

# 中華民國 第 49 屆中小學科學展覽會

## 作品說明書

---

高中組 化學科

最佳(鄉土)教材獎

040209

藍染的化學世界

學校名稱：臺北市私立復興實驗高級中學

作者：  高一 蔡詠潔  高一 陳祐嘉  高一 梁安柔  高一 黃昱瑄	指導老師：  蘇淑于
---	------------------

關鍵詞：藍染、青黛、電池

# 中華民國第 49 屆中小學科學展覽會 作品說明書

## 作品名稱：藍染的化學世界

### 摘要

藍染是一種美麗而有趣的傳統技藝，每一個步驟都有他的科學原理。中藥青黛與靛藍製作過程相同，故本實驗用青黛取代由植物製得靛藍之過程，效果良好。而要將難溶靛藍製成染液，需將其還原，有生物發酵及化學還原兩種還原方法，經測試生物發酵的最佳條件是 pH 值 13，溫度 30°C；化學還原最佳環境為 pH 值 13，40-50°C。另外由於此過程為氧化還原，故我們將氧化劑青黛與還原劑保險粉之水溶液分別置於兩燒杯，發現在適當條件下，可得比乾電池大之電壓，故認為經過良好的研發可在製作染液的同時發電，成為「藍染電池」。此外亦可將此染料製成書寫工具，油性的以低極性有機溶劑萃取後濃縮，溶劑回收，而水性的則可先將靛藍還原，密封於筆管，書寫後氧化成為深藍。

### 壹、研究動機

上學期我們在學校的多元選修課程中，選了「科學與人文的對話」這門課，學到了許多臺灣各地的風俗文物，以及他們背後的科學。而其中三峽的「藍染」，是我們認為最有趣的一個活動。因為整個藍染的過程，從浸泡、建藍到染色，每一個步驟都與我們學過的化學變化相關。包括了化合物的「溶解度」、「氧化還原反應」、「酸與鹼」等等。而要達到藍染最好的效果，也必須妥善控制每一個步驟的環境。因此，我們決定應用課堂上學習過的化學知識，針對這些變化做一系列的研究，希望傳統技藝能更科學化，也希望能為藍染找到一些新的應用。

### 貳、研究目的

- 一、以中藥「青黛」為原料，找出最適合的天然發酵及化學建藍條件。
- 二、利用藍染過程中的氧化與還原反應，製作「藍染電池」。
- 三、比較藍靛染料在各溶劑中的溶解度，並研發適用於各種書寫用具的染料。

## 參、研究設備及器材

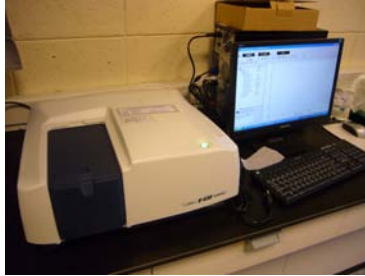
### 一、設備及器材

#### (一) 設備

1. 超音波震盪器
2. pH 儀
3. 恆溫槽
4. 加熱攪拌器
5. 紫外光/可見光分光光譜儀
6. 伏特計
7. 電子秤
8. 三用電表
9. 打氣機
10. 迴旋濃縮儀



超音波震盪器



紫外光/可見光分光光譜儀



迴旋濃縮儀

#### (一) 器材

1. 燒杯
2. 錐型瓶
3. 漏斗
4. 玻棒
5. 濾紙
6. 溫度計
7. 刮勺
8. 石英樣品槽(光譜儀用)
9. 樣品瓶
10. 石墨棒
11. 電線附鱷魚夾
12. U型管
13. 磁石
14. 量筒

