

# 2023 年【科學探究競賽-這樣教我就懂】

## 普高組 成果報告表單

<b>題目名稱：茶的抗氧化力，碘知道 - 以 Arduino 判斷碘滴定終點</b>
<b>一、摘要</b>
<p>本研究探討不同浸泡時間的綠茶與普洱茶對其抗氧化力的影響，並利用傳統碘滴定與 Arduino 輔助判斷滴定終點的兩種方式進行實驗，探討 Arduino 取代肉眼判斷滴定終點的可行性。</p> <p>我們準備不同浸泡時間的綠茶與普洱茶，進行傳統碘滴定與 Arduino 輔助滴定。其中 Arduino 滴定法為，將茶水與澱粉的混合溶液利用 Arduino 測出光電值作為滴定終點基準後，再開始進行滴定，滴定至碘液的光電值與基準值相同時，停止滴定並記錄茶水的使用量。</p> <p>我們發現相同浸泡時間內，綠茶的抗氧化力比普洱茶好。無論綠茶或普洱茶浸泡時間越久，抗氧化力越好。茶色較深的茶適合用 Arduino 滴定，茶色較淺的茶適合用傳統滴定。</p>
<b>二、探究題目與動機</b>
<p>我們在探究實作課時，以茶滴定碘液探討茶的抗氧化力。由於碘液與茶色相近，且以茶滴定碘液時，滴定終點顏色難以明確判斷。我們在蒐集文獻時看到 2018 遠哲科學競賽中消失的 blue 使用 Arduino 測定藍瓶由藍色變為無色的時間，得知 Arduino 可輔助判斷顏色變化。而我們實驗達滴定終點時也有顏色變化，應該也可以用 Arduino 判斷滴定終點。因此想驗證 Arduino 輔助滴定實驗的可行性。</p>
<b>三、探究目的與假設</b>
<p>比爾定律：一束單色光照射在一個擁有一定厚度的介質後，介質會吸收一部份的光能使透射光的強度下降，介質的濃度與厚度越大，透射光的強度下降就會越明顯。</p> <p>關係式為 <math>A = -\log \frac{I_t}{I_0} = K \cdot l \cdot c</math></p> <p>其中 A:吸光度；<math>I_0</math>:入射光強度；<math>I_t</math>:透射光的強度；K:莫耳吸收係數；l:介質厚度(cm)； c:吸光物質的濃度</p> <p>碘滴定測定茶的抗氧化力原理：茶葉釋放的茶多酚會與碘液中的 <math>I_2</math> 進行氧化還原反應，使 <math>I_2</math> 還原成無色的 <math>I^-</math>，此時溶液顏色會接近茶色。當我們在碘液中加入澱粉液，此時溶液呈現藍黑色，並以茶滴定之，待溶液回到茶色時為滴定終點。當達到滴定終點時使用茶的體積越少，茶的抗氧化力越佳。</p> <p>我們的探究目的有三：</p> <ol style="list-style-type: none"><li>1. 確認以 Arduino 自製裝置測得數據符合比爾定律</li><li>2. 不同浸泡時間的綠茶與普洱茶分別對其抗氧化力的影響</li><li>3. 比較傳統滴定與 Arduino 滴定兩者的平均相對偏差，確認 Arduino 輔助滴定的可行性</li></ol>

我們的研究假設有二：

1. 普洱茶和綠茶浸泡的時間越長，顏色越深，溶解於水中的茶多酚越多，達滴定終點時所需的茶水用量越少，抗氧化力越好。
2. 當茶色較深，較難用肉眼判斷滴定終點，此時以 Arduino 輔助滴定的結果平均相對偏差小於 5%；茶色較淺時，容易用肉眼判斷滴定終點，此時無論是傳統滴定或是 Arduino 輔助滴定，兩者的滴定結果應無顯著差異。

