

## 題目名稱：「果」然抗菌—水果果皮製作環保抗菌吸管

### 一、摘要

我們參考第 59 屆與 61 屆環保吸管的兩件科展作品，並改良實驗設計(以試管浸泡取代盆子浸泡)著手製作海藻酸鈉環保吸管，經由添加蔬果果皮取代過去所使用的咖啡渣，使其能增加抗菌能力。希望在具備環保性之餘也能兼具抗菌性，使其能使用得更長久。

經實驗與測試後發現：我們自製的檸檬皮吸管與原始的咖啡渣吸管具有相同良好的負重性，而柑橘類果皮能延緩黴菌的生長，在戳膜測試中環保吸管與一般吸管也具備相同功能。期許此類吸管能用於社會，既能消耗台灣一大廚餘(蔬果果皮)也能減少塑膠吸管的製造。

### 二、探究題目與動機

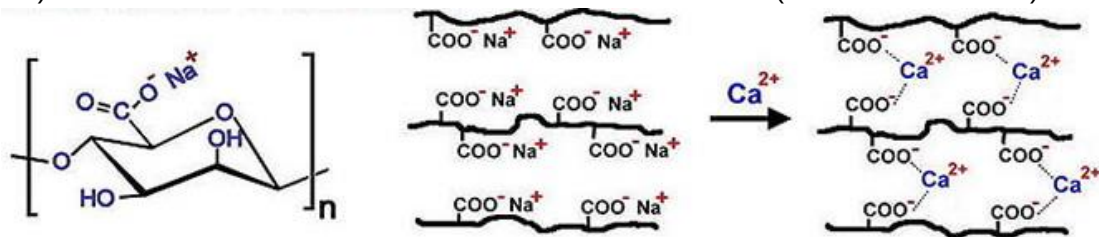
大家是否看過「從海龜氣管拔出塑膠吸管」的影片？在過程中，海龜一直流血且疼痛掙扎，觀看後的我們感到悲慟難過，深刻感受到塑膠製品對海洋生物的危害。

我們希望化廢為寶，以蔬果果皮製作環保吸管，除了要具備堅硬的材質、筆直的形狀，且能維持較長的使用時間，也希望能擁有抗菌性，所以我們製作海藻酸鈉吸管，使用可能有抗菌性的蔬果或果皮取代咖啡渣作為吸管骨架，並比較其差異。

### 三、探究目的與假設

(一) 海藻酸鈉溶液和氯化鈣溶液的交聯 (cross-linking) 反應：

海藻酸鈉 (Sodium Alginate) 是提煉自褐藻的化學物質，用途相當廣泛，可應用於食品業、醫藥、紡織、造紙等，常做為增稠劑、乳化劑、穩定劑、粘合劑等。海藻酸鈉為一種高分子，分子式為  $(C_6H_7O_6Na)_n$ 。當海藻酸鈉滴入氯化鈣中，鈣離子 ( $Ca^{2+}$ ) 會取代鈉離子 ( $Na^+$ ) 的角色，並抓住海藻酸鈉分子間的羧酸離子，使得分子間的聯結性更強 (如圖一)，此交聯作用使分子更為固定，流動性降低而固化 (形成一種半透膜)。



