

# 中華民國第 64 屆中小學科學展覽會 作品說明書

---

國中組 化學科

(鄉土)教材獎

030205

「藜」所當「染」-台灣藜的染色研究

學校名稱：臺南市立復興國民中學

作者：  國一 潘享均  國一 吳昕書	指導老師：  黃吉楠  黃怡綸
---------------------------------	-----------------------------

關鍵詞：紅藜、植物染、媒染劑

## 摘要

我們以紅藜作為研究主題，使用帶殼紅藜來進行實驗。一、基礎染色：染液濃度高且重複上色後，可使染布有最佳色調與飽和度。二、媒染劑：事前浸泡濃度 0.2% 的白礬或綠礬的媒染劑，染布的色調與飽和度效果最好。並利用自製光度計測量加入媒染劑的染液，其亮度值有明顯變亮，離心後發現有沉澱物，驗證其有發生化學反應。三、助染劑：將布事前浸泡在自製無糖豆漿後，所得染布效果最佳。四、關注紅藜脫殼後的廢棄物，本研究以紅藜殼粉為染料，以白礬當媒染劑來進行染布，得到色調=347.7、飽和度=72.7% 的最佳染色結果。五、我們利用Arduino設計顏色檢驗儀，結合雷切研發製出「自動染布監控機」。同時將染後的紅藜渣培育繁殖，達到環境永續經營的環保理念。

## 壹、前言

### 一、研究動機

台灣藜是台灣原生植物，更是原住民耕作百年以上的傳統作物，紅藜花穗未脫殼前，口感帶有粗澀感，加上帶殼紅藜含有皂素，入口也有苦澀感，因而原住民習慣食用去殼紅藜。在南部及東部的排灣及魯凱族領域內，是目前台灣藜種源保存最多、栽種數量也較多的地區。排灣族人稱台灣藜為 tjulis(朵莉絲)，魯凱族人稱之為 baac，對族人來說，台灣藜不僅僅是釀酒材料，更是美味的食材，族人往往在小米及白米稀飯中，與山萵苣等野菜，一起添加，塑造台灣特有的養生飲食文化，而根據林務局研究指出，台灣紅藜主要是因應祭祀與釀酒需要。

植物染一直在原住民傳統服飾中扮演重要角色，植物染料雖然比科學染料健康、安全，但隨著科技進步，目前已經很少人使用天然植物染料了。朵莉絲探員思考：帶殼的紅藜顏色是如此鮮豔，只有頭飾作用而已嗎？為何原住民長老們不用紅藜染布呢？紅藜分三部分穗、葉、梗，採收後通常葉與梗充當肥料，既然鳥與蟲都不吃的農作物，資源能否再發揮其利用價值？因此我們決定以原住民傳統染布工藝做為研究主題，以「紅藜」做為染劑來進行研究，並以Image J 軟體以及HSV色彩模型進行染布後的顏色分析，找出最佳的染色配方與流程，讓台灣藜得以發揮更高的經濟價值。

## 二、研究目的

- (一) 找出紅藜染色的最佳配方。
- (二) 找出媒染劑、助染劑對染布的影響。
- (三) 自製Arduino光度計檢測媒染劑對染液的影響
- (三) 找出紅藜染色的最佳流程。
- (四) 紅藜染布後各項性質的檢測。
- (五) 製作自動染布監控機。

## 三、文獻回顧

在查詢相關資料後發現，除了豐富的營養成份外，台灣藜機能性成分以酚類及甜菜色素為主，兩者皆具有強大的抗氧化功效，如：抑菌、抗發炎…等，歷屆相關科展作品主要也是以其富有的抗氧化性進行研究，如第 58 屆科展作品：「藜」想食物的「肌」密---探討紅藜抗氧化之成效。

過去在原住民部落裡雖然只是配角食物，但在 1918 年台灣遭遇前所未見的旱災及寒害，原住民部落主要糧食作物極度欠收，引起大飢荒時，也曾扮演台灣南部地區救命糧食的角色。因此在 2021 年國際科展中，也曾探討台灣藜耐旱特性：囊中之物~探討台灣藜抗鹽耐旱的可能原因及囊狀細胞角色。

綜合上述，文獻中顯少作品以紅藜為染劑來進行染布，因此我們的研究方向為：

- (一) 進行實地參訪，透過專家的指導，了解紅藜的生長情形並詢問相關背景知識；
- (二) 自行設計實驗，染色流程、配方(媒染劑、助染劑)等變因，進行實驗設計；
- (三) 探討去殼紅藜後的廢棄物是否能夠更有效利用。

## 四、名詞解釋

### (一) 台灣藜

台灣藜(學名：Chenopodium formosanum)，又名紅藜，為莧科藜亞科藜屬的植物，是台灣特有物種，並被台灣原住民馴化為栽培植物。其為一年生草本植物，生長強健、耐旱性佳。紅藜在原住民文化中具有深刻的象徵意義。這種植物不僅是食物來源，更是原住民社區的文化象徵和精神信仰。種植和收穫紅藜被視為傳統農耕知識的體現，彰顯著原住民對土地的連結。紅藜的種子被廣泛運用於飲食，具有高營養價值，成為食物安全和永續生計的一部分。

此外，紅藜在原住民儀式和節慶中也佔據特殊地位。其紅色花朵象徵著豐收、生命的循環和社區的凝聚力。原住民透過紅藜將生態、食物和文化巧妙地結合在一起，形成獨特的社會認同和傳承價值。聯合國糧農組織（FAO）將2013年訂為「藜麥年」以推廣這種作物，為全球人類食物安全的未來，打擊飢餓與營養不良。

## (二) 植物染：

利用萃取媒介和水溫將植物中的色素溶解出來，製成染料後將白色布匹著色的過程。同時採用綁、紮、縫、蠟畫等防染方式，使布匹形成留白或圖案。相較於化學染料的缺點，**穿著植物染的衣物不僅對皮膚無害，而且製作過程不會產生有害的廢水或其他污染物，回歸自然和永續環保的綠色流程。**因此，從植物中提取染料能夠創造出美麗的色彩，同時保護環境和人體健康。

## (三) 媒染劑：

纖維與染料間缺乏親和力，無法直接染著時，媒染劑是扮演兩者間的媒介，使之容易染著的藥劑。因為並非所有材料色素都可以輕易地染在布料纖維上，想讓布料吸收染材顏色就需要藉助於媒介的幫助，這種媒介物稱為媒染劑，媒染劑能在染色過程中促進發色、固色或變色作用。媒染劑的作用除了固色之外，同時也會有改變色彩的功能。常用的媒染劑分為天然的和合成化學的兩種：天然媒染劑含金屬離子，如：鐵、鋁(草木灰)、鈣(石灰)、或生鏽的鐵加糯米醋、烏梅、稻草灰、木灰、茶花.....等天然媒染劑；化學媒染劑是金屬鹽類，包括工研醋鋁(明礬)、工研醋銅、工研醋鐵、明礬.....等。本實驗所使用的化學媒染劑有：白礬( $KAl(SO_4)_2 \cdot 12H_2O$ )、藍礬( $CuSO_4 \cdot 5H_2O$ )、綠礬( $FeSO_4 \cdot 7H_2O$ )。

## (四) 助染劑：

一種能提升染色時的上色率，可能依不同種類與其特性，添加於染布流程中。本實驗採用豆漿、全脂鮮奶和工研醋。

## (五) HSV 色彩模型：

HSV 色彩模型是一種利用色相 (Hue)、飽和度(Saturation)和明度(Value)三種參數來表示色彩的方式。在 HSV 模型中，色相決定了顏色的種類或者不同種類之間的差異，其取值通常為 0 到 360 度之間的數字，可以視為色環上的位置。飽和度則表示顏色的純度或者色彩的強度，取值通常為 0 到 1 之間的數字(以 100%來表示)，數值越大，顏色越鮮艷。明度表示顏色的亮暗程度，其取值也通常為 0 到 1 之間的數字，數值越大，顏色越明亮。在本研究中，先選定色相值，然後根據飽和度的不同來決定染色效果。

## (六) Image J :

是一款免費的開放原始碼影像處理軟體，可用於科學、工程和醫學領域的數字圖像處理和分析，我們利用 Image J 來測量圖片 RGB 值後，再轉換成HSV 值。

## 貳、研究設備

- 一、研究材料：紅藜、布料(5cm\*5cm)、媒染劑(白礬、藍礬、綠礬、食鹽水、水)、助染劑(全脂鮮奶、無糖豆漿、工研醋)。
- 二、實驗器材：TCS34725顏色感測器模組、ESP32、OLED、步進馬達、比色管、樂高積木、光敏電阻、LED燈。

## 參、研究過程與結果

### 一、研究流程圖

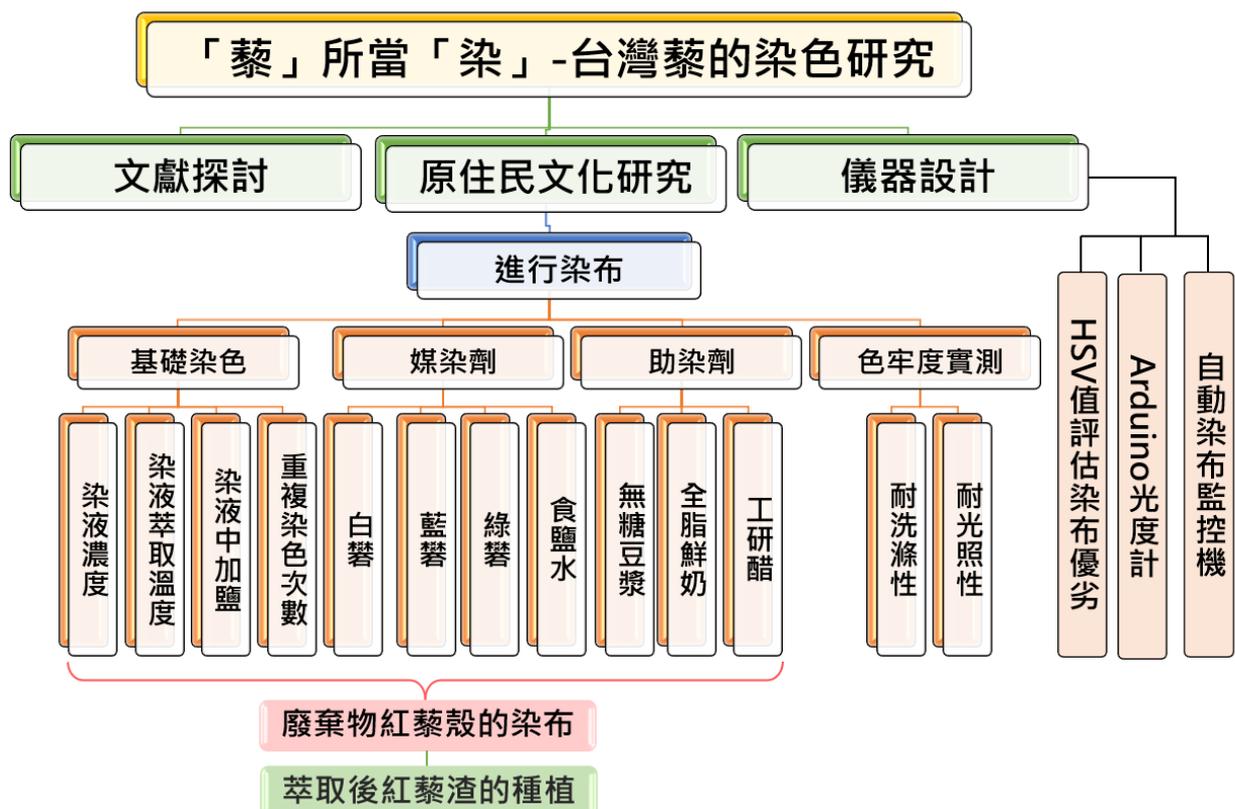


圖 3-1-1 研究流程圖

## 二、參訪紅藜種植環境

為了深入了解紅藜與原住民族的關係，我們到屏東縣來義鄉進行實地參訪-藜豆來工坊(林後四林平地森林園區)，透過專家的指導，了解紅藜的生長情形，並詢問以下的相關背景知識：

- (一) 紅藜生長環境介紹；
- (二) 紅藜田地實地觀察紅藜生長的困境原因與因應；
- (三) 紅藜田傾聽排灣族文化演進及分辨紅藜種子；
- (四) 紅藜是否有被小鳥啄食；
- (五) 品味原住民風味餐。



圖 3-2-1 園區專家簡介紅藜各項資訊，以及其父解說原住民傳統文化，並實地介紹生長環境



圖 3-2-2 紅藜田地參訪(林後四林平地森林園區)

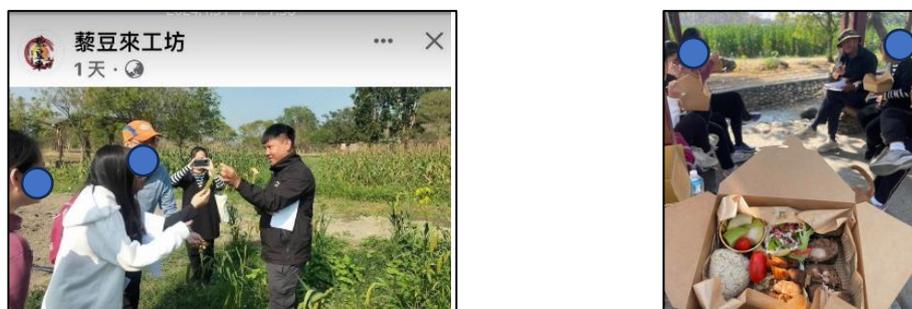


圖 3-2-3 附帶介紹種植的小米，並品味原住民風味餐

(以上照片由第二作者家長拍攝)

### 三、研究測量方法

#### (一) 染布的 HSV 值：

1. 首先我們將染色的布，利用掃描器來進行掃描成圖檔。再打開 ImageJ 軟體，並載入要進行分析的圖像，在中央選擇圈選範圍，再點選 Analyze->tools->Color Histogram 即可完成該範圍的 RGB 值的平均值，如圖 3-3-1。

