

# 中華民國第 55 屆中小學科學展覽會

## 作品說明書

---

高中組 生活與應用科學科

**第三名**

040812

**金針菇下腳料與 PVA 之細胞修復膜研發**

學校名稱：臺中市私立明道高級中學

作者：  高二 羅軒筑  高二 劉容妤	指導老師：  王姍佩  蔡欣育
---------------------------------	-----------------------------

關鍵詞：金針菇、靜電紡絲、PVA

## 摘要

本研究應用金針菇子實體與下腳料萃取多醣，進行 DPPH (2,2-diphenyl-1-picrylhydrazyl)自由基清除率、總酚含量與還原力等檢測，以確定金針菇萃取物具有良好抗氧化能力。再依不同比例的多醣與 PVA(polyvinyl alcohol)製成混合纖維膜，進行 FTIR(fourier transform infrared spectroscopy)和酚硫酸方法檢測，以確定纖維膜上含有金針菇多醣。然後進一步用 OM(optical microscopes)和 SEM(scanning electron microscopes)觀察纖維膜之纖維直徑分布及排列構造，發現 PVA 和多醣比例為 9：1、7：3、5：5 製成的纖維膜，其纖維直徑皆為奈米等級，且多醣比例愈高，纖維直徑愈小、分布愈緻密。最後，進行拉伸實驗以測試混合纖維膜是否具備良好的彈性。初步研究結果顯示，應用農業廢棄物金針菇下腳料與 PVA 製成之混合纖維膜，其基本特性皆有不俗之表現，達到本研究的目的，既可廢物利用且是實用的醫美產品。

## 壹、研究動機

偶然的一次生物課程實驗中，經由老師的指導，我們近距離地觀察了菇類的結構。而在我們拿起香菇仔細端詳的當中，我們發現它的底部十分的平整，其中似乎有一部分被切除了，這使我們想起平常在超市購買到的菇類，也一樣都已經完整的切掉根部，只保留看起來比較比較漂亮的上半部，而接近根部的部分，就被視為廢棄物。因此我們不禁思索，這些被我們所丟棄的所謂的「廢棄物」，說不定也和拿來吃的部分具有相似的特性和功能，除了因賣相不佳無法做食物外，是否還有其他之用途，而不致白白浪費掉有用的部位。

本次專題我們以金針菇，這種容易取得、平常也最常用來下菜、煮湯的菇類，其被丟棄的根部（下腳料）進行研究，希望在檢測完金針菇廢棄根部的成分之後，更能將之應用於實際的產品研發，如市面上常販售的面膜、人工皮等。根據研究資料顯示（李守勉等，2009；周萍等，2014），金針菇（*Flammulina velutiper* (Fr.) Sing）為傘菌目白蘑科金針菇屬，是一種菌藻地衣類，又名毛柄金錢菌。它具有抗氧化、抗腫瘤、免疫調節、延長壽命、抗菌消炎等多種生理活性。而其中的多醣體具有保水能力並可滲入表皮並游移於真皮及表皮間，活化皮膚及肌肉細胞，增加皮膚的抵抗能力且促進膠原蛋白的產生，這對患者有減輕疼痛、加速痊癒的效果。另外，本研究使用 PVA 來搭配金針菇多醣體主要是因為 PVA 是一種用途廣

泛的水溶性高分子聚合物，其性能介於塑料和橡膠之間。它含有許多醇基，具有極性，可溶於水且對皮膚無刺激作用，不會引起皮膚過敏。如果能夠萃取菇類廢棄物內之多醣體和 PVA 混合，以靜電紡絲的技術製成此類產品，讓他們直接接觸皮膚，其中有益人體的成分便能以最直接、最有效的吸收方式進入人體。

本研究採用的靜電紡絲技術是利用靜電原理，將高分子聚合物的溶液製成奈米級的纖維，這使得它不但可以有效阻隔微小的病原體之入侵，比起普通的纖維膜更容易使得其中的多醣體被人體吸收。因此我們嘗試以此種技術，將金針菇被丟棄的根部製成奈米等級的纖維膜，期望應用於化妝品、醫學材料等日常生活中的產品。如此，一方面可以節省生產成本，另一方面也可為廢棄的食物開創出一番用途，希望能物盡其用，為守護地球環境盡一分心力。

## 貳、研究目的

本研究的目的分述如下：

- 一、檢測金針菇子實體與下腳料萃取液的抗氧化能力（DPPH、總酚、還原力）。
- 二、檢測不同比例金針菇多醣萃取液和聚乙烯醇（PVA）混合後的導電度變化。
- 三、利用靜電紡絲製成纖維膜，進行傅立葉轉換紅外線光譜儀（F.T.I.R.）和酚硫酸的檢測，以確定纖維膜上是否含有金針菇多醣。
- 四、利用光學顯微鏡（OM）和掃描式電子顯微鏡（SEM）觀察纖維膜。
- 五、利用拉伸實驗，檢測纖維膜的韌性程度。

## 參、研究設備及器材







### 一、材料

聚乙烯醇（PVA）、金針菇、水、燒杯、DPPH、麴酸、Sodium Phosphate Buffer、鐵氰化鉀（Potassium ferricyanide）、三氯乙酸（Trichloroacetic acid）、氯化鐵（Ferric chloride）、沒食子酸（Gallic acid）、Folin-Ciocalteu's reagent、碳酸鈉（ $\text{Na}_2\text{CO}_3$ ）、亞硝酸鈉（ $\text{NaNO}_2$ ）、氯化鋁（ $\text{AlCl}_3$ ）、氫氧化鈉（ $\text{NaOH}$ ）和溴化鉀（ $\text{KBr}$ ）。

## 二、器材

本專題研究所使用的儀器設備如圖一所示。

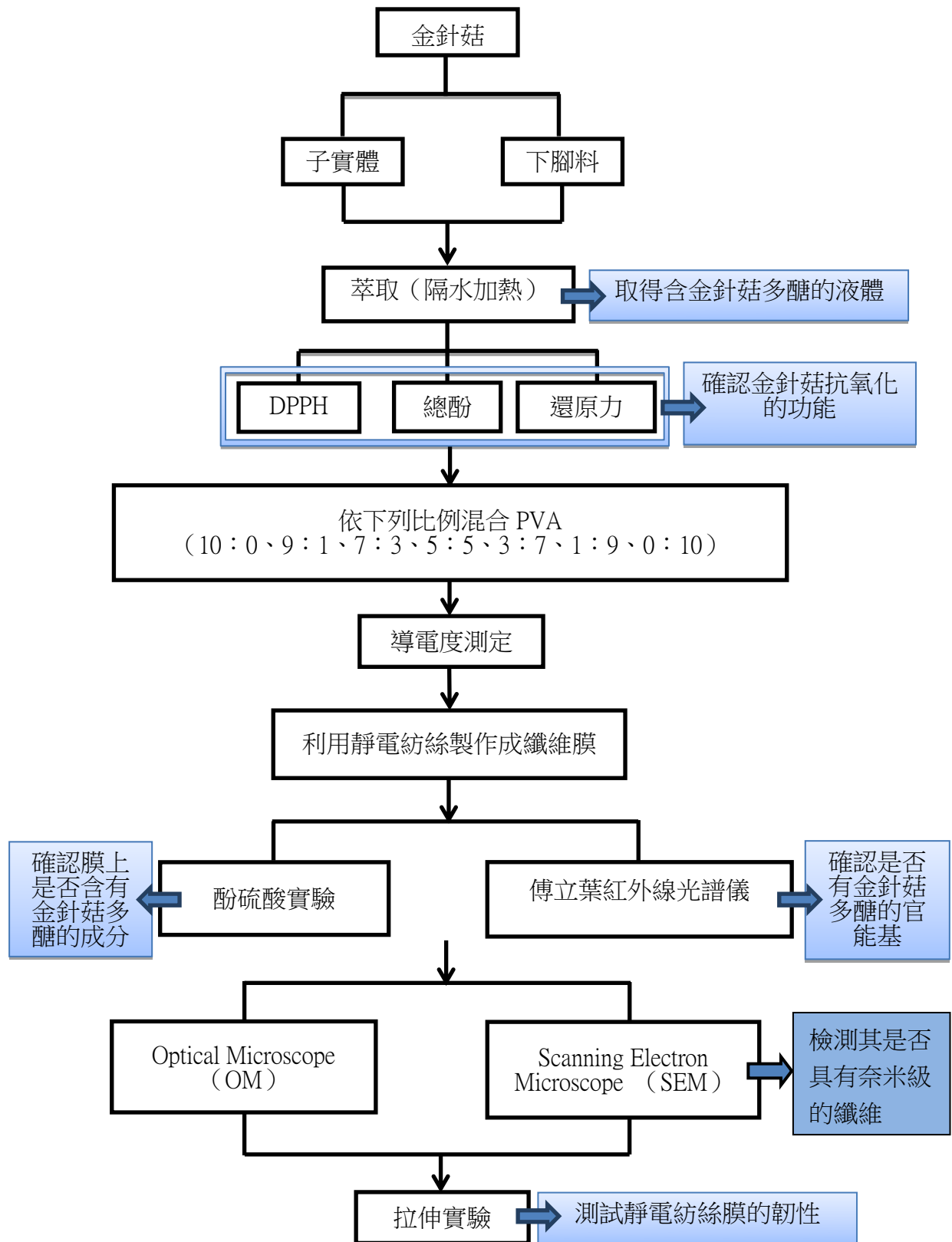
<p>(一) 超音波震盪器</p>	<p>(二) 導電度計 HI8733，義大利 HANNA</p>
	