### 二、藥品

1. 青黛 (購自各中藥行)
2. 麥芽糖
3. 低亞硫酸鈉 (保險粉)
4. 氫氧化鈉
5. 乙醇
6. 甲醇
7. 丙酮
8. 環己烷
9. 硝酸銨

## 肆、研究過程或方法

### 一、利用還原劑還原中藥「青黛」並再氧化模擬藍染過程之變化(確認方法之可行性)

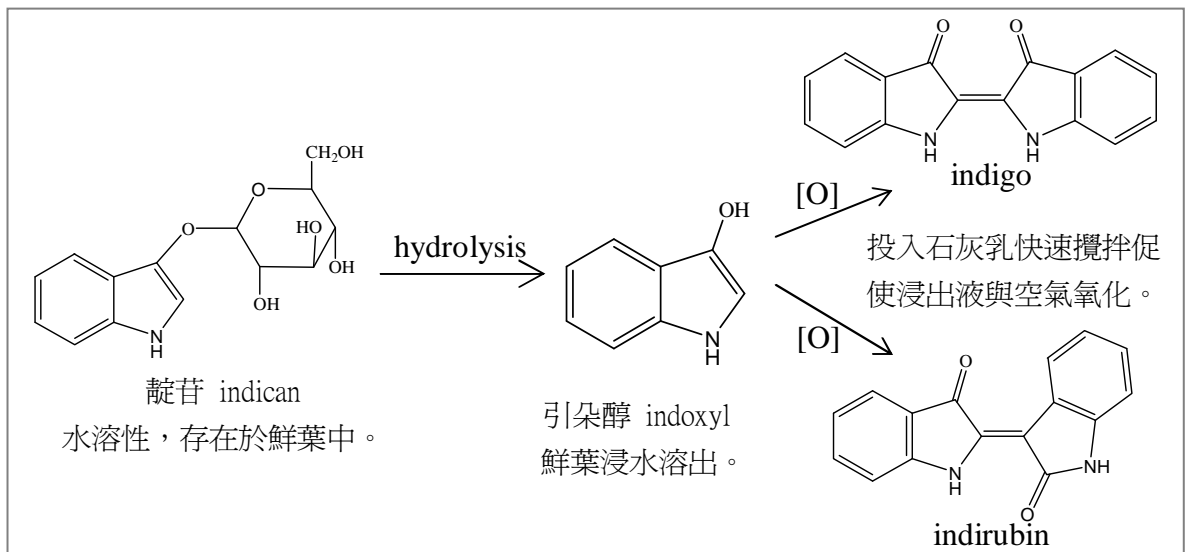
#### (一) 原理簡介

##### 1. 青黛之製作

青黛始載於唐《藥性論》，其後諸家本草多收錄。《本草衍義》云：「青黛，乃藍為之。」指出了青黛是由「藍」提製而成，為其葉內乾燥色素，但我國稱為「藍」的植物很多，即板藍根與大青葉之原植物，包括菘藍及馬藍等等，而青黛即為其葉或莖葉經加工製得的乾燥粉末或團塊。

根據文獻記載，青黛的製法，為夏秋季節採收莖葉，置缸內，倒入清水，浸漬 2-3 天，至葉能自枝條上脫落，撈出枝條，每 10 斤葉加入 1 斤石灰，充分攪拌，至浸液由烏綠色變成深紫紅色時，撈出液面藍色粉末，曬乾即為青黛，質量最好。當泡沫減少時，停止攪拌，使其沉澱 2-3 小時，放出上清液，將沉澱物過篩除去碎渣，此沉澱物為靛藍。然後在倒入上清液，再攪拌，又產生泡沫，撈出曬乾，仍為青黛，但質量較次。

##### 2. 青黛製作過程之變化



##### 3. 藍染原理

鮮葉中靛苷 (indican) 經氧化後產生的靛藍 (indigo) 水溶性差，故染布前先將其還原成隱色性染液 (綠色，俗稱靛白)。染色時將布浸泡於此隱色性染液中吸附染料，拿起後接觸空氣氧化，氧化後成為難溶於水的靛藍，附在布上難再洗掉。



藍染作品



藍染作品

## (二) 還原步驟

1. 精稱青黛粉末 5g。
2. 精稱氫氧化鈉(NaOH)0.5g 放入燒杯中加冷水約 20mL 輕輕攪拌溶解。
3. 精稱保險粉(低亞硫酸鈉， $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_4$ ) 0.5g 以溫水約 20mL 輕輕攪拌溶解。
4. 將上述三粉末或溶液放入 50 mL 定量瓶中，加溫水到刻度。
5. 使用超音波震盪器使其充分反應。

## (三) 還原後再氧化

1. 將(二)之溶液(已還原)過濾。
2. 過濾得墨綠色溶液，取出少量置於燒杯中搖晃使其充分接觸空氣後氧化。

## 二、 找出天然發酵建藍的最佳條件

### (一) 原理簡介

利用麥芽糖發酵(氧化)，在適當的環性下(鹼性)，將青黛中的靛藍還原成水溶性的水溶性隱色鹽。

### (二) 不同 pH 值比較

1. 稱取青黛粉末 50g，共 6 份。
2. 利用氫氧化鈉配置 pH 值分別為 11、11.5、12、12.5、13、13.5 的鹼液 1L。
3. 稱取麥芽糖 3g，量取米酒 6mL。

4. 將青黛與麥芽糖倒入鹼液中。
5. 以恆溫槽水浴，溫度固定在 30°C(接近夏日氣溫)。
6. 每隔 24 小時，以滴管吸取少量溶液，立即以光譜儀測定 UV 吸光度。
7. 記錄吸光度數據。
8. 完成後(溶液呈現綠色)，取出還原後的染液 50mL。
9. 以打氣機(魚缸用)打入空氣，使其充分接觸空氣。
10. 每隔 30 秒，以滴管吸取少量溶液，立即以光譜儀測定 UV 吸光度。。

### (三) 不同溫度比較

1. 稱取青黛粉末 50g，共 6 份。
2. 利用氫氧化鈉配置 pH 值為 12 的鹼液 1L。
3. 稱取麥芽糖 3g，量取米酒 6mL。
4. 將青黛與麥芽糖倒入鹼液中。
5. 以恆溫槽水浴，溫度分別為 20°C、25°C、30°C、35°C。
6. 每隔 24 小時，以滴管吸取少量溶液，立即以光譜儀測定 UV 吸光度。
7. 記錄吸光度數據。
8. 完成後(溶液呈現綠色)，取出還原後的染液 50mL。
9. 以打氣機(魚缸用)打入空氣，使其充分接觸空氣。
10. 每隔 30 秒，以滴管吸取少量溶液，立即以光譜儀測定 UV 吸光度。

## 三、 找出化學還原建藍的最佳條件

### (一) 原理簡介

利用強還原劑（保險粉，低亞硫酸鈉， $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_4$ ），在適當的環性下（鹼性），將青黛中的靛藍還原成水溶性的水溶性隱色鹽。