圖一、海藻酸鈉溶液和氯化鈣的交聯反應

(二) 因純海藻酸鈉製作的吸管泡水後易軟化，我們參考前人的實驗，以水泥混合砂石成混凝土能使強度增強的概念，加入骨材，嘗試是否能增強其強度。

(三) 從一些文獻中我們發現，許多蔬果及果皮均具有抗氧化及抗菌的成分。

我們將加入檸檬皮和橘子皮及其他蔬果果皮自製的抗菌吸管作為實驗對象，咖啡渣作為對照對象，進行不同性質的測試，同時根據以上推論，設定實驗目的與假設分別如下：

#### 實驗目的

1. 探討加入不同抗菌蔬果果皮製作的抗菌吸管其可行性。
2. 探討加入不同抗菌蔬果果皮製作的抗菌吸管測試抗菌吸管的耐濕性、負重性、抗菌性。

## 實驗假設

1. 可利用抗菌蔬果做出環保吸管。
2. 以抗菌蔬果製作的抗菌吸管有較好的抗菌性。

## 四、探究方法與驗證步驟

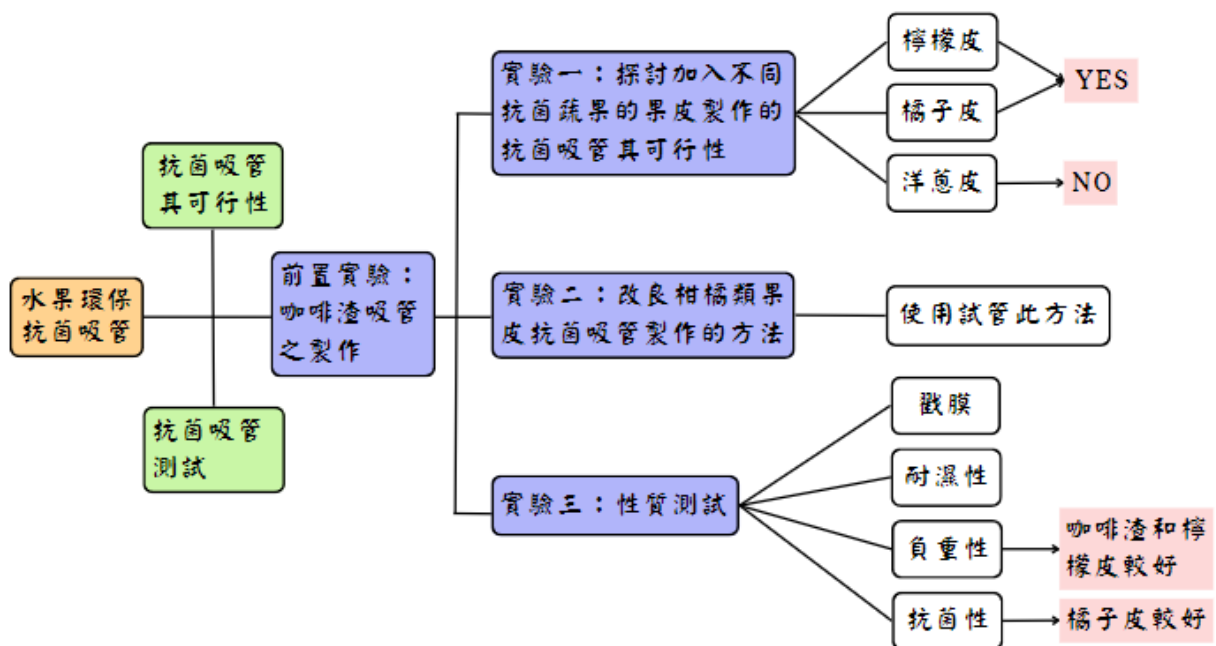
- (一)研究器材：計時器、電子秤、果汁機、溫度計、燒杯、塑膠盤、剪刀、玻璃棒、竹筷、試管、量筒、砝碼。
- (二)實驗藥品：洋菜粉、海藻酸鈉、氯化鈣、咖啡渣、橘子皮、檸檬皮、洋蔥皮、汽水、茶、檸檬汁。



圖二、研究器材

圖三、實驗藥品

- (三) 流程圖：



- (四) 研究方法：

1. 前置實驗：咖啡渣吸管的製作

### 實驗步驟

- (1) 配置重量百分濃度 1.5% 海藻酸鈉溶液，加入 6g 咖啡渣，用果汁機打 1.5 分鐘。
- (2) 以市售吸管取含 10% 氯化鈣的洋菜凍條(重量比為氯化鈣：水：洋菜粉=10：100：1.2，需加熱到 70°C 至 80°C 後冷卻成凍)。
- (3) 將洋菜凍條放入海藻酸鈉溶液，浸泡 25 分鐘後取出。
- (4) 將膠條放入 10% 氯化鈣溶液中浸泡 10 分鐘後取出。
- (5) 將膠條頭尾剪掉約 0.8 公分，以玻璃棒將膠條中的洋菜凍條擠出。
- (6) 放入水中浸泡 5 分鐘。
- (7) 將膠條內插入竹筷後放入烘箱(90°C)乾燥。

### 實驗結果與討論

- (1) 製作出的咖啡渣吸管有咖啡香味，但搓揉時易掉落咖啡渣，如圖五。
- (2) 期間我們因為期望吸管能較堅固，嘗試重複步驟(3)與(4)，但發現形成的第二層膜與第一層分離(如圖六)。
- (3) 製作出的吸管有時會發生管壁厚度不一的現象



