

花蓮縣第 61 屆國民中小學科學展覽會  
作品說明書

科 別：生活應用科學(二)環保與民生

組 別：國中組

作品名稱：「環」給地球新「吸」望

---環保吸管的製作與探討

關鍵詞：環保吸管、吸管、海藻酸鈉（最多三個）

編 號：

# 目錄

摘要 .....	1
壹、實驗動機 .....	1
貳、研究目的 .....	1
參、研究設備及器材 .....	2
肆、文獻探討與相關名詞原理釋義 .....	2
一、資料收集與文獻探討.....	2
二、本研究相關名詞與原理釋義.....	2
伍、研究架構.....	3
陸、研究過程或方法.....	4
一、紙吸管製作.....	4
二、海藻酸鈉吸管製作.....	16
三、海藻酸鈉吸管塑形器具的改良.....	28
柒、結論.....	29
捌、參考資料.....	30

## 摘要（300 字以內）：

本研究先從古早糰糊的概念開始，找出不需加熱方便製作的天然黏著劑。進而以常用的影印紙為材料製作環保吸管，為增加紙吸管的耐用性我們從吉利丁、吉利 T、洋菜和海藻酸鈉中尋找合適的防水材料，做成海藻酸鈉紙吸管。但實際吸飲不同水溫的水測試時，結果不如預期-紙吸管約使用 5 分鐘即喪失功能。

接著以海藻酸鈉溶液和氯化鈣溶液交聯後形成的膠體乾燥後製成海藻酸鈉吸管，為增加吸管強度，我們添加咖啡渣為骨材，發現 2% 海藻酸鈉溶液 100 公克中添加 3 克咖啡渣能達到最好的效能，使用完以清水沖洗、衛生紙稍加吸乾多餘水分，自然風乾後仍可重複使用。

雖然使用改良式吸管塑形器進料方便，但因我們目前能力有限，尚無法改善其塑形出海藻酸鈉膠條外徑略小的小缺點。我們認為還是大塑膠針筒方便，只要更換或加接上不同口徑的水管，就能以簡單方式製作粗細不同的吸管。還可更換不同骨材，製作不同口味的吸管。

## 壹、研究動機

自 2002 年政府開始實施限塑政策以來，近年塑膠垃圾污染造成的生物危機新聞時有所聞，使得各國政府開始更重視並提出相關政策來減緩塑膠垃圾污染的問題。本國則於 2018 年擴大為禁止提供免費塑膠袋和禁用一次性塑膠吸管。

該年很多公部門及私立學校都響應限制攜入和使用一次性餐具與購物用塑膠袋政策，許多店家也非常配合，改成提供紙吸管。然而，紙吸管卻有很多的缺點，容易因為吸水而軟掉，儘管紙吸管在特定條件下可分解，但目前 PLA 既無法在掩埋廠順利分解，也不能進到其他塑膠回收系統。除了紙吸管以外，雖然市面上還有很多材質看似環保卻不環保的吸管(不鏽鋼、玻璃.....等)，耗能以及碳排放，都比塑膠高。

隨著 Covid-19 在 2020 年初迅速擴散至全球多國，在新冠肺炎疫情催化下，帶動外送產業蓬勃發展。在新聞報導中看到---無論台灣或日本，外送業績較去年同期增加近 5 倍之多，導致一次性餐具爆量增加。這讓我們想做一種大家在家裡便可以自己製作的吸管，甚至是可以吃的吸管，除了想讓一次性餐具可以減量，還讓親友們能用得安心。

## 貳、研究目的

一、本研究希望能利用常見的食材，研發出不含塑膠成分且易分解的環保紙吸管。

- (一)尋找天然黏著劑-糯米粉與高筋麵粉黏性之比較。
- (二)自製紙吸管測試。
- (三)紙吸管防水層比較。
- (四)海藻酸鈉紙吸管-氯化鈣溶液浸泡時間差異比較。
- (五)海藻酸鈉紙吸管-比較浸泡不同濃度氯化鈣溶液的差異。
- (六)海藻酸鈉紙吸管-性質測試。

二、本研究希望運用海藻萃取物的海藻膠(海藻酸鈉)結合氯化鈣而形成的透明薄膜來製作可食用的吸管。

- (一)比較浸泡氯化鈣溶液時間長短的差異。
- (二)比較浸泡氯化鈣溶液濃度大小的影響。
- (三)比較咖啡渣粉不同比例的影響。
- (四)海藻酸鈉吸管-性質測試。

三、海藻酸鈉吸管塑形器具的改良

## 參、研究設備及器材

### 一、研究器材：

計時器、電秤、食物調理機、溫度計、滴管、燒杯、PLA 杯、布丁杯、塑膠盤、塑膠盆、秤盤、華司、砝碼、掛勾、迴紋針、夾子、膠帶、剪刀、美工刀、筆、尺、釣魚線、影印紙、廚房紙巾、橡皮筋、切割墊、紙箱、酒精燈、標籤紙、LLDPE 濾水管、鐵氟龍管、PVC 管、水彩筆、玻璃棒、針筒、裁紙機、曬衣架、止水閥、高密度聚乙烯保鮮膜、自製吸管滴漏器、自製戳膜器、自製抗壓器。

### 二、實驗藥品與材料：

麵粉、糯米粉、洋菜粉、海藻酸鈉、吉利丁粉、吉利 T 粉、氯化鈣、咖啡渣。

## 肆、文獻探討與相關名詞原理釋義

### 一、資料收集與文獻探討：

我們查閱了近年科展與吸管、黏著劑相關的主題研究，將各研究的結論整理於下表：

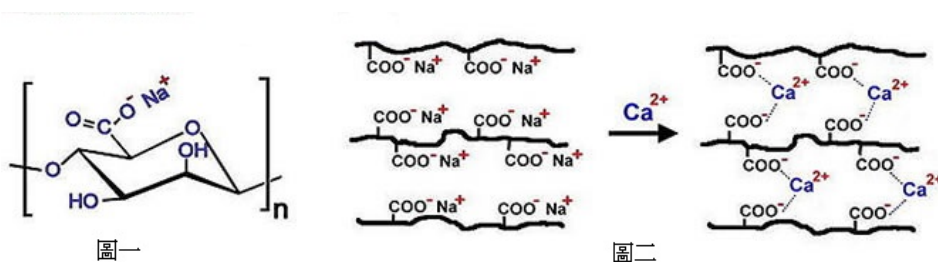
比賽項目	題目名稱	研究結論
屏東縣第 60 屆國中小學科學展覽會	Nice~~紙吸管耐濕性之研究	使用自製的紙吸管環保且容易製作，避免長時間置放於酸性或鹼性的飲料中，雖然耐濕性不比市售紙吸管佳，但成本較低，是環保愛地球不錯的選擇。
中華民國第 59 屆中小學科學展覽會	擋不住的「吸」飲力—新型吸管之研發	活用分子料理中「晶球」之製作原理，利用海藻膠當作膠著劑；食材粉末當作骨材，成功製作出具有實用價值的新型吸管，未來可應用在各種冷飲、熱飲及珍珠奶茶之吸飲，其商品化價值性甚高。
中華民國第 59 屆中小學科學展覽會	洋洋得益—以洋菜冷凍鍍膜製作防水紙吸管	自製洋菜防水紙吸管泡水只有一些膨脹，不會失去吸管功能，埋入土中大多分解碎裂，有被魚咬過的痕跡，證明自製的吸管比市售吸管的天然環保。
中華民國第 58 屆中小學科學展覽會	似水留黏~黏土的留言條	高筋麵粉和水的比例為 1:1 的黏性最佳，高筋麵粉的黏性與白膠的黏性相當。
物理組	阿嬤的環保膠	室溫和加溫後的麵粉糰、加溫後的太白粉和糯米糰，都有很好的黏性，尤其是麵粉調製品黏性最佳。
小論文競賽	老祖宗的智慧結晶—糯米橋之研究	以「手工」的方式加以搗實，打出糯米最佳的黏性糯米漿及紅糖漿加以混和，便可以製造出好用的環保糯米漿。

### 二、本研究相關名詞與原理釋義：（參考文獻—國立台中教育大學科學遊戲實驗室網頁）

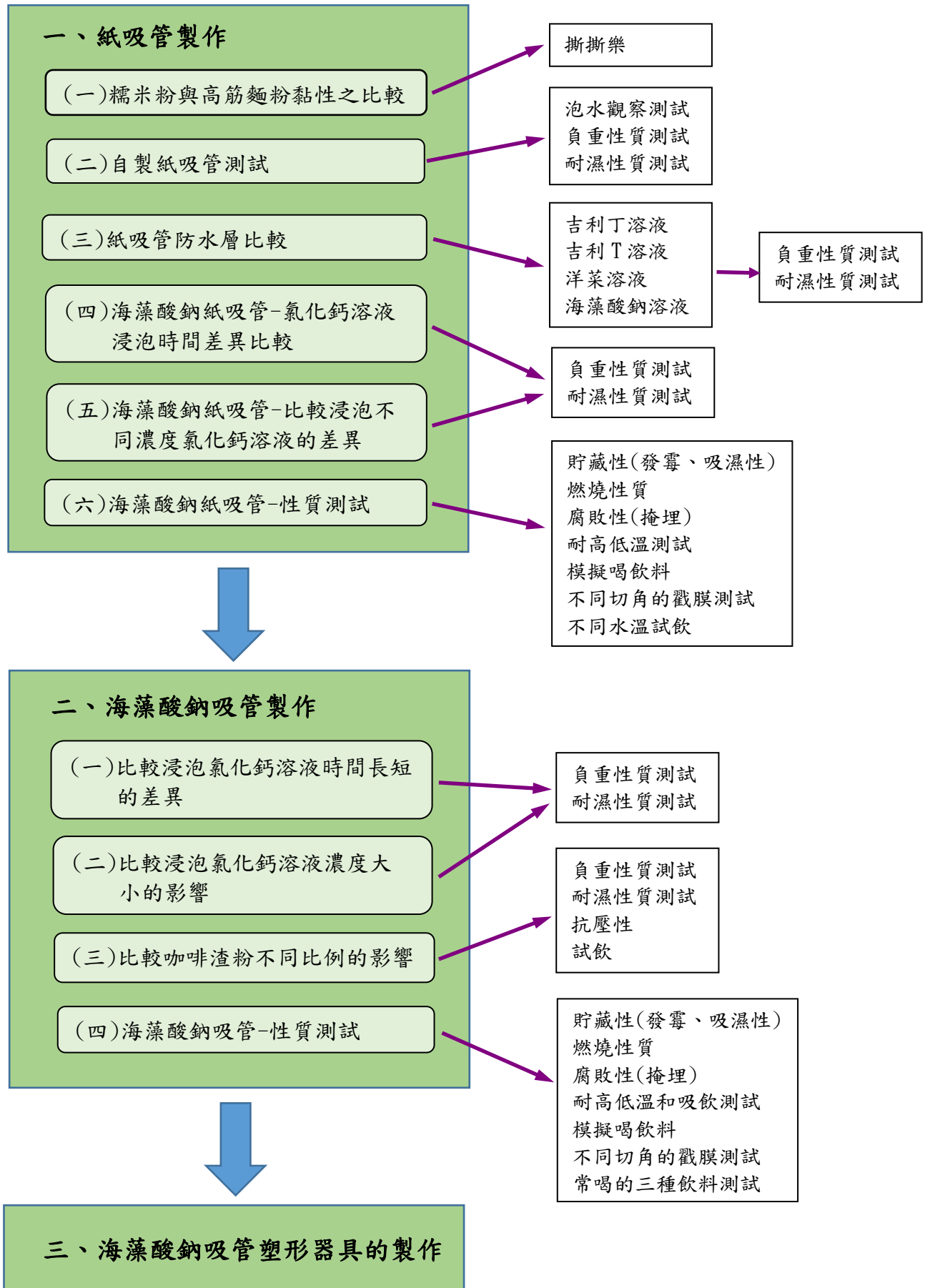
海藻酸鈉（Sodium Alginate）是提煉自褐藻的化學物質，用途相當廣泛，可應用於食品業、醫藥、紡織、造紙…等等，經常做為增稠劑、乳化劑、穩定劑、粘合劑、上漿劑等。

海藻酸鈉為一種高分子，分子式為  $(C_6H_7O_6Na)_n$ ，結構如圖一所示。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，並且抓住海藻酸鈉分子之間的羧酸離子，使得分子間的聯結性更強（如圖

二），此交聯作用（cross-linking）使分子更為固定，流動性降低而固化（形成一種半透膜）。



## 伍、研究架構



## 陸、研究過程或方法

### 一、紙吸管製作

#### (一)天然黏著劑-糯米粉與高筋麵粉黏性之比較

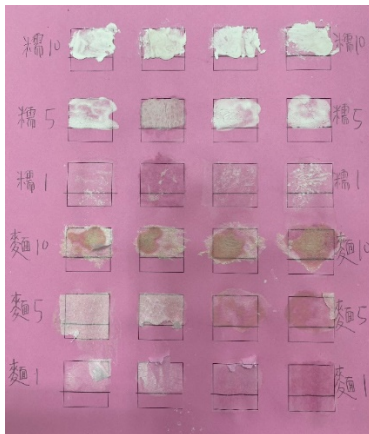
##### 1.實驗步驟：

- (1)將糯米粉與高筋麵粉分別秤量 1 克、5 克和 10 克，加入 10ml 的熱水(約 95°C)，使得粉與水分別為比例 1：10、1：2 及 1：1，攪拌成均勻有黏稠性的液體。
- (2)用裁紙刀裁切 3cm×2cm 大小的廚房紙巾數十張。
- (3)用 A4 紙繪製好黏貼的格子，並在每個格子內畫好 3cm×2cm 的方格。
- (4)分別在每個 3cm×2cm 的格子中均勻塗抹 0.2 克的自製黏性液體，每種液體均塗抹四格。
- (5)將 3cm×3cm 大小的廚房紙巾，輕壓在塗抹各種 0.2 克的自製黏性液體的格子中。
- (6)自然風乾 3 小時後，再輕輕撕下廚房紙巾，進行殘餘廚房紙巾面積大小的比較、觀察和記錄，做為黏性大小的比較依據。

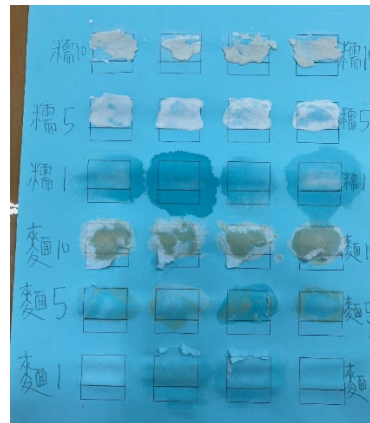
##### 2.實驗結果與討論

由照片結果可看出麵粉糊的黏著性比糯米糊佳，而塗上糯米糊的廚房紙巾幾乎都可完整撕下，背景紙上徒留大面積的糯米糊。

圖一-1



圖一-2



#### (二)自製紙吸管測試

##### 1.實驗步驟：

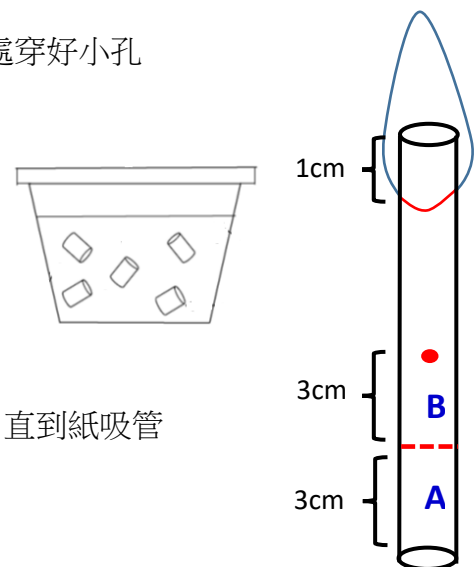
- (1)將 A4 影印紙裁切成長 22 公分、寬 10 公分，數十張備用
- (2)以玻璃棒捲製固定大小，內側邊緣 2 公分塗抹黏漿糊黏著固定(約 1.5 克)，並把吸管逐一吊掛起來晾乾。
- (3)待紙吸管自然風乾完成後，如右圖，事先在第 6 公分處穿好小孔洞，將紙吸管下方 3 公分剪下來。

