

中華民國 第 50 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

080804

環保蛋殼紙

學校名稱：雲林縣私立維多利亞雙語中小學

作者：	指導老師：
小六 溫雅婷	吳秀緞
小六 袁天正	鄭永森
小六 鄭安淇	
小六 王蓉蓉	
小六 廖辰紋	
小六 顏愷邑	

關鍵詞：蛋殼紙、碳酸鈣、綠色材料

# 環保蛋殼紙

## 摘要

本研究利用廚房廢棄物~蛋殼~的碳酸鈣成分做為蛋殼紙製作之主要原料，使用研钵工具研磨取得所需的蛋殼粉，並且一一秤重算出一顆蛋殼的碳酸鈣重量，再經由實驗探討製作蛋殼紙的最佳方法，結果找出白膠是最適合製作蛋殼紙薄膜的材料，並且以三明治夾層方法操作蛋殼紙的製作流程，再以不同種類的筆進行蛋殼紙書寫及防水的相關測試，最後利用製成的蛋殼紙做成小書、靜思語小卡、獎狀和立體紙花的生活應用。

## 壹、研究動機

紙張是文明進步發展的象徵，也是生活中不可或缺的物品，傳統木漿紙的生產須大量砍伐森林，不但會使涵養水源與吸收二氧化碳的功能尚失，造成土石流及促進地球溫室效應，而在造紙過程中又會大量排放廢水污染河川、海洋和大地，但是紙張的使用確實對促進人類文明進步，功不可沒。因此，「紙」是人類又愛又恨的東西。

老師在課堂中曾經提及，地球的資源日漸短缺，生活中各種必須的原物料，在可預見的未來終將物以稀為貴。為了因應廿一世紀極為嚴重的全球暖化問題，在我們的生活中，可以採取許多符合環保的作法，而在觀看電視『石頭做的紙』節目後，使我們得到靈感與啓發，既然利用石頭中主要的成分~碳酸鈣，可以加工製成號稱比再生紙更環保的環保紙，那我們也可以試試看如何做出最生活化的『碳酸鈣紙』。

## 貳、研究目的

- 一、探討含有碳酸鈣的物品並找出適合製成蛋殼紙的原料。
- 二、探討研磨成蛋殼粉的最佳方法。
- 三、探討一顆蛋殼含有多少的碳酸鈣。
- 四、探討製作蛋殼紙的最佳方法。
- 五、探討最適合做成蛋殼紙薄膜的材料。
- 六、利用前述四、五兩項的實驗結果，思考設計一套蛋殼紙的製作流程。
- 七、蛋殼紙書寫測試。
- 八、蛋殼紙防水測試。
- 九、蛋殼紙的應用。

## 參、研究設備及器材

- 一、材料類：白色去蛋膜的蛋殼、蛤蠣殼、珊瑚礁、大理石、碳酸鈣粉、鹽酸。
- 二、添加物：白膠、透明膠水、漿糊、壓克力顏料。
- 三、器具類：鐵鎚、果汁機、竹筷、攪拌匙、抄紙框、培養皿、保鮮膜、燒杯、研鉢、紙捲、電子天平、投影片、三角尺、量角器、鑷子、電風扇。

## 肆、研究過程或方法

### 一、研究方法

#### (一) 資料查詢

- (二) 探討含有碳酸鈣的物品並找出適合製成碳酸鈣紙的原料。
- (三) 探討研磨成蛋殼粉的最佳方法。
- (四) 探討一顆去膜蛋殼含有多少的碳酸鈣。
- (五) 探討製作蛋殼紙的最佳方法。
- (六) 探討最適合做成蛋殼紙薄膜的材料。
- (七) 利用前述四、五兩項的實驗結果，思考設計一套蛋殼紙的製作流程。
- (八) 蛋殼紙書寫測試。
- (九) 蛋殼紙防水測試。
- (十) 蛋殼紙的應用。

## 二、研究過程

### (一) 資料查詢：

何謂『石頭紙』？簡單來說，就是用特殊的石頭當材料所做成的紙。『石頭紙』是以大量的無機礦粉完全溶入少量的無毒性樹脂內所製成，廢棄後即可自行脆化回歸大地，不會造成二次公害。而經過回收的紙張，若送進焚化爐焚燒，少量的無毒性樹脂經焚燒後，不會產生黑煙或毒氣，殘留下的無機礦粉亦可回歸大地、回歸自然。

