

中華民國第 60 屆中小學科學展覽會
作品說明書

國小組 化學科

第二名

080209

「蕉」織「鞣」合~探討綠蕉鞣酸的作用及自製
蕉鞣豆皮膠膜

學校名稱：彰化縣鹿港鎮文開國民小學

作者： 小四 尤柔扉 小四 楊侑霖 小四 紀承廷 小四 許呈澤 小四 曾珮璇	指導老師： 謝淑鳳 陳俞君
---	-----------------------------

關鍵詞：綠蕉鞣酸、豆皮、收斂凝聚

摘要

本研究利用廢棄綠香蕉皮萃取鞣酸，開發出綠色優質產品**蕉鞣豆皮膠膜**替代塑膠類製品。首先探討**綠香蕉皮溶出鞣酸的最佳條件**，再將**綠香蕉鞣酸與固態蛋白結合的產品**，進行**防水、收斂性、酸腐蝕試驗**，除了組裝導電裝置以測試防水功效外，也參考課本改裝為強韌度及酸腐蝕測試工具。研究結果顯示綠香蕉皮在 **pH7 溶液下加熱 80-90 度 30 分鐘**，溶出鞣酸量最多；綠蕉鞣酸液與固態蛋白結合，對銅片形成保護層**有較佳的防水能力**，也能耐酸腐蝕及較強的韌性。根據**防水、收斂性、耐酸腐蝕作用**，用自製綠蕉鞣酸液浸泡豆皮並噴食用油後形成**綠香蕉鞣酸豆皮膠膜**改善乾裂問題，除了取代封口膜、保鮮膜，還可做成食用吸管，達到減塑目標是值得推廣的**綠色優質產品**。

壹、研究動機

我們學校剛好在老街旁邊，每逢星期一早上，就是我們最辛苦的時候，因為整個圍牆都是遊客丟進來的塑膠袋、黏著封口膜、吸管的飲料杯等，不只如此，一遇到下雨天，學校內還會有輕便雨衣飛舞。上自然課時，老師剛好講到人類對環境危害**<自然與生活科技康軒版四上第四單元交通工具與能源>**，我也順便提到吸管、飲料杯封口膜的困擾。雖然這些化學合成的物質非常便利，但同時也破壞了環境。哥哥的自然課本**<自然與生活科技康軒版六下第四單元生物與環境>**，也提到永續經營環境及珍惜自然資源，於是我跟同學還有老師，決定找出天然物質，希望這物質**既可以達到防水、耐酸腐蝕，又有強韌性**，除了取代飲料封口膜、保鮮膜，還可以作成食用吸管，不會破壞地球浪費資源，達到環保減塑的效果。

貳、研究目的

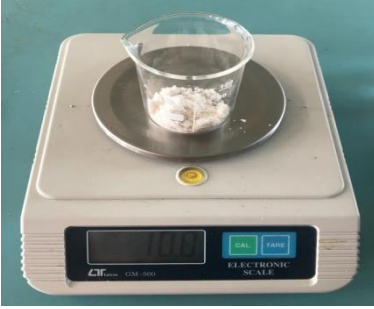


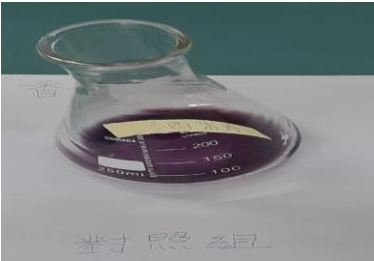
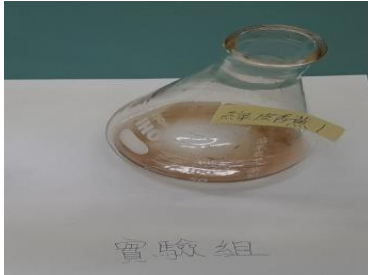
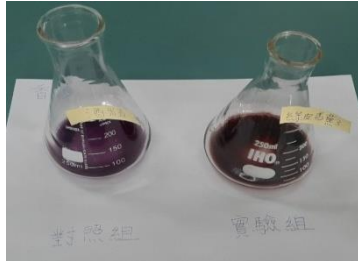
- 一、 分析及探討鞣酸的特性，並自製防水、強韌度、酸腐蝕的測試工具。
- 二、 不同 pH 值溶液及溫度是否影響綠蕉鞣酸的溶出量。
- 三、 探討綠蕉鞣酸液與液態蛋白(蛋白液)、固態蛋白(豆皮)的反應。
- 四、 浸泡綠蕉鞣酸液的豆皮具有防水能力、耐酸腐蝕能力以及增加強韌度。
- 五、 自製天然綠色產品~綠香蕉鞣酸豆皮膠膜取代封口膜、保鮮膜，並做成食用吸管。

參、研究設備與器材

一、研究設備：

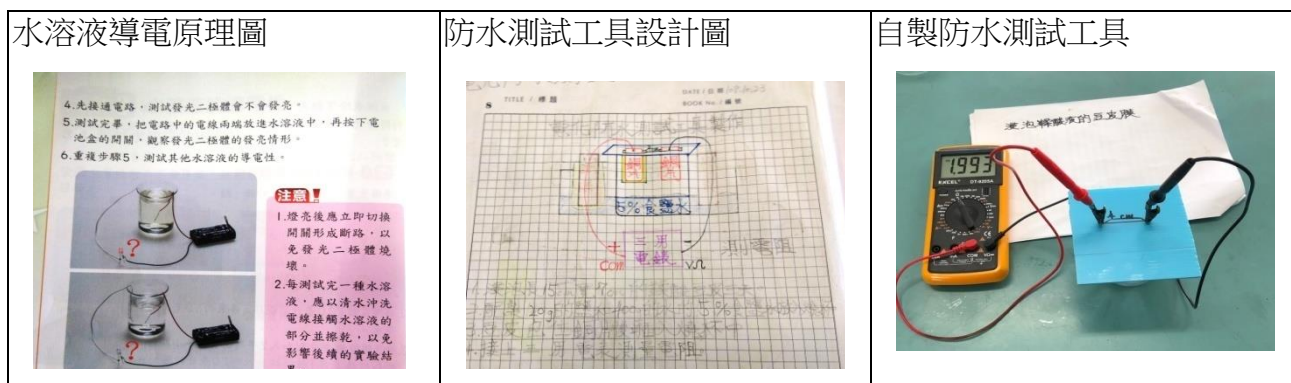
(一) 鞣酸含量測量~三氯化鐵滴定法

1. 原理：以親水性磺基水楊酸為指示劑，在酸性條件下，用三氯化鐵滴定鞣酸，稍過量的三價鐵離子與磺基水楊酸產生紫紅色而顯示滴定終點。<取自：[磺基水楊酸/A 百度百科](#)>所以我們決定使用三氯化鐵滴定法測量鞣酸的含量。
2. 指示劑的配置：磺基水楊酸粉末 10 公克 + 蒸餾水 100 毫升。
3. 1%三氯化鐵溶液的配置：42%的三氯化鐵溶液 10 毫升 + 蒸餾水 400 毫升。
4. 滴定的方法：取鞣酸溶液 20 毫升，加入 2 滴指示劑，再以 1%三氯化鐵溶液進行滴定，直到顏色變為和只有蒸餾水的對照組差不多的紫紅色。
5. 步驟圖解：

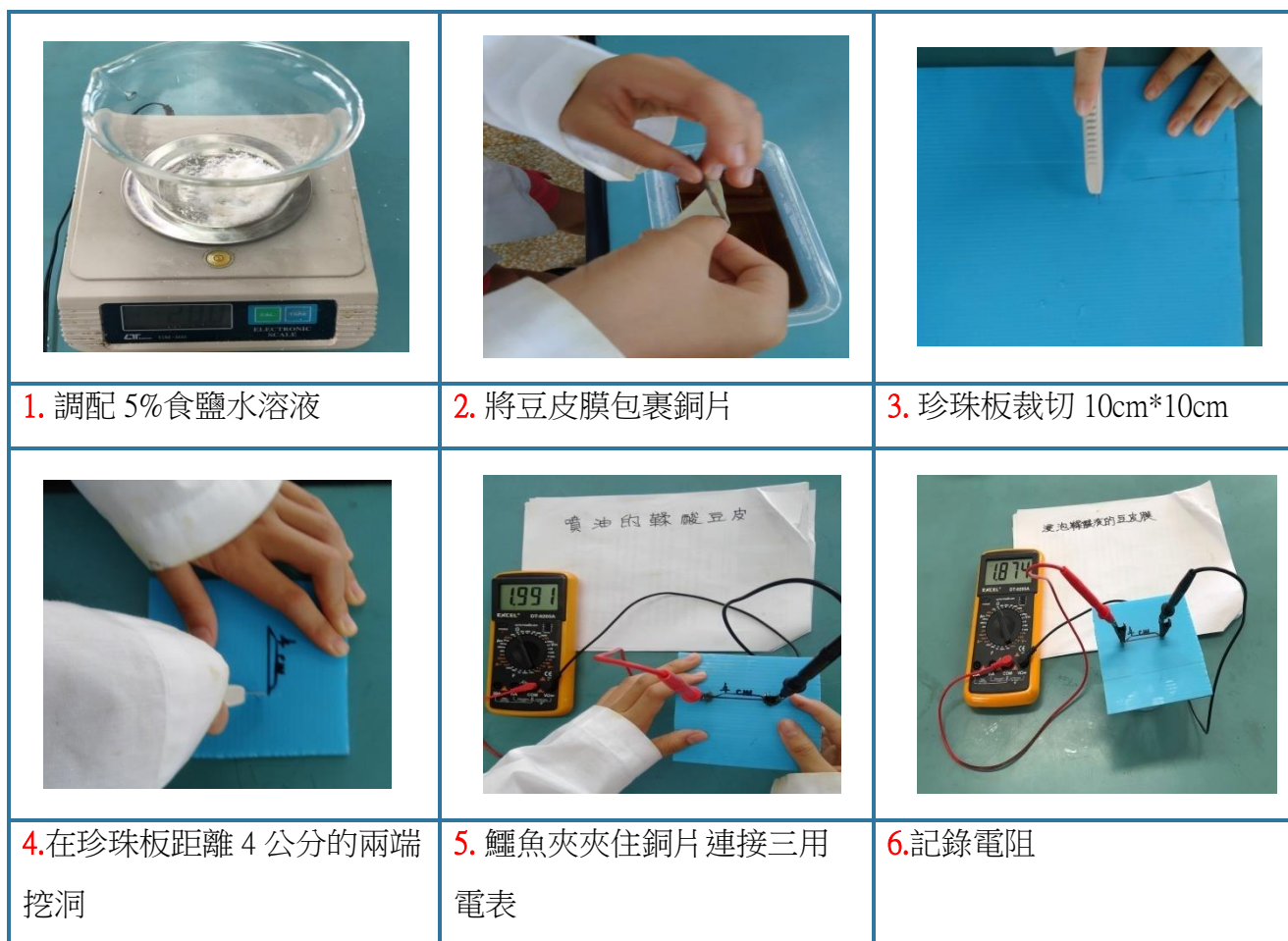
		
1. 秤取磺基水楊酸粉 10 公克	2. 加入蒸餾水 100 毫升溶解	3. 磺基水楊酸液、1%三氯化鐵液
		
4. 滴 1 滴三氯化鐵的空白對照	5. 鞣酸溶液加 2 滴指示劑	6. 1%三氯化鐵溶液進行滴定

(二) 防水測試工具製作

1. 原理：電導率，利用三用電表測得電阻值的倒數，來測定鹽水的導電程度。 <電導率/維基百科>我們也參考自然課本自製測試工具<取自：五上自然與生活科技康軒版第三單元水溶液導電性>將鞣酸豆皮膜包裹銅片電極測定鞣酸豆皮防水程度，電阻值大電導率低，表示鞣酸豆皮能防水。


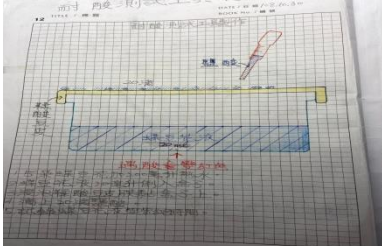



2. 豆皮：泡蒸餾水的豆皮膜、泡鞣酸液的豆皮膜。
3. 5%食鹽水溶液：20 公克的食鹽 + 蒸餾水 400 毫升。
4. 裝置步驟圖解：



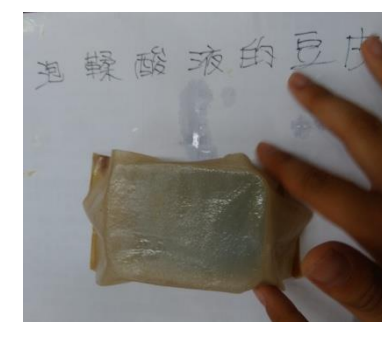
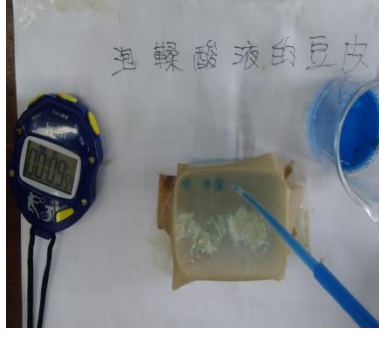




