

臺北市第 46 屆中小學科學展覽會

作品說明書封面

科 別：生活與應用科學

組 別：國小組

作品名稱：起『紙』回生

關鍵詞：再生紙、纖維、紙漿

編 號：

摘要

所有可回收的廢紙都適合用來製作再生紙，使用 8g 廢紙加 1000C.C.的水所打出來的紙漿最適合製作再生紙，在抄紙時，利用在燈光下觀察透光度，來確定紙漿是否分佈均勻、厚度是否適中。再生紙吸水性都比廢紙好，顏色也和原來的廢紙大致相同但明顯變淡許多，紙質則是與廢紙差異較大。再生紙比原生紙粗糙許多，較不適合書寫，但應該非常適合用來製作手工書或美勞作品。

植物的纖維因為比較粗硬，所以需先經過軟化步驟，過程較為繁複，製作過程中發現並不是每種纖維與纖維之間都可以緊密的交絡，所以，在製作這些纖維時，需要加入了一些廢紙紙漿來加強紙的韌性，製成的手抄紙從紙張表面可以看到一絲絲的纖維交錯在一起，十分漂亮。

壹、研究動機

升上五年級的上自然課本第二單元 植物世界面面觀裡介紹很多植物的構造、功能，並且依據不同條件可以分成許多類別；而今年暑假我正好去了南投埔里的廣興紙寮，體驗了造紙 DIY 活動，經過園區人員仔細的介紹，讓我了解製作一張紙需要經過哪些過程。透過這次的體驗活動，引起了我對再生紙的興趣，就這樣確定把好玩又環保的再生紙當作這次科展的主題，希望能做出有趣又有用的紙張們。

貳、研究目的

一、製作再生紙：尋找製作再生紙需要的各項條件，以廢紙種類、紙漿最佳化比例、製作程序、吸水效果與其他特性為觀察重點。

二、製作手抄紙：以各類植物纖維為材料所製得的手抄紙，嘗試找出合適的植物纖維種類、製作程序及特性比較。

參、研究設備及器材

一、自製實驗(一)與(二)共同之紗網設備:木條、釘子、紗布、保麗龍膠

二、實驗(一)的準備器材:

1.十一種類的回收廢紙 2.果汁機 3.電子秤 4.水盆 5.吸水紙巾 6.海綿 7.資料夾 8.剪刀 9.刀片

三、實驗(二)的準備器材:

1.七種類的纖維植物 2.瓦斯爐 3.鐵鍋 4.剪刀 5.果汁機 6.電子秤 7.水盆 8.吸水紙巾 9.海綿 10.資料夾

肆、研究過程或方法

實驗【一】尋找製作再生紙需要的條件

一、找出再生紙紙漿最佳化的濃度

步驟一 經動手操作後發現單張 A4 廢紙約重 5g，進行抄紙的水盆總容量為求過程順暢需高於 1000C.C 體積，因此設定水量皆為 1000C.C。

步驟二 取不同重量(2g~12g)的撕碎 A4 廢紙後，先倒入與碎紙片等高的水量(約 300C.C.)以方便果汁機拌打，1 分鐘後將得到的紙漿倒入水盆內，並倒完剩餘的 700C.C.水量並攪拌均勻，以手指輕輕撫過紙漿表面(甚至戳一小洞)觀察紙漿在抄網上的厚度，並確認再生紙乾燥後的紙張情形來得到最適合紙漿濃度。

二、尋找再生紙最適化的廢紙種類

以廢紙為造紙原料的形況可觀察到紙漿的得漿率約落在 75%-85%。現階段台灣造紙業的廢紙使用比例很高(約 7 成廢紙與 3 成原木漿做為原料);且其中的廢紙來源以國內回收為大宗(國內回收廢紙與進口廢紙比例約 7:3)。而國內再生紙約 9 成用於工業用紙。

