

中華民國第 65 屆中小學科學展覽會

作品說明書

國小組 化學科

探究精神獎

080213

「魚」你水「乳」膠融-強力蛋白膠

學校名稱：桃園市蘆竹區海湖國民小學

作者：	指導老師：
小五 徐新皓	李鈺昭
小五 游鈞宥	吳悅平
小五 鄭帥	
小五 徐熙恩	

關鍵詞：膠水、蛋白質

「魚」你水「乳」膠融一強力蛋白膠

摘要

本研究利用市售飲品、魚鱗及自然教室裡既有的材料調整配方，製作出黏性最強的蛋白膠水。魚鱗經加熱煮過，牛奶或豆漿加入酸性液體產生凝固蛋白質，經分離後再加入鹼性物質使其酸鹼中和，即能生成蛋白膠水。

實驗過程中發現，使用常溫低脂牛奶製成的蛋白膠水黏性最佳，並以 pH 值 2.5 的檸檬酸溶液萃取蛋白質，再加入碳酸鈉調配成 pH 值 8.0 的蛋白膠水成品黏性最好。

與其他市售黏性較強的液狀黏著劑相比，強力膠黏性雖強，但有強烈刺鼻味，保麗龍膠則容易產生細絲，黏著技術不佳會讓作品看起來像是佈滿蜘蛛絲，而強力蛋白膠不論是牛奶膠還是魚鱗膠皆黏性強、成分單純、無毒性，合乎環保需求。我們也利用蛋白膠水製作了一架飛機，象徵開闊視野，未來前途無量。

壹、研究動機

我們學校就在海邊，不遠處就有漁港，在魚市場內發現有的海鮮摸起來會滑滑黏黏的，於是我們好奇，「魚」有沒有可能做成膠水？利用魚的什麼部位可以製成膠水呢？上網查了資料，有人用魚鱗做成可食用的魚膠凍，讓我們覺得若是調整比例，魚鱗有做成膠水的可能性！如果可以用魚販丟棄的魚鱗回收再利用製作成膠水，那就太酷了！於是我們請家人在魚市場賣魚的同學，幫我們留下魚鱗讓我們做實驗。

除了魚鱗之外，會不會在生活中還有材料可以做成「天然膠水」呢？

在一次閱讀課時，和同學一起探討科學遊戲書，偶然發現牛奶竟然可以製成膠水！生活中有強力黏著功能的塗料常會有刺鼻的味道，甚至會有毒性，例如「強力膠」。在書中介紹到利用醋的酸性，可以從牛奶中析出酪蛋白，接著在過濾取出的酪蛋白中，加入鹼性的小蘇打粉，就可以讓酪蛋白變回中性，同時產生黏性。等酪蛋白裡面的水分蒸發乾後，酪蛋白就可以拿來黏東西，這讓大夥們感覺到不可思議。

於是大家開始蒐集資料，發現過去有人研究過植物性蛋白，像是豆漿，動物性蛋白，例如牛奶，還有人利用酒粕製成膠水，但是完全沒有人實驗用魚鱗和羊奶做成膠水，在經過討論後，我們決定用牛奶、羊奶、豆漿及魚鱗來進行實驗及研究。

貳、研究目的

本研究旨在探討如何製作出黏性最強的天然蛋白膠水，透過化學及物理測試，找出最佳的配方。

- 一、以牛奶、羊奶、濃豆漿及魚鱗製成蛋白膠水。
- 二、不同蛋白質製成膠水之黏著力探討。
- 三、利用不同酸鹼度之液體製作天然蛋白膠水之黏性及承重力之探討。
- 四、不同酸鹼度的蛋白膠水成品對黏著性的影響。
- 五、魚鱗經過不同時間長度產生之魚鱗膠水黏性比較。
- 六、最強力的蛋白膠水和魚鱗膠水靜置後的黏性之探討。
- 七、比較蛋白膠水在不同的黏著材料的黏著力。
- 八、利用黏性最佳之天然蛋白膠水且黏著力最強之材料製作作品。

參、研究設備及器材

一、材料

全脂牛奶	低脂牛奶	羊奶	濃黃豆漿	濃黑豆漿
魚鱗	檸檬汁	檸檬酸	醋	碳酸鈉
小蘇打粉	氫氧化鈣	碳酸鈣	強力膠	白膠
保麗龍膠	漿糊			

照片來源：作者自行拍攝

二、設備與儀器

電子秤	燒杯	酸鹼度測計	紗布	滴管
行李秤	溫度計	湯匙	木板	針筒
桌邊固定夾	培養皿	加熱板	金屬尺	塑膠尺

照片來源：作者自行拍攝

肆、研究過程及方法

一、研究架構

壹、實驗準備

查閱文獻

試做蛋白膠水

研究黏著力測量工具

貳、蛋白膠水配方

一、製作最強力蛋白膠水

嘗試不同原料
低脂鮮奶、全脂鮮奶、濃黃豆漿、濃黑豆漿、羊奶

改變酸的種類及濃度
檸檬酸、檸檬汁、醋

改變鹼的種類與濃度
碳酸氫鈉(8.1)、碳酸鈣(8.2)、碳酸鈉(11.6)、氫氧化鈣(11.7)

調整成品的酸鹼性
弱酸(6.0)、中性(7.0)、弱鹼(8.0)

魚鱗膠水
加熱1小時、2小時、3小時、4小時

二、靜置蛋白膠

牛奶膠水
魚鱗膠水
靜置21小時、48小時、73小時、122小時

三、比較黏著力

比較用於不同材質的黏著力
木塊、壓克力、金屬

比較不同液狀黏著劑的黏著力
膠水、白膠、強力膠、漿糊、保麗龍膠、強力牛奶膠、魚鱗膠

參、利用實驗結果製作而成的最強力蛋白膠與黏著性最好的材質製作作品

一、最強蛋白膠水配方

低脂鮮奶、檸檬酸(2.5)、碳酸鈉(11.6)、膠水成品pH值8.0

二、作品材質

木板

二、文獻探討

(一) 歷屆科展作品

我們閱讀歷屆全國科展關於「蛋白膠水」、「魚鱗膠水」的作品發現下列五件相關作品：

【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。

1. 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。

2. 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。

3. 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。

1. 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。

2. 黏著力測試方法：將膠水塗在壓舌棒上，設計固定夾夾住壓舌棒兩端，並以電動馬達和拉力計拉開，紀錄斷開瞬間的力量。

3. 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）。

【作品 3】第 64 屆中小學科展，國中組生活與應用科學(三)科：「乳」「膠」「膜」法－探討以牛奶膠水製作無痕黏膠的可行性。

1. 製作方式：以脫脂牛奶加酸製作牛奶膠水黏著劑，並加入添加物高筋麵粉、中筋麵粉、低筋麵粉、木薯澱粉、糯米澱粉、玉米澱粉及其勾芡液，測試各個加了添加物的牛奶膠水的黏著力。

2. 黏著力測試方法：以牛奶膠水將兩木片黏合在一起，一端固定在實驗桌腳，一端扣在行李秤，記錄斷開的瞬間下行李秤的讀數。

3. 研究發現：以 6% 檸檬酸製作的酪蛋白 10 克、添加 0.4 克小蘇打及 5 克高筋麵粉的牛奶膠水黏著力最高，為了做出容易保存且方便使用的黏膠，我們將含添加物的牛奶膠水烘乾製作成膜，成膜後以添加 5 克糯米澱粉勾芡液的牛奶膠水黏膠膜片在木頭及牆面上的黏著力最大，可應用於替代無痕掛勾的背膠。

【作品 4】第 59 屆中小學科展，國小組化學科：「膠」情「非」淺－探討魚鱗膠原蛋白的凝聚及水解分析研究。

- 製作方式：取 100 克的新鮮魚鱗及 1000ml 的水(1：10)加熱至沸騰，探究熬煮魚鱗過程加入白醋或檸檬汁，及不同熬煮時間、不同鍋具熬煮對魚膠提取濃度的影響。煮出魚膠後，探討用魚鱗膠原蛋白製作奶酪的可行性及食用者對魚鱗膠原蛋白製作茶凍的接受度。
- 研究發現：熬煮時間越長魚膠提取量越多，製程利用玻璃鍋具或悶燒鍋能增加魚膠提取比例，魚膠的凝膠性會受濃度與溫度的影響，魚膠運用在凝膠食品上有其可行性。

【作品 5】第 63 屆中小學科展，國小組生活與應用科學(二)：山林與大海的偶遇~ 探討以魚鱗膠原蛋白與單寧酸製成複合材料填補水泥裂縫之可行性。

- 製作方式：萃取五倍子濃縮液做為單寧酸試劑，用清洗並晾乾的烏魚魚鱗加入稀醋酸中熬煮製作而成膠原蛋白，研究魚鱗膠原蛋白與五倍子單寧酸兩者之間的反應，研究在黏合水泥塊上的效果。
- 黏著力測試方式：利用 G 型夾分別將兩塊相黏的水泥塊固定，一端固定，另一端則連接拉力計，桌邊固定單滑輪後，吊掛 25 公斤水桶，測量水泥塊被拉開的最大拉力值。
- 研究發現：稀釋醋酸能從烏魚魚鱗中萃取出膠原蛋白，並以雙縮脲試驗溶液變成深紫色，確認有蛋白質存在。魚鱗膠原蛋白溶液與牡蠣殼粉以 8：2 的比例混合，乾燥後能縮水成具有輕薄體積，又有較佳韌性的黏土餅，魚鱗膠原蛋白溶液與固形物混合比例為 8：2 的填縫水泥來黏合水泥塊，固形物含 100% 粉筆屑的填縫水泥黏合能力最佳，若能將固形物顆粒研磨的更細緻，且製成膏狀，在使用上會更容易塗佈，黏合效果也會更好。

(二) 網路上和書籍的做法

【參考資料 1】科學 Online 高瞻自然科學教學平台/3D 有趣實驗：牛奶膠水影片

【參考資料 2】蕭俊傑(2017)。牛奶膠水。孩子的科學遊戲，110-113 頁。臺北市：創意市集。

1. 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，過濾後再利用鹼性物質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。

2. 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。

3. 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。

【參考資料 3】【魚鱗凍】天然膠原蛋白 DIY youtube 影片

1. 材料：魚鱗、水、檸檬汁

2. 作法：

(1)魚鱗清洗乾淨

(2)魚鱗、水，1：10，大火煮滾，轉小火加檸檬水(去腥)

(3)小火煮一小時後，濾掉魚鱗冷藏，即可完成魚鱗凍。

(三) 比較三件歷屆科展作品和網路、書籍上牛奶膠水的做法，對我們的啟發：

1. 製成牛奶膠水的原料多為牛奶(全脂、脫脂，鮮奶、奶粉)，52 屆科展--【百黏好合】增加植物性蛋白的比較，58 屆科展--【化腐朽為神漆】以高粱、玉米、小米等廢酒粕和黃豆渣提取蛋白質做實驗，第 64 屆科展【「乳」「膠」「膜」法】則是在牛奶膠水中加入添加物以提升黏性。

因此本次研究，我們主要探討不同蛋白質製成膠水之黏著力，除前人做過的牛奶外，新增羊奶，以及近期的新產品濃豆漿，包含黃豆及黑豆製成的濃豆漿。

2. 過去的實驗中，52 屆科展--【百黏好合】除不同蛋白質飲品質成膠水的討論外，還有比較不同溫度的製成差異，58 屆科展--【化腐朽為神漆】則是探討酒粕提取的蛋白質製成過程中，添加液體的溫度、酸鹼度、攪拌速度及時間製成的差異。第 64 屆科展【「乳」「膠」「膜」法】則是主要探討添加物的影響。

因此本研究除探討不同蛋白質製成膠水之黏著力，也實驗研究不同酸鹼度的液體製成的膠水脂黏著力，而液體的溫度則皆控制在室溫 20 度。

- 過去的實驗中，未有比較牛奶膠水在不同的黏著材料的應用情形。因此在製作出最具黏性的膠水後，再進行塑膠、木頭、金屬等黏著材料的討論。
- 過去的研究中，少有探討利用魚鱗製成黏著劑之實驗，因此本實驗參考魚鱗凍的煮法，調整比例及時間，進行黏著力的探究。

三、研究過程

研究一、設計膠水黏著力的檢測方式

本科學研究最重要的目的便是做出黏性最強的「膠水」，而製作出的膠水黏稠度並不能代表黏著力的大小，因此我們必須設計出一個可以比較黏著力強弱的方式。

我們利用學校現有的設備，並且大家都能操作為主，要如何能夠測量力量，並且將黏住的木板分開，我們進行多項嘗試。

- 利用桌邊固定器，將壓舌板固定在桌邊，然後吊掛砝碼，測試吊掛多少砝碼重量能讓相黏的壓舌板分開。在嘗試後發現，砝碼容易從壓舌板鬆脫，而且黏性較差的膠水，會不小心在我們在吊掛砝碼時就分開了，並不容易測量。
- 因此在我們繼續翻箱倒櫃、集思廣益後，決定試用「行李秤」。一開始固定在桌邊，發現行李秤的重量測試力量是必須向上的，桌子太高了，不容易施力，因此我們改夾在椅子上，果然就能輕易測試出拉力，依行李秤上顯示的重量的最大值來記錄黏著力。
- 隨著「膠水」的改良，黏著性越來越強，壓舌板在分開前可能就先斷裂了，會無法測到真正的黏著力。但是因為我們的膠水不斷精進、改良，所以黏著的面積及材質必須固定不變，才能與先前實驗的結果作比較，因此不能更改成木塊。在大家集思廣益後，我們決定將壓舌板加厚，利用裝潢師傅在使用的樹脂，將數片壓舌板黏在一起，果然經過加厚之後的壓舌板，就減少了許多斷裂的機會。
- 因為木板分開是發生在一瞬間，因此在測試過程中必須全程錄影，才能事後多次播放以確定正確的數值。



照片來源：作者自行拍攝

研究二、製作最強力的蛋白膠水

【實驗一】利用不同的材料製作膠水

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中，實驗使用的是奶粉及利用各種豆子自行製漿，參考網路及書籍上的做法也大多使

用脫脂奶粉。因此我們決定購買市面上的「鮮奶」，並且探討脂肪對膠水成品的黏著性影響，在動物性蛋白的部分，選購了全脂鮮奶和低脂鮮奶，而過去的實驗中僅限牛奶，未曾使用羊奶，因此本次實驗也將羊奶納入實驗材料。在植物性蛋白中，我們則選購最近的新興產品「濃豆漿」(黃豆製成)，及「濃黑豆漿」(黑豆製成)。另外海鮮蛋白，我們選擇了原本看似「無用廢棄物」--魚鱗，透過加熱烹煮的方式，取得魚鱗膠水。

一、動物蛋白、植物蛋白部分：



(一) 實驗步驟：

1. 牛奶、羊奶及豆漿的溫度控制在大約 18 度，醋的酸鹼值是 3.0。
2. 在 100cc 的牛奶、羊奶及豆漿中分別加入 25cc 的醋後攪拌混合。
3. 攪拌待出現似棉絮的雜質後，利用紗布過濾出凝固的蛋白質。
4. 盡量將水份瀝乾，避免水分過多影響成品。
5. 將過濾出的蛋白質(酸鹼值約 4.5)放入培養皿中，加入小蘇打粉，直到酸鹼中和至酸鹼值為 7.0。
6. 為求準確，每一種膠水皆黏四支壓舌板，做四次測驗。每一支壓舌板量長度(7cm)並作記號，讓每一片壓舌板黏著的面積相同，並將做好的膠水放進針筒，利用針筒測量每一片壓舌板所使用的膠水劑量一樣多(0.5cc)。
7. 等待兩小時後進行第一次黏著性測試。
8. 兩天後(48 小時)，進行第二次黏著性測試。

