

嘉義市第 37 屆中小學科學展覽會 作品說明書

科 別：化學科

組 別：國小組

作品名稱：來點酸、來點鹼，牛奶~牛奶~變膠水！

關 鍵 詞：牛奶膠水、蛋白質、碳酸鈉

編 號：



摘要

本研究將牛奶膠水製作方式，在材料和製作方式加以改進：

在黏著力的測試方式方面：

將施力的方向從和黏著面平行改成和黏著面垂直。利用本研究的設計方式可以更簡便的測試出黏著力。

在製作的材料方面：

- 1.牛奶膠水的牛奶必須使用脫脂奶粉，全脂奶粉中的脂肪會阻礙反應。
- 2.我們用檸檬酸可以代替醋凝結牛奶。
- 3.發現含碳酸乾的鹼性溶液例如碳酸氫鈉、碳酸鈉、碳酸鉀，和牛奶蛋白質的反應比不含碳酸根的醋酸鈉和氫氧化鈉快

在製作方式方面：

1. 牛奶溫度調整到 40-50°C 之間的，可以加速凝結的速度和減少酸性水溶液的用量。
2. 棉布過濾凝固物過濾的速度比濾紙快，比濾網能留住更多的凝固物，並降低凝固物的含水量。
3. 鹼性溶液的量大約是凝固物重量的 1-1.5 倍左右，鹼性溶液必須逐步的加入凝固物中，並用按壓或是慢速攪拌的方式混合壁面產生氣泡。
4. 大致混合後靜置 1-2 小時，牛奶膠水會變得更黏稠更均勻。

改進後的牛奶膠水適合用來黏著木頭，若能應用在室內裝潢上，將是更天然更無害的環保黏著劑。

壹、 研究動機

去年放暑假前的空檔，自然老師教我們怎麼利用牛奶做膠水。牛奶膠水的作法很簡單，把醋加到牛奶後，過濾出凝固的牛奶蛋白，然後在牛奶蛋白裡加入小蘇打粉攪拌均勻就完成了。加入小蘇打粉後，牛奶蛋白的顏色和黏稠度好像有一點點不同，但是摸起來並不會特別黏，我們很懷疑我們做的牛奶膠水真的可以把東西黏起來嗎？

老師要我們在壓舌棒尾端塗上牛奶膠水，然後把兩根壓舌棒黏在一起。結果，像我們想的一樣黏不住，而且還得用夾子固定才不會掉下來。老師要我們隔兩天再看看，兩天後壓舌棒還真的黏起來了耶！我們用手把黏住的壓舌棍掰開，神奇的是我們用盡力氣把壓舌棒都弄斷了，黏住的地方還是沒分開！為甚麼牛奶加了醋和小蘇打粉後就變得這麼厲害呢？

貳、 研究目的

本研究在探討如何製作出最有黏性的牛奶膠水，主要的研究內容如下：

- 一、設計牛奶膠水黏著力的檢測方式
- 二、針對製作牛奶膠水的材料種類進行探討
- 三、找出牛奶膠水在做法上的改進的方式。
- 四、牛奶膠水的使用與比較

參、 研究器材

材料：全脂奶粉、脫脂奶粉、無糖豆漿、碳酸氫鈉、碳酸鈉、碳酸鉀、氫氧化鈉(0.1M)、醋酸鈉、醋精(40%)、檸檬酸、紫色高麗菜汁

工具：玻璃棒、濾紙、漏斗、棉布、玻璃燒杯、廣用試紙、C型夾、養樂多瓶、電子秤、紅外線溫度計、小木塊、壓克力塊

肆、 研究過程與結果

一、 文獻探討

(一)歷屆科展作品

我們閱讀歷屆全國科展有關於「牛奶膠水」的作品發現下列兩件相關作品：

【作品 1】第 52 屆中小學科展，國小組化學科：百黏好合一動物性與植物性蛋白質製成蛋白膠水的探討

製作方式：

在奶粉或豆漿中加入食用醋，產生凝固物，經分離後，以小蘇打調整至中性，即生成牛奶酪蛋白膠水 或植物性大豆球蛋白膠水。

黏著力測試方法：

以黏著物體吊掛彈珠顆粒數(重量)的重力拉扯的方式計算承載重量。

研究發現：

以室溫萃取蛋白膠水黏性最佳，黏著時間愈長，承載重量能力也愈高。

【作品 2】.第 58 屆中小學科展，國小組化學科：化腐朽為神漆

製作方式：

從高粱、玉米、小米等廢酒粕和黃豆渣提取的四種蛋白膠，加入小蘇打粉中和，以廣用試紙確認至中性為止，製成天然蛋白膠水與塗料。

黏著力測試方法：

將膠水塗在鴨舌棒上，設計固定夾夾住鴨舌棒兩端，並以電動馬達和拉力計拉開，紀錄段開瞬間的力量。

研究發現：

以自製拉力機和溫溼度控制箱測得不同溫濕度下，小米酒粕蛋白膠水黏力最好(此為部分發現，這份研究的重點在製作天然塗料)

上述兩件科展的作品雖然都有提到牛奶膠水的製作，但是關於牛奶膠水的部分僅參考他人的做法，研究的重點兩者都是在利用植物性蛋白質製作膠水或是塗料上。

(二)網路上的做法

【做法 1】 科學 Online 高瞻自然科學教學平台/3D 有趣實驗：牛奶膠水

<http://highscope.ch.ntu.edu.tw/wordpress/?p=66833>

原理：牛奶在和酸性溶液混合後會導致蛋白質變性，使得牛奶中的酪蛋白從牛奶中析出，過濾後再利用鹼性溶液使白色棉絮狀物體溶解，使酪蛋白回到原本的狀態，再靠著酪蛋白之間的靜電吸引力達到黏著物體的功效。

材料：

- (1). 白醋 10 毫升。(濃度 10%以下)
- (2). 脫脂牛奶 40 毫升。
- (3). 食品級小蘇打粉。

做法：

- (1). 將 10 毫升的白醋倒入 40 毫升的脫脂牛奶中並均勻攪拌混合，攪拌到牛奶中不再出現白色棉絮狀的物體。
- (2). 利用過濾網或是紗布將牛奶中的白色棉絮狀物體與乳清液體分離，將過濾網或紗布上的白色凝乳狀物體取下至另一個燒杯中。

- (3). 在白色凝乳狀物體中加入小蘇打粉，若有廣用試紙則加入小蘇打粉直到呈現中性，如果沒有廣用試紙則加入與白色凝乳狀物體分量相當的小蘇打粉。
- (4). 將小蘇打粉與白色凝乳狀物體充分攪拌混合，混合後的成品即為牛奶膠水。

【做法 2】果殼 科技有意思/果殼日誌：牛奶牌強力膠

<https://www.guokr.com/blog/441189/>

原理：白醋的酸性讓牛奶中的酪蛋白凝結沉澱。鹼性的蘇打水讓水中析出的酸酪蛋白再度分散溶解於溶液，變成最終的“乳膠”。

材料：鮮牛奶、白醋、小蘇打水

做法：

- (1). 鮮牛奶倒入不銹鋼碗中，放在電磁爐上加熱至沸騰冒泡。
- (2). 煮開的牛奶中加入白醋可根據實際情況決定加入白醋的量。
- (3). 待牛奶凝結，用濾網過濾出酪蛋白。
- (4). 在酪蛋白中加入小蘇打水，並攪拌均勻並靜置幾小時讓凝固物完全溶解。