從行政院環保署基管會資源回收網網站查詢的資料顯示：紙類回收來源可分成不可回收型與可回收型兩種。只要紙上有油漬、塑膠薄膜，或是複寫紙、蠟紙、摻有其他成分如金屬的合成紙、用過的衛生紙、紙尿布，都屬於不可回收的廢紙。而可回收的廢紙一般分成四大類型「白紙類(電腦書紙、電腦報表紙、白信封、便條)、混合紙類(雜誌、書籍、月曆、筆記本、包裝紙、宣傳單、影印紙、傳真紙、再生紙)、報紙類(報紙、電話簿)及牛皮紙類(箱子、購物紙袋、糖果禮盒、波狀卡紙、瓦楞紙、紙杯、容器)」。回收廢紙經由古物商、回收商或資源回收車的收集後，送到廢紙大盤商處進行分類並打包，最後送到紙廠經過散漿、脫墨、抄紙、乾燥步驟後，做成再生紙。

依據下列步驟製作再生紙：

步驟一 收集廢紙。此實驗收集十一種可回收廢紙：月曆、瓦楞紙紙箱、紙巾、紙杯、包裝紙盒、速食店紙袋、喜帖、報紙、評量、郵件信封、廣告單。

步驟二 撕紙秤重。將廢紙撕碎後，用電子秤秤出已先找出的最佳廢紙重量。

步驟三 打漿。將廢紙與等高的水量(約 300C.C.)以果汁機打約 1 分鐘(廢紙在打漿前可先用水浸泡，紙漿會打的更細，更有利於再生紙的製作)。

步驟四 抄紙。將紙漿倒入水盆後內，並倒完剩餘的 700C.C.水量並攪拌均勻。將手抄網垂直放入水盆，在水盆底部擺平，輕輕搖動，雙手平平的拿起手抄網，等水瀝去(在拿起抄網等水瀝去後，將抄網翻面，在燈光下觀察透光度，來確定紙漿是否分佈均勻、厚度是否適中，如果發現不均勻、太薄或太厚可再將紙漿泡水攪拌均勻，就可以重新抄紙了。)