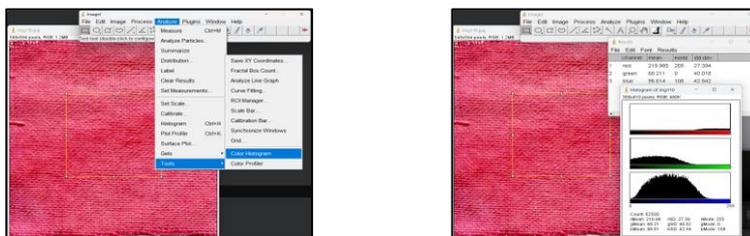


圖 3-3-1 Image J 測量 RGB 操作圖(照片由第一作者拍攝)

2. 再利用線上工具進行 RGB 轉 HSV，如圖 3-3-2

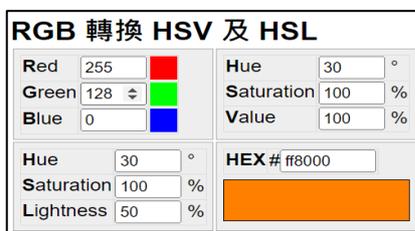


圖 3-3-2 RGB 轉 HSV 操作圖

(圖片來源：利用線上工具轉換，再由第一作者擷取所得)

#### (二) 染布的自動化的測量

1. 利用自製的Arduino顏色檢測儀，接線圖如圖 3-3-3，實品圖如圖 3-3-4，操作時可以將數值RGB傳到電腦上記錄，進而換算出染布的HSV各項數值。
2. 所得數值可即時判讀染布的HSV。

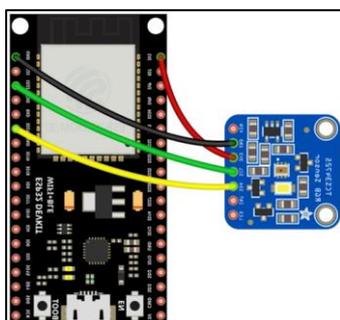


圖 3-3-3 顏色檢測儀接線圖

(圖片來源：makerguides公司網站)

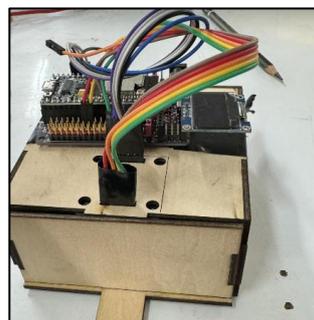


圖 3-3-4 顏色檢測儀實品圖

(照片由第一作者拍攝)

### (三) 染布後的評估

我們討論後，希望染布的顏色為較接近紅色的色調，查詢資料後確認，**紅色色調的範圍落在20以下和340以上**，較符合我們的喜好，如圖3-3-5，因此我們先將落在此範圍的色調標註後，**再比較其飽和度**，飽和度越高表示染布效果越好。

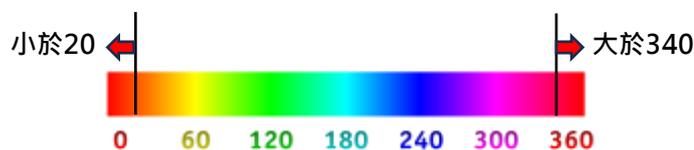


圖3-3-5 HSV色彩空間中的色調值(H值)

(圖片引用：維基百科-色相，再加以編輯)

### (四) 自製Arduino 光度計

比色計的比色原理是根據比爾 - 朗伯定律(Beer - Lambert law)，來測定有色溶液的濃度。比爾 - 朗伯定律指出，在通過一定厚度的介質後，由於介質吸收了一部分光能，透射光的強度就要減弱，當吸收介質的濃度愈大，則光強度的減弱愈顯著。透過這個原理，我們利用Arduino設計一個簡易的光度計，由其測量出來的光度值，來評估溶液顏色的深淺。

如圖 3-3-6和圖3-3-7，我們先利用樂高積木組裝成一個比色槽，在槽的右端放置紅色LED作為光源，左端放置的光敏電阻，當光源發出的光經過比色管後，抵達光敏電阻，並經Arduino 測量後，所測得之光度值，將顯示於OLED顯示器上，光度值越大，表示溶液的亮度越亮，溶液的濃度相對較小。

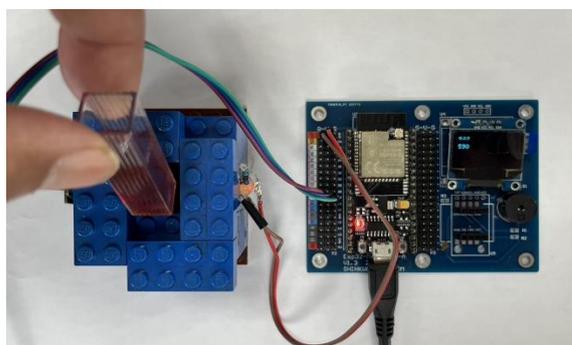


圖3-3-6 Arduino 比色計實物圖

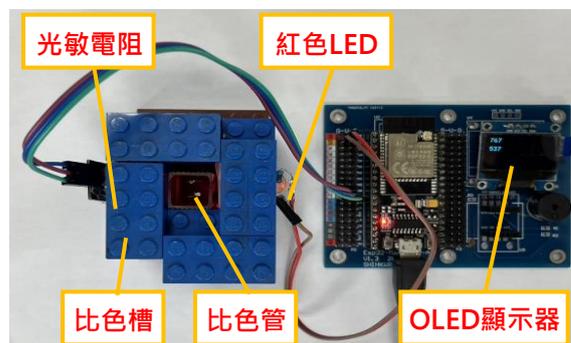


圖3-3-7 Arduino 比色計個裝置示意圖

(以上照片由第二作者拍攝)

#### 四、過程與方法

##### 實驗一：染布前的初測

###### 帶殼紅藜與去殼紅藜水的比較

我們一開始在市面上買到帶殼與去殼紅藜，染布前先進行初步實驗，分別秤取10克帶殼紅藜粉/去殼紅藜粉於燒杯中，各加入 100 mL的蒸餾水，充分攪拌均勻後靜置10分鐘，過濾取得濾液，得到結果如圖 3-4-1-1。



圖 3-4-1-1 左為去殼紅藜水，右為帶殼紅藜水 (以上照片由第一作者拍攝)

實驗結果發現去殼紅藜水是透中帶黃，而帶殼紅藜水呈現鮮紅色，朵莉絲探員較喜歡染出紅色的紡織品，於是決定使用帶殼紅藜進行染布實驗。

###### 帶殼紅藜染布初體驗

以帶殼紅藜水進行染布實驗，將紅藜5 g加入200 g的沸水中，加熱10分後放入染布，分別浸泡2、4、6、8、10、12分鐘後，取出晾乾得到結果如圖圖 3-4-1-2。



圖3-4-1-2 帶殼紅藜染布的初步測試，左為染布後未水洗，右為染布經水洗後 (以上照片由第一作者拍攝)

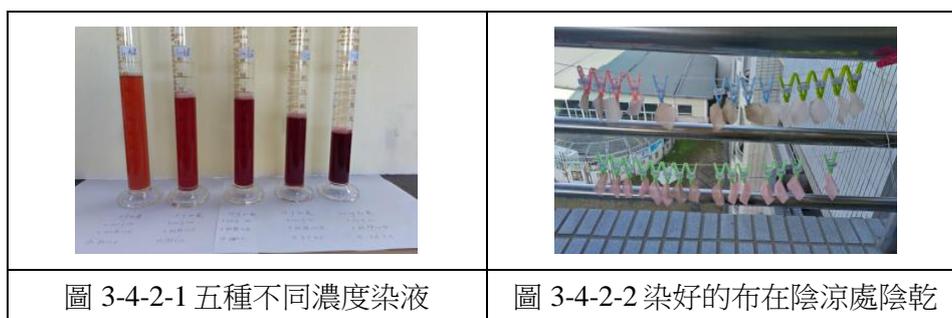
染布後顏色呈棕色，和原本只加入紅藜時呈現的鮮紅色不同，隨著煮布時間增加，顏色差異不大，但水洗後顏色掉很多，且煮布時間長的顏色稍深，不過差異仍不大。

初步嘗試後發現紅藜很難著色於布上，染完後水洗也非常容易掉色，於是參考了前一屆學長姐利用薯榔染布的方法，試著添加不同媒染劑，期待能增加其上色的機會，開始進行以下的各種實驗。

## 實驗二：探討染液濃度與媒染劑對染布效果的影響

### (一) 實驗步驟：

1. 調配濃度 0.2% 的白礬、藍礬、綠礬、食鹽水以及取蒸餾水各 100 mL。
2. 把 75 塊布分別置入五種媒染劑中，浸泡 10 分鐘後，取出晾乾(大約一小時)。
3. 分別將 100 mL 的水加熱至 100°C 沸騰後，加入 3、5、10、15、20 公克的紅藜和攪拌子並設定轉速 1000 rpm，熬煮 10 分鐘，過濾後得到 5 種不同濃度染液，如圖 3-4-2-1。
4. 依序將泡有五種媒染劑(藍礬、白礬、綠礬、食鹽、純水)的 3 塊布，加入 15 mL 不同濃度的染液，皆各浸泡 10 分鐘，取出於陰涼處晾乾，如圖 3-4-2-2。
5. 利用掃描機進行掃描如圖 3-4-2-3，並將圖片匯入 image J，便可得知圖片的 RGB 值。藉由軟體計算其色調(H)、飽和度(S)、明度(V)，如圖 3-4-2-4。
6. 將所有染布彙整保存，如圖 3-4-2-5。



(以上照片由第二作者拍攝)



(以上照片由第一指導老師拍攝)

(二) 實驗結果：

表 3-4-2-1 不同濃度的紅藜染液對五種媒染劑的染後結果

媒染劑種類	白礬	藍礬	綠礬	水	食鹽水
3克紅藜染布成品					
色調(H)平均值	54.7	46.0	43.7	47.0	47.7
飽和度(S)平均值	18.3	13.7	25.0	15.3	15.7
明度(V)平均值	95.3	95.7	86.7	95.0	94.7
5克紅藜染布成品					
色調(H)平均值	26.7	31.0	35.0	31.7	25.3
飽和度(S)平均值	19.7	15.0	33.0	27.0	19.7
明度(V)平均值	92.7	94.3	80.0	93.3	93.0
10克紅藜染布成品					
色調(H)平均值	7.0	3.7	19.0	7.7	5.3
飽和度(S)平均值	24.0	20.0	38.7	37.3	22.7
明度(V)平均值	91.0	91.0	75.3	90.3	90.3
15克紅藜染布成品					
色調(H)平均值	350.3	7.0	2.0	351.7	343.7
飽和度(S)平均值	32.0	43.0	46.7	42.3	42.3
明度(V)平均值	91.0	88.7	72.0	88.0	90.0
20克紅藜染布成品					
色調(H)平均值	345.3	341.3	353.7	345.0	345.3
飽和度(S)平均值	56.7	38.3	38.0	45.7	50.7
明度(V)平均值	79.7	82.7	66.0	80.7	80.0

表示色調大於340，或小於20，是我們設定的理想顏色，再比較其飽和度，決定優劣；

表示色調介於20~30間，較偏橘的紅色，是我們理想中的次等顏色

(左欄照片皆為第一作者掃描染布再以電腦擷取而得)

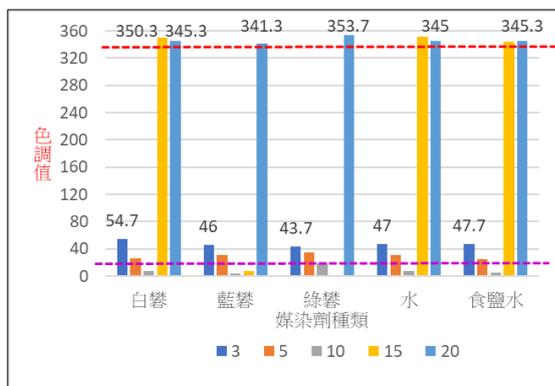


圖3-4-2-6 染色結果-色調值

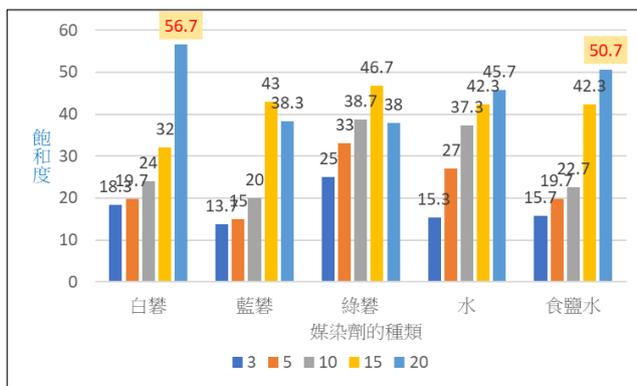


圖3-4-2-7 染色結果-飽和度

(三) 討論與分析：

1. 添加紅藜克數越少，越不容易染上色，100 克水中加入超過 10 公克的紅藜後，染出來的顏色才開始出現紅色色調。
2. 10、15 克以綠礬表現最優，但其明度較小，其顏色較深；20 克則以白礬表現最佳。
3. 濃度越高，紅藜染色效果越好，但因紅藜愈多，吸收的水份也會越多，染液變得較為濃稠，為了實驗方便，選用濃度為 15 克/100 克水的萃取液來進行後續的實驗。

### 實驗三：探討染液溫度與媒染劑對染布效果的影響

#### (一) 實驗步驟：

1. 分別將 100 mL 的水，加熱至 100°C、50°C 以及常溫 22°C 後，加入 15 公克的紅藜和攪拌子並設定轉速 1000 rpm，熬煮 10 分鐘，過濾後得到三種不同溫度的染液。
2. 按照實驗二的各項步驟，僅改變染液浸泡溫度，計算其 HSV 值。

