

屏東縣第 65 屆中小學科學展覽會 作品說明書

科 別：生活與應用科學(三)-(化學工程/環境科學)

組 別：國中組

作品名稱：環保「膏」手—更環保的石膏杯墊



關鍵詞：環保杯墊、石膏、蛋殼粉

編 號：B8014

目錄

摘要.....	第 2 頁
一、研究動機/文獻探討.....	第 2 頁
二、研究目的/實驗流程.....	第 3 頁
三、研究器材及設備.....	第 4 頁
四、研究過程及方法.....	第 5~9 頁
(1) 探討固定量的石膏加入不同材料的最佳比例.....	第 5 頁
(2) 探討不同組合影響吸水能力與耐壓度的多寡	第 5~8 頁
(3) 探討定量的石膏加單一材料加混合材料的最佳比例.....	第 8~9 頁
六、研究結果與討論.....	第 9~25 頁
七、結論.....	第 25~26 頁
八、參考文獻資料.....	第 26~27 頁

作品名稱：環保「膏」手—更環保的石膏杯墊

摘要

本作品探討如何製作與實驗出粉筆灰、蛋殼粉、碳粉、牡蠣殼粉、咖啡渣材料最能替代石膏杯墊與珪藻土杯墊的比例，包括烘乾及曬乾、矽膠皿及培養皿做比較，以及測量其吸水性與硬度，並做出便宜且環保的杯墊。我們發現許多材料不加石膏即易碎，因此只能減少石膏的使用量，例如水和粉筆灰的比例以 3:2 為最佳，可以成型但粉筆灰與水的組合皆有裂痕；水與牡蠣殼粉的組合皆易碎。水與石膏以 3:3 為最佳比例，此為對照組；水、粉筆灰和石膏以 20:10:30 的比例放入矽膠皿中，用果乾機以 40 度烘乾為最佳比例；水、蛋殼粉、石膏以 20:20:10 的比例放入矽膠皿中，用果乾機以 40 度烘乾為最佳比例；碳粉、咖啡渣為防霉、增加吸水量之材料，須搭配其他材料作為輔助。



壹、前言

一、研究動機

我們在購物平台上選購杯墊，但發現珪藻土杯墊太貴，石膏杯墊則不環保，因此我們嘗試用各種環保材料做出杯墊，粉筆灰常常會在打掃時間被丟到垃圾桶；吃完蛋與海鮮後，蛋殼粉與牡蠣殼粉多數會被當成廚餘丟掉；咖啡機的殘留咖啡渣也經常會進到垃圾桶；碳粉雖不環保，但僅加少量以增加吸水性，所以我們想利用這些特性來製作出能與石膏杯墊抗衡且材料好取得、便宜、環保的杯墊。

二、文獻探討

(一)中華民國第 61 屆中小學科學展覽會 生活與應用科學(二)科 吸奇杯墊

他們使用了石膏和水泥加入彈殼粉和粉比灰中混合，試圖製作出環保的杯墊，而我們認為能夠測試更多不同的材料，且單純只使用石膏，並嘗試用更準確的方式測試杯墊的吸水性與抗壓性。

(二)中華民國第 58 屆中小學科學展覽會 化學科 尋找玉米黏土的真面目

他們嘗試製作出更環保且實用的玉米黏土，因為無法重複利用而啟發，也讓我們出現了製作出環保且實用杯墊的靈感。

(三)中華民國第 61 屆中小學科學展覽會 生活與應用科學(二)科 「殼」已再生—垃圾變黃金

他們使用吃剩的淡菜殼，做出許多不同的實用物品，創造出了一條新的產業，也達到了環保再利用的效果，因此我們也試著用少許石膏及其他能夠再利用的廢棄材料，製作出更環保且實用的杯墊。

三、研究目的

一、探討固定量的石膏加入不同材料的最佳條件

(一) 不同水量對各材料杯墊的影響

(二) 曬乾與烘乾所產生的差異

(三) 用培養皿與矽膠皿所產生的差異

二、探討不同組合所影響的吸水能力與耐壓度

(一) 加水量不同是否影響杯墊的重量而影響吸水率

(二) 不同材料對吸水率、吸水時間、飽和吸水量的影響

(三) 不同組合何者的耐壓度最高

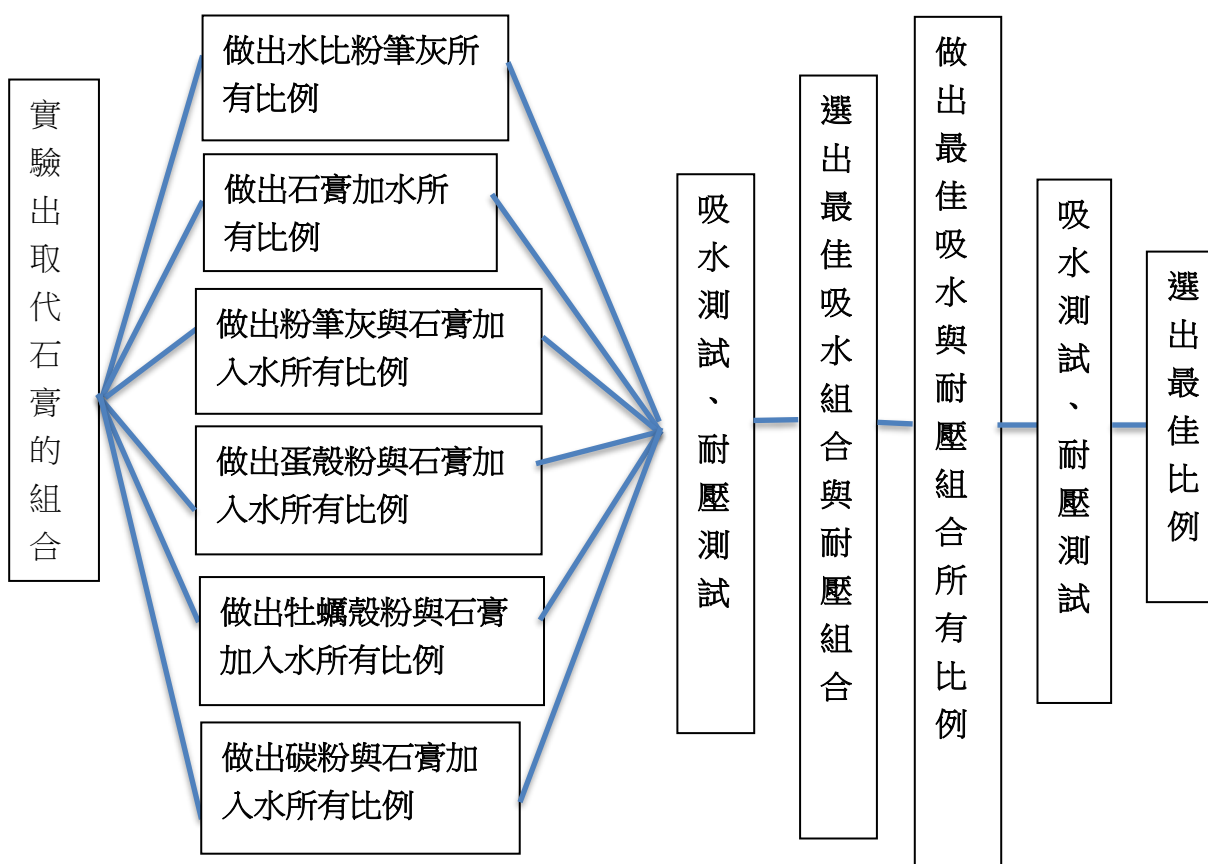
三、探討固定量的石膏加入混合材料的最佳比例

(一) 加入碳粉的最佳比例

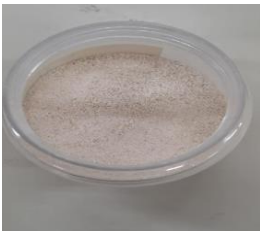
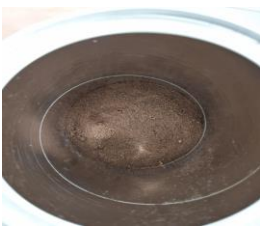
(二) 加入咖啡渣的最佳比例

