

# 中華民國第 65 屆中小學科學展覽會

## 作品說明書

國中組 化學科

佳作

030213

沉沒試金--黃金串錢柳抑菌防黴抗氧化能力之研究

學校名稱： 南投縣立宏仁國民中學

作者：	指導老師：
國二 呂迦樂	洪旭汶
國一 林言澤	林偉業

關鍵詞： 黃金串錢柳、抑菌、抗氧化

## 摘要

本研究以校園內種植的黃金串錢柳與茶樹為材料，探討其抑菌、防黴及抗氧化能力。實驗結果顯示：黃金串錢柳精油在**抑菌**效果上優於其他植物精油，且七天後仍有效。經測試，黃金串錢柳精油能有效抑制牙齒及衣服上的原始菌群、單一菌落及大腸桿菌。此外，黃金串錢柳噴灑在布料上抑菌效果優於酒精。**防黴**實驗顯示：黃金串錢柳精油能抑制鞋中黴菌生長，並可取代傳統鞋油。**抗氧化**能力實驗以 DPPH、ABTS、Folin 試劑檢測，結果顯示黃金串錢柳抗氧化效果優於茶樹精油。經液液萃取法、管柱層析法分離精油成分後，進一步測試不同極性成分之生物活性，結果推論其有效成分為偏非極性物質的酚類。

## 壹、前言

### 一、研究動機

在我負責的外掃區有一整排的行道樹，有一次總務主任修剪完樹木，我和同學要負責撿拾樹枝、樹葉，一走近我們就聞到了一種特別的香味，我們問了主任才知道這些樹木是黃金串錢柳，主任說這種植物長得跟茶樹相似，你們要不要拿回去研究看看，主任又說校園裡還有很多植物也可以拿回去研究，我想起家裡有標榜添加茶樹精油的清潔劑、添加左手香的洗手乳，而且價格不便宜，我想如果我們可以善用身邊現有的植物找出能添加在清潔劑的天然物質那就太棒了！於是我們蒐集了一些校園裡常見的植物來進行研究，最終聚焦於黃金串錢柳，探討其抑菌、防黴及抗氧化能力。

### 二、研究目的

- (一)探討黃金串錢柳的**抑菌**能力。
- (二)探討黃金串錢柳的**防黴**能力。
- (三)探討黃金串錢柳的**抗氧化**能力。
- (四)分析黃金串錢柳**有效成分**。



學校停車場旁整排黃金串錢柳行道樹

### 三、文獻回顧:

#### (一)相關文獻探討

主題(屆數)	作品內容與結果	分析
茉拭傳說—探討茉草對桌球上的環境菌抑菌效果(63 屆縣科展)	探討多種可抑菌植在 1.不同的時間(第 0 和 7 天)2.方法(上清液或純露)3.比例(1:5、1:10、1:20)對於乒乓球上環境菌的抑菌效果。 結果:小茉草以 1:10 上清液擦拭乒乓球的抑菌效果最佳。	<u>國內有大量文獻研究各種植物的抑菌、防黴及抗氧化的效果，本研究與其他研究不同之處在於主要研究黃金串錢柳的抑菌、防黴、抗氧化的效果，國內文獻無黃金串錢柳的相關研究。</u>
大花馬齒莧的防霉抑菌之探究與應用(58 屆全國科展)	探討大花馬齒莧原液和精油(10%25%50%80%100%)對不同菌種(木黴菌、黃麴菌、黑黴菌、大腸桿菌)抗菌性。 結果:原液的抗菌最佳。	<u>英文文獻中可查詢到黃金串錢柳的抗菌實驗但沒有提到抗黴及抗氧化實驗及分析其有效抑菌、防黴、抗氧化成分。</u>
打「黴」「樂」,打了沒一不同中藥對黴菌抑制效果(51 屆全國科展)	探討不同中藥(金銀花、苦參根、貝母、蛇床子、雞冠花的萃取液)抗黴菌(麵包上、空氣中、廁所中)的效果。 結果:蛇床子的抗黴效果最好，且其對枝孢屬的黴菌>對根黴屬的黴菌。	<u>內文獻無黃金串錢柳的相關研究。</u>
天洛神兵,黴軍止步~洛神葵對黴菌生長影響的研究(60 屆全國科展)	研究洛神葵(白洛神葵、紅洛神葵)對於黴菌的生長的影響，是以洛神葵溶液塗抹在麵包上並觀察其黴菌的生長狀況。 結果:成熟的洛神葵萼片較開花期的花苞組好，而白洛神葵萼片又更優於紅洛神葵。	<u>英文文獻中可查詢到黃金串錢柳的抗菌實驗但沒有提到抗黴及抗氧化實驗及分析其有效抑菌、防黴、抗氧化成分。</u>
探討綠豆水抑制黴菌之效果與應用(56 屆全國科展)	研究綠豆在生長過程所分泌抑制黴菌生長物質的抗黴效果。 結果:綠豆的個數、生長溫度對於抗黴效果都有影響。	<u>內文獻無黃金串錢柳的相關研究。</u>
Antibacterial Activity and Anti-Quorum Sensing Mediated Phenotype in Response to Essential Oil from <i>Melaleuca bracteata</i> Leaves	主要研究黃金串錢柳中的主要成分:甲基丁香酚對多種細菌的抑菌(金黃色葡萄球菌、假單胞菌、大腸桿菌、黏質沙雷氏菌、綠膿桿菌、紫色色桿菌、念珠菌)之效果。 結果:沙雷氏菌對黃的敏感度最高、銅綠假單胞菌抗性最強。	<u>內文獻無黃金串錢柳的相關研究。</u>

## (二)黃金串錢柳介紹

## 1. 常見用途：

(1) 學名：*Melaleuca bracteata* 科名：桃金娘科(*Myrtaceae*)、白千層屬(*Melaleuca*)，

(2) 主要用途：園藝栽培、美化行道、防風固沙等。具抗風、耐水淹、抗鹽鹹能力，適合沿海地區栽植。

(3)芳香精油用途：具芳香氣味，為化妝品香料來源之一。

## 2. 主要成分(Wang[8]):

成分	成分(英文)	分子式	占有比例%
甲基丁香酚	Methyleugenol	C <sub>11</sub> H <sub>14</sub> O <sub>2</sub>	90.46%
肉桂酸甲酯	Methyl trans-cinnamate	C <sub>10</sub> H <sub>10</sub> O <sub>2</sub>	4.25%
對烯丙基苯甲醚	Estragole	C <sub>10</sub> H <sub>12</sub> O	0.32%
松油醇	alpha-Terpineol	C <sub>10</sub> H <sub>18</sub> O	0.23%

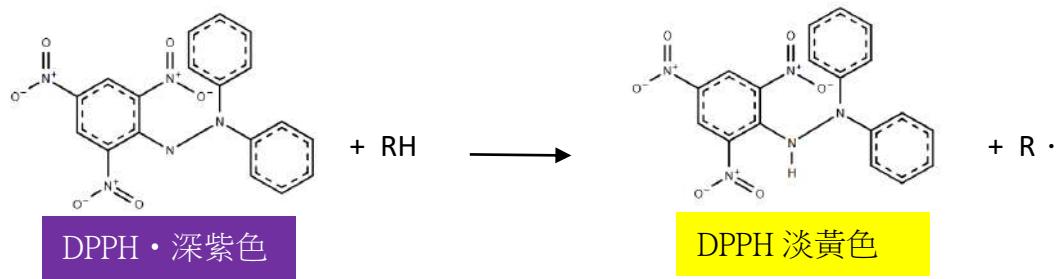
### (三)抗氧化實驗原理

### 1. DPPH 自由基清除原理(張恩瑜[6]):

使用 DPPH(1,1-diphenyl-2-picrylhydrazyl)抗氧化測試來評估抗氧化劑的還原力大小。

DPPH 為一穩定紫羅藍色自由基，當抗氧化劑供應氫原子與之反應後，溶液會由紫羅藍色轉為淡黃色，。該分子在波長 517nm 時有最大吸光值，待其還原後轉為淡黃色時，517nm 吸光值會下降，吸光度降低越多代表抗氧化能力越強。

## 化學反應式:



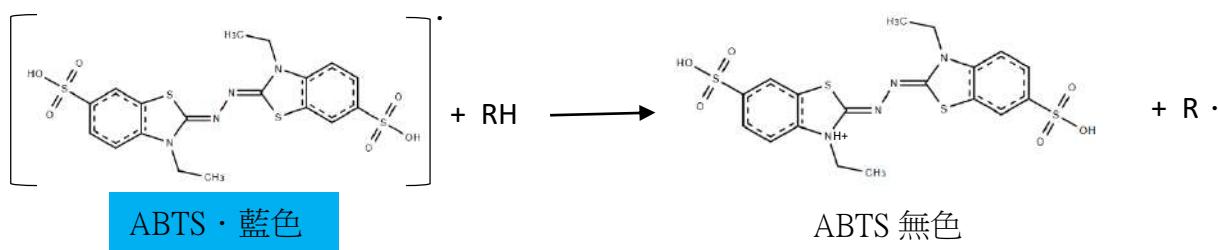
\*本研究所有結構式由作者繪製

## 2. ABTS 自由基清除原理:

ABTS(2,2'-azino-bis(3-ethylbenzothiazoline-6-sulfonic acid)自由基清除能力測定法，透過 ABTS 與過硫酸鉀反應生成藍綠色自由基 ABTS<sup>•</sup>，該分子在波長 734 nm 時具有最大吸收峰。當抗氧化劑提供氫原子還原 ABTS 時，ABTS 試劑會由藍色轉為透明，吸光值下降。故測定相對於空白對照組的吸光值下降百分比，可判定各試驗樣品 ABTS 自由基清除

能力之強弱，其吸光值愈低，表示樣品清除 ABTS 自由基能力愈強，成份抗氧化力越佳。

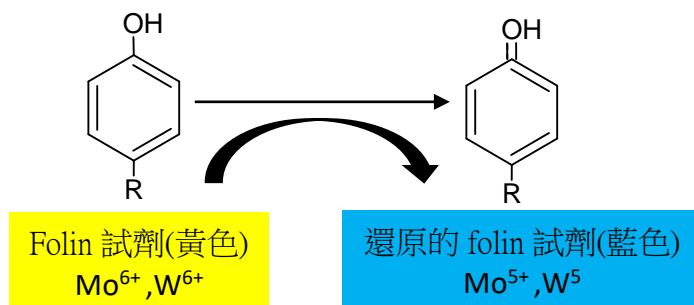
化學反應式[9]:



3. Folin-Ciocalteu 總酚類化合物含量測定原理(林詩容[10]):

植物的二級代謝產物常有多羥基酚類衍生物，這些天然化合物常視為植物抗氧化力的指標。Folin-Ciocalteu 試劑中的鉑-鎢酸鹽可與酚類化合物作用，試劑中的鎢鉑酸藉由自身被還原 ( $\text{Mo}^{6+} \rightarrow \text{Mo}^{5+}$ ) 而產生顏色變化，由黃色變為藍色。在鹼性條件下反應後生成物可於 725nm 測得強吸收值，吸收值愈高，表示樣品中總酚類含量越高，亦反映其抗氧化力越佳。

化學反應式:



(四) 液液萃取原理:

液液萃取 (Liquid-liquid extraction) 是根據化合物在兩種無法相混之溶劑間，透過溶解度差異進行分離的方法。精油中極性分子會傾向溶於極性溶劑中，非極性分子則溶於非極性溶劑。本研究分別使用不同極性的三種溶劑，依序代表低、中、高極性溶劑(正己烷、乙酸乙酯與正丁醇、)希望藉此萃取出不同極性的成分，以推論其活性物質的化學性質。

(五)管柱層析原理

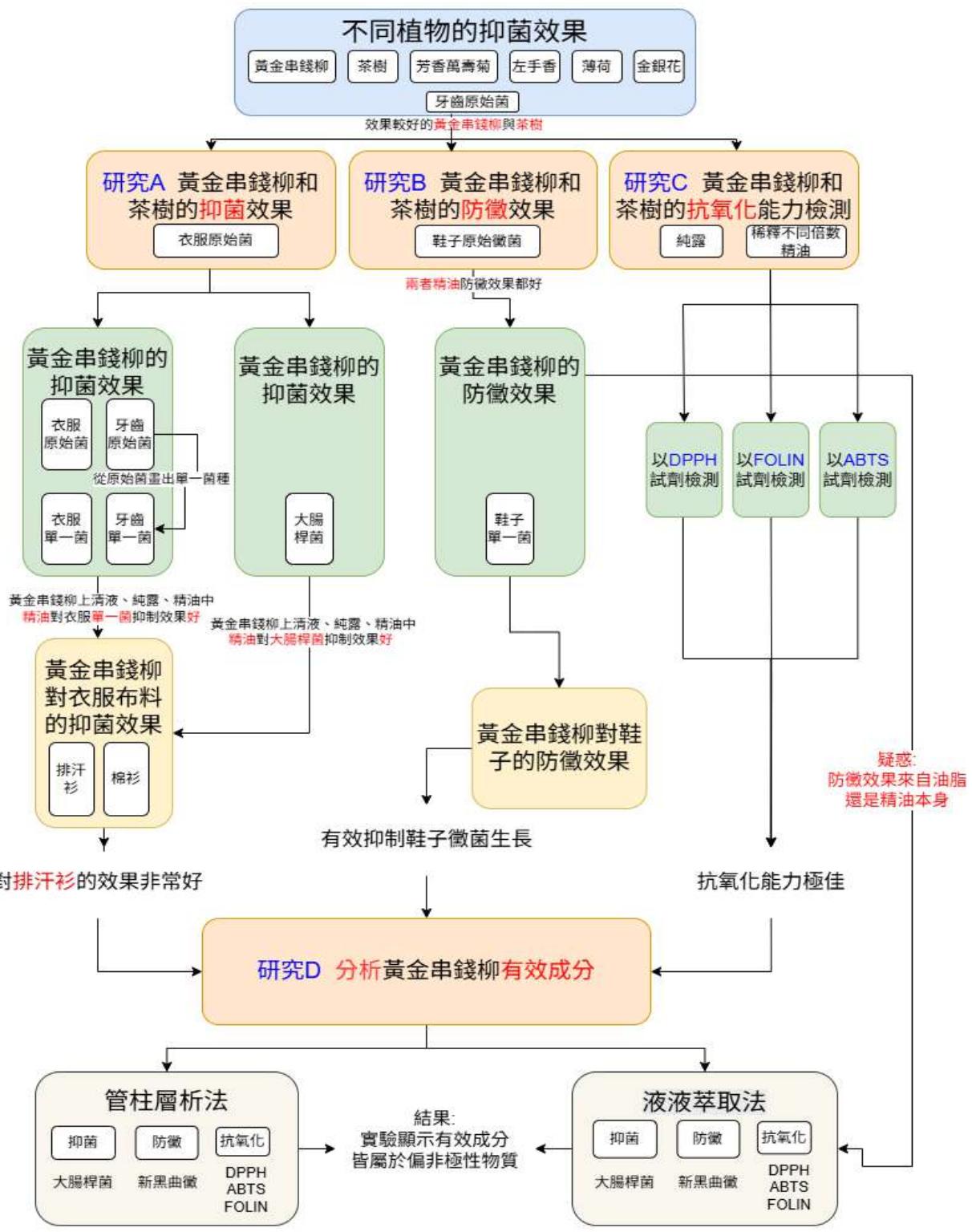
管柱層析 (Column chromatography) 原理是在直立的管柱中，透過固定相與流動相的作用力差，將樣品進行分離。管柱中常填充高極性矽膠作為固定相酒精等溶劑作為流動相。要分離的樣品進入管柱後，極性越低的成分會先被洗脫，極性高者則滯留時間越長，依流出液分段收集後，可針對各分段進行後續活性測試。

## 貳、研究設備與器材

恒温培养箱	研磨钵	石蠟封口膜	離心機	無菌台	果汁機
滅菌膠帶	壓力鍋+卡式爐	離心管架+離心管	微量分注器	吸管尖盒	振盪器
玻璃珠	濾紙	滅菌牙籤	酒精燈	蒸餾器	培養皿
分液漏斗	玻璃蒸餾裝置	接種環	可見光分光光度計	寒天粉	PDA 粉
LB 藥養粉	管柱	正己烷	正丁醇	乙酸乙酯	搖晃器

## 參、研究步驟

### 一、實驗流程



亮點

防黴抗氧贏茶樹，抑菌強效勝酒精  
省工好養低維護，潛力價值如黃金

## 二、實驗過程

### (一) 前處理與樣品製備：

1.剪取黃金串錢柳及茶樹枝葉，透過**玻璃蒸餾裝置**及**蒸餾器**兩種方式，以水蒸餾法萃取植物精油及純露(圖 1)，收集液體倒入分液漏斗中靜置，等待精油與純露分離(圖 2)。



(圖 1)剪黃金串錢柳枝葉



(圖 2)蒸餾、收集精油

2.製作上清液：取 1g 植物葉子與 5mL 無菌水至研磨鉢搗出汁液並用紗布過濾較大的殘渣，裝 1mL 濾液至離心管，離心後備用(圖 3)。



(圖 3)離心出上清液

3.配置 LB、PDA 培養基：

(1) 秤取 15 克 LB(Lysogeny broth)粉及 PDA(Potato dextrose agar)粉，

混和 12 克瓊脂粉末至燒杯中，並加入熱水 600 mL，攪拌均勻。放入玻璃瓶，貼上滅菌膠帶再放至壓力鍋滅菌 20 分鐘，待壓力降低後開蓋檢查滅菌膠帶是否變色，若出現黑色紋路代表滅菌成功(圖 4)。

(2) 待玻璃瓶中的營養液降溫後，倒入培養皿中，待其冷卻凝固，倒蓋、備用。

4.培養細菌、培養黴菌、畫單一菌：

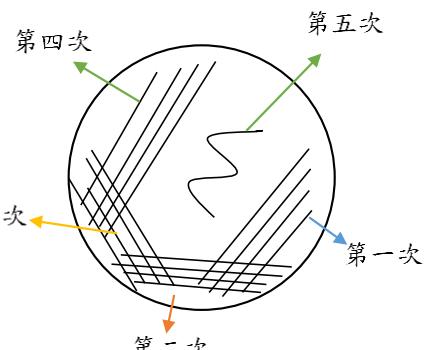
(1) 取 5mL LB 液倒入試管中，再用滅菌牙籤於衣服及牙齒表面取樣，將取樣後之牙籤放入 LB 液中攪拌後，置恆溫箱中培養。

(2) 利用滅菌牙籤刮取鞋中黴菌，並接種至 PDA 培養基，置於恆溫箱培養。

(3) 用**四區劃法**(圖 5)純化單一菌落，再取單一菌落進行培養。  
(沈品妍[1])。



(圖 4)滅菌膠帶



(圖 5)四區劃法(作者自行繪製)

## (二) 實驗步驟：

### 研究 A 探討黃金串錢柳的抑菌能力

#### 實驗 A-1 不同植物的上清液對牙齒原始菌之抑菌效果

##### 【對「已生長一天」細菌的抑菌效果】

- 在無菌台中，取 2 個 LB 培養皿，背面需先寫好日期與實驗項目，並放入 6-8 顆滅菌滾珠(圖 6)。
- 取  $100 \mu\text{L}$  事先培養的菌液到上述 2 盤培養皿中，搖晃菌液至均勻分布於培養皿上，倒出滾珠，用石蠟封口膜把培養皿封好，放置恆溫箱，靜置一天。
- 製作黃金串錢柳 1、茶樹 2、芳香萬壽菊 3、左手香 4、薄荷 5、金銀花 6 之上清液。
- 取步驟 2 已長菌一天的 2 個菌盤，用鑷子夾取 6 張直徑約 1 公分圓形已滅菌濾紙片，放入菌盤中，依序滴入  $5 \mu\text{L}$  不同植物上清液，用石蠟封口膜把培養皿封好，放置恆溫箱。
- 實驗後第一、三、五天拍照、觀察、紀錄。



(圖 6)編號完成的培養基

##### 【對「未先生長一天」細菌的抑菌效果】

- 步驟與 對「已生長一天」細菌的抑菌效果實驗相同，僅改用「未先生長」細菌的培養皿。

#### 實驗 A-2 不同植物的上清液(七天後)對牙齒原始菌之抑菌效果

實驗 A-2 在實驗 A-1 後七天再重複一次實驗步驟，使用七天前製作的上清液，觀察七天後的上清液是否仍有抑菌效果。

#### 實驗 A-3 黃金串錢柳及茶樹的上清液、精油對衣服原始菌之抑菌效果

- 養衣服原始菌靜置一天。
- 製作黃金串錢柳及茶樹的上清液。
- 在無菌台中，取 3 個 LB 培養皿，背面需先寫好日期與實驗項目，並放入 6-8 顆滅菌滾珠。
- 取  $100 \mu\text{L}$  步驟 1 的菌液到上述 3 盤培養皿中，搖晃至菌液均勻分布於培養皿上，倒出滾珠。
- 用鑷子夾取 5 張直徑約 1 公分圓形已滅菌濾紙片，放入菌盤中，依序滴入  $5 \mu\text{L}$  茶樹、黃金串錢柳的精油和上清液還有水(對照組)，三重複，總共 3 盤，用石蠟膜封口放入恆溫箱中(圖 7)。
- 實驗後第一、三、五天拍照、觀察、紀錄。



