

中華民國第四十七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

080807

垃圾變黃金--大王椰子樹的風華再現

學校名稱：彰化縣彰化市民生國民小學

作者： 小六 劉育昇 小六 林羿廷 小六 張祖瑜 小六 李宜珊 小六 林書賢 小六 陳貝旻	指導老師： 吳麗卿 黃俊傑
---	---------------------

關鍵詞：抄紙 纖維 韌性

作品名稱：垃圾變黃金---大王椰子樹的風華再現

摘要

在利用植物纖維製成手抄紙的過程中，我們做了幾個簡單的變化，增減輔助劑的量時發現，添加輔助劑可以改變紙張的觸感跟外觀，也同樣可以增加紙張的韌性，但過多的輔助劑並不會增加紙張的韌性；製程中纖維的長短也會影響紙張的外觀與韌性，長纖維所製出的紙張較粗燥及有韌性，反之，短纖維的紙張則較為柔細與易斷；添加合成紙可以使手抄紙張變得堅硬有韌性；若纖維浸泡過漂白水所形成的抄紙外觀與手感與韌性均有改變，浸泡時間愈長，對上述的影響也愈大。

研究動機

新的學期，班上的外掃區是負責垃圾清理，每天看著堆積如山的垃圾---紙屑、果皮、落葉、樹枝、瓶瓶罐罐、糞便、破舊雨傘……。所有你想的到的東西，都可以在此發現，讓人不得不佩服人類製造垃圾的功力，也讓我們這群清理的同學，每天得不畏風雨、不怕惡臭與之為伍，尤其是颱風過後抑或假日結束，總會有體積龐大的椰子樹落葉，讓我們傷透腦筋，想盡辦法將它毀跡滅蹤。此時的我，總會想到古人---蔡倫：化腐朽為神奇，成為一代造紙大師；再加上最近的美術課，老師教我們紙雕藝術，談到紙的最高等級---手抄紙。於是我們興起了將椰子樹變身為藝術紙的念頭，在老師的鼓勵輔導下，展開了為椰子樹量身打造的探索歷程。而在造紙的歷程中，也發現了許許多多有趣的現象和問題，於是我們做了一系列相關的觀察、試驗與研究。



圖 1（滿坑滿谷的大王椰子樹垃圾）



圖 2（滿坑滿谷的大王椰子樹垃圾）

壹、研究目的

- 一、觀察椰子樹的那個部位適合製成紙張？
- 二、將椰子樹的樹葉製成紙張，觀察並記錄製作過程。
- 三、觀察探討影響製作椰子樹紙張韌性的相關因素：
 - (一) 製紙過程中添加輔助劑（樹糊）對形成紙張的外觀影響為何？
 - (二) 製紙過程中添加輔助劑（樹糊）對形成紙張的韌性影響為何？
 - (三) 椰子樹纖維的長短對形成紙張的外觀影響為何？
 - (四) 椰子樹纖維的長短對形成紙張的韌性影響為何？
 - (五) 椰子樹纖維合成生紙對形成紙張的外觀影響為何？
 - (六) 椰子樹纖維合成生紙對形成紙張的韌性影響為何？
 - (七) 椰子樹纖維的漂白對形成紙張的外觀影響為何？
 - (八) 椰子樹纖維的漂白對形成紙張的韌性影響為何？
- 四、椰子樹紙張的藝術創作

貳、研究設備與器材

本研究在實驗過程中依不同的步驟所使用的工具包括：

◎ 樹糊的製作：

材料：明礬、太白粉、小茶匙、湯匙、鍋子、攪拌器、瓦斯爐、瓦斯罐、牙刷。

◎ 紙漿的製作：

材料：大王椰子樹的樹葉、剪刀、籃子、鍋子、瓦斯爐、瓦斯、燒杯、小蘇打、橡皮手套、細的濾網（洗衣網）、醋、木槌、鐵鎚、厚紙板、水槽、量筒、抄網、熨斗、吸水布、不織布、果汁機、計時器、標籤。

◎ 韌性的測驗：

材料：鐵製吊台、迴紋針、剪刀、打孔器、長尾夾、透明膠帶、吊籃、十元硬幣。

◎ 觀察與紀錄：

材料：筆、紙、數位相機

肆、研究過程及方法

一、研究方法

本研究採用觀察與實驗並行的研究方法。研究一與研究二採用實作與觀察的方式進行，並記錄其研究過程。研究三則為觀察與實驗的研究方式，操縱變因則因應各研究方向獨立分為四部份：輔助之添加量；纖維的長短；添加生紙與否；添加漂白水與浸泡時間，而應變變因為製成紙紙質，控制變因包括實驗者、植物葉片品種、植物葉片部位、葉片浸泡時間、添加使葉片軟化的苛性劑、所添加苛性劑的數量、乾燥的時間等。實驗後將各項記錄登錄在記錄表中，並以「相關關係」來驗證實驗結果。

