

## 瓊崖海棠種仁萃取物在防曬產品之研究與應用

解富筑、李佳晉\*

萬能科技大學化妝品應用與管理系

### 摘要

市售防曬化妝品大多使用人工合成的有機防曬劑，達到防曬效果，但這些有機防曬劑對自然環境，及海洋生物產生的污染與危害，逐漸被重視，因此尋找取代有機防曬劑的研究，也方興未艾。瓊崖海棠是一種常見生長在海濱的植物，其果實中的種仁富含油脂，根據研究其種仁萃取物具有良好的防曬效果。本次研究利用超臨界萃取方式，進行種仁萃取，所得之萃取物，利用紫外光/可見光分光光譜，結果顯示在 UVA 及 UVB 範圍有良好的吸收效果。而防曬係數分析儀測試結果顯示，種仁萃取物之防曬係數(SPF)高達  $39.58 \pm 3.25$ 。由於市售防曬產品大多製作成乳液形式，因此本次研究也購買市售瓊崖海棠油，調製成含有 20% 瓊崖海棠油的防曬乳液，利用防曬係數分析儀檢測後，其 SPF 可達  $24.75 \pm 5.29$ 。未來可結合種仁萃取物及瓊崖海棠油，預期可減少人工合成有機防曬劑的使用量，有效降低對自然環境的污染。

**關鍵字：**防曬化妝品、有機防曬劑、瓊崖海棠、種仁萃取物、防曬係數

\*通訊作者：李佳晉；Email：alex23@mail.vnu.edu.tw

文章類別：研究論文(Full Paper)

---

## The study and application of *Calophyllum inophyllum* Seed Extract in Sunscreen

Hsieh Fu-Chu , Li Chia-Ching\*

Department of Cosmetic Science, Vanung University, Taoyuan City 320, Taiwan (R.O.C.)

### Abstract

Most commercially available sunscreen predominantly utilize synthetic organic UV-filters to achieve sun protection. However, the pollution and harm inflicted upon the natural environment and marine life by these organic UV-filters are gradually gaining attention, thereby fueling research efforts to seek alternatives to organic UV-filters. Seashore mallow, a commonly found coastal plant, possesses seeds rich in oil. According to research, extracts from *Calophyllum inophyllum* (*C. inophyllum*) Seed demonstrate notable sun protection properties. In this study, Supercritical fluid extraction(SFE) was employed to extract the seeds, and the resultant extract was subjected to UV/Visible spectroscopy, revealing excellent absorption in the UVA and UVB ranges. Moreover, testing with a sun protection factor (SPF) analyzer indicated that the SPF of the seed extract reached  $39.58 \pm 3.25$ . The most commercial sunscreen products are formulated as emulsions, this study also procured commercially available *C. inophyllum* oil and formulated it into a sunscreen emulsion containing 20 % *C. inophyllum* oil. Upon evaluation with a sun protection factor analyzer, its SPF was found to reach  $24.75 \pm 5.29$ . Future endeavors could involve the

combination of seed extracts and *C. inophyllum* oil, with the anticipation of reducing the usage of synthetically produced organic sunscreens, thereby effectively mitigating pollution to the natural environment.

**Keywords:** Sunscreen, Organic UV-filters, *Calophyllum inophyllum* seed, Sun protection factor (SPF)

\* Correspondence: Li Chia-Ching; E-mail : alex23@mail.vnu.edu.tw

## 前言

適度的曝曬陽光對人體有著莫大的助益，除了可幫助改善情緒，也有增強免疫系統的功能。陽光對於維生素 D3 的合成更是至關重要，維生素 D3 可增強身體對鈣與磷的吸收，這二種元素是構成人類骨骼重要的成份。缺少維他命 D3，骨頭可能太軟，很容易就發生骨折。因此適度的照射陽光對人體是有益處的，且在醫學上，曝曬適量的紫外線具有殺菌效果，可對某些疾病有預防或治療的效果<sup>(1)</sup>。

