

# 中華民國第 62 屆中小學科學展覽會 作品說明書

---

國中組 生活與應用科學(二)科

第一名

032913

識時務者為「菌」傑—探討紅茶菇生長環境與  
應用價值

學校名稱：新北市立土城國民中學

作者： 國二 張振毅 國二 李咏栩	指導老師： 吳曉青
-------------------------	--------------

關鍵詞：紅茶菇、培養液、細菌纖維膜

# 得獎感言

## 科學少年夢

每一個人心中都有一個夢，或遠而偉大，或小而踏實。自小以來，科學便遍布著我的生活。他無處不在，如影隨形，這也使我對他十分憧憬，非常想要實踐屬於自己的研究，譜寫出自己的實驗報告，這是我一直以來所期望的事情。

猶記我第一次踏入名為「科展」的殿堂，我還只是個懵懂的小學生。五年級時，我代表學校進入新北市賽，但最後無緣在國賽中分享我的研究，這是我心中的一道坎，為著當時的落選而感到失落。

眨眼之間，我也由國小生，蛻變為國中生了。或許是曾經的那點不甘，使我再度接觸科展時，會義無反顧地想要投入，可能，也是為了一圓我在年幼之時，那些許不切實際的夢。在我、組員和老師的商量下，我們最終決定了以紅茶菇菌膜為題，發展屬於我們自己的實驗。

雖然有做實驗的經驗，但是有別於國小，是自己設計實驗，自己撰寫報告，不免還是感到些許的慌張與不安。不過，從一開始採買材料時還有些不知所措的樣子，一直到後來較為熟練地做實驗、討論報告細節及問題，我們也愈發的得心應手。最終，成功奪得了進入國展的機會。

在進入國展後，我們更加努力的練習，與專家學者、指導老師馬不停蹄的精鍊研究內容，並練習口頭報告，緊接著就是 8/3 號的國賽。還記得那天我們十分緊張，生怕說錯一個字，但最後還是有驚無險地度過難關。

而在頒獎當天，我們在大廳等待著消息，就在唸到我們的組別時，我硬是愣了好一會兒，竟是拔得本次大賽的頭籌！當時，我激動的說不出話來，呆呆地走向頒獎台，好一陣子才接受了這一訊息。終於，苦盡甘來了！

回想這次的比賽，曾經那些在書桌前挑燈夜戰精修研究內容及線上練習口頭報告的時光，好似一切都值了。我望著電腦中我們的成果發表影片，我感激曾經幫助過我從這條路繼續前進的一切，那是老師的教導、那是教授的建議、那是父母的支持、那是隊員的同甘共苦……。

那個「夢」，終於不再是「夢」了。



來到科教館大廳的我們，看似輕鬆自在，其實內心洶湧澎湃。



第 62 屆全國科展生應(二)科前三名的頒獎典禮上，我們站在第一名的位置，一臉生澀。



校長、主任、組長和老師一同為我們在全國科展勇奪第一，感到驕傲，合影留念。

## 摘要

紅茶菇為酵母屬、醋桿菌科和乳桿菌屬等五類微生物的共生物 (Symbiotic Culture of Bacteria and Yeast)。菌膜為醋酸菌代謝產物其吸水性極高但培養結束後棄之可惜，研究者嘗試找出菌膜增厚方法和應用價值，建議培養時將菌液、菌膜並用最好，以 100ml 紅茶、60ml 接種菌液、9g 菌膜與 20g 糖配製成培養液加蓋在 25-29°C 環境微幅震動培養最佳。果汁以西瓜培養液菌膜最厚但較紅茶培養減少 30%。菌膜平均吸收水重量約為本身的 2.65 倍，透過電子顯微鏡一探菌膜的層次結構，探討結構與厚度關係中發現厚菌膜更能保濕。應用乾菌膜吸墨後適合替代印台內的海綿。另外自製菌膜面膜貼合率較不織布面膜高出 32%，脫去醋酸的乾菌膜面膜易保存，溼的菌膜面膜可在土壤中分解相較於不織布面膜更具實用與環保價值。

## 壹、前言

紅茶菇為巴斯德酵母(*Saccharomyces pastorianus Hansen*)、粟酒裂殖酵母(*Schizosaccharomyces pombe Lindner*)、木質醋酸桿菌(*Acetobacter xylinum*)、甲醇酸單孢菌(*Acidomonas methanolica*)、乳酸桿菌屬(*Lactobacillus*) 等五類微生物的共生體 (吳薇、蓋寶川與籍保平，2004)。此外菌膜有極高的吸水性與韌性 (莊凱文、林艾美與張硯程，2012)，本研究因此想要研究其生長的最佳環境，找出最有效率的培養並快速生成菌膜的比例，以減少所需成本。本研究另嘗試將菌膜應用於生活之中，菌膜應用的發展方向有製作成印台、色筆筆芯及面膜，其中面膜比市售面膜更加有優秀的吸水性及韌性。

本研究探討以下五點：

- 一、紅茶菌的來源對紅茶菇生長影響。
- 二、找出紅茶菌最適合的生長條件。
- 三、不同種類營養液對菌膜形成的影響。
- 四、測試紅茶菇菌膜的性質探討。
- 五、紅茶菇菌膜的應用價值及方法。



圖 1 研究架構圖

研究者嘗試從原料的提供至產物的生成來描述紅茶菇菌液內微生物之交互作用！圖二為細菌纖維素之生長機制主要是以最淺顯的方式示意，實際的相關代謝機制更為複雜。

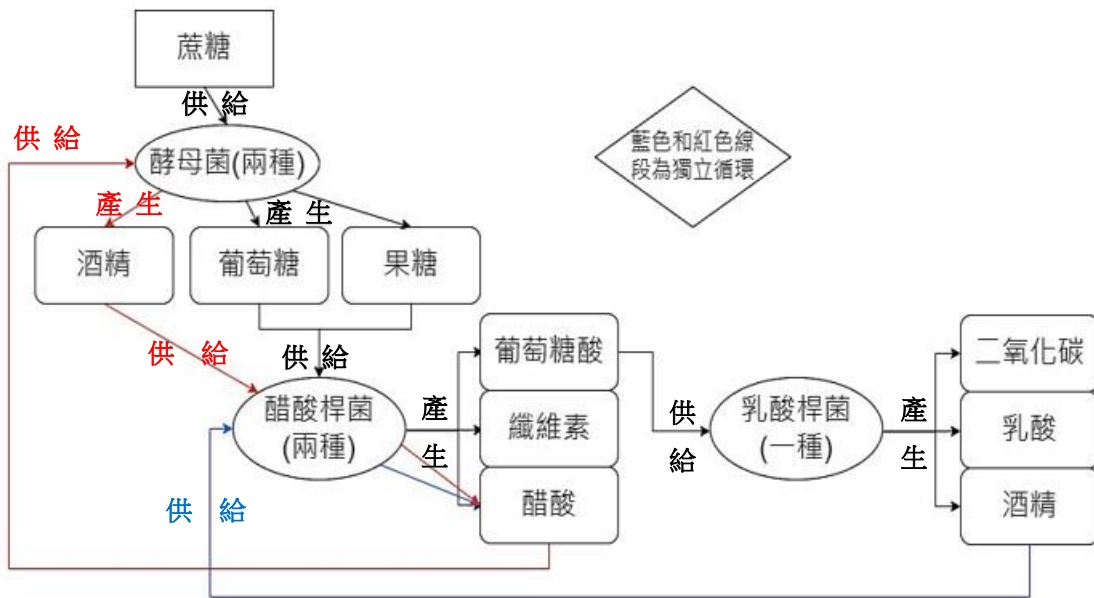


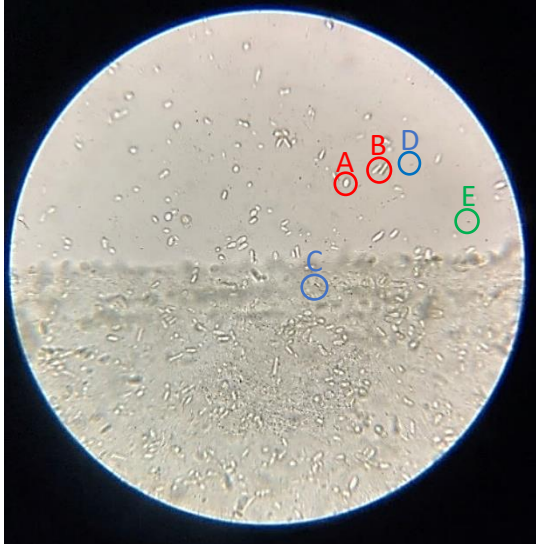






圖 2 細菌纖維素生長機制

**黑色字路徑：** 酵母菌將蔗糖分解為果糖及葡萄糖供給醋酸桿菌利用。醋酸桿菌將葡萄糖、果糖代謝後產生出葡萄糖酸、纖維素和醋酸。其中纖維素則會在液面上方形成菌膜，葡萄糖酸再供給乳酸菌產生二氧化碳、乳酸和酒精。

**藍色字路徑：** 乳酸桿菌產生的酒精再供給醋酸桿菌產生醋酸。









**紅色字路徑：** 醋酸桿菌所產生的醋酸供給酵母菌進而產生酒精，而生成的酒精再供給醋酸桿菌將其代謝成醋酸。


表 1 1500X 光學顯微鏡視野下的各類共生菌

	A. 巴斯德酵母 G(-)	B. 粟酒裂殖酵母 G(-)
	 形狀為橢圓形	 形狀為長橢圓形
	C. 木質醋酸桿菌 G(-)	D. 甲醇酸單孢菌 G(+)
	 形狀為桿型	 形狀為圓形
	E 乳酸桿菌屬 G(+)	經染色的木質醋酸菌
 形狀為桿型	 紅色 G(-) 形狀桿型	

## 貳、研究設備與器材

表 2 研究設備與器材

器材或設備	玻璃容器	二號砂糖	蓋子	培養液
照片				
器材或設備	紗布	紅茶菇菌液	瓦斯爐	熱水壺
照片				
器材或設備	電子秤	菌膜	鍋子	水

照片				
器材或設備	西瓜	橘子	柚子	蘋果
照片				
器材或設備	電磁爐	量筒	印章	精華液
照片				

## 參、研究過程與方法

### 一、煮出紅茶之方法

- (一) 將水置於瓦斯爐上煮沸 5 分鐘
- (二) 將熱水及茶葉以 200:3 比例配置成紅茶
- (三) 以熱水浸泡四分鐘後取出茶葉
- (四) 放置直到冷卻至常溫(26 度)

### 二、研究目的一：紅茶菌的來源對紅茶菇生長影響

#### (一) 實驗一：使用新舊菌膜對紅茶菇生長之影響

1. 製作對照組紅茶菇之方法（往後對照組皆以此方法操作）
  - (1) 取紅茶 100 毫升加上菌液 60 毫升及菌膜 9 克加入罐子中
  - (2) 再加入 10 克的糖
  - (3) 用橡皮筋網住紗布固定於罐口
  - (4) 放置四週並觀察記錄之
2. 製作老菌膜組紅茶菇之方法

- (1) 取紅茶 100 毫升加上菌液 60 毫升及四週前的菌膜 9 克
- (2) 加入 10 公克的糖
- (3) 用橡皮筋網住紗布固定於罐口
- (4) 放置四週並觀察記錄之

## (二) 實驗二：只用菌膜或只用菌液培養對紅茶菇生長之影響

1. 對照組紅茶菇之方法（同實驗一對照組）
2. 製作無菌液組紅茶菇之方法
  - (1) 取紅茶 100 毫升加上菌膜 9 克
  - (2) 加入 10 公克的糖
  - (3) 用橡皮筋網住紗布固定於罐口
  - (4) 放置四週並觀察記錄之
3. 製作無菌膜組紅茶菇之方法
  - (1) 取紅茶 100 毫升加上菌液 60 毫升
  - (2) 加入 10 克的糖
  - (3) 用橡皮筋網住紗布固定於罐口
  - (4) 放置四週並觀察記錄之

## 三、研究目的二：找出紅茶菌最適合的生長條件

### (一) 實驗三：有無空氣流通對紅茶菇生長之影響

1. 製作對照組紅茶菇之方法（同實驗一對照組）
2. 製作加蓋組紅茶菇之方法
  - (1) 取紅茶 100 毫升加上菌液 60 毫升及菌膜 9 克
  - (2) 加入 10 公克的糖
  - (3) 加蓋子，密封罐口
  - (4) 放置四週並觀察記錄之

### (二) 實驗四：有無追糖對紅茶菇生長之影響

1. 製作對照組紅茶菇之方法（同實驗一對照組）
2. 製作追糖組紅茶菇之方法
  - (1) 取紅茶 100 毫升加上菌液 60 毫升及菌膜 9 克



- (2) 加入 10 公克的糖
- (3) 用橡皮筋網住紗布固定於罐口
- (4) 放置四週並記錄觀察並每三天加一次 10 公克的糖

### (三) 實驗五：不同溫度對紅茶菇生長之影響

1. 製作對照組紅茶菇之方法（同實驗一對照組）
2. 製作不同溫度環境紅茶菇之方法
  - (1) 取紅茶 100 毫升加上菌液 60 毫升及菌膜 9 克加入罐子
  - (2) 加入 10 克的糖
  - (3) 用橡皮筋網住紗布固定於罐口
  - (4) 放置四週並記錄觀察

### (四) 實驗六：探討菌膜不同震動時間培養是否會影響菌膜生成

1. 將 15ml 的熟成菌液倒入 6cm 無菌培養皿，加蓋培養靜置培養五天後開始進行以下操作至 14 天結束。
2. 分別為全程震動培養組、半程震動培養組、間歇性震動培養組和不震動的對照組
3. 每二到三天測量一次，共計測量六次，每一組培養皿採固定四個拍照二張記錄，使用 image j 透過相片分析進行厚度計算
4. 以上實驗共進行三重複。

## 四、研究目的三：不同差異的營養液對菌膜形成的影響

### (一) 實驗七：不同培養液組對紅茶菇生長之影響

1. 製作對照組紅茶菇之方法（同實驗一對照組）
2. 糖水組之方法
  - (1) 將 100 毫升的水加入罐子
  - (2) 加入 10 克的糖
  - (3) 加入 60 克的菌液及 9 克的菌膜
  - (4) 蓋上蓋子密封
  - (5) 放置四週並觀察記錄之
3. 製作烏龍茶組之方法
  - (1) 將 100 毫升的烏龍茶加入罐子

- (2) 加入 10 克的糖
- (3) 加入 60 克的菌液及 9 克的菌膜
- (4) 蓋上蓋子密封
- (5) 放置四週並觀察記錄之

## (二) 實驗八：不同重量的糖對紅茶菇生長之影響

### 1. 製作不同重量的糖紅茶菇之方法

- (1) 取紅茶 100 毫升加上菌液 60 毫升及菌膜 9 克
- (2) 依照不同的組別加入 5、10、15、20、25、30 公克的糖
- (3) 蓋上蓋子密封
- (4) 放置四週並觀察記錄之

## (三) 實驗九：不同水果培養液對紅茶菇生長影響

### 1. 製作果汁（蘋果、柚子、西瓜、椰子）

- (1) 取水果(g)：水(ml)=1：3
- (2) 放入果汁機打 30 秒
- (3) 道出後過濾，並至於電磁爐定溫 200°C 蒸乾直到剩一半水份
- (4) 加入純水至原先水量
- (5) 取 100ml

### 2. 以果汁代替紅茶培養紅茶菇之方法

- (1) 取不同水果之 100ml
- (2) 考量水果本身具有糖分，因此不加糖
- (3) 加入 60 克的菌液及 9 克的菌膜
- (4) 蓋上蓋子密封
- (5) 放置四週並觀察記錄之

