

中華民國第 52 屆中小學科學展覽會
作品說明書

國小組 化學科

最佳(鄉土)教材獎

080215

再現菱色

學校名稱：高雄市左營區舊城國民小學

作者：	指導老師：
小四 余灌祐	蕭妃茹
小四 郭原銘	蔡幸真
小四 馮軍棠	
小四 黃文陽	
小四 蔡景鵬	
小四 賴宥榕	

關鍵詞：菱角、色素、微波

再現菱色

-微波應用於菱角染布之探討及菱角色素新應用-

摘要

本研究在探討利用微波加熱進行菱角殼色素萃取與染布的可行性，及尋找菱角色素新的應用方式，希望能更有效利用菱角殼。研究指出溼的菱角殼的萃取率 3.15% 比乾殼萃取率高（1.59~1.86%）。將菱角殼的顆粒變小，能提高色素的萃取率（9.3%）。利用微波加熱法比水煮加熱法的色素萃取率高，以微波 10 分鐘的萃取率最高（5%）。微波加熱煮染布，以微波 10 分鐘的染布效果最好。色素乾燥後還原可應用在紙及手繪染布上，色素安定性測試發現色素在紙上，照紫外光組 ΔE 為 2.42，不照光組 ΔE 為 0.17，而手繪染布後再加明礬或是醋酸鐵媒染後，照紫外光組 ΔE 在-2.42~2.92，不照光組 ΔE 在-5.03~3.06，經 15 分鐘水洗測試後，染布之 ΔE 在-0.21~0.99 之間，穩定度佳。結果顯示菱角色素適合用來當天然顏料。

壹、研究動機

利用菱角染布對我們學校的同學而言是不陌生的，但是此項活動仍然無法被大量推廣，因為染布的步驟包括菱角色素萃取需要煮菱角殼三十分鐘，布的煮染三十分鐘，再加上媒染劑媒染三十分鐘。所需的時間非常久，再加上菱角殼色素水存放不易等等因素，可能是阻礙推廣的原因。所以我們想是不是有比較省時的方法既可以萃取菱角色素又可以染布，或是菱角色素還有沒有再利用的好條件，如此可以將此環保又具校本特色的活動持續延續下去。（配合康軒四上水生植物及校本課程計畫、六上水溶液）

貳、研究目的

- 一、菱角殼乾燥率與色素萃取率之探討
- 二、水煮加熱法與微波加熱法對色素萃取率探討
- 三、菱角殼顆粒大小與色素萃取率之探討
- 四、微波時間與色素萃取率之探討
- 五、微波加熱應用於染布可行性之探討
- 六、還原色素應用及安定性之探討

參、研究器材

- 一、器材：卡式爐、燒杯、溫度計、迴旋轉濃縮機、粉碎機、色差儀、微波爐(Panasonic NN-S215 輸出 750W)、烤箱、烘碗機加熱底座、簡易抽氣過濾裝置、棉布、濾紙、紫外燈(型號：電子式 3 U - 1 5 W 1 2 0 V)