二、研究過程

（一）相同的製紙前置作業與步驟

1. 樹糊的製作：

（1）將太白粉與水以一平匙對 60 毫升的比例再加一小茶匙的明礬，加水溶解。

（2）放至瓦斯爐上，以小火煮 2 分鐘，邊煮邊攪拌，直至成糊狀，即製作完成。

2. 紙漿的製作：

（1）收集大王椰子樹的樹葉，一支葉柄的樹葉量。

（2）移除葉子中央的粗硬部分，再將葉子切成小段放進鍋中，以清水浸泡 24 小時。



圖 3（製作樹糊）



圖 4（收集樹葉）



圖 5（浸泡樹葉 24 小時）



圖 6（加入小蘇打粉後烹煮樹葉）

(3) 將樹葉瀝乾，取得樹葉重 1500 公克，將 750 公克的葉子放進鍋中，並用清水蓋過它們。準備 100 公克的小蘇打粉，溶解在 500 毫升的清水中，再倒入鍋中混合攪勻。以大火煮開再以小火持續烹煮，每隔半小時攪拌一次，煮四小時，直至樹葉夠軟，可以製成紙漿。全部分兩次煮完成。(使用小蘇打時要戴橡皮手套)。



圖 7 (取得植物粗纖維組織)

(4) 將煮好的椰子樹汁液倒至桶子上的過濾網上，取得植物纖維，持續用清水沖洗纖維，直到水看起來是清澈的。餘下的汁液以醋加以中和，再予以倒掉。



圖 8 (擊打植物纖維)

(5) 用木槌、鐵鎚擊打植物纖維，直到它攤平變扁。

(6) 將攤平的椰子樹纖維以清水沖洗，直到樹皮脫落，僅剩纖維。



圖 9 (以清水沖洗取得較細纖維)

(7) 將植物纖維剪成 2 公分長，取一手掌的紙漿放入果汁機，加上清水蓋過纖維，以最高轉速轉 1 分鐘，紙漿即告完成。

(8) 在水槽中裝 10 公升的清水，將 100 公克的紙漿放入，再放入 30 公克的樹糊，充分攪拌，使纖維平均混在水中。



圖 10 (依所需長度剪裁纖維)

(9) 使用抄網垂直浸入水槽抄紙 2 次，讓紙漿平均在網面上凝結，放到不織布上，再用熨斗熨乾或晾乾。

(二) 因應各變項之研究步驟及過程

1. 製紙過程中添加輔助劑(樹糊)對形成紙張的外觀影響為何?

(1) 製作方法：操縱變因(樹糊)，取 0 克、30 克與 90 克樹糊，分別放入裝有水 10 公升，紙漿 100 公克的水槽中，抄紙 2 次，取得紙張。

(2) 觀察並記錄下所得紙張之外觀與發現，並比較之差異。



圖 11 (放入果汁機內快攪)

2. 製紙過程中添加輔助劑(樹糊)對形成紙張的韌性影響為何? (1) 利用自製吊台進行製成紙韌性的試驗(詳後述)

3. 椰子樹纖維的長短對形成紙張的外觀影響為何?

(1) 製作方法：操縱變因（植物的纖維長短），取 5 公分長的纖維、2 公分長的纖維加上果汁攪拌 1 分鐘，以及 2 公分長的纖維加果汁機快攪 1 分鐘再剪成每段小於 0.5 公分長的纖維各 100 公克，分別放入裝有水 10 公升，樹糊 30 公克的水槽中，抄紙 2 次，取得紙張。



圖 12（將紙漿、樹糊、清水依一定比例混合）

(2) 觀察並記錄下所得紙張之外觀與發現，並比較之差異。

4. 椰子樹纖維的長短對形成紙張的韌性影響為何？

(1) 利用自製吊台進行製成紙韌性的試驗（詳後述）



5. 椰子樹纖維合成生紙對形成紙張的外觀影響為何？

(1) 製作方法：操縱變因（紙的合成），取純植物纖維 100 克，再另取植物纖維 50 克加生紙（未經人工添加與壓製的紙張）50 克，分別放入裝有水 10 公升，樹糊 30 公克的水槽中，抄紙 2 次，取得紙張。

圖 13（利用抄網進行抄紙）

(2) 觀察並記錄下所得紙張之外觀與發現，並比較之差異。



6. 椰子樹纖維合成生紙對形成紙張的韌性影響為何？

(1) 利用自製吊台進行製成紙韌性的試驗（詳後述）

圖 14（所得之抄紙）

7. 椰子樹纖維的漂白對形成紙張的外觀影響為何？

(1) 製作方法：操縱變因（植物纖維的漂白），取植物纖維 200 克放進 600 毫升的漂白水泡 3 小時，以及植物纖維 300 克放進 600 毫升的漂白水泡 24 小時，待時間一到，以清水洗淨，取 100 公克紙漿，分別放入裝有水 10 公升，樹糊 30 公克的水槽中，抄紙 2 次，取得紙張。



