

2022 年【全國科學探究競賽-這樣教我就懂】

高中（職）組 成果報告表單

題目名稱：不「毒」藍 — 藍染無毒還原之綠茶替代保險粉

一、摘要：

藍染作為天然染色方法，過程中需要使用具有毒性的保險粉將靛藍還原成靛白，才能吸附在棉布上。這讓我們想用環保無汙染的天然抗氧化劑將保險粉進行替代。我們試了多種天然抗氧化劑，初步使用碘液測試後篩選出還原效果最佳的綠茶，進行過錳酸鉀滴定將還原效果數值化，我們利用溫度控制綠茶中酵素的活性，藉此來檢測綠茶酵素對還原效果的影響；再利用嫩精破壞綠茶中的蛋白質酵素，對比蛋白質酵素對綠茶還原效果的影響。

分析過錳酸鉀的滴定數據，我們發現隨著溫度上升，綠茶的還原效果會下降，推測綠茶中的還原物質有可能為酵素，所以溫度才會影響其還原力。進一步探討綠茶中的蛋白質酵素，蛋白質酵素遭到破壞，綠茶的還原效果也有些許下降。

最後我們實際進行藍染染布，觀察以綠茶或保險粉進行還原的染布之間的差異，我們發現綠茶的染布效果沒有保險粉的染布效果好，僅有淡淡地染上一點靛藍。後續經過改良，將染布重複浸泡，我們發現使用綠茶做還原劑的靛藍附著更多，使得染布效果有所提升。

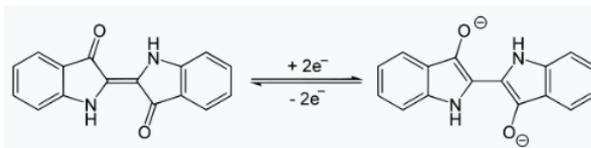
二、探究題目與動機

透過學校活動，我們接觸到傳統的藍染工法，而藍染作為一種天然染色方法，其過程中需要使用保險粉來使靛藍還原，但由於保險粉化學性質活潑，分解出來的氣體多為有毒性的氣體，若不慎吸入便會導致呼吸道受損，這時我們想到能不能找到更天然且無汙染的還原劑來進行藍染還原呢？因此本實驗目的將會嘗試以各種生活中具有還原力的天然物質來替代保險粉做為靛藍還原劑。

三、探究目的與假設

藍染原理：

得以提煉靛藍的植物，皆存在一種名為「尿藍母」(indican)的成分，其結構中含有一個葡萄糖，在鹼性溶液中進行發酵產生吲哚酚(indoxyl)的分子，最終再被氧化形成靛藍，產生布料上藍色的效果。靛藍不溶於水、酸、鹼，欲使其吸附於織物上，必須先經過還原作用，成為靛白。靛白可溶於鹼性溶液，染後再放置於空氣中氧化，生成靛藍附著於纖維上。因此靛藍還原必須要有還原劑和鹼性溶液存在。



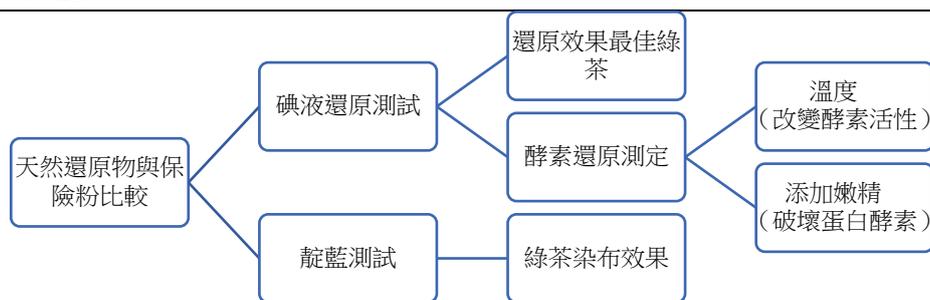
圖一、靛藍(左)與靛白(右)的氧化還原電子轉移

此次實驗室根據上述結論進行發想，我們推論進行藍染並非是需要保險粉，而是一種能將靛藍還原成靛白的還原劑，因此我們認為能以天然且無汙染的還原劑將保險粉進行替代，我們想到的是將生活中常見且具有抗氧化效果的蔬菜水果，與保險粉進行置換，並在鹼性的環境中進行藍染。

