

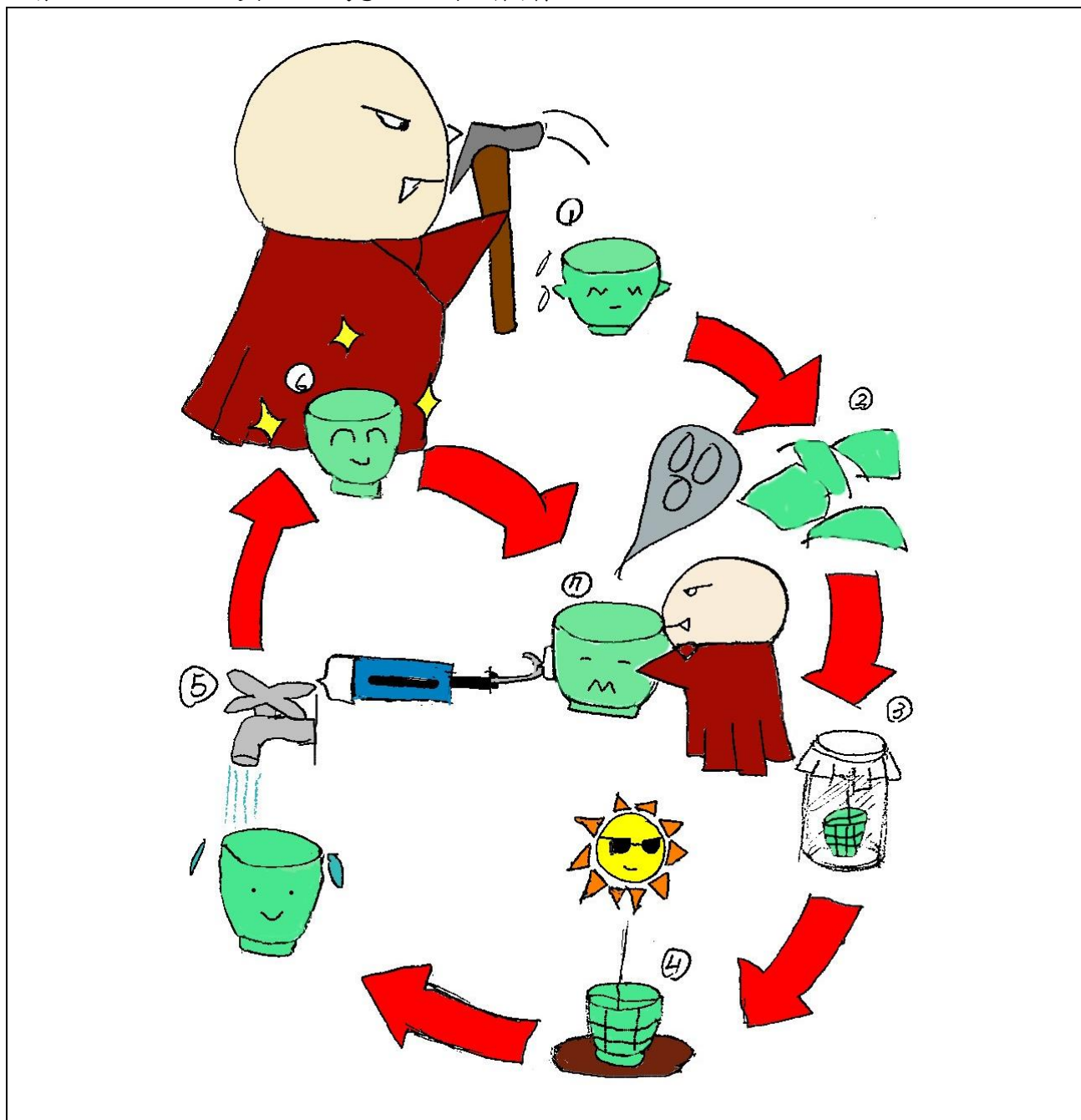
嘉義市第 38 屆中小學科學展覽會 作品說明書

科 別：化學科

組 別：國民小學組

作品名稱：「牛」「黏」忘返—牛奶能修補瓷器的成分之探究

關 鍵 詞：酪蛋白、瓷器、黏著劑



編 號：

摘要

本研究主要探討牛奶修補瓷器的主要原因，藉由不同溫度的牛奶直接浸泡瓷器，再加以乾燥的步驟，確定牛奶是確實能修補瓷器；再藉由將牛奶各成分分離或添加，找出主要能修補瓷器的原因：酪蛋白與鈣；同時也發現豆奶的大豆蛋白質對於瓷器修補也有不錯的效果；並且經過拉力測試、熱水煮沸測試、牛奶煮沸測試，確定修好的瓷器是確實可用的；最後我們也發現將酪蛋白用在其他物質上，發現也有黏著的效果。

