

# 中華民國第 64 屆中小學科學展覽會 作品說明書

---

國小組 生活與應用科學(二)科

082918

香蕉皮的綠色守護者～以香蕉皮製作環保抑菌  
膜

學校名稱： 桃園市龜山區迴龍國民小學

作者：  小四 陳姿慈  小四 吳宛芯  小四 鄭佳宜	指導老師：  黃秀鈴
---	------------------

關鍵詞： 香蕉皮、單寧酸、抑菌

# 香蕉皮的綠色守護者～以香蕉皮製作環保抑菌膜

## 摘要

台灣素有“香蕉王國”的美譽，香蕉的產量很高，相對地也產生大量沒有使用價值的果皮。我們從文獻中得知被認為沒有價值的香蕉皮，其實富含有許多化學物質，其中單寧酸除了具有抑制細菌生長的功能外，也能作為抗氧化劑，甚至有幫助人體細胞對抗新冠病毒的功效。

本研究以香蕉皮來萃取出單寧酸再烘乾製作成抑菌膜，結果顯示未成熟香蕉皮中含有的單寧酸高達 5.59 mM，並在大腸桿菌抑菌試驗中呈現出抑菌圈，製作成膠膜後顯現出較高的抗拉伸試驗為成熟的香蕉皮膠膜，抗拉伸力為 136.31 g。本研究成果可以為改善廢物處理方式、減少碳足跡、提高社會衛生水準等方面，實踐環保及社會責任作出積極的努力。這種創新的環保技術有助於人們更加關注永續發展，為地球帶來更美好的未來。

## 壹、前言

### 一、研究動機

香蕉是我們常常吃到的水果，台灣盛產香蕉，每年平均生產大約三十萬公噸，種植面積超過一萬公頃，香蕉皮雖然有少部分做為肥料使用，但大部分還是被丟棄。我們好奇，香蕉皮是否有被利用的價值，於是上網查詢資料，發現香蕉皮中的抗菌成分，對許多微生物有抑制作用。因此，我們決定研究以香蕉皮來製作抑菌膜。

其次，香蕉皮抑菌膜的製作過程具有較低的環境影響。相較於傳統的塑料製品製造，本研究採用天然的香蕉皮作為主要原料，避免了對石油等不可再生能源的過度依賴。同時，製程中也減少了對環境的污染，降低了碳足跡，有助於減緩全球暖化等環境問題。

此外，香蕉皮抑菌膜的抑菌功能，以自身天然的抑菌成份，提高了產品的衛生水準，不用添加防腐劑、抑菌劑，適用於食品包裝和醫療器材等領域。這有助於社會衛生的提升，顯示了本研究在社會責任方面的實質貢獻。這種功能性的特點也提供了更多應用的可能性，進一步擴大了其社會價值。

### 二、研究目的

我們萃取出香蕉皮中的單寧酸，並且定量出單寧酸的含量，將萃取液與海藻酸鈉混合溶解，測試對大腸桿菌的抑菌效果，然後烘乾製成膠膜，初步測試香蕉皮膠膜的抗拉伸試驗，研究有以下的實驗目的。

- (一) 萃取香蕉皮中的單寧酸，以用於後續的實驗。
- (二) 使用單寧酸標準品，製作出檢量線，依此推算出香蕉皮萃取液中單寧酸的含量。
- (三) 準備細菌培養基做抑菌試驗。
- (四) 測試香蕉皮萃取液是否含有澱粉。
- (五) 將香蕉皮萃取液與海藻酸鈉混合溶解成膠膜液，並測試抑菌效果與烘乾製成薄膜。
- (六) 測試香蕉皮膠膜液對大腸桿菌抑制生長的效果。
- (七) 測試香蕉皮膠膜的物理性質，如彈性、延展性。

### 三、文獻回顧

#### (一)單寧酸：

鞣酸 (tannic acid) 又稱單寧酸，是丹寧的一種特殊形式，屬於一種多酚。它具有弱酸性，是因為它本身具有很多的酚羥基。單寧酸是一種天然的有機化合物，廣泛存在於植物中的任何部位，特別是木質植物和果實中。它們是多酚類化合物的一種，因為含有多個酚類官能基，在飲食、醫學、化妝品等領域都有廣泛的應用。食品加工中，可作為食品抗氧化劑，一般與維生素 E、維生素 C 或沒食子酸等混合後使用，作用是防腐劑可延長食品的保質期。

單寧酸能有效幫助人體對抗新冠病毒，在中國醫藥大學的科研團隊抗疫研究結果顯示，水果及食物中常見的天然化合物「單寧酸」具對抗新型冠狀病毒和跨膜絲氨酸蛋白酶 2 雙重抑制效果後，更進一步發現同為單寧酸家族的聚合前花青素以及安石榴苷對於野生型或突變型的新冠病毒都有明顯的抑制效果。

#### (二)薄膜拉伸測試 ASTM D882：

拉伸測試廣泛用於評估塑膠材料，測試結果可做為創新材料開發及品質控制的指標。評估塑膠材料拉伸特性，包括拉伸模量、強度、斷裂應變等常見項目。此處我們依據伸長計的位移數據，量測斷裂應變，同時也評估了強度。薄膜試片取樣長

度應大於夾具間距 50 mm 以上，寬度在 5~25.4 mm 之間，裁切邊緣應兩邊平行整齊無缺口。

### (三)生物可分解材料：

傳統塑膠的每種成分都是由化石燃料組成的，生產出通稱為塑膠的聚合物材料。塑膠具有多種特性，並有多種形式，包括片材、面板和薄膜，所有這些都可以根據應用的需要而具有柔性或非柔性。塑膠用於包裝、建築等多種行業。然而，工業生產的大多數塑膠不可生物降解，不可生物降解的材料在環境中存留數百年，不僅造成污染，而且對生物產生有害影響，由於其高產量，環境中充滿了塑膠垃圾。

然而，研究預測化石燃料將在幾個世紀內耗盡。因此，這些來源的替代品是由充足的碳可再生來源組成的生物質，可用於生產可生物降解的材料。生物降解材料有其自身的環保優勢。可生物降解和生物相容性聚合物在藥理學、生物醫學和環境應用等基礎和實踐研究學科中變得越來越重要。不同類型的生物材質可用於合成可生物降解材料。生物材質包括澱粉類廢棄物、生質柴油工業剩餘物、石油廢棄物、有機工業廢水殘渣和食品廢棄物等等。例如利用棕櫚油生產過程中獲得的生物質生產聚羥基脂肪酸酯(PHA)，PHA 顯示出良好的強度和良好的生物降解性，一次性材料也可以由生物塑膠製成，包括包裝、陶器、餐具、鍋子、碗、吸管等，除了結構材料外，還正在開發傳導電流的電活性生物塑膠。

隨著人口日益增加，大量使用塑膠造成的污染也隨之增加。生物塑膠是傳統塑膠的良好替代品之一，目前使用的大多數食品包裝材料都是不可生物降解的，會帶來嚴重的環境風險。正在進行不同的研究來尋找創新的解決方案和不同的方法來合成可生物降解的食品包裝材料，這有助於改善環境並節省經濟。有許多行動方案可以終止可生物降解材料的壽命，例如在土壤、堆肥和水生環境中，這也有助於改善土壤品質並使其更有機。利用蔬果廢棄物生產生物降解塑料，並透過生物降解性測試、拉伸強度和溶解度測試進行驗證，從果皮中獲得的生物塑料表現出良好的拉伸強度以及良好的生物降解性。









## 貳、研究設備及器材

### 一、原料：(照片來源:自攝)

未成熟香蕉皮	半成熟香蕉皮	成熟香蕉皮	鐵劑
			
單寧酸(試藥)	純水	碘液	海藻酸鈉
			

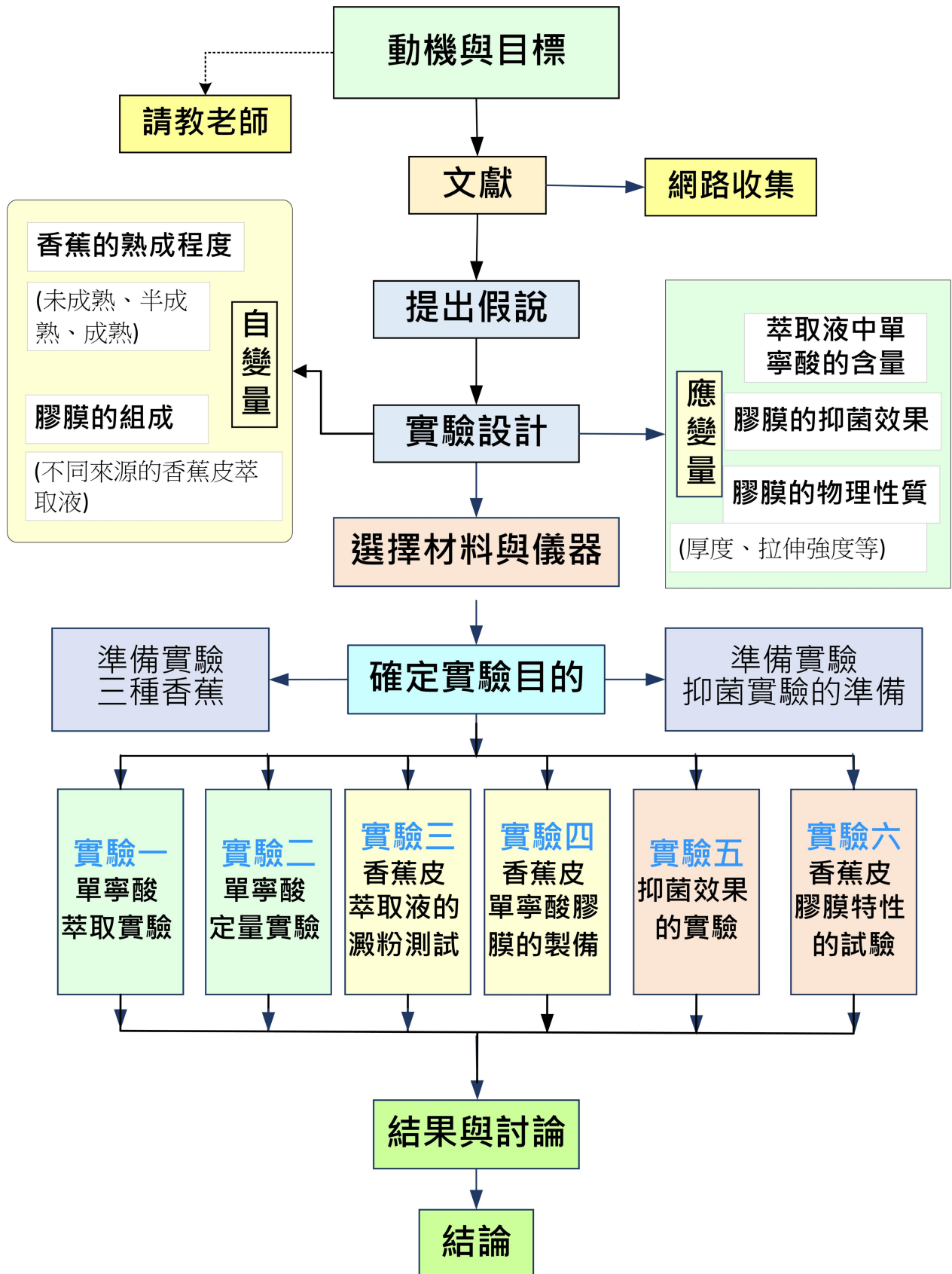
### 二、儀器與設備類：(照片來源:自攝)

精密磅秤(0.00)	燒杯	酒精燈	果汁機
			
量筒	塑膠滴管	離心機	分光光度計
			
酸鹼度計	電磁爐	壓力鍋	電磁攪拌器與磁石
			

微量滴管	0.22 $\mu\text{m}$ 小飛碟	篩網	蔬果烘乾機
			
厚度規	15 ml 塑膠離心管	50 ml 塑膠離心管	實驗手套
			

### 參、研究過程或方法

#### 一、實驗流程(圖片來源:自繪)

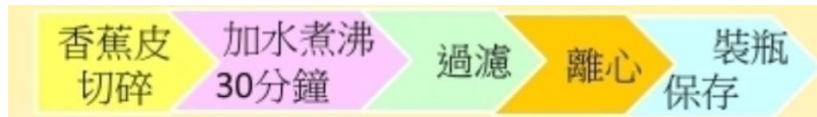


## 二、實驗一：香蕉皮中的單寧酸萃取

(一)實驗目的：萃取香蕉皮中的單寧酸，以用於後續的實驗。





(二)實驗材料：香蕉皮（未成熟、半成熟、成熟）、水果刀、切菜板、電子秤、果汁機、純水、量筒、燒杯、磁石、磁石攪拌機、酒精燈、石棉網、三腳架、攪拌棒、溫度計、過濾網、50 ml 離心管、15 ml 離心管、離心機、滴管、乾淨的空寶特瓶。

(三)實驗方法：(圖片來源:自繪)



1. 將 3 種不同狀態的香蕉皮剝下來，並切成 1 cm 左右的小塊。
2. 用電子秤量香蕉皮 100 g，放入果汁機中，並加入 500 ml 的純水打碎。
3. 倒入 1000 ml 的燒杯中並放入磁石，放上磁石攪拌機轉動攪拌均勻，並加熱至沸騰（100°C）、萃取 30 分鐘。
4. 用過濾網將香蕉汁液過濾，再將過濾後的萃取液裝入 50 ml 離心管中，後續再定量單寧酸含量，以及用於後續實驗。
5. 若過濾汁液太混濁，要裝入 15 ml 離心管，並放入離心機，以轉速 4000 rpm、離心 30 分鐘。
6. 離心完成，用滴管將澄清液吸出，保存於保特瓶中，並用於後續實驗。

(照片來源:自攝)

			
切碎的香蕉皮	加水煮沸	進行離心的萃取液	離心後的萃取液

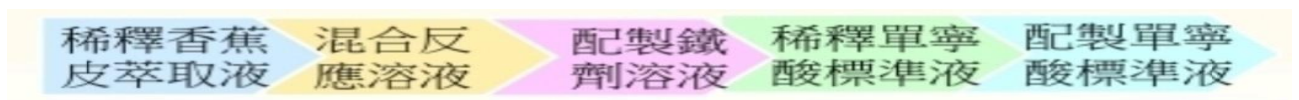


### 三、實驗二：單寧酸的定量實驗。

(一)實驗目的：使用單寧酸標準品，製作出檢量線，依此推算出香蕉皮萃取液中單寧酸含量。


(二)實驗材料：單寧酸標準品、鐵劑、pH 9.0 水溶液、純水、酸鹼度計、分光光度計、塑膠比色管、香蕉皮萃取液、微量滴管、50 ml 離心管、1.5 ml 離心管、離心機。