利用電子秤，倒入 100cc 的牛奶至燒杯中。	測量每一杯原料的溫度皆為 18 度。	倒入酸鹼值為 3.0 的醋液。意外發現，黑豆漿會變色，從灰綠色變成淡淡的褐色。	帶有棉絮狀固體後，利用紗布過濾並慢慢過濾，盡量將水份瀝乾。
		在過濾後，發現牛奶和豆漿皆可過濾出許多蛋白質，且剩下的牛奶或豆漿皆變得清澈。但是羊奶卻完全沒有任何凝固物。	

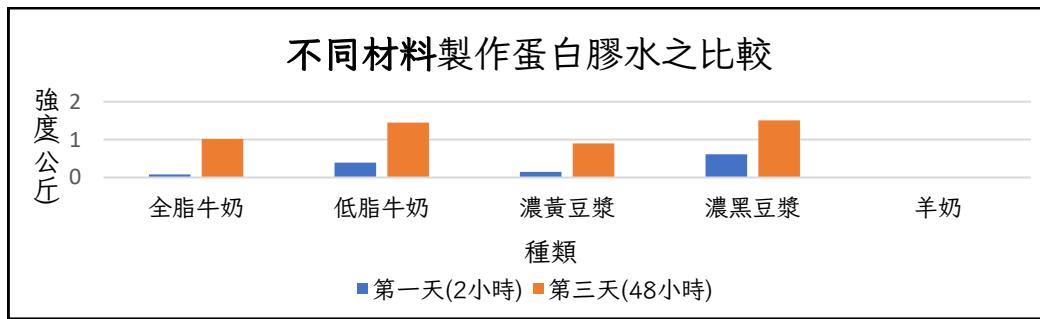
			
在蛋白質凝固物中加入小蘇打粉。	原本的酸鹼值是 4.4-4.5，加入小蘇打直到酸鹼值為 7.0	加入小蘇打粉後，全脂牛奶變得水水的。	加入小蘇打粉後，低脂牛奶變得較為透明且有一點黏稠感。
			
濃黃豆漿加入小蘇打粉後則是變化不大，不過稍有黏性。	濃黑豆漿加醋後變成淺褐色，再加入小蘇打酸鹼中和後，又變回灰綠色，且質地變得有點像 QQ 的奶酪	將壓舌板作記號，讓每一片黏著的面積相同，並利用針筒測量每一片壓舌板所使用的膠水劑量一樣多。	為求準確，每一種膠水皆黏四支壓舌板，並利用行李秤進行黏著力測試。

照片來源：作者自行拍攝

(二) 實驗結果：

單位：公斤

	全脂牛奶	低脂牛奶	濃黃豆漿	濃黑豆漿	羊奶
第一天(2小時)	0.08	0.39	0.15	0.61	--
第三天(48小時)	1.02	1.45	0.90	1.51	--



圖表來源：作者自行整理

(三) 討論：

- 根據我們的實驗結果，低脂牛奶和濃黑豆漿是五種材料中黏著性較佳的。
- 羊奶在本次實驗中，讓我們大失所望，完全無法過濾出任何凝固狀蛋白。
- 過去實驗並未見黑豆漿，本次實驗發現不只能凝固許多蛋白，也有不錯的黏著性。
- 低脂牛奶製作牛奶膠水的效果比全脂牛奶好，因此我們認為脂肪會阻礙牛奶中的蛋白質和小蘇打反應。
- 過去的研究中，較少有關於酸性溶液的酸鹼值的討論，因此下一個實驗將進行不同酸度溶液對製作膠水成品黏著性的影響。

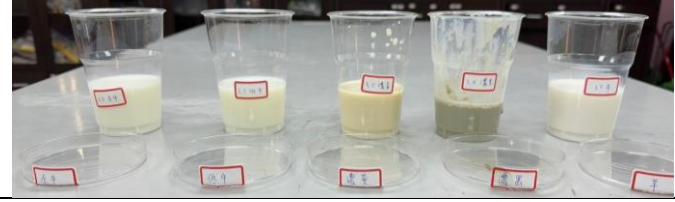
【實驗二】利用不同酸鹼值的酸性溶液對製作膠水成品黏著性的影響

在製作膠水時，醋的功能是讓牛奶中的蛋白質凝固。在過去的研究中，少見有酸鹼值的探討，因此我們調出檸檬酸 pH 值 2.0，檸檬汁 pH 值 2.5、醋 pH 值 3.0、醋 pH 值 3.5 來進行比較，探討蛋白質凝固的速度、質感及是否影響黏著性。

補充說明：因醋最濃 pH 值為 3.0，檸檬汁最濃 pH 值為 2.5，因此 pH2.0 改用檸檬酸調配，又因想確認檸檬汁與檸檬酸 pH2.5 是否有相同效果，因此也調配了檸檬酸 pH2.5。

(一) 實驗步驟：

1. 牛奶、羊奶及豆漿的溫度控制在大約 18 度。
2. 在 500cc 的牛奶、羊奶及豆漿中分別加入 125cc 不同的酸性溶液後攪拌混合。
3. 攪拌待出現似棉絮的雜質後，利用紗布過濾出凝固的蛋白質。
4. 盡量將水份瀝乾，避免水分過多影響成品。
5. 將過濾出的蛋白質平分成五等份放入培養皿中，加入小蘇打粉，直到酸鹼中和至 pH7.0。
6. 為求準確，每一種膠水皆黏四支壓舌板，做四次測驗。每一支壓舌板量長度(7cm)並作記號，讓每一片壓舌板黏著的面積相同，並將做好的膠水放進針筒，利用針筒測量每一片壓舌板所使用的膠水劑量一樣多(0.5cc)。
7. 等待兩小時後進行第一次黏著性測試。兩天後(48 小時)，進行第二次黏著性測試。

	
調配 pH 值 2.5 的酸性溶液	羊奶和原本一樣，沒有顯著的變化。將凝固的蛋白質裝到培養皿後，加上小蘇打粉，酸鹼中和至 pH7.0。除了羊奶之外，皆變成晶瑩黏稠狀。
	
調配 pH 值 2.0 的酸性溶液	將凝固的蛋白質裝到培養皿後，加上小蘇打粉，酸鹼中和至 pH7.0。低脂牛奶和全脂牛奶皆變得水水的。而羊奶加了 pH 值 2.0 的酸性溶液變得濃稠，我們努力想試著擠出固體蛋白質，但仍舊失敗。
	
調配 pH 值 3.5 的酸性溶液	除了羊奶毫無變化以外，每一項飲品皆僅變得稍微濃稠，但是沒有凝固的蛋白質。

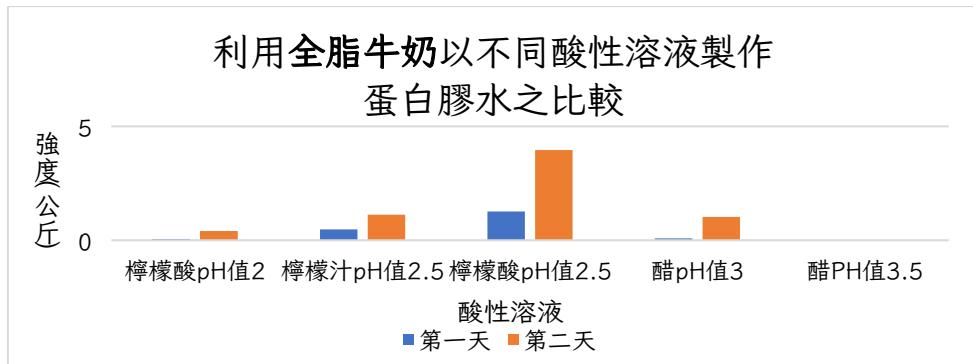
			
原本已調配 pH4.0 酸性溶液，但是做了 pH3.5 時發現無法凝固蛋白質，因此取消繼續做 pH4.0	將凝固的蛋白質完全擰乾水分。	酸鹼中和後，再度確認酸鹼值是否皆為 pH7.0。	在壓舌板上標示 7 公分處。並將每一份壓舌板貼上標籤
			
一組四份壓舌板，因壓舌板接觸到水會變得有點彎曲，因此膠水黏貼後用厚書本加壓，保持壓舌板的平整。		進行第一次黏著力測試	進行第二次黏著力測試

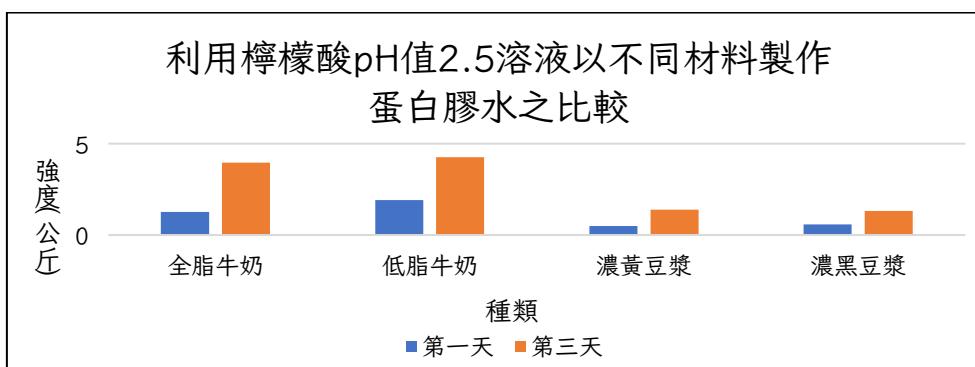
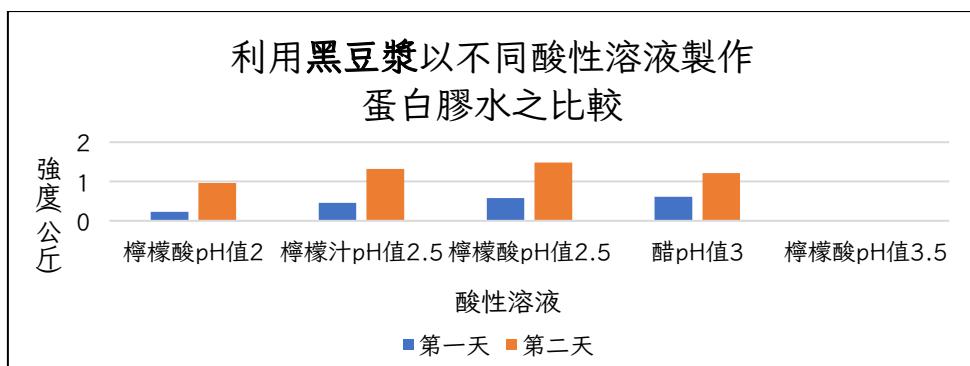
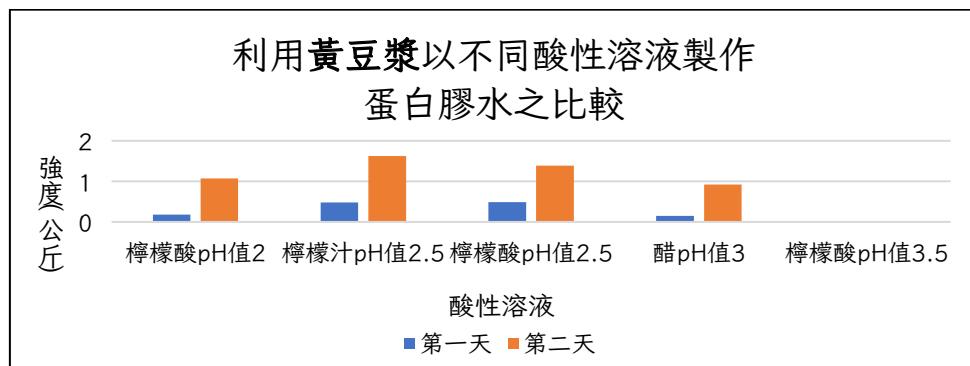
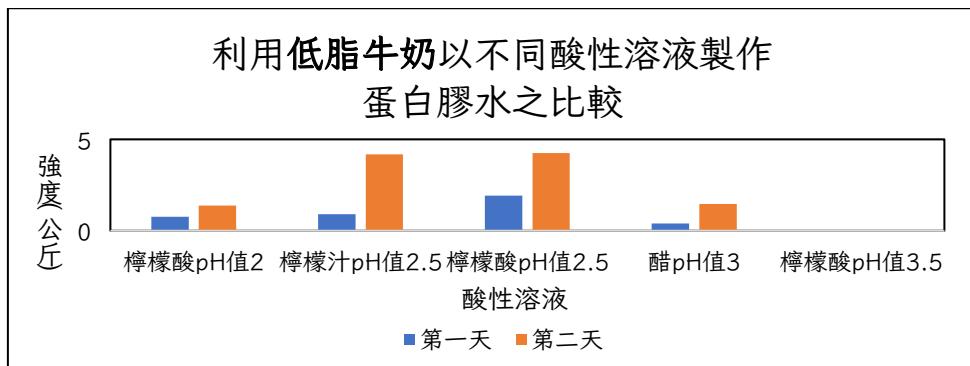
照片來源：作者自行拍攝

(二) 實驗結果：

單位：公斤

	全脂牛奶		低脂牛奶		濃黃豆漿		濃黑豆漿		羊奶
	第一天 (2 小時)	第三天 (48 小時)	第一天 (2 小時)						
檸檬酸 pH 值 2	0.05	0.41	0.76	1.38	0.18	1.07	0.23	0.96	--
檸檬汁 pH 值 2.5	0.47	1.12	0.90	4.18	0.48	1.62	0.46	1.32	--
檸檬酸 pH 值 2.5	1.26	3.96	1.92	4.25	0.49	1.39	0.58	1.48	--
醋 pH 值 3	0.08	1.02	0.39	1.47	0.15	0.92	0.61	1.21	--
醋 pH 值 3.5	--	--	--	--	--	--	--	--	--





圖表來源：作者自行整理

(三)討論：

- 實驗一，羊奶在酸性溶液 pH 值 3.0 無法凝固蛋白質，因此我們期待酸度調整後，能夠有蛋白質凝固。但是經過五種酸度測試，羊奶仍然無法產生凝固蛋白質。不過加入 pH 值 2.0 的酸性溶液，羊奶變得濃稠了。
- 在實驗中發現，酸度越高，凝結蛋白質的速度越快，且越容易濾出蛋白質。而 pH 3.5 的酸性溶液，則無法凝固任何蛋白質。

3. 加入五種酸性溶液，發現以檸檬酸調製 pH 值 2.5 所製作的膠水，黏性最佳。檸檬汁 pH 值 2.5 次之。

4. 在黏著性的測試中，發現低脂牛奶所製成的膠水在經歷拉力測試時，開始出現壓舌板尚未分開，但是已經斷裂的情形，幸好每一種膠水均有準備四支，但此現象仍需解決，因此在下一階段的實驗，我們決定要將壓舌板加厚。

【實驗三】利用不同酸鹼值的鹼性物質對製作膠水成品黏著性的影響

根據我們所找到的資料中，製作牛奶膠水添加的鹼性物質大多是小蘇打粉或小蘇打水。我們先前的實驗一和實驗二皆使用「小蘇打粉」，因為加入小蘇打水，原先凝固的蛋白質會越來越稀，可能會影響黏稠性及黏著性。

小蘇打粉(碳酸氫鈉)是弱鹼性，經測量後，pH 值為 8.1，我們想試試看，若使用鹼性較強的鹼性物質或許會讓膠水的黏著力變得更強。因此，選了四種鹼性粉末做比較。分別是：原先就嘗試的碳酸氫鈉（小蘇打粉）、自然教室中就有的氫氧化鈣（石灰粉）、及化學材料行常見的碳酸鈉及碳酸鈣。