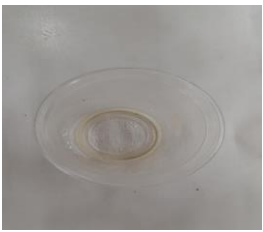
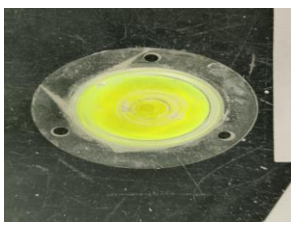
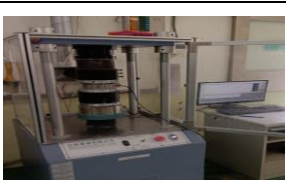
(三) 加入碳粉與咖啡渣的最佳比例

四、研究流程



貳、研究器材與設備

			
粉筆灰	蓋平石膏	蛋殼粉	燒杯
			
牡蠣殼粉	碳粉	咖啡渣	研鉢

			
刮勺	玻棒	免洗杯	秤量紙
			
烘乾機	電子秤	矽膠模	培養皿
			
量筒	水平儀	卡尺	混凝土試驗槌
			
玻璃片	低強度抗壓機	刮刀	

參、實驗過程與方法

【研究一、探討固定量的石膏加入不同材料的最佳條件】

- 1.用電子秤取添加材料，例：粉筆灰、蛋殼粉、碳粉、牡蠣殼粉
- 2.以量筒量出 10ml 的水
- 3.倒入紙杯攪拌均勻，並倒入培養皿或矽膠模具中
- 4.等待水分蒸發完成(曬乾或烘乾)
- 5.比較材料比例、模具及乾燥方式做出的杯墊外型差異及特性

【研究二、探討不同組合所影響的吸水能力與耐壓度】

(一)吸水時間實驗步驟

- 1.將 5c.c.水倒入測驗物表面
- 2.倒下後開始計時，並記錄吸水當下狀態及表面乾燥時間

吸水時間:杯墊對 5c.c.水的吸水時間

吸水率:一定時間內，加水後重量除以原先重量之值

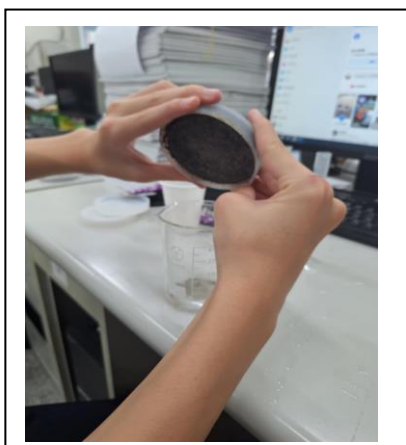
耐壓程度:厚度一致下，最高壓力承受程度

飽和吸水量:該杯墊最高吸水量

各組碳粉：石膏：水(曬)吸水時間實驗	石膏:蛋殼粉:水:碳粉(曬乾)吸水時間實驗	石膏：水(烘乾)30：30 吸水時間實驗

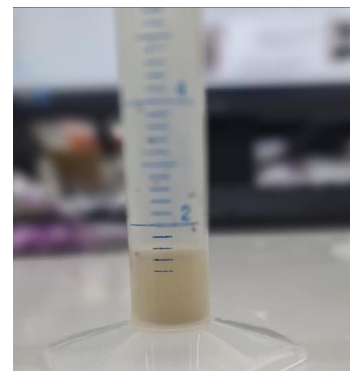
(二)飽和吸水量實驗步驟

- 1.第 1 次加水加 5 克
- 2.第 2 次之後皆用 3 克，直到表面有水流動為止
- 3.將模具傾斜把水倒入燒杯
- 4.再將裡面的水倒入量筒並測量
- 5.把加入全部的水量減掉量筒的水量即為飽和吸水量

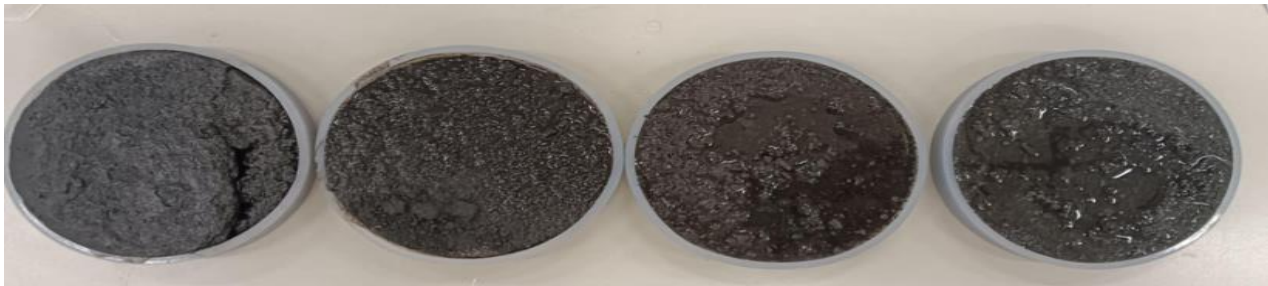


右圖將燒杯裡面的水倒入量筒並測量

左圖將模具傾斜把水倒入燒杯

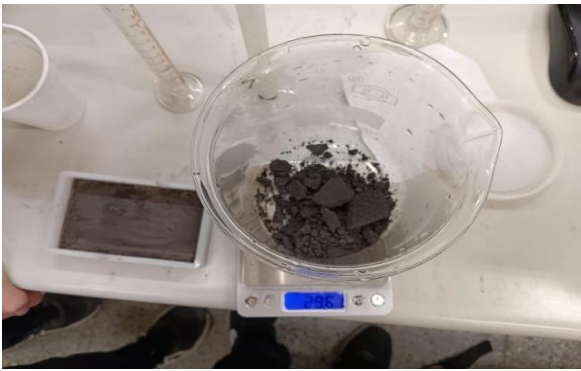


判斷標準: 以傾斜是否流出水作為依據

			
粉筆灰:石膏:水 20:10:30 (烘)測試飽和吸水量	碳粉:石膏:水 (曬乾)測試飽和吸水量	蛋殼粉:石膏:水 20 : 10 : 15 (烘乾) 測試飽和吸水量	石膏:水 30 : 20 (烘乾) 測試飽和吸水量
碳粉：石膏：水 (烘乾) 測試飽和吸水量			
			
水量:35ml	水量:20ml	水量:25ml	水量:30ml
			
石膏:蛋殼粉:水:咖啡渣(曬) 測試飽和吸水量	石膏:蛋殼粉:水:咖啡渣:碳粉 (曬) 測試飽和吸水量	膏:蛋殼粉:水:碳粉(曬乾) 測試飽和吸水量	

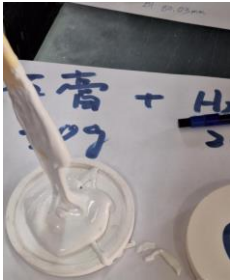
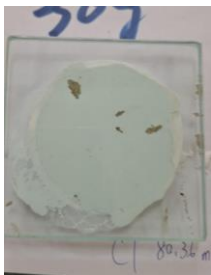
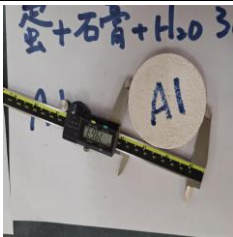
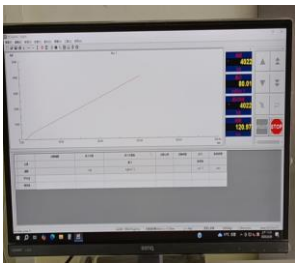
(三)吸水率實驗步驟：

