

屏東縣第65屆國中小學科學展覽會 作品說明書

科 別：生活應用（三）科

組 別：國中組

作品名稱：捍「衛」「生」機，「棉」延不絕
——自製環保衛生棉暨其與市售比較之研究

關 鍵 詞：衛生棉、海藻酸鈉、環保材質

編號：B8001

目錄

摘要.....	2
壹、前言.....	3
一、研究動機.....	3
二、研究目的.....	4
三、文獻回顧.....	4
貳、研究設備與器材.....	5
參、研究架構與方法.....	6
一、實驗一：了解市售衛生棉吸水材質及防水材質.....	6
二、實驗二：吸水性測量.....	7
三、實驗三：製作防水材質.....	8
四、實驗四：找出最佳防水材質.....	9
五、實驗五：找出最佳吸水材質與防水材質排列組合.....	9
六、實驗六：自製衛生棉與市售衛生棉比較.....	10
肆、研究結果與討論.....	12
一、實驗一：了解市售衛生棉吸水材質及防水材質.....	12
二、實驗二：找出最佳吸水材質.....	14
三、實驗三：製作防水材質.....	17
四、實驗四：找出最佳防水材質.....	19
五、實驗五：找出最佳吸水材質與防水材質排列組合.....	21
六、實驗六：自製衛生棉與市售衛生棉比較.....	22
伍、結論.....	28
陸、未來展望.....	28
柒、參考資料.....	29

摘要

市售衛生棉中 90% 的成分為塑膠，而每位女性一生可能累計使用 10,000~12,000 片的衛生棉，對於環境的危害相當嚴重。

為減緩此現象，我們決定自製衛生棉。首先，要先找出最佳的吸水材質。在實驗吸水體的吸水性與透水性後，發現脫脂棉為最佳吸水材質。其次，要找出最佳防水材質。在自製防水材質與防水性測試實驗中，發現以 2% 海藻酸鈉水溶液以及 5% 乳酸鈣水溶液反應 10 分鐘後，將薄膜沖洗乾淨並置入乾果機中以 40 度烘乾可製作出最佳防水材質。最後，依據最佳吸水材質與防水材質，將其組裝與市售衛生棉比較分解性與透氣性。實驗結果發現，自製衛生棉較市售衛生棉容易被土壤分解，且較市售衛生棉透氣。因此，自製衛生棉可同時達到對環境友善，讓使用者乾爽而舒適的目的。

壹、前言

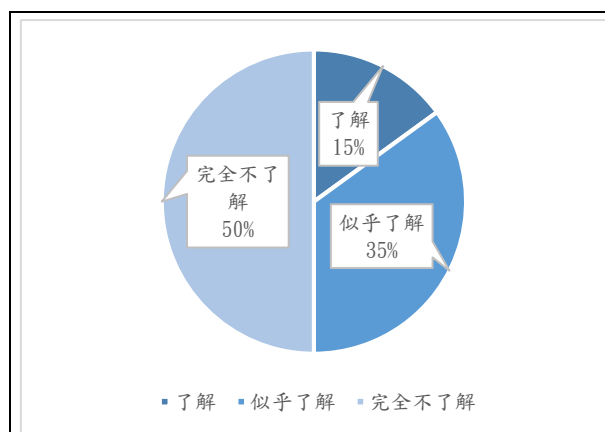
一、研究動機

衛生棉已被廣泛使用在現今的社會裡，然而，衛生棉在拋棄後如要被完全分解需花費數百年的時間 (Anbalagan and Mani, 2024)，對環境非常不友善。然而，對於使用後衛生棉後續的處理以及使用衛生棉對環境造成的隱憂，大部分使用者卻多不甚了解，並因不清楚而持續廣泛而大量的使用。因此，我們針對此問題設計了一份問卷調查（在 102 人的調查之中，含 49 位成年人，36 位高中生，17 位中學生），調查結果顯示，關於使用衛生棉會對環境不友善的四個系列問題中，真正了解箇中真相的比例皆不到四分之一【如表一，組圖一】。

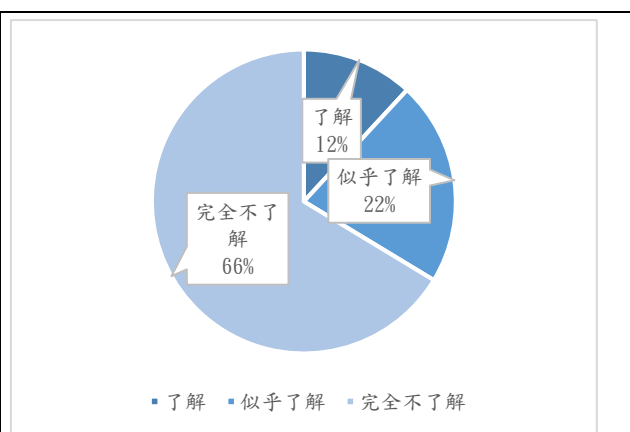
因此，我們決定嘗試自製環保衛生棉，企圖在衛生棉仍持續有使用需求的情況下，以環保材質的使用來達到捍「衛」「生」機，使地球得以「棉」延不絕的目的。我們嘗試使用棉布、衛生紙取代傳統高分子吸水體；使用海藻酸鈉、玉米澱粉取代底層的塑膠薄膜；並透過不同材質的排列組合中，了解不同變因在不同材質的環保衛生棉能有怎樣不同的表現與結果。

▼表一：大眾對於衛生棉之認知程度

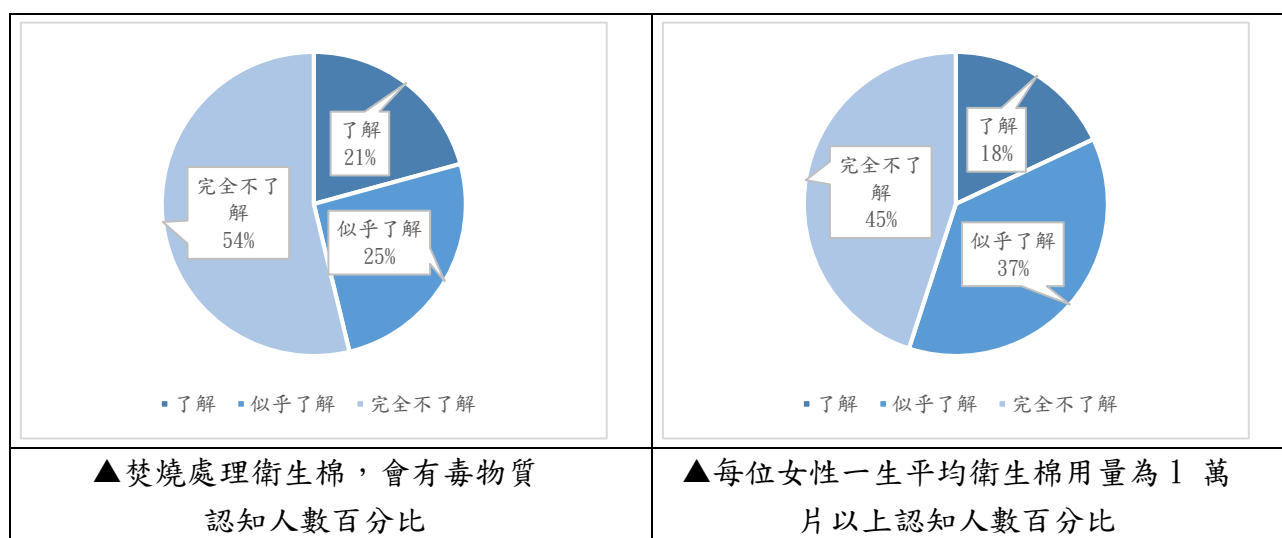
問題	市售衛生棉 90 %成分是塑膠	一片衛生棉需長達 600 年的時間分解	焚燒處理衛生棉，會產生毒物質	每位女性一生平均衛生棉用量為 1 萬片以上
了解	15%	12%	22%	18%
似乎了解	35%	22%	27%	37%
完全不了解	50%	67%	57%	45%



▲市售衛生棉 90%成分是塑膠
認知人數百分比



▲一片衛生棉需長達 600 年的時間分解
認知人數百分比



▲組圖一、大眾對於衛生棉之認知程度。

二、研究目的

- (一) 了解市售衛生棉吸水材質與結構
- (二) 找出適當的環保吸水材質與防水材質
- (三) 測量不同吸水材質與防水材質排列組合的吸水性及透水性
- (四) 自製衛生棉與市售衛生棉分解性比較
- (五) 自製衛生棉與市售衛生棉透氣性比較

三、文獻回顧

(一) 衛生棉簡介 (Anbalagan and Mani, 2024)

衛生棉中 90% 的成分為塑膠，相當四個塑膠袋。市售的一次性衛生棉含有合成材料，如聚乙烯、聚丙烯、石化副產品、除臭劑、人造香料。衛生棉的吸收芯由木漿、漂白棉和聚丙烯酸鈉等高吸收性聚合物製成，以增強經期衛生棉的吸收能力。長期使用可能會導致各種皮膚感染，甚至生殖系統癌症。市售產品中的合成材料和增塑劑可能會阻擋濕氣和調節溫度，導致中毒性休克綜合症及多重器官衰竭。

平均而言，單個育齡女性一生可能累計使用 10,000~12,000 片的衛生棉。衛生棉的丟棄對環境造成嚴重問題，被丟入掩埋場的衛生棉可能長達 800 年無法分解，進一步加重經期垃圾的負擔。

在印度，生理期廢棄物每年約產生 113,000 公噸。在農村地區，常見的處理方式包括燃燒、掩埋或丟入簡易廁所。然而，掩埋在土壤中的衛生棉可能影響土壤微生物群，降低其數量，甚至導致其死亡，從而延緩分解過程。燃燒不可生物降解的女性衛生用品會釋放有害氣體，如戴奧辛和呋喃，這些物質與子宮頸癌有關。

此外，丟棄在污水系統或馬桶中的衛生棉會對從事相關工作的勞工造成健康風險，並對當地衛生設施和污水處理系統帶來挑戰。經期產品的降解過程還可能

導致微塑膠滲入掩埋場，或進入水體，進而影響水生生物和人類健康。人類暴露於微塑膠可能導致氧化壓力、代謝異常、細胞毒性、免疫系統失調，甚至具致癌風險！

（二）海藻酸鈉＋乳酸鈣薄膜（國立台中教育大學 NTCU 科學教育與應用學系）

海藻酸鈉是一種由兩種醣醛酸單醣組成的多醣，分子中含有大量的羧基（ -COO^- ）。當海藻酸鈉溶液滴入氯化鈣溶液時，其中的鈣離子（ Ca^{2+} ）會取代海藻酸鈉羧基上的鈉離子（ Na^+ ）。這種離子交換使鈣離子能夠與另一個海藻酸分子的羧基結合，形成離子架橋結構。

