

# 屏東縣第 60 屆國中小學科學展覽會 作品說明書

科 別：生活與應用科學科(二)(環保與民生)

組 別：國中組

作品名稱：Nice~~紙吸管耐濕性之研究

關 鍵 詞：紙吸管、耐濕性、水溶液

編號：

## 摘要

本實驗先從常見的紙類著手，確認由影印紙捲成的自製吸管具有較佳的耐濕性，接著走訪各大賣場，認識紙吸管在生活上的應用，並取不同廠牌紙吸管進行研究，瀏覽相關環保網站，了解紙吸管相較塑膠吸管對環境的影響較小。

本研究以影印紙自製之紙吸管為主要實驗研究素材，將砝碼掛於紙吸管距底三公分處測定其耐濕性以了解使用效能，進而以紙吸管之口徑、管壁厚度以及所浸泡之水溶液的濃度、水溫、酸鹼、濃稠度和浸泡時間等不同變項探討其耐濕性是否受到影響。

研究結果發現：紙吸管的口徑適中，耐濕性最佳；以高溫水浸泡紙吸管易破壞紙張纖維，降低其耐濕性；水溶液濃度愈高耐濕性越差；水溶液越接近中性，耐濕性越佳；而市售紙吸管因以機器製造，其耐重能力較自製吸管子佳且穩定性較高。

因此，自己 DIY 紙吸管做環保時，可以製作粗細適中管壁較厚的紙吸管，避免至於高溫或極酸極鹼的水溶液中，能延長紙吸管使用時間。

## 壹、研究動機

在豔陽高照的南台灣，人手一杯手搖飲料，每一杯飲料就有一根吸管，當我喝完丟棄時，靠近垃圾桶一看，堆積成山的不是坨坨的衛生紙，而是一根根的塑膠吸管，這也讓我想起了好幾年前政府就已經在提倡環保愛地球的各項政策，並報導塑膠垃圾對環境的影響，這些塑膠垃圾將會影響地球的生態，當時就讀國小的我還涉世未深，以為這些都與我毫無關係，但是當我上了國中學到了有關環保的概念時，我才猛然發現，此事事關重大，因為這些塑膠垃圾不僅僅被丟到海洋污染海域，更會進一步被分解成塑膠微粒被魚吃進肚子裡，最後還是會回到身為高級消費者我們身上，最終還是傷害到人體，這樣的行為豈不是我們自做自受嗎？





近年來政府禁止各大廠所提供塑膠吸管，希望能藉此達到減塑的效果，因此大賣場也陸續推出紙吸管的產品，有些咖啡店也提供紙吸管，可是紙吸管雖然能做到減塑，但是真的好用嗎？這樣的疑問不禁猶然而生，紙吸管的真的耐用嗎？因此藉由本實驗來測試不同材質的紙吸管的耐用度有何區別，探討不同飲品和溫差等因素對紙吸管的影響。

## 貳、研究目的

- 一、探討不同材質對紙吸管的耐濕性影響？
- 二、比較不同口徑的紙吸管耐濕性情形如何？
- 三、比較不同管壁厚度的紙吸管耐濕性情形如何？
- 四、比較不同浸泡時間對紙吸管的耐濕性影響？
- 五、探討不同酸鹼值水溶液是否影響紙吸管的耐濕效果？
- 六、比較不同濃度水溶液是否影響紙吸管的耐濕效果？
- 七、探討隔夜水溶液是否影響紙吸管的耐濕效果？
- 八、探討不同溫度水溶液是否影響紙吸管的耐濕效果？
- 九、探討不同濃稠度之市售飲品對紙吸管的耐濕性影響？
- 十、探討市售紙吸管的耐濕性情形如何？

## 參、研究設備及器材

### 一、研究器材：

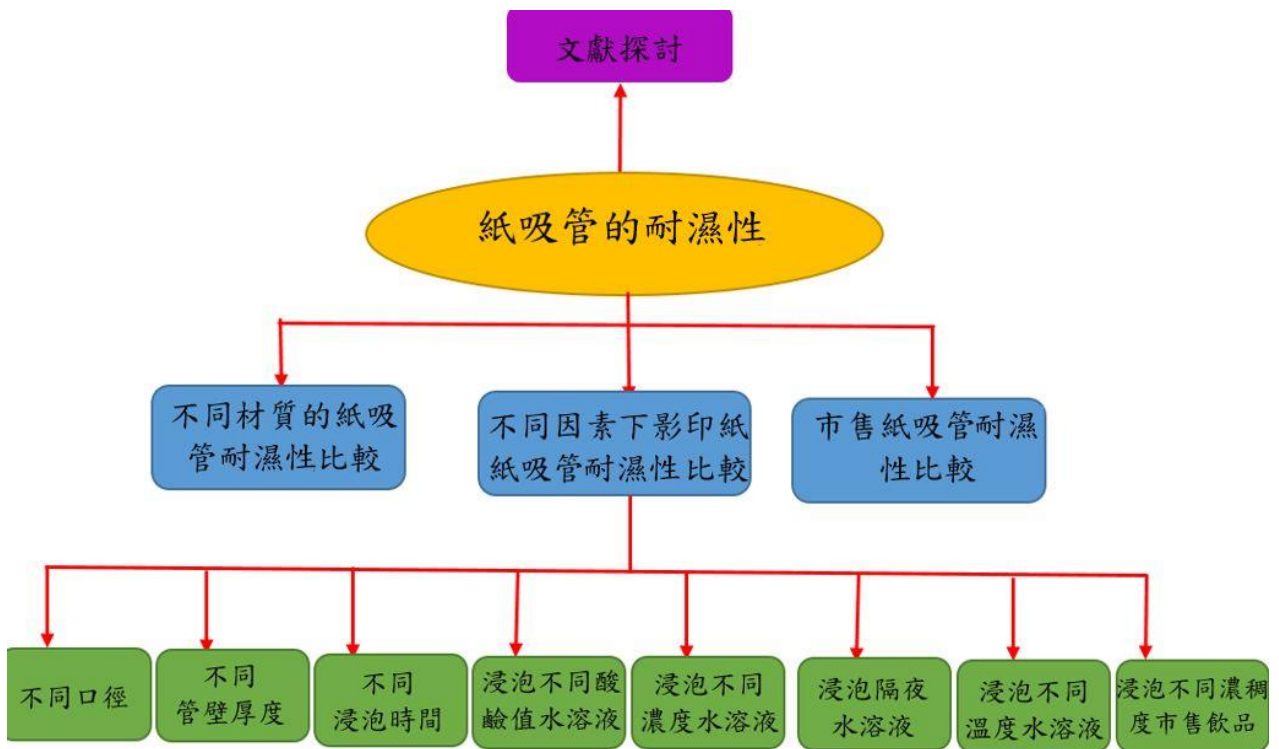
500ml 燒杯 	砝碼 	溫度計 	透明膠帶 
直尺、圖釘 	美工刀 	計時器 	電子秤 
熱溶膠條 	圓形鉛筆 	不鏽鋼吸管 	自製恆溫槽 

二、實驗藥品及材料：

<p>紅茶包</p> 	<p>影印紙</p> 	<p>包裝紙</p> 	<p>牛皮紙</p> 
<p>筆記本紙</p> 	<p>圖畫紙</p> 	<p>鹼性離子水</p> 	<p>可樂</p> 
<p>柳橙汁</p> 	<p>檸檬汁</p> 	<p>市售吸管</p> 	<p>木瓜牛奶</p> 
<p>豆漿</p> 	<p>米漿</p> 	<p>薏仁漿</p> 	<p>冰塊</p> 
<p>牛奶</p> 	<p>芭樂汁</p> 	<p>自來水</p> 	

## 肆、研究過程與方法

### 一、研究架構



### 二、資料蒐集與文獻探討

使用紙吸管的環保觀念一直是現今熱門的議題，然而，我們對於它的認識卻是少之又少。為了認識紙吸管，瞭解紙吸管的相關知識，我們前往屏東各大賣場以及環保相關網站，了解紙吸管的用處以及效能，並參考歷屆相關作品，將資料整理如下：

#### (一)有關歷屆全國科展「環保吸管」主題之文獻探討

##### 歷屆全國科展「環保吸管」主題相關文獻

參展屆數	題目名稱	環保吸管研究主題	結果
59	吸管也能吃？環保又健康的吸管—豆渣可食吸管的製作	豆渣可食吸管	豆渣吸管為好吃又健康的可食吸管巧克力口味最受大眾歡迎，常溫下，豆渣吸管具維他命 E 能夠溶出抗氧化物質，而甘蔗吸管和石頭紙吸管無抗氧化力。
59	擋不住的「吸」飲力—新型吸管之研發	海藻膠吸管, 紅茶吸管	此研究研發出完全不需使用塑膠成分，真正易分解的環保吸管。本研究活用分子料理中「晶球」之製作原理，研發出全新的成型模式來製作吸管。

59	洋洋得益--以洋菜 冷凍鍍膜製作防水 紙吸管	洋菜防水 紙吸管, 生 物可分解 紙吸管	發現自製的吸管都有被魚咬過的痕跡；反而市售吸管沒有被咬過的痕跡，證明我們的吸管比市售吸管的環保。
----	------------------------------	-------------------------------	--

## (二)本研究相關名詞解釋

### 1. 紙吸管

紙吸管是吸管材料類別中，採用紙類製成的。隨著環保意識抬頭，逐漸取代塑膠吸管。缺點是容易遭擠壓變形，溶解，不善於飲用熱飲。從2019年跨入2020年有許多新制已經上路，但對許多人來說最有感的應該是「禁用一次性塑膠吸管」，不少便利商店響應環保飲料全都改用就口杯，非不得已要用吸管的話也全都改成「紙吸管」。

塑膠吸管的缺點與改善：

塑膠吸管垃圾分解時間相當長，分解一條塑膠吸管需要400至500年，與分解塑膠瓶所需的450年差不多。香港海洋公園保育基金進行的調查顯示香港人每周平均耗用5.73條塑膠吸管，以此推算港人一年消耗約14.4億條塑膠吸管。而美國則每人每日平均耗用1.6條吸管，即每日總耗用量5億條。有見於此，從2018年底開始香港陸續有不少連鎖式快餐店實行「無吸管日」，除了顧客主動要求索取外，店方將不會提供吸管。

### 2. 水溶液

常見的溶液		
溶液的種類		實例
氣態 溶液	氣體溶於氣體	空氣
液態 溶液	固體溶於液體	蔗糖溶於水、食鹽溶於水
	液體溶於液體	醋酸溶於水、酒精溶於水
	氣體溶於液體	汽水、氯氣消毒水、水中供生物呼吸的氧氣
固態 溶液	固體溶於固體	合金、不銹鋼、K金、固態熔體如 $AgCl - NaCl$
	液體溶於固體	鈉汞齊、補牙時用的銀粉(銀汞齊、鋅汞齊、銅汞齊、錫汞齊)
	氣體溶於固體	燃料電池中，氫氣通入多孔隙的鉑或鎳，被吸附作為電極

