

中華民國第四十八屆中小學科學展覽會
作品說明書

國小組 自然科

081543

揭開柳丁種子黏膜的祕密

學校名稱：桃園縣桃園市中埔國民小學

<p>作者：</p> <p>小六 陳政文</p> <p>小六 趙薇婷</p> <p>小六 許百琳</p> <p>小六 陳昭芬</p> <p>小六 陳瑄玟</p> <p>小六 歐陽博文</p>	<p>指導老師：</p> <p>陳俊明</p> <p>陳靜宜</p>
---	------------------------------------

關鍵詞： 種子、黏膜、果膠

揭開柳丁種子黏膜的祕密

摘要

一、柳丁種子黏膜是果膠，它有幾個特性：

- (一) 是一層透明的膠狀物包覆在種子外，泡在水中會吸水膨脹，漸漸的溶解於水。
- (二) 容易發黴，可能是有營養成份的醣類、蛋白質或脂肪。
- (三) pH 值是 4。
- (四) 不含澱粉，但含有還原糖，不含小分子的蛋白質、維他命 C 和葡萄糖。
- (五) 加入 NaOH 溶液後，黏膜由液體凝膠變成透明黃色固態凝膠。
- (六) 加入酒精溶液後，黏膜由液體凝膠變成半透明白色固態凝膠。

二、柳丁種子黏膜可能具有下列的功能：

- (一) 柳丁種子黏膜，有助於種子不被破壞的功能。
- (二) 柳丁種子黏膜，有抑制種子發芽的功能，黏膜的存在，是一種調節機制。
- (三) 柳丁種子黏膜，使外種皮能更快被軟化。

壹、動機

因為上課的需求，老師要我們科學小尖兵幫忙搾柳丁汁，做為酸鹼檢測的樣本，當我們完成工作，收拾桌面時，發現柳丁的種子好滑哦，好難用手撿起來，有人試著用鑷子夾種子，根本就夾不起來，剛夾起來就滑掉，反而飛的更遠，大家都在猜為什麼柳丁種子為什麼會那麼的滑？為什麼柳丁種子要滑滑的呢？為什麼別的種子沒有滑滑的呢？一連串的問題，引起我們的好奇心，大家決定要一探究竟，找出柳丁種子滑滑的祕密。

貳、研究目的

- 一、探索柳丁種子為什麼滑滑的原因。
- 二、觀察柳丁種子的黏膜從哪裡來？
- 三、分析柳丁種子黏膜的特性與名稱。
- 四、探討黏膜對柳丁種子發芽的影響。

參、研究器材

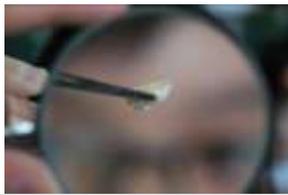
塑膠杯、放大鏡、顯微鏡、燒杯、試管、標籤紙、酒精燈、試管夾、柳丁種子、山粉圓種子、木瓜種子、愛玉種子、海藻萃取物、吉利丁、太白粉、雞蛋蛋白、膠水、柑橘類果膠粉、沙拉油、糖水、葡萄糖水、pH 值試紙、尿蛋白試紙、碘液、本氏液、飽和糖水、1N HCl 溶液、1N NaOH 溶液、95%酒精、檸檬酸等。

肆、研究方法與結果

一、發現種子外的黏膜

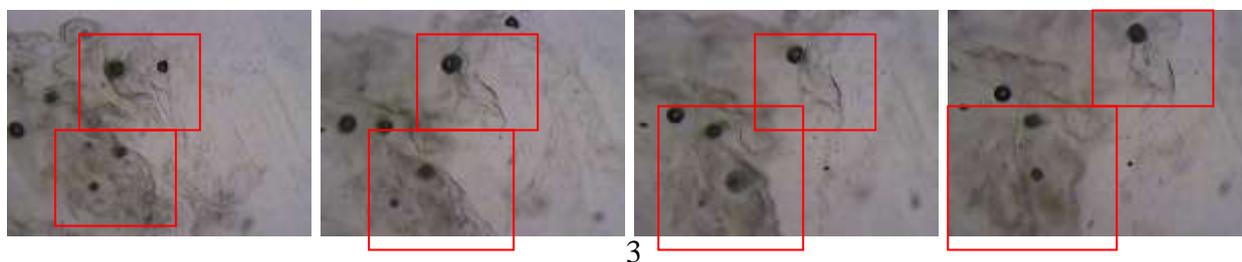
我們觀察柳丁種子，發現種皮外摸起來滑滑的外，可是用肉眼觀察卻看不到什麼，因此我們試著使用各種方法觀察：

觀察方式	結果	
肉眼觀察新鮮的種子	種子的形狀樣水滴狀，外表白色，種皮外摸起來滑滑的，我們猜測柳丁種子會滑滑的，是種皮的關係。	
使用放大鏡和顯微鏡觀察	種子外似乎有一層水水的物質，我們猜測那層水水的物質是造成柳丁種子滑滑的原因。	
用衛生紙擦拭種子	使用衛生紙擦掉種子外那層水水的物質，種子外那層水水的物質看不見了，但摸起來還是有一點滑滑的。	

觀察方式	結果	
用衛生紙擦拭種子後，種子再泡一下水	使用衛生紙擦後再次泡水，種子外又出現水水的物質，而且摸起來又滑滑的。	
乾燥種子	將種子放在陰涼處一天，乾燥後種子摸起來粗粗的，滑滑的感覺不見了，但只要碰到水，種子又會滑滑的，柳丁種子滑滑的、那層水水的物質，似乎與水有很大的關係。	
種子持續泡水 1 小時	將柳丁種子持續泡在水中，發現那層水水的物質愈來愈明顯，1 小時左右，發現種子外居然有一層透明的膜出現，包覆著整個種子。	 
種子持續泡水 4 小時	泡水 4 個小時後，那層透明的膜沒有變大，反而變薄了，摸起來還是滑滑的。	
種子持續泡水 1 天	泡水 1 天後，那層透明的膜變的更薄了，不過摸起來還是滑滑的。	
種子持續泡水 7 天	泡水 7 天後，那層透明的膜不見了，種子摸起來不會滑滑的，種皮變的有點透明，可以看見種子裡的子葉。	

從上列的觀察，我們推測柳丁種子摸起來會滑滑的，是因為種子外有一層物質，它有幾個特性：

(一) 這個物質泡在水中時，變成一層透明的膠狀物包覆在種子外，將透明的膠狀物放在顯微鏡下觀察，發現泡在水中的膠狀物會明顯的變大，顯示透明的膠狀物會吸水膨脹。



- (二) 這個透明的膠狀物會溶解於水，但溶解的速度很緩慢。
- (三) 如果將種子乾燥，那層滑滑的膠狀物會脫水，變的不明顯，但再吸到水，還會再膨脹起來。
- (四) 我們試著把未去掉那層透明膜的種子和已去除透明膜的種子各 35 顆播種，發現未去除那層透明膜的種子幾乎都發黴了(附件一)，發黴率 100%，而已去除透明膜的種子發黴率只有發黴率 15%，我們推測，那層透明的膜應該是適合黴菌生長的營養物質，可能是的醣類、蛋白質或脂肪。