在先前的實驗中發現，加入酸性溶液凝固的蛋白質，pH 值約為 4.4~4.5，加入小蘇打後會產生氣泡，且蛋白質的反應皆會不同，大部分會變得比較稀，而且要中和不同的蛋白質，所加入的小蘇打粉量也是不同的，為避免水會影響膠水的黏稠性及黏著力，因此我們決定直接加入鹼性粉末進行酸鹼中和，並利用酸鹼測試計檢測確認膠水成品的酸鹼值皆為 7.0。

另外，無論是什麼酸性溶液都無法凝固羊奶的蛋白質，因此接下來的實驗，取消羊奶膠水的製作。

(一) 實驗步驟：

1. 牛奶及豆漿的溫度控制在大約 18 度。

2. 在 500cc 的牛奶及豆漿中加入 125cc 的酸性溶液後攪拌混合。

3. 攪拌待出現似棉絮的雜質後，利用紗布過濾出凝固的蛋白質。

4. 盡量將水份瀝乾，避免水分過多影響成品。

5. 將過濾出的蛋白質平分成四等份放入培養皿中，分別加入碳酸氫鈉（小蘇打粉）、氫氧化鈣（石灰粉）、碳酸鈉及碳酸鈣，利用酸鹼測試器檢測直到酸鹼中和至 pH 值為 7.0。

6. 由於改良後的膠水黏性越來越強，因此將壓舌板利用強力樹脂黏成多層加厚。

7. 為求準確，每一種膠水皆黏四組壓舌板，做四次測驗。每一支壓舌板量長度(7cm)並作記號，讓每一片壓舌板黏著的面積相同，並將做好的膠水放進針筒，利用針筒測量每一片壓舌板所使用的膠水劑量一樣多(0.5cc)。

8. 等待兩小時後進行第一次黏著性測試。兩天後(48 小時)，進行第二次黏著性測試。

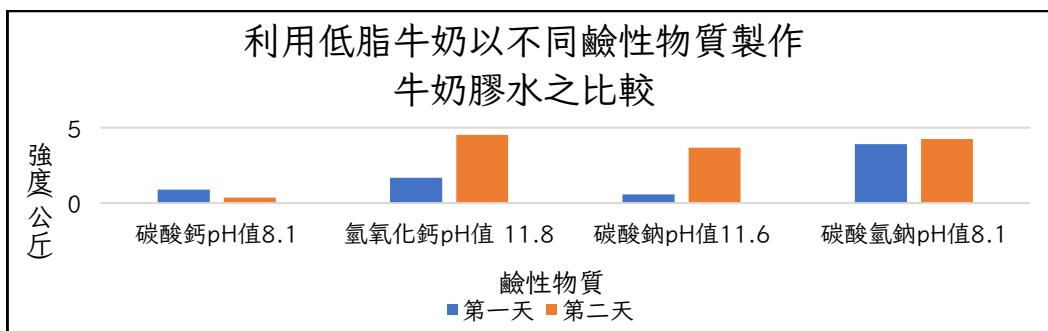
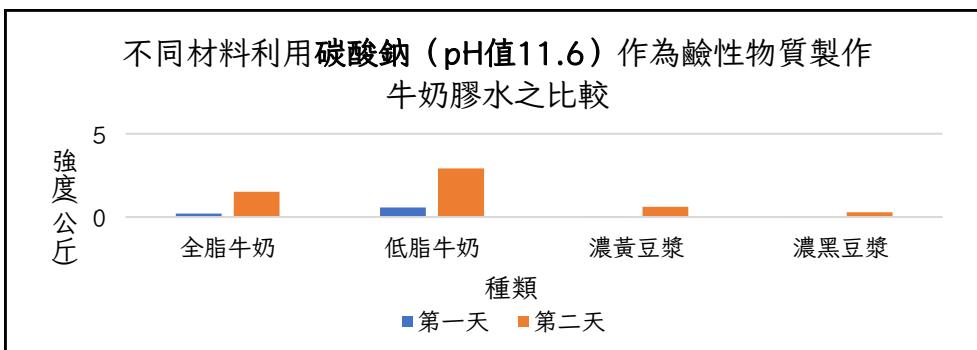
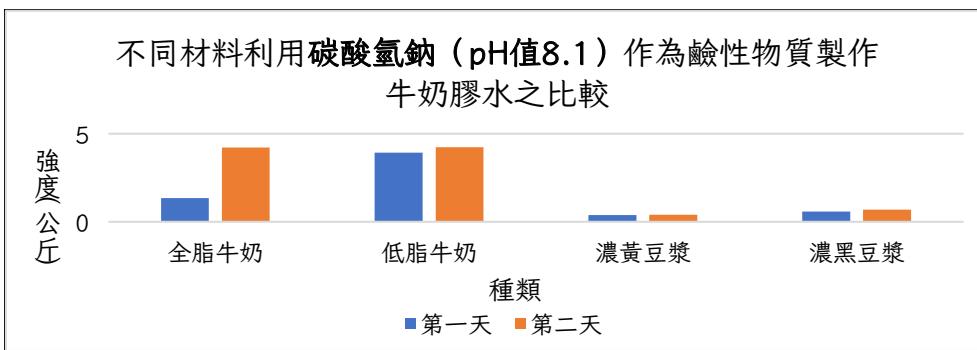
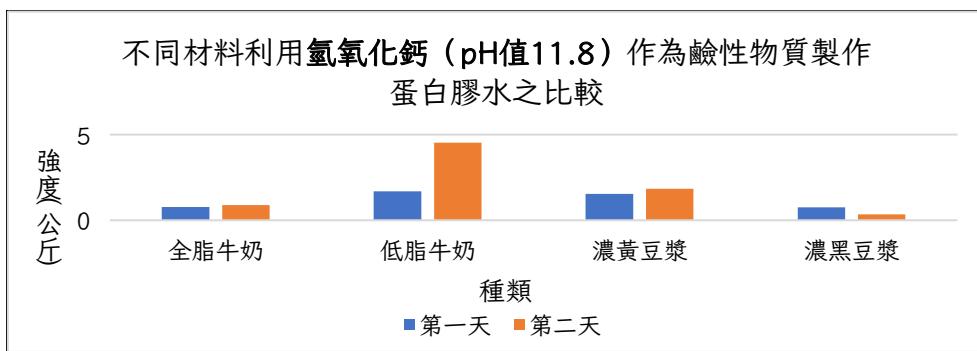
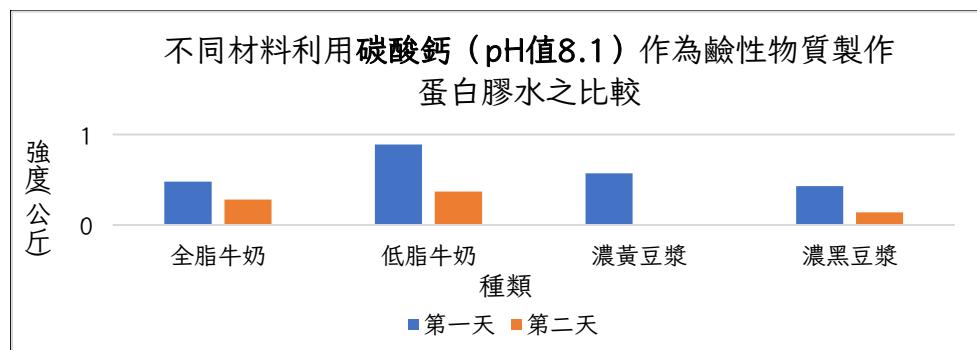
因乾粉末無法測試酸鹼值，加了少量的水來做測試。	用紗布過濾固態蛋白質，滴下杯子內的是清澈的液體。	分裝全脂牛奶凝固的蛋白質，質地較軟稀。	分裝低脂牛奶凝固的蛋白質，質地較為硬挺。
此為濃黃豆漿。同樣重量的豆漿和牛奶，豆漿可以凝固較多的蛋白質。	黑豆漿在加入酸性溶液後會變成淺褐色。	分別為 低脂牛奶、濃黑豆漿 全脂牛奶、濃黃豆漿 加入碳酸鈣後，牛奶變得半透明，質地介於白膠和糯米糬之間，兩個豆漿則變得粗粗乾乾的	分別為 低脂牛奶、全脂牛奶 濃黃豆漿、濃黑豆漿 加入碳酸鈉後，全脂牛奶變得水水的，低脂牛奶變得像優格、兩個豆漿則變得像水泥粗粗的
分別為 低脂牛奶、全脂牛奶 濃黃豆漿、濃黑豆漿 加入氫氧化鈣後，牛奶變得像白膠質地，兩個豆漿則是粗粗乾乾的。	為避免斷裂，每一種皆做成四份。	將底部的壓舌板用強力樹脂黏住加厚，避免進行拉力測試時，蛋白膠水黏著處尚未分開，壓舌板已斷裂。	黏著力測試

照片來源：作者自行拍攝

(二) 實驗結果

單位：公斤

	全脂牛奶		低脂牛奶		濃黃豆漿		濃黑豆漿	
	第一天 (2小時)	第三天 (48小時)	第一天 (2小時)	第三天 (48小時)	第一天 (2小時)	第三天 (48小時)	第一天 (2小時)	第三天 (48小時)
碳酸鈣 pH 值 8.1	0.48	0.28	0.89	0.37	0.57	0	0.43	0.14
氫氧化鈣 pH 值 11.8	0.77	0.89	1.69	4.52	1.54	1.83	0.75	0.35
碳酸鈉 pH 值 11.6	0.21	1.51	0.57	3.68	0.05	0.62	0.01	0.28
碳酸氫鈉 pH 值 8.1	1.35	4.22	1.82	4.48	0.38	0.39	0.58	0.69



圖表來源：作者自行整理

(三)討論

- 1.利用四種鹼性物質製作出蛋白膠水，發現酸鹼值的強度與黏著性並沒有顯著相關。
- 2.在研究中發現，利用碳酸鈣當作鹼性物質製作的蛋白膠水，等待膠水全乾後，反而會失去黏性，壓舌板分開後，原本的膠水黏著處變成有粉末的感覺。
- 3.比較四種鹼性物質利用低脂牛奶做蛋白膠水，碳酸氫鈉(小蘇打粉)的表現比較穩定，在 2 小時的測試就有不錯的黏性，48 小時乾燥後，黏性也有成長。
- 4.氫氧化鈣(石灰粉)雖然在 2 小時的黏性測試並沒有特別突出，但是在 48 小時乾燥後，卻是黏著性最強的。
- 5.碳酸鈉在成為膠水時的質地雖不如預期黏稠，但是在 48 小時後也有良好的黏著性。
- 6.無論是用什麼鹼性物質製作蛋白膠水，低脂牛奶都是有較好的黏著性。
- 7.從實驗中發現，氫氧化鈣(石灰粉)和碳酸氫鈉(小蘇打粉)的黏著性最佳，而在過去的研究中，也有資料顯示以碳酸鈉、碳酸鉀、醋酸鈉、氫氧化鈉做比較，其中碳酸鈉是黏著性最佳的。因此為避免我們的實驗不夠精確，下一階段將再以氫氧化鈣(石灰粉)、碳酸氫鈉(小蘇打粉)及碳酸鈉做比較，以製作出黏性最佳的強力蛋白膠。

【實驗四】蛋白膠水成品的酸鹼性對黏著力的影響

製作蛋白膠水需先用酸性溶液萃取出固態蛋白，再以鹼性物質進行酸鹼中和，以製作出具有黏性的「膠水」。實驗二、三分別探討酸性溶液及鹼性物質對黏著性的影響。發現酸性溶液以 pH 值 2.5 最佳，而鹼性物質則未有定論，因此我們決定再利用氫氧化鈣(石灰粉)、碳酸氫鈉(小蘇打粉)及碳酸鈉做比較。

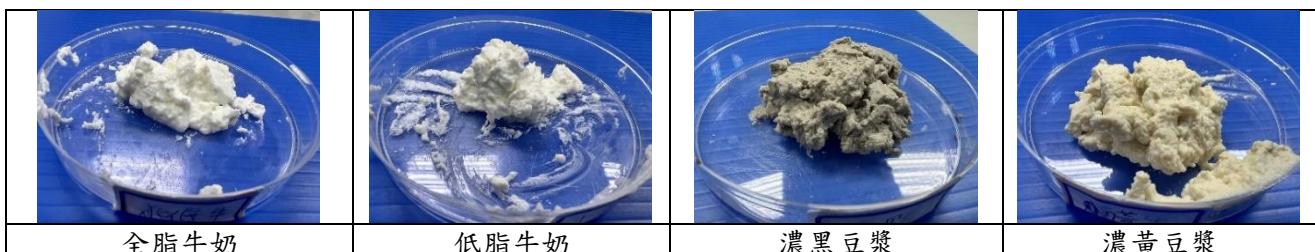
除了酸鹼中和至 pH 值 7.0 做比較外，另外也再探討蛋白膠水成品的酸鹼性是否也會對黏著性有影響。因此，分別中和成 pH 值 6.0、pH 值 7.0 及 pH 值 8.0。

另外，研究過程中發現，蛋白膠水不一定乾掉之後黏著性就固定不變了，可能隨著時間而有所改變，因此我們調整了黏著性測試為三次，並配合學生課堂作息設定為 2 小時、18 小時及 48 小時。

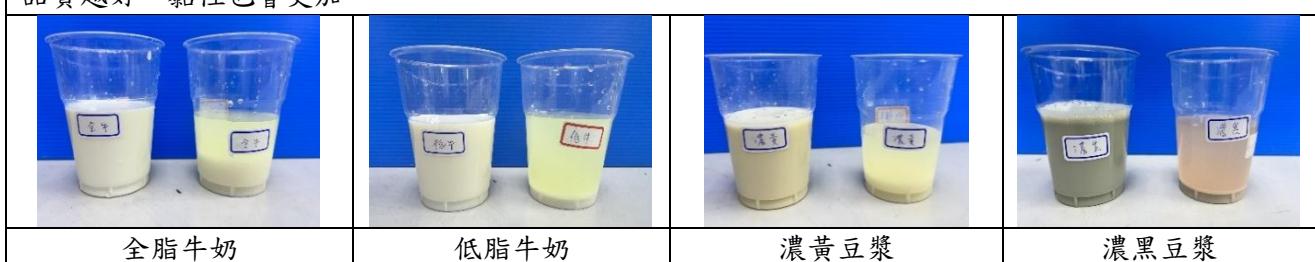
(一) 實驗步驟：

1. 牛奶及豆漿的溫度控制在大約 18 度。
2. 在 800cc 的牛奶及豆漿中加入 200cc 的酸性溶液後攪拌混合。
3. 攪拌待出現似棉絮的雜質後，利用紗布過濾出凝固的蛋白質。
4. 盡量將水份瀝乾，避免水分過多影響成品。
5. 將過濾出的蛋白質平分成九等份放入培養皿中，分別加入碳酸氫鈉（小蘇打粉）、氫氧化鈣（石灰粉）及碳酸鈉。

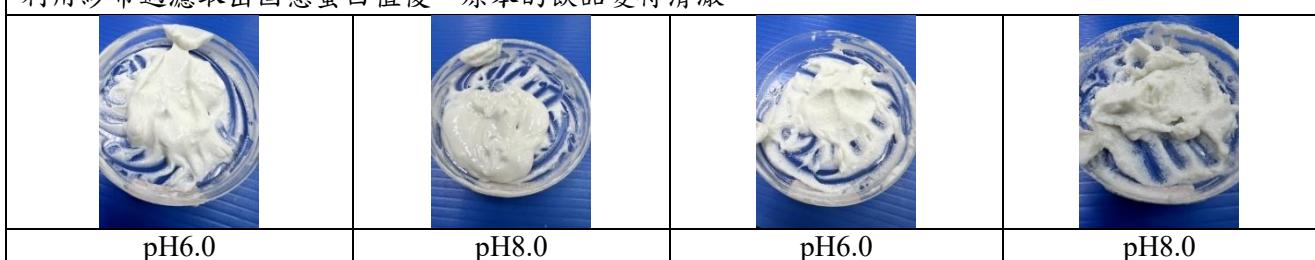
6. 利用酸鹼測試器檢測直到酸鹼中和至 pH 值分別為 6.0、7.0、8.0。
7. 由於改良後的膠水黏性越來越強，因此將壓舌板利用強力樹脂黏成多層加厚。
8. 為求準確，每一種膠水皆黏四組壓舌板，做四次測驗。每一支壓舌板量長度(7cm)並作記號，讓每一片壓舌板黏著的面積相同，並將做好的膠水放進針筒，利用針筒測量每一片壓舌板所使用的膠水劑量一樣多(0.5cc)。
9. 等待兩小時後進行第一次黏著性測試。第二天(18 小時)，進行第二次黏著性測試。兩天後(48 小時)，進行第三次黏著性測試。