圖四、步驟(5)泡水時



圖五、乾燥後製成的吸管



圖六



圖七

(如圖七)，我們推測是因咖啡渣過硬無法打碎融入溶液且咖啡渣會沉積在溶液底部，所以無法均勻分布。而我們嘗試在製作洋菜凍條時在內插入鐵絲/銅線，浸泡溶液時勻速轉動鐵絲，但因洋菜凍條太脆弱斷裂而失敗。之後我們嘗試以翻面的方式改善此問題(正面浸泡 12.5 分鐘、反面浸泡 12.5 分鐘後取出)，但有時會因觸碰使半透膜破裂。

## 2. 實驗一：探討加入不同抗菌蔬果的果皮製作的抗菌吸管其可行性

為改善吸管的抗菌性，我們嘗試在 1.2%海藻酸鈉溶液中改加入橘子皮、檸檬皮、洋蔥皮來當作骨材，希望達到既可以環保亦可以抗菌的效果。

### 實驗步驟

- (1) 配置重量百分濃度 1.5%海藻酸鈉溶液，加入 3g 橘子皮，用果汁機打 1.5 分鐘。
- (2) 同前置實驗步驟(2)-(7)製作自製抗菌吸管。
- (3) 重複(1)-(2)把橘子皮改成檸檬皮、洋蔥皮。

### 實驗結果與討論

- (1) 我們比較新鮮果皮與乾燥果皮在同為 3g 下的效果，新鮮果皮製作出的吸管材質較軟，不夠堅硬，推測可能是因為使用的橘子皮是新鮮的，水分較多。
- (2) 以橘子皮(如圖八)和檸檬皮(如圖九)為骨架製作的抗菌吸管可以成型，也具有和咖啡渣差不多的軟硬度，而以洋蔥皮(如圖十)為骨架所做的抗菌吸管則和未加骨材的成品一樣脆、易碎，且因為是由洋蔥皮所製成所以具有刺鼻味不適合作為骨材，因此在接下來的實驗中我們不再選取洋蔥皮做為抗菌吸管的骨材，而是採用可成型的橘子皮和檸檬皮作為實驗組以咖啡渣作為對照組。



圖八



圖九



圖十

## 3. 實驗二：改良柑橘類果皮抗菌吸管製作的方法

為改善吸管的強度，我們改為使用曬乾的橘子皮及檸檬皮作為骨材；而為使吸管管壁厚度相同，我們以試管取代文獻的塑膠盆作為浸泡時的容器以改善此問題。

### 實驗步驟

- (1) 配置重量百分濃度 1.5%海藻酸鈉溶液，加入 3g 的曬乾橘子皮，用果汁機打 1.5 分鐘。
- (2) 以市售吸管取含 10%氯化鈣的洋菜凍條(重量比為氯化鈣：水：洋菜粉=10：100：1.2，需加熱到 70°C 至 80°C 後冷卻成凍)。



- (3) 將海藻酸鈉溶液分裝至試管(直徑 2.4 公分)中，放入洋菜凍條浸泡 25 分鐘後取出。
- (4) 將膠條放入 10%氯化鈣溶液中浸泡 10 分鐘後取出。
- (5) 將膠條頭尾剪掉約 0.8 公分，以玻璃棒將膠條中的洋菜凍條擠出。
- (6) 放入水中浸泡 5 分鐘。
- (7) 將膠條內插入竹筷後放入烘箱(90°C)乾燥。

#### 實驗結果與討論

- (1) 因為曬乾的橘子皮較硬，所以打碎後顆粒較大。我們改為打果汁機 2.5 分鐘。
- (2) 以試管製作吸管不僅能使吸管管壁厚度相同及改善翻面不便的問題，也同時能減少溶液用量和大量生產(之後的測試也是使用此類吸管)。

#### 4. 實驗三：性質測試

##### 實驗步驟

- (1) 戳膜測試：觀察不同吸管戳膜後變形狀況，以及是否可正常戳穿市售飲料杯膜。
- (2) 浸泡溶液：將咖啡渣吸管、橘子皮吸管、檸檬皮吸管分別浸泡在常溫水(27°C)、熱水(55°C，以水浴法恆溫)、紅茶(pH=5.32)、汽水(pH=3.31)、檸檬汁(pH=2.67)一個小時後觀察其變化，並重複三組。(紅茶、汽水、檸檬汁皆定義為飲料)
- (3) 耐濕性測試：測量浸泡(1)前的吸管重及浸泡(1)後的吸管重，計算重量增加百分比。
- (4) 負重性測試：將浸泡(1)後的吸管垂直懸掛砝碼，紀錄斷裂瞬間所掛的重量值。
- (5) 抗菌性測試：將浸泡(1)後的吸管放入夾鏈袋噴水後密封，觀察黴菌生長狀況。

