

中華民國第 64 屆中小學科學展覽會
作品說明書

國中組 生活與應用科學(三)科

第三名

033008

「乳」「膠」「膜」法 - 探討以牛奶膠水製作無痕
黏膠的可行性

學校名稱： 高雄市立陽明國民中學

作者： 國二 魏伊岑 國二 許巧妍 國二 歐陽芝羽	指導老師： 翁郁凰
--	------------------

關鍵詞： 牛奶、膠水、無痕黏膠

摘要

本研究以脫脂牛奶加酸製作牛奶膠水黏著劑，並自製黏著力及初始黏度測量裝置測定各不同成分比例及添加物的牛奶膠水黏力，以期製作出具有更高黏力的天然黏著劑。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，其黏著力與市售商品相當、保持力較市售商品為佳，而因牛奶膠水不防水的特性，牛奶膠水黏膠膜片只要滴水後待其軟化溶解便能簡單去除，不易受牆面材質的影響，不僅製做方便、價格低廉，亦對環境十分友善。

壹、研究動機

傳統的掛勾通常需要釘子或螺絲才能固定在牆上，這可能會留下難看的洞或痕跡，而無痕掛勾的出現解決了這一問題，它通常使用吸盤或黏膠等方式固定在牆上，吸力式的無痕掛勾利用真空原理，只能吸附在光滑、平整的表面上，而黏膠式的無痕掛勾則使用黏著劑將掛勾牢固地黏附在牆面上，然而，黏著劑的成分都是化學物質，像是有揮發性的有機化合物、有毒的固化劑、增塑劑、稀釋劑等，不僅會對環境造成汙染，也會危害到人體健康，因此當我們在科學 Online 的網站上看到牛奶膠水的相關介紹^[1]時，覺得十分有趣，便想要以牛奶中含有的成分製作出天然的黏著劑，並透過成分的改良以達到更好的黏著效果，希望能做出方便使用、保存較久的薄膜式牛奶膠水，應用於替代無痕掛勾的黏膠，讓家居生活需要吊掛物品時，除了耐重、除膠不留痕跡，也對環境友善。

貳、研究目的：

- (一) 自製測量牛奶膠水黏著力及初始黏度的工具。
- (二) 設法製作黏性最大的牛奶膠水配方。
- (三) 製作及測試牛奶膠水黏膠膜片的效能。
- (四) 應用於無痕掛鉤上。

文獻回顧：

牛奶中大約含有80%酪蛋白和20%乳清蛋白，酪蛋白微球表面帶有負電特性，彼此間會互相排斥，而以均勻的懸浮狀態存在於我們平時喝的牛奶當中，若在牛奶中加酸性溶液（如醋酸、檸檬酸），則酸中帶正電的 H^+ 將與酪蛋白微球的負電荷中和，降低酪蛋白微球間

的斥力，進而產生凝聚沉澱的現象，當加入的酸到達酪蛋白的等電點（pH=4.6）時，淨電荷剛好為 0，沉澱量最大，只要將凝固的沉澱物過濾後，再加入鹼性溶液（如小蘇打）時，會提高牛奶的 pH 值，使酪蛋白分子重新帶負電荷，彼此間又會因為靜電排斥力而分開，回到可溶於水的狀態，而形成乳膠狀的液體，因為酪蛋白是大分子，容易相互交纏在一起，而使得溶液變得黏稠、產生黏性，等到溶液中的水份完全蒸發後，酪蛋白分子便形成牢固的黏合劑，即為牛奶膠水，可用於紙製品、木材製品、紡織品等材料的黏合。

查閱歷屆科展中，與牛奶膠水相關的研究與應用不少，我們將其整理於下表：

屆別	題目名稱	研究重點	對我們的啟發
中華民國第 52 屆中小學科學展覽會	百黏好合-動物性與植物性蛋白質製成蛋白膠水的探討 ^[2]	<ol style="list-style-type: none"> 1. 全脂、脫脂牛奶及大豆蛋白隨製成的溫度越高，膠水黏力愈差；其中以脫脂牛奶的黏力最高。 2. 把膠水塗抹於待測物上，並在下方放置彈珠，記錄能承載彈珠的數量來表示膠水的黏著力。 	參考此研究成果，我們在常溫下，使用脫脂奶粉泡成牛奶，並將其測定黏力的方法進行改良，使結果更精準。
中華民國第 59 屆中小學科學展覽會	蛋白質得來塑 ^[3]	<ol style="list-style-type: none"> 1. 探討不同來源蛋白質塑膠的萃取、性質與應用。 2. 以自製測量工具與 3D 列印鑄模，測試各種膠體固化前和固化的特性。 	不同種類蛋白質塑膠具有不同的特性，可各自發展適合的用途。
中華民國第 57 屆中小學科學展覽會	牛奶塑膠異世界 ^[4]	<ol style="list-style-type: none"> 1. 研究探討牛奶塑膠製成 3D 列印材料的可行性。 2. 嘗試找出使牛奶塑膠的保存期限增長及防水的方法。 	牛奶膠水本身並不防水，且因含蛋白質，在應用上應該考慮其保存問題。
中華民國第 59 屆中小學科學展覽會	絕世好漆-以牛奶和教室粉筆自製塗漆 ^[5]	<ol style="list-style-type: none"> 1. 牛奶中的乳酸菌可使牛奶液變成酸性，讓牛奶中的酪蛋白分子重新連結在一起，再加入小蘇打粉可讓牛奶中的酪蛋白產生黏性，自製成牛奶膠水。 2. 以牛奶的酪蛋白為基底，加入短粉筆等原料，可製作成牛奶塗漆。 	在牛奶膠水中加入其它添加物，可以發揮不同的用途及價值，讓我們思考牛奶膠水還可以有哪些應用。

製作好的牛奶膠水為黏稠的液態，容易發霉、產生異味，因此難以保存，若將牛奶膠水烘乾以後，又稱為牛奶塑膠，可以保存的期限大幅拉長，且沒有味道，雖然與牛奶膠水相關的黏性研究已有多篇，但卻缺乏將牛奶膠水乾燥製成的牛奶塑膠再加水來製作黏膠的相關研究，為了讓乾燥的牛奶塑膠能夠形成膜片的樣態，我們也搜尋了成膜的相關文獻，發現添加果膠有助於增加溶液的黏稠度及成膜形狀：

屆別	題目名稱	研究重點	想法
中華民國第63屆中小學科學展覽會	「果」然「塑」這樣- 農業廢棄物回收自製果膠保鮮膜之探究 ⁶⁾	使用乙醇沉澱法可將回收之農業廢棄物過濾出果膠並製成保鮮膜。	我們參考其製作橘子果膠的詳細方法，修改為製作柑橙果膠。

綜上所述，我們希望能應用牛奶膠水無毒、無味、環保且可生物降解的特性，製作出價格便宜且對環境友善的高黏力黏膠膜片，再根據其不防水的特性，將牛奶膠水黏膠膜片作為加水即可脫膠的無痕黏膠。

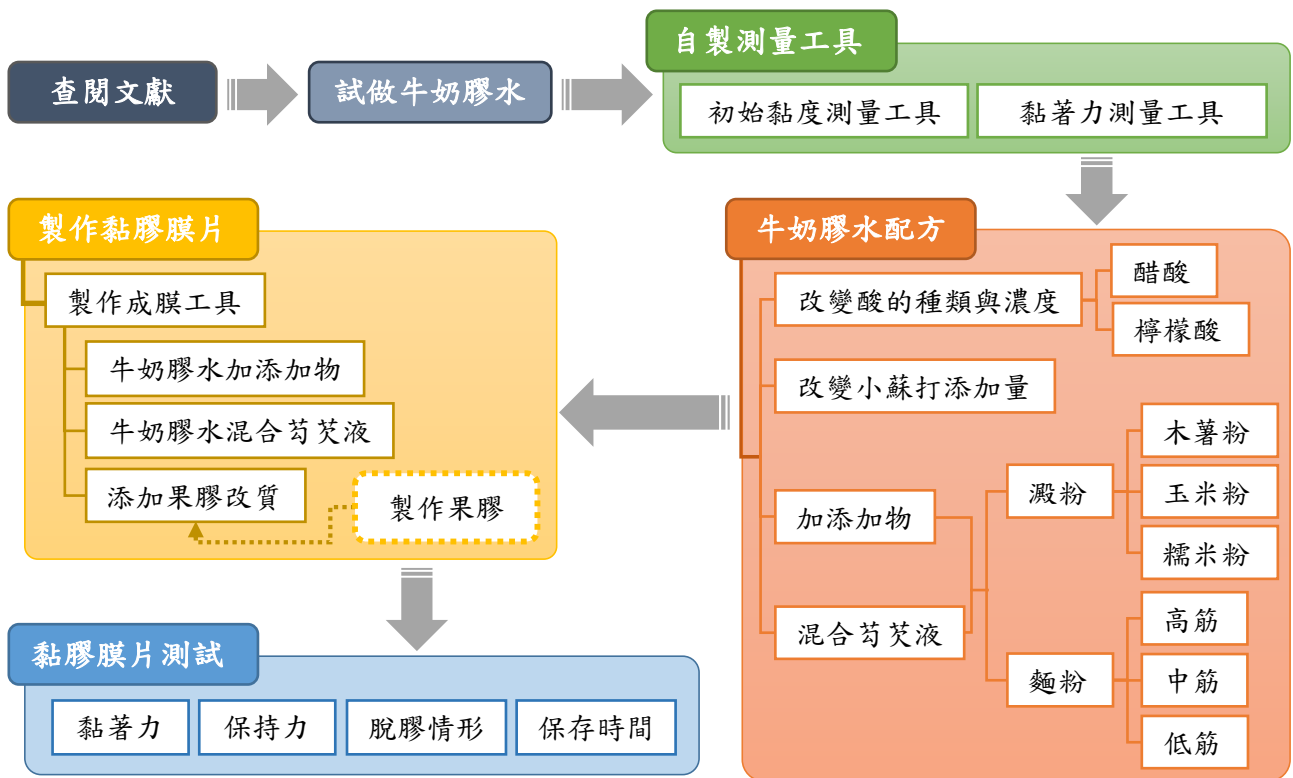
參、研究設備及器材

器材	燒杯、滴管、刮勺、量筒、玻棒、攪拌子、豆漿袋、砝碼			
	烘箱 	精密電子秤 	磁石攪拌加熱器 	pH計 
	抽氣過濾裝置 	第一代黏著力測定裝置 	初始黏度測試裝置 	
	第二代黏著力測定裝置 	手動捲揚機 	磅秤 	

藥品、 耗材	醋酸、白醋、檸檬酸 (C ₆ H ₈ O ₇ ·H ₂ O)、碳酸氫鈉、95%乙醇、去離子水、高筋麵粉、中筋麵粉、低筋麵粉、木薯澱粉、玉米澱粉、糯米澱粉、橘子皮、柳丁皮、濾紙			
	脫脂奶粉 	全脂奶粉 	市售無痕掛勾 	

肆、研究過程與結果

一、研究流程與重點



二、研究過程與結果

研究(一)、製作牛奶膠水及黏性測量工具

►想法：為了測試牛奶膠水的黏性，需要有合適的測量工具，於是我們利用實驗室現有的材料進行 DIY，製作能測量牛奶膠水乾燥之前的初始黏度及乾燥之後的黏著力裝置，以便進行各種牛奶膠水配方的測試與比較。其中，當黏膠還沒和被黏的物體完全黏合時的黏性稱為初

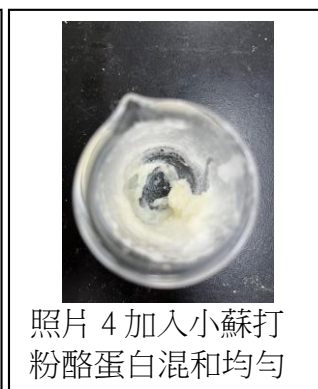
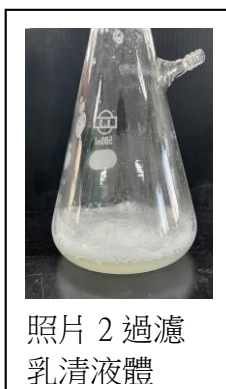
始黏力，初始黏力愈佳代表在越短的時間內就能將物體黏合在一起；而我們測量的**黏著力**是指將黏膠塗佈於木片後，在平行黏膠的方向施力，可以測得黏膠所能承受的最大拉力（剪切強度），也可以代表黏著劑將兩塊材料黏接在一起的牢固程度。

實驗 1 試作牛奶膠水

我們參考科學 online 中「3D 有趣實驗：牛奶膠水」^[1]的做法，嘗試使用脫脂奶粉和全脂奶粉製作牛奶膠水。

➤步驟：

- 1、配製牛奶：將 5.6 克脫脂奶粉加入 40 mL 的常溫純水，並攪拌均勻至全部溶解。
- 2、取 40mL 的脫脂牛奶，加入 10 mL 的 4.5% 市售白醋，使其混合產生白色棉絮狀沉澱（如照片 1）。
- 3、抽氣過濾，將白色沉澱與上層乳清液體分離（如照片 2）。
- 4、取下濾紙上的白色沉澱物並秤重（如照片 3），取出 2.5 克的沉澱物（酪蛋白）。
- 5、加入等量（2.5 克）的小蘇打粉（如照片 4）。
- 6、以玻棒攪拌，將其充分混合均勻後即為牛奶膠水。



➤結果：

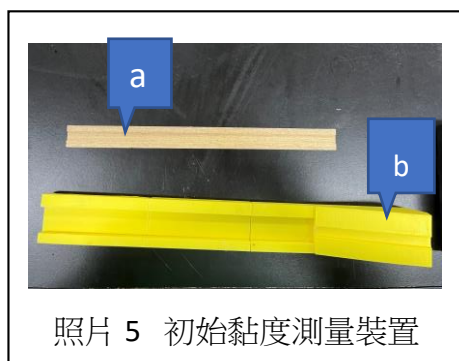
我們發現以全脂奶粉做出來的牛奶膠水摸起來有些許的油膩感，塗佈在木片或是紙張上的黏性相較於用脫脂奶粉做出來的膠水低很多，和前人的科展研究所得的結果的相同，因此我們決定後續實驗皆使用脫脂奶粉。

實驗 2 自製初始黏度測量工具

我們想知道牛奶膠水在接觸物品當下是否能迅速發揮黏力，因此製作了測量工具，並將測得的數值稱為初始黏度(cm)，初始黏度數值愈大，代表初始黏力愈差。

➤方法：

- 1、取數根 30cm 長的木條，在中間洗一條深 0.1 cm、寬 1.0 cm 的溝槽（如照片 5-(a)），將黏著劑塗滿整個溝槽並用尺刮平，使黏著劑高度切齊木條平面。
- 2、以 3D 列印製作一塊坡度為 21° 的斜坡塊，在中間留一條深 0.5 cm、寬 1.0 cm、長 10.0 cm 的溝槽，再製作 1 塊中間留有與斜坡塊相同的溝槽的長方體，並將斜坡和長方體的溝槽相對，黏合在一起（如照片 5-(b)）。
- 3、將步驟 1 中已塗佈黏著劑的木條照片 5-(a)插入照片 5-(b)的軌道下，再將 20 克的砝碼由斜坡頂端自由釋放（如照片 6），測量砝碼於木條軌道的黏著劑上前進的距離，記錄為初始黏度的數值(cm)。



照片 5 初始黏度測量裝置



照片 6 初始黏度測量方法

➤結果與討論：

1. 我們原先利用 3D 列印製作了整組的塗佈黏著劑的軌道和讓砝碼滾下的斜坡，但實驗結束後發現，列印的軌道底部兩側很容易殘留有黏著劑不容易清洗，可能會影響實驗結果，於是改用木塊斜坡搭配可以抽換的洗溝木條，沒想到當砝碼滾過木條上的溝槽時，一部份溢出的黏著劑使木條和軌道裝置黏住了，因此最後選擇以複合裝置的方式，來進行各配方牛奶膠水的初始黏度測量。
2. 實驗測得砝碼滾動的距離愈長，即初始黏度的數值(cm)愈大，代表其無法迅速的黏合物質，初始黏力愈差；若數值愈小，代表初始黏力愈好。

實驗 3 自製黏著力測量工具

為了方便控制實驗的各項變因，及確切找出黏著力最佳的配方，我們必須有統一的測量標準，並製作黏著力測量工具。

➤<第一代>方法：

- 1、取 5mm 厚度的木板，以雷射切割機切出大量 1.5cm*6cm 的小木片，其中一端中心有直徑 5mm 的小孔(如照片 7)。
- 2、將兩片木片在無開孔的那一端塗上與木片同寬、長度 0.5cm、質量 0.5 克的牛奶膠水後黏合在一起。(如照片 8)。

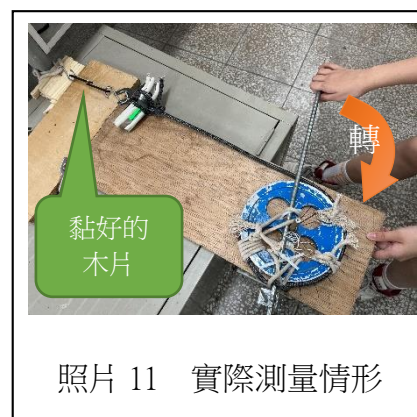
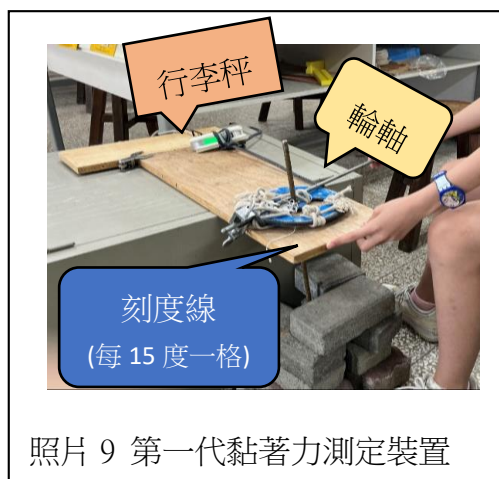


照片 7 以雷射切割製作測試木片



照片 8 以牛奶膠水將兩木片黏合在一起

- 3、將黏好的木片組兩端開孔的位置扣上 s 型掛勾，一端固定在實驗桌腳，一端扣在行李秤上，並用強力膠將繩子與行李秤固定住。
- 4、取一鐵製圓輪，中央有圓孔可以穿過鐵架並固定在木板上，在木板上 (如照片 9)。
- 5、另取一鐵桿固定在圓輪上，手握鐵桿轉動以增加施力臂達到省力的效果，使綁住行李秤的繩子另一端繞過圓輪固定，以均勻的速度轉動輪軸上的鐵桿(如照片 10)，並以攝影方式在固定兩木片間的牛奶膠水斷開的瞬間記錄下行李秤的讀數，即為垂直拉力，以黏著力(kgw)表示。

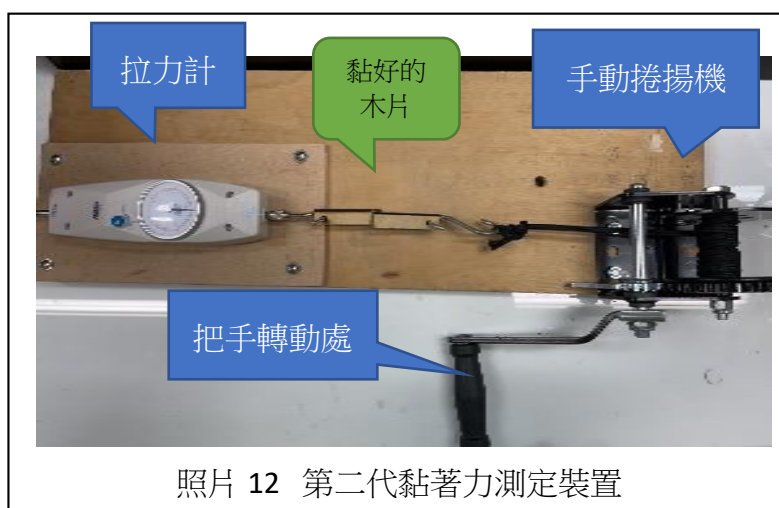


➤結果與討論：

經過數次的調整與改良，我們最終製作出的黏著力測量工具可以進行 50 公斤重以下的垂直拉力測試，以測出牛奶膠水的黏著力，然而隨著測量次數漸多之後，手握的鐵桿有變彎的趨勢，因此我們決定重新改造整組測量裝置。