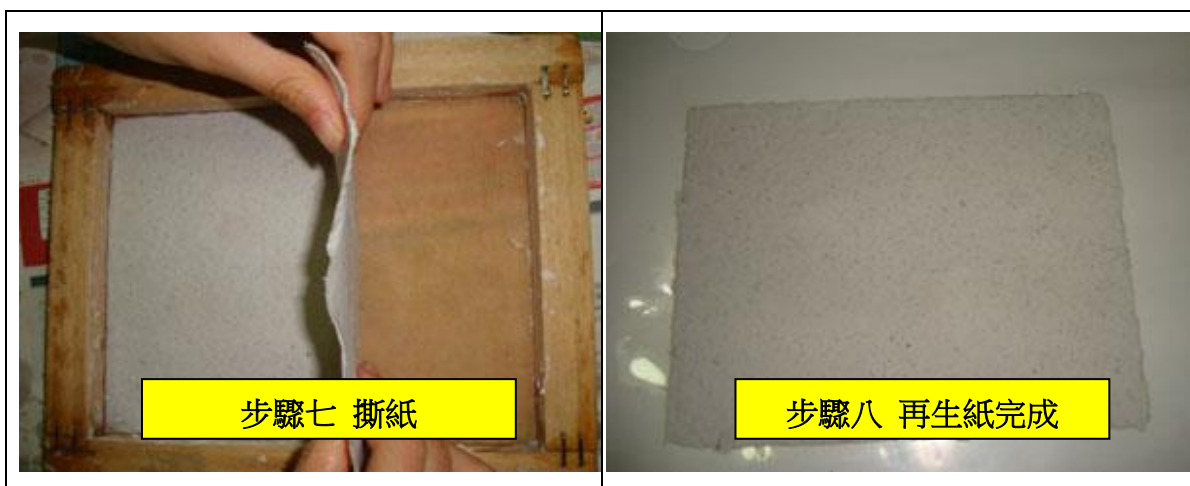
步驟五 紙巾吸水。蓋上吸水紙巾(可晒乾重覆使用)，輕輕壓，壓出多餘的水。

步驟六 海綿吸水。把手抄網連同吸水紙巾翻面，用海棉隔網擦拭，吸去水分。

步驟七 撕紙。重覆步驟五和步驟六數次，直到紙張表面有點乾燥後(亦可用吹風機吹乾抄網上的紙漿加快水分散失速度)，就可以將紙輕輕撕起，貼於資料夾上。

步驟八 再生紙完成。自然風乾，待完全乾燥後取下，一張紙就誕生了。

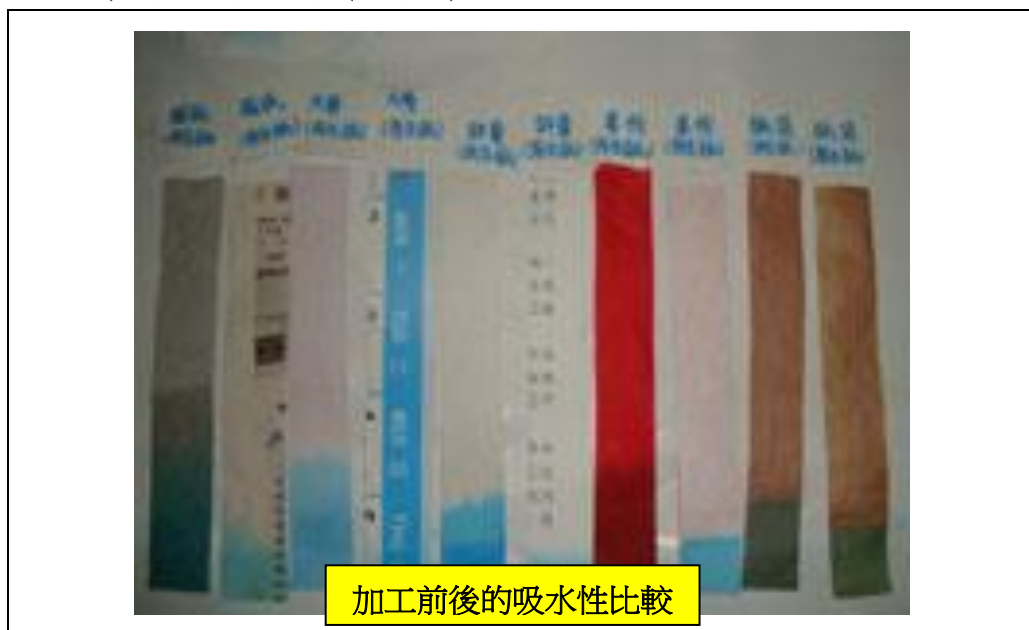




三、比較「加工前的原始廢紙」與「加工後再生紙」的特性

將收集的十一種回收廢紙對於「原始的回收廢紙」與「加工再製後的回收紙」分別比較以下的特性：

- (一) 顏色：視覺(眼睛)觀察。
- (二) 材質：視覺(眼睛)與觸覺(手摸)的觀察。
- (三) 韌性：利用不同方式(用手撕、刀片割及剪刀剪)測試紙張容不容易被破壞。
- (四) 吸水性：在空水杯內滴入數滴藍色顏料與 1.5 公分高的水後攪拌均勻，再將裁剪成 2.5cmx15cm 的條紙末端放置杯底，記錄每分鐘(1 分鐘、2 分鐘及 3 分鐘)水位上升的高度(如下圖)。



實驗【二】尋找製作手抄紙需要的條件

一、找出手抄紙需要的植物種類(具有纖維的植物)

透過書上及網路上找尋有關植物纖維的相關資料如下：草葉類纖維種類繁多隨處可採，且生長容易，不必砍樹。它含有纖維、葉綠素及氣味，做出的紙美麗又簡單，也暗藏鮮花香與顏色，是最美麗又環保的紙。除了竹、鳳梨葉傳統造紙材料外，草葉類纖維粗而短，較不適於做薄紙。菜市場的廢棄物如：竹筍殼、玉

