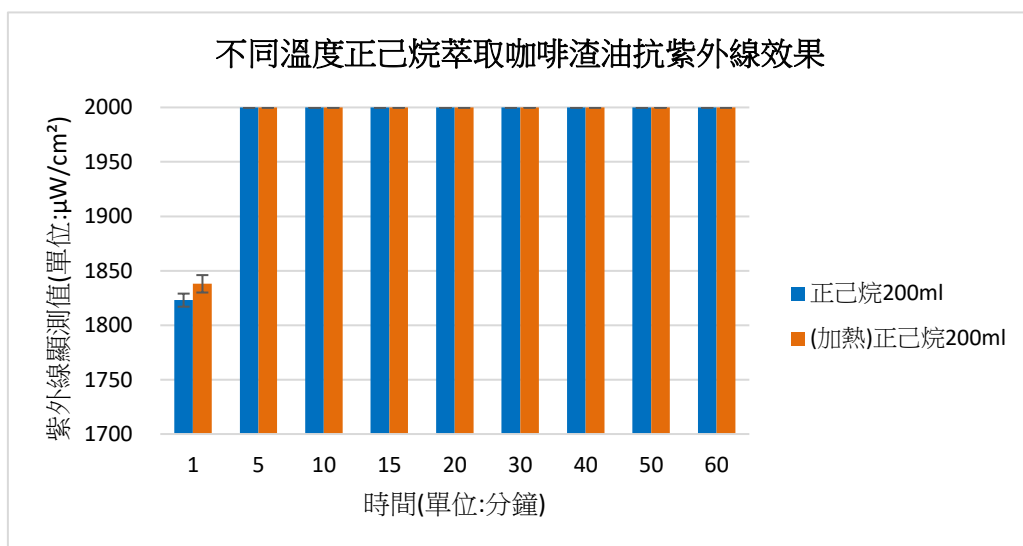


圖 7 不同溫度正己烷萃取咖啡渣油抗紫外線效果比較

(2) 討論：

- a. 從實驗二的結果發現，乙醇、丙酮和正己烷均為常溫萃取的咖啡渣油抗紫外線效果較佳。
- b. 實驗一及實驗二結果顯示，常溫丙酮 200 ml 浸泡 100 克咖啡渣後所萃取的咖啡渣油，抗紫外線效果最好。

3. 實驗三：不同沖煮方式的咖啡渣萃取咖啡渣油抗紫外線效果之比較

常用的咖啡沖煮方式有義式、滴濾和冷泡法，沖煮時溫度不同，是否會影響沖煮後咖啡渣萃取出的咖啡渣油抗紫外線效果，實驗三我們收集了不同沖煮方式咖啡產生的咖啡渣，用200 ml丙酮浸泡100克咖啡渣靜置2天。將濾液利用蒸餾設備進行濃縮，取得的咖啡渣油進行抗紫外線效果的比較。

實驗 3-1：義式沖煮後咖啡渣，萃取咖啡渣油抗紫外線效果

實驗 3-2：滴濾式沖煮後咖啡渣，萃取咖啡渣油抗紫外線效果

實驗 3-3：冷泡後咖啡渣，萃取咖啡渣油抗紫外線效果

(1) 實驗結果：

- a. 實驗 3-1：義式沖煮後咖啡渣，萃取咖啡渣油抗紫外線效果

次數/分鐘	1	5	10	15	20	30	40	50	60
第 1 次	157	178	196	209	221	246	299	324	350
第 2 次	143	187	192	218	234	258	297	328	345
第 3 次	144	200	211	235	253	269	304	338	365
平均	148±8	188±11	200±10	221±13	239±12	261±7	300±4	330±7	353±10

- b. 實驗 3-2：滴濾式沖煮後咖啡渣，萃取咖啡渣油抗紫外線效果

次數/分鐘	1	5	10	15	20	30	40	50	60
第 1 次	75	148	183	206	218	232	270	287	301
第 2 次	82	153	190	213	225	238	281	292	310
第 3 次	72	142	176	198	207	221	268	275	297
平均	76±5	147±6	183±7	205±8	216±9	230±9	273±7	284±9	302±7

c. 實驗 3-3：冷泡後咖啡渣，萃取咖啡渣油抗紫外線效果

次數/分鐘	1	5	10	15	20	30	40	50	60
第 1 次	54	75	93	107	122	144	161	175	188
第 2 次	57	69	103	112	119	138	178	169	174
第 3 次	51	73	87	104	123	149	164	178	187
平均	54±3	72±3	94±8	107±4	121±2	143±6	168±9	174±5	183±8

(2) 討論：

- 依據實驗 3-1、3-2、3-3 三次平均值，製成圖 8，分析發現，不同沖煮方式萃取之咖啡渣油抗紫外線效果依序為：冷泡→滴濾→義式。
- 根據實驗結果和文獻資料推論，冷泡咖啡渣因為咖啡沖泡時溫度較低，在沖泡時具抗紫外線效果的咖啡因和綠原酸被萃取出來得比較少，相對留在咖啡渣裡的就比較多，所以冷泡咖啡渣萃取出來的油，抗紫外線效果較好。

沖煮方式 \ 照射時間(分)	1	5	10	15	20	30	40	50	60
	義式渣	148±8	188±11	200±10	221±13	239±12	261±7	300±4	330±7
滴濾渣	76±5	147±6	183±7	205±8	216±9	230±9	273±7	284±9	302±7
冷泡渣	54±3	72±3	94±8	107±4	121±2	143±6	168±9	174±5	183±8

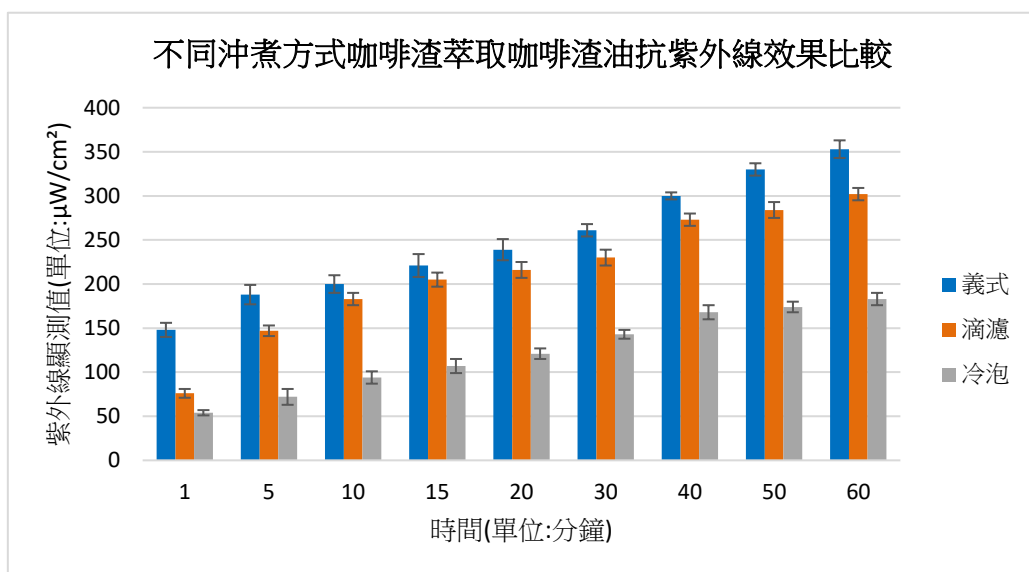


圖 8 不同沖煮方式咖啡渣萃取咖啡渣油抗紫外線效果比較

4. 實驗四：不同烘焙程度的咖啡渣萃取咖啡渣油抗紫外線效果之比較

咖啡除了沖煮方式不同，沖煮前依據風味需求不同，咖啡豆的烘焙方式可分為淺烘焙、中烘焙和深烘焙，烘焙程度不同，是否會影響沖煮後咖啡渣萃取出的咖啡渣油抗紫外線效果。實驗四收集了三種不同烘焙方式冷泡後的咖啡渣，用200 ml丙酮浸泡100克咖啡渣靜置2天。將濾液利用蒸餾設備進行濃縮後，取得的咖啡渣油進行抗紫外線效果的比較。

實驗 4-1：淺烘焙之咖啡渣，萃取咖啡渣油抗紫外線效果

實驗 4-2：中烘焙之咖啡渣，萃取咖啡渣油抗紫外線效果

實驗 4-3：深烘焙之咖啡渣，萃取咖啡渣油抗紫外線效果

(1) 實驗結果：

a. 實驗 4-1：淺烘焙之咖啡渣，萃取咖啡渣油抗紫外線效果

次數/分鐘	1	5	10	15	20	30	40	50	60
第 1 次	52	75	85	93	101	114	126	135	143
第 2 次	55	89	98	105	112	121	137	142	152
第 3 次	50	72	87	91	103	112	122	131	139
平均	52±3	78±9	90±7	96±8	105±6	115±5	128±8	136±6	144±7

b. 實驗 4-2：中烘焙之咖啡渣，萃取咖啡渣油抗紫外線效果

次數/分鐘	1	5	10	15	20	30	40	50	60
第 1 次	65	103	134	163	186	223	251	279	303
第 2 次	71	112	141	169	193	231	263	287	315
第 3 次	68	108	137	162	191	229	257	284	310
平均	68±3	107±5	137±4	164±4	190±4	227±4	257±6	283±4	309±6

c. 實驗 4-3：深烘焙之咖啡渣，萃取咖啡渣油抗紫外線效果

次數/分鐘	1	5	10	15	20	30	40	50	60
第 1 次	99	222	305	376	460	600	710	804	892
第 2 次	115	237	314	389	470	611	719	812	901
第 3 次	104	228	310	377	468	597	708	808	897
平均	106±8	229±8	309±5	380±7	466±5	602±7	712±6	808±4	896±5

(2) 討論：

a. 實驗 4-1、4-2、4-3 的平均值，製成圖 9，分析發現，不同烘焙程度的咖啡渣，萃

取的咖啡渣油抗紫外線效果依序為：淺烘→中烘→深烘。所以淺烘焙咖啡渣，萃取出來的咖啡渣油抗紫外線效果最好。

照射時間(分)	1	5	10	15	20	30	40	50	60
淺烘渣	52±3	78±9	90±7	96±8	105±6	115±5	128±8	136±6	144±7
中烘渣	68±3	107±5	137±4	164±4	190±4	227±4	257±6	283±4	309±6
深烘渣	106±8	229±8	309±5	380±7	466±5	602±7	712±6	808±4	896±5

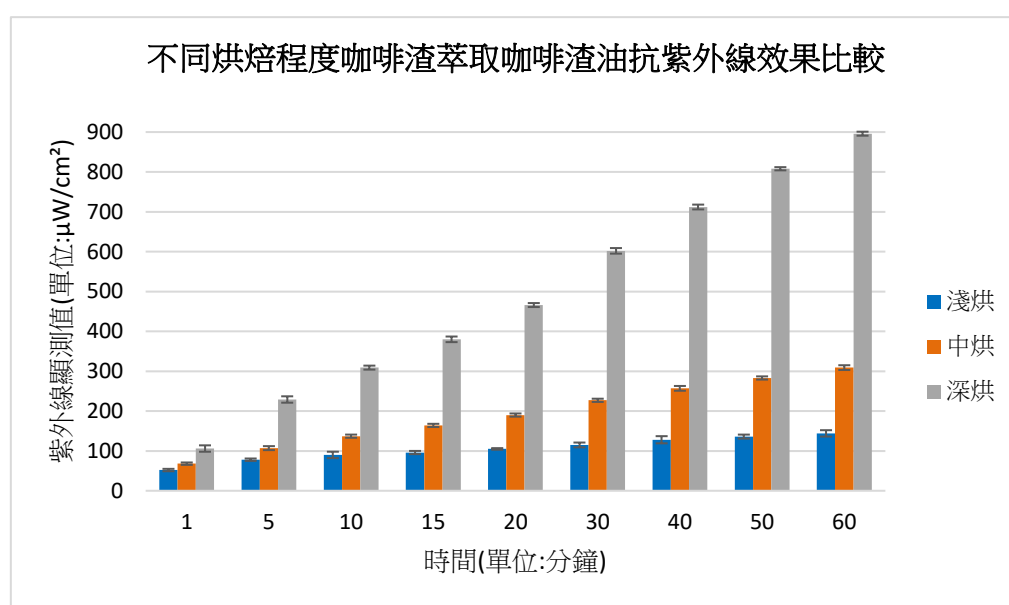


圖 9 不同烘焙程度咖啡渣萃取咖啡渣油抗紫外線效果比較

b. 綜合實驗一~四，丙酮 200 ml、冷泡淺烘焙咖啡渣 100 克，常溫浸泡後，濾液萃取出來的咖啡渣油抗紫外線效果最好。

5. 實驗五：不同體積丙酮萃取咖啡渣油抗紫外線效果之差異性

從實驗一至四結果來看，發現丙酮 200 ml 冷泡、淺烘焙的咖啡渣油，抗紫外線效果最好。且有機溶劑的體積愈少，萃取出來的咖啡渣油抗紫外線效果愈好，所以在實驗五嘗試用更少體積的丙酮去萃取咖啡渣油，檢測是否有更佳的抗紫外線效果。