(三)實驗方法：(圖片來源:自繪)



1. 秤取 0.85 g 單寧酸標準品，溶於 50 ml 的純水中，濃度即為 10 mM 的單寧酸標準液。
2. 再將 10 mM 的單寧酸標準液，依序稀釋成濃度 5 mM、1mM、500  $\mu$ M、100  $\mu$ M、50 $\mu$ M 的標準液。
3. 取 1 錠 100 mg(毫克)的鐵劑，溶解於 8 ml 的純水中，濃度為 100 mM。
4. 再將 100 mM 鐵劑溶液稀釋 100 倍，濃度為 1 mM 溶液。
5. 取 (單寧酸標準液) : (pH 9.0 水溶液) : (純水) : (1 mM 鐵劑溶液) 的比例為 1 : 5 : 3 : 1 混合均勻，再靜置 10 分鐘反應。
6. 取香蕉皮萃取液 1 ml，加入 9 ml 的純水，稀釋 10 倍，再依照步驟 5 的比例，與其他試劑溶液混合均勻，並靜置 10 分鐘反應。
7. 將混合溶液放入分光光度計中，測量吸光值 (OD) 的波長為 498 nm，依據標準品測得的吸光值，繪製出檢量線，然後將香蕉皮萃取液的吸光值帶入，可求得原始萃取液的單寧酸含量。

(照片來源:自攝)

			
配製單寧酸	標準品溶液	鐵劑溶液	分光光度計測量

#### 四、實驗三：抑菌試驗的準備實驗。

(一)實驗目的：準備細菌培養基做抑菌試驗。





(二)實驗材料：LB broth (LB 培養基)、洋菜粉(agar)、塑膠培養皿、壓力鍋、電磁爐、錐形瓶、鋁箔紙、大腸桿菌(E. coli)、圓形濾紙片。

(三)實驗方法：(圖片來源:自繪)



- 1.秤量 5 g 的 LB broth 與 3 g 的 agar，加入 200 ml 的純水溶解。
- 2.用鋁箔紙封口後，放入壓力鍋中加熱煮沸 30 分鐘滅菌。
- 3.滅菌完，取出放涼降溫至 42~45°C，倒入無菌的塑膠培養皿中，稍微搖晃去掉氣泡後，靜置放涼凝固，做成 LB 固態培養皿。
- 4.將大腸桿菌接種到 LB 液態培養皿中，用鋁箔紙封口後，培養在 37°C 的環境中 16~20 小時，培養完成的大腸桿菌液將用於抑菌圈實驗。

(照片來源:自攝)

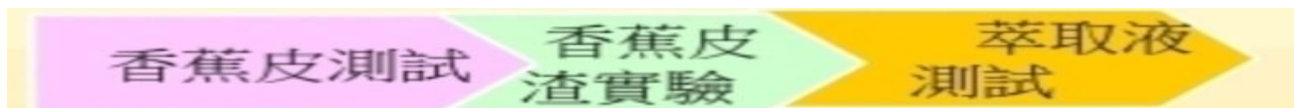
			
壓力鍋滅菌	配製培養基	畫線培養細菌	培養完成的菌液

## 五、實驗四：香蕉皮萃取液的澱粉測試。

(一)實驗目的：測試香蕉皮萃取液是否含有澱粉。

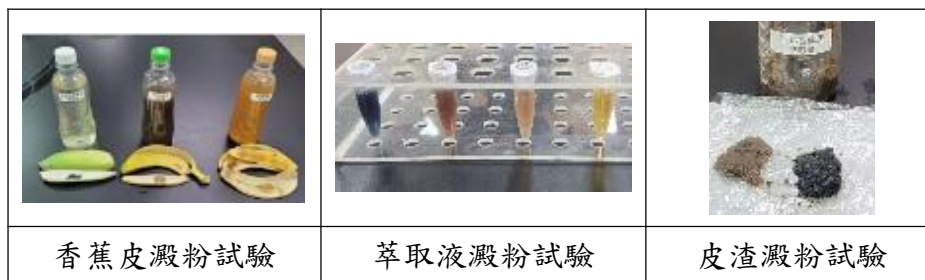
(二)實驗材料：碘液（澱粉殘留測定液）、滴管、香蕉皮、香蕉皮萃取液、過濾的香蕉皮渣。

(三)實驗方法：(圖片來源:自繪)



1. 取 1 ml 的香蕉皮萃取液，加入 100  $\mu$ l（微升）的碘液，混合均勻，看看是否有藍紫色產生。
2. 取一點香蕉皮渣，加入 100  $\mu$ l 的碘液，混合後，看看是否有藍紫色產生。
3. 取三種香蕉皮，分別在內側滴上 1 ml 碘液看是否有藍紫色產生。

(照片來源:自攝)

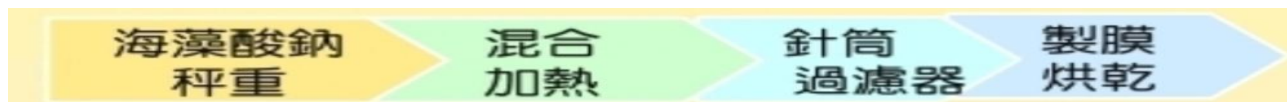


## 六、實驗五：香蕉皮單寧酸膠膜的製備。

(一)實驗目的：將香蕉皮萃取液與海藻酸鈉混合溶解成膠膜液，再烘乾製成膠膜。



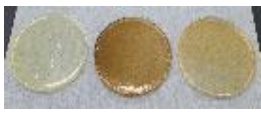

(二)實驗材料：三種香蕉皮萃取液、海藻酸鈉、0.22 微米( $\mu$ m)的過濾小飛碟、1.5 ml 的離心管、針筒、燒杯、電磁爐、鐵鍋、塑膠培養皿、蔬果烘乾機。

(三)實驗方法：(圖片來源:自繪)



1. 量取 100 ml 的香蕉皮萃取液，加入 1 g 的海藻酸鈉，混合後，以隔水加熱的方式，將海藻酸鈉溶解。
2. 溶解完後的膠膜液，取 5 ml 裝入針筒中，用 0.22  $\mu\text{m}$  的小飛碟過濾到 1.5 ml 的離心管中，準備測試抑菌效果。
3. 倒入 20 ml 的香蕉皮膠膜液到塑膠培養皿中，再放入蔬果烘乾機中，以 60 $^{\circ}\text{C}$  烘乾到膠膜成形。

(照片來源:自攝)

			
秤量海藻酸鈉	隔水加熱溶解	放入蔬果烘乾機前	烘乾完成的膠膜

七、實驗六：抑菌效果的實驗。

(一)實驗目的：測試香蕉皮膠膜液對抑菌大腸桿菌的效果。

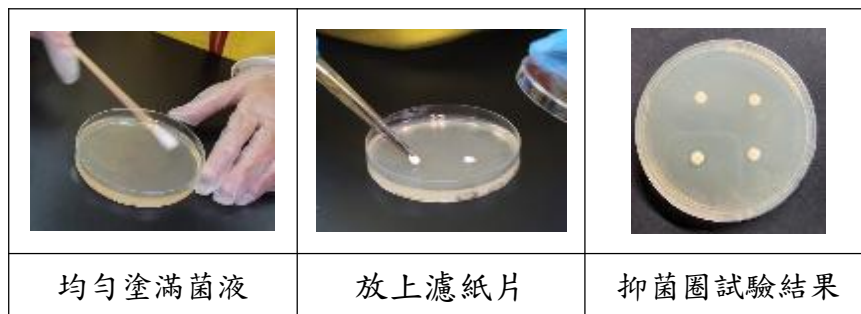
(二)實驗材料：LB 培養皿、大腸桿菌菌液、無菌圓形濾紙片(6 mm)、鑷子、微量滴管。

(三)實驗方法：(圖片來源:自繪)



1. 吸取 1 ml 的大腸桿菌液到 LB 培養皿上、均勻塗滿，再靜置放乾。
2. 用鑷子夾取濾紙片放在塗菌後的 LB 培養皿上。
3. 用微量滴管吸取 10  $\mu$ l 的香蕉皮膠膜液，並滴到濾紙片上。
4. 將培養皿以 37°C 培養至隔天，再觀察是否有抑菌圈出現。

(照片來源:自攝)



#### 八、實驗七：香蕉皮膠膜特性的試驗。

(一)實驗目的：測試膠膜的物理性質，如彈性、延展性。

(二)實驗材料：三種香蕉皮膠膜、厚度規、美工刀、鐵尺、鐵夾、砝碼、電子秤、滴定管架。





(三)實驗方法：(圖片來源:自繪)



1. 將烘乾的香蕉皮膠膜小心的從塑膠盒或是塑膠培養皿上取下來，用厚度規測量膠膜厚度，測 5 個點的數據記錄下來，並求平均厚度。
2. 將膠膜從烘焙紙上剝離下來，裁切成長 7 cm、寬 1.5 cm 的長條狀各三條。
3. 將長條狀的膠膜用鐵夾夾往兩端，上端鐵夾掛在滴定管架上，下端慢慢掛上砝碼，測量要多少重量會把膠膜拉斷 (參照 ASTM D882 薄膜拉伸試驗

法)，使用的砝碼用電子秤秤重量，記錄下來、並求平均重量。




(照片來源:自攝)

			
厚度規測量厚度	切成膠膜條	拉伸試驗裝置	薄膜拉伸試驗

## 肆、研究結果

### 一、實驗一：香蕉皮中的單寧酸萃取

1. 香蕉皮萃取溶液以網篩過濾並離心吸取上清液體後的結果如下圖。(照片來源:自攝)

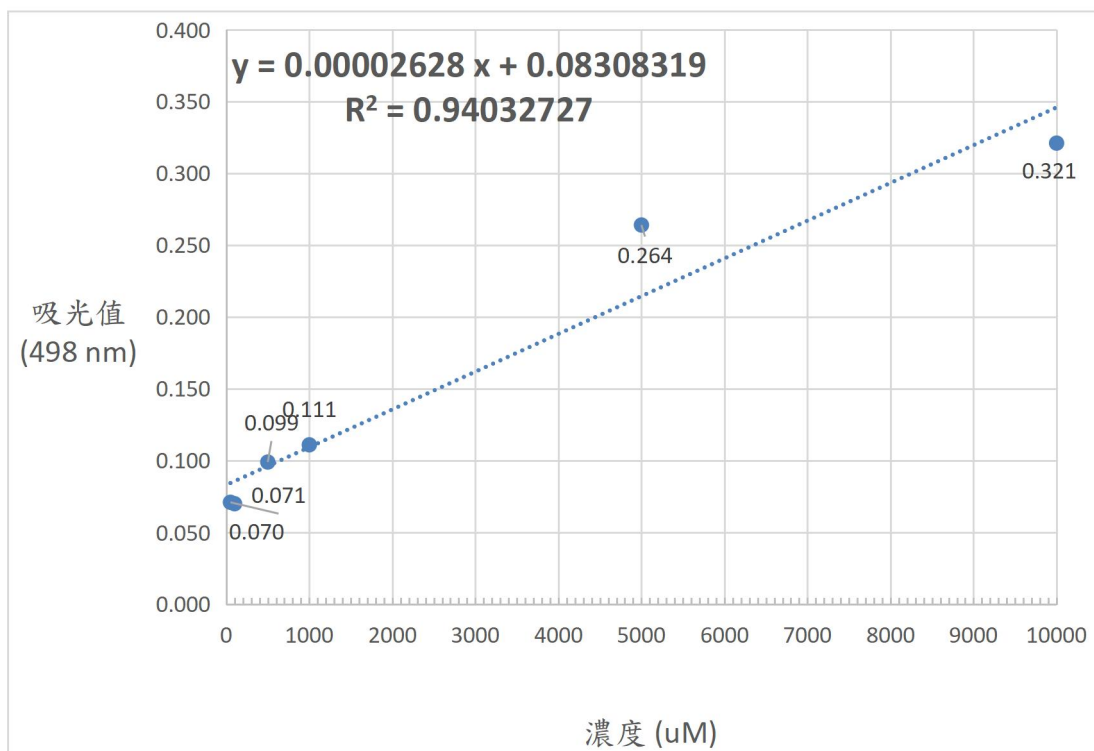
未成熟香蕉皮萃取溶液	半成熟香蕉皮萃取溶液	成熟香蕉皮萃取溶液
		
液體呈現淡黃色澄清狀	液體呈現深褐色混濁狀	液體呈現橘色混濁狀

### 二、實驗二：單寧酸的定量實驗

1. 單寧酸標準品溶液與鐵劑反應並測得的吸光值結果如下表，輸入 Excel 後依標準品畫出檢量線如下圖。

單寧酸標準濃度	10 mM	5 mM	1 mM	500 $\mu$ M	100 $\mu$ M	50 $\mu$ M
498 nm 吸光值	0.321	0.264	0.111	0.099	0.070	0.071

此附表(一)為不同濃度的單寧酸溶液之吸光值數據(表格圖片來源:自繪)



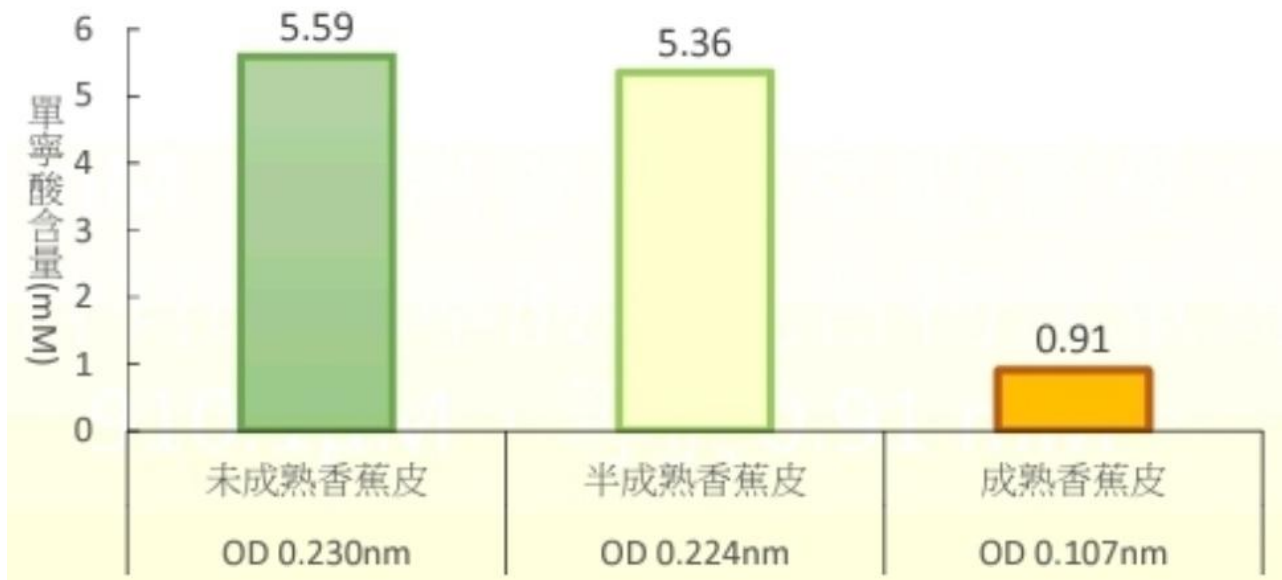
此附圖(一)為不同濃度的單寧酸溶液之檢量線圖(圖片來源:自繪)