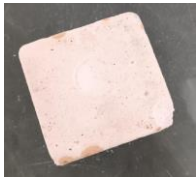
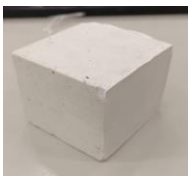
1. 測量該組的質量與加水後的質量(加上飽和吸水量)
2. 加水後的質量除以該組的質量

	
測量碳粉：石膏：水 20：10：35(曬乾)	碳粉：石膏：水 20：10：35(曬乾) 原先重量

(四)耐壓程度實驗步驟

- 1.將所有組合編號，不測試碳粉、牡蠣殼粉
- 2.用卡尺測量直徑
- 3.用石膏填補凹槽，避免發生其中心塌陷
- 4.嘗試以試驗槌測量杯墊的強度
- 5.用抗壓機測試杯墊表面所能承受的重量

			
將石膏塗上	用玻璃片壓平	靜置一段時間	測量杯墊直徑
			
碎裂的失敗品測試是否可測量，發現試驗槌的發力集中於一點，極容易碎裂，因此改用低強度抗壓機		將杯墊放入低強度抗壓機並觀察其承受壓力變化	

				
未等其凝固即刮下因此碎裂(凝固後較容易)	低強度抗壓機 17 噸，但仍幾乎無損，因為杯墊形狀為扁平狀，扁平、受力面積大不符合原材質所能承受之重量，所以決定不採用此方法		這形狀才能在低強度抗壓機更準確測量出其硬度	

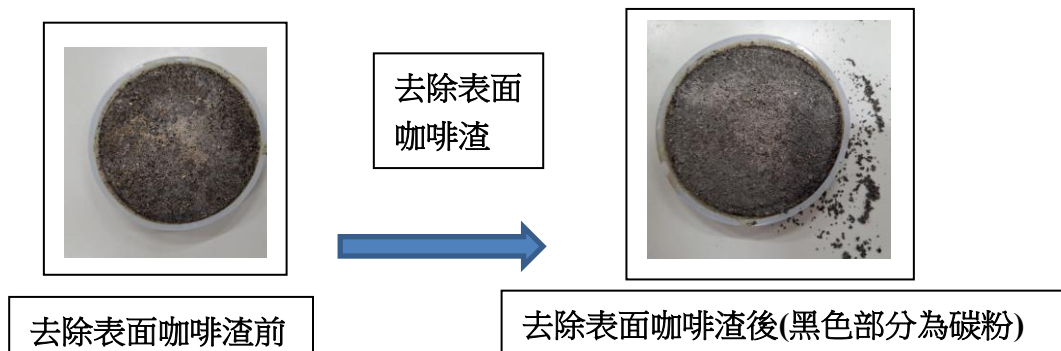
【研究三、探討固定量的石膏加入混合材料的最佳比例】

1. 混和成分加入水與石膏最佳比例
2. 混和成分只採用最硬、飽和吸水量與吸水時間最佳之材料，不採用如粉筆灰、牡蠣殼粉
3. 碳粉以增加吸水量，咖啡渣以防霉
4. 石膏:蛋殼粉:水最佳比例為 10:20:20(曬乾)，因此其他組皆為曬乾，配方如下表:

成分	比例	實際重量
石膏:蛋殼粉:水:咖啡渣(曬乾)	5 : 10 : 10 : 1	10;20:20:2g
石膏:蛋殼粉:水(曬乾)	1 : 2 : 2	10:20:20g
石膏:蛋殼粉:水:碳粉(曬乾)	5 : 10 : 10 : 1	10;20:20:2g
石膏:蛋殼粉:水:咖啡渣:碳粉(曬乾)	10 : 20 : 20 : 1 : 1	10:20:20:1:1g

5. 咖啡渣與碳粉過於柔軟，極不適合加入大量

取咖啡渣與碳粉重量總共兩克，若只有一種，則該種取兩克；若有兩種，則一種取一克



混和成分曬乾完成的狀態
成品的咖啡渣大多在表面，少數在杯墊裡，但導致其硬度大幅降低
因此不考慮，易碎可能是因為有碳粉加入太多導致

6.取碳粉重量一克，配方如下表

成分	比例	實際重量
石膏:蛋殼粉:水(曬乾)	1 : 2 : 2	10:20:20g
石膏:蛋殼粉:水:碳粉(曬乾)	10 : 20 : 20 : 1	10:20:20:1g
石膏:蛋殼粉:水:碳粉(曬乾)	100 : 200 : 200 : 5	10:20:20:0.5g
石膏:蛋殼粉:水:碳粉(曬乾)	100 : 200 : 200 : 3	10:20:20:0.3g

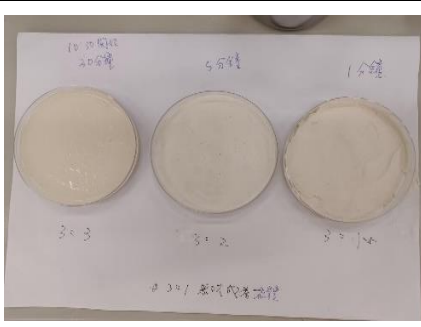
肆、研究結果

【研究一、探討固定量的石膏加入不同材料的最佳條件】

一、石膏加水最佳比例

表一：水與石膏不同比例及模具製作出杯墊的差異

水比石膏的量	凝固時間	烘乾完成的狀態 (矽膠皿)	烘乾完成的狀態 (培養皿)	加入模具時的狀態
30 : 30	數小時	硬度高，不易碎	硬度高，不易碎	易倒入，表面多水
20 : 30	10 多分鐘	性質與 3:3 相當	性質與 3:3 相當	易倒入，表面濕潤
15 : 30	3 分鐘	加水時不易成為 流體， 不採納		無法倒入，必須用 玻棒挖出

		
比例 20 : 30 加入培養皿時的狀態	烘乾完成的狀態(培養皿)	烘乾完成的狀態(矽膠皿)

結果與討論：

- 三種比例皆可成形，10g 水者過於黏稠，不易塑造平整樣貌，其他二者較佳。
- 30g 水雖須花較多時間凝固，但成形後不遜色於 20g，強度相當，以吸水率選出最佳者。

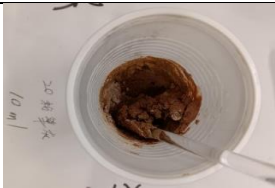
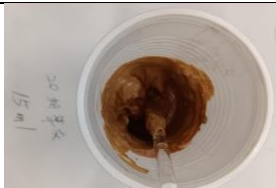
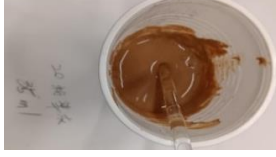
二、水與粉筆灰之最佳比例

我們以不同的水與粉筆灰比例測試，結果如下表：

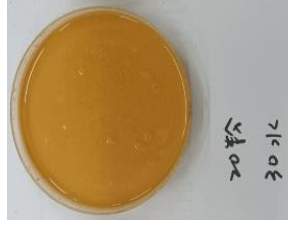
表二：各組比例與狀態

水比粉筆灰的量 粉筆灰:20.0g	加入培養皿時的狀態	烘乾完成的狀態	曬乾完成的狀態
1.水:10ml (10:20)	無法成為流體，不採納		
2.水:15ml (15:20)	無法成為流體，不採納		
2.水:20ml (20:20)	極黏稠，要用玻棒挖出	多裂痕，易碎，不採納	全部碎裂
5.水:25ml (25:20)	黏稠，多氣泡	較 3:4 硬，不易碎	全部碎裂
6.水:30ml (30:20)	可成為流體，較多氣泡，稍微稀	光滑，較 2:1 不易碎，最硬，可成形	光滑，較 2:1 不易碎，硬
7.水:35ml (35:20)	可成為流體，多氣泡，稀，蒸發時間較久	光滑，易碎，表面有裂痕，可成形	光滑，易碎，表面多裂痕
8.水:40ml (40:20)	可成為流體，極多氣泡，極稀，蒸發時間久	(陰乾)光滑，易碎，可成形	光滑，易碎，最硬，有裂痕