圖 15（用熨斗將抄紙熨乾）

(2) 觀察並記錄下所得紙張之外觀與發現，並比較之差異。

8. 椰子樹纖維的漂白對形成紙張的韌性影響為何？

(1) 利用自製吊台進行製成紙韌性的試驗（詳後述）

9. 在本次研究中，以添加 30 克輔助劑（樹糊），並以 2 公分長的纖維加上果汁攪拌 1 分的纖維，不添加生紙或漂白為基本對照組。

(三) 製成紙韌性的試驗

研究小組製作一個高 30CM 的吊台，並實驗添加不同輔助劑所製成的紙在吊台上可承受重量的情形。實驗步驟如下：

- 1.將吊台置於一固定且水平的地點。
- 2.以相同的長度 7cm 寬度 2 cm裁切手抄紙紙片各 3 張。
- 3.在紙張長端兩側各一公分處以打孔器打孔，並在紙張打孔處與長端邊緣間貼上透明膠帶。
- 4.將手抄紙以長尾夾與迴紋針固定於吊台上，在紙片下方掛上迴紋針。
- 5.將吊盤慢慢掛上並添加十元硬幣，直至紙片斷裂吊盤落下為止，觀察將十元硬幣數量之數據記錄下來。
- 6.重複步驟 1、2、3 三次，並將數據取其平均值。
- 7.依上述步驟，對因應各變項所製成的手抄紙各進行三次實驗，並記錄其結果。



圖 16 (利用自製吊台進行製成紙韌性的試驗)



圖 17 (試驗中紙張受力變形)

伍、研究結果

(一) 研究一：製紙過程中添加輔助劑（樹糊）對形成紙張的外觀影響為何？

樹糊的重量	0 克	30 克	90 克
紙張外觀	紙張呈黃褐色，有茶香味；纖維長度適中約 (1~2 公分)，表面纖維易掉落，纖維分佈些微不均勻；質地稀鬆、柔軟但很粗糙；紙重 9.5 公克。	紙張呈黃褐色，有茶香味；纖維長度適中(約 1~2 公分)，能緊密服貼，纖維分佈些微不均勻；質地緊密，軟硬適中有韌性，表面粗糙；紙重 11.5 公克	紙張呈黃褐色，有茶香味；纖維長度適中(約 1~2 公分)，能緊密服貼，背面黏附較多粗纖維，纖維分佈些微不均勻；質地緊密，軟硬適中有韌性，表面粗糙；紙重 12 公克
抄紙的發現	水清爽，纖維交錯彼此附著。紙張稀鬆柔軟，很慢乾。	水有滑潤感，纖維有樹糊粘附，但樹糊不易分散易結球，纖維能分散攤平。紙張紮實、緊密。	水更有滑潤感，纖維有樹糊粘附，但樹糊不易分散且結球更多，纖維能分散攤平。紙張紮實、緊密。

(表 5-1)



圖 18 (添加 0 克樹糊所完成的抄紙)



圖 19 (添加 30 克樹糊所完成的抄紙)



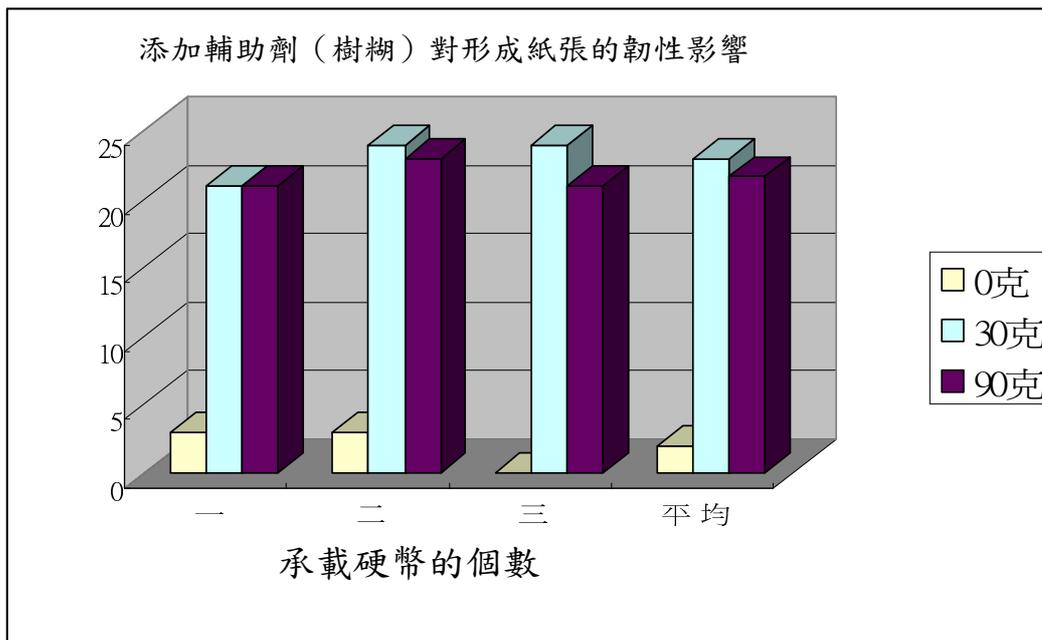
圖 20 (添加 90 克樹糊所完成的抄紙)

(二) 研究二：製紙過程中添加輔助劑（樹糊）對形成紙張的韌性影響為何？

韌性的試驗結果如下：

次數 輔助劑 (樹糊)添加量	一	二	三	平均
0 克	3	3	0	2
30 克	21	24	24	23
90 克	21	23	21	21.7

(表 5-2)



(比較圖 5-1)