二十世紀開始人類大量使用氟氯碳化物 (Chlorofluorocarbons, CFCs)，由於 CFCs 很難被分解，當 CFCs 上升到平流層後，經由太陽光中的紫外線(Ultraviolet, UV)照射後，被分解出氯自由基，進而破壞臭氧層。失去臭氧層阻隔紫外線的保護，迫使人類曝曬於大量的紫外線下，許多公共衛生與諮詢機構，均不斷提醒人們，須正視過度曝曬紫外線對皮膚癌的影響。根據研究，因為 UVA 會誘發大量的自由基，間接地造成 DNA 的損害，而 UVB 則會直接造成 DNA 損傷與誘發皮膚癌<sup>(2-4)</sup>。近年來人們對於紫外線的預防工作，也因此而特別注意與加強。至於預防紫外線的方法有很多，但皮膚科醫生最推薦的還是使用防曬化妝品，尤其是從事戶外活動或工作的人，防曬化妝品在使用上有其方便性。

所謂防曬化妝品 (Sunscreen)，是指配方中含有防曬劑(UV filters)的產品，用以預防陽光中的紫外線，降低其對人體所造成的危害與損傷<sup>(5)</sup>。防曬劑是防曬化妝品配方中的活性成分，世界各國對於可使用的防曬劑種類及使用劑量，都有詳細的規定，台灣目前可使用的防曬劑種類共計 26 種，其中 25 種為有機防曬劑(Organic UV-filters)，無機防曬劑(Inorganic UV-filters)只有 1 種。

有機防曬劑大多屬於油性成分，缺點包含光不穩定性、容易滲透進入皮膚引起人體危害，及自由基的產生<sup>(6-11)</sup>。近年來環保議題受到重視，根據相關研究指出，防曬化妝品中的防曬劑，對於珊瑚礁生態系統中的生物，具有一定的危害性<sup>(12)</sup>。因此許多國家或地區，也開始正視有機防曬劑對於海洋生態的影響，甚至將具有生態毒性的有機防曬劑列為禁用成分。例如：帛琉於 2020 年 1 月起防曬產品中禁用 Benzophenone-3、Octyl methoxycinnamate 及 4-Methyl-benzylidene camphor；夏威夷則於 2021 年 6 月起，防曬產品中禁用 Benzophenone-3 及 Octyl methoxy-cinnamate。未來相信會有更多國家加入此行列，也會有更多有機防曬劑被禁止使用在防曬產品中。

有鑑於此，許多研究者開始尋找有機防曬劑的替代品，其中植物萃取物是最受到關注的，因為植物具有許多生物活性，如類黃酮 (Flavonoids)、多酚 (Polyphenols)、萜類 (Terpenoids)、類胡蘿蔔素 (Carotenoids)、維生素 (Vitamins) 等，這些天然化合物已被証實，具有抗氧化及吸收紫外線輻射的能力，且較天然、安全性也較高<sup>(13,14)</sup>。

瓊崖海棠樹(*Calophyllum inophyllum*)又稱為海棠樹，其果食成熟後會由綠色轉變為褐色。一株成齡瓊崖海棠樹，果實平均年產量可達 40-50 kg，種仁中的油含量約 65 % (w/w)<sup>(15)</sup>。Ku(2021)等人將乾燥後的瓊崖海棠種仁，利用溶劑法進行萃取，所得之萃取物進行防曬效果的評估，其中以正己烷(n-hexane)所得到的萃取物，對於 UVA 與 UVB 顯示出較好的吸收效果<sup>(16)</sup>。由於溶劑萃取法具有殘留有機溶劑的缺點，因此本研究利用超臨界萃取(Supercritical fluid extraction, SFE)進行乾燥後瓊崖海棠種仁萃取，所得之萃取物進行防曬效果相關測試。由於瓊崖海棠種仁富含油脂，市售防曬產品以乳液居多，因此本次研究也將利用市售瓊崖海棠油，調製成含有 5-20 % 瓊崖海棠油的防曬乳，並進行防曬係數之測試，評估作為取代有機防曬劑的替代品。

