

中華民國第四十八屆中小學科學展覽會
作品說明書

國小組 生活與應用科學科

最佳(鄉土)教材獎

080809

點「殼」成紙 ~菱角殼製漿造紙可行性之研究~

學校名稱：高雄市左營區舊城國民小學

作者：	指導老師：
小六 郭怡岑	蕭妃茹
小六 謝雨倫	陳郁仁

關鍵詞： 造紙、菱角

點「殼」成紙

~菱角殼製漿造紙可行性之研究~

摘要

本研究目的在探討利用菱角殼進行製漿造紙，並觀察其可行性，以有效利用此項農業副產品。由研究發現菱角殼內富含纖維，透過水煮的方式加入小蘇打粉可以有效的軟化纖維，用此當製紙漿之原料，再加入回收的影印紙可以成功的造紙。因菱角殼是屬於短纖維，不如樹木的纖維長，所以造出的紙張強度不如報紙所做的再生紙強。但菱角殼價錢低廉，可取代部份的植物纖維，節省造紙原料的成本。造出的紙張強度不佳，可適用於對紙力要求不高的紙類。例如做成卡片，或是填充在器具周圍的紙張。

未來若再修正造紙的技術，可以改善紙張的性質，也可以朝向藝術創作的方向來發展菱角殼造紙，不僅可以有效的利用資源又可以發揚左營的黑元寶。

壹、研究動機

一、動機

每年的 11 月份，本校高年級都會進行一項鄉土課程~採菱飄香，從泥土中摘取菱角，享用美味的菱角，但是剩下的菱角殼就是丟棄當垃圾。在學校外圍的歷史步道上總有三五成群的阿婆在剝菱角仁，每次都會產生一袋一袋的菱角殼，我們想菱角除了吃它的果肉外，剩下的菱角殼可不可以用來造紙呢？所以我們就展開了一場菱角殼再利用之研究。