2. 三種香蕉皮萃取溶液與鐵劑反應並測得的吸光值結果，輸入 Excel 並帶入標準品畫出的檢量線後求出單寧酸的含量如下表。

萃取液	未成熟香蕉皮	半成熟香蕉皮	成熟香蕉皮
498 nm 吸光值	0.230	0.224	0.107
單寧酸含量( $\mu\text{M}$ )	5590.4 $\mu\text{M}$	5362.1 $\mu\text{M}$	910.1 $\mu\text{M}$
單寧酸含量(mM)	5.59 mM	5.36 mM	0.91 mM

此附表(二)為香蕉皮萃取溶液帶入檢量線求出的單寧酸含量(表格圖片來源:自繪)  
(圖片來源:自繪)

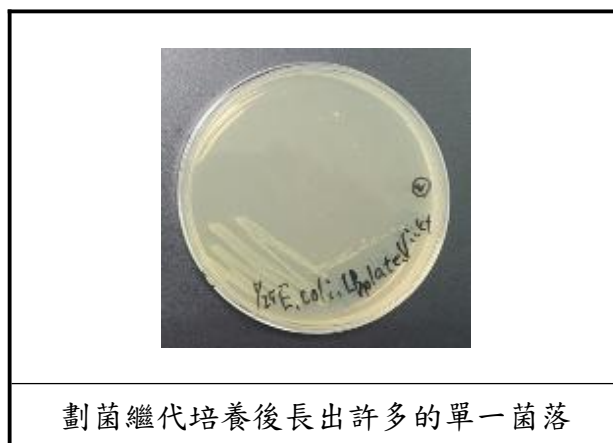
香蕉皮成熟度光度值測量與單寧酸含量圖



3. 小結：經測量，未成熟香蕉皮萃取溶液，含有的單寧酸類化合物含量為 5590.4  $\mu\text{M}$ ，等於 5.59 mM，半成熟香蕉皮萃取溶液，含有的單寧酸類化合物含量為 5362.1 $\mu\text{M}$ ，等於 5.36 mM，成熟香蕉皮萃取溶液，含有的單寧酸類化合物含量為 910.1 $\mu\text{M}$ ，等於 0.91 mM。



### 三、實驗三：抑菌試驗的準備實驗

1. 大腸桿菌劃菌繼代培養結果如下圖。(照片來源:自攝)







### 四、實驗四：香蕉皮萃取液的澱粉測試

1. 香蕉皮及萃取溶液與碘液反應後的顏色結果如下圖。(照片來源:自攝)

未成熟香蕉皮內側	半成熟香蕉皮內側	成熟香蕉皮內側
		
有深紫色出現	只有少部分有深紫色	沒有深紫色出現
未成熟香蕉皮萃取皮渣	半成熟香蕉皮萃取皮渣	成熟香蕉皮萃取皮渣
		



未成熟香蕉皮 萃取溶液	半成熟香蕉皮 萃取溶液	成熟香蕉皮 萃取溶液	對照組 (清水)
			
溶液呈深紫色	溶液呈淡紫色	溶液無變化	溶液無變化

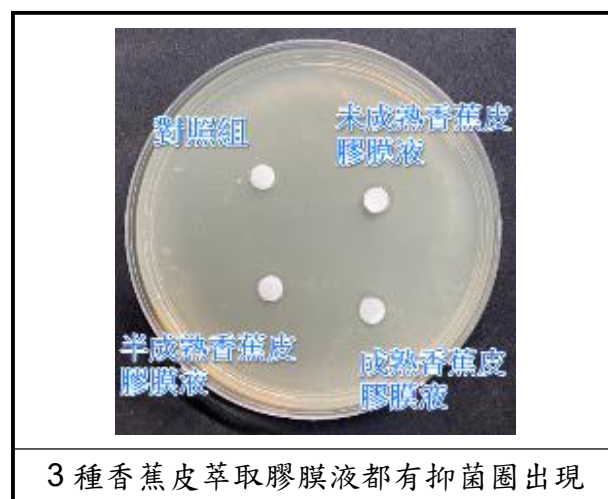
### 五、實驗五：香蕉皮單寧酸膠膜的製備

1. 將香蕉皮萃取液與海藻酸鈉混合溶解成膠膜液，再烘乾製成膠膜的結果如下圖。(照片來源:自攝)

未成熟香蕉皮萃取溶液	半成熟香蕉皮萃取溶液	成熟香蕉皮萃取溶液
		
膠膜呈現淡淡黃色透明狀	膠膜呈現褐色半透明狀	膠膜呈現淡褐色透明狀

### 六、實驗六：抑菌效果的實驗

1. 將香蕉皮膠膜液以 0.22  $\mu\text{m}$  小飛碟過濾後，測試對抑菌大腸桿菌的效果如下圖。(照片來源:自攝)



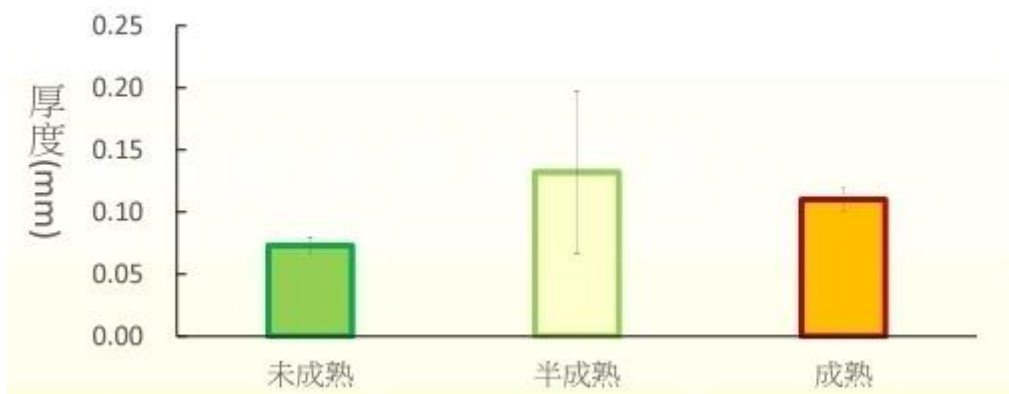
### 七、實驗七：香蕉皮膠膜特性的試驗

1. 先使用厚度規測量三種香蕉皮膠模厚度，厚度結果如下表。

香蕉皮膠膜厚度(mm)						
	測量 5 點的厚度數據					平均厚度
未成熟	0.071	0.071	0.081	0.075	0.065	0.073
半成熟	0.111	0.111	0.101	0.091	0.248	0.132
成熟	0.113	0.094	0.117	0.114	0.112	0.110

此附表(三)為香蕉皮膠膜的厚度數據(表格圖片來源:自繪)

香蕉皮膠膜測量五組平均厚度



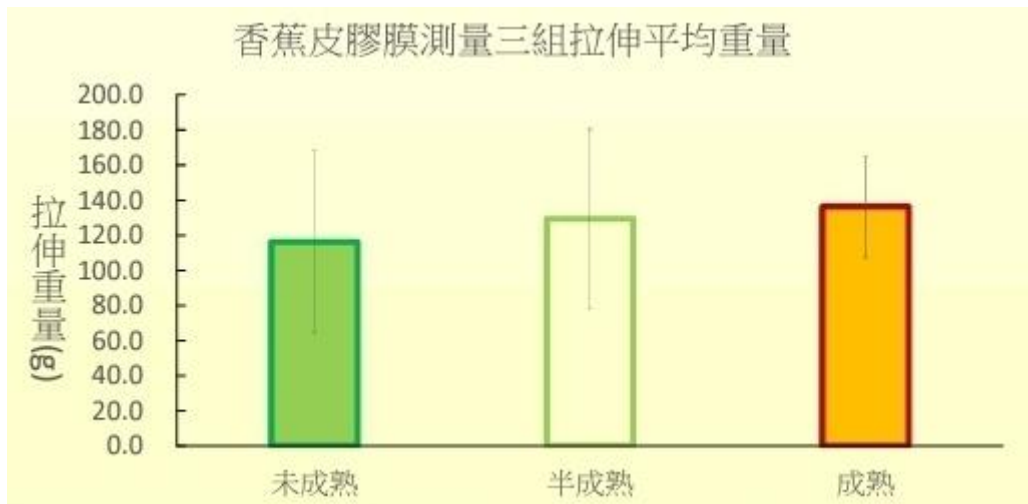
(圖片來源:自繪)

2. 參照 ASTM D882 薄膜拉伸試驗法設置薄膜拉伸試驗裝置,測量 3 種香蕉皮膠膜的薄膜拉伸重量如下表。

香蕉皮膠膜拉伸重量(g)				
	測量 3 條的拉伸重量數據			平均重量
未成熟	72.38	173.33	102.97	116.23
半成熟	183.53	122.54	82.22	129.43
成熟	102.95	152.83	153.15	136.31

此附表(四)為香蕉皮膠膜的拉伸重量數據(表格圖片來源:

自繪)



(圖片來源:自繪)

## 伍、 討論

### 一、實驗一：香蕉皮中的單寧酸萃取

(一) 萃取液的澄清度受到以下因素影響：未成熟香蕉皮組織堅硬且富含果膠，萃取過程組織不易被果汁機打碎，因此萃取液中含

有最少的懸浮顆粒。半成熟與成熟香蕉皮組織較為較為柔軟。萃取過程中容易被果汁機打碎，因此萃取液中含有較多的懸浮

顆粒。而果膠是一種增稠劑，可以增加萃取液的黏稠度。未成熟香蕉皮的果膠含量較高，因此黏稠度較高，懸浮顆粒較容易

沉澱。半成熟與成熟香蕉皮的果膠含量較低，因此黏稠度較低，懸浮顆粒較不容易沉澱。

(二) 文獻記載：香蕉皮中含多酚類化合物，與其他果皮相比，香蕉皮中多酚物質含量較高，多酚具有抗氧化、抑菌、抑制血管增生作用。

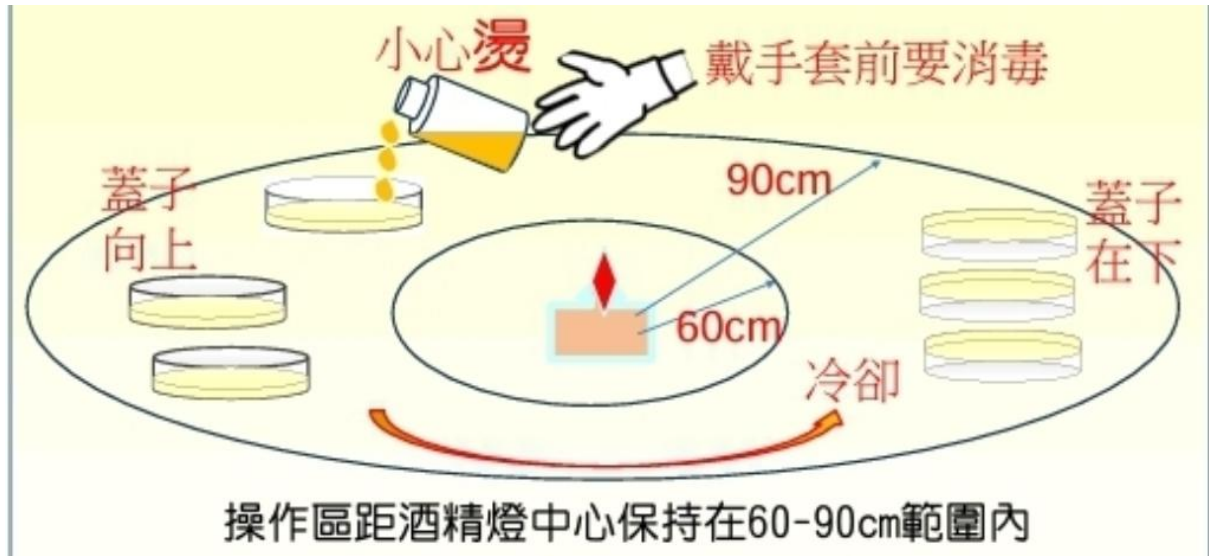
### 二、實驗二：單寧酸的定量實驗

(一) 經測量，未成熟香蕉皮萃取溶液含有的單寧酸類化合物含量最高為 5.59 mM，半成熟香蕉皮萃取溶液含有次高的單寧酸類化合物含量為等於 5.36 mM，成熟香蕉皮萃取溶液含有最低的單寧酸類化合物含量為 0.91 mM。

(二) 推測香蕉在成熟的過程中，由於成熟催化的關係，組織會變得鬆散，部分成分會被代謝分解，當然也有些成分會增加，例如未成熟與半成熟的香蕉堅硬生澀幾乎無法食用，但是成熟香蕉卻香甜好吃。本組分析的《單寧酸》是香蕉皮中多酚類的一種，含量高，具抑菌能力，故以其為代表。