(圖 7)抑菌圈法--  
紀錄濾紙周圍透明圈大小

#### **實驗 A-4 黃金串錢柳的上清液、純露、精油對衣服原始菌之抑菌效果**

1. 實驗 A-4 步驟與實驗 A-3 相同，抑菌物質選擇黃金串錢柳上清液、純露、精油作抑菌效果比較。

#### **實驗 A-5 黃金串錢柳的上清液、純露、精油對牙齒原始菌之抑菌效果**

1. 實驗 A-5 的步驟與實驗 A-4 相同，只有菌種改為牙齒原始菌。

#### **實驗 A-6 黃金串錢柳的上清液、純露、精油對衣服單一菌之抑菌效果**

1. 畫衣服單一菌，取得兩種單一菌編號為衣單 A、衣單 B

2. 後續步驟與實驗 A-4 相同。只有菌種改為衣服單一菌。

#### **實驗 A-7 黃金串錢柳的上清液、純露、精油對牙齒單一菌之抑菌效果**

1. 畫衣服單一菌，取得兩種單一菌編號為牙單 Y、牙單 W

2. 後續步驟與實驗 A-4 相同。只有菌種改為牙齒單一菌。

#### **實驗 A-8 黃金串錢柳的上清液、純露、精油對大腸桿菌之抑菌效果**

1. 實驗步驟與實驗四相同，只有菌種改為大腸桿菌。

#### **實驗 A-9 不同稀釋倍數的黃金串錢柳精油對衣服原始菌之抑菌效果**

1. 養衣服原始菌靜置一天。

2. 取  $10\mu\text{L}$  的原液到試管中，再取  $10\mu\text{L}$  的無菌水到試管中，形成稀釋 2 倍的精油，自  $1/2$  倍稀釋精油以相同操作方式進行一系列之  $1/4$ 、 $1/8$ 、 $1/16$ 、 $1/32$  倍之稀釋精油。

3. 在無菌台中，取 3 個 LB 培養皿，背面需先寫好日期與實驗項目，並放入 6-8 顆滅菌滾珠。

4. 取  $100\mu\text{L}$  步驟 1 的菌液到上述 3 盤培養皿中，搖晃至菌液均勻分布於培養皿上，倒出滾珠。

5. 用鑷子夾取 6 張直徑約 1 公分圓形已滅菌濾紙片，放入菌盤中，依序滴入  $5\mu\text{L}$ ， $1$ 、 $1/2$ 、 $1/4$ 、 $1/8$ 、 $1/16$ 、 $1/32$  倍的黃金串錢柳精油，三重複，總共 3 盤，用石臘膜封口放入恆溫箱中。

6. 實驗後第一，三，五天拍照、觀察、紀錄。

#### **實驗 A-10 黃金串錢柳對衣服布料之抑菌效果**

1. 取  $8\text{mL}$  黃金串錢柳純精油、稀釋  $1/2$  倍精油( $1000\mu\text{L}$  的無菌水、 $1000\mu\text{L}$  的精油)、飲用水、酒精分別噴灑純棉布及排汗衫布正面各 2 下。

2. 曬乾一天，如(圖 8)。

3. 在無菌台中，取 8 支試管分別裝  $5\text{mL}$  無菌水，浸泡步驟 1 的布料。



(圖 8)布料抑菌實驗

4.取 8 支試管加入 5mLLB 營養液，取步驟 5 泡過布料的菌液 0.2mL 加入試管中。

5.取 LB 試管中的液體 2mL 取 LB 試管中的液體 2mL 到分光光度計的測量瓶中，用石蠟膜封口 放入恆溫箱中。

6.以可見光分光光度計測量測量瓶中液體 OD<sub>600</sub> 值，也就是液體的混濁度(圖 9)。

7.先以裝了純酒精的測量瓶把分光光度計歸零。

8.將步驟 5 的測量瓶依序測量 OD<sub>600</sub> 值並每隔相同時間測量結果，共測量四次。

9.重複步驟 1~8，共三次。



(圖 9)分光光度計  
測量 OD<sub>600</sub> 值

## 研究 B 探討黃金串錢柳的防黴能力

### 實驗 B-1 黃金串錢柳及茶樹上清液、精油對鞋子原始黴菌之防黴效果

1.在無菌台中取 1 支錐形瓶加入 200mL 的無菌水，用接種環取兩坨養好的黴菌放入無菌水中作為原液。

2.使用黃金串錢柳,茶樹的上清液和精油作為抑菌液，無菌水為對照組。

3.吸取 100  $\mu$ L 黴菌水、900  $\mu$ L 抑菌液分別倒入五根貼有標籤紙的試管中。

4.將總共 1 毫升的液體倒入背面寫好日期與種類的 PDA 培養基中，共五盤。

5.用石蠟封口膜封口，放入恆溫箱中等待七天後拍照、觀察、紀錄。

### 實驗 B-2 黃金串錢柳及茶樹精油對鞋子單一黴菌之防黴效果

1.在無菌台中，取 2 支錐形瓶，貼上標籤註明黑黴與白黴(先前培養的單一黴菌) (圖 10)。

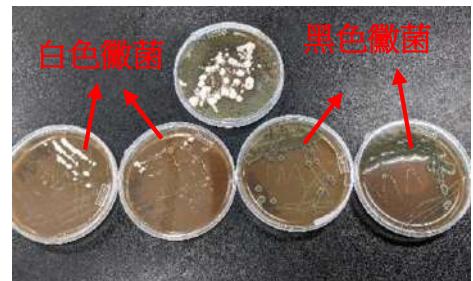
2.各倒入 50mL 的無菌水，用接種環取兩坨單一黑黴菌放入標註黑黴的錐形瓶中。

3.接種環用酒精燈消毒滅菌並冷卻後，再取兩坨單一白黴菌放入標註白黴菌的錐形瓶中。

4.取三根試管貼上標籤紙註明黃金串錢柳精油、茶樹精油、無菌水，分別加入 1500  $\mu$ L 黴菌水，再依序在試管中加入 1500  $\mu$ L 抑菌液。

5.各取 1mL 步驟 4 的液體倒入背面寫好日期的 PDA 培養基中，三重複，共 18 盤。

6.用石蠟封口膜封口，放入恆溫箱中等待七天後拍照、觀察、紀錄。



(圖 10)用四區劃法分離單一黴菌

### 實驗 B-3 黃金串錢柳精油對鞋子之防黴效果-噴灑法

1.在皮鞋上長黴的區域畫出 2 公分 × 2 公分的面積，共六塊，兩兩相鄰，相鄰的兩塊分別標示油 1、水 1，另兩個相鄰區域標示油 2、水 2，以此類推。



2.將黃金串錢柳精油噴在標示油的區域、水噴在標示水的區域，噴的時候用紙阻隔，避免噴到鄰近區域(圖 11)，放置一天。

(圖 11)噴灑法

3.準備 6 支臭氧殺菌過的錐形瓶，貼上標籤紙備註水 1、油 1、水 2、油 2、水 3、油 3，各倒入 50mL 的無菌水到錐形瓶中。

4.用滅菌棉棒刮取(在範圍內橫豎各抹三下再畫圓圈 10 次)昨天鞋子上噴過飲用水和黃金串錢柳精油的區塊，如(圖 12)，再放入錐形瓶中攪拌，當作菌液。



(圖 12)刮取黴菌

5.用微量分注器吸取 1000  $\mu$ L 的菌液到 PDA 培養基中搖動培養皿讓菌液均勻分布用石蠟封口膜封口，放入恆溫箱中等待七天後拍照、觀察、紀錄(圖 13)。

### 實驗 B-4 黃金串錢柳精油對鞋子之防黴效果-擦拭法

1.在皮鞋上長黴的區域畫出 2 公分 × 2 公分的面積，共六塊，兩兩相鄰，相鄰的兩塊分別標示油 1、水 1，另兩個相鄰區域標示油 2、水 2，以此類推。



(圖 13)培養黴菌

2.將黃金串錢柳精油、水噴在紙巾上，用紙巾在鞋子上做記號的區域擦拭(橫、豎各兩下)，擦完一區要換紙巾，避免汙染，擦完後放在陰涼處靜置 2 天。

3.以下步驟與實驗 B-3 的步驟 3~6 相同。

### 研究 C 探討黃金串錢柳抗氧化能力

#### 實驗 C-1 以 DPPH 試劑檢測

1.配置不同濃度的 NAC(N-acetylcysteine)，分別是 100,50,25,10,5,0  $\mu$ g/mL，配置完的溶液需插在冰上及避光。

2.將蒸餾水 360  $\mu$ L、PBS 10X 120  $\mu$ L、DPPH(100  $\mu$ M, in 99% ethanol)600  $\mu$ L 混合成一管預混溶液，分別取 810  $\mu$ L 的預混液及 120  $\mu$ L 步驟 1 的 NAC 及 1 不同濃度的黃金串錢柳、茶樹精油到 12 根離心管中。

3.置於震盪器震盪，並避光反應 30 分鐘。

4.倒入比色皿中利用分光光度計測量 517nm 吸收值，重複步驟 1~4，共三次。

## 實驗 C-2 以 ABTS 試劑檢測

1. 精秤 A.A(ascorbic acid 維他命 c)，稀釋成 100、50、25、10、0  $\mu\text{g/mL}$ ，配置完的溶液需插在冰上及避光。
2. 將蒸餾水 18720  $\mu\text{L}$ 、PBS 2400  $\mu\text{L}$ 、ABTS 480  $\mu\text{L}$  混合成一管預混溶液。
3. 取步驟 1 配置好的 A.A 和不同濃度黃金串錢柳、茶樹精油 200  $\mu\text{L}$  到蓋子上有標註濃度的離心管中，再用微量吸管吸取 1000  $\mu\text{L}$  的預混液到離心管中，總共 12 根離心管。
4. 置於震盪器震盪，並避光反應 10 分鐘。
5. 倒入比色皿中利用分光光度計測量 734nm 吸收值，重複步驟 1~5，共三次。

## 實驗 C-3 以 Folin 試劑檢測

1. 精秤 A.A 稀釋成 100、50、25、10、0  $\mu\text{L/mL}$ ，配置完的溶液需插在冰上及避光。
2. 將上述 A.A 溶液及要測試的不同濃度的精油樣品取 40  $\mu\text{L}$  到離心管中。
3. 配製 7.5% 的  $\text{Na}_2\text{CO}_3$  溶液。
4. 將蒸餾水 160  $\mu\text{L}$ +PBS 10X 40  $\mu\text{L}$ +Folin 試劑 40  $\mu\text{L}$  配置成一管 240  $\mu\text{L}$  的預混液。添加 120  $\mu\text{L}$  的  $\text{Na}_2\text{CO}_3$  溶液，混勻後置於震盪器震盪，並避光反應 30 分鐘，測量 760nm 吸收值，如(圖 14)，重複步驟 1~4，共三次。



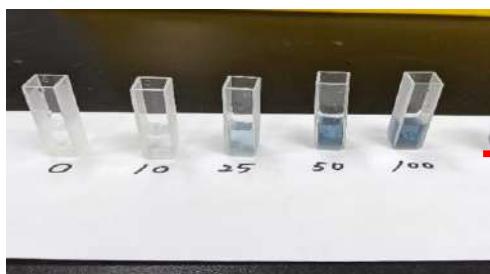
(圖 14-1)配置藥品



(圖 14-2)置於離心管架



(圖 14-3)避光、震盪待其反應



(圖 14-4)不同濃度 AA 與試 Folin 試劑反應



(圖 14-5)不同濃度精油與 Folin 試劑反應

## 研究 D 分析黃金串錢柳有效成份

### 實驗 D-1 、以液液萃取法分離黃金串錢柳成分並分析

1. 在 3 個 2mL 樣品瓶中加入 250  $\mu\text{L}$  的純水，加入 250  $\mu\text{L}$  的正己烷/乙酸乙酯/正丁醇(圖 15)。
2. 取 500  $\mu\text{L}$  黃金串錢柳精油加入上述的樣品瓶中。
3. 以震盪器震盪約 10 秒使有機相以及樣品混合均勻。
4. 靜置 60 分鐘以便液體出現分層(圖 16)。
5. 分別以微量分注器吸取 200  $\mu\text{L}$  上層有機相溶液，及 200  $\mu\text{L}$  下層的水相溶液，並移至新的離心管中。
7. 取水相溶液及有機相溶液進行抑菌防黴抗氧化實驗。



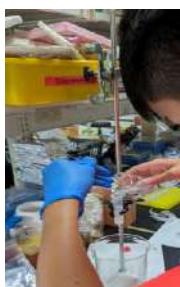
(圖 15)在樣品瓶中加入溶劑



(圖 16)靜置等待分層

### 實驗 D-2 以管柱層析法分離黃金串錢柳成分並分析

1. 在燒杯中稱取 3 克的矽膠，並加入 15mL 的純水使矽膠泡發 3 小時。
2. 將管柱直立架設並加入少許酒精作為移動相，再將墊片放入管柱底部。
3. 將泡發的矽膠倒入管柱中，同時打開管柱的閥門使液體流出，並且不時輕敲管柱以移除氣泡以及使矽膠平整地加入管柱中(如圖 17)。
4. 再放入另外一個墊片，並平整地往下壓，直至墊片無縫隙地壓在矽膠上(如圖 18)。
7. 將酒精加入管柱中，以將換管柱中的水置換為酒精。
8. 當確認沖提液已完整置換後，在管柱上層的酒精即將流盡的時候添加 2mL 酒精(如圖 19)。
9. 在管柱底部放置 2mL 離心管收集不同部分的精油(如圖 20)。
10. 每當管柱上層沖提液即將流盡前，補充 2mL 酒精(如圖 21)。
11. 收集 12 個不同的部分(fraction)，進行抑菌防黴抗氧化實驗。



(圖 17)填充管柱



(圖 18)放入墊片



(圖 19)添加酒精



(圖 20)收集不同部分的精油



(圖 21)補充酒精

## 肆、實驗結果

### 一、研究 A 探討黃金串錢柳的抑菌能力

#### 抑菌圈評分標準

4 分 濾紙周圍有完全 透明的抑菌圈	3 分 濾紙周圍有部分 透明的抑菌圈	2 分 濾紙周圍有一圈不 完全透明的抑菌圈	1 分 濾紙周圍有部分不 完全透明的抑菌圈	0 分 濾紙周圍沒有 抑菌圈

#### (一) 實驗 A-1、不同植物的上清液對牙齒原始菌之抑菌效果【對「已生長一天」細菌】

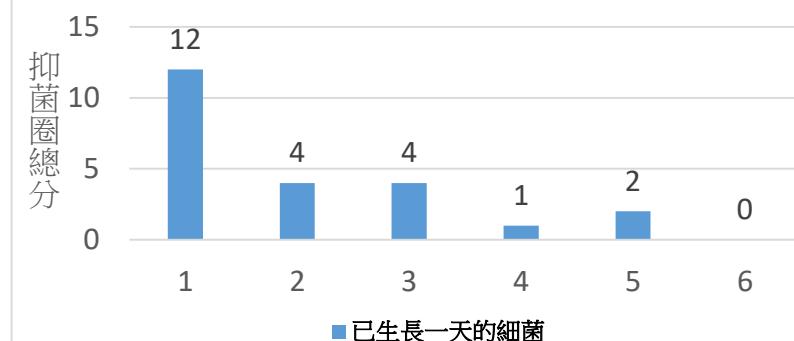
1.由表 1、(圖 22)顯示，不同植物的上清液對【已生長一天】細菌的抑菌效果為:**黃金串錢柳**>

茶樹、芳香萬壽菊>薄荷>左手香>金銀花。\*抑菌圈總分為三天評分的總和(以下皆是)

表 1.不同植物上清液對**牙齒原  
始菌**之抑菌效果

編號	植物	抑菌圈 總分
1	黃金串錢柳	12
2	茶樹	4
3	芳香萬壽菊	4
4	左手香	1
5	薄荷	2
6	金銀花	0

(圖22) 實驗A-1上清液對牙齒原始菌的抑菌效果



#### 【對「未先生長」細菌的抑菌效果】

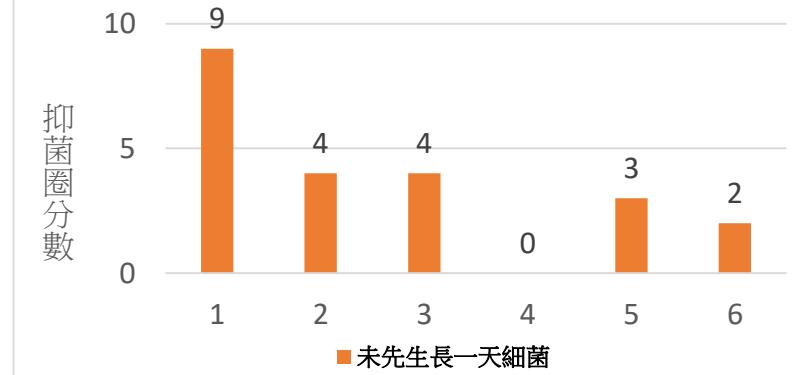
1.由表 2、(圖 23)顯示，不同植物的上清液對【未先生長一天】細菌的抑菌效果為:

**黃金串錢柳**>茶樹、芳香萬壽菊>薄荷>金銀花>左手香。

表 2.不同植物上清液對**牙齒原  
始菌**之抑菌效果

編號	植物	抑菌圈 總分
1	黃金串錢柳	9
2	茶樹	4
3	芳香萬壽菊	4
4	左手香	0
5	薄荷	3
6	金銀花	2

(圖23) 實驗A-1上清液對牙齒原始菌的抑菌效果



## (二) 實驗 A-2、不同植物的上清液(七天後)對牙齒原始菌之抑菌效果

### 【對「已生長一天」細菌的抑菌效果】

1.由表 3、(圖 24)顯示，七天後黃金串錢柳上清液對【已生長一天】細菌的抑菌效果仍較其他植物好，但抑菌效果下降。上清液無抑菌效果。

表 3.不同植物上清液對牙齒原始菌之抑菌效果

編號	植物	抑菌圈總分
1	黃金串錢柳	2
2	茶樹	0
3	芳香萬壽菊	0
4	左手香	0
5	薄荷	0
6	金銀花	0

(圖24) 實驗A-2上清液對牙齒原始菌的抑菌效果七天後



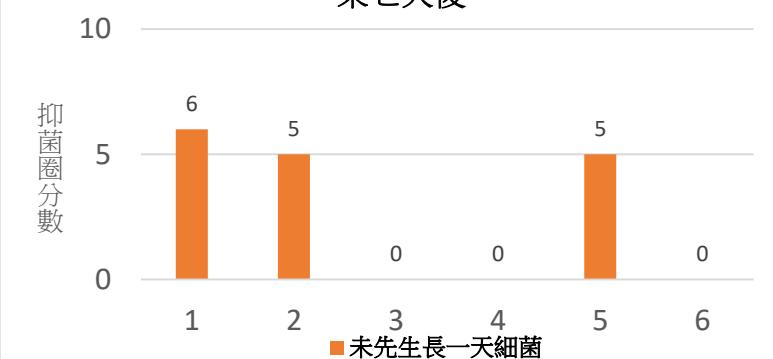
### 【對「未先生長一天」細菌的抑菌效果】

1.由表 4.、(圖 25)顯示，七天後對【未先生長一天】細菌的抑菌效果為:黃金串錢柳>茶樹、薄荷，其餘無效果。

表 4.不同植物上清液對牙齒原始菌之抑菌效果

編號	植物	抑菌圈總分
1	黃金串錢柳	6
2	茶樹	5
3	芳香萬壽菊	0
4	左手香	0
5	薄荷	5
6	金銀花	0

(圖25) 實驗A-2上清液對牙齒原始菌的抑菌效果七天後



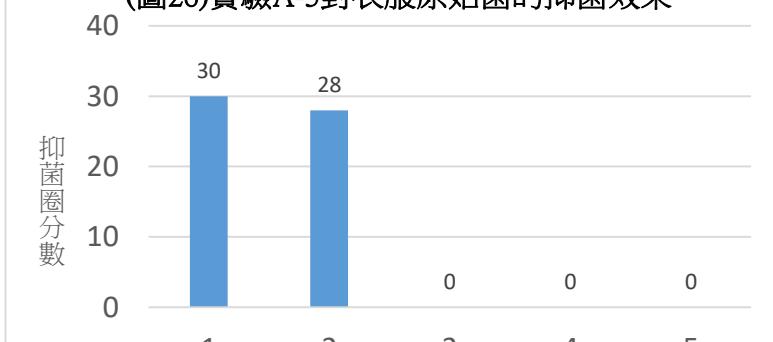
## (三) 實驗 A-3、黃金串錢柳及茶樹的上清液、精油對衣服原始菌之抑菌效果