米皮、甘蔗渣、甘蔗皮、茭白筍殼...等等，都是製作手抄紙的好材料。此實驗收集具有纖維的七種植物：鳳梨葉、茭白筍殼、竹筍殼、竹葉、玉米皮、甘蔗渣、芒草。

二、比較各種植物纖維製成的手抄紙異同

(一) 以下列步驟製作手抄紙：

步驟一 收集與整理具有纖維的植物。將七種植物做初步整理、挑掉雜物，去除不能造紙的部份。

步驟二 悶煮。將纖維加水煮約 1~2 小時再浸泡一晚，讓纖維軟化雜質分解出來。

步驟三 打漿。將軟化的纖維剪成 2-3 公分，加水用果汁機打成紙漿。

步驟四 抄紙。將紙漿倒入水盆後內，並倒完剩餘的 700C.C.水量並攪拌均勻。將手抄網垂直放入水盆，在水盆底部擺平，輕輕搖動，雙手平平的拿起手抄網，等水瀝去。

步驟五 紙巾吸水。蓋上吸水紙巾(可晒乾重覆使用)，輕輕壓，壓出多餘的水。

步驟六 海綿吸水。把手抄網連同吸水紙巾翻面，用海棉隔網擦拭，吸去水分。

步驟七 手抄紙完成。重覆步驟五和步驟六數次，直到紙張表面有點乾燥後，就可以將紙輕輕撕起，貼於資料夾上。自然風乾，待完全乾燥後取下，一張紙就誕生了。





(二) 根據上列的製作過程中，將收集到的七種植物纖維分別作出下列特性的比較：

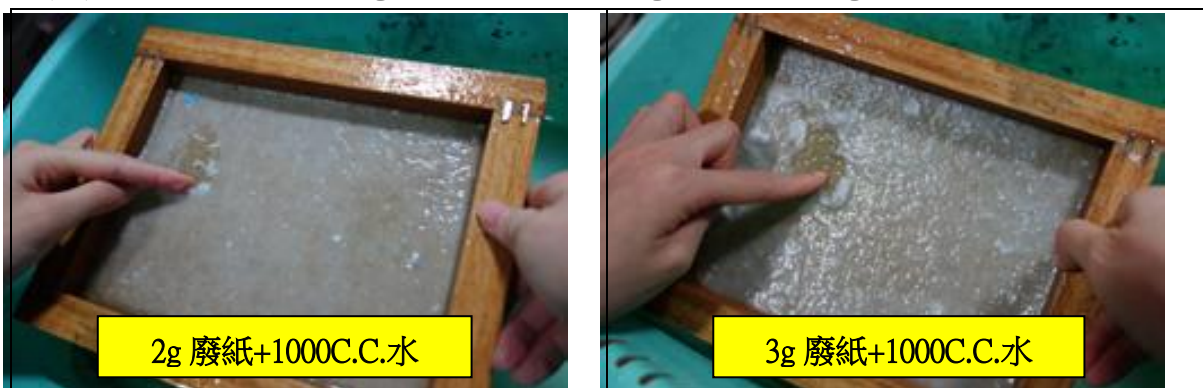
- 1.打漿後的纖維長短：比較經過悶煮與打漿過程的植物纖維長短。
- 2.是否需要加入紙漿：比較植物纖維加入紙漿與不加紙漿的外觀差異。
- 3.是否需要悶煮：比較悶煮前後的纖維情況，觀察是否需要悶煮過程？

