中華民國第 65 屆中小學科學展覽會

作品說明書

國中組　生活與應用科學科(二)

佳作

032905

「破殼而出」---蛋殼粉製吸油紙的吸油量研究

學校名稱： 臺中市立居仁國民中學

作者：	指導老師：
國一 謝予恆	蔡明致 潘瑾卿

關鍵詞： 鍛燒、蛋殼、聚乙烯醇

摘　　要

本研究利用蛋殼廢棄物中的碳酸鈣結晶製作吸油紙為研究目標。嘗試以溫度、時間、顆粒、液態燒結作用、添加物、纖維材料來控制蛋殼粉吸油紙的吸油量。目前的發現：

(1)鍛燒溫度在 200~250 度 C、鍛燒時間在 80~100 分鐘、添加蛋殼重量之 60%公克的膠水，膠水濃度為 12%聚乙烯醇進行蛋殼液態燒結可得到表面空隙最多。

(2)廚房紙巾製紙漿中的水與廚房紙巾體積比例為 6：1，蛋殼與紙漿的比例為 1：4，該配方比例吸油量最高。

(3)鍛燒蛋殼粉加入廚房紙巾紙漿自製吸油紙吸油效率最高，每 200 平方公分能有 14.3gw 的吸油量。

(4)吸油紙製作比例:紙漿水：聚乙烯醇：蛋殼：廚房紙巾=2006：9：500：285。

壹、研究動機

由於網購及國際貿易發展使得航運越來越發達，現在的台灣海域不再像以前一樣清澈，而船隻往返過程有漏油的情況，使得台灣貨輪每年排放的汽油中含有大量的有害物質，這些有害物質將會為台灣帶來不健康的海域；根據 2019 年的研究台灣每年有 46000 噸的蛋殼廢棄物這些也將帶給台灣許多問題(**產發署，2019**)。為了解決此問題，我和老師一起想出一種蛋殼除油紙，既能使蛋殼廢棄物成為資源，又能去除海面有害的浮油。



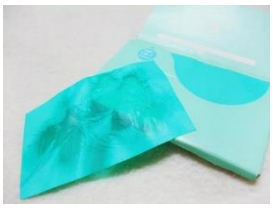
圖一 、 (圖片來源：Greenpeace 綠色和平，2021)

貳、研究目的

1. 鍛燒後的蛋殼吸油紙吸附率影響。
2. 聚乙烯醇添加量對於蛋殼碎片的孔隙影響。
3. 聚乙烯醇添加量對蛋殼孔隙大小的變化分析。
4. 蛋殼粉廚房紙巾的效能分析。
5. 不同聚乙烯醇蛋殼粉添加量對加上自製紙漿所做的吸油紙吸油量分析。
6. 自製吸油紙與市售吸油紙的吸油量差別。
7. 不同聚乙烯醇蛋殼粉添加量對廚房紙巾製紙漿所做的吸油紙吸油量分析。

參、研究設備及器材

一、研究藥品及器材(作者整理與編輯)

品名	紅外線石英管烤箱	廚房紙巾	解剖顯微鏡	電子秤
照片				
品名	蛋殼	聚乙烯醇	沙拉油	濾網
照片				
品名	複式顯微鏡	吹風機	吸油面紙	攪拌棒(打紙漿用)
照片				無

肆、研究過程或方法

一、重要名詞解釋

1.液態燒結作用：是指粉末處於高溫下(但是低於主要成分熔點)，因原子擴散效應使粉末中的顆粒與顆粒產生互相連結，導致粉末空隙變小，來達到緻密化的現象，能有效使坯體的密度提高。燒結可依過程中油無液態的產生分為固態燒結集液態燒結，本實驗採用的是液態燒結。進行液態燒結時，大部分實驗會加入第二相物質。當溫度加熱至第二相物質成分之熔點以上時，第二相物質會形成液態並促使顆粒重新排列，而使胚粉緊密結合。(涂可凡，2018)

2.乳頭狀層：位於蛋殼的最內層，與蛋殼膜相連。主要成分也是碳酸鈣，但結晶排列方式與海綿層不同，主要功能是提供蛋殼一個可以附著在蛋殼膜上的基底。

3.孔隙： 胚胎發育成長所呼吸的空氣，就是透過蛋殼上的小孔進入蛋內的。 因此，這些小孔又叫氣孔，是供空氣進出蛋殼的通道。

如下圖↓

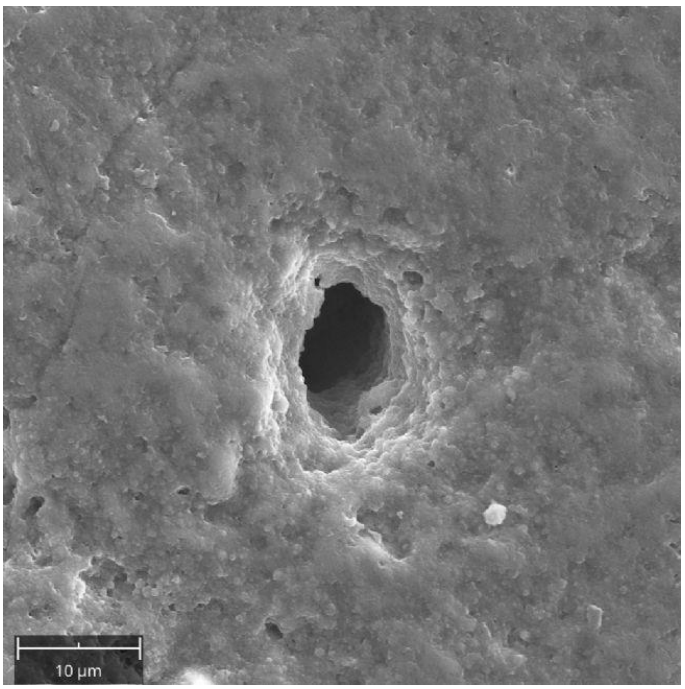


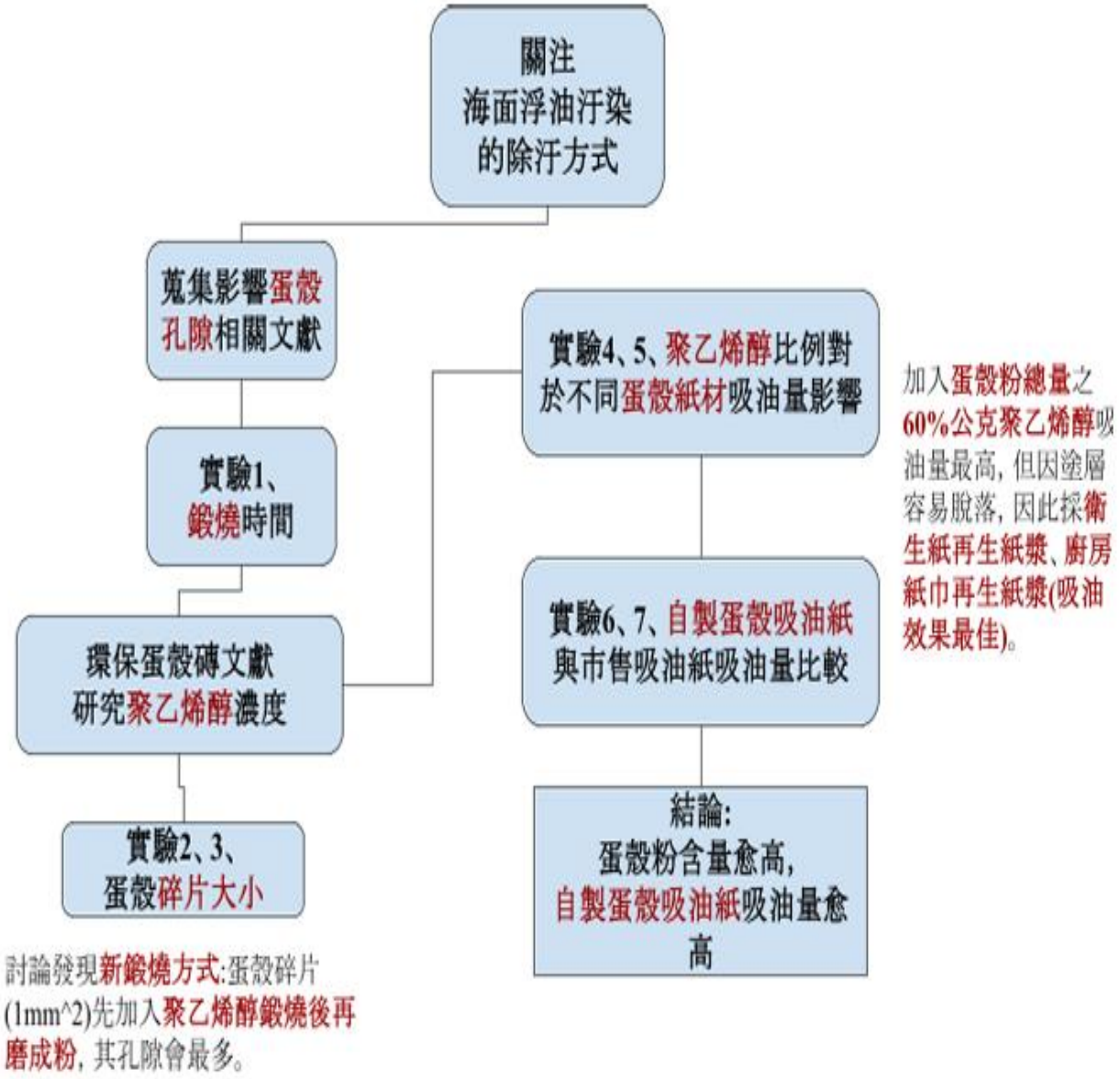
圖 4-1-1 電子顯微鏡下的蛋殼，來源：(分析測試百科網，2019)

4. 聚乙烯醇：本實驗使用的聚乙烯醇廠牌為雄獅，成份為水、聚乙烯醇，內容物比例為水：聚乙烯醇= 22：3。

5.二段式鍛燒：先用碎片鍛燒 250 度 100 分鐘，再加入聚乙烯醇混和後靜置 10 分鐘，在鍛燒 150 度 100 分鐘，最後磨粉。

二、實驗方法

（一）實驗流程圖



(圖片來源:作者繪製)

(二)實驗變因、變量架構圖

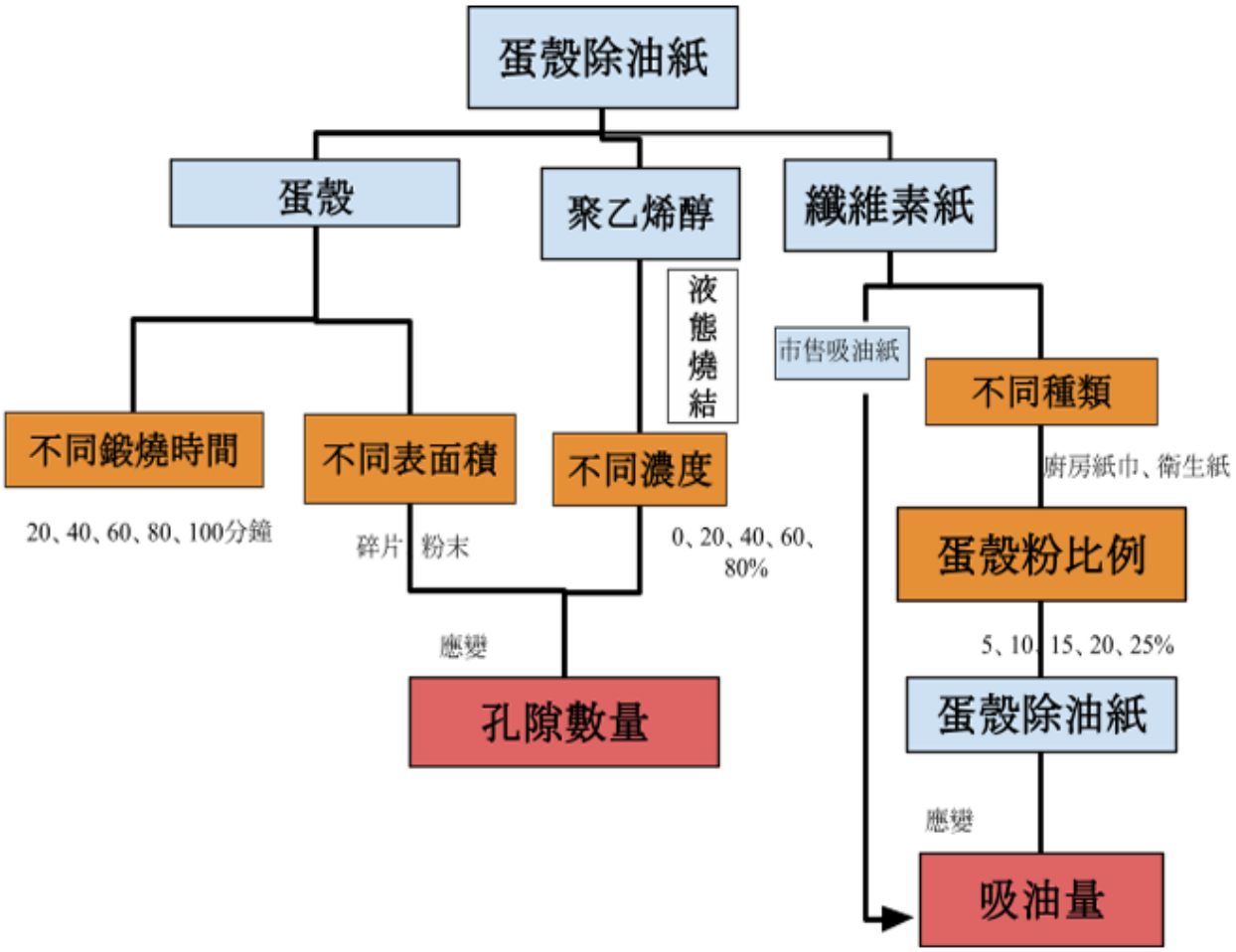


圖4-2-1 實驗變因、變量架構圖
(作者繪製) (橘框為操作變因
紅框為應變變因)

圖 4-2-1 實驗變因、變量架構圖
（作者繪製）（橘框為操作變因
紅框為應變變因）

(三)、研究步驟

實驗一：煅燒時間對蛋殼孔隙大小的影響

1.準備五份蛋殼，將其押成碎片，預熱烤箱 250 度 20min。
2.五份蛋殼放入烤箱，250 度 100min，計時器每 20min 拿出一份，直到拿完為止。
3.使用解剖顯微鏡，觀察時間(20~100 min)對於蛋殼孔隙的影響。
4.在 100 倍顯微鏡下，使用比例尺(6.5 公分=21mm，1 公分=3.23mm)，測量蛋殼孔隙在一公分之內有多少孔隙，孔隙大小。

實驗二：聚乙烯醇混合比例對平面蛋殼孔隙大小的影響

1.用水清洗蛋殼並預熱烤箱。
2.將蛋殼分成五份磨成片狀，加入其蛋殼重量之 0%、20%、40%、60%、80%。
3.鍛燒 250 度 100 分鐘。
4.用複式顯微鏡觀察及蛋殼的變化(大小、多寡)。