<p>(三) 幫浦機 YSP-101，YMC 公司</p>	<p>(四) 高壓電源供應器 SC-PME50，鴻準企業</p>
	
<p>(五) 不鏽鋼針頭 21 gauge，內徑：0.52 mm</p>	<p>(六) 傅立葉轉換紅外線光譜儀 FTIR-8400s</p>
	

<p>(七) 分光光度計 DR4000V, Hach, Colorado, USA</p>	<p>(八) 光學顯微鏡 IM35C , ESPA SYSTEMS CO.,LTD</p>
	
<p>(九) 掃描式電子顯微鏡 Hitachi S-3000N 型</p>	<p>(十) 拉力測試機 VT-RX N101-300 TS</p>
	
<p>(十一) 震盪機 VX-1000 Z</p>	<p>(十二) 離心機 Z 233 M-2</p>
	

圖一、實驗器材

## 肆、研究過程或方法

本研究採用的方法以流程圖方式顯示於圖二，並敘述如下：

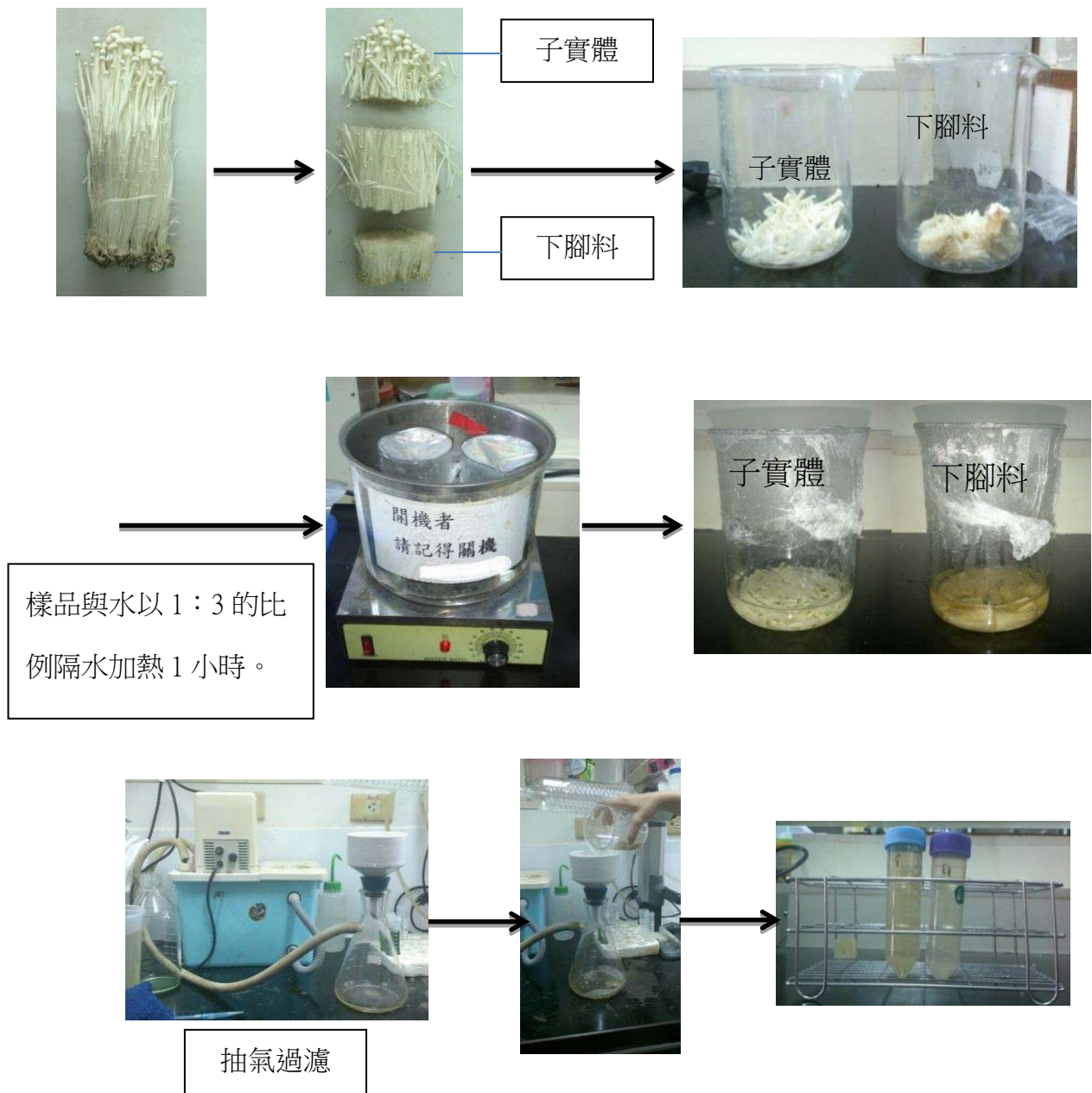


圖二、研究方法流程

# 一、檢測金針菇子實體與下腳料萃取液的抗氧化能力（DPPH、總酚、還原力）

## (一) 萃取金針菇子實體與下腳料的多醣

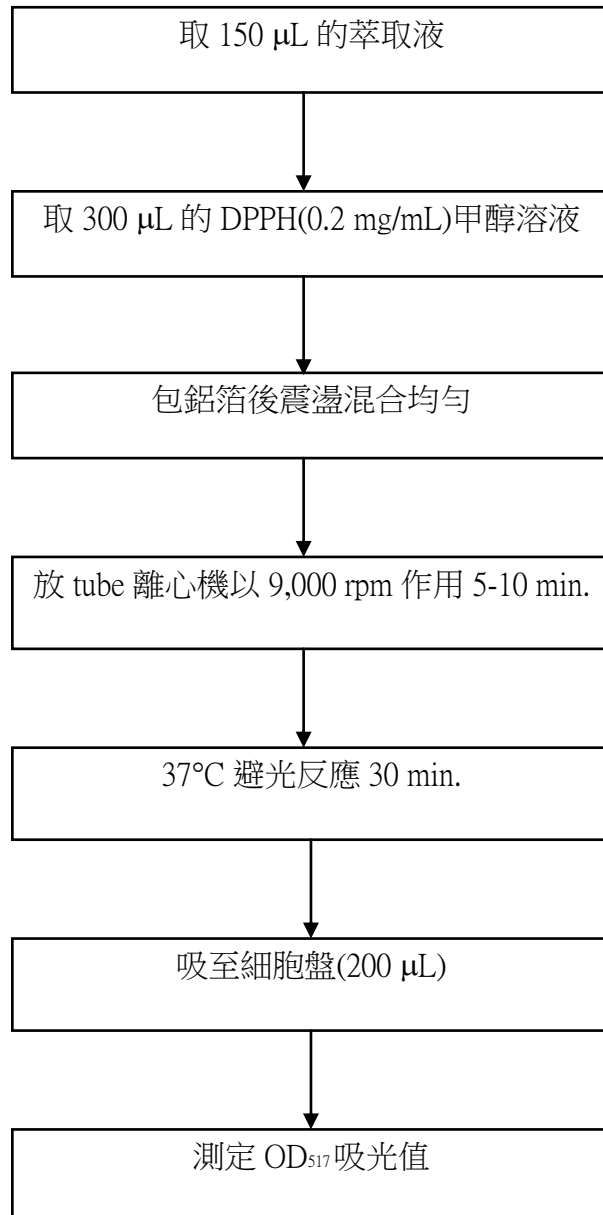
1. 材料：金針菇、水、燒杯、水浴鍋、真空過濾機
2. 製作過程：將金針菇子實體和下腳料分別和水依 1：3 混合放入水浴鍋隔水加熱 1 小時後，再過濾出萃取液。其萃取多醣之流程如圖三所示。



