

# 新竹市第四十一屆中小學科學展覽會 作品說明書

---

科 別：生活應用科學組(二)環保與民生

組 別：國小組

作品名稱：海底氫蠟龜~生物可分解的吸管之探究

關 鍵 詞：海藻酸鈉、交聯作用、吸管

編 號：

# 目錄

摘要.....	1
壹、研究動機.....	2
貳、研究目的.....	3
參、研究設備及器材.....	4
肆、研究過程或方法.....	5
伍、研究結果.....	18
陸、討論.....	28
柒、結論.....	30
捌、未來展望及後續處理.....	30
玖、參考資料.....	32
拾、附錄.....	33

## 摘要

本研究利用海藻酸鈉和氯化鈣的交互作用，做出可以分解在水中或土壤裡的吸管，並設計改良一台吸管製造機。添加不同材料製作吸管，成功做出很像塑膠的海藻膠吸管、海藻膠紙吸管，遇到酸鹼溶液會變色的紫高、蝶豆花吸管。影響吸管成形速度是氯化鈣的濃度和浸泡時間，以氯化鈣25%浸泡15分鐘最快，海藻膠的最佳比例為2%以上。製作吸管時間上以沾取法10秒>灌腸法1分鐘，沾取法快又方便；兩種方法做出來的吸管品質好，可以控制長度。吸管在土壤分解最快的有海藻膠膜紙吸管1.74g>海藻膠吸管1.4 g，前者含有海藻膠薄膜消失較快。吸管乾燥方式以除濕機效果較好，烘乾吸管以低溫20度比60度好，吸管不容易變形。在成本上海藻膠吸管估算成本約一枝0.8元。

## 壹、研究動機

五年級在一次校外教學的時候，曾經到過一個學校，那裡有提供利用海藻酸鈉和乳酸鈣做成的晶球實驗，因為操作時間只有 5 分鐘，我們意猶未盡，回家後我們買了很多材料來做實驗，但卻不知道如何下手，只能做簡單晶球。後來進行科展主題探索，找了很多資料，發現海藻酸鈉和乳酸鈣原來可以做成很像塑膠的東西，可以取代塑膠，在好奇心的驅使下，我們展開了這一段吸管之旅。

塑膠的成本便宜到可以忽略，加上耐用與多功能的特性，讓它在現代人的生活中無所不在，又難以擺脫，形成一大環保災難。每年，在掩埋場、焚化爐和流出到海洋中的塑膠垃圾，多達 3.54 億噸，想減量很難，也阻礙減碳目標達成，也殘害很多海洋生物。例如海龜與吸管的影片，看了讓人難過，如果吸管可以消失的話，一定很棒。

原本我們想做可食用的水球 Ooho，以海藻酸鈉取代塑膠製作而成的水瓶，利用海藻酸鈉和氯化鈣製成外層的膜包住飲用水，能減少垃圾的數量，但是發現吃到肚子裡可能會有食安的問題，並且吃起來也怪怪的，如果做成用品可能較安全，碰巧學校紛紛開始宣導禁用一次用塑膠製品。但是隨身攜帶吸管可能不太方便，並且會不會有洗不乾淨、鐵吸管生鏽等其他問題呢？。鋁箔包所附吸管、「珍珠奶茶」如果沒有吸管要怎麼喝？假如可以做出使用完的吸管可以被生物分解、可以吃掉、價格也不貴，那一定很棒！



海龜鼻孔夾出 10 公分吸管

參考課程自然五上第三單元水溶液，六下第一單元簡單的機械，第二單元微生物與食品保存，第三單元生物與環境。

## 貳、研究目的

本研究的主要目的是做出天然生物可分解的吸管，實驗並探討下面的條件：

- 一、添加不同材料製作而成的海藻膠吸管
- 二、海藻酸鈉和氯化鈣的最佳比例
- 三、各種可分解吸管的製作方式
- 四、吸管實用性之測試
- 五、吸管機器之設計與製作

## 參、研究設備及器材

### 一、工具：

冰箱、燒杯、試管、試管架、塑膠杯、電子秤、小湯匙、大湯匙、攪拌棒、玻璃棒、自製測壓力器材、小碟子、箱子、尺、廣用試紙、大中小塑膠盤、大中小針筒、長尾夾、砂紙、水盤、水盆、酒精燈、三腳架、陶瓷纖維網、打火機、濾網、焊槍、標籤紙、美工刀、剪刀、水果刀、鑷子、保特瓶、滴管、大小玻璃棒、各種不同長短大小的吸管、大小量筒、橡皮塞、砝碼組、木頭、鐵鎚、水管、夾鏈袋、鋼盆、量杯、量匙、塑膠桶、熱熔膠槍、塑膠片、木工T型尺、電子尺。

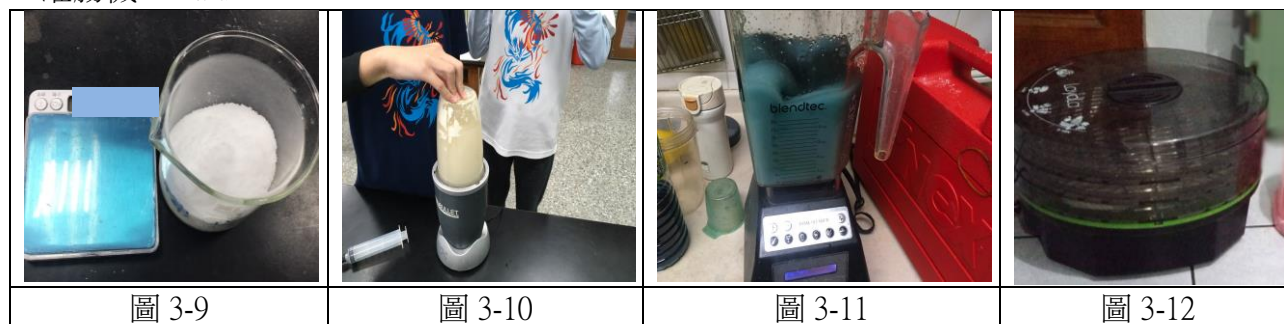
### 二、材料：

海藻酸鈉(食用級)(Taiwan)、氯化鈣(食用級)以及氯化鈣(一般測試用)、乳酸鈣。  
咖啡渣、乾燥玉米殼、乾燥牛蒡皮、檸檬皮、紫色高麗菜、薑黃粉、蝶豆花、鳳梨、紅茶、綠茶、番薯。



### 三、設備：

測溫計、電子秤、果汁機、均勻機、蔬果烘乾機、飲水機、除濕機、電風扇、電鍋、手動灌腸機、iPad。



## 肆、研究過程或方法

### 一、參考文獻資料

#### (一) 海藻酸鈉簡介：

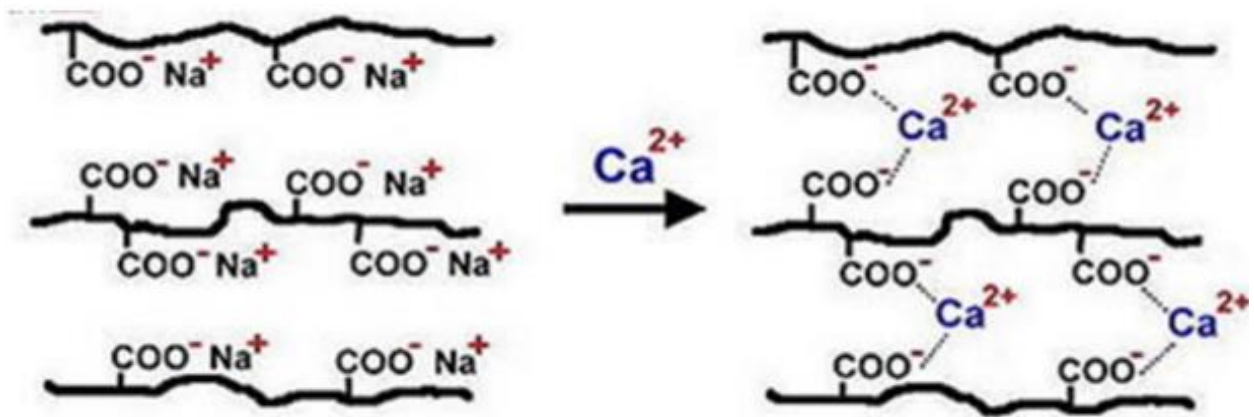
海藻酸鈉又稱為海藻膠、褐藻膠或藻膠，是存在於海洋褐藻細胞壁中的天然植物多醣，如海帶、馬尾藻、泡葉藻、巨藻等皆為海藻酸鈉主要來源。

海藻酸鈉為  $\beta$ -D-甘露糖醛酸(M)及  $\alpha$ -L-古洛糖醛酸(G)兩種醣類單體聚合而成，以M-M，G-G 或 M-G 三種組合方式(圖一)，透過  $\alpha$ -1,4 糖苷鍵形成的線性多醣。

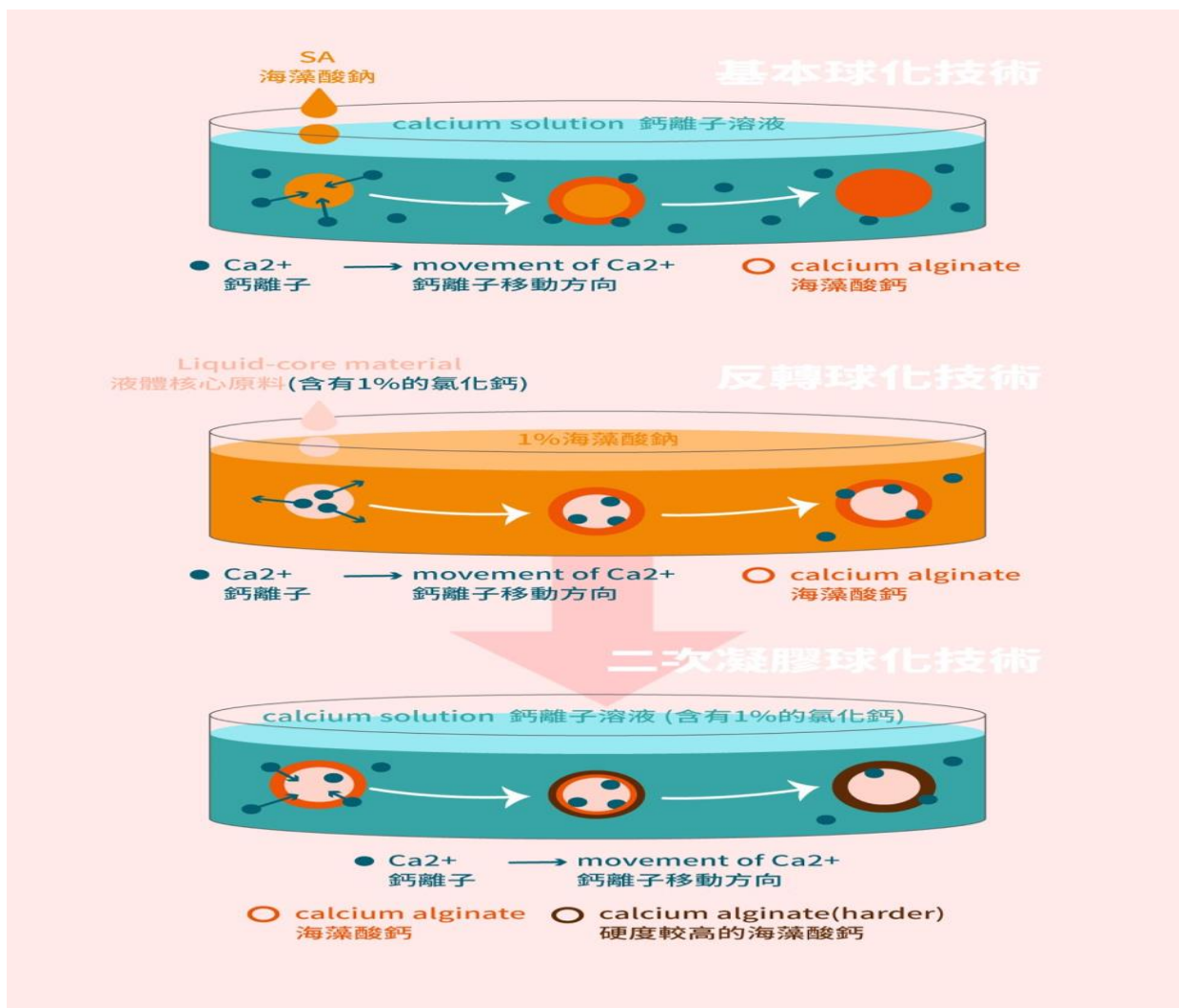
類。海藻膠是一種安全的食品添加物，作為增稠劑、穩定劑、保水劑及抗凍劑等。此種天然多醣除了作為食品添加劑，也廣泛應用於醫藥、紡織、印染、造紙、日用化工等產品。