##### (4)泡水觀察測試

- a.在 6 個飲料杯中分別倒入 400mL 的水，將 3cm(如右圖，A 部分)的各式吸管放入飲料杯裡。
- b.觀察吸管泡入水中後的變化。

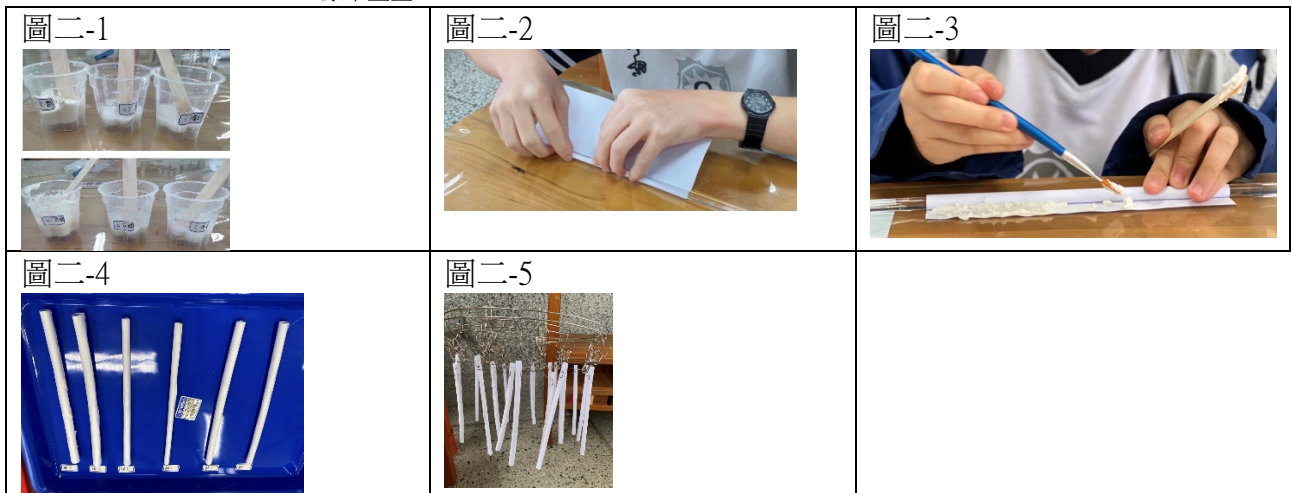
##### (5)負重性質測試

- a.將 4 支紙吸管(如右圖，B 部分)放入 400mL 常溫水中浸泡，如圖，每 30 分鐘取出 1 支吸管。
- b.在事先穿好的小孔洞中每隔 10 秒掛一個砝碼或華司，直到紙吸管斷裂。
- c.將其所能承受的砝碼及華司放到電子秤上秤重。



(6)耐濕性質測試

- a.將 6 支吸管泡水前先秤重記錄原始重量。
- b.將紙吸管(B 部分)放入 400mL 常溫水中浸泡，如右圖，每 15 分鐘取出 1 支吸管，再秤出泡水後重量，相減則為增加重量。
- c.吸管泡水後的增加的重量，除以原本重量，再乘以 100%，即是重量增加百分比。
- d.重量增加百分比 =  $\frac{\text{增加重量}}{\text{原本重量}} \times 100\%$



2.實驗結果與討論

(1)紙吸管的泡水觀察測試

由表一結果比較，糯米糊所製造的紙吸管，無論是哪種比例在 20 分鐘內都爆開；而以麵粉糊為黏著劑製造的紙吸管在 90 分鐘時才有第一個爆開，分別為高筋麵粉：水=10g：10g 和高筋麵粉：水=1g：10g，之後一直到 21 小時後高筋麵粉：水=1g：10g 的才有第二個和第三個爆開。由此實驗結果知黏著劑中，糯米粉的黏著劑明顯容易因泡水而失去黏性，高筋麵粉的黏著劑中以高筋麵粉：水=1g：10g 的比例是泡水後黏性最差的。

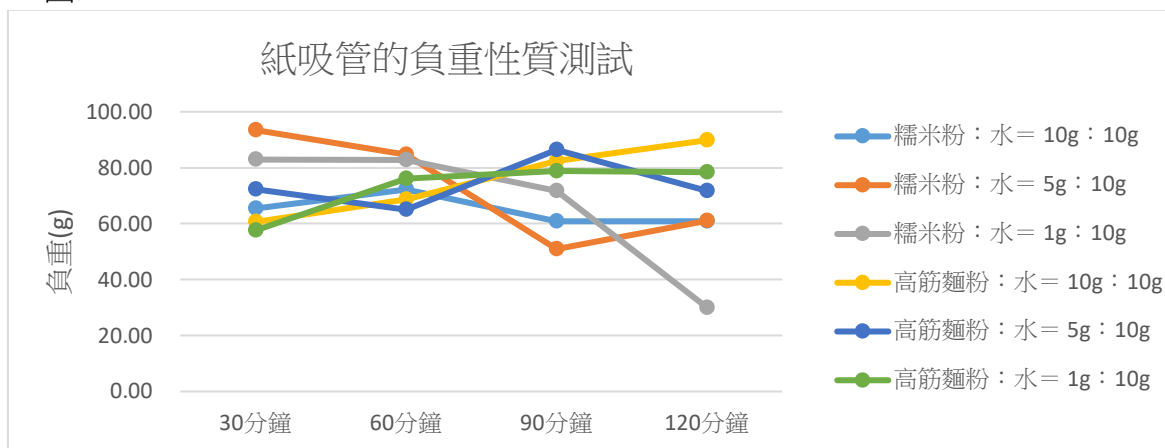
表一、紙吸管的泡水觀察測試

	第 1 爆掉	第 2 爆掉	第 3 爆掉	第 4 爆掉	備註
糯米粉：水=10g：10g	5min	5min	5min	10min	有沉澱物
糯米粉：水=5g：10g	5min	10min	15min	15min	
糯米粉：水=1g：10g	10min	10min	15min	20min	
高筋麵粉：水=10g：10g	90min	無	無	無	第 1 爆掉 25 分鐘
高筋麵粉：水=5g：10g	無	無	無	無	
高筋麵粉：水=1g：10g	90min	1260min	1260min	無	第 2、3 爆掉:170

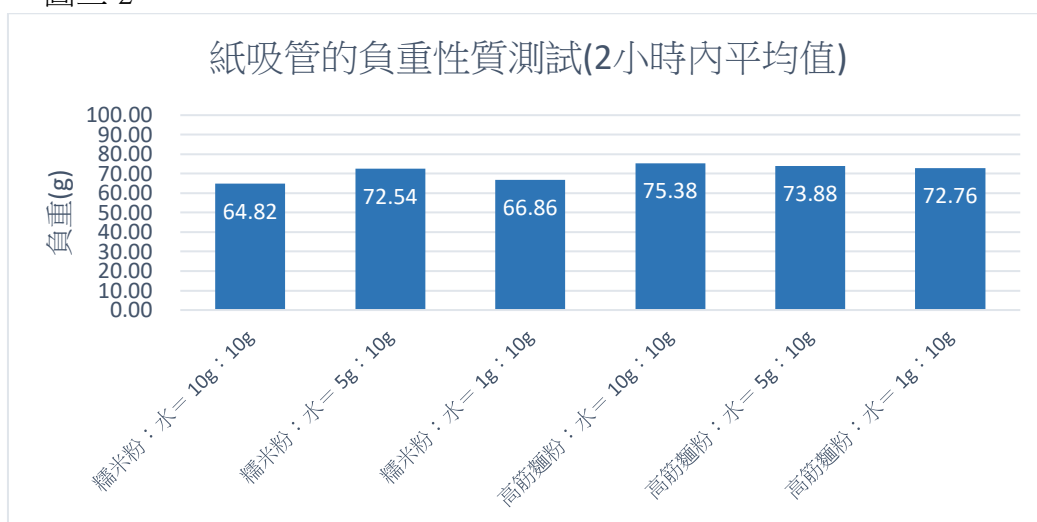
(2)紙吸管的負重性質測試

紙吸管泡水，我們預期泡水越久負重性應該會越差，但由圖三-1 的結果卻不是如此，應該是因製作紙吸管時很難做到「一致性」。整體而言，若以 2 小時內的平均值(圖三-2)來比較，則以高筋麵粉糊為黏著劑所製作的紙吸管負重性優於糯米糊為黏著劑所製作的紙吸管負重性，其中又以高筋麵粉：水=10g：10g 為最佳。

圖三-1



圖三-2

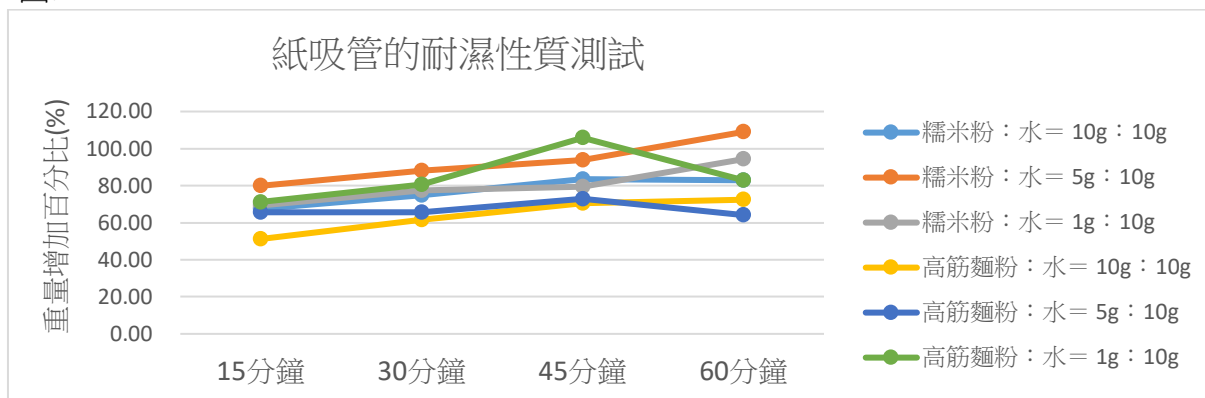


### (3) 紙吸管的耐濕性質測試

由圖四-1 及圖四-2 我們比較得知，使用糯米糊為黏著劑製作的紙吸管在泡水後，吸水較嚴重；而以麵粉糊為黏著劑製作的紙吸管在泡水後，以高筋麵粉：水=10g：10g 的比例麵粉糊耐濕性最佳。

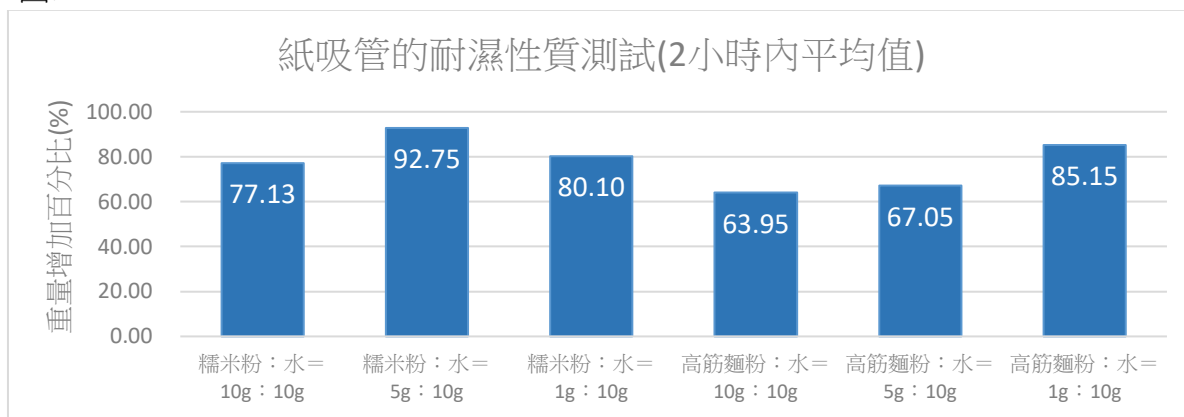
綜合上述，我們選定以高筋麵粉：水=10g：10g 的比例為我們往後製作紙吸管的黏著劑。

圖四-1





圖四-2



### (三)紙吸管防水層比較

#### 1.實驗步驟

##### (1)配製防水塗料共 4 種

- ①吉利丁溶液：25 克吉利丁粉/1000 克水
- ②吉利 T 溶液：25 克吉利 T 粉/1000 克水
- ③洋菜溶液：20 克洋菜粉/1000 克水
- ④海藻酸鈉溶液：1%和 2%，各 1000g

##### (2)將紙吸管各 10 支分別完整浸泡在①～④杯溶液中 10 分鐘。

(3) ①～③杯浸泡後的紙吸管，取出後逐一吊掛乾燥；第④杯的紙吸管自杯中取出以"不滴水"後為原則，放入裝有 2%氯化鈣溶液杯中浸泡 15 分鐘。

(4)將第④杯的紙吸管自 2%氯化鈣溶液杯中取出，逐一吊掛乾燥。

##### (5)負重性質測試

- a.將 4 支紙吸管放入 400mL 常溫水中浸泡，每 30 分鐘取出 1 支吸管。
- b.在事先穿好的小孔洞中每隔 10 秒掛一個砝碼或華司，直到紙吸管斷裂。
- c.將其所能承受的砝碼及華司放到電子秤上秤重。

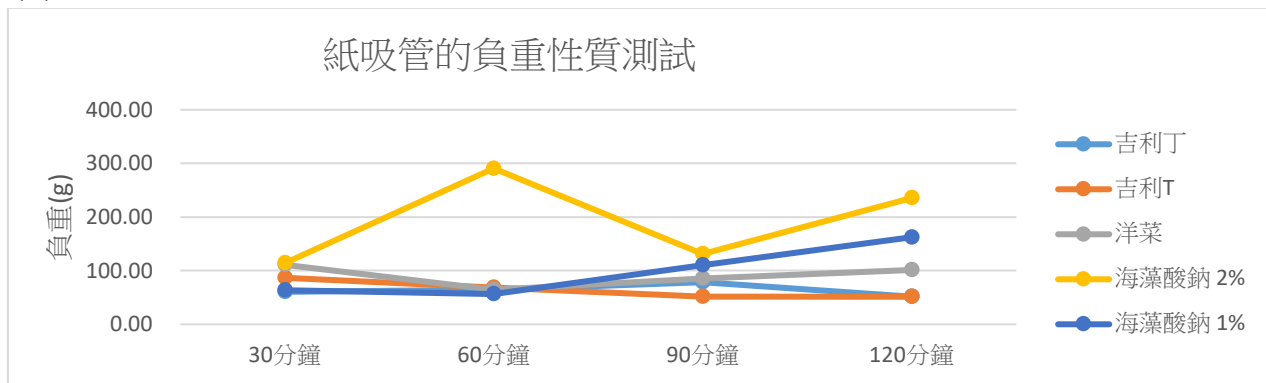
##### (6)耐濕性質測試

- a.將 6 支吸管泡水前先秤重紀錄原始重量。
- b.將紙吸管放入 400mL 常溫水中浸泡，每 15 分鐘取出 1 支吸管，再秤出泡水後重量，相減則為增加重量。
- c.吸管泡水後的增加的重量，除以原本重量，再乘以 100%，即是重量增加百分比。
- d.重量增加百分比 =  $\frac{\text{增加重量}}{\text{原本重量}} \times 100\%$

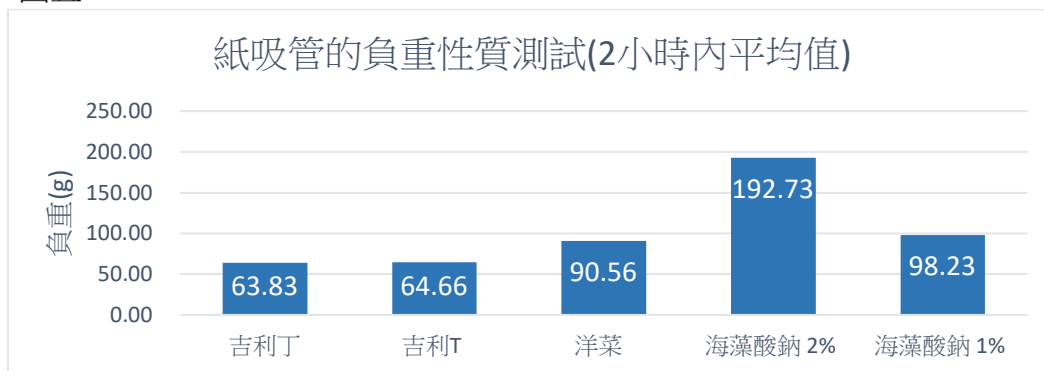
#### 2.實驗結果與討論

分別以吉利丁、吉利 T、洋菜和海藻酸鈉做為防水劑製作紙吸管，待完全乾燥後。以吉利丁、吉利 T 和洋菜為防水劑做成的紙吸管和未上防水劑前的紙吸管比較，外觀上看不出差異；但以海藻酸鈉為防水劑做成的紙吸管，以肉眼可辨別出紙吸管外有一層膜。雖然 2%海藻酸鈉溶液做為防水劑製作的紙吸管負重性質最好，但其耐濕性卻是最差。且更重要的是 2%海藻酸鈉溶液非常濃稠，實驗操作上要讓紙吸管完全吸收敷膜真的很困難。因此我們決定以 1%海藻酸鈉溶液做為防水劑。

