

中華民國第 59 屆中小學科學展覽會 作品說明書

國小組 化學科

第三名

080217

絕世好漆－以牛奶和教室粉筆自製塗漆

學校名稱：新北市私立及人國民小學

| | |
|---|---------------------|
| 作者： 小六 游承曄 小六 陳玟心 小五 林紓嫻 小六 李楨馨 | 指導老師： 賴明煜 張詩敏 |
|---|---------------------|

關鍵詞：酪蛋白、碳酸鈣、布達拉宮

摘要

牛奶中有許多乳酸菌，在常溫下放置的時間過久時，乳酸菌就會開始繁殖，產生乳酸使牛奶液變成酸性，讓牛奶中的酪蛋白分子重新連結在一起，我們利用這種反應再加入小蘇打粉，讓牛奶中的酪蛋白產生黏性，自製成有黏性的膠水，牛奶膠水具有黏著性，適合當作外牆塗漆的原料，歷史著名的建築物布達拉宮白色的外觀，塗漆主要原料就是牛奶，所以我們以牛奶的酪蛋白為基底，加入了熟石灰、石膏、滑石粉…等不同配方，其中還發揮環保回收的創意，使用了教室剩下來的短粉筆（碳酸鈣）當原料，製作了牛奶塗漆，並觀察不同的塗漆的性質變化，同時也藉由請教古蹟修復專家，進一步來改良實驗中我們自製的塗漆，調製成各種顏色的塗漆，並應用於生活中。

壹、研究動機

學校冰箱中常常有請假或忘記喝的牛奶，往往因為無人認領而過期丟棄，這是一種浪費的行為，而有新聞報導指出歷史著名建築物布達拉宮的外牆的塗漆是由牛奶、蜂蜜與熟石灰混合而塗成的，牛奶居然也可以變塗漆，這讓我們非常好奇，進而查詢了牛奶的相關科學知識，發現牛奶具有黏性，利用這黏性除了可以當膠水變塗漆，在 Youtube 上居然還有人用牛奶的黏性來修復破掉的馬克杯與瓷器，真是太特別了，有了這些調查與發現後，於是我們發揮創意展開了一連串的實驗與研究，其中也利用到了老師們不用的短粉筆（碳酸鈣），當作牛奶塗漆的材料，這樣不但環保又有趣。我們同時也找到了北部地區的古蹟修復專家，透過專家的指導與建議，我們調出了不同的改良配方，以及各種不同顏色的塗漆，也實際塗在很多生活的用品上達到美化的效果，讓我們十分的有成就感，且我們製作的塗漆成本遠比網路上銷售的牛奶塗漆便宜許多喔。



網路賣的牛奶塗漆
200 毫升-250 元；1.25 元/1 毫升



我們自製的牛奶塗漆
200 毫升-80 元；0.25 元/1 毫升

貳、研究目的與問題

有了想破解布達拉宮外牆塗漆的念頭後，我們列出了四項研究的目的，希望能找出塗漆的祕密，並利用這種塗漆在日常生活中。

一、研究目的

- (一) 牛奶黏著性的探討
- (二) 破解布達拉宮的祕密
- (三) 牛奶塗漆的性質測定
- (四) 專家訪談後牛奶塗漆的實際生活應用



布達拉宮外牆塗漆
圖片取自於網路



二、實驗名稱與探討問題

我們依據各項的研究目的，列出了一些實驗，以及實驗所要探討的問題，如下表所示：

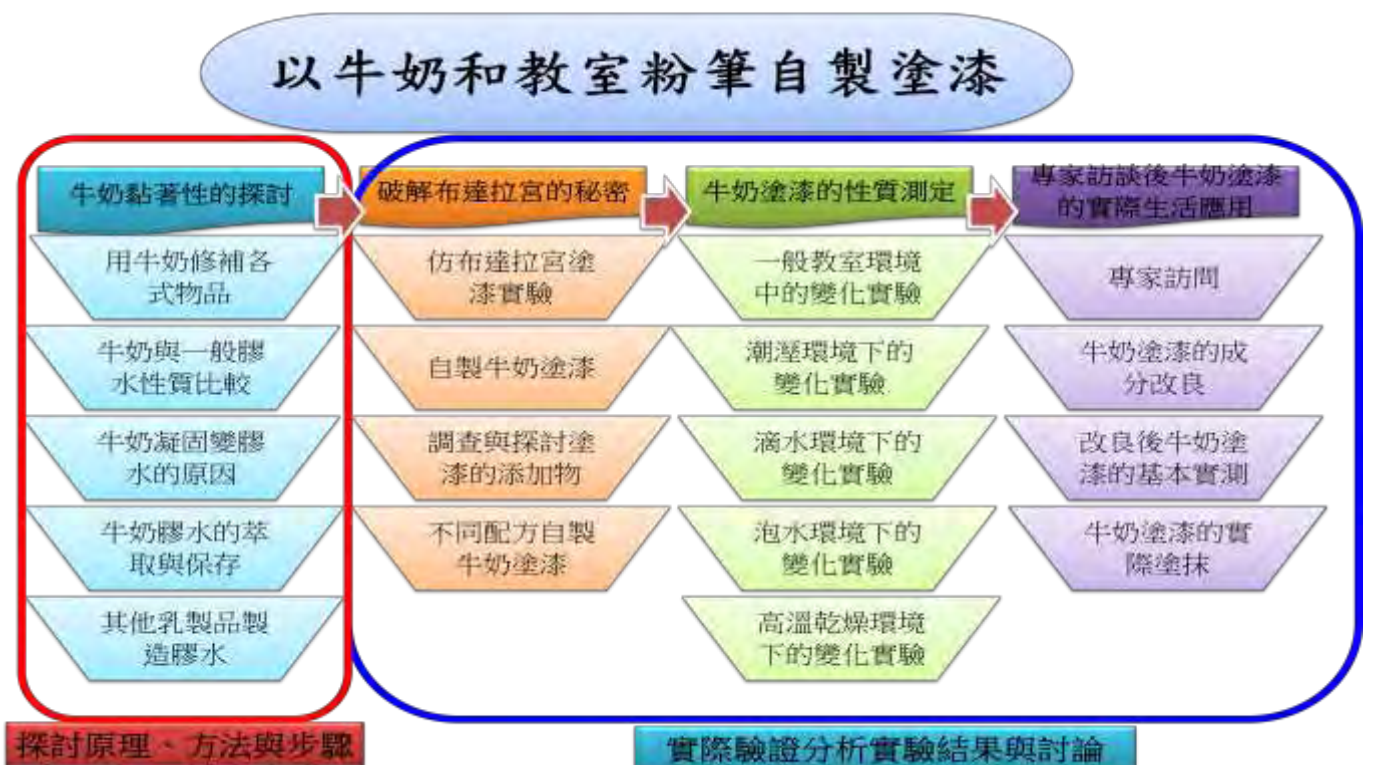
研究目的、實驗名稱與探討問題

| 研究目的 | 實驗名稱 | 探討問題 |
|--------------------|------------------------|------------------------------|
| 一、牛奶黏著性的探討 | 實驗 1-1 牛奶修補馬克杯 | 牛奶是否能成功修補馬克杯？ |
| | 實驗 1-2 牛奶膠水與膠水的性質比較 | 牛奶膠水與膠水性質是否有明顯的差異？ |
| | 實驗 1-3 牛奶凝固變膠水的探討 | 牛奶變膠水的原因？ |
| | 實驗 1-4 牛奶膠水的萃取與保存 | 是否能成功的萃取牛奶膠水並保存較長的一段時間？ |
| | 實驗 1-5 其他乳製品製造膠水 | 其他乳製品是否同樣有酪蛋白，並成功製造膠水？ |
| 二、破解布達拉宮的秘密 | 實驗 2-1 仿布達拉宮塗漆實驗 | 是否能依網路上的配方製造出布達拉宮塗漆？ |
| | 實驗 2-2 自製牛奶塗漆 | 是否能利用牛奶酪蛋白製造出塗漆？ |
| | 實驗 2-3 調查與探討塗漆的添加物 | 是否能探討出與石灰和石膏類似性質的物質？ |
| | 實驗 2-4 不同配方自製牛奶塗漆 | 是否能利用牛奶酪蛋白與不同石灰家族的物質製造出塗漆？ |
| 三、牛奶塗漆的性質測定 | 實驗 3-1 牛奶塗漆於一般教室環境中的變化 | 不同配方的牛奶塗漆是否會在一般環境中產生變化？ |
| | 實驗 3-2 牛奶塗漆潮溼環境下的變化 | 不同配方的牛奶塗漆是否會在漆潮溼環境下產生變化？ |
| | 實驗 3-3 牛奶塗漆滴水環境下的變化 | 不同配方的牛奶塗漆是否在模擬下雨環境時產生變化？ |
| | 實驗 3-4 牛奶塗漆泡水環境下的變化 | 不同配方的牛奶塗漆是否在模擬泡水環境時產生變化？ |
| | 實驗 3-5 牛奶塗漆高溫乾燥環境下的變化 | 不同配方的牛奶塗漆是否在模擬高溫乾燥環境時產生變化？ |
| 四、專家訪談後牛奶塗漆的實際生活應用 | 實驗 4-1 專家訪問 | 是否能依專家的指導找出改良塗漆的方法？ |
| | 實驗 4-2 牛奶塗漆的成分改良 | 是否能成功利用酪蛋白與粉筆改良更好的塗漆？ |
| | 實驗 4-3 改良後牛奶塗漆的基本實測 | 在一般油漆的性質測定用酪蛋白與粉筆所改良的塗漆是否可行？ |
| | 實驗 4-4 牛奶塗漆的實際塗抹 | 所改良的塗漆是否可用於生活中物品的塗抹？ |

三、研究流程圖



以下為了使我們的實驗步驟更清楚將研究目的、實驗名稱簡化成為圖表：



參、研究設備及器材

| 實驗名稱 | 所需器材 |
|------------------------|---|
| 實驗 1-1 牛奶修補馬克杯 | |
| 實驗 1-2 牛奶膠水與膠水的性質比較 | 牛奶、鍋子、微波爐、大燒杯、鋁箔紙、破碎馬克杯、橡皮筋、膠帶、金屬蓋、冰棒棍、吸管、玻片 |
| 實驗 1-3 牛奶凝固變膠水的探討 | 自製拉力砝碼（壓克力板、迴紋針、熱熔膠）切割板、木頭、砂紙、拉力計、牛奶膠水、膠水 |
| 實驗 1-4 牛奶膠水的萃取與保存 | 奶粉、豆漿、優酪乳、小蘇打粉、迴紋針、透明投影片 |
| 實驗 1-5 其他乳製品製造膠水 | |
| 實驗 2-1 仿布達拉宮塗漆實驗 | |
| 實驗 2-2 自製牛奶塗漆 | 牛奶、熟石灰、蜂蜜、燒杯、攪拌棒、木板、石膏、牛奶酪蛋白、刷子、熟石灰、滑石、碳酸鈣（粉筆） |
| 實驗 2-3 調查與探討塗漆的添加物 | |
| 實驗 2-4 不同配方自製牛奶塗漆 | |
| 實驗 3-1 牛奶塗漆於一般教室環境中的變化 | |
| 實驗 3-2 牛奶塗漆潮溼環境下的變化 | |
| 實驗 3-3 牛奶塗漆滴水環境下的變化 | 各式牛奶塗漆、教室內櫥櫃、木板、溼度計、裝水水杯、透明塑膠盆、小水盆、外面水龍頭、自來水、熱風槍、吹風機、溫度計 |
| 實驗 3-4 牛奶塗漆泡水環境下的變化 | |
| 實驗 3-5 牛奶塗漆高溫乾燥環境下的變化 | |
| 實驗 4-1 專家訪問 | 網路、書籍、專家的口頭訪談 |
| 實驗 4-2 牛奶塗漆的成分改良 | 碳酸鈣（粉筆）、牛奶酪蛋白、膠水、白膠、保麗龍膠、燒杯、攪拌棒、木板、刷子、各式改良牛奶塗漆、自製拉力砝碼（壓克力、木板、砂紙、迴紋針、熱熔膠）、拉力計、滑石、石膏、方解石、醋酸、鹽酸、小蘇打水、疏通劑、碳酸鈣（各色粉筆）、牛奶酪蛋白、膠水、教室桌椅、木板、壓克力板 |
| 實驗 4-3 改良後牛奶塗漆的基本實測 | |
| 實驗 4-4 牛奶塗漆的實際塗抹 | |

肆、研究方法與結果

一、牛奶黏著性的探討

首先我們先來破解 YOUTUBE 上的修補馬克杯的秘密，再來比較膠水與不同的酪蛋白的黏度，病瞭解牛奶為什麼有這個特性，實驗如下：

實驗 1-1 牛奶修補馬克杯

- 研究方法：1.將破掉的馬克杯以膠帶與橡皮筋固定。
2.將牛奶加熱至煮沸並倒入燒杯容器之中。
3.將馬克杯置入容器，一周後再觀察馬克杯的變化。

研究數據與結果：牛奶修補馬克杯

| | | |
|--|--|--|
|  |  |  |
| 1.將破掉的馬克杯固定 | 2.牛奶加熱至沸騰 | 3.馬克杯置入牛奶中 |
|  |  |  |
| 4.一周後取出觀察 | 5.馬克杯修復完成 | 6.發現裂縫小的黏合住了，而裂縫大的無法完全黏合 |

※牛奶修補其他材質

- 研究方法：1.準備不同材質（塑膠、木頭、玻璃、金屬），把這些材質互相疊合出不同的隙縫寬度。
2.將互相疊合的材質同實驗 1-1 泡入加熱完的牛奶中。
3.觀察是否黏合同時用拉力計觀察黏和力量大小。

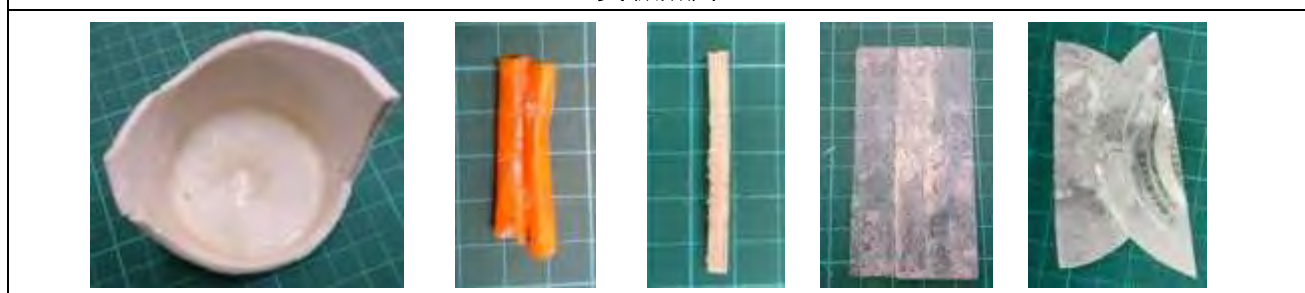
研究數據與結果：

牛奶是否能修補各種材質表

| 種類 | 修補範圍 | | 是否黏合 | 分開時拉力 (公克) | 敘述說明 |
|---------------|-------|-------|------|---------------|---|
| | 長(公分) | 寬(公分) | | | |
| 馬克杯 | 厚 | 1.2 | 4.5 | 是 | 馬克杯用鐵槌敲碎後，裂痕與缺口較不規則，可以順利黏合，但拉力比想像中的低，所以不能再使用。 |
| | 中 | 3 | 5.5 | 是 | |
| | 薄 | 7 | 4 | 是 | |
| 塑膠 (吸管互黏貼) | 厚 | 1 | 1.5 | 否 | 塑膠吸管剛拿出時，因表面布滿了酪蛋白所以有黏合的現象，但撥掉酪蛋白後馬上分開。 |
| | 中 | 1 | 0.1 | 否 | |
| | 薄 | 1 | 0.5 | 否 | |

| | | | | | | |
|----------------------|---|-----|-----|---|------|---|
| 木頭 (冰棒棍互黏貼) | 厚 | 4.5 | 0.5 | 是 | 2250 | 冰棒棍較薄的地方無法黏合，但是黏著表面厚的地方超黏很難分開。 |
| | 中 | 4.5 | 0.3 | 是 | 175 | |
| | 薄 | 4.5 | 0.1 | 否 | 失敗 | |
| 玻璃 (玻片-密合但有隙縫) | 厚 | 7.5 | 2 | 是 | 500 | 玻璃較薄的地方一樣無法黏合，但是黏著表面厚的地方由於沒綁很緊有隙縫，讓酪蛋白進入後玻片黏很緊。 |
| | 中 | 7.5 | 0.9 | 是 | 800 | |
| | 薄 | 7.5 | 0.1 | 否 | 失敗 | |
| 金屬 (金屬拉蓋-無法密合隙縫大) | 厚 | 9 | 4 | 否 | 失敗 | 金屬拉蓋拿出來拔開迴紋針後就馬上分開。 |
| | 中 | 7.5 | 2 | 否 | 失敗 | |
| | 薄 | 9 | 0.5 | 否 | 失敗 | |