圖三、萃取金針菇多醣流程

## (二) DPPH 清除自由基的分析方法

1. 材料：金針菇萃取液、甲醇、鋁箔紙、震盪機、移液器、細胞盤
2. DPPH 常用來評估抗氧化物的供氫能力，且在 517nm 處有一個特徵吸收峰。遇到自由基清除劑時，DPPH 的孤對電子會被配對而退色，也就是在最大吸收波長處的吸光值變小。因此，透過測定吸光值的變化可以檢視 DPPH 自由基的清除效果。
3. DPPH 自由基清除率檢測實驗流程，如圖四所示，並以二丁基甲苯(butylated hydroxytoluene, 簡稱 BHT)參考對照組織 DPPH 自由基清除率組別。

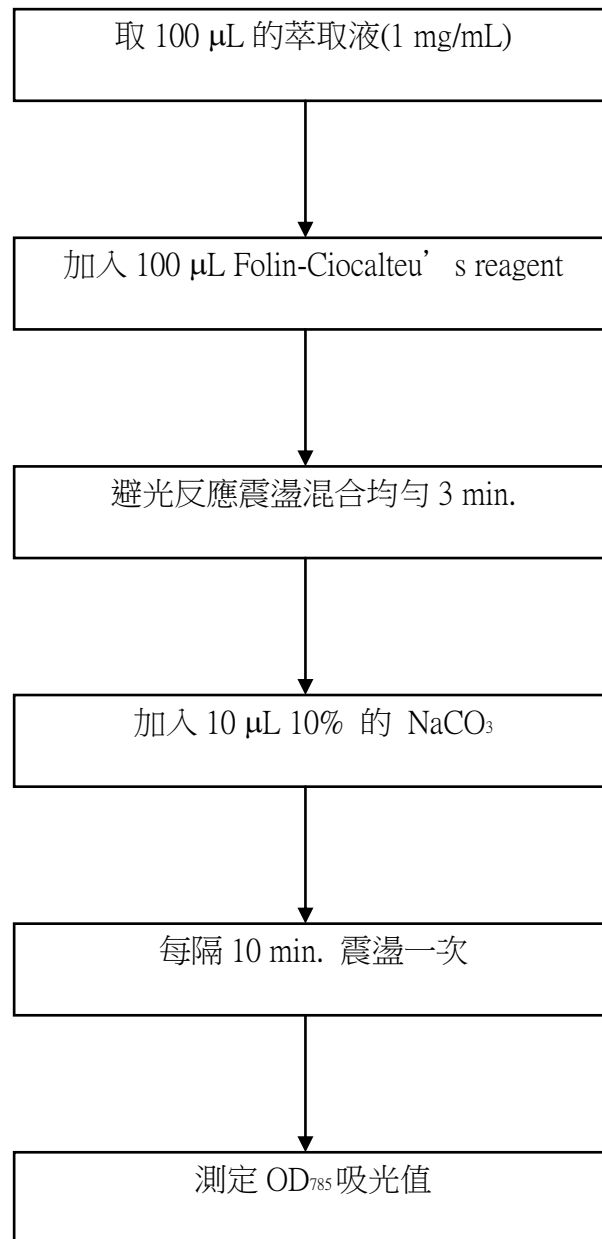


圖四、DPPH 自由基清除率檢測實驗流程



### (三) 總酚含量測定方法

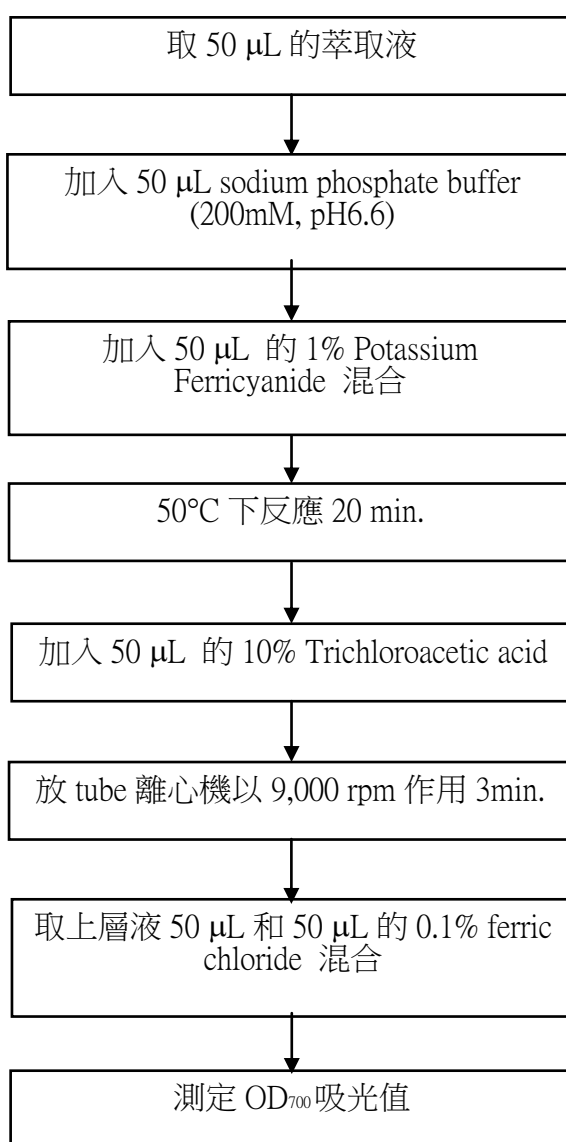
1. 材料：金針菇萃取液、Folin-Ciocalteu' s reagent、移液器、震盪機、 $\text{NaCO}_3$
2. Folin-Ciocalteu' s reagent 可與酚類化合物具還原端的 OH 基反應，產生顏色的變化，並於波長 785nm 下有吸光。
3. 總酚含量測定流程，如圖五所示，同時以沒食子酸做為總酚含量分析之對照組。



圖五、總酚含量測定流程

#### (四) 還原力分析方法

1. 材料：移液器、金針菇萃取液、sodium phosphate buffer、potassium ferricyanide、Trichloroacetic acid、離心機、ferric chloride。
2. 以普魯士藍 $[\text{Fe}_4(\text{Fe}(\text{CN})_6)_3]$ 之生成量作為指標。將赤血鹽 $[\text{K}_3\text{Fe}(\text{CN})_6]$ 還原成黃血鹽 $[\text{K}_4\text{Fe}(\text{CN})_6]$ ，黃血鹽再利用  $\text{Fe}^{3+}$ 形成普魯士藍，藉由 700nm 處吸光值變化檢測還原力大小。
3. 還原力測定實驗流程，如圖六所示，並以 0.1% 抗壞血酸(L-Ascorbic acid)作為試驗對照組。



圖六、還原力測定實驗流程

## 二、檢測不同比例金針菇多醣萃取液和聚乙烯醇（PVA）混合後的導電度變化

(一) 依濃度 2.89、5.78、8.66、11.55 與 14.44 的比例混合 PVA

1. 材料：金針菇萃取液、PVA、震盪機、移液器
2. 製作過程如圖七所示：

依重量比 10 : 0、9 : 1、7 : 3、5 : 5、3 : 7、1 : 9 和 0 : 10 之比例將金針菇萃取液和 PVA 放進試管。



使用震盪機使其混合均勻。



再利用超音波震盪器使其混合更均勻。



圖七、依不同比例混合 PVA 之實驗流程

## (二) 導電度測試

1. 材料：金針菇混合液、導電度計
2. 量測過程：將多醣與 PVA 混合液倒入試管中，再將導電度計放入，如圖八所示。



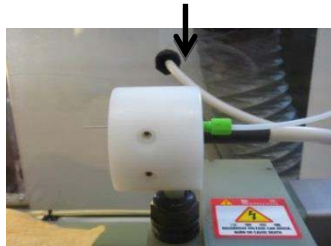
圖八、導電度測定

三、利用靜電紡絲製成一纖維膜，進行傅立葉轉換紅外線光譜儀 (F.T.I.R.) 和酚硫酸的檢測，以確定纖維膜上是否含有金針菇多醣

### (一) 靜電紡絲製程



將混合溶液倒入針筒放置於幫浦機上。



將噴絲頭裝好，並調整噴絲頭與收集板的距離。



調至最佳參數後，開啟高壓電源。

圖九、靜電紡絲之實驗流程

## (二) 傅立葉轉換紅外線光譜儀 (F.T.I.R.) 測試

1. 分子中的官能基吸收紅外光能量之後，將會產生分子間的振動或轉動，而產生干涉圖譜。經 F.T.I.R.轉換後，可以得到各種具偶極矩之有機物官能基的振動光譜，利用 F.T.I.R.之測定流程如圖十所示。