『石頭紙』具備有一般木漿紙的功能，例如：印刷、書寫、裁切、黏貼和摺疊等。而且『石頭紙』100%防水、防蟲蛀、不發霉；原料的取得更不用砍樹，製作過程不產生廢氣及廢水，成本和一般紙相當，是相當環保的一項發明。

由電視媒體和網路資料得知，台灣發明出來的『石頭紙』，有 80%的碳酸鈣、15%聚乙烯和 5%膠合劑，製作出的紙有如三明治，中間是石頭粉，正反兩面是聚乙烯，而且做出來的紙質較傳統的紙張更為光滑。和南亞生產的”撕不破的紙”~『珠光紙』之最大差別為，南亞的『珠光紙』為全塑膠，在書寫上有水墨類較難附著的問題。

根據上列訊息，我們著手設計各種不同之有關碳酸鈣紙的試驗，期望也能做

出比再生紙還要環保的『碳酸鈣紙』。

## (二) 探討含有碳酸鈣的物品並找出適合製成碳酸鈣紙的原料：

### 1. 什麼是碳酸鈣？

碳酸鈣是一種無機化合物，化學式是  $\text{CaCO}_3$ 。它是地球上常見的物質，可於岩石內找到。也是動物背殼和蝸牛殼的主要成分，基本上不溶於水。

### 2. 什麼東西含有碳酸鈣？

各種自然界的礦石，如霏石、方解石、白堊、石灰岩、大理石、石灰華等，都含有碳酸鈣。生活上很多東西都含有碳酸鈣，生活喝的水、上課用的粉筆、深海中的珊瑚、受傷時打的石膏、小孩玩的黏土、家禽生的蛋、三餐中的蔬菜等等……。

### 3. 依據本實驗的需求，利用生活中可取得的物品進行分析比較之後，找出適合製成碳酸鈣紙的原料：

經由表 1（如下表，詳見第 5 頁）之整理與分析後，從廚房的廢棄物“蛋殼”作為取得「碳酸鈣」的原料，最符合經濟與環保，而且研磨成粉也相當容易，所以後續的研究將以廚房取得之廢棄蛋殼為原料。

## (三) 探討研磨成蛋殼粉的最佳方法

1. 材料：白色蛋殼、鑷子、鐵鎚、果汁機、研鉢、紙捲。
2. 步驟：
  - (1) 蛋殼清洗乾淨晾乾後，先以鑷子將蛋殼內的一層蛋膜挑出。
  - (2) 分別以鐵鎚、果汁機、研鉢和紙捲將蛋殼弄碎成粉狀。
  - (3) 依研磨過程的操作容易度及所得顆粒大小，比較不同的結果。



▲ 清洗蛋殼



▲ 挑出蛋膜



▲ 磨碎

表 1：含有碳酸鈣的物品比較

	大理石	珊瑚礁	蛤蠣殼	蛋殼	粉筆
材料名稱					
來源	水族箱	水族箱	晚餐廚餘	本校廚房廢棄物	教室
價格	依用途不同而有所差異	適中	免費	免費	低
質地	硬度高	硬度高	硬度高	質地硬但易碎	易碎
研磨容易程度	中 需鐵鎚輔助	中	困難 需鐵鎚輔助	容易	容易
研磨之後狀態					

資料來源：本研究整理

#### (四) 探討一顆去膜蛋殼含有多少的碳酸鈣？

由查詢的資料得知蛋殼的主要成分是碳酸鈣，一顆普通大小蛋的蛋殼大約含有 5.5 公克的碳酸鈣，爲了要計算出所需的蛋殼粉數量，我們把蛋殼一一研磨並秤重：

1. 材料：白色蛋殼、鑷子、研鉢、培養皿、電子天平。
2. 步驟：(1) 蛋殼清洗乾淨晾乾後，將每顆蛋殼置於電子天平上秤出原重。  
(2) 再以鑷子將蛋殼內的一層蛋膜挑出。  
(3) 放入研鉢中磨碎成粉狀。  
(4) 秤出蛋殼粉淨重。



▲蛋殼秤重

## (五) 探討製作蛋殼紙的最佳方法

步驟如下：

## 1. 抄紙框：

- (1) 蛋殼粉 10 克、白膠 10 克，將前述兩種物質放入培養皿中混合均勻。
- (2) 再把混合好的材料倒入手抄紙用的抄紙框上，均勻抹平。
- (3) 靜置陰乾，等表面呈現乾燥狀態即完成。