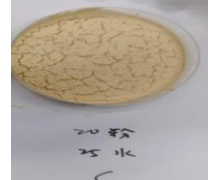
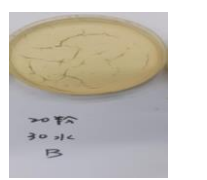
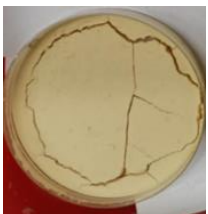
表三：攪拌時的狀態

			
水：粉筆灰=10：20	水：粉筆灰=15：20	水：粉筆灰=20：20	水：粉筆灰=25：20
			有些粉筆灰顏色不同
水：粉筆灰=30：20	水：粉筆灰=35：20	水：粉筆灰=40：20	

表四: 加入培養皿時的狀態

			
水：粉筆灰=25：20	水：粉筆灰=30：20	水：粉筆灰=35：20	水：粉筆灰=40：20

表五:成形後狀態

烘乾完成的狀態				
				
20：20	25：20	30：20	水：粉筆灰 35：20	水：粉筆灰 40： 20
曬乾完成的狀態				
				
水：粉筆灰 20：20	水：粉筆灰 25：20	水：粉筆灰 30：20	水：粉筆灰 35：20	水：粉筆灰 40： 20

結果與討論:

1.決定成品以蒸發完成的硬度優先於加入培養皿時的難易

2.所有比例皆有裂痕，不太適用於製作杯墊

曬乾以 3:2 比例視為最佳比例，烘乾以 3:2 比例視為最佳比例

3.發現烘乾較曬乾不易產生裂痕，但吸水率變化沒有一定的規律變化

三：定量粉筆灰與石膏下，加入適當量的水

表五:以培養皿為容器

粉筆灰：石膏：水	加入培養皿時的狀態	烘乾後的狀態	曬乾後的狀態
20：10：40	可成為流體，無氣泡，表面極多水	大塊碎裂，裂痕較少	大塊碎裂，裂痕較少
20：10：35	不易流動，多氣泡，表面有些水	小塊碎裂，裂痕多	小塊碎裂，裂痕多
20：10：30	不可流動，多氣泡，表面少水	大塊碎裂，裂痕較40m 水的多	
20：10：25	不可流動，有氣泡，大多無法自然流下	裂痕少，形狀大致完整	裂痕少，形狀大致完整
20：10：20	過於黏稠，不採納		

結果與討論:

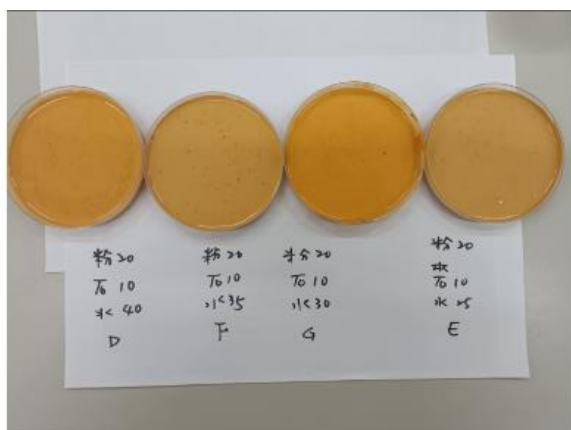
1.皆無法當作杯墊的材料，因無法保留完整

曬乾：蒸發完成的狀態 20：10：40 優於 20：10：30 優於 20：10：35

加入培養皿時的狀態 20：10：40 優於 20：10：35 優於 20：10：30

2. 20：10：40 最優，但皆有裂痕，因此皆不採納

3.烘乾：有裂痕且易碎，皆不採納



各個粉筆灰：石膏：水加入培養皿時的狀態



各個粉筆灰：石膏：水烘乾後的狀態

表六:以矽膠皿為容器

粉筆灰：石膏：水	加入矽膠皿時的狀態	曬乾完成的狀態	烘乾完成的狀態
20：10：50	可自然流下，極少氣泡	周圍碎裂，中心易碎	周圍碎裂，中心易碎
20：10：40	大多可自然流下，極少氣泡	周圍有裂痕，硬度較差	硬度較 20:10:30 差，周圍結構鬆散
20：10：30	黏稠，無法自然流下，無氣泡	硬度佳，無裂痕	硬度最佳，無裂痕

結果與討論:

1.20：10：50 周圍碎裂，中心易碎，**不採納此比例**

2.20：10：40 與 20：10：30 可納入考慮，以 **20：10：30 最優**

3.發現矽膠皿較培養皿不易產生裂痕，因此不採用培養皿

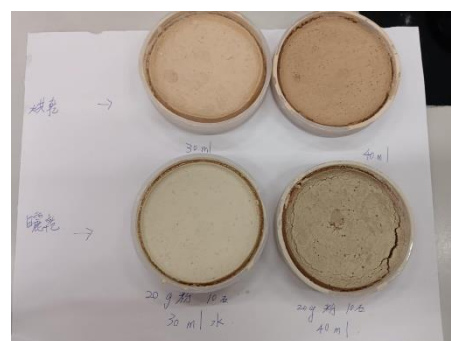
4.以 20：10：30 烘乾較曬乾不易產生裂痕，因此 20：10：30 烘乾為粉筆灰:石膏:水最佳比例



各組粉筆灰:石膏:水加入矽膠皿時的狀態



粉筆灰：石膏：水 30ml 與 40ml 的烘乾完成的狀態

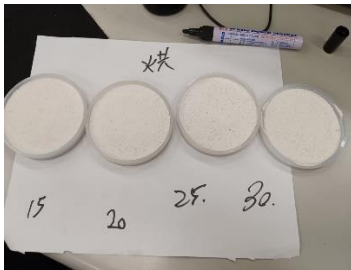
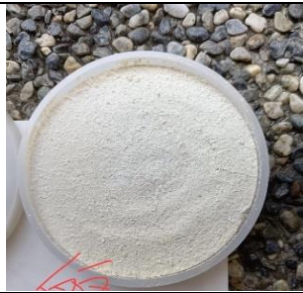


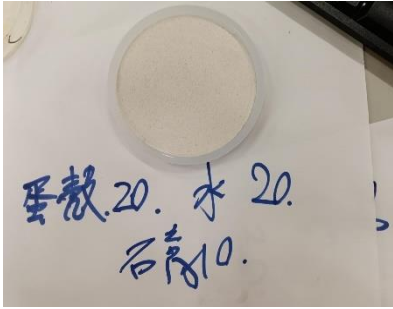
各組烘乾的粉筆灰：石膏：水

四：定量蛋殼粉與石膏下，加入適當量的水

表七：各組比例與狀態

蛋殼粉：石膏：水	加入矽膠皿時的狀態	烘乾後的狀態	曬乾後的狀態
20：10：10	過於黏稠，不採納		
20：10：15	可成為流體，稍微稀	表面多粉狀蛋殼，硬度極佳，背面外觀、硬度極佳，在實心與空心之間	硬度極佳，但正面少許氣泡，背面外觀、硬度極佳，但較為空心
20：10：20	可成為流體，稀，有氣泡	與 20：10：15 性質相似	硬度極佳，但正面多氣泡，背面外觀、硬度極佳
20：10：25	可成為流體，極稀	表面多粉狀蛋殼，硬度極佳，背面外觀、硬度極佳，但較為空心	有裂痕，表面許多粉狀蛋殼，很軟
20：10：30	可成為流體，極稀	與 20：10：25 相似	有裂痕，很軟

