

中華民國第 60 屆中小學科學展覽會

作品說明書

國小組 生活與應用科學(二)科

第三名

082914

牛仔愛上蛋--探討牛仔布染色助劑以變性蛋白質
替代化學樹脂的可行性

學校名稱：臺北市松山區敦化國民小學

作者： 小五 曾韋濤 小五 陳彥安	指導老師： 王文正 洪滋憶
-------------------------	---------------------

關鍵詞：牛仔布、黏著劑、蛋白質

摘要

牛仔褲製造過程，化學染料及樹脂染色助劑會對環境造成汙染，為保護環境，我們首次利用植物蛋白質(豆漿)加酸變性產生黏性的特質，來取代化學樹脂，作為牛仔布染色助劑，並自製大菁靛藍染料，加入此變性蛋白質混合後，以類似印花方式，直接固著染色於牛仔布上。實驗發現，添加 5 克醋與 100 毫升豆漿混合，可得最大量變性蛋白；且豆漿加酸變性不受溫度影響，常溫即有最大變性蛋白收穫量，方法穩定簡單。為檢驗上色後牛仔布水洗及堅牢度效果，更自製水洗機及摩擦機，實驗發現，牛仔布水洗後顏色無明顯改變；摩擦堅牢度，亦有四至五級標準(五級最佳)，顯見其不易褪色的良好特性。因此以變性蛋白質取代化學樹脂作為牛仔布染色助劑之方式確實可行。

壹、研究動機

在現代人的社會中，牛仔布已成為人們生活中不可或缺的流行布料，不管是做成牛仔褲、牛仔裙還是牛仔包包，都熱烈受到大家的歡迎。但我們發現這個受歡迎的藍色牛仔布，在製造的過程中，約有 2500 種化學物質會被使用在不同牛仔產品的染色和整理過程中，其中化學靛藍染料及樹脂染色助劑亦是主要汙染來源，這些染整過程排放的廢水充滿了許多的化學物質，例如硫、萘酚、還原染料、硝酸鹽、醋酸、皂、鉻化物，以及銅、砷、鉛、鎘、汞、鎳、鈷這類的重金屬，而這些物質混合在一起讓排放的汗水充滿毒性，不僅會造成環境汙染也會傷害人類的身體健康。

因此我們想要研究出便宜好用又環保天然的環保染色助劑，並且也嘗試自製靛藍，希望能幫忙改善化學靛藍染料及樹脂染色助劑所造成汙染的問題。

在詢問老師後，我們分頭查詢資料探討後發現，以往科展研究幾乎都侷限在澱粉類，難道生活中可應用的黏性物質只有澱粉類嗎？從三上自然第一單元”植物的身體”知道，蛋白質是一種膠狀物質，讓我們好奇植物裡的黏性可否應用在染料黏著上，由此發想，我們參考全國第 52 屆科展：百黏好合一動物性與植物性蛋白質製成蛋白膠水的探討，使用日常生活最常見的黃豆煮成豆漿，萃取裡面的蛋白質加上醋酸，讓它變性後成為具有黏性的蛋白質固

體物，**首次嘗試**作為牛仔布染色時所使用的染色助劑，再添加自製的靛藍染料，期待能為牛仔布染色過程帶來綠色創新，為環境保護盡一份心力。

相關課程我們整理如下：

年級/冊別	章節	內容與發想
【三上 / 第一冊】	1-3-3 植物種子的型態與特徵	關於我們的材料黃豆，我們知道什麼？
	1-4-2 植物的其他應用	植物可以拿來當膠水嗎？
	4-4-1 生活中常見的溶解應用	我們要如何獲取最多蛋白？
【四下 / 第四冊】	13-2-1 力的大小比較	我們如何測試染色品質？
【五下 / 第六冊】	2-1 溶解在水中的物質	影響自製黏著劑的因子

貳、研究目的

本組實驗以天然食物豆漿經過加熱與加酸變性反應後，製成黏著劑，取代牛仔布染色使用的”膠水”，希望能為染色工程的環保盡一分心力。本實驗參考染色堅牢度測量標準，以自製摩擦牢度機與水洗牢度機，來檢測染色後效果。

一、探討從豆漿獲取蛋白質的最適條件

實驗一：探討不同量的食用醋加入豆漿時，蛋白質的收穫量。

實驗二：探討以不同溫度研磨黃豆時，蛋白質的收穫量。

實驗三：探討不同溫度的豆漿加酸變性後，蛋白質的收穫量。

實驗四：探討不同抑菌劑對變性蛋白質的抑菌效果。

二、測試變性蛋白質加入植物性染料的染色效果





實驗五：以自製水洗機和摩擦機測試牛仔布染色後的堅牢度。

參、研究設備與器材

一、原料：

			
全棉牛仔布	黃豆	介面活性(清潔)劑	雙氧水
			
純水	木藍澱粉	醋	小蘇打粉
			
氫氧化鈉	硼酸	印花樹脂(南寶)	酸鹼試紙
			
沙拉油	熟石灰	LB 培養基	銀離子抗菌劑
			
甲殼素抗菌劑			

二、儀器與設備類：研究設備及器材

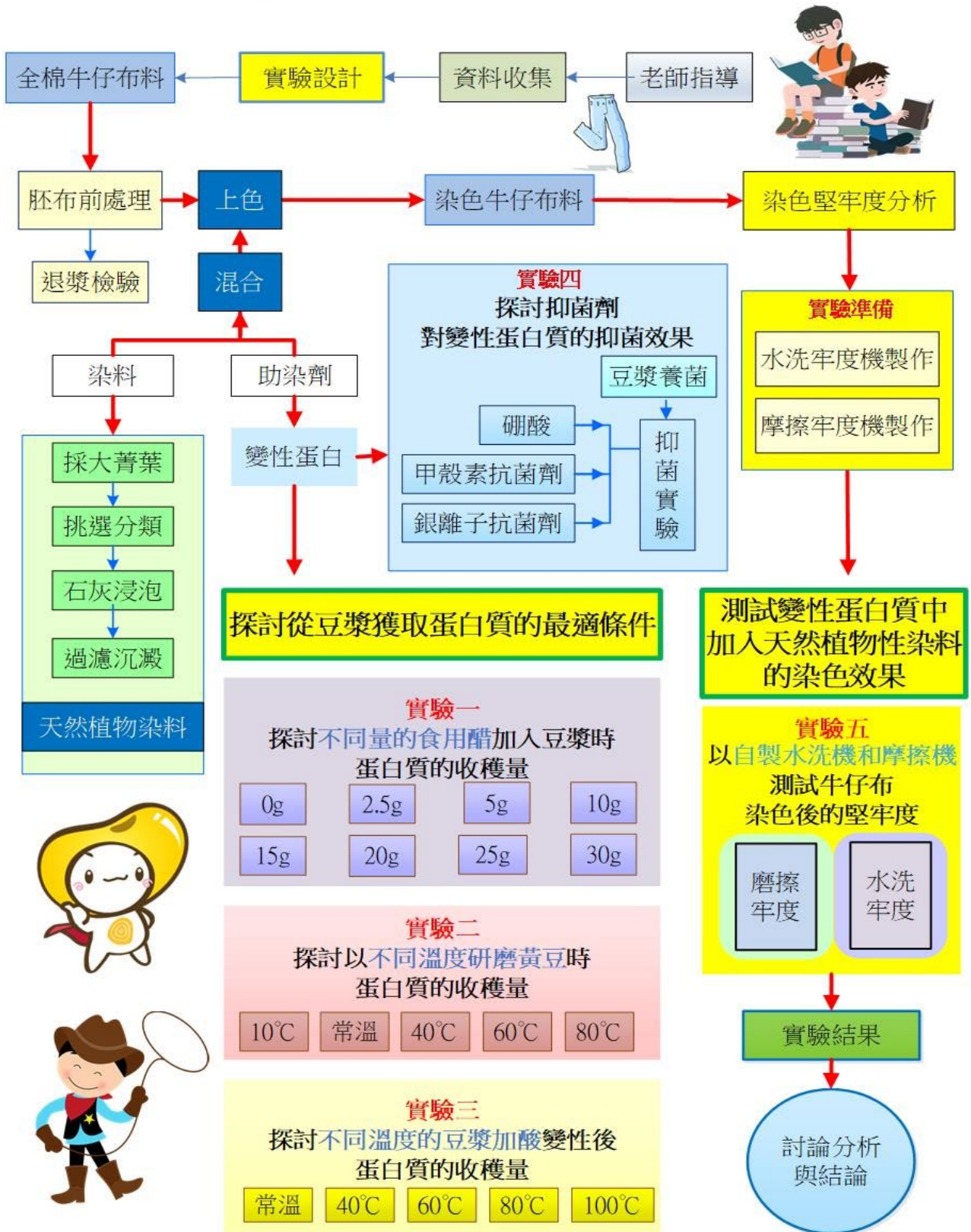
			
不銹鋼鍋 5 公升	電磁爐	攪拌棒	滴管

			
燒杯	自動吸液機	磁石加熱攪拌器	15ml 離心管
			
離心機	恆溫加熱器	磅秤	過濾紗布
			
果汁機	溫度計	濾紙與漏斗	測色儀
			
酸鹼度計	安全手套	計時器	熨斗
			
量筒	刷子	量杯	彈珠與罐
			
游標尺	馬達	萬用角座與鐵夾	攪拌器
			
UV 燈	酒精燈		

肆、研究過程及方法

一、實驗流程

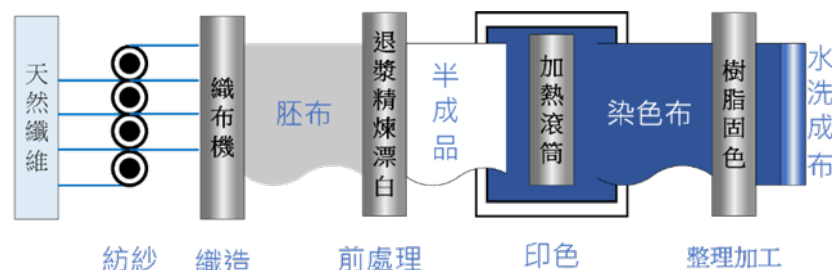
探討牛仔布染色助劑以變性蛋白質替代化學樹脂的可行性



二、文獻探討：

(一)本組實驗參考以下書籍，作為綜合論述：彭正中，染料與染色。邱永亮，魏盛德著，染色化學Ⅲ。安漠，印染帶給你的不同色彩等書籍。

(二)牛仔布的製造過程包括紡紗、織造、前處理、印色、整理加工、水洗成布，如下圖：



在織布前為使紡織機能順利進行織布，在經紗要做上漿處理。上漿的布料可避免靜電，增加強度，減少摩擦阻力等，而漿料一般含有澱粉或是聚乙烯醇，在染色前，必須將漿料去除掉，避免染色失敗（邱永亮，魏盛德，1998）。本組實驗由前處理退漿程序開始，使用之牛仔布購自迪化街永樂市場，為 10×7 / 80×30 已燒毛但尚未作前處理的全棉胚布，染色前處理工程包含有退漿、精煉與漂白，我們以熱水以洗去漿料、精煉過程加入介面活性劑以去除雜質，漂白則以不傷布料的雙氧水來一浴以完成，文獻記載此步驟需要在鹼性環境中完成，故本組添加氫氧化鈉，以獲得較佳的前處理效果。

(三)牛仔布上色時使用染劑屬於顏料而非染料，所以必須添加膠水作為黏著助劑，較接近於印花方式。傳統印花以加熱滾筒施工，但使用的多為化學水溶性的膠水；且樹脂種類繁多，其酸鹼值通常不是中性，容易傷及布料，或是造成染色的顏色差異、甚至造成設備腐蝕故障，且樹脂廢水會造成水質的污染，增加廢水處理成本（彭正中，1976）。

(四)礦、植物的天然顏料有很多，最早染牛仔布的靛藍(INDIGO)是取自天然植物，後來因為要大量生產，就採用化學合成非天然的染料，本組以最傳統的天然藍色染料為來源”大菁”自製藍泥，因大菁鮮葉中的”靛苷”物質，經氧化後就會產生難溶於水的木藍靛粉。右圖為靛藍染料染後的顏色（王琪羿、高貫洲，2017）。



紺青色色階變化圖（取自：

<http://chemed.chemistry.org.tw/?p=25993>

(五)染色堅牢度的檢驗：

請教有經驗的布商告訴我們：『傳統牛仔布經紗是用 BEAM DYED（先染上 INDIGO 染料），緯紗再打棉原紗，即經色緯白，顏色會越洗越褪。如果要 DIY 牛仔布，可以用棉與聚酯纖維交織胚布，單染棉纖維，用直接染料或反應性染料，聚酯纖維留白，同樣也會有經色緯白牛仔布的效果，且堅牢度比較好不會褪色』。而我們採用的是印花染色的方式，傳統浸水式染整廠是無法做到的。

消費者在乎的是衣服會不會退色，或是跟其他衣服、包包有摩擦時會不會染到其他物件上，對業者來說，這些染色堅牢度特色有：摩擦、水洗、日光、汗漬、耐燙等堅牢度，染色堅牢度是衡量染色成品的重要品質指標之一，容易褪色的染色堅牢度低，不易褪色的染色堅牢度高。另外，也因用途的不同，它們的堅牢度要求也不一樣（安漠，2012）：

1. 水洗堅牢度

水洗堅牢度是指染色布在清潔劑中皂洗後褪色的程度，試驗條件會因織成布的纖維品種而不同。測試樣品經試驗、淋洗、晾乾後測定。本組使用測色儀測量 Lab 值鑑定水洗後顏色的變化。

2. 摩擦堅牢度

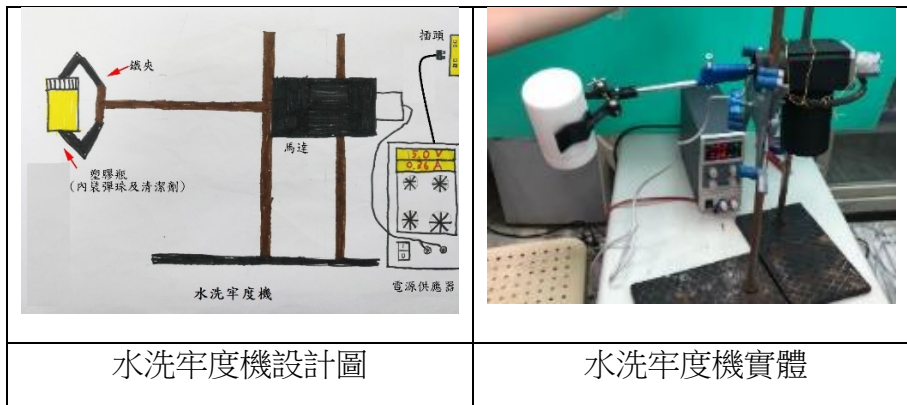
染色織物的摩擦是用白布摩擦織物，看白布的污染顏色情況。染色時所用染料濃度常常影響摩擦堅牢度，染色濃度高，容易造成浮色，則摩擦堅牢度低。摩擦堅牢度由“灰色樣卡”（GrayCard）依五級比較評級，一級最差，五級最好。

(六)牛仔布料染色完成後，還會進行整理加工，一般以樹脂和柔軟劑作手感處理，而牛仔布多了各式水洗的方式，如：石頭洗、酵素洗……等，以洗出各種懷舊的布面效果。但是染色後的廢料處理是個很大的問題，單是染布的水，就包含大約 72 種的有毒化學物質，而且有 30 種無法去除（經濟部中小企業處網站），其中印染過程中未黏著、或是染整完成後整理加工脫落的染劑及黏著劑是主要的污染來源，所以研發環保的低污染的染色黏著劑、降低染色工業廢水處理成本，是本組實驗的目標。

三、實驗準備

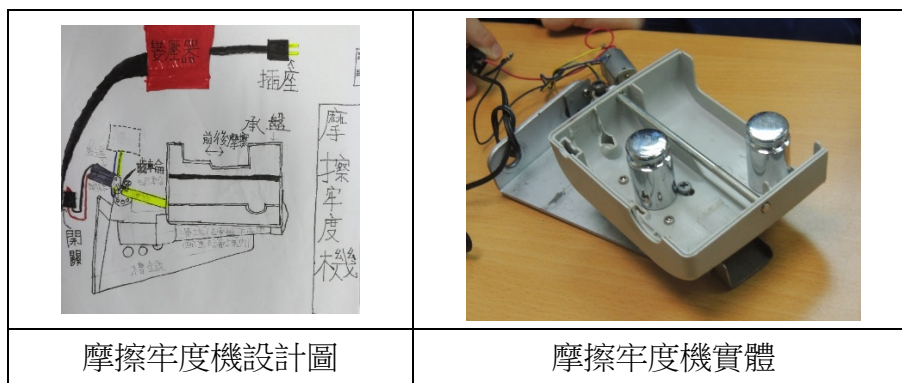
(一)自製水洗堅牢度機

1. 拆下報廢按摩椅馬達一顆，前端加上鐵夾。
2. 接上直流電源供應器，測試並調整適當轉速，以 15.0V / 0.28A 轉速 42 轉/分。
3. 在鐵夾子上將空瓶固定鎖緊。



(二) 自製摩擦堅牢度機

1. 所有材料取自可再利用物製作而成。
2. 簡易傳動設計：馬達→蝸桿轉動→蝸輪旋轉→連桿前後進退→帶動滑塊左右移動。



(三) 胚布的前處理：

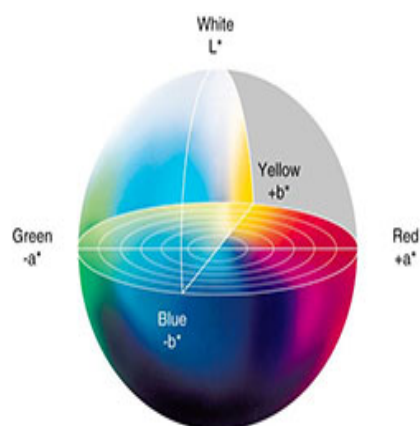
1. 材料準備：將布片剪成 8x15cm 大小方塊，以布總重與水比例 1：10 配置退漿洗液，本次共剪 76 片布片，總重 338 克，故以 3380 毫升的水來反應。先以 2 公升的水混合下列藥品，最後補水至 3380 毫升：
 - (1)以 5.0% 雙氧水漂白，雙氧水濃度為 50.0%，所以需要 338 毫升雙氧水。
 - (2)氫氧化鈉濃度：5.0 公克/升，所以需要 16.9(g)。
 - (3)界面活性劑濃度：5.0 公克/升，所以需要 16.9(g)。
2. 處理：
 - (1)將配置好的洗劑加入 5 公升的鐵鍋中，攪拌均勻。
 - (2)加入布片，電磁爐設定 80℃ 持溫 30 分鐘，同時攪拌。
 - (3)取出以乾淨水洗，自然乾燥。
3. 退漿的確認：

取實驗室碘液，滴 1~2 滴至布面上，觀察變色情況。若織物上試驗溶液部位呈現藍紫色，則表示織物上有殘餘澱粉或 PVA(聚乙烯醇)，退漿不完全。若棉織物上試驗溶液部位呈現棕色，為碘液顏色，表示織物已退漿完成。



4. 測色儀(NR110)的使用

- (1) 原理：它以電子設備的光學原理，發射標準光源到待測物的表面，經反射後，感測頭測出所接收的色光，以數位方式呈現，使各種顏色有標準遵循。目前以 CIELAB 是最通用測量物體顏色的方式，由國際照明委員會(CIE)在 1976 年制定出，L 軸為亮度軸，0 為黑，100 為白；a 軸正值為紅，負值為綠，範圍介於-500~500，b 軸正值為黃，負值為藍，範圍介於-200~200，是以空間方式呈現的方式，如上圖。