## 2. 保鮮膜：

- (1) 蛋殼粉 10 克、白膠 10 克，將兩樣放入培養皿中混合均勻。
- (2) 再把混合好的材料倒入保鮮膜之後再加上一層保鮮膜，以大紙捲在上頭桿平。
- (3) 靜置陰乾，等表面呈現乾燥狀態即完成。

## 3. 白膠薄膜(三明治方法)：

- (1) 蛋殼粉 10 克、白膠 10 克，將兩樣放入培養皿中混合均勻。
- (2) 取二張已做好的白膠薄膜，先把混合好的材料抹在底層薄膜，以刮匙捍平，最後仿三明治方法再加上一層白膠薄膜，之後表面再整平。
- (3) 靜置陰乾，等表面呈現乾燥狀態即完成。

## 4. 投影片：

- (1) 蛋殼粉 10 克、白膠 10 克，將兩樣放入培養皿中混合均勻。
- (2) 把混合好的材料倒入透明投影片中再對摺。
- (3) 靜置陰乾，等表面呈現乾燥狀態即完成。

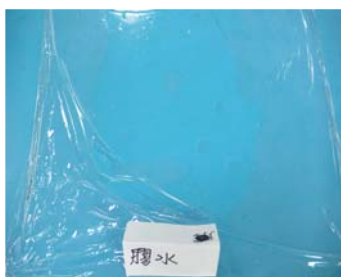
表 2：製作蛋殼紙的不同方法

	抄紙框	保鮮膜	白膠薄膜	投影片
製作方法				

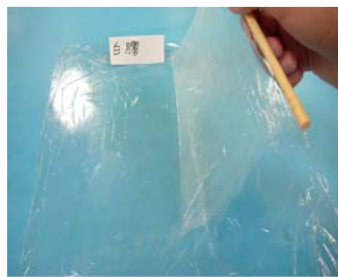
### (六) 探討最適合做成蛋殼紙薄膜的材料

台灣發明出來的『石頭紙』是以三明治方式，正反兩面是聚乙稀，把蛋殼粉夾在中間層。因此我們也試著先做出二層薄膜，之後中間再夾入蛋殼粉的模式來操作。為了找出適合的薄膜材料，相關實驗設計如下：

1. 材料：透明膠水、白膠、漿糊、竹筷、保鮮膜。
2. 步驟：
  - (1) 先在桌上鋪上一層保鮮膜。
  - (2) 再分別將適量的透明膠水、白膠、漿糊分別塗在保鮮膜上。
  - (3) 用竹筷均勻抹平。
  - (4) 以電風扇吹乾。
  - (5) 乾燥後撕下薄膜成品。



▲透明膠水



▲白膠



▲漿糊

### (七) 利用(五)、(六)的實驗結果，思考設計一套蛋殼紙的製作流程

1. 材料：
  - (1) 正反兩層薄膜：白膠、壓克力顏料、培養皿、三角尺、量角器、投影片。
  - (2) 中間層：去膜蛋殼粉、白膠。
2. 步驟：蛋殼紙的製作流程
  - (1) 薄膜作法：
    - a. 取白膠 30 克放入培養皿中，加上少許壓克力顏料，二者調合均勻。
    - b. 將混有顏料的白膠塗在投影片上，以三角尺或量角器平坦的一邊把 a.材料均勻抹平。



- c. 陰乾後，小心完整撕下薄膜成品備用。
- (2) 中間層：去膜蛋殼粉、白膠各 10 克混合均勻。
  - (3) 三明治造紙法：
    - a. 先取一張白膠薄膜成品置於底部。
    - b. 把蛋殼粉、白膠混合均勻的材料塗在底部的薄膜上。
    - c. 再把中間層的蛋殼膏小心抹平，讓面積能擴充到最大。
    - d. 表面再覆蓋一層白膠薄膜，猶如三明治作法，靜置陰乾後，裁切成適當大小。

#### (八) 蛋殼紙書寫測試

1. 材料：蛋殼紙、鉛筆、原子筆、彩色筆、蠟筆、立可帶。
2. 步驟：(1) 分別以鉛筆、原子筆、彩色筆、蠟筆、立可帶在蛋殼紙上書寫。  
(2) 依書寫字跡的清晰度及滑順度等比較其差異性。



▲ 不同種類的筆和立可帶



▲ 以鉛筆在蛋殼紙上試寫

#### (九) 蛋殼紙防水測試

1. 材料：以實驗八書寫過的蛋殼紙五張、燒杯五個。
2. 步驟：(1) 燒杯分別裝入八分滿的水。  
(2) 分別將每張蛋殼紙浸入水中，字體須全部都泡在水裡。  
(3) 20 分鐘之後再把蛋殼紙拿出比較紙張變化和字跡等結果。



