

# 中華民國第 58 屆中小學科學展覽會

## 作品說明書

---

國小組 生活與應用科學(二)科

第三名

082930

渾身解塑-以回收紙漿和洋菜製作可分解垃圾袋

學校名稱：臺中市潭子區頭家國民小學

|        |       |
|--------|-------|
| 作者：    | 指導老師： |
| 小五 黃翊瑄 | 施政宏   |
| 小五 張至騫 | 李金生   |
| 小五 藍以丞 |       |
| 小五 洪御翔 |       |
| 小五 陳亦敬 |       |
| 小五 楊博翰 |       |

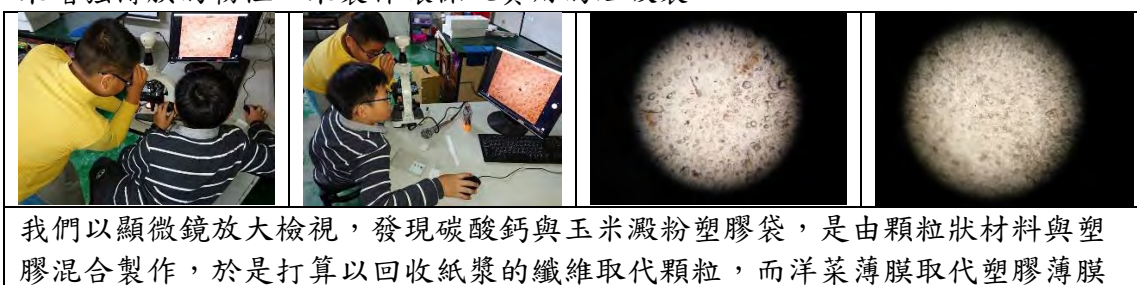
關鍵詞：紙漿、洋菜、可分解薄膜

## 摘要

在台灣，關於海龜和鯨豚被塑膠垃圾傷害的新聞不少，減少使用塑膠製品，或製成無塑垃圾袋，是當務之急。本研究探討利用紙漿和洋菜，製作可分解垃圾袋，與市售的垃圾袋比較，**土壤分解**實驗中，自製垃圾袋在 71 天內，在土壤中完全分解，而市售垃圾袋無法在土壤中分解。**燃燒**實驗中，自製垃圾袋燃燒時，聞起來的味道是燒金紙的味道，而碳酸鈣垃圾袋，燃燒時有塑膠的惡臭。**耐拉**實驗中，自製垃圾袋比市售的垃圾袋可以裝更重的垃圾，耐穿刺實驗中，自製垃圾袋不易被圖釘刺破。**耐磨**實驗中，自製的垃圾袋與市售的垃圾袋相比較不容易被磨破，平均摩擦 13 次才會破。**加桐油的透水**實驗中，自製的垃圾袋兩側均勻抹上桐油後，明顯改善垃圾袋容易滲水的缺點。

## 壹、研究動機

台灣人用「塑」成癮，這些有毒的塑膠垃圾，會在自然界中碎裂成塑膠微粒後，透過食物鏈對生物體造成影響。這些廢棄的塑膠，如果含氯，燃燒會產生戴奧辛，可能致癌、傷肝、傷腎或使雄性雌性化！（摘錄自環境學會），解決塑膠危機，已經是刻不容緩了。上自然課時，我們發現製作果凍的液體，滴在桌上時，會產生一層薄薄的膜，可是那一層膜非常的脆弱，因此我們想利用這層膜，加上打碎的紙漿，來增強薄膜的韌性，來製作環保又實用的垃圾袋。



我們以顯微鏡放大檢視，發現碳酸鈣與玉米澱粉塑膠袋，是由顆粒狀材料與塑膠混合製作，於是打算以回收紙漿的纖維取代顆粒，而洋菜薄膜取代塑膠薄膜

## 貳、研究目的

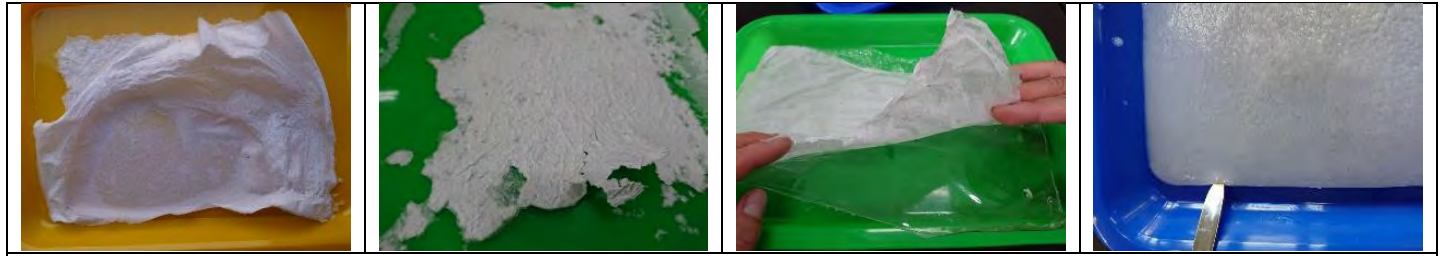
- 一. 拉力實驗：條狀薄膜需多少重量才會被拉斷。
- 二. 土壤分解實驗：薄膜掩埋於土壤中是否會分解。
- 三. 生物食用實驗：麵包蟲啃食薄膜的差異比較。
- 四. 蒸發實驗：探討塑膠瓶上蓋上試驗膜後，瓶內水量的蒸發實驗。
- 五. 延展實驗：薄膜承受 500 克砝碼後的延展長度。
- 六. 耐穿刺實驗：薄膜承受圖釘刺破透出的差異。
- 七. 耐摺實驗：薄膜經過反覆摺一萬次的差異。
- 八. 耐酸實驗：薄膜浸泡於酸性溶液中是否會分解。
- 九. 耐熱實驗：薄膜隔水加熱十分鐘後的差異比較。
- 十. 耐壓實驗：比較薄膜水平承重後的下陷程度。
- 十一. 耐候實驗：薄膜於風吹日曬環境中是否會分解。
- 十二. 透水實驗：薄膜封口的瓶子多少時間會透出水。
- 十三. 透氣實驗：薄膜孔隙讓水蒸氣透過的時間差異。
- 十四. 泡水實驗：測試薄膜泡水會不會分解。
- 十五. 燃燒實驗：觀察燃燒後煙的顏色與殘留物。
- 十六. 透光性實驗：探討各試驗膜的透光性。
- 十七. 耐磨實驗：探討試驗膜在粗糙的地面上，容不容易磨破。
- 十八. 加桐油的透水實驗：研究薄膜加桐油的透水狀況。

## 參、實驗流程圖





## ◆ 薄膜測試階段



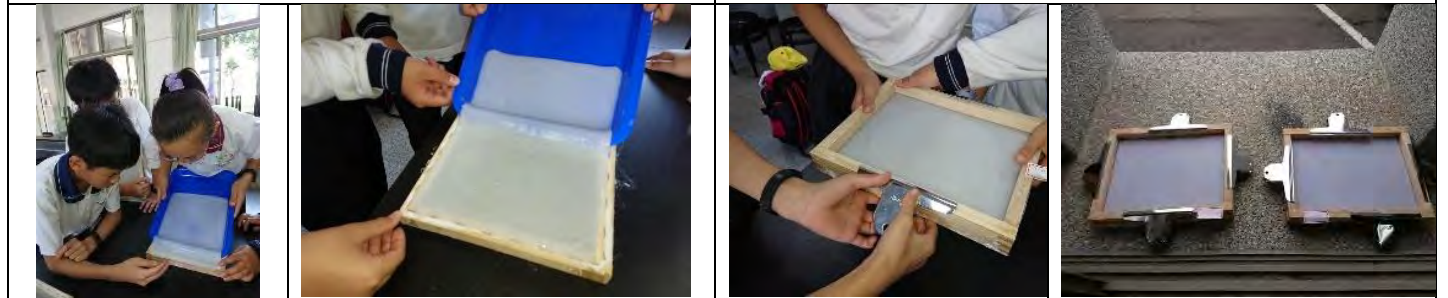
經過不斷地嘗試與測試，我們找出最佳配方來製成試驗用的自製薄膜，分別是洋菜粉 3g、回收紙漿 3g 和水 300ml，以及洋菜粉 3g、回收紙漿 4g 和水 300ml。以下所有實驗都是以這兩種配方與市售生物可分解塑膠袋(添加碳酸鈣、玉米澱粉)進行比較

## ◆ 薄膜製作流程



先將回收來的廢紙剪碎後，再以果汁機打成紙漿

加入洋菜粉 3g 後，以電磁爐將紙漿與洋菜粉的混合物加熱成糊狀



趁熱將紙漿與洋菜的混和物倒入淺盤中冷卻凝固，再將凝固後的薄膜半成品小心地移到絹網上準備曬乾

為了讓薄膜可以均勻並且不會發生皺摺現象，我們以兩層絹網夾住薄膜半成品，再放置於窗台上曬乾

## 肆、實驗器材

| 實驗名稱     | 實驗器材                                                                                 |
|----------|--------------------------------------------------------------------------------------|
| 耐拉性實驗    | 砝碼、L 型鐵桿、各式的膜 2cm*10cm、長尾夾、泡棉膠                                                       |
| 泡水性實驗    | 盒子、蓋子、量杯、鑷子、各式的膜 5cm*5cm                                                             |
| 耐壓性實驗    | 華司、紙、各式的膜（10cm*10cm）、高 10cm、直徑 5cm 的圓柱筒                                              |
| 耐酸實驗     | 水 500ml、廣用試紙、直徑 6cm、高度 4cm 的盒子、各式的膜 5cm*5cm，檸檬酸 60g                                  |
| 耐候實驗     | 衣架、各式的膜 2cm*10cm、泡棉膠、長尾夾、簽字筆                                                         |
| 耐熱實驗     | 電磁爐、水、玻璃燒杯、鐵鍋、攪拌棒、各式薄膜 5cm*5cm                                                       |
| 耐摺實驗     | 10*10 各式薄膜                                                                           |
| 透氣實驗     | 10cm*10cm 的膜、5cm*5cm 的氯化亞鈷試紙、高 10cm 直徑 5cm 的圓筒、碼錶、橡皮筋                                |
| 透水實驗     | 各式的膜 10cm*10cm、高 10cm、直徑 5cm 的圓柱筒、2g 紅色色素、衛生紙                                        |
| 延展實驗     | 鐵桿、膜 2cm*10cm、長尾夾、華司、砝碼、泡棉膠                                                          |
| 生物食用實驗   | 麵包蟲、直徑 6cm 高度 4cm 的盒子、木屑、各式的膜 2cm*2cm                                                |
| 土壤分解實驗   | 直徑 8.5cm、深度 6.5cm、底內徑 5.6cm 的花盆、培養土、泥土，各式的薄膜 5cm*5cm、A4 紙 5cm*5cm                    |
| 耐穿刺實驗    | 華司、美式圖釘、珍珠板、熱熔膠、有蓋子的圓筒、美工刀、各式的膜 10cm*10cm                                            |
| 燃燒實驗     | 各式的膜 5cm*5cm、鑷子、蠟燭、碼錶、需在四周無可燃物的場所                                                    |
| 薄膜顯微實驗   | 各式薄膜(無尺寸)、顯微鏡、照相機                                                                    |
| 透光實驗     | 5cm*5cm 樣品、紙杯底部(需割開)、照度計                                                             |
| 耐磨實驗     | 500g 砝碼、10cm*10cm 薄膜、高 10cm 直徑 5cm 圓柱筒、紙盒*2、700g 華斯、定滑輪、1000g 華斯、棉線、紙箱、砂紙、雙面膠、膠帶、橡皮筋 |
| 添加桐油透水實驗 | 各式的膜 10cm*10cm(加桐油)、高 10cm、直徑 5cm 的圓柱筒、2g 紅色色素、衛生紙                                   |

## 伍、課程參考圖

| 科目 | 學期  | 單元   | 單元名稱     | 相關實驗           |
|----|-----|------|----------|----------------|
| 自然 | 3 上 | 第二單元 | 生活中有趣的力  | 耐拉、耐壓、延展、耐穿刺實驗 |
| 自然 | 3 下 | 第三單元 | 動物的身體和運動 | 生物食用實驗         |
| 自然 | 3 下 | 第四單元 | 認識天氣     | 耐候實驗           |
| 自然 | 4 上 | 第三單元 | 光的世界     | 透光實驗           |
| 自然 | 4 下 | 第二單元 | 水的移動     | 透水、透氣實驗、蒸發實驗   |
| 自然 | 4 下 | 第三單元 | 昆蟲世界     | 生物食用實驗         |
| 自然 | 5 上 | 第二單元 | 植物世界     | 土壤分解實驗         |
| 自然 | 5 上 | 第三單元 | 空氣與燃燒    | 燃燒實驗           |
| 自然 | 5 下 | 第二單元 | 動物的生活    | 生物食用實驗         |
| 自然 | 5 下 | 第三單元 | 水溶液的性質   | 耐酸、泡水實驗        |
| 自然 | 6 上 | 第二單元 | 生活中有趣的力  | 拉力、耐壓、延展、耐穿刺實驗 |
| 自然 | 6 上 | 第一單元 | 天氣的變化    | 耐候實驗           |
| 自然 | 6 上 | 第二單元 | 熱和我們的生活  | 耐熱實驗           |

## 陸、實驗方法與結果

### 一、不同材質拉力測試實驗

(一)實驗目的：測試不同試驗膜的耐拉力大小。

(二)實驗材料：L 型鐵桿、鐵桿固定器、簽字筆、砝碼、長尾夾、尺、各式試驗膜。

(三)實驗步驟：

1. 將實驗用的試驗膜，用美工刀與切割墊，切成 10cm\*2cm 的長方條。
2. 利用鐵桿固定器與鐵桿製作測試支架組。
3. 將 10cm\*2cm 的薄膜，上端畫出 3 公分，用長尾夾固定於支架上，下方則以 1cm\*2cm 的泡棉膠黏住兩端，再夾上一個長尾夾。
4. 利用長尾夾的兩個鉤環，將 10g、20g、500g 的砝碼分別掛上去，直到薄膜斷裂為止，記錄斷裂時砝碼的重量，每個實驗進行五個重複，然後取平均值。

(四)實驗紀錄表：(單位：克 g)

表 1 不同材質試驗膜拉力實驗表

| 處理<br>重複 | 碳酸鈣 | 玉米澱粉 | A4 紙 | 3*3*300 | 3*4*300 | 純紙漿 | 洋菜   |
|----------|-----|------|------|---------|---------|-----|------|
| 1        | 760 | 760  | 2170 | 2160    | 2260    | 440 | 2000 |
| 2        | 720 | 790  | 2220 | 2110    | 2330    | 380 | 2010 |
| 3        | 760 | 810  | 2460 | 2000    | 2100    | 450 | 1940 |
| 4        | 760 | 760  | 2090 | 2370    | 2200    | 420 | 1870 |
| 5        | 800 | 780  | 2140 | 2350    | 1920    | 520 | 2040 |
| 平均       | 760 | 786  | 2216 | 2198    | 2180    | 442 | 1972 |

碳酸鈣和玉米澱粉都不耐重，平均都是 760g 左右，A4 紙比我們想像中的還強韌，平均是 2216g，和 3\*3\*300 及 3\*4\*300 差不多，3\*3\*300 是 2198g，3\*4\*300 是 2180g，純紙漿最不耐重，平均是 442g，洋菜韌性也很強，平均是 1972g。

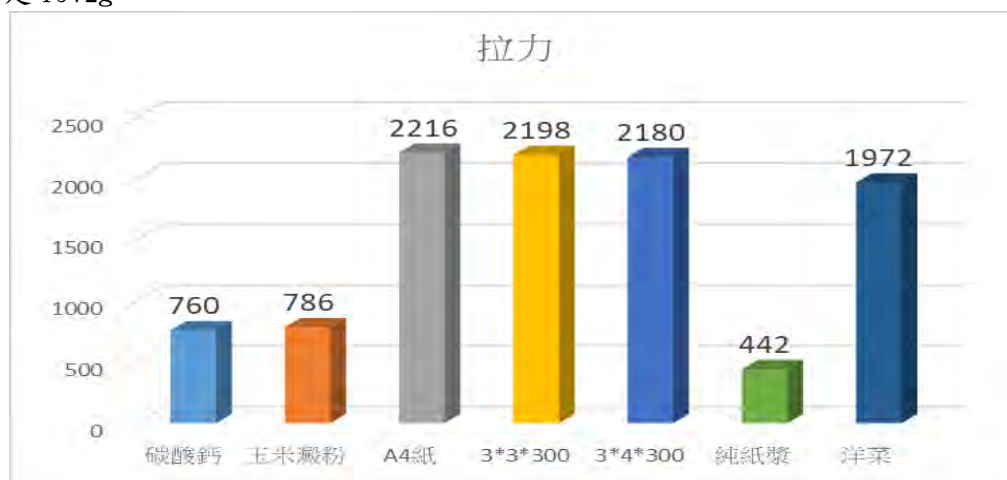


圖 1-1 試驗膜耐拉力實驗結果

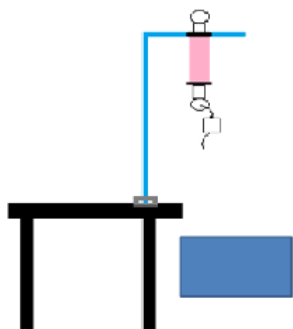
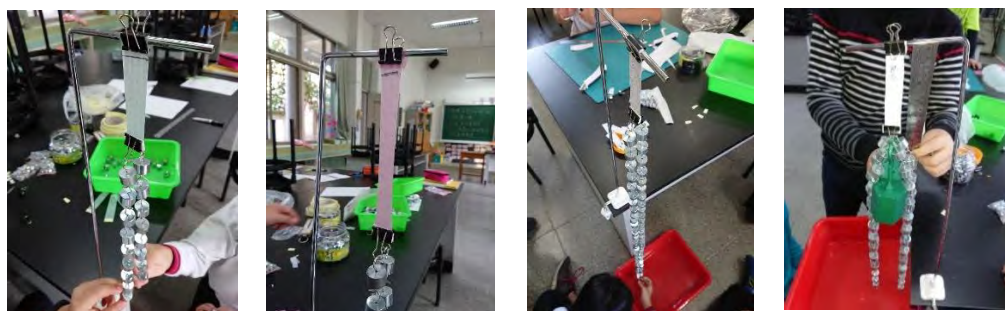


圖 1-2 試驗膜耐拉力實驗操作圖



將各式薄膜分別裁切成 2cm\*10cm 長條形，利用鐵架與長尾夾吊掛後，以 20 克砝碼逐一增加重量，若是可以承重超過 500 克以上，就換上大砝碼，繼續增加重量，直到薄膜斷裂為止，記錄最大的耐拉重量。



## 二、土壤分解實驗

(一)實驗目的：測試土壤中的微生物，是否可以將我們製作的薄膜分解。

(二)實驗材料：直徑 8.5cm、深度 6.5cm、底內徑 5.6cm 的塑膠花盆、培養土、泥土，各式的薄膜、A4 紙 5cm\*5cm。

(三)實驗步驟：

1. 將泥土與培養土以 1：1 的比例混合。
2. 取混合的土以量杯量取 60ml，再倒入花盆中，在土上放入 5cm\*5cm 的試驗膜。
3. 然後再將混合的土，以量杯量至九分滿，然後覆蓋於試驗膜上。
4. 放置窗台外，71 天後進行觀察後觀察。

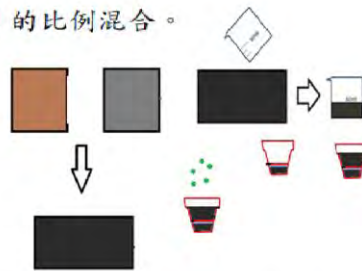
(四)實驗結果：

表 2：試驗膜土壤分解實驗表

| 處理<br>重複 | 碳酸鈣  | 玉米澱粉 | A4 紙 | 3*3*300 | 3*4*300 | 純紙漿  |
|----------|------|------|------|---------|---------|------|
| 1        | 沒有分解 | 沒有分解 | 完全分解 | 完全分解    | 完全分解    | 完全分解 |
| 2        | 沒有分解 | 沒有分解 | 完全分解 | 完全分解    | 完全分解    | 完全分解 |
| 3        | 沒有分解 | 沒有分解 | 完全分解 | 完全分解    | 完全分解    | 完全分解 |

添加碳酸鈣與玉米澱粉的垃圾袋沒有分解，自製的試驗膜、A4 紙與純紙漿，在 71 天內都完全分解了。

1. 將泥土與培養土以 1：1 的比例混合。



2. 取混合的土以量杯量取 60ml，再倒入花盆中，在土上放入 5cm\*5cm 的試驗膜。

3. 然後再將混合的土，以量杯量至九分滿，然後覆蓋於試驗膜上。

4. 放置窗台外，71 天後進行觀察後觀察。

圖 2 試驗膜土壤分解實驗操作圖

|                                                |                                            |                                                    |                            |
|------------------------------------------------|--------------------------------------------|----------------------------------------------------|----------------------------|
|                                                |                                            |                                                    |                            |
| 花盆底部先鋪上 2cm 的泥土，然後放上 5cm*5cm 大小的薄膜，每種樣品都製作三組重複 | 掩埋 71 天後，分別取出觀察，發現玉米澱粉與碳酸鈣塑膠袋的薄膜，都完好如初沒有分解 | A4 紙、純紙漿與 3-3-300 及 3-4-300 自製薄膜，都已經完全分解，無法找到任何殘留物 | 玉米澱粉與碳酸鈣塑膠袋的薄膜，三組重複樣品都完好如初 |

### 三、生物食用實驗

(一)實驗目的：麵包蟲啃食試驗膜的差異比較。

(二)實驗材料：麵包蟲、直徑 6cm，高度 4cm 的塑膠盒子、木屑、各式的膜 2cm\*2cm。

(三)實驗步驟：

1. 在直徑 6cm、深度 4cm 的塑膠盒內放入 2g 木屑。
2. 放入 2cm\*2cm 的試驗薄膜在盒內。
3. 再放入五隻大小差不多的麵包蟲在盒內。
4. 蓋上打洞後的蓋子，每週觀察記錄，36 天後結束實驗。

(四)實驗記錄：

表 3：試驗膜的生物食用實驗紀錄表(★代表沒有食用，純紙漿與洋菜在 12/22 補作)

| 處理<br>重複 |   | 碳酸鈣        | 玉米澱粉       | A4 紙 | 3*3*300    | 3*4*300 | 純紙漿   | 純洋菜   |
|----------|---|------------|------------|------|------------|---------|-------|-------|
| 12/12    | 1 | 2 個邊有缺口、咬痕 | 3 邊有咬痕     | ★    | 沒有咬痕       | 沒有咬痕    | ----  | ----  |
|          | 2 | 有缺口、咬痕     | 4 邊有咬痕     | ★    | 沒有咬痕       | 沒有咬痕    | ----  | ----  |
|          | 3 | 咬痕不明顯      | 2 邊有咬痕     | ★    | 沒有咬痕       | 沒有咬痕    | ----  | ----  |
|          | 4 | 有缺口、咬痕     | 4 邊有咬痕     | ★    | 沒有咬痕       | 沒有咬痕    | ----  | ----  |
|          | 5 | 有缺口、咬痕     | 有咬痕，不明顯    | ★    | 4 邊都有缺口、咬痕 | 沒有咬痕    | ----  | ----  |
| 12/13    | 1 | 咬痕清楚       | 有咬痕，不明顯    | ★    | ★          | 咬痕不明顯   | ----  | ----  |
|          | 2 | 多處有咬痕      | 有咬痕，明顯     | ★    | ★          | 咬痕不明顯   | ----  | ----  |
|          | 3 | 咬痕不明顯      | 有咬痕，不明顯    | ★    | ★          | 角落有咬痕   | ----  | ----  |
|          | 4 | 咬痕不明顯      | 有咬痕，不明顯    | ★    | ★          | 一點點咬痕   | ----  | ----  |
|          | 5 | 咬痕不明顯      | 有咬痕，不明顯    | ★    | ★          | 咬痕不明顯   | ----  | ----  |
| 12/15    | 1 | 有明顯咬痕      | 有咬痕，邊緣呈鋸齒狀 | ★    | 沒有咬痕       | 沒有咬痕    | ----  | ----  |
|          | 2 | 有缺口、咬痕     | 有咬痕，非常多    | ★    | 有咬痕，邊緣呈鋸齒狀 | 邊緣有小缺口  | ----  | ----  |
|          | 3 | ★          | 有咬痕，非常多    | ★    | 沒有咬痕       | 邊緣呈鋸齒狀  | ----  | ----  |
|          | 4 | 邊緣呈鋸齒狀     | 有咬痕，明顯     | ★    | 有咬痕，邊緣有缺口  | 邊緣有小缺口  | ----  | ----  |
|          | 5 | 有明顯咬痕      | 有咬痕，不明顯    | ★    | 有咬痕，邊緣呈鋸齒狀 | 沒有咬痕    | ----  | ----  |
| 01/10    | 1 | 有一半被吃      | 邊邊有鋸齒咬痕    | ★    | 邊邊有鋸齒咬痕    | 有咬痕     | 有一點咬痕 | 有一點咬痕 |
|          | 2 | 邊邊有鋸齒咬痕    | 剩下很少       | ★    | 邊邊有鋸齒咬痕    | 有二個缺角   | ★     | 無咬痕   |
|          | 3 | 邊邊有鋸齒咬痕    | 快被吃完了      | ★    | 邊邊有鋸齒咬痕    | 邊邊有鋸齒咬痕 | ★     | 有一點咬痕 |
|          | 4 | 約有三分之一被吃了  | 邊邊都被吃完了    | ★    | 邊邊有鋸齒咬痕    | 邊邊有鋸齒咬痕 | ★     | ★     |



|       |   |          |         |   |         |         |       |       |
|-------|---|----------|---------|---|---------|---------|-------|-------|
|       | 5 | 邊邊有鋸齒咬痕  | 有咬痕     | ★ | 有三邊有缺口  | 有一點咬痕   | ★     | ★     |
| 01/17 | 1 | 快被吃完了    | 邊邊有鋸齒咬痕 | ★ | 邊邊有鋸齒咬痕 | 很多被吃了   | 有一點咬痕 | 有一點咬痕 |
|       | 2 | 邊邊有鋸齒咬痕  | 快被吃完了   | ★ | 邊邊有鋸齒咬痕 | 有四個缺口   | ★     | 有一點咬痕 |
|       | 3 | 邊邊有明顯咬痕  | 快被吃完了   | ★ | 邊邊有鋸齒咬痕 | 邊邊有鋸齒咬痕 | ★     | 有一點咬痕 |
|       | 4 | 邊邊有鋸齒咬痕  | 邊邊都被吃完了 | ★ | 邊緣被吃    | 邊邊有鋸齒咬痕 | ★     | ★     |
|       | 5 | 約有九分之四被吃 | 有很多缺口   | ★ | 有大缺口    | 邊邊有鋸齒咬痕 | ★     | ★     |

發現麵包蟲不太喜歡吃市售的 A4 紙，而添加碳酸鈣和玉米澱粉較容易被吃，而我們做的 3\*3\*300、3\*4\*300、純洋也有被吃，純紙漿不容易被吃。

1. 在直徑 6cm、深度 4cm 的塑膠盒內放入 2g 木屑。
2. 放入 2cm\*2cm 的試驗薄膜在盒內。
3. 再放入五隻大小差不多的麵包蟲在盒內。
4. 蓋上打洞後的蓋子，每週觀察記錄，36 天後結束實驗。