		
20：10：20 加入矽膠皿時的狀態	20：10：25 曬乾後的狀態	蛋殼粉：石膏：水 烘乾後的狀態
		
20：10：20 烘乾後的狀態	20：10：30 曬乾後的狀態	蛋殼粉：石膏：水 烘乾後脫模後的狀態

		
20 : 10 : 20 曬乾後背面的狀態	20 : 10 : 20 曬乾後正面的狀態	20 : 10 : 20 與 20 : 10 : 15 曬乾後的狀態

結果與討論:

1. 烘乾皆無裂痕，蛋殼粉缺點：不溶於水，易沉積於底部
2. 以硬度為主，烘乾 20 : 10 : 15 第二，曬乾 20 : 10 : 20 最佳
3. 蛋殼粉硬度較粉筆灰佳
4. 20 : 10 : 30 曬乾後產生裂痕如右圖

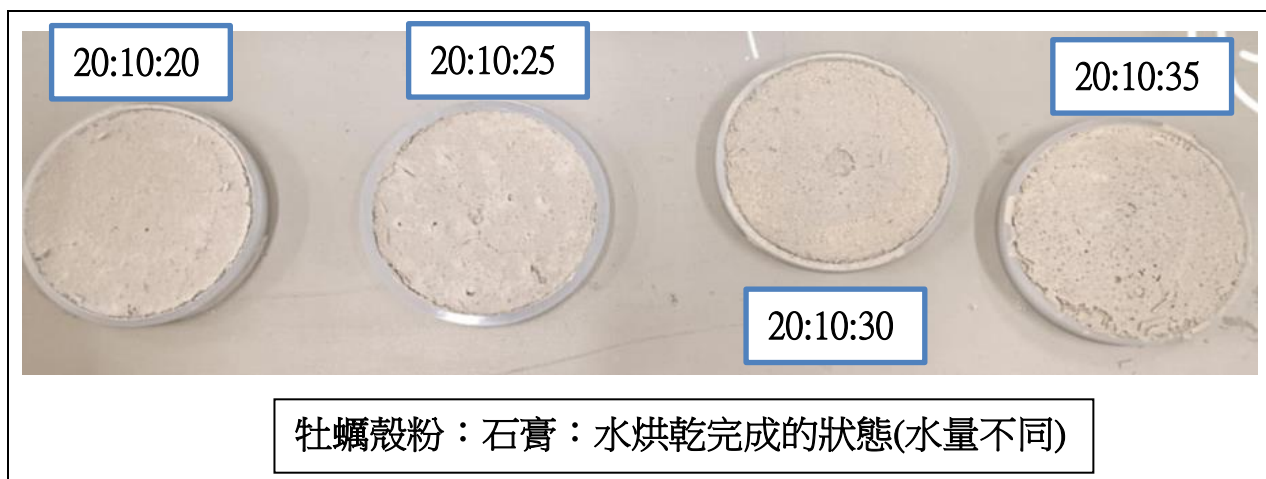


五：定量牡蠣殼粉與石膏下，加入適量的水

表八：各組比例與狀態

牡蠣殼粉：石膏：水	加入矽膠皿時的狀態	烘乾完成的狀態	曬乾完成的狀態
20 : 10 : 15	過於黏稠，不採納		
20 : 10 : 20	可成為流體	質地柔軟，結構鬆散，不採納	極易碎，不採納
20 : 10 : 25	可成為流體，些許稀	質地柔軟，極容易產生裂痕	極易碎，不採納
20 : 10 : 30	可成為流體，極稀	質地柔軟，容易產生裂痕	極易碎，不採納
20 : 10 : 35	可成為流體，極稀	與 20 : 10 : 30 特性相同	極易碎，不採納

	
20:10:20 20:10:25 20:10:30	20 : 10 : 35



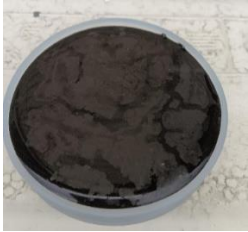
結果與討論:

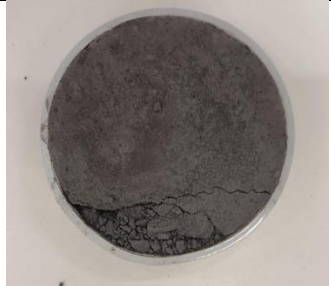
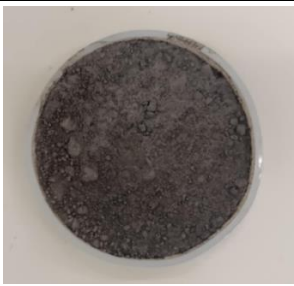
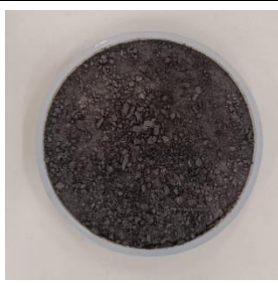
- 1.烘乾皆不採納，因質地過度柔軟
- 2.曬乾牡蠣殼粉皆易碎，因此不採納
- 3.牡蠣殼粉成形後會在表面產生一層薄膜，質地柔軟，無法脫模

六：定量碳粉與石膏下，加入適當量的水

表九：各組比例與狀態

碳粉:石膏:水	加入矽膠皿時的狀態	烘乾完成的狀態	曬乾完成的狀態
20：10：15	過於黏稠，不採納		
20：10：20	些許黏稠，少許氣泡	易碎	易碎，堅固程度較烘乾好
20：10：25	有點稀，些許氣泡	易碎，表面有顆粒	易碎，表面較完整
20：10：30	極稀，些許氣泡	軟，表面有顆粒	軟，輕壓即碎裂
20：10：35	極稀，些許氣泡	極軟，表面多顆粒	表面有顆粒，極軟

			
20：10：20 曬乾完成的狀態	20：10：25(曬乾) 加入矽膠皿時的狀態	20：10：30(曬乾)加入矽膠皿時的狀態	20：10：35(曬乾) 加入矽膠皿時的狀態

			
20 : 10 : 20(烘乾)加入 矽膠皿時的狀態	20 : 10 : 25(烘乾)加 入矽膠皿時的狀態	20 : 10 : 30(烘乾)加 入矽膠	20 : 10 : 35(烘乾)加入 矽膠

結果與討論:

- 1.碳粉：以硬度為優先，20 : 10 : 20(曬乾)為最佳，雖吸水時間與飽和吸水量不佳，但過於脆弱者即無法作為杯墊
- 2.碳粉：以吸水能力為優先，20 : 10 : 25(烘乾)最佳，20 : 10 : 20(烘乾)為其次，因為飽和吸水量較吸水時間重要，且兩組的飽和吸水量與吸水時間皆相近、吸水率差異極小，雖硬度不佳，但過於脆弱者即無法作為杯墊 **20 : 10 : 30 與 20 : 10 : 35 烘乾和曬乾皆不採納**
3. 碳粉：石膏：水以 20 : 10 : 20(烘乾)為最佳，吸水能力強，也試探粉中硬度最高者，不過還是有些脆弱