實驗 5-1：丙酮 175 ml 浸泡 100 克咖啡渣萃取咖啡渣油抗紫外線效果

實驗 5-2：丙酮 150 ml 浸泡 100 克咖啡渣萃取咖啡渣油抗紫外線效果

(1) 實驗結果：

實驗 5-1：丙酮 175 ml 浸泡 100 克咖啡渣萃取咖啡渣油抗紫外線效果

次數/分鐘	1	5	10	15	20	30	40	50	60
第 1 次	35	46	56	64	83	95	106	113	122
第 2 次	40	51	60	69	78	89	101	109	118
第 3 次	37	48	59	67	80	90	98	111	123
平均	37±3	48±3	58±2	67±3	80±3	91±3	102±4	111±2	121±3

實驗 5-2：丙酮 150ml 浸泡 100 克咖啡渣萃取咖啡渣油抗紫外線效果

次數/分鐘	1	5	10	15	20	30	40	50	60
第 1 次	26	35	46	55	65	82	90	100	105
第 2 次	22	33	47	60	66	81	92	103	108
第 3 次	24	37	42	56	63	79	89	98	107
平均	24±2	35±2	45±3	57±3	65±2	81±2	90±2	100±3	107±2

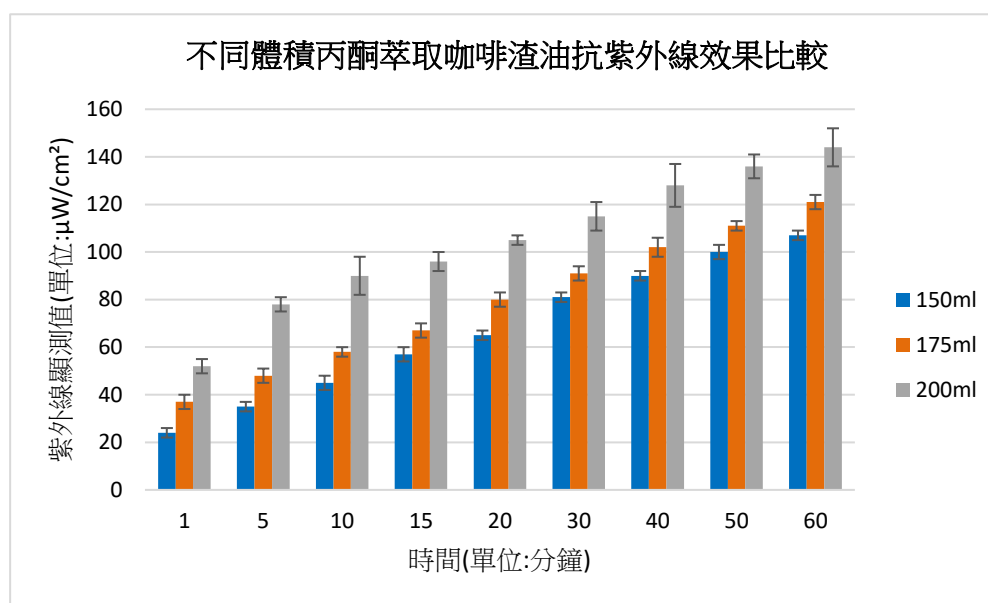


圖 10 不同體積丙酮萃取咖啡渣油抗紫外線效果比較

- a. 150 ml、175 ml、200 ml 丙酮浸泡 100 克咖啡渣，過濾後所得濾液約有 20 ml、35 ml、50 ml，萃取出咖啡渣油約為 0.8 ml、1.6 ml、2.0 ml。因此丙酮體積 200 ml 以下，浸泡 100 克咖啡渣，所得咖啡渣油與濾液體積比值約為 0.04 ($\frac{0.8}{20} \doteq \frac{1.6}{35} \doteq \frac{2.0}{50}$)。
- b. 綜合實驗五的結果，以 150 ml 丙酮浸泡 100 克咖啡渣，所萃取出咖啡渣油抗紫外線效

果最好。所以溶劑體積愈少，萃取出來的咖啡渣油效果愈佳。

6.實驗六：咖啡渣油與市售防曬品防曬效果比較

實驗一~五所得 150 ml 丙酮浸泡 100 克冷泡、淺烘焙咖啡渣萃取咖啡渣油抗紫外線效果最佳，與市售防曬品，分別使用紫外線檢測儀和豬皮實測曬黑的實驗方法，探討抗紫外線效果上的差異。

實驗 6-1：市售防曬品 PA⁺⁺抗紫外線效果

實驗 6-2：市售防曬品 PA⁺⁺⁺抗紫外線效果

實驗 6-3：市售防曬品 PA⁺⁺⁺⁺抗紫外線效果

實驗 6-4：咖啡渣油抗紫外線效果

實驗 6-5：豬皮曬黑實測抗紫外線效果

(1) 實驗結果：

a. 實驗 6-1：市售防曬品 PA⁺⁺抗紫外線效果

次數/分鐘	1	5	10	15	20	30	40	50	60
第 1 次	44	45	46	50	58	64	76	85	92
第 2 次	41	39	41	59	54	67	71	87	95
第 3 次	49	47	52	57	61	69	78	91	98
平均	44±4	43±4	46±6	55±5	57±4	66±3	75±4	87±3	95±3

b. 實驗 6-2：市售防曬品 PA⁺⁺⁺抗紫外線效果

次數/分鐘	1	5	10	15	20	30	40	50	60
第 1 次	42	47	47	47	46	48	48	47	48
第 2 次	41	43	51	45	50	46	51	49	51
第 3 次	38	49	42	49	47	49	45	50	50
平均	40±2	46±3	46±5	47±2	47±2	47±2	48±3	48±2	49±2

c. 實 6-3：市售防曬品 PA⁺⁺⁺⁺抗紫外線效果

次數/分鐘	1	5	10	15	20	30	40	50	60
第 1 次	39	39	37	33	31	29	27	25	25
第 2 次	38	37	36	32	29	31	29	23	21
第 3 次	35	31	33	29	30	28	25	22	23
平均	37±2	35±4	35±2	31±2	30±1	29±2	27±2	23±2	23±2

d. 實驗 6-4：咖啡渣油抗紫外線效果

次數/分鐘	1	5	10	15	20	30	40	50	60
第 1 次	26	35	46	55	65	82	90	100	105
第 2 次	22	33	47	60	66	81	92	103	108
第 3 次	24	37	42	56	63	79	89	98	107
平均	24±2	35±2	45±3	57±3	65±2	81±2	90±2	100±3	107±2

e. 實驗 6-5：豬皮曬黑實測抗紫外線效果

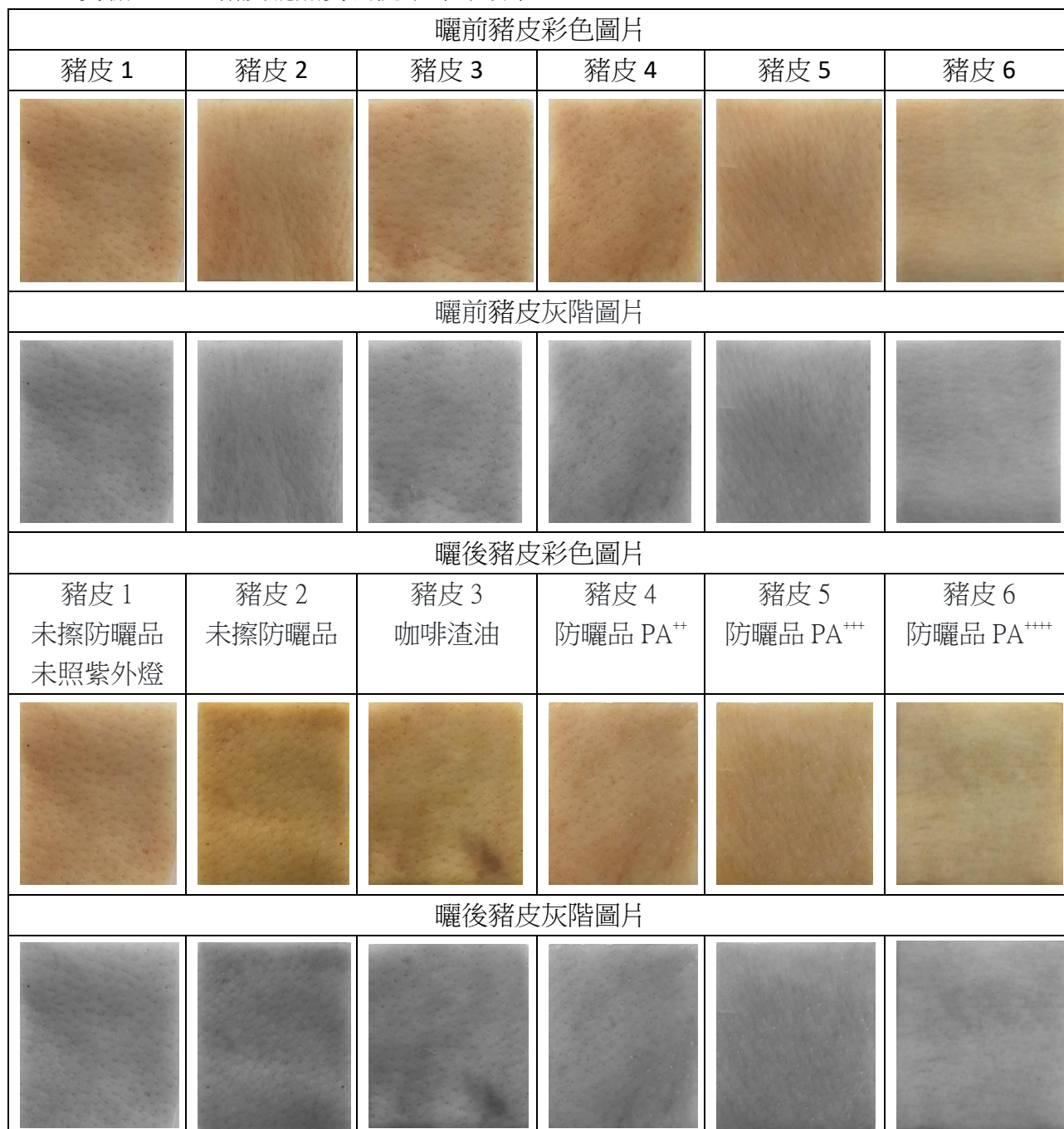


圖 11 豬皮曬前曬後及灰階處理曬前曬後照片

表 34 「小畫家」軟體分析曬前豬皮顏色 RGB 數值結果

取樣 RGB 數值 不同情況豬皮	第 1 點	第 2 點	第 3 點	第 4 點	第 5 點	第 6 點	第 7 點	第 8 點	第 9 點	平均
豬皮 1—未擦 、未照燈	124	124	131	133	134	125	139	128	126	129
豬皮 2—未擦	131	132	133	131	129	134	133	135	130	132
豬皮 3—咖啡油	127	128	126	132	124	135	131	127	134	129
豬皮 4—PA ⁺⁺	132	136	126	137	139	138	123	125	122	131
豬皮 5—PA ⁺⁺⁺	127	126	130	139	123	131	136	139	141	132
豬皮 6—PA ⁺⁺⁺⁺	133	141	138	133	138	142	139	141	143	139

表 35 「小畫家」軟體分析曬後豬皮顏色 RGB 數值結果

取樣 RGB 數值 不同情況豬皮	第 1 點	第 2 點	第 3 點	第 4 點	第 5 點	第 6 點	第 7 點	第 8 點	第 9 點	平均
豬皮 1—未擦 、未照燈	124	124	131	133	134	125	139	128	126	129
豬皮 2—未擦	114	108	109	112	114	109	113	120	117	113
豬皮 3—咖啡油	117	129	116	120	125	122	122	132	127	123
豬皮 4—PA ⁺⁺	129	129	128	130	133	115	107	116	121	123
豬皮 5—PA ⁺⁺⁺	127	121	123	119	120	114	135	132	134	125
豬皮 6—PA ⁺⁺⁺⁺	125	126	132	128	135	134	138	140	146	134