## 五、研究目的四：紅茶菇菌膜的性質探討

### (一) 實驗十：測定紅茶菇菌膜散失水分重量之實驗

1. 將烘箱預熱至攝氏 200 度
2. 先測量 4 公分乘 4 公分菌膜重量

3. 將 4 公分乘 4 公分的菌膜放入鍋子中烘烤
4. 每八分鐘紀錄一次其重量

#### (二) 實驗十一：將菌膜置於土中(分解)重量的變化

1. 取菌膜 4x4(cm)並測量其初始重量
2. 量測土重 250g
3. 將菌膜至於土中並完全覆蓋
4. 每七天紀錄一次直至 28 天

#### (三) 實驗十二：未乾紅茶菇菌膜與乾燥菌膜吸水性比較

1. 取一塊 4x4(cm)濕菌膜與乾菌膜
2. 量取 500ml 水
3. 測量菌膜初始重量
4. 放入水中
5. 每 5 分鐘紀錄一次，直至 40 分鐘

#### (四) 實驗十三：透過電子顯微鏡拍攝比較細菌菌膜纖維與色筆筆芯纖維

1. 大學端實驗室協助拍攝電子顯微鏡影像
2. 樣本約 1 平方公分
3. 採以表面以及縱向方式進行電子顯微鏡攝影
4. 比較與探討兩者結構的不同，輔以證明細菌菌膜特性

### 六、研究目的五：紅茶菇菌膜的應用價值及方法

#### (一) 實驗十四：將紅茶菇製成印台之方法

1. 將紅茶菇菌膜裁切成 4 公分成 4 公分的大小並放入罐子中
2. 到入 7.5 毫升的打印水
3. 將打印水吸到最多時取出到
4. 將其曝至於空氣中，每天用章蓋於白紙上觀察其明顯程度

#### (二) 實驗十五：將紅茶菇製成色筆筆芯之方法

1. 將一枝彩色筆的筆芯取出
2. 用鑷子將筆芯中的海綿夾出

3. 將 0.6\*0.6\*5.2 吸過墨水的紅茶菇菌膜放入塑膠套中
4. 放回彩色筆中並蓋回蓋子
5. 使用此彩色筆並記錄其結果

#### (五) 實驗十六：將紅茶菇製成面膜與測量其貼合率之方法

1. 將紅茶菇製成面膜之方法
2. 紅茶菇倒入面膜模具之中
3. 等待兩個禮拜後取出
4. 置於 50 度的水中直到 pH 值為 5-6
5. 至於除濕機前三小時除濕乾燥
6. 將菌膜面膜及一般面膜均泡入菁華液 1 小時
7. 將泡過菁華液的菌膜面膜與一般面膜敷在人臉上
8. 拍下照片並使用程式 imagej 測量其總面積及未貼合部分，再算出其貼合比例
9. 將貼合面積除以總面積得到其貼合率

#### (六) 實驗十七：紅茶菇菌膜吸收精華液的時間實驗

1. 裁出 4\*4 的乾燥紅茶菇菌膜
2. 將其放置於密閉空間中
3. 加入 1.5 毫升的精華液，使紅茶菇菌膜吸收不同時間
4. 將之貼於手上計算其依然緊密覆蓋於皮膚的時間

#### (七) 實驗十八：紅茶菇菌膜防腐保存

1. 裁出兩片 4\*4 的乾燥紅茶菇菌膜
2. 將一片做為實驗組，加入 1.5 毫升的菁華液，使紅茶菇菌膜吸收 15 分鐘
3. 將兩片暴露於空氣中並每隔一日觀察一次，觀察直到其發霉並記錄天數

#### (八) 實驗十九：紅茶菇製成面膜厚度的使用差異

1. 裁出二片 4\*4 的乾燥紅茶菇菌膜，一片的厚度為 1cm，一片的厚度 0.5cm
2. 每片分別加入 1.5 毫升的菁華液，使紅茶菇菌膜吸收 15 分鐘
3. 將一厚一薄貼上皮膚，並計算其覆蓋度
4. 將一厚一薄貼於手上，並計算其依然緊密覆蓋於皮膚的時間

## 肆、研究結果

### 一、研究目的一：紅茶菌的來源對紅茶菇生長影響研究結果

#### (一) 實驗一：使用新舊菌膜對紅茶菇生長影響

表 3 使用老菌膜對紅茶菇生長之影響

組別	對照組	老菌膜組
菌膜厚度 平均(mm)	2.5	1.3
1	2.6	1.4
2	2.4	1.5
3	2.5	1.0

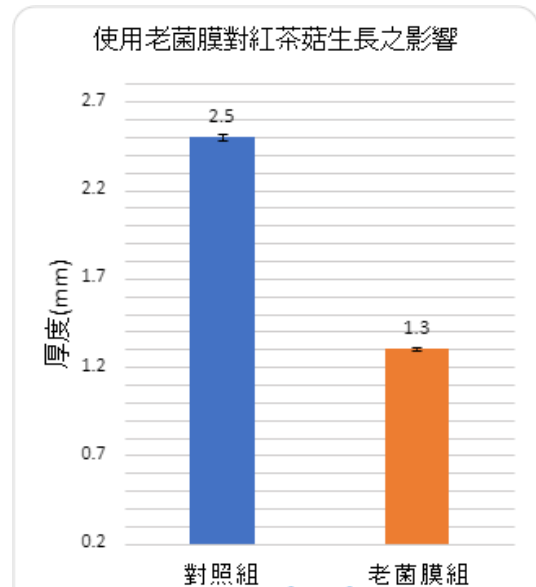


圖 3 使用老菌膜對紅茶菇生長之影響

以上數據顯示，生長情形最差的是老菌膜組，厚度為 1.3mm，推測是因為年老菌膜因菌種老化，導致代謝能力變差。而最佳的便是對照組，厚度 2.5mm。因此在培養紅茶菇的過程中，宜使用新菌膜進行培養。

#### (二) 實驗二：只用菌膜或只用菌液培養對紅茶菇生長之影響

表 4 沒有菌膜或沒有菌液對紅茶菇生長之影響

組別	對照組	無菌膜組	無菌液組
菌膜厚度 平均(mm)	2.5	1.9	0.5
1	2.6	1.9	0.5
2	2.4	1.8	0.2
3	2.5	2.0	0.8

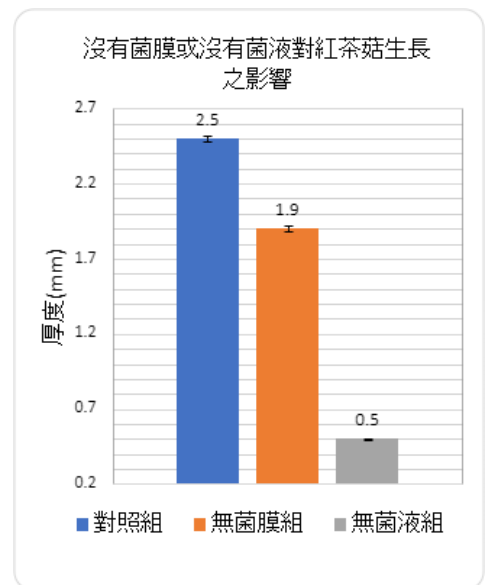


圖 4 沒有菌膜或沒有菌液對紅茶菇生長之影響

由上表格可知，從生長情形最佳到最差分別是：對照組、無菌膜組和菌液組。厚度分別為 2.5mm，1.9mm 和 0.5mm。由此，實驗證明無菌膜組相較無菌液組培養紅茶菇效果較好，但是若兩個同時加入進行培養，其功效則能達到最佳。

## 二、研究目的二：找出紅茶菌最適合的生長條件研究結果

### (一) 實驗三：有無空氣流通對紅茶菇生長之影響

表 5 有無空氣流通對紅茶菇生長之影響

組別	對照組	有空氣流通組 (加蓋組)
菌膜厚度 mm	2.5	3.2
1	2	3.3
2	2.6	3.4
3	2.4	2.9

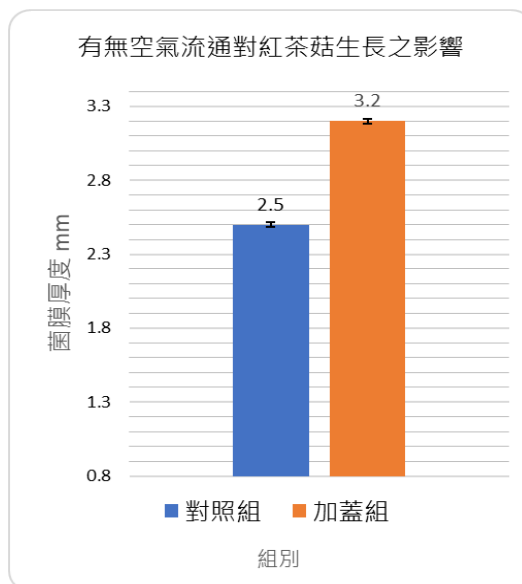


圖 5 有空氣流通與加蓋對紅茶菇生長之影響

由上表可以得知，對照組菌膜生長情形較空氣流通組還要差。對照組只有 1.3mm，而無空氣流通阻卻達到 3.2mm。無空氣流通組勝出。原因為紅茶菇中的五種菌種中，主要產生纖維素的醋酸菌，是屬於好氧性細菌但於代謝過程中產生酒精醋酸蒸氣使無法接觸氧氣進而促使醋酸菌大量在液面產生細菌纖維素獲得更多氧氣（楊祐俊、洪爭坊、趙雲鵬，2009）。而分解糖類的酵母菌亦是如此。因此，培養紅茶菇過程中，加蓋更能夠使菌膜更厚。

## (二) 實驗四：有無追糖對紅茶菇生長之影響

表 6 有無追糖對紅茶菇生長之影響

組別	對照組	追糖組
菌膜厚度 mm	2.5	2.1
1	2.5	2.0
2	2.6	2.4
3	2.4	1.9

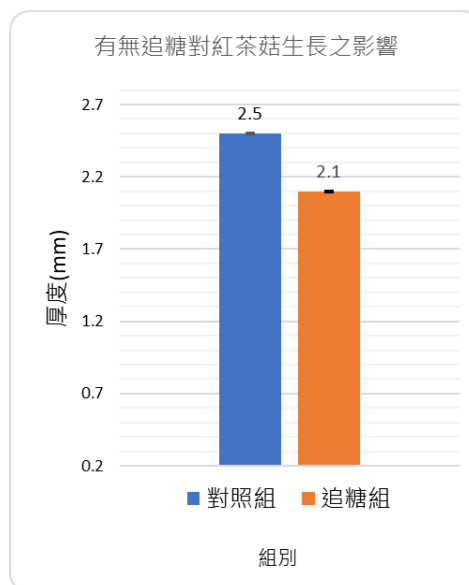


圖 6 有無追糖對紅茶菇生長之影響

碳源足夠的情況下再進行追糖時，並不會增加細菌纖維素的厚度。由上表可知追糖組並無對照組厚，可能的原因是本實驗三天追加一次 10 公克的糖，總共加了 100 公克的糖，因高滲透壓之影響，導致醋酸菌纖維素生成減緩，使得對照組的菌膜厚度較實驗組來的厚。

## (三) 實驗五：不同溫度對紅茶菇生長之影響

表 7 不同溫度對紅茶菇生長之影響

組別	20-24°C	25-29°C	30-35°C
菌膜 厚度 (mm)	無	10.5	無
1	0	10.5	0
2	0	10.4	0
3	0	10.6	0

註： 25-29°C 以往對照組所在溫度

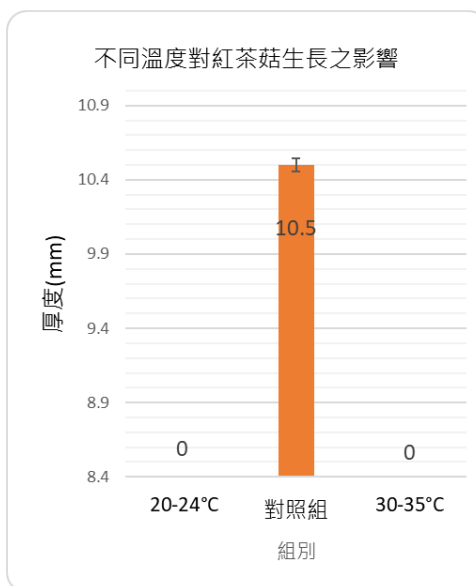


圖 7 不同溫度對紅茶菇生長之影響

從上方表格中可以發現，在溫度實驗之中，只有 25-29°C(黃煌展，2008)有產生菌膜，其他兩組皆無菌膜產生。而其原因則是因為菌種中，生產纖維的醋酸菌最適宜生長溫度於 25-30°C，其他溫度較不易，所以另外兩組溫度的實驗才會因而無法生長出菌膜出來。

(四) 實驗六：探討菌膜不同震動時間培養是否會影響到菌膜生成

表 8 探討菌膜不同震動時間培養是否會影響到菌膜生成之結果

日期	5 月 25 日	5 月 28 日	5 月 31 日	6 月 2 日	6 月 4 日
cm	第 4 天	第 7 天	第 10 天	第 12 天	第 14 天
對照組平均	1.880	2.187	2.486	2.896	3.074
標準差	0.000	0.020	0.020	0.019	0.022
P 值	-	-	-	-	-
間歇組 1 平均	1.852	2.150	2.349	2.909	3.082
標準差	0.000	0.081	0.083	0.0599	0.0461
P 值	-	0.4872	0.0514	0.7458	0.7907
間歇組 2 平均	1.805	2.178	2.451	2.881	3.070
標準差	0.000	0.097	0.192	0.008	0.077
P 值	-	0.888	0.772	0.273	0.941
間歇組 3 平均	1.792	2.171	2.469	2.863	3.070
標準差	0.000	0.065	0.010	0.043	0.021
P 值	-	0.711	0.269	0.294	0.827
半程組平均	1.872	2.359	2.865	3.130	3.366
標準差	0.000	0.030	0.027	0.024	0.0292
P 值	-	0.0012***	0.0000***	0.0002***	0.0002***
全程組平均	1.853	2.449	2.923	3.165	3.510
標準差	0.000	0.105	0.048	0.081	0.056
P 值	-	0.013**	0.0001***	0.0051**	0.0002***