➤<第二代>方法：

由於第一代黏著力測量裝置在轉動時，遇到黏著力超過 40 公斤重的鐵桿會變形，導致無法準確對照刻度線以均勻的速率轉動，因此我們將輪軸改成使用手動捲揚機(如照片 8)來控制轉動速率，以手轉動捲揚機時，會帶著齒輪一格一格轉動，讓施力增加的速率更容易維持，我們亦購入拉力計



計取代行李秤，利用這些材料做出了第二代黏著力測量裝置(如照片 9)，步驟如下：

1. 將拉力計及手動捲揚機分別固定在木板的兩端。

- 捲揚機綁上繩子，並在前端綁上 S 掛勾。
- 將木片兩端分別固定在拉力計及 S 掛勾上，即可轉動把手測量黏著力。

➤結果與討論：

第一代黏著力測量裝置的鐵桿除易變形外，使用時也較費力，改良成第二代後不僅更省力，且可以規律轉動而得到更準確的測量數值。

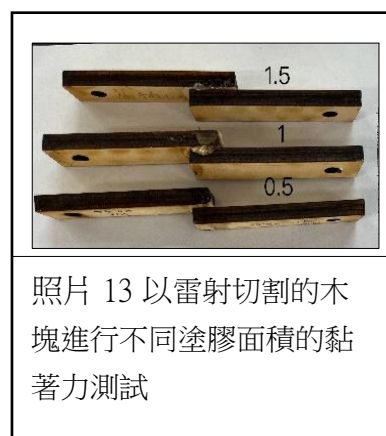
研究(二)、調製牛奶膠水的最佳配方

實驗 1 制定牛奶膠水黏性測量標準

我們藉由試做牛奶膠水，找出可能影響測量結果的變因，並合理的加以控制，配合我們自製的測量工具能測定的數值範圍，客觀地測得各牛奶膠水的黏力大小進而加以比較。

➤步驟：

- 配製牛奶：將 5.6 克脫脂奶粉加入 40 mL 的常溫純水，並攪拌均勻至全部溶解。
- 取 40mL 的脫脂牛奶，加入 10 mL 的 4.5% 市售白醋，使其混合產生白色棉絮狀沉澱。
- 抽氣過濾，將白色沉澱與上層乳清液體分離。
- 取下濾紙上的白色沉澱物並秤重，取出 2.5 克的沉澱物(酪蛋白)。
- 加入等量(2.5 克)的小蘇打粉。
- 以玻棒攪拌，將其充分混合均勻後即為牛奶膠水。
- 分別取 0.1g、0.2g、0.3g 的牛奶膠水，均勻塗佈在木片前端 0.5 公分、1 公分、1.5 公分長的範圍(照片 13)
- 靜置一天後，分別測量其黏著力及初始黏度，重複三次並記錄數值。



照片 13 以雷射切割的木塊進行不同塗膠面積的黏著力測試

➤結果與討論：

表 1 市售白醋的初始黏度及黏合不同長度的黏著力

塗膠面積		1.5 cm x 0.5 cm	1.5 cm x 1.0 cm	1.5 cm x 1.5 cm
黏著力 (kgw)	第 1 次	3.6	6.9	9.5
	第 2 次	4.8	7.0	10.9
	第 3 次	4.1	7.5	11.3
	平均	4.2	7.1	10.6
初始黏度 (cm)	第 1 次	7.1		
	第 2 次	7.4		
	第 3 次	7.5		
	平均	7.3		

1. 由實驗結果可以發現，隨著牛奶膠水塗佈的面積越大，黏著力會越大，為了後續實驗的測量不需花太多力氣，我們決定接下來的木片統一以 1.5 cm x 0.5 cm 為塗膠範圍，厚度方面，則是取等重的牛奶膠水減少人工誤差。

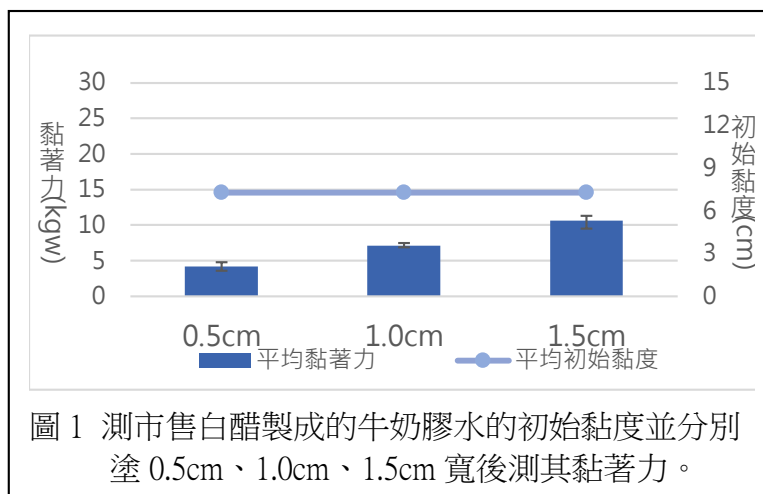


圖 1 測市售白醋製成的牛奶膠水的初始黏度並分別塗 0.5cm、1.0cm、1.5cm 寬後測其黏著力。

2. 添加等重的小蘇打與酪蛋白混合後，隨著放置時間增加，會產生分層、顏色變深且變質的現象，因此牛奶膠水建議現用現配較好。

實驗 2 改變酸的種類

由於我們以市售白醋成功製成了牛奶膠水，為了使牛奶膠水的成分單純以方便探討影響黏性的因素，我們以醋酸取代白醋，並選用常見的檸檬酸來作為比較。

▶ 步驟：

- 1、分別配製 4.5% 的醋酸及檸檬酸將白醋改成醋酸，並和檸檬酸比較溶液。
- 2、重複實驗 1 中的步驟 1~6(4.5%)，將市售白醋改成相同濃度的醋酸及檸檬酸溶液。
- 3、將製成的牛奶膠水分別均勻塗佈在兩木片之間，塗佈克數皆為 0.1 克、寬度為皆木片寬 1.5 cm，長度皆為 0.5 公分。
- 4、靜置一天後，分別測量其黏著力及初始黏度，重複三次並記錄數值。

▶ 結果與討論：

表 2 將市售白醋改成醋酸，並和檸檬酸比較。

酸種類		醋酸	檸檬酸
酪蛋白量(g)		2.5	2.5
小蘇打添加量(g)		2.5	2.5
黏著力 (kg)	第 1 次	5.6	4.4
	第 2 次	4.6	4.5
	第 3 次	4.6	4.3
	平均	4.9	4.4
初始黏度 (cm)	第 1 次	7.0	5.0
	第 2 次	6.3	4.8
	第 3 次	6.7	5.7
	平均	6.7	5.2

1. 將市售白醋改成檸檬酸後，我們發現製作出來的白色棉絮狀物變得較少，沉澱的酪蛋白抽濾速度較快，但製作出來的牛奶膠水也較稀、較無法塑型。
2. 使用醋酸做出來的牛奶膠水呈現較固體的狀態，可用來塑型，初始黏度及黏著力皆較檸檬酸佳。

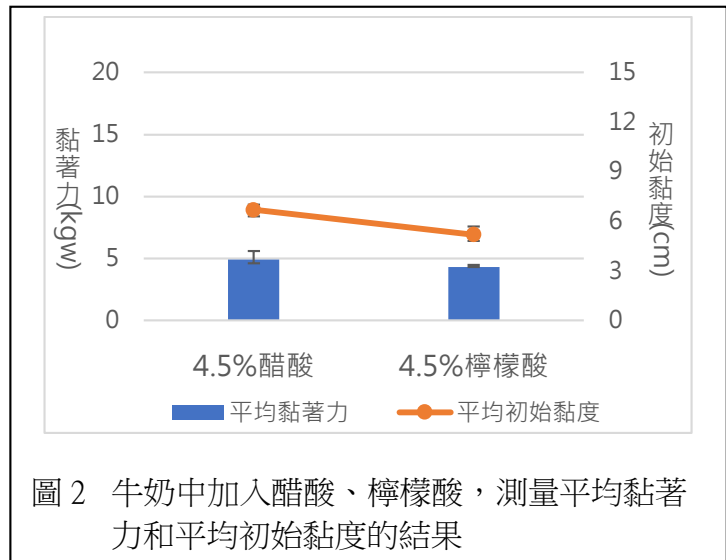


圖 2 牛奶中加入醋酸、檸檬酸，測量平均黏著力和平均初始黏度的結果

實驗 3 改變酸的濃度

雖然醋酸和檸檬酸皆為弱酸，但相同濃度的情況下卻有不同的酸鹼值，我們好奇影響製成的牛奶膠水黏性的因素是否也會受到酸的濃度或酸鹼值的影響，因此進一步改變了醋酸與檸檬酸的濃度。

➤ 步驟：

- 1、將實驗 2 中的醋酸及檸檬酸濃度改為 3、6、9、12、15%，並測量其 pH 值。
- 2、重複實驗 2 製做牛奶膠水的步驟，於添加與酪蛋白等量(2.5 克)的小蘇打後，一部分牛奶膠水放入試管中，滴加廣用試劑測量牛奶膠水的酸鹼度，剩餘的牛奶膠水再測量其黏著力及初始黏度，重複三次並記錄數值。

➤結果與討論：

表 3 改變醋酸及檸檬酸的濃度並比較其黏力

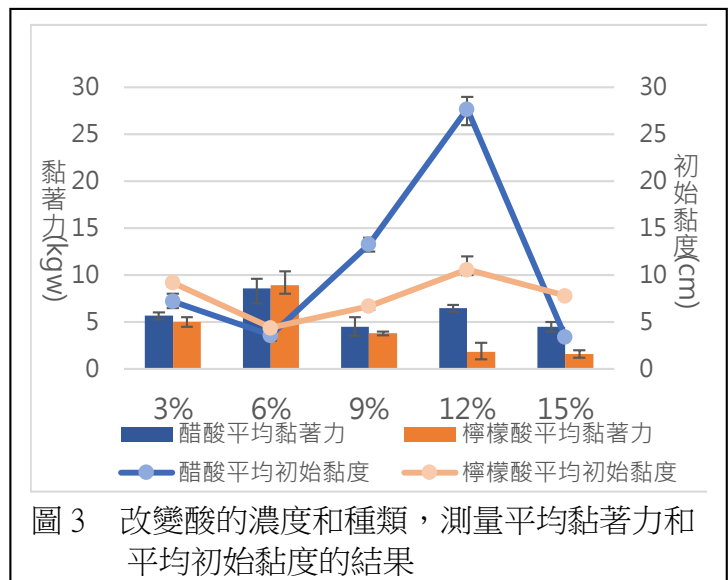
酸的種類		醋酸						檸檬酸					
酸的濃度		3%	4.5%	6%	9%	12%	15%	3%	4.5%	6%	9%	12%	15%
酸 pH 值		2.73	2.33	2.26	2.19	2.10	1.98	1.88	1.81	1.78	1.71	1.58	1.52
小蘇打添加後廣用試劑呈色													
黏著力 (k _{av})	1	5.9	5.6	7.0	3.5	6.1	5.0	4.5	5.4	8.4	4.0	1.5	1.2
	2	5.3	4.6	9.2	4.5	6.8	4.0	5.0	5.0	10.4	3.6	1.0	1.7
	3	6.0	4.6	9.6	5.5	6.5	4.6	5.5	2.5	8.0	3.7	2.8	2.0
	平均	5.7	4.9	8.6	4.5	6.5	4.5	5.0	4.3	8.9	3.8	1.8	1.6
初始黏度 (cm)	1	6.5	7.0	3.0	14.0	29.0	3.5	9.2	5.0	4.2	6.3	10.5	7.6
	2	7.0	6.3	3.7	13.3	26.0	3.5	9.6	4.8	4.3	6.7	10.0	7.7
	3	8.0	6.7	4.0	12.5	28.0	3.3	8.8	5.7	4.8	7.0	12.0	8.0
	平均	7.2	6.7	3.6	13.3	27.7	3.4	9.2	5.2	4.4	6.7	10.6	7.8

1. 比較相同濃度的醋酸和檸檬酸，以檸檬酸的 pH 值較低。

2. 我們發現所有濃度的酸加牛奶沉澱的酪蛋白加入小蘇打後，都有冒泡的現象，泡泡應為小蘇打遇酸產生的二氧化碳，可以藉由持續攪拌至不再產生氣泡來確認反應完畢，即可進行測量與使用。

3. 綜合實驗結果，使用 6% 檸檬酸或醋酸加牛奶製成的酪蛋白再加入等量的小蘇打，有最佳的黏著力和初始黏度，當檸檬酸的濃度再增加，溶液會愈來愈稀，平均黏著力也逐漸降低，醋酸的濃度越高，產生的酪蛋白結塊越小，所得的黏著力及初始黏度數值缺乏趨勢，因此我們選定以 6% 的檸檬酸做為後續實驗使用的酸。

4. 在加入與酪蛋白等量的小蘇打粉後，每一管以廣用指示計檢驗的結果，顏色都介在黃綠~



藍綠之間，且看起來沒有規律的變化，我們認為可能跟使用不同濃度的酸沉澱酪蛋白時，有的濃度會比較稀、有的比較黏稠，因此加入與酪蛋白等質量的小蘇打所得牛奶膠水的酸鹼值便不盡相同，此外，我們發現幾乎所有濃度做出來的牛奶膠水觸感都沙沙的，且膠水乾掉後會有顆粒(如照片 14)，我們認為可能是因為小蘇打的添加量過多無法完全溶解導致。



照片 14 膠水乾燥後上面的顆粒

實驗 4 改變小蘇打的添加量

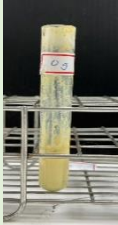
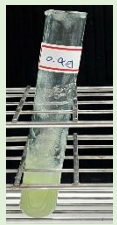
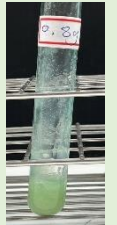

由實驗 3 的結果發現，當欲中和酸性的酪蛋白時，按照文獻^[1]所提供的方法「加入等量的小蘇打」，無法使牛奶膠水恰好成中性，有時候偏酸、有時候偏鹼，因此我們逐步增加小蘇打的添加量，希望能找出合適的小蘇打用量。

►方法：

1. 將 6%檸檬酸加入 40mL 脫脂牛奶。
2. 重複實驗 2 的步驟，將小蘇打改為不加、加 0.1g、加 0.2g、加 0.3g。
3. 使用廣用試劑判斷牛奶膠水加入小蘇打後的 pH 值，並測量其黏著力及初始黏度。

►結果與討論：

表 4 改變小蘇打添加量並進行比較

小蘇打添加量(g)		0	0.1	0.2	0.3
酪蛋白量(g)		2.5	2.5	2.5	2.5
小蘇打添加後 廣用試劑呈色					
酸種類及濃度		6%檸檬酸	6%檸檬酸	6%檸檬酸	6%檸檬酸
黏著力 (K _{gw})	第 1 次		22.0	19.5	16.0
	第 2 次		20.0	18.5	19.0
	第 3 次		19.8	19.6	18.4
	平均		20.6	19.2	17.8
初始黏度 (cm)	第 1 次	9.6	6.8	4.6	8.2
	第 2 次	8.1	5.6	4.1	8.4
	第 3 次	9.1	6.0	5.4	8.6
	平均	8.9	6.1	4.7	8.4

1. 不加小蘇打的酪蛋白溶液最稀，且無法黏合木片，故無法測其黏著力。而只要添加少量小蘇打即可發揮強大的黏著力，且隨著小蘇打的添加量增加，黏著力會漸減，這個結果讓我們很訝異！因為和文獻所說要添加小蘇打至回到中性不相同。

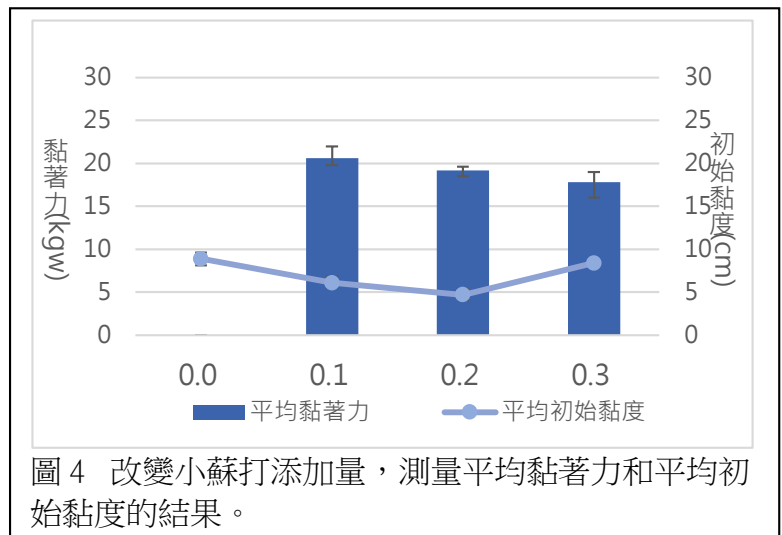


圖 4 改變小蘇打添加量，測量平均黏著力和平均初始黏度的結果。

2. 我們回想在上一實驗中發現，當

酸的濃度愈高時，溶液會變得愈稀且沉澱量少，這是因為酪蛋白的 pI 值為 4.6，當溶液太酸或太鹼時，酪蛋白的溶解度都會提升，而使得溶液變稀，當溶液水量多時，便不容易產生高黏性，因此在加少量小蘇打的情況下，仍能保持有較多的酪蛋白固體，而溶解的部分酪蛋白分子則彼此交纏產生高的黏性！減少小蘇打用量亦有效的避免了牛奶膠水塗佈在木片上的沙沙感，使膠水更能滲入木片中發揮黏著效果！

實驗 5 加入粉類添加物

綜合實驗 1、2、3、4 的結果，我們以等比例放大四倍，發現取 10 克以 6%檸檬酸加牛奶沉澱的酪蛋白，加 0.4 克小蘇打粉(至弱酸性)調配的牛奶膠水黏力最好，因此我們以此配方為基底，添加麵粉或澱粉，希望能使牛奶膠水變得更黏稠、進一步提高黏力。

➤方法：

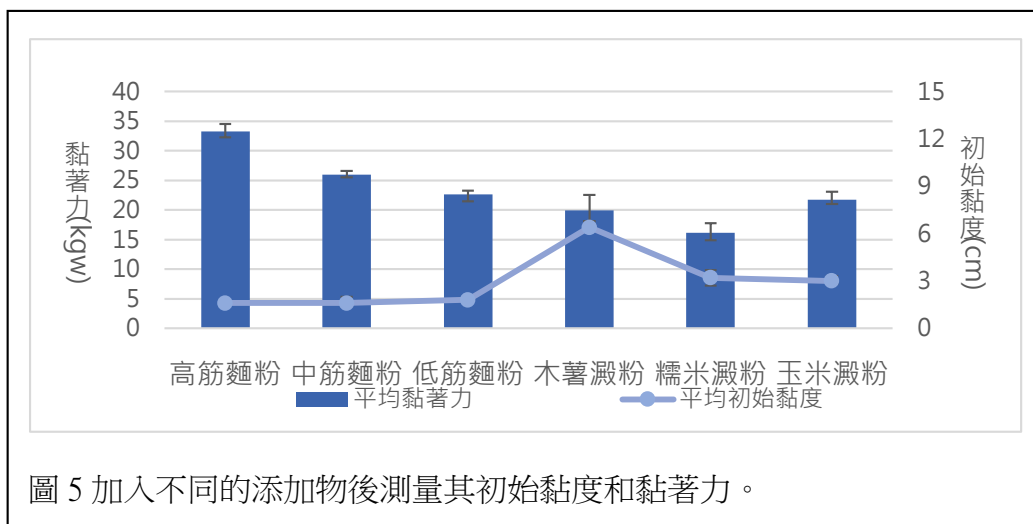
在製作好的牛奶膠水中分別加入 5g 的高筋麵粉、中筋麵粉、低筋麵粉、木薯澱粉、糯米澱粉、玉米澱粉，攪拌均勻後測量其黏著力及初始黏度。