#### (二) 凝膠原理：

海藻膠因為有海藻膠和鈉離子所組成的特殊結構，如果把海藻膠放大來看，會發現海藻膠有很多的手，它可以抓住鈉離子形成一個特殊結構，但當海藻膠碰到含鈣的溶液水中的鈣就會像一條線把海藻膠和海藻膠的手連接在一起，最後就會形成一張大網子，這個網子就是海藻膠晶球外面的那層薄膜



海藻膠凝膠原理



泛科學從炫技料理到可食用水球：食品科學中的晶球技術 原圖參考資料Tsai et al2017

(三)名詞解釋:

名稱	特性	用途
海藻膠	褐藻膠，是由海帶中提取的天然多 糖碳水化合物。海藻膠（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、醫藥、紡織、造紙，經常做為增稠劑、穩定劑、粘合劑。
氯化鈣	由氯和鈣構成，化學式為 CaCl <sub>2</sub> ，是典型的離子型鹵化物。其在室溫下為白色固體，水溶液呈中性。	製冷設備所用的鹽水、道路融冰劑和乾燥劑等。由於在空氣中易吸水潮解，無水氯化鈣應在容器中密封儲藏。氯化鈣及其水合物和溶液在食品製造、建築材料、醫學和生物學等多個領域均有重要的應用價值
褐藻	褐藻是屬較高等的多細胞藻類，屬真核細胞生物，有 1,500 種左右，主要分佈於大陸附近的水域，則淡水種罕見。	褐藻經由多年的研究，已經被證實具有抑制癌細胞、活化免疫、抑制血管新生、抗發炎、調節血糖等功能，具有作為輔助癌症及糖尿病等慢性病治療的潛力。
增稠劑	是指用於提高產品的黏度或稠度的一類新型功能高分子材料，具有增稠明顯、使用方便等特點	被廣泛地應用於製藥、印染、化妝品、食品、採油、造紙、皮革加工等行業中。



咖啡渣	咖啡渣具有親油疏水的特性，可用來做為環保疏水原料，針對咖啡渣疏水角度進行測試，結果顯示疏水角測試發霉的咖啡渣角度最大，疏水角度可到 143 度。	個咖啡渣用途：植物肥料堆肥、驅蟲、清除寵物身上的跳蚤、鞋櫃除臭、清潔廚具身體磨砂去頭皮、保持頭皮健康、去黑眼圈、醃肉、天然染料、掩蓋傢俬表面刮痕。
紅茶渣	將喝剩下的茶葉渣曬乾裝入紗布袋裏，放在冰箱內，可祛除魚、肉類食物散發出來的腥味。放在廚房裏，可消除烹飪產生的氣味。放在廁所裏，可消除臭味;放在衣櫃裏，可除去附在衣服上的香煙味。放在鞋中，可消除鞋內的潮濕和臭味。	燃燒殘茶能除臭、驅蚊、以茶葉渣清除烤箱臭味焦垢、用晾乾的茶葉渣作枕頭心，可清腦明目、令眼睛鬆弛、止牙血、寵物鎮靜劑、茶葉能除蒜臭味、茶葉能治療燙傷
檸檬皮	檸檬皮具有收斂和抗菌的特性，有助於清潔毛孔、去除黑頭和過多的油脂。	排毒檸檬茶、自製調味油 使用檸檬調味油、自製空氣清新劑、自製肘部和腳後跟的保濕劑、美白指甲、改善黑頭粉刺
牛蒡皮	降血糖、血脂、穩定情緒 營養價值最完整的特性	腸道環保作用、抗氧化能力強、抗發炎作用、保護胃的作用
紫色高麗菜	紫色高麗菜是十字花科，它含有更高的維生素 C、鉀、銅、花青素含量，可具備較好的防水腫、控血壓能力，保護視力、幫助抗老、預防疾病。搭配不同風味冷壓初榨的新鮮好油，除了油脂本身的不同的營養及風味，還能讓脂溶性營養素更容易吸收。	1.紫色高麗菜汁顏色不變（紫色），溶液是中性。2.紫色高麗菜汁顏色藍色 或綠色，溶液是鹼性。3.紫色高麗菜汁顏色偏紅 色，溶液是酸性。
蝶豆花	蝶豆可以拿來增強記憶力、治療焦慮、憂鬱和作為鎮靜劑。	蝶豆花茶中的花青素受到酸鹼影響時，花青素的結構會跟著改變，在酸性條件（pH 值小於 7）時，花青素會隨著酸性的增強逐漸轉變為桃紅色；而在中性（pH 值=7）條件下，顏色則會偏向藍色，當蝶豆花茶加入酸性的檸檬汁時，顏色就會從藍紫色轉變為紫紅色，操控顏色其實簡單不過。
黑豆	黑豆具有高蛋白、低熱量的特性	黑豆等浸泡液對酸鹼溶液的 反應顏色變化極為明顯，非常適合作為酸鹼指示劑。
薑黃粉	具有很強的抗氧化、抗發炎功效。	薑黃素很早就作為一種天然色素被用到食品工業中（E100）。它對還原劑穩定，著色力強，不易褪色，但對光、熱和鐵離子敏感。主要用於罐頭、腸類製品、醬滷製品的染色。也用作酸鹼指示劑，pH 7.8（黃）- 9.2（紅棕）。

(四)市面上的吸管很多，我們簡單整理出常見到的吸管比較表：

吸管材質	優點	缺點
塑膠吸管	原生塑膠太便宜 加工容易、實用性高，不易變形	不耐高溫、破壞環境生態
矽膠吸管	材質柔軟適合小朋友、耐摔、可耐熱達 220 度	易卡菌、卡垢、卡味、不易清洗、不耐酸鹼
紙吸管	取得容易，較為環保，一次性耗材	不耐高溫，長時間浸泡會吸收水分軟化、爛掉
不鏽鋼吸管	耐高溫、可重複使用、堅固耐摔、不發霉	容易生鏽，不易清潔
玻璃吸管	透明、可看到內部、耐酸鹼、不易滋生細菌、耐高溫	重量比較重、易卡油、易碎、耗損率高，取得不易
餅乾吸管	可創造飲料新鮮感	不耐用，易爛，成本高
純鈦吸管	二氧化鈦抗菌最安全、不發霉、不生鏽、不易殘留味道、不卡油、重量輕盈、耐酸鹼、耐高溫	製作技術難度很高

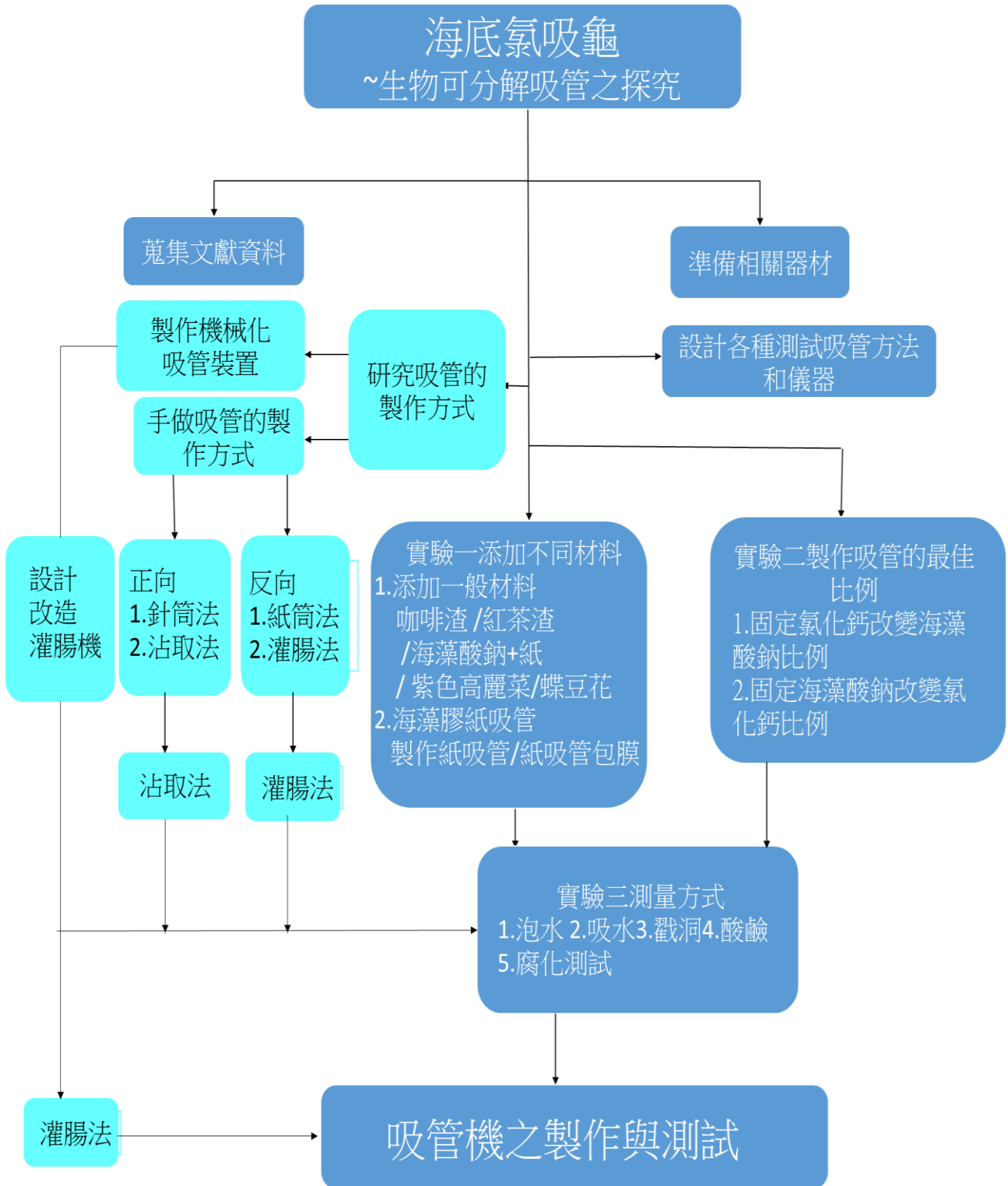
(五)質量百分濃度又稱重量百分濃度，是以百分比來表示混合物中某成分濃度的方法。

名詞說明	公式說明	重量百分濃度計算器
也稱質量百分濃度，指溶質的質量/重量百分濃度。也表示為每 100 克溶液中所含的溶質克數。	溶質重量除以溶劑與溶質總重量之百分比值。 即： $\frac{\text{溶質重量}}{\text{溶質重量}+\text{溶劑重量}}$ 如：將 10g 的糖(溶質)溶於 90g 的水(溶劑)，求糖水的重量百分率濃度 (%) ?	<p>輸入溶質重量(g)、溶劑重量(g) 自動計算重量百分率濃度(%) 將 10g 的糖(溶質)溶於 90g 的水(溶劑)，求糖水的重量百分率濃度 (%) ? 溶質重量 (g) 10 10g 溶劑重量 (g) 90 90g 重量百分率濃度 (%) 10 10%</p>