註：間歇組指每天次震動 10 分鐘為 1~3 天次，(n=24)，\*p < .05. \*\*p < .01. \*\*\*p < .001。

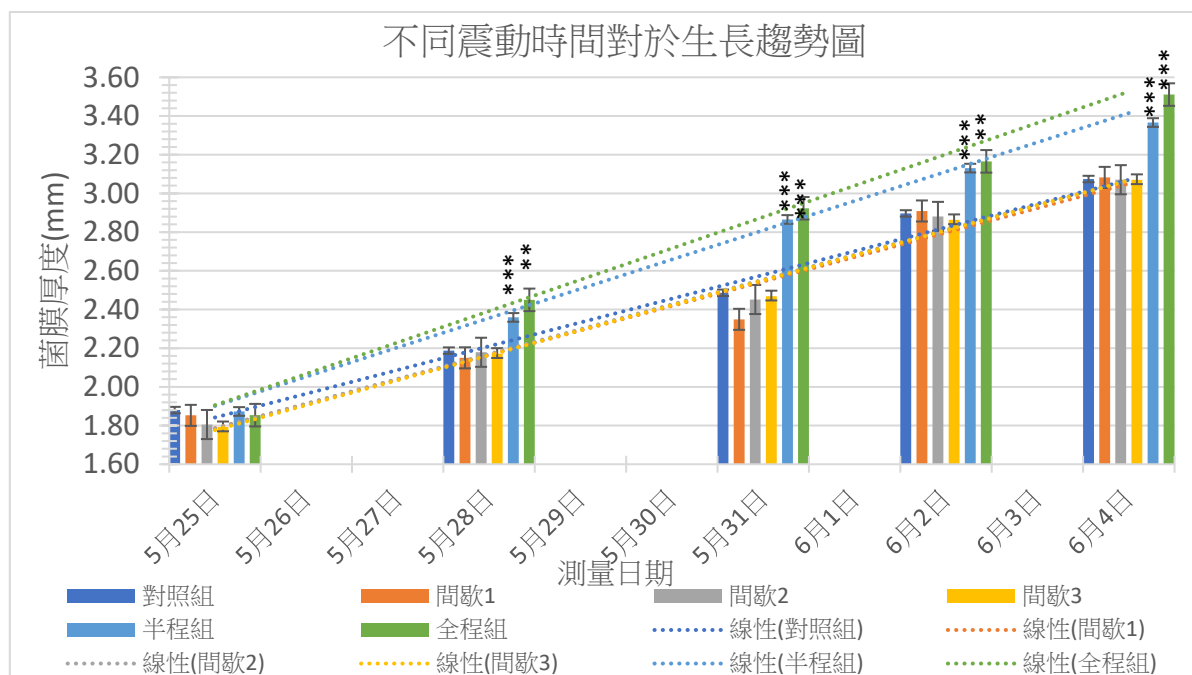


圖 8 不同震動時間對於生長趨勢圖



由上圖可以看出，無論是間歇組 1、間歇組 2 或是間歇組 3 皆沒有顯著差異，而全程震動組和半程震動組相較對照組有顯著的差異，震動培養其菌膜的生成相對較厚。半程震動組和全程震動組則是到培養第 14 天才會有顯著差異(\* $p < .05$ )，由本實驗得知在培養過程持續震動有助於菌膜生長，能使細菌菌膜增厚。黃煌展(2008)提出攪拌速率會影響溶氧量及纖維素生成，且接觸氧氣面積及含氧量對菌膜生長有較佳的幫助。



圖 9 培養皿中的紅茶菇菌膜

### 三、研究目的三：不同差異的營養液對菌膜形成的影響研究結果

#### (一) 實驗七：不同培養液組對紅茶菇生長之影響

表 9 不同的培養液對紅茶菌生長之影響

組別	對照組 1	對照組 2	烏龍茶組 1	烏龍茶組 2	糖水組 1	糖水組 2
菌膜厚度平均 (mm)	17.2		無菌膜產生	無菌膜產生	無菌膜產生	無菌膜產生
1	16.8	17.6	0	0	0	0
2	16.8	17.1	0	0	0	0
3	16.5	18.7	0	0	0	0

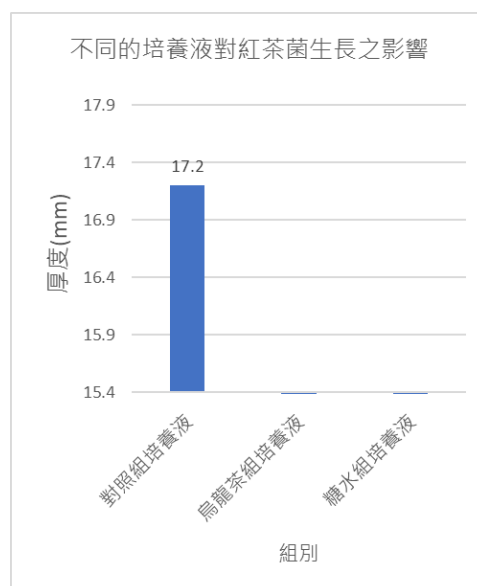


圖 10 不同的培養環境對紅茶菌生長之影響

由上面表得知，對照組的菌膜生產量為 17.0(mm)而糖水及烏龍茶的組別，皆無任何菌膜生產出。Antolak, H., Piechota, D., & Kucharska, A. (2021) 指出康普茶發酵中使用的茶多酚類型會影響微生物群落的代謝、微生物之間的相互作用，從而影響產生的代謝物組成。本研究之對照組培養液可供其中醋酸菌、酵母菌和乳酸菌適當的生長環境(如 pH 值、營養物質等)並促進菌種酵素代謝提高，以至於菌膜生長速度能夠加快，而烏龍茶組無法生成細菌纖維素。糖水組接近中性，提供了生存所需的碳源，卻仍然無法生成菌膜。推測可能是缺

乏提升細菌纖維素合成酵素系統所需要的物質。另外 pH 若維持 4.0~5.5 時，可縮短發酵時間因而有較高的細菌纖維素產量(黃煌展，2008)。

### (二) 實驗八：不同重量的糖對紅茶菇生長之影響

表 10 不同的培養糖量對紅茶菇生長之影響

組別 (g)	5	10	15	20	25	30
菌膜 厚度 平均 (mm)	0.3	0.5	0.6	17.9	17.5	0.5
1	0.4	0.6	0.6	17.9	17.6	0.5
2	0.4	0.7	0.6	17.9	17.7	0.5
3	0.1	0.5	0.6	17.9	17.2	0.5

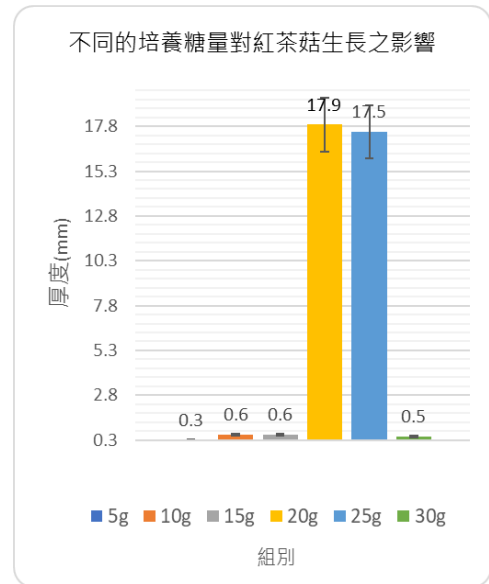






圖 11 不同的培養糖量對紅茶菇生長之影響

由上表可以得知，菌膜生長情形較差的分別為使用 5 克，10 克、15 克、30 克的組別，較好的組別則為使用 20 克及 25 克的組別。推斷導致此情形的原因有二，糖加較多的是因為滲透壓的關係導致細菌不易生長，第二種則是糖量太少導致酵母菌短時間分解的葡萄糖太少，或是糖過快被分解完，讓酵母菌沒有足夠的糖可以分解成葡萄糖，使醋酸桿菌沒有足夠的糖份用於代謝，所以產生的纖維素也連帶減少。

### (三) 實驗九：不同水果培養液對紅茶菇生長影響

表 11 不同水果培養液對紅茶菇生長影響

組別	蘋果	柚子	西瓜	椰子
圖片				
菌膜厚度(mm)	0.04	0.03	1.12	0.10

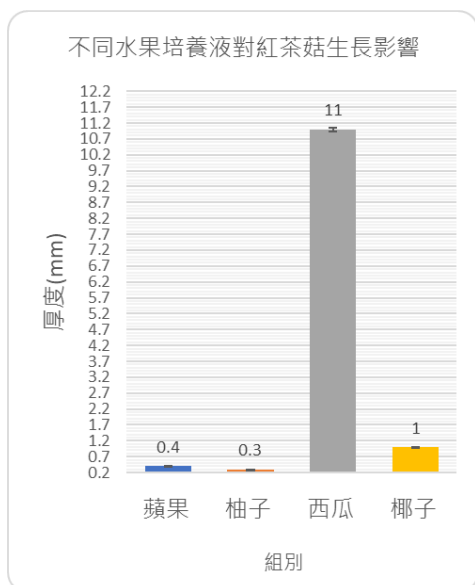


圖 12 不同水果培養液對紅茶菇生長影響

圖 12 可知西瓜組優於椰子組優於蘋果組優於柚子組，分別為 11.2 mm、1.0 mm、0.4 mm 和 0.3mm，其原因推測是因為西瓜所含營養及糖分正好與菌種所需相似，因此才會有這個結果。

#### 四、研究目的四：紅茶菇菌膜的性質探討研究結果

##### (一) 實驗十：測定紅茶菇菌膜散失水分重量之實驗

表 12 測定紅茶菇菌膜散失水分重量之實驗

次數/組別	第 0 分鐘重量 (g)	第 8 分鐘重量 (g)	第 16 分鐘重量 (g)	第 24 分鐘重量 (g)	第 32 分鐘重量 (g)	第 40 分鐘重量 (g)
1	12.95	11.27	8.52	7.62	7.10	5.55
2	11.51	8.67	6.06	4.97	4.71	2.49
3	5.59	3.73	1.71	0.39	0.24	0.14
4	14.12	12.39	9.71	7.45	5.45	3.95
平均	11.04	9.01	6.5	5.1	4.38	3.02

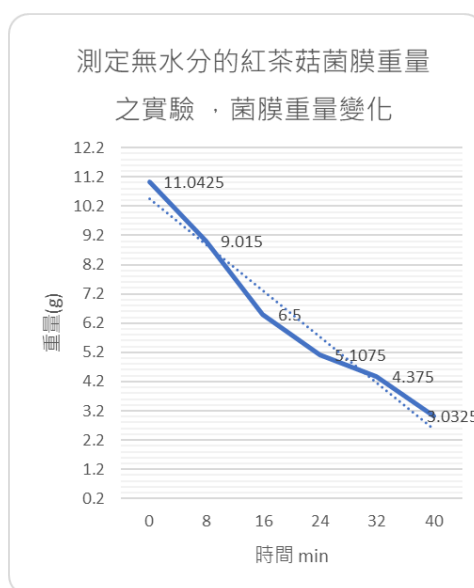


圖 13 測定紅茶菇菌膜散失水分重量之實驗

根據實驗，將數據平均過後的 11.04g 菌膜，經過烘乾，重量變為了 3.02g。其相差的重量為 8.02g。由此得知，紅茶菇菌膜可吸收的水分重量約為本身的 2.65 倍。

## (二) 實驗十一：將菌膜置於土中(分解)重量的變化

表 13 菌膜置於土中(分解)重量的變化

組別	第一組	第二組	平均(g)
0 天	11.86	12.37	12.115
7 天	3.06	3.36	3.21
14 天	2.75	3.49	3.12
21 天	2.72	3.34	3.03
28 天	2.68	3.18	2.93

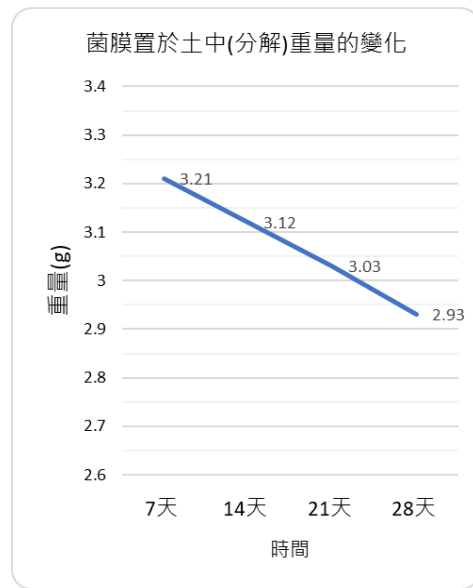


圖 14 菌膜置於土中(分解)重量的變化

根據圖 14，菌膜在第七天時的重量比起一開始的重量少了許多，推斷是因為原本菌膜中的水分蒸發減少的關係。之後每七天平均約減少 0.09g 的重量。由此可見，紅茶菇菌膜可以被土壤分解，但是時間緩慢，若要完整分解，可能需要將近半年甚至一年的時間，才能使之成為土壤的肥料。由圖 15 觀察得知脫去醋酸的潮濕菌膜若暴露在空氣中時亦會發霉進而分解，菌膜的質地改變易破、顏色變淡、變薄。

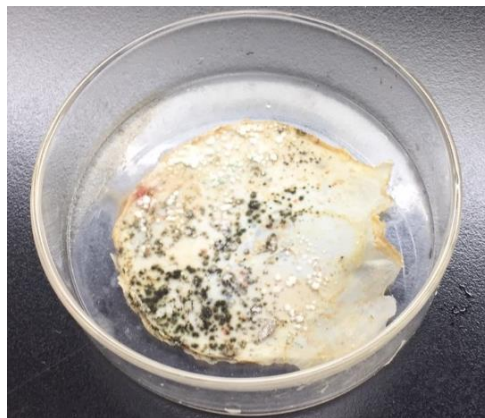


圖 15 曝於空氣下的菌膜

### (三) 實驗十二：未乾紅茶菇菌膜與乾燥菌膜吸水性比較

表 14 未乾紅茶菇菌膜與乾燥菌膜吸水性比較

組別	未乾菌膜		乾燥菌膜	
	重量	變化量	重量	變化量
0 分鐘	11.11g	0g	0.62g	0g
5 分鐘	13.20g	2.10g	2.44g	1.82g
10 分鐘	14.29g	3.19g	2.99g	2.37g
15 分鐘	14.73g	3.62g	3.33g	2.71g
20 分鐘	14.96g	3.85g	3.53g	2.91g
25 分鐘	15.12g	4.01g	3.81g	3.19g
30 分鐘	16.06g	4.95g	4.05g	3.43g
35 分鐘	16.28g	5.17g	4.55g	3.93g
40 分鐘	16.31g	5.20g	4.95g	4.33g

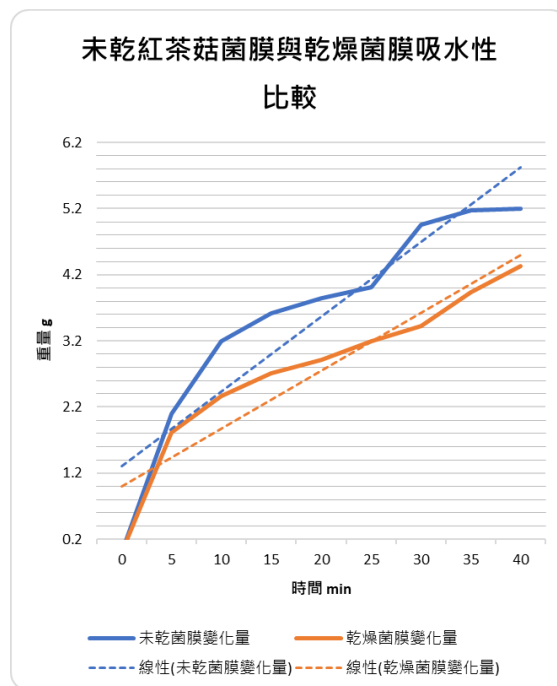
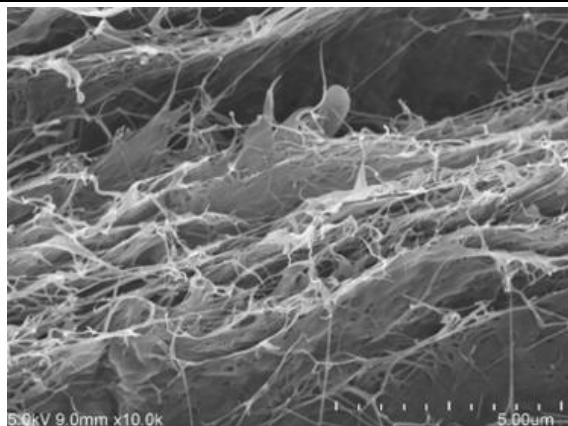
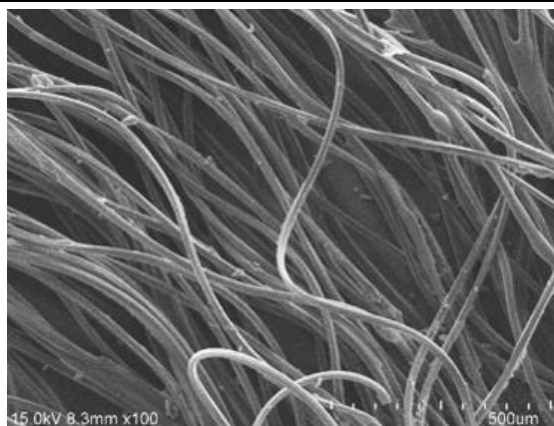