比較兩件歷屆科展作品和兩件網路上牛奶膠水的做法發現：

1. 在材料方面

相同點：都是牛奶(或植物蛋白)、醋、小蘇打

不同點：【科學 Online】使用脫脂奶粉，【果殼日誌】使用一般鮮奶，科展作品【百黏好合】則是全脂及脫脂奶粉都使用，但全脂奶粉的製作出的牛奶膠水黏著力會稍微弱一些。

2. 在作法方面

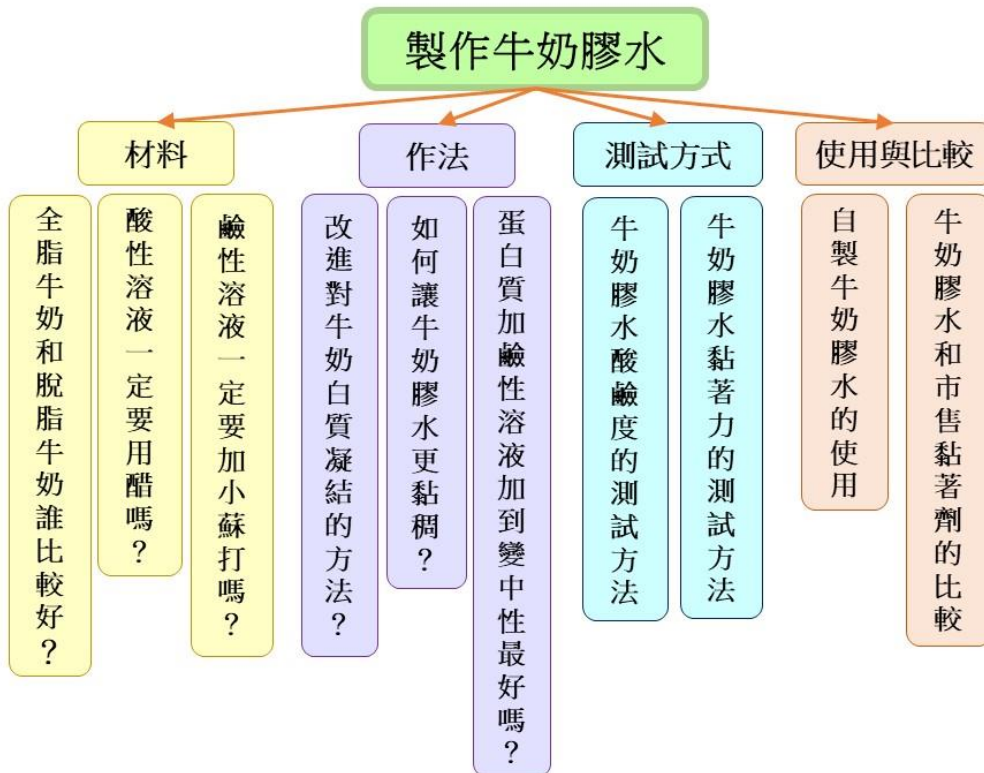
相同點：都是在牛奶(或是植物蛋白)中加入醋，讓牛奶的白質凝固後過濾出酪蛋白，再加入小蘇打攪拌，小蘇打需添加至白色凝固變成中性。

不同點：網路【果殼日誌】的牛奶需先加熱至沸騰再加入醋，其餘作法並沒有加熱牛奶。

3. 在原理方面

提出的原理都是利用酸性的醋，讓牛奶的蛋白質不溶於水而沉澱凝固，鹼性的小蘇打能讓酸性的酪蛋白質變成中性，使蛋白質重新溶於水而變成乳膠狀的膠水。

二、研究架構



三、研究過程與結果

在研究開始之前，我們參考了【科學 Online 高瞻自然科學教學平台】上，牛奶膠水實驗影片中的做法製作牛奶膠水，做出來的結果和影片呈現的大致上差不多。在這次製作和使用牛奶膠水的過程中，我們發現了一些可以改進的地方。

(一)、成品水的不夠黏稠，使用上不方便：

這種作法的牛奶膠水，黏木頭做的鴨舌棒放 24 小時後，可以牢牢的把壓舌棒黏住，但是太水不夠黏一開使還必須用夾子或是橡皮筋固定。如果要黏比較複雜的作品，使用上會很不方便。

(二)、用醋凝固牛奶的時間有點長，且蛋白質和乳清沒有完全分離：

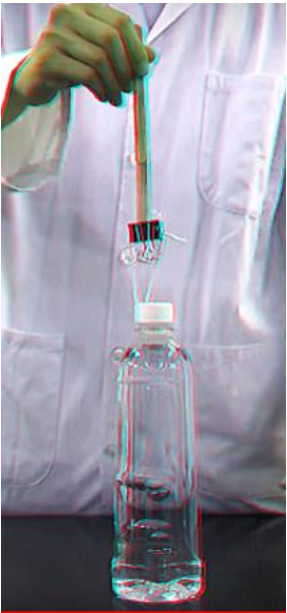

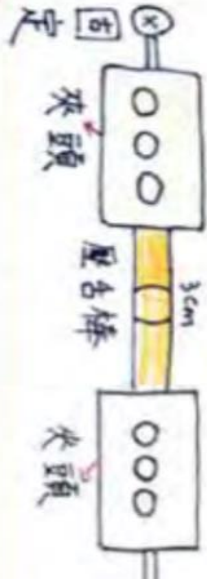
實驗時雖然加在牛奶中加入了不少的醋(4：1)，攪拌了 10 多分鐘，牛奶蛋白質凝固的情形似乎沒有很好，用濾網過濾後剩下的液體還是帶點乳白色，希望能找出比較有效率的分離方式。

(二)、從壓舌棒兩端拉開測試黏著力，測試上會有困難：

影片中和兩件科展得獎作品，測試的方式都是將兩片木片接合後從兩端拉開。但是如果測的黏著力很大時，木片兩端不管是打洞(科展：百黏好合)還是用強力夾夾住(科學 Online、科展：化腐朽為神漆)，都很容易滑脫或是木片會破損。

研究一、設計牛奶膠水黏著力的檢測方式

牛奶膠水最重要的目的是黏著力的大小，而黏稠程度並不能代表黏著力的大小，所以必須設計出一個能夠比較出黏著力大小的方式。網路【科學 Online】、科展作品【百黏好合】和【化腐朽為神漆】都設計了不同的測試方式(如下表)

網路【科學 Online】	科展【百黏好合】	科展【化腐朽為神漆】
		

雖然測試的工具不同，但是測試的方式基本上都是相同的，這三種設計基本上測黏著力時，都是**施力的方向和黏著面平行**。我們認為施力的方向和黏著面平行有下列兩個缺點：

1. 必須使用夾子夾住或是穿洞的方式吊掛重物(或施力)，固定兩端的夾子或繩子，必須有足夠力量能夠在黏著處分開前不鬆脫、破損或是斷裂。
2. 水平方向比垂直方向更難讓黏著處分開，牛奶膠水或是其他測試物如果黏性很強，所需要的拉力可能需要數十公斤，在固定上的難度就又更高了。