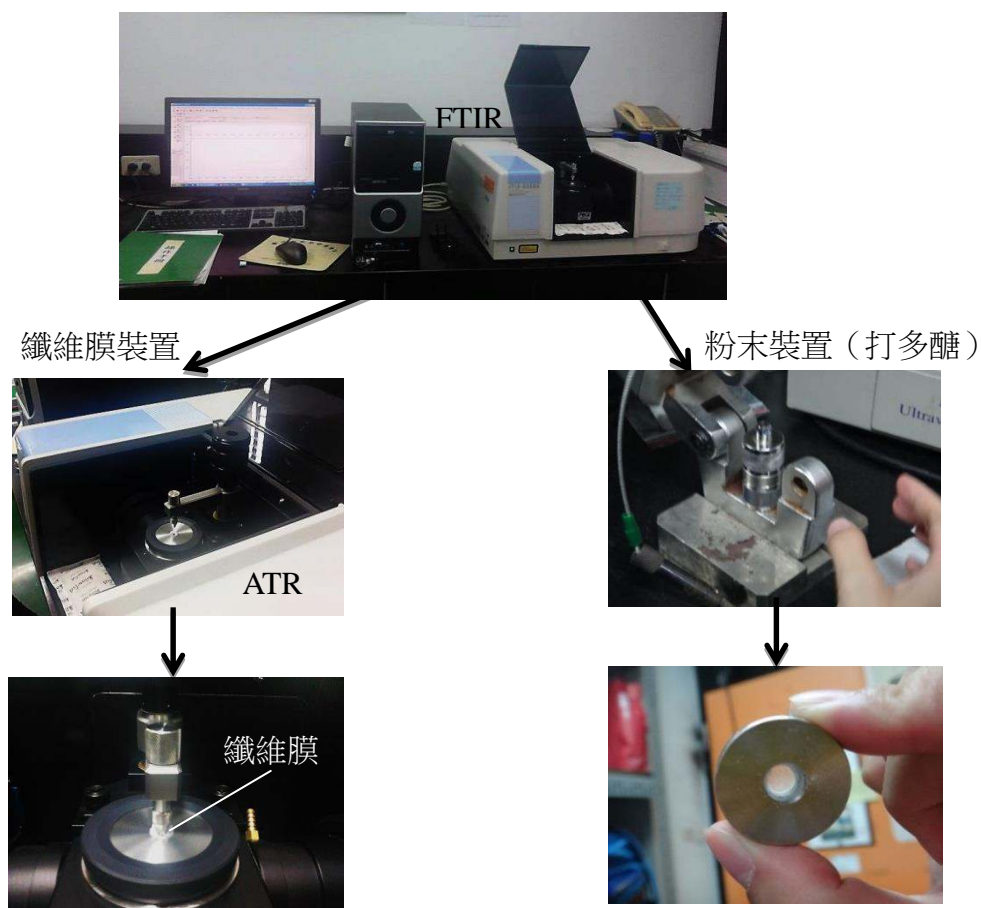
2. 製作過程：

(1) 粉末裝置：

樣品粉末與 KBr 粉末以重量比 1：99 混合放入研鉢中研磨均勻，再將粉末加壓打成錠。

(2) 纖維膜裝置：

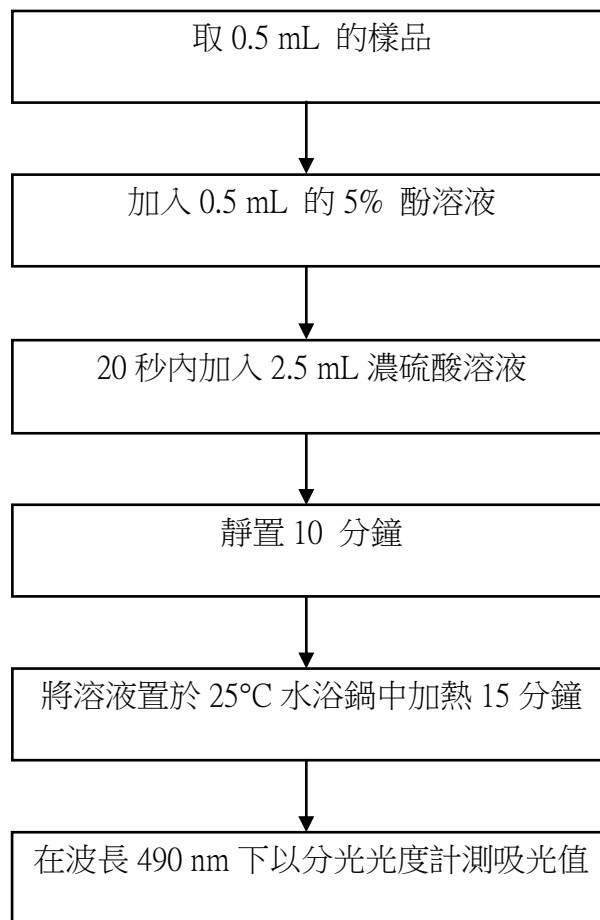
將混和纖維膜裁成 1cmx1cm 大小後，於烘箱以 80°C 烘乾一晚。裝 attenuated total reflection (ATR) 並將混和纖維膜放置其中。



圖十、利用傅立葉紅外線光譜儀 (F.T.I.R.) 之測定流程

### (三) 酚硫酸測驗多醣體實驗

1. 材料：酚溶液、濃硫酸溶液、水浴鍋、分光光度計
2. 多醣在濃硫酸作用下會水解生成單醣，並迅速脫水生成糠醛衍生物，然後與苯酚縮合成橙黃色化合物，在波長 490 nm 處有最大吸收。
3. 酚硫酸實驗測定流程，如圖十一所示。



圖十一、酚硫酸方法實驗測定多醣體流程

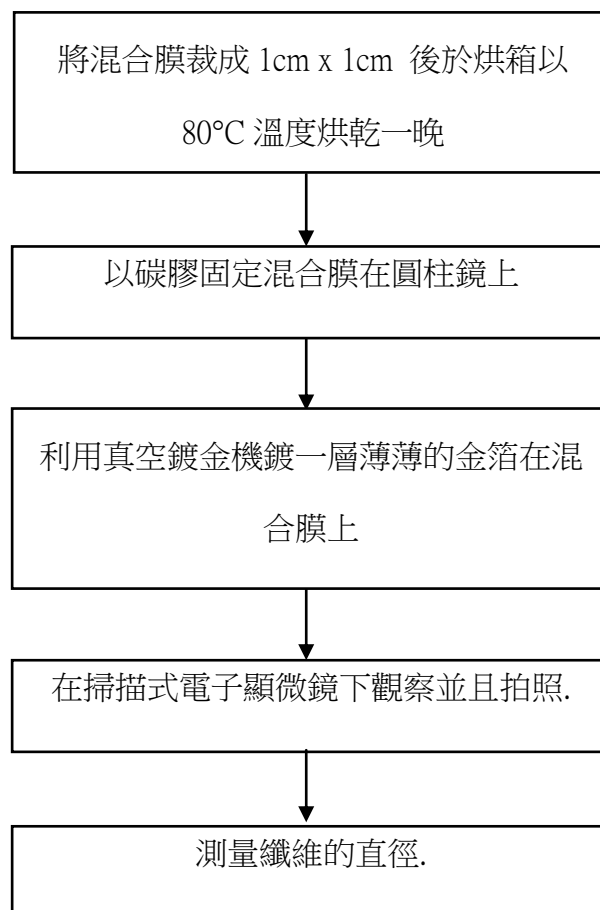
#### 四、利用光學顯微鏡 (OM) 和掃描式電子顯微鏡 (SEM) 觀察纖維膜，檢測其是否具有奈米級的纖維

##### (一) 光學顯微鏡 (OM)

將打出的纖維膜放在玻片上，放置於載物台。轉動旋轉盤，使低倍物鏡對準載物台的圓孔，接著轉動粗調節輪，直到低倍鏡距離玻片標本最近。調整光圈，使射入鏡頭的光線亮度適中均勻，然後轉動細調節輪直至能看清楚影像為止。最後換高倍物鏡，並轉動細調節輪，當影像清晰時則拍照。

##### (二) 掃描式電子顯微鏡 (SEM)

1. 材料：纖維膜、烘箱、真空鍍金機、掃描式電子顯微鏡
2. 利用掃描式電子顯微鏡觀察纖維膜的內部結構之流程，如圖十二所示。



圖十二、SEM 觀察纖維膜的內部結構之流程

## 五、利用拉伸實驗，檢測纖維膜的韌性程度

(一) 材料：拉力測試機、纖維膜、墊片

(二) 由此方法可以看出材料的韌性。纖維膜的韌性愈好，代表其較不容易破裂，可以安全的包覆傷口。

(三) 量測過程：

將纖維膜裁成 2cm x 4cm 的大小，並將兩端分別接上一塊墊片，夾在兩個間隔一定距離的夾子上。兩個夾子將以一定的速度分離並拉伸，測定樣本的應力變化，直到樣本破壞為止。