➤結果與討論

表 5 在牛奶膠水中加添加物 5 克（乾粉）並進行比較

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
添加物量(g)		5	5	5	5	5	5
酸種類及濃度		6%檸檬酸	6%檸檬酸	6%檸檬酸	6%檸檬酸	6%檸檬酸	6%檸檬酸
酪蛋白量(g)		10	10	10	10	10	10
小蘇打量(g)		0.4	0.4	0.4	0.4	0.4	0.4
黏著力 (kgw)	第 1 次	34.5	25.5	23.3	19.1	17.8	21.0
	第 2 次	32.3	26.0	21.5	22.5	15.7	23.1
	第 3 次	33.0	26.6	23.0	18.0	14.9	21.0
	平均	33.3	24.5	22.6	19.9	16.1	21.7
初始黏度 (cm)	第 1 次	1.6	2.0	1.9	6.8	2.7	3.3
	第 2 次	1.7	1.4	1.8	6.2	3.3	2.9
	第 3 次	1.5	1.5	1.7	6.2	3.7	2.8
	平均	1.6	1.6	1.8	6.4	3.2	3.0

1. 由實驗結果發現，加入麵粉後的牛奶膠水黏著力會顯著提升，其中以高筋麵粉的黏著力最大、初始黏度也最佳，而中筋次之，因此我們認為，麵粉中所含的蛋白質含量會影響牛奶膠水的黏力，且筋度愈高、蛋白質含量愈高、黏力愈好。我們推測可能是因為麵粉中有多種蛋白質，將麵粉與水混和後，麵粉中的麥穀蛋白與穀膠蛋白結合，會產生黏性，因此加入牛奶膠水中可增加較多的黏著力。



2. 有添加玉米粉會些微增加黏著力及初始黏度，有無添加木薯澱粉並無明顯差異，而添加糯米澱粉會使黏著力下降，但提升初始黏度。
3. 我們思考可能是因為澱粉具有吸水性，加入牛奶膠水後會吸收水份而使牛奶膠水變得較乾，而提升初始黏度，而麵粉中除了澱粉之外，也有蛋白質，無論是澱粉或蛋白質，經

過糊化後容易使這些大分子產生纏繞或是生成新的氫鍵等，而使它們能變得黏稠，因此我們接下來將粉類添加物改成勾芡液後再加入牛奶膠水中，希望能更加提升膠水黏力。

實驗 6 加入勾芡液類添加物

由於澱粉在加熱糊化之後黏稠度會增加，因此我們使原來的粉類添加物糊化後再加入牛奶膠水中，比較其間的差異。

➤方法：

1. 將麵粉和澱粉分別取以粉：水=1：2，一面加熱、一面攪拌，製成均勻的黏稠狀。
2. 在製作好的牛奶膠水中分別加入 5g 的高筋勾芡液、中筋勾芡液、低筋勾芡液、木薯勾芡液、糯米勾芡液、玉米勾芡液，攪拌均勻後測量其黏著力及初始黏度。

➤結果與討論：

表 6 在牛奶膠水中加添加物 5 克（勾芡液）並進行比較

添加物		高筋麵粉 勾芡液	中筋麵粉 勾芡液	低筋麵粉 勾芡液	糯米澱粉 勾芡液	木薯澱粉 勾芡液	玉米澱粉 勾芡液
添加物量(g)		5	5	5	5	5	5
酸種類		6%檸檬酸	6%檸檬酸	6%檸檬酸	6%檸檬酸	6%檸檬酸	6%檸檬酸
酪蛋白量(g)		10	10	10	10	10	10
小蘇打量(g)		0.4	0.4	0.4	0.4	0.4	0.4
黏著力 (kgw)	第 1 次	24.0	25.5	23.5	27.2	24.9	18.1
	第 2 次	25.0	26.7	24.5	27.0	25.2	21.5
	第 3 次	22.2	26.5	25.0	26.5	24.6	21.6
	平均	23.7	26.2	24.3	26.9	24.9	20.4
初始黏度 (cm)	第 1 次	9.4	4.5	8.3	2.1	2.8	4.5
	第 2 次	10.4	4.0	8.0	2.2	2.5	4.5
	第 3 次	10.4	3.9	7.5	2.4	2.1	5.5
	平均	10.1	4.1	7.9	2.2	2.5	4.8

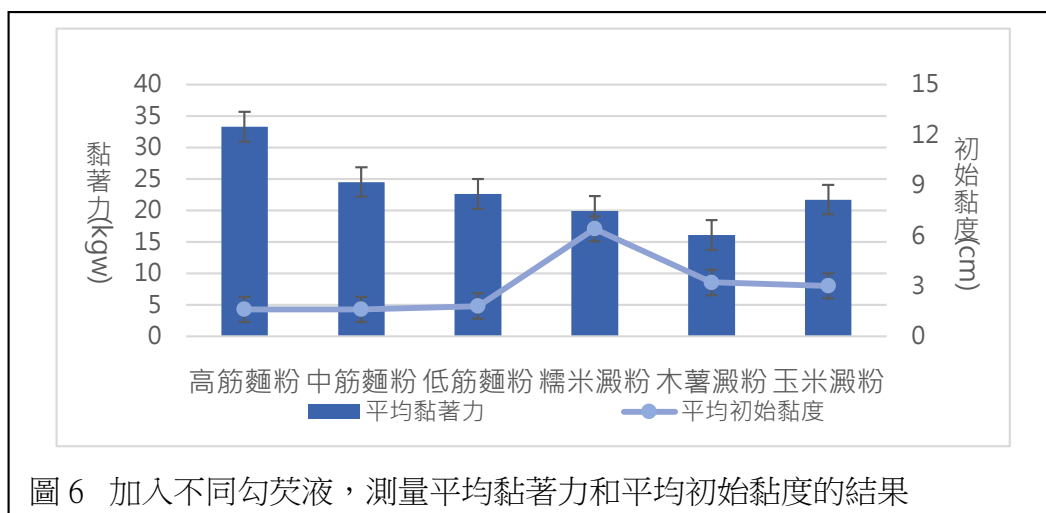


圖 6 加入不同勾芡液，測量平均黏著力和平均初始黏度的結果

1. 我們發現煮成勾芡液後，反而是混合糯米澱粉勾芡液的牛奶膠水黏著力最高，應是因為糯米澱粉幾乎是全部支鏈的澱粉，糊化後支鏈澱粉結構較為鬆散，使得整體黏度較高，而直鏈澱粉最多的玉米澱粉則黏度最低、較不能成糊。
2. 雖然加入不同種類勾芡液仍可測量出各個牛奶膠水的黏著力，但其實六種勾芡液測得的結果差異並不大，與實驗 5 中添加粉類時有明顯不同。

單純勾芡液：

為了確認我們加入勾芡液的牛奶膠水並不是僅依靠勾芡液本身的黏性，我們也測試了單獨只有勾芡液的黏著力和初始黏度。

➤結果與討論：

表 7 測量單獨勾芡液的黏力

成分	高筋麵粉 芶芡液	中筋麵粉 芶芡液	低筋麵粉 芶芡液	木薯澱粉 芶芡液	糯米澱粉 芶芡液	玉米澱粉 芶芡液
粉末質量(g)	5	5	5	5	5	5
水質量(g)	10	10	10	10	10	10
加熱溫度(°C)	80	80	80	80	80	80
加熱時間(分鐘)	2	2	2	2	2	2
黏著力 (kgw)	第 1 次	8.1	9.8	6.0	11.5	6.0
	第 2 次	9.0	10.5	5.6	9.0	7.0
	第 3 次	9.0	10.6	8.0	10.0	5.6
	平均	8.7	10.3	6.5	10.2	6.2
初始黏度 (cm)	第 1 次	2.3	1.6	3.2	1.5	1.2
	第 2 次	2.2	1.6	2.3	2.0	1.3
	第 3 次	2.9	1.6	3.9	1.4	1.4
	平均	2.5	1.6	3.1	1.2	1.3

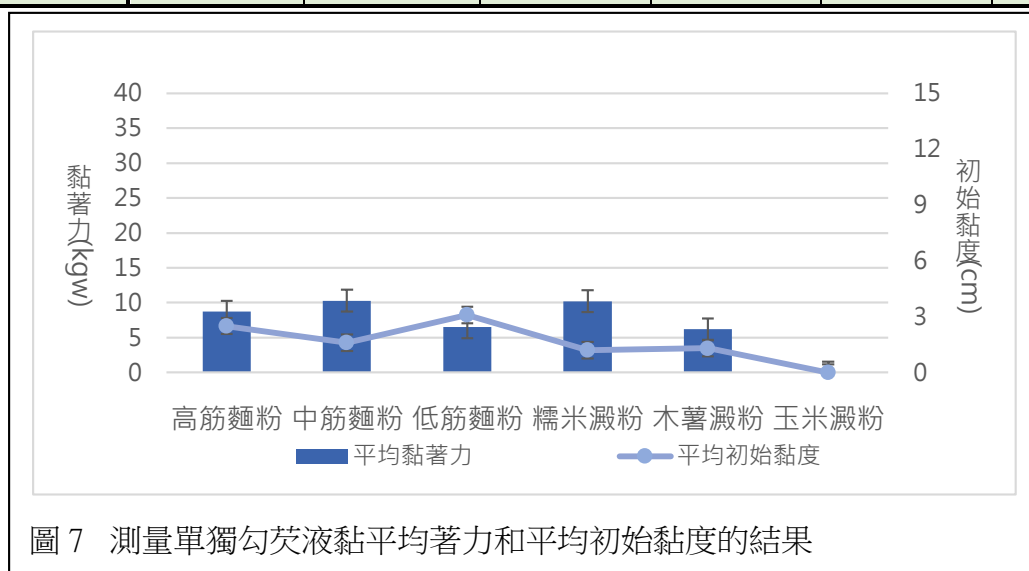


圖 7 測量單獨勾芡液黏平均著力和平均初始黏度的結果

1. 玉米勾芡液成塊狀沒有黏力，因此無法測其黏性。

2. 單獨勾芡液的黏著力都不高，必須和牛奶膠水混合在一起才能有相輔相成的效果！

實驗 7 改變高筋麵粉克數

由於實驗 5 和實驗 6 中加高筋麵粉(乾粉)的黏著力最好，所以我們改變了添加高筋麵粉的克數，想找到最好的配方。

➤方法：

1. 使用檸檬酸 6%的酪蛋白取 10 克加上 0.4g 的小蘇打粉，製成牛奶膠水。
2. 加入不同克數的高筋麵粉(3、5、7、9)

➤結果與討論：

表 8 改變高筋麵粉添加量，測量黏力

高筋麵粉添加量(g)		3	5	7	9
酸種類		6%檸檬酸	6%檸檬酸	6%檸檬酸	6%檸檬酸
酪蛋白添加量(g)		10	10	10	10
小蘇打添加量(g)		0.4	0.4	0.4	0.4
黏著力 (kgw)	第 1 次	21.0	34.5	26.0	16.4
	第 2 次	20.0	32.3	25.4	16.1
	第 3 次	24.8	33.0	25.3	14.0
	平均	21.9	33.3	25.6	15.5
初始黏度 (cm)	第 1 次	7.7	1.6	1.3	3.5
	第 2 次	8.0	1.7	2.0	3.5
	第 3 次	8.2	1.5	1.1	4.4
	平均	8.0	1.5	1.5	3.8

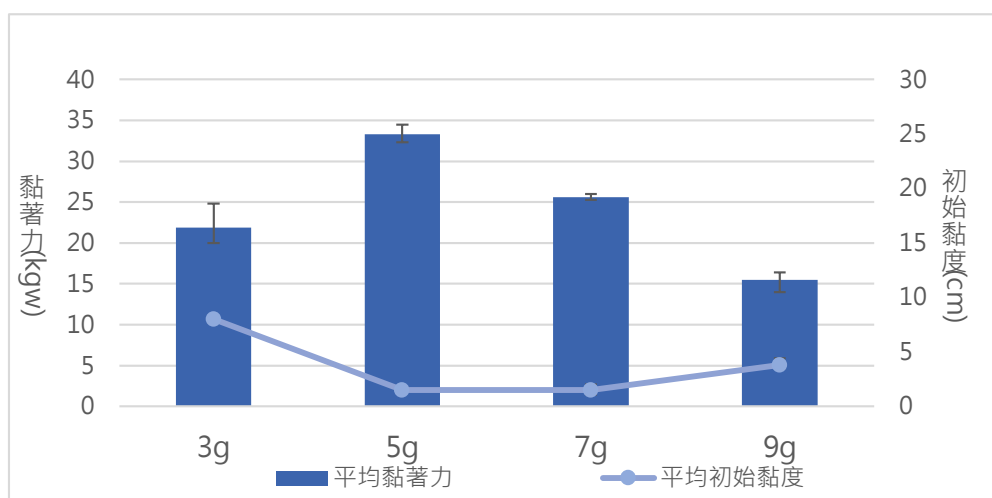


圖 8 改變在牛奶膠水中加入的高筋麵粉添加量，測量平均黏著力和平均初始黏度的結果

依實驗結果發現在膠水中加入 5 克的高筋麵粉的黏著力及初始黏度都是最好的，加太多的粉反而導致膠水太乾，黏著力下降。

研究(三)、製作牛奶膠水黏膠膜片

由於我們製作的牛奶膠水在放置一段時間後就會發霉，為了克服這個問題，我們決定將牛奶膠水烘乾做成膜片保存，並測試其加水後的黏著力，希望能做成方便攜帶、使用的黏膠膜片，使其像一片環保的雙面膠，亦可以做為掛勾背後的黏膠。

實驗 1 製作成膜工具

我們參考市面上中型無痕掛勾背膠的大小製作模具 (5cm*1.5cm)(如照片 16)，發現寬度與木片相似 (如照片 15)，方便裁剪。



照片 15 木片與模具寬度相似

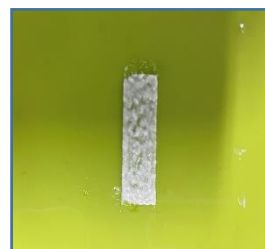
➤方法：



照片 16 將塑膠尺裁剪並拼成中央留有一 $5 * 1.5 \text{ cm}^2$ 的空洞形狀，以膠帶



照片 17 將製作好的牛奶膠水用模具平鋪在矽膠墊上



照片 18 移除模具後陰乾。



照片 19 剪成 $0.5 * 1.5 \text{ cm}^2$ ，滴水潤濕膜片，使其黏合在木片。上

實驗 2 牛奶膠水加添加物成膜

經過上一個實驗我們找出了可行的膜片製作方法，我們按照此方法將加入添加物的牛奶膠水製作成膜。

➤<乾粉類>方法：

1. 依研究二實驗 5 製作出加其他粉類添加物的膠水。
2. 陰乾後測試其黏著力。

➤結果與討論

表 9 將加乾粉的牛奶膠水製成膜，測量黏力

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
添加物量(g)	5	5	5	5	5	5
酸種類及濃度	6%檸檬酸	6%檸檬酸	6%檸檬酸	6%檸檬酸	6%檸檬酸	6%檸檬酸
酪蛋白量(g)	10	10	10	10	10	10
小蘇打量(g)	0.4	0.4	0.4	0.4	0.4	0.4
黏著力(kgw)	第 1 次	22.6	21.5	24.5		
	第 2 次	21.8	18.0	22.5		
	第 3 次	21.3	22.5	24.0		
	平均	21.9	20.7	23.7		

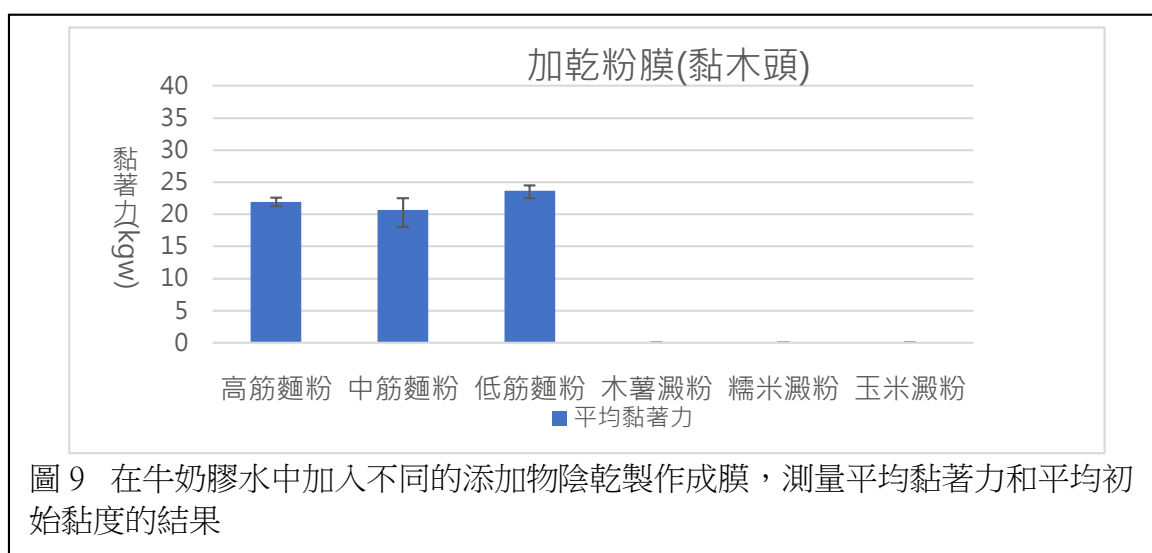
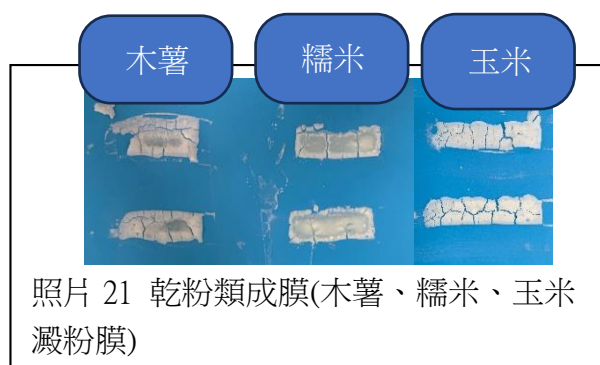
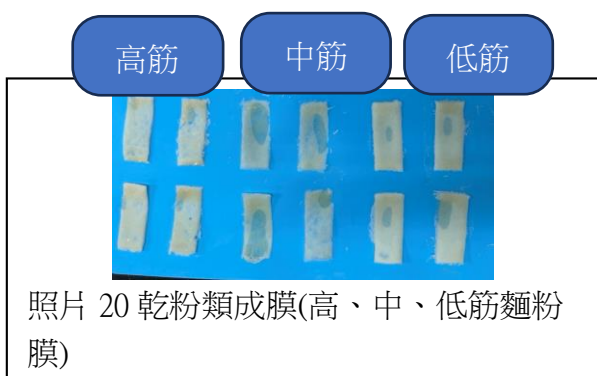


圖 9 在牛奶膠水中加入不同的添加物陰乾製作成膜，測量平均黏著力和平均初始黏度的結果



1. 加麵粉類黏膠片膜三者之間差異並不大，但都比原來與牛奶膠水混合時的黏著力下降，我們認為陰乾後再加水改變了原來的性質，其中添加高筋麵粉的牛奶膠水製作成膜平均黏著力由 33.3 kgw 大幅下降至 24.3 kgw。
2. 在製作加澱粉類(乾粉)的膜片時，乾燥皆會碎裂(如照片 21)，因此無法測量其黏著力。
3. 實驗結果發現，加低筋麵粉製作出的膜片黏力最好。