我們將測試的方式做了以下幾項改變：

1. **施力的方向和黏著面垂直**：我們認為施力方向和黏著面垂直應該可以讓黏著面更容易分開，另外施力點的固定方式也可以改變。
2. **將壓舌棒改成較厚的小木塊**：施力方向改成和黏著面垂直後，壓舌棒可能在黏著處分開前就先斷裂了，這樣將會沒有辦法測到真正的黏著力。我們發現木頭製的學生姓名章的木頭大小都相同，而且很堅固很適合拿來當作測試的材料。和刻印的廠商商量後，順利裁切到 $2\text{cm} \times 6\text{cm} \times 0.8\text{cm}$ 的小木塊，而且價格便宜。
3. **使用 C 型夾當作固定的工具**：施力方向改變後，兩個 C 型夾一個將木塊固定在桌上，另一個在木塊上固定的位置固定並吊掛施力的重物。
4. **用 100ml 的養樂多當吊掛的重物**：網路【科學 Online】使用的重物是寶

瓶；科展【百黏好合】使用的是彈珠，每次測完計算出彈珠的數量再乘以一顆彈珠的重量；科展【化腐朽為神漆】使用拉力計並搭配電動馬達。我們認為寶特瓶的重量差距過大並不適合，而彈珠雖然較精確但是要使用到幾百顆彈珠不但價格是個問題，計算數量可能也會耗費不少時間，我們曾經使用學校現有的 20g 的砝碼當作重物，數量約有兩三百個，發現計算數量真是個大問題；拉力計和電動馬達價格不便宜更是該考慮的因素。超市中仿冒品牌的養樂多加格每瓶僅約 4 元，重量大約是 114g。在使用的過程中，基本上可以明顯的比較不同材料的黏著力，且在使用及計算上相對比較便利。

我們的測試工具：



研究二、針對製作牛奶膠水的材料種類進行探討

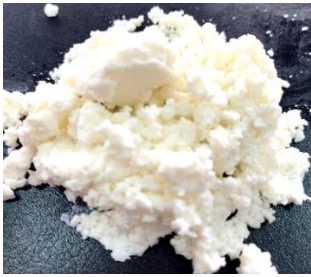
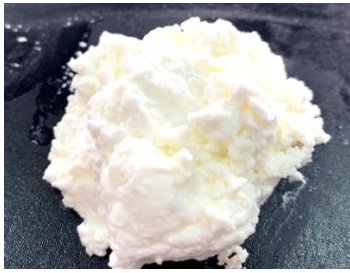


【實驗 1】牛奶中的脂肪對牛奶膠水的影響

在製作牛奶膠水時，【科學 Online】使用的是脫脂牛奶，內容中僅提到脫脂牛奶的效果比較好，而【果殼日誌】則是使用鮮牛奶。這個實驗想比較製作牛奶膠水時，使用脫脂牛奶和全脂牛奶的效果有甚麼不同。

實驗步驟：

1. 在 100cc 的全脂牛奶和脫脂牛奶中，加入 20cc 的醋後攪拌混合。
2. 待牛奶的凝固後，用濾網過濾出凝固的蛋白質。
3. 把凝固的蛋白質放入燒杯中，將 5g 的小蘇打粉加到凝固物中攪拌。
4. 觀察紀錄實驗結果。

實驗結果：

脫脂牛奶	全脂牛奶
	
凝固物的摸起來質地比較粗，顏色略黃。	凝固物的質地比較細，摸起來滑滑的有點像鮮奶油，顏色較白。
	
脫脂牛奶的蛋白質凝固物加入小蘇打水後，蛋白質變得比較透明而且黏稠。	全脂奶粉的蛋白質凝固物加入小蘇打水攪拌，看起來水水的感覺上是失敗了。

討論：

根據我們的實驗結果，脫脂奶粉製作牛奶膠水的效果比全脂奶粉好很多，我們認為全脂奶粉中的脂肪會阻礙牛奶中的蛋白質和小蘇打反應，所以製作牛奶膠水要使用脫脂奶粉。



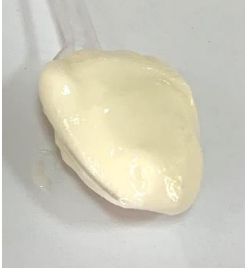
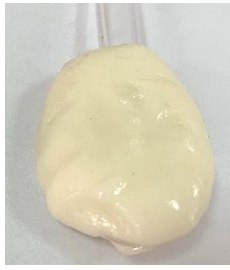
【實驗 2】檸檬酸能取代製作牛奶膠水的醋嗎？

在製做牛奶膠水的時候，醋的功用是讓牛奶中的蛋白質凝固。醋是家中常見的調味料要取得很方便，一般釀造醋的濃度大多在 7% 以下，製作牛奶膠水時的用量其實不小。另外，醋在使用時會有濃濃的酸味，聞起來並不舒服。我們想到為家中清潔水垢會用到的檸檬酸，价格便宜又沒有令人不舒服的酸味。希望透過這個實驗證明製造牛奶膠水時，檸檬酸可以代替醋的功用。

實驗步驟：

1. 調製兩杯 100cc 的脫脂牛奶，一杯加入 20cc 的醋，一杯加入濃度 10% 的檸檬酸水溶液 20cc 後攪拌。
2. 用濾紙濾出凝固物後，在凝固物中加入 5 g 的小蘇打粉後攪拌。
3. 觀察紀錄實驗結果

結果：

加醋的牛奶	加入檸檬酸的牛奶
	
醋能讓牛奶的蛋白質凝固	檸檬酸也讓牛奶凝固
	
利用醋凝固的蛋白質加入小蘇打粉會變得黏稠。	用檸檬酸凝固的蛋白質加入小蘇打粉後也有一樣的效果。

討論：

1. 根據實驗 2 的結果，我們認為製作牛奶膠水的時候，可以用檸檬酸水溶液可以代替醋，讓牛奶中的牛奶凝結。
2. 這次的實驗，在凝固的蛋白質中加入小蘇打粉，因為小蘇打粉也是白色的，其實很難觀察出小蘇打粉是不是完全溶解或是反應完了。使用小蘇打水，也能製作出牛奶膠水，缺點是小蘇打水加太多牛奶膠水就會變的越來越不黏稠。

【實驗 3】製作牛奶膠水除了小蘇打水還能使用其他鹼性溶液代替嗎？

實驗開始前要先解決的問題：

根據我們所找到的資料，製作牛奶膠水讓添加的鹼性物質都是小蘇打粉或是小蘇打水，添加的都是建議添加到牛奶蛋白變成中性。

判斷達到中性的方式有：

1. 聞氣味

當蛋白質的酸味消失就是達到中性。但是我們認為酸味消失只能代表酸性物質被中和完畢，但不代表蛋白質膠水是呈現中性的。

2. 使用廣用試紙

利用廣用試紙測試酸鹼性，應該比較適合測試已經反應完或是一般的水溶液。在不斷添加小蘇打的過程中，很判斷使用廣用試紙的時機，造成試紙的浪費。另外，在剛添加小蘇打水時，因為牛奶膠水的含水量較少，廣用試紙在使用上並不順利。

在五年級測試水溶液酸鹼性的實驗中，所使用的紫色高麗菜汁可以加水溶液和牛奶中，而且色高麗菜汁有很多的顏色變化，或許可以代替廣用試紙，當牛奶膠水實驗中的酸鹼指示劑。在五年級的單元中，並沒有告訴我們紫色高麗菜汁顏色變化相對應的酸鹼值。




我們在網站 [An Overview of pH](http://www.braukaiser.com/wiki/index.php/An_Overview_of_pH)

網址：http://www.braukaiser.com/wiki/index.php/An_Overview_of_pH

找到了紫色高麗菜汁顏色變化相對應的酸鹼值。(如下圖)