實驗照片



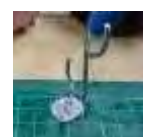
實驗 1-2 牛奶膠水與膠水的性質比較

研究方法：1.選定不同的平面（切割板、木頭、砂紙）塗上（雄 X 牌牛奶膠水與市售膠水）。

2.用鐵尺將膠水統一刮平確保黏著的量是一樣。

3.利用迴紋針和 4 平方公分透明片以熱熔膠黏緊

4.用拉力計拉動迴紋針測量拉力的數質。



黏度測量方法-自製拉動砝碼

| | | |
|---|---|---|
|  |  |  |
| 1.熱熔膠黏緊迴紋針與透明片 | 2.完成適合拉動的砝碼 | 3.均勻塗抹於物體表面上 |
|  |  |  |
| 4.用鐵尺刮平膠水 | 5.讀數較小（200 克）拉力計測量 | 6.讀數較大（5 公斤）拉力計測量 |
|  |  |  |
| 7.切割板表面測定拉力 | 8.木板表面測定拉力 | 9.砂紙表面測定拉力 |

研究數據：

一般的水黏度實驗-光滑面

單位：公克

| | 第一次 | 第二次 | 第三次 | 第四次 | 第五次 | 平均 |
|-----|-----|-----|-----|-----|-----|----|
| 一開始 | 25 | 25 | 25 | 20 | 20 | 23 |

以下第一到第五次詳細數據太多故不列入報告書中，列於觀察紀錄本中，而數據差異太大也不列入平均的計算，黏度實驗平均數據如下表呈現：

牛奶膠水黏度實驗

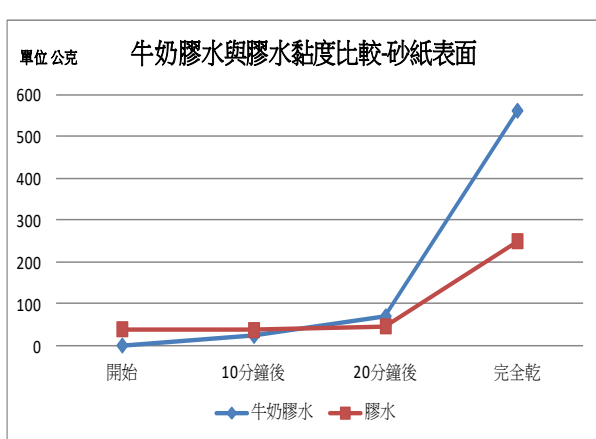
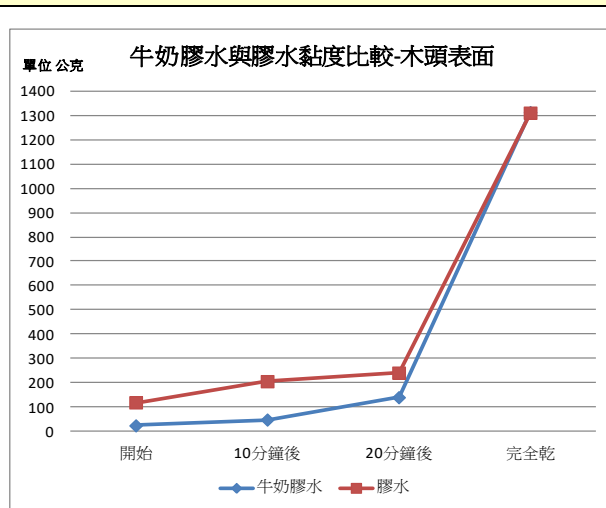
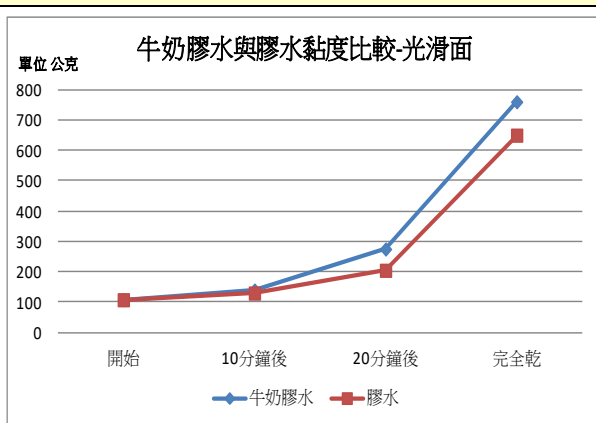
| 牛奶膠水黏度實驗-光滑面 | | 牛奶膠水黏度實驗-木頭表面 | | 牛奶膠水黏度實驗-砂紙表面 | |
|--------------|--------|---------------|---------|---------------|--------|
| | 五次平均 | | 五次平均 | | 五次平均 |
| 一開始 | 108 公克 | 一開始 | 23 公克 | 一開始 | 0 公克 |
| 10 分鐘後 | 140 公克 | 10 分鐘後 | 47 公克 | 10 分鐘後 | 23 公克 |
| 20 分鐘後 | 275 公克 | 20 分鐘後 | 139 公克 | 20 分鐘後 | 70 公克 |
| 乾燥後 | 760 公克 | 乾燥後 | 1313 公克 | 乾燥後 | 563 公克 |

一般市售膠水黏度實驗

| 膠水黏度實驗-光滑面 | | 膠水黏度實驗-木頭表面 | | 膠水黏度實驗-砂紙表面 | |
|------------|--------|-------------|---------|-------------|--------|
| | 五次平均 | | 五次平均 | | 五次平均 |
| 一開始 | 108 公克 | 一開始 | 118 公克 | 一開始 | 39 公克 |
| 10 分鐘後 | 130 公克 | 10 分鐘後 | 205 公克 | 10 分鐘後 | 37 公克 |
| 20 分鐘後 | 205 公克 | 20 分鐘後 | 240 公克 | 20 分鐘後 | 46 公克 |
| 乾燥後 | 650 公克 | 乾燥後 | 1310 公克 | 乾燥後 | 250 公克 |

研究結果與討論：

實驗 1-2 數據折線圖與結果分析



結果分析

我們發現牛奶膠水與一般膠水於光滑面以及木頭表面時黏度的差異性質沒有很多，但是在砂紙表面時，牛奶膠水於完全乾燥時黏著度明顯優於一般膠水。而另外我們發現在木頭表面時兩種膠水可以產生最大的黏度，這和我們於實驗 1-1 所觀察到的利用細縫讓膠水滲透達到較大的黏度一樣。

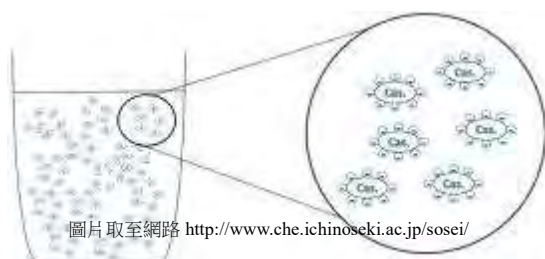
實驗 1-3 牛奶凝固變膠水的探討

研究方法：查詢與比對相關的資料。

研究數據與結果：

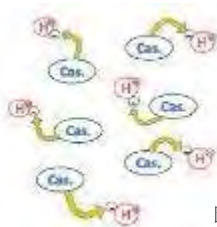
我們查閱了很多資料其中在 DAIRY PROCESSING HAND BOOK(2006)資料中提到，牛奶的成分主要由水、蛋白質與脂肪所組成的，其中蛋白質主要包括乳清蛋白與酪蛋白。我們發現牛奶置於常溫下或在高溫下會結塊俗稱為凝乳，凝乳構造極為複雜，且分子量大難以消化分解。而資料中顯示出：「酪蛋白一般在 pH 中性的條件下，蛋白分子是帶負電的，所以在牛奶中會因為分子間的靜電排斥力而無法凝結。但是如果將 pH 值為酸性大約 4.6 的酸性條件下，酪蛋白分子的正電荷數與負電荷數總值也就是淨電荷剛好為 0 就可以凝結成凝乳。」所以加入酸性物質也可以使牛奶中的蛋白質發生反應，凝結沉澱稱為凝乳，而由原先可溶性的小微粒變為像凝乳狀的固體，我們稱之為酸酪蛋白。

而從牛奶中析出的酸酪蛋白可加入鹼性溶液混合溶解，因此我們利用小蘇打粉行酸鹼中和反應使酪蛋白可以再度融合具有黏性，也就是讓酪蛋白回復到可溶於水的狀態必須將 pH 值從酸性調回至中性，即酪蛋白分子間又會因為靜電排斥力而分開回到可溶性的狀態，因為酪蛋白是大分子能使溶液產生黏度而變得黏稠，充分攪拌使濃度變濃稠後就是「牛奶膠水」。

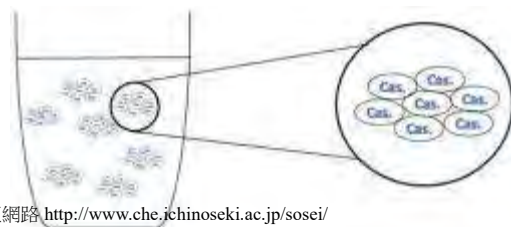


圖片取至網路 <http://www.che.ichinoseki.ac.jp/sosei/>

酪蛋白於 pH=6.6 時，帶負電荷



加酸至等電點



圖片取至網路 <http://www.che.ichinoseki.ac.jp/sosei/>

於 pH=4.6 時為電中性，產生凝乳

實驗 1-4 牛奶膠水的萃取與保存

研究方法：1.將牛奶膠水統一塗抹於切割板上。

2.將牛奶膠水保存在空膠水瓶放置於學校櫥櫃上 4 週。

3.每隔 2 週用拉力計測量黏度變化。



研究數據：

以下第一到第五次詳細數據太多故不列入報告書中，列於觀察紀錄本中，而數據差異太大也不列入平均的計算，黏度實驗平均數據如下表呈現：

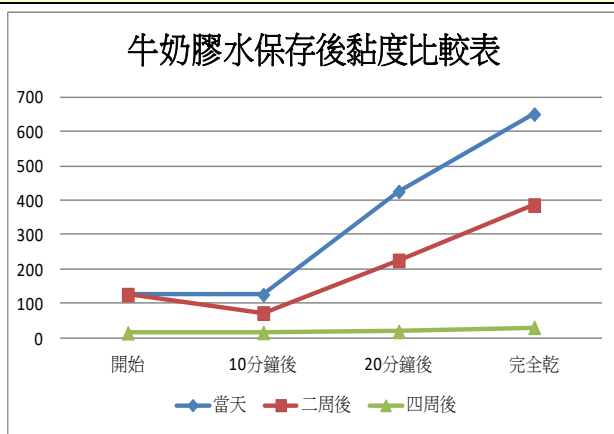
| 牛奶膠水黏度實驗—光滑面 2 週後 | |
|-------------------|--------|
| | 五次平均 |
| 一開始 | 18 公克 |
| 10 分鐘後 | 24 公克 |
| 20 分鐘後 | 121 公克 |
| 乾燥後 | 154 公克 |

| 牛奶膠水黏度實驗—光滑面 4 週後 | |
|-------------------|-------|
| | 五次平均 |
| 一開始 | 14 公克 |
| 10 分鐘後 | 15 公克 |
| 20 分鐘後 | 19 公克 |
| 乾燥後 | 37 公克 |

依據研究數據我們發現膠水黏度都消失了，所以我們查詢了資料發現，許多物品的保存都會添加硼砂，而硼砂有防腐作用，為複方硼砂溶液的主要成分。硼砂對人體的危害，主要來自吃下硼砂後與胃酸反應的產物成人若攝入用 1~3 公克硼砂即可能中毒，15~20 公克有致命危險；孩童則因為代謝效率較慢，食用 5 公克可能造成死亡。因為硼砂有毒所以我們還是持續的研究天然無毒的配方。

研究結果與討論：

實驗 1-3 數據折線圖與結果分析



結果分析

我們可以發現牛奶膠水不能放太久，大約在四週的時候黏性已經消失了，且隨著時間愈久黏度愈低，我們認為是天然的酪蛋白發霉變質的關係。下圖左為酪蛋白放置 10 天後發霉的現象，右為密封於夾鏈袋變質現象。




實驗 1-5 其他乳製品製造膠水

- 研究方法：1.利用牛奶、奶粉、豆漿與優酪乳同製作牛奶膠水方法取出酪蛋白。
2.探討不同酪蛋白所製成的膠水差異。
3.利用廣用試紙加醋直到 PH 為 4 為止，加小蘇打直到 pH 為 7 為止。



研究數據與結果：其他乳製品製造膠水

| 種類 | 照片與描述 | | | |
|------|---|--|--|--|
| 牛奶膠水 | | | | |
| | 牛奶的酪蛋白較其它種類顆粒大，顏色較白，所做出來的膠水顏色也較白，黏稠度像一般市售膠水一樣，而一罐 750 毫升的脫脂牛奶可以做出酪蛋白的量，含少量水的情況下體積也可以達到約 100 毫升。 | | | |
| 奶粉膠水 | | | | |
| | 奶粉的酪蛋白較其它種類顏色偏黃，應該是配方與種類的關係，剛撈起來的時候伴隨著一些泡沫與雜質，等泡沫消除後我們以為的雜質是奶粉的酪蛋白，所在出來的膠水顏色偏黃，黏度佳，我們泡製 600 毫升約 20 匙奶粉，酪蛋白量約 90 毫升。 | | | |
| 豆漿膠水 | | | | |
| | 豆漿的酪蛋白就是豆渣，較其它種類做出來的酪蛋白較為不黏，做出來時有一個豆香味，而做出來的膠水摸起來黏度較差，一罐 700 毫升的豆漿約可做出 80 毫升酪蛋白。 | | | |

| | | | | |
|-----------|---|---|--|---|
| 優酪乳 膠水 |  |  |  |  |
| | 優酪乳的酪蛋白較其它種類更為細緻，幾乎把我們的濾篩的孔洞填入，而酪蛋白摸起來就很黏，而做出來的膠水摸起來黏度也是最好，一罐 850 毫升的優酪乳約只能做出約 50 毫升酪蛋白，是其他種類最少的。 | | | |