(三) 研究三：椰子樹纖維的長短對形成紙張的外觀影響為何？

纖維的長短	5 公分	2 公分加果汁機快攪 1 分鐘	2 公分加果汁機快攪 1 分鐘再剪成每段長小於 0.5 公分
紙張外觀	紙張呈黑褐色，有茶香味；纖維長（約 5 公分），表面纖維易掉落，纖維分佈易不均勻；質地粗糙、堅硬且厚重；紙重 14.3 公克。	紙張呈黃褐色，有茶香味；纖維長度適中(約 1~2 公分)，能緊密服貼纖維分佈易不均勻；質地緊密，軟硬適中有韌性，表面粗糙；紙重 11.5 公克。	紙張呈黃褐色，有茶香味；纖維細小（約 0.5 公分）能服貼但較不緊實，纖維分佈些微不均勻；質地細致柔軟且輕薄，表面不粗糙；紙重 8 公克。
抄紙過程的發現	水有滑潤感，纖維有樹糊粘附，但樹糊不易分散易結球，表面纖維附著力差。紙張較厚、紮實與緊密。	水有滑潤感，纖維有樹糊粘附，但樹糊不易分散易結球，纖維能分散攤平。紙張紮實、緊密。	水有滑潤感，纖維有樹糊粘附，但樹糊不易分散易結球。第一次抄紙纖維易分散攤平，但第二次抄紙容易被攪散。紙張較綿細脆弱。

(表 5-3)



圖 21 (纖維長約 5cm 所完成的抄紙)



圖 22 (纖維長 2 公分加果汁機快攪 1 分鐘後所完成的抄紙)



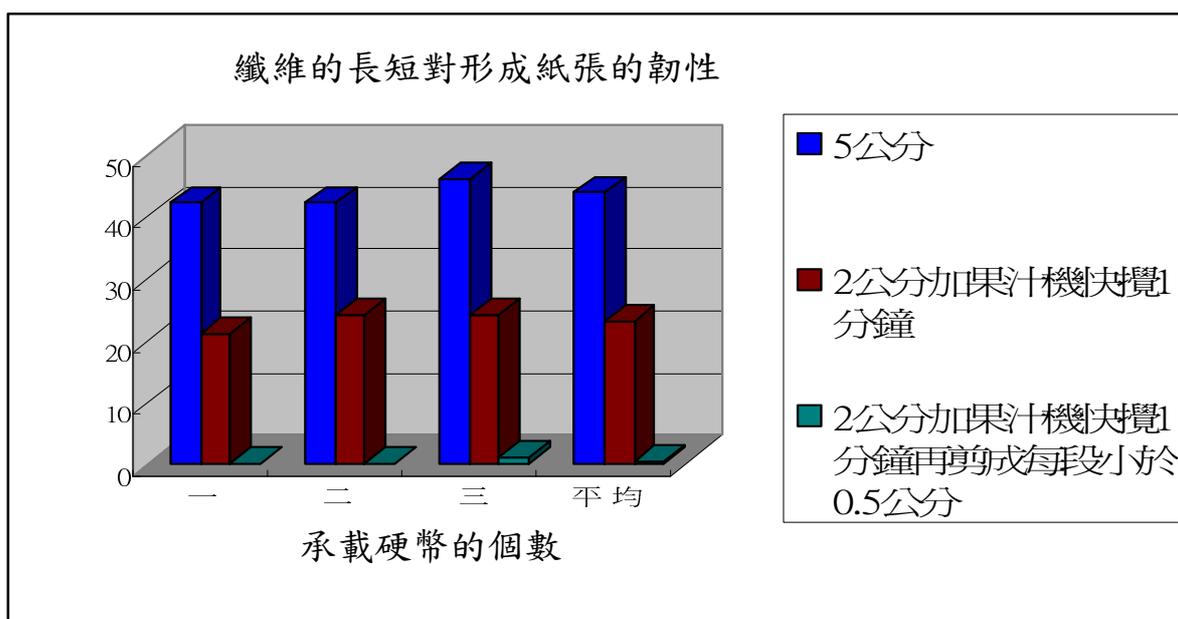
圖 22 (2 公分加果汁機快攪 1 分鐘再剪成每段長小於 0.5 公分所完成的抄紙)

(四) 椰子樹纖維的長短對形成紙張的韌性影響為何？

韌性的試驗結果如下：

次數 纖維長短	一	二	三	平均
5公分	42	42	46	43.7
2公分加果汁機 快攪1分鐘	21	24	24	23
2公分加果汁機 快攪1分鐘再剪 成每段小於0.5 公分	0	0	1	0.3

(表 5-4)



(比較圖 5-2)

(五) 椰子樹纖維合成生紙（未經人工添加與壓製的紙張）對形成紙張的外觀影響為何？

紙張的合成	植物纖維 50 克加生紙 50 克	純植物纖維 100 克
紙張外觀	紙張顏色灰白中帶絲狀黃褐色，有清淡的樹香味；纖維細密（看不見一根一根的纖維）混合絲狀椰子葉纖維，能緊密服貼且纖維分佈均勻；質地細緻緊密、堅硬有韌性且輕薄，表面滑順；紙重 9.5 公克。	紙張呈黃褐色，有茶香味；纖維長度適中(約 1~2 公分)，能緊密服貼，纖維分佈些微不均勻；質地緊密，軟硬適中有韌性，表面粗糙；紙重 11.5 公克。
抄紙的發現	水有滑潤感，生紙纖維細密看不見絲狀，只見椰子葉的纖維。纖維有樹糊粘附，但樹糊不易分散易結球。纖維很容易分散攤平且分佈均勻。紙張紮實、緊密。	水有滑潤感，纖維有樹糊粘附，但樹糊不易分散易結球，纖維能分散攤平。紙張紮實、緊密。