#### (二) 實驗結果：

表3-4-3-1不同溫度的染後結果

媒染劑種類	白礬	藍礬	綠礬	水	食鹽水
高溫(100°C) 染布成品					
色調(H)平均值	358.0	357.0	358.3	357.7	357.3
飽和度(S)平均值	59.3	64.7	47.0	56.7	65.0
明度(V)平均值	79.7	76.3	61.0	79.7	77.0
低溫(50°C) 染布成品					
色調(H)平均值	4.0	37.7	14.0	5.0	346.7
飽和度(S)平均值	29.7	41.0	32.3	23.0	24.0
明度(V)平均值	90.3	91.0	77.7	89.3	90.0
常溫(22°C) 染布成品					
色調(H)平均值	119.3	39.3	7.7	236.7	350.0
飽和度(S)平均值	22.7	38.3	27.0	21.3	20.7
明度(V)平均值	92.3	92.0	80.7	91.0	91.0

表3-4-3-1不同溫度的洗後結果

媒染劑種類	白礬	藍礬	綠礬	水	食鹽水
高溫(100°C) 洗後結果					
色調(H)平均值	26.0	43.3	22.3	28.0	22.5
飽和度(S)平均值	41.0	52.7	47.7	36.3	31.5
明度(V)平均值	90.7	90.3	68.0	87.7	88.0
低溫(50°C) 洗後結果					
色調(H)平均值	21.0	52.3	29.7	43.3	36.3
飽和度(S)平均值	22.7	48.0	29.7	25.7	23.3
明度(V)平均值	92.3	91.3	82.7	91.3	91.3
常溫(22°C) 洗後結果					
色調(H)平均值	20.7	52.3	28.3	42.0	36.3
飽和度(S)平均值	23.7	47.7	31.7	26.0	23.3
明度(V)平均值	91.7	91.3	81.7	91.0	91.0

(以上照片皆為第一作者掃描染布再以電腦擷取而得)

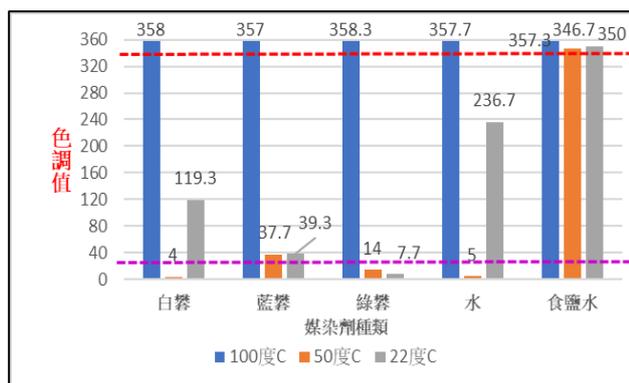


圖3-4-3-1 染色結果-色調值

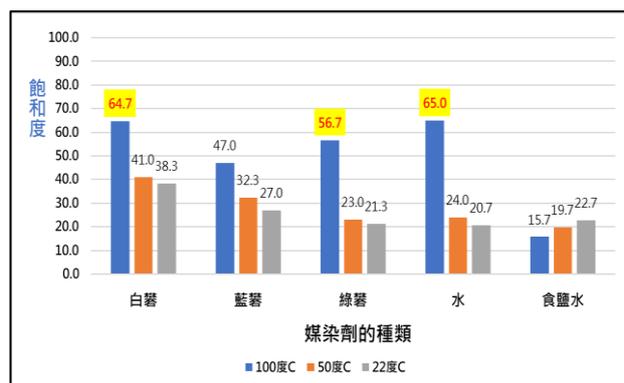


圖3-4-3-2 染色結果-飽和度

#### (三) 討論與分析：

1. 高溫染液所染出的布有較優的色調與飽和度
2. 從色調上分析未水洗前的色調很好，一經水洗，色調就偏離紅色了，其中以藍礬為媒染劑的偏離最多。
3. 在不同媒染劑之下，高溫的染劑飽和度皆優於低溫和常溫，代表高溫浸泡的效果較好。
4. 在高溫的環境下，綠礬的飽和度雖較純水好，但數值相差不大，且純水的色調較低，如果使用高溫浸泡的染劑，添加媒染劑色調差異較小。

## 實驗四：探討在染液中加入鹽與媒染劑對染布效果的影響

### (一) 實驗步驟：

1. 取 100°C 萃取出來的染液各 15 mL，分別加入 0.1、0.2、0.3、0.4 克的鹽及不加鹽。
2. 按照實驗二的步驟 1~2 進行前處理，再將布放入上述染液中浸泡 10 分鐘。
3. 取出晾乾掃描後計算其 HSV 值。
4. 掃描後再以 50 公克的水漂洗 10 次，晾乾後的染布掃描後計算其 HSV 值。

### (二) 實驗結果：

表 3-4-4-1 加鹽對媒染劑染後的結果

媒染劑種類	白礬	藍礬	綠礬	水	食鹽水
無加鹽染布成品					
色調(H)平均值	346.7	340.3	6.7	341.7	341.7
飽和度(S)平均值	40.0	35.0	44.3	37.0	43.7
明度(V)平均值	85.7	88.0	62.0	89.3	88.3
加0.1克鹽染布成品					
色調(H)平均值	352.7	342.7	4.7	343.7	345.0
飽和度(S)平均值	40.7	41.0	41.7	46.0	49.7
明度(V)平均值	87.0	88.0	65.0	87.0	86.3
加0.2克鹽染布成品					
色調(H)平均值	356.7	346.3	4.7	342.3	344.0
飽和度(S)平均值	40.0	40.0	54.7	44.0	40.7
明度(V)平均值	88.0	86.7	56.7	88.0	86.0
加0.3克鹽染布成品					
色調(H)平均值	352.0	344.0	4.0	343.3	342.0
飽和度(S)平均值	55.0	41.3	40.7	35.7	38.0
明度(V)平均值	86.0	88.0	66.3	87.0	87.7
加0.4克鹽染布成品					
色調(H)平均值	350.7	343.7	3.3	341.7	341.3
飽和度(S)平均值	42.3	34.7	35.7	37.0	38.0
明度(V)平均值	81.3	83.3	59.7	84.7	84.3

表 3-4-4-2 加鹽劑染後再漂洗的結果

媒染劑種類	白礬	藍礬	綠礬	水	食鹽水
無加鹽染布成品					
色調(H)平均值	21.3	36.3	19.0	22.0	2.0
飽和度(S)平均值	52.7	43.7	56.7	20.3	18.3
明度(V)平均值	86.7	92.0	62.3	92.7	60.0
加0.1克鹽染布成品					
色調(H)平均值	17.3	20.3	17.0	121.3	237.7
飽和度(S)平均值	50.7	41.0	55.0	25.7	35.3
明度(V)平均值	88.7	90.3	64.0	90.0	87.3
加0.2克鹽染布成品					
色調(H)平均值	22.7	34.3	17.3	351.0	21.0
飽和度(S)平均值	50.3	37.3	53.7	31.0	25.3
明度(V)平均值	89.3	90.7	63.3	89.7	90.3
加0.3克鹽染布成品					
色調(H)平均值	350.7	343.7	343.7	341.7	341.3
飽和度(S)平均值	42.3	34.7	34.7	37.0	38.0
明度(V)平均值	81.3	83.3	59.7	83.3	84.3
加0.4克鹽染布成品					
色調(H)平均值	17.7	32.0	11.7	344.7	232.7
飽和度(S)平均值	58.3	47.7	59.0	34.7	32.0
明度(V)平均值	87.3	90.0	57.0	89.3	89.0

(以上照片皆為第一作者掃描染布再以電腦擷取而得)

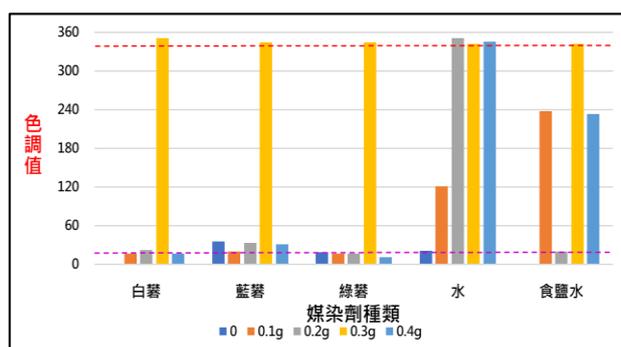


圖3-4-4-1 洗前染色結果-色調值

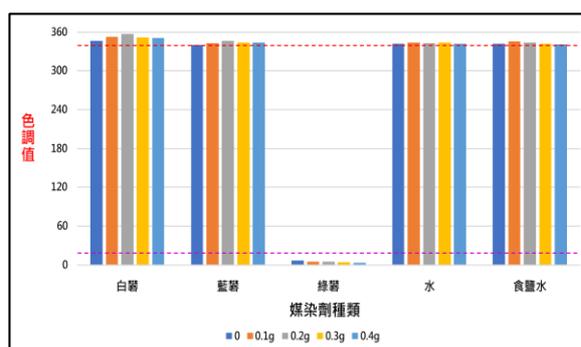


圖3-4-4-2 洗後染色結果-色調值

### (三) 討論與分析：

1. 從色調上分析，染液中加入鹽對色調、飽和度並無太大的差異，但整體來說，以加入 0.3克鹽的染液，染布效果最好。
2. 染液在加入鹽後，所染出來的布在漂洗後，顏色不均勻的情況更為明顯。
3. 整體評估後，不須在染液中額外加入鹽來染布。

## 實驗五：探討不同媒染劑與紅藜染液的反應實驗

為了瞭解不同的媒染劑與染液間究竟有何反應發生，經查資料後發現，選用適合的媒染劑，是可以幫助染料附著在纖維表面，從而產生更深、更持久的顏色。所以我們利用自行設計 Arduino 光度計進行實測紅藜染液加入不同媒染劑的反應變化。

### 【實驗五-1】藍礬與紅藜染液的反應實驗

#### (一) 實驗步驟：

1. 以 2g 紅藜加入 200 mL、100°C 的水中，萃取時間為 5 分鐘，經過濾後即為染液。
2. 分別在 5 個比色管中加入 3 mL 的染液，再依序加入 3、6、9、12、15 滴 0.5% 的藍礬，搖晃 10 下，讓媒染劑與染液混合均勻。
3. 放入比色槽進行測量，重覆測量 3 次後取平均值並記錄。
4. 再另外取 5 個比色管中加入 3 mL 的染液，再依序加入 3、6、9、12、15 滴的蒸餾水為對照組，重覆上述步驟。

#### (二) 實驗結果：

表 3-4-5-1 藍礬媒染劑與染液的反應後光度值的實驗結果

編號	A1	A2	A3	A4	A5
媒染劑體積(d)	3	6	9	12	15
第 1 次	724	769	826	821	825
第 2 次	727	766	822	820	835
第 3 次	721	764	825	816	833
平均值	724 ± 2.4	766.3 ± 2.1	824.3 ± 1.7	819 ± 2.2	831 ± 4.3
蒸餾水平均	584.3 ± 1.2	626.7 ± 2.1	613.3 ± 2.1	609.7 ± 2.9	599.3 ± 0.5

\*數值越大，代表越亮

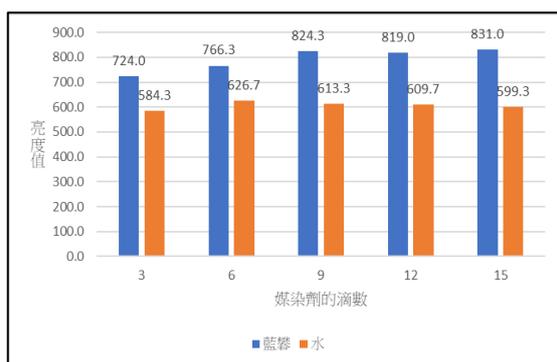


圖 3-4-5-1 加入藍礬媒染劑後的實驗結果



圖 3-4-5-2 添加藍礬的結果實品圖  
(照片由第一作者拍攝)

#### (三) 討論與分析：

當我們加入不同體積的藍礬，加入的體積越多，顏色越是澄清，亮度值越大。推論媒染劑與染液的螯合作用，造成的沉澱越多，所以溶液變澄清。

### 【實驗五-2】白礬與紅藜染液的反應實驗

(一) 實驗步驟：重複實驗五-1，改以白礬重做實驗。

(二) 實驗結果：

表 3-4-5-2 白礬媒染劑與染液的反應後光度值的實驗結果

編號	B1	B2	B3	B4	B5
媒染劑體積(d)	3	6	9	12	15
第 1 次	731	667	656	647	634
第 2 次	723	684	657	646	634
第 3 次	719	667	659	650	634
平均	724.3 ± 5	672.7 ± 8	657.3 ± 1.2	647.7 ± 1.7	634 ± 0
蒸餾水平均	584.3 ± 1.2	626.7 ± 2.1	613.3 ± 2.1	609.7 ± 2.9	599.3 ± 0.5

\*數值越大，代表越亮

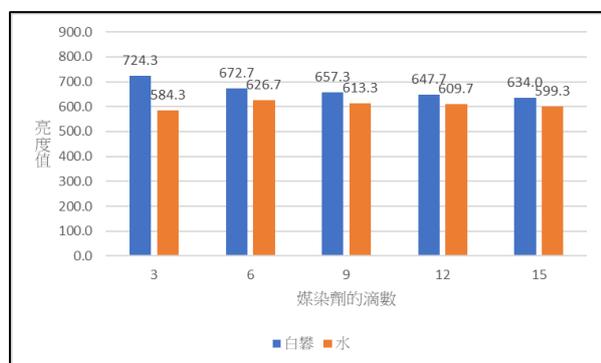


圖 3-4-5-3 加入媒染劑後的實驗結果



圖 3-4-5-4 添加白礬的結果實品圖  
(照片由第一作者拍攝)