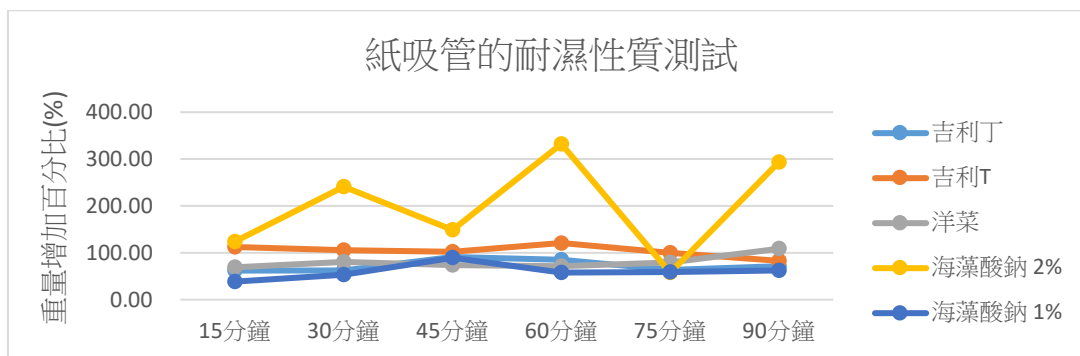
圖五-1



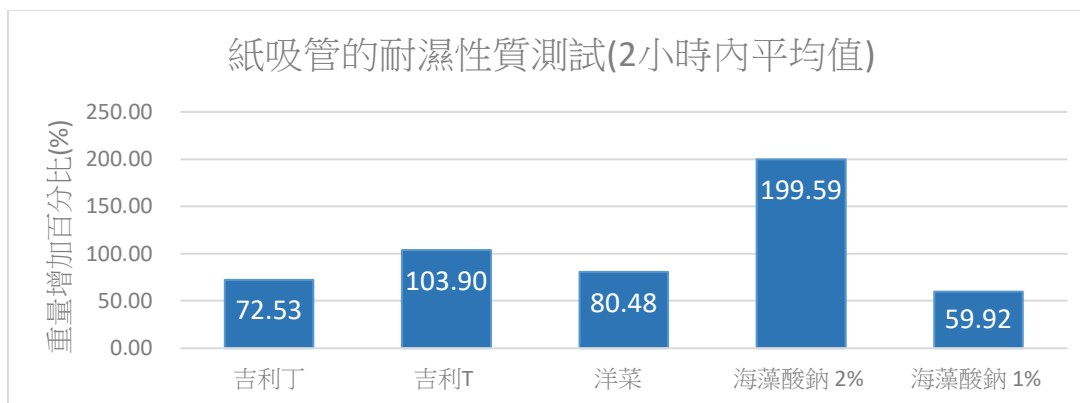
圖五-2



圖六-1



圖六-2



#### (四)海藻酸鈉紙吸管-氯化鈣溶液浸泡時間差異比較

##### 1.實驗步驟

(1)紙吸管浸泡在 1% 海藻酸鈉溶液中 10 分鐘取出，"不滴水"後放入裝有 2%氯化鈣溶液杯中浸泡，自 2%氯化鈣溶液杯中取出紙吸管，逐一吊掛乾燥。

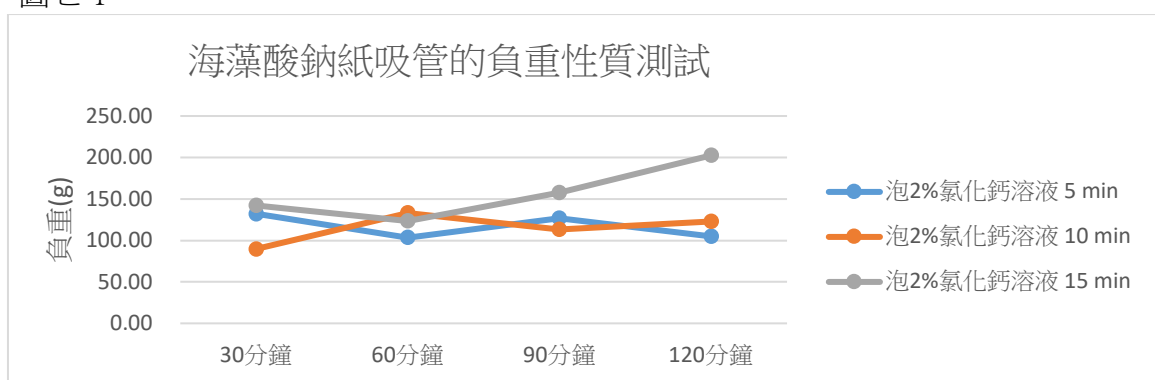
(2)比較浸泡氯化鈣溶液 5 分鐘、10 分鐘、15 分鐘所得吸管的負重性質及耐濕性質。

##### 2.實驗結果與討論

由圖七-1 發現，無論浸泡 2%氯化鈣溶液時間是 5 分鐘、10 分鐘或 15 分鐘，所測得的實驗數據都不穩定，所測得的結果沒有規律性的因泡水的時間長短增加或減少負重性。但若以平均值來看(圖七-2)，紙吸管先以 1%海藻酸鈉溶液浸泡，再浸泡 2%氯化鈣溶液 15 分鐘所得到的負重效果最好。

同樣的，由圖八-2 的結果，則以紙吸管先以 1%海藻酸鈉溶液浸泡，再浸泡 2%氯化鈣溶液 15 分鐘所得到的耐濕效果最佳。

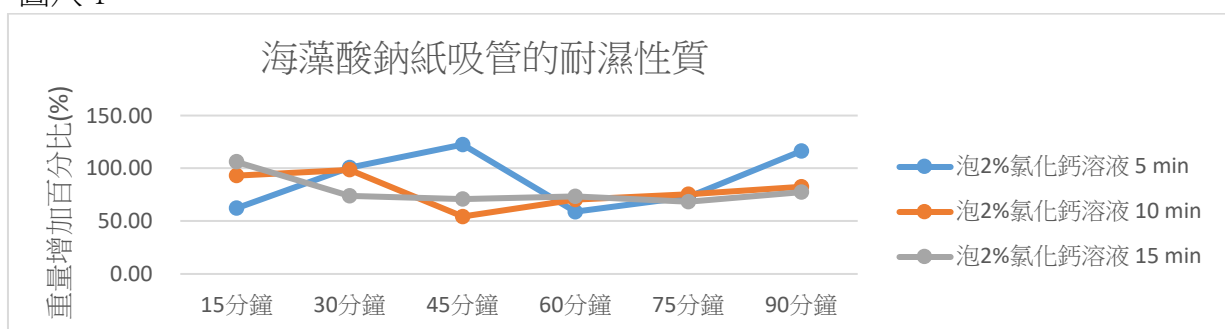
圖七-1



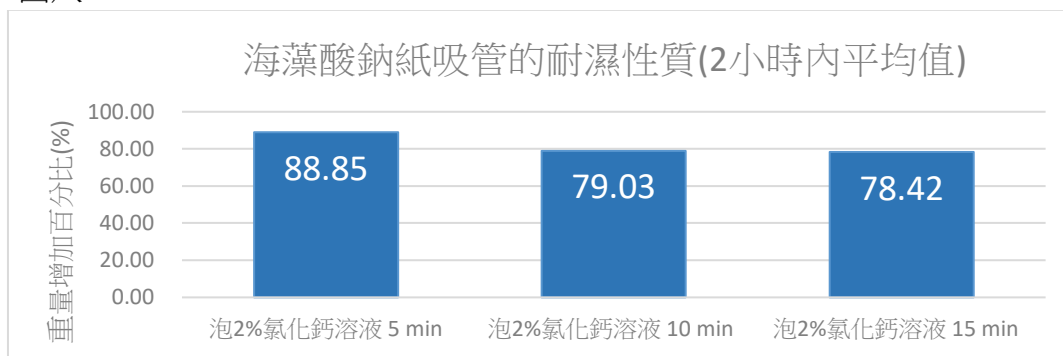
圖七-2



圖八-1



圖八-2



### (五)海藻酸鈉紙吸管-比較浸泡不同濃度氯化鈣溶液的差異

#### 1.實驗步驟

- (1)以 1% 海藻酸鈉溶液中 10 分鐘取出, "不滴水"後放入裝有氯化鈣溶液杯中浸泡 15 分鐘, 自氯化鈣溶液杯中取出紙吸管, 逐一吊掛乾燥。
- (2)比較浸泡 2%、5%、10%氯化鈣溶液所得吸管的負重性質及耐濕性質。

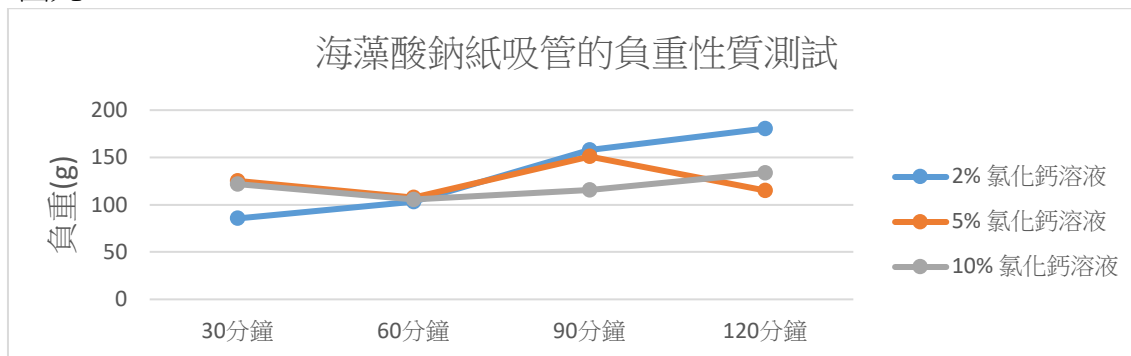
#### 2.實驗結果與討論

由圖九-1 發現, 無論浸泡的氯化鈣溶液濃度是 2%、5%或 10%, 所測得的實驗數據都呈沒有規律性的跳動, 但 10%氯化鈣溶液的數據波動性較小。若以平均值來看(圖九-2), 則三種濃度的氯化鈣溶液其負重性質差異並不大。

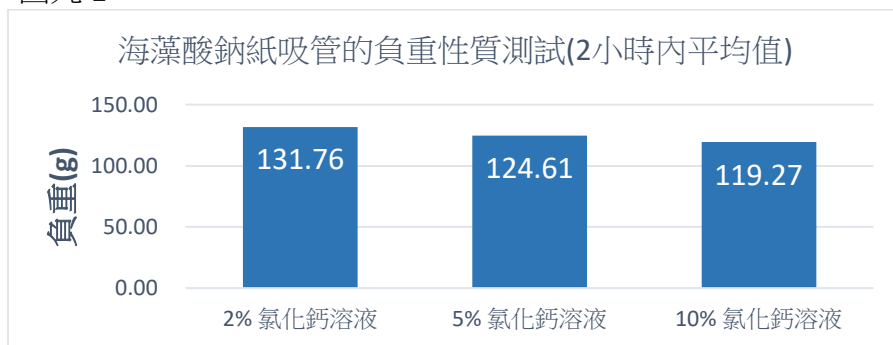
而由圖十-1、圖十-2 可看出, 耐濕效果以 10%氯化鈣溶液為最佳。

綜合上述, 紙吸管先以 1%海藻酸鈉溶液浸泡, 再浸泡 10%氯化鈣溶液 15 分鐘所得到的負重和耐濕效果最好。

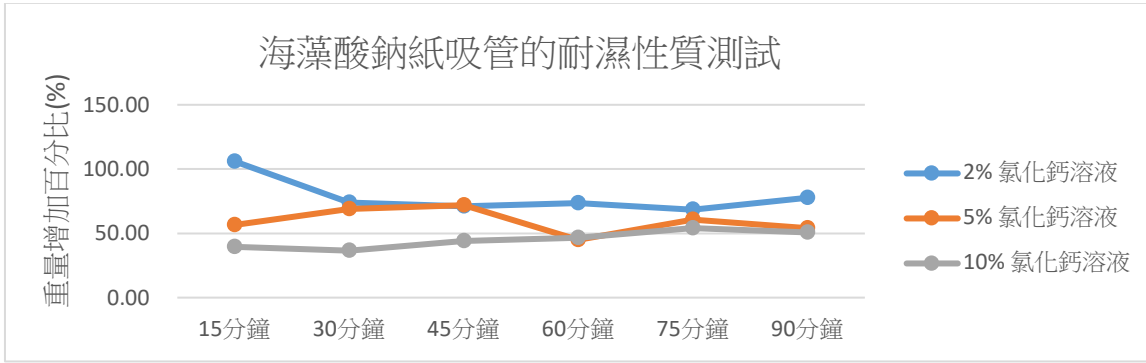
圖九-1



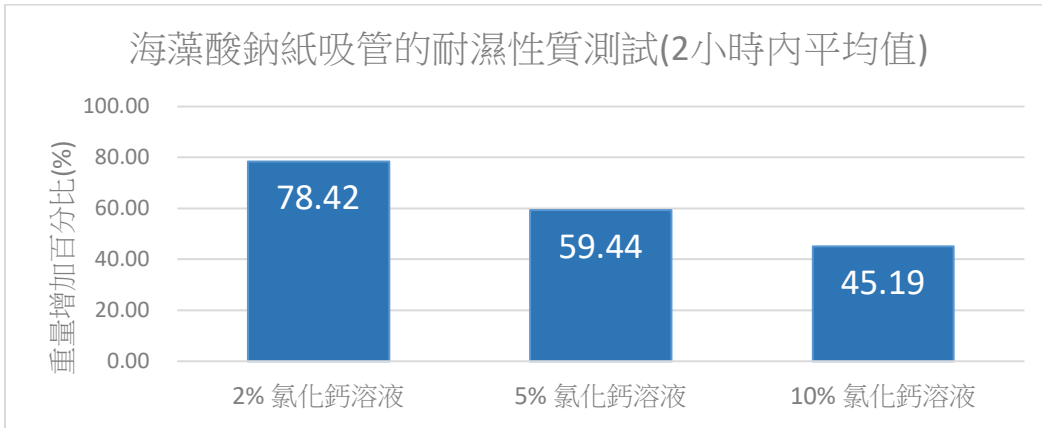
圖九-2



圖十-1



圖十-2



## (六)海藻酸鈉紙吸管-性質測試

### 1.貯藏性測試(發霉、吸濕性)：

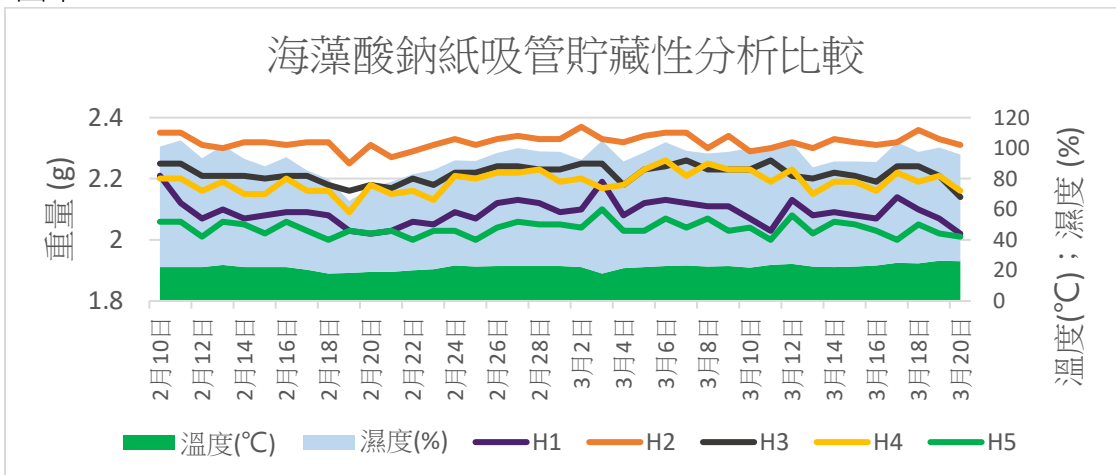
#### (1)實驗步驟

以釣魚線穿過海藻酸鈉紙吸管懸掛，放置在室內通風處，每日觀察及秤重、記錄當日氣溫及濕度。

#### (2)實驗結果與討論

在近 40 天的觀察紀錄中，我們發現 5 支海藻酸鈉紙吸管都沒有發霉的現象，且重量也沒有明顯的變化。但由圖十一可看出重量的變化和濕度的關聯性比較大些，濕度大時，重量會稍重些。