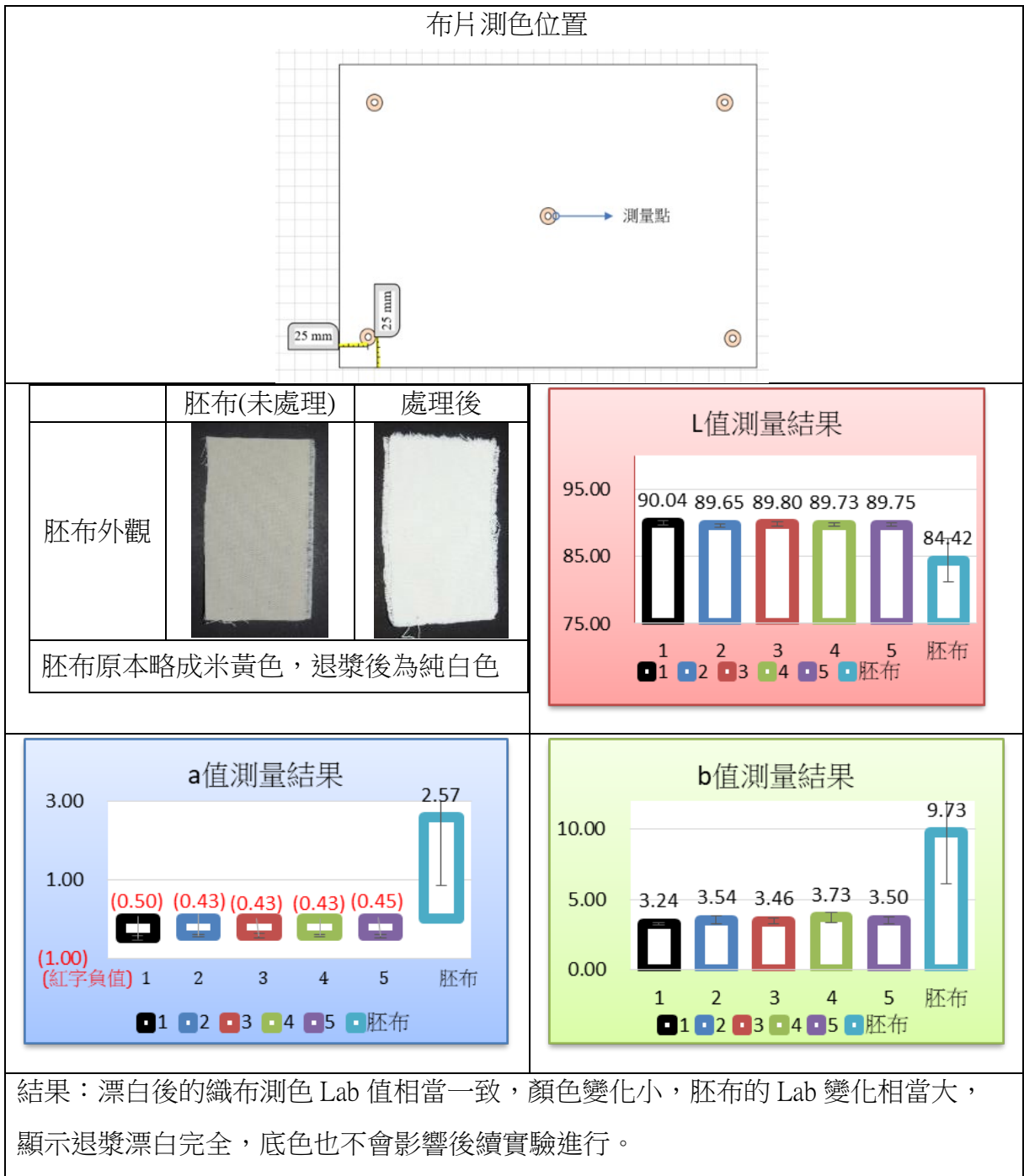
取自：<https://www.nazdar.com/en-us/News-events/ArtMID/4165/ArticleID/224>

- (2) 校正：使用前先以黑白板，依照手冊方式進行校正，完成後才可使用。
- (3) 測量：將儀器偵測頭部有十字線的透明塑膠板，中心處對準待測物位置，按下測量鍵，即會在顯示幕出現 Lab 值數據。



5. 胚布處理效果測定：

抽樣五件處理後胚布，測量位置在四個角的邊緣 2.5 公分處與中心點，各測量 5 個點的 Lab 值，如下圖。



(四) 自製靛藍染料

1. 材料介紹：可製作靛藍染料的植物很多，在台灣以馬藍最為普遍。馬藍屬於原生的染料植物，又名大菁，是爵床科多年生的亞灌木植物，葉十字對生，花為淡紫色，分布於台灣北部低中海拔山區。採集後的葉子經過打藍、取藍的過程取得藍泥，曬乾後即為市售的靛藍染料。

2. 製作方法：

(1) 採集新鮮大菁葉，避免枯萎無法溶出藍靛素。先清洗、去除污泥、黃葉及枝條。

(2)略為擦乾秤重，每 500 克一份，分別加入 5 升清水蓋過葉片，並放置重物壓住葉片，以免葉片浮出水面枯萎，放置於通風良好的地方。

(3)每天需將葉片上下翻動，增加水中氧氣，以利細菌生長發酵。

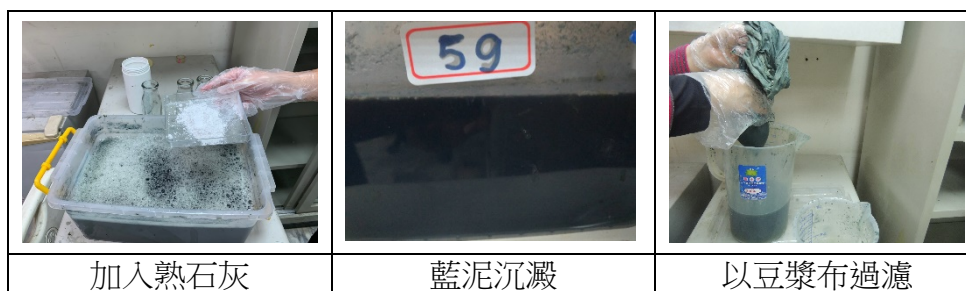


(4)當葉片變成黃綠色，水面出現深藍色，並帶有油光的薄膜，且有發酵的氣味，表示藍靛素已溶出，本次實驗將大菁葉反應 7 天。

(5)撈去腐葉，分別加入 5.0g、10.0g、25.0g、50.0g 熟石灰將藍靛素濃縮沉澱，





(6)先緩慢攪拌，再緩緩加速，藍液轉為黃綠，約 5~10 分鐘後，液面湧起大量的藍色泡沫，再繼續攪拌泡沫會越來越多，顏色越濃，約再過 20 分鐘後，泡沫逐漸減少，色度由深藍色轉為淡藍色，藍液呈凝滯狀，此時加入 10 毫升的食用油，使藍液與空氣隔離，避免氧化。


(7)經過一天靜置，使藍泥沉澱，倒去上層清水，用豆漿布袋裝起藍泥瀝乾，即成膏狀之藍泥。秤重比較不同濃度熟石灰獲得藍泥重量。



(8)不同濃度熟石灰獲得藍泥重量及外觀：

熟石灰添加獲得藍泥重量 (添加熟石灰前的大菁葉浸泡溶液 pH 值為 6.2~6.3)

熟石灰	5.0 g	10.0g	25.0 g	50.0g
外觀				
pH 值	10.42	12.45	12.75	12.76

藍泥外觀				
藍泥獲得量	125.57 g	169.02 g	395.47 g	406.25 g

結果：我們以不同量熟石灰添加至大菁葉浸泡溶液中，觀察藍泥獲得量，以添加 50g 熟石灰的藍泥收量最高，添加熟石灰越多，顏色越偏淺。

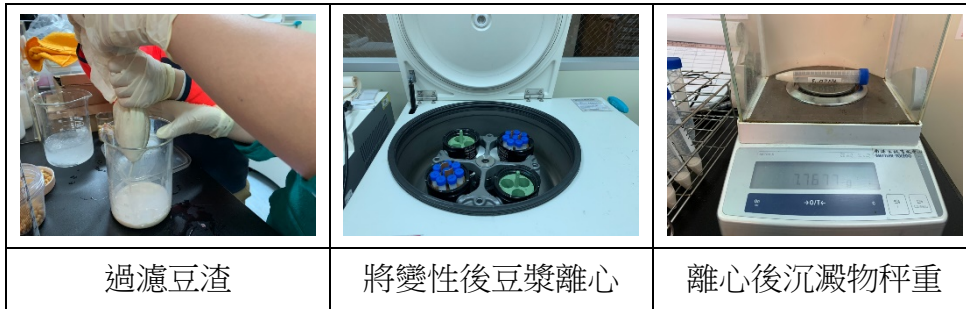
四、實驗一：探討不同量的食用醋加入豆漿時，蛋白質的收穫量

- (一) 取乾燥黃豆 100.0g 洗淨後，加入乾淨水約 1000 毫升，浸泡約 8 小時。
- (二) 將泡水黃豆瀝乾後，以純水 200 毫升 40.0g 黃豆的比例，放入果汁機裡，啟動果汁機以” 1” 速打 5 分鐘。
- (三) 用豆漿布將豆渣過濾留下豆漿。
- (四) 各取 100 毫升濾液，分別加入 2.5、5、10、15、20、25、30 克食用醋，不斷攪拌讓反應能完全進行變性。
- (五) 混合均勻後以酸鹼度計測量酸鹼度，立即將變性的豆漿放至離心管，定量刻度 12 毫升處，旋緊蓋子，以對稱方式放進離心機內，轉速設定：4000 rpm，離心 10 分鐘
- (六) 離心機停止運轉後，取出管子，將上清液輕輕倒掉，留下沉澱物。
- (七) 將全隻離心管秤重，減去空管重量，即為沉澱物重量，計算三次平均重量。

五、實驗二：探討以不同溫度研磨黃豆時，蛋白質的收穫量。

- (一) 取乾燥黃豆 100.0g 洗淨後，加入乾淨水約 1000 毫升，浸泡約 8 小時。
- (二) 將泡水黃豆瀝乾後，各取 40.0g，放入果汁機裡。
- (三) 分別取不同溫度純水 200 毫升 (10°C、20°C(常溫)、40°C、60°C、80°C)，先加入 100 毫升，啟動果汁機以 1 速打約 2 分鐘後，加入剩餘 100 毫升，繼續打 3 分鐘。
- (四) 用豆漿布將豆渣過濾留下豆漿。
- (五) 取 100 毫升濾液，加入 5.0 克食用醋，不斷攪拌讓反應能完全進行變性。
- (六) 等待溫度降回常溫，混合均勻，立即取放至離心管，定量刻度 12 毫升處，旋緊蓋子，以對稱方式放進離心機內，以每分鐘 4000 轉離心 10 分鐘。
- (七) 離心機停止運轉後，取出管子，將上清液輕輕倒掉，留下沉澱物。

(八) 將全隻離心管秤重，減去空管重量，即為沉澱物重量，計算三次平均重量。



六、實驗三：探討不同溫度的豆漿加酸變性後，蛋白質的收穫量。

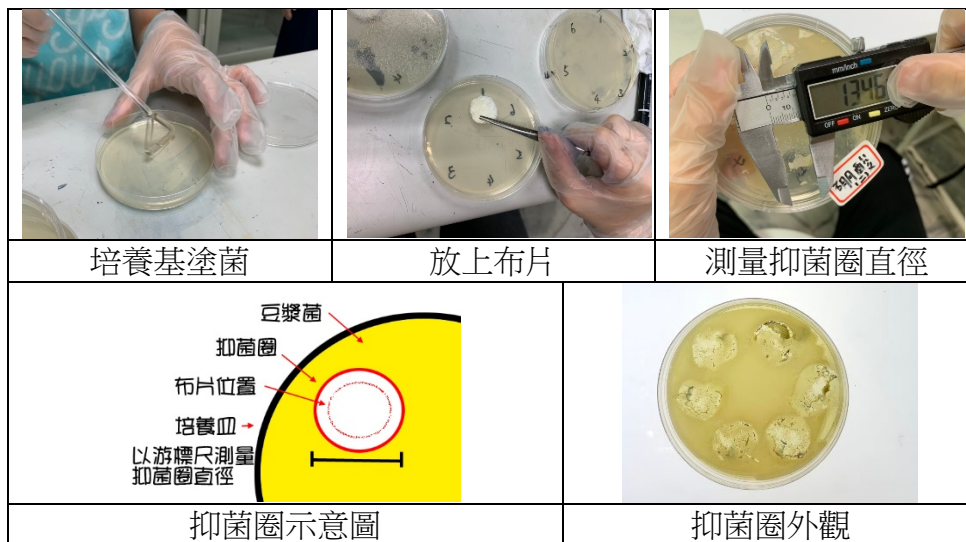
- (一) 分別取 100 毫升的豆漿，在恆溫加熱器上，以不同溫度加熱，設定溫度值分為 40°C、60°C、80°C 與 100°C，常溫為 26.3°C 不需加熱。
- (二) 以上五種溫度實驗，由低溫做到高溫，每組加熱 5 分鐘，加熱同時緩慢加入 5.0 克食用醋，不斷攪拌，讓反應能完全進行變性。
- (三) 離心與秤重：與前述實驗相同方式離心秤重。



七、實驗四：探討不同抑菌劑對變性蛋白質的抑菌效果。

- (一) 取少許豆漿置於一般室內環境中，讓空氣中的細菌自然落於豆漿中生長。放置隔夜後，以無菌棉花棒沾取，塗抹於固態 LB 培養基，放置於常溫培養。
- (二) 隔天從固態培養基上挑選單一菌落，以無菌棉花棒沾取置於液態培養基培養，命名為豆漿菌。
- (三) 以前面實驗同樣條件製備豆漿，每 100 毫升添加 5.0 克食用醋之比例製作變性蛋白質。分別配置含不同濃度抑菌劑的變性蛋白質各 10 克（濃度單位為藥品重量/蛋白重量）：
 1. 硼酸：1.0%、2.0%、3.0%、4.0%、5.0%
 2. 甲殼素抗菌劑：1.0%、2%、3.0%、4.0%、5.0%
 3. 銀離子抗菌劑：1.0%、2.0%、3.0%、4.0%、5.0%
- (四) 將固態培養基上，加入 200 微升培養至飽和狀態的菌液，以消毒過的玻璃塗菌棒塗滿培養基表層。
- (五) 將退漿後未染色布料，裁剪成一元大小布片，以 UV 燈照射 30 分鐘消毒。

- (六) 將消毒後的布片以酒精燈燒烤過的無菌鑷子夾取，兩面平均沾滿含抑菌劑之變性蛋白質，置於塗有菌液之培養基上。
- (七) 培養基培養至隔天，培養基表層會長滿豆漿菌，但放置布片區域會受抑菌劑影響無法長出細菌，形成圓形的抑菌圈，以游標尺測量未長菌區域之抑菌圈直徑，抑菌圈越大表示抑菌劑效果越好。



八、實驗五：以自製水洗機和摩擦機測試牛仔布染色後的堅牢度

(一) 上色：

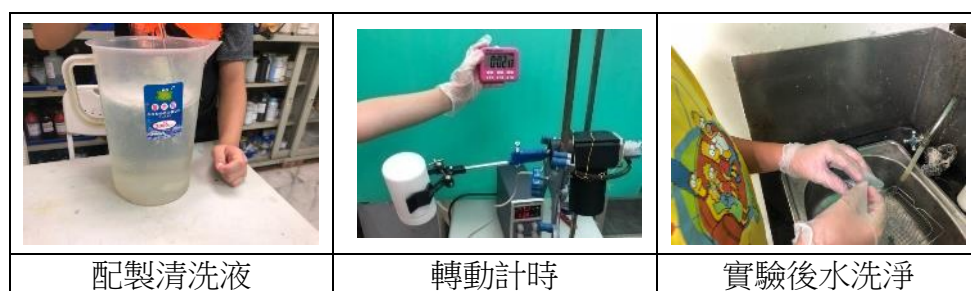
1. 製作變性蛋白質，加入 4.0% 硼酸防腐，每次加少量小蘇打粉攪拌，以酸鹼試紙確認至中性。取中和蛋白固體 10.0g 加入前面實驗製備之藍泥 10.0g，以攪拌器攪拌均勻。
2. 將白布平放桌面，以油漆刷沾取少量顏料染液，以不滴下液體為原則，直接塗抹在白布上，以同一方向均勻塗上顏料。
3. 靜置晾乾後，再用 1.0% 清潔液充分搓揉洗滌，將表面的顏料洗下，後晾乾即可。



4. 以購買的木藍靛粉作為對照組，以 0.5g 粉末加入 10 毫升的純水與 10 毫升蛋白的比例調製，染色方式及布料大小與前相同，另外以南寶樹脂代替變性蛋白質，同樣與自製大菁藍泥及木藍靛粉攪拌均勻染色作為對照組。

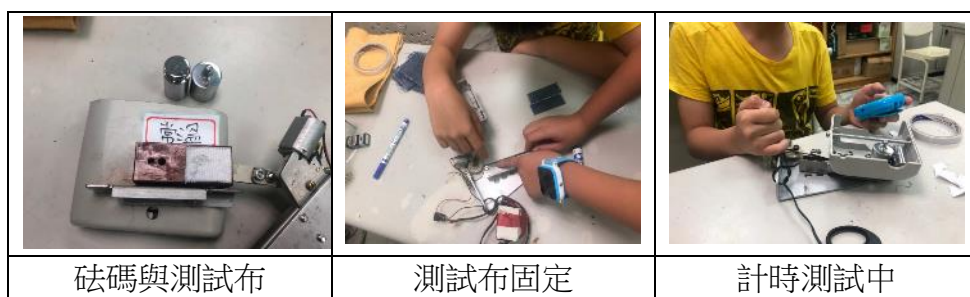
(二)水洗堅牢度的測試

1. 取已著色完成洗滌的布片，放入 350 毫升塑膠瓶子，裝入 1.0% 清潔劑 150 毫升。
2. 放入彈珠 5 顆，重量 26.1 公克。
3. 設定直流電源供應器：15V 0.3A 測定轉速：42 轉/分
4. 固定在馬達的鐵夾子上，時間五分鐘停止。
5. 取出布片稍微清洗掉清潔劑後，以吹風機吹乾布片後，以測色儀測色。



(三)摩擦堅牢度的測試。

1. 首先將試驗布片剪成：7.0cm×2.5cm 大小。
2. 在測試布無顏色的一面貼上雙面膠帶，將測試布黏貼在測試機的槽溝裡。
3. 摩擦機構的盤裡，負荷加重 200 公克砝碼，保持一定壓力。
4. 在摩擦機構頭部黏上一片純棉白布 2.0cm×1.5cm，讓白布與測試布完整接觸。
5. 以可變電阻調整摩擦次數：每分鐘 60 次往返，計時 60 秒。
6. 關電源，取下白布與測試布，以自製灰色樣卡比對白布被污染的情形，判定級數。