這種架橋作用增強了海藻酸鈉分子之間的聯結性，使其形成穩固的三維網狀結構，常被稱為「蛋盒結構」。這種結構能顯著提升分子的穩定性，使其呈現凝膠狀態。因此，將海藻酸鈉與氯化鈣（或乳酸鈣）結合，將使海藻酸鈉變為盛裝模具形狀的固體。

（三）玉米澱粉＋甘油薄膜（Kowser, 2025）

澱粉的化學式為 $(\text{C}_6\text{H}_{10}\text{O}_5)_n$ ，由直鏈澱粉和支鏈澱粉兩種類型的分子組成。直鏈澱粉因其線性結構，賦予材料較高的強度和柔韌性，而支鏈澱粉則因其分支結構，具有較低的抗拉強度與延展性。然而，研究顯示，澱粉基薄膜存在一些缺點，如脆性及親水性，這些特性會影響其機械強度與阻隔性能，進而影響食品包裝的應用。

為改善這些缺陷，通常會添加甘油、山梨醇和聚乙二醇等增塑劑。本研究選擇甘油作為增塑劑，因甘油與直鏈澱粉相容，能有效減弱澱粉分子間的作用力，影響直鏈澱粉的排列，進而提升其柔韌性，降低脆裂風險。

此外，許多研究已嘗試使用不同來源的澱粉作為填充劑，以優化澱粉基生物塑料的性能，例如馬鈴薯澱粉、波羅蜜種子澱粉、木薯澱粉、小麥澱粉及玉米澱粉等。

貳、研究設備與器材

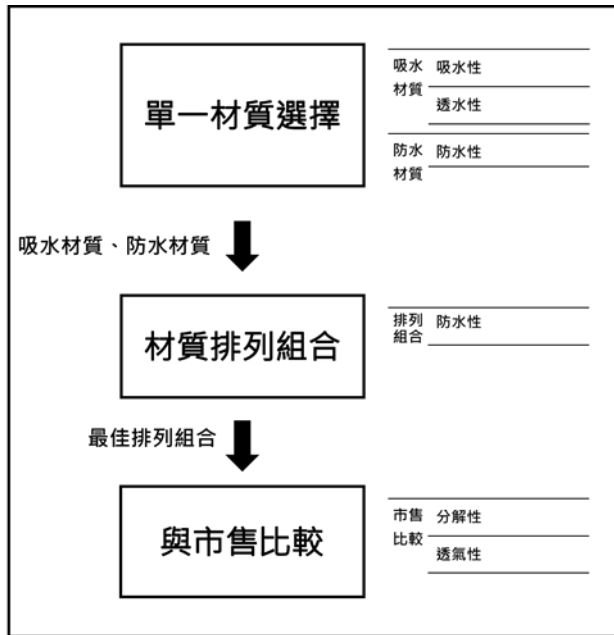
▼表二：實驗器材

電子秤	培養皿	燒杯	量筒
滴定管	三腳架	秤量紙	長尾夾
乾果機	烘碗機	托盤	烘焙紙
酒精燈	電子攪拌器	吹風機	複式顯微鏡

▼表三：實驗藥品及耗材

海藻酸鈉	乳酸鈣	玉米澱粉	明膠
甘油	醋酸	紗布	脫脂棉

參、研究架構與方法



- 實驗一、了解市售衛生棉吸水材質及防水材質
 - 實驗一-1 市售衛生棉三層吸水量比較
 - 實驗一-2 市售衛生棉中段吸水量測試
- 實驗二、找出最佳吸水材質
 - 實驗二-1 測量各吸水材質之吸水性
 - 實驗二-2 測量各吸水材質之透水性
- 實驗三、製作防水材質
- 實驗四、找出最佳防水材質
- 實驗五、找出最佳吸水材質與防水材質排列組合
- 實驗六、市售衛生棉與自製衛生棉比較
 - 實驗六-1 市售衛生棉與自製衛生棉外漏測試
 - 實驗六-2 市售衛生棉與自製衛生棉

一、實驗一：了解市售衛生棉吸水材質及防水材質

(一) 實驗一-1 市售衛生棉三層吸水量比較

1. 實驗架設：

- (1)準備 500ml 純水。
- (2)剪開市售衛生棉，將衛生棉三層組成分別剝離。
- (3)測量衛生棉第一層的初始重量。

2. 吸水測試：

將衛生棉第一層放入水中靜置 1 分鐘後取出，離水後等待直至表面殘留水分停止滴落。

3. 數據紀錄：

將衛生棉第一層泡水後重量減去初始重量，即為第一層的吸水量。

4. 重複步驟 1~3，測量衛生棉第二、第三層的吸水量。

(二) 實驗一-2 市售衛生棉中段吸水量測試

1. 實驗架設：

(1) 將衛生棉平坦放置於桌面。

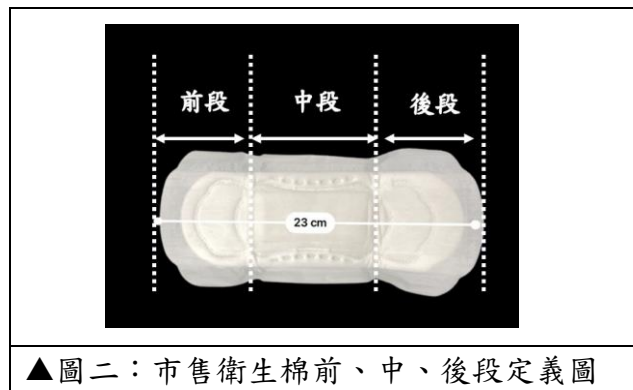
(2) 調製 30ml 染色水。

2. 吸水測試：

分別將 5ml、10ml、15ml 染色的水滴入衛生棉中段（圖二，未拆解），以了解衛生棉中段的吸水力。

3. 拍照分析：

將實驗結果拍照紀錄並分析實驗結果。



二、實驗二：吸水性測量

(一) 實驗二-1 測量各吸水材質之吸水性

1. 實驗架設（圖三）：

(1) 將吸水體待測物使用長尾夾放置在傾斜角度約 30° 的架子上，模擬人體穿戴姿勢。

(2) 將滴定管架於吸水體待測物上方。

(3) 紀錄吸水體初始重量。

2. 滴水過程：

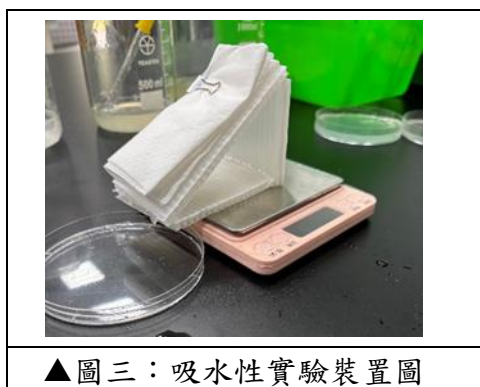
持續滴入水分，觀察吸水體吸水情況，直到吸水體達到飽和狀態（液體開始漏出）。

3. 飽和容量測量：

測量吸水體吸收的液體總重量（飽和後重量減去初始重量）。

4. 重複測試：

測試不同吸水體待測物，分別進行五重複。



(二) 實驗二-2 測量各吸水材質之透水性

1. 實驗架設 (圖四)：

- (1) 將吸水體待測物使用長尾夾固定於在三腳架上，維持在水平狀態，並在下方放置培養皿。
- (2) 將滴定管架於吸水體待測物上方。
- (3) 紀錄吸水體初始重量。

2. 滴水過程：

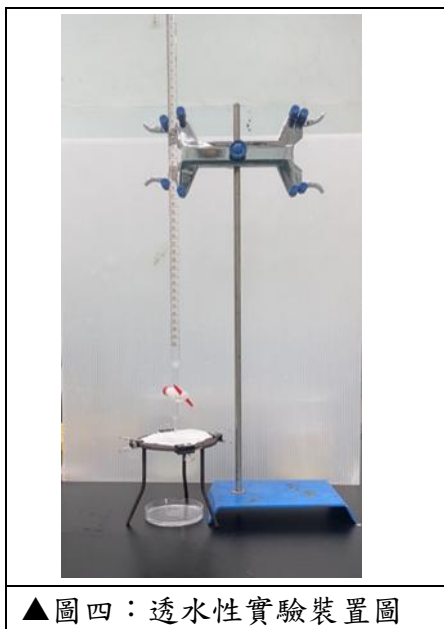
持續滴入水分，觀察吸水體吸水情況，直到吸水體達到飽和狀態（液體漏出）。

3. 飽和容量測量：

測量吸水體吸收的液體總重量（記錄滴定管內的水位刻度變化）。

4. 重複測試：

測試不同吸水體待測物，分別進行五重複。



▲圖四：透水性實驗裝置圖

三、實驗三：製作防水材質

(一) 實驗三-1 以海藻酸鈉製作防水薄膜

1. 調製 2% 海藻酸鈉水溶液以及 5% 乳酸鈣水溶液。
2. 將 100ml 海藻酸鈉水溶液倒入托盤中。
3. 將 100ml 乳酸鈣水溶液快速由邊緣倒入托盤中。
4. 使用另一托盤將海藻酸鈉薄膜壓平。
5. 等待十分鐘後，將海藻酸鈉薄膜取出。
6. 將海藻酸鈉薄膜沖洗乾淨後並利用乾果機，以 40℃ 烘乾 24 小時。
7. 另製作一薄膜，在 100ml 海藻酸鈉水溶液中加入 10ml 的醋，並重複步驟 1~6。

(二) 實驗三-2 以玉米澱粉製作防水薄膜

1. 調製 100ml 0.5% 甘油水溶液。
2. 將 2 克玉米澱粉加入甘油水溶液中，並持續攪拌加熱至 90℃。

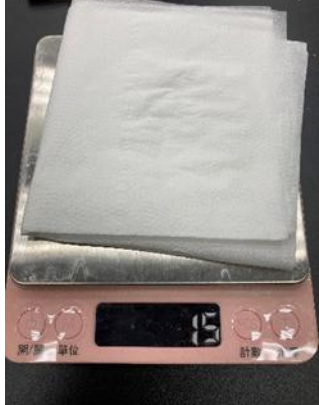
3. 將混合液倒入托盤中並利用乾果機，以 40℃ 烘乾 24 小時。
4. 將 2 克玉米澱粉替換成 3 克，4 克，並重複步驟 1~3。
5. 過程中發現 3 克效果較好，但太硬容易脆化，因此以 3 克加入醋，重複步驟 1~3。