### 三、實驗三：抑菌試驗的準備實驗

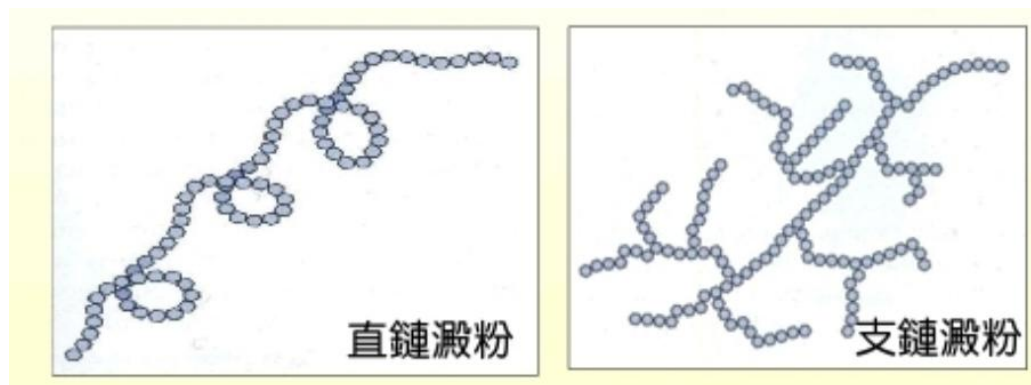
在製作 LB 固態培養皿時，可用壓力鍋滅菌，因為我們沒有無菌操作台，所以使用酒精燈作為替代方式，如下幾點：



(圖片來源:自繪)

#### 四、實驗四：香蕉皮萃取液的澱粉測試

- (一) 未成熟香蕉使用碘液測試後，在香蕉皮內側呈現深紫色，表示大部分還都是澱粉，萃取剩下的皮渣中也還能看到澱粉殘留，萃取液中也還有澱粉殘留。
- (二) 半成熟香蕉使用碘液測試後，在香蕉皮內側只有少部分呈現深紫色，萃取剩下的皮渣中也還能看到澱粉殘留，萃取液雖然受顏色影響，但是也還能看出有淡紫色呈現，顯示有澱粉殘留，表示大部分澱粉都已被轉化成醣類，只剩下部分澱粉。
- (三) 成熟香蕉使用碘液測試後，在香蕉皮內側沒有呈現深紫色，萃取剩下的皮渣中也沒有深紫色，萃取液中也沒有，顯示成熟香蕉皮沒有澱粉殘留。
- (四) 小結：香蕉皮中含有豐富的澱粉，而澱粉在未成熟時含量最高，隨著香蕉成熟，澱粉含量逐漸降低。香蕉皮中的澱粉可以通過酶解的方式轉化為醣類，而酶解的程度取決於香蕉的成熟度。未成熟香蕉的澱粉含量高，酶解程度低，因此萃取液中澱粉殘留較多。半成熟香蕉的澱粉含量中等，酶解程度中等，因此萃取液中澱粉殘留較少。成熟香蕉的澱粉含量低，酶解程度高，因此萃取液中沒有澱粉殘留。澱粉是一種多醣類，由葡萄糖分子聚合而成，是植物的儲存物。其結構的不同，澱粉可分為直鏈澱粉和支鏈澱粉。澱粉的顏色：澱粉與碘液反應會呈現藍黑色或紫紅色。直鏈澱粉與碘液反應



後，形成螺旋狀的錯合物，呈藍黑色；支鏈澱粉與碘液反應後，形成不規則的錯合物，呈紫紅色。

(圖片來源:自繪)

#### 五、實驗五：香蕉皮單寧酸膠膜的製備

本實驗因香蕉皮萃取液中含有大量的單寧酸，單寧酸是一種多酚物質，具有良好的抗氧化和抑菌作用。但是，單寧酸本身不具有成膜性，因此，需要加入海藻酸鈉來提高香蕉皮萃取液的成膜性，使其能夠形成均勻、緻密的膠膜，還有海藻酸鈉可以提高香蕉皮膠膜的機械強度，使其不易破裂。另外文獻也有記載，海藻酸鈉可以防止水氣通過，同時海藻酸鈉具有抑菌性，可抑制細菌的生長。

#### 六、實驗六：抑菌效果的實驗

(一) 結果顯示三種香蕉皮膠膜液都對大腸桿菌有抑制圈形成，表示對大腸桿菌有抑制生長的效果，效果最好的是未成熟香蕉皮膠膜液，次佳的是成熟香蕉皮膠膜液，半成熟香蕉皮膠膜液最差。

(二) 推測因為香蕉皮中含有單寧酸以及其他成分，對大腸桿菌有抑制生長的效果，其成分多寡與品種有關。

#### 七、實驗七：香蕉皮膠膜特性的試驗

- 1 未成熟與成熟香蕉皮膠膜的厚度均勻，半成熟香蕉皮膠膜有部分的厚度較高，造成平均厚度最厚，推測可能是烘乾時沒有擺放至水平有關，另外成熟香蕉皮膠膜表面有許多氣泡，可能會大大影響膠膜的特性，因此烘乾時應避免大力搖晃產生太多小氣泡，或是用微波加熱去除小氣泡。
- 2 經薄膜拉伸試驗後，成熟香蕉皮膠膜具有最高的拉伸承受力為 136.31 g，半成熟香蕉皮膠膜具有次高的拉伸承受力為 129.43 g，未成熟香蕉皮膠膜具有最低的拉伸承

受力為 116.23 g。

## 陸、結論

### 一、實驗一：香蕉皮中的單寧酸萃取

萃取溶液	液體呈現	說明
未成熟香蕉皮	淡黃色澄清狀	組織堅硬、果膠含量高，懸浮顆粒少、沉澱快
半成熟香蕉皮	深褐色混濁狀	組織柔軟、果膠含量低，懸浮顆粒多、沉澱慢
成熟香蕉皮	橘色混濁狀	組織柔軟、果膠含量低，懸浮顆粒多、沉澱慢

(表格圖片來源:自繪)

### 二、實驗二：單寧酸的定量實驗

香蕉皮成熟度	單寧酸含量 (mM)	推測原因
未成熟	5.59	組織堅硬，成分不易分解
半成熟	5.36	組織開始鬆散，部分成分分解中
成熟	0.91	組織鬆散，大部分成分被分解

(表格圖片來源:自繪)

### 三、實驗三：抑菌試驗的準備實驗

實驗發現：香蕉皮萃取液能抑制大腸桿菌生長，其主要成分為單寧酸及其他具有抗菌成分。單寧酸是一種有效的抑菌成分，在未成熟香蕉皮中含量最高，其抑菌效果最強。

### 四、實驗四：香蕉皮萃取液的澱粉測試

未成熟香蕉皮：澱粉含量高，酶解程度低，澱粉殘留較多。

半成熟香蕉皮：澱粉含量中，酶解程度中，澱粉殘留較少。

成熟香蕉皮：澱粉含量低，酶解程度高，沒有澱粉殘留。

#### 五、實驗五：香蕉皮單寧酸膠膜的製備

單寧酸不具有成膜性，需要加入海藻酸鈉來提高成膜性。海藻酸鈉可以與單寧酸相互作用，形成均勻、緻密的膠膜。海藻酸鈉還可以提高膠膜的機械強度，使其不易破裂。

#### 六、實驗六：抑菌效果的實驗

結果顯示三種香蕉皮膠膜液都對大腸桿菌有抑菌圈形成，表示對大腸桿菌有抑制生長的效果，效果最好的是未成熟香蕉皮膠膜液，次佳的是成熟香蕉皮的膠膜液。

#### 七、實驗七：香蕉皮膠膜特性的試驗

未成熟與成熟香蕉皮膠膜的厚度均勻，半成熟香蕉皮膠膜有部分的厚度較高，造成平均厚度最厚。成熟香蕉皮膠膜表面有許多氣泡，可能會大大影響膠膜的特性。

八、總結：從香蕉皮中萃取出成分能有抑制大腸桿菌生長的效果，其成分主要是單寧酸及其他具有抗菌成分，單寧酸已被證實是有效的抑菌成分，在未成熟的香蕉皮中測得含有最多量的單寧酸，因此大腸桿菌的抑菌圈最大。

未成熟的香蕉因為含有大量澱粉，因此使用碘液測試後呈現深紫色，半成熟的香蕉皮因為已逐漸成熟，部分澱粉已被轉化，

因此使用碘液測試後還有部份呈現深紫色，表示還有部分是澱粉。成熟的香蕉因為已催化成熟，澱粉都已被轉化，因此使用碘液

測試後沒有呈現深紫色，因為澱粉都被轉化成醣類，也因此成熟的香蕉可口香甜。

未成熟的香蕉皮膠膜雖然最透明，但是抗拉伸的效果最差，未來可以朝具有特殊效果的抗菌膠膜進一步研究。

#### 未來展望：

本研究從香蕉皮中萃取出單寧酸，結果顯示未成熟香蕉皮中含有的最高含量的單寧酸，並顯現對大腸桿菌的抑菌圈，再烘乾製作成膠膜後顯現出良好的抗拉伸結果。我們希望研究成果可以改善廢物處理方式、減少碳足跡、提高社會衛生水準等方面，並實踐環保及社會責任作出積極的努力。此外，香蕉皮抑菌膜的抑菌功能，以自身天然的抑菌成份，可以提高產



品的附加價值，不用添加防腐劑、抑菌劑，並適用於食品包裝和醫療器材等領域。這些可能功能性的特點也提供了更多應用的可能性，未來有進一步研究的價值。

## 柒、參考文獻資料

- (一)Aboul-Enein, A. M., Salama, Z. A., Gaafar, A. A., Aly, H. F., Elella, F. A., Ahmed, H. A. (2016). Identification of phenolic compounds from banana peel (*Musa paradaisica* L.) as antioxidant and antimicrobial agents. *Journal of Chemical and Pharmaceutical Research*, 8(4):46-55.
- (二)Hikal, W. M., Ahl, H. A. H. S. A., Bratovcic, A., Tkachenko, K. G., Rad, J. S., Kačániová, M., Elhourri, M., Atanassova., M. (2022). Banana Peels: A Waste Treasure for Human Being. *Evid Based Complement Alternat Med*, 2022:7616452. <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/35600962/>
- (三)Kamel, N. A., Messieh, S. L. A. E., Saleh, N. M. (2017). Chitosan/banana peel powder nanocomposites for wound dressing application: Preparation and characterization. *Mater Sci Eng C Mater Biol Appl*, 72:543-550.
- (四)Salazar, D., Arancibia, M., Casado, S., Viteri, A., Caballero, M. E. L., Montero, M. P. (2021). Green Banana (*Musa acuminata* AAA) Wastes to Develop an Edible Film for Food Applications. *Polymers*, 13(18):3183. <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/34578084/>
- (五)尤柔扉等(2020)。「蕉」織「鞣」合~探討綠蕉鞣酸的作用及自製蕉鞣豆皮膠膜。於中華民國第60屆中小學科學展覽會國小組化學科，國立臺灣科學教育館舉辦。
- (六)梁盛年等(2007)。「香蕉皮中有機酸的提取及抑菌作用研究」。食品工業科技，Vol. 28, No. 08.

## 【評語】 082918

本研究以香蕉皮製作抑菌膜的研究很特別，實驗設計可再斟酌。雖然研究強調了單寧酸的抑菌和抗氧化效果，但對其可能的毒性和安全性進行的評估不足，特別是在長期接觸和使用情況下，這對於實際應用非常重要。澱粉測試的目的與本篇研究主題的相關性不足。報告不夠自信，問題的掌握及回答需再加強。

## 作品簡報

# 香蕉皮的綠色守護者~

以香蕉皮製作環保抑菌膜



## 壹、摘要

台灣素以“香蕉王國”聞名，香蕉產量很高，卻也產生大量被視為無價值的果皮廢棄物。研究顯示，常被忽視的香蕉皮實則富含多種有益化合物，其中單寧酸不僅具有抑菌功能，更能作為抗氧化劑，甚至有助於人體對抗新冠病毒。

本研究從香蕉皮中萃取單寧酸，乾燥製成抑菌膜。結果發現，未成熟香蕉皮的單寧酸含量高達5.59 mM，在大腸桿菌抑菌試驗中形成明顯抑菌圈。所製抑菌膜抗拉伸強度優於成熟香蕉皮膜，最高達136.31 g。該研究不僅為廢物處理和減少碳足跡提供創新方案，更有望提高社會衛生水平，充分體現了環保和社會責任。這種創新環保技術有助於提高人們對永續發展的重視，為地球創造更美好的未來。

## 壹、前言

### 一、研究動機

台灣香蕉年產量驚人，卻產生大量被直接丟棄的果皮廢棄物。經查閱資料，我們發現香蕉皮富含天然抗菌抗氧化成分，因此決定將其利用，製成衛生安全的抑菌膜。

此研究採用香蕉皮作原料，生產過程環境友善，大幅減少碳足跡，有助緩解環境問題。所製成的抑菌膜無需添加化學防腐劑，安全性較高，適用於食品包裝及醫療器材領域，提升社會衛生水準。這項創新技術不僅實現資源再利用和環保理念，更彰顯企業社會責任。功能性優勢讓抑菌膜具廣闊應用前景，對 ESG 皆有正面影響，是高價值的研究主題。

### 二、目的

本研究旨在從香蕉皮中萃取單寧酸，並進行定量分析。將萃取液與海藻酸鈉混合製膜，初步評估所製抑菌膜的抗菌效能及機械性質。具體的實驗目的如下：

- (一) 萃取香蕉皮中的單寧酸，作為後續實驗原料。
- (二) 配製單寧酸標準品檢量線，定量分析香蕉皮萃取液中單寧酸濃度。
- (三) 培養大腸桿菌，用於抑菌活性測試。
- (四) 檢測香蕉皮萃取液中是否含有雜質如澱粉等。
- (五) 將經純化的單寧酸萃取液與海藻酸鈉混合製膜，並評估抗菌效能。
- (六) 測試所製抑菌膜對大腸桿菌菌株生長的抑制作用。
- (七) 分析抑菌膜的機械性質，如抗拉伸強度、延展性等物理特性。