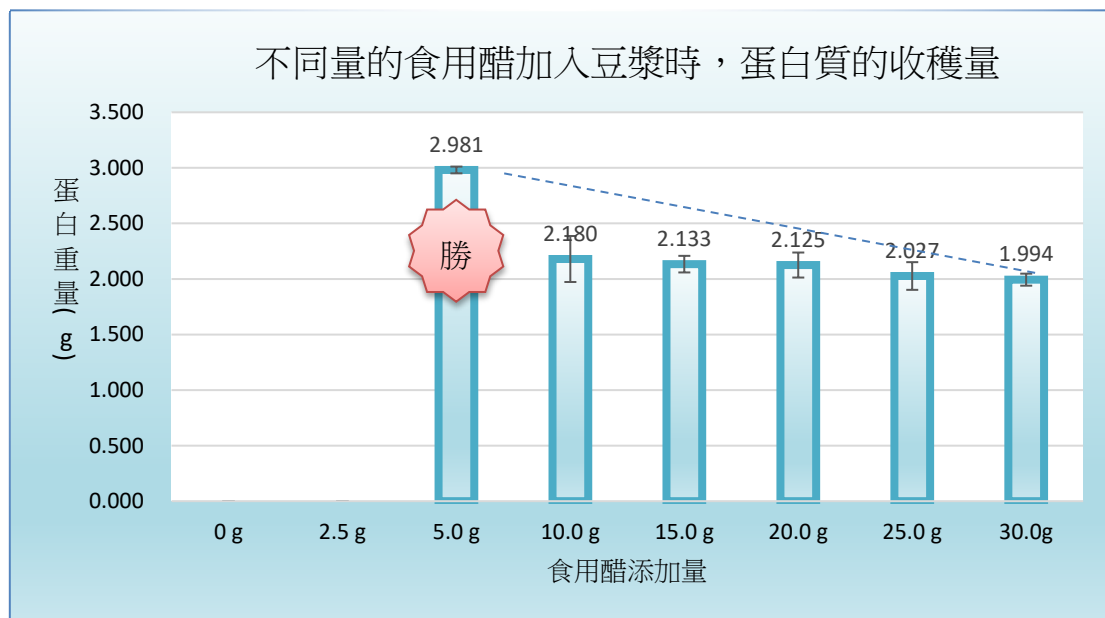
自製灰色樣卡，比對白布汙染程度				
1 級	2 級	3 級	4 級	5 級
RGB=143	RGB=171	RGB=199	RGB=227	RGB=255

伍、研究結果

一、實驗一：探討不同量的食用醋加入豆漿時，蛋白質的收穫量

每 100 毫升豆漿添加不同量食用醋後，測定 pH 值，取 12 毫升混和均勻溶液，每種都做三份，以每分鐘 4000 轉離心 10 分鐘後，倒掉上清液後秤重，結果：

食用醋添加量	0 g	2.5 g	5.0 g	10.0 g	15.0 g	20.0 g	25.0 g	30.0 g
pH 值	6.6	5.7	5.1	4.6	4.4	4.3	4.2	4.1
蛋白重量(g)	-	-	2.981	2.180	2.133	2.125	2.027	1.994
標準差	-	-	0.030	0.207	0.075	0.113	0.125	0.054

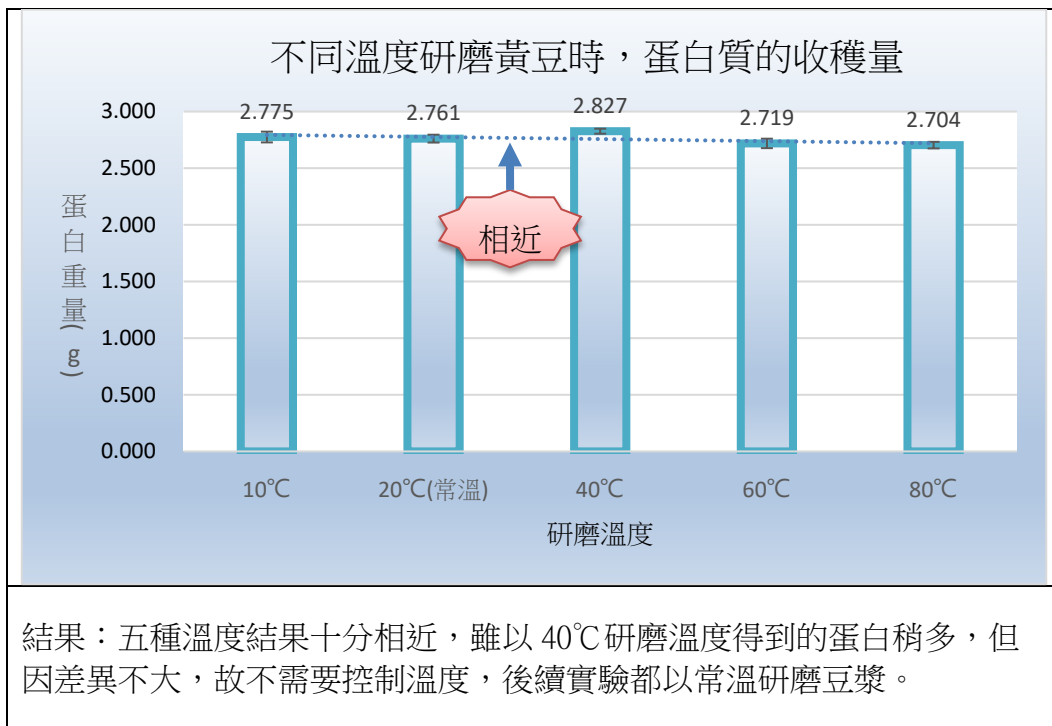


結果：100 毫升豆漿添加 2.5 克食用醋時，豆漿無法凝固，加 5.0 克食用醋可獲得最多蛋白質沉澱量，所以後續實驗都將添加 5.0 克食用醋。

二、實驗二：探討以不同溫度研磨黃豆時，蛋白質的收穫量

以不同溫度研磨豆漿後，取 12 毫升反應後混和均勻溶液，每種都做三份，以每分鐘 4000 轉離心 10 分鐘後，倒掉上清液後秤重，結果：

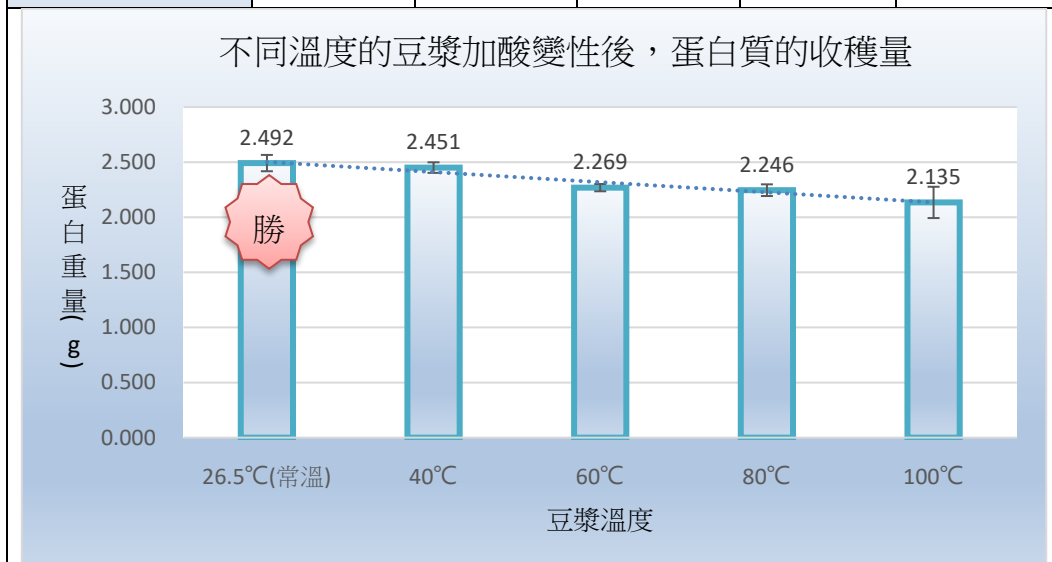
研磨溫度	10°C	20°C (常溫)	40°C	60°C	80°C
蛋白重量(g)	2.775	2.761	2.827	2.719	2.704
標準差	0.047	0.035	0.022	0.042	0.029



三、實驗三：探討不同溫度的豆漿加酸變性後，蛋白質的收穫量。

以不同溫度下加酸變性後，取 12 毫升反應後混和均勻溶液，每種都做三份，以每分鐘 4000 轉離心 10 分鐘後，倒掉上清液後，秤重，結果：

豆漿溫度	26.5°C (常溫)	40°C	60°C	80°C	100°C
蛋白重量(g)	2.492	2.451	2.269	2.246	2.135
標準差	0.074	0.048	0.033	0.053	0.142

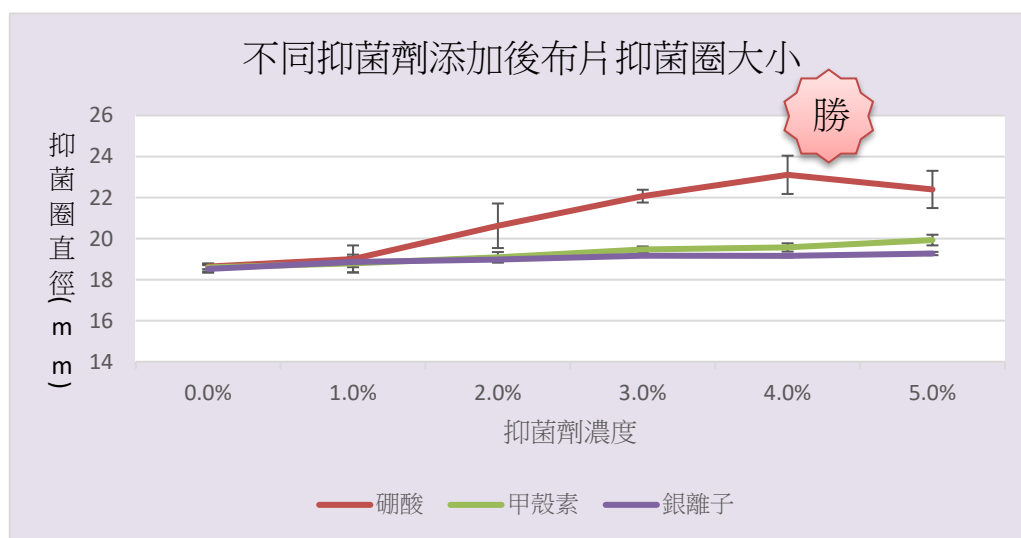


結果：三次重複測量結果，隨變性溫度上升，固體量略減少，所以後續實驗都在常溫進行變性反應。

四、實驗四：探討不同抑菌劑對變性蛋白質的抑菌效果。

以未染色壹圓硬幣大小布片沾取含抗菌劑後與自行培養的豆漿菌培養，隔天測量抑菌圈直徑，抑菌圈越大代表抑菌效果越好，三次實驗平均結果（單位：mm）：

抑菌圈	濃度	0.0%	1.0%	2.0%	3.0%	4.0%	5.0%
硼酸	平均直徑	18.64	19.01	20.63	22.07	23.11	22.40
	標準差	0.13	0.66	1.09	0.31	0.93	0.91
甲殼素	平均直徑	18.60	18.79	19.09	19.47	19.57	19.93
	標準差	0.20	0.43	0.26	0.15	0.20	0.26
銀離子	平均直徑	18.52	18.86	18.98	19.17	19.16	19.27
	標準差	0.18	0.25	0.06	0.07	0.07	0.08



結果：三次實驗結果平均，硼酸濃度在 2.0%開始有抑菌效果，在 4.0%達到最高。甲殼素與銀離子抗菌效果十分不明顯，所以我們上色時在變性蛋白質加入 4.0%硼酸抗菌。

五、實驗五：以自製水洗機和摩擦機測試牛仔布染色後的堅牢度。

(一)水洗堅牢度測試

1. 添加不同熟石灰量之自製染料水洗後外觀

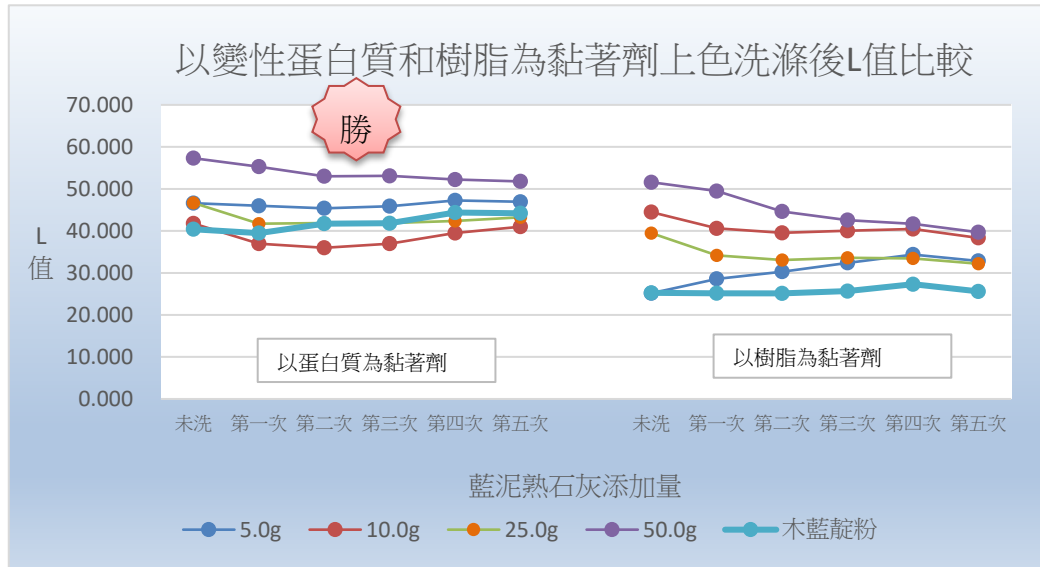
(1) 以變性蛋白質上色的布料，經過五次水洗後顏色外觀是否有退色的變化

熟石灰	未洗	一次	兩次	三次	四次	五次
5.0g						
10.0g						
25.0g						
50.0g						
木藍 靛粉						

(2) 以市售樹脂上色，經過五次水洗後顏色外觀是否有退色的變化

熟石灰	未洗	一次	兩次	三次	四次	五次
5.0g						
10.0g						
25.0g						
50.0g						
木藍 靛粉						

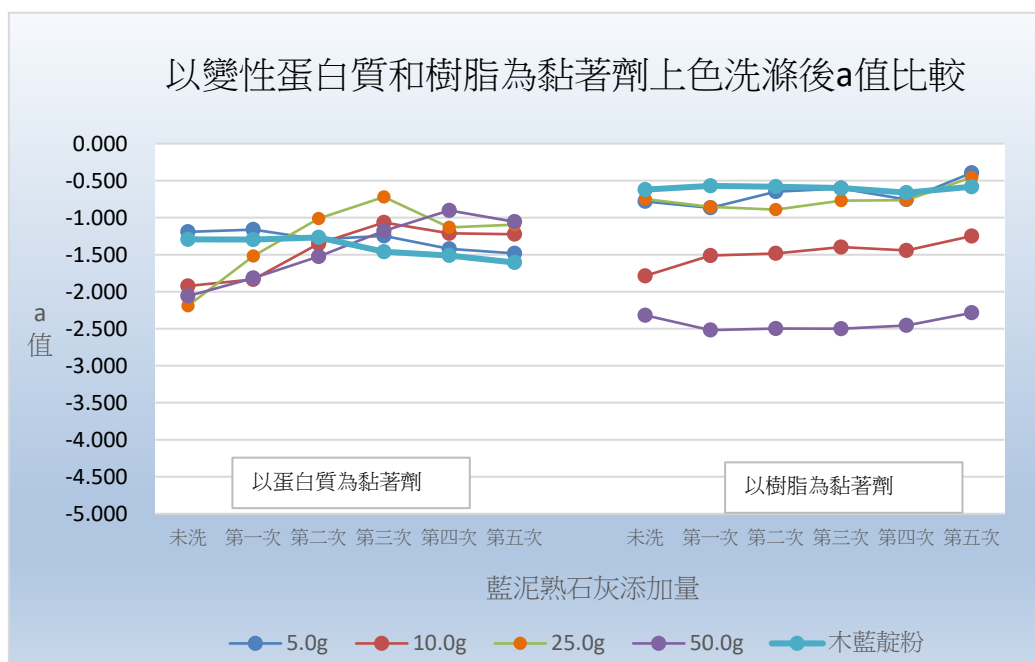
2. 以測色儀測量每次水洗後 L 值：



結果：

- (1)以變性蛋白當黏著劑 L 值整體比以樹脂為黏著劑組別高，顯示明度比樹脂對照組高。在 5 次水洗過程中，不論何種熟石灰添加量或是添加木藍靛粉，變性蛋白 L 值變化程度平緩，顯示明度變化在洗滌過程中能維持穩定，褪色情況很少。
- (2)在 5g 熟石灰添加量中，變性蛋白的褪色穩定度優於樹脂。
- (3)明度 L 值在水洗變化過程中，變性蛋白黏著劑效果優於樹脂，故變性蛋白黏著劑可替代市售樹脂。

3. 以測色儀測量每次水洗後 a 值：



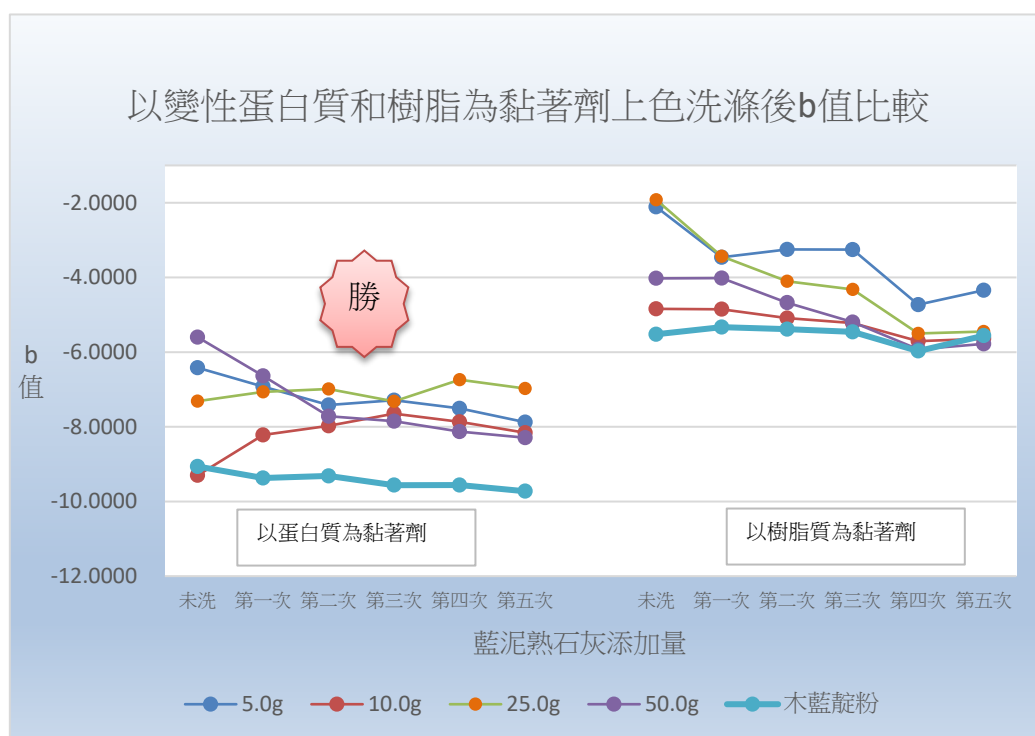
結果：

(1)以變性蛋白當黏著劑在 5 次水洗過程中，變化程度平緩，顯示在洗滌過程中能維持穩定的偏綠色，顏色變化小。

(2)在 50g 熟石灰添加量中，樹脂的穩定度優於變性蛋白質。

(3)a 值在水洗變化過程中，除 50g 變動略大於樹脂外，其餘變性蛋白變化程度較平緩，故變性蛋白黏著劑可替代市售樹脂。

4. 以測色儀測量每次水洗後 b 值：



結果：

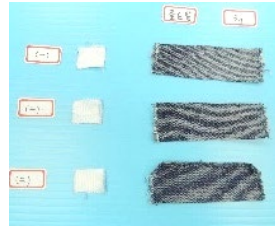
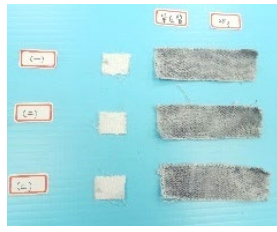
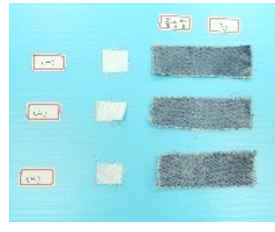
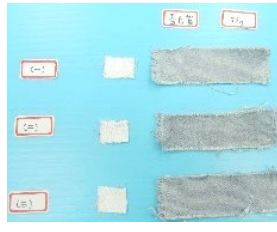
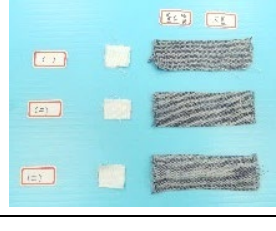
(1)以變性蛋白當黏著劑 b 值整體比以樹脂為黏著劑組別低，顯以變性蛋白為黏著劑整體比樹脂對照組更為偏藍。在 5 次水洗過程中，不論何種熟石灰添加量或是添加木藍靛粉，以變性蛋白為黏著劑的組別 b 值變化程度平緩，顯示在洗滌過程中能維持穩定的藍色，顏色變化很小。