(三) 酸腐蝕測試工具製作

1. 原理：蝶豆花中含有大量的花青素，花青素是一種很好的酸鹼指示劑，在酸性的時候是紫紅色，在鹼性的時候是藍綠色，在中性的時候是寶藍色。取自：<五下自然與生活科技翰林版第二單元水溶液之水溶液酸鹼性><蝶豆花之戀>將綠皮香蕉鞣酸豆皮膜，置於盒子上滴上 20 滴鹽酸，記錄蝶豆花液遇酸變色的時間。時間愈長表示鞣酸豆皮膜耐酸腐蝕能力愈佳。

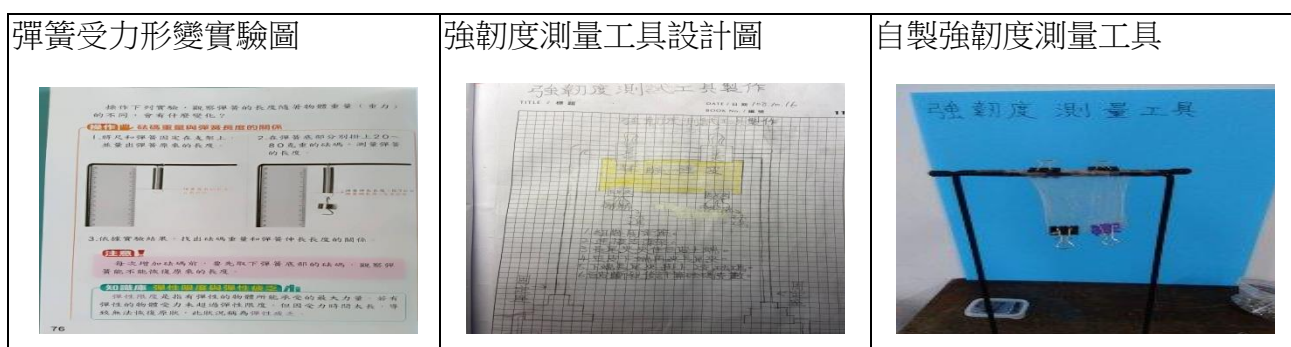
課本自製酸鹼指示劑實驗圖	酸腐蝕測量工具設計圖	自製酸腐蝕測量工具
		

2. 豆皮：泡蒸餾水的豆皮膜、泡鞣酸液的豆皮膜。
3. 蝶豆花液：5 朵蝶豆花，加入 200 毫升熱水浸泡 10 分鐘。
4. 裝置步驟圖解：

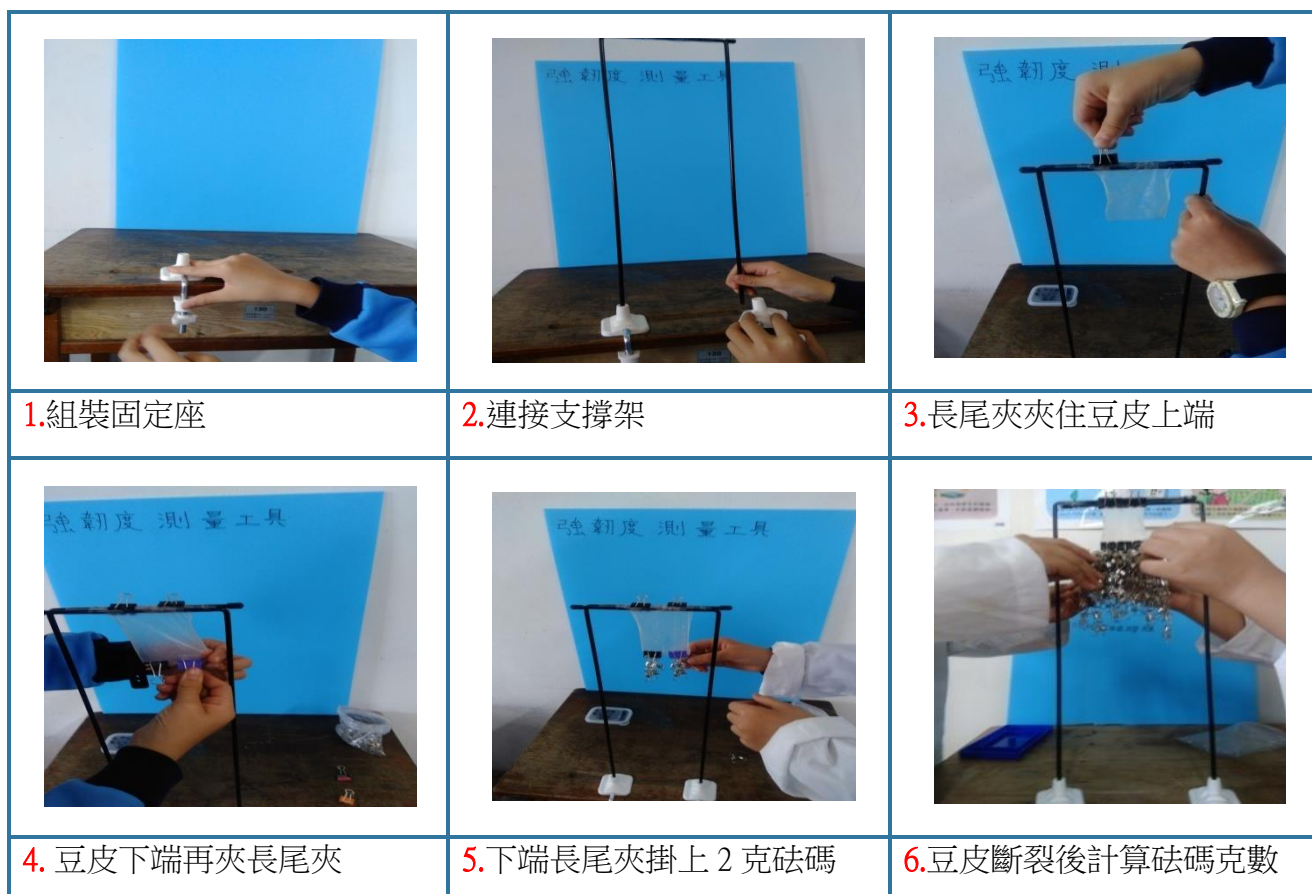
		
<p>1. 5 朵蝶豆花加 200ml 熱水</p>	<p>2. 蝶豆花液 20 毫升倒入盒子</p>	<p>3. 浸泡鞣酸豆皮膜黏盒子上</p>
		
<p>4. 滴上 20 滴鹽酸</p>	<p>5. 記錄蝶豆花液變色的時間</p>	<p>6. 蝶豆花液遇酸性變紫紅色</p>

(四) 強韌度測試工具製作

1. 原理：彈簧秤是利用彈簧的形變來測量作用力大小或物體重量的儀器，可根據其運作原理細分為拉力彈簧秤和壓力彈簧秤。<取自：六下自然與生活科技翰林版第一單元力與運動之以形變測量受力>我們將豆皮膜比擬為拉力彈簧秤，利用豆皮膜受力形變來測量豆皮膜的強韌度。



2. 2 克砝碼、固定座一組。
3. 豆皮：泡蒸餾水的豆皮膜、泡鞣酸液的豆皮膜。
4. 裝置步驟圖解：

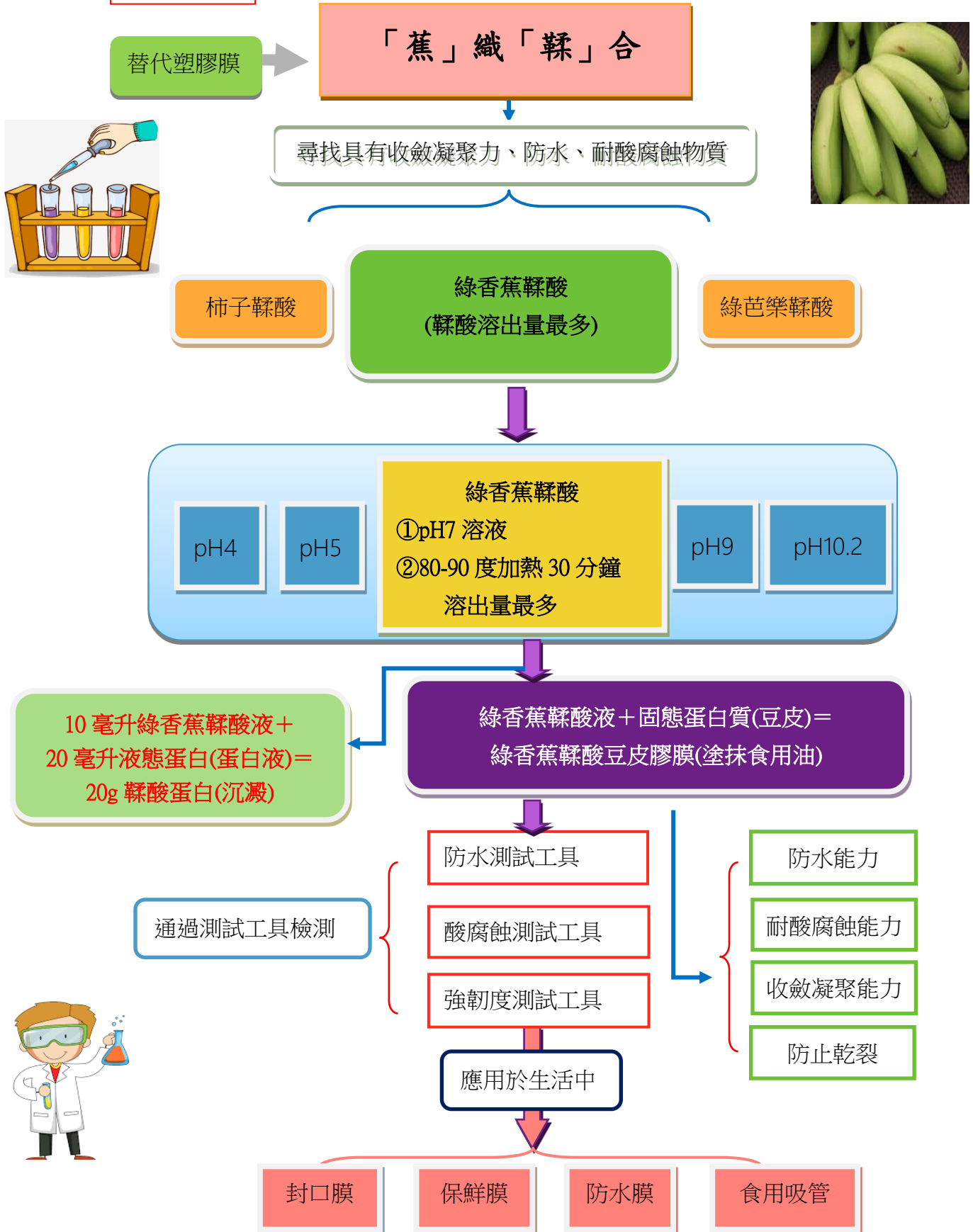


二、材料及藥品

		
<p>綠芭樂皮/綠香蕉皮/柿子皮</p>	<p>酒精/水楊酸粉/42%三氯化鐵</p>	<p>檸檬酸粉/小蘇打粉</p>
		
<p>檸檬酸溶液/小蘇打溶液</p>	<p>食用油</p>	<p>燒杯 /漏斗/滴管/濾紙</p>
		
<p>酒精燈/陶瓷纖維網/火柴</p>	<p>蝶豆花/豆皮/鹽酸/大豆蛋白粉</p>	<p>pH 筆/電子秤/溫度計/錐形瓶</p>
		
<p>鱈魚夾/三用電表/食鹽水/銅片</p>	<p>2 克砝碼/長尾夾/固定座</p>	<p>大小盒子/紗網/計時器</p>

肆、研究過程或方法

一、實驗流程圖



二、資料蒐集

(一) 鞣酸的分布：<取自：水果單寧鞣酸 <https://iscope.com.tw/2019/04/23>>

1. 蘋果、葡萄、柿子、番石榴(芭樂)、綠香蕉、青梅、山楂、覆盆子、蔓越莓、石榴等都是含有比較大量鞣酸的水果，尤其是這些水果尚未熟透時，鞣酸含量高，吃起來口感生澀。

這些水果鞣酸含量高，尤其是尚未熟透時



2. 從以上資料蒐集知道，尚未熟透的水果，鞣酸含量越高，吃起來口感越生澀，學校附近最常見未熟透的水果是綠芭樂、綠香蕉，我們也嘗過這些未熟透的水果，口感非常生澀。加上「柿石症」的產生是因為，柿子中含有大量的單寧酸，使胃中的蛋白質凝固、變性、黏成一團而結塊，形成無法被消化的「柿石」。所以接下來的實驗我們選用綠芭樂、綠香蕉、柿子來進行。

(二) 鞣酸的特性：<取自：鞣酸維基百科>

1. 鞣酸的功用：

- (1) 具強烈的**自由基清除作用**，具有**抗氧化**、捕捉自由基、抑菌、衍生化反應的特性，可用作食品抗氧化劑。目前它在食品加工、果蔬加工、貯藏、化妝品、醫藥和水處理等方面應用越來越廣泛。
- (2) 鞣酸有**收斂性及抗菌性**，治療局部出血，可用於牙膏護齒和防止牙齦出血。
- (3) 在工業上，鞣酸被大量用於**鞣革與製造藍墨水**。
- (4) **具有與蛋白質**、多糖、生物鹼、微生物、酶、**金屬離子反應的活性**，可作為水基鑽井液的降黏劑、降濾失劑、能改善濾餅質素。
- (5) 在水處理過程中，具有絮凝、脫氧、阻垢和殺菌作用。由於分子結構中有大量