加入檸檬酸 pH2.5 酸性溶液凝固蛋白質，利用紗布過濾，經過多次操作，取出的蛋白質水份越瀝越乾，品質越好，黏性也會更加。



利用紗布過濾取出固態蛋白值後，原本的飲品變得清澈。

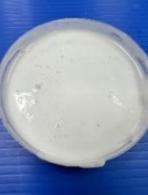
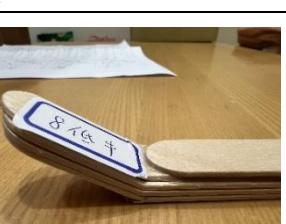


全脂牛奶加入石灰粉後，成品酸鹼值越高，黏稠度越高，質地像白膠一樣。



濃黃豆漿加入石灰粉後，原本覺得乾乾的，隨著成品酸鹼值越高，漸漸變得晶瑩且有黏性。

濃黑豆漿加入石灰粉後，原本覺得乾乾的沒有黏性，隨著成品酸鹼值越高，漸漸變的晶瑩且有黏性。

											
pH6.0			pH8.0			pH6.0			pH8.0		
全脂牛奶加入小蘇打粉後，成品酸鹼值越高，摸起來越有黏性，但質地卻越稀。			低脂牛奶加入小蘇打粉後，成品酸鹼值越高，越集結成麻糬狀並且質地較為硬挺，有點像史萊姆。								
											
pH6.0			pH8.0			pH6.0			pH8.0		
濃黃豆漿加入小蘇打粉後，隨著成品酸鹼值越高，漸漸變得晶瑩且有黏性。			濃黑豆漿加入小蘇打粉後，隨著成品酸鹼值越高，漸漸變得晶瑩且有黏性。								
											
pH6.0			pH8.0			pH6.0			pH8.0		
低脂牛奶加入碳酸鈉後，成品酸鹼值越高，越集結成麻糬狀並且質地較為硬挺			低脂牛奶加入碳酸鈉後，成品酸鹼值越高，越集結成麻糬狀並且質地較為硬挺，有點像史萊姆。								
											
pH6.0			pH8.0			pH6.0			pH8.0		
濃黃豆漿加入碳酸鈉後變化較小，隨著酸鹼值越高黏性稍有提升，但變化不大。			濃黑豆漿加入碳酸鈉後，原本有點像粉狀水泥，隨著成品酸鹼值越高，漸漸變的晶瑩且有黏性。								
 黏著性測試				低脂牛奶製成的蛋白膠水成品 pH 值 8.0 黏性極佳，加厚壓舌板已斷裂仍無法將蛋白膠水黏著處分開。							

照片來源：作者自行拍攝

(二)研究結果

1.以碳酸鈉作為鹼性物質製作蛋白膠水

單位：公斤

	全脂牛奶			低脂牛奶			濃黃豆漿			濃黑豆漿		
	2 小時	18 小時	48 小時	2 小時	18 小時	48 小時	2 小時	18 小時	48 小時	2 小時	18 小時	48 小時
pH 值 6	0	0.37	0.83	0	0.13	0.26	0	0.37	0.10	0	0.38	0.01
pH 值 7	0.19	1.06	1.19	0.57	2.72↑	3.13	0.05	0.39	0.43	0.01	0.49	0.21

pH 值 8	0.53	1.70 ↑	3.65	0.68	2.89 ↑	5.14 ↑	0.67	1.57	0.98	0.17	1.57	1.49
--------	------	--------	------	------	--------	--------	------	------	------	------	------	------

備註：↑ 表示達到該拉力時壓舌板斷裂，無法再進行測試。

2.以氫氧化鈣作為鹼性物質製作蛋白膠水

單位：公斤

	全脂牛奶			低脂牛奶			濃黃豆漿			濃黑豆漿		
	2 小時	18 小時	48 小時	2 小時	18 小時	48 小時	2 小時	18 小時	48 小時	2 小時	18 小時	48 小時
pH 值 6	0.39	0.75	2.67	0.40	0.78	3.07	0.10	0.73	0.22	0.16	0.19	0.28
pH 值 7	0.36	0.77	3.89	0.89	1.69	4.52	0.76	1.54	1.83	0.31	0.75	1.35
pH 值 8	0.54	0.92	2.86	0.63	1.73	0.98	0.81	1.61	1.29	0.68	1.82	0.79

3.以碳酸氫鈉作為鹼性物質製作蛋白膠水

單位：公斤

	全脂牛奶			低脂牛奶			濃黃豆漿			濃黑豆漿		
	2 小時	18 小時	48 小時	2 小時	18 小時	48 小時	2 小時	18 小時	48 小時	2 小時	18 小時	48 小時
pH 值 6	0.27	1.25	3.16	0.18	0.21	0.27	0.27	0.36	1.43	0.23	0.25	0.49
pH 值 7	0.59	1.35	4.24	0.98	3.92	4.38	0.32	0.38	0.39	0.29	0.48	0.63
pH 值 8	0.61	1.56	4.36	1.17	1.87	4.92	0.59	0.67	2.00	0.57	0.58	0.79

以碳酸鈉作為鹼性物質之低脂牛奶膠水

成品的酸鹼度黏著力比較



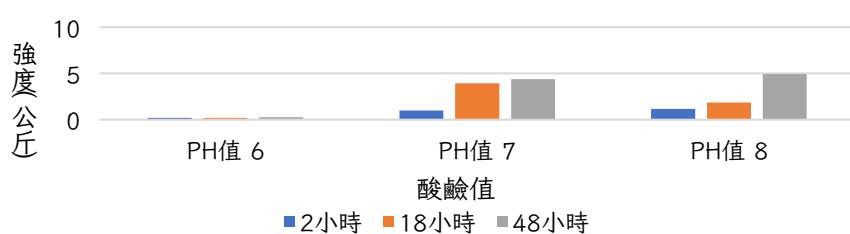
以氫氧化鈣作為鹼液之低脂牛奶膠水

成品的酸鹼度黏著力比較



以碳酸氫鈉作為鹼液之低脂牛奶膠水

成品的酸鹼度黏著力比較



圖表來源：作者自行整理

(三)討論：

1. 無論利用何種鹼性物質進行酸鹼中和，低脂牛奶製成的蛋白膠水黏性最佳。
2. 以碳酸鈉作為鹼性物質製作蛋白膠水，蛋白膠水成品鹼性越強，黏著力也越強。且隨著蛋白膠水乾燥，黏著力越佳。
3. 以氫氧化鈣作為鹼性物質製作蛋白膠水，成品以 pH 值 7.0 最佳，pH 值 8.0 在膠水乾燥後，經拉力測試分開後觀察，黏著處膠水會呈現薄膜狀。
4. 以碳酸氫鈉作為鹼性物質製作蛋白膠水，成品為 pH 值 6.0 無論靜置多久，進行黏著力測試完全沒有黏性，甚至碰一下就掉。成品為 pH 值 7.0 就有不錯的黏著力，pH 值 8.0 則在完全乾燥後，黏著性達到最佳。
5. 根據實驗結果，我們認為以碳酸鈉作為鹼性物質製作蛋白膠水，成品的酸鹼值為 8.0 黏性最強，因此將利用此配方製作蛋白膠水與市面上販售的液狀黏著劑進行比較。

二、魚鱗蛋白部分：



由於沒有魚鱗膠製作之相關研究，因此我們測試多次，終於取得較佳的比例及烹煮方式。

第一次：取 20 公克魚鱗及 20 公克水(1:1)用電鍋加熱 4 小時，魚鱗膠僅有些微黏性，無法將木板黏住，也無法黏住紙張，但是用手指搓揉，有黏黏的感覺。

第二次：取 20 公克魚鱗及 20 公克水(1:1)，用電鍋加熱 4 小時後再用卡式爐小火加熱至魚鱗膠有黏稠感(約 20 分鐘)，魚鱗膠黏性較第一次強，無法將木板黏住，但是可以黏住紙張。

第三次：取 100 公克魚鱗，200 公克水(1:2)，利用加熱板加熱，每小時進行黏性測試，皆有不錯的黏性，可以黏住木板，但是僅能加熱 2.5 小時，就快要燒乾了，無法達成預計的烹煮四小時。

第四次：取 150 公克魚鱗，450 公克水(1:3)，利用加熱板加熱，在滾開後因太滿而冒出燒杯外，剩下的水(不知比例)繼續烹煮後，有黏性，但是黏性沒有第三次測試的佳。

從魚市場取得魚鱗	用電鍋加熱，避免加熱後電鍋的水跑進魚鱗膠內，因此蓋上保鮮膜	加熱過的魚鱗會捲曲	魚鱗膠呈現稍微混濁且黏黏滑滑的狀態

改用加熱板試試看	用手搓，可將手指黏住。	太貪心裝太滿，半小時後，滾到溢出整個桌面	終於像膠水的黏稠感了

照片來源：作者自行拍攝

經過四次的嘗試後，我們找到本次實驗的最理想比例，可產生黏性，放進燒杯裡不會因滾開而溢出，又可加熱四小時不會燒乾。

(一) 實驗步驟：

1. 將市場取得之魚鱗清洗乾淨並曬至完全乾燥。
2. 取 140 公克魚鱗，280 公克水(1:2)進行加熱。
3. 分別加熱 1 小時、2 小時、3 小時、4 小時，取出膠水冷卻至室溫後使用。
4. 為求準確，每一種膠水皆黏四支壓舌板，做四次測驗。每一支壓舌板量長度(7cm)並作記號，讓每一片壓舌板黏著的面積相同，並將做好的膠水放進針筒，利用針筒測量每一片壓舌板所使用的膠水劑量一樣多(0.5cc)。
5. 等待兩小時後進行第一次黏著性測試。等待 18 小時候進行第二次黏著性測試。兩天後(48 小時)，進行第三次黏著性測試。

將洗淨魚鱗曬乾。	將曬乾的魚鱗秤重 140 公克	將 140g 魚鱗和 280g 的水放進燒杯中加熱	加熱到 100 度，溫度固定在 100 度。
加熱一小時和四小時的魚鱗膠可明顯看出黏稠度不同。	進行黏著性測試		黏在燒杯底部的魚鱗及魚鱗膠泡水一週也難以清除，黏著性非常強。

照片來源：作者自行拍攝

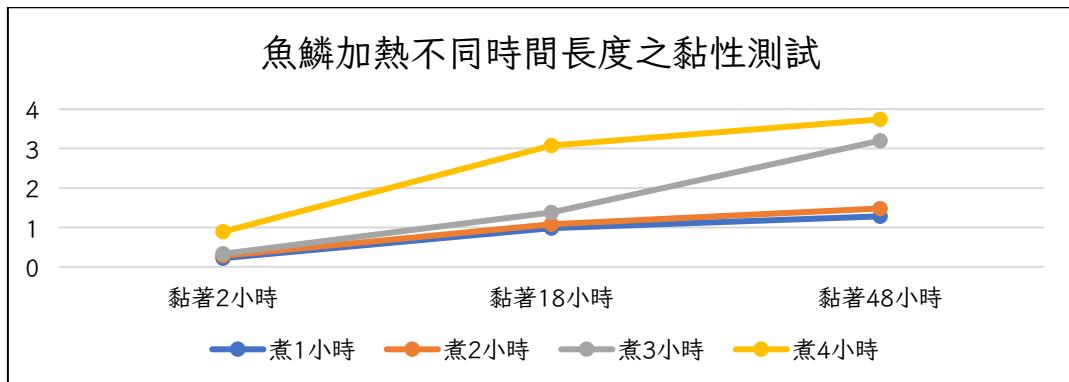
(二) 研究結果：

魚鱗加熱不同時間長度之黏性測試

單位：公斤

	煮 1 小時	煮 2 小時	煮 3 小時	煮 4 小時
黏著 2 小時	0.22	0.28	0.33	0.89

黏著 18 小時	0.98	1.08	1.38	3.08
黏著 48 小時	1.28	1.48	3.20	3.74



圖表來源：作者自行整理

(三)討論

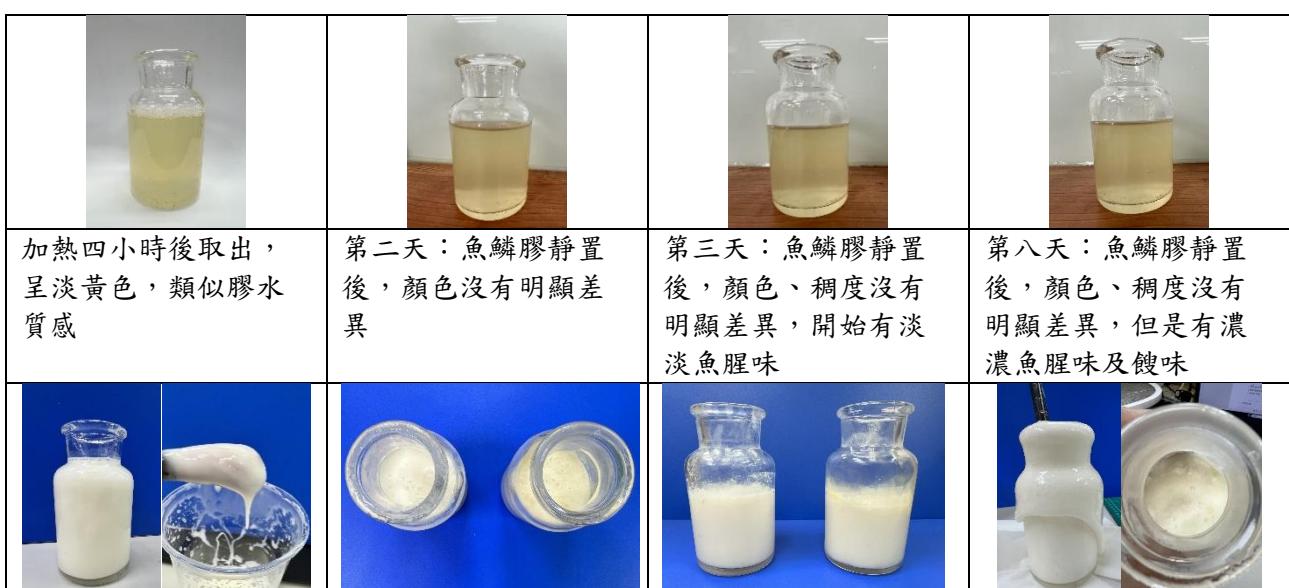
- 經過一~四小時的加熱，可發現加熱越久，產生的魚鱗膠黏性越強。
- 魚鱗膠乾燥後黏著力也更好。

研究三、靜置蛋白膠探究黏性及膠水狀態

經實驗後發現，以低脂牛奶製作的蛋白膠與魚鱗膠水黏性較佳，由於我們製作的蛋白膠水採用純天然材料，沒有防腐成分，這樣的天然膠水在靜置後，黏性是否會有改變？可放置多長的時間？

(一) 實驗步驟：

- 將製作出的最強力牛奶蛋白膠和魚鱗蛋白膠配合學生作息分別靜置 21 小時、48 小時、73 小時及 122 小時。
- 黏著壓舌板並於 2 小時、18 小時及 48 小時進行黏著性測試。