壹、研究動機

牛奶到底可不可以修補瓷器呢？因為在網路上有許多這樣的影片、文章，所以我們感到很好奇，不過之前的報告中，對於這件事情的驗證結果是不可行的，不過報告中提到，由於因素繁多，所以也不是完全確定不可行，只是由經濟效益上來看不可行，之前的報告也有成功修補，只是原因不明。

後來我們看到了去年全國科展化學科第三名的「蛋白質得來塑」，我們發現裡面是將酪蛋白進行乾燥後得到硬化的物質，因此激發我們的聯想，會不會之前的失敗少了這樣的一個步驟了，所以我們決定再挑戰用牛奶修補瓷器。

貳、研究目的

- 一、探討溫度的不同對修補瓷器的影響。
- 二、牛奶裡的各種成分對修補瓷器的影響。
- 三、豆奶裡的各種成分對修補瓷器的影響。
- 四、驗證修補後的小瓷杯是否耐用。
- 五、探討酪蛋白是否可以黏起其他物質。
- 六、隙縫對於酪蛋白修補是否有幫助。

參、研究設備及器材

一、實驗材料：

- 1.不同來源蛋白質：市售牛奶、市售豆奶。
- 2.鈣質來源：蛋殼粉。

二、實驗器材：計時器、電子秤、黑晶爐、溫度計、500ml 燒杯、濾網、絕緣膠帶、束帶、加熱鍋具、磨鉢、篩網。

三、修補目標：小瓷杯、瓷碗、瓷盤、馬克杯、木頭、石頭、直尺、玻璃、壓克力板。

肆、研究過程或方法

研究目的一：探討溫度的不同對修補瓷器的影響。

【我們的想法】：

因為上次的實驗只有做加熱到 100 度的實驗，所以我們想要探討溫度的不同會不會有所改變。同時我們在「蛋白質得來塑」的報告中，看到他們為了把牛奶變硬，所以把牛奶拿去乾燥，所以我們也模仿他們，把泡完的瓷器拿去乾燥，嘗試牛奶是否可以修補瓷器。

實驗一：用不加熱的牛奶修補瓷器

一、先用絕緣膠帶固定瓷器，再用束帶加強固定如下圖(一)。

圖一：絕緣膠帶與束帶固定情形



二、把 400ml 不加熱的牛奶倒進量杯，並把瓷器小心放入燒杯浸泡，用塑膠袋包覆並用橡皮筋固定如下圖(二)(三)。

圖二：將瓷器浸泡到牛奶中



圖三：用塑膠袋包覆



三、浸泡五天後打開塑膠袋取出瓷器，並在通風處放置乾燥，如圖(四)。

圖四：通風處放置乾燥



四、瓷器完全乾燥後小心取下絕緣膠帶和束帶，查看是否成功。

五、實驗結果紀錄如下表(一)。

表一：不加熱的牛奶修補瓷器結果

編號	日期	結果	實驗照片
1	19.10.16~19.10.21	在「步驟三」取出瓷器時裂開，判斷是沒有固定牢固， 結果不採計 。	(結果不採計故不放照片)
2	19.10.23~19.10.31	在「步驟四」束帶一取下就出現裂痕， 結果失敗 。	
3	19.11.01~19.11.14	在「步驟四」杯子拿出,周圍牛奶發霉,束帶剪掉杯子裂了， 結果失敗 。	
4	19.11.13~19.12.02	在「步驟四」周圍牛奶發霉，拆開後沒有裂開開，清潔後卻裂開了， 結果失敗 。	

實驗二：用 30 度的牛奶修補瓷器

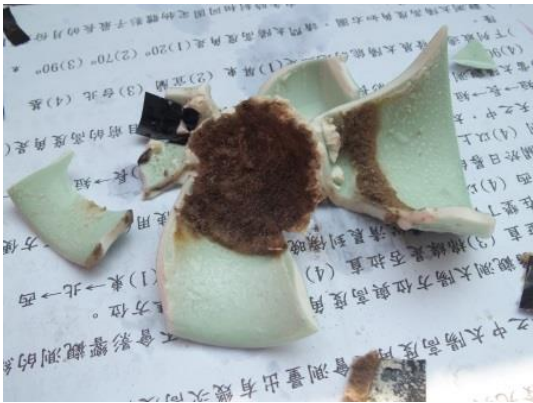
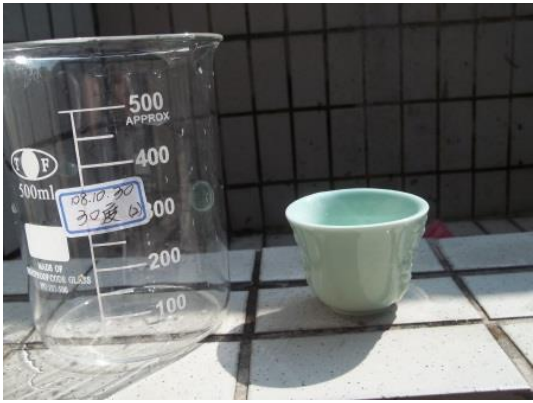
- 一、先用絕緣膠帶固定瓷器，再用束帶加強固定。
- 二、利用黑晶爐加熱牛奶，並測量溫度，直至溫度達到 30 度如下圖(五)，並把瓷器小心放入燒杯浸泡，用塑膠袋包覆並用橡皮筋固定。