(表 5-5)



圖 23 (植物纖維 50 克加生紙 50 克所完成的抄紙)



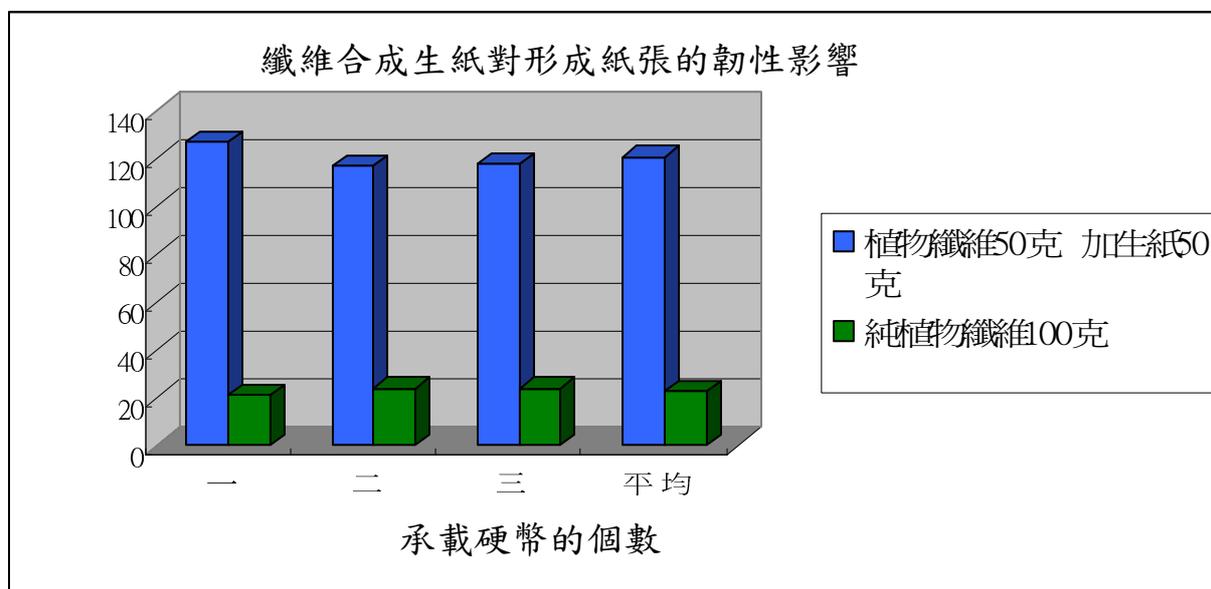
圖 24 (純植物纖維 100 克所完成的抄紙)

(六) 椰子樹纖維合成生紙對形成紙張的韌性影響為何？

韌性的試驗結果如下：

次數	一	二	三	平均
添加生紙				
植物纖維 50 克 加生紙 50 克	127	117	118	120.8
純植物纖維 100 克	21	24	24	23

(表 5-6)



(比較圖 5-3)

(七) 椰子樹纖維的漂白對形成紙張的外觀影響為何？

纖維的漂白	不漂白	漂白 3 小時	漂白 24 小時
紙張外觀	紙張呈黃褐色，有茶香味；纖維長度適中(約 1~2 公分)，能緊密服貼，纖維分佈些微不均勻；質地緊密，軟硬適中有韌性，表面粗糙；紙重 11.5 公克。	紙張呈淡黃色，有消毒水的味道；纖維細密(看不見一根一根的纖維)混合幾根絲狀明顯的纖維，纖維分佈均勻；質地細緻緊密、堅硬薄脆，表面滑順；紙重 9.2 公克。	紙張呈乳白色，有消毒水味道；纖維細密(看不見一根一根的纖維)混合幾根絲狀明顯的纖維，纖維分佈均勻；質地細緻緊密、堅硬薄脆，表面滑順；紙重 7.2 公克。
抄紙的發現	水有滑潤感，纖維有樹糊粘附，但樹糊不易分散易結球，纖維能分散攤平。紙張紮實、緊密。	浸泡後，植物纖維逐漸變白，纖維變細且變短，不再有粗糙感，纖維重量從 200 克減為 100 克。抄紙時，水有滑潤感，纖維細密有樹糊粘附，但樹糊不易分散易結球。第一次抄紙纖維易分散攤平，但第二次抄紙容易被攪散。紙張較綿細脆弱。	浸泡後，植物纖維逐漸變白，纖維變細且變短，最後呈現棉狀，纖維重量從 300 克減為 110 克。抄紙時，水有滑潤感，纖維更細密有樹糊粘附，但樹糊不易分散易結球。第一次抄紙纖維易分散攤平，但第二次抄紙纖維被攪散嚴重，不容易成紙。紙張綿細脆弱，容易破裂。

(表 5-7)



圖 25 (植物纖維不漂白所完成的抄紙)