▲ 蛋殼紙防水測試



▲ 20 分鐘後的結果

### (十) 蛋殼紙的應用

1. 材料：蛋殼紙、色筆(彩色筆、蠟筆、簽字筆、壓克力顏料)、白膠。
2. 步驟：(1) 在裁切好的蛋殼紙上書寫勵志小語做成小卡片。  
(2) 利用較大面積的蛋殼紙仿作獎狀及小書。  
(3) 利用裁切剩餘的邊緣蛋殼紙條製作立體手工藝品~蛋殼紙花。



▲ 蛋殼紙製成勵志小卡



▲ 蛋殼紙製成立體紙花

## 伍、研究結果

### 一、探討適合製成蛋殼紙的原料

- (一) 依據本實驗的需求，利用生活中可取得的物品(大理石、珊瑚礁、蛤蠣殼、雞蛋殼

和粉筆)進行分析比較之後，發現蛋殼為適合做為碳酸鈣紙的最佳原料。

1. 優點：(1) 生活中常見的材料容易取得。
- (2) 廚房廢棄物不需額外購買。
- (3) 研磨成粉的過程較容易。
- (4) 資源回收再利用。
2. 缺點：(1) 蛋液具有特殊腥臭味，需即時處理乾淨。
- (2) 蛋膜挑除費工耗時。



▲利用回收的蛋殼製成蛋殼紙

## 二、探討研磨成蛋殼粉的最佳方法

把蛋殼研磨成細粉的過程中，我們試了幾種方法，以下為各種方法的優缺點：

表 3：研磨成蛋殼粉的方法比較

	優點	缺點
用鐵鎚敲	省時	1.費力 2.蛋殼粉顆粒大小不一，需再次研磨 3.容易混有雜質
用果汁機	省時省力	1.蛋殼粉顆粒大小不一 2.耗電
用研鉢	可以磨得很細	費時又耗力
用紙捲滾	1.省時省力 2.可一次操作較多的蛋殼	1.蛋殼粉顆粒大小不一，需再次研磨

研鉢的操作簡單，又可以直接將蛋殼磨成較細的粉狀，符合本實驗的需求，故是取得蛋殼粉的最佳研磨方法。

### 三、探討一顆去膜蛋殼含有多少的碳酸鈣

先將每一顆蛋殼秤出原重，挑除蛋膜之後研磨成粉狀，再秤出淨重，計算平均數值，表 4~6 為 30 顆去膜蛋殼的相關重量：

表 4：每顆蛋殼的碳酸鈣個別含量

單位：公克

蛋殼	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	平均
原重	5.0	5.0	5.0	4.9	4.7	5.8	4.9	5.6	6.0	5.3	5.2
淨重	4.6	4.8	4.5	4.7	4.1	4.8	4.5	5.0	5.4	4.7	4.7
差重	0.4	0.2	0.5	0.2	0.6	1.0	0.4	0.6	0.6	0.6	0.5

表 5：每顆蛋殼的碳酸鈣個別含量

單位：公克

蛋殼	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	平均
原重	5.5	5.9	4.4	5.2	4.7	5.6	5.2	5.4	5.1	4.9	5.1
淨重	5.4	5.4	4.3	4.2	4.1	5.5	5.0	4.8	4.8	4.5	4.8
差重	0.1	0.5	0.1	1.0	0.6	0.1	0.2	0.6	0.3	0.4	0.3

表 6：每顆蛋殼的碳酸鈣個別含量

單位：公克

蛋殼	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	平均
原重	5.2	5.4	4.7	5.1	5.3	4.8	4.7	5.2	4.8	4.6	4.9
淨重	5.1	5.0	4.5	4.8	5.3	4.6	4.4	4.5	4.6	4.5	4.7
差重	0.1	0.4	0.2	0.3	0	0.2	0.3	0.7	0.2	0.1	0.2

將以上結果進行整理：

$$\text{原重} : (5.2+5.1+4.9)/3=5.0 \text{ 公克}$$

$$\text{淨重} : (4.7+4.8+4.7)/3=4.7 \text{ 公克}$$





$$\text{差重} : (0.5+0.3+0.2)/3=0.3 \text{ 公克}$$

由上列數據得知，一顆雞蛋殼原本的重量平均為 5.0 公克，將蛋膜去除後研磨成粉所得平均淨重為 4.7 公克，在研磨過程中耗損的碳酸鈣量平均不會超過 0.3 公克。

