

中華民國第四十五屆中小學科學展覽會  
作品說明書

---

國中組 生活與應用科學科

第一名

030811

紫外線，不要抹黑我

基隆市立銘傳國民中學

作者姓名：

國三 胡欣

指導老師：

林玉婉

# 中華民國第四十五屆中小學科學展覽會作品說明書

科別：生活與應用科學科

組別：國中組

作品名稱：紫外線，不要抹黑我

學校：基隆市立銘傳國中

指導教師：林玉婉

學生：胡欣

## 摘要

炎炎夏日，防曬聖品又紛紛出籠了。但是，這些產品是否具有隔絕紫外線的能力，而可以達到遮陽防曬的效果呢？本實驗即針對此一主題進行深入探討。

我們的研究大致分為二部分：（1）以問卷調查方式了解台灣女性對防曬的需求情形（2）以 E.coli 存活率來表現不同防曬方法的效果。

在實驗部分，我們採用原核生物界的生物—E.coli（大腸桿菌）作為實驗的對象，它具有簡單、方便操作的優點，且此物種的細胞較不複雜，方便我們在實驗操作進行時能夠控制週遭環境以及各種變因的調適。

實驗結果我們發現：物理性防曬法普遍較化學性防曬法更有效果；而在市售具有 PA 值的化學性防曬產品中，其抵擋 UVA 的功效也有許多差異。另外，我們也測試了珍珠粉、蜜粉與奈米級 TiO<sub>2</sub> 對 UVA 的遮蔽功效。而由於照射到地表的紫外線以 UVA 為主，故我們的實驗皆針對 UVA 作探討，未針對 UVB 做研究。

## 一、研究動機

人類在科技方面的過度發展，已對大自然造成無可彌補的傷害。我們一年級生物及三年級地球科學內容曾說：氟氯碳化物的廣泛應用，使得地球上空臭氧層的臭氧分子遭受破壞，以致南極上空的臭氧層破洞，加深了紫外線對地球生物的危害。過量的紫外線導致生物病變並面臨到生命威脅。

隨著科技日新月異，各家業者研發了各式防曬產品來降低紫外線的侵害。消費者在面臨這些五花八門、各式各樣的選擇時，是否該相信廣告中所謂的神奇功效？我們又該如何判斷這些產品是否只是充斥於市場、擁有華麗外表包裝的不實產品？

因為有了這項懷疑，我們有了檢測市面上基本防曬用品是否能確實功效的動機。本次的研究，我們將針對 UVA 作深入探討（紫外線中劑量佔 98%），希望能夠在各式物理或化學防曬產品中，檢測出當今人們最適合採取的防曬措施。

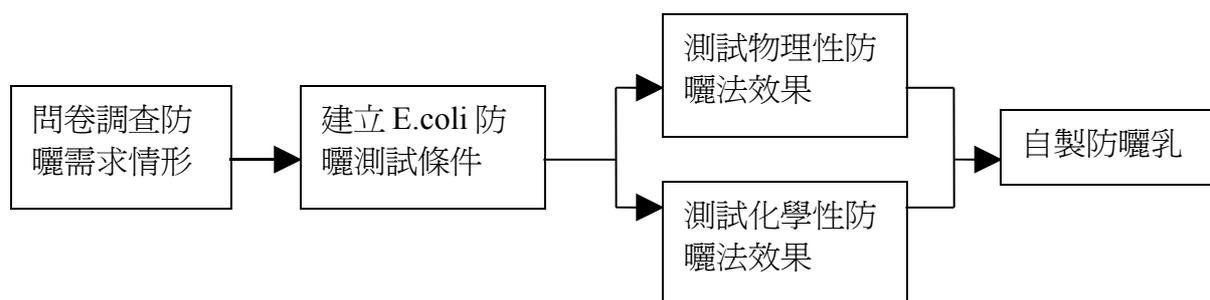
## 二、研究目的與流程

### 【目的】

1. 調查不同年齡層對防曬的需求情形。
2. 測試大腸桿菌（E.coli）對 UVA、UVB、UVC 之耐受力。
3. 探討不同物理性防曬法之效果。
4. 測試珍珠粉與蜜粉之防曬效果。
5. 比較市售化妝品之防曬效果。
6. 測試防曬產品塗抹量與防曬效果之關係。
7. 比較不同濃度  $\text{TiO}_2$  對 UVA 的遮蔽效果。
8. 自製防曬乳之防曬效果。



【流程】



### 三、實驗器材

項目	照片	項目	項目
無菌操作台		酒精	傘
震盪恆溫培養箱		塗菌棒	棉布
UV 燈管 (A、B、C)		燒杯	面霜
微量分注器		大腸桿菌 (E.coli)	乳液
Tip		保鮮膜	粉底液
微量天平		鋁箔紙	隔離霜
培養皿		計數器	防曬油
Agar		酒精燈	蜜粉
滅菌釜		TiO <sub>2</sub>	珍珠粉

## 四、文獻探討

- 1.UVA：波長最長（315~400nm），穿透力最強，照射到地表的紫外光線 98%為 UVA。會深入肌膚的深層，傷害肌膚的真皮層，造成肌膚老化、皺紋、黑斑、曬黑、曬紅。
- 2.UVB：波長居三者之中（280~315nm），照射到地表的紫外光線約 2%為 UVB。僅能達到肌膚的表皮，造成肌膚的曬傷、曬紅、皺紋、黑斑及皮膚癌。
- 3.UVC：波長最短（100~280nm），在大氣中就已經被臭氧層給吸收、散射掉了，所以無法到達地面。近年隨臭氧層破洞問題惡化，照射到地表量正隨之增加；具有強烈殺菌能力，對人體可造成皮膚病變、灼傷眼角膜等。
- 4.SPF（Sun Protection Factor）：顯示防止 UVB 傷害的防曬效果數值，SPF 防曬係數的數值適用於每一個人，其計算方法是：假設紫外線的強度不會因時間改變，一個沒有任何防曬措施的人如果待在陽光下 20 分鐘後皮膚會變紅，當他使用 SPF15 的防曬品時，表示可延長 15 倍的時間，也就是在 300 分鐘後皮膚才會被曬紅。
5. PA（Protection Grade of UVA）：指防止 UVA 到何種程度的指標，1996 年日本化妝品工業聯合會公佈的「UVA 防止效果測定法標準」，是目前日系商品中最廣被採用的標準，防禦效果被區分為三級，即 PA+、PA++、PA+++，PA+表示有效、PA++表示相當有效、PA+++表示非常有效。
6. 物理性防曬：利用反射原理，單純的將不要的紫外線彈回去，可以阻隔掉紫外線與可見光，防曬效果佳。
7. 化學性防曬：防曬因子（TiO<sub>2</sub>、ZnO 等）本身就可以吸收掉紫外線，將之轉化成熱能，其成分又細分為以吸收 UVA 或 UVB 兩大類。
8. 紫外線指數：中午陽光最強的一個小時中，地面上單位面積所累積紫外線輻射量的數值。其算法為：紫外線輻射每平方公尺累積量（焦耳）÷ 100。如：輻射累積量達每平方公尺為一百焦耳則紫外線指數為 1，若為二百焦耳則紫外線指數為 2，以此類推。
9. 防曬乳液的主要成分：

可以阻隔 UVB 的成分：PABA（para-aminobenzoic acid）、Octyl dimethyl PABA（Padimate-O）、Octyl methoxycinnamate（OMC）、Octocrylene 等。

可以阻隔 UVA 的成分：Octocrylene salicylate 〈OCS〉、Oxybenzone〈benzophenone-3〉、Avobenzone〈Parsol 1789〉、Mexoryl SX、Mexoryl XL 等。

## 五、研究方法及過程

### (一) 各年齡層防曬需求之分析

設計問卷（如附件），調查不同年齡層的防曬情況，並統計結果。

### (二) 設計實驗驗證不同防曬方法的功效

實驗一：測試大腸桿菌對 UVA、UVB、UVC 之耐受力

#### 1、製作培養基：

##### 1.配製 LB 溶液：

a .配方：10g Nace、10g tryptone、5g yeast extract、20g agar

b.製作過程：以微量天秤秤適量藥品，均勻混合並溶於 1L 去離子水中。

2.滅菌：置於殺菌釜內 30 分鐘。釜內加壓至 1.5 大氣壓，升溫至 121°C（照片一）。

3.降溫：將滅菌完之溶液置入溫水中降溫至約 45°C。

4.於無菌操作台中將 LB 溶液倒入培養皿中，待其冷卻凝固

（照片二）。

#### 二、操作步驟：

將實驗器材置入操作檯中進行滅菌：

1. 塗抹菌液：將濃度  $10^9$  之菌液以塗菌棒均勻塗抹至培養基上。（照片三）



照片一

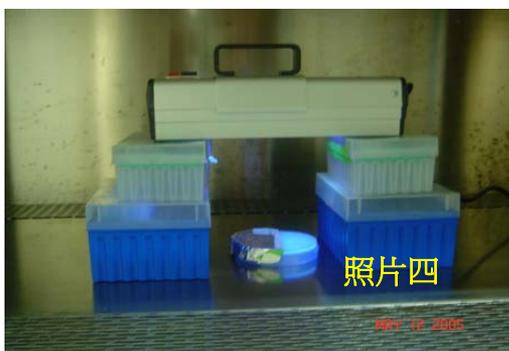


照片二



2. 將培養皿掀蓋包上保鮮膜，在保鮮膜左半部蓋上鋁箔紙遮蔽 UV。（如下頁圖）
3. 架設 UV 燈管，將培養皿分別照射 UVA、UVB、UVC。（照片四）
4. 將培養皿送至 37°C 恆溫培養箱中培養 15hr。（照片五）