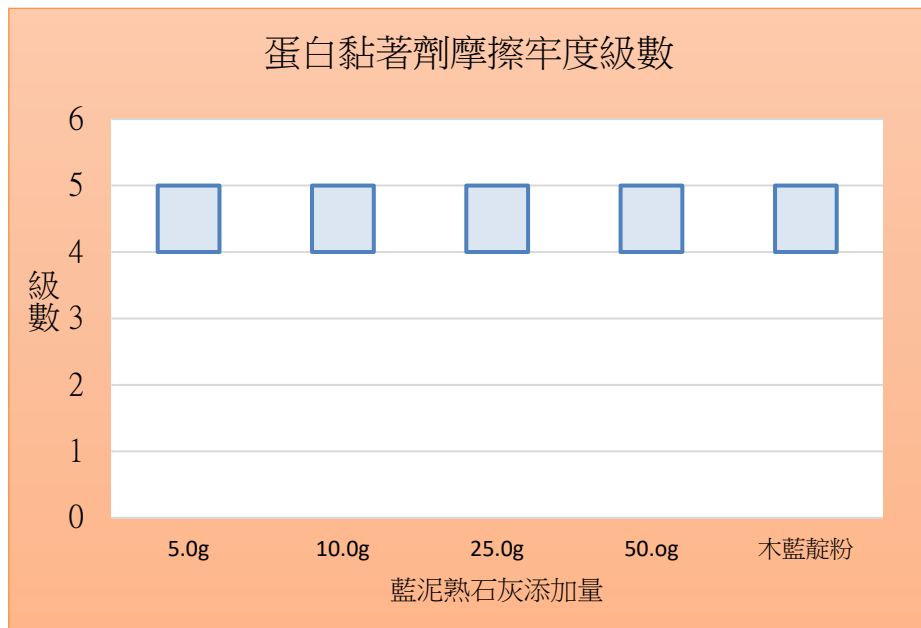
(2)以樹脂為黏著劑在 5 次洗滌過程中，不論何種熟石灰添加量或是添加木藍靛粉，b 值皆越來越低，顯示水洗後顏色不穩定。

(3)b 值在水洗變化過程中，變性蛋白穩定度皆優於樹脂染色對照組，故變性蛋白黏著劑可替代市售樹脂。

(二)摩擦堅牢度






1. 探討變性蛋白質中加入植物性染料染色後的摩擦堅牢度

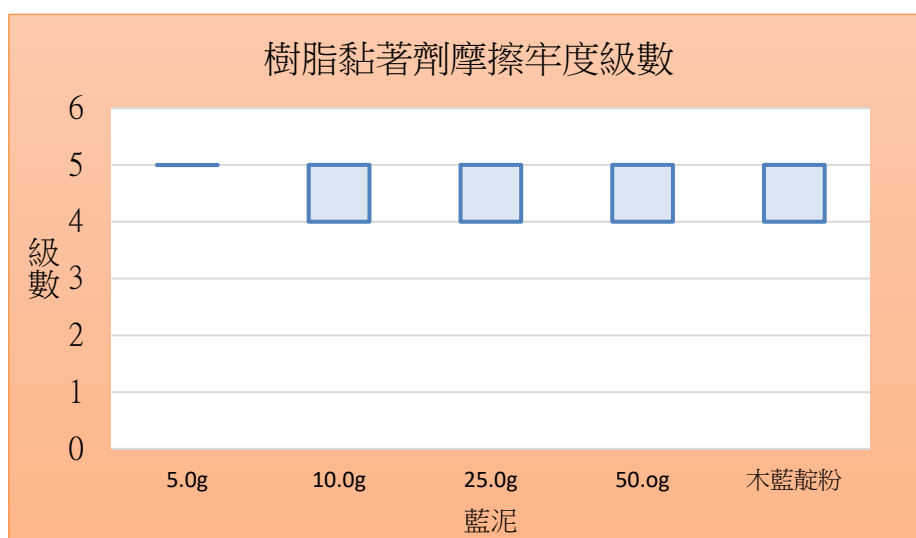
	1	2	3	照片		1	2	3	照片	
5.0g	5	4	4-5		50.0g	5	4-5	5		
平均	4-5				平均	4-5				
10.0g	4-5	5	4		木藍 靛粉	4- 5	5	4		
平均	4-5				平均	4-5				
25.0g	4	4-5	4		灰色 樣卡	1級	2級	3級	4級	5級
平均	4-5					RGB=143	RGB=171	RGB=199	RGB=227	RGB=255



結果：以 5 級為最佳摩擦堅牢度來看，以變性蛋白質為黏著劑摩擦堅牢度在各組別皆可達 4-5 級，表示以變性蛋白質作為染色黏著劑在摩擦堅牢度已屬於最佳的程度。

2. 探討市售樹脂中加入植物性染料染色後的摩擦堅牢度

	1	2	3	照片		1	2	3	照片																
5.0g	5	5	5		50.0g	4-5	5	5																	
平均	5				平均	4-5																			
10.0g	4-5	5	4-5		木藍 靛粉	5	5	4																	
平均	4-5				平均	4-5																			
25.0g	5	5	4-5		灰色 樣卡	<table border="1"> <thead> <tr> <th>1級</th> <th>2級</th> <th>3級</th> <th>4級</th> <th>5級</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>RGB=143</td> <td>RGB=171</td> <td>RGB=199</td> <td>RGB=227</td> <td>RGB=255</td> </tr> </tbody> </table>					1級	2級	3級	4級	5級						RGB=143	RGB=171	RGB=199	RGB=227	RGB=255
1級	2級	3級	4級	5級																					
RGB=143	RGB=171	RGB=199	RGB=227	RGB=255																					
平均	4-5																								



結果：以 5 級為最佳摩擦堅牢度來看，以樹脂為黏著劑在 5.0g 熟石灰添加，可達 5 級最佳摩擦堅牢度，其他組別皆可達 4-5 級，表示以樹脂作為染色黏著劑在摩擦堅牢度已屬於最佳的程度。

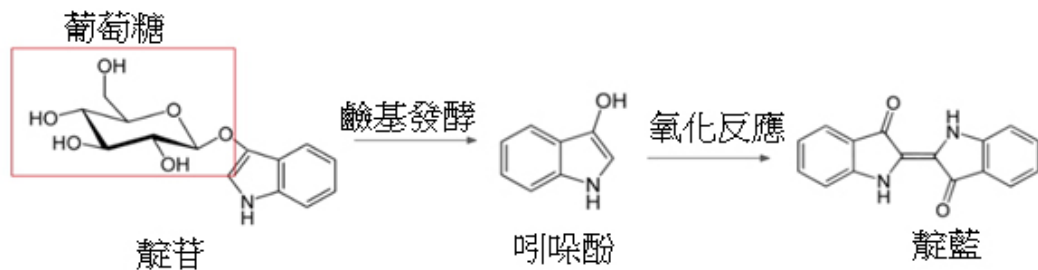
3. 總結：樹脂上色在 5.0g 熟石灰組別摩擦牢度可達 5 級，其餘包括變性蛋白質染色及樹脂染色摩擦牢度皆能達 4-5 級，顯示變性蛋白質效果已經十分接近於市售樹脂黏著效果。

陸、討論

一、實驗準備：自製靛藍染料。

使用藍草做為染劑已經有幾千年的歷史，而早期台灣從北部陽明山、三峽等地以至於中南部鹿港、台南的染布業皆十分興盛，山區大量種植大菁（馬藍）、小菁（野木藍），但之後化學顏料引進，加上茶園的興盛，導致藍染工業逐漸衰退。直到近年相關人士的努力復育，這項傳統工藝才又受到重視。

本組自山區取得新鮮大菁樹葉，嘗試自己製作藍泥染色。靛藍的植物中存在「靛苷」(indican)的成分，結構中含有一個葡萄糖，在鹼液中進行發酵產生吲哚酚(indoxyl)的分子，最後被氧化形成靛藍，一般市面上的靛藍粉，即是此步驟得到的藍泥乾燥而成。



靛藍形成反應(取自：<http://chemed.chemistry.org.tw/?p=25993>)

靛藍不易黏著於織物上，若要以漂染方式染色，仍需以鹼液進行還原反應。本組是以我們製作的黃豆蛋白黏著劑進行染色。我們在靛藍反應中，在每升 100g 樹葉的大菁葉發酵溶液中，添加不同份量熟石灰，觀察得到藍泥的量與實際染色的色澤。製作靛藍的控制條件很多，如採收時間、浸泡時間、浸泡溫度、添加熟石灰比例、浸泡液酸鹼度等等，此次以改變熟石灰添加量測試，收穫量以 50g 熟石灰產量最高，實際染色呈現略帶綠色的深藍色，熟石灰濃度越高，染後顏色越偏淺。

熟石灰	5.0g	10.0g	25.0g	50.0g	木藍靛粉
照片					

二、實驗一：探討不同量的食用醋加入豆漿時，蛋白質的收穫量

本組使用黃豆為台南十號非基改品種，根據行政院農業委員會全球資訊網紀載，蛋白質含量較進口加拿大種高 10% 以上。我們查詢資料，發現蛋白質沉澱量受等電點影響。等電點是一個分子不攜帶淨電荷時的 pH 值。當溶液的 pH 達到此蛋白質的等電點，則分子間的淨電荷為零，排斥力下降，就會凝聚形成大粒子沉澱（莊榮輝，2004）。依照我們實驗結果，可知豆漿在加 5.0 克食用醋時可達等電點，12 毫升可得 2.981 克蛋白，若不足 5.0 克蛋白無法凝固，超過 5.0 克蛋白沉澱量開始降低。

三、實驗二：探討以不同溫度研磨黃豆時，蛋白質的收穫量。

我們嘗試以不同溫度研磨黃豆測試蛋白質收穫量，為了力求研磨時受常溫影響的降溫、或是高速旋轉產生的升溫造成的誤差降低，我們分二次加入已調整好溫度的純水，以果汁機研磨。結果顯示，10-80°C 的研磨，收量近似，皆可獲得 2.7~2.8 克的收穫量，而 40°C 有較好的收量，研判低溫環境中，分子活性較低，蛋白不易從細胞中釋出，在高溫環境中，又容易出現蛋白降解的情況，造成收穫量降低，所以會以中間值 40°C 可以得到較多量的蛋白，因差距不大，故後續實驗皆以常溫進行實驗。

四、實驗三：探討不同溫度的豆漿加酸變性後，蛋白質的收穫量。

本實驗加熱使用電子業加工恆溫加熱器，溫度經實際測量，差異僅在正負一度。實驗結果以常溫加酸的情況下，它的固形物最多。為何加溫越高，產生固形物越少，研判可能加熱造成變性反應過甚，致變性物質被改變（參考陳文亮、毛仁淡 牛乳加熱前與加熱後乳球蛋白之差異）。

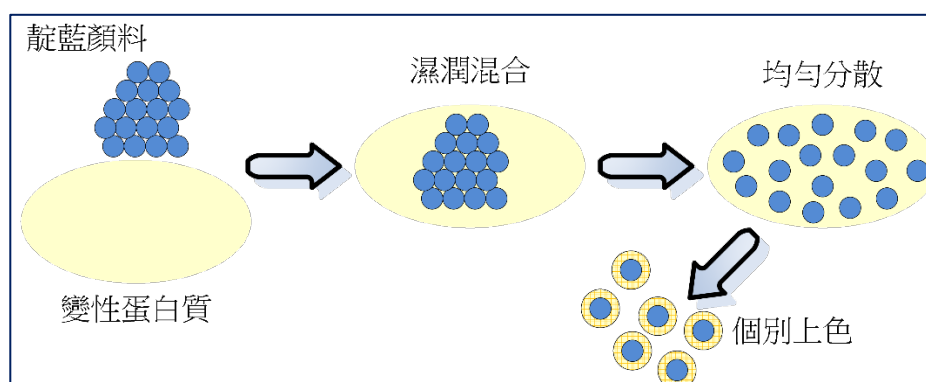
五、實驗四：探討不同抑菌劑對變性蛋白質的抑菌效果。

考慮到以變性蛋白質作為黏著劑，可能有細菌孳生導致變質的問題，我們蒐集紡織業常用的抑菌劑硼酸、甲殼素、銀離子三種，其中甲殼素、銀離子抗菌劑皆為市售商品，建議用量分別為 25-40g/L、1.5%- 5%，而硼酸參考全國第 56 屆科展：「蛋」妝素抹- 探討植物蛋白製作天然塗料之可行性，最佳用量為 2%。我們的實驗發現，硼酸在 2% 開始有明顯抗菌效果，4% 達到最佳抗菌效果，之後維持平衡。硼酸為天然礦物，若直接攝取會導致毒害，但微量不至於造成身體傷害，成人體重每公斤每日可容許 0.16 克的攝取量（行政院環保署毒物及化學物質局資料），是個不至於對環境造成過重負擔的抑菌劑。在本組實驗中，無法明顯觀察到銀離子與甲殼素的抗菌效果。

六、實驗五：以自製水洗機和摩擦機測試牛仔布染色後的堅牢度

(一)探討變性蛋白質中加入植物性染料染色後的水洗堅牢度。

有機植物色素的發色與無機礦物染料的發色方式不一樣，無機礦物主要為晶體的折射率不同，造成色光反射後顏色會不同，無機礦物染料要經過研磨，其顆粒越細，顏色會越淺，顏色深者顆粒會較粗，顆粒大上色後堅牢度會不好，因為大顆粒的色素，容易受到外來作用力而脫落，影響色堅牢度，尤其在摩擦與水洗堅牢度更為明顯。植物色素會有顏色，主要是葉綠體受光合作用，葉綠素的電子傳遞與能量轉換機制所致，當電子由高能階軌域降回基態，釋放出能量所致(蔡尚恬、蔡振章，2004)。而有機植物色素的來源很廣，以花青素就多種變化。其他像甜菜色素、梔子色素，甚至有用洋蔥皮、椰薯染色。目前植物染色的方式，會添加如鉛之類重金屬當助染劑，能使顏色堅牢度提高，且更為亮麗，本組嘗試自製染劑並配合黃豆蛋白黏著劑，目的就是希望能減少這些化學添加物造成的環境汙染。



測量水洗堅牢度的目的：除了觀察染色後水洗的效果，也避免汙染其他的織物，我們實驗使用 1.0% 的清潔劑以常溫來清洗，顯示以自製染料混合黃豆變性蛋白上色，明度 L 值十分穩定，顏色 a 值變化不大，b 值的穩定度優於樹脂黏著劑染色，故顯示本組實驗使用變性蛋白穩定度極佳，水洗堅牢度與樹脂黏著劑相近，甚至優於樹脂黏著劑。

(二) 探討變性蛋白質中加入植物性染料染色後的摩擦堅牢度。

摩擦堅牢度的測量以自製摩擦機完成，實驗結果顯示，除了 5.0g 熟石灰組別在樹脂染色之摩擦堅牢度達 5 級，其餘組別的變性蛋白質效果與市售的樹脂相當。

(三) 樹脂是非天然的材料，並且當牛仔布在壓染廠施工後，深藍色色素加上樹脂的黏性，會造成機器滾筒(ROLLER)清潔的成本上升。本組使用變性植物蛋白作為黏著劑，手感較樹脂為柔軟，顏色稍淺，值得推廣。

柒、結論

一、探討從豆漿獲取蛋白質的最適條件

100 毫升豆漿加入 5.0 公克食用醋可獲得最大蛋白沉澱量，取 12 毫升混和均勻溶液離心約可得 2.981 克變性蛋白，研磨黃豆及加酸沉澱反應皆在常溫即可，獲得的變性蛋白質添加 4.0% 硼酸可得最好抗菌效果。

二、測試變性蛋白質中加入植物性染料的染色效果。

(一) 水洗堅牢度

以自製染料混合黃豆變性蛋白上色，明度 L 值十分穩定，顏色 a 值變化不大，b 值的穩定度優於樹脂黏著劑染色，顯示本組實驗使用變性蛋白穩定度極佳，水洗堅牢度與樹脂黏著劑相近，甚至優於樹脂黏著劑。

(二) 摩擦堅牢度

以樹脂染色在 5.0g 熟石灰組別摩擦牢度可達 5 級，其餘包括變性蛋白質染色及樹脂染色摩擦牢度皆能達 4-5 級，顯示變性蛋白質效果已經十分接近於市售樹脂黏著效果。

三、本實驗自製靛藍染料，並以天然蛋白質變性後之膠質作為牛仔布上色的黏著劑。水洗堅牢度效果更甚於市售樹脂，摩擦堅牢度與市售樹脂級數相當，故依照本實驗結果可知，天然蛋白變性後的膠質上色，更能符合環保需求，因此取代化學合成樹脂確實可行。

四、我們將這次研發的應用申請了我國專利!號碼是 109124770，希望能將這樣的應用分享給更多人知道。。

未來展望：

本實驗**首次嘗試**將植物蛋白質加酸變性取代樹脂，以附著的方式上色，作為牛仔布的上色黏著劑，染色其光澤無法達到以化學染劑製作的效果，未來我們的目標，希望能找出更好的天然色料與製作條件，來達到光澤效果。另外有許多的蛋白質仍被做為廢棄物處理，是否也可以做成黏著劑？如製作豆漿後剩餘的豆渣、研磨沖泡後咖啡的殘渣，都可以提取蛋白質。為了環保，我們會繼續努力找出最佳的天然的材料，來為維護地球環境盡一份心力。