溶液，又稱為單一相均勻混和物，是由兩種或以上純物質所混合成的均相、穩定的分散體系，可能是固態、液態或是氣態甚至是其組合；可能導電也可能不導電；可

能是固體、膠體或具流動性。溶液不是純物質，不具有一定的組成及一定的性質。但是組成溶液的粒子均勻，無法用傾析法分離組成物。儘管如此，所有的溶液仍可以在物理或化學方法的範圍內分離出內容物。物質分散的過程稱為溶解，在溶解的過程中，有一物質沒有發生變化，稱此物質為溶劑，通常溶劑是體積最大的物質，溶液中除了溶劑以外都稱為溶質，溶質在每單位溶劑內的多寡稱為濃度，溶質在穩定態下所能達到的最大濃度稱為溶解度，濃度低於溶解度的稱為未飽和溶液，濃度等於溶解度的稱為飽和溶液，濃度大於溶解度的稱為過飽和溶液。

### 三、實驗原理

利用圖釘在紙吸管距底部 3 公分處挖一小洞，浸泡紙吸管後掛上砝碼，每隔十秒加掛一個砝碼，直到吸管裂開斷掉，將其所能承受的砝碼放到電子秤上稱重，得到其耐重度。紙吸管耐重度愈大，代表其耐濕性愈佳；紙吸管耐重度愈小，代表其耐濕性愈差。利用紙吸管的耐濕性大小來比較紙吸管的效能及其耐用度。

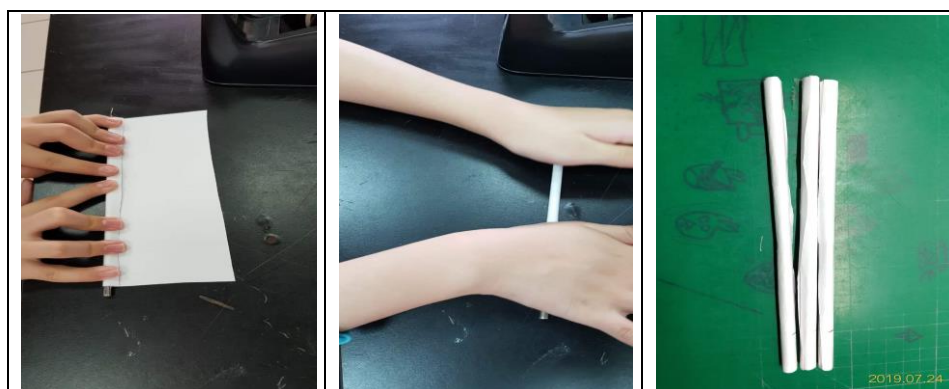
### 四、實驗配置

#### (一)紙吸管製作：

1. 將長 22 公分、寬 10 公分的影印紙，利用不鏽鋼吸管輔助捲成管狀 5 支。
2. 在紙捲頂部、中部、底部各貼上細小的透明膠帶以固定紙捲防止散開。
3. 用圖釘在距底部三公分處用圖釘挖一個可掛砝碼的小洞，並在吸管上方編號以利實驗進行。

#### (二)測量：

1. 浸泡後取出吸管，並將吸管下方的大滴水珠滴落。
2. 在事先挖好的小洞中掛上砝碼。
3. 每隔十秒掛一個砝碼，直到吸管斷裂掉落。
4. 將其所能承受的砝碼放到電子秤上稱重，即得到該吸管耐重度。



## 伍、研究結果與討論

### 研究問題一：探討不同材質對紙吸管的耐濕性影響

從歷年紙吸管文獻研究中，我們發現，除了一般大眾所認知的市售紙吸管之外，自製紙吸管也相當實用。因此，我們選擇了日常生活中垂手可得的紙類：影印紙、圖畫紙、包裝紙、筆記紙、牛皮紙製作成紙吸管，以掛砝碼的方式，測得其耐濕性並進行比較。

#### 一、實驗步驟

1. 利用影印紙製作紙吸管。
2. 以橡皮筋網綁5支紙吸管放入500毫升攝氏30°C自來水中浸泡三十分鐘。
3. 浸泡後取出吸管，每隔十秒掛一個砝碼直到紙吸管斷裂。
4. 將其所能承受的砝碼放到電子秤上秤重，即得到該紙吸管耐濕性。
5. 重複上述步驟測試圖畫紙、包裝紙、筆記紙、牛皮紙。

#### 二、實驗流程



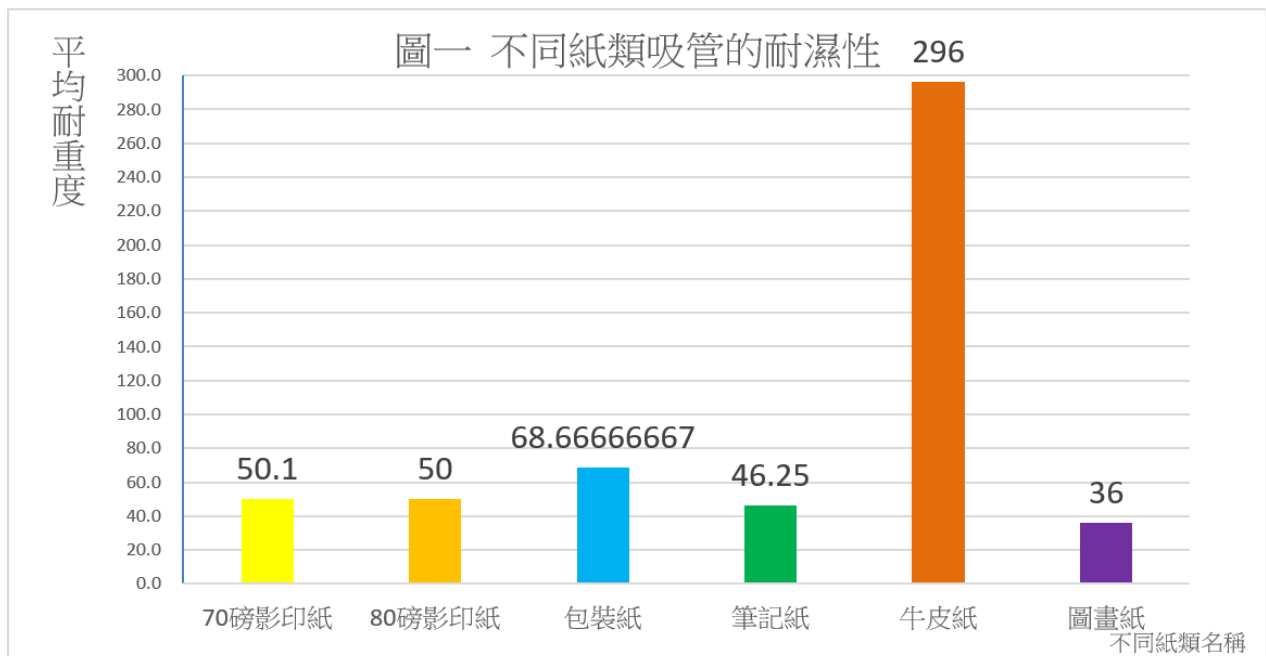


### 三、實驗結果

不同紙類吸管的耐濕性實驗結果如下：

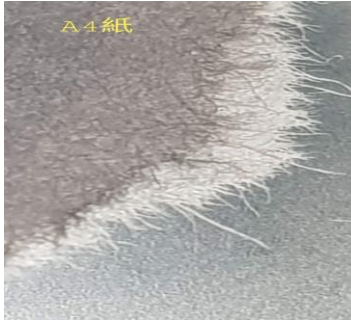
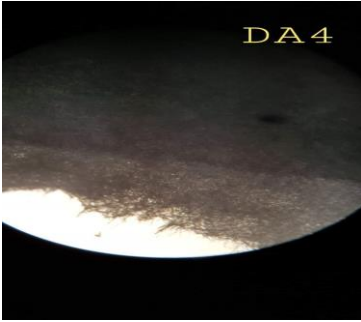
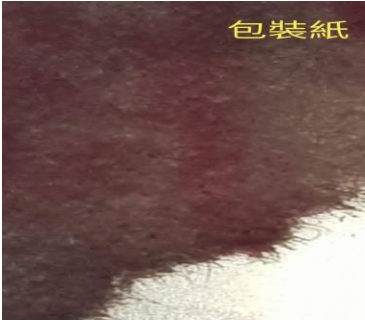
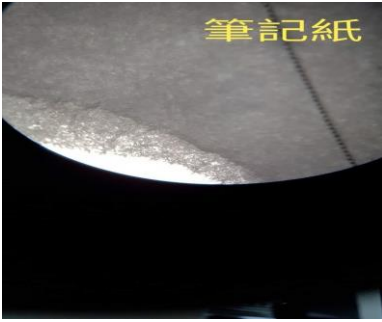
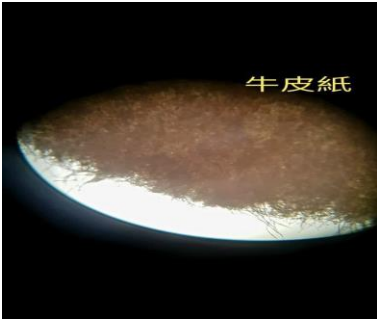
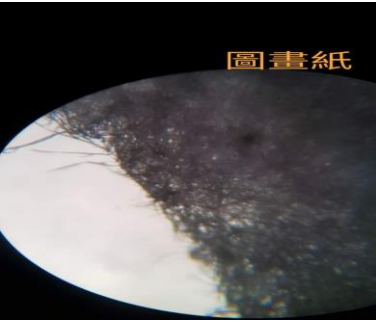
表一、不同材質紙吸管的耐濕性

紙類	1 耐濕性 (克)	2 耐濕性 (克)	3 耐濕性 (克)	4 耐濕性 (克)	5 耐濕性 (克)	平均 耐濕性 (克)	耐濕性 排序
70 磅影印紙	51.0	50.0	50.0	50.0	50.0	50.0	3
80 磅影印紙	50.0	50.0	50.0	50.0	40.0	50.0	3
包裝紙	60.0	60.0	70.0	70.0	70.0	66.0	2
筆記紙	120.0	40.0	40.0	40.0	50.0	42.5	4
牛皮紙	>296.0	>296.0	>296.0	>296.0	>296.0	>296.0	1
圖畫紙	40.0	40.0	40.0	40.0	30.0	38.0	5



為了更進一步認識不同紙張的纖維，我們利用解剖顯微鏡進行觀察。

紙張纖維如下圖：

影印紙(70 磅)	影印紙(80 磅)	包裝紙
		
筆記紙	牛皮紙	圖畫紙
		

#### 四、實驗結果討論

- (1) 由表一可見，自製紙吸管中以牛皮紙耐重度最大，圖畫紙最小，其餘相差較小。
- (2) 從圖一中，我們發現這六種紙類，耐濕性最佳的前 3 名分別是「牛皮紙、包裝紙、影印紙」。其中，第一名的牛皮紙的平均耐濕性大於 296 公克，與第二名包裝紙的平均耐濕性 68.6 的數值差異很大，此兩者相比，達 4 倍以上之多。
- (3) 此次實驗所取樣的紙類中，第一名的牛皮紙纖維較緊密，第二名的包裝紙纖維明顯較牛皮紙鬆散，第三名和第四名不同磅數的影印紙差異不大，發現影印紙耐濕性和磅數無顯著關係。
- (4) 經本實驗確認影印紙與其餘紙類比較，其耐濕性較穩定且取得容易，接著利用影印紙來探討不同因素下對紙吸管耐濕性的影響。

