

# 中華民國第 58 屆中小學科學展覽會 作品說明書

---

國小組 化學科

第一名

080210

化腐朽為神漆

學校名稱：台北歐洲學校(小學部)

作者： 小六 黃楷翔	指導老師： Yoko Tsai
---------------	--------------------

關鍵詞：小米酒粕、蛋白質、天然塗料

# 得獎感言

## 化腐朽為神奇

我永遠記得在台中中興大學惠蓀堂的全國中小學科展的頒獎典禮上，當主持人說出小學組化學科第一名是「化腐朽為神漆」時，我內心的悸動！那時我的腦中一片空白，真的是我，我做到了！兩年多來辛苦的汗水，瞬間化成了喜悅的淚水，日以繼夜的努力與眾多師長的熱心指導，我終於實現了心中的夢想！

從小，我就對於化學有濃厚的興趣。在爸媽的引導下，我閱讀了許多科普叢書，包括了觀念化學與美國科學人雜誌，這些書用淺顯易懂的圖文為我解釋了許多化學反應與原理，讓我越讀越投入，常常讀到捨不得睡覺。閱讀為我搭建知識的鷹架，讓我站在專家們的肩膀上，點燃我探索未知領域的熱情。

這次的科展，我使用不同的化學方法來從廢棄酒粕中提取蛋白質製成無毒膠水和塗料。這是非常具有挑戰性的，因為蛋白質本身就是一種複雜的化合物，實驗過程中常常會遇到變因不易控制的狀況，例如溫度或酸鹼值的些微改變就會導致實驗結果有極大的差異而失敗。因此，我花了一年多的時間，好不容易才找到了適合的反應條件。為了增加實驗的可信度，我反覆測試，排除了可能干擾因素，讓我的實驗能控制各種變因並且具有再現性，這對我來說難度相當高。為了解決這些困難，我請教了許多化學老師，很幸運的，實驗中所遇到的困難在老師們的協助下一一解決。很多次，在實驗失敗後，我幾乎要放棄了，但我想到這實驗一但成功，酒粕殘渣不再只能被丟到焚化爐，而是化身為具有經濟價值的科技產物，我也能為綠色地球盡一份心力！這給了我勇氣和毅力去克服挫折與困難，我更領悟到原來突破瓶頸後看見的結果是多麼令人振奮！

這次很榮幸能參加全國科學展覽競賽，與全國的高手同場切磋，讓我有非常大的成長。在比賽的準備過程中，廣泛涉獵參考文獻還有臨場應變能力的進步，讓我在評審們提出問題時，能有條不紊的闡述實驗設計理念與科學學理根據，這是經過長期不斷與指導老師們深入討論，與反覆的口說練習下所鍛煉出來的能力。科展訓練培養出獨立思考、互助合作的精神將會是未來人生發展的重要基石！

最後，我要感謝我的父母，他們讓我能快樂的學習。也要感謝台北市輔導團隊的教授和老師們，讓我在面臨挫折時不輕言投降，維持對化學研究的高度熱誠。期許自己在未來的學

習路上，能更有熱情與勇氣。化學之所以迷人，是認識我們身邊各種物質的特性，利用物質與物質之間的反應變化或關係，解決生活的問題並且創造各種可能，這就是我喜歡化學的原因，希望我的研究能改善全世界人類的生活，化腐朽為神奇！



數不清的實驗、失敗與修正



從「想」到「做」，  
研究規劃、實驗的過程，  
充滿學習的樂趣！



辛苦的實驗研究，  
終將結出甜美的果實！

## 摘要

首創從高粱、玉米、小米等廢酒粕和黃豆渣提取蛋白質製成天然蛋白膠水與塗料。

- 一、逐步改變變因進行蛋白質變性實驗，發現小米酒粕的沉澱量最多。
  - 二、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。
  - 三、經由實驗找到最佳比例的天然填充料蛋殼粉和最低濃度的黴菌抑制劑硼酸。
  - 四、用自製的黏度器和塗膜器調整配方製成塗料，均勻塗在木板和矽酸鈣板上。發現添加幾丁質塗料在化學溶液浸泡和耐候實驗後幾乎無脫落變色。
  - 五、從隔熱和耐磨堅牢度實驗中得知，小米酒粕幾丁質塗料有較好隔熱及耐磨效果。
- 小米酒粕幾丁質塗料環保耐用，能賦予廢棄物新用途，為綠色化學貢獻一份心力。

## 壹、研究動機

媽媽選了德國製的牛奶蛋白塗料來粉刷牆壁，因為無甲醛、重金屬、無臭味，給人好印象。國外曾用牛奶和豆漿製成膠水或塗料，但是糧食短缺，非常浪費。我想到豆漿店的黃豆渣和酒廠釀酒完的廢棄酒粕，含高成分的穀物蛋白，如果提取穀物殘渣中的蛋白質，做成天然無毒膠水或塗料，可以讓使用者更安心。除了廢物利用更環保，更提供蛋白質的新來源。參考自然課本「溫度、攪拌對溶解的影響」、科學人雜誌「蛋白質變性的秘密」、「觀念化學」。

## 貳、研究目的

實驗取三種廢棄酒粕和黃豆渣，以緩衝溶液與加熱將其變性，得到穀物蛋白。透過黏著力測試找出最佳膠水，再透過化學和物理測試及抑菌實驗找出最佳蛋白塗料配方。

本組實驗目的規劃如下：



- 一、實驗一：從廢棄酒粕與黃豆渣中提取蛋白質
- 二、實驗二：比較穀物蛋白的黏著拉力，找出最佳蛋白膠水
- 三、實驗三：探討酸、鹼、漂白水溶液對穀物酒粕蛋白塗料的影響
- 四、實驗四：比較穀物酒粕蛋白塗料隔熱、耐候與摩擦測試，找出最佳蛋白塗料配方
- 五、實驗五：探討穀物酒粕蛋白塗料內抑菌劑的最低濃度

## 參、研究設備及器材

### 一、材料：

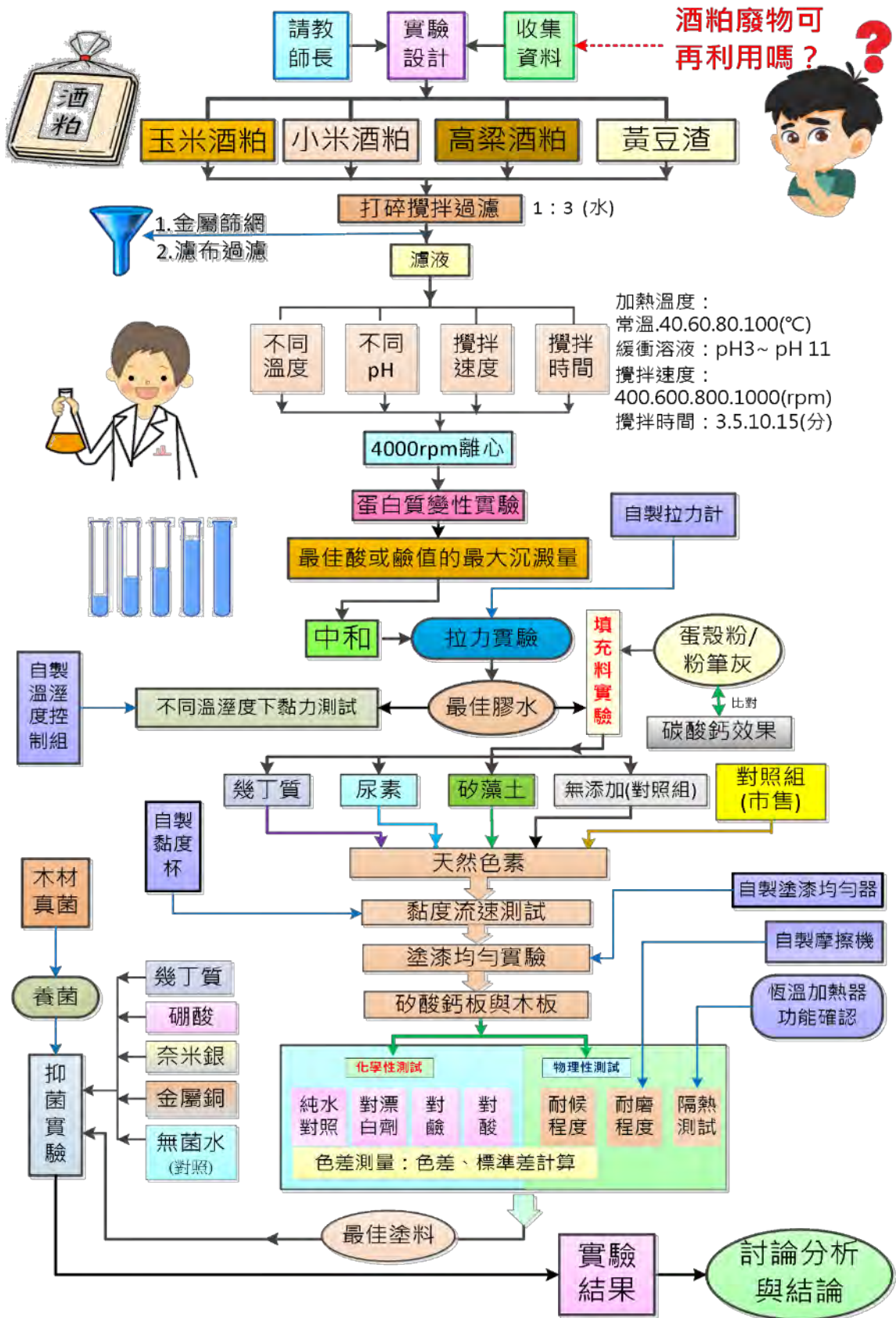
			
玉米酒粕	小米酒粕	高粱酒粕	黃豆渣
			
緩衝溶液	小蘇打粉	碳酸鈣	蛋殼
			
木板	矽酸鈣板	幾丁質粉	矽藻土
			
尿素	市售蛋白塗料	發霉木棒	馬鈴薯
			
葡萄糖	寒天粉	酒精 70%	硼酸
			
奈米銀	銅金屬	冰醋酸	碳酸鈉
			
漂白水	天然礦物色粉	氫氧化鈉	硫酸銅

## 二、設備與儀器：

			
燒杯	電子天平	果汁機	粗濾不銹鋼網
			
濾袋	酸鹼度計	磁石攪拌器	離心機
			
廣用試紙	100 目篩網	文件夾	壓舌棒
			
酒精燈	手套	棉花棒	培養皿
			
削皮器	血清瓶	UV 燈	微量滴管&tip
			
離心管	開口板手	電子厚薄規	色差儀
			
電動起子	計時器	溫度記錄器	加熱平台

# 肆、研究過程及方法

## 一、研究架構圖：



## 二、前人科展研究與本組創新：

全國中小學科展歷屆優勝作品：中華民國第 56 屆國小組生活應用（編號 080803）

「蛋」妝素抹 - 探討植物蛋白製作天然塗料之可行性：

	前人科展研究	本組創新
原料	黃豆	採用黃豆渣和廢棄酒粕製成塗料，更為環保
變性	加入白醋、加熱 60~80 度	謹慎設計實驗控制變因和操縱變因(攪拌時間、速度、不同 pH 值的緩衝溶液和不同溫度加熱)對於應變變因(蛋白質變性)的影響
附著力	手動拉力計撕下雙面膠	(1)自製電動拉力計，既省力又準確 (2)自製溫溼度控制器，研究溫溼度對膠水影響
填充料	碳酸鈣與硫酸鈣	(1)將廢棄蛋殼清潔去膜、曬乾後磨粉，更天然 (2)找出最佳比例的填充料配方
建材	木板、水泥板	採用室內常用的木板、矽酸鈣板
塗膜	人工塗刷測試	自製黏度杯和塗漆均勻器，使塗料厚度一致
耐磨	無	自製耐磨機做牢度測試，測試塗料脫落狀況
抑菌	鞋底細菌	(1)廢棄木材上取得的黴菌作為菌種，符合實際 (2)找出最低濃度的有效抑菌配方
殘渣	丟棄	實驗後的酒粕殘渣製成再生紙，零殘渣
發展	無	不同黏度的膠水、多色塗料、環保無毒立可白
專利	無	專利申請中(專利案號:1073361)

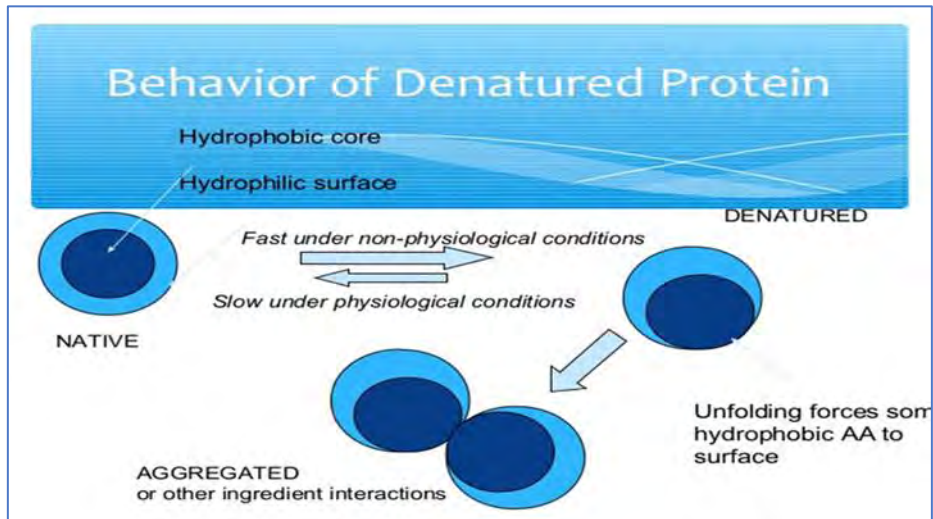
## 三、理論與文獻探討：

### (一)蛋白質的變性作用(denaturation or unfolding)：

蛋白質是由多種胺基酸通過肽鍵構成的高分子化合物，各胺基酸結合成具有一定順序的肽鏈，經物理或化學處理，就可使其結構改變，產生蛋白質變性。蛋白質變性會使黏度增加，在製作膠水和塗料上可以幫助黏合。

(下圖取自：Koushik Das , PHD Student at Cochin University of Science and Technology)





## (二) 緩衝溶液(Buffered Solution)：

緩衝溶液由共軛的酸鹼對組成，如醋酸和醋酸鈉，碳酸氫鈉和碳酸鈉等等，能有效抵禦酸鹼的少量加入，保持 pH 的基本穩定，控制固定的條件。

## (三) 幾丁質 (Chitin)：

由甲殼類生物外殼提煉的物質，屬長鏈的多醣聚合物，有吸溼、保溼、增黏、減少摩擦等特性。幾丁質具成膜性，可作本實驗塗料成膜的輔助材料；能夠保溼，水分能夠吸熱，可作隔熱材料；幾丁質還有無毒、無味、具生物黏性、可生物降解等優點，當廢棄物埋入土壤後，可以迅速被微生物分解，不會造成環境汙染。

## (四) 塗料的組成：

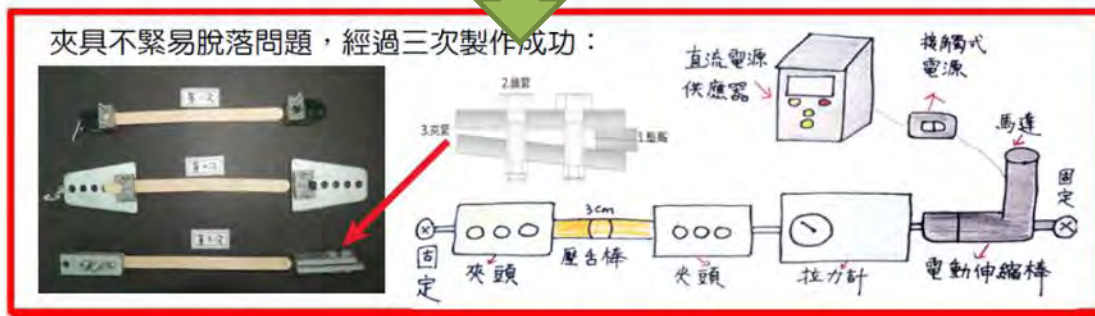
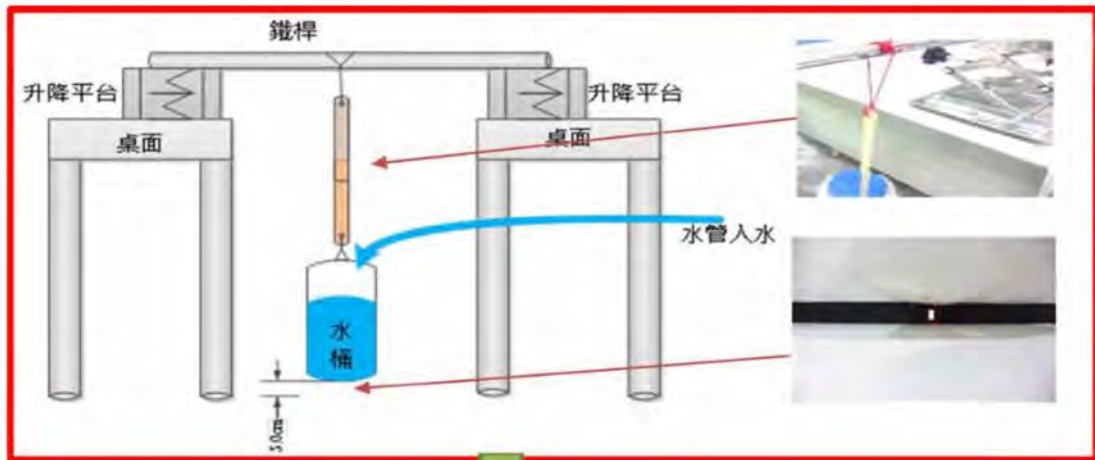
塗料主要由四部分組成：成膜物質、填充料、顏料、助劑。

- 成膜物質—是塗料的黏合劑，具有黏結塗料中其它組分形成塗膜的功能。
- 填充料—較便宜的材料，可以增加膠水的黏度和塗料的厚度。
- 顏料—顏料使塗膜呈現色彩，以發揮其裝飾和保護作用。
- 助劑—是塗料的輔助材料，但不能獨立形成塗膜，它在塗料成膜後可依性能要求的不同，而需要使用不同的助劑，以發揮其不同作用。

本實驗：穀物殘渣蛋白膠 + 填充料 + 顏料 + 助劑 + 抑菌劑 = 環保蛋白塗料

#### 四、預備實驗：

(一)拉力測量的改良：水桶吊掛測重 → 本組研發自製拉力計



拉力測量	水桶的吊掛測重	改良：自製電動拉力計
測量方式	(1)膠水黏力大，水量約 20~25 公斤，易從鑽洞處斷裂。 (2)固定、裝卸壓舌棒及來回提倒水桶容易打翻、費時費力。	(1)尋找適當的夾具改良，拉力計停在最後拉力點，可校正歸零。 (2)簡易裝卸壓舌棒，可測得膠水黏固力，省時省力。

#### (二)自製溫溼度控制器：

1. 準備材料：保麗龍箱、二組致冷晶片、風扇、散熱鰭片、溫溼度控制器、超音波噴霧器、12V 電源供應器與加熱片，可控制溫度範圍：5°C~120°C，可控制濕度範圍：相對濕度可控制在 30~100 %RH，精度 0.5°C。

#### 2. 原理：

- (1)致冷晶片模組搭配散熱鰭片及風扇達到降溫凝結水氣。
- (2)超音波霧化器達到加濕功能。
- (3)加熱板通電後可以調整達到所需溫度。



### (三)自製黏度杯：

**目的：**塗料中需添加「助劑」增加抗蝕、保濕、隔熱和耐磨的性能，查詢文獻得知幾丁質、尿素和矽藻土有這些特性，利用自製黏度杯可以調整自製塗料和市售塗料有差不多的黏度，使實驗(三)(四)的化學和物理測試更客觀。

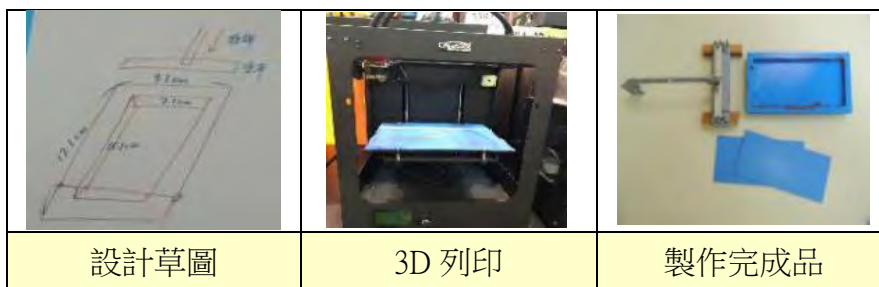
**作法：**取 50ml 離心管，將錐子加熱在底部小心鑽開孔徑為 5.0mm 小孔，並垂直固定。計算液體流經黏度杯所需秒數，可評估**樣品黏度**，方便快捷。




### (四)自製塗膜均勻器：

**目的與做法：**塗料厚度均勻一致，提高實驗的準確性，**3D 列印**製作塗膜均勻器。

1. 用電子厚薄規量出木板與矽酸鈣板的厚度，再以**3D 列印機**製作長方形無蓋容器。
2. 用廢材製作手持**推桿平整器**，將塗料壓平後再將多餘塗料刮除。



3. 電子厚薄規測量塗漆前後的木板和矽酸鈣板厚度，**顯示塗膜厚度均勻**。

	單位：mm	AVG	MAX	MIN	R 值	SD
	塗漆前木板厚度	5.453	5.486	5.423	0.064	0.018
	塗漆後木板厚度	5.622	5.667	5.601	0.066	0.018
	塗漆前矽酸鈣板厚度	6.211	6.239	6.178	0.061	0.020
	塗漆後矽酸鈣板厚度	6.388	6.426	6.361	0.065	0.020