根據以上推論，實驗目的如下：

1. 以碘液的還原測試可替代保險粉各種天然還原物，尋找最佳的還原物質
2. 比較各種天然還原物與保險粉在靛藍中實際還原效果
3. 確認綠茶中的還原效果是否為酵素所影響
 - (1)、以不同溫度測試
 - (2)、添加嫩精(蛋白酶)處理
4. 確認綠茶於藍染染布上實際應用情形
5. 嘗試改良綠茶還原效果

四、探究方法與驗證步驟



圖二、實驗流程簡圖

● 實驗 1、碘液還原檢測天然抗氧化劑還原反應

1. 目的：

從多種生活中的天然抗氧化物質中，初步挑選還原能力較佳的進行後續實驗。

2. 方法：

將綠茶、沖泡過的綠茶、橘子皮碎片、橘子絲、去皮生花生、熟花生、芭樂各取 0.5 g 與碘液反應，觀察各個反應的顏色變化，並拍照記錄。

3. 結果：

整體來說，綠茶及沖泡過的綠茶具有較好的效果，花生次之，其餘變色皆不明顯。因此後續實驗會主要以綠茶做為檢測對象。



圖三、不同還原物質於碘液中反應效果

說明：由左而右分別是：橘子皮、芭樂、橘子絲、熟花生、生花生、沖泡過的綠茶、綠茶

● 實驗 2、比較各種天然還原物與保險粉在靛藍中實際還原效果

1. 目的：

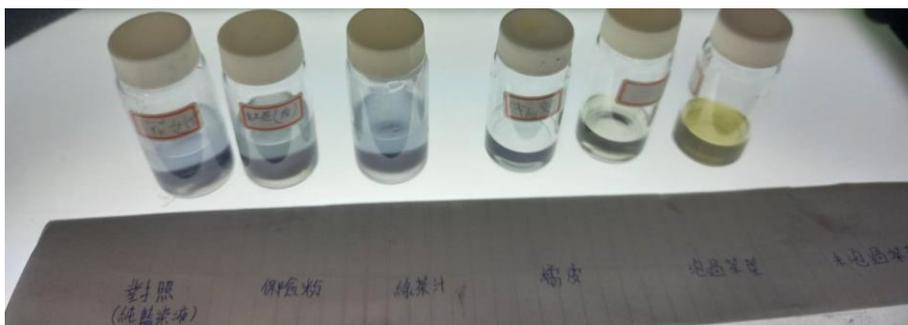
作為實驗一碘液還原測試的二次測試，並確保還原物質可以在靛藍中將其還原。

2. 方法：

使用 10 ml 的 0.001 M 靛藍溶液，比較綠茶、沖泡過的綠茶、橘子皮碎片、綠茶液與保險粉的靛藍還原情形與差異。將上述待測物各取 0.5 g，與靛藍溶液一同放入樣本瓶中，持續搖晃且拍照記錄，最後將測定物濾出，取無雜質溶液 5ml 放置到比色燈箱上記錄。

3. 結果：

我們發現綠茶與沖泡過的綠茶明顯變成藍綠色，其餘則保持藍色。而保險粉則在約 3 g 時還原變色，因此推測綠茶對上靛藍具有還原力。



圖四、不同天然抗還原劑在靛藍中還原效果

說明：由左而右分別是：顏色對照(純藍染液)、保險粉、沖泡過的綠茶液、橘皮、沖泡過的綠茶、綠茶

● 實驗 3-1、過錳酸鉀滴定不同溫度的綠茶

1. 目的：

利用過錳酸鉀滴定將綠茶還原效果數值化，並利用溫度來控制綠茶中酵素活性，以此判別綠茶還原效果與酵素的關聯。

2. 方法：

使用 20 °C、40 °C、60 °C、80 °C與 100 °C的水浸泡過以及同溫度烘乾的綠茶各自秤量 0.25 g 作為檢測對象。

由於過錳酸鉀容易因環境而改變濃度，因此滴定前需要先用草酸鈉進行標定，標定過錳酸鉀使用 0.01M 過錳酸鉀溶液，滴定 5 ml 的 0.1 M 草酸鈉，並記錄其標定數值。