照片三



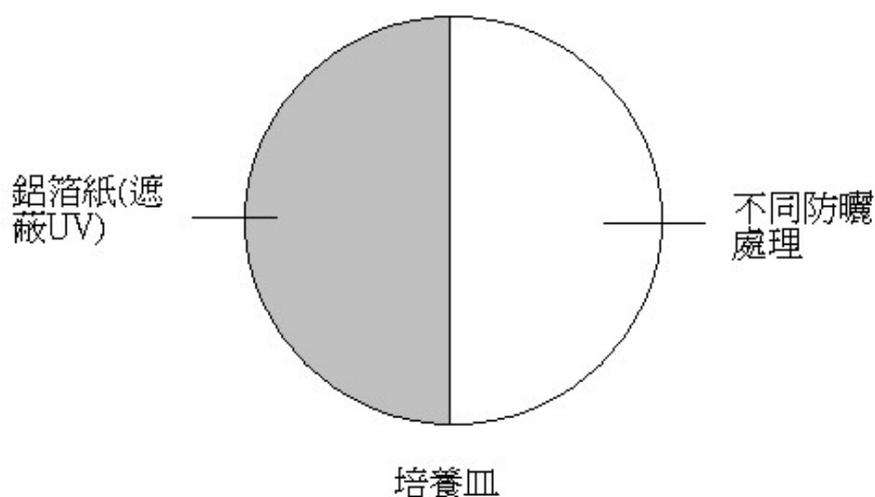
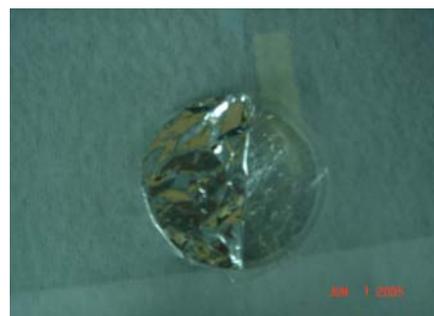
5. 計算左右半部長出的菌落數，以 E.coli 存活率 (%) 表示防曬效果：(下式)

$$\text{E.coli 存活率(\%)} = \frac{\text{右半部不同防曬處理存活菌落數}}{\text{左半部未照UV存活菌落數}}$$

6. 重複實驗三至五次，取平均值。

7. 將照射時間換算成能量(下式)，並製表比較：

$$\text{照射能量 (J/cm}^2\text{)} = \text{W/cm}^2 \times \text{照射時間 (秒)}$$

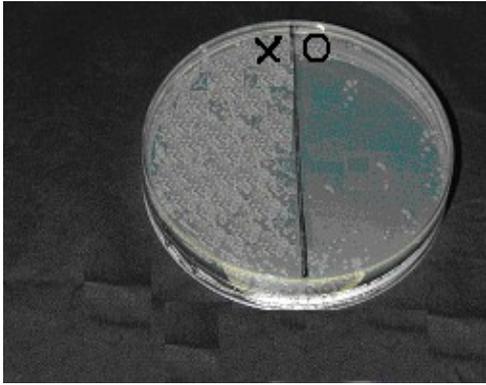


實驗二：探討不同物理性防曬法之效果

步驟與實驗一同，操作至步驟3時，保鮮膜右半部以傘布、棉布、絲襪等物理性防曬措施加以遮蔽，再照射UVA光線。

### 實驗三：比較市售化妝品（無防曬係數者）之防曬效果

步驟與實驗二同，但將各種物理性防曬措施改為乳液、面霜、隔離霜…等無防曬係數之化妝品，以微量天秤各秤 0.045g 塗抹於保鮮膜之右半部，再照射 UVA 光線各 5、10、15、20 分鐘，比較 E.coli 存活率之差異。



### 實驗四：測試珍珠粉與蜜粉之防曬效果

取同一品牌不具防曬係數的乳液，分別添加 1%、3%、5% 珍珠粉、蜜粉，照射 UVA 光線各 5、10、15、20 分鐘，比較 E.coli 存活率之差異。

### 實驗五：比較市售化妝品（有防曬係數者）之防曬效果

取 PA 值不同之化妝品（防曬乳、隔離霜等），經上述處理後，分別照射 UVA 光線 5、10、15、20 分鐘，再比較 E.coli 存活率之差異。



### 實驗六：測試防曬產品塗抹量與防曬效果之關係

取同一防曬產品，分別塗抹 0.045g、0.09g、0.135g，照射 UVA 光線 20 分鐘，比較 E.coli 存活率之差異。

### 實驗七：比較不同濃度 TiO<sub>2</sub> 對 UVA 的遮蔽效果

取同一品牌不具防曬係數的乳液，分別添加 10%、1% TiO<sub>2</sub>（約 20nm），照射 UVA 光線，比較 E.coli 存活率之差異。

### 實驗八：自製防曬乳之防曬效果

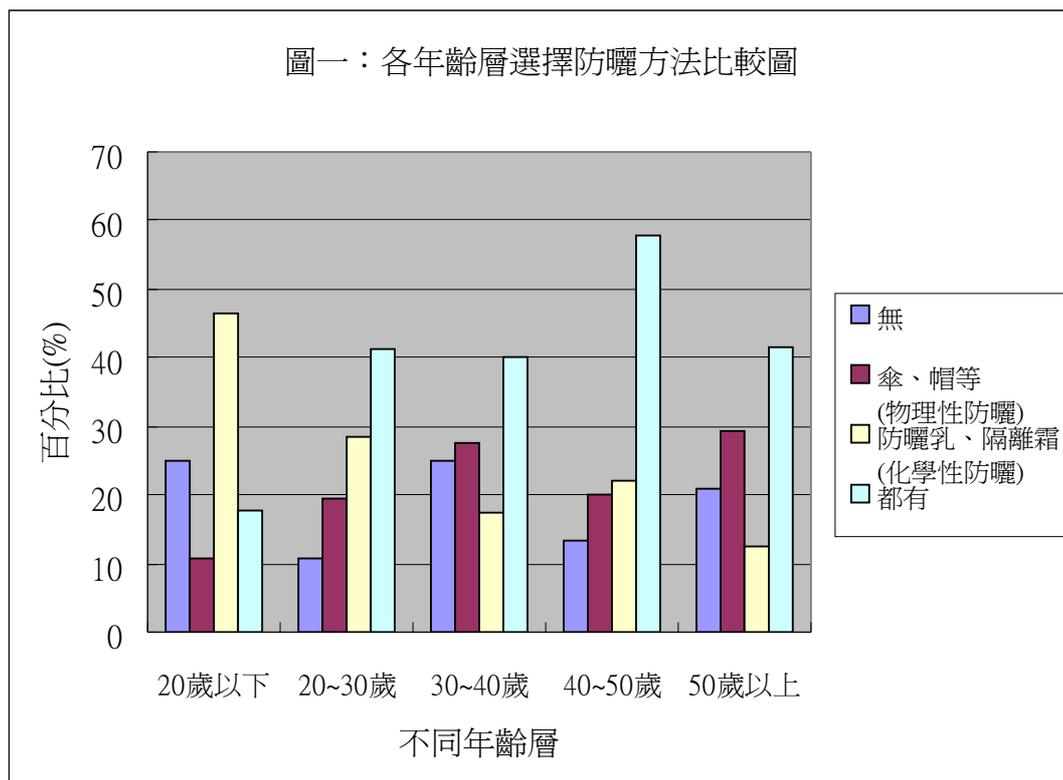
取同一品牌不具防曬係數的乳液，添加不同濃度珍珠粉、TiO<sub>2</sub> 與蜜粉，照射 UVA 光線各 5、10、15、20 分鐘，比較 E.coli 存活率之差異。

## 六、結果與討論

### (1) 各年齡層防曬需求之分析

#### 一、各年齡層選擇物理性或化學性防曬方法的差異

#### 【結果】



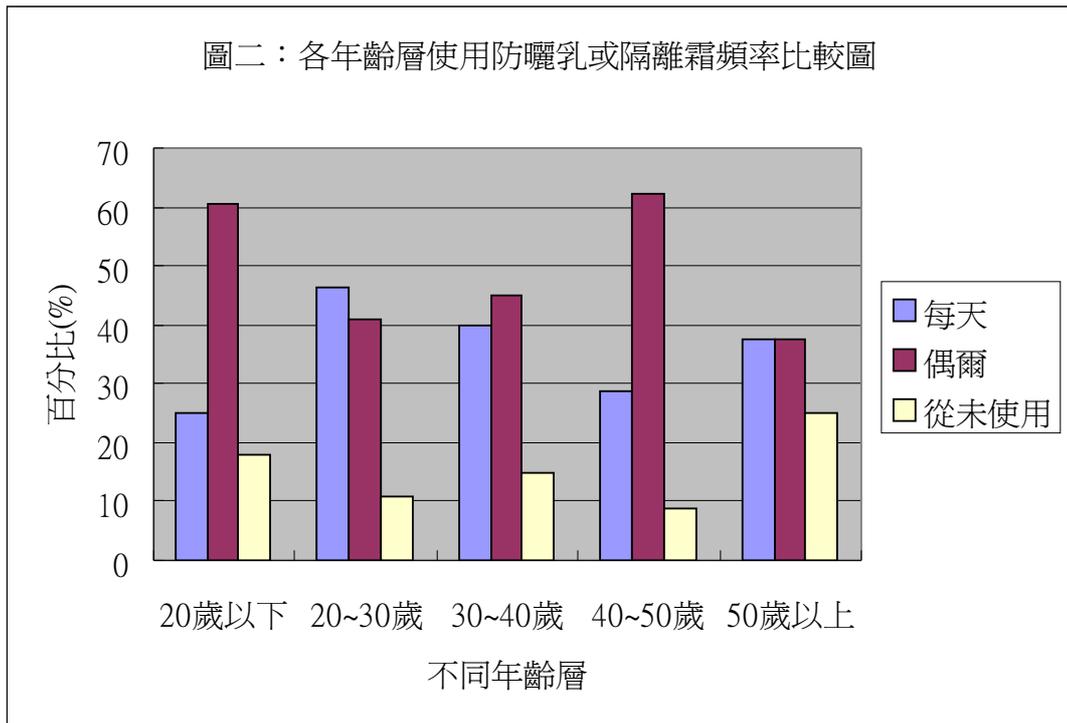
#### 【討論】

1. 由圖一可知，20歲以下年輕人喜歡以塗抹防曬乳等方式來防曬，而20歲以上的人則以物理性與化學性防曬法並用居多。
2. 在問卷調查中我們發現，對於防曬係數SPF、PA的定義，40歲以下的人較了解；而50歲以上的人75%皆不知防曬係數的意義。
3. 各年齡層皆有10~20%的人夏日未使用任何防曬方法來阻絕紫外線的刺激，顯示仍有部分人口不重視防曬觀念。
4. 隨著氟氯碳化物的使用，臭氧層有逐年減少的趨勢，這造成了人類罹患白內障、皮膚癌、免疫系統障礙的機率增加，故適當的防曬措施實有其必要性。