圖 1：利用粉碎機粉碎菱角殼，再用電子顯微鏡量得為長度約為 0.003mm。



圖 2:大學實驗室中操作抽氣過濾裝置，可以快速的濾出雜質。

- 二、藥品：明礬、醋酸鐵

肆、研究過程與方法

一、研究流程

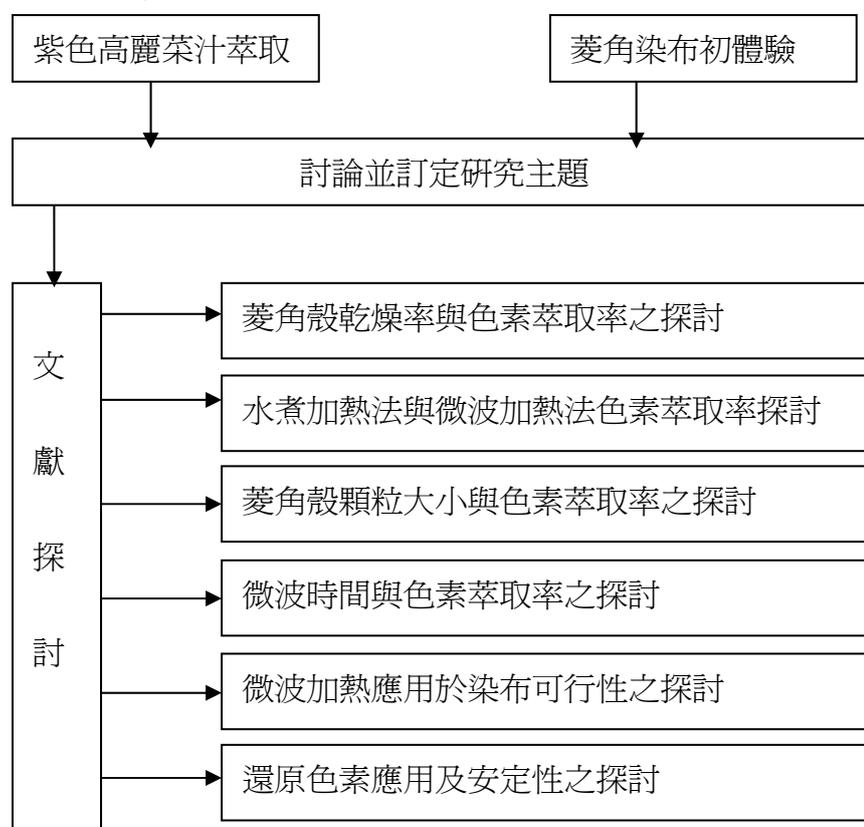


圖 3：研究架構圖

二、菱角殼乾燥率與色素萃取率之探討

前言：因菱角有產季的限制，我們都是將菱角殼曬乾保存，有人提出質疑說因為曬乾了，所以菱角色素在萃取時會減少，因此我們進行此研究來解開疑惑。

實驗步驟：

- 1、稱取溼的菱角殼 100 公克三份，其中二份進行不同時間長短之乾燥，**乾燥率=（減少之重量÷100）×100%。**
- 2、將菱角殼分別加入等量的水，煮沸騰後，繼續煮 30 分鐘萃取菱角色素。
- 3、將煮好之色素水進行第一次濾網過濾及第二次簡易抽氣過濾。
- 4、色素水放入稱好重量之空杯（A）中進行迴旋濃縮（搭配簡易加熱蒸發法及低溫烘乾法），稱量最後總重（B），計算（B-A）即為萃取之色素重。
- 5、**色素萃取率=（萃取色素重量÷原菱角殼重量）×100%**



圖 4：利用加熱法加速色素乾燥



圖 5：利用烘碗機底座慢慢蒸發乾燥

三、水煮加熱法與微波加熱法對色素萃取率之探討

前言：傳統萃取菱角色素是以水煮加熱法，此法耗時而且耗能源。如果能以微波加熱方式取代傳統水煮加熱萃取法，達到省時的目的，也可以提高菱角色素被使用的機會。

實驗步驟：

- 1、取乾菱角殼與水重量比為 1:20 之比例，進行水煮加熱萃取菱角色素，萃取時間為煮滾後 30 分鐘。
- 2、另外取乾菱角殼與水重量比為 1:20 之比例，以燒杯及保鮮膜覆蓋，進行微波加熱 1 分鐘，待降溫後，再微波加熱，重覆至所需的加熱時間。
- 3、萃取好之菱角色素水進行第一次濾網過濾及第二次簡易抽氣過濾。
- 4、色素水放入稱好重量之空杯（A）中進行迴旋濃縮（簡易加熱蒸發法及低溫烘乾法），稱量最後總重（B），計算（B-A）即為萃取之色素重。
- 5、重覆三次實驗取平均值，並求出色素萃取率。

四、菱角殼顆粒大小與色素萃取率之探討

前言：前次試驗中已證實微波加熱法萃取菱角色素優於水煮加熱法。但是在萃取菱角色素時，多半利用全殼加熱的方式來萃取。如果我們改變菱角殼顆粒的大小，是否能提高菱角色素的萃取率？