柳丁種子未去掉那層透明的膜	柳丁種子已去掉那層透明的膜
	
<p>35 顆樣本的表面都長菌絲和發黴的斑點，發黴率 100%。</p>	<p>35 顆樣本在觀察過程中損失 2 顆，只剩 33 個樣本，其中有 5 個種子發黴，發黴率 15%。</p>

爲了以下的研究方便起見，我們暫時將柳丁種子那層水水的透明的膠狀物稱爲「黏膜」。

二、探索柳丁種子的黏膜從哪裡來？

種子外的黏膜，到底是從哪裡產生的？是本來就是在種皮外的一層膜？還是種子裡面滲透出來的呢？

我們試著把柳丁種子的種皮剝開，發現種皮的內部還有一層種皮(如圖 1)，因此我們將種子分成外種皮、內種皮、子葉和胚芽等三個部分，分別泡入水中觀察。



(圖 1)子葉和胚芽、內種皮、外種皮

結果：

觀 察	結 果

觀 察	結 果	
外種皮	外種皮泡入水中 1 小時後，發現種皮外側有明顯的黏膜出現，摸起來滑滑的，但種皮內側並沒有黏膜出現，顯示黏膜只存在於外種皮的外側。	
內種皮	無黏膜產生，摸起來不會滑滑的。	
子葉和胚芽	無黏膜產生，摸起來不會滑滑的。	

由觀察結果顯示，黏膜並不是由種子內滲透出來，而是存在於外種皮的外側。

三、分析柳丁種子黏膜的特性。

柳丁種子外的黏膜是什麼物質，一直是我們最好奇的部份，而且經過我們的調查發現，像山粉圓、木瓜等種子外面也有一層類似的膜，它們相同嗎？這些膜是什麼呢？是脂肪？蛋白質？還是果膠？與愛玉子、海藻萃取物的凝膠一樣嗎？還是就是貼東西的膠水？媽媽煮菜時加的太白粉水也會變的黏黏稠稠的？經由大家的討論，除了以柳丁種子黏膜為分析樣本外，另外選擇其他樣本來分析以進行比對：

(一) 樣本的選擇

1. 有相似外膜的種子：山粉圓種子、木瓜種子。
2. 可以製作出凝膠的天然物質：愛玉凝膠、海藻萃取凝膠、吉利丁凝膠。
3. 本身就是一種流體凝膠：太白粉水、雞蛋蛋白、膠水、果膠。
4. 其他：沙拉油、糖水、葡萄糖。

(二) 分析方法：

1. 樣本液體的觀察：針對液體的外觀觀察，並隔水加熱至 75°C 及直接加熱至沸騰後觀察液體的變化。
2. 檢測 pH 值
3. 尿蛋白試紙檢測
4. 加入碘液
5. 加入本氏液
6. 加入飽和糖水

7. 加入 HCl 溶液
8. 加入 NaOH 溶液
9. 加入 95%酒精

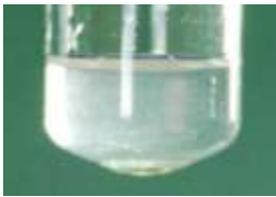
樣本特性的觀察

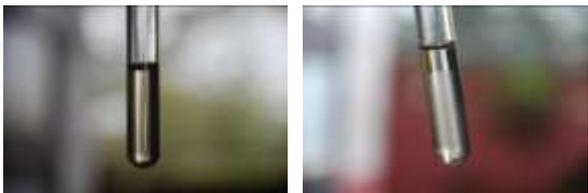
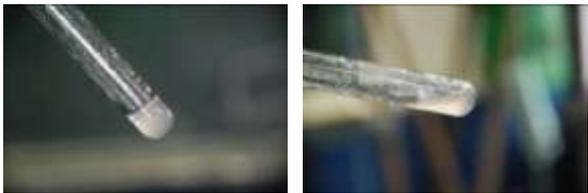
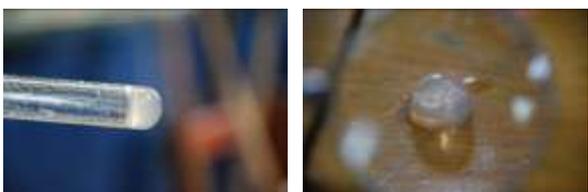
(一) 樣本液體的觀察

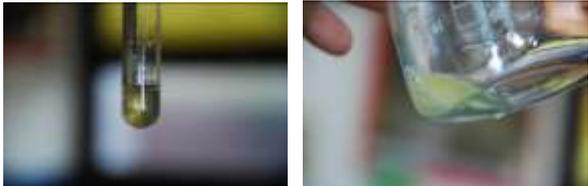
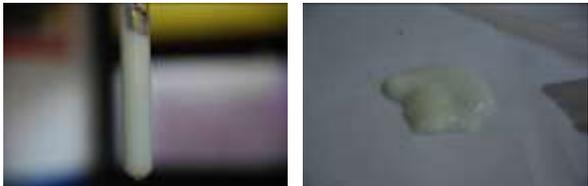
1. 靜置 1 天觀察樣本液體的變化。
2. 取 2 試管分別裝入 1ml 的樣本液體，分成兩組，1 組隔水加熱至 75°C，1 組直接加熱至沸騰，待冷卻後觀察樣本液體的變化。

結果：

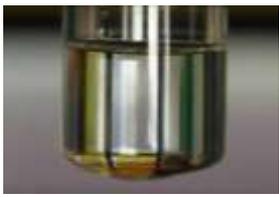
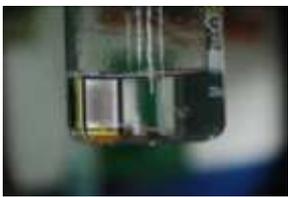
樣本	觀察結果
柳丁種子 黏膜	<p>由柳丁外種皮黏膜不易溶於水，需泡水一段時間才會溶解於水，所溶出的黏膜呈現半透明膠狀沒有明顯的氣味，靜置 1 天後並未有任何改變。</p>  
	<p>隔水加熱至 75°C，冷卻後沒有任何變化。</p> 
	<p>直接加熱至沸騰，冷卻後沒有任何變化。</p> 
山粉圓黏 膜	<p>山粉圓種子比水輕，一放入水中種子外皮立即有明顯的一層白色黏膜形成，而且逐漸膨脹。黏膜和種子很難分離，裝在絲襪裡，在水中搓洗兩個小時可洗出半透明膠狀液體，有一種涼涼的氣味，靜置 1 天後並未有任何改變。</p>  

樣本	觀察結果	
	<p>隔水加熱至 75°C，冷卻後沒有任何變化。</p>	
	<p>直接加熱至沸騰，冷卻後沒有任何變化。</p>	
木瓜種子外膜	<p>木瓜種子外膜為半透明，摸起來不會滑滑的，有點類以柳丁的果肉，而且在空氣中很快的就氧化成黃褐色，加入水攪拌後成黃褐色液體，沒有明顯的氣味，靜置 1 天後並未有任何改變。</p>	
	<p>隔水加熱至 75°C，冷卻後沒有任何變化。</p>	
	<p>直接加熱至沸騰，冷卻後沒有任何變化。</p>	
愛玉子尚未凝結凝膠	<p>剛搓洗的愛玉子凝膠呈現半透明淺黃色液體，過十五分鐘後液體變成固態凝膠，有香甜的氣味，放置一天後固態凝膠有脫水的情形。</p>	
	<p>隔水加熱至 75°C，冷卻變成固態凝膠，如果再隔水加熱至 75°C，固態凝膠滲出了一點點的水。</p>	