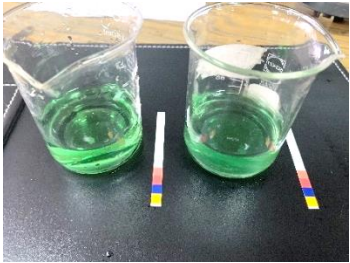
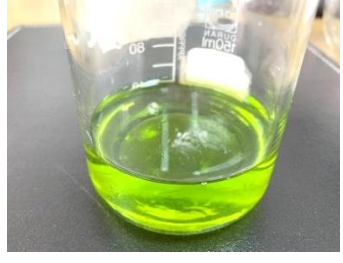
紫色高麗菜汁實際上在製作牛奶膠水上的情形：

		
在牛奶中加入紫色高麗菜汁，反應一開始顏色呈現粉紅色，牛奶膠水的 pH 值約 3-4。	逐漸加入鹼性溶液時，可以從牛奶膠水變成淡紫色此時的 pH 值大約是 6。	當鹼性溶液繼續增加時，牛奶膠水會從逐漸轉變成淡藍色甚至是綠色。

鹼性水溶液的選擇：

當加入的物質由小蘇打粉變成小蘇打水的時候，因為小蘇打水是弱鹼性，加入的量比較多會讓牛奶膠水變得比較稀比較不黏稠。如果使用鹼性較強的鹼性水溶液，或許會讓牛奶膠水的黏著力變的更強。我們選了五種鹼性溶液做比較，分別是： NaHCO_3 (碳酸氫鈉)、 Na_2CO_3 (碳酸鈉)、 K_2CO_3 (碳酸鉀)、 CH_3COONa (醋酸鈉)、 NaOH (氫氧化鈉)。

其中 NaHCO_3 (碳酸氫鈉)和 CH_3COONa (醋酸鈉)的水溶液是鹼性強度差不多，都是弱鹼性酸鹼值大約是 $\text{pH}9$ ，。 Na_2CO_3 (碳酸鈉)和 K_2CO_3 (碳酸鉀)的鹼性較強，酸鹼值大約是 $\text{pH}11-12$ 之間， NaOH (氫氧化鈉)又稱為苛性鈉有腐蝕性，為了安全我們購買的是已經調配好，濃度是 0.1M 的溶液。 0.1M 的氫氧化鈉 pH 大約是 13 。在調配好的鹼性溶液中加入紫色高麗菜汁，比對網路上紫色高麗菜汁顏色變化相對應的酸鹼值顏色，所呈現的酸鹼值大致和廣用試紙所比對出的酸鹼值是相同或是接近的。

		
NaHCO_3 (碳酸氫鈉)和 CH_3COONa (醋酸鈉)水溶液加入紫色高麗菜汁呈現藍色 pH 大約是 10 ，廣用試紙的呈現的酸鹼值是 9	Na_2CO_3 (碳酸鈉)和 K_2CO_3 (碳酸鉀)水溶液加入紫色高麗菜汁呈現草綠色 pH 值 >11 ，廣用試紙的呈現的酸鹼值是 12	NaOH (氫氧化鈉) 溶液加入紫色高麗菜汁呈現黃綠色 pH 是 12 ，廣用試紙的呈現的酸鹼值是 13







【實驗 3-1】觀察牛奶蛋白加入不同的鹼性溶液所產生的變化

實驗步驟：

1. 調製 500cc 的脫脂牛奶，加入濃度 10% 已加入紫色高麗菜汁的檸檬酸水溶液 100cc ，攪拌牛奶至蛋白質出現凝固。
2. 用濾紙濾出凝固物，準備 5 個燒杯，在每個燒杯中放入 20g 的蛋白質凝固物，並加入 20ml 已添加紫色高麗菜汁鹼性溶液，攪拌到蛋白質產生改變。
3. 觀察並紀錄實驗結果。

實驗結果：

外觀：

碳酸氫鈉	醋酸鈉	碳酸鈉
		
<p>攪拌後很快產生黏稠的感覺，牛奶膠水呈現藍色。</p>	<p>攪拌後感覺就像只是加了水，沒有產生黏稠的感覺，混和後變成白色，完全看不到紫色高麗菜汁的顏色。</p>	<p>攪拌後變黏稠的速度比小蘇打水快，牛奶膠水變成黃綠色。</p>
碳酸鉀	氫氧化鈉	特別的發現
		
<p>攪拌後變黏稠的速度比和碳酸鈉差不多，牛奶膠水變成黃綠色。</p>	<p>剛開始和醋酸鈉相同，沒有產生黏稠的感覺，混和後變成白色，完全看不到紫色高麗菜汁的顏色。但放置約 5 分鐘後有稍微產生一點黏性。</p>	<p>加入醋酸鈉和氫氧化鈉的牛奶蛋白質，因為紫色高麗菜汁的顏色消失，無法判斷他的酸鹼性，於是我們用廣用試紙測試，我們發現即使是加了強鹼的氧化鈉，混合物竟然還是中性的。</p>

討論：

1. 遇到酸會產生二氧化碳的**碳酸氫鈉**、**碳酸鈉**和**碳酸鉀**加入牛奶蛋白質，牛奶蛋白變質的速度都**比較快**，牛奶蛋白會變得稍微透明，而且攪拌後會有較多的氣泡，氣泡的產生並不是一加入就有而是攪拌後慢慢出現，我們認為大部

分的氣泡應是在攪拌的過程中產生的。

2. 弱鹼的**醋酸鈉**和牛奶蛋白幾乎沒有反應，而強鹼的**氫氧化鈉**容液則要放置 10 多分鐘後，才會慢慢的產生黏稠的感覺，**氫氧化鈉**應該也是會讓蛋白質產生改變只是**速度比較慢些**。
3. 根據討論 1 和討論 2 的結果，我們認為**鹼性越強牛奶蛋白變化的速度越快**，但是鹼性溶液的種類似乎更重要，**含有碳酸根**會碰到酸性會產生二氧化碳的**鹼性溶液**似乎能讓牛奶蛋白質變成膠水的**速度更快**，即使是弱鹼性的小蘇打水也比強鹼的氫氧化鈉的速度快。

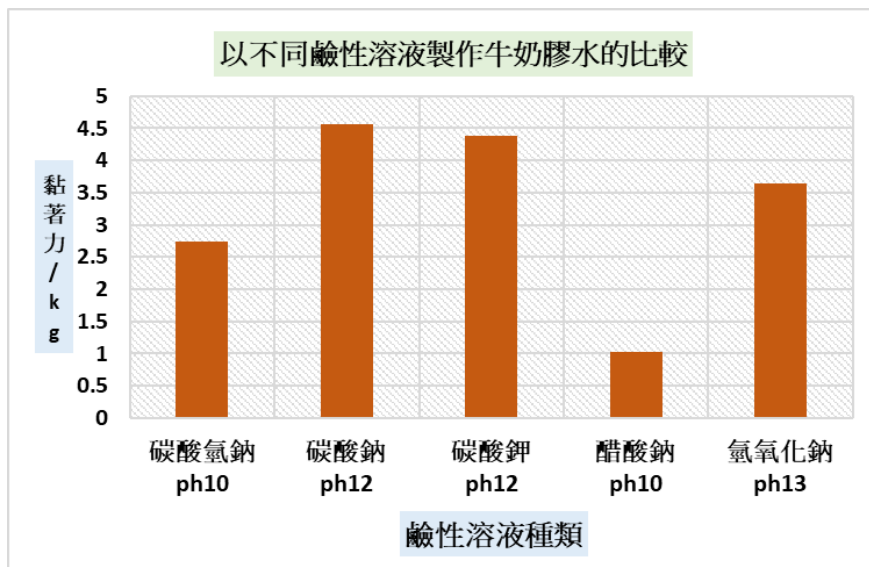
【實驗 3-2】不同的鹼性溶液製作牛奶膠水黏著力的測試

實驗步驟：

1. 在小木塊上 2*2cm² 範圍裏塗上以不同鹼性溶液所製作的牛奶膠水。
2. 將另一塊小木片黏著在上方後，放在通風處陰乾 24 小時。
3. 測試並記錄木塊的黏著力。