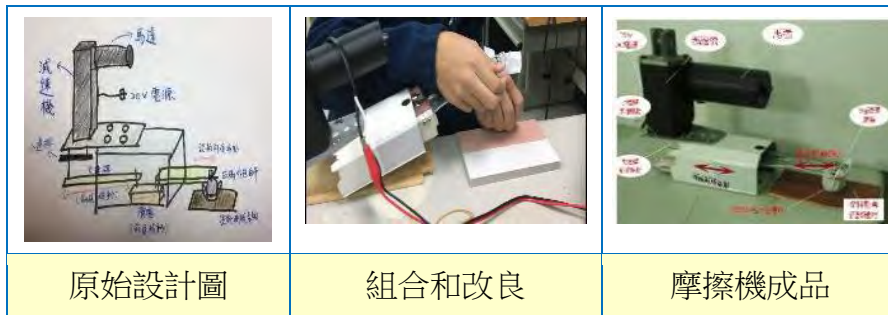
### (五) 摩擦機的製作：

1. **原理：**按摩椅拆下的舊馬達接上電源可帶動小連桿，再以螺絲連上並帶動大連桿前後移動，讓鋁板上的砝碼可以前後摩擦。

#### 2. 製作過程組合與改良：

(1) 馬達以鐵板固定在線槽上，塑膠滑塊上的大小連桿，連接到馬達下方固定孔。

(2) 滑塊前端加裝鋁板，作為滑動桿，桿前方加裝 50 公克砝碼，以增加重量。

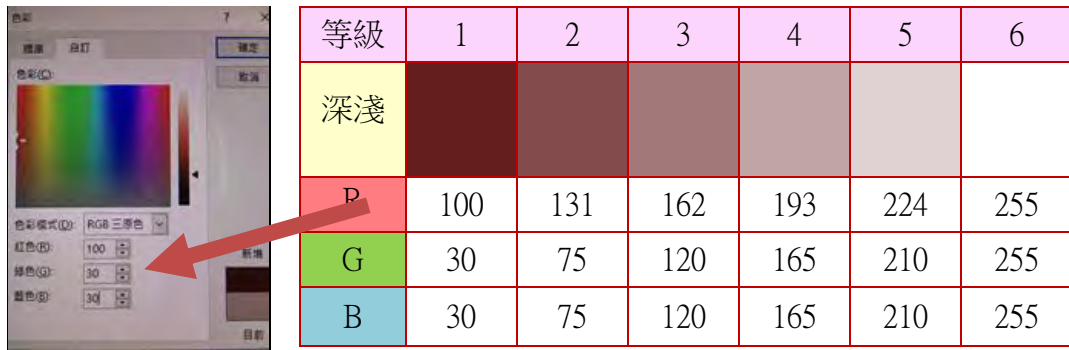


#### 3. 自製標準色卡牢度顏色的等級判定：

製作咖啡色六階色卡，定義由深色到無色 1~6 級。

(1) 選較接近的塗料顏色，找出 RGB，再畫出它們的等級，盡量趨近於塗料原色。

(2) 製作顏色表格：遊標移至格內→按右鍵→網底→自訂→在 RGB 填入數字。



4. **操作方法：**將 60/60 平織全棉白布，以橡皮筋束好在砝碼底部，將上過塗料已乾燥的木板和矽酸鈣板置於摩擦機砝碼下，開啟電源，摩擦計時三分鐘後取出觀察白布沾上塗料顏色深淺，依照自製標準色卡，判等級數。

### (六) 培養液的準備與養菌：

#### 1. 固態、液態培養液製作：

(1) 將馬鈴薯削皮後切塊，取 200g，加入純水 800g，熬煮 1 小時；過濾後，將水量加至 1000g 後，加入 20g 葡萄糖。

(2) 取 400g 的溶液加入 8.0g 寒天粉攪拌均勻後為 PDA；再取 150g 的溶液加入 0.75g 寒天粉攪勻後為 Soft Agar，未加寒天粉為 PDB。

(3) 將培養液分別倒入血清瓶中，蓋子不鎖緊，瓶口用鋁箔紙密封，以上備好放在壓力鍋中加水 500g，加熱滅菌 30 分鐘。

(4) 固態培養基(PDA)製作：將微溫培養液倒入培養皿中待冷卻。



## 2. 培養黴菌：

(1) 用 70%酒精噴灑桌面，將桌面滅菌。

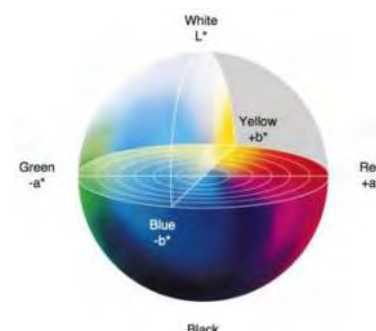
(2) 在無菌箱裡，用已消毒棉花棒沾無菌水，再沾木板上長黴的菌至 PDB 試管中攪拌後將鋁箔微包緊養菌。另做一個無菌試管為對照組，室溫下培養 16 小時。

## (七)色差儀的測量：

1.名詞介紹：**Lab** 代表給定顏色的點在球面上的三維坐

標。算 Lab 的距離知道色差值：**距離越短顏色越接近**

$$\text{色差值公式：}\Delta E(\text{色差值}) = \sqrt{\Delta L^2 + \Delta a^2 + \Delta b^2}$$

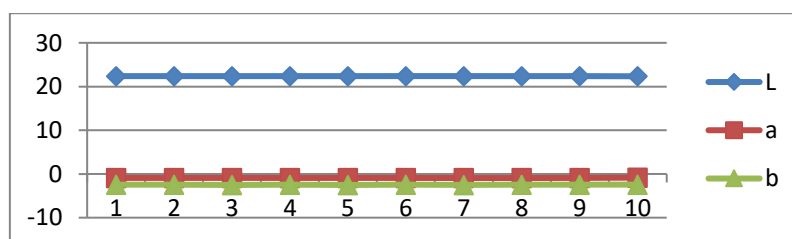


## 2.色差儀的測量：

(1)色差儀具標準光源，無外界光源的干擾誤差。

(2)快速測量被測樣本的L、a、b值，可連線電腦紀錄並計算色差。

3.色差儀穩定度確認：以色差儀測量黑色板同一位置 10 次，測量其 Lab 值的數值：



實驗結果：顯示色差儀的測量數值穩定，將在實驗三和四中使用。

## 五、實驗過程與步驟：

### (一) 實驗一：從廢棄酒粕與黃豆渣中提取蛋白質

#### 1. 製漿與過濾：

- (1) 向廠商索取高粱酒粕、小米酒粕和玉米酒粕及黃豆渣等乾物後，各取 300 公克分別加入純水 900 公克，放到果汁機中以低速 5 分鐘均勻攪碎。
- (2) 雙重過濾法：先用金屬 20mesh 篩網粗濾，再以豆漿濾布做第二次過濾後備用。
- (3) 滴碘液測澱粉：在四種材料濾液中滴入碘液測量是否有澱粉。



#### 2. 準備酸性與鹼性緩衝溶液：向廠商訂購可調配 pH3~11 的緩衝溶液

#### 3. 實驗 1-1：取四種材料濾液依不同溫度加熱後，測量沉澱物重量

實驗方法：設定在以下各溫度：常溫、40°C、60°C、80°C、100°C

加熱持溫 5 分鐘後，放置離心管離心移出上清液後測量沉澱物重量。

#### 4. 實驗 1-2：加熱後，以緩衝溶液調整到 pH3~pH11 測量沉澱物重量

實驗方法：實驗 1-1 冷卻後，加入設定的緩衝溶液 20 毫升，以 pH 計測量達到以下

酸鹼值：pH3 ~ pH11 後放置離心管離心移出上清液後測量沉澱物重量。



#### 5. 實驗 1-3：另取四種材料濾液先用緩衝溶液調配成不同 pH 值，測量沉澱物重量

實驗方法：以緩衝溶液調整到 pH3~11 後，離心移出上清液後測量沉澱物重量。

#### 6. 實驗 1-4：用緩衝溶液調配成 pH 值後，設定不同溫度加熱

實驗方法：依實驗 1-3 調配 pH 後加熱，離心移出上清液後測量沉澱物重量。

#### 7. 實驗 1-5：擇取實驗 1-1~1-4 四種穀物蛋白變性實驗結果後最多沉澱量者，以緩衝溶液 pH 值更精確細分五等份，找出最大沉澱量



### 8. 實驗 1-6：探討磁石攪拌機攪拌速度是不是會影響沉澱量

實驗方法：四種材料調相同 pH、相同溫度加熱後，依不同攪拌速度，測沉澱量。

### 9. 實驗 1-7：探討磁石攪拌機攪拌時間是否會影響沉澱量

實驗方法：四種材料調相同 pH，相同溫度加熱後，依不同攪拌時間，測沉澱量。

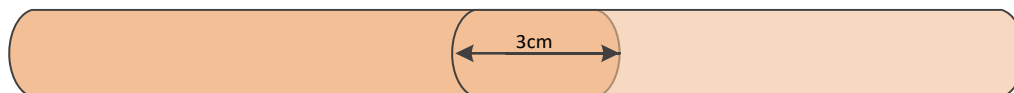
### 10. 實驗 1-8：顯微鏡觀察四種沉澱物並且檢測沉澱物

實驗方法：取實驗 1-5 沉澱物放光學顯微鏡觀察拍照並作蛋白質雙縮脲檢測。

## (二) 實驗二：比較穀物蛋白的黏著拉力，找出最佳蛋白膠水

### 1. 黏著力測試準備：

- (1) 取實驗 1-4 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。
- (2) 取四種蛋白膠每次各 0.2g 在壓舌棒 3cm 貼合區均勻塗抹後夾緊，再放置乾燥。



### 2. 黏著拉力測試實驗步驟：

- (1) 用螺絲起子將壓舌棒鎖上兩端夾具，拉力計歸零，啟動電源
- (2) 壓舌棒被拉開時，拉力計指針停留位置，即為實驗拉斷時最大的拉力。



### 3. 實驗 2-1：不同變性溫度下的黏著拉力實驗

實驗方法：依實驗 1-4 的實驗結果取得四種蛋白膠水，測得黏著拉力。

### 4. 實驗 2-2：模擬不同溫濕度下的黏著拉力實驗

- (1) 自製溫溼度控制箱，控制實驗條件：
  - A. 不同溫度 10、30、50、70、90°C 下 4 小時的拉力比較。
  - B. 不同濕度 30、50、70、90%RH 下 4 小時的拉力比較。

(2) 測試方式：從溫溼度箱取出後要立即實驗，以免受環境影響改變。

(3) 將小米酒粕蛋白膠水和市售南寶樹脂和糯米膠比較黏力。

### 5. 實驗 2-3：填充料(蛋殼粉、粉筆末與碳酸鈣)黏著力比對實驗

(1)塗料用碳酸鈣作填充料，故用不同比例蛋殼粉、粉筆灰與碳酸鈣測量拉力比較。

(2)取小米蛋白膠水 10g 分別添加 10%、20%.....60%的蛋殼粉、粉筆末和碳酸鈣，攪拌均勻，同實驗 2-1 黏固拉力實驗步驟。

## (三)實驗三：探討酸、鹼、漂白水溶液對穀物酒粕蛋白塗料的影響

### 1.塗料的準備：

取實驗結果最佳黏度的小米蛋白膠水，分別加入水、蛋殼粉 30%與天然礦物色粉 0.5%，攪拌均勻調成塗料樣本，另取市售蛋白塗料加入色粉作對照。

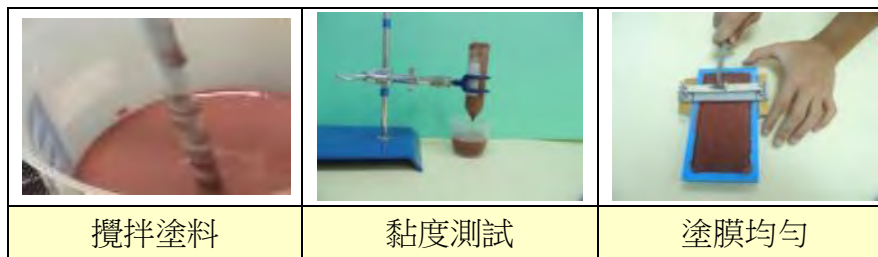
### 2.實驗 3-1：添加物配方用量黏度流速測定

(1)取小米酒粕蛋白膠水分別加入不同比例 2.0、2.5、3.0、3.5、4.0%的幾丁質、尿素、矽藻土，充分攪拌混合均勻與市售塗料(對照組)比較黏度。

(2)分別取以上各材料 50ml 加進**自製黏度杯**，將黏度杯鎖上上蓋，並**垂直**固定。

(3)開蓋即計時，當管底流出的流絲出現第一個中斷點時停止計時。

3.利用自製的塗膜均勻器將塗料上色到木板和矽酸鈣板，放置一週待乾燥。



### 4.調配酸性、鹼性和漂白水溶液：

(1)酸性：取冰醋酸 150 毫升加水至 3000 毫升，配製成 5.0%的酸性水溶液。

(2)鹼性：取碳酸鈉 150 公克加水至 3000 毫升，配製成 5.0%的鹼性水溶液。

(3)漂白水：取 30.0 毫升漂白水加入純水至 3000 毫升，做成濃度 1.0%之漂白水。

(4)對照組：取乾淨純水 3000 毫升。

### 5.實驗 3-2：浸泡測試

(1)將塗料乾燥的木板和矽酸鈣板分別浸泡以上溶液 2 小時後取出晾乾。

(2)用色差儀測量木板和矽酸鈣板 **Lab 數值**，並計算其**色差值**，比較塗料脫落程度。



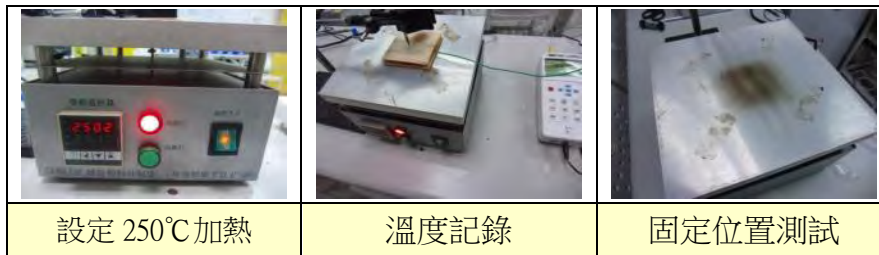
#### (四)實驗四：比較穀物酒粕蛋白塗料隔熱、耐候與摩擦測試，找出最佳蛋白塗料配方

1.樣本準備：同實驗 3-1 步驟將各塗料上色到木板與矽酸鈣板。

##### 2.實驗 4-1：隔熱測試：

(1)將乾燥完成的塗料木材樣本，置於設定 250°C 的恆溫加熱器上。

(2)塗料木板上方另放一塊木板壓重，兩塊木板的中間固定處，放置連續溫度記錄器 K-type 感應頭，設定測量木板表面溫度並儲存紀錄。



##### 3.實驗 4-2：耐候測試：

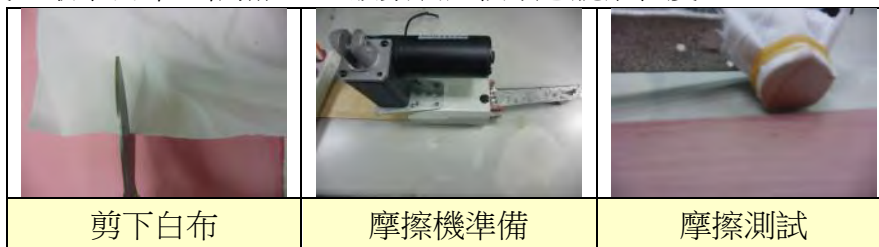
(1)將上過塗料的木板和矽酸鈣板放在可風吹日曬雨淋的陽台 2 個月，也各放一組在室內作為對照。

(2)色差儀測量木板和矽酸鈣板 Lab 值，記錄到電腦中計算色差值，比較耐候表現。



##### 4.實驗 4-3：耐磨測試：

將塗上塗料並乾燥的木材和矽酸鈣板置磨擦機砝碼下，開啟電源，前後摩擦 3 分鐘後，取下白布，依照 RGB 級數表比較顏色脫落程度。



#### (五)實驗五：探討穀物酒粕蛋白塗料內抑菌劑的最低濃度

##### 1.實驗 5-1：抑菌實驗準備：

(1)將 PDA 培養皿置於無菌箱，以 UVC 燈照射 30 分鐘殺菌。

(2)將抑菌配方分為：奈米銀、幾丁質、硼酸、與浸泡銅線 3 週的水溶液，依照以下比例稀釋和無菌水對照組。

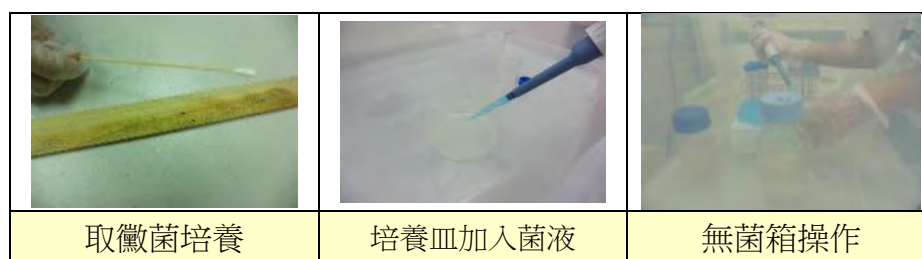
(3)取添加 Soft Agar 的 PDB 4.5ml，加入黴菌菌液 0.5ml。再分別均勻倒入 PDA 上，靜置約 15 分鐘凝固。(①~④)抑菌材料的濃度由高到低另有⑤無菌水當對照組)

材料 編號	①	②	③	④	⑤
幾丁質(%)	5.0	2.5	1.25	0.625	無菌水
硼酸(%)	5.0	2.5	1.25	0.625	無菌水
奈米銀(ppm)	500	250	125	62.5	無菌水
浸泡銅線( $\mu\text{S}/\text{cm}$ )	62.0	62.0	62.0	62.0	無菌水



## 2.實驗 5-2：抑菌實驗：

實驗方法：在塗佈黴菌且已凝固的 PDA 培養皿上打 5 個洞，並分別編號。在打洞處以微量滴管滴入 150  $\mu\text{L}$  所做的抗菌材料。每日觀察結果，測量抑菌圈。

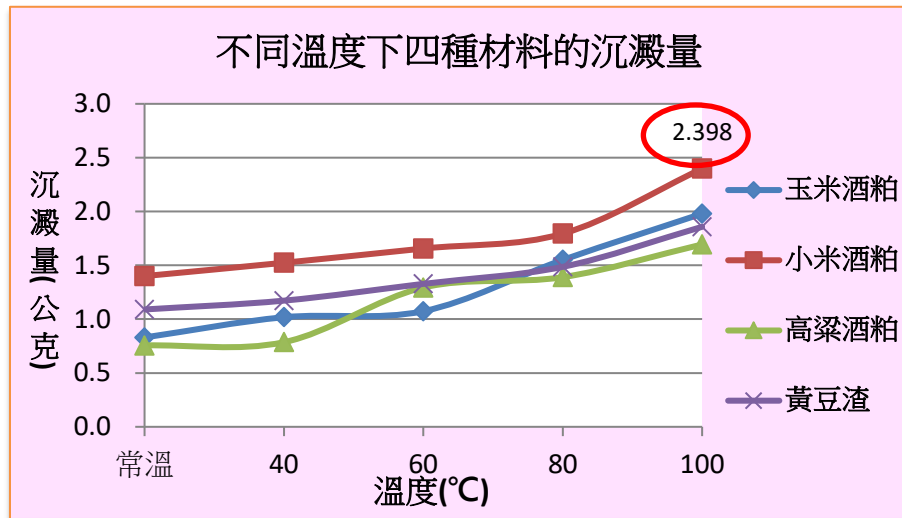


## 伍、研究結果

### 一、實驗一：從廢棄酒粕與黃豆渣中提取蛋白質：

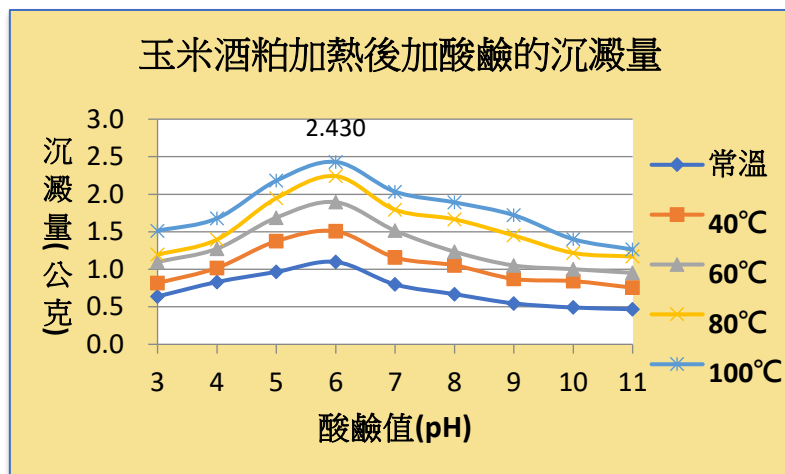
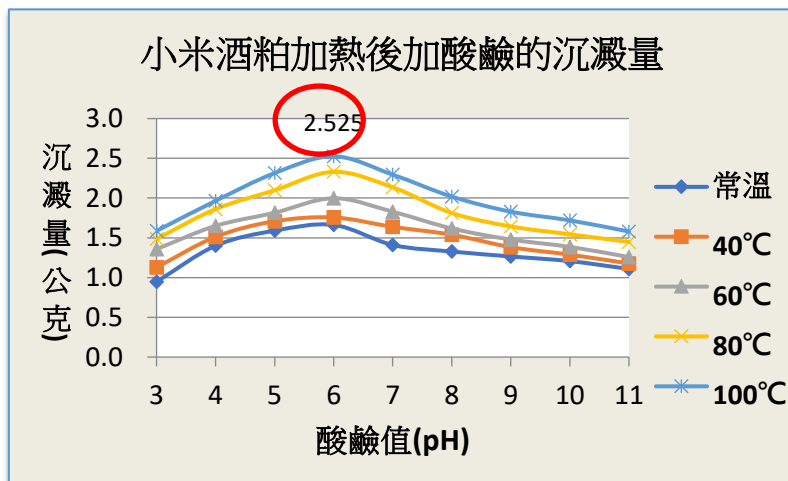
實驗	實驗設計	控制變因	操縱變因	實驗結果/應變變因 (沉澱量)
1-1	加熱	攪拌時間. 攪拌速度	加熱溫度 (常溫.40°C.60°C.80°C.100°C)	加熱 100°C 小米酒粕沉澱量高
1-2	加熱後再調 pH 值	攪拌時間. 速度.溫度	緩衝溶液調(pH3~ pH 11)	加熱 100°C、pH5~6 小米酒粕沉澱量較高
1-3	調 pH 值	攪拌時間. 攪拌速度	緩衝溶液調(pH3~ pH 11)	pH5~6 小米酒粕沉澱量較高
1-4	調 pH 值後再加熱	攪拌時間. 速度.pH 值	加熱溫度 (常溫.40°C.60°C.80°C.100°C)	pH5~6、加熱 100°C 小米酒粕沉澱量最高
1-5	再找最佳 pH 值	攪拌時間. 速度.溫度	緩衝溶液調 pH 值(小數點下一位)	pH5.6、加熱 100°C 小米酒粕沉澱量最高
1-6	最適攪拌時間確認	攪拌速度. pH 值.溫度	攪拌時間	攪拌時間 10 分鐘
1-7	最適攪拌速度確認	攪拌時間. pH 值.溫度	攪拌速度	攪拌速度 600rpm