樣本	觀察結果	
	<p>直接加熱至沸騰，冷卻變成固態凝膠，如果再直接加熱至沸騰，愛玉凝膠溶解成於液態，冷卻後不會變成固態凝膠。</p>	
海藻萃取物尚未凝結凝膠	<p>海藻萃取物為黃褐色顆粒，不易溶於水，在水中攪拌後呈現黃褐色液體，靜置 1 分鐘會有黃褐色顆粒沈澱在底部，沒有明顯的氣味，靜置 1 天後並未有任何改變。</p>	
	<p>隔水加熱至 75°C，冷卻後發現海藻萃取物由液體凝膠變成固態凝膠，再加熱又會變成液態，冷卻後又會變成固態凝膠。</p>	
	<p>直接加熱至沸騰，冷卻後發現海藻萃取物由液體凝膠變成固態凝膠，再加熱又會變成液態，冷卻後又會變成固態凝膠。</p>	
吉利丁(動物性蛋白質)	<p>吉利丁是半透明結晶顆粒，有噁心的腥臭味，不易溶於水，攪拌後出現結晶顆粒沈浮於水中，過約 60 分鐘後完全溶於水中，而且變成固態透明凝膠，靜置 1 天後並未有任何改變。</p>	
	<p>隔水加熱至 75°C，冷卻變成固態凝膠，如果再隔水加熱，固態凝膠變成液態凝膠，冷卻後又變成固態凝膠。</p>	

樣本	觀察結果	
	<p>直接加熱至沸騰，冷卻變成固態凝膠，如果再加熱至沸騰，固態凝膠變成液態凝膠，冷卻後又變成固態凝膠。</p> 	
太白粉	<p>太白粉是白色粉末，不易溶於水，攪拌後呈現乳白色溶液，放置一段時間後出現白色沈澱，沒有明顯氣味，靜置 1 天後並未有任何改變。</p> 	
	<p>隔水加熱至 75°C，冷卻後管壁有半透明白色凝膠附著。</p> 	
	<p>直接加熱至沸騰，冷卻後管壁有半透明白色凝膠附著。</p> 	
雞蛋蛋白	<p>蛋白看起來是透明的凝膠，聞起來有腥味，靜置一天後，液體中有乳白色物質產生。</p> 	
	<p>隔水加熱至 75°C，液體透明蛋白變成白色的固體蛋白，軟軟的像豆花。</p> 	
	<p>直接加熱至沸騰，液體透明蛋白變成白色的固體蛋白，摸起來像豆腐，比加熱至 75°C 時的蛋白硬一些。</p> 	

樣本	觀察結果	
膠水	<p>膠水看起來是透明的凝膠，具有黏性，聞起來酸酸的，靜置1天後並未有任何改變。。</p>	
	<p>隔水加熱至 75°C時黏性變小，很容易流動，冷卻後又回復原來的黏性。</p>	
	<p>直接加熱至沸騰時黏性變小，很容易流動，冷卻後又回復原來的黏性。</p>	
大豆沙拉油	<p>大豆沙拉油是透明液體，摸起來油油的，有油的氣味，放置一天沒有任何反應。</p>	
	<p>隔水加熱至 75°C冷卻後沒有任何變化。</p>	
	<p>直接加熱至沸騰冷卻後液體變成半透明黃白色液體。</p>	
糖水	<p>糖是顆粒結晶，加入水中後可完全溶解，沒有明顯氣味，放置一天後沒有任可改變。</p>	
	<p>隔水加熱至 75°C，冷卻後沒有任何變化。</p>	

樣本	觀察結果	
	直接加熱至沸騰，冷卻後沒有任何變化。	
葡萄糖水	葡萄糖是白色粉末，易溶於水，攪拌後為完全透明的水溶液，沒有明顯氣味，靜置 1 天後並未有任何改變。	 
	隔水加熱至 75°C，冷卻後沒有任何變化。	
	直接加熱至沸騰，冷卻後沒有任何變化。	
果膠	購買到的果膠原本是淡黃色粉末，不易溶於水，在水中攪拌約 1 小時後才完全溶解，此時液體呈現半透明膠狀，沒有明顯氣味，靜置 1 天後並未有任何改變。	 
	隔水加熱至 75°C，冷卻後沒有任何變化。	
	直接加熱至沸騰，冷卻後沒有任何變化。	

依結果觀察的特徵，進行資料分析：

樣本	常溫下				加熱至 75°C			加熱至 100°C		
	顏色	是否溶於水	凝膠情形	放置一段時間	顏色	凝膠狀態	放置一段時間	顏色	凝膠狀態	放置一段時間
柳丁種子黏膜	半透明	○	液態凝膠	液態凝膠	半透明	液態凝膠	液態凝膠	半透明	液態凝膠	液態凝膠
山粉圓黏膜	半透明	○	液態凝膠	液態凝膠	半透明	液態凝膠	液態凝膠	半透明	液態凝膠	液態凝膠
木瓜種子外膜	黃褐色	×	×	×	黃褐色	×	×	黃褐色	×	×
愛玉子未凝結凝膠	半透明	○	液態凝膠	固態凝膠	半透明	固態凝膠	固態凝膠	半透明	固態凝膠	×
海藻萃取物	黃色沈澱	×	×	黃色沈澱	半透明	固態凝膠	固態凝膠	半透明	液態凝膠	固態凝膠
吉利丁	透明	○	液態凝膠	固態凝膠	透明	液態凝膠	固態凝膠	透明	液態凝膠	固態凝膠
太白粉水	白色沈澱	×	×	白色沈澱	半透明	固態凝膠	固態凝膠	半透明	固態凝膠	固態凝膠
雞蛋蛋白	透明	×	液態凝膠	液態凝膠	乳白	固態凝膠	固態凝膠	乳白	固態凝膠	固態凝膠
膠水	透明	◎	液態凝膠	液態凝膠	透明	×	液態凝膠	透明	×	液態凝膠
沙拉油	透明	×	×	×	透明	×	×	半透明	×	×
糖水	透明	◎	×	×	透明	×	×	透明	×	×
葡萄糖水	透明	◎	×	×	透明	×	×	透明	×	×
果膠	半透明	○	液態凝膠	液態凝膠	半透明	液態凝膠	液態凝膠	半透明	液態凝膠	液態凝膠

表格說明：

溶解情形：「◎」容易溶解

「○」不易溶解，但攪拌或放置一段時間會溶解

「×」不溶解

凝膠情形：「×」表示無凝膠情形

發現：

1. 柳丁外種皮黏膜不易溶於水，需泡水一段時間才會溶解於水，所溶出的黏膜呈現半透明膠狀，靜置 1 天後並未有任何改變。黏膜隔水加熱至 75°C 和直接加熱至沸騰，冷卻後與原來一樣，沒有任何變化。

2. 比較其他樣本的特徵，柳丁種子黏膜和山粉圓黏膜、果膠粉的特性相似。

(二) 檢測 pH 值：

1. 使用 pH 試紙檢測樣本液體的 pH 值。
2. 取 2 試管分別裝入 1ml 的樣本液體，分成兩組，1 組隔水加熱至 75°C，1 組直接加熱至沸騰，待冷卻後觀察樣本 pH 值的變化。

結果：(如附件二)