## 研究問題二：比較不同口徑的紙吸管耐濕性情形如何？

由實驗一得知，影印紙的耐濕性是生活上紙類中數一數二的，那紙吸管的口徑粗細會影響使用時間嗎？飲用時哪一種紙吸管比較不容易斷呢？於是我們利用鐵吸管捲出口徑較小的紙吸管，以圓形鉛筆捲出口徑適中的紙吸管，以熱溶膠條捲出口徑較大的紙吸管，分成三種粗細，以實驗二來比較紙吸管口徑與耐濕性之關係。

### 一、實驗步驟

- (1) 量出鐵吸管(細)、鉛筆(中)、熱溶膠條(粗)之切面直徑並計算出周長，將周長同乘五以確保捲出管壁厚度相同的紙吸管。
- (2) 裁切適當大小的影印紙，以鐵吸管捲成細紙吸管 5 支。
- (3) 以橡皮筋網綁 5 支細紙吸管放入 500 毫升攝氏 30°C 自來水中，浸泡三十分鐘。
- (4) 浸泡後取出吸管，每隔十秒掛一砝碼直到紙吸管斷裂。
- (5) 將其所能承受的砝碼放到電子秤上秤重，即得到該紙吸管耐濕性。
- (6) 重複 1-5 步驟以鉛筆、熱溶膠條捲紙。

### 二、實驗流程

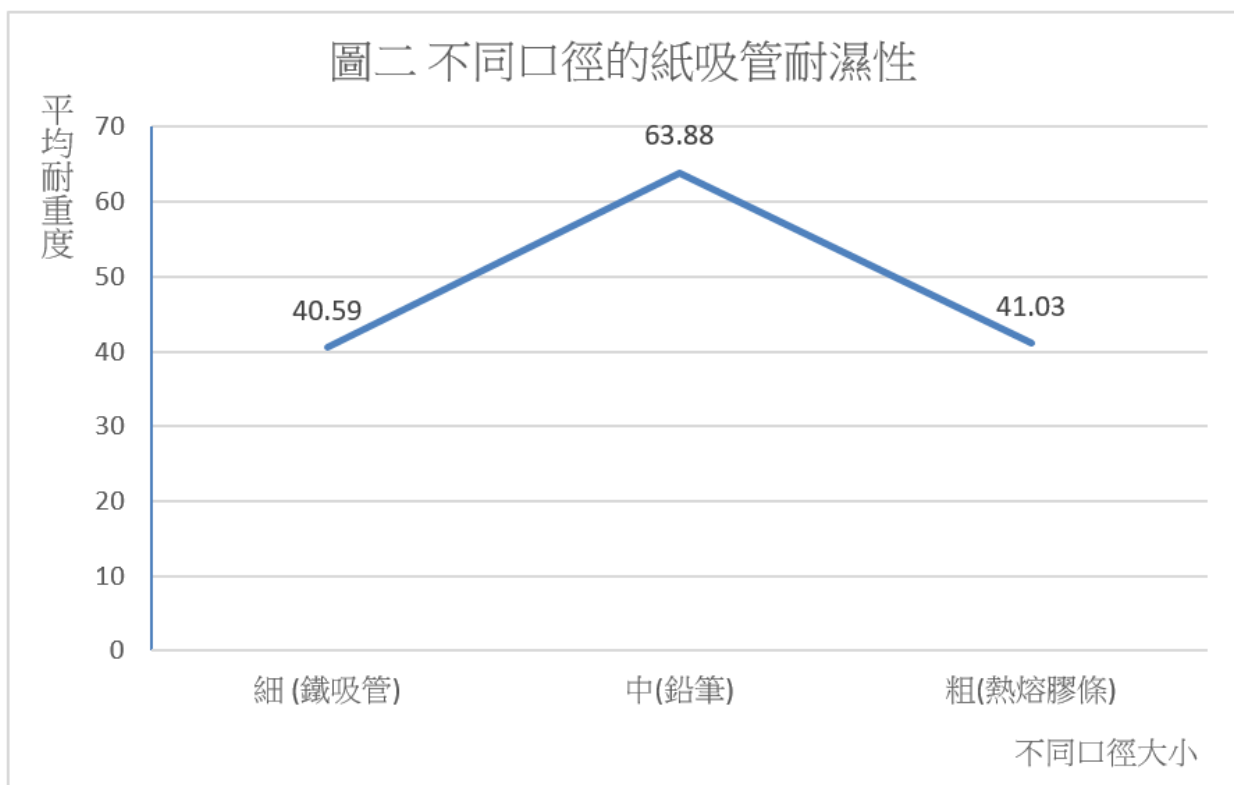


### 三、實驗結果

不同口徑的紙吸管耐濕性實驗結果如下：

表二 不同口徑紙吸管的耐濕性

口徑	1 耐濕性 (克)	2 耐濕性 (克)	3 耐濕性 (克)	4 耐濕性 (克)	5 耐濕性 (克)	平均 耐濕性 (克)	耐濕性 排序
細(鐵吸管)	20.00	39.07	20.00	40.92	40.78	40.59	3
中(鉛筆)	65.78	64.50	62.75	63.19	63.19	63.88	1
粗(熱熔膠條)	38.08	59.25	35.82	48.84	41.39	41.03	2



### 四、實驗結果討論

從圖 2 發現，以相同管壁厚度且口徑大小不同的紙吸管進行測試，口徑適中的紙吸管，平均耐濕性為 63.88 克，而將紙吸管加粗或變細時，平均耐濕性降為 40 克上下，顯示當吸管口徑過細或過粗時，其耐濕性皆下降。

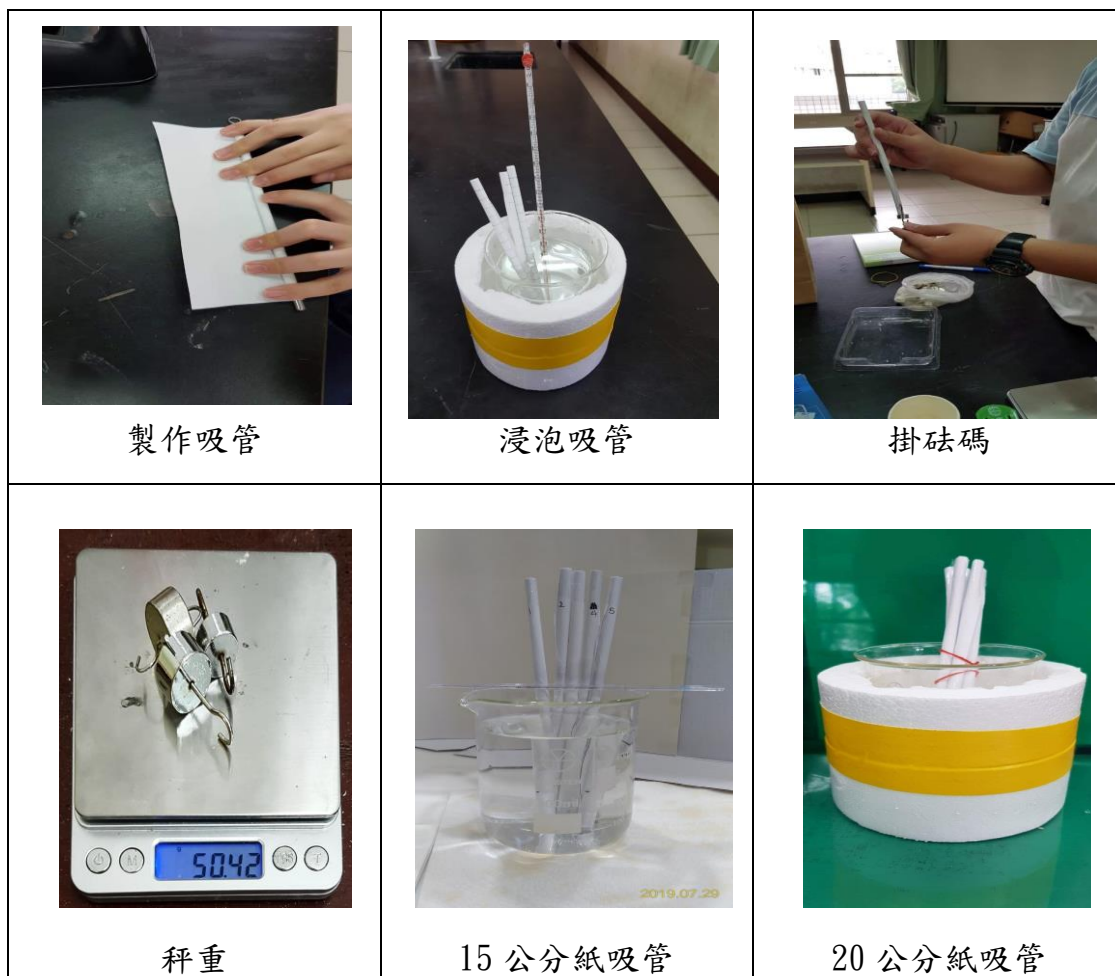
### 研究問題三：比較不同管壁厚度的紙吸管耐濕性情形如何？

管壁厚度不同的紙吸管，其耐濕性是否會有所不同呢？以實驗三來探討管壁厚度對紙吸管耐濕性的影響。

#### 一、實驗步驟

- (1) 先將長 22 公分、寬 5 公分的影印紙，利用不鏽鋼吸管捲成 5 支紙吸管。
- (2) 以橡皮筋細綁 5 支紙吸管放入 500 毫升攝氏 30°C 自來水中，浸泡三十分鐘。
- (3) 浸泡後取出吸管，每隔十秒掛一砝碼直到紙吸管斷裂。
- (4) 將其所能承受的砝碼放到電子秤上秤重，即得到該紙吸管耐濕性。
- (5) 再裁切長 22 公分，寬分別為 10 公分、15 公分、20 公分的影印紙各五張，捲出不同管壁厚度的吸管，重複 1-4 步驟進行測試。