(三) 討論與分析：

當我們加入白礬的體積越多，原本的染液顏色變得更濃，造成亮度值越小，推測白礬有增豔的效果。

### 【實驗五-3】綠礬與紅藜染液的反應實驗

(一) 實驗步驟：重複實驗五-1，改以綠礬重做實驗。

(二) 實驗結果：

表 3-4-5-3 綠礬媒染劑與染液的反應後光度值的實驗結果

編號	C1	C2	C3	C4	C5
媒染劑體積(d)	3	6	9	12	15
第 1 次	275	296	307	317	342
第 2 次	279	292	305	315	337
第 3 次	276	288	302	316	333
平均	276.7 ± 1.7	292 ± 3.3	304.7 ± 2.1	316 ± 0.8	337.3 ± 3.7
蒸餾水平均	584.3 ± 1.2	626.7 ± 2.1	613.3 ± 2.1	609.7 ± 2.9	599.3 ± 0.5

\*數值越大，代表越亮

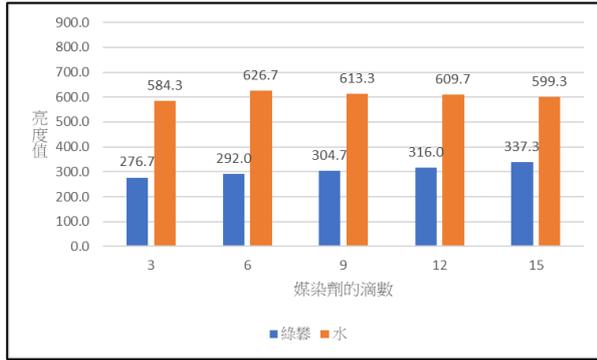


圖 3-4-5-5 加入媒染劑後的實驗結果

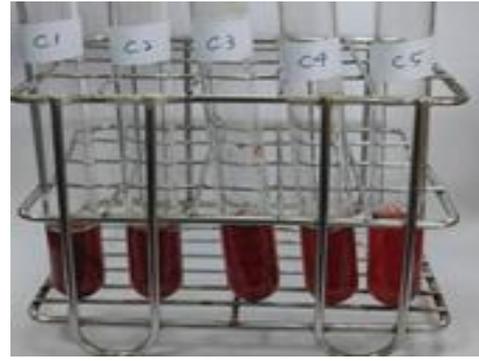


圖 3-4-5-6 添加綠礬的結果實品圖  
(照片由第一作者拍攝)

### (三) 討論與分析：

一開始加入綠礬後，會讓整體的顏色變暗，造成亮度值比水較小。隨著加入綠礬的體積越多，顏色越是澄清，亮度值越大，我們推論媒染劑可能與染液發生螯合作用，造成的沉澱越多。

#### 綜合分析

綜合實驗五-1~實驗五-3，將結果整合如圖 3-4-5-7。在藍礬與綠礬的實驗中，所加入的媒染劑越多，溶液的亮度會越亮，實驗中也發現其有明顯的沉澱，表示其確有化學反應的發生；而白礬則是有增豔的效果。

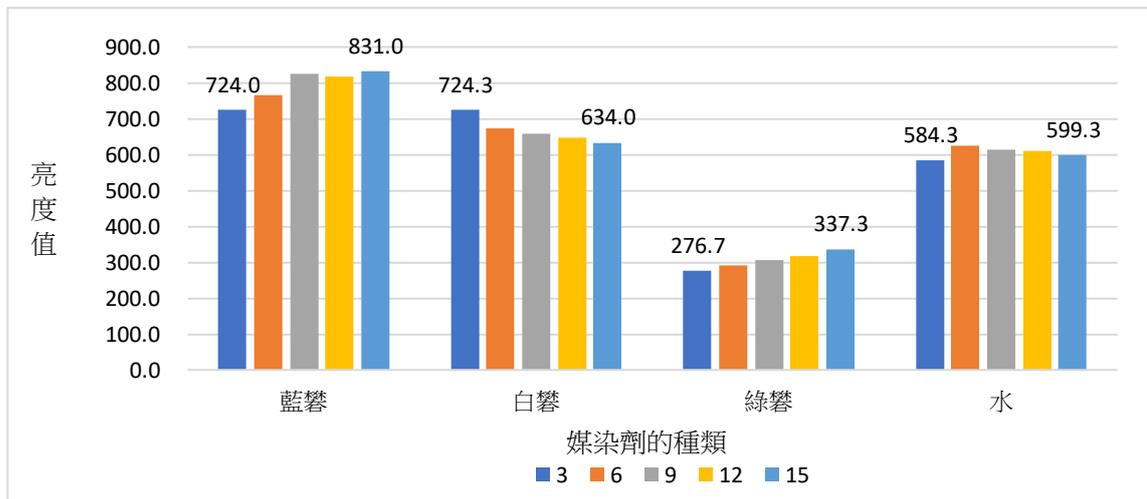


圖 3-4-5-7 不同媒染劑後的實驗結果

此實驗僅能對溶液顏色的深淺進行比對，初步藉此來判斷反應是否發生，日後可利用更精密的儀器，測量其顏色波長，確認色調值的變化。

## 實驗六：探討不同助染劑與媒染劑對染布效果的影響

### (一) 實驗步驟：

1. 查詢資料後發現，市售豆漿可能摻有澱粉而影響我們的染布結果，因此我們利用豆漿機來自製無糖豆漿，步驟如表 3-4-6-1。
2. 將布事前分別浸泡助染劑(無糖豆漿、全脂鮮奶、工研醋)**10** 分鐘，取出晾乾。
3. 依照前述最佳配方實驗進行染布。
4. 晾乾後取出晾乾掃描後計算其 HSV 值。掃描後再以 50 公克的水漂洗 10 次，晾乾後再掃描並計算其 HSV 值。

表3-4-6-1染前浸泡助染劑的染後結果

			
秤取 100 克黃豆與 1000 克水	將前述材料放入豆漿機中製成豆漿	倒出豆漿後進行過濾	得到自製無糖豆漿

(以上表中照片由第一作者拍攝)

### (二) 實驗結果：

表3-4-6-2事前浸泡助染劑的染色結果

媒染劑種類	白礬	藍礬	綠礬	水	食鹽水
助染劑-豆漿染布成品					
色調(H)平均值	357.0	6.7	9.0	351.3	350.7
飽和度(S)平均值	38.7	37.3	45.3	38.3	36.3
明度(V)平均值	89.3	87.3	71.3	89.3	88.0
助染劑-牛奶染布成品					
色調(H)平均值	357.0	22.7	5.7	351.0	351.0
飽和度(S)平均值	39.7	42.7	46.7	41.7	42.7
明度(V)平均值	88.7	87.0	66.3	86.7	85.7
助染劑-醋染布成品					
色調(H)平均值	347.3	345.7	355.7	347.0	347.0
飽和度(S)平均值	47.3	44.7	43.3	47.7	46.3
明度(V)平均值	88.7	87.7	80.3	88.3	88.3

表3-4-6-3染後再經漂洗的各項結果

媒染劑種類	白礬	藍礬	綠礬	水	食鹽水
助染劑-豆漿染布成品					
色調(H)平均值	11.7	39.7	20.1	118.3	357.0
飽和度(S)平均值	37.3	48.7	47.7	25.3	24.7
明度(V)平均值	89.0	89.3	67.3	90.0	88.7
助染劑-牛奶染布成品					
色調(H)平均值	18.3	47.3	20.1	121.3	247.3
飽和度(S)平均值	36.3	53.3	52.7	26.7	31.7
明度(V)平均值	90.0	89.3	65.0	89.3	86.7
助染劑-醋染布成品					
色調(H)平均值	353.7	23.0	16.0	349.0	347.3
飽和度(S)平均值	35.3	36.7	49.3	29.7	26.7
明度(V)平均值	88.7	90.3	72.0	88.3	89.7

(以上照片皆為第一作者掃描染布再以電腦擷取而得)

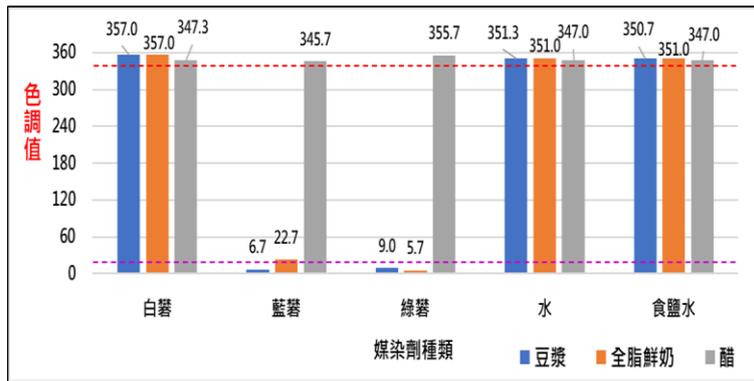


圖3-4-6-1 染後的染色結果-色調值

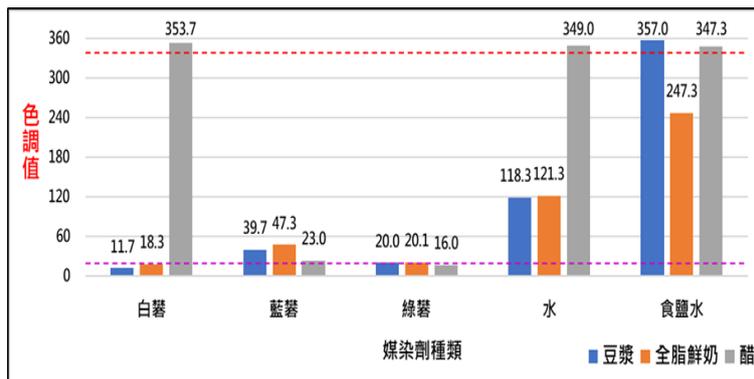


圖3-4-6-2 漂洗後的染色結果-色調值

(三) 討論與分析：

1. 染後色調與飽和度皆不錯，但經漂洗後，全脂鮮奶色調偏離，醋飽和度下降許多。
2. 以漂洗後的色調分析而言：以豆漿而言，白礬及食鹽水較接近紅色，而藍礬及水的色調都明顯偏離紅色；以醋而言，只有藍礬偏離紅色；以全脂鮮奶而言，都偏離紅色。
3. 從漂洗後的飽和度來分析：不管使用何種助染劑，大多的染布在經過漂洗後，飽和度都下降，但以豆漿為助染劑，並使用白礬和綠礬當媒染劑，色調為紅色，飽和度在洗後差異不大，效果較好。

## 實驗七：探討重複染布對染布效果的影響

### (一) 實驗步驟：

1. 分別取布前處理(豆漿和醋)的布晾乾後，放入白礬媒染劑，浸泡 10 分鐘後取出晾乾。
2. 取 100 °C 高溫萃取的紅藜染液 15 公克，放入布中，浸泡 10 分鐘。
3. 晾乾後用掃描機進行掃描，並計算其色調(H)、飽和度(S)、明度(V)。
4. 掃描後再以 50 公克的水漂洗 10 次後晾乾。
5. 水洗晾乾後的染布利用掃描機再次進行掃描，並計算其 HSV 值。
6. 再重複步驟 1~5，共計三次(染三次)。

### (二) 實驗結果：

表3-4-7-1 助染劑(豆漿)重複染的染後結果

助染劑	豆漿			醋		
	第一次	第二次	第三次	第一次	第二次	第三次
染布成品						
色調(H)平均值	357.0	348.7	350.3	347.3	346.7	347.0
飽和度(S)平均值	38.7	42.0	43.7	47.3	54.0	56.7
明度(V)平均值	89.3	82.3	86.7	88.7	86.7	85.0
洗後染布成品						
色調(H)平均值	11.7	11.3	352.0	353.7	5.7	352.0
飽和度(S)平均值	37.3	30.7	42.3	35.3	25.7	32.7
明度(V)平均值	89.0	85.3	86.3	88.7	89.0	86.0

(以上照片皆為第一作者掃描染布再以電腦擷取而得)

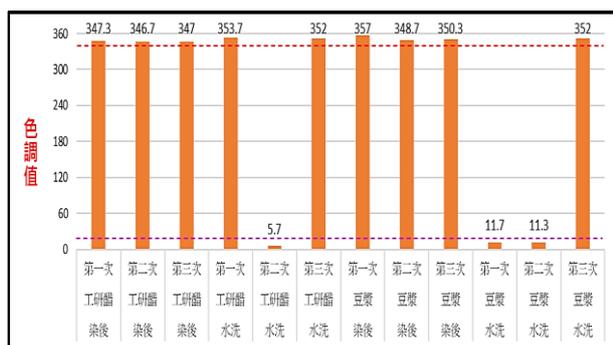


圖3-4-7-1 染色結果-色調值

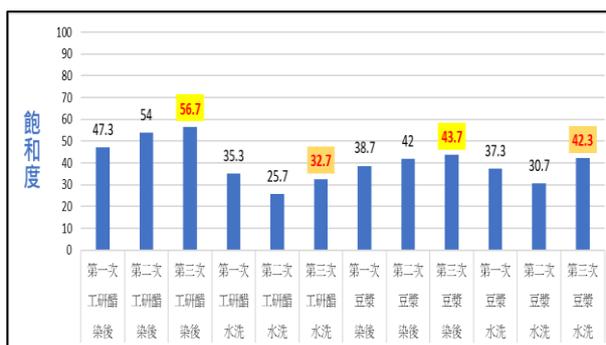


圖3-4-7-2 染色結果-飽和度

### (三) 討論與分析：

1. 以色調分析而言：漂洗前後的色調值皆落在紅色範圍內。
2. 從漂洗後的飽和度來分析：不管使用豆漿或醋，洗後的飽和度都下降了，但重複染三次的染布，都明顯較好的結果。
3. 結論：助染劑選擇豆漿，媒染劑選擇白礬，染色效果最好。