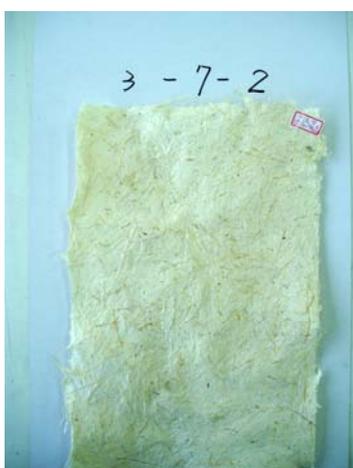


圖 26 (植物纖維漂白 3 小時所完成的抄紙)

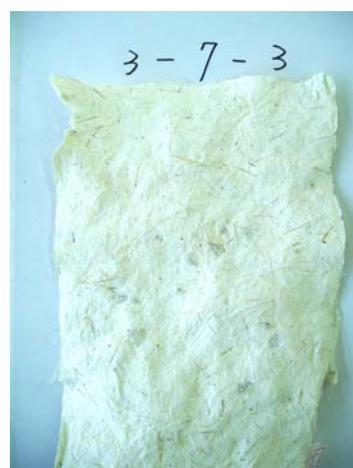


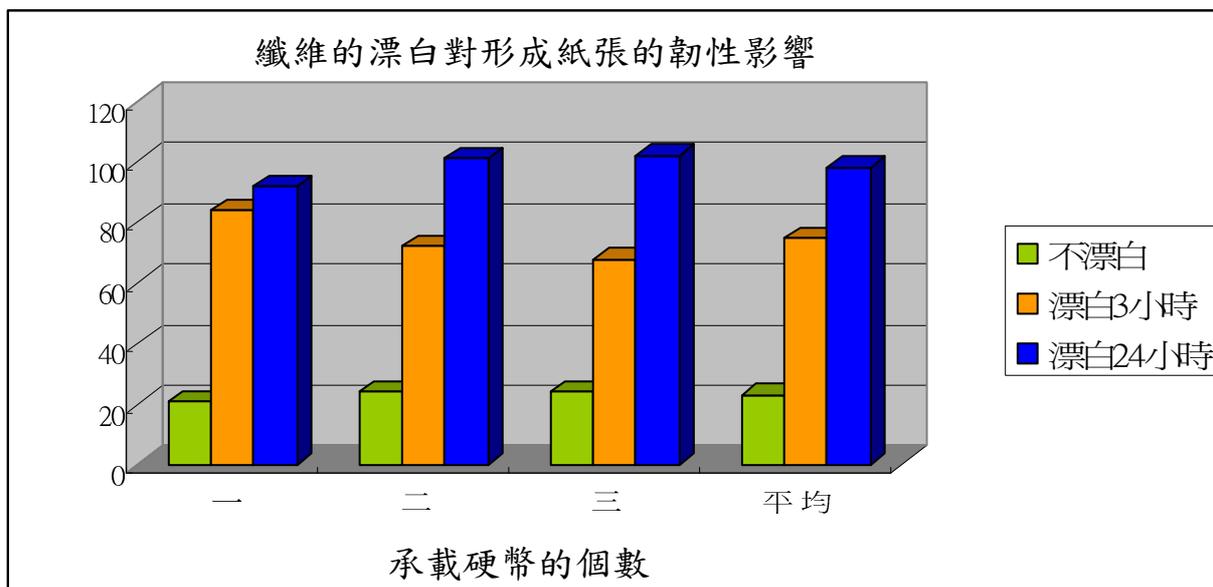
圖 27 (植物纖維漂白 24 小時所完成的抄紙)

(八) 椰子樹纖維的漂白對形成紙張的韌性影響為何？

韌性的試驗結果如下：

次數 纖維長短	一	二	三	平均
不漂白	21	24	24	23
漂白 3 小時	84	72	68	74.8
漂白 24 小時	92	101	102	98.3

(表 5-8)



(比較圖 5-4)

四、椰子樹紙張的藝術創作



陸、討論

一、觀察椰子樹的那個部位適合製成紙張？

(一) 觀察結果探討

觀察掉落的大王椰子樹皮與樹葉，發現大王椰子樹皮又厚又硬，若要取其纖維，困難度較高；而椰子樹葉較柔軟有韌性，取其纖維較為容易，故本實驗採集大

王椰子樹葉作為研究對象。

二、將椰子樹的樹葉製成紙張，觀察並記錄製作過程。

(一) 製作結果探討

取大王椰子樹葉纖維是一件耗時的工作，除烹煮 4 小時外，清洗軟爛的葉肉及用木棒槌擊的歷程都要做得很徹底仔細，如此才能取得乾淨且顏色呈黃褐色的絲絲纖維。大王椰子樹葉的纖維很長，雖粗糙但韌性十足，是製作紙張的好原料。纖維顏色呈黃褐色，展現出植物原始的天然色澤。

添加輔助劑（樹糊）對紙張的形成具有重要的影響，但樹糊易在水中結球，雖然充分在水槽中攪拌有助樹糊的分散溶化，但仍難免殘留些許結球樹糊。當抄紙時，有結球樹糊黏附的纖維部位較不易乾，且紙乾後有些微痕跡殘留。

抄紙的經驗也是影響紙張的形成，特別在紙張的厚度上會有差異。所以本操作必須統一由同一人進行抄紙，且控制同樣的操作方式，以達到實驗的有效性。

紙張的是否成形是我們一直擔心的問題。大王椰子的纖維很容易就能形成紙張，且紙張的品質良好，具有強韌但粗糙的纖維，紙張上呈現的絲絲顯而易見的纖維，展現出自然原始的純樸風貌。