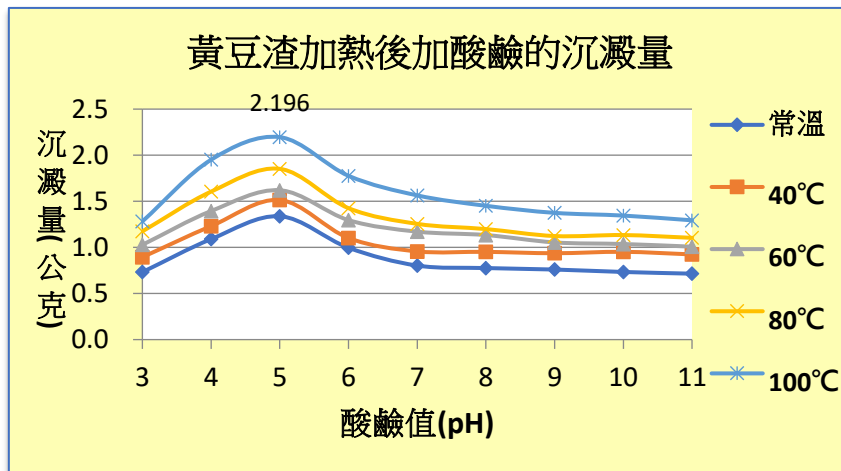
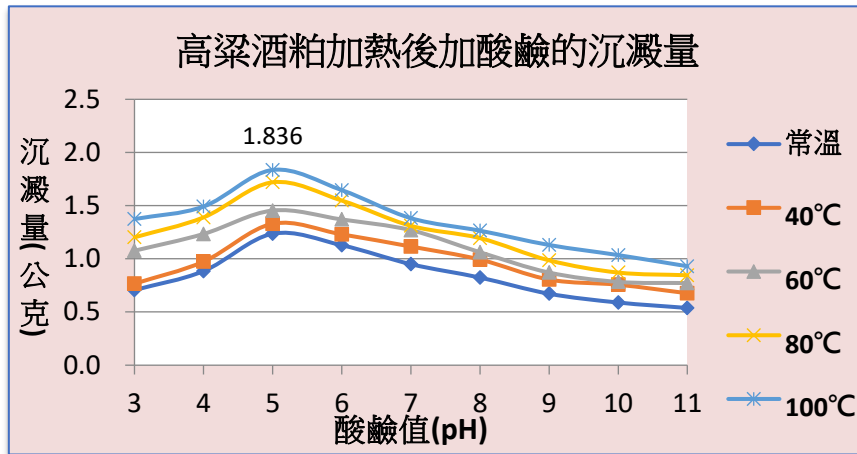
(一)實驗 1-1：取四種材料濾液依不同溫度加熱後，測量沉澱物重量



實驗發現：四種材料在加熱到 100°C 時，沉澱量最多。

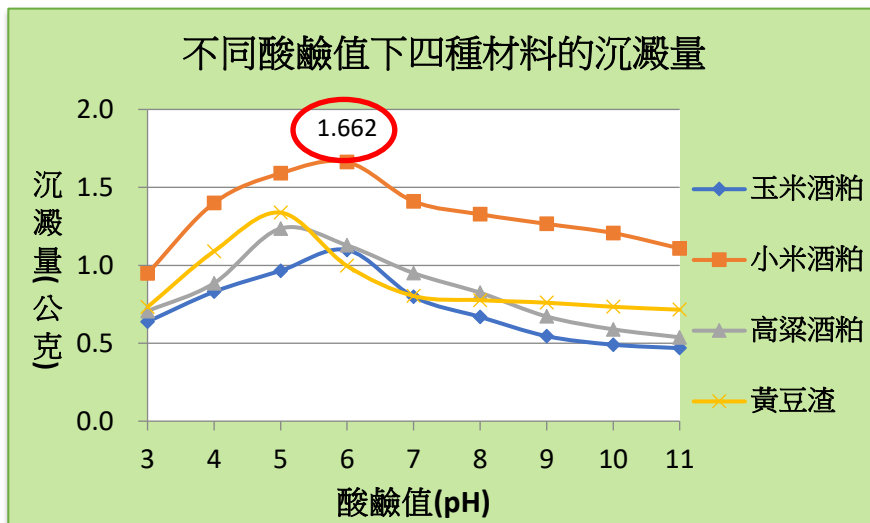
(二)實驗 1-2：加熱後，以緩衝溶液調整到 pH3~pH11 測量沉澱物重量





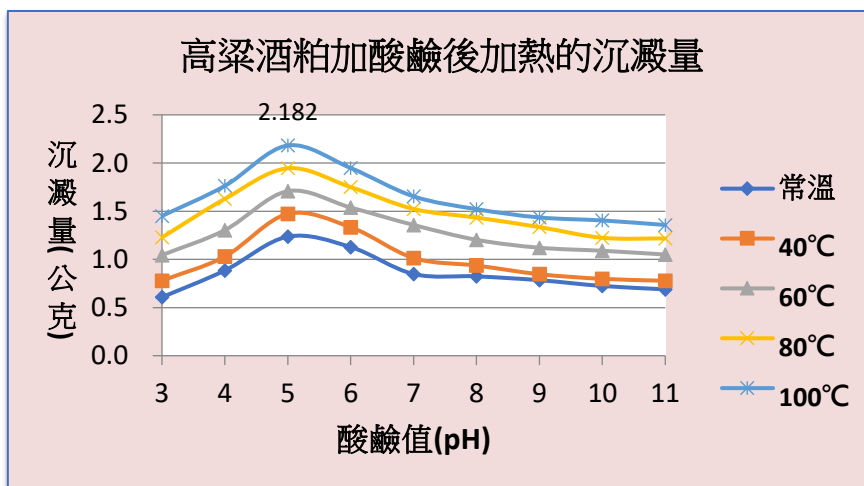
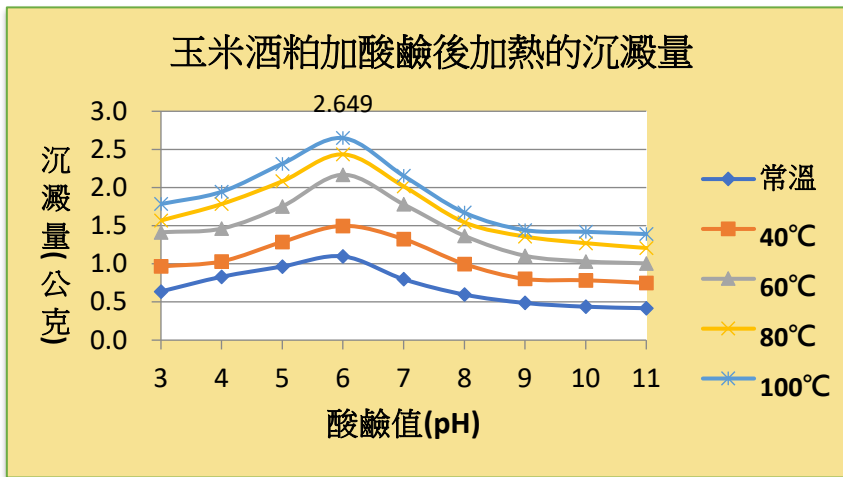
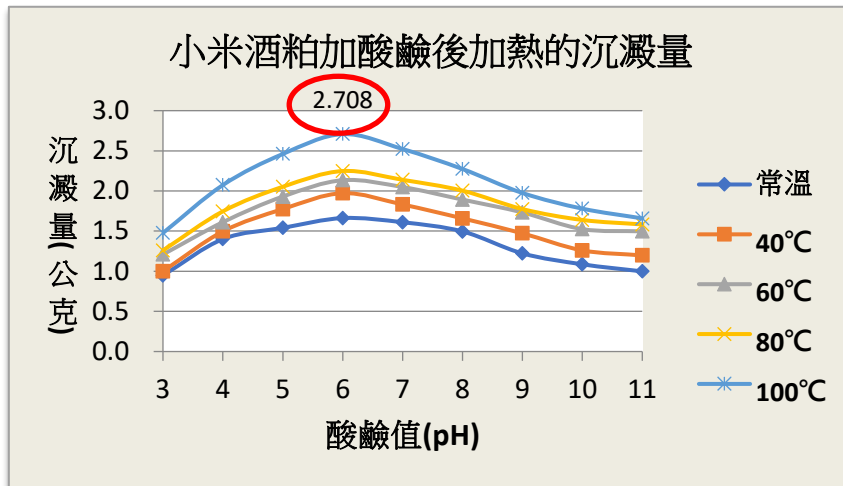
實驗發現：加熱後再以緩衝溶液調酸鹼值，四種穀物沉澱量比實驗 1-1 多。

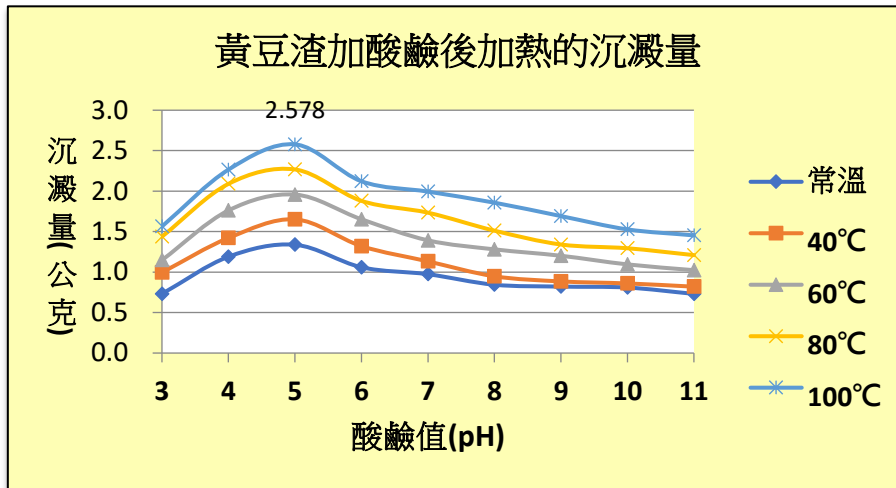
(三)實驗 1-3：另取四種材料濾液先用緩衝溶液調配成不同 pH 值，測量沉澱物重量



**實驗發現：**  
小米酒粕加酸時  
沉澱量高，但較  
實驗 1-1 差

(四)實驗 1-4：用緩衝溶液調配成 pH 值後，設定不同溫度加熱

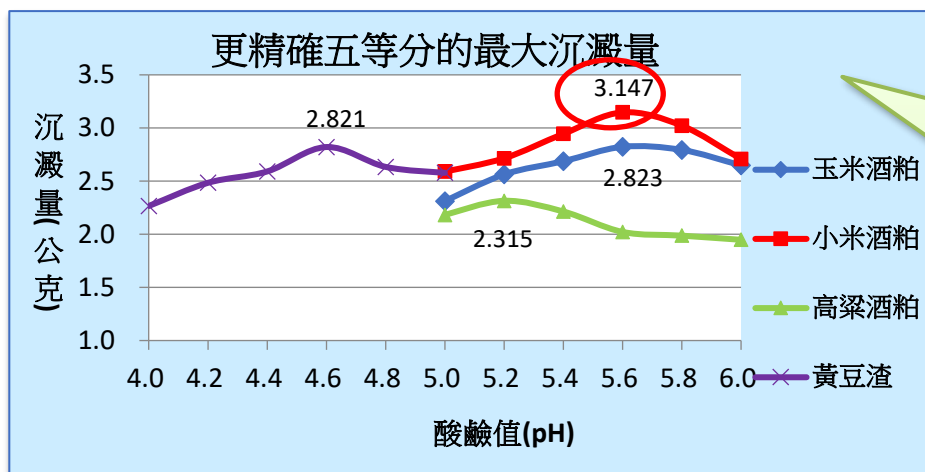




實驗發現：先用緩衝溶液調整酸鹼值後再加熱到 100°C，**小米酒粕**沉澱量最高。

(五)實驗 1-5：擇取實驗 1-1~1-4 四種穀物蛋白變性實驗結果後最多沉澱量者，以緩衝值更精確細分五等份，找出最大沉澱量

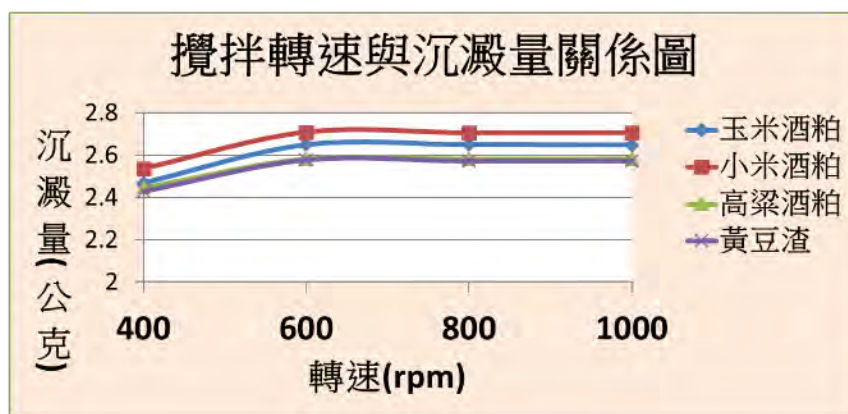
樣品	酸鹼變性範圍	變性溫度(°C)	精細 pH 值
玉米酒粕	pH5~6	100	5.6
小米酒粕	pH5~6	100	5.6
高粱酒粕	pH5~6	100	5.2
黃豆渣	pH4~5	100	4.6



實驗發現：  
小米酒粕在  
pH5.6、加熱  
到 100°C時，  
沉澱量最高

(六)實驗 1-6：探討磁石攪拌機的攪拌速度是否會影響沉澱量，實驗三次算平均

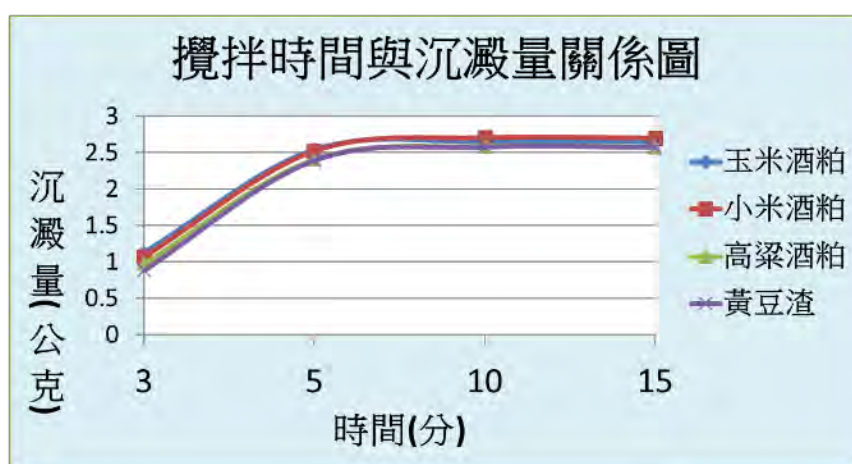
實驗方法：取四種材料調相同 pH、相同溫度加熱後依不同攪拌速度，測沉澱量。



實驗發現：攪拌速度 **600rpm** 時，為最適攪拌速度(和廠商建議速度相同)

#### (七)實驗 1-7：探討磁石攪拌機的攪拌時間是否會影響沉澱量，實驗三次求平均

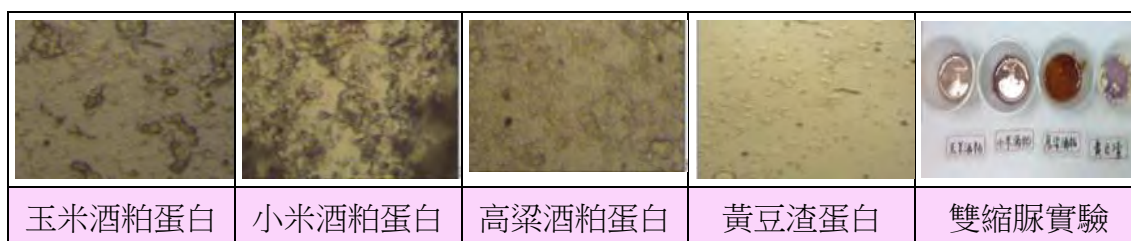
實驗方法：取四種材料調相同 pH、相同溫度加熱後依不同攪拌時間，測沉澱量。



實驗發現：攪拌時間 **10 分鐘** 時，為最適攪拌時間(和廠商建議時間相同)

#### (八)實驗 1-8：顯微鏡觀察四種沉澱物並且作沉澱物蛋白質檢測

實驗方法：取實驗 1-5 沉澱物放顯微鏡觀察拍照並且作蛋白質檢測。

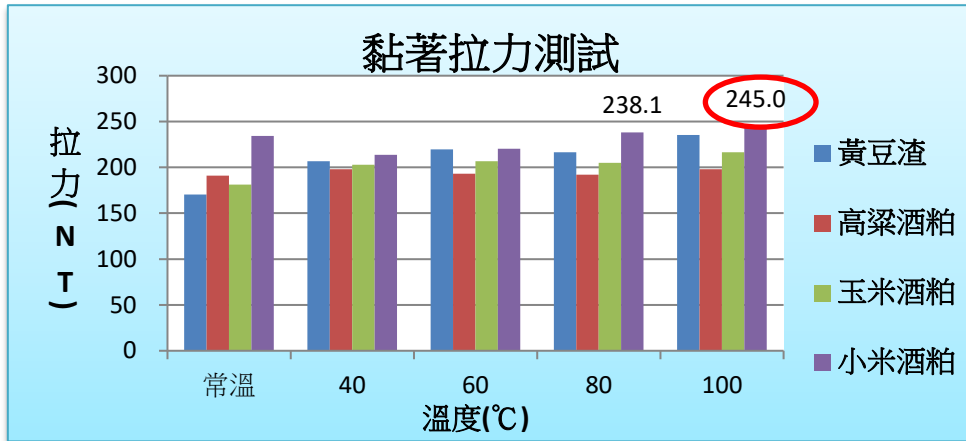


實驗發現：先用緩衝溶液調 pH 再加熱到 100°C，小米酒粕的沉澱量最高。透過顯微鏡放大 400 倍觀察，可看見沉澱物的結構。經雙縮脲實驗(先滴氫氧化鈉再滴硫酸銅溶液)，沉澱物呈紫色，顯示沉澱物有蛋白質。