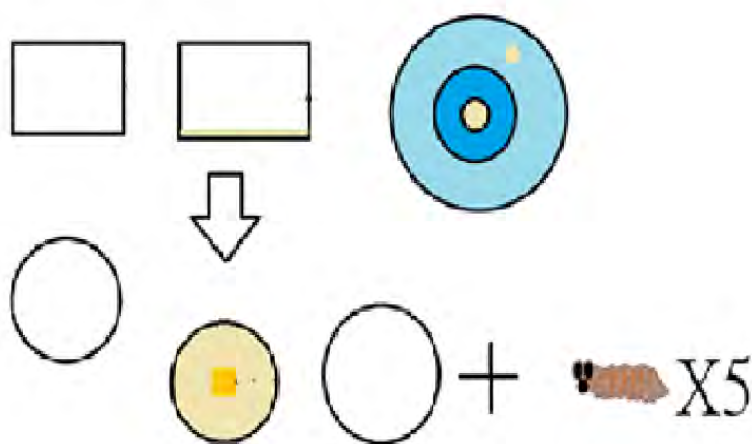


圖 3：試驗膜生物食用實驗操作圖

|                                      |                 |  |                |
|--------------------------------------|-----------------|--|----------------|
|                                      |                 |  |                |
| 以麵包蟲各五隻，放入薄膜 2cm*2cm 乙片，各式樣品分別進行五組重複 | 碳酸鈣與玉米塑膠袋都有明顯咬痕 |  | 市售 A4 紙張完全沒有咬痕 |
|                                      |                 |  |                |
| 我們自製的回收紙漿與洋菜混合薄膜，都沒有明顯咬痕，只有少數幾處試咬的缺口 |                 |  |                |

#### 四、蒸發實驗

(一)實驗目的：探討塑膠瓶上，蓋上各式試驗膜後，瓶內水的蒸發實驗。

(二)實驗材料：10\*10cm 的試驗膜樣品、50ml 的水、圓柱筒、橡皮筋。

(三)實驗步驟：

1. 將試驗薄膜切成 10cm\*10cm 大小，蓋在塑膠圓柱筒上，筒內裝有 50ml 的水，再用橡皮筋將試驗膜固定在圓筒上

2. 27 天後觀察，記錄不同試驗薄膜覆蓋的杯子裡，蒸發的水量。

(四)、實驗結果：(單位：ml)

| 日期<br>重複 | 碳酸鈣 | 玉米澱粉 | A4 紙 | 3*3*300 | 3*4*300 | 純紙漿  | 洋菜   |
|----------|-----|------|------|---------|---------|------|------|
| 1        | 3   | 2    | 6    | 7       | 8       | 22   | 18   |
| 2        | 2   | 2    | 6    | 7       | 8       | 22   | 18   |
| 3        | 2   | 2    | 8    | 6       | 8       | 20   | 20   |
| 平均       | 2.3 | 1.7  | 6.7  | 6.6     | 8       | 21.3 | 18.7 |

我們發現純紙漿和洋菜的蒸發速度最快，蒸發的水最多，然後 A4 紙、3\*3\*300、3\*4\*300 數據都差不多，而玉米澱粉和碳酸鈣垃圾袋，蒸發速度最慢，蒸發的水量最少。

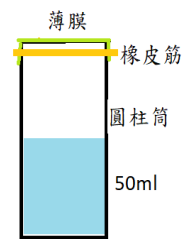
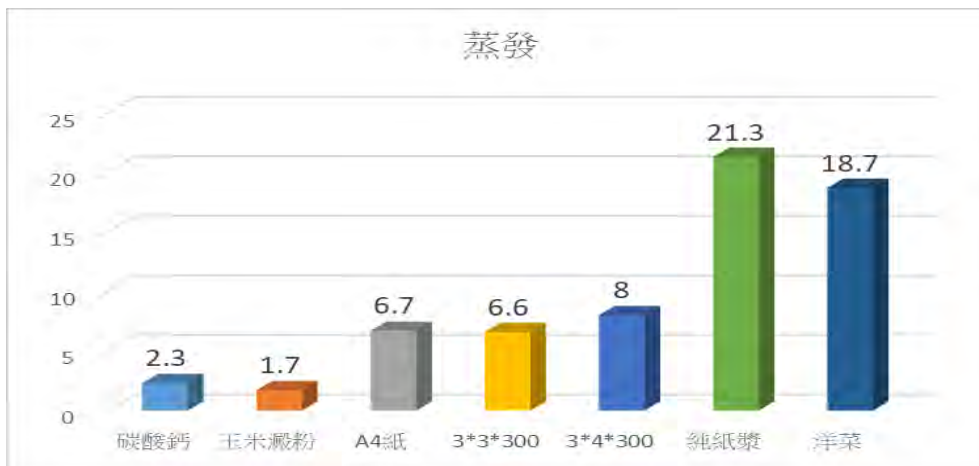


圖 4-1 不同試驗膜進行蒸發實驗結果

圖 4-2 不同試驗膜進行蒸發實驗操作圖



薄膜以 10cm\*10cm 大小，蓋在塑膠圓柱筒上，筒內裝有 50ml 的水，再用橡皮筋固定在圓筒上

觀察 27 天後，記錄不同試驗薄膜覆蓋的杯子裡，蒸發的水量差異

## 五、延展性實驗

(一)實驗目的：了解試驗膜樣品承受 500 克砝碼後，試驗膜的伸長量。

(二)實驗材料：鐵桿、膜 2cm\*10cm、長尾夾、華司、砝碼、泡棉膠。

(三)實驗步驟：

1. 將試驗膜裁成 2cm\*10cm 的樣品，從上端往下 3cm 處畫線，在 L 型鐵架上用長尾夾夾上樣品(對摺至黑線)。
2. 在樣品下端黏上 2cm\*1cm 泡棉膠並夾上長尾夾，在長尾夾下端掛上 490g 華司和 10g 的砝碼。
3. 觀察試驗膜伸長幾公分。

(四)實驗結果：

表 5：試驗膜延展性實驗紀錄表(單位：cm)

| 處理<br>重複 | 碳酸鈣 |     | 玉米澱粉 |      | A4 紙 |     | 3*3*300 |     | 3*4*300 |     | 純紙漿 |    | 洋菜   |     |
|----------|-----|-----|------|------|------|-----|---------|-----|---------|-----|-----|----|------|-----|
|          | 原長  | 總長  | 原長   | 總長   | 原長   | 總長  | 原長      | 總長  | 原長      | 總長  | 原長  | 總長 | 原長   | 總長  |
| 1        | 6.5 | 7.9 | 6.5  | 12   | 6.5  | 6.5 | 6.5     | 7.0 | 6.5     | 7.3 | 6.5 | 斷裂 | 6.5  | 7.4 |
| 2        | 6.5 | 8.5 | 6.5  | 11.7 | 6.5  | 6.5 | 6.5     | 7.6 | 6.5     | 7.2 | 6.5 | 斷裂 | 6.5  | 7.3 |
| 3        | 6.5 | 8.0 | 6.5  | 12.4 | 6.5  | 6.5 | 6.5     | 7.4 | 6.5     | 7.1 | 6.5 | 斷裂 | 6.5  | 7.6 |
| 平均伸長     | 1.6 |     | 5.53 |      | 0    |     | 0.8     |     | 0.7     |     | 0   |    | 0.93 |     |

我們發現玉米澱粉的延展性最佳，平均伸長量是 5.53cm，碳酸鈣的平均伸長量是 1.6cm，純紙漿直接斷裂，3\*3\*300 和 3\*4\*300 的伸長量接近，分別是 0.8 及 0.7 公分，洋菜的伸長量是 0.93cm。

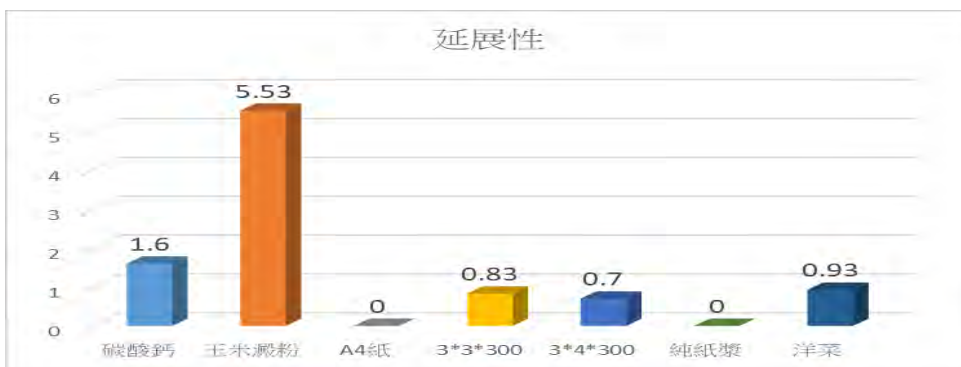


圖 5-1 試驗膜延展性結果

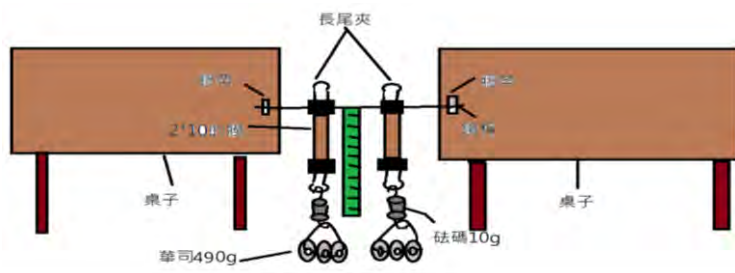
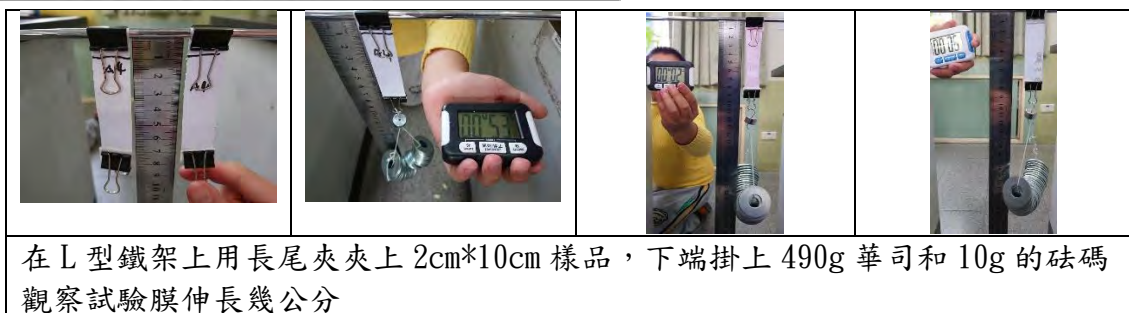


圖 5-2 試驗膜延展性實驗操作圖





## 六、耐穿刺實驗

(一)實驗目的：探討試驗膜在承受多少片華司的重量後，會被刺破。

(二)實驗材料：五種試驗膜、直徑 9cm 塑膠圓型蓋子、塑膠圓筒(塑膠圓型蓋子能蓋上去)、10cm\*10cm 的塑膠瓦楞板、尺、簽字筆、華司、美式圖釘

(三)實驗步驟：

1. 在塑膠圓型蓋子上，割出直徑 6cm 的圓形蓋子，然後找出瓦楞板的中心點，並畫出 4cm\*4cm 的正方形。
2. 在 4cm\*4cm 正方形的 4 個頂點上，插上美式圖釘，並用熱熔膠固定。
3. 把要實驗的樣品(膜)切成 10\*10 公分，將試驗膜平整的放在圓筒上，並用塑膠蓋子蓋上。
4. 把瓦楞板對準蓋子後放在上方，4 根圖釘中間放上華司，待 4 根圖釘完全插進試驗後，計數放了幾片華司。

(四)實驗結果：

表 6：試驗膜的耐穿刺實驗結果(單位：1 個華司，每個華司重量約 18 克)

| 處理<br>重複 | 碳酸鈣 | 玉米澱粉 | A4 紙 | 3*3*300 | 3*4*300 | 純紙漿  | 洋菜   |
|----------|-----|------|------|---------|---------|------|------|
| 1        | 9   | 8    | 45   | 45      | 44      | 11   | 17   |
| 2        | 9   | 7    | 44   | 44      | 45      | 14   | 17   |
| 3        | 8   | 8    | 46   | 43      | 46      | 15   | 20   |
| 4        | 9   | 7    | 44   | 47      | 56      | 11   | 21   |
| 5        | 9   | 9    | 43   | 41      | 48      | 13   | 17   |
| 平均值      | 8.8 | 7.8  | 44.4 | 44      | 47.8    | 12.8 | 18.4 |

發現 3\*4\*300 的耐重是最高的，平均是 47.8 片，3\*3\*300 和 A4 紙的平均值相近，碳酸鈣和玉米澱粉垃圾袋分別是 8.8 片和 7.8 片，而純紙漿的平均值是 12.8 片，洋菜則是 12.4 片。

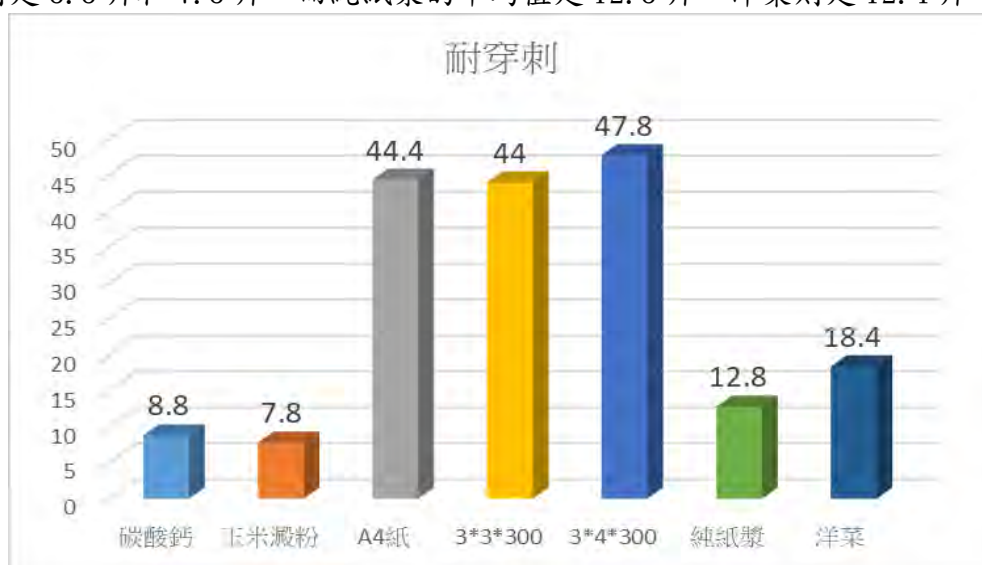
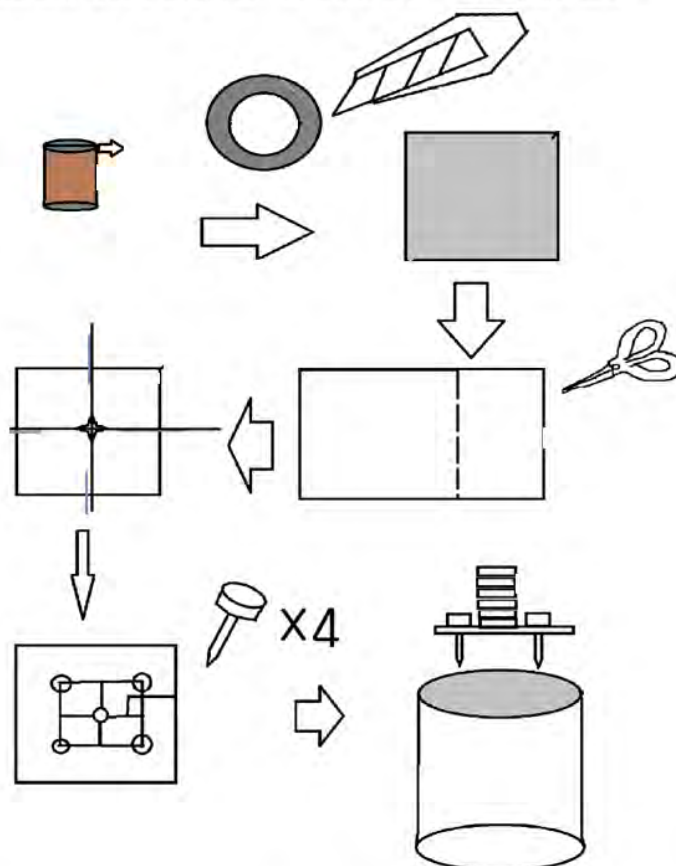


圖 6-1 試驗膜耐穿刺實驗結果

1. 在塑膠圓型蓋子上，割出直徑 6cm 的圓形蓋子，然後找出瓦楞板的中心點，並畫出 4cm\*4cm 的正方形。
2. 在 4cm\*4cm 正方形的 4 個頂點上，插上美式圖釘，並用熱熔膠固定。



3. 把要實驗的樣品(膜)切成 10\*10 公分，將試驗膜平整的放在圓筒上，並用塑膠蓋子蓋上。
4. 把瓦楞板對準蓋子後放在上方，4 根圖釘中間放上華司，待 4 根圖釘完全插進試驗後，計數放了幾片華司。

圖 6-2 試驗膜的耐穿刺實驗操作圖

|                                                 |                                      |                                           |                                             |
|-------------------------------------------------|--------------------------------------|-------------------------------------------|---------------------------------------------|
|                                                 |                                      |                                           |                                             |
| 在塑膠圓型蓋子上割直徑 6cm 的圓形蓋子，找出瓦楞板的中心，並畫出 4cm*4cm 的正方形 | 在 4cm*4cm 正方形的 4 個頂點上，插上美式圖釘，並用熱熔膠固定 | 實驗的樣品(膜)切成 10*10 公分，將試驗膜平整的放在圓筒上，並用塑膠蓋子蓋上 | 瓦楞板對準放上，在 4 根圖釘中間放上華司，4 根圖釘插進試驗膜裡後，計數放了幾片華司 |

## 七、耐摺實驗

(一)實驗目的：探討試驗膜經反覆摺壓後的結果

(二)實驗材料：10cm\*10cm 各式試驗膜

(三)實驗步驟：

準備 10cm\*10cm 大小的試驗膜，然後進行對摺，對摺一次算一下，記錄摺了幾下之後試驗膜裂開。(摺到 10000 以上就不再摺了)

(四)實驗記錄表

表 7：試驗膜的耐摺實驗結果(★：代表摺超過 10000 次)

| 處理<br>重複 | 碳酸鈣 | 玉米澱粉 | A4 紙   | 3*3*300 | 3*4*300 | 純紙漿   | 洋菜 |
|----------|-----|------|--------|---------|---------|-------|----|
| 1        | ★   | ★    | 1247 次 | ★       | ★       | 641 次 | ★  |
| 2        | ★   | ★    | 1353 次 | ★       | ★       | 722 次 | ★  |
| 3        | ★   | ★    | 1503 次 | ★       | ★       | 620 次 | ★  |
| 平均       | ★   | ★    | 1367 次 | ★       | ★       | 661 次 | ★  |

發現純紙漿非常不耐摺，平均只有 661 次，而 A4 紙也不耐摺，平均也只有 1367 次，碳酸鈣、玉米澱粉垃圾袋、3\*3\*300、3\*4\*300 和純洋菜都非常耐摺，都超過 10000 下。

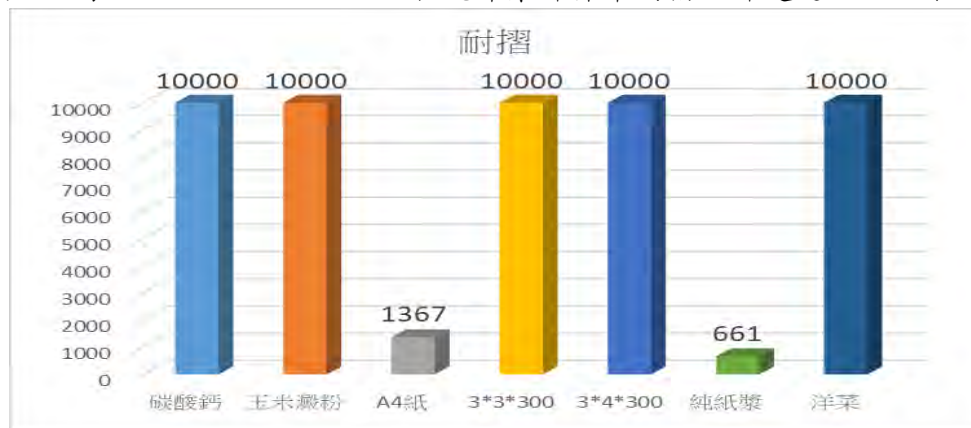
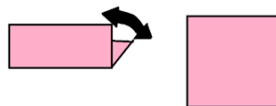


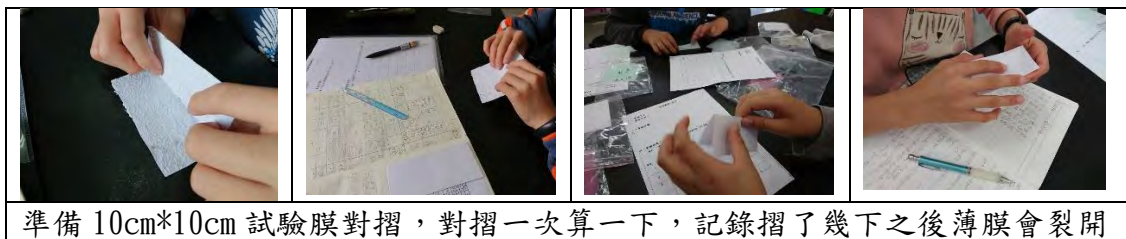
圖 7-1 試驗膜的耐摺實驗

耐摺實驗



準備 10cm\*10cm 大小的試驗膜，然後進行對摺，對摺一次算一下，紀錄摺了

圖 7-2 試驗膜的耐摺實驗操作圖



準備 10cm\*10cm 試驗膜對摺，對摺一次算一下，記錄摺了幾下之後薄膜會裂開



## 八、耐酸實驗

(一)實驗目的：探討將試驗膜浸泡於酸性水溶液中，是否會分解。

(二)實驗材料：水 500ml、直徑 6cm、高 4cm 的盒子、試驗膜 5cm\*5cm，檸檬酸 100g、廣用試紙、鑷子、塑膠盒蓋子、塑膠盒。

(三)實驗步驟：

1. 將 100g 的檸檬酸溶解在 500ml 的水中，並用廣用試紙測試，測得 pH 值是 3。
2. 將 70ml 檸檬酸水溶液倒在塑膠盒內，用鑷子將 5cm\*5cm 樣品壓入水中後，再蓋上塑膠蓋子。
3. 24 天後觀察並紀錄實驗結果。

(四)實驗結果：

表 8：試驗膜的耐酸實驗紀錄表

| 重複處理  |   | 碳酸鈣 | 玉米澱粉 | A4 紙 | 3*3*300 | 3*4*300 | 純紙漿 | 洋菜  |
|-------|---|-----|------|------|---------|---------|-----|-----|
| 12/28 | 1 | 無變化 | 無變化  | 無變化  | 已爛掉     | 已軟化     | 已爛掉 | 已軟化 |
|       | 2 | 無變化 | 無變化  | 無變化  | 已爛掉     | 已軟化     | 已爛掉 | 已軟化 |
|       | 3 | 無變化 | 無變化  | 無變化  | 已軟化     | 已軟化     | 已軟化 | 已軟化 |
| 1/3   | 1 | 無變化 | 無變化  | 無變化  | 已軟化     | 已軟化     | 已爛掉 | 已軟化 |
|       | 2 | 無變化 | 無變化  | 無變化  | 已軟化     | 已軟化     | 已爛掉 | 已軟化 |
|       | 3 | 無變化 | 無變化  | 無變化  | 已軟化     | 已軟化     | 已爛掉 | 已軟化 |
| 1/10  | 1 | 無變化 | 無變化  | 已軟化  | 已爛掉     | 已軟化     | 已爛掉 | 已軟化 |
|       | 2 | 無變化 | 無變化  | 已軟化  | 已爛掉     | 已軟化     | 已爛掉 | 已軟化 |
|       | 3 | 無變化 | 無變化  | 已軟化  | 已軟化     | 已軟化     | 已爛掉 | 已軟化 |
| 1/12  | 1 | 無變化 | 無變化  | 已軟化  | 已爛掉     | 已軟化     | 已爛掉 | 已軟化 |
|       | 2 | 無變化 | 無變化  | 已軟化  | 已爛掉     | 已軟化     | 已爛掉 | 已軟化 |
|       | 3 | 無變化 | 無變化  | 已軟化  | 已軟化     | 已軟化     | 已爛掉 | 已軟化 |
| 1/17  | 1 | 有褪色 | 無變化  | 已軟化  | 已爛掉     | 軟化有黑點   | 已爛掉 | 已軟化 |
|       | 2 | 有褪色 | 無變化  | 已軟化  | 已爛掉     | 軟化有黑點   | 已爛掉 | 已軟化 |
|       | 3 | 有褪色 | 無變化  | 已軟化  | 已軟化     | 軟化有黑點   | 已爛掉 | 有碎掉 |
| 1/24  | 1 | 有褪色 | 無變化  | 已軟化  | 已爛掉     | 軟化有黑點   | 已爛掉 | 已軟化 |
|       | 2 | 有褪色 | 無變化  | 已軟化  | 已爛掉     | 軟化有黑點   | 已爛掉 | 已軟化 |
|       | 3 | 有褪色 | 無變化  | 已軟化  | 已軟化     | 軟化有黑點   | 已爛掉 | 有碎掉 |

碳酸鈣和玉米澱粉垃圾袋都沒有太大的變化，A4 紙有軟化現象，3\*3\*300 有爛掉及軟化，3\*4\*300 有軟化而且有部分發霉，純紙漿都全部爛掉，洋菜有軟化、分裂及碎裂現象，洋菜膜表面有些許的泡泡產生

1. 將 100g 的檸檬酸溶解在 500ml 的水中，並

用廣用試紙測試，測得 pH 值是 3。

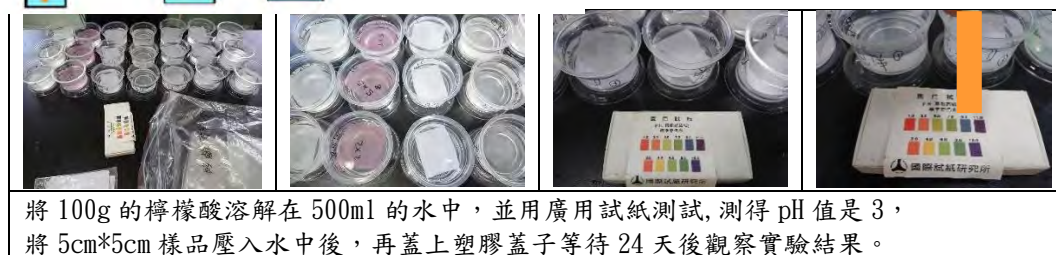
2. 將 70ml 檸檬酸水溶液倒在塑膠盒內，用鑷

子將 5cm\*5cm 樣品壓入水中後，再蓋上塑膠蓋

子。



圖 8:耐酸實驗操作圖



將 100g 的檸檬酸溶解在 500ml 的水中，並用廣用試紙測試，測得 pH 值是 3，將 5cm\*5cm 樣品壓入水中後，再蓋上塑膠蓋子等待 24 天後觀察實驗結果。