##### 實驗結果與討論

- (1) 在戳膜測試中(如圖十一)，我們測試了我們自製的橘子皮吸管和檸檬皮吸管，我們發現都是可以正常的方式戳穿市售飲料杯膜。
- (2) 浸泡常溫水後(如圖十二)，橘子皮吸管及檸檬皮吸管所浸泡的溶液成淡黃色，而咖啡渣吸管所浸泡的溶液有咖啡渣殘留且呈淡黃色。



圖十一、戳膜測試



圖十二、浸泡常溫水 0、30、60 分鐘 (a：檸檬皮吸管、b：橘子皮吸管、c：咖啡渣吸管)

- (3) 浸泡熱水後(如圖十三)，橘子皮吸管及檸檬皮吸管所浸泡的溶液不變，而咖啡渣吸管所浸泡的溶液有咖啡渣殘留且呈淡黃色。



圖十三、浸泡熱水 0、60 分鐘 (a：檸檬皮吸管、b：橘子皮吸管、c：咖啡渣吸管)

(4) 浸泡酸性飲料後(如圖十四)·因溶液本身帶有顏色·無法用肉眼直接看出變化·但咖啡渣吸管所浸泡的溶液均有咖啡渣殘留。



圖十四、浸泡飲料 0、30、60 分鐘 (a：檸檬皮吸管、b：橘子皮吸管、c：咖啡渣吸管)

(5) 表一至表三中的數據無法明顯看出何種吸管的耐濕性較好·推測可能為實驗組數不夠多。

(6) 從表一至表三的數據中·可看出檸檬皮與咖啡渣通常有較好的負重性且遠大於橘子皮的負重性·僅浸泡常溫水時不符合。

表一、浸泡常溫水的耐濕性及負重性測試

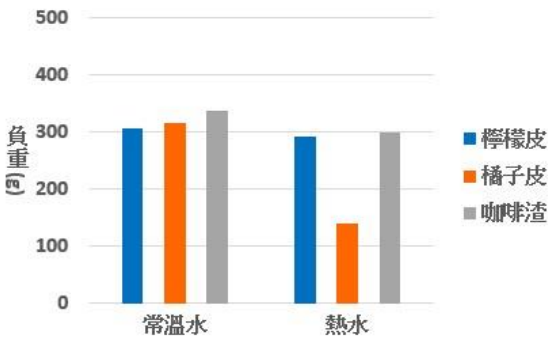
	泡水前重量(g)	泡水後重量(g)	增加的重量(g)	重量增加百分比(%)	砝碼重量(g)
檸檬皮	0.33	0.51	0.18	55	307
橘子皮	0.45	0.65	0.20	44	317
咖啡渣	0.36	0.70	0.34	94	338

表二、浸泡熱水的耐濕性及負重性測試

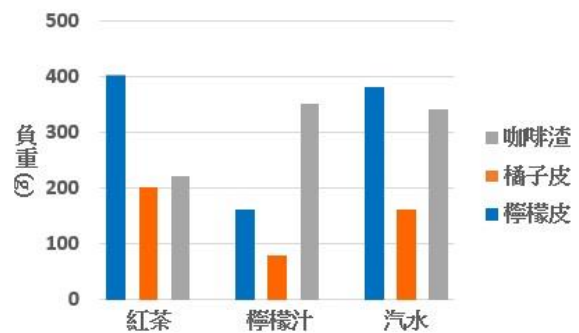
	泡水前重量(g)	泡水後重量(g)	增加的重量(g)	重量增加百分比(%)	砝碼重量(g)
檸檬皮	0.38	0.61	0.23	61	293
橘子皮	0.37	0.51	0.14	38	140
咖啡渣	0.68	0.85	0.17	25	300

表三、浸泡飲料的耐濕性及負重性測試

	飲料種類	泡水前重量(g)	泡水後重量(g)	增加的重量(g)	重量增加百分比(%)	砝碼重量(g)
檸檬皮	紅茶	0.55	0.58	0.03	5	400
橘子皮		0.40	0.52	0.12	30	200
咖啡渣		0.54	0.70	0.16	30	220
檸檬皮	檸檬汁	0.25	0.44	0.19	76	160
橘子皮		0.25	0.41	0.16	64	80
咖啡渣		0.62	0.74	0.12	19	350
檸檬皮	汽水	0.53	0.57	0.04	8	380
橘子皮		0.27	0.33	0.06	22	160
咖啡渣		0.53	0.66	0.13	25	340