※性質比較

研究方法：1.將所製作的膠水統一塗抹於切割板上（如同實驗 1-3），測量黏度變化。

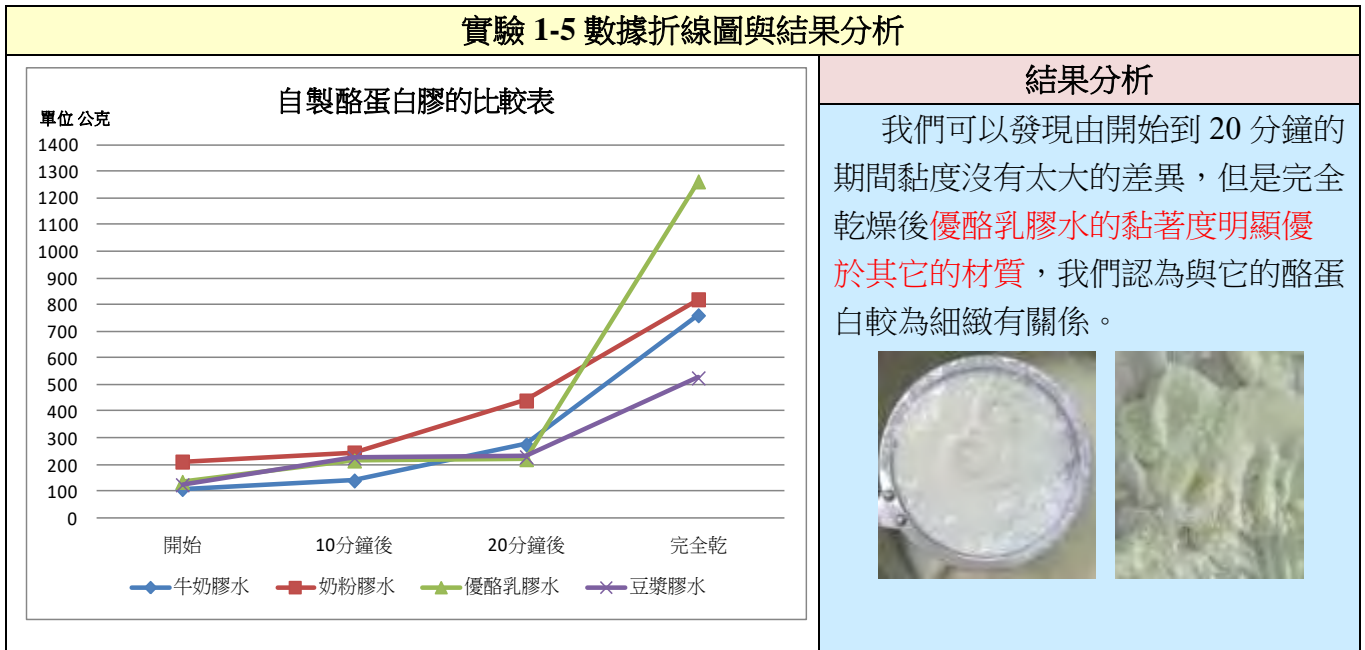
研究數據：

以下第一到第五次詳細數據太多故不列入報告書中，列於觀察紀錄本中，而數據差異太大也不列入平均的計算，黏度實驗平均數據如下表呈現：

| 奶粉膠水 黏度實驗-光滑面 | | 優酪乳膠水 黏度實驗-光滑面 | | 豆漿膠水 黏度實驗-光滑面 | |
|------------------|--------|-------------------|---------|------------------|--------|
| | 五次平均 | | 五次平均 | | 五次平均 |
| 一開始 | 211 公克 | 一開始 | 135 公克 | 一開始 | 124 公克 |
| 10 分鐘後 | 245 公克 | 10 分鐘後 | 215 公克 | 10 分鐘後 | 225 公克 |
| 20 分鐘後 | 440 公克 | 20 分鐘後 | 220 公克 | 20 分鐘後 | 229 公克 |
| 乾燥後 | 820 公克 | 乾燥後 | 1263 公克 | 乾燥後 | 525 公克 |

究結果與討論：

乳製品製造膠水的結果比較



小結：

我們探討完不同酪蛋白所產生的黏性後，布達拉宮外牆的塗漆也利用黏性聚合的效果讓它屹立不搖，所以我們想破解布達拉宮的秘密。且為了實驗精確我們統一選用了同一家廠牌的脫脂牛奶，以免脂肪影響我們的實驗。

二、破解布達拉宮的秘密

經資料查詢，布達拉宮的塗料，除了以白灰為主之外，還要加入牛奶、白糖、蜂蜜、紅糖、藏紅花等。



實驗 2-1 仿布達拉宮塗漆實驗

研究方法：1.將 400 毫升（體積）牛奶混合 200 毫升熟石灰（體積），再加入 30 毫升的蜂蜜與 50 毫升的白糖，混和併攪拌均勻。

2.將所混合的塗漆，漆在 25 公分公分的木板上，靜置於通風處乾燥。

3.觀察木板的塗漆效果。

研究數據與結果：

| 觀察向度 | 敘述 | 照片 |
|-------|---|---|
| 顏色 | 有一點淡綠色還有白色灰石顆粒 |  |
| 味道 | 熟石灰和酪蛋白混和後非常難聞 | |
| 塗漆時 | 粗糙有顆粒 ，熟石灰本身的顆粒 |  |
| 塗漆外觀 | 有水分跑出來，是牛奶的乳清，顏色是 黃綠色 應該是蜂蜜的顏色 | |
| 乾燥後 | 顏色還是呈現黃綠色，表漆十分堅硬， 表面粗糙，但是容易碎裂 | |
| 結果與討論 | 顏色和布達拉宮的外表差很多，同時外漆也很容易 脆裂 ，但是卻有堅硬的表面，於是更想利用其他材質，破解牛奶塗漆的秘密。 | |

實驗 2-2 自製牛奶塗漆

研究方法：1.將牛奶加醋酸並加熱直到酪蛋白分離出來。



2.將酪蛋白分離後並洗淨。

3.加入與酪蛋白相同體積的石膏並攪拌。

4.將塗漆漆在木板上並觀察效果。



研究數據與結果：

| 自製牛奶塗漆-石膏（石膏加水後塗抹不會沾黏） | | |
|------------------------|--|--|
| 觀察向度 | 敘述 | 照片 |
| 顏色 | 雪白色 |  |
| 味道 | 牛奶乳酪味 | |
| 塗漆時 | 黏稠有顆粒較難塗均勻 ，須用力把顆粒壓平 |  |
| 塗漆外觀 | 表面如同起司一樣 | |
| 乾燥後 | 表面堅硬且有顆粒，顆粒分布均勻，整體呈現有細小顆粒粗糙的效果 | |
| 結果與討論 | 用石膏所做出來的塗漆，在塗的當下很像是塗起司，本來以為乾燥後會很軟，但是出乎意料的，表面很硬，不沾手效果也很好。 | |

實驗 2-3 調查與探討塗漆的添加物

研究方法：網路與書本調查石灰與其它添加物。

比較適合添加於牛奶塗漆的物質

| 添加物名稱 (化學式) | 生石灰-不採用 (CaO) | 熟石灰 (Ca(OH) ₂) | 灰石 (CaCO ₃) | 石膏 (CaSO ₄ ·2H ₂ O) | 滑石粉 (Mg ₃ Si ₄ O ₁₀ (OH) ₂) |
|---------------------|---|---------------------------------|----------------------------|--|---|
| 俗名 | 石灰 | 消石灰 | 石灰石 | 石膏 | 滑石粉 |
| 學名 | 氧化鈣 | 氫氧化鈣 | 碳酸鈣 | 硫酸鈣 | 含水鎂矽酸鹽 |
| 酸鹼性 | 強鹼性 | 強鹼性 | 中性 | 中性 | 弱鹼性 |
| 常見用途 | 包裝食品，以生石灰當乾燥劑反應生成氫氧化鈣 | 常用於操場所畫白線，它的溶液是石灰水，常用來檢驗二氧化碳的存在 | 可作為食品添加劑，還可用作牙膏及其他化妝品的原料 | 改善土壤結構，供給鈣和硫成分；工業材料，用於、紙張填料、油漆 | 滑石粉的摩式硬度最低，用量最大的為造紙工業，其次是防水材料工業 |
| 塗漆 預期效果 | 具強鹼性，會劇烈腐蝕，故不採用 | 附著力最好 顏色會有雜質 | 附著力較不好 顏色最多最漂亮 | 附著力較不好 顏色米白色 | 附著力好 白色色彩細緻 |
| 代表性的 化學反應 方程式 | 1. 生石灰 + 水(會產生放熱反應) → 變成熟石灰 $\text{CaO} + \text{H}_2\text{O} \rightarrow \text{Ca(OH)}_2$ 2. 熟石灰吸收了二氧化碳(CO ₂)後又變成了灰石 $\text{Ca(OH)}_2 + \text{CO}_2 \rightarrow \text{CaCO}_3\downarrow + \text{H}_2\text{O}$ 3. 灰石加熱後放出二氧化碳(CO ₂)變成生石灰 $\text{CaCO}_3 \xrightarrow{300^\circ\text{C}} \text{CaO} + \text{CO}_2\uparrow$ 4. 灰石加入硫酸後變為石膏 $\text{H}_2\text{SO}_{4(\text{aq})} + \text{CaCO}_{3(\text{s})} \rightarrow \text{CaSO}_{4(\text{aq})} + \text{CO}_{2(\text{g})} + \text{H}_2\text{O}_{(\text{l})}$ | | | | |

實驗 2-4 不同配方自製牛奶塗漆


研究方法：將實驗 3-3 所討論的物質（石膏、粉筆灰、滑石粉、熟石灰），同實驗 3-2 自製牛奶塗漆的實驗方法製作塗漆。

研究結果與討論：

配方一：50 毫升石膏（體積）+ 50 毫升酪蛋白（體積）+ 25 毫升水（體積）

| 石膏+酪蛋白+水 | | |
|----------|---|----|
| 觀察向度 | 敘述 | 照片 |
| 顏色 | 雪白色 | |
| 味道 | 牛奶乳酪味 | |
| 塗漆時 | 黏稠有酪蛋白顆粒，較難塗均勻，須用力把顆粒壓平塗抹 | |
| 塗漆外觀 | 表面如同起司一樣 | |
| 乾燥後 | 表面堅硬粗糙分布均勻，整體呈現有粗糙表面的感覺 | |
| 結果與討論 | 如同把起司塗在木板上，因為有顆粒組成所以較沒有一般油漆的滑順，但是乾燥後顆粒效果還不錯 | |

配方二：50 毫升石膏 + 50 毫升酪蛋白 + 25 毫升水 + 2 匙蘇打粉（體積）

| 石膏+酪蛋白+水+蘇打粉 | | |
|--------------|---|---|
| 觀察向度 | 敘述 | 照片 |
| 顏色 | 雪白色 |  |
| 味道 | 牛奶乳酪味 | |
| 塗漆時 | 更為黏稠有顆粒細緻但還是難塗均勻 | |
| 塗漆外觀 | 表面如同更小更黏的優格 | |
| 乾燥後 | 表面堅硬且有更小的顆粒，呈現有細小顆粒粗糙的效果 |  <p>未加入酪蛋白的石膏 未沾黏</p> |
| 結果與討論 | 性質同配方一一樣，只是加入小蘇打粉後更黏，變後顆粒變得較細一點，因為黏的關係所以也很難塗抹 | |



配方比例參考網路影片：DIY Make Your Own Chalk & Milk Paint

配方三：50 毫升滑石 + 25 毫升酪蛋白 + 25 毫升水 + 2 匙蘇打粉（體積）




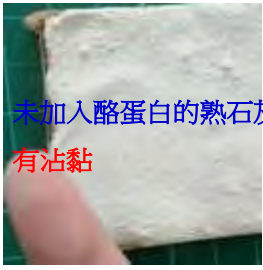
我們學過摩氏硬度中最小的礦物是滑石，而滑石摸起來也滑滑的，而生活中滑石的應用也很廣，我們使用的是運動用的滑石粉來條配牛奶塗漆。

| 滑石+酪蛋白+水+蘇打粉 | | |
|--------------|----------------------------------|---|
| 觀察向度 | 敘述 | 照片 |
| 顏色 | 米白色（顏色偏黃） |  |
| 味道 | 牛奶乳酪混和滑石粉味道很重較難聞 | |
| 塗漆時 | 塗漆較滑容易上漆，但些顆粒太大需特別挑掉 | |
| 塗漆外觀 | 顆粒不均勻酪蛋白顆粒特別大 | |
| 乾燥後 | 表面較滑，顏色偏黃，顏色分布較不均勻，有些黃色的顏色很明顯 |  <p>未加入酪蛋白的滑石 有沾黏</p> |
| 結果與討論 | 滑石漆呈現顏色偏黃，有顆粒的地方顏色深較不美觀，也因為較滑較好塗 | |

配方四：50 毫升熟石灰 + 50 毫升酪蛋白 + 25 毫升水 + 2 匙蘇打粉

熟石灰一般常用於施工場地畫白線，或用來改善被污染酸化的土壤。我們學過熟石灰的溶液就是澄清石灰水用來檢驗二氧化碳的存在，把二氧化碳通入澄清石灰水中，會產生碳酸鈣的沉澱石灰水就會變混濁。

熟石灰+酪蛋白+水+蘇打粉





| 觀察向度 | 敘述 | 照片 |
|-------|--|--|
| 顏色 | 亮白色但有些許黑色小顆粒 |   |
| 味道 | 石灰的味道比較刺激難聞 | |
| 塗漆時 | 顆粒粗糙且分布不均勻，所以最難塗抹 |   <p>未加入酪蛋白的熟石灰 有沾黏</p> |
| 塗漆外觀 | 有黑色的雜質，顆粒粗糙且分布不均勻 | |
| 乾燥後 | 表面最堅硬，顆粒粗糙及一些黑色雜質 | |
| 結果與討論 | 我們所使用的熟石灰為工程用沒有過濾與磨成細粉，所以顏色有黑色的雜質，做出來的質地堅硬 | |

配方五：50 毫升粉筆灰（碳酸鈣）+ 50 毫升酪蛋白 + 25 毫升水 + 2 匙蘇打粉

生活中許多地方都有碳酸鈣的蹤影，在不同的天氣或者溫度下碳酸鈣會沉澱為固體，我們也調查出來教室所使用的粉筆為碳酸鈣，同時粉筆也有很多顏色也適合做酪蛋白塗漆，所以我們收集了很多教室的短粉筆，利用磨粉與過篩讓顆粒非常細小加入酪蛋白與水後很好塗抹，塗抹時有非常均勻，乾燥後顏色亮白均勻粉末不會沾手。



碳酸鈣+酪蛋白+水+蘇打粉

| 觀察向度 | 敘述 | 照片 |
|-------|---|--|
| 顏色 | 粉白色顏色均勻 |   |
| 味道 | 沒什麼味道，味道較淡 | |
| 塗漆時 | 顏色均勻顆粒細感覺粉粉的很好塗抹 |   <p>未加入酪蛋白的碳酸鈣 有沾黏</p> |
| 塗漆外觀 | 顆粒大小均勻，顏色細緻 | |
| 乾燥後 | 表面細緻，顏色分布均勻，且摸起來不會有粉筆沾手的感覺 | |
| 結果與討論 | 其它顏色的粉筆也很成功與漂亮，算是這幾種配方中最好的成果，一來可以利用教室不會用到的短粉筆，又可以讓它變漂亮的塗漆 | |

其他顏色照片



三、牛奶塗漆的性質測定

為了測定不同配方的塗漆我們依照臺灣可能面臨到的塗漆環境來測定性質：

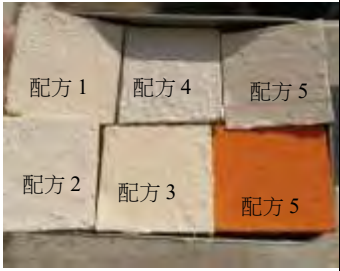
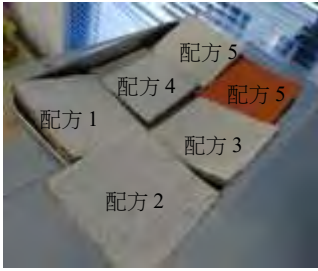
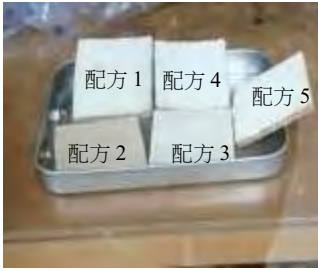
實驗 3-1 牛奶塗漆常溫下的變化

研究方法：1.將所塗製的牛奶漆木板放置於不同環境下（戶外陽光下、室內窗戶旁、室內櫥櫃內）。

2.放置 1 個月後觀察顏色變化。

研究數據與結果：

牛奶塗漆常溫下顏色變化

| 放置環境 | 戶外陽光下 | 室內窗戶旁 | 室內櫥櫃內 |
|-------------------|---|--|---|
| 不同配方 |  |  |  |
| 配方 1 1 配方 5 | 皆無明顯變化 | | |

實驗發現：在一般乾燥不會太潮濕的環境下配方 1~配方 5 皆沒有明顯的變化，顯示塗漆很穩定。

實驗 3-2 牛奶塗漆潮溼環境下的變化







研究方法：

- 1.準備水杯與濕度計將透明盒蓋住。
- 2.將不同配方的塗漆木板放置內部。
- 3.觀察在濕度環境較高時木板的變化。



研究數據與結果：

牛奶塗漆潮溼環境下顏色變化

| | 一開始狀態 | 發霉時間 (第幾天) | 1 個月後 | 狀態描述 |
|-----------------------------|---|--|--|------------------------------------|
| 配方 1 (石膏粉 無加小蘇 打粉) |  |  7 天後 |  | 石膏塗漆在沒有加入小蘇打的狀態下非常容易發霉，一個月後的木板慘不忍睹 |
| 配方 2 (石膏粉) |  |  14 天後 |  | 石膏塗漆在加入小蘇打粉後較不易發霉，但 14 天後還是有霉點產生 |

| | | | | |
|----------------------|--|--|--|--------------------------|
| 配方 3 (滑石粉) | | | | 滑石粉塗漆放置三天就變黃了，到了15天後開始發霉 |
| 配方 4 (熟石灰) | | | | 熟石灰塗漆最厲害，放置一個月後沒有發霉的跡象 |
| 配方 5 (粉筆灰) | | | | 粉筆灰塗漆也到了第18天後開始發霉 |