(2) 討論：

a. 實驗 6-1、6-2、6-3、6-4 的平均值，製成表 36 及圖 11，分析發現，抗紫外線效果在第一分鐘時，依序為：咖啡渣油→PA⁺⁺⁺⁺→PA⁺⁺⁺→PA⁺⁺，但隨時間增加，咖啡渣油的抗紫外線效果開始變差，且低過市售防曬品，推論原因可能是市售產品因為防曬成分較多，穩定性高，而本實驗所製造出來的是初製咖啡渣油，未添加其他成分，所以穩定性不如市售成品。但從起始抗紫外線值，可以確定其具有良好的抗紫外線效果。

照射時間(分) 防曬品種類	1	5	10	15	20	30	40	50	60
PA ⁺⁺	44±4	43±4	46±6	55±5	57±4	66±3	75±4	87±3	95±3
PA ⁺⁺⁺	40±2	46±3	46±5	47±2	47±2	47±2	48±3	48±2	49±2
PA ⁺⁺⁺⁺	37±2	35±4	35±2	31±2	30±1	29±2	27±2	23±2	23±2
咖啡渣油	24±2	35±2	45±3	57±3	65±2	81±2	90±2	100±3	107±2

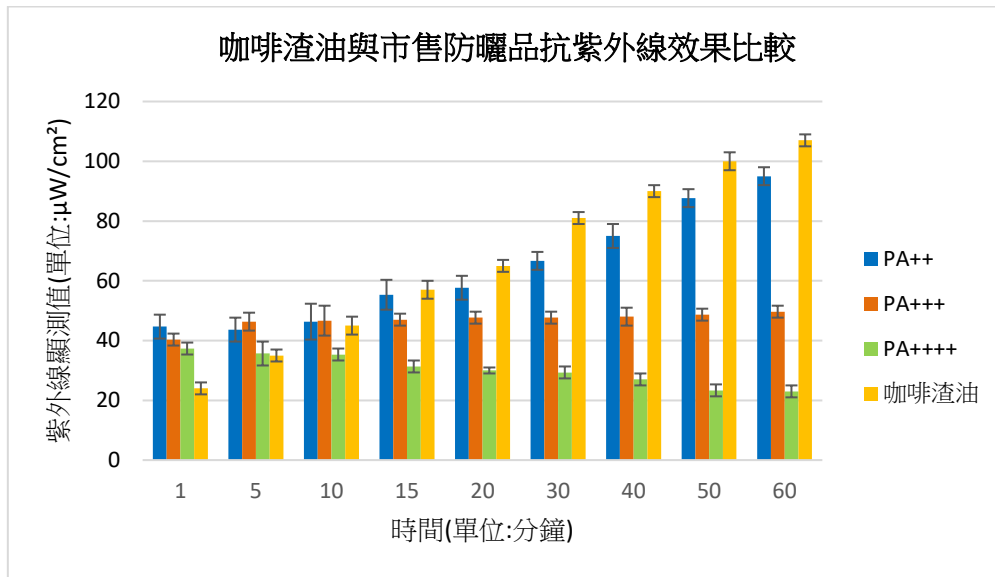


圖 11 咖啡渣油與市售防曬品抗紫外線效果比較

b. 從實驗 6-5 豬皮實測，經「小畫家」軟體，透過 RGB 值比較灰階圖片的深淺，曬前曬後 RGB 數值相差越多，代表曬黑程度越高。檢測豬皮曬黑程度發現，由淺至深依序：PA⁺⁺⁺⁺→咖啡渣油→PA⁺⁺⁺→PA⁺⁺→未擦防曬品。所以根據實驗結果，以本次實驗最佳萃取方式取得的咖啡渣油，防曬黑程度可達接近市售防曬品 PA⁺⁺的效果。

表 37 「小畫家」軟體分析曬前曬後豬皮顏色比較結果

不同情況豬皮	RGB 數值	曬前	曬後	曬前曬後相差值
豬皮 1-未擦、未照燈		129	129	0
豬皮 2-未擦		132	113	19
豬皮 3-咖啡油		129	123	6
豬皮 4-PA ⁺⁺		131	123	8
豬皮 5-PA ⁺⁺⁺		132	125	7
豬皮 6-PA ⁺⁺⁺⁺		139	134	5

伍、研究結論

- 一、不同溶劑乙醇、丙酮和正己烷萃取咖啡渣油抗紫外線效果比較，以丙酮萃取出的咖啡渣油抗紫外線效果最好。
- 二、乙醇、丙酮和正己烷為常溫萃取咖啡渣油抗紫外線效果較佳。所以提高溫度，無法增加萃取咖啡渣油中的抗紫外線成分。
- 三、因冷泡咖啡沖泡時溫度較低，沖泡後留在咖啡渣裡具抗紫外線效果的物質可能較多，所以「冷泡咖啡渣」所萃取的咖啡渣油的抗紫外線效果較好。
- 四、淺烘焙咖啡渣萃取之咖啡渣油抗紫外線效果較好，推論淺烘焙咖啡在烘焙過程中，溫度較低、烘焙時間較短，咖啡渣可能保留較多具抗紫外線物質。
- 五、咖啡渣油與市售防曬品防曬效果比較，在紫外線檢測數值上，咖啡渣油的初始數值，優於市售防曬品，但隨時間增加，咖啡渣油的抗紫外線效果開始變差，可能是咖啡渣油成分較單純，未添加其他成分，所以穩定性不如市售成品，但從起始抗紫外線值，可以確定其具有良好的抗紫外線效果。
- 六、透過「小畫家」繪圖軟體比較灰階圖片 RGB 數值，進行顏色深淺比較，檢測豬皮曬黑程度，發現咖啡渣油防曬的效果與市售防曬品 PA⁺⁺⁺接近。
- 七、綜合實驗結果，冷泡淺焙咖啡渣 100 g，以 150 ml 丙酮，常溫浸泡，所萃取出的咖啡渣油抗紫外線效果最佳，且效果與市售防曬品 PA⁺⁺⁺接近。

陸、未來展望

- 一、在咖啡渣油萃取方式更純化和更穩定方面，未來可以再做更深入的研究。
- 二、本實驗發現利用有機溶劑萃取咖啡渣油，具有和市售防曬品接近的效果，未來可以作為防曬保養品的成分之一或製作精油之用。
- 三、咖啡渣油除了應用在防曬保養品上，也可以多方發展，如研發在防曬的材料應用，以達到綠色環保的效益。

柒、參考資料

- 一、韓懷宗(2014) 精品咖啡學 推手文化出版社。
- 二、林以萱(2014) 咖啡渣再利用之研究 國立成功大學 工程科學系碩士論文。
- 三、黃 媛、連芸晨、范晉睿 咖啡王子一號店~研製咖啡渣活性碳 中華民國第 52 屆中小學科學展覽會作品說明書。
- 四、田欣禾 邱意翔 中華民國 第50 屆中小學科學展覽會作品說明書 高中組 化學科熬夜聖品-咖啡因之探討 <https://activity.ntsec.gov.tw/activity/race-1/50/pdf/040214.pdf>
- 五、樊綦綦 楊 哲 黃采儀 傅安誼 蔡銘哲咖啡大戰，『原』力覺醒~探討咖啡中的綠原酸 中華民國第56 屆中小學科學展覽會作品說明書<https://activity.ntsec.gov.tw/activity/race-1/56/pdf/080205.pdf>
- 六、台灣Wiki的綠原酸 <http://www.twword.com/wiki/%E7%B6%A0%E5%8E%9F%E9%85%B8>
- 七、喝咖啡減肥？讓我們來認識綠原酸 生態綠學堂 2016-08 <https://okogreen.com.tw/blog/4315>
- 八、[科學] ~ 咖啡裡的抗氧化高手：綠原酸 2015-08 <http://www.zova.tw/science-chlorogenic-acid/>
- 九、李牧宜 用咖啡渣創造奇蹟！台灣紡織業從廢棄物找商機，躍升世界級布料品牌 (2016年11月10日)關鍵評論 取自 <https://www.thenewslens.com/article/53449>。
- 十、維基百科•取自<https://zh.wikipedia.org/zh-tw/%E5%92%96%E5%95%A1>。
- 十一、科普 | 深度防曬秘密武器：咖啡 (2019 年 6 月 18 日) 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%B C%9A%E5%92%96%E5%95%A1/?fbclid=IwAR1BS1BzxRR2u3bvL2mZAKb0z2V37BRpPaxebOIR-OIKvuer-IcyUqRouSg>。
- 十二、垃圾變黃金—咖啡渣利用 取自<http://www.tcavs.tc.edu.tw/newsfile/1031103111656.pdf>。

【評語】 080211

咖啡渣油作為防曬品，研究咖啡渣油的萃取及其抗紫外線效果，是相對新穎的題目，而且達到廢物利用的環保概念，主題有趣。實驗條件有多組重複數據以加強數值可信度，附圖更有 error bar 值得讚許。唯變因繁多，設計找出萃取咖啡渣油的最佳條件不容易，如能多加說明為何考慮這些變因，包括如何選取溶劑的原則等，則更佳。在萃取咖啡渣油時所用的有機溶劑純度很重要，否則雜質會影響判斷，應多加說明。在文獻收集上，除了台灣的作品外，如有國外相關研究也應該列入。

決剩 Food，這「咖」油夠厲害—咖啡渣油抗紫外線效果之研究

摘要

因應咖啡消費量與日俱增，產生大量廢棄咖啡渣的問題，想找出咖啡渣的再利用價值。本研究先以不同溶劑、體積、溫度浸泡咖啡渣，將濾液經蒸餾設備濃縮取得咖啡渣油，找出抗紫外線效果最佳的條件；再比較不同沖煮方式、烘焙程度的咖啡渣，萃取出咖啡渣油抗紫外線效果；最後將最佳抗紫外線效果的咖啡渣油與市售防曬品，照射紫外燈與塗抹在豬皮上比較。實驗結果顯示，咖啡渣油具有良好的抗紫外線效果，冷泡淺焙咖啡渣 100 克，以 150 ml 丙酮，常溫浸泡，所萃取出咖啡渣油抗紫外線效果最佳。利用「小畫家」軟體比較豬皮照射前後顏色差異，發現咖啡渣油防曬效果與市售防曬品 PA⁺⁺⁺ 效果接近。希望未來能應用在各式防曬用品，達到綠色環保的效益。

壹、研究動機


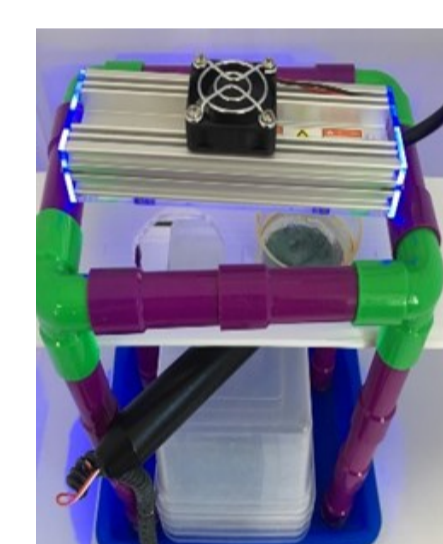


咖啡是全世界最受歡迎的飲品之一，根據財政部推估，目前台灣平均每人、每年喝掉 130 杯的咖啡，相當於一年可喝掉 28.5 億杯的咖啡。而以一杯中杯咖啡來說，沖煮後約會產生 20 克的咖啡渣，全球一天因咖啡而衍生的咖啡渣就可高達 2 萬座 101 大樓，若大量的咖啡渣能再利用，不但符合環保更能創造出新的價值。已知咖啡渣的用途有除臭、施肥、抽咖啡紗、回收咖啡因等用途。所以我們想再進一步擴展咖啡渣的用途，提升咖啡渣再利用的價值。

在查閱有關於咖啡渣再利用的文獻資料中，最讓我們感到有趣的是，咖啡渣可以製成具有抗紫外線效果的咖啡紗。引起我們對了解咖啡渣抗紫外線效果的研究興趣，想再進一步嘗試，利用蒸餾設備濃縮咖啡渣濾液，萃取出咖啡渣油，希望找出最佳咖啡渣油的萃取方式。並測試其抗紫外線效果是否能達到、甚至更優於市售防曬品，希望未來能應用在防曬用品上，達到綠色環保的效益。