➤ <加入勾芡液類添加物>

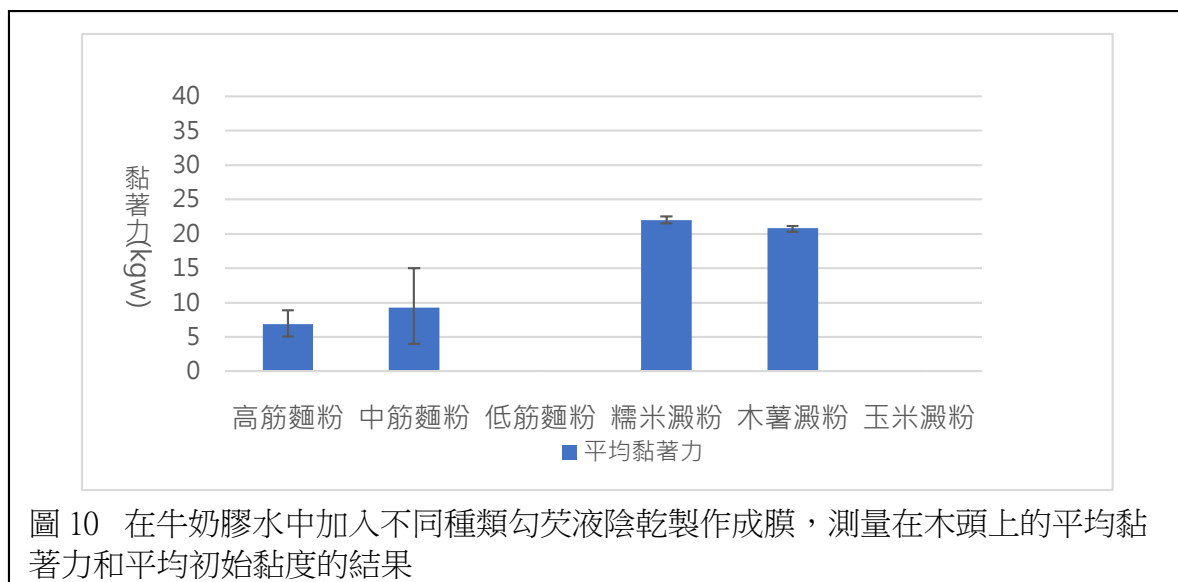
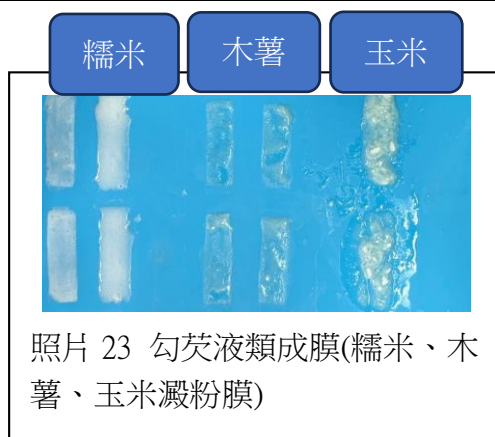
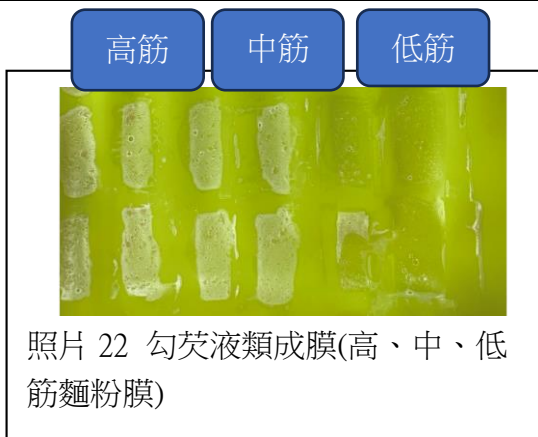
方法：

1. 依研究二實驗 6 製作出加勾芡液添加物的膠水。
2. 陰乾後測試其黏著力。

➤ 結果與討論：

表 10 將加勾芡液的牛奶膠水製成膜，測量黏力

添加物	高筋麵粉 勾芡液	中筋麵粉 勾芡液	低筋麵粉 勾芡液	糯米澱粉 勾芡液	木薯澱粉 勾芡液	玉米澱粉 勾芡液
添加物量(g)	5	5	5	5	5	5
酸種類	6%檸檬酸	6%檸檬酸	6%檸檬酸	6%檸檬酸	6%檸檬酸	6%檸檬酸
酪蛋白量(g)	10	10	10	10	10	10
小蘇打量(g)	0.4	0.4	0.4	0.4	0.4	0.4
黏著力(kg _w)	第 1 次	8.9	9.0		21.5	21.1
	第 2 次	6.8	4.0		22.5	21.1
	第 3 次	5.1	15.0		22.0	20.3
	平均	6.9	9.3		22.0	20.8



1. 低筋麵粉勾芡液膜片因為太稀，脫離模具後容易攤開(如照片 22)，無法維持相同厚度，因此沒有數據；玉米澱粉勾芡液的膜則是因為加入膠水後會有點結塊，導致凹凸不平(如照片 23)，所以並未測其黏著力。
2. 糯米和木薯的黏著力在製成勾芡液後，無論是加入新鮮的牛奶膠水中與還是陰乾製成膜片後都差不多，但麵粉則是下降很多。

單純勾芡液的膜

表 11 將單獨勾芡液製成膜，測量黏力

成分		高筋麵粉 芎芡液	中筋麵粉 芎芡液	低筋麵粉 芎芡液	木薯澱粉 芎芡液	糯米澱粉 芎芡液	玉米澱粉 芎芡液
粉末質量(g)		5	5	5	5	5	5
水質量(g)		10	10	10	10	10	10
加熱溫度(°C)		50	50	50	50	50	50
加熱時間(分鐘)		2	2	2	2	2	2
黏著力(Kgw)	第 1 次	7.5	13.8	11.0		9.0	
	第 2 次	6.1	13.0	7.0		10.0	
	第 3 次	7.8	11.6	11.0		9.5	
	平均	7.1	12.8	9.7		9.5	

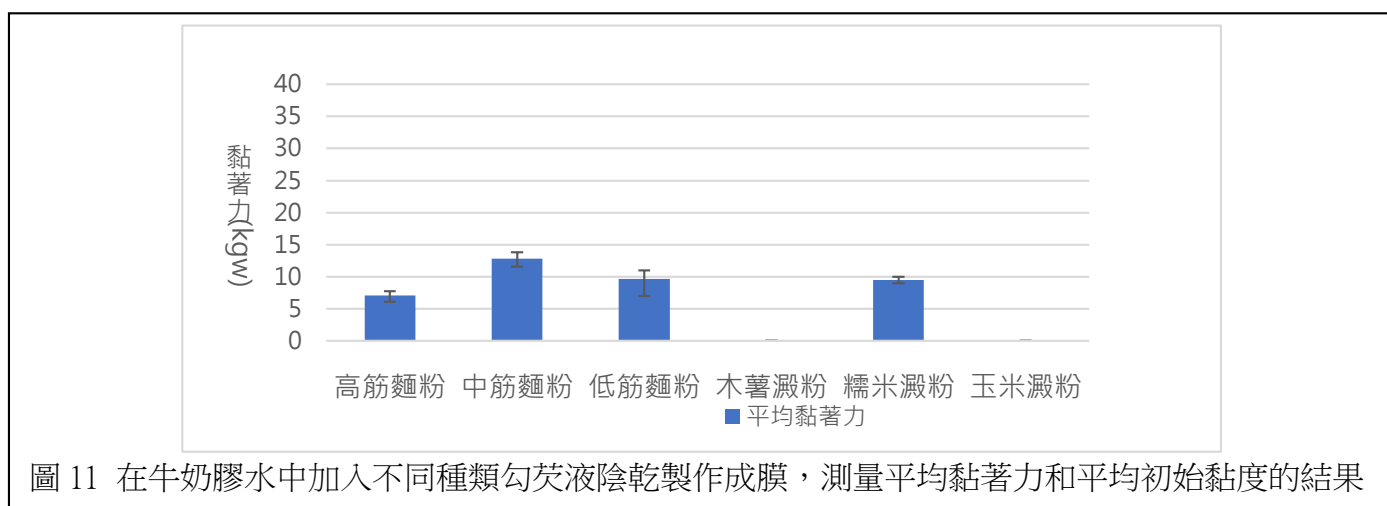
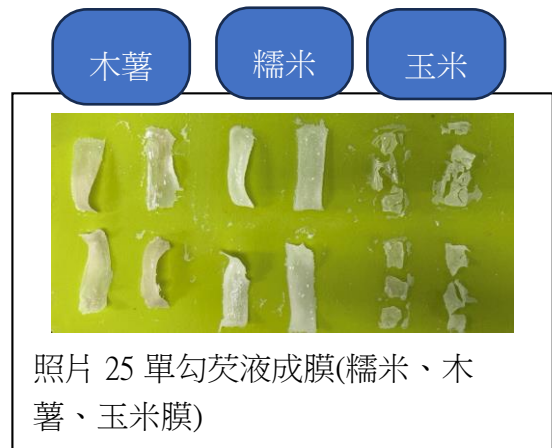
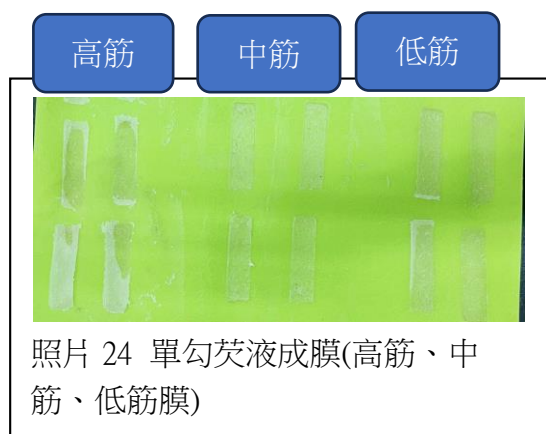


圖 11 在牛奶膠水中加入不同種類勾芡液陰乾製作成膜，測量平均黏著力和平均初始黏度的結果



1. 木薯澱粉勾芡液陰乾成膜後沾上水沒有黏力，無法黏合木片。
2. 玉米澱粉勾芡液陰乾後會碎裂的很嚴重，無法測其黏著力(如照片 25)

實驗 3 製作果膠

在製作了不同的配方的膜之後我們發現加澱粉類(乾粉)的膜和未加牛奶膠水的玉米澱粉勾芡液，不易剪裁經常碎裂，但後者只是為了證明我們牛奶膠水的黏性，所以我們搜尋資料發現果膠可做為增稠劑(增加膜的黏稠度)使用後，便只將果膠加入加澱粉類(乾粉)的膜，希望降低膜的硬度，使其較不容易裂開。

➤方法：

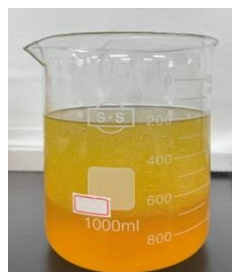
1. 將柑橘皮加入沸水中煮至濃稠，約一小時(如照片 26)左右放涼並等待沉澱(如照片 27)。
2. 加入等量 95%的酒精(如照片 28)後，靜置 10 分鐘。
3. 取出果膠倒入豆漿袋中擠出多餘水分(如照片 29)。
4. 放入 65°C 烘箱中烘乾後，取出磨碎成粉(如照片 30)。



照片 26 水煮柑橘



照片 27 放涼後過濾除去雜質



照片 28 加入酒精，果膠析出於



照片 29 將果膠倒入豆漿袋並擠出水



照片 30 將果膠烘乾後磨成粉末保存

➤結果與討論：

1. 製作果膠時，我們發現用大量的果皮煮出來果膠都只有一點點。
2. 果膠摸起來的觸感滑滑的，烘乾後不易全碎，磨成粉狀需要耗費很多時間。

實驗 4 將果膠加入到加澱粉類(乾粉)的膜中

➤方法：

1. 將實驗 3 製作出來果膠加入實驗 2 的加澱粉類(乾粉)的牛奶膠水中成模。

➤結果與討論：

1. 發現加入了果膠的膜減少了裂開的量，但還是有些許碎裂的情形。
2. 將果膠加入膠水後，無法完全溶解。
3. 陰乾後，沾水感覺不出黏力。
4. 因為果膠取得不易，且加入膠水後效果不佳，因此我們最後未使用果膠和加澱粉類(乾粉)的膜。

研究(四)、黏膠膜片測試與應用

實驗 1 將黏膠膜片使用在牆面上

將研究三實驗 2 製作出來的膜片黏合在木片上以後，我們發現其黏力效果還不錯，因此我們想要更加貼近日常的使用，所以將製作好的黏膠膜片黏在掛勾背面進行使用。

➤方法：

1. 將黏膠膜片沾水後黏在無痕掛勾的背面(如照片 32)，另外一面黏在塗了油漆的牆上，靜置一天(如照片 33)。
2. 將塑膠袋掛上後，把砝碼一一放入，直到掛勾掉落為止(如照片 34)，用磅秤秤塑膠袋及砝碼總重(如照片 35)，計為其黏著力。



照片 31 以模具製作



照片 32 將膜黏在無痕掛鈎的背面



照片 33 將無痕掛鈎黏在牆上



照片 34 掛上砝碼，測量黏力



照片 35 秤量重量

➤<乾粉類>結果與討論：

表 12 將加乾粉的牛奶膠水製成膜，應用於無痕掛勾上

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
添加物量(g)		5	5	5	5	5	5
酸種類及濃度		6%檸檬酸	6%檸檬酸	6%檸檬酸	6%檸檬酸	6%檸檬酸	6%檸檬酸
酪蛋白量(g)		10	10	10	10	10	10
小蘇打量(g)		0.4	0.4	0.4	0.4	0.4	0.4
黏著力 (kgw)	第 1 次	6.4	5.1	9.8			
	第 2 次	6.5	5.2	9.8			
	第 3 次	6.3	5.9	8.3			
	平均	6.4	5.4	9.3			

1. 和研究三的實驗 2 一樣加澱粉類(乾粉)的膜時，其乾燥時皆會碎，所以並未製作。
2. 將膜片黏合在木片上改為黏合在牆上後，依舊還是低筋勾芡液黏著力最佳，然而在牆面上能提供的黏著力只有不到木片的一半，應該是因為木面表面粗糙且吸水，最大靜摩擦力大且黏膠容易滲入產生黏力，但掛勾背面是光滑的塑膠材質，能提供的最大靜摩擦力較小，因此能支撐的砝碼數少、黏著力小。

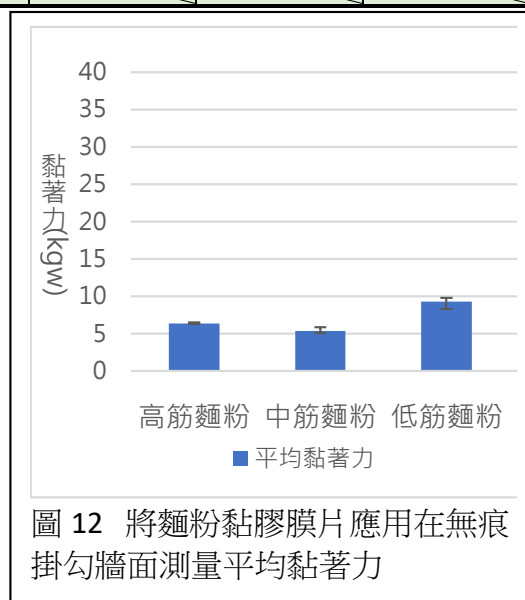


圖 12 將麵粉黏膠膜片應用在無痕掛勾牆面測量平均黏著力

➤ <勾芡液類> 結果與討論：

表 13 將加勾芡液的牛奶膠水製成膜，應用於無痕掛勾上

添加物		高筋麵粉 勾芡液	中筋麵粉 勾芡液	低筋麵粉 勾芡液	糯米澱粉 勾芡液	木薯澱粉 勾芡液	玉米澱粉 勾芡液
添加物量(g)		5	5	5	5	5	5
酸種類		6%檸檬酸	6%檸檬酸	6%檸檬酸	6%檸檬酸	6%檸檬酸	6%檸檬酸
酪蛋白量(g)		10	10	10	10	10	10
小蘇打量(g)		0.4	0.4	0.4	0.4	0.4	0.4
黏著力 (kgw)	第 1 次	2.4	9.5		10.8	7.7	
	第 2 次	3.4	8.5		10.4	6.7	
	第 3 次	2.0	8.7		10.3	7.8	
	平均	2.6	8.9		10.5	7.4	

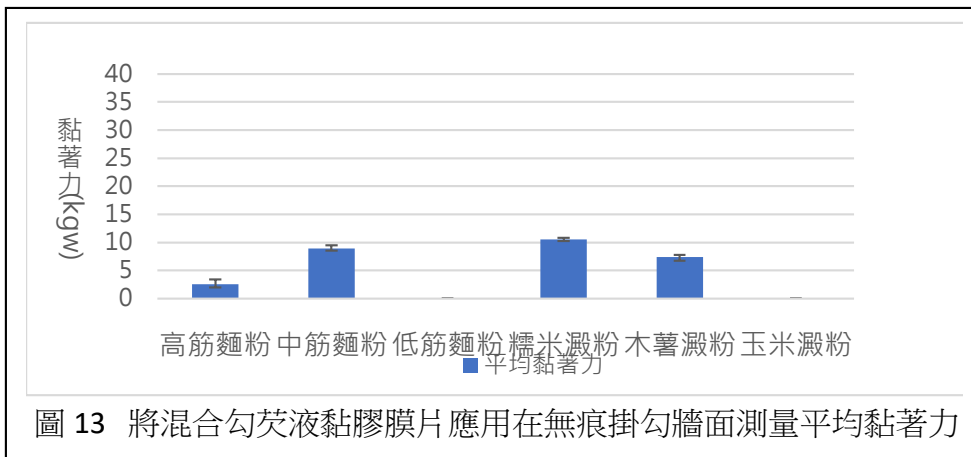


圖 13 將混合勾芡液黏膠膜片應用在無痕掛勾牆面測量平均黏著力

和研究三的實驗二一樣。將黏合在木片上改為黏合在牆上後，發現加糯米澱粉勾芡液黏力最佳。

單勾芡液的膜

表 14 將單獨勾芡液製成膜，應用於無痕掛勾上

成分		高筋麵粉 勾芡液	中筋麵粉 勾芡液	低筋麵粉 勾芡液	木薯澱粉 勾芡液	糯米澱粉 勾芡液	玉米澱粉 勾芡液
粉末質量(g)		5	5	5	5	5	5
水質量(g)		10	10	10	10	10	10
加熱溫度(°C)		150	150	150	150	150	150
加熱時間(分鐘)		2	2	2	2	2	2
黏著力 (kgw)	第 1 次	1.5	2.9	4.2		1.0	
	第 2 次	2.5	3.1	3.5		0.5	
	第 3 次	1.5	3.7	5.4		0	
	平均	1.8	3.2	4.4		0.5	

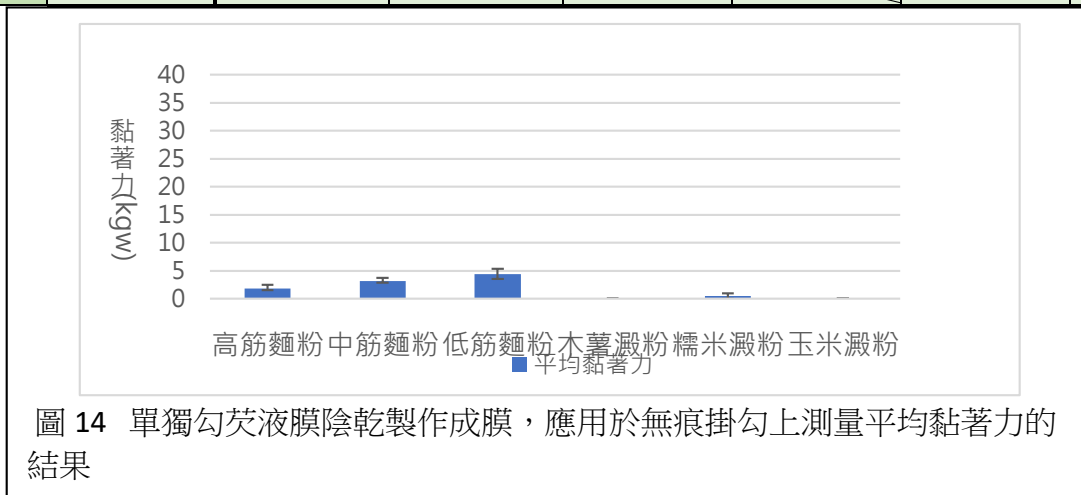


圖 14 單獨勾芡液膜陰乾製作成膜，應用於無痕掛勾上測量平均黏著力的結果

1. 單勾芡液的膜，麵粉類是低筋麵粉的黏力最好，澱粉類則是糯米澱粉最好。
2. 木薯澱粉勾芡液陰乾成膜後沾上水沒有黏力，無法黏在掛勾和牆上，因此沒有測量其黏力，玉米澱粉勾芡液則是陰乾後會碎裂的很嚴重，無法測量。和研究三的實驗二一樣。