## 實驗八：染布後各項性質的實測

### 色牢度-耐洗滌性實驗

#### (一) 實驗步驟：

1. 依照前述實驗最佳流程染布後取出晾乾。
2. 選取常見的清潔劑種類，包括：沐浴乳、洗手乳、洗髮精、洗衣精、洗碗精，分別調配成 2g 清潔劑/100 mL 水的濃度，並記錄其 pH 值後，來進行測試。
3. 將晾乾的布放入在步驟 2 調配的清潔劑中，攪拌 30 秒鐘，再取出晾乾。
4. 利用掃描機進行掃描，並計算其 HSV 值。

#### (二) 實驗結果：

表3-4-8-1 不同媒染劑所染的布，經不同清潔劑洗滌後的結果

清潔劑種類	水	沐浴乳	洗手乳	洗髮精	洗衣精	洗碗精
pH值	7.79	5.84	6.85	6.19	8.73	6.42
白礬媒染劑 染布成品						
色調(H)平均值	22.0	24.0	27.0	25.3	22.0	28.0
飽和度(S)平均值	29.3	31.3	26.7	26.0	21.3	28.0
明度(V)平均值	87.0	91.0	91.7	91.3	92.3	91.3
綠礬媒染劑 染布成品						
色調(H)平均值	36.7	35.0	37.0	36.0	35.0	38.3
飽和度(S)平均值	50.7	28.3	37.7	33.3	32.3	32.7
明度(V)平均值	57.7	68.7	64.0	67.7	68.3	68.7

(以上照片皆為第一作者掃描染布再以電腦擷取而得)

#### (三) 討論與分析：

1. 以綠礬當媒染劑的染布，在經過大部份的清潔劑清洗後色調皆偏離紅色，且飽和度都下降，推測綠礬與染液反應後的產物，較易受清潔劑影響。
2. 以白礬當媒染劑的染布，在經過大部份的清潔劑清洗後，色調雖偏離紅色但仍在 24 左右，其中以中性或鹼性清洗後偏離較少。
3. 綜合上述，用紅礬染布後的成品，建議以清水清洗就好。

## 色牢度-耐光照性實驗

### (一) 實驗步驟：

1. 設置各種環境，包括：室內、室外、照紫外燈、照LED燈、照檯燈一(傳統鎢絲燈)、照檯燈二(PL燈)。
2. 將最佳流程製成的染布。放入在步驟 1的環境中，如表 3-4-8-2來進行測試。
3. 利用掃描機進行掃描，並計算其HSV值，連續測量五天。

表3-4-8-2 染布放置在不同環境的實測圖



(以上照片由第二作者拍攝)

### (二) 實驗結果：

表3-4-8-3 浸泡綠礬染布後照光實驗結果

照光天數	第一天	第二天	第三天	第四天	第五天
放置室內染布成品					
色調(H)平均值	30.0	29.3	29.0	30.3	30.0
飽和度(S)平均值	45.3	45.3	43.3	43.3	43.7
明度(V)平均值	62.3	62.3	63.0	64.0	64.7
室外照光染布成品					
色調(H)平均值	33.7	36.7	38.0	39.7	38.7
飽和度(S)平均值	48.3	46.0	44.0	41.3	40.7
明度(V)平均值	61.0	61.7	63.0	66.0	67.7
PL燈照光染布成品					
色調(H)平均值	28.3	32.0	33.3	34.7	34.7
飽和度(S)平均值	42.7	40.3	39.0	39.3	39.3
明度(V)平均值	63.7	65.0	65.3	66.7	67.3
紫外燈照光染布成品					
色調(H)平均值	30.0	32.3	33.7	34.7	35.0
飽和度(S)平均值	45.3	43.7	39.0	42.3	43.7
明度(V)平均值	62.3	62.3	65.3	64.0	64.3
鎢絲燈照光染布成品					
色調(H)平均值	26.0	27.3	29.0	29.7	29.7
飽和度(S)平均值	48.0	48.3	47.3	47.3	47.7
明度(V)平均值	61.0	60.3	60.0	61.7	61.7
LED燈照光染布成品					
色調(H)平均值	30.7	33.3	34.7	29.7	35.7
飽和度(S)平均值	46.3	44.7	44.0	47.3	44.0
明度(V)平均值	61.7	60.3	60.3	61.7	62.7

表3-4-8-4 浸泡白礬染布後照光實驗結果

白礬染劑	第一天	第二天	第三天	第四天	第五天
室內照光染布成品					
色調(H)平均值	12.7	10.7	12.0	11.0	10.0
飽和度(S)平均值	48.7	47.0	47.3	46.7	45.0
明度(V)平均值	89.0	87.7	88.7	86.7	88.7
室外照光染布成品					
色調(H)平均值	22.7	25.7	33.7	38.3	39.0
飽和度(S)平均值	47.7	43.3	41.3	40.0	37.3
明度(V)平均值	89.3	87.7	90.0	88.3	90.0
PL燈照光染布成品					
色調(H)平均值	19.0	23.3	28.0	30.0	32.7
飽和度(S)平均值	46.0	40.0	39.3	36.3	33.7
明度(V)平均值	90.0	89.7	91.0	90.0	91.7
紫外燈照光染布成品					
色調(H)平均值	11.7	12.7	15.0	15.3	16.0
飽和度(S)平均值	52.0	49.7	49.7	49.7	48.0
明度(V)平均值	88.7	87.7	88.0	86.7	88.7
鎢絲燈照光染布成品					
色調(H)平均值	15.7	13.3	15.7	16.7	16.7
飽和度(S)平均值	49.3	48.7	47.7	47.3	46.7
明度(V)平均值	88.7	87.7	89.0	87.0	88.7
LED燈照光染布成品					
色調(H)平均值	13.3	11.7	15.3	15.3	17.0
飽和度(S)平均值	45.3	41.7	42.0	40.0	37.3
明度(V)平均值	88.7	87.7	88.3	87.0	88.7

(以上照片皆為第一作者掃描染布再以電腦擷取而得)

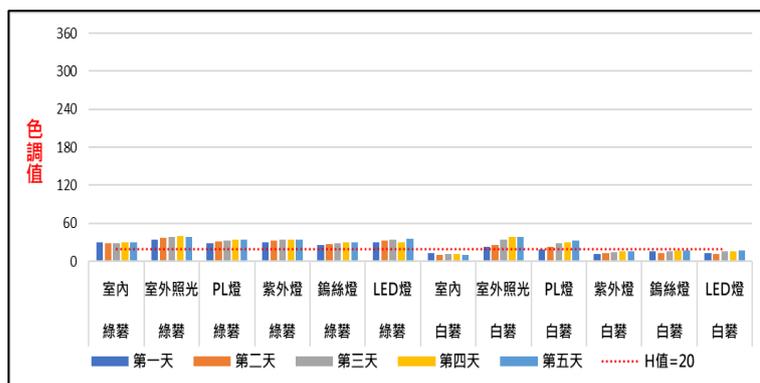


圖3-4-8-1 耐光照性的實驗結果-色調值

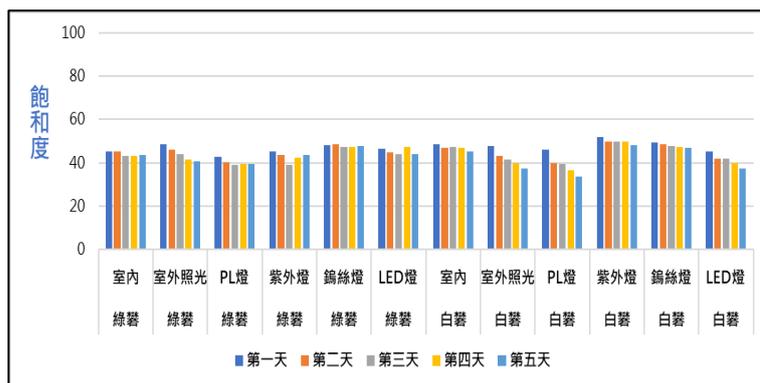


圖3-4-8-2 耐光照性的實驗結果-飽和度

結果：整體來說，使用綠礬當媒染劑，在五天内照光後，對染布的飽和度影響不大。使用白礬當媒染劑，照射陽光和PL燈，讓其色調偏離紅色且飽和度明顯下降。

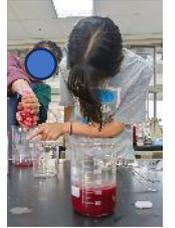
### 實驗九：利用紅藜殼粉進行染布實驗並製作大塊染布

在參訪紅藜種植時，專家提到大多數的消費者對去殼紅藜的接受度較高，因為紅藜殼含皂素，口感較差，因此常將紅藜去殼後再賣出，而在查找資料時也發現紅藜的色素大多存在於殼中，心想若使用廠商處理後的廢棄物-紅藜殼來染布，效果會如何？但當時並非採收期，無法取得紅藜殼，只好將帶殼紅藜自行處理，以取得紅藜殼並進行染布。

#### (一) 實驗步驟：

1. 將布經最佳流程-無糖豆漿/晾乾/白礬(綠礬)媒染劑/晾乾後備用。
2. 自製紅藜殼粉所製得的染液，步驟如表3-4-9-1。
3. 將步驟1的布放入染液中浸泡10分鐘，取出晾乾。
4. 用掃描機進行掃描，並計算其HSV值。
5. 掃描後再以50公克的水漂洗10次後晾乾。
6. 水洗晾乾後的染布利用掃描機再次進行掃描，並計算其HSV值。
7. 重複上述步驟1~3，改用大塊布來進行染布。

表3-4-9-1 利用紅藜殼粉染後與漂洗後的結果

			
將帶殼紅藜用研鉢搗碎	利用篩網過濾，將紅藜殼與種子分開	取15克紅藜殼粉/100克水的比例，以100°C高溫萃取10分鐘	過濾後還要用手擰出殘餘的染汁，不浪費任何染液
			
將事前處理好的大小塊布，浸泡於紅藜殼粉的染液中進行染布		取出後的小塊布晾乾中	
			
大塊布晾乾中(左為綠礬，右為白礬)		綠礬放置兩週後	白礬放置兩週後

(照片由第一作者拍攝)

(二) 實驗結果：

表3-4-9-2 利用紅藜殼粉染後與漂洗後的結果

媒染劑種類	白礬			綠礬		
	第一塊	第二塊	第三塊	第一塊	第二塊	第三塊
染布成品						
色調(H)平均值	347.7			354.3		
飽和度(S)平均值	72.7			63.3		
明度(V)平均值	74.0			50.3		
漂洗後染布成品						
色調(H)平均值	13.3			18.3		
飽和度(S)平均值	52.0			54.0		
明度(V)平均值	80.3			55.0		

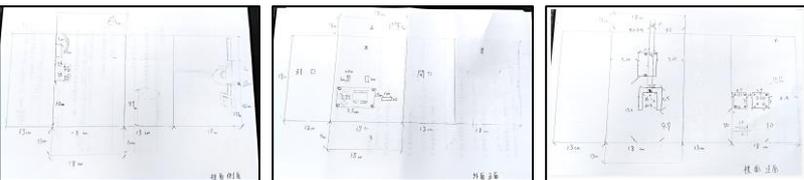
(以上表中照片皆為第一作者掃描染布再以電腦擷取而得)

(三) 討論與分析：

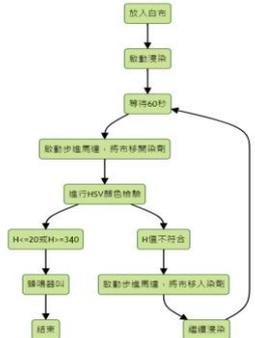
1. 不管使用白礬或綠礬當媒染劑，利用紅藜殼進行染布後的飽和度明顯增加，在漂洗後的色調仍在紅色範圍內，且飽和度依然維持50.0以上。
2. 以大塊布進行染色，晾乾後顏色超漂亮，放置兩週後雖然有褪色，但質感仍是很棒。

## 實驗十：研發自動染布監控機

我們利用 arduino 顏色檢測儀，來對染好的布進行鑑定。利用紙盒初步製作染布監控機，如圖 3-4-10-1，偵測時利用步進馬達將布拉高至儀器前方進行判讀，如圖 3-4-10-2，儀器讀取了 RGB 的資料後，會上傳至雲端，並計算出 HSV 值。若偵測的數值未達我們的標準，則會將布再下降回染液中繼續浸染，若已達標準就直接晾乾。完成初稿繪製，如圖 3-4-9-3，雷切後組裝完成自製的「自動染布監控機」，如圖 3-4-10-4，程式流程圖如圖 3-4-10-6。

		
<p>圖 3-4-10-1 利用紙盒初步 製作染布監控機</p>	<p>圖 3-4-10-2 利用步進馬達控 制染布升降</p>	<p>圖 3-4-10-3 繪製自動染布監控機的外觀平面圖</p>

(以上照片由第二作者拍攝)

		
<p>圖 3-4-10-4 利用雷切完成 自動染布監控機(正面圖)</p>	<p>圖 3-4-10-5 側邊為Arduino顏色檢測儀</p>	<p>圖 3-4-10-6 自動染布監控機的 程式流程圖</p>

(以上照片由第二作者拍攝或繪製)

## 實驗十一：環境的永續發展

我們將染布後的紅藜渣渣，放置在盆栽中，觀察會有甚麼情況發生，如表 3-4-11-1。

表3-4-11-1 染葉萃取後的紅藜渣種植結果

			
高溫熬煮過的紅藜，並沒有再發芽生長	但在其中播種大陸妹後，大陸妹發育良好	常溫染布後的紅藜渣渣	長出茂密的紅藜葉
			
50°C熬煮的紅藜渣，與其他植物一起共生		50°C熬煮的紅藜渣，與其他植物一起共生	

(紅藜生長紀錄：113/2/5 播種，113/3/16 長出紅藜葉，以上照片由第一作者拍攝)