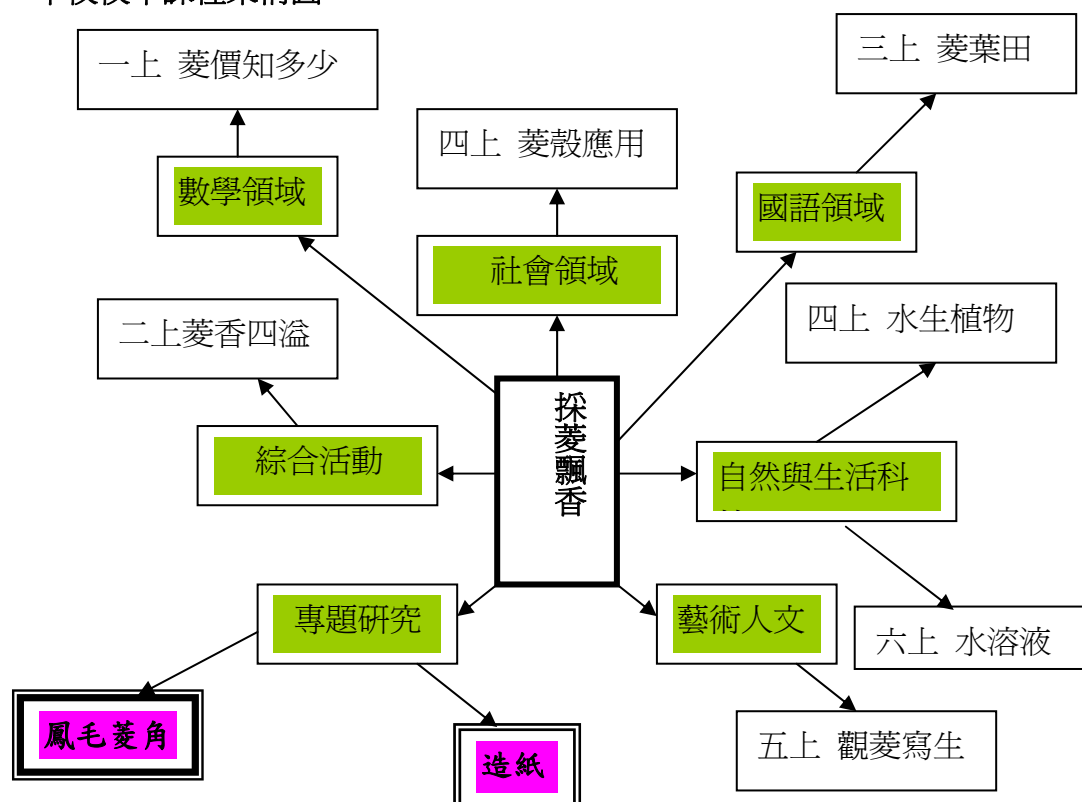


說明：大家捲起褲管下田了，
努力找一找水中的黑元寶。



說明：阿婆好奇的問我們要這些菱角殼做什麼呢？

二、本校校本課程架構圖



貳、研究目的

一、菱角殼之分析

二、菱角殼去向之探討

三、軟化菱角殼纖維之研究

(一) 如何判斷纖維軟硬

(二) 不同烹煮方式對菱角殼纖維之影響

(三) 不同添加物對菱角殼纖維之影響

四、菱角殼造紙可行性之研究

(一) 不同烹煮方式菱角殼造紙之研究

(二) 不同添加物處理過菱角造紙之研究

(三) 菱角殼再處理對造紙效果之影響

(四) 紙漿添加物對菱角殼造紙之研究

五、不同比例的紙漿添加物對菱角殼造紙之研究

(一) 不同比例之海菜粉對菱角殼造紙之影響

(二) 不同比例之影印紙對菱角殼造紙之影響

六、菱角殼再生紙紙張性質之探討

(一) 再生紙之微觀圖

(二) 紙張厚度之測量

(三) 紙張耐折度之測量

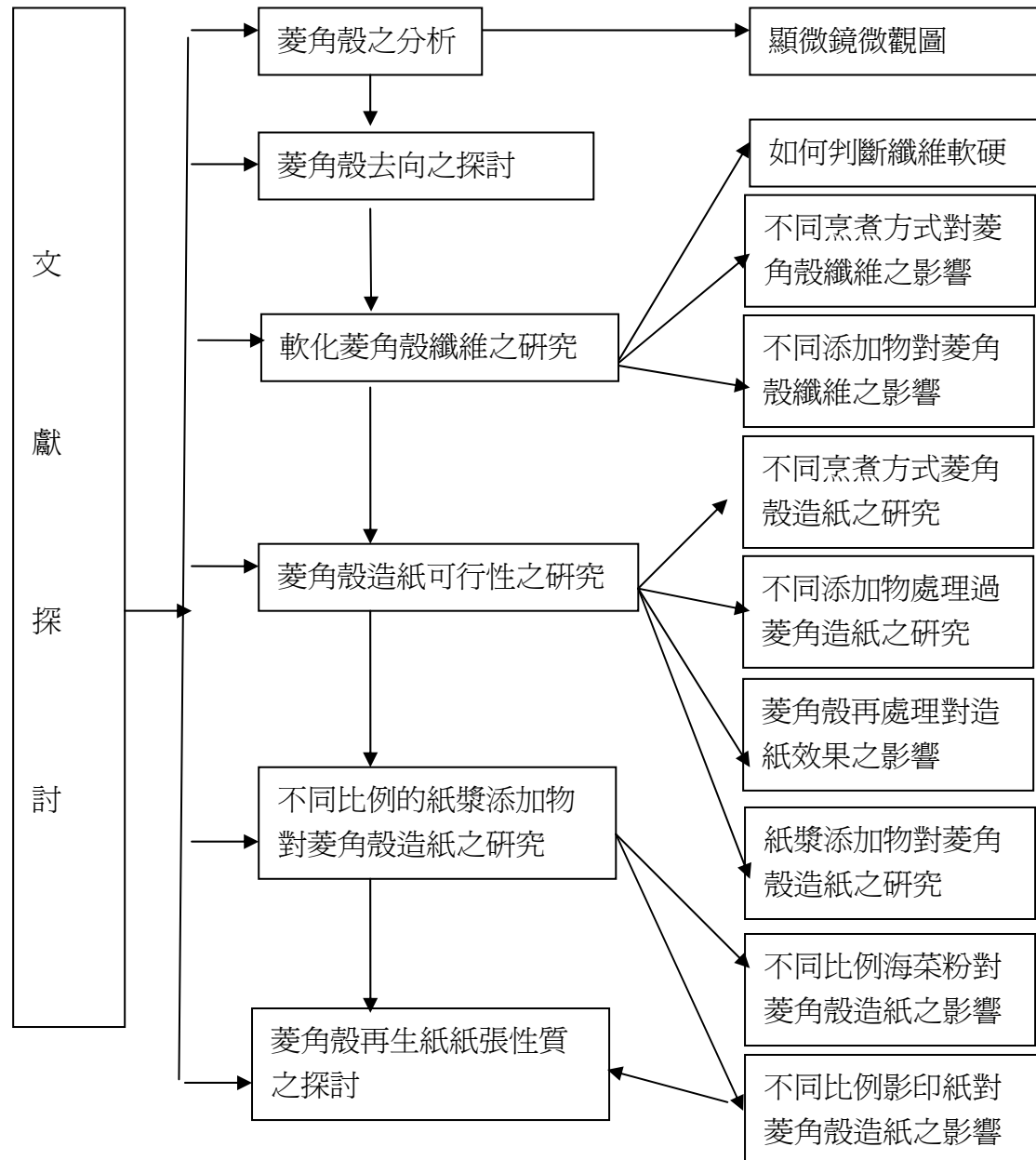
參、研究器材與設備

一、研究器材：電鍋、照度計、砝碼、果汁機、電子天平、磅秤，自製抄紙網、篩網、電腦顯微鏡。

二、藥品：菱角殼、小蘇打粉、洋菜粉、糖、鹽、檸檬汁、醋、海菜粉。

肆、研究過程或方法

一、研究流程



二、軟化菱角殼纖維之研究

(一) 纖維粗細實驗設計流程

方法一：過濾法



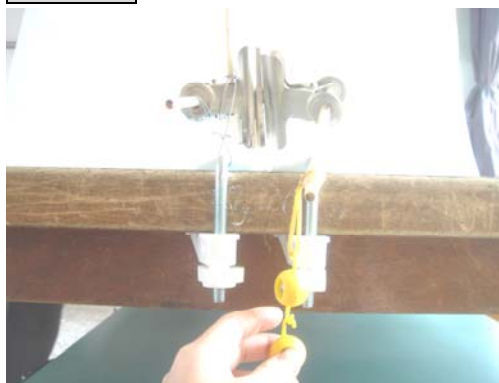
說明：纖維經過果汁機的攪打，纖維越粗的，打出來的顆粒越大，用水重覆沖洗，留下較多的顆粒的，代表纖維越粗，但因實驗誤差很大，所以不採用此方法。

方法二：透光法



說明：經果汁機攪打後，會產生大小不同的顆粒，利用沈澱時，顆粒大的會先沈澱，而溶液中的顆粒會影響透光度，若顆粒越大，則透光度越差。

方法三：扭斷法



說明：纖維越軟，可以用手輕易的折斷，故利用夾子夾住，使用砝碼施力，若需要較多的砝碼才可以扭斷，代表纖維越粗。

小結：本研究採用方法二和方法三的結果交叉驗證，以增加實驗準確度。

三、再生紙製作基本流程



煮纖維：取 100 公克的之乾菱角殼，加入 20 公克的小蘇打及 1600cc 的水，放入電鍋內煮 30 分鐘。



打漿：取出菱角殼用果汁機攪打 10 分鐘。



抄紙：抄紙時要儘量讓紙張厚度均勻，這可是需要練習的。



說明：抄好的紙張放在外面晾乾。



說明：小心的撕下做好的成品。



說明：做好的成品進行紙張性質的測量。

四、再生紙張性質之探討

(一) 紙張強度實驗設計：



實驗步驟：

- 1.再生紙剪成 1 公分正方形。
- 2.用兩個夾子上下夾住（中間相距 2mm）。
- 3.上方夾子固定在支架上，下方夾子掛砝碼，直到紙張斷裂。
- 4.測量所掛的砝碼重。

本研究採用紙張強度當作紙張性質的最初判斷標準。

(二) 紙張重量測量：

實驗步驟：

- 1.再生紙剪成 1 公分正方形。
- 2.使用電子天平測量 1 平方公分的再生紙重量 20 次。
- 3.求 1 平方公分再生紙的平均重量。



(三) 紙張耐摺度：

實驗步驟：

- 1.再生紙剪成 2x1 公分的長方形。
- 2.將紙張從中對摺一次後，掛上 21.7 公克的砝碼拉，直到紙張斷掉為止。



伍、結果

一、菱角果之分析

(一) 文獻資料

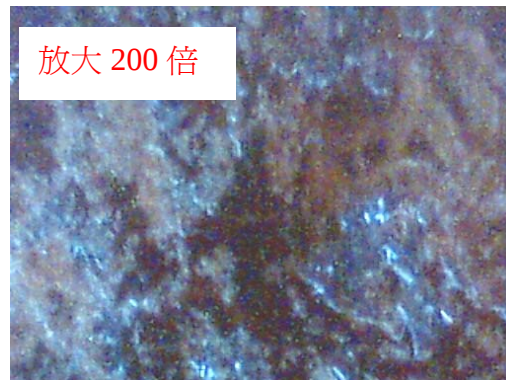
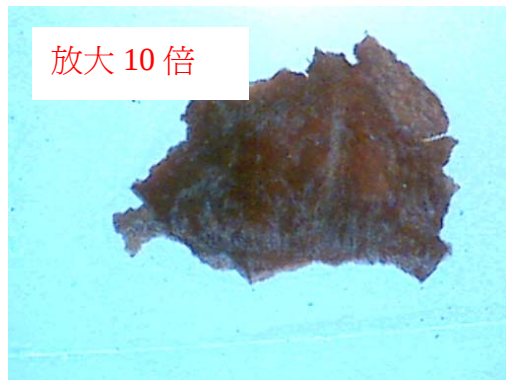
1、菱角仁：每 100 公克中含水分 62.1 公克，蛋白質 4.6 公克，脂肪 0.3 公克，碳水化合物 29.9 公克，粗纖維 0.6 公克，灰份 1.5 公克，含有豐富的澱粉質及許多人體必需礦物質及維生素。