## 材料與方法

### 一、瓊崖海棠種仁之製備

首先將自然乾燥之瓊崖海棠果實去殼取出種仁，之後利用 105°C 烘箱及日曬進行種仁水分之乾燥，烘箱乾燥方式是參考 Kamel (2017) 等人提出的方式加以修飾<sup>(17)</sup>。為了解兩種乾燥方式的脫水率，分別秤取 100g 未乾燥的種仁，利用上述兩種方式進行乾燥，直到樣品重量呈現恆重時，秤量乾燥後種仁的重量，之後計算各樣品的脫水率。

### 二、超臨界流體萃取

將乾燥後瓊崖海棠種仁以粉碎機粉碎後，精秤 3g 種仁之粉末裝填到樣品萃取管，放入超臨界流體反應槽，先以靜態平衡時間固定 5 min，在 65°C 及 6500 psi 萃取條件下進行動態萃取 50 mL。待萃取完畢後，收集產物並計算萃取率。

### 三、紫外光/可見光分光光譜測定

利用正己烷或乙醇做為溶劑，將樣品配製成濃度 0.1-0.5 mg/ml 之溶液，待震盪溶解後，取上清液使用分光光度計測試 200 -500 nm 的吸收光譜。

### 四、傅立葉轉換紅外線光譜儀測定

以 FT-IR 測試超臨界流體萃取瓊崖海棠種仁萃取物及市售瓊崖海棠油的官能基，確認超臨界流體萃取物與市售瓊崖海棠油之間是否為同一種化合物。秤取適量之樣品與 KBr 粉末，以 1:100 之比例混合研磨，壓成 KBr 鹽片後，進行 FT-IR 測試。測試條件之設定為解析度 4 cm<sup>-1</sup>，掃描次數為 128 次，掃描範圍為 4000-400 cm<sup>-1</sup>。

## 五、防曬乳液調製

由於瓊崖海棠種仁超臨界流體萃取產物量太少，考量到製作乳液中會使用到大量，因此以市售瓊崖海棠油取代超臨界流體種仁萃取物，進行防曬乳液之調製。市售防曬乳液種類很多，包含防曬乳、防曬霜、防曬油、防曬噴霧劑...等，因此本次研究是以製備乳液方式，將樣品調製成水包油（O/W）之乳液型態，以製得市面上較常用之防曬乳液產品。

各種防曬乳液之配方組成與代號如表一所示，所有原料的添加量均為重量百分比 (wt %)，原料之加總量為 100 %。乳液的調製方法，是將水相與油相的所有原料分別秤入燒杯中，並加熱至 80 °C，且加熱過程須不斷攪拌，待原料完全溶解後，將水相加入油相中攪拌使乳化完全，溫度需控制在 80 °C。待乳化完全後降至室溫後加入 C 項原料，並攪拌均勻後，防曬乳液即製備完成。

表一、防曬乳液之配方與代號

相別	成分	F <sub>0</sub>	F <sub>1</sub>	F <sub>2</sub>	F <sub>3</sub>	F <sub>4</sub>
A	Cetyl ethylhexanoate	8	8	8	8	8
	Cetearyl olivate, Sorbitan olivate	3	3	3	3	3
	Glyceryl stearate	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5
	Cetearyl alcohol	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5
	<i>Calophyllum inophyllum</i> oil	-	5	10	15	20
	Vit E acetate	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2
B	1,3-Butylene glycol	6	6	6	6	6
	Xanthan gum	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2
	Deionized water	78.8	73.8	68.8	63.8	58.8
C	Phenoxyethanol, Caprylyl glycol	0.8	0.8	0.8	0.8	0.8