		
在黏著的範圍作記號，固定黏著劑塗抹的範圍。	鹼性溶液加入凝固務實必須慢慢添加才能混合均勻	一次將鹼性溶液加入，容易產生混和不均勻的現象

實驗結果：



討論：

1. 用鹼性比較強的水溶液製作出的牛奶膠水黏著力比強。
2. 不管是弱鹼或是強鹼，在鹼性相同的情形下用含碳酸根的碳酸氫鈉、碳酸鈉和碳酸鉀，所致製作牛奶膠水的黏著力都大於不含碳酸根的鹼性溶液。
3. 這五種鹼性溶液中，加碳酸鈉水溶液所製作的牛奶膠水黏著力最強，碳酸鉀也不錯是較適合拿來製作牛奶膠水的鹼性溶液。

研究三、找出牛奶膠水在做法上的改進的方式。

【實驗 1】牛奶溫度對牛奶凝結速度的影響




做牛奶膠水的實驗時，我們所使用脫脂牛奶是以奶粉加常溫的水沖泡的。我們發現在氣溫較低的日子裡，即使將檸檬酸水溶液的量增加，牛奶凝結的速度似乎還是很慢。也許水溫對牛奶帶白質凝結速度的影響比酸性溶液的影響還大。

實驗步驟：

1. 分別準備 25°C、35°C、45°C 的牛奶各 200ml。
2. 在牛奶中加入 20ml 的檸檬酸水溶液後加以攪拌。
3. 觀察記錄牛奶的變化



實驗結果：

25°C	35°C	45°C
		
牛奶凝結的速度最慢，15 分鐘後還是有一些牛奶蛋白沒有凝結，濾出的液體顏色比較白。	凝結的顆粒比較細，大約 7-8 分鐘的時候就完全凝結。	凝結速度快，攪拌後 1 分鐘內就凝結完成，凝結的蛋白質聚集得比較多。

討論：

1. 牛奶的溫度越高蛋白質凝結的速度越快，在過濾的時候蛋白質的含水量也會比較少。

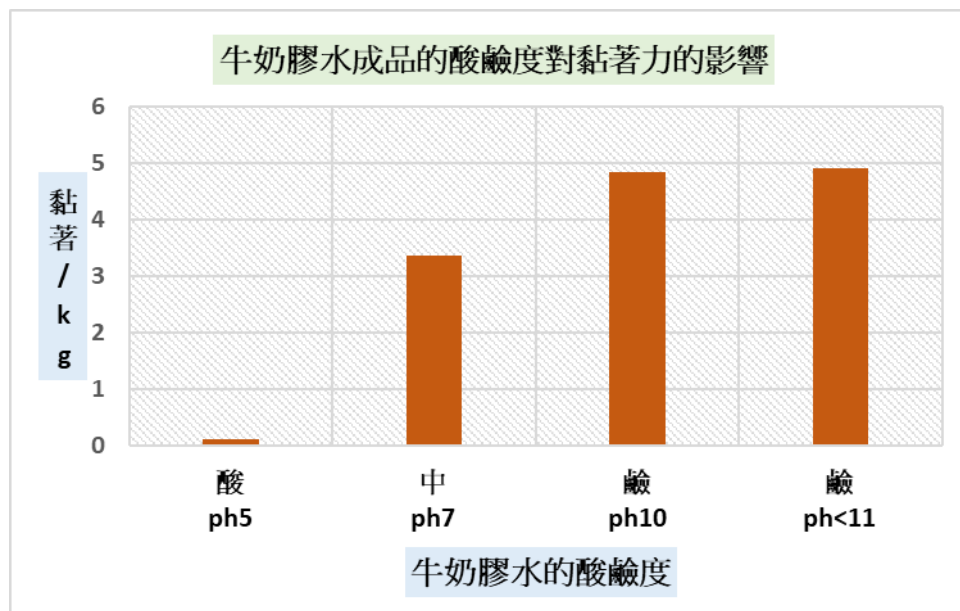
2. 牛奶溫度 45°C 時蛋白質凝結聚集的量比較多感覺顆粒的體積比較大，用凝固顆粒的比較大蛋白質做牛奶膠水，加入鹼性溶液時並沒有感覺到反應變得比較慢。
3. 建議在凝結牛奶蛋白質的時候，使用 40 多度的牛奶，就可以很有效率的取出牛奶中的蛋白質。

【實驗 2】牛奶膠水成品的酸鹼性和黏著力的關係

實驗步驟：

1. 調製 400cc 的脫脂牛奶，加入濃度 10% 已加入紫色高麗菜汁的檸檬酸水溶液 80cc，攪拌牛奶至蛋白質出現凝固。
2. 用濾紙濾出凝固物，準備 4 個燒杯，在每個燒杯中放入 20g 的蛋白質凝固物。將以加入紫色高麗菜汁的 10% 的碳酸鈉水溶液以滴定管加入燒杯中並攪拌。
3. 燒杯 1 在牛奶膠水呈現淡粉紅色的時候停止滴定，計算滴定的溶液的體積；燒杯 2 在牛奶膠水呈現淡粉紅色的時候停止滴定；燒杯 3 在牛奶膠水呈現藍綠的時候停止滴定；燒杯 4 則加入 20ml 碳酸鈉水溶液。計算加入燒杯 1、2、3 中的碳酸鈉水溶液體積，不足 20ml 的部分用清水補足。
4. 將不同酸鹼性的牛奶膠水成品黏合小木塊，靜置陰乾兩天後測量不同牛奶膠水的黏著力。

實驗結果：



討論：

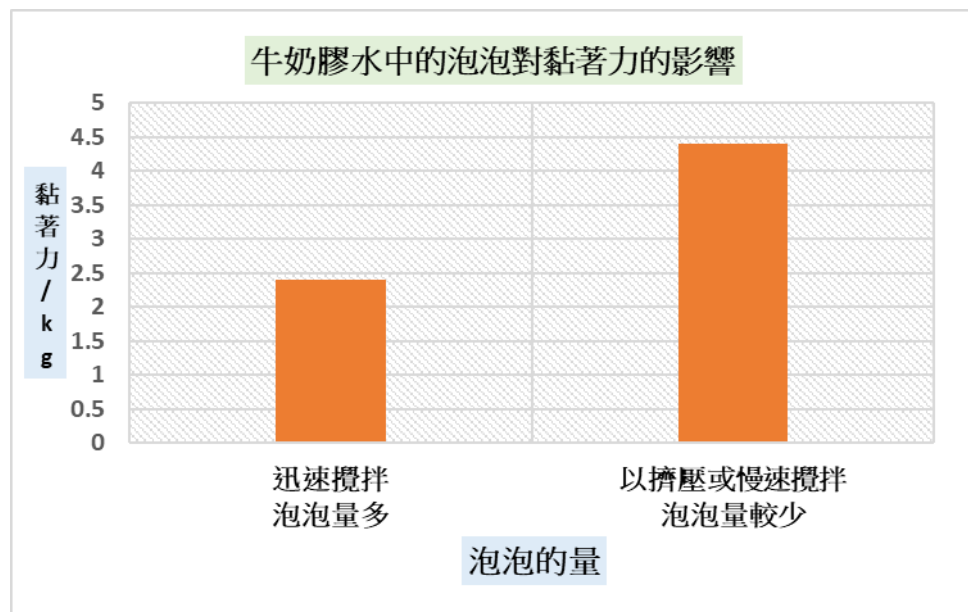
1. 牛奶膠水完成時的鹼性越強黏著力也越強，我們覺得最適合的鹼度應該是在 PH10，大於 11 雖然黏著力有稍微強一些，但是增加的程度並不多。
2. 根據結果，我們認為牛奶膠水中的鹼性溶液並不是只是因為酸鹼中和讓蛋