貳、研究目的

利用不同溶劑、不同體積、不同溫度，浸泡咖啡渣，使用蒸餾設備進行濃縮，取得咖啡渣油，找出最佳抗紫外線效果咖啡渣油的萃取方法。再比較不同的沖煮方式和烘焙程度的咖啡渣，萃取出來的咖啡渣油抗紫外線效果的差異，並與市售防曬品做防曬效果的比較，探討未來將咖啡渣油在防曬用品上應用的發展性。

參、研究設備與器材

儀器設備			
紫外線檢測儀	自製紫外燈箱	蒸餾設備	食物乾燥機
			
UV-340A 紫外線強度計 單位： $\mu\text{W}/\text{cm}^2$ 範圍：0-1999 $\mu\text{W}/\text{cm}^2$ 感應波長：290~390 nm	紫外燈： 長 15 cm，6W 波長：365 nm 輻射照度 200 mW/cm ² 燈架照射高度：4 cm	電熱包 燒瓶 控溫器、溫度計 冷凝管	型號：HL-1080S 電壓：110 V / 60 HZ 電流：6 A 使用溫度：75°C

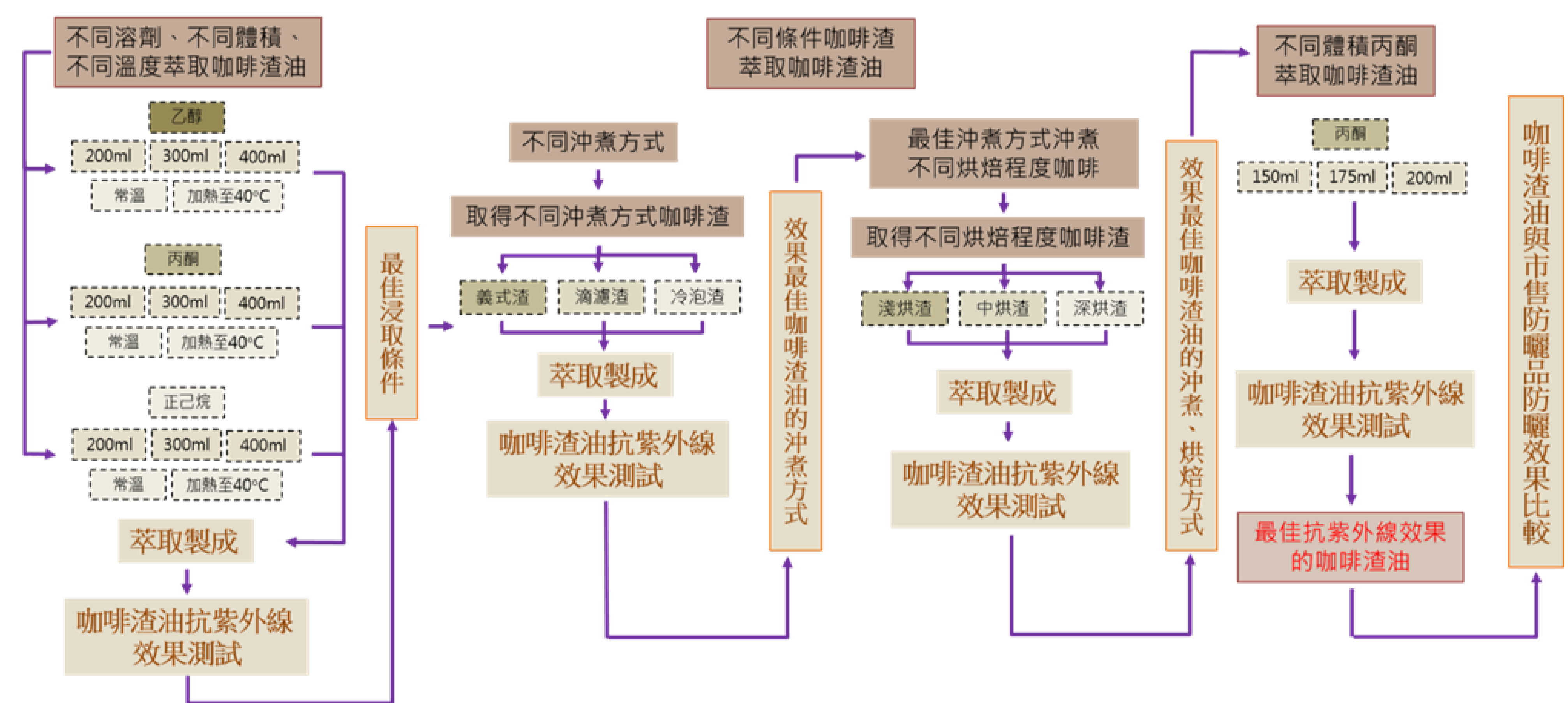
實驗器材			
燒杯	量筒	滴管	玻璃皿
濾紙	護目鏡	電子秤	數位相機
吹風機	計時器		

實驗藥品、材料			
95%乙醇	丙酮	正己烷	蒸餾水
咖啡渣	豬皮	Biore 高防曬乳液 SPF48(PA ⁺⁺⁺)	Biore 高防曬乳液 SPF40(PA ⁺⁺⁺)
Biore 長效清透防曬乳液 SPF50 (PA ⁺⁺⁺⁺)			

肆、研究過程與方法

一、研究架構

決剩 food · 這「咖」油夠厲害—咖啡渣油抗紫外線效果之研究



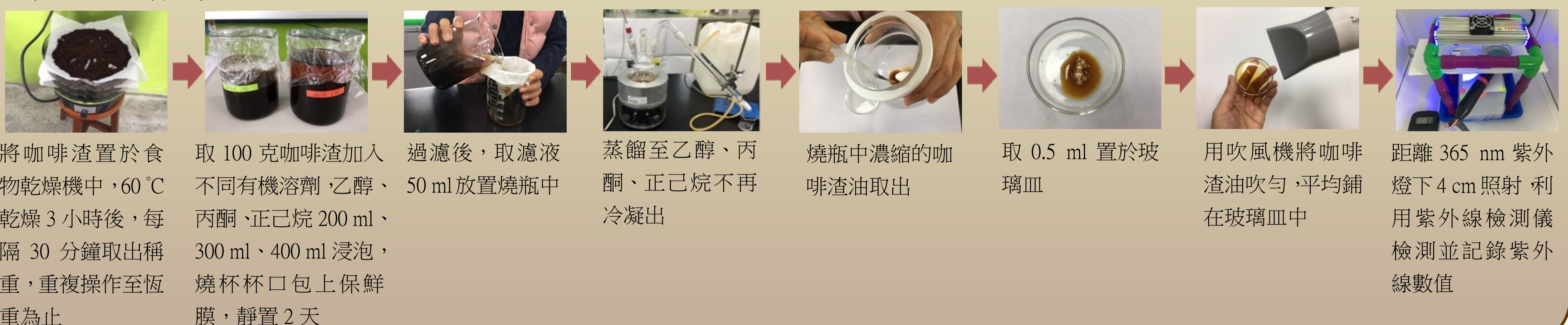
二、研究問題

- (一) 不同溶劑、不同體積萃取咖啡渣油抗紫外線效果之差異性
- (二) 溶劑常溫與加熱萃取咖啡渣油抗紫外線效果之差異性
- (三) 不同沖煮方式的咖啡渣萃取咖啡渣油抗紫外線效果之差異性
- (四) 不同烘焙程度的咖啡渣萃取咖啡渣油抗紫外線效果之差異性
- (五) 不同體積丙酮萃取咖啡渣油抗紫外線效果之差異性
- (六) 咖啡渣油與市售防曬品防曬效果比較

三、研究過程及方法

【實驗方法與步驟】

1. 紫外線檢測實驗步驟



2. 空白實驗

(1) 儀器空白實驗：

將未放油的玻璃皿置於離 365 nm 紫外燈下 4 cm 照射，利用紫外線檢測儀檢測，記錄紫外線指數。檢測數值越小代表紫外線弱，數值越大代表紫外線強，本次實驗用檢測儀檢測範圍：0-1999 $\mu\text{W}/\text{cm}^2$ ，若紫外線強度超過 1999 $\mu\text{W}/\text{cm}^2$ ，將顯示「-----」。

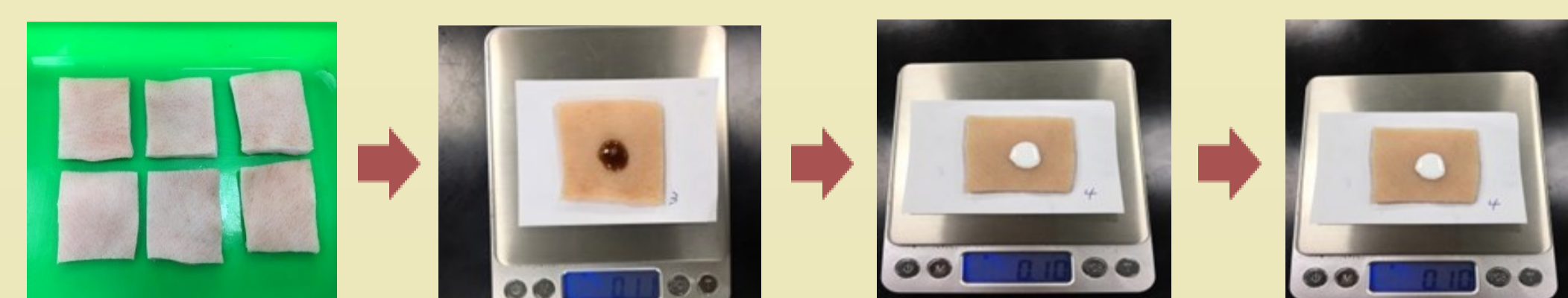
(2) 溶劑空白實驗：

取 100 克咖啡渣加入蒸餾水浸泡靜置 2 天，過濾後將濾液放置燒瓶中，利用蒸餾設備進行濃縮，將燒瓶中的咖啡渣萃取液取出，取 0.5 ml 置於玻璃皿，利用紫外線檢測儀檢測紀錄紫外線指數。

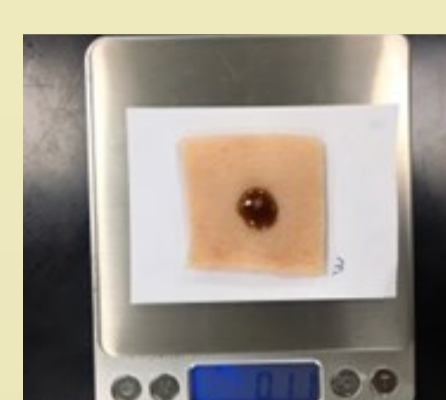
(3) 實驗結果：

時間(分鐘)	1	5	10	15	20	30	40	50	60
玻璃皿未放油	> 1999	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----
蒸餾水萃取液	857	1691	> 1999	-----	-----	-----	-----	-----	-----