## 六、體外防曬係數之測試

本研究針對兩種防曬係數進行測試，分別是 SPF 及 UVA-PF，兩者的差異在於 SPF 主要是針對 UVB 及 UVAII 的防曬係數，而 UVA-PF 主要是針對 UVA II 及 UVA I 的防曬係數，兩者之敘述如下：

(一) 陽光保護係數(Sun Protection Factor, SPF)定義如下<sup>(18)</sup>:

$$SPF = \frac{MED_{protected}}{MED_{unprotected}} \quad (1)$$

MED：最小紅斑劑量(minimum erythema dose)，使皮膚產生紅斑時所需的最小 UVB 劑量

MED<sub>protected</sub>：塗抹測試樣品所需之 MED

MED<sub>unprotected</sub>：未塗抹樣品所需之 MED

本研究所採用的 SPF 測試方法，是參考 Diffey 與 Robson 在 1989 年提出 SPF 的體

外測試法<sup>(19)</sup>，儀器型號為 SPF-290AS，測試方法如下：

- 1.以針筒吸取樣品，均勻點在 PMMA 板之粗糙面上，劑量為 2 mg/cm<sup>2</sup>。
- 2.將點在 PMMA 板上之樣品塗抹均勻，靜置 20 分鐘後方可進行測定。
- 3.先將空白 PMMA 板進行掃描，做背景校正。
- 4.再將塗抹樣品之 PMMA 板進行測定。
- 5.測試完畢之數據，經由電腦軟體計算，即可得到樣品之平均 SPF 值。SPF 計算所使用的公式如下所示：

$$SPF = \frac{\sum_{290}^{400} E_{\lambda} B_{\lambda}}{\sum_{290}^{400} (E_{\lambda} B_{\lambda} / MPF_{\lambda})} \quad (2)$$

MPF<sub>λ</sub>: 平均單色保護係數 (mean monochromatic protection factor)。

E<sub>λ</sub>: 在波長 λ 時太陽光譜的輻射。

B<sub>λ</sub>: 在波長 λ 時光譜致紅斑效應因子。

(二) UVA 保護係數(UVA protection factor, UVA-PF)

UVA-PF 的定義如下<sup>(20,21)</sup>:

$$UVA-PF = \frac{MPD_{unprotected}}{MPD_{protected}} \quad (3)$$

MPD: 最小著色劑量(minimal pigmenting dose)，使皮膚產生黑化時所需的最小 UVA 劑量。

MPD<sub>protected</sub>: 塗抹測試樣品所需之 MPD

MPD<sub>unprotected</sub>: 未塗抹樣品所需之 MPD

UVA-PF 的測試方法與 SPF 相同，其計算公式如下所示：

$$(UVA - PF) = \frac{\sum_{320}^{400} E_{\lambda} B_{\lambda}}{\sum_{320}^{400} (E_{\lambda} B_{\lambda} / MPF_{\lambda})} \quad (4)$$

## 七、防曬乳液之安定性測定

將所有防曬乳液樣品密封於容器中，放置於 4 °C 之冰箱靜置 48 小時，之後將乳液取出於室溫中靜置，等待回復至常溫時，再將防曬乳液樣品移至 48 °C 之烘箱中 48 小時，此為一個凍融循環。依照上述步驟重複第二及第三循環，所有樣品均進行三個循環，在每次凍融測定前及循環完成後，觀察並測試各樣品之安定性及防曬係數<sup>(22)</sup>。

## 結果與討論

### 一、瓊崖海棠種仁萃取物產率

瓊崖海棠種仁以兩種不同方式乾燥處理，分別是日曬及 105°C 烘乾，其中日曬脫水率為 23.49 %，而烘乾脫水率為 54.58 %，如表二。種仁於超臨界萃取前，先使用粉碎機將其粉碎，此時種仁因出油現象而難以將其完全粉碎。