實驗三：聚乙烯醇混合比例對蛋殼粉孔隙大小的影響

1.用水清洗蛋殼並預熱烤箱。
2.將蛋殼分成五份磨成粉狀，加入其蛋殼重量之 0%、20%、40%、60%、80%。
3.鍛燒 250 度 100 分鐘。
4.用複式顯微鏡觀察及蛋殼的變化(大小、多寡)。

實驗四：聚乙烯醇混合比例對於蛋殼廚房紙巾的吸油量多寡影響

1.用水清洗蛋殼並預熱烤箱。。
2.將蛋殼分成五份磨成片狀，加入其蛋殼重量之 0%、20%、40%、60%、80%聚乙烯醇。
3.鍛燒 250 度 100 分鐘，其孔隙擴張。
4.磨成粉，依序塗上聚乙烯醇，用廚房紙巾包裹。
5.測吸油量(吸油後重量-吸油前重量)。

實驗五：聚乙烯醇蛋殼比例對於衛生紙再生紙漿的吸油量多寡影響

1.用水清洗蛋殼並預熱烤箱。
2.再蛋殼中加入其重量之 80%的聚乙烯醇分成五份磨成片狀。
3.二段式鍛燒，其孔隙擴張。
4.磨成粉。
5.取一燒杯，將 90 度熱水加入其中(400 毫升)，取衛生紙 70 公克張加入其中，將衛生紙軟化，攪成紙漿，分成五杯，加入其重量之 5% g、10% g、15% g、20% g、25% g。
6.烘乾。
7.測吸油量(吸油後重量-吸油前重量)。

實驗六：市售吸油面紙與蛋殼衛生紙再生紙的吸油量多寡比較

1.用水清洗蛋殼並預熱烤箱。

2.再蛋殼中加入其重量之 80%的聚乙烯醇。

3.鍛燒，其孔隙擴張。

4.磨成粉。

5.取一燒杯，將 90 度熱水加入其中(八分滿)，取衛生紙時張加入其中，將衛生紙軟化，攪成紙漿，分成五杯，加入其重量之 10%、15%、20%、25%、30%。

6.烘乾。

7.同市售吸油面紙與衛生紙，測吸油量(吸油後重量-吸油前重量)。

實驗七：聚乙烯醇蛋殼比例對於廚房紙巾再生紙漿的吸油量多寡影響

1.二段式鍛燒蛋殼。

2.打碎廚房紙巾做成紙漿。

3.調紙漿(水：蛋殼)：(20：1)，(10：1)，(20：3)，(10：2)，(20：5)。

4.抄紙。

5.測吸油量(吸油後重量-吸油前重量)。

伍、實驗結果與討論

(實驗照片皆由作者拍攝，流程圖皆為作者繪製)

實驗一、煅燒時間對蛋殼孔隙大小的影響

(能使用到的最佳鍛燒器具，為紅外線石英管烤箱，最高溫 250 度)

實驗假設：煅燒溫度越高，結構破壞造成孔隙越多直徑越小

操作變因： 鍛燒時間

控制變因：蛋殼種類、重量、研磨時間、鋁箔

應變變因：蛋殼粉末孔隙大小

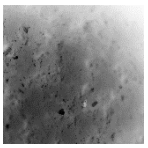
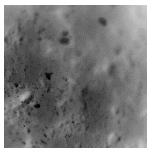
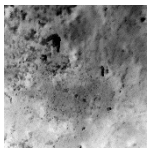
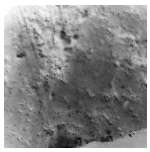
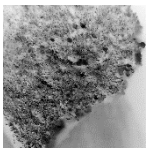
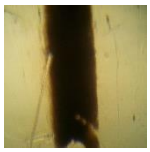
							
250 度 20 分鐘鍛燒後的蛋殼	250 度 40 分鐘鍛燒後的蛋殼	250 度 60 分鐘鍛燒後的蛋殼	250 度 80 分鐘鍛燒後的蛋殼	250 度 100 分鐘鍛燒後的蛋殼	40 倍的一毫米座標	100 倍的一毫米座標	蛋殼

圖 5-1-1(作者拍攝)

實驗結果：蛋殼孔隙數量實驗結果：蛋殼孔隙數量 100>80>60>40>20>0

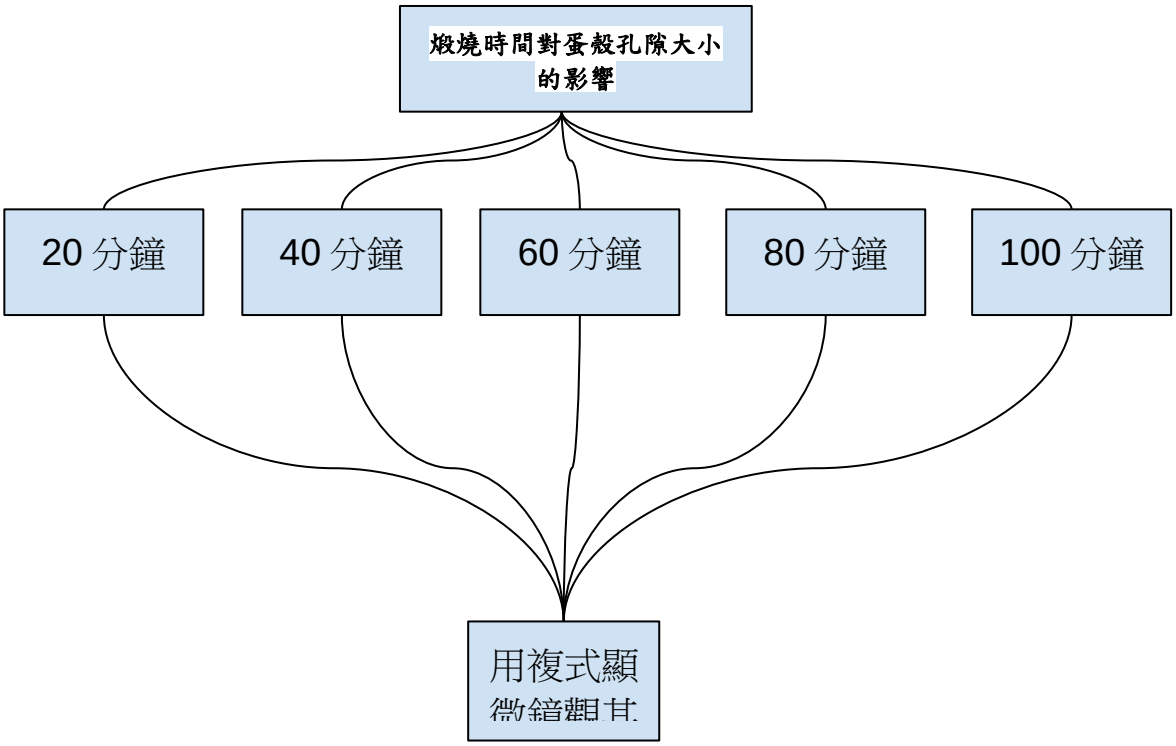


圖 5-1-2 實驗設計圖(作者繪製)

實驗結果

表 5-1-1 鍛燒時間對孔隙數量的影響（作者整理）

鍛燒時間（分鐘）	20	40	60	80	100
測試 1	13	16	15	16	21
測試 2	10	10	16	16	18
測試 3	13	13	14	13	21
平均孔隙數量（個）	12	13	15	15	20

圖5-1-3鍛燒時間對孔隙數量的影響

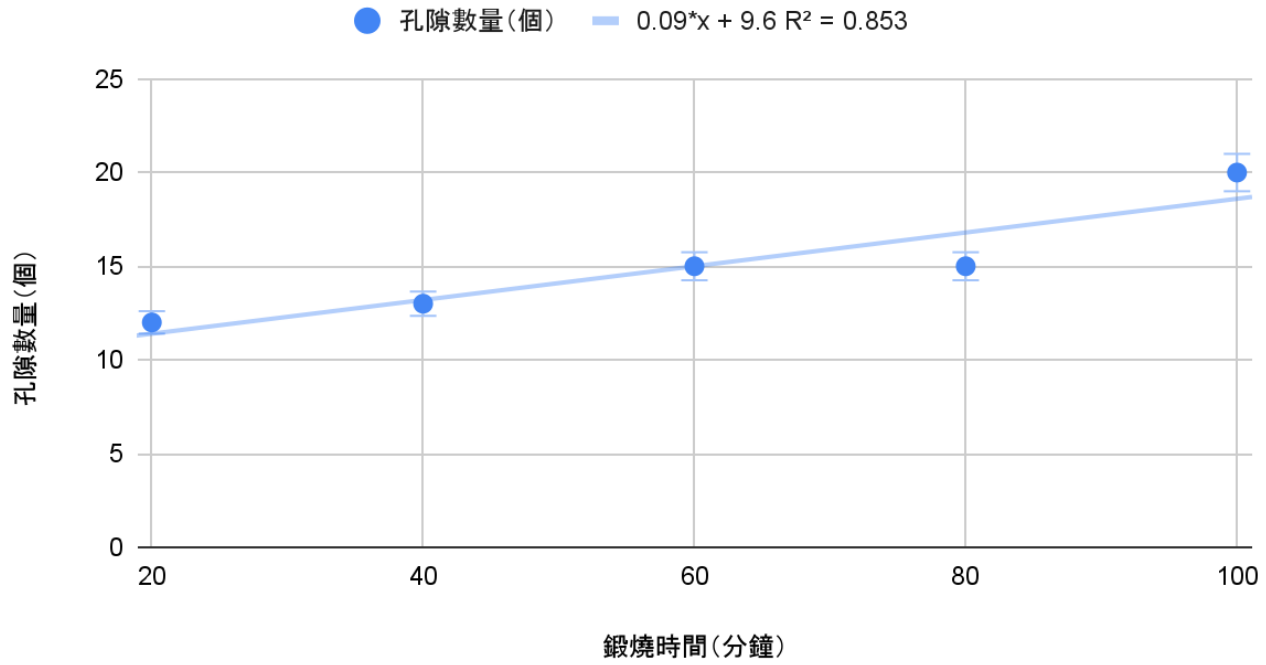


圖 5-1-3 鍛燒時間對孔隙數量的影響(作者繪圖)

WHAT：本實驗的鍛燒溫度遠超過蛋殼結構能承受的溫度範圍，碳酸鈣晶體結構會發生分解，導致孔隙結構被破壞、被強制擴大。

WHY：蛋殼表面會有熱膨脹作用，蛋殼會熱漲冷縮，使微孔隙被擴大。

HOW：使用 250 度 c，100 分鐘鍛燒，能擴大蛋殼孔隙。

實驗二、聚乙烯醇混合比例對平面蛋殼孔隙大小的影響。

假設：聚乙烯醇混合比例越高，聚乙烯醇滲入蛋殼孔隙後膨脹破壞結構造成的孔隙越多

操作變因：聚乙烯醇混合比例

控制變因：蛋殼種類、重量、研磨時間、鋁箔、煅燒時間(100 分鐘)

應變變因：蛋殼粉末孔隙數量

實驗結果(在 100 倍顯微鏡下 6.5 公分=21mm，1 公分=3.23mm，此表格我採用一條 3.23mm 長的直線作為我的比例尺)：

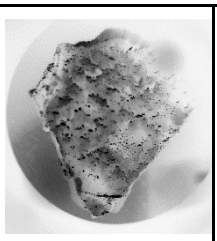
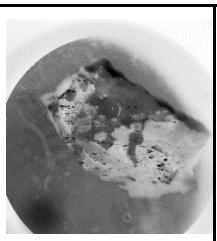
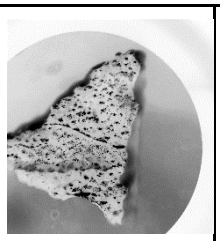
					
混合聚乙烯醇 0% 250 度 100 分鐘	混合聚乙烯醇 20% 250 度 100 分鐘	混合聚乙烯醇 40% 250 度 100 分鐘	混合聚乙烯醇 60% 250 度 100 分鐘	混合聚乙烯醇 80% 250 度 100 分鐘	蛋殼

圖 5-2-1 聚乙烯醇混合比例對煅燒平面蛋殼孔隙變化的影響(作者拍攝)

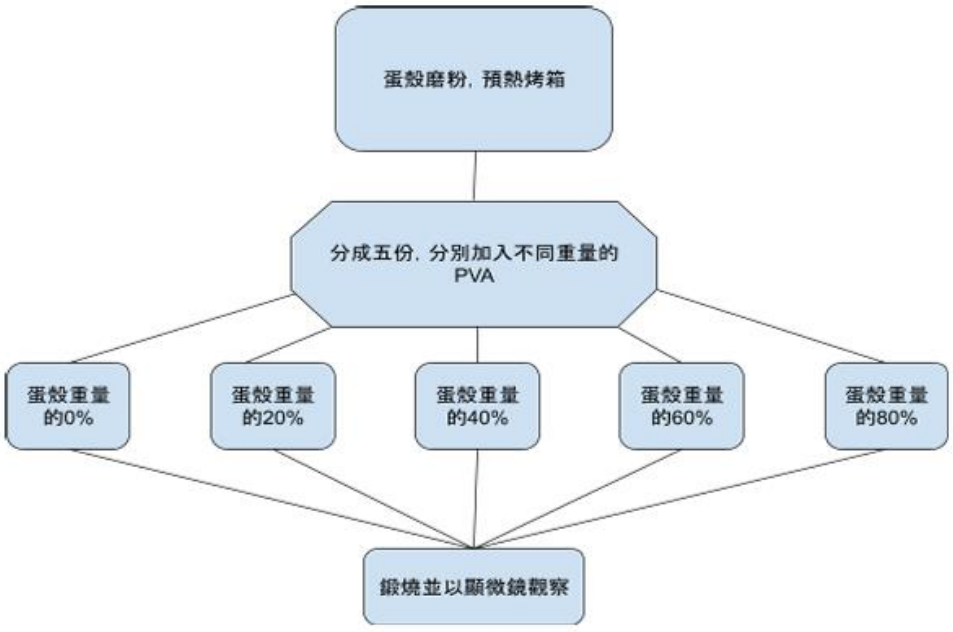


圖 5-2-2 流程圖（作者繪圖）

實驗結果

表 5-2-1 聚乙烯醇添加量對孔隙多寡的影響（作者整理）

聚乙烯醇添加比例(%)	0	20	40	60	80
數量 1	20	24	26	29	35
數量 2	19	22	27	28	38
數量 3	23	27	28	31	35
孔隙多寡(個)	19	30	38	33	36