圖五：牛奶加熱至 30 度



- 三、浸泡五天後打開塑膠袋取出瓷器，並在通風處放置乾燥。
- 四、瓷器完全乾燥後小心取下絕緣膠帶和束帶，查看是否成功。

五、實驗結果紀錄如下表(二)。

表二：30 度的牛奶修補瓷器結果			
編號	日期	結果	實驗照片
1	19.10.17~19.10.28	在「步驟四」牛奶乾燥硬化，但是杯子沒有黏合， 結果失敗 。	
2	19.10.30~19.11.12	在「步驟四」周圍牛奶發霉，絕緣膠帶及束帶取下沒有裂開，清潔後黏起來了， 結果成功 。	
3	19.11.01~19.11.14	在「步驟四」周圍牛奶發霉，絕緣膠帶及束帶取下有裂開， 結果失敗 。	
4	19.11.14~19.12.02	在「步驟四」周圍發霉，拆開後沒有裂開，但是洗的時候裂開了， 結果失敗 。	

實驗三：用 70 度的牛奶修補瓷器

- 一、先用絕緣膠帶固定瓷器，再用束帶加強固定。
- 二、利用黑晶爐加熱牛奶，並測量溫度，直至溫度達到 70 度如下圖(六)，並把瓷器小心放入燒杯浸泡，用塑膠袋包覆並用橡皮筋固定。





圖六：牛奶加熱至 70 度



- 三、浸泡五天後打開塑膠袋取出瓷器，並在通風處放置乾燥。
- 四、瓷器完全乾燥後小心取下絕緣膠帶和束帶，查看是否成功。

五、實驗結果紀錄如下表(三)。

表三：70 度的牛奶修補瓷器結果

編號	日期	結果	實驗照片
1	19.10.16~19.10.25	在「步驟四」束帶取下，杯子固定， 結果成功 。	
2	19.10.30~19.11.12	在「步驟四」，周圍牛奶發霉，絕緣膠帶及束帶取下有明顯裂痕，清潔後裂開了， 結果失敗 。	
3	19.11.07~19.11.19	在「步驟四」，絕緣膠帶及束帶取下，杯子沒有裂開，清潔後黏起， 結果成功 。	
4	19.11.15~19.12.02	在「步驟四」，周圍牛奶發霉，把絕緣膠帶及束帶取下後杯子就裂開了， 結果失敗 。	

【結果】：

我們發現牛奶不加熱沒有成功過，30 度有成功一次，70 度成功最多次，但是也沒有每次都成功，而沒有乾燥似乎就是之前會失敗的因素之一，既然牛奶可以修補瓷器，那我們想知道到底是牛奶裡的哪種成分對修補瓷器有影響。

研究目的二：牛奶裡的各種成分對修補瓷器的影響

【我們的想法】：

我們上網查了資料，發現牛奶裡最主要的成分有酪蛋白、乳清蛋白、鈣質，所以我們想各自實驗，哪一種成分有辦法把瓷器修補起來。不過我們要先把酪蛋白和乳清蛋白分離出來，才能各自實驗，我們在第一個實驗發現不加熱的牛奶較容易將酪蛋白分離出來，因此我們就打算直接將牛奶靜置讓酪蛋白分離再過濾；而鈣質的部分我們決定利用蛋殼粉來作為補充，但是我們發現蛋殼粉的碳酸鈣無法溶解於水中，所以我們決定將他加入乳清蛋白中做為實驗變因。

實驗一：分離酪蛋白和乳清蛋白

- 一、先把不加熱的牛奶倒進燒杯裡並用塑膠袋包覆，在室內放置五天。
- 二、五天後，將固態物質用濾網過濾，如下圖(七)。
- 三、燒杯中液體部分為乳清蛋白、濾網中固態物為酪蛋白。

圖七：分離酪蛋白



圖八：乳清蛋白與酪蛋白



實驗二：用酪蛋白修補瓷器

- 一、把過濾完的酪蛋白塗在小瓷杯上。
- 二、把塗好的瓷器用絕緣膠帶及束帶放置乾燥如下圖(九)。

圖九：放置風乾



三、放置乾燥後取下絕緣膠帶及束帶查看結果紀錄如下表(四)。

表四：酪蛋白修補小瓷杯結果			
編號	日期	結果	實驗照片
1	19.11.20~19.12.02	絕緣膠帶及束帶取下，杯子沒有裂掉，清潔後黏起， 結果成功 。	
2	19.11.20~19.12.02	絕緣膠帶及束帶取下，杯子沒有裂掉，清潔後黏起， 結果成功 。	
3	19.11.20~19.12.02	絕緣膠帶及束帶取下，杯子沒有裂掉，清潔後裂開， 結果失敗 。	
4	19.12.25~19.12.31	絕緣膠帶及束帶取下，杯子沒有裂掉，清潔後黏起， 結果成功 。	