實驗步驟：

- 1、取不同顆粒大小之乾菱角殼與水重量比為 1:20 之比例，以燒杯及玻璃片覆蓋，進行微波加熱 1 分鐘，待降溫後，微波加熱，重覆至 10 分鐘。
- 2、萃取出之菱角色素水進行第一次濾網過濾及第二次簡易抽氣過濾。
- 3、色素水放入稱好重量之空杯 (A) 中進行迴旋濃縮 (簡易加熱蒸發法及低溫烘乾法)，稱量最後總重 (B)，計算 (B-A) 即為萃取之色素重。
- 4、重覆本實驗二次，求萃取色素平均重量，並計算菱角色素萃取率。

五、微波時間與色素萃取率之探討

前言：由上面實驗發現微波加熱的色素萃取率高於水煮加熱法，但是到底要微波加熱多久可以最有效率的萃取出菱角色素呢？

實驗步驟：

- 1、取乾菱角殼與水重量比為 1:20 之比例，以燒杯及保鮮膜覆蓋，進行微波加熱，每次 1 分鐘，待降溫後，微波加熱，重覆至所需的加熱時間。
- 2、萃取出之菱角色素水進行第一次濾網過濾及第二次簡易抽氣過濾。
- 3、色素水放入稱好重量之空杯 (A) 中進行迴旋濃縮 (簡易加熱蒸發法及低溫烘乾法)，稱量最後總重 (B)，計算 (B-A) 即為萃取之色素重。
- 4、重覆上述實驗二次，算色素平均重量，並計算萃取率。

六、微波加熱用於染布可行性之探討

前言：菱角染布除色素萃取之外，煮染布也是一件費時的事，既然可以用微波加熱來萃取色素，那麼是不是也可以用微波加熱方法來煮染布？

(一) 水煮加熱法與微波加熱法染布效果之比較

實驗步驟：

- 1、使用同一鍋萃取出之色素。其中一塊染布以傳統水煮加熱法煮染 30 分鐘後，再以明礬及醋酸鐵進行媒染 30 分鐘。
- 2、另一染布以微波加熱法進行染布，微波時間為 5 分鐘。之後再以明礬及醋酸鐵進行媒染 30 分鐘。
- 3、以未染色之染布做為標準品，使用色差儀進行測定。

(二)不同微波加熱時間對菱角染布效果之探討

實驗步驟：

- 1、100 克乾菱角殼加 2000 克水加熱 30 分鐘，取得傳統色素水。
- 2、取 100 公克色素水於燒杯中，放入未染色棉布 10cm*10cm。
- 3、微波時間分別為 3 分、5 分、7 分、9 分、11 分、13 分
- 4、取 80 克媒染劑(燒明礬溶液 5%)，媒染 30 分鐘。
- 5、擰乾，等乾燥後利用色差儀做色差測定。

七、還原色素應用及安定性之探討

前言：菱角色素可以經由萃取乾燥得到，色素可以加水還原，我們還想更進一步知道菱角色素安定性到底如何，以及菱角色素在紙及布上的上色效果如何？

(一)還原色素在濾紙上安定性試驗

實驗步驟：

- 1、取乾燥之菱角色素，以 1：10 的比例還原色素。
- 2、用水彩筆將色素水塗在濾紙上，以色差儀測量。
- 3、將照光組置於裝有紫外燈之暗箱中照紫外光。
- 4、將照光組及不照光組於不同時間點取出，再以色差儀測量。



圖 6：紫外燈暗箱，操作時要配戴安全護目鏡。

(二)還原色素用於手繪染布安定性試驗

實驗步驟：

- 1、取乾燥之菱角色素，以 1：10 的比例還原色素。
- 2、用水彩筆將色素水塗在染布上。
- 3、其中一組染布加明礬，另一組染布加上醋酸鐵。
- 3、將照光組置於裝有紫外燈之暗箱中照紫外光。
- 4、將照光組及不照光組於不同時間點取出，再以色差儀測量。

(三)還原色素手繪染布水洗褪色試驗

實驗步驟：

- 1、將染布置於小塑膠瓶內，內部裝水後，旋緊瓶口。
- 2、將小塑膠瓶放入水桶內，水桶內裝水。不斷的攪動水桶。
- 3、15 分鐘後，取出染布晾乾，測其 Lab 值。