#### 四、探討製作蛋殼紙的最佳方法

在製作蛋殼紙的過程裡，我們嘗試不同的方法，下列為各種方法的優缺點：

表 7：製作蛋殼紙的方法比較：



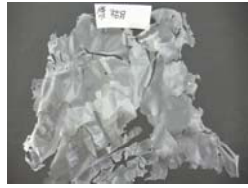
方法	抄紙框	保鮮膜	白膠薄膜	投影片
優點	1.塗抹容易 2.水分蒸發快	1.可做出的面積較大	1.有蛋殼紙雛形 2.表面光滑	1.表面堅韌不易破
缺點	1.成品粘在抄紙框上，不易取下 2.呈碎片狀	1.保鮮膜厚度太薄容易中途桿平時破掉	1.只能少量製作	1.會粘住投影片不易取下 2.呈破碎狀
結果				

由上表得知，利用雙層的白膠薄膜方式(三明治方法)來試作蛋殼紙，初期成品已有蛋殼紙的雛形，故為製作蛋殼紙的最佳方法。

#### 五、探討最適合做成蛋殼紙薄膜的材料

在選擇適合製作蛋殼紙薄膜的材料過程中，我們分別試了透明膠水、白膠和漿糊，下表為不同材料形成薄膜的比較：

表 8：不同薄膜材料的比較

	透明膠水	白膠	漿糊
成品			
乾燥速度	較慢	快	快
厚度	很薄且易破	可維持一定厚度	有一定厚度
撕取容易度	週邊易粘結	容易但仍需小心	容易
表面完整性	容易粘結	表面完整	無法整張，呈破碎狀

由上表得知，白膠薄膜所需的乾燥時間短，並且可以保持一定的厚度，撕取較易，同時具有表面完整不易破碎的優點，故適合拿來做為蛋殼紙的正反二層薄膜。

## 六、思考設計一套蛋殼紙的製作流程

蛋殼紙的製作流程如下：

### (一) 製作薄膜：



1. 白膠加上顏料



2. 攪拌均勻



3. 塗在投影片上均勻抹平



4. 靜置陰乾



5. 薄膜成品

### (二) 調製中間層蛋殼膏：



6. 蛋殼粉與白膠各 10 克



7. 二者混合成蛋殼膏



(三) 雙層薄膜法(即三明治法)：



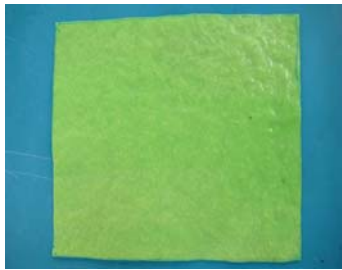
8. 蛋殼膏塗在底部的薄膜



9. 再覆蓋一層薄膜後陰乾



10. 裁切成 10×7 公分



11. 蛋殼紙單張成品



12. 蛋殼紙成品

七、蛋殼紙書寫測試

分別以鉛筆、原子筆、彩色筆、蠟筆、立可帶在蛋殼紙上書寫。發現彩色筆的滑順度及清晰度最佳，蠟筆因為表面紙質粗糙效果也不錯，鉛筆和原子筆二者則不易附著於 蛋殼紙上，至於立可帶可能操作原因，寫出來的字體並不清楚。



▲ 鉛筆試寫



▲ 原子筆試寫



▲ 彩色筆試寫



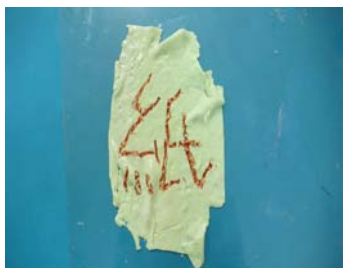
▲ 蠟筆試寫



▲ 立可帶試寫

## 八、蛋殼紙防水測試

把書寫過的蛋殼紙泡在水中，經過 20 分鐘之後，再把蛋殼紙撈出，發現蠟筆和鉛筆的筆跡不受泡水影響而產生變化，維持原本的模樣；彩色筆的字體週圍出現渲染暈開的情形；原子筆的墨水痕跡完全消失不見；立可帶因為蛋殼紙顏色變淡也變成不清楚。