四、實驗四：找出最佳防水材質

1. 實驗架設（圖五）：
 - (1) 測量吸水體衛生紙初始重量。
 - (2) 將海藻酸鈉薄膜固定於兩吸水材質衛生紙中間。
2. 滴水過程（圖六）：

將染上藍色顏料的水 10ml 滴上衛生紙，靜置 50 分鐘。
3. 數據紀錄（圖七）：

將衛生紙與薄膜拿起，觀察薄膜下方衛生紙有沒有染上藍色顏料，並觀紀錄防水材質下方吸水體重量，若重量沒改變，則以氯化亞鈷試紙測試其是否有水分反應
4. 將海藻酸鈉薄膜分別改成實驗三中製作的各項防水薄膜，重複步驟 1~3

		
▲圖五：實驗架設	▲圖六：滴水過程	▲圖七：數據紀錄

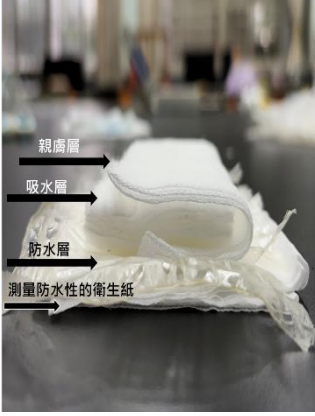
五、實驗五：找出最佳吸水材質與防水材質排列組合

1. 實驗架設（圖八）：
 - (1) 用紗布將吸水材質（衛生紙＋糯米紙或脫脂棉）包裹住（以下稱此組合為吸水體）
 - (2) 將防水材質墊在吸水體下方（以下稱此組合為防水層）
 - (3) 另在防水層下方墊一層衛生紙以測量防水材質的防水性
2. 滴水過程（圖九）：

將染上藍色顏料的水 15ml 滴上吸水體，靜置 50 分鐘
3. 數據紀錄（圖十）：

將吸水體與防水層拿起，觀察下方衛生紙有沒有染上藍色顏料，並紀錄防水材質下方衛生紙重量
4. 重複測試：

測試不同吸水材質與防水材質的排列組合，並進行三重複

		
▲圖八：實驗架設	▲圖九：滴水過程	▲圖十：數據紀錄

六、實驗六：自製衛生棉與市售衛生棉比較

(一) 實驗六-1 自製衛生棉與市售衛生棉分解測試

1. 實驗架設：

在學校草皮挖數個深 50mm 的洞。

2. 掩埋測試：

將脫脂棉＋海藻酸鈉薄膜、海藻酸鈉薄膜、市售衛生棉、市售衛生棉防水薄膜分別放入洞中並掩埋。

3. 拍照分析：

分別在一週、兩週後將待測物取出，拍照並分析其分解狀態。

4. 重複測試：

將海藻酸鈉薄膜替換成海藻酸鈉薄膜＋脫脂棉，並重複步驟 1～3

(二) 實驗六-2 自製衛生棉與市售衛生棉透氣度測試

實驗六-2-1 使用吹風機測試透氣度

1. 自製儀器：

(1)取一密閉盒子並在一端挖一正方形洞口，以利吹風機吹氣。

(2)在盒子另一端挖另一正方形洞口，並在洞口以透明塑膠膜將洞口密封，以利觀察盒內狀態。

(3)在盒內掛上細繩。(圖十一)

(4)在盒內放置一手機照明，以利觀察盒內狀態。

2. 透氣測試：

(1)將自製衛生棉黏貼於正方形洞口，並確保整個測試儀器處於密閉狀態。

(2)將吹風機對準自製衛生棉並吹氣。

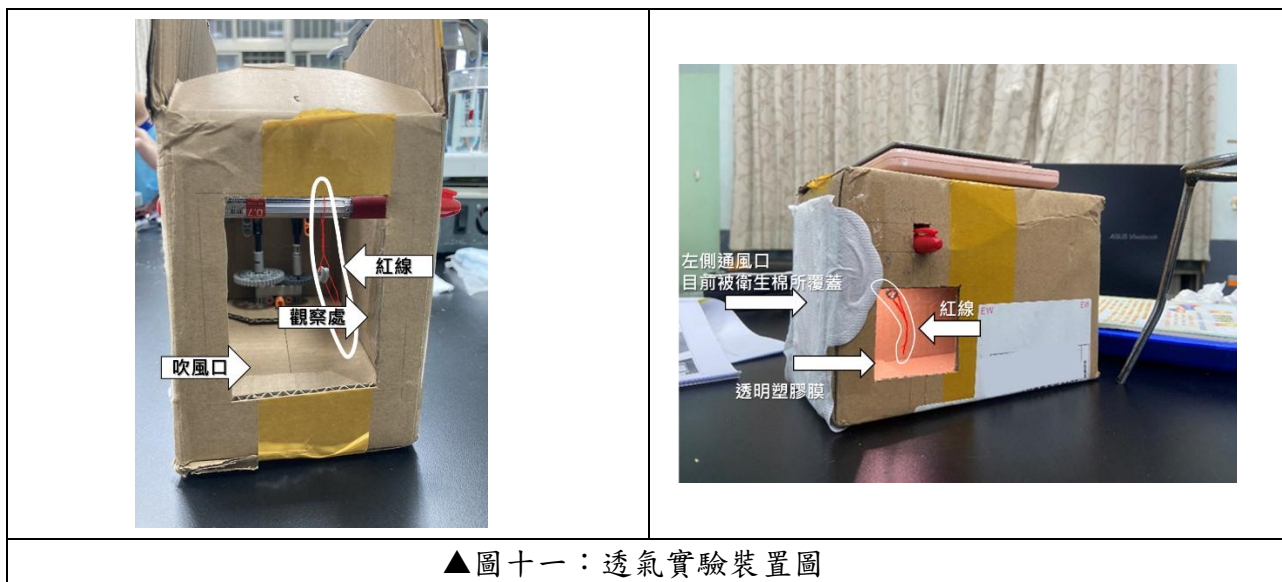
(3)使用手機錄影，紀錄盒內細繩在吹風機吹氣下的擺動狀態。

3. 分析數據：

觀看影片並分析細繩擺動狀態，以了解衛生棉的透氣程度。

4. 組別更換：

將自製衛生棉置換為市售衛生棉並重複步驟 1～3



實驗六-2-2 使用沸騰的水測試透氣度

1. 實驗架設 (圖十一)：
 - (1) 將 250ml 的水加熱至 100℃
 - (2) 將自製衛生棉放置於 100℃ 的熱水杯口，另倒放一 100ml 燒杯，並於燒杯內放入溫濕度計以測試燒杯內的濕度變化來了解衛生棉的透氣程度。
2. 透氣測試：

使用手機錄影 3 分鐘，以了解燒杯內的溼度變化。
3. 分析數據：

分析影片中的濕度變化量，以了解衛生棉的透氣程度
4. 重複實驗：

以市售衛生棉重複實驗步驟 1~3，並進行三重複



肆、研究結果與討論

一、實驗一：了解市售衛生棉吸水材質及防水材質

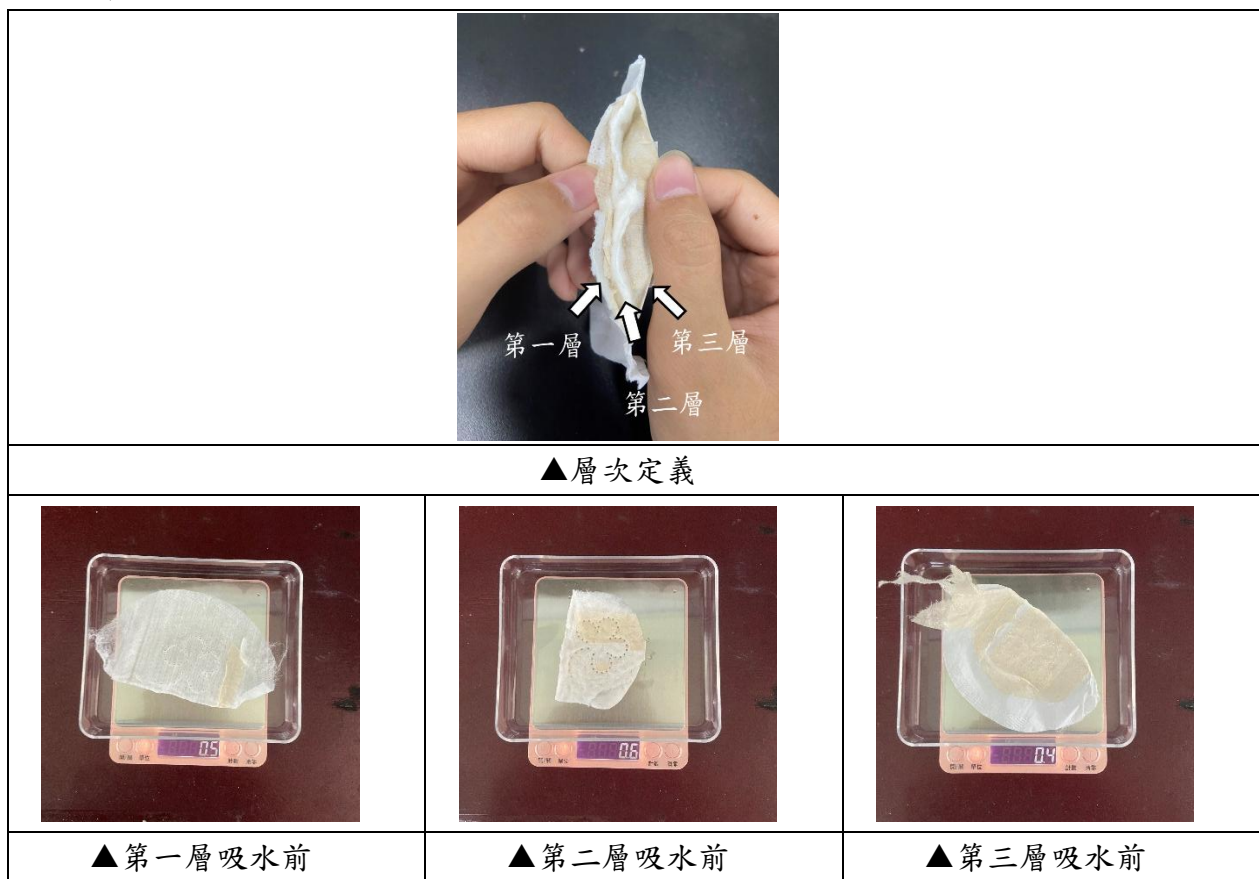
(一) 實驗一-1 市售衛生棉三層吸水量比較

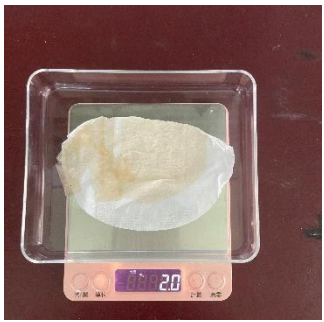
剪開衛生棉，將其橫切面分出第一、二、三層（分別代表上、中、下），分別測量其泡入水前後的質量（如表四、組圖十三）