伍、結果

一、菱角殼乾燥率與色素萃取率之探討

表 1：菱角殼乾燥率與色素萃取率之關係

乾燥率	色素平均重量 (公克)(N=2)	萃取率
0%	3.15	3.15%
74%	1.86	1.86%
80%	1.59	1.59%

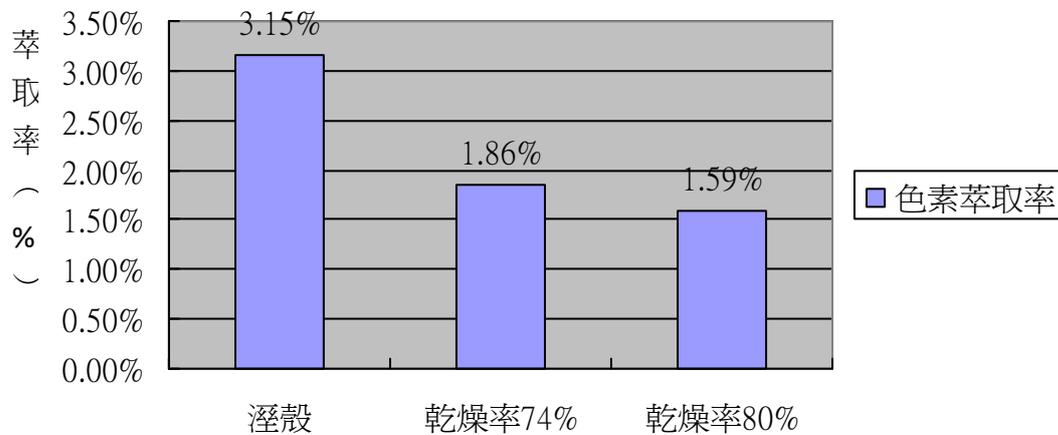


圖 7：菱角殼乾燥率與色素萃取率之關係圖

結果：相同水量及萃取條件相同之下，菱角殼乾燥率越高，色素萃取率越低。其中以溼殼的色素萃取量最多為 3.15%。

二、水煮加熱法與微波加熱法對色素萃取率之探討

表 2：加熱方式與色素取率之關係

加熱方式 條件與結果	加熱時間	菱角殼重	色素平均重 量	萃取率
水煮加熱法	30 分鐘	100 公克	1.5 公克	1.5%
微波加熱法	5 分鐘	10 公克	0.45 公克	4.5%

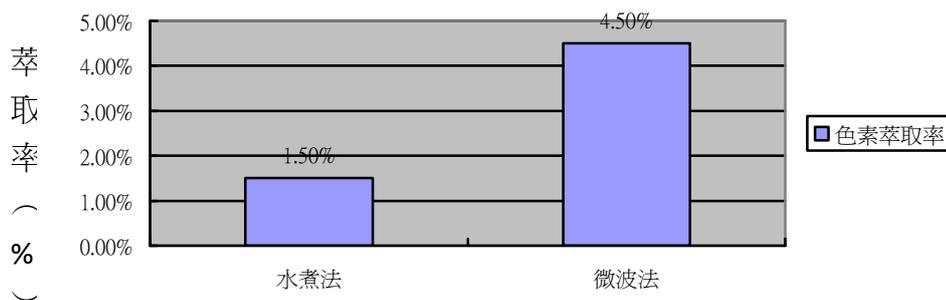


圖 8：不同加熱法之色素萃取率

結果：微波加熱 5 分鐘色素萃取率為 4.5%，優於水煮加熱法 30 分鐘之色素萃取率 1.5%。

三、菱角殼顆粒大小與色素萃取率之探討

表 3：不同顆粒大小之菱角殼萃取率

菱角殼顆粒	菱角殼重	色素平均量 (N=3)	色素萃取率
1*1cm	10 公克	0.32g	3.2%
0.5*0.5cm	10 公克	0.47g	4.7%
0.003mm	10 公克	0.93g	9.3%