▲蠟筆筆跡不受泡水影響



▲彩色筆筆跡出現暈開



▲鉛筆筆跡也不受泡水影響



▲原子筆筆跡消失不見



▲立可帶因紙顏色變淡也變成不清楚

## 九、蛋殼紙的應用

- (一) 在裁切好的蛋殼紙上書寫文字加上插圖做成勵志小卡片。
- (二) 面積較大的蛋殼紙仿作獎狀及小書。
- (三) 裁切剩餘的邊緣蛋殼紙條製作立體手工藝品~蛋殼紙花。





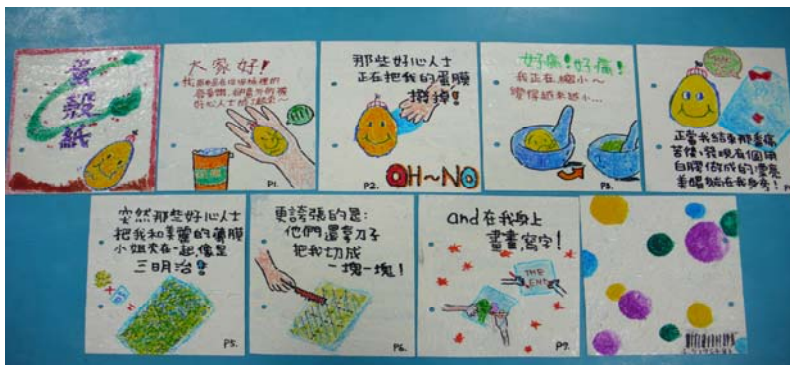
▲勵志小卡片



▲獎狀



▲蛋殼紙花



▲蛋殼紙小書

## 陸、討論

### 一、探討含有碳酸鈣的物品並找出適合製成蛋殼紙的原料

#### (一) 蛋殼的處理

1. 新鮮蛋殼殘留的蛋液具有特殊腥臭味，倘若沒有即時清洗乾淨，其味道會令人產生厭惡感，也容易造成發霉的現象，增加操作的困難。
2. 要確認實驗的物品是否含有碳酸鈣成分，可以滴上少許鹽酸，表面會產生二氧化碳的白色氣泡者便是。



▲以鹽酸測試是否含有碳酸鈣成分

## 二、探討研磨成蛋殼粉的最佳方法

- (一) 使用果汁機在研磨成蛋殼粉的操作上十分方便，速度也很快，但是操作時如果不加水反而容易造成機器的故障及耗損，然而加水攪拌之後，又必須重覆一次晾乾的動作，雖然製程中可以得到較多的蛋殼粉，但是因為需再等待乾燥後才能使用，整體而言反而要花費較久的時間，並非是取得蛋殼粉的最佳方法。
- (二) 初步得到的蛋殼粉顆粒有些還很粗糙，利用三種不同大小的篩網進行過篩之後，再逐次把顆粒較大者重新放入研鉢繼續研磨，經過第二次和第三次過篩後便可得到較細的蛋殼粉。



▲以篩網第一次過篩(大孔隙)



▲第二次過篩 (中孔隙)



▲第三次過篩(小孔隙)



▲第一次過篩後的顆粒(粗)



▲第二次過篩後的顆粒(中)



▲第三次過篩後的顆粒(細)

## 三、探討一顆去膜蛋殼含有多少的碳酸鈣

- (一) 資料查詢得知一顆普通大小的蛋殼大約含有 5.5 公克的碳酸鈣。
- (二) 經過實際秤重得知，一顆雞蛋殼原本的重量平均為 5.0 公克。
- (三) 蛋膜去除後研磨成粉所得平均淨重為 4.7 公克。
- (四) 研磨過程中耗損的碳酸鈣量平均不會超過 0.3 公克。與資料的數據比較，誤差範圍在 1.0 公克以下。

#### 四、探討製作蛋殼紙的最佳方法

(一) 抄紙框是傳統再生紙常用的必備工具之一，經由實驗過程得知，其不適合拿來做蛋殼紙，缺點為：

1. 蛋殼膏不易在細網上分佈平均，表面也不容易平整。
2. 抄紙框上的細網孔隙吸附白膠後，會使蛋殼膏整個粘在網上，造成取下時的困難，要用手小部分以撥取的方式才能將蛋殼紙由抄紙框上分離，即使取下後的蛋殼紙也無法完整呈現整張紙的外觀。