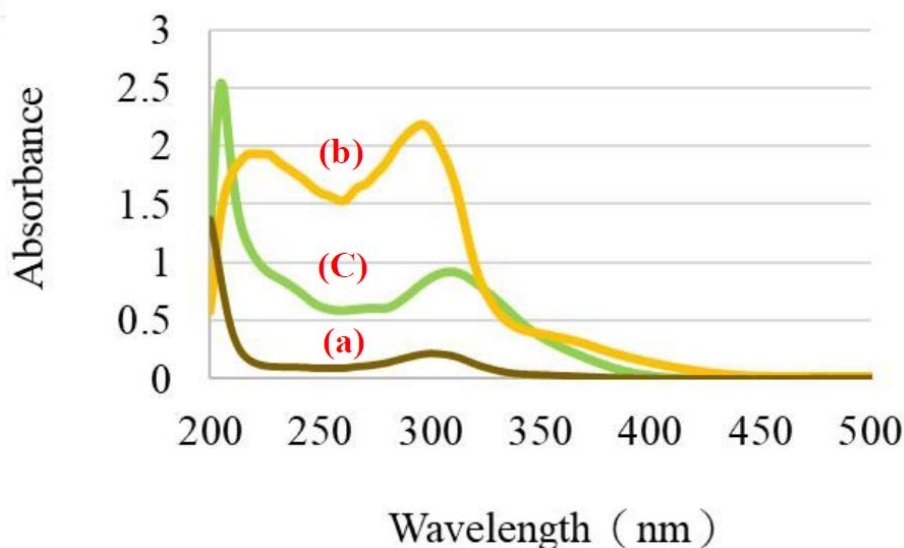
表二、瓊崖海棠種仁脫水率

乾燥方式	乾燥前重量 (g)	乾燥後重量 (g)	脫水率 (%)
日曬	100	80.98	23.49
烘乾	100	64.69	54.58

以超臨界流體萃取瓊崖海棠種仁並比較不同乾燥方式對於萃取產率的影響，其中以日曬的種仁產率較烘乾的方式來的高，產率分別為 37.51 % 及 17.85 %。日曬的產率明顯高於烘乾的方式，推測原因可能是因為烘乾的溫度高，會將種仁中具揮發性的物質烘乾去除，造成產率較低，這或許與表一的脫水率高低具有關聯性。即使日曬方式具有較高的產率，但與其他的研究比較，還是相對較低，可能是乾燥種仁在粉碎時因大量出油造成油脂流失，進而使得萃取產率下降，未來如有要進行相同研究，建議種仁樣品在未乾燥前，可先將其粉碎，或許可減少油脂的流失，提高萃取率。