三、觀察探討影響製作椰子樹紙張韌性的相關因素：

(一) 製紙過程中添加輔助劑（樹糊）對形成紙張的外觀影響為何？

1. 製作結果探討

添加輔助劑（樹糊）使植物纖維與水混合平順及分佈均勻；讓紙漿水乾的比較慢，有更多時間把紙漿塗在製紙框的網面；且有更多時間到水槽重複取紙漿。所以有添加樹糊能黏附較多的纖維，形成的紙張質地較沒有添加的更緊密與堅硬；但當樹糊添加更多對紙張的質地沒有明顯差別。

(二) 製紙過程中添加輔助劑（樹糊）對形成紙張的韌性影響為何？

1. 實驗結果探討

在本研究實驗中未添加輔助劑的紙張有兩次在一開始掛上吊盤就承受不住吊盤的重量而斷裂，所以得到了 0 的數據，三次實驗平均之下平均值也只有 2 而已，與其他兩種添加了輔助劑的紙張平均分別為 23 個與 21.7 個相比，可以明顯看出添

加輔助劑與否對紙張本身的韌性有顯著的差異；但相對於添加與否的明顯差異，添加 30 克輔助劑的紙張所得到 23 個的平均值與添加三倍量 90 克輔助劑的紙張所得到 21.7 個的平均值，並沒有太大的落差，而其中兩次的試驗中，添加 3 倍輔助劑的紙張所能承受的硬幣個數重量反而低於添加正常量輔助劑的紙張，而就兩者的平均值來看，並沒有很明顯的落差。故在本研究中，添加輔助劑可以增加紙的韌性，但若再增加添加輔助劑的量，對於紙張的韌性並不會有所助益。

（三）椰子樹纖維的長短對形成紙張的外觀影響為何？

1. 製作結果探討：

纖維長，多次抄紙容易進行，紙張易成形；纖維太短，便不適合多次抄紙，多次抄紙容易攪散纖維，反而不易形成紙張，較適合一次抄紙，能取得分佈均勻的纖維。長纖維所形成的紙張，纖維分佈易不均勻、表面纖維易掉落、質地較粗糙堅硬以及紙質較厚重。短纖維所形成的紙張，纖維分佈較均勻、纖維能服貼緊密、質地細緻柔軟且紙質較輕薄；但纖維若太細，纖維彼此間連接不易緊實。

（四）椰子樹纖維的長短對形成紙張的韌性影響為何？

1. 實驗結果探討

在本實驗中，纖維長的紙張（5 公分）所測得的平均值為 43.7 個，而對照組（2 公分長的纖維加上果汁攪拌 1 分）則為 23 個，纖維長（2 公分加果汁機快攪 1 分再剪成每段小於 0.5 公分）為 0.3 個，三者之間有明顯的落差，且因纖維長短與紙張韌性有相關性，纖維短（2 公分加果汁機快攪 1 分再剪成每段小於 0.5 公分）的紙張，在掛上吊盤後隨即斷裂，相較於對照組的承載的 23 個硬幣比較下，韌性相對的較差，而纖維長的紙張（5 公分）則可以承載比對照組多出將近一倍的硬幣個數，也是可以看出明顯的落差，故在本研究中，以承載量的多寡： $43.7 > 23 > 0.3$ ，可以推論以纖維長短來判斷紙張的韌性：纖維長 $>$ 纖維中等 $>$ 纖維短

（五）椰子樹纖維合成生紙對形成紙張的外觀影響為何？

1. 製作結果探討：

本實驗所用的生紙，是從造紙廠抄紙所形成，未經任何人工添加與壓製處理的紙張，一般棉紙或宣紙亦可嘗試。生紙顏色為米白色，質地細緻、緊密，表面滑順。合成後，合成紙綜合了大王椰子纖維天然的色澤與立體效果，也兼具生紙質地細緻、緊密，表面滑順與纖維分佈均勻的優點。整張紙顏色呈灰白帶黃褐色澤，別具

一種高雅別緻的特色。在抄紙過程中，纖維很容易分散攤平且分佈均勻，使抄紙更容易操作。

(六) 椰子樹纖維合成生紙對形成紙張的韌性影響為何？

1. 實驗結果探討

本實驗單純的以添加生紙與否來比較兩者之間韌性的落差，添加生紙的紙張在實驗中，能夠吊掛承載的硬幣數量平均值為 120.8 個，比較對照組的 23 個，添加生紙的紙張在韌性方面優於未添加生紙的手抄紙。

(七) 椰子樹纖維的漂白對形成紙張的外觀影響為何？

1. 製作結果探討：

本實驗所使用的漂白劑為市售的白蘭漂白水，不稀釋直接將大王椰子纖維浸泡其中，操縱時間的長短，分別為 3 小時與 24 小時兩組。製作發現在浸泡方面，植物纖維大量減少，尤其浸泡越久，纖維減少一半以上；纖維變色迅速，不到 5 分鐘已從黃褐色變為淺黃色，浸泡越久，顏色越白；纖維變細變短，浸泡越久，纖維呈棉狀，有如棉花般。