## 二、實驗二：比較穀物蛋白的黏著拉力，找出最佳蛋白膠水

### (一)實驗 2-1：不同變性溫度下的黏著拉力實驗：

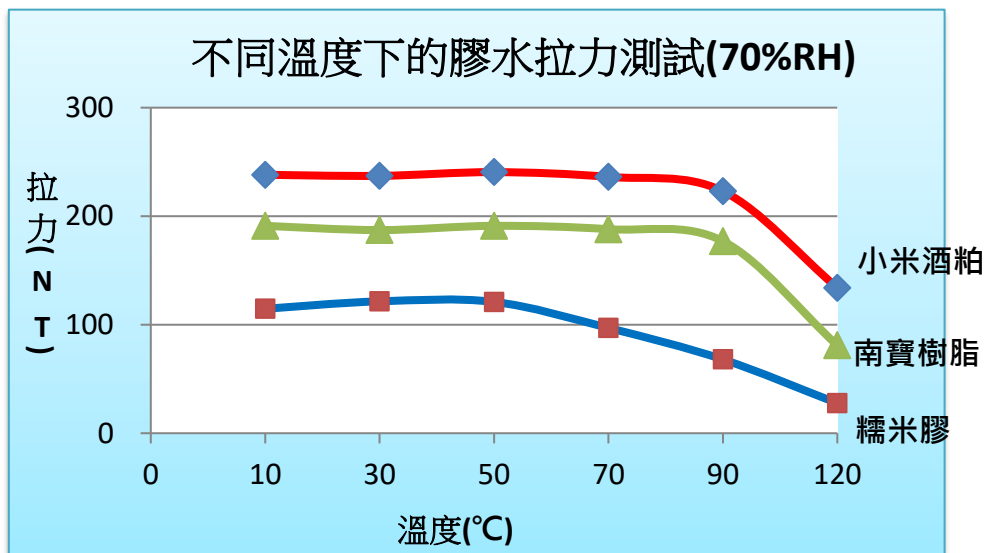
實驗方法：取實驗 1-4 中各蛋白變性沉澱量最多組，以自製拉力機進行拉力實驗，測得拉力越大，表示膠水的黏力越大。



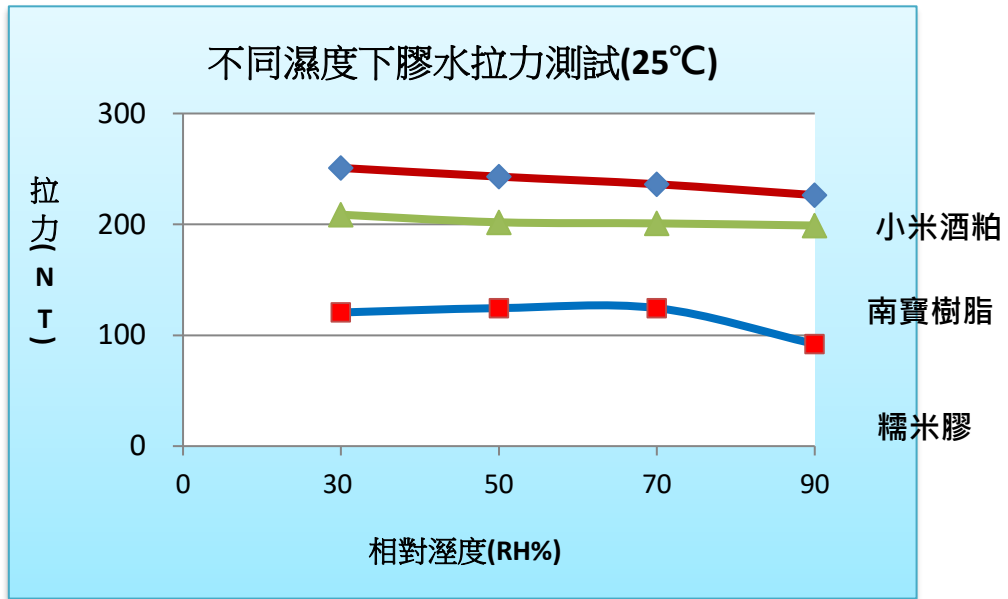
實驗發現：(1)四種蛋白的變性沉澱量越高，沉澱物的黏著力越好。  
(2)以小米酒粕蛋白膠水的黏性最好，為本實驗最佳蛋白膠水。

### (二)實驗 2-2：模擬不同溫濕度下的黏著拉力實驗，五次拉力平均結果：

- 1.實驗方法：將小米酒粕蛋白膠水、南寶樹脂及糯米膠，進行拉力實驗。
- 2.測試條件：以自製溫溼度控制箱控制溫濕度，控制實驗條件達以下：



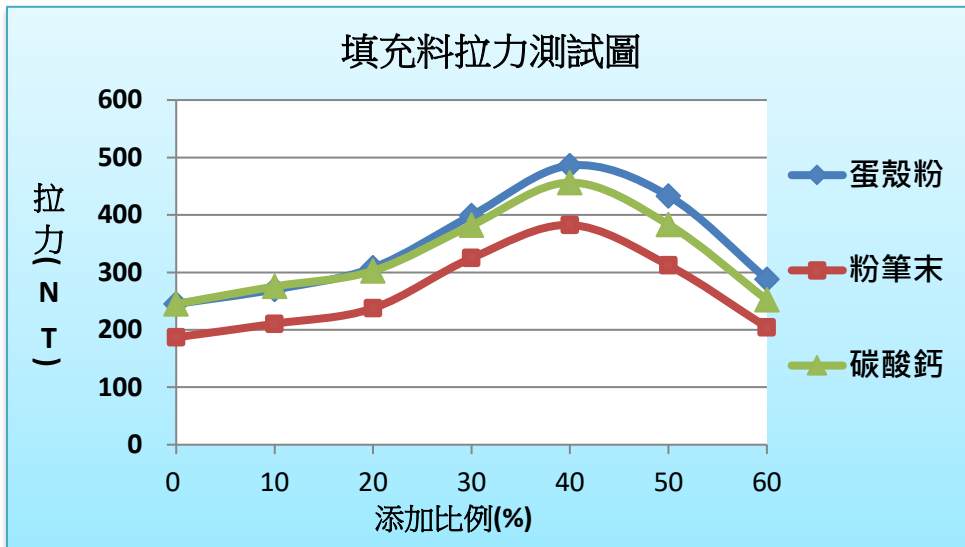




實驗發現：(1)不同溫度下小米酒粕膠水黏性較好，可用 10~90°C(高溫略差)。

(2)不同濕度下小米酒粕膠水黏性較好，可用 30~90%RH(高濕略差)。

(三)實驗 2-3：填充料(蛋殼粉、粉筆末與碳酸鈣)黏著力比對實驗：



實驗發現：(1)添加蛋殼粉填充料，拉力較碳酸鈣略高，以添加 40%拉力最高。

(2)但添加 40%以上即無法將塗料展開，故添加 30%蛋殼粉作填充料。

### 三、實驗三：探討酸、鹼、漂白水溶液對穀物酒粕蛋白塗料的影響

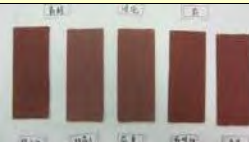
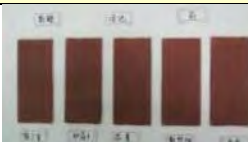
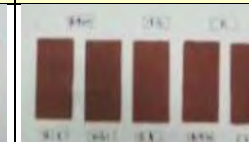
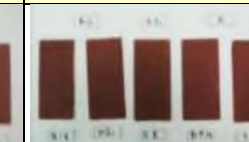
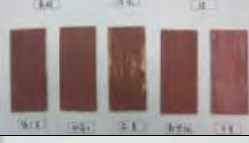

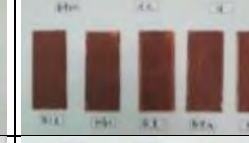
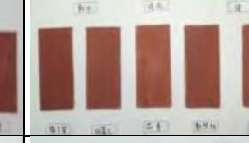
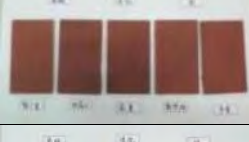
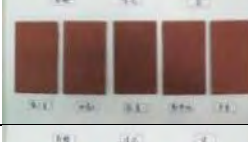
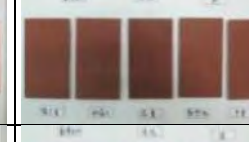
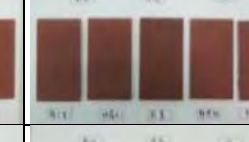
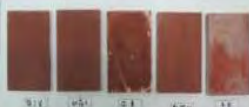


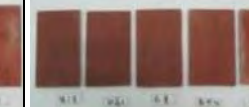
#### (一)實驗 3-1：添加物配方用量黏度流速測定：

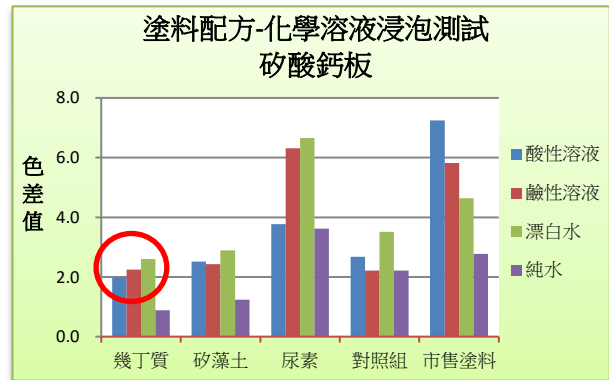
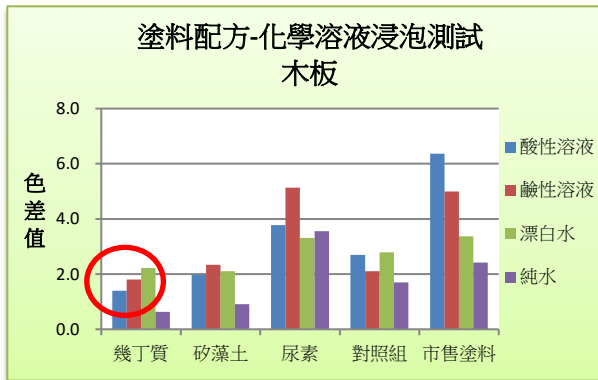
1. 在室溫下，分取塗料助劑(幾丁質、尿素、矽藻土)依照下面不同比例調勻後，各取 50ml 加進自製黏度杯；打開蓋子開始計時，管底小孔流出的穩定流絲出現第一個中斷點時，停止計時，實驗三次取平均(單位：秒)

助劑 \ %	2.0%	2.5%	3.0%	3.5%	4.0%
幾丁質	21.8	22.9	24.7	27.1	29.4
尿素	18.4	22.5	25.8	29.4	33.6
矽藻土	19.8	24.5	31.2	38.5	46
市售塗料(對照組)	22.4				

**實驗發現：**自製塗料添加助劑比例以 **2.5%** 的黏度流速跟市售塗料較接近，添加用量採 **2.5%**。

#### (二) 實驗 3-2：浸泡測試 (幾丁質、矽藻土、尿素、對照組、市售牛奶塗料)

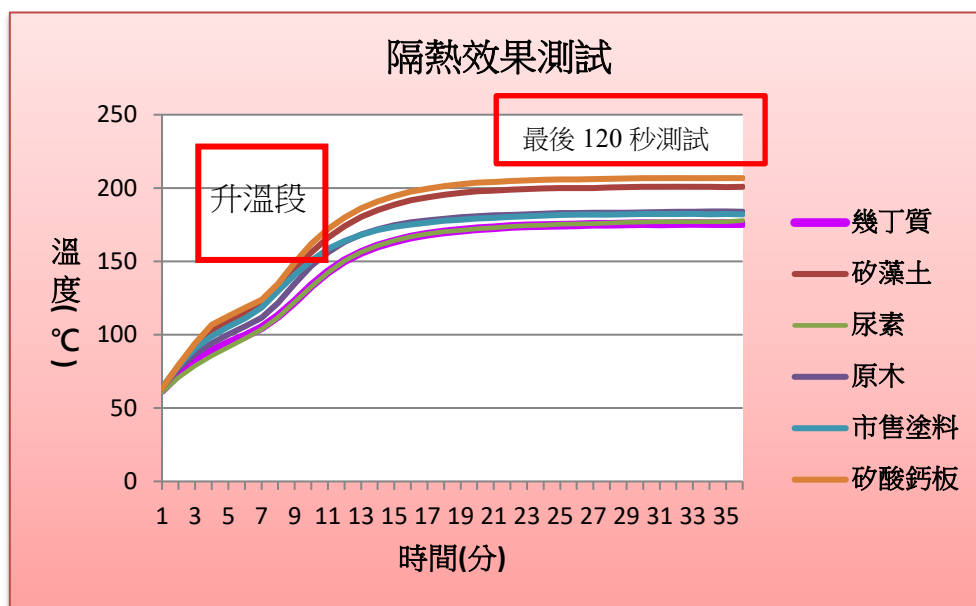
		酸性溶液	鹼性溶液	漂白水溶液	純水(對照組)
浸泡前	木板				
					
浸泡前	矽酸鈣板				
					



- 實驗發現：
1. 添加幾丁質組浸泡前後色差值最小，耐水、酸、鹼、漂白水，幾乎沒有脫落。
  2. 尿素組和市售牛奶塗料浸泡前後的色差值較大，有明顯脫落情況。

#### 四、實驗四：比較隔熱、耐候與摩擦測試，找出最佳蛋白塗料配方

(一)隔熱測試：將上過塗料並乾燥的木材和矽酸鈣板樣本，於 250°C 恆溫加熱器加熱。



- 實驗發現：
1. 從升溫段的觀察：幾丁質和尿素配方的升溫較慢。
  2. 溫度設定在 250°C 時，實驗的最後 120 秒測試，幾丁質溫度維持在 176°C 為最低。小米酒粕蛋白幾丁質塗料，有很好的隔熱和節能效果

(二)耐候測試：

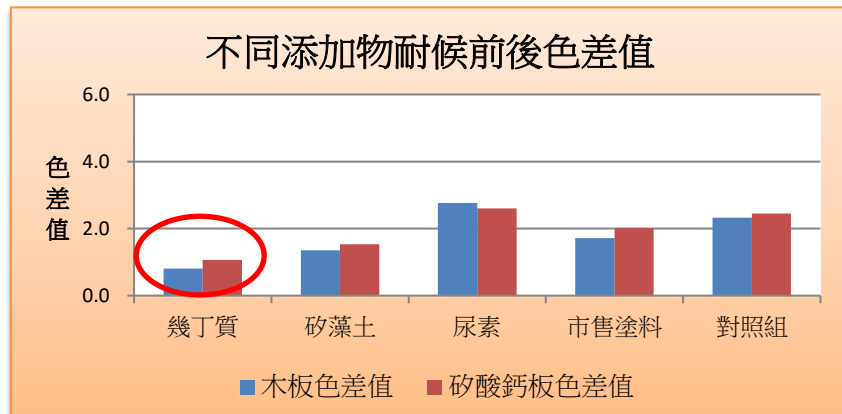
實驗方法：將上過塗料乾燥完成的木材和矽酸鈣板，放立告示牌，放置在陽台 2 個月後，再以色差儀測量 Lab 值，計算其色差，色差值越小，越無脫落，耐候效果越好。

## 1.木板

	幾丁質	矽藻土	尿素	市售塗料	對照組
前					
二個月後					

## 2.矽酸鈣板

	幾丁質	矽藻土	尿素	市售塗料	對照組
前					
二個月後					



實驗發現：(1)小米酒粕蛋白幾丁質塗料耐候前後色差值最小，耐候效果最好。

(2)添加尿素配方的耐候測試前後色差值最大，耐候效果最差。

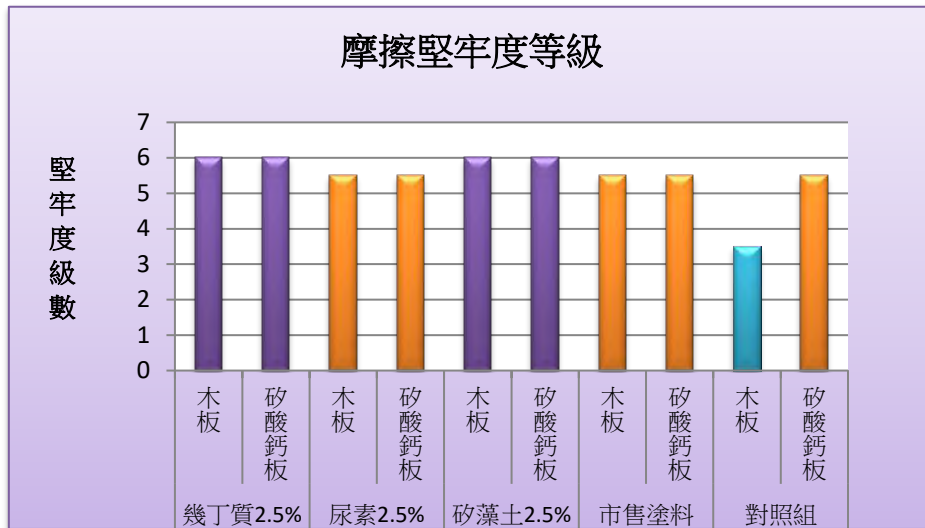
(三)耐磨試驗：自製摩擦牢度試驗機測試堅牢度與色卡級數對照，以最深色為判定標準：

## 1.木板

幾丁質		尿素		矽藻土		市售塗料		對照組	
級數	平均	級數	平均	級數	平均	級數	平均	級數	平均
6/6/6	6	5-6/5-6/4-5	5-6	6/6/6	6	5-6/6/5-6	5-6	4/4/3	3-4

## 2.矽酸鈣板

幾丁質		尿素		矽藻土		市售塗料		對照組	
級數	平均	級數	平均	級數	平均	級數	平均	級數	平均
6/6/6	6	5/6/5	5-6	6/6/6	平均 6	5-6/6/6	5-6	5-6/5-6/5-6	5-6



實驗發現：(1)對木板與矽酸鈣板，小米酒粕蛋白幾丁質塗料耐磨效果都很好。

(2)小米酒粕蛋白幾丁質塗料不需特別施作工法有很好的耐磨堅牢度。

## 五、實驗五：探討穀物酒粕蛋白塗料內抑菌劑的最低濃度

實驗方法：將添加四種不同抗菌配方幾丁質、硼酸、市售奈米銀、銅線浸泡液和無菌水注入已抹菌的培養皿中，每日觀察結果，本實驗採取三重覆，實驗結果有再現性。

(抑菌圈單位：mm)

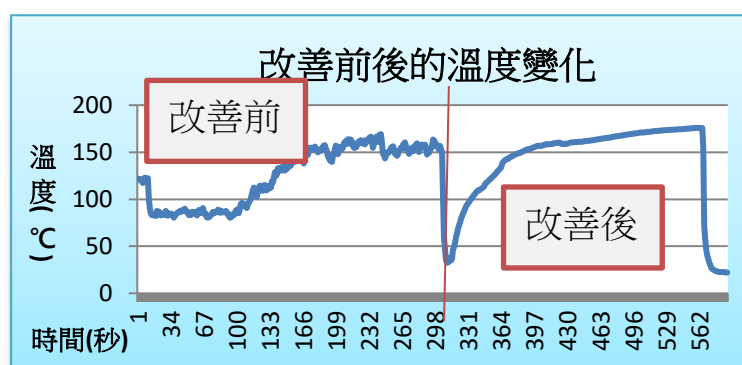
抑菌劑	說明	幾丁質					硼酸					奈米銀					銅線浸泡液
照片																	
位置	①→⑤	1	2	3	4	5	1	2	3	4	5	1	2	3	4	5	最高濃度
抑菌圈	濃度高→無菌水	0	0	0	0	0	20	15	5	2	0	5	3	0	0	0	0

實驗發現：硼酸 1.25%、市售奈米銀在 250ppm起有抑菌效果，具再現性。

## 陸、討論

### 一、從穀物殘渣中提取蛋白質使用緩衝溶液調整酸鹼值和恆溫加熱

- (一) 實驗初期用不同體積的食用白醋和小蘇打來調酸鹼度，後來發現酒粕溶液很特別，沒辦法穩定在一個 pH 值下，而化學反應在不同的 pH 值下會得到不同的產物，改採跟廠商購買的緩衝溶液調整溶液的酸鹼值，讓實驗在固定 pH 環境下進行生化反應。
- (二) 初期使用酒精燈加空罐頭或是烤箱進行實驗，但是加熱後實際溫度，呈現波動起伏。改採用恆溫加熱設備來測量，加熱溫度穩定，但受外界氣流影響，會生小波動，後來發現只要在感應線處**增加一片木板**作為隔絕外界影響，可減少波動。廠商提供的熱影像觀察，顯示能穩定加熱。



### 二、小米酒粕的「蛋白質變性實驗」有什麼發現？

- (一) 實驗發現，先加入酸鹼緩衝液再加熱，與先加熱後再加入緩衝溶液，得到的沉澱量不同。實驗結果，**先加入酸性緩衝液反應後再加熱**，對變性有更大的影響，而先加熱後加入酸性緩衝液雖也造成變性，但沉澱量較少。
- (二) 查詢文獻得知，加入酸鹼緩衝溶液會使蛋白質的氫鍵斷裂產生變性；而加熱將能量傳遞給糾結的蛋白質分子鏈，使其展開且氫鍵斷裂也會造成變性。若先加入緩衝溶液再升高溫度會增加蛋白質變性的反應速率。

### 三、穀物蛋白變性越大，產生的黏著力越高

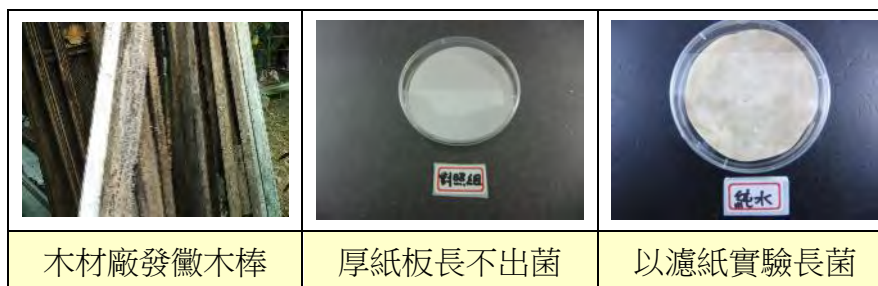
- (一)蛋白質變性會使分子內部的疏水基團結構鬆散而暴露在分子表面，使得增加蛋白質分子凝聚而產生沉澱、黏度增加。實驗得知，變性沉澱物越多，黏力越大。
- (二)溫溼度會影響膠水黏度，實驗得知，膠水在高溫高濕的狀況下的黏力會略差。查詢文獻，穀物蛋白含「醇溶蛋白」具耐水、耐熱和耐脂性，製成膠水和塗料更耐用。