5. 我們希望下次能透過傳單方式，加深市民防曬概念，為社會貢獻心力。

## 二、各年齡層使用防曬乳（隔離霜）的頻率

### 【結果】

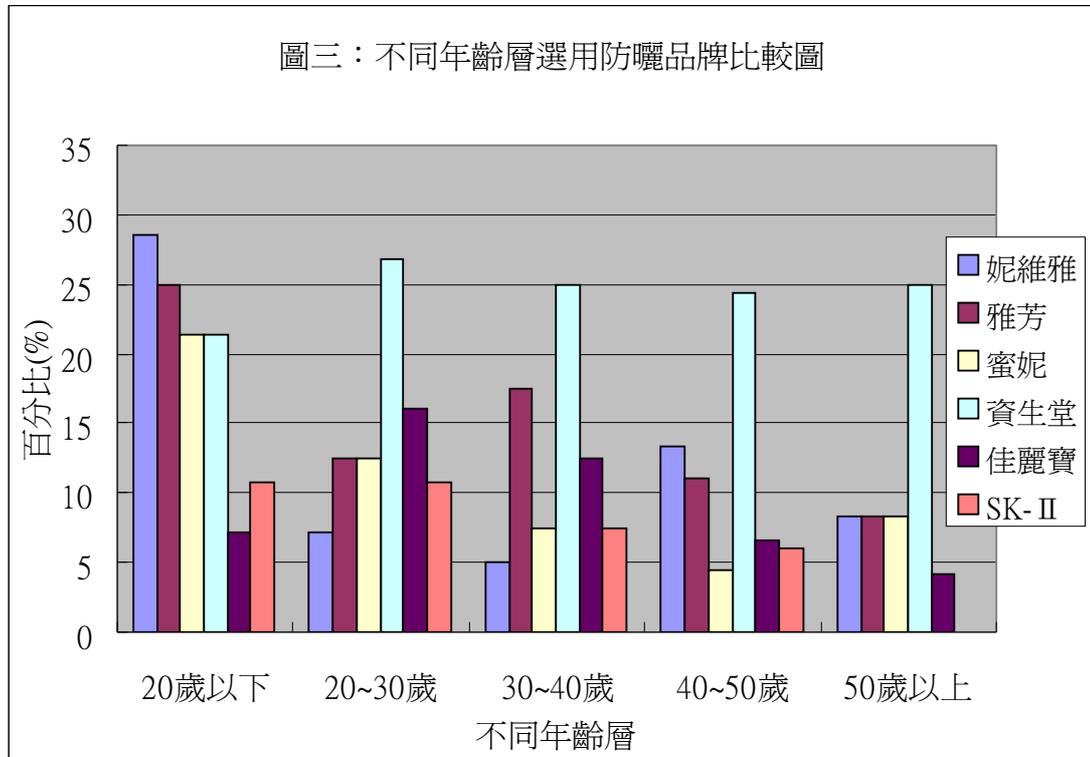


### 【討論】

1. 由圖二可知，大部分女性只偶爾使用防曬乳或隔離霜來防曬，而每天使用防曬產品比率最高者為 20~30 歲左右的女性。
2. 從未使用防曬產品者以 50 歲以上女性居多，可見國內女性的防曬常識仍需加強。
3. 本問卷未針對男性做調查，原因為男性使用率偏低。

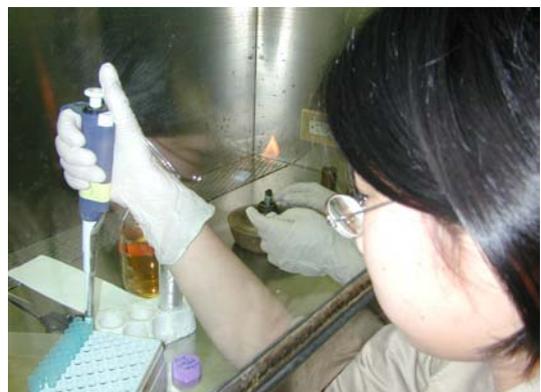
### 三、各年齡層使用防曬產品品牌的差異

#### 【結果】



#### 【討論】

1. 問卷調查結果發現，國人喜愛的防曬品牌以日系產品為主，歐美品牌使用率偏低；20歲以下女性喜歡購買開架式化妝品，我們推測這是因為價格較低的關係。
2. 圖三僅顯示在調查結果中前六名使用率最高的產品，並未顯示出其他使用率較低的品牌。
3. 各年齡層喜愛品牌的次序不盡相同，但臺灣女性顯然最愛使用資生堂產品。
4. 調查結果發現，大部分臺灣女性並不認為名牌產品的防曬效果會較好，反而會因為防曬係數較高而選擇購買。
5. 我們發現一般國人缺乏防曬係數較高者會對皮膚造成負擔較重的觀念，且多數人無使用後卸妝的習慣。
6. 由於長時間暴露於紫外線下，會對人類皮膚、眼睛造成傷害（見文獻探討），所以我們接著利用大腸桿菌（E.coli）來測試紫外線對細菌



胞的影響。

(二) 驗證防曬產品功效之實驗結果

實驗一：測試大腸桿菌 (E.coli) 對 UVA、UVB、UVC 之耐受力

【結果】 表一：各 UV 光線實驗條件

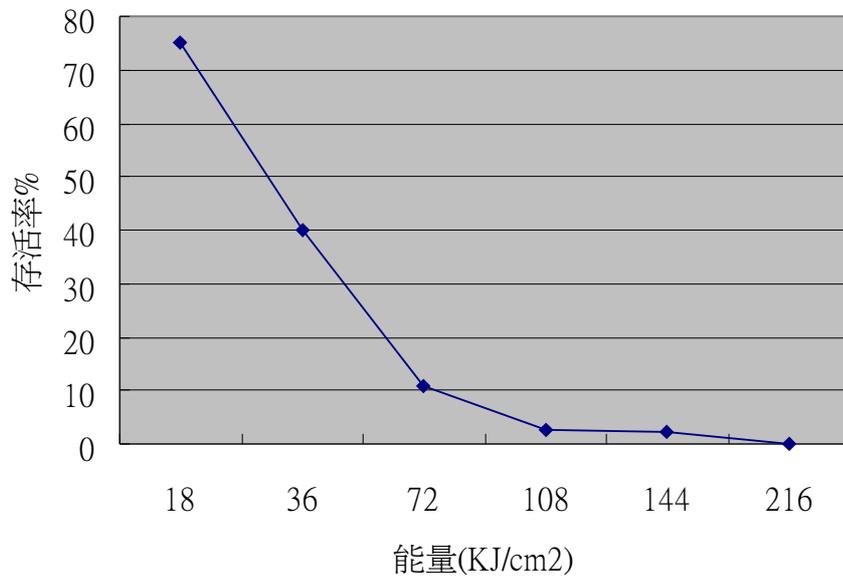
UV 種類	距離 15cm 光強度	實驗操作距離	實驗光強度	光照 1 秒接受能量 ( $J=Ws/cm^2$ )
UVA	300 $\mu$ W/cm <sup>2</sup> (15cm)	1.5 cm	30000 $\mu$ W/cm <sup>2</sup>	300 J
UVB	610 $\mu$ W/cm <sup>2</sup> (15cm)	150 cm	6.1 $\mu$ W/cm <sup>2</sup>	0.061 J
UVC	310 $\mu$ W/cm <sup>2</sup> (15cm)	122 cm	4.6875 $\mu$ W/cm <sup>2</sup>	0.046875 J

表二：E.coli 對各 UV 之耐受力

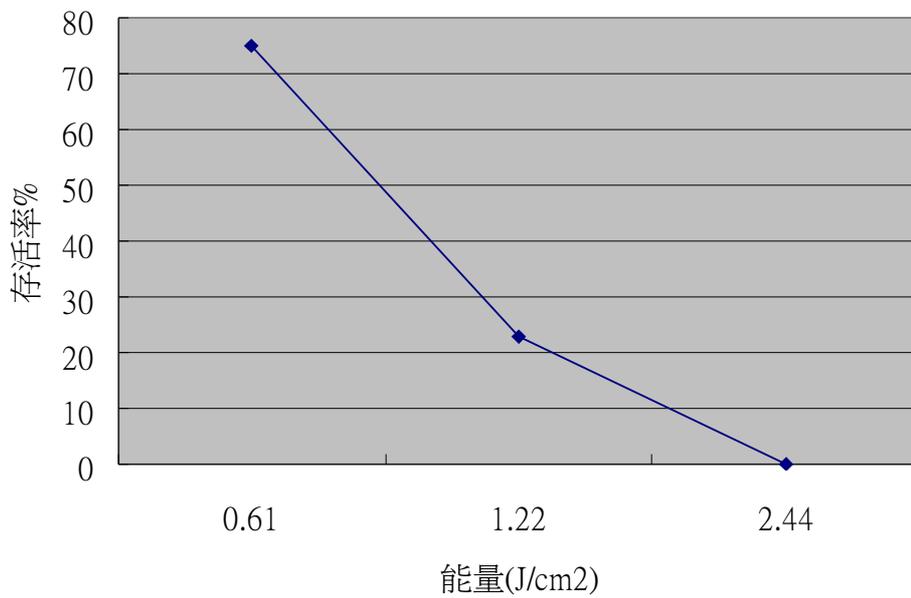
UV 種類	時間					
	能量					
UVA (365 nm)	1 min 18 KJ	2 min 36 KJ	4 min 72 KJ	6 min 108 KJ	8 min 144 KJ	12 min 216 KJ
存活率	75 %	40 %	11%	2.8 %	2.2 %	0 %
UVB (312 nm)	10 sec 0.61 J	20 sec 1.22 J	40 sec 2.44 J	60 sec 3.66 J	80 sec 4.88 J	100 sec 6.10 J
存活率	75.15%	22.86%	0%	0%	0%	0%
UVC (254 nm)	8 sec 0.375 J	16 sec 0.75 J	24 sec 1.125 J	32 sec 1.5 J	48 sec 2.25 J	96 sec 4.5 J
存活率	99 %	85 %	47.9 %	14 %	8.65 %	2.35 %