在抄紙方面，由於纖維細小，抄紙時纖維分散均勻，但較適用一次抄紙，多次抄紙，反倒不易成紙張。

在紙張方面，紙張顏色大改變，由原本的黃褐色轉變為淡黃色與乳白色；纖維由粗糙變細密（看不見一根一根的纖維）混合幾根絲狀明顯的纖維且分佈均勻；質地細緻緊密、堅硬薄脆，漂白越久，紙張越輕薄硬脆；紙張表面滑順。

(八) 椰子樹纖維的漂白對形成紙張的韌性影響為何？

1. 實驗結果探討

本實驗以研究浸泡漂白水與否與浸泡時間為操縱變項，未浸泡漂白水的對照組所以承載的硬幣個數為 23 個，浸泡 3 小時漂白水纖維所製成的紙張所能承載的硬幣個數平均為 74.8，浸泡與不浸泡兩者之間，可以明顯的看出在承載硬幣的數量上有相當大的差異，而就浸泡時間的長短上，當纖維浸泡漂白水的浸泡時間拉長為 24 小時後，所製成的紙張能承載的硬幣數量平均則能夠再增加為 98.3 個，本研究中，浸泡漂白水可以增加手抄紙的韌性，而浸泡時間較長的話，也可以再增加手抄紙的韌性。

四、椰子樹紙張的藝術創作

（一）創作成品發表：

- 1.製紙過程中添加輔助劑的有無、纖維的長短、纖維的合成以及纖維的漂白等所形成的紙質與顏色，各有其特色與效果。不管是同質性材料的組合，抑或是古樸與現代的重疊，都能創造出令人驚訝的效果。
- 2.椰子樹紙創作的空間很大，其紙的纖維立體鮮明、硬度具有支撐力、厚度薄厚兼具和韌性具有潛力，使創作不只能單純玩紙，更可游刃於布與紙的結合、大自然一景一物的搭配或紙與纖維的交錯組合，為藝術另闢一片天地。

柒、結論與建議

一、結論

- （一）大王椰子樹葉的纖維又長又有韌性，是製作紙張的好原料；纖維顏色呈黃褐色，展現出植物原始的天然色澤；纖維很容易就能形成紙張，且紙張的品質良好，具有強韌但粗糙的纖維，紙張上呈現的絲絲顯而易見的纖維，展現出自然原始的純樸風貌。
- （二）添加輔助劑（樹糊）對形成紙張的外觀與韌性具有影響。添加輔助劑（樹糊）能黏附較多的纖維，形成的紙張質地較緊密與堅硬，可以增加紙的韌性，但若再增加添加輔助劑的量，對於紙張的外觀與韌性並不會有所助益。
- （三）纖維的長短對形成紙張的外觀與韌性有明顯的差異。長纖維所形成的紙張，纖維分佈易不均勻、表面纖維易掉落、質地較粗糙堅硬但韌性佳，紙質較厚重；短纖維所形成的紙張，纖維分佈較均勻、纖維能服貼緊密、質地細緻柔軟但韌性較差，紙質較輕薄。
- （四）椰子樹纖維合成生紙對形成紙張的外觀與韌性有明顯的差異。合成生紙的紙張外觀，綜合了大王椰子纖維天然的色澤與立體效果，也兼具生紙質地細緻、緊密，表面滑順與纖維分佈均勻的優點；在韌性方面亦優於未添加生紙的紙張。
- （五）椰子樹纖維的漂白對形成紙張的外觀與韌性有明顯的差異。漂白後，紙張顏色大改變，由原本的黃褐色轉變為淡黃色與乳白色；纖維由粗糙變細密（看不見一根一根的纖維）混合幾根絲狀明顯的纖維且分佈均勻；質地細緻緊密、堅硬薄脆、表面滑順，漂白越久，紙張越輕薄硬脆；漂白亦增加紙張的韌性，且纖維漂白時間愈長，韌性更增加。

(六) 不同添加物質或處理的椰子樹紙創作，總能創造出令人驚訝的效果。椰子樹的創作空間很大，可為藝術另闢一片天地。

二、建議

(一) 不同的植物有不一樣的纖維顏色、粗細與韌性，可嘗試不同的植物，做出不同效果的手抄紙。

(二) 輔助劑（樹糊）的添加，有助於紙張的形成，但糊狀的樹糊在冷水中容易結成球狀，影響紙質的質地與外觀，可再研究發明更棒的輔助劑。

(三) 合成紙仍有很大的空間予以變化，不管是從紙質的外觀或韌性，都可以再發現不同的合成效果。

捌、參考資料

林淑華。紙雕藝術。臺灣。美工圖書社。(民 86)

艾婕音。老外行腳。紙藝台灣。臺灣。艾騰整合行銷股份有限公司。(民 94)

海蒂·雷默－愛普·雷默 合著。吳妍儀 譯。手工紙與裝幀技法小百科。臺灣。

家庭傳媒城邦分公司 (民 94)

【評語】 080807 垃圾變黃金--大王椰子樹的風華再現

從校園生活中獲得此研究構想，團隊成員共同設計研究內容，操作實驗，且製作出具有創意美感的作品。運用植物纖維製作紙張和美勞作品的方法和技術應如何推廣，值得思考。