### (二) 不同 pH 值比較

1. 稱取青黛粉末 10g，共 6 份。
2. 利用氫氧化鈉配置 pH 值分別為 11、11.5、12、12.5、13、13.5 的鹼液 40mL。

3. 精稱保險粉(低亞硫酸鈉， $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_4$ ) 1g 以溫水約 40mL 輕輕攪拌溶解。
4. 將上述三粉末或溶液放入 100 mL 定量瓶中，加溫水到刻度。
5. 使用超音波震盪器使其充分反應。
7. 每隔 30 秒，以滴管吸取少量溶液，立即以光譜儀測定 UV 吸光度。
8. 記錄吸光度數據。
9. 完成後(溶液呈現綠色)，取出還原後的染液 50mL。
10. 以打氣機(魚缸用)打入空氣，使其充分接觸空氣。
11. 每隔 30 秒，以滴管吸取少量溶液，立即以光譜儀測定 UV 吸光度。。

### (三) 不同溫度比較

1. 稱取青黛粉末 10g，共 6 份。
2. 利用氫氧化鈉配置 pH 為 13 的鹼液 40mL。
3. 精稱保險粉(低亞硫酸鈉， $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_4$ ) 1g 以溫水約 40mL 輕輕攪拌溶解。
4. 將上述三粉末或溶液放入 100 mL 定量瓶中，加溫水到刻度。
5. 使用超音波震盪器使其充分反應。
6. 以溫水及冰水維持震盪器中水浴溫度為 20°C、30°C、40°C、50°C、60°C、70°C。
7. 每隔 30 秒，以滴管吸取少量溶液，立即以光譜儀測定 UV 吸光度。
8. 記錄吸光度數據。
9. 完成後(溶液呈現綠色)，取出還原後的染液 50mL。
10. 以打氣機(魚缸用)打入空氣，使其充分接觸空氣。
11. 每隔 30 秒，以滴管吸取少量溶液，立即以光譜儀測定 UV 吸光度。。

## 四、藍染電池

### (一) 原理簡介

由於藍染過程中，建藍的步驟（將靛藍還原成隱色鹽），為一種氧化還原反應，故可利用其自發性氧化還原反應的發生，將青黛與保險粉分別置於兩燒杯中，比照鋅銅電池裝置，做成電池。

## (二) 電壓測試

1. 將 5g 青黛放入 250mL 燒杯中，加入 200mL 水及 2g 氫氧化鈉。
2. 將 2g 保險粉放入另一 250mL 燒杯中，加入 200mL 水。
3. 比照鋅-銅電池裝置，以石墨棒為電極，硝酸銨為鹽橋，組成一「藍染電池」。
4. 測試其電壓。

## (三) 改變藥品量測量電壓

1. 將上述青黛量改為 10g、15g、20g、25g、30g，其餘條件不變，測量電壓。
2. 將上述氫氧化鈉改為 4g、6g、8g、10g、12g，其餘不變，測量電壓。
3. 將上述保險粉改為 4g、6g、8g、10g、12g，其餘不變，測量電壓。

## (四) 觀察還原速率

1. 使用青黛 10g，氫氧化鈉 6g，保險粉 12g 製作藍染電池並接上小燈泡。
2. 每隔 50 分鐘吸取少量青黛燒杯中之溶液，測量 UV 吸光並記錄電壓。

# 五、溶解度測試—製作書寫工具之墨水

## (一) 書寫工具之墨水

1. 油性墨水：如一般原子筆，墨水為親油的低極性物質。
2. 水性墨水：如簽字筆等，墨水為水溶性。

## (二) 以不同溶劑萃取青黛粉末

1. 取 1g 青黛，加入 20mL 萃取溶劑：水、甲醇、乙醇、丙酮、環己烷。
2. 放入超音波震盪器，震盪 15 分鐘使其充分溶出。
3. 過濾後測定 UV 吸光（基線為純溶劑），比較各溶劑萃出量之大小。
4. 將甲醇、乙醇、丙酮、環己烷之萃取液濃縮至 1mL，以棉花棒沾取書寫於紙上。