圖十一



## 2. 燃燒性質：

### (1) 實驗步驟

- 先用打火機點燃酒精燈。
- 用鑷子將15 cm 的紙吸管和海藻酸鈉紙吸管分別放到酒精燈上面加熱，用計時器計時。
- 觀察各式吸管燃燒後的變化。
- 將實驗結果記錄在實驗表格中。

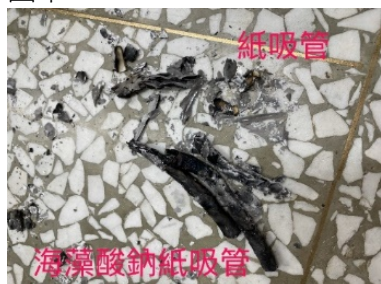
### (2) 實驗結果與討論

從燃燒性質的觀察中，我們發現海藻酸鈉紙吸管燒的速度比紙吸管慢，且和紙吸管燃燒時相比有香香甜甜的味道比較好聞，不會嗆鼻。

表二

項目 \ 變化	火焰的顏色	煙的顏色	燃燒時的氣味	灰燼的外觀	燃燒時間
海藻酸鈉吸管	紅色	燃燒一段時間後才開始冒白煙	香甜味	黑色	平均 6分37秒
紙吸管	紅色	一開始燃燒即冒白煙	紙味(煙燻)	灰色，和紙張燃燒結果相似	平均 1分28秒

圖十二



## 3. 腐敗性(掩埋)：

### (1) 實驗步驟

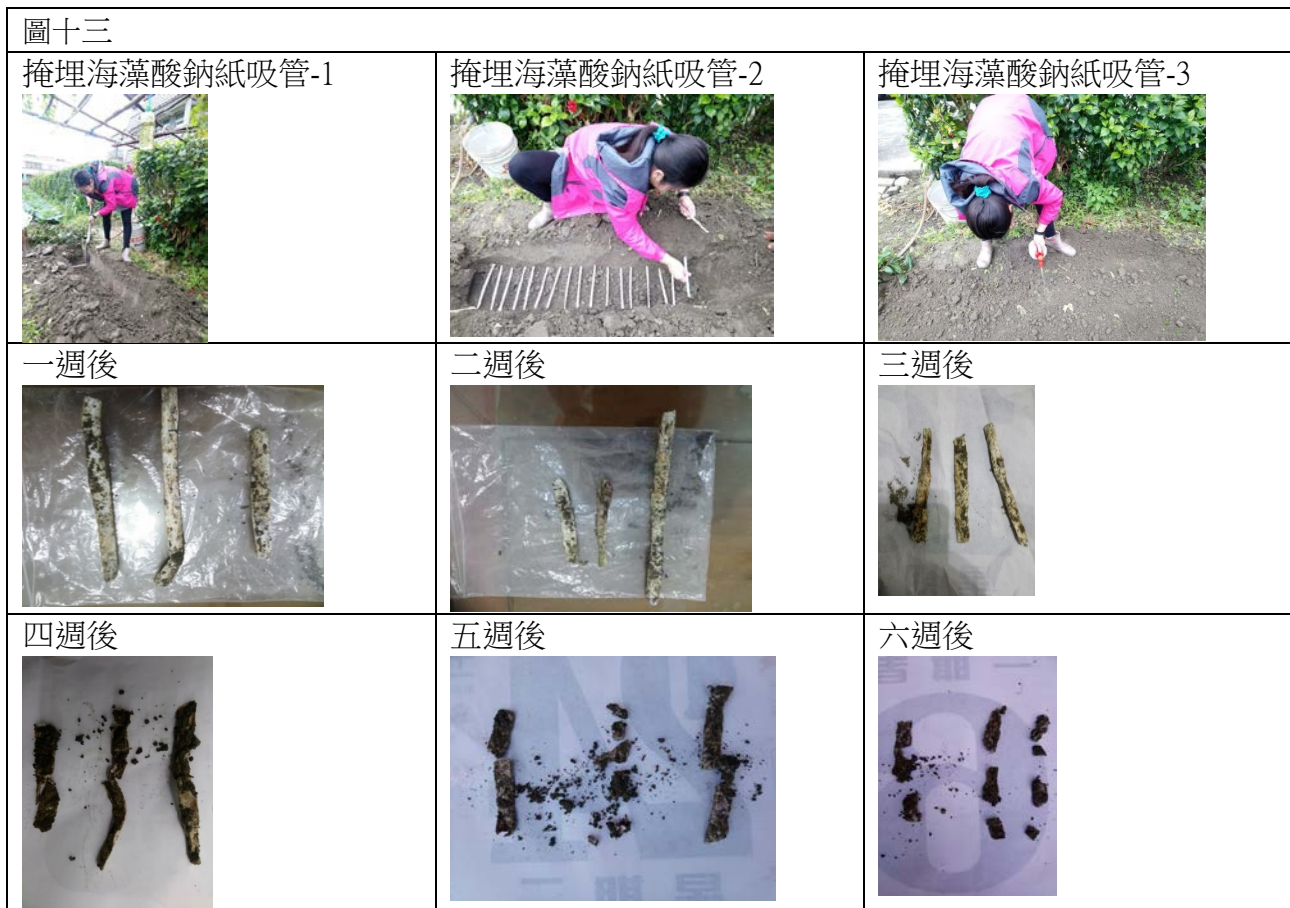
- 利用鏟子把一塊地挖到20 cm深，把紙吸管一個一個間隔約10 cm埋進土裡。
- 再把土鋪回原來的模樣。
- 掩埋6週，每天澆水1桶，每週取出3支紙吸管觀察記錄。

### (2) 實驗結果與討論

由表三和圖十三的實驗結果描述可知，我們自製的海藻酸鈉紙吸管約 1.5 個月的時間就可達約六成土壤化了。

表三

	顏色	形狀	備註
第1週	表面上有些許的土，微微的咖啡色	沒有變化	有潮濕味、泥土味
第2週	表面上有些許的土，微微的咖啡色	有些許凹折	潮濕味、泥土味比上次更濃，易在挖掘過程中被截斷
第3週	表面上有些許的土，咖啡色加深	有些許凹折	有潮濕味、泥土味，吸管表層夾帶更多泥土
第4週	完全被土覆蓋，全咖啡色	嚴重凹折斷裂	潮濕味、泥土味非常濃、濕黏，幾乎看不出吸管的樣子
第5週	完全被土覆蓋，全咖啡色	嚴重凹折斷裂、斷成小段	潮濕味、泥土味非常濃，濕黏，完全看不出吸管的樣子
第6週	完全被土覆蓋，全咖啡色	嚴重凹折斷裂、碎成小塊	潮濕味、泥土味非常濃，濕黏，完全看不出吸管的樣子



#### 4.耐高低溫測試

##### (1)實驗步驟

- 將紙吸管浸泡在不同溫度水中(冰水、常溫水、熱水；0℃、20℃、50℃)，每30分鐘取出1支，測耐濕性質，重複上述步驟持續2小時。
- 將紙吸管浸泡在不同溫度水中(冰水、常溫水、熱水；0℃、20℃、50℃)，120分鐘後取出，測其負重性質。

##### (2)實驗結果與討論

由表四和表五結果可知，海藻酸鈉紙吸管在低溫時具有較好的負重性質；但耐濕性則以常溫水具有較佳的耐濕性質。

表四、不同溫度時海藻酸鈉紙吸管負重性質測試

	0℃水	20℃水	50℃水
負重(g)	85.58	54.77	49.76

表五、不同溫度時海藻酸鈉紙吸管耐濕性質測試

浸泡時間 增加重量百分比	30分鐘	60分鐘	90分鐘	120分鐘	平均
0℃水	74.43	83.36	108.95	95.55	90.63
20℃水	54.26	61.46	81.56	86.77	61.79
50℃水	54.41	62.18	82.45	74.24	68.32

## 5. 模擬喝飲料：

### (1) 實驗步驟

- 模仿喝飲料時，水流由吸管中間經過，為了測量吸管管壁內側吸水情形，設計吸管滴漏器。
- 以止水閥控制水流速度，讓360mL的水流能夠從吸管中間流過，模仿用吸管吸飲飲料，了解吸管在喝完360mL飲料後，吸管結構是否仍堅固。

### (2) 實驗結果與討論

為模仿喝飲料時的情境，我們自製吸管滴漏器(如圖十四)，以止水閥控制水流速度，每次都切到 45°角讓水流速固定，每次 360mL 水流完所需時間大約 3 分鐘，由表六和表七結果可知，負重平均為 184.62 公克，吸水重量增加約 60.96%。



表六、海藻酸鈉紙吸管負重性質測試

編號	1	2	3	平均
負重(g)	169.03	179.05	205.78	184.62

表七、海藻酸鈉紙吸管耐濕性質測試

編號	1	2	3	平均
重量增加百分比	69.82	56.25	56.81	60.96

## 6. 不同切角的戳膜測試

### (1) 實驗步驟

- 將不同切角(平口、30°、45°、60°)的紙吸管放入自製戳膜器中(如圖十五)，先以在塑膠盒內放置200公克砝碼為依據，自11cm 高處自由落下戳膜。若能戳破封膜，則減10公克砝碼；反之若沒能戳破封膜，則加10公克砝碼，記錄砝碼重量。
- 重複上述步驟，測量四次紙吸管戳膜力道做比較。

### (2) 實驗結果與討論

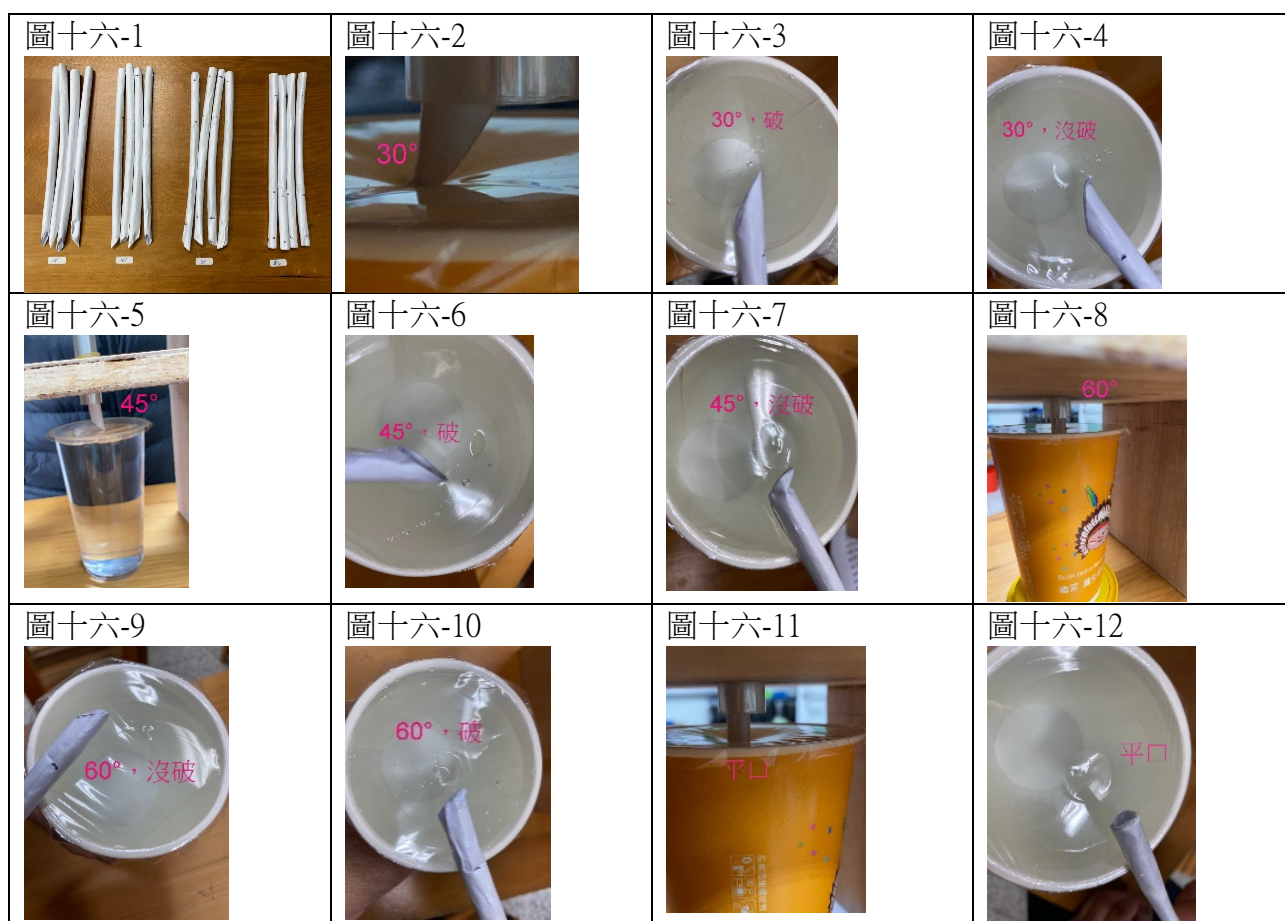
由表八看出，戳膜力道以切口 60°的海藻酸鈉紙吸管效果最佳。





表八

編號	平口	30°	45°	60°
1	砝碼重 200 公克，沒破。封膜凹陷面積大，紙吸管管口變鈍	砝碼重 200 公克，沒破。封膜微凹陷，紙吸管尖端變形	砝碼重 200 公克，破	砝碼重 200 公克，破大洞
2	砝碼重 210 公克，沒破。封膜凹陷面積大，紙吸管管口變鈍	砝碼重 210 公克，沒破。封膜微凹陷，紙吸管尖端變形	砝碼重 190 公克，沒破。封膜有凹陷，紙吸管尖端變形嚴重	砝碼重 190 公克，沒破。封膜凹陷大，紙吸管尖端變形嚴重
3	砝碼重 220 公克，沒破。封膜凹陷面積大，紙吸管管口變鈍	砝碼重 220 公克，破，紙吸管尖端沒變形	砝碼重 200 公克，破	砝碼重 190 公克，破
4	砝碼重 230 公克，沒破。封膜凹陷面積大，紙吸管管口變鈍	砝碼重 210 公克，沒破。封膜些微凹陷，紙吸管尖端變形	砝碼重 190 公克，沒破。封膜凹陷，紙吸管尖端稍微變形	砝碼重 180 公克，沒破。封膜凹陷，紙吸管尖端變形



## 7. 吸飲不同溫度的水測試

### (1) 實驗步驟

分別以海藻酸鈉紙吸管吸飲不同溫度的水(冰水、常溫水、熱水；0°C、20°C、50°C)，記錄吸飲結果。

### (2) 實驗結果與討論

以海藻酸鈉紙吸管吸飲超過約 1.5 分鐘後，會有濃厚麵粉味。

冰水：約 3~4 分鐘左右，因紙吸管凹扁變形而無法吸到水，頭尾兩端出現軟爛現象。

常溫水：剛開始吸飲水正常，但是若吸飲水 5 分鐘以上，也會和冰水一樣。

熱水：剛開始吸飲水正常，但是若吸飲水 5 分鐘以上，也會和冰水一樣。

## 二、海藻酸鈉吸管製作

於紙吸管製作實驗的過程中發現，以海藻酸鈉溶液和氯化鈣溶液製作防水層，紙吸管外有一層薄膜包覆，吸引我們的眼光。上網搜尋得知，目前很夯的分子料理 – 爆漿粉圓的製作即是利用此原理製作，我們希望也利用此原理製作環保吸管。