而滴定茶葉中使用 0.02M、0.05M 過錳酸鉀溶液。

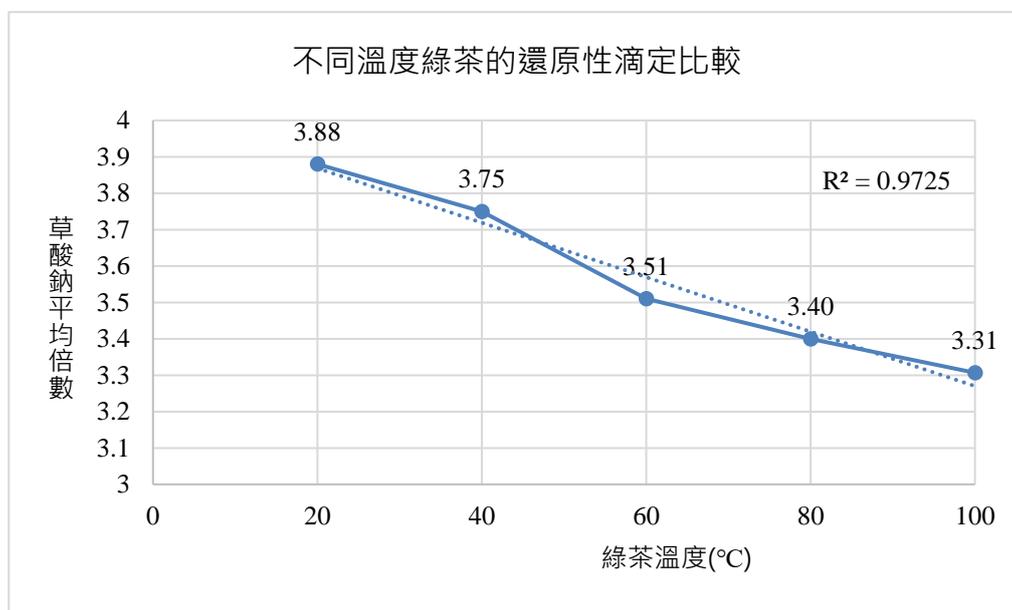
將 5 ml 的 2.5 M 硫酸與 0.25 g 檢測物混和後滴定，並記錄其數值。

由於過錳酸鉀濃度的變動，導致每次標定草酸鈉的數值不會固定，因此我們將每次實驗中綠茶滴定的結果與當次標定的結果做倍數處理，以此來統一標準。

3. 結果：

表一、不同溫度綠茶的還原性滴定比較

檢測物	滴定一 草酸鈉倍數	滴定二 草酸鈉倍數	滴定三 草酸鈉倍數	平均 草酸鈉倍數
20 °C綠茶	3.68	3.39	4.57	3.88
40 °C綠茶	4.25	3.68	3.31	3.75
60 °C綠茶	3.51	3.47	3.55	3.51
80 °C綠茶	3.44	3.54	3.22	3.40
100 °C綠茶	3.52	3.46	2.94	3.31



圖五、不同溫度下綠茶還原性比較

說明：

由於在統一標準時會計算成滴定結果與標定的倍數，其結果會導致兩個溫度之間的差距變小。舉例來說，原本滴定量相差超過 10 毫升，在計算成倍數後，相差卻只有 0.25 倍。因此雖然圖表中倍數差距不大，但仍能看見其下滑的趨勢。

由上圖可知，20 °C綠茶的草酸鈉倍數為 3.88 倍、40 °C綠茶為 3.75 倍、60 °C綠茶為 3.51 倍、80 °C綠茶為 3.40 倍、100 °C綠茶為 3.31 倍。由曲線可以得知，溫度愈高，綠茶還原性愈差。