## 二、紫外光/可見光分光光譜

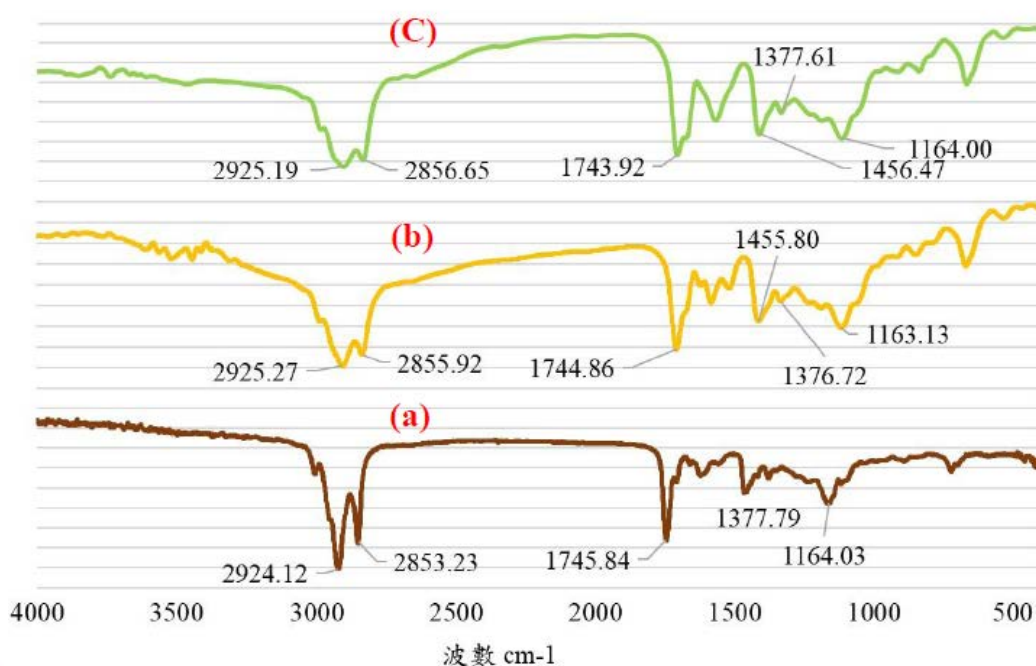
陽光中的紫外線依波長可分為 UVC(100-280 nm)、UVB(280-320 nm)及 UVA(320-400 nm)，透過紫外光/可見光分光光譜的測試，可先預知樣品是否具有吸收紫外線的能力。圖一是超臨界流體萃取瓊崖海棠種仁萃取物及油脂在 200-500 nm 所測的之吸收光譜，由圖中可看出超臨界流體萃取日曬種仁萃取物及市售油兩者在 UVB 波段具有良好的吸收效果。至於超臨界流體萃取烘乾種仁萃取物雖然吸收值較低，但其圖形與油脂較相近，而日曬的種仁萃取物因乾燥的溫度較低，推測種仁中除了油脂以外仍保留許多高揮發性物質。



圖一、紫外光可見光光譜圖：(a)烘乾種仁萃取物、(b)日曬種仁萃取物、(c)市售油

### 三、FT-IR 之鑑定分析

圖二為樣品所測得之 FT-IR 圖譜，由圖中可看出三種樣品均含有油脂的 6 個特徵吸收峰(2925、2854、1742、1460、1379、1163  $\text{cm}^{-1}$ )。由於本次研究所使用的超臨界萃取除了使用二氧化碳外，同時也使用乙醇，因此萃取出之產物可能包括非極性的油脂及極性等化合物，因此兩種種仁萃取物之圖譜與純油脂仍有不同之處。此外日曬的種仁萃取物在 3300-3600  $\text{cm}^{-1}$  有微弱的特徵峰出現，顯示種仁中仍有水分未完全乾燥，這特徵峰在烘乾的種仁中就沒有出現。



圖二、FT-IR 光譜圖：(a)烘乾種仁萃取物、(b)日曬種仁萃取物、(c)市售油

### 四、防曬係數測試 (SPF & UVA-PF) 分析

本次研究是使用體外測試法(in vitro)進行樣品防曬係數的檢測，此方法具有低成本、測試時間短及數據取得快速等優點。超臨界萃取日曬瓊崖海棠種仁萃取物之 SPF 為  $39.58 \pm 3.25$  而市售瓊崖海棠油之 SPF 更高達  $42.12 \pm 4.00$ ，顯示兩者對於 UVB 有良好的防曬效果，這與 UV-VIS 測試具有相同的結果。至於超臨界萃取烘乾瓊崖海棠種仁萃取物，考量其 UVB 波段吸收效果較低，因此未針對 SPF 值進行測試。

由於超臨界萃取日曬瓊崖海棠種仁萃取物之萃取量太少，因此本研究以瓊崖海棠油做為防曬乳液之調製。本次研究將瓊崖海棠油以不同比例(0-20%)調製成防曬乳液，利用 SPF 分析儀測試各乳液樣品之防曬係數，結果如表三所示。由表中可知未添加瓊崖海棠油( $F_0$ )之乳液，其 SPF 與 UVA-PF 大約為 1，顯示該乳液並未有防曬效果。隨著瓊崖海棠油含量越高，SPF 與 UVA-PF 也有逐漸增加的趨勢，當瓊崖海棠油含量達到 20% ( $F_4$ )，SPF 與 UVA-PF 可達  $22.63 \pm 3.32$  及  $8.53 \pm 0.66$ ，由此可知，瓊崖海棠油對於 UVB 具有較佳的防曬效果。