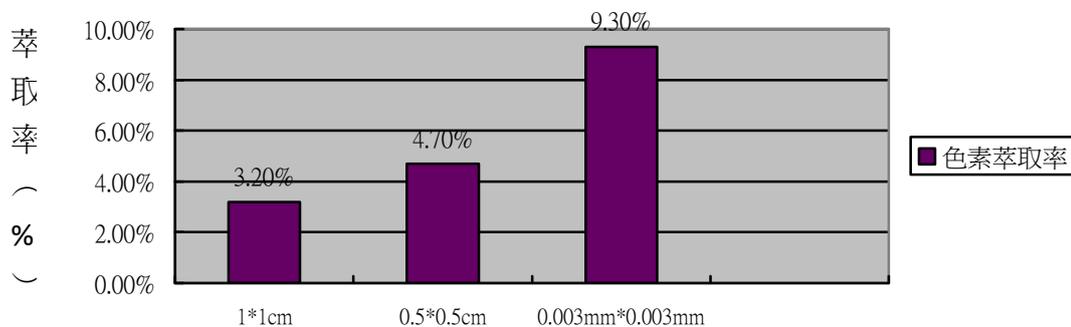


圖 9：不同顆粒大小之菱角殼萃取率柱狀圖

結果：加熱條件相同下，菱角殼顆粒越小，色素萃取量越多，若將菱角殼以粉碎機粉碎後再萃取，可得到 9.3%的萃取率。

四、微波時間與色素萃取率之探討

表 4：不同微波加熱時間之色素萃取率

微波加熱時間	色素平均重量 (公克)	萃取率
6 分	0.47	4.7%
8 分	0.49	4.9%
10 分	0.5	5%
12 分	0.43	4.3%
14 分	0.42	4.2%
16 分	0.11	1.1%

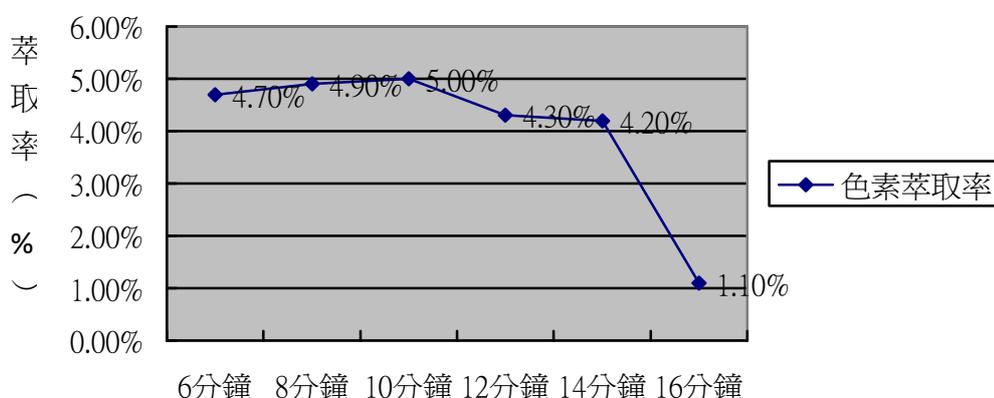


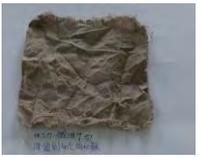
圖 10：不同微波加熱時間之色素萃取率折線圖

結果：微波加熱 10 分鐘之色素萃取率最高為 5%，超過 10 分鐘的微波加熱時間色素萃取率反而降低。

五、微波加熱應用於染布可行性之探討

(一) 水煮加熱法與微波加熱法染布效果之比較

表 5：不同染布方式之染布 Lab 值

染布方式	照片	色差值
水煮加熱法		L:63.37 a:1.58 b:10.44 E:23.65
微波加熱法		L:58.10 a:3.32 b:13.57 E:27.49

結果：水煮加熱法之染布 L 值為 63.37，微波加熱法染布之 L 值為 58.10，代表微波加熱法染布效果比水煮加熱法還深。

(二) 不同微波時間對菱角染布效果之探討

表 6：不同微波加熱時間之菱角染布效果

微波時間	染布照片	Lab 值	備註
3 分鐘		L : 60.75 a : 3.03 b : 12.98	--
5 分鐘		L : 60.32 a : 3.13 b : 12.12	--
7 分鐘		L : 58.00 a : 3.42 b : 13.56	--
9 分鐘		L : 54.95 a : 3.50 b : 13.33	--
10 分鐘		L : 45.50 a : 3.47 b : 11.98	水份剩餘量 3ml
11 分鐘		L : 49.39 a : 4.57 b : 15.68	水份剩餘量 4ml