1.由表 5.、(圖 26)顯示，黃金串錢柳精油對衣服原始菌的抑菌效果高於茶樹精油，其上清液皆無抑菌效果。

表 5.不同植物對衣服原始菌之抑菌效果

編號	植物	抑菌圈總分
1	黃金串錢柳精油	30
2	茶樹精油	28
3	黃金串錢柳上清液	0
4	茶樹上清液	0
5	無菌水	0

(圖26) 實驗A-3對衣服原始菌的抑菌效果

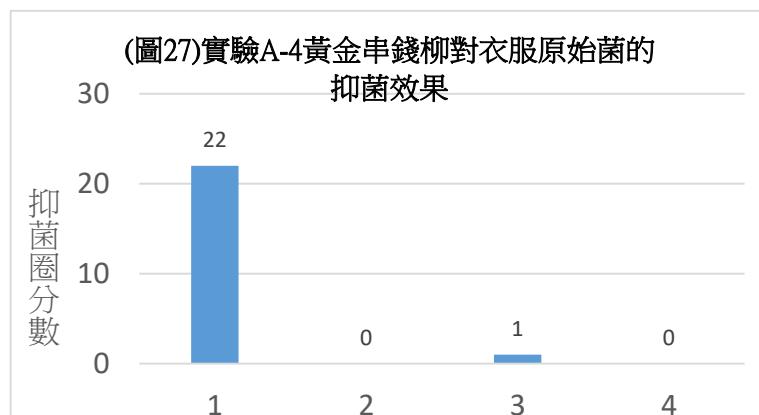


#### (四) 實驗 A-4、黃金串錢柳的上清液、純露、精油對衣服原始菌之抑菌效果

1.由表 6.、(圖 27)顯示，黃金串錢柳精油對衣服原始菌的抑菌效果最好，黃金串錢柳純露其次。黃金串錢柳的上清液無抑菌效果。

表 6. 黃金串錢柳對衣服原始菌之抑菌效果

編號	植物	抑菌圈總分
1	精油	30
2	上清液	28
3	純露	0
4	無菌水	0

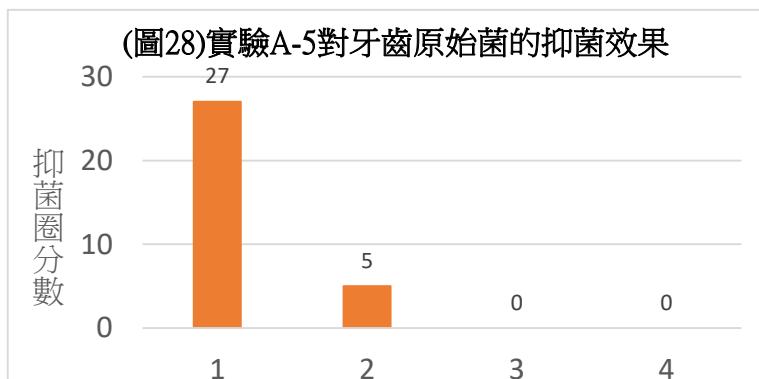


#### (五) 實驗 A-5、黃金串錢柳的上清液、純露、精油對牙齒原始菌之抑菌效果

1.由表 7.、(圖 28)顯示，黃金串錢柳精油對衣服原始菌的抑菌效果最好，黃金串錢柳純露其次。黃金串錢柳的上清液無抑菌效果。

表 7. 黃金串錢柳對牙齒原始菌之抑菌效果

編號	植物	抑菌圈總分
1	精油	27
2	上清液	5
3	純露	0
4	無菌水	0



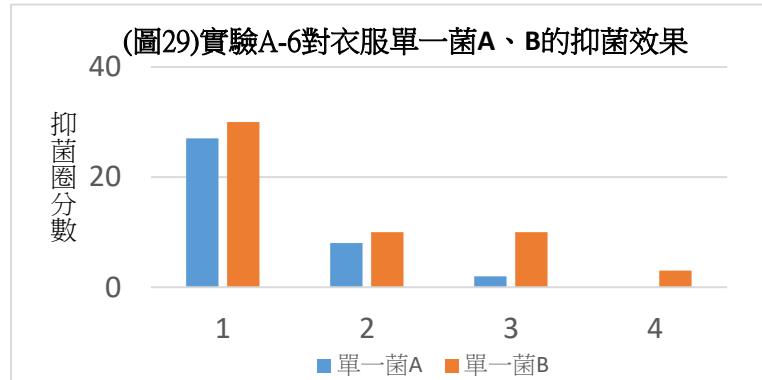
#### (六) 實驗 A-6、黃金串錢柳的上清液、純露、精油對衣服單一菌之抑菌效果

單一菌 A、B

1.由表 8.、(圖 29)顯示，黃金串錢柳精油對單一菌 A 抑菌效果最好，上清液其次，純露最差。精油對單一菌 B 的抑菌效果也最好，上清液及純露其次。

表 8. 黃金串錢柳對衣服單一菌之抑菌效果

編號	植物	抑菌圈總分 A	抑菌圈總分 B
1	精油	27	30
2	上清液	8	10
3	純露	2	10
4	無菌水	0	3



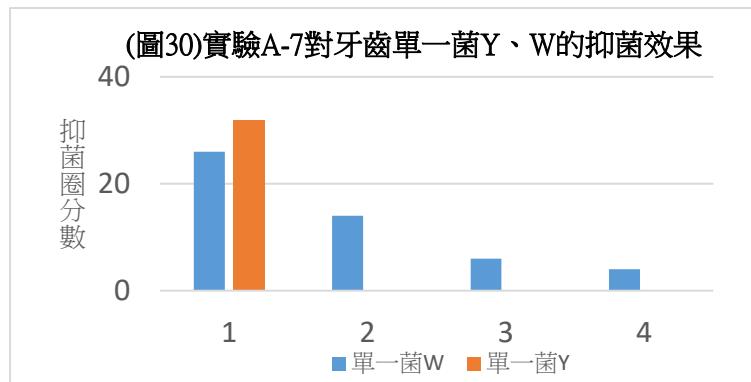
## (七) 實驗 A-7、黃金串錢柳的上清液、純露、精油對牙齒單一菌之抑菌效果

1. 由表 9、(圖 30)顯示，黃金串錢柳精油對單一菌 Y 的抑菌效果最好，上清液及純露皆沒有抑菌效果。

### 單一菌 Y、W

表 9. 黃金串錢柳對牙齒單一菌之抑菌效果

編號	植物	抑菌圈總分 Y	抑菌圈總分 W
1	精油	32	26
2	上清液	0	14
3	純露	0	6
4	無菌水	0	4

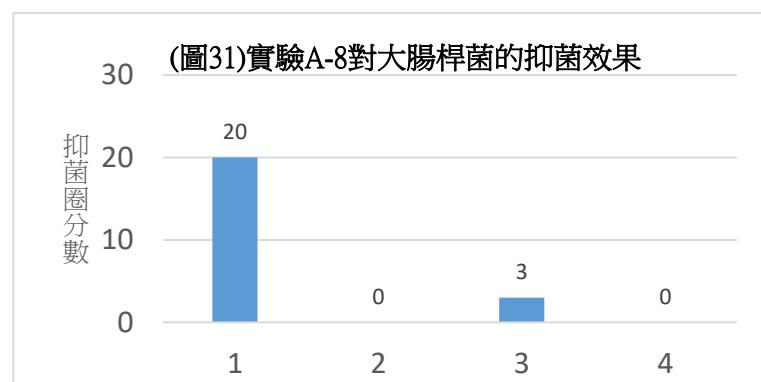


## (八) 實驗 A-8、黃金串錢柳的上清液、純露、精油對大腸桿菌之抑菌效果

1. 由表 10、(圖 31)顯示，黃金串錢柳精油對大腸桿菌的抑菌效果最好，純露其次，上清液則沒有抑菌效果。

表 10. 黃金串錢柳對大腸桿菌之抑菌效果

編號	植物	抑菌圈總分
1	精油	20
2	上清液	0
3	純露	3
4	無菌水	0



## (九) 實驗 A-9、不同稀釋倍數的黃金串錢柳精油對衣服原始菌之抑菌效果

1. 由表 11、(圖 32)顯示，黃金串錢柳精油稀釋倍數為 1 時，對衣服原始菌的抑菌效果最好，即使稀釋到 1/32 倍仍然有抑菌效果。

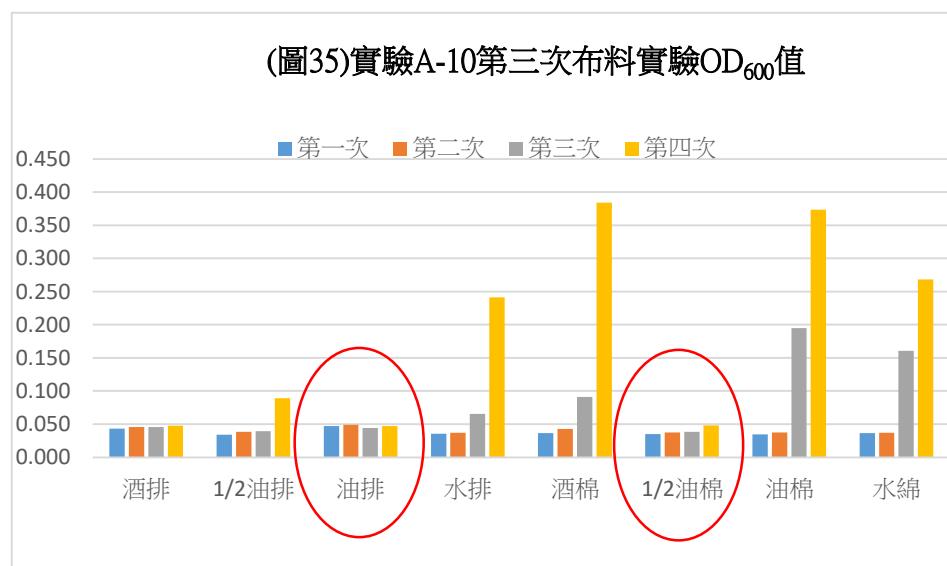
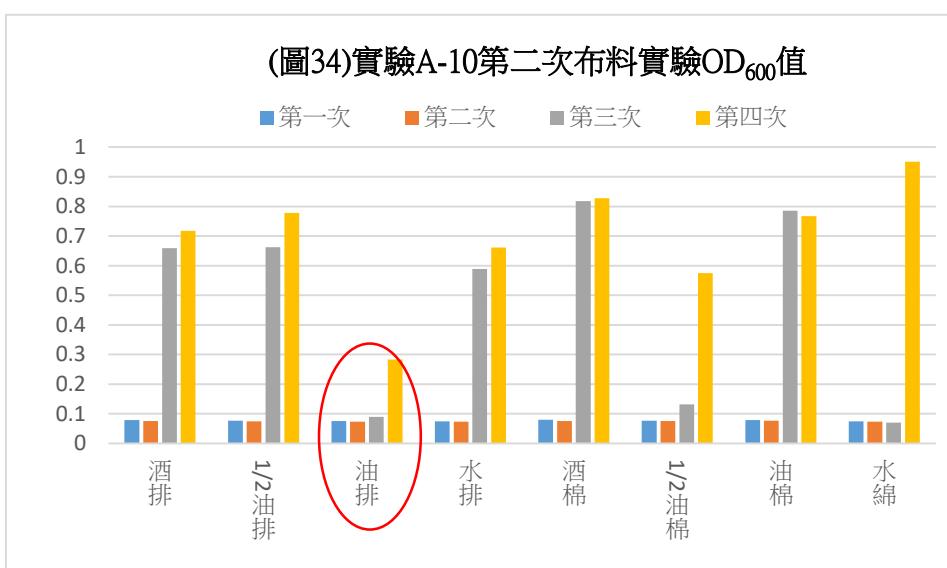
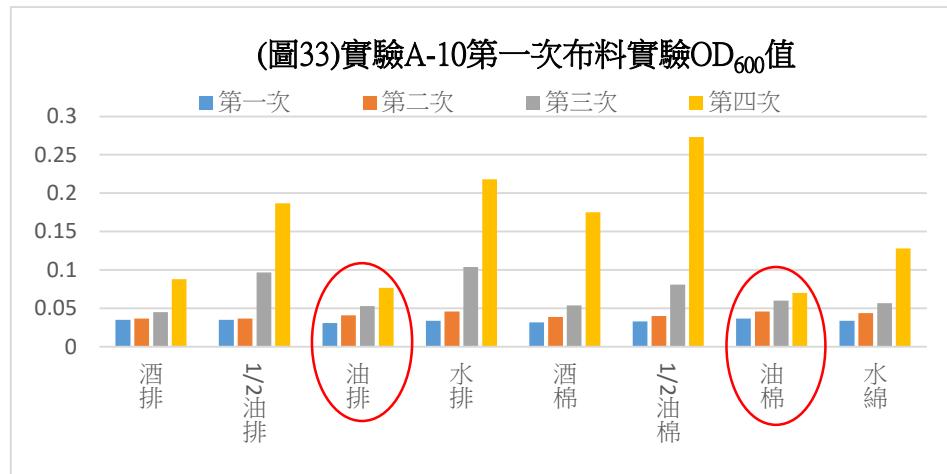
表 11. 不同稀釋倍數黃金串錢柳精油對衣服原始菌之抑菌效果

編號	稀釋倍數	抑菌圈總分
1	1	27
2	1/2	24
3	1/4	19
4	1/8	16
5	1/16	15
6	1/32	15



## (十) 實驗 A-10、黃金串錢柳對衣服布料之抑菌效果

1. 酒精噴灑排汗衫簡稱「酒排」；精油噴灑棉布簡稱「油棉」，1/2 倍精油簡稱「1/2 油」……。OD<sub>600</sub> 值代表細菌混濁度，數值越高代表細菌量愈多，由(圖 33、34、35)顯示噴灑上黃金串錢柳精油的排汗衫及棉布細菌較少，效果更勝酒精。



## 二、研究 B 探討黃金串錢柳的防黴能力

### (一) 實驗 B-1、黃金串錢柳及茶樹上清液、精油對鞋子原始黴菌之防黴效果

1. 加有黃金串錢柳精油及茶樹精油的培養皿中都沒有長出黴菌，但是黃金串錢柳及茶樹的上清液長出了黴菌(圖 36)，我們推測是因為植物本身的葉子上就有黴菌，所以之後的防黴實驗都不使用上清液。



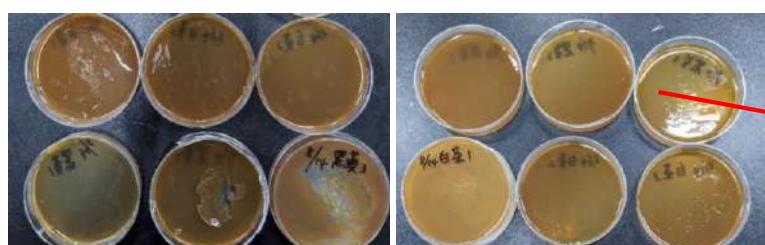
(圖 36)黃金串錢柳及茶樹對鞋子原始黴菌防黴效果

### (二) 實驗 B-2、黃金串錢柳及茶樹精油對鞋子單一黴菌之防黴效果

1.由(圖 37、38、39) imagej 測量結果顯示，加有無菌水的培養皿都明顯長出黴菌，加有植物精油的培養皿都沒有長出黴菌，因此後續將黃金串錢柳精油實際應用於鞋子的防黴效果測試。

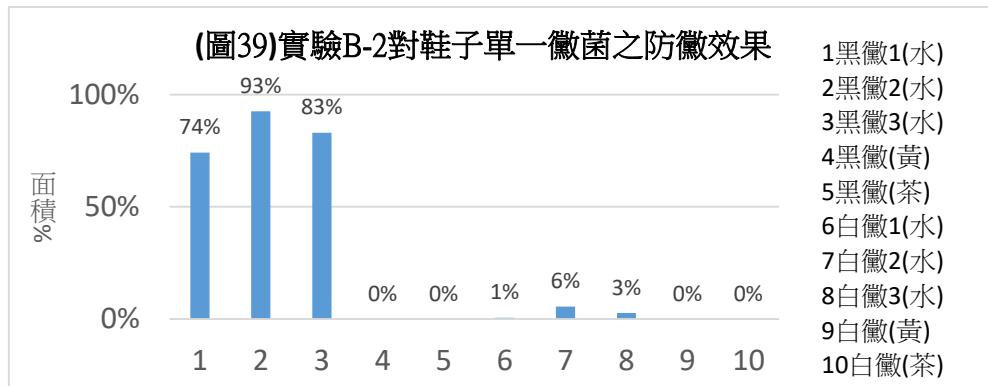
黑黴 1(水)	黑黴 2(水)	黑黴 3(水)	白黴 1(水)	白黴 2(水)	白黴 3(水)
黴菌面積%	黴菌面積%	黴菌面積%	黴菌面積%	黴菌面積%	黴菌面積%
74.1%	92.6%	83.0%	0.6%	5.5%	2.7%

(圖 37) imagej 測量-加入無菌水黴菌生長面積



添加精油的培養基完全沒有長出黴菌

(圖 38)添加黃金串錢柳精油及茶樹精油的 PDA 培養基黴菌面積皆為 0。

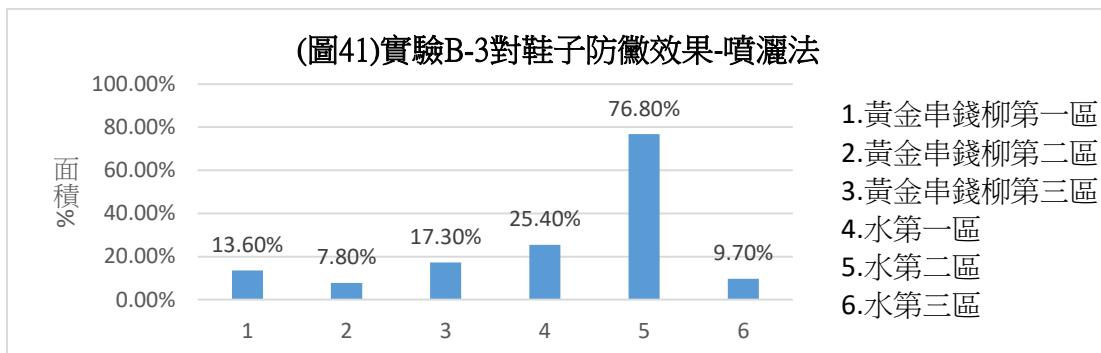


### (三)實驗 B-3、黃金串錢柳精油對鞋子之防黴效果-噴灑法

1.由(圖 40、41)imagej 測量結果顯示，噴上黃金串錢柳精油的區域黴菌長得比噴上無菌水的區域少。

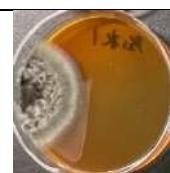
					
黃金串錢柳 第一區	黃金串錢柳 第二區	黃金串錢柳 第三區	水第一區	水第二區	水第三區
黴菌面積%	黴菌面積%	黴菌面積%	黴菌面積%	黴菌面積%	黴菌面積%
13.6%	7.8%	17.3%	25.4%	76.8%	9.7%

(圖 40) 噴灑法後的鞋子黴菌面積

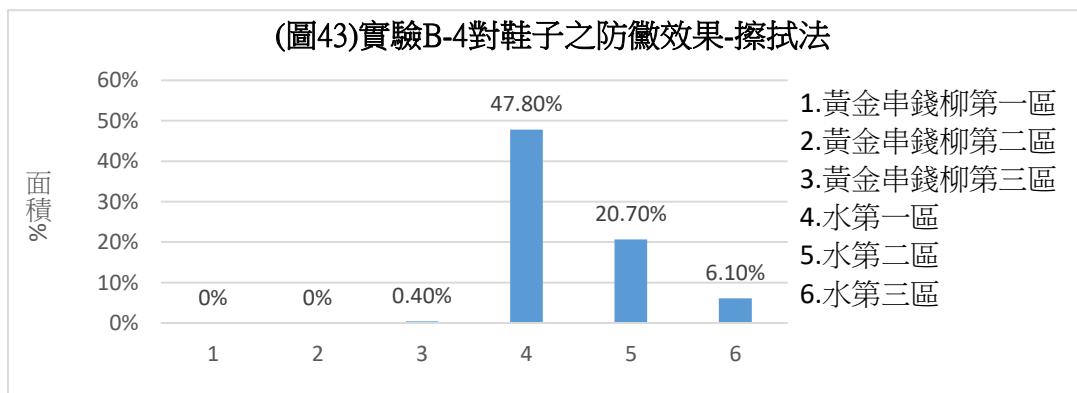


### (四)實驗 B-4、黃金串錢柳精油對鞋子之防黴效果-擦拭法

1. 由(圖 42、43) 結果顯示，擦上黃金串錢柳精油的區域幾乎沒有長黴菌，只有擦上無菌水的區域有長黴菌。  
以黃金串錢柳精油擦拭的部分完全沒有長出黴菌

					
黃金串錢柳 第一區	黃金串錢柳 第二區	黃金串錢柳 第三區	水第一區	水第二區	水第三區
黴菌面積%	黴菌面積%	黴菌面積%	黴菌面積%	黴菌面積%	黴菌面積%
0%	0%	0.4%	47.8%	20.7%	6.1%