表三、各防曬乳液之 SPF 及 UVA-PF 值

Sample	SPF	UVA-PF
F <sub>0</sub>	1.49±0.04	1.28±0.05
F <sub>1</sub>	3.85±0.53	1.82±0.14
F <sub>2</sub>	8.60±2.90	3.29±0.97
F <sub>3</sub>	16.02±3.55	5.58±1.27
F <sub>4</sub>	22.63±3.32	8.53±0.66

### 五、防曬乳安定性測試結果分析

表四為各防曬乳液經過三次凍融實驗後所測得之防曬係數數值，由表中可看出各樣品的 SPF 及 UVA-PF 數值均沒有太大的變化，各乳液配方也未顯示出油水分離現象。因此，瓊崖海棠油做為防曬乳液的油相成分，具有其可行性。未來如能將瓊崖海棠種仁萃取物的萃取量提高，搭配瓊崖海棠油可做為有機防曬劑的替代品，如此可有效降低人工合成有機防曬劑的使用量，提供廠商與市場，製作更符合海洋環保的防曬乳液。

表四、三次凍融循環後各防曬乳液之 SPF 及 UVA-PF 值

Sample	SPF	UVA-PF
F <sub>0</sub>	0.89±0.04	0.83±0.02
F <sub>1</sub>	3.57±0.64	1.75±0.18
F <sub>2</sub>	9.53±1.20	3.92±0.39
F <sub>3</sub>	16.29±0.90	5.86±0.25
F <sub>4</sub>	22.24±2.56	8.35±0.50

### 結論

本次研究利用超臨界萃取瓊崖海棠種仁萃取物，藉由紫外線/可見光光譜儀的分析，初步判斷該超臨界萃取物具有 UVB 的防曬效果，再由防曬係數檢測儀的測試結果顯示，超臨界萃取日曬瓊崖海棠種仁萃取物其 SPF 值可達  $39.58 \pm 3.25$ ，而市售瓊崖海棠油的 SPF 值可達  $42.12 \pm 4.00$ 。含有 20% 瓊崖海棠油的防曬乳液，SPF 值為  $22.63 \pm 3.32$ 。經過三次凍融實驗後，含有瓊崖海棠油的防曬乳液並未產生油水分離，SPF 數值也沒有太大變化。未來如能將超臨界瓊崖海棠種仁萃取物的萃取量提高，再搭配市售瓊崖海棠油，將具發展成為有機防曬劑替代品的潛力。