白質中心溶於水中的緣故，我們認為比較可能的因素是鹼性溶液的鹼會讓牛奶中的蛋白質產生改變。

【實驗 3】牛奶膠水中製作過程中產生的泡泡對黏著力的影響

實驗步驟：

1. 將 200ml 的脫脂牛奶加溫到 45°C 後，各加入濃度 10% 已加入的檸檬酸水溶液 10ml，攪拌蛋白質出現凝固。
2. 用棉布濾出凝固物，在兩個燒杯中各放入 20g 的蛋白質凝固物。
3. 將 10% 的碳酸鈉水溶液 20ml 漸漸加入燒杯中，一杯攪拌速度較快，另一杯用按壓或是以較慢的速度攪拌減少氣泡的產生。
4. 將製作完成的膠水成品黏合小木塊，靜置陰乾兩天後測量膠水的黏著力。



討論：



1. 牛奶膠水中的氣泡雖然很細小，但是會明顯降低牛奶膠水的黏著力，經過幾次實驗後的觀察，雖然碳酸鈉和酸中和的過程中會產生二氧化碳，但我們並沒有觀察到冒泡泡的現象，大部分氣泡產生的時間是在蛋白質開始變得黏稠的時候。
2. 以按壓或是慢速攪拌的方式混合牛奶蛋白質和鹼性溶液會大量減少氣泡的產生，並提高黏著力。

【實驗 5】比較牛奶蛋白質和豆漿中植物蛋白製作膠水的黏著力

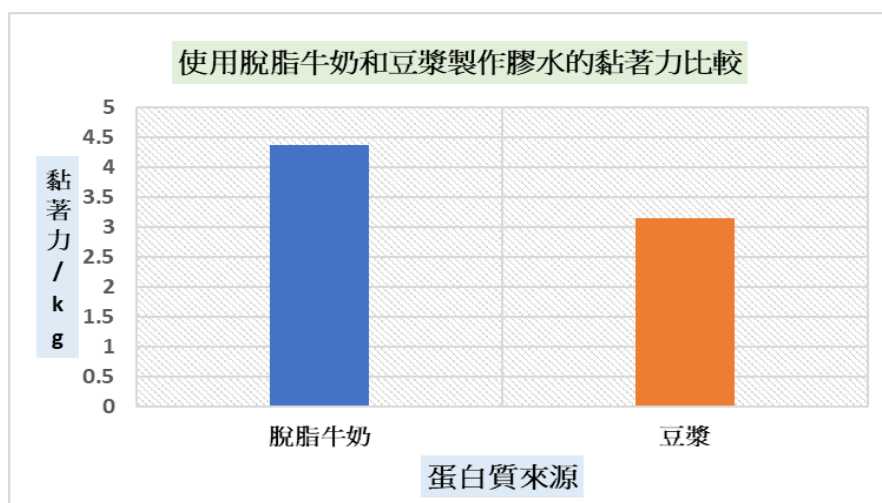
豆漿中的植物蛋白也可以拿來做膠水，我們想以我們目前製作牛奶膠水的方式來製作豆漿膠水，比較豆漿膠水和牛奶膠水間黏著力的差異。

實驗步驟：

1. 將 100ml 的無糖豆漿和脫脂牛奶加溫到 45°C 後，各加入濃度 10% 已加入的檸檬酸水溶液 10ml，攪拌蛋白質出現凝固。
2. 用棉布濾出凝固物，在燒杯中放入 20g 的蛋白質凝固物。
3. 將 10% 的碳酸鈉水溶液 20ml 漸漸加入燒杯中攪拌。
4. 將製作完成的膠水成品黏合小木塊，靜置陰乾兩天後測量膠水的黏著力。

		
<p>利用隔水加熱的方式加熱牛奶或是豆漿</p>	<p>使用棉布過濾效果不錯速度也較快。</p>	<p>豆漿的凝固物和脫脂牛奶比起來的顏色較黃，觸感較滑。</p>
		
<p>牛奶膠水色澤較白，質地像含水量多的麻糬。</p>	<p>豆漿膠水顏色較黃，質地比較像義大利料理中的白醬。</p>	<p>上方都將膠水的黏合處顏色較深，牛奶膠水黏合的痕跡顏色較淡。</p>

實驗結果：



討論：

1. 豆漿膠水的黏著力比牛奶膠水少了大約 27%，但是黏著力還算不錯。由於我們所沉澱的豆漿凝固物，沒有經過特別的處理去除油脂和植物的纖維，或許經過一些純化的處理能夠有效的提升。
2. 豆漿膠水成本較低廉，是一個未來可以再深入研究的方向，如果去除不必要的成分，讓黏著力再提升、膠水的顏色再但一些，應該能更有實用性。