製作出的牛奶膠水質地像帶有透明感的白膠，濃稠有黏性，味道像優格	牛奶膠水分成兩瓶，一瓶有用保鮮膜蓋住，一瓶沒有，沒有蓋住的那瓶發黃，有些許結塊	經過 72 小時，都產生發酵現象，漸漸腐敗中	攪拌後會產生大量氣泡滿出瓶外，再靜置後，產生越來越多結塊，像奶酪。腐敗的味道也越來越濃郁
---------------------------------	---	------------------------	--

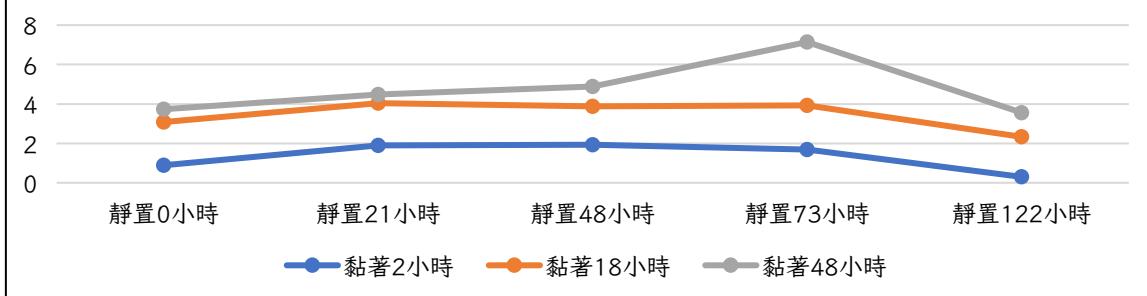
照片來源：作者自行拍攝

(二)研究結果

魚鱗膠水靜置後的黏著力

	靜置 0 小時	靜置 21 小時	靜置 48 小時	靜置 73 小時	靜置 122 小時
黏著 2 小時	0.89	1.90	1.93	1.68	0.30
黏著 18 小時	3.08	4.04	3.88	3.93	2.33
黏著 48 小時	3.74	4.48	4.89	7.14	3.56

魚鱗膠水靜置後的黏著力

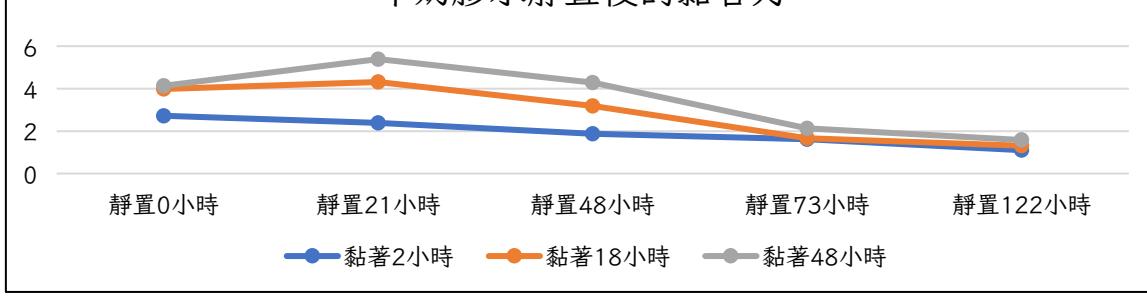


圖表來源：作者自行整理

牛奶膠水靜置後的黏著力

	靜置 0 小時	靜置 21 小時	靜置 48 小時	靜置 73 小時	靜置 122 小時
黏著 2 小時	2.72	2.38	1.87	1.61	1.1
黏著 18 小時	3.98	4.31	3.19	1.66	1.31
黏著 48 小時	4.13	5.39	4.29	2.13	1.58

牛奶膠水靜置後的黏著力



圖表來源：作者自行整理

(三)討論

- 魚鱗膠水在靜置後黏性沒有明顯變化，維持穩定的黏著力，但靜置越久魚腥味會越來越濃郁，還會有腐臭味，腐敗後，黏性略有下降。
- 魚鱗膠水靜置後，濃稠度沒明顯變化，但會略有沉澱現象，因此使用時需要攪拌。

3. 牛奶膠水靜置後初期會越來越濃稠，若沒有加蓋，則會漸漸乾燥，像白膠一樣產生透明薄膜。

4. 牛奶膠水靜置大約 3 天，會開始有發酵的現象，產生氣泡，呈現優酪乳的狀態。味道越來越像優格，但是隨著時間越久，酸臭味越濃郁，發酵產生氣泡且結塊，黏性也會下降。

研究四、比較黏著力

【實驗一】我們製作的強力蛋白膠水與市面上販售的液狀黏著劑進行比較。

(一) 實驗步驟：

1. 利用低脂牛奶、pH2.5 檸檬酸溶液及碳酸鈉製作出 pH 值 8.0 的強力蛋白膠水。
2. 準備大小一樣的加厚壓舌板、金屬尺及塑膠尺數支，及保麗龍膠、學生用白膠、多用途強力膠、糯米漿糊、膠水。
3. 為求準確，每一種黏著劑皆黏 2 份，做二次測驗。每一支量長度(7cm)並作記號，讓每一支尺黏著的面積相同，並利用針筒測量每一支所使用的劑量一樣多(0.5cc)。
4. 兩天後(48 小時)，進行黏著性測試。

蛋白膠黏合壓舌板	強力膠黏合壓舌板	保麗龍膠黏合壓舌板	漿糊黏合壓舌板
強力膠黏合塑膠尺	保麗龍膠黏合塑膠尺	蛋白膠黏合塑膠尺	漿糊黏合塑膠尺
強力膠黏合金屬尺	漿糊黏合金屬尺	蛋白膠黏合金屬尺	保麗龍膠黏合金屬尺
進行黏著性測試	保麗龍膠、白膠及蛋白膠黏性極強		

照片來源：作者自行拍攝

(二) 實驗結果：

單位：公斤

	蛋白膠水	保麗龍膠	強力膠	白膠	漿糊	膠水	魚鱗膠

木頭	11.86 ↑	11.64 ↑	8.92	10.27 ↑	3.51	4.26	7.13
壓克力	0.39	1.01	1.39	0.32	0.36	0.39	0.33
金屬片	1.07	2.43	3.19	0.59	0.27	0.31	0.98

圖表來源：作者自行整理

(三)討論：

- 以牛奶蛋白膠水和魚鱗膠水在不同材質的黏著性做比較，木頭的黏著性最佳，壓克力及金屬材質因表面較為光滑，黏性較差。
- 以材質來做討論，壓克力因表面光滑，普遍黏性都不好，其中最佳為強力膠。經過 48 小時，僅強力膠和保麗龍膠已完全乾燥，具有黏性，其他都還有一點濕黏。而金屬材質與塑膠材質相比，相較好一些，不過白膠和漿糊都尚未完全乾燥，尤其漿糊，幾乎和剛黏上去的感覺一樣。
- 木頭因非光滑表面，六種液狀黏著劑經過 48 小時皆已乾燥，其中漿糊的黏著性較差，而強力膠經過施力仍可將黏著處分開。我們自製的牛奶蛋白膠、市面上的保麗龍膠及白膠則無論如何施力，連桌邊固定器都已彈開仍完全不動如山，非常堅固！

研究五、利用實驗所做出的強力蛋白膠水及最佳黏著材料製作作品。

由於本校位於航道下，每天均有數十台飛機從天空中飛過，在操場上都可以看到距離我們很近的飛機。因此在討論後，決定利用壓舌板做一架飛機，也期許著我們學校的每一位同學都能拓展視野，擁有開闊的心胸，未來是不可限量的。



(圖一) 從機場起飛的飛機



(圖二) 準備要降落到機場的飛機，
就在我們二樓教室的屋頂上

照片來源：作者自行拍攝



照片來源：作者自行拍攝

利用壓舌板及強力蛋白膠水製作一架飛機。

伍、研究結果與討論

一、以牛奶、羊奶及豆漿調製成天然蛋白膠水

- (一)本實驗製作的蛋白膠水主要成分為酪蛋白與大豆球蛋白，分別從牛奶及豆漿中萃取。
- (二)在製作的過程中發現，由牛奶萃取出的酪蛋白質地較為光滑，而全脂牛奶又比低脂牛奶多了一些油脂，較難瀝乾水分。從豆漿萃取出的大豆球蛋白則稍微有顆粒感，但是相較牛奶，能萃取出較多的凝固蛋白質，而羊奶則完全無法萃取出任何凝固蛋白質。
- (三)萃取出的凝固蛋白質，呈弱酸性，pH值大約為4.4~4.5，加入小蘇打酸鹼中和後，可調和為中性，pH值7.0。我們並非如前人實驗固定小蘇打的用量，因為在實驗中發現，因萃取的蛋白質數量及來源不同，調和至中性所需的小蘇打用量也會不相同，因此我們決定利用酸鹼測試器精準的測量，每一份蛋白膠水的pH值皆為7.0。
- (四)在研究結果中發現，以低脂牛奶所製成的蛋白膠水黏性最佳，全脂牛奶次之，因此推測脂肪會影響膠水的黏著度。
- (五)因本實驗的膠水原料以市面上即可購買的飲品為主，雖然脫脂牛奶的黏著性應更佳，但是鮮奶中並沒有脫脂牛奶，因此我們並未嘗試實驗脫脂牛奶。

			
全脂牛奶，蛋白質帶有一點點油脂，質地較為絲滑。	低脂牛奶可萃取出水分較少的蛋白質，質地較為硬挺	相同容量的牛奶和豆漿，豆漿可萃取出較多的凝固蛋白質，皆帶有些微顆粒感，而黃豆漿(左)的質地又比黑豆漿(右)較溼軟。	

照片來源：作者自行拍攝

二、不同酸度的酸性溶液對蛋白膠水黏著性的影響

- (一)在實驗中發現，酸度越高，凝結蛋白質的速度越快，不過凝固的蛋白質數量並沒有顯著差異。而pH3.5的酸性溶液，無法凝固任何蛋白質。
- (二)羊奶在酸性溶液pH值3.0、2.5皆無法凝固蛋白質，而pH值2.0的酸性溶液，讓羊奶變得濃稠了，但仍無法凝固蛋白質。
- (三)加入五種酸性溶液，發現以檸檬酸調製pH值2.5所製作的膠水，黏性最佳。檸檬汁pH值2.5次之。

三、不同鹼度的鹼性粉末對蛋白膠水黏著性的影響

(一)利用四種鹼性物質製作出蛋白膠水，研究發現酸鹼值的強度與黏著性並沒有顯著相關，應與鹼性粉末的成分有較大的關聯性。

(二)在研究中發現，利用碳酸鈣當作鹼性物質製作的蛋白膠水，等待膠水全乾後，反而會失去黏性，壓舌板分開後，原本的膠水變成有粉末的感覺。

(三)比較氫氧化鈣(石灰粉)和碳酸氫鈉(小蘇打粉)、碳酸鈉及碳酸鈣等鹼性粉末，低脂牛奶萃取出的蛋白質加入氫氧化鈣(石灰粉)和碳酸氫鈉(小蘇打粉)、碳酸鈉的黏著性較佳。

四、不同酸鹼度的蛋白膠水成品對黏著性的影響

(一)無論利用何種鹼性物質進行酸鹼中和，低脂牛奶製成的蛋白膠水黏性最佳。

(二)以碳酸鈉及碳酸氫鈉作為鹼性物質製作蛋白膠水，蛋白膠水成品鹼性越強，黏著力也越強。且隨著蛋白膠水乾燥，黏著力越佳。

(三)以氫氧化鈣作為鹼性物質製作蛋白膠水，成品以 pH 值 7.0 最佳，pH8.0 在膠水乾燥後，經拉力測試分開後觀察，膠水會呈現薄膜狀。

五、魚鱗膠水的黏著性討論

(一)在實驗中，加熱越久魚鱗膠的黏著性越強。

(二)經過烹煮後的魚鱗膠水質地類似市售膠水，但黏性更強。

六、牛奶蛋白膠水和魚鱗膠水靜置後的黏著力探究

(一)牛奶蛋白膠水和魚鱗膠水靜置後仍維持良好的黏著力，直到約第三天，開始腐敗後，黏著性會下降。

(二)因成分天然，靜置後會漸漸有腐臭味。

七、強力蛋白膠水黏著於不同材質上的觀察

(一)蛋白膠水可以黏著於木材、塑膠及金屬材質。以木材的效果最佳，塑膠及金屬則需要長時間等待膠水完全乾燥。

(二)膠水完全乾燥，因木材表面較為粗糙具摩擦力，且具有毛細孔可將膠水吸收，因此有較好的黏著性。而金屬和塑膠表面非常光滑，即使黏住，也可以用力使其分開。

八、強力蛋白膠水與市售液狀黏著劑黏性比較

(一)多次改良後的蛋白膠水具有非常好的黏著性，與保麗龍膠、強力膠、白膠黏性相當，甚至更佳。

(二)漿糊雖然也是天然原料，但是黏性較蛋白膠水差，且等待乾燥的時間較長。

陸、結論

一、結論：

- (一)製作蛋白膠水過程中，加入酸性溶液是讓蛋白質產生變性，其主要是讓蛋白能夠聚集，經過過濾分離、酸鹼中和後，產生膠水黏著的效果。
- (二)本次實驗之飲品全脂牛奶、低脂牛奶、濃黃豆漿、濃黑豆漿、羊奶及魚鱗所製成的蛋白膠水，以低脂牛奶所製成的膠水黏性最佳、魚鱗膠次之。
- (三)實驗中發現，酸性溶液以檸檬酸 pH 值 2.5 所萃取出的蛋白質製作出的蛋白膠水黏性最佳。
- (四)酸鹼中和所需的鹼性物質，以碳酸氫鈉和碳酸鈉為佳。
- (五)以碳酸鈉作為鹼性物質，製作成 pH 值為 8.0 的膠水成品，黏性最佳。
- (六)牛奶蛋白膠水黏著於木材、塑膠及金屬材質，以木材黏著性為最佳。
- (七)牛奶蛋白膠水的黏著力與市售強力膠不相上下。

二、研究檢討及建議：

- (一)本研究採用之黏著性測試方式會有較多的人工誤差。為減少這樣的誤差，我們每一種膠水皆黏了 4 份，因此在測試過程中花費許多時間。建議可再研發更精確更周延的測量方式。
- (二)研究中發現，黏性高的蛋白膠水會呈現像麻糬或史萊姆的型態，乾燥速度有點快，若黏貼的速度太慢則會不容易塗抹。但是因為不確定加水會不會影響黏著性，因此往後的實驗若遇到此問題，建議可探討加入鹼性物質時，直接加粉末（如同本實驗）或者加鹼性溶液是否會影響黏著性。
- (三)本次實驗使用壓舌板作為木材測試黏性，隨著蛋白膠水的改良，黏性越來越強，導致在測量過程中未有結果就斷裂，必須不斷重新實驗，花費許多時間。
在改善壓舌板一直斷裂的困境時，嘗試其他的測量方式均無法改善，因為壓舌板實在太薄了，因此經過思考與討論後決定加厚。我們請教裝潢師傅，平常裝潢是採用什麼黏著劑，讓木板可以這麼堅固的黏著而不分開。師傅說，強力膠黏性佳且可以較快速黏住，但是時間長則容易分離。而我們在使用的強力樹脂雖然要等至少 4 小時才從表面開始乾燥到變成透明狀的完全乾燥，但是黏性極佳不易脫落，因此建議使用強力樹脂，並且壓舌板要黏三層以上才不易斷裂。將每支壓舌板加工也是花費許多時