捌、參考資料

- 彭正中 (1975)。染料與染色。台北：臺灣中華書局。
- 邱永亮、魏盛德 (1998)。染色化學Ⅲ。徐氏基金會。
- 安漠 (2012)。印染帶給你的不同色彩。右灰文化傳播有限公司。
- 染整業。環境資訊中心。查詢日期：2020/05/01 <https://e-info.org.tw/taxonomy/term/7887>
- 服裝業的化學汙染。經濟部中小企業處網站。查詢日期：2020/4/30
https://micro.sme.gov.tw/cht/index.php?act=article_share&code=view&ids=80
- 葉亞欣、楊秉澄、林冠宇(2012)百黏好合一動物性與植物性蛋白質製成蛋白膠水的探討。全國第 52 屆中小學科學展覽會作品說明書。
- 廖盛焜、陳活源、賴政佑(2012)。“數位印花”。科學發展，470，30-35。
- 馬芬妹 (2007)。藍草木情：植物藍靛染色技藝手冊。南投縣：國立台灣工藝研究所。
- 印花工藝。華人百科。查詢日期 2019/6/10
<https://www.itsfun.com.tw/%E5%8D%B0%E8%8A%B1%E5%B7%A5%E8%97%9D/wiki-5648917-6775796>
- 藍草的種類-山藍。國立臺灣工藝研究發展中心。查詢日期 2019/6/18
https://www.ntcri.gov.tw/dnainfo_196_554.html
- 大豆新品種臺南 10 號簡介。行政院農業委員會全球資訊網。查詢日期 2019/6/12
<https://www.coa.gov.tw/ws.php?id=2501858&print=Y>
- 莊榮輝。蛋白質抽取。台大酵素化與分析課程。查詢日期 2019/6/2
<http://juang.bst.ntu.edu.tw/ECX/Pur2.htm>
- 蔡尚恬、蔡振章 (2004)。楓葉變紅了 - 天然色素的顏色化學。科學發展，381，54 ~ 59。
- 驗證項目。台灣機能性紡織品。查詢日期 2019/6/19
<https://tft.tftapproved.org.tw/introduction/fts.asp?qttype=FTTS-GA-025>
- 王琪羿、高貫洲 (2017)。當藝術遇見化學：藍染魔法與化學神功的融合交會。台灣化學教育。查詢日期 2019/6/21 <http://chemed.chemistry.org.tw/?p=25993>

【評語】 082914

本研究以自製天然植物性靛藍染料並以天然蛋白質變性後之膠質作為牛仔布上色的黏著劑取代化學合成樹脂，概念新穎且具備生活與應用科學概念之實。而其中系統設計用以模擬材料測試儀器，具有其創意概念。整體來看，發展天然環保的助色劑有助於減少環境污染問題，實驗動機佳。唯建議可加以討論有無變性的豆漿固色能力之衍生性研究。

摘要

牛仔褲製造過程，化學染料及樹脂染色助劑會對環境造成汙染，為保護環境，我們**首次利用**植物蛋白質(豆漿)加酸變性具黏性的特質，來取代化學樹脂的染色助劑，並自製大菁靛藍染料，加入此變性蛋白質混合後，以類似印花方式，直接固著染色於牛仔布上。

實驗發現：添加5.0公克醋酸與100毫升豆漿混合，在常溫下即有最大變性蛋白收穫量，方法穩定簡單。為比較上色後牛仔布水洗及堅牢度效果，更自製水洗機及摩擦機完成檢驗。

實驗結果：牛仔布水洗後顏色無明顯改變；摩擦堅牢度，亦有四至五級標準(五級最佳)，顯見其不易褪色的良好特性。因此以變性蛋白質取代化學樹脂作為牛仔布染色助劑之方式確實可行。

壹、研究動機

廣受歡迎的牛仔布，在製造的過程中，所用的化學靛藍染料及樹脂染色助劑為主要汙染來源，而這些混合物排放的汙水充滿毒性，造成環境汙染，也傷害人類的身體健康。我們希望能改善化學靛藍染料及樹脂染色助劑所造成汙染的問題。

查詢資料探討後發現，蛋白質是一種膠狀物質，由此發想，我們使用常見的黃豆打成豆漿，加上醋酸，讓它變性後成為具有黏性的蛋白質固體物，**首次嘗試**作為牛仔布染色時所使用的染色助劑，再添加以大菁葉子製成的靛藍染料，期待能為牛仔布染色過程帶來綠色創新，為環境保護盡一份心力。(與課程相關章節請參考作品說明書)

貳、研究目的

本組實驗將未加熱過、無糖豆漿以不同溫度和加入不同量醋酸，將蛋白質變性，以收穫量最高者條件製成黏著劑，取代牛仔布以印花方式染色使用的”膠水”。本實驗參考染色堅牢度測量標準方法，以自製摩擦牢度機與水洗牢度機，來檢測染色後效果。

一、探討從豆漿獲取蛋白質的最適條件

- 實驗一：探討不同量的食用醋加入豆漿時，蛋白質的收穫量。
- 實驗二：探討以不同溫度研磨黃豆時，蛋白質的收穫量。
- 實驗三：探討不同溫度的豆漿加酸變性後，蛋白質的收穫量。
- 實驗四：探討不同抑菌劑對變性蛋白質的抑菌效果。

二、測試變性蛋白質加入植物性染料的染色效果

- 實驗五：以自製水洗機和摩擦機測試牛仔布染色後的堅牢度。

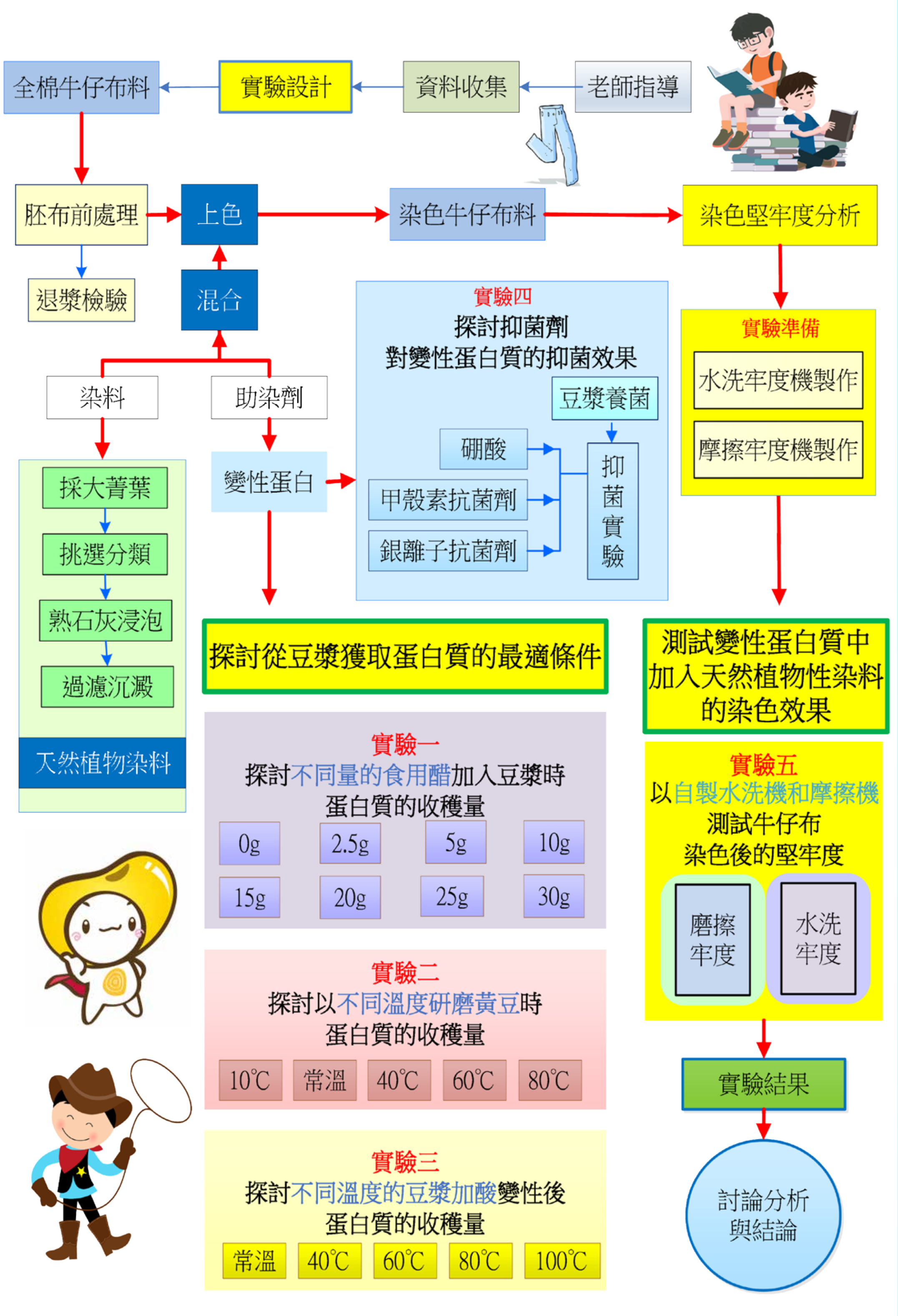
參、研究設備與器材

一、研究設備與器材(略。請參考作品說明書)

肆、研究過程及方法

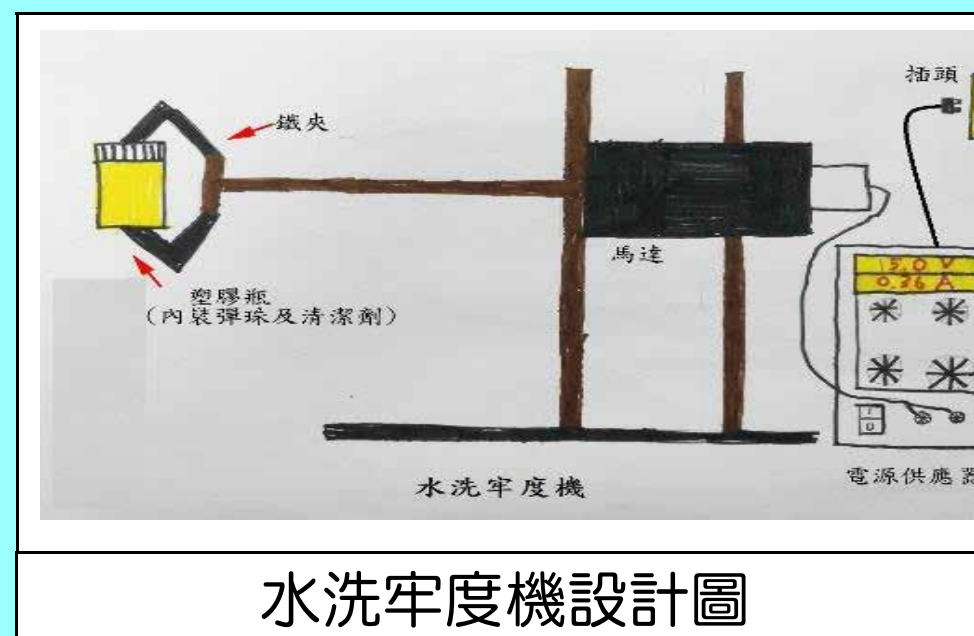
一、實驗流程：

探討牛仔布染色助劑以變性蛋白質替代化學樹脂的可行性

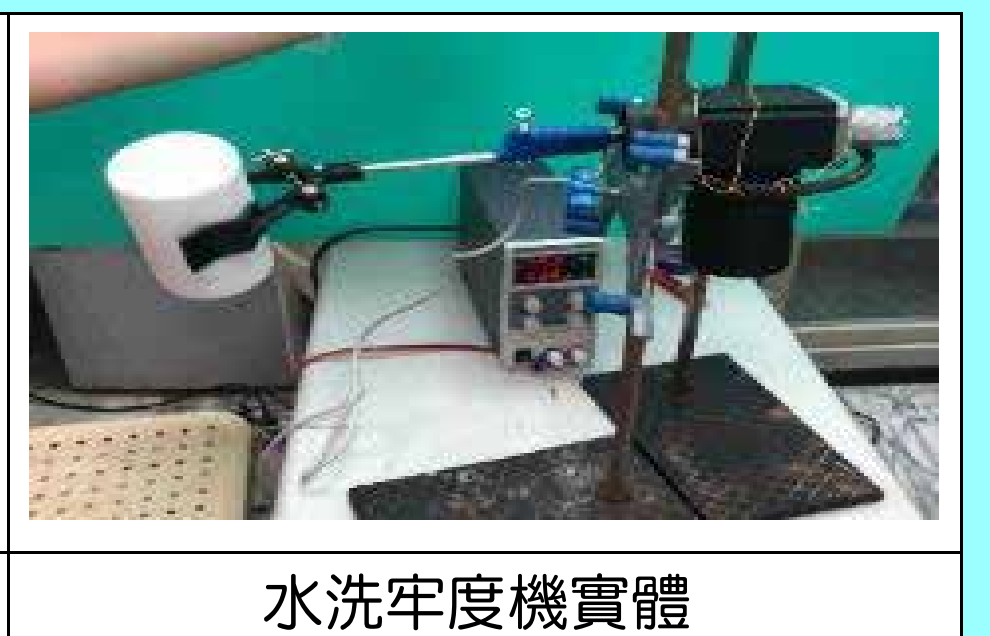


二、實驗準備

(一) 自製水洗堅牢度機

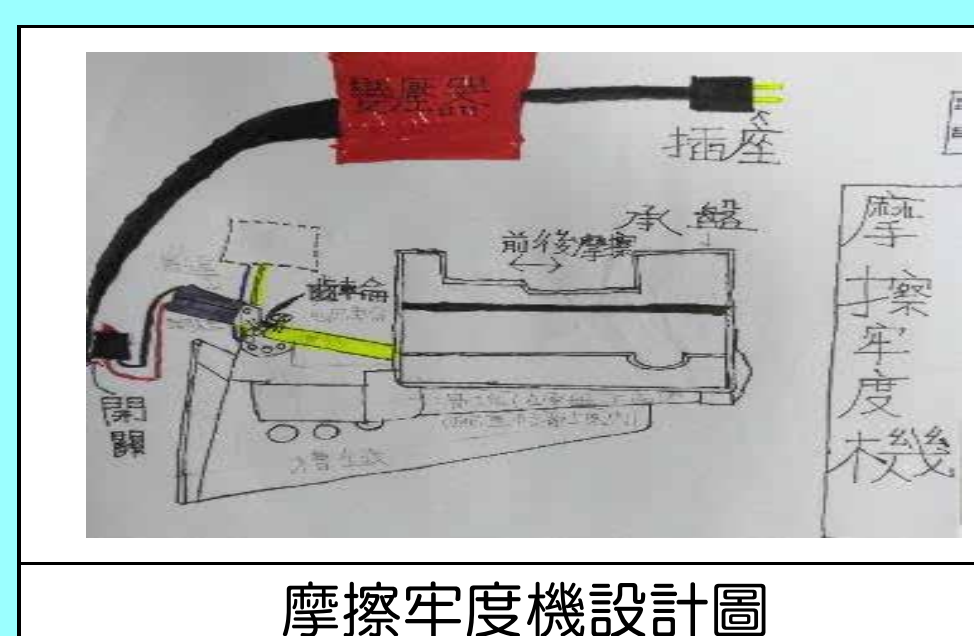


水洗牢度機設計圖



水洗牢度機實體

(二) 自製摩擦堅牢度機

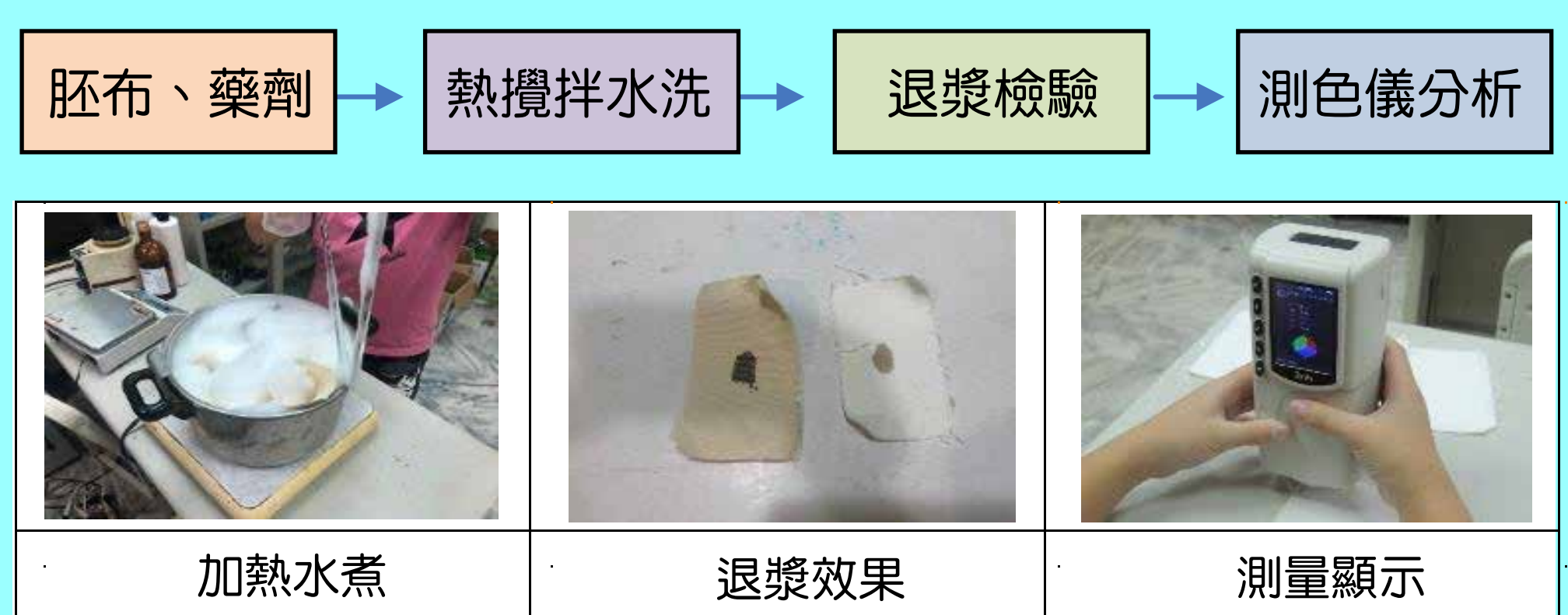


摩擦牢度機設計圖



摩擦牢度機實體

(三) 胚布的前處理：



加熱水煮

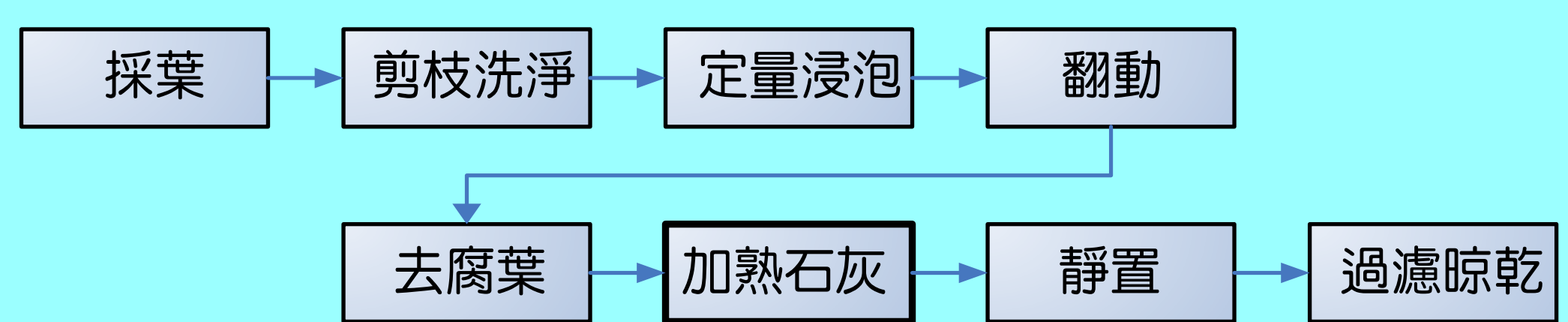


退漿效果



測量顯示

(四) 自製靛藍染料



大菁



葉片置於水中



翻動發酵



加入熟石灰



藍泥沉澱

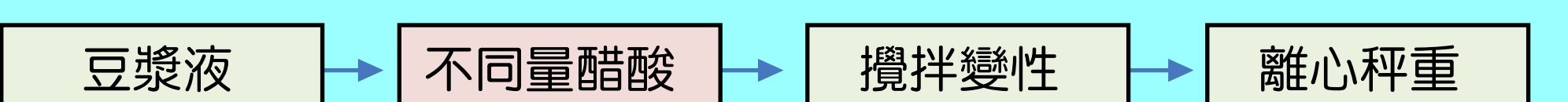


以豆漿布過濾

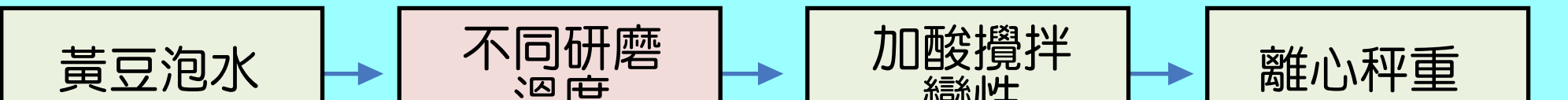
熟石灰重量	5.0 公克	10.0 公克	25.0 公克	50.0 公克
外觀				
pH 值	10.42	12.45	12.75	12.76
藍泥獲得量	125.57 公克	169.02 公克	395.47 公克	406.25 公克