▼表四：三層吸水前後質量比較（單位：公克）

層次	第一層	第二層	第三層
吸水前	0.5	0.6	0.4
吸水後	7.0	7.8	2.0
吸水量	6.5	7.2	1.6
單位吸水量 ^{註1}	13	12	4

註1：單位吸水量=吸水量÷吸水前重量。



		
▲第一層吸水後	▲第二層吸水後 (略碎開)	▲第三層吸水後

▲組圖十三：

市售衛生棉第一、二、三層吸水前後質量比較【單位：公克，測量至小數點第一位】

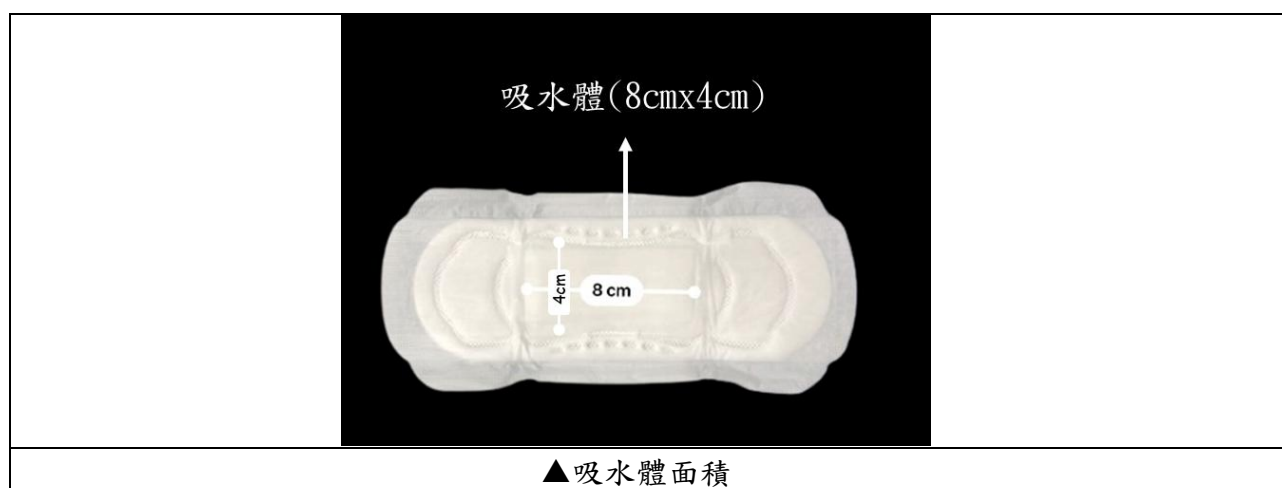
結果討論：

1. 根據測試結果，衛生棉吸水部分主要為第一層與第二層。衛生棉最下層為防水材質無法吸水，但在拆解衛生棉時無法將第二、三層完全分離，導致第三層因為附著少許第二層的咖啡色吸水體而略有吸水特性，因而使其質量增加。
2. 將中間層吸水體取下後，整體脫脂棉皆碎開，由此聯想到衛生紙吸水後特性與此相似，因此將衛生紙列為接下來吸水材質實驗選擇之一。

(二) 實驗一-2 市售衛生棉中段吸水量測試

經與女性訪談後，得知衛生棉主要乘載體為中段，因此本實驗以市售衛生棉中段為實驗對象。分別將 5ml、10ml、15ml 染色的水滴入衛生棉中段（未拆解），以了解衛生棉中段的吸水力。（組圖十四）

中段 吸水 測試			
滴入體積	▲5ml	▲10ml	▲15ml



▲組圖十四：市售衛生棉中段吸水性比較圖

結果討論：

由組圖十四可知，滴入 5ml 的水，顏色還僅集中於中間部分，顯示距離飽和仍有相當距離。滴入 10ml 的水，顏色已填滿中段大部分面積，並稍微藉由邊緣擴散至衛生棉前、後段。滴入 15ml 的水，顏色則已有諸多擴散至前段與後段。因此，在後續的防水性測量中，我們選擇倒入 10ml 的水於相同大小的吸水體（8cm × 4cm）以測量防水材質的防水性。

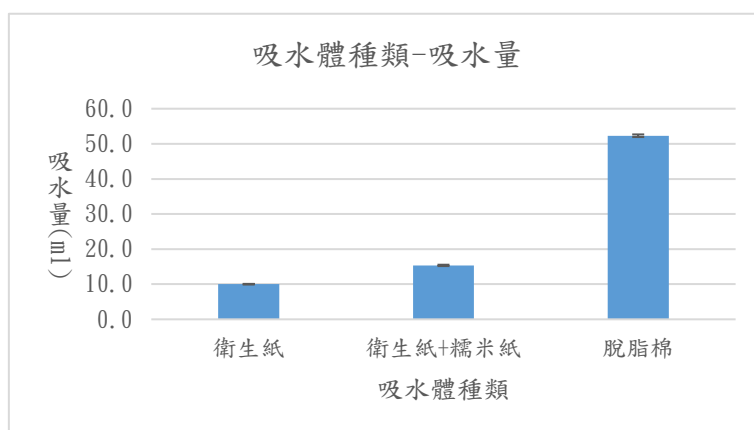
二、實驗二：找出最佳吸水材質

（一）實驗二-1 測量各吸水材質之吸水性

為了找到最佳吸水材質，我們分別測試衛生紙、衛生紙+糯米紙、脫脂棉之單位質量吸水性。實驗時，剪取相同面積（80mm × 80mm±5mm）的吸水體，並測量其吸水性（單位：克）。實驗數據如下：

▼表五：各吸水體單位面積之吸水性（單位：克）

吸水性	衛生紙	衛生紙+糯米紙	脫脂棉
#1	10.2	15.0	53.1
#2	10.0	15.5	51.1
#3	9.9	16.0	52.1
#4	10.2	14.9	53.1
#5	9.7	15.4	52.1
平均值	10.0	15.4	52.3
標準誤	0.0948	0.1964	0.3742

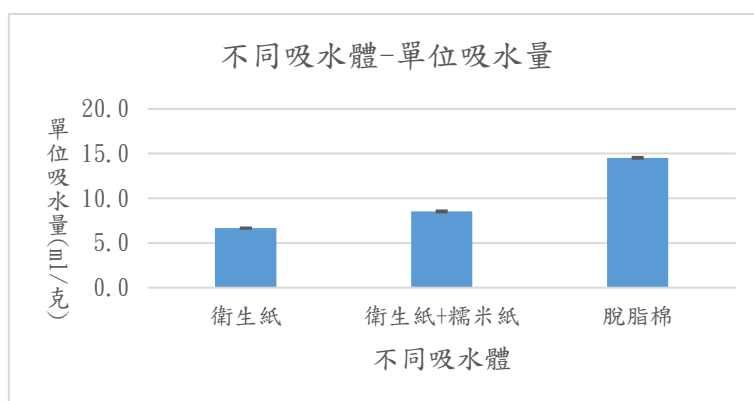


▲圖十五：各吸水體單位面積之吸水性

實驗結果顯示，相同面積脫脂棉的吸水性，遠遠大於衛生紙與衛生紙+糯米紙的組合。然而，在實驗過程中發現，相同面積的脫脂棉與衛生紙的質量有不小的差異，因此，我們改以每單位質量的吸水量作為不同吸水材質的比較基準點【單位：(吸水量) ml / (吸水體質量) 1 克】。重新以不同基準點的實驗數據計算如下：

▼表六：各吸水體單位質量之吸水性【單位：(吸水量) ml / (吸水體質量) 1 克】

吸水性	衛生紙	衛生紙+糯米紙	脫脂棉
#1	6.8	8.3	14.8
#2	6.7	8.6	14.2
#3	6.6	8.9	14.5
#4	6.8	8.3	14.8
#5	6.5	8.6	14.5
平均值	6.7	8.5	14.5
標準誤	0.0632	0.1091	0.1039



▲圖十六：各吸水體單位質量之吸水性

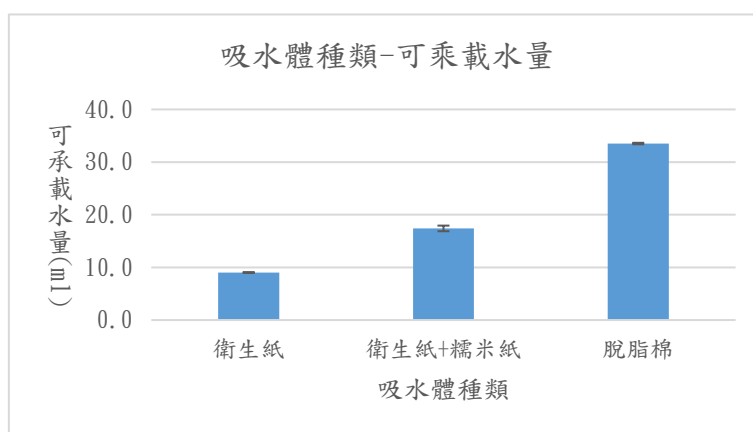
改以相同質量的吸水體為比較基準點後，每克的脫脂棉仍分別以 7.8ml 與 6ml 的差距高於衛生紙與衛生紙+糯米紙。

(二) 實驗二-2 測量各吸水材質之透水性

為了找到最佳吸水材質，我們分別測試衛生紙、衛生紙+糯米紙、脫脂棉之單位質量透水性。實驗時，剪取相同面積（80mm × 80mm±5mm）的吸水體，並測量其透水性（單位：ml）。實驗數據如下：

▼表七：單位面積吸水體之透水性（單位：克）

透水性	衛生紙	衛生紙+糯米紙	脫脂棉
#1	9.1	17.0	33.8
#2	9.1	18.5	33.0
#3	8.9	18.0	33.5
#4	9.0	15.5	33.6
#5	9.0	18.0	33.7
平均值	9.0	17.4	33.5
標準誤	0.0374	0.5338	0.1392