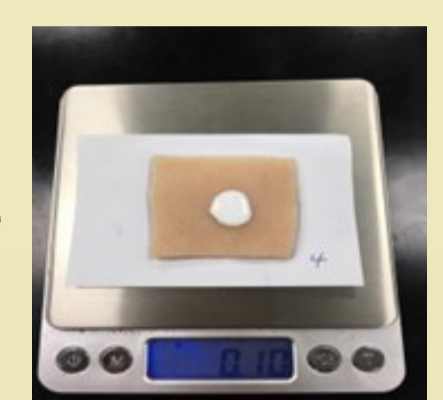
3. 豬皮曬黑程度實驗



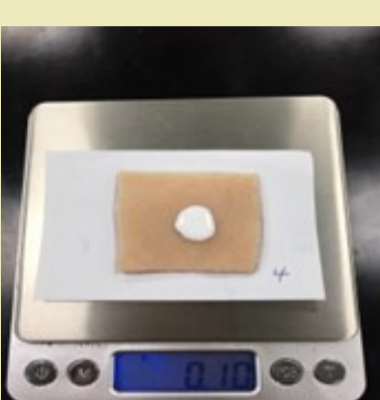
將整塊豬皮顏色相近的部分裁切成 4 × 4 cm²大小備用



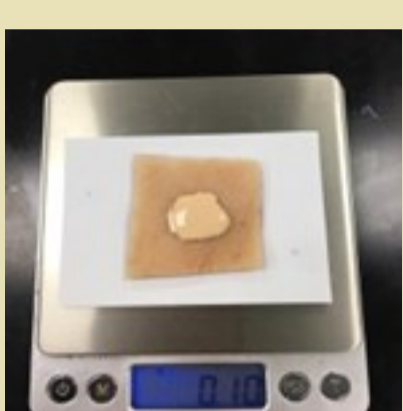
取 0.1 克咖啡渣油平均塗抹在豬皮上



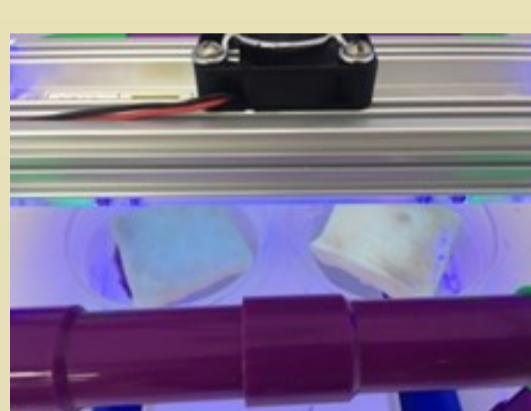
取 0.1 克市售防曬品 PA⁺⁺⁺，分別平均塗抹在豬皮上



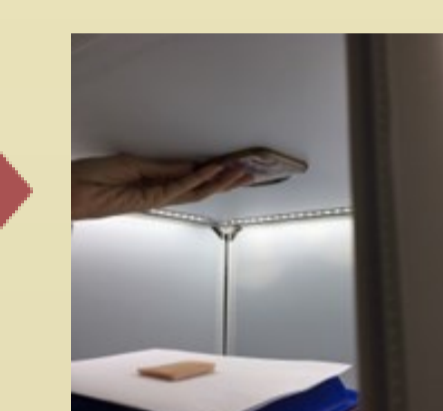
取 0.1 克市售防曬品 PA⁺⁺，分別平均塗抹在豬皮上



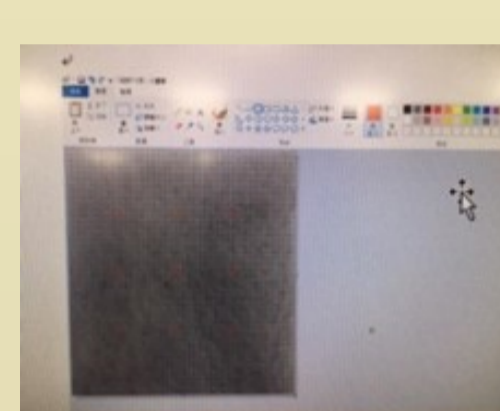
取 0.1 克市售防曬品 PA⁺⁺，分別平均塗抹在豬皮上



將豬皮置於玻璃皿內照射 1 小時



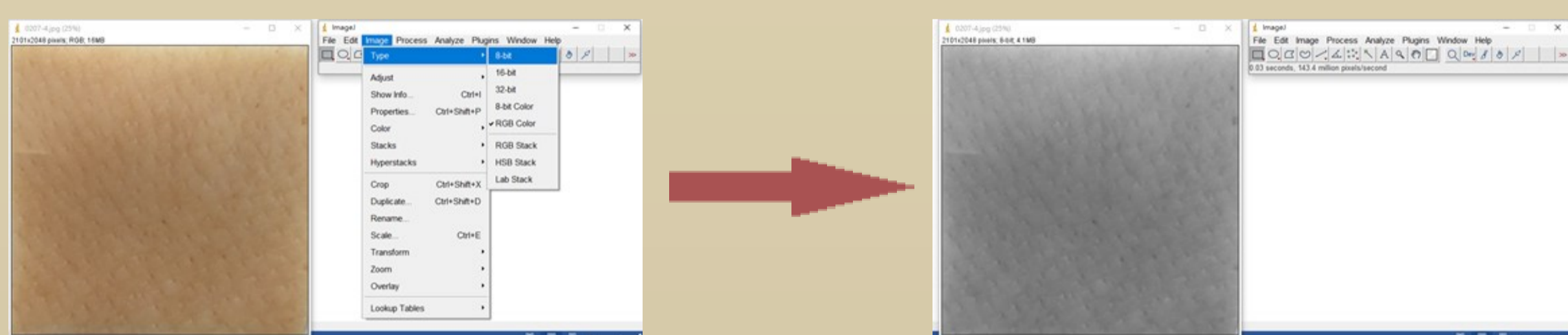
置於攝影棚以固定高度角度拍照



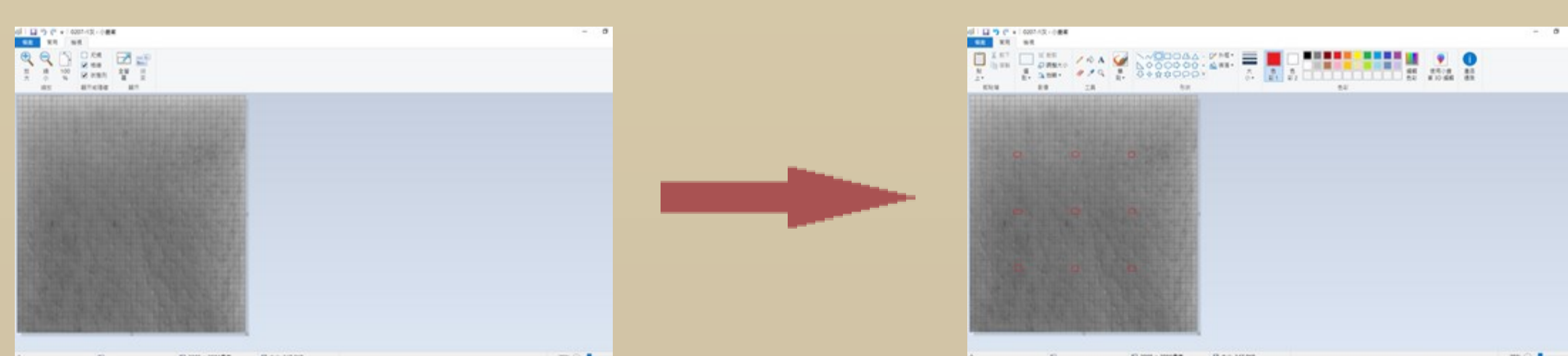
將豬皮照片利用「小畫家」軟體取得 RGB 數據，比較變色程度

4. 「小畫家」軟體分析豬皮顏色

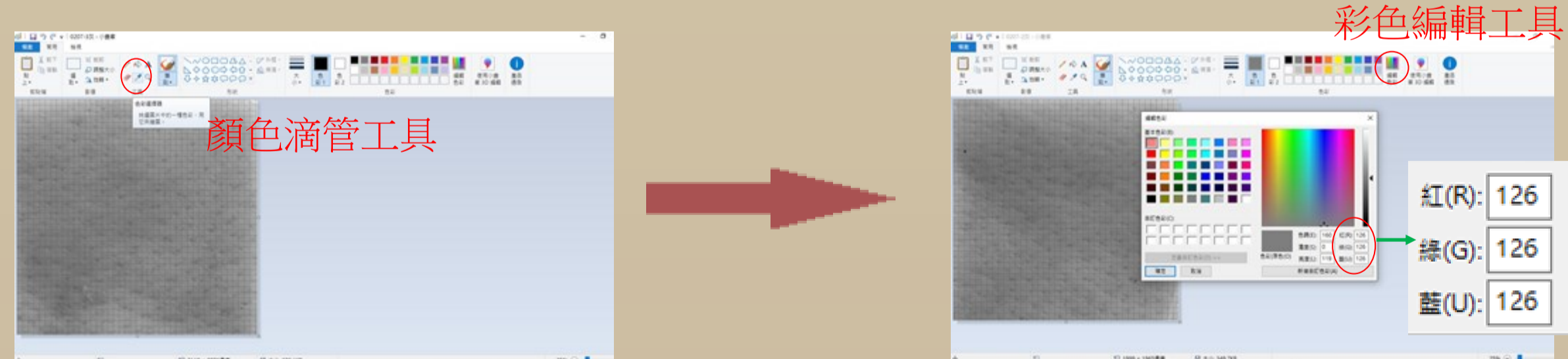
- 將豬皮照片利用軟體「Image J」轉成灰階圖片。彩色照片轉為灰階，讓 RGB 三個數字一致，又不失顏色深淺的特徵。灰階圖片的 R、G、B 值會變成同一個，解決不知如何分析的困擾。
- 在「小畫家」中開啟灰階圖片，利用格線功能定位，每張圖片都分析同樣的 9 點位置，減少誤差。
- 利用「顏色滴管 (color picker)」工具選取所要分析的位置，就可以知道某個特定位置顏色的 RGB 值，將顏色量化了。
- 點選「彩色編輯」，由面板右下方可得知 RGB 數值，黑色為 0，白色為 255。因此值越小代表顏色越黑，值越大代表顏色越淺。



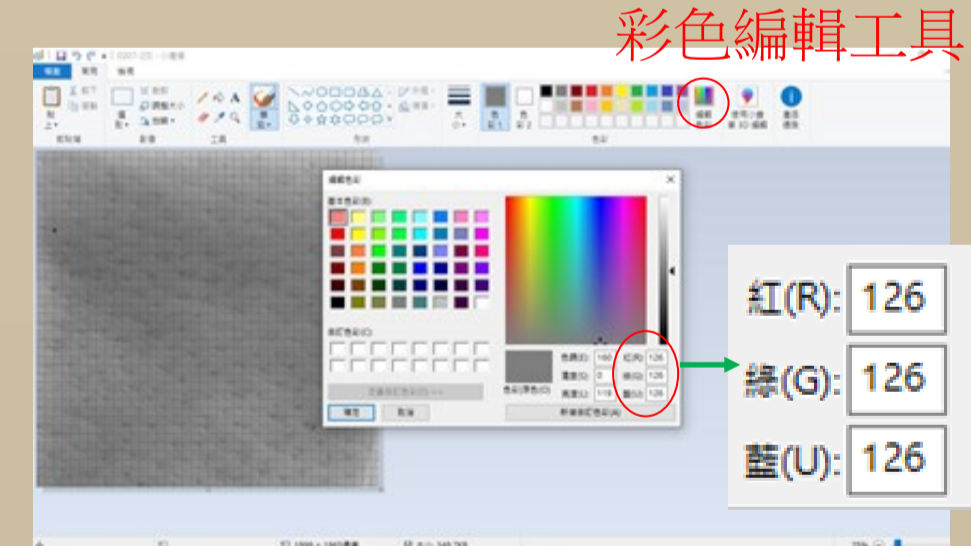
將豬皮照片利用軟體「Image J」轉成灰階圖片



在「小畫家」中開啟灰階圖片，利用格線功能定位，每次分析取 9 點數值平均



利用「滴管」工具選取所要分析的位置



點選「彩色編輯」，由面板右下方可得知 RGB 數值

【實驗結果】

實驗一：不同溶劑、不同體積萃取咖啡渣油抗紫外線效果之比較

分別將不同溶劑、不同體積的乙醇、丙酮、正己烷，加入 100 克咖啡渣靜置 2 天，過濾後，再將濾液利用蒸餾設備濃縮後，所得的咖啡渣油做比較，探討不同溶劑、不同劑量萃取咖啡渣油抗紫外線效果之差異性。

(1) 實驗 1-1 ~ 1-3：乙醇浸泡 100 克咖啡渣萃取咖啡渣油抗紫外線效果

表 1 乙醇浸泡 100 克咖啡渣萃取咖啡渣油抗紫外線檢測值三次平均

乙醇溶液量	照射時間(分)	1	5	10	15	20	30	40	50	60
200 ml		741±6	855±7	930±3	980±4	1124±6	1241±3	1392±6	1492±3	1553±6
300 ml		905±11	1075±7	1127±5	1166±7	1206±8	1264±8	1405±8	1513±7	1564±8
400 ml		1136±8	1248±7	1322±4	1381±4	1420±6	1476±7	1538±10	1599±5	1674±5

(2) 實驗 1-4 ~ 1-6：丙酮浸泡 100 克咖啡渣萃取咖啡渣油抗紫外線效果

表 2 丙酮浸泡 100 克咖啡渣萃取咖啡渣油抗紫外線檢測值三次平均

丙酮溶液量	照射時間(分)	1	5	10	15	20	30	40	50	60
200 ml		148±8	188±11	200±10	221±13	239±12	261±7	300±4	330±7	353±10
300 ml		175±8	209±8	257±9	301±3	327±7	362±14	415±8	455±9	502±6
400 ml		196±6	270±3	319±4	356±6	386±6	452±11	489±7	543±6	582±10