## 九、耐熱實驗

(一)實驗目的：探討試驗膜泡在熱水中是否破裂。

(二)實驗材料：250ml 的玻璃燒杯、水、鐵鍋、各式樣品、電磁爐、鑷子。

(三)實驗步驟：

1. 取 100ml 的熱水倒入玻璃燒杯中，將 5cm\*5cm 的試驗膜分別放入燒杯中。

2. 鐵鍋內倒入 1200ml 的熱水，將燒杯放在鐵鍋中隔水加熱。

3. 再將鐵鍋放在電磁爐上加熱 10 分鐘，10 分鐘後，攪拌 10 次，觀察試驗膜是否破裂。

(四)實驗結果：

表 9：試驗膜的耐熱實驗結果

| 重複 | 處理 | 碳酸鈣          | 玉米澱粉         | A4 紙         | 3*3*300      | 3*4*300      | 純紙漿          | 洋菜           |
|----|----|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|
| 1  |    | 攪 10 下<br>沒破 | 攪 10 下<br>沒破 | 攪 10 下<br>沒破 | 攪 3 下<br>就破了 | 攪 2 下<br>就破了 | 攪 2 下<br>就破了 | 攪 3 下<br>就破了 |
| 2  |    | 攪 10 下<br>沒破 | 攪 10 下<br>沒破 | 攪 10 下<br>沒破 | 攪 3 下<br>就破了 | 攪 2 下<br>就破了 | 攪 2 下<br>就破了 | 攪 5 下<br>就破了 |
| 3  |    | 攪 10 下<br>沒破 | 攪 10 下<br>沒破 | 攪 10 下<br>沒破 | 攪 3 下<br>就破了 | 攪 2 下<br>就破了 | 攪 2 下<br>就破了 | 攪 3 下<br>就破了 |

碳酸鈣、玉米澱粉及 A4 紙攪了 10 下，都沒有破裂，3\*3\*300 攪了 3 下就破了，3\*4\*300 和純紙漿，攪了 2 下就破了，洋菜攪了 3-5 下就破了。

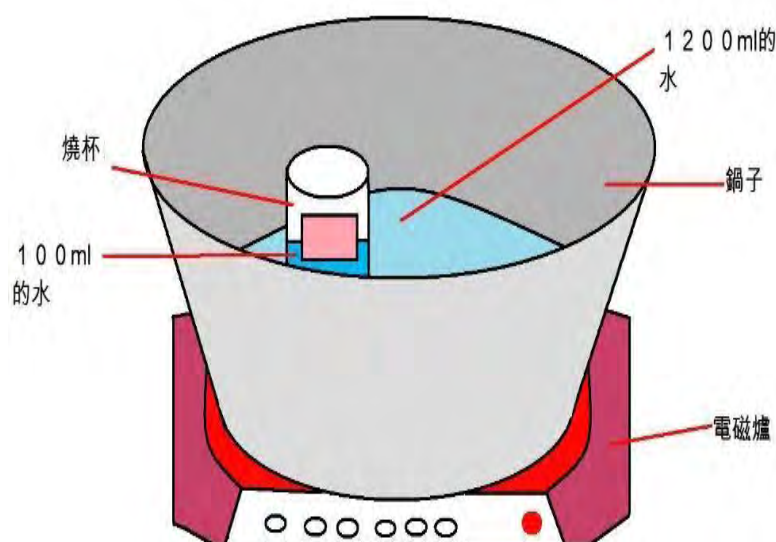
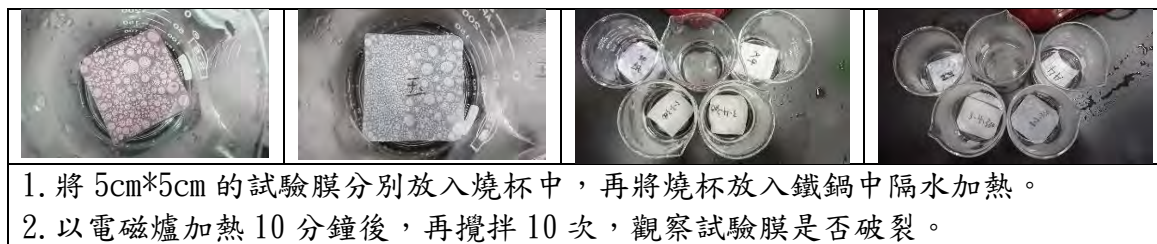


圖 9-1 試驗膜的耐熱實驗操作圖



1. 將 5cm\*5cm 的試驗膜分別放入燒杯中，再將燒杯放入鐵鍋中隔水加熱。
2. 以電磁爐加熱 10 分鐘後，再攪拌 10 次，觀察試驗膜是否破裂。

## 十、耐壓實驗

(一)實驗目的：探討試驗薄膜水平承重後的下陷程度。

(二)實驗材料：華司、紙、試驗膜 10cm\*10cm、高 10cm、直徑 5cm 的圓柱筒、橡皮筋。

(三)實驗步驟：

1. 在高 10cm、直徑 5cm 的圓柱筒上，將 10\*10 樣品緊貼瓶口，並套上橡皮筋綁緊。
2. 將 1kg 的華司疊在一起，並用 A4 紙捆成長條狀，然後用膠帶黏起來。
3. 將華司捲放在薄膜中間的正上方，10 分鐘後將牙籤插入膜中，並在膜下陷的最下端做記號
4. 測量試驗膜承重後下降了幾 cm。

(四) 實驗結果：

表 10：試驗膜耐壓結果(單位：cm)

| 處理   | 碳酸鈣  | 玉米澱粉 | A4 紙 | 3*3*300 | 3*4*300 | 純紙漿 | 洋菜   |
|------|------|------|------|---------|---------|-----|------|
| 重複 1 | 0.4  | 0.4  | 0.1  | 0       | 0.2     | 破了  | 0.2  |
| 2    | 0.5  | 0.5  | 0.3  | 0.1     | 0.1     | 破了  | 0.1  |
| 3    | 0.4  | 0.45 | 0.2  | 0       | 0.2     | 破了  | 0.2  |
| 平均值  | 0.43 | 0.45 | 0.2  | 0.03    | 0.17    | 0   | 0.17 |

碳酸鈣和玉米澱粉的垃圾袋，下陷的最多，平均值分別是 0.43cm 及 0.45cm，洋菜和 3\*4\*300 的實驗結果相同，是 0.17cm，3\*3\*300 的延展性較差，是 0.03cm，純紙漿是 0，因為放上華司時，就直接破裂了。



圖 10-1 試驗膜耐壓實驗結果

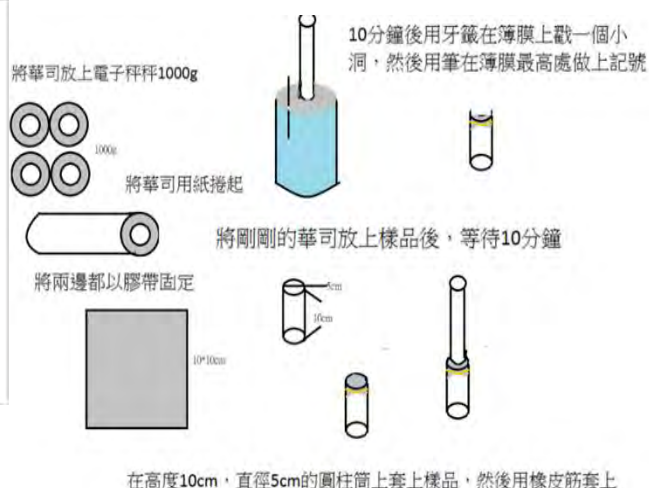
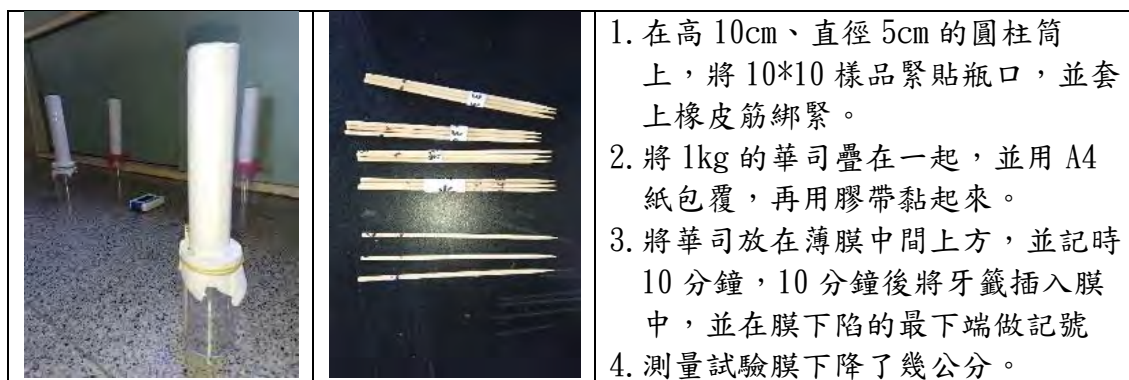


圖 10-2 耐壓實驗操作圖



1. 在高 10cm、直徑 5cm 的圓柱筒上，將 10\*10 樣品緊貼瓶口，並套上橡皮筋綁緊。
2. 將 1kg 的華司疊在一起，並用 A4 紙包覆，再用膠帶黏起來。
3. 將華司放在薄膜中間上方，並記時 10 分鐘，10 分鐘後將牙籤插入膜中，並在膜下陷的最下端做記號
4. 測量試驗膜下降了幾公分。



## 十一、耐候實驗

- (一)實驗目的：探討試驗膜在風吹日曬雨淋的環境中是否會分解。
- (二)實驗材料：衣架、各式的試驗膜 2cm\*10cm、泡棉膠、長尾夾、簽字筆。
- (三)實驗步驟：
1. 將試驗膜切成 2cm\*10cm，並在上端往下 3 cm 處畫上一條黑線。
  2. 在衣架上夾上樣品(將對摺的膜摺至黑線)。
  3. 一種試驗膜重覆三次，一個衣架夾 6 個(2 種試驗膜)。
  4. 用泡棉膠貼在長尾夾兩側，然後將衣架吊在多功能教室窗戶外。
- (四)實驗結果：

表 11 耐候實驗記錄表

| 處理<br>重複 | 碳酸鈣   | 玉米澱粉  | A4 紙   | 3*3*300 | 3*4*300 | 純紙漿      | 洋菜   |
|----------|-------|-------|--------|---------|---------|----------|------|
| 1        | 完好有變色 | 完好有變色 | 變色樣品彎曲 | 樣品彎曲    | 被吹走了    | 部分完好，有破損 | 被吹走了 |
| 2        | 完好有變色 | 完好有變色 | 變色樣品彎曲 | 樣品彎曲    | 被吹走了    | 被吹走了     | 被吹走了 |
| 3        | 完好有變色 | 完好有變色 | 被吹走了   | 被吹走了    | 被吹走了    | 被吹走了     | 被吹走了 |

發現碳酸鈣和玉米澱粉經過風吹日曬雨淋後，都有褪色的現象，A4 紙重複 1 及重複 2 都變色、彎曲，3\*3\*300 的第 1、2 個重複都呈彎曲狀，純紙漿的重複 1 是有部分破損。

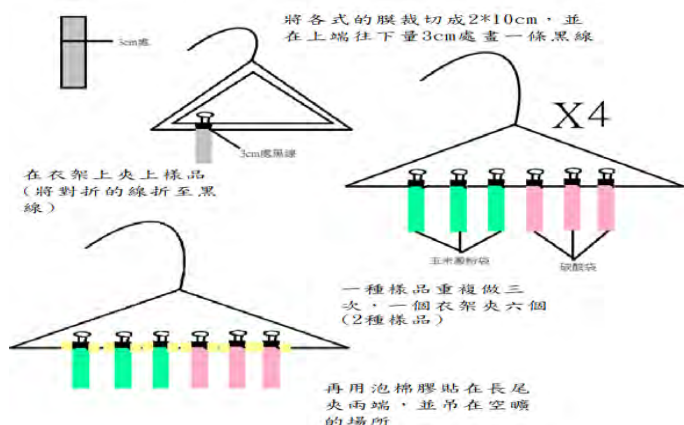
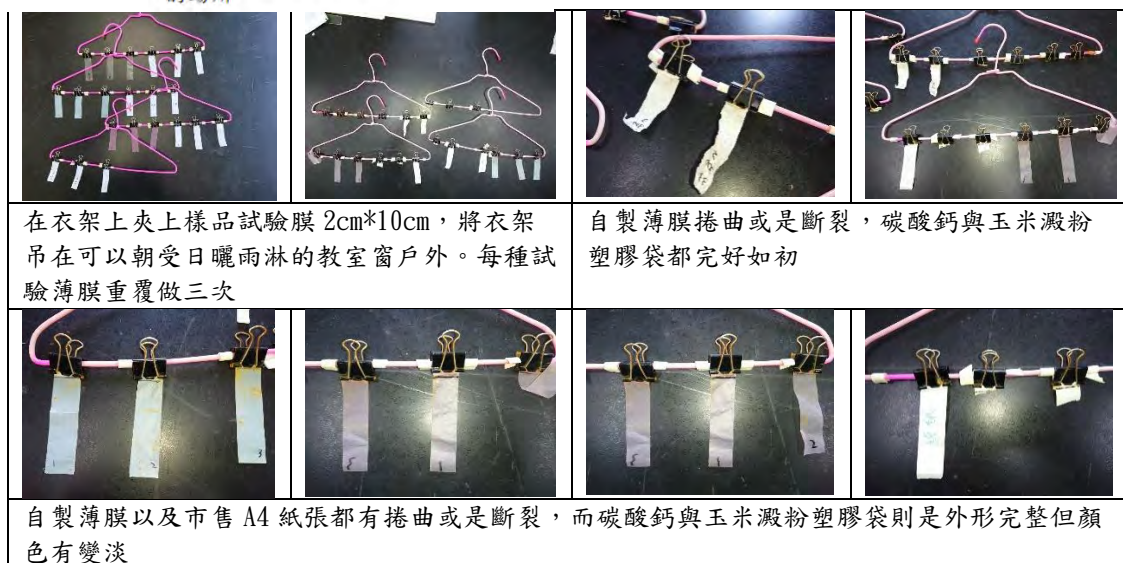


圖 11 試驗膜的耐候實驗操作圖





## 十二、透水實驗

(一)實驗目的：探討利用試驗膜封住的塑膠瓶子，倒立後瓶中的水，幾分鐘後水會滲出來。

(二)實驗材料：各式試驗膜 10cm\*10cm，高 10cm、直徑 5cm 的圓柱筒、2g 紅色色素、橡皮筋、衛生紙

(三)實驗步驟：

1. 先將 2g 色素溶於 500ml 後，取 20ml 倒入高 10cm、直徑 5cm 的圓柱筒內。

2. 將試驗膜貼合圓柱筒筒口，並用橡皮筋對摺綁緊，在桌上鋪一張衛生紙，並將圓柱筒倒立放置。

3. 觀察並記錄紅墨水滲出的時間。

(四)實驗結果：

表 12：試驗膜的透水實驗結果(★：樣品超過 19 小時還沒有滲水)

| 處理<br>重複 | 碳酸鈣 | 玉米澱粉 | A4 紙 | 3*3*300   | 3*4*300   | 純紙漿 | 洋菜        |
|----------|-----|------|------|-----------|-----------|-----|-----------|
| 1        | ★   | ★    | 2 分  | 24 分      | 26 分      | 0 分 | 16 分 30 秒 |
| 2        | ★   | ★    | 2 分  | 27 分 10 秒 | 26 分 10 秒 | 0 分 | 16 分 30 秒 |
| 3        | ★   | ★    | 2 分  | 28 分 30 秒 | 27 分 30 秒 | 0 分 | 16 分 30 秒 |
| 平均值      | ★   | ★    | 2 分  | 26 分 33 秒 | 26 分 33 秒 | 0 分 | 16 分 30 秒 |

碳酸鈣和玉米澱粉超過 19 小時，還沒有滲水，純紙漿最快滲出紅墨水，一翻過去就濕掉了，A4 紙平均值是 2 分鐘，3\*3\*300 和 3\*4\*300 的大約在 26 分後，而洋菜的平均值是 16 分 30 秒，把洋菜從圓筒杯上拆下來時，洋菜呈現軟化的狀態。



圖 12-1 試驗膜的透水實驗結果

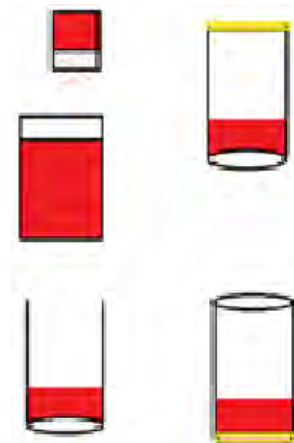


圖 12-2 試驗膜的透水實驗操作圖



### 十三、透氣實驗

(一)實驗目的：探討各式試驗膜因孔隙不同，而讓水蒸氣透過的時間長短。

(二)實驗材料：10cm\*10cm 的膜、5cm\*5cm 藍色的氯化亞鈷試紙、高 10cm 直徑 5cm 的圓筒、碼錶。

(三)實驗步驟：

1. 在高 10cm、直徑 4cm 的圓柱筒內，底部放入 5\*5 藍色氯化亞鈷試紙(自製)並壓緊。
2. 分別在圓柱筒內倒入 20ml 的水，再把 10cm\*10cm 的樣品貼緊瓶口，並用橡皮筋綁緊。
3. 上述的圓柱筒放在桌上，再把放有藍色氯化亞鈷試紙的另一圓柱筒，倒過來放在上方，中間夾層是各種薄膜。
4. 記錄藍色氯化亞鈷試紙，完全變成粉紅色時所需時間。

(四)實驗結果：

表 13 透氣實驗比較表(單位:分鐘，★代表超過 19 小時，藍色氯化亞鈷試未完全變成紅色)

| 處理<br>重複 | 碳酸鈣 | 玉米澱粉 | A4 紙 | 3*3*300 | 3*4*300 | 純紙漿 | 洋菜  | 對照組(無膜水) | 對照組(無膜無水) |
|----------|-----|------|------|---------|---------|-----|-----|----------|-----------|
| 1        | ★   | ★    | 147  | 163     | 166     | 133 | 176 | 91       | ★         |
| 2        | ★   | ★    | 161  | 146     | 159     | 182 | 154 | 88       | ★         |
| 3        | ★   | ★    | 136  | 183     | 172     | 147 | 147 | 87       | ★         |
| 平均值      | ★   | ★    | 148  | 164     | 166     | 154 | 159 | 89       | ★         |

A4 紙的透氣時間，平均是 148 分鐘，3\*3\*300 和 3\*4\*300 大約在 160 分鐘，純紙漿和洋菜平均值分別是 154 分鐘和 159 分鐘，對照組(無膜有水)因為中間沒有隔著樣品，所以氯化亞鈷試紙最早變紅，平均值是 89 分鐘。碳酸鈣、玉米澱粉及對照組(無膜無水)，實驗進行了 19 小時後，氯化亞鈷試紙仍然沒有變紅。

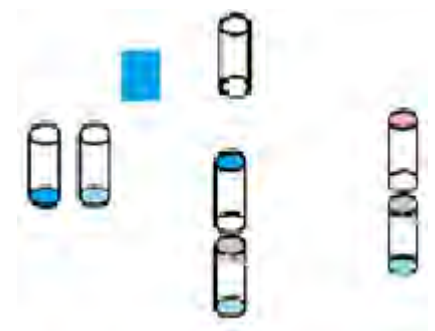
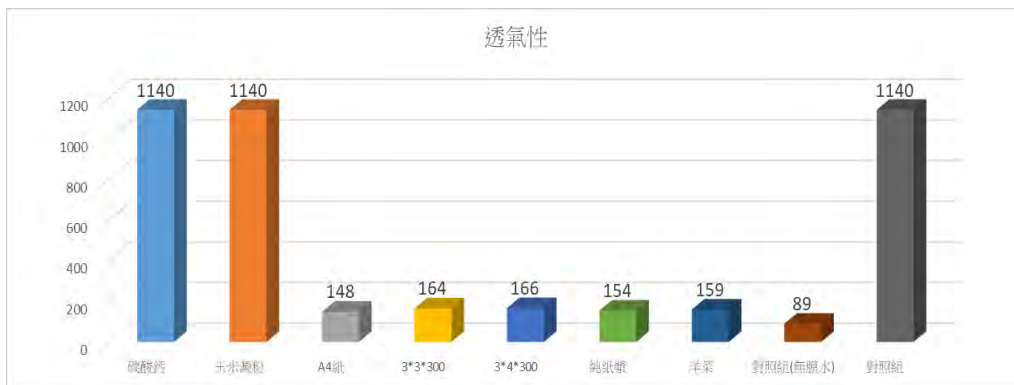
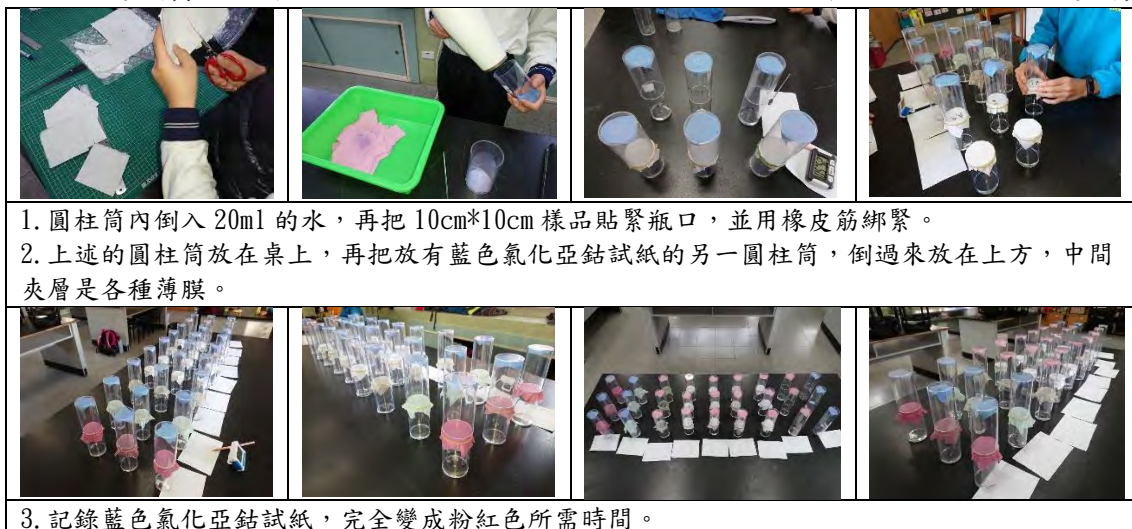


圖 13-1 試驗膜的透氣實驗結果

圖 13-2 試驗膜的透氣實驗操作圖



## 十四、泡水實驗

(一)實驗目的：探討各式試驗薄膜，泡水後會不會分解。

(二)實驗材料：有蓋的塑膠盒子、量杯、鑷子、各式的試驗膜 5cm\*5cm、水。

(三)實驗步驟：

將直徑 6cm、高 4cm 的塑膠盒內裝入 70ml 的水，把實驗樣品切成 5\*5cm 大小，把樣品放入塑膠盒中(先放在水上方，再用鑷子將試驗膜壓入水中，讓膜完全浸入水中)並蓋上蓋子，28 天後觀察結果。

(四)實驗結果：

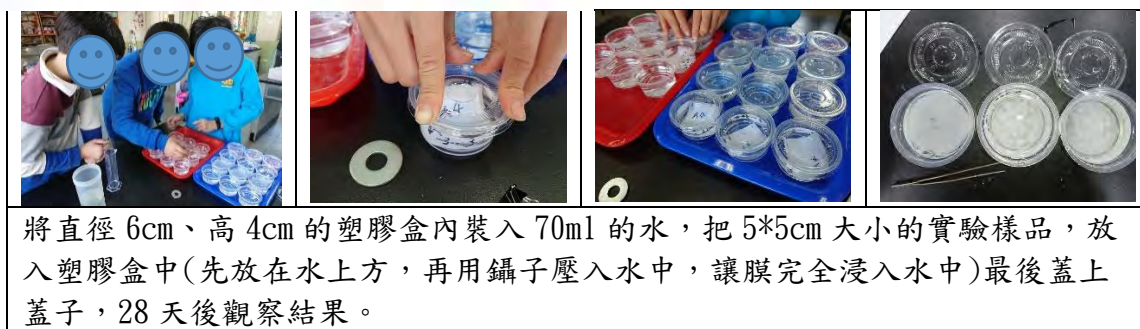
表 14：試驗膜的泡水實驗結果

| 處理<br>重複 |   | 碳酸鈣  | 玉米澱粉 | A4 紙 | 3*3*300 | 3*4*300  | 純紙漿   | 洋菜     |
|----------|---|------|------|------|---------|----------|-------|--------|
| 1/03     | 1 | 無變化  | 無變化  | 無變化  | 軟化變厚發霉  | 軟化變厚發霉   | 有破碎現象 | 軟化變厚發霉 |
|          | 2 | 無變化  | 無變化  | 無變化  | 軟化變厚發霉  | 軟化變厚發霉   | 有破碎現象 | 軟化變厚發霉 |
|          | 3 | 無變化  | 無變化  | 無變化  | 軟化變厚發霉  | 軟化變厚發霉   | 有破碎現象 | 軟化變厚發霉 |
| 1/10     | 1 | 無變化  | 無變化  | 無變化  | 軟化變厚發霉  | 軟化變厚發霉   | 有碎裂現象 | 軟化變厚發霉 |
|          | 2 | 無變化  | 無變化  | 無變化  | 軟化變厚發霉  | 軟化變厚發霉   | 有碎裂現象 | 軟化變厚發霉 |
|          | 3 | 無變化  | 無變化  | 無變化  | 軟化變厚發霉  | 軟化變厚發霉   | 有碎裂現象 | 軟化變厚發霉 |
| 1/17     | 1 | 無變化  | 無變化  | 軟化易碎 | 軟化變厚發霉  | 軟化變厚發霉易碎 | 有碎裂現象 | 軟化變厚發霉 |
|          | 2 | 無變化  | 無變化  | 軟化易碎 | 軟化變厚發霉  | 軟化變厚發霉易碎 | 有碎裂現象 | 軟化變厚發霉 |
|          | 3 | 沒有變化 | 沒有變化 | 軟化易碎 | 軟化變厚發霉  | 軟化變厚發霉易碎 | 有碎裂現象 | 軟化變厚發霉 |
| 1/24     | 1 | 沒有變化 | 沒有變化 | 軟化易碎 | 軟化變厚發霉  | 軟化變厚發霉易碎 | 有碎裂現象 | 軟化變厚發霉 |
|          | 2 | 沒有變化 | 沒有變化 | 軟化易碎 | 軟化變厚發霉  | 軟化變厚發霉易碎 | 有碎裂現象 | 軟化變厚發霉 |
|          | 3 | 沒有變化 | 沒有變化 | 軟化易碎 | 軟化變厚發霉  | 軟化變厚發霉易碎 | 有碎裂現象 | 軟化變厚發霉 |

A4 紙有軟化及易碎現象，3\*3\*300、3\*4\*300 以及洋菜，經過泡水後，都有軟化、變厚和發霉現象，而純紙漿破成碎片，碳酸鈣和玉米澱粉則沒有任何變化。