圖 16 未乾紅茶菇菌膜與乾燥菌膜吸水性比較

本研究所使用之菌膜尚未脫去醋酸，濕菌膜因滲透作用的關係而能持續吸收水分，乾燥菌膜經過烘乾方式處理，由於在攝氏 50 度烘乾二小時，進而影響其結構與性質，因此在吸水之後成為具有韌性的薄皮，若要變回原本濕菌膜的狀態反而有些困難。研究發現乾燥菌膜處理方式如：脫酸與否以及乾燥情況會影響乾燥細菌菌膜的吸水效果，需再更進一步尋找適合菌膜的優化處理方式(黃煌展，2008)。

### (三) 實驗十三：透過電子顯微鏡拍攝比較細菌菌膜纖維與色筆筆芯纖維

表 15 透過電子顯微鏡拍攝比較細菌菌膜纖維與色筆筆芯纖維之實驗結果







細菌菌膜縱撕結構	色筆筆芯縱向結構
	

由文獻得知細菌纖維具有極性基可以水分子以氫鍵結合，亦是纖維可以保水的原因之一（黃煌展，2008）。由上表中細菌菌膜縱撕結構得知細菌纖維較色筆筆芯纖維細，乾燥的細菌纖維菌膜在電子顯微鏡下可以看得出層次結構，一層一層緻密菌膜由細菌纖維相連結形成保水的纖維層，此結構可以解釋為什麼印台比較能夠鎖水保溼的原因。比較色筆筆芯的縱向結構得知筆芯的纖維較細菌纖維來的粗，縱向排列較為整齊，筆芯可透過毛細現象引導水流方向，相較於細菌纖維來說有較佳的導水功能，也就可以解釋筆芯書寫水量較持續的原因。

### 五、研究目的五：紅茶菇菌膜的應用價值及方法研究結果

#### (一) 實驗十四：將紅茶菇製成印台之方法














































表 16 將紅茶菇製成印台之實驗組別

組別	對照組	以濕菌膜製成組	以乾菌膜製成組
照片			
側面擠壓照片			

以印章由上而下按壓海綿一角，海綿在被按壓後馬上復原。再由側面觀察紀錄海綿出水狀況，觀察得知海綿經過按壓後並無墨水滲出。濕菌膜組是以墨水擴散進入菌膜內製成印台，再以印章由上而下按壓，需經過一段時間復原。再由側面觀察紀錄濕菌膜組出水狀況，觀察

得知濕菌膜組經過按壓後，些許墨水滲出但不至於流出最後吸回。而乾菌膜組是以乾燥菌膜直接吸收紅墨水製成印台，再以印章由上而下按壓，須較長時間才可復原。而從外觀上看，同樣些許墨水滲出卻不至於流出。

表 17 紅茶菇製成印台長時間暴露於空氣中之蓋章清晰度變化

暴露天數	一般印台	濕菌膜印台	乾菌膜印台	暴露天數	一般印台	濕菌膜印台	乾菌膜印台
0天				16天			
2天				18天			
4天				20天			
6天				22天			
8天				24天			
10天				26天			
12天				28天			
14天							

由上表可以得知，一般組一開始還清晰可見，但在第二天之後，印章逐漸開始變的不明顯，有時幾乎不可見；濕菌膜則是一開始有些水分過多，導致印章糊掉，但在第八天後便顏色清晰，清楚可見；乾菌膜的部分則從頭到尾都狀態良好且十分清晰，由此實驗得知乾菌膜是其中效果最佳者，可為印台替代品。

## (二) 實驗十五：將紅茶菇製成色筆筆芯之實驗

表 18 菌膜製成筆芯之實驗結果

組別	一般筆芯	菌膜筆芯
畫出的總長度 (直至沒有水) 單位 (mm)	19665	7334

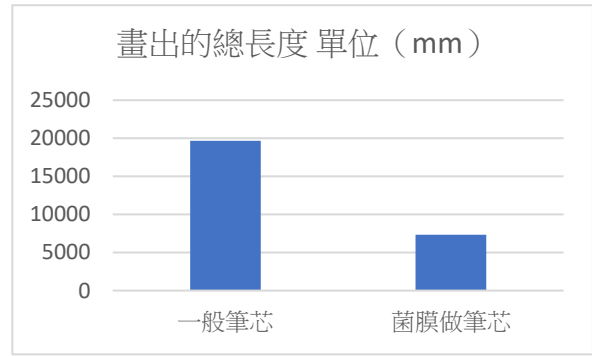


圖 17 菌膜製成筆芯實驗結果

由上表可以看出，一般色筆筆芯明顯較菌膜筆芯效果要好很多。菌膜筆芯固然能有很好的保水能力，但是細菌纖維是無方向性排列，但是沒有如植物或是人造纖維一般擁有同向排列，具方向性的排列可產生毛細現象，以利水分的運輸。因此菌膜筆芯在運送水分的能力就沒有比一般色筆筆芯好，無法順利把墨水引導送到筆頭。

## (五) 實驗十六：將紅茶菇製成面膜與測量其貼合率之方法



表 19 紅茶菇製成之面膜



在製備菌膜面膜過程是將熟成紅茶菇菌液倒入面膜容器中，加蓋後經過 14 天的室溫培養便可生成如容器形狀的菌膜面膜，潮濕的菌膜面膜因為富含有機酸、酒精以及相關之代謝產物，無法直接使用，需要將上述物質由菌膜面膜上洗淨後消毒，最後再以除濕機除溼 3 小時得到乾燥的菌膜面膜。



表 20 菌膜面膜及一般面膜貼合率

組別	一般面膜	菌膜面膜
面膜面(cm <sup>2</sup> )	57785.262	57534.267
面膜未貼合面積(cm <sup>2</sup> )	18765.696	272.845
貼合率(%)	67.5	99.5
圖片		

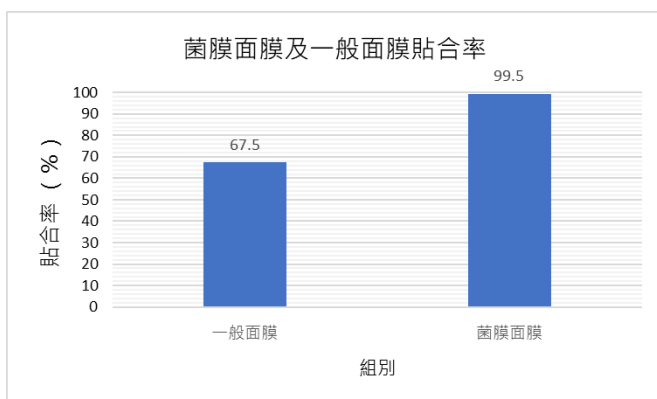


圖 18 菌膜面膜及一般面膜貼合率

由上表可以看出，菌膜面膜較一般面膜的貼合度更為緊密，為菌膜本身是一個延展性十分強大的一種膜，若遇到縫隙，可以因為其高延展性而將膜深入至縫隙中達到更加貼合的目的，且菌膜若含液體，就會更具有附著力，走在路上也不必擔心面膜會掉下來。

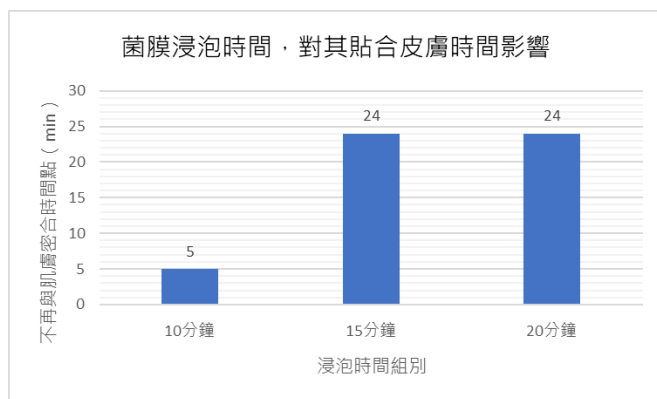
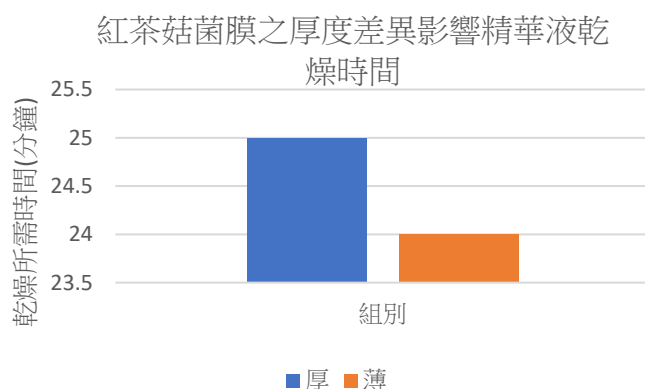


圖 19 菌膜浸泡時間，對其貼合皮膚時間影響

由左表我們可以得知，浸泡 15 分鐘和 20 分鐘對紅茶菇菌膜的效果相當，但是考慮到浸泡時間，因此還是 15 分鐘的效果最好。

### (六) 實驗十七：紅茶菇菌膜吸收精華液的時間實驗







由左表得知，厚度 1 公分和 0.5 公分的紅茶菇面膜其保持濕潤的時間相差約 1 分鐘，就以保濕度來說，厚面膜表現較好。

圖 20 紅茶菇菌膜厚薄紅茶菇影響精華液乾燥時間

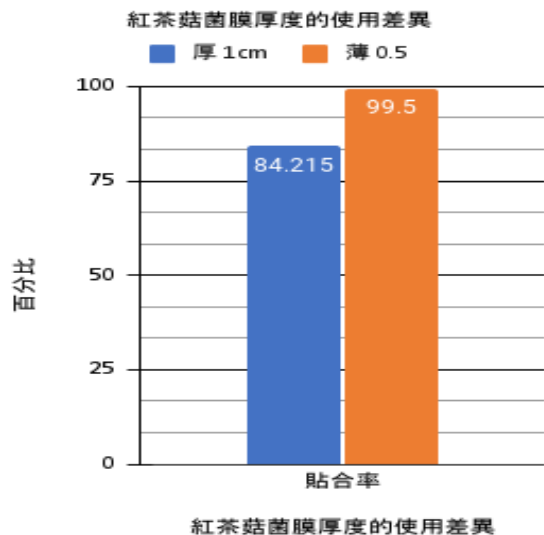
### (七) 實驗十八：紅茶菇菌膜防腐保存

表 21 紅茶菇菌膜防腐保存

實驗組別	紅茶菌膜 1	紅茶菌膜 2
天數	23 天(目前)	23 天(目前)
初始樣貌		
23 天後		

表可以得知，在保存這方面，只需維持乾燥，就可以保存至少 23 天也不會發霉。所以本研究接著推測，當作為面膜的紅茶菇菌膜在乾燥過後也可以如上表一樣，保存約三個禮拜。不過除了發霉，也許還是會有其他的細菌在菌膜上，這點仍需驗證。

### (八) 實驗十九：紅茶菇製成面膜厚度的使用差異



由左表可以得知，厚度 1 公分和 0.5 公分厚度的紅茶菇面膜的覆蓋面相差約 15%，就覆蓋程度來說，以較薄的表現較好。

圖 21 厚薄紅茶菇面膜貼合率

## 伍、討論

### 研究目的一：紅茶菌的來源對紅茶菇生長影響討論

- (一) 本研究限制，由於實驗使用的菌液及菌膜皆來自同一批次培養至熟成狀態。而熟成指的是培養四周後各類菌種已達穩定共生，因此以熟成菌液進行時，量取定量體積菌液以控制相對的菌種含量，本研究本在此不做相關菌種計數探討。
- (二) 本研究的接種技術，菌液接種是將上一批培養所剩之熟成但尚未老化之菌液，經計算過比例後，加入新的一批紅茶培養液，便可使其繼續生長且解決菌種衰老的問題，可達到接代的目的而能維持菌種的一定品質。

### 研究目的二：找出紅茶菌最適合的生長條件

- (一) 在有無空氣流通對紅茶菇生長之影響實驗中，對照組菌膜生長情形沒有無空氣流通組還要好。原因為紅茶菇中的五種菌種中，主要產生纖維素的醋酸菌，是屬於好氧性細菌但於代謝過程中產生酒精醋酸蒸氣使無法接觸氧氣進而促使醋酸菌大量在液面產生細菌纖維素獲得更多氧氣（楊祐俊、洪爭坊、趙雲鵬，2009）缺氧環境中會加速產生菌膜。酵母菌亦是如此。乳酸菌則本來就屬厭氧性細菌所以不受影響。
- (二) 在有無追糖對紅茶菇生長之影響實驗中，追糖組無法持續生長的原因是在加入糖的過程中，碳源足夠的情況下再進行追糖時，並不會增加細菌纖維素的厚度。高滲透壓可能導致菌種代謝速率降低，而使醋酸菌纖維素生成減緩。培養的過程中數次追

糖干擾可能影響菌膜生成是需要考量的因素之一。

- (三) 在不同溫度對紅茶菇生長之影響實驗限制，本研究尋找居家實驗地點共三處溫度區間進行其相關實驗，若能改以恆溫進行培養，實驗數據或許能夠變準確性高。
- (四) 在培養紅茶菇震盪實驗中，震盪過後的菌膜有明顯比為震盪菌膜還要厚，這是因為在培養紅茶菇過程中產生的纖維素膜，是以一層一層由下而上的方式生長，而層與層之間則有細絲，幫助膜之間互相聯繫。而若在培養過程中加以震盪，會促使膜與膜之間空隙增加，達到增厚的效果，但是若震幅過大，反而會因為兩層膜之間空隙過大，而難以連接，進而導致明顯的分層。
- (五) 本研究曾經考慮以電子卡尺進行測量，但是因為菌膜的特性，使用卡尺容易壓縮菌膜，將剛拿出的菌膜水分擠壓出來，導致菌膜體積縮小，最後反而導致數據測量的不準確。於是本研究測量菌膜厚度時，先以人工方式取出菌膜，再使用直尺以人工方式測量判讀。研究者嘗試尋找取代原測量的方法，藉由震盪實驗以 imagej 進行測量，首先要以同一角度進行拍照，且照片大小需要相同，使用圖檔程式 image j 先設定長度，再以計算比例的方式最後求出其菌膜厚度。透過照片處理可以減少相片取距上的誤差若滿足以上條件，相對於人工測量，數據會更加準確。

### 研究目的三：不同差異的營養液對菌膜形成的影響

Antolak, H., Piechota, D., & Kucharska, A. (2021) 指出紅茶菇發酵中使用的茶多醣類型會影響微生物群落的代謝與微生物之間的相互作用，從而影響產生代謝物的組成。

- (一) 在不同的培養液對紅茶菌生長之影響實驗中我們發現，培養紅茶菇不單只需碳源，還需要其他的成分才能夠完善菌種的代謝機制，進而影響到纖維素的生成。而烏龍茶的成分及營養物質與紅茶不完全相同。有待進一步了解其成分與代謝之關係。
- (二) 在不同水果培養液對紅茶菇生長影響實驗中，西瓜的生長情形為最佳，但市面上的椰果是使用椰子汁進行製作。本實驗中，椰子的生長情形較西瓜來講遜色許多，在培養得過稱中，本研究是以罐頭裝的椰子汁進行，但幾乎無菌膜產生。也許用新鮮的椰子汁會有不同的結果，這部分還有待探討。