## 伍、研究結果

### 一、金針菇子實體與下腳料萃取液的抗氧化能力檢測結果

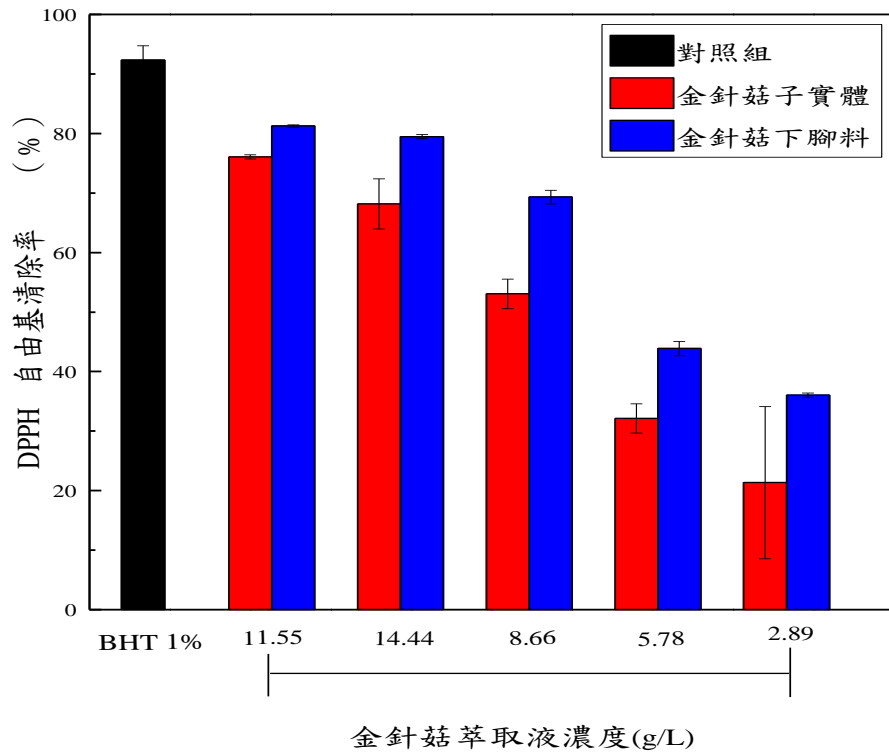
(一) DPPH 自由基清除率檢測

本實驗主要是測定各種濃度的金針菇萃取液的 DPPH 自由基清除能力，選用自由基清除能力強的麴酸做為此實驗的對照組進行比較。

圖十三顯示，隨著金針菇濃度的提高，其 DPPH 自由基清除能力也越佳，其中高濃度的金針菇萃取液 DPPH 自由基清除力高達 80%。另外，也發現金針菇下腳料的 DPPH 自由基清除能力比金針菇子實體較佳，所以實驗結果發現金針菇子實體與下腳料的萃取液皆具有良好的 DPPH 自由基清除能力，且金針菇廢棄物下腳料在清除自由基方面比子實體更具有優勢。

圖十三也顯示，濃度為 11.55 g/L 和 14.44 g/L 的 DPPH 自由基清除能力是差不多的。在符合經濟效益的情況下，選取 11.55 g/L 為最佳濃度。





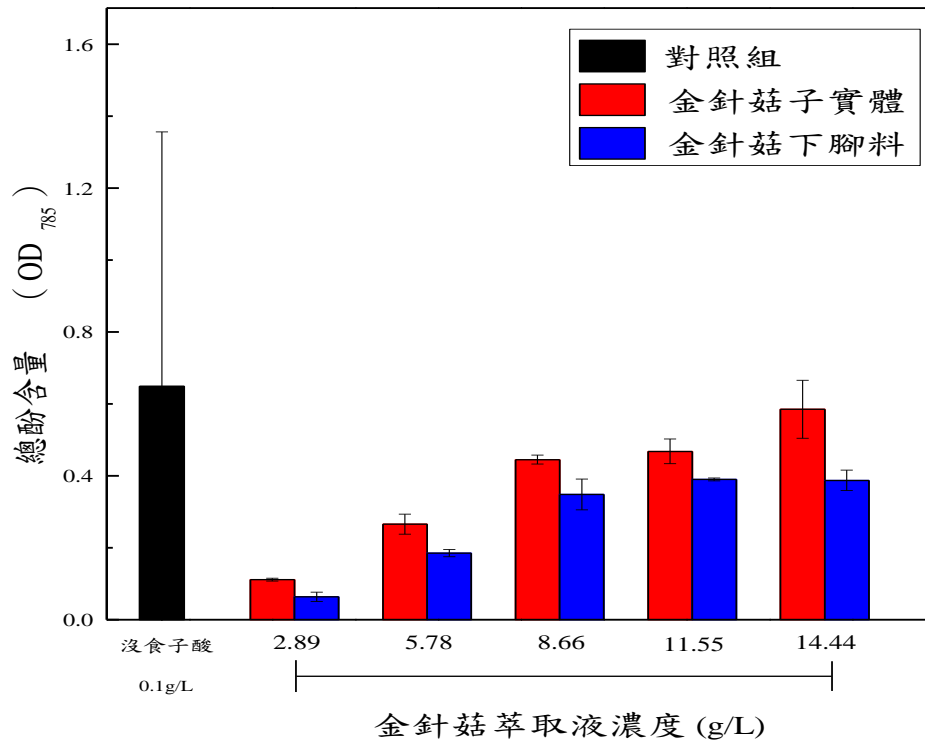
圖十三、金針菇子實體和下腳料萃取液之 DPPH 自由基清除率比較

## (二) 總酚含量檢測

此實驗中，選用具有高總酚含量的沒食子酸來做為對照組，用來比較金針菇萃取液的總酚含量。

圖十四顯示，隨著金針菇萃取液濃度增加，其總酚含量數值也跟著增大。在金針菇子實體與下腳料的比較，結果可知子實體的總酚含量大於下腳料，但廢棄物下腳料亦具有相當含量的總酚。

圖十四也顯示，濃度分別為 8.66 g/L、11.55 g/L 和 14.44 g/L 金針菇下腳料萃取液的總酚含量是差不多高的。在符合經濟效益的情況下，選取 8.66 g/L 為最佳濃度。



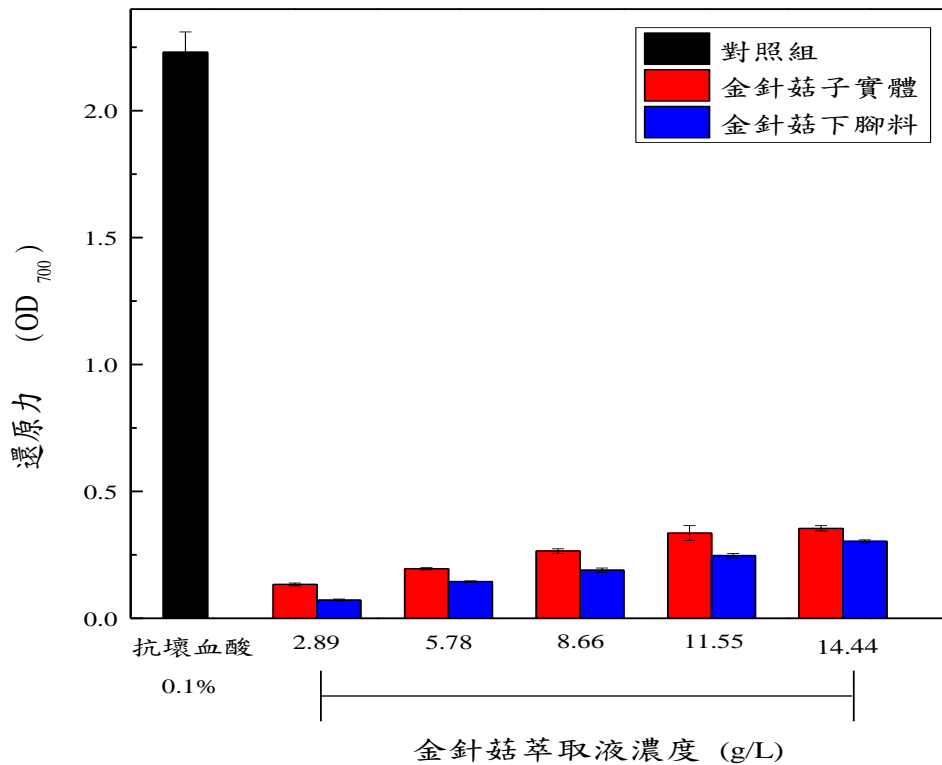
圖十四、金針菇子實體和下腳料萃取液之總酚含量比較

### (三) 還原力檢測

本實驗主要是測定各種濃度的金針菇萃取液的還原力，選用的對照組則是還原力相當好的麴酸。

圖十五顯示，金針菇萃取液的還原力有隨著其濃度升高而增強的現象，雖然金針菇萃取液還原力不及對照組，但還是具有一定的還原能力。

圖十五也顯示，濃度為 8.66 g/L、11.55 g/L 和 14.44 g/L 金針菇下腳料萃取液的還原能力也是極接近的。在符合經濟效益的情況下，選取 8.66 g/L 為最佳濃度。



