

屏東縣第 64 屆國中小學科學展覽會

作品說明書

科 別：生活與應用科學科(三)

組 別：國中組

作品名稱：“子患無皂”

—無患子液去汙力之探討—

關 鍵 詞：無患子、汙漬種類、Delta E(色差)

編號：B8011

摘要

本研究主要在探究無患子液在不同操縱變因下，對不同材質布料上附著的汗漬(單寧酸、蛋白質、油脂類)去汙力的影響，並嘗試自製無患子皂。研究者以自摘無患子果實，去籽後加入純水，形成的無患子液為研究對象；以準實驗研究設計。利用色差儀進行比色(ΔE)收集數據，以 EXCEL 進行統計數據分析並作質性探討。本研究主要的結果發現：

- 一、濃度低的無患子液對水溶性汗漬具有良好去汙力。
- 二、果肉碾碎程度並不影響形成無患子液後的去汙效果。
- 三、果肉浸泡在純水中二至四小時，就可使無患子液達到最佳去汙效果。
- 四、無患子液對排汗衫上單寧酸漬、陶瓷盤上蛋白質汗漬與塑膠盤上油漬具有較好去汙力。
- 五、無患子液與明膠液等比例時，得到的無患子果凍皂具有較佳的去油力。

壹、研究動機

在偶然機會下發現屏東市種植許多無患子樹，做為行道樹或校園綠化。於是上網搜尋資料發現：無患子含豐富皂素，泡沫手感細膩，屬於綠色環保、不汙染水源的天然清潔劑；而一般清潔劑含化學合成的界面活性劑，會成為環境荷爾蒙，人類身為食物生態塔最高階層，這些環境汙染物終將透過食物鏈回到人類身上。

面對無患子這樣一個天然好皂，現代人只聽說了它可以當肥皂使用，卻很少嘗試動手使用它，真的很可惜。所以我們希望透過一連串實驗操縱變因探討無患子去汙力，並將無患子做成隨身皂，讓人們在疫情肆虐的年代也能安心使用天然好皂。

貳、研究目的與問題

- 一、探討無患子液濃度對汗漬去汙力的影響。
 1. 不同濃度的無患子液對單寧酸類汗漬(以美式咖啡為例)的影響是什麼？
 2. 不同濃度的無患子液對蛋白質類汗漬(以雞血為例)的影響是什麼？
 3. 不同濃度的無患子液對油脂類汗漬(以黑麻油為例)的影響是什麼？
- 二、探討果肉碾碎程度對汗漬去汙力的影響。

- 1.不同碾碎程度果肉所泡成的無患子液對單寧酸類汙漬(以美式咖啡為例)的影響是什麼？
- 2.不同碾碎程度果肉所泡成的無患子液對蛋白質類汙漬(以雞血為例)的影響是什麼？
- 3.不同碾碎程度果肉所泡成的無患子液對油脂類汙漬(以黑麻油為例)的影響是什麼？

三、探討無患子泡煮方式所形成的無患子液對汙漬去汙力的影響。

- 1.不同配製方法的無患子液對單寧酸類汙漬(以美式咖啡為例)的影響是什麼？
- 2.不同配製方法的無患子液對蛋白質類汙漬(以雞血為例)的影響是什麼？
- 3.不同配製方法的無患子液對油脂類汙漬(以黑麻油為例)的影響是什麼？

四、探討無患子液對不同附著物上汙漬去汙力的影響。

- 1.無患子液對不同材質附著物上單寧酸類汙漬(以美式咖啡為例)的影響是什麼？
- 2.無患子液對不同材質附著物上蛋白質類汙漬(以雞血為例)的影響是什麼？
- 3.無患子液對不同材質附著物上油脂類汙漬(以黑麻油為例)的影響是什麼？

五、探討不同混合比例(無患子液：明膠液)形成固態皂的可行性。

- 1.不同混合比例對形成固態皂的韌性與癱軟狀況如何？
- 2.不同混合比例對形成固態皂的去油力如何？
- 3.最佳比例形成的固態皂在常溫下的保存期限如何？

參、名詞釋義

為了能更清楚界定本研究的用語，茲將研究所涉及的幾個特定名詞，敘述如下。

一、無患子

地球上約有 50%的植物體內含有植物皂素，而無患子果實上的厚肉狀果皮，所含植物皂素含量依產地不同約為 10%~37%。當無患子青綠色果實逐漸轉為金黃色，革狀的果皮略帶透明，膠狀如樹汁般的果肉，就表示已經是成熟果實(黃保家 2012)。果肉中含無患子皂甙



無患子果實

(Sapindoside A、B、C、D、E) 與常青藤皂苷元 (hederagenin)，

屬於結構複雜的水溶性化合物，同時具有大量維生素 C 與其他多種不同醣類等。

無患子在化學界面活性劑問世前，是最常被使用的天然界面活性劑，是含有植物皂素（saponin）的植物。皂素具有親水端與親油端，去油汙時，油汙被親油端吸附著，親水端則將油汙牽入水中，利用天然乳化作用達到洗淨效果；攪動無患子液時，親油端將空氣包住，可形成如同肥皂泡泡一樣的泡沫，增加去汙效果。

本研究使用屏東市校園種植的無患子果實，去籽後的果皮加水所形成的液體為實驗對象，利用不同的操縱變因探討無患子液，對常見汙漬的去汙效果。

二、汙漬種類

單寧酸類、蛋白質類、油脂類及其他特殊汙漬等，是較常見的四大類汙漬。而汗漬、血跡及尿液等是常見的蛋白質類汙漬，因為蛋白質遇高溫容易產生變質，所以蛋白質類汙漬遇到高溫時，汙漬容易卡在纖維中較不易清洗。水溶性的單寧酸類汙漬，例如：果汁、咖啡或茶類飲品等，相對於其他類汙漬而言是容易清除的。脂溶性汙漬的油脂類通常是食物油漬、口紅、代謝產生的油脂等，則需要利用鹼性清潔劑將其溶解。

本實驗將針對常見汙漬(單寧酸類、蛋白質類及油脂類等)進行去汙研究，因為研究測量工具是比色計(色差儀)，所以單寧酸類汙漬以美式咖啡(汙漬顏色較茶類汙漬深)為研究對象；又因為女性每個月都會有月事，較易使衣物沾染上血漬，所以本研究的蛋白質類汙漬，以同樣是動物血的雞血為研究對象；而油脂類汙漬則選用顏色深的黑麻油為研究對象，期研究結果可以出現明顯差異，便於觀察。

三、色差值(Delta E)

物體的顯色是由物體表面吸收、反射的色光來決定。人眼雖可察覺顏色改變，但當顏色變化不明顯、或因光源光度、物體表面性質和環境條件(太亮、太暗)等差異而影響物體顯色時，人眼就容易對顏色變化產生誤判；同時也可能因為感觀或眼睛的視敏度等個體差異，而對顏色產生不同的解讀。

換句話說，人眼可能產生辨色障礙，而真實色彩感測器(色差儀，cube)是一種可將色彩量化後，偵測顏色的一種測量工具，它可以更客觀測量顏色的 R、G、B 值，再利用內建程式主動計算出，兩種不同顏色色彩差異(DeltaE，色差(Color difference))。

比較兩種顏色時，若儀器出現色差數值(ΔE)愈高，表示兩種顏色的色彩差異愈大；而

ΔE 愈小，則是兩色間色彩差異小。

本實驗使用色差儀(真實色彩感測器 cube)作為研究之測量工具，以便客觀界定汙漬去汙程度。研究者用色差儀讀取不同材質濕布塊原色，與沾染上汙漬後的顏色進行比色處理，將之做為去汙程度比較基準(ΔE_0)；再用色差儀讀取置入操縱變因後的布塊顏色，跟原來乾淨的濕布塊顏色進行色差比較(ΔE)，透過 ΔE 和 ΔE_0 間的比較，定義無患子液去汙效果。

		
真實色彩感測器(色差儀)	ΔE 愈高，色差愈大	ΔE 愈低，色差愈小

圖（一） 真實色彩感測器(色差儀)的數據判讀說明

肆、研究設備與器材

一、實驗藥品：

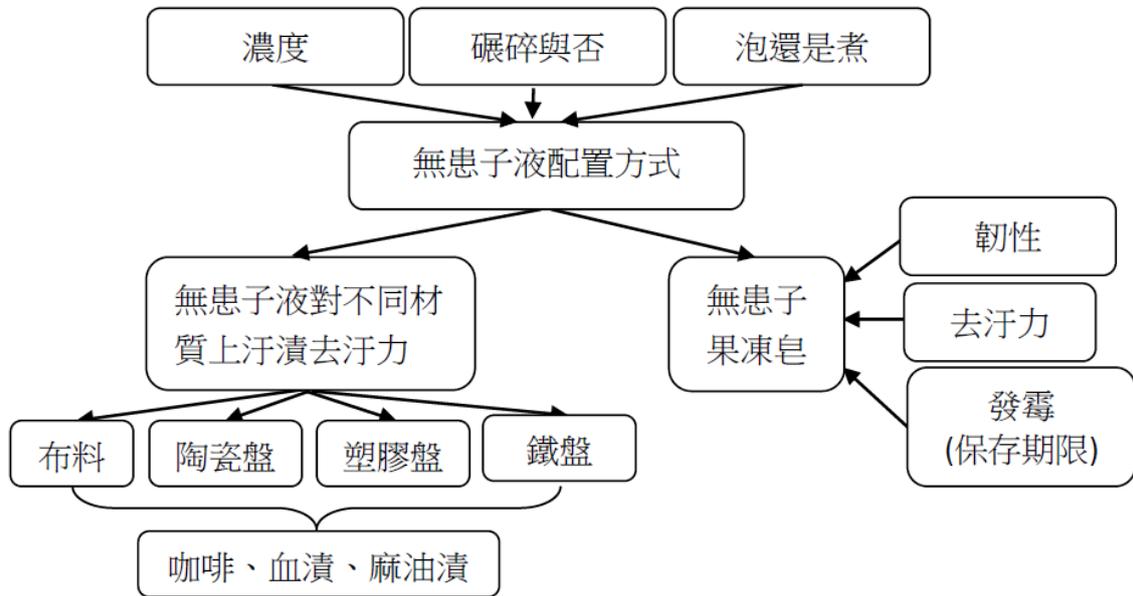
無患子、純水、美式咖啡、雞血、黑麻油、純芥花油(泰山)、明膠(豬皮萃取物)。

二、實驗器材：

燒杯(1000 ml × 6、50ml × 50)、量筒(100 ml × 8)、試管(H15cm × 6)、玻璃棒 × 10、電子游標尺(準確至 0.1mm)、電子天平(準確至 0.1g)、溫度計 × 6、滴管(3ml)少許、保鮮膜、秤量紙、中藥棉布濾袋、濾網(1mm²) × 3、色差儀(真實色彩感測器 cube)、PH 計、卡式爐 × 1、陶瓷纖維網 × 6、1.5×2 公分棉布數條、1.5×2 公分紗布數條、1.5×2 公分制服布(棉與尼龍纖維混紡) 數條、1.5×2 公分排汗布料數條、塑膠盆(L53×W42.5×H13)×3、鑷子×3、研磨機、果汁機。