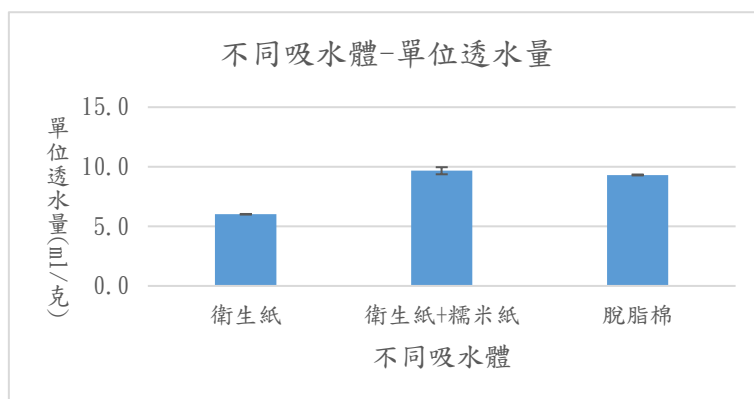


▲圖十七：各吸水體單位面積之透水性

在初步數據分析時，分析方法與結果同實驗二-1，因此，改以每單位質量的透水量作為不同吸水材質的比較基準點【單位：（透水量）ml/（吸水體質量）1克】重新以不同基準點整理實驗數據，如下表所示：

▼表八：各吸水體單位質量之透水性【單位：（透水量）ml/（吸水體質量）1克】

透水性	衛生紙	衛生紙+糯米紙	脫脂棉
#1	6.1	9.4	9.4
#2	6.1	10.3	9.2
#3	5.9	10.0	9.3
#4	6.0	8.6	9.3
#5	6.0	10.0	9.4
平均值	6.0	9.7	9.3
標準誤	0.0249	0.2966	0.0387



▲圖十八：各吸水體單位質量之透水性

結果討論：

1. 由上表可知，相同質量的吸水材質當中，脫脂棉的吸水性最佳。
2. 以透水性而言，衛生紙+糯米紙的透水性雖然以 0.4 的差距小幅領先脫脂棉，然而，糯米紙與水接觸後，觸感較黏，可能在製作衛生棉時較易對使用者產生不適感。因此，綜合比較後，我們將以脫脂棉作為最佳吸水體，以繼續進行接下來的實驗。
3. 測量過程中，我們也測量紗布的透水性，發現紗布在滴入水分的瞬間，水滴立刻穿透滴入下方培養皿。再加上紗布常被用來敷於傷口處，親膚性相當好，因此，我們認為可以紗布作為衛生棉表層，既增加衛生棉的親膚性，又利增快其透水速度。

三、實驗三：製作防水材質

在參考歷屆科展作品後，發現有許多作品皆有探討環保防水薄膜的製作，且有相當亮眼的效果。在多方閱讀後，我們決定以海藻酸鈉、玉米澱粉、明膠等材料來嘗試製作防水材質。

(一) 實驗三-1 以海藻酸鈉製作防水薄膜

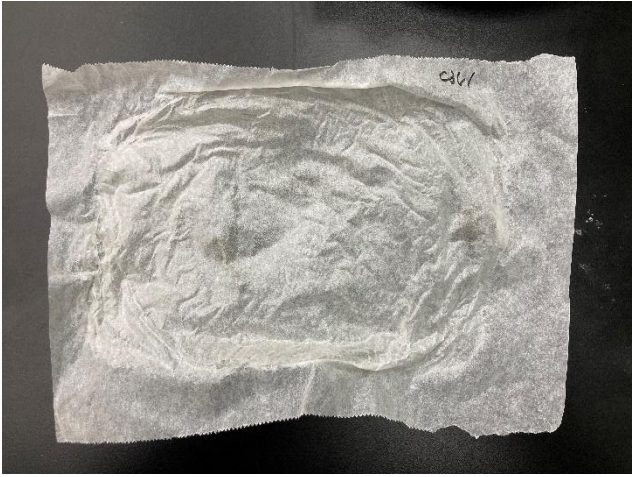
1. 第一次製作時將沖洗後的海藻酸鈉薄膜放置於烘碗機鐵架上烘乾，然而烘乾後薄膜邊緣嚴重捲曲，硬度偏高，且將薄膜自烘碗架上移除時相當困難（圖十九-1、圖十九-2）。
2. 第二次製作時將海藻酸鈉薄膜裁切成 4cm × 8cm，以長尾夾夾住薄膜上方後放置於烘碗機中烘乾（圖十九-3），企圖減緩其邊緣捲曲程度，然而，實驗後薄膜左右捲曲，且捲曲程度較第一次實驗未裁切者更為嚴重（圖十九-4），因此推斷薄膜的捲曲應為烘乾溫度的關係。
3. 第三次實驗時，在托盤內放置一合適大小的烘焙紙，將海藻酸鈉薄膜放置於烘焙紙上，置入乾果機內以 40℃ 烘乾。烘乾完後的海藻酸鈉薄膜不再像第一、二次製作時的嚴重捲曲，呈現出相當平整的狀態。（圖十九-5、圖十九-6）
4. 最後，《打破醋缸問到底-醋的功用》中，曾提到醋可使物質軟化，因此，嘗試將 100ml 海藻酸鈉中加入 10ml 醋，一起倒入托盤中。實驗發現，烘乾後的薄膜，硬度略小於未加醋者。

		
▲圖十九-1 置於烘碗機鐵架上烘乾 海藻酸鈉 100ml (未裁切)	▲圖十九-2 於烘碗機鐵架上烘乾成品 海藻酸鈉 100ml (未裁切)	
		
▲圖十九-3 置於烘碗機鐵架上烘乾 海藻酸鈉 100ml (裁切)	▲圖十九-4 於烘碗機鐵架上烘乾成品 海藻酸鈉 100ml (裁切)	
		
▲圖十九-5 置於乾果機鐵架上烘乾 海藻酸鈉 100ml	▲圖十九-6 於乾果機鐵架上烘乾 海藻酸鈉 100ml	▲圖十九-7 乾果機烘乾成品 海藻酸鈉 100ml + 10ml 醋

▲組圖十九：不同製作方式以海藻酸鈉為基底製作薄膜

(二) 實驗三-2 以玉米澱粉製作防水薄膜

1. 分別將 2 克、3 克、4 克玉米澱粉倒入甘油水溶液中攪拌加熱至 90 度，倒入托盤中置入乾果機內以 40 度烘乾。烘乾後發現，以 3 克的玉米澱粉薄膜最佳，硬度適中且不容易沾黏；2 克的薄膜偏軟，且黏性較高，稍不留意薄膜便容易黏在一起；4 克的薄膜硬度最高，容易產生碎裂的狀況。
2. 再以 3 克玉米澱粉 + 加上 1ml 醋製作成膜，乾燥後，薄膜已完全附著於烘焙紙上，但與較未加醋相比較不容易脆化，因此將加醋後的薄膜直接裁切，並使用於之後的防水性實驗中。

		
▲玉米澱粉 2 克	▲玉米澱粉 3 克	▲玉米澱粉 4 克
		
▲玉米澱粉 3 克+1ml 醋		

▲組圖二十：以玉米澱粉為基底製作薄膜

結果討論：

1. 以海藻酸鈉 100ml + 乳酸鈣 100ml 反應後，若以未裁切狀態放入烘碗機高溫烘乾，則不易取下，且皺摺明顯、不平整；若以裁切狀態（8cm × 4cm）下放入烘碗機中，則嚴重捲曲，硬度極高，無法成膜。若以未裁切狀態下，隔著烘焙紙使用乾果機 40℃ 低溫烘乾，則可製作出表面平整的薄膜，且硬度較低。
2. 實驗發現，加入醋可以明顯軟化防水材質。
3. 三種玉米澱粉薄膜中（分別為 2 克、3 克、4 克），以 3 克的玉米澱粉薄膜製作效果最佳。再以 3 克玉米澱粉 + 1ml 醋製作成膜，乾燥後，薄膜完全附著於烘焙紙上，但較未加醋者不容易脆化，因此將它直接裁切使用於接下來的防水性實驗。

四、實驗四：找出最佳防水材質

為了找到最佳防水材質，我們將實驗三中所製作出的薄膜拿來測試其防水性。因衛生紙吸水性較差，脫脂棉吸水性較佳，因此使用吸水性較差的衛生紙放置於防水材質上方以測量防水性，使防水材質得以在更潮濕的環境下接受防水測試。測試期間在防水材質下方亦放置亦吸水體，並在測試後觀察下方吸水體是否吸水，並計算其吸水量。實驗數據如下。

另，為了方便表達，以下防水材質皆使用英文代號表示。

海藻酸鈉 (Sodium alginate, 代號 S)、醋 (Vinegar, 代號 V)、玉米澱粉 (Corn Flour, 代號 C)

成分、比例	代號
海藻酸鈉 100ml + 乳酸鈣 100ml	S
海藻酸鈉 100ml + 乳酸鈣 100ml + 醋 10ml	SV
玉米澱粉 3 克 + 0.5% 甘油水溶液 100ml + 醋 1ml	C3V1

▼表九：各防水材質之防水性（下方吸水體質量，單位：克）

防水性	S		SV		C3V1	
	加水前	加水後	加水前	加水後	加水前	加水後
#1	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5
#2	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5
#3	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5
#4	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5
#5	1.5	1.5	1.5	7.2 ^{註2}	1.5	1.5
平均值	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5
標準誤	0	0	0	0	0	0

註 2：此數值屬極端值，因此不列入計算平均數值

結果討論：

1. 表中 SV 加水後#5 數據中，下方吸水體吸了相對多的水分，然而在相同材質的其他實驗中，#1 到#4 皆達到防水的效果，測量後仔細觀察，發現#5 的薄膜上有裂痕，因此未達到防水效果。
2. 使用電子秤測量防水層下方衛生紙的初始重量以及測試後重量，兩者皆顯示 1.5 克，可知 S 與 SV 的防水性極高。
3. 在烘乾 C3V1 時，為避免薄膜沾附在托盤上，因此放置薄膜於烘焙紙上，而因烘乾後的薄膜無法與烘焙紙分離，因此直接連同烘焙紙裁切進行實驗。經測量烘焙紙防水性後發現，烘焙紙不具有防水功能，且 C3V1 與烘焙紙同時測量防水性時，下方吸水體並未測量到質量變化，因此，判定 C3V1 具有不錯的防水性。
4. 由於 S、SV 的防水性極高，且在進行實驗三「製作防水材質」時，製作結果成功率相當高，而以玉米澱粉為基底的薄膜製作時則有不易脫膜、容易碎裂等狀況，成功率相對低許多。因此，即使 C3V1 在上述實驗同樣具有相當不錯的防水性，本研究仍將以 S 與 SV 作為「最佳防水材質」以持續進行接下來的實驗。