(圖 42)擦拭法後的鞋子黴菌面積



### 三、研究 C 探討黃金串錢柳的抗氧化能力

#### (一) 實驗 C-1、以 DPPH 試劑檢測

1.由表 12、13 和(圖 44、45、46)顯示，黃金串錢柳對 DPPH 自由基清除率(使用[1-(樣品吸光值/對照組吸光值)]×100%計算)及黃金串錢柳的抗氧化力相對的 NAC 當量數(依據方程式  $y = -0.0016x + 0.5108$  計算)皆比茶樹高，表示抗氧化效果比茶樹好，具有極佳清除 DPPH 自由基的能力。

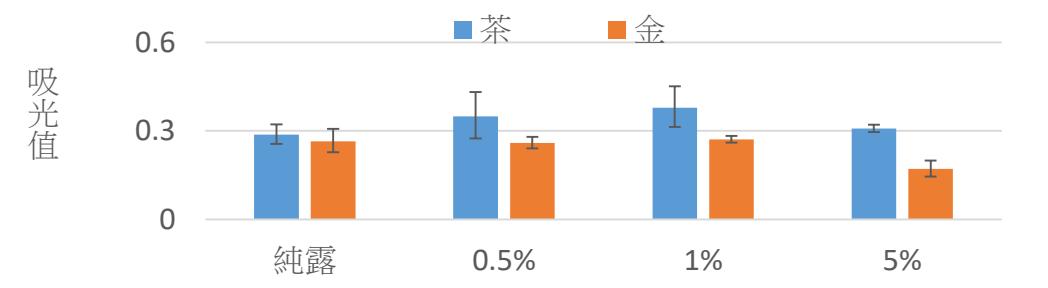
表 12. 清除 DPPH 自由基能力檢測結果

濃度	平均吸光值	誤差值	清除率			
黃金串 錢柳	茶樹	黃金串 錢柳	茶樹	黃金串 錢柳	茶樹	
純露	0.265	0.287	0.040	0.033	49%	45%
0.5%	0.259	0.349	0.020	0.079	50%	33%
1%	0.271	0.379	0.011	0.069	48%	27%
5%	0.171	0.308	0.027	0.013	67%	41%

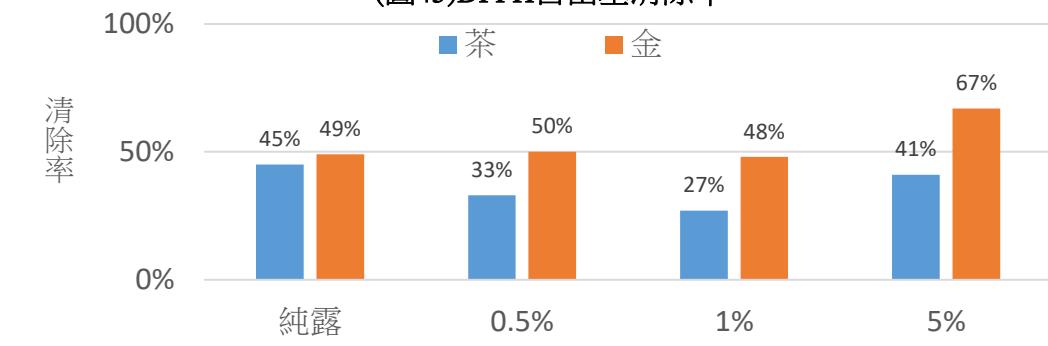
表 13.NAC 清除 DPPH 自由基能力

NAC(μg/mL)	平均吸收值	NAC 當量數(μg/mL)
0	0.52	種類
5	0.512	黃金串
10	0.47	茶樹
25	0.462	濃度
50	0.453	黃金串
100	0.344	茶樹

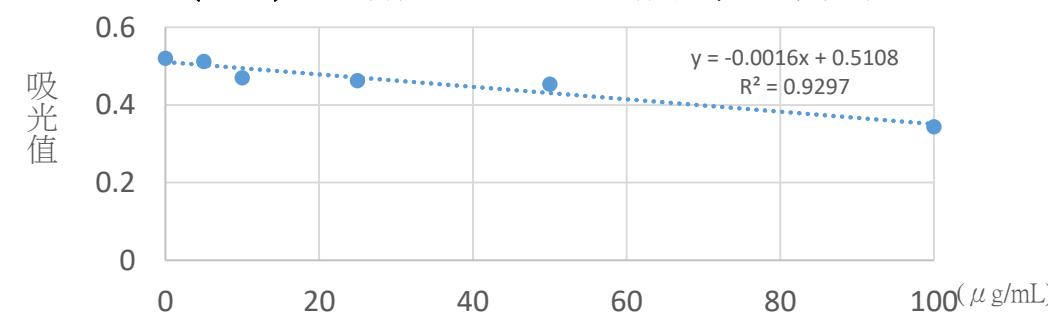
(圖44)清除DPPH自由基能力檢測吸光值



(圖45)DPPH自由基清除率



(圖46)NAC清除DPPH自由基能力檢測吸光值



## (二) 實驗 C-2、以 ABTS 試劑檢測

1.由表 14、15 和(圖 47、48、49)顯示，黃金串錢柳對 ABTS 自由基清除率(使用[1-(樣品吸光度/對照組吸光度)]X100%計算)及抗氧化力相對於 A.A 的當量數(依據方程式  $y = -0.0191x + 1.0523$  計算)皆比茶樹高，表示抗氧化效果比茶樹好，1%的黃金串錢柳精油清除 ABTS 自由基的能力已高達 99%。

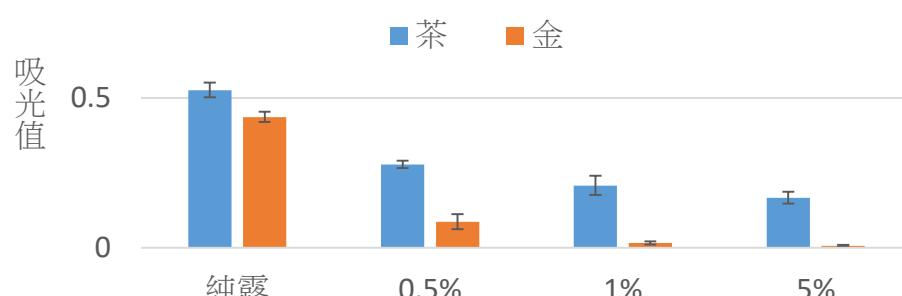
表 14. 清除 ABTS 自由基能力檢測結果

濃度	平均吸光值		誤差值		清除率	
	黃金串 錢柳	茶樹	黃金串 錢柳	茶樹	黃金串 錢柳	茶樹
純露	0.436	0.525	0.017	0.025	58%	50%
0.5%	0.086	0.277	0.025	0.013	91%	74%
1%	0.016	0.207	0.005	0.032	99%	80%
5%	0.006	0.166	0.003	0.020	99%	84%

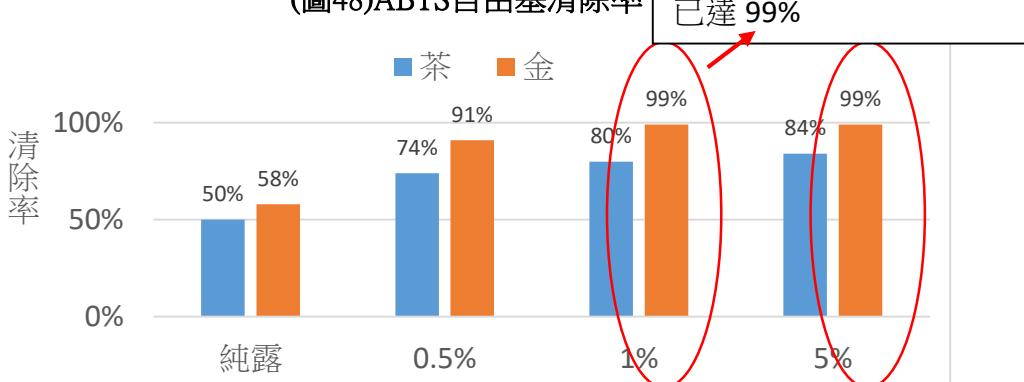
表 15. AA 清除 ABTS 自由基能力

濃度	AA(μg/mL)		AA 當量數(μg/mL)
	黃金串 錢柳	茶樹	
純露	0	1.051	32.3
0.5%	10	0.872	50.6
1%	25	0.56	54.4
5%	50	0.102	54.7

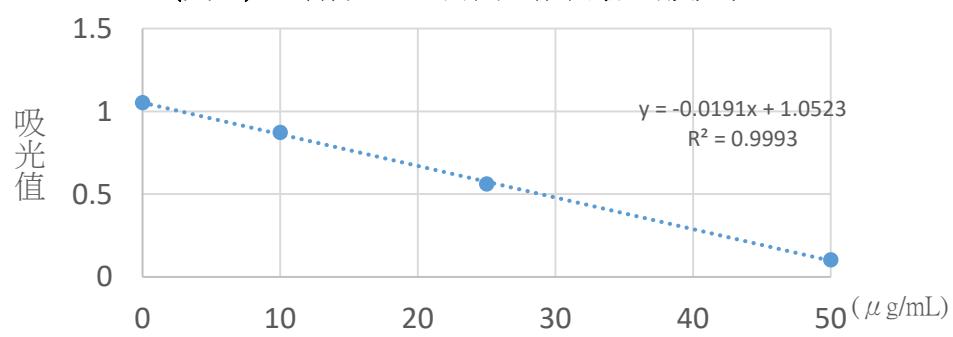
1 —— (圖47) 清除ABTS自由基能力檢測吸光值



(圖48) ABTS自由基清除率



(圖49) AA 清除ABTS自由基能力檢測吸光值



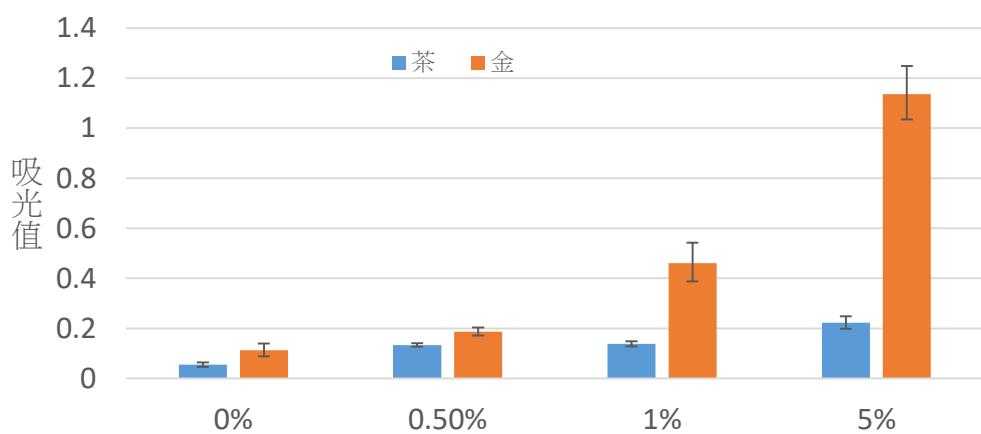
### (三)實驗 C-3、以 Folin 試劑檢測

1. 由表 16 和(圖 50、51)顯示，黃金串錢柳的吸光值高於茶樹，表示總酚類化合物含量較茶樹高，含量相當豐富；黃金串錢柳的抗氧化力相對的 A.A 當量數(依據方程式  $x = (y - 0.0067)/0.0028$  計算)比茶樹濃，5%精油的 AA 當量數達 **403.6 μg/mL**，抗氧化力極高。

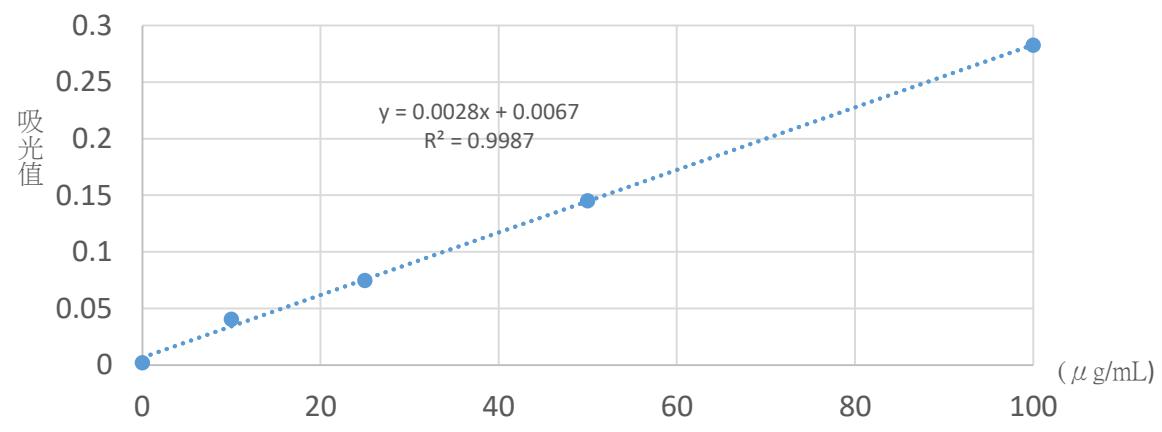
表 16.Folin 試劑總酚類化合物含量檢測結果

濃度	平均吸光值		誤差值		AA 當量數(μg/mL)	
	黃金串錢柳	茶樹	黃金串錢柳	茶樹	黃金串錢柳	茶樹
純露	0.113	0.054	0.020	0.008	38.0	17.1
0.5%	0.187	0.134	0.010	0.007	64.3	45.3
1%	0.461	0.138	0.070	0.009	162.3	46.8
5%	1.137	0.222	0.106	0.020	403.6	77.0

(圖50)Folin試劑總酚類含量檢測吸光值



(圖51)A.A與Folin試劑反應能力檢測吸收值



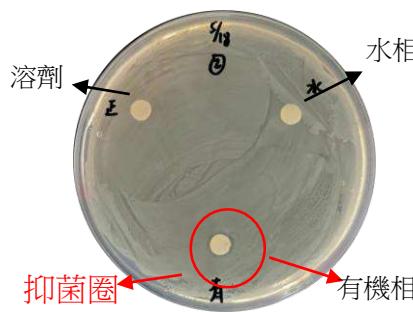
#### 四、研究 D 分析黃金串錢柳有效成分

##### (一) 實驗 D-1、以液液萃取法分離黃金串錢柳成分並分析

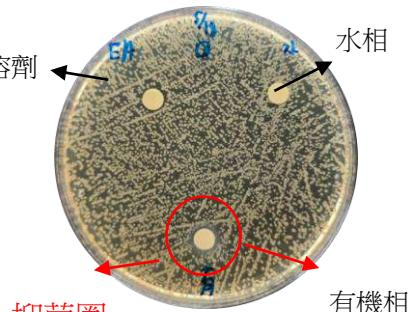
以液液萃取法分離黃金串錢柳精油後，其正己烷、乙酸乙酯、正丁醇的有機相及水項萃取物的抑菌、防黴、抗氧化實驗結果如下：

###### 1. 抑菌、防黴實驗

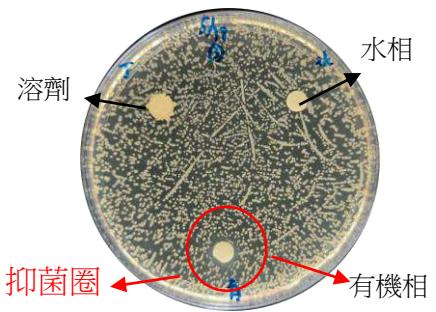
(1) 由(圖 52、53、54)顯示，有機相皆有抑菌圈，代表有效抑制大腸桿菌的成分屬於偏非極性物質。



(圖 52) 正己烷-水萃取物  
抑大腸桿菌

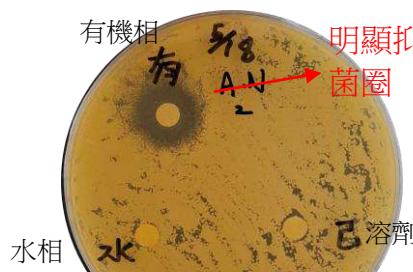


(圖 53) 乙酸乙酯-水萃取物  
抑大腸桿菌



(圖 54) 正丁醇-水萃取物  
抑大腸桿菌

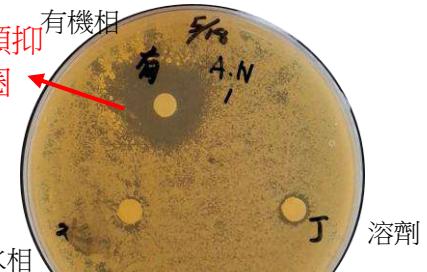
(2) 由(圖 55、56、57)顯示，有機相皆有抑菌圈，代表有效抑制新黑曲黴的成分屬於偏非極性物質，且效果非常顯著。