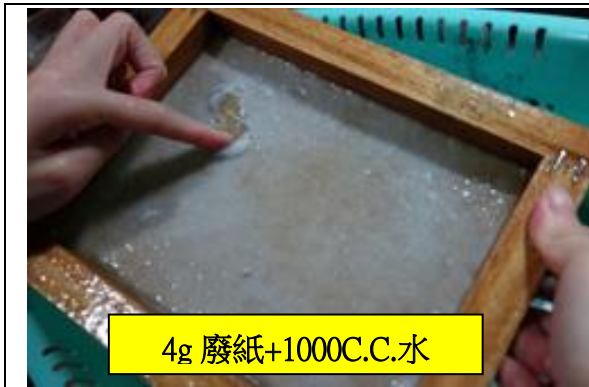
伍、研究結果

實驗【一】尋找製作再生紙需要的條件

一、找出再生紙紙漿最佳化的濃度

(一)紙漿厚度的觀察:2~5g 的紙漿太薄，9~12g 則太厚，6~8g 最恰當。







12g 廢紙+1000C.C.水

(二)進一步用 6~8g 的濃度進行再生紙的製作



6g 廢紙+1000C.C.水: 不好撕、易破



7g 廢紙+1000C.C.水: 好撕、但紙薄

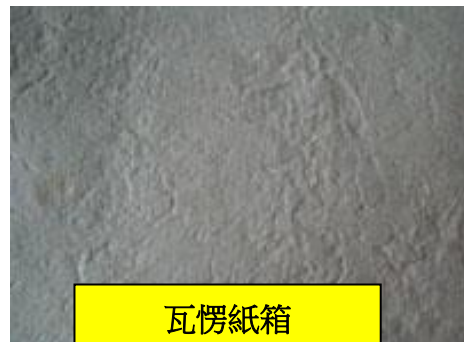


8g 廢紙+1000C.C.水: 好撕、紙完整

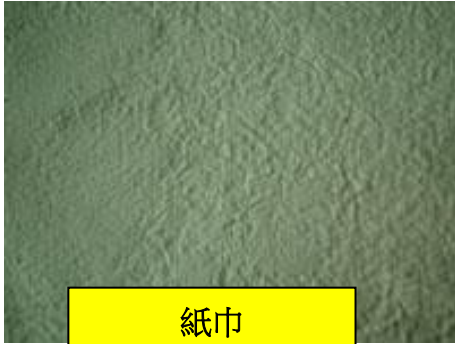





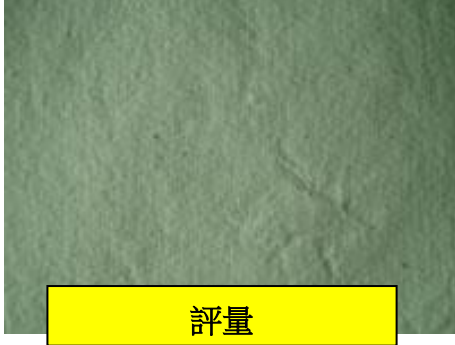



二、尋找再生紙最適化的廢紙種類



月曆



瓦楞紙箱

 <p>紙巾</p>	 <p>紙杯</p>
 <p>紙盒</p>	 <p>速食店紙袋</p>
 <p>喜帖信封</p>	 <p>報紙</p>
 <p>評量</p>	 <p>郵件信封</p>
 <p>廣告單</p>	 <p>再生紙成品</p>

三、比較「加工前的原始廢紙」與「加工後再生紙」的特性

(一) 顏色：視覺(眼睛)觀察。

	報紙	月曆	評量	喜帖 信封	紙袋	紙盒	紙杯	紙箱	郵件 信封	紙巾	廣告 單
加工前	灰黑色	桃紅色	米黃色	紅色	咖啡色	咖啡色	白色	咖啡色	花色	白色	花色
加工後	灰色	粉紅色	米白色	紅色	淺咖啡	淺咖啡	白色	淺咖啡	淺灰色	白色	灰色

(二) 材質：視覺(眼睛)與觸覺(手摸)的觀察。

	報紙	月曆	評量	喜帖 信封	紙袋	紙盒	紙杯	紙箱	郵件 信封	紙巾	廣告 單
加工前	看起來很平整，摸起來很光滑										
加工後	看起來很平整，摸起來很粗糙										

(三) 韌性：利用不同方式(用手撕、刀片割及剪刀剪)測試紙張容不容易被破壞。

	報紙	月曆	評量	喜帖 信封	紙袋	紙盒	紙杯	紙箱	郵件 信封	紙巾	廣告 單
加工前	易撕 易割 易剪	易撕 易割 易剪	易撕 易割 易剪	易撕 易割 易剪	易撕 易割 易剪	難撕 易割 易剪	難撕 易割 易剪	難撕 難割 易剪	易撕 易割 易剪	易撕 易割 易剪	易撕 易割 易剪
加工後	易撕 易割 易剪	易撕 易割 易剪	易撕 易割 易剪	易撕 易割 易剪	易撕 易割 易剪	易撕 易割 易剪	易撕 易割 易剪	易撕 易割 易剪	易撕 易割 易剪	易撕 易割 易剪	易撕 易割 易剪

(四) 吸水性：記錄每分鐘(1分鐘、2分鐘及3分鐘)水位上升的高度(cm)。

	報紙	月曆	評量	喜帖 信封	紙袋	紙盒	紙杯	紙箱	郵件 信封	紙巾	廣告 單
加工前：	0	0	0	0.5	0	0	0	0	0	1.5	0
1、2、3	0.5	0.5	0.3	0.7	0	0	0	0	0	1.5	0
分鐘的 高度(cm)	1.5	1.5	0.3	0.7	0	0	0	0	0	2	0
加工後：	1.5	2	1	1.5	1.9	0	1.5	1.5	0.7	1.5	1.8
1、2、3	3	3	2	3	2.3	0	3	2.5	1.5	2.5	2.8
分鐘的 高度(cm)	3.5	6	2	4.5	2.3	0	3	2.5	1.5	4.5	4