## (三) 以還原劑製得水溶性靛白

1. 依前實驗所測試出最佳化學還原建藍之條件，處理青黛粉末使靛藍還原。
2. 以棉花棒沾取書寫於紙上。

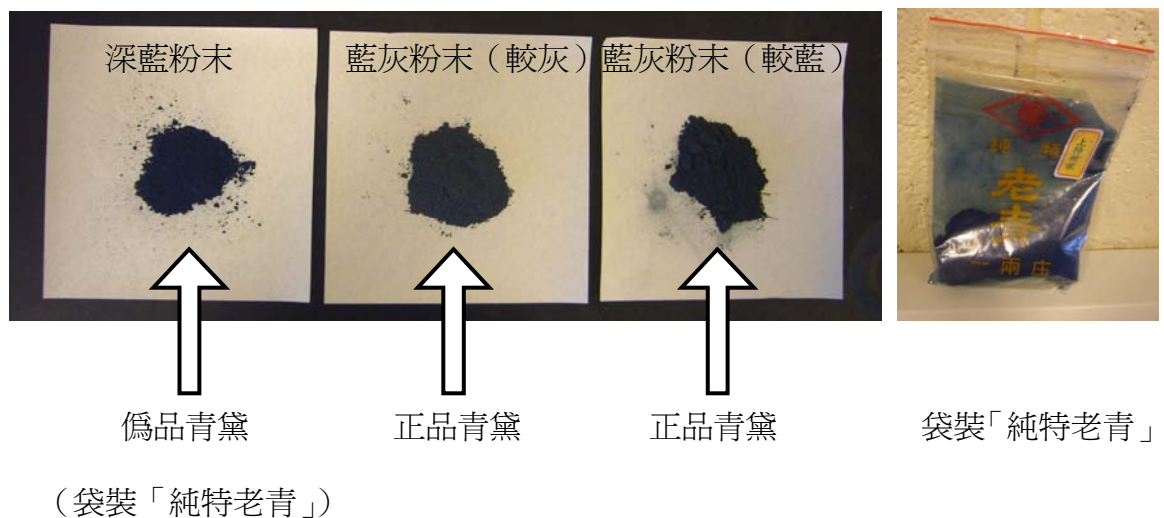


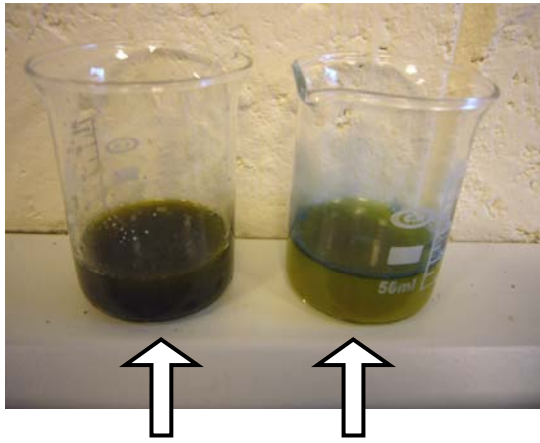
## 伍、研究結果

### 一、利用還原劑還原中藥「青黛」並再氧化模擬藍染過程之變化(確認方法之可行性)

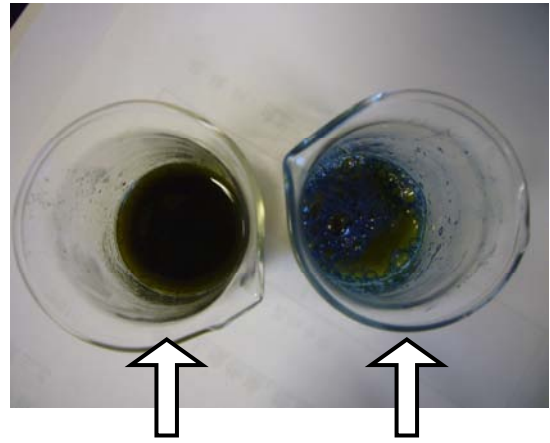
#### (一) 青黛測試結果(意外發現市售青黛常出現偽品)

1. 於臺北市迪化街「黃裕生中藥行」購買「青黛」，包裝袋上印有「純特老青」。依實驗方法中之步驟進行，發現經保險粉還原後，生成黃褐色混濁液，再經氧化產生更多深褐色沉澱物。
2. 此青黛粉末經甲醇萃取後顏色如水彩顏料中的深藍色。
3. 此青黛粉無法達到模擬藍染的效果，懷疑其並非真正的「青黛」，即製法有問題或為偽品。
4. 再至迪化街其他中藥行收集青黛樣品，發現各中藥行的青黛外觀有異，而某些青黛樣品明顯與袋裝之「純特老青」顏色不同，呈現藍灰色。
5. 將各家中藥行購得之青黛再依前述方法進行還原，發現外觀為藍灰色的青黛粉末，雖深淺稍有不同，但都能還原成綠色溶液，並在氧化後表面形成深藍色漂浮物，且甲醇萃取液為紫色而非深藍色。
6. 部分中藥行販售的袋裝「純特老青」及罐裝深藍色粉末，測試結果皆無法達成藍染相關反應之模擬，故確認這些青黛並非正品。
7. 收集之樣品及測試結果如下。
8. 測定靛藍及水溶性靛白的 UV 吸光，最大吸光波長如下：靛藍 660 nm、靛白 410 nm，作為之後實驗中測定吸光度的波長。