#### 四、探究方法與驗證步驟

Arduino 實驗裝置圖如圖 1：

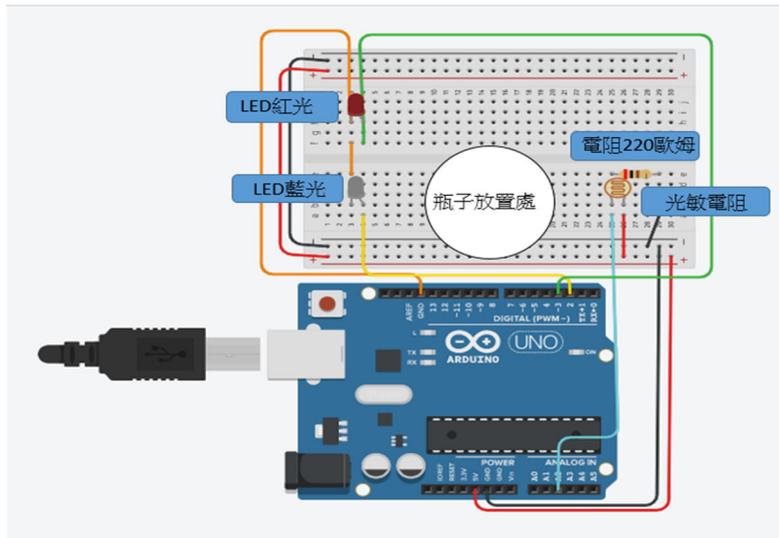


圖 1 Arduino 實驗裝置

(一) 確認 Arduino 自製裝置符合比爾定律

步驟 1：分別配製  $2.38 \times 10^{-4} \text{M}$ 、 $2.17 \times 10^{-4} \text{M}$ 、 $1.95 \times 10^{-4} \text{M}$ 、 $1.73 \times 10^{-4} \text{M}$ 、 $1.52 \times 10^{-4} \text{M}$  的碘液 100 毫升。

步驟 2：分別吸取上述溶液各 10 毫升至樣品瓶中，並分別放在 Arduino 上。

步驟 3：紀錄 1 秒內光敏電阻的輸出電壓(每 0.1 秒 Arduino 會輸出一組光敏電阻的輸出電壓，共 10 組)，並計算平均值

表 1：不同碘液濃度以 Arduino 測定的平均輸出電壓

碘液濃度(M)	輸出電壓(V)	$-\log V$
$1.52 \times 10^{-4}$	0.76	0.12
$1.73 \times 10^{-4}$	0.66	0.18
$1.95 \times 10^{-4}$	0.63	0.20
$2.17 \times 10^{-4}$	0.52	0.28
$2.38 \times 10^{-4}$	0.46	0.34

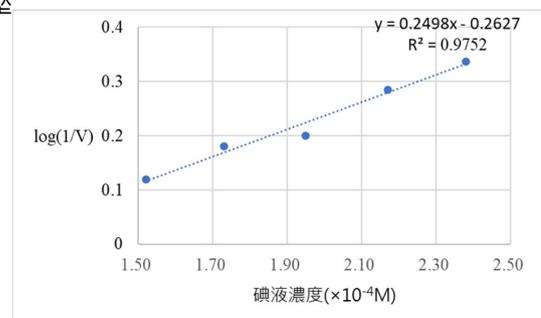


圖 2：碘液濃度對  $\log(1/V)$  的關係圖

參考 56 屆科展國中組化學科的自組簡易多功能光度計微觀碘鐘反應之變化及其反應速率，可知輸出電壓值(V)與光強度(I)成正比，由比爾定律可知：

$A = -\log I + \log I_0 = Klc$ ； $-\log I = Klc - \log I_0$  (I：透射光強度， $I_0$ ：入射光強度，c：溶液濃度)，可將其改寫為 $-\log V = Klc - \log V_0$  (V：透射光輸出電壓， $V_0$ ：入射光輸出電壓)。

又由圖 2 可知以藍光照射不同濃度的碘液所測得的電壓倒數的對數值(-logV)與碘液濃度呈線性關係( $R^2=0.9752$ )，故自製 Arduino 裝置以藍光測定碘液濃度是符合比爾定律。