▲ 蛋殼膏分佈不均，表面也不平整

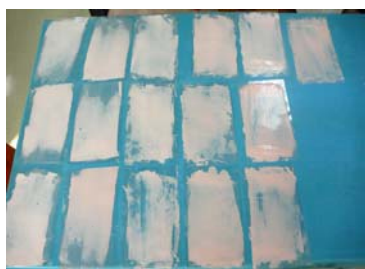


▲ 破碎的成品

#### 五、探討最適合做成蛋殼紙薄膜的材料

(一) 薄膜作法的改良措施：

1. 因應實驗結果，發現底層使用保鮮膜的過程中，因為保鮮膜質地較軟且薄，在操作過程不僅容易破掉，等待乾燥時也不方便移動，於是我們改用投影片做為底部的作法，上頭再塗上白膠來製作薄膜，便可克服產生的問題。
2. 白膠在投影片上乾燥之後，會呈現透明特性，幾乎和透明的投影片合為一，使得要撕取薄膜時常常找不到正確位置，因此在製程中加上壓克力顏料，主要目的是為了增加辨識度，讓撕取薄膜的動作能更流暢。



▲ 用投影片做為底部不易破掉且方便移動



▲ 加上顏料增加辨識度

## 六、思考設計一套蛋殼紙的製作流程

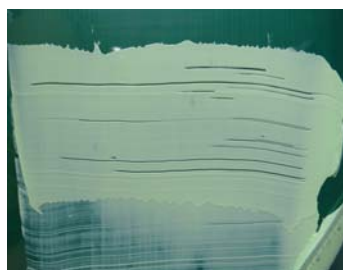
經過多次不同的實驗，雖然已經可以操作完成蛋殼紙的成品，但在蛋殼紙的每一項製作過程中，我們發現了一些容易造成失敗的原因：

### (一) 薄膜製作：

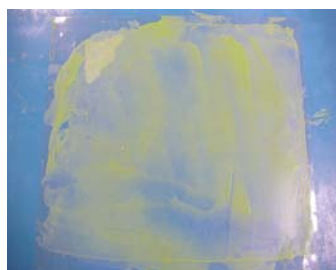
1. 桌面和使用工具(例如：尺)的表面需保持乾淨，有時會因為散落的蛋殼粉或小雜質而在抹平的過程中，讓表面出現一條一條的刮痕，這些刮痕皆會影響薄膜的完整性與造成薄膜的失敗。
2. 塗抹時要平均分佈白膠的份量，否則會造成薄膜成品表面厚度不一。
3. 撕取乾燥的薄膜過程需要非常小心，途中不能破損，還要注意週邊不能粘結在一起，一定要保持完整的整片薄膜才算成功。

### (二) 三明治法：

1. 以三明治法來製作蛋殼紙時，首先將蛋殼膏抹在薄膜時不僅在力道要控制得當，還要留意是否均勻分佈，否則一時用力過度則容易造成薄膜破掉，整張蛋殼紙便前功盡棄。



▲ 小顆粒造成的刮痕



▲ 厚度不一的薄膜成品



▲ 粘結在一起的薄膜








▲ 力道控制不當造成薄膜破掉

倘若日後在製作蛋殼紙的過程中，能避免上述失敗的原因，便可成功完成蛋殼紙。



## 七、蛋殼紙書寫測試

表 9：不同種類的筆在書寫比較項目的表現程度，由低至高依序用數字 1~5 表示

種類 \ 比較項目	蠟筆	彩色筆	鉛筆	原子筆	立可帶
					
清晰度	4	5	3	2	1
滑順度	4	5	2	3	1
紙質破壞	1	1	5	4	3



由上表得知：

- (一) 以彩色筆在蛋殼紙書寫的清晰度及滑順度最好，蠟筆的效果屬次之。
- (二) 以較細的鉛筆和原子筆的筆尖較細容易在書寫時造成紙質破壞。

## 八、蛋殼紙防水測試

蛋殼紙泡在水中，經過 20 分鐘之後，其比較如下：

表 10：不同種類的筆在防水比較項目的表現程度：

種類 \ 比較項目	蠟筆	彩色筆	鉛筆	原子筆	立可帶
					
紙張完整度	邊緣鬆散破碎	邊緣捲曲	紙面有褶皺	紙面有褶皺	紙面有褶皺
筆跡	不受影響	渲染暈開	不受影響	消失不見	變淡
紙質	變軟	變軟	變軟	變軟	變軟
紙張顏色	變淡	變淡	變淡	變淡	變淡