2、菱角殼：菱角果屬於堅果類，外果皮薄而柔軟，呈黑綠或深紅色，內果皮厚

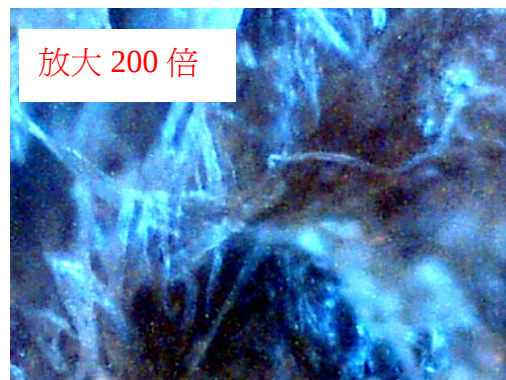
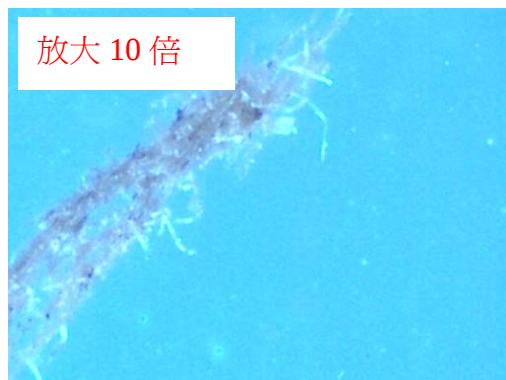
革質而堅硬，呈灰褐色。分成外皮及內殼部分，劉發勇（2004）研究指出菱角不可食用部份例如殼或皮內經分析後知道含有鐵、鈣、鎂、鋅、鎢、鋅、硒、錳、鉻等離子。

（二）菱角殼微觀圖

1、外皮透過電腦顯微鏡放大 10 倍及 200 倍後，發現外皮部分無長條狀之纖維，分離後為一層含有色素之薄層。



2、內殼透過電腦顯微鏡放大 10 倍及 200 倍後，發現是由細長的纖維所構成。平均纖維寬度為 0.01mm。



二、菱角殼去向之探討：

（一）實地走訪學校附近販賣菱角的店家，訪問剝取菱角仁後，如何處理菱角殼，得到下面幾種方式：

- 1、當垃圾：直接丟到垃圾車。
- 2、當柴火使用（燃料）：曬乾，用來燒水。
- 3、保養小偏方：清洗乾淨後曬乾，煮水來喝。



(二) 本校目前的應用：

- 1、利用曬乾的菱角殼進行拼貼畫，
噴上一層保護膜，可當指示牌。

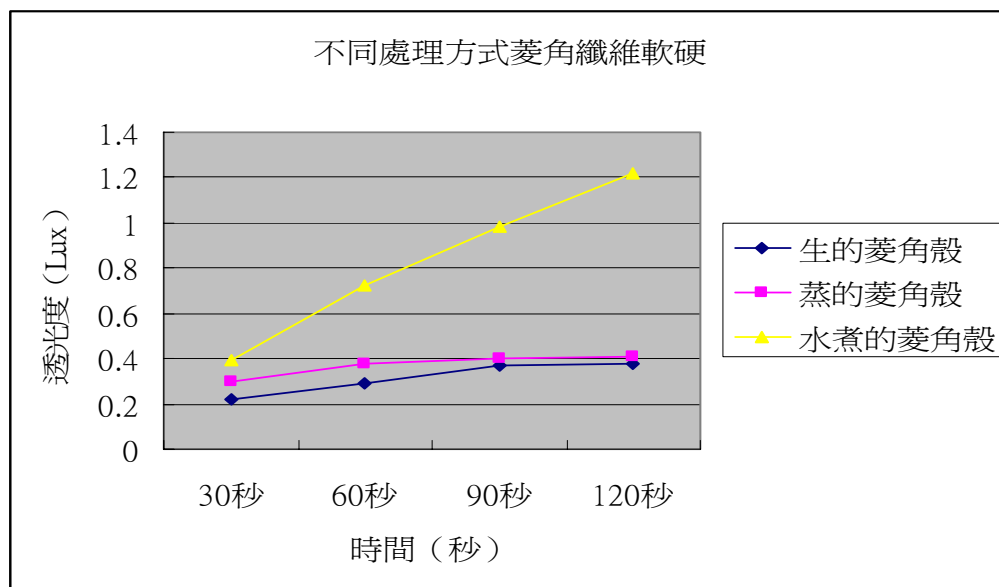


綜合結果：經由上面之探討，我們想菱角殼內含纖維，是否可以用來製漿造紙，如果可行的話，那麼不僅可以代替樹木的砍伐，也可以達到環保的目的。

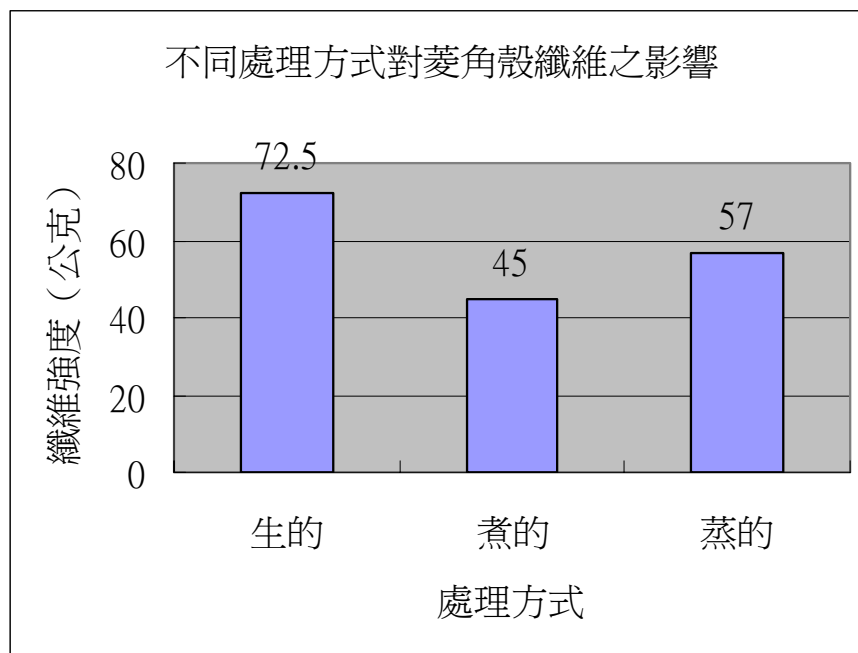
三、軟化菱角殼纖維之研究

前言：厚厚的菱角殼其實是由比較粗的纖維所組成，我們訪問過半屏山下賣菱角的攤販後發現菱角有不同的烹煮方式，而有些會在烹煮的過程中添加調味料，這些烹煮方式及添加物對菱角殼纖維有無影響，我們就由此進入菱角殼研究之旅。