的羥基和部分水解後所產生的羧基，因此與水中的鈣，鎂離子生成絡合物，阻止鍋爐水中的鈣、鎂離子形成水垢，也可減少冷卻水中硫酸鈣的沉積，起到分散作用。

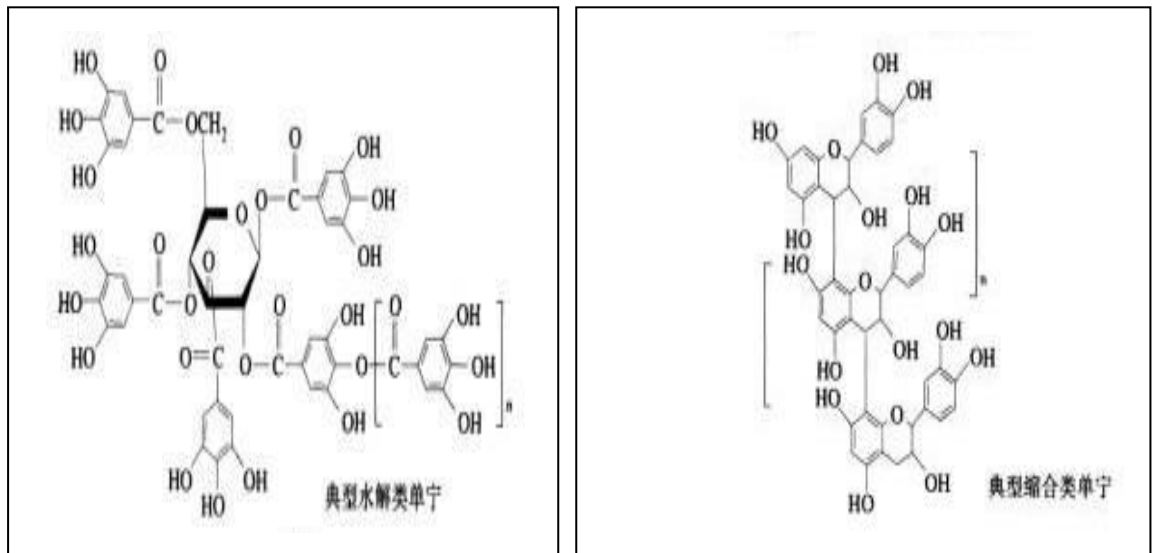
(6) 凝聚力可將沉澱物聚集成水渣，通過排污排出鍋爐和冷卻水系統。

(7) 可以用作低度酒、果酒的澄清劑。

(8) 單寧酸用於鍍鋅層的無鉻鈍化。

2. 鞣酸蛋白：鞣酸能與蛋白質結合生成不溶於水的鞣酸蛋白，故在洗髮劑中加入鞣酸可防止髮纖維蛋白質的溶解而保護頭髮，在指甲用品中使用則可增加指甲強度。

3. 鞣酸結構：



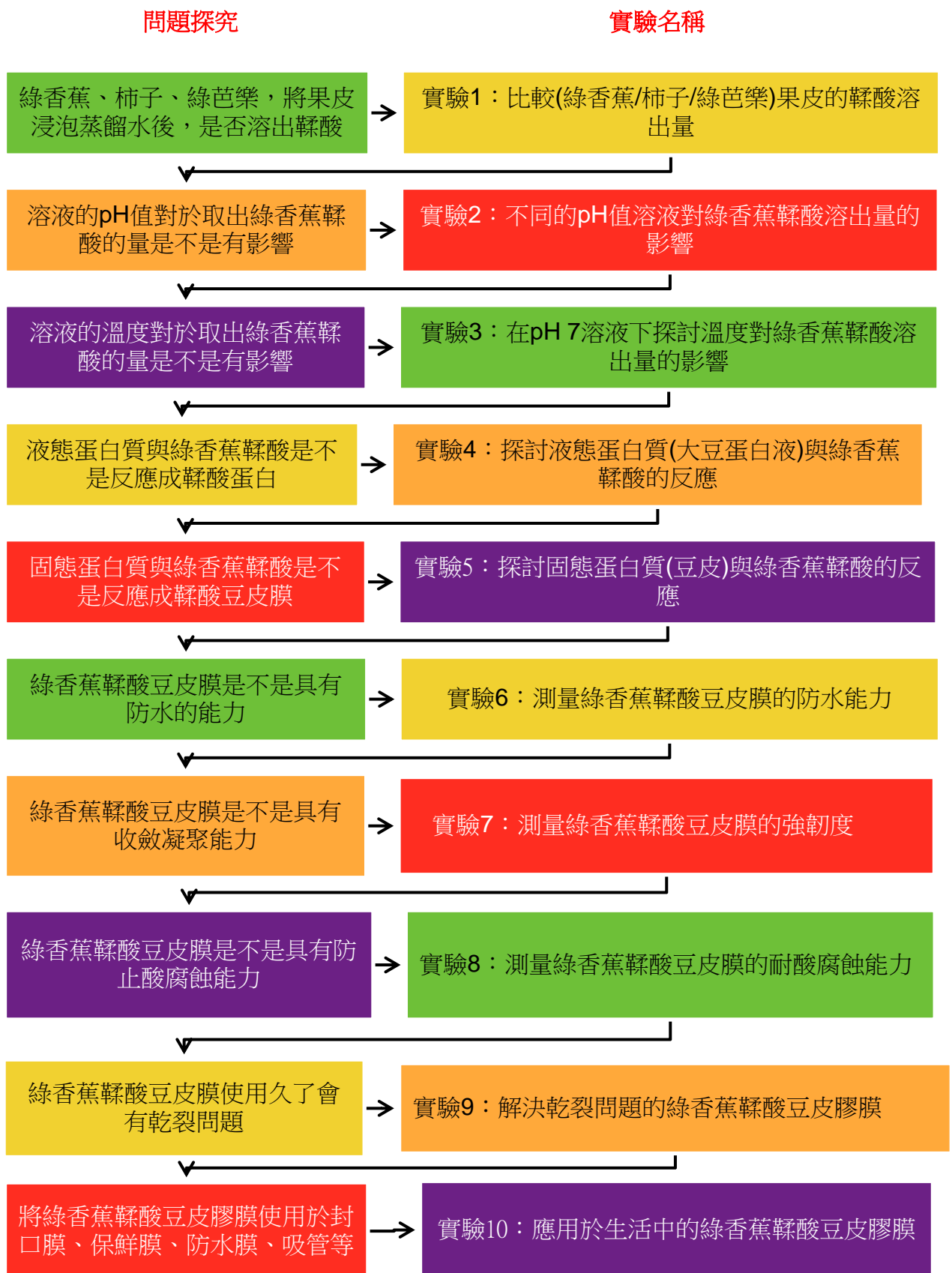
(三) 討論：

1. 從上述資料發現，鞣酸的功能具有收斂性凝聚力，與蛋白質反應收斂凝聚後能產生不溶於水(防水)的鞣酸蛋白，鞣酸蛋白也能耐酸腐蝕，所以我們決定研究鞣酸，運用其功能開發替代物，達到減塑目標。

2. 我們將會先從綠香蕉、柿子、綠芭樂找出鞣酸，加入蛋白質反應後實驗出能有防水功能、耐酸腐蝕功能、收斂凝聚功能的物質，應用於替代飲料封口膜等造成環境污染塑膠物質。

3. 首先，我們要設計測量的工具：防水測試工具、耐酸腐蝕測試工具、強韌度測試工具。以及找出測定鞣酸含量的方法~三氯化鐵滴定法。

三、問題探究與實驗名稱



四、實驗 1：比較(綠香蕉/柿子/綠芭樂)果皮的鞣酸溶出量

(一) 實驗目的：從資料中找到三種鞣酸含量多的物質，分別是綠香蕉、柿子、綠芭樂，將它們浸泡蒸餾水後，看看是否溶出鞣酸。

(二) 實驗變因：

1. 操縱變因：不同的種類(綠香蕉/柿子/綠芭樂)
2. 控制變因：(綠香蕉/柿子/綠芭樂)果皮重量、蒸餾水體積、室溫、浸泡時間

(三) 實驗步驟：

1. 磅秤進行系統校正，放上燒杯並歸零，秤取 (綠香蕉/柿子/綠芭樂)果皮各 60 公克。倒入蒸餾水 100ml 並封上保鮮膜。
2. 放於陰涼處室溫(28 度)下開始浸泡，浸泡時間為 24 小時。
3. 時間到達後，重力過濾法過濾浸泡液，並進行鞣酸含量測量。
4. 步驟圖解：



1. 秤取(綠香蕉/柿子/綠芭樂)果皮各 60 公克



2. 倒入蒸餾水 100 毫升，封上保鮮膜



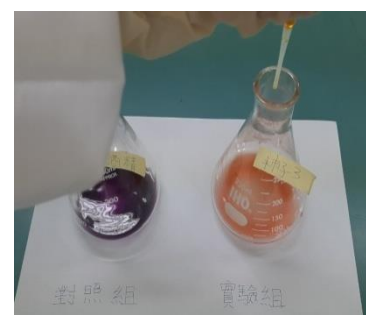
3. 放於陰涼處室溫(28 度)下開始浸泡，浸泡 24 小時



4. 重力過濾法取得浸泡液



5. 浸泡液進行 pH 值測量



6. 浸泡液進行鞣酸含量測量

(四) 實驗發現：綠皮香蕉、柿子、綠皮芭樂的浸泡液，顏色偏向咖啡色，所以液態的鞣酸顏色，應該是咖啡色。

五、實驗 2：不同的 pH 值溶液對綠香蕉鞣酸溶出量的影響

(一) 實驗目的：實驗 1 知道綠香蕉鞣酸含量是三種果皮中最多的，我們又想知道不同 pH 溶液來取，是否會增加綠香蕉鞣酸的取出量。

(二) 實驗變因：

1. 操縱變因：不同 pH 值溶液
2. 控制變因：綠香蕉皮重量、不同 pH 溶液的體積、浸泡時間

(三) 實驗步驟：

1. 用 10%檸檬酸溶液及 10%小蘇打溶液調配出 pH 值(4、5、9、10.2)溶液。
2. 秤取綠香蕉皮 60 公克各 5 個，分別加入 pH 值 4、5、7、9、10.2 溶液 100ml，放於陰涼處室溫(28 度)下開始浸泡，浸泡時間為 24 小時。
3. 重力過濾法過濾浸泡液，並進行 pH 值及鞣酸含量測量。
4. 步驟圖解：



1. 調配 10%檸檬酸溶液及 10%小蘇打溶液



2. 檸檬酸及小蘇打溶液調配 pH(4、5、9、10.2)溶液 100 ml



3. 綠香蕉皮加入 pH4、5、7、9、10.2 溶液浸泡 24 小時



4. 重力過濾法取得浸泡液



5. 浸泡液進行 pH 測量



6. 浸泡液進行鞣酸含量測量

(四) 實驗發現：pH10.2 鹼性溶液下將綠香蕉鞣酸溶出的量比較多，但是測得的 pH 值相對也比其他四種低，我們覺得很奇怪，於是進行問題查詢。

六、實驗 3：在 pH 7 溶液下探討溫度對綠香蕉鞣酸溶出量的影響

(一) 實驗目的：在 pH 7 溶液下可以溶出較多鞣酸，我們又想要用加熱不同溫度的 pH7 溶液，看看是否會增加綠香蕉鞣酸的取出量。

(二) 實驗變因：

1. 操縱變因：不同溫度的 pH7 溶液，20~30 度/50~60 度/80~90 度
2. 控制變因：綠香蕉皮重量、蒸餾水體積、浸泡時間

(三) 實驗步驟：

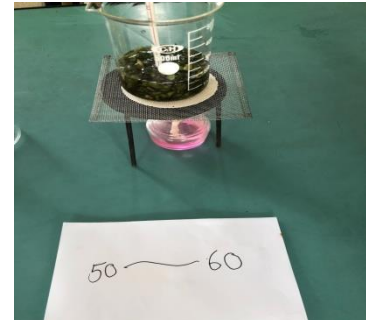
1. 用酒精燈加熱，準備 (20~30 度/50~60 度/80~90 度)3 杯蒸餾水 100 ml。
2. 秤取綠香蕉皮 60 公克各 3 個，分別加入(20~30 度/50~60 度/80~90 度)溶液 100m 中，維持溫度 30 分鐘。
3. 重力過濾法過濾浸泡液，並進行 pH 值及鞣酸含量測量。
4. 步驟圖解：



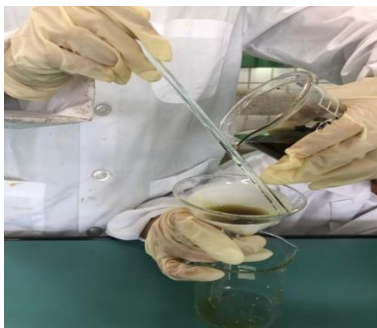
1. (20~30 度/50~60 度/80~90 度)蒸餾水 100 ml



2. 綠香蕉皮 60 公克分別加入 3 種溫度溶液 100m 中



3. 維持溫度 30 分鐘。



4. 重力過濾法取得浸泡液



5. 浸泡液進行 pH 測量



6. 浸泡液進行鞣酸含量測量

(四) 實驗發現：在溫度 80-90 度溶液下溶出的綠香蕉鞣酸量比較多，所以溫度增加應該會加速鞣酸溶出量。

七、實驗 4：探討液態蛋白質(大豆蛋白液)與綠香蕉鞣酸的反應

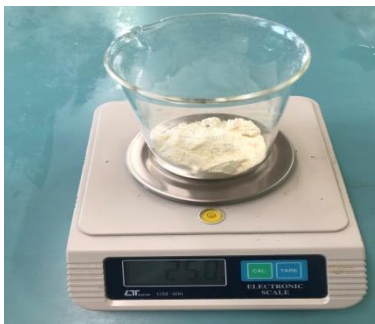
(一) 實驗目的：從資料中我們知道，鞣酸是一種收斂劑，能沉澱、凝固蛋白質，結合為不溶於水的鞣酸蛋白。我們想了解鞣酸蛋白產生的過程，於是進行本實驗。