### (一)比較浸泡氯化鈣溶液時間長短的差異

#### 1.實驗步驟：

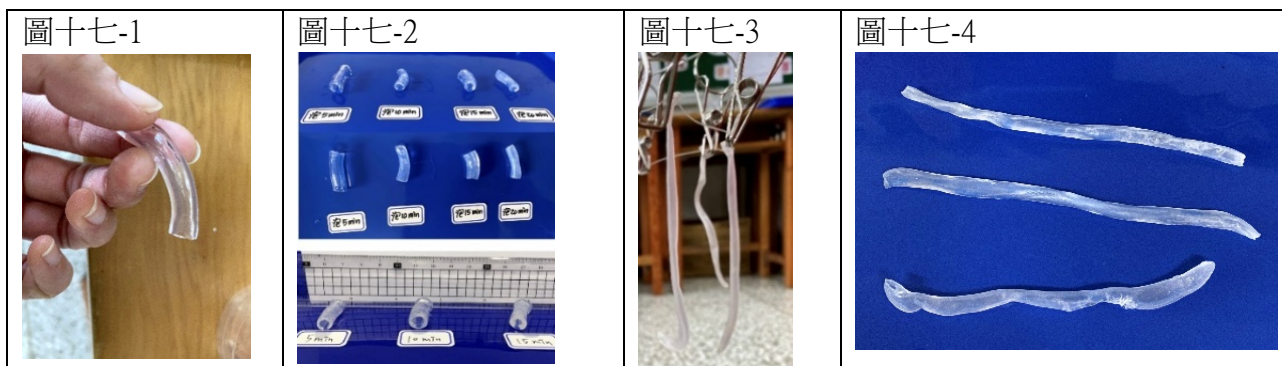
- (1)配製2%海藻酸鈉溶液2000mL，另配製2%氯化鈣溶液3000 mL。
- (2)以60mL塑膠針筒外接鐵氟龍管(6\*8mm、8\*10mm、10\*12mm)作為製造吸管的模具，吸取海藻酸鈉溶液，在氯化鈣溶液中擠出長條形。
- (3)在5分鐘後，撈取長條形凝膠，裁切凝膠頭尾，置入水中清洗瀝乾，製成中空的海藻膠長管。
- (4)重複步驟(1)~(3)，製作浸泡2%氯化鈣溶液分別為10分鐘和15分鐘的海藻膠長管。
- (5)逐一吊掛，置入除濕機箱中乾燥。
- (6)比較浸泡2%氯化鈣溶液5分鐘、10分鐘、15分鐘所得吸管的負重性質及耐濕性質。

#### 2.實驗結果與討論

如圖十七-2 所示做出，依上述步驟所做出的海藻膠長管，隨著浸泡氯化鈣溶液時間越長，內徑變得越小，乾燥後則會變得乾扁扭曲(圖十七-3~圖十七-4)。為改善此情形，我們使用淨水設備的 LLDPE 管(4\*6mm)貫穿中空的海藻膠長管使管內有支撐，浸泡氯化鈣溶液使之交聯成膜的時間我們有做到 30 分鐘，但因海藻膠長管內徑太小 LLDPE 管無法貫穿，且考量到平時我們常用的吸管口徑大小，所以只比較 5 分鐘~15 分鐘的差異性。

使用 LLDPE 管貫穿中空的海藻膠長管後，雖可塑形海藻膠長管，卻發生乾燥後海藻酸鈉吸管拔不下來，亦或拔下來卻脆裂的窘境。查詢文獻後發現，鐵氟龍有不易沾黏的特性，所以後續實驗我們改用鐵氟龍管來貫穿中空的海藻膠長管。

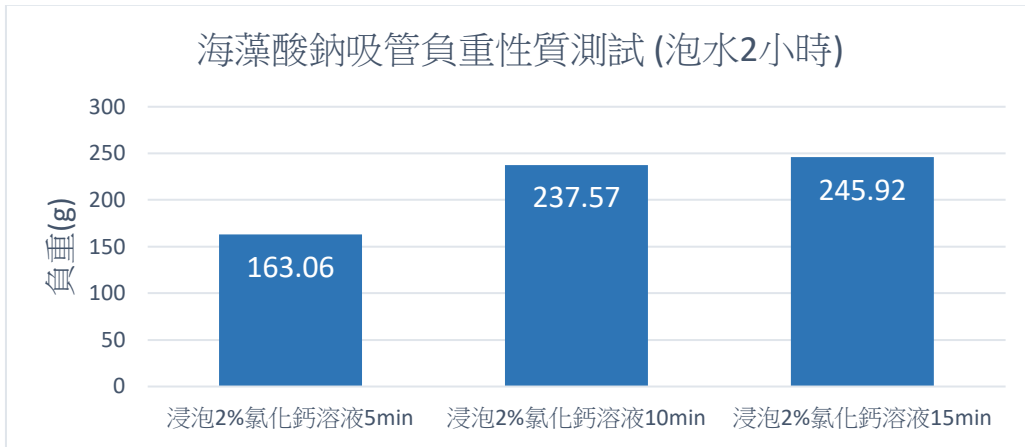
表九、圖十八~圖十九是以 LLDPE 管貫穿中空的海藻膠長管，乾燥所得的有裂縫的海藻酸鈉吸管所測得的負重性質及耐濕性質。就泡水 2 小時後的負重性，浸泡 2%氯化鈣溶液 10 分鐘和 15 分鐘所得的海藻膠酸鈉吸管遠好於浸泡 2%氯化鈣溶液 5 分鐘得的海藻膠酸鈉吸管。但若再加上考量耐濕性(圖十九-2)，則以浸泡 2%氯化鈣溶液 15 分鐘為最佳條件。



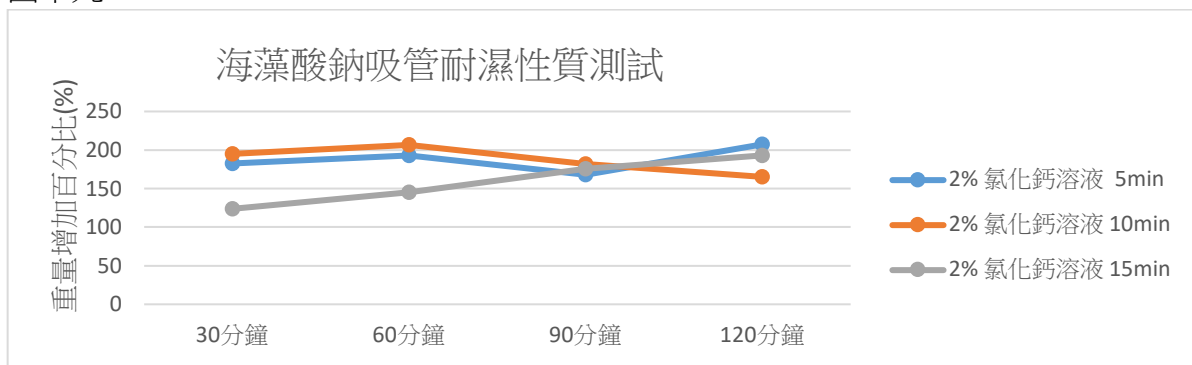
表九、海藻酸鈉吸管負重性質測試

項目	第 1 次	第 2 次	第 3 次	平均
2% 氯化鈣溶液 5min	179.28	220.48	89.43	163.06
2% 氯化鈣溶液 10min	130.88	360.42	221.41	237.57
2% 氯化鈣溶液 15min	231.54	193.87	312.34	245.92

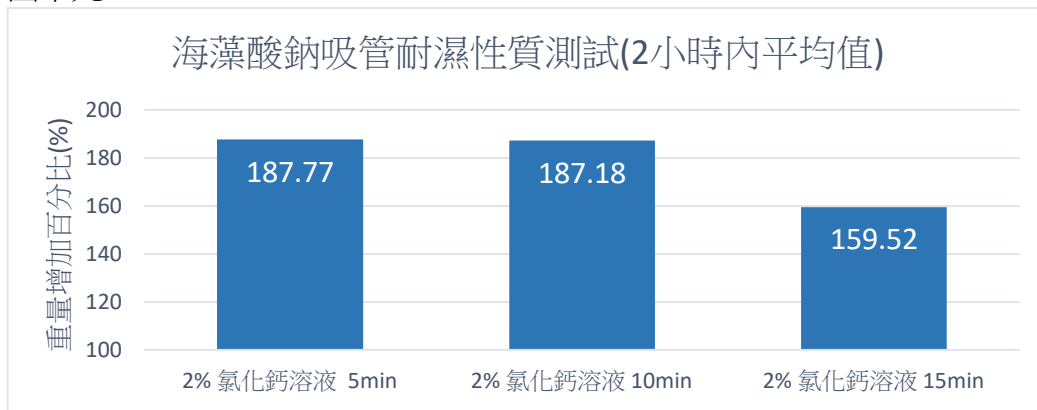
圖十八



圖十九-1



圖十九-2



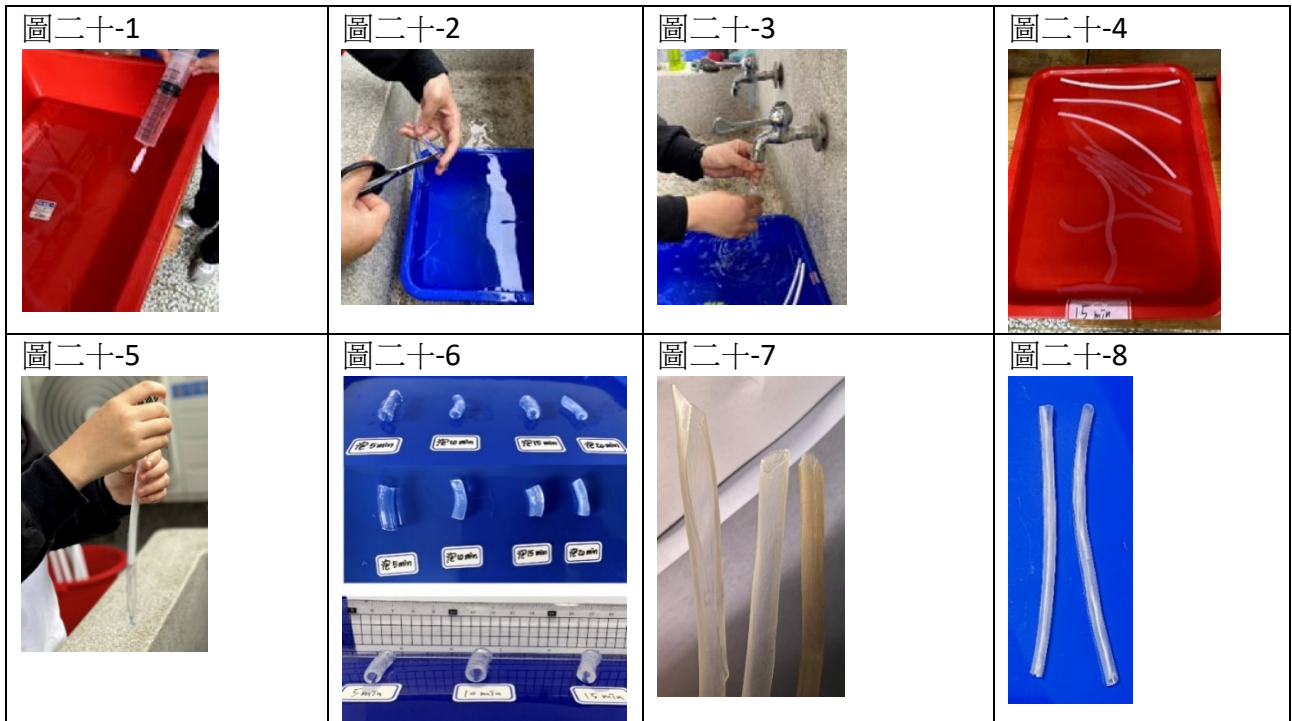
## (二)比較浸泡氯化鈣溶液濃度大小的影響

### 1.實驗步驟：

比較在不同濃度的氯化鈣溶液中浸泡15分鐘後，所得吸管的負重性質及耐濕性質。

### 2.實驗結果與討論

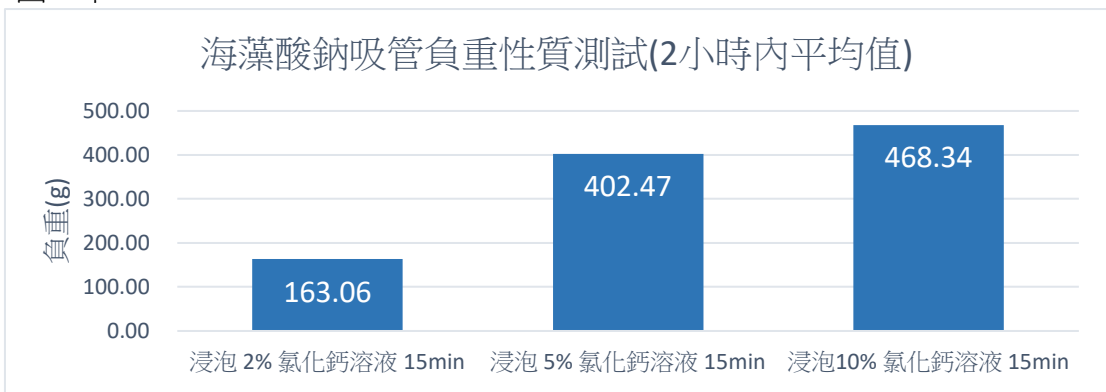
改以鐵氟龍管貫穿中空的海藻膠長管，乾燥後海藻酸鈉吸管拔不下來或易脆裂的情形大幅改善。乾燥脫模後得外觀呈粗細一致的微彎長管狀(圖二十-8)，類似一般塑膠吸管，無光澤透光性不佳，質地較堅硬。脫模時若不小心易裂開；泡水後會稍膨脹，有光澤透光性變較佳，質地也變得柔軟。綜合表十、圖二十一~圖二十二的結果，整體而言以浸泡10% 氯化鈣溶液所得的海藻酸鈉吸管的負重性質及耐濕性質較佳(圖二十一，二十二-2)。



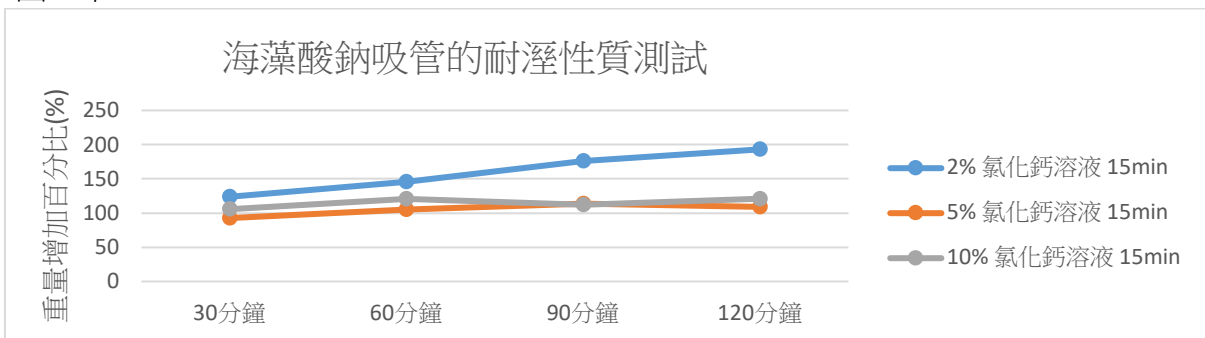
表十、海藻酸鈉吸管負重性質測試

項目	第 1 次	第 2 次	第 3 次	平均
浸泡 2% 氯化鈣溶液	179.28	220.48	89.43	163.06
浸泡 5% 氯化鈣溶液	418.26	522.06	267.08	402.47
浸泡 10% 氯化鈣溶液	465.60	509.09	430.34	468.34