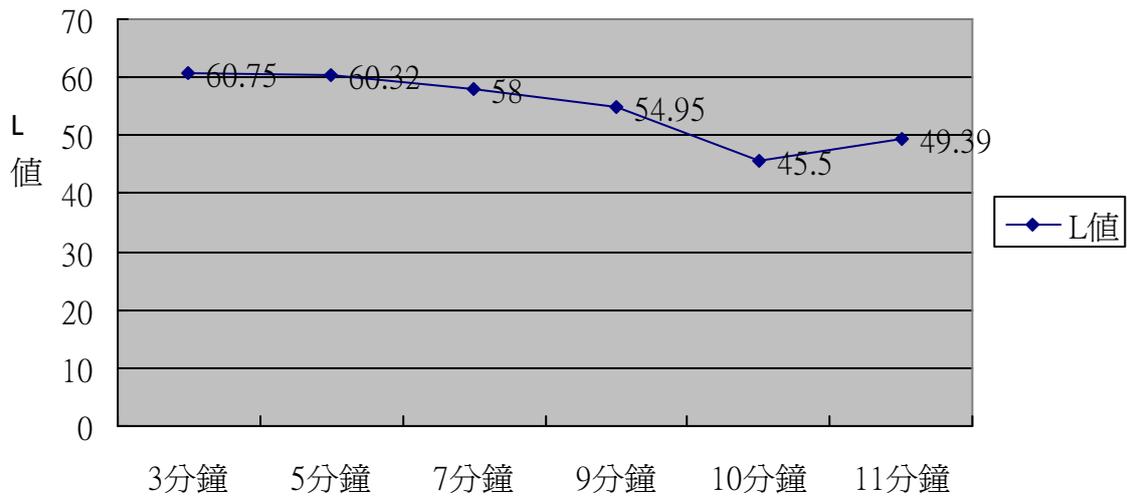


圖 11：染布明暗程度之關係圖

結果： L 值越小代表色澤越深，由實驗得知微波加熱方式染布以 10 分鐘微波染布上色情形最佳。

六、還原色素應用及安定性探討

(一) 還原色素在濾紙上的安定性試驗

表 7：菱角色素用於濾紙上之照光安定性測試結果

保存條件	照片	未照光前	照紫外光 48 小時	ΔE	感覺色 差程度
照 UV 光		L:33.03 a:9.21 b:13.20 E:7.01	L:32.43 a:8.60 b:12.04 E:9.43	2.42	可注意 的差別
不照光 組（對 照組）		L:34.52 a:9.68 b:14.87 E:6.84	L: 35.3 a: 9.02 b: 14.53 E:7.01	0.17	極微小 差別

結果： 還原色素在濾紙上安定性的試驗中，得知照光組的色差值為 2.42，為可注意的差別，不照光的色差值為 0.17，為極微小差別。實驗結果顯示菱角色素在濾紙上 48 小時內的安定性佳。

(二) 還原色素用於手繪染布安定性試驗

表 8：還原色素手繪染布照光安定性測試結果

媒染劑	照光/不照光	照片	照光前	照光 48 小時	ΔE	感覺色差程度
無媒染劑	照光組		L:42.02 a:8.3 b:18.51 E:10.04	L:39.21 a:8.66 b:17.50 E:7.58	-2.46	可注意的差別
	不照光組		L:43.43 a:8.08 b:18.81 E:10.8	L:43.63 a:8.05 b:18.96 E:8.75	-2.05	可注意的差別
明礬媒染	照光組		L:50.1 a:7.11 b:22.35 E:17.29	L:48.70 a:7.57 b:22.32 E:13.77	-3.42	可評價的差別
	不照光組		L:50.92 a:6.75 b:23.03 E:18.3	L:48.58 a:7.29 b:21.79 E:13.27	-5.03	可評價的差別
醋酸鐵媒染	照光組		L:35.44 a:5.75 b:8.63 E:4.48	L:34.59 a:5.48 b:8.47 E:7.4	2.92	可注意的差別
	不照光組		L:32.52 a:5.89 b:8.33 E:6.24	L:32.33 a:5.88 b:8.56 E:9.3	3.06	可評價的差別