間，因此建議未來可使用較為厚實的木頭或者使用不易斷裂的測量方式。

(四)蛋白膠水成品的酸鹼性影響黏著力的研究中，本次實驗探討成品的 pH 值為 6.0、7.0 及 8.0，研究結果 8.0 為最佳，建議可再研究 pH 值更高一些，探討是否鹼性越強，黏著力越強，或者到達哪個鹼度，黏性最強。

(五)本次實驗製作魚鱗膠，並沒有特別選用哪種魚類，未來實驗研究可再進一步探究魚的種類是否會影響魚膠的萃取。

(六)本次實驗魚鱗和水的比例為 1：2，並且以室溫(約 20 度)進行黏著測試，未來可增加不同變項，例如魚鱗和水的比例、魚鱗膠水溫度等，研究出黏性最強的魚鱗膠水。

(七)探討蛋白膠水在不同材質上的黏著度時，我們選用較常見的材質，塑膠及金屬。因考量我們黏著性的測量方式較為有限，需選擇堅硬且不易斷裂的材質。建議未來也可以研究使用在玻璃、皮革、陶瓷等材質的黏著力。

(八)牛奶膠水及魚鱗膠水靜置後仍有良好的黏性，但因成分屬動物性蛋白質，靜置後會有腐臭味，因此未來可再研究如何減緩膠水腐敗。

七、參考資料

一、【魚鱗凍】天然膠原蛋白 DIY

<https://www.youtube.com/watch?v=fLNZ0u94SsQ>

二、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>

三、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。

四、第 58 屆中小學科展，國小組化學科：化腐朽為神漆。

五、第 59 屆中小學科展，國小組化學科：「膠」情「非」淺—探討魚鱗膠原蛋白的凝聚及水解分析研究。

六、第 63 屆中小學科展，國小組生活與應用科學(二)科：山林與大海的偶遇~ 探討以魚鱗膠原蛋白與單寧酸製成複合材料填補水泥裂縫之可行性。

七、第 64 屆中小學科展，國中組生活與應用科學(三)科：「乳」「膠」「膜」法 - 探討以牛奶膠水製作無痕黏膠的可行性。

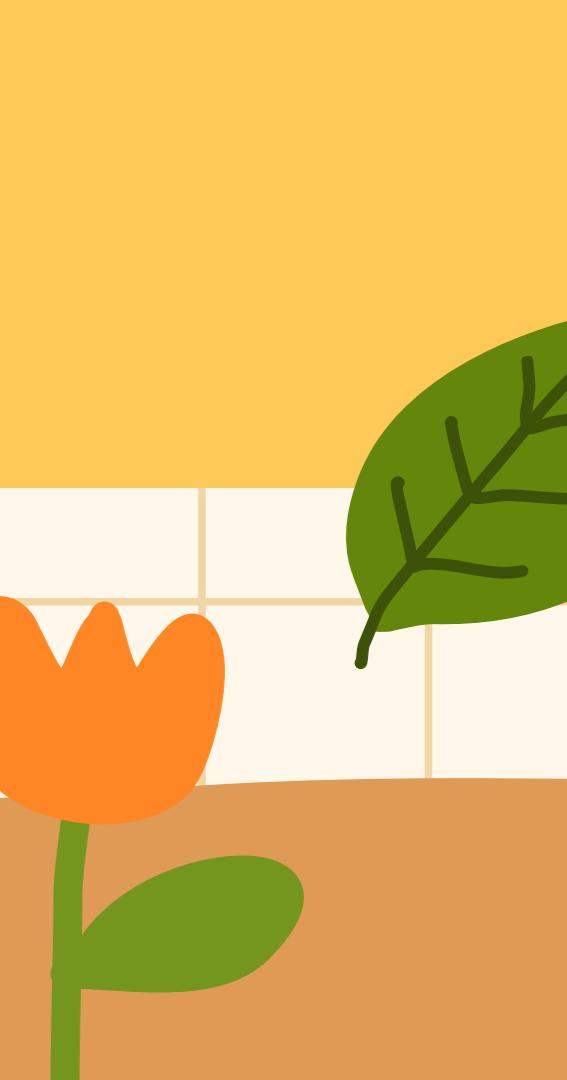
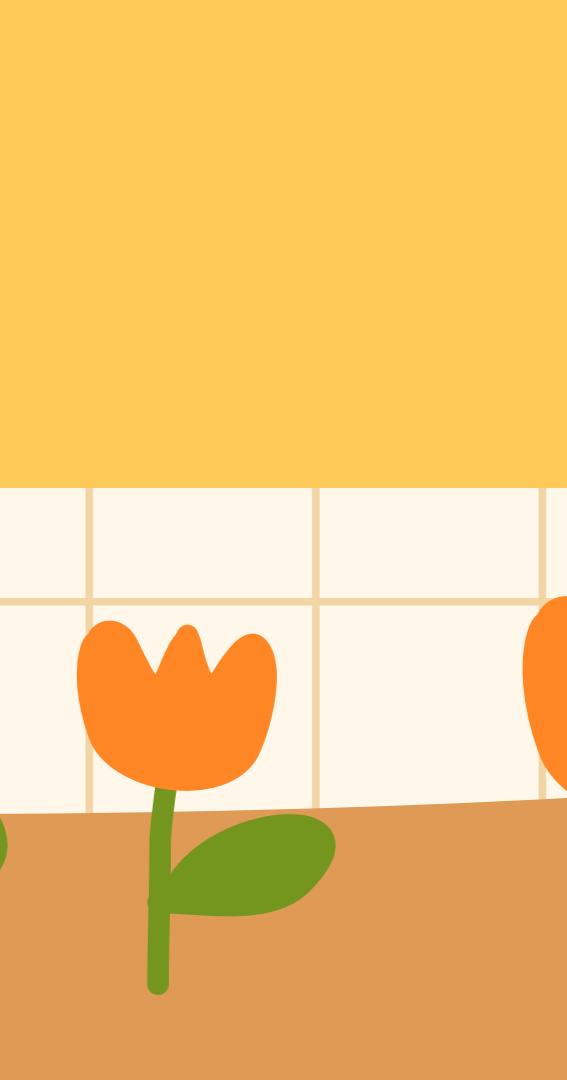
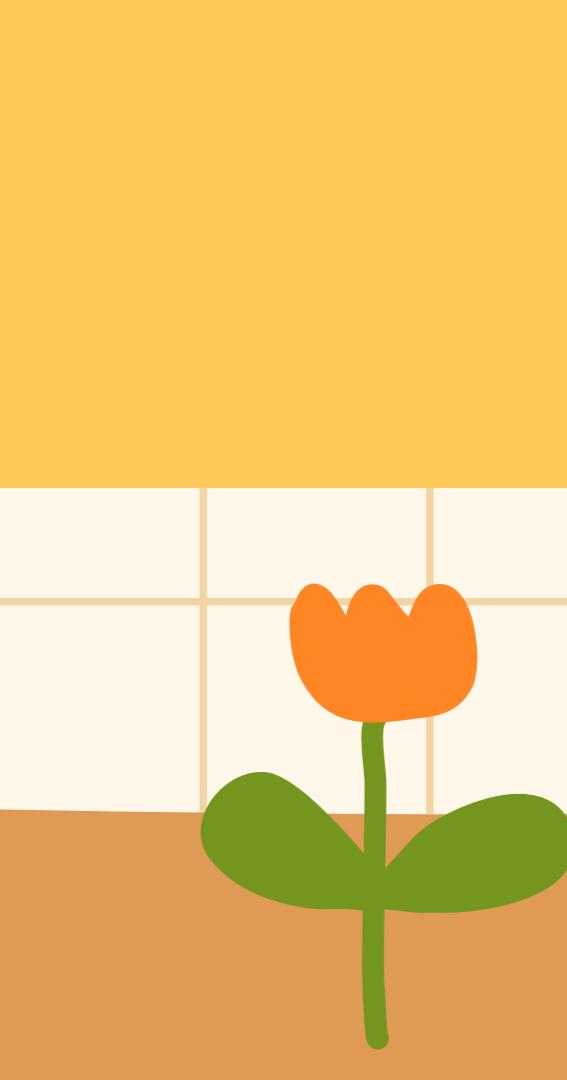
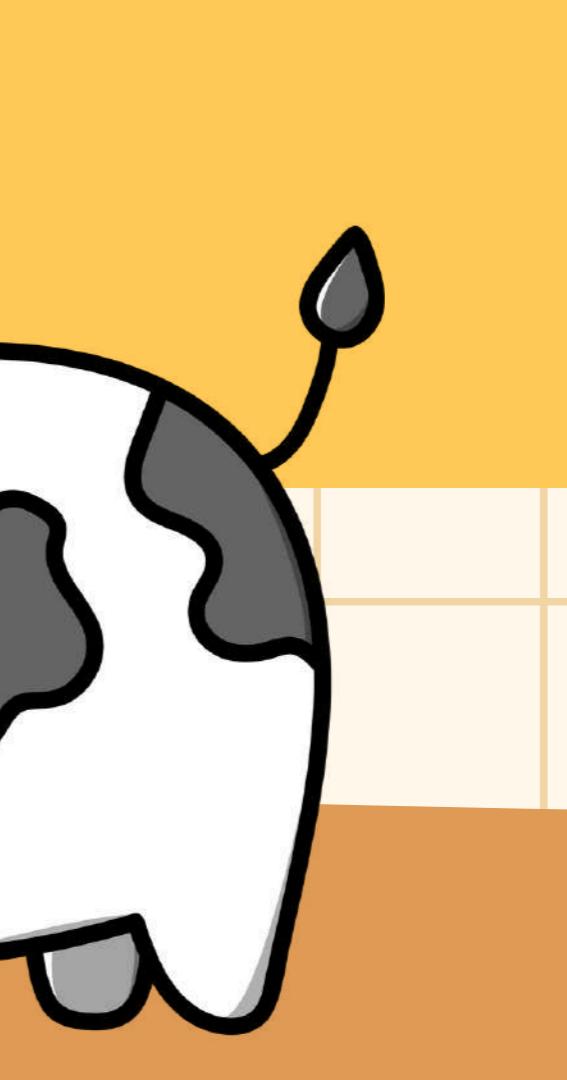
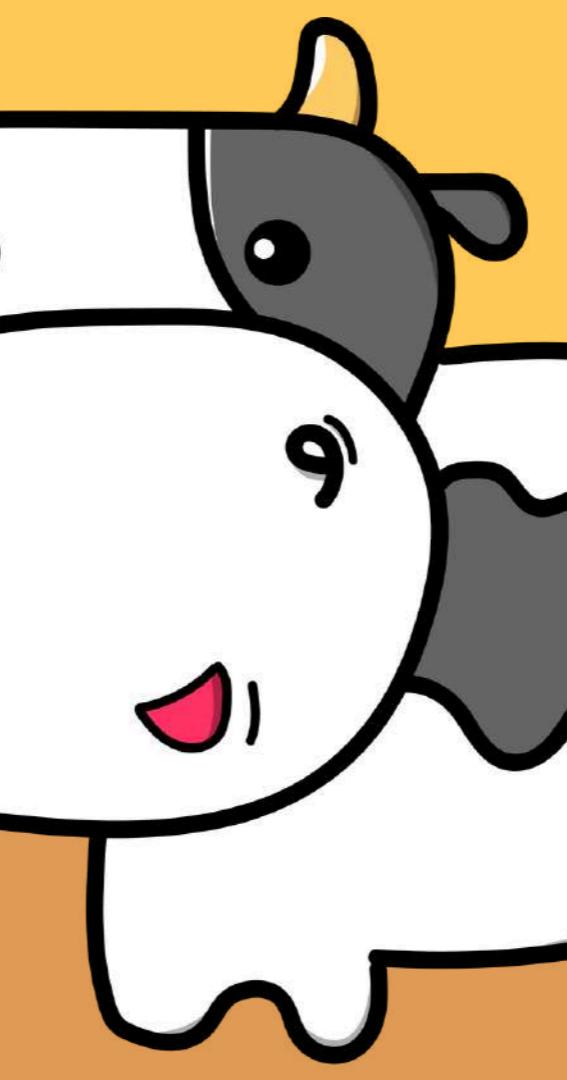
八、蕭俊傑(2017)。牛奶膠水。孩子的科學遊戲，110-113 頁。臺北市：創意市集。

【評語】080213

1. 本研究聚焦於利用天然蛋白質來源（牛奶與魚鱗）製作環保膠水，並評估不同酸鹼條件與鹼性物質對其黏著力的影響。設計上包含多重變因測試：蛋白來源、酸鹼值 (pH 6 - 8)、鹼性物質種類（碳酸鈉、碳酸氫鈉、氫氧化鈣）、靜置時間等，搭配實驗控制條件如室溫 20°C 與等量塗膠量，建立完整實驗系統。
2. 觀察與評估方法具體：比較黏性強弱，並與市售膠水（如強力膠、保麗龍膠）進行實際操作對照，分析其優缺點。
3. 將日常飲品與廚餘資源（如魚鱗）轉化為功能性材料，展現對自然資源再利用與環保概念的實踐。以實驗方式開發天然膠黏劑，並與市售化學黏著劑進行比較，兼具探究精神與綠色材料思維。
4. 期望學生於從事科學探究之際，亦能同步培養正確之實驗日誌書寫習慣，例如：每次紀錄應明確標示日期與時間，並避免使用鉛筆書寫，以確保資料之完整性與可追溯性。

作品海報

魚你水乳膠融一強力蛋白膠



摘要

本研究利用市售飲品、魚鱗及自然教室裡既有的材料調整配方，製作出黏性最強的蛋白膠水。魚鱗經加熱煮過，牛奶或豆漿加入酸性液體產生凝固蛋白質，經分離後再加入鹼性物質使其酸鹼中和，即能生成蛋白膠水。

實驗過程中發現，使用常溫低脂牛奶製成的蛋白膠水黏性最佳，並以pH值2.5的檸檬酸溶液萃取蛋白質，再加入碳酸鈉調配成pH值8.0的蛋白膠水成品黏性最好。

與其他市售黏性較強的液狀黏著劑相比，強力膠黏性雖強，但有強烈刺鼻味，保麗龍膠則容易產生細絲，黏著技術不佳會讓作品看起來像是佈滿蜘蛛絲，而強力蛋白膠不論是牛奶膠還是魚鱗膠皆黏性強、成分單純、無毒性，合乎環保需求。我們也利用蛋白膠水製作了一架飛機，象徵開闊視野，未來前途無量。

研究動機

「魚」有沒有可能做成膠水？

利用魚的什麼部位可以製成膠水呢？

可以用魚販丟棄的魚鱗回收再利用製作成膠水嗎？

生活中還有材料可以做成「天然膠水」嗎？

沒有人實驗用魚鱗和羊奶做成膠水

討論後，我們決定用牛奶、羊奶、豆漿及魚鱗來進行實驗及研究。

研究目的

- 一、以**牛奶、羊奶、濃豆漿及魚鱗**製成蛋白膠水。
- 二、不同蛋白質製成膠水之黏著力探討。
- 三、利用**不同酸鹼度**之液體製作天然蛋白膠水之黏性及承重力之探討。
- 四、不同酸鹼度的蛋白**膠水成品**對黏著性的影響。
- 五、魚鱗經過不同時間長度加熱產生之**魚鱗膠水黏性**比較。
- 六、最強力的蛋白膠水和魚鱗膠水靜置後的黏性之探討。
- 七、比較蛋白膠水在不同的黏著材料的黏著力。
- 八、利用黏性最佳之天然蛋白膠水且黏著力最強之材料製作作品。

研究架構

壹、實驗準備

查閱文獻 → 試做蛋白膠水 → 研究黏著力測量工具

貳、蛋白膠水配方

一、製作最強力蛋白膠水

嘗試不同原料

低脂牛奶、全脂牛奶、濃黃豆漿、濃黑豆漿、羊奶

改變酸的種類及濃度

檸檬酸、檸檬汁、醋

改變鹼的種類與濃度

碳酸氫鈉、碳酸鈣、碳酸鈉、氫氧化鈣

調整成品的酸鹼性

弱酸(6.0)、中性(7.0)、弱鹼(8.0)