實驗發現：只有熟石灰沒有發霉的現象，經之前所調查的資料，熟石灰也是乾燥劑的材料，且表層會和空氣形成堅硬的灰石，這些可能都是無發霉的原因。

實驗 3-3 牛奶塗漆滴水環境下的變化（下雨環境的模擬）

- 研究方法：
- 1.將水龍頭統一調整滴水速度。
 - 2.將木板置於滴水的水龍頭。
 - 3.觀察在滴水環境下木板的變化。



研究數據與結果：

牛奶塗漆滴水環境下的變化

A：沒變化 B：變軟 C：脫落 D：大面積脫落

| | 1分 | 2分 | 3分 | 4分 | 5分 | 6分 | 7分 | 8分 | 9分 | 10分 | 11分 | 12分 | 13分 | 14分 | 15分 |
|------|----|----|----|----|----|----|----|----|----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|
| 配方 1 | B | B | B | C | C | C | C | C | C | D | D | D | D | D | D |
| 配方 2 | A | B | B | B | C | C | C | C | C | C | D | D | D | D | D |
| 配方 3 | A | B | B | B | C | C | C | C | C | C | D | D | D | D | D |
| 配方 4 | A | A | A | A | A | A | A | A | A | A | A | A | A | A | A |
| 配方 5 | A | A | B | B | C | C | C | C | D | D | D | D | D | D | D |

研究照片：



配方一

配方二

配方三

配方四

配方五

實驗 3-4 牛奶塗漆泡水環境下的變化（積水環境的模擬）

研究方法：1.將不同配方的木板泡置於水中。

2.觀察在泡水環境下木板的變化。

研究數據與結果：



牛奶塗漆泡水環境下的變化

A：沒變化 B：變軟 C：脫落 D：大面積脫落

| | 1分 | 2分 | 3分 | 4分 | 5分 | 6分 | 7分 | 8分 | 9分 | 10分 | 11分 | 12分 | 13分 | 14分 | 15分 |
|-----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|
| 配方1 | A | B | C | C | C | D | D | D | D | D | D | D | D | D | D |
| 配方2 | A | B | B | B | C | C | C | D | D | D | D | D | D | D | D |
| 配方3 | B | B | C | C | C | D | D | D | D | D | D | D | D | D | D |
| 配方4 | A | A | A | A | A | A | A | A | A | A | A | A | A | A | A |
| 配方5 | A | A | A | B | B | B | C | C | C | C | D | D | D | D | D |

研究照片：



配方一

配方二

配方三

配方四

配方五

實驗發現：

由實驗 3-3 與 3-4 實驗我們發現，自製的塗漆除了熟石灰的配方之外，其餘的配方會均讓漆脫落，而會變軟脫落屬於較不好的塗漆所以我們也不另外測定塗漆的脫落範圍，而是繼續研究出遇水而不會變軟與脫落的塗漆。



實驗 3-5 牛奶塗漆高溫乾燥環境下的變化

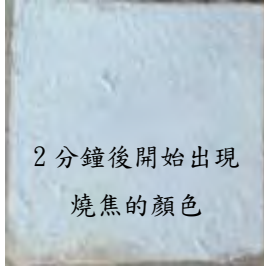

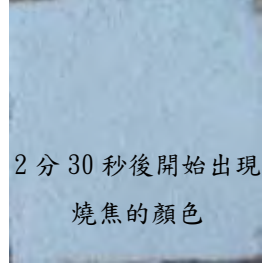

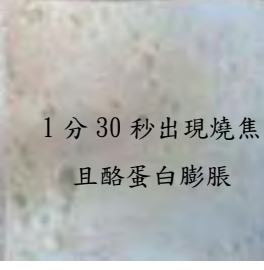

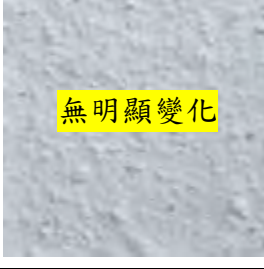
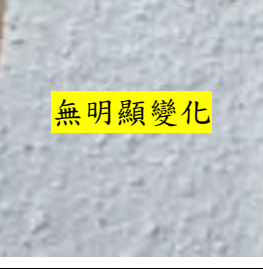
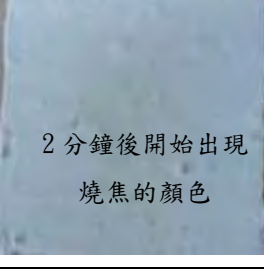

研究方法：1.利用吹風機與熱風槍，放置木板塗漆在相同距離的出風口下。

2.觀察在高溫乾燥的環境下木板的變化。



研究數據與結果：

牛奶塗漆高溫乾燥環境下的變化

| | 吹風機（弱，溫度約為 45 度） | 吹風機（強，溫度約為 55 度） | 熱風槍（溫度約為 90 度） | 熱風槍（3 分鐘後） |
|---------------------|----------------------|----------------------|---|--|
| 配方 1 （石膏粉無加小蘇打粉） | 20 分鐘後 皆無明顯 變化 | 20 分鐘後 皆無明顯 變化 |  2 分鐘後開始出現 燒焦的顏色 |  |
| 配方 2 （石膏粉） | | |  2 分 30 秒後開始出現 燒焦的顏色 |  |
| 配方 3 （滑石粉） | | |  1 分 30 秒出現燒焦 且酪蛋白膨脹 |  |
| 配方 4 （熟石灰） | | |  無明顯變化 |  無明顯變化 |
| 配方 5 （粉筆灰） | | |  2 分鐘後開始出現 燒焦的顏色 |  |

由實驗 3-1 到實驗 3-5 我們發現，我們所自製的牛奶塗漆除了熟石灰的配方外，防水的效果較不好，耐熱也無法到達熱風槍 90 度的高溫，為了解決問題，我們也查詢連絡了專家，希望透過專家指導，解決塗漆的問題。

而每間教室中有非常多的短粉筆，為了環保同時粉筆顏色也最多塗漆塗起來最細緻最好看所以我們選擇粉筆當作我們改良配方的主角，收集了每間教室的短粉筆後，我們也開始磨製粉筆灰，希望真正達到回收利用的目的。

四、專家訪談後牛奶塗漆的實際生活應用

為了解決我們自製塗漆的一些缺失（防水性、抗熱性...等），我們專訪了全臺首屈一指的古蹟修復專家，東■營造有限公司負責人，李先生，並請專家來看看我們自製的塗漆。

實驗 4-1 專家訪問



訪談內容如下：

全臺首屈一指的古蹟修復專家—
東■營造有限公司負責人—李先生

代表作：紅毛城的外漆修復
圖片取自公司網站

(一)好的油漆須具備的條件？

答：具有「**工作性**」方便油漆乾燥之後作繪製與打釘等工程用途，「**耐候、耐久性**」讓塗漆色彩可以保持久一點與「**環保無毒**」等。

(二)我們所做的塗漆只有熟石灰漆防水為什麼？有什麼建議？

答：1、防水塗料=大多滲入樹脂材料或其它防水劑，基本條件是**孔隙小於水份子或膜厚包覆**，才能達到防水功效，建議你們可以嘗試加入**少量的膠水或白膠**，增加酪蛋白聚合的黏度。

2、熟石灰並不防水，用在壁塗上，主要透過二至三次的鏟刀催壓將灰泥粉平，最後表面再以鋼鏟刀修飾「催金」。在早期白灰壁表面飾材，經**反覆練灰修飾**，據說可達鏡面反射效果。建議：灰泥在施作前需**反覆練土**，就好比麻糬反覆搗實**增加黏稠度**，在塗抹時也要透過多次推壓，使其表面密實。除可平整、光滑，亦有提升防水效果。(這個動作需配合匠師經驗，針對底部構造乾濕度及當日氣候冷熱收縮條件判斷調整，且施作後 3~7 天「養護」，亦情況再做修飾)

(三)我們的塗漆有顆粒，會有什麼影響？

答：1、不會有太大的影響，只會造成審美觀上的問題。(一般灰接觸空氣就會有結粒情形，使用前需過篩。要細，可用絲襪**過篩處理**)

(四)我們的塗漆適合用於古蹟修復上嗎？為什麼？

答：1、**石灰孔隙較漆料大具透氣、調節濕度，導致越來越多研究，將石灰運用於室內。**

2、早期沒水泥、沒油漆，構造體完成後以土壁做為表面飾材或象徵權貴者，以「灰」加「砂」拌合，做為「底塗」表面再以純白灰做為「面塗」(白灰飾面大約 2~3mm)。

3、並不是白灰適合古蹟，而是早期代替材料有限，所有壁面表面飾材，都是以白灰做為介質，例如豬血土(豬血+灰+麻絨+海菜)、土朱壁(土朱+灰+麻絨+海菜)、白灰壁(灰+麻絨+海菜)…等，灰是骨材、麻絨是抗剪材、海菜是結合劑、豬血、土朱只是色母，若塗料需要厚度，則以灰+砂作為材料。再加上文資法規定，保存古蹟基本原則，就需要依原構造工法、材質復原修復。

4、工業革命後水泥材料出現，水泥代替了石灰，外牆就改以水泥+砂塗抹，爾後油漆出現，表現不同色彩更加容易，內外牆都可用水泥砂做底，表面油漆，白灰的功用完全被代替，走入歷史。

小結：專家十分肯定我們所自製的塗漆，也說我們利用了牛奶做出塗漆非常有創意且用粉筆調出不同的色彩非常漂亮，希望我們這些小小科學家能持續研究，發明出更環保有用的塗漆，一直給予我們鼓勵，感覺十分親切，也感謝專家的協助。

實驗 4-2 改良更實用的牛奶塗漆

因為我們覺得**粉筆顏色最多**也最好看所以我們選擇粉筆，並依照**專家建議**加入不同的配方，觀察是否能克服在這些失敗環境下的反應。

研究方法：1.利用實驗 2-4 的配方五分別再添加**白膠、膠水與保麗龍膠**

2.配方五成分再添加純天然的**海藻酸鈉與麥芽膠**

3.配方四成分添加純天然的海藻酸鈉對照與比較

4.觀察改良配方後的塗漆變化

研究數據與結果：








改良配方 1：50 毫升**粉筆灰** + 50 毫升**酪蛋白** + 25 毫升**水** + 2 匙**蘇打粉**+ 20 毫升**白膠**（體積）

| 碳酸鈣+酪蛋白+水+蘇打粉+白膠 | | | | |
|------------------|---|--|--|---|
| 觀察向度 | 敘述 | 照片 | | |
| 顏色 | 米白色 |  | | |
| 味道 | 加了白膠後有白膠味 | | | |
| 塗漆時 | 顏色均勻顆粒較小容易塗抹，但是有大顆粒的白膠結塊，需要挑掉 |  | | |
| 塗漆外觀 | 有一些凹洞，沒有比粉筆漆細緻 | | | |
| 乾燥後 | 相較於粉筆漆粗糙，顏色差異不大 | | | |
| 結果與討論 | 有凝固的白膠產生使得塗漆中有一顆顆的，顆粒大小與酪蛋白一樣大，所以剛開始以為是酪蛋白，把顆粒切開仔細觀察之後發現是白膠結成的顆粒 |  | | |
| 其他反應變化 |  <p>滴水-無明顯變化</p> | |  <p>泡水-無明顯變化</p> |  <p>高溫乾燥-無明顯變化</p> |



其他顏色



改良配方 2：50 毫升**粉筆灰** + 50 毫升**酪蛋白** + 25 毫升**水** + 2 匙**蘇打粉**+ 50 毫升**膠水**（體積）

| 碳酸鈣+酪蛋白+水+蘇打粉+膠水 | | |
|------------------|---|--|
| 觀察向度 | 敘述 | 照片 |
| 顏色 | 米白色 |   |
| 味道 | 淡淡的牛奶味道 | |
| 塗漆時 | 塗起來很滑順 | |
| 塗漆外觀 | 外觀滑順不易有顆粒 | |
| 乾燥後 | 顏色均勻且油漆很堅硬指甲刮不壞 | |
| 結果與討論 | 加入膠水後牛奶味道沖散了，而膠水水分很多所以塗起來非常的滑順，而外觀上有不會出現酪蛋白或膠水的顆粒，且乾燥後非常的堅硬，較不怕水與高溫，比原本只用粉筆漆好。 |   |
| 其他反應變化 |  <p>滴水-無明顯變化</p>  <p>泡水-無明顯變化</p>  <p>高溫乾燥-無明顯變化</p> | |

改良配方 3：50 毫升**粉筆灰** + 50 毫升**酪蛋白** + 25 毫升**水** + 2 匙**蘇打粉**+ 50 毫升**保麗龍膠**

| 碳酸鈣+酪蛋白+水+蘇打粉+保麗龍膠 | | |
|--------------------|---|---|
| 觀察向度 | 敘述 | 照片 |
| 顏色 | 白色 |   |
| 味道 | 保麗龍膠的味道 | |
| 塗漆時 | 無法塗漆 | |
| 塗漆外觀 | 無法塗漆 | |
| 乾燥後 | 無法塗漆 | |
| 結果與討論 | 加入保麗龍膠後味道很濃難聞，攪拌一陣子後整坨黏在一起，拉起來的時候甚至於有一絲一絲的保麗龍膠拉出來，所以無法塗抹。 |   |

堅持純天然的改良配方 4

改良配方 4：50 毫升粉筆灰 + 50 毫升酪蛋白 + 120 毫升水 + 20 毫升海藻酸鈉

海藻酸又稱藻酸、海藻素，是存在於褐藻細胞壁中的一種天然多糖。通常純品為白色到棕黃色纖維、顆粒或粉末。海藻酸易與陽離子形成凝膠，如海藻酸鈉等。維基百科（2018）。

| 碳酸鈣+酪蛋白+水+海藻酸鈉 | | |
|----------------|--|--|
| 觀察向度 | 敘述 | 照片 |
| 顏色 | 米黃色 |  |
| 味道 | 奶香味很重 | |
| 塗漆時 | 顆粒大且濃稠，需要用許多水稀釋 | |
| 塗漆外觀 | 如同果凍一樣但有咖啡色的顆粒 | |
| 乾燥後 | 十分堅硬但顆粒多，有咖啡色的斑點 | |
| 結果與討論 | 加入海草酸鈉時水量太少變得很乾，持續加入約 120 毫升的水後再變得較滑順，但顆粒很多像是酪蛋白與海藻結塊的顆粒 |   |
| 其他反應變化 |  <p>滴水-塗漆變軟會脫漆</p> |  <p>泡水-整塊掀起來了</p> |

堅持純天然的改良配方 5

改良配方 5：50 毫升粉筆灰（碳酸鈣） + 50 毫升酪蛋白 + 50 毫升水 + 20 毫升麥芽膠


麥芽膠又名膠飴，其色紫凝如深琥珀色。麥芽糖是澱粉酶分解澱粉產生的雙糖。維基百科（2018）。

| 碳酸鈣+酪蛋白+水+麥芽糖 | | |
|---------------|--|--|
| 觀察向度 | 敘述 | 照片 |
| 顏色 | 燕麥色 |   |
| 味道 | 很像早上會喝的麥芽口味牛奶調味乳 | |
| 塗漆時 | 顆粒多，很黏難塗抹，塗抹時有許多泡沫 | |
| 塗漆外觀 | 顆粒大，表面粗糙，有些微的泡泡，產生一些小凹洞 | |
| 乾燥後 | 古銅色塗漆有點軟 | |
| 結果與討論 | 塗漆有點軟且製作過程中有很重的麥芽味，但乾燥後味道淡了許多 |   |
| 其他反應變化 |  <p>滴水-非常的不防水</p> |  <p>泡水-整塊溶化了</p> |