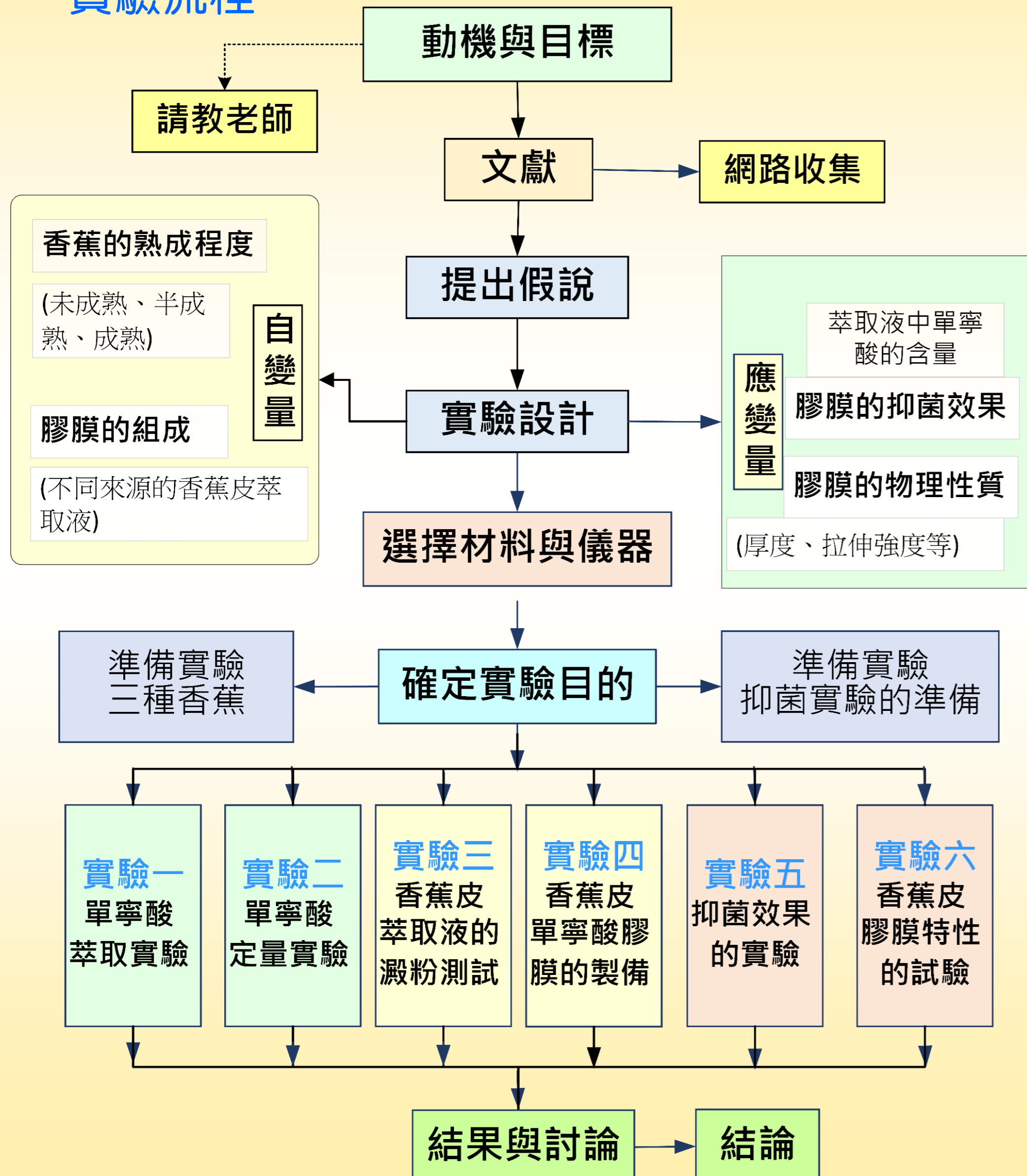
### 三、文獻回顧(略，請參考科展說明書)

## 貳、研究設備與器材

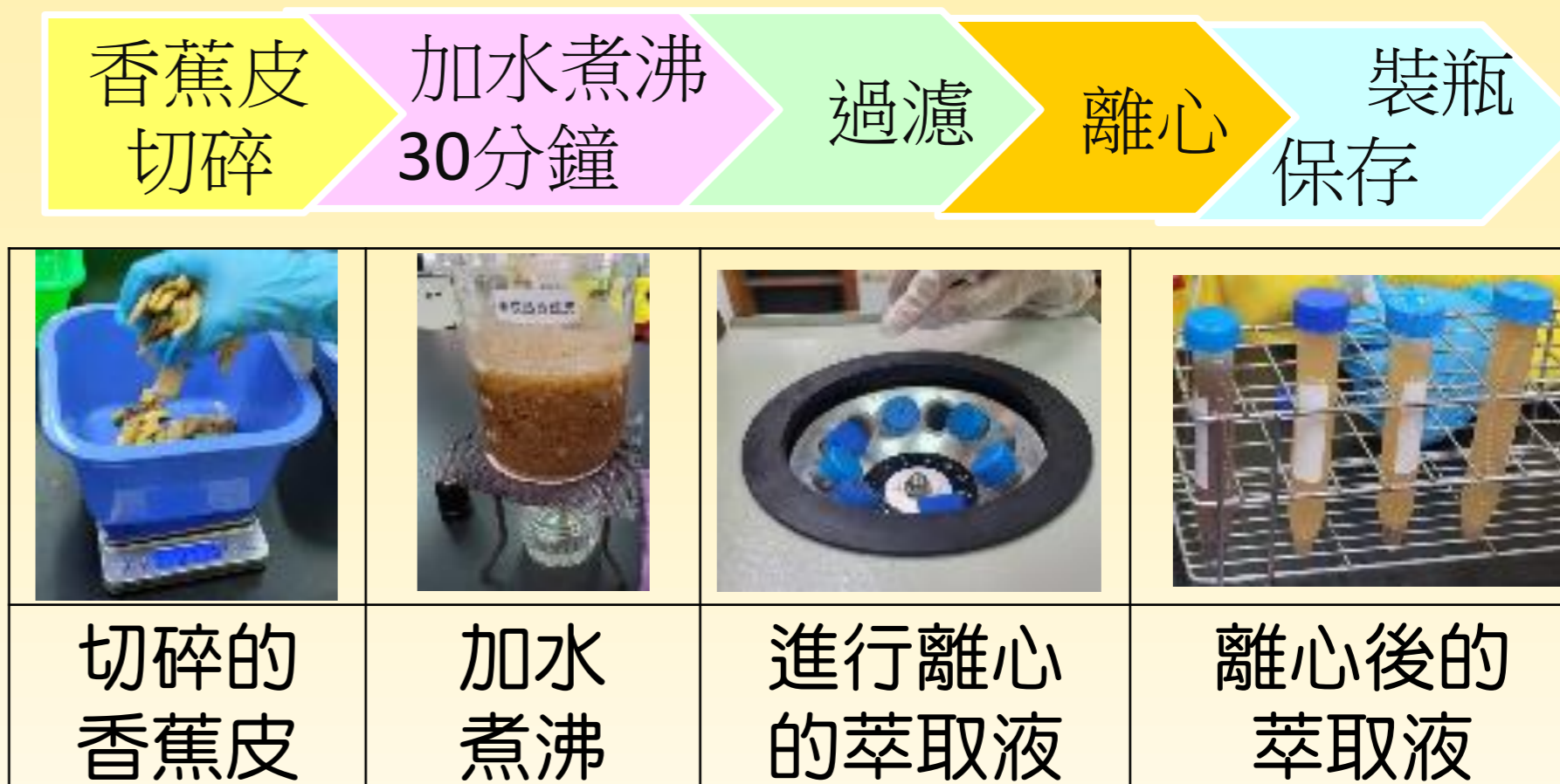
(略，請參考科展說明書)