魚鱗膠水

加熱1小時、2小時、3小時、4小時

二、靜置蛋白膠

牛奶膠水

靜置21小時、48小時、73小時、122小時

魚鱗膠水

加熱1小時、2小時、3小時、4小時

三、比較黏著力

比較用於不同材質的黏著力

木塊、壓克力、金屬

比較不同液狀黏著劑的黏著力

膠水、白膠、強力膠、漿糊、
保麗龍膠、強力牛奶膠、魚鱗膠

參、利用實驗結果製作而成的最強力蛋白膠與黏著性最好的材質製作作品

一、最強蛋白膠水配方

低脂牛奶、檸檬酸(2.5)、碳酸鈉(11.6)、

膠水成品pH值8.0

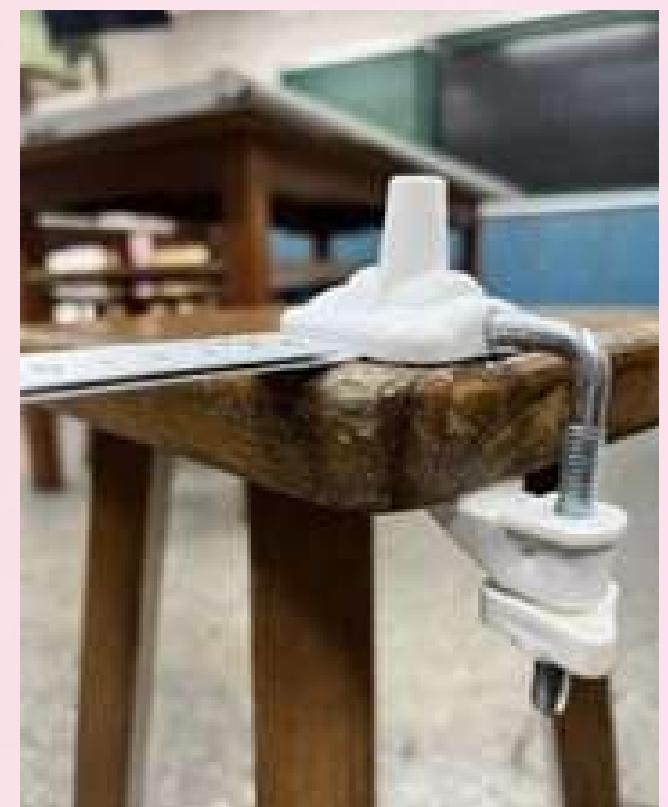
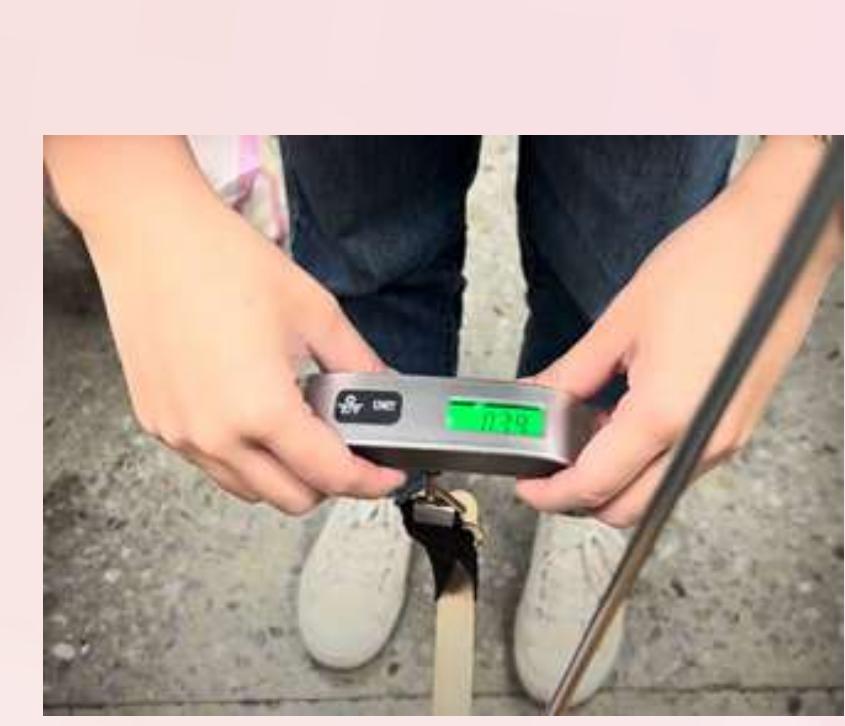
二、作品材質

木板

研究過程與方法

研究一、設計蛋白膠水黏著力的檢測方式

- 利用學校現有的設備，並且大家都能操作為主，如何能夠將黏住的木板分開測量力量，我們進行多項嘗試。
 - 1.我們使用「行李秤」，夾在椅子上，再依行李秤上顯示的重量來記錄壓舌板的黏著力。
 - 2.隨著「膠水」的改良，黏著性越來越強，我們將壓舌板**加厚**，利用強力樹脂，將數片壓舌板黏在一起，經過加厚之後的壓舌板，減少了許多斷裂的機會。
 - 3.因為木板分開是發生在一瞬間，因此在測試過程中必須**全程錄影**，才能事後多次播放以確定正確的數值。



照片來源：作者自行拍攝

研究二、製作最強力的蛋白膠水

將奶或豆漿加入酸性液體

取出凝固蛋白質

加入鹼性物質

經過酸鹼中和產生黏性

【實驗一】利用不同的材料製作膠水



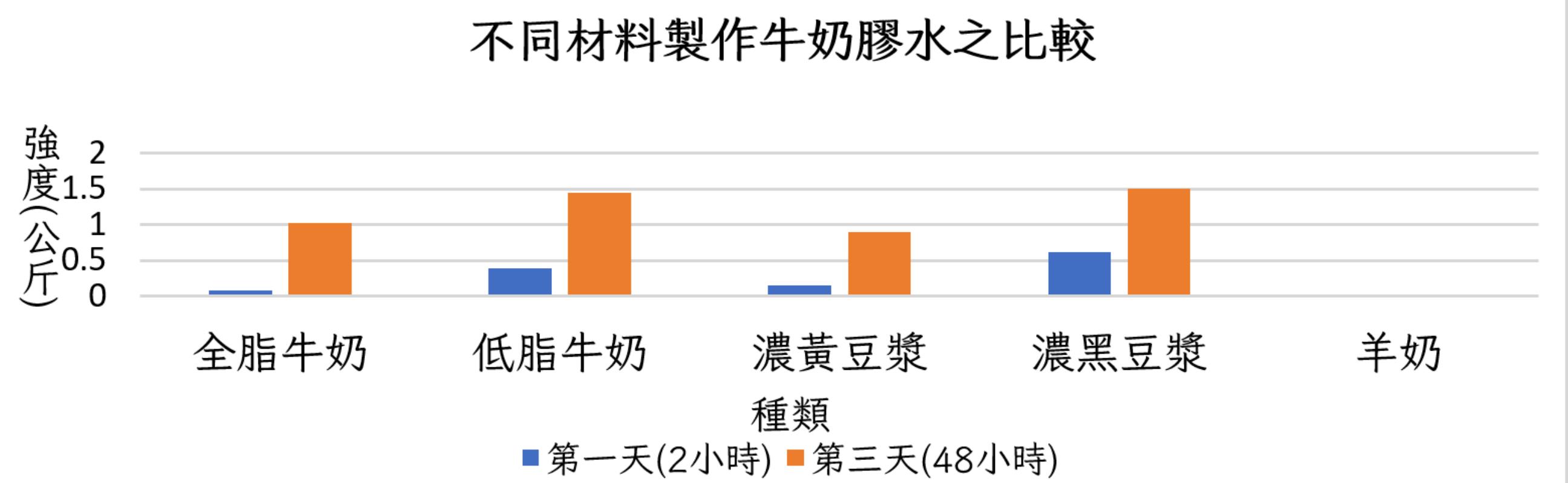
利用電子秤，倒入100cc的牛奶至燒杯中。測量每一杯原料的溫度皆為18度。倒入酸鹼值為3.0的醋液。意外發現，黑豆漿會變色，從灰綠色變成淡淡的褐色。



加入小蘇打粉後，全脂牛奶變得水水的。加入小蘇打粉後，低脂牛奶變得較為透明且有一點黏稠感。濃黃豆漿加入小蘇打粉後則是變化不大，不過稍有黏性。濃黑豆漿加醋後變成淺褐色，再加入小蘇打酸鹼中和後，又變回灰綠色，且質地變得有點像QQ的奶酪。



在過濾後，發現牛奶和豆漿皆可過濾出許多蛋白質，且剩下的牛奶或豆漿皆變得清澈。但是羊奶卻完全沒有任何凝固物。



照片及圖表來源：作者自行拍攝與整理

1. 低脂牛奶和濃黑豆漿是五種材料中黏著性較佳的。

2. 羊奶在本次實驗中，完全無法過濾出任何凝固狀蛋白。

3. 過去實驗並未見黑豆漿，本次實驗發現不只能凝固許多蛋白，也有不錯的黏著性。

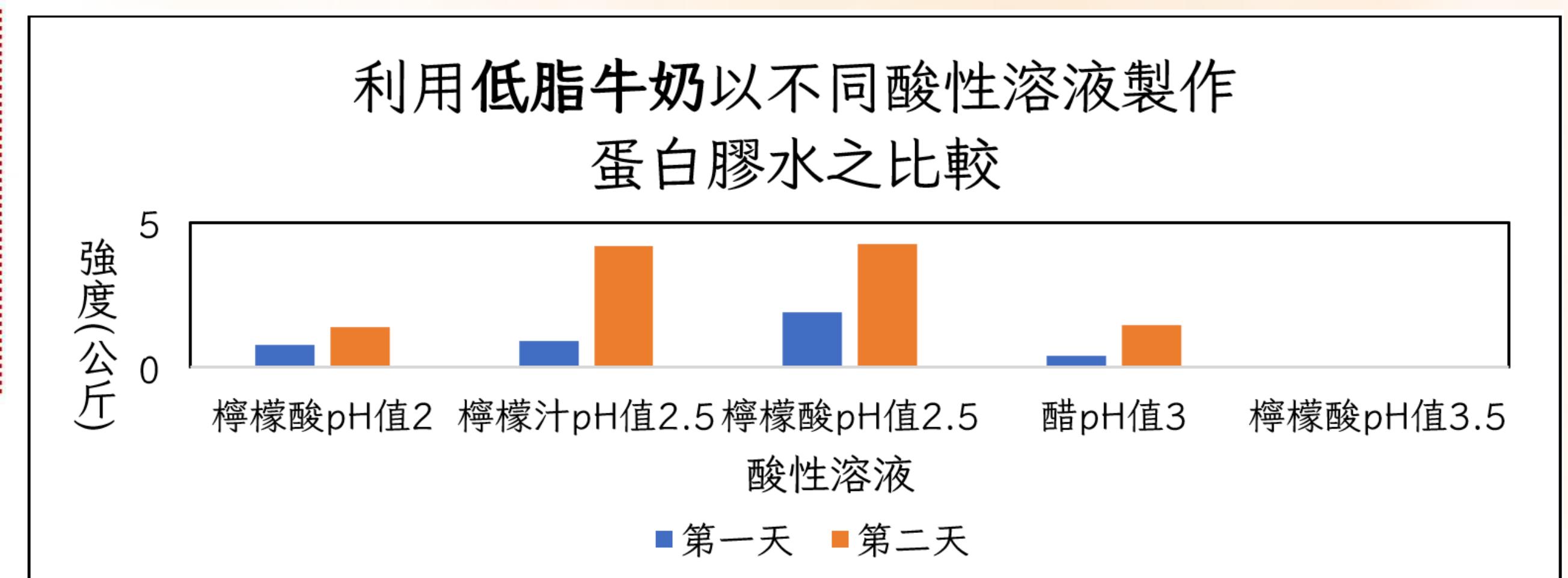
4. 低脂牛奶製作牛奶膠水的效果比全脂牛奶好，因此我們認為脂肪會阻礙牛奶中的蛋白質和小蘇打反應。

【實驗二】利用不同酸鹼值的酸性溶液對製作膠水成品黏著性的影響



調配pH值2.5的酸性溶液
羊奶和原本一樣，沒有顯著的變化。將凝固的蛋白質裝到培養皿後，加上小蘇打粉，酸鹼中和至pH7.0。除了羊奶之外，皆變成晶瑩黏稠狀。

1. 經過五種酸度測試，羊奶仍然無法產生凝固蛋白質。
2. 在實驗中發現，酸度越高，凝結蛋白質的速度越快。而pH3.5的酸性溶液，則無法凝固任何蛋白質。
3. 加入檸檬酸調製pH值2.5所製作的膠水，黏性最佳。

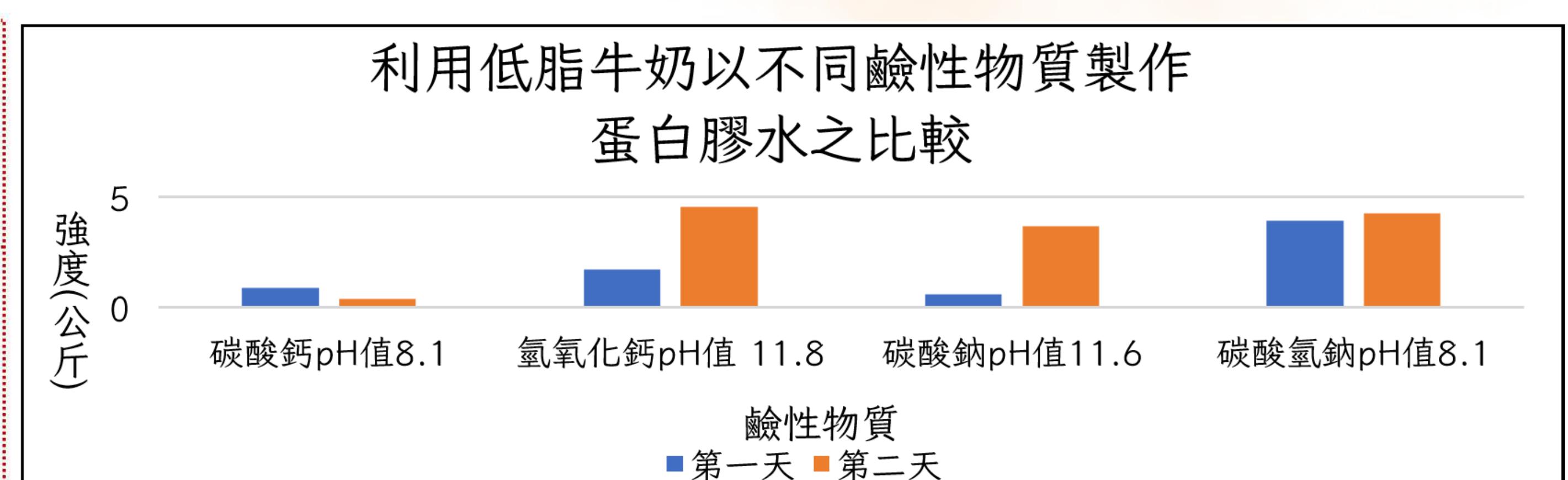


照片及圖表來源：作者自行拍攝與整理

【實驗三】利用不同酸鹼值的鹼性物質對製作膠水成品黏著性的影響



因乾粉末無法測試酸鹼值，加了少量的水來做測試。
分別為低脂牛奶、濃黑豆漿全脂牛奶、濃黃豆漿加入碳酸鈣後，牛奶變得半透明，質地介於白膠和糯米糰之間，兩個豆漿則變得像水泥粗乾的。