偽品青黛還原 正品青黛還原  
黃色，有棕色懸浮物 黃綠，液面略顯藍色



偽品再氧化 正品再氧化  
褐色固體增加 生成藍色物質



偽品（深藍色） 正品（紫色） 正品（藍紫色）

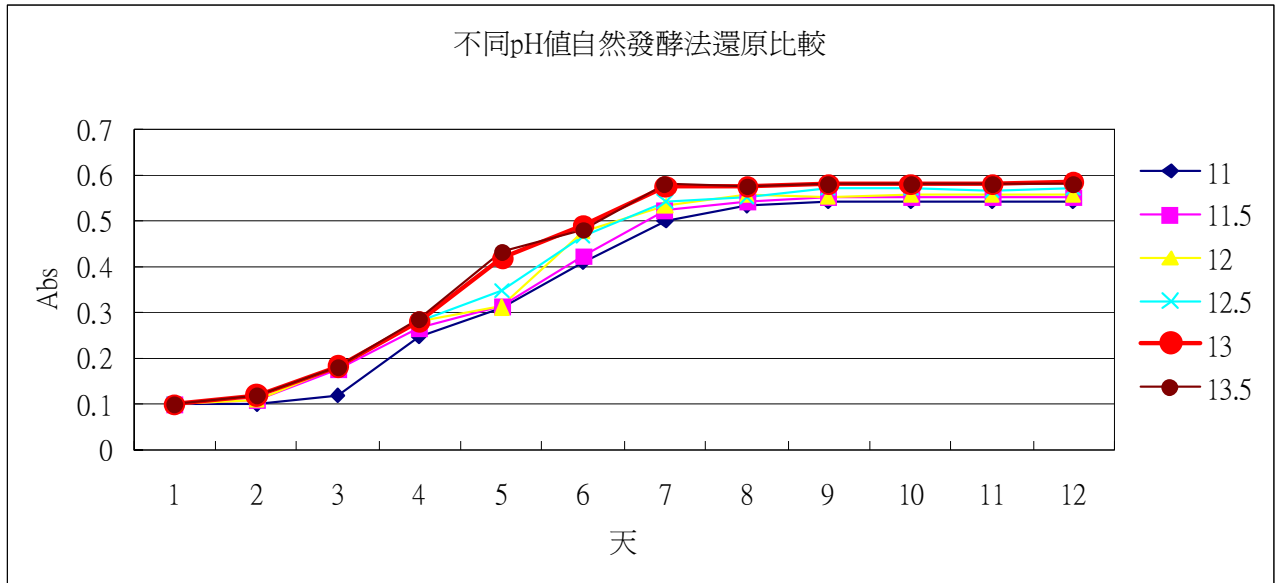
各青黛樣品甲醇萃取液

各家青黛試驗結果：

批號	購買日期	價格(元/兩)	地點	外觀	甲醇萃取液	備註
1 特老青（袋裝）	97.10.02	50	台北市迪化街	深藍色粉末	深藍	偽品
2 無廠牌（盒裝）	97.10.02	50	台北市迪化街	深藍色粉末	深藍	偽品
3 純特老青（袋裝）	97.10.02	150	台北市迪化街	深藍色粉末	深藍	偽品
4 懷結堂（罐裝）	97.10.02	20	台北市迪化街	藍灰色粉末	紫紅色	正品
3 恆發（罐裝）	93.04.20	50	台北市迪化街	藍灰色粉末	紫紅色	正品

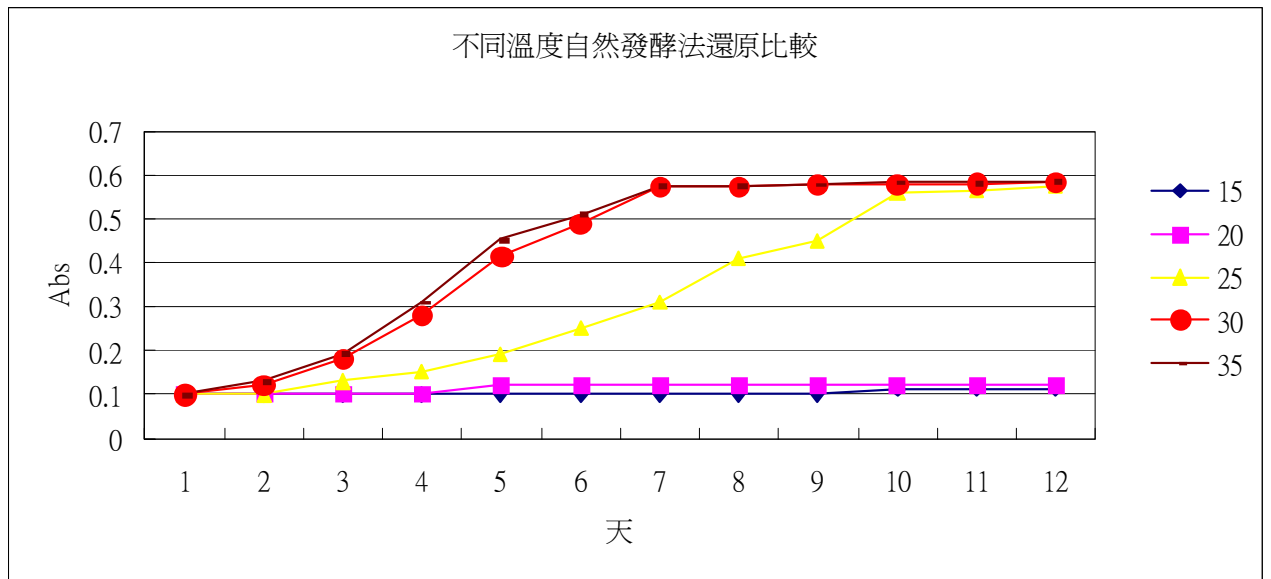
## 二、找出天然發酵建藍的最佳條件

### (一) 不同 pH 值比較 (30°C 下)



1. 各種 pH 值之自然發酵還原，趨勢大致相同，約在七天之後開始變化不大，還原已近完全。
2. 還原效果以 pH 為 13 最佳，得到的靛白隱色鹽濃度最高，其次是 pH 為 13.5 的。
3. 還原後之靛白隱色鹽，再氧化之速率幾乎皆相同，未比較差異。
4. 還原完成後約 1 週，染液開始有發酵之臭味產生，推測部份有機物開始腐敗。