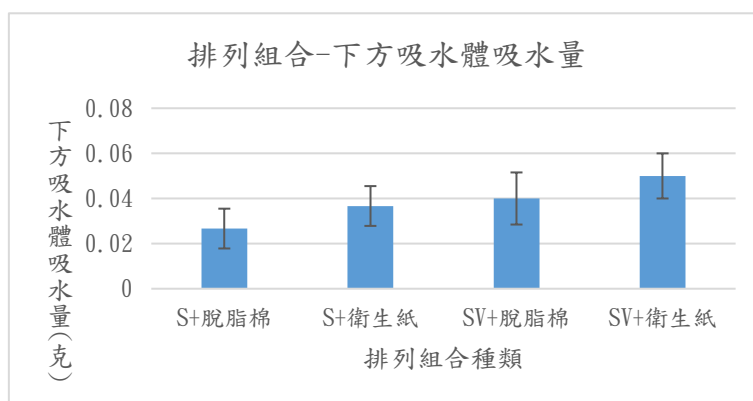
五、實驗五：找出最佳吸水材質與防水材質排列組合

此次實驗與實驗四不同之處有三。其一，在實驗四中，底層吸水材質的吸水量皆不到 0.1 克，因此本實驗嘗試使用更為精準的電子秤（測量單位至小數點第二位），以測量不同吸水材質與防水材質排列組合之防水性。其二，實驗四於滴水時僅滴入 10ml 的染色水來測試防水層的吸水性，本實驗則滴入 15ml 的染色水於吸水體，以進一步觀察吸水體的吸水性與防水層的防水性。其三，實驗四僅以衛生紙做為吸水材質來測量不同防水材質的防水性，此次實驗則以較接近完整衛生棉模型為測量方式，以紗布作為親膚層，並以不同的吸水材質與防水材質做排列組合，試圖找出得以取代市售衛生棉的最佳衛生棉材質。實驗數據如下：

▼表十：各排列組合之防水性（下方吸水體質量，單位：克）

防水性	S+脫脂棉			S+衛生紙		
	加水前	加水後	質量變化	加水前	加水後	質量變化
#1	1.49	1.52	0.03	1.47	1.51	0.04
#2	1.50	1.51	0.01	1.47	1.52	0.05
#3	1.49	1.53	0.04	1.48	1.50	0.02
平均值	1.493	1.520	0.026667	1.473	1.510	0.036667
標準誤	0.00333	0.00577	0.008819	0.00333	0.00577	0.008819

防水性	SV+脫脂棉			SV+衛生紙		
	加水前	加水後	質量變化	加水前	加水後	質量變化
#1	1.47	1.49	0.020	1.47	1.49	0.060
#2	1.48	1.54	0.060	1.48	1.54	0.040
#3	1.47	1.51	0.040	1.47	1.51	2.920
平均值	1.473	1.513	0.04	1.473	1.513	1.0067
標準誤	0.00333	0.01453	0.011547	0.00333	0.01453	0.95668



▲圖二十一：各排列組合之防水性

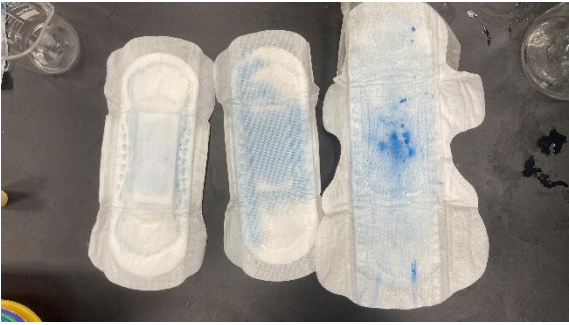
結果討論：

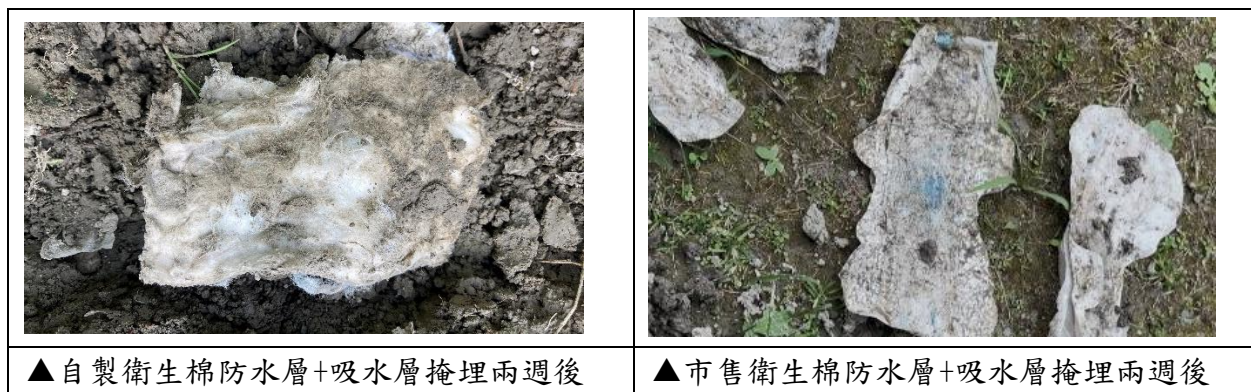
1. SV+衛生紙（+糯米紙）的#3 中，下方衛生紙吸水量為 2.920 克，明顯較其他者大，觀察後推斷為裂痕所致。因此推測以海藻酸鈉+醋的薄膜品質較為不穩定。若將此數據不列入平均值計算，則數據如上長條圖（圖二十一）。
2. 四種排列組合中，下方吸水體所吸收的水分雖然均不到 0.100 克，S+脫脂棉的組合仍以平均 0.026 的平均數字表現出最為防水的狀態。因此在實驗六自製衛生棉與市售衛生棉的比較中，將以 S+脫脂棉作為實驗組。。

六、實驗六：自製衛生棉與市售衛生棉比較

（一）實驗六-1 自製衛生棉與市售衛生棉分解測試

市售衛生棉內含大量的高分子聚合物，而自製衛生棉的材料皆為環保材質，因此我們比較了兩衛生棉同時間分解程度。實驗照片如下：

	
▲自製衛生棉掩埋前	▲市售衛生棉掩埋前
	
▲自製衛生棉防水層掩埋一週後	▲市售衛生棉防水層掩埋一週後
	
▲自製衛生棉防水層掩埋兩週後	▲市售衛生棉防水層掩埋兩週後



▲組圖二十二：自製衛生棉於不同時間分解狀態

結果討論：

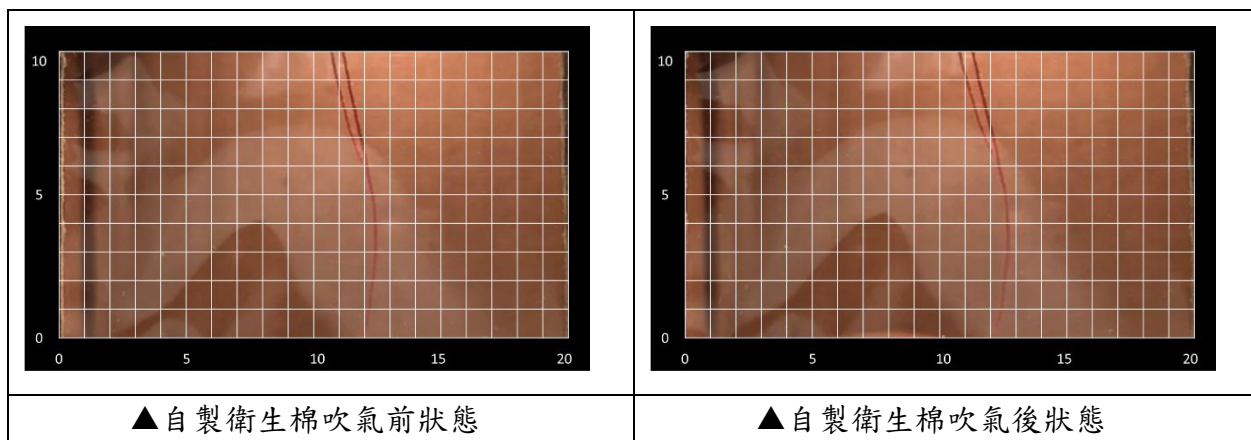
1. 自製衛生棉防水薄膜於分解一週後已部份分解，大致碎裂。且在兩週內完全分解，而市售衛生棉防水薄膜於兩週後與在埋入土壤前的狀態一般無二，因此，自製衛生棉具有較好被分解的效果。
2. 自製衛生棉吸水體脫脂棉在掩埋兩周後仍大部分存在，但細觀其表面與邊緣，與掩埋前已有部分缺損而略顯不平整。搜尋資料後發現，棉花在一般環境下要完全分解需要半年到一年的時間，所以無法在短短兩周看出明顯的分解變化。我們持續將脫脂棉埋入土壤裡，期待在幾周後能有更為顯著的分解狀態。

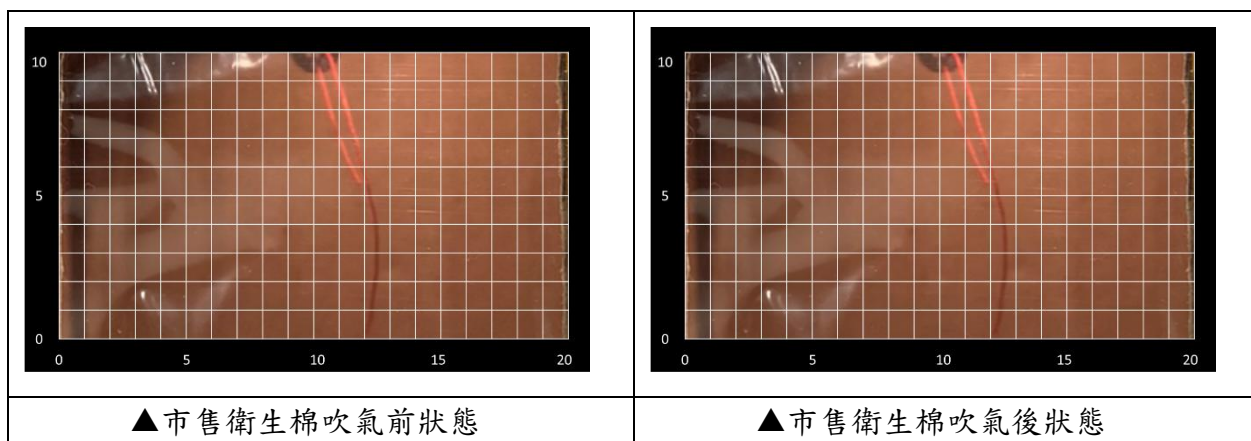
(二) 實驗六-2 自製衛生棉與市售衛生棉透氣度測試

由於透氣度為衛生棉舒適與否的重要關鍵之一，因此本實驗欲以空氣與水蒸氣的流通與否兩個面向來測試衛生棉的透氣性。

■ 實驗六-2-1 使用吹風機測試透氣度

本實驗使用吹風機自箱子左側分別對準自製衛生棉和市售衛生棉後吹氣，觀察箱子內部的細繩擺動程度以表示衛生棉的透氣程度。吹氣過程中全程錄影紀錄，然而，數據分析時由於細繩雖有明顯擺動，但擺動弧度不大，因此難以以數字分析來表示細繩的擺動長度與弧度。於是，我們嘗試於照片中畫上格線，以利分析細繩的擺動狀況。實驗結果如下：