堅持純天然但改用熟石灰的改良配方 6

由於用粉筆加上存天然的黏膠還是無法順利達到防水的效果，所以我們選擇了實驗目的三中的配方四效果最好，同時也是布達拉宮所使用的天然物品熟石灰來對照與比較，觀察是否防水效果更好。

改良配方 6：50 毫升熟石灰 + 50 毫升酪蛋白 + 120 毫升水 + 20 毫升海藻酸鈉

| 熟石灰+酪蛋白+水+海藻膠 | | |
|---------------|--|---|
| 觀察向度 | 敘述 | 照片 |
| 顏色 | 白色有一點光澤 |  |
| 味道 | 石灰的味道蓋過牛奶 | |
| 塗漆時 | 滑順好塗抹 | |
| 塗漆外觀 | 有一點點較大的酪蛋白顆粒，塗抹一次就可以很均勻且黏著性佳 |  |
| 乾燥後 | 十分堅硬有一點點的酪蛋白顆粒 | |
| 結果與討論 | 塗漆堅硬且有一點光澤，塗抹時有能均勻的附著在木板上，所以熟石灰再加上酪蛋白後是很好的塗漆 |  |
| 其他反應變化 | | |

改良更實用的牛奶塗漆結果分析：

如果以粉筆灰加上酪蛋白為塗漆，要有防水效果須加上膠水或白膠，若是純天然的海藻酸鈉與麥芽膠則不能成功，但是如果以熟石灰加上酪蛋白再配上海藻酸鈉，**塗漆的效果就非常**好，比起之前的配方四中無海藻酸鈉更好塗抹乾燥時也**更細緻與堅硬**。

實驗 4-3 改良後牛奶塗漆的基本實測

因為我們以**短頭粉筆**的利用為實驗的重點，所以我們**取改良配方 1 與 2 當作基本實測的對象**。

※ 黏著度實驗

- 研究方法：
- 1.將改良配方 1 與 2 的塗漆塗抹於壓克力板、木頭表面、砂紙表面上
 - 2.將自製不同迴紋針砝碼（壓克力、木頭、砂紙砝碼）黏著於上方
 - 3.用拉力計拉動迴紋針測量拉力的數質。



光滑面-壓克力板



木頭表面



粗糙面-砂紙表面

研究數據：

| 改良配方 1-光滑面 | | 改良配方 1-木頭表面 | | 改良配方 1-粗糙面 | |
|------------|--------|-------------|-----------|------------|-------|
| | 五次平均 | | 五次平均 | | 五次平均 |
| 一開始 | 67 克 | 一開始 | 165 克 | 一開始 | 60 克 |
| 10 分鐘後 | 88 克 | 10 分鐘後 | 190 克 | 10 分鐘後 | 56 克 |
| 20 分鐘後 | 106 克 | 20 分鐘後 | 269 克 | 20 分鐘後 | 55 克 |
| 乾燥後 | 1125 克 | 乾燥後 | 超過 3000 克 | 乾燥後 | 790 克 |

| 改良配方 2-光滑面 | | 改良配方 2-木頭表面 | | 改良配方 2-粗糙面 | |
|------------|--------|-------------|-----------|------------|--------|
| | 五次平均 | | 五次平均 | | 五次平均 |
| 一開始 | 30 克 | 一開始 | 180 克 | 一開始 | 32 克 |
| 10 分鐘後 | 71 克 | 10 分鐘後 | 229 克 | 10 分鐘後 | 33 克 |
| 20 分鐘後 | 16 克 | 20 分鐘後 | 274 克 | 20 分鐘後 | 31 克 |
| 乾燥後 | 1280 克 | 乾燥後 | 超過 3000 克 | 乾燥後 | 1400 克 |

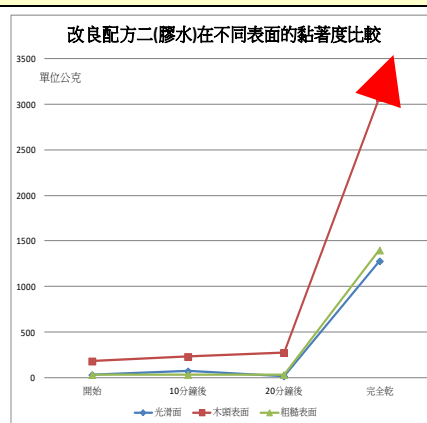
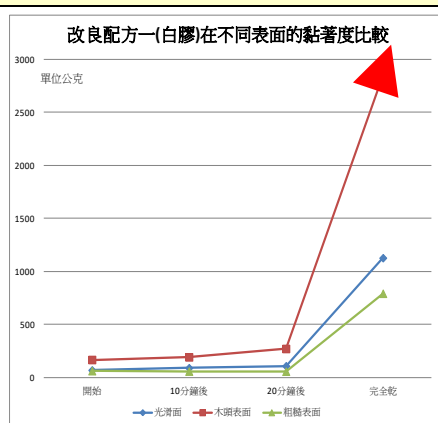
超過 3000 為自製拉力砝碼超過 3KG 的拉力後而壞掉無法測量



自製拉力砝碼黏在木板乾燥後太黏了，導致自製超過 3KG 後拉力砝碼黏壞了

研究結果：

※ 實驗 4-3 黏著度實驗數據折線圖與結果分析



結果分析

我們發現不管是加入白膠或是膠水的配方在塗在木頭表面時，黏著度都比壓克力的光滑面以及砂紙的粗糙面高非常多，這與我們在實驗 1-2 牛奶膠水與膠水的性質比較發現的結果是相同的，所以我們之後的酸鹼測定與硬度實驗都是在木板上進行實驗。

※ 抗酸鹼測定實驗

- 研究方法：1.選擇不同 PH 值之水溶液
2.以滴管滴在不同配方的塗漆上
3.觀察滴時與乾燥後的變化



研究數據與結果：

改良塗漆抗酸鹼測定實驗

| 品稱 (PH 值) | 水管疏通劑 (11-12) | 飽和小蘇打水 (9-10) | 實驗用醋酸 (5-6) | 鹽酸 (2-3) |
|----------------|------------------|------------------|----------------|--------------|
| 改良配方 1 (白膠) | | | | |
| | 塗漆變軟但無脫落，尖物容易刮落 | 無變化 | 當下無變化滴完隔一陣子變較軟 | 有泡沫塗漆變軟，容易刮落 |
| 改良配方 2 (膠水) | | | | |
| | 塗漆變軟但無脫落，尖物容易刮落 | 無變化 | 當下無變化滴完隔一陣子變較軟 | 有泡沫塗漆變軟，容易刮落 |

※ 硬度實驗

- 研究方法：1. 選擇不同硬度的礦物
2. 刮在塗有不同改良配方塗漆的木板上並觀察有無刮痕
- 研究數據與結果：



一般油漆牆面硬度為 2-3

改良塗漆硬度實驗

| 品稱 (莫氏硬度) | 滑石 (1) | 石膏 (2) | 方解石 (3) | 硬度範圍 |
|----------------|-----------|-----------|------------|-------------|
| 改良配方 1 (白膠) | | | | 硬度介於 1-2 |
| | | | | |
| 改良配方 2 (膠水) | | | | 硬度介於 2-3 |
| | | | | |





※ 熱脹冷縮實驗

研究方法：1.將不同配方塗漆塗在方格板上（3x3）

2.以熱風槍和冰塊放置塗漆上觀察塗漆熱脹冷縮的情形

研究數據與結果：

改良塗漆熱脹冷縮實驗

| 狀態 | 未乾燥前 | 完全乾燥後 |
|---|---|--|
| 改良配方 1 (白膠) |  |  |
| 改良配方 2 (膠水) |  |  |
| 實驗結果 | | |
| 因為只塗一層肉眼較無法觀察，所以我們將塗漆塗抹多層厚一點，但是完全乾燥後有龜裂的現象造成實驗失敗。 | | |

牛奶塗漆的基本實測結果與討論

| | |
|---------|---|
| 黏著度實驗 | 添加白膠與膠水後黏著性都非常的好顯示塗漆適用於各種材質之中 |
| 抗酸鹼測定實驗 | 塗漆較無法在酸性環境下維持狀態，這也和一般大理石也是碳酸鈣，容易受酸雨侵蝕有關係 |
| 硬度實驗 | 一般塗漆的莫氏硬度介於 2-3 之間而用膠水所製成的塗漆也一樣 2-3 之間，但白膠的莫氏硬度為 1-2 之間，就連指甲也可以刮出痕跡 |
| 熱脹冷縮實驗 | 塗抹太薄不易觀察，塗抹太厚塗漆又會龜裂，所以實驗較為失敗 |

實驗 4-4 牛奶塗漆的實際塗抹

研究方法：1.用不同色的粉筆調製不同顏色的顏料

2.用全校收集來的過期的牛奶

3.繪製在不同的器材上

研究數據與結果：



目的 2、3 的實驗統一利用沒過期的脫脂鮮奶來測定，但學校冰箱裡充滿了全校學生請假沒有喝的牛奶，且已經過期了，我們覺得真的太浪費了所以嘗試著調配出不同顏色的顏料，畫在不同的材質上：



牛奶塗漆的實際塗抹

| 教室課桌椅 | 塑膠盆 | 木板 | 瓷碗 |
|---|---|--|---|
|  |  |  |  |
|  |  |  |  |

塗抹照片：



伍、討論

一、牛奶黏著性的探討

- (一) 將破損的馬克杯放入加熱過後的牛奶中，隔 3-5 天後發現馬克杯可以黏合住，但**裂縫較大的痕跡無法修復**。以同樣的方法我們可以發現**可以產生毛細現象的材質或連接方法才可以黏合住**。
- (二) 利用牛奶取出酪蛋白並製作出牛奶膠水，和一般膠水黏著力差不多，但是在**粗糙的砂紙表面中牛奶膠水則是明顯較好**。
- (三) 牛奶膠水因為沒有添加防腐劑，裡面的**酪蛋白約放置 1 周後就有發霉的現象**，我們以膠水瓶放置牛奶膠水保存**4 週後觀察與實驗發現，牛奶膠水失去黏性**，我們認為是**酪蛋白發霉變質**所致，經資料查詢後部分溶液會添加硼砂甚至於甲醛，皆為有毒物質所以也不納入實驗之中。
- (四) 生活中一些乳製品含有酪蛋白，我們還利用**奶粉、豆漿與優酪乳製造酪蛋白膠水**，發現不同乳製品酪蛋白的形式也有差異，另外比較黏著力後發現，**優酪乳的酪蛋白最為細緻，所做出來的膠水黏度也最強**。

二、破解布達拉宮的秘密

- (一) 歷史著名的建築物布達拉宮，它的外牆就是利用了牛奶、白灰、蜂蜜的配方來塗漆的，所以我們也利用這些配方仿製布達拉宮的塗漆，並試著塗在木板上，結果發現雖然很堅硬但是**顏色偏黃綠色，同時隔 2-3 小時候開始有龜裂的現象**；而取出牛奶中的**酪蛋白**再次實驗塗漆效果較好。
- (二) 研究牛奶塗漆後發現石灰是一個關鍵，石灰家族的成員有生石灰、熟石灰、碳酸鈣與石膏，屏除了有腐蝕性的生石灰我們先後利用了石膏、熟石灰、碳酸鈣與滑石粉這些不同的配方，分別加入所取出的牛奶酪蛋白，變成牛奶塗漆，並觀察每一種牛奶塗漆的特色：
 1. **石膏塗漆**：表面粗糙但堅固，顏色雪白漂亮。
 2. **滑石粉塗漆**：表面最滑，顏色偏黃有大顆粒。
 3. **熟石灰塗漆**：最堅硬，但有些許黑色雜質。
 4. **碳酸鈣塗漆**：表面粉粉的但是不會掉粉筆灰，顏色均勻漂亮，且依教室粉筆還有很多顏色可以調配，將用剩不用的粉筆在利用非常環保。

三、牛奶塗漆的性質測定

- (一) 我們觀察了不同配方的牛奶塗漆在不同環境下顏色與外表變化，發現在一般的是內外環境下，木板顏色與表面外觀皆不會改變，但是在高度潮濕的環境下，碳酸鈣、石膏、滑石的塗漆表面皆有發霉的現象，只有**熟石灰**沒發霉，其中滑石漆的顏色變的較黃。
- (二) 在滴水與泡水的環境下同樣的碳酸鈣、石膏、滑石的塗漆表面會變得較軟，甚至於有脫漆的現象發生，而同樣的還是只有**熟石灰**最堅強，沒有變軟脫漆的現象。
- (三) 而高溫乾燥在熱度約在 60 度 C 以下時皆無反應，但熱度高達 90 度 C 時，還是除了**熟石灰**，其他配方的塗漆表面皆有燒焦的現象。

四、專家訪談後牛奶塗漆的實際生活應用

- (一) 我們找尋了臺灣古蹟修復的專家，專家建議我們在自製塗漆實驗中**加入生活中常見化學原料，例如樹脂或膠水增加油漆的聚合度**，另外也可以用篩網過濾顆粒較大的雜質，同時嘉許了我們所自製的塗漆。
- (二) 以純天然的膠（海藻膠與麥芽膠）添加碳酸鈣與酪蛋白做成的塗漆皆無法防水，但是純天然的海藻膠加上熟石灰所製成的塗漆效果很好。
- (三) 利用碳酸鈣的配方加入**膠水或白膠**後發現，它不但黏著度高不易有脫漆的現象同時可以耐高溫，而膠水與一般油漆的硬度性質都相近，利用粉筆調配不同顏色後可以塗抹在不同的物品上。

陸、結論

| 研究目的 | 結論 |
|------------------|--|
| 牛奶黏著性的探討 | <p>牛奶的成分主要由水、蛋白質與脂肪所組成的，其中蛋白質主要包括乳清蛋白與酪蛋白，加入酸性溶液使牛奶產生白色棉絮狀的凝乳，取出酪蛋白再加入小蘇打粉變為中性後，讓酪蛋白恢復原來狀態，因酪蛋白屬大分子的帶白質本身具有黏性，適度的加入少量的水後可以調整酪蛋白的黏著度。</p> |
| 破解布達拉宮的秘密 | <p>布達拉宮外牆的塗漆是利用酪蛋白黏著的性質，再加入熟石灰、白糖與蜂蜜來增加黏稠效果，且添加了具防腐效果的藏紅花調製成塗漆。而我們善用教室中的短頭粉筆（即碳酸鈣）來取代熟石灰，也同樣的製造出漂亮的塗漆，應用於生活之中。</p> |
| 牛奶塗漆的性質測定 | <p>我們可以將自製不同配方的牛奶塗漆，依照臺灣容易出現的氣候環境做出不同變化的實驗，熟石灰再加入酪蛋白後與空氣接觸乾燥形成堅硬的碳酸鈣，所以能克服不同環境的變化，但是直接以粉筆（即碳酸鈣）添加酪蛋白雖然防水效果較差，不過附著力也很好且在一般室溫中穩定不會變色，也能達到有效利用廢棄資源的目的。</p> |
| 專家訪談後牛奶塗漆的實際生活應用 | <p>塗漆要防水表層需要很堅硬且細縫要小，所以熟石灰與空氣形成碳酸鈣所製成的塗漆效果好；但是以粉筆（即碳酸鈣）為基底時就需添加具黏著性的膠體溶液，例如加入 PVA 化學物質。而古法有用蚶殼成分也是碳酸鈣，碳酸鈣在超過 800 度的高溫下，會生成二氧化碳與氧化鈣，加水會變成熟石灰，再吸收二氧化碳就變成不溶於水而且堅固的碳酸鈣，也值得我們借鏡與參考。</p> |

柒、參考文獻

- 1.發現科學-台視網站(2016)。過期牛奶有妙用加醋.小蘇打變膠水
<https://www.ttv.com.tw/drama12/NewsScience/view.asp?id=207922>
- 2.維基百科(2017)。酪蛋白。
<https://zh.wikipedia.org/wiki/%E9%85%AA%E8%9B%8B%E7%99%BD>
- 3.維基百科(2018)。海藻酸鈉。
<https://zh.wikipedia.org/wiki/%E6%B5%B7%E8%97%BB%E9%85%B8>
- 4.每日頭條（2016）。布達拉宮的外牆是用牛奶和白糖粉刷上去的
<https://kknews.cc/zh-tw/travel/z63ok8p.html>
5. TTV 發現科學(2013)。修補碗盤裂痕牛奶加熱神奇還原
<https://www.ttv.com.tw/drama12/NewsScience/view.asp?id=112652>
- 6.生活化學（2018）元素 020-鈣 Ca - LiFe。
<https://www.lifechem.tw/blog/181001>
7. DAIRY PROCESSING HAND BOOK(2006)。THE CHEMISTRY OF MILK
<https://dairyprocessinghandbook.com/chapter/chemistry-milk>
8. DIY Make Your Own Chalk & Milk Paint(2015) 。youtube
https://www.youtube.com/watch?v=wmN8UV_6vcU
- 9.創成化學工學實驗(2017) 。
<http://www.che.ichinoseki.ac.jp/sosei/>
- 10.蔡介筠等（2013）。少年起司的奇幻漂流 ～探討牛奶與豆漿的凝乳現象。
第五十三屆全國中小學科學展覽會作品說明書
- 11.葉亞欣等（2012）百黏好合 —動物性與植物性蛋白質製成蛋白膠水的探討。
第五十二屆全國中小學科學展覽會作品說明書