(圖 55) 正己烷-水萃取物  
抑新黑曲黴



(圖 56) EA-水萃取物  
抑新黑曲黴

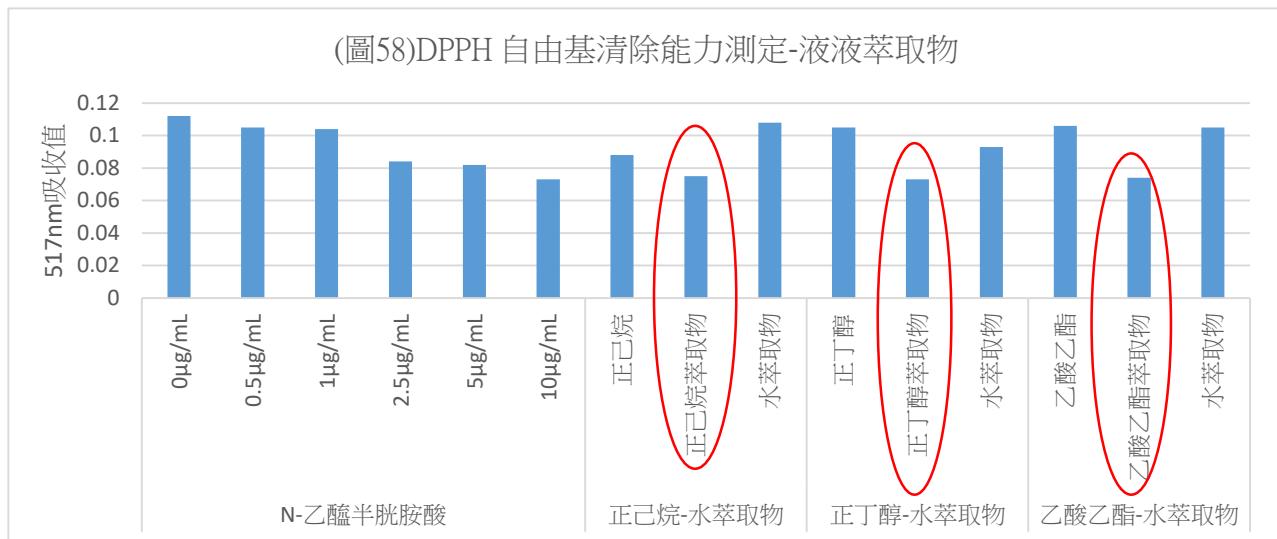


(圖 57) 正丁醇-水萃取物  
抑新黑曲黴

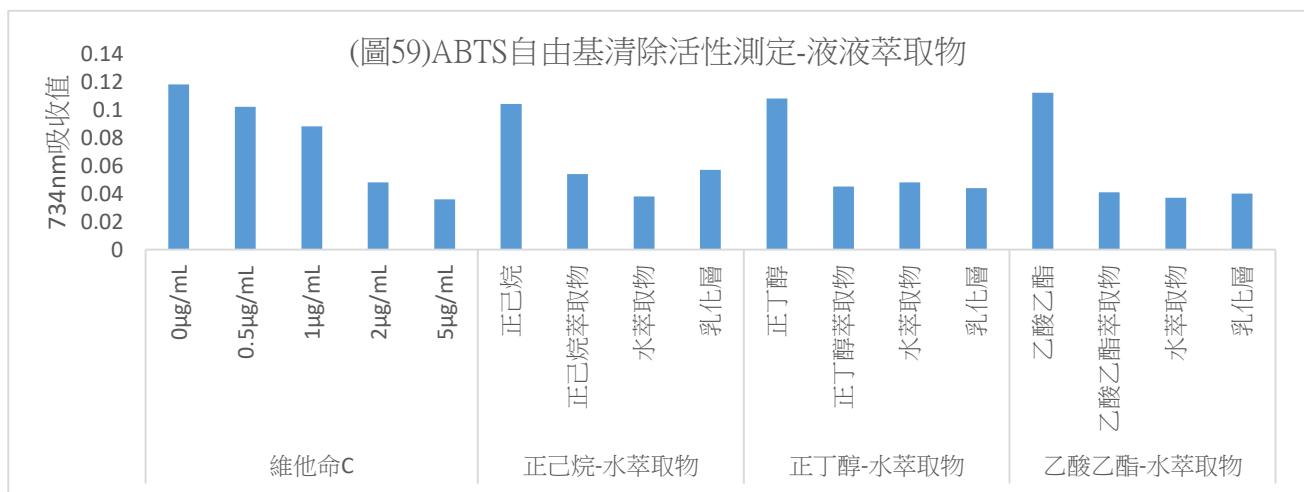
\*抑菌防黴實驗皆有進行三重複，僅取其一代表。

## 2. 抗氧化實驗

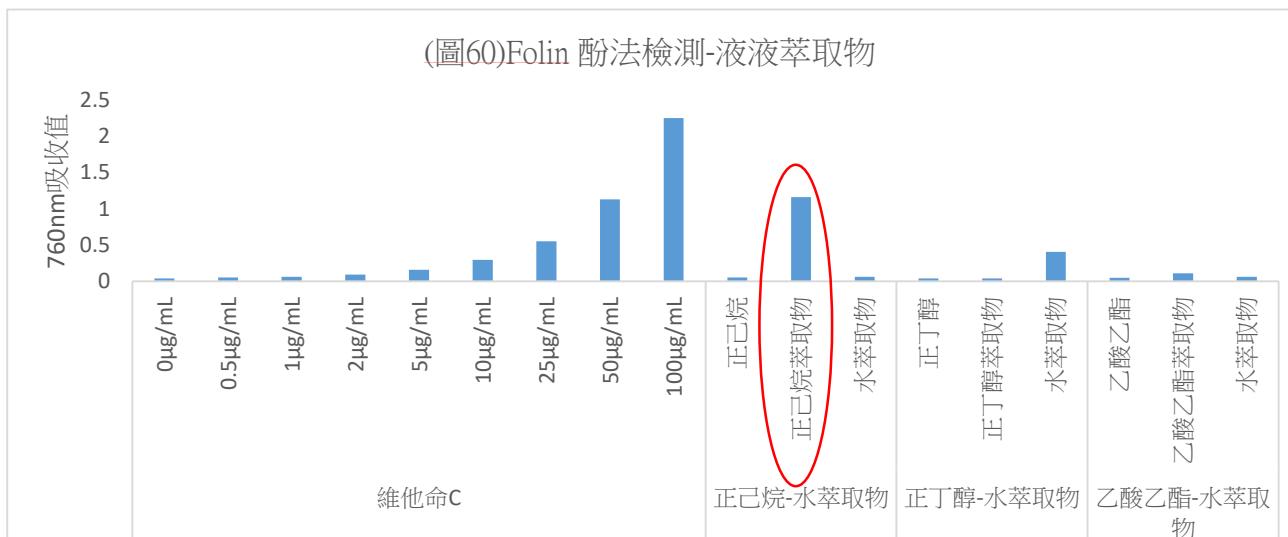
(1)由(圖 58)顯示，吸收值越低時，DPPH 自由基清除能力越高，三種溶劑有機相萃取物的 DPPH 自由基清除率高於水萃取物。



(2)由(圖 59)顯示，吸收值越低時，ABTS 自由基清除能力越高，有機相及水相萃取物皆含有清除 ABTS 自由基的成分。



(3)由(圖 60)顯示，吸收值越高，總酚類化合物含量越高，正己烷萃取物含量最高。



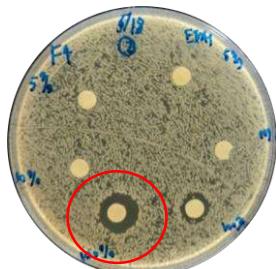
## (二)實驗-D-2、以管柱層析法分離黃金串錢柳成分並分析

以管柱層析法分離黃金串錢柳精油，收集 12 個部分(fraction)的流出物，編號為 f1~f12。其抑菌、防黴、抗氧化的結果如下：

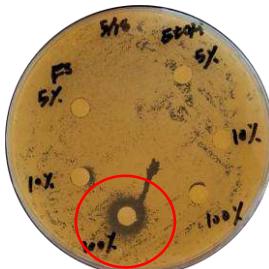
### 1.抑菌、防黴實驗

(1)由(圖 61)顯示，管柱層析流出物 f4 在抑制大腸桿菌的實驗中，抑菌圈最明顯，其他部分流出物無明顯抑菌圈，表示 f4 含有抑制大腸桿菌的有效成分。

(2)由(圖 62、63)顯示，管柱層析流出物 f4 在抑制新黑曲黴的實驗中，抑菌圈最明顯，f3 有較小的抑菌圈，表示 f3、f4 含有抑制新黑曲黴的有效成分，其他部分則無，如(圖 64)。



(圖 61)管柱層析 f4  
抑大腸桿菌



(圖 62)管柱層析 f3  
抑新黑曲黴



(圖 63)管柱層析 f4  
抑新黑曲黴

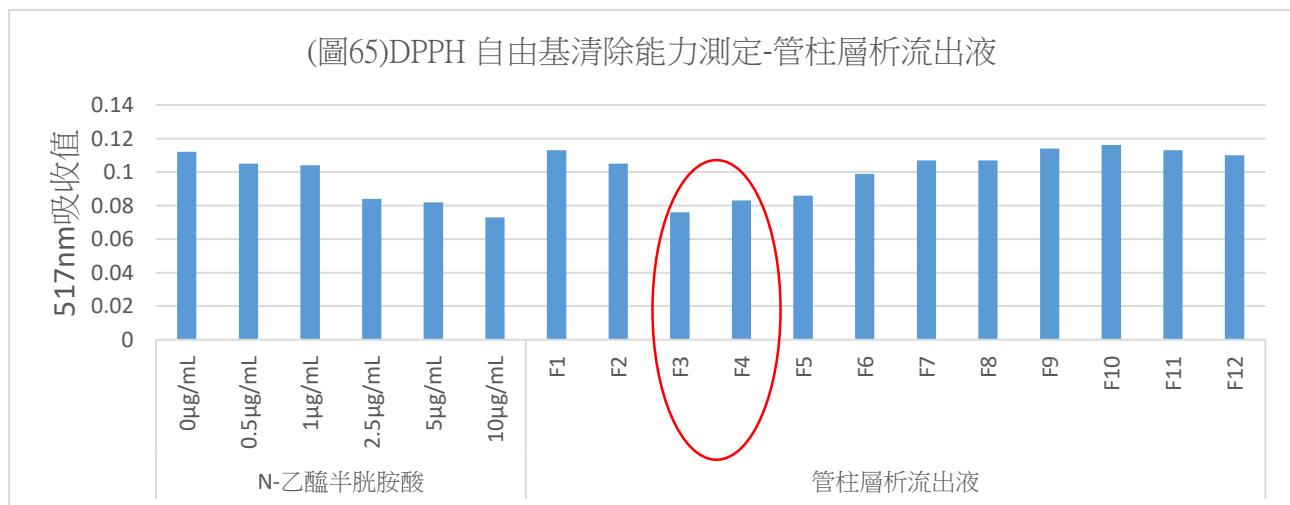


(圖 64)管柱層析 f5  
抑新黑曲黴

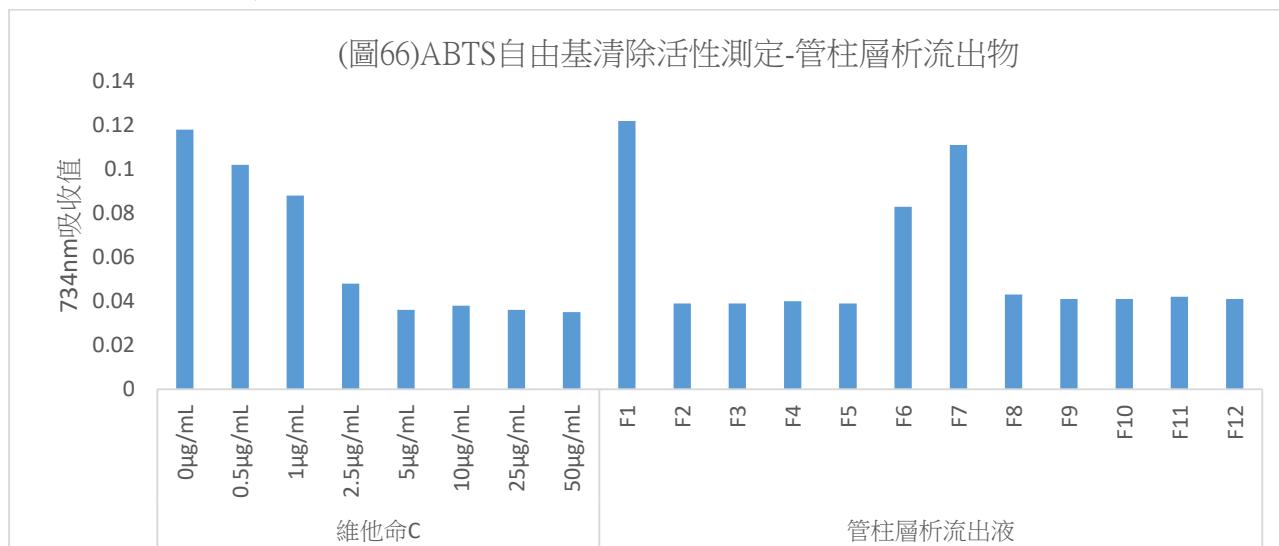
\*抑菌防黴實驗皆有進行三重複，僅取其一代表。

### 2.抗氧化實驗

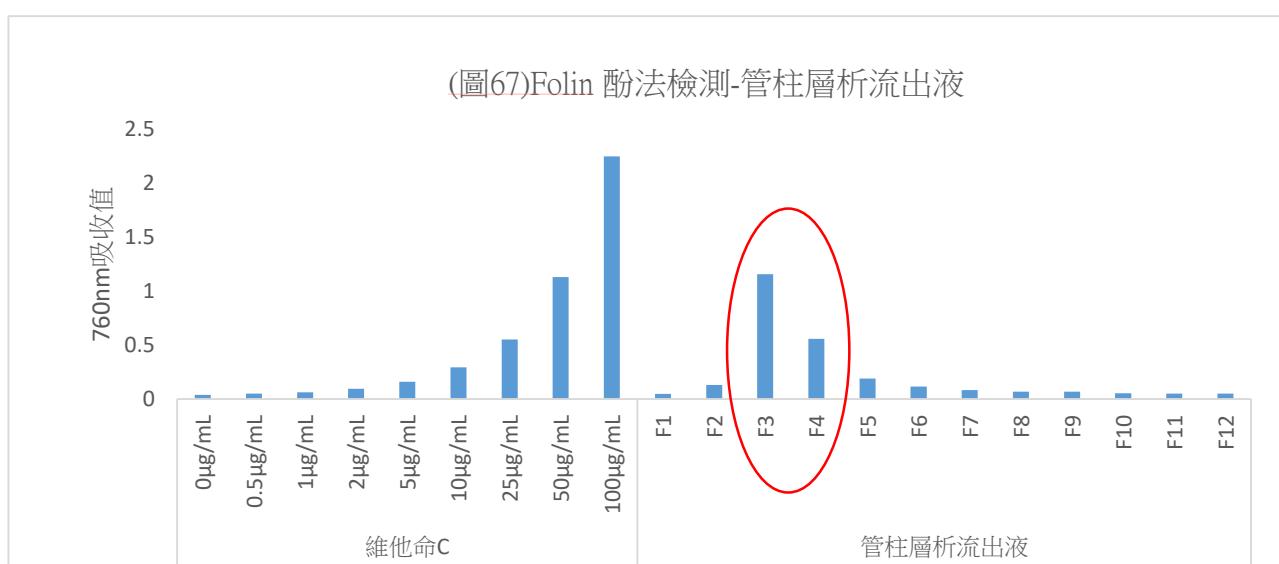
(1)由(圖 65)顯示，吸收值越低時，DPPH 自由基清除能力越高，管柱層析流出物 f3、f4，DPPH 自由基清除力高。



(2) 由(圖 66)顯示，吸收值越低時，ABTS 自由基清除能力越高，f2~f5 及 f8~f12 皆含有清除 ABTS 自由基的成分。



(3) 由(圖 67)顯示，吸收值越高，總酚類化合物含量越高，管柱層析物 f3、f4 含量高。



## 伍、討論

### 一、研究 A 探討黃金串錢柳的抑菌能力

1. 根據【實驗 A-2 不同植物的上清液(七天後)對牙齒原始菌之抑菌效果】，發現七天後植物上清液對未先生長細菌的抑菌效果為:黃金串錢柳>茶樹、薄荷。芳香萬壽菊、左手香、金銀花的上清液已經無抑菌效果。從以上實驗結果，我們接著挑選抑菌效果較佳的黃金串錢柳及茶樹。並製備其精油和純露，以進行後續實驗。

2. 根據【實驗 A-3、黃金串錢柳及茶樹的上清液、精油對衣服原始菌之抑菌效果】，發現黃金串錢柳的抑菌效果佳，因此我們決定在後續抑菌實驗皆以黃金串錢柳作為抑菌植物。

### 3.根據【實驗 A-4、A-5 黃金串錢柳的上清液、純露、精油對牙齒、衣服原始菌之抑菌效果】

發現黃金串錢柳精油對於牙齒及衣服原始菌都有抑菌效果，且牙齒及衣服上有很多不同種類的細菌，因此，接著用四分畫線法畫單一菌，檢測黃金串錢柳的精油、上清液、純露對牙齒及衣服單一菌的抑菌效果。

### 4.根據【實驗 A-9、不同稀釋倍數的黃金串錢柳精油對衣服原始菌之抑菌效果】，我們選擇效果最好的精油原液以及 1/2 倍精油進行接續對衣服布料之抑菌效果的實驗。

## 二、研究 B 探討黃金串錢柳的防黴能力

1.根據實驗【B-1、黃金串錢柳及茶樹上清液、精油對鞋子原始黴菌之防黴效果】，發現植物上清液裡可能會有殘留的黴菌孢子，在培養基中長出許多白色菌絲，容易干擾實驗，後續實驗就不再探討上清液的防黴效果，僅針對精油做防黴實驗。

2.根據實驗【B-2、黃金串錢柳及茶樹精油對鞋子單一黴菌之防黴效果】，發現黃金串錢柳精油及茶樹精油都有極佳的防黴能力，然而茶樹精油已是市面上常見的防黴精油，因此後續只選用黃金串錢柳精油做進一步的鞋子防黴實驗。

3.根據實驗【B-3、B-4、黃金串錢柳精油對鞋子之防黴效果-噴灑法、擦拭法】，發現經黃金串錢柳精油擦拭過的鞋子，能培養出黴菌的面積明顯較少，可知黃金串錢柳能有效防黴，但此時我們心中有一個疑惑：精油是否含有防黴的有效成分或只是精油中油脂防黴呢??為了解決這個疑惑，我們進一步有了研究 D 黃金串錢柳有效成分分析的想法。

## 三、研究 C 探討黃金串錢柳的抗氧化能力

每種試劑在檢測物質的抗氧化力時都會有一些限制，所以我們選擇三種試劑進行檢測，實驗結果發現，黃金串錢柳抗氧化效果優於茶樹，自由基清除率極高，抗氧化的能力來自何種成分呢??後續利用液液萃取法及管柱層析法將精油不同極性成分分離，並將不同成分進行抑菌、防黴、抗氧化實驗，再對有效成分進行探討。

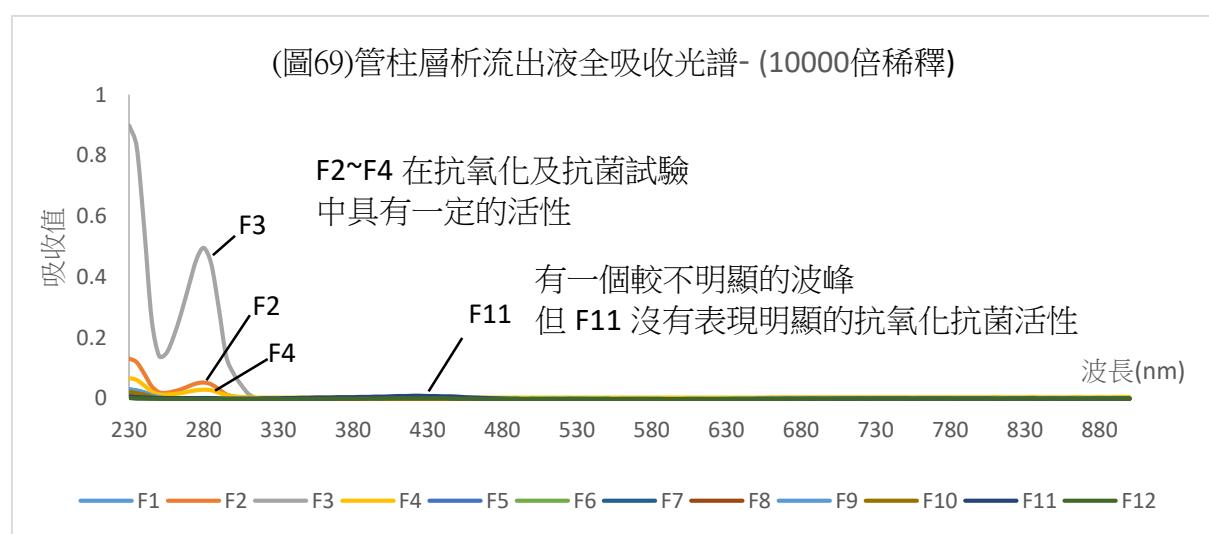
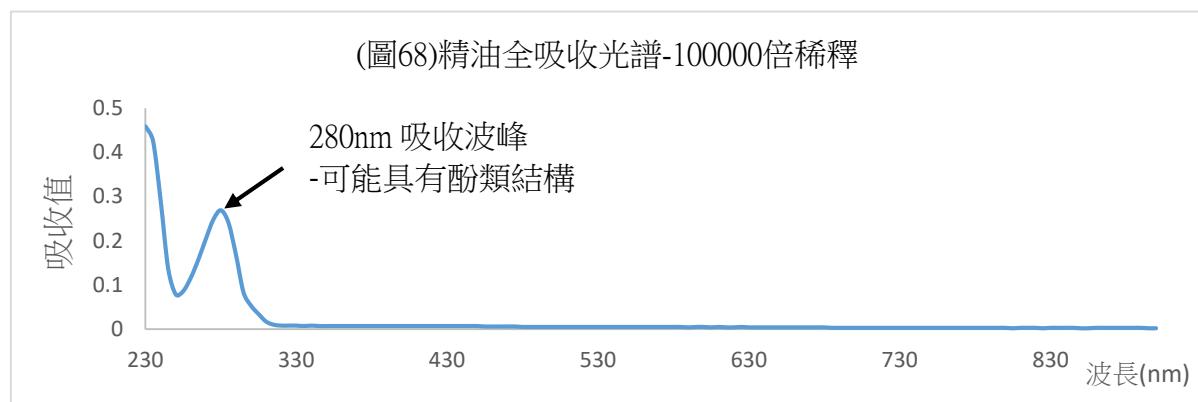
## 四、研究 D 分析黃金串錢柳有效成分

(1)液液萃取法分離出有機相及水相的萃取物，油脂溶在乳化層中已分離，可以確定精油含有油脂以外的抑菌、防黴成份。

(2)根據【實驗 D-1、以液液萃取法分離黃金串錢柳成分並分析】，已知溶劑極性由小到大：正己烷 < 乙酸乙酯 < 正丁醇 < 水，實驗結果顯示：三種溶劑的有機相萃取物皆有抑菌、防黴能力，推論抑菌、防黴有效成分屬於偏非極性物質；正己烷萃取物在 Folin 酚法檢測中顯示含有較多總酚類化合物，水相萃取物僅對 ABTS 試劑具抗氧化能力，推論水相萃取物中具有清除 ABTS 自由基的成分。