(六)原來名稱和文中的簡稱

原來名稱	簡稱
海藻酸鈉水溶液	海藻膠
紙加海藻膠吸管	海藻膠紙吸管、海紙吸管
紫色高麗菜吸管	紫高吸管

二、研究流程



### (一) 吸管機器之設計與製作

研究設計及找尋吸管機械化的製作方式：

1. 參考文獻資料先構想及設計機器的雛形。
2. 找到壓麵條的機器和灌香腸的機器，以灌香腸的機器最適當。
3. 設計改良灌香腸機器。

改良方式：

1. 製作測試吸管以及改良底座。
2. 利用斜面增加流速。
3. 製作彎管方便海藻膠流出。
4. 串聯有孔洞的圓形吸管，內包氯化鈣濕紙巾。
5. 製作氯化鈣水溶液槽。

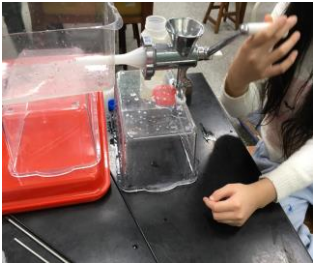


圖 4-1



圖 4-2

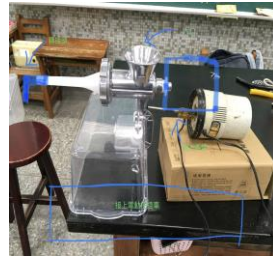


圖 4-3



圖 4-4

### (二) 自製簡易硬度計

目的: 測試吸管的戳力，使用重力的自由落體法。

製作步驟：

1. 準備好大型寶特瓶、透明片、自製吸管。
2. 瓶蓋挖洞直徑2cm，裁切保特瓶。
3. 為了避免歪斜將透明片捲成吸管狀，插入裁切好的保特瓶當中。
4. 最後用熱溶膠和膠帶固定。
5. 準備10cm高鹽巴盒一個，將藍色粉筆在鹽巴中摩擦，使鹽巴變成藍色。

測量步驟:

1. 鹽巴盒和放在自由落體保特瓶的正下方。
2. 將吸管自保特瓶上方讓它沿著塑膠管軌道自由落下。
3. 將保特瓶中的塑膠管套拉起，拿出吸管。
4. 用T形尺測量沾取藍色鹽巴的深度。

操作原理:

吸管長度30cm，自由落體刺進鹽巴盒深，戳力大；刺進鹽巴盒淺，戳力小。



圖 4-5



圖 4-6 深度



圖 4-7



圖 4-8 耐戳

### (三)使用不同方法製作吸管

正向實驗:

#### 【針筒法】

目的：做出海藻膠吸管

操作變因：先沾取海藻酸鈉水溶液，後放在氯化鈣溶液中。

控制變因：針筒、海藻酸鈉水溶液2%、氯化鈣水溶液15 % 。

實驗步驟:

- 1.前一天先利用果汁機調製1000ml海藻膠吸管2%避免氣泡產生。
- 2.先用針筒吸取2%海藻酸鈉水溶液75ml，排出針筒內的氣泡如圖4-9。
- 3.將針筒插入氯化鈣水溶液體的淺水盤裡，一邊擠壓針筒，另一個人一邊往後拉。
- 4.在氯化鈣水溶液浸泡10分鐘如圖4-11。
- 5.將成型好的海藻膠管，使用玻璃棒或吸管穿刺，洗掉多餘的膠體。
- 6.放入烘乾機，20度烘乾2小時。
- 7.烘乾後取不下來，需要再度浸泡氯化鈣水溶液2分鐘取下後自然乾燥即可。



圖 4-9



圖 4-10



圖 4-11



圖 4-12 穿刺支撐

#### 【沾取法】

目的：先取海藻膠，後放在氯化鈣溶液中。

操作變因：先沾取海藻膠，後浸泡在氯化鈣溶液

控制變因：針筒、海藻酸鈉水溶液4.5%、氯化鈣水溶液15 %、浸泡在氯化鈣溶液10分鐘。

實驗步驟:

- 1.使用較長口徑較大的玻璃棒、或者兩枝串連起來的珍珠奶茶吸管，將高濃度的4.5%海藻膠，並把它倒在一個250ml量筒中。
- 2.把玻璃棒放到有海藻膠水溶液的量筒裡面，裹上海藻膠。
- 3.把沾了海藻膠的玻璃棒拿起來並放到氯化鈣水溶液裡面，浸泡10分鐘如圖4-14。
- 4.放入烘乾機，20度烘乾2小時。
- 6.烘乾後取不下來，需要再度浸泡氯化鈣水溶液2分鐘取下後自然乾燥即可。



圖 4-13 右邊浸泡液



圖 4-14 中間浸泡中



圖 4-15 浸泡完成



圖 4-16

## 反向實驗

**【紙筒法】**目的：先沾取氯化鈣水溶液，後放在海藻酸鈉溶液中。

操作變因：先沾取氯化鈣水溶液，後放在海藻酸鈉溶液中

控制變因：紙筒、海藻酸鈉水溶液3%(需要較濃稠)、氯化鈣水溶液15 %

實驗步驟：

- 1.先將紙筒放入氯化鈣水溶液中浸泡3分鐘紙筒，將紙筒晾乾如圖4-17。
- 2.將微乾紙筒晾乾放入3%海藻酸鈉水溶液，等待沾滿海藻膠溶液垂直拉起如圖4-18。
- 3.將紙筒放入氯化鈣水溶液浸泡10分鐘，等待海藻膠凝固。
- 4.放入烘乾機，20度烘乾2小時。
- 5.將風乾後的海藻酸鈉吸管取下，形成薄薄的像塑膠一樣的薄片，再將其捲成吸管狀。



圖 4-17



圖 4-18



圖 4-19



圖 4-20 第二次脆化

**【灌腸法】**目的:不需再穿刺，一次成型。為了製作粗細大小一致的吸管，先取濕紙巾沾取氯化鈣水溶液，平鋪在減成三段的塑膠片上，再灌入海藻膠溶液，再浸泡在氯化鈣水溶液。

操作變因：先取濕紙巾沾取氯化鈣水溶液，再灌入海藻膠溶液，再浸泡在氯化鈣水溶液

控制變因：塑膠片、海藻酸鈉水溶液2%、氯化鈣水溶液15 %。

實驗步驟:

- 1.先剪透明資料夾裁成一張濕紙巾的大小15\*15cm如圖4-21。
- 2.將塑膠片泡入氯化鈣。
- 3.在塑膠片上蓋泡過氯化鈣的溼紙巾，捲成圓形。
- 4.用圓形泡棉(直徑3.4cm)塞住兩端如圖4-23。
- 5.準備三條橡皮筋，一條綁在圓柱尾端泡棉上，第二條綁在中間。
- 6.將塑膠圓柱上端打開用針筒灌或燒杯倒入海藻膠溶液，用最後一條橡皮筋綁住上端。
- 7.將支撐棒調到吸管正中間後，放入氯化鈣水溶液浸泡10分鐘，等待海藻膠凝固。
- 8.待海藻膠凝固後，把橡皮筋拔掉，塑膠片和濕紙巾拆開，泡棉拔掉，只留支撐棒繼續泡3分鐘取出如圖4-28。
- 9.放入烘乾機，20度烘乾2小時。
- 10.烘乾後若取不下來，需要再度浸泡氯化鈣水溶液2分鐘取下後自然乾燥即可。



圖 4-21



圖 4-22 灌腸法一



圖 4-23



圖 4-24



圖 4-25



圖 4-26



圖 4-27 灌腸法二



圖 4-28

## 【實驗一】:添加不同材料來製作吸管

### 實驗1-1添加不同材料來製作吸管

目的:嘗試加入玉米殼、牛蒡皮、檸檬皮、紅茶、咖啡渣、紫色高麗菜、薑黃粉、蝶豆花能否增加吸管硬度，製作成吸管

操作變因:玉米殼、牛蒡皮、檸檬皮、紅茶、咖啡渣、紫色高麗菜、薑黃粉、蝶豆花。

控制變因:水、海藻酸鈉2%水溶液、氯化鈣水溶液15%

製作步驟：

- 1.前一天先利用果汁機調製海藻酸鈉水溶液2%，在調製時分別加入30g，紅茶渣、咖啡渣、檸檬皮、玉米殼、牛蒡皮，用果汁機混合，打成海藻膠各300 ml，靜置一個晚上，避免氣泡產生如圖4-1~4。
- 2.先用針筒吸取2%海藻膠75ml，排出針筒內的氣泡。(一開始使用針筒法，後使用灌腸法)
- 3.將針筒插入氯化鈣水溶液體的淺水盤裡，一邊擠壓針筒，另一個人一邊往後拉。
- 4.在氯化鈣水溶液浸泡10分鐘。
- 5.將成型好的海藻酸鈉管，使用玻璃棒或吸管穿刺，洗掉多餘的膠體。
- 6.放入烘乾機，20度烘乾2小時。
- 7.烘乾後取不下來，需要再度浸泡氯化鈣水溶液2分鐘取下後自然乾燥即可。



圖 4-1-1



圖 4-1-2



圖 4-1-3



圖 4-1-4



圖 4-1-5



圖 4-1-6



圖 4-1-7



圖 4-1-8



圖 4-1-9



圖 4-1-10



圖 4-1-11



圖 4-1-12



圖 4-1-13



圖 4-1-14



圖 4-1-15



圖 4-1-16

## 實驗1-2:製作海藻膠紙吸管

目的:利用海藻膠製作水球，發現當水分消失之後，會在紙上形成一層膜，經查詢文獻資料，發現有人也曾經做紙杯上面的膜的研究，於是想若是在紙吸管上面包上一層膜，會不會也能防水，這樣是否能延長紙吸管使用時間。

### (一)製作紙吸管

製作步驟:

- 1.先裁好一張張5cm的長條形紙如圖4-1-17
- 2.接著用30cm口徑1cm的木棒捲起來
- 3.然後用糝糊黏住
- 4.將兩頭剪成平口如圖4-1-18

### (二)海藻膠紙吸管

製作步驟:

- 1.製作較長口徑較大的紙吸管數十隻備用如圖4-1-18。
- 2.將高濃度的4.5%海藻酸鈉水溶液，倒在一個250ml量筒中。
- 3.把紙吸管放到有海藻膠水溶液的量筒裡面，裹上海藻膠。
- 4.把沾了海藻膠的紙吸管拿起來並放到氯化鈣水溶液裡面，浸泡10分鐘
- 5.放入烘乾機，20度烘乾2小時，把尾部剪掉。
- 6.泡水測試是否成功如圖4-1-20。