【評語】 080217

1. 利用牛奶來製造塗漆，探討蛋白質膠的適用材料和不同蛋白質來源的差異，添加了人文地理情懷，題目有趣且富鄉土性及環保性。
2. 實驗很多，但有點雜，缺少組織及系統化。
3. 自製測量方法儀器，值得鼓勵。但新方法儀器必先和舊方法儀器比較，確認新方法儀器可信後才可使用
4. 有些小錯誤，例如第 1 頁，200 毫升 80 元，1 毫升應是 0.4 元而非 0.25 元。應加強文章校對。
5. 蛋白質漆的優劣評比方式偏主觀，無法量化。
6. 參考資料大部分來自網頁(9 篇)及全國科展(2 篇)，但去年的優勝作品沒有提到(第 58 屆國小組化學科：化腐朽為神漆)。

壹、摘要與動機

學校冰箱中常常有請假或忘記喝的牛奶，往往因為無人認領而過期丟棄，這是一種浪費的行為，而有新聞報導指出歷史著名建築物布達拉宮的外牆的塗漆是由牛奶、蜂蜜與熟石灰混合而塗成的，牛奶在常溫下放置的時間過久時，乳酸菌就會開始繁殖，產生乳酸使牛奶液變成酸性，讓牛奶中的酪蛋白分子重新連結在一起，我們利用這種反應再加入小蘇打粉，讓牛奶中的酪蛋白產生黏性，自製成有黏性的膠水，牛奶膠水有黏著性，適合當作外牆塗漆的原料，所以我們以牛奶的酪蛋白為基底，加入了熟石灰、石膏、滑石粉...等不同配方，其中還發揮環保回收的創意，使用了教室剩下來的短粉筆（碳酸鈣）當原料，製作了牛奶塗漆，並觀察不同的塗漆的性質變化，同時也藉由請教古蹟修復專家，進一步來改良實驗中我們自製的塗漆，調製成各種顏色的塗漆，並應用於生活中。

貳、研究目的與實驗

| 研究目的 | 實驗名稱 | 探討問題 |
|--------------------|------------------------|------------------------------|
| 一、牛奶黏著性的探討 | 實驗 1-1 牛奶修補馬克杯 | 牛奶是否能成功修補馬克杯？ |
| | 實驗 1-2 牛奶膠水與膠水的性質比較 | 牛奶膠水與膠水性質是否有明顯的差異？ |
| | 實驗 1-3 牛奶凝固變膠水的探討 | 牛奶變膠水的原因？ |
| | 實驗 1-4 牛奶膠水的萃取與保存 | 是否能成功的萃取牛奶膠水並保存較長的一段時間？ |
| | 實驗 1-5 其他乳製品製造膠水 | 其他乳製品是否同樣有酪蛋白，並成功製造膠水？ |
| 二、破解布達拉宮的秘密 | 實驗 2-1 仿布達拉宮塗漆實驗 | 是否能依網路上的配方製造出布達拉宮塗漆？ |
| | 實驗 2-2 自製牛奶塗漆 | 是否能利用牛奶酪蛋白製造出塗漆？ |
| | 實驗 2-3 調查與探討塗漆的添加物 | 是否能探討出與石灰和石膏類似性質的物質？ |
| | 實驗 2-4 不同配方自製牛奶塗漆 | 是否能利用牛奶酪蛋白與不同石灰家族的物質製造出塗漆？ |
| 三、牛奶塗漆的性質測定 | 實驗 3-1 牛奶塗漆於一般教室環境中的變化 | 不同配方的牛奶塗漆是否會在一般環境中產生變化？ |
| | 實驗 3-2 牛奶塗漆潮溼環境下的變化 | 不同配方的牛奶塗漆是否會在漆潮溼環境下產生變化？ |
| | 實驗 3-3 牛奶塗漆滴水環境下的變化 | 不同配方的牛奶塗漆是否在模擬下雨環境時產生變化？ |
| | 實驗 3-4 牛奶塗漆泡水環境下的變化 | 不同配方的牛奶塗漆是否在模擬泡水環境時產生變化？ |
| | 實驗 3-5 牛奶塗漆高溫乾燥環境下的變化 | 不同配方的牛奶塗漆是否在模擬高溫乾燥環境時產生變化？ |
| 四、專家訪談後牛奶塗漆的實際生活應用 | 實驗 4-1 專家訪問 | 是否能依專家的指導找出改良塗漆的方法？ |
| | 實驗 4-2 牛奶塗漆的成分改良 | 是否能成功利用酪蛋白與粉筆改良更好的塗漆？ |
| | 實驗 4-3 改良後牛奶塗漆的基本實測 | 在一般油漆的性質測定用酪蛋白與粉筆所改良的塗漆是否可行？ |
| | 實驗 4-4 牛奶塗漆的實際塗抹 | 所改良的塗漆是否可用於生活中物品的塗抹？ |

參、研究過程或方法

研究流程

討論及決定研究問題

資料收集與閱讀

牛奶黏著性實驗

酪蛋白變塗漆實驗

牛奶塗漆性質測定

專家建議與改良

實驗資料整理

研究方法

牛奶塗漆、牛奶膠水

了解布達拉宮外牆所使用的原料
了解牛奶形成酪蛋白進而產生黏性的方法

牛奶膠水的萃取與性質測定
不同酪蛋白的膠水性質比較

利用牛奶與酪蛋白模擬布達拉宮的塗漆
利用不同配方製造各種塗漆

顏色穩定性、抗水性、防黴性、抗高溫乾燥等...一般性質測定

專家諮詢
塗漆的改良-化學黏膠 & 純天然
改良性質測定（黏著度、酸鹼、耐刮）

實驗資料整理

肆、研究結果與討論

一、牛奶黏著性的探討

探討原理、方法與步驟

實驗1-1 牛奶修補馬克杯

研究方法：1.將破掉的馬克杯以膠帶與橡皮筋固定。
2.將牛奶加熱至煮沸並倒入燒杯容器之中。
3.將馬克杯置入容器，一周後再觀察馬克杯的變化。

※牛奶修補其他材質

研究方法：1.準備不同材質（塑膠、木頭、玻璃、金屬），把這些材質互相疊出不同的隙縫寬度。
2.將互相疊合的材質同實驗 1-1 泡入加熱完的牛奶中。
3.觀察是否黏合同時用拉力計觀察黏和力量大小。

研究數據與結果：

牛奶修補馬克杯



我們發現牛奶雖然可以順利黏合馬克杯，但是裂縫大的地方無法黏合，同時用力拉動黏合處會開。

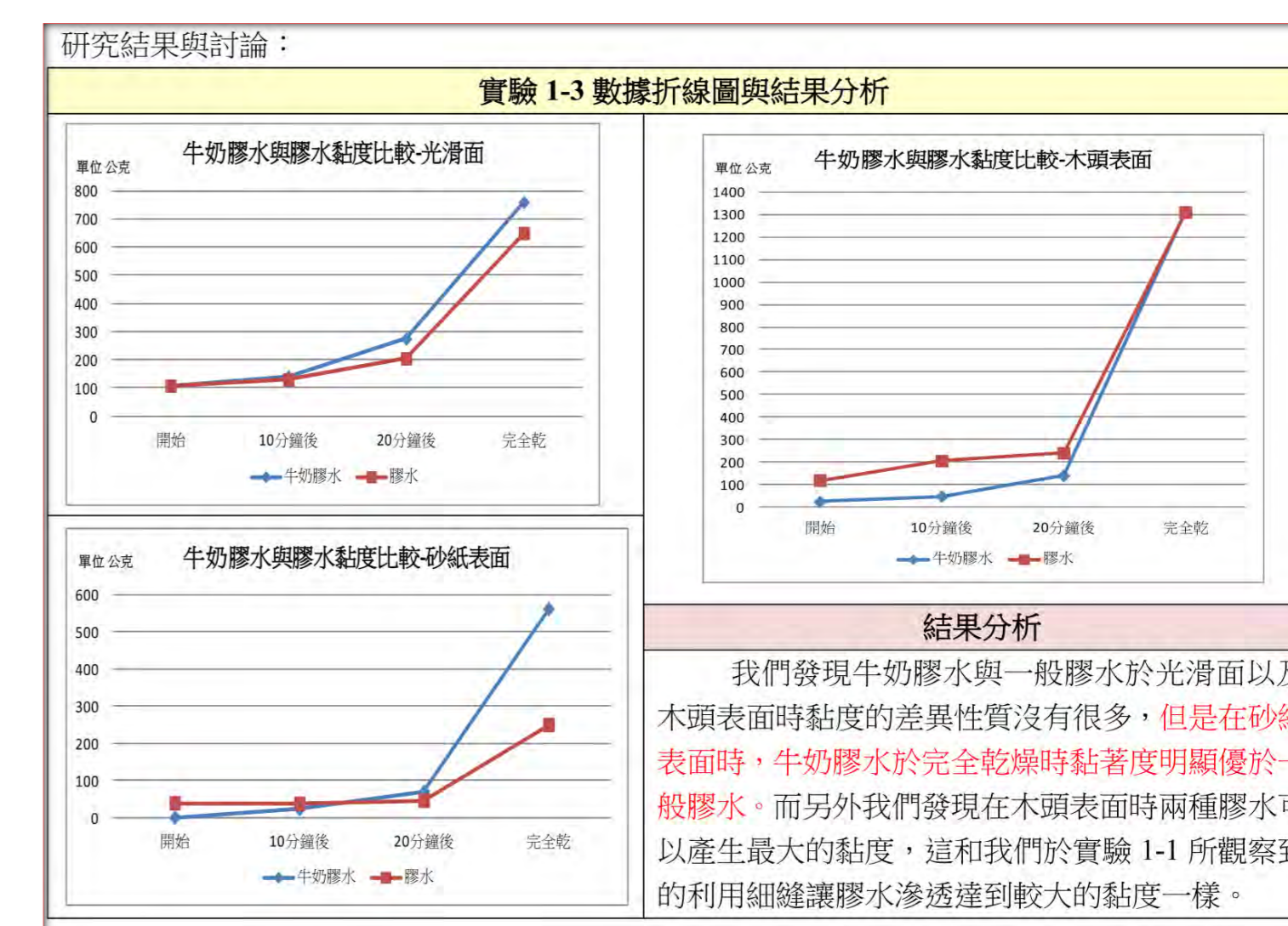
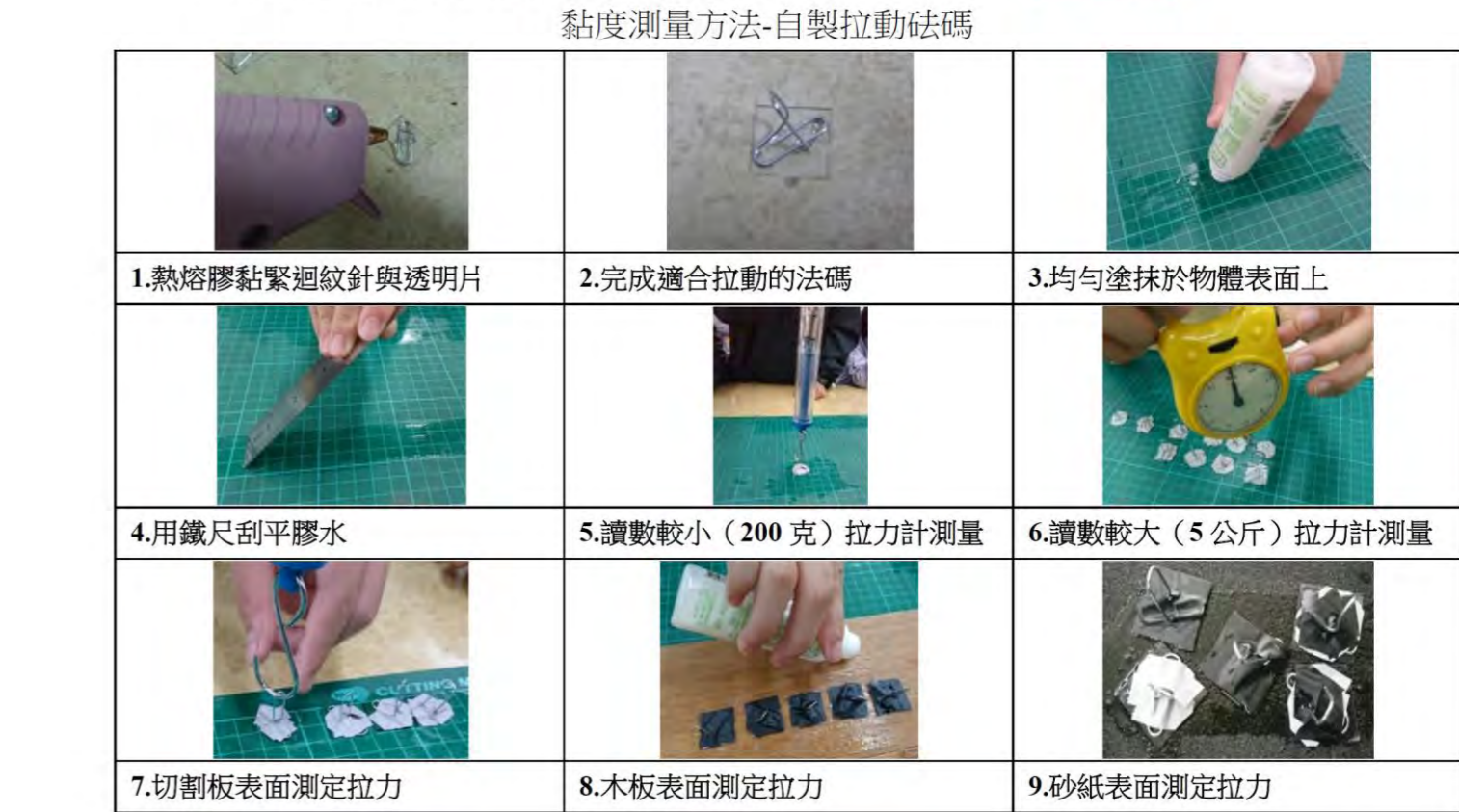
研究數據與結果：

牛奶是否能修補各種材質表

| 種類 | 修補範圍 | | 是否黏合 | 分開時拉力 (公克) | 敘述說明 |
|-------------------|-------|---------|------|------------|---|
| | 長(公分) | 寬(公分) | | | |
| 馬克杯 | 厚 | 1.2 4.5 | 是 | 500 | 馬克杯用鐵錐敲碎後，裂痕與缺口較不規則，可以順利黏合，但拉力比想像中的低，所以不能再使用。 |
| | 中 | 3 5.5 | 是 | 300 | |
| | 薄 | 7 4 | 是 | 600 | |
| 塑膠 (吸管互黏) | 厚 | 1 1.5 | 否 | 失敗 | 塑膠吸管剛拿出時，因表面布滿了酪蛋白所以有黏合的現象，但擦掉酪蛋白後馬上分開。 |
| | 中 | 1 0.1 | 否 | 失敗 | |
| | 薄 | 1 0.5 | 否 | 失敗 | |
| 木頭 (冰棒棍互黏) | 厚 | 4.5 0.5 | 是 | 2250 | 冰棒棍較薄的地方無法黏合，但是黏著表面厚的地方黏得很難分開。 |
| | 中 | 4.5 0.3 | 是 | 175 | |
| | 薄 | 4.5 0.1 | 否 | 失敗 | |
| 玻璃 (玻片-密合但有隙縫) | 厚 | 7.5 2 | 是 | 500 | 玻璃較薄的地方一樣無法黏合，由於沒綁得很緊有隙縫，讓酪蛋白進入後玻片黏得很緊。 |
| | 中 | 7.5 0.9 | 是 | 800 | |
| | 薄 | 7.5 0.1 | 否 | 失敗 | |
| 金屬 (金屬拉蓋-無法密合隙縫大) | 厚 | 9 4 | 否 | 失敗 | 金屬拉蓋拿出來後開避針後馬上分開。 |
| | 中 | 7.5 2 | 否 | 失敗 | |
| | 薄 | 9 0.5 | 否 | 失敗 | |