圖十五、金針菇子實體和下腳料萃取液之還原力比較

綜合圖十三、十四、十五結果可看出，作為廢棄物的金針菇下腳料，其抗氧化能力和子實體是相近的。而綜合以上結果，發現濃度為 8.66 g/L 的下腳料萃取液是最適合的，因為它不僅符合經濟效益，也可以達到廢物再利用的目的。因此，在接下來的實驗中，將利用金針菇萃取物與纖維膜結合，以應用在纖維面膜和傷口貼布。

## 二、不同比例金針菇多醣萃取液和聚乙稀醇 (PVA) 混合後的導電度變化檢測結果

本實驗中為了配合各濃度的纖維膜效果而微調參數，將流速控制在 10~12  $\mu\text{L}/\text{min}$ ，電壓大致為 20 kV，距離約為 14~16 cm，溫度在 28~30°C，濕度控制在 49~64%RH，導電度的範圍在 0.95~2.36，以上參數皆為適當值，PVA 之導電度為 0.97 mS，溶液電紡收集時間皆為 2 小時，擺動速度為 100 rpm。

由表一可知，多醣濃度愈高，導電度就愈高，纖維結構愈細密，且在固定比例下，金針菇下腳料的導電度較子實體高。由此可知，導電度會影響纖維結構。但當我們增加多醣體比例至 PVA：多醣=3：7 以上時，則無法形成纖維膜，所以選擇 PVA：多醣的比例分別為 10：1、9：1、7：3 和 5：5 四種做為接下來的實驗樣本。

表一、PVA/多醣混合不同比例之電紡參數及導電度

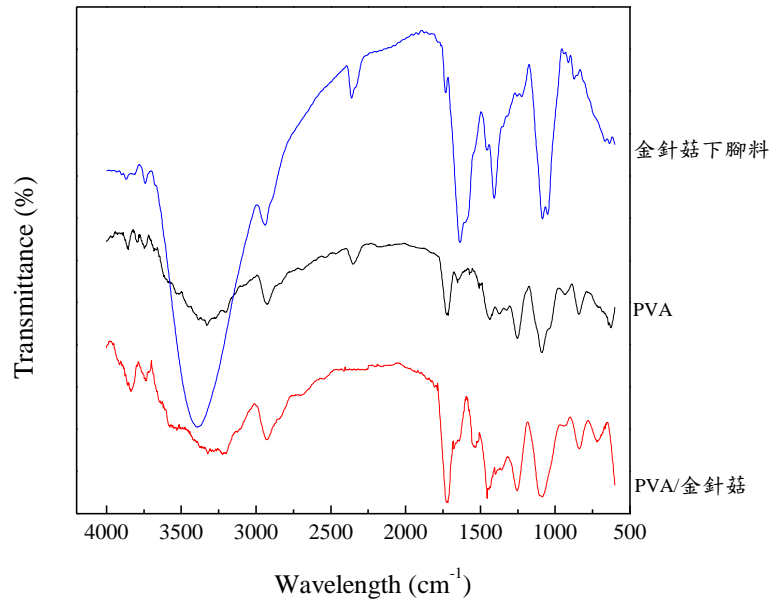
PVA：多醣 (v/v)	流速 (ul/min)	電壓 (kV)	距離 (cm)	溫度 (°C)	濕度 (%RH)	溶液導電度 (mS)	
						下腳料	子實體
10：0	3	13	14.0	28.5	64	0.97 <sup>a</sup>	
9：1	12	20	15.0	30.3	53	1.10	0.95
7：3	10	20	16.0	30.0	49	1.28	1.18
5：5	10	20	16.8	30.9	50	1.53	1.5
3：7	-	-	-	-	-	2.01	1.81
1：9	-	-	-	-	-	2.28	2.16
0：10	-	-	-	-	-	2.36	2.21

### 三、利用靜電紡絲製成纖維膜，進行傅立葉轉換紅外線光譜儀 (F.T.I.R.) 和酚硫酸方法的檢測，以確定纖維膜上是否含有金針菇多醣檢測結果

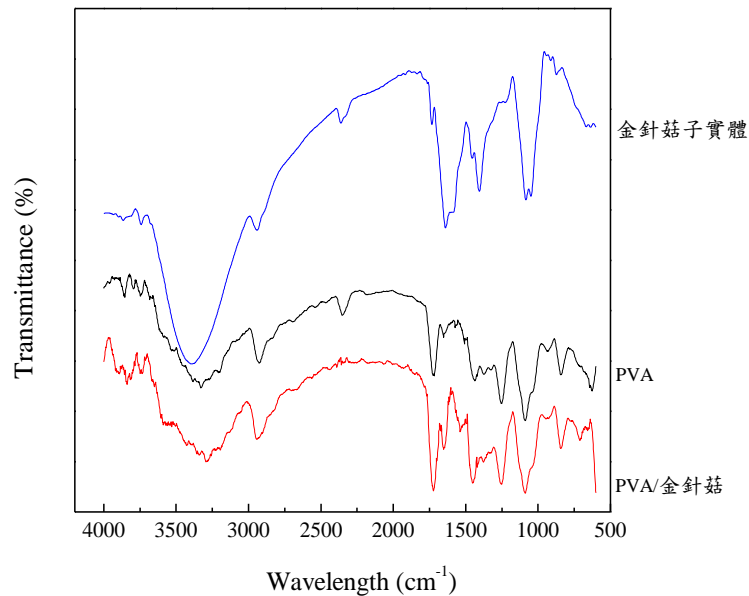
#### (一) 傅立葉轉換紅外線光譜儀 F.T.I.R. 檢測金針菇纖維膜是否含有金針菇多醣

本實驗主要是為了驗證先前所製備之 PVA/金針菇混合纖維膜，其成分是否真的含有金針菇多醣。F.T.I.R. 光譜儀是藉由分子的官能基會吸收特定波長的紅外光，並產生特定振動頻率的原理，來觀察分子的基本結構。因此，本實驗中藉由比較不同具偶極矩之官能基在不同波數下所產生的訊號，驗證一混合物上是否含有某種官能基。

圖十六中的三段波分別代表金針菇下腳料、PVA、以及 PVA/金針菇混合纖維膜。圖十七中的三段波分別代表金針菇子實體、PVA、以及 PVA/金針菇混合纖維膜。由圖十六和圖十七可知混合纖維膜與純 PVA 纖維膜的特色峰大致相同，卻沒有具有純金針菇多醣特色的波段。且金針菇下腳料和子實體結果一樣，推測金針菇的官能基可能被 PVA 所涵蓋，導致在混合纖維膜上無法看出與純金針菇多醣粉末的特色峰的相似處，所以才無法確認混合纖維膜上是否含有金針菇多醣的成分。因此，接下來採用酚硫酸測定以確定是否含有金針菇多醣。



圖十六、金針菇下腳料和 PVA 之 F.T.I.R.圖譜



圖十七、金針菇子實體和 PVA 之 F.T.I.R.圖譜

## (二) 以酚硫酸方法檢測金針菇纖維膜多醣含量

本實驗主要是檢測所製備之 PVA 和金針菇混合纖維膜是否含有金針菇多醣的成分。由於金針菇子實體及下腳料的酚硫酸濃度皆高於 PVA，因此若檢測發現混合纖維膜的酚硫酸濃度大於 PVA，則可確認混合纖維膜中含有金針菇多醣。