### 四、塗料中添加幾丁質當作助劑，可以抗化學侵蝕和增加隔熱、耐候與抗磨效果

- (一)矽酸鈣板和矽藻土因為是礦物成分，比熱低，升溫速度快也高，雖不會燃燒，在台灣的夏天沒辦法隔熱與節能。
- (二)幾丁質是長鏈聚合物，具有一級羥基、二級羥基及一級胺基，形成很強的分子內及分子間氫鍵，可抗化學侵蝕；尿素為水溶性所以抗蝕效果差。
- (三)幾丁質為有機物質，同一個試片做完 250°C 隔熱測試後冷卻再進行第二次隔熱測試，發現再次實驗隔熱效果和試片重量差異不大。查詢文獻，幾丁質含有乙醯胺基，能有很好的化學穩定性和熱穩定性，放入塗料中有很好的效果，未來若能自己提煉天然幾丁質，將能更**降低成本**、更**環保**！

### 五、抑菌實驗的失敗和修正經歷

- (一)從木材廠中發現了發霉的木棒，直接利用這黴菌來作為菌種，但木板本身要完全滅菌難度高，擔心木板本身其他菌種影響塗料抑菌測試結果。剛開始用厚紙板當培養基並抹上黴菌菌液，但因厚紙板製作過程有放入防腐劑造成沒有黴菌長出，實驗失敗。另取實驗用濾紙塗抹菌液，雖長出真菌的黑點，但不明顯，重複實驗結果不佳；最後改用固態培養基(PDA)進行抑菌配方的最低濃度實驗，實驗重複三次都呈**再現性**，結果明確。



- (二)由實驗五得知，塗料中添加 1.25%的硼酸有抑菌效果，因為硼酸溶解度低，塗抹可維持較長時間。
- (三)文獻中載明銅金屬有很好的抑菌效果，但實驗五中無效，銅在水中的溶解效果不好，但本組希望自製無毒健康的塗料，不考慮使用採硫酸銅當抑菌劑。

## 柒、結論

經由實驗發現：

### 一、從廢棄酒粕與黃豆渣中提取蛋白質：

(一)實驗 1-1~1-7 中，發現攪拌時間、攪拌速度、不同溫度加熱或是不同酸鹼值都會影響

穀物殘渣中蛋白質變性的沉澱量：

1. 先用緩衝溶液調整酸鹼值，再加熱到 100°C，能有最高的沉澱量。
2. 攪拌時間越長或速度越快時，蛋白變性沉澱量越大，但到了最適攪拌時間或速度後即不再增加。
3. 小米酒粕能在緩衝溶液調到 pH5.6 再加熱到 100°C 下有最大沉澱量

(二)實驗 1-8 中，作雙縮脲蛋白測試可發現沉澱物中有蛋白質。

### 二、比較穀物蛋白的黏著拉力，找出最佳蛋白膠水：

(一)由實驗 2-1 得知，穀物蛋白變性量越高、產生的沉澱物黏度越高：

小米酒粕蛋白膠水的黏著力最好是本實驗最佳蛋白膠水。

(二)由實驗 2-2 得知，小米酒粕蛋白膠的適用溫溼度：

黏合後木板在溫度 10~90°C 與相對濕度 30~90%RH 下，黏性都較市售糯米膠或白膠要好，但高溫、高溼下黏度略差，可供家用或是工業膠水使用。

(三)由實驗 2-3 得知，蛋殼粉可取代碳酸鈣做為填充料使用，最適添加比例約 30%。

### 三、探討酸、鹼、漂白水溶液對穀物酒粕蛋白塗料的影響：

小米酒粕蛋白幾丁質塗料樣本浸泡在酸、鹼、漂白水溶液中幾乎無脫色、掉漆影響。

### 四、比較穀物酒粕蛋白塗料隔熱、耐候與摩擦測試，找出最佳蛋白塗料配方：

(一)小米酒粕蛋白幾丁質塗料的耐候和摩擦效果很好，幾乎沒有脫落現象。

(二)使用塗料的木板的溫度可較對照組(未用塗料)低約 8°C，可隔熱、節能。

### 五、探討穀物酒粕蛋白塗料內抑菌劑的最低濃度：

硼酸 1.25%、奈米銀 250ppm 起能抑制木材黴菌，塗料可用於室內和木器上色。

## 未來展望

一、成功提出天然幾丁質和幾丁聚醣，讓蛋白塗料能更環保天然。

二、除了蛋白膠水和塗料之外能將酒粕蛋白延伸到營養和醫療。

三、找出更多蛋白質來源，對無毒生活和綠色化學有更大贡献，相信我一定做得到！



## 捌、參考資料與其他

吳彰哲、黃瀚寧(2010)·*湛藍奇蹟：蝦蟹殼中的寶貝－幾丁質*·科技大觀園，取自：  
<https://scitechvista.nat.gov.tw/c/s22F.htm>

陳盈方、彭盈方、陳信言、林學詩(2016)·*不同小米品種加工適性之探討*，取自：  
[https://www.ttdares.gov.tw/upload/ttdares/files/web\\_structure/6590/103-12.pdf](https://www.ttdares.gov.tw/upload/ttdares/files/web_structure/6590/103-12.pdf)

陳鼎穎、郭亞宸、曾元庠(2016)·*蛋妝素抹-探討植物蛋白製作天然塗料之可行性*·  
中華民國第 56 屆中小學科學展覽會

陳純敏(2010)·*植物性結著劑之開發與應用*·*食品資訊*，卷期:236(04)，72-74

葉名倉(2011/07/27)·*緩衝溶液*，科學 On-line 高瞻自然科學教育平台，取自：  
<http://highscope.ch.ntu.edu.tw/wordpress/?p=31122>

葉亞欣、楊秉澄、林冠宇(2012)·*百黏好合－動物性與植物性蛋白質製成蛋白膠水的探討*·  
中華民國第 52 屆中小學科學展覽會

洪照坤(2012)·*隔熱塗料應用於建築物節能改善之研究(碩士論文)*·台灣碩博士論文知  
試加值系統

蔡錦燕、康毓芳、黃卓治(2002)·*小米酒製造過程中化學組成變化*·國立屏東科技大學  
食品科學系

請問酪蛋白是什麼？跟塑膠和牛奶又有什麼關係？(2018)·台北市：國家圖書館，學術  
知識網·取自：<http://ref.ncl.edu.tw/學科專家諮詢平台/知識共享圈-文章/檢視文章/851-.html>

台灣食品成分資料庫衛生福利部食品藥物管理署(2017)，取自：  
<https://consumer.fda.gov.tw/Food/TFND.aspx?nodeID=178>

Haque, Md Amdadul & Timilsena, Yakindra & Adhikari, Benu. (2016)·*Food Protein, Structure and Function. Reference Module in Food Science.*

Robert., Scherer, (2010).*Casein: its preparation and technical utilisation*·London, Scott :  
Greenwood & Son Ltd

## 【評語】 080210

本作品從小米酒粕獲得蛋白質作天然塗料，以三種廢棄酒粕和黃豆殘渣作研究對象，加入純水，以緩衝溶液與加熱將其變性，得到穀物蛋白。經由黏著力測試找出最佳的膠水，再透過各項測試以及抑菌實驗找出最佳蛋白塗料配方。本研究利用豆漿店的黃豆渣和酒廠釀酒完的廢棄酒粕，萃取穀物殘渣中的蛋白質，做成天然無毒膠水或塗料，並進行蛋白漆的耐受性測試，充分發揮廢物利用與綠色環保概念，實驗設計完整，內容豐富創新，展示表達之邏輯清晰、循序漸進，並進行專利申請，工作完整，值得鼓勵。在海報討論時充分顯現作者對作品相關的化學原理非常熟悉。

本工作亮點在：

- (1) 實驗設計循序漸進，觀察變化、設計量測方式來定量分析。
- (2) 有思考如何行實驗器材改良。
- (3) 實驗研究結果實用性佳。
- (4) 創意高，有趣又環保。

建議：

- (1) 在參考文獻引用上，應多加注意。如：中華民國第 52 屆中小學科學展覽會國小組化學科佳作 080201：百黏好合一動物性與植物性蛋白質製成蛋白膠水的探討，並未被提及。

- (2) 抑菌之硼酸濃度 2.5%從何而來？有沒有參考資料？
- (3) 實驗記錄中大部分的數據以數字呈現，缺乏單位，較為可惜。
- (4) 樣品來源是本工作的關鍵，如黃豆渣是來自豆油渣還是豆漿渣就有許多差別。
- (5) 依報告指出，穀物蛋白是從向廠商索取之高粱酒粕、小米酒粕和玉米酒粕乾物，各取 300 公克分別加入純水 900 公克，放到果汁機中以低速 5 分鐘均勻攪碎。再先用金屬 20mesh 篩網粗濾後，以豆漿濾布做第二次過濾後，取濾液備用。但在釀酒時蛋白為何不溶出而在存酒粕中？皆值得探究。

## 摘要

- 本實驗首創從高粱、玉米、小米等廢酒粕和黃豆渣提取蛋白質，製成天然膠水與塗料。
- 一、逐步改變變因進行蛋白質變性實驗，小米酒粕的沉澱量最多。
  - 二、自製拉力機和溫溼度控制箱測得不同溫溼度下，小米酒粕蛋白膠水黏力最好。
  - 三、經由實驗找到最佳比例的天然填充料蛋殼粉和最低濃度的黴菌抑制劑。
  - 四、依自製的黏度器和塗膜器調整配方製成塗料，均勻塗在木板和矽酸鈣板上。發現幾丁質配方在化學溶液中幾乎無脫落變色。
  - 五、隔熱和自製耐磨機堅韌度實驗，幾丁質配方較市售塗料有較好隔熱及耐磨效果。小米酒粕幾丁質塗料環保耐用，能賦予廢棄物新用途，為綠色化學貢獻一份心力。

## 壹、研究動機

媽媽選了德國製的牛奶蛋白塗料來粉刷牆壁，因為無甲醛、重金屬、無臭味，給人好印象。國外曾用牛奶或黃豆製成膠水或塗料，但是糧食短缺，非常浪費。我想到豆漿店的黃豆渣和台東部落、酒廠的廢棄酒粕，若提取穀物殘渣中的蛋白質，做成天然無毒膠水或塗料，除了讓使用者更安心還能廢物利用更環保，更提供蛋白質的新來源。

## 貳、研究目的

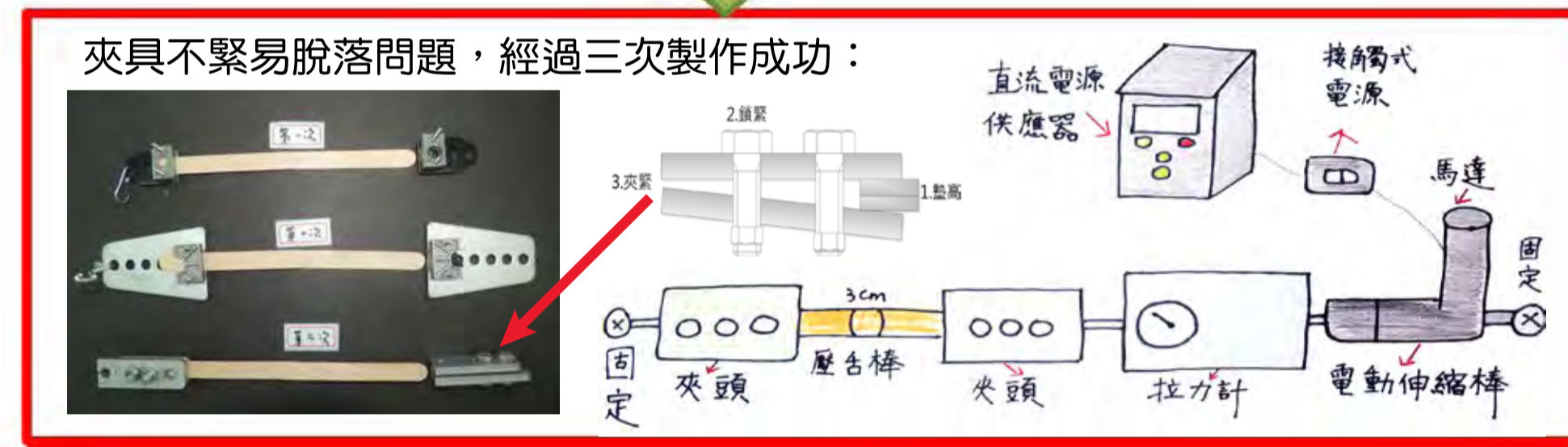
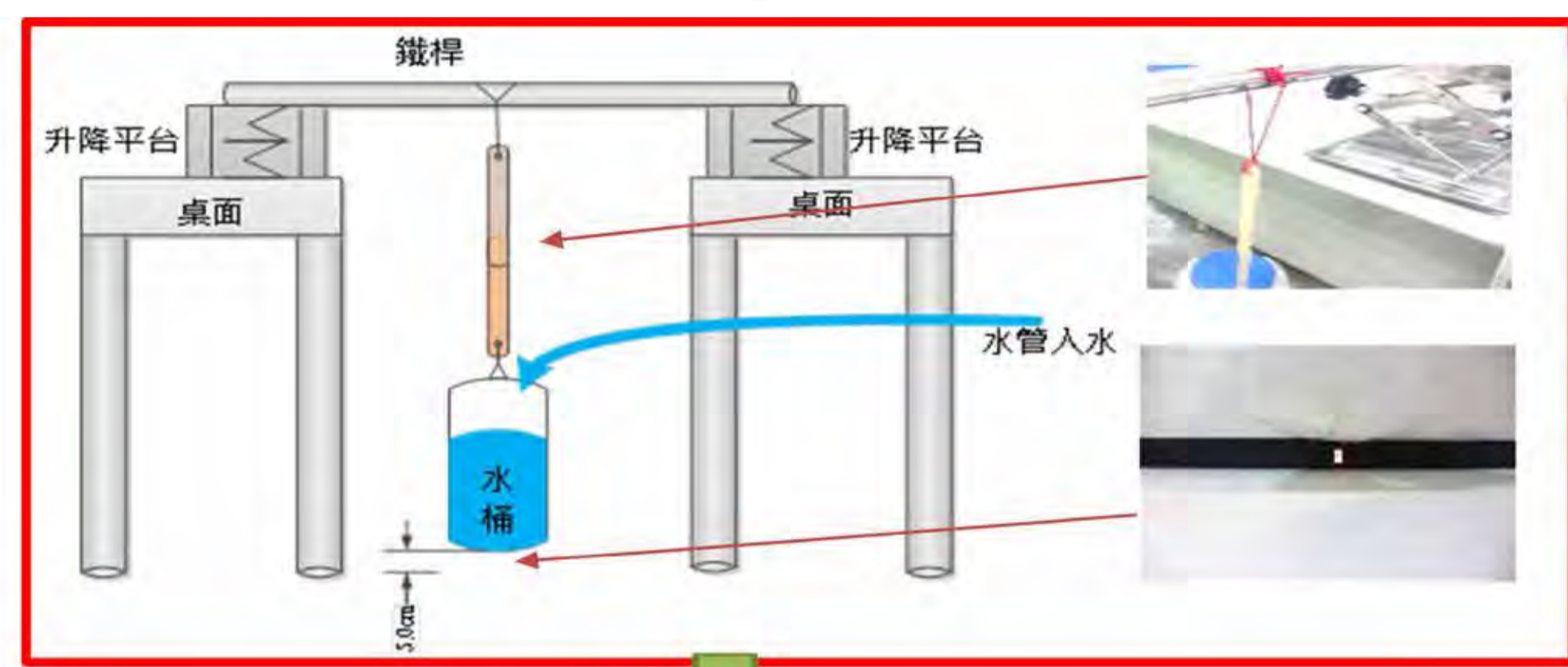
- 一、從廢棄酒粕與黃豆渣中提取蛋白質
- 二、比較穀物蛋白的黏著拉力，找出最佳蛋白膠水
- 三、探討酸、鹼、漂白水溶液對穀物酒粕蛋白塗料的影響
- 四、比較穀物酒粕蛋白塗料隔熱、耐候與摩擦測試，找出最佳蛋白塗料配方
- 五、探討穀物酒粕蛋白塗料內抑菌劑的最低濃度

## 參、研究設備與器材

一、研究原料和器材：(請參考作品說明書)

二、自製實驗器材：

(一) 拉力測量的改良：水桶吊掛測重 → 利用廢材自製拉力計



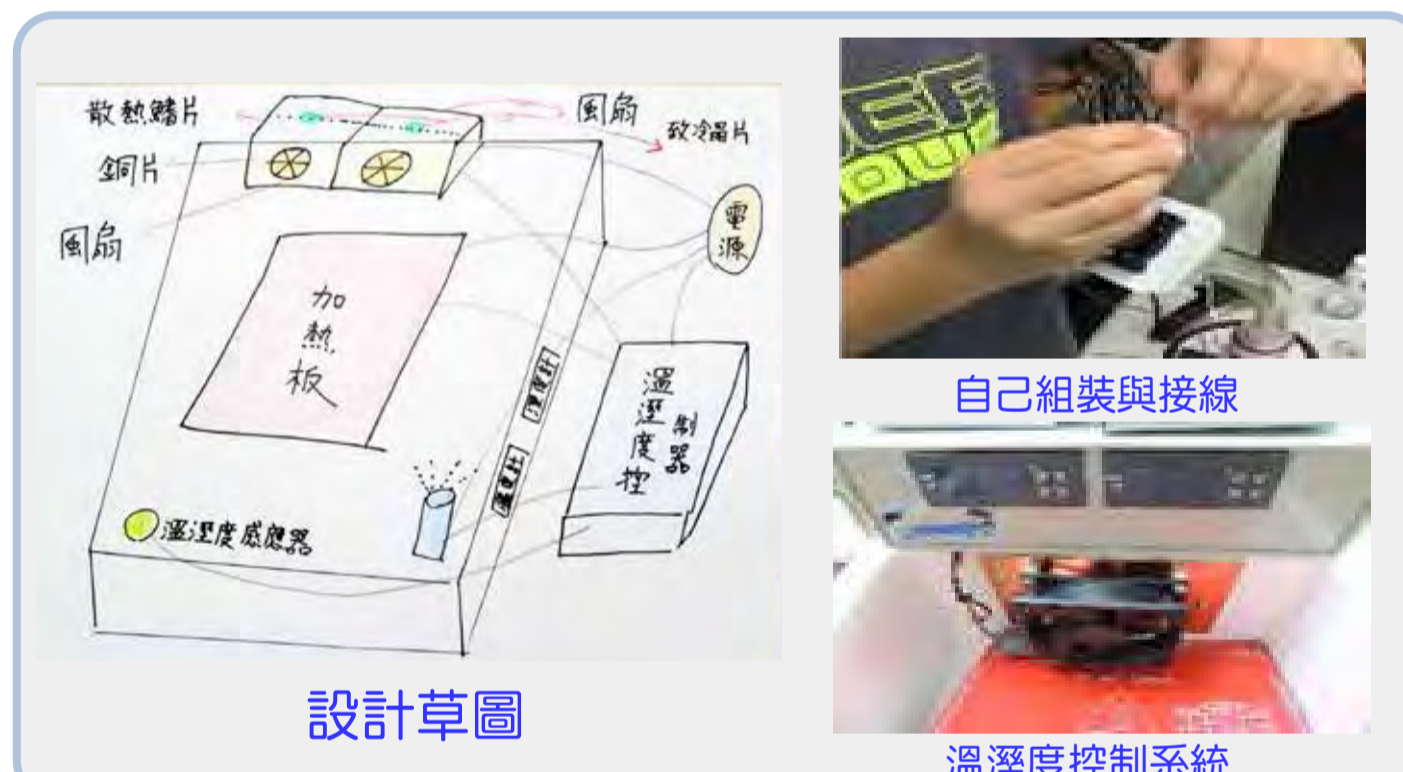
拉力測量	水桶吊掛測重點	設計、製作與改良：拉力計
詳細說明	<ol style="list-style-type: none"> <li>(1) 膠水黏力大，水重約20~25公斤，易從鑽洞處斷裂。</li> <li>(2) 固定、裝卸壓舌棒及來回提倒水桶易打翻，費力費時。</li> </ol>	<ol style="list-style-type: none"> <li>(1) 廢材製作臥式拉力機，尋找適當的夾具改良，拉力計停在最後拉力點。</li> <li>(2) 拉力測試前，可校正、歸零</li> <li>(3) 簡易裝卸壓舌棒，即可測得膠水黏固力，省時省力。</li> </ol>