實驗【二】尋找製作手抄紙需要的條件

一、找出手抄紙需要的植物種類(具有纖維的植物)

此實驗收集具有纖維的七種植物：鳳梨葉、茭白筍殼、竹筍殼、竹葉、玉米皮、甘蔗渣、芒草皆可製成手抄紙，但其製作過程與成分不全然相同。

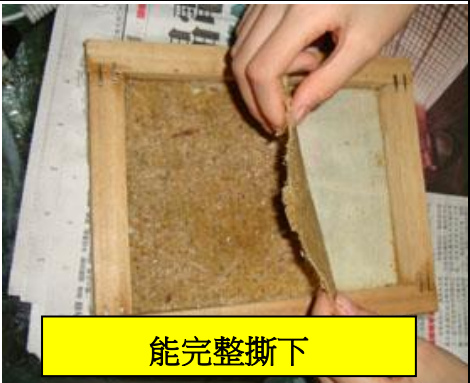



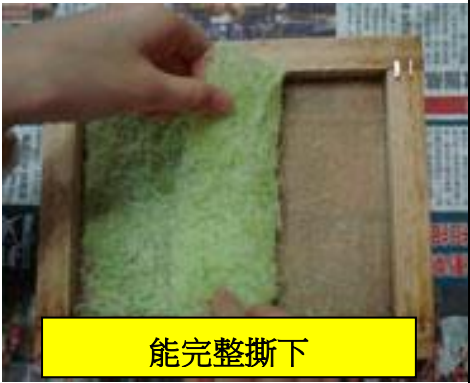



二、比較各種植物纖維製成的手抄紙異同

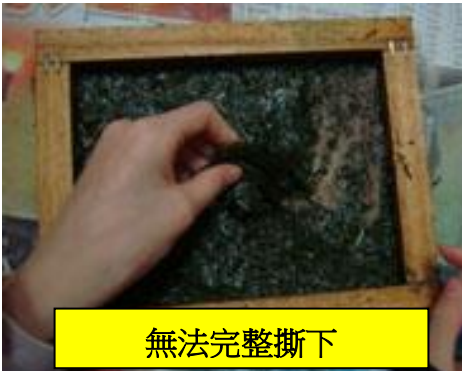
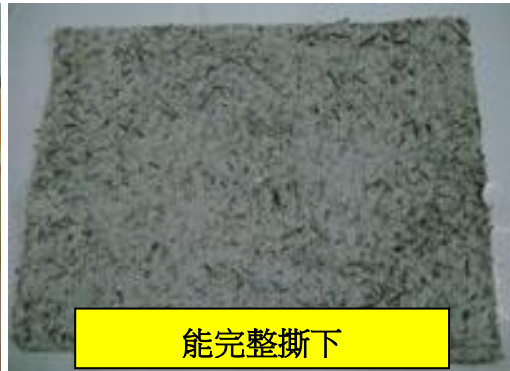