(3) 實驗 1-7 ~ 1-9：正己烷浸泡 100 克咖啡渣萃取咖啡渣油抗紫外線效果

表 3 正己烷浸泡 100 克咖啡渣萃取咖啡渣油抗紫外線檢測值三次平均

正己烷溶液量	照射時間(分)	1	5	10	15	20	30	40	50	60
200 ml		1823±6	> 1999	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----
300 ml		1899±9	> 1999	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----
400 ml		1976±5	> 1999	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----

綜合實驗一實驗結果，發現三種溶劑萃取出最佳抗紫外線咖啡渣油皆為 200 ml。綜合分析可以發現 (圖 1)：比較不同溶劑、不同濃度萃取咖啡渣油抗紫外線效果，以丙酮 200 ml 浸泡 100 克咖啡渣，萃取的咖啡渣油抗紫外線效果最好。

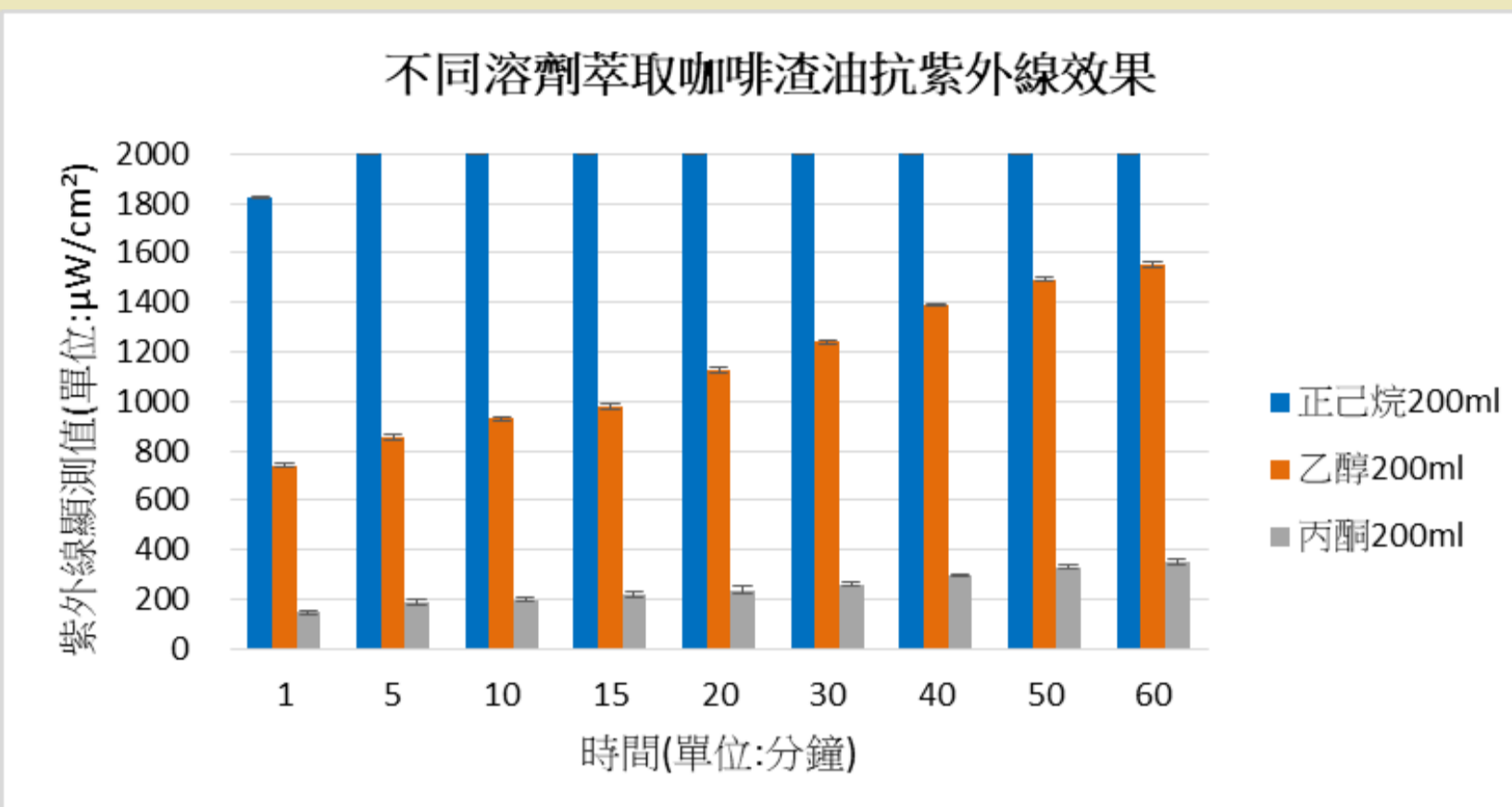


圖 1 不同溶劑 200 ml 萃取咖啡渣油抗紫外線效果

實驗二：溶劑常溫與加熱萃取咖啡渣油抗紫外線效果之比較

實驗二將相同溶劑、不同溫度 200 ml 的乙醇、丙酮、正己烷，分別加入 100 克咖啡渣後，用電熱包定溫 40°C 加熱 30 分鐘後，靜置 2 天。過濾後，再將濾液利用蒸餾設備濃縮後，得到的咖啡渣油，與實驗一常溫情況作比較。

表 4 溶劑常溫與加熱萃取咖啡渣油抗紫外線檢測值三次平均

溶劑種類與溫度	照射時間(分)	1	5	10	15	20	30	40	50	60
乙醇(常溫)		741±6	855±7	930±3	980±4	1124±6	1241±3	1392±6	1492±3	1553±6
乙醇(加熱)		764±9	867±9	960±7	1025±7	1140±8	1255±12	1392±9	1498±12	1584±8
丙酮(常溫)		148±8	188±11	200±10	221±13	239±12	261±7	300±4	330±7	353±10
丙酮(加熱)		205±13	217±16	236±10	264±16	298±20	330±23	366±22	408±25	449±23
正己烷(常溫)		1823±6	> 1999	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----
正己烷(加熱)		1838±8	> 1999	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----

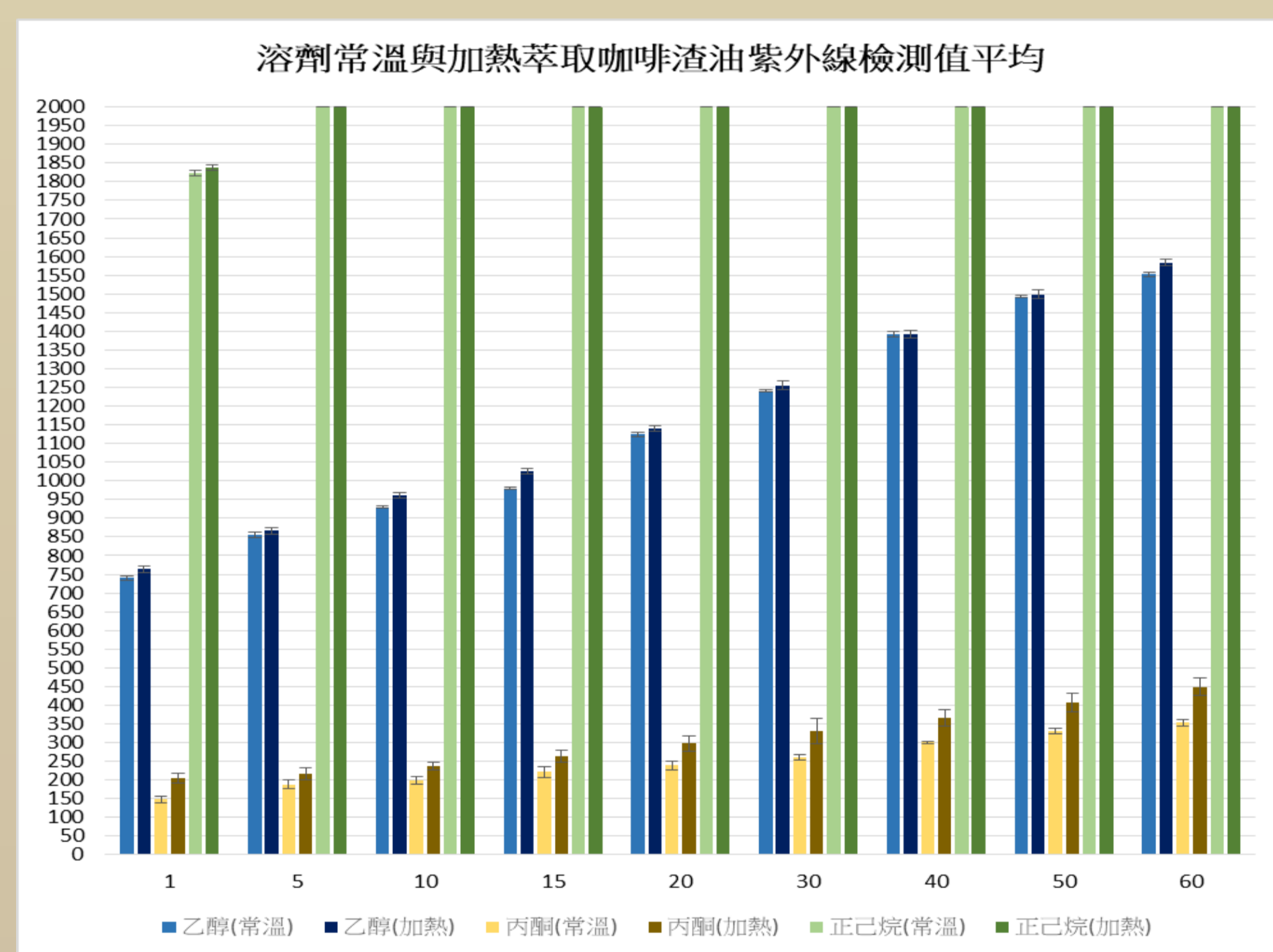


圖 2 不同溫度乙醇、丙酮、正己烷萃取咖啡渣油抗紫外線效果比較

實驗一及實驗二結果顯示，丙酮 200 ml、常溫浸泡 100 克咖啡渣後所萃取的咖啡渣油，抗紫外線效果最好。

實驗三：不同沖煮方式的咖啡渣萃取咖啡渣油抗紫外線效果之比較

收集義式、滴濾和冷泡法沖煮方式產生的咖啡渣，用 200 ml 丙酮浸泡 100 克咖啡渣靜置 2 天。過濾後，再將濾液蒸餾進行濃縮，所得的咖啡渣油進行抗紫外線效果的比較。

表 5 不同沖煮方式咖啡渣萃取咖啡渣油抗紫外線效果比較

不同沖煮方式	照射時間(分)	1	5	10	15	20	30	40	50	60
義式渣		148±8	188±11	200±10	221±13	239±12	261±7	300±4	330±7	353±10
滴濾渣		76±5	147±6	183±7	205±8	216±9	230±9	273±7	284±9	302±7
冷泡渣		54±3	72±3	94±8	107±4	121±2	143±6	168±9	174±5	183±8