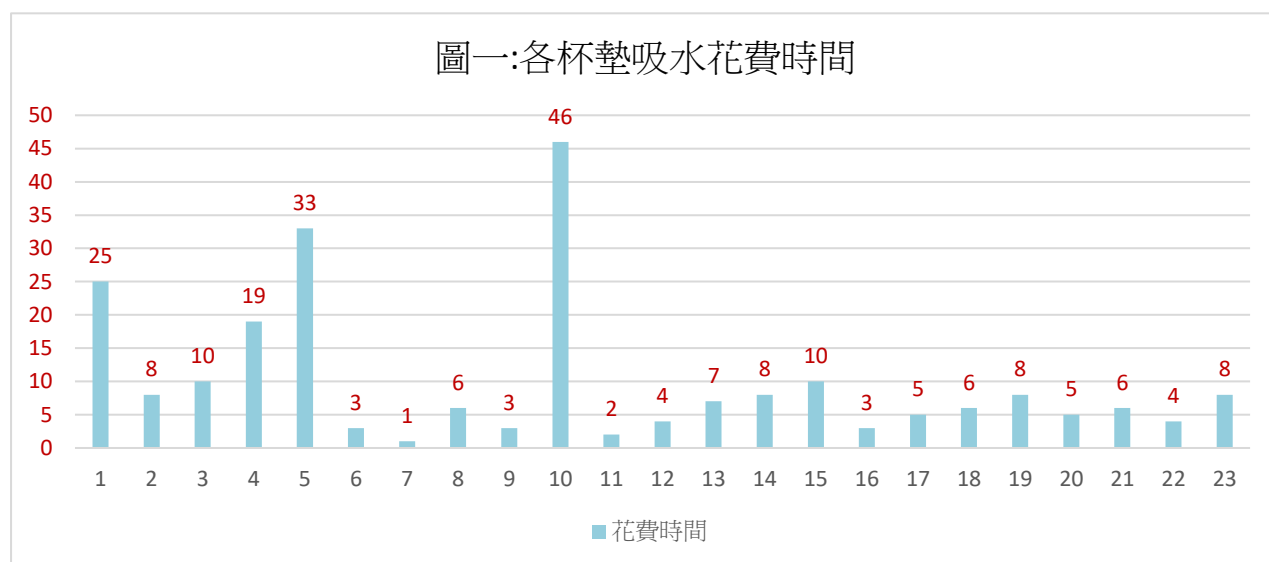
【研究二、探討不同組合所影響的吸水能力與耐壓度】

(一)吸水時間

表一：各組吸水時間

編號	材料	比例	花費時間
1	蛋殼粉:石膏:水	20 : 10 : 20(曬乾)	25s
2	蛋殼粉:石膏:水	20 : 10 : 15(烘乾)	8s
3	蛋殼粉:石膏:水	20 : 10 : 20(烘乾)	10s
4	蛋殼粉:石膏:水	20 : 10 : 25(烘乾)	19s
5	蛋殼粉:石膏:水	20 : 10 : 30(烘乾)	33s
6	石膏：水(培養皿)	30 : 20 (烘乾)	3s
7	石膏：水(培養皿)	30 : 30 (烘乾)	1s
8	石膏：水(矽膠皿)	30 : 20 (烘乾)	6s
9	石膏：水(矽膠皿)	30 : 30 (烘乾)	3s
10	粉筆灰:石膏:水	20 : 10 : 30 (烘乾)	46s
11	碳粉：石膏：水	20 : 10 : 20(烘乾)	2s

12	碳粉：石膏：水	20：10：25(烘乾)	4s
13	碳粉：石膏：水	20：10：30(烘乾) (硬度不採納)	7s
14	碳粉：石膏：水	20：10：35(烘乾) (硬度不採納)	8s
15	碳粉：石膏：水	20：10：20(曬乾)	10s
16	碳粉：石膏：水	20：10：25(曬乾)	3s
17	碳粉：石膏：水	20：10：30(曬乾) (硬度不採納)	5s
18	碳粉：石膏：水	20：10：35(曬乾) (硬度不採納)	6s
19	石膏:蛋殼粉:水:咖啡渣	10;20:20:2g(曬乾) (硬度不採納)	8s
20	石膏:蛋殼粉:水:碳粉	10;20:20:2g(曬乾) (硬度不採納)	5s
21	石膏:蛋殼粉:水:咖啡渣: 碳粉	10:20:20:1:1g(曬乾) (硬度不採納)	6s
22	石膏:蛋殼粉:水:碳粉	10:20:20:0.5g(曬乾) (硬度不採納)	4s
23	石膏:蛋殼粉:水:碳粉	10:20:20:0.3g(曬乾) (硬度不採納)	8s



結果與討論:

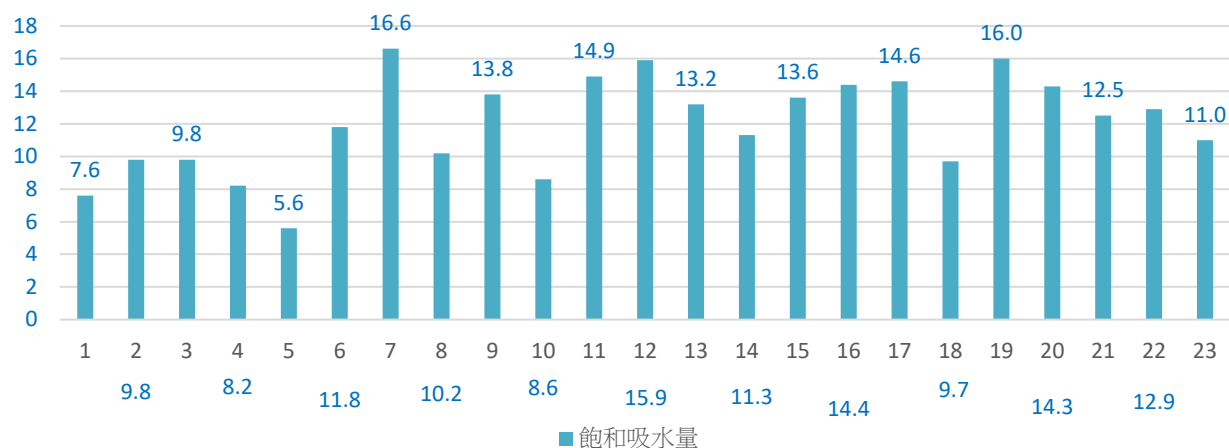
- 1.碳粉與粉筆灰杯墊加水後表面容易掉色，當成杯墊容易染到桌面
- 2.在吸水時間方面，碳粉的性能是能夠媲美甚至超越石膏的，其中又以 20：10：20(烘乾)為最佳
- 3.蛋殼粉和粉筆灰在吸水時間方面，相較於其他者需要要更長的時簪，容易使水分積在杯墊上

(二)飽和吸水量

表二：各組飽和吸水量

編號	材料	比例	飽和吸水量
1	蛋殼粉:石膏:水	20：10：20(曬乾)	7.6ml
2	蛋殼粉:石膏:水	20：10：15(烘乾)	9.8ml
3	蛋殼粉:石膏:水	20：10：20(烘乾)	9.8ml
4	蛋殼粉:石膏:水	20：10：25(烘乾)	8.2ml
5	蛋殼粉:石膏:水	20：10：30(烘乾)	5.6ml
6	石膏：水(培養皿)	30：20 (烘乾)	11.8ml
7	石膏：水(培養皿)	30：30 (烘乾)	16.6ml
8	石膏：水(矽膠皿)	30：20 (烘乾)	10.2ml
9	石膏：水(矽膠皿)	30：30 (烘乾)	13.8ml
10	粉筆灰:石膏:水	20：10：30 (烘乾)	8.6ml
11	碳粉：石膏：水	20：10：20(烘乾)	14.9ml
12	碳粉：石膏：水	20：10：25(烘乾)	15.9ml
13	碳粉：石膏：水	20：10：30(烘乾) (硬度不採納)	13.2ml
14	碳粉：石膏：水	20：10：35(烘乾) (硬度不採納)	11.3ml
15	碳粉：石膏：水	20：10：20(曬乾)	13.6ml
16	碳粉：石膏：水	20：10：25(曬乾)	14.4ml
17	碳粉：石膏：水	20：10：30(曬乾) (硬度不採納)	14.6ml
18	碳粉：石膏：水	20：10：35(曬乾) (硬度不採納)	9.7ml
19	石膏:蛋殼粉:水:咖啡渣	10;20:20:2g(曬乾) (硬度不採納)	16.0ml
20	石膏:蛋殼粉:水:碳粉	10;20:20:2g(曬乾) (硬度不採納)	14.3ml
21	石膏:蛋殼粉:水:咖啡渣:碳粉	10:20:20:1:1g(曬乾) (硬度不採納)	12.5ml
22	石膏:蛋殼粉:水:碳粉	10:20:20:0.5g(曬乾) (硬度不採納)	12.9ml
23	石膏:蛋殼粉:水:碳粉	10:20:20:0.3g(曬乾) (硬度不採納)	11.0ml