樣本	初始 pH 值	隔水加熱至 75°C	直接加熱至沸騰
柳丁種子黏膜	4	4	4
山粉圓黏膜	7	7	7
木瓜種子外膜	7	7	7
愛玉子尚凝結凝膠	4	4	4
海藻萃取物	6	6	6
吉利丁	6	6	6
太白粉	7	7	7
雞蛋蛋白	9	9	9
膠水	4	4	4
大豆沙拉油	--	--	--
糖水	7	7	7
葡萄糖水	7	7	7
果膠	4	4	4

發現：

1. 柳丁種子黏膜的 pH 值是 4，在加熱至 75°C 或直接加熱至沸騰，pH 值是依然是 4。
2. 比較其他樣本的特徵，柳丁種子黏膜和愛玉子尚凝結凝膠、果膠粉、膠水的 pH 值相似。

(三) 尿蛋白試紙檢測：

1. 檢測樣本液體是否含有蛋白質、維他命 C 及葡萄糖。
2. 取 2 試管分別裝入 1ml 的樣本液體，分成兩組，1 組隔水加熱至 75°C，1 組直接加熱至沸騰，待冷卻後觀察樣本液體是否含有蛋白質、維他命 C 及葡萄糖。

結果：(如附件三)

樣本	蛋白質	維他命 C	葡萄糖
----	-----	-------	-----

樣本	蛋白質	維他命 C	葡萄糖
柳丁種子黏膜	neg.	neg.	neg.
山粉圓黏膜	neg.	neg.	neg.
木瓜種子外膜	neg.	+	neg.
愛玉子未凝結凝膠	neg.	neg.	norm.
海藻萃取物	neg.	neg.	neg.
吉利丁	30	neg.	neg.
太白粉	neg.	neg.	neg.
雞蛋蛋白	500	neg.	>1000
膠水	neg.	neg.	neg.
大豆沙拉油	neg.	neg.	neg.
糖水	neg.	neg.	neg.
葡萄糖水	neg.	neg.	>1000
果膠	neg.	neg.	neg.

neg.表示反應為陰性

隔水加熱至 75°C 組、直接加熱至沸騰組的結果與上列相同。

發現：

- 1.柳丁種子檢測結果不含小分子的蛋白質、維他命 C 和葡萄糖。
- 2.比較其他樣本的特徵，柳丁種子黏膜和山粉圓黏膜、海藻萃取物、太白粉、膠水、大豆沙拉油、糖水、果膠粉相似。

(四) 加入碘液檢驗澱粉

1. 取 1ml 的樣本液體滴入 5 滴(0.2ml)的碘液，觀察液體是否含有澱粉。
2. 取 2 試管分別裝入 1ml 的樣本液體，分成兩組，1 組隔水加熱至 75°C，1 組直接加熱至沸騰，待冷卻後滴入 5 滴的碘液，觀察液體是否含有澱粉。

結果：(如附件四)

樣本	初始樣本	隔水加熱至 75°C	直接加熱至沸騰
柳丁種子黏膜	×	×	×
山粉圓黏膜	×	×	×
木瓜種子外膜	×	×	×
愛玉子未凝結凝膠	×	×	×

樣本	初始樣本	隔水加熱至 75°C	直接加熱至沸騰
海藻萃取物	×	○	○
吉利丁	×	×	×
太白粉	○	○	○
雞蛋蛋白	×	×	×
膠水	○	○	○
大豆沙拉油	×	×	×
糖水	×	×	×
葡萄糖水	×	×	×
果膠	×	×	×

○表示有變色 × 表示沒變化

發現：

1. 柳丁種子黏膜檢測結果不含澱粉。
2. 比較其他樣本的特徵，柳丁種子黏膜和山粉圓黏膜、木瓜種子外膜、愛玉子未凝結凝膠、吉利丁、雞蛋蛋白、大豆沙拉油、糖水、葡萄糖水、果膠粉相似。

(五) 加入本氏液檢驗是否含有還原糖

1. 取 1ml 的樣本液體加入 2ml 的本氏液，再放進 60°C 的熱水中隔水加熱 5 分鐘，觀察樣本液體是否含有還原糖。
2. 取 2 試管分別裝入 1ml 的樣本液體，分成兩組，1 組隔水加熱至 75°C，1 組直接加熱至沸騰，待冷卻後分別加入 2ml 的本氏液，再放進 60°C 的熱水中隔水加熱 5 分鐘，觀察樣本液體是否含有還原糖。

結果：(附件五)

樣本	初始樣本	隔水加熱至 75°C	直接加熱至沸騰
柳丁種子黏膜	○	○	○
山粉圓黏膜	×	×	×
木瓜種子外膜	○	○	○
愛玉子尚未凝結凝膠	○	○	○
海藻萃取物	×	×	×
吉利丁	○	○	○
太白粉	×	×	×
雞蛋蛋白	○	○	○
膠水	×	×	×

樣本	初始樣本	隔水加熱至 75°C	直接加熱至沸騰
大豆沙拉油	×	×	×
糖水	×	×	×
葡萄糖水	○	○	○
果膠	○	○	○

○表示有變色 × 表示沒變化

發現：

1. 柳丁種子黏膜檢測結果含有還原糖。
2. 比較其他樣本的特徵，柳丁種子黏膜和木瓜種子外膜、愛玉子未凝結凝膠、吉利丁、雞蛋蛋白、葡萄糖水、果膠粉相似。

(六) 加入飽和糖水觀察樣本液體是否會凝固

取 1ml 的樣本液體，慢慢的滴入飽和糖水，並不時搖晃液體，直至加入至 0.5ml 的飽和糖水為止，觀察樣本液體的反應。

結果：(附件六)

樣本	結果	樣本	結果
柳丁種子黏膜	×	山粉圓黏膜	×
木瓜種子外膜	×	愛玉子未凝結凝膠	液體變成固態凝膠。
海藻萃取物	×	吉利丁	×
太白粉	×	雞蛋蛋白	×
膠水	×	大豆沙拉油	×
糖水	×	葡萄糖水	×
果膠	×		

× 表示沒變化

發現：

1. 柳丁種子黏膜加入飽和糖水沒有任何變化。
2. 比較其他樣本的特徵，柳丁種子黏膜和山粉圓黏膜、木瓜種子外膜、海藻萃取物、吉利丁、太白粉、雞蛋蛋白、膠水、大豆沙拉油、糖水、葡萄糖水、果膠粉相似。

(七) 加入 HCl 溶液

取 1ml 的樣本液體，慢慢的滴入 1N 的 HCl，並不時搖晃液體，直至加入至 0.5ml 的 HCl 為止，觀察樣本液體的反應。

結果：(如附件七)

樣本	結果	樣本	結果
柳丁種子黏膜	×	山粉圓黏膜	×
木瓜種子外膜	×	愛玉子未凝結凝膠	液體原本會變成固態凝膠，加入 HCl 後，無法變為固態凝膠。
海藻萃取物	×	吉利丁	×
太白粉	×	雞蛋蛋白	加入 HCl 一段時間後，液體變成白色固體。
膠水	×	大豆沙拉油	加入 HCl 產生白色混濁物質。
糖水	×	葡萄糖水	×
果膠	×		