實驗1-2 牛奶膠水與膠水的性質比較

研究方法：1.選定不同的平面（切割板、木頭、砂紙）塗上（雄X牌牛奶膠水與市售膠水）。
2.用鐵尺將膠水刮到平確保黏著量是一樣。
3.利用迴針針和4平方公分透明片以熱熔膠黏緊。
4.用拉力計拉動迴針測量拉力的數值。

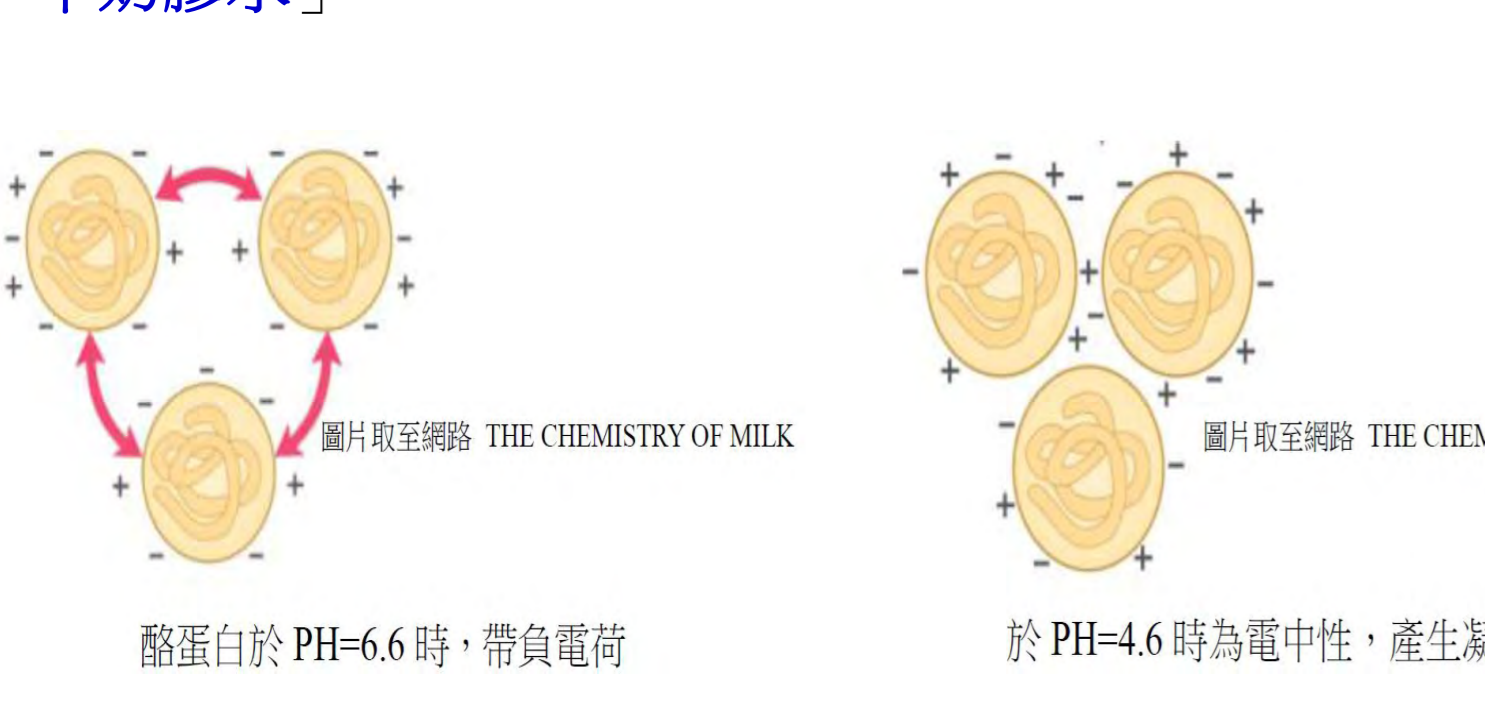


實驗1-3 牛奶凝固變膠水的探討

研究方法：查詢與比對相關的資料。

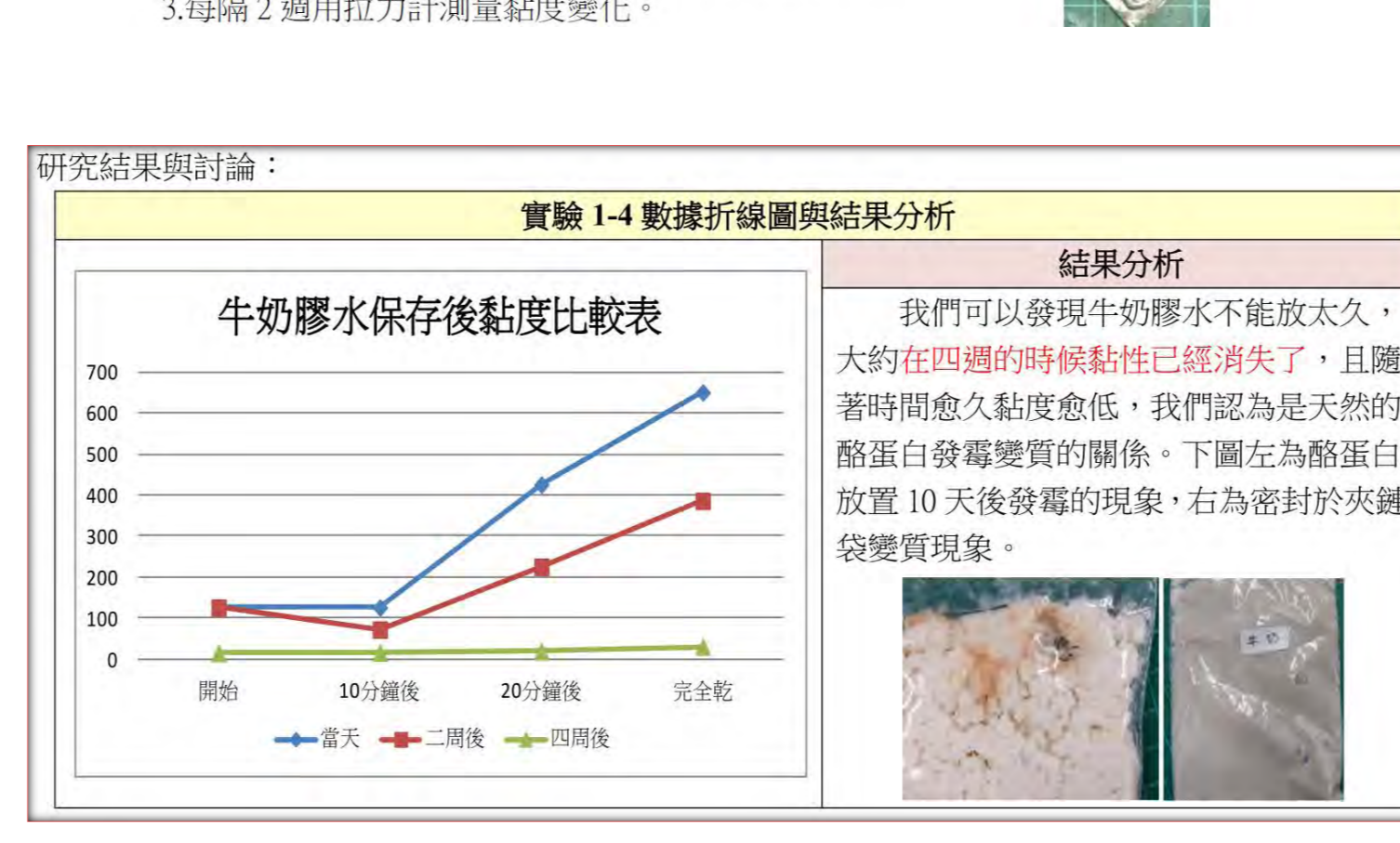
研究數據與結果：
牛奶的成分主要由水、蛋白質與脂肪所組成的，其中蛋白質主要包括乳清蛋白與酪蛋白。牛奶置於常溫下或在高溫下會結塊俗稱為凝乳，凝乳構造極為複雜，且分子量難以消化分解。酪蛋白一般在pH中性的條件下，蛋白分子是帶負電的，所以在牛奶中會因為分子間的靜電排斥力而無法凝結。但是如果將pH值為酸性大約4.6的酸性條件下，酪蛋白分子的正電荷數與負電荷數總值也就是淨電荷剛好為0就可以凝結成凝乳。

而從牛奶中析出的酪蛋白可加入鹼性溶液混合溶解，因此我們利用小蘇打粉行酸鹼中和反應使酪蛋白可以再度融合具有黏性，也就是讓酪蛋白回復到可溶於水的狀態必須將pH值從酸性調回至中性，即酪蛋白分子間又會因為靜電排斥力而分開回到可溶性的狀態，因為酪蛋白是大分子能使溶液產生黏度而變得黏稠，充分攪拌使濃度變濃稠後就是「牛奶膠水」。

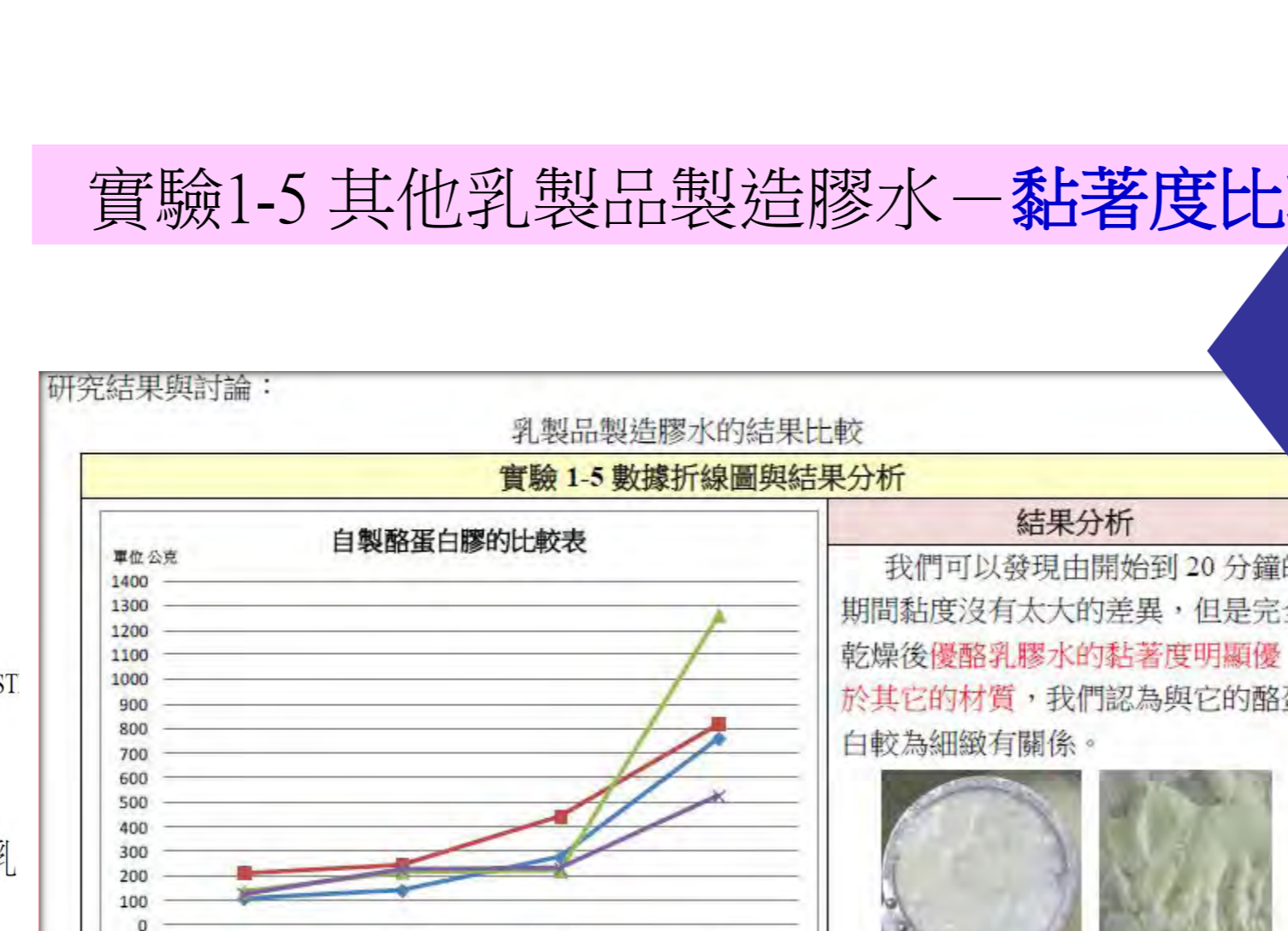


實驗1-4 牛奶膠水的萃取與保存

研究方法：1.將牛奶膠水統一塗抹於切割板上。
2.將牛奶膠水保存在空膠水瓶放置於學校櫃檯上4週。
3.每隔2週用拉力計測量黏度變化。



實驗1-5 其他乳製品製造膠水—黏著度比較



實驗1-5 其他乳製品製造膠水

研究方法：1.利用牛奶、奶粉、豆漿與優酪乳同製作牛奶膠水方法取出酪蛋白。
2.探討不同酪蛋白所製成的膠水差異。



不同酪蛋白製作出的膠水黏度也不同，其中以優酪乳的酪蛋白黏度最好，但一罐優酪乳所萃取出的酪蛋白含量太少了。

四、牛奶塗漆的實際生活應用

改良配方二

| 觀察角度 | 敘述 | 照片 | |
|--------|--|----------|------------|
| 顏色 | 米白色 | | |
| 味道 | 淡淡的牛奶味道 | | |
| 塗漆時 | 塗起來很滑順 | | |
| 塗漆外觀 | 外觀滑順不易有顆粒 | | |
| 乾燥後 | 顏色均勻且油漆很堅硬指甲刮不壞 | | |
| 結果與討論 | 加入膠水後牛奶味道沖散了，而膠水水分很多所以塗起來非常的滑順，而外觀上有不會出現酪蛋白或膠水的顆粒，且乾燥後非常的堅硬，較不怕水與高溫，比原本只用粉筆塗好。 | | |
| 其他反應變化 | 滴水-無明顯變化 | 泡水-無明顯變化 | 高溫乾燥-無明顯變化 |

1. 加入白膠：具防水效果，但塗漆有白膠顆粒。
2. 加入膠水：具防水效果，塗漆滑順好塗抹。
3. 加入保麗龍膠：保麗龍膠纏繞無法塗抹。
4. 加入海藻酸鈉：無防水效果，有褐色大顆粒。
5. 加入麥芽膠：無防水效果，塗漆較軟。
6. 改用熟石灰加入海藻酸鈉：具防水效果，塗抹乾燥時也更細緻與堅硬。

改良配方三

| 觀察角度 | 敘述 | 照片 |
|--------|---|----------|
| 顏色 | 白色 | |
| 味道 | 保麗龍膠的味道 | |
| 塗漆時 | 無法塗漆 | |
| 塗漆外觀 | 無法塗漆 | |
| 乾燥後 | 無法塗漆 | |
| 結果與討論 | 加入保麗龍膠後味道很濃，攪拌一陣子後整坨黏在一起，拉起來的時候甚至於有一絲一絲的保麗龍膠拉出來，所以無法塗漆。 | |
| 其他反應變化 | 滴水-無明顯變化 | 泡水-無明顯變化 |

純天然的改良配方六（碳酸鈣改用熟石灰）

| 觀察角度 | 敘述 | 照片 |
|--------|--|----------|
| 顏色 | 白色有一點光澤 | |
| 味道 | 石灰的味道蓋過牛奶 | |
| 塗漆時 | 滑順好塗抹 | |
| 塗漆外觀 | 有一點點較大的酪蛋白顆粒，塗抹一次就可以很均勻且黏著性佳 | |
| 乾燥後 | 十分堅硬有一點點的酪蛋白顆粒 | |
| 結果與討論 | 塗漆堅硬且有一點光澤，塗抹時有能均勻的附著在木板上，所以熟石灰再加上酪蛋白後是很好的塗漆 | |
| 其他反應變化 | 滴水-無明顯變化 | 泡水-無明顯變化 |