(二) 實驗變因：

1. 操縱變因：不同重量的綠香蕉鞣酸液(5ml/10ml/15ml)
2. 控制變因：大豆蛋白液 20ml、攪拌次數、反應時間、綠香蕉鞣酸液濃度

(三) 實驗步驟：

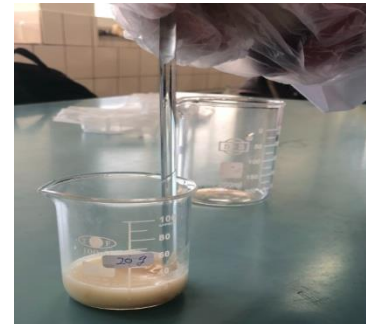
1. 25 g 大豆粉 + 125ml 蒸餾水為大豆蛋白液，取 20ml 大豆蛋白液三個。
2. 取綠香蕉鞣酸液(5ml/10ml/15ml)三種，將(5ml/10ml/15ml)鞣酸液分別倒入步驟 1 的大豆蛋白液中，攪拌 5 下，靜置反應 5 分鐘。
3. 5 分鐘後用將步驟 2 倒入紗網中，再等待 5 分鐘讓鞣酸蛋白和液體分離。
4. 測量固體鞣酸蛋白與濾液重量並觀察濾液顏色。
5. 步驟圖解：



1. 25g 大豆粉加入 125ml 蒸餾水，攪拌成為大豆蛋白液



2. 取 20ml 大豆蛋白液三個、綠香蕉鞣酸液(5ml/10ml/15ml)



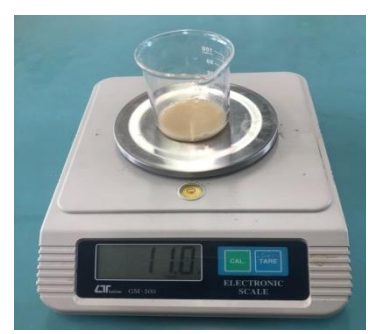
3. 鞣酸液倒入大豆蛋白液中，攪拌 5 下，靜置 5 分鐘



4. 倒入紗網中，再等待 5 分鐘讓鞣酸蛋白和液體分離



5. 測量固體鞣酸蛋白重量



6. 測量濾液重量並觀察濾液顏色

(四) 實驗發現：要產生鞣酸蛋白，所需的大豆蛋白液和鞣酸液是有一定比例的。

八、實驗 5：探討固態蛋白質(豆皮)與綠香蕉鞣酸的反應



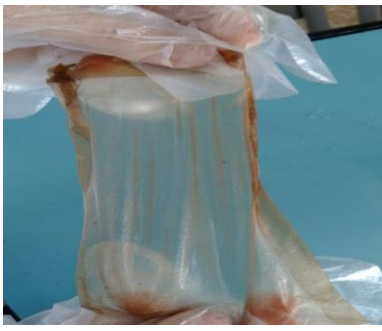
(一) 實驗目的：我們知道鞣酸能與液態蛋白質結合為不溶於水的鞣酸蛋白。那麼鞣酸與固態蛋白質結合又會產生什麼樣的作用？

(二) 實驗變因：

1. 操縱變因：鞣酸液/蒸餾水
2. 控制變因：豆皮的大小、綠香蕉鞣酸液濃度、浸泡時間

(三) 實驗步驟：

1. 豆皮上畫 5cm×7cm 及 15cm×7cm 的長方形，剪下此長方形形狀各 2 張。
2. 5cm×7cm 豆皮泡綠香蕉鞣酸液 10 毫升，15cm×7cm 豆皮泡綠香蕉鞣酸液 20 毫升，對照組泡蒸餾水，浸泡時間為 24 小時。
3. 取出觀察顏色及質地的變化。
4. 步驟圖解：

		
1. 在豆皮上畫出 5cm×7cm 及 15cm×7cm 的長方形	2. 剪下 5cm×7cm 及 15cm×7cm 長方形形狀各 2 張	3. 豆皮分別浸泡綠香蕉鞣酸液 10 及 20 毫升 10 分鐘
		
4. 對照組豆皮浸泡蒸餾水	5. 取出觀察顏色變化	6. 取出觀察質地變化

(四) 實驗發現：浸泡豆皮的綠香蕉鞣酸液，我們以能覆蓋住豆皮面積為主，試驗結果是

5cm×7cm 使用 10 毫升，15cm×7cm 使用 20 毫升就可覆蓋。

九、實驗 6：測量綠香蕉鞣酸豆皮膜的防水能力

(一) 實驗目的：我們知道鞣酸蛋白有防水性，那麼綠香蕉鞣酸豆皮膜是不是也具有防水能力？

(二) 實驗變因：

1. 操縱變因：浸泡鞣酸液的豆皮、浸泡水的豆皮
2. 控制變因：食鹽水溶液濃度、銅片的面積

(三) 實驗步驟：

1. 配置 5% 食鹽水當作電解液，浸泡鞣酸液的豆皮膜(15cm×7cm)包裹銅片。
2. 將包豆皮膜的銅片裝入防水測試工具內，接三用電表記錄電阻
3. 浸泡水的豆皮膜(15cm×7cm)依照上述步驟進行，作為對照組。
4. 步驟圖解：



1. 配置 5% 食鹽水當作電解液



2. 浸泡鞣酸液的豆皮膜包裹銅片



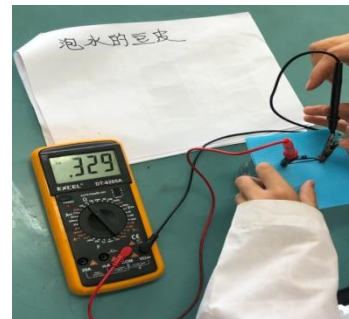
3. 裝入防水測試工具內



4. 連接三用電表記錄電阻數據



5. 浸泡水的豆皮膜包裹銅片



6. 裝入測試工具內，接三用電表記錄電阻

(四) 實驗發現：浸泡鞣酸液的豆皮膜，有阻隔鹽水作用，降低電導率。

十、實驗 7：測量綠香蕉鞣酸豆皮膜的收斂凝聚能力

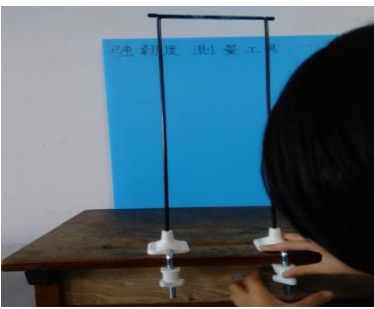

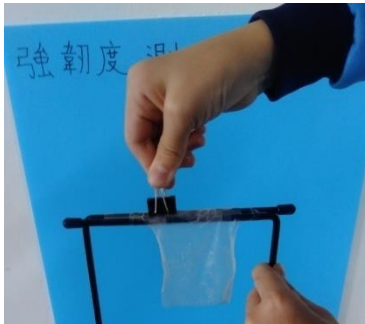

(一) 實驗目的：我們知道鞣酸具有收斂性、凝聚力，能將蛋白質凝聚在一起，那麼豆皮在浸泡鞣酸過後，是不是將豆皮的結構更加凝聚及收斂，強韌度變得更好的綠香蕉鞣酸豆皮膜。

(二) 實驗變因：

1. 操縱變因：浸泡鞣酸液的豆皮、浸泡水的豆皮
2. 控制變因：長尾夾、2 克砝碼

(三) 實驗步驟：

1. 取浸泡鞣酸液的豆皮膜(5cm×7cm)，用 2 個長尾夾夾住強韌度測試工具上。
2. 另一端用 2 個長尾夾夾住，分別陸續掛上 2 克砝碼，直到豆皮膜斷裂為止。
3. 浸泡水的豆皮膜依照上述步驟進行，作為對照組。
4. 步驟圖解：

		
1. 裝置好強韌度測量工具	2. 浸泡鞣酸液豆皮膜用長尾夾夾住強韌度測量工具	3. 分別陸續掛上 2 克砝碼
		
4. 掛上砝碼直到豆皮膜斷裂為止	5. 浸泡水的豆皮膜用 2 個長尾夾夾住強韌度測量工具	6. 掛上 2 克砝碼，直到豆皮膜斷裂為止作為對照

(四) 實驗發現：浸泡鞣酸液的豆皮膜，受外力形變的強韌度比浸泡水的強多了。

十一 實驗 8：測量綠香蕉鞣酸豆皮膜的耐酸腐蝕能力

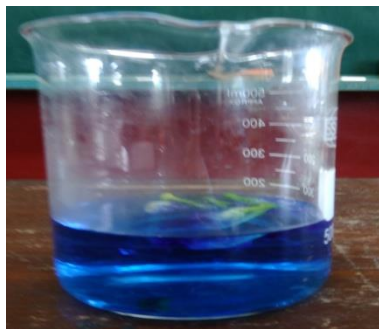
(一) 實驗目的：我們又想知道豆皮在浸泡鞣酸過後，是否也具有耐酸腐蝕的能力。

(二) 實驗變因：

1. 操縱變因：浸泡鞣酸液的豆皮(15cm×7cm)、浸泡水的豆皮(15cm×7cm)
2. 控制變因：蝶豆花液、盒子、鹽酸

(三) 實驗步驟：

1. 取蝶豆花 5 朵浸泡 200 毫升的熱水，此蝶豆花液當作檢測鹽酸的指示劑。
2. 盒子倒 20 毫升蝶豆花液(藍色)，浸泡鞣酸液豆皮(15cm×7cm)封住盒子口。
3. 滴上 20 滴鹽酸，平均分散在豆皮膜上，觀察記錄蝶豆花液變紅色時間。
4. 浸泡水的豆皮膜(15cm×7cm)依照上述步驟進行，作為對照組。
5. 步驟圖解：



1.取蝶豆花 5 朵浸泡 200 毫升的熱水



2. 盒子倒 20 毫升蝶豆花液(藍色)



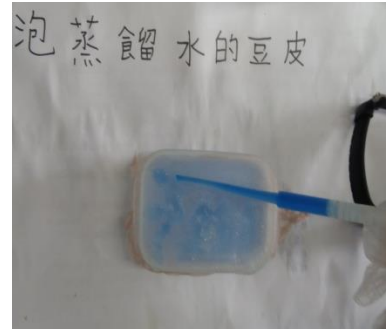
3.浸泡鞣酸液豆皮膜封住盒子口



4.滴上 20 滴鹽酸，平均分散在豆皮膜上



5.觀察記錄蝶豆花液變紫紅色時間



6.浸泡水的豆皮膜照上述步驟進行，作對照組

(四) 實驗發現：我們發現鞣酸豆皮膜過了一天後出現乾裂的問題。

十二

實驗 9：解決乾裂問題的綠香蕉鞣酸豆皮膠膜

(一) 實驗目的：為了解決綠香蕉鞣酸豆皮膜乾裂問題。我們決定將浸泡鞣酸液的豆皮膜噴上一層食用油，稱為綠香蕉鞣酸豆皮膠膜，看看是否改善乾裂狀況。

(二) 實驗變因：

1. 操縱變因：噴上食用油的綠香蕉鞣酸豆皮膠膜
2. 控制變因：綠香蕉鞣酸液濃度、綠香蕉鞣酸液量、豆皮

(三) 實驗步驟：

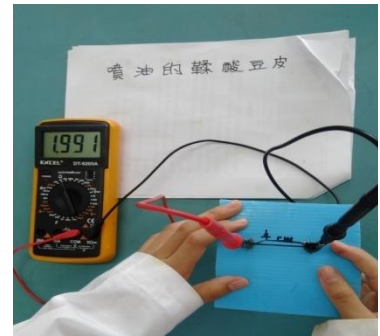
1. 準備食用油，取浸泡鞣酸液的豆皮(15cm×7cm)及 (5cm×7cm)，攤開後分別噴上食用油，為綠香蕉鞣酸豆皮膠膜。
2. 再將綠香蕉鞣酸豆皮膠膜進行防水、強韌度、酸腐蝕測試，並於 5 天後觀察乾裂情況。
3. 步驟圖解：