### 研究目的四：紅茶菇菌膜的性質探討

- (一) 菌膜可吸收本身重量 2.65 倍的水，可為一種良好的載體，便可應用菌膜吸收大量液

體的特性，製作如面膜、筆芯、印台等物品。

- (二) 細菌纖維素分解的條件需經過脫酸處理後提供潮濕、溫暖且有微生物的環境並經過長時間的分解作用下進行。在菌膜置於土中分解實驗中，如果把實驗的時間延長，土壤分解有更加充分的時間進行分解，紅茶菇菌膜分解的程度應會更明顯。
- (三) 本研究所使用之菌膜尚未脫去醋酸，濕菌膜因滲透作用的關係而能持續吸收水分，乾燥菌膜經過烘乾方式處理，由於在攝氏 50 度烘乾二小時，進而影響其結構與性質，因此在吸水之後成為具有韌性的薄皮，若要變回原本濕菌膜的狀態反而有些困難。研究發現乾燥菌膜處理方式會影響吸水效果，需再更進一步尋找適合菌膜的優化處理方式。

#### 研究目的五：紅茶菇菌膜的應用探討

- (一) 本研究使用紅茶菇菌膜分別進行製作筆芯和印台，但菌膜印台效果顯著，比一般印台好許多，而菌膜筆芯效果卻遠不及一般的筆芯。透過電子顯微鏡構造圖我們得知紅茶菇菌膜纖維具有明顯的層次結構，一層層的結構形成鎖水空間，此結構可以解釋為什麼印台比較能夠鎖水保溼的原因，使得菌膜長時間曝至於空氣中卻不易乾燥，使用時只需施以壓力，便可把印章浸濕。但菌膜用於製作筆芯時其菌膜纖維較無方向性，無法把水分順利引導至筆頭，造成筆頭無法持續出水。而筆芯的纖維較細菌纖維來的粗，縱向排列較為得整齊，相較細菌纖維來說有較佳的導水功能，如此就可以解釋筆芯疏導水量較持續的原因。
- (二) 紅茶菇製成的面膜的好處：一、菌膜面膜十分的吸水，二、菌膜面膜保水的能力非常優秀，三、菌膜面膜不易與肌膚產生空隙。但缺點為：要先將其 pH 值升高（原為 pH3-4 上升為 pH5-6），且具有醋酸味。但已經有解決方案，那就是將之浸入裝有 500ml 的水的鐵鍋中以 100°C 的恆溫水浴槽隔水加熱，在將醋酸味去除的同時，進行殺菌的動作。最後在將菌膜乾燥，以便保存。乾燥的部分則建議使用除濕機，因為烘箱無論於高或低溫，都容易使菌膜燒焦。乾燥的部分則建議使用除濕機，因為烘箱無論於高或低溫，都容易使菌膜燒焦。
- (三) 菌膜製成的面膜在吸收精華液後發現乾燥下仍能保持柔軟，而一般面膜則會硬化，無法使用。因此菌膜製成的面膜可透過熱水加熱方式洗淨乾燥後再次浸泡吸收精華液

重複使用，且保持原本的特性。此外一般市售面膜都會加入防腐劑以便保存，而紅茶菇菌膜只需乾燥便可保存，相較之下對人體較為健康。實驗發現菌膜是可分解的，且對環境無害，反觀一般面膜，分解過程中會產生塑膠微粒，因此菌膜面膜較為環保。

(四) 菌膜面膜的浸泡時間實驗中，若能使用整片菌膜面膜進行實驗且覆蓋於臉上，更能準確地測量出使用的時間長度，提供可信度較高的資料。

(五) 在菌膜面膜防腐測試中，乾燥菌膜能長時間保存。另外，菌膜面膜分解的條件需經過脫酸處理後提供潮濕、溫暖且有微生物的環境並經過長時間的分解作用下進行。

## 陸、結論

### 一、菌種來源

研究以市售接種的紅茶菇菌液包為接種菌種來源，透過光學顯微鏡以及革蘭氏染色後發現所使用的培養液中能找出巴斯德酵母(*Saccharomyces pastorianus Hansen*)、粟酒裂殖酵母(*Schizosaccharomyces pombe Lindner*)、木質醋酸桿菌(*Acetobacter xylinum*)、甲醇酸單孢菌(*Acidomonas methanolica*)、乳酸桿菌屬(*Lactobacillus*) 等五類微生物的共生體。

### 二、測量方法

在測量紅茶菇菌膜厚度時發現菌膜具有保水的特性，若施予外力可能造成菌膜厚度改變，本研究嘗試以 image j 進行測量，經過評估後建議以 image j 作為測量紅茶菇菌膜厚度的測量方法，但需要注意以下三點：

- (一) 培養的容器杯壁必須要非常薄。
- (二) 拍照設備需要標準化並使用標準光源。
- (三) 照片需要先經過 image j 影像處理再進行框選測量。

### 三、培養方法

本研究找出最佳培養紅茶菇菌膜增厚方法如下：

紅茶菇培養時應將菌液、菌膜並用最好，以 100ml 紅茶、60ml 接種菌液、9g 新菌膜與 20g 二號砂糖配製成培養液加蓋在 25~29°C 環境微幅震動培養。

研究發現若單純使用二砂糖液無法產生菌膜，配置菌液的糖茶比例為 20g:100ml 或 25g:100ml 會有較好的成效。而高滲透壓的環境會阻礙微生物的代謝進而影響紅茶菇菌膜的生成。以不同的茶及果汁作為培養液所產生的紅茶菇菌膜厚度亦會有所差異，培養液仍以紅茶培養液為優選，微幅震動培養可使菌膜厚度顯著增加。

### 四、紅茶菇菌膜的性質

紅茶菇菌膜因含有醋酸及培養液含的物質不易乾燥，烘乾的乾燥菌膜似薄皮，不易發霉。未脫酸的乾燥紅茶菇菌膜吸收的水分重量約為本身的 2.65 倍，無法直接應用。研究者以熱水脫去醋酸及培養液再以除濕機乾燥可得如薄紙般輕盈的菌膜。脫去醋酸與否以及乾燥方式會進一步影響其復水性及菌膜質地。透過電子顯微鏡拍下菌膜的層次結構，一層一層緻密菌膜透過細菌纖維相連結形成保水纖維層，不同於一般人造纖維排列整齊進而影響其導水功能。

### 五、紅茶菇菌膜的應用與價值

- (一) 替代印台海綿：利用未脫酸之乾燥菌膜吸收紅墨水後，雖降低復水性但可以增加菌膜韌性，使得印章按壓的過程中不易變形，又能維持原來的保水度，因此暴露空氣中 28 天仍可持續使用。
- (二) 替代色筆筆芯：以濕菌膜置換紅墨水後替換為色筆筆芯，實測中不如原來的色筆筆芯導水且持久，主要是因為細菌纖維層層連結的網狀結構較無一致的導水方向所造成，又因細菌纖維較一般人造線纖維細，其保水效果卓越，若給予一段時間使墨水回填仍可繼續使用。
- (三) 自製紅茶菇菌膜面膜：脫去醋酸的乾菌膜面膜易保存，一張乾燥菌膜面膜僅需要 10ml 精華液浸泡 15 分鐘後即可使用，面膜保濕、質地柔軟、滑順且具韌性，其平面貼合率較不織布面膜高出 32%，能在土壤中分解相較於不織布面膜更具實用與環保價值。

## 柒、未來展望

- 一、製作菌膜面膜時研究者發現菌液幾乎不會留下，其具體原因還有待探討，日後希望設計出相關實驗來驗證菌種去向。
- 二、以水果作為培養液可以獲得不同成分組成的菌液，若將這些菌液製成不同的菌膜面膜是否可以增加功效或保養價值？另外本研究所使用的水果汁皆是經過高溫殺菌。但若是使用未殺菌的原汁是否可以促進細菌纖維素生成？還有哪些培養液也會促使菌膜生成？亦或者是水果中的酵素反而破壞其結構？未來希望以此方向進行實驗及探討。
- 三、從眾多實驗中本研究得知有菌液存在便會形成菌膜。菌液本身帶有醋酸甜味及香味，具有吸引果蠅的特性。若使用菌液當作捕蟲器中的誘餌，只要昆蟲於上方稍作停留使步足觸碰到菌液，昆蟲步足形成菌膜後能否改變這些昆蟲飛行策略進而影響或限制這些昆蟲行為，以達到良好的捕蟲效果？未來將會嘗試以此方向進行相關研究與應用發展。

## 捌、參考資料與其他

- 一、Antolak, H., Piechota, D., & Kucharska, A. (2021). Kombucha tea—A double power of bioactive compounds from tea and symbiotic culture of bacteria and yeasts (SCOBY). *Antioxidants*, 10(10), 1541.
- 二、林思佑(2001)。固定化暨培養方式對紅茶菇於培養期間主成分及微生物活性變化之影響。*國立中興大學食品科學系*。
- 三、吳薇、蓋寶川與籍保平(2004)。紅茶菌混合菌種的分離與鑑定。*食品科學*, 4, 55-58。
- 四、朱聖哲、陳錦樹(2006)。不同培養模式紅茶菇發酵的影響。*農林學報*, 55, 135-145。
- 五、黃煌展(2008)。添加干擾物質原位培養以修飾細菌性纖維素之結構。宜蘭：*國立宜蘭大學食品科學系*。
- 六、楊祐俊、洪爭坊與趙雲鵬(2009)。醋酸菌 *Gluconacetobacter xylinus* 轉殖類血紅素蛋白基因(vhb)對細菌纖維素產量之影響。*臺中區農業改良場研究彙*, 102, 1-14。
- 七、莊凱文、林艾美與張硯程(2012)。紅茶會「酵」？—紅茶菌生長及其應用性之研究。*中華民國第52屆科學展覽作品說明書*。



## 【評語】 032913

1. 能對紅茶菇的生長條件變因做詳細的探究，實驗找出紅茶菇菌膜增厚方法和應用價值，研究主題立意佳、實驗設計的科學適切性優、實驗數據展示及寫作表達能力佳、成果推廣價值佳。
2. 建議在筆芯的實驗中，可以分析同樣重量的菌膜和筆芯填充物，在吸收同樣重量的色素之後，畫到沒水之後分析整體重量改變和繪圖長度的關係。
3. 本實驗因涉及到人體試驗，應有受試者同意書的簽署。

## 作品簡報

識時務者為「菌」傑一

探討紅茶菇生長環境與應用價值

組別：國中組

科別：生活應用科學（二）科

編號：032913



# 壹、前言

紅茶菇為 A. 巴斯德酵母 (*Saccharomyces pastorianus* Hansen)、B. 粟酒裂殖酵母 (*Schizosaccharomyces pombe* Lindner)、C. 木質醋酸桿菌 (*Acetobacter xylinum*)、D. 甲醇酸單孢菌 (*Acidomonas methanolica*)、E. 乳酸桿菌屬 (*Lactobacillus*) 等五類微生物的共生體 (吳薇、蓋寶川與籍保平, 2004)