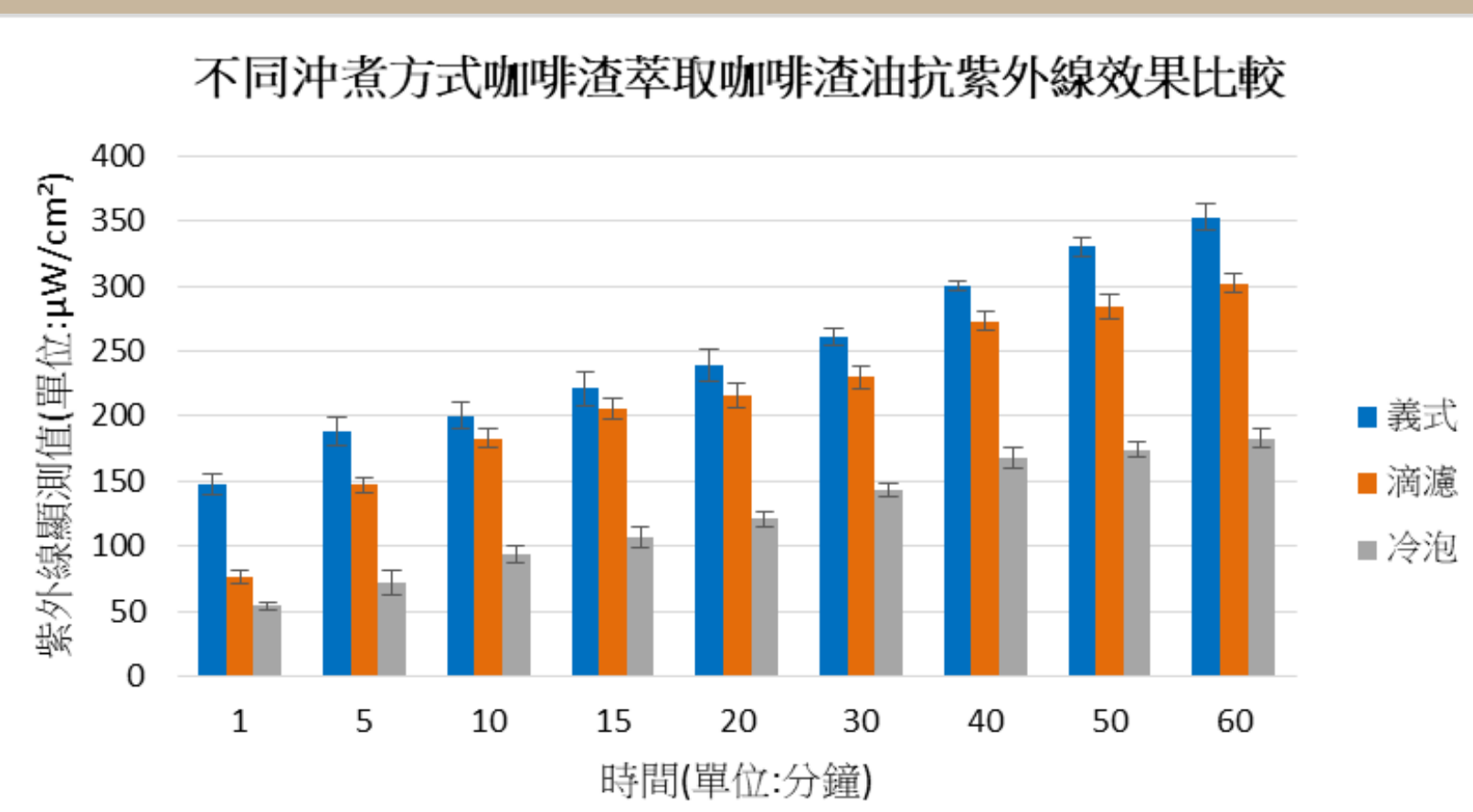


圖 3 不同沖煮方式咖啡渣萃取咖啡渣油抗紫外線效果比較

實驗四：不同烘焙程度的咖啡渣萃取咖啡渣油抗紫外線效果之比較

咖啡豆的烘焙程度可分為淺烘焙、中烘焙和深烘焙。實驗四收集了三種不同烘焙程度冷泡後的咖啡渣，用 200 ml 丙酮浸泡 100 克咖啡渣靜置 2 天。過濾後，再將濾液蒸餾進行濃縮，所得的咖啡渣油進行抗紫外線效果的比較。

照射時間(分) 不同烘焙方式	1	5	10	15	20	30	40	50	60
淺烘渣	52±3	78±9	90±7	96±8	105±6	115±5	128±8	136±6	144±7
中烘渣	68±3	107±5	137±4	164±4	190±4	227±4	257±6	283±4	309±6
深烘渣	106±8	229±8	309±5	380±7	466±5	602±7	712±6	808±4	896±5

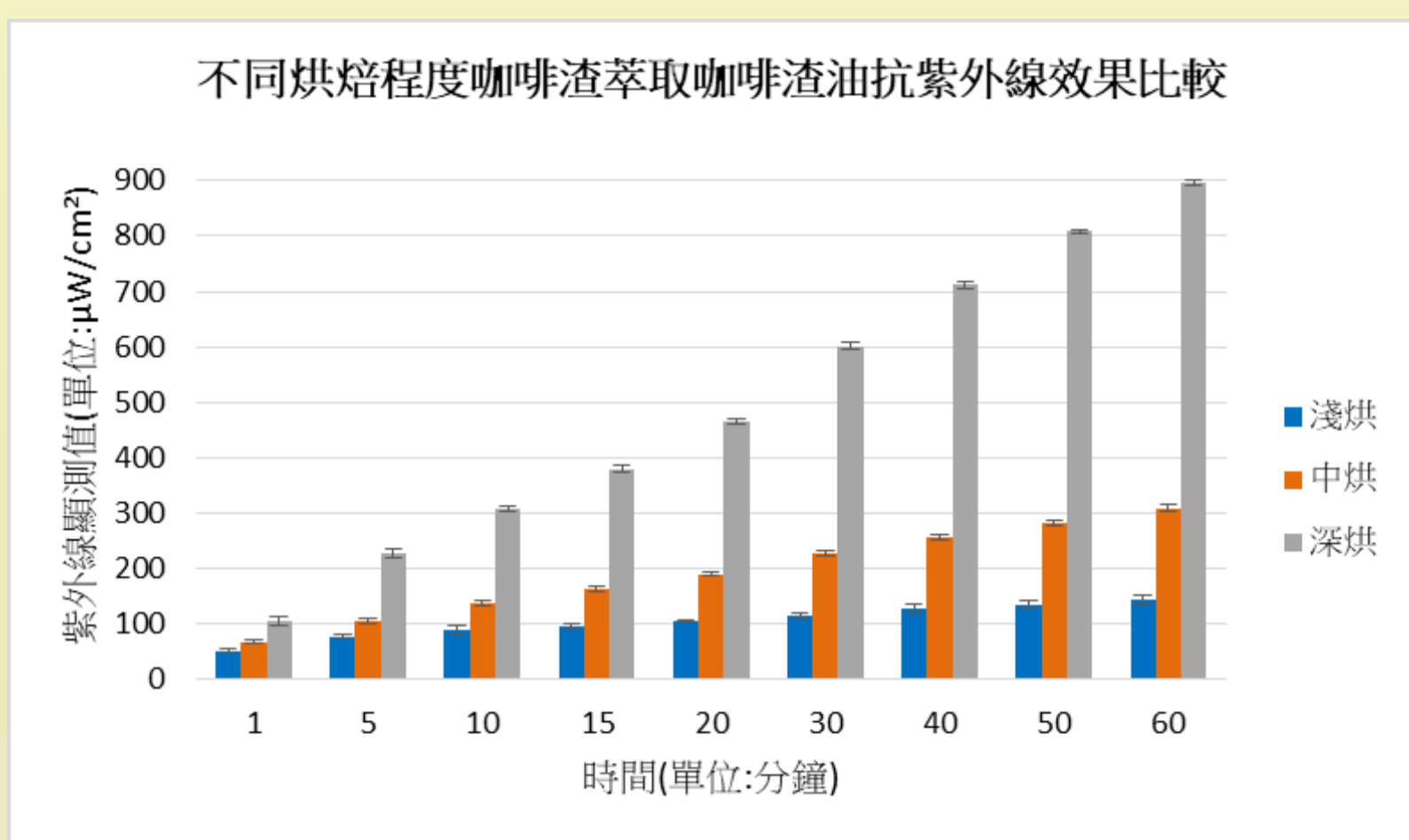


圖 4 不同烘焙程度咖啡渣萃取咖啡渣油抗紫外線效果比較

綜合實驗一~四，丙酮 200 ml、冷泡淺烘焙咖啡渣 100 克，常溫浸泡後，濾液萃取出的咖啡渣油抗紫外線效果最好。

實驗五：不同體積丙酮萃取咖啡渣油抗紫外線效果之差異性

從實驗一至四結果來看，有機溶劑的體積愈少，萃取出來的咖啡渣油抗紫外線效果愈好，所以在實驗五嘗試用更少體積的丙酮去萃取咖啡渣油，檢測是否有更佳的抗紫外線效果。

照射時間(分) 不同體積	1	5	10	15	20	30	40	50	60
150 ml	24±2	35±2	45±3	57±3	65±2	81±2	90±2	100±3	107±2
175 ml	37±3	48±3	58±2	67±3	80±3	91±3	102±4	111±2	121±3
200 ml	52±3	78±9	90±7	96±8	105±6	115±5	128±8	136±6	144±7

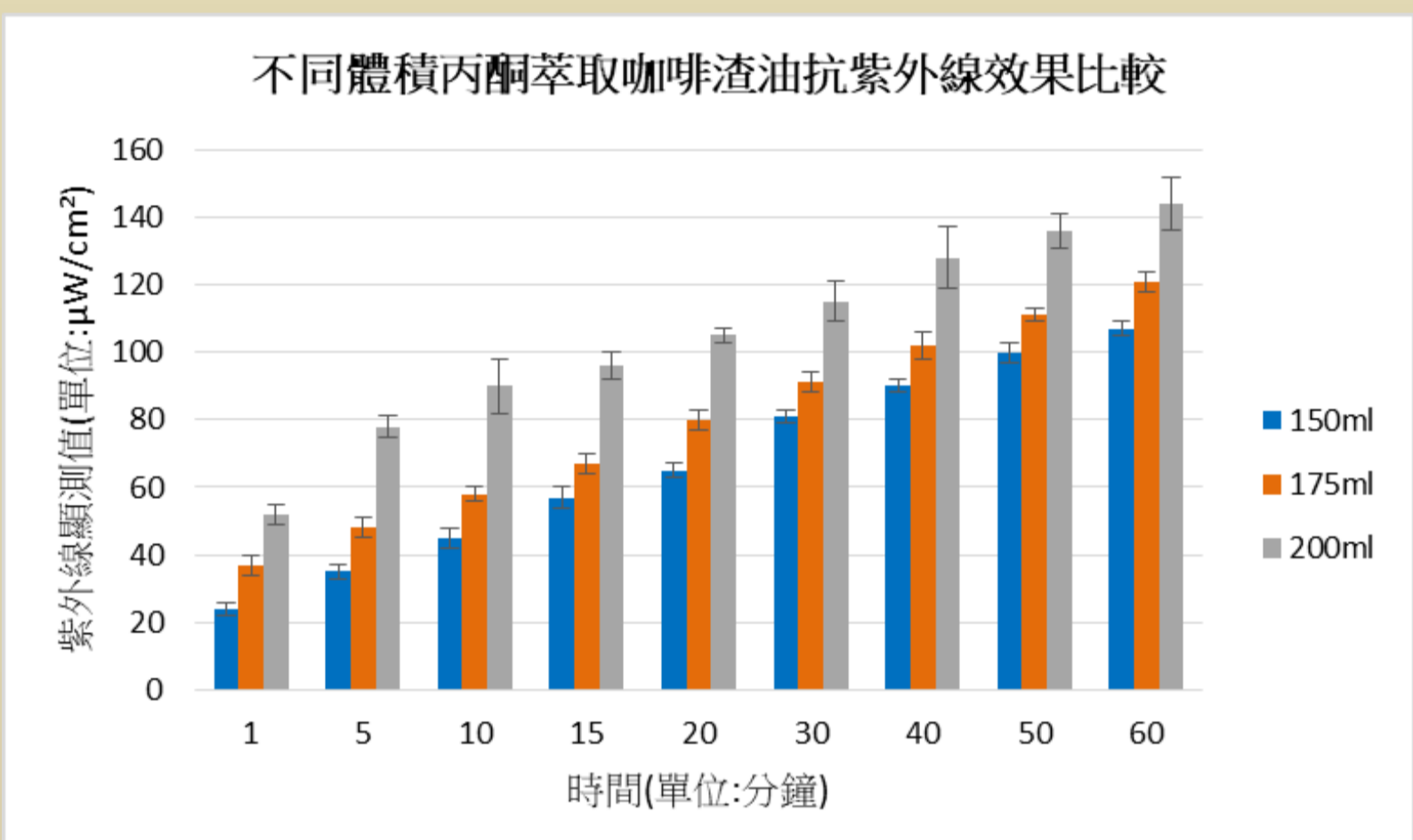


圖 5 不同體積丙酮萃取咖啡渣油抗紫外線效果比較

綜合實驗五的結果，以 150 ml 丙酮浸泡 100 克咖啡渣，所萃取出的咖啡渣油抗紫外線效果最好。所以溶劑體積愈少，萃取出來的咖啡渣油效果愈佳。

實驗六：咖啡渣油與市售防曬品防曬效果比較

(1) 咖啡渣油與市售防曬品紫外線檢測儀數值比較

實驗一~五所得抗紫外線效果最佳的咖啡渣油與市售防曬品，分別使用紫外線檢測儀和豬皮實測曬黑的實驗方法，探討抗紫外線效果上的差異。

照射時間(分) 不同防曬品	1	5	10	15	20	30	40	50	60
PA ⁺⁺	44±4	43±4	46±6	55±5	57±4	66±3	75±4	87±3	95±3
PA ⁺⁺⁺	40±2	46±3	46±5	47±2	47±2	47±2	48±3	48±2	49±2
PA ⁺⁺⁺⁺	37±2	35±4	35±2	31±2	30±1	29±2	27±2	23±2	23±2
咖啡渣油	24±2	35±2	45±3	57±3	65±2	81±2	90±2	100±3	107±2