## (二) 不同浸泡時間的綠茶與普洱茶分別對其抗氧化力的影響

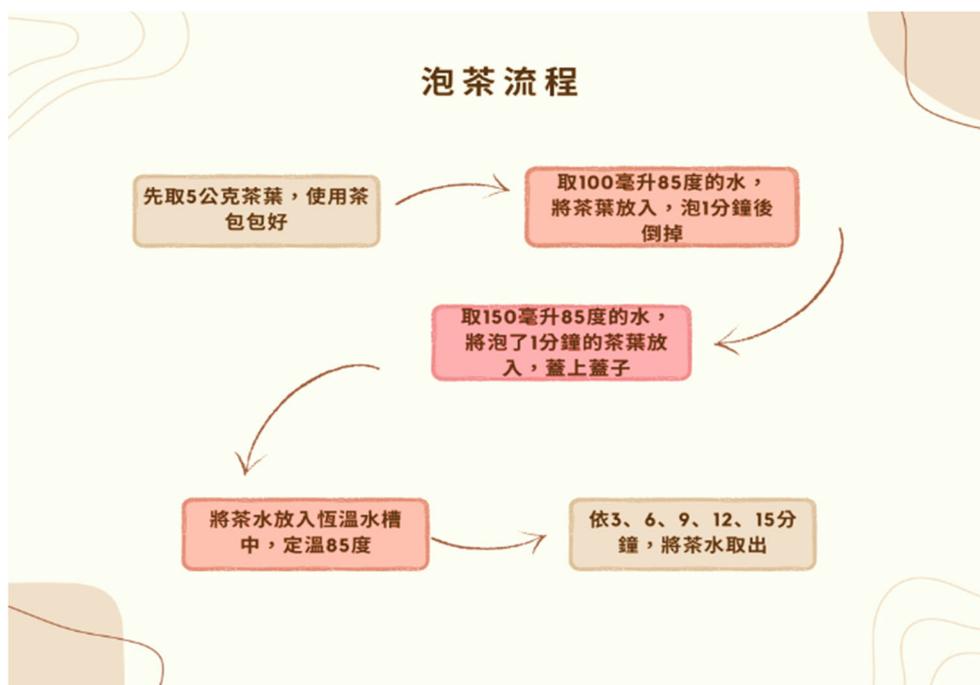


圖 3(a)：泡茶流程圖

步驟 1：根據圖 3(a)的泡茶流程，配製浸泡時間 3min、6min、9min、12min、15min 的綠茶與普洱茶各 150mL。

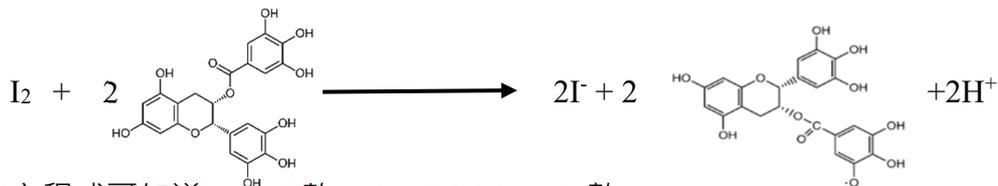
步驟 2：將不同浸泡時間的普洱茶各稀釋 10 倍及 50 倍，配成 100 毫升的稀釋液；將不同浸泡時間的綠茶稀釋 10 倍，配成 100 毫升的稀釋液備用。

步驟 3：取 10mL 的碘液(標定濃度為  $1.73 \times 10^{-4}M$ )放置於樣品瓶中，並依照圖 3(b)的滴定流程圖分別以傳統滴定及 Arduino 滴定方式，進行綠茶與普洱茶的抗氧化力測試，並記錄達滴定終點時，綠茶與普洱茶的使用體積。



圖 3(b)：滴定流程圖

茶中有許多抗氧化物質，其中茶多酚占比最高，而茶多酚中又以 EGCG 含量最多。故我們在假設碘液僅氧化 EGCG 的前提下，計算茶中 EGCG 的含量，藉此量化茶的抗氧化力：



由方程式可知道  $I_2$  mol 數  $\times 2 =$  EGCG mol 數

每毫升原茶中 EGCG mol 數 =  $(I_2 : \text{mol 數} \times 2 \times \text{稀釋倍率}) \div \text{茶的體積}$

表 2.1 傳統滴定測定不同浸泡時間普洱茶達滴定終點時茶消耗體積(普洱茶稀釋 10 倍)：

浸泡時間 (min)	普洱茶體積(mL)				每毫升的普洱茶原液中 EGCG 含量( $\mu\text{mol}$ )
	第一次	第二次	平均	相對平均偏差	
3	2.30	2.20	2.25	2.2%	1.54
6	2.10	1.90	2.00	5.0%	1.73
9	1.50	1.40	1.45	3.4%	2.39
12	1.60	1.40	1.50	6.7%	2.31
15	1.50	1.30	1.40	7.1%	2.47

表 2.2 Arduino 滴定測定不同浸泡時間普洱茶達滴定終點時茶消耗體積(普洱茶稀釋 50 倍)：

浸泡時間 (min)	普洱茶體積(mL)				每毫升的普洱茶原液中 EGCG 含量(μmol)
	第一次	第二次	平均	相對平均偏差	
3	15.10	17.60	16.35	7.6%	1.06
6	10.50	10.70	10.60	0.9%	1.63
9	10.40	10.10	10.25	1.5%	1.69
12	7.20	8.20	7.70	6.5%	2.25
15	6.60	6.50	6.55	0.8%	2.64

表 2.3 傳統滴定測定不同浸泡時間綠茶達滴定終點時茶消耗體積(綠茶稀釋 10 倍)：

浸泡時間 (min)	綠茶體積(mL)				每毫升的綠茶原液中 EGCG 含量(μmol)
	第一次	第二次	平均	相對平均偏差	
3	1.90	1.90	1.90	0.00%	1.82
6	1.50	1.50	1.50	0.00%	2.31
9	1.00	1.00	1.00	0.00%	3.46
12	1.00	1.00	1.00	0.00%	3.46
15	1.00	1.00	1.00	0.00%	3.46