圖 4-1-17



圖 4-1-18



圖 4-1-19



圖 4-1-20



## 【實驗二】製作吸管的最佳比例

### 實驗2-1尋找海藻酸鈉的最佳比例

目的: 我們在沾取法製造海藻酸鈉吸管的時候，需要附着力很強的海藻酸鈉濃度，到底哪一種濃度適合，灌腸法的海藻酸鈉水溶液，又需要多少濃度？根據文獻資料將氯化鈣水溶液固定在10%，尋找海藻酸鈉的最佳比例。

操作變因:海藻酸鈉1% 2% 3% 5%

控制變因:氯化鈣10%

應變變因:吸管實心的速度

實驗步驟:

- 1.準備氯化鈣10%、海藻酸鈉1% 2% 3% 5% 如圖4-2-1。
- 2.先用灌腸法做出1%、2%、3%、5%海藻酸鈉吸管各一隻。
- 3.分別放入四個倒入10%氯化鈣100ml的量筒。
- 4.每八分鐘切一次片，一次切兩片，第一次切片前要先把尾切掉，(之後都從後往前切)。
- 5.切完片再放回量筒裡。
- 6.重複4-5步驟直到吸管實心為止
- 7.用電子尺測量管壁厚度如圖4-2-4，紀錄。

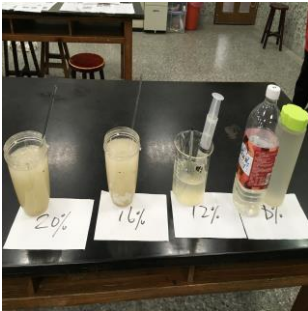


圖 4-2-1



圖 4-2-2



圖 4-2-3

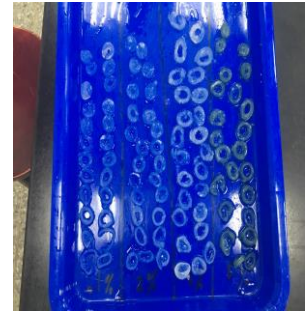


圖 4-2-4

### 實驗2-2尋找氯化鈣的最佳比例

目的: 在製作吸管製造機時，發現流出來的液體不會條狀，會變成圓圓一坨。如果增加氯化鈣的濃度，會不會一流出管子就成條狀，根據文獻資料將海藻酸鈉水溶液固定在2%，尋找氯化鈣水溶液的最佳比例

操作變因:氯化鈣1%、10%、15%、20%、25%、30%

控制變因: 2%海藻酸鈉水溶液。

應變變因:實心速度

實驗步驟:

- 1.調配出2%500ml的海藻酸鈉
- 2.調配1%、10%、15%、20%、25%、30%的氯化鈣
- 3.利用沾取法的實驗步驟把沾了海藻酸鈉的玻璃棒放入不同%數的氯化鈣裡面
- 4.看哪種%數的氯化鈣凝結海藻酸鈉的時間更快，並記錄。這個實驗前後做了三次如圖4-2-1~4。



圖 4-2-1 第 2 次實驗



圖 4-2-2 完成



圖 4-2-3 第 3 次實驗



圖 4-2-4 完成

### 【實驗三】:測量方式

#### 實驗3-1-1:泡水測試

##### 實驗步驟:

- 1.準備7種海藻膠、玉米殼、咖啡渣、紅茶渣、紫高汁、蝶豆花水、海藻膠紙吸管將吸管放入150毫升的水杯(自來水)當中，觀察毛細現象如圖4-3-2。
- 2.每隔30分鐘測量一次毛細現象的高度連續測量三次。
- 3.觀察時間結束後毛細現象以及泡水吸管的口徑。

##### 3-1-2泡水重量消失實驗:

- 1.準備12種海藻膠、玉米殼、咖啡渣、紅茶渣、紫高汁、蝶豆花水、海藻膠紙吸管將吸管放入150毫升的試管中浸泡)當中，。
- 2.每隔3天測量一次重量，記錄。



圖 4-3-1 先測 3 枝



圖 4-3-2 吸管變色



圖 4-3-3

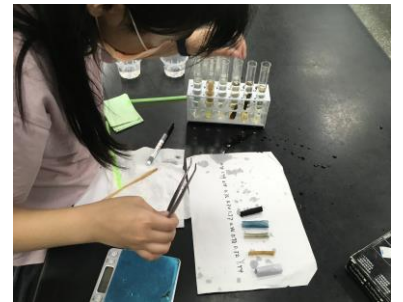


圖 4-3-4

#### 3-2 吸管乾燥的實驗:

目的:找出最好的烘乾方式

操作變因:用電風扇吹、日曬、除濕機、飲水機上方(約20度)

控制變因:36個小時

應變變因:重量變化

##### 實驗步驟:

第一種烘乾方式用電風扇吹如圖4-3-5、日曬如圖4-3-6、除濕機、飲水機上方(約20度)

1.準備剛做好的蝶豆花海藻酸鈉吸管，長度20公分，口徑1公分長的吸管，先測量重量，分別準備各三段吸管。

2.放在四種不同的環境當中，用電風扇吹、日曬、除濕機、飲水機上方(約20度)時間36個小時。

3.每8個小時測量一次重量，紀錄。

##### 第二種烘乾方式

1.使用蔬果烘乾機20度、60度如圖4-3-8。



圖 4-3-5

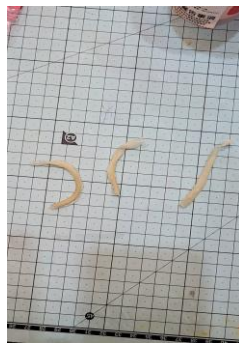


圖 4-3-6 日曬



圖 4-3-7 飲水機

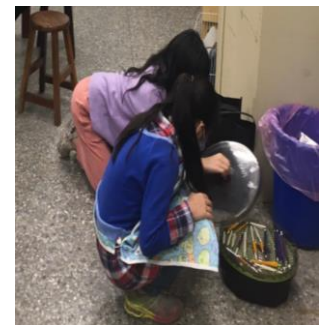


圖 4-3-8

### 3-3戳洞（硬度）實驗:

#### 實驗步驟:

- 1.先做出10種不同材料的吸管如圖4-3-9。
- 2.把它放在簡易硬度計上測量他的自由落體鹽杯深度並填入表格裡。
- 3.找一個塑膠瓶蓋，將吸管依序使用硬度計自由落體戳洞看哪一種吸管可以戳入杯中如圖4-3-12，記錄。



圖 4-3-9 40 分



圖 4-3-10



圖 4-3-11

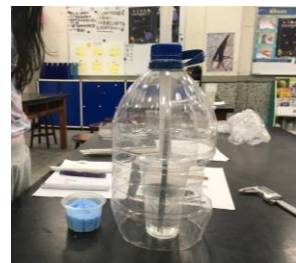


圖 4-3-12

### 3-4腐化實驗:

目的：比較各種不同的吸管，埋在土裡面，土壤中生物分解效果如何。

操作變因：埋在土裡12天、31天、38天

控制變因：六種吸管分成三組、沙網、吸管大小

應變變因：消失的重量

#### 實驗步驟:

- 1.選六種吸管埋到土裡分別是：紅茶渣、咖啡渣、海藻膠紙吸管、海藻膠吸管、紙吸管、塑膠吸管各剪成三段如圖4-3-13。
- 2.把它分成三組並埋入土裡，每一組六種各一根，加土加沙網，以便取出的時候方便辨認。
- 3.設定日期分三個階段拿出來，第一個階段12天（配合學校時間）、第二個階段31天、第三個階段38天如圖4-3-8。
- 4.把挖出的吸管清洗乾淨烘乾。
- 5.再測量重量、記錄。



圖 4-3-13



圖 4-3-14

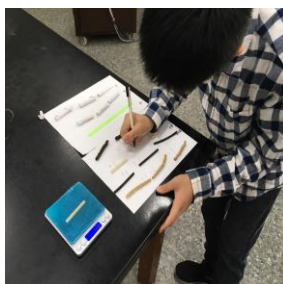


圖 4-3-15



圖 4-3-16



圖 4-3-17



圖 4-3-18



圖 4-3-19

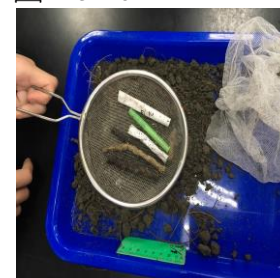


圖 4-3-20

## 伍、研究結果

### 【實驗一】添加不同材料

實驗1-1:添加一般材料:使用海藻膠、海藻膠紙吸管、玉米殼、檸檬皮、牛蒡、咖啡渣、紅茶渣、紫高、蝶豆花水、薑黃粉吸管。



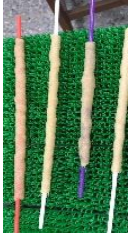


名稱	海藻膠	海藻膠紙吸管	玉米殼	檸檬皮	牛蒡
剛完成					
可吸水	V	V	V	V	V
可吸珍珠	V	V	X	X	X
顏色溶於水	X	X	V	X	V
變色	X	X	X	X	X
香氣	X	X	V	X	X
顏色	透明	白	黃	淺綠	棕
方法	針筒法、沾取法、紙筒法、灌腸法	沾取法	針筒法	針筒法	針筒法
特色	堅固乾淨	堅固乾淨	粗糙像樹枝	喝酸性和茶類和果汁類的飲料	粗糙像樹枝，顏色很難看
價格成本	0.8元/枝	0.2元/枝	0.8元/枝	0.8元/枝	0.8元/枝

表5-1






名稱	咖啡渣	紅茶渣	紫高汁	蝶豆花水	薑黃粉
剛完成					
可吸水	V	V	V	V	V
可吸珍珠	V	V	V	V	X
顏色溶於水	V	V	部分會	X	部分會
變色	X	X	可以	可以	X
香氣	V	V	X	X	X
顏色	咖啡	紅棕	紫色	藍色	黃
方法	針筒法、灌腸法	針筒法	針筒法、沾取法、灌腸法	沾取法、灌腸法	灌腸法
特色	適合用來喝咖啡 外形像樹枝	用來喝酸性和茶類飲料 外形像樹枝	喝酸性和鹼性飲料，用來做實驗 增加實驗的樂趣	喝酸性和鹼性飲料，用來增加做實驗的樂趣	適合用來喝果汁類的飲料
價格成本	0.8元/枝	0.8元/枝	0.8元/枝	0.8元/枝	0.8元/枝

表5-2

實驗結果：

- 1.海藻膠添加材料製作成吸管，可以成功地拿來作吸水，除了牛蒡。
- 2.製作出口徑比較大，比較適合吸珍珠的有海藻膠、海藻膠+紙、咖啡、紫高、蝶豆花吸管如表5-1~2。
- 3.玉米殼、牛蒡、咖啡渣、紅茶渣、紫色高麗菜吸管會溶出顏色於水中，其它不會。
- 4.只有紫高吸管和蝶豆花吸管遇到酸鹼會變色。
- 5.製作檸檬吸管的時候，不能加入檸檬汁，只能加檸檬皮，如果加入檸檬汁，吸管便無法成形。
- 6.特殊香氣的吸管，有檸檬吸管、咖啡吸管、紅茶吸管。但是放久了味道會消失。
- 7.海藻膠、海藻膠紙、檸檬皮吸管屬於淺色，感覺比較乾淨。
- 8.不同的吸管適合用來喝不同的飲料，例如檸檬吸管，適合用來喝果汁。

探討使用不同方法製作吸管:




	針筒法	沾取法	紙筒法	灌腸法
製作方式				
步驟	海→氯	海→氯	氯→海→氯	氯→海→氯
方式	正向	正向	反向	反向
時間	約1分鐘	約10秒	約1分鐘	約1分鐘
成形	失敗率高	好	差	很好
穿刺	要	不用	不用	要
難易度	不好做	好做	不好做	好做
優缺點	口徑大小不一，製作麻煩，管壁厚度難掌控	口徑大小、管壁厚度難掌控，製作方便，耗材少	口徑大小不好以控制，需要剝殼，一次可以做很多	口徑大小較好控制沒灌滿會凹凸不平
長短	只能做短吸管	長短吸管皆可	只能做短吸管	長短吸管皆可

表5-3

實驗結果:

- 1.正向執行將海藻膠加入氯化鈣使用方法針筒法、沾取法。反向將氯化鈣加入海藻膠裡面，再放入氯化鈣浸泡成形使用方法:紙筒法、灌腸法如表5-3。
- 2.製作吸管的方法比較:時間上以沾取法10秒/枝>灌腸法1分鐘/枝>針筒法1分鐘/枝>紙筒法5分鐘/枝。以作法難易度比較:沾取法>灌腸法>紙筒法>針筒法。沾取法來製作最方便，比較容易控制吸管管壁厚度。針筒法需要有2個人一起做，一個擠針筒一個拉海藻膠，且失敗率高。
- 3.沾取法和灌腸法可以製作較長、口徑比較寬的吸管，其它紙筒法、針筒法只能製作較短的吸管，口徑比較細的吸管。

實驗1-2:海藻膠紙吸管:紙吸管包膜乾燥後插入水中，測試含水毛細現象高度:

時間 / 名稱	海紙 1	海紙 2	海紙 3	海紙 4	海紙 5
10	14.09	28.98	16.64	2.2	12.61
20	25.17	53.72	31.03	3.42	33.09
30	39.7	61.87	47.12	7.39	45.22
40	42.62	69	57.93	13.21	55.15
50	58.96	71.41	61.91	15.38	62.87
60	62.62	72.48	62.42	18.58	66.73

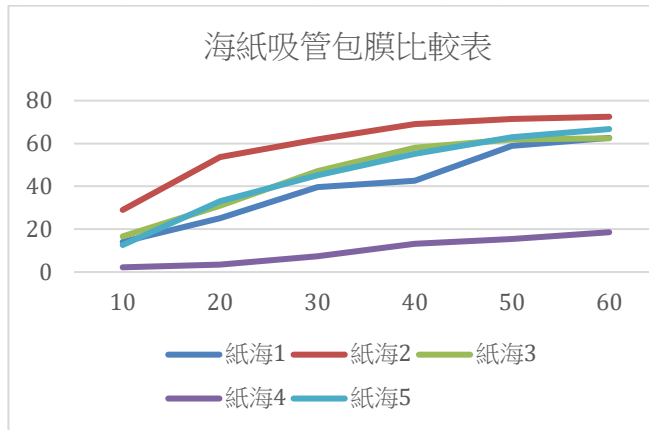


表 5-4

圖 5-1

實驗結果：

海藻膠膜紙吸管如圖 5-1 做出比較完整的海藻膠紙吸管，5 枝海藻膠紙吸管中，只有第 4 枝毛細現象較低 18.58mm 如表 5-4，製作成功率較低。

### 【實驗二】製作吸管的最佳比例

實驗2-1:固定氯化鈣改變海藻酸鈉比例

吸管/mm/ 時間(時)	海藻膠 1%	海藻膠 3%	海藻膠 4%
1	0.1	4.20	5
2	0.2	5.90	6.6
3	0.5	6.20	8.00
4	1.0	7.10	8.00
5	1.2	7.10	8.00
6	2.0	7.10	8.00
7	2.3	7.10	8.00
8	3.0	7.10	8.00
9	4.5	7.10	8.00

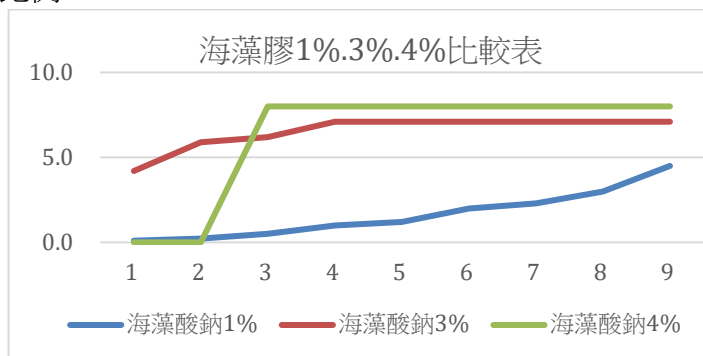


表5-5黃色實心

圖5-2

吸管/mm/ 時間(分)	海藻膠 2%	海藻膠 3%	海藻膠 4%
8	2.00	1.00	3.00
24	2.00	2.00	4.00
40	2.00	3.00	5.00
56	3.00	4.00	5.00
72	5.0	6.0	5.0
88	5.0	7.0	5.0

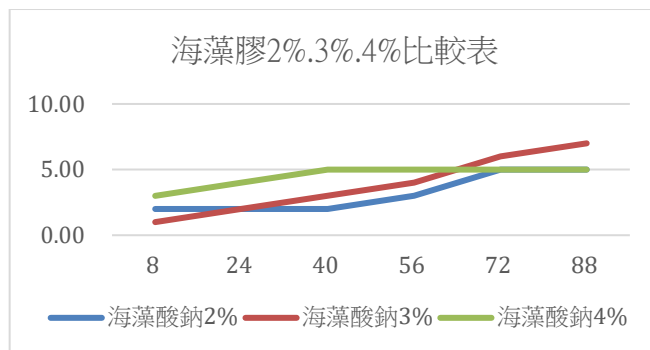


表5-6黃色實心

圖5-3

吸管/mm/ 時間(分)	1%	2%	3%	5%
10	1.65	2.14	1.53	2.16
20	2.70	3.42	2.04	2.97
30	3.87	3.54	2.76	3.15
40	4.25	4.45	3.94	3.72
50	4.95	5.21	4.48	3.96
60	5.49	5.47	4.98	4.52
70	6.04	5.93	5.57	5.15
80	6.24	5.95	5.78	5.57
90	6.41	7.78	5.80	5.59
100	7.24	7.96	6.27	6.10
110	7.81	8.39	6.20	7.30
120	8.87	8.89	8.25	8.32

表5-7

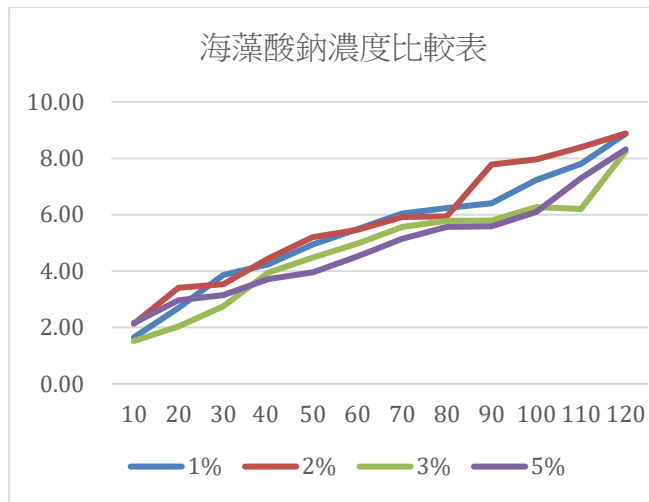


圖5-4

實驗結果:

一開始實驗的時候，以小時為單位，做出來的圖形看不出來有何成效如圖5-2，後來修改為每8分鐘計時一次如表5-6，製作第一代海藻酸鈉吸管的時候因為濃度太低，使用沾取法吸管無法成形。後來以為海藻酸鈉濃度越高製作的吸管效果會比較好，但是跳到海藻酸鈉5%的時候，海藻酸鈉的濃度已經濃稠到無法攪拌。經過3次的實驗，利用灌腸法發現2%以上的海藻酸鈉就可以有不錯的效果如表5-7、圖5-4。

實驗2-2:固定海藻酸鈉改變氯化鈣比例

10%					20%				
分鐘	1	2	3	平均	分鐘	1	2	3	平均
4	4.49	5.18	*	4.8	4	4.7	*	*	4.7
8	4.22	4.97	*	4.6	8	4.61	4.31	6.26	5.1
12	4.22	4.22	4.5	4.3	12	5.09	4.84	5.26	5.1
16	4.88	4.25	4.39	4.5	16	5.06	5.47	4.81	5.1
20	5.96	4.18	5.26	5.1	20	4.36	5.1	4.85	4.8
24	4.57	4.23	4.3	4.4	24	4.54	4.65	4.52	4.6
28	5.03	2.28	3.12	3.5	28	5.2	4.29	5.52	5.0
32	4.79	3.21	4.72	4.2	32	4.93	4.46	6.8	5.4
36	4.54	*	*	4.5	36	4.01	6.46	*	5.2

25%					30%				
分鐘	1	2	3	平均	分鐘	1	2	3	平均
4	5.08	5.08		5.1	4	6.71	5.15		5.9
8	4.03	3.13	2.79	3.3	8	5.15	6.49	6.49	6.0
12	4.92	3.56	2.87	3.8	12	5.64	5.61	6.09	5.8
16	3.7	4.77	4.49	4.3	16	4.56	5.03	6.61	5.4
20	6.97	5.41	5.42	5.9	20	5.01	7.05	6.03	6.0
24	3.2	6.08	4.86	4.7	24	7.14	7	7.59	7.2
28	5.33	6.6	6.6	6.2	28	5.22	5.56	5.56	5.4
32	*	*	*	*	32	*	*	*	*
36	*	*	*	*	36	*	*	*	*

第一次實驗

表5-8

表5-9



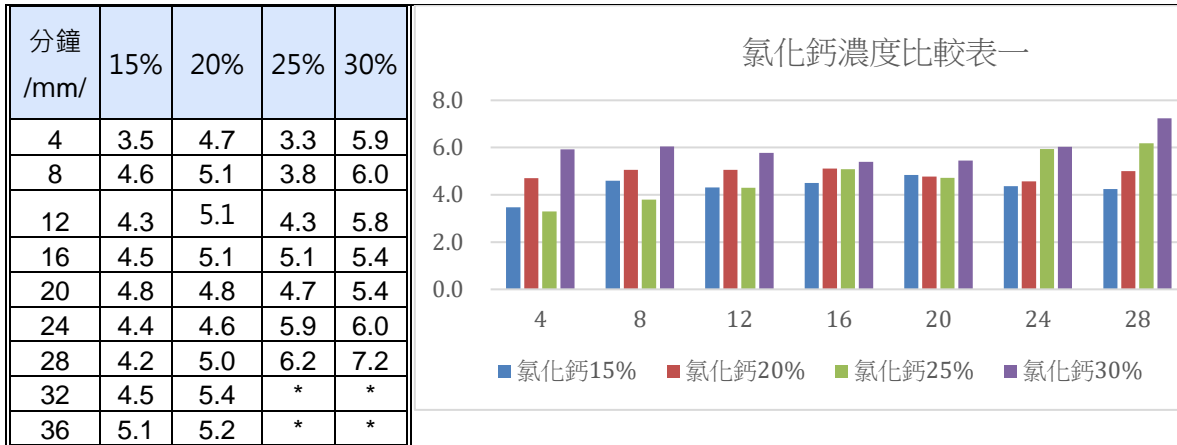


表5-10

圖5-5第二次實驗

氯化鈣 /mm/hr	15%			20%			25%			30%		
	1	2	平均	1	2	平均	1	2	平均	1	2	平均
8	1.66	*	1.66	2.14	1.72	2.14	3.32	2.12	2.72	3.59	5.82	3.59
16	3.18	3.38	3.28	2.54	2.44	2.49	3.99	3.52	3.76	2.28	4.81	3.55
24	3.30	3.52	3.41	2.51	3.63	3.07	4.58	4.80	4.69	4.80	5.74	5.27
32	4.33	4.82	4.58	3.97	4.22	3.97	4.32	6.61	5.47	5.95	3.86	4.91
40	5.13	4.72	4.93	2.28	3.51	2.90	5.59	4.47	5.03	4.88	4.36	4.62
48	6.89	6.72	6.81	3.48	3.92	3.70	5.16	5.14	5.15	6.26	5.48	5.87
56	6.21	6.24	6.23	6.37	7.12	6.75	9.52	6.94	8.23	5.83	5.02	5.43
64	7.32	5.26	6.29	7.20	8.45	7.83	5.38	7.43	6.41	7.30	7.00	7.15
72	6.09	5.32	5.71	4.98	7.24	6.11	8.82	6.43	7.63	6.76	8.22	7.49
80	6.71	7.02	6.87	5.32	7.29	6.31	8.06	6.81	7.44	9.45	6.58	8.02
88	7.32	7.22	7.27	8.50	7.33	7.92	8.28	7.98	8.13	8.11	7.24	7.68