#### 二、實驗流程

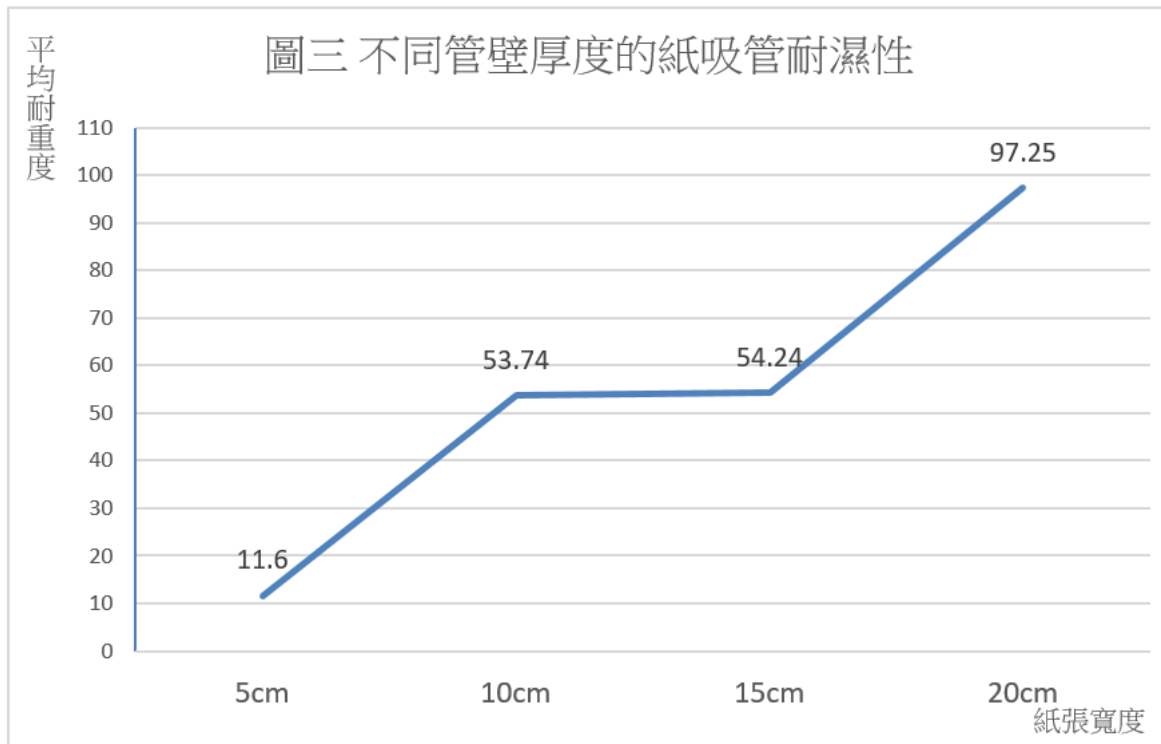


#### 三、實驗結果

不同管壁厚度的紙吸管耐濕性實驗結果如下表：

表三 不同管壁厚度的紙吸管耐濕性

紙張寬度	1 耐濕性 (克)	2 耐濕性 (克)	3 耐濕性 (克)	4 耐濕性 (克)	5 耐濕性 (克)	平均耐濕性 (克)	耐濕性排序
5 cm	9.81	12.56	11.33	14.72	9.57	11.60	4
10 cm	50.96	55.39	50.15	52.76	59.44	53.74	3
15 cm	54.15	55.71	55.34	51.87	54.15	54.24	2
20 cm	86.64	87.18	96.76	97.12	97.86	93.11	1



#### 四、實驗結果討論

- (1) 從表三發現，紙張寬度為 20 公分時，平均耐濕性為 97.25 克；紙張寬度為 5 公分時，平均耐濕性降為 11.6 克。顯示紙張寬度越長，捲成的吸管管壁越厚，其耐濕性也越強，表示管壁厚度對紙吸管的耐濕性有顯著的影響。
- (2) 由圖 3 可知，在紙張寬度 10~15 公分時，平均耐濕性相差不大，耐濕性的變化幅度則趨於平緩。所以自製紙吸管時，可將管壁厚度加粗，以增強其使用效能。

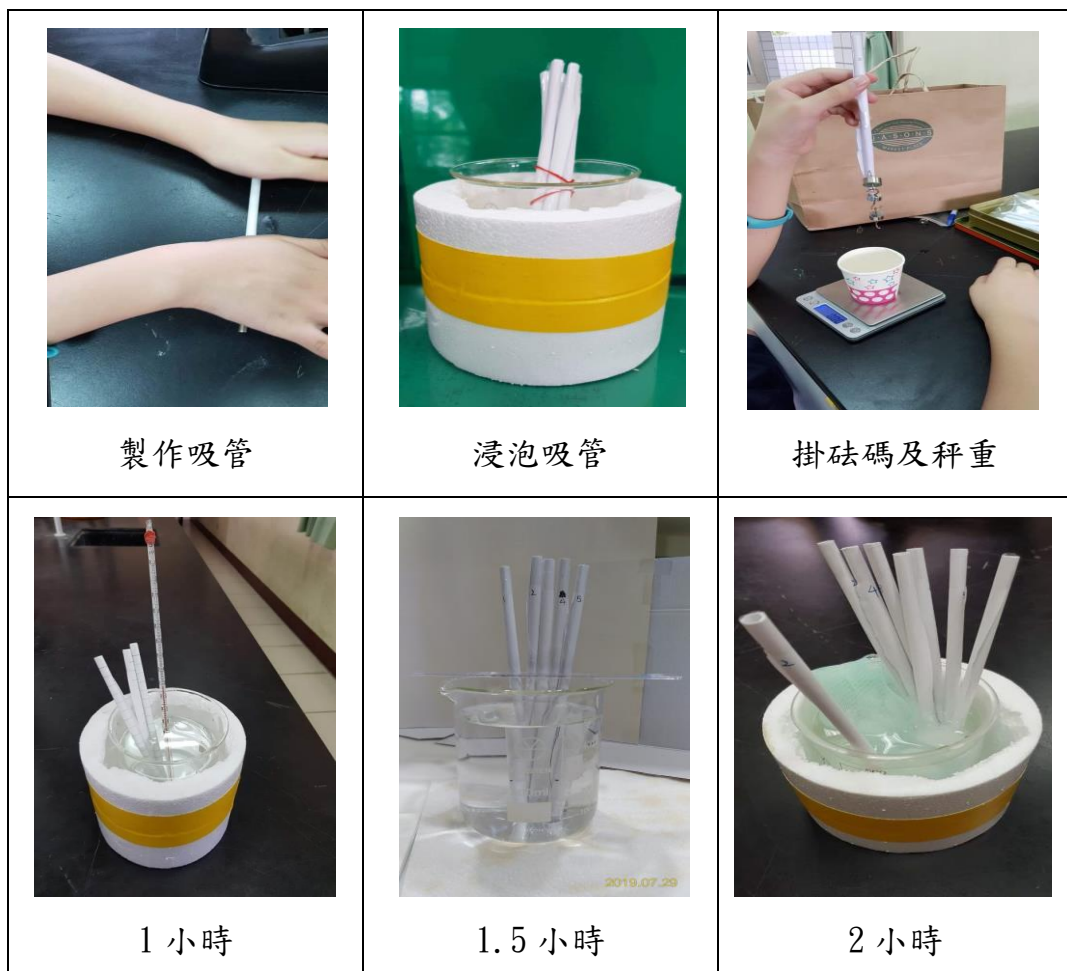
#### 研究問題四：比較不同浸泡時間對紙吸管耐濕性的影響

不同粗細與管壁厚度都會對紙吸管的耐濕性產生影響，那麼浸泡時間是否也會影響耐濕性？我們以實驗四來探討不同浸泡時間對紙吸管耐濕性的影響。

##### 一、 實驗步驟

- (1) 將 5 支紙吸管以橡皮筋網綁為一組，共六組。
- (2) 將六組紙吸管分別放入攝氏 30°C 自來水中浸泡。
- (3) 浸泡時間分別為 0.5 小時、1.0 小時、1.5 小時、2.0 小時、2.5 小時、3.0 小時。
- (4) 浸泡後取出吸管，每隔十秒加掛一砝碼直到紙吸管斷裂。
- (5) 將其所能承受的砝碼放到電子秤上秤重，即得到該紙吸管耐濕性。

##### 二、 實驗流程

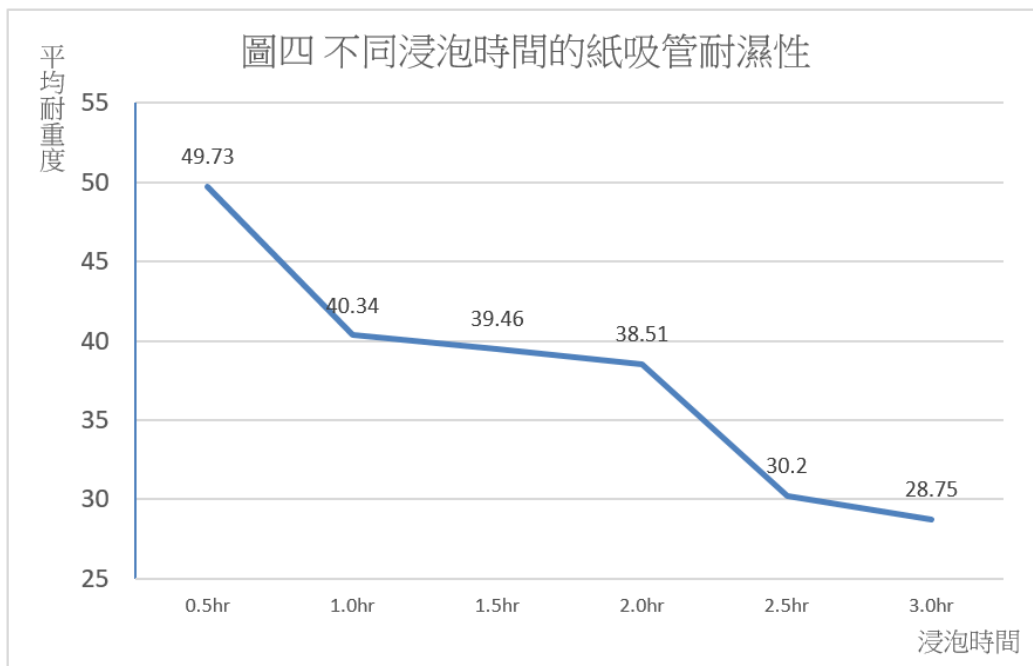


##### 三、 實驗結果

不同浸泡時間的紙吸管耐濕性實驗結果如下表：

表四、不同浸泡時間紙吸管的耐濕性

浸泡時間	1 耐濕性 (克)	2 耐濕性 (克)	3 耐濕性 (克)	4 耐濕性 (克)	5 耐濕性 (克)	平均耐濕性 (克)	耐濕性排序
0.5hr	49.78	49.59	50.09	49.70	49.49	49.73	1
1.0hr	39.65	40.40	40.30	40.35	40.00	40.34	2
1.5hr	40.57	39.17	39.42	39.39	38.77	39.46	3
2.0hr	40.33	39.64	39.50	38.75	34.34	38.51	4
2.5hr	30.29	30.27	30.41	29.56	30.45	30.20	5
3.0hr	29.92	27.65	29.71	28.92	27.56	28.75	6



#### 四、實驗結果討論

- (1) 從圖 4 發現：以相同容量 500 毫升、30°C 的自來水浸泡，當浸泡半小時，平均耐濕性為 49.73 克；而浸泡三小時，平均耐濕性則降為 28.75 克；顯示紙吸管的耐濕性會隨著浸泡時間增加而不斷下降，表示紙吸管的確無法長時間使用。
- (2) 推測：浸泡時間越長，紙吸管所吸收的水分越多，紙張纖維被軟化，導致紙吸管容易斷裂，耐濕性變差。