結果：我們以不同量熟石灰加至大菁葉浸泡溶液中，觀察藍泥獲得量，以添加50 公克熟石灰的收量最高，添加越多，顏色越偏淺。

三、實驗一：探討不同量的食用醋加入豆漿時，蛋白質的收穫量



四、實驗二：探討以不同溫度研磨黃豆時，蛋白質的收穫量。



過濾豆渣

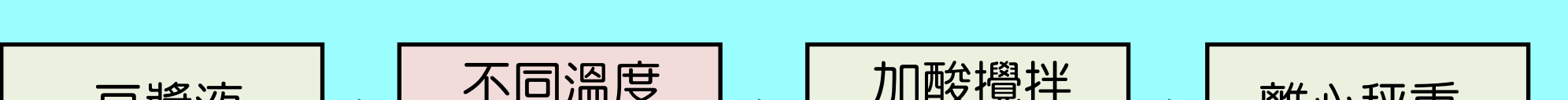


將變性後豆漿離心



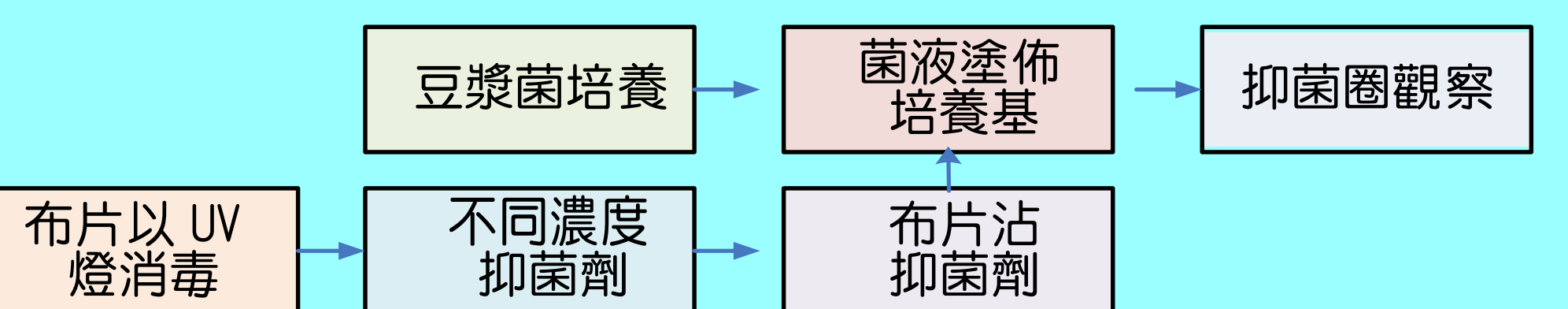
離心後沉澱物秤重

五、實驗三：探討不同溫度的豆漿加酸變性後，蛋白質的收穫量。



六、實驗四：探討不同抑菌劑對變性蛋白質的抑菌效果。

(一)以培養好的「豆漿菌」，進行以下實驗。



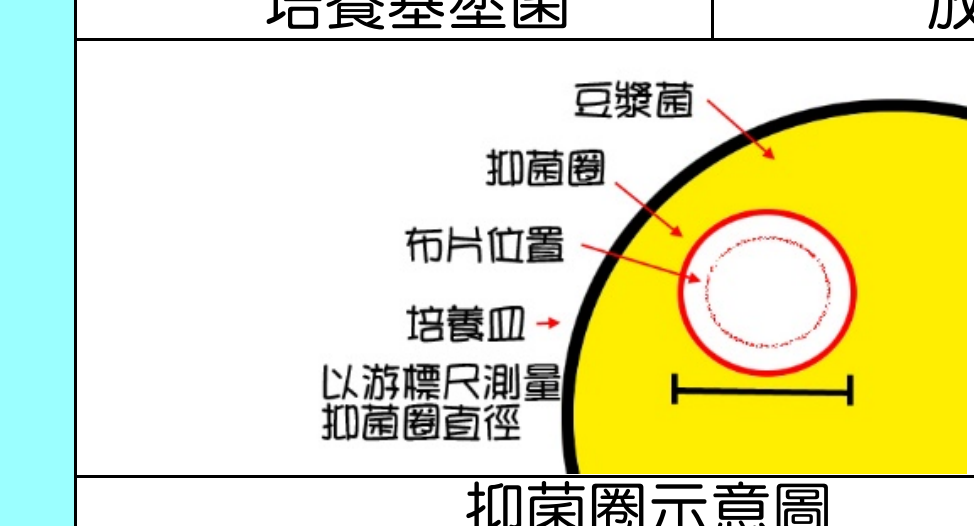
培養基塗菌



放上布片



測量抑菌圈直徑



抑菌圈示意圖



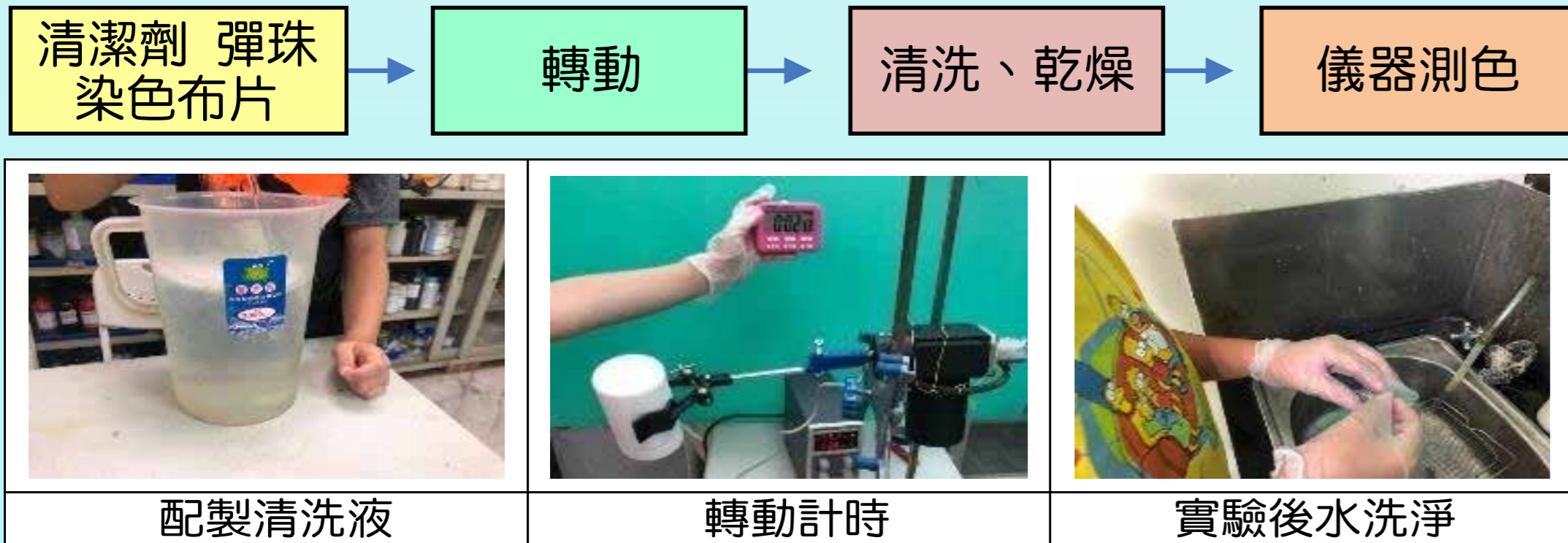
抑菌圈外觀

一、實驗五：以自製水洗機和摩擦機測試牛仔布染色後的堅牢度

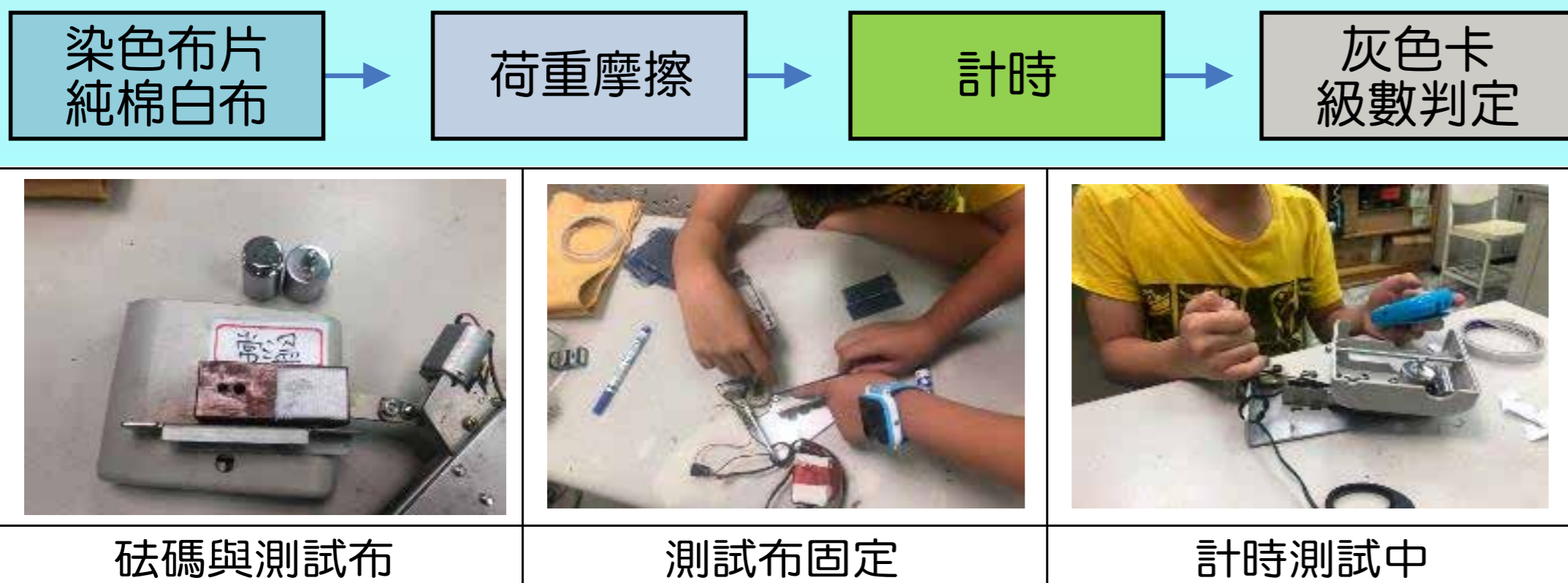
(一)上色：



(二)水洗堅牢度測試

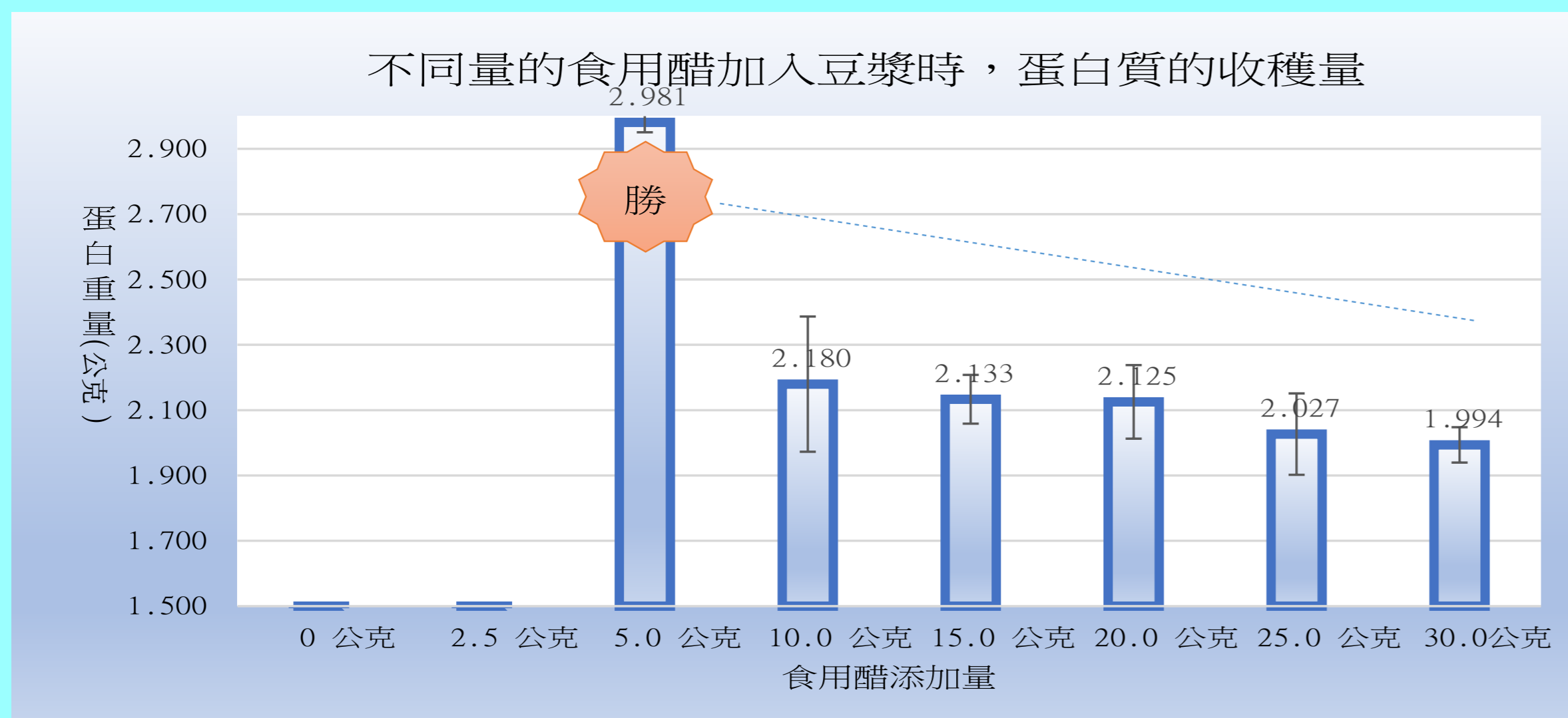


(三)摩擦堅牢度的測試。



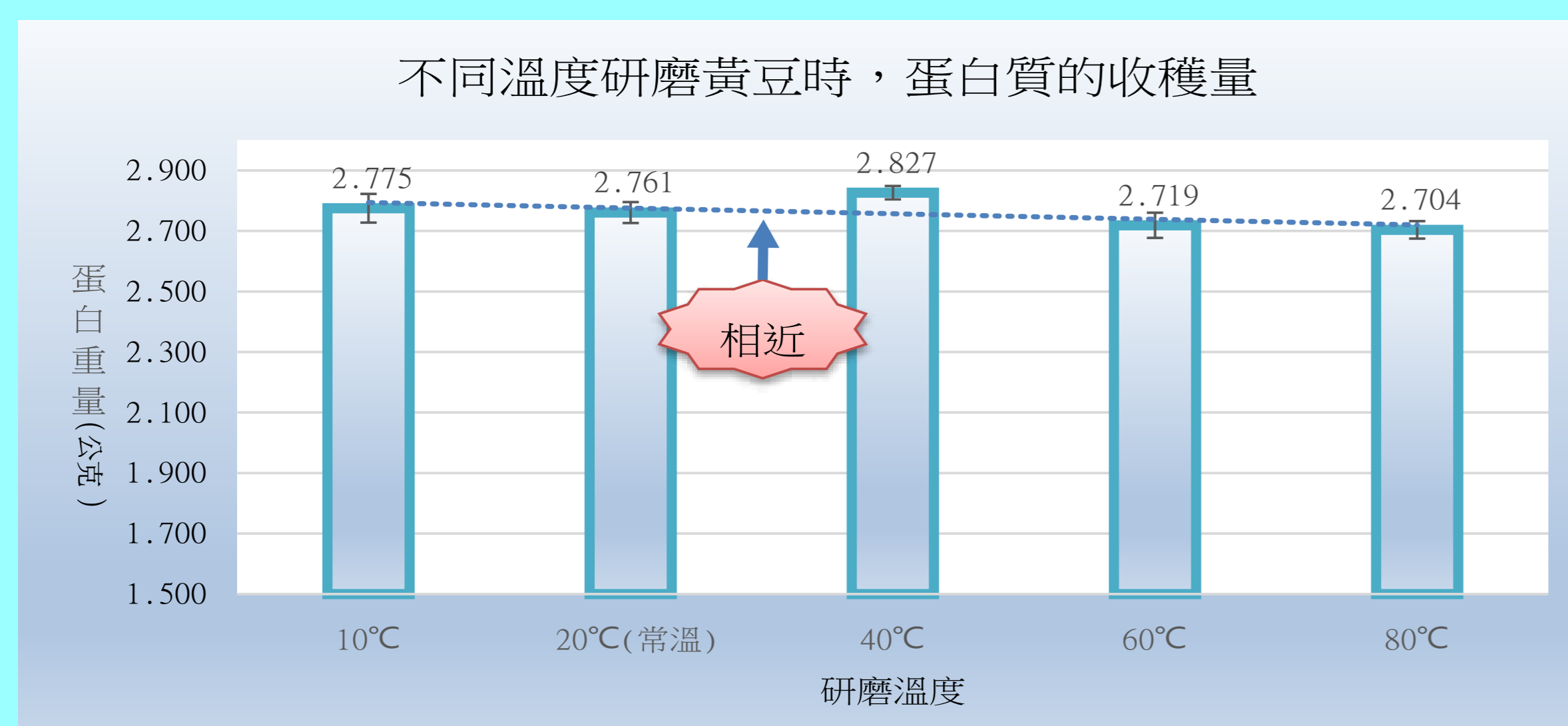
伍、研究結果

一、實驗一：探討不同量的食用醋加入豆漿時，蛋白質的收穫量



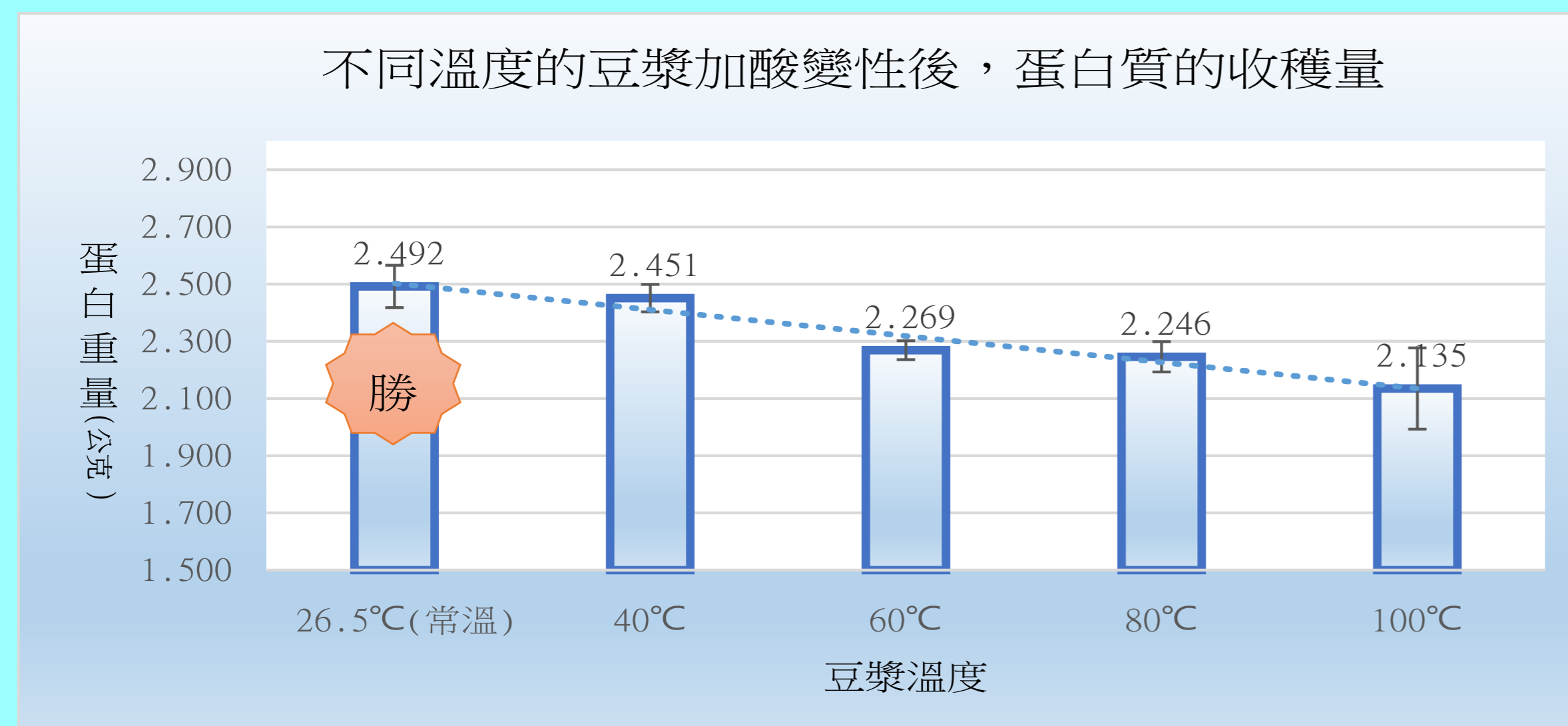
結果：2.5公克食用醋時，豆漿無法凝固，加5.0公克食用醋可獲得最多蛋白質沉澱量，所以後續實驗都將添加5.0公克食用醋。