註：%為聚乙烯醇與蛋殼的質量比，20%為 0.2 克聚乙烯醇對 1.0 克蛋殼

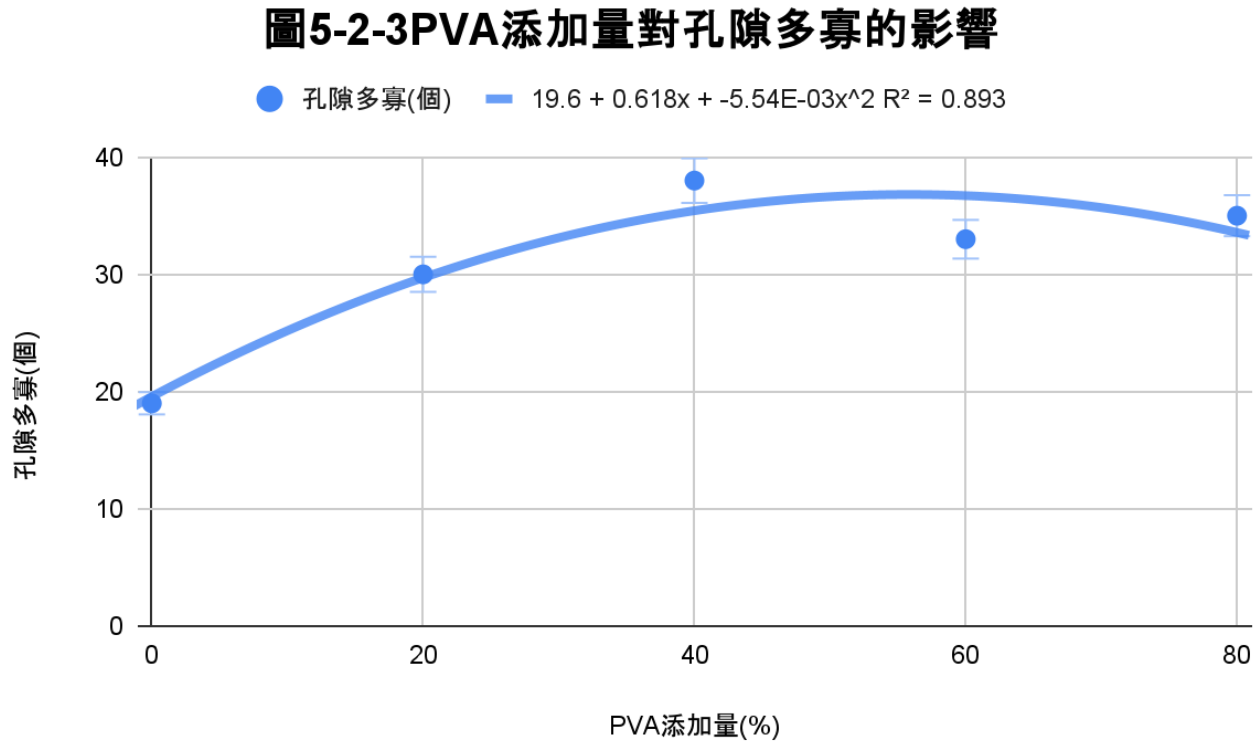


圖 5-2-3 PVA 添加量對孔隙多寡的影響(作者繪圖)

WHAT：加入聚乙烯醇增加蛋殼孔隙的數量為單位面積 19 個-33 個，相較實驗一沒有加入聚乙稀醇的情況下鍛燒只有 12-20 個孔隙，能大幅增加孔隙數量。

WHY：聚乙烯醇利用擴散作用進入蛋殼，破壞碳酸鈣結晶，使孔隙被強制擴大。

HOW：以鍛燒蛋殼狀態下做比較，加入聚乙稀醇共鍛燒的情況下，能造成蛋殼孔隙數量變多約 1.5 倍，代表聚乙稀醇液態燒結能有效擴洞增加表面積，但在製造吸油紙的過程中比較適合使用粉末狀，所以以下用蛋殼粉測試。

實驗三、聚乙烯醇混合比例對蛋殼粉孔隙大小的影響

假設：聚乙烯醇混合比例越高，聚乙烯醇滲入蛋殼粉孔隙後膨脹破壞結構造成的孔隙越多

操作變因：聚乙烯醇混合比例

控制變因：蛋殼種類、蛋殼粉重量、研磨時間、鋁箔、煅燒時間(100 分鐘)

應變變因：蛋殼粉末變黑數量

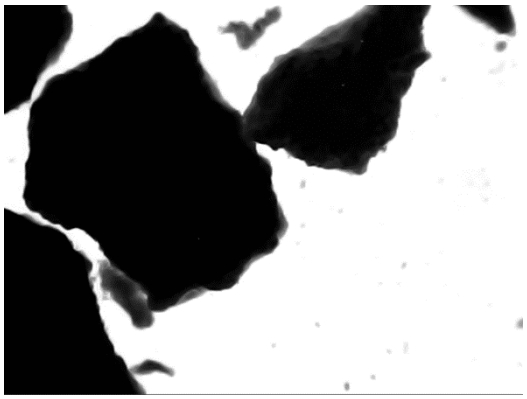
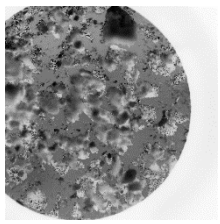
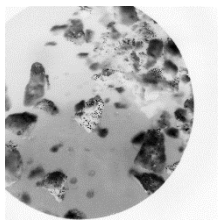
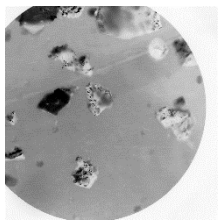
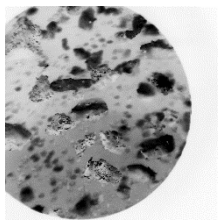
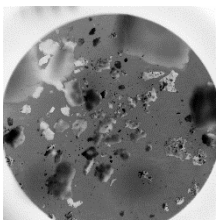


圖 5-3-1 蛋殼粉未鍛燒的對照組照片(作者拍攝)

實驗照片(圖 5-3-2 聚乙烯醇混合比例對煅燒蛋殼粉的影響)(作者拍攝)：

				
混合聚乙烯醇 0% 250 度 100 分鐘	混合聚乙烯醇 20% 250 度 100 分鐘	混合聚乙烯醇 40% 250 度 100 分鐘	混合聚乙烯醇 60% 250 度 100 分鐘	混合聚乙烯醇 80% 250 度 100 分鐘

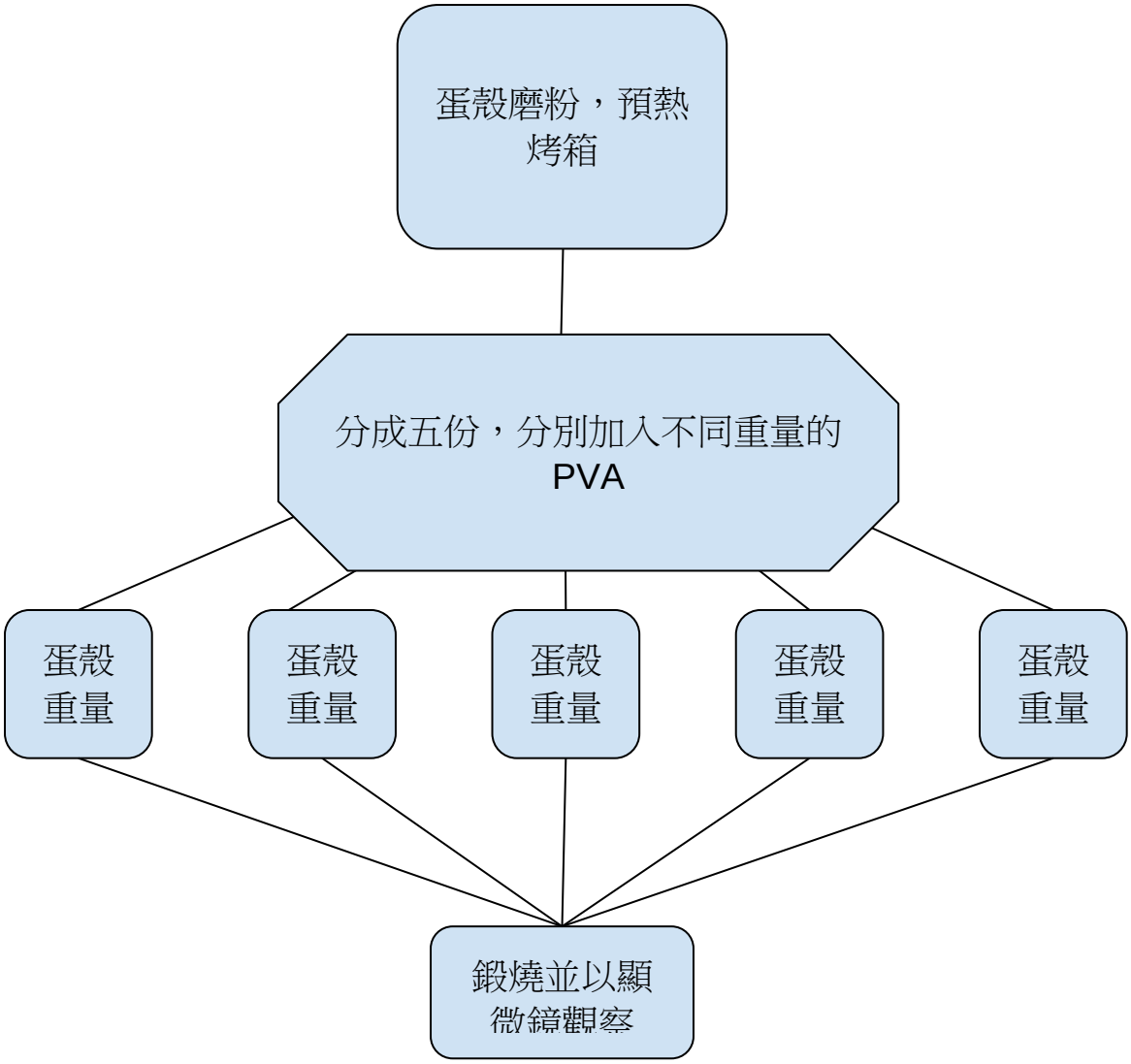


圖 5-3-3 流程圖（作者繪製）

實驗結果

表 5-3-1 聚乙烯醇添加量對蛋殼粉孔隙數的影響(作者整理)

聚乙烯醇添加量(%)	0	20	40	60	80
測試 1	20	30	37	34	35
測試 2	17	27	40	35	36
測試 3	20	24	26	29	36
蛋殼粉材料平均孔隙數(個)	19	30	38	33	35

圖5-3-1 聚乙烯醇添加量對蛋殼孔隙數的影響

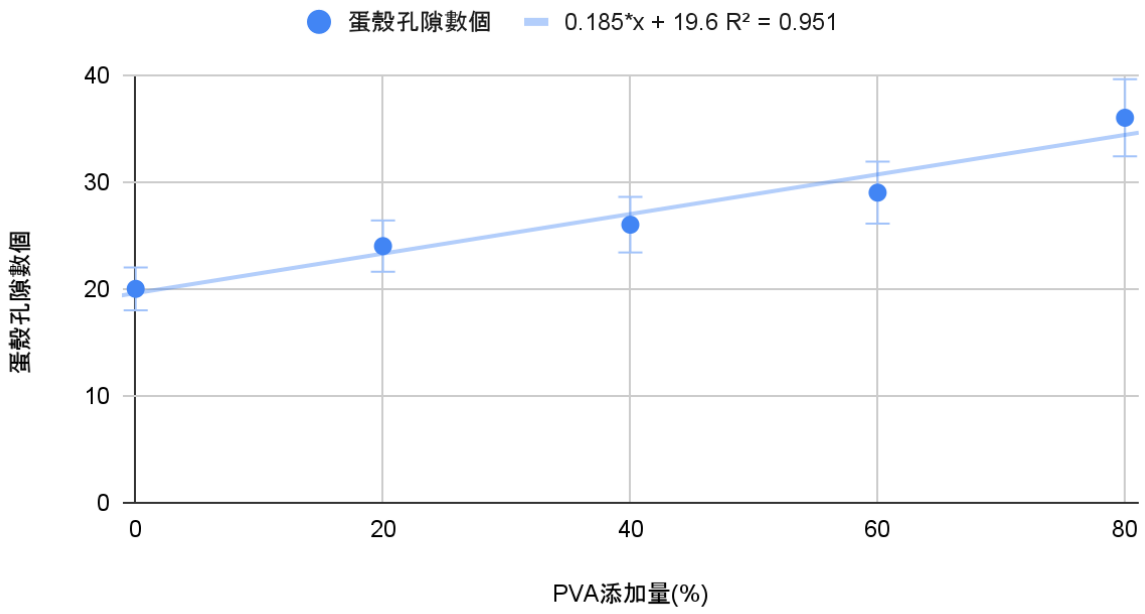


圖 5-3-2 聚乙烯醇添加量對蛋殼孔隙數的影響(作者整理)

WHAT：在蛋殼粉的情況下，聚乙稀醇的濃度越高，孔隙越多，單位面積內為 24-36 個，與實驗二數據大約相同至略低。

WHY：當加熱到一定溫度，聚乙烯醇會產生其體並轉換成其他物質，這些物質會協助擴大孔隙。採用粉狀蛋殼。實驗過程發現，粉狀時聚乙烯醇滲入蛋殼粉的速度減弱，故滲透時間需要拉長，才能使得聚乙稀醇的量浸入蛋殼，由實驗數據推測聚乙稀滲入蛋殼粉的效果可能略差，所以應先將蛋殼片高溫鍛燒破壞晶格後再加以磨粉。

HOW：應採用一種新的方法：先鍛燒平面蛋殼使聚乙烯醇滲入，再磨成粉。

實驗四、利用不同比例聚乙烯醇混合對於[蛋殼片鍛燒後磨成粉]加上廚房紙巾的吸油量多寡影響

假設：聚乙烯醇多寡與蛋殼片吸油紙吸油量成正比
操作變因：聚乙烯醇混合比例
控制變因：蛋殼種類、蛋殼粉重量、研磨時間、鋁箔、靜置時間、煅燒時間、吸油紙面積
應變變因：蛋殼粉吸油紙的吸油量
照片：圖 5-4-1 廚房紙巾吸油紙
(由左而右分別為 0、20、40、60、80% 聚乙烯醇)(作者拍攝)



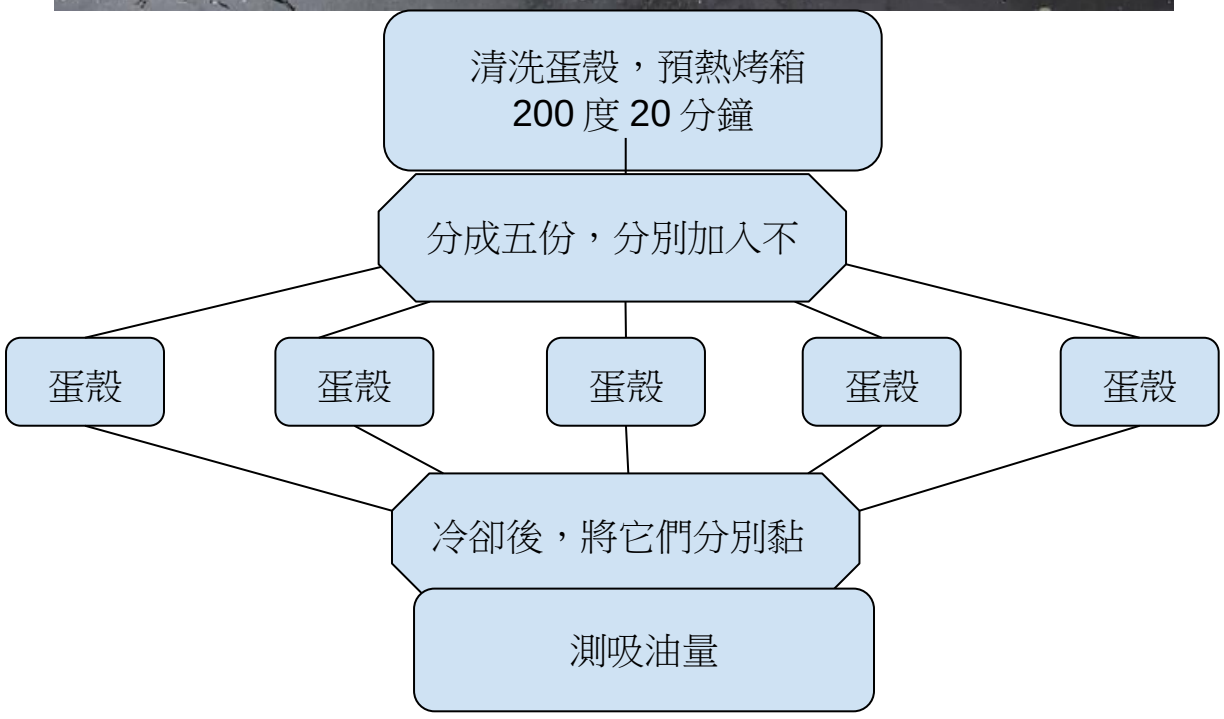


圖 5-4-2 流程圖(作者繪製)