## 參、研究過程或方法

### 一、實驗流程



### 二、實驗一：香蕉皮中的單寧酸萃取



### 三、實驗二：單寧酸的定量實驗



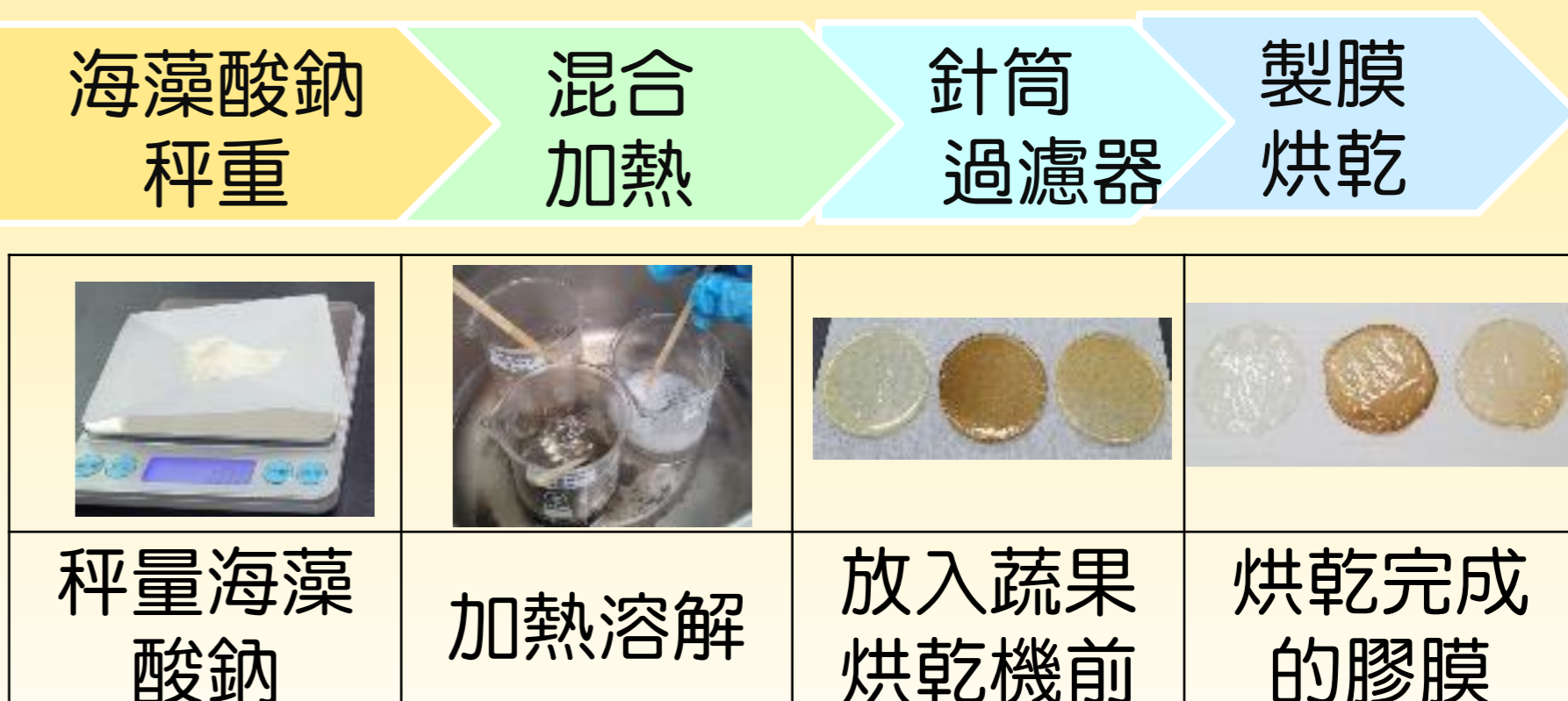
### 四、實驗三：抑菌試驗的準備實驗。



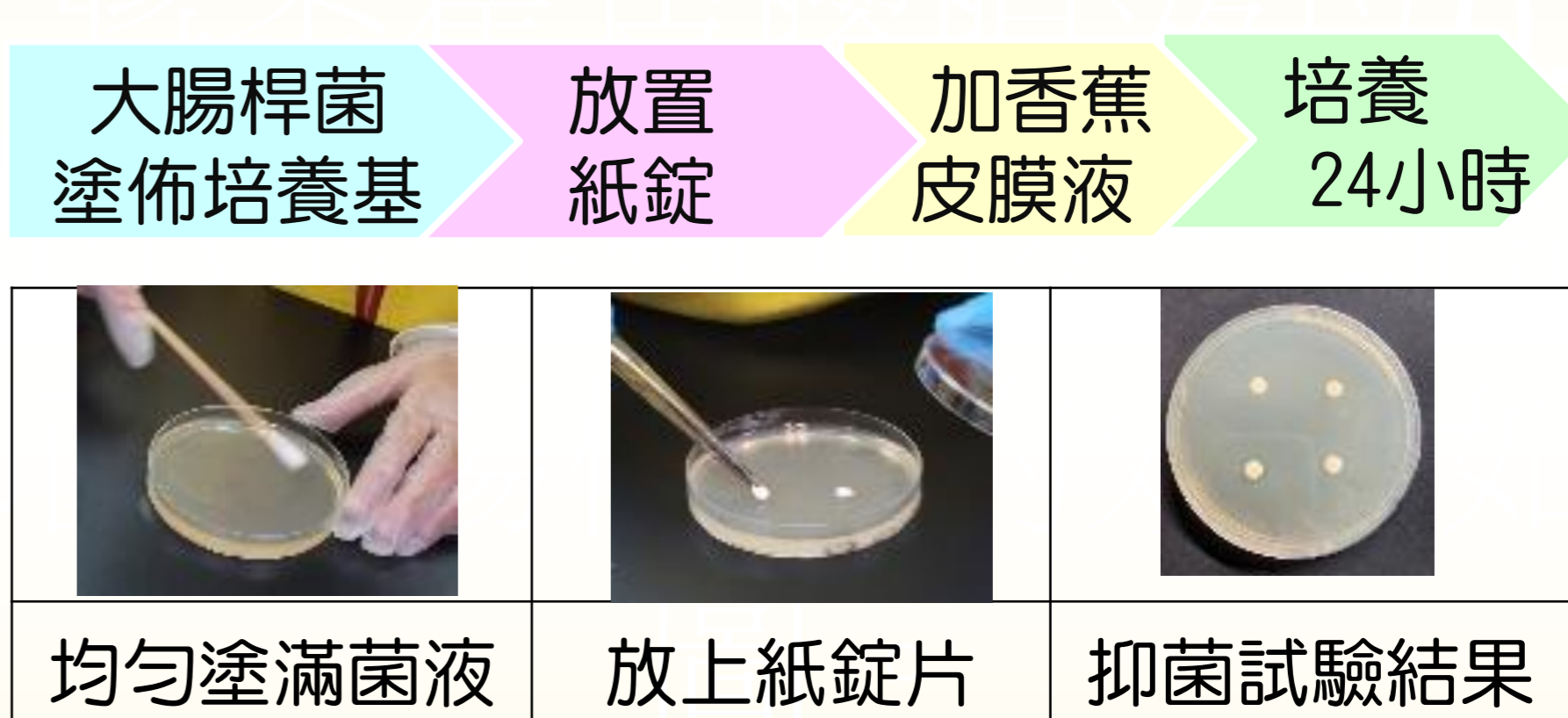
### 五、實驗四：香蕉皮萃取液的澱粉測試。



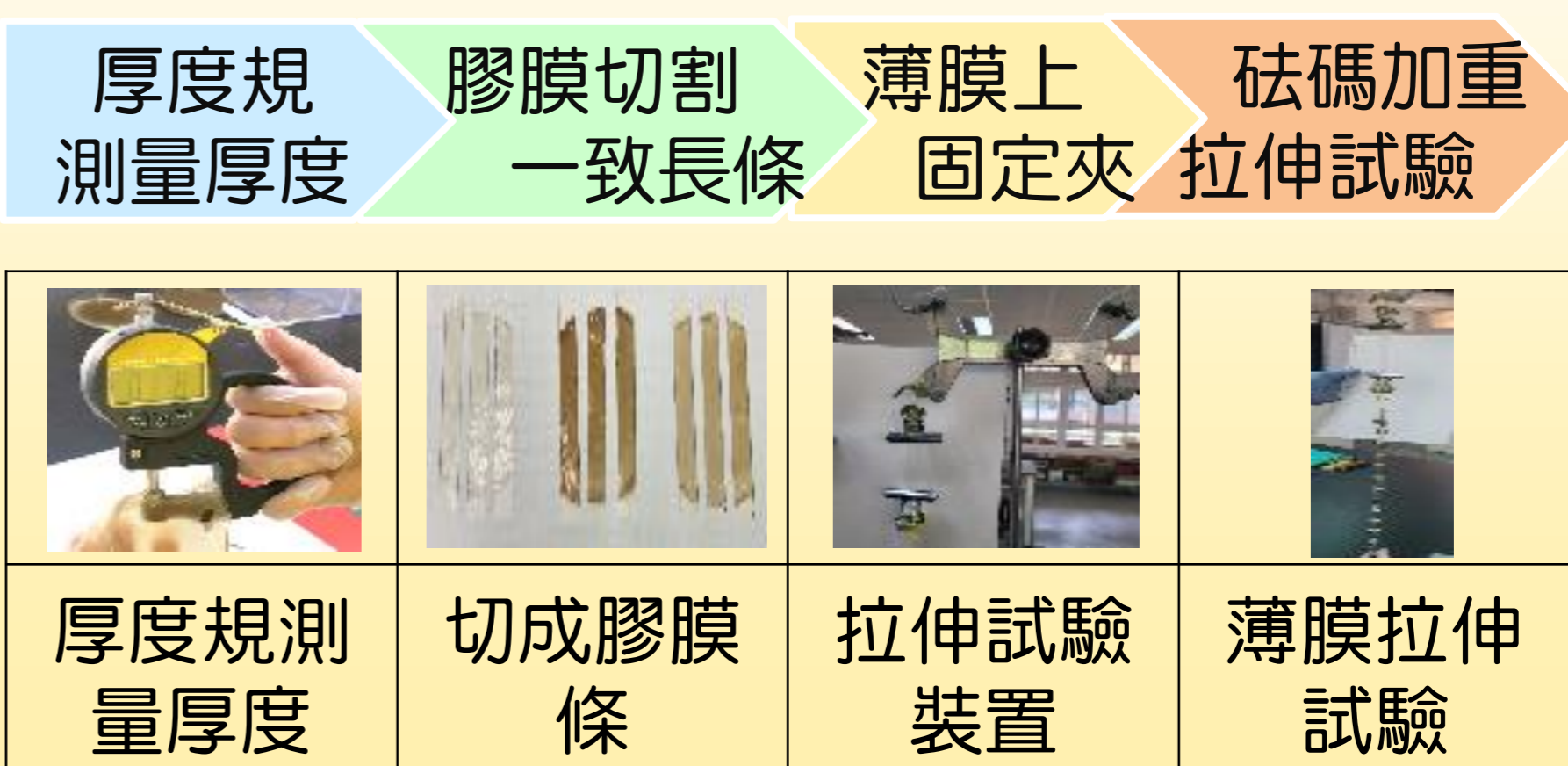
### 六、實驗五：香蕉皮單寧酸膠膜的製備。



### 七、實驗六：抑菌效果的實驗。



### 八、實驗七：香蕉皮膠膜特性的試驗。



## 肆、研究結果

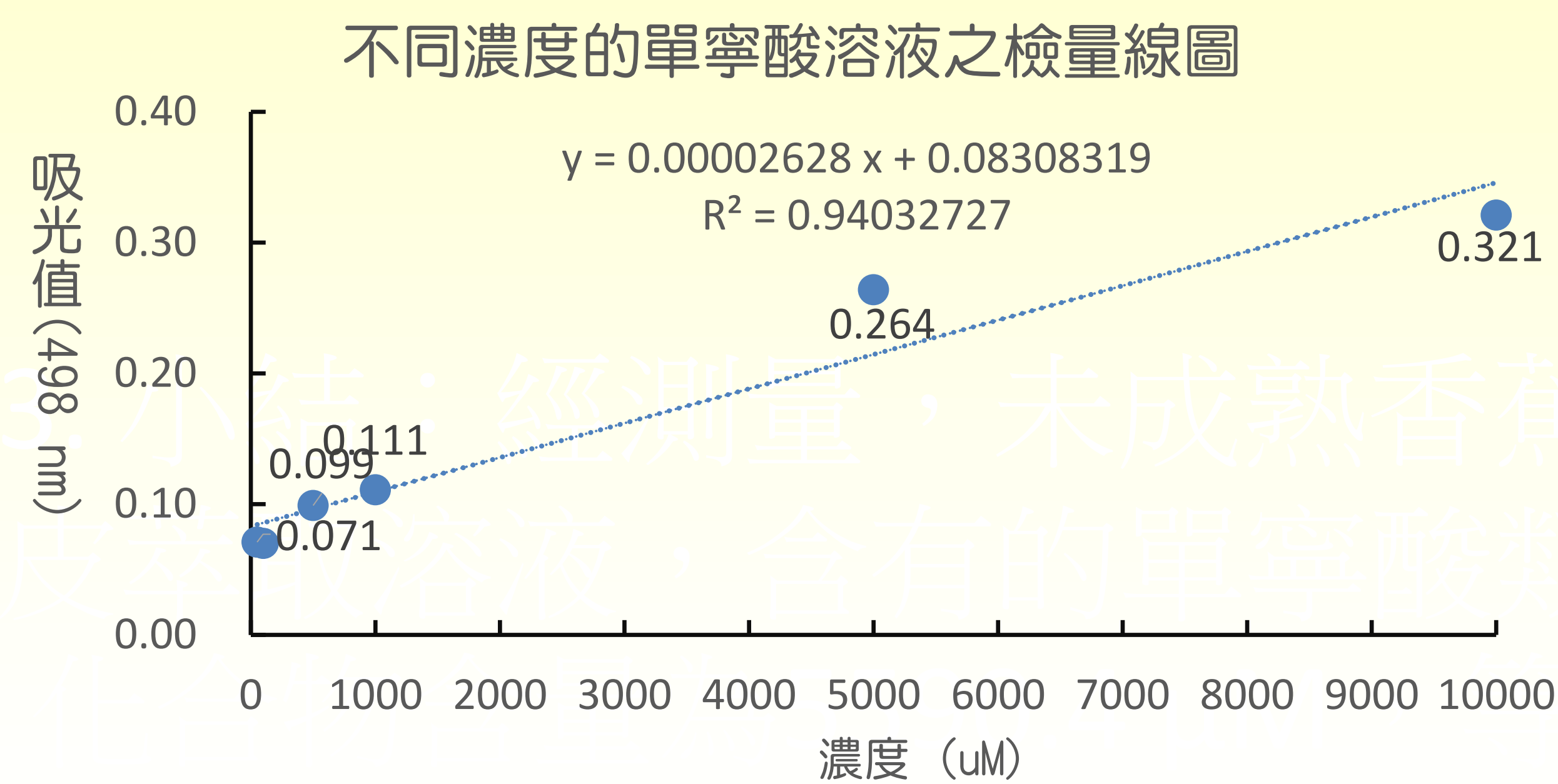
### 一、實驗一：香蕉皮中的單寧酸萃取

香蕉皮萃取溶液以網篩過濾並離心吸取上清液體後的結果如下圖。

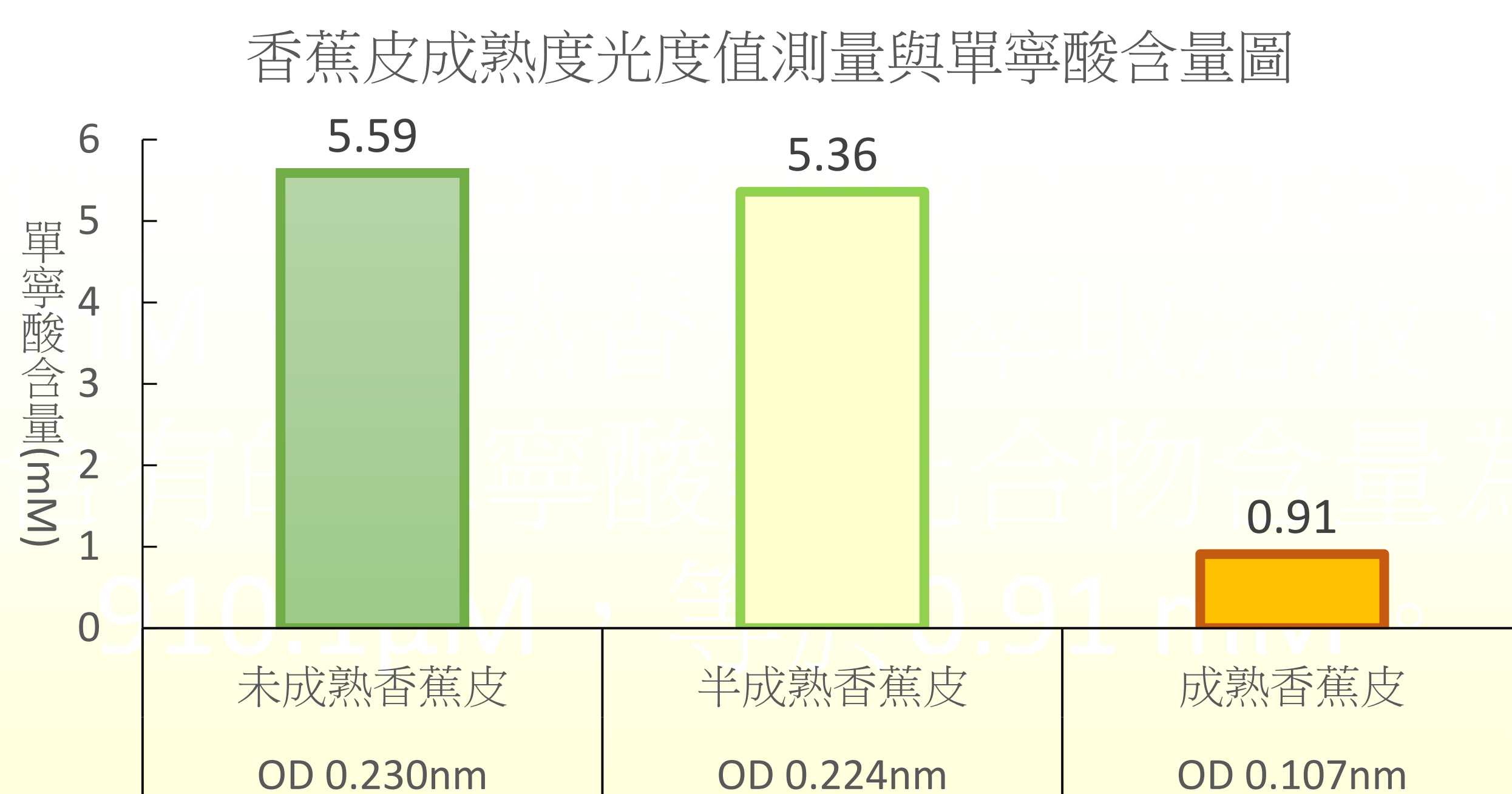
未成熟香蕉皮萃取溶液	半成熟香蕉皮萃取溶液	成熟香蕉皮萃取溶液
液體呈現淡黃色澄清狀	液體呈現深褐色混濁狀	液體呈現橘色混濁狀

## 二、實驗二：單寧酸的定量實驗

(一)單寧酸標準品溶液與鐵劑反應並測得的吸光值(波長498nm)結果如下表，輸入Excel後依標準品畫出檢量線如下圖：



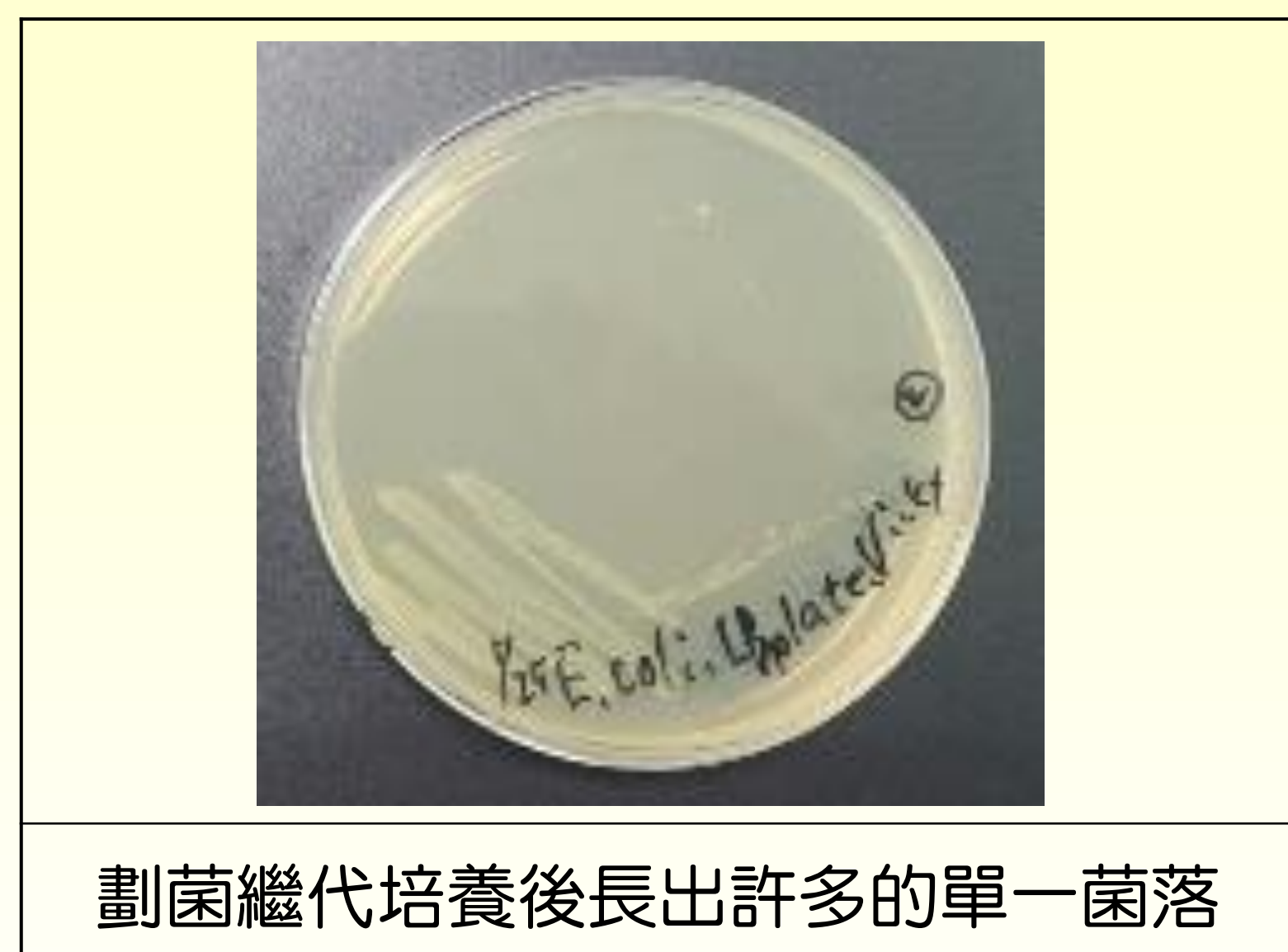
(二)三種香蕉皮萃取溶液與鐵劑反應並測得的吸光值結果，輸入Excel並帶入標準品畫出的檢量線後求出單寧酸的含量如下表：