× 表示沒變化

發現：

1. 柳丁種子黏膜加入 HCl 溶液沒有反應，表示柳丁種子黏膜在酸性的環境下不會變化。
2. 比較其他樣本的特徵，柳丁種子黏膜和山粉圓黏膜、木瓜種子外膜、愛玉子未凝結凝膠、海藻萃取物、吉利丁、太白粉、膠水、大豆沙拉油、糖水、葡萄糖水、果膠粉相似。

(八) 加入 NaOH 溶液

取 1ml 的樣本液體，慢慢的滴入 1N 的 NaOH，並不時搖晃液體，直至加入至 0.5ml 的 NaOH 為止，觀察樣本液體的反應。

結果：(如附件八)

樣本	結果	樣本	結果
柳丁種子黏膜	液體變成透明黃色固態凝膠。	山粉圓黏膜	×
木瓜種子外膜	×	愛玉子未凝結凝膠	液體變成透明黃色固態凝膠。
海藻萃取物	×	吉利丁	無法變成固態凝膠。
太白粉	×	生雞蛋蛋白	×
大豆沙拉油	產生白色皂化的肥皂。	膠水	×

糖水	×	葡萄糖水	×
果膠	液體變成透明黃色固態凝膠。		

× 表示沒變化

發現：

1. 柳丁種子黏膜加入 NaOH 溶液後產生了變化，黏膜由液體凝膠變成透明黃色固態凝膠。
2. 比較其他樣本的特徵，柳丁種子黏膜和愛玉子未凝結凝膠、果膠粉相似。

(九) 加入酒精溶液

取 1ml 的樣本液體，慢慢的滴入 95%酒精，並不時搖晃液體，直至加入至 0.5ml 的 95%酒精為止，觀察樣本液體的反應。

結果：(如附件九)

樣本	結果	樣本	結果
柳丁種子黏膜	液體變成半透明白色固態凝膠。	山粉圓黏膜	×
木瓜種子外膜	×	愛玉子未凝結凝膠	固態凝膠出現脫水現象。
海藻萃取物	×	吉利丁	加入酒精後，產生白色固態物質。
太白粉	×	雞蛋蛋白	液體中產生白色物質。
膠水	×	大豆沙拉油	×
糖水	×	葡萄糖水	×
果膠	液體變成半透明白色固態凝膠。		

× 表示沒變化

發現：

1. 柳丁種子黏膜加入酒精溶液後產生了變化，黏膜由液體凝膠變成半透明白色固態凝膠。
2. 比較其他樣本的特徵，柳丁種子黏膜和果膠粉相似。

四、探討黏膜對柳丁種子發芽的影響

種子有種皮、子葉、胚芽等構造，種皮保護種子，子葉提供種子發芽所需的養分，胚芽是植物成長的本體，而種子沒有水，種子幾乎無法發芽成長。柳丁種子和一般的種子有點不同，就是種子外有一層黏膜，這層黏膜的存在，在

柳丁種子發芽的過程中，具有什麼樣的功能呢？

由柳丁種子黏膜的觀察發現，柳丁種子黏膜滑滑的，是一層透明的膠狀物包覆在種子外，泡在水中會吸水膨脹，漸漸的溶解於水，pH 值是 4，在酸性的環境下不會變化，但加入 NaOH 溶液後，黏膜由液體凝膠變成半透明黃色固態凝膠。

由前面的特性分析，我們提出看法：

- (一) 柳丁種子的黏膜會吸水，具有保溼作用，在種子發芽的過程中，提供更多的水分，使種子更容易發芽。
- (二) 柳丁種子的黏膜包覆種子外，在種子被動物食入時，有利於種子不被胃液或腸液的酸鹼環境所破壞。

因此，我們提出兩個假設：

- (一) 具有黏膜的柳丁種子，發芽率與發芽速度較無黏膜的種子高。
- (二) 具有黏膜的柳丁種子，經過酸鹼的環境作用後，發芽率較無黏膜的種子高。

依據上面兩個假設，我們設計下列種子發芽的觀察實驗：

(一) 觀察組別

1. 有無黏膜對種子發芽的影響

- (1) 新鮮種子組：種子稍為清洗過後，直接種入土中，種子具有黏膜，此組做為主要觀察組。
- (2) 去膜組：種子先用水洗，並使用菜瓜布輕輕的磨擦外種皮，去除種子表皮的黏膜，種子不具有黏膜，此組用來與(1)做比較。
- (3) 泡水 7 天組：將種子放入水中浸泡，每天換 1 次水，連續泡 7 天，此時種子外的黏膜已完全溶於水，種子外不具有黏膜，此組用來與(1)做比較。
- (4) 乾燥 7 天組：種子放置 7 天使種子乾燥，觀察種子乾燥後發芽的情形。
- (5) 去外種皮組：把種子的外種皮剝除，再種入土中，種子不具有黏膜，且無外種皮，此組用來觀察種子無外種皮時發芽的情形。

2. 有無黏膜對種子在浸泡在酸鹼環境中發芽的影響

- (1) 新鮮種子泡 HCl 組：種子稍為清洗過後，泡在 pH=1.5 的 HCl 溶液中，每 10 分鐘用玻璃棒攪拌 1 分鐘，直至種子泡在溶液中 4 小時，再種入土中，主要是模擬種子經過胃酸的酸性環境作用下，是否能順利發芽，此組做為主要觀察組。
- (2) 去膜泡 HCl 組：種子先用水洗，並使用菜瓜布輕輕的磨擦外種皮，去除種子表皮的黏膜，同上(1)的方法，此組做為與「新

鮮種子泡 HCl 組」做比較。

(3) 去外種皮泡 HCl 組：把種子的外種皮剝除，同上(1)的方法，此組做為與(1)(2)組做比較。

(4) 新鮮種子泡 NaOH 組：種子稍為清洗過後，泡在 pH=8.0 的 NaOH 溶液中，每 10 分鐘用玻璃棒攪拌 1 分鐘，直至種子泡在溶液中 4 小時，再種入土中，主要是模擬種子經過腸液鹼性的環境作用下，是否能順利發芽，此組做為主要觀察組。

(5) 去膜泡 NaOH 組：種子先用水洗，並使用菜瓜布輕輕的磨擦外種皮，去除種子表皮的黏膜，同上(4)的方法，此組做為與(4)做比較。

(6) 去外種皮泡 NaOH 組：把種子的外種皮剝除，同上(4)的方法，此組做為與(4)(5)組做比較。

(二) 挑選種子樣本，避免種子本身不發芽而造成的誤差。

1. 剝取新鮮的種子，使用游標尺測量種子的長寬，選取長大於 0.7 cm 且寬大於 0.35 cm 的種子。
2. 將選取的種子放入水中，剔除浮在水面上的種子，選用沉入水中的種子為觀察樣本。
3. 每個實驗組選用 30 顆種子為觀察樣本。