表5-11

氯化鈣 /mm/hr	15%	20%	25%	30%
8	1.66	2.14	2.72	3.55
16	3.28	2.49	3.76	3.59
24	3.41	2.90	4.69	4.62
32	4.58	3.07	5.03	4.91
40	4.93	3.70	5.15	5.27
48	6.81	3.97	5.47	5.43
56	6.23	6.11	6.41	5.87
64	6.29	6.31	7.44	7.15
72	5.71	6.75	7.63	7.49
80	6.87	7.83	8.23	7.68
88	7.27	7.92	8.13	8.02

表5-12

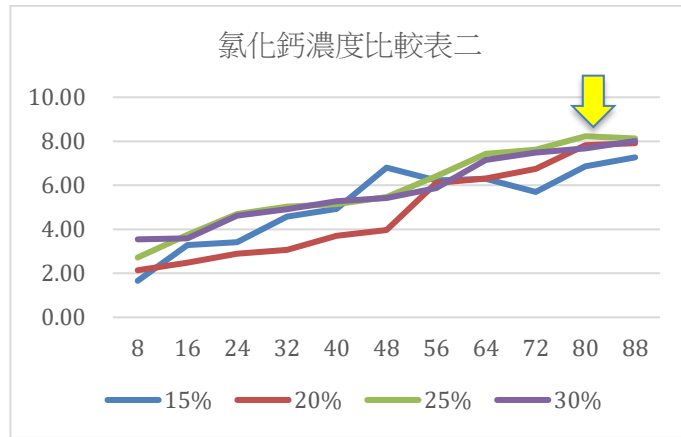


圖5-6

實驗結果：

第一次氯化鈣的實驗發現浸泡的時間出來的效果都差不多，很整齊如圖5-5。並沒有因為濃度越高，有很明顯的實心現象。於是又做了第二遍發現依舊如此。依柱狀圖和折線圖如圖5-5、5-6。可以看出濃度在15~30%效果都差不多，以濃度25%最好。

### 【實驗三】測量方式

#### 實驗3-1:泡水

吸管/mm/ hr	紙	海藻酸鈉	紙+海藻 酸鈉	紫色高麗 菜	咖啡渣	蝶豆花	玉米鬚
5	27.32	4.12	3.95	5.28	5.64	6.17	0.91
10	53.22	7.83	7.41	8.67	10.16	10.93	1.98
15	61.52	8.33	14.51	11.32	13.12	14.17	3.52
20	76.77	9.48	29.13	13.7	16.89	19.56	6.87
25	70.72	13.51	30.17	13.96	17.72	20.13	8.56
30	89.39	14.48	31.22	14.93	18.33	21.31	9.48
35	99.21	17.62	34.21	16.25	19.52	22.56	9.53
40	101.22	24.18	32.94	15.17	18.21	21.55	9.64

表 5-13

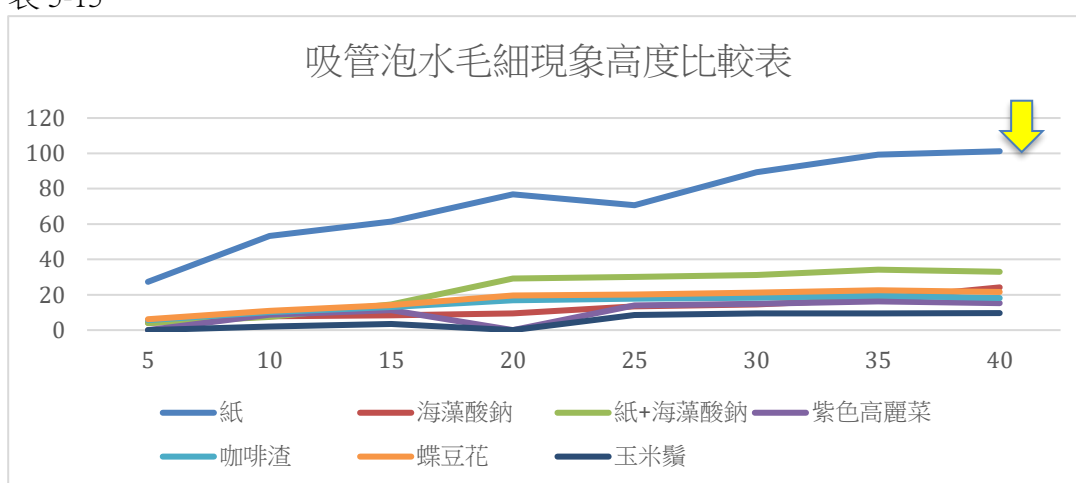


圖 5-7

名稱	泡水前	泡水後
紙	11.24	11.98
海藻酸鈉	9.13	9.81
紙+海藻酸鈉	11.8	12.23
紫色高麗菜	8.68	9.49
咖啡渣	5.18	7.3
蝶豆花	6.3	7.81
玉米鬚	3.19	7.81

表 5-14

#### 實驗結果:

從圖5-7可以看出紙吸管的毛細現象最高，其他的毛細現象都很低以玉米殼9.64mm最低。泡水後吸管口徑的比較表，發現泡水後吸管口徑會吸水膨脹，紙吸管11.98mm和海藻膠紙吸管12.23mm最明顯如表5-14，可能是因為海藻膠紙吸管的海藻膠膜沒有封好如圖5-8，第三是紫色高麗菜汁吸管，第四是海藻酸鈉吸管，最不明顯的是咖啡渣吸管7.3mm。

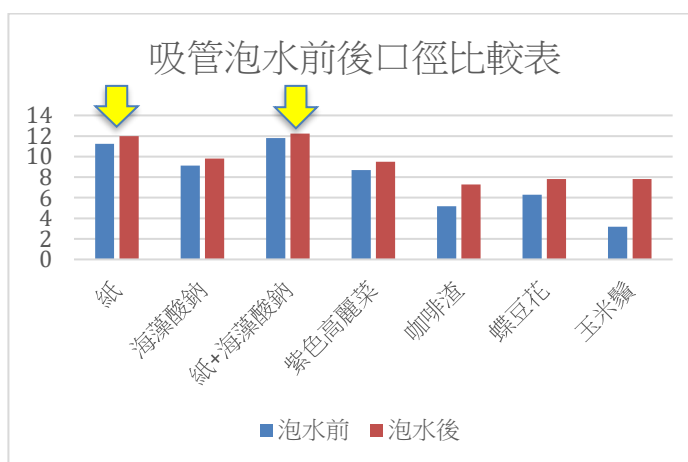


圖 5-8

泡水7天減少的重量:

名稱/重量	7天減掉的重量
海藻膠	0.09
玉米殼	0.38
檸檬皮	0.03
牛蒡	0.08
咖啡渣	0.03
紅茶渣	0.23
紫高汁	0.02
蝶豆花水	0.05
薑黃粉	0.02
紙+海藻膠	0.06

表5-21

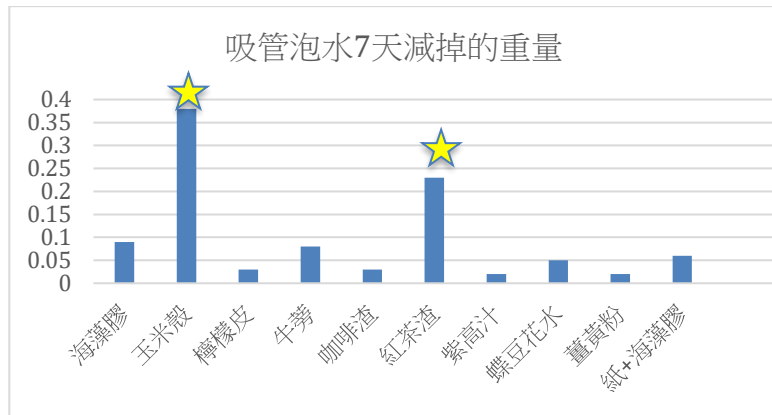


圖5-13

實驗結果:

發現泡水減少的重量有玉米殼吸管減少0.38g>紅茶渣0.23g>牛蒡0.08g，可能因為是有機物消失得比快如表5-21。

實驗3-2.乾燥方式

方式	日曬風乾			電風扇			除濕機			飲水機上		
	mm	曬乾前	曬乾後	重量差	烘乾前	吹乾後	重量差	烘乾前	除濕後	重量差	烘乾前	烘乾後
吸管 1	42.82	7.15	35.67	28.74	11.69	17.05	43.8	6.79	37.01	32.46	5.14	27.32
吸管 2	38.61	6.7	31.91	29.66	13.55	16.11	36.24	8.49	27.75	42.91	4.02	38.89
吸管 3	45.85	10.1	35.75	29.34	12.26	17.08	44.39	10.89	33.5	31.71	4.39	27.32

表 5-15

方式/mm	日曬風乾	電風扇	除濕機	飲水機上
吸管 1	35.67	17.05	37.01	27.32
吸管 2	31.91	16.11	27.75	38.89
吸管 3	35.75	17.08	33.5	27.32

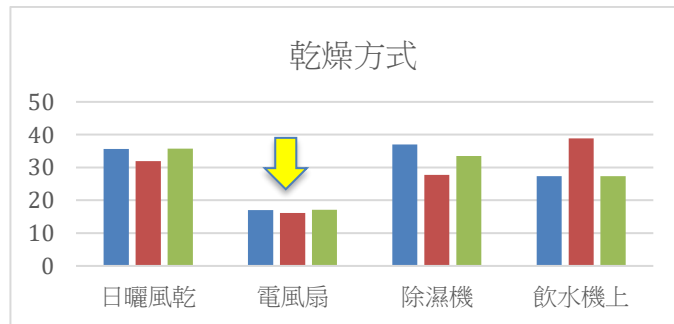


圖 5-9

表 5-16

吸管/g/小時	烘乾前重量	去除水分 1	去除水分 2	去除水分 3	去除水分 4	去除水分 5	去除水分 6	去除水分 7	去除水分 8
吸管 1	42.82	15.42	3.14	2.03	1.73	2.04	2.68	1.81	1.76
吸管 2	38.61	12.71	2.16	1.73	2.17	1.92	3.25	0.75	1.91
吸管 3	45.85	19.71	1.84	1.96	2.21	1.97	3.37	0.81	0.39
吸管 4	11.74	2.35	2	0.84	1.12	0.77	1.54	0.44	0.34
吸管 5	42.82	20.18	13.01	1.72	1.25	1.15	1.93	0.3	0.22
吸管 6	38.61	10.58	3.62	2.6	2.44	2.83	1.57	1.34	1.1
吸管 7	45.85	26.65	3.25	2.35	2.53	1.39	2.75	0.81	1.45