伍、研究架構與步驟

一、研究架構



圖（二）研究架構圖

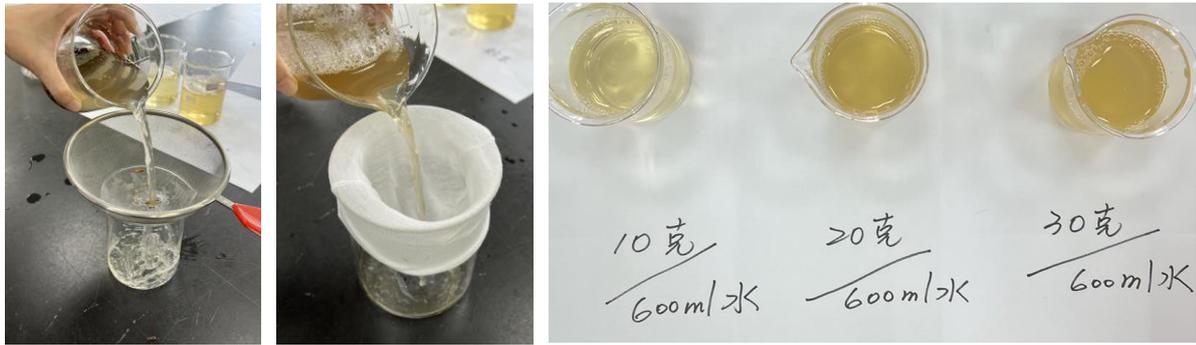
二、實驗步驟

實驗一：無患子液濃度與去汙力

研究所需的無患子是研究者在校園中撿拾或摘採，在這個過程中我們發現樹上分別有淺咖啡色、咖啡色的果實，而地上撿拾的果實顏色則偏深咖啡色或黑色，因此懷疑這些果實中所含皂素是否有差異？經過預試實驗後發現：所摘採的各色無患子果實之去汙力相當。所以將無論是樹上摘採或地上撿拾的褐色果實混合後，去籽浸泡形成三種不同濃度的無患子液，分別用來浸泡已被汗漬附著的棉布、紗布、制服布與排汗衫，以觀察各種汗漬之去汙狀況。

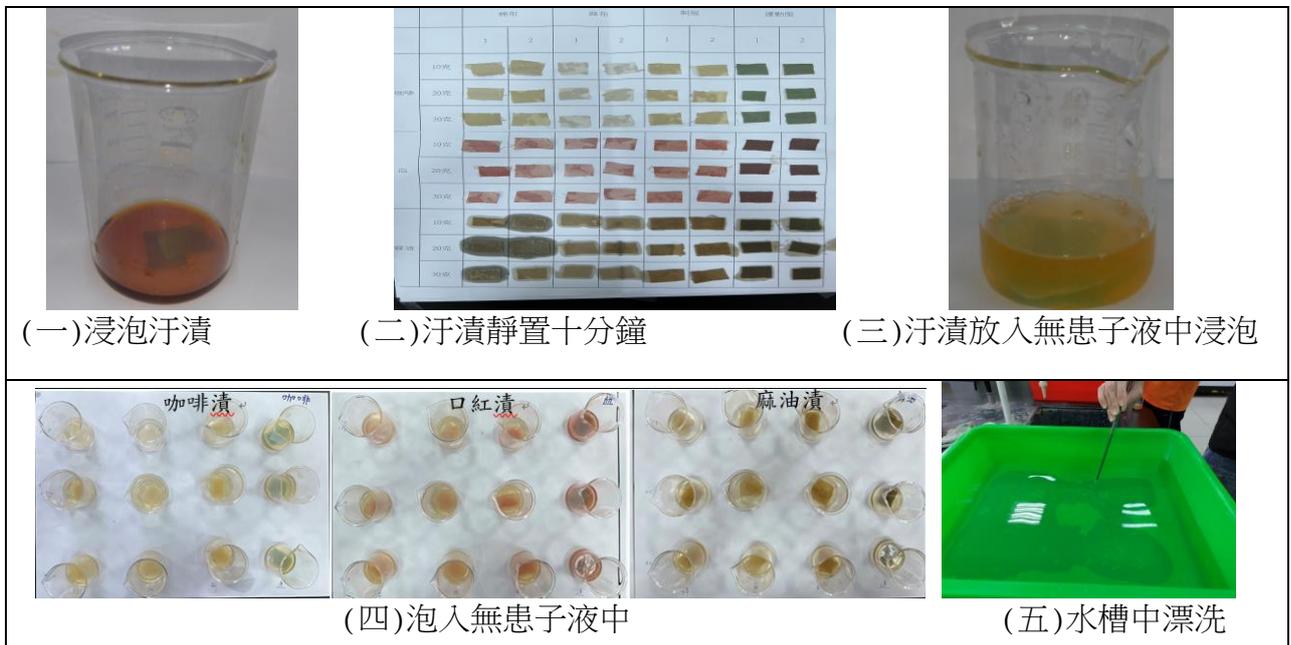
其研究步驟如下：

1. 分別秤取 10、20、30 克無患子果肉加入 600 克純水，浸泡兩小時後過濾，形成果肉與純水質量比為 1：60、1：30 與 1：20 三杯不同濃度的無患子液。
- 2 過濾後測量溶液 PH 值。
3. 將不同種布塊(1.5 × 2 公分)放入裝有各種汗漬燒杯中，分別沾染上單寧酸汗漬(美式咖啡)、蛋白質汗漬(雞血)與油脂類汗漬(黑麻油)後，將布塊靜置 10 分鐘，讓汗漬附著在不同材質布塊上。



圖（三）無患子液處理程序

4. 用色差儀量取乾淨濕布塊顏色與沾上汙漬的布塊顏色，並進行比色處理，做為去汙效果之比較基準(ΔE_0)。
5. 將沾有不同汙漬的布塊，分別放入無患子液中，浸泡 15 分鐘後，放入裝有 5 公升純水的盆子中，來回漂洗三次。
6. 用色差儀量取經過實驗處置後布塊顏色，並使之與乾淨濕布塊顏色進行比色，紀錄兩者之色差(ΔE)。
7. 使用 excel 進行數據分析比較。



圖（四）汙漬處理程序

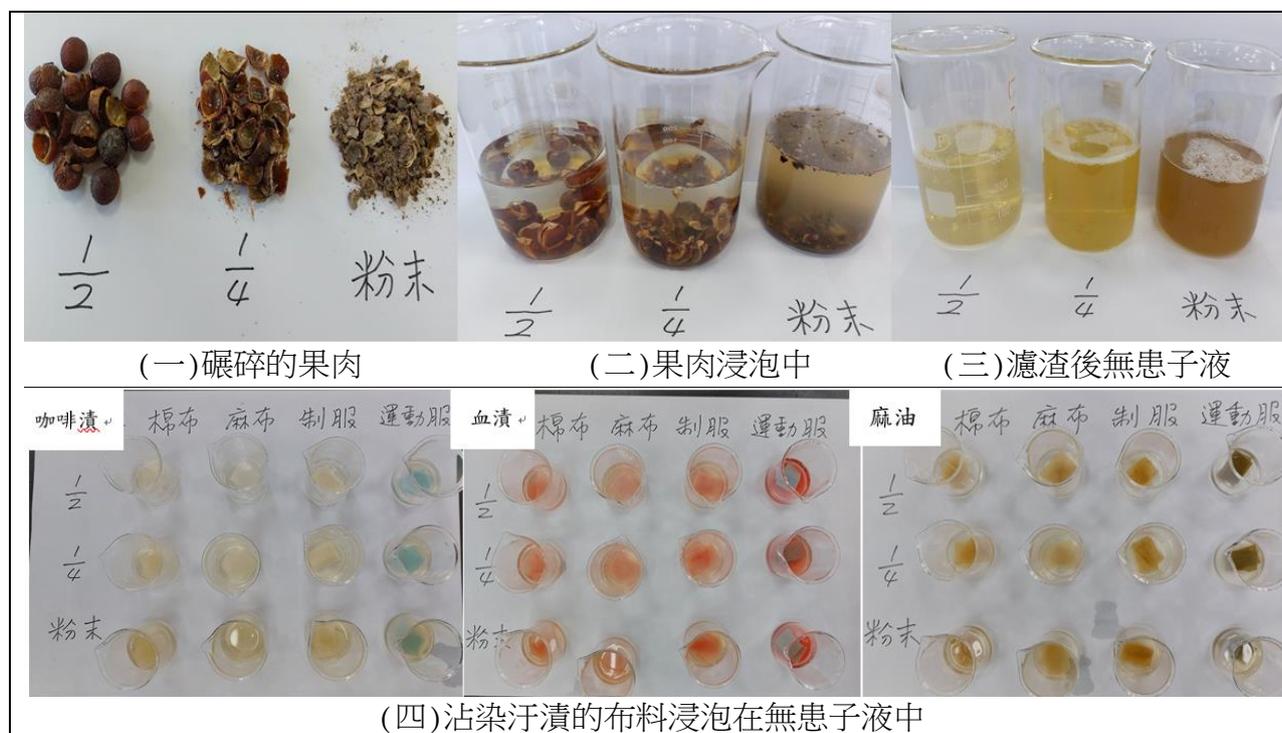
實驗二：果肉碾碎程度與去汙力

在化學實驗中，反應物之接觸面積愈大則反應速率會愈快，故本實驗將無患子果肉分成

1/2 顆、1/4 顆與磨粉三種不同顆粒大小進行研究，以觀察不同碾碎程度是否會影響無患子果肉中皂素的釋出。因為實驗限制無法直接測量皂素多寡，所以我們利用煮出的無患子液之去汙程度，作為皂素釋出多寡的判斷依據。為了能更準確推論結果，將常見的三類汙漬(單寧酸類、蛋白質類、油脂類)，沾染上不同材質布料來進行研究。