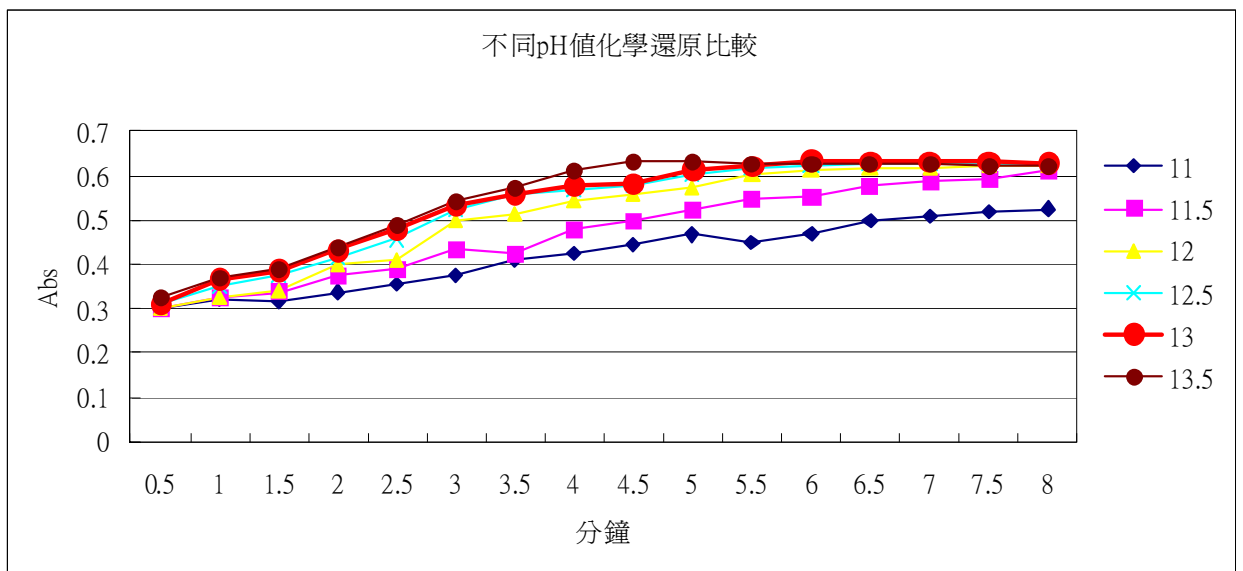
### (二) 不同溫度比較 (pH 固定為 13)



1. 低於 25°C 幾乎無法達到發酵效果，12 天後仍無還原跡象。
2. 溫度以 35°C 效果最好，但發現在第 6 天開始就有刺鼻臭味產生。
3. 次佳的溫度為 30°C，與 35°C 差異不大，但約在第 12 天才稍有臭味，故認為 30°C 左右為最佳溫度。
4. 還原後之靛白隱色鹽，再氧化之速率幾乎皆相同，未比較差異。

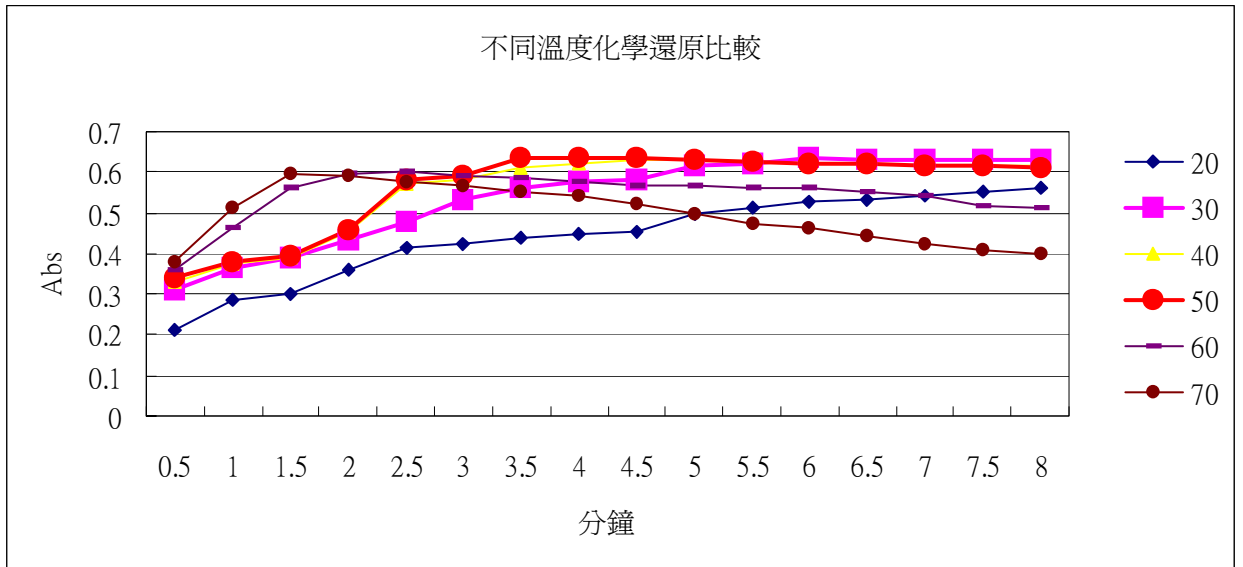
### 三、 找出化學還原建藍的最佳條件

#### (一) 不同 pH 值比較



1. pH 值低於 12 之還原速率較慢，pH 為 11 的與其它 pH 值結果差異較大。
2. 還原效果以 pH 為 13 最好，與自然發酵的 pH 值相同。
3. pH 為 13.5 的還原速率較 pH 為 13 的快，但較難以持久，在 5.5 分鐘之後可能已開始氧化導致隱色鹽濃度下降。
4. 故雖然 pH 為 13.5 還原較快，但 pH 為 13 是較好的還原條件。
5. 化學還原法得到的靛白隱色鹽濃度較天然發酵法高。

## (二) 不同溫度比較 (pH 值固定為 13)



1. 60°C 及 70°C 還原速率非常快，但若未補充還原劑，馬上又開始氧化。因此在 1.5-2 分鐘時，濃度開始下降。
2. 20°C 的還原速率明顯較慢，8 分鐘仍未達最大。
3. 50°C 及 40°C 還原速率夠快，雖在約 5 分鐘後開始氧化但氧化的速率不快。
4. 30°C 雖還原速率稍慢，但還原效果不錯，靛白隱色鹽濃度高且不會太快氧化。
5. 因此，若需要放較長的時間，除了可不斷補充還原劑外，可選擇 30°C 做為反應溫度。
6. 若希望能加速達到還原效果，且不能太快氧化，則選擇 40-50°C 做為反應溫度。