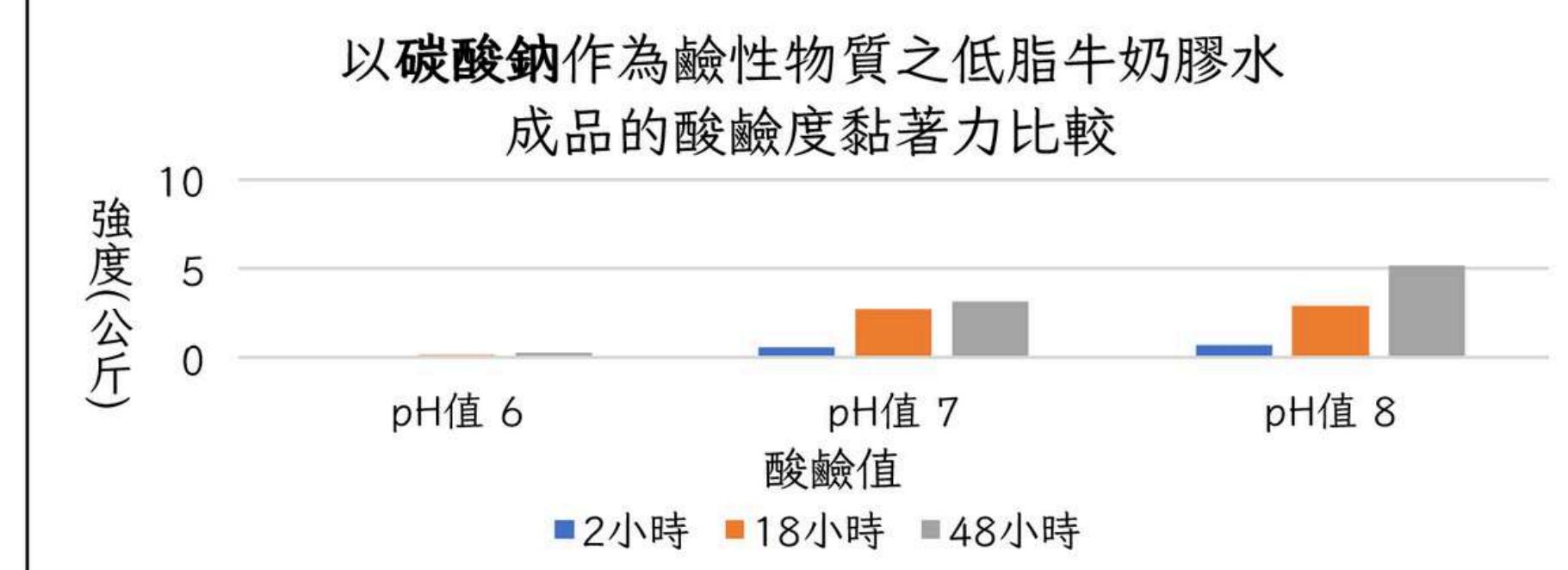


照片及圖表來源：作者自行拍攝與整理

1. 利用碳酸鈣當作鹼性物質製作的蛋白膠水，等待膠水全乾後反而失去黏性，壓舌板分開後，黏著處有粉粉的感覺。
2. 氢氧化鈣(石灰粉)雖然在2小時的黏性測試並沒有特別突出，但是在48小時乾燥後，卻是黏著性最強的。
3. 碳酸鈉在成為膠水時的質地雖不如預期的黏稠，但是在48小時後也有良好的黏著性。
4. 碳酸氫鈉(小蘇打粉)的表現比較穩定，在2小時的測試就有不錯的黏性，48小時乾燥後，黏性也有成長。

【實驗四】蛋白膠水成品的酸鹼性對黏著力的影響

以碳酸鈉作為鹼性物質製作蛋白膠水							
pH6.0	pH8.0	pH6.0	pH8.0	pH6.0	pH8.0	pH6.0	pH8.0
低脂牛奶加入碳酸鈉後，成品酸鹼值越高，越集結成麻糬狀並且質地較為硬挺，有點像史萊姆。	低脂牛奶加入碳酸鈉後，成品酸鹼值越高，越集結成麻糬狀並且質地較為硬挺，有點像史萊姆。	濃黃豆漿加入碳酸鈉後變化較小，隨著酸鹼值越高黏性稍有提升，但變化不大。	濃黑豆漿加入碳酸鈉後，原本有點像粉狀水泥，隨著酸鹼值越高，漸漸變的晶瑩且有黏性。				



根據實驗的觀察與討論，利用碳酸鈉製作蛋白膠水，且成品的酸鹼值為8.0黏性最強

照片及圖表來源：作者自行拍攝與整理

【實驗五】製作魚鱗膠

清洗魚鱗

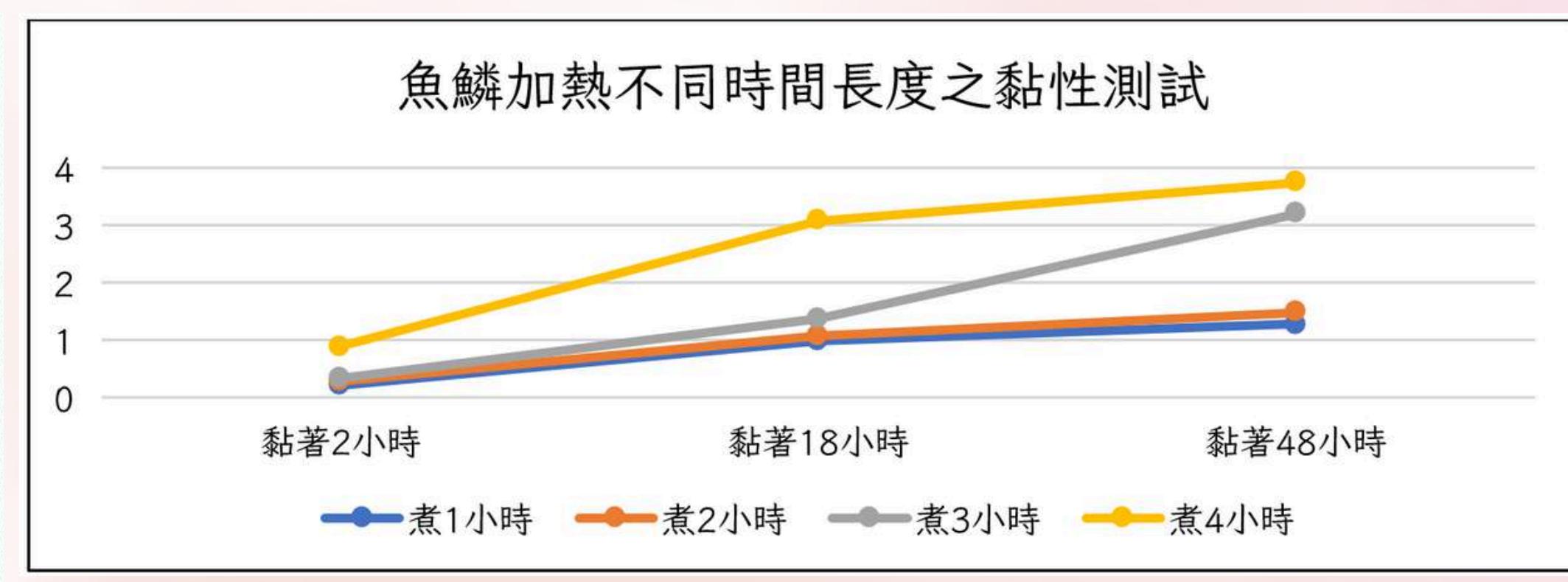
曬至完全乾燥

魚鱗，水 1:2
加熱烹煮

取出有黏性的魚鱗膠冷卻使用



將洗淨魚鱗曬乾。
加熱一小時和四小時的魚鱗膠可明顯看出黏稠度不同。
進行黏著性測試。
黏在燒杯底部的魚鱗及魚鱗膠泡水一週也難以清除，黏著性非常強。



經過一~四小時的加熱，可發現加熱越久，產生的魚鱗膠黏性越強。魚鱗膠乾燥後黏著力也更好。

照片及圖表來源：作者自行拍攝與整理

研究三、靜置蛋白膠探究黏性及膠水狀態

加熱四小時後取出，呈淡黃色，類似膠水質感	第二天：魚鱗膠靜置後，顏色沒有明顯差異	第三天：魚鱗膠靜置後，顏色、稠度沒有明顯差異，開始有淡淡魚腥味	第八天：魚鱗膠靜置後，顏色、稠度沒有明顯差異，但是有濃濃魚腥味及酸味

製作出的牛奶膠水質地像帶有透明感的白膠，濃稠有黏性，味道像優格	牛奶膠水分成兩瓶，一瓶有用保鮮膜蓋住，一瓶沒有，沒有蓋住的那瓶發黃，有些許結塊	經過 72 小時，都產生發酵現象，漸漸腐敗中	攪拌後會產生大量氣泡滿出瓶外，再靜置後，產生越來越多結塊，像奶酪。腐敗的味道也越來越濃郁

照片來源：作者自行拍攝

研究四、比較黏著力

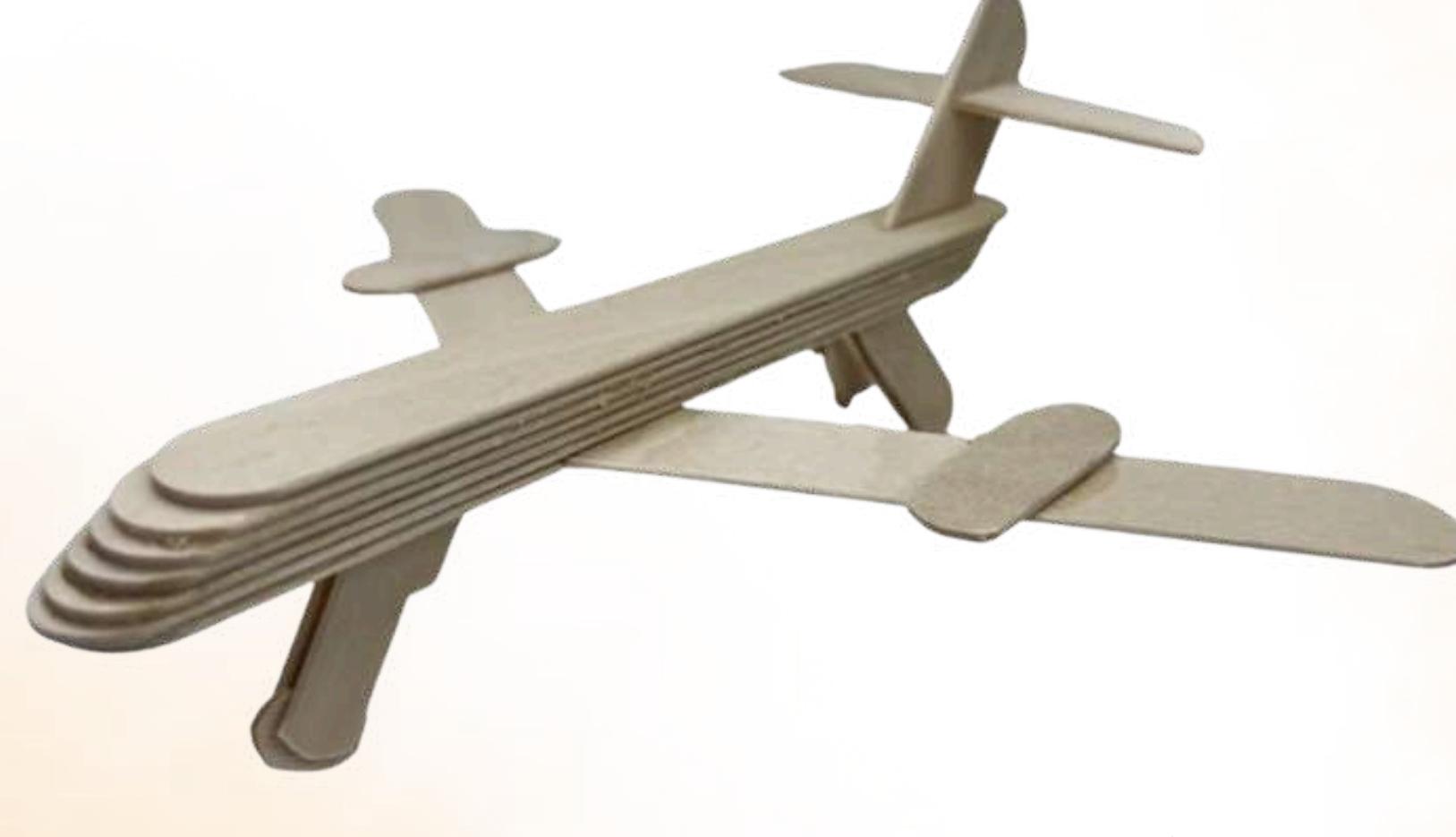
	蛋白膠水	保麗龍膠	強力膠	白膠	漿糊	膠水	魚鱗膠
木頭	11.86↑	11.64↑	8.92	10.27↑	3.51	4.26	7.13
壓克力	0.39	1.01	1.39	0.32	0.36	0.39	0.33
金屬片	1.07	2.43	3.19	0.59	0.27	0.31	0.98

圖表來源：作者自行整理

研究五、利用實驗所做出的強力蛋白膠水及最佳黏著材料製作作品。



每天在操場上都可以看到距離我們很近的飛機



利用壓舌板及強力蛋白膠水製作一架飛機。

由於本校位於航道下，每天均有數十台飛機從天空中飛過，因此在討論後，決定利用壓舌板做一架飛機，也期許著我們學校的每一位同學都能拓展視野，擁有開闊的心胸，未來是不可限量的。

照片來源：作者自行拍攝

結論

一、結論

- 製作蛋白膠水過程中，加入酸性溶液是讓蛋白質產生變性，讓蛋白能夠聚集，經過過濾分離、酸鹼中和後，產生膠水黏著的效果。
- 本次實驗之飲品全脂牛奶、低脂牛奶、濃黃豆漿、濃黑豆漿、羊奶及魚鱗所製成的蛋白膠水，以**低脂牛奶所製成的膠水黏性最佳、魚鱗膠次之**。
- 實驗中發現，酸性溶液以**檸檬酸pH值2.5**所萃取出的蛋白質製作出的蛋白膠水黏性最佳。
- 酸鹼中和所需的鹼性物質，以**碳酸氫鈉和碳酸鈉**為佳。
- 以碳酸鈉作為鹼性物質，製作成**pH值為8.0的膠水成品，黏性最佳**。
- 牛奶蛋白膠水黏著於木材、塑膠及金屬材質，以**木材黏著性為最佳**。
- 牛奶蛋白膠水的黏著力與市售強力膠不相上下。

二、研究檢討及建議：

- 建議可再研發更精確**更周延的測量方式**。
- 建議可探討加入鹼性物質時，直接加粉末或者**加鹼性溶液，水分是否會影響黏著性**。
- 壓舌板較薄容易斷裂，建議未來可使用**較為厚實的木頭**或者使用不易斷裂的測量方式。
- 建議可再研究不同**pH值的膠水成品**之黏性。
- 魚鱗膠製作，未來可增加不同變項，例如**魚鱗種類、魚鱗和水的比例、魚鱗膠水溫度等**，研究出黏性最強的魚鱗膠水。
- 因考量我們黏著性的測量方式較為有限，需選擇堅硬且不易斷裂的材質。建議未來也可以研究使用在**玻璃、皮革、陶瓷**等材質的黏著力。
- 牛奶膠水及魚鱗膠水靜置後仍有良好的黏性，但因成分屬動物性蛋白質，靜置後會有腐臭味，因此未來可再研究如何**減緩膠水腐敗**。

原料
低脂牛奶
全脂牛奶
濃黃豆漿
濃黑豆漿
羊奶