實驗操作步驟如下：

1. 取出種子，再把無患子果肉分成 1/2 顆、1/4 顆與磨成粉末，形成三種不同顆粒大小。
2. 秤取 20 公克不同顆粒大小之無患子，加入 600 毫升的純水浸泡 2 小時後再加熱煮沸，且持續沸騰 20 分鐘，靜置降溫(室溫 30°C)後過濾，並測量溶液之 PH 值。
3. 將 1.5 × 2 公分的不同布塊放入裝有汙漬的燒杯中沾染汙漬，撈起布塊後，靜置 10 分鐘讓汙漬附著。用色差儀量取乾淨濕布塊顏色與沾上汙漬後布塊顏色，並將兩者作比色處理，以作為去汙效果比較基準(ΔE₀)。
4. 將沾有汙漬的不同材質布塊，分別放入步驟 2 的無患子液體中，浸泡 15 分鐘後，用鑷子將布夾入裝有 5 公升純水的盆子中，來回漂洗 3 次。
5. 用色差儀量取經過實驗處置後布塊顏色，並與乾淨濕布塊進行比色，紀錄兩者之色差(ΔE)。
6. 使用 excel 進行數據分析比較。

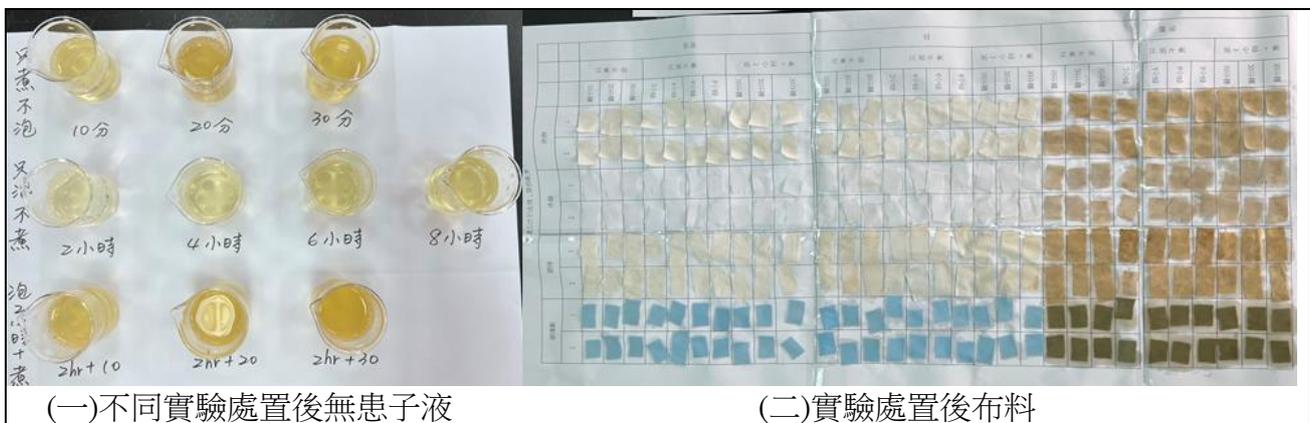


圖(五) 果肉不同碾碎程度---汙漬處理程序

實驗三：泡或煮果肉與去汙力

在預試實驗中，曾嘗試將無患子果肉加入 600 毫升的純水，浸泡 12 個小時後加熱煮沸，且持續沸騰 10、20、30 分鐘，降溫過濾後進行實驗操作，結果發現上述實驗處置未能使無患子去汙力出現顯著差異，因此，為了釐清浸泡或煮沸這兩種方式，何者會有較好的去汙效果，因此將這個部分實驗分為：浸泡(2、4、6、8 小時)不煮沸、煮沸(10、20、30 分鐘)不浸泡，與先泡(2 小時)後煮沸(10、20、30 分鐘)三組。實驗步驟如下：

1. 取出種子，將 20 公克無患子果肉加入 600 毫升純水中，形成十杯溶液。
2. 將步驟一的十杯溶液，分成三大組：
 - 組別一：不浸泡果肉直接煮沸後持續沸騰 10、20、30 分鐘
 - 組別二：分別浸泡 2、4、6、8 小時但不煮沸
 - 組別三：浸泡 2 小時後，加熱煮沸並持續沸騰 10、20、30 分鐘待所有溶液均降至室溫(32°C)後進行實驗。
3. 將不同布塊沾染汙漬，撈起布塊靜置 10 分鐘後，用色差儀將乾淨濕布塊與沾上汙漬的布塊進行比色，作為去汙比較基準(ΔE_0)。
4. 將步驟三之布塊放入步驟 2 的無患子液體中，浸泡 15 分鐘後，將布夾入裝有 5 公升純水的盆子來回漂洗 3 次。
5. 用色差儀量取步驟 4 之布塊顏色，並與乾淨濕布塊顏色進行比色，紀錄色差(ΔE)。
6. 使用 excel 進行數據分析比較。



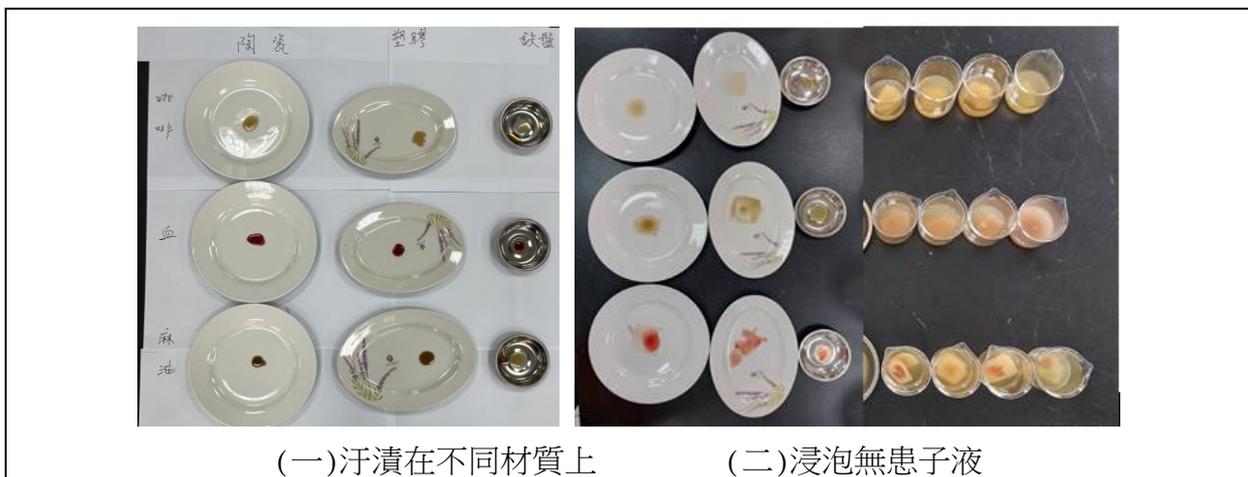
圖(六)泡或煮果肉---汙漬處理程序

實驗四：無患子液與不同汗漬附著物

為了瞭解無患子液對附著在不同材質上汗漬的去汙力，於是將單寧酸類(咖啡)、蛋白質類(雞血)與油脂類(黑麻油)等汗漬，沾染在布(棉、麻、制服、排汗衫)、陶瓷盤、塑膠盤與鐵盤上，加入相同濃度(20 克果肉／600 克純水)且浸泡相同時間(2 小時)之無患子液，以得知無患子液對不同材質物品上汗漬去汙力的影響。

其研究步驟如下：

1. 將無患子去籽取 20 克果肉，加入 600 毫升純水，浸泡 2 小時後經兩次過濾，形成無患子液。
2. 將汗漬沾在棉、麻、制服布、排汗衫、陶瓷盤、塑膠盤與鐵盤上，並靜置 10 分鐘。
3. 用色差儀量取乾淨附著物顏色，與沾上汗漬後附著物顏色，並將兩者進行比色處理，作為去汙效果之比較基準 (ΔE_0)。
4. 將已沾上汗漬的附著物，分別加入步驟 1 的無患子液，浸泡 15 分鐘後，在裝有 5 公升純水的盒子中來回漂洗 3 次。
5. 用色差儀量取經過實驗處置後附著物顏色並與乾淨附著物顏色做比色處理，紀錄色差 (ΔE)。
6. 使用 excel 進行數據分析比較。



圖(七)不同汗漬附著物---汗漬處理程序

實驗五：固態皂的可行性

在疫情肆虐與注重節能減碳的現今，因為發現無患子果肉所含皂素較其他植物高，因此希望能增加人們利用天然無患子進行清潔去汙，以減輕環境負擔與減少化學汙染、過敏原。於是，我們開始思考如何將無患子液製作成可隨身攜帶的天然好皂。

在預試階段時，我們曾考慮將無患子液直接加入油、鹼共熱以形成的固態皂，但因期望製造出的無患子皂可以是天然、對環境友善的好皂，所以經思考討論後，決定嘗試使用洋菜凍、玉米粉、明膠等天然物質來固化無患子液以利形成固態皂。

在預試階段中，洋菜凍(成皂後，搓揉即破碎，起泡力降低)、玉米粉(成皂後，易癱軟，但起泡佳)表現不如預期，因此本階段選擇添加明膠(成皂後，韌性介於洋菜凍與玉米粉間，起泡力也介於洋菜凍與玉米粉間)，即本階段使用明膠(豬皮萃取物)作為凝固劑。又為了將去汙效果做最大提升，決定將無患子果肉泡軟並加入純水打成漿(如右圖所示)，最後再加入明膠液形成固態皂，希望能找出韌性佳、去油力佳又較不易發霉的無患子果凍皂。研究步驟如下：