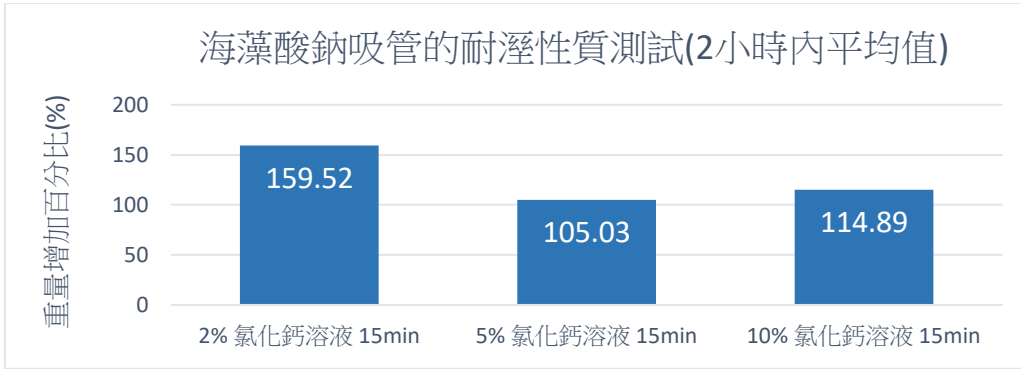
圖二十一



圖二十二-1



圖二十二-2



### (三)比較咖啡渣粉不同比例的影響

為改善海藻酸鈉吸管泡水後易軟化的性質，由水泥混合砂石成混凝土能使強度增強的概念，我們嘗試在 2%海藻酸鈉溶液中加入咖啡渣，希望達到乾燥後不易脆裂，以及泡水後不易軟化。且為增大吸管的口徑，我們在原有的製造吸管模具上加裝 PVC 軟管，讓擠出的海藻膠長條外徑達 12mm。而於乾燥過程中，在鐵氟龍管內插入盆栽定型蘭花用的鐵絲(如圖二十三-8)，以增加海藻酸鈉吸管筆直度。

#### 1.實驗步驟：

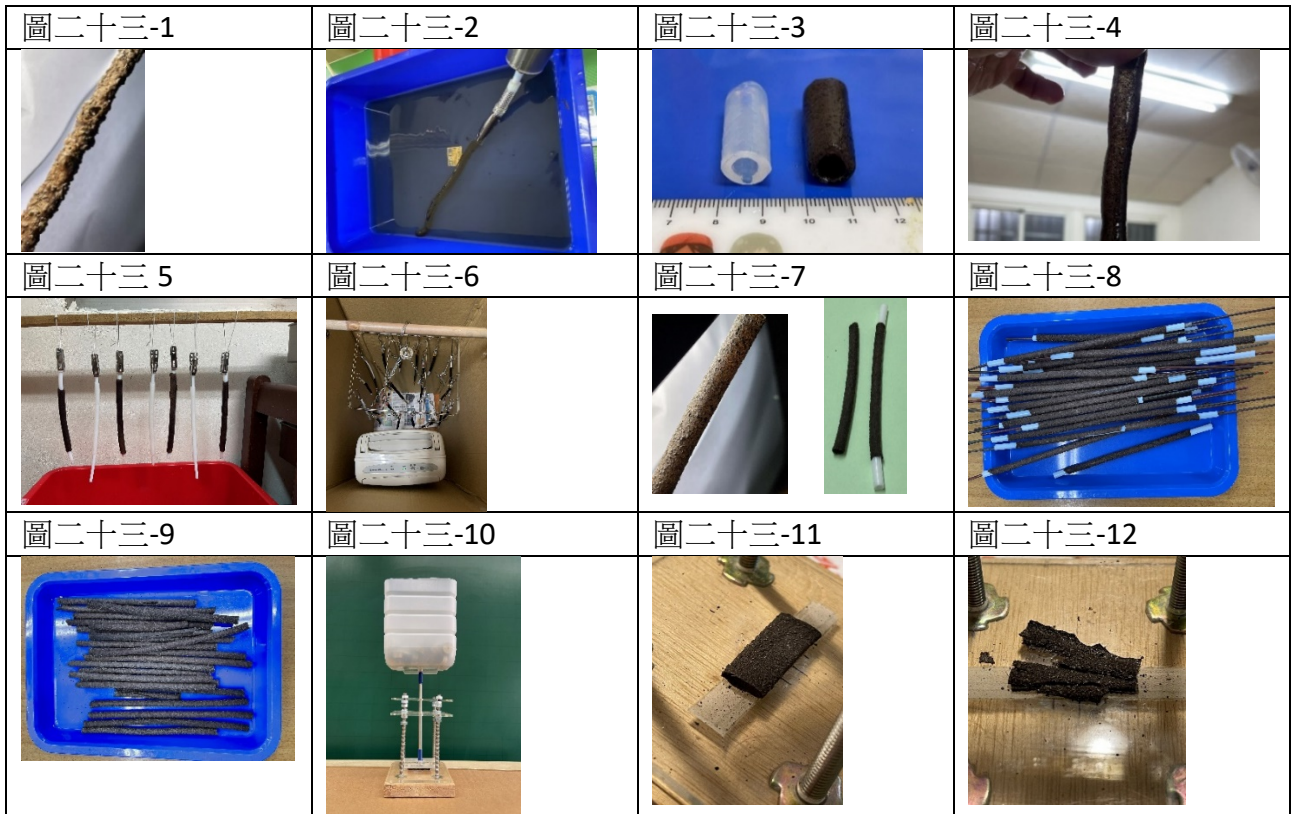
- (1)取2%海藻酸鈉溶液200公克，加入2克咖啡渣粉攪拌均勻。
- (2)改用200mL塑膠針筒外接鐵氟龍管(10\*12mm)和PVC軟管(12\*16mm)作為製造吸管的模具，吸取海藻酸鈉溶液，在10%氯化鈣溶液中擠出長條形。
- (3)於15分鐘後撈取長條形凝膠，裁切凝膠頭尾，置入水中清洗瀝乾，製成中空的海藻膠長管，使用鐵氟龍管(6\*8mm)貫穿中空的海藻膠長管使管內有支撐。
- (4)重複步驟(1)~(3)，改變咖啡粉量為4公克、6公克、8公克、10公克、12公克。
- (5)逐一吊掛，置入除濕機箱中乾燥。
- (6)比較浸乾燥後所得吸管的負重性質(泡水2小時)、耐濕性質(泡水2小時)、抗壓性及吸飲的實驗結果。

#### 2.實驗結果與討論

由於希望達到物資再利用的目的以及取得的方便性，所以我們選用沖泡過的咖啡渣作為海藻酸鈉吸管的骨材。如圖二十三-1 所示，吸管表面非常粗糙，且很容易讓針筒口塞住。用食物調理機打成粉末後再製成吸管，針筒阻塞問題即可解決且吸管表面變得比較光滑，當咖啡渣含量較低時(2 公克~6 公克，如圖二十三-4 和圖二十三-7 所示)，乾燥前後吸管都能微微透光。

- (1)由圖二十四和圖二十五的測試結果發現，海藻酸鈉中添加咖啡渣後負重能力明顯下降很多，剩不到 $\frac{1}{2}$ 倍；而耐濕性則是添加量在大於等於 6 克時，開始明顯變差。在海藻酸鈉吸管製造的過程中我們也發現，於除溼機箱中乾燥完成要拔除鐵氟龍管時，①添加咖啡渣 2 克和 4 克所得的吸管比純海藻酸鈉吸管更有彈性；但之後隨著添加咖啡渣越多，所得到的吸管變硬且脆易裂，特別是 10 克和 12 克，稍一不慎整支吸管碎裂就前功盡棄；②使用同口徑的製造吸管的模具(PVC 軟管 12\*16mm)，但隨者添加咖啡渣克數增加，到 10 克時某些海藻酸鈉膠條可以以鐵氟龍管(8\*10mm)貫穿乾燥塑形。
- (2)我們設計抗壓器具(如圖二十三-10)想更客觀的了解各種配方吸管的抗壓性質，裁切各種配方吸管 3 公分常做抗壓性測試，結果如表十一所示。咖啡渣含量較低時(2 公克和 4 公克)吸管有彈性，隨著咖啡渣克數增加，吸管抗壓力增加但變脆易碎裂，咖啡渣 12 克時抗壓性最差。且雖用添加咖啡渣克數相同的海藻酸鈉液吸管，但粗細不同的吸管，粗的吸管抗壓性較差。

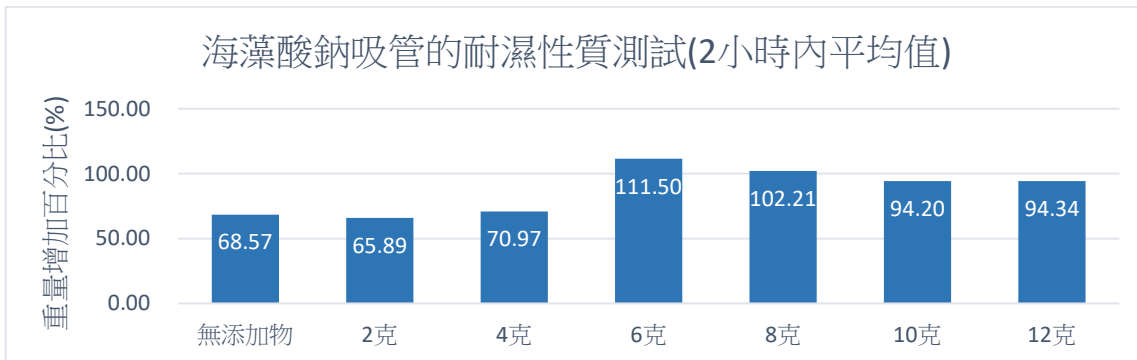
(3)表十二為添加不同比例咖啡渣所做的吸管吸飲 400 mL 白開水的比較，以 200 克 2%海藻酸鈉溶液添加 6 克咖啡渣所製得的吸管效果最好。  
綜合上述吸管的負重性質、耐濕性質、抗壓性及吸飲等測試結果，200 克 2%海藻酸鈉溶液內添加 6 克咖啡渣是製作海藻酸鈉吸管的最佳比例。



圖二十四



圖二十五



表十一、海藻酸鈉吸管抗壓力性質測試

項目 次別	純的(無添加物)	咖啡渣 2 克	咖啡渣 4 克	咖啡渣 6 克
一	1872 克，壓扁且裂	有彈性，993 克，壓扁，	稍具彈性，1931 克，壓扁	2388 克，壓扁
二	1788 克，壓扁	有彈性，753 克，壓扁	稍具彈性，1431 克，壓扁	1482 克，壓扁且碎
三	1695 克，壓扁	有彈性，623 克，壓扁	稍具彈性，2110 克，壓扁	2655 克，壓碎

項目 次別	咖啡渣 8 克	咖啡渣 10 克	咖啡渣 12 克
一	1815 克，壓碎	1991 克，壓碎	860 克，發出裂聲；2511 克，壓碎
二	1653 克，壓碎	2428 克，壓碎	2255 克，壓扁且裂
三	2668 克，壓碎	2073 克，壓扁且裂	732 克，發出裂聲；2511 克，壓碎

表十二、海藻酸鈉咖啡渣吸管吸飲白開水比較

項目	吸(飲)水前	吸(飲)水時	吸(飲)水後	備註
純的 (無添加物)	雖然摸起來硬硬、脆脆的，但是不至於裂掉、摸一摸會凹下去，且無法自行恢復原狀(用手也無法)，用力壓幾次後，會有摺線出現，甚至破裂	沒有異味且皆沒有出現頭尾軟爛現象、前一分鐘順暢，但約一分鐘後吸管容易變形導致難以吸飲	變得較有彈性、摸一摸會凹下去，有時，無法自行恢復原狀，但用手還是可以稍微變回原本的形狀一些；有時；雖然可自行恢復原狀，但速度緩慢(約 1 分鐘)	試飲 400mL 白開水花費時間約 2~3 分鐘
咖啡渣 2g	摸起來有彈性，能快速自行恢復成原本的形狀	有鹹鹹的味道，溶液中不會有咖啡渣，皆沒有出現頭尾軟爛現象、前一分鐘順暢，但約一分鐘後吸管容易變形導致難以吸飲	彈性和吸(飲)水前相同	試飲 400mL 白開水水花費時間約 1~3 分鐘
咖啡渣 4g	摸起來有彈性，能快速自行恢復成原本的形狀	沒有異味，但溶液中會掉入些少咖啡渣的屑屑，相較純的海藻酸鈉吸管，較不易變形、過程比 2g 順暢，但有些微凹陷、皆沒有出現頭尾軟爛現象	變得較有彈性，無法快速恢復原樣；且試飲使用後會扁掉，用手擠壓也無法恢復成原本的形狀	試飲 400mL 白開水水花費時間約 1~2 分鐘
咖啡渣 6g	摸起來有彈性，能快速自行恢復成原本的形狀	沒有異味，但溶液中會掉入些少咖啡渣的屑屑(比 4g 少)，相較純的海藻酸鈉吸管，較不易變形、過程順暢、皆沒有出現頭尾軟爛現象	變得較有彈性，試飲使用後近口處稍有變形。重複使用多次後較近口處會扁掉，可用手稍加擠壓即可恢復原樣， <b>可重複使用多次</b>	試飲 400mL 白開水水花費時間約 1~2 分鐘
咖啡渣 8g	雖然摸起來硬硬、脆脆的，但是不至於裂掉、摸一摸會凹下去，能用手變回原本的形狀一些，用力壓幾次後，會有摺線出現，甚至破裂	泡久了水會變成黃色且有些咖啡渣的屑屑(比 6g 多)、皆沒有出現頭尾軟爛現象	變得較有彈性，摸起來有彈性，能自行恢復成原本的形狀(沒有前面這麼快速)	試飲 400mL 白開水水花費時間約 0.5~1.5 分鐘
咖啡渣 10g	硬硬的，一壓即裂，不然就是凹下去，且無法自行恢復原狀(用手也無法)	泡久了水會變成黃色(比 8g 深)且有些咖啡渣的屑屑(比 8g 多)、皆沒有出	變得較有彈性，摸起來有彈性，能自行恢復成原本的形狀(沒有前面這麼快)	因在塑形脫模時很容易碎裂，考量到之

		現頭尾軟爛現象	速)	後做成吸管外出攜帶易損壞，效益不佳，因此就沒做吸飲測試
咖啡渣 12g	硬硬的，一壓即裂(比 10g 裂的還要多)，不然就是凹下去，且無法自行恢復原狀(用手也無法)	泡久了水會變成黃色(比 10g 深)且有些咖啡渣的屑屑(比 10g 多)、皆沒有出現頭尾軟爛現象	變得較有彈性，摸起來有彈性，能自行恢復成原本的形狀(沒有前面這麼快速)	

#### (四)海藻酸鈉吸管-性質測試

在 2% 海藻酸鈉溶液加入咖啡渣配成 3g 咖啡渣/100g 海藻酸鈉溶液的混合液，將其以製造吸管的模具注入 10% 氯化鈣液中，浸泡 15 分鐘後取出，裁切、清洗、乾燥後做成吸管。

##### 1. 貯藏性測試(發霉、吸濕性)：

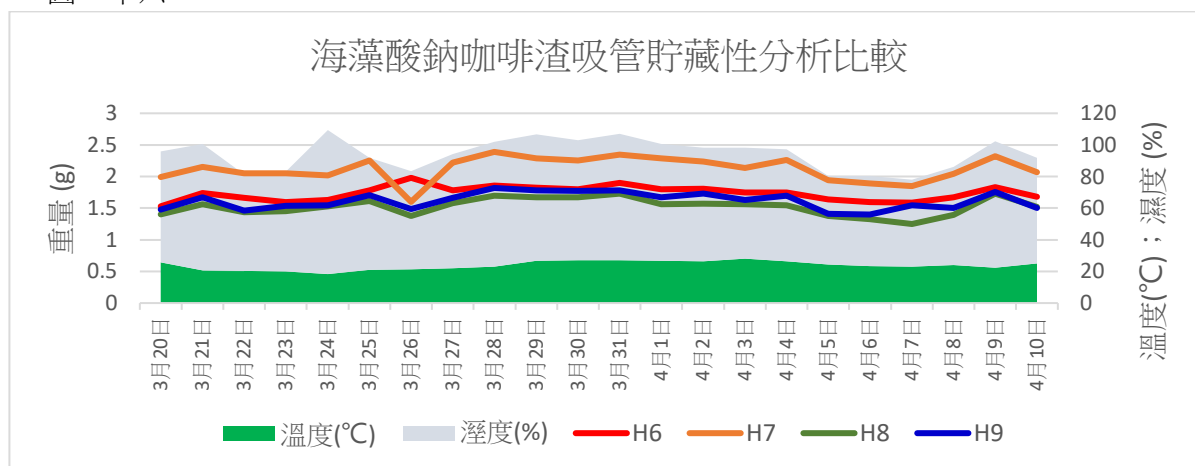
###### (1) 實驗步驟

以釣魚線穿過海藻酸鈉紙吸管懸掛，放置在室內通風處，每日觀察及秤重、記錄當日氣溫及濕度。

###### (2) 實驗結果與討論

在 16 天的觀察紀錄中，我們發現 4 支海藻酸鈉吸管都沒有發霉的現象，且重量也沒有明顯的變化。但在 3 月 26 日，隨著溼度降低，重量也降低。由圖二十六可看出重量的變化和濕度的關聯性比較大些，濕度大時，重量會稍重。