由表二可看出混合纖維膜的酚硫酸濃度高於純膠水，由此證明混合纖維膜上含有金針菇的多醣成分。本實驗我們選擇 PVA：金針菇萃取物=9：1 混合膜為實驗樣本，因此

可推知其他比例混合纖維膜上亦含有金針菇的多醣成分。

表二、纖維薄膜之多醣含量

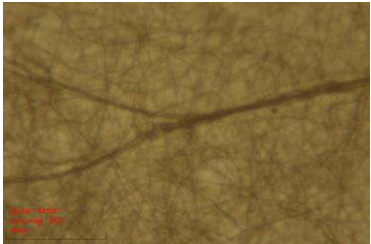







	OD 值	BLANK	實際 OD <sup>a</sup>	濃度 (g/L)
金針菇子實體	3.648	0.057	3.591	0.391
金針菇下腳料	2.95	0.057	2.893	0.314
PVA	0.138	0.057	0.081	0.007
PVA：金針菇子實體	0.313	0.057	0.256	0.026
=9：1				
整張纖維膜多醣含量				0.250
PVA：金針菇下腳料	0.175	0.057	0.118	0.011
=9：1				
整張纖維膜多醣含量				0.152

$$\text{實際 OD 值} = (\text{OD 值}) - (\text{BLANK})$$

#### 四、利用光學顯微鏡（OM）和掃描式電子顯微鏡（SEM）確定纖維膜奈米程度檢測結果

本實驗利用 OM 和 SEM 觀察纖維膜之表面狀態，並測量其纖維直徑，證明所製備之 PVA/金針菇混合纖維膜為奈米等級。

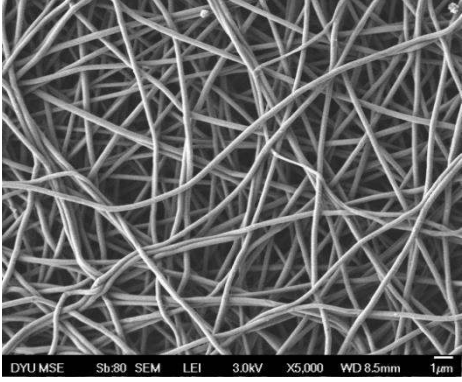
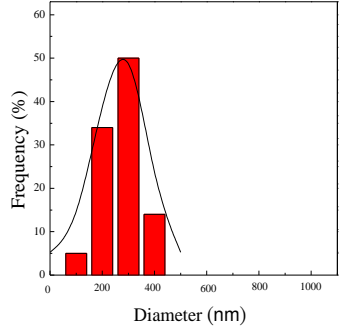
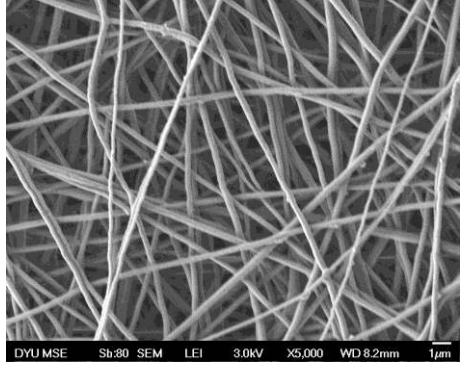
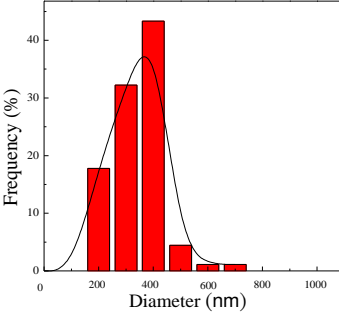
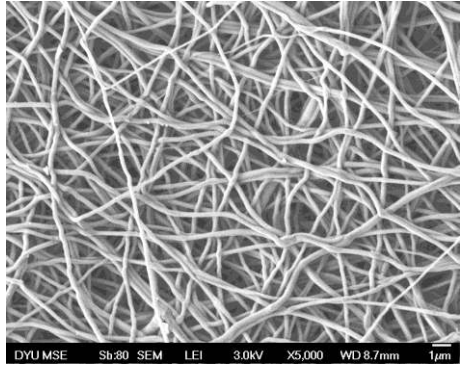
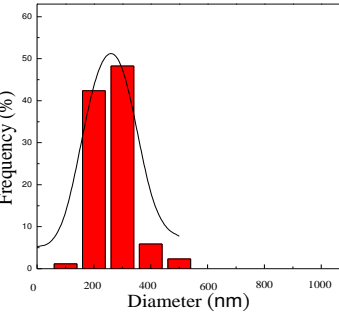
由圖十八得知，在 OM 觀察下，多醣濃度愈高，纖維愈緻密，也愈不容易觀察到纖維。接下來進一步使用掃描式電子顯微鏡（SEM）觀察纖維的直徑大小。

	50X	外觀
PVA		
PVA：多醣=9：1		
PVA：多醣=7：3		
PVA：多醣=5：5		

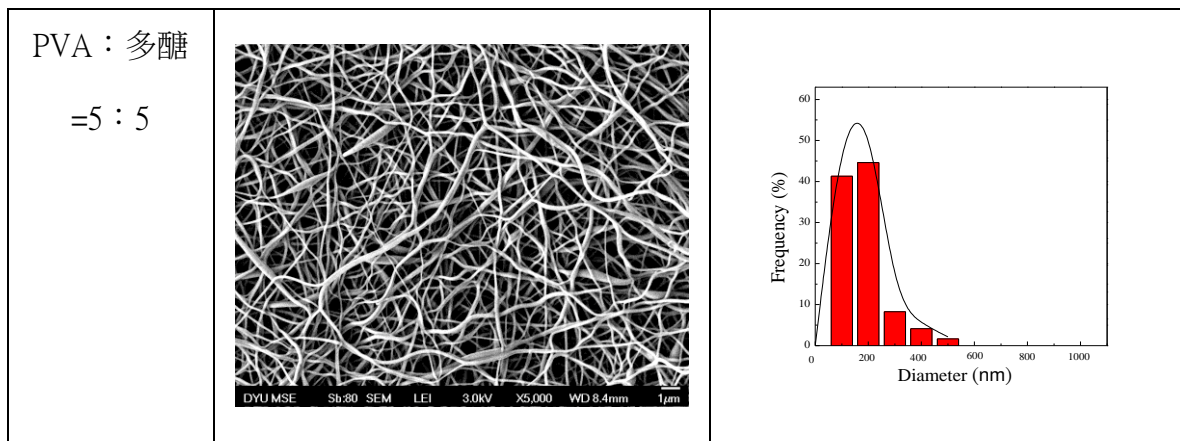
圖十八、OM 觀察下不同比例金針菇多醣和 PVA 混合纖維膜的外觀

由圖十九可知，比例為 PVA：多醣= 9：1 的纖維膜，其纖維直徑主要分布於 300nm~400nm，比例為 7：3 的纖維直徑主要分布於 200nm~300nm，而比例為 5：5 的直徑纖維主要分布於 100nm~200nm。由此可看出，多醣的比例越高，相對的 PVA 濃度就愈小，纖維直徑則越小，纖維分布也越緻密。

一張完好的纖維膜，需考慮其通透性和纖維整齊度。根據圖表來看，PVA：多醣= 5：5 的混合纖維膜具有最緻密的纖維，可以防止細菌等微生物侵入，減少傷口受感染的風險。所以我們選擇 PVA：多醣=5：5 的纖維膜進行接下來的拉伸實驗。

	5000x	纖維絲之直徑分佈圖
PVA		
PVA：多醣 =9：1		
PVA：多醣 =7：3		

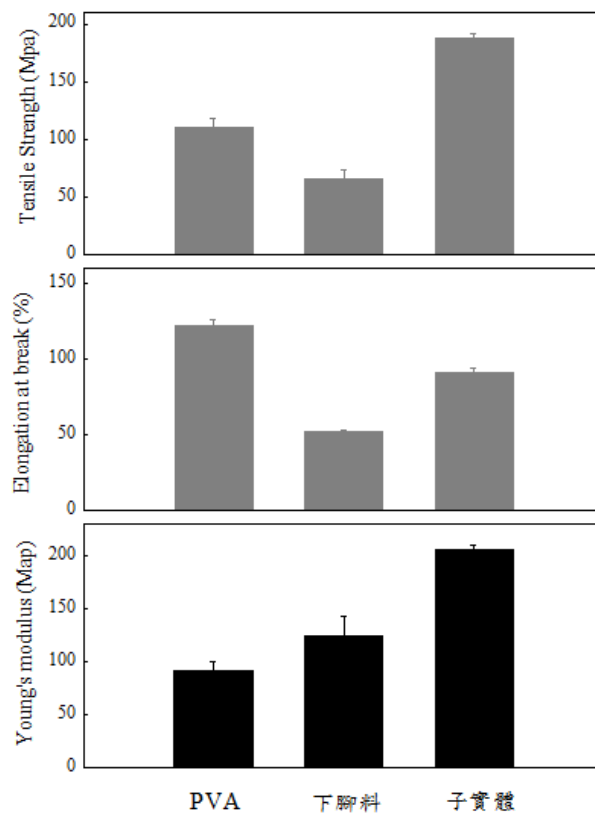




圖十九、SEM 觀察下不同比例金針菇多醣和 PVA 混合纖維膜的影像與直徑圖

### 五、利用拉伸實驗，纖維膜的韌性程度檢測結果

本實驗測量 5 : 5 的混合膜，圖二十(a)是纖維膜張力強度測試，也就是膜可承受之最大拉力；圖二十(b)則是楊氏係數，為張力強度除以斷裂延伸的值，得出的數值愈小代表形狀愈容易因受力而改變，也就是彈性愈佳；圖二十(c)為斷裂延伸率，為膜受力後被拉長的最大長度。本實驗的目的是找到張力強度大，楊氏係數小，斷裂延伸率大的混合膜。