二、實驗二：探討以不同溫度研磨黃豆時，蛋白質的收穫量



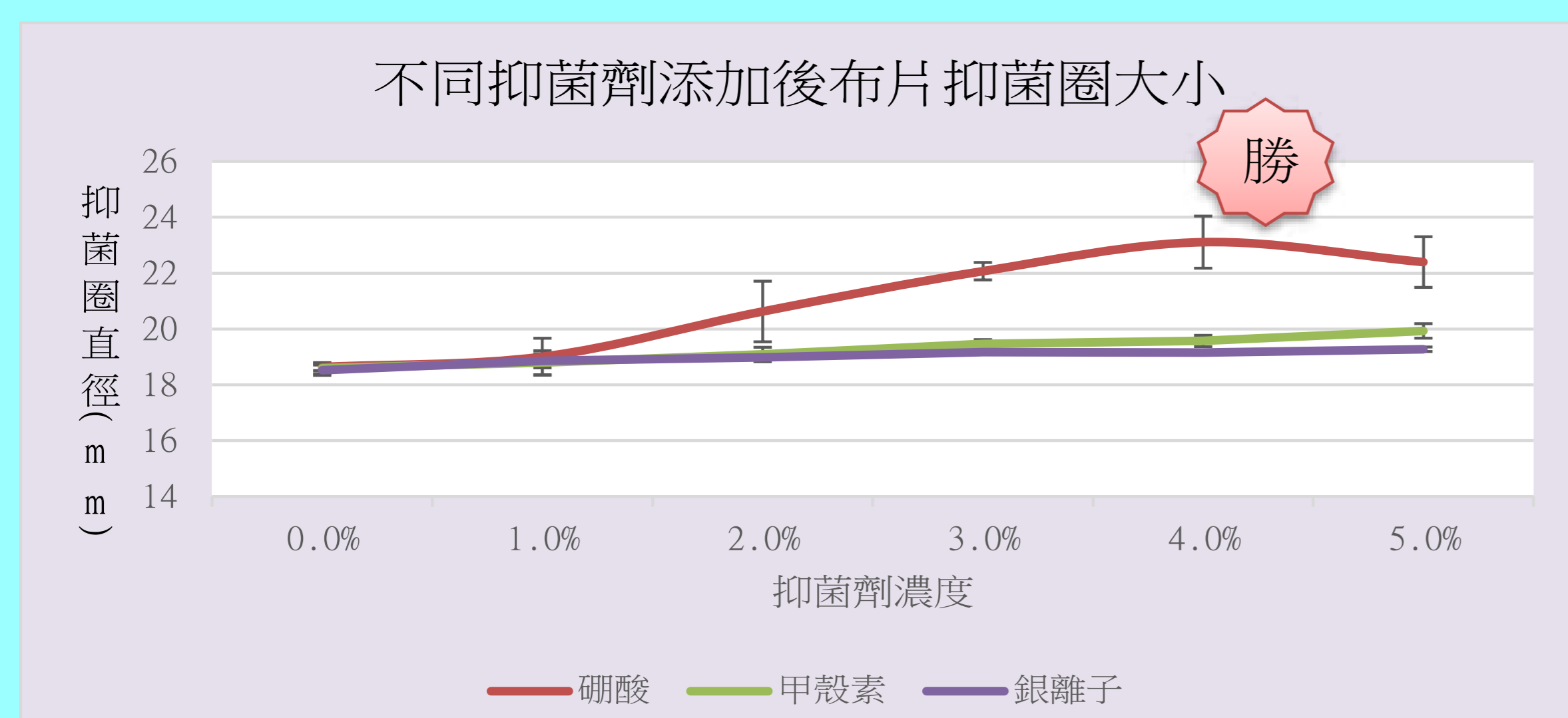
結果：五種溫度結果十分相近，雖以40°C研磨溫度得到的蛋白稍多，但因差異不大，故不需要控制溫度，後續實驗都以常溫研磨豆漿。

三、實驗三：探討不同溫度的豆漿加酸變性後，蛋白質的收穫量。



結果：三次重複測量結果，隨變性溫度上升，固體量略減少，所以後續實驗都在常溫進行變性反應。

四、實驗四：探討不同抑菌劑對變性蛋白質的抑菌效果。100毫升豆漿添加



結果：三次實驗結果平均，硼酸濃度在2.0%開始有抑菌效果，在4.0%達到最高。

五、實驗五：以自製水洗機和摩擦機測試牛仔布染色後的堅牢度。

(一)水洗堅牢度測試

1. 添加不同熟石灰量之自製染料水洗後外觀

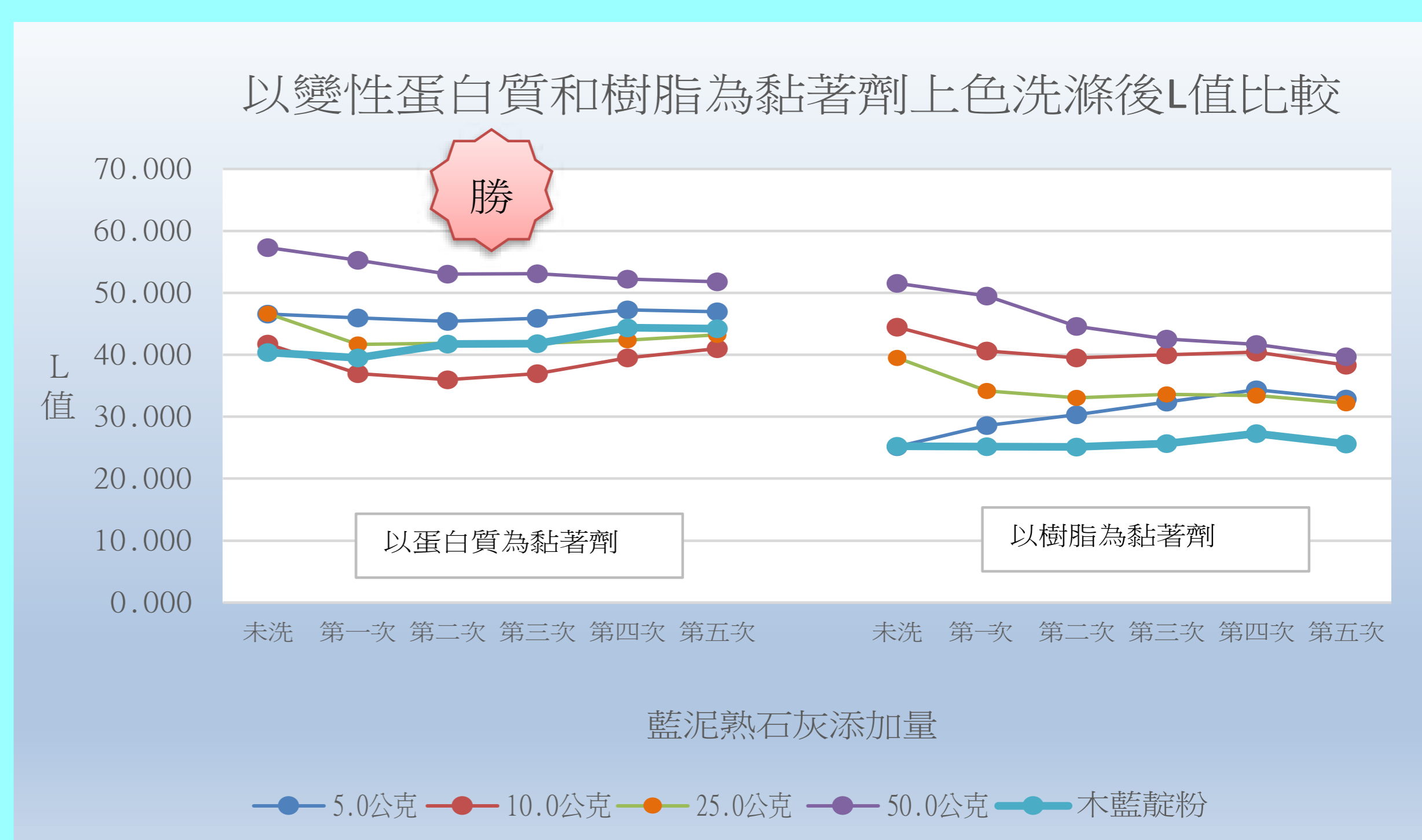
(1)以變性蛋白質上色的布料，經過五次水洗後顏色外觀是否有退色的變化

熟石灰	未洗	一次	兩次	三次	四次	五次
5.0公克						
10.0公克						
25.0公克						
50.0公克						
木藍 靛粉						

(2)以市售樹脂上色，經過五次水洗後顏色外觀是否有退色的變化

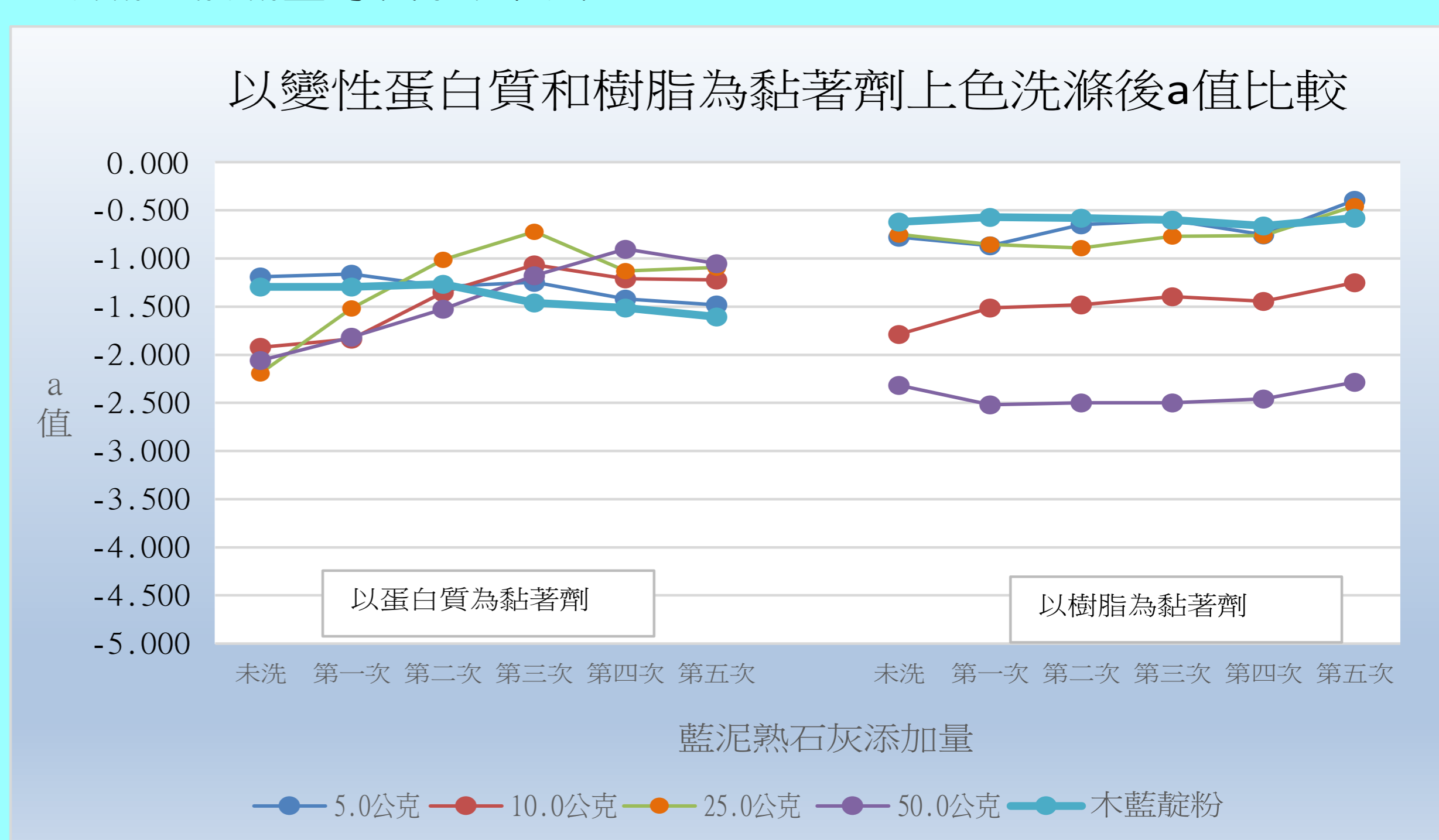
熟石灰	未洗	一次	兩次	三次	四次	五次
5.0公克						
10.0公克						
25.0公克						
50.0公克						
木藍 靛粉						

2. 以測色儀測量每次水洗後L值：



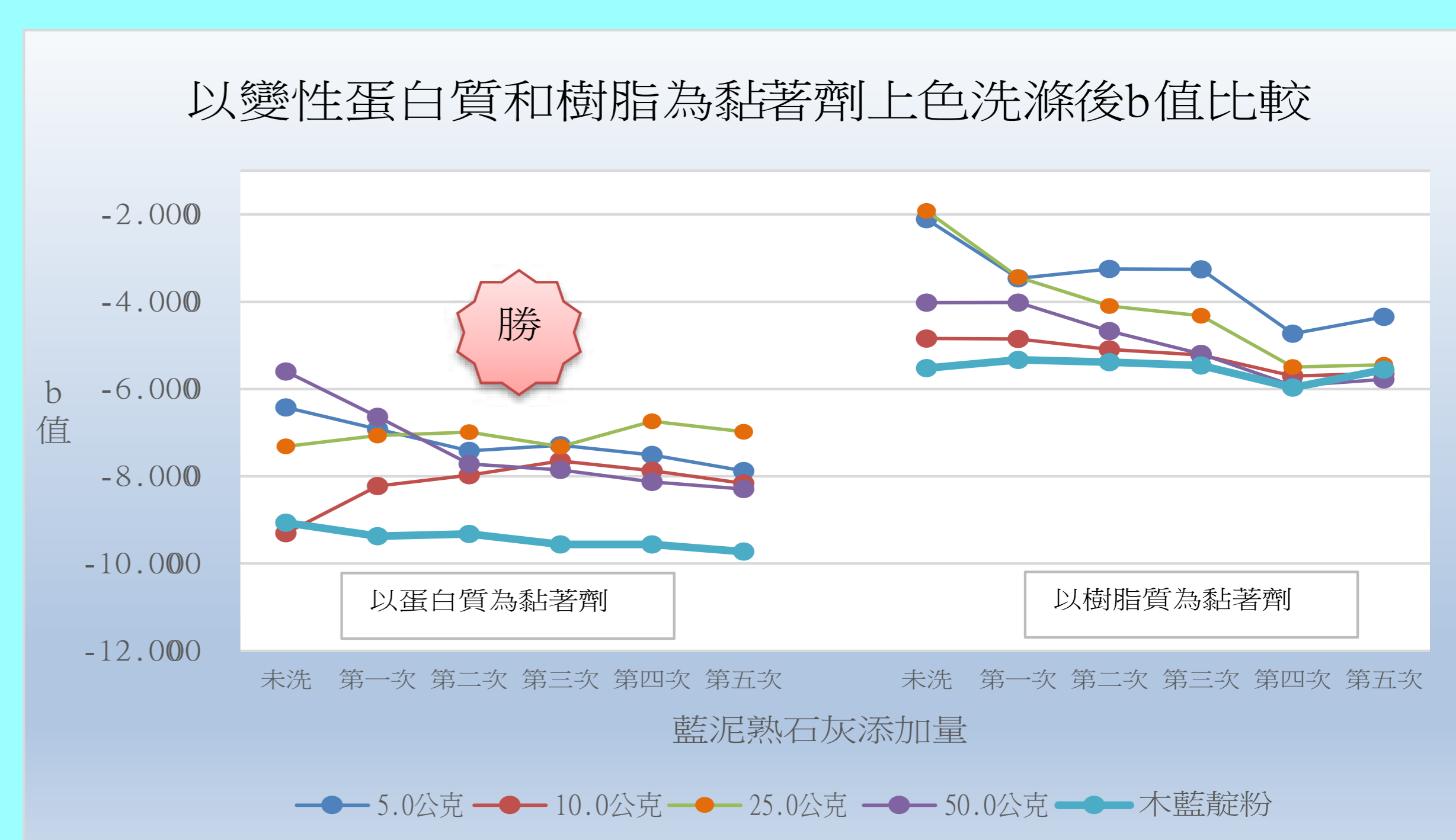
結果：在5次水洗過程中，不論何種熟石灰添加量或是添加木藍靛粉，變性蛋白L值變化程度平穩，顯示明度變化在洗滌過程中能維持穩定，褪色情況很少。