實驗 2 保持力測定

市售的掛勾標榜承重 1.36kgw，但在實際經由我們的測量方法測試後可承受 9-13kgw 的砝碼，與我們的黏膠膜片能承受的重量差不多，這表示我們測得黏著力的方法，與市售商品標示承重的數值有落差，因此我們開始思考，市售商品標示的數值應該是必須能長時間承重的，而我們所測試的黏著力應該是動態的剪切強度，若想與市售商品比較，應該要長時間的懸掛重物，確保承重能維持的時間才行。為了比較我們自製的黏膠膜片是否與市售商品的效能有所差異，於是進行下列測試：

➤方法

<市售無痕掛勾背膠>

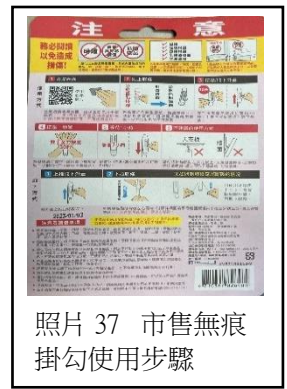
按商品說明，以酒精擦拭牆面及掛勾，再將背膠黏於掛勾上，於牆面全力按壓 30 秒。靜置一天後，以袋子分別掛上 1.5kg 及 2.0kg 的砝碼，紀錄砝碼掉下經過的時間。

➤<牛奶膠水黏膠膜片>

1. 裁剪和市售無痕掛勾背膠相同面積大小的膜片，依實驗 1 用添加糯米勾芡液的牛奶膠水黏膠膜片黏合牆和掛勾。
2. 靜置一天後，以袋子分別掛上 1.5kg 及 2.0kg 的砝碼，紀錄砝碼掉落經過的時間。



照片 36 市售無痕掛勾



照片 37 市售無痕掛勾使用步驟

➤結果與討論：

表 15 將固定重量的砝碼至於掛勾之上，觀察其可承重的天數

比較 \ 產品		牛奶膠水	無痕掛勾背膠
保持力比較	1.5kg	>一週	51.5hr
	2.0kg	>一週	22.5hr

市售的掛勾若超過極限數值，其保持力與懸掛重量成反比關係，而將我們的牛奶膠水黏膠膜片與之比較，發現在相同的重量下牛奶膠水黏膠膜片皆有更好的保持力，也推斷在使用相同面積的黏膠時，牛奶膠水黏膠膜片可持續承受更大的重量。

實驗 3 脫膠情形

掛勾掉落後遺留的殘膠情形

在實驗 1 中，我們發現不同配方的黏膠膜片，在掛上的砝碼掉落後，牆上的殘膠情形會不相同，因此我們觀察了不同的膜片掉落後的情形。

➤結果與討論：

1. 除了乾粉類的黏膠膜片之外，其餘的膜片掉落後會殘留在牆上，可用抹布沾水將其取下。
2. 乾粉類的膜片，掉落後較容易殘留在無痕掛勾上，只要把掛勾用水清洗即可。

去除黏膠的殘膠情形

在進行文獻探討時，我們便知道牛奶膠水並不防水，因此我們重做了實驗 2 的膜，將其使用掛勾黏在牆面上後，加水，觀察其膜是否可溶解，若可以，能否將掛勾與牆面完全分開。

➤方法：

1. 將研究三實驗 2 的黏膠膜片沾水黏在無痕掛勾背面與塗抹油漆的牆上。
2. 放置等待膜片乾燥。
3. 用滴管沿著周圍滴入水滴(如照片 38)
4. 靜置 1 分鐘，並觀察。



➤結果與討論：

1. 發現其溶解的速度很快。
2. 溶解後，可以將掛勾和牆完整的分開(如照片 39)。

兩者脫膠情況之比較

比較 \ 產品	牛奶膠水黏膠膜片	無痕掛勾背膠
脫膠情形	牆面無殘留，安全環保，可被自然降解。	牆面無殘留，無法被自然降解。

實驗 4 保存期限

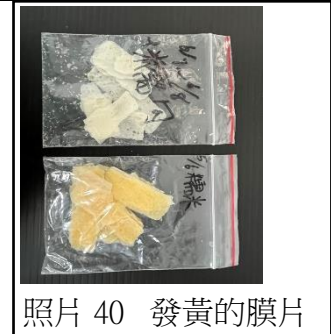
添加糯米勾芡液的牛奶膠水黏膠膜片在放置一段時間後會有發黃的現象，我們擔心是否會對黏性產生影響。

1. 依照實驗 1 的步驟分別用間隔一個月的兩個糯米勾芡液膜片黏合牆與掛勾。
2. 放置一天後，分別測量其黏著力。

➤結果與討論：

放置時間		一個月	一天
黏著力(kgw)	第一次	6.8	7.0
	第二次	10.1	10.2
	第三次	7.6	6.9
	平均	8.2	8.0

1. 經實驗結果發現放置時間長短未影響膜片的黏性。
2. 我們推測膜片發黃可能是因為酪蛋白上依然殘留有酸性物質，彼此之間持續作用，才造成發黃的情形，也許因為膜片上殘留著弱酸性的關係，放置一個月以上也未有發霉或異味的產生。



伍、討論

- 一、我們發現在製作膠水的過程中，在牛奶中加酸性物質，使酪蛋白沉澱，要將酪蛋白與乳清蛋白分離時利用抽濾的方式比用紗布過濾較容易控制其乾濕程度，使實驗的結果具有一致性。
- 二、在 6%檸檬酸製作出來的酪蛋白中加入不同量的小蘇打，比較其黏力，發現在 2.5 克酪蛋白中加 0.4 克小蘇打(弱酸性)時，其黏力最好，此與一般文獻提到添加小蘇打至回復中性不相同，我們認為可能是因為一般製作牛奶膠水時，由於產物十分黏稠，並不會使用 pH 計測量膠水的酸鹼值，只要使牛奶膠水的酸鹼值約略在中性範圍附近即可有高度黏著力，此與我們的研究發現牛奶膠水為中性時的黏著力略低於弱酸並不衝突。
- 三、我們在黏膠黏著力的測定，以輪軸水平的方式勻速轉動，減少人工的誤差，但在膜片的部分由於無法在牆面以水平輪軸測定，因此以掛砝碼作為替代。
- 四、麵粉含有較高的麥穀蛋白，可以和酪蛋白更好的結合，但在加熱後蛋白質結構被破壞，可能因此使得高、中、低筋麵粉黏性便不具有規律變化。
- 五、我們推測膜片發黃是因為酪蛋白上依然殘留有酸性物質，彼此之間持續作用造成的，但並不會影響其黏著力。
- 六、我們發現在實驗中測得初始黏度數值較小的情形可分為三種，第一種是本身黏性高的，當砝碼滾落便能快速黏住砝碼；第二種是較液態的，能利用液體的阻力讓砝碼停止滾動，第三種是加入添加物或小蘇打粉後顆粒較大的，推測是一些小顆粒的凸起始黏膠表

面變粗糙而提高了動摩擦力。

七、牛奶膠水黏膠膜片除了可應用在無痕黏膠上，其安全無毒且環保的特性，也可以運用在嬰幼兒的玩具、家具及一般家居、辦公室等無水環境中作為黏著劑使用。

比較 \ 產品	牛奶膠水黏膠膜片	無痕掛勾背膠
優點	1. 可重複利用 2. 清除時不會殘留垃圾 3. 不會造成油漆剝落 4. 安全、無毒、環保	1. 黏合時較快速 2. 不會造成油漆剝落
缺點	黏合及去除時需沾水較慢	1. 背膠價格昂貴 2. 撕下來時背膠會成為垃圾

陸、結論

- 一、我們以捲揚機來控制施力增加的速率，並將拉力計以水平方式測量牛奶膠水的黏著力。另製做斜坡和軌道，使砝碼由斜坡固定高度滾下，測量砝碼前進的距離可得初始黏度。
- 二、實驗結果發現以 6%檸檬酸加脫脂牛奶後，取出 10 克酪蛋白加 0.4 克小蘇打攪拌均勻後所得的牛奶膠水黏著力最好，在牛奶膠水中加入 5 克高筋麵粉可顯著提升初始黏力，黏著力平均可達 33 公斤重。
- 三、將不同配方的牛奶膠水以模具塗成薄膜並陰乾，發現以添加糯米澱粉勾芡液的牛奶膠水黏膠膜片在木頭上黏著力最大，平均可達 22 公斤重。
- 四、牛奶膠水黏膠膜片可應用在取代無痕掛勾的背膠上，將添加糯米澱粉勾芡液的牛奶膠水黏膠膜片做為無痕掛勾的背膠並黏在牆上，其保持力較市售商品佳，且清除時只要加水溶解不僅方便且不留痕跡，黏膠膜片放置一個月以上會有變黃的現象，但仍能維持原有的黏著力且沒有發霉或異味產生。

柒、參考文獻資料

- 1、蔡孟錡(2015)。3D 有趣實驗：牛奶膠水。科學 online。
<https://highscope.ch.ntu.edu.tw/wordpress/?p=66833>
- 2、葉亞欣等（2012）。百黏好合-動物性與植物性蛋白質製成蛋白膠水的探討。中華民國第 52 屆中小學科學展覽會。國立臺灣科學教育館。

- 3、楊甸翌等（2019）。**蛋白質得來塑**。中華民國第 59 屆中小學科學展覽會。國立臺灣科學教育館。
- 4、陳珮蓁等（2017）。**牛奶塑膠異世界**。中華民國第 57 屆中小學科學展覽會。國立臺灣科學教育館。
- 5、游承曄等（2019）。**絕世好漆—以牛奶和教室粉筆自製塗漆**。中華民國第 59 屆中小學科學展覽會。國立臺灣科學教育館。
- 6、黃靖晴等（2023）。**「果」然「塑」這樣-農業廢棄物回收自製果膠保鮮膜之探究**。中華民國第 63 屆中小學科學展覽會。國立臺灣科學教育館。

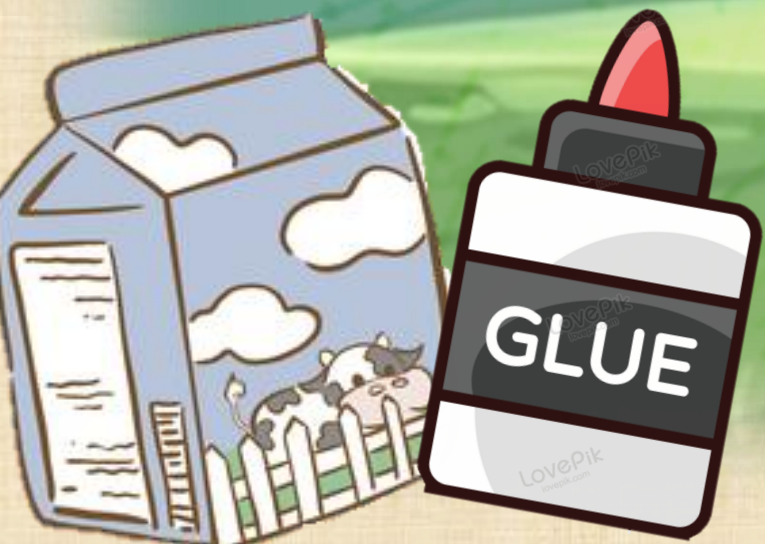
【評語】 033008

本作品以牛奶加檸檬酸、添加小蘇打及高筋麵粉製作牛奶膠水，其黏著力與市售商品相當、保持力較市售商品為佳，牛奶膠水沾水後隨即軟化溶解便於去除，其安全無毒且環保的特性，可以運用在講求無毒用品與室內環境。研究目的及研究設計合理。關於研究再現性及結果分析可在增加數據統計方式，以支持證實研究結果及說明。建議可針對適用黏著材料討論如塑膠、木頭、金屬與陶瓷進行探討以及考量重複使用狀況。

作品簡報

「乳」「膠」「膜」法

- 探討以牛奶膠水製作無痕黏膠的可行性



摘要

本研究以脫脂牛奶加酸製作牛奶膠水黏著劑，並自製黏著力及初始黏度測量裝置測定各不同成分比例及添加物的牛奶膠水黏力，以期製作出具有更高黏力的天然黏著劑。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陰乾製作成膜，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，其黏著力與市售商品相當、保持力較市售商品為佳，而因牛奶膠水不防水的特性，牛奶膠水黏膠膜片只要滴水後待其軟化溶解便能簡單去除，不易受牆面材質的影響，不僅製作方便、價格低廉，亦對環境十分友善。

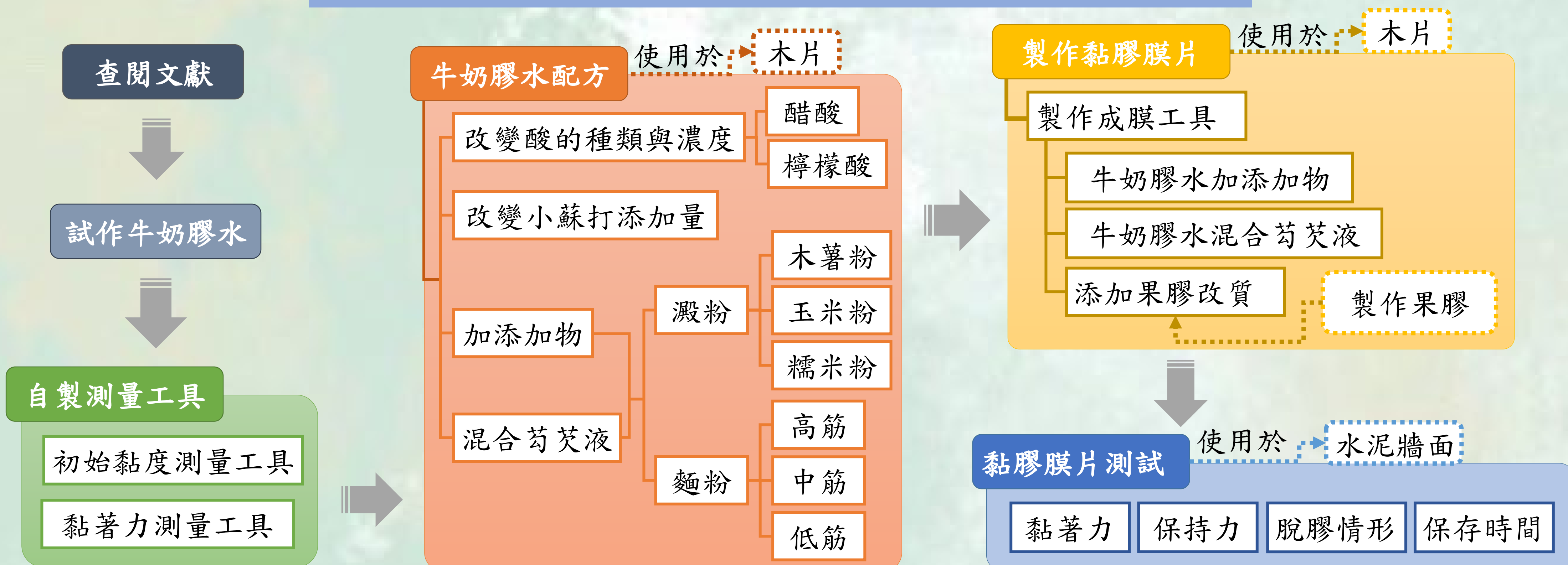
研究動機

傳統的掛勾容易在牆面上留下痕跡，而無痕掛勾的出現解決了這一問題，黏膠式的無痕掛勾使用黏著劑黏附在牆面上，然而黏著劑的成分使用有揮發性的有機化合物、有毒的固化劑、增塑劑等，易對環境造成汙染，因此我們想由牛奶製作出天然的黏著劑，並透過成分改良達到更好的黏著效果，希望能做出方便使用的薄膜式牛奶膠水，應用於替代無痕掛勾的黏膠，達到除了耐重、除膠不留痕跡，也對環境友善。

研究目的

- (一) 自製測量牛奶膠水黏著力及初始黏度的工具。
- (二) 探討製作黏性最大的牛奶膠水配方。
- (三) 製作牛奶膠水黏膠膜片並測試其效能。
- (四) 提升無痕掛勾的環境友善程度。