圖二十、金針菇子實體或下腳料多醣體與 PVA 製成的纖維膜之張力強度、楊氏係數和斷裂伸長率比較

由圖二十得知，不同纖維膜之張力強度為子實體>PVA>下腳料，斷裂延伸率為 PVA >子實體>下腳料。但觀察楊氏係數（張力強度／斷裂延伸率）可發現數值為 PVA<下腳料<子實體，所以 PVA 膜的彈性最好，其次是金針菇下腳料混合纖維膜，最後是金針菇子實體混合纖維膜。因此，綜合經濟考量和有效運用廢棄物的理念，我們認為 PVA 和金針菇下腳料混合最適用於面膜與貼布的製作。

## 陸、討論

- 一、在靜電紡絲的實驗，PVA跟金針菇多醣的比例為1：9及3：7的混合液，無法順利製成纖維膜。因為製作靜電紡絲時，通常液體的分子量要夠高且導電度要在適當的範圍內才較易形成完整的纖維膜。而由於金針菇多醣的分子量不夠高，所以PVA：多醣為1：9及3：7的混合液不易以靜電紡絲形成可用的纖維膜。而因其他變因參數皆已控制，故推測為導電度影響了靜電紡絲的結果。
- 二、靜電紡絲出的纖維膜主要是由PVA和金針菇多醣混合而成，但執行F.T.I.R.的實驗時，無法判斷纖維膜上是否具有多醣。PVA和金針菇多醣具有許多相同的官能基，但同一種官能基，從PVA上偵測到的訊號會比金針菇多醣上偵測到的還強，也就是說金針菇多醣所產生的訊號容易被PVA產生的訊號覆蓋住。因此當我們在纖維膜上測得其具有PVA和金針菇多醣所共同擁有的官能基時，我們只能推測這張纖維膜含有PVA，卻不能確定纖維膜上是否具有金針菇多醣。在發現這個問題後，經討論後提出以酚硫酸方法做為測定多醣的代替方法，以確定纖維膜上是否含有多醣成分。
- 三、一般在市面上常常可以看到利用植物中的多醣來達到保健效果的各種美容或保健食品，據蒐集到的資料得知，金針菇多醣可滲入表皮並游移於真皮和表皮之間，活化皮膚和肌肉細胞，增強皮膚及表層肌肉對惡劣環境之抵抗能力，並促進膠原蛋白之產生，對遭受紫外線傷害，刀傷，燙傷，創傷及燒傷患者有減輕疼痛加速療癒之效果。因此，金針菇多醣功效不只局限於口服，更適用於面膜或繃帶等，作為一種抗氧化劑，具有優秀的保濕效果，這使它成為食品行業、醫藥、保健品開發的重要資源，因此本次實驗我們提取了金針菇的多醣體進行研究。

## 柒、結論

- 一、金針菇子實體與廢棄物下腳料萃取液均具有抗氧化能力，且隨著濃度增高，抗氧化能力愈強，其中 DPPH 自由基清除能力以廢棄物下腳料的效果最好。
- 二、金針菇下腳料與子實體皆具有良好的導電度，且廢棄物下腳料比子實體較高。測試 PVA 與多醣體比例分別為 10：0、9：1、7：3 及 5：5 製成之混合纖維膜的導電性，發現多醣的比例愈高，導電度愈大。
- 三、在 F.T.I.R.測試中，多醣混合纖維膜與純 PVA 纖維膜的特色峰大致相同，無法確定纖維膜上具有金針菇多醣的成分。進一步利用酚硫酸實驗，得知金針菇子實體及下腳料的酚硫酸濃度皆高於 PVA，確認混合纖維膜中含有金針菇多醣。
- 四、利用 SEM 觀察 PVA 和多醣比例分別為 9：1、7：3、5：5 的纖維膜，其纖維直徑皆為奈米等級，且多醣比例愈高，纖維直徑愈小，分布愈緻密。
- 五、在拉伸實驗中發現 PVA 和多醣比例為 5：5 時的混合纖維膜，具有良好的彈性，其中金針菇廢棄物下腳料混合纖維膜的彈性較金針菇子實體佳。

由本研究結果可知，金針菇廢棄物下腳料具有良好的抗氧化能力，對於 DPPH 自由基具有清除效果，以 PVA 和多醣比例為 5：5 時的混合纖維膜，質地緻密且具有奈米等級，可防止細菌等微生物侵入，避免感染。同時也發現，金針菇廢棄物下腳料所製成的混合纖維膜具有良好的彈性。所以綜合以上結果可知，利用農業廢棄物金針菇下腳料可製作成抗氧化的保濕面膜與避免感染的修復傷口貼布，這是一個兼具廢物利用且實用的醫美產品。未來研究將更進一步地使用混合纖維膜對細胞進行實驗，以測試其作為保濕面膜及修復傷口貼布的效果是否良好。

## 捌、參考資料

- 一、方玉梅、譚萍、王毅紅、張春生（2012）。金針菇黃酮類化合物清除DPPH自由基活性。食品研究與開發，33，8-10，2014年9月2日，萬芳資料庫。
- 二、李守勉、任清、李明、田景花（2009）。金針菇多醣的提取及其美容功效評價。食用菌，31，72-73，2014年9月2日，萬芳資料庫。

- 三、何創龍、黃爭鳴、張彥中、劉玲、韓曉建、魯亞南（2005）。靜電紡絲法制備組織工程奈/微米纖維支架。自然科學進展，15，1175-1181，2014年9月2日，萬芳資料庫。
- 四、秦小明、余娟、寧恩創、林華娟（2005）。金針菇子實體多醣成分的初步研究。食用菌學報，12，27，2014年9月2日，萬芳資料庫。
- 五、鐵梅、李闖、費金巖、趙素云、師曉帆、李華為、臧樹良（2008）。富硒金針菇子實體中硒多醣的分離純化技術及紅外光譜研究。分析測試學報，27（2），158-161，2014年9月2日，萬方資料庫。
- 六、周萍、李新勝、馬超、安東、王朝川、孟曉峰（2014）。金針菇根抗氧化活性研究。34，6，中國果菜，41-43，2014年9月2日，萬方資料庫。
- 七、張春雪、崔龍輝、袁曉燕、盛京（2008）。聚乙烯醇明膠混合水溶液的靜電紡絲。功能高分子學報，21（3），312-316，2014年9月2日，萬方資料庫。
- 八、林育任（2009）。萃取金針菇廢棄菇腳多醣之條件探討。49，2014年9月2日，台灣博碩士論文加值系統。
- 九、水野卓、川合正允（1997）。菇類的化學。賴慶亮譯，39-43，373，2014年9月2日，國立編譯館。
- 十、陳啟楨。2004。菇菇的世界。偉銘圖書股份有限公司，43。
- 十一、張文超。2001。金針菇子實體多醣的萃取、分離及鑒定研究。華南理工大學碩士論文
- 十二、林庭瑋(2006)。膠原蛋白/幾丁聚醣/硫酸軟骨素做為人工皮膚基材之研發，27，2014年9月2日，台灣博碩士論文知識加值系統。
- 十三、Neil A. Campbell、Jane B. Reece(2009)。生物學。台灣培生教育出版股份有限公司，偉明圖書有限公司。77-81，763-779，2014年9月2日。
- 十四、黃穎斐(2004)。生醫敷料及人工皮膚。科學發展，380，26-27，2014年9月2日。

## 【評語】 040812

多醣體之萃取、鑑定以及還原能力（去除自由基）的檢測所使用之技術和儀器已超乎高中生之能力範圍。金針菇下腳料萃取多醣體頗為可取，但與 PVA 製成纖維膜後是否仍具有抗氧化能力令人存疑，而其活性成分製成纖維膜後對表皮的滲透能力亦未經證實。