實驗三：用乳清蛋白修補瓷器

- 一、把過濾完的乳清蛋白利用黑晶爐加熱，並測量溫度，直至溫度達到 100 度，並把瓷器小心放入量杯浸泡，用塑膠袋包覆並用橡皮筋固定。
- 二、浸泡五天後打開塑膠袋取出瓷器，並在通風處放置乾燥。
- 三、瓷器完全乾燥後小心取下絕緣膠帶和束帶，查看是否成功。
- 四、實驗結果紀錄如下表(五)。

表五：的乳清蛋白修補瓷器結果			
編號	日期	結果	實驗照片
1	19.12.11~19.12.23	在「步驟三」時，束帶絕緣膠帶、束帶取下沒有裂開，清潔後黏起， 結果成功 。	
2	19.12.11~19.12.23	在「步驟三」時，絕緣膠帶及束帶取下時裂開， 結果失敗 。	
3	19.12.11~19.12.23	在「步驟三」，絕緣膠帶及束帶取下時裂開， 結果失敗 。	
4	20.01.03~20.01.16	在「步驟三」，絕緣膠帶及束帶取下時裂開， 結果失敗 。	

實驗四：用乳清蛋白加蛋殼粉修補瓷器

一、將蛋殼的內膜去除並用磨鉢磨細後用篩網過篩得到蛋殼粉，如下圖(十)至圖(十二)。

圖十：去除內膜	圖十一：用磨鉢磨細	圖十二：篩網過篩
		

- 二、把過濾完的乳清蛋白加入五匙蛋殼粉(一匙約 4.3g)利用黑晶爐加熱，並測量溫度，直至溫度達到 100 度，並把瓷器小心放入量杯浸泡，用塑膠袋包覆並用橡皮筋固定。
- 三、浸泡五天後打開塑膠袋取出瓷器，並在通風處放置乾燥。
- 四、瓷器完全乾燥後小心取下絕緣膠帶和束帶，查看是否成功。
- 五、實驗結果紀錄如下表(六)。

表六：乳清蛋白加鈣修補瓷器結果			
編號	日期	結果	實驗照片
1	19.11.20~19.12.09	在「步驟四」束帶取下，杯子清潔後黏起， 結果成功 。	
2	19.12.25~20.01.07	在「步驟四」，周圍牛奶發霉，絕緣膠帶及束帶取下有明顯裂痕，清潔後裂開了， 結果失敗 。	
3	19.12.25~20.01.07	在「步驟四」，絕緣膠帶及束帶取下，杯子沒有裂掉，清潔後黏起， 結果成功 。	
4	20.01.08~20.01.20	在「步驟四」，絕緣膠帶及束帶取下，杯子沒有裂掉，清潔後黏起， 結果成功 。	

【結果】：

修補結果發現酪蛋白能有效修補瓷器，乳清蛋白效果最差，而加入蛋殼粉後修補效果有明顯提升，因此我們認為酪蛋白與鈣是牛奶修補瓷器的關鍵因素，而固態的酪蛋白比需要再加熱且為液態的乳清蛋白加鈣在使用上方便許多且可以避免在加熱過程中絕緣膠帶或束帶脫落而導致實驗結果失敗，因此酪蛋白被我們繼續投入之後的實驗中。

研究目的三：豆奶裡的各種成分對修補瓷器的影響。

【我們的想法】：

既然牛奶可以修補瓷器，那與牛奶有類似成分的豆奶是否也能修補瓷器呢？因為用牛奶修補瓷器時，把酪蛋白分離出來會比較容易修補成功，所以不再用豆奶浸泡，而是直接分離大豆蛋白質來實驗。

實驗一：分離大豆蛋白質

- 一、先把不加熱的豆奶倒進量杯裡，浸泡五天。
- 二、浸泡五天後，將固態物質用濾網過濾，如下圖(十三)

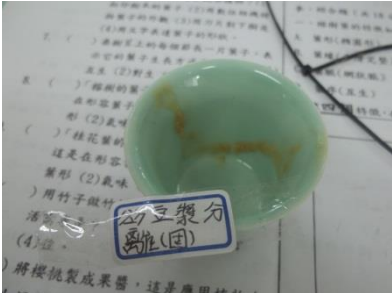


圖十三：分離大豆蛋白質



實驗二：用大豆蛋白質修補瓷器

- 一、把過濾完的大豆蛋白質塗在瓷器上。
- 二、把塗好的瓷器用絕緣膠帶及束帶固定並放置乾燥。



三、放置乾燥後取下絕緣膠帶及束帶查看結果紀錄如下表(七)。

表七：大豆蛋白質修補瓷器結果			
編號	日期	結果	實驗照片
1	19.12.27~19.12.31	在「步驟三」時，拆完束帶、絕緣膠帶後沒有裂開，清潔後黏起， 結果成功 。	
2	19.12.27~19.12.31	在「步驟三」時，拆完束帶、絕緣膠帶後沒有裂開，清潔後黏起， 結果成功 。	
3	19.12.27~19.12.31	在「步驟三」，絕緣膠帶及束帶取下時沒有裂開，清潔後裂開， 結果失敗 。	