圖二:各杯墊飽和吸水量



結果與討論:

1. 碳粉飽和吸水量普遍較佳，又以 20：10：25(烘乾)為最佳
2. 蛋殼粉和粉筆灰的飽和吸水量也較差，須經常烘乾或曬乾，否則吸水能力差，容易腐壞、發霉

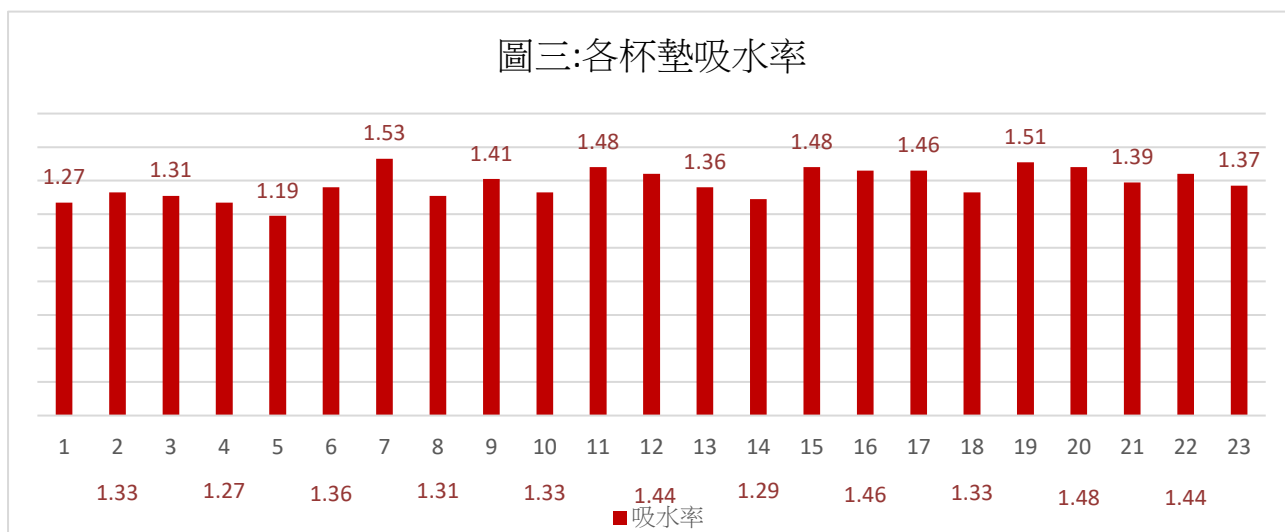
(三)吸水率

表三：各組吸水率

編號	材料	比例	原先重量 g	加水後重量 g	吸水率 (%)
1	蛋殼粉:石膏:水	20：10：20(曬乾)	27.8	35.4	1.27
2	蛋殼粉:石膏:水	20：10：15(烘乾)	30.0	39.8	1.33
3	蛋殼粉:石膏:水	20：10：20(烘乾)	31.9	41.7	1.31
4	蛋殼粉:石膏:水	20：10：25(烘乾)	30.0	38.2	1.27
5	蛋殼粉:石膏:水	20：10：30(烘乾)	29.8	35.4	1.19
6	石膏：水(培養皿)	30：20 (烘乾)	32.7	44.5	1.36
7	石膏：水(培養皿)	30：30 (烘乾)	31.3	47.9	1.53
8	石膏：水(矽膠皿)	30：20 (烘乾)	32.6	42.8	1.31
9	石膏：水(矽膠皿)	30：30 (烘乾)	33.7	47.5	1.41
10	粉筆灰:石膏:水	20：10：30 (烘乾)	26.1	34.7	1.33
11	碳粉：石膏：水	20：10：20(烘乾)	31.2	46.1	1.48
12	碳粉：石膏：水	20：10：25(烘乾)	36.0	51.9	1.44

編號	材料	比例	原先重量 g	加水後重量 g	吸水率 (%)
13	碳粉：石膏：水	20：10：30(烘乾)(硬度不採納)	36.8	50.0	1.36
14	碳粉：石膏：水	20：10：35(烘乾)(硬度不採納)	38.6	49.9	1.29
15	碳粉：石膏：水	20：10：20(曬乾)	28.4	42.0	1.48
16	碳粉：石膏：水	20：10：25(曬乾)	31.6	46.0	1.46
17	碳粉：石膏：水	20：10：30(曬乾)(硬度不採納)	32.0	46.6	1.46
18	碳粉：石膏：水	20：10：35(曬乾)(硬度不採納)	29.6	39.3	1.33
19	石膏:蛋殼粉:水:咖啡渣	10;20:20:2g(曬乾)(硬度不採納)	29.5	44.5	1.51
20	石膏:蛋殼粉:水:碳粉	10;20:20:2g(曬乾)(硬度不採納)	29.6	43.9	1.48
21	石膏:蛋殼粉:水:咖啡渣:碳粉	10:20:20:1:1g(曬乾)(硬度不採納)	32.1	44.6	1.39
22	石膏:蛋殼粉:水:碳粉	10:20:20:0.5(曬乾)(硬度不採納)	31.0	43.9	1.44
23	石膏:蛋殼粉:水:碳粉	10:20:20:0.3(曬乾)(硬度不採納)	29.5	40.5	1.37

圖三:各杯墊吸水率



結果與討論:

1. 碳粉在吸水能力上較佳，僅次於石膏，20：10：20(烘乾)和 20：10：20(曬乾)最佳
2. 蛋殼粉和粉筆灰的吸水能力欠佳，容易在使用時吸收不完全或花費更多時間

【研究三、探討固定量的石膏加入混合材料的最佳比例】

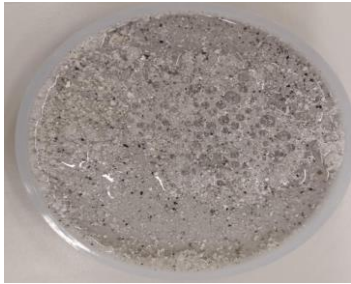
表一:

成分	加入培養皿時的狀態	曬乾完成的狀態
石膏:蛋殼粉:水(曬乾)	可成為流體，稀，有氣泡	硬度極佳，但正面多氣泡，背面外觀、硬度極佳
石膏:蛋殼粉:水:咖啡渣	可成為流體，稀，少氣泡	軟，易碎，有裂痕，不採納
石膏:蛋殼粉:水:碳	可成為流體，稀，極少氣泡	易碎，有裂痕，不採納
石膏:蛋殼粉:水:咖啡渣:碳	可成為流體，稀，極少氣泡	軟，易碎，有裂痕，不採納

成分	加入培養皿時的狀態	曬乾完成的狀態
石膏:蛋殼粉:水(曬乾)	稀，有氣泡	硬度極佳，但正面多氣泡，背面外觀、硬度極佳
石膏:蛋殼粉:水:碳(1 克)	稀，有氣泡	較易碎，無裂痕
石膏:蛋殼粉:水:碳(0.5 克)	稀，有氣泡	較碳 0.3 克組易碎，無裂痕
石膏:蛋殼粉:水:碳(0.3 克)	稀，少氣泡	稍微易碎，無裂痕

結果與討論:

- 1.加入碳粉即易碎，雖無裂痕，但不可作為杯墊使用
- 2.加入咖啡渣後使杯墊過於柔軟且易碎，不可作為杯墊做成之材料
- 3.蛋殼粉為凝固後最堅固者，因此作為主要材料，但因加入其他材料後，使之便的脆弱易碎，因此皆不採納