拉力機成品使用省時省力

(二) 自製溫溼度控制器：

材料與控制：

1. 溫溼度控制組、散熱片、風扇、致冷晶片、噴霧器及加熱板
2. 可控制溫度：5°C~120°C  
相對濕度在30~100%RH，精度0.5°C



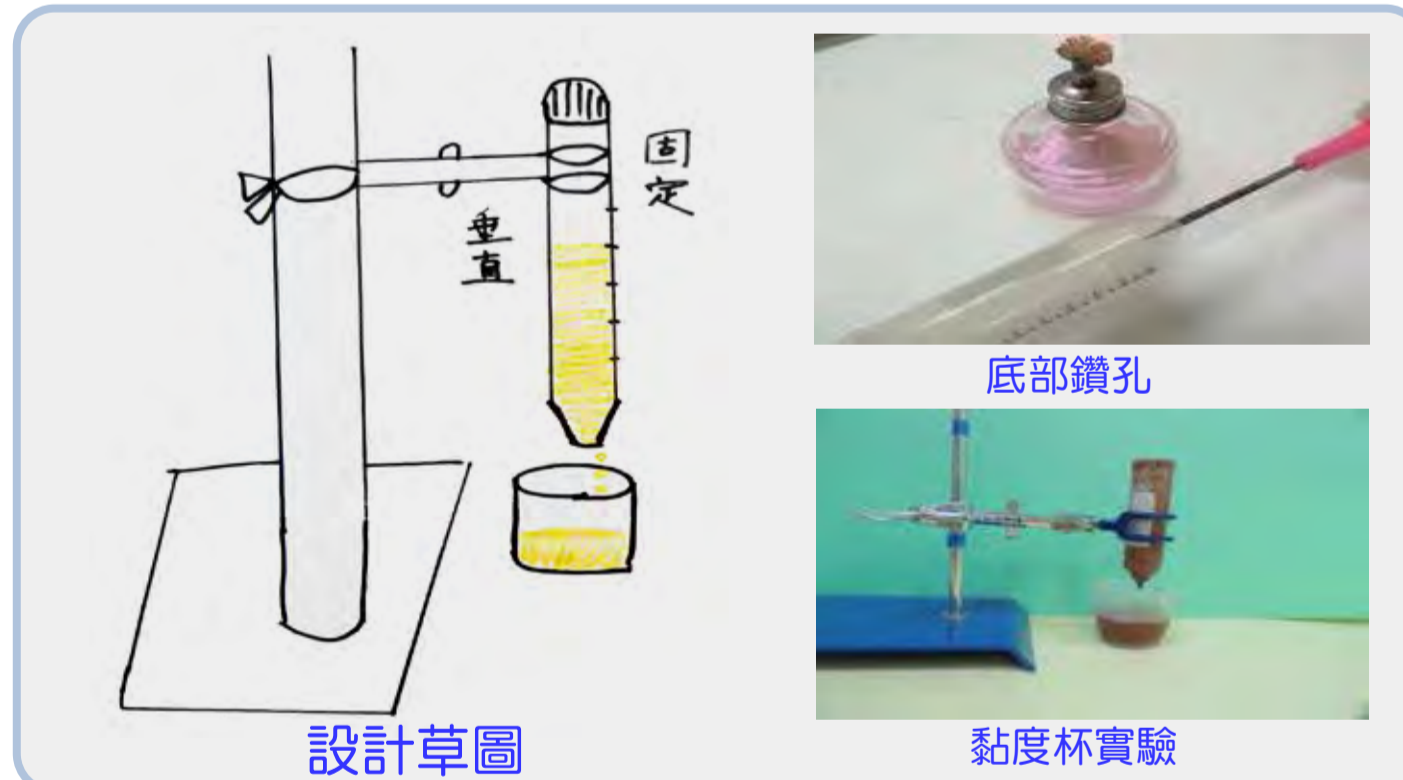
設計草圖

溫溼度控制系統

(三) 自製黏度杯：

目的與作法：

1. 離心管底部鑽孔，垂直固定
2. 依黏度杯的秒數，可調配樣品黏度
3. 與市售塗料黏度相同，使實驗更客觀



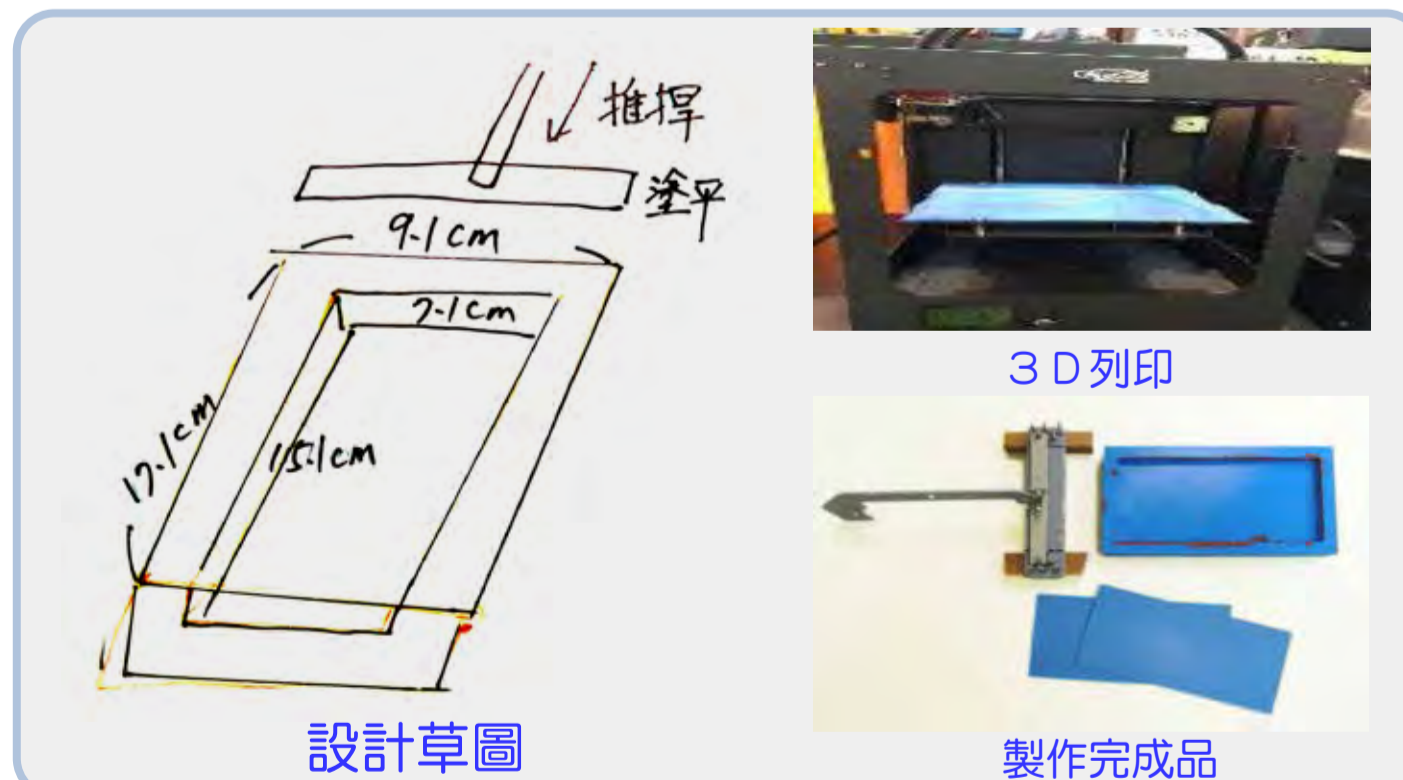
設計草圖

黏度杯實驗

(四) 自製塗膜均勻器：

目的與作法：

1. 為使塗料厚度一致，3D列印製作塗膜均勻器
2. 利用厚薄規測量塗漆後樣本，塗漆厚度均勻



設計草圖

3D列印

製作完成品

(五) 摩擦機的製作：

1. 原理：按摩椅拆下的舊馬達連接電源可帶動小連桿，再以螺絲連上並帶動大連桿前後移動，讓鉛板上的砝碼可以前後摩擦。
2. 製作過程組合與改良：



設計草圖

組合和改良

摩擦機成品

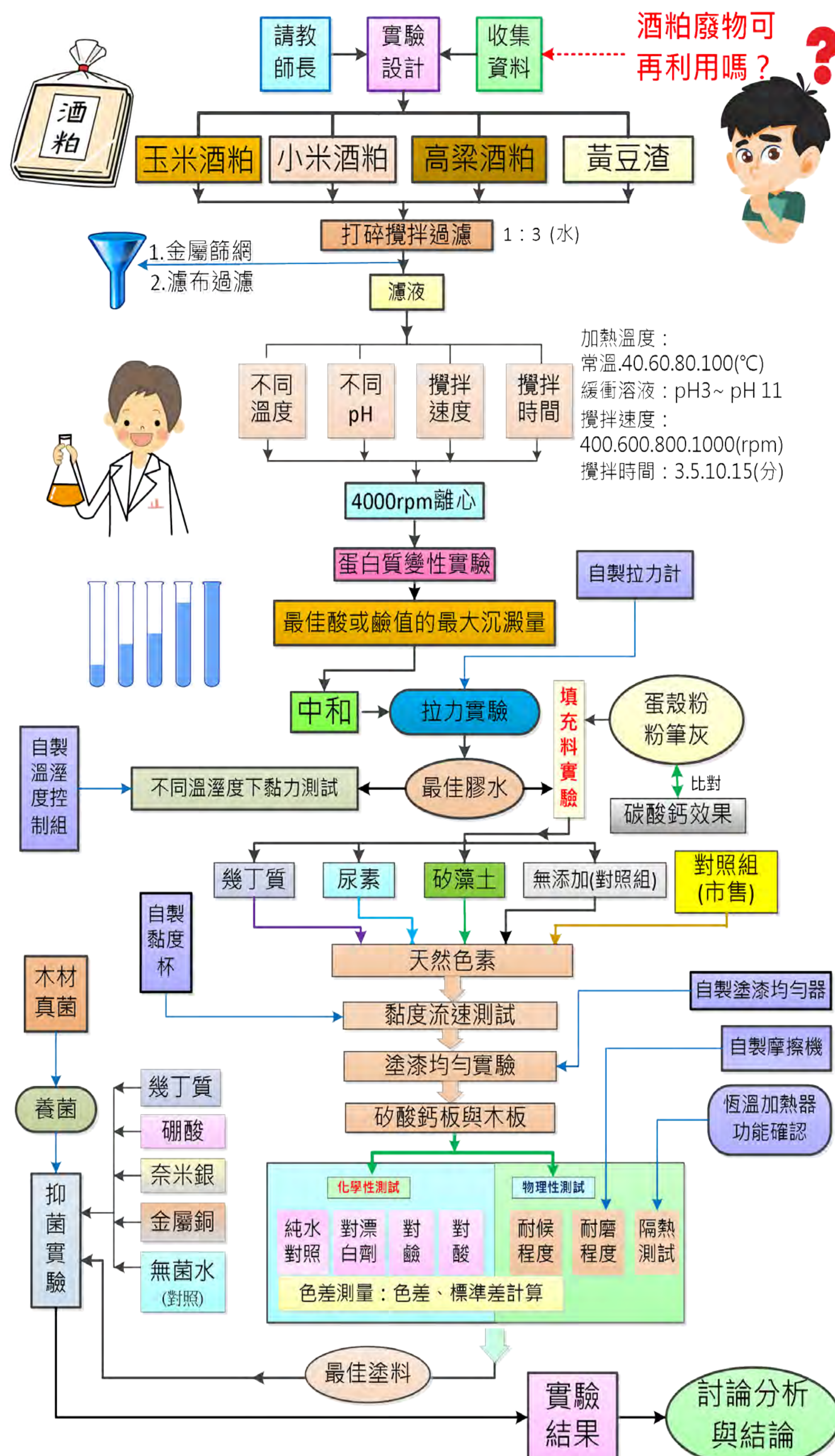
3. 自製標準咖啡六階色卡作牢度顏色的等級判定：

等級	1	2	3	4	5	6
深淺						
P	100	131	162	193	224	255
G	30	75	120	165	210	255
B	30	75	120	165	210	255

4. 操作方法：將60/60平織全棉白布，以橡皮筋束好在砝碼底部，將上過塗料的板置於砝碼下，每秒一次、摩擦計時三分鐘後取出觀察白布沾上塗料顏色深淺，依照自製標準色卡，判等級數。

## 肆、研究過程及方法

一、研究架構圖：



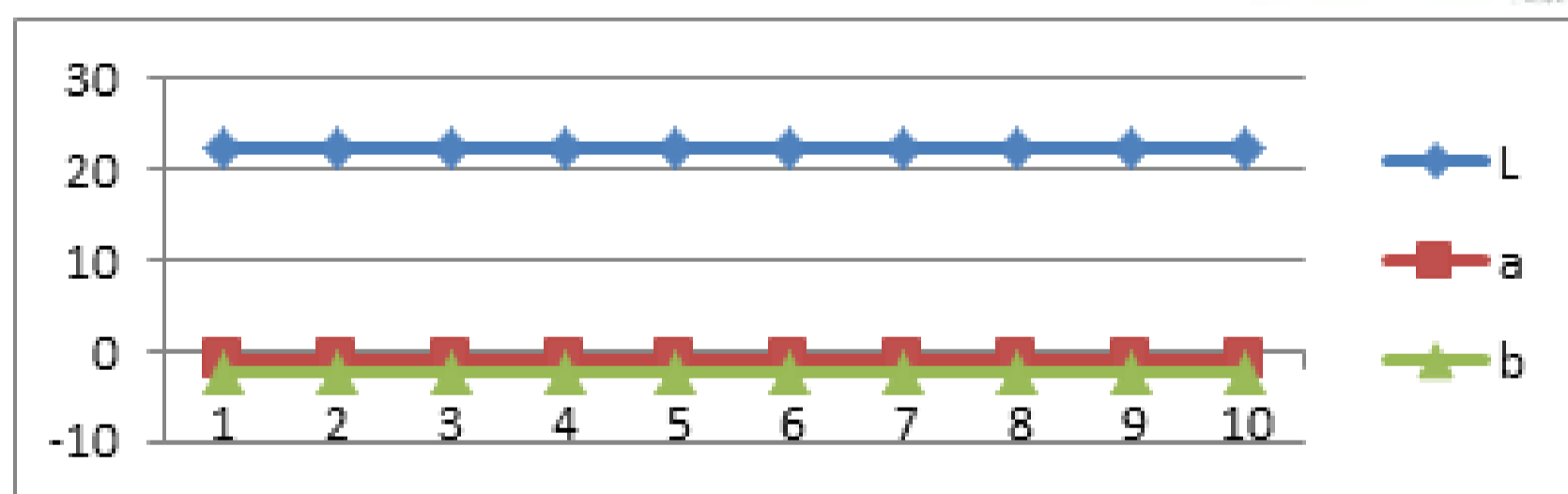
二、預備實驗：

(一) 塗料準備

本實驗：穀物殘渣蛋白膠 + 填充料 + 顏料 + 助劑 + 抑菌劑 = 環保蛋白塗料

(二) 色差計的測量：

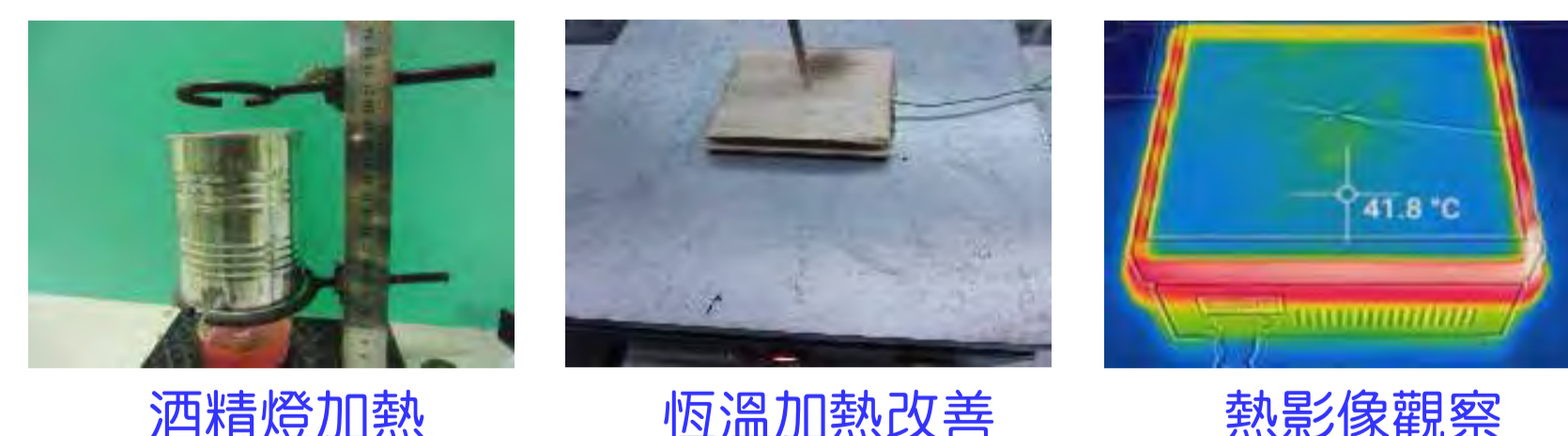
1. 名詞介紹：Lab代表給定顏色的點在球面上的三維坐標。計算Lab之間的距離可知色差：距離越短顏色越接近。  
色差值公式： $\Delta E(\text{色差值}) = \sqrt{(\Delta L^2 + \Delta a^2 + \Delta b^2)}$
2. 色差儀的測量：色差儀具標準光源，無外界光源的干擾誤差，可快速測量被測樣品的L、a、b值，可連線電腦紀錄並計算色差。
3. 色差儀穩定度確認：以色差儀測量黑板同一位置10次，測量其Lab值的數值：



實驗結果：顯示色差儀的測量數值穩定，將於實驗三和實驗四中使用。

(三) 恆溫加熱器功能確認：

恆溫加熱平台測試時可能因為外界氣流而有波動，在感應線上增加一片木板隔絕外界影響即可改善波動。由廠商提供的熱影像觀察顯示平台能穩定恆溫加熱。



三、實驗操作過程：

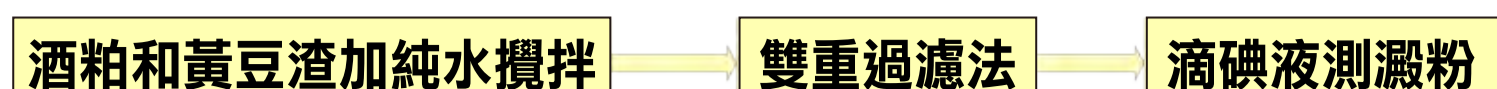
建立實驗標準規則

實驗重複三次

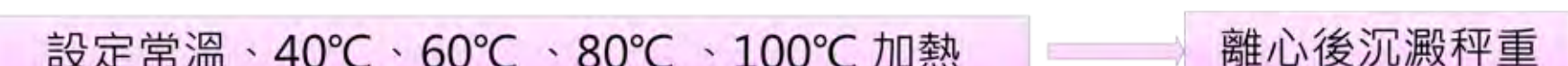
- (1) 實驗在相同環境用相同儀器 (酸鹼度計、電子天平、恆溫加熱器、磁石攪拌器、離心機)
- (2) 使用酸鹼度計前請先以 pH7 緩衝溶液校正；依廠商建議設定磁石攪拌器速度和時間。
- (3) 嚴格控制變因和操縱變因
- (4) 客觀測量工具和方法

### ☆實驗一：從廢棄酒粕與黃豆渣中提取蛋白質

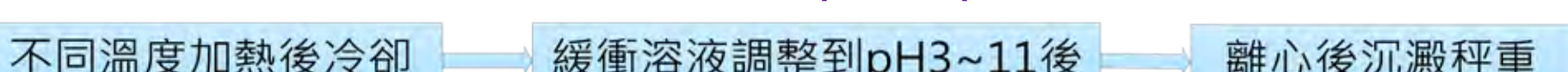
#### 1. 製漿與過濾：



#### 2. 實驗 1-1：取四種濾液依不同溫度加熱五分鐘後，測量沉澱物重量



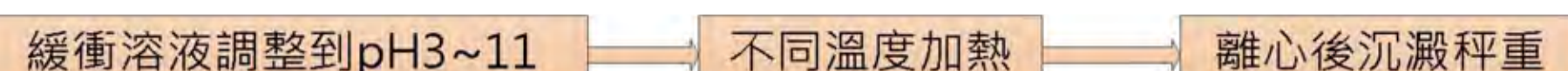
#### 3. 實驗 1-2：加熱後，以緩衝溶液調整到 pH3~pH11 測量沉澱物重量



#### 4. 實驗 1-3：另取四種材料濾液先用緩衝溶液調配成不同 pH 值，測量沉澱物重量



#### 5. 實驗 1-4：用緩衝溶液調配成 pH 值後，設定不同溫度加熱



#### 6. 實驗 1-5：擇取實驗 1-1~1-4 四種穀物蛋白變性實驗結果後最多沉澱量者，以緩衝溶液 pH 值更精確細分五等份，找出最大沉澱量

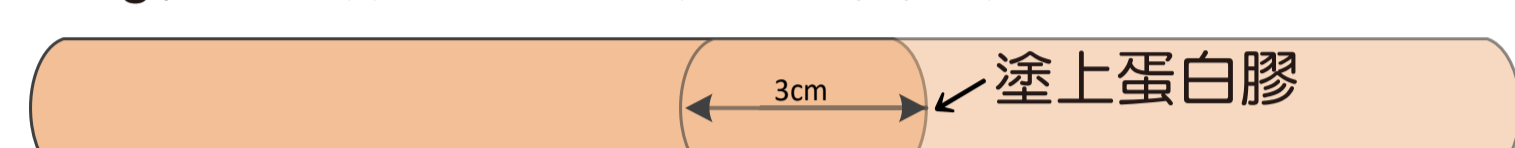


- 實驗 1-6：探討磁石攪拌機攪拌速度是不是會影響沉澱量
- 實驗 1-7：探討磁石攪拌機攪拌時間是否會影響沉澱量
- 實驗 1-8：光學顯微鏡觀察四種沉澱物並且檢測沉澱物是否蛋白質