表3-4-11-2 紅藜渣種植後，經過74天結穗了，93天穗轉紅

		
再經過1個月，紅藜結穗了，顯現出紅藜擁有超強的生命力	又經過一個月，穗轉紅了	

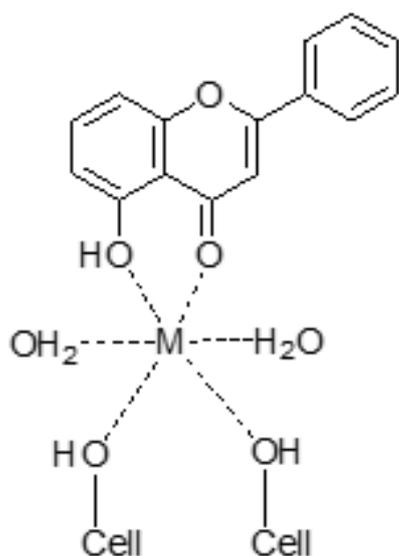
(紅藜生長紀錄：於113/4/20結穗，113/5/19穗轉紅，以上照片由第一作者拍攝)

討論與分析：

1. 高溫熬煮過的紅藜渣細胞可能已經壞死，無法再重新生長，但可當為肥料。
2. 低溫(55°C)或常溫染布後所剩餘的渣渣，可重新長出紅藜，也可與其他植物共生。

## 肆、討論

- 一、在劉曉倩(2018)文中提及，布料纖維缺乏與染料之間的親和力時，色素較難染色上去，在漂洗後常會褪色，需藉由媒染劑增加上色機會，例如是常見的花青素與媒染劑的鋁離子發生配位共價作用時，就會形成金屬錯合物，如圖4-1所示。而紅藜中所含的色素為甜菜色素，是一種多酚類，雖與類黃酮的花青素不同，但推測其亦可能與特定的金屬離子產生配位共價作用，由本實驗染布結果看出其與三價的鋁離子結合的效果較佳，爾後可用儀器加以驗證。



(M：媒染劑；Cell：衣服纖維)

圖4-1 媒染劑作為花青素與衣料纖維的媒介

圖片來源：植物染缸論化學 / 劉曉倩(2018)

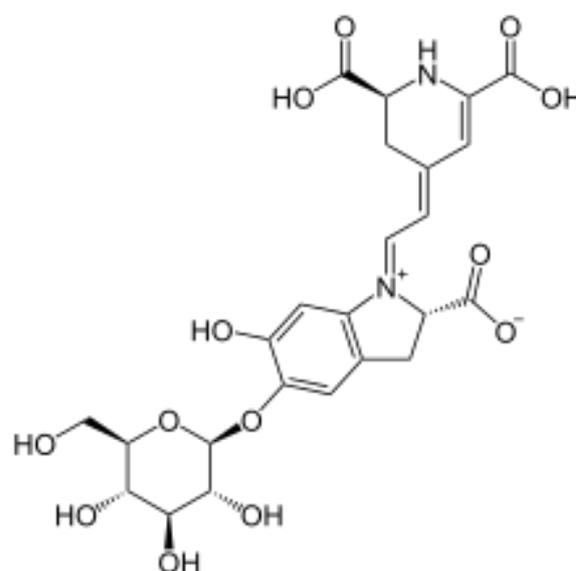


圖4-2 紅藜中所含甜菜色素的化學結構

圖片來源：維基百科-甜菜素

- 二、在我們所設計的「實驗三：探討染液溫度與媒染劑對染布效果」，結果發現溫度較高效果較佳，恰可以驗證高溫分子具有較高動能，有利於染料分子上色的速率。
- 三、在黃羽豪(2021)文中提及，花青素(anthocyanin)為一種無毒的水溶性色素，具有在不同pH值環境下會快速變色的特性，添加胺基酸或胜肽可提高花青素的顏色穩定性。推測本作品的甜菜色素也能如此，於是利用富含多種胺基酸的自製無糖豆漿，實驗證明將布利用自製無糖豆漿染前處理後，的確使染後的布較不易褪色。

## 伍、結論

- 一、本專題利用紅藜進行染布，嘗試找出最環保的染色配方與流程，實驗中選用天然植物紅藜的廢棄物-紅藜殼進行染色，得到以下的結論：
  - (一) 先以無糖豆漿將布進行染前處理取出晾乾。
  - (二) 浸泡於媒染劑0.2%綠礬/白礬 10 分鐘取出晾乾。
  - (三) 將染布浸泡在以高溫 100°C熬煮10分鐘、濃度為 15g紅藜殼粉/100g水的染液中，10 分鐘後取出晾乾。
  - (四) 得到白礬/色調(H)=347.7、飽和度(S)=72.7、明度 (V)=74.0 的最佳染色結果。  
綠礬/色調(H)=354.3、飽和度(S)=63.3、明度 (V)=50.3 的最佳染色結果。
- 二、我們利用比爾-朗伯定律 (Beer - Lambert law) 所自製Arduino 比色管，測量由媒染劑與染液作用後的染液亮度值改變，進而推論媒染劑與染料分子產生作用所造成。我們將溶液以離心機進行離心，在試管底部產生不同程度的沉澱物。



圖5-1 藍礬加入染劑中粉反應後，再以離心機離心後結果(由左至右媒染劑體積越多)  
(照片由第一作者拍攝)

- 三、我們利用Arduino顏色檢測儀，自製出了「自動染布監控機」，定時進行顏色鑑定，當顏色未達預設標準時，再自動下降至染液中繼續染色，若已達標準則完成染布，取出晾乾。
- 四、台灣藜是台灣原住民的傳統作物，與原住民的關係密切。最早的文獻記載可追溯至日治時期，除了作為食物，也用於祭祀和裝飾。它有季節性且耐旱的特性，染布萃取後的紅藜渣在種植後，仍可當肥料或繼續生長，讓食材取之於大自然，再還給大自然，達到永續經營的環保理念。

五、實驗初期，因為未添加媒染劑也沒浸泡無糖豆漿，染出來的布顏料上色較差且褪色快，備感懊惱，經過不斷嘗試後終能使水溶性的色素染在布上，成就感十足，將本實驗的結果彙整在表4-1中，方可知布前處理的重要性，利用廢棄物-紅藜殼進行染布，飽和度更增加許多。

表4-1 染布結果彙整比較

編號	布前處理	媒染劑	染的次數	染劑	色調	洗後色調	飽和度	洗後飽和度
流程1	無	白礬	1	紅藜	358.0	26.0	59.3	41.0
流程2	無	綠礬	1	紅藜	358.3	22.3	47.0	47.7
流程3	豆漿	白礬	1	紅藜	357.0	11.7	38.7	37.3
流程4	豆漿	綠礬	1	紅藜	9.0	20.1	45.3	47.7
流程5	豆漿	白礬	2	紅藜	348.7	11.3	42.0	30.0
流程6	豆漿	白礬	3	紅藜	350.3	352.0	43.7	42.3
流程7	豆漿	白礬	1	殼粉	347.7	13.3	72.7	52.0
流程8	豆漿	綠礬	1	殼粉	354.3	18.3	63.3	54.0

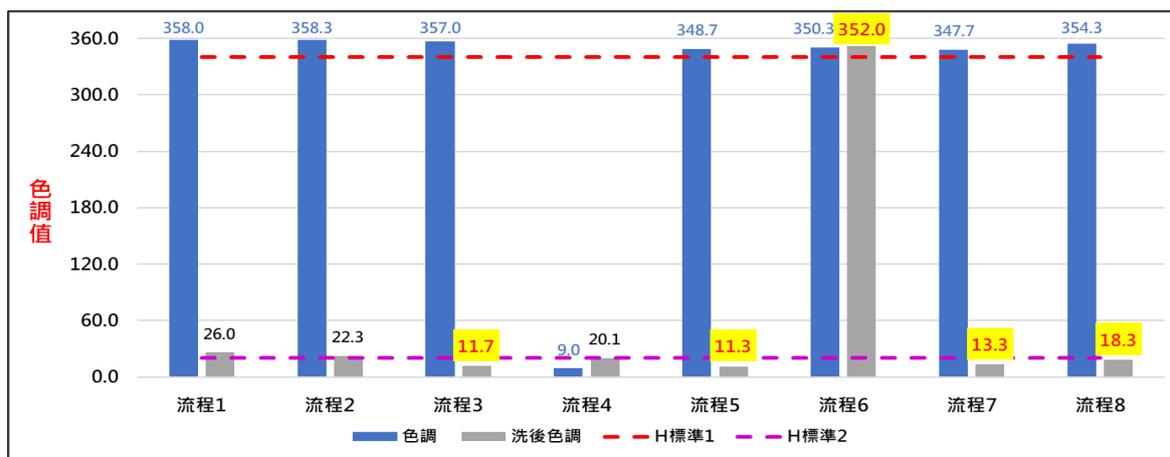


圖4-3 不同染布流程色調值的彙整結果

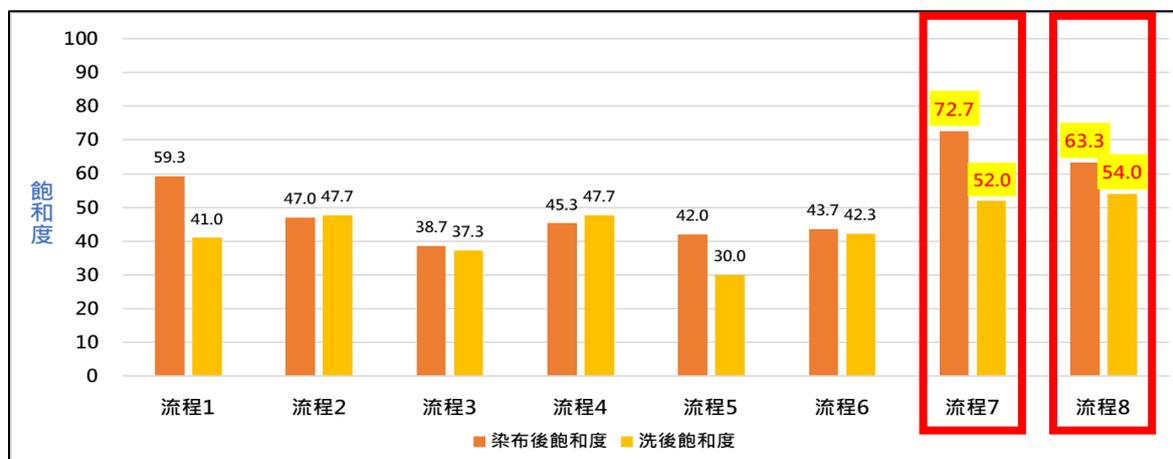


圖4-4 不同染布流程飽和度的彙整結果

## 陸、未來展望

- 一、參訪後讓我們更瞭解這顆穀物界耀眼的紅寶石--台灣藜，從部落耐旱的雜糧作物，已搖身一變成了市場追求養生用的經濟作物。而紅藜脫殼後的花殼被視為廢棄物，倘若研究者能將紅藜花的鮮豔度進行有效再利用，讓紅寶石的紅亦如其名，讓背後的原民文化傳承中有創新的新生機。
- 二、利用紅藜所萃取的色素，不僅天然無毒，之後可以應用於可以如口紅、兒童用品等進行染色，增加其安全性。
- 三、紅藜花的顏色種類高達18種，且紅藜植物的莖、葉都呈現紅色，未來我們也想嘗試以不同顏色的紅藜，或是利用莖和葉來進行染布，讓紅藜的經濟價值更加提升，也讓朵莉絲探員真的「玩出藜想原色」。

## 柒、參考文獻

1. 蔡昕哲、倪羽安、鍾承希(2021)。囊中之物~探討台灣藜抗鹽耐旱的可能原因及囊狀細胞角色。2021年台灣國際科學展覽會。
2. 蘇雋翔(2018)。「藜」想食物的「肌」密---探討紅藜抗氧化之成效。中華民國第58屆中小學科學展覽會。
3. 鄭伊娟(2010年7月)。台灣藜之開發應用成果介紹。「農政與農情」月刊電子書，217。
4. 劉曉倩(2018年3月2日)。植物染缸論化學。台灣化學教育，24。
5. 張至善(2005年10月1日)。博物館衣飾藏品中蘊藏的染織文化。史前館電子報，68。
6. 鄭世政(2018)。台灣紅藜。太雅出版社。
7. 黃羽豪(2021年3月3日)。改善花青素穩定性的加工方法。國立台灣海洋大學食品科學系碩士專討。取自<https://fs.ntou.edu.tw/p/405-1073-56447,c3956.php?Lang=zh-tw>。
8. 國立台灣大學-化學教室活動(2011年5月20日)。自製簡易光電比色計。取自<https://highscope.ch.ntu.edu.tw/wordpress/?p=27250>

## 【評語】 030205

1. 利用簡易顏色測定方法，以三種參數(色相、飽和度、明度)作為鑑定色彩的方式，便於判斷紅黎染料用量，媒染劑與助染劑種類選擇，以及染色溫度等最適化條件。
2. 利用自製簡易光度計測量加入媒染劑及助染劑的染液，藉由觀察亮度值變化與沉澱發生程度判斷是否出現化學反應(推測是螯合反應)。
3. 利用 Arduino 設計顏色檢驗儀做為品管方法，使染色效果能夠均一，已初具「自動染布監控機」的功能，符合利用分析化學中運用感測結合訊號反饋原理達到縮小誤差概念。
4. 該實驗對於助染劑化學原理解釋較為不足。

## 作品簡報

# 「藜」所當「染」 - 台灣藜的染色研究



# 摘要

我們以紅藜作為研究主題，使用帶殼紅藜來進行實驗。

- 一、基礎染色：染液濃度高且重複上色後，可使染布有最佳色調與飽和度。
- 二、媒染劑：事前浸泡濃度 **0.2% 的白礬或綠礬的媒染劑**，染布的色調與飽和度效果最好。並利用**自製光度計**測量加入媒染劑的染液，其亮度值有明顯變亮，離心後發現有沉澱物，驗證其有發生化學反應。
- 三、助染劑：**將布事前浸泡在自製無糖豆漿**後，所得染布效果最佳。
- 四、關注紅藜脫殼後的廢棄物，本研究以**紅藜殼粉**為染料，以白礬當媒染劑來進行染布，得到色調=**347.7**、飽和度=**72.7%**的最佳染色結果。
- 五、我們利用Arduino設計顏色檢驗儀，結合雷切研發製出「**自動染布監控機**」。同時將**染後的紅藜渣**培育繁殖，達到環境永續經營的環保理念。