實驗結果

表 5-4-1 聚乙烯醇含量對吸油前和吸油後吸油量的影響(作者整理)

聚乙烯醇含量(%)	0	20	40	60	80
吸油前(gw)	5.9	5.7	6.8	8.3	7.9
吸油完烘乾後(gw)	6.8	7.5	8.7	10.6	9.1
吸油量(gw)	1.9	1.8	1.9	2.3	1.2

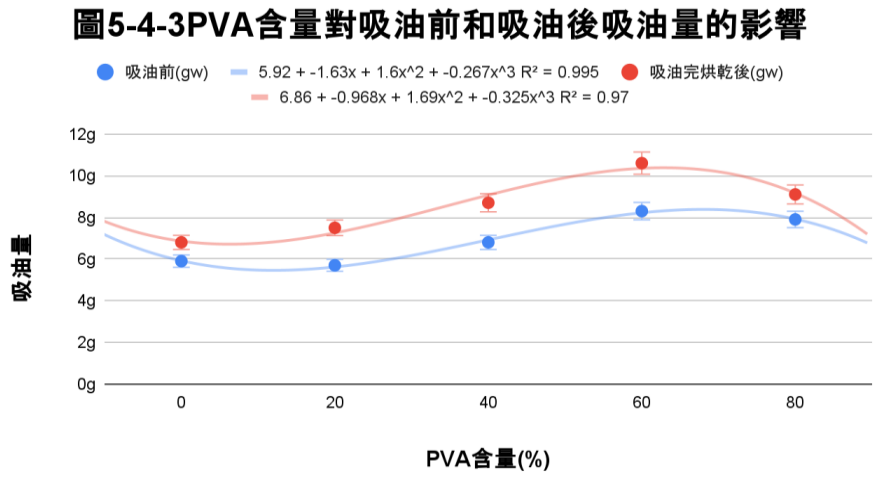


圖 5-4-3 含量對吸油前和吸油後吸油亮的影響(作者整理)

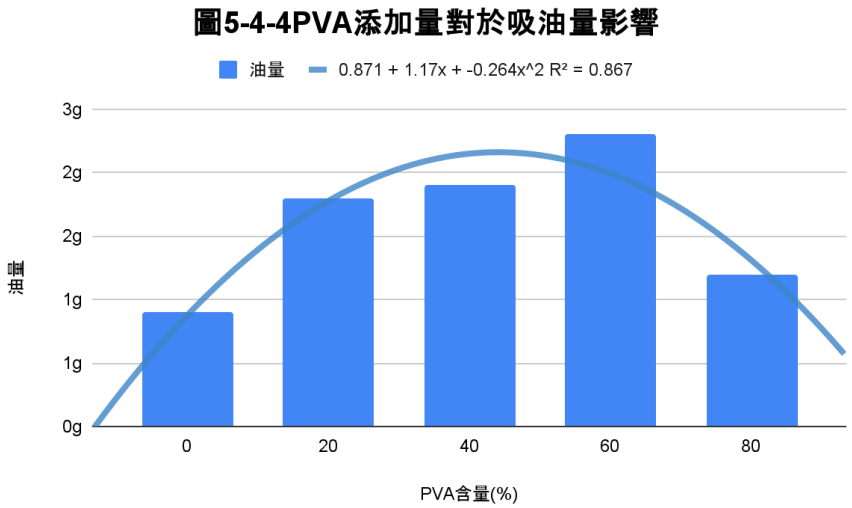


圖 5-4-4 PVA 添加量對於吸油量影響(作者整理)

WHAT：20%時孔隙太小，使油質無法有效附著在吸油紙上；80%孔隙太大，雖然一開始吸油吸很多，但吸的水也很多。因此，60%的吸油量更好(2.3 公克)。

WHY：鍛燒後的蛋殼具有多孔結構，可有效吸附油質；聚乙稀醇(聚乙烯醇)一同鍛燒可以協助擴大蛋殼粉的孔隙；紙材本身具有毛細現象與纖維間的微細空隙，可進一步吸附並導引油質，提升整體吸油效果與油質分布範圍。

HOW：由 80%聚乙烯醇與 60%聚乙稀醇吸油量比較發現，我發現 80%的蛋殼孔隙太大，可能吸進去的水較多，油較少，所以烘乾後，由於水量減少較多，所以增加的重量較小。

實驗五、聚乙烯醇蛋殼比例對於衛生紙再生紙漿的吸油量多寡影響

假設：聚乙烯醇蛋殼粉混和比例對於吸油量成正比
操作變因：聚乙烯醇蛋殼粉混合比例
控制變因：蛋殼種類、蛋殼粉重量、研磨時間、鋁箔、靜置時間、煅燒時間(100分鐘)、紙漿濃度、再生紙厚度、吸油紙面積
應變變因：蛋殼粉吸油紙的吸油量
*.二段式鍛燒：在實驗中我發現聚乙烯醇經高溫鍛燒會起火，因此我決定先鍛燒蛋殼碎片 250 度 100 分鐘，再加入相對比例聚乙烯醇混和、鍛燒 150 度 100 分鐘。

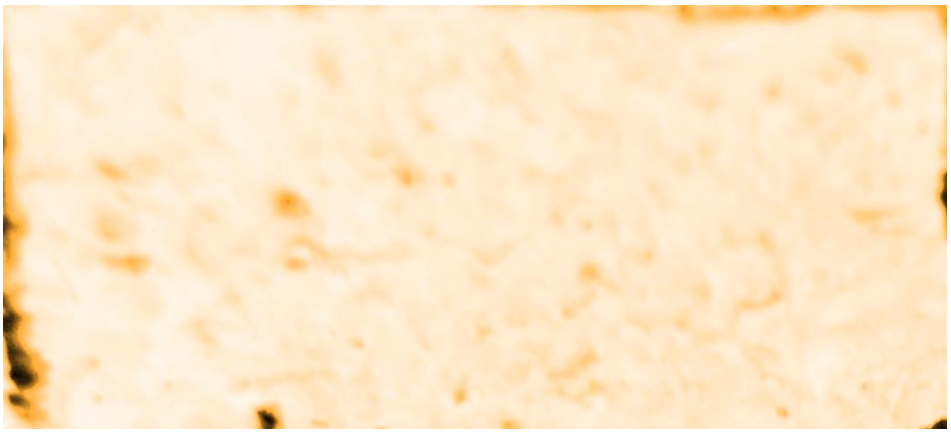


圖 5-5-1 衛生紙再生紙漿製吸油紙(作者拍攝)

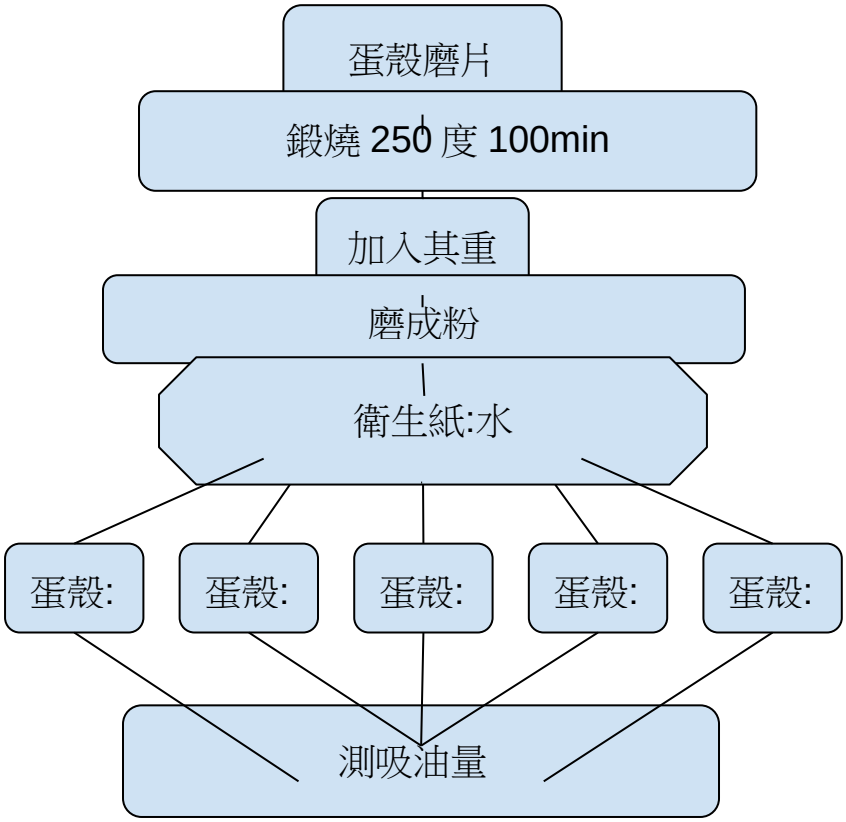


圖 5-5-2 流程圖(作者繪製)

實驗結果

表 5-5-1 聚乙烯醇蛋殼的比例對於衛生紙再生紙的吸油量影響(作者實驗)

蛋殼粉比例	5%	10%	15%	20%	25%
吸油前(gw)	6.3	6.6	6.7	6.7	7
吸油後(gw)	7.2	7.8	8.6	8.9	9.4
吸油量(gw)	0.9	1.2	1.9	2.2	2.4

圖5-5-3 聚乙烯醇蛋殼比例對於衛生紙再生紙漿的吸油量多寡影響

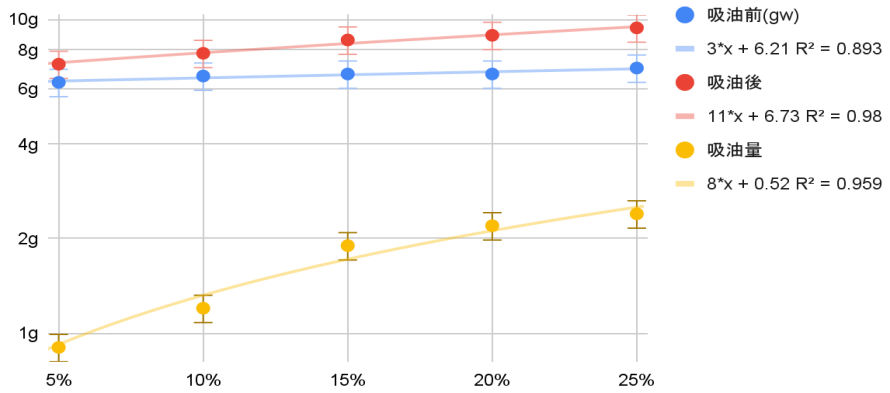


圖 5-5-3 聚乙烯醇蛋殼比例對於衛生紙再生紙漿的吸油量多寡(作者整理)

圖5-5-4 聚乙烯醇蛋殼比例對於衛生紙再生紙漿的吸油量多寡影響

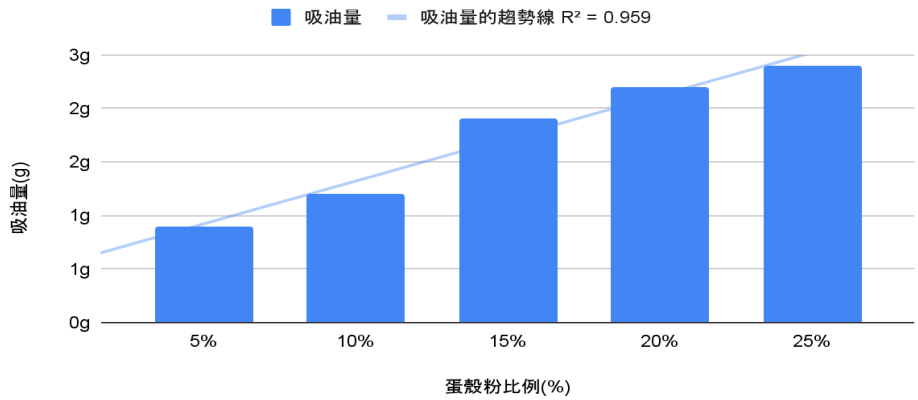


圖 5-5-3 聚乙烯醇蛋殼比例對於衛生紙再生紙漿的吸油量多寡(作者整理)

WHAT：蛋殼孔隙越大，再生紙的吸力越大，再加上蛋殼分布平均，使得吸油量更大。

WHY：將蛋殼打碎成小塊後，其表面積大大增加，提高了與油質接觸的面積，從而增強吸油效果。

HOW：希望能與市售吸油紙進行對比，比找出更有韌性、吸油能力更強的紙材做為基底，以致做出更高效能的吸油紙。

實驗六、市售吸油面紙與自製吸油紙的吸油量多寡比較

假設：自製吸油紙吸油量較市售的多

操作變因：吸油紙來源

控制變因：蛋殼種類、蛋殼粉重量、研磨時間、鋁箔、靜置時間、煅燒時間(100分鐘)、紙漿濃度、再生紙厚度、吸油紙面積(10cm2)

應變變因：吸油量差異

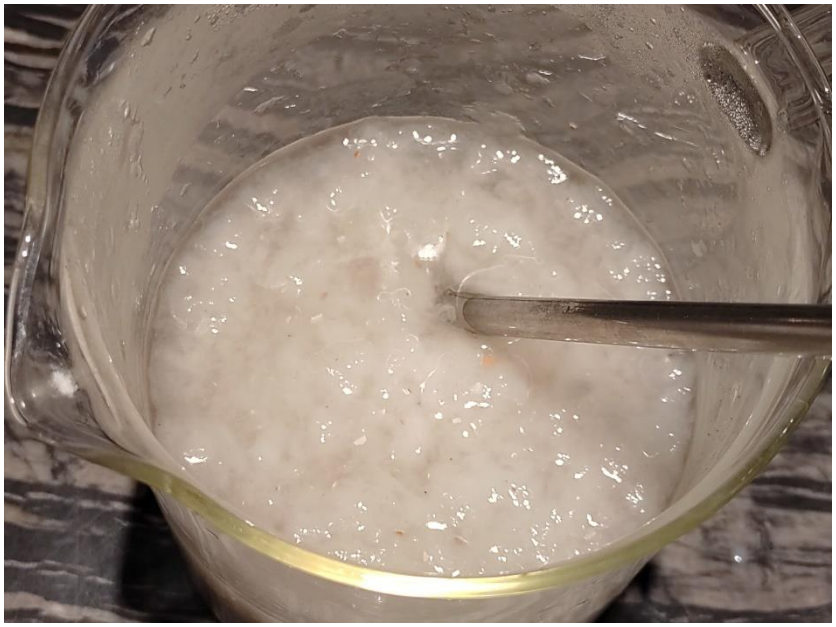


圖 5-6-1 自製紙漿（作者拍攝與製作）

圖 5-6-2 流程圖(作者繪製)