表5-17

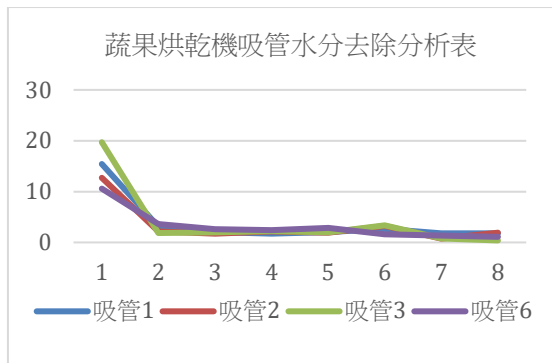


圖5-10



圖5-17 60度烘烤彎曲變形



圖5-18 20度烘烤

實驗結果:

- 1.使用日曬、除濕機、飲水機和電風扇的方法來做吸管的乾燥實驗。如圖 5-9 發現乾燥效果最好除濕機>飲水機>日曬>電風扇。最穩定的烘乾方式是使用除濕機和飲水機上的熱能，使用電風扇的時候會因為天氣的溫度、濕度，而造成吸管乾燥程度不一，除濕機效果好，飲水機上的熱能穩定免費最好用，飲水機上的溫度經過測量為 20 °C。後來使用蔬果烘乾機來做實驗，發現 20 度皆能有效的除去水分。
- 2.使用高溫烘乾吸管速度快但容易變形如圖 5-17，低溫 20 度較好如圖 5-18。

實驗 3-3 戳洞（硬度）實驗:

吸管/mm	1	2	3	平均
海藻膠	14.62	16.2	20.58	17.13
玉米殼	12.1	9.9	9.9	10.63
檸檬皮	9.9	10.85	10.27	10.34
牛蒡	6.72	6.72	5.38	6.27
咖啡渣	8.37	7.88	11.27	9.17
紅茶渣	5.82	8.02	8.6	7.48
紫高汁	14.61	14.38	24.19	17.73
蝶豆花水	10.19	14.04	12.33	12.19
薑黃粉	15.08	12.03	11.57	12.89
海藻膠紙	13.03	11.82	14.14	13.00

表 5-18

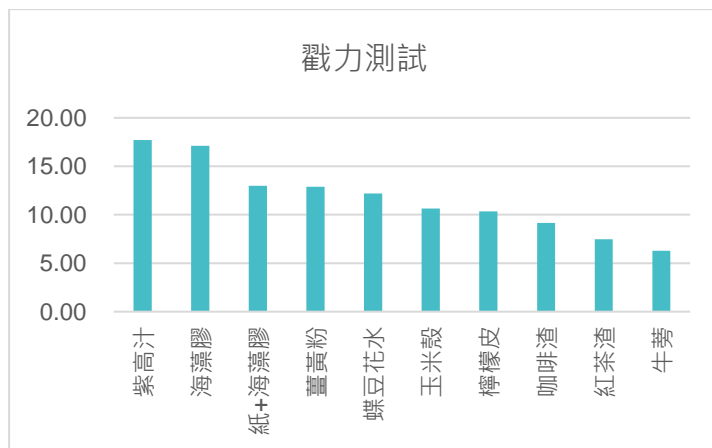


圖 5-11

實驗結果:

用重力的自由落體法，使用硬度計來測試，插入越深硬度越大，插入越淺硬度較小戳力也較小。最硬的是紫高汁吸管17.13mm、第二名是海藻膠吸管10.63mm，牛蒡吸管最弱6.27mm如表5-18。

### 實驗3-4.腐化測試

日期/吸管名稱/ 重量/天數	1/4	1/16	12 天	1/4	2/6	31 天	1/4	2/13	38 天	3 次消失 的重量
	入土 前重	出土洗 淨烘乾	消失的 重量	入土 前重	出土洗 淨烘乾	消失的 重量	入土 前重	出土洗 淨烘乾	消失的 重量	
	第一份吸管			第二份吸管			第三份吸管			
玉米殼	0.36	0.36	0	0.45	0.30	0.15	0.45	0.2	0.25	0.40
咖啡	0.34	0.31	0.03	0.37	0.34	0.03	0.42	0.3	0.12	0.18
海藻酸鈉	0.73	0.15	0.58	0.73	0.41	0.32	0.83	0.33	0.5	1.40
紅茶	1.21	1.17	0.04	1.30	0.72	0.58	1	0.45	0.55	1.17
塑膠	0.36	0.36	0	0.36	0.36	0.00	0.4	0.33	0.07	0.07
紙+海藻酸鈉	1.23	0.62	0.61	1.08	0.39	0.69	1	0.56	0.44	1.74
紙	0.52	0.52	0	0.60	0.46	0.14	0.51	0.5	0.01	0.15

表5-19

吸管名稱/重量	3 次消失 的重量
紙+海藻酸鈉	1.74
海藻酸鈉	1.40
紅茶	1.17
玉米殼	0.40
咖啡	0.18
紙	0.15
塑膠	0.07

表5-20

實驗結果:

由表5-20海藻膠+紙吸管合計重量消失1.74g腐化效果最好，海藻酸鈉吸管1.4 g次之，再來是紅茶吸管1.17g，最後是塑膠吸管0.07g。

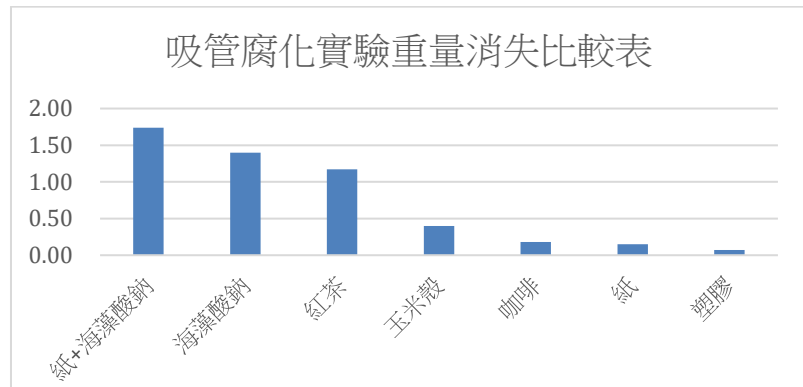


圖5-12

### 吸管機器之設計與製作

改良方式：

- 1.改良底座，更方便製作吸管如圖5-13~14。
- 2.彎管串聯有孔洞的圓形吸管，內包氯化鈣濕紙巾。
- 3.加裝前段內部扇葉，使液體容易流出。

缺點：

- 1.手動速度太慢，吸管管徑大小不一。
- 2.液體的進料口到出口的距離太遠。
- 3.轉動時容易產生氣泡。
- 4.清潔耗時。



圖 5-13



圖 5-14



圖 5-15



圖 5-16

## 陸、討論

### 一、各項實驗的討論:

1. 使用不同方法製作做吸管:**針筒法**:一開始使用針筒法,品質差也費工,需要兩的人一起做,製作過程中也產生很多廢料。**沾取法**:起初實驗失敗,所以一開始並不認同這種做法,一直到使用各種機器和其他的方法嘗試過後,都耗時費工,回頭重新再審視這個方法,於是改變配方,增加海藻膠濃度使用4.5%,再放入氯化鈣水溶液中浸泡,省去做穿刺支撐,唯一的缺點是會黏住支撐棒,發現只要再泡一下氯化鈣就可輕鬆取下晾乾即可,省時方便。**紙筒法**:嘗試反向能否做出吸管,用反向作法的思考,必須使用沾有氯化鈣水溶液的東西來製作,所以選用厚紙筒,實驗後發現可以在紙筒上取下薄薄的一片很像塑膠片海藻膠膜,但還是無法當作吸管使用。**灌腸法**:是唯一可以控制吸管的大小以及厚度的方法,但花費時間較長,約1分鐘/枝。使用吸管製造機必須搭配灌腸法來製作吸管,是為了要讓從機器擠出來的海藻膠先由吸管中的溼紙巾成形,再慢慢地推出來。
2. 海藻膠添加不同材料製作成吸管,都可以成功地拿來作吸水。玉米殼、牛蒡、咖啡渣、紅茶渣、紫高吸管會溶出顏色於水中,其它不會。做出來的紫高吸管和蝶豆花吸管不但遇到酸鹼會變顏色,還可以增加附加價值。製作檸檬吸管的時候,不能放入檸檬汁,只有檸檬皮,放入檸檬汁,吸管無法成形。特殊香氣的吸管,有檸檬吸管、咖啡吸管、紅茶吸管,但是放久了味道會消失。在價格上,由於氯化鈣水溶液浸泡液可以重複使用,按照使用海藻膠的量,計算海藻膠紙吸管成本約每枝只要\$0.01,海藻膠吸管約\$0.8/枝,其他的吸管除了紫高和蝶豆花吸管外大部分都採用回收、家中材料製作。
3. 製作吸管的最佳比例,製作第一代海藻酸鈉吸管的時候因為濃度太低,使用沾取法吸管無法成形。後來以為海藻酸鈉濃度越高製作的吸管效果會比較好,但是到海藻酸鈉5%的時候,海藻酸鈉的濃度已經濃稠到無法攪拌。經過3次的實驗,利用灌腸法發現1%以上的上海藻酸鈉就可以有不錯的效果,除了沾取法需要較高的濃度4.5%,之後的實驗皆採用海藻酸鈉2%。氯化鈣的最佳比例:第一次氯化鈣的實驗發現浸泡的時間出來的效果都差不多,很整齊,並沒有因為濃度越高,有很明顯的實心現象。於是又做了第二遍發現依舊如此。
4. 測試泡水30分鐘可以看出紙吸管的毛細現象最高,第二是海藻膠紙吸管,可能是因為海藻膠膜沒有封好,其他的毛細現象都不明顯。發現泡水後吸管口徑會吸水膨脹,紙吸管和海藻膠紙吸管最明顯。另外也試了泡水吸管會不會消失的實驗,發現泡水7天後減少的重量有玉米殼吸管減少0.38g>紅茶渣0.23g>牛蒡,可能因為是有機物分解得比較快。使用硬度計來測試,戳力越大到小,紫高汁吸管最大,牛蒡吸管最弱。實際戳洞只有牛蒡戳不下去。