將上表繪製成圖作比較：

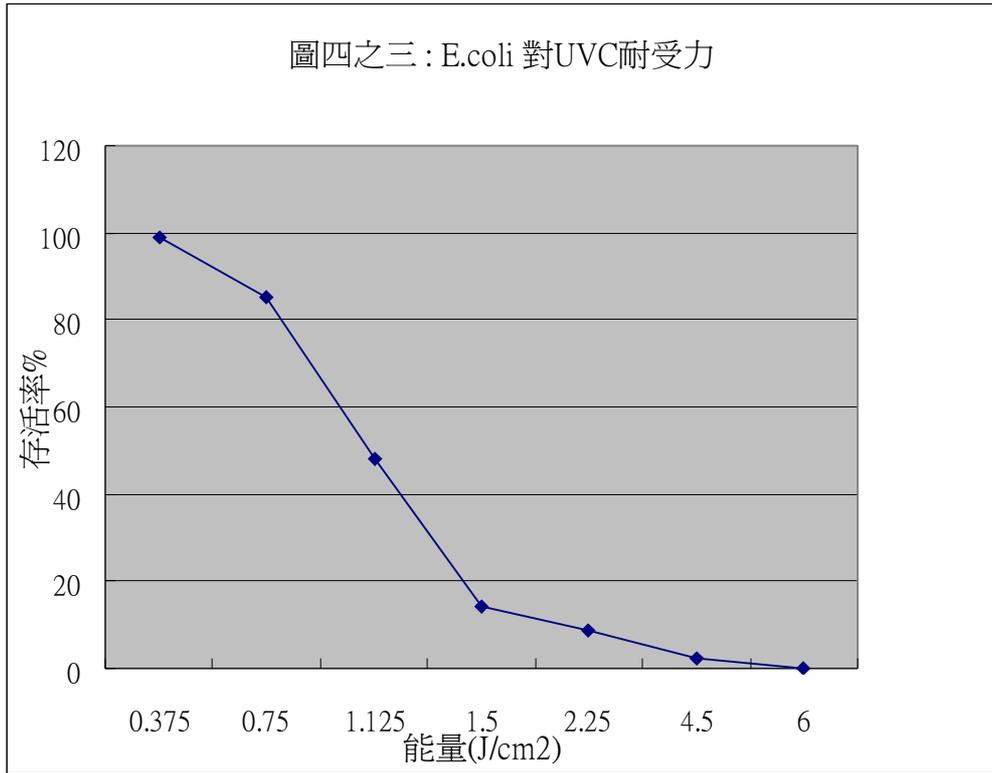
圖四之一：E.coli 對UVA耐受力



圖四之二：E.coli 對 UVB 耐受力

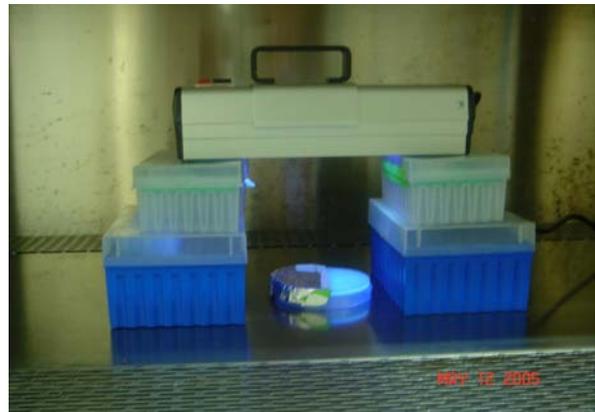


圖四之三：E.coli 對UVC耐受力



## 【討論】

1. 由上述結果可知，UVA、UVB、UVC 對生物細胞皆有其殺傷力，UVB 對大腸桿菌的殺傷力最強，故在照射能量只有  $2.44\text{J}/\text{cm}^2$  時（圖四之二），大腸桿菌即全數死亡。
2. 紫外線的能量會影響細胞中 DNA 的結構與修復能力，導致細胞分裂受阻而抑制生長，造成細胞老化、癌化或死亡。就紫外線波長而言，波長愈短能量愈高，所以對細胞生長影響就愈大，此點在本實驗中明顯可見。
3. 實驗中我們以鋁箔紙遮蔽培養皿左半部來阻擋 UV 的照射，這是因為金屬可阻擋並反射紫外線電磁波，達到遮蔽 UV 的效果以作為對照之用。
4. 一般市面上殺菌光線均採用 UVC，這是因為 UVC 波長較短，能量較高之故（但其穿透力卻最弱），在長時間照射下，易打斷微生物 DNA 之鍵結；而能量最弱的 UVA，波長較長，穿透力則最高（參考資料），故進入對流層之紫外線以 UVA 為主。
5. 實驗組受到 UV 光線傷害之右半部，可明顯觀察到 E.coli 之菌落較肥厚，推測原因有二：一為 UV 光線的影響，使右半部存活之 E.coli 較左半部有更大的生存空間，因此菌落才會特別肥厚；二為紫外線本身造成 E.coli 基因之變異，此突變種之繁殖能力較原 E.coli 佳，因而造成菌落肥大的現象。
6. 由於戶外紫外線照射 98% 為 UVA，故我們下列實驗皆採 UVA 為照射能源。



## 實驗二：探討不同物理性防曬法之效果

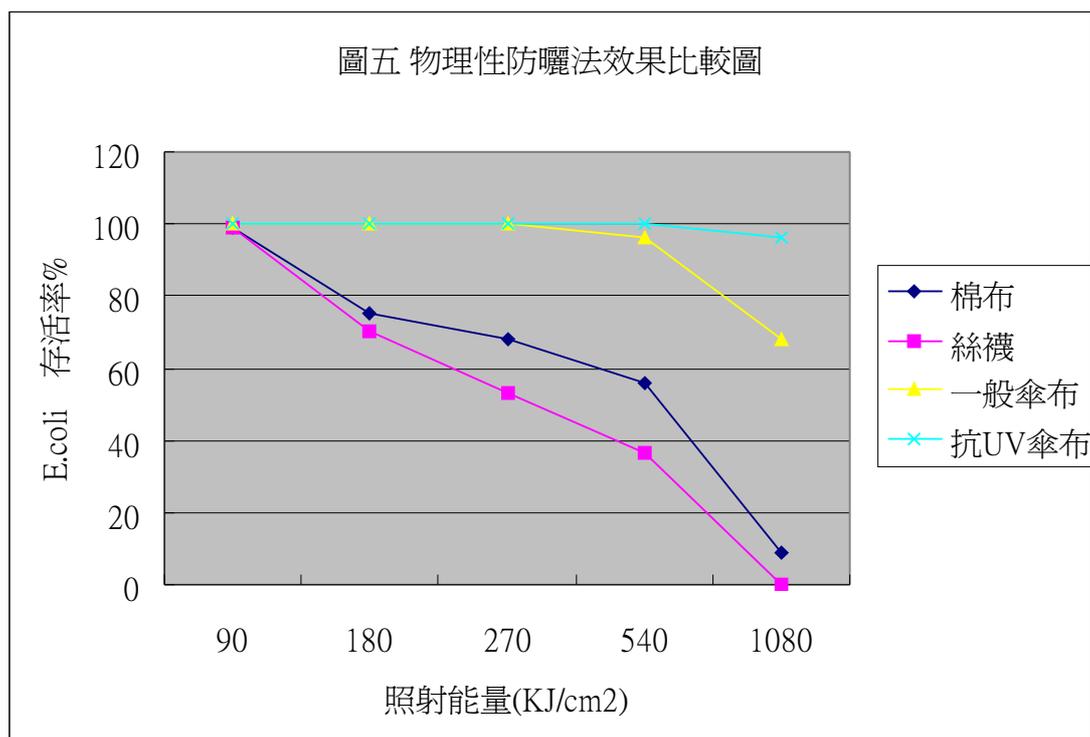
### 【結果】

表三：不同物理性防曬處理對 UVA 遮蔽效果

E.coli 存活率 處理材質	照射 能量 %	90 KJ/cm <sup>2</sup>	180 KJ/cm <sup>2</sup>	270 KJ/cm <sup>2</sup>	540 KJ/cm <sup>2</sup>	1080 KJ/cm <sup>2</sup>
		99%	75%	68%	56%	8.6%
棉布						

絲襪	99%	70%	53%	36.6%	0%
一般傘布	100%	100%	100%	96%	63.1%
抗UV傘布	100%	100%	100%	100%	96%

將上表繪製成下圖比較：



### 【討論】

1. 由上述結果可知，四者對於抵抗UVA之效果依序為：抗UV傘布>一般傘布>棉布>絲襪。這是因為抗UV傘布中含多種能將紫外線反射的材質（例如：UV漆等），暴露於紫外線下時，可達高保護效果。而絲襪、棉布則無，因此對E.coli之保護效果明顯低於抗UV傘布。
2. 一般戶外撐傘防曬時，無法避免外界紫外線的折射與反射，故撐傘的防曬效果仍有其限度。
3. 由於本實驗所照射之UVA劑量遠高於一般戶外紫外線照射劑量，故由圖五可知，平時我們穿在身上的棉質衣物也有不錯的防曬效果。



4. 一般戶外紫外線照射劑量以紫外線指數表示（見文獻探討），共可分為 15 級，七級表「過量」，十級以上表「危險」。戶外紫外線的強弱受太陽角度、臭氧總量、雲、懸浮微粒、地表反照率及高度等因素影響。故在本實驗中，我們以控制紫外線照射量來對比防曬效果；而為了縮短反應所需時間，我們皆採高劑量照射。
5. 由實驗可知，市面上許多標明「抗 UV 傘布」的洋傘，其抵擋紫外線的效果與一般傘布差異不大；以氣象上紫外線指數的最高級—15 級（1500J/m<sup>2</sup>）而言，一般傘布已具有極佳的防曬效果。
6. 一般進行防曬措施時，常在臉上、手上塗抹各種防曬產品，以增強保護效果。因此我們接著測試各種不同化妝品的防曬功效。