(二)將收集到的七種植物纖維分別作出下列特性的比較：

1.打漿後的纖維長短：比較經過悶煮與打漿過程的植物纖維長短。


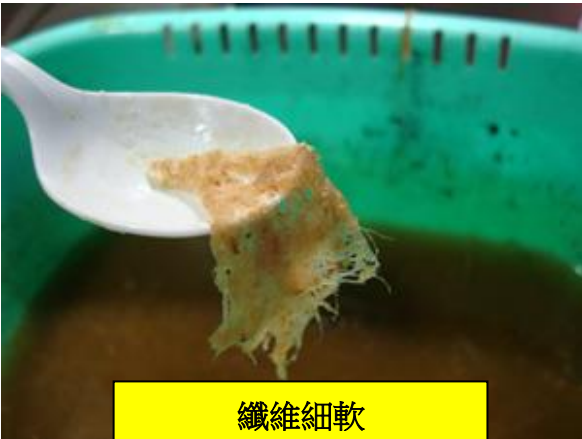


2. 是否需要加入紙漿：以手抄紙成功撕下來對照植物纖維加入紙漿與否。

	純植物纖維	有添加 8g 紙漿
鳳梨葉	 <p>能完整撕下</p>	 <p>能完整撕下</p>
茭白筍殼	 <p>能完整撕下</p>	 <p>能完整撕下</p>
玉米皮	 <p>能完整撕下</p>	 <p>能完整撕下</p>
竹筍殼	 <p>無法完整撕下</p>	 <p>能完整撕下</p>

竹葉	 <p data-bbox="379 474 753 533">無法完整撕下</p>	 <p data-bbox="906 474 1279 533">能完整撕下</p>
芒草	 <p data-bbox="363 862 737 920">無法完整撕下</p>	 <p data-bbox="906 862 1279 920">能完整撕下</p>
甘蔗渣	 <p data-bbox="379 1238 753 1296">無法完整撕下</p>	 <p data-bbox="906 1238 1279 1296">能完整撕下</p>

3. 是否需要悶煮：比較悶煮前後的纖維情況，觀察是否需要悶煮過程?以鳳梨葉為觀察對象。

鳳梨葉纖維未經過悶煮	鳳梨葉纖維已經過悶煮
 <p data-bbox="316 1915 689 1973">纖維粗硬</p>	 <p data-bbox="922 1915 1295 1973">纖維細軟</p>

陸、討論

實驗【一】尋找製作再生紙需要的條件

一、找出再生紙紙漿最佳化的濃度

探討紙漿最佳化濃度時，我們先觀察抄紙時所得到的厚度，發現 6~8g 比例較適當，然後再繼續進一步做成再生紙，發現 8g 搭配 1000C.C.水量是最好的再生紙選擇，接下來就一直採用這個標準來製作其他的再生紙或手抄紙。

二、尋找再生紙最適化的廢紙種類

我們採用的十一種廢紙(月曆、瓦楞紙紙箱、紙巾、紙杯、包裝紙盒、速食店紙袋、喜帖、報紙、評量、郵件信封、廣告單)都能夠成功地拿來再製成再生紙，都是優良的再生紙來源，因此接下來再進一步的比較加工前後是否對於紙張特性有所影響?

三、比較「加工前的原始廢紙」與「加工後再生紙」的特性

將收集的十一種回收廢紙對於「原始的回收廢紙」與「加工再製後的回收紙」分別比較以下的特性：

- (一) 顏色：從實驗中可以看到再生紙的顏色和廢紙的顏色差不多，但明顯淡了許多。如果廢紙上有大量的字或圖案像是報紙、廣告單，紙張的顏色會由原本的花色變成灰色。
- (二) 材質：一般製紙過程需經過壓紙、烘乾、塗膠、壓光等處理，但再生紙由於是用手抄方式製成，未經過上述處理，所以所製成的再生紙表面雖然平整，但摸起來較為粗糙且不光滑。
- (三) 韌性：再生紙比廢紙好撕許多，因為有些廢紙的紙張表面有加一層隔熱或隔油的薄膜較不好撕，像是紙杯和紙盒等。
- (四) 吸水性：再生紙的吸水性都比廢紙好。而紙盒無論是再生紙還是原來的廢紙吸水性都最差。

實驗【二】尋找製作手抄紙需要的條件

一、找出手抄紙需要的植物種類(具有纖維的植物)

此實驗收集具有纖維的七種植物：鳳梨葉、茭白筍殼、竹筍殼、竹葉、玉米皮、甘蔗渣、芒草皆可製成手抄紙。因植物纖維手抄紙的特質是因纖維與纖維之間不需要任何黏膠，只要藉著水就可以緊密的交絡，就可以做出一張平滑緊實的紙。