圖 14 試驗膜的泡水實驗操作圖





## 十五、燃燒實驗

(一)實驗目的：探討試驗膜經火焰燃燒後，產生的焰色、氣味與殘留物。

(二)實驗材料：蠟燭、各式試驗膜、鑷子、計時器。

(三)實驗步驟：

1. 用鑷子夾住 5cm\*5cm 樣品，將樣品放在蠟燭上燒(離蠟燭火約 1cm)，並計算試驗膜燃燒殆盡時所需時間。

2. 觀察樣品燃燒時，聞起來的味道、煙的顏色以及燃燒後的殘留物。

(四)實驗紀錄表：

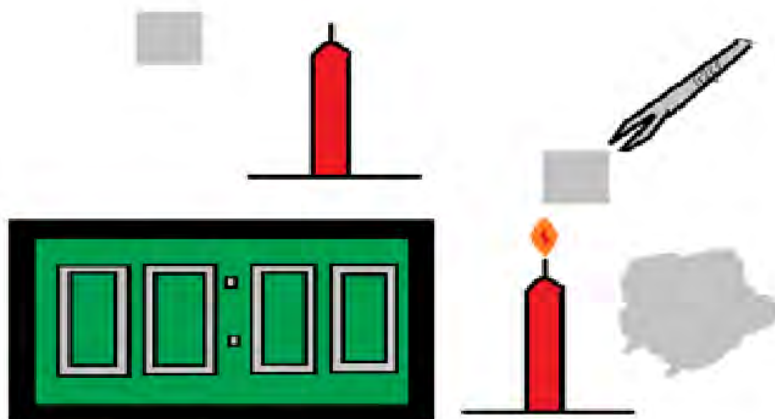
表 15：試驗膜燃燒實驗結果(單位:秒)

| 處理<br>重複 | 碳酸鈣 |      |         |           | 玉米澱粉    |      |        |           | A4 紙 |      |         |           | 3*3*300 |       |           |           | 3*4*300 |       |           |           | 純紙漿  |       |            |           | 洋菜   |      |        |           |
|----------|-----|------|---------|-----------|---------|------|--------|-----------|------|------|---------|-----------|---------|-------|-----------|-----------|---------|-------|-----------|-----------|------|-------|------------|-----------|------|------|--------|-----------|
|          | 聞起來 | 煙的顏色 | 殘留物     | 燃燒完畢所需的時間 | 聞起來     | 煙的顏色 | 殘留物    | 燃燒完畢所需的時間 | 聞起來  | 煙的顏色 | 殘留物     | 燃燒完畢所需的時間 | 聞起來     | 煙的顏色  | 殘留物       | 燃燒完畢所需的時間 | 聞起來     | 煙的顏色  | 殘留物       | 燃燒完畢所需的時間 | 聞起來  | 煙的顏色  | 殘留物        | 燃燒完畢所需的時間 | 聞起來  | 煙的顏色 | 殘留物    | 燃燒完畢所需的時間 |
| 1        | 有惡臭 | 黑色   | 黑色的物質一堆 | 8         | 線香燃燒的味道 | 白色   | 白色碎屑粉末 | 25        | 燒金紙味 | 白色   | 灰色易碎的灰燼 | 10        | 燒金紙味    | 微量的白煙 | 一整片黑色灰燼易碎 | 14        | 燒金紙味    | 微量的白煙 | 一整片黑色灰燼易碎 | 13        | 燒金紙味 | 微量的白煙 | 一整片灰黑色灰燼易碎 | 9         | 燒金紙味 | 白色   | 黑色碎屑粉末 | 17        |
| 2        | 有惡臭 | 黑色   | 黑色的物質一堆 | 7         | 線香燃燒的味道 | 白色   | 白色碎屑粉末 | 22        | 燒金紙味 | 白色   | 灰色易碎的灰燼 | 14        | 燒金紙味    | 微量的白煙 | 一整片黑色灰燼易碎 | 16        | 燒金紙味    | 微量的白煙 | 一整片黑色灰燼易碎 | 16        | 燒金紙味 | 微量的白煙 | 一整片灰黑色灰燼易碎 | 8         | 燒金紙味 | 白色   | 黑色碎屑粉末 | 14        |
| 3        | 有惡臭 | 黑色   | 黑色的物質一堆 | 11        | 線香燃燒的味道 | 白色   | 白色碎屑粉末 | 20        | 燒金紙味 | 白色   | 灰色易碎的灰燼 | 15        | 燒金紙味    | 微量的白煙 | 一整片黑色灰燼易碎 | 14        | 燒金紙味    | 微量的白煙 | 一整片黑色灰燼易碎 | 17        | 燒金紙味 | 微量的白煙 | 一整片灰黑色灰燼易碎 | 10        | 燒金紙味 | 白色   | 黑色碎屑粉末 | 12        |
| 4        | 有惡臭 | 黑色   | 黑色的物質一堆 | 9         | 線香燃燒的味道 | 白色   | 白色碎屑粉末 | 20        | 燒金紙味 | 白色   | 灰色易碎的灰燼 | 10        | 燒金紙味    | 微量的白煙 | 一整片黑色灰燼易碎 | 13        | 燒金紙味    | 微量的白煙 | 一整片黑色灰燼易碎 | 17        | 燒金紙味 | 微量的白煙 | 一整片灰黑色灰燼易碎 | 9         | 燒金紙味 | 白色   | 黑色碎屑粉末 | 11        |
| 5        | 有惡臭 | 黑色   | 黑色的物質   | 12        | 線香燃燒    | 白色   | 白色碎屑   | 28        | 燒金紙味 | 白色   | 灰色易碎    | 9         | 燒金紙味    | 微量的白  | 一整片黑      | 14        | 燒金紙味    | 微量的白  | 一整片黑      | 17        | 燒金紙味 | 微量的白  | 一整片灰       | 12        | 燒金紙味 | 白色   | 黑色碎屑   | 10        |



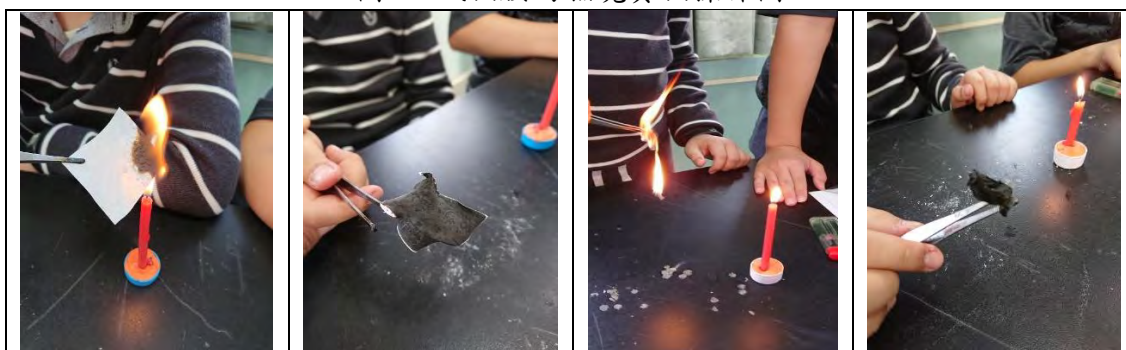
|          |     |  |         |    |         |  |        |  |  |         |  |  |                                |  |  |                                |  |  |                                     |  |  |        |  |
|----------|-----|--|---------|----|---------|--|--------|--|--|---------|--|--|--------------------------------|--|--|--------------------------------|--|--|-------------------------------------|--|--|--------|--|
|          |     |  | 質一<br>堆 |    | 的味<br>道 |  | 粉<br>末 |  |  | 的灰<br>爐 |  |  | 煙<br><br>色<br>灰<br>爐<br>易<br>碎 |  |  | 煙<br><br>色<br>灰<br>爐<br>易<br>碎 |  |  | 煙<br><br>黑<br>色<br>灰<br>爐<br>易<br>碎 |  |  | 粉<br>末 |  |
|          | 9.4 |  |         | 23 |         |  | 11.6   |  |  | 14.2    |  |  | 16                             |  |  | 9.6                            |  |  | 14.8                                |  |  |        |  |
| 平均<br>秒數 | 9.4 |  |         | 23 |         |  | 11.6   |  |  | 14.2    |  |  | 16                             |  |  | 9.6                            |  |  | 14.8                                |  |  |        |  |

添加碳酸鈣的垃圾袋，燃燒時有惡臭，煙的顏色也是黑煙，玉米澱粉燃燒時是線香的味道，A4 紙，燃燒有些許白煙生成，味道像燒金紙。自製的 3\*3\*300 以及 3\*4\*300，燃燒時產生的煙較少，燃燒時像金紙味。純紙漿燃燒的時間較短，燃燒時所產生的煙，也比燃燒洋菜時的煙還少。



1. 用鑷子夾住 5cm\*5cm 樣品，將樣品放在蠟燭上燒（離蠟燭燭火約 1cm），並計算試驗膜燃燒殆盡時所需時間。
2. 觀察樣品燃燒時，聞起來的味道、煙的顏色以及燃燒後的殘留物。

圖 15 試驗膜的燃燒實驗操作圖



1. 用鑷子夾住 5cm\*5cm 樣品，將樣品放在蠟燭上燒（離蠟燭約 1cm）並計時。
2. 記錄燃燒完樣品，所需的時間、聞起來的味道、煙的顏色以及燃燒後的殘留物樣貌。

## 十六、透光實驗

(一)實驗目的：探討各試驗膜的透光性。

(二)實驗材料：10cm\*10cm 的試驗膜、紙杯底部(需割開)、照度計。

(三)實驗步驟：

1. 將紙杯底部取下，切割出圓形孔洞，將圓形紙環套在照度計上遮蔽來自四周的光線後，再把 5cm\*5cm 的膜放在照度計上。

2. 記錄照度計的數值。

(四)實驗結果：

表 16：透光實驗比較表(單位:照度 LUX)

| 日期<br>重複 | 碳酸鈣   | 玉米澱粉 | A4 紙 | 3*3*300 | 3*4*300 | 純紙漿  | 洋菜    | 對照組   |
|----------|-------|------|------|---------|---------|------|-------|-------|
| 1        | 235   | 367  | 91   | 126     | 80      | 45   | 360   | 438   |
| 2        | 248   | 358  | 94   | 119     | 81      | 43   | 358   | 434   |
| 3        | 256   | 352  | 96   | 135     | 83      | 43   | 363   | 434   |
| 平均值      | 246.3 | 359  | 93.7 | 126.7   | 81.3    | 43.7 | 360.3 | 436.7 |

發現 A4 紙、3\*3\*300 試驗膜、3\*4\*300 試驗膜，較不透光，而純洋菜、玉米澱粉和碳酸鈣垃圾袋，透光性較佳。

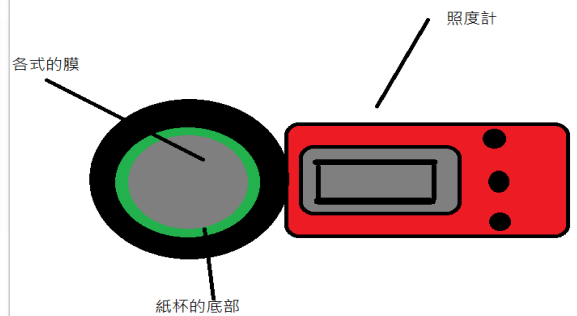
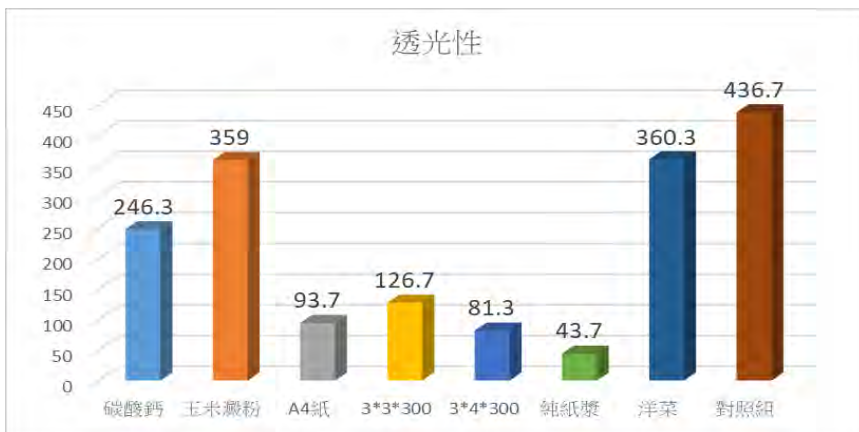


圖 16-2 透光實驗操作圖

圖 16-1 透光實驗長條圖

|                                                                           |                   |                            |  |
|---------------------------------------------------------------------------|-------------------|----------------------------|--|
|                                                                           |                   |                            |  |
| <p>將紙杯底部取下，切割出圓形孔洞，將圓形紙環套在照度計上遮蔽來自四周的光線，再把 5cm*5cm 的膜放在照度計上，記錄照度計的數值。</p> | <p>純洋菜的薄膜透光最好</p> | <p>自製的回收紙漿加上洋菜的薄膜，較不透光</p> |  |

## 十七、耐磨實驗

(一)實驗目的：探討試驗膜在粗糙面上磨擦後，容不容易被磨破。

(二)實驗材料：直徑 5cm 高 4cm 的塑膠圓柱筒、500g 砝碼、各式薄膜(10\*10cm)、棉線、膠帶、紙箱、1000g 華司、700g 華司、砂紙(中細 100)(長度:7.3cm\*30cm)、紙箱(作軌道)、定滑輪

(三)實驗步驟：

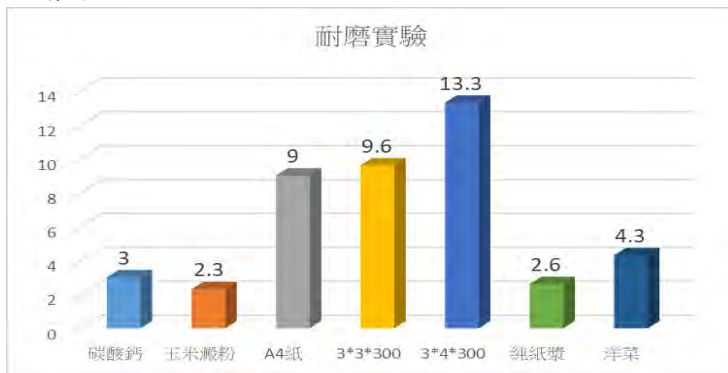
1. 將切割好 7.3cm\*30cm 的砂紙黏在桌上，並利用兩個紙箱將砂紙的兩側框住，形成一個軌道。
2. 棉線的兩側，分別綁上圓柱筒及 700g 的華司，在圓柱筒底部綁上各式的膜，將棉線固定在定滑輪上。
3. 輕輕推動圓柱筒，讓薄膜在砂紙上磨擦，並把紙箱放在底下，以免華司因掉落而導致破損。
4. 觀察並記錄試驗膜破裂一半時的摩擦次數。

(四)實驗結果：(單位:次)

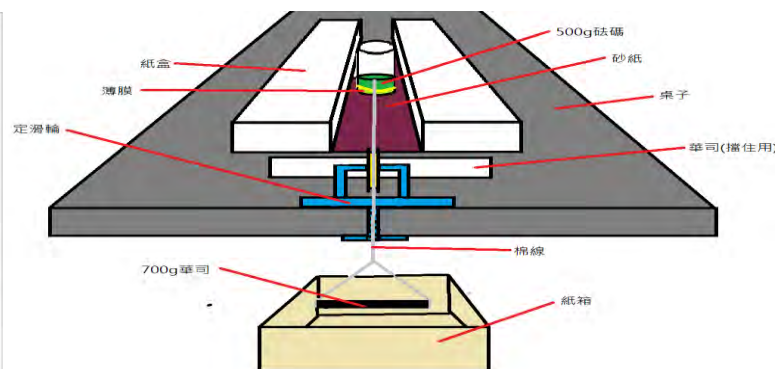
表 17：耐磨實驗比較表

| 處理<br>重複 | 碳酸鈣 | 玉米澱粉 | A4 紙 | 3*3*300 | 3*4*300 | 純紙漿 | 洋菜  |
|----------|-----|------|------|---------|---------|-----|-----|
| 1        | 3   | 2    | 9    | 11      | 13      | 2   | 4   |
| 2        | 2   | 2    | 9    | 9       | 14      | 3   | 5   |
| 3        | 4   | 3    | 9    | 9       | 13      | 3   | 4   |
| 平均       | 3   | 2.3  | 9    | 9.6     | 13.3    | 2.6 | 4.3 |

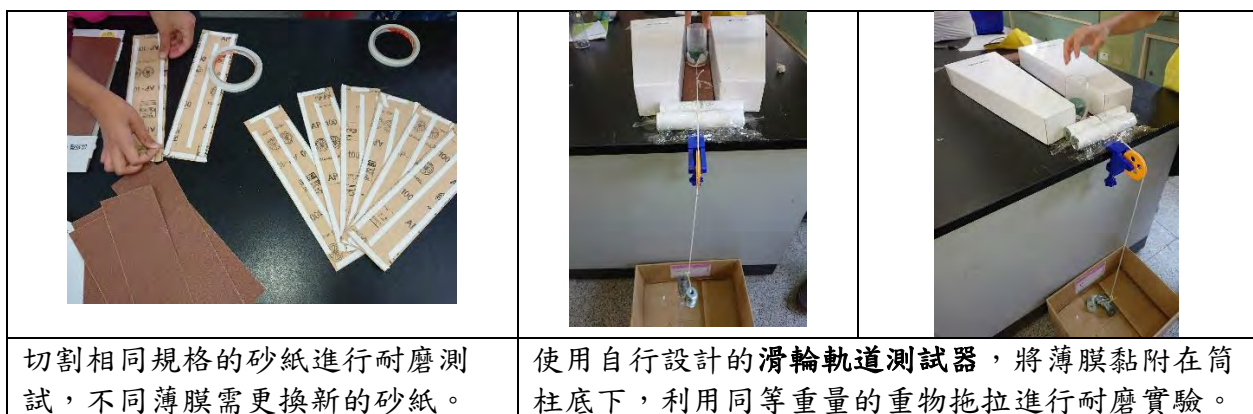
3\*4\*300 最耐磨，平均摩擦 13 次才會破，而添加玉澱粉與碳酸鈣垃圾袋，則不耐磨，平均 2-3 次就會磨破。



17-1 耐磨實驗長條圖



17-2 耐磨實驗操作圖



切割相同規格的砂紙進行耐磨測試，不同薄膜需更換新的砂紙。

使用自行設計的滑輪軌道測試器，將薄膜黏附在筒柱底下，利用同等重量的重物拖拉進行耐磨實驗。

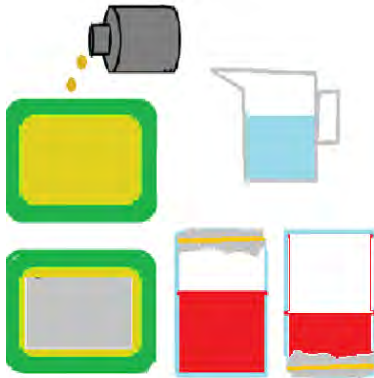


## 十八、試驗膜添加桐油後的透水實驗

- (一)實驗目的：探討利用抹過桐油試驗膜封住的塑膠瓶子，倒立後瓶中的水，幾分鐘後水會滲出來。
- (二)實驗材料：加桐油試驗膜 10cm\*10cm，高 10cm、直徑 5cm 的圓柱筒、2g 紅色色素、橡皮筋、衛生紙
- (三)實驗步驟：
1. 先將 2g 色素溶於 500ml 後，取 20ml 倒入高 10cm、直徑 5cm 的圓柱筒內。
  2. 將試驗膜貼合圓柱筒筒口，並用橡皮筋對摺綁緊，在桌上鋪一張衛生紙，並將圓柱筒倒立放置。
  3. 觀察並記錄紅墨水滲出的時間。
- (四)實驗結果：

表 18：試驗膜的透水性實驗結果(★：樣品超過 2 小時還沒有滲水)

| 重複 \ 處理 | 3*3*300 | 3*4*300 |
|---------|---------|---------|
| 1       | ★       | ★       |
| 2       | ★       | ★       |
| 3       | ★       | ★       |
| 平均值     | ★       | ★       |



18-1 添加桐油後的透水實驗操作圖



我們使用天然材質製成的桐油，均勻塗抹自製薄膜的雙面，吊掛於通風處自然蔭乾。

採用透水實驗的實驗方法，再次進行測試，發現效果奇佳，耐水時間延長五倍以上！

## 柒、討論

1. **拉力實驗**：碳酸鈣和玉米澱粉垃圾袋較不耐重，自製垃圾袋耐拉力較佳，可以裝較重的垃圾。
2. **土壤分解實驗**：經過實驗發現，自製垃圾袋 71 天後，可完全被分解，如果被埋在土壤中，就可以自然分解，不會造成地球負擔。
3. **生物食用實驗**：經過實驗發現，自製垃圾袋比較不容易被吃，所以儲存垃圾袋時，不容易被咬破，而市售的碳酸鈣、玉米澱粉垃圾袋較容易被蟲吃，所以市售的垃圾袋儲存垃圾時，容易被咬破，垃圾就會跑出來。
4. **蒸發實驗**：經過實驗發現，自製垃圾袋蒸發的水量較多，如果垃圾袋裡有水分，就容易蒸發掉，因此可以減少垃圾的重量。而市售的垃圾袋，蒸發的水量較少，所以如果垃圾袋裡有水的話，重量會比較重，也可能因為市售的垃圾袋延展性較好 所以被拉破。
5. **延展實驗**：經過實驗發現，自製的垃圾袋延展性較不好，所以裝重物時不容易被拉破，而市售的碳酸鈣和玉米澱粉垃圾袋延展性較好，較容易被拉破。
6. **耐穿刺實驗**：經過實驗發現，自製的垃圾袋比市售的垃圾袋，更不容易被刺穿，所以袋內有尖銳的物品時，就不容易被刺破。
7. **耐摺實驗**：經過實驗發現，自製垃圾袋不易摺斷。
8. **耐酸實驗**：經過實驗發現，自製垃圾袋裡有酸性物質的話，就容易被分解，而市售的碳酸鈣和玉米澱粉垃圾袋都沒什麼變化。
9. **耐熱實驗**：經過實驗發現，自製垃圾袋不耐熱，所以在常溫下可使用，遇到熱時就被容易被分解。
10. **耐壓實驗**：經過實驗發現，自製垃圾袋耐壓性比較好，所以裝重物時比市售的垃圾袋，較不容易被拉破。
11. **耐候實驗**：經過實驗發現，自製垃圾袋在自然環境下比市售垃圾袋容易被分解，而市售的碳酸鈣和玉米澱粉垃圾袋只是變色，並無分解。
12. **透水實驗**：經過實驗發現，自製垃圾袋袋內有水時比較容易排除，而市售的碳酸鈣和玉米澱粉垃圾袋透水性則不佳。
13. **透氣實驗**：經過實驗發現，自製垃圾袋透氣性較佳，如果袋子裡有臭氣比較容易排出，不易累積，而市售的碳酸鈣和玉米澱粉垃圾袋，透氣性不好，臭氣會累積在裡面。
14. **泡水實驗**：經過實驗發現，自製垃圾袋泡水都無太大的變化，所以泡水無法讓膜分解，而市售的碳酸鈣和玉米澱粉垃圾袋也是如此。
15. **燃燒實驗**：經過實驗發現，自製垃圾袋燃燒時，不會產生塑膠的惡臭，不會危害人體，而市售的碳酸鈣和玉米澱粉垃圾袋，燃燒時會有塑膠惡臭的味道，會危害人體且破壞大自然。
16. **透光實驗**：經過實驗發現，自製垃圾袋，透光性不佳，如果裝有個人隱私的東西，比較不容易被看到，而市售的碳酸鈣和玉米澱粉垃圾袋，透光性較佳，較容易看到袋內的東西。
17. **耐磨實驗**：經過實驗發現，我們的垃圾袋和市售的碳酸鈣與玉米澱粉垃圾袋，如果裝有一樣的重物時，在地上拖行時，不容易磨破而導致垃圾掉出。
18. **加桐油透水實驗**：經過實驗發現，自製垃圾袋兩面均勻抹上桐油後，有明顯改善垃圾袋容易滲水的缺點，變得比較防水，如果裝有水分的垃圾，水分就不容易透出。

## 捌、結論

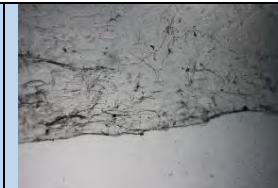
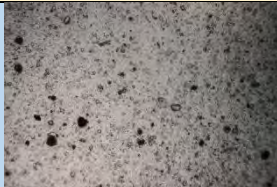
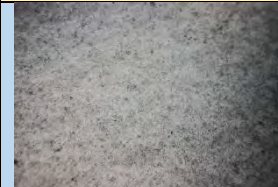
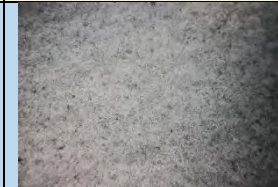
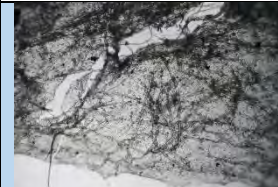
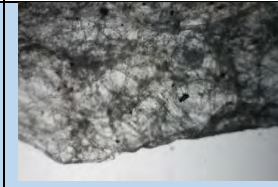
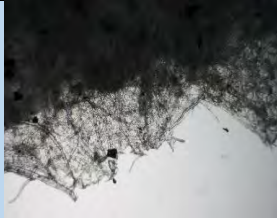
- 一、在耐拉力的試驗中，發現自製垃圾袋的耐拉力，比市售的碳酸鈣，及玉米澱粉塑膠袋還要好，但純紙漿的耐拉力卻不佳，而在自製垃圾袋的顯微照片中，發現當純紙漿與洋菜重新鍵結後，紙漿纖維成鬚鬚狀且分散，內部有明顯洋菜薄膜連結，因此使得自製垃圾袋的耐拉力，明顯優於市售垃圾袋。
- 二、在自製垃圾袋的生物食用試驗中，發現麵包蟲不喜歡吃 A4 紙，但是添加玉米澱粉。製成的垃圾袋大多都被食用，而自製垃圾袋與其它樣品，只有咬痕，而昆蟲在取食過程中，會不會對膜試著咬看看，所以如果要進一步證實麵包蟲食用，必須對麵包蟲的排泄物進行檢驗，才能進一步地確認。
- 三、在自製垃圾袋的土壤分解試驗中，發現添加碳酸鈣與玉米澱粉，製成的垃圾袋都沒有分解，而自製垃圾袋、A4 紙與純紙漿都分解了，由此可見自製垃圾袋，是非常環保且對環境友善的物品，且在透水實驗中，自製垃圾袋可以維持大約 20 幾分鐘的時間，水才完全滲出，因此若將家中菜渣果皮，以自製垃圾袋包覆後埋於花園土壤中，不但可以減少垃圾量，更可以成為花園中植物營養的來源。
- 四、在自製垃圾袋的燃燒試驗中，發現添加碳酸鈣製成的垃圾袋，燃燒時會有惡臭，且殘留物是黑色物質，而自製垃圾袋燃燒時，只有像燒金紙的味道產生，且生成白色易碎的物質，自製垃圾袋不但適用於掩埋法，燃燒時也不會產生其它毒害。
- 五、製作垃圾袋時，雖然已經盡量讓膜的厚薄能一致，但使用絹網與鐵夾，製作而成的垃圾袋，仍有可能厚薄不一致，且曬乾垃圾袋的時間長短，也受到天候影響，若天氣不佳，也可能導致垃圾袋發霉，這些製作的細節，也是我們可以再繼續努力的地方。
- 六、在自製垃圾袋的耐磨實驗中，發現添加碳酸鈣與玉米澱粉製成的垃圾袋較容易被磨破，而自製垃圾袋平均摩擦 13 次才會破。所以以後如果有人把垃圾袋放在地上拖行就較不容易被磨破。
- 七、為了改善我們自製垃圾袋容易漏水的缺點，我們在垃圾袋兩面塗桐油，結果變得比較防水，水較不容易滲出，這樣在裝有水分的垃圾就較不容易因為濕掉而破裂。
- 八、為了改善我們自製垃圾袋容易漏水的缺點，我們在垃圾袋兩面塗桐油，結果變得比較防水，甚至能撐 2 小時以上，都不成問題，這樣在裝有水分的垃圾就較不容易因為濕掉而破裂。
- 九、垃圾袋裝尖銳物品時十分危險，所以是人們都很重視的課題，不會有人希望倒個垃圾還受了傷回來吧！所以耐穿刺實驗就是為了瞭解這種情形才被研發出來的。添加碳酸鈣與玉米澱粉製成的垃圾袋只能耐 8 片的華司，反之自製垃圾袋則能耐 47 片的華司，相較之下自製垃圾袋的耐穿刺性能較佳。