【實驗 6】比較製作方式改進前和改進後的牛奶膠水黏著力

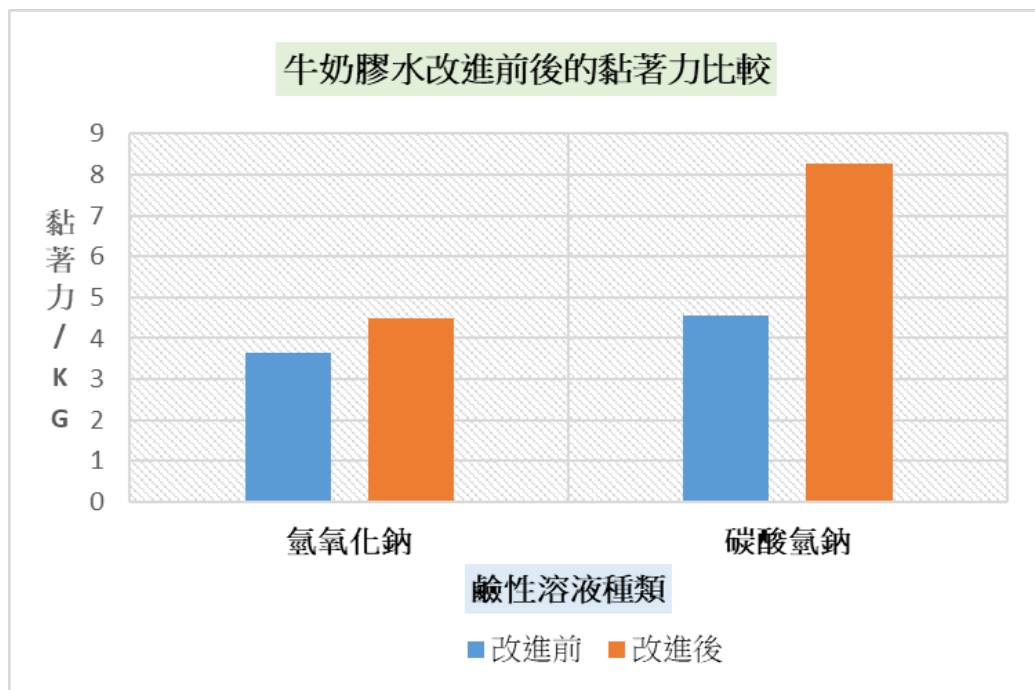
我們綜合前面的實驗提出了牛奶膠水製作的建議方式

1. 牛奶在加入酸性溶液之前，先將溫度調整到 40-50°C 之間的，可以加速凝結的速度和減少酸性水溶液的用量。
2. 酸性醋可以用檸檬酸代替，效果相同而且部會有令人不舒服的酸味。
3. 利用棉布過濾凝固物過濾的速度比濾紙快，比濾網能留住更多的凝固物，戴上手套扭轉棉布可以將凝固物的水分降低不少，增加牛奶膠水的黏稠度。
4. 鹼性溶液建議使用 pH11-12 之間的碳酸鈉水溶液，混合的比例大約是凝固物重量的 1-1.5 倍左右。(因為無法固定凝固物的含水量，所以必須是牛奶膠水的黏稠度調整鹼性水溶液的量)
5. 鹼性溶液必須逐步的加入凝固物中，並用按壓或是慢速攪拌的方式混合壁面產生氣泡。大致混合後靜置 1-2 小時，牛奶膠水會變得更黏稠更均勻，如果太過黏稠可以在適度的加入清水或是鹼性溶液。
6. 製作完成的牛奶膠水因為原料是牛奶，在常溫下放置約 1-2 天就會有臭味產生，如果要長期保存可以添加水溶性的抗菌劑。

		
用棉布過濾凝固可以用手擰乾減少凝固物中的水分	一開始可以擠壓的方式混合減少氣泡產生	混合後靜置 1-2 小時，膠水會更均勻更黏稠

		
<p>反應後的牛奶膠水的 PH 值是 10</p>	<p>製作完成要添加劑以利保存</p>	<p>已經完成的牛奶膠水，在加入酸性溶液，會讓黏性消失</p>

實驗結果：



討論：

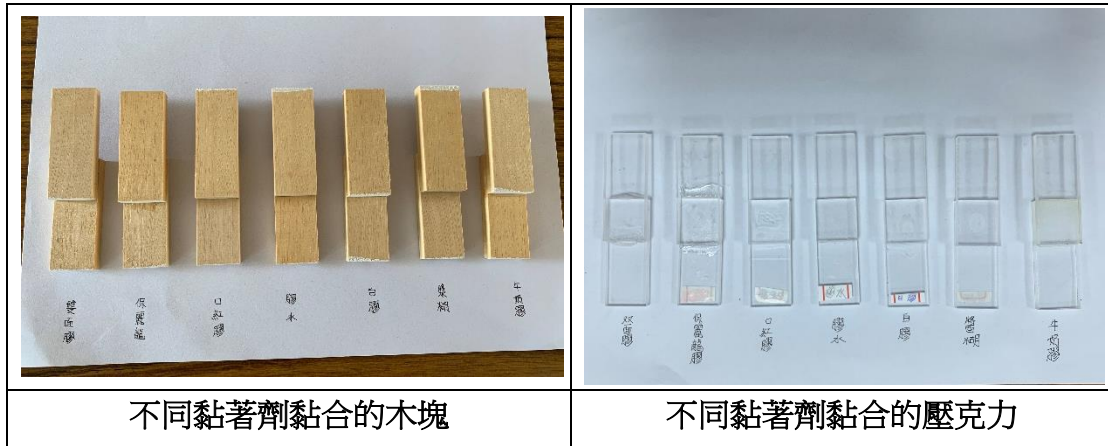
1. 使用改進過的方法製作牛奶膠水，不論是利用氫氧化鈉或是碳酸鈉製作牛奶膠水的黏著力都有進步，尤其是加入碳酸氫鈉牛奶膠水黏著力增加了 81%。
2. 製作完成的牛奶膠水加入酸性溶液會破壞牛奶膠水的黏稠度，所以不建議以加入酸性水溶液的方式來中和牛奶膠水的鹼性。