小結：經測量，未成熟香蕉皮萃取溶液，含有的單寧酸類化合物含量為5590.4 μM，等於5.59 mM，半成熟香蕉皮萃取溶液，含有的單寧酸類化合物含量為5362.1 μM，等於5.36 mM，成熟香蕉皮萃取溶液，含有的單寧酸類化合物含量為910.1 μM，等於0.91 mM。

## 三、實驗三：抑菌試驗的準備實驗

大腸桿菌劃菌繼代培養結果如下圖。



## 四、實驗四：香蕉皮萃取液的澱粉測試

香蕉皮及萃取溶液與碘液反應後的顏色結果如下圖：

未成熟香蕉皮內側	半成熟香蕉皮內側	成熟香蕉皮內側	
有深紫色出現	少部分有深紫色	沒有深紫色出現	
未成熟香蕉皮萃取皮渣	半成熟香蕉皮萃取皮渣	成熟香蕉皮萃取皮渣	
未成熟香蕉皮萃取溶液	半成熟香蕉皮萃取溶液	成熟香蕉皮萃取溶液	對照組(清水)
溶液呈深紫色	溶液淡紫色	溶液無變化	溶液無變化

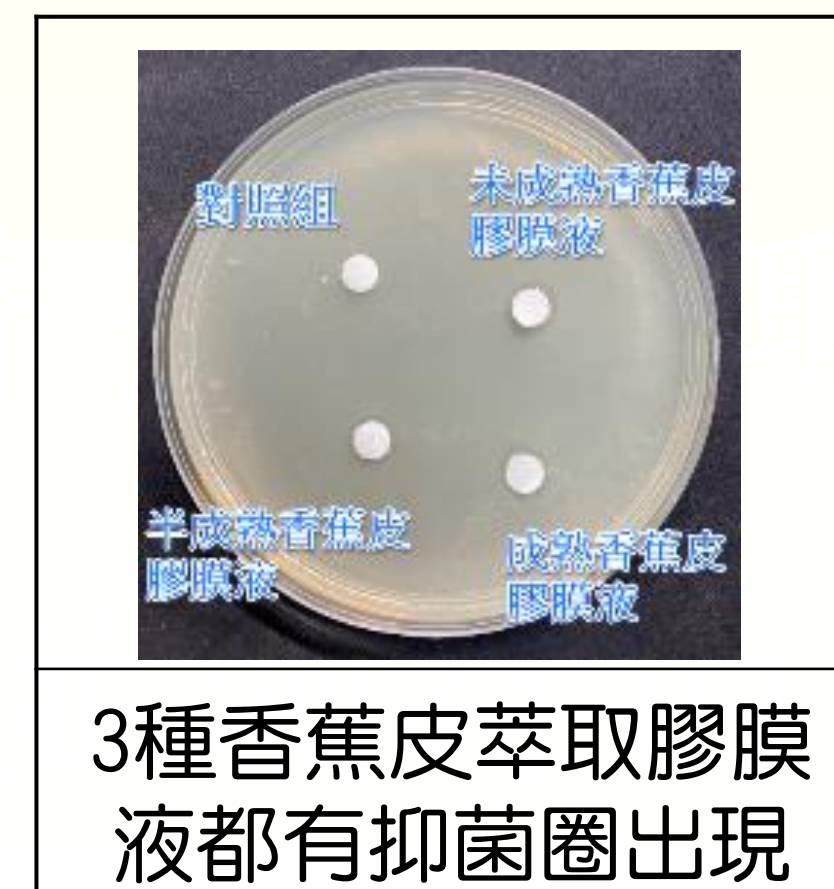
## 六、實驗五：香蕉皮單寧酸膠膜的製備。

將香蕉皮萃取液與海藻酸鈉混合溶解成膠膜液，再烘乾製成膠膜的結果如下圖。

未成熟香蕉皮萃取溶液	半成熟香蕉皮萃取溶液	成熟香蕉皮萃取溶液
膠膜呈現淡淡黃色透明狀	膠膜呈現褐色半透明狀	膠膜呈現淡褐色透明狀

## 七、實驗六：抑菌效果的實驗。

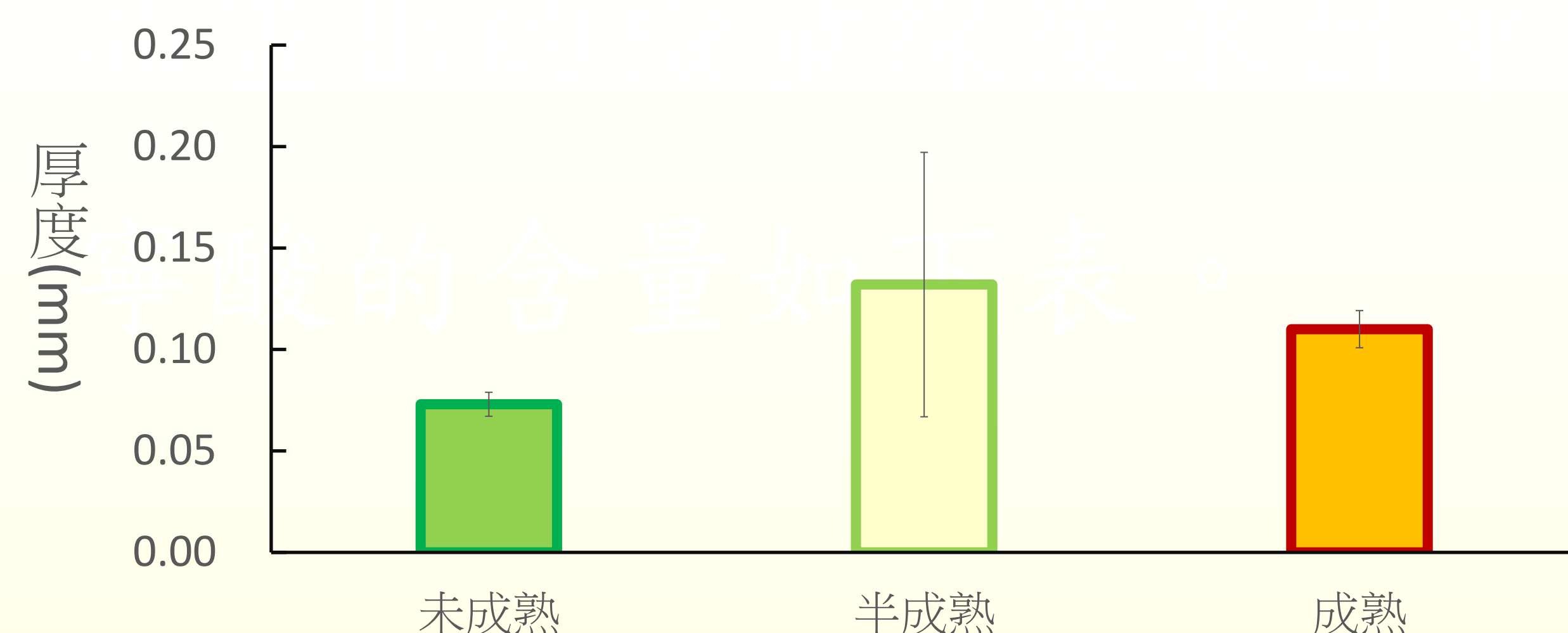
將香蕉皮膠膜液以0.22 μm小飛碟過濾後，測試對抑菌大腸桿菌的效果如下圖。



## 八、實驗七：香蕉皮膠膜特性的試驗。

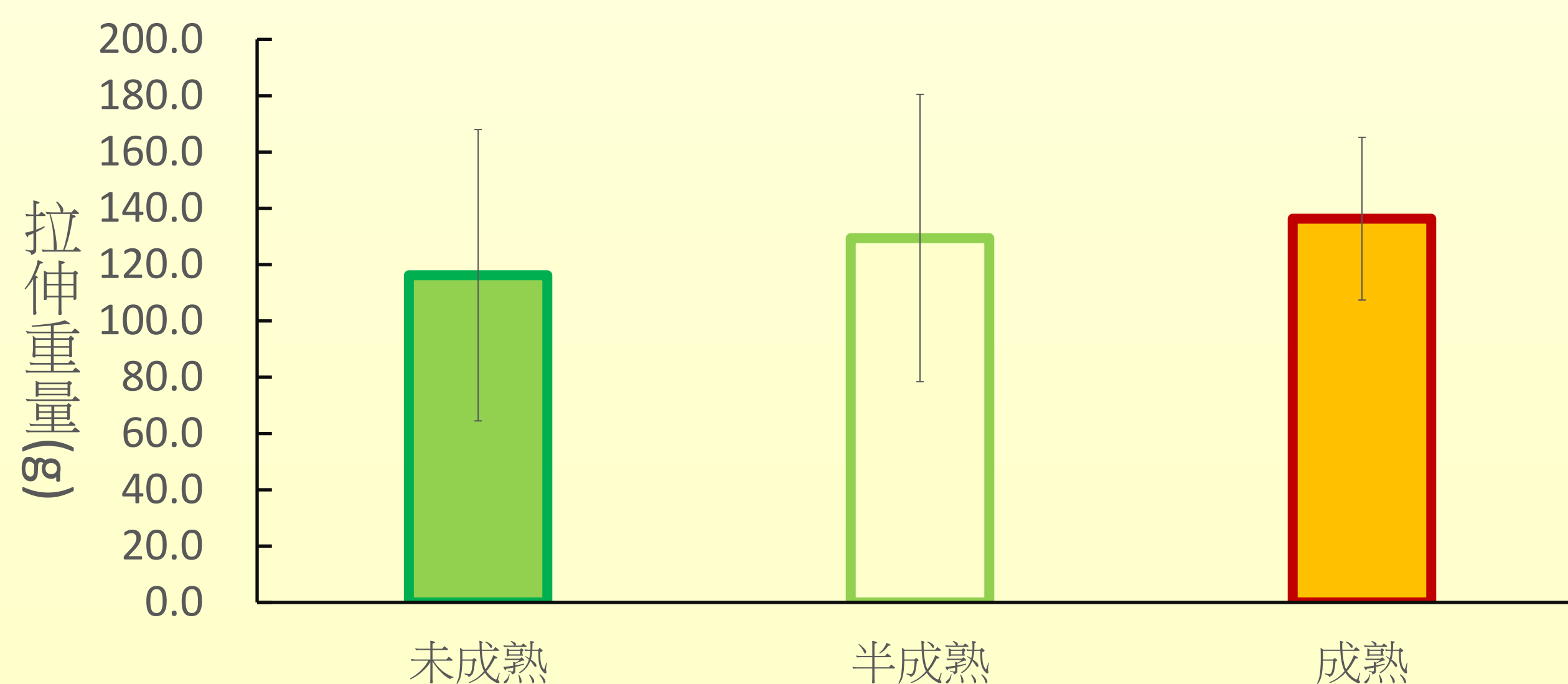
(一)先使用厚度規測量三種香蕉皮膠膜厚度，厚度結果如下表：

香蕉皮膠膜測量五組平均厚度



(二)參照ASTM D882薄膜拉伸試驗法設置薄膜拉伸試驗裝置，測量3種香蕉皮膠膜的薄膜拉伸重量如下表：

香蕉皮膠膜測量三組拉伸平均重量



## 伍、討論

### 一、實驗一：香蕉皮中的單寧酸萃取

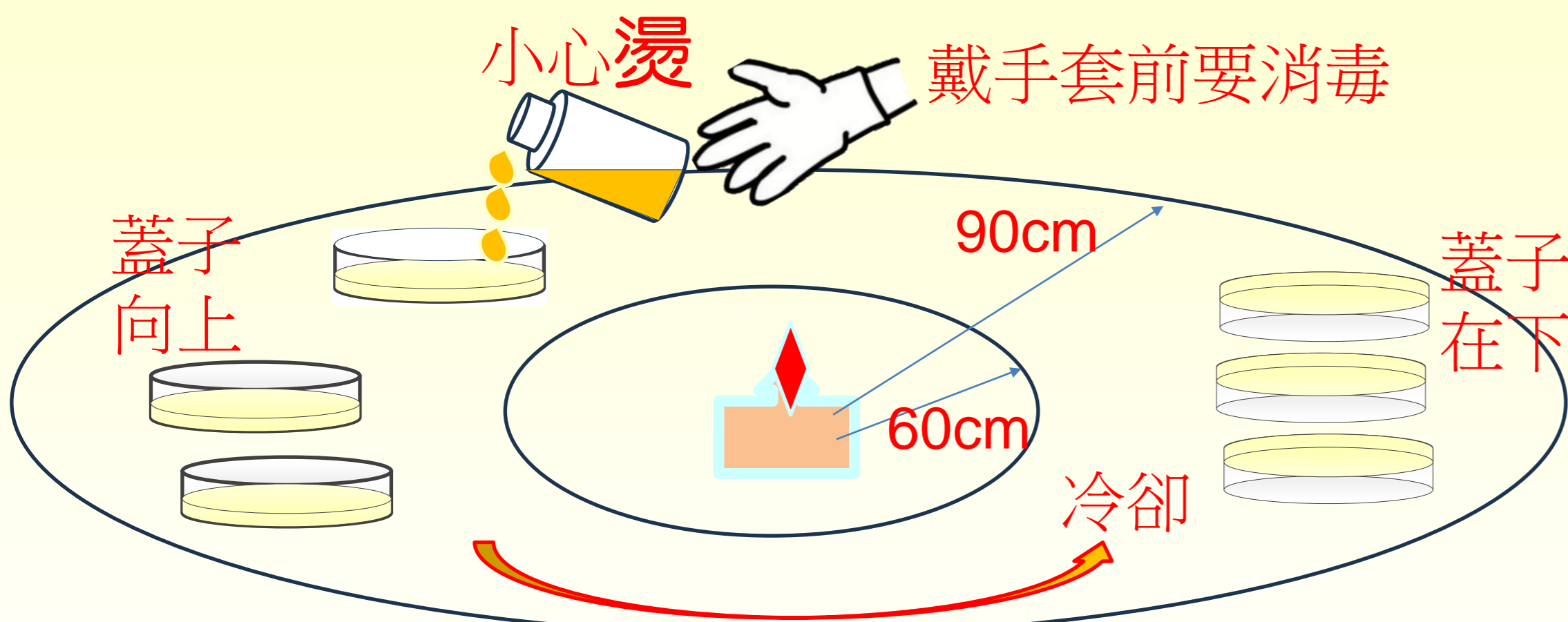
- 萃取液的澄清度受以下因素影響：未成熟香蕉皮組織堅硬且富含果膠，萃取過程組織不易被果汁機打碎，因此萃取液中含有最少的懸浮顆粒。半成熟與成熟香蕉皮組織較為柔軟，萃取過程中容易被果汁機打碎，因此含有較多的懸浮顆粒。而果膠是一種增稠劑，可以增加萃取液的粘稠度。未成熟香蕉皮的果膠含量較高，因此粘稠度較高，懸浮顆粒較容易沉澱。半成熟與成熟香蕉皮的果膠含量較低，因此粘稠度較低，懸浮顆粒較不容易沉澱。
- 文獻記載：香蕉皮中含多酚類化合物，與其他果皮相比，香蕉皮中多酚物質含量較高，多酚具有抗氧化、抑菌、抑制血管增生。

### 二、實驗二：單寧酸的定量實驗

- 經測量，未成熟香蕉皮萃取溶液含有的單寧酸類化合物含量最高為5.59 mM，半成熟香蕉皮萃取溶液含有次高的單寧酸類化合物含量為5.36 mM，成熟香蕉皮萃取溶液含有最低的單寧酸類化合物含量為0.91 mM。
- 推測香蕉在成熟的過程中，由於成熟催化的關係，組織會變得鬆散部分成分會被代謝分解，當然也有些成分會增加，例如未成熟與半成熟的香蕉堅硬生澀幾乎無法吃。本組分析的『單寧酸』是香蕉皮中多酚類的一種，含量高，具抑菌能力，故以其為代表。

### 三、實驗三：抑菌試驗的準備實驗。

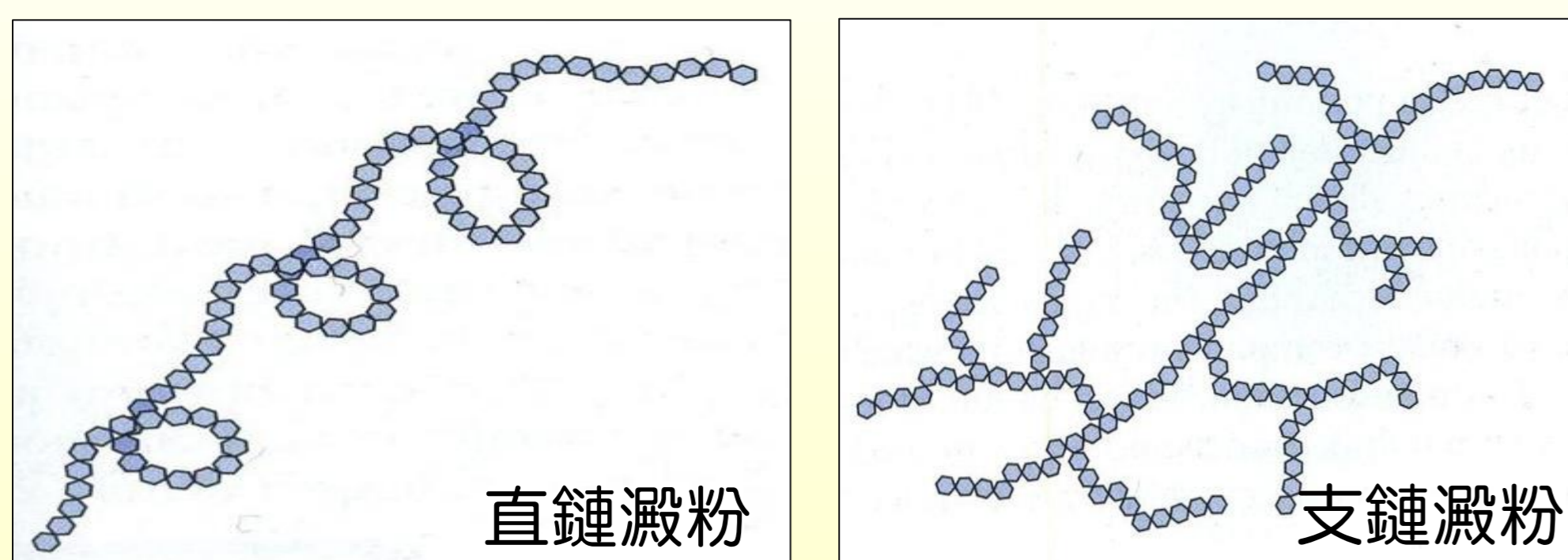
在製作LB固態培養皿時，可用壓力鍋滅菌，因為我們沒有無菌操作台，所以使用酒精燈作為替代方式，如下幾點：



操作區距酒精燈中心保持在60-90cm範圍內

### 四、實驗四：香蕉皮萃取液的澱粉測試。

香蕉皮中含有豐富的澱粉，而澱粉在未成熟時含量最高，隨著香蕉成熟，澱粉含量逐漸降低。香蕉皮中的澱粉可以通過酶解的方式轉化為醣類，而酶解的程度取決於香蕉的成熟度。未成熟香蕉的澱粉含量高，酶解程度低，因此萃取液中澱粉殘留較多。半成熟香蕉的澱粉含量中等，酶解程度中等，因此萃取液中澱粉殘留較少。成熟香蕉的澱粉含量低，酶解程度高，因此萃取液中沒有澱粉殘留。澱粉是一種多醣類，由葡萄糖分子聚合而成，是植物的儲存物。其結構的不同，澱粉可分為直鏈澱粉和支鏈澱粉。



澱粉的顯色：澱粉與碘液反應會呈現藍黑色或紫紅色。直鏈澱粉與碘液反應後，形成螺旋狀的錯合物，呈藍黑色。支鏈澱粉與碘液反應後，形成無規的錯合物，呈紫紅色。

### 五、實驗五：香蕉皮單寧酸膠膜的製備。

本實驗因香蕉皮萃取液中含有大量的單寧酸。單寧酸是一種多酚類物質，具有良好的抗氧化和抑菌作用。但是，單寧酸本身不具有成膜性。因此，需要加入海藻酸鈉來提高香蕉皮萃取液的成膜性，使其能夠形成均勻、致密的膠膜，還有海藻酸鈉可以提高香蕉皮膜的機械強度，使其不易破裂。另外文獻亦有記載：海藻酸鈉可以防止水氣通過，同時海藻酸鈉有具有抑菌性，可抑制細菌的生長。

### 六、實驗六：抑菌效果的實驗。

實驗結果顯示：三種香蕉皮膠膜液都對大腸桿菌有抑制圈形成，表示對大腸桿菌有抑制生長的效果。其中，未成熟香蕉皮膠膜液的抑菌效果最好，成熟香蕉皮膠膜液次之，半成熟香蕉皮膠膜液最差。根據實驗結果，可推論以下：

1. 香蕉皮中含有能夠抑制大腸桿菌生長的成分。
2. 香蕉皮中含有的抑菌成分與香蕉的成熟度有關，未成熟香蕉皮的抑菌成分含量最高，半成熟香蕉皮的抑菌成分含量最低。
3. 可能的抑菌成分，香蕉皮中含有豐富的單寧酸、多酚類物質、黃酮類物質等生物活性物質。這些物質都具有抗菌作用，可以抑制大腸桿菌的生長。
4. 香蕉在成熟過程中，會發生一系列生化反應，導致香蕉皮中的一些抑菌成分含量下降。例如，香蕉在成熟過程中，單寧酸的含量會降低。