圖二十六



##### 2. 燃燒性質：

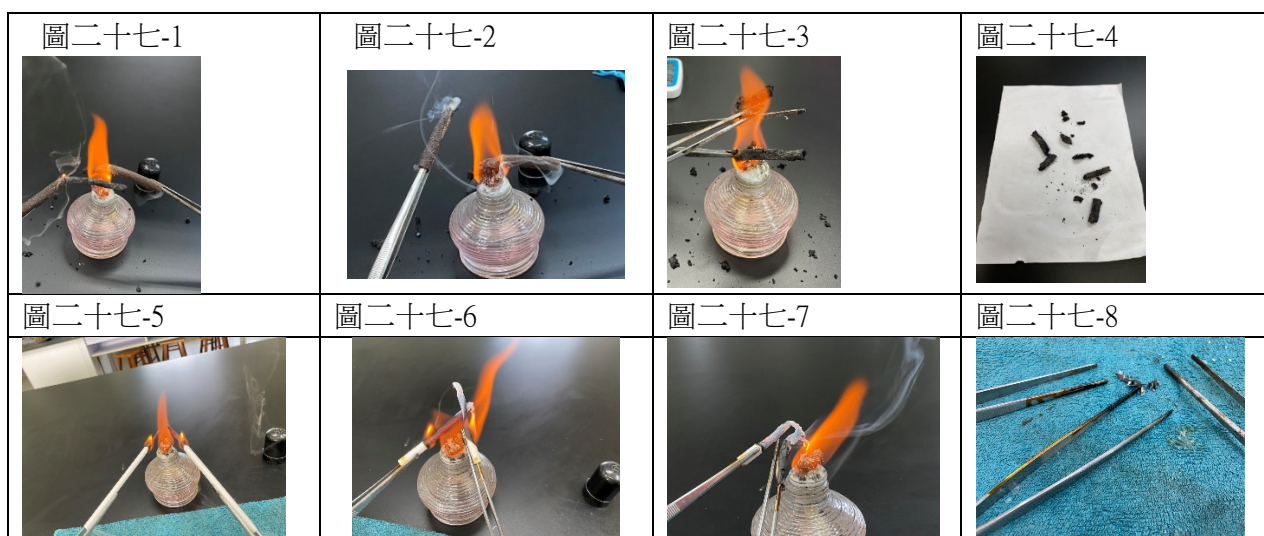
###### (1) 實驗步驟

- 先用打火機點燃酒精燈。
- 再用鑷子將 15 cm 的市售紙吸管和海藻酸鈉吸管分別放到酒精燈上面加熱，同時用計時器開始計時。
- 觀察吸管燃燒後的變化。
- 將實驗結果記錄在實驗表格中。

###### (2) 實驗結果與討論

如圖二十七和表十三所示，雖然海藻酸鈉吸管燃燒所需時間稍長，但不會有微粒(屑)飄散空中或不明焦黃色油狀物產生，也不會有難聞的氣味產生。





表十三

	火焰顏色	煙的顏色	燃燒時的氣味	灰燼外觀	燃燒時間
海藻酸鈉吸管	橘紅色	前端冒出的煙是藍白色的，而從吸管後端冒出的煙是米黃色的	燃燒時味道不刺鼻，香甜，氣味很快消散	灰燼數量不多，呈全黑，一拿便成粉末狀，一段一段的掉落，且掉落在桌子上的灰燼不易飄散	15公分長的吸管燃燒怠盡所需時間約6分40秒
市售紙吸管	黃紅色 火焰比自製的紙吸管及海藻酸鈉吸管來的大很多	燃燒時會在吸管尾端冒出米黃色的煙霧	燃燒時，味道像在燒金紙一樣	燃燒後，殘留的灰燼不多。吸管燃燒時，先由白轉黃，接著轉黑，再變灰色，最後萎縮捲曲成白色灰燼，且會在吸管流出黃色黏膩的物質（可能是焦油），很難洗掉	15公分長的吸管燃燒怠盡所需時間約4分06秒

### 3.腐敗性(掩埋)：

#### (1)實驗步驟

- 利用鏟子把一塊地挖到20 cm深，把紙吸管一個一個間隔約10 cm埋進土裡。
- 再把土鋪回原來的模樣。
- 掩埋3週，每天澆水1桶，每週取出3支紙吸管觀察記錄。

#### (2)實驗結果與討論

由圖二十八和表十四的實驗結果描述可知，我們自製的海藻酸鈉吸管在第3週開始碎裂。

圖二十八



表十四

	顏色	形狀	備註
第 1 週	表面上有些許的土	沒有變化	有潮濕味、泥土味
第 2 週	表面上有些許的土	有點扁扁的	有潮濕味、泥土味、變得較軟
第 3 週	表面上佈滿土	扁平	有潮濕味、泥土味、較軟、側邊有裂痕

## 4.耐高低溫測試

## (1)實驗步驟

- a.將吸管浸泡在不同溫度水中(冰水、常溫水、熱水；0°C、25°C、50°C)，每30分鐘取出1支，測耐濕性質，重複上述步驟持續2小時。
- b.將吸管浸泡在不同溫度水中(冰水、常溫水、熱水；0°C、25°C、50°C)，120分鐘後取出，測其負重性質。

## (2)實驗結果與討論

- a.由表十六和圖三十看出，不論是0°C水、25°C水還是50°C水，除市售紙吸管在0°C冰水時之外，同類型吸管的負重性其實差異並不大，我們所取得的市售紙吸管的負重性皆優於海藻酸鈉咖啡渣吸管，兩類型吸管的負重性皆為25°C > 50°C > 0°C。
- b.而由圖三十一-1~圖三十一-2的比較，兩類型吸管的耐溼性皆以浸泡25°C水時最佳，且在25°C水時海藻酸鈉咖啡渣吸管的耐溼效果優於市售紙吸管。
- c.如表十五所示，冰水(0°C)和常溫水(25°C)都沒問題，但對熱水(50°C)來說，較高溫度易使吸管扁掉且飲水嚐起來鹹鹹的。

表十五

海藻酸鈉吸管	外觀形狀、軟硬
冰水 (0°C)	外觀形狀皆沒有任何明顯變化 吸飲前摸起來感覺有點硬且脆，吸飲後比吸飲前軟、富有彈性(壓了之後，能快速恢復原狀) 吸飲 400mL 熱水，時間約為 2 分鐘，吸飲過程順暢
常溫水 (25°C)	外觀形狀皆沒有任何明顯變化 吸飲前摸起來感覺有點硬且脆，吸飲後比吸飲前軟、富有彈性(壓了之後，能快速恢復原狀) 吸飲 400mL 熱水，時間約為 1 分鐘，吸飲過程順暢
熱水 (50°C)	外觀形狀皆沒有任何明顯變化 吸飲前摸起來感覺有點硬且脆，吸飲後比吸飲前軟、富有彈性(壓了之後，能恢復原狀) 吸飲 400mL 熱水，時間約花 4~9 分鐘，時間為最長的，因吸飲 1-2 分鐘後會扁掉，很難吸飲；吸水時會有鹹鹹的味道

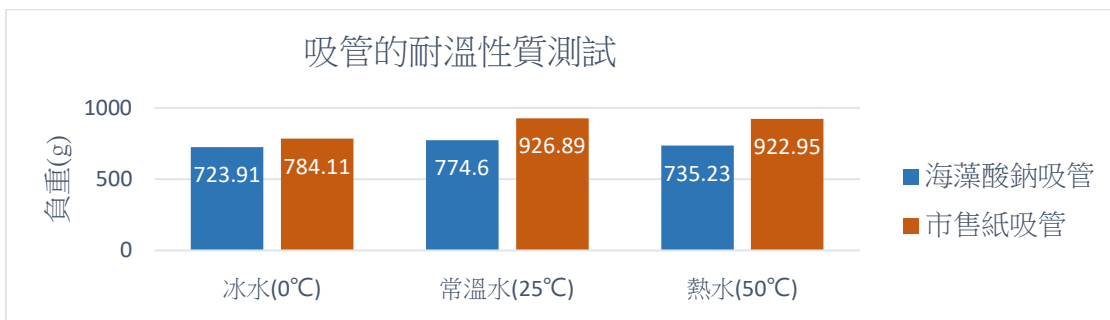
表十六：吸管負重性質測試

項目	溫度		
	冰水(0°C)	常溫水(25°C)	熱水(50°C)
海藻酸鈉吸管	723.91	774.60	735.23
市售紙吸管	784.11	926.89	922.95

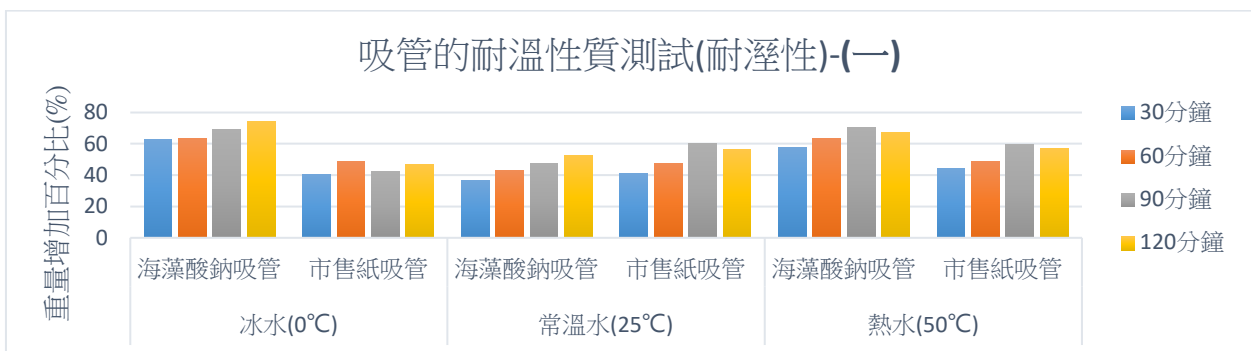
圖二十九



圖三十



圖三十一-1



圖三十一-2 (2 小時內平均值)



5. 模擬喝飲料：

(1) 實驗步驟

- a. 為模仿喝飲料時的情境，以自製吸管滴漏器，以止水閥控制水流速度，每次都切到45°角讓水流流速固定。

b.讓 360mL的水流能夠從吸管中間流過，模仿用吸管吸取飲料，了解吸管在喝完 360mL飲料後的耐濕防水性質。

(2)實驗結果與討論

由表十七結果可知，模擬喝 360mL 飲料時海藻酸鈉吸管的重量增加百分比和所需時間都比較大，推測可能是因①測試時我們試使用較粗的市售細紙吸管，口徑大、流量大；②市售紙吸管內側較光滑，流速快。所需時間較短，重量增加百分比自然就比較小。

表十七、吸管耐濕性質測試

項目	海藻酸鈉吸管	市售紙吸管(粗)
重量增加百分比	34.89	21.59
時間	2 分 59 秒	2 分 19 秒

6.不同切角的吸管對封口膜戳入測試

(1)實驗步驟

a.將不同切角(平口、30°、45°、60°)的吸管放入自製戳膜器中，先以在塑膠盒內放置240公克砝碼為依據，自19cm 高處自由落下戳膜。若能戳破封膜則減10公克砝碼；反之若沒能戳破封膜則加10公克砝碼，記錄砝碼重量。

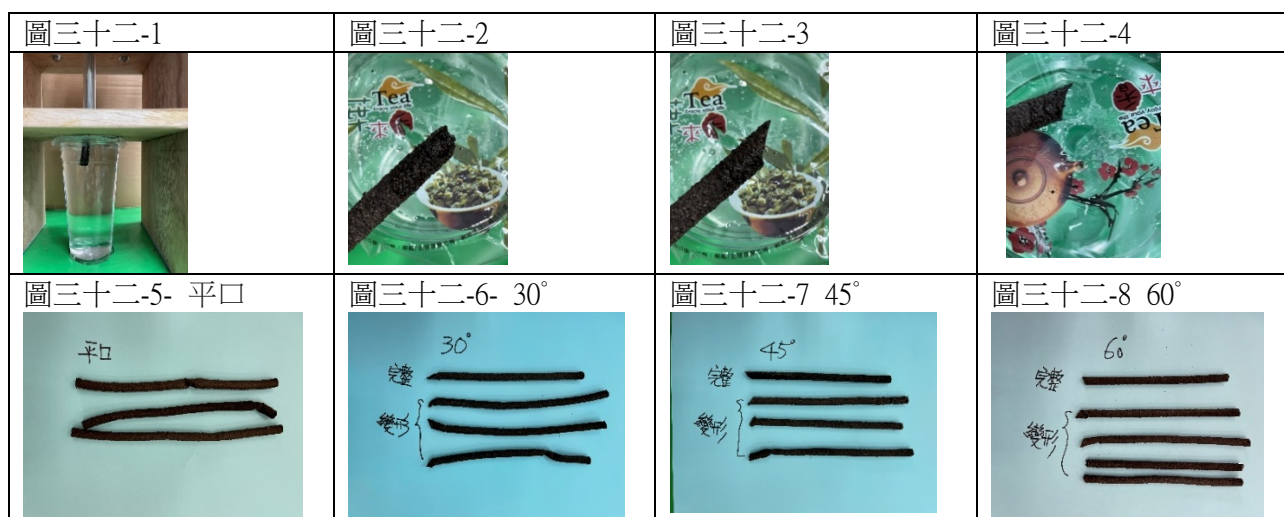
b.重複上述步驟，測量四次吸管戳膜力道做比較。

(2)實驗結果與討論

由表十八看出，戳膜力道以切角 60°的海藻酸鈉吸管效果最佳。

表十八

編號	平口	30°	45°	60°
1	砝碼重 240 公克，封膜沒破，海藻酸鈉吸管凹折。	砝碼重 240 公克，封膜破，海藻酸鈉吸管尖端略變形。	砝碼重 240 公克，封膜破，海藻酸鈉吸管完好。	砝碼重 200 公克，封膜破大洞，海藻酸鈉吸管完好。
2	砝碼重 260 公克，封膜沒破。海藻酸鈉吸管凹折。	砝碼重 220 公克，封膜破，海藻酸鈉吸管尖端凹折。	砝碼重 220 公克，封膜破，海藻酸鈉吸管尖端略破損。	砝碼重 180 公克，封膜破洞，海藻酸鈉吸管完好。
3	砝碼重 290 公克，封膜沒破。海藻酸鈉吸管凹折。	砝碼重 210 公克，封膜沒破，海藻酸鈉吸管前後凹折	砝碼重 200 公克，封膜沒破，海藻酸鈉吸管凹折。	砝碼重 170 公克，封膜破，海藻酸鈉吸管尖端略破損。
4	砝碼重 310 公克，封膜沒破。海藻酸鈉吸管中凹折。	砝碼重 210 公克，封膜破，海藻酸鈉吸管尖端凹折。	砝碼重 210 公克，封膜破，海藻酸鈉吸管前端變形。	砝碼重 160 公克，封膜凹陷，海藻酸鈉吸管尖端破損變鈍。



## 7.常喝的三種飲料測試

### (1)實驗步驟

- 將吸管分別放入三種不同飲料：汽水、茶、運動飲料各400mL中，120分鐘後取出，測其負重性質，並觀察記錄吸管在浸泡過程中的變化。
- 將吸管分別放入三種不同飲料：汽水、茶、運動飲料各400mL中，每30分鐘取出，測耐濕性質，重複上述步驟持續2小時，並觀察記錄吸管在浸泡過程中的變化。
- 分別以吸管吸飲400mL的汽水、茶、運動飲料，觀察記錄吸管在吸飲過程中的變化及吸飲所花時間。