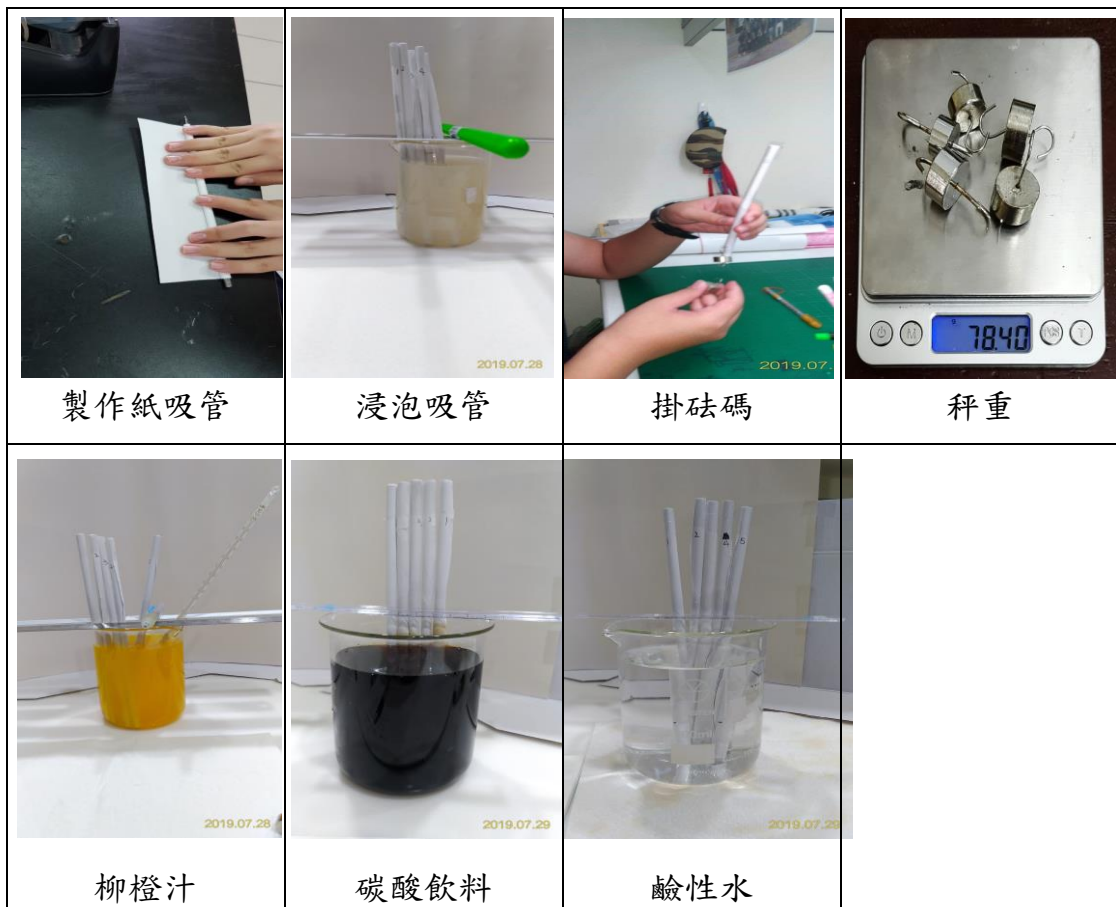
### 研究問題五：探討不同酸鹼值水溶液是否影響紙吸管的耐濕效果

由以上實驗得知，不同的因素對耐濕性都會有所影響，那不同的酸鹼度對紙吸管的耐濕效果會有影響嗎？如果是浸泡於鹼性離子水、或是酸性碳酸飲料、或者是更酸的柳橙汁、檸檬汁，其耐濕性是否會受到影響呢？因此以實驗五來探討這四種不同酸鹼性的水溶液對紙吸管耐濕性的影響。

#### 一、 實驗步驟

- (1) 備妥 5 支為一組的紙吸管，共四份。
- (2) 將四份紙吸管分別放入 30°C 500 毫升之市售檸檬汁、柳橙汁、碳酸飲料、鹼性水，浸泡 30 分鐘。
- (3) 浸泡後取出吸管，每隔十秒掛一砝碼直到紙吸管斷裂。
- (4) 將其所能承受的砝碼放到電子秤上秤重，即得到該紙吸管耐濕性。

#### 二、 實驗流程

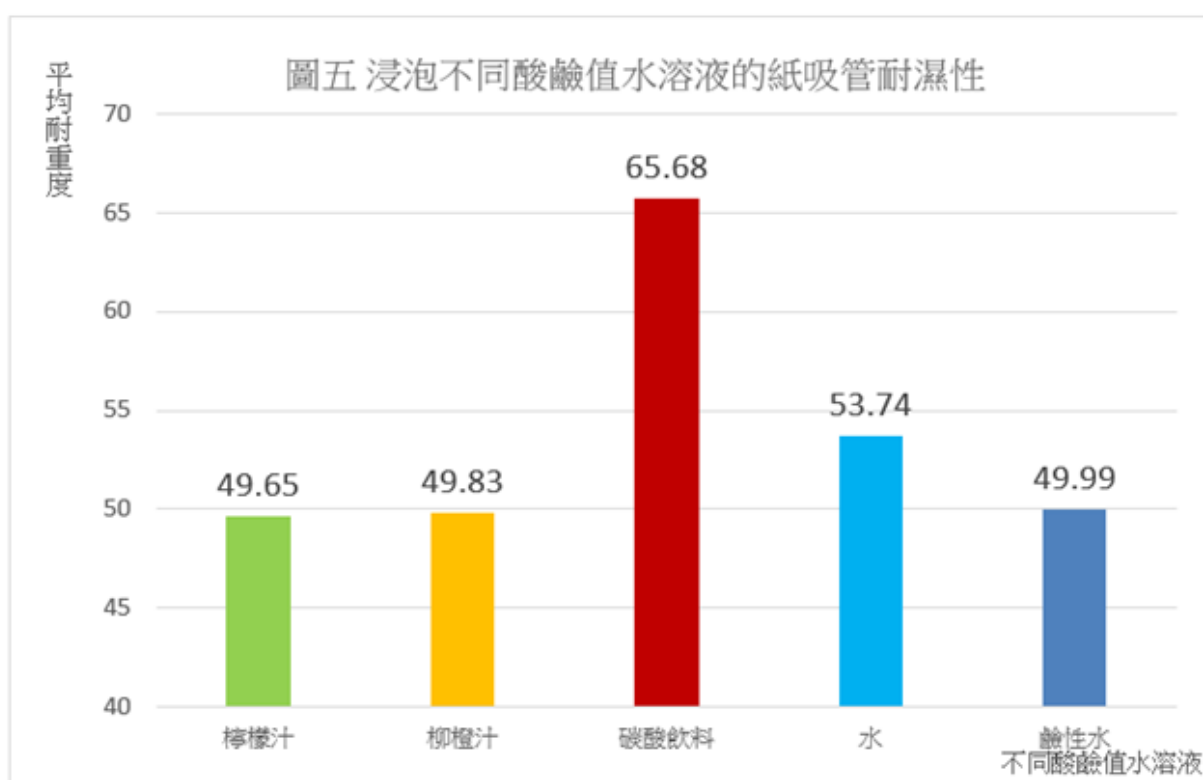


#### 三、 實驗結果

浸泡不同酸鹼值水溶液的紙吸管耐濕性實驗結果如下表：

表五 浸泡不同酸鹼值水溶液紙吸管的耐濕性

不同酸鹼值水溶液	1 耐濕性 (克)	2 耐濕性 (克)	3 耐濕性 (克)	4 耐濕性 (克)	5 耐濕性 (克)	平均耐濕性	耐濕性排序
檸檬汁	49.50	59.80	49.30	49.80	50.00	49.65	5
柳橙汁	49.80	50.00	50.00	78.80	49.50	49.83	4
碳酸飲料	69.65	69.66	59.62	59.81	69.64	65.68	1
水	50.96	55.39	50.15	52.76	59.44	53.74	2
鹼性水	39.80	50.00	50.00	49.94	50.00	49.99	3



#### 四、實驗結果與討論

- (1) 從圖五發現：浸泡相同容量 500 毫升不同酸鹼值的水溶液，從結果中可以看出檸檬汁平均耐濕性 49.65 克最差，其次是柳橙汁、鹼性水，這三種飲品皆是偏酸性或偏鹼性。我們發現當溶液 PH 值越接近中性其耐濕性越佳，可能是因為酸或鹼性的水溶液腐蝕性較強，導致吸管軟化，耐濕性變差。

(2) 但碳酸性飲料的耐濕性卻比水還要高，推測可能是因為碳酸性飲料中的氣泡會從紙張的纖維孔隙中逸散，較不易破壞紙張纖維，故耐濕性較好。

### 研究問題六：比較不同濃度水溶液是否影響紙吸管的耐濕效果

既然飲料有濃淡之分，那飲料濃度的高低會影響紙吸管的使用效能嗎？我們使用生活中常見的紅茶茶包來調製飲料，改變相同水量中紅茶包數的多寡，調製出不同濃度的紅茶，以實驗六來探討水溶液濃度與紙吸管耐濕性的關係。

#### 一、實驗步驟

- (1) 備妥 5 支為一組的紙吸管，共五份。
- (2) 分別在 100°C、500 毫升的 RO 水中放入 1 包、2 包、3 包、4 包、5 包的紅茶包。
- (3) 將紅茶包浸泡 10 分鐘後取出，將溶液冷卻至室溫後再浸泡紙吸管。
- (4) 吸管浸泡 30 分鐘後取出，每隔十秒掛一砝碼直到紙吸管斷裂。
- (5) 將其所能承受的砝碼放到電子秤上秤重，即得到該紙吸管耐濕性。

#### 二、實驗流程

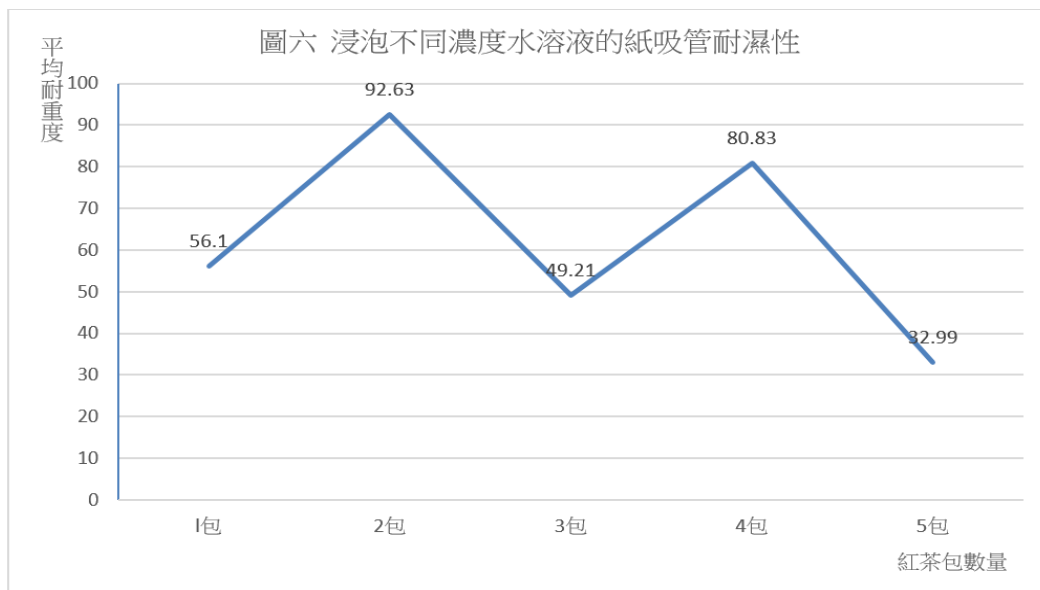


### 三、實驗結果

浸泡不同濃度水溶液的紙吸管耐濕性實驗結果如下表：

表六、浸泡不同濃度水溶液紙吸管的耐濕性

茶包數量	1 耐濕性 (克)	2 耐濕性 (克)	3 耐濕性 (克)	4 耐濕性 (克)	5 耐濕性 (克)	平均耐濕性 (克)	耐濕性排序
1 包	57.86	55.66	31.25	56.90	53.97	56.10	3
2 包	93.83	94.90	71.96	90.12	89.15	92.63	1
3 包	65.52	48.97	49.60	49.60	48.67	49.21	4
4 包	80.53	80.59	80.90	80.93	68.63	80.83	2
5 包	31.35	30.66	31.79	30.77	40.40	32.99	5