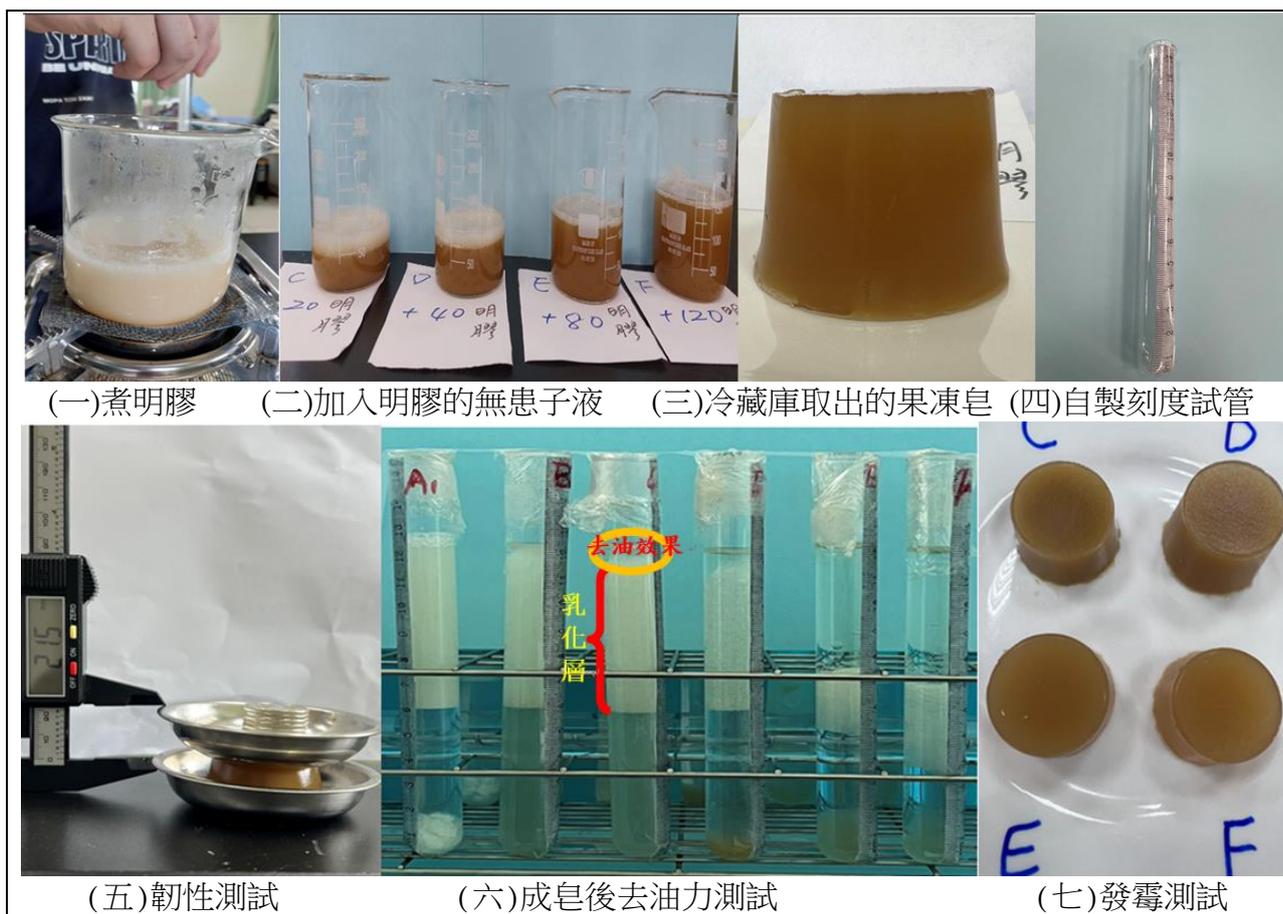


無患子果肉漿

1. 取 240 克無患子果肉加入 1000 毫升純水中浸泡 12 小時後，以果汁機打成漿，再靜置沉澱 4 小時。經二次過濾後形成患子液。
2. 取 40 克明膠加入 190 毫升純水，加熱至 95°C，使明膠完全溶於水中。
3. 將步驟 2 加入步驟 1 混合形成下表的混合液。

名稱	B	C	D	E	F
無患子液 (毫升)	40	40	40	40	40
明膠液(毫升)	0	20	40	80	120

4. 將步驟 3 的混合液倒入小紙杯中，放入冰箱冷藏(4°C)3 小時固化。
5. 將已固化的無患子果凍皂取出，以下圖(八)方式，在鐵盤上方放置十個十元硬幣(75 克)，以進行果凍皂韌性測量與癱軟觀察。
6. 在自製刻度的試管中加入 5 公分純水與 5 公分純芥花油，並加入 0.5 克步驟 3 的自製果凍皂；以畫半圓方式緩慢晃動三次，靜置一天，觀察殘餘油層高度，並以此定義為無患子果凍皂的去油力，即殘餘油層低，代表去汙效果越好。
7. 將步驟 3 的無患子果凍皂放在室溫與冷藏庫中，觀察果凍皂開始發霉時間。



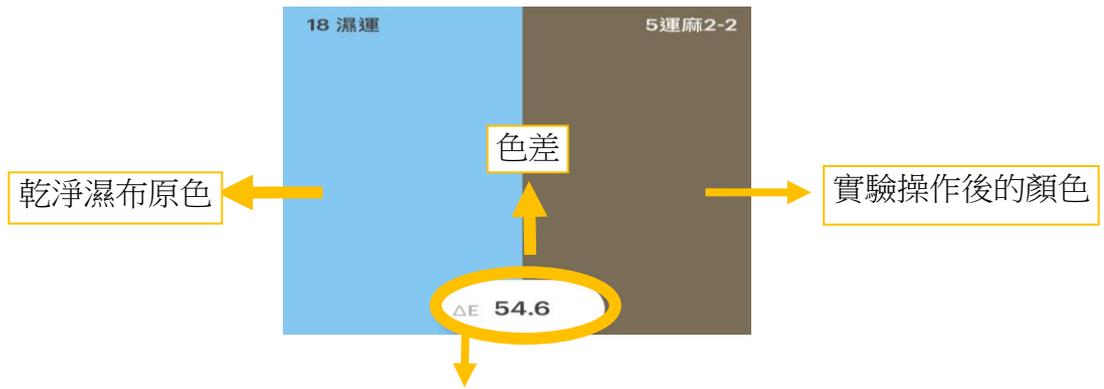
圖(八) 無患子果凍皂製造與測試

陸、研究結果與討論

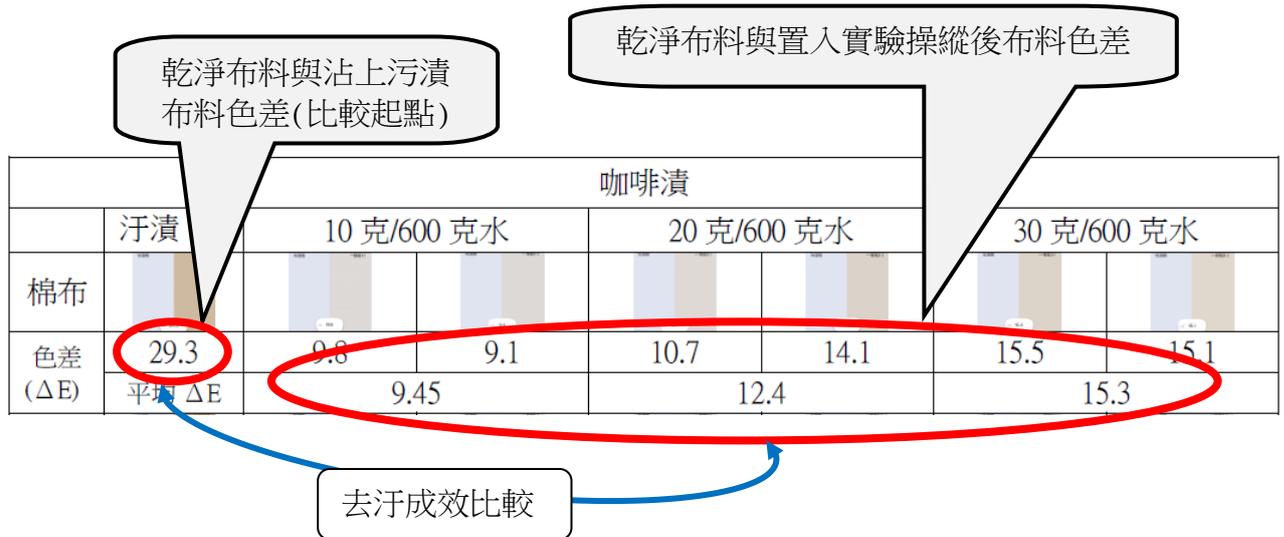
本研究在探討無患子液在不同實驗操作下，對布料上的單寧酸類(以咖啡漬為例)、蛋白質類(以雞血漬為例)、油脂類(以黑麻油漬為例)等汗漬去汙效果，同時討論無患子液對不同材質布料上汗漬的去汙力，與形成無患子果凍皂的可行性。

本實驗使用色差儀(真實色彩感測器 cube)作為研究之測量工具，以便客觀界定汗漬去汙程度。研究者用色差儀將不同材質濕布塊原色與沾染上汗漬後的顏色進行比色處理，將之做為去汙程度比較之基準(ΔE_0)；再用色差儀讀取置入操縱變因後的布塊顏色與原來乾淨濕布塊的顏色進行色差比較(ΔE)，透過 ΔE 和 ΔE_0 間的比較，定義無患子液之去汙效果。若儀器出現色差數值(ΔE)愈高，表示兩種顏色的色彩差異愈大；而 ΔE 愈小，則是兩色間色彩差異小。

下圖(九)是色差儀比色處理圖例說明：



ΔE 愈高，表示兩種顏色的色彩差異愈大; ΔE 愈小，則是兩色間色彩差異越小



圖(九)實驗結果解說示例

針對各研究探討，實驗結果如下：

一、不同濃度無患子液與去汙力

這個部分的實驗操作是比較將三種不同濃度的無患子液，拿來清洗附著在棉布、麻布、制服布與排汗衫(運動服)上的單寧酸類、蛋白質類與油脂類汙漬的去汙力。雖然無患子液中可作為去汙的皂素含量最多可達 37%，但因實驗儀器與技術限制，以致無法推算出無患子液中實際皂素濃度，所以本實驗將不同質量之無患子果肉分別加入相同純水中，以配製出三種不同濃度的無患子液進行研究。