## 玖、參考文獻

1. 中華民國第 56 屆中小學科學展覽會，吃我一顆水球—探討無瓶水製造方式和性質檢測，  
<https://activity.ntsec.gov.tw/activity/race-1/56/pdf/080201.pdf>
2. 中華民國第 57 屆中小學科學展覽會，「膜」力十足—鼻涕蟲配方對性質與拉膜之研究，  
<https://activity.ntsec.gov.tw/activity/race-1/57/pdf/080201.pdf>
3. 中華民國第 56 屆中小學科學展覽會，目不轉「晶」—探討海藻酸鈉薄膜的形成與其相關應用，  
<https://activity.ntsec.gov.tw/activity/race-1/56/pdf/030221.pdf>
4. 中華民國第 54 屆中小學科學展覽會，「泡膜」雲起「膜」登寶「澱」—澱粉起泡、成膜性質的探討及應用，  
<https://activity.ntsec.gov.tw/activity/race-1/54/pdf/030207.pdf>
5. 中華民國第四十六屆中小學科學展覽會，『碗』救地球~環保再生碗  
<https://activity.ntsec.gov.tw/activity/race-1/46/elementary/0808/080830.pdf>
6. 中華民國第 55 屆中小學科學展覽會，黃豆的膜法—探討豆漿膜的特性及其應用，  
<https://activity.ntsec.gov.tw/activity/race-1/55/pdf/030807.pdf>
7. 海藻酸鈉的奧秘，<http://www.shs.edu.tw/works/essay/2015/03/2015032816334126.pdf>
8. 「膜」球的威力—半透膜的探討，<http://www.shs.edu.tw/works/essay/2008/10/2008102819011066.pdf>
9. 中華民國第 56 屆中小學科學展覽會，蝦殼哇哇挖—幾丁聚醣薄膜之研究，  
<https://activity.ntsec.gov.tw/activity/race-1/56/pdf/052202.pdf>
10. 中華民國第四十八屆中小學科學展覽會，新面子—尿面膜，  
<https://activity.ntsec.gov.tw/activity/race-1/48/elementary/080811.pdf>
11. 探討海藻酸鹽可食膜對保存蔬果品質之成效，<http://www.fs.ntou.edu.tw/files/15-1021-19016,c3956-1.php?Lang=zh-tw>
12. 中華民國第四十三屆中小學科學展覽會，小小晶球真奇妙，  
<https://activity.ntsec.gov.tw/activity/race-1/43/pdf/d/030201.pdf>
13. 中華民國第 50 屆中小學科學展覽會，國王的新衣—幾丁聚醣在水果保鮮之研究，  
<file:///C:/Users/user/Downloads/030807.pdf>
14. 水也能用「吃」的！海藻薄膜包水帶著走，  
<https://news.tvbs.com.tw/fun/722094>
15. 走在環保尖端的科技水球—Ooho，  
<http://www.shs.edu.tw/works/essay/2016/11/2016110920364586.pdf>

附錄一 各試驗膜的顯微照片

|                                                                                     |                                                                                     |                                                                                     |                                                                                      |
|-------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------|
|    |    |   |   |
| 純紙(1)<br>纖維清楚，分散，<br>成鬚鬚狀                                                           | 純紙(2)<br>纖維清楚，分散，成<br>鬚鬚狀                                                           | 純洋(1)<br>表面有皺褶，成薄<br>膜狀且透明                                                          | 純洋(2)<br>表面有皺褶，成薄<br>膜狀且透明                                                           |
|    |    |   |   |
| 碳酸鈣(1)<br>貝殼纖維清楚，薄<br>膜狀明顯                                                          | 碳酸鈣(2)<br>貝殼纖維清楚，薄膜<br>狀明顯                                                          | 玉米澱粉(1)<br>纖維清楚，薄膜狀<br>明顯                                                           | 玉米澱粉(2)<br>纖維清楚，薄膜狀<br>明顯                                                            |
|   |   |  |  |
| A4 紙(1)<br>纖維集中，明顯有<br>黏合過                                                          | A4 紙(2)<br>纖維集中，明顯有黏<br>合過                                                          | 3*4*300(1)<br>纖維成鬚鬚狀且分<br>散，內部有洋菜薄<br>膜                                             | 3*4*300(2)<br>纖維成鬚鬚狀且分<br>散，內部有明顯洋<br>菜薄膜                                            |
|  |  |                                                                                     |                                                                                      |
| 3*3*300(1)<br>纖維成鬚鬚狀且集<br>中，但洋菜薄膜不<br>太明顯                                           | 3*3*300(2)<br>纖維成鬚鬚狀且集<br>中，但洋菜薄膜不<br>太明顯                                           |                                                                                     |                                                                                      |

## 【評語】 082930

本作品以回收紙漿和洋菜粉自製環保垃圾袋，並進行 18 種特性測試實驗，性能皆與市售的碳酸鈣和玉米澱粉垃圾袋做比較，自製可分解的垃圾袋在耐拉力、土壤分解試驗、耐穿刺、耐摺、耐磨性表現不錯，是一個具實用性的作品，值得鼓勵。建議可增加文獻的蒐集與比較，增加作品的嚴謹度，且可再清楚的呈現如何透過實驗找到自製垃圾袋的最佳配方，研究會更完善。

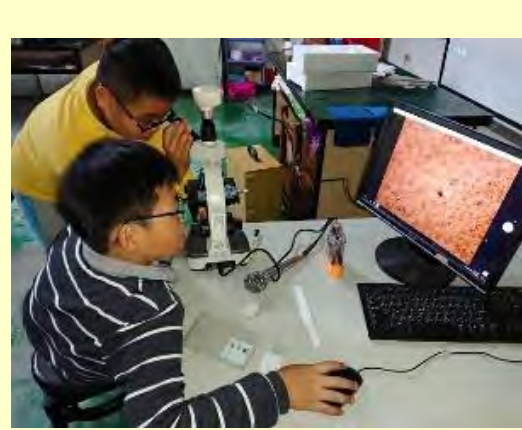


# 摘要

本研究主要探討回收紙漿和洋菜製作可分解垃圾袋，耐拉性實驗中，自製薄膜比市售的垃圾袋耐拉，而耐壓性實驗中，自製薄膜在承受1kg的重量後下陷了0.03cm，是所有樣品中是所有樣品中下陷最少的。耐酸性實驗裡，自製薄膜經過酸性的環境後爛掉和軟化的現象。有捲起的現象。耐摺性實驗中，自製薄膜經反覆摺了10000下之後都沒有裂開。透氣性實驗裡，自製薄膜比市面上的垃圾袋透氣性實驗還要好，經過164分鐘後就能完全透氣。透水性實驗中，自製薄膜經過26分鐘33秒後會透水出來。延展性實驗裡，自製薄膜是所有樣品中延展最少的，自製薄膜承受1kg重量後不會延展的過多，延展長度是0.83cm，土壤分解性實驗中，自製薄膜能在土壤中完全分解，而市售垃圾袋無法在土壤中分解。生物食用實驗裡，自製薄膜不太會被蟲分解掉，所以做為無塑袋後，就不會被蟲啃食，而玉米澱粉垃圾袋很容易被蟲分解掉。耐穿刺實驗中，自製薄膜是所有樣品中承受最多片華司才被圖釘刺破的，承受了47.8片。燃燒性實驗中，自製薄膜燃燒實聞起來的味道是燒金紙的味道，而碳酸鈣垃圾袋大部分仍是塑膠成分，所以燃燒時有塑膠的惡臭。

## 研究動機

台灣人用「塑」成癮，這些有毒的塑膠垃圾，會在自然界碎裂成塑膠微粒後，透過食物鏈後對生物體造成影響。這些廢棄的塑膠，如果含氯後燃燒會產生戴奧辛，可能致癌、傷肝、傷腎或使雄性雌性化！（摘錄環境學會），在上自然課時，我們發現製作果凍的液體如果滴在桌上時，會產生一層薄薄的膜，可是那一層膜非常的脆弱，所以我們想利用這層膜，加上打碎的紙漿來增強薄膜的韌性，來製成既環保又實用的垃圾袋。

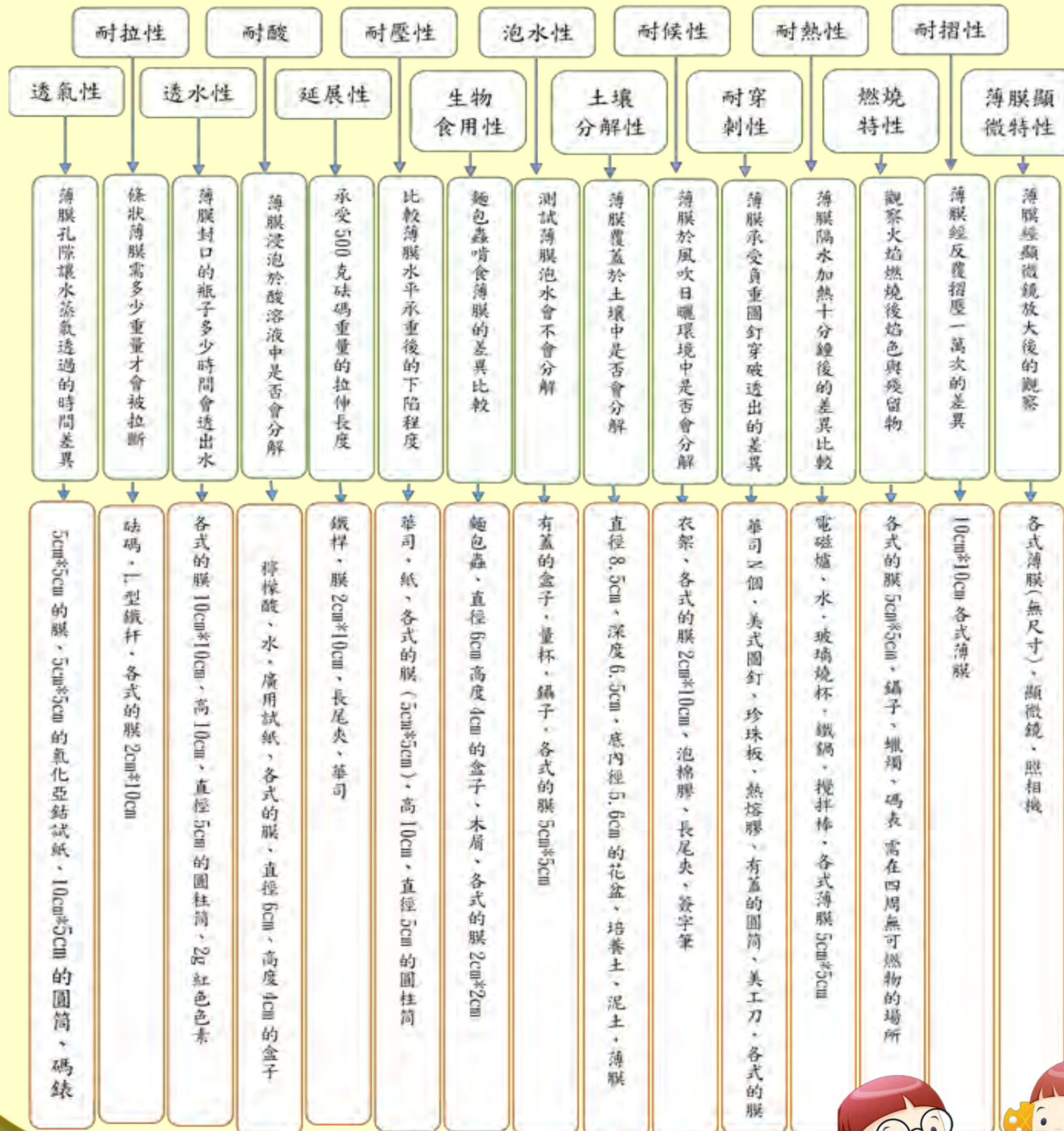


我們以顯微鏡放大檢視，發現碳酸鈣與玉米澱粉塑膠袋，是由顆粒狀材料與塑膠混合製作，於是打算以回收紙漿的纖維取代顆粒，而洋菜薄膜取代塑膠薄膜

## 研究流程

以回收紙漿和果凍製作可分解無塑袋

先準備洋菜粉3g、碎紙3g 和水300ml，接著用果汁機打3分鐘成紙漿，並加熱7分鐘後倒入淺盤中凝固後，最後再夾入綑網曬乾



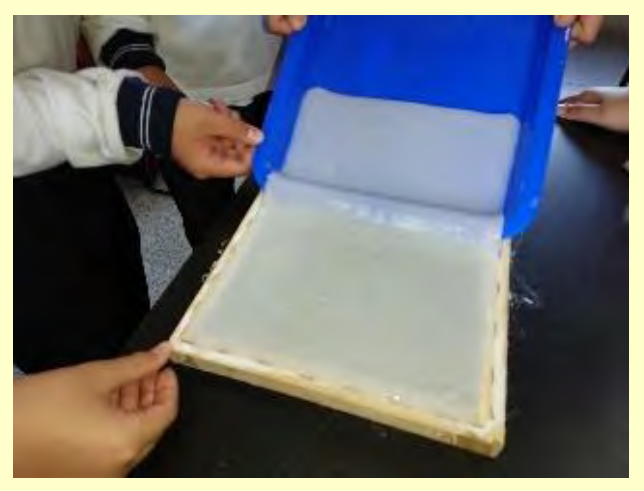
## 薄膜製作流程



經過不斷地嘗試與測試，我們找出最佳配方來製成試驗用的自製薄膜，分別是洋菜粉3g、回收紙漿3g和水300ml，以及洋菜粉3g、碎紙4g和水300ml。以下所有實驗都是以這兩種配方與市售生物可分解塑膠袋(碳酸鈣、玉米澱粉)進行比較



先將回收來的廢紙剪碎後，再以果汁機打成紙漿



趁熱將紙漿與洋菜的混和物倒入淺盤中冷卻凝固，再將凝固後的薄膜半成品小心地移到綑網上準備曬乾

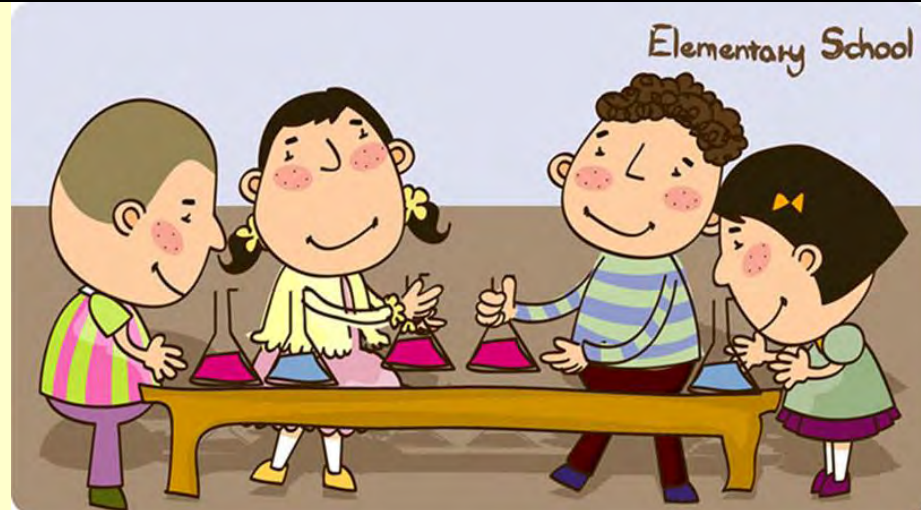
為了讓薄膜可以均勻並且不會發生皺褶現象，我們以兩層綑網夾住薄膜半成品，再放置於窗台上曬乾

## 研究目的

- 一.拉力實驗：條狀薄膜需多少重量才會被拉斷。
- 二.土壤分解實驗：薄膜覆蓋於土壤中是否會分解。
- 三.生物食用實驗：麵包蟲啃食薄膜的差異比較。
- 四.蒸發實驗：探討塑膠瓶上蓋上各式試驗膜後水量蒸發實驗。
- 五.延展實驗：承受500克砝碼重量的延展長度。
- 六.耐穿刺實驗：薄膜承受圖釘穿破透出的差異。
- 七.耐摺實驗：薄膜經過反覆摺一萬次的差異。
- 八.耐酸實驗：薄膜浸泡於酸性溶液中是否會分解。
- 九.耐熱實驗：薄膜隔水加熱十分鐘後的差異比較。
- 十.耐壓實驗：比較薄膜水平承重後的下陷程度。
- 十一.耐候性實驗：薄膜於風吹日曬環境中是否會分解。
- 十二.透水實驗：薄膜封口的瓶子多少時間會透出水。
- 十三.透氣實驗：薄膜孔隙讓水蒸氣透過的時間差異。
- 十四.泡水實驗：測試薄膜泡水會不會分解。
- 十五.燃燒實驗：觀察火焰燃燒後焰色與殘留物。
- 十六.透光性實驗：探討各試驗膜的透光性。

## 實驗器材

| 實驗名稱     | 實驗器材                                                         |
|----------|--------------------------------------------------------------|
| 耐拉性實驗    | 砝碼、L型鐵杆、各式的膜 2cm*10cm、長尾夾                                    |
| 泡水性實驗    | 盒子、蓋子、量杯、鑷子、各式的膜 5cm*5cm                                     |
| 耐壓性實驗    | 華司、紙、各式的膜 (10cm*10cm)、高10cm、直徑5cm的圓柱筒                        |
| 耐酸實驗     | 水 500ml、廣用試紙、直徑6cm、高度4cm的盒子、各式的膜 5cm*5cm, 檸檬酸 60g            |
| 耐候性實驗    | 衣架、各式的膜 2cm*10cm、泡棉膠、長尾夾、簽字筆                                 |
| 耐熱性實驗    | 電磁爐、水、玻璃燒杯、鐵鍋、攪拌棒、各式薄膜 5cm*5cm                               |
| 耐摺性實驗    | 10*10 各式薄膜                                                   |
| 透氣性實驗    | 10cm*10cm 的膜、5cm*5cm 的氯化亞鉛試紙、高10cm 直徑5cm 的圓筒、碼錶、橡皮筋          |
| 透水性實驗    | 各式的膜 10cm*10cm、高10cm、直徑5cm的圓柱筒、2g 紅色色素、衛生紙                   |
| 延展性實驗    | 鐵桿、膜 2cm*10cm、長尾夾、華司、砝碼                                      |
| 生物食用性實驗  | 麵包蟲、直徑6cm 高度4cm 的盒子、木屑、各式的膜 2cm*2cm                          |
| 土壤分解性實驗  | 直徑8.5cm、深度6.5cm、底內徑5.6cm的花盆、培養土、泥土，各式的薄膜 5cm*5cm、A4紙 5cm*5cm |
| 耐穿刺性實驗   | 華司、美式圖釘、珍珠板、熱熔膠、有蓋的圓筒、美工刀、各式的膜 10cm*10cm                     |
| 燃燒特性實驗   | 各式的膜 5cm*5cm、鑷子、蠟燭、碼表 需在四周無可燃物的場所                            |
| 薄膜顯微特性實驗 | 各式薄膜(無尺寸)、顯微鏡、照相機                                            |
| 透光性實驗    | 5cm*5cm 樣品、紙杯底部(需割開)、照度計                                     |



## 相關課程

| 科目 | 學期 | 單元   | 單元名稱     | 相關實驗           |
|----|----|------|----------|----------------|
| 自然 | 3上 | 第二單元 | 生活中有趣的力  | 耐拉、耐壓性、延展性、耐穿刺 |
| 自然 | 3下 | 第三單元 | 動物的身體和運動 | 生物食用           |
| 自然 | 3下 | 第四單元 | 認識天氣     | 風吹日晒雨淋(耐候性)    |
| 自然 | 4上 | 第三單元 | 光的世界     | 透光性實驗          |
| 自然 | 4下 | 第二單元 | 水的移動     | 透水性、透氣性實驗、蒸發實驗 |
| 自然 | 4下 | 第三單元 | 昆蟲世界     | 生物食用           |
| 自然 | 5上 | 第二單元 | 植物世界     | 土壤分解           |
| 自然 | 5上 | 第三單元 | 空氣與燃燒    | 燃燒實驗           |
| 自然 | 5下 | 第二單元 | 動物的生活    | 生物食用實驗         |
| 自然 | 5下 | 第三單元 | 水溶液的性質   | 耐酸性、泡水性        |
| 自然 | 6上 | 第二單元 | 生活中有趣的力  | 耐拉、耐壓性、延展性、耐穿刺 |
| 自然 | 6上 | 第一單元 | 天氣的變化    | 風吹日晒雨淋(耐候性)    |
| 自然 | 6上 | 第二單元 | 熱和我們的生活  | 耐熱實驗           |





1

#### 一、不同材質拉力測試實驗

- (一)實驗目的：測試不同材質試驗膜的耐拉力大小。
- (二)實驗材料：L型鐵杆、鐵杆固定器、簽字筆、砝碼、長尾夾、尺、試驗膜。
- (三)實驗步驟：
1. 將實驗的試驗膜，用美工刀與切割墊，切成10cm\*2cm的長方形。
  2. 利用鐵桿固定器與鐵桿製作測試支架組。
  3. 將10cm\*2cm的薄膜，上端畫出3公分，用長尾夾固定於支架上，下方則以1cm\*2cm的泡棉膠黏住兩端，再夾上一個長尾夾。
  4. 利用長尾夾的兩個鉤環，將10g、20g、500g的砝碼分別掛上去，直到薄膜斷裂為止，紀錄斷裂時砝碼的數量，每個實驗進行五個重複，然後取平均值。
- (四)實驗紀錄表：(單位：克g)



圖 1-1 試驗膜耐拉力實驗結果

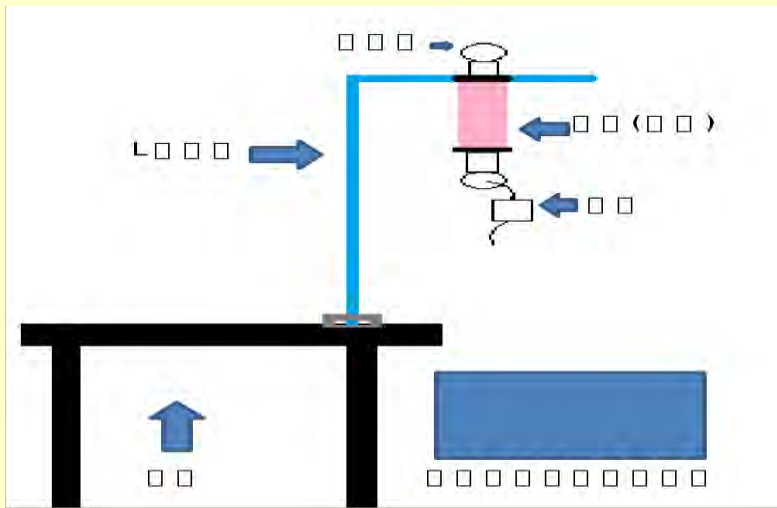
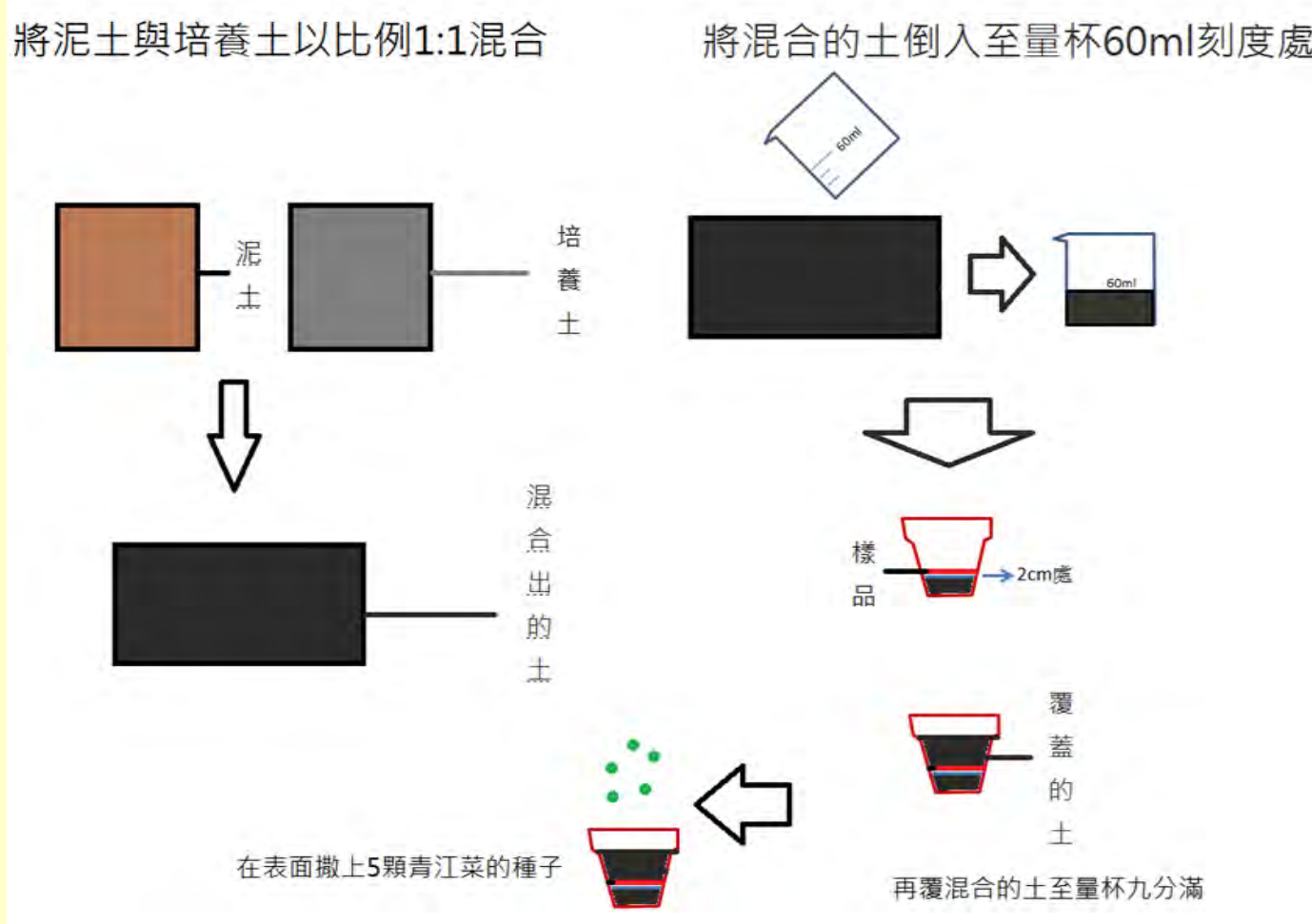