二、比較各種植物纖維製成的手抄紙異同

(二)將收集到的七種植物纖維分別作出下列特性的比較：

1.打漿後的纖維長短：比較經過悶煮與打漿過程的植物纖維長短。

纖維形狀	植物名稱
細長強韌型	鳳梨葉、茭白筍殼、玉米皮

不是細長強韌型	竹筍殼(纖維粗長)、竹葉(草葉類纖維粗短)、芒草(草葉類纖維粗短)、甘蔗渣(-纖維細短)
---------	--

2.是否需要加入紙漿：由實驗中看到甘蔗渣、竹葉、芒草的纖維與纖維之間沒有緊密的交絡，所以在製作這些纖維時，需加入廢紙漿(8g 廢紙)，來加強紙的韌性，才能將手抄紙成功撕下來。

纖維形狀/是否需要加入紙漿	植物名稱
細長強韌型/不需加入紙漿	鳳梨葉、茭白筍殼、玉米皮
不是細長強韌型/需要加入紙漿	竹筍殼(纖維粗長)、竹葉(草葉類纖維粗短)、芒草(草葉類纖維粗短)、甘蔗渣(-纖維細短)

3.是否需要悶煮：每種植物纖維的硬度不同，所以打漿的時間也不同，有的纖維較軟不需悶煮也可以直接打漿，例如玉米皮纖維較軟，竹筍殼較硬就需要先悶煮過才可以軟化纖維。

柒、結論

經由這兩個實驗能發現，兩個實驗中能夠重新製作成再生紙與手抄紙都跟紙漿特性的特性有很大的關係。

再生紙的製作除了廢紙種類很廣泛容易取得外，要注意紙漿濃度才容易成功。而再生紙生產出來之後，每種再生紙的性質受到原料很強烈的影響有，不論在顏色上有相似性、雖然材質較原本紙張質地粗糙也比較容易被撕裂、但吸水性都比原來的佳。

而在手抄紙部分則是延伸了再生紙的製作過程，改用植物做為更直接的原物料來取代人工的回收廢紙，過程中發現要能製作成合適紙漿是需要利用纖維與纖維之間只要藉著水而不需要任何黏膠，就可以緊密的交絡，形成一張平滑緊實的紙。而纖維以細長強韌型為較好的選擇，不必再添加紙漿才能緊密交絡，所以鳳梨葉、茭白筍殼、玉米皮比竹筍殼、竹葉、芒草、甘蔗渣更適合拿來製作手抄紙。而柔軟的纖維也比硬殼的纖維較容易打漿，而悶煮過程有助於纖維軟化。

除了上列的植物纖維，我還嘗試了其它富有纖維的蔬果來做試驗，像是絲瓜皮、柳丁皮、地瓜皮…等，但是，試過之後我發現，打漿之後如果纖維太細，就算加入紙漿也很難成型，像是，在做甘蔗渣時，就因為纖維太細，加了紙漿後還是很難將紙撕下，最後是改變打漿的時間才成功了。雖然鳳梨葉、茭白筍殼和玉米皮可以靠著纖維與纖維交錯做出一張紙，但是，因為未加入原木漿及經過壓紙、高溫烘紙、塗膠…等處理，這張紙上較細小

的纖維容易掉出，我想，我還需要繼續找出更好的方式，來將這些植物纖維變成一張張更漂亮又完整的紙。

從原本一張張廢紙變成了一張張漂亮的再生紙，感覺像是讓紙重生了一樣，以往我們的廢紙都是丟到資源回收車回收，從來沒有想過可以這樣再利用，我想以後要製作小書或是製作美勞作品需要用到特殊的手工紙時，再也不用到書局花錢買了，因為，透過這次的科展，我相信我一定可以做出一張獨一無二的手抄紙了。

捌、參考資料及其他

- 1.行政院環保署基管會資源回收網 <http://recycle.epa.gov.tw/>
- 2.Paperhouse 紙品專賣店 <http://www.paperhouse.com.tw/>
- 3.<http://www.aerc.nhcue.edu.tw/4-0/teach92/education/9196132/a/index-1.htm>
- 4.謝秀明/造紙食譜/1版/財團法人樹火紀念紙文化基金會/2004年
- 5.樹火紙博館/造紙師父好手藝/行政院文化建設委員會/87年
- 6.左卷健男/Wow!不作手會癢 35個有趣的科學實驗/Crafts 手作族/P74-75/2010年
- 7.廣興紙寮 <http://www.taiwanpaper.com.tw/>
- 8.無紙報告書-再生紙 <http://paper.4screen.net/a01.htm>