實驗結果（作者實驗整理）

吸油紙	衛生紙	自製蛋殼粉吸油紙 （衛生紙底）	市售廚房紙巾吸油量
吸油量 gw)	7.9	10.8	11.3

表 5-6-1 市售吸油面紙與自製吸油紙的吸油量多寡比較

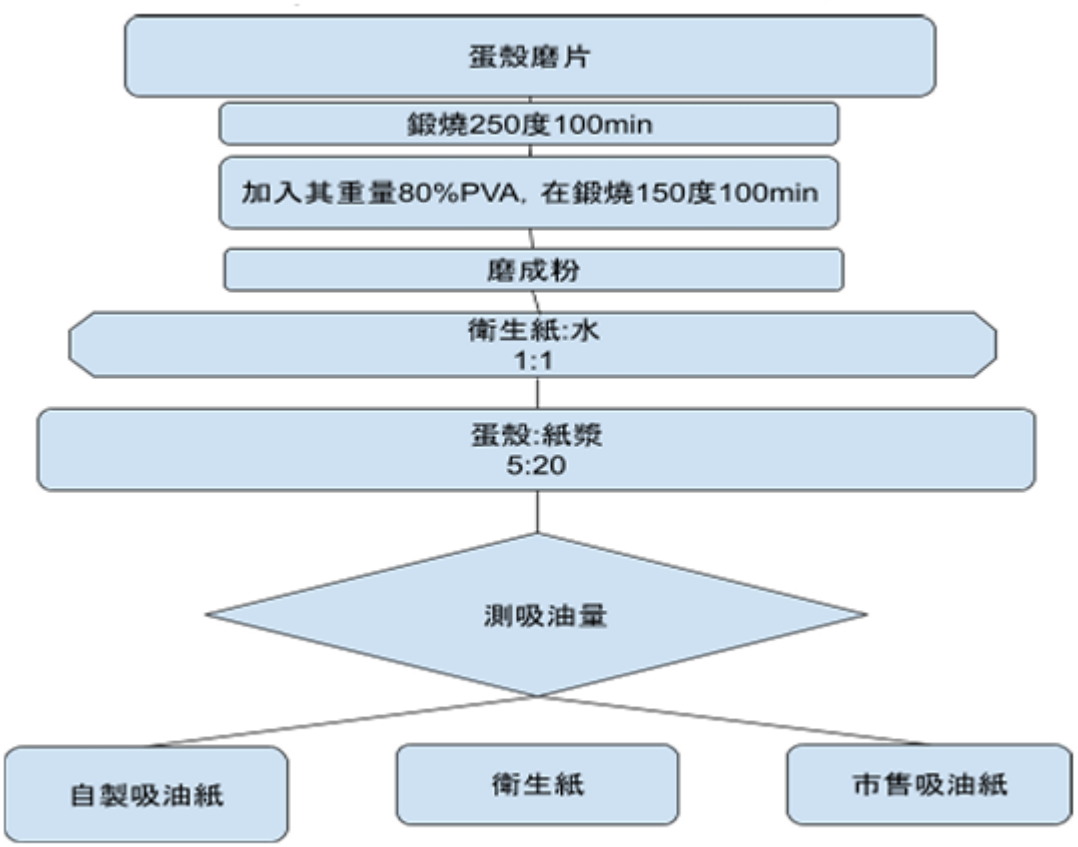


圖5-6-2流程圖(作者繪製)

圖5-6-3市售吸油面紙與自製吸油紙的吸油量多寡比較

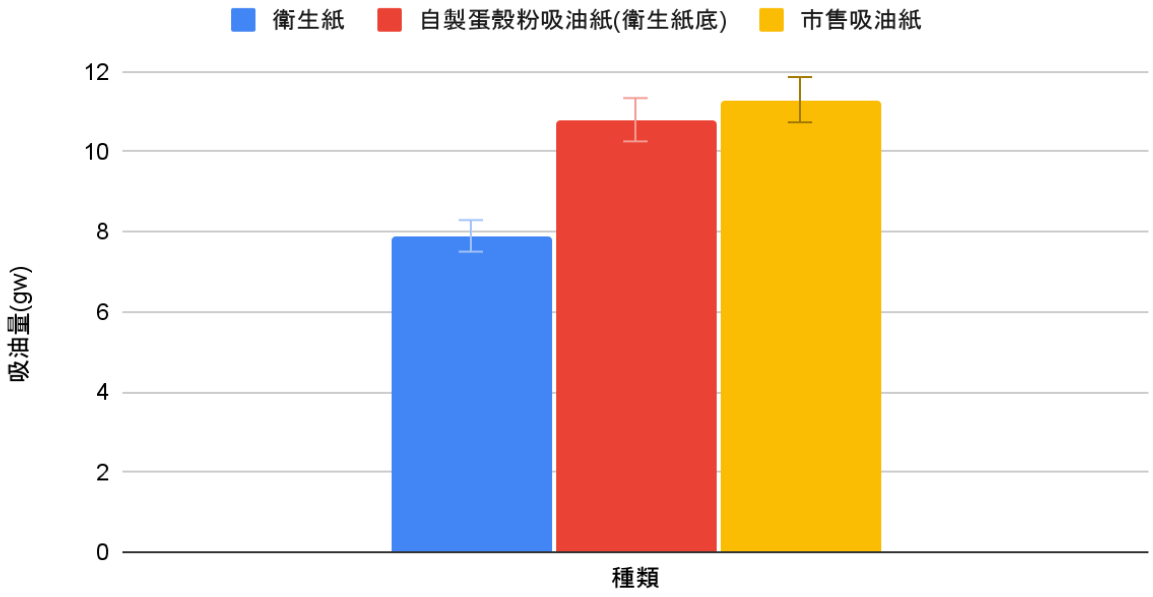


圖 5-6-3 市售吸油面紙與自製吸油紙的吸油量多寡比較(作整整理)

WHAT：市售吸油面紙吸油較穩定，自製的吸油紙並沒有持續保持良好吸油量。

WHY：因為蛋殼鍛燒時孔隙分布不均，以及蛋殼碎片及粉末太厚了，應該要將每片蛋殼削薄，並且讓他更均勻，增加他的吸油表面積。

HOW：因為蛋殼用衛生紙當紙材的吸油量比市售廚房吸油紙來的低，所以希望用廚房紙巾為再生紙的紙源，將蛋殼粉嵌入質材，製作蛋殼吸油紙，進行測試。

實驗七： 不同的聚乙烯醇蛋殼比例添加的廚房紙巾再生紙對吸油量的影響

假設：聚乙烯醇蛋殼粉混和比例對於吸油量成正比
操作變因：聚乙烯醇蛋殼粉混合比例
控制變因：蛋殼種類、蛋殼粉重量、研磨時間、鋁箔、靜置時間、煅燒時間(100分鐘)、紙漿濃度、再生紙厚度、吸油紙面積
應變變因：蛋殼粉吸油紙的吸油量
實驗圖片

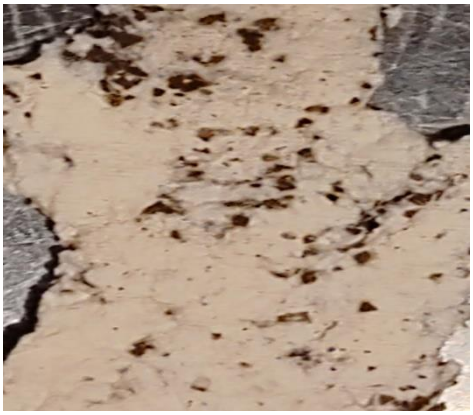


圖 5-7-1 廚房紙巾做紙材製成的蛋殼吸油紙(作者實驗拍攝)

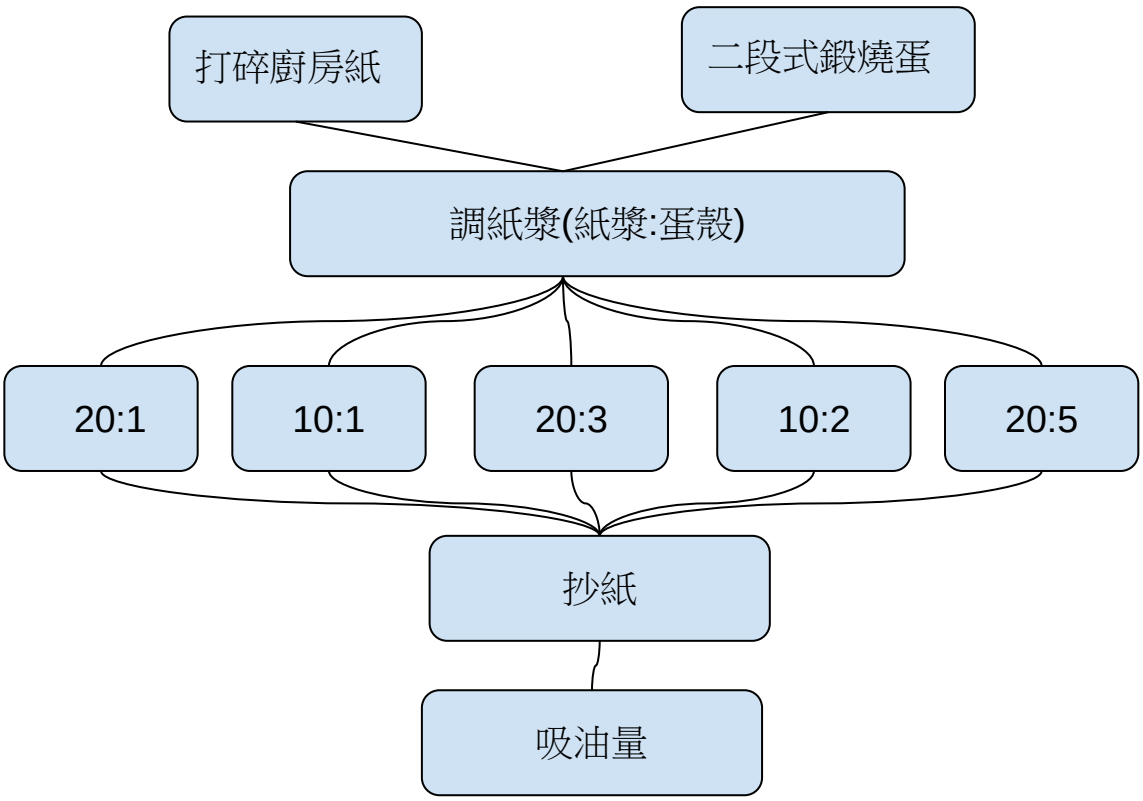


圖 5-7-2 流程圖(作者繪製)

實驗結果（作者實驗整理）

蛋殼重量(g)	5	10	15	20	25
吸油前(gw)	105	111	114	119	126
吸油後(gw)	117	125.3	128.8	135	143.5
吸油量(gw)	12	14.3	14.8	16	17.5

表 5-7-1 不同的聚乙烯醇蛋殼比例添加的廚房紙巾再生紙對吸油量的影響

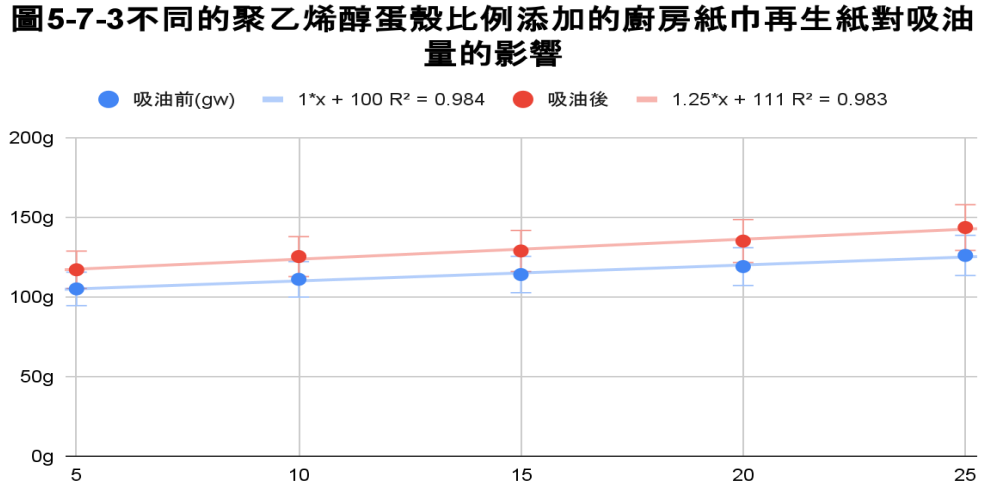


圖 5-7-3 不同的聚乙烯醇蛋殼比例添加的廚房紙巾再生紙對吸油量的影響(作者整理)

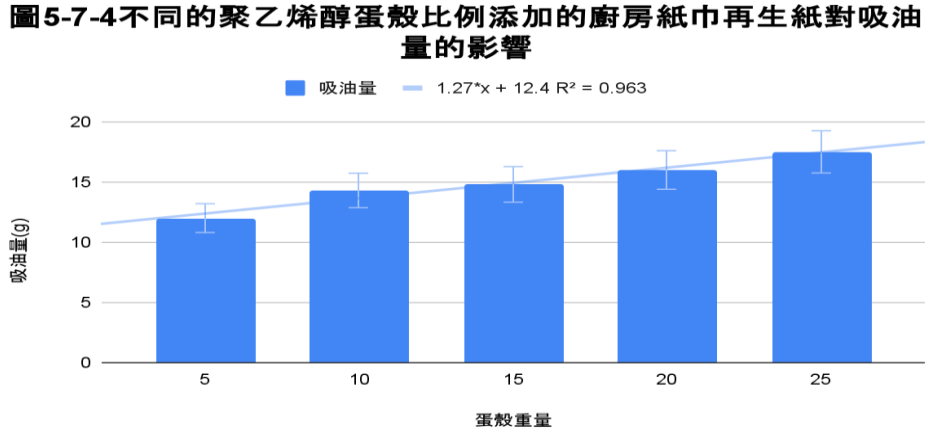


圖 5-7-4 不同的聚乙烯醇蛋殼比較添加的廚房紙巾再生紙對吸油量的影響(作者整理)

what：當紙材換成廚房紙巾後，吸油量大幅提升。

why：廚房紙巾的纖維比衛生紙長，且廚房紙巾的纖維較為扎實，再加上使用更精密的器具打碎蛋殼，纖維分布較平均，使實驗七的吸油量比實驗五好。

How：未來希望能測量油的揮發量，與吸油紙的特性，逐步優化此吸油紙。

陸、研究結論

一、本研究成果如下：

(一)、 鍛燒時間對孔隙數量的影響，因為蛋殼經高溫鍛燒時間較久，孔隙較大。而且高溫會破壞蛋白薄膜需要時間，破壞其結晶使其孔隙變；另外，蛋殼中的蛋白質和其他有機成分在這種高溫下會迅速碳化，導致蛋殼表面變黑或變褐色。