圖 1-2 試驗膜耐拉力實驗操作圖

2

#### 二、土壤分解實驗

- (一)實驗目的：測試土壤中的微生物，是否可以將我們製作的薄膜分解。
- (二)實驗材料：直徑8.5cm、深度6.5cm、底內徑5.6cm的花盆，培養土，泥土，各式的薄膜、A4紙5cm\*5cm。
- (三)實驗步驟：
1. 將泥土與培養土以1：1的比例混合。
  2. 先取混合的土倒入量杯60ml處，再倒入花盆中並放上試驗膜。
  3. 然後再將混合的土以量杯量至九分滿，然後覆蓋於試驗膜上方。
  4. 在表面撒土5顆青江菜的種子並澆水，71天後觀察。
- (四)實驗結果：
- 表 2：試驗膜土壤分解實驗表
- | 處理 | 碳酸鈣  | 玉米澱粉 | A4紙  | 3*3*300 | 3*4*300 | 純紙漿  |
|----|------|------|------|---------|---------|------|
| 重複 |      |      |      |         |         |      |
| 1  | 沒有分解 | 沒有分解 | 完全分解 | 完全分解    | 完全分解    | 完全分解 |
| 2  | 沒有分解 | 沒有分解 | 完全分解 | 完全分解    | 完全分解    | 完全分解 |
| 3  | 沒有分解 | 沒有分解 | 完全分解 | 完全分解    | 完全分解    | 完全分解 |
- 碳酸鈣與玉米澱粉製成的垃圾袋沒有分解，自製的試驗膜、A4紙與純紙漿都分解了。



3

#### 三、生物食用實驗

- (一)實驗目的：麵包蟲啃食試驗膜的差異比較。
- (二)實驗材料：麵包蟲、直徑6cm、高度4cm的塑膠盒子、木屑、各式的膜2cm\*2cm。
- (三)實驗步驟：
1. 先在直徑6cm、深度4cm的塑膠盒內放入2g木屑。
  2. 再放入2cm\*2cm的薄膜在盒內。
  3. 放入五隻大小差不多的麵包蟲在盒內。
  4. 再蓋上打過洞的蓋子(大小相同)，每週觀察記錄，36天後結束實驗。
- (四)實驗記錄：

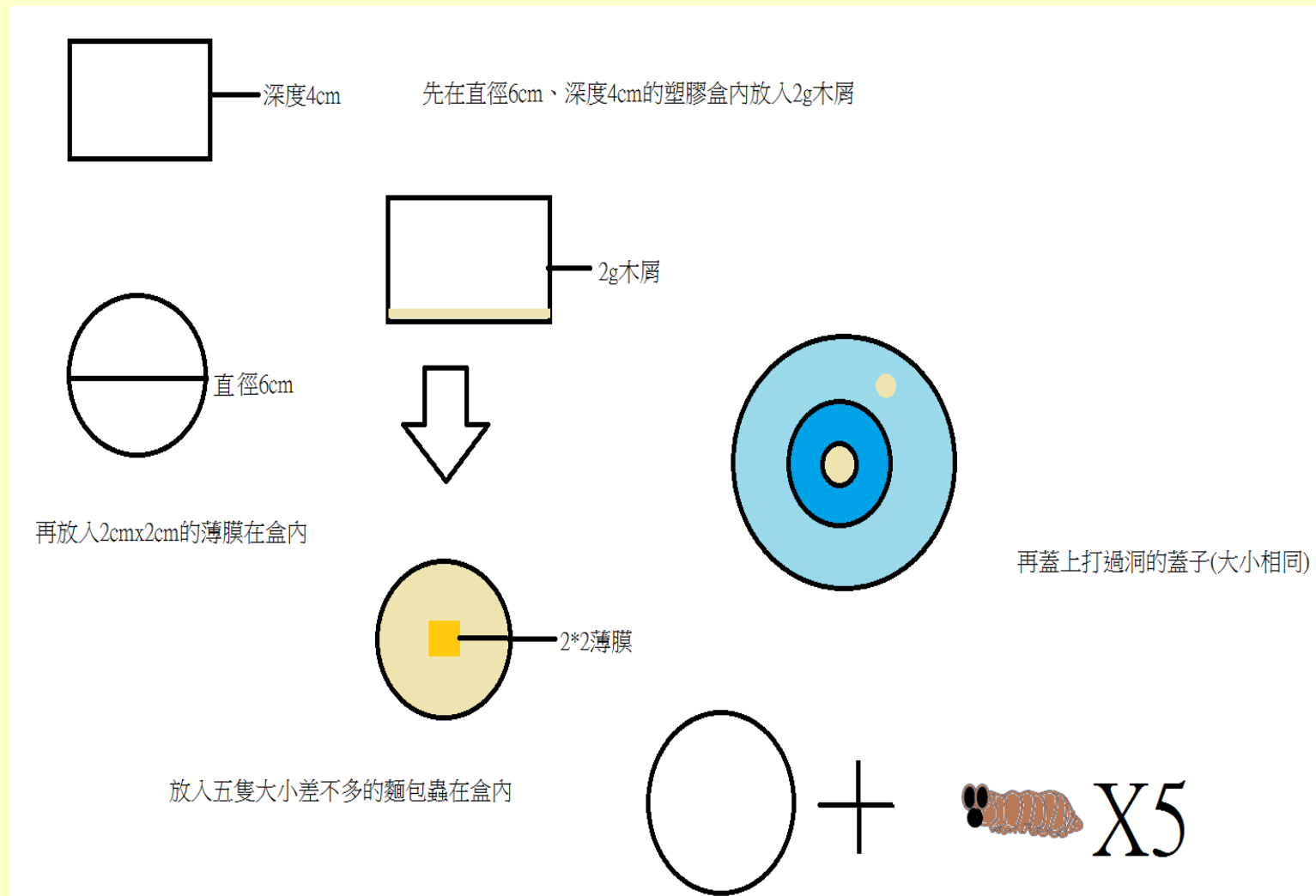


圖 3：試驗膜生物食用實驗操作圖

4

#### 四、蒸發實驗

- (一)實驗目的：探討塑膠瓶上蓋上各式試驗膜後，瓶內水量的蒸發實驗。
- (二)實驗材料：10\*10cm的試驗膜樣品、50ml的水、圓柱筒、橡皮筋。
- (三)實驗步驟：
1. 將試驗薄膜以10cm\*10cm大小，蓋在塑膠圓柱桶上，桶內裝有50ml的水，再用橡皮筋固定在圓筒上。
  2. 觀察27天後，記錄不同試驗薄膜覆蓋的杯子裡，蒸發的水量差異。
- 四、實驗結果：(單位：ml)

| 日期 | 碳酸鈣 | 玉米澱粉 | A4紙 | 3*3*300 | 3*4*300 | 純紙漿  | 洋菜   |
|----|-----|------|-----|---------|---------|------|------|
| 重複 |     |      |     |         |         |      |      |
| 1  | 3   | 2    | 6   | 7       | 8       | 22   | 18   |
| 2  | 2   | 2    | 6   | 7       | 8       | 22   | 18   |
| 3  | 2   | 2    | 8   | 6       | 8       | 20   | 20   |
| 平均 | 2.3 | 1.7  | 6.7 | 6.6     | 8       | 21.3 | 18.7 |

我們發現純紙漿和洋菜的蒸發速度較快，蒸發的水最多，然後A4紙、3\*3\*300、3\*4\*300數據都差不多，而玉米澱粉和碳酸鈣垃圾袋，蒸發速度最慢，蒸發的水量最少。

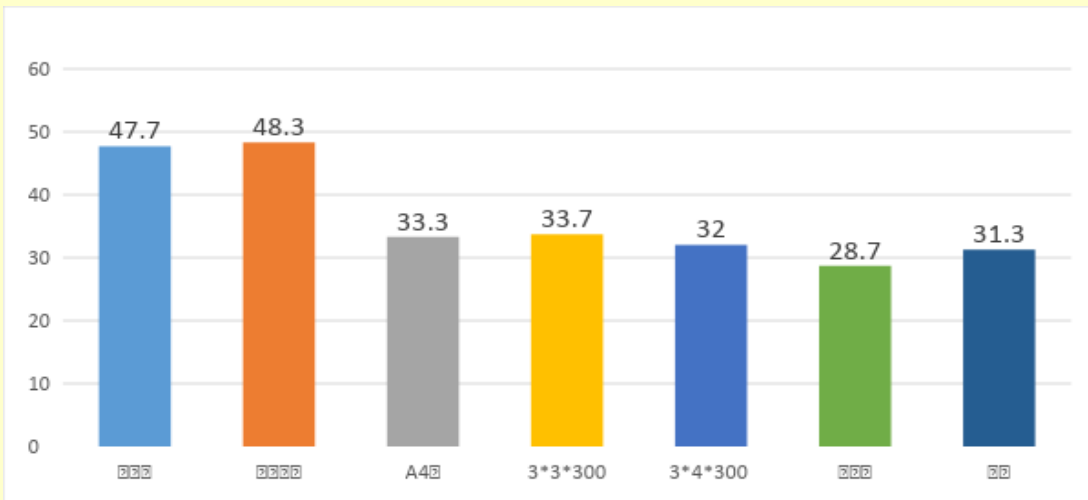
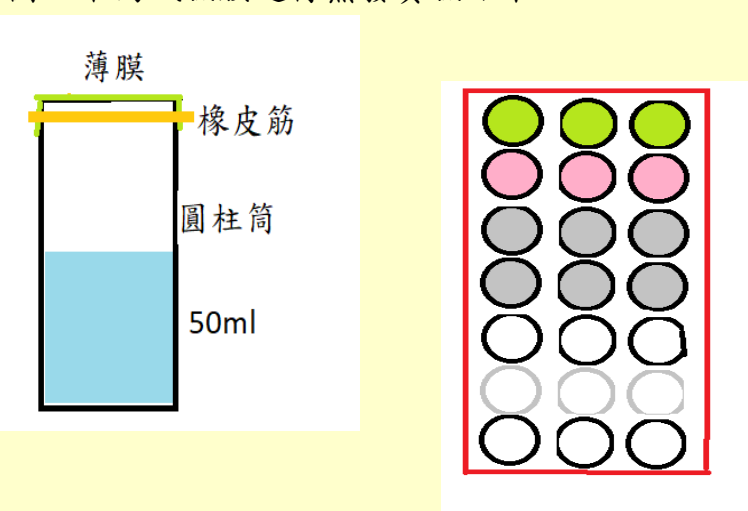


圖 4 不同試驗膜進行蒸發實驗結果



5

#### 五、延展性實驗

- (一)實驗目的：了解試驗膜樣品承受500克砝碼後，試驗膜的伸長量。
- (二)實驗材料：鐵桿、膜2cm\*10cm、長尾夾、華司、砝碼。
- (三)實驗步驟：
1. 在2cm\*10cm樣品從上端往下3cm處畫線，在L型鐵架上用長尾夾夾上樣品(對摺至黑線)。
  2. 在樣品下端黏上2cm\*1cm泡棉膠並夾上長尾夾，在長尾夾下端掛上490g華司和10g的砝碼。
  3. 觀察試驗膜伸長幾公分。
- (四)實驗結果：
- 表 5：試驗膜延展性實驗紀錄表(單位：cm)

| 處理   | 碳酸鈣            | 玉米澱粉            | A4紙            | 3*3*300        | 3*4*300        | 純紙漿            | 洋菜             |
|------|----------------|-----------------|----------------|----------------|----------------|----------------|----------------|
| 重複   |                |                 |                |                |                |                |                |
| 1    | 原長 6.5, 總長 7.9 | 原長 6.5, 總長 12   | 原長 6.5, 總長 6.5 | 原長 6.5, 總長 7.0 | 原長 6.5, 總長 7.3 | 原長 6.5, 總長 6.5 | 原長 6.5, 總長 7.4 |
| 2    | 原長 6.5, 總長 8.5 | 原長 6.5, 總長 11.7 | 原長 6.5, 總長 6.5 | 原長 6.5, 總長 7.6 | 原長 6.5, 總長 7.2 | 原長 6.5, 總長 6.5 | 原長 6.5, 總長 7.3 |
| 3    | 原長 6.5, 總長 8.0 | 原長 6.5, 總長 12.4 | 原長 6.5, 總長 6.5 | 原長 6.5, 總長 7.4 | 原長 6.5, 總長 7.1 | 原長 6.5, 總長 6.5 | 原長 6.5, 總長 7.6 |
| 平均伸長 | 1.6            | 5.53            | 0              | 0.83           | 0.7            | 0              | 0.93           |

我們發現玉米澱粉的延展性最佳，平均伸長量是5.53cm，碳酸鈣的平均伸長量是1.6cm，而A4紙沒有伸長，純紙漿直接斷裂，3\*3\*300和3\*4\*300的伸長量接近，分別是0.83及0.7公分，洋菜的延展性是0.93cm。

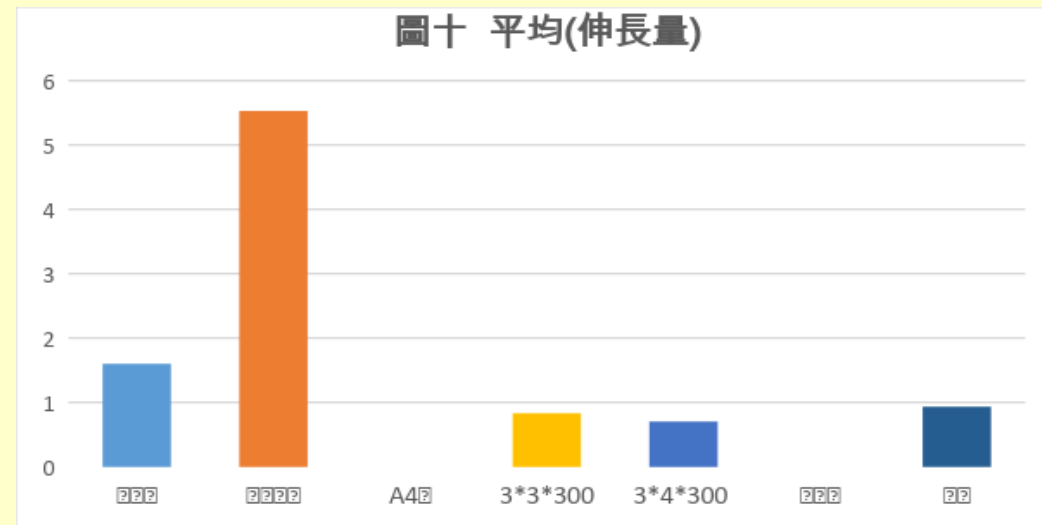


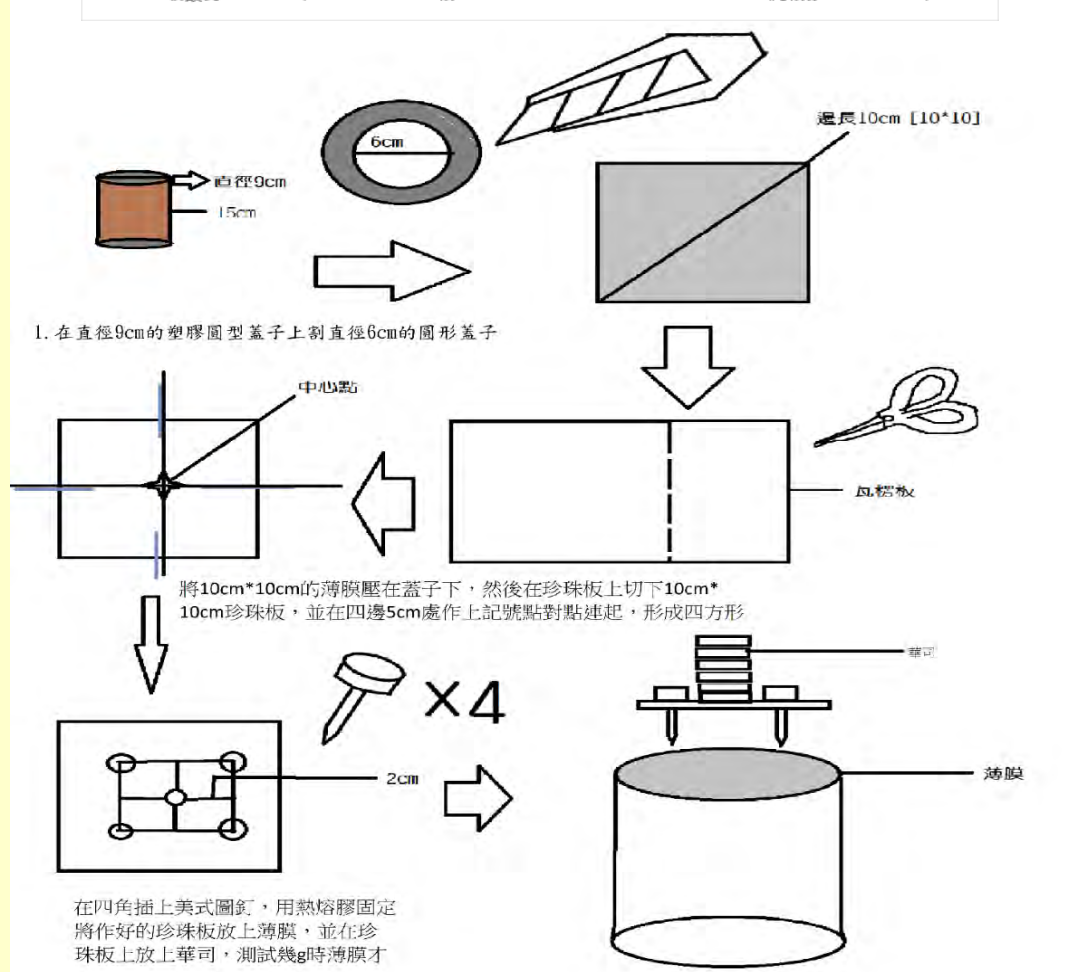
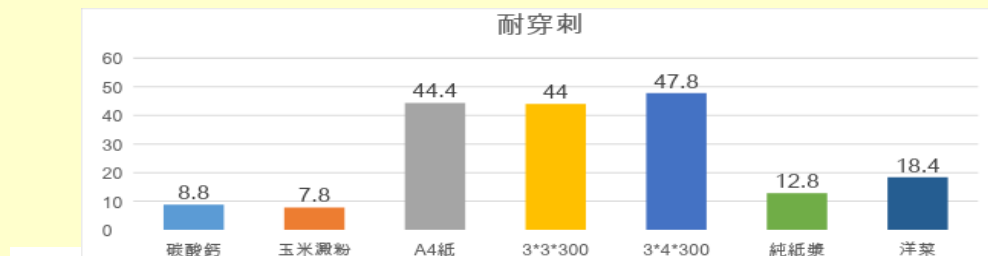
圖 5-1 試驗膜延展性結果

6

#### 六、耐穿刺實驗

- (一)實驗目的：探討試驗膜在承受多少片華司的重量會被刺破。
- (二)實驗材料：五件試驗膜、直徑9cm塑膠圓型蓋子、塑膠圓筒(塑膠圓型蓋子能蓋上去)、10cm\*10cm的塑膠瓦楞板、尺、簽字筆、華司、美式圖釘
- (三)實驗步驟：
1. 在塑膠圓型蓋子上割直徑6cm的圓形蓋子，找出瓦楞板的中心，並畫出4cm\*4cm的正方形。
  2. 在4cm\*4cm正方形的4個頂點上，插上美式圖釘，並用熱熔膠固定。
  3. 把要實驗的樣品(膜)切成10\*10公分，將試驗膜平整的放在圓筒上，並用塑膠蓋子蓋上。
  4. 把瓦楞板對準放上，在4根圖釘中間放上華司，4根圖釘插進試驗膜裡後，計數放了幾片華司。
- (四)實驗結果：

發現3\*4\*300的是最高的，是47.8片，3\*3\*300和A4紙的平均值相近，碳酸鈣和玉米澱粉垃圾袋分別是8.8片和7.8片，而純紙漿的平均值是12.8片，洋菜則是12.4片。



7

#### 七、耐摺實驗

- (一)實驗目的：探討試驗膜經反覆摺壓後的結果
- (二)實驗材料：10cm\*10cm各式試驗膜
- (三)實驗步驟：準備10cm\*10cm試驗膜對摺，對摺一次算一下，紀錄摺了幾次之後裂開。(摺到10000以上就不用再摺了)

(四)實驗紀錄表

表 7：試驗膜的耐摺實驗結果(★：代表摺超過1000次)

| 處理 | 碳酸鈣 | 玉米澱粉 | A4紙   | 3*3*300 | 3*4*300 | 純紙漿  | 洋菜 |
|----|-----|------|-------|---------|---------|------|----|
| 重複 |     |      |       |         |         |      |    |
| 1  | ★   | ★    | 1247次 | ★       | ★       | 641次 | ★  |
| 2  | ★   | ★    | 1353次 | ★       | ★       | 722次 | ★  |
| 3  | ★   | ★    | 1503次 | ★       | ★       | 620次 | ★  |
| 平均 | ★   | ★    | 1367次 | ★       | ★       | 661次 | ★  |

發現純紙漿非常不耐摺，平均只有661次，而A4紙也不耐摺，平均也只有1367次，碳酸鈣、玉米澱粉垃圾袋、3\*3\*300、3\*4\*300和純洋菜都非常耐摺，都超過10000下。

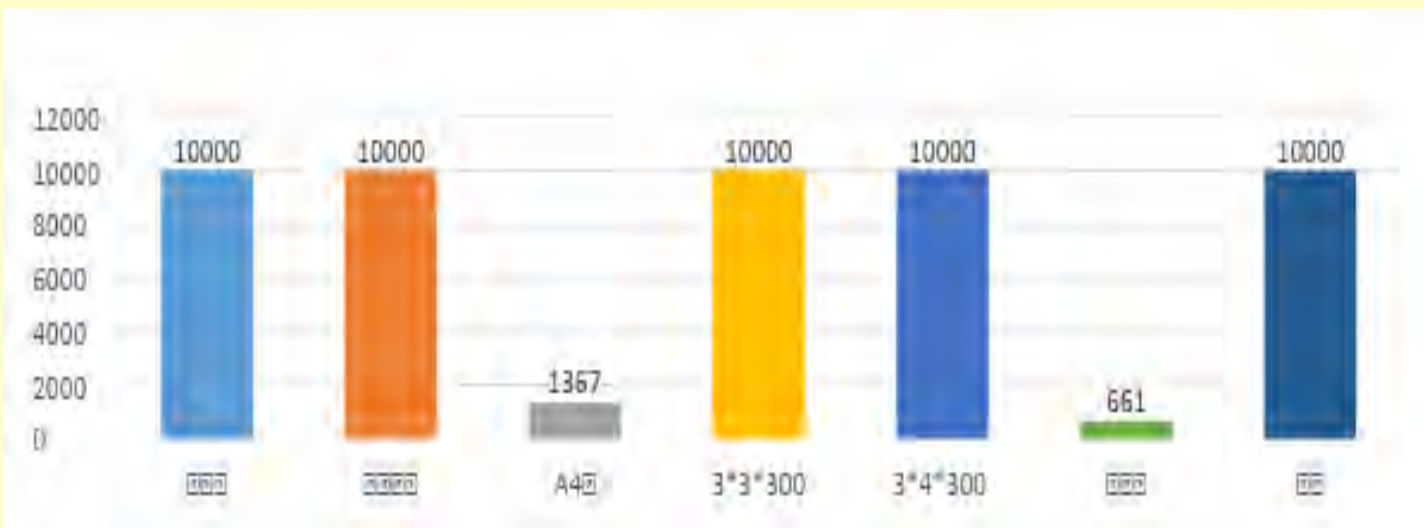


圖 7-1 試驗膜的耐摺實驗

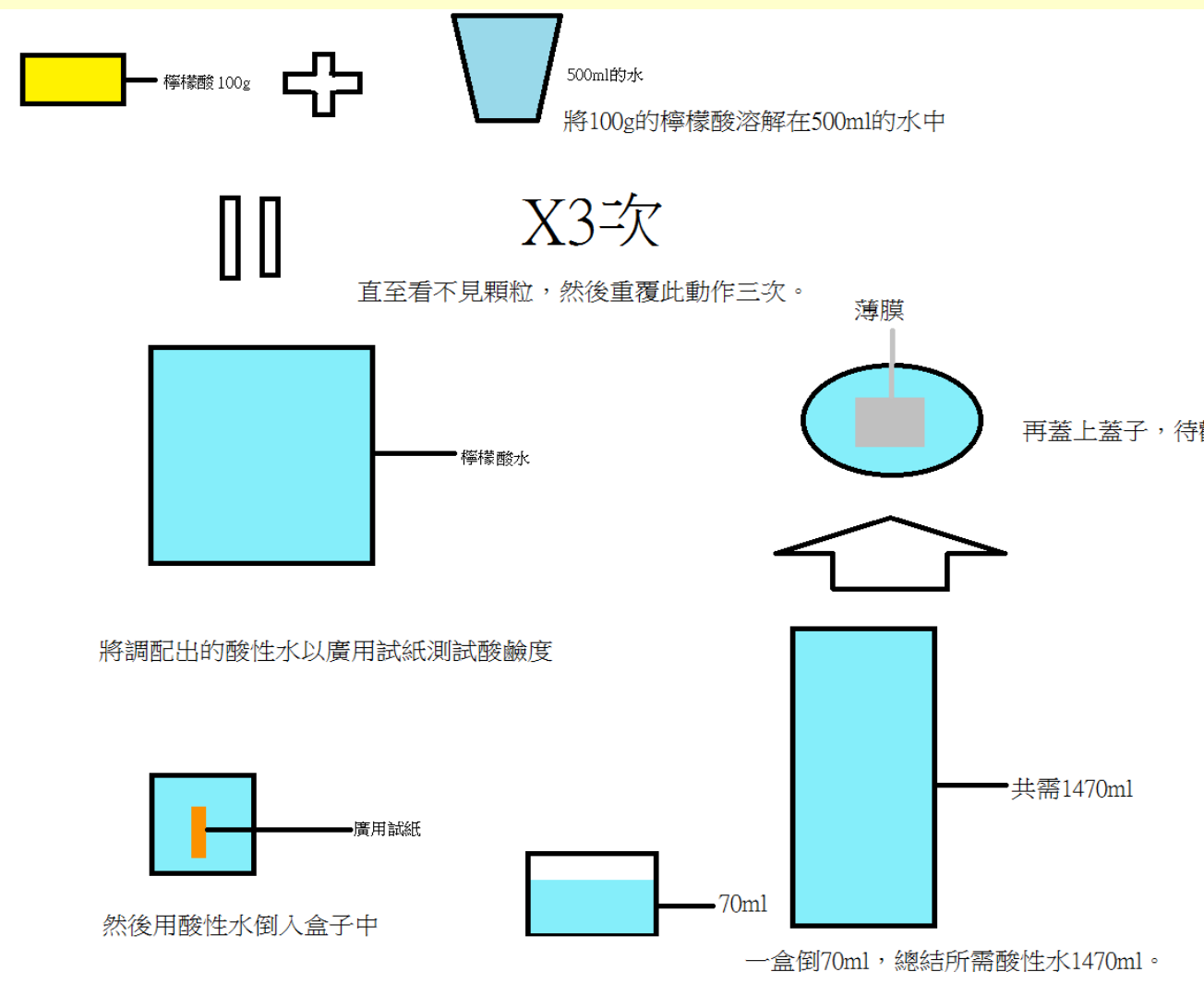


8

#### 八、耐酸實驗

- (一)實驗目的：探討將試驗膜浸泡於酸性溶液中，是否會分解。
- (二)實驗材料：水500ml、直徑6cm、高4cm的盒子、試驗膜5cm\*5cm，檸檬酸100g、廣用試紙、鏟子、塑膠盆蓋子、塑膠盆。
- (三)實驗步驟：
1. 將100g的檸檬酸溶解在500ml的水中，並用廣用試紙測試，測得pH值是3。
  2. 倒70ml檸檬酸水溶液在塑膠盆，用鏟子將5cm\*5cm樣品壓入水中後，再蓋上塑膠盆蓋子。
  3. 24天後觀察實驗結果。
- (四)實驗結果：