因此推測綠茶中的還原物質有可能為酵素，所以溫度才會影響其還原力，影響程度為何仍需進一步分析。

● 實驗 3-2、過錳酸鉀滴定綠茶與加嫩精綠茶比較

1. 目的：

更進一步探討影響綠茶還原效果的是否蛋白質酵素。

2. 方法：

使用綠茶與加嫩精的綠茶（破壞蛋白質酵素）各自秤量 0.25 g 作為檢測對象。實驗環境皆為 20 °C。

標定過錳酸鉀使用 0.01M 過錳酸鉀溶液，滴定 5 ml 的 0.1 M 草酸鈉，並記錄其標定數值。

而滴定茶葉中使用 0.02M、0.05M 過錳酸鉀溶液。

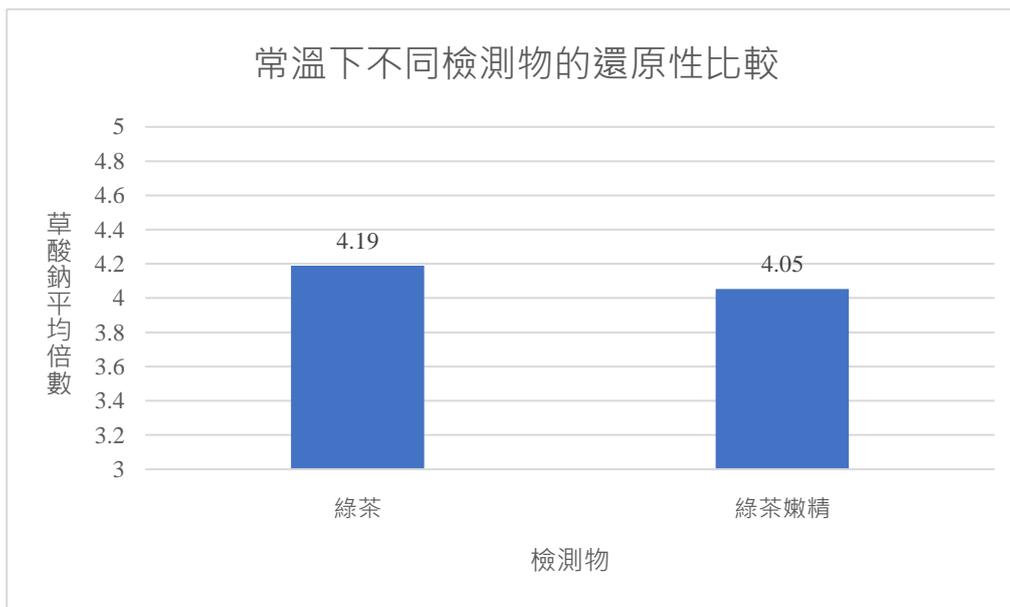
將 5 ml 的 2.5 M 硫酸與 0.25 g 檢測物混和後滴定，並記錄其數值。

3. 結果：

表二、常溫下不同檢測物的還原性比較

檢測物	滴定一 草酸鈉倍數	滴定二 草酸鈉倍數	滴定三 草酸鈉倍數	平均 草酸鈉倍數
20 °C綠茶	4.32	3.68	4.57	4.19
20 °C綠茶加嫩精	3.86	4.10	4.20	4.05