## 壹、研究動機

植物染一直在原住民傳統服飾中扮演重要角色，台灣藜是台灣原生植物，更是原住民耕作百年以上的傳統作物，朵莉絲探員思考：帶殼的紅藜顏色是如此鮮豔，只有頭飾作用而已嗎？為何原住民長老們不用紅藜染布呢？我們希望讓台灣藜發揮更高的經濟價值。

## 貳、研究目的

- (一) 找出紅藜染色的最佳配方。
- (二) 找出媒染劑、助染劑對染布的影響。
- (三) 找出紅藜染色的最佳流程。
- (四) 紅藜染布後各項性質的檢測。
- (五) 製作自動監控染布機。

## 參、研究流程與方法

### 一、研究流程圖

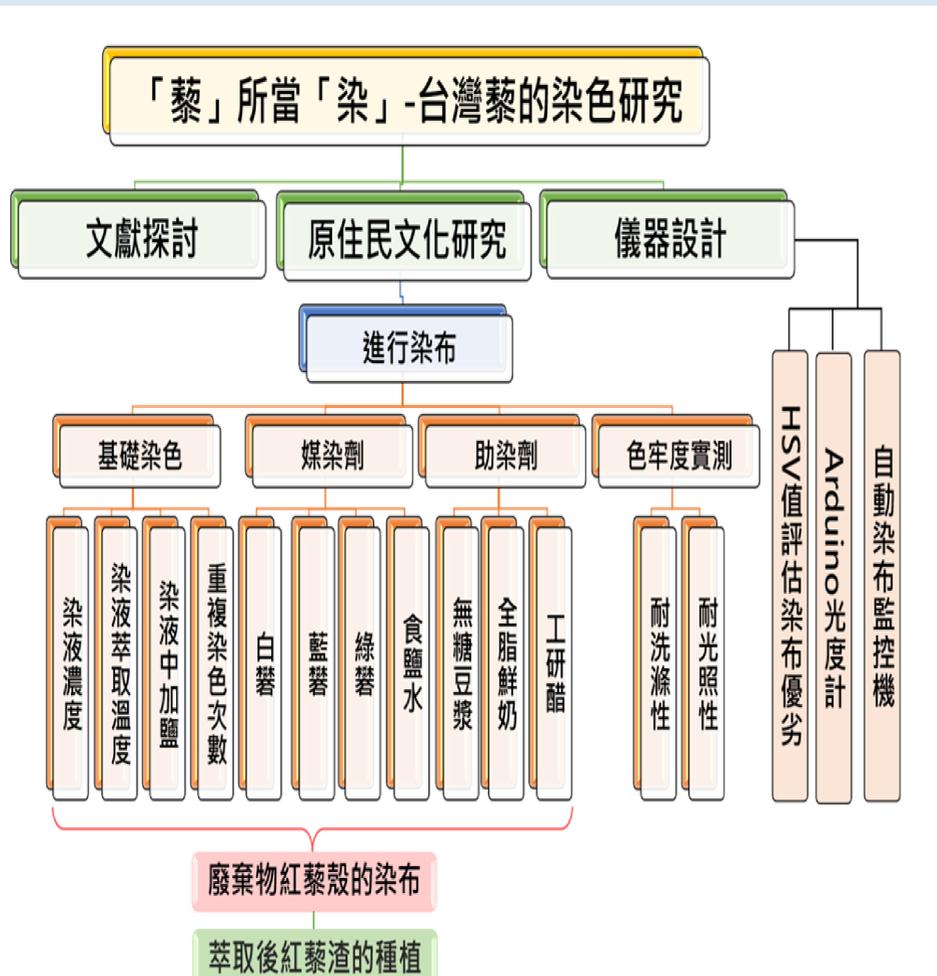


圖1 實驗流程圖

### 二、物理性質測量

#### ◎ 染布的HSV值

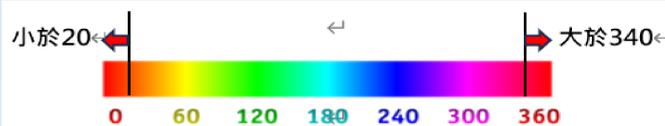


圖2 設定染布色調(H)值的理想範圍 (取自維基百科再加以編輯)

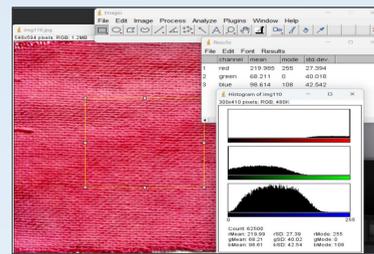


圖3 染布的HSV值測量示意圖 (由第一作者將染布掃描後再以電腦截圖分析而得)

#### ◎ 自製顏色檢測儀

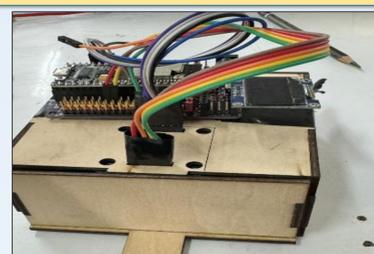


圖4 自製顏色檢測儀的實物圖，能即時判讀 (第二作者拍攝)



圖5 實地參訪-園區專家簡介紅藜各項資訊



(圖5、6皆由第二作者家長拍攝)



圖6 左為電腦數值分析 右為實驗結果與比較



## 肆、研究過程與結果

### 【實驗一】染布前的初測

#### (一) 帶殼紅藜與去殼紅藜水的比較



圖7 左為去殼紅藜水，右為帶殼紅藜水

#### (二) 帶殼紅藜染布初體驗



圖8 左為染布後未水洗，右為染布經水洗後

◎ 結果：我們較喜歡染出紅色的紡織品，決定使用**帶殼紅藜**進行染布實驗。但初步嘗試後發現紅藜不易固色於布上，試著添加不同媒染劑，期待能增加其上色的機會。

(圖7、8皆由第一作者拍攝)

## 【實驗二】染液濃度與媒染劑對染布的影響

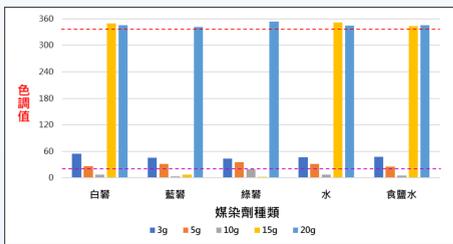


圖9 染色結果-色調值

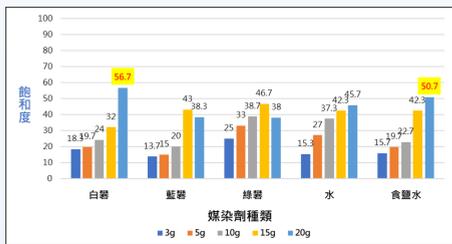


圖10 染色結果-飽和度

## 【實驗三】染液溫度與媒染劑對染布的影響

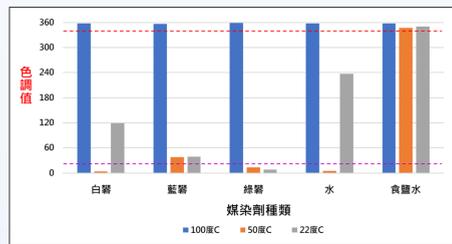


圖11 染色結果-色調值

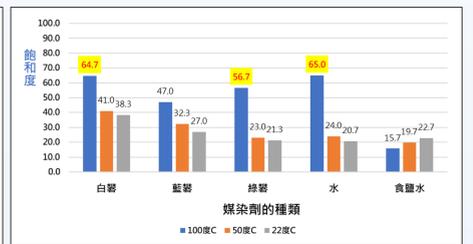


圖12 染色結果-飽和度

◎ 結論：濃度越高，染色效果越好，但因紅藜愈多，吸收的水份也會越多，染液變得較為濃稠。

◎ 結論：高溫染液所染出的布有較優的色調與飽和度

## 【實驗四】染液中加入鹽與媒染劑對染布的影響

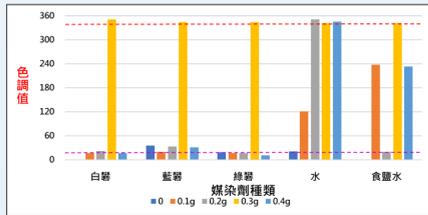


圖13 洗後染色結果-色調值

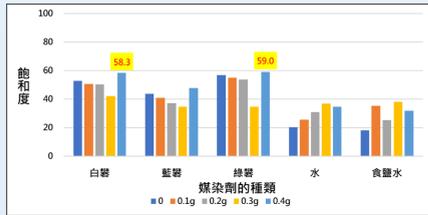


圖14 洗後染色結果-飽和度

表2 染完洗後色的結果

媒染劑種類	白礬	藍礬	綠礬	水	食鹽水
無加鹽染布成品	色調(H)平均值 21.3 飽和度(S)平均值 52.7	色調(H)平均值 36.3 飽和度(S)平均值 43.7	色調(H)平均值 19.0 飽和度(S)平均值 56.7	色調(H)平均值 22.0 飽和度(S)平均值 20.3	色調(H)平均值 2.0 飽和度(S)平均值 18.3
加0.1克鹽染布成品	色調(H)平均值 17.3 飽和度(S)平均值 50.7	色調(H)平均值 20.3 飽和度(S)平均值 41.0	色調(H)平均值 17.0 飽和度(S)平均值 55.0	色調(H)平均值 121.3 飽和度(S)平均值 25.7	色調(H)平均值 237.7 飽和度(S)平均值 35.3
加0.2克鹽染布成品	色調(H)平均值 22.7 飽和度(S)平均值 50.3	色調(H)平均值 34.3 飽和度(S)平均值 37.3	色調(H)平均值 17.3 飽和度(S)平均值 53.7	色調(H)平均值 351.0 飽和度(S)平均值 31.0	色調(H)平均值 21.0 飽和度(S)平均值 25.3
加0.3克鹽染布成品	色調(H)平均值 350.7 飽和度(S)平均值 42.3	色調(H)平均值 343.7 飽和度(S)平均值 34.7	色調(H)平均值 343.7 飽和度(S)平均值 34.7	色調(H)平均值 341.7 飽和度(S)平均值 37.0	色調(H)平均值 341.3 飽和度(S)平均值 38.0
加0.4克鹽染布成品	色調(H)平均值 17.7 飽和度(S)平均值 58.3	色調(H)平均值 32.0 飽和度(S)平均值 47.7	色調(H)平均值 11.7 飽和度(S)平均值 59.0	色調(H)平均值 344.7 飽和度(S)平均值 34.7	色調(H)平均值 232.7 飽和度(S)平均值 32.0

## 【實驗五】不同媒染劑與紅藜染液的反應實驗

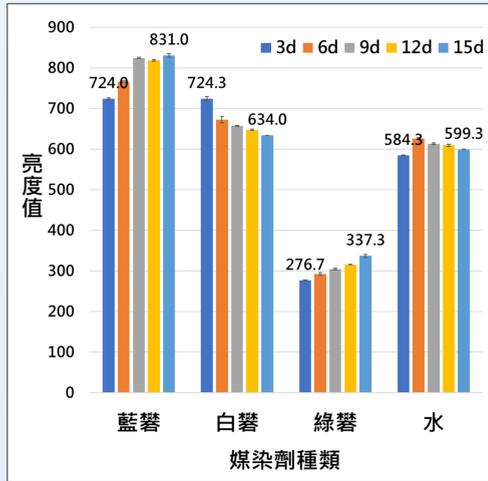


圖15 洗後染色結果-飽和度

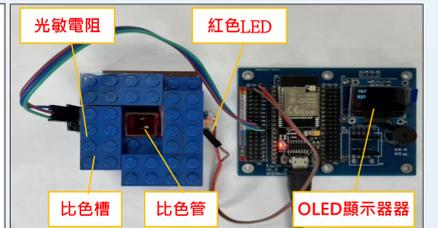


圖16 光度計裝置圖

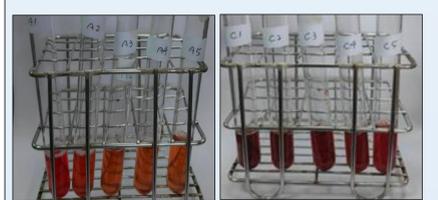


圖17 左：藍礬 右：綠礬

◎ 結論：在加入鹽後，顏色不均勻的狀況明顯。評估後，不須在染液中額外加入鹽來染布。

◎ 結論：在藍礬與綠礬的實驗中，加媒染劑越多，溶液的亮度會越亮，白礬則有增豔效果

## 【實驗六】

### 探討不同助染劑與媒染劑對染布效果的影響

表3 浸泡助染劑的結果

媒染劑種類	白礬	藍礬	綠礬	水	食鹽水
助染劑-豆漿染布成品	色調(H)平均值 357.0 飽和度(S)平均值 38.7	色調(H)平均值 6.7 飽和度(S)平均值 37.3	色調(H)平均值 9.0 飽和度(S)平均值 45.3	色調(H)平均值 351.3 飽和度(S)平均值 38.3	色調(H)平均值 350.7 飽和度(S)平均值 36.3
助染劑-全脂鮮奶染布成品	色調(H)平均值 357.0 飽和度(S)平均值 39.7	色調(H)平均值 22.7 飽和度(S)平均值 42.7	色調(H)平均值 5.7 飽和度(S)平均值 46.7	色調(H)平均值 351.0 飽和度(S)平均值 41.7	色調(H)平均值 351.0 飽和度(S)平均值 42.7
助染劑-醋染布成品	色調(H)平均值 347.3 飽和度(S)平均值 47.3	色調(H)平均值 345.7 飽和度(S)平均值 44.7	色調(H)平均值 355.7 飽和度(S)平均值 43.3	色調(H)平均值 347.0 飽和度(S)平均值 47.7	色調(H)平均值 347.0 飽和度(S)平均值 46.3