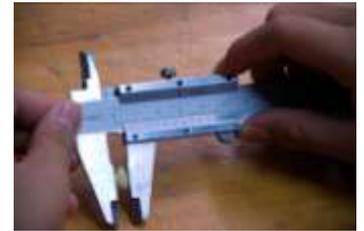


圖 4 使用游標尺測量種子大小，滑滑的種子不容易測量。

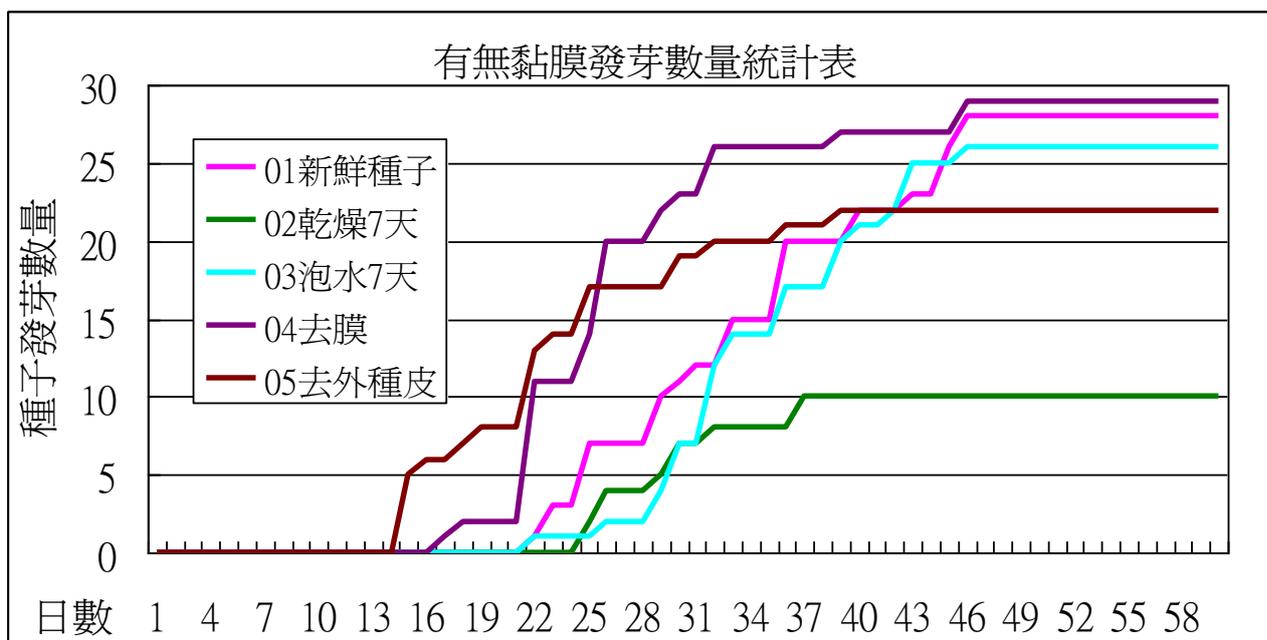
(三) 播種觀察的方法

1. 將選用的種子依實驗組別處理。
2. 先在布丁盒中放滿潮溼的培養土(園藝專用)，以 5 顆種子為 1 盆，排列成 5 角形的方式，將種子種入盆中，種植深度為種子的高度，以利於觀察種子發芽的情形。
3. 將布丁盒放置在窗戶旁通風處，早上 8:00 及下午 2:30 使用噴霧澆水器各澆一次水，澆水至土表有積水為止，觀察種子種植 60 天期間發芽的情形。

結果：

(一) 有無黏膜對種子發芽的影響(如附件十、附件十一)

組別	新鮮種子	乾燥 7 天	泡水 7 天	去膜	去外種皮
發芽數	28	10	26	29	22
發芽率	93.3%	33.3%	86.7%	96.7%	73.3%

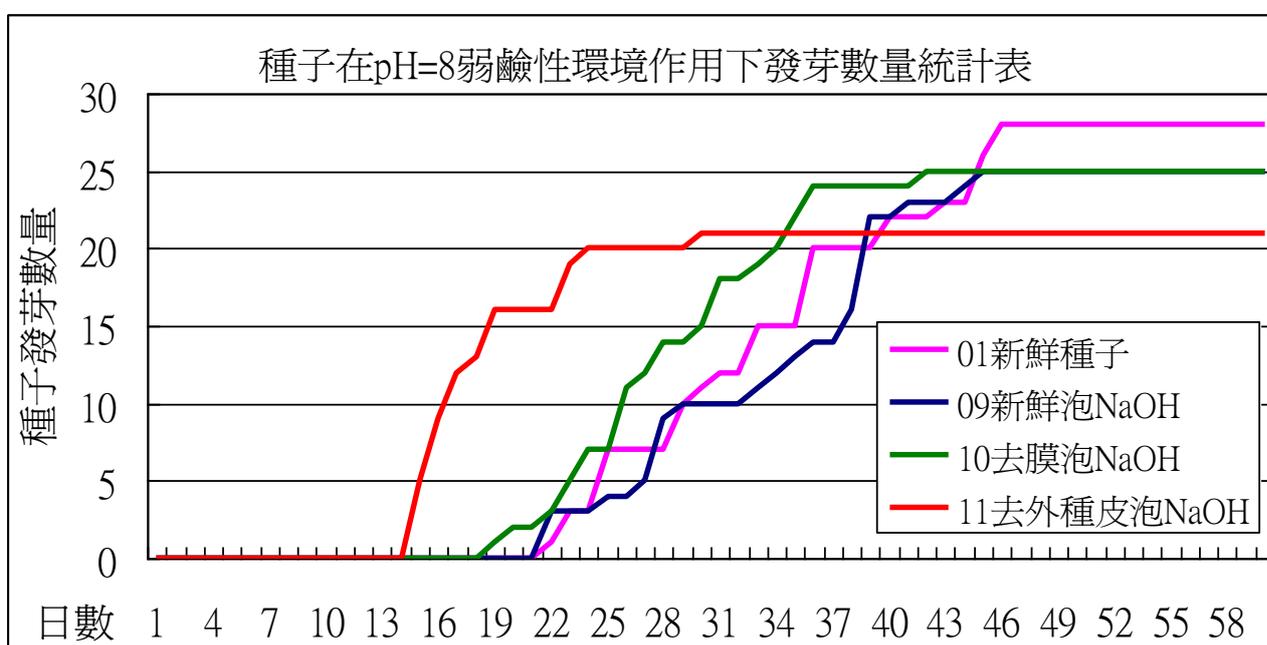
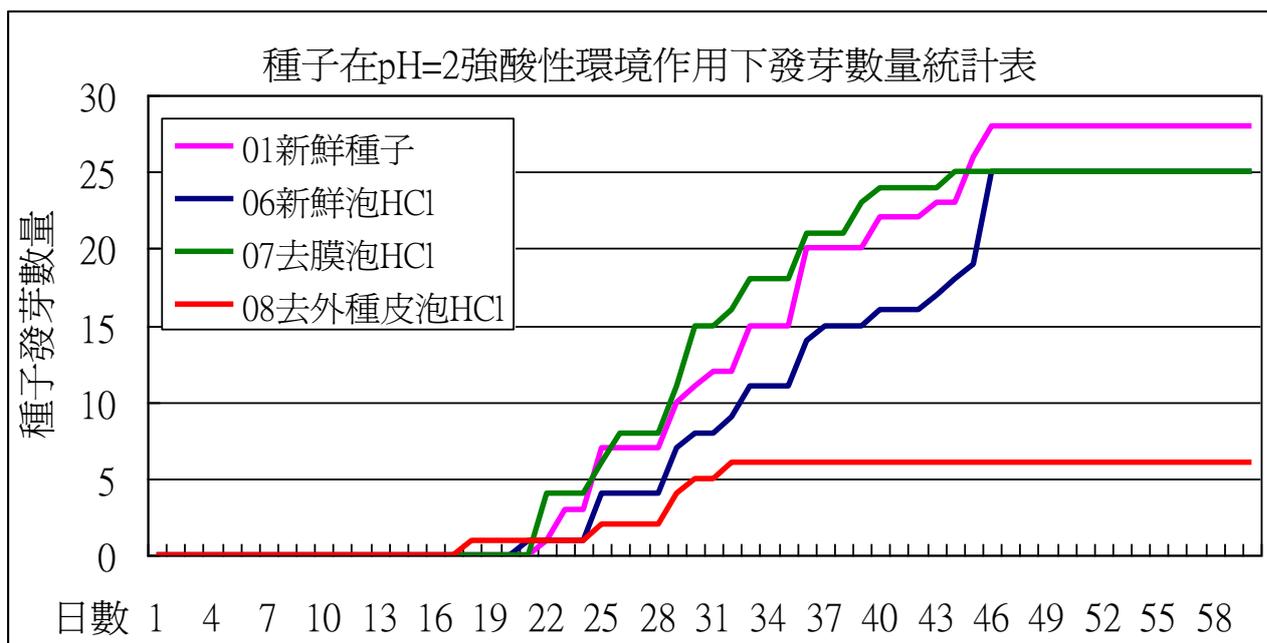