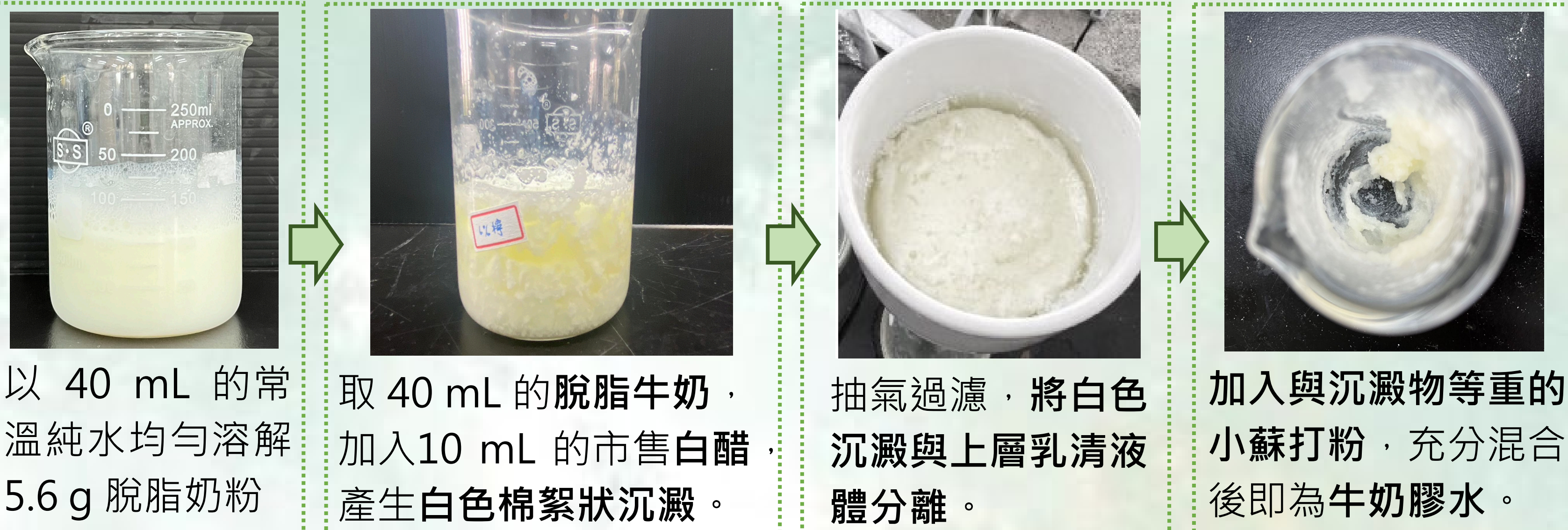
研究架構



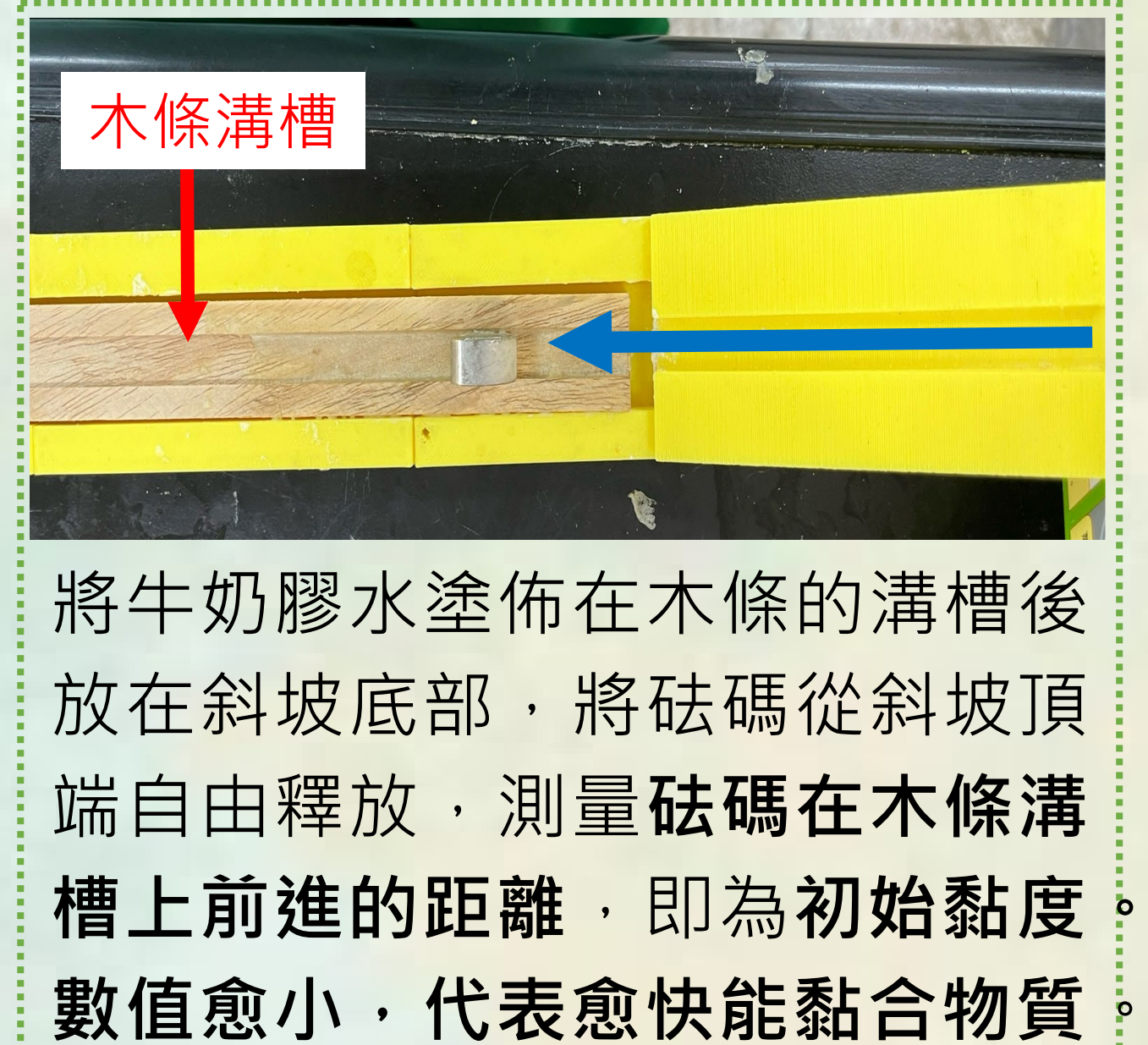
研究過程與方法

研究(一)、製作牛奶膠水及黏性測量工具

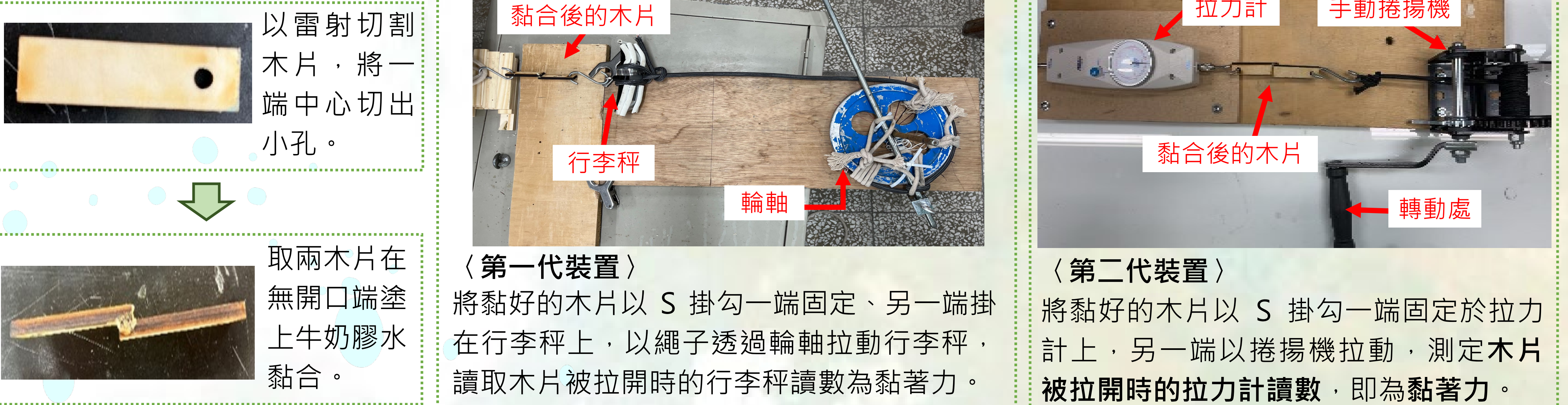
實驗1-1 試作牛奶膠水



實驗1-2 製作初始黏度測量工具

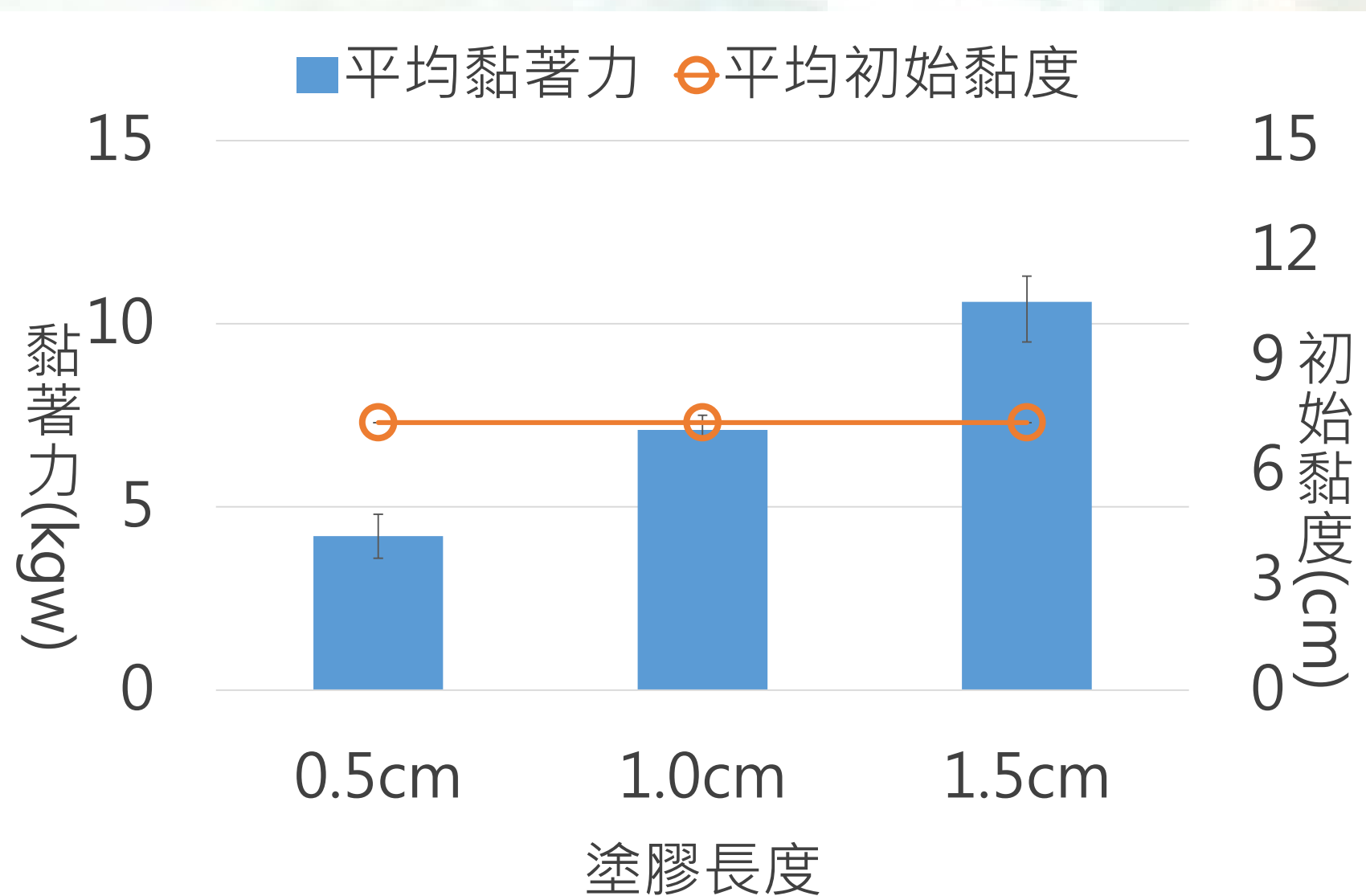


實驗1-3 製作黏著力測量工具

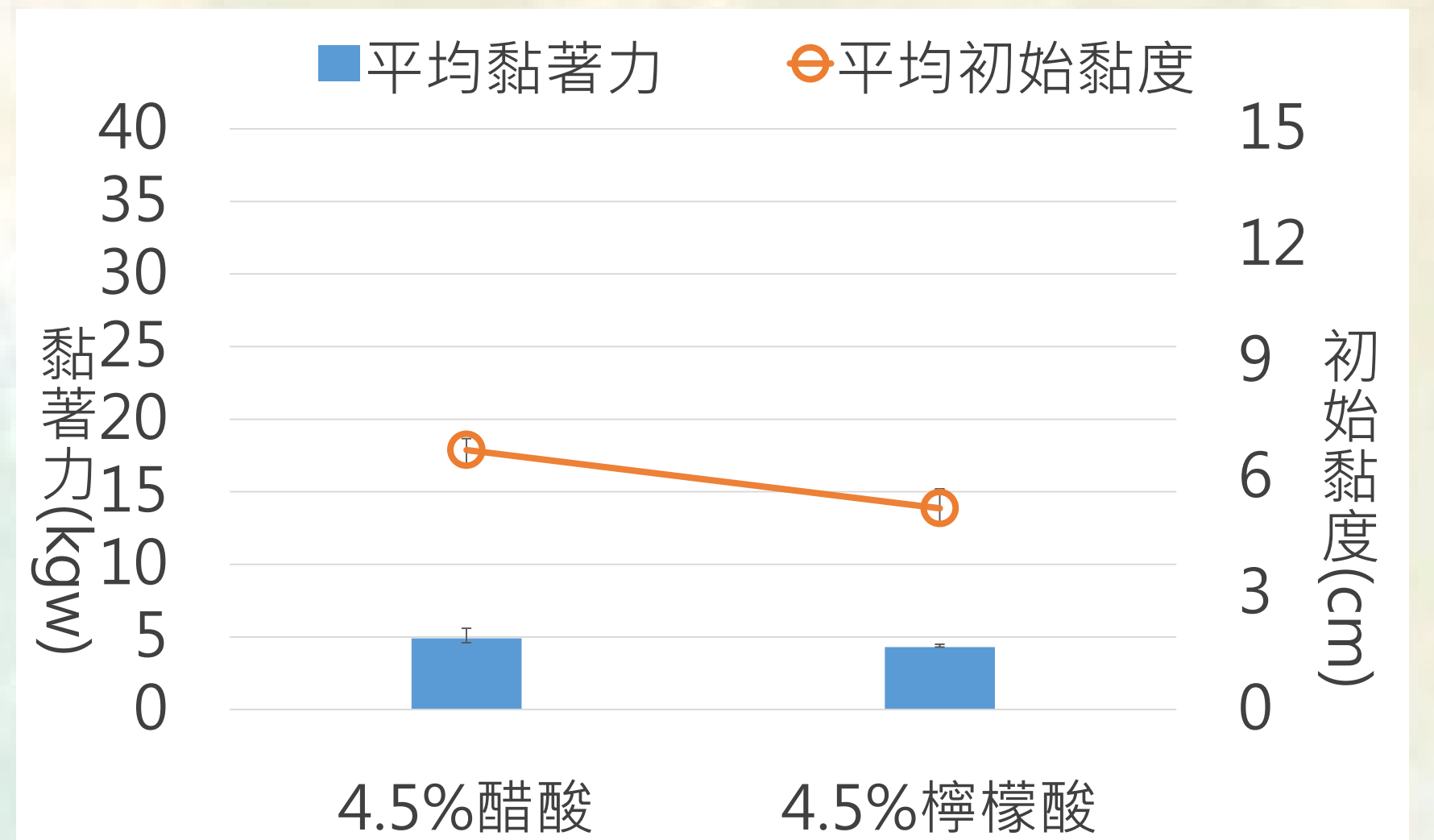


研究(二)、調製牛奶膠水的最佳配方

實驗2-1 制定牛奶膠水黏性測量標準



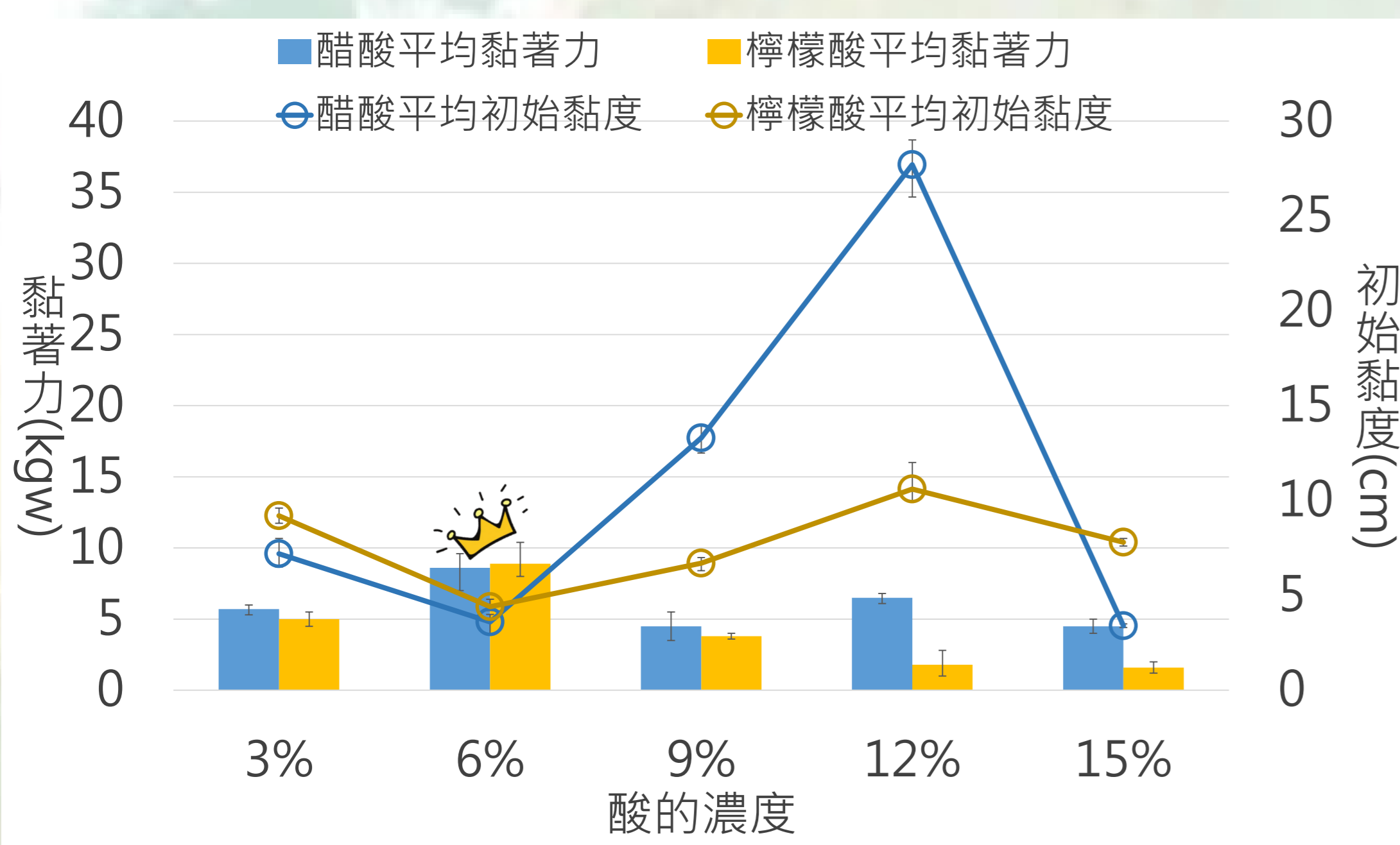
實驗2-2 改變酸的種類



隨著牛奶膠水塗佈的面積越大，黏著力會越大，為了後續實驗的測量不需花太多力氣，木片皆統一以 1.5 cm x 0.5 cm 為塗膠範圍進行黏著力測定。

使用醋酸的牛奶膠水呈現較固體的狀態，可用來塑型，黏著力較檸檬酸略佳。

實驗2-3 改變酸的濃度

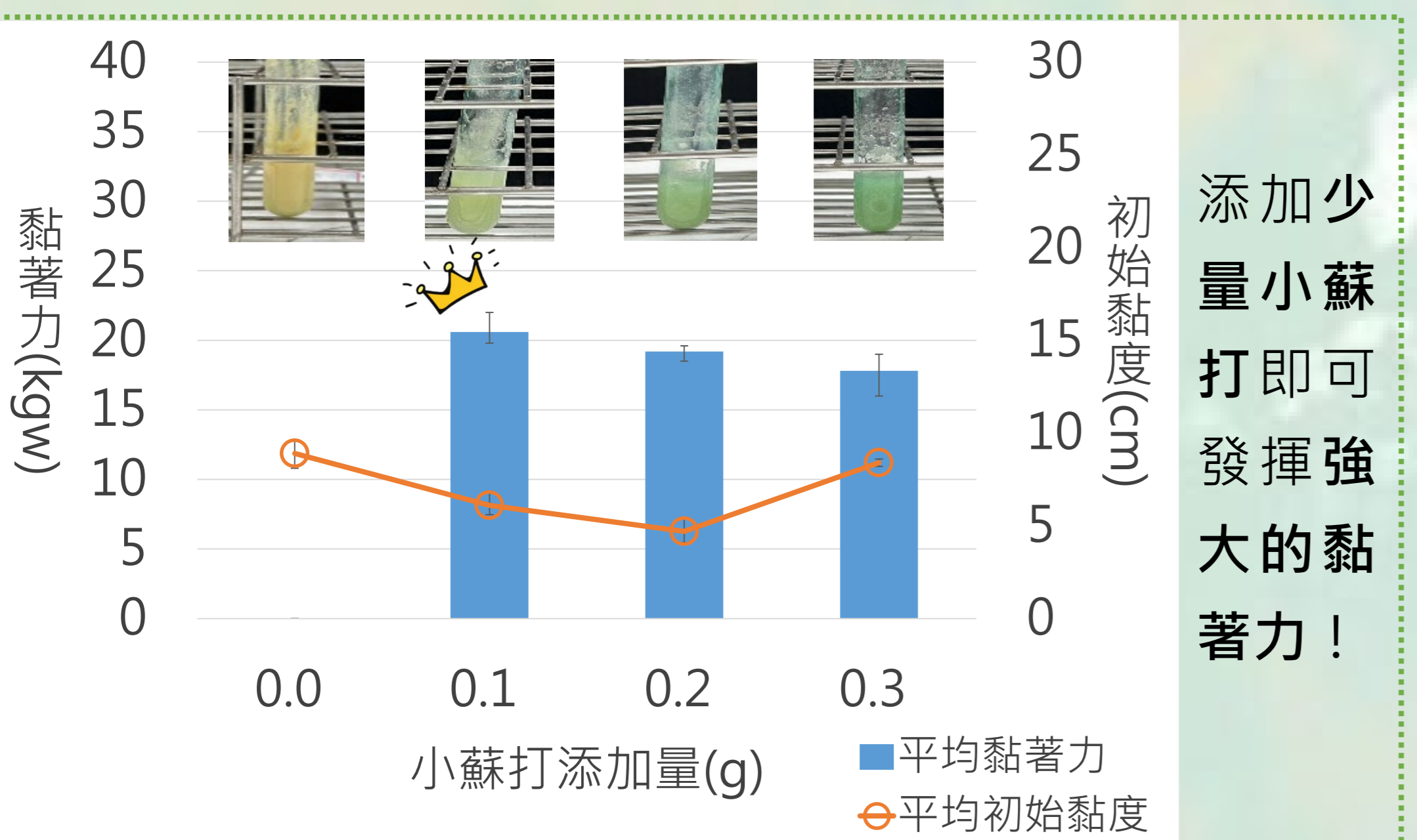


酸濃度及種類	3%	4.5%	6%	9%	12%	15%	3%	4.5%	6%	9%	12%	15%
pH值	2.73	2.33	2.26	2.19	2.10	1.98	1.88	1.81	1.78	1.71	1.58	1.52
小蘇打添加後廣用試劑呈色												