研究一：不同烹煮方式對菱角殼纖維之影響

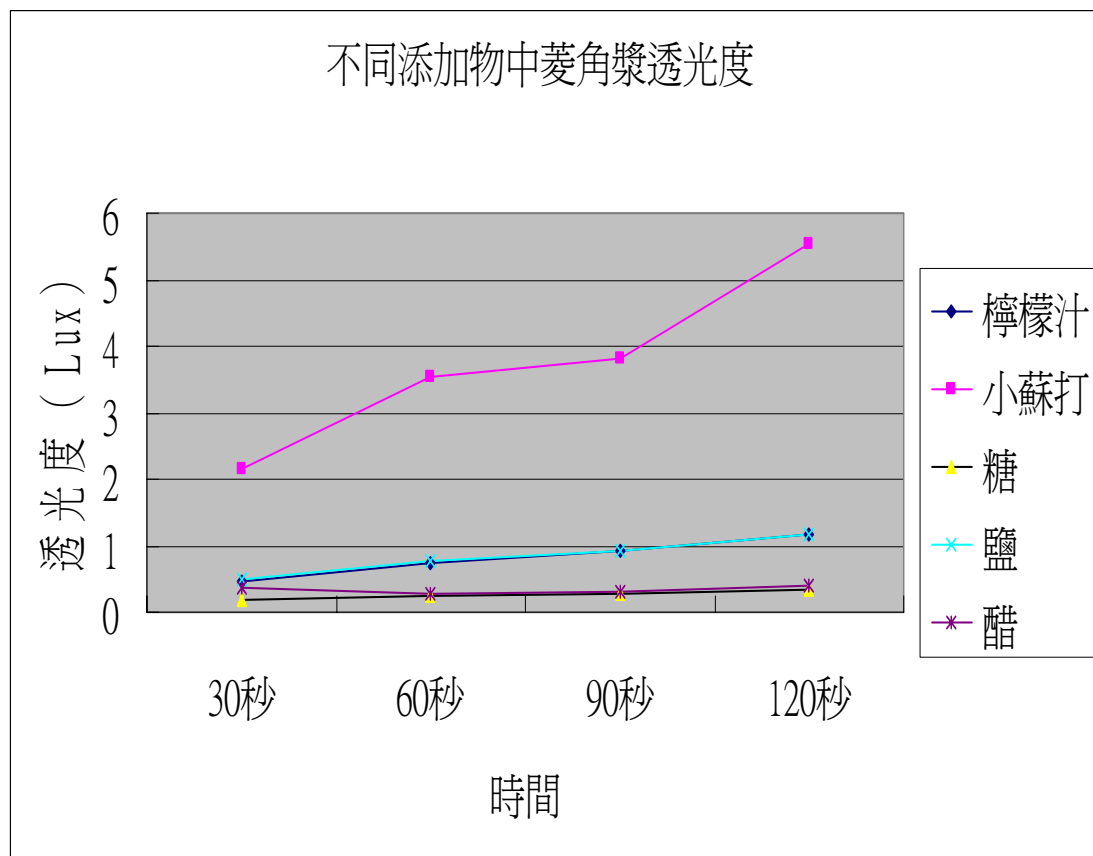


二、扭轉方式（用夾子夾）

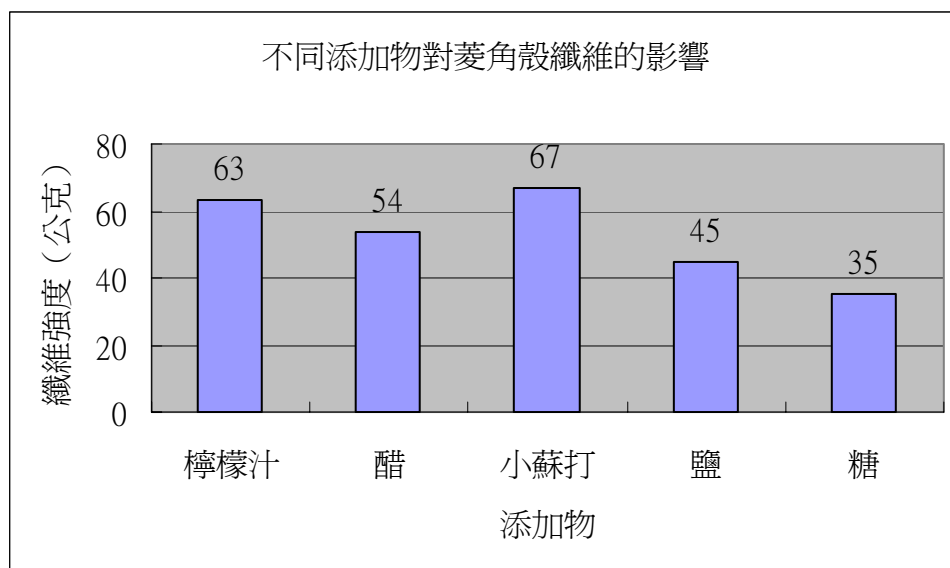


結果：綜合上面兩種方式的測量結果得知：利用水煮的方式，最能夠可以軟化菱角的纖維。

研究二：不同添加物對菱角殼纖維之影響



二、扭轉實驗



結果：由透光法及扭轉法結果發現添加小蘇打粉可以有效的軟化菱角殼纖維。

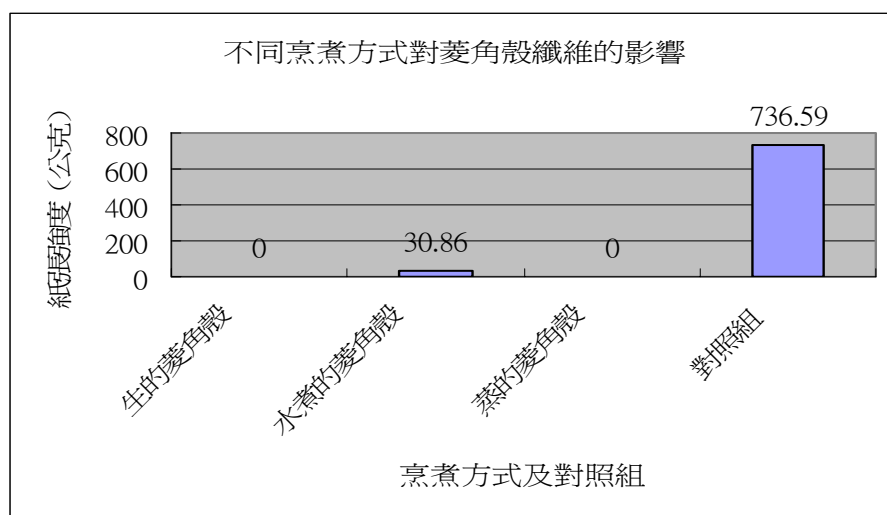
四、菱角殼製漿造紙之研究

研究三：不同處理方式菱角殼造紙之研究

問題：阿婆們剝取菱角仁，都是使用新鮮未煮過的菱角，剩餘的菱角殼可否直接拿來造紙呢？如果是煮過或是蒸過的呢？

	照片	紙張強度（公克）及說明
生的菱角殼		0g (成品呈片狀，很容易就碎掉。)
水煮的菱角殼		30.86g (成片，但厚度大，有許多粗的纖維顆粒。)
蒸的菱角殼		0g (一顆顆的大顆粒，從布上取下就碎了。)