實驗結果判讀是利用色差儀讀取乾淨濕布料的原始顏色，與附著汙漬後的布料顏色進行色差(ΔE_0) 處理，並將比色結果視為去汙力判斷基準。接著再將經過不同濃度無患子液浸泡清洗後的布料顏色，與乾淨濕布顏色進行色差 (ΔE) 處理，以作為去汙效果之評比依據，當

色差數值愈小，表示去汙力愈好。為提高實驗效率，每組實驗均使用相同的兩塊布料進行實驗，再將色差取平均值，最後用 excel 進行數據分析比較。

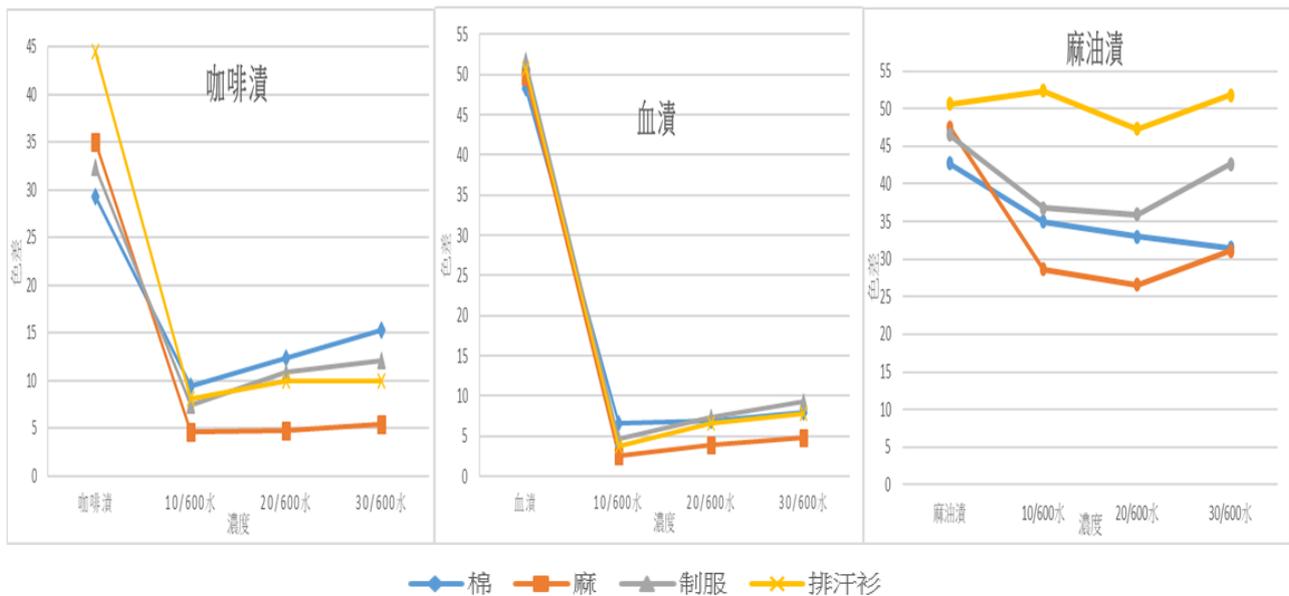
實驗結果如下：

質量比=果肉/純水	(10 克/600 克純水)	(20 克/600 克純水)	(30 克/600 克純水)
PH 值	5.3	5.2	5.3

表(一) 不同濃度之無患子液與 PH 值

咖啡漬								
	汗漬	10 克/600 克水		20 克/600 克水		30 克/600 克水		
棉布								
色差 (ΔE)	29.3	9.8	9.1	10.7	14.1	15.5	15.1	
平均 ΔE		9.45		12.4		15.3		
麻布								
色差 (ΔE)	35.0	4.1	5.1	5.3	4.3	5.6	5.2	
平均 ΔE		4.6		4.8		5.4		
制服								
色差 (ΔE)	32.3	7.9	7.1	9.5	12.2	11.9	12.2	
平均 ΔE		7.5		9.5		12.1		
排汗衫								
色差 (ΔE)	44.5	8.8	7.5	9.9	10.1	9.6	10.4	
平均 ΔE		8.2		10		10		
血漬								
棉布								
色差 (ΔE)	48.3	5.6	7.7	7.4	6.4	8.7	7.3	
平均 ΔE		6.65		6.9		8.0		
麻布								
色差 (ΔE)	49.8	3.1	2.1	3.4	4.4	4.9	4.8	
平均 ΔE		2.6		3.9		4.85		
制服								
色差 (ΔE)	51.7	5.3	4.0	7.0	7.6	8.7	10.0	
平均 ΔE		4.7		7.3		8.7		
排汗衫								
色差 (ΔE)	50.7	3.9	3.6	6.9	6.3	8.0	7.6	
平均 ΔE		3.8		6.6		7.8		
麻油漬								
棉布								
色差 (ΔE)	42.7	34.2	35.8	34.3	31.7	30.0	33.0	
平均 ΔE		35.0		33.0		31.5		
麻布								
色差 (ΔE)	47.5	28.5	28.8	27.3	25.8	24.4	37.8	
平均 ΔE		28.65		26.55				
制服								
色差 (ΔE)	46.5	36.5	37.1	37.3	34.5	44.8	40.5	
平均 ΔE		36.8		35.9		42.7		
排汗衫								
色差 (ΔE)	50.6	54.4	50.3	48.2	46.4	53.0	50.6	
平均 ΔE		52.4		47.3		51.8		

表(二) 不同濃度與去汙力



圖(十)不同濃度與去汙力

觀察配製好的無患子溶液顏色 (如圖(三))，發現以果肉與純水質量比(30/600 克純水)時顏色最深，而比例為 (10/600 克純水)的顏色最淡，因此一度推測比例為(30/600 克純水)顏色較深的這組，應該最具去汙力。

而由表(一)發現，實驗所用的無患子液屬於酸性溶液；而圖(十)更可以觀察出並非溶液中無患子含量愈多則去汙力越好。

在水溶性汙漬(咖啡漬、血漬)的部分，可以看出果肉與純水質量比(10/600 克純水)時去汙效果較好，而非水溶性汙漬(麻油漬)的去汙，則是以質量比(20/600 克純水)時去汙效果較好。

因此推論：使用無患子液作為去除水溶性汙漬時，可以使用果肉與純水質量比約(10/600 克純水)，亦即少少的無患子果肉就可達到相當程度去汙效果；而若要清洗油脂性汙漬時，提高果肉與純水質量比為(20/600 克純水)，去汙效果較佳。無患子果肉加越多，去汙效果卻並非越好，可能因為過多的無患子果肉會溶解出更多的水溶性色素而影響去汙效果。

由質量比(30/600 克純水)與(20/600 克純水)兩組結果發現：高濃度無患子液未必具有去汙優勢，因此引起研究者質疑：是否皂素溶於水時，也有飽和問題存在？但因為無法收集到更多的文獻，所以僅猜想而未做過多的推論。

二、果肉碾碎程度與去汙力

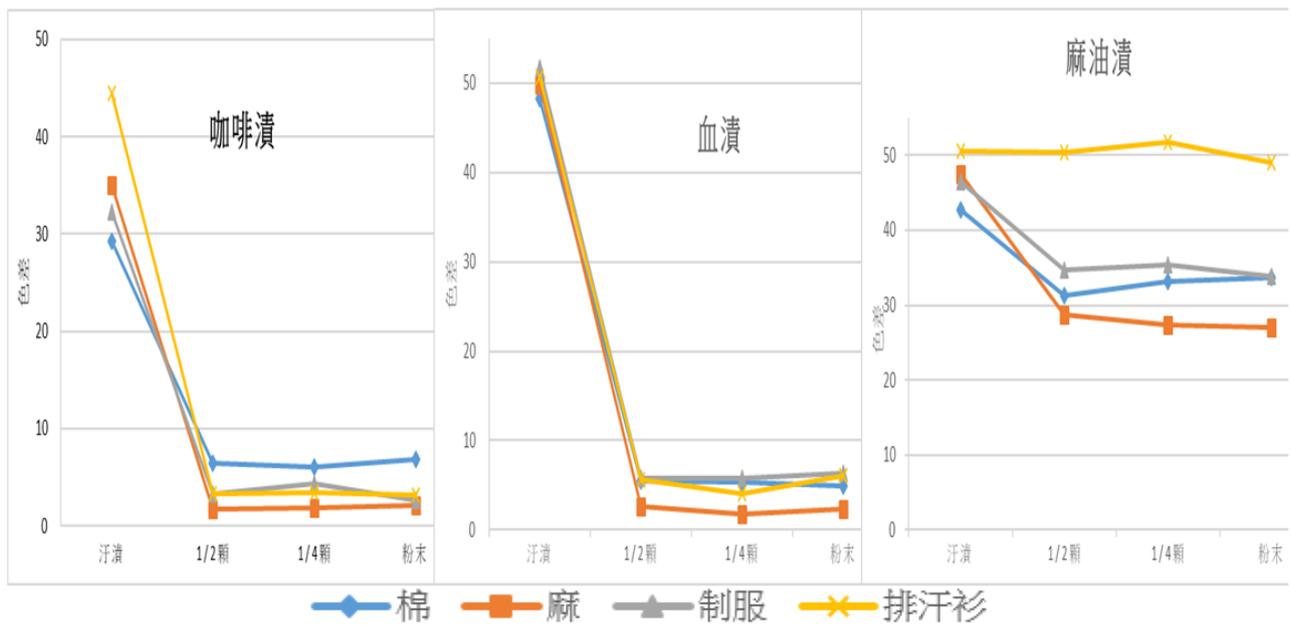
因課本提到在化學實驗中，反應物接觸面積愈大則反應速率會愈快，所以本實驗希望能釐清製備無患子液前，是否需要將果肉進行碾碎以提高去汙力，因此將無患子果肉分成 1/2 顆、1/4 顆與磨粉等三組進行實驗，以觀察果肉碾碎程度是否會影響無患子液去汙力。另在實驗一中發現：高濃度無患子液未必具有去汙優勢，因此，本階段無需提高無患子液濃度，僅選定果肉與純水質量比為(20/600 克純水)的無患子液進行實驗操作，以減少無患子的使用量。