1. 準備食用油



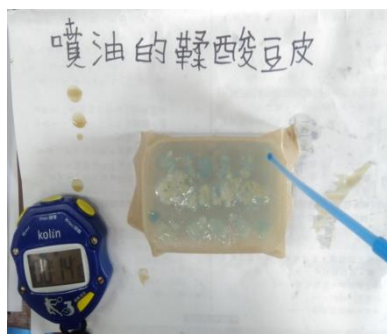
2. 鞣酸豆皮噴上食用油



3. 進行防水能力測試



4. 進行強韌度能力測試



5. 進行酸腐蝕能力測試



6. 觀察 5 天後乾裂情況

十三

實驗 10：應用於生活中的綠香蕉鞣酸豆皮膠膜

(一) 實驗目的：我們將綠香蕉鞣酸豆皮膠膜的防水、耐酸、收斂凝聚等能力，實際應用在飲料封口膜、保鮮膜，還做成食用吸管，達到減塑之目標，邁向綠色優質環境。

(二) 實驗步驟：

1. 將綠香蕉鞣酸豆皮膠膜封住裝水杯子口，1 天後再將杯子傾倒，觀察杯子內的水有沒有漏出，測試可否當作飲料封口膜。
2. 將綠香蕉鞣酸豆皮膠膜封住盒子口再噴染色的白醋，製造酸性水霧環境，觀察盒子內是否保持乾淨，測試可否當作保鮮膜。
3. 綠香蕉鞣酸豆皮膠膜黏在裝有乾燥沙土盒子，1 天後製造下雨情況，觀察沙土是否保持乾燥，測試可否當作防水膜。
4. 綠香蕉鞣酸豆皮膠膜捲在玻棒上，等稍微塑形後取下玻棒，測試可否當作吸管使用。
5. 步驟圖解：



1. 膠膜封住裝藍水的杯子口



2. 觀察杯子內的水有沒有漏出



3. 噴染色的白醋製造酸性環境觀察盒子內是否乾淨



4. 製造滴水情況，觀察沙土是否保持乾燥



5. 綠香蕉鞣酸豆皮膠膜捲在棒子上噴塗食用油





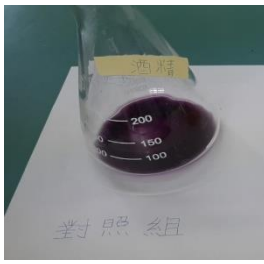
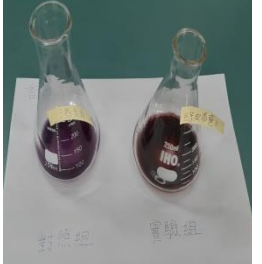

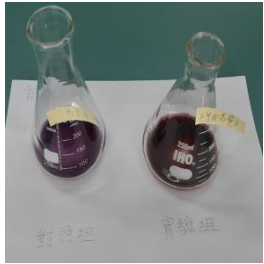


6. 等稍微塑形後取下，測試可否當作吸管

伍、研究結果

一、實驗 1：比較(綠香蕉/柿子/綠芭樂)果皮的鞣酸溶出量

(一) 實驗結果： 表一 (綠香蕉/柿子/綠芭樂)果皮的鞣酸溶出量

種類	蒸餾水(對照組)	綠香蕉	柿子	綠芭樂				
pH 值								
	7.1	6.9	5.7	4.9				
三氯化鐵滴定 (一滴是 0.04 毫 升)								
	一	1	一	14 滴	一	9 滴	一	12 滴
	二	1	二	15 滴	二	8 滴	二	13 滴
	三	1	三	15 滴	三	8 滴	三	11 滴
	平均	1 滴	平均	14.6 滴	平均	8.3 滴	平均	12 滴

(二) 結果分析：

1. 從表一滴定值顯示，綠香蕉、柿子、綠芭樂三種浸泡液，我們發現綠香蕉的鞣酸最多，其次是綠皮芭樂，最少的是柿子。
2. 從表一 pH 值顯示，綠香蕉、柿子、綠芭樂三種浸泡液都呈現酸性都有酸性物質，生活中我們對綠香蕉及綠芭樂的印象是酸澀無比，因此我們可以推論，鞣酸是造成綠香蕉及綠芭樂酸澀無比的主因。

二、實驗 2：不同的 pH 值溶液對綠香蕉鞣酸溶出量的影響

(一) 實驗結果： 表二 不同的 pH 值溶液對綠香蕉鞣酸溶出量的影響

種類	pH 4	pH 5	pH 7	pH 9	pH10.2
10%檸檬酸液	20 滴	2 滴	0 滴	0 滴	0 滴
10%小蘇打液	0 滴	0 滴	0 滴	6 滴	25 滴



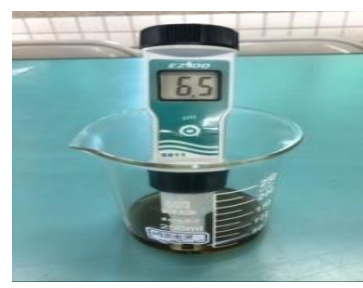
過濾後 綠蕉 鞣酸液 pH 值					
	5.9	6.5	6.9	7.7	5.5
三氯化鐵 滴數(一滴 是 0.04 毫 升)					
	8 滴	10 滴	14 滴	14 滴	21 滴
	9 滴	9 滴	15 滴	14 滴	20 滴
	9 滴	10 滴	15 滴	15 滴	20 滴
	平均	8.6 滴	9.6 滴	14.6 滴	14.3 滴




(二) 結果分析：

從表二顯示， pH10.2 溶液滴定數最多，但我們又發現它過濾後的 pH 值是下降，查詢後知道，pH10.2 溶液下將鞣酸水解了，已經變質為其它的酸性物質。所以我們不採用 pH10.2 溶液。我們採用 pH 7 溶液取出的鞣酸量最多。

三、 實驗 3：在 pH 7 溶液下探討溫度對綠香蕉鞣酸溶出量的影響

(一) 實驗結果： 表三 不同的溫度對綠香蕉鞣酸溶出量的影響

種類	20-30 度	50-60 度	80-90 度
過濾後 綠蕉 鞣酸液 pH 值			
	6.9	6.2	6.5


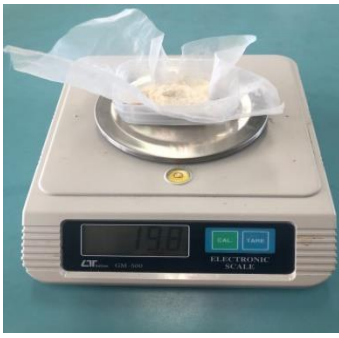

三氯化鐵 滴數(一滴 是 0.04 毫 升)				
	一	15 滴	15 滴	17 滴
	二	15 滴	15 滴	18 滴
	三	14 滴	16 滴	18 滴
	平均	14.6 滴	15.3 滴	17.6 滴

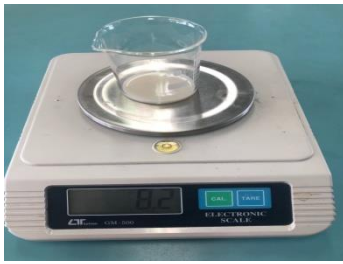

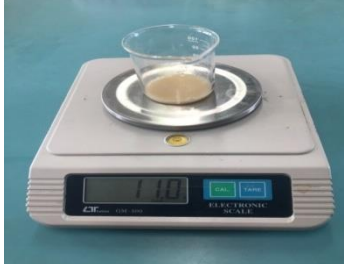
(二) 結果分析：

- (1) 從表三的滴數來看，可以分辨出在 80-90 度溶液下鞣酸取出最多，所以加熱可以增加鞣酸的取出量。
- (2) 從 pH 值來看，加熱後取出鞣酸液測得 pH 值大致維持在 6-7，是正常的鞣酸狀態，並沒有水解變質現象發生。

四、 **實驗 4：探討液態蛋白質(大豆蛋白液)與綠香蕉鞣酸的反應**

(一) 實驗結果： 表四 不同量的綠香蕉鞣酸液與大豆蛋白液的反應

種類	綠香蕉鞣酸液 5ml 大豆蛋白液 20 ml	綠香蕉鞣酸液 10 ml 大豆蛋白液 20 ml	綠香蕉鞣酸液 15 ml 大豆蛋白液 20 ml			
鞣酸蛋 白重量 (g)						
	一	14.6g	一	19.8g	一	20g
	二	14.2g	二	20.2g	二	19.7g
	三	14.8g	三	19.6g	三	20.3g
	平均	14.5g	平均	19.9g	平均	20.0g




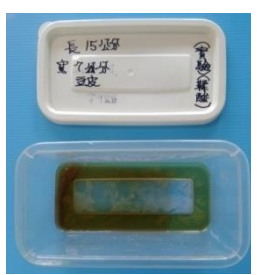
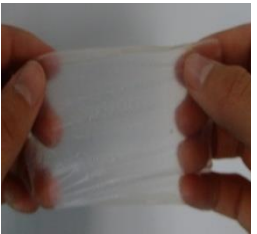



濾液 重量(g)						
	一	8.2g	一	6.2g	一	11.0g
	二	8.5g	二	5.9g	二	11.5g
	三	8.4g	三	6.4g	三	10.8g
	平均	8.4g	平均	6.2g	平均	11.1g
顏色	白色濃稠狀		白色液體		黃色液體	

(二) 結果分析：

- (1) 從表四鞣酸蛋白重量來看，鞣酸液 10ml 及鞣酸液 15ml，與大豆蛋白液 20ml 結合所形成的鞣酸蛋白重量，幾乎都是 20 公克左右，所以我們推論，綠香蕉鞣酸液 10ml 與大豆蛋白液 20ml 是最佳比例，可結合形成鞣酸蛋白約 20g。
- (2) 從表四濾液重量來看，可推論綠香蕉鞣酸液 10ml 與大豆蛋白液 20ml 是最佳比例可充分結合，鞣酸液 15 ml 多出的 5 ml 已經沒有蛋白質可以結合。

五、 **實驗 5：探討固態蛋白質(豆皮)與綠香蕉鞣酸的反應**

(一) 實驗結果： 表五 綠香蕉鞣酸液與豆皮的反應

種類	豆皮膜(浸泡蒸餾水)		豆皮膜(浸泡鞣酸液)	
	7cm×5cm	15cm×7cm	7cm×5cm	15cm×7cm
顏色觀察				
結果	透明白色	透明白色	透明咖啡色	透明咖啡色
質地觀察				
結果	軟軟的不小心就破	軟軟的不小心就破	硬硬的類似塑膠膜	硬硬的類似塑膠膜

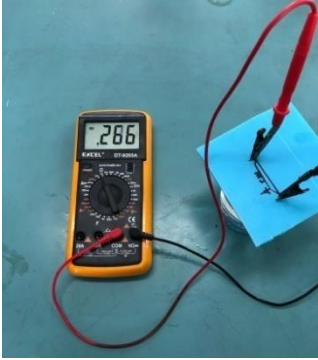


(二) 結果分析：

- (1) 查資料得知，生豆漿加熱到約 70°C時，豆漿表面的水分就會不斷的蒸發，表面蛋白質的凝聚會更加明顯，所以就出現了一層薄膜，稱為豆皮。
- (2) 豆皮浸泡鞣酸液，變得硬硬的，質感有點像塑膠膜，我們推論是因為鞣酸會和蛋白質結合，又因為鞣酸具有收斂凝聚力，使得蛋白質結構變得更強韌。

六、

實驗 6：測量綠香蕉鞣酸豆皮膜的防水能力

(一) 實驗結果： 表六 綠香蕉鞣酸豆皮膜的防水能力

種類		沒有豆皮膜	豆皮膜(浸泡蒸餾水)	豆皮膜(浸泡鞣酸液)
防水測試圖				
電阻數據	一	0.266k Ω	0.329k Ω	1.993k Ω
	二	0.257k Ω	0.337k Ω	1.991k Ω
	三	0.267k Ω	0.334k Ω	1.993k Ω
	平均	0.263k Ω	0.333k Ω	1.992k Ω

(二) 結果分析：

- (1) 從實驗數據可以知道，浸泡蒸餾水的豆皮膜，經過測試工具測出的電阻平均是 0.333；浸泡鞣酸的豆皮膜，經過測試工具測出的電阻平均是 1.992，所以明顯可以看出，浸泡鞣酸的豆皮膜有阻絕效果阻止鹽水通過，具有防水能力。
- (2) 電導率是電阻的倒數，所以沒有豆皮膜的電導率為 $1/0.263=3.8$ ，浸泡蒸餾水豆皮膜的電導率為 $1/0.333=3$ ，浸泡鞣酸液豆皮膜的電導率為 $1/1.992=0.5$ 。所以我們可以得知，浸泡鞣酸液豆皮膜電導率最低，有阻絕效果，能有效的阻擋水通過。

七、實驗 7：測量綠香蕉鞣酸豆皮膜的收斂凝聚能力

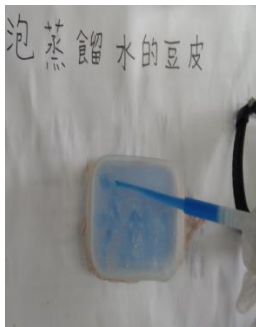
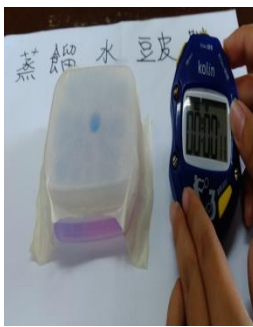
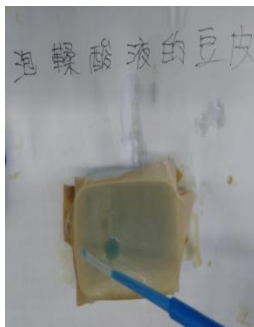

(一) 實驗結果： 表七 綠香蕉鞣酸豆皮膜的收斂凝聚能力

種類		豆皮膜(浸泡蒸餾水)	豆皮膜(浸泡鞣酸液)
懸掛砝碼數	一	28 個	480 個
	二	26 個	481 個
	三	28 個	480 個
	平均	27.3 個	480.3 個
夾子重		7.3g	7.3g
總重		$2 \times 27.3 + 7.3 = 61.9g$	$2 \times 480.3 + 7.3 = 967.9 g$