對 照 組		736.59g (由報紙回收所製出來。)
-------------	---	-------------------------

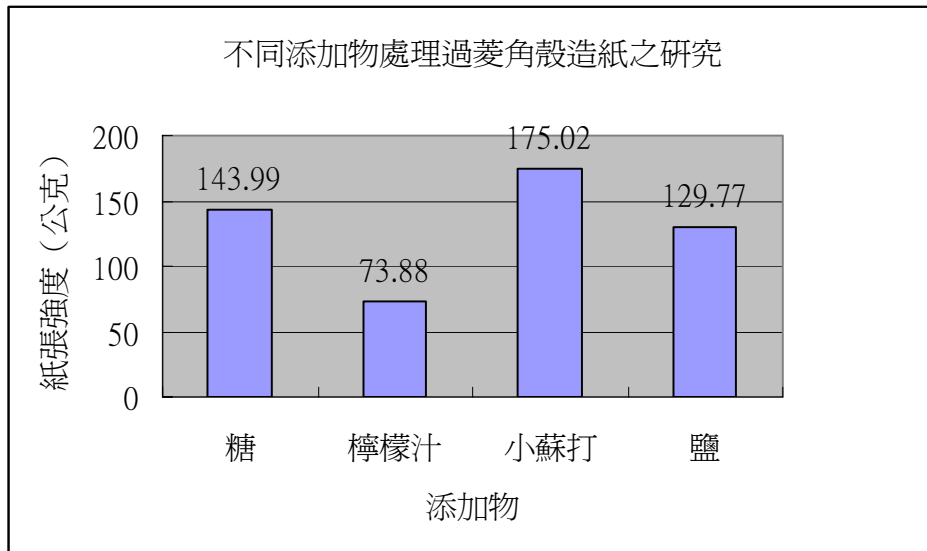


結果：由實驗發現，水煮的菱角殼經果汁機攪打後會產生細小的纖維，但纖維間的絡合程度不佳，造出紙張成品的強度不佳。而其餘處理方式的顆粒太大，均無法成紙。

研究四：不同添加物處理過之菱角殼造紙之研究

	照片	紙張強度（公克）及說明
小 蘇 打		175.02g
檸 檬 汁		73.88g
糖		143.99

鹽		129.77g
---	---	---------



結果：添加小蘇打所造出的紙張強度最強。

研究五：菱角殼再處理對造紙的影響

前言：由前面實驗得知添加小蘇打的菱角殼紙漿可以做出強度較大的成品，但仍有些較粗的顆粒夾雜在其間，如果把菱角較硬的兩端去除可否改善紙張的品質？



1.去角法：菱角殼兩個尖銳的角，用剪刀剪除。

結果：1、由去角法所得之紙漿所造出的紙張強度提高，但去角之後所得的纖維量太少，所以製漿率太低了。

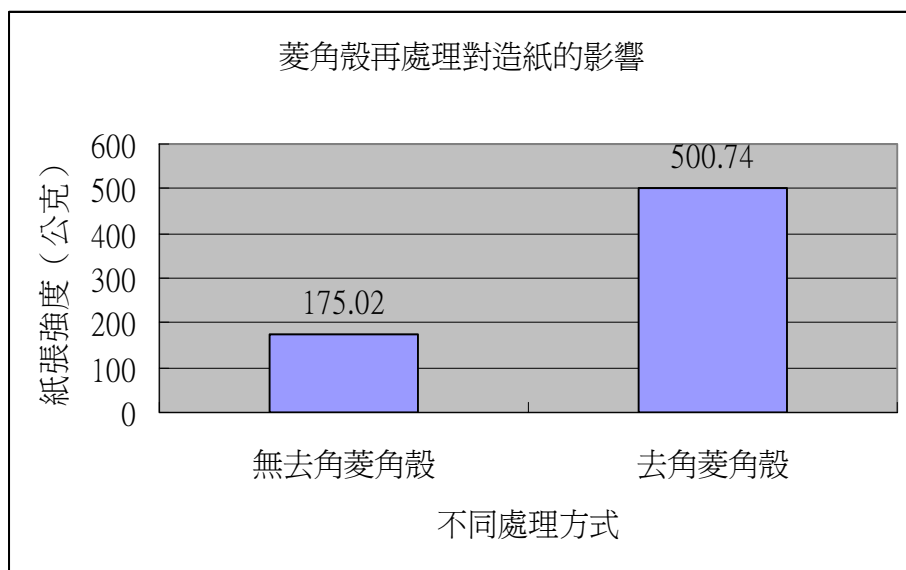


2.鎚打法：將加小蘇打處理過的菱角殼用鐵鎚敲打數分鐘

結果：菱角殼用鐵鎚敲打後，所打出的紙漿顆粒較小，製漿率較高。

3.造紙效果

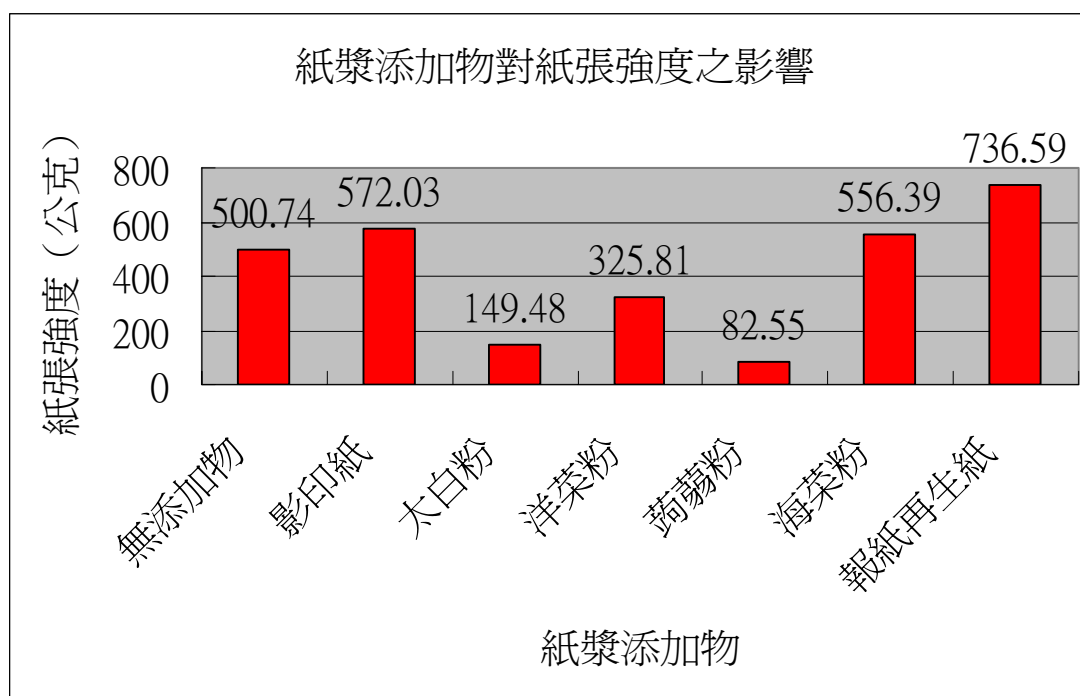
	照片	紙張強度（公克）
無去角之菱角殼		175.02
去角之菱角殼		500.74g
鎚打法之菱角殼		333.25