實驗二：豆奶液體修補瓷器

- 一、把過濾完的豆奶液體利用黑晶爐加熱，並測量溫度，直至溫度達到 100 度，並把瓷器小心放入量杯浸泡，用塑膠袋包覆並用橡皮筋固定。
- 二、浸泡五天後打開塑膠袋取出瓷器，並在通風處放置乾燥。
- 三、瓷器完全乾燥後小心取下絕緣膠帶和束帶，查看是否成功。

四、實驗結果紀錄如下表(八)。

表八：豆奶液體修補瓷器結果			
編號	日期	結果	實驗照片
1	20.01.03~20.01.07	在「步驟三」，絕緣膠帶及束帶取下時沒有裂開，清潔後裂開， 結果失敗 。	
2	20.01.13~20.01.20	在「步驟三」，絕緣膠帶及束帶取下時沒有裂開，清潔後裂開， 結果失敗 。	
3	20.01.13~20.01.20	在「步驟三」，絕緣膠帶及束帶取下時沒有裂開，清潔後裂開， 結果失敗 。	

【結果】：

實驗結果發現大豆蛋白質也可以修補瓷器，而豆奶液體沒有成功過，我們推測因為豆奶的製作就是黃豆加上水，所以液體部分主要就是水，所以無法修補。

研究目的四：驗證修補後的小瓷杯是否耐用

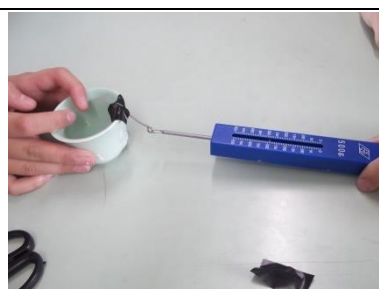
【我們的想法】：

因為網路上有提到這樣修補好的瓷器在加熱後還是會再度裂開，所以我們將打算前面實驗中有成功的小瓷杯拿來做實驗，驗證修補後的瓷杯是否能再度利用；經測量小瓷杯裝滿水後的包含自身重量約為 106 公克(圖十四)，我們認為最少也該承受這個重量才是合格；另外除了網路上提到的加熱碎裂，我們想到酪蛋白以及碳酸鈣不溶於水，於是也加了用牛奶加熱的實驗。

圖十四：瓷杯裝水總重量






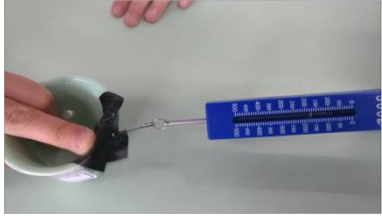


圖十五：彈簧秤固定在小瓷杯上



實驗一：小瓷杯拉力測試

- 一、把彈簧秤用絕緣膠帶固定在小瓷杯上如上圖(十五)。
- 二、用手把杯子另一邊固定。
- 三、把彈簧秤拉至 500 公克，過程錄影，若裂開則利用剪輯軟體確定承受的力量。
- 四、實驗結果紀錄如下表(九)。

表九：小瓷杯拉力測試結果

修補方式	日期	結果	實驗照片
70 度	19.12.18	500 克沒有裂開	
30 度	20.03.06	500 克沒有裂開	
酪蛋白	19.12.18	500 克沒有裂開	
乳清蛋白	20.03.06	175 克裂開	
乳清蛋白加 蛋殼粉	20.03.06	500 克沒有裂開	
大豆蛋白質	20.03.06	500 克沒有裂開	

實驗二：小瓷杯耐熱測試

一、把小瓷杯放進燒杯隔水加熱到 100 度，如下圖(十六)，並計時五分鐘。

圖十六：隔水加熱小瓷杯

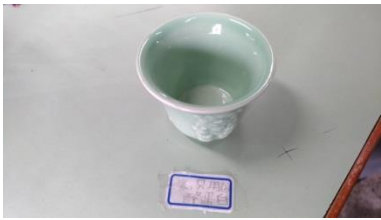




二、五分鐘過後，把杯子拿出。

三、查看杯子是否裂開。

四、實驗結果紀錄如下表(十)。

表十：小瓷杯耐熱測試

修補方式	日期	結果	實驗照片
70 度牛奶	19.12.18	隔水加熱後裂開，結果失敗。	
30 度牛奶	20.03.11	隔水加熱後裂開，結果失敗。	
酪蛋白	19.12.18	隔水加熱後沒有裂開，結果成功。	
乳清蛋白加 蛋殼粉	20.03.11	隔水加熱後沒有裂開，結果成功。	
大豆蛋白質	20.03.11	隔水加熱後沒有裂開，結果成功。	