研究者將無患子果肉浸泡 2 小時並加熱煮沸，且持續沸騰 20 分鐘後靜置降溫，利用煮出的無患子液浸泡已沾附汙漬的布料進行探討，為了要更準確推論結果，使用常見的三類汙漬(單寧酸類、蛋白質類、油脂類)，沾染上不同材質(棉、麻、制服、排汗衫)布料以進行實驗研究。

實驗操作使用色差儀讀取乾淨濕布顏色與測量附著汙漬後的顏色，將兩者進行比色處理後的色差(ΔE_0)，設定為實驗效果比較起始點；而介入操縱變因後布料上的顏色，與原始濕布顏色進行比色處理後得到色差值(ΔE)，若色差愈小，表示去汙力愈好。為提高實驗效度，每組實驗均使用相同的兩塊布料進行實驗，計算色差後取平均值，再利用 excel 進行數據分析。其實驗結果如下：

咖啡漬									
	汗漬	1/2 顆		1/4 顆		粉末			
棉布									
色差 (ΔE)	29.3	6.0	6.9	6.9	5.2	6.3	7.3		
平均 ΔE		6.5		6.05		6.8			
麻布									
色差 (ΔE)	35.0	1.4	1.9	1.8	1.8	1.7	2.5		
平均 ΔE		1.7		1.8		2.1			
制服									
色差 (ΔE)	32.3	3.4	3.1	4.2	4.3	2.1	3.0		
平均 ΔE		3.3		4.3		2.6			
排汗衫									
色差 (ΔE)	44.5	3.3	3.3	4.1	2.8	2.7	3.7		
平均 ΔE		3.3		3.5		3.2			
血漬									
棉布									
色差 (ΔE)	48.3	4.4	6.6	7.1	5.3	4.4	5.4		
平均 ΔE		5.5		5.3		4.9			
麻布									
色差 (ΔE)	49.8	2.6	0.6	2.2	1.2	2.4	2.3		
平均 ΔE		2.6		1.7		2.4			
制服									
色差 (ΔE)	51.7	5.3	6.0	4.5	6.9	1.7	6.4		
平均 ΔE		5.7		5.7		6.4			
排汗衫									
色差 (ΔE)	50.7	5.0	6.1	4.7	3.2	6.4	5.7		
平均 ΔE		5.6		4		6.1			
麻油漬									
棉布									
色差 (ΔE)	42.7	30.1	32.5	32.3	34.0	33.4	33.9		
平均 ΔE		31.3		33.2		33.7			
麻布									
色差 (ΔE)	47.5	27.5	29.8	27.6	26.9	26.2	27.7		
平均 ΔE		28.7		27.3		27			
制服									
色差 (ΔE)	46.5	36.2	33.2	36.5	34.3	34.6	33.1		
平均 ΔE		34.7		35.4		33.9			
排汗衫									
色差 (ΔE)	50.6	51.9	48.9	49.0	54.6	48.1	50.0		
平均 ΔE		50.4		51.8		49.1			

表(三) 不同顆粒大小泡成的無患子液與去汙力



圖(十一)不同顆粒大小泡成的無患子液與去汙力

由圖(十一)可發現，不管是將切成 1/2、1/4，或碾碎成粉末的果肉泡成無患子液後，對咖啡漬、血漬或麻油漬去汙力，在色差值呈現上皆沒有太大的落差。顯示無論無患子的顆粒大小如何，對無患子的去汙力並沒有很大的影響。

因此推論：實驗進行質量比為 1：30 的無患子果肉經浸泡 2 小時、加熱煮沸，並持續沸騰 20 分鐘的操作模式，或許已能充分溶煮出相當的無患子去汙成分，碾碎果肉的操作並無法再提升去汙效果。

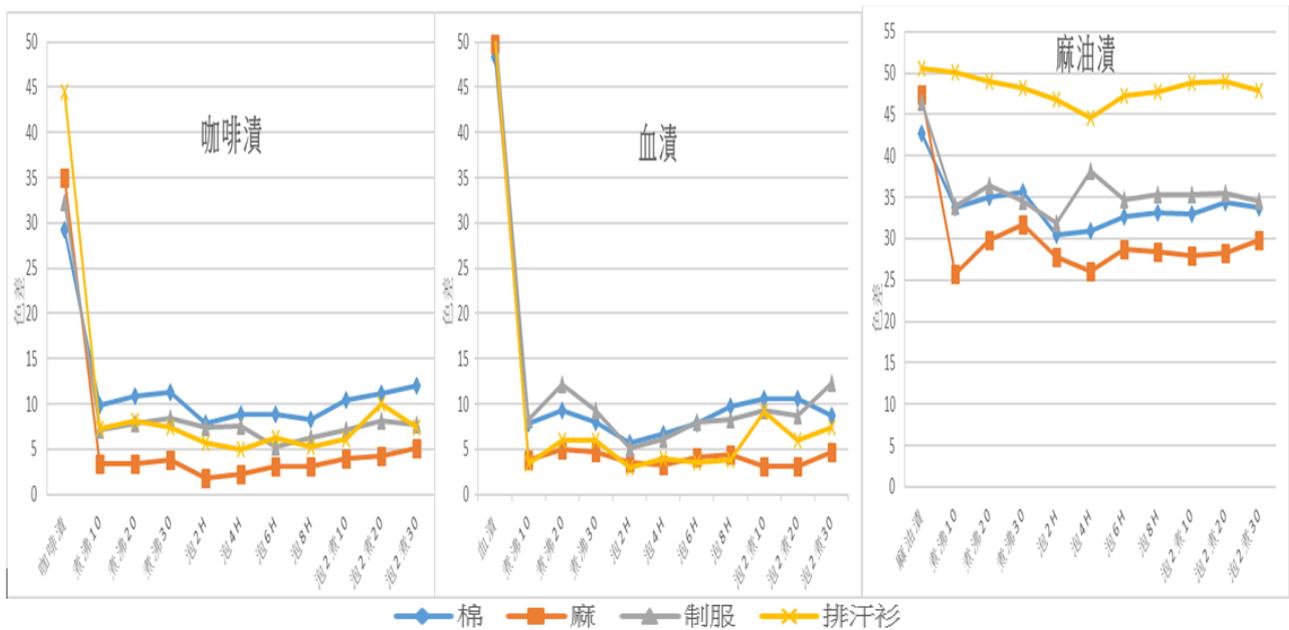
三、泡煮果肉方式與去汙力

因為好奇泡果肉或煮果肉，對於無患子果肉中去汙成分溶出效益的差別，因此將這個實驗分為：浸泡不煮沸、煮沸不浸泡，與先泡後煮沸等三組，將無患子果肉與純水以質量比為 1：30 方式，形成十杯三組溶液進行實驗。

實驗測量同樣使用色差儀，以乾淨濕布顏色與沾附汙漬顏色的色差(ΔE_0)，設定為實驗比較起點，而介入操縱變因後的布料顏色與原始濕布比色後得到色差(ΔE)，若 ΔE 值愈小，表示去汙效果愈好。為提高實驗結果效度，每組實驗皆進行兩次，並將色差取平均值(四捨五入)，最後用 excel 進行數據分析比較。實驗結果如下：

咖啡漬																					
	汗漬	煮沸10		煮沸20		煮沸30		泡2H		泡4H		泡6H		泡8H		泡2煮10		泡2煮20		泡2煮30	
棉布																					
色差	$\Delta E=29.3$	9.8	9.8	10.8	10.8	11.0	11.6	7.8	8.0	9.4	8.4	9.1	8.7	7.3	9.2	10.2	10.5	10.4	11.7	10.9	13.0
ΔE	平均 ΔE	9.8		10.8		11.3		7.9		8.9		8.9		8.25		10.4		11.1		11.95	
麻布																					
色差	$\Delta E=35.0$	3.5	3.2	3.1	3.7	3.8	3.8	2.0	1.7	2.5	2.0	3.2	2.9	2.9	3.2	4.0	4.0	4.6	3.9	4.5	5.6
ΔE	平均 ΔE	3.35		3.4		3.8		1.85		2.25		3.1		3.1		4		4.3		5.1	
制服																					
色差	$\Delta E=32.3$	5.3	8.9	7.4	8.2	8.9	8.0	5.9	8.9	7.4	7.5	5.0	5.4	5.0	7.5	7.1	7.2	8.8	7.3	7.0	8.4
ΔE	平均 ΔE	7.1		7.8		8.45		7.4		7.5		5.2		6.3		7.15		8.1		7.7	
排汗衫																					
色差	$\Delta E=44.5$	8.2	6.3	8.8	7.6	7.6	7.3	5.4	6.1	5.0	5.0	5.1	7.3	5.3	5.0	6.1	6.1	11.5	8.4	7.6	7.3
ΔE	平均 ΔE	7.25		8.2		7.45		5.75		5.0		6.2		5.2		6.1		10		7.45	
血漬																					
	汗漬	煮沸10		煮沸20		煮沸30		泡2H		泡4H		泡6H		泡8H		泡2煮10		泡2煮20		泡2煮30	
棉布																					
色差	$\Delta E=48.3$	7.7	8.0	8.7	9.8	7.3	8.7	5.9	5.5	5.5	7.8	8.5	7.1	9.9	9.5	9.3	11.9	11.2	10.6	8.7	8.8
ΔE	平均 ΔE	7.85		9.25		8		5.7		6.65		7.8		9.7		10.6		10.6		8.75	
麻布																					
色差	$\Delta E=49.8$	4.0	3.7	5.5	4.4	5.0	4.3	3.6	3.6	4.6	2.0	3.2	5.0	4.7	4.2	3.7	2.6	5.4	7.5	4.9	4.6
ΔE	平均 ΔE	3.85		4.95		4.65		3.6		3.3		4.1		4.45		3.15		3.15		4.75	
制服																					
色差	$\Delta E=51.7$	10.1	6.6	10.0	14.2	7.8	10.9	4.8	5.5	7.2	5.1	8.7	7.3	8.5	8.2	7.5	11.2	7.4	9.9	11.0	13.5
ΔE	平均 ΔE	8.35		12.1		9.35		5.15		6.15		8		8.35		9.35		8.65		12.25	
排汗衫																					
色差	$\Delta E=50.7$	3.3	3.4	4.3	7.6	6.3	9.3	2.5	3.3	2.8	5.1	3.4	3.6	5.4	2.3	11.5	6.8	5.8	6.3	7.6	7.3
ΔE	平均 ΔE	3.35		5.95		5.95		2.9		3.95		3.5		3.85		9.15		6.05		7.45	
麻油漬																					
	汗漬	煮沸10		煮沸20		煮沸30		泡2H		泡4H		泡6H		泡8H		泡2煮10		泡2煮20		泡2煮30	
棉布																					
色差	$\Delta E=42.7$	33.9	33.6	34.1	35.9	35.7	35.6	32.6	28.4	32.2	29.6	32.5	32.8	33.9	32.4	34.1	31.8	35.2	33.6	33.9	33.6
ΔE	平均 ΔE	33.75		35.0		35.65		30.5		30.9		32.65		33.15		32.95		34.4		33.75	
麻布																					
色差	$\Delta E=47.5$	26.7	24.8	31.7	28.0	32.1	31.3	28.7	26.9	26.1	26.1	29.2	28.4	28.3	28.5	27.6	28.2	29.9	26.6	28.4	31.2
ΔE	平均 ΔE	25.75		29.85		31.7		27.8		26.1		28.8		28.4		27.9		28.25		29.8	
制服																					
色差	$\Delta E=46.5$	31.7	36.1	36.6	36.4	35.9	33.1	35.3	28.5	39.4	36.8	36.4	33.1	35.0	35.7	36.0	34.7	34.9	36.2	35.9	33.1
ΔE	平均 ΔE	33.9		36.5		34.5		31.9		38.1		34.75		35.35		35.35		35.55		34.5	
排汗衫																					
色差	$\Delta E=50.6$	50.0	50.2	49.8	48.2	46.5	50.0	46.4	47.2	39.4	49.8	46.8	47.8	48.1	47.3	48.6	49.0	48.2	49.8	48.8	47.1
ΔE	平均 ΔE	50.1		49		48.25		46.8		44.6		47.3		47.7		48.8		49		47.95	