註：草酸鈉倍數為透過標定結果依倍數關係統一標準



圖六、加嫩精(破壞蛋白質酵素)的有無對綠茶還原性的比較

由上圖可知，20°C綠茶為 4.19 倍、20°C綠茶加嫩精為 4.05 倍。

經過過錳酸鉀滴定後，加嫩精的綠茶效果與未添加嫩精的綠茶還原效果有些許差距，因此推測綠茶的蛋白質酵素對還原效果有一定的影響，影響程度為何仍需進一步分析。

● 實驗 4、綠茶與保險粉藍染布測試

1. 目的：

藉由實際進行染布來觀察綠茶與保險粉作為還原靛藍的還原劑效果。

2. 方法：

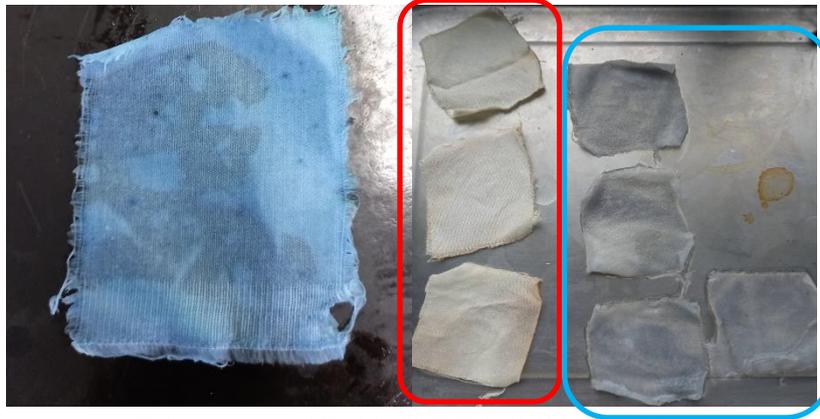
藉由以綠茶與保險粉作為還原劑，將靛藍還原並染上布後，對兩者做比較。

將檢測對象的綠茶以 20 °C水浸泡 10 分鐘，並以 20 °C烘乾 60 分鐘，各取 0.25 g 作為檢測對象。取

0.001 M 靛藍溶液，接著將 1 M 氫氧化鈉溶液緩緩加入 0.001 M 靛藍溶液中直至其 pH 值達 12，再取 20 ml 鹼性的靛藍溶液，加入 0.25 g 保險粉，觀察其變化後，將 5 cm × 5 cm 大小之棉布浸入其中染色，觀察其染色效果。接著替換成不同檢測物，進行重複操作。

3. 結果：

浸泡並放置一天後，觀察發現使用保險粉染色的染布成功染成藍色。而使用茶葉之染布僅有少部份成功染為藍色，且多數呈現褐色，推測為茶葉之色素影響實驗結果。後續將其浸泡於小蘇打水後取出並烘乾，發現褐色部分明顯減少，然而成功染色之部分仍少於保險粉的藍染染布。



圖七、(左)以保險粉做還原劑的藍染染色效果

(右)以綠茶做還原劑的藍染染色效果

右圖紅框：以綠茶做還原劑

右圖藍框：以綠茶做還原劑並使用小蘇打進行清洗

說明：推測褐色色素可能類似於茶垢，因此選用能清洗茶垢的小蘇打來清洗

根據實驗結果的圖片可見使用保險粉的染布效果勝於綠茶的染布效果，推測綠茶中仍有些許成分會影響染布的效果。

● 實驗 5、綠茶藍染改良方案

1. 目的：

尋找能夠讓靛藍更多的附著在棉布上的方法。

2. 方法：

檢測對象的綠茶為 100 °C 的 0.8 g 綠茶。

將已染過一次的棉布再次投入新的藍染液，藉由重複沖洗來使其附著更多靛藍。

藍染液皆使用 0.001M 的靛藍溶液 100 ml，接著將 1 M 氫氧化鈉溶液緩緩加入靛藍溶液中直至其 pH 值達 12，加入檢測物後觀察，接著將 5 cm × 5 cm 大小之棉布浸入其中染色，觀察其染色效果。放置一天後，再進行重複操作。

3. 結果：原本擔心重複浸泡會將原本以附著上去的靛藍再還原回來，但經過實驗之後，我們確認了藍染顏色確實會愈來愈深。



圖八、浸泡不同次數的藍染棉布

說明：由左至右分別是浸泡 1 次、浸泡 2 次、浸泡 3 次、浸泡 4 次

由圖片可以清楚的觀察到隨著浸泡次數的上升，顏色愈深並且藍染附著的程度愈高，可見增加浸泡次數可以增加藍染的染布效果。

五、結論與生活應用

透過靛藍測試的實驗，可發現綠茶在還原能力上可以取代保險粉之功效。再進一步探討綠茶內還原性成分，發現溫度會影響還原程度(實驗 3-1)，蛋白質酵素也有一定的影響(實驗 3-2)，影響程度為何仍需進一步分析。

而實際進行染布後，發現其染布效果與保險粉有所差異，綠茶的色素也會隨之染至布上，雖然在使用小蘇打粉清洗後染布上的色素明顯減少，效果仍與保險粉有所差距。

後續經過重複浸泡藍染液並清洗後，效果便有明顯的提升，重複浸泡使得靛藍附著愈多，使其顏色變得更深，讓染布效果變得更好。

參考資料

- 1、趙楠，高慧媛，孫博航，吳立軍。2007。茶葉的化學成分。瀋陽藥科大學中藥學院，遼寧瀋陽。
- 2、李娟，活潑，楊海燕。2005。茶葉功效成分研究進展。浙江科技學院學報。
- 3、茶葉多酚類成份之化學研究(上)。西岡五夫教授。