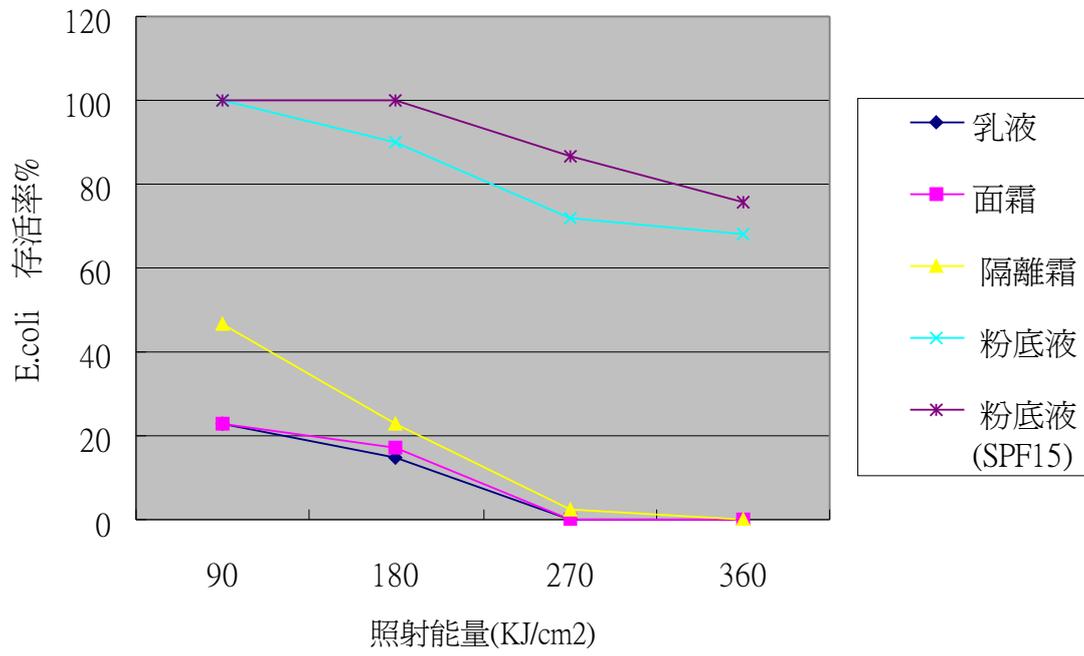
### 實驗三：比較不同化妝品（無 PA 值者）之防曬效果

【結果】 表四：不同化妝品（無防曬係數者）對 UVA 遮蔽效果

E.coli 存 活 率 化 妝 品	照射能量			
	90KJ/cm <sup>2</sup>	180KJ/cm <sup>2</sup>	270KJ/cm <sup>2</sup>	360KJ/cm <sup>2</sup>
乳液	23%	15%	0%	0%
面霜	22.8%	17.25%	0%	0%
隔離霜	46.58%	23%	2.29%	0%
粉底液	100%	90%	71.79%	68.1%
粉底液(SPF15)	100%	100%	86.5%	75.8%

將上表繪製成下圖比較：

圖六 市售化妝品(無防曬係數者)之防曬效果

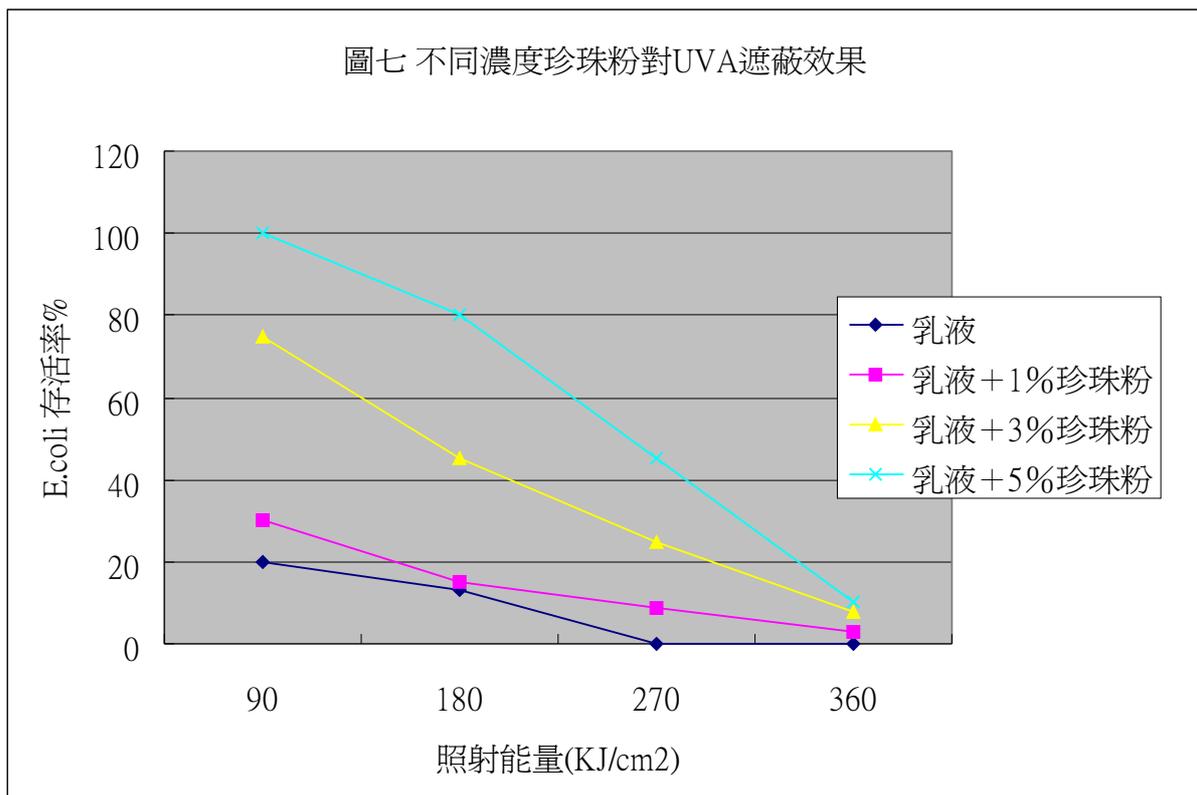


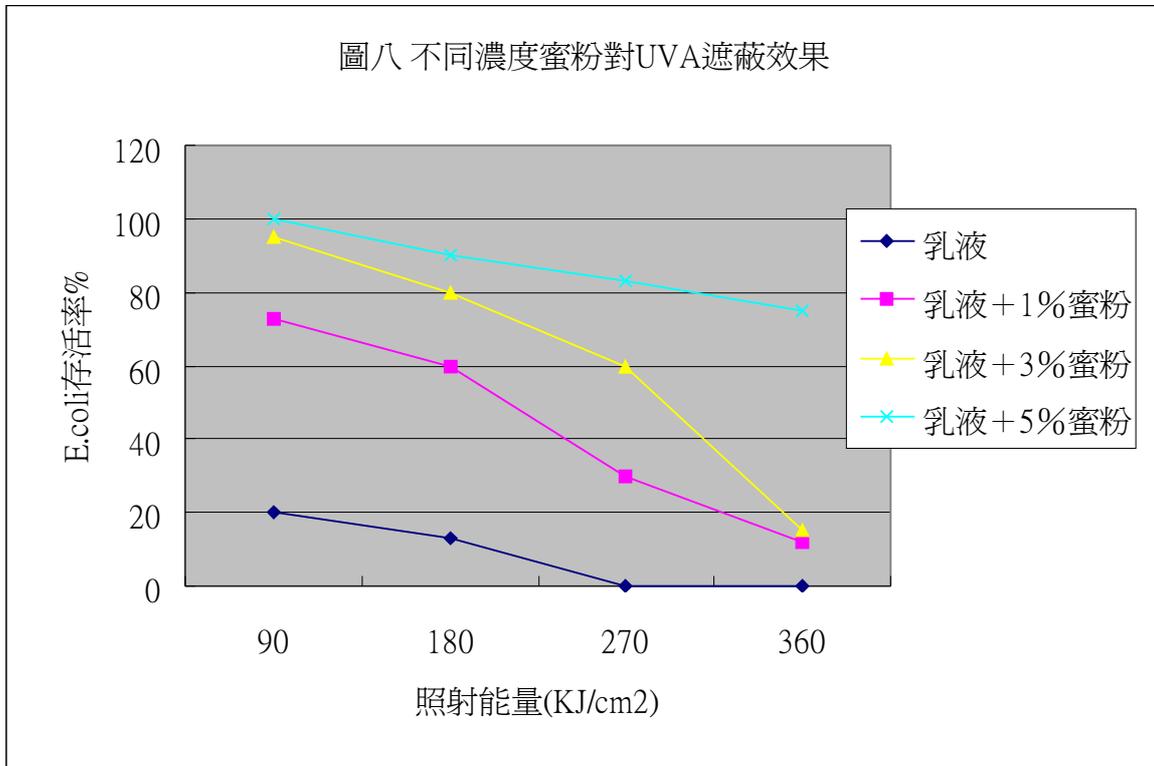
## 【討論】

1. 由表四、圖六可知，一般不含防曬係數的乳液、面霜、隔離霜等化妝品，阻擋 UVA 的效果皆不佳；但在粉底液的部份，阻擋 UVA 的效果卻十分良好，經電詢產品公司，我們發現它是利用珍珠蛋白粉末折射紫外線，達到阻擋 UVA 的功效。
2. 為了解粉底液的防曬效果，我們另選了含 SPF 值而無 PA 值的粉底液做比較，發現其抵擋 UVA 的功效也一樣良好，我們推測這是因為粉底液中含有細粒粉末，增加其對 UVA 的遮蔽效果，造成雖無 PA 值的標記，但阻擋 UVA 的功效一樣顯著。
3. 由於防曬係數的標明須產品內含衛生署規定的防曬成分（見文獻探討），所以在本實驗中我們可以發現，一些不含防曬係數的產品仍有不錯的防曬效果，這是因為產品中含有其它可反射紫外線的因子所致，此點顯示由細粒粉末直接反射紫外線的物理性防曬法功效極佳。
4. 為驗證上述說法，我們接著設計下列實驗。

### 實驗四：測試珍珠粉與蜜粉之防曬效果

## 【結果】





### 【討論】

1. 蜜粉是具有膚色的細粒粉末，撲在臉上可修飾膚色，所以我們將蜜粉與乳液調成如同粉底液一般顏色的溶液進行測試，結果發現蜜粉、珍珠粉皆可隔絕紫外線（圖七、八），其中以蜜粉效果最好；經查資料顯示，蜜粉的主要成分為雲母粉末與滑石粉，而雲母反射光線的能力極佳。
2. 由上述實驗我們發現，細粒粉末可反射UVA，但效果視顆粒性質有所不同。
3. 珍珠粉與蜜粉都是以反射紫外線達到防曬的效果（物理性防曬法）。在5%的低濃度下，蜜粉即可使E.coli在高劑量照射下達到75%左右的存活率。此點顯示在一些防曬產品中，選擇添加細小顆粒來提高防曬效果，就是運用這個原理。
4. 一般物理性防曬粉體對皮膚沒有化學性的傷害，但有阻塞毛孔及有礙皮膚自然透氣的缺點。化學性的紫外線吸收劑則可能因用量不當或膚質過敏而引起化學性傷害。
5. 由本實驗可知，我們在進行防曬措施時，也可選擇在皮膚上塗上一層蜜粉或粉底液，就可以達到很好的防曬效果了。