未來，希望能增加一項泡水使蛋白質薄膜與半殼分離的步驟，使生產更加快速。

(二)、利用聚乙烯醇擴大蛋殼孔隙，聚乙烯醇利用擴散作用進入蛋殼，破壞碳酸鈣結晶。但蛋殼平面的孔隙數量較蛋殼粉狀的孔隙數量多，但在製造吸油紙的過程中比較適合使用粉末狀，測量時也比較準。

未來，希望能透過特殊儀器更精確地觀測到孔隙晶聚乙烯醇滲入後的變化。

(三)、此實驗採用粉狀蛋殼。因為聚乙烯醇滲入速度減弱，故將靜置時間拉長；考慮製作吸油紙時會將蛋殼粉漿如紙漿，，因此採用先鍛燒再磨粉的方法。粉狀蛋殼在製作吸油紙時，更容易均勻，因為以上關係，之後的實驗應採用一種新的方法：先鍛燒平面蛋殼使聚乙烯醇滲入，再磨成粉。未來，希望能選擇最優良的方式，繼續研究。

(四)、聚乙烯醇在 20%時孔隙太小，使油質無法有效附著在吸油紙上；80%孔隙太大，雖然一開始吸油吸很多，但吸的水也很多。因此，40、60%的吸油量更好。水很容易在吸油過程中進入吸油紙而無法達成有效吸油的目的。未來，希望能改良這個實驗，使其成為另一項成本低，效能又高。

(五)、蛋殼孔隙越大，再生紙的吸力越大，再加上蛋殼分布平均，使得吸油量更大。將蛋殼打碎成小塊後，其表面積大大增加，能提高與油質 h 接觸的面積，從而增強吸油效果。未來，希望能改良紙漿材質，使吸油量提高。

(六)、市售吸油面紙吸油較穩定，自製的吸油紙並沒有持續保持良好吸油量。因為蛋殼鍛燒時孔隙分布不均，因此造成了吸油面積不穩定。未來，希望能使用更好的儀器繼續改良，使孔隙分布更加均勻，也希望能改良紙漿品質，使吸油面積變多。

(七)、當紙材換成廚房紙巾後，吸油量大幅提升，這是因為廚房紙巾的纖維比衛生紙長，且廚房紙巾的纖維較為扎實，再加上使用精密的器具打碎蛋殼，纖維分布較為平均，再加上適量(紙漿重量 25%公克的聚乙烯醇蛋殼)使實驗七的吸油效果更好。未來，希望能測量油的揮發量，與吸油紙的特性，逐步優化此吸油紙。

二 總結，本研究成果如下：

(一)、聚乙烯醇對蛋殼的影響

1、破壞蛋殼結晶 。

2、擴張蛋殼孔隙。

(二)、聚乙烯醇蛋殼粉對吸油紙的改良

1、吸油量增加。

2、材料易取得，生產快速。

(三)、液態燒結蛋殼有效擴洞的方式

1、高溫鍛燒會使聚乙烯醇產生乙醛、乙醇等有機小分子。

2、二段式鍛燒：先用碎片鍛燒 250 度 100 分鐘，再加入聚乙烯醇混和後靜置 10 分鐘，在鍛燒 150 度 100 分鐘，最後磨粉。

三、紙漿與廚房紙巾的差別

1、若利用廚房紙巾製作，成本高，效果較高。

2、若利用自製紙漿製作吸油紙，吸油面積較均循且效果較好。

四、市售吸油面紙與自製吸油紙的差別

1、使用自製吸油紙金錢上的成本較低，但相對來說需花的時間較多。

2、自製吸油面紙每 10 平方公分，大約比市售吸油紙多吸 0.03 公克。

五、不同吸油紙吸油量

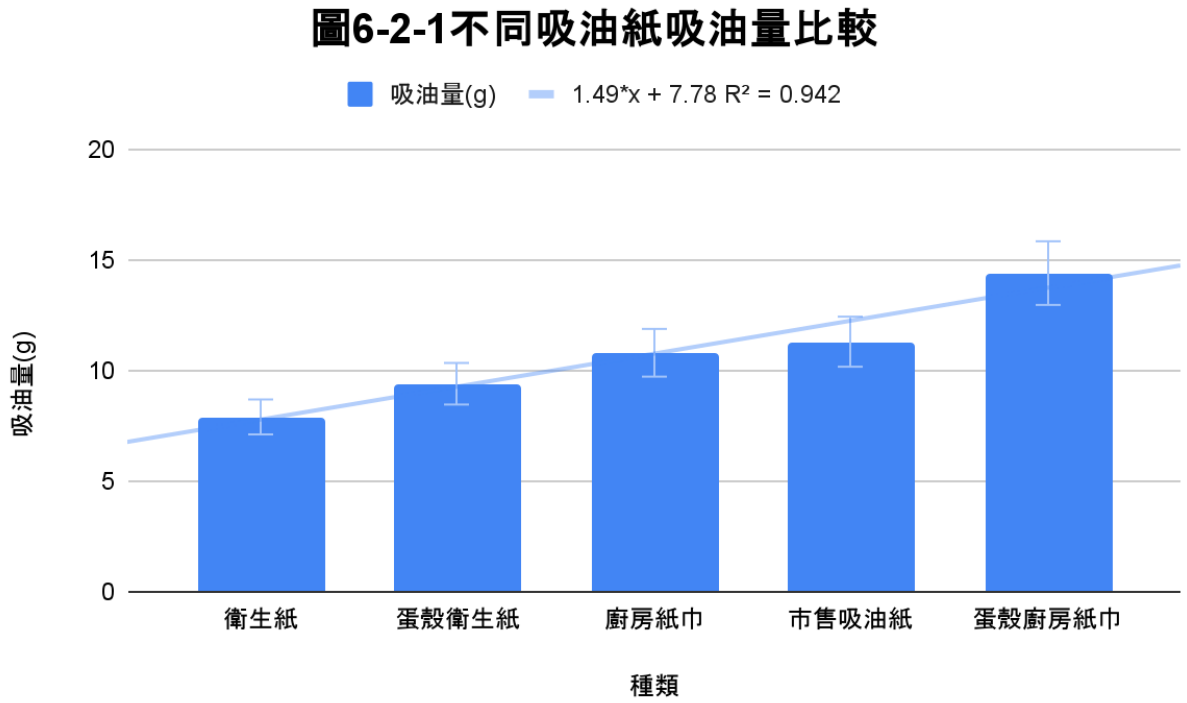


圖 6-2-1 不同吸油紙吸油量比較(作者繪製)

柒、參考資料及其他

1.Greenpeace 綠色和平(2021) 模里西斯漏油事故一年後，綠色和平與公眾促成當地環保轉捩點，綠色和平海洋專題報導 。202241020 節錄自：
https：
//www.greenpeace.org/taiwan/update/27054/%E6%A8%A1%E9%87%8C%E8%A5%BF%E6%96%AF%E6%BC%8F%E6%B2%B9%E4%BA%8B%E6%95%85%E4%B8%80%E5%B9%B4%E5%BE%8C%EF%BC%8C%E7%B6%A0%E8%89%B2%E5%92%8C%E5%B9%B3%E8%88%87%E5%85%AC%E7%9C%BE%E4%BF%83%E6%88%90%E7%95%B6/

2.馬秉逸;容丞佑;許博策;李孟珊(2019)名偵探「蚵」南 ~以牡蠣殼作為環保材料之研究，中華民國第 59 屆中小學科展作品說明書。202241020 節錄自：https：
//www.ntsec.edu.tw/science/detail.aspx?a=21&cat=15733&sid=16109&print=1

3.涂可凡 (2018)調皮搗「蛋」—蛋殼環保人造磚，第十七屆旺宏科學獎成果報告書。
202241020 節錄自： https：//www.mxeduc.org.tw/scienceaward/his

tory/projectDoc/17th/doc/SA17-294_final.pdf

4.楊立昇，賴昱燊，蔡文寧，鄭伊津(2006)蛋殼粉的特性及其抑菌效果，中華民國第 46 屆中小學科學展覽會作品說明書。202241020 節錄自： https：//twsf.n+
tsec.gov.tw/activity/race-1/46/technical/0914/091403.pdf

5.蘇裕昌 (2015) 纖維材料的性質及紙張的機能性的賦與，漿紙技術。20241020 節錄自：
https：//for.nchu.edu.tw/uploads/file/thesis/362549fd-c399-4456-a210-c65155714342.pdf

6.分析測試百科網(2019)：掃描電鏡為你解開蛋殼的微觀世界，20250501 取自：https：
//wiki.antpedia.com/n-2349552-news#google_vignette

7.早安健康(2015)：蛋殼先別急著丟！清除衣服污漬、茶漬油垢就靠它
https：//www.edh.tw/article/9998

8.Consensus(2024)：使用蛋殼作為油吸負笈的油吸附優化
https：//consensus.app/papers/optimization-of-oil-adsorption-by-using-eggshell-as-an-oil-buaban-pattanpornpong/28fdb0b49b7a5e39bc882c56252e3fba/

9.Consensus(2012)：使用蛋殼去除採油水中的油
https：//consensus.app/papers/removal-of-oil-from-oil-produced-water-using-eggshell-muhammad-el-nafaty/7c4f1b32cf86558f94bf1ac1cc78ded2/
10.經濟部 產發署(2019):
工業污染防治第 147 期----蛋殼回收再利用之永續性議題評估
https://proj.ftis.org.tw/eta/WebPhotos/2019/3_6.pdf

【評語】032905

此作品實驗架構清晰，實驗目的具體，清楚列出操作變因、控制變因和應變變因，且不斷從實驗結果中持續改善產品的效能，富有研究熱忱。以下建議供同學參考：

1. 作品第 9 和 10 頁中「加入其重量之 10%、15% ……」的敘述應可把”其”清楚說明為蛋殼。

2. 作品中有許多圖已經跑版，在繳交作品應先確認內容，包含錯字和字句不順等。

3. 應說明每個實驗的樣品重複數，宜三重複或五重複試驗，取平均值再做比較分析。

4. 材料製造的過程可能會產生有毒氣體，應重新思考製程。

5. 研究動機提到的是海面浮油（汽油），但實驗進行的「沙拉油」為植物油。實驗設計是否能符合研究動機？建議能實際取海水並添加少量汽油來驗證作品是否確實能對所關注的議題有所突破。

6. 數據報導比例的方式容易混淆。一般看到 20%聚乙烯醇會預期是 20%聚乙烯醇與 80%蛋殼，且表格註記「%為聚乙烯醇與

蛋殼的質量比」，但實際上卻是「0.2 克聚乙烯醇對 1.0 克蛋殼」即加入蛋殼重量 20%的聚乙烯醇，故聚乙烯醇的比例為 20/(100+20)=17%。此外，P.9 實驗五的單位如 5%g 似乎有誤。

7. P.11 中鋁箔作為控制變因的原因為何？實驗器材亦未提到有使用鋁箔。

8. 許多流程圖如 P.11 圖 5-1-2 的字被切掉，看不出來使用複式顯微鏡的作用；又如 P.16 圖 5-3-3 中全部都是「蛋殼重量」，過於簡略無法理解含意。

9. 顯微鏡照片宜加上比例尺及使用倍率。

10. 高溫煅燒通常會強化結晶性，P.17 所稱「高溫鍛燒破壞晶格」需要有實證。

11. 使用方程式擬合時，需說明所選擇函數的原因與每一項變數對應的物理量，不然沒有太大意義。

12. P.21 圖 5-5-3 有趨勢線的 R^2 但沒有函數，所給的數值變成沒有科學意義。

作品海報

「破殼而出」--

蛋殼粉製吸油紙的吸油量研究

壹、研究動機

現代國際貿易發展使得航運越來越發達，船隻往返過程難免有漏油的情況，使得輪船每年排放含有大量有害物質的汽油，這些廢棄物汙染大量海域，為了解決問題，我設計出一種既能解決蛋殼廢棄物的問題，又能改善海域的卷軸式除油紙。

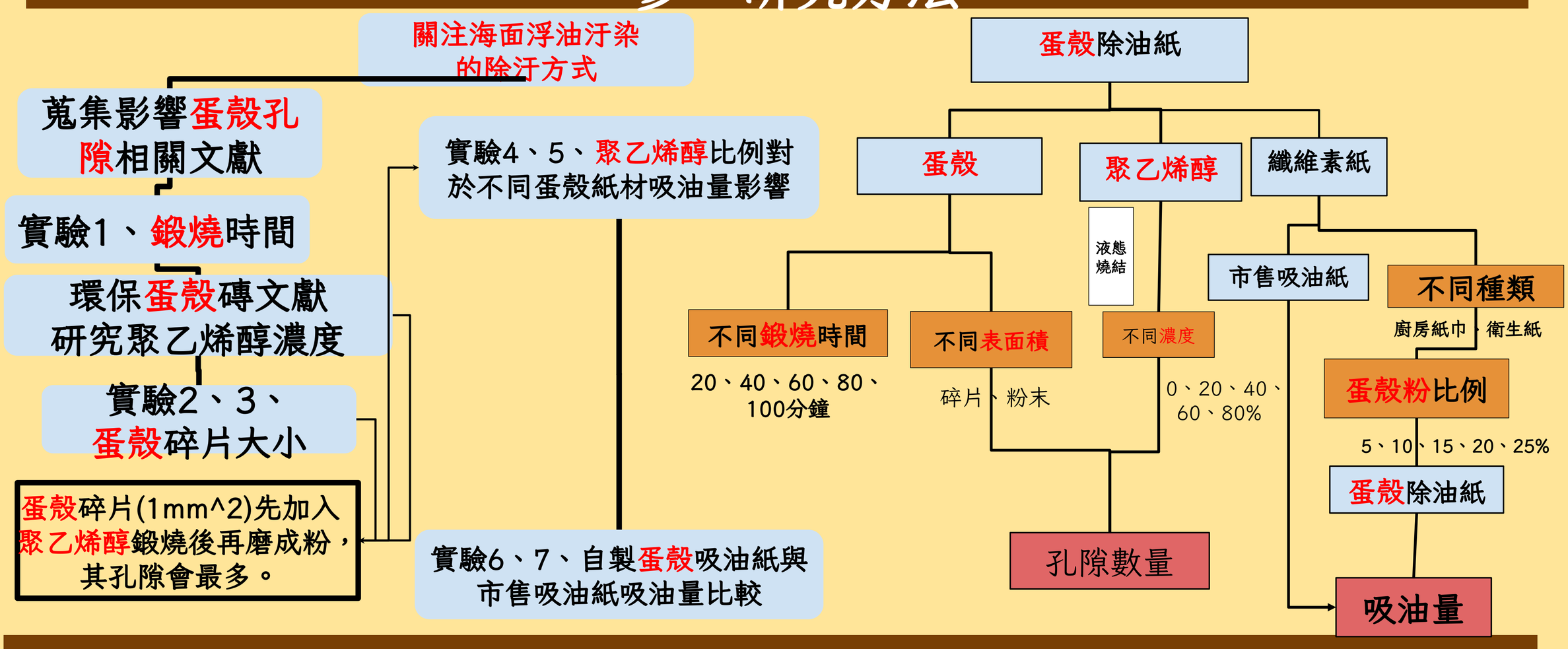


圖片來源: Greenpeace 綠色和平 (2021) 模里西斯漏油事故一年後，綠色和平與公眾促成當地環保轉捩點，綠色和平海洋專題報導

貳、研究目的

1.鍛燒時間對於孔隙多寡的影響。
2.聚乙烯醇添加量對於蛋殼碎片孔隙的影響。
3.聚乙烯醇添加量對蛋殼孔隙大小的變化分析。
4.聚乙烯醇添加量對蛋殼粉塗層廚房紙巾的效能分析。
5.不同聚乙烯醇比例對蛋殼粉自製衛生紙漿所做的吸油紙吸油量分析。
6.自製蛋殼吸油紙與市售吸油紙的吸油量差別。
7.含聚乙烯醇的蛋殼粉不同添加量對廚房紙巾紙漿所做的吸油紙吸油量分析。