(3)根據【實驗-D-2、以管柱層析法分離黃金串錢柳成分並分析】，矽膠極性高於酒精，在管柱層析時，極性較高的物質較易吸附於矽膠，極性較低者先被酒精洗脫，f3、f4 在 12 個流出物中屬於較早流出的偏極性物質，實驗結果顯示：f3、f4 皆具有較佳的抑菌、防黴、抗氧化能力，推論有效成分屬於偏非極性物質；在 Folin 酚法檢測中 f3、f4 顯示含有較多總酚類化合物，f8~f12 僅對 ABTS 試劑具抗氧化能力。

(4)根據(圖 67、68)，精油全吸收光譜在 280nm 有一吸收波峰，可能具有酚類結構，f3 在 280nm 也有吸收波峰，f2、f4 有較小的吸收波峰，它們都具一定的抑菌、抗氧化能力。綜合(2)(3)所述，推論黃金串錢柳的有效成分，可能是文獻中提到的甲基丁香酚。



## 陸、結論

一、黃金串錢柳的精油屬於較少見的沉水精油，較易分散成小精油滴使純露呈現混濁，需靜置一段時間再收集。

二、黃金串錢柳的抑菌、防黴能力

1. 黃金串錢柳上清液較其他植物上清液的抑菌效果好，七天後的上清液仍有抑菌效果。
2. 黃金串錢柳精油抑制細菌生長的能力優於茶樹。

3. 黃金串錢柳精油可以減少排汗衫、棉衫細菌孳生，效果甚至比酒精好，還可減少酒精的刺激性氣味，增加怡人的香味。
4. 黃金串錢柳精油防黴效果佳，可實際應用在防止鞋上黴菌生長，且擦拭法較噴灑法效果佳，可以代替傳統鞋油來保養皮鞋。

### 三、黃金串錢柳的**抗氧化**能力

1. 黃金串錢柳的精油及純露抗氧化能力優於茶樹，對 DPPH、ABTS 自由基的清除力極高。
2. 黃金串錢柳以 FOLIN 試劑檢驗，總酚類化合物含量高。

### 四、黃金串錢柳**有效成分**

1. 黃金串錢柳的有效成分屬於偏非極性的酚類，推論應為文獻中的甲基丁香酚<sup>(8)</sup>。

五、**亮點**:黃金串錢柳-防黴抗氧贏茶樹，抑菌強效勝酒精，省工好養低維護，潛力價值如黃金。

以上所有照片、圖形、表格皆由作者拍攝及製作

## 陸、參考文獻資料

- 一、沈品妍(2023)。茉拭傳說—探討茉草對桌球上的環境菌抑菌效果(63屆全國科展)。  
南投縣南投市光華國民小學。
- 二、曾紫涵、林妤珊、謝欣璋、柴鈺淨、盧柏叡、林敬哲(2018)。大花馬齒莧的防霉  
抑菌之探究與應用(58屆全國科展)。新北市私立竹林國民小學。
- 三、呂昕怡(2011)。打「黴」「樂」打了沒一不同中藥對黴菌抑制效果(51屆全國科展)。  
國立高雄師範大學附屬高級中學。
- 四、吳有恩(2020)。天洛神兵,黴軍止步~洛神葵對黴菌生長影響的研究(60屆全國科展)。  
臺北市立介壽國民中學。
- 五、王濰平、王友雋(2016)。探討綠豆水抑制黴菌之效果與應用(56屆全國科展)。  
臺北市立敦化國民中學。
- 六、張恩瑜、游亭儀(2022)。家庭式簡易高效能精油萃取裝置研發(62屆全國科展)。  
臺北市私立復興實驗高級中學附設國中。
- 七、蕭志浩、楊謹鴻(2014)茶花萃取液之抗氧化能力及其生活上之應用研究(54屆全國科展)。  
嘉義市私立嘉華高級中學。
- 八、Wenting Wang , Xiaoqin Huang , Huixiang Yang , Xianqian Niu , Dongxiang Li ,Chao Yang,Liang Li , Liting Zou , Ziwen Qiu , Shaohua Wu ,and Yongyu Li(2019).Activity and Anti-Quorum Sensing Mediated Phenotype in Response to Essential Oil from *Melaleuca bracteata* Leaves. College of Horticulture, Fujian Agriculture and Forestry University, Fuzhou, Fujian Institute of Tropical Crops, Zhangzhou 。
- 九、Industrial Crops and Products Volume 76,15 December 2015, Pages 604-615 。
- 十、林詩容;張同吳(2018)。栽培方式對黨參植株各部位的黨參炔苷及抗氧化能力之影響--材  
料與方法—06。

## 【評語】030213

本研究以校園種植的黃金串錢柳與茶樹為材料，評估其抑菌、防黴及抗氧化能力。結果顯示黃金串錢柳精油抑菌效果優於茶樹，能有效抑制牙齒、衣物菌群及大腸桿菌，且防黴能力佳，適合替代傳統鞋油，抗氧化測試亦優於茶樹。此外，黃金串錢柳噴灑在布料上抑菌效果優於酒精。防黴實驗則顯示黃金串錢柳精油能抑制鞋中黴菌生長，並可取代傳統鞋油。黃金串錢柳抗氧化效果優於茶樹精油，實驗再利用液液萃取法、管柱層析法來分離精油成分、測試不同極性成分之生物活性，推論出黃金串錢柳精油有效成分為偏非極性的酚類。黃金串錢柳在台灣是非常普遍的植物，其所含的芳香油是目前世界上珍貴的化妝品香料之一的事實也廣為人所知，本作品使用周圍有的材料，經由測試黃金串錢柳精油之抑菌、防黴及抗氧化能力。這是一個由校園生活發想的科學主題，非常契合探究實作的精神，報告中也有適當的整理過去利用植物的特性達到抗菌特色的一些科展作品，在抗氧化的部分也有許多背景的知識的理解，整體的實驗設計生物性占較多數的篇幅，但是發現黃金串錢柳的優秀抗菌特性是蠻新奇的結論，本項作品比較偏向於生物或者生活科技的組別，整體報告的篇幅對於化學的原理著墨相對的較少，但仍不失是一個不錯的作品。

作品海報



# 沉沒試金——黃金串錢柳抑菌防黴抗氧化能力之研究

## 摘要

本研究以校園內種植的黃金串錢柳、茶樹為主要研究對象，研究發現黃金串錢柳是沉水精油。抑菌實驗結果顯示：黃金串錢柳上清液較其他植物上清液抑菌效果佳，七天後仍有效，黃金串錢柳精油能有效抑制牙齒及衣服原始菌、牙齒及衣服單一菌、大腸桿菌在培養基中生長，黃金串錢柳噴灑在排汗衫、棉衫上能有效減少細菌生長，效果比酒精好；防黴實驗結果顯示：黃金串錢柳精油能防止鞋子黴菌在培養基中生長，直接擦拭在鞋子上能減少黴菌生長，可取代鞋油；抗氧化能力實驗：以DPPH、ABTS、Folin試劑檢測，皆顯示黃金串錢柳抗氧化效果較茶樹精油佳。以液液萃取法、管柱層析法分離精油成分，再進行抑菌、防黴、抗氧化實驗，推論黃金串錢柳有效成分屬於偏非極性物質的酚類。

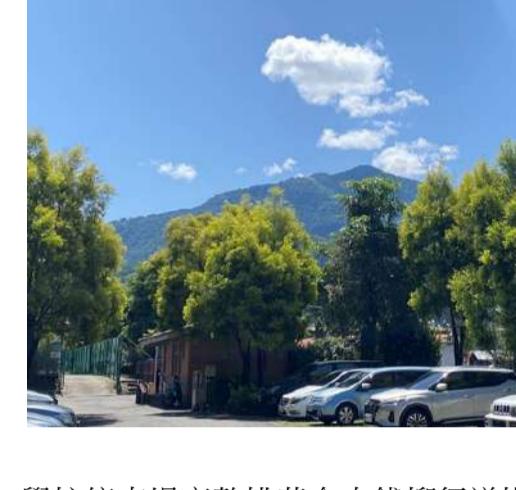
## 壹、前言

### 一、研究動機：

在我負責的外掃區有一整排的行道樹，有一次總務主任修剪完樹木，我和同學要負責撿拾樹枝、樹葉，一走近我們就聞到了一種特別的香味，我們問了主任才知道這些樹木是黃金串錢柳，主任說這種植物長得跟茶樹相似，你們要不要拿回去研究看看，主任又說校園裡還有很多植物也可以拿回去研究，我想起家裡有標榜添加茶樹精油的清潔劑、添加左手香的洗手乳，而且價格不便宜，我想如果我們可以善用身邊現有的植物找出能添加在清潔劑的天然物質那就太棒了！於是我們蒐集了一些校園裡常見的植物來進行研究，查詢資料發現有些植物成分有抑菌、防黴、抗氧化的功效，這也是清潔劑中添加這些植物的原因，因而有了這次探討黃金串錢柳抑菌、防黴、抗氧化功效的研究。

### 二、研究目的：

1. 探討黃金串錢柳的**抑菌**能力。
2. 探討黃金串錢柳的**防黴**能力。
3. 探討黃金串錢柳的**抗氧化**能力。
4. 分析黃金串錢柳**有效成分**。



學校停車場旁整排黃金串錢柳行道樹

### 三、文獻回顧：

#### (一) 相關科展研究比較：

國內有大量文獻研究各種植物的抑菌、防黴及抗氧化的效果，**本研究不同之處在於主要研究黃金串錢柳的抑菌、防黴、抗氧化的效果，國內文獻尚未出現黃金串錢柳的相關研究。英文文獻中可查詢到黃金串錢柳的抗菌實驗但沒有提到防黴及抗氧化實驗。**

#### (二) 黃金串錢柳介紹

1. 主要用途：學名：*Melaleuca bracteata* 科名：桃金娘科(*Myrtaceae*)、白千層屬(*Melaleuca*)。用途：柔軟的金黃色枝條具抗颱風能力，耐水淹、抗鹽鹼、好種植，特別適合沿海地區城市綠化使用，視覺效果最好的色葉喬木新樹種之一，可用於庭園景觀、道路美化、社區綠化。黃金串錢柳的葉片芳香宜人，其含的芳香油是目前世界上珍貴的化妝品香料之一。

#### 2. 主要成分(Wang[8])：

成分	成分(英文)	分子式	占有比例%
甲基丁香酚	Methyleugenol	C <sub>11</sub> H <sub>14</sub> O <sub>2</sub>	90.46%
肉桂酸甲酯	Methyl trans-cinnamate	C <sub>10</sub> H <sub>10</sub> O <sub>2</sub>	4.25%
對烯丙基苯甲醚	Estragole	C <sub>10</sub> H <sub>12</sub> O	0.32%
松油醇	alpha-Terpineol	C <sub>10</sub> H <sub>18</sub> O	0.23%

## 貳、研究步驟

### 一、研究流程：



研究 A 黃金串錢柳和茶樹的**抑菌效果** (衣服原始菌) / 研究 B 黃金串錢柳和茶樹的**防黴效果** (鞋子原始黴菌) / 研究 C 黃金串錢柳和茶樹的**抗氧化能力檢測** (純露、稀釋不同倍數精油)

黃金串錢柳的**抑菌效果** (衣服原始菌、牙齒原始菌、大腸桿菌) / 黃金串錢柳的**防黴效果** (鞋子單一菌) / 黃金串錢柳的**抗氧化效果** (DPPH試劑檢測、Folin試劑檢測、ABTS試劑檢測)

黃金串錢柳對衣服布料的**抑菌效果** (排汗衫、棉衫) / 黃金串錢柳對鞋子的**防黴效果** (有效抑制鞋子黴菌生長) / 黃金串錢柳對衣服的**抗氧化效果** (對排汗衫的效果非常好)

研究 D 分析黃金串錢柳**有效成分** (管柱層析法、液液萃取法)