碳酸鈣和玉米澱粉垃圾袋都沒有太大的變化，A4紙有軟化現象，3\*3\*300有爛掉及軟化，3\*4\*300有軟化而且有部分發霉，純紙漿都全部爛掉，洋菜有軟化、分裂及碎裂現象，洋菜膜表面有些許的泡泡產生。



9

#### 九、耐熱實驗

- (一)實驗目的：探討試驗膜是否耐熱。
- (二)實驗材料：250ml的玻璃燒杯、水、鐵鍋、各式樣品、電磁爐、鏟子。
- (三)實驗步驟：
1. 取100ml的水倒入玻璃燒杯中，將5cm\*5cm的試驗膜分別放入燒杯中。
  2. 鐵鍋內倒入1200ml的熱水，將燒杯放入鐵鍋中隔水加熱。
  3. 再將鐵鍋放在電磁爐上加熱10分鐘，10分鐘後，攪拌10次，觀察試驗膜是否破裂。
- (四)實驗結果：

| 處理 | 碳酸鈣     | 玉米澱粉    | A4紙     | 3*3*300 | 3*4*300 | 純紙漿    | 洋菜     |
|----|---------|---------|---------|---------|---------|--------|--------|
| 重複 |         |         |         |         |         |        |        |
| 1  | 攪10下 沒破 | 攪10下 沒破 | 攪10下 沒破 | 攪3下 破了  | 攪2下 破了  | 攪2下 破了 | 攪3下 破了 |
| 2  | 攪10下 沒破 | 攪10下 沒破 | 攪10下 沒破 | 攪3下 破了  | 攪2下 破了  | 攪2下 破了 | 攪5下 破了 |
| 3  | 攪10下 沒破 | 攪10下 沒破 | 攪10下 沒破 | 攪3下 破了  | 攪2下 破了  | 攪2下 破了 | 攪3下 破了 |

碳酸鈣、玉米澱粉及A4紙攪了10下，都沒有破裂，3\*3\*300攪了3下就破了，3\*4\*300和純紙漿，攪了2下就破了，洋菜攪了3-5下就破了。

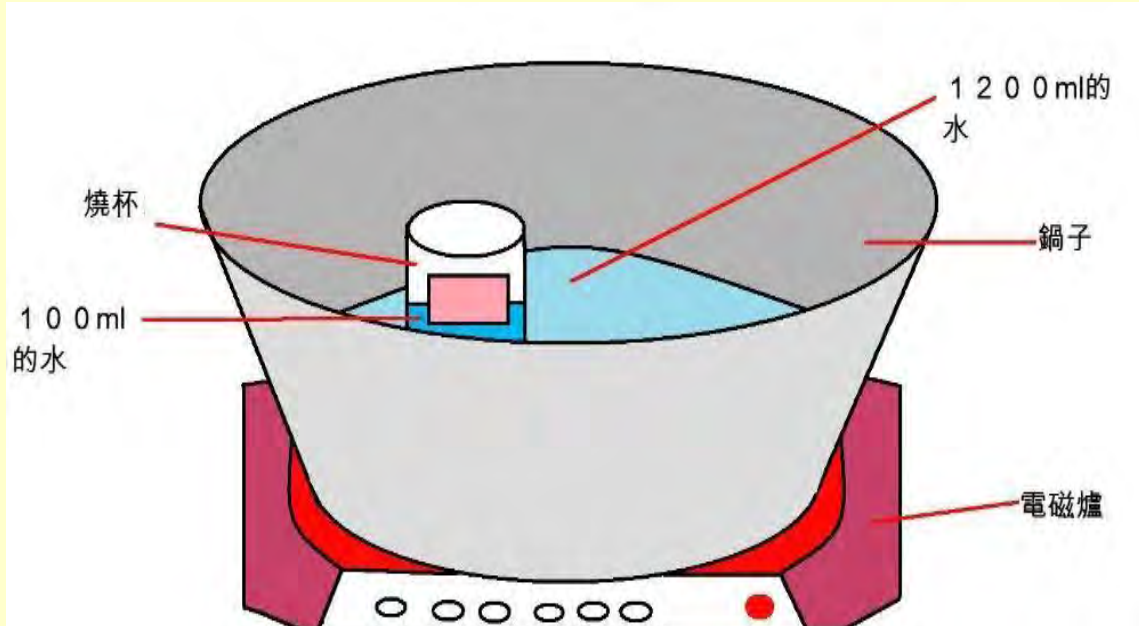


圖 9-1 試驗膜的耐熱實驗操作圖

10

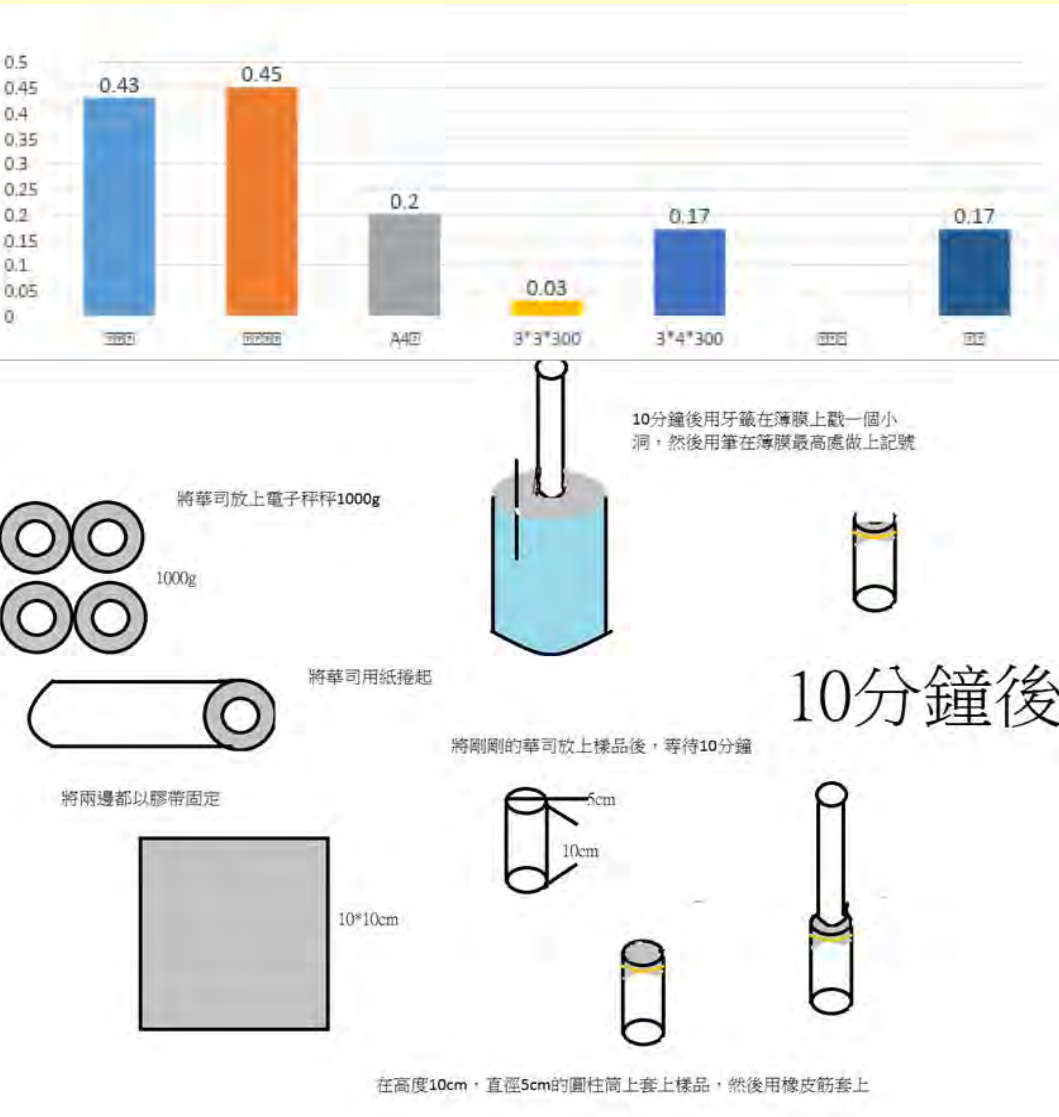
#### 十、耐壓性實驗

- (一)實驗目的：探討試驗薄膜水平承重後的下陷程度。
- (二)實驗材料：華司、紙、試驗膜10cm\*10cm、高10cm、直徑5cm的圓柱筒、橡皮筋。
- (三)實驗步驟：
1. 在高10cm、直徑5cm的圓柱筒上，將10\*10樣品緊貼瓶口，並套上橡皮筋綁緊。
  2. 將1kg的華司疊在一起，並用A4紙包圍，再用膠帶黏起來。
  3. 將華司放在薄膜中間上方，並記時10分鐘，10分鐘後將牙籤插入膜中，並在膜下陷的最下端做記號。
- 四、測量試驗膜下降了幾cm。
- (四)實驗結果：

表 10：試驗膜耐壓性結果(單位：cm)

| 處理  | 碳酸鈣  | 玉米澱粉 | A4紙 | 3*3*300 | 3*4*300 | 純紙漿 | 洋菜   |
|-----|------|------|-----|---------|---------|-----|------|
| 重複  |      |      |     |         |         |     |      |
| 1   | 0.4  | 0.4  | 0.1 | 0       | 0.2     | 破了  | 0.2  |
| 2   | 0.5  | 0.5  | 0.3 | 0.1     | 0.1     | 破了  | 0.1  |
| 3   | 0.4  | 0.45 | 0.2 | 0       | 0.2     | 破了  | 0.2  |
| 平均值 | 0.43 | 0.45 | 0.2 | 0.03    | 0.17    | 0   | 0.17 |

碳酸鈣和玉米澱粉的垃圾袋，下陷的最多，平均值分別是0.43cm及0.45cm，洋菜和A4紙的實驗結果相同，是0.17cm，3\*3\*300的延展性較差，是0.03cm，純紙漿是0，因為放上華司時直接破裂。



11

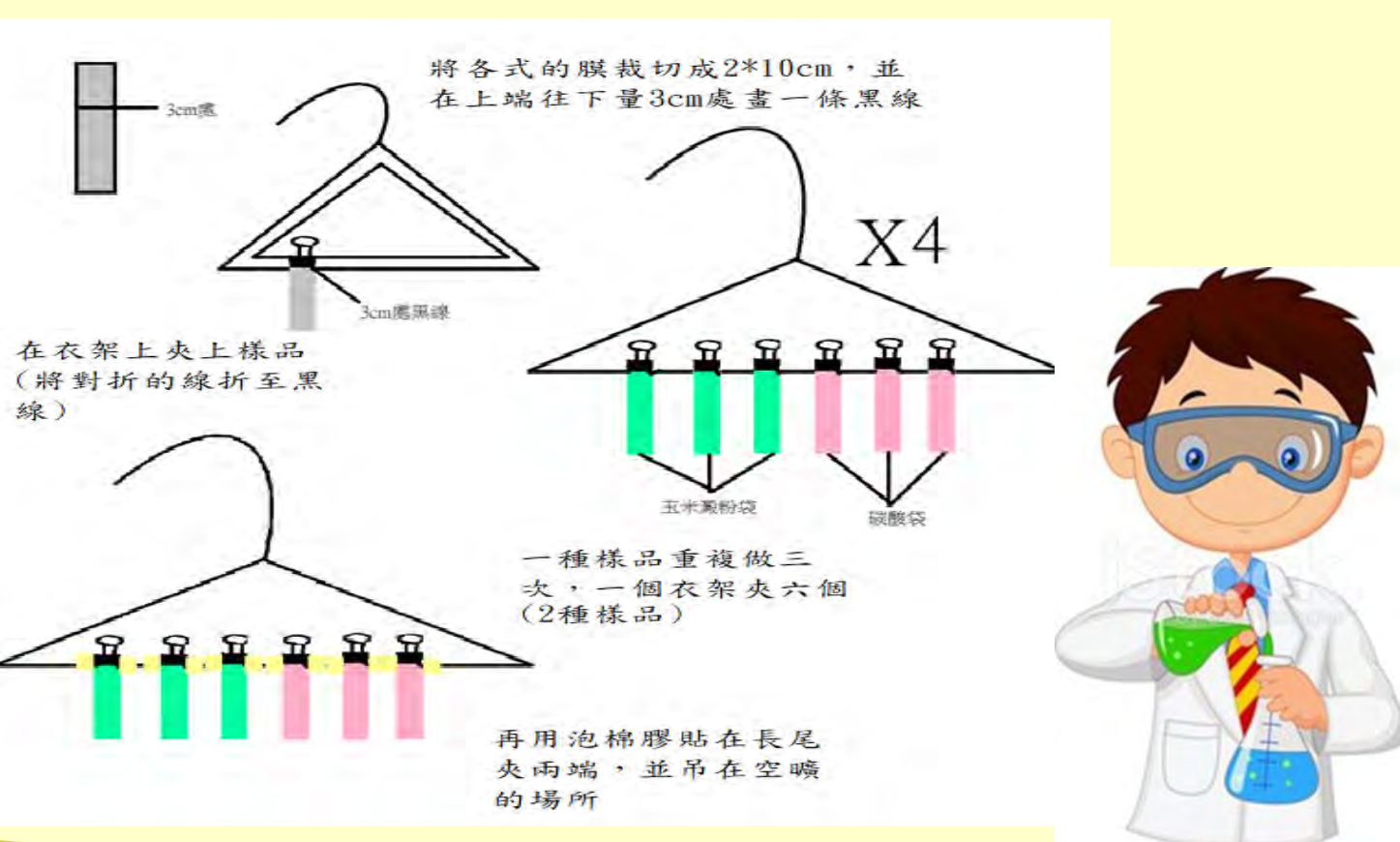
#### 十一、耐候性實驗

- (一)實驗目的：探討試驗膜在風吹日晒雨淋的環境中是否會分解。
- (二)實驗材料：衣架、各式的膜2cm\*10cm、泡棉膠、長尾夾、簽字筆。
- (三)實驗步驟：
1. 將試驗膜切成2cm\*10cm，並在上端往下3cm處畫一條黑線。
  2. 在衣架上夾上樣品(將對折的線折至黑線)。
  3. 一種試驗膜重複做三次，一個衣架夾6個(2種試驗膜)。
  4. 用泡棉膠貼在長尾夾兩端，將衣架吊在多功能教室窗外。
- (四)實驗結果：

表 11 風吹日晒雨淋紀錄表

| 處理 | 碳酸鈣   | 玉米澱粉  | A4紙    | 3*3*300 | 3*4*300 | 純紙漿      | 洋菜   |
|----|-------|-------|--------|---------|---------|----------|------|
| 重複 |       |       |        |         |         |          |      |
| 1  | 完好有變色 | 完好有變色 | 變色樣品彎曲 | 樣品彎曲    | 被吹走了    | 部分完好，有破損 | 被吹走了 |
| 2  | 完好有變色 | 完好有變色 | 變色樣品彎曲 | 樣品彎曲    | 被吹走了    | 被吹走了     | 被吹走了 |
| 3  | 完好有變色 | 完好有變色 | 被吹走了   | 被吹走了    | 被吹走了    | 被吹走了     | 被吹走了 |

發現碳酸鈣和玉米澱粉經過風吹日晒雨淋後，都有褪色及變色的現象，A4紙重複1及重複2都變色、彎曲，3\*3\*300的第1、2個重複都呈彎曲狀，純紙漿的重複1是有部分破損。



12

#### 十二、透水性實驗

- (一)實驗目的：探討利用試驗薄膜封住的塑膠瓶子，多少時間後水會滲透出來。
- (二)實驗材料：各式試驗膜10cm\*10cm、高10cm、直徑5cm的圓柱筒、2g紅色色素、橡皮筋、衛生紙
- (三)實驗步驟：
1. 先將2g色素溶於500ml後，取20ml倒入高10cm、直徑5cm的圓柱筒內。
  2. 將試驗膜貼合圓柱筒筒口，並用橡皮筋對折綁緊，在桌上鋪一張衛生紙，並將圓柱筒顛倒放置。
  3. 觀察並記錄紅墨水滲出的時間。
- (四)實驗結果：

| 處理  | 碳酸鈣 | 玉米澱粉 | A4紙 | 3*3*300 | 3*4*300 | 純紙漿 | 洋菜     |
|-----|-----|------|-----|---------|---------|-----|--------|
| 重複  |     |      |     |         |         |     |        |
| 1   | ★   | ★    | 2分  | 24分     | 26分     | 0分  | 16分30秒 |
| 2   | ★   | ★    | 2分  | 27分10秒  | 26分10秒  | 0分  | 16分30秒 |
| 3   | ★   | ★    | 2分  | 28分30秒  | 27分30秒  | 0分  | 16分30秒 |
| 平均值 | ★   | ★    | 2分  | 26分33秒  | 26分33秒  | 0分  | 16分30秒 |

碳酸鈣和玉米澱粉超過24小時，還沒有滲水，純紙漿最快滲透出紅墨水，一翻過去就漏掉了，A4紙平均值是2分鐘，3\*3\*300和3\*4\*300的大約在26分，而洋菜的平均值是16分30秒，把洋菜從圓筒上拆下來時，洋菜呈現軟化的狀態。



圖 12-1 試驗膜的透水性實驗結果

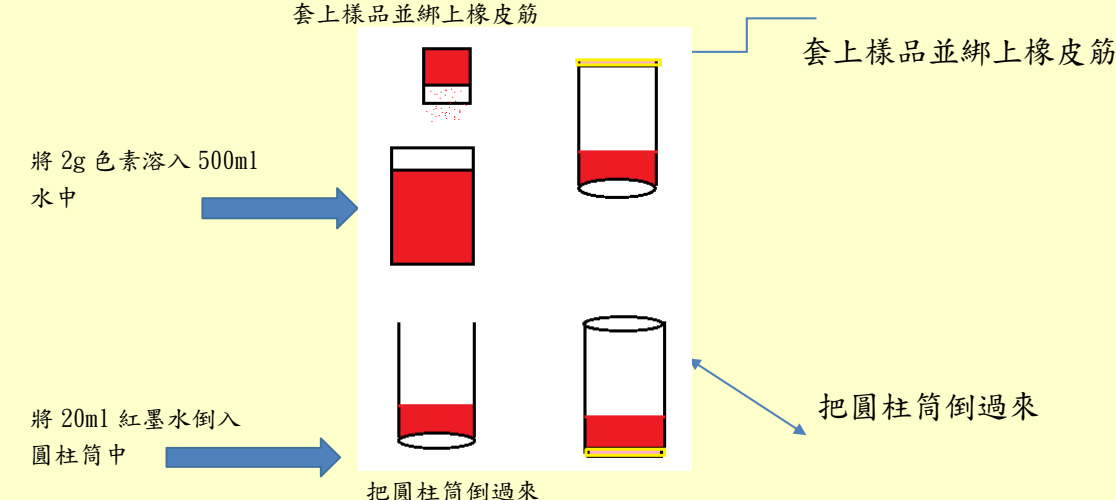


圖 12-2 試驗膜的透水性實驗操作圖



13

### 十三、透氣性實驗

(一)實驗目的：探討試驗膜孔隙不同，讓水蒸氣透過的時間差異。

(二)實驗材料：10cm\*10cm 的膜、5cm\*5cm 藍色的氯化亞鈉試紙、高10cm 直徑5cm 的圓筒、錫紙。

(三)實驗步驟：

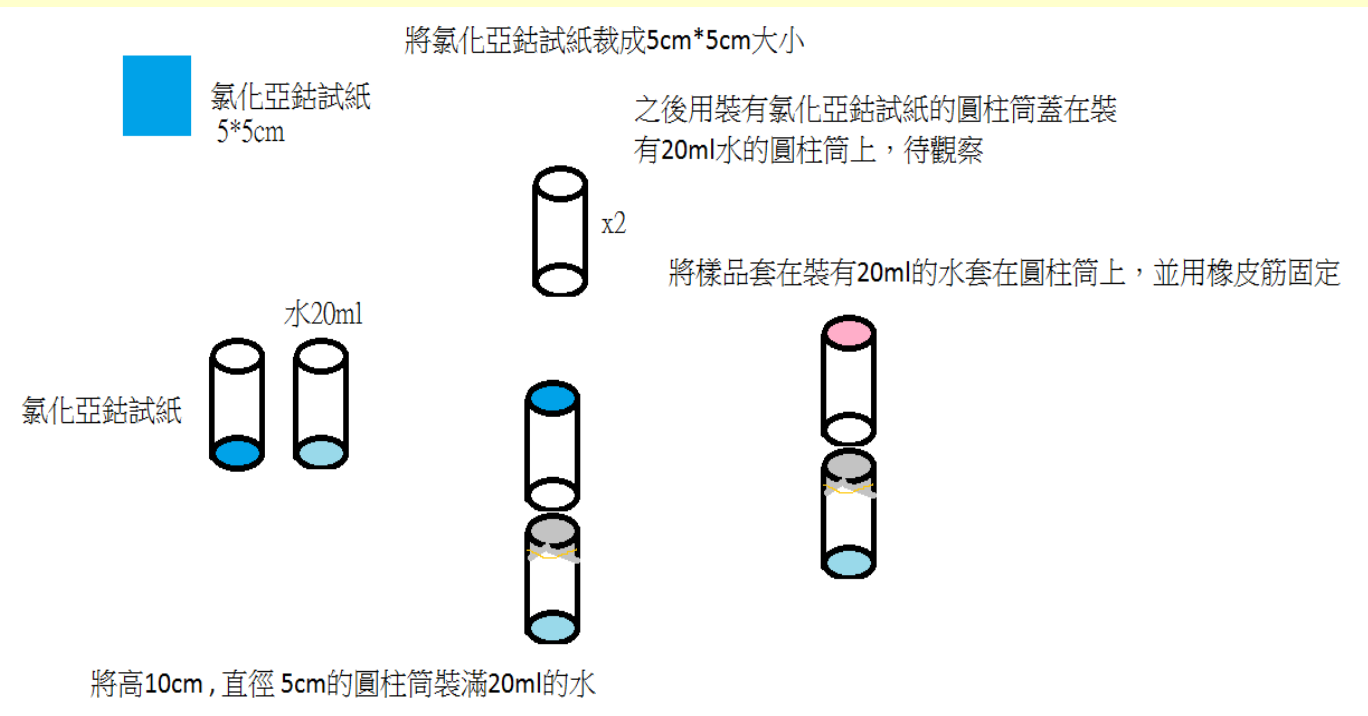
1. 在高10cm、直徑4cm 的圓柱筒內，在底部放入5\*5 藍色氯化亞鈉試紙(自製)並壓緊。
2. 分別在圓柱筒內倒入20ml 的水，再把10cm\*10cm 樣品貼緊瓶口，並用橡皮筋綁緊。
3. 上述的圓柱筒放在桌上，再把放有藍色氯化亞鈉試紙的另一圓柱筒，倒過來放在上方，中間夾層是各種薄膜。
4. 紀錄藍色氯化亞鈉試紙，完全變成粉紅色所需時間。

(四)實驗結果：

A4 紙的平均值是148 分鐘，3\*3\*300 和3\*4\*300 大約在160 分鐘，純紙漿和洋菜平均值分別是154 分鐘和159 分鐘，對照組(無膜有水)因為中間沒有隔著樣品，所以氯化亞鈉試紙最早變紅，平均值是89 分鐘。碳酸鈣、玉米澱粉及對照組(無膜無水)，實驗進行19 小時的時後，氯化亞鈉試紙都沒有變紅。



圖 13-1 試驗膜的透氣性實驗結果



### 十五、燃燒實驗

(一)實驗目的：探討試驗膜經火焰燃燒後，產生的焰色、氣味與殘留物。

(二)實驗材料：蠟燭、各式試驗膜、鑷子、計時器。

(三)實驗步驟：

1. 用鑷子夾住5cm\*5cm 樣品，將樣品放在蠟燭上燒(離蠟燭約1cm)並計時。
2. 紀錄燃燒完樣品，所需的時間。並觀察樣品燃燒時，聞起來的味道、煙的顏色以及燃燒後的殘留物。

(四)實驗紀錄表：

添加碳酸鈣的垃圾袋，燃燒時有惡臭，煙的顏色也是黑煙，玉米澱粉燃燒時是綠香的味道。A4 紙，在燃燒有些許白煙生成，味道像燒金紙。自製的3\*3\*300 以及3\*4\*300，燃燒時產生的煙較少，燃燒時像金紙味。純紙漿明顯燃燒的時間變短，而且燃燒時所產生的煙，也比洋菜燃燒時的煙還少。