實驗三：用熱牛奶加熱小瓷杯測試

一、把小瓷杯放進燒杯用牛奶隔水加熱到 100 度，如下圖(十七)，並計時五分鐘。

圖十七：牛奶隔水加熱



二、五分鐘過後，把杯子拿出。

三、查看杯子是否裂開。

四、實驗結果紀錄如下表(十一)。

表十一：用熱牛奶加熱小瓷杯測試

修補方式	日期	結果	實驗照片
酪蛋白	20.03.11	加熱後裂縫變大，但沒有完全裂開，結果判定為失敗。	
乳清蛋白加蛋殼粉	20.03.11	加熱後裂開，結果失敗。	
大豆蛋白質	20.03.11	加熱後沒有裂開，結果成功。	

【結果】：

我們發現大多數的修補方式都可以通過耐力測試，只有乳清蛋白無法承受而裂開；隔水加熱小瓷杯 100 度，只有酪蛋白、乳清蛋白加蛋殼粉和豆漿蛋白質通過；用牛奶加熱小瓷杯溫度 100 度，只有大豆蛋白質成功，我們認為這是因為酪蛋白以及鈣會再次溶回牛奶中，但是大豆蛋白質並不會；所以修補後的瓷器最好不要用來裝熱水，尤其是熱牛奶。

研究目的五：探討酪蛋白是否可以黏起其他物質

【我們的想法】：

因為我們已經證實牛奶和豆奶可以修補瓷器，所以我們想知道酪蛋白是否可以黏起其他瓷器或是其他物質，所以我們選擇不同瓷器：瓷碗、瓷盤、馬克杯，以及塑膠、木頭、石頭、玻璃這一類破裂後不容易修補的物質作為實驗對象。

實驗一：酪蛋白修補其他瓷器

- 一、把分離好的酪蛋白塗在瓷碗、瓷盤、馬克杯上。
- 二、把塗好的瓷碗、瓷盤、馬克杯用絕緣膠帶固定並放置乾燥，如下圖(十八)至(二十)。



三、完全乾燥後，拆掉絕緣膠帶，並查看結果。

四、實驗結果紀錄如下表(十二)。

表十二：酪蛋白黏其他瓷器結果			
物品	日期	結果	實驗照片
瓷碗	19.12.11~19.12.18	拆下絕緣膠帶時沒有裂開，但清洗後裂了， 結果失敗。	
瓷盤	19.12.11~19.12.18	拆下絕緣膠帶時裂開， 結果失敗。	
馬克杯	20.01.08~20.01.16	拆下絕緣膠帶時沒有裂開，清洗後也沒有裂開， 結果成功。	

【結果】：

我們發現能否成功的關鍵在於塗抹酪蛋白後是否有把碎片固定住乾燥，圓弧狀的碗和盤子不容易完整固定住，所以容易碎裂，但是圓柱體的杯子比較容易固定，所以就有成功。

實驗二：利用酪蛋白黏著塑膠


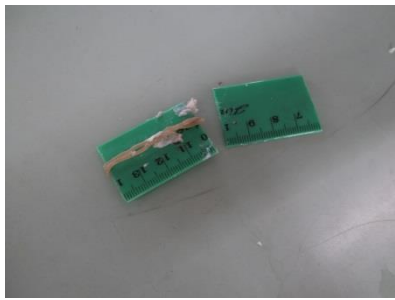

- 一、把分離好的酪蛋白塗在塑膠直尺上。
- 二、利用夾子及橡皮筋固定後放置乾燥，如下圖(二十一)。

圖二十一：將直尺固定乾燥



- 三、完全乾燥後，拆掉夾子及橡皮筋，並查看結果。
- 四、實驗結果紀錄如下表(十三)。

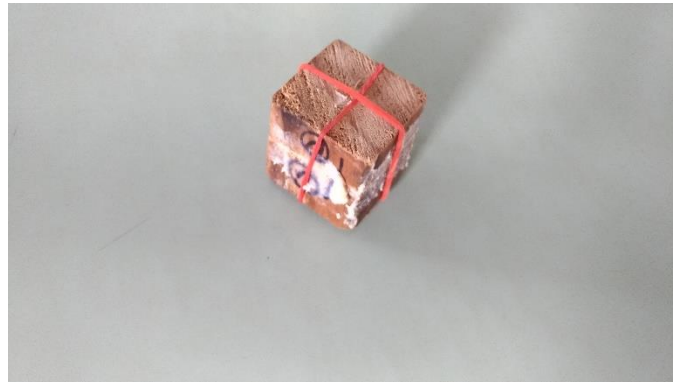
表十三：酪蛋白黏直尺結果

編號	日期	結果	實驗照片
1	19.12.11~19.12.18	取下橡皮筋和夾子後黏起，但 12/26 檢查時裂了，結果失敗。	
2	19.12.11~19.12.18	取下橡皮筋和夾子後裂開，結果失敗。	
3	19.12.11~19.12.18	取下橡皮筋和夾子後裂開，結果失敗。	