黃金串錢柳對衣服、牙齒、大腸桿菌抑制效果好

黃金串錢柳對大腸桿菌抑制效果好

黃金串錢柳對衣服抑制效果好

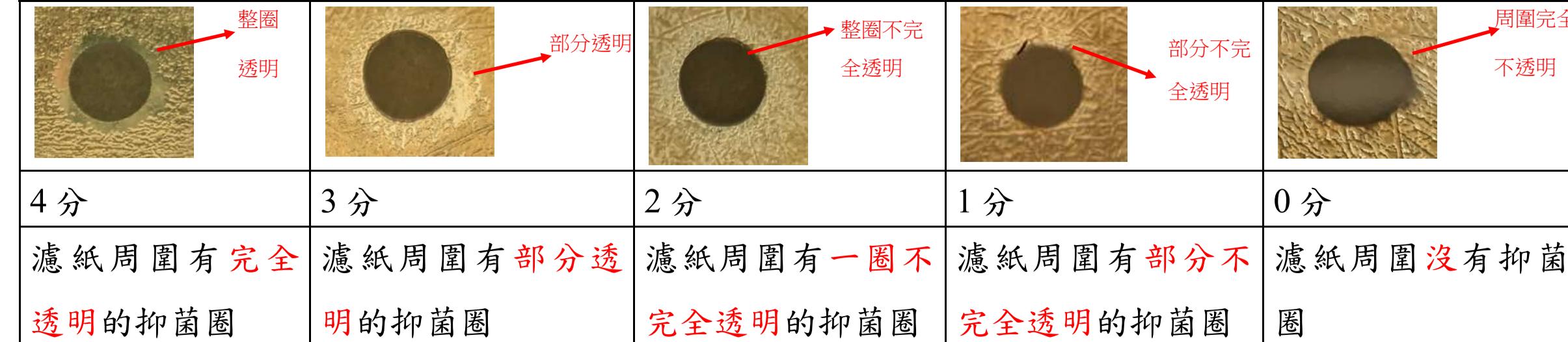
黃金串錢柳對牙齒抑制效果好

黃金串錢柳對大腸桿菌抑制效果好

黃金串錢柳對衣服抑制效果好

## 肆、實驗結果

### 一、抑菌圈評分標準：



### 研究 A 探討黃金串錢柳的抑菌能力

#### 實驗 A-1、不同植物的上清液對牙齒原始菌之抑菌效果

1. (圖 19)顯示對已生長一天細菌的抑菌效果為：黃金串錢柳 > 茶樹、芳香萬壽菊 > 薄荷 > 左手香 > 金銀花。

2. (圖 20)顯示對未生長一天細菌的抑菌效果為：黃金串錢柳 > 茶樹、芳香萬壽菊 > 薄荷 > 金銀花 > 左手香。



#### 實驗 A-2、不同植物的上清液(七天後)對牙齒原始菌之抑菌效果

1. (圖 21)顯示七天後對已生長一天細菌只有黃金串錢柳仍有抑菌效果。

2. (圖 22)顯示七天後對未生長一天細菌的抑菌效果為：黃金串錢柳 > 茶樹、薄荷。



#### 實驗 A-3、黃金串錢柳及茶樹的上清液、精油對衣服原始菌之抑菌效果

1. (圖 23)顯示黃金串錢柳精油及茶樹精油皆有抑菌效果，黃金串錢柳效果更好一些。

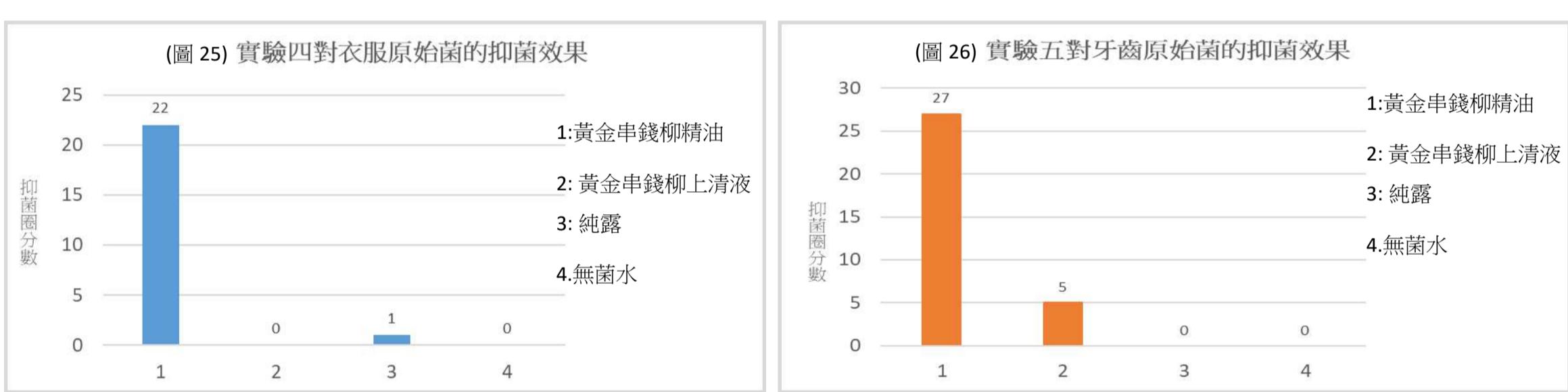


#### 實驗 A-4、黃金串錢柳的上清液、純露、精油對衣服原始菌之抑菌效果

#### 實驗 A-5、黃金串錢柳的上清液、純露、精油對牙齒原始菌之抑菌效果

1. (圖 25)顯示對衣服原始菌的抑菌效果為：精油 > 純露 > 上清液，上清液無抑菌效果。

2. (圖 26)顯示對牙齒原始菌的抑菌效果為：精油 > 上清液 > 純露。純露無抑菌效果。

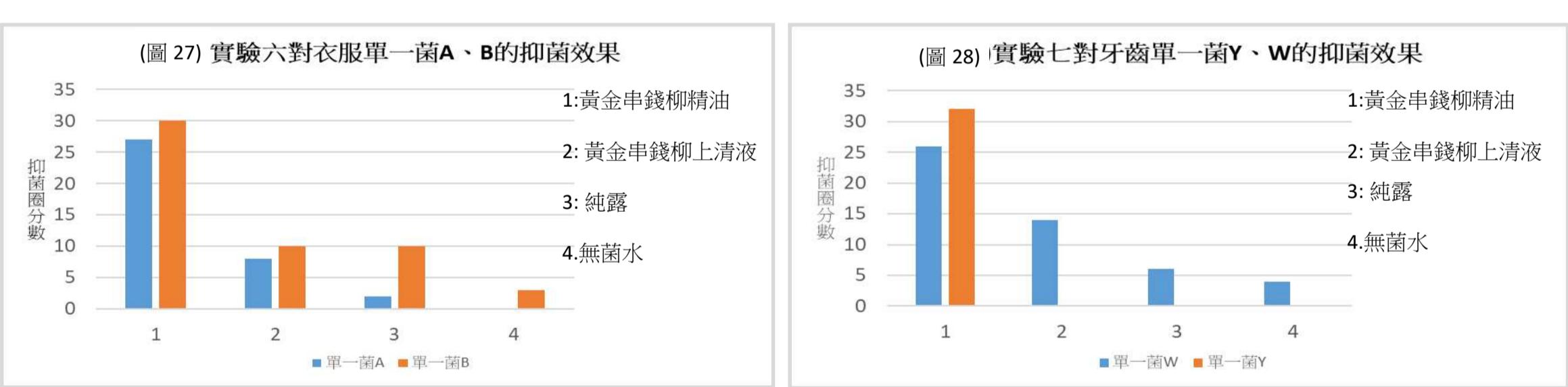


#### 實驗 A-6、黃金串錢柳的上清液、純露、精油對衣服單一菌之抑菌效果

#### 實驗 A-7、黃金串錢柳的上清液、純露、精油對牙齒單一菌之抑菌效果

1. (圖 27)顯示黃金串錢柳的三種萃取物對衣服單一菌 A、B 都有抑菌效果，A 菌：精油 > 上清液 > 純露；B 菌：精油 > 上清液 = 純露。

2. (圖 28)顯示黃金串錢柳的三種萃取物對牙齒單一菌 W 都有抑菌效果：W：精油 > 上清液 > 純露；對 Y 菌只有精油有效。



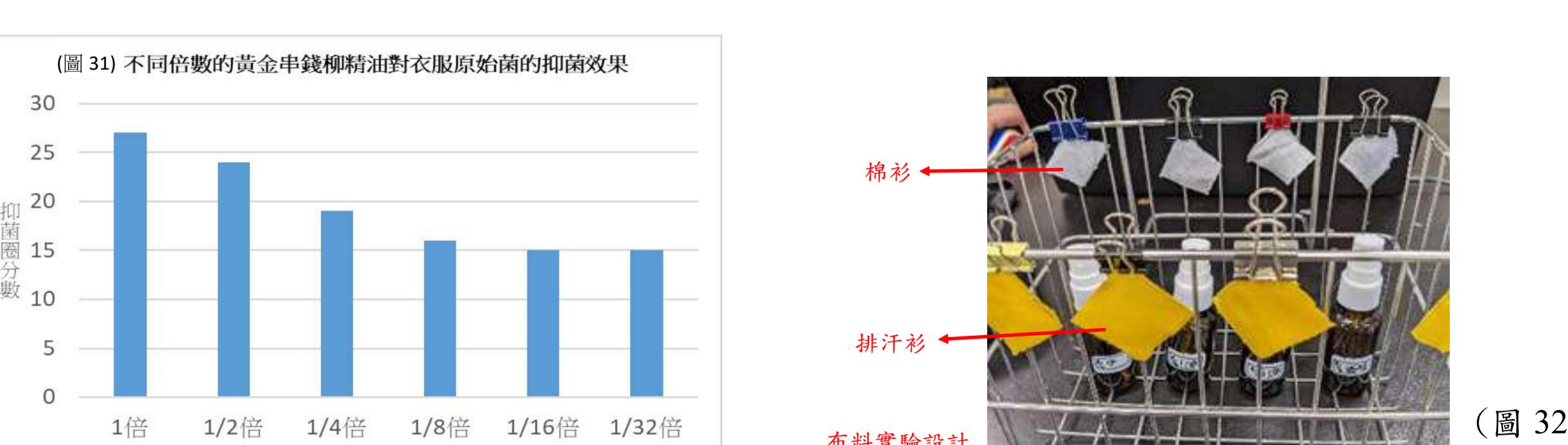
#### 實驗 A-8、黃金串錢柳的上清液、純露、精油對大腸桿菌之抑菌效果

1. (圖 29)顯示黃金串錢柳三種萃取物對大腸桿菌的抑菌效果為：精油 > 純露；上清液無抑菌效果。



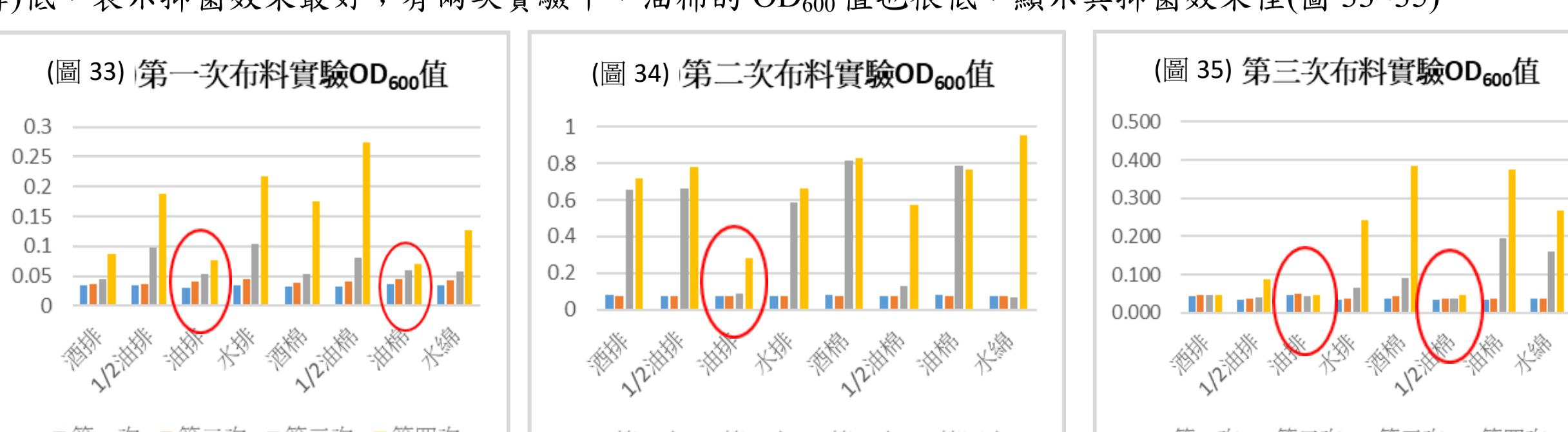
#### 實驗 A-9、不同稀釋倍數的黃金串錢柳精油對衣服原始菌之抑菌效果

1. (圖 31)顯示黃金串錢柳精油對於衣服原始菌的抑菌效果為：1 倍 > 1/2 倍 > 1/4 倍 > 1/8 倍 > 1/16 倍 > 1/32 倍，濃度越高抑菌效果越好，稀釋到 1/32 倍仍有抑菌效果。



#### 實驗 A-10、黃金串錢柳對衣服布料之抑菌效果

1. 在三次布料實驗中，噴灑黃金串錢柳精油的排汗衫(油排)其 OD<sub>600</sub> 值皆最低，甚至比噴灑酒精的排汗衫(酒排)低，表示抑菌效果最好；有兩次實驗中，油棉的 OD<sub>600</sub> 值也很低，顯示其抑菌效果佳(圖 33~35)。



## 研究 B、探討黃金串錢柳的抑菌能力

### 實驗 B-1、黃金串錢柳及茶樹上清液、精油對鞋子原始菌之防黴效果

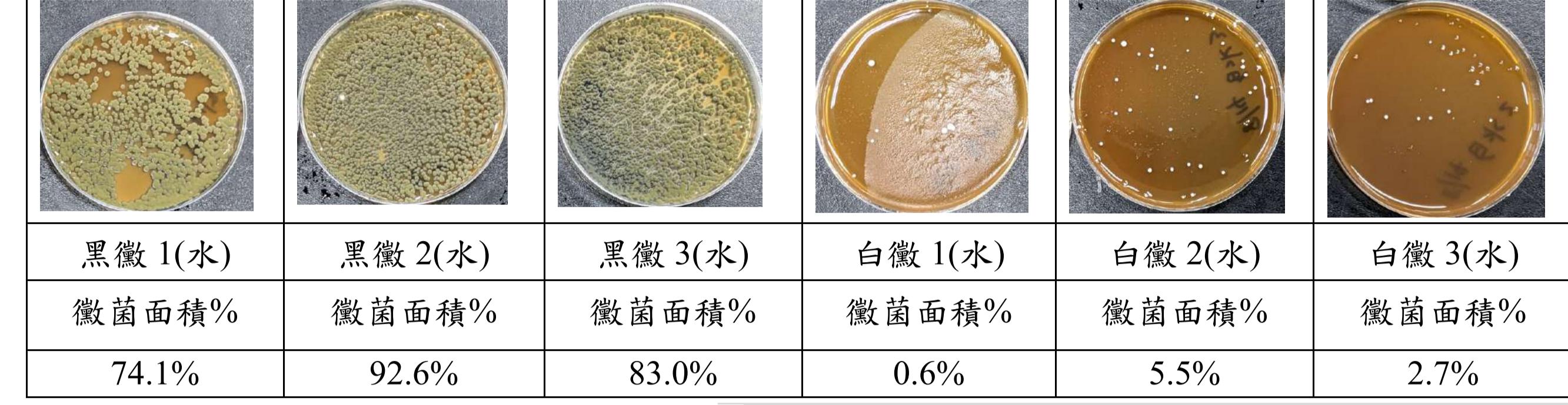
1.由(圖 36)顯示黃金串錢柳精油、茶樹精油、無菌水的三個培養皿中未長出黴菌，黃金串錢柳上清液、茶樹上清液的培養皿長出與鞋子黴菌不同的白色黴菌。



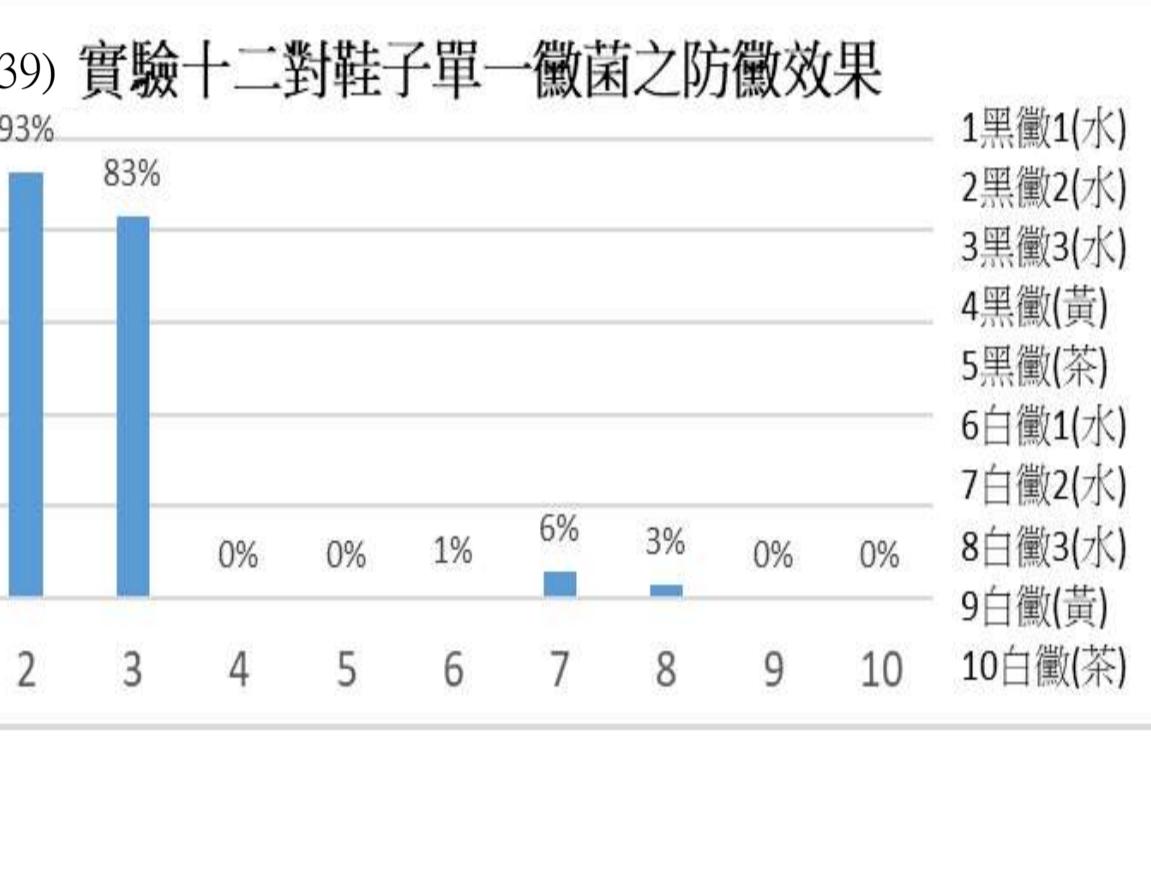
(圖 36)

### 實驗 B-2、黃金串錢柳及茶樹精油對鞋子單一黴菌之防黴效果

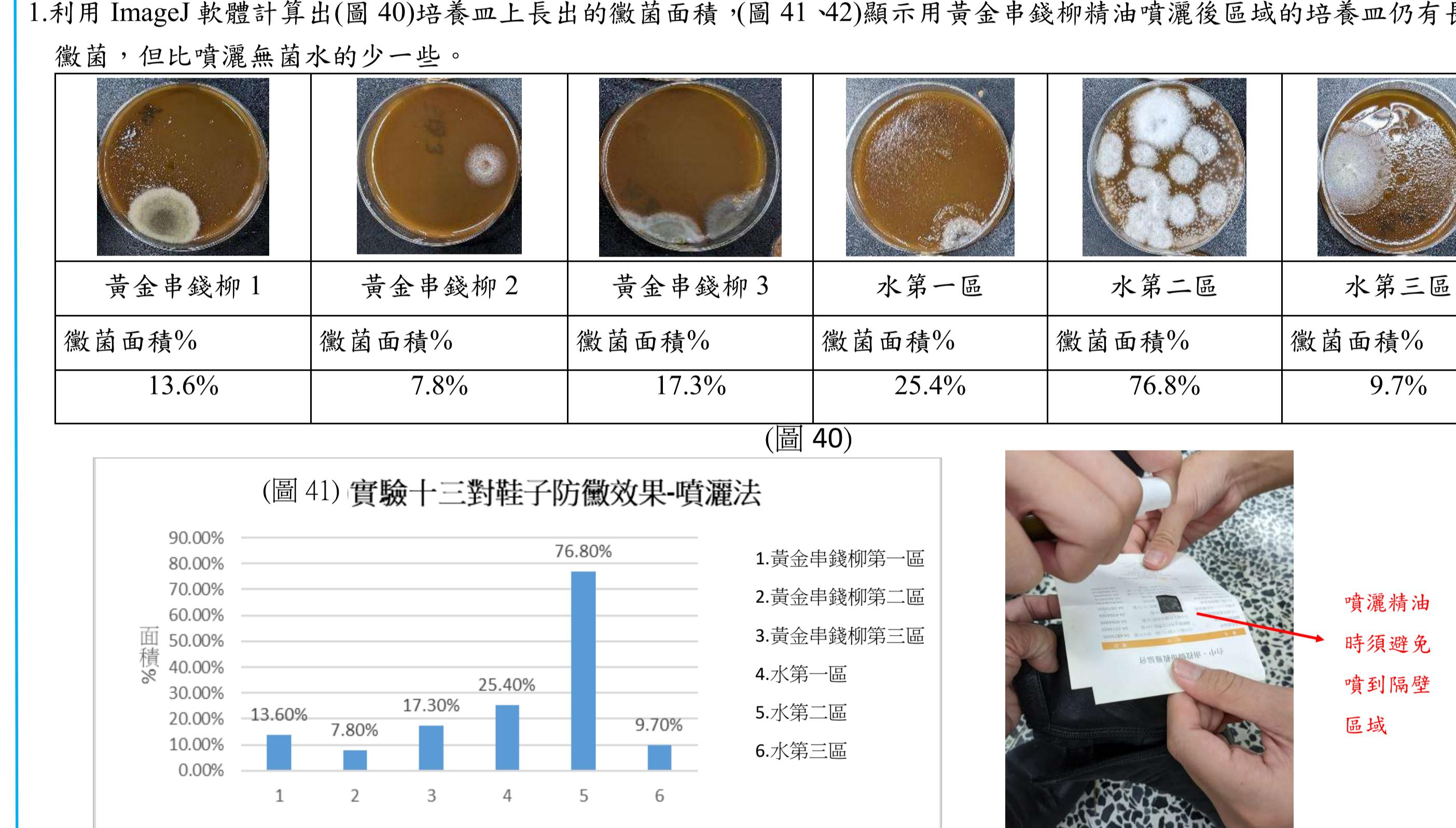
1.利用 ImageJ 軟體計算出(圖 37)培養皿長出的黴菌面積，(圖 38、39)顯示黃金串錢柳精油及茶樹精油，皆有良好的防黴效果。



(圖 38) 黃金串錢柳和茶樹精油的培養基黴菌面積皆為 0



(圖 40)



噴灑精油時須避免噴到隔壁區域

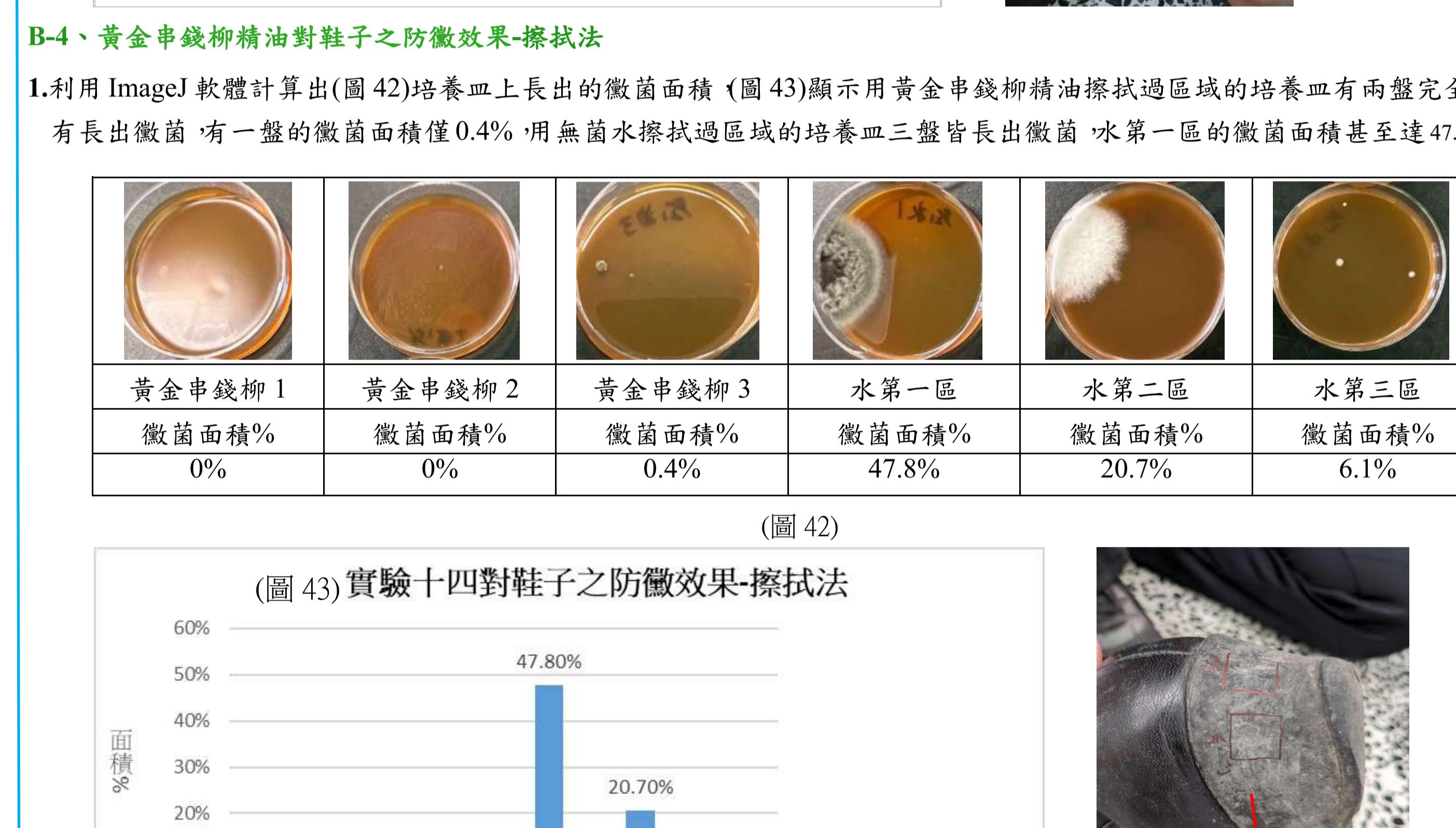
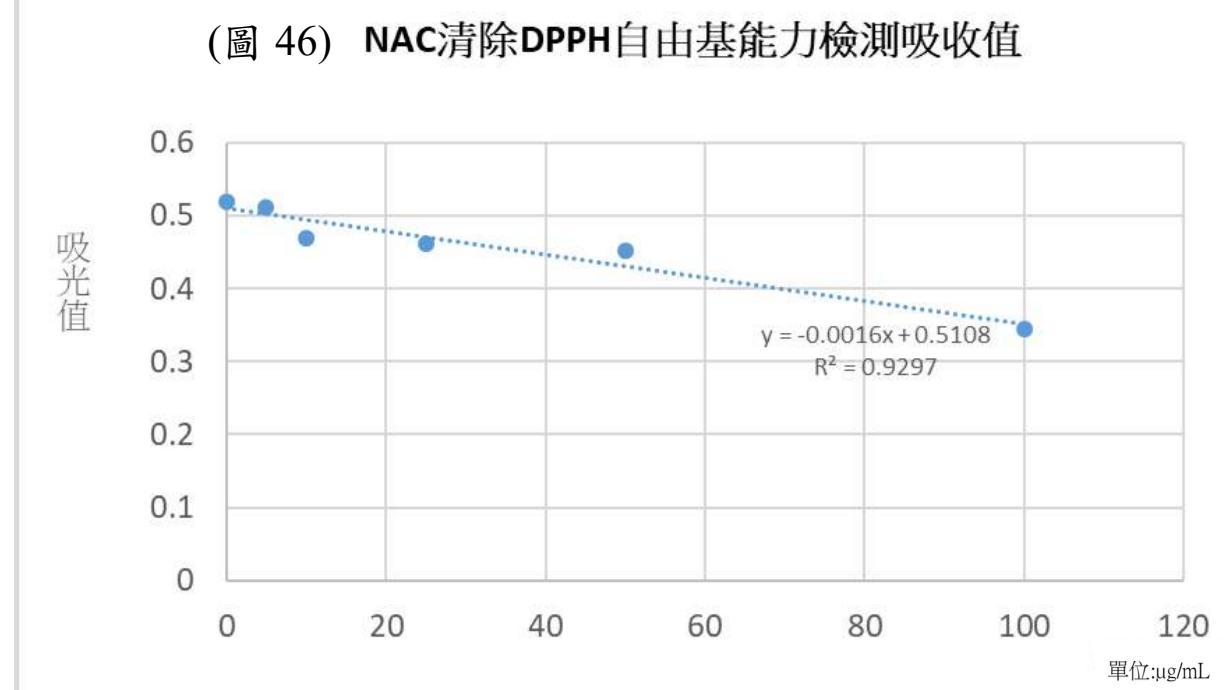