結果：去角菱角殼造出的紙張強度雖強，但製漿率太低，不能大量推廣，所以實驗採用鏈打法。

研究六：紙漿添加物對造紙影響之研究

	添加物	照片	紙張平均強度 (公克)
菱角殼再生紙	影印紙		572.03
	太白粉		149.48
	洋菜粉		325.81
	蒟蒻粉		82.55g
	海菜粉		556.39g
報紙再生紙			736.59g



結果： 添加影印紙或海菜粉可以增加紙張的強度，其中以影印紙的效果最佳。

研究七：海菜粉添加比例對紙張性質之影響：

		紙張強度	說明
1 公克		262gw	紙張較平整且硬
2 公克		438gw	撕下來後紙張成捲曲狀
3 公克		0gw	撕下來，紙張碎裂

4 公克		0gw	在布上燥時，就龜裂開來了，無法撕下完整的紙張。
------	---	-----	-------------------------

結果：

研究發現添加海菜粉的比例會影響造紙的性質，其中以 4000cc 水配上 1 公克的海菜粉造出的紙張性質較佳。

研究八：A4 影印紙添加比例對造紙之影響：

	成品	紙張強度
一張		446gw
二張		428gw
三張		652gw
四張		748gw

結果：

添加影印紙的張數越多，造出的紙張強度越強。且紙張越平整

研究九：菱角殼再生紙紙張性質之探討：

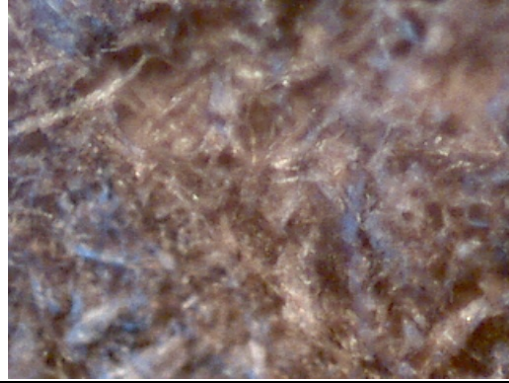
(一) 再生紙張的微觀圖

1. 不同比例添加物之再生紙（放大 60 倍）

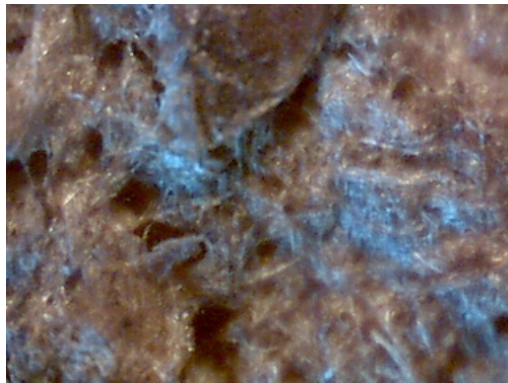
1 公克海菜粉



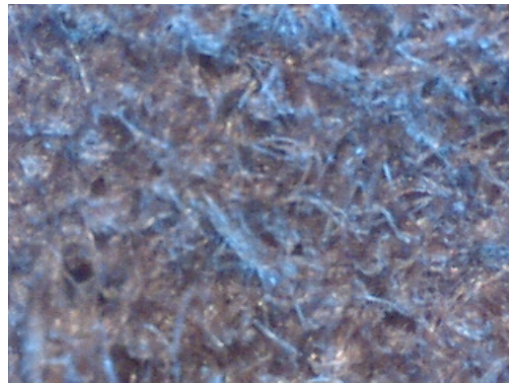
2 公克海菜粉



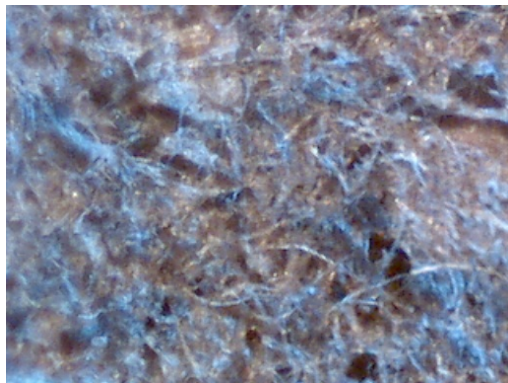
影印紙一張



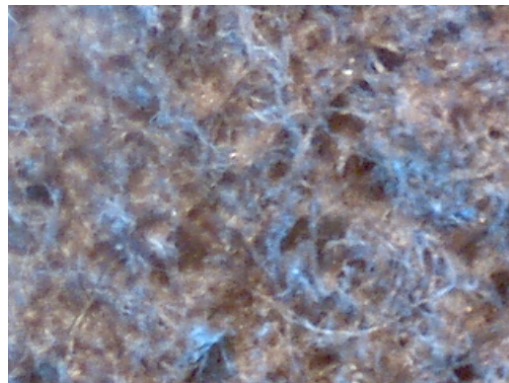
影印紙二張



影印紙三張

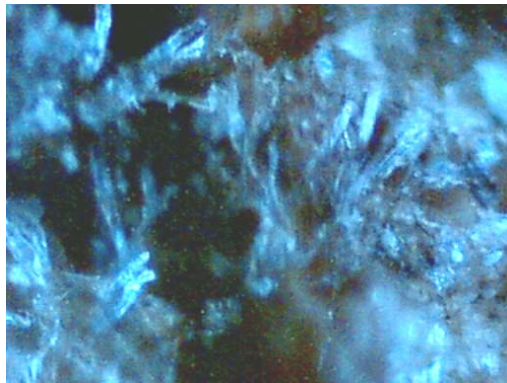


影印紙四張

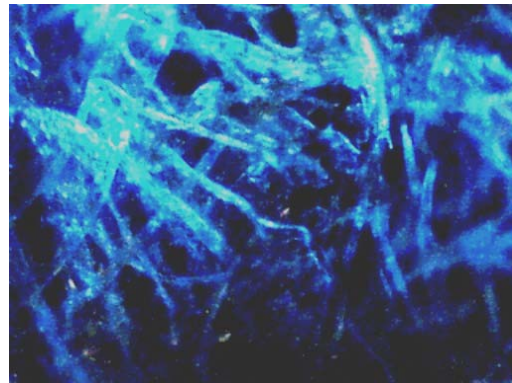


2.放大 200 倍

海菜粉 2g

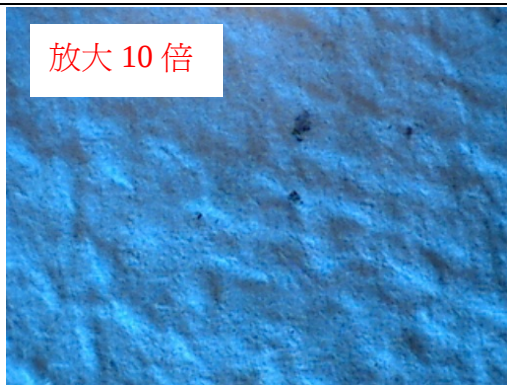


影印紙二張

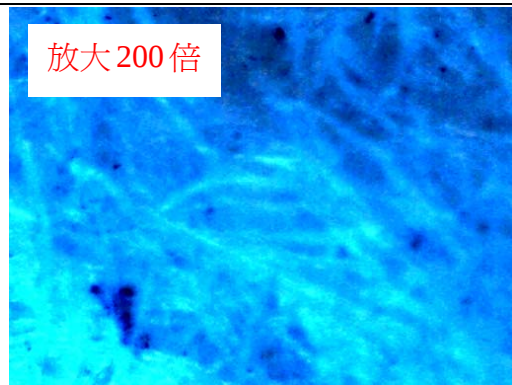


3.對照組（報紙再生紙）

放大 10 倍



放大 200 倍



（二）紙張性質

添加物	紙張強度	平均重量	耐折度
1 公克的海菜粉	262gw	0.0256gw	1 次
2 公克的海菜粉	438 gw	0.0273gw	1 次
影印紙一張	446 gw	0.0325gw	1-2 次
影印紙二張	428 gw	0.045gw	2-3 次
影印紙三張	652 gw	0.026gw	4-5 次
影印紙四張	748 gw	0.037gw	7-8 次
對照組（報紙）	737gw	0.0133 gw	12 次

結果：

1、對照組紙張較平滑，可看見明顯的纖維交錯。加入海菜粉的紙張透過放大圖發現內部纖維較短。加入影印紙的紙張看到纖維的交錯較明顯，而且加入影印紙越多，長纖維越多。

2、由紙張平均重量發現由菱角殼所造的再生紙厚度較厚，報紙所做的再生紙厚度較薄。

(三) 菱角殼再生紙之應用：



陸、討論

一、實驗設計與實驗誤差來源

- (一) 菱角殼的取得因受到菱角收成季節的限制，所以我們事先向剝取菱角仁的阿婆索取，之後曬乾保存。在曬的過程要將菱角平鋪，否則底下的菱角殼會發霉。
- (二) 菱角殼外面有一層紫黑色的皮，攪打成紙漿時，漿汁是黑色的，但是做出來的再生紙不是黑色的，因黑色的色素都溶解在水中，而抄紙取的是纖維，所以做出的紙張成土灰色。