(二) 結果分析：浸泡鞣酸液豆皮的強韌度是 967.9 公克，浸泡蒸餾水豆皮的強韌度是 61.9 公克，所以浸泡鞣酸液豆皮的強韌度是浸泡蒸餾水豆皮的強韌度的 15 倍之多。

八、實驗 8：測量綠香蕉鞣酸豆皮膜的耐酸腐蝕能力

(一) 實驗結果： 表八 綠香蕉鞣酸豆皮膜的耐酸腐蝕能力

種類	豆皮膜(浸泡蒸餾水)		豆皮膜(浸泡鞣酸液)		
	剛滴鹽酸	鹽酸從中間滴入	剛滴鹽酸	鹽酸慢慢滲入	
鹽酸滴後情況圖					
	蝶豆花	一	10 秒	一	19 時 54 分 38 秒 = 71678 秒
	變紫紅	二	12 秒	二	20 時 02 分 05 秒 = 72125 秒
	色時間	三	11 秒	三	19 時 58 分 32 秒 = 71912 秒
	平均	11 秒	平均	71905 秒	

(二) 結果分析：

- (1) 我們以蝶豆花中花青素當作酸鹼指示劑，在酸性的時候是紫紅色。浸泡蒸餾水豆皮膜，因為水破壞蛋白質之間的凝聚，使其豆皮結構變得鬆散，滴 20 滴鹽酸後，11 秒後鹽酸已經腐蝕豆皮並滴入蝶豆花液中，蝶豆花液變為紫紅色。
- (2) 浸泡鞣酸液豆皮膜，因鞣酸使得豆皮結構變得更強韌，71905 秒後，鹽酸才滲入蝶豆花液變為紫紅色。所以鞣酸豆皮膜忍耐酸腐蝕能力是泡水的 6537 倍。

九 實驗 9：解決乾裂問題的綠香蕉鞣酸豆皮膠膜

(一) 實驗結果： 表九 綠香蕉鞣酸豆皮膠膜的防水、強韌性、耐酸腐蝕能力

種類		防水能力	強韌度	耐酸腐蝕能力	5 天後乾裂情況
豆皮膠膜	鞣酸豆皮膜噴油				
	結 一	1.991kΩ	481 個	73851 秒	泡鞣酸液豆皮膜噴食用油，5 天後完好而且有彈性
	二	1.991kΩ	480 個	73048 秒	
	三	1.993kΩ	480 個	73502 秒	
	平均	1.991kΩ	$2 \times 480.3 + 7.3 = 967.9 \text{ g}$	73467 秒	
豆皮膜	浸泡鞣酸液				
	結 一	1.993kΩ	480 個	71678 秒	泡鞣酸液豆皮膜，5 天後已經乾裂
	二	1.991kΩ	480 個	72125 秒	
	三	1.993kΩ	481 個	71912 秒	
	平均	1.992kΩ	$2 \times 480.3 + 7.3 = 967.9 \text{ g}$	71905 秒	

(二) 結果分析：





- (1) 從乾裂情況來看，塗抹食用油的豆皮膠膜確實改善浸泡鞣酸液豆皮膜乾裂問

題，不只如此，噴上食用油的豆皮膠膜還具有彈性。

- (2) 由表九得知，噴上食用油的豆皮膠膜，在防水能力、強韌度、耐酸腐蝕，都和浸泡鞣酸液豆皮膜差不多。更重要的是噴上食用油的豆皮膠膜改善乾裂問題，所以不會裂開。

十、實驗 10：應用於生活中的綠香蕉鞣酸豆皮膠膜

(一) 實驗結果： 表十 綠香蕉鞣酸豆皮膠膜應用於生活中

種類	封口膜	保鮮膜	防水膜	食用吸管
測試結果圖				
結果	杯子內的水並沒有漏出來	在酸性水霧環境中 盒子內是乾淨的	下方砂土保持乾燥 狀態	豆皮膠膜吸管可以 使用

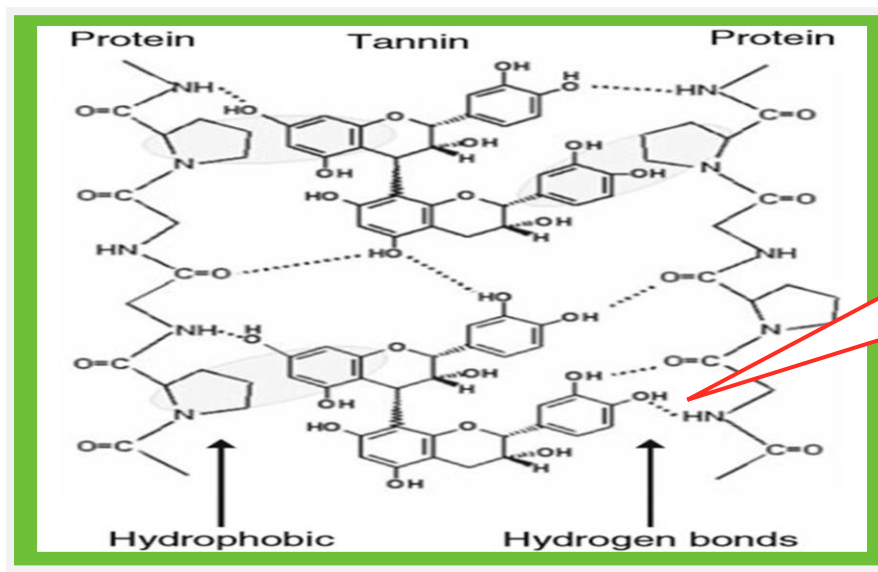
- (二) 結果分析：從表十知道，封口膜能避免杯內水漏出，達到的封口膜的效果；保鮮膜能避免酸水及氣味進入，達到保鮮效果；防水膜能避免水透過，達到的防水效果；食用吸管能替代塑膠吸管，所以綠香蕉鞣酸豆皮膠膜的產品，都是天然無毒無害能應用於生活中的綠色優質產品，達到環保減塑的效果。

陸、討論

- 一、鞣酸主要存在於尚未熟透的水果外皮，查資料後我們發現綠香蕉、柿子、綠芭樂這三種未熟時的果皮鞣酸含量最多，所以被我們當作實驗的主要對象。實驗結果得知，綠香蕉皮所含的鞣酸最多。
- 二、三氯化鐵滴定終點是指，滴入的三氯化鐵會先和鞣酸結合，三氯化鐵和鞣酸結合完畢後，再滴入的三氯化鐵就和指示劑結合而呈現永久變色(紫紅色)，為達到滴定終點。

三、不同 pH 溶液取出的綠香蕉鞣酸量，pH10.2 溶液下將鞣酸水解變質，所以我們採用 pH 7 溶液。而且在 80-90 度溶液下加熱維持 30 分鞣酸取出最多，加熱狀態下鞣酸較易被取出。

四、鞣酸蛋白是指鞣酸遇到液態蛋白質凝固產生沉澱，鞣酸蛋白不溶於水且具有黏性，這跟鞣酸的收斂凝聚力有關。蕉鞣豆皮膜是指鞣酸遇到固態蛋白質，豆皮的結構是小分子的蛋白質聚合在一起形成的，浸泡鞣酸後蛋白質被鞣酸鍵結拉得更緊密，形成質地類似塑膠的蕉鞣豆皮膜，如下圖：<取自：The role of condensed tannins in ruminant animal production: advances, limitations and future directions>



蕉鞣豆皮膜是指鞣酸與蛋白質之間產生的鍵結，使得彼此之間強韌度增加

五、防水測試工具是模擬課本的原理設計，以銅片為電極，5%食鹽水為電解液，如果三用電表測出的電阻值高表示電導率低，意即是綠香蕉鞣酸豆皮膜能阻絕食鹽水達到防水功能。實驗結果顯示鞣酸豆皮膜電阻為 1.991，泡水豆皮膜電阻為 0.333，與推論相符。

六、強韌度測試工具是模擬彈簧秤受外力形變的原理設計，主要測試鞣酸對豆皮的收斂凝聚力，實驗結果顯示蕉鞣豆皮膜的強韌度為泡水豆皮膜的 15 倍，表示鞣酸的收斂凝聚力確實增強豆皮結構使得強韌度增加。

七、耐酸腐蝕測試工具利用蝶豆花液作為酸鹼指示劑，測試浸泡鞣酸的豆皮膜忍耐酸腐蝕能力。蝶豆花液的變色結果顯示鞣酸豆皮膜，變色時間平均是 71905 秒。所以鞣酸豆皮膜忍耐酸腐蝕能力是泡水豆皮膜的 6537 倍之多。

八、我們發現綠香蕉鞣酸豆皮膜放置久了會有乾裂問題，於是我們將豆皮膜塗上一層食用油，而成為綠香蕉鞣酸豆皮膠膜，看看是否改善乾裂問題，實驗結果顯示如下：

種類	防水能力	強韌度	耐酸腐蝕能力	5 天後乾裂情況
豆皮(泡水)	0.333kΩ	61.9g	11 秒變紫紅色	捲曲、乾裂
豆皮膜(泡鞣酸液)	1.992kΩ	967.9g	71905 秒變紫紅色	旁邊乾裂
豆皮膠膜(塗食用油)	1.991kΩ	967.9g	73467 秒變紫紅色	幾乎完好有彈性

綠香蕉鞣酸豆皮膠膜的防水能力、強韌度、耐酸腐蝕能力，都和浸泡鞣酸液的豆皮膜差不多，更重要的是綠香蕉鞣酸豆皮膠膜改善鞣酸豆皮膜的乾裂問題。

柒、結論

經由研究後我們證實，綠香蕉皮用 pH7 溶液浸泡並加熱 80-90 度 維持 30 分鐘後，取出鞣酸含量最多，綠香蕉鞣酸液對蛋白質具有收斂凝聚能力，10 ml 綠香蕉鞣酸液與 20 ml 液態蛋白質(大豆蛋白液)能緊密結合形成 20g 鞣酸蛋白，鞣酸蛋白不溶於水。另外，綠香蕉鞣酸液的收斂凝聚能力，與固態蛋白質(豆皮)緊密結合形成類似塑膠質地的蕉鞣豆皮膠膜，它具有防水功能、強韌度佳，也能忍耐酸的腐蝕。最後，我們利用綠香蕉鞣酸豆皮膠膜，應用並取代市面上用化學合成的飲料封口膜、保鮮膜等，還可以做成食用吸管，它是天然無毒無害，對地球及人類不會造成任何危害，實際使用在生活中達到減塑目標，真的發揮其功能，是值得我們推廣的綠色優質產品。

捌、參考資料及其他

- 一、自然與生活科技五上，康軒出版社，2019。
- 二、自然與生活科技五下，康軒出版社，2019。
- 三、自然與生活科技六下，翰林出版社，2019。
- 四、蘇瓦茲，蘇老師化學黑白講，遠見天下文化出版股份有限公司，2013。
- 五、The life and times of a tannin molecule： <https://winesociety.stanford.edu/life-and-times-tannin-molecule>
- 六、水果單寧鞣酸/鞣酸： <https://iscope.com.tw/2019/04/23>
- 七、電導率：維基百科
- 八、水楊酸鹽/A：醫學百科
- 九、蝶豆花之戀－化學課秒變飲品製作課程： <https://kknews.cc/zh-tw/food/r8xozvx.html>

【評語】 080209

本作品主要在探討綠香蕉鞣酸與蛋白質的作用，並以此為基礎自製可以取代塑膠的蕉鞣豆皮膠膜，主題創新且具環保實用價值，研究中利用自製簡易量測工具，設計量測基準，檢視鞣酸萃取結果以及膠膜的物理性質，進行量測時有考慮空白對照組，且同一實驗條件都有多組重複數據加強數值可信度，並善加運用課堂所學進行研究，值得讚賞。如可進一步探討蕉鞣豆皮膠膜在大自然中降解情況，將會更具吸引力。