### 四、實驗結果討論

由圖六可見：加入 1 包、3 包、5 包時，耐濕性不佳，但比浸泡自來水耐濕性略為上升；加入 2 包、4 包時，其耐濕性頗佳。耐濕性時高時低，較難找出濃度與紙吸管的關聯性，所以我們推測水溶液的濃度高低與紙吸管的耐濕性沒有一定的比例關係。我們使用紙吸管喝飲料時，不用太擔心濃度高低對紙吸管的影響。

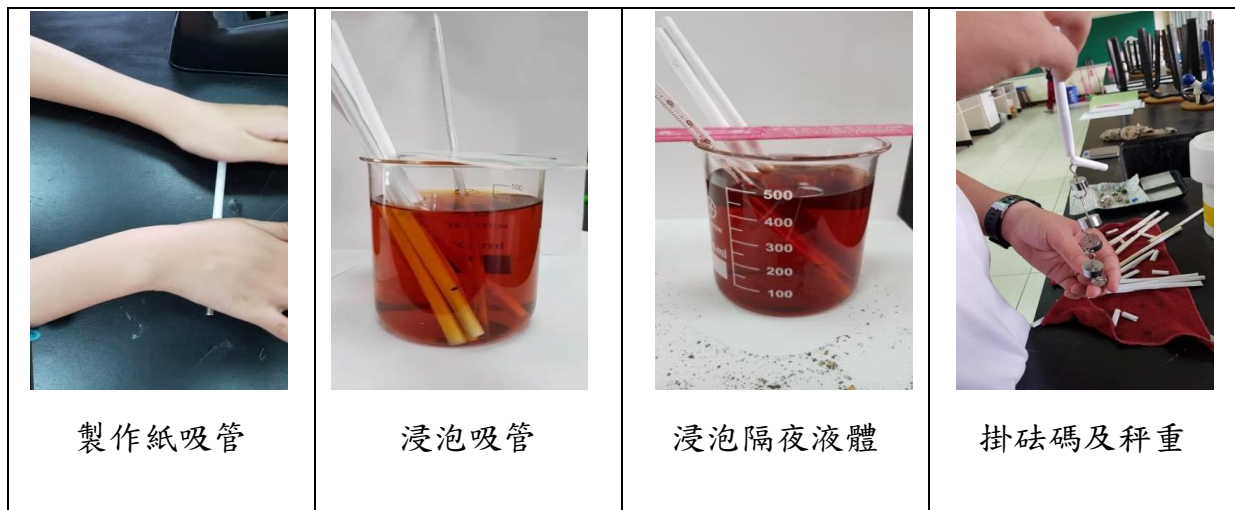
## 研究問題七：探討隔夜水溶液是否影響紙吸管的耐濕效果

在生活中飲料時常有喝不完或忘記喝的時候，因而將飲料放至隔天，放到隔天的飲料對紙吸管的使用效能是否會有影響呢？由實驗六可知加入 3 包、4 包、5 包紅茶包的水溶液其紙吸管耐濕性差異較大，因此本實驗選用加入 3 包、4 包、5 包紅茶包的水溶液放至隔天測試，亦可證明加入 3 包、4 包、5 包紅茶包的水溶液的數據起伏情形。以下以實驗七來探討隔夜水溶液對紙吸管耐濕性的影響。

### 一、實驗步驟

- (1) 備妥五支為一組的紙吸管，共五份。
- (2) 準備三杯分別加入 3 包、4 包、5 包紅茶包的 500ml 水溶液置於室溫下。
- (3) 隔天同一時間開始浸泡紙吸管 30 分鐘。
- (4) 浸泡後取出紙吸管，每隔 10 秒掛一砝碼直到紙吸管斷裂。
- (5) 將其所能承受的砝碼放到電子秤上秤重，即得到該紙吸管耐濕性。

### 二、實驗流程

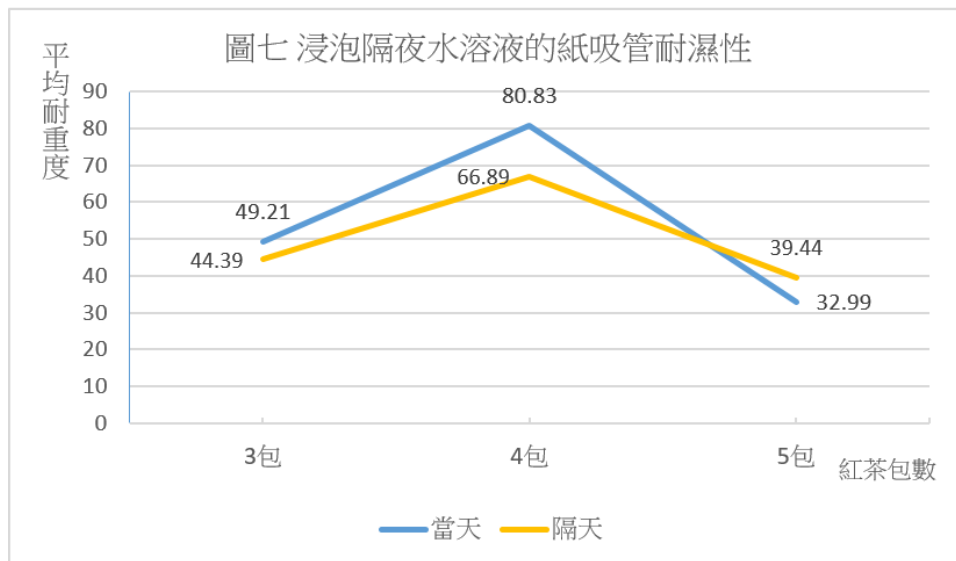


### 三、實驗結果

浸泡隔夜水溶液的紙吸管耐濕性實驗結果如下表：

表七、浸泡隔夜水溶液紙吸管的耐濕性

時間	茶包數量	1耐濕性(克)	2耐濕性(克)	3耐濕性(克)	4耐濕性(克)	5耐濕性(克)	平均耐濕性(克)	耐濕性排序
當天	3包	65.52	48.97	49.60	49.60	48.67	49.21	2
	4包	80.53	80.59	80.90	80.93	68.63	80.83	1
	5包	31.35	30.66	31.79	30.77	40.40	32.99	3
隔天	3包	40.00	93.05	45.07	42.23	50.24	44.39	2
	4包	40.00	29.60	67.74	66.85	66.08	66.89	1
	5包	39.17	39.94	39.24	39.08	39.78	39.44	3



#### 四、實驗結果討論

- 從圖七得知：經過一個晚上後，浸泡三種不同濃度的紙吸管平均耐重皆下降。4包紅茶包第一天的平均耐重為 80.83 克，第二天平均耐重降為 66.89 克，兩者相差很大；其餘 3 包和 5 包的差異較小，顯示紅茶放置於室溫一天後，會讓紙吸管的耐濕性下降。
- 我們猜測：有可能在這段期間飲料發生了一些化學變化影響內容物的成分，有關這一部份可以再進一步研究。

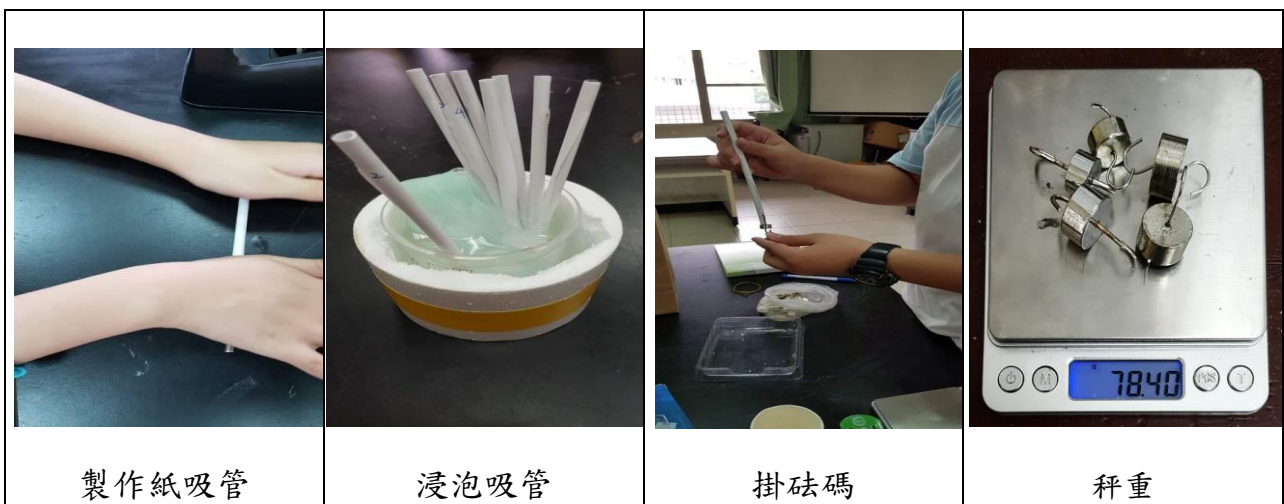
## 研究問題八：探討不同溫度水溶液是否影響紙吸管的耐濕效果

既然不同的濃度會影響紙吸管的耐濕性，那麼若水溶液在不同溫度下，紙吸管耐濕性是否會有所不同呢？由實驗六可知，浸泡紅茶的紙吸管會因濃度的不同使耐濕性差距很大，所以本實驗以 RO 水做為水溶液浸泡紙吸管減少誤差。以下為實驗八探討不同溫度水溶液對紙吸管耐濕性的影響。

### 一、實驗步驟

- (1) 備妥 5 支為一組的紙吸管，共五份。
- (2) 將二杯 RO 水加入冰塊，使兩杯水分別降至攝氏 0 度和 10 度。
- (3) 將另外三杯 RO 水加熱，使三杯水溫度分別升高至攝氏 30、40、50 度。
- (4) 將紙吸管分別放入五杯不同溫度的水中，並將燒杯放入自製恆溫槽中浸泡 30 分鐘。
- (5) 浸泡後取出紙吸管，每隔十秒掛一砝碼直到吸管斷裂。
- (6) 將其所能承受的砝碼放到電子秤上秤重，即得到該紙吸管耐濕性。