6. 為了解市售防曬產品的防曬功效是否較佳，我們收集了許多常用品牌來進行測試與比較，下面就是我們的實驗結果。

### 實驗五：比較市售化妝品（有防曬係數者）之防曬效果

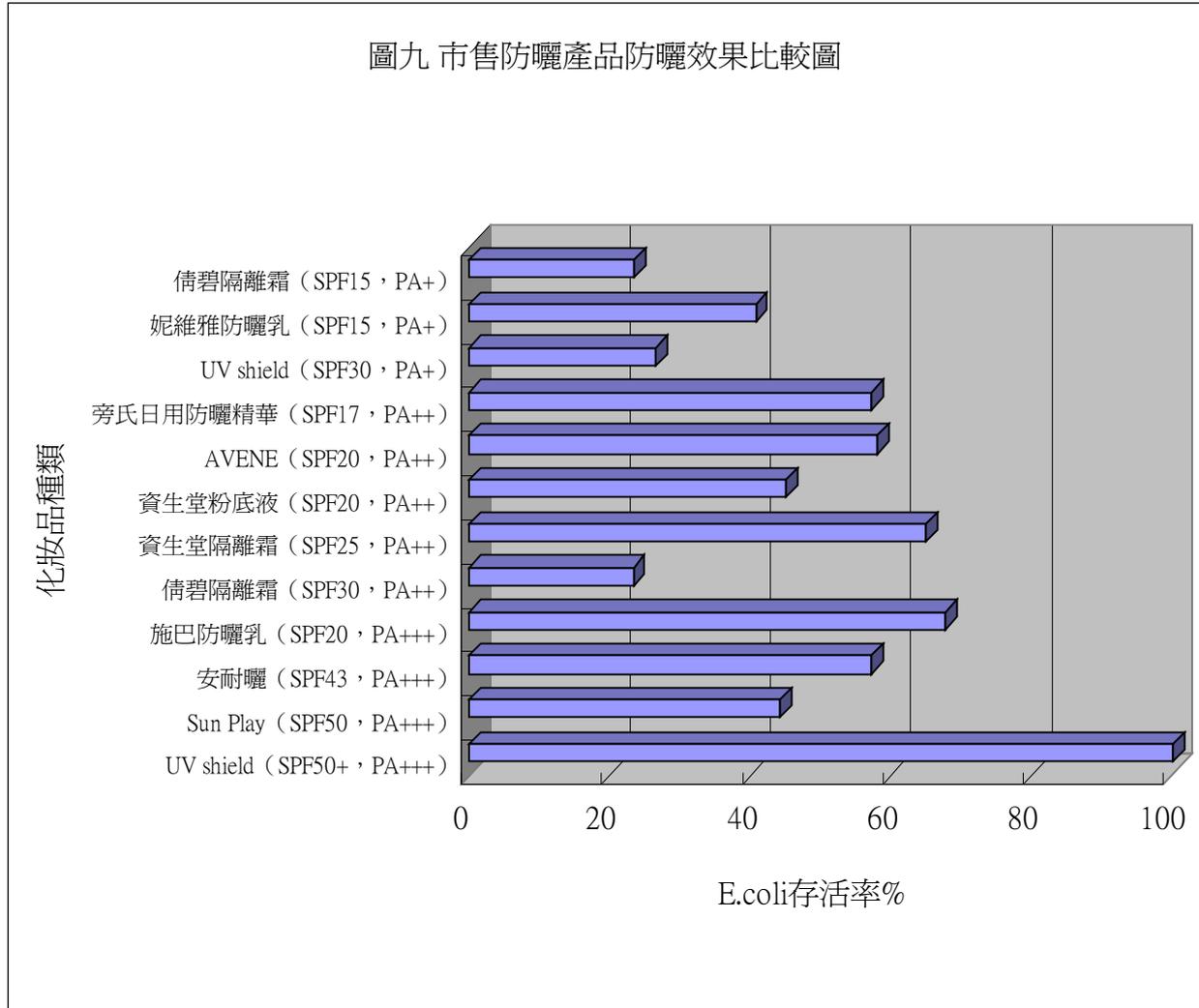
【結果】 表五：不同化妝品（有防曬係數 PA 值與 SPF 值者）對 UVA 遮蔽效果

E.coli 存 活 率	照 射 能 量			
	90KJ/cm <sup>2</sup>	180KJ/cm <sup>2</sup>	270KJ/cm <sup>2</sup>	360KJ/cm <sup>2</sup>
倩碧隔離霜 (SPF15, PA+)	83.3%	50.87%	40%	23.53%
妮維雅防曬乳 (SPF15, PA+)	84.5%	68.1%	60.8%	40.74%
UV shield (SPF30, PA+)	100%	51.7%	28.57%	26.4%
旁氏日用防曬精華 (SPF17, PA++)	100%	74.8%	60.74%	57.3%
雅漾 AVENE (SPF20, PA++)	100%	93.1%	71.1%	58%
資生堂粉底液 (SPF20, PA++)	100%	79.7%	69.3%	45%
資生堂隔離霜 (SPF25, PA++)	100%	79.4%	78.38%	65%
倩碧隔離霜 (SPF30, PA++)	100%	66.9%	64.1%	23.3%
施巴防曬乳 (SPF20, PA+++)	100%	90%	75%	67.7%
安耐曬 (SPF43, PA+++)	100%	78.2%	70.1%	57.1%
Sun Play (SPF50, PA+++)	100%	90%	65%	44.2%
UV shield (SPF50+, PA+++)	100%	100%	100%	100%

我們將能量為 360KJ/cm<sup>2</sup> 部分繪成長條圖做比較（下頁）：



圖九 市售防曬產品防曬效果比較圖



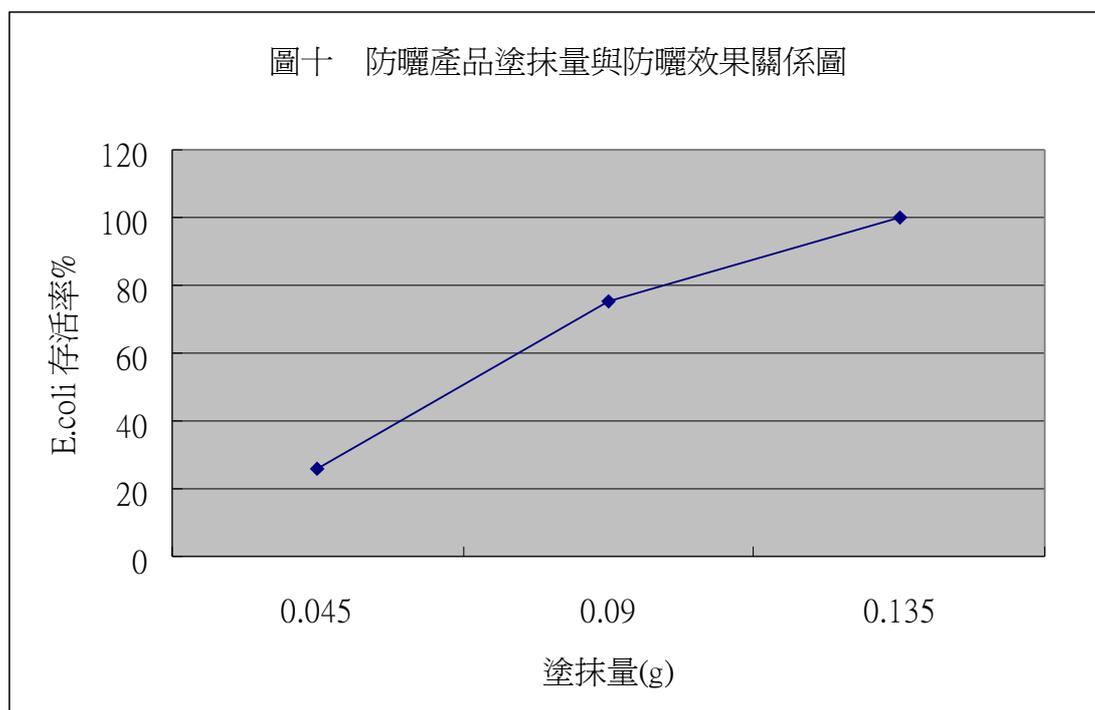
### 【討論】

1. 由圖九可知，防曬產品對抗 UVA 的能力大致上仍為：PA+++ > PA++ > PA+；一般而言，產品的 SPF 值愈高者，PA 值也愈高。
2. 在同一 PA 值下，SPF 值的大小對抵擋 UVA 的效果影響不大，顯示各防曬成分對紫外線的抵擋能力有其專一性。
3. 圖九結果顯示，一些市售防曬產品雖然有高 PA 值，但抵擋 UVA 的效果仍不佳（如 Sun Play 防曬乳）；而所謂名牌化妝品的防曬效果也未必好（如：倩碧、安耐曬等）；我們推測可能影響原因有：化妝品使用時間長短、照射劑量對產品成份的影響等，而由於時間因素，我們無法做更進一步的分析。
4. 實驗結果顯示，隔離霜、粉底液的防曬效果並不亞於防曬乳，所以平時出門皆可選擇其為防曬產品，一樣具有不錯的防曬效果。

5. 由於經費有限，我們無法做更多的調查與比較，但在所有防曬產品中，我們發現 UV shield 防曬乳的防曬效果極佳，此產品可至藥房購買。
6. 比較實驗三、四、五的結果可以發現，具防曬係數產品的防曬效果不見得優於不含防曬係數者。而許多人喜歡在擦了粉底液或隔離霜後再塗一層防曬油防曬，由本實驗可看出，此舉不但多餘，且對皮膚造成許多負擔。因此在塗抹防曬產品時，不宜使用過多防曬產品。
7. 本實驗 UVA 之照射皆採高劑量，一般戶外紫外線照射量遠低於本實驗所採劑量，故只要避免長時間戶外照射，一般防曬產品仍有其防曬效果。
8. 為探討防曬效果是否會因為塗抹量而所有不同，我們設計了下列實驗加以驗證其相關性。