表(四)泡或煮果肉與去汙力



圖(十二) 泡果肉或煮果肉與去汙力

由上表(四)與上圖(十二)可以觀察到在持續沸騰的組別中，持續煮沸十分鐘就會有明顯的去汙效果，且隨著持續沸騰時間愈久去汙效果愈下降，推測可能是高溫煮沸時間過久會將果肉中的色素煮出，浸泡清洗過程中會增加色素附著，導致色差儀讀取到較深的顏色。

浸泡兩小時後再加熱持續沸騰的組別中，布料上咖啡漬以浸泡兩小時再加熱沸騰 10 分鐘的去汙效果最好；血漬的去汙效果以果肉浸泡兩小時後再加熱 20 分鐘較佳。而麻油漬則出現棉布與麻布在果肉泡兩小時再加熱 10 分鐘有較好的效果，但制服與排汗衫則是果肉泡兩小時再加熱 30 分鐘，去汙效果較佳。

由上圖(十二)亦可發現無論是何種汙漬、何種布料，經過浸泡兩小時或四個小時，可達到最佳去汙效益，且浸泡組去汙效益多數優於另外兩組處置方式。浸泡更長時間與經過煮沸，雖然也具有不錯的去汙力，但是以節能減碳的環保概念出發，則又屈居弱勢了。

推論：無患子果肉只需浸泡兩小時至四小時，即可達到最佳去汙效益，無須再經過煮沸與持續沸騰的程序。

四、無患子液與不同汙漬附著物

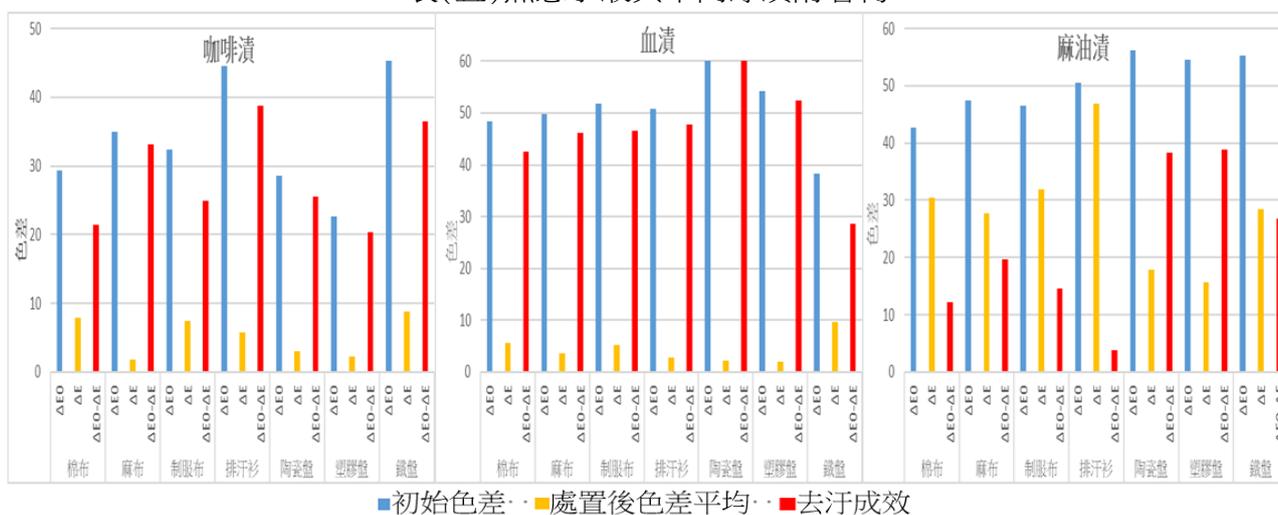
為了瞭解無患子液對不同材質上汙漬的去汙力，將不同汙漬沾染在布料(棉、麻、制服、排汗衫)、陶瓷盤、塑膠盤與鐵盤上，再以相同濃度的無患子液進行實驗。

為客觀界定去汙狀況，實驗結果以色差儀做顏色測量與比色計算，將乾淨介質與沾染汙

漬後顏色色差做為比較基準(ΔE_0)；介入操縱變因後的顏色與原始容器的色差為(ΔE)，若 ΔE 值愈小，表示去汙效益愈佳。實驗結果與 excel 進行數據分析如下：

咖啡漬														
	棉布		麻布		制服布		排汗衫		陶瓷盤		塑膠盤		鐵盤	
汗漬														
色差 ΔE_0	29.3		35.0		32.3		44.5		28.6		22.6		45.3	
處置後														
色差 ΔE	7.8	8.0	2.0	1.7	5.9	8.9	5.4	6.1	1.7	4.5	1.8	2.8	8.3	9.4
平均 ΔE	7.9		1.85		7.4		5.75		3.1		2.3		8.85	
血漬														
	棉布		麻布		制服布		排汗衫		陶瓷盤		塑膠盤		鐵盤	
汗漬														
色差 ΔE_0	48.3		49.8		51.7		50.7		62.3		54.3		38.3	
處置後														
色差 ΔE	5.9	5.5	3.6	3.6	4.8	5.5	2.5	3.3	1.3	3.0	2.0	2.0	8.3	11.0
平均 ΔE	5.7		3.6		5.15		2.9		2.15		2.0		9.65	
麻油漬														
	棉布		麻布		制服布		排汗衫		陶瓷盤		塑膠盤		鐵盤	
汗漬														
色差 ΔE_0	42.7		47.5		46.5		50.6		56.2		54.6		55.3	
處置後														
色差 ΔE	32.6	28.4	28.7	26.9	35.3	28.5	46.4	47.2	19.1	16.7	16.6	14.9	28.2	28.7
平均 ΔE	30.5		27.8		31.9		46.8		17.9		15.75		28.45	

表(五)無患子液與不同汗漬附著物



圖(十三)無患子液與不同汗漬附著物

由圖(十三)可以發現實驗用無患子液對單寧酸漬(咖啡)的去汙力，由好到不好依序是：排汗衫 > 鐵盤 > 麻布 > 陶瓷盤 > 制服布 > 棉布 > 塑膠盤；對蛋白質汙漬(雞血)的去汙力，由好至不好則為：陶瓷盤 > 塑膠盤 > 排汗衫 > 制服布 > 麻布 > 棉布 > 鐵盤；至於油脂類汙漬(黑麻油)去汙力，則是：塑膠盤 > 陶瓷盤 > 鐵盤 > 麻布 > 制服布 > 棉布 > 排汗衫。

實驗所配置的無患子液對單寧酸漬的去汙力，以排汗衫最佳，其次是鐵盤，而原先推測較易清洗的塑膠盤，甚至比棉布上的汙漬更難去汙，推測可能發生人為誤差，後續若要再確認需更精準的實驗設置。而無患子液在蛋白質類汙漬的清洗上，出現較單寧酸漬與油脂類汙漬更好的去汙效果；在油脂類汙漬的去汙上，明顯出現與附著物表面性質相關的現象，若附著物表面較光滑，油汙不易附著，則易於去汙，例如：陶瓷盤、塑膠盤、鐵盤等，而利用特殊織法形成的排汗衫，是布料纖維中最難去汙者。

因此推論：本實驗所配製的無患子液對於蛋白類汙漬具有較佳去汙力，而油脂性汙漬去汙效果，則因附著物表面性質而異。

五、固態皂的可行性

屏東市種植不少的無患子樹，一般人或多或少知道果實具清潔效果，但卻未能有效利用。在疫情肆虐與著重節能減碳的現今，因為希望增加人們使用天然無患子進行清潔去汙機會，減輕環境負擔與減少過敏原，因此，嘗試將無患子液製作成可以隨身攜帶的天然好皂。

在預試實驗中發現，明膠(豬皮萃取物)是可以讓液態固化的天然物質，所以本階段使用明膠作為凝固劑。又為了讓無患子皂發揮最大效益，決定將無患子果肉泡軟加純水打成漿，再加入煮成液態的明膠，降溫形成固態果凍皂。為找出最佳比例，實驗操縱分為無患子液：明膠液=2：1、1：1、1：2 與 1：3 等 C、D、E、F 四組；且為瞭解明膠液對無患子液去油之影響，以不添加明膠液的無患子液作為對照組 B，同時加入市售肥皂所泡成的肥皂水為對照組 A 組，做為去油成效的討論比較。