▲組圖二十三：不同衛生棉吹氣前後狀態

結果討論：

1. 自製衛生棉於吹氣時細繩有明顯的左右擺動，此擺動於錄影時極為明顯，但在從錄影檔截圖照片時，未能極精準地抓住細繩的極左與極右，因此照片裡所看到的吹風前與吹風後細繩位置移動差異略小於影片中所顯示。
2. 而市售衛生棉於吹氣時細繩則幾乎沒有顯著的擺動現象，因此吹風前後的細繩位置無論於影片裡或照片裡皆幾乎沒有差異。由此可知，自製衛生棉的透氣度較市售衛生棉略勝一籌。

■ 實驗六-2-2 使用沸騰的水測試透氣度

在以水蒸氣的流通性來測試衛生棉的透氣度實驗中，發現每次測量透氣度的初始濕度皆不同，因此，我們不以比較燒杯內的濕度高低來判別衛生棉的透氣程度，而以測量燒杯內的濕度變化量來判斷。也因實驗過程中全程錄影，所以我們針對每 5 秒的濕度變化彙整成表格（如下表），並使用折線畫出時間對濕度變化量的關係圖。實驗結果如下：

▼表十一：自製衛生棉與市售衛生棉濕度變化比較

濕度	自製衛生棉			市售衛生棉		
	初濕度	末濕度	濕度變化	初濕度	末濕度	濕度變化
#1	59	75	16	52	60	8
#2	65	76	11	55	69	14
#3	51	66	15	68	78	10
平均值			14			10.66667
標準誤	略	略	1.5275252	略	略	1.763834

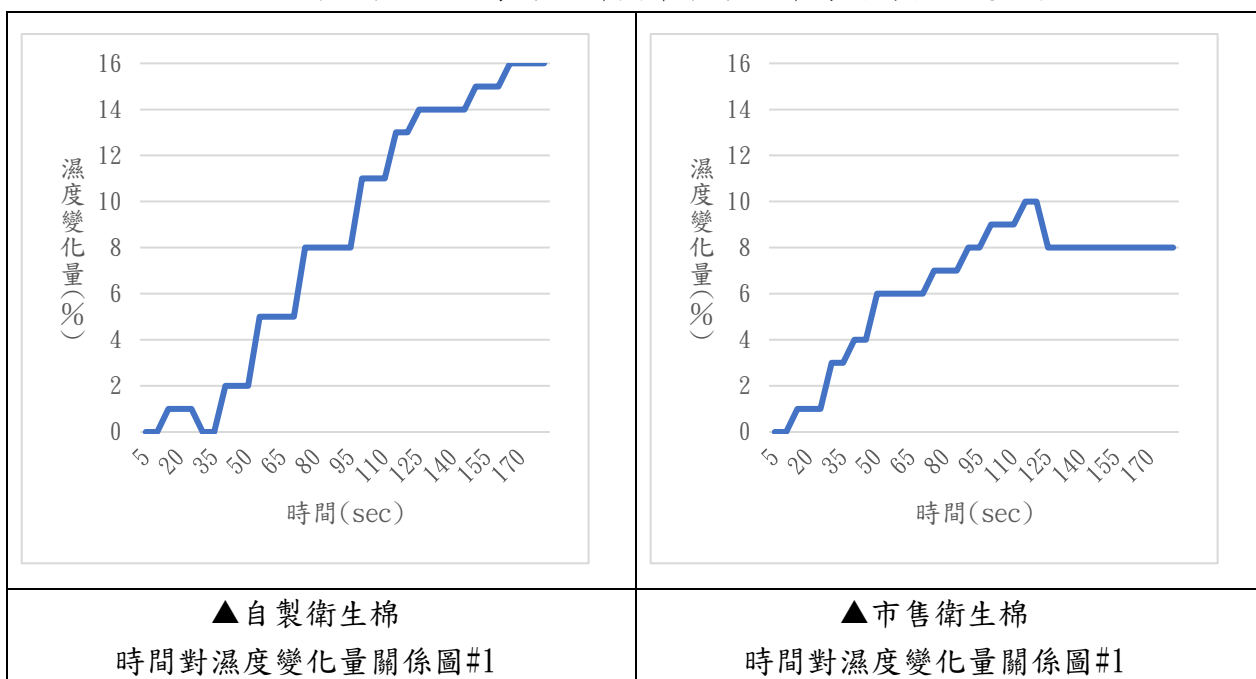
影片編號	2518		2523		2529	
秒數	濕度	濕度變化	濕度	濕度變化	濕度	濕度變化
5	59	0	65	0	51	0
10	59	0	65	0	51	0
15	60	1	66	1	52	1
20	60	1	66	1	52	1
25	60	1	68	3	54	3
30	59	0	68	3	54	3
35	59	0	68	3	55	4
40	61	2	68	3	55	4
45	61	2	68	3	55	4
50	61	2	68	3	57	6
55	64	5	69	4	57	6
60	64	5	69	4	59	8
65	64	5	71	6	59	8
70	64	5	71	6	61	10
75	67	8	71	6	61	10
80	67	8	73	8	63	12
85	67	8	73	8	63	12
90	67	8	72	7	62	11
95	67	8	72	7	62	11
100	70	11	72	7	63	12
105	70	11	73	8	63	12
110	70	11	73	8	63	12
115	72	13	74	9	64	13
120	72	13	74	9	64	13
125	73	14	74	9	65	14
130	73	14	75	10	65	14
135	73	14	75	10	66	15
140	73	14	75	10	66	15
145	73	14	74	9	65	14
150	74	15	74	9	65	14
155	74	15	75	10	65	14
160	74	15	75	10	65	14
165	75	16	75	10	65	14
170	75	16	75	10	66	15
175	75	16	75	10	66	15
180	75	16	76	11	66	15

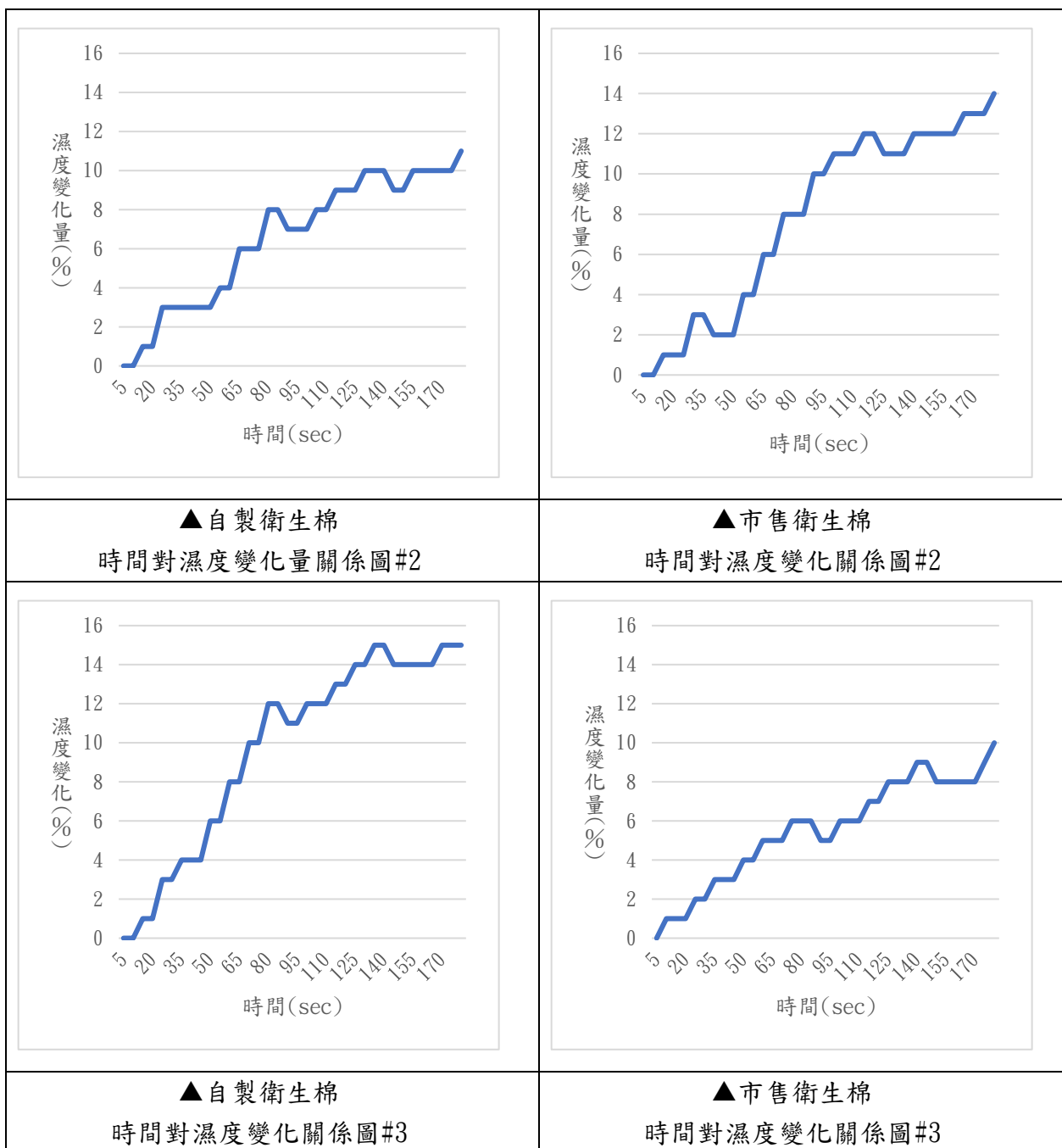
影片編號	2511		2516		2522	
秒數	濕度	濕度變化	濕度	濕度變化	濕度	濕度變化
5	52	0	55	0	68	0
10	52	0	55	0	69	1
15	53	1	56	1	69	1
20	53	1	56	1	69	1
25	53	1	56	1	70	2
30	55	3	58	3	70	2
35	55	3	58	3	71	3
40	56	4	57	2	71	3
45	56	4	57	2	71	3
50	58	6	57	2	72	4
55	58	6	59	4	72	4
60	58	6	59	4	73	5
65	58	6	61	6	73	5
70	58	6	61	6	73	5
75	59	7	63	8	74	6
80	59	7	63	8	74	6
85	59	7	63	8	74	6
90	60	8	65	10	73	5
95	60	8	65	10	73	5
100	61	9	66	11	74	6
105	61	9	66	11	74	6
110	61	9	66	11	74	6
115	62	10	67	12	75	7
120	62	10	67	12	75	7
125	60	8	66	11	76	8
130	60	8	66	11	76	8
135	60	8	66	11	76	8
140	60	8	67	12	77	9
145	60	8	67	12	77	9
150	60	8	67	12	76	8
155	60	8	67	12	76	8
160	60	8	67	12	76	8
165	60	8	68	13	76	8
170	60	8	68	13	76	8
175	60	8	68	13	77	9
180	60	8	69	14	78	10