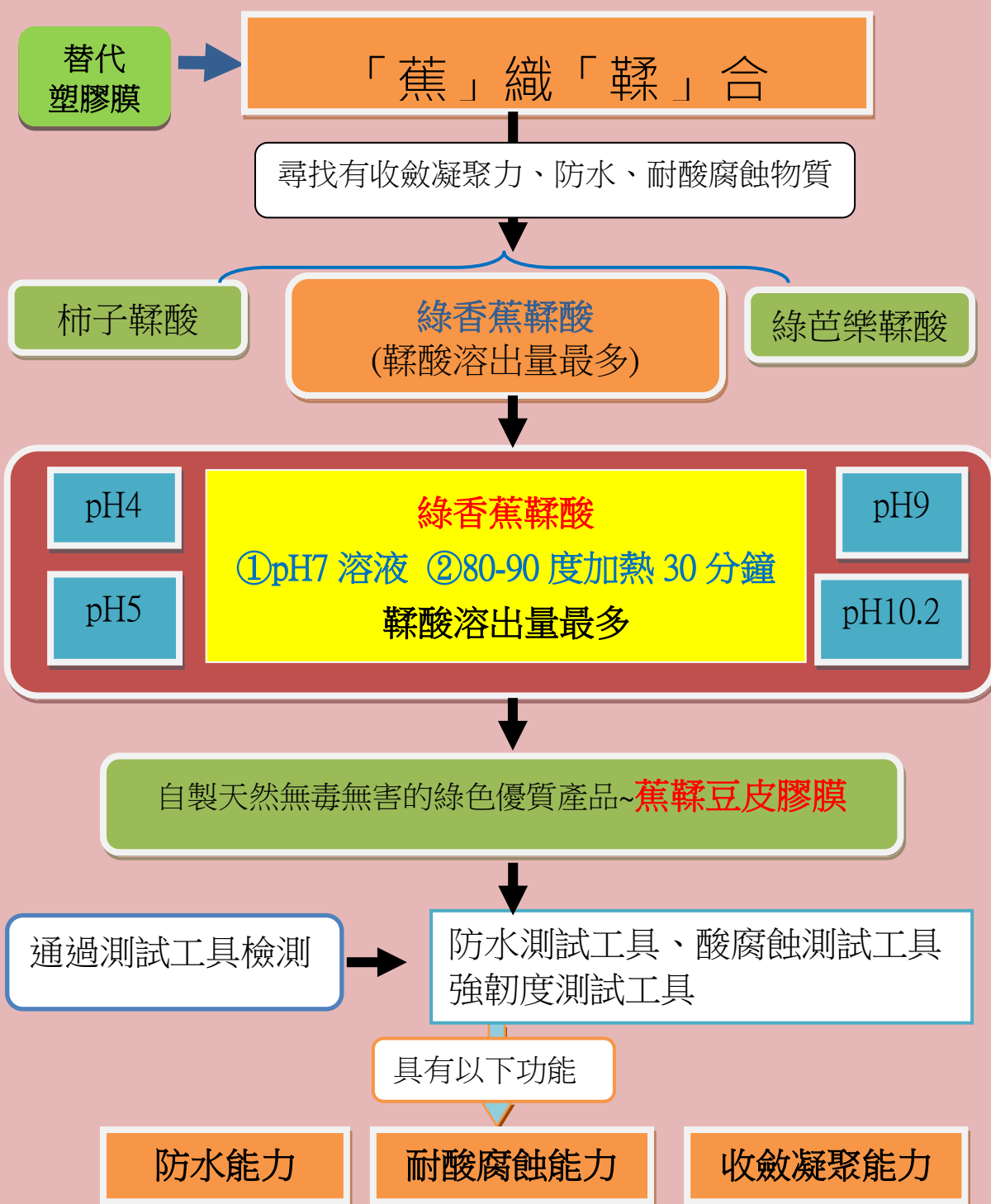
壹、研究動機

我們學校剛好在老街旁邊，每逢星期一早上，就是我們最辛苦的時候，因為整個圍牆都是遊客丟進來的塑膠袋、黏著封口膜、吸管的飲料杯等，不只如此，一遇到下雨天，學校內還會有輕便雨衣飛舞。上自然課時，老師剛好講到人類對環境危害 <自然與生活科技康軒版四上第四單元交通工具與能源>，我也順便提到吸管、飲料杯封口膜的困擾。雖然這些化學合成的物質非常便利，但同時也破壞了環境。六年級的自然課本 <自然與生活科技康軒版六下第四單元生物與環境>，也提到永續經營環境及珍惜自然資源，於是我跟同學還有老師，決定找出天然物質，希望這物質既可以達到防水、耐酸腐蝕，又有強韌性，除了取代飲料封口膜、保鮮膜，還可以做成食用吸管，不會破壞地球浪費資源，達到環保減塑的效果。

貳、研究目的

- 一、取得合宜的鞣酸。
- 二、證明鞣酸蛋白具備防水能力、耐酸腐蝕能力、收斂凝聚能力。
- 三、將鞣酸蛋白應用於生活中。

參、研究架構



伍、研究過程及方法

一、如何取得合宜的鞣酸

實驗 1：比較(綠香蕉/柿子/綠芭樂)果皮鞣酸溶出量

1. **實驗目的**：從資料中找到三種鞣酸含量多的物質，分別是綠香蕉、柿子、綠芭樂，將它們浸泡蒸餾水後，看看是否溶出鞣酸。
2. **實驗結果**：表一 (綠香蕉/柿子/綠芭樂)果皮鞣酸溶出量

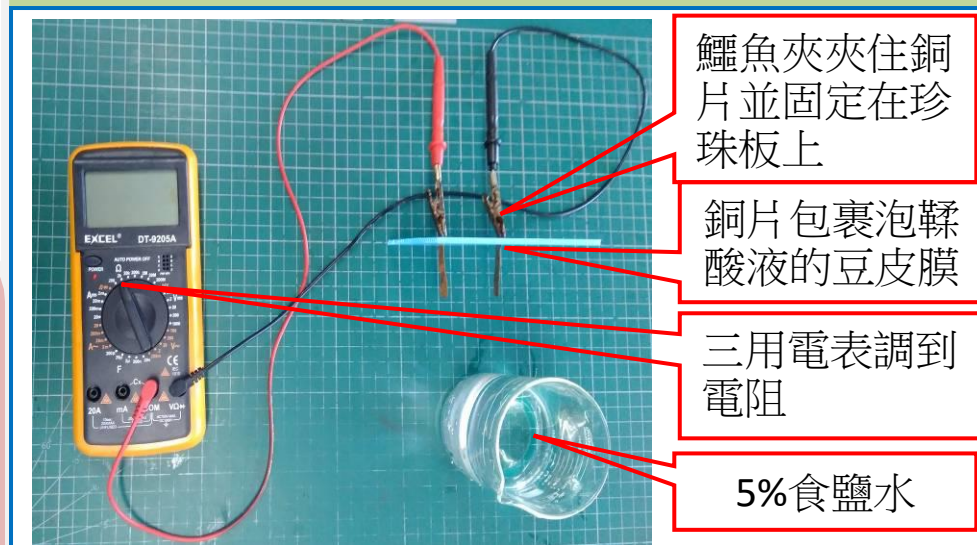
種類	酒精(對照組)	綠香蕉	柿子	綠芭樂
pH 值	7.1(中性)	6.9(酸性)	5.7(酸性)	4.9(酸性)
三氯化鐵滴定 (1 滴 = 0.04ml)				
結果	1 滴	14.6 滴	8.3 滴	12 滴

3. 分析與討論：

- (1) 綠香蕉、柿子、綠芭樂三種浸泡液，我們發現綠香蕉的鞣酸最多，其次是綠皮芭樂，最少的是柿子。
- (2) 綠香蕉、柿子、綠芭樂三種浸泡液都呈現酸性都有酸性物質，生活中我們對綠香蕉及綠芭樂的印象是酸澀無比，因此我們可以推論，鞣酸是造成綠香蕉及綠芭樂酸澀無比的主因。

肆、研究設備

防水測試工具



酸腐蝕測試工具




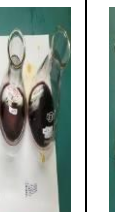



強韌度測試工具



實驗 2：不同的 pH 值溶液對綠香蕉鞣酸溶出量的影響

1. **實驗目的**：實驗 1 知道綠香蕉鞣酸含量是三種果皮中最多的，我們又想知道不同 pH 值溶液來取，是否會增加綠香蕉鞣酸的取出量。
2. **實驗結果**：表二不同 pH 值溶液對綠香蕉鞣酸溶出量的影響

種類	pH 4	pH 5	pH 7	pH 9	pH10.2
檸檬酸液	20 滴	2 滴	0 滴	0 滴	0 滴
小蘇打液	0 滴	0 滴	0 滴	6 滴	25 滴
過濾後 pH 值	5.9	6.5	6.9	7.7	5.5
三氯化鐵滴定 (1 滴 = 0.04m)					
結果	8.6 滴	9.6 滴	14.6 滴	14.3 滴	20.3 滴







3. 分析與討論：

從表二顯示，pH10.2 溶液滴定數最多，但我們又發現它過濾後的 pH 值是 5.5，查詢後知道，pH10.2 溶液下將鞣酸水解了，已經變質為其它的酸性物質。所以我們不採用 pH10.2 溶液。我們採用 pH 7 溶液取出的鞣酸量最多。

實驗 3：在 pH 7 溶液下探討溫度對綠香蕉鞣酸溶出量的影響

1. **實驗目的**：在 pH 7 溶液下可以溶出較多鞣酸，我們又想要用加熱不同溫度的 pH7 溶液，是否會增加綠香蕉鞣酸的取出量。

2. **實驗結果**：表三 不同溫度對綠香蕉鞣酸溶出量的影響

種類	20-30 度	50-60 度	80-90 度
測量酸鹼值			
pH 值	6.9	6.2	6.5
三氯化鐵滴數(一滴是 0.04 毫升)			
平均	14.6 滴	15.3 滴	17.6 滴

3. **分析與討論**：




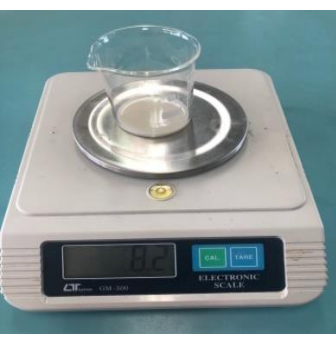
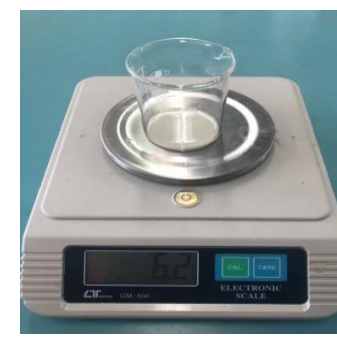
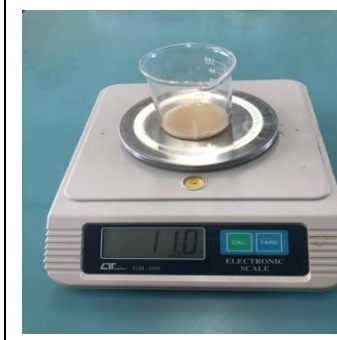
(1) 從表三的滴數來看，可以分辨出在溫度 80-90 度溶液下加熱維持 30 分鐘鞣酸取出最多，所以加熱可以增加鞣酸的取出量。

(2) 從 pH 值來看，加熱後取出鞣酸液測得 pH 值大致維持在 6-7，是正常的鞣酸狀態，並沒有水解變質現象發生。

實驗 4：探討液態蛋白質(大豆蛋白液)與綠香蕉鞣酸的反應

1. **實驗目的**：從資料中我們知道，鞣酸是一種收斂劑，能沉澱、凝固蛋白質，結合為不溶於水的鞣酸蛋白。我們想了解鞣酸蛋白產生的過程，於是進行本實驗。

2. **實驗結果**：表四 不同量的綠香蕉鞣酸液與大豆蛋白液的反應

種類	綠香蕉鞣酸液 5ml 大豆蛋白液 20 ml	綠香蕉鞣酸液 10 ml 大豆蛋白液 20 ml	綠香蕉鞣酸液 15 ml 大豆蛋白液 20 ml
鞣酸蛋白重量 (g)			
結果	14.5g	19.9g	20.0g
濾液重量 (g)			
結果	8.4g	6.2g	11.1g
顏色	白色濃稠狀	白色液體	黃色液體

3. **分析與討論**：


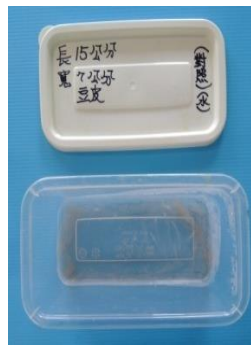

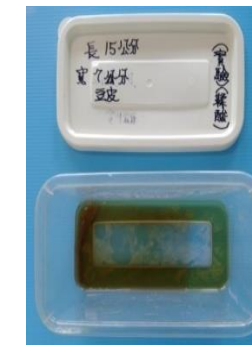




(1) 從表四鞣酸蛋白重量來看，鞣酸液 10ml 及鞣酸液 15ml，與大豆蛋白液 20ml 結合所形成的鞣酸蛋白重量，幾乎都是 20 公克左右，所以我們推論，綠香蕉鞣酸液 10ml 與大豆蛋白液 20ml 是最佳比例，可結合形成鞣酸蛋白約 20g。

(2) 從表四濾液重量來看，可推論綠香蕉鞣酸液 10ml 與大豆蛋白液 20ml 是最佳比例可充分結合，鞣酸液 15 ml 多出的 5 ml 已經沒有蛋白質可以結合。

實驗 5：探討固態蛋白質(豆皮)與綠香蕉鞣酸的反應

1. **實驗目的**：我們知道鞣酸能與液態蛋白質可結合為不溶於水的鞣酸蛋白。那麼鞣酸與固態蛋白質結合又會產生什麼樣的作用？

2. **實驗結果**：表五 綠香蕉鞣酸液與豆皮的反應

種類	豆皮膜(浸泡蒸餾水)		豆皮膜(浸泡鞣酸液)	
	5cmx7cm	15cmx7cm	5cmx7cm	15cmx7cm
面積	5cmx7cm	15cmx7cm	5cmx7cm	15cmx7cm
顏色觀察				
結果	透明白色	透明白色	透明咖啡色	透明咖啡色
質地觀察				
結果	軟軟的不小心就破	軟軟的不小心就破	硬硬的類似塑膠膜	硬硬的類似塑膠膜