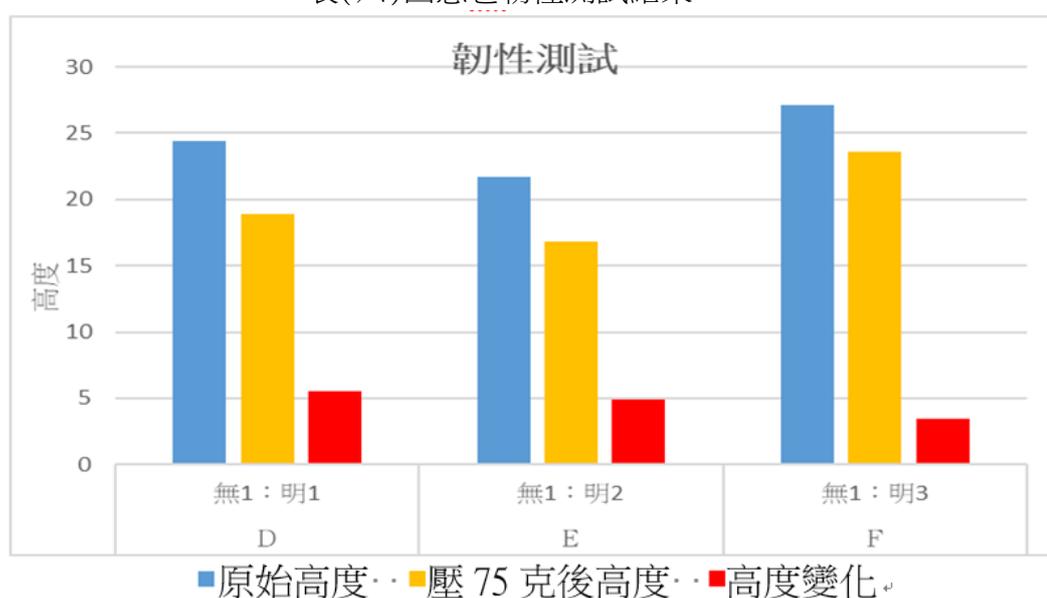
針對自製的固態果凍皂，我們進行韌性測試、去油力測試與發霉(保存期限)測試，其實驗結果如下：

(一)韌性測試與癱軟觀察

固態果凍皂首重是否能在常溫下維持形狀，所以將已固化的果凍皂放在小鐵盤上，接著在果凍皂上方也放一個小鐵盤，並於上方鐵盤內放入十個十元硬幣(75 克)以進行果凍皂韌性測量，並定義下壓後下降高度為韌性表現，下降高度愈少，表示果凍皂韌性愈好。

組別	C	D	E	F
無患子液：明膠液	40：20	40：40	40：80	40：120
原來高度	24.0	24.4	21.7	27.1
加上 75 克十元硬幣後的高度	癱軟無法測試	18.9	16.8	23.6
高度變化	無法測量	5.5	4.9	3.5

表(六)固態皂韌性測試結果



圖(十四)固態果凍皂韌性測試結果



圖(十五)果凍皂癱軟觀察

圖(十四)可看出 F 組加壓 75 克(十枚十元硬幣)後，果凍皂高度變化(紅色區塊)最少，即果凍皂韌性為 $F > E > D$ ，這表示加入明膠液的量越多，形成果凍皂後韌性越大。圖(十五)為常溫下的癱軟觀察，我們發現明膠量較少的 C 組在經過兩個小時就出現癱軟現象，且在放置六

小時後甚至完全液化，足見無患子液與明膠液質量比為 2：1 時，無法成為研究所預設的固態皂。

(二)去油力測試

為了證實本實驗所製作的無患子果凍皂的去油力，我們加設了A管（市售肥皂）來做比較；同時為了知道無患子液形成果凍皂後，去汙力是否受影響，所以設置未加入明膠液的B管做為對照組。經過預試實驗測試後決定，在A、B、C、D、E、F五個試管中，加入5公分純水、5公分純芥花油後，分別加入0.5克肥皂、無患子液與果凍皂，以畫半圓方式緩慢晃動三次後，靜置兩小時、24小時，觀察殘餘油層高度，並以此定義為皂的去油力。



圖(十六)去油力測試

	A	B	C	D	E	F
水層	5	5	5	5	4.5	3.2
乳化層	5	4.8	4.6	4.5	2.1	3.4
殘餘油層	0	0.2	0.4	0.5	3.4	3.4

表(七)靜置一天後試管液面變化

因為無法精準扣除試管下方殘餘皂量，所以僅觀察水層位置、乳化層量與殘餘油量來做為去汙力判斷。而靜置兩小時與靜置 24 小時的各試管，各層液面高度均未有明顯變化。透過觀察圖(十六)可得知，去油力最好的是市售肥皂 A 管，其次是無患子液 B 管，而加入明膠液的 C、D、E、F 組之去油力相對降低，推測是因為各試管均取相同質量的果凍皂，而同質量果凍皂中，F 組加入的明膠量最多，亦即無患子液占比最少，其次是 E 組，故去油力相對降低，而添加明膠液量少的 C 組與 D 組之去油力則較好。

(三)發霉測試

透過韌性測試、癱軟觀察與去油力測試，發現韌性好的 D、E、F 三組，去油力表現隨添加明膠液的量增加而下滑，因此，本階段僅就各項表現好的 D 組(無患子液：明膠液=1：1)進行室溫下發霉觀察。結果發現：室溫放置兩天後，果凍皂表面即出現黴斑，如圖(十七)所示;但若放置於冰箱，則大約十天才會發霉。



圖(十七)發霉測試

因此推論：經過一連串的測試發現，當無患子液與明膠液質量比為 1：1 時，所製備得到的無患子果凍皂具有較佳的去油力，且不易癱軟變形，但常溫(30°C)下兩天就會出現黴斑；若想延長保存期限，建議冷藏且以保鮮膜密封保存，以避免無患子果凍皂脫水乾燥。

柒、結論

本研究主要在探究無患子液在不同操縱變因下，對不同材質布料上附著的汗漬(單寧酸、蛋白質、油脂類)去汙力的影響，並嘗試自製無患子皂。在找出適切的無患子液濃度後，進行無患子果肉碾碎程度、煮沸果肉與浸泡果肉對去汙力的影響，以便確定後續無患子液配製方式；接續進行無患子液對不同材質(布料、陶瓷盤、塑膠盤與鐵盤)上，附著汗漬(單寧酸、蛋白質、油脂)時去汙力的探討，並嘗試自製無患子果凍皂。根據研究動機、研究目的，並結合實驗分析結果，綜合歸納出結論如下：

研究所設定的三種不同濃度無患子液，對不同布料上的各類汗漬(單寧酸類、蛋白質類、油脂類)都具有去汙的效果。實驗發現弱酸性的無患子液，並非濃度愈大去汙力愈強，針對水溶性汗漬(咖啡漬、血漬)以濃度低(果肉：純水的質量比 10/600 克純水)的無患子液，去汙效果較好；而針對非水溶性汗漬(麻油漬)，則是以濃度高的(果肉：純水質量比 30/600 克純水)無患子液去汙效果較佳。

配製無患子液時，果肉碾碎程度與配製成無患子液後的去汙力不具正相關，亦即不管是切成 1/2、1/4，還是碾碎成粉末的果肉，泡成無患子液後，對布料上的咖啡漬、血漬或麻油漬去汙效果，色差值皆未呈現顯著差異。因此，配製無患子液前只需將種子剔除後的果肉浸泡於純水中即可，而將果肉碾碎成粉末浸泡，對去汙力並無提升效果。

配製無患子液時，將果肉加入純水經過浸泡兩小時或四個小時，即可讓布料(棉、麻、制服布與排汗衫)上汙漬(美式咖啡、血漬與麻油漬)獲得最佳去汙效益，且浸泡果肉所獲得的去汙效益優於煮沸。浸泡更長時間與經過煮沸，雖然也具有不錯的去汙力，但是以節能減碳的環保概念出發，則屈居弱勢。

本實驗所配製的無患子液，對於排汗衫上咖啡漬去汙力高，但對塑膠盤上的咖啡漬去汙力較弱；對陶瓷盤上血漬的去汙效益好，但鐵盤上的去汙力則較差；至於油脂類汙漬去汙力，則是以塑膠盤上的汙漬去除較具優勢，排汗衫上的最差。

若在無患子液中加入相同質量的明膠液(豬皮萃取物)，所製備出的無患子果凍皂，具有良好的去油力與不易癱軟變形的優勢，但常溫(30°C)下兩天易出現黴斑，如果放置在冰箱中，可維持良好品質(不癱軟、不變形、保存期限久)。

捌、未來展望

經過這一連串研究無患子去汙力的實驗，我們發現只要簡單將無患子泡於清水中就能產生清潔力，相對於市售肥皂內含許多刺激性的化學原料，無患子無疑是一個去汙力好、方便製作且環保的天然清潔好物。

在疫情肆虐的非常時刻，常洗手成為每個人的習慣，因此若能善用無患子天然環保的優勢，適時添加更滋潤的配方，製作隨身攜帶的無患子皂，便可以避免許多人因頻洗手而導致過敏破皮的現象，讓大眾安心使用，對環境的污染也能降到最低，守護人們健康的同時也在愛護著地球的環境，真是一舉數得。

本研究未來需要再深入探討的是：在以環保為前提的情況下，如何延長無患子皂的保存期限，讓無患子皂功能發揮到極致，這也是我們期許自己能完成的目標。

玖、參考資料

1. 無患子重拾先民洗滌智慧，人間福報，2023/8/24 取自
<https://www.merit-times.com/NewsPage.aspx?unid=625445>
2. 無患子如何萃取？農業知識入口網，2023/8/24 取自
https://kmweb.moa.gov.tw/knowledge_view.php?id=2714
3. 無負擔的洗滌-淺談「手工皂製作」(2012)，黃保家，南華科大 1010415 第 103 期
<https://www.nhu.edu.tw/~society/e-j/103/a32.htm>
4. 國中自然與生活科技第四冊(2023)。第十章。出版社：翰林書局企業股份有限公司
5. 汙漬種類介紹，2022/9/2 取自 <https://fuya184.pixnet.net/blog/post/49202322>
6. KONICA MINOLTA - 微妙な色の違い（色差）を伝えることも、測色計は得意です。-楽しく学べる知恵袋 | コニカ ... 2022/9/10 取自
<https://www.konicaminolta.jp/instruments/knowledge/color/section2/04.html>
7. 色と光・色の数値化 | 日本電色工業株式会社 2022/9/10，取自
https://nippondenshoku.co.jp/web/japanese/color/color_story