結果： 1、無媒染劑之染布照光後 ΔE 為-2.46，明礬媒染之染布照光後 ΔE 為-3.42，醋酸鐵媒染之染布照光後 ΔE 為 2.92。感覺色差均在可注意的差別以上。
2、無媒染劑之染布不照光後 ΔE 為-2.05，明礬媒染之染布照光後 ΔE 為-5.03，醋酸鐵媒染之染布照光後 ΔE 為 3.06。感覺色差均在可評價的差別。

(三) 還原色素手繪染布水洗褪色試驗

表 9：還原色素手繪染布水洗褪色試驗測試結果

媒染劑	未水洗前圖片及顏色之 Lab 值		水洗 15 分後圖片及顏色 Lab 值		ΔE	感覺色差程度
明礬		L:51.10 a:6.81 b:24.62 E:16.95		L:51.99 a:5.96 b:23.72 E:16.74	-0.21	極微小差別
醋酸鐵		L:23.95 a:2.62 b:3.67 E:19.09		L:24.48 a:4.13 b:4.49 E:18.10	0.99	輕微差別

結果：還原色素應用在手繪染布，經 15 分鐘的水洗測試後，以明礬媒染的染布色差值 (ΔE) 在 -0.21，感覺色差為極微小差別。以醋酸鐵媒染的染布色差值 (ΔE) 在 0.99，感覺色差為輕微差別。結果顯示菱角色素手繪染布之耐水洗性良好。

陸、討論

一、實驗設計與實驗誤差之來源

- 1、利用微波加熱方式萃取色素，因為加熱後溫度過高，燒杯內的水很容易溢出，所以每次加熱後都要先降溫後再重覆加熱，實驗中溶液在室溫中緩慢降溫，色素萃取量會提高。若是利用隔水降溫方式加速溫度快速下降，色素萃取量減少。
- 2、在表現色素的色澤時，以 Lab 值呈現，其中 L 代表顏色的明暗程度，L 差值越大越亮，L 差值越小越暗，a 的差值越大代表偏紅，a 的差值越小代表偏綠。b 的差值越大代表偏黃，b 的差值越小代表偏藍。而 E 差值為總色差。若 E 差值在 0~0.5 之間，表示感覺色差程度為極微小差別；若 E 差值在 0.5~1.5 之間，表示感覺色差程度為輕微差別；若 E 差值在 1.5~3 之間，表示感覺色差程度為可注意的差別；若 E 差值在 3~6 之間，表示感覺色差程度為可評價的差別；若 E 差值在 6~12 之間，表示感覺色差程度為明顯差別；若 E 差值在 12 以上，表示感覺色差程度為十分明顯差別。

二、實驗結果之討論

- 1、溼的菱角殼可以萃取出來的菱角色素比利用乾燥後的菱角殼萃取出來的菱角色素多，如果可以在產季時先將菱角色素萃取出來保存，可以提高菱角色素的使用機會。
- 2、乾燥後的菱角殼萃取率較低的原因可能是因水份要先將菱角殼復水，所以殘留在鍋內的水會變少，導致可溶解的菱角色素變少。所以使用乾燥後的菱角殼萃取時，要提高水的比例，才能使色素萃取率提高。
- 3、經高速粉碎機粉碎後的菱角殼其色素萃取率為 9.3%，比顆粒較大的菱角殼在相同加熱條件下的色素萃取率高出許多，所以如果要使用乾燥後的菱角殼來萃取色素，可以利用改變菱角殼顆粒大小來提高色素萃取率。
- 4、微波加熱可以用來萃取菱角殼的色素，但微波加熱容易使溶液蒸發，所以使用保鮮膜覆蓋可以減少水份快速蒸發，但是微波次數過多反而造成溶液減少，降低菱角色素的萃取率。所以由實驗發現以菱角殼和水為 1:20 的比例下微波加熱 10 分鐘之色素萃取率達最高點。
- 5、以微波加熱方式來進行染布可以減少能源的消耗，是值得利用的加熱來源，但是因微波加熱，水份容易蒸發，所以微波時間不可過長，以 10 分鐘所染出的布 L 值最小，代表染出的顏色最深。
- 6、將菱角色素還原應用在紙上當顏料是可行的，一般顏色在空氣中易受到照光或水氣等因素影響而造成褪色，經研究證實菱角色素在連續照紫外光 20 小時後，色澤的深淺變化均在 5% 以內，以肉眼很難判斷其差異性。
- 7、因微波加熱受限於容器的大小，無法進行大量的染布。若將萃取出來的菱角色素以手繪方式塗染在染布上，不僅可以明確的繪出想要的圖案，也可以將色素完全應用在染布上，若再搭配媒染劑使用，一樣可以達到染布的效果。