## 四、藍染電池

### (一) 電壓測試

(電極為石墨棒，鹽橋為硝酸鉍)

1. 陰極燒杯：將 5g 青黛放入 250mL 燒杯中，加入 200mL 水及 2g 氫氧化鈉。
2. 陽極燒杯：將 2g 保險粉放入 250mL 燒杯中，加入 200mL 水。
3. 上述所得電壓為 0.6V 。



藍染電池裝置

## (二) 改變藥品量測量電壓 (改用三用電表)

1. 青黛量為 5g、10g、15g、20g、25g、30g，其餘條件不變，測量電壓。

青黛重	5g	10g	15g	20g	25g	30g
電壓	0.602	0.611	0.616	0.614	0.616	0.618

青黛粉末量增加，對於電壓影響不大，判斷是靛藍難溶於水的關係，導致大部分的粉末並未溶解，故增加粉末效果不大。

2. 氫氧化鈉為 2g、4g、6g、8g、10g、12g，其餘不變，測量電壓。

氫氧化鈉	2g	4g	6g	8g	10g	12g
電壓	0.602	1.105	1.574	1.532	1.511	1.498

氫氧化鈉 4g 為最佳，測得此時 pH 值為 12.6，與化學還原法中最佳之 pH 值接近。溶液過鹼反而會使電壓再降低。

(化學還原法中，保險粉液溶於氫氧化鈉水溶液中，而保險粉為酸性，應會中和掉一部分的鹼，故溶液 pH 值應未達 13。)

3. 保險粉為 2g、4g、6g、8g、10g、12g，其餘不變，測量電壓。

氫氧化鈉	2g	4g	6g	8g	10g	12g
電壓	0.602	1.112	1.164	1.219	1.220	1.223

還原劑保險粉增加，可明顯使電壓上升，但 8g 以後變化不大。因此，保險粉的量及氫氧化鈉量與電壓較相關，青黛粉末則影響較小。

4. 取各項最佳進行實驗：青黛 10g，氫氧化鈉 6g，保險粉 12g 測量電壓。

測得電壓為 1.923 V，較一般乾電池高。

## (三) 觀察還原速率

使用青黛 30g，氫氧化鈉 6g，保險粉 12g 之藍染電池，並接上小燈泡，記錄藍液中靛白隱色鹽之 Abs 及電壓。

時間(min)	0	50	100	150	200	250
Abs	0.102	0.102	0.105	0.107	0.112	0.116
電壓(V)	1.923	1.923	1.924	1.923	1.922	1.922

時間(min)	300	350	400	450	500	550
Abs	0.122	0.127	0.132	0.137	0.139	0.145
電壓(V)	1.922	1.920	1.919	1.918	1.916	1.916

時間(min)	600	650	700	750	800	850
Abs	0.150	0.157	0.172	0.191	0.216	0.234
電壓(V)	1.914	1.915	1.913	1.913	1.912	1.911

時間(min)	900	950	1000
Abs	0.267	0.315	0.346
電壓(V)	1.910	1.909	1.907

由數據可知，電壓在 1000 分鐘之後僅降低 0.016V，因此非常穩定。而靛白隱色鹽之 Abs 在 1000 分鐘之後，達到 0.346。以同樣量的青黛，用化學還原法之最佳條件還原，得到最大量為 0.952。而本實驗在 1000 分鐘時仍處與增加的趨勢，推測若液體體積更大，量更多（如三峽藍染業者之染缸），放電時間可更持久。

## 五、溶解度測試—製作書寫工具之墨水

(一) 以不同溶劑萃取青黛粉末（測靛藍之 660nm 吸光）

溶劑	水	甲醇	乙醇	丙酮	環己烷
Abs	0.000	0.571	0.511	0.639	0.715

水幾乎無法萃取出靛藍，環己烷萃取效果最好，由於靛藍結構為低極性，故此結果是合理的。若要使用藍染之染料來製作油性筆之墨水，可使用上列除了水之外的溶劑。而經濃縮後發現書寫效果尚可，類似稀釋之油墨，填充技術有待開發。



## (二) 以還原劑製得水溶性靛白

依化學還原法之最佳條件還原大量的青黛(一部份還原後再加入一部份，連續加入集中於同一燒杯)，以棉花棒沾起，畫在紙上為綠色，隨即氧化變深藍，書寫的感覺似水彩。若將這樣的溶液灌入簽字筆中而保持筆管內不與空氣接觸，應可成為簽字筆之墨水。

## 陸、討論

### 一、 利用還原劑還原中藥「青黛」並再氧化模擬藍染過程之變化(確認方法之可行性)

- (一) 實驗中無意間發現市售青黛有許多偽品，這些青黛可能製法有問題，或者只是藍色粉末，不是由正確的植物做成。
- (二) 利用正品青黛模擬藍色染料還原過程，發現可以得到一樣的反應及現象，故以青黛粉末取代由植物中取得的繁瑣步驟，也免除過程中可能的干擾，穩定性較高，因此認為此方法可適用於本研究。

### 二、 找出天然發酵建藍的最佳條件

- (一) 由文獻可知天然發酵還原法必須在鹼性環境中進行，但對 pH 值無明確的說明及討論，本研究結果指出 pH 為 13 左右是最佳的還原環境，溫度則為 30°C。
- (二) 35°C 還原的速度較 30°C 快，但因為發酵腐壞而很快發出臭味，故溫度太高亦不適合，因此 30°C 較佳，發酵速率夠快且不會很快發出臭味。