## 參考文獻

- (1) Leung, Y. M., Cheung, K. T., Chi, I. (2015) Supplementing vitamin D through sunlight: Associating health literacy with sunlight exposure behavior. *Archives of Gerontology and Geriatrics* 60(1), 134-141.
- (2) Kuchel, J.M., Barnetson, R.S.C., Halliday, G.M. (2002) Ultraviolet A augments solar-simulated ultraviolet radiation-induced local suppression of recall responses in humans. *Journal of Investigative Dermatology* 118(6), 1032-1037.
- (3) Lavker, R., Kaidbey, K. (1997) The spectral dependence for UVA induced cumulative damage in human skin. *Journal of Investigative Dermatology*. 108(1), 17-21.
- (4) Garland, C. F., Garland, F. C., Gorham, E. D. (2003) Epidemiologic evidence for different roles of ultraviolet A and B radiation in melanoma mortality rates. *Annals of Epidemiology*. 13(6), 395-404.
- (5) Salvador, A., Chisvert, A. (2005) Sunscreen analysis A critical survey on UV filters determination. *Analytica Chimica Acta*. 537(1), 1-14.
- (6) Hayden, C.G., Roberts, M.S., Benson, H.A. (1997) Systemic absorption of sunscreen after topical application. *The Lancet*. 350 (9081), 863-864.
- (7) Felix, T., Hall, B.J., Brodbelt, J. S. (1998) Determination of benzophenone-3 and metabolites in water and human urine by solid-phase microextraction and quadrupole ion trap GC-MS. *Analytica Chimica Acta*. 371(2), 195-203.
- (8) Sayre, R. M., Dowdy, J.C., Gerwig, A.J., Shields, W.J., Lloyd, R.V. (2005) Unexpected photolysis of the sunscreen octinoxate in the presence of the sunscreen avobenzene. *Photochemistry and Photobiology* 81(2), 452-456.
- (9) Perioli, L., Ambrogi, V., Bertini, B., Ricci, M., Nocchetti, M., Latterini, L., Rossi, C. (2006) Anionic clays for sunscreen agent safe use: Photoprotection, photostability and prevention of their skin penetration. *European Journal of Pharmaceutics and Biopharmaceutics*. 62(2), 185-193.
- (10) Gaspar, L.R., Maia-Campos, P.M. (2006) Evaluation of the photostability of different UV filter combinations in a sunscreen. *International Journal of Pharmaceutics*. 307(2), 123-128.
- (11) Kockler, J., Oelgemöller, M., Robertson, S. Glass, B. D. (2012) Photostability of sunscreens. *Journal of Photochemistry and Photobiology C: Photochemistry Reviews*.

- 13(1), 91-110.
- (12) Danovaro, R., Corinaldesi, C. (2003) Sunscreen products increase virus production through prophage induction in marine bacterioplankton. *Microbial Ecology*. 45(2), 109-118.
- (13) Ngoc, L.T., Tran, V.V., Moon, J.Y., Chae, M., Park, D., Lee, Y.C. (2019) Recent trends of sunscreen cosmetic: an update review. *Cosmetics*, 6 (4), 64-78.
- (14) Boo, Y.C. (2020) Emerging strategies to protect the skin from ultraviolet rays using plant-derived materials. *Antioxidants (Basel)*. 9 (7), 637.
- (15) Azam, M. M., Waris, A., Nahar, N. M. (2005) Prospects and potential of fatty acid methyl esters of some non-traditional seed oils for use as bio-diesel in India. *Biomass & Bioenergy*. 29(4), 293-302.
- (16) Ku, W.J., Lin, C.J., Lin, P. H. (2021) UV-protection performance of Calophyllum inophyllum seed extracts: a natural ultraviolet screening agent. *Natural Product Communications*. 16(1), 1-9.
- (17) Kamel, N. A., El-Messieh, S. L. A., Saleh, N. M. (2017) Chitosan/banana peel powder nanocomposites for wound dressing application: Preparation and characterization. *Materials Science and Engineering C*. 72, 543-550.
- (18) Australian/New Zealand Standard: Sunscreen products-Evaluation and classification, AS/NZS 2604:1998 Australian/New Zealand Standard.
- (19) Diffey, B.L., Robson, J. (1989) A new substrate to measure sunscreen protection factors throughout the ultraviolet spectrum. *Journal of Cosmetics, Dermatological Sciences and Applications*. 40(5), 127-133.
- (20) European Commission. Commission Recommendation of 22 September 2006 on the efficacy of sunscreen products and claims made relating thereto. Available: <[www.colipa.eu](http://www.colipa.eu)>, 2006 (accessed on: 09.03.11).
- (21) Therapeutic Goods Administration, Australian Regulatory guidelines for OTC medicines (ARGOM). Available: <<http://www.tga.gov.au>>, 2003 (accessed on:17.01.11).
- (22) Bhattacharya, S., Sherje, A. (2020) Development of resveratrol and green tea sunscreen formulation for combined photoprotective and antioxidant properties. *Journal of Drug Delivery Science and Technology* 60(2020), 102000.