3. **分析與討論**：

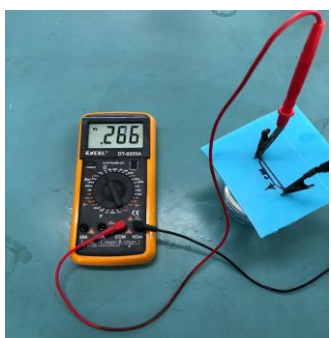
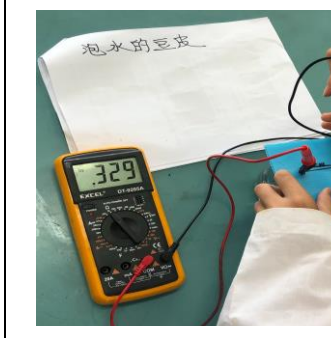
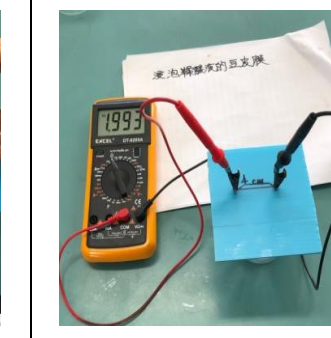
(1) 查資料得知，生豆漿加熱到約 70°C 時，豆漿表面的水分就會不斷的蒸發，表面蛋白質的凝聚會更加明顯，所以就出現了一層薄膜，稱為豆皮。

(2) 豆皮浸泡鞣酸液，變得硬硬的，質感有點像塑膠膜，我們推論是因為鞣酸會和蛋白質結合，又因為鞣酸具有收斂凝聚力，使得蛋白質結構變得更強韌。

二、鞣酸豆皮的能力 實驗 6：測量綠香蕉鞣酸豆皮膜的防水能力

1. **實驗目的**：我們知道鞣酸蛋白有防水性，那麼綠香蕉鞣酸豆皮膜是不是也具有防水能力？

2. **實驗結果**：表六 綠香蕉鞣酸豆皮膜的防水能力

種類	沒有豆皮膜	豆皮膜(浸泡蒸餾水)	豆皮膜(浸泡鞣酸液)
防水測試圖			
平均	0.263 kΩ	0.333 kΩ	1.992 kΩ

3. **分析與討論**：

(1) 浸泡蒸餾水的豆皮膜，經過測試工具測出的電阻平均是 0.333；浸泡鞣酸的豆皮膜，經過測試工具測出的電阻平均是 1.992，所以浸泡鞣酸的豆皮膜有阻絕鹽水具有防水能力。

(2) 電導率是電阻的倒數，沒有豆皮膜的電導率為 $1/0.263 = 3.8$ ，浸泡蒸餾水為 $1/0.333 = 3$ ，浸泡鞣酸液為 $1/1.992 = 0.5$ 。所以，浸泡鞣酸液豆皮膜電導率最低，有阻絕效果，能有效的阻擋水通過。

實驗 7：測量綠香蕉鞣酸豆皮膜的收斂凝聚能力

1. **實驗目的**：我們知道鞣酸具有收斂性、凝聚力，能將蛋白質凝聚在一起，那麼豆皮在浸泡鞣酸過後，是不是將豆皮的結構更加凝聚及收斂，強韌度變得更好的綠香蕉鞣酸豆皮膜。

2. **實驗結果**：表七 綠香蕉鞣酸豆皮膜的收斂凝聚能力

種類	豆皮膜(浸泡蒸餾水)	豆皮膜(浸泡鞣酸液)
懸掛砝碼圖		
結果	61.9g	967.9g


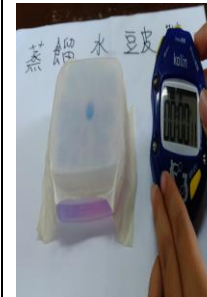


3. **分析與討論**：

(1) 浸泡鞣酸液豆皮的強韌度是 967.9 公克，浸泡蒸餾水豆皮的強韌度是 61.9 公克，浸泡鞣酸液豆皮的強韌度是浸泡蒸餾水豆皮的強韌度的 15 倍之多。

(2) 所以浸泡鞣酸液豆皮的強韌度比浸泡蒸餾水豆皮的強許多。

實驗 8：測量綠香蕉鞣酸豆皮膜的耐酸腐蝕能力

- 實驗目的**：我們又想知道豆皮在浸泡鞣酸過後，是否也具有耐酸腐蝕的能力。
- 實驗結果**：表八 綠香蕉鞣酸豆皮膜的耐酸腐蝕能力

種類	豆皮膜(浸泡蒸餾水)		豆皮膜(浸泡鞣酸液)	
	剛滴鹽酸	鹽酸滴入	剛滴鹽酸	鹽酸慢慢滲入
鹽酸滴後情況圖				
結果	11 秒變紫紅色		71905 秒變紫紅色	

- 分析與討論**：
 - 我們以蝶豆花液當作酸鹼指示劑，在酸性的時候是紫紅色。浸泡蒸餾水豆皮膜，因為水破壞蛋白質之間的凝聚，使其豆皮結構變得鬆散，滴 20 滴鹽酸後，11 秒後鹽酸已經腐蝕豆皮並滴入蝶豆花液中，藍色變紫紅色。
 - 浸泡鞣酸液豆皮膜，因鞣酸使得豆皮結構變得更強韌，71905 秒後，鹽酸才滲入蝶豆花液變為紫紅色。所以鞣酸豆皮膜耐酸腐蝕能力是泡水的 6537 倍。

三、鞣酸豆皮膠膜的應用

實驗 9：噴上食用油的綠香蕉鞣酸豆皮膠膜

- 實驗目的**：為了解決綠香蕉鞣酸豆皮膜乾裂問題。我們決定將浸泡鞣酸液的豆皮膜噴上一層食用油，稱為綠香蕉鞣酸豆皮膠膜，看看是否改善乾裂狀況。
- 實驗結果**：表九 綠香蕉鞣酸豆皮膠膜的防水、強韌性、耐酸腐蝕能力

種類	防水能力	強韌度	耐酸腐蝕能力		
噴油鞣酸豆皮膜					
結果	1.991 kΩ	967.9 g	73467 秒變紫紅色		
泡鞣酸液豆皮膜					
結果	1.992 kΩ	967.9 g	71905 秒變紫紅色		
5 天後乾裂情況	鞣酸豆皮膜		噴油的鞣酸豆皮膜		
					
結果	已經乾裂		完好且有彈性		
功能比較表	種類	防水	強韌度	耐酸腐蝕	5 天乾裂情況
	豆皮(泡水)	0.333	61.9g	11 秒	捲曲、乾裂
	豆皮膜(泡鞣酸液)	1.992	967.9g	71905 秒	乾裂
	豆皮膠膜(食用油)	1.991	967.9g	73467 秒	完好有彈性



- 分析與討論**：
 - 乾裂情況來看，塗食用油的豆皮膠膜確實改善浸泡鞣酸液豆皮膜乾裂問題，不只如此，噴上食用油的豆皮膠膜還具有彈性。
 - 噴上食用油的豆皮膠膜，在防水能力、強韌度、耐酸腐蝕，都和浸泡鞣酸液豆皮膜差不多。更重要的是噴上食用油的豆皮膠膜改善乾裂問題，所以不會裂開。

柒、結論

經由研究我們證實，綠香蕉皮用 pH7 溶液浸泡並加熱 80-90 度 維持 30 分鐘，取出鞣酸含量最多，綠香蕉鞣酸液對蛋白質具有收斂凝聚能力，1 ml 綠香蕉鞣酸液與 2 ml 液態蛋白質能緊密結合形成 2g 鞣酸蛋白，鞣酸蛋白不溶於水。另外，綠香蕉鞣酸液的收斂凝聚能力，能與固態蛋白質(豆皮)緊密結合形成類似塑膠質地

實驗 10：應用於生活中的綠香蕉鞣酸豆皮膠膜

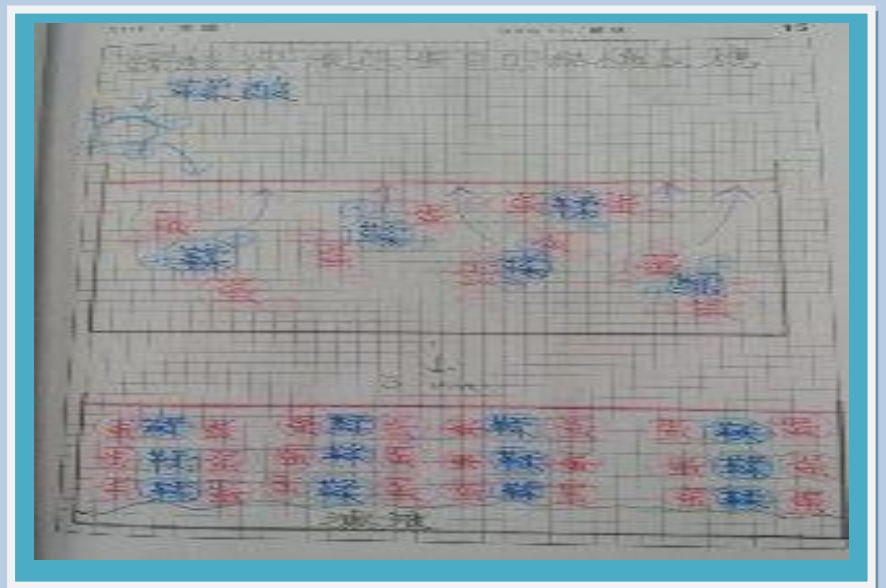
- 實驗目的**：我們將綠香蕉鞣酸豆皮膠膜的防水、耐酸、收斂凝聚能力，實際應用在飲料封口膜、保鮮膜，還做成食用吸管，讓其達到減塑之目標，邁向綠色優質環境。
- 實驗結果**：表十 綠香蕉鞣酸豆皮膠膜應用於生活中

種類	封口膜	保鮮膜	防水膜	食用吸管
測試結果圖				
結果	杯子內的水並沒有漏出	在酸性水霧環境中盒子	下方砂土保持乾燥狀態	豆皮膠膜吸管可以使用

- 分析與討論**：從表十知道，封口膜能避免杯內水漏出，達到的封口膜的效果；保鮮膜能避免酸水及氣味進入，達到保鮮效果；防水膜能避免水透過，達到的防水效果；食用吸管能替代塑膠吸管，所以綠香蕉鞣酸豆皮膠膜的產品，都是天然無毒無害能應用於生活中的綠色優質產品。

陸、討論

- 鞣酸主要存在於尚未熟透的水果外皮，吃起來口感越生澀，綠香蕉、柿子、綠芭樂這三種是常見尚未熟透的水果，所以被我們當作實驗的主要對象。實驗結果得知，綠香蕉皮鞣酸取出量最多。
- 三氯化鐵滴定終點是指以磺基水楊酸當指示劑，滴入的三氯化鐵會先和鞣酸結合，三氯化鐵和鞣酸結合完畢後，再滴入的三氯化鐵就和指示劑結合而呈現永久變色(紫紅色)，以此為達到滴定終點。
- 不同 pH 溶液取出的綠蕉鞣酸量，pH10.2 溶液下將鞣酸水解變質，所以我們採用 pH 7 溶液。而且在 80-90 度溶液下加熱維持 30 分鐘鞣酸取出最多，加熱狀態下鞣酸較易被取出。
- 鞣酸蛋白是指鞣酸遇到液態蛋白質凝固產生沉澱，鞣酸蛋白不溶於水且具有黏性，這跟鞣酸的收斂凝聚能力有關。蕉鞣豆皮膜是指鞣酸遇到固態蛋白質，豆皮的結構是小分子的蛋白質聚合在一起形成的，浸泡鞣酸後蛋白質被鞣酸鍵結拉得更緊密，形成質地類似塑膠的蕉鞣豆皮膜。如下圖：
-



鞣酸蛋白簡易化學結構圖

- 防水測試工具以銅片為電極，5%時鹽水為電解液，如果三用電表測出的電阻值高表示電導率低，意即是綠香蕉鞣酸豆皮膜能阻絕食鹽水達到防水功能。
- 強韌度測試工具是模擬彈簧秤受外力形變的原理設計，主要測試鞣酸對豆皮的收斂凝聚能力，實驗結果顯示蕉鞣豆皮膜的強韌度為泡水豆皮膜的 15 倍，表示鞣酸的收斂凝聚能力確實增強豆皮結構使得強韌度增加。
- 耐酸腐蝕測試工具利用蝶豆花液作為酸鹼指示劑，測試浸泡鞣酸的豆皮膜耐酸腐蝕能力。蝶豆花液的變色結果顯示鞣酸豆皮膜，變色時間平均是 71905 秒。所以鞣酸豆皮膜耐酸腐蝕能力是泡水豆皮膜的 6537 倍之多。
- 我們發現綠香蕉鞣酸豆皮膜放置久了會有乾裂問題，導致鹽酸隨裂縫滲入問題，於是我們將豆皮膜塗上一層食用油，而成為蕉鞣豆皮膠膜。最後，蕉鞣豆皮膠膜的防水能力、強韌度，都和浸泡鞣酸液的豆皮膜差不多，更重要的是蕉鞣豆皮膠膜有改善鞣酸豆皮膜的乾裂問題。

的蕉鞣豆皮膠膜，它具有防水功能、強韌度佳，也能耐酸的腐蝕。最後，我們利用綠香蕉鞣酸豆皮膠膜，取代用化學合成的飲料封口膜、保鮮膜等，還可以做成食用吸管，它是天然無毒無害，對地球及人類不會造成任何危害，實際使用在生活中達到減塑目標，是值得我們推廣的綠色優質產品。