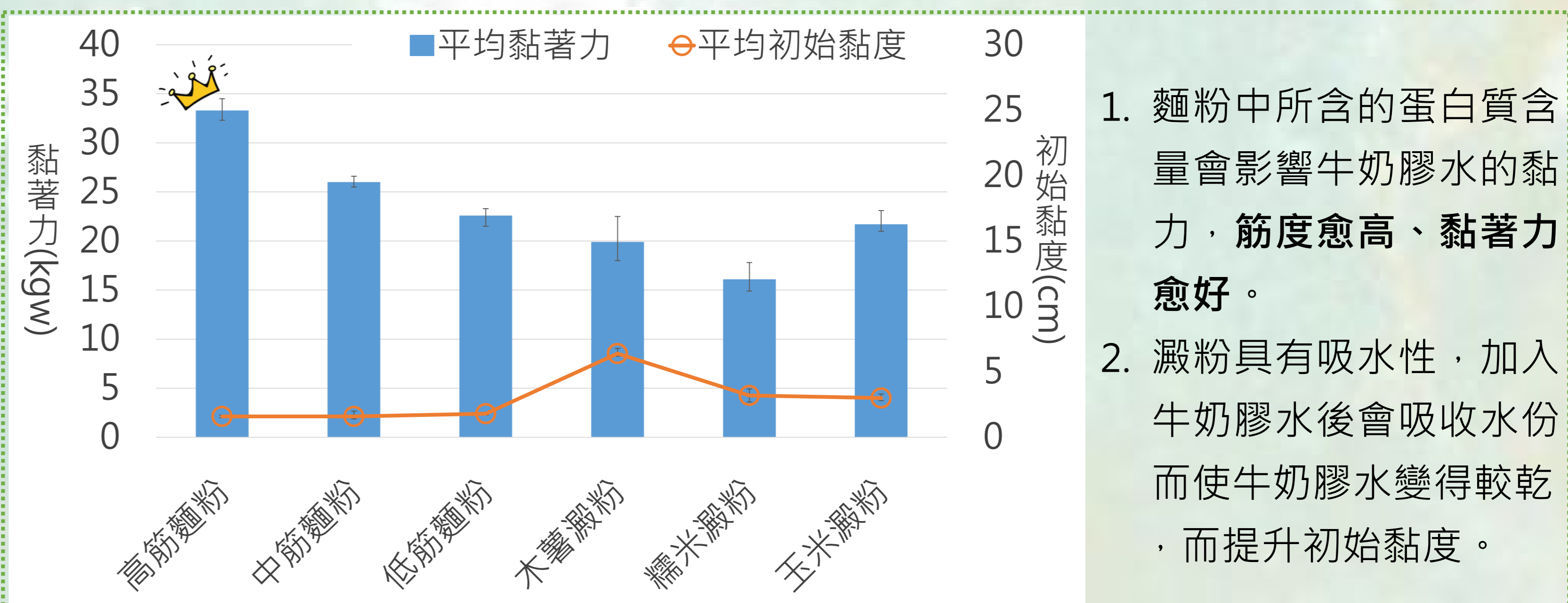
發現小蘇打添加量過多會導致膠水乾燥後殘留顆粒。

由實驗結果選定以 6% 的檸檬酸做為後續實驗使用的酸，並調整小蘇打的添加量。

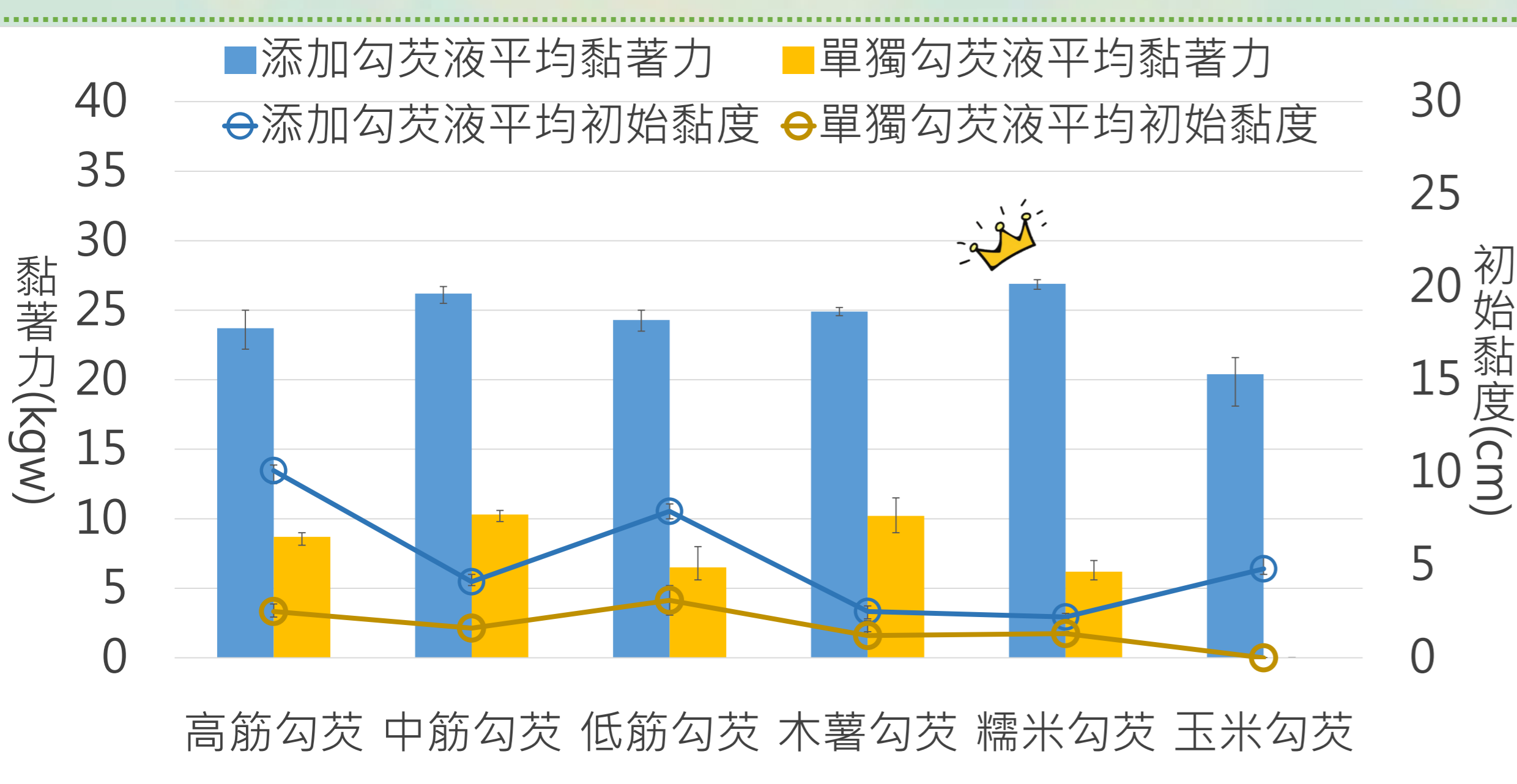
實驗2-4 改變小蘇打的添加量



實驗2-5 加入粉類添加物

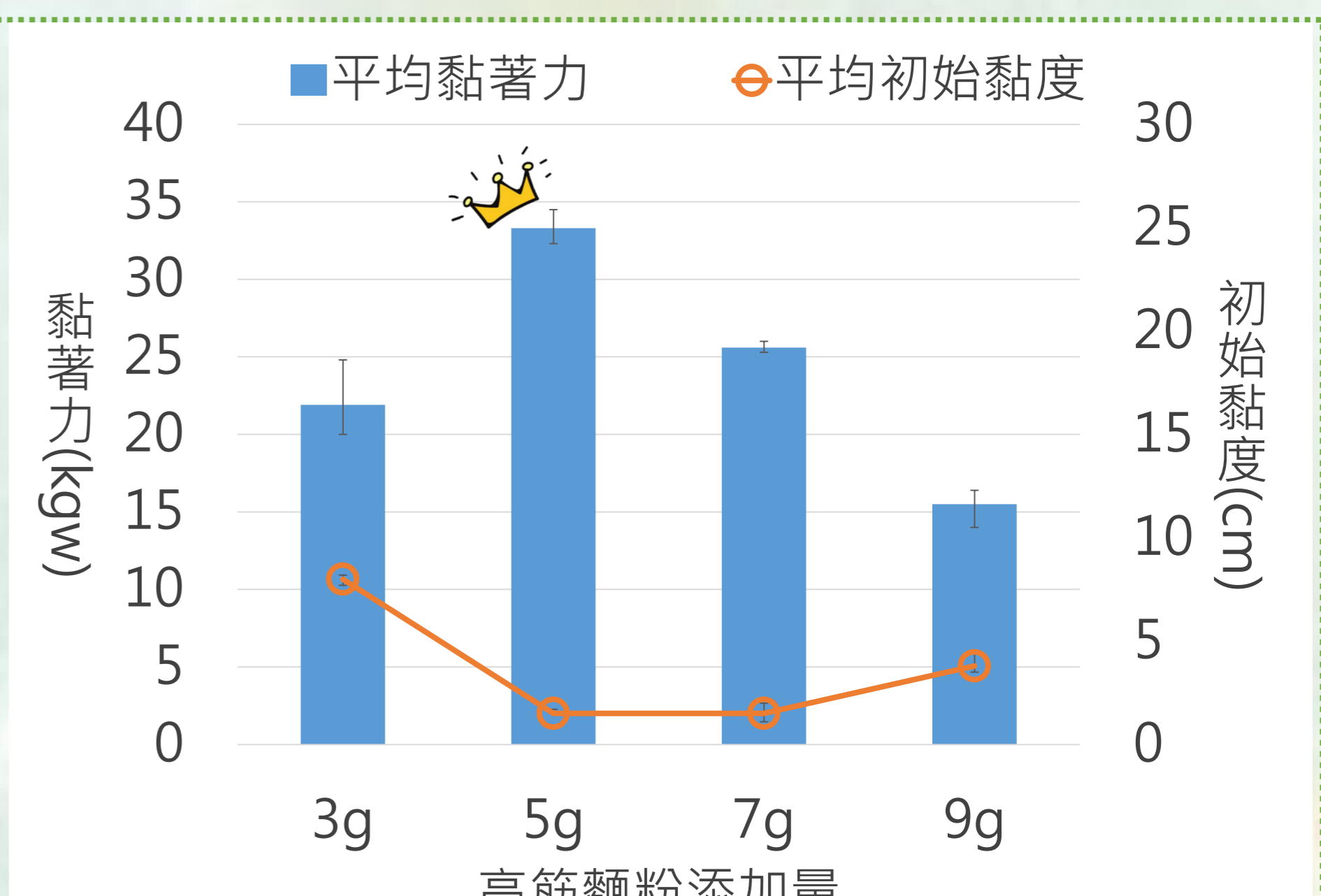


實驗2-6 牛奶膠水加入勾芡液與單獨勾芡液的比較



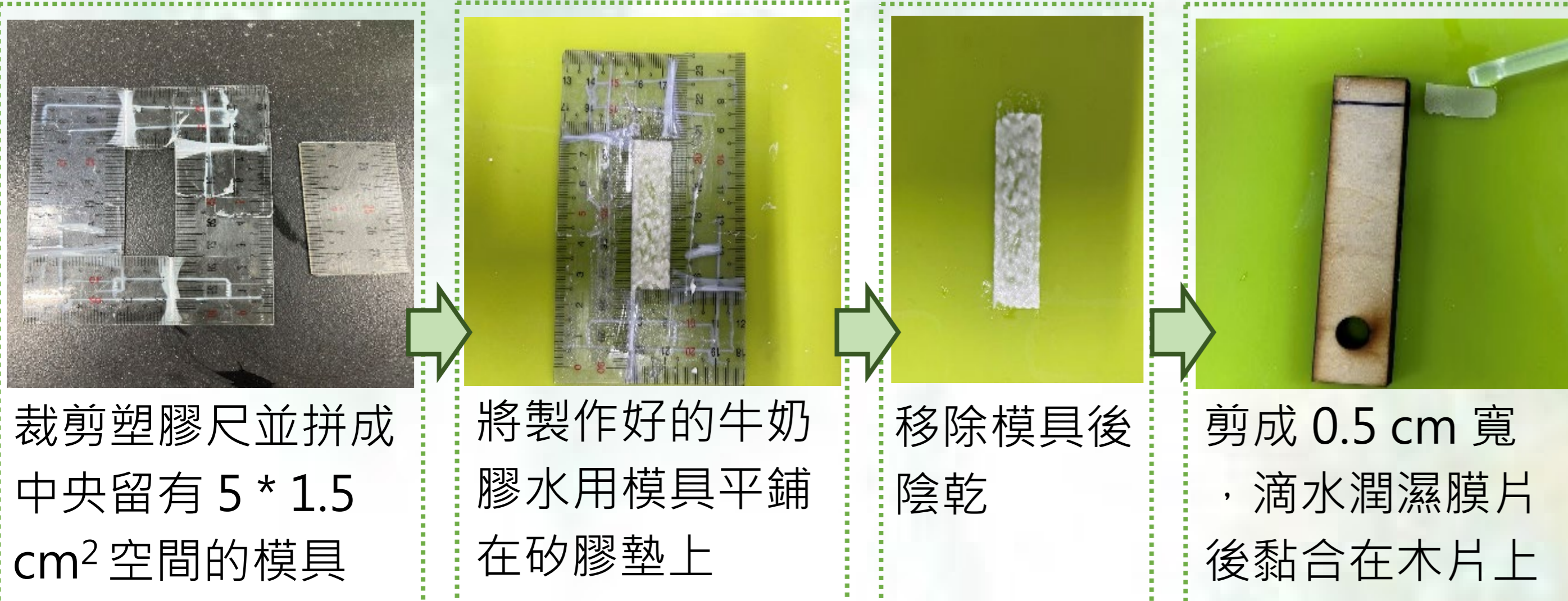
- 混合糯米澱粉勾芡液之牛奶膠水黏著力最高，可能是因為糯米澱粉為支鏈澱粉組成，糊化後結構較為鬆散，易與水分子形成氫鍵而更為黏稠。
- 單獨勾芡液的黏著力都不高，必須和牛奶膠水混合才能有相輔相成的效果！