由上表得知：

- (一) 蛋殼紙紙質變軟，部分邊緣出現鬆散破碎的現象，紙面也出現褶皺的情形。

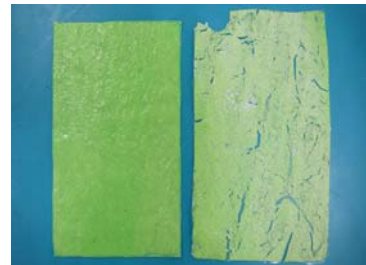
- (二) 以蠟筆和鉛筆書寫的筆跡不受泡水影響。
- (三) 蛋殼紙泡水時可能造成薄膜的顏料釋出，紙張顏色皆變淡。
- (四) 蛋殼紙再經乾燥之後，表面會有許多不規則條狀的裂痕。



▲ 蛋殼紙質變軟邊緣出現鬆散破碎



▲ 表面有不規則條狀的裂痕



▲ 與未泡水的蛋殼紙(左)比對

## 九、蛋殼紙應用

- (一) 投影片的面積增大為 B4 或 A3 的大小，可以使薄膜變大，讓做出來的蛋殼紙面積增大，以利不同成品應用所需。
- (二) 利用增大面積的薄膜製作的蛋殼紙雖然面積已有加大，但薄膜的四週邊緣仍然無法充份運用，最後必須裁切丟棄實在有些可惜！



▲ B4(左)和 A4 的薄膜面積大小比較



▲ 無法充份運用的薄膜邊緣

## 柒、結論

- 一、 利用本校廚房回收的蛋殼，經過研磨成粉後可做為蛋殼紙的原料。
- 二、 實驗室常用的研鉢可以直接將蛋殼磨成較細的粉狀，為最佳研磨方法。
- 三、 一顆普通大小的雞蛋殼原本的重量平均為 5.0 公克，蛋膜去除後研磨成粉所得平均淨重為 4.7 公克，在研磨過程中耗損的碳酸鈣量平均不會超過 0.3 公克。
- 四、 白膠為適合製成蛋殼紙薄膜的材料。
- 五、 利用雙層的白膠薄膜方式（三明治方法），為製作蛋殼紙的最佳方法。
- 六、 蛋殼紙的製作流程如下：
  - （一） 製作白膠薄膜。
  - （二） 調製中間層蛋殼膏。
  - （三） 雙層薄膜法（即三明治法）：把（二）蛋殼膏放入正反二層的白膠薄膜乾燥後即完成。
- 七、 筆尖較粗及質感粗糙的筆，比較容易在蛋殼紙上書寫。
- 八、 以蠟筆和鉛筆書寫在蛋殼紙的筆跡不受泡水影響。
- 九、 蛋殼紙應用已有多樣成品，例如勵志小卡、獎狀、小書和立體紙花。

## 捌、後續展望

在本次的實驗中，雖然初步已經完成蛋殼紙的雛形，在紙張書寫和防水試驗中也得到許多發現，但礙於時間有限，無法進一步進行相關的問題探討，但未來建議可以再研究的方向如下：

- 一、 試驗蛋殼紙經過太陽紫外線的曝曬作用之後，是否可自行脆化分解而回歸大地。
- 二、 試驗比較蛋殼紙的易燃程度。
- 三、 探討蛋殼紙的紙張性質，例如紙張強度、耐折度、紙張厚度等。

## 玖、參考資料

- 一、林宜萱、廖子漩...等（民 97）。我把蛋殼變粉筆了。中華民國第四十八屆中小學科展作品說明書（國小組報告編號：080806）
- 二、郭怡岑、謝宇倫（民 97）。點「殼」成紙～菱角殼製漿造紙可行性之研究。中華民國第四十八屆中小學科展作品說明書（國小組報告編號：080809）
- 三、張傑(2008)。石頭造紙超級環保。2008 年 3 月 10 日，取自：<http://www.taiwanlm.com.tw/index.php?menu=News&lang=ch>
- 四、台灣龍盟科技股份有限公司。 <http://www.taiwanlm.com.tw/index.php?menu=Home&lang=ch>
- 五、南亞「珠光紙・PEPA」。 <http://www.npc.com.tw/pl3/pepa/c/c2-03.htm#1>
- 六、碳酸鈣。維基百科。 <http://zh.wikipedia.org/zh-tw/%E7%A2%B3%E9%85%B8%E9%88%A3>
- 七、蛋殼的構造。奇摩知識。 <http://tw.knowledge.yahoo.com/question/question?qid=1005031103589>



## **【評語】 080804**

利用蛋殼製紙，具有環保價值，立意甚佳，只是蛋殼紙的作法與坊間石頭紙類似，較欠缺創新的精神。