實驗三：利用酪蛋白黏著木頭

- 一、把分離好的酪蛋白塗在木頭上。
- 二、利用橡皮筋固定後放置乾燥，如下圖(二十二)。

圖二十二：將木頭固定乾燥



- 三、完全乾燥後，拆掉橡皮筋，並查看結果。
- 四、實驗結果紀錄如下表(十四)。

表十四：酪蛋白黏木頭結果

編號	日期	結果	實驗照片
1	19.12.11~19.12.18	取下橡皮筋後牢固黏起， 結果成功 。	
2	19.12.11~19.12.18	取下橡皮筋後牢固黏起， 結果成功 。	
3	19.12.11~19.12.18	取下橡皮筋後牢固黏起， 結果成功 。	

實驗四：利用酪蛋白黏著玻璃


- 一、把分離好的酪蛋白塗在玻璃上。
- 二、利用絕緣膠帶固定後放置乾燥，如下圖(二十三)。

圖二十三：將玻璃固定乾燥



- 三、完全乾燥後，拆掉絕緣膠帶，並查看結果。
- 四、實驗結果紀錄如下表(十五)。

表十五：酪蛋白黏玻璃結果

編號	日期	結果	實驗照片
1	19.12.25~19.12.31	玻璃拆開絕緣膠帶後沒有裂開，清潔後裂開，結果失敗。	
2	19.12.25~19.12.31	玻璃拆開絕緣膠帶後沒有裂開，清潔後裂開，結果失敗。	
3	19.12.25~19.12.31	玻璃拆開絕緣膠帶後沒有裂開，清潔後裂開，結果失敗。	

實驗五：利用酪蛋白黏著石頭

- 一、把分離好的酪蛋白塗在石頭上。
- 二、利用橡皮筋固定後放置乾燥，如下圖(二十四)。

圖二十四：將石頭固定乾燥



- 三、完全乾燥後，拆掉橡皮筋，並查看結果。
- 四、實驗結果紀錄如下表(十六)。

表十六：酪蛋白黏石頭結果

編號	日期	結果	實驗照片
1	19.12.11~19.12.18	取下橡皮筋後沒有裂開， 結果成功 。	
2	19.12.11~19.12.18	取下橡皮筋後沒有裂開， 結果成功 。	
3	19.12.11~19.12.18	取下橡皮筋後沒有裂開， 結果成功 。	

【結果】：

我們發現石頭和木頭較容易成功，玻璃和尺較容易失敗，我們覺得可能是因為石頭和木頭比較粗糙酪蛋白比較容易附著在上面，而且瓷器的斷裂面也有隙縫，所以我們覺得或許有這樣隙縫或是表面粗糙的物質都適合這樣的修補方式。

研究目的六：隙縫對於酪蛋白修補是否有幫助

【我們的想法】：

因為前面有成功的物質都是表面粗糙或是有隙縫的，所以我們想知道隙縫對於酪蛋白的修補是否有幫助。

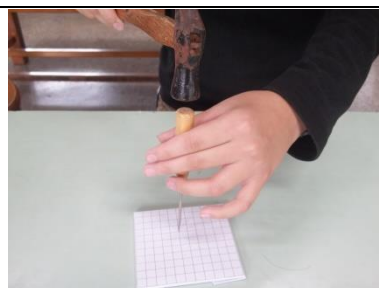
實驗：壓克力板耐重測試

- 一、在 9CM*9CM 的壓克力板上用紙平均描繪出上 8*8、10*10、15*15 個洞並包裹住。
- 二、分別用冰錐在每個點上用固定力道敲三下製造出一組兩個的壓克力板。

圖二十五：繪製交叉點並包覆壓克力板



圖二十六：用冰錐鑿洞

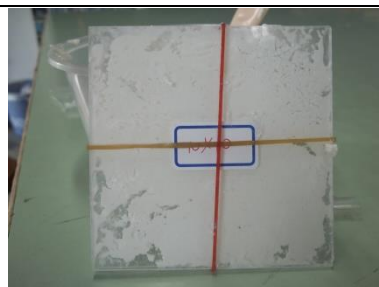


- 三、將酪蛋白塗抹在有隙縫處，並將兩個壓克力板用橡皮筋固定乾燥。

圖二十七：塗抹酪蛋白



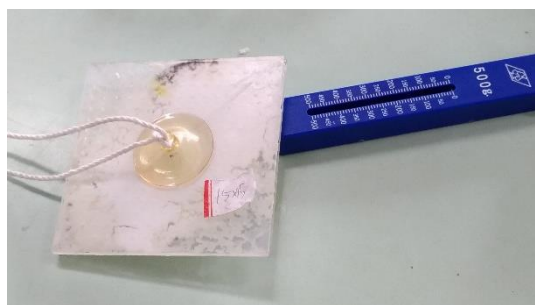
圖二十八：固定並乾燥



- 四、乾燥後取下橡皮筋並在中心點上用吸盤吸附。

- 五、將水桶掛在吸盤上，並每次增加 500 毫公升的水量後，抬升離地 10 秒，觀察壓克力板是否分離。

圖二十九：中心點加上吸盤



圖三十：吸盤掛上水桶



六、將實驗結果紀錄如下表(十七)：

隙縫數量	日期	結果
0*0	20.03.12	水量 5500 毫公升時分離。
8*8	20.03.12	水量 1000 毫公升時分離。
10*10	20.03.12	水量 1000 毫公升時分離。
15*15	20.03.12	水量 1500 毫公升時分離。