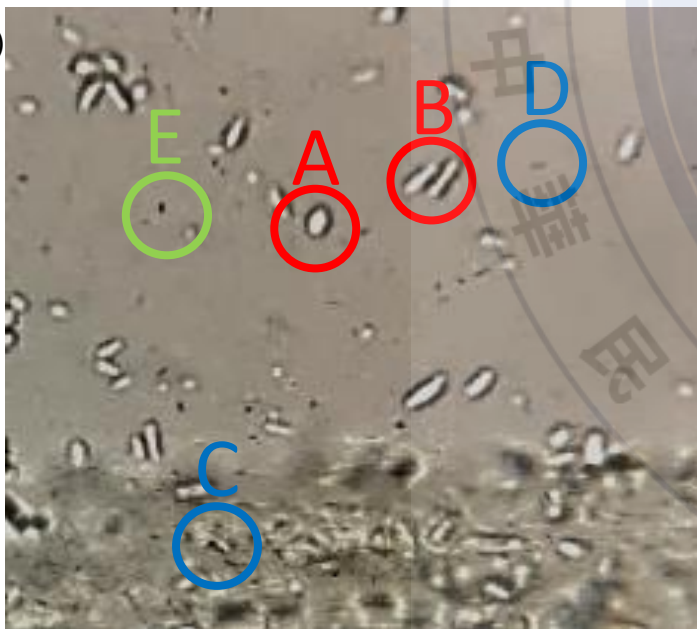


圖1 顯微鏡底下的菌液



# 貳、文獻探討與測量方法

## 一 紅茶菇菌膜生成原理

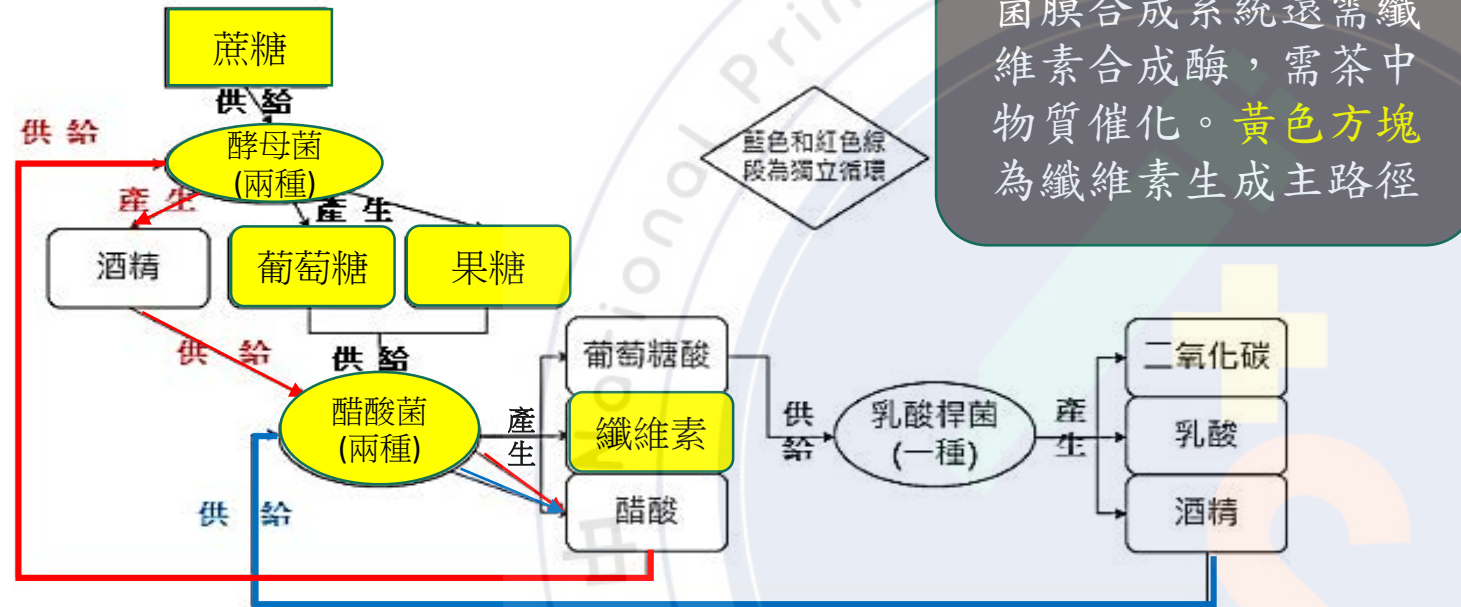


圖2 紅茶菇菌膜生成機制

## 二 紅茶菇菌膜之性質

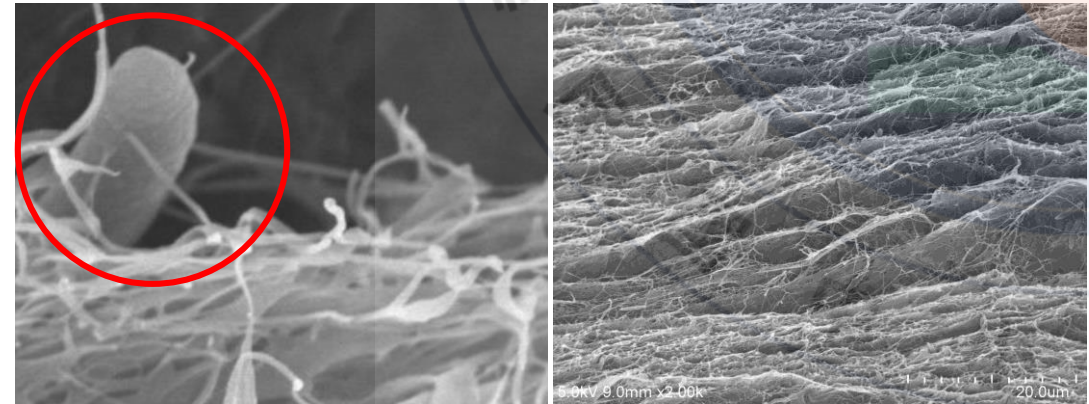
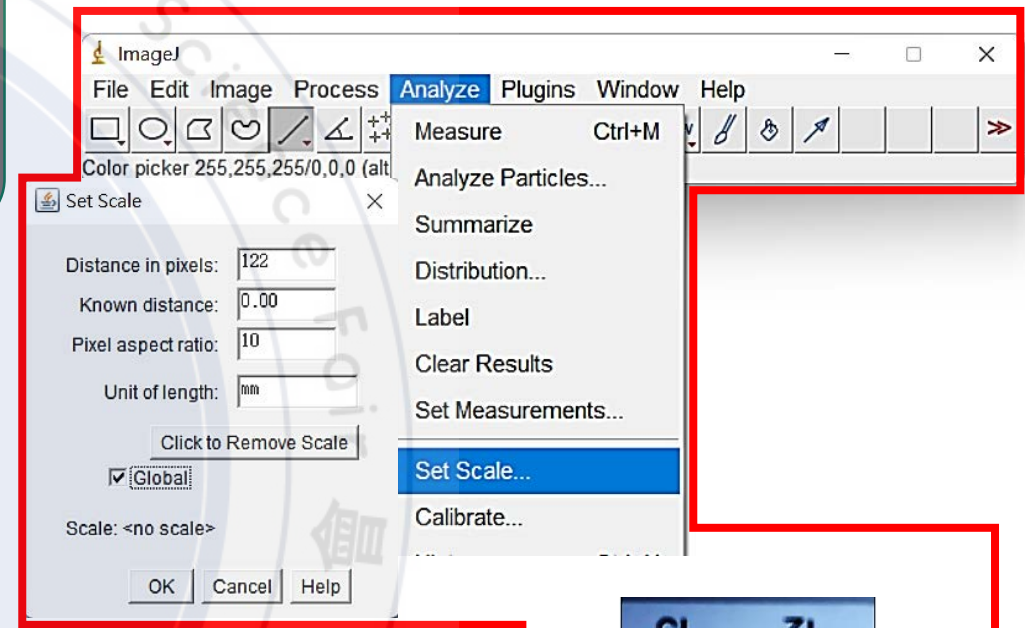
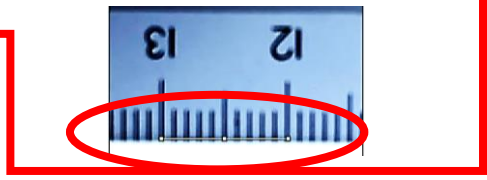


圖3 紅茶菇菌膜於電子顯微下醋酸菌產生纖維素(左)及切面(右)

## 三 紅茶菇菌膜測量之方法



拉出要測量長度並點Measure測量



定義長度:10mm

# 參、研究結果與討論

## 研究目的一:紅茶菌的來源對紅茶菇生長影響

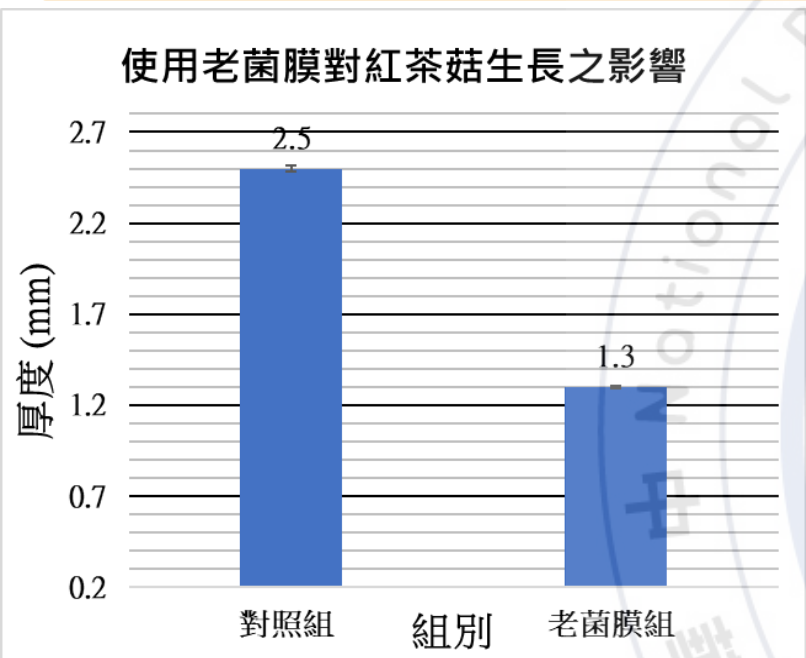


圖4 老菌膜對紅茶菇生長之影響

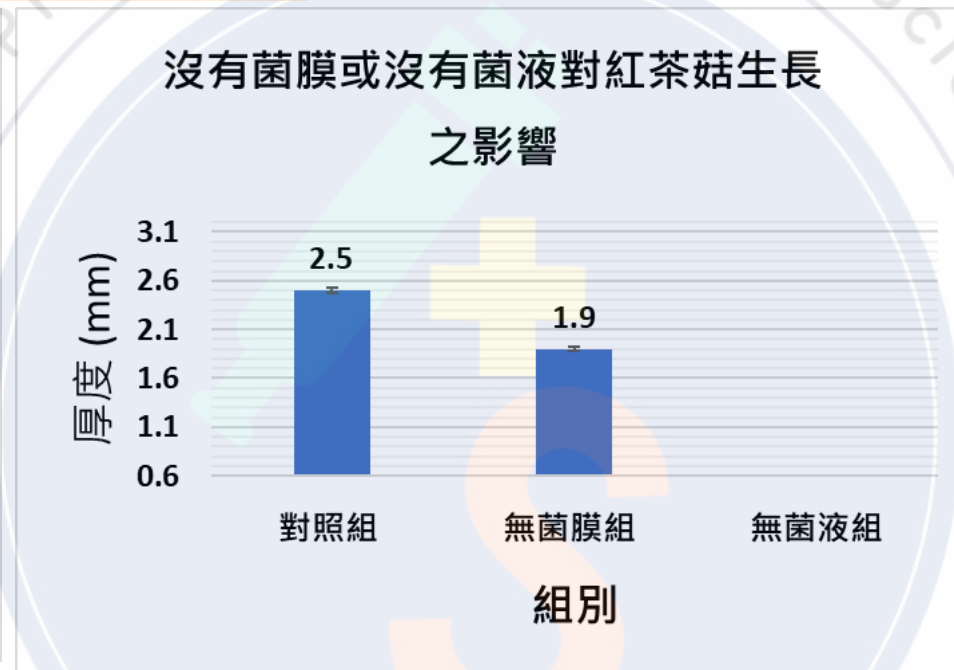


圖5 菌膜及菌液對紅茶菇生長之影響

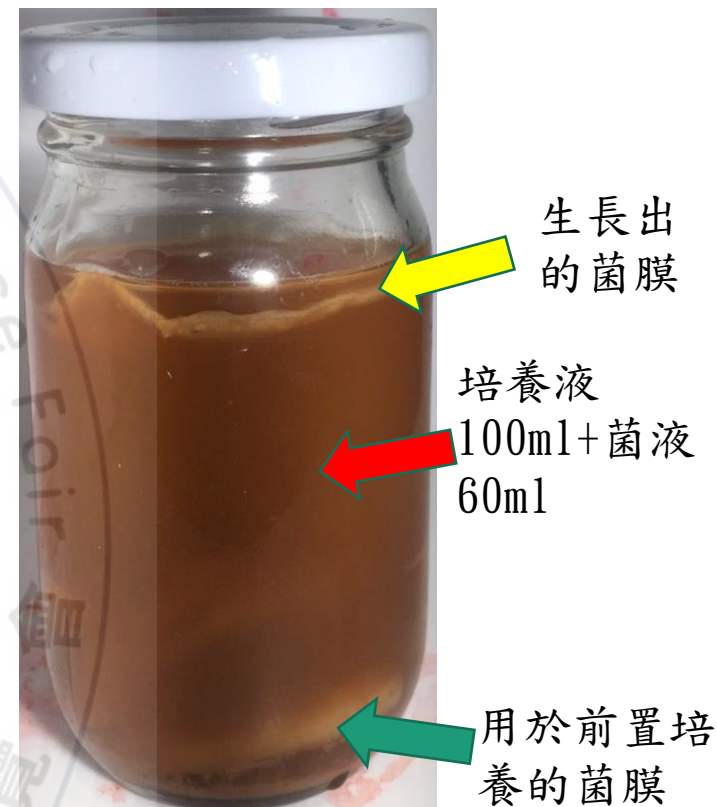


圖7 菌膜培養裝置示意圖



圖6 (由左至右)無菌液組、無菌膜組、對照組之實驗照片

### 結論:

- ✓ 新菌膜培養組較老菌膜培養組菌膜生長得較好。推測是因為年老菌膜因菌種老化，導致代謝能力變差。
- ✓ 熟成的紅茶菇培養液較容易回復穩定的代謝狀態，因此可產生較厚的菌膜。

# 參、研究結果與討論

研究目的二：找出紅茶菌最適合的生長條件

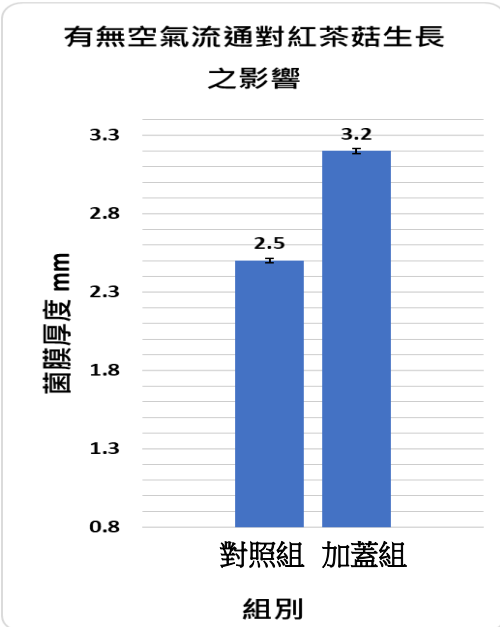


圖8 加蓋對紅茶菇生長之影響

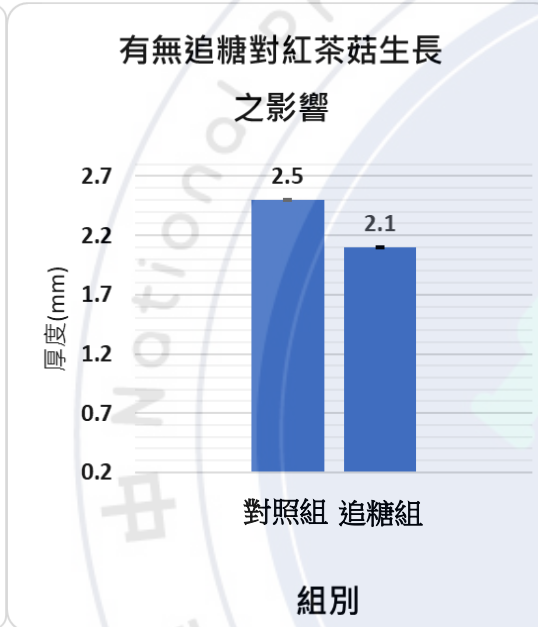


圖9 追糖對紅茶菇生長之影響

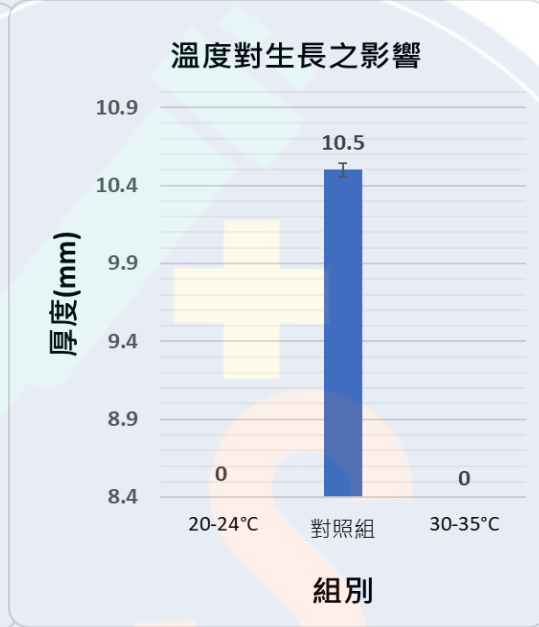


圖10 溫度對紅茶菇生長之影響

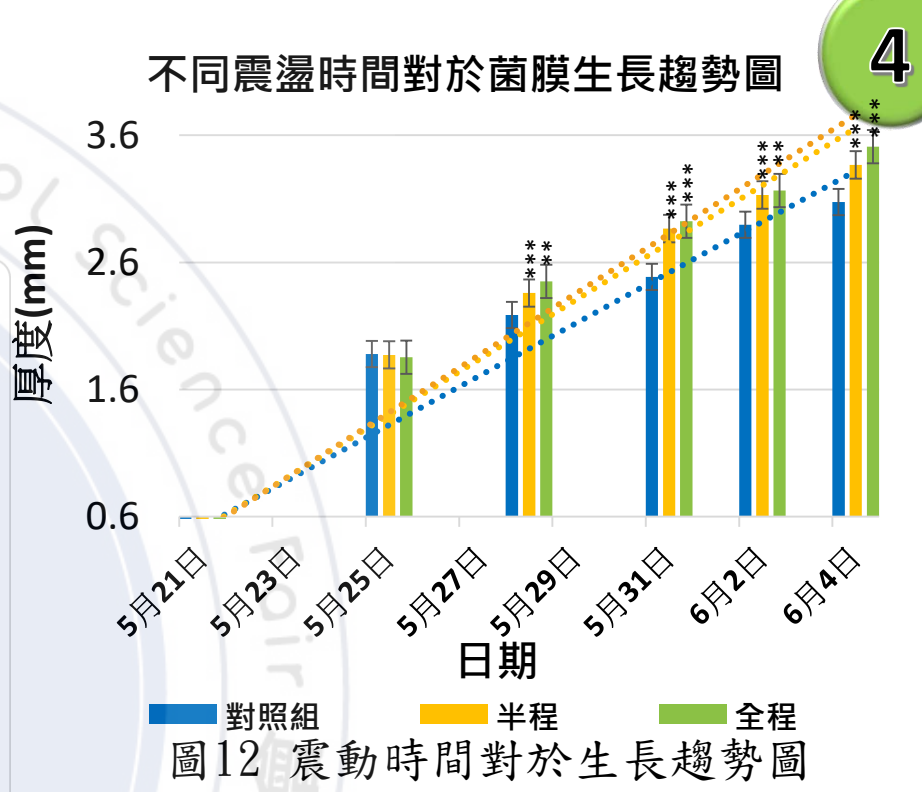


圖13 培養皿中的紅茶菇菌膜



圖11 (由左至右)無加蓋組、有加蓋組之實驗照片

結論：

- ✓ 加蓋產生的減氧環境中會促使醋酸桿菌產生菌膜，以接近液面爭取更多氧氣。
- ✓ 培養時不須追糖，而高滲透壓的環境會影響菌膜生成。
- ✓ 紅茶菇中的醋酸菌適合生長於25-30°C。
- ✓ 持續震動培養使菌膜增厚14%，進一步觀察結構是否改變。