發現：

1. 新鮮種子、去膜種子和泡水 7 天的種子發芽率差不多，約 90%左右；去外種皮的種子稍為低一些，發芽率 73.3%；乾燥 7 天的種子發芽率最低，只有 33%。
2. 去除外種皮與去膜的種子發芽較快，約在 15-30 天左右發芽，新鮮種子和泡水 7 天的種子約在 20-40 天左右發芽，乾燥 7 天的種子發芽較慢，在 25 天以後才開始發芽。
3. 分析上列結果，有黏膜的新鮮種子發芽的情形與去膜的種子、泡水 7 天的種子發芽率相似，顯示黏膜的存在對種子發芽似乎沒有明顯的影響，反而當種子剝離外種皮時，發芽的時間提早了，但發芽率降低一些，外種皮的存在對種子發芽有明顯的影響。

(二) 有無黏膜對種子在浸泡在酸鹼環境中發芽的影響(如附件十、附件十一)

組別	新鮮種子 泡 HCl	去膜泡 HCl	去外種皮 泡 HCl	新鮮種子 泡 NaOH	去膜泡 NaOH	去外種皮 泡 NaOH
發芽數	25	25	6	25	25	21
發芽率	83.3%	83.3%	20.0%	83.3%	83.3%	70.0%



發現：

1. 種子在強酸性與弱鹼性環境作用下，有黏膜及去黏膜的種子，發芽率相似，約 83%，而去外種皮的種子在強酸性的環境作用下發芽率明顯下降，只有 20%，與去外種皮未泡塩酸的種子發芽率(70%)有明顯的差異。
2. 種子在弱鹼環境作用下，與未泡氫氧化鈉溶液的種子發芽率相似，顯示弱鹼環境對種子的發芽影響不大。

陸. 討論

一、柳丁種子摸起來會滑滑的，是因為種子外有一層黏膜，它有幾個特性：

- (一) 黏膜是一層透明的膠狀物包覆在種子外。
- (二) 黏膜泡在水中會吸水膨脹，漸漸的溶解於水，但溶解的速度較緩慢。
- (三) 黏膜容易發黴，可能是含有營養成份的醣類、蛋白質或脂肪。
- (四) 黏膜的 pH 值是 4。
- (五) 以尿蛋白試紙檢測結果不含小分子的蛋白質、維他命 C 和葡萄糖。
- (六) 以碘液和本氏液檢測結果不含澱粉，但含有還原糖。
- (七) 在酸性的環境下不會變化，但加入 NaOH 溶液後，黏膜由液體凝膠變成透明黃色固態凝膠。
- (八) 加入酒精溶液後，黏膜由液體凝膠變成半透明白色固態凝膠。

二、從柳丁種子黏膜與其他樣本的特性分析，我們從這些樣本裡找到相似特性的物質，以柳丁種子黏膜的特性為主，比對其他樣本的特性，列表如下：

檢測特性	觀察	pH 值	尿蛋白試紙	碘液	本氏液	飽和糖水	HCl 溶液	NaOH 溶液	加入酒精
山粉圓	○	○	○	○		○	○		
木瓜種子				○	○	○	○		
愛玉凝膠		○		○	○		○	○	
海藻萃取物			○			○	○		
吉利丁凝膠				○	○	○	○		
太白粉水			○			○	○		
雞蛋蛋白				○	○	○			
膠水		○	○			○	○		
沙拉油			○	○		○			
糖水			○	○		○	○		
葡萄糖水				○	○	○	○		
果膠粉	○	○	○	○	○	○	○	○	○

「○」表示與柳丁種子黏膜相同

由上表顯示，柳丁種子黏膜的特性，與儀器材料行與購買的柑橘類果膠粉的特性相同，因此我們推測，柳丁種子黏膜應該是「果膠」。不過我們調查發現，愛玉種子凝膠也是一種果膠，可是卻表現出不同的特質，最明顯的是，愛玉子凝膠在常溫下會變成固態凝膠，柳丁種子黏膜卻不會變成固態凝膠，這兩種果膠的種類不同嗎？

依照果膠的凝固機制區分，果膠的凝固機制與甲氧基的多少有關，可分為高甲氧基果膠(HMP)與低甲氧基果膠(LMP)。愛玉子凝膠是低甲氧基果膠(LMP)，可在低糖濃度甚至無糖、無酸的溶液中會自然變成固態凝膠，而高甲氧基果膠必須有適量的酸和糖調配才能變成固態凝膠，如果柳丁種子黏膜是一種果膠，會不會屬於高甲氧基果膠