【結果】：

雖然 15*15 個隙縫的效果比 8*8 和 10*10 還要好，但是卻比完全沒有敲洞的光滑平面效果還要差，而且是明確的差異，我們想除了隙縫數量之外，應該還有其他我們沒發現的因素。

伍、討論

- 一、我們發現在改變溫度的實驗中，不加熱的牛奶分離的最徹底，而另外兩種溫度常常會有呈現優酪乳的狀態，我們認為正是因為酪蛋白完整分離，導致杯子無法泡在酪蛋白中所以才失敗。
- 二、因為蛋殼粉無法溶解在水中，所以我們在確定乳清蛋白無法修補瓷器後，想利用乳清蛋白來溶解蛋殼粉，雖然蛋殼粉還是無法完全溶解，但是加入蛋殼粉後有明顯的提升成功率，所以增加鈣質確定是有用的。
- 三、因為放置風乾我們是採取自然風乾，容易受天氣影響，所以我們的標準是放置完全乾燥，而不是嚴格的放置固定時間。
- 四、豆奶的成份為大豆加水，而大豆蛋白質也能修補瓷器，我們推測因為大豆蛋白質在乾燥後也會硬化，所以同類型的蛋白質應該都能做到修補的工作；而剩餘的液體部分完全沒有修補能力。
- 五、拉力測試原本只想用 110 公克實驗，但是因為都沒碎裂，所以就直接使用我們彈簧秤的最大值 500 公克作為標準。
- 六、耐力測試的杯子因為是用之前成功的杯子，所以數量有限，於是已經碎裂的杯子就無法在後面的耐力測試出現了。
- 七、用牛奶加熱小瓷杯溫度 100 度的實驗中，只有大豆蛋白質沒有裂開，我們認為這是因為酪蛋白以及鈣會再次溶回牛奶中，但是大豆蛋白質並不會。
- 八、壓克力板隙縫實驗原本要用彈簧秤，但是我們的彈簧秤最大讀數只有 500 公克，於是改用懸掛水桶並加入不同水量的水來控制重量。
- 九、因為隙縫實驗與我們預想不同，我們認為或許還有其他因素，例如：接觸面積，我們覺得如果還有機會可以再來嘗試看看。

陸、結論

- 一、牛奶修補瓷器必須要經過乾燥使酪蛋白硬化的步驟較容易成功。
- 二、直接使用牛奶修補瓷器時，溫度 70 度的效果比 30 度或是不加熱還好。
- 三、牛奶裡的酪蛋白以及鈣質對於修補瓷器皆有幫助。

- 四、大豆蛋白質也能用來修補瓷器，效果不亞於牛奶。
- 五、修補後的瓷器在拉力上可以應付一般使用，但是卻不適合裝熱的物質。
- 六、酪蛋白也能應用在其他物質的修復，只要能確實的將酪蛋白附著在其之上並乾燥。
- 七、隙縫的多寡有些影響酪蛋白的黏著力，但卻不是唯一且最主要的因素。

柒、參考資料及其它

- 一、楊甸翌、黃宇詳、陳眉攸、李君瑜(2019)。蛋白質得來塑。中華民國：第 59 屆中小學科學展覽。檢自：
<https://activity.ntsec.gov.tw/activity/race-1/59/pdf/NPHSF2019-080206.pdf>
- 二、黃楷翔(2019)。化腐朽為神漆。中華民國：第 58 屆中小學科學展覽會。
- 三、陳珮蓁、邱稚筑、蘇子強(2017)。牛奶塑膠異世界。中華民國：第 57 屆中小學科學展覽會。
- 四、陳鼎穎、郭亞宸、曾元庠(2016)。蛋妝素抹－探討植物蛋白製作天然塗料之可行性。中華民國：第 56 屆中小學科學展覽會。
- 五、葉亞欣、楊秉澄、林冠宇(2012)。百黏好合－動物性與植物性蛋白質製成蛋白膠水的探討。中華民國：第 52 屆中小學科學展覽會。
- 六、艾莉森(2019 年 9 月 30 日)。牛奶有分身?乳清蛋白與酪蛋白對運動的影響[Web log post]。檢自：<https://vocus.cc/@alisonsport/5d8dd042fd89780001bfe832>
- 七、謝承恩(2018 年 5 月 6 日)。蛋殼磨碎當鈣粉吃！超省錢補鈣法？專家指出 3 大食安疑慮。ETtoday 新聞雲。檢自：<https://health.ettoday.net/news/1162368>