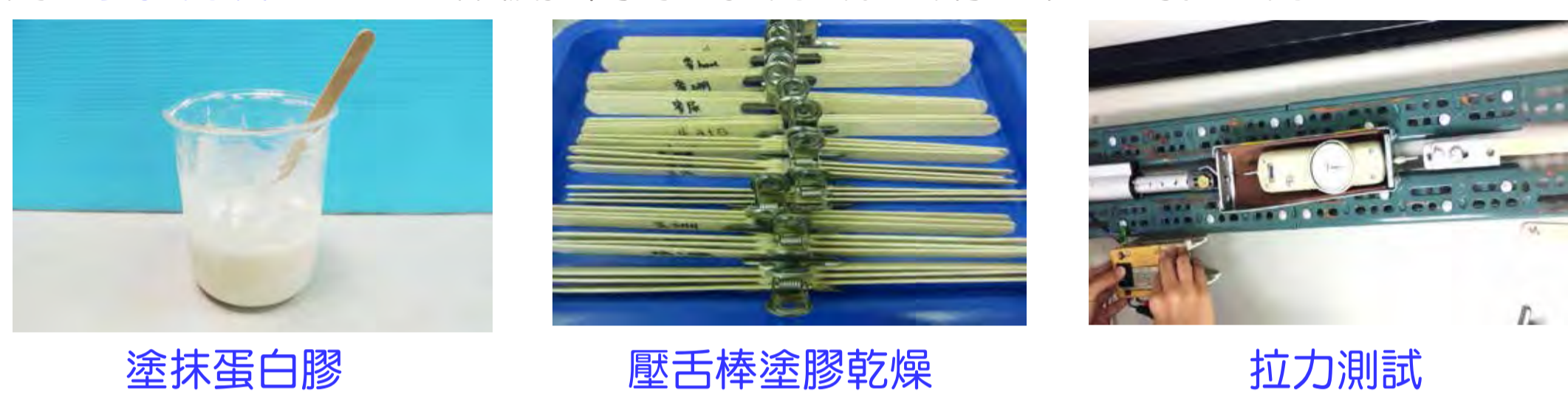
### ☆實驗二：比較穀物蛋白的黏著拉力，找出最佳蛋白膠水

#### 1. 實驗 2-1：不同變性溫度下的黏著拉力實驗

- 取實驗 1-4 的四種蛋白膠加小蘇打粉中和，以廣用試紙確認至中性為止。
- 取蛋白膠各 0.2g 在壓舌棒貼合區塗抹、夾緊乾燥。



- 使用自製拉力機，當壓舌棒被拉開時，拉力計指針停留位置為黏著力。



#### 2. 實驗 2-2：黏合後壓舌棒在不同溫濕度下的黏著力實驗

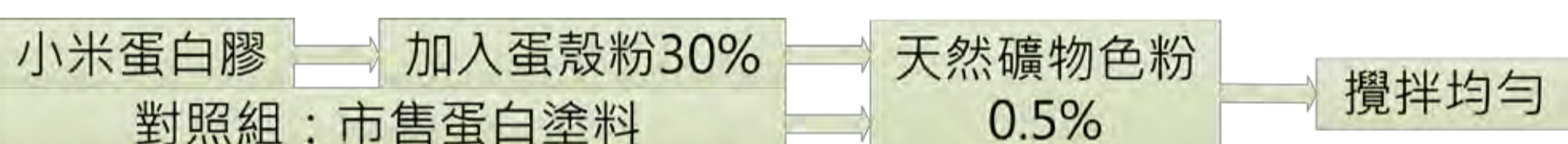
- 自製溫溼度控制箱，將黏合的壓舌棒放在設定溫濕度中 4 小時，取出後要立即實驗，以免受環境影響改變。
- 依小米酒粕蛋白膠水和市售 PVA 膠水、南寶樹脂比較黏著力。
  - 不同溫度 10、30、50、70、90°C 的拉力比較。
  - 不同濕度 30、50、70、90%RH 的拉力比較。

#### 3. 實驗 2-3：填充料(蛋殼粉、粉筆末與碳酸鈣)黏著力比對實驗

- 塗料中常用碳酸鈣作填充料，本組以不同比例的蛋殼粉、粉筆末與碳酸鈣測量拉力比較。
- 蛋殼需先經過去膜、晾乾、過篩處理。

### ☆實驗三：探討酸、鹼、漂白水溶液對穀物酒粕蛋白塗料的影響

#### 1. 塗料的準備：



#### 2. 實驗 3-1：添加物配方用量黏度流速測定



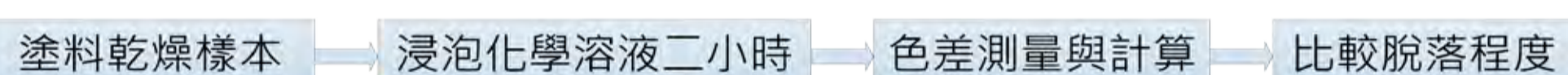
分取各材料 50.0 毫升加進自製黏度杯，鎖上上蓋並垂直固定，開蓋計時，當管底流出的液絲出現第一個中斷點時停止計時。

#### 3. 利用自製的塗膜均勻器將塗料上色到木板和矽酸鈣板，放置一週待乾燥。



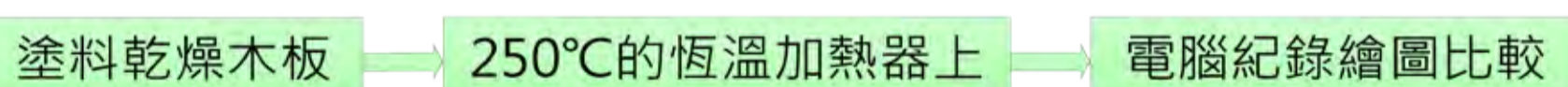
#### 4. 利用冰醋酸、碳酸鈉、漂白水調配成酸性、鹼性、漂白水溶液

#### 5. 實驗 3-2：浸泡測試



### ☆實驗四：比較穀物酒粕蛋白塗料隔熱、耐候與摩擦測試，找出最佳蛋白塗料配方

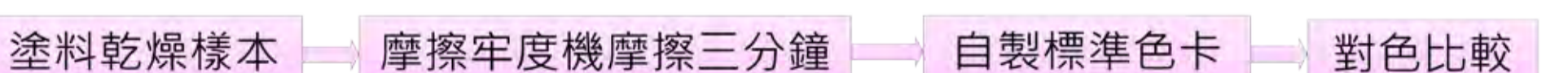
#### 1. 實驗 4-1：隔熱測試：



#### 2. 實驗 4-2：耐候測試：



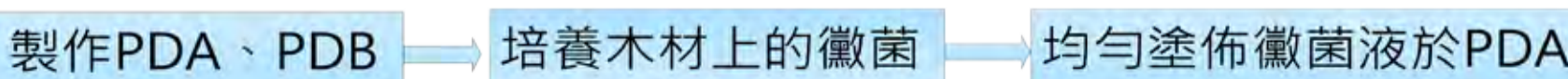
#### 3. 實驗 4-3：耐磨測試：



### ☆實驗五：探討穀物酒粕蛋白塗料內抑菌劑的最低濃度

#### 1. 實驗 5-1：抑菌實驗準備：

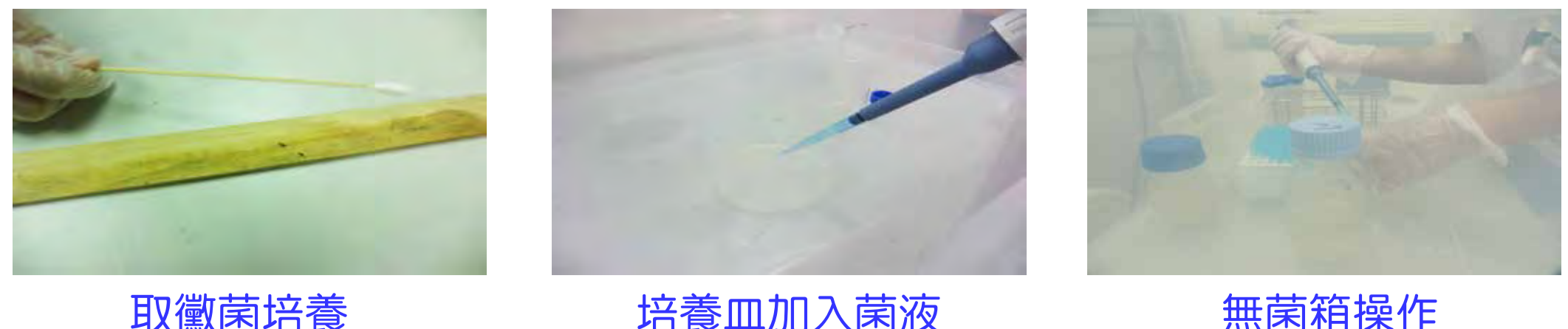
- (1)~(4) 抑菌材料的濃度由高到低另有 (5) 無菌水當對照組



材料	編號	①	②	③	④	⑤
幾丁質(%)		5.0	2.5	1.25	0.625	無菌水
硼酸(%)		5.0	2.5	1.25	0.625	無菌水
奈米銀(ppm)		500	250	125	62.5	無菌水
浸泡銅線(μS/cm)		62.0	62.0	62.0	62.0	無菌水

#### 2. 實驗 5-2：抑菌實驗：

在塗佈菌液已凝固的 PDA 培養皿上打 5 個洞，並依序編號。在打洞處以微量滴管滴入 150 μL 不同濃度的抑菌材料。每日觀察結果，測量抑菌圈。



## 伍、研究結果

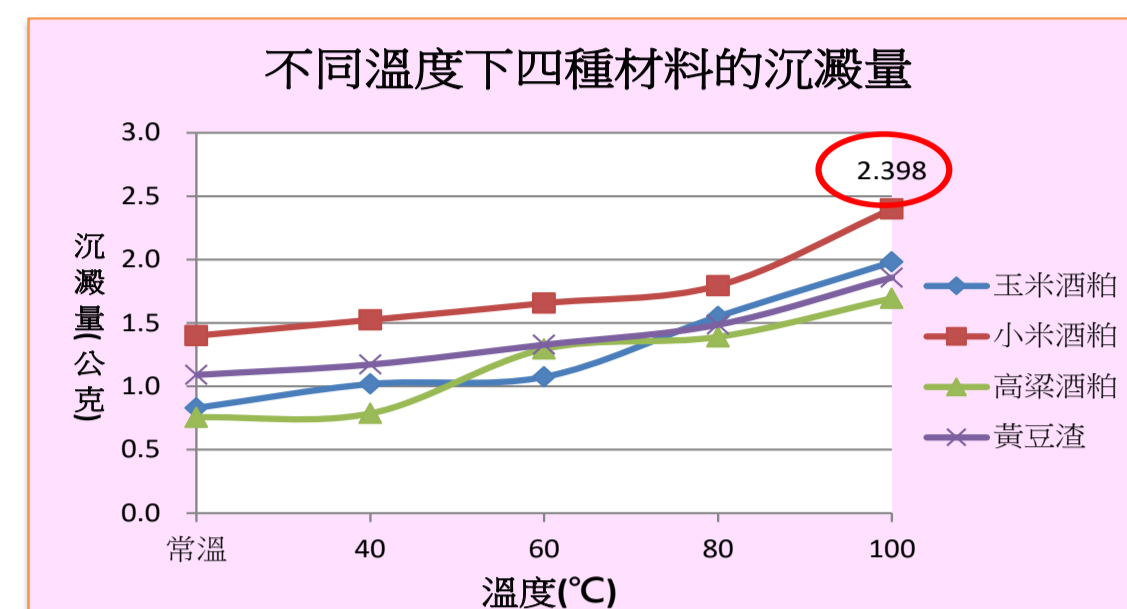
### ◎實驗一：從廢棄酒粕與黃豆渣中提取蛋白質：

實驗目的：遵循實驗標準程序，謹慎控制變因和操縱變因，仔細觀察或測量應變變因

學習歷程：原使用白醋和小蘇打來調酸鹼值，但不能穩定在一個 pH 值下，所以改採跟廠商購買 pH3-11 的緩衝溶液來調酸鹼值，能讓實驗進行生化反應且能夠維持固定 pH 值的環境。另外使用加熱時原使用酒精燈也不穩定，改採用恆溫加熱平台。

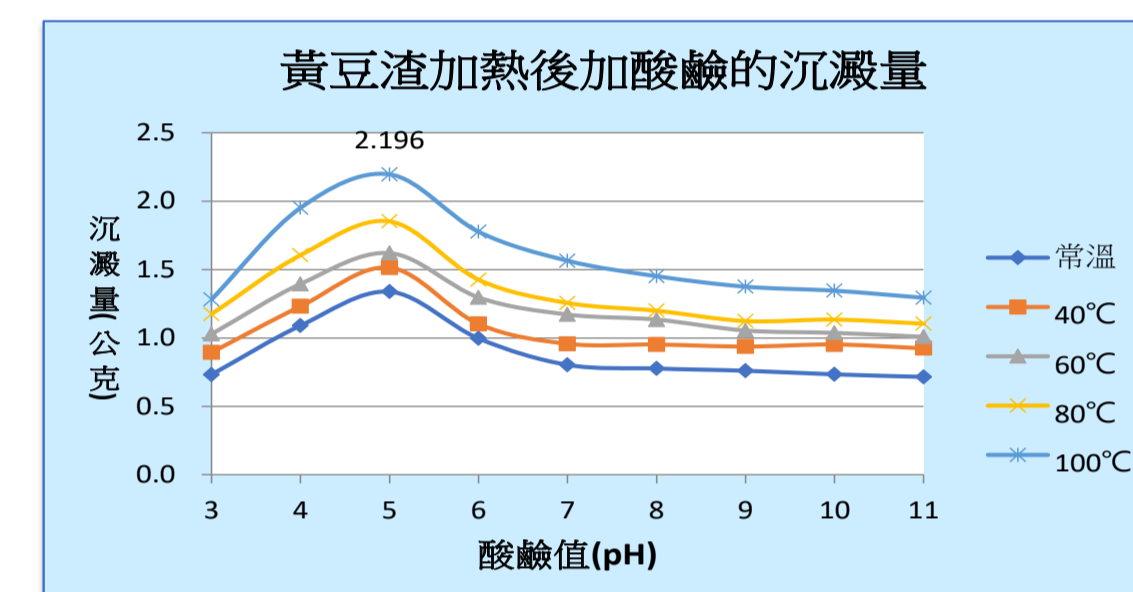
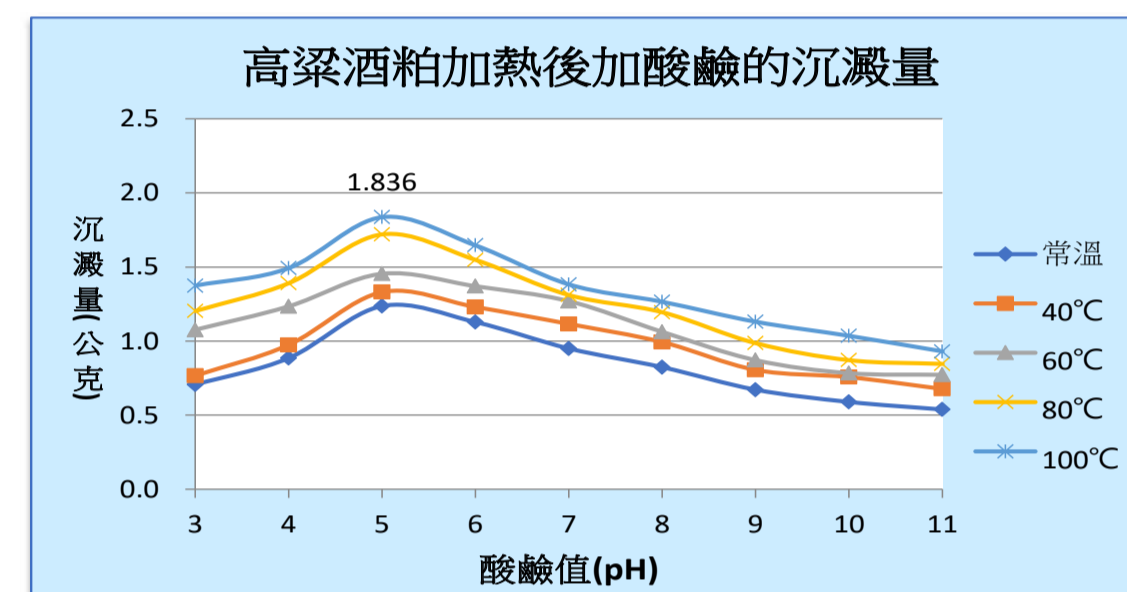
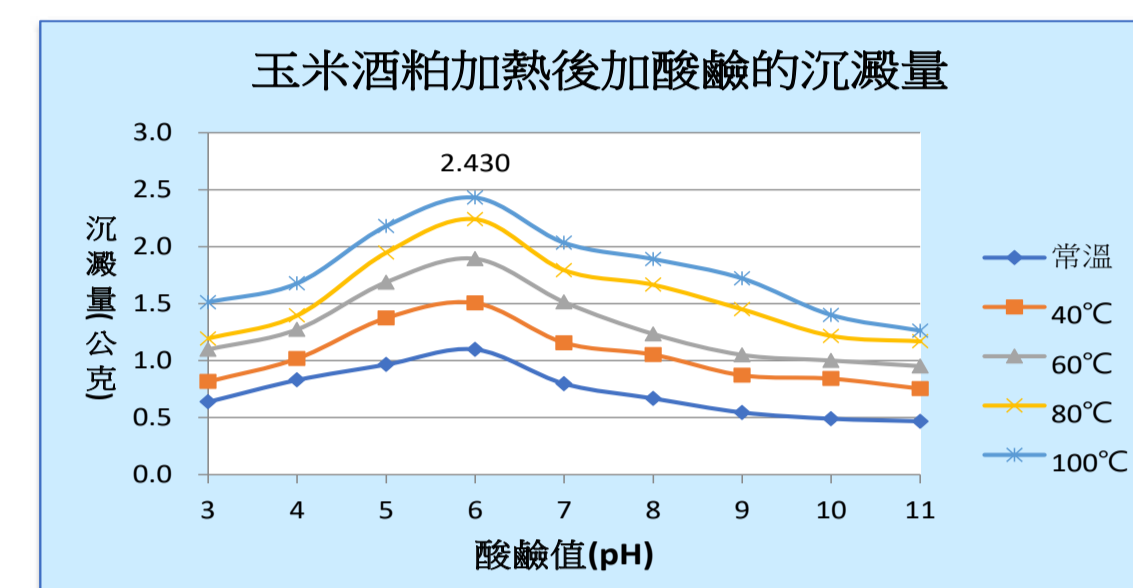
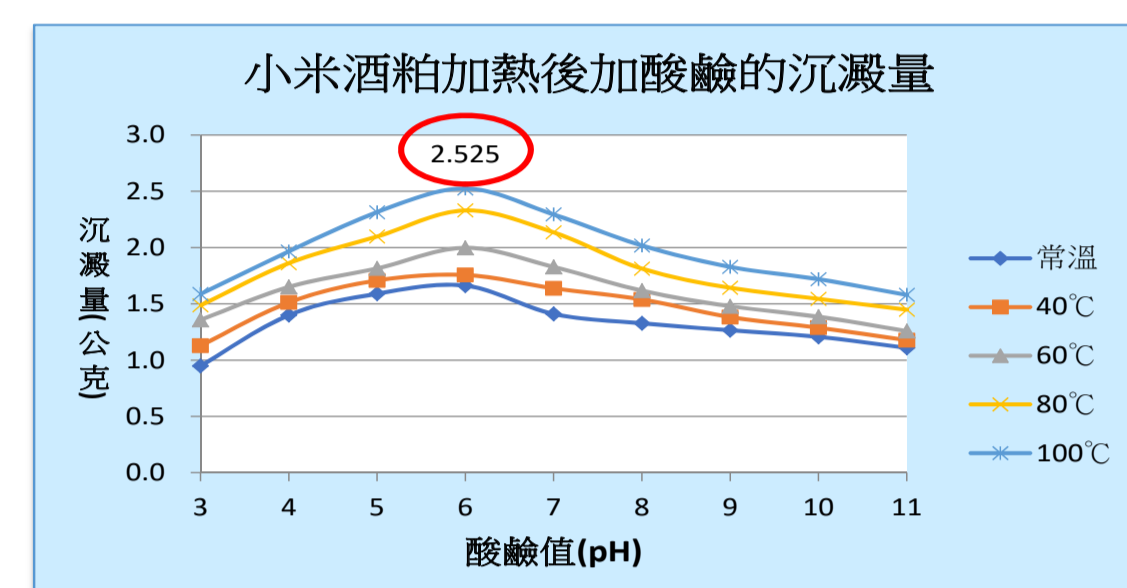
實驗	實驗設計	控制變因	操縱變因	實驗結果/應變變因(沉澱量)
1-1	加熱	攪拌時間、攪拌速度、pH 值	加熱溫度 (常溫、40°C、60°C、80°C、100°C)	加熱 100°C 小米酒粕沉澱量高
1-2	加熱後再調 pH 值	攪拌時間、速度、溫度	緩衝溶液調(pH3~ pH 11)	加熱 100°C、pH5-6 小米酒粕沉澱量較高
1-3	調 pH 值	攪拌時間、攪拌速度、溫度	緩衝溶液調(pH3~ pH 11)	pH5-6 小米酒粕沉澱量高
1-4	調 pH 值後再加熱	攪拌時間、速度、pH 值	加熱溫度 (常溫、40°C、60°C、80°C、100°C)	pH5-6、加熱 100°C 小米酒粕沉澱量最高
1-5	再找最佳 pH 值	攪拌時間、速度、溫度	緩衝溶液調 pH 值 (小數點下一位)	pH5.6、加熱 100°C 小米酒粕沉澱量最高
1-6	最適攪拌時間確認	攪拌速度、pH 值、溫度	攪拌時間	攪拌時間 10 分鐘
1-7	最適攪拌速度確認	攪拌時間、pH 值、溫度	攪拌速度	攪拌速度 600rpm