▲自製衛生棉時間對濕度變化量

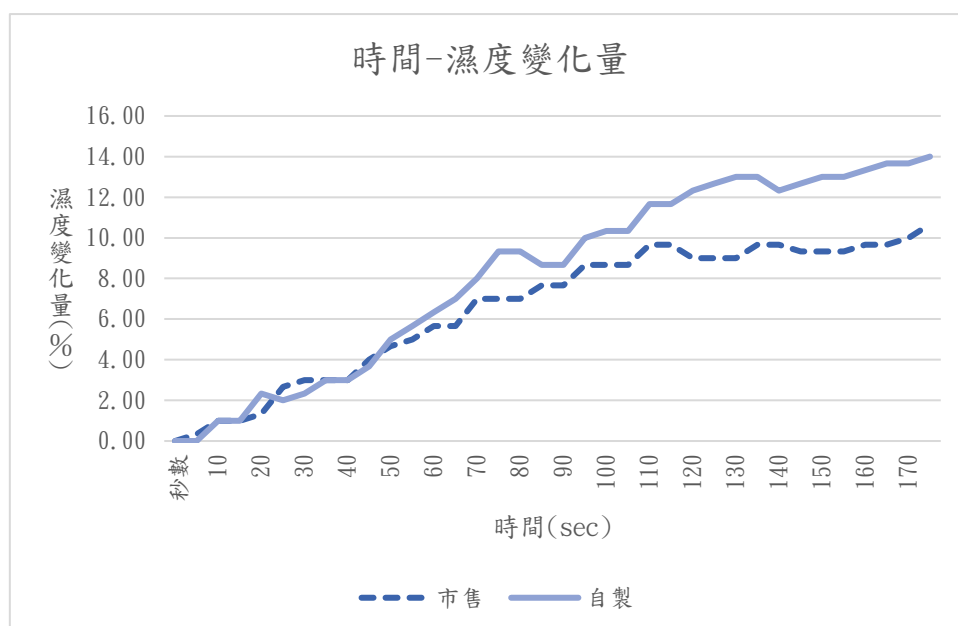
▲市售衛生棉時間對濕度變化量

▲組圖二十四：自製衛生棉與市售衛生棉時間對濕度變化量





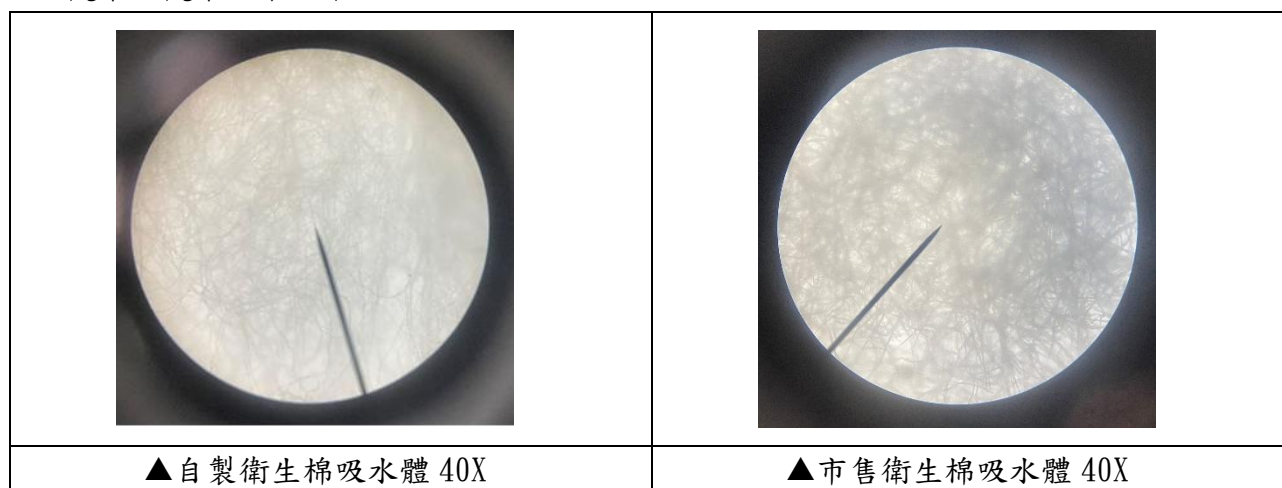
▲組圖二十五：各組衛生棉時間對濕度變化關係圖



▲組圖二十六：自製衛生棉與市售衛生棉時間對濕度變化量關係圖

由上圖可知，自製衛生棉與市售衛生棉的濕度變化量皆會因時間的增加而提升，兩者在水蒸氣的流通測試中皆達到一定程度的透氣性。然而，隨著時間的拉長，可看出自製衛生棉的濕度變化仍明顯略高於市售衛生棉，可知自製衛生棉無論是在空氣或水蒸氣的流通性上皆表現出較市售衛生棉更好的透氣度。

另外，為了解透氣度與吸水體之間的關係，我們將吸水體放置於複式顯微鏡下以 $4X \times 10X$ 觀察。觀察結果如下：



▲組圖二十七：自製衛生棉與市售衛生棉吸水體於複式顯微鏡下圖

結果討論：

由上圖可知，自製衛生棉的棉花纖維明顯較市售衛生棉纖維細、自製衛生棉的棉花纖維間孔隙較市售衛生棉的纖維孔隙稀疏。自製衛生棉無論是在空氣或水蒸氣的流通性上皆表現出較市售衛生棉更好的透氣度，推測其中緣由，應與吸水體的纖維粗細和孔隙疏密具有一定的相關性。

伍、結論

- 一、以橫切面而言，市售衛生棉的吸水材質主要分佈於第一、二層；以水平面而言，中間段的吸水材質會在倒入 15ml 的水後明顯擴散置前段與後段。
- 二、在自製衛生棉的各項實驗測試後，發現各項吸水材質中，以脫脂棉的吸水性最佳；防水材質之中，以 100ml，2%海藻酸鈉水溶液+100ml，5%乳酸鈣水溶液反應 10 分鐘，並使用乾果機以 40 度烘乾製作過程最為簡便、成功率相對最高且防水效果最佳。
- 三、在吸水材質與防水材質的各種排列組合實驗中，以紗布為親膚層，以紗布包裹脫脂棉為吸水體，以海藻酸鈉薄膜為防水層，如此排列而成的自製衛生棉組合，無論親膚性、吸水性與防水性皆為最高。
- 四、在自製衛生棉與市售衛生棉的分解性比較裡，自製衛生棉的防水薄膜可於兩周完全分解，市售衛生棉的防水層則於兩周後無明顯改變。
- 五、在自製衛生棉與市售衛生棉的透氣性比較裡，無論是空氣或水蒸氣的流通性，自製衛生棉皆略勝市售衛生棉一籌。究其原因，推測應與吸水體的纖維粗細和孔隙疏密具有一定的相關性。

陸、未來展望

- 一、市售衛生棉在長期的研發過程中，已在其吸水體中置入高分子吸水體：聚丙烯酸鈉，以大幅提高衛生棉吸水量。而自製衛生棉中，雖然脫脂棉吸水性亦相當高，但與市售衛生棉比較後仍略遜一籌。因此期待後續能再繼續研討較脫脂棉吸水性強的環保吸水體。
- 二、市售衛生棉的組成大略為親膚層、吸水層、防水層、防漏側邊及背膠。而問卷調查裡衛生棉使用的常見問題中，以透氣性、側漏及背膠黏性問題為女性最在意的前三名。然而，自製衛生棉的透氣性雖已略勝市售衛生棉，側漏及背膠黏性問題卻還未解決，後續將繼續研究背膠材質及防側漏的方式。
- 三、市售衛生棉以良好的技術將各部位組合為一完整體。然而，本研究目前因技術缺乏而無法將自製衛生棉親膚層、吸水體與防水層等各部分組合成一完整體。後續將繼續尋找自製衛生棉的組合方式，使自製衛生棉推進於更完整。

柒、參考資料

一、歷屆科展作品

- 【01】林鈺純（2018）Ooho!「內」個「膜」法—凝膠薄膜性質之探討。中華民國第 58 屆中小學科學展覽會，高級中等學校組化學科。國立科學教育館。
取自：<https://www.ntsec.edu.tw/article/FileAtt.ashx?id=11830>
- 【02】廖唯竹、高珮綺、蔡凌宇（2022）生質環保「袋」著走，中華民國第 62 屆中小學科學展覽會，國中組生活應用科學（二）科。國立科學教育館。
取自：<https://www.ntsec.edu.tw/article/FileAtt.ashx?id=15447>
- 【03】倪毓均、邱筱歲、邱榆尹（2011）芒草・變裝・show！—芒草纖維作為造紙新原料的可行性研究。中華民國第 52 屆中小學科學展覽會，國中組生活應用科學科。國立科學教育館
取自：<https://www.ntsec.edu.tw/article/FileAtt.ashx?id=8027>

二、美國科學期刊

- 【04】Md. Arefin Kowser, Hanif Mahmud, Mohammad Asaduzzaman Chowdhury, Nayem Hossain, Juhi Jannat Mim, Safiul Islam (March 2025)《Fabrication and characterization of corn starch based bioplastic for packaging applications》（譯：應用於包裝領域的玉米澱粉基生物塑料之製備與特性分析）
取自：<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2590048X2500007X>
- 【05】Srikavi Anbalagan, Mekala Mani (2024)《Design and characterization of eco-friendly feminine hygiene sanitary napkins from Pineapple Leaf fiber (PALF) for a sustainable environment》（譯：設計與特性分析：以鳳梨葉纖維（PALF）製成的環保女性衛生棉，推動可持續發展環境）
取自：<https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0926669024010082>