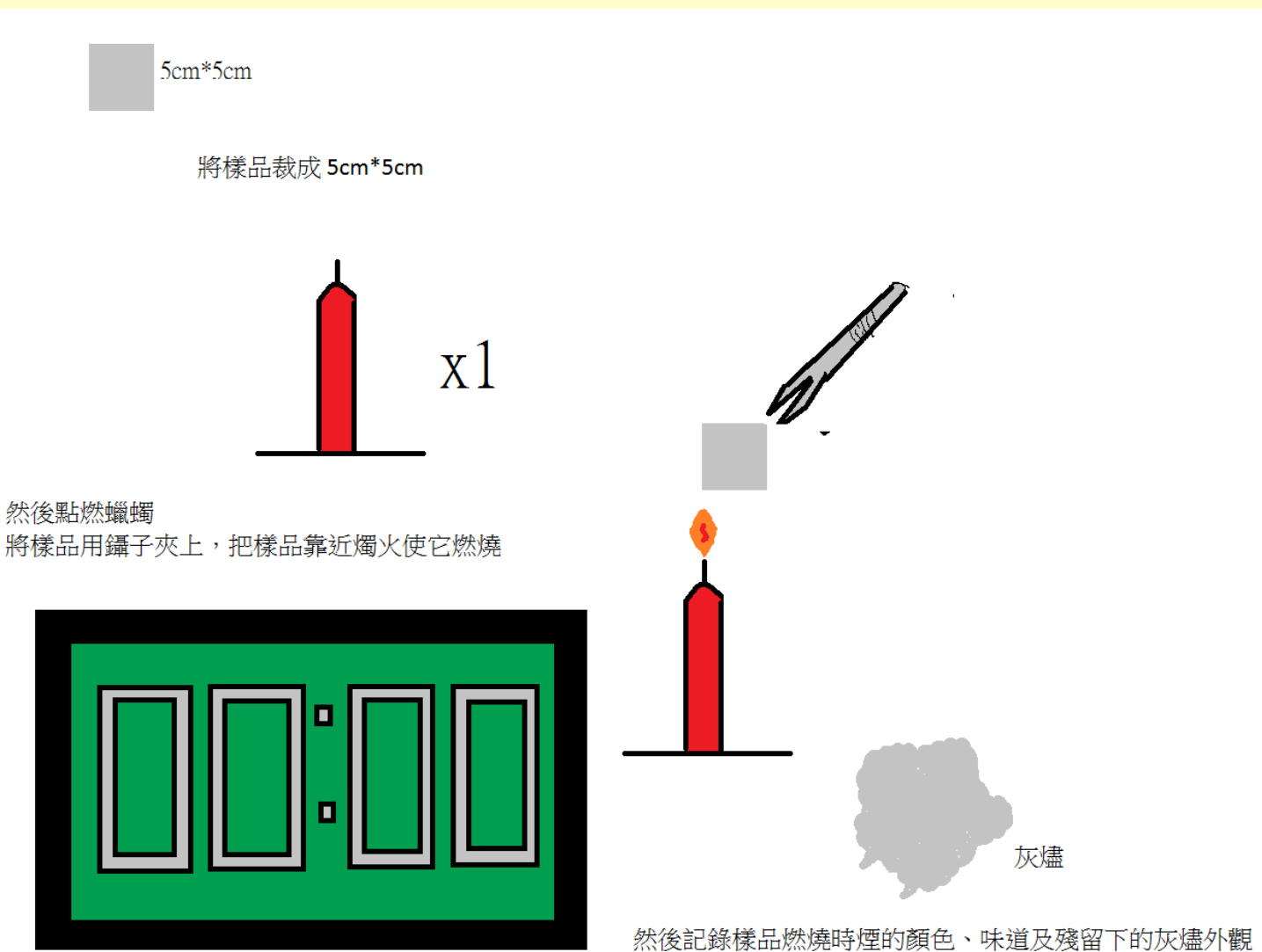


圖 15 試驗膜的燃燒實驗操作圖

14

### 十四、泡水性實驗

(一)實驗目的：探討試驗薄膜泡水後會不會分解。

(二)實驗材料：有蓋的塑膠盒子、量杯、鑷子、各式的試驗膜5cm\*5cm、水。

(三)實驗步驟：

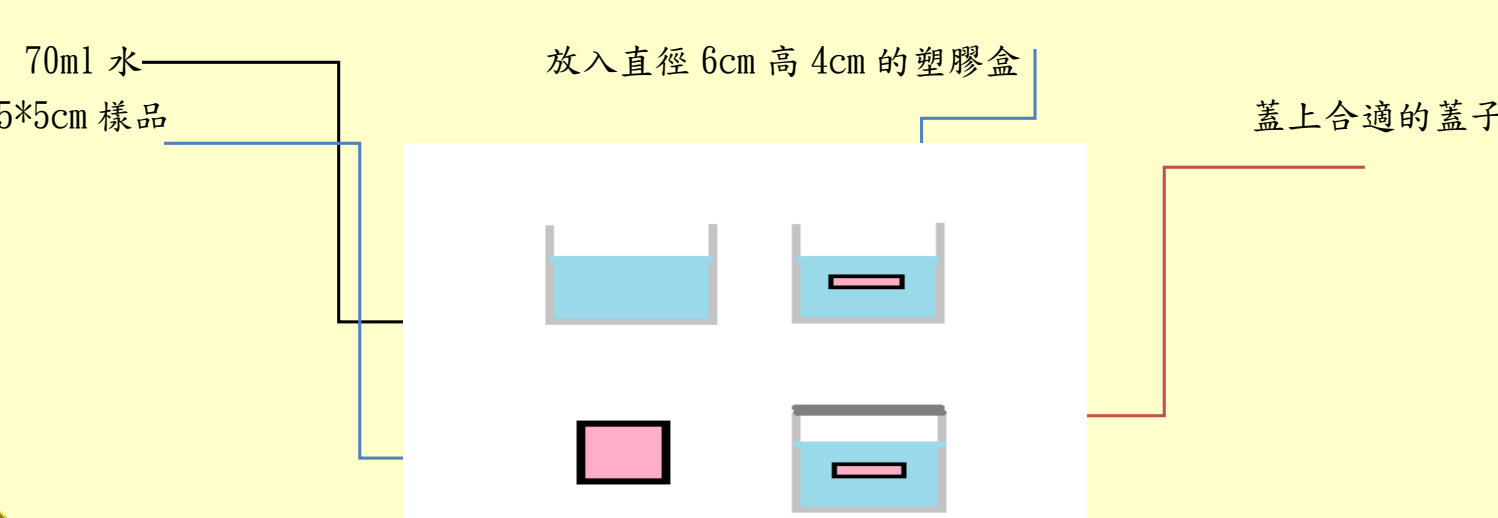
- 將直徑6cm、高4cm 的塑膠盒內裝入70ml 的水，把實驗樣品切成5\*5cm 大小，把樣品放入塑膠盒中(先放在水上方，再用鑷子壓入水中，讓膜完全浸入水中)並蓋上蓋子，28 天後觀察結果。

(四)實驗結果：

表 14：試驗膜的泡水性實驗結果

| 處理   | 碳酸鈣    | 玉米澱粉 | A4 紙 | 3*3*300 | 3*4*300 | 純紙漿   | 洋菜     |
|------|--------|------|------|---------|---------|-------|--------|
| 重複   |        |      |      |         |         |       |        |
| 1/03 | 1 無變化  | 無變化  | 無變化  | 軟化變厚發霉  | 軟化變厚發霉  | 有破碎現象 | 軟化變厚發霉 |
|      | 2 無變化  | 無變化  | 無變化  | 軟化變厚發霉  | 軟化變厚發霉  | 有破碎現象 | 軟化變厚發霉 |
|      | 3 無變化  | 無變化  | 無變化  | 軟化變厚發霉  | 軟化變厚發霉  | 有破碎現象 | 軟化變厚發霉 |
| 1/10 | 1 無變化  | 無變化  | 無變化  | 軟化變厚發霉  | 軟化變厚發霉  | 有破碎現象 | 軟化變厚發霉 |
|      | 2 無變化  | 無變化  | 無變化  | 軟化變厚發霉  | 軟化變厚發霉  | 有破碎現象 | 軟化變厚發霉 |
|      | 3 無變化  | 無變化  | 無變化  | 軟化變厚發霉  | 軟化變厚發霉  | 有破碎現象 | 軟化變厚發霉 |
| 1/17 | 1 無變化  | 無變化  | 軟化易碎 | 軟化變厚發霉  | 軟化變厚發霉  | 有破碎現象 | 軟化變厚發霉 |
|      | 2 無變化  | 無變化  | 軟化易碎 | 軟化變厚發霉  | 軟化變厚發霉  | 有破碎現象 | 軟化變厚發霉 |
|      | 3 沒有變化 | 沒有變化 | 軟化易碎 | 軟化變厚發霉  | 軟化變厚發霉  | 有破碎現象 | 軟化變厚發霉 |
| 1/24 | 1 沒有變化 | 沒有變化 | 軟化易碎 | 軟化變厚發霉  | 軟化變厚發霉  | 有破碎現象 | 軟化變厚發霉 |
|      | 2 沒有變化 | 沒有變化 | 軟化易碎 | 軟化變厚發霉  | 軟化變厚發霉  | 有破碎現象 | 軟化變厚發霉 |
|      | 3 沒有變化 | 沒有變化 | 軟化易碎 | 軟化變厚發霉  | 軟化變厚發霉  | 有破碎現象 | 軟化變厚發霉 |

A4 紙有軟化及易碎現象，3\*3\*300、3\*4\*300 以及洋菜，經過泡水後，都有軟化、變厚和發霉現象，而純紙漿破成碎片，碳酸鈣和玉米澱粉則沒有任何變化。



15

### 十六、透光性實驗

(一)實驗目的：探討各試驗膜的透光性。

(二)實驗材料：10cm\*10cm 的試驗膜、紙杯底部(需割開)、照度計。

(三)實驗步驟：

1. 將紙杯底部取下，切割出圓形孔洞，將圓形紙環套在照度計上遮蔽來自四週的光線，再把5cm\*5cm 的膜放在照度計上。
2. 紀錄照度計的數值。

(四)實驗結果：

表 16：透光性實驗比較表(單位:照度 LUX)

| 日期  | 碳酸鈣   | 玉米澱粉 | A4 紙 | 3*3*300 | 3*4*300 | 純紙漿  | 洋菜    | 對照組   |
|-----|-------|------|------|---------|---------|------|-------|-------|
| 重複  |       |      |      |         |         |      |       |       |
| 1   | 235   | 367  | 91   | 126     | 80      | 45   | 360   | 438   |
| 2   | 248   | 358  | 94   | 119     | 81      | 43   | 358   | 434   |
| 3   | 256   | 352  | 96   | 135     | 83      | 43   | 363   | 434   |
| 平均值 | 246.3 | 359  | 93.7 | 126.7   | 81.3    | 43.7 | 360.3 | 436.7 |

發現 A4 紙、3\*3\*300 試驗膜、3\*4\*300 試驗膜，較不透光，而純洋菜薄膜和玉米澱粉和碳酸鈣垃圾袋薄膜，透光性較佳。

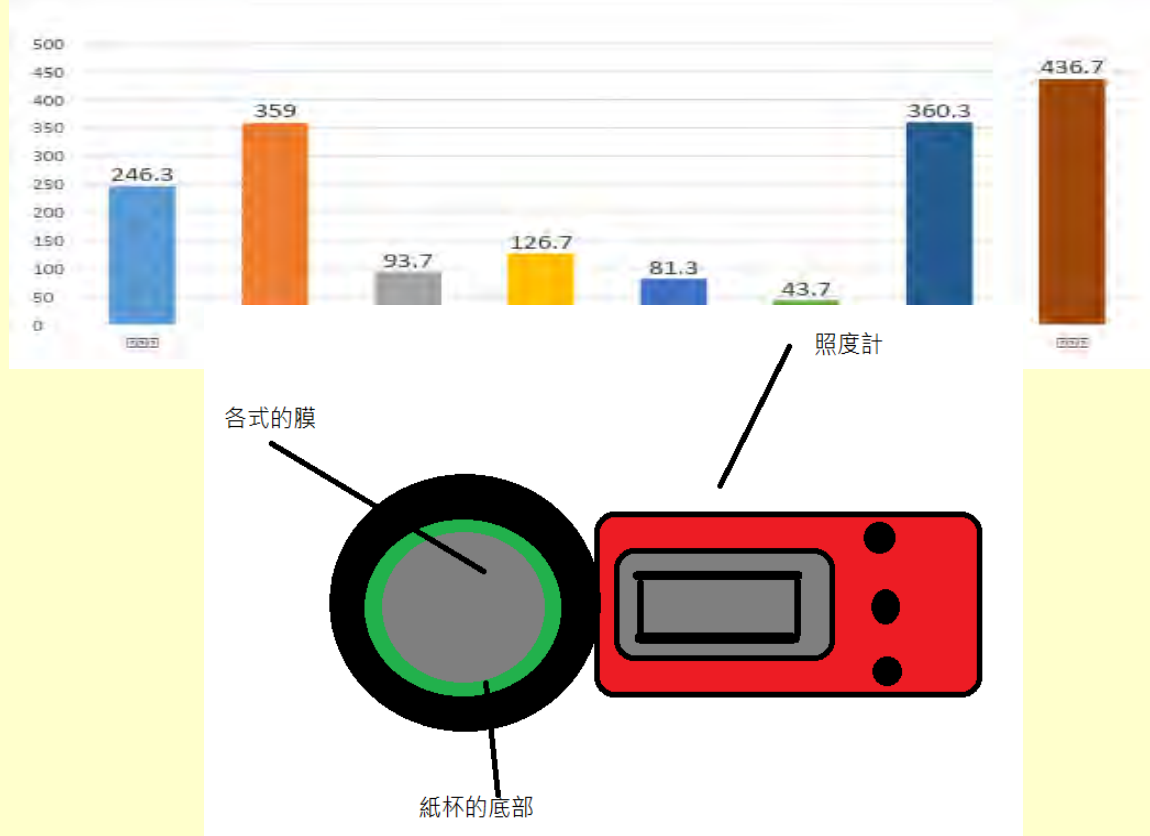


圖 16-2 試驗膜的透光性實驗操作圖

## 實驗討論

1. **拉力實驗**：碳酸鈣和玉米澱粉垃圾袋較不耐重，兩種試驗膜的耐拉力較佳，可以裝較重的垃圾。
2. **土壤分解實驗**：經過實驗發現，我們的膜可以被分解，如果我們的膜如果被丟在草地上，就可以自然分解，不會造成地球負擔。
3. **生物食用實驗**：經過實驗發現，我們的膜比較不容易被吃，所以儲存垃圾時不容易被咬破，而市售的碳酸鈣、玉米澱粉垃圾袋較容易被蟲吃，所以市售的垃圾袋儲存垃圾時容易被咬破，垃圾就會跑出來。
4. **蒸發實驗**：經過實驗發現，我們的膜蒸發的水量較多，如果垃圾袋裡有水分，就會被蒸發掉，既不會增加垃圾袋的重量也不會破壞垃圾袋的品質。而市售的垃圾袋蒸發的水量較少，所以如果垃圾袋裡有水的話就會增加重量，也因為市售的垃圾袋延展性較好 所以有可能被拉破。
5. **延展實驗**：經過實驗發現，我們的膜延展性比較不好，所以裝重物時不容易被拉破，而市售的碳酸氫和玉米澱粉垃圾袋延展性叫好，較容易被拉破。
6. **耐穿刺實驗**：經過實驗發現，我們的膜比市售的膜更耐穿刺，所以如果有尖尖的東西裝在袋子裡，就可以稱的比市售的更久。
7. **耐摺實驗**：經過實驗發現，我們的膜不易折斷，如果有摺道則不易破裂，而市售的 A4 紙摺到一千五百下左右就會破裂。
8. **耐酸實驗**：經過實驗發現，如果我們的垃圾袋裡有酸性物質的話，就容易被分解，而市售的碳酸氫和玉米澱粉垃圾袋都沒什麼變化。

## 結論

1. 在耐拉力的試驗中，發現試驗膜的耐拉力，比市售的碳酸鈣，及玉米澱粉塑膠袋還要好，但在純紙漿的耐拉力卻不佳，但在試驗膜的顯微照片中，發現當純紙漿與洋菜重新鍵結後，紙漿纖維成鬚鬚狀且分散，內部有明顯洋菜薄膜連結，因此使得試驗薄膜的耐拉力，明顯優於市售薄膜。
2. 在試驗膜生物食用試驗中，發現麵包蟲不喜歡吃 A4 紙，但是玉米澱粉製成的垃圾袋大多都被食用，而試驗膜與其它樣品，只有咬痕，但是咬痕就代表食用嗎?昆蟲在取食過程中，會不會對膜試著咬看看，所以如果要進一步證實食用，必須對麵包蟲的排泄物進行檢驗，才能進一步地確認。
3. 在土壤分解試驗中，發現碳酸鈣與玉米澱粉製成的垃圾袋都沒有分解，而試驗膜、A4 紙與純紙漿都分解了，由此可見試驗膜是非常環保且對環境友善的物品，且在透水實驗中，試驗膜可以維持大約 20 幾分鐘的時間，水才完全滲出，因此若將家中菜渣果皮，以試驗膜包覆後埋於花園土壤中，不但可以減少垃圾量，更可以成為花園中土壤營養的來源。
4. 在試驗膜的燃燒試驗中，發現添加碳酸鈣製成的垃圾袋，燃燒時會具有惡臭，且殘留物是黑色物質，而製作的試驗膜燃燒時，只有像燒金紙味道產生，且生成白色易碎的物質，因此本試驗膜，本試驗膜不但適用於掩埋法，燃燒時也不會造成其它毒害。
5. 在製作試驗膜時，雖然已經盡量讓膜的厚薄能一致但使用銅網與鐵夾，製作而成的薄膜，仍有可能厚薄不一致，且曬乾試驗膜的時間長短，也受到天候影響，若天氣不佳，也可能導致膜發霉，這些製作的細節，也是我們可以再繼續努力的地方。

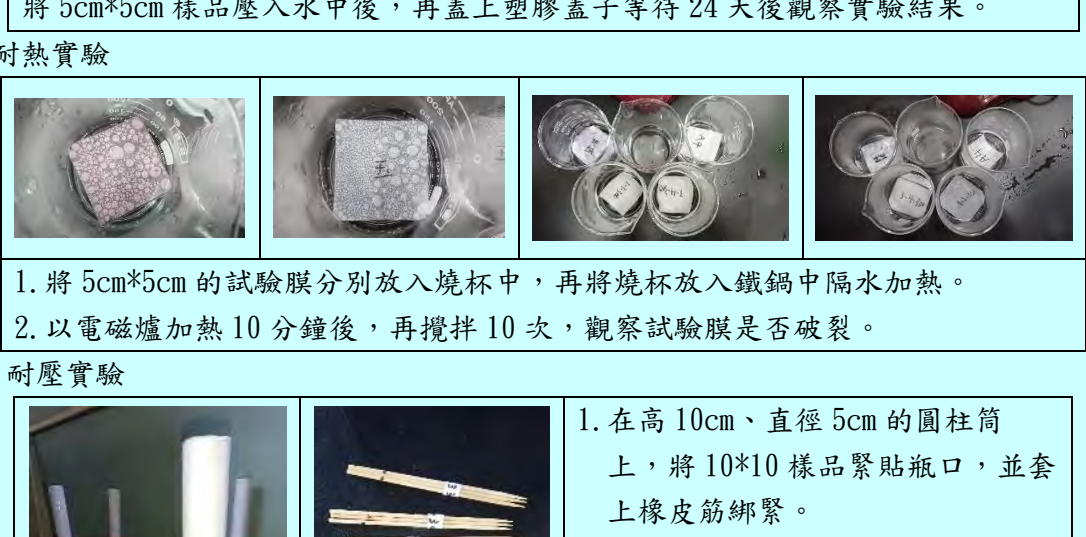
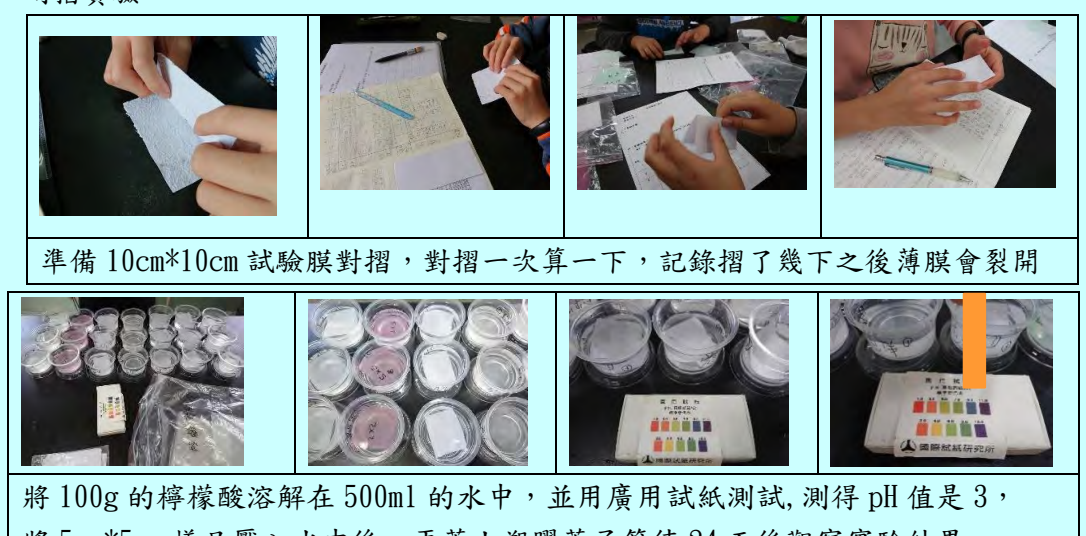
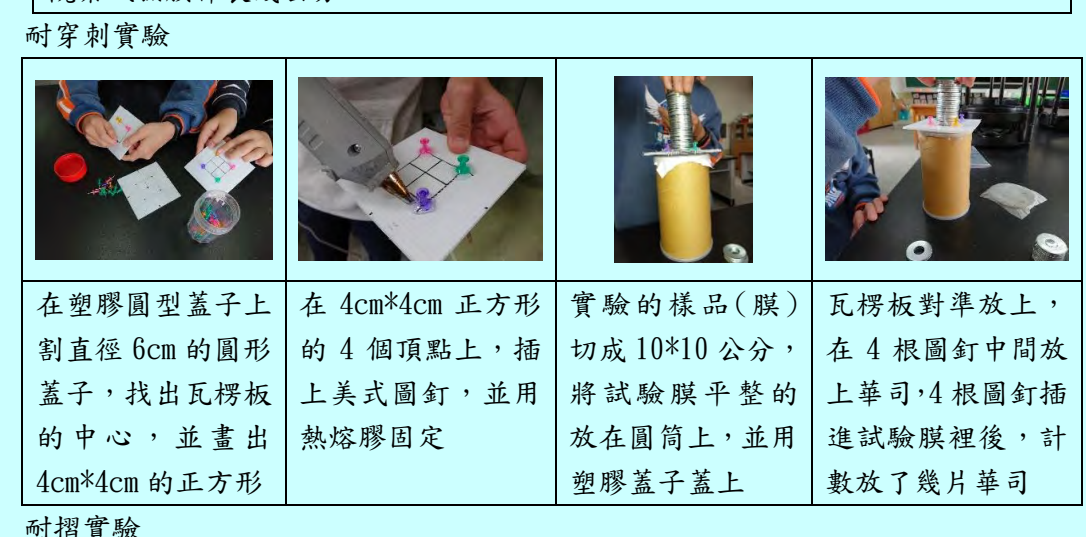
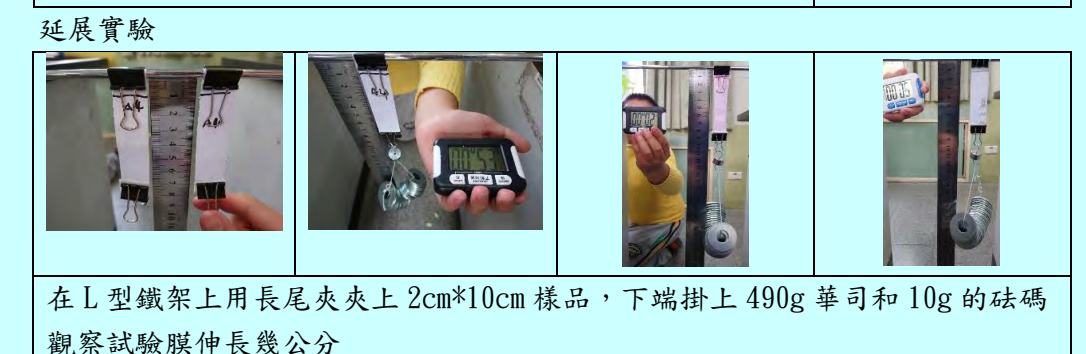
## 參考文獻

1. 中華民國第 56 屆中小學科學展覽會，吃我一顆水球-探討無瓶水製造方式和性質檢測，<https://activity.ntsec.gov.tw/activity/race-1/56/pdf/080201.pdf>
2. 中華民國第 57 屆中小學科學展覽會，「膜」力十足—鼻涕蟲配方對性質與膜之研究，<https://activity.ntsec.gov.tw/activity/race-1/57/pdf/080201.pdf>
3. 中華民國第 56 屆中小學科學展覽會，目不轉「晶」—探討海藻鈉薄膜的形成與其相關應用，<https://activity.ntsec.gov.tw/activity/race-1/56/pdf/030221.pdf>
4. 中華民國第 54 屆中小學科學展覽會，「泡膜」雲起「膜」登賀「瀝」—澱粉起泡、成膜性質的探討及應用，<https://activity.ntsec.gov.tw/activity/race-1/54/pdf/030207.pdf>
5. 中華民國第四十六屆中小學科學展覽會，『碗』救地球-環保再生碗，<https://activity.ntsec.gov.tw/activity/race-1/46/elementary/0808/080830.pdf>
6. 中華民國第 55 屆中小學科學展覽會，黃豆的膜法-探討豆漿膜的特性及其應用，<https://activity.ntsec.gov.tw/activity/race-1/55/pdf/030807.pdf>
7. 海藻鈉的奧秘，<http://www.shs.edu.tw/works/essay/2015/03/2015032816334126.pdf>
8. 「膜」球的威力—半透膜的探討，<http://www.shs.edu.tw/works/essay/2008/10/2008102819011066.pdf>
9. 中華民國第 56 屆中小學科學展覽會，蝦蝦哇哇挖—幾丁聚糖薄膜之研究，<https://activity.ntsec.gov.tw/activity/race-1/56/pdf/052202.pdf>
10. 中華民國第 52 屆中小學科學展覽會，燈高一尺，膜高一丈—以蛋殼膜製備消炎乳液，<https://activity.ntsec.gov.tw/activity/race-1/52/pdf/040802.pdf>
11. 中華民國第四十八屆中小學科學展覽會，新面子—尿面膜，<https://activity.ntsec.gov.tw/activity/race-1/48/elementary/080811.pdf>
12. 實驗課「當海藻鈉遇上氯化鈣，神奇的事情發生了！」，<https://kknews.cc/zh-tw/news/cnmbm6r.html>
13. 探討海藻酸鹽可食膜對保存蔬果品質之成效，[http://www.fs.ntou.edu.tw/files/15-1021-19016\\_c3956-1.php?Lang=zh-tw](http://www.fs.ntou.edu.tw/files/15-1021-19016_c3956-1.php?Lang=zh-tw)
14. 中華民國第四十三屆中小學科學展覽會，小小晶球真奇妙，<https://activity.ntsec.gov.tw/activity/race-1/43/pdf/d/030201.pdf>
15. 中華民國第 50 屆中小學科學展覽會，國王的新衣—幾丁聚糖在水果保鮮之研究，<file:///C:/Users/user/Downloads/030807.pdf>
16. 水也能用「吃」的!海藻薄膜包水帶著走，<https://news.tvbs.com.tw/fun/722094>
17. 試用有趣的日本 Gel Ball「球狀洗衣精」@ Avril 日貨：痞客邦 PIXNET :: <http://kuma999.pixnet.net/blog/post/97379389n8A9A6E7N94N8A6E9C8A9E8B6A3A7E9A4>
18. 神奇微膠囊，躍出新科技，[http://webcache.googleusercontent.com/search?q=cache:http://www.shs.edu.tw/works/essay/2015/03/15032623553502.pdf&gws\\_rd=cr&dr=0&ei=r21uWt5U8Ae8QXUz7oAg](http://webcache.googleusercontent.com/search?q=cache:http://www.shs.edu.tw/works/essay/2015/03/15032623553502.pdf&gws_rd=cr&dr=0&ei=r21uWt5U8Ae8QXUz7oAg)
19. 晶球技術—專利晶球，<http://www.jintan.com.tw/html/technology.html>
20. 走在環保尖端的科技水球—Ocho，<http://www.shs.edu.tw/works/essay/2016/11/2016110920364700.pdf>

### 各試驗膜的顯微照片



### 拉力實驗



2018.07.17