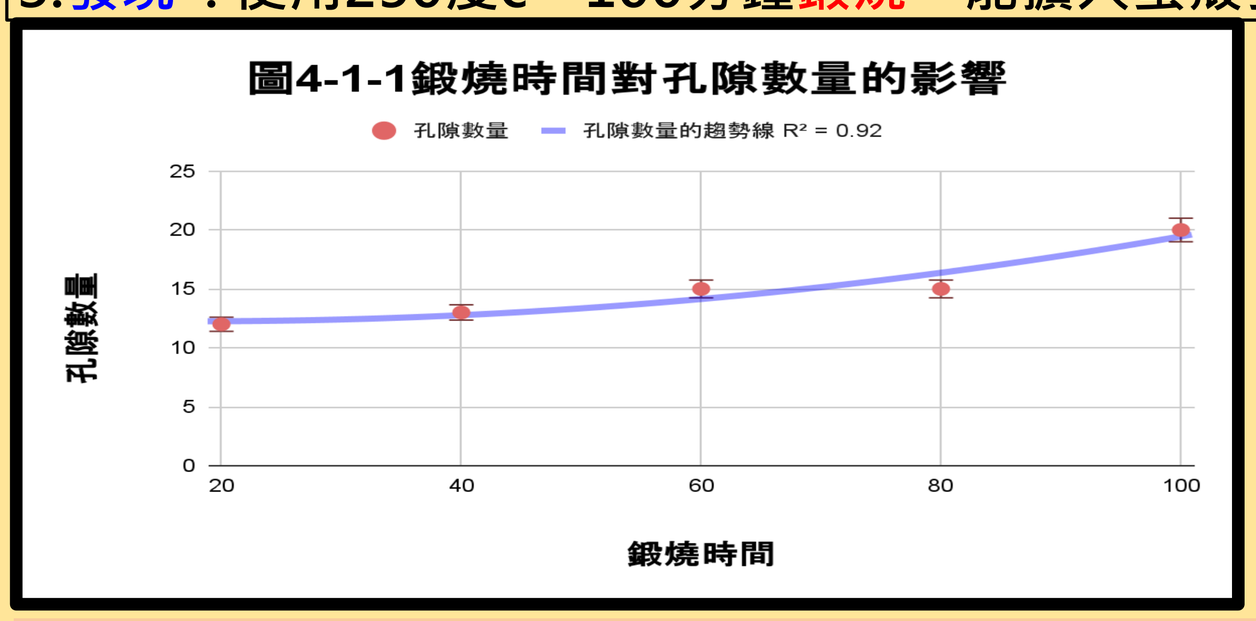
參、研究方法

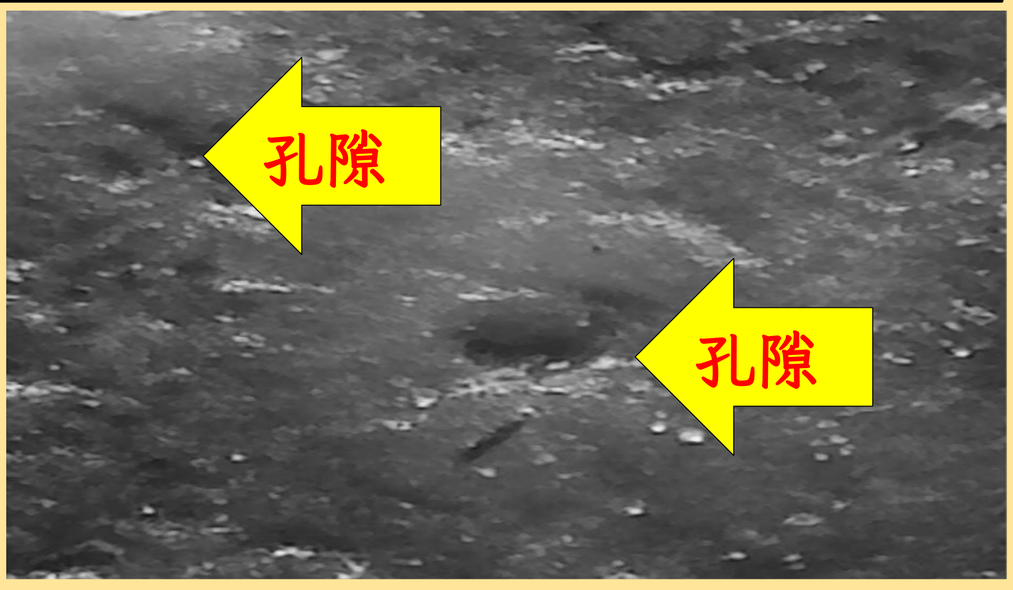


肆、研究結果與討論

一、煅燒時間對蛋殼孔隙數量的影響

1.因果 ：本實驗的鍛燒溫度遠超過蛋殼結構能承受的溫度範圍導致孔隙結構被被強制擴大。
2.原理 ：蛋殼表面會有熱膨脹作用，使微孔隙被擴大。
3.發現 ：使用250度c，100分鐘鍛燒，能擴大蛋殼孔隙。





二、聚乙烯醇混合比例對蛋殼碎片孔隙數量的影響

1.因果 ： 加入聚乙烯醇增加蛋殼孔隙的數量為單位面積19個-33個，相較實驗一沒有加入聚乙稀醇的情況下鍛燒只有12-20個孔隙，能大幅增加孔隙數量。
2.原理：聚乙烯醇利用擴散作用進入蛋殼，破壞碳酸鈣結晶，使孔隙被強制擴大。
3.發現 ： 加入聚乙稀醇鍛燒的情況下，能造成蛋殼孔隙數量變多約1.5倍，代表聚乙稀醇液態燒結能有效擴洞增加表面積。

混合
聚乙烯醇0%
孔隙最少

混合
聚乙烯醇 40%
孔隙變多

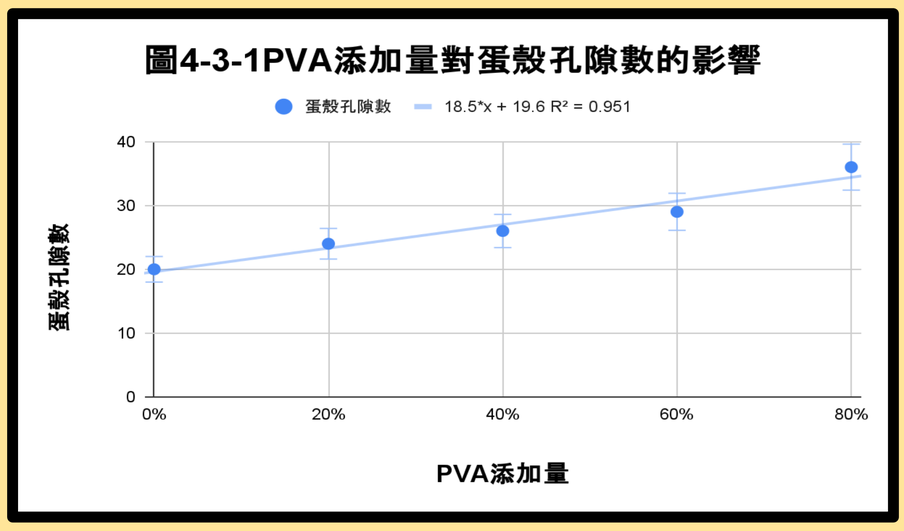
混合
聚乙烯醇80%
孔隙最多

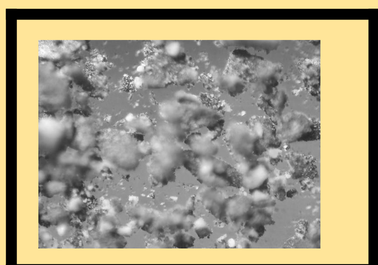
三、聚乙烯醇混合比例對蛋殼粉末孔隙數量的影響

1.因果 :在蛋殼粉的情況下，聚乙稀醇的濃度越高，孔隙越多，單位面積內為24-36個，與實驗二數據大約相同至略低。

2.原理 :當加熱到一定溫度，聚乙烯醇會產生氣體並轉換成其他物質，這些物質會協助擴大孔隙。

3.發現與應用 :應採用一種新的方法：先鍛燒碎片蛋殼使聚乙烯醇滲入，再磨成粉。





混合聚乙烯醇 0% 250度100分鐘



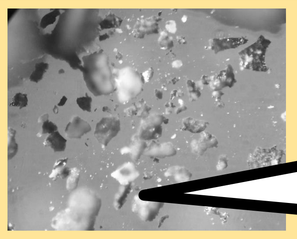
混合聚乙烯醇 20% 250度100分鐘



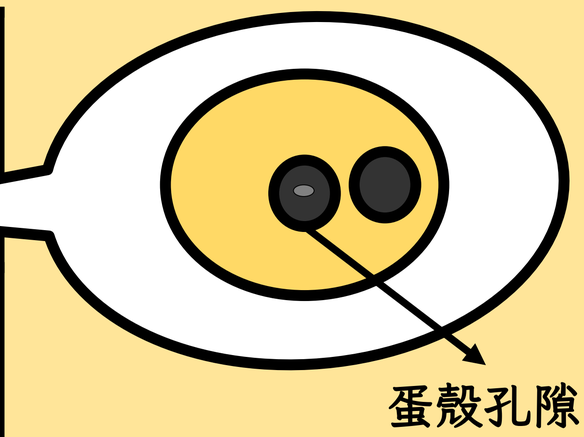
混合聚乙烯醇 40% 250度100分鐘



混合聚乙烯醇 60% 250度100分鐘



混合聚乙烯醇 80% 250度100分鐘

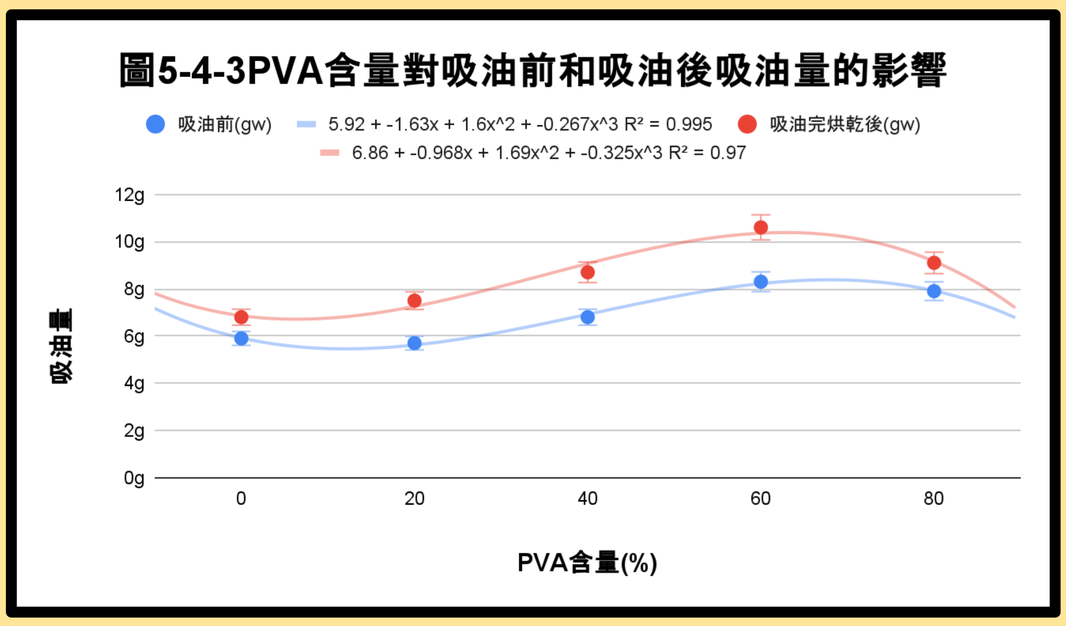


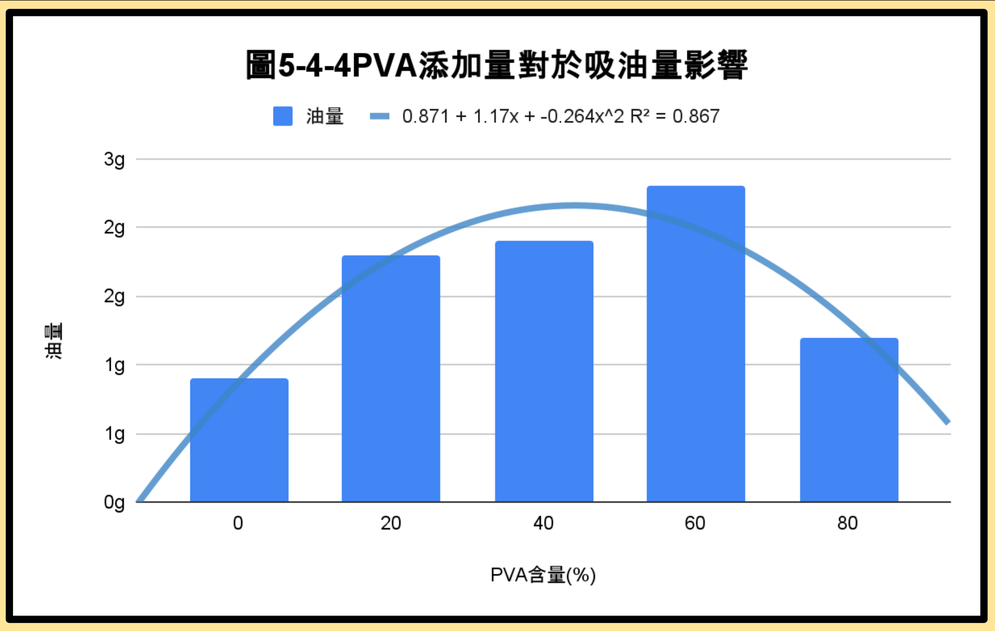
四、不同聚乙烯醇燒結比例蛋殼加上廚房紙巾的吸油量多寡影響

1.因果 :聚乙烯純能擴大(增多)蛋殼孔隙，讓蛋殼(塗層)廚房紙巾的吸油量比但純廚房紙巾的吸油量還好。

2.原理 :鍛燒後的蛋殼具有多孔結構，可有效吸附油質。

3.新應用與發現 :我發現60%聚乙烯純與蛋殼液態燒結之後，塗在廚房紙巾上，他的吸油量會最高。(推測:80%的吸油量較低可能是因為它的重量過重，吸油時下沉，導致接觸油質的機會較少)