實驗2-7 改變高筋麵粉的添加量

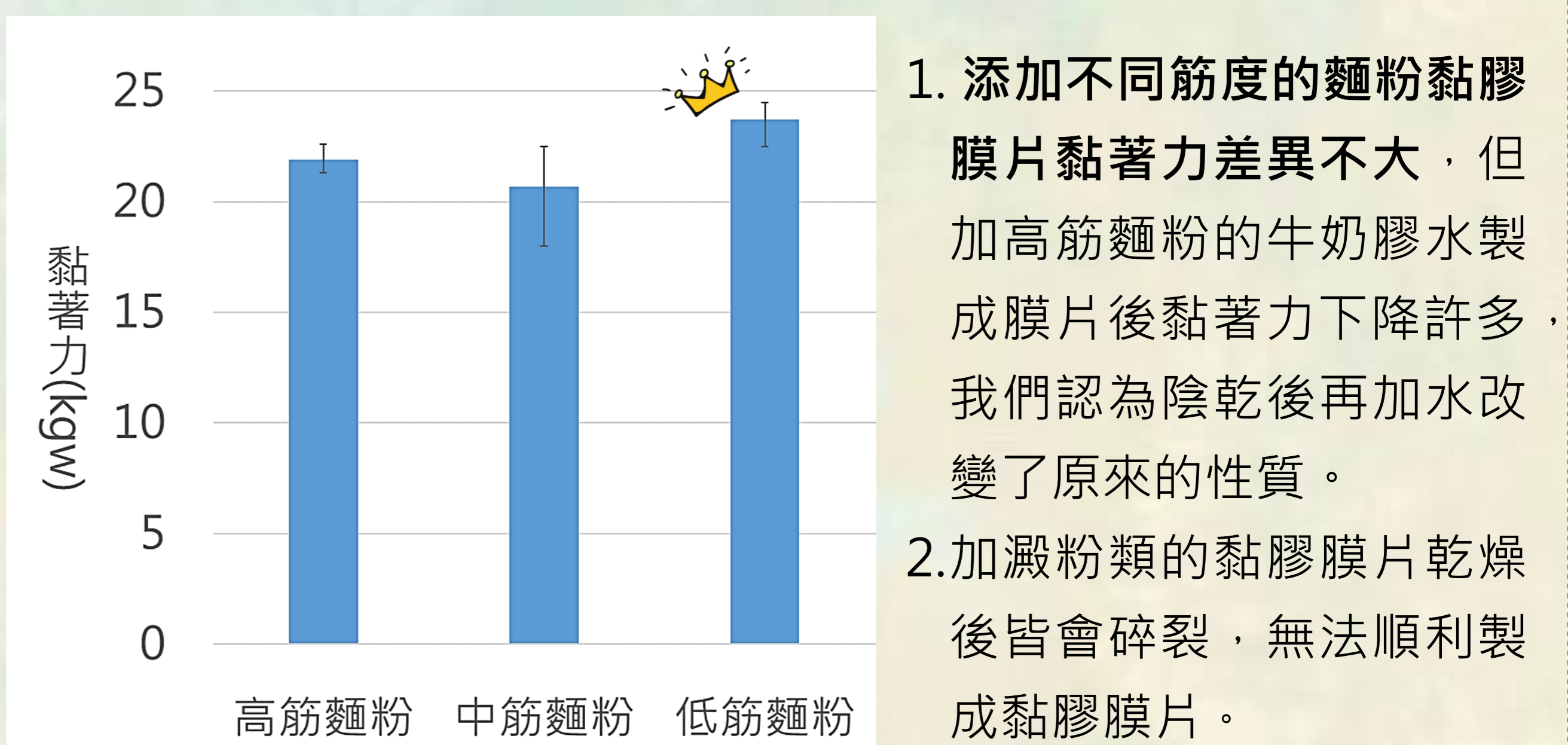


研究(三) 製作牛奶膠水黏膠膜片

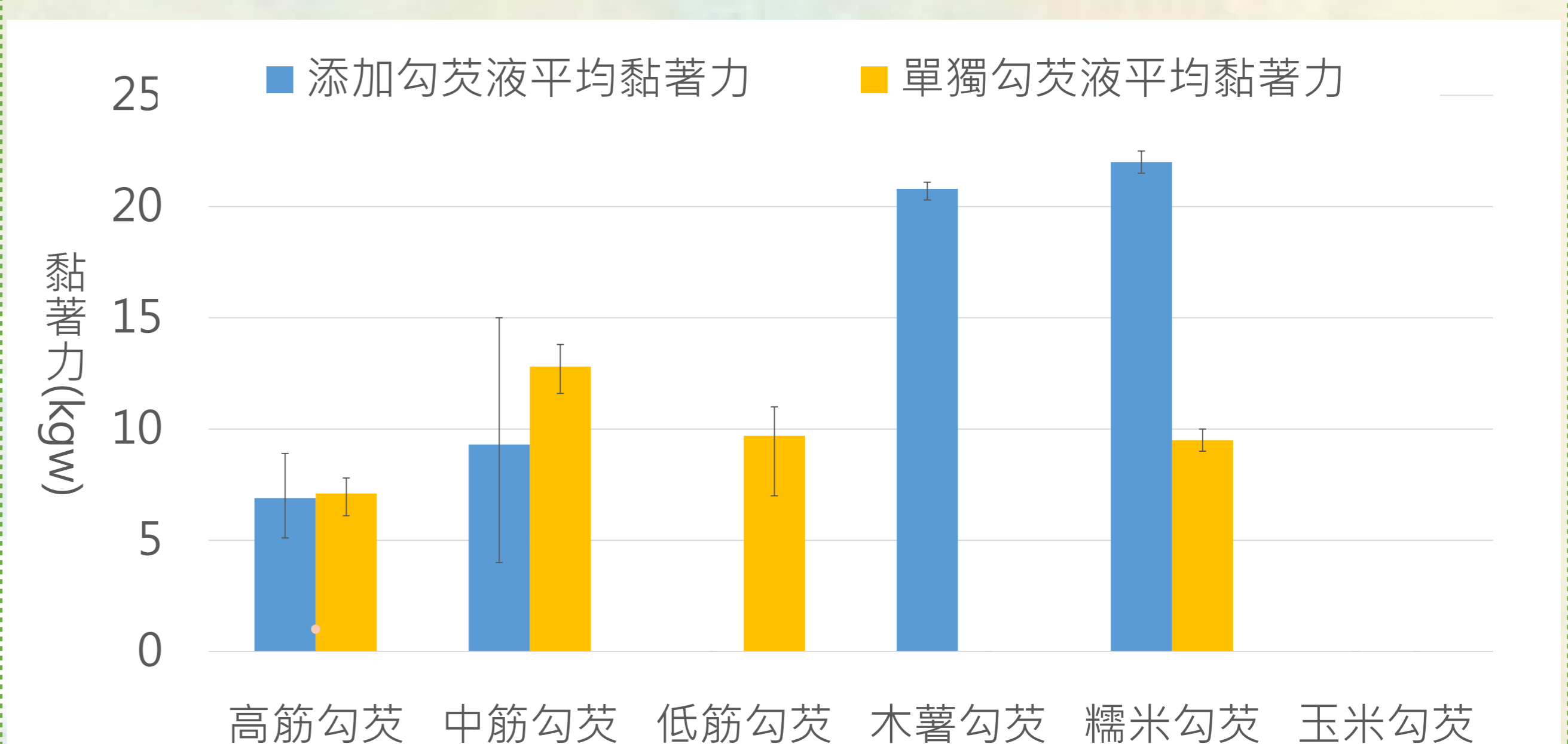
實驗3-1、3-2 製作成膜工具、牛奶膠水加添加物成膜



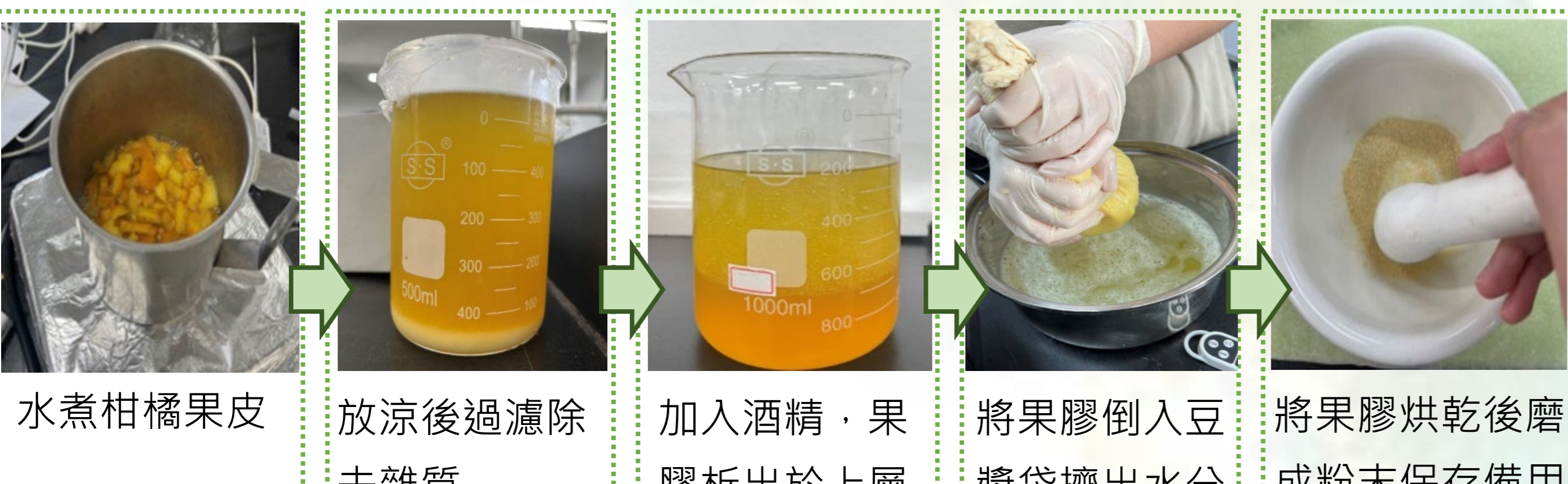
A. 牛奶膠水添加乾粉成膜在木片上的平均黏著力



B. 牛奶膠水添加勾芡液成膜及單獨勾芡液成膜在木片上的平均黏著力



實驗3-3、3-4 製作果膠、將果膠加入到加澱粉類(乾粉)牛奶膠水成膜



- 加低筋勾芡液的膜片太稀；加玉米勾芡液的膜片有結塊；單獨木薯勾芡液膜片沾水沒有黏力，無法黏合木片；單獨玉米勾芡液碎裂嚴重，無法測得其黏著力。
- 添加麵粉勾芡液的膜片黏著力大幅下降，而添加糯米和木薯勾芡液則無論在牛奶膠水狀態還是製成膜片後的黏著力都十分良好。

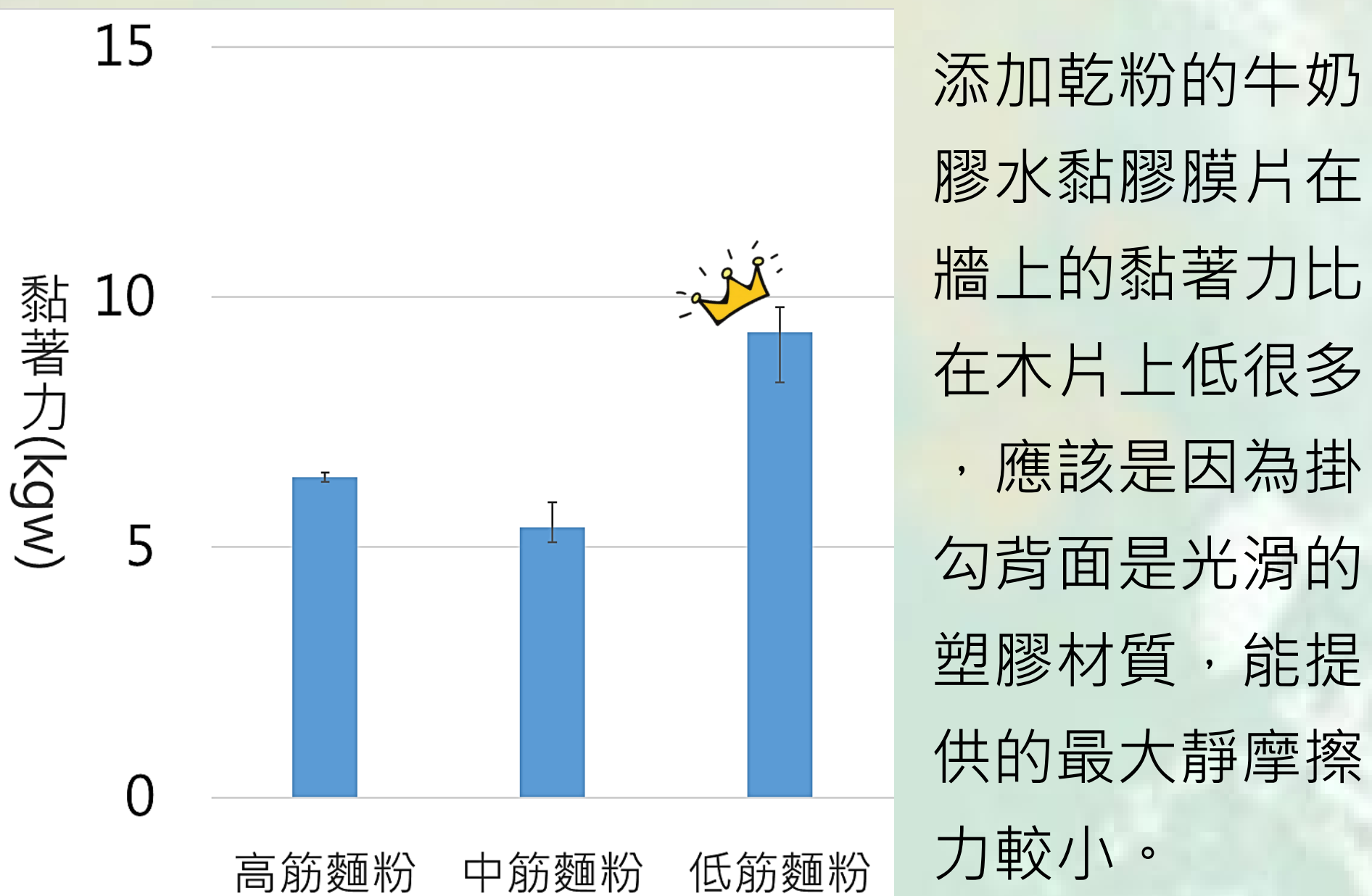
- 製作果膠時，用大量的果皮製成的果膠量很少，磨成粉狀亦需要耗費很多時間。
- 將果膠加入牛奶膠水後，無法完全溶解，且膜片陰乾後，雖有改善了破裂的程度，但沾水感覺不出黏力，因此後續實驗皆未使用果膠。

研究(四) 提升無痕掛勾之環境友善程度

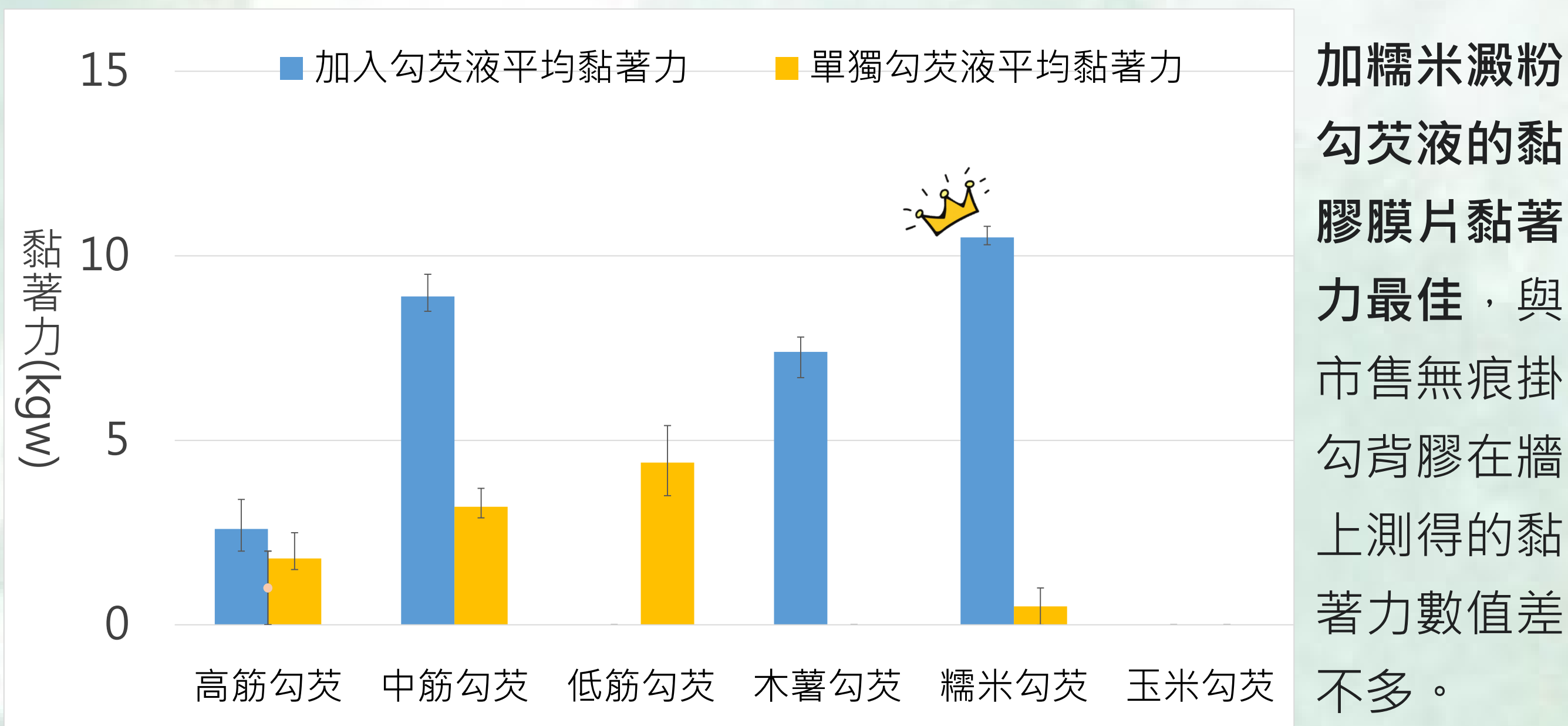
實驗 4-1 將黏膠膜片使用在牆面上



A. 牛奶膠水添加乾粉成膜在牆上的平均黏著力



B. 牛奶膠水添加勾芡液成膜及單獨勾芡液成膜在牆上的平均黏著力



實驗 4-2 保持力測試

將添加糯米澱粉勾芡液的牛奶膠水黏膠膜片和同面積的市售無痕背膠各黏兩個掛勾在牆上，並以袋子分別掛上 1.5 kgw 及 2.0 kgw 的砝碼，記錄砝碼掉落經過的時間。

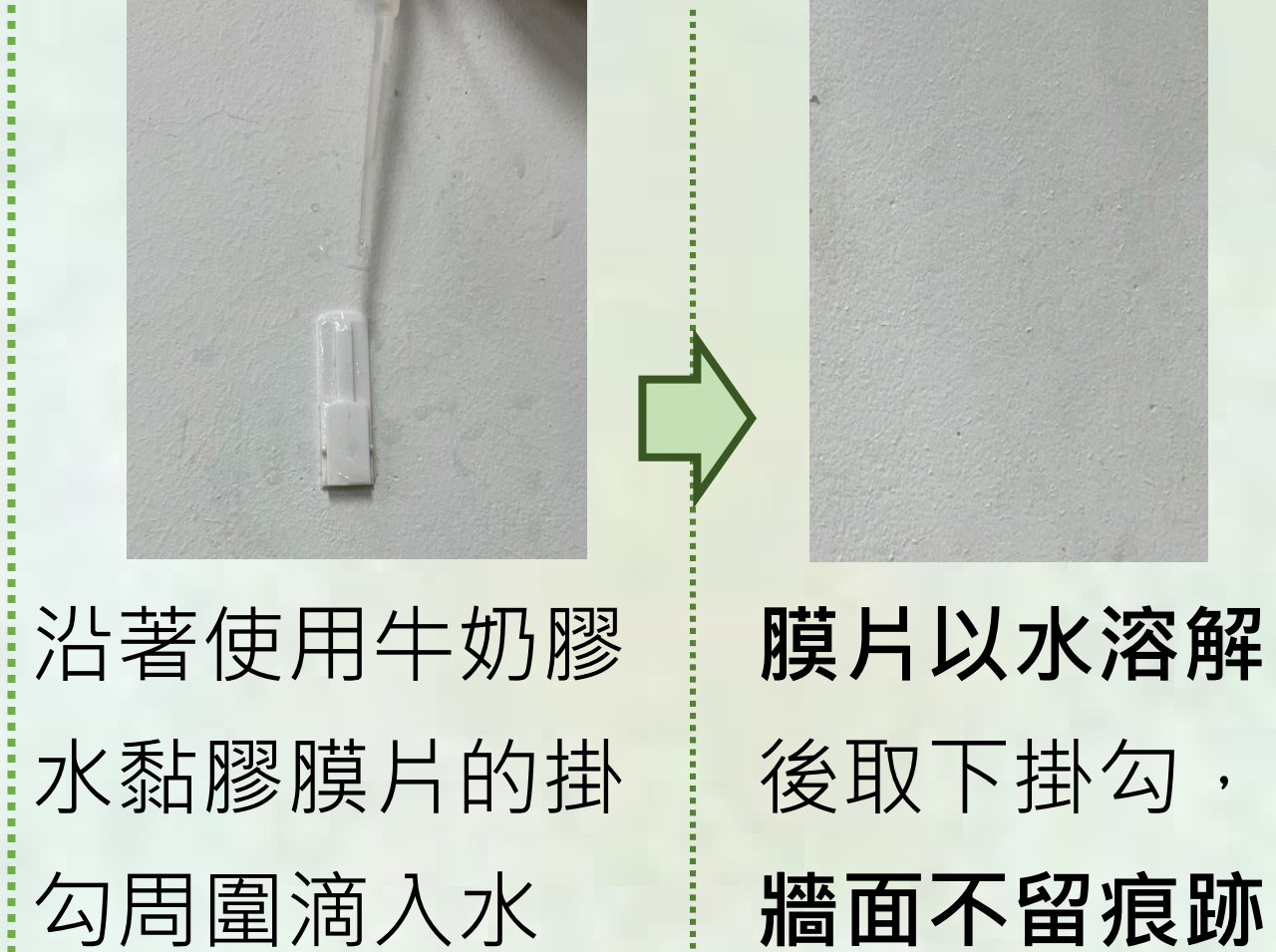
產品	牛奶膠水黏膠膜片	市售無痕掛勾背膠 (最大承重1.36kgw)
保持力	1.5 kgw > 2個月	51.5 hr
	2.0 kgw > 2個月	22.5 hr

實驗 4-3 脫膠情形

A. 掛勾掉落後遺留的殘膠情形

1. 加勾芡液類的黏膠膜片掉落後會殘留在牆上，可用抹布沾水將其取下。
2. 加乾粉類的黏膠膜片，掉落後較容易殘留在無痕掛勾上，只要把掛勾用水清洗即可。

B. 加水去除黏膠的殘膠情形



實驗 4-4 保存期限



放置時間	一天	一個月
在牆上黏著力 (kgw)	7.0	6.8
	10.2	10.1
	6.9	7.6
平均	8.0	8.2

自製牛奶膠水黏膠膜片與市售無痕掛勾背膠的比較：

產品	牛奶膠水黏膠膜片	市售無痕掛勾背膠
優點	<ol style="list-style-type: none"> 1. 製作材料簡單、成本低廉 2. 清除時不會殘留垃圾 3. 不會造成油漆剝落 4. 安全、無毒、環保，可被自然降解 	<ol style="list-style-type: none"> 1. 黏合時較快速 2. 不會造成油漆剝落
缺點	<ol style="list-style-type: none"> 1. 黏合及去除時需沾水，較為麻煩 2. 不適合使用在潮濕環境 	<ol style="list-style-type: none"> 1. 背膠價格昂貴 2. 撕下來的背膠成為垃圾 3. 無法被自然降解

膜片久放會變黃，但未有發霉或異味產生，且膜片放置時間長短未影響其在牆上的黏著力。

討論

- (一) 將酸加入牛奶後，欲使酪蛋白與乳清蛋白分離，利用抽濾的方式較快速、方便，且容易控制其乾濕程度，使實驗的結果具有一致性。
- (二) 造成初始黏度數值較小的原因可能有三種情形：
 1. 膠水本身黏性高。
 2. 膠水較液態，能利用液體的阻力讓砝碼停止滾動。
 3. 牛奶膠水加入小蘇打粉或添加物後，顆粒較大的凸起，使黏膠表面變粗糙而提高了動摩擦力。
- (三) 麵粉含有的蛋白質可以和酪蛋白有更好的結合，但加熱後蛋白質結構被破壞，可能因此使得高、中、低筋麵粉的黏性不具有規律變化。
- (四) 黏膠膜片在測定黏著力的部分，由於無法在牆面上使用水平的測量裝置，因此以掛砝碼作為替代。
- (五) 牛奶膠水黏膠膜片除了可應用在無痕黏膠上，其安全無毒且環保的特性，也可以運用在嬰幼兒的玩具、家具及一般家居、辦公室等無水環境中作為黏著劑使用。

結論