- (三) **方法一**的討論：測量纖維軟硬，因纖維較軟的話，比較容易被果汁機打碎，但是果汁機攪打後顆粒大小不一樣，有粗有細，利用篩網過濾無法完全篩選出較大的顆粒，會有一些小顆粒被阻擋留在上面，造成實驗誤差非常大，故重新設計實驗。
- (四) **方法二**的討論：菱角殼經果汁機攪打後會形成懸浮液，打碎的顆粒暫時懸浮於溶液中，極不穩定，靜置後立刻發生沉澱，這些懸浮的顆粒可以阻止光線。依沈澱的順序，顆粒大的越快沈澱，故我們採用懸浮粒子沈澱的快慢來判斷纖維的軟硬。
- (五) 利用透光法來判斷纖維的軟硬，每一次實驗時都要讓溶液呈現不穩定狀，所以要同方向攪拌2分鐘，以確保溶液的起始狀態都相同。
- (六) 實驗設計信效度：
利用透光度來判斷顆粒的大小，取4個時間點，從30秒、60秒、90秒、120秒的透光度中可以確定懸浮粒子產生沈澱，且懸浮粒子會阻擋光線的進行。
- (七) 進行透光度實驗時，在放進果汁機攪打前，儘可能的把菱角殼外的一層皮去除，以免溶液的顏色影響顆粒的透光度。
- (八) 菱角殼纖維也可以從容不容易折斷來判斷，我們利用力矩原理，扭斷菱角殼的力量越大，代表纖維越硬。
- (九) 紙張內的纖維絡合程度越好，所得到的紙張強度越強，本研究利用紙張可以承掛多少砝碼來決定纖維的絡合程度。

- (十)通常造紙失敗的原因可能是紙漿的配方中含有較多的草本漿或是填充劑加太多，也有可能是用了纖維較短的原料。本研究採用的菱角殼因纖維較短，所以造紙時可加入較長纖維的原料來改善造紙效果，研究發現加入影印紙的纖維後可以加強再生紙張的強度。

二、實驗結果討論

- (一)由研究一結果發現利用水煮的方式可以軟化菱角殼纖維的強度，如果用這種方式煮菱角，可使得在咬菱角殼時比較容易咬開。但是一般販賣的菱角會採用蒸的方式，因為可以保住菱角本身的甜度，但菱角殼較硬，所以商家會用刀子先割開一道，方便直接剝取。
- (二)由研究二結果發現添加不同的物質對菱角殼纖維的軟化影響不同，添加小蘇打粉軟化效果最佳，從找到的資料中發現造紙煮漿時會添加氫氧化鈉等鹼性物質，而小蘇打粉是可食用之弱鹼，所以具有軟化纖維的功能，因此在烹調上常用來使軟化青菜的纖維，若在造紙時利用小蘇打來軟化菱角殼的纖維比較安全，也不會產生化學藥品污染的問題。
- (三)鹼性物質可以軟化纖維，工業上常使用強鹼，我們基於安全考量，使用弱鹼小蘇打來軟化纖維。可以在烹煮帶殼菱角時添加小蘇打粉，這樣吃完後殼就可以用來造紙。
- (四)由研究三結果發現，因菱角殼是屬於較硬的植物纖維，纖維長度也不如玉米葉或甘蔗葉長，所以果汁機攪打時不易打碎，會有顆粒狀，對於造紙時纖維不易交錯，造成再生紙品質不佳。經過烹煮方式可以軟化纖維，造紙的效果比生的菱角殼好，但是因纖維間的交錯效果不佳，導致紙張強度不佳。
- (五)由研究四結果發現若在烹煮的過程中再加入小蘇打粉，軟化纖維的程度最好，在造紙時比較不會出現不顆粒，影響造紙品質。
- (六)由研究五發現用菱角殼來造紙時總是有打不碎的纖維顆粒，如果先將兩邊較硬的部份剪除，打出來的紙漿顆粒較少，可以提升造紙的品質，但此方法所得的製漿率太低了。用鎚打法所得之漿料造出的紙張強度也大大提高，製漿率也高，在未來的推廣上較可行。
- (七)由研究六發現紙漿中加入影印紙或海菜粉都可以增加紙張強度，其中影印紙可以提供較長的纖維幫助菱角殼的纖維絡合。而海菜粉則是利用黏著性幫助纖維交錯。
- (八)造紙時添加建材用的海菜粉所得到之再生紙紙張強度第二強，再從顯微鏡的圖片中發現其纖維不長，因海菜粉是一種非離子高分子聚合物。溶入水中約 2-4 個小時會膨脹成黏著狀，加在再生紙的過程中，可以增加纖維間的絡合，但添加的比例不可太高，否則紙張會捲曲，甚至會龜裂，其比例約為 4000cc 水配 1 公克的海菜粉較佳。