#### 實驗六：測試防曬產品塗抹量與防曬效果之關係

##### 【結果】



##### 【討論】

1. 我們選擇實驗四中防曬效果較低的倩碧隔離霜(SPF15, PA+)來做觀察，結果發現塗抹量愈高，防曬功效愈佳，顯示多擦防曬產品可增加抵擋紫外線的能力。

2. 上述實驗證實，對某些防曬效果較差或防曬係數較低的產品，可藉由增加塗抹量達到阻擋紫外線的功效。

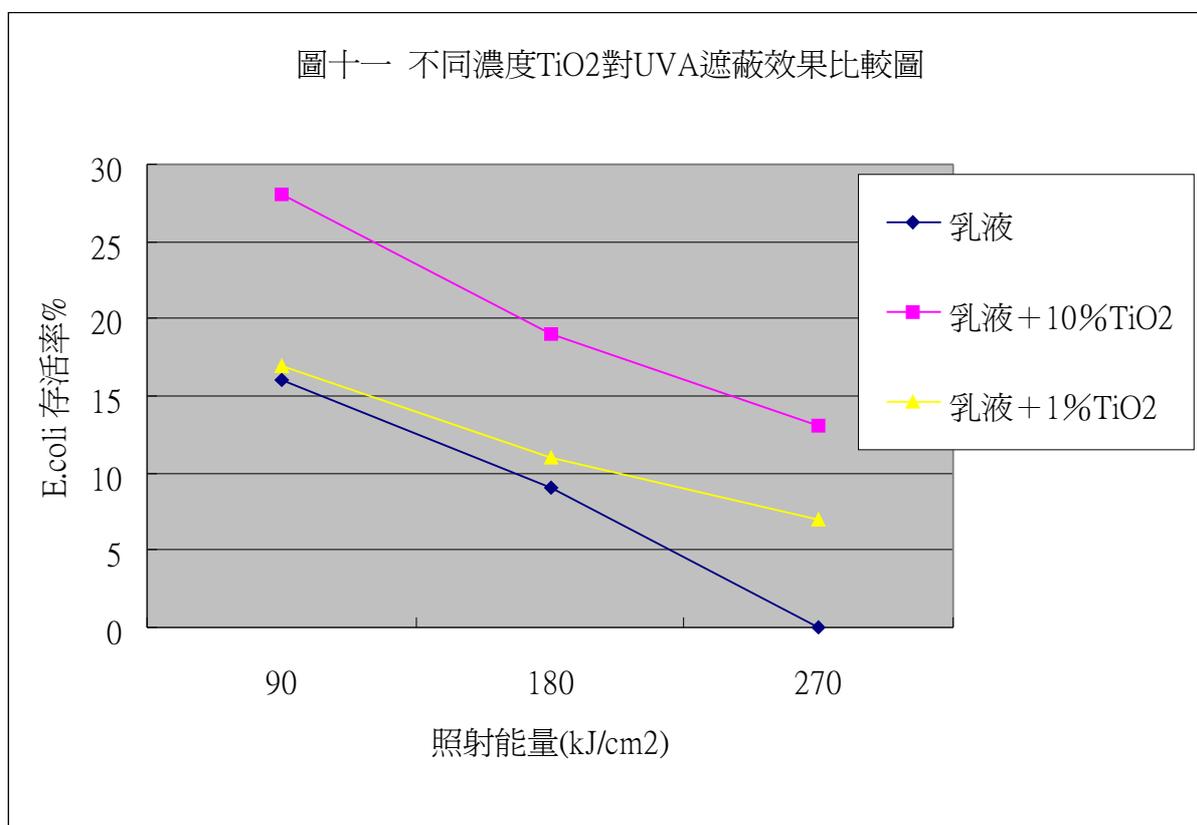


實驗七：比較不同濃度 TiO<sub>2</sub> 對 UVA 的遮蔽效果

【結果】 表六：不同濃度 TiO<sub>2</sub> 對 UVA 的遮蔽效果比較表 (TiO<sub>2</sub> 顆粒大小約 20nm)

E.coli 存活率 處理	照射能量	90KJ/cm <sup>2</sup>	180KJ/cm <sup>2</sup>	270KJ/cm <sup>2</sup>
乳液 (不含防曬係數)		16%	9%	0%
乳液 + 10%TiO <sub>2</sub>		28%	19%	13%
乳液 + 1%TiO <sub>2</sub>		17%	11%	7%

將上表繪製成下圖比較：



## 【討論】

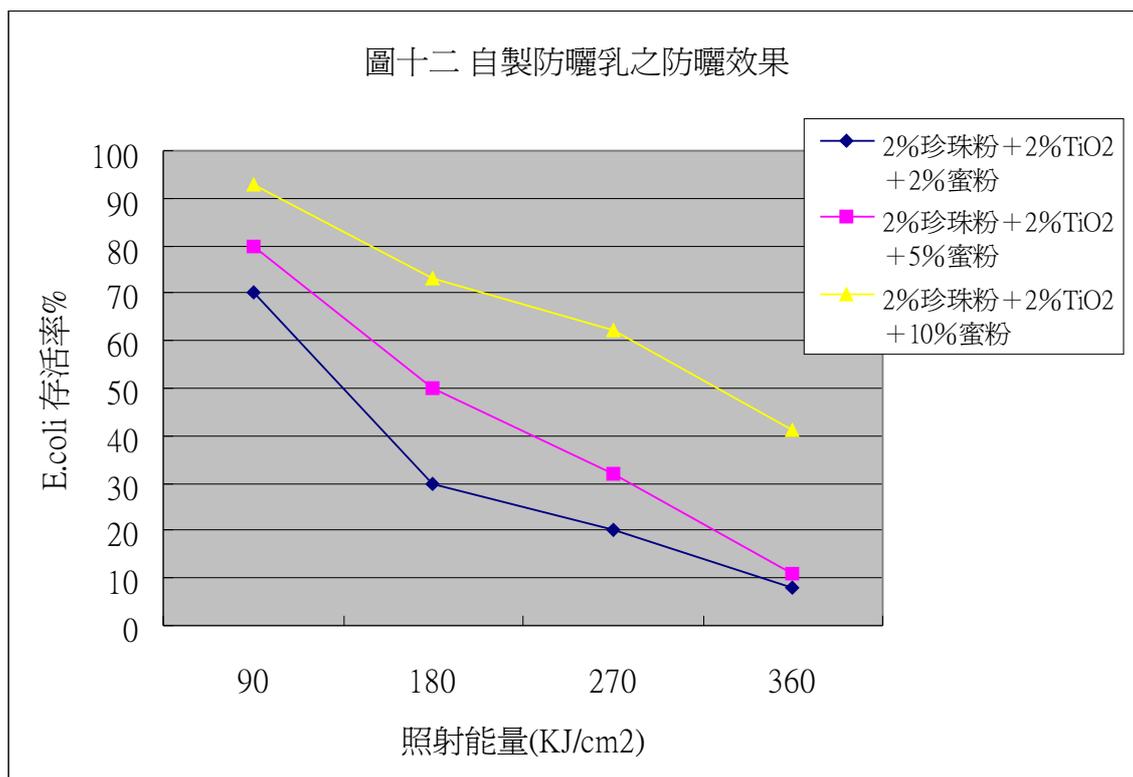
1. 由於目前防曬成分中，許多產品皆強調奈米防曬法的功效，故我們以奈米級  $\text{TiO}_2$  來研究其防曬效果。實驗結果顯示，以吸收 UVA 為主要機制的  $\text{TiO}_2$ （化學性防曬法），其阻隔 UVA 的效果不如物理性防曬法的蜜粉等成分（實驗四）來的有效。
2. 由圖十一可知，添加 10%  $\text{TiO}_2$  的防曬效果較佳， $\text{TiO}_2$  濃度愈低效果愈不明顯。
3. 由於奈米級  $\text{TiO}_2$  的顆粒極小，易阻塞毛細孔，故使用奈米防曬產品後，應將臉部清潔乾淨，以免造成粉刺與青春痘的產生。
4. 由於  $\text{TiO}_2$  與乳液混合後，會形成相當黏稠的膠態物質，故 10% 已為  $\text{TiO}_2$  在乳液中可溶解之最大極限，因此不再採計濃度更高者。 $\text{TiO}_2$  粒子非常輕，調製濃度時須以微量天平測其質量，但因微量天平數字常因大氣流動等微小的外界因子而跳動，故濃度低於 1% 以下者，因濃度較不易維持其精準度，故亦不採計之。
5. 根據參考資料，當光觸媒  $\text{TiO}_2$  受到 UV 照射時，會出現類似放電的效應。因此，防曬產品中添加  $\text{TiO}_2$  是否對人體具傷害性，宜進一步探討。



## 實驗八：自製防曬乳之防曬效果

### 【結果】

圖十二 自製防曬乳之防曬效果



### 【討論】

1. 我們曾考慮使用麵粉、綠豆粉等來製作防曬乳，但這些粉末顆粒太大，且乾燥後皮膚會有緊繃、不適感，並不適合塗抹於臉部作為防曬之用，故自製防曬乳選用的粉末仍有其限制性。
2. 我們將珍珠粉、TiO<sub>2</sub>、蜜粉混合，希望同時以物理性與化學性防曬法來提高防曬效果；比較圖七、八、十一、十二結果發現，自製防曬乳的效果優於只加珍珠粉或 TiO<sub>2</sub> 者，但是不如只加入蜜粉者，原因可能是配製的粉末濃度太高，在照射紫外線後很快乾掉龜裂，造成 UVA 繞射，致使遮蔽效果降低。
3. 在自製防曬乳部分，我們發現並不是防曬因子的濃度愈高，防曬效果就愈好。珍珠粉、蜜粉、二氧化鈦等防曬因子的防曬效果，似乎沒有明顯的相加效果。
4. 由上述結果可知，防曬乳的設計並非單純添加具防曬功效的成分即可，還要考慮是否會造成皮膚的負擔，及使用後的防曬效果與持久度等問題。由於時間因素，我們無法做更進一步的分析；而最重要的是，外出時一定要記得做好防曬措施，畢竟，身體的健康才是一切的根本。