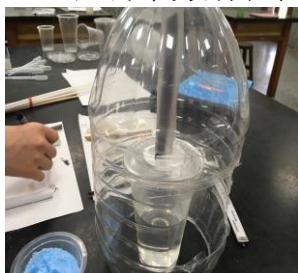


圖 6-1

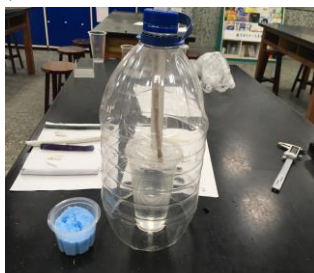


圖 6-2

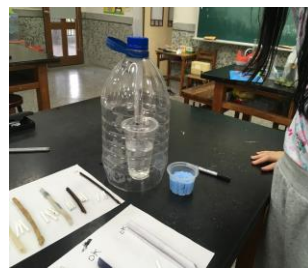


圖 6-3



圖 6-4

- 發現在日照烘乾吸管的過程，不好控管，最穩定的烘乾方式是飲水機上的熱能，使用電風扇的時候會因為天氣的溫度、濕度，造成吸管乾燥程度不一，除濕機除去重量最多，飲水機上的溫度最為穩定，所以吸管的乾燥方式最快是使用除濕機>日曬>飲水機>電風扇的來做。飲水機上的溫度經過測量為20 °C。後來使用蔬果烘乾機來做實驗，發現20度、高溫60度烘烤的情況，用低溫烘烤吸管比較不容易變形，高溫烘烤吸管比較容易扭曲變形難以使用。
- 在檸檬汁中薑黃、黑豆汁吸管的顏色會變淺、紫高吸管的顏色會變紅、黑豆渣吸管完全沒變顏色。在小蘇打水鹼性液體中、薑黃的顏色完全沒變、黑豆汁也沒變、黑豆渣完全沒變只有紫高吸管的顏色有變藍如圖6-2。紫高吸管在自來水中，會變藍綠色，表示自來水中有鹼性物質如圖6-3。

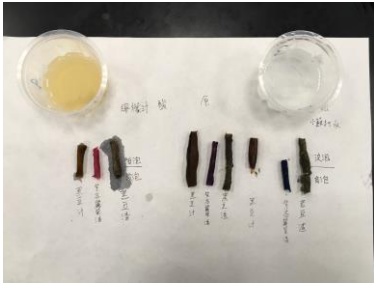


圖 6-1

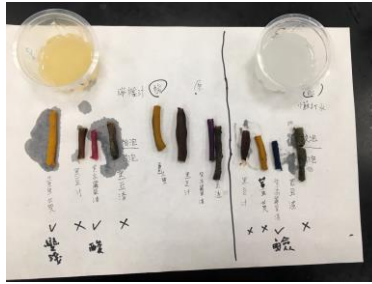


圖 6-2



圖 6-3

- 腐化測試:海藻膠紙吸管合計重量消失 1.74g 腐化效果最好，海藻酸鈉吸管 1.4 g 次之，腐化過程當中，海藻膠紙吸管，可能是因為薄薄的一層海藻膠，比較容易被土壤吸收，重量掉得最多，第二名海藻膠吸管，海藻膠吸管理在土裡可以被分解，這次只有埋 38 天，也許可以設計 100 天以上，可以觀察得更清楚。
- 利用吸管製造機製造吸管，經多次測試還沒有辦法達到有效量產，每次實驗都要耗費很多時間清潔，反而使用手工沾取法的方式，比較簡便、有效率、也做得比較好。但是使用機器製作吸管，如果改良好，可以加快製作的速度，我們將持續改良到可以順暢運作的階段。

## 柒、結論

1. 本研究成功的製作出利用海藻膠和氯化鈣的交互作用，做出可以慢慢消失的吸管，並且有效地設計改良出一台手動的吸管製造機，來製作吸管。製作出來的吸管不但可以吸水，有的還會變色，也可以慢慢地消失在水中或分解在土壤裡。
2. 添加咖啡渣、紅茶渣、海藻膠紙吸管、紫高、蝶豆花、薑黃不同材料製作的吸管，全部都可以吸水，遇到酸鹼水溶液時，紫高、蝶豆花吸管會變色，其它不明顯。有特殊香氣的吸管有檸檬吸管、咖啡吸管、紅茶吸管，但是放久了味道會消失。
3. 製作吸管海藻酸鈉的最佳比例是2%，如果使用沾取法則需增加濃度到4.5%。氯化鈣的最佳比例，濃度15%到30%效果差不多，以25%的濃度最好。吸管成形的速度，關鍵在氯化鈣水溶液的濃度25%和浸泡時間15分鐘。
4. 利用海藻酸鈉和氯化鈣的正反向交互作用，本實驗使用四種方法。針筒法:品質差也費工，製作過程中也產生很多廢料。沾取法:增加海藻膠濃度使用4.5%，省去做穿刺支撐，唯一的缺點是會黏住支撐棒，發現只要再泡一下氯化鈣就可輕鬆取下晾乾即可，省時方便。紙筒法:選用厚紙筒，實驗後發現可以在紙筒上取下薄薄的一片很像塑膠片海藻膠膜，但還是無法當作吸管使用。灌腸法:可以控制吸管的大小以及厚度的方法，但花費時間較長，約1分鐘/枝。使用吸管製造機必須搭配灌腸法來製作吸管，是為了要讓從機器擠出來的海藻膠先由吸管中的溼紙巾成形，再慢慢地推出來。就時間上:沾取法10秒>針筒法1分鐘=灌腸法1分鐘>紙筒法3分鐘。就實用性:灌腸法>沾取法>針筒法>紙筒法。
5. 泡水實驗，紙吸管>海藻膠紙>海藻膠吸管，紙吸管的毛細現象最明顯，最高15公分。另外也發現吸管泡水後減少的重量，玉米殼吸管減少0.38g>紅茶渣0.23g>牛蒡，可能因為是有機物消失得比快。
6. 使用硬度計來測試戳洞，最硬的是紫高吸管，海藻膠吸管其次，牛蒡吸管最軟。實際戳飲料杯實驗時只有牛蒡戳不下去，其他都可以。
7. 吸管乾燥速度，以除濕機>日曬>飲水機>電風扇，除濕機效果最好，日曬時間不穩定，電風扇會因溫度和濕度效果不一，使用飲水機上的熱能較穩定又免費，經過測量溫度為20°C。使用烘乾機來做實驗，發現20度和高溫60度烘烤相比，高溫烘烤比較容易扭曲變形，用低溫烘烤較不容易變形。
8. 進行生物分解腐化實驗以海藻膠紙吸管最好1.74g>海藻酸鈉吸管1.4 g，可能是因為薄薄的一層海藻膠，較容易被土壤中的微生物分解，所以腐化效果最好。
9. 本研究購買海藻酸鈉在價格上\$800元/公斤，每次用20g \$16，加水980毫升調成2%，每次用量50毫升，可以做20枝，所以每枝大概\$0.8，使用沾取法約1/5用量更省每枝\$0.2。加入的材料多為家中和店家提供的回收材料，不需費用。因為浸泡的氯化鈣水溶液可以重複使用，所以不再估算範圍內。
10. 使用吸管製造機，必須搭配灌腸法來製作吸管。利用吸管製造機製造吸管，經多次測試還尚未達到有效量產，每次實驗都要耗費很多時間清潔機器，反而使用手工沾取法的方式，比較簡便、有效率，是目前最好的方法。但是使用機器製作吸管，可以加快製作的速度，我們將持續改良到可以順暢運作的階段。



## 捌、未來展望及後續處理

1. 本研究現階段製作的吸管，若探討其應用，較適合短時間喝飲料，目前預期可用於冷飲的吸管，取代塑膠吸管，後續會再探討對高溫的穩定性，製作出貼近食物的可以加熱的保鮮膜。
2. 本研究也製作出好玩的變色吸管，可以增加喝飲料使用吸管的趣味性，可以使用更多種的蔬果來製作調味，讓喝完飲料，可以將吸管當零食吃掉，例如葡萄吸管。也可以在酸鹼實驗時進行測試，讓實驗更有趣。
3. 本實驗原料及成品均無毒無害，又可自然分解，且實驗製程手法操作簡易不需要用到昂貴的設備，實驗在廚房進行更方便，未來可以探討製作成可以吃的吸管、分子料理、取代塑膠線和塑膠袋等等提升吸管的價值，期待未來的成品應用層面更廣，而且可以循環再用，減少因塑膠產品引起生態危機，讓地球的環境更美好。

## 玖、參考資料

1. 中華民國第 59 屆中小學科學展覽會  
高級中等學校組環境學科擇～擋不住的「吸」飲力－新型吸管之研發
2. 中華民國第 58 屆中小學科學展覽會  
國小化學組鈣多晶球
3. 中華民國第 58 屆中小學科學展覽會  
Ooho!「內」個「膜」法－凝膠薄膜性質之探討 Ooho!「內」個「膜」法－凝膠薄膜性質之探討
4. 中華民國第 56 屆中小學科學展覽會  
國小化學組吃我一顆水球-探討無瓶水製造方式和性質檢測
5. 中華民國 第 50 屆  
檢測混不混有關係！－用混合自製天然指示劑來精細檢測酸鹼值的探討

---

### 影片資料:

1. 瀕危欖蠟龜鼻孔夾出 10 公分吸管  
[https://www.youtube.com/watch?app=desktop&v=q6\\_en-r-IXI](https://www.youtube.com/watch?app=desktop&v=q6_en-r-IXI)
2. 9 成海龜死後解剖，體內竟都含垃圾！你正拿著塑膠袋，可能就是牠們的致命殺手  
<https://www.youtube.com/watch?v=SwOCIoZiHL4>
3. Rice Straws making machine  
<https://www.storm.mg/article/1281729?page=1>
4. 家中自製巨型爆漿分子料理【LIS 實驗室】  
<https://www.youtube.com/watch?v=dQ9QIHdQqI&t=232s>
5. 減塑挑戰／原生塑膠太便宜 氾濫主因，流出到海洋中的塑膠垃圾，多達 3.54 億噸  
2023-03-05  
<https://udn.com/news/story/6811/7009560>
6. How To Make Paper Straws  
<https://www.youtube.com/watch?v=IRxcfBfyBAk>
7. 泛科學從炫技料理到可食用水球：食品科學中的晶球技術  
<https://pansci.asia/archives/165006>

## 拾、附錄

### 一、測試探索實驗 製作可以吃的水球：



圖 10-1



圖 10-2

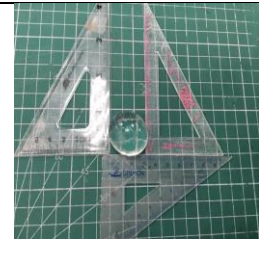


圖 10-3



圖 10-4



圖 10-5



圖 10-6

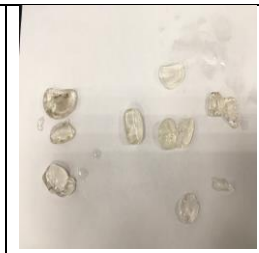


圖 10-7



圖 10-8

### 三、實驗花絮

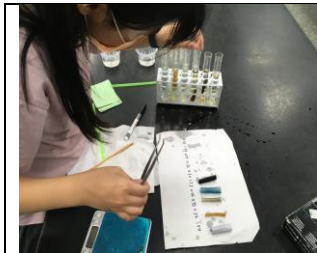


圖 10-9



圖 10-10

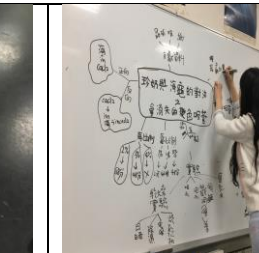


圖 10-11

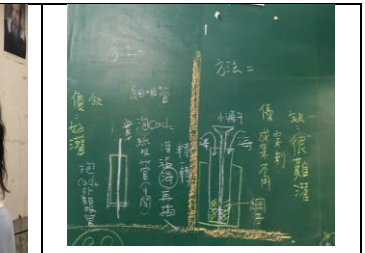


圖 10-12



圖 10-13



圖 10-14

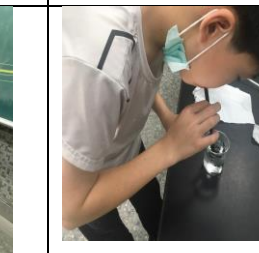


圖 10-15



圖 10-16



圖 10-1



圖 10-1



圖 10-1



圖 10-1