- (九) 由纖維的放大圖可見，一般再生紙的纖維交錯並不整齊，其中加入海菜粉的紙張纖維較短，而加入影印紙的可見較長纖維的交錯，這是影響紙張性質的原因之一。
- (十) 由 20 次的測量結果平均後得到每平方公分的紙張重量，一般將大於 0.02g/cm^2 的歸類成紙板，而小於 0.02g/cm^2 的歸類成紙張。所以菱角殼所造出的成品應屬於再生紙板。
- (十一) 紙張耐折度決定紙張可被重覆折幾次，通常紙卡至少要有 2-3 次的耐折度。由結果發現菱角再生紙的耐折度比對照組少，但仍可符合卡片的需求。

三、研究心得與感想

- (一) **危機：**我們向店家索取菱角殼時，她們很驚訝要丟棄的菱角殼也可以做研究，所以都無條件提供菱角殼，但是要回來的菱角殼因晒的方式不對，所以都發霉了，這又讓實驗陷入了困境。
- (二) **轉機：**就在找不到實驗材料之際，同學的爸爸打電話來說可以送我們晒好的菱角殼，因為這是同學的媽媽生病時的治病的小偏方，能提供給我們做研究，他們也覺得欣慰。

柒、結論

- 一、菱角殼經過水煮及加入小蘇打粉可以軟化菱角殼纖維。
- 二、菱角殼內含纖維可以取代部份紙漿原料，利用鎚打法可以取得較多的紙漿造紙。
- 三、添加影印紙或海菜粉可以提高紙張的品質，其中以添加影印紙可以造出紙張強度及耐折度較佳的紙板。
- 四、造好的再生紙板可以用來進行卡片設計，或是用來當填充在器具周圍的紙張。

捌、參考資料及其他

一、未來展望

- (一) 研究小插曲：打碎的菱角顆粒較大，抄成紙又有厚度，我們想說可不可以用來做成軟木墊，所以我們就加入白膠和太白粉加熱水增加顆粒間的黏度，結果發現白膠會漸漸硬掉，所以無法讓圖釘順利穿透。太白粉則呈現彈性，但等乾掉後就碎裂開了。

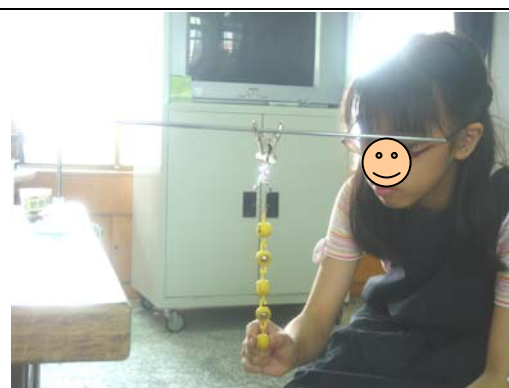


- (二) 本來希望做好的紙可以取代拜拜用的冥紙，但是紙卡不易燃燒，所以就無法達到再利用的目的，不過爲了環保還是不燒紙錢好。
- (三) 本研究只對菱角殼造紙進行初探，未來可以朝向精緻造紙技術，以提昇造紙品質，例如混入少許其他長纖維的原料或是改變晾乾的方式（自然風乾，吹風機、或是熨斗）。我們將繼續研究，期待未來在一年一度的左營萬年季的活動中，可提供發揚左營鄉土的活動之一，又可達到點「殼」成紙的目的。
- (四) 菱角殼爲左營區少數鄉土農作物之一，若能更有效的利用此項農業副產品，可以達到資源有效的利用。由於研究時間的限制，所以未能進行下來研究結果的呈現，但未來建議可以朝向幾個方向來研究：做隔音材料，或是燃燒晒乾的菱角殼灰來做堆肥，或是除溼劑的功能，只要能好好的利用，都比當垃圾好。

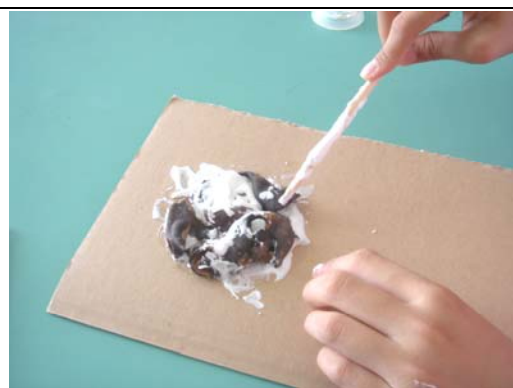
二、實驗照片



說明：打漿時，要讓果汁機打打停停，不然果汁機會壞掉。



說明：測紙張強度時，要在下面用盆子接住，不然掉下來的砝碼會散得到處都是。



說明：利用菱角殼進行藝術創作，做出來的指示牌還滿另類的喔！



說明：這架藍色小機器很神奇，可以讓我們看清菱角殼和再生紙的真面貌。



說明：研究器材一



說明：研究器材二

三、參考資料

(一) 中華民國第四十五屆中小學科學展覽 欲研又紙

(二) 維基百科，<http://zh.wikipedia.org/>

(三) 趙國評（1993）海草在製漿造紙利用之可行性研究。國立中山大學，未出版，高雄市。

(四) 庄稼人的春天，中華民國第四十四屆中小學科學展覽

(五) 員和工業，<http://www.unionmortar.com.tw/other04.html>

(六) 菱角栽培與食譜利用，劉民卿，台南區農業改良場技術專刊，87-7(No.79)。

(七) 中華民國第四十七屆中小學科學展覽 垃圾變黃金~大王椰子樹的風華再現。

【評語】 080809

1. 利用鄉土產生之菱角殼製作紙類，有資源利用之概念。
2. 菱角殼可以有更好的利用方法，例如堆肥或土壤改良劑。
3. 可以繼續嘗試其他農業副產物(如稻桿)之利用方法開發。