## 七、結論

1. 大氣層中的臭氧層有吸收紫外線的效果，但由於氟氯碳化物的使用，臭氧層有逐年減少的趨勢，這造成了人類罹患白內障、皮膚癌、免疫系統障礙的機率增加，故適當的防曬措施更有其必要性。
2. UVC 能量 > UVB 能量 > UVA 能量，但在實驗時，由於 UVB 穿透力過高，而 UVC 較低，因此實驗數據顯示 UVB 殺傷力最強。
3. 棉質衣物雖具防曬作用，但在長時間照射下隨 UVA 能量累積，防曬作用也漸退。因此在夏季出門時，不但應穿長袖衣物遮陽，也應搭配防曬乳、隔離霜、粉底液、傘等防曬產品的使用，以避免曬黑、紅斑等皮膚傷害。
4. 夏季時，穿著淺色衣物雖較涼爽，但容易反射紫外光線。加上地面、玻璃等也會反射光線，因此更應注意臉部、頸部等無衣物遮蔽的小地方，建議使用具防曬係數的化妝品加以保護。
5. 部分名牌對 UVA 的保護效果並不如預期中佳，其可能影響原因有：化妝品使用時間長短、照射劑量對產品成份的影響等。
6. 由實驗二可見，抗 UV 傘的防禦效果較普通傘佳。而普通傘對 UVA 的抵抗能力也較一般棉布佳，且可在紫外線指數較低時，長時間保護人體。此因抗 UV 傘布中加有  $\text{TiO}_2$  等分子，故能將空氣中的紫外線吸收，但也需注意臉部等部位的防曬措施。
7. 我們發現實驗三中所取的粉底液並無標示 PA 防曬係數，但對於抵抗 UVA 的能力卻很高。而根據實驗四的驗證，可發現藉由其他物質折射紫外線亦可有效保護人體免於 UV 的威脅。
8. 由實驗二、三、四與實驗五的結果看來，物理性防曬的效果較化學性防曬的效果佳。物理性防曬大多利用折射、反射原理，較利用藥物吸收 UV 光線輻射的化學性防曬法有用，且不會造成皮膚的負擔。
9. 因為物理性防曬較果較化學性防曬效果佳，因此現在有許多新式的化妝品在利用藥物等吸收 UV 光輻射之餘，常搭配摻雜物理性防曬的原理製造。例如實驗三中的粉底液就是以珍珠蛋白粉末折射 UV 光線以達到保護人體的效果。
10. 除添加珍珠蛋白粉外，部分防曬產品也會添加蜜粉增加防曬效果。由實驗四中可看出，若在不含防曬係數的乳液中添加一般市售的蜜粉，可以大幅增加防曬效果。因此在擦了蜜粉或粉底液之餘，即可不需再塗抹任何防曬產品增加皮膚的負擔。

11. 由實驗六的結果可看出，由於塗抹劑量的不同，所達到的保護效果也不同。而在皮膚上塗抹兩層以上的防曬產品將達到更高的防曬效果一說也確是事實。但塗抹多層化妝產品，也會帶給皮膚更多的負擔。因此在事前的防曬措施，只需取適量防曬油等塗抹就好，不宜貪多。
12. 由各實驗中可看出，無論是抗 UV 傘布或任何一種防曬產品都無法將紫外線與生物體完全隔絕。因此，我們固然擁有最新的科技產品替我們阻擋 UV 光線，但隨環境污染的日益嚴重，被擋在大氣層外的 UVB、UVC 等照射到地表的劑量也都隨之增加。因此，我們應盡量避免在烈日當頭或夏季時外出，以保護我們的身體。
13. 由於我們在實驗中所採的照射劑量極高，遠超過一般空氣中的 UV 劑量。因此部分防曬產品雖在實驗中沒有很高的保護效果，但在一般時間外出時，只要不長時間暴露在日光下，仍可對人體達到不錯的保護效果。
14. 一般 UVI 指數為一天當中日照劑量最高之一小時內，每  $m^2$  的焦耳數 (Ex:  $100J/m^2$ ,  $UVI=1$ )。而大氣中 UVB 之劑量遠高於實驗中所採，可見 UVB 對人體及生物殺傷力之強大。因此，本實驗雖偏重探討 PA 指數與 UVA 防護能力之關係，仍可看出 UVB 強大殺傷力之影響；故在進行防曬措施時，也應注意 UVB 的防護。
15. 雖然 UV 光線帶給生物許多的威脅，但 UV 光線確能普遍被運用在殺菌等日用品上，且適度的曬曬太陽，有助於骨骼的生長與強壯。因此，UV 光對人類生活上亦能提供許多助力。

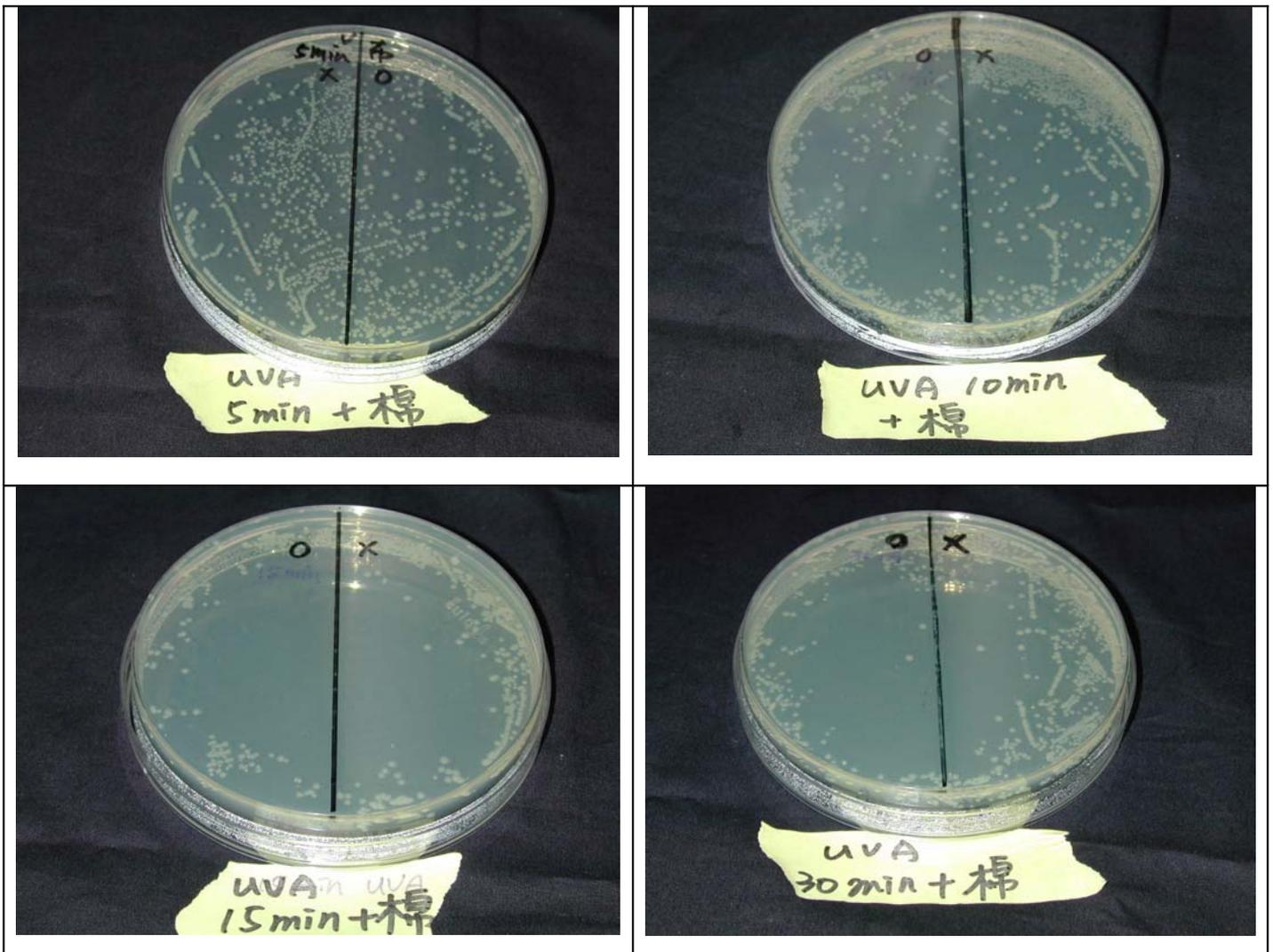
## 八、參考資料

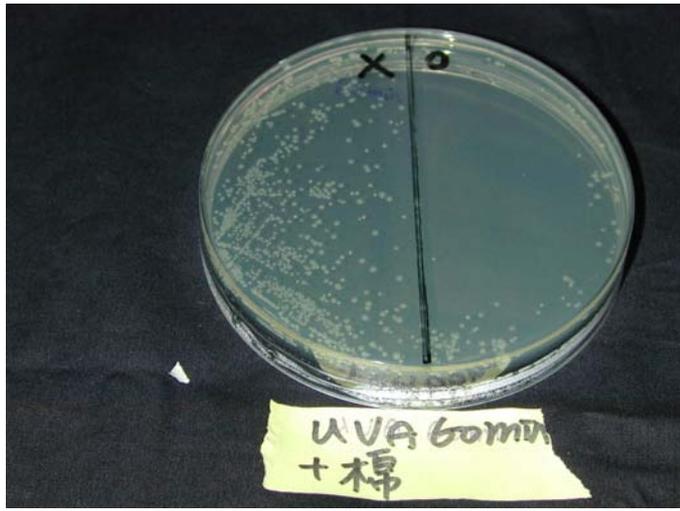
1. 歷屆科展作品集。
2. 國中自然課本第一冊、第三冊、第六冊。
3. <http://www.roselady.com.tw/>
4. <http://www.bctest.ntnu.edu.tw/flying/flying1-10/flying6-8.htm>
5. 揭開紫外線的奧秘 劉銘龍、柳中明、黃偉菁 合著。台灣地球日出版社。
6. 日光紫外輻射生物學 (部編大專用書)：國立編譯館 原著：John Jager 華香園出版社。
7. 化妝品製造實務 張麗卿 編著。台灣復文興業股份有限公司。

8. 化妝品調製 洪偉章、陳榮秀 編著。高立圖書有限公司。

9. 化妝品科技概論 洪偉章、陳榮秀 編著。高立圖書有限公司。

### 九、實驗結果照片（以棉布為例）：





備註：不同 UVA 照射時間結果（以棉布處理為例）

（×：以鋁箔紙遮蔽；○：以棉布遮蓋）

中華民國第四十五屆中小學科學展覽會  
評 語

---

國中組 生活與應用科學科

第一名

030811

紫外線，不要抹黑我

基隆市立銘傳國民中學

評語：

主題取材自目前現實環境，具有高度實用性，實驗程序完善數據完整，具高度科學研究精神。說理清晰，台風穩健，表達能力佳。