呢？我們試著以高甲氧基果膠製作果醬的程序進行實驗。

(一) 取 2 克的柳丁種子黏膜、2.4 克的砂糖和 0.1 克的檸檬酸加入試管中，搖晃試管使其均勻混合。

(二) 將上述的試管直接加熱至沸騰 30 秒，再讓試管自然冷卻，觀察柳丁種子黏膜的變化情形。

(三) 同上方法使用果膠粉製作，並以水做為對照組。

結果：

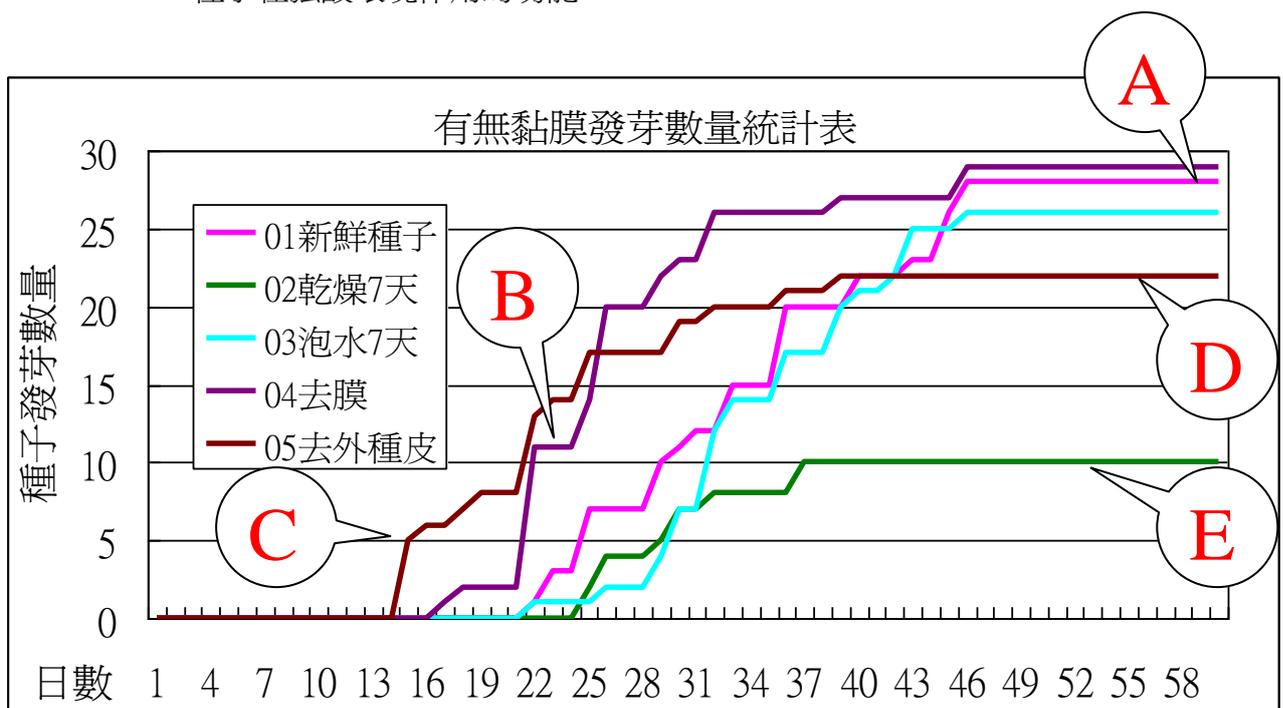
樣本	水	柳丁種子黏膜	果膠粉
加入糖和檸檬酸	 水呈現液態	 柳丁種子黏膜呈現液態凝膠	 果膠粉呈現液態凝膠
直接加熱至沸騰 30 秒，再讓試管自然冷卻	 水呈現液態	 柳丁種子黏膜呈現固態凝膠	 果膠粉呈現固態凝膠
倒出試管的情形	 水呈現液態	 柳丁種子黏膜呈現固態凝膠	 果膠粉呈現固態凝膠

由實驗的結果顯示，柳丁種子黏膜和果膠粉分別加入酸與糖，加熱後變成了固態凝膠，而水依然是液體狀態，所以柳丁種子黏膜應該是一種高甲氧基果膠。

三、分析種子發芽的觀察結果，似乎與我們原本的假設不同，我們的假設是，柳丁種子黏膜對種子發芽有幫助，可以讓種子順利發芽，可以讓種子不受強酸弱鹼的影響。不過，結果顯示黏膜的存在並沒有如此明顯的影響，那黏膜的存在又有什麼功能呢？我們重新再仔細分析結果，比較有無黏膜、有無外種皮的種子發芽情形，發現幾個特徵：

(一) 有黏膜與無黏膜的種子發芽率相似(A)。→黏膜對種子發芽率影響不明顯。

- (二) 去黏膜的種子比有黏膜的種子發芽快一些(B)。→黏膜的存在可能會阻礙發芽。
- (三) 去外種皮的種子發芽最快(C)。→胚沒有種皮包覆著，發芽速度較快，外種皮可能會阻礙種子發芽。
- (四) 去掉外種皮的種子發芽率較有外種皮的種子低(D)。→外種皮保護種子能成功發芽，沒有外種皮保護，種子發芽的成功率會降低。
- (五) 乾燥放置 7 天的種子發芽率降低(E)。→柳丁種子可能不是屬於需要休眠一段時間的種子。
- (六) 有無黏膜的種子在強酸弱鹼的環境作用下發芽率相似。→黏膜不具有保護種子在強酸弱鹼環境作用的功能。
- (七) 去除外種皮的種子在強酸的環境作用下，發芽率降低。→外種皮具有保護種子在強酸環境作用的功能。



綜合以上的分析發現，柳丁種子的外種皮具有保護種子的功能，提高發芽率，但外種皮的存在卻會種子降低發芽速度；黏膜不具有保護種子的功能，而且會降低發芽速度。

四、一般的種子在泡水一段時間後，種皮很快就會軟化脫落，使胚芽能順利突破種皮成長，如綠豆的種子泡水 1 天後種皮就脫離，向日葵種子泡水 2 天種皮也裂開，但柳丁種子連續泡水 7 天後，種皮除了變得比較透明外，依然完整的包覆著種子，對於種子發芽可能有不利影響。

五、歸納觀察與分析的結果，我們推測柳丁種子黏膜可能具有下列的功能：

- (一) **柳丁種子黏膜，有助於種子不被破壞的功能。**黏膜滑滑的，使得種子不容易被夾起來，當鳥獸食用柳丁果實時，滑滑的種子比較可能從嘴部脫落的機會較大，減少被咬破或夾破的機會。
- (二) **柳丁種子黏膜，有抑制種子發芽的功能，黏膜的存在，是一種調節機制。**柳丁的果肉多水分，也許會使種子在果實裡發芽，黏膜的存在，阻礙了種子在果實裡發芽。當種子在果實裡面時，黏膜並不會消失，直到種子脫離果實後，種子在有水分的環境中，黏膜會慢慢的溶解於水，種子便可發芽。
- (三) **柳丁種子黏膜，使外種皮能更快被軟化。**柳丁種子的外種皮保護胚不被破壞，但卻堅固不易軟化，且種子放置愈久可能不利種子發芽，而黏膜有吸水的功能，具有較好的保溼效果(附件十二)，使外種皮能較快軟化。

伍、結論

經由我們的觀察與分析發現，柳丁種子外的黏膜的 pH 值是 4，含有還原糖，在鹼性的環境下變成透明黃色固態凝膠，它是一種高甲氧基果膠，與愛玉子凝膠不同，柳丁種子黏膜呈現液態凝膠，加入酸與糖，加熱後會變成固態凝膠。

柳丁種子黏膜可能具有下列的功能：

- (一) 柳丁種子黏膜，有助於種子不被破壞的功能。
- (二) 柳丁種子黏膜，有抑制種子發芽的功能，黏膜的存在，是一種調節機制。
- (三) 柳丁種子黏膜，使外種皮能更快被軟化。

這次的實驗讓我們收穫很多，學習到測試物質性質的方法，體認到原來我們認為理所當然、毫不起眼的小東西，竟然藏有這麼大的學問，對於以後觀察事物的角度，一定會更加仔細與探索。

陸、參考資料

- 一、蔡仲華(民 92)。愛玉子專題報告。中央研究院高中生命科學資優生培育計劃專題研究報告
- 二、諸亞儂(民 80)。生物學。臺中市：三民。
- 三、登『糖』入『試』，台中縣第四十六屆科展國小組自然科
- 四、天然果膠 <http://ebake.dyn.dhs.org/Basics/DBQryDesc.asp?Name=天然果膠&DB=1>
- 五、果醬之製造 <http://www.tdais.gov.tw/search/book2/13/li13.htm>
- 六、阿簡生物筆記 http://a-chien.blogspot.com/2007/09/blog-post_27.html

【評語】 081543

1. 觀察細心，內容取材生活化。
2. 文獻取得需註明來源。
3. 推論和研究內容需再強化。