### 二、實驗流程

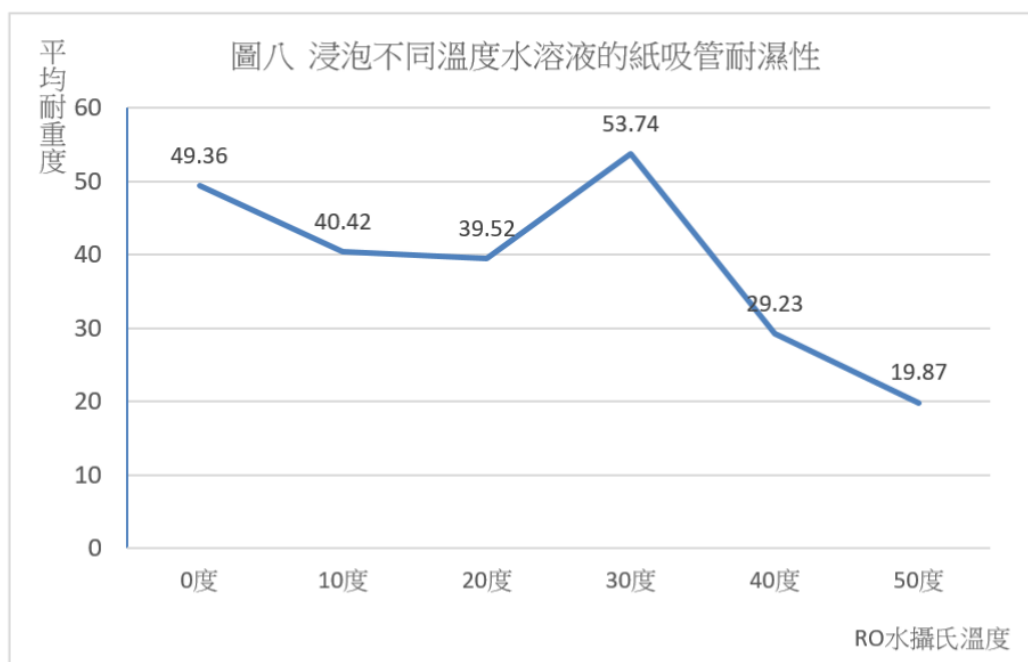


### 三、實驗結果

浸泡不同溫度水溶液的紙吸管耐濕性實驗結果如下表：

表八、浸泡不同溫度水溶液的紙吸管耐濕性

攝氏溫度	1 耐濕性 (克)	2 耐濕性 (克)	3 耐濕性 (克)	4 耐濕性 (克)	5 耐濕性 (克)	平均耐濕性 (克)	耐濕性排序
0°C	48.68	49.23	49.42	49.75	49.71	49.36	2
10°C	39.70	40.66	29.63	40.77	40.55	40.42	3
20°C	39.90	39.70	39.02	39.95	39.02	39.52	4
30°C	50.96	55.39	50.15	52.76	59.44	53.74	1
40°C	29.16	29.37	29.27	29.16	29.21	29.23	5
50°C	19.91	19.90	19.84	19.78	19.91	19.87	6



### 三、實驗結果討論

- (1) 從圖八發現：溫度在 30°C 時，平均耐濕性為 53.74 克，隨著溫度上升至 50°C，平均耐濕性逐步降至 19.87 克，顯示紙吸管浸泡在溫度越高的水溶液中，紙張纖維比其餘溫度低的紙吸管更快軟化，因此更容易斷裂。
- (2) 當溫度下降至 0°C 時，平均耐濕性為 49.36 克，比常溫下的紙吸管略差，而



10°C 和 20°C 時，耐濕性分別為 40.42 克和 39.52 克，表示溫度變低時對紙吸管的影響不具規律性的變化。

(3) 由以上實驗得知：紙吸管使用時最好不要接觸高溫的液體，而低溫的液體則影響不大。

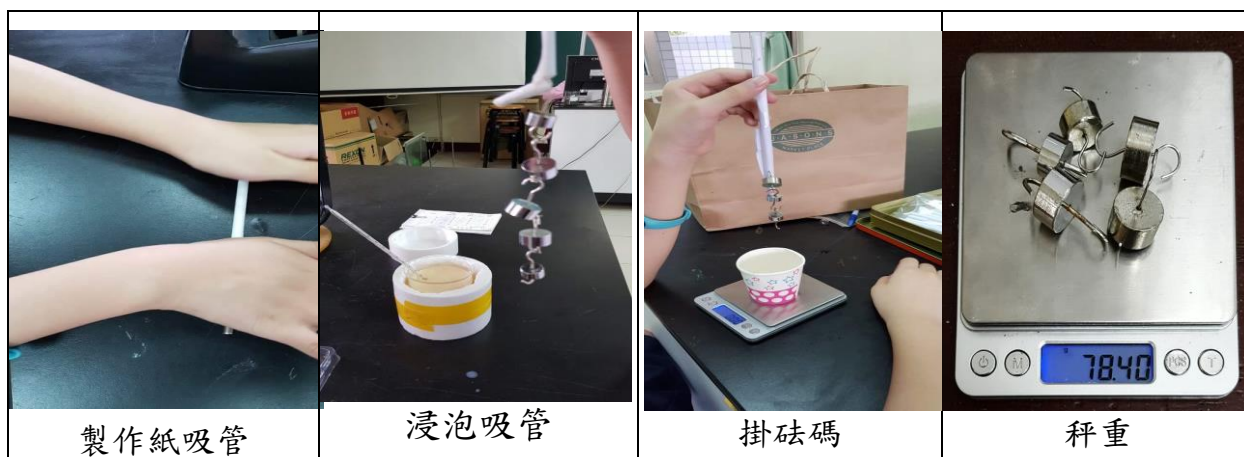
### 研究問題九:探討不同濃稠度之市售飲品對紙吸管的耐濕性影響

市面上所販售的飲料五花八門，其中天然健康的養生飲品會較為濃稠，而芭樂汁等加工果汁則較稀。本實驗採用六種濃稠度不同的飲品進行測試，濃稠度大小：牛奶 < 芭樂汁 < 豆漿 < 木瓜牛奶 < 薏仁漿 < 米漿，究竟水溶液的濃稠度對紙吸管的使用效能是否有影響呢？以下為實驗九來探討不同濃稠度水溶液對紙吸管耐濕性的情形。

#### 一、實驗步驟

- (1) 備妥 5 支為一組的紙吸管，共六份。
- (2) 備妥 500ml 的市售牛奶、芭樂汁、豆漿、木瓜牛奶、薏仁漿、米漿。
- (3) 將飲料放入冰箱降溫至 10°C 後放入自製恆溫槽。
- (4) 將六份紙吸管分別放入六杯飲料中浸泡 30 分鐘。
- (5) 浸泡後取出紙吸管，每隔十秒掛一砝碼直到吸管斷裂。
- (6) 將其所能承受的砝碼放到電子秤上秤重，即得到該紙吸管耐濕性。

#### 二、實驗流程

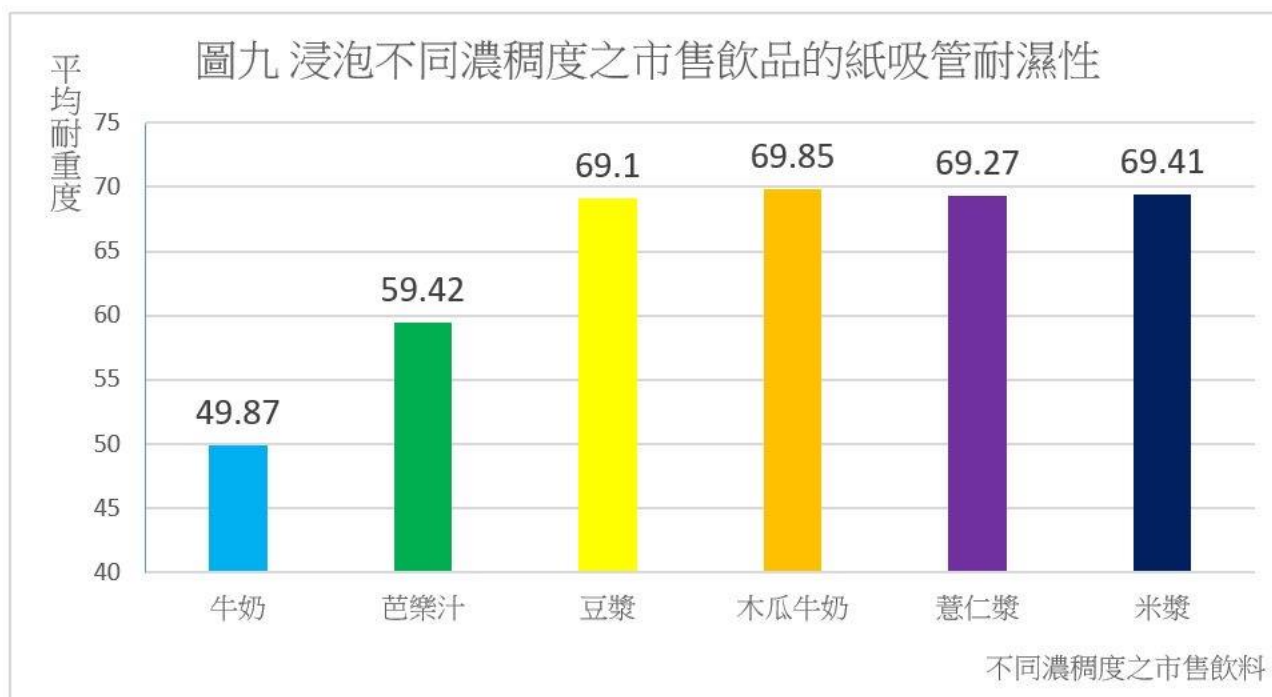


### 三、實驗結果

浸泡不同濃稠度之市售飲品的紙吸管耐濕性實驗結果如下表：

表九、浸泡不同濃稠度之市售飲品的紙吸管耐濕性

市售飲料	1 耐濕性 (克)	2 耐濕性 (克)	3 耐濕性 (克)	4 耐濕性 (克)	5 耐濕性 (克)	平均耐濕性 (克)	耐濕性排序
牛奶	49.81	49.33	50.80	49.69	49.74	49.87	6
芭樂汁	59.50	59.49	58.50	69.22	60.17	59.42	5
豆漿	68.23	69.51	69.53	60.06	69.13	69.10	4
木瓜牛奶	69.87	69.67	69.48	70.39	79.92	69.85	1
薏仁漿	68.94	69.28	69.49	69.03	69.62	69.27	3
米漿	69.46	69.29	69.43	69.33	69.52	69.41	2