### 三、 找出化學還原建藍的最佳條件

- (一) 由文獻可知化學還原法必須在鹼性環境中進行，但對 pH 值亦無明確的說明及討論，本研究結果指出 pH 為 13 左右是最佳的還原環境，與自然發酵還原法相同。而 pH 值 13.5 的速率較快，推測為靛藍在鹼中溶解度增加，故溶出較多較快，所以反應也較快，但是實驗結果發現 pH 值 13.5 在未補充還原劑或鹼液的情形下，很快就會還原完成而後馬上進入再氧化的階段，因此染液可用的時間不如 pH 為 13 持久。
- (二) 30°C 以下還原速率非常慢，60°C 以上還原速率非常快，但若未補充還原劑，馬上又開始氧化，因此 30-60°C 之間較適合。50°C 及 40°C 還原速率夠快，且約 5 分鐘後雖開始氧化但氧化得不快。因此 40-50°C 較合適，速率夠快之外也不需要太多還原劑維持還原態。



#### 四、 自然發酵還原與化學還原之比較

- (一) 自然發酵還原所需時間長，因此條件控制不易，但所使用的原料較為天然。不過雖然較符合環保，天然物發酵造成的臭味一樣是一種污染，且可能孳生一些蟲蠅或微生物，染液保存也更加困難，無法長時間儲存亦可能造成浪費。
- (二) 化學還原僅需數分鐘即可完成，具有快速的優點，而還原劑雖為化學藥劑，污染性其實不高。另外由化學還原劑進行還原，沒有有機物發酵造成臭味的問題，也較不易有蟲蠅生物或微生物的孳生，影響環境傷害健康，而儲存的時間也較長，可長期儲存，待要用時補充還原劑及鹼液即可。
- (三) 因此化學還原法雖然較不「傳統」且使用到化學藥劑，但其實是污染較小且較不易造成染料浪費二次污染的方法。

#### 五、 藍染電池

- (一) 藍染染料的還原都是在一個染缸中進行，但由於這是氧化還原反應，我們想到了可以將氧化劑與還原劑分開在兩個容器，利用課本中鋅-銅電池的裝置去測試，發現果然能夠產生電壓。且若各裝 250mL 水，氧化劑為部分溶入青黛 10g，氫氧化鈉 6g，還原劑部分則是保險粉 12g，所得電壓為 1.923V，超過一般乾電池。
- (二) 而電壓變化的觀察顯示，電壓非常穩定，應可以持久放電，但相對的還原速率就較緩慢，無法快速得到靛白隱色鹽。
- (三) 綜合以上兩點，我們認為三峽等藍染技藝盛行或是已發展為觀光重點的地區，由於每一家業者都有許多染缸，若經過適當的調配及組裝串聯，應可研發出持續供電的染料還原裝置，供簡單電器使用。除了可以製備染液，也可以讓民眾更了解其中的原理，更能成為藍染觀光中的新創意。

#### 六、 溶解度測試－製作書寫工具之墨水

- (一) 除了藍染電池外，我們也為藍染這種傳統技藝找到了新的賣點，就是利用這種天然染料來製做書寫工具。
- (二) 而研究的方向分為油性及水性兩種，靛藍本身結構為低極性難溶於水，故溶於低極性有機溶劑中，我們使用的溶劑除了水之外，乙醇、甲醇、丙酮、環己烷都可萃出靛藍。而這些萃取液經濃縮後，可得較濃稠的染料，而濃縮時（利用迴旋濃縮儀）萃取溶劑可以回收再利用，不易造成浪費。
- (三) 水性墨水部份，由於靛藍難溶於水，故先將其還原成為水溶性的靛白，而書寫時由於僅有薄薄一層附於紙上，書寫後快速氧化成為深藍色。

## 柒、結論

- 一、中藥「青黛」之製作與靛藍之取得步驟幾乎相同，故可用青黛來取代從植物製得之染料，試驗結果發現效果不錯，也可避免從植物開始製作難以控制的步驟，增加穩定性。
- 二、天然發酵還原以 pH 值 13、30°C 為最好的發酵還原環境，而化學還原也是 pH 為 13 最佳，溫度則為 40-50°C 最佳。經多方面比較，我們認為傳統之發酵還原法雖然使用的化學藥劑較少，但造成的汙染及浪費其實更嚴重。
- 三、由於染料的製得為氧化還原反應，我們將青黛與還原劑保險粉分別至於兩燒杯中，以鋅-銅電池之裝置進行測試，發現條件適當時可產生大於乾電池之電壓，若經適當的調配、及組裝串聯，應可用於發電裝置。因此我們認為三峽地區的業者也可以研發此設備，製得染液的同時也可以展現新的觀光創意「藍染電池」。
- 四、除了藍染電池之外，製成書寫工具亦可成為觀光賣點之一，而油性筆可用環己烷萃取靛藍後濃縮（環己烷回收），水性筆則可將藍靛還原成水溶性靛白隱色鹽，在書寫後於紙上氧化成靛藍。

## 捌、參考資料

- 一、馬芬妹(民96)。臺灣藍草木情：植物染色技藝手冊。南投：國立臺灣工藝研究所(53-61頁)。
- 二、陳珊珊(民93)。藍染植物染DIY活用手冊。麥浩斯資訊：臺北(8-82頁)。

## 【評語】 040209

本件作品探討傳統技藝藍染的化學現象，並進一步探討藍染電池。對於本土技藝賦予科學意義具有價值。如果能對數據與圖形作進一步的解釋就能使本研究更深入地了解其中的化學意義。