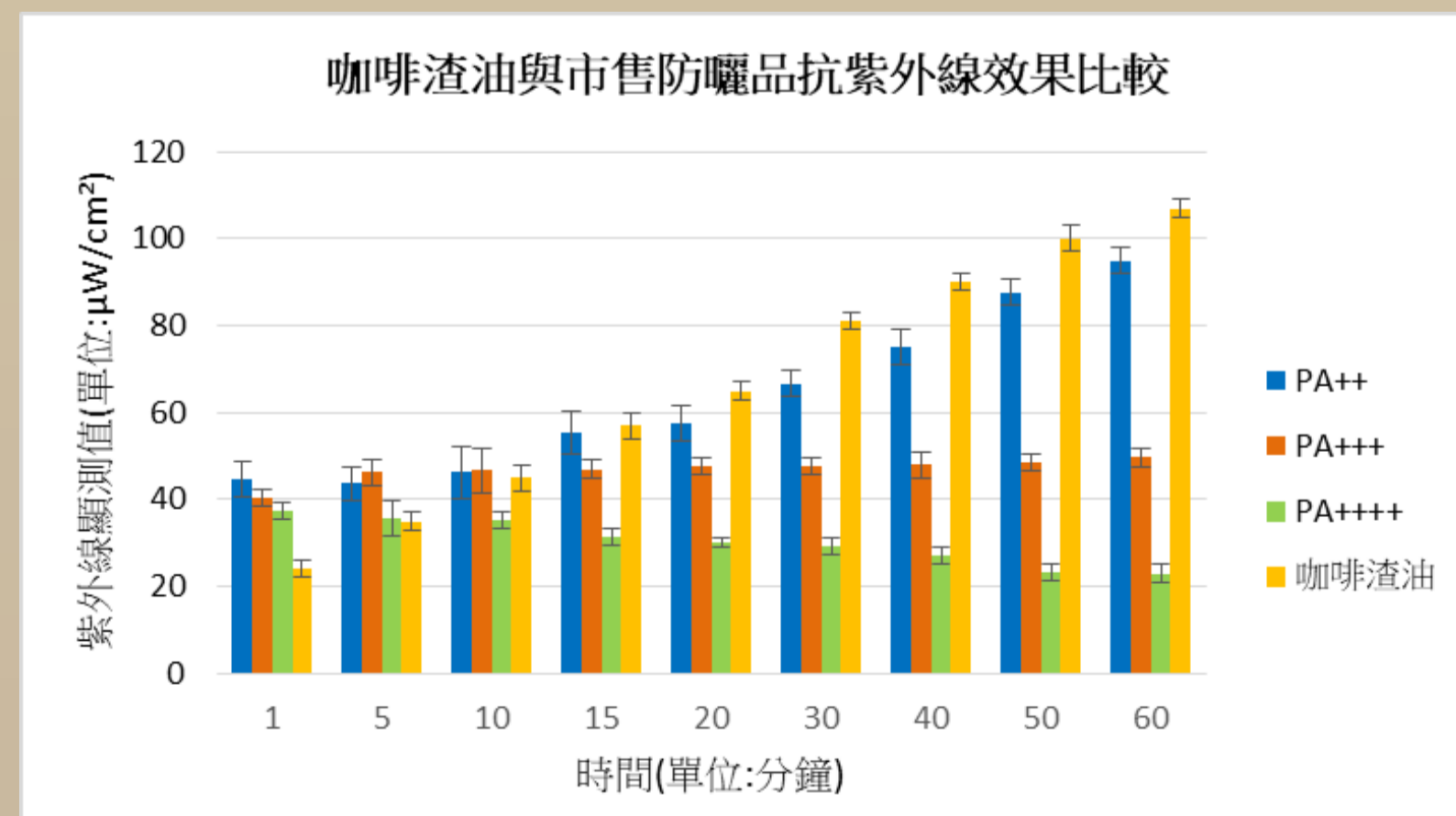
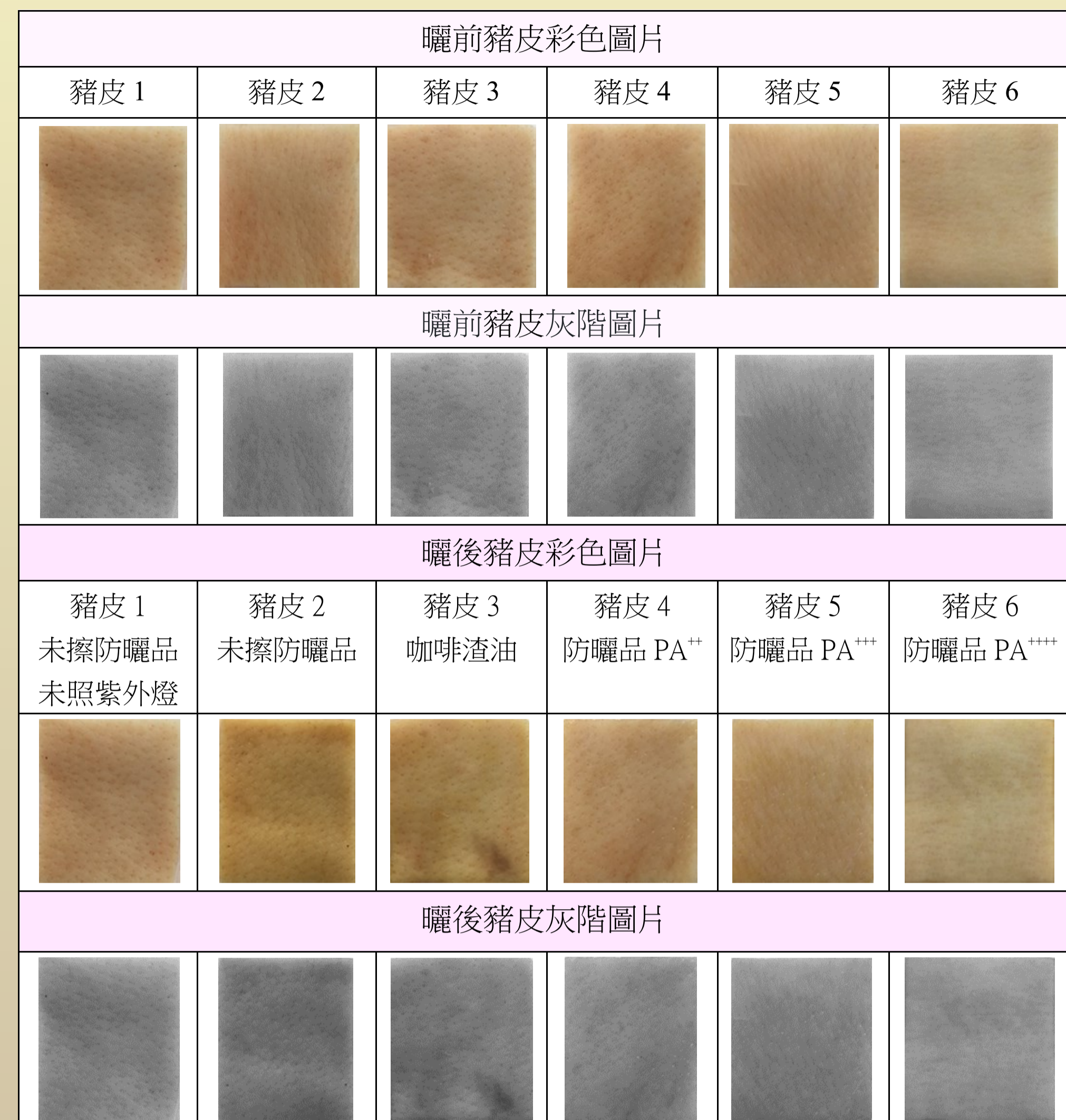


圖 7 咖啡渣油與市售防曬品抗紫外線效果比較

抗紫外線效果在第一分鐘時，依序為：咖啡渣油→PA⁺⁺⁺⁺→PA⁺⁺⁺→PA⁺⁺，但隨時間增加，咖啡渣油的抗紫外線效果開始變差，且低過市售防曬品。但從起始抗紫外線值，可以確定其具有良好的抗紫外線效果。

取樣 RGB 數值 不同情況豬皮	第 1 點	第 2 點	第 3 點	第 4 點	第 5 點	第 6 點	第 7 點	第 8 點	第 9 點	平均
豬皮 1 - 未擦、未照燈	124	124	131	133	134	125	139	128	126	129
豬皮 2 - 未擦	131	132	133	131	129	134	133	135	130	132
豬皮 3 - 咖啡油	127	128	126	132	124	135	131	127	134	129
豬皮 4 - PA ⁺⁺	132	136	126	137	139	138	123	125	122	131
豬皮 5 - PA ⁺⁺⁺	127	126	130	139	123	131	136	139	141	132
豬皮 6 - PA ⁺⁺⁺⁺	133	141	138	133	138	142	139	141	143	139

取樣 RGB 數值 不同情況豬皮	第 1 點	第 2 點	第 3 點	第 4 點	第 5 點	第 6 點	第 7 點	第 8 點	第 9 點	平均
豬皮 1 - 未擦、未照燈	124	124	131	133	134	125	139	128	126	129
豬皮 2 - 未擦	114	108	109	112	114	109	113	120	117	113
豬皮 3 - 咖啡油	117	129	116	120	125	122	122	132	127	123
豬皮 4 - PA ⁺⁺	129	129	128	130	133	115	107	116	121	123
豬皮 5 - PA ⁺⁺⁺	127	121	123	119	120	114	135	132	134	125
豬皮 6 - PA ⁺⁺⁺⁺	125	126	132	128	135	134	138	140	146	134



(2) 豬皮曬黑實測抗紫外線效果比較

不同條件豬皮	RGB 數值	曬前	曬後	曬前曬後相差值
豬皮 1 - 未擦、未照燈		129	129	0
豬皮 2 - 未擦		132	113	19
豬皮 3 - 咖啡油		129	123	6
豬皮 4 - PA ⁺⁺		131	123	8
豬皮 5 - PA ⁺⁺⁺		132	125	7
豬皮 6 - PA ⁺⁺⁺⁺		139	134	5

透過 RGB 值比較灰階圖片的深淺，曬前曬後 RGB 數值相差越多，代表曬黑程度越高。檢測豬皮曬黑程度發現，由淺至深依序：PA⁺⁺⁺⁺→咖啡渣油→PA⁺⁺⁺→PA⁺⁺→未擦。所以根據實驗結果，以本次實驗最佳萃取方式取得的咖啡渣油，防曬黑程度可接近市售防曬品 PA⁺⁺⁺ 的效果。

伍、研究結論

- 不同溶劑、不同體積、不同溫度萃取咖啡渣油抗紫外線效果之比較，以丙酮 150 ml、常溫浸泡 100 克咖啡渣所萃取的油，抗紫外線效果較好。
- 淺烘焙冷泡後的咖啡渣所萃取的咖啡渣油的抗紫外線效果較好。
- 在紫外線檢測數值上，咖啡渣油的初始抗紫外線效果，優於市售防曬品，但隨時間增加，咖啡渣油的抗紫外線效果開始變差，可能是咖啡渣油成分較單純，未添加其他成分，所以穩定性不如市售成品，但從起始抗紫外線值，可以確定其具有良好的抗紫外線效果。
- 透過「小畫家」繪圖軟體比較灰階圖片 RGB 數值，進行顏色深淺比較，檢測豬皮曬黑程度，發現咖啡渣油防曬的效果較市售接近防曬品 PA⁺⁺⁺。
- 綜合實驗結果，咖啡渣油具有良好的抗紫外線效果，冷泡淺焙咖啡渣 100 克，以 150 ml 丙酮，常溫浸泡，所萃取的咖啡渣油，抗紫外線效果最佳，且效果與市售防曬品 PA⁺⁺⁺ 接近。

陸、未來研究及建議

- 在咖啡渣油萃取方式更純化和更穩定方面，未來可以再做更深入的研究。
- 本實驗發現利用有機溶劑萃取咖啡渣油，具有和市售防曬品接近的效果，未來可以作為防曬保養品的成分之一或製作精油之用。
- 咖啡渣油除了應用在防曬保養品上，也可以多方發展，如研發在防曬的材料應用，以達到綠色環保的效益。