### 四、實驗結果討論

(1) 從圖 9 發現：以不同市售飲品 500 毫升浸泡，發現浸泡在較濃稠飲品的紙吸

管耐濕性頗佳，而浸泡較稀的液體耐濕性較差；豆漿的耐濕性為 69.1 克，而後面幾種飲品差異皆在 3 公克之內，顯示當濃稠度到達一定的程度時，耐濕性變化不大。

(2) 上述市售飲品對紙吸管的耐濕性，皆優於浸泡在 10°C 水的 40.42 克。

(3) 當水溶液濃稠度越高，水溶液分子較大，越不易進入紙張纖維內，所以濃稠度愈高時，紙吸管愈不容易斷裂。

### 研究問題十：探討市售紙吸管的耐濕性情形如何？

我們發現自製紙吸管的耐濕性極佳，而市售的紙吸管相關產品呢？其耐濕性力是否也是一樣好呢？我們找了大型賣場、量販店常見的紙吸管產品來做測試。

#### 一、實驗步驟

- (1) 備妥 5 支為一組的紙吸管，共六份，分別為不同品牌或同品牌不同花色。
- (2) 將六組紙吸管分別放入 30°C 自來水中浸泡 30 分鐘。
- (3) 浸泡後取出吸管，每隔十秒掛一砝碼直到紙吸管斷裂。
- (4) 將其所能承受的砝碼放到電子秤上秤重，即得到該紙吸管耐濕性。

#### 二、實驗流程

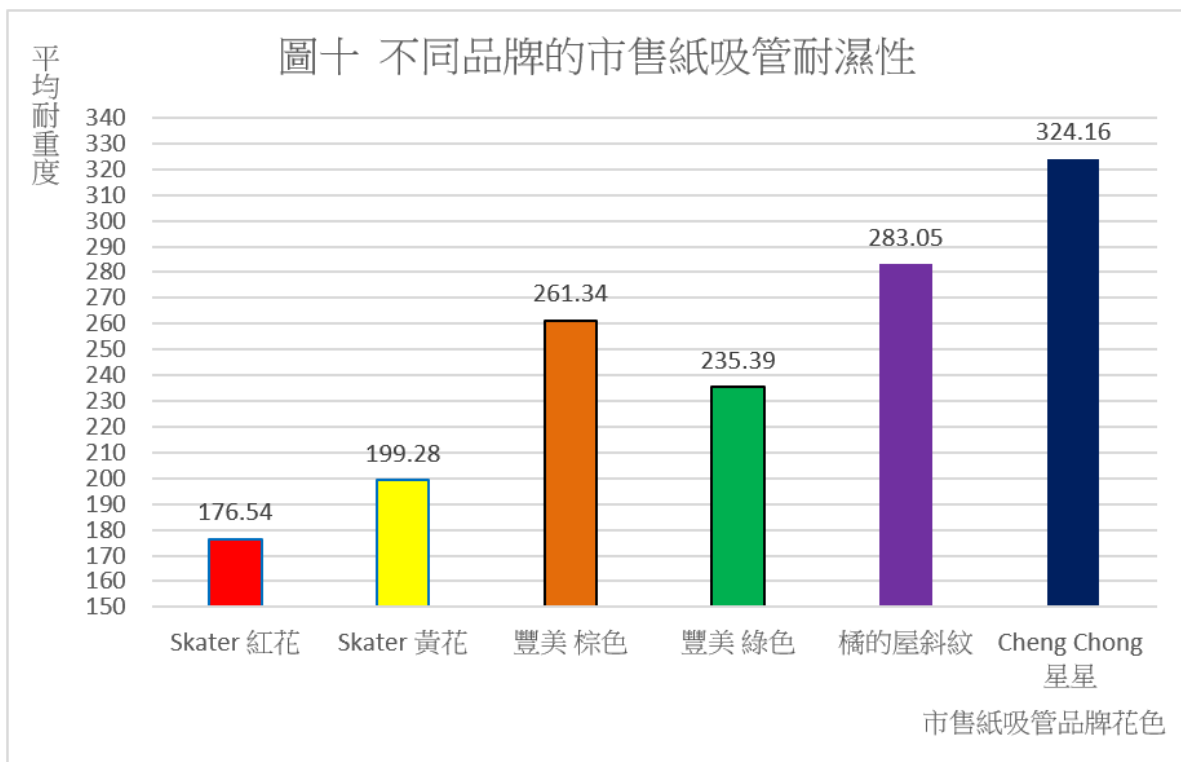


### 三、實驗結果

不同品牌的市售紙吸管耐濕性實驗結果如下表：

表十、不同品牌的市售紙吸管耐濕性

品牌	花色	1 耐濕性 (克)	2 耐濕性 (克)	3 耐濕性 (克)	4 耐濕性 (克)	5 耐濕性 (克)	平均 耐濕性 (克)	耐濕性 排序
Skater	紅花	168.61	138.28	179.71	179.47	178.37	176.54	6
	黃花	148.59	200.28	208.07	189.83	198.92	199.28	5
豐美	棕色	239.71	268.49	248.31	228.83	289.85	261.34	3
	綠色	226.93	237.53	238.92	238.19	319.55	235.39	4
橘的屋	斜紋	259.39	308.09	229.27	287.62	277.11	283.05	2
Cheng Chong	星星	279.89	318.06	326.34	397.09	328.08	324.16	1



### 四、實驗結果討論

- (1)從表十發現:Skater 品牌紅色紙吸管的平均耐濕性 176.54 克最低,Cheng Chong 品牌的平均耐濕性 324.16 克最高,平均耐濕性分布在 176~324 之間,顯示市售紙吸管的耐濕性差距甚大。
- (2) 市售的紙吸管皆印有五顏六色的花紋,每一種品牌幾乎都有各種花色,我們所選購的品牌中其中有兩個品牌有兩種不同的顏色,從實驗結果可以發現:顏色的深淺或花紋的樣式與其耐濕性的影響沒有一定的規律,不同品牌之間的耐濕性差異很大,但同品牌不同顏色的耐濕性差異較小。
- (3) 對照其他研究問題,我們發現市售紙吸管的耐重度遠比自製紙吸管好,可能是機器生產的紙吸管壓密膠結,故耐濕性較高。

## 伍、結論與建議

### 一、探討不同材質對紙吸管的耐濕性影響?

本實驗所測六種紙張材質中,耐濕性效果以牛皮紙最佳,圖畫紙最差,其餘相差較小。影印紙與其餘紙類比較,其耐濕性較穩定,推測與紙張纖維結構有關。

### 二、比較不同口徑的紙吸管耐濕性情形如何?

口徑適中的紙吸管耐濕性較佳,當吸管口徑過細或過粗時,其耐濕性皆下降。

### 三、比較不同管壁厚度的紙吸管耐濕性情形如何?

紙張寬度越長,捲成的吸管管壁越厚,其耐濕性也越強。表示管壁厚度對紙吸管的耐濕性有顯著的影響。

### 四、比較不同浸泡時間對紙吸管的耐濕性影響?

浸泡時間越長,紙吸管所吸收的水分越多,紙張纖維被軟化,導致紙吸管容易斷裂。紙吸管的耐濕性會隨著浸泡時間不斷下降,顯示紙吸管的確無法長時間使用。

### 五、探討不同酸鹼值水溶液是否影響紙吸管的耐濕效果?

- (一) 當溶液 PH 值越接近中性其耐濕性越佳,可能是因為酸性或鹼性的水溶液有腐蝕,破壞紙張纖維,導致吸管軟化耐濕性變差。

(二) 但碳酸性飲料的耐濕性卻比水還要高，推測可能是因為碳酸性飲料中的氣泡會從紙張的纖維孔隙中逸散，較不易破壞紙張纖維，故耐濕性較好。

六、比較不同濃度水溶液是否影響紙吸管的耐濕效果？

濃度對紙吸管的耐濕效果沒有一定的比例關係，所以當我們使用紙吸管喝飲料時，不用太擔心濃度高低對紙吸管的影響。

七、探討隔夜水溶液是否影響紙吸管的耐濕效果？

用三種不同濃度的隔夜茶浸泡紙吸管其平均耐濕度皆下降，顯示紅茶飲料久置後，會讓紙吸管的耐濕性變差。有可能在這段期間，飲料發生了一些化學變化，影響內容物的成分，所以茶類飲品最好趁新鮮儘早食用。

八、探討不同溫度水溶液是否影響紙吸管的耐濕效果？

溫度在 30°C 時，耐濕性較佳，隨著溫度上升至 50°C，平均耐濕性逐步降低，顯示高溫易讓紙吸管更快軟化、斷裂。

九、探討不同濃稠度之市售飲品對紙吸管的耐濕效果？

浸泡在較濃稠飲品中的紙吸管耐濕性較佳，而浸泡較稀的液體耐濕性較差，但皆優於浸泡在 10°C 水中。濃稠度越高，分子越大，越不易進入紙張纖維，故耐濕性越佳。

十、探討市售紙吸管的耐濕性情形如何？

市售不同品牌紙吸管的耐濕性差異很大，但同品牌不同顏色的耐濕性差異較小。市售紙吸管的耐濕效果也比自製紙吸管佳，可能是機器生產的紙吸管壓密膠結，故較耐用。

綜合以上研究發現：要製作紙吸管用影印紙製作即可，口徑適中、管壁加厚，不宜使用太久；使用時最適宜的溫度為 0°C~30°C，避免長時間置放於酸性或鹼性的飲料中，亦可增加其使用效能。使用自製的紙吸管不僅環保且容易製作，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。

## 陸、未來研究方向

- 一、本實驗為求原物料的取得方便，以及實驗操作的精確性，以自製紙吸管為研究的主要材料，若能與紙吸管工廠合作，運用其機器生產，改變紙吸管捲紙方式、壓縮緊密度、染料成分等不同變項，即可更進一步探究其他影響紙吸管使用效能因素。
- 二、本實驗以掛砝碼的方式，得知紙吸管在各種變項下的耐用程度。然而，此方法為人為操作，誤差略大，可否有其他方法測定其耐用程度是未來值得探討的問題。

## 柒、參考資料

- 一、溶液維基百科，自由的百科全書 • 取自 <https://zh.wikipedia.org/zh-tw/溶液>
- 二、紙吸管維基百科，自由的百科全書 • 取自 <https://zh.wikipedia.org/zh-tw/紙吸管>
- 三、吸管維基百科，自由的百科全書 • 取自 <https://zh.wikipedia.org/zh-tw/吸管>
- 四、「紙吸管」好用嗎？ 蘇貞昌實測喝珍奶認證「不會軟」 • 取自 <https://www.ettoday.net/news/20200124/1590162.htm#ixzz6D8ucMi7n>
- 五、高銘笙;唐祥恩;利宗翰;馬順恩吸管也能吃？環保又健康的吸管—豆渣可食吸管的製作中華民國第 59 屆中小學科學展覽會作品集。
- 六、林以真;林穎詩;張凱越擋不住的「吸」飲力—新型吸管之研發中華民國第 59 屆中小學科學展覽會作品集。
- 七、吳承哲;呂翊揚;嚴子杭;張博軒;魏辰翰;駱鼎鈞洋洋得益--以洋菜冷凍鍍膜製作防水紙吸管中華民國第 59 屆中小學科學展覽會作品集。