- 8、搭配媒染劑之手繪染布，明礬組與醋酸鐵組的水洗測試，染布的 E 值變化很小，感覺色差程度都在輕微差別，代表先將色素塗染在布上，再塗一層的媒染劑，一樣可以達到媒染效果。

柒、結論

經過本研究的實驗及討論後，我們發現菱角色素還有新的利用契機，以下為本研究之結論：

- 1、未乾燥的溼菱角殼色素萃取率高於乾燥後的菱角殼色素萃取率。
- 2、微波加熱法萃取菱角殼色素優於水煮加熱法（4.5% > 1.5%），節省萃取時間及能源。
- 3、將乾燥後的菱角殼粉碎至 0.003mm 以下，可以將色素萃取率提高至 9.3%。
- 4、利用微波加熱染布是可行的，其中以微波 10 分鐘染出的色澤最深。
- 5、菱角色素經乾燥後，再加水還原，用於手繪染布上，照光試驗 ΔE 值變化在-2.05~3.06 之間，感覺色差在可評價的差別，顯示穩定度在可接受的範圍。而水洗褪色 ΔE 在-0.21~0.99 之間，感覺色差均在輕微差別。

綜合上述研究結論，我們發現可以利用改變菱角殼的顆粒大小或是改用微波加熱的方式提高菱角色素萃取率，也可以將菱角色素以乾燥法保存下來，再當天然顏料使用，提高菱角色素再利用的新契機。也希望透過本研究能再將學校有意義的校本課程持續的發展下去。

捌、參考資料

- 1、48 屆全國科學展覽作品國小組化學類 鳳毛菱角。
- 2、49 屆高雄市科學展覽作品國小組化學類菱波彩衣。
- 3、康健雜誌（2007）7 月 1 日。拈花惹草，染出自然美。第 36 至 43 頁
- 4、陳泰松。植物染色及其耐光耐水洗性之研究。台灣工藝。
- 5、黃勝忠、陳昱星(2003)，彩色海芋花色素組成份之分析。台中區農業改良農場研究彙報，78 期，23-24 四
- 6、<http://tw.myblog.yahoo.com/jw!36hM8DqfGRkyiAJouU7wlopqtDAasNFM-/article?mid=1346> 色彩色差儀的工作原理
- 7、色差計應用與色彩介紹 www.104go.com.tw
- 8、微波科技報導 <http://www.kohan.com.tw/technology/Nt-10.pdf>
- 9、科技報導 2 <http://www.kohan.com.tw/technology/N.t-02.pdf>
- 10、水面下黑武士-左營菱角 <http://librarywork.taiwanschoolnet.org/cyberfair2007/>
- 11、化學化工百科辭典，曉園出版社
- 12、天「染」之別～樹葉色素之染色研究，中華民國第四十六屆中小學科學展覽
- 13、染化資訊網站 <http://www.dfmg.com.tw/fn-index.htm>

【評語】 080215

本作品探討以微波法萃取色素啟發同學們的鄉土意識，採用菱角為材料，探討不同的萃取條件，並以色差計來分析判斷萃取的效果，然色素易在高溫下被破壞，宜改良其過程。