表 2.NAC 清除 DPPH 自由基能力

NAC(μg/mL)	平均吸收值	NAC 當量數(μg/mL)
0	0.52	種類
5	0.512	黃金串錢柳 茶樹
10	0.47	濃度
25	0.462	純露 153.625 139.875
50	0.453	0.5% 157.375 101.125
100	0.344	1% 149.875 82.375

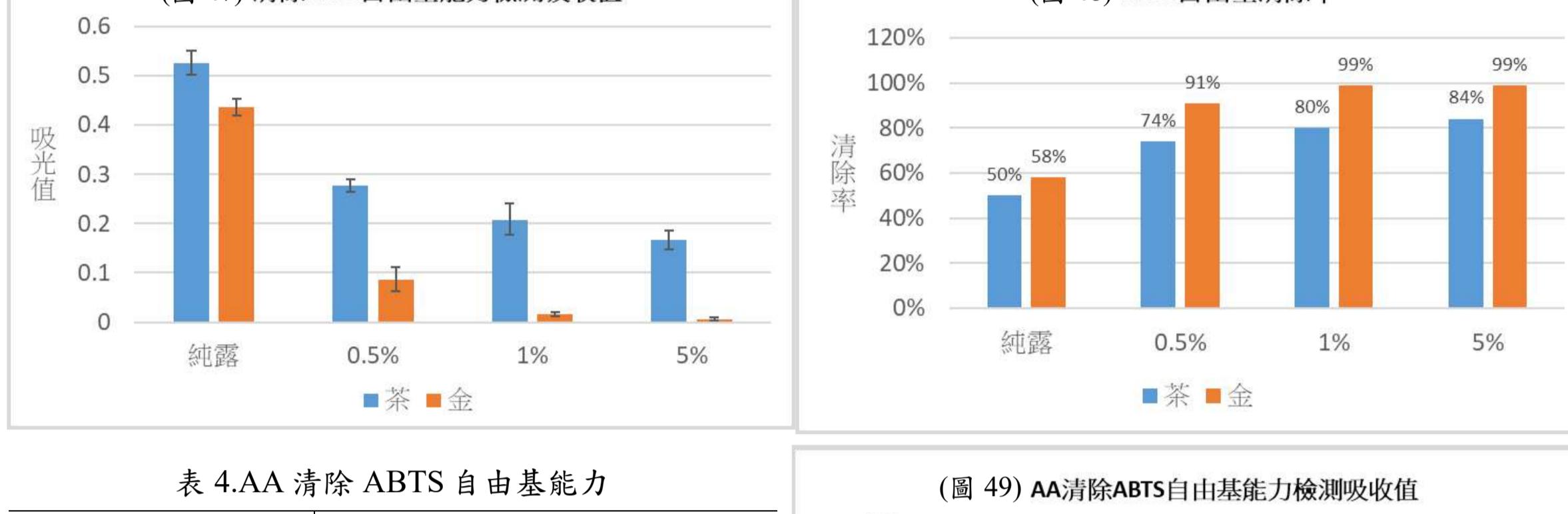


### 實驗 C-2、清除 ABTS 自由基能力檢測

- 由(表 3)、(圖 47、48)可得知，黃金串錢柳平均吸光值低於茶樹，表示黃金串錢柳對於 ABTS 自由基的清除能力高於茶樹；精油濃度越高，ABTS 自由基清除力越高，抗氧化能力越好。
- 使用公式：清除率=[1-(樣品吸光值/對照組吸光值)]×100%計算，由(表 3)的計算結果得知清除率是黃金串錢柳高於茶樹，其中 1%以上的黃金串錢柳精油清除率高達 99%。
- 由(表 4)、(圖 49)可知黃金串錢柳純露的清除自由基能力相當於 32.3(μg/mL)的 AA，5%的黃金串錢柳精油相當於 54.7(μg/mL)的 AA，表示抗氧化能力佳。

表 3. 清除 ABTS 自由基能力檢測結果

濃度	平均吸光值		誤差值		清除率	
	黃金串錢柳	茶樹	黃金串錢柳	茶樹	黃金串錢柳	茶樹
純露	0.436	0.525	0.017	0.025	58%	50%
0.5%	0.086	0.277	0.025	0.013	91%	74%
1%	0.016	0.207	0.005	0.032	99%	80%
5%	0.006	0.166	0.003	0.020	99%	84%



AA(μg/mL)	AA 當量數(μg/mL)	
	收值	濃度 黃金串錢柳 茶樹
0	1.051	純露 32.3 27.6
10	0.872	0.5% 50.6 40.1
25	0.56	1% 54.4 44.3
50	0.102	5% 54.7 46.4

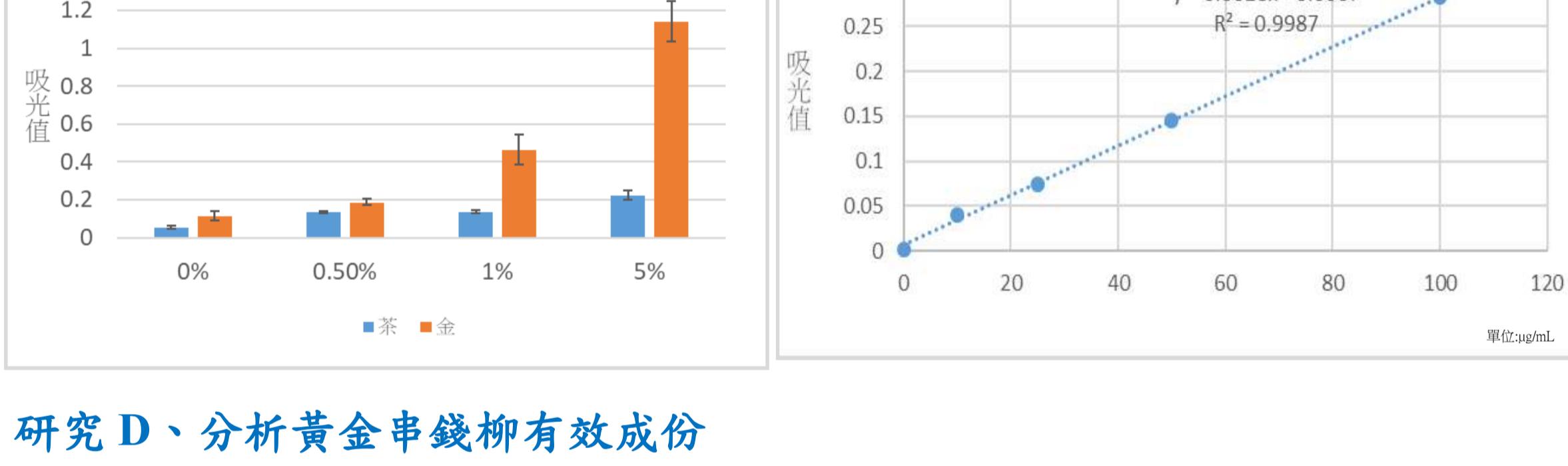
(圖 49) AA 清除 ABTS 自由基能力檢測吸收值

### 實驗 C-3、Folin 試劑檢測總酚類含量

- 由(表 5)、(圖 50)可得知，黃金串錢柳平均吸光值高於茶樹，表示總酚類化合物的含量是黃金串錢柳多於茶樹，精油濃度越高，總酚類化合物的含量越高。
- 由(表 5)、(圖 51)可得知，在 Folin 試劑檢測下，黃金串錢柳純露的抗氧化能力相當於 38.0μg/mL，5% 的黃金串錢柳精油的抗氧化能力已相當於 403.6μg/mL 的 AA，表示抗氧化力佳。

表 5. Folin 試劑總酚類化合物含量檢測結果

濃度	平均吸光值		誤差值		AA 當量數(μg/mL)	
	黃金串錢柳	茶樹	黃金串錢柳	茶樹	黃金串錢柳	茶樹
純露	0.113	0.054	0.020	0.008	38.0	17.1
0.5%	0.187	0.134	0.010	0.007	64.3	45.3
1%	0.461	0.138	0.070	0.009	162.3	46.8
5%	1.137	0.222	0.106	0.020	403.6	77.0



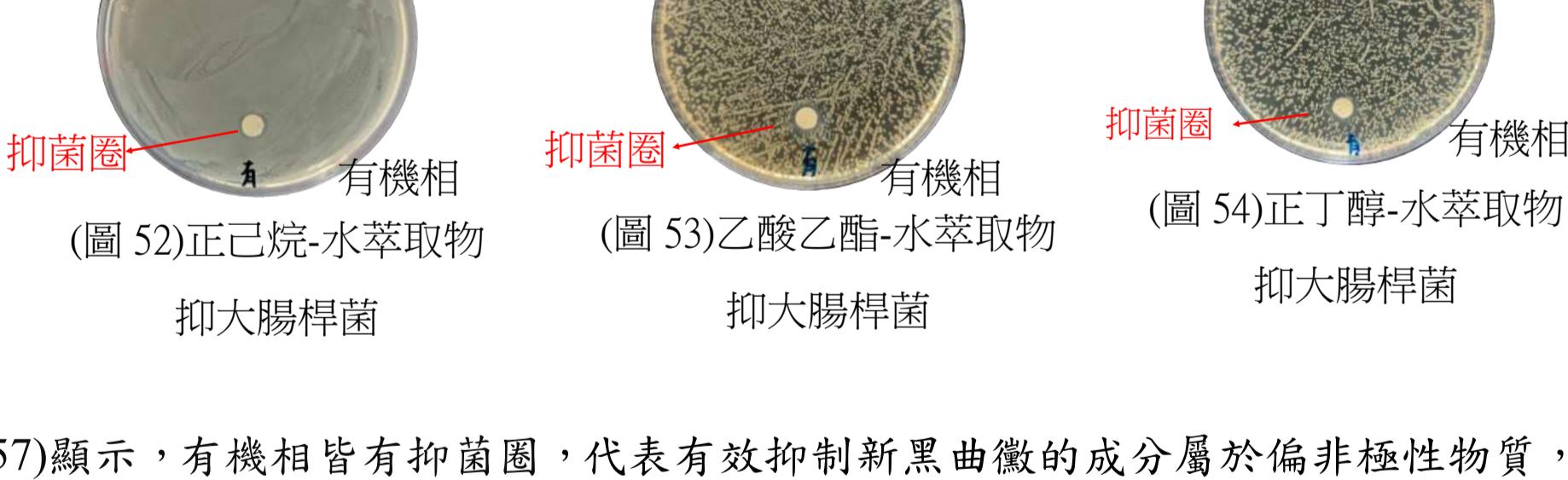
### 研究 D、分析黃金串錢柳有效成份

#### 實驗 D-1 以液液萃取法分離黃金串錢柳成分並分析

以液液萃取法分離黃金串錢柳精油後，其正己烷、乙酸乙酯、正丁醇的有機相及水相萃取物的抑菌、防黴、抗氧化實驗結果如下：

##### 1. 抑菌、防黴實驗

- 由(圖 52、53、54)顯示，有機相皆有抑菌圈，代表有效抑制大腸桿菌的成分屬於偏非極性物質。

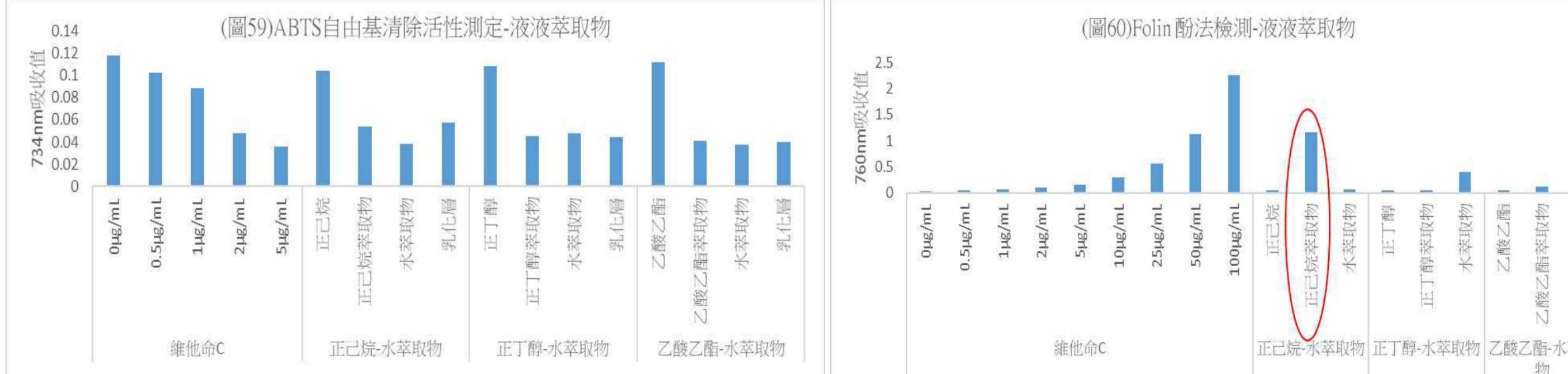


- 由(圖 55、56、57)顯示，有機相皆有抑菌圈，代表有效抑制新黑曲黴的成分屬於偏非極性物質，且效果非常顯著。



##### 2. 抗氧化實驗

- 由(圖 58)顯示，吸收值越低時，DPPH 自由基清除能力越高，三種溶劑有機相萃取物的 DPPH 自由基清除率高於水萃取物。
- 由(圖 59)顯示，吸收值越低時，ABTS 自由基清除能力越高，有機相及水相萃取物皆含有清除 ABTS 自由基的成分。
- 由(圖 60)顯示，吸收值越高，總酚類化合物含量越高，其中正己烷萃取物含量最高。



### 實驗 D-2 以管柱層析法分離黃金串錢柳成分並分析

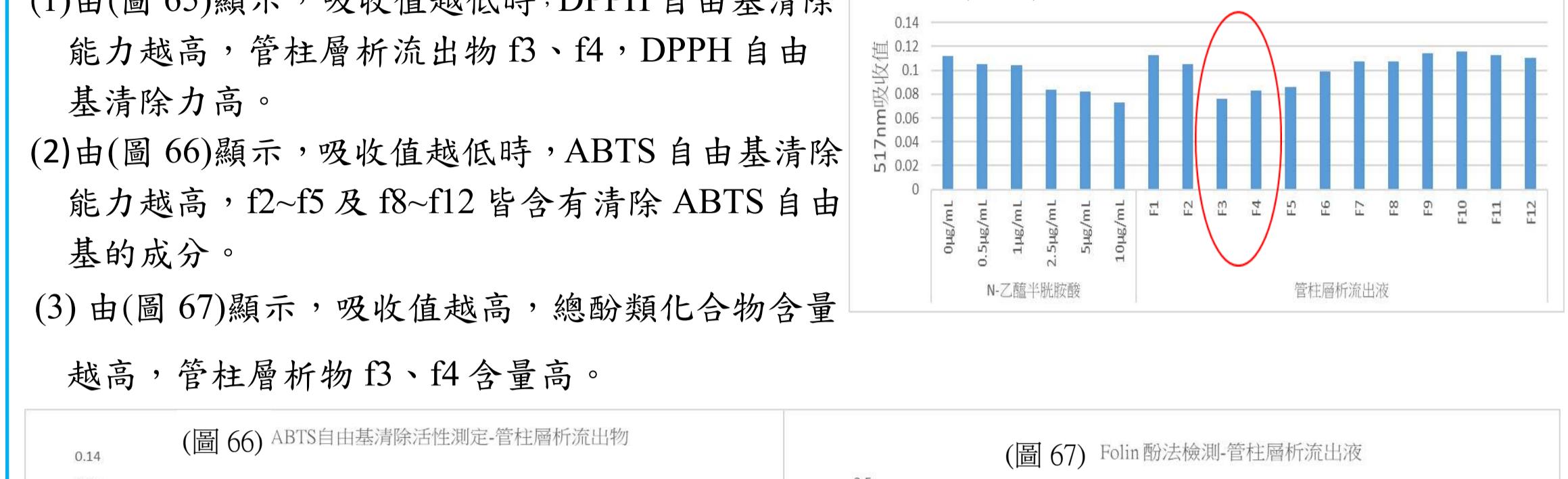
以管柱層析法分離黃金串錢柳精油，收集 12 個部分(fraction)的流出物，編號為 f1~f12。其抑菌、防黴、抗氧化的結果如下：

##### 1. 抑菌、防黴實驗

- 由(圖 61)顯示，管柱層析流出物 f4 在抑制大腸桿菌的實驗中，抑菌圈最明顯，其他部分流出物無明顯抑菌圈，表示 f4 含有抑制大腸桿菌的有效成分。
- 由(圖 62、63)顯示，管柱層析流出物 f4 在抑制新黑曲黴的實驗中，抑菌圈最明顯，f3 有較小的抑菌圈，表示 f3、f4 含有抑制新黑曲黴的有效成分，其他部分則無，如(圖 64)。



(圖 65) DPPH 自由基清除能力測定-管柱層析流出物



##### 2. 抗氧化實驗

- 由(圖 65)顯示，吸收值越低時，DPPH 自由基清除能力越高，管柱層析流出物 f3、f4，DPPH 自由基清除力高。

- 由(圖 66)顯示，吸收值越低時，ABTS 自由基清除能力越高，f2~f5 及 f8~f12 皆含有清除 ABTS 自由基的成分。

- 由(圖 67)顯示，吸收值越高，總酚類化合物含量越高，管柱層析物 f3、f4 含量高。



## 伍、討論

### 一、研究 A 探討黃金串錢柳的抑菌能力

1. 根據【實驗 A-2】，發現七天後植物上清液對未先生長細菌的抑菌效果為：黃金串錢柳>茶樹、薄荷。芳香萬壽菊、左手香、金銀花的上清液已經無抑菌效果。從以上實驗結果，我們接著挑選抑菌效果較佳的黃金串錢柳及茶樹。並製備其精油及純露，以進行後續實驗。

2. 根據【實驗 A-3】，發現黃金串錢柳的抑菌效果佳，因此我們決定在後續抑菌實驗皆以黃金串錢柳作為抑菌植物。

3. 根據【實驗 A-4、A-5】發現黃金串錢柳精油對於牙齒及衣服原始菌都有抑菌效果，且牙齒及衣服上有很多不同種類的細菌，因此，接著用四分畫線法畫單一菌，檢測黃金串錢柳的精油、上清液、純露對牙齒及衣服單一菌的抑菌效果。

4. 根據【實驗 A-9】我們選擇效果最好的精油原液以及 1/2 倍精油進行接續對衣服布料之抑菌效果的實驗。

### 二、研究 B 探討黃金串錢柳的防黴能力

1. 根據實驗【B-1、黃金串錢柳及茶樹上清液、精油對鞋子原始黴菌之防黴效果】，發現植物上清液裡可能會有殘留的黴菌孢子，在培養基中長出許多白色菌絲，容易干擾實驗，後續實驗就不再探討上清液的防黴效果，僅針對精油做防黴實驗。

2. 根據實驗【B-2、黃金串錢柳及茶樹精油對鞋子單一黴菌之防黴效果】，發現黃金串錢柳精油及茶樹精油都有極佳的防黴能力，且茶樹精油已是市面上常見的防黴精油，因此後續只選用黃金串錢柳精油做進一步的鞋子防黴實驗。

3. 根據實驗【B-3、B-4、黃金串錢柳精油對鞋子之防黴效果-噴灑法、擦拭法】，發現經黃金串錢柳精油擦拭過的鞋子，能培養出黴菌的面積明顯較少，可知黃金串錢柳能有效防黴，但此時我們心中有一個疑問：精油是否含有防黴的有效成分或只是精油中油脂防黴呢？為了解決這個疑惑，我們進一步有了研究 D 黃金串錢柳有效成分分析的想法。

### 三、研究 C 探討黃金串錢柳的抗氧化能力

每種試劑在檢測物質的抗氧化力時都會有一些限制，所以我們選擇三種試劑進行檢測，實驗結果發現，黃金串錢柳抗氧化效果優於茶樹，自由基清除率極高，抗氧化的能力來自何種成分呢？後續利用液液萃取法及管柱層析法將精油不同極性成分分離，並將不同成分進行抑菌、防黴、抗氧化實驗，再對有效成分進行探討。

### 四、研究 D 分析黃金串錢柳有效成分