3. 以測色儀測量每次水洗後a值：



結果：a值在水洗變化過程中，除50公克變動略大於樹脂外，其餘變性蛋白變化程度較平穩，故變性蛋白黏著劑可替代市售樹脂。

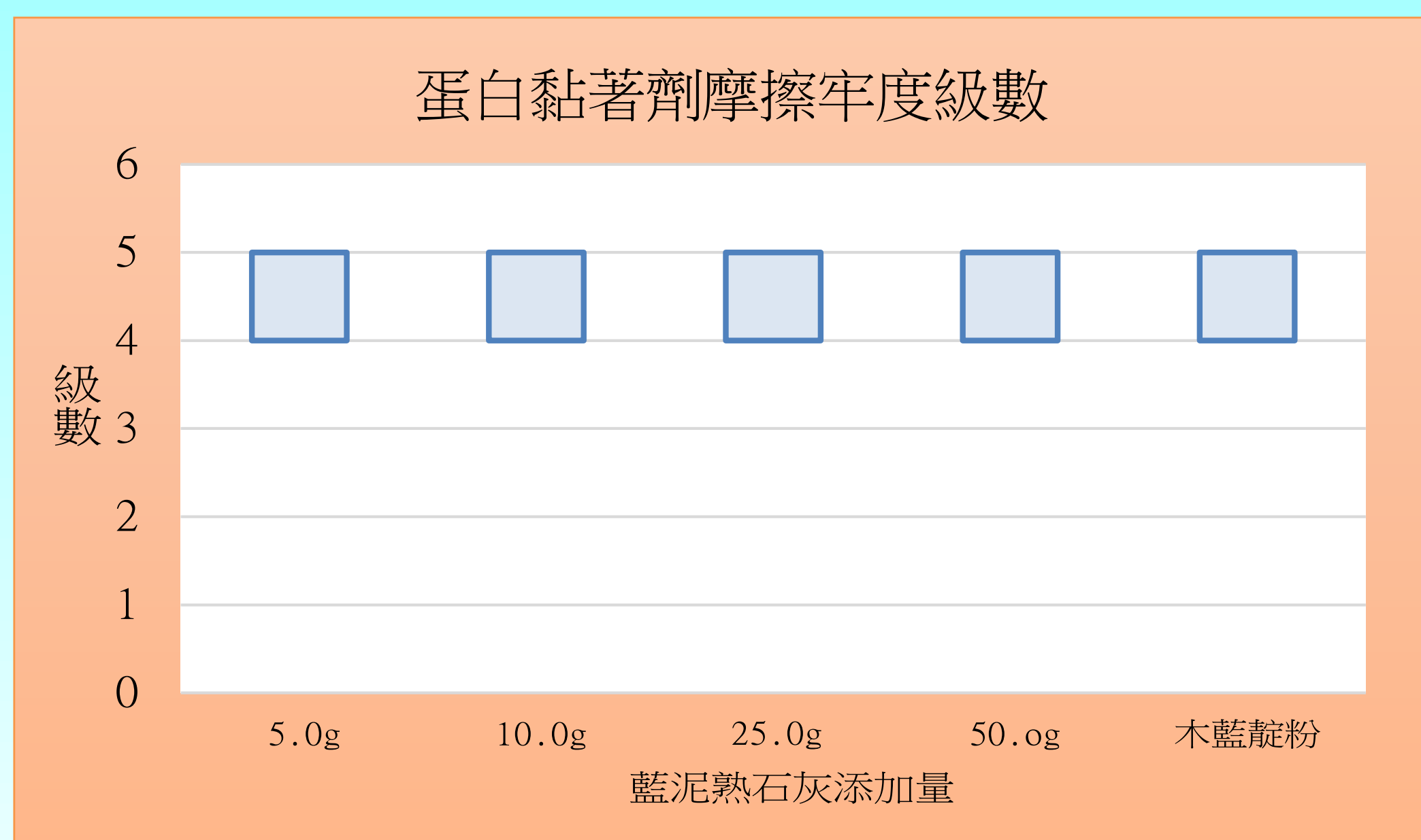
4. 以測色儀測量每次水洗後b值：



結果：(1)以樹脂為黏著劑在5次洗滌過程中，不論何種熟石灰添加量或是添加木藍靛粉，b值皆越來越低，顯示水洗後顏色不穩定。
(2)b值在水洗變化過程中，變性蛋白穩定度皆優於樹脂染色對照組，故變性蛋白黏著劑可替代市售樹脂。

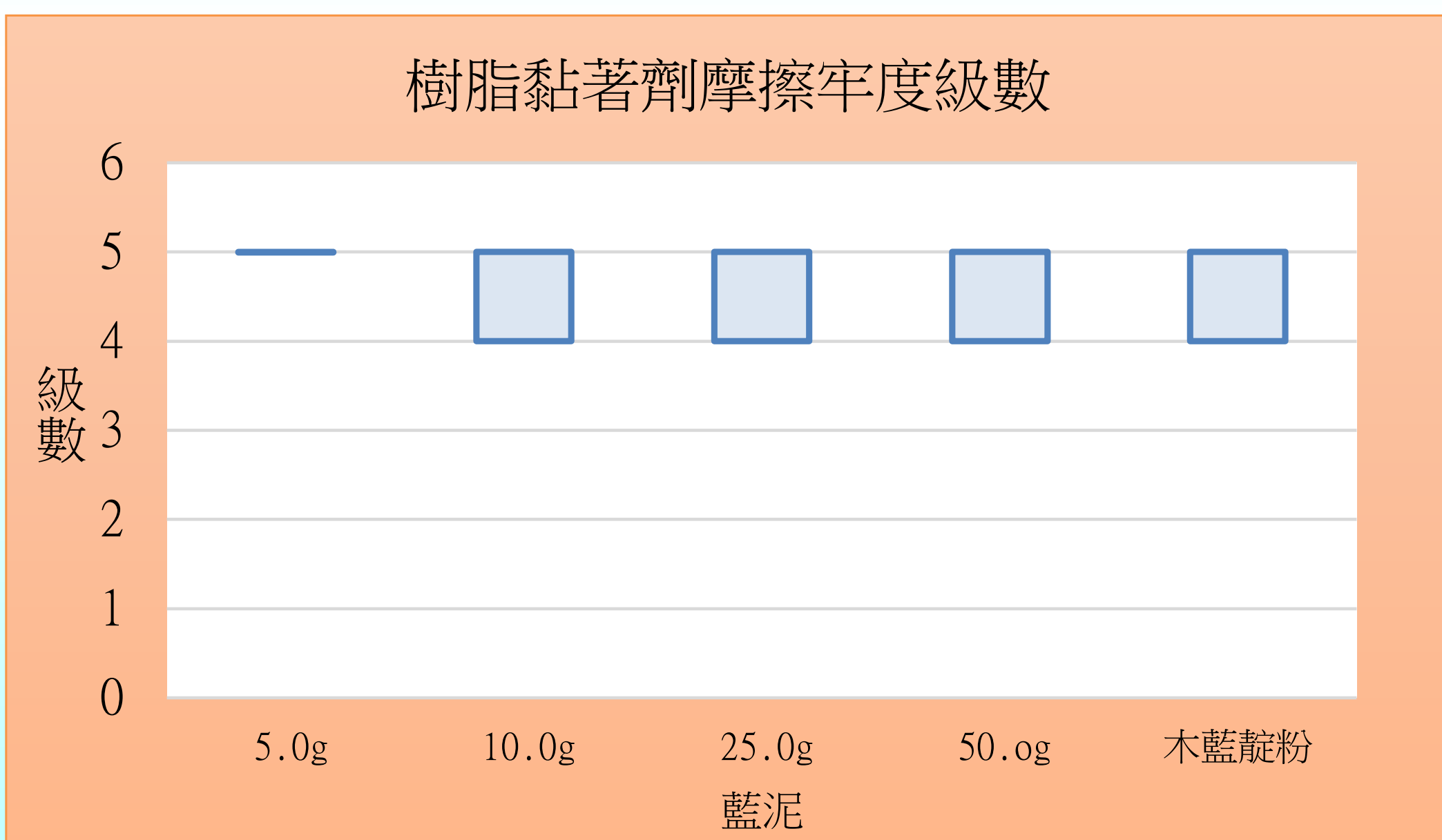
(二) 摩擦堅牢度

1. 探討變性蛋白質中加入植物性染料染色後的摩擦堅牢度



結果：以5級為最佳摩擦堅牢度來看，以變性蛋白質為黏著劑摩擦堅牢度在各組別皆可達4-5級，已屬於最佳的程度。

2. 探討市售樹脂中加入植物性染料染色後的摩擦堅牢度



結果：以5級為最佳摩擦堅牢度來看，以樹脂為黏著劑的摩擦堅牢度，皆可達4-5級以上，表示以樹脂作為染色黏著劑在摩擦堅牢度已屬於最佳的程度。

3. 總結：樹脂上色在5.0公克熟石灰組別摩擦牢度可達5級，其餘包括變性蛋白質染色及樹脂染色摩擦牢度皆能達4-5級，顯示變性蛋白質效果已經十分接近於市售樹脂黏著效果。

陸、討論

一、實驗準備：自製靛藍染料。

本組自山區取得新鮮大菁樹葉，嘗試自己製作靛藍染料。因為靛藍不易黏著於織物上，若要以漂染方式染色，仍需以鹼液進行還原反應。本組是以自行製作的黃豆蛋白黏著劑進行染色。在靛藍反應中，以每升100公克樹葉的大菁葉發酵溶液中，添加不同份量熟石灰，觀察得到藍泥的量與實際染色的色澤。製作靛藍的控制條件很多，如採收時間、浸泡時間、浸泡溫度、添加熟石灰比例、浸泡液酸鹼度等等，此次以改變熟石灰添加量測試，收穫量以50公克熟石灰產量最高，實際染色呈現略帶綠色的深藍色，熟石灰濃度越高，染後顏色越偏淺。

熟石灰	5.0g	10.0g	25.0g	50.0g	木藍靛粉
照片					

二、實驗一：探討不同量的食用醋加入豆漿時，蛋白質的收穫量

本組使用黃豆為台南十號非基改品種，根據行政院農業委員會全球資訊網紀載，蛋白質含量較進口加拿大種高10%以上。依照我們實驗結果，可知12毫升豆漿在加5.0公克食用醋時蛋白質可達最大收穫量2.981公克蛋白，若不足5.0公克蛋白無法凝固，超過5.0公克蛋白沉澱量開始降低。

三、實驗二：探討以不同溫度研磨黃豆時，蛋白質的收穫量。

我們嘗試以不同溫度研磨黃豆測試蛋白質收穫量，為了力求研磨時受常溫影響的降溫、或是高速旋轉產生的升溫造成的誤差降低，我們分二次加入已調整好溫度的純水，以果汁機研磨。結果顯示，10-80℃的研磨，收量近似，皆可獲得2.7~2.8公克的收穫量，而40℃有較好的收量，研判低溫環境中，分子活性較低，蛋白不易從細胞中釋出，在高溫環境中，又容易出現蛋白降解的情況，造成收穫量降低，所以會以中間值40℃可以得到較多量的蛋白，因差距不大，故後續實驗皆以常溫進行實驗。

四、實驗三：探討不同溫度的豆漿加酸變性後，蛋白質的收穫量。

本實驗加熱使用電子業加工恆溫加熱器，溫度經實際測量，差異僅在正負一度。實驗結果以常溫加酸的情況下，它的固形物最多。為何加溫越高，產生固形物越少？研判可能加熱造成變性反應過甚，以致變性物質被改變（參考陳文亮、毛仁淡 牛乳加熱前與加熱後乳球蛋白之差異）。

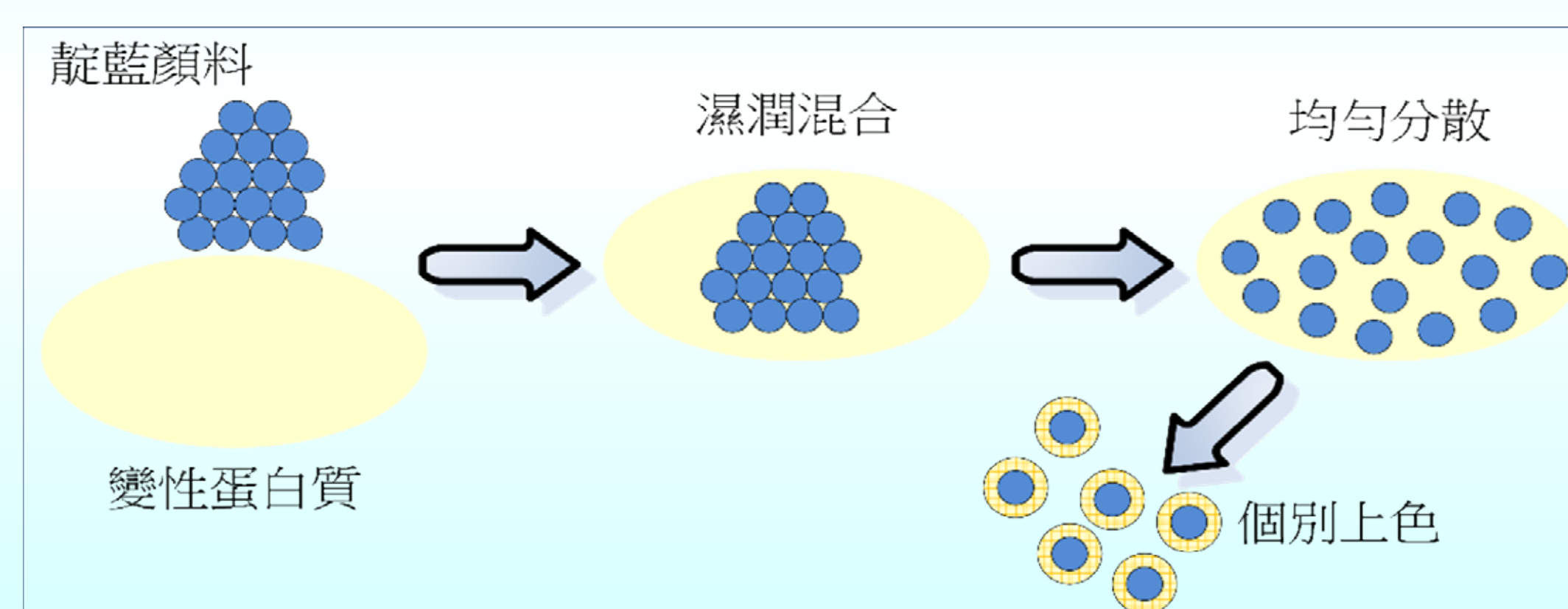
五、實驗四：探討不同抑菌劑對變性蛋白質的抑菌效果。

考慮到以變性蛋白質作為黏著劑，可能有細菌孳生導致變質的問題，我們使用常見的三種抑菌劑--硼酸、甲殼素、銀離子。我們的實驗發現，銀離子與甲殼素的抗菌效果不明顯。硼酸在2%開始有明顯抗菌效果，4%達到最佳抗菌效果。硼酸為天然礦物，若直接攝取會導致毒害，但微量不至於造成身體傷害，成人體重每公斤每日可容許0.16公克的攝取量（行政院環保署毒物及化學物質局資料），是個不至於對環境造成過重負擔的抑菌劑。

六、實驗五：以自製水洗機和摩擦機測試牛仔布染色後的堅牢度

(一) 探討變性蛋白質中加入植物性染料染色後的水洗堅牢度。

植物色素會有顏色，主要是葉綠體受光合作用。而有機植物色素的來源很廣，以花青素就多種變化。其他像甜菜色素、梔子色素，甚至有用洋蔥皮、椰薯染色。目前植物染色的方式，會添加如鉛之類重金屬當助染劑，能使顏色堅牢度提高，且更為亮麗，本組嘗試自製染料並配合黃豆蛋白黏著劑，目的就是希望能減少這些化學添加物造成的環境汙染。測量水洗堅牢度的目的：除了觀察染色後水洗的效果，也避免汙染其他的織物，我們實驗使用1.0%的清潔劑以常溫來清洗，顯示以自製染料混合黃豆變性蛋白上色，明度L值十分穩定，顏色a值變化不大，b值的穩定度優於樹脂黏著劑染色，故顯示本組實驗使用變性蛋白穩定度極佳，水洗堅牢度與樹脂黏著劑相近，甚至優於樹脂黏著劑。



(二) 探討變性蛋白質中加入植物性染料染色後的摩擦堅牢度。

摩擦堅牢度的測量以自製摩擦機完成，實驗結果顯示，除了5.0公克熟石灰組別在樹脂染色之摩擦堅牢度達5級，其餘組別的變性蛋白質效果與市售的樹脂相當。

(三) 樹脂是非天然的材料，並且當牛仔布在壓染廠施工後，深藍色色素加上樹脂的黏性，會造成機器滾筒(ROLLER)清潔的成本上升。本組使用變性植物蛋白作為黏著劑，手感較樹脂為柔軟，顏色稍淺，值得推廣。

柒、結論

一、探討從豆漿獲取蛋白質的最適條件

100毫升豆漿加入5.0公克食用醋可獲得最大蛋白沉澱量，取12毫升混合均勻溶液離心約可得2.981公克變性蛋白，研磨黃豆及加酸沉澱反應皆在常溫即可，獲得的變性蛋白質添加4.0%硼酸可得最好抗菌效果。

二、測試變性蛋白質中加入植物性染料的染色效果。

(一) 水洗堅牢度

以自製染料混合黃豆變性蛋白上色，明度L值十分穩定，顏色a值變化不大，b值的穩定度優於樹脂黏著劑染色，顯示本組實驗使用變性蛋白穩定度極佳，水洗堅牢度與樹脂黏著劑相近，甚至優於樹脂黏著劑。

(二) 摩擦堅牢度

以樹脂染色在5.0公克熟石灰組別摩擦牢度可達5級，其餘包括變性蛋白質染色及樹脂染色摩擦牢度皆能達4-5級，顯示變性蛋白質效果已經十分接近於市售樹脂黏著效果。

三、本實驗自製靛藍染料，並以蛋白質變性後之膠質作為牛仔布上色的黏著劑。水洗堅牢度效果更甚於市售樹脂，摩擦堅牢度與市售樹脂級數相當，故依照本實驗結果可知，蛋白變性後的膠質上色，更能符合環保需求，因此取代化學合成樹脂確實可行。希望將來能實際應用於染整廠，取代化學合成非天然的藥劑。為了環保，我們要繼續找出最佳的天然的材料，來為維護地球環境盡一份心力。

本實驗「變性蛋白組成物作為布助染劑之用途及布染料」
申請發明專利：109124770

捌、參考資料

服裝業的化學汙染。經濟部中小企業處網站。查詢日期：2020/4/30

https://micro.sme.gov.tw/cht/index.php?act=article_share&code=view&ids=80

葉亞欣、楊秉澄、林冠宇(2012)百黏好合一動物性與植物性蛋白質製成蛋白膠水的探討。全國第52屆中小學科學展覽會作品說明書。