		
石膏:蛋殼粉:水:碳(1 克)曬乾 完成的狀態正面	石膏:蛋殼粉:水:碳(0.5 克)	石膏:蛋殼粉:水:碳(0.3 克)
		
反面	石膏:蛋殼粉:水:碳(0.5 克) 曬乾脫模	石膏:蛋殼粉:水:碳(0.3 克) 曬乾脫模

陸、討論

一、探討固定量的石膏與單一材料加其他的因素的最佳比例

(一) 不同水量對杯墊的影響

加水量的不同，會影響杯墊重量、堅固程度和吸水能力，加水量越多，吸水率越少；部分加水量越多，重量越少，大部分重量呈不規則變化。

(二) 曬乾與烘乾所產生的差異

曬乾受天氣影響較大，如濕度或溫度的不同，做出的杯墊吸水性及堅固程度皆有所不同，此外，曬乾也較烘乾容易產生裂痕；而烘乾時間較短、有穩定的凝固及蒸發空間，不僅較不容易產生裂痕，也能夠大幅減短時間。

(三) 用培養皿與矽膠皿所產生的差異

培養皿為固定形狀，延展性差，在杯墊成形的時候，容易因為空見受限導致杯墊更容易碎裂；矽膠皿有著更好的延展性，能夠讓杯墊有膨脹空間，在成形後，也更好脫模。

(四) 石膏與碳粉與水的最佳比例

碳粉主要的功用是增加吸水能力，但在硬度方面則顯得脆弱不堪，吸水率及堅固程度皆以曬乾為最佳，比例為石膏：碳粉：水 10：20：20

(五) 石膏與蛋殼粉與水的最佳比例

蛋殼粉加石膏會產生較多氣泡，讓內部產生孔隙，使整體較輕；蛋殼粉也是全部實驗品中最為堅固的，其中又以 石膏：蛋殼粉：水 10：20：20(曬乾)為最佳

(六) 石膏與牡蠣殼粉與水的最佳比例

加入牡蠣殼粉混和後的杯墊非常易碎且柔軟，表面還會有一層薄膜，不僅影響美觀，整體的硬度及吸水率也差，無法形成合格的杯墊，因此不予採納

(七) 石膏與粉筆灰與水的最佳比例

粉比灰雖然能夠成形，但易碎且柔軟，容易讓灰沾手，且成形後會使表面彎曲，不太適合作為杯墊的材料，最佳比例為石膏：粉筆灰：水 10：20：30

(八) 粉筆灰與水的最佳比例

單純的粉筆灰雖然成分中含有石膏，但還是有些雜質，會導致整體杯墊非常脆弱、易碎，甚至無法成形，因此不列入考量

(九) 石膏與水的最佳比例

石膏加水皆以 30g 石膏粉為基準，加入不同量的水，找出相對更好的比例，我們認為加 10g 水者過與濃稠，且結果相較於其他兩者更難以塑形；而 30g 水的因加水量多，所以需花更久的時間凝固，但吸水量、吸水率最佳，且硬度與其他相當，最後我們決定使用石膏：水 30：30(烘乾)(培養皿)作為對照組

二、探討固定量的石膏加單一材料加混合材料與其他因素的最佳比例

(一) 加入碳粉的最佳比例

碳粉功用為增加吸水能力，加入過多(0.3g 即過多)會影響杯墊的軟硬程度，使之變得易碎，因此也不納入考量

(二) 加入咖啡渣的最佳比例

咖啡渣主要作用為防止發霉腐壞及延長使用壽命，但會嚴重影響杯墊的堅固程度，且大多與杯墊分離，呈粉狀於杯墊上方，使杯墊變得過於柔軟，因此不列入考量。

(三) 加入碳粉與咖啡渣的最佳比例

咖啡渣雖可防腐，但會嚴重影響杯墊的堅固程度，使之變得過於柔軟，因此不列入考量，碳粉雖可增加吸水性能，但也會少量影響堅固程度，變得易碎，即使只有加入 0.3g，因此也不列入考量

三、探討不同組合影響吸水率、吸水時間、飽和吸水量與耐壓度的多寡

(一) 加水量不同是否影響杯墊的重量而影響吸水率

以實驗結果來看，加水量愈多，重量愈少，吸水率也愈低。

(二) 不同材料對吸水率、吸水時間、飽和吸水量的影響

雖然咖啡渣與蛋殼粉混合的吸水率佳，但過於柔軟，難以維持原樣；而整體最佳者為碳粉，能夠有穩定且較強的吸水性能，也擁有足夠的硬度，缺點為過於易碎。

(三) 不同組合何者的耐壓度最高

因形狀不符，導致杯墊材料能承受遠超過原本材料所能承受之重量，最後導致測驗結果不合理。

柒、結論與展望

一、結論：

1. 吸水效果：石膏>碳粉>蛋殼粉=粉筆灰
2. 硬度：石膏>蛋殼粉>粉筆灰>碳粉>牡蠣殼粉
3. 蛋殼粉效果最好，碳粉、粉筆灰及牡蠣殼粉皆會大幅降低石膏的堅固程度
4. 烘乾大多較曬乾效果好，較不易產生裂痕
5. 培養皿幾乎較培養皿好，較不易產生裂痕
6. 蛋殼粉加入石膏會產生較多氣泡，因內部產生孔隙，使整體杯墊較輕
7. 碳粉能夠增加吸水性能，咖啡渣可以延緩腐壞，但皆會使杯墊變得柔軟易碎，咖啡渣更為脆弱，皆不採納
8. 粉筆灰在培養皿中易碎裂，在矽膠皿中會彎曲，難以作為杯墊

二、未來展望：

1. 在待成形的杯墊上方加蓋玻璃片，能使表面變得更光滑且平整，不只美觀，也能在測試時更加精準
2. 可以以蛋殼粉組產生較多氣泡的特性，嘗試製作更輕的杯墊
3. 因為耐壓測試結果不理想，將來也會嘗試製作不同形狀再進行測試，例如方形，能夠測試出更正確的硬度

- 4.加入更多不同種類的材料，或許會有更多不同的作用，例如紙漿、棉絮等環保材料，嘗試增加實用性
- 5.粉筆灰雖然會彎曲且易產生裂痕，脫落的灰更是一大問題，不過在硬度方面有個比例不僅能夠成形，有擁有一定的硬度，或許能夠嘗試讓粉筆灰在烘乾過程中不彎曲
- 6.混合材料所製成的杯墊雖然接過度易碎，無法作為杯墊使用，但都各有所長，或許還有改良空間，以增加強度

捌、參考資料

- 1.光邦石膏股份有限公司

<http://www.kpsi.com/21322277003070733167290873070733167.html>

2. 中華民國第 61 屆中小學科學展覽會國中組 吸奇杯墊

<https://twsf.ntsec.gov.tw/activity/race-1/61/pdf/NPHSF2021-032905.pdf?0.476822063094005>

3. 維基百科 石膏:

<https://zh.wikipedia.org/zh-tw/%E7%9F%B3%E8%86%8F>

- 4.中華民國第 56 屆中小學科學展覽會高級中等學校組工程學科(二)科 「灰」

「灰」衣袖，帶來一片商機作品說明書:

<https://twsf.ntsec.gov.tw/activity/race-1/56/pdf/052409.pdf>

- 5.國語日報粉筆灰變再生紙 小學生大發明:

https://www.mdnkids.com/search_content.asp?Serial_NO=%2079315

6. 中華民國第 58 屆中小學科學展覽會國小組化學科 尋找玉米黏土的真面目

<https://twsf.ntsec.gov.tw/activity/race-1/58/pdf/NPHSF2018-080202.pdf>

7. 中華民國第 61 屆中小學科學展覽會國中組生活與應用科學(二)科「殼」已再生一垃圾變黃金

<https://twsf.ntsec.gov.tw/activity/race-1/61/pdf/NPHSF2021-032924.pdf?0.5456531664822251>