# 參、研究結果與討論

## 研究目的三:不同差異的營養液對菌膜形成的影響

結論:

- ✓ 單只有碳源無法生成菌膜。可能是缺乏酵素系統所需物質。
- ✓ 適當的糖量才能維持代謝
- ✓ 西瓜可以促進酵素系統的運作。

### 培養液對紅茶菌生長之影響

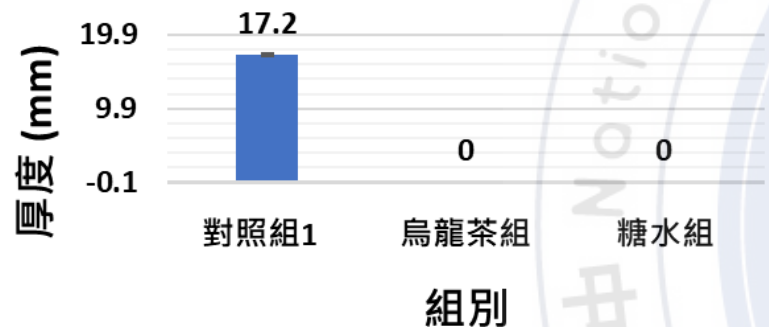


圖14 培養液對紅茶菌生長之影響

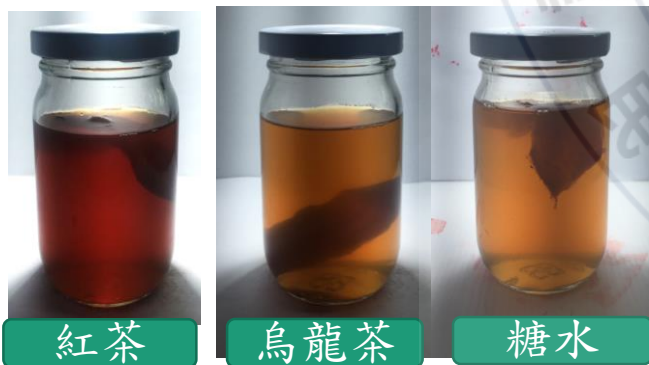


圖15 培養液實驗照片

### 不同的培養糖量對紅茶菇生長之影響

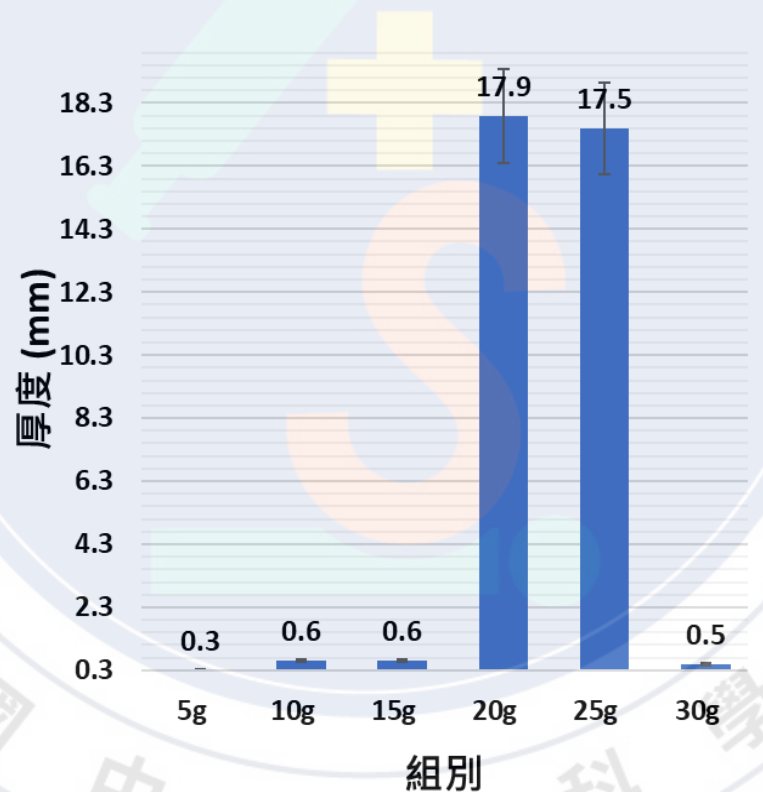


圖16 糖量對紅茶菇生長之影響

### 不同水果培養液對紅茶菇生長影響

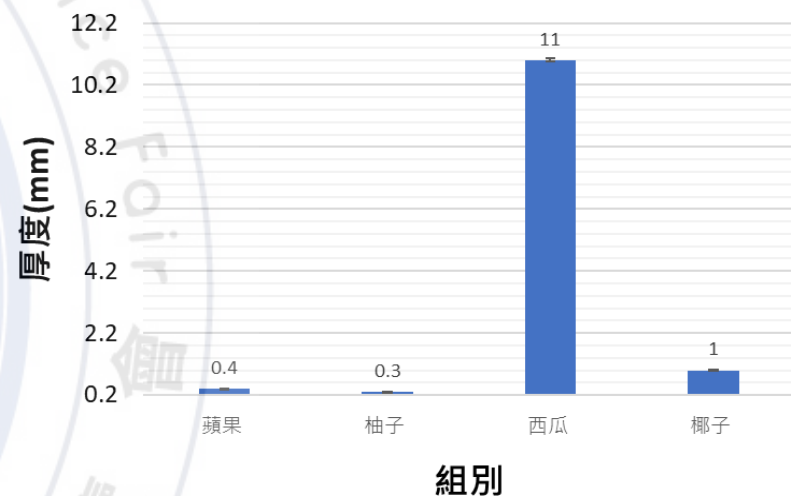


圖17 不同水果培養液對紅茶菇生長影響



圖18 水果培養液實驗照片



# 參、研究結果與討論

## 研究目的四:紅茶菇菌膜的性質探討

結論:

- ✓ 未脫酸時可吸收的水分重量約為本身的2.65倍。
- ✓ 紅茶菇菌膜於空氣中會發霉，於土壤中重量會慢慢變輕結構也變得鬆散。
- ✓ 濕菌膜能因滲透作用的關係持續吸收水分。
- ✓ 乾燥的方式和菌膜是否脫酸會影響菌膜的吸水效果。

測定無水分的紅茶菇菌膜重量之實驗，菌膜重量變化

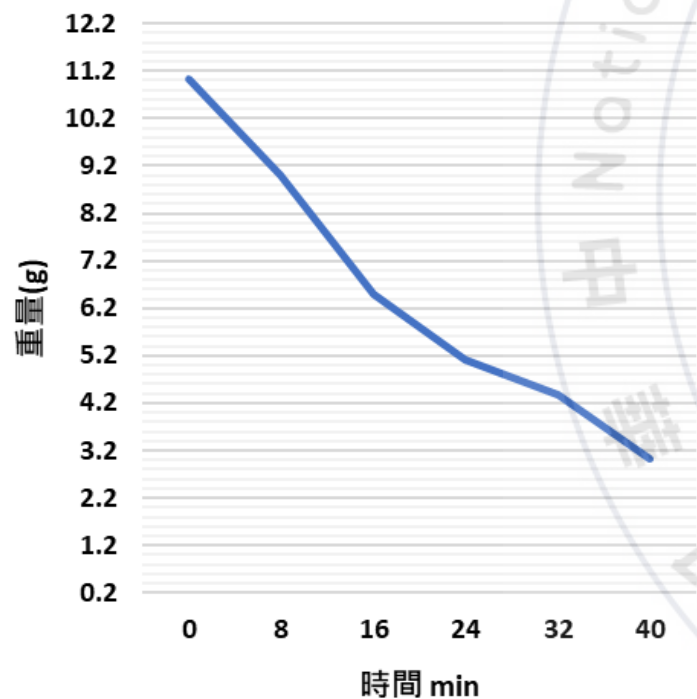


圖19 測定紅茶菇菌膜散失水分重量之實驗

菌膜置於土中(分解)重量的變化

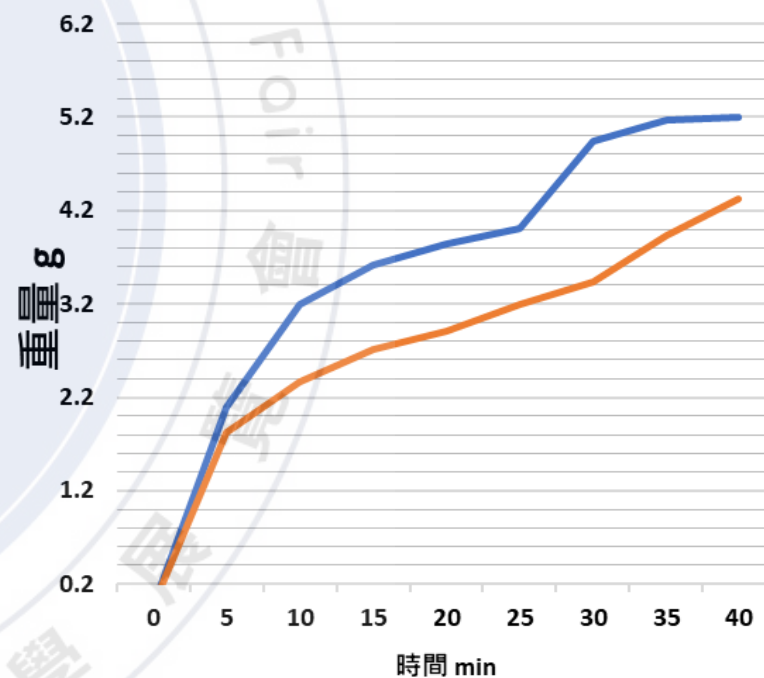


圖20 菌膜土中分解重量變化



圖22 曝於空氣下的菌膜

溼菌膜和乾菌膜吸水性比較



— 未乾菌膜變化量 — 乾燥菌膜變化量

圖21 未乾紅茶菇菌膜與乾燥菌膜吸水性比較

# 參、研究結果與討論

## 研究目的五：紅茶菇菌膜的應用價值及方法

天數	一般印台	濕菌膜組	乾菌膜組	天數	一般印台	濕菌膜組	乾菌膜組
0天				16天			
4天				20天			
8天				24天			

組別	對照組	以濕菌膜製成組	以乾菌膜製成組
----	-----	---------	---------

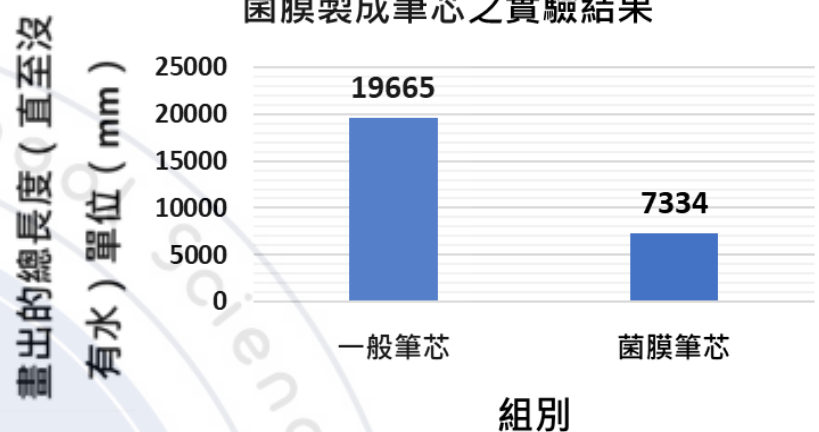
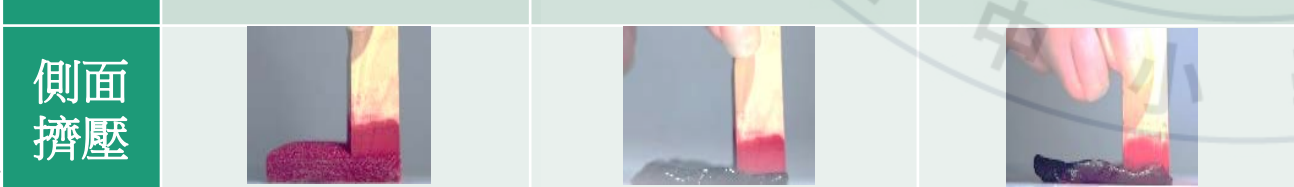
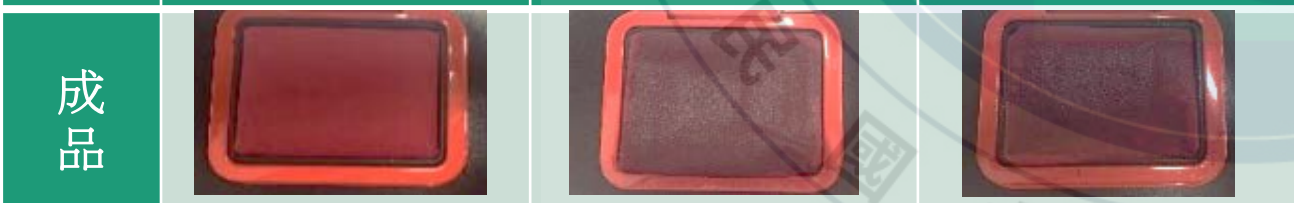
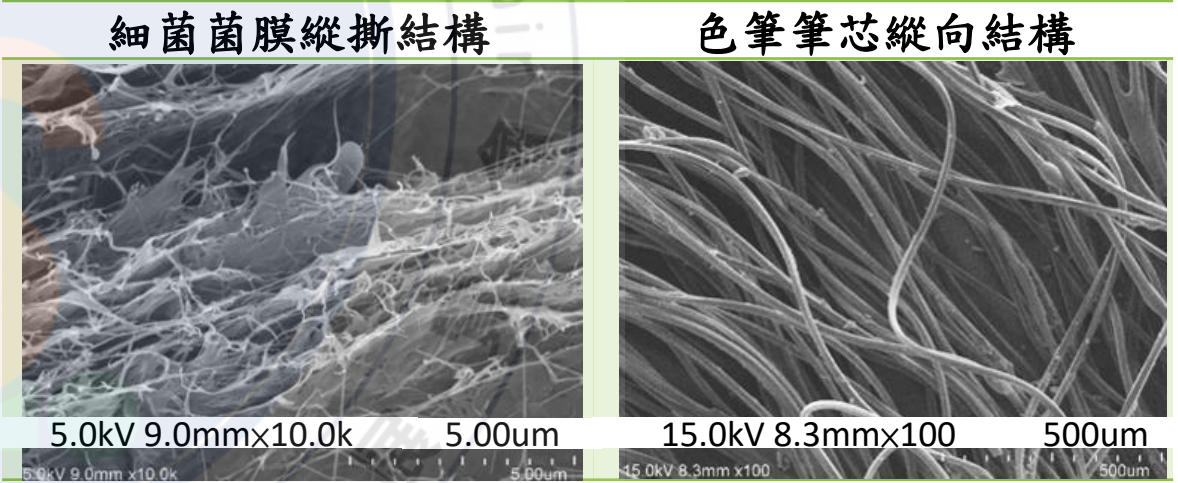