研究四、牛奶膠水的使用與比較

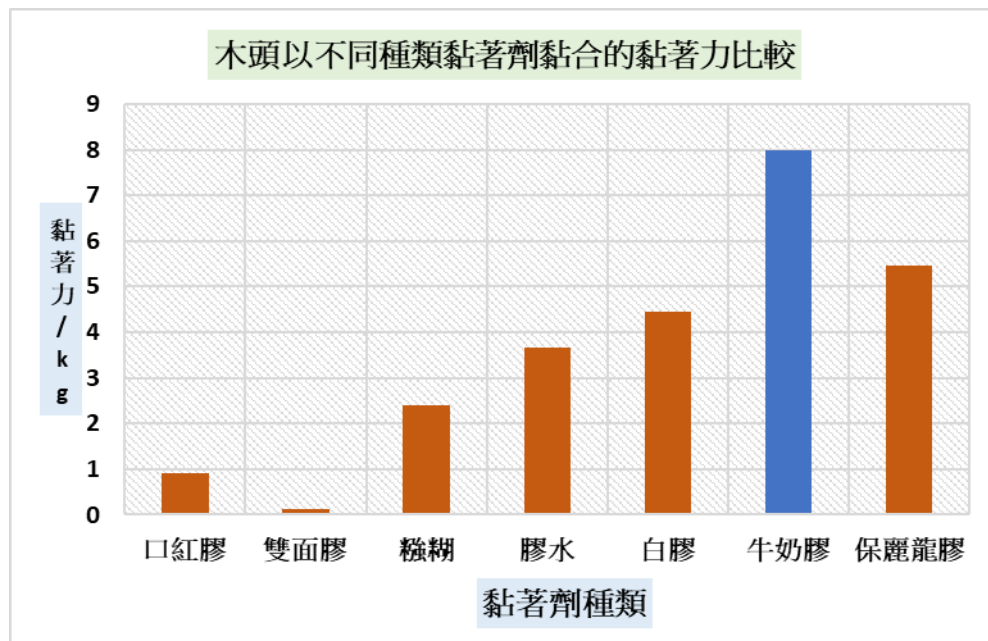
【實驗 1】牛奶膠水黏著力和市售不同黏著劑間的比較

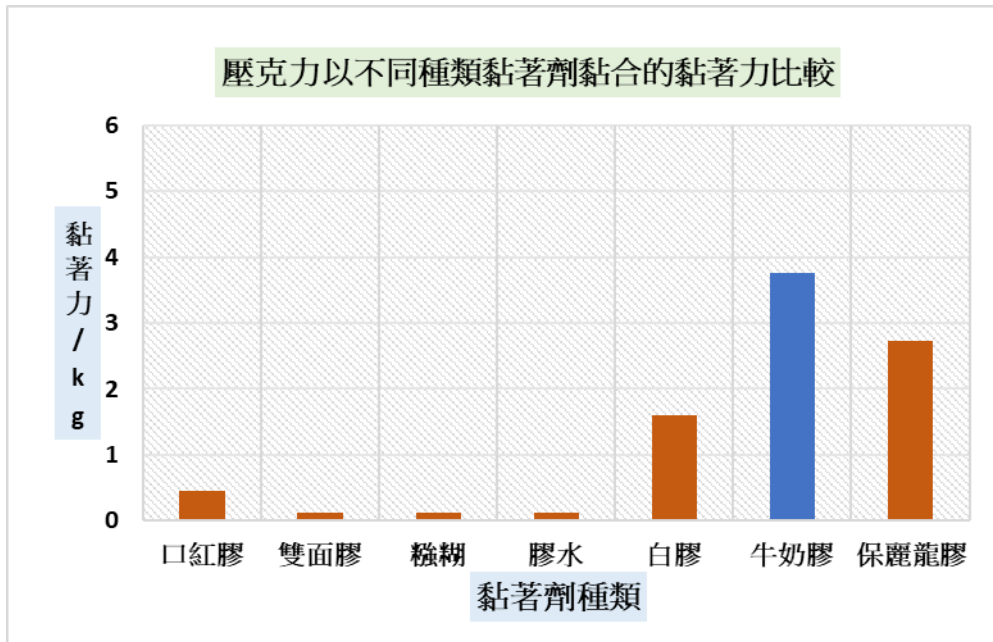
實驗方式：

將市售的黏著劑黏著相同大小的木塊和壓克力，木塊靜置陰乾兩天，壓克力靜置陰乾五天後，測量黏著力。(黏著壓克力時，陰乾兩天發現部分黏著劑尚未全乾，所以將陰乾延長至五天)



實驗結果：

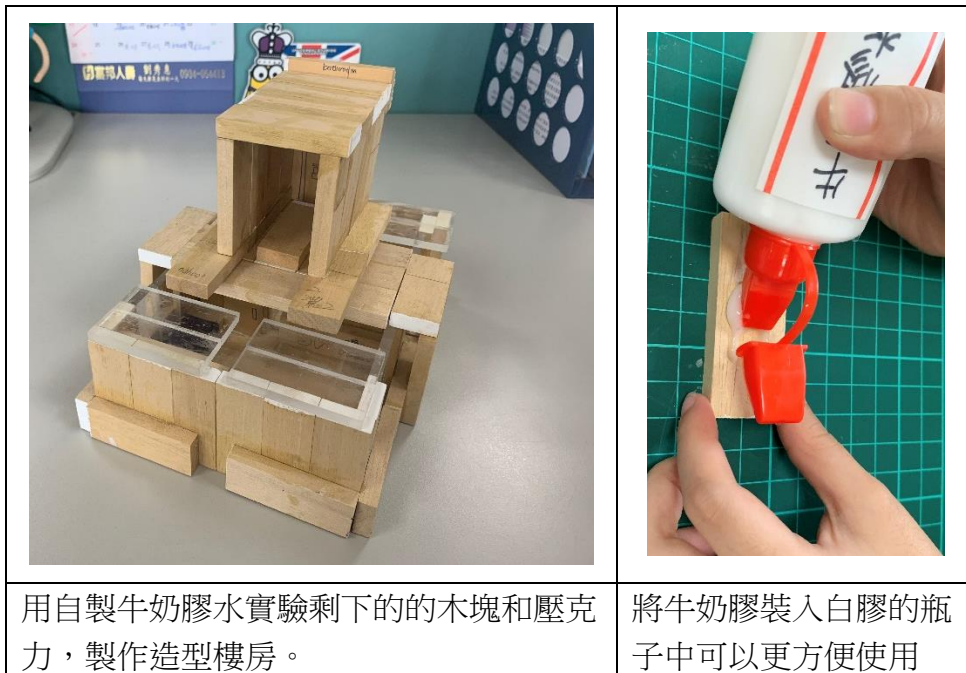




討論：

1. 在我們選用的 7 種黏著劑在光滑的壓克力的黏著力表現得都比黏著木塊差，黏著光滑的材質的黏著力剩下一半不到。
2. 不管是光滑的壓克力或是較粗糙的木塊，牛奶膠水都是黏著力最強的。

牛奶膠水的使用：



用改進後的方法製作出的牛奶膠水，不論在黏著木塊或是壓克力，黏著力都比我們所蒐集的市售黏著劑好。改進後的牛奶膠水，會有略為的黏性，黏著的物品較少時並不需要特別固定。

我們認為，牛奶膠水適合用來黏著木頭，和白膠與保麗龍膠相比不會發出刺鼻化學溶劑味道。未來如果可以利用在室內的裝潢上，可以當作一種環保的黏著劑更有利人體的健康。

伍、 結論

一、牛奶膠黏著力的測試方法請見如研究一

二、製作牛奶膠水時，在材料上我們的建議是：

1. 牛奶必須使用脫脂的奶粉
2. 醋可以用檸檬酸代替。
3. 鹼性溶液建議使用 pH11-12 之間的碳酸鈉水溶液

三、牛奶膠水在製作上可以改進的地方有：

1. 牛奶在加入酸性溶液之前，先將溫度調整到 40-50°C 之間的，可以加速凝結的速度和減少酸性水溶液的用量。
2. 利用棉布過濾凝固物過濾的速度比濾紙快，比濾網能留住更多的凝固物，戴上手套扭轉棉布可以將凝固物的水分降低不少，增加牛奶膠水的黏稠度
3. 鹼性溶液的量大約是凝固物重量的 1-1.5 倍左右，鹼性溶液必須逐步的加入凝固物中，並用按壓或是慢速攪拌的方式混合壁面產生氣泡。
4. 大致混合後靜置 1-2 小時，牛奶膠水會變得更黏稠更均勻，如果太過黏稠可以在適度的加入清水或是鹼性溶液。
5. 製作完成的牛奶膠水因為原料是牛奶，在常溫下放置約 1-2 天就會有臭味產生，如果要長期保存可以添加水溶性的抗菌劑。

四、用改進後的方法製作出的牛奶膠水，不論在黏著木塊或是壓克力，黏著力都比我們所蒐集的市售黏著劑好。牛奶膠水適合用來黏著木頭，和白膠與保麗龍膠相比不會發出刺鼻化學溶劑味道。未來如果可以利用在室內的裝潢上，科已當作一種環保的黏著劑更有利人體的健康。

陸、 參考資料

一、科學 Online 高瞻自然科學教學平台/3D 有趣實驗：牛奶膠水

<http://highscope.ch.ntu.edu.tw/wordpress/?p=66833>

二、第 52 屆中小學科展，國小組化學科：百黏好合一動物性與植物性蛋白質製成蛋白膠水的探討

三、果殼 科技有意思/果殼日誌：牛奶牌強力膠

<https://www.guokr.com/blog/441189/>

四、An Overview of pH

http://www.braukaiser.com/wiki/index.php/An_Overview_of_pH

五、第 58 屆中小學科展，國小組化學科：化腐朽為神漆

六、碳酸鈉- 維基百科，自由的百科全書 - Wikipedia

<https://zh.wikipedia.org/zh-tw/%E7%A2%B3%E9%85%B8%E9%92%A0>

七、氫氧化鈉- 維基百科，自由的百科全書 - Wikipedia

<https://zh.wikipedia.org/zh->

[tw/%E6%B0%A2%E6%B0%A7%E5%8C%96%E9%92%A0](https://zh.wikipedia.org/zh-tw/%E6%B0%A2%E6%B0%A7%E5%8C%96%E9%92%A0)

八、碳酸鉀- 維基百科，自由的百科全書 - Wikipedia

<https://zh.wikipedia.org/zh-tw/%E7%A2%B3%E9%85%B8%E9%92%BE>