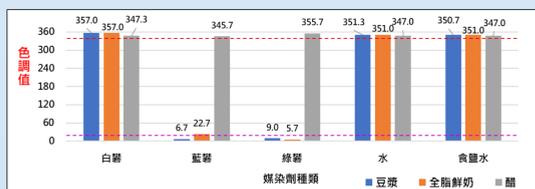


圖18 染色結果-色調值

表4 再經漂洗的結果

媒染劑種類	白礬	藍礬	綠礬	水	食鹽水
助染劑-豆漿染布成品	色調(H)平均值 11.7 飽和度(S)平均值 37.3	色調(H)平均值 39.7 飽和度(S)平均值 48.7	色調(H)平均值 20.0 飽和度(S)平均值 47.7	色調(H)平均值 118.3 飽和度(S)平均值 25.3	色調(H)平均值 357.0 飽和度(S)平均值 24.7
助染劑-全脂鮮奶染布成品	色調(H)平均值 18.3 飽和度(S)平均值 36.3	色調(H)平均值 47.3 飽和度(S)平均值 53.3	色調(H)平均值 20.1 飽和度(S)平均值 52.7	色調(H)平均值 121.3 飽和度(S)平均值 26.7	色調(H)平均值 247.3 飽和度(S)平均值 31.7
助染劑-工研醋染布成品	色調(H)平均值 353.7 飽和度(S)平均值 35.3	色調(H)平均值 23.0 飽和度(S)平均值 36.7	色調(H)平均值 16.0 飽和度(S)平均值 49.3	色調(H)平均值 349.0 飽和度(S)平均值 29.7	色調(H)平均值 347.3 飽和度(S)平均值 26.7



圖20 洗後染色結果-色調值

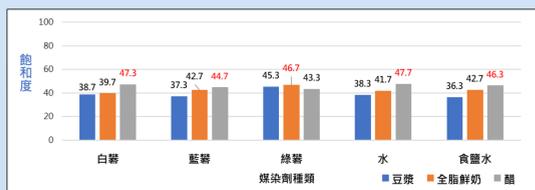


圖19 染色結果-飽和度

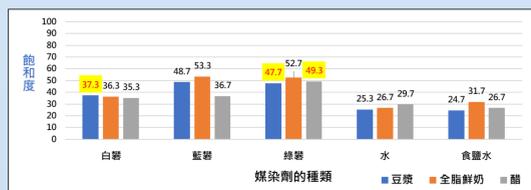


圖21 洗後染色結果-飽和度

## 【實驗七】

### 探討重複染布對染布效果的影響

表5 重複染布的實驗結果

助染劑	自製豆漿			工研醋		
	第一次	第二次	第三次	第一次	第二次	第三次
重複染次數	第一次	第二次	第三次	第一次	第二次	第三次
染布成品	~100	~100	~100	~100	~100	~100
色調(H)平均值	357.0	348.7	350.3	347.3	346.7	347.0
飽和度(S)平均值	38.7	42.0	43.7	47.3	54.0	56.7
洗後染布成品	~100	~100	~100	~100	~100	~100
色調(H)平均值	11.7	11.3	352.0	353.7	5.7	352.0
飽和度(S)平均值	37.3	30.7	42.3	35.3	25.7	32.7

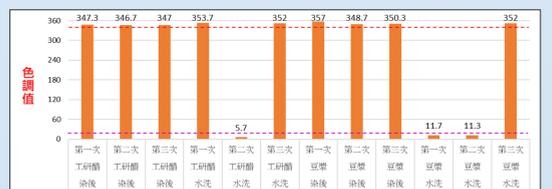


圖22 染色結果-色調值



圖23 染色結果-飽和度

◎ 結論：染後的色調與飽和度皆不錯，但經漂洗後，全脂鮮奶色調偏離，醋的飽和度下降許多；因此以豆漿做布前處理，並使用白礬和綠礬當媒染劑，色調為紅色，飽和度在洗後差異不大

◎ 結論：染越多次飽和度越高；助染劑選擇豆漿，媒染劑選擇白礬，染色效果最好。

## 【實驗八】染布後各項性質的實測

### 一、色牢度-耐洗滌性實驗

表6 不同清潔劑洗滌後的結果

清潔劑種類	水	沐浴乳	洗手乳	洗髮精	洗衣精	洗碗精
pH值	7.79	5.84	6.85	6.19	8.73	6.42
白礬媒染劑染布成品	色調(H)平均值 22.0 飽和度(S)平均值 29.3 明度(V)平均值 87.0	色調(H)平均值 24.0 飽和度(S)平均值 31.3 明度(V)平均值 91.0	色調(H)平均值 27.0 飽和度(S)平均值 26.7 明度(V)平均值 91.7	色調(H)平均值 25.3 飽和度(S)平均值 26.0 明度(V)平均值 91.3	色調(H)平均值 22.0 飽和度(S)平均值 21.3 明度(V)平均值 92.3	色調(H)平均值 28.0 飽和度(S)平均值 28.0 明度(V)平均值 91.3
綠礬媒染劑染布成品	色調(H)平均值 36.7 飽和度(S)平均值 50.7 明度(V)平均值 57.7	色調(H)平均值 35.0 飽和度(S)平均值 28.3 明度(V)平均值 68.7	色調(H)平均值 37.0 飽和度(S)平均值 37.7 明度(V)平均值 64.0	色調(H)平均值 36.0 飽和度(S)平均值 33.3 明度(V)平均值 67.7	色調(H)平均值 35.0 飽和度(S)平均值 32.3 明度(V)平均值 68.3	色調(H)平均值 38.3 飽和度(S)平均值 32.7 明度(V)平均值 68.7

◎ 結論：紅藜染布後的成品，建議以清水清洗就好。

### 二、色牢度-耐光照性實驗

表7 染布放置在不同環境的實測

放置環境	室內	室外陽光	PL燈
照片	~100	~100	~100
放置環境	照紫外線燈	傳統鎢絲燈	LED燈
照片	~100	~100	~100

◎ 結論：在五天内，使用綠礬當媒染劑，耐光照性較好；使用白礬當媒染劑，則較差。

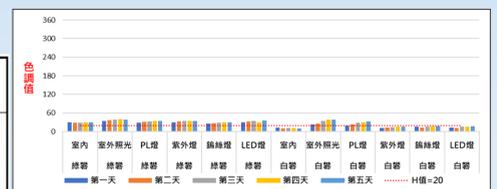


圖24 照光結果-色調值

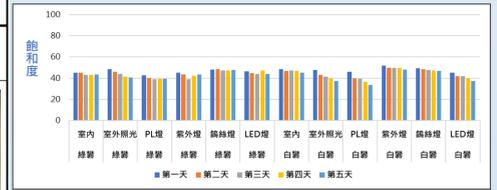


圖25 照光結果-飽和度

## 【實驗九】紅藜殼粉進行染布並製作大塊染布

表8 紅藜殼粉染後與漂洗後的結果

媒染劑種類 染布編號	白礬			綠礬		
	第一塊	第二塊	第三塊	第一塊	第二塊	第三塊
染布成品						
色調(H)平均值	347.7			354.3		
飽和度(S)平均值	72.7			63.3		
明度(V)平均值	74.0			50.3		
漂洗後 染布成品						
色調(H)平均值	13.3			18.3		
飽和度(S)平均值	52.0			54.0		
明度(V)平均值	80.3			55.0		



圖26 大塊染布  
(上為白礬；下為綠礬)

◎ 結論：不管使用白礬或綠礬當媒染劑，利用紅藜殼進行染布後的飽和度明顯增加，在漂洗後的色調仍在紅色範圍內，且飽和度依然維持50%以上。

## 【實驗十】研發自動染布監控機

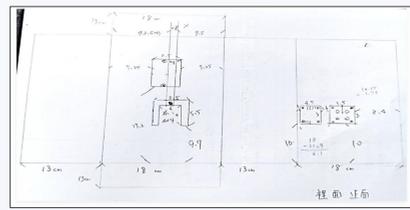


圖27 染布機手繪稿



圖28 自動染布監控機  
(左為紙盒初做；右為雷切)

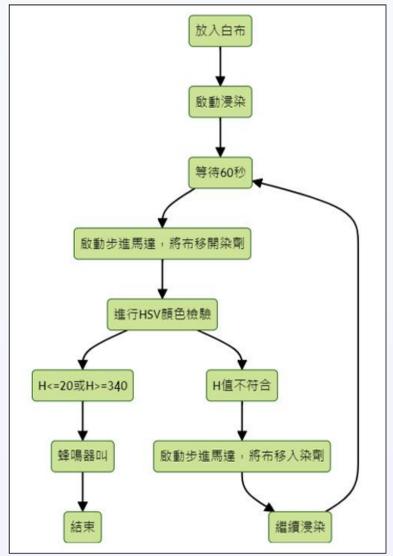


圖29 自動染布監控機的程式流程圖

## 【實驗十一】環境的永續發展



圖30 不同溫度熬煮過後的紅藜渣生長情形  
(左為高溫紅藜渣；中為常溫紅藜渣；右為低溫紅藜渣)

◎ 結論：

1. 高溫熬煮過的紅藜渣細胞可能已經壞死，無法再重新生長，但可當為肥料。
2. 常溫或低溫染布後所剩餘的渣，可重新長出紅藜，也可與其他植物共生。

(本頁照片、圖片皆由第一作者或第二作者拍攝)

## 伍、討論

- 一. 文獻中提及，布料纖維缺乏與染料之間的親和力時，色素較難染色上去，在漂洗後常會褪色，需藉由媒染劑增加上色機會，例如是常見的花青素與媒染劑的鋁離子發生配位共價作用時，就會形成金屬錯合物。而紅藜中所含的色素為甜菜色素，是一種多酚類，雖與黃酮類的花青素不同，但推測其亦可能與特定的金屬離子產生配位共價作用，由本實驗染布結果看出其與三價的鋁離子結合的效果較佳，爾後可用儀器加以驗證。
- 二. 文獻中提及，添加胺基酸或胜肽可提高花青素的顏色穩定性，推測甜菜色素也可如此。實驗證明將布利用富含多種胺基酸的自製無糖豆漿，進行染前的處理後，的確使染後的布較不易褪色。

## 陸、結論

- 一. 本專題利用紅藜進行染布，嘗試找出最佳的染色配方與流程，實驗中選用天然植物紅藜的廢棄物-紅藜殼進行染色，得到以下的結論：
  - (一) 先以自製無糖豆漿將布進行染前處理取出晾乾。
  - (二) 浸泡於媒染劑0.2%白礬/綠礬 10分鐘取出晾乾。
  - (三) 將染布在 100°C、濃度為 15g紅藜殼粉/100g水的染液中，熬煮10分鐘取出晾乾。
  - (四) 得到白礬/色調(H)=347.7、飽和度(S)=72.7%、明度(V)=74.0%的最佳染色結果。  
綠礬/色調(H)=354.3、飽和度(S)=63.3%、明度(V)=50.3%的最佳染色結果。
- 二. 研發出「自動染布監控機」，定時進行顏色鑑定，當顏色未達預設標準時，再自動下降至染液中繼續染色，若已達標準則完成染布，取出晾乾。
- 三. 台灣藜是台灣原住民的傳統作物，與原住民的關係密切。除了作為食物，也用於祭祀和裝飾。它有季節性且耐旱的特性，將染布萃取後的紅藜渣再種植，仍可當肥料或繼續生長，讓食材取利自然，還利自然，達到永續經營的環保理念。
- 四. 實驗初期，未加媒染劑也沒浸泡豆漿，染出來的布上色差且褪色快。不斷嘗試後終能使水溶性的色素染在布上，成就感十足，將本實驗的結果彙整在表9中，方可知布前處理的重要性，而利用廢棄物-紅藜殼進行染布，染後的飽和度更增加許多。

表9 不同染布流程的結果比較分析

編號	布前處理	媒染劑	染布次數	染劑	色調	洗後色調	飽和度(%)	洗後飽和度(%)
流程1	無	白礬	1	紅藜	358.0	26.0	59.3	41.0
流程2	無	綠礬	1	紅藜	358.3	22.3	47.0	47.7
流程3	豆漿	白礬	1	紅藜	357.0	11.7	38.7	37.3
流程4	豆漿	綠礬	1	紅藜	9.0	20.1	45.3	47.7
流程5	豆漿	白礬	2	紅藜	348.7	11.3	42.0	30.0
流程6	豆漿	白礬	3	紅藜	350.3	352.0	43.7	42.3
流程7	豆漿	白礬	1	殼粉	347.7	13.3	72.7	52.0
流程8	豆漿	綠礬	1	殼粉	354.3	18.3	63.3	54.0

◎ 色調介於大於340(H標準1)或是小於20(H標準2)間，是我們設定的理想顏色。

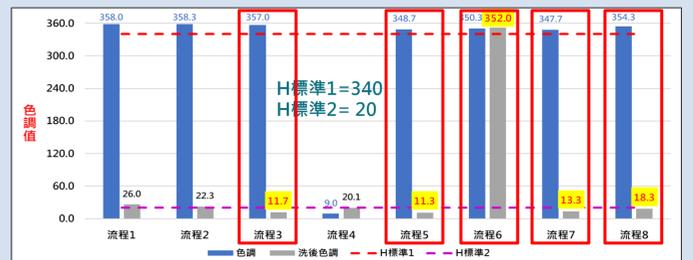


圖31 不同染布流程 色調(H值) 比較圖



圖32 不同染布流程 飽和度(S值) 比較圖

## 柒、參考文獻

- 一. 黃羽豪(2021)。改善花青素穩定性的加工方法。國立台灣海洋大學食品科學系碩士專討。
- 二. 鄭伊娟(2010)。台灣藜之開發應用成果介紹。「農政與農情」月刊電子書，217。
- 三. 張至善(2005)。博物館衣飾藏品中蘊藏的染織文化。史前館電子報，68。