純天然的改良配方四

| 觀察角度 | 敘述 | 照片 |
|--------|---|----------|
| 顏色 | 米黃色 | |
| 味道 | 奶香味很重 | |
| 塗漆時 | 顆粒大且濃稠，需要許多水稀釋 | |
| 塗漆外觀 | 如同果凍一樣但有咖啡色的顆粒 | |
| 乾燥後 | 十分堅硬但顆粒多，有咖啡色的斑點 | |
| 結果與討論 | 加入海藻酸鈉時水量太少變得很乾，持續加入約120毫升的水後再變得滑順，但顆粒很多像是酪蛋白與海藻結塊的顆粒 | |
| 其他反應變化 | 滴水-塗漆變軟會脫漆 | 泡水-整坨散開了 |

純天然的改良配方五

| 觀察角度 | 敘述 | 照片 |
|--------|-------------------------------|----------|
| 顏色 | 燕麥色 | |
| 味道 | 很像早上會喝到的麥芽口味牛奶調味乳 | |
| 塗漆時 | 顆粒多，很難塗抹，塗抹時有許多泡沫 | |
| 塗漆外觀 | 顆粒大，表面粗糙，有些微的泡泡，產生一些小凹洞 | |
| 乾燥後 | 古銅色塗漆有點軟 | |
| 結果與討論 | 塗漆有點軟且製作過程中有嚴重的麥芽味，但乾燥後味道淡了許多 | |
| 其他反應變化 | 滴水-非常的不防水 | 泡水-整坨溶化了 |

實驗4-3 改良後牛奶塗漆的基本實測

黏著度實驗

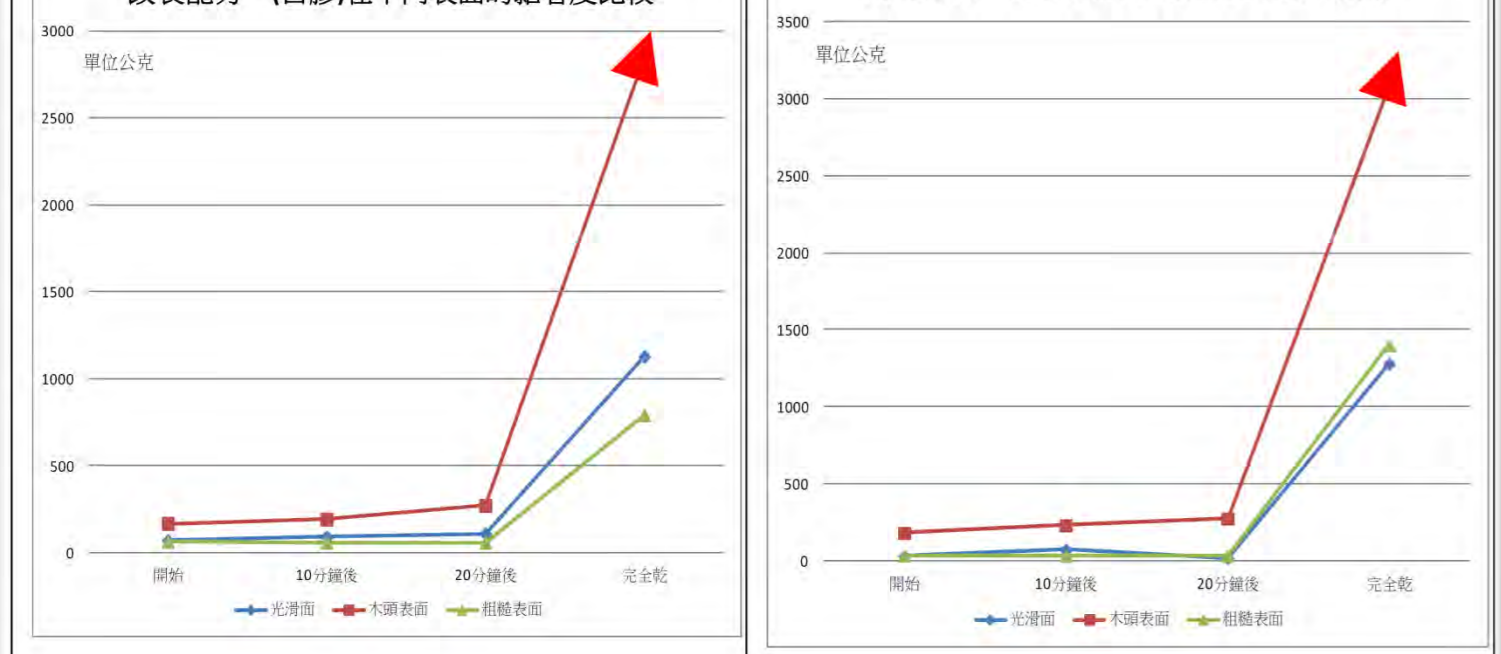
研究方法：1.將改良配方1與2的塗漆塗抹於壓克力板、木頭表面、砂紙表面上
2.將自製不同黏度針狀碼（壓克力、木頭、砂紙碼）黏著於上方
3.用力拉針狀碼測針狀碼拉力的數值。



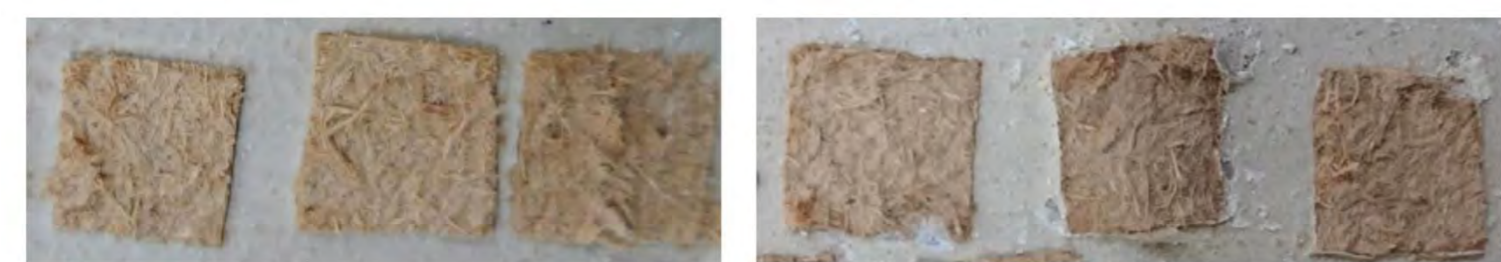
光滑面-壓克力板 木頭表面 粗糙面-砂紙表面

研究結果：

實驗4-3 數據折線圖與結果分析



我們發現不管是加入白膠或是膠水的配方在塗在木頭表面時，黏著度都比壓克力的光滑面以及砂紙的粗糙面高非常多，這與我們在實驗1-3牛奶膠水與膠水的性質比較發現的結果是相同的，所以我們之後的酸鹼測定與硬度實驗都是在木板上進行實驗。



自製拉力法碼黏在木板乾燥後太黏了，導致自製超過3KG後拉力法碼黏壞了

1. 黏著度實驗：白膠與膠水配方在木頭表面黏著度最高其次是壓克力表面最後是粗糙的砂紙表面。
2. 抗酸鹼實驗：白膠與膠水配方在強酸與強鹼下皆會變軟容易脫落，且在弱酸醋的測定塗漆也稍微變軟。
3. 硬度實驗：利用礦物硬度測定後發現白膠配方硬度介於1-2；膠水配方硬度介於2-3。
4. 熱脹冷縮實驗：塗漆太薄無法觀察，而塗漆太厚則會龜裂造成失敗。

抗酸鹼實驗

研究方法：1.選擇不同PH值之水溶液
2.以滴管滴在不同配方的塗漆上
3.觀察塗漆時與乾燥後的變化



研究數據與結果：

| 品稱 (PH值) | 水管疏通劑 (11-12) | 飽和小蘇打水 (9-10) | 實驗用醋酸 (5-6) | 鹽酸 (2-3) |
|------------|-----------------|---------------|----------------|--------------|
| 改良配方1 (白膠) | 塗漆變軟但無脫落，尖物容易刮落 | 無變化 | 當下無變化滴完隔一陣子變較軟 | 有泡沫塗漆變軟，容易刮落 |
| 改良配方2 (膠水) | 塗漆變軟但無脫落，尖物容易刮落 | 無變化 | 當下無變化滴完隔一陣子變較軟 | 有泡沫塗漆變軟，容易刮落 |

硬度實驗

研究方法：1.選擇不同硬度的礦物
2.刮在塗有不同改良配方塗漆的木板上並觀察有無刮痕

研究數據與結果：一般油漆表面硬度為2-3

| 品稱 (莫氏硬度) | 滑石 (1) | 石膏 (2) | 方解石 (3) | 硬度範圍 |
|------------|-----------|-----------|---------|---------|
| 改良配方1 (白膠) | × (刮痕可擦掉) | ○ (有刮痕) | ○ (有刮痕) | 硬度介於1-2 |
| 改良配方2 (膠水) | × (刮痕可擦掉) | × (刮痕可擦掉) | ○ (有刮痕) | 硬度介於2-3 |

熱脹冷縮實驗

研究方法：1.將不同配方塗漆塗在方格板上(3x3)
2.以熱風槍和冰塊放置塗漆上觀察塗漆熱脹冷縮的情形

研究數據與結果：

| 狀態 | 未乾燥前 | 完全乾燥後 |
|------------|------|-------|
| 改良配方1 (白膠) | | |
| 改良配方2 (膠水) | | |

實驗結果：因為只塗一層肉眼觀察無法觀察，所以我們將塗漆塗抹多層厚一點，但是完全乾燥後有龜裂的現象造成實驗失敗。

實驗4-4 牛奶塗漆的實際塗抹

研究方法：1.用不同顏色的粉筆調製不同顏色的顏料
2.繪製在不同的器材上

研究數據與結果：

| 教室課桌椅 | 塑膠盆 | 木板 | 瓷碗 |
|-------|-----|----|----|
| | | | |



塗抹照片：
可以利用粉筆將塗漆調成不同的顏色，進而塗抹在不同的物品上。

伍、討論

一、牛奶黏著性的探討

- (一) 將破損的馬克杯放入加熱過後的牛奶中，隔3-5天後發現馬克杯可以黏合住，但裂縫較大的痕跡無法修復。以同樣的方法我們可以發現可以產生毛細現象的材質或連接方法才可以黏合住。
- (二) 利用牛奶取出酪蛋白並製作出牛奶膠水，和一般膠水黏著力差不多，但是在粗糙的砂紙表面中牛奶膠水則是明顯較好。
- (三) 牛奶膠水因為沒有添加防腐劑，裡面的酪蛋白約放置1周後就有發霉的現象，我們以膠水瓶放置牛奶膠水保存4週後觀察與實驗發現，牛奶膠水失去黏性，我們認為是酪蛋白發霉變質所致，經資料查詢後部分溶液會添加硼砂甚至於甲醛，皆為有毒物質所以也不納入實驗之中。
- (四) 生活中一些乳製品含有酪蛋白，我們還利用奶粉、豆漿與優酪乳製造酪蛋白膠水，發現不同乳製品酪蛋白的形式也有差異，另外比較黏著力後發現，優酪乳的酪蛋白最為細緻，所做出來的膠水黏度也最強。

二、破解布達拉宮的秘密

- (一) 歷史著名的建築物布達拉宮，它的外牆就是利用了牛奶、白灰、蜂蜜的配方來塗漆的，所以我們也利用這些配方仿製布達拉宮的塗漆，並試著塗在木板上，結果發現雖然很堅硬但是顏色偏黃綠色，同時隔2-3小時開始有龜裂的現象。
- (二) 研究牛奶塗漆後發現石灰是一個關鍵，石灰家族的成員有生石灰、熟石灰、碳酸鈣與石膏，屏除了有腐蝕性的生石灰我們先後利用了石膏、熟石灰、碳酸鈣與滑石粉這些不同的配方，分別加入所取出的牛奶酪蛋白，變成牛奶塗漆，並觀察每一種牛奶塗漆的特色：
 1. 石膏塗漆：表面粗糙但堅固，顏色雪白漂亮。
 2. 滑石粉塗漆：表面最滑，顏色偏黃有大顆粒。
 3. 熟石灰塗漆：最堅硬，但有些許黑色雜質。
 4. 碳酸鈣塗漆：表面粉粉的但是不會掉粉筆灰，顏色均勻漂亮，且依教室粉筆還有很多顏色可以調配，將用剩不用的粉筆在利用非常環保。

三、牛奶塗漆的性質測定

- (一) 我們觀察了不同配方的牛奶塗漆在不同環境下顏色與外表變化，發現在一般的是內外環境下，木板顏色與表面外觀皆不會改變，但是在高度潮濕的環境下，碳酸鈣、石膏、滑石的塗漆表面皆有發霉的現象，只有熟石灰沒發霉，其中滑石漆的顏色變的較黃。
- (二) 在滴水與泡水的環境下同樣的碳酸鈣、石膏、滑石的塗漆表面會變得較軟，甚至於有脫漆的現象發生，而同樣的還是只有熟石灰最堅強，沒有變軟脫漆的現象。
- (三) 而高溫乾燥在熱度約在60度C以下時皆無反應，但熱度高達90度C時，還是除了熟石灰，其他配方的塗漆表面皆有燒焦的現象。

四、牛奶塗漆的實際生活應用

- (一) 我們找尋了臺灣古蹟修復的專家，專家建議我們在自製塗漆實驗中加入生活中常見化學原料，例如樹脂或膠水增加油漆的聚合度，另外也可以用篩網過濾顆粒較大的雜質，同時嘉許了我們所自製的塗漆。
- (二) 利用碳酸鈣的配方加入膠水或白膠後發現，它不但黏著度高不易有脫漆的現象同時可以耐高溫，而膠水與一般油漆的硬度性質都相近，利用粉筆調配不同顏色後可以塗抹在不同的物品上。
- (三) 以純天然的膠（海藻膠與麥芽膠）添加碳酸鈣與酪蛋白做成的塗漆皆無法防水，但是純天然的海藻膠加上熟石灰所製成的塗漆效果很好。

陸、結論

| 牛奶黏著性的探討 | 破解布達拉宮的秘密 | 牛奶塗漆的性質測定 | 專家訪談後牛奶塗漆的實際生活應用 |
|---|---|--|---|
| 牛奶的成分主要由水、蛋白質與脂肪所組成的，其中蛋白質主要包括乳清蛋白與酪蛋白，加入酸性溶液使牛奶產生白色棉絮狀的凝乳，取出酪蛋白再加入小蘇打粉變為中性後，讓酪蛋白恢復原來狀態，因酪蛋白屬大分子的帶白質本身具有黏性，適度的加入少量的水後可以調整酪蛋白的黏著度。 | 布達拉宮外牆的塗漆是利用酪蛋白黏著的性質，再加入熟石灰、白糖與蜂蜜來增加黏稠效果，且添加了具防腐效果的藏紅花調製成塗漆。而我們善用教室中的短頭粉筆（即碳酸鈣）來取代熟石灰，也同樣的製造出漂亮的塗漆，應用於生活之中。 | 我們可以將自製不同配方的牛奶塗漆，依照臺灣容易出現的氣候環境做出不同變化的實驗，熟石灰再加入酪蛋白後與空氣接觸乾燥形成堅硬的碳酸鈣，所以能克服不同環境的變化，但是直接以粉筆（即碳酸鈣）添加酪蛋白雖然防水效果較差，不過附著力也很好且在一般室溫中穩定不會變色，也能達到有效利用廢棄資源的目的。 | 塗漆要防水表層需要很堅硬且細縫要小，所以熟石灰與空氣形成碳酸鈣所製成的塗漆效果好；但是以粉筆（即碳酸鈣）為基底時就需添加具黏著性的膠體溶液，例如加入PVA化學物質。而古法有用蚶殼成分也是碳酸鈣，碳酸鈣在超過800度的高溫下，會生成二氧化碳與氧化鈣，加水會變成熟石灰，再吸收二氧化碳就變成不溶於水而且堅固的碳酸鈣，也值得我們借鏡與參考。 |