#### (一) 1-1：取四種材料濾液依不同溫度加熱後，測量沉澱物重量



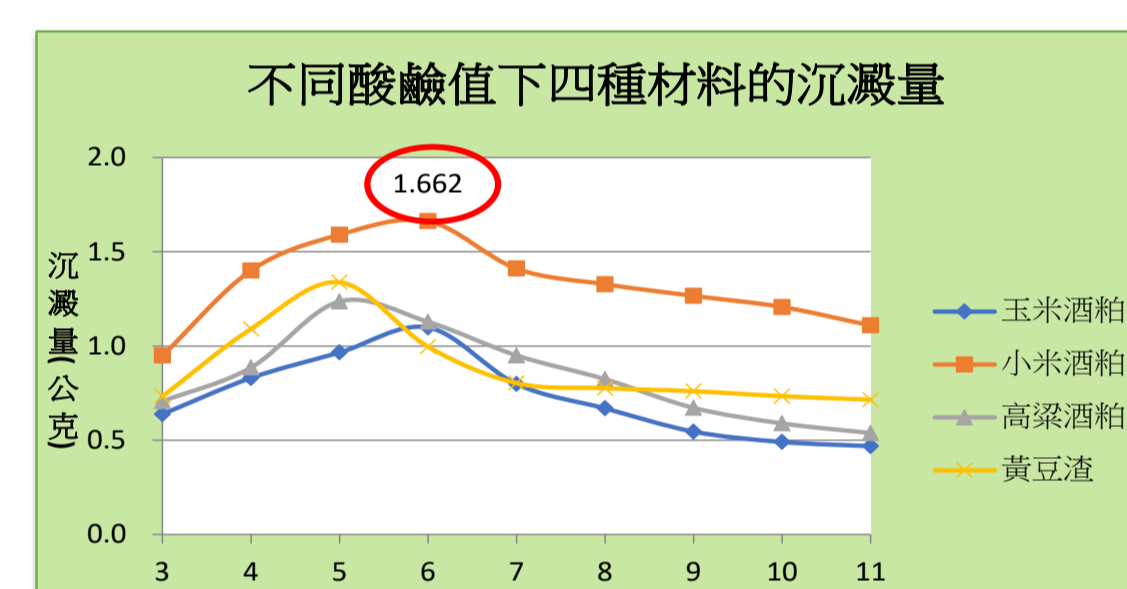
實驗發現：加熱到 100°C 沉澱量最多。

#### (二) 實驗 1-2：加熱後，以緩衝溶液調整到 pH3~pH11 測量沉澱物重量



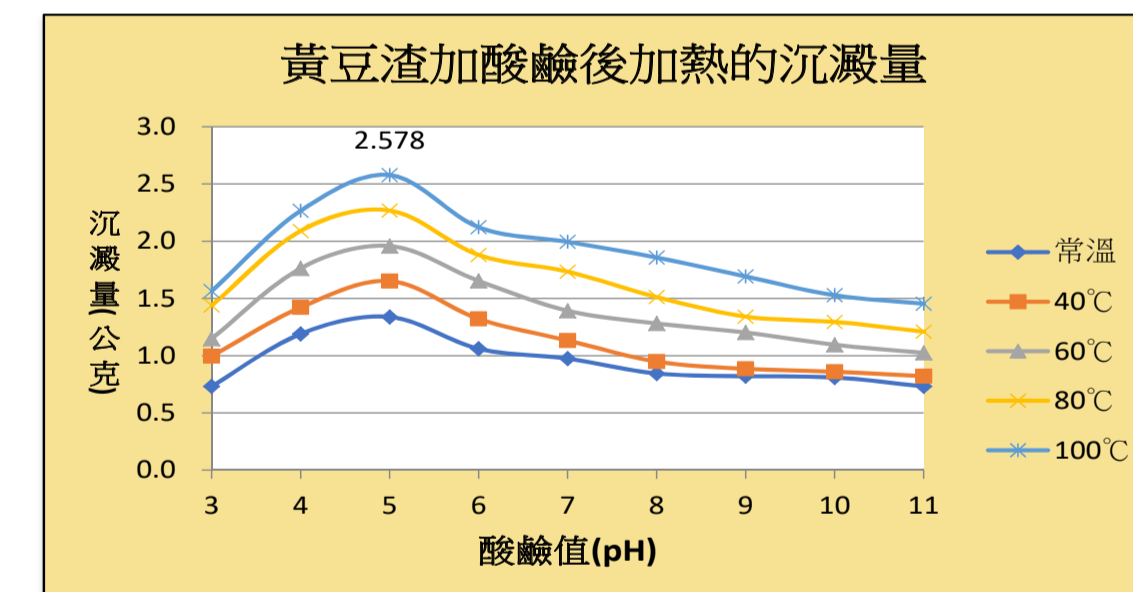
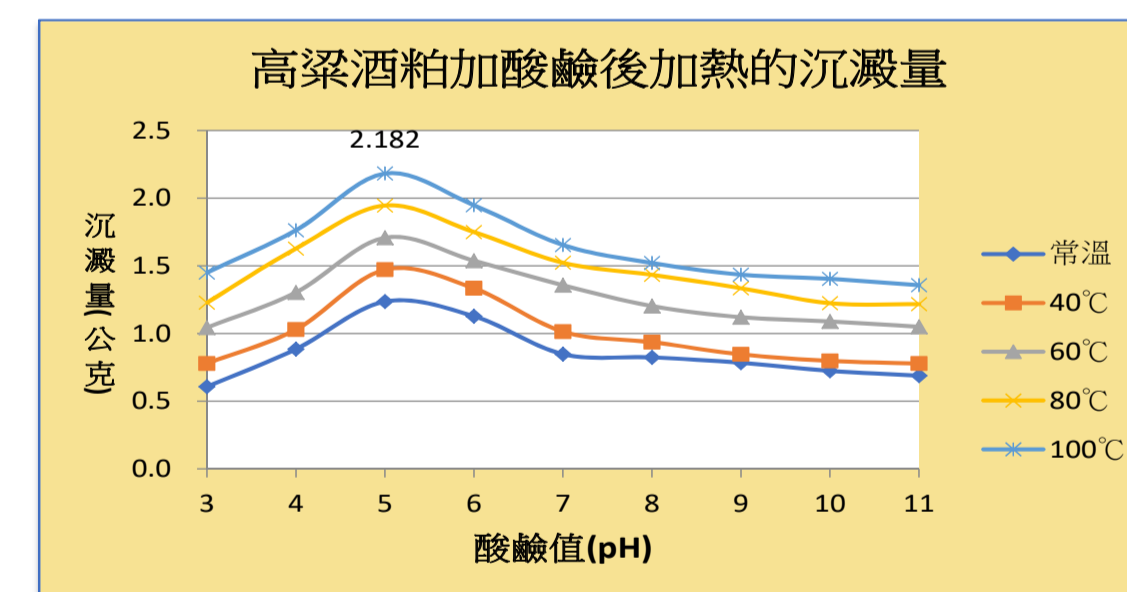
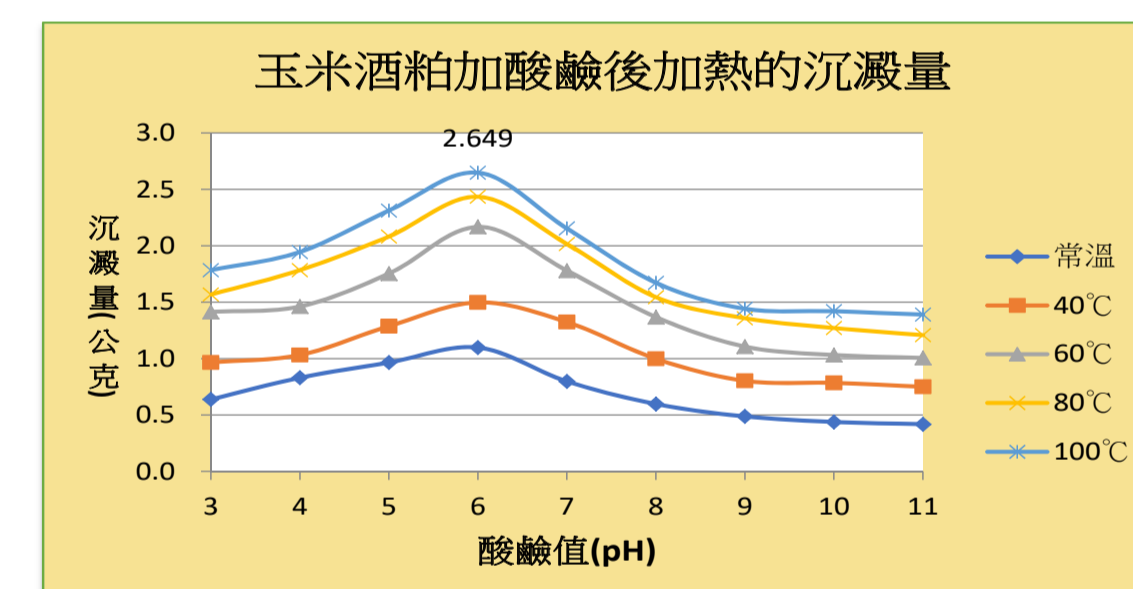
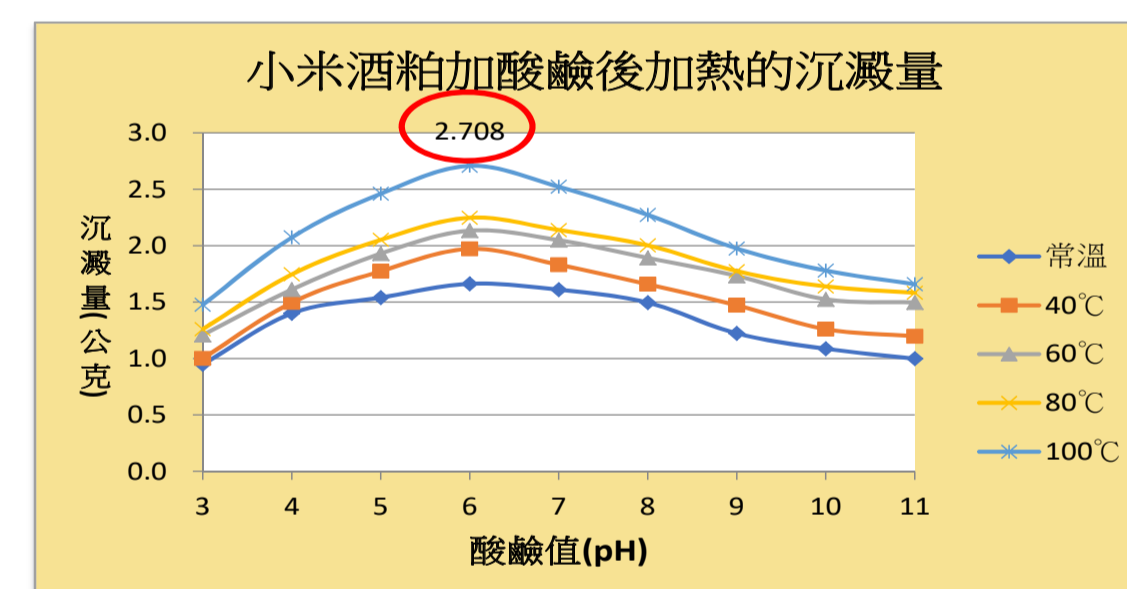
實驗發現：加熱後再以緩衝溶液調酸鹼值，四種穀物沉澱量都比實驗 1-1 多。

#### (三) 實驗 1-3：另取四種材料濾液先用緩衝溶液調配成不同 pH 值，測量沉澱物重量



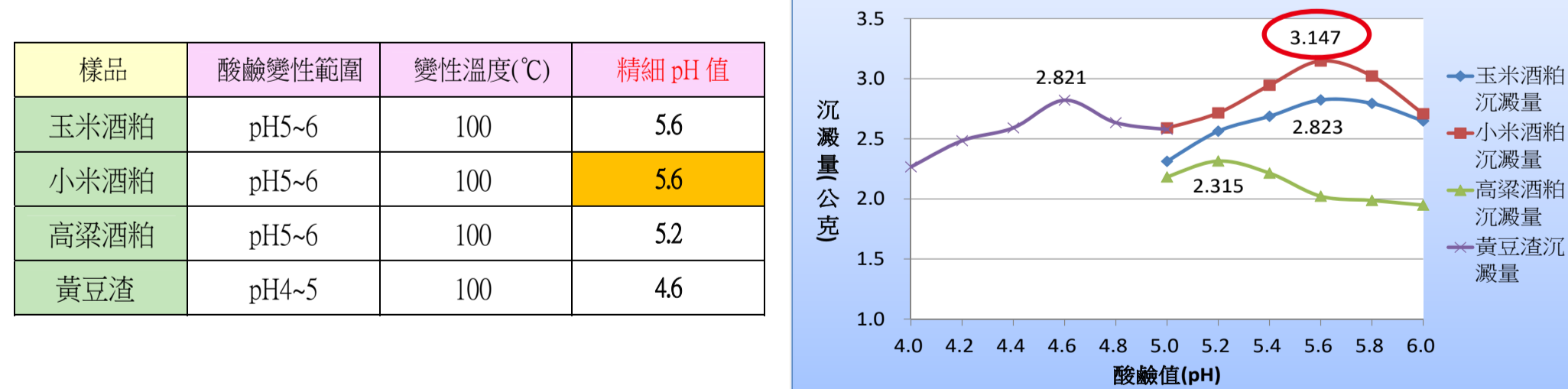
實驗發現：小米酒粕加酸時，沉澱量高，但較實驗 1-1 少。

#### (四) 實驗 1-4：用緩衝溶液調配成 pH 值後，設定不同溫度加熱



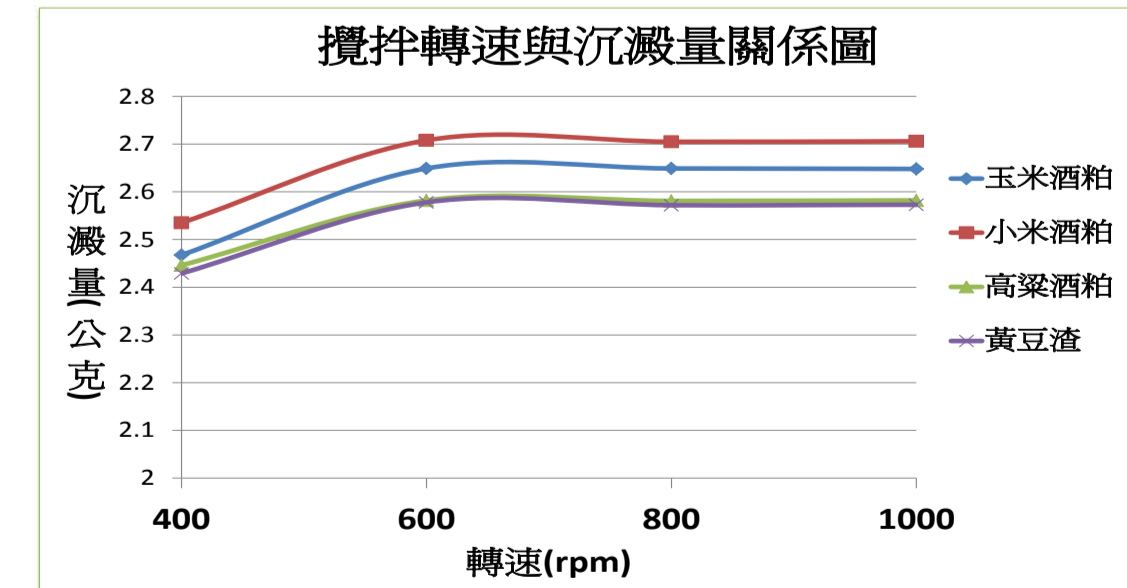
實驗發現：先用緩衝溶液調整 pH 後再加熱到 100°C，小米酒粕沉澱量最高。

#### (五) 實驗 1-5：擇取實驗 1-1~1-4 四種穀物蛋白變性實驗結果後最多沉澱量者，以緩衝值更精確細分五等份，找出最大沉澱量



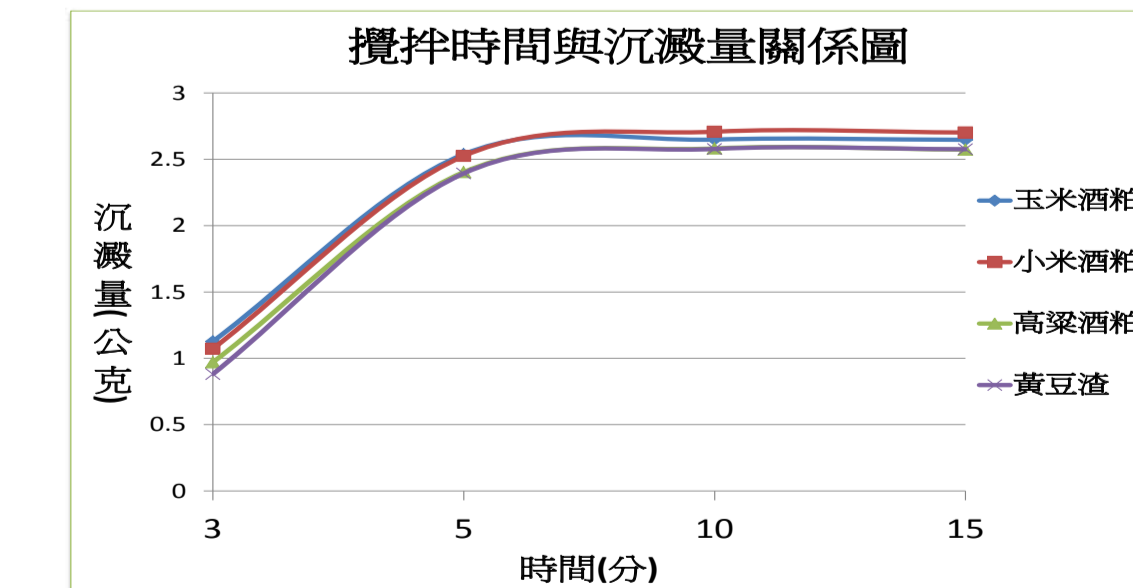
實驗發現：小米酒粕在 pH5.6 加熱到 100°C 時沉澱量最高。

#### (六) 實驗 1-6：探討攪拌速度是不是會影響沉澱量



實驗發現：攪拌速度 600rpm 時，為最適攪拌速度 (和廠商建議速度相同)

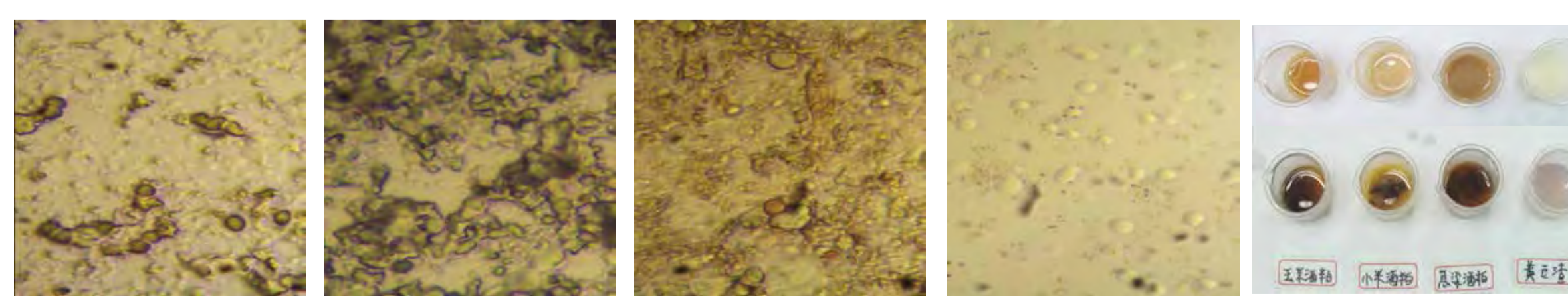
#### (七) 實驗 1-7：探討攪拌時間是否會影響沉澱量



實驗發現：攪拌時間 10 分鐘時，為最適攪拌時間 (和廠商建議時間相同)

\* 分析：攪拌速度和時間會影響蛋白質變性，但若達最大沉澱量後便不再影響。

#### (八) 實驗 1-8：顯微鏡觀察四種沉澱物並且作沉澱物蛋白質檢測



實驗發現：透過顯微鏡放大 400 倍觀察，可見沉澱物的結構。取沉澱物經雙綫脈實驗 (先滴 10% 氫氧化鈉再滴 1% 硫酸銅溶液) 後，四種蛋白呈紫色，顯示沉澱物有蛋白質。

#### ◎實驗一討論：

- 加入酸鹼緩衝溶液時使蛋白質的氫鍵斷裂產生變性；而加熱將能量傳遞給糾結的蛋白質分子鏈，使其展開且氫鍵斷裂也會造成變性。若先加入緩衝溶液再升高溫度會增加蛋白質變性的反應速率，加速沉澱效果。
- 查詢文獻：穀物蛋白含「醇溶蛋白」在鹼性下會被溶解，變性產物較少。