### (2)實驗結果與討論

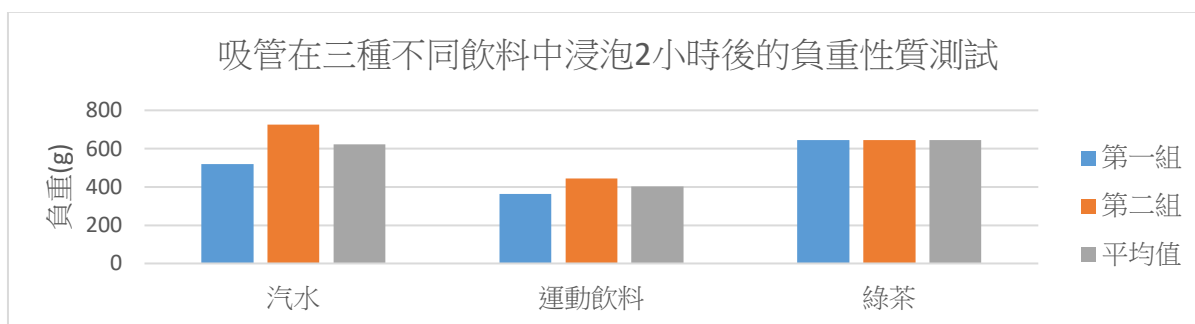
由表十九～表二十及圖三十四～圖三十五可看出，海藻酸鈉咖啡渣吸管以在綠茶中使用時效能較佳，吸飲汽水時管身易扁塌，而在電解質飲料中管身軟軟的(但不影響吸飲飲料效果)。在實際吸飲飲料的測試過程中也發現，吸管使用後以清水清洗，用紙巾吸乾多餘水份後放置自然風乾，乾燥過程中稍用手微微擠壓嘴巴接觸端塑形，隔天是可以再繼續使用的。



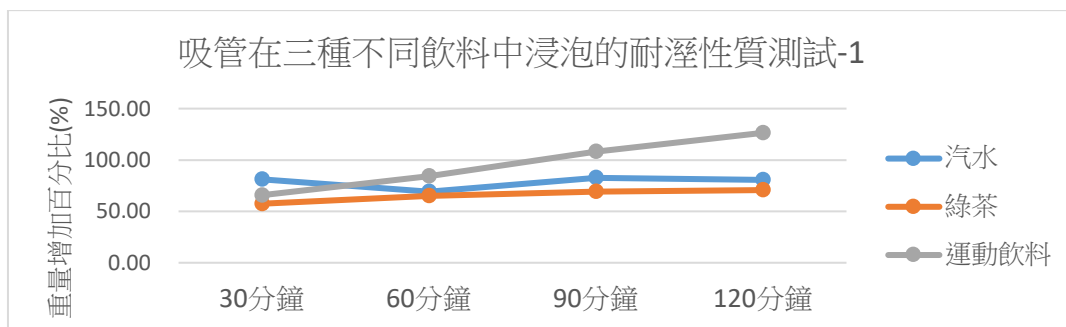
表十九、吸管在三種不同飲料中浸泡比較

項目	浸泡前	浸泡過程中	浸泡 2 小時後
綠茶	摸起來有彈性，能快速自行恢復成原本的形狀。	和一般泡水時一樣，吸管管身有些許氣泡。	和一般泡水時一樣，微微變軟，擠壓時能快速恢復原狀(有彈性)，外觀形狀沒有明顯變化。
運動飲料			比浸泡在汽水中摸起來更軟，擠壓時能快速恢復原狀(有彈性)，有黏黏的感覺，外觀形狀沒有明顯變化。
汽水		吸管管身會不停的冒出大量泡泡。	和浸泡在綠茶中比較，摸起來變得較軟，但擠壓時能快速恢復原狀(有彈性)，有黏黏的感覺，外觀形狀沒有明顯變化。

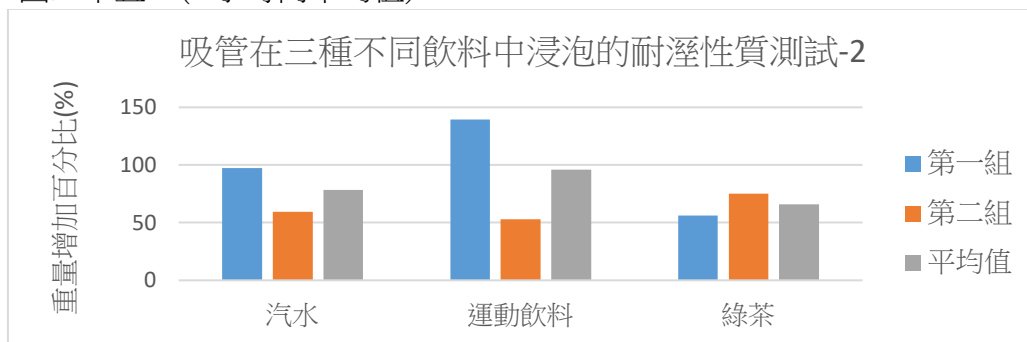
圖三十四



圖三十五-1



圖三十五-2 (2 小時內平均值)



表二十、吸飲飲料 400 mL 比較

項目	時間	吸飲前	吸飲過程中	吸飲後
綠茶 (pH=5.8)	5 分 13 秒	摸起來有彈性，能快速自行恢復成原本的形狀	綠茶中會掉入些少咖啡渣的屑屑，吸飲順暢。	管身變得有點軟且微微膨脹，嘴巴吸飲端更軟，變得有點扁。
運動飲料 (pH=3.7)	2 分 57 秒			
汽水 (pH=3.3)	4 分 58 秒		溶液中會掉入些少咖啡渣的屑屑，且吸飲不到 1 分鐘便會變形，導致幾乎無法吸飲。	管身變軟且微微膨脹，嘴巴吸飲端呈扁平狀。

### 三、海藻酸鈉吸管塑形器具的改良

以塑膠針筒外接內徑大小不同的接頭作為製造吸管的模具，在氯化鈣溶液中擠出海藻酸鈉溶液形成膠條，膠條粗細不易一致，常常因稍停 1 秒或施力大小稍改變，則膠條就縮口成一個結點。而且受限於針筒的容量必須中止製程，重新在針筒內裝填海藻酸鈉溶液後才能開始另一個製程。希望能更方便的製作各種粗細不同的吸管，我們嘗試將家中的手動式食物調理機改造，期望達到目標。

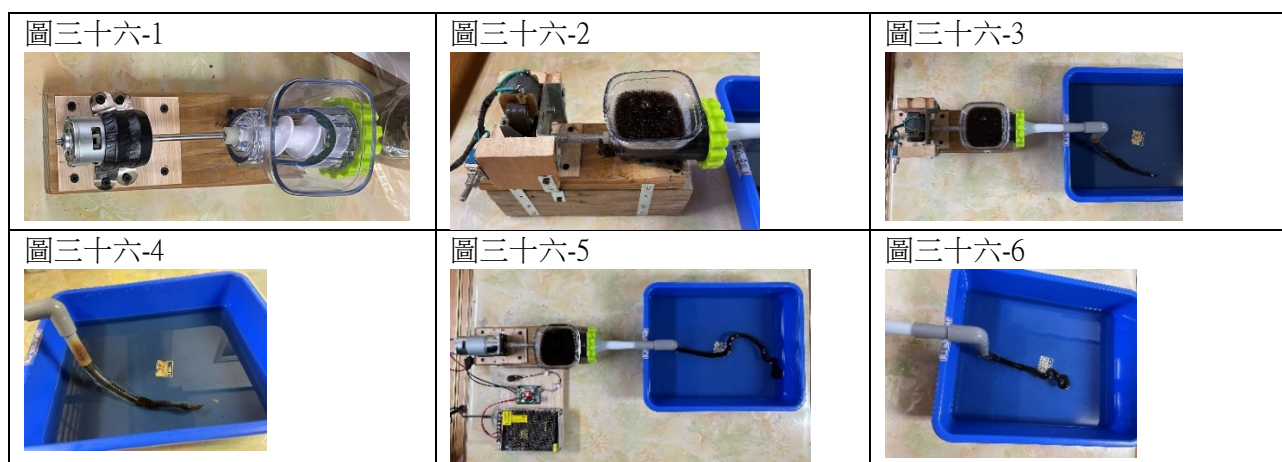
#### 1. 實驗步驟：

將家中的手動式食物調理機改造作為製造吸管塑形的模具，在進料口加入海藻酸鈉溶液，在氯化鈣溶液中擠出長條形。

#### 2. 實驗結果與討論

- (1) 提出我們的構想後自然老師A借我們一顆高轉速大扭力的馬達(圖三十六-1)，但其無法帶動調理機進料槽的轉軸。
- (2) 自然老師B借我們一顆自回收家電拆下來的減速馬達(圖三十六-2)，雖然它可以帶動調理機進料槽的轉軸，但因轉速太慢使得擠出海藻酸鈉溶液的透明管無法填充滿海藻酸鈉溶液，以致無法形成長條形的膠條(圖三十六-3~圖三十六-4)。

(3)改成使用高扭力的減速馬達 (圖三十六-5)，終於能成功的在氯化鈣溶液擠出長條狀的膠條。可是我們發現原以200mL塑膠針筒外接軟管(12\*16 mm)作為製造吸管的模具，可製造出以6\*8 mm鐵氟龍管貫穿塑形的膠條，即產生內徑8 mm的吸管；可是改以改良的模具製作，卻小一號，膠條只能以4\*6 mm鐵氟龍管貫穿塑形(圖三十六-6)，即吸管變細了(6 mm)。若將模具改成外接15\*20 mm軟管，才能製造出以6\*8mm鐵氟龍管貫穿塑形的膠條。我們推測原因可能是因原來我們是用塑膠盆(35\*28\*10 cm)裝3000公克的氯化鈣溶液，水深約3cm，以塑膠針筒擠出海藻酸鈉溶液形成膠條，用手擠力量大能快速擠出海藻酸鈉溶液，此時浮力效應不明顯。但改用改良的模具時，因為是用減速馬達帶動慢慢地擠出海藻酸鈉溶液，浮力又漂又拉，導致膠條變細了。



## 柒、結論

### 一、紙吸管製作

- 1.天然的尚好-以高筋麵粉和熱水 1：1 攪拌混合所得的粘著劑，不需加熱製作過程簡單。
- 2.實驗一(三)～一(五)中，找出製作環保紙吸管最佳條件：以 1%海藻酸鈉溶液和 10%氯化鈣溶液進行交聯反應 15 分鐘。
- 3.實驗一(六)我們對自己做出來的紙吸管進行了一些基本的性質測試，發現：
  - (1)紙吸管室溫下貯藏 3 週沒發霉，燃燒沒有怪味，灰燼類似紙張燃燒，適用目前的垃圾焚化處理。
  - (2)掩埋 1 個半月即幾近分解，和土壤合而為一，適用目前的垃圾掩埋處理。
  - (3)不耐高溫水，易軟化。
  - (4)不同切角的戳膜測試：以 60°切角戳膜效果最好。
  - (5)實際吸飲不同水溫的水測試，結果不如預期-效果不好，紙吸管約使用 5 分鐘即喪失功能。
- 4.紙吸管的製作還可以改進，包括：黏著劑以加熱方式煮熟增加黏性、整張紙邊捲邊上膠，使紙吸管本身結構強化。

### 二、海藻酸鈉吸管製作

- 1.海藻酸鈉和氯化鈣交聯時間越長，形成的長條膠體管壁越厚；相同條件下，氯化鈣溶液濃度越大，形成的長條膠體管壁也越厚。考量到實際用到吸管的粗細、經濟成本與時間的花費等因素，我們選擇以浸泡 10%氯化鈣溶液 15 分鐘為最後製作吸管的最佳條件。
- 2.為改善海藻酸鈉吸管泡水易軟化的現象，則以每 100 公克 2%海藻酸鈉溶液添加 3 公克咖啡渣能達到良好效果。
- 3.我們發現「它可以重複使用」。以海藻酸鈉咖啡渣吸管吸飲 400mL 水和茶類飲品，連續 3 天都能正常使用，只要在使用後以清水稍加沖洗、衛生紙吸乾多餘水分，然後自然風乾，快乾時以手稍將吸管與口接觸端擠壓塑形即可。

4.對海藻酸鈉咖啡渣吸管管進行了一些基本的性質測試，發現：

- (1)紙吸管室溫下貯藏，至少半月內不會發霉。燃燒沒有怪味，灰燼似紙張燃燒，適用於目前的垃圾焚化處理。
- (2)掩埋 1 個半月即幾近分解，和土壤合而為一，適用於目前的垃圾掩埋處理。
- (3)不耐高溫水，易軟化喪失吸飲功能。和市售紙吸管相比，負重性和耐濕性稍差。
- (4)不同切角的戳膜測試：以 60°切角戳膜效果最好。
- (5)實際吸飲三種常喝飲料：喝汽水時效果差，不到 1 分鐘即變形喪失功能；而綠茶和運動飲料則吸飲正常。

### 三、海藻酸鈉吸管塑形器具的改良

1.雖然藉由手動式食物調理機的改造，吸管製造過程中方便進料的補充，但可能是因就目前所學我們對電路認知有限，所以製造模具的改良上不夠完美，尚有很大的進步空間。

### 四、總結

- 1.家中若有 200mL 塑膠針筒，只要更換或加接上不同口徑的水管，就能以簡單的方式製作粗細不同的吸管。
- 2.由於在海藻酸鈉溶液中有添加骨材(咖啡渣、咖啡粉、紅茶粉、綠茶粉)，縱使家中沒有鐵氟龍管使用淨水器軟管也能輕鬆脫模。
- 3.只要不是急著用，製作好的海藻酸鈉膠條，可以掛起來自然晾乾或日曬乾燥。
- 4.花蓮縣政府為推動校園減糖，鼓勵學生多喝水，自 3 月起增添、汰換各校學校飲水機。但同學們不喜歡喝無味的白開水。海藻酸鈉吸管的製作解決此小困擾，因為添加骨材(咖啡粉、紅茶粉、綠茶粉)，吸管浸泡在水中會有淡淡香氣，不再喝而無味。



### 捌、參考資料

- 一、金門地區小學科學展覽會作品說明書：阿嬤的環保膠。  
[science.km.edu.tw/api/pageview/team/305?redirect=/storage/...](http://science.km.edu.tw/api/pageview/team/305?redirect=/storage/...)
- 二、張其樂、趙雅婷、賴姿婷。老祖宗的智慧結晶—糯米橋之研究。  
[www.shs.edu.tw/works/essay/2010/11/2010111511260461.pdf](http://www.shs.edu.tw/works/essay/2010/11/2010111511260461.pdf)
- 三、朱妍曦、何品翰、陳昕緯、蔡東廷、楊新偉、鄭翔(2018)中。中華民國第 58 屆中小學科學展覽會作品說明書：似水留黏~黏黏的留言條。
- 四、蘇宥任、顏梓勛(2020)。屏東縣第 60 屆科展作品說明書：Nice~~紙吸管耐濕性之研究。



- 五、林以真、林穎詩、張凱越(2019)。中華民國第 59 屆中小學科學展覽會作品說明書：擋不住的「吸」飲力-新型吸管之研發。
- 六、吳承哲、呂翊瑒、嚴子杭、張博軒、魏辰翰、駱鼎鈞(2019)。中華民國第 59 屆中小學科學展覽會作品說明書：洋洋得益--以洋菜冷凍鍍膜製作防水紙吸管。
- 七、高銘笙、唐祥恩、利宗翰、馬順恩(2019)。中華民國第 59 屆中小學科學展覽會作品說明書：吸管也能吃？環保又健康的吸管豆渣可食吸管的製作。
- 八、Sophia(2019)。令人驚奇的分子料理是這樣來的：食品科學中的晶球技術(上)。PanSci 泛科學。  
<https://pansci.asia/archives/164992>
- 九、Sophia(2019)。從炫技料理到可食用水球：食品科學中的晶球技術(下)。PanSci 泛科學。  
<https://pansci.asia/archives/165006>
- 十、自由財經編輯部(2019)。麥當勞坦承紙吸管無法回收，塑膠卻可以。自由財經。  
<https://ec.ltn.com.tw/article/breakingnews/2875528>
- 十一、國立台中教育大學 NTCU 科學教育與應用學系科學遊戲實驗室。化學粉圓與麵條。  
<http://scigame.ntcu.edu.tw/chemistry/chemistry-019.html?fbclid=IwAR3VC7sbzj3f2vdjtsOGKMO5KP4Gg5JMic62M5VIKjq7oV2QON-KMgaOFQY>
- 十二、自由時報(2018)，吉利丁、吉利 T、洋菜粉...各種甜品凝固劑怎麼用？  
<https://food.ltn.com.tw/article/7583>
- 十三、元氣網(2018)，明年將限制塑膠吸管》網友問為何不用「可分解」塑膠？台大化工博士：沒你想的這麼簡單  
<https://health.udn.com/health/story/6006/3167811>