圖15 菌膜製成筆芯實驗結果  
表23 透過電子顯微鏡拍攝比較細菌菌膜纖維與色筆筆芯纖維之實驗結果



結論：

- ✓ 將菌膜至成印台，能夠有效地保住水分，從而達到長期使用的目的
- ✓ 菌膜製成筆芯並無原本筆芯好，因為菌膜纖維素結構並無方向性，導水能力差

# 參、研究結果與討論

## 研究目的五：紅茶菇菌膜的應用價值及方法



圖24 濕菌膜(左)與乾燥菌膜(右)成品

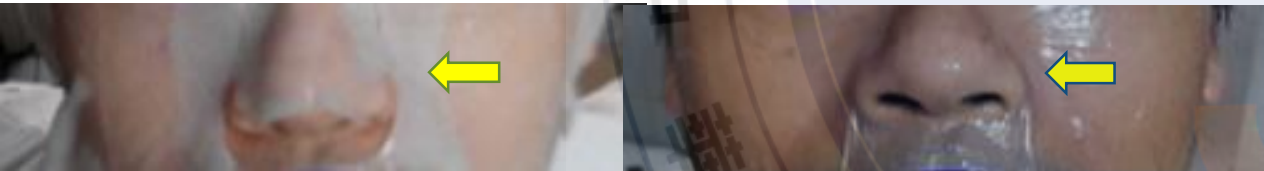


圖25 一般面膜與菌膜面膜的使用情況

結論：

- ✓ 我們以熱水脫酸的方式去除醋酸，再以除濕機除濕，做出乾燥菌膜
- ✓ 菌膜製成面膜之後，可因其高延展性，深入空隙中，達到更加貼合的目的
- ✓ 菌膜浸泡15分鐘即20分鐘貼合皮膚時間相同，故以15分鐘較佳

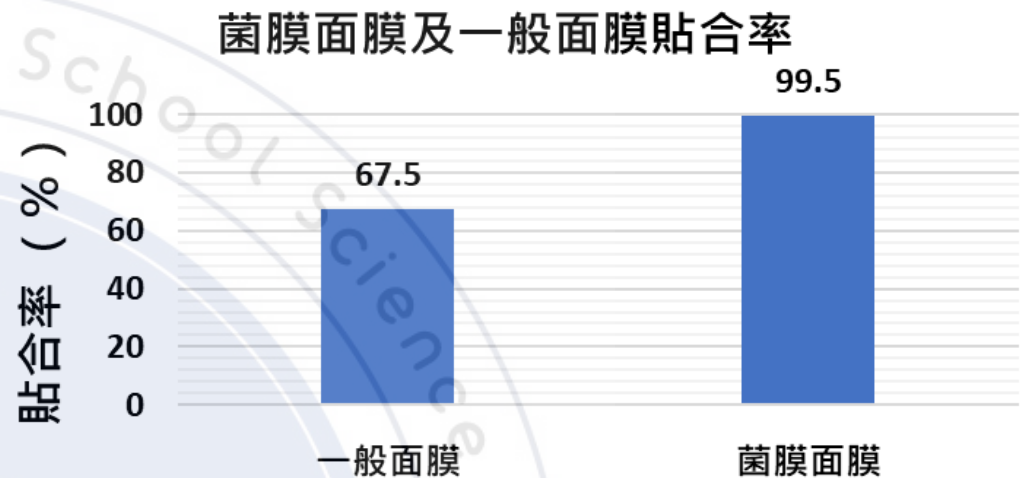


圖26 菌膜面膜及一般面膜貼合率

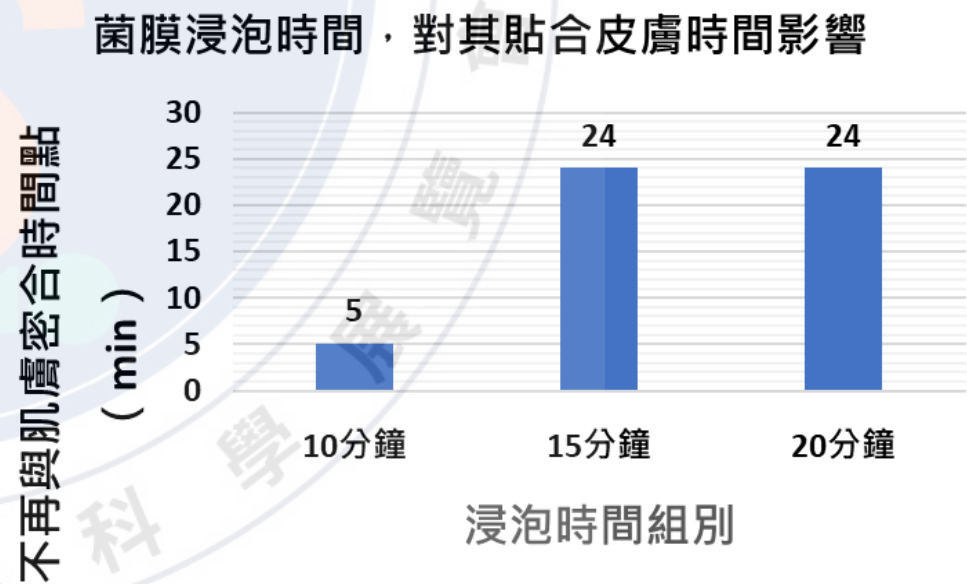


圖27 菌膜浸泡時間，對其貼合皮膚時間影響

# 參、研究結果與討論

## 研究目的五：紅茶菇菌膜的應用價值及方法

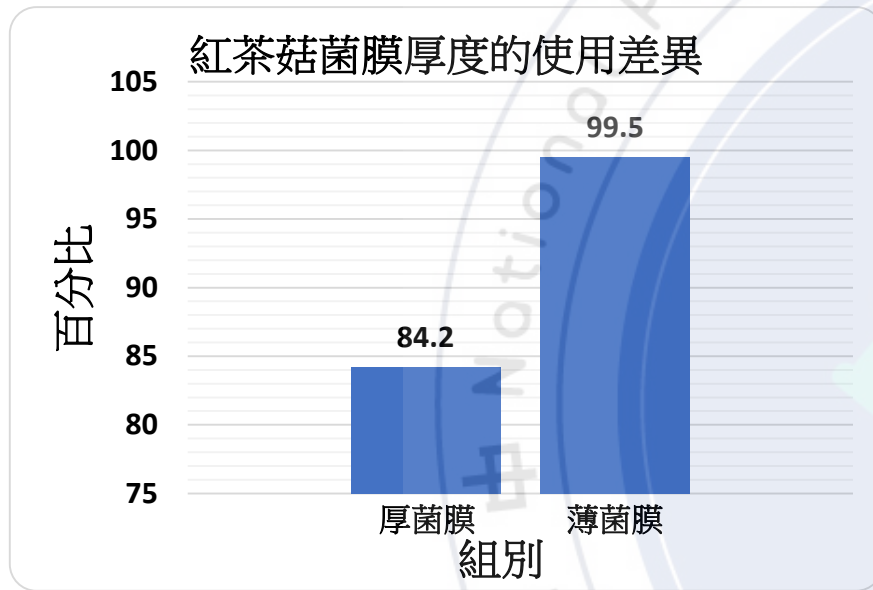


圖27 厚薄紅茶菇面膜貼合率

### 結論：

- ✓ 厚薄菌膜貼合率方面，薄菌膜略勝一籌，乾燥時間方面，厚菌膜較佳。但考慮到乾燥時間兩者無顯著差異，因此薄菌膜更適合製成面膜
- ✓ 防腐保存的實驗，在一次使用後，保持於乾燥的狀態，23天皆無發霉跡象。因此菌膜乾燥便可保存約三-四個禮拜

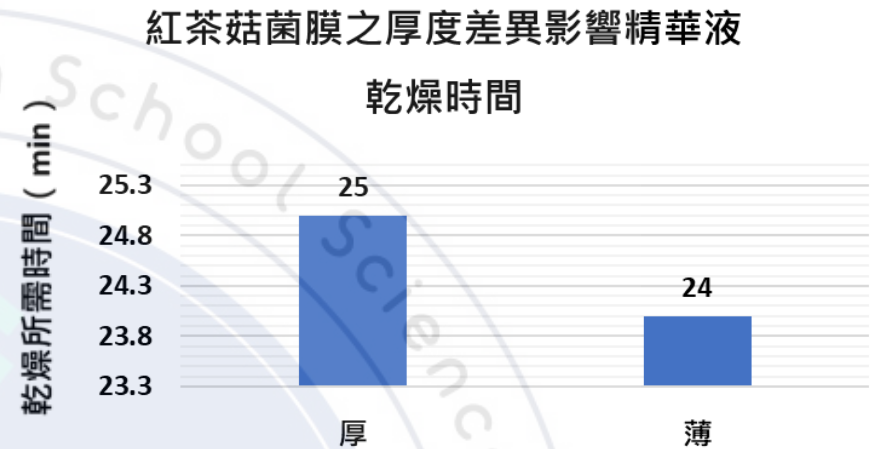


圖28 紅茶菇菌膜厚薄紅茶菇影響精華液乾燥時間

表1紅茶菇菌膜防腐保存

實驗組別	紅茶菌膜1	紅茶菌膜2
天數	23天(目前)	23天(目前)
初始樣貌		
23天後		

# 肆、結論

## 研究目的-一:紅茶菌的來源對紅茶菇生長影響

1. 新菌膜培養組較老菌膜培養組菌膜生長得較好。推測是因為年老菌膜因菌種老化，導致代謝能力變差。
2. 熟成的紅茶菇培養液較容易回復穩定的代謝狀態，因此可產生較厚的菌膜。

## 研究目的-二:找出紅茶菌最適合的生長條件

1. 加蓋產生的減氧環境中會促使醋酸桿菌產生菌膜，以接近液面爭取更多氧氣。
2. 培養時不須追糖，而高滲透壓的環境會影響菌膜生成。
3. 紅茶菇中的醋酸菌適合生長於25-30°C。
4. 持續震動培養使菌膜增厚14%，進一步觀察結構是否改變。

## 研究目的-三:不同差異的營養液對菌膜形成的影響

1. 只有碳源無法生成菌膜，可能是缺乏酵素系統所需物質。
2. 適當的糖量才能維持代謝
3. 西瓜可以促進酵素系統的運作。

## 研究目的-四:紅茶菇菌膜的性質探討

1. 未脫酸時可吸收的水分重量約為本身的2.65倍。
2. 紅茶菇菌膜於空氣中會發霉，於土壤中重量會慢慢變輕結構也變得鬆散。
3. 濕菌膜能因滲透作用的關係持續吸收水分。
4. 乾燥的方式和菌膜是否脫酸會影響菌膜的吸水效果。

## 研究目的-五:紅茶菇菌膜的應用價值及方法

1. 將菌膜至成印台，能夠有效地保住水分，從而達到長期使用的目的
2. 菌膜製成筆芯並無原本筆芯好，因為菌膜纖維素結構並無方向性，導水能力差
3. 我們以熱水脫酸的方式去除醋酸，再以除濕機除濕，做出乾燥菌膜
4. 菌膜製成面膜之後，可因其高延展性，深入空隙中，達到更加貼合的目的
5. 菌膜浸泡15分鐘即20分鐘貼合皮膚時間相同，故以15分鐘較佳
6. 厚薄菌膜貼合率方面，薄菌膜略勝一籌，乾燥時間方面，厚菌膜較佳。但考慮到乾燥時間兩者無顯著差異，因此薄菌膜更適合製成面膜
7. 防腐保存的實驗，在一次使用後，保持於乾燥的狀態，23天皆無發霉跡象。因此菌膜乾燥便可保存約三-四個禮拜

# 伍、未來展望與參考文獻

## 一 關於菌種去向

製作菌膜面膜時  
發現菌液幾乎不  
會留下

菌種去向?

## 二 回收無法施用之水果作為培養液

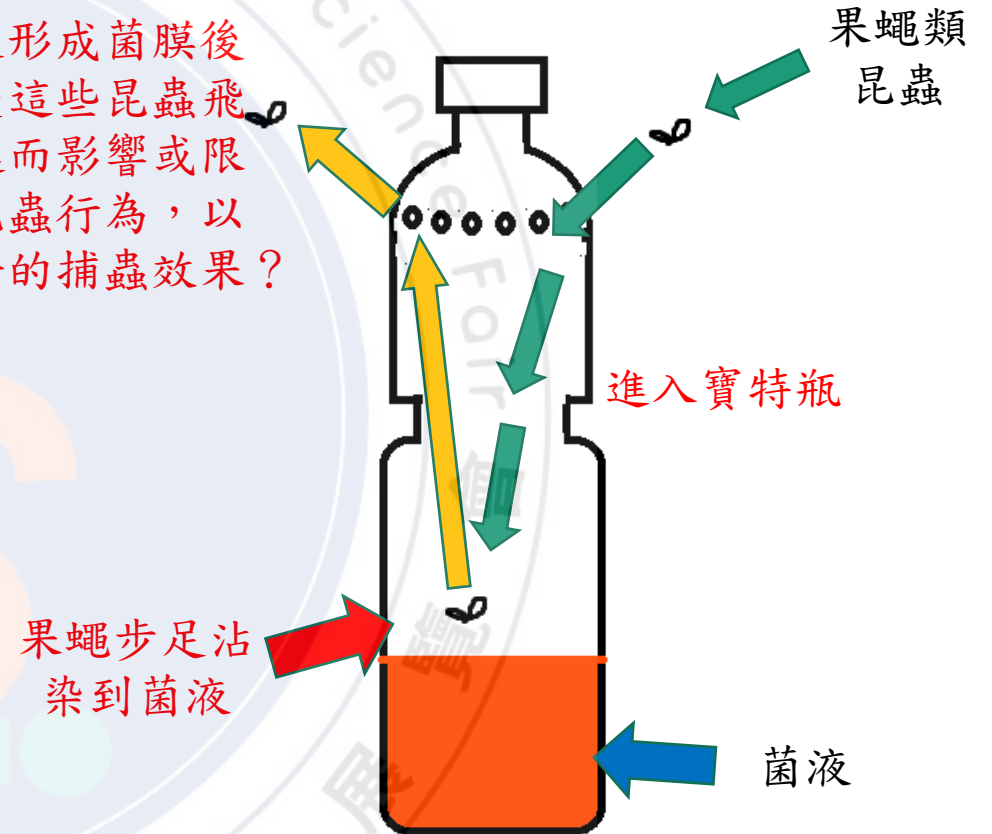
不同種類、  
條件培養液

培養紅  
茶菇

形成菌膜  
性質影響?

## 三 菌液捕蟲探討

昆蟲步足形成菌膜後  
能否改變這些昆蟲飛  
行策略進而影響或限  
制這些昆蟲行為，以  
達到良好的捕蟲效果？



## 參考文獻

- 一 Antolak, H., Piechota, D., & Kucharska, A. (2021). Kombucha tea—A double power of bioactive compounds from tea and symbiotic culture of bacteria and yeasts (SCOBY). *Antioxidants*, 10(10), 1541.
- 二 黃煌展 (2008)。添加干擾物質原位培養以修飾細菌性纖維素之結構。宜蘭：國立宜蘭大學食品科學系。