### 七、實驗七：香蕉皮膠膜特性的試驗。

實驗結果顯示了不同成熟度香蕉皮製成的膠膜厚度的差異。未成熟與成熟香蕉皮膠膜的厚度較為均勻，而半成熟香蕉皮膠膜則存在局部較厚的部分，導致平均厚度最大。此外，成熟香蕉皮膠膜表面出現了許多氣泡。根據實驗結果，可能的影響因素包括：

1. 未成熟香蕉皮組織堅硬且富含果膠，萃取液粘稠度較高，因此更易形成均勻的膠膜。半成熟與成熟香蕉皮組織較軟，萃取液粘稠度較低，更容易產生不均勻分布。
2. 烘乾過程若果膠膜未保持水平，也可能導致厚度不均。
3. 膠膜出現氣泡的原因可能是烘乾過程中，萃取液的水氣蒸發所致。氣泡會降低機械強度並增加破裂風險。

## 陸、結論

### 一、實驗一：香蕉皮中的單寧酸萃取

萃取溶液	液體呈現	說明
未成熟香蕉皮	淡黃色澄清狀	組織堅硬、果膠含量高，懸浮顆粒少、沉澱快
半成熟香蕉皮	深褐色混濁狀	組織柔軟、果膠含量低，懸浮顆粒多、沉澱慢
成熟香蕉皮	橘色混濁狀	組織柔軟、果膠含量低，懸浮顆粒多、沉澱慢

### 二、實驗二：單寧酸的定量實驗

香蕉皮成熟度	單寧酸含量 (mM)	推測原因
未成熟	5.59	組織堅硬，成分不易分解
半成熟	5.36	組織開始鬆散，部分成分分解中
成熟	0.91	組織鬆散，大部分成分被分解

### 三、實驗三：抑菌試驗的準備實驗。

實驗發現：香蕉皮萃取液能抑制大腸桿菌生長，其主要成分為單寧酸及其他具有抗菌成分。單寧酸是一種有效的抑菌成分，在未成熟香蕉皮中含量最高，其抑菌效果最強。

### 四、實驗四：香蕉皮萃取液的澱粉測試。

未成熟香蕉：澱粉含量高，酶解程度低，澱粉殘留較多。  
半成熟香蕉：澱粉含量中，酶解程度中，澱粉殘留較少。  
成熟香蕉：澱粉含量低，酶解程度高，沒有澱粉殘留。

### 五、實驗五：香蕉皮單寧酸膠膜的製備。

單寧酸不具有成膜性，需要加入海藻酸鈉來提高成膜性。海藻酸鈉可以與單寧酸相互作用，形成均勻、緻密的膠膜。海藻酸鈉還可以提高膠膜的機械強度，使其不易破裂。

### 六、實驗六：抑菌效果的實驗。

結果顯示三種香蕉皮膠膜液都對大腸桿菌有抑制圈形成，表示對大腸桿菌有抑制生長的效果，效果最好的是未成熟香蕉皮膠膜液，次佳的是成熟香蕉皮膠膜液。

### 七、實驗七：香蕉皮膠膜特性的試驗。

未成熟與成熟香蕉皮膠膜的厚度均勻，半成熟香蕉皮膠膜有部分的厚度較高，造成平均厚度最厚。成熟香蕉皮膠膜表面有許多氣泡，可能會大大影響膠膜的特性。

## 未來展望

本研究提出了一種利用香蕉皮萃取單寧酸的新用途，為香蕉皮的資源化利用提供了一種新的思路；具有以下優點：可以將香蕉皮廢棄物轉化為高附加價值的產品，減少環境污染；萃取過程採用環保的綠色溶劑，避免了二次污染，有利於推動農業廢棄物的資源化利用，促進循環經濟發展。社會責任：香蕉皮單寧酸是一種天然抑菌劑，安全性更高，可為食品安全和醫療衛生提供新的解決方案。

## 柒、參考文獻資料

1. Aboul-Enein, A. M., Salama, Z. A., Gaafar, A. A., Aly, H. F., Elella, F. A., Ahmed, H. A. (2016). Identification of phenolic compounds from banana peel (*Musa paradaisica* L.) as antioxidant and antimicrobial agents. *Journal of Chemical and Pharmaceutical Research*, 8(4):46-55.
2. Hikal, W. M., Ahl, H. A. H. S. A., Bratovcic, A., Tkachenko, K. G., Rad, J. S., Kačaniová, M., Elhourri, M., Atanassova, M. (2022). Banana Peels: A Waste Treasure for Human Being. *Evid Based Complement Alternat Med*, 2022:7616452. <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/35600962/>
3. Kamel, N. A., Messieh, S. L. A. E., Saleh, N. M. (2017). Chitosan/banana peel powder nanocomposites for wound dressing application: Preparation and characterization. *Mater Sci Eng C Mater Biol Appl*, 72:543-550.
4. Salazar, D., Arancibia, M., Casado, S., Viteri, A., Caballero, M. E. L., Montero, M. P. (2021). Green Banana (*Musa acuminata* AAA) Wastes to Develop an Edible Film for Food Applications. *Polymers*, 13(18):3183. <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/34578084/>
5. 尤柔扉等(2020)。「蕉」織「鞣」合~探討綠蕉鞣酸的作用及自製蕉鞣豆皮膠膜。於中華民國第60屆中小學科學展覽會國小組化學科，國立臺灣科學教育館舉辦。
6. 梁盛年等(2007)。香蕉皮中有機酸的提取及抑菌作用研究。食品工業科技，Vol. 28, No. 08.
7. ASTM D882 薄膜拉伸試驗 Film Tensile Test