五、聚乙烯醇蛋殼燒結比例對於衛生紙再生紙漿的吸油量多寡影響

1.因果 :蛋殼以混合的方式比塗層的方式更加平均，使得吸油量更大。

2.原理解釋 :將蛋殼打碎成小塊後，其表面積大大增加，提高了與油質接觸的面積，從而增強吸油效果。

3. 新發現與新應用 :希望能與市售吸油紙進行對比，比找出更有韌性、纖維更長(能固定蛋殼)的紙材(廚房紙巾紙漿)做為基底，以致做出更高效能的吸油紙。

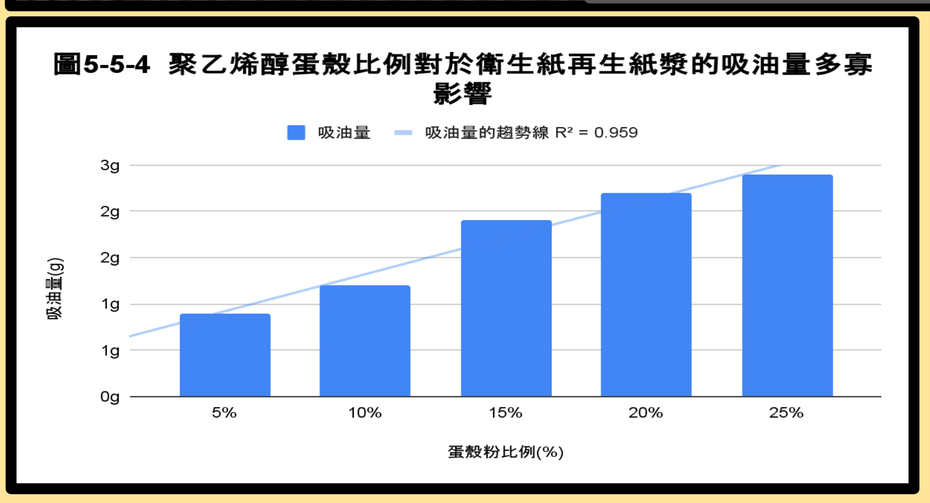


蛋殼粉 ＋ 紙漿 水 :衛生紙 6 : 1 ＝

聚乙烯醇混合比例60%的蛋殼粉紙漿

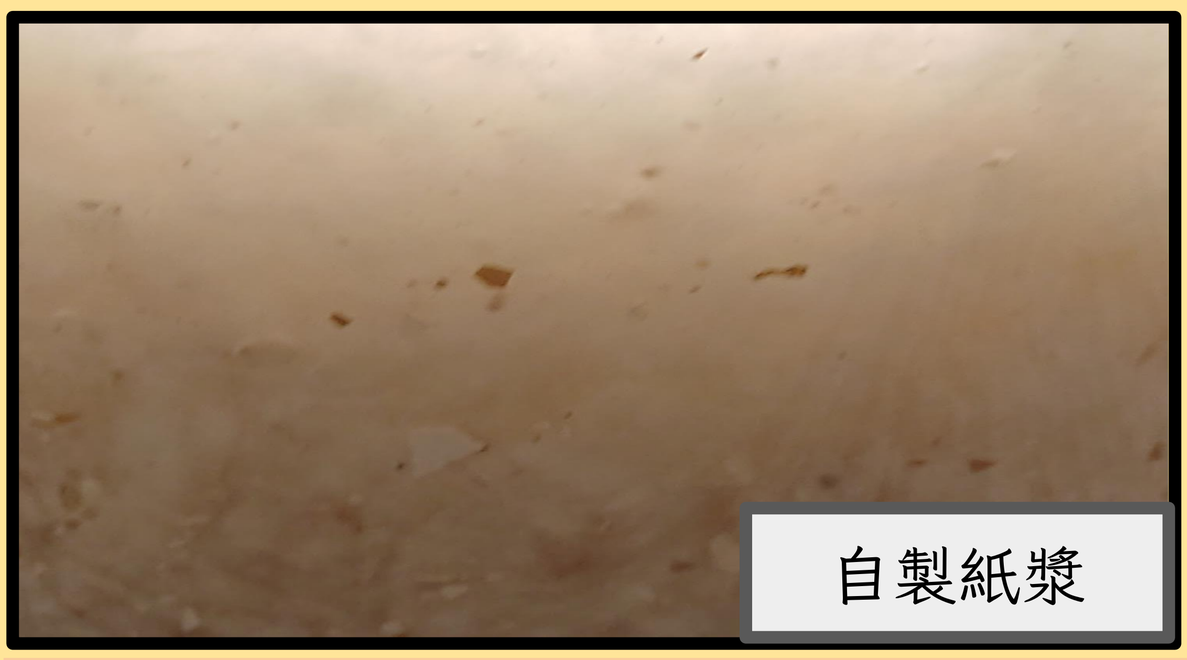
曬乾成紙

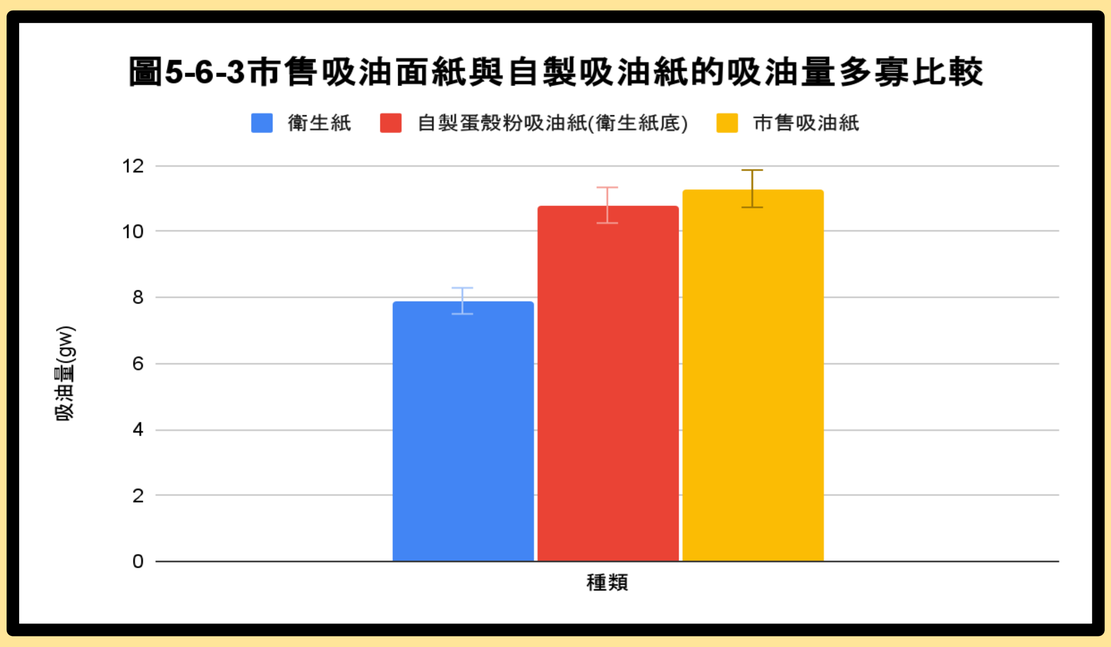




六、市售吸油面紙與蛋殼衛生紙再生紙的吸油量多寡比較

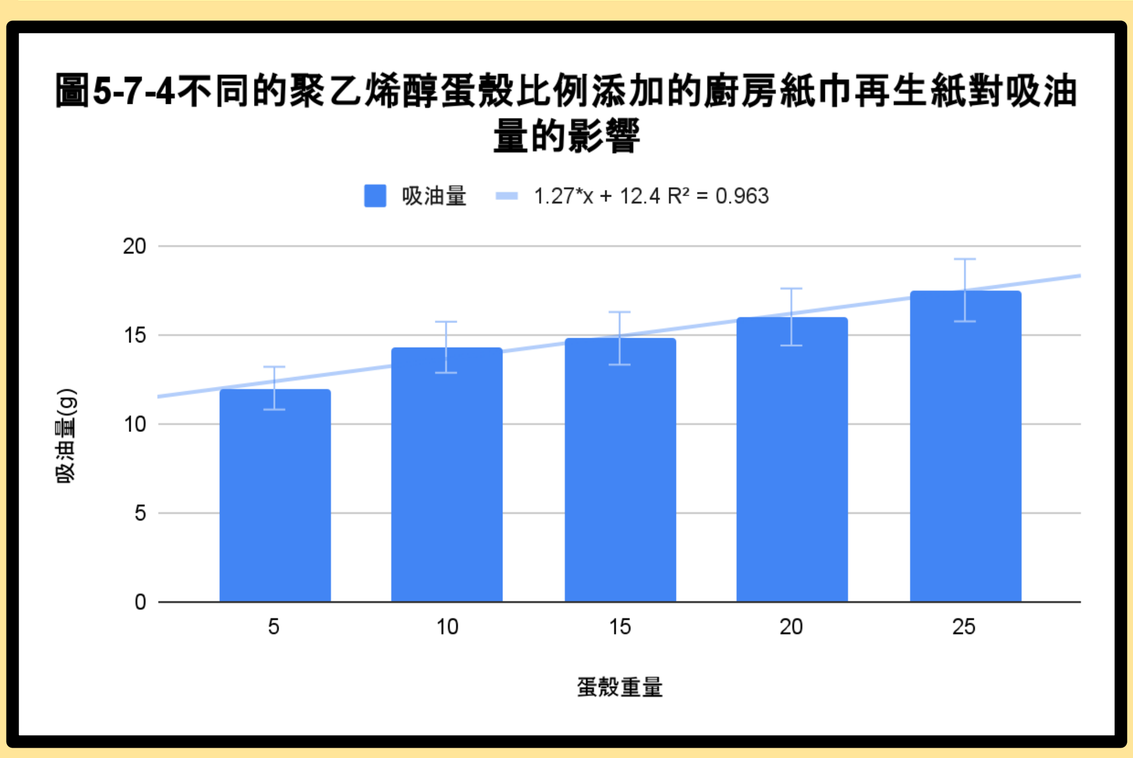
1.因果:市售吸油面紙吸油較穩定(三次測量11.3g、11.3g、11.5g)，自製的吸油紙並沒有持續保持良好吸油量(三次測量10.9g、11.2g、11.1g)。
2.原理解釋:因為蛋殼鍛燒時孔隙分布不均，以及蛋殼碎片及粉末太厚了，應該要將每片蛋殼削薄，並且讓孔隙分布更均勻，增加蛋殼吸油表面積。
3.新發現與新應用:因為衛生紙當紙材的吸油量比市售廚房吸油紙來的低，所以希望用廚房紙巾為再生紙的紙源，將蛋殼粉嵌入紙材，製作蛋殼吸油紙，進行測試。

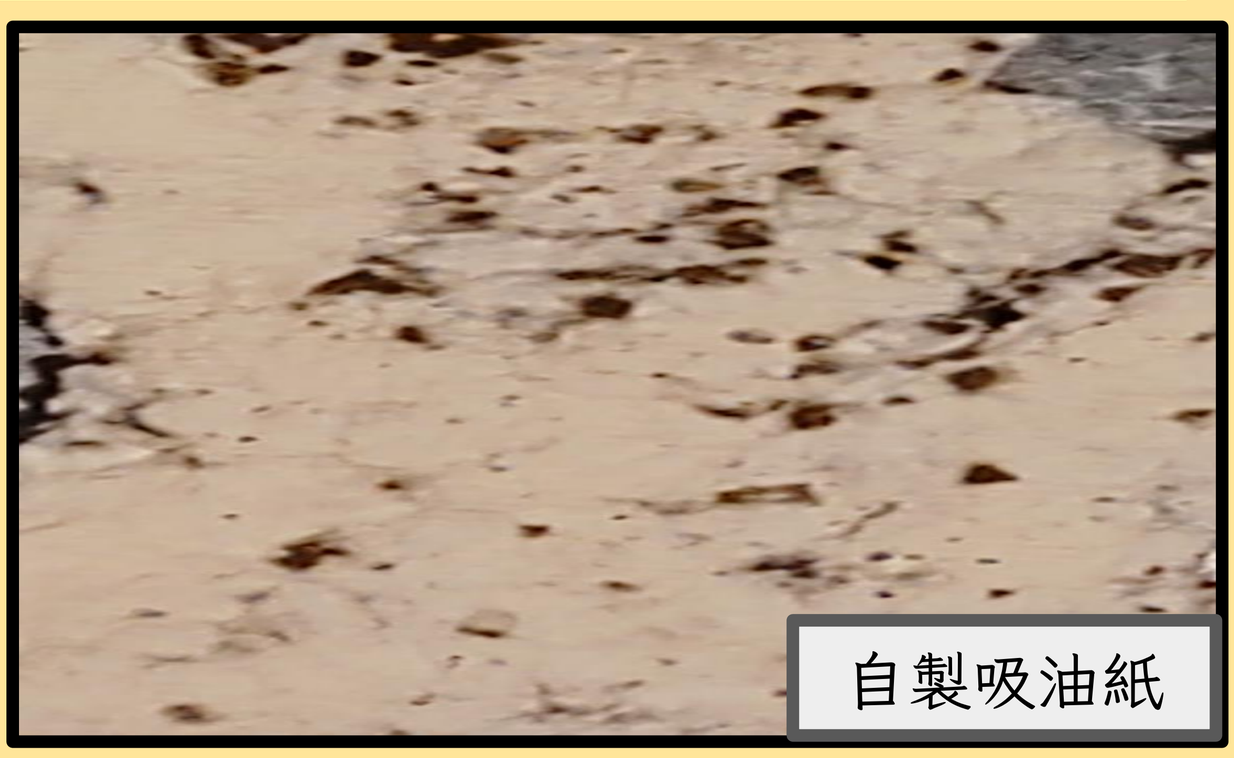




柒、含聚乙烯醇蛋殼比例對添加廚房紙巾再生紙的吸油量影響

1.因果:當紙材換成廚房紙巾後，吸油量大幅提升，遠遠超越蛋殼衛生紙漿。
2.原理解釋:廚房紙巾的纖維較長且扎實，使纖維分布平均，因此吸油量更佳。蛋殼粉也比較不容易由吸油紙脫落。
3.新發現與新應用:未來希望吸油紙的特性，應以長纖維材質逐步優化此吸油紙。





伍、結論

(一)、添加聚乙烯醇對蛋殼的影響
1、破壞蛋殼結晶 。
2、擴張蛋殼孔隙。
(二)、含聚乙烯醇蛋殼粉對吸油紙的改良
1、吸油量增加。
2、材料易取得，生產快速。
(三)、液態燒結蛋殼有效擴洞的方式
1、高溫鍛燒會使聚乙烯醇產生乙醛、乙醇等有機小分子。
2、二段式鍛燒：先用碎片鍛燒250度100分鐘，再加入聚乙烯醇混和後靜置10分鐘，在鍛燒150度100分鐘，最後磨粉。
(四)、紙漿與廚房紙巾的差別
1、若利用廚房紙巾製作，成本高，效果較高。
2、若利用自製紙漿製作吸油紙，吸油面積較均循且效果較好。
(五)、市售吸油面紙與自製吸油紙的差別
1、使用自製吸油紙金錢上的成本較低，但相對來說需花的時間較多。
2、自製吸油面紙每10平方公分，大約比市售吸油紙多吸0.03公克。
3.吸油量:衛生紙<蛋殼粉衛生紙<廚房紙巾<市售吸油紙<蛋殼粉廚房紙巾
=79:94:108:113:144

*貳-五圖片皆由作者拍攝及繪製