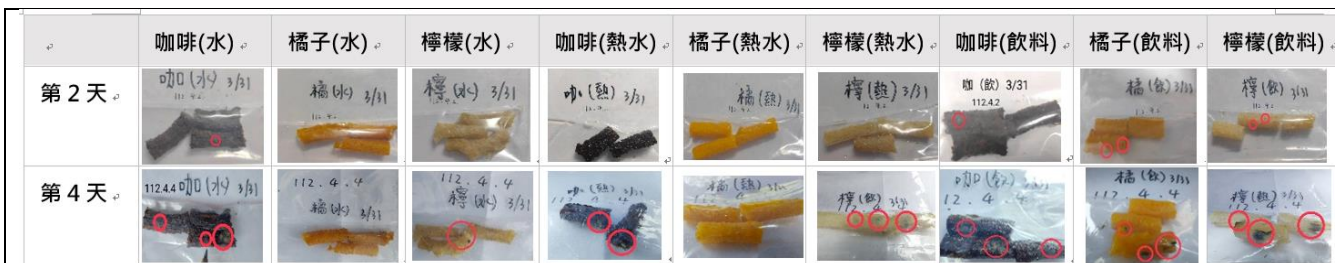


圖十五、不同材料的吸管在不同溫度的水中浸泡 60 分鐘後的負重性測試



圖十六、不同材料的吸管在三種酸性飲料中浸泡 60 分鐘後的負重性測試

(7) 放置第 2 天時·泡常溫水的組別只有咖啡渣吸管有發霉·泡熱水的組別皆未發霉·而泡過飲料的組別皆已發霉；放置第 4 天時·泡常溫水與熱水的組別只剩下橘子皮吸管未發霉·值得一提的是橘子皮吸管放置 8 天後也沒有發霉(如圖十七)。由此可知在相同時間與條件下·抗菌性：橘子皮>檸檬皮>咖啡渣·這代表抗菌蔬果果皮可製作出有抗菌性的吸管。



圖十七、抗菌性測試，第 2 天及第 4 天結果

## 五、結論與生活應用

- (一) 經實驗一，我們發現並不是每種抗菌蔬果都適合拿來做吸管，橘子皮和檸檬皮較洋蔥皮適合。
- (二) 經實驗二，我們創新使用試管取代文獻的塑膠盆作為浸泡時的容器，此方法可較有效益的做出環保吸管，管壁也更加均勻。
- (三) 經實驗三

1. 浸泡溶液後，三種吸管還是有可能導致溶液變色，且咖啡渣吸管所浸泡的溶液皆有咖啡渣殘留。
2. 檸檬皮吸管與咖啡渣吸管的負重性較橘子皮吸管好。
3. 在同一時間與條件下，抗菌性：橘子皮 > 檸檬皮 > 咖啡渣。

性質測試		咖啡渣吸管	橘子皮吸管	檸檬皮吸管	洋蔥皮吸管
實驗一	是否成型	✓	✓	✓	✓
	軟硬度	適中	適中	適中	易碎且有刺鼻味
實驗二	戳膜測試	✓	✓	✓	
	浸泡溶液	溶液變色 殘留咖啡渣	溶液變色 無殘留	溶液變色 無殘留	
	負重性	2	3	1(優良)	
	抗菌性	3	1(優良)	2	

- (四) 實驗符合假說：
  1. 可利用抗菌蔬果做出環保吸管。
  2. 以抗菌蔬果製作的抗菌吸管有較好的抗菌性。
- (五) 未來展望：

希望可測出浸泡後的溶液內含的海藻酸鈉及氯化鈣含量是否符合食品級標準、希望能調整柑橘類果皮的多寡並做測試，找出最合適的比例(例如將橘子皮混和檸檬皮)，也能用不同的菌測試其抗菌功效，期待此吸管改良上市後能對環保盡一份力。

## 參考資料

- (一) 中華民國第 59 屆中小學科學展覽會:擋不住的「吸」飲力 - 新型吸管之研發
- (二) 中華民國第 61 屆中小學科學展覽:「環」給地球新「吸」望---環保吸管的製作與探討吸管新選擇
- (三) 「蘋果吸管」用完就吃掉! <https://agooday.com/archives/70868>
- (四) 國立台中教育大學 NTCU 科學遊戲實驗室 <http://scigame.ntcu.edu.tw/chemistry/chemistry-019.html>