表 2.4 Arduino 滴定測定不同浸泡時間綠茶達滴定終點時茶消耗體積(綠茶稀釋 10 倍)：

浸泡時間 (min)	綠茶體積(mL)				每毫升的綠茶原液中 EGCG 的含量(μmol)
	第一次	第二次	平均	相對平均偏差	
3	1.80	1.80	1.80	0.0%	1.93
6	1.50	1.50	1.50	0.0%	2.34
9	1.40	1.40	1.40	0.0%	2.47
12	1.30	1.20	1.25	4.0%	2.77
15	1.20	1.00	1.10	9.1%	3.15

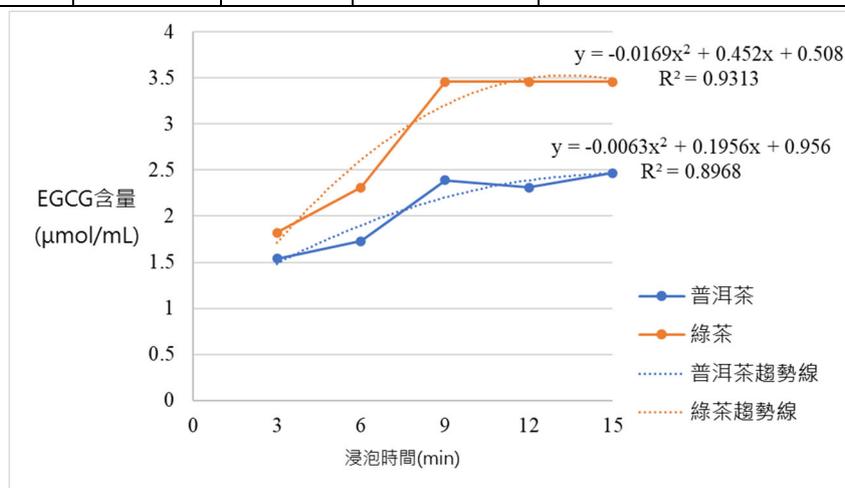


圖 4.1：各茶種在不同浸泡時間與 EGCG 含量關係(以傳統滴定測定)

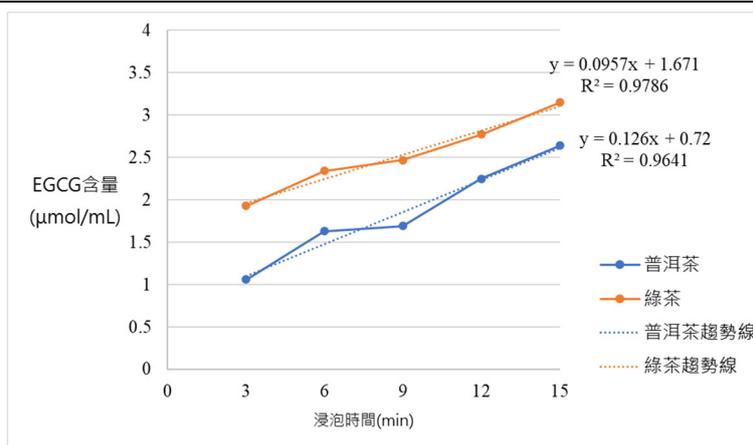


圖 4.2：各茶種在不同浸泡時間與 EGCG 含量關係(以 Arduino 滴定測定)

由圖 4.1、圖 4.2 可知：

1. 在浸泡時間 3~15min，綠茶的 EGCG 含量都比普洱茶高，因此綠茶的抗氧化力較好。
2. 在浸泡時間 3~15min，綠茶和普洱茶內的 EGCG 含量都隨著泡茶時間增加而增加，因此可推測泡茶時間越長，抗氧化力越好。

(三) 比較傳統滴定與 Arduino 滴定的平均相對偏差

1. 在表 2.1 及表 2.2 中的數據間無顯著差異(t test 的 p 為  $0.41 > 0.05$ )。代表這兩種方法測到普洱茶 EGCG 含量無明顯差異，但 Arduino 滴定相對平均偏差大致小於傳統滴定，對普洱茶來說 Arduino 滴定精確度較高。
2. 在表 2.3 及表 2.4 中的數據間沒有顯著差異(t test 的 p 為  $0.56 > 0.05$ )，而在表 2.4 的泡茶時間 15 分鐘的相對平均偏差為 9.1%，可能是耗用的體積太小因此誤差變大。所以推測顏色淡的茶可以使用 Arduino 與傳統滴定，但以操作方便來說，會使用傳統滴定。

## 五、結論與生活應用

根據我們的探究結果，我們的結論如下：

1. 相同浸泡時間下，綠茶的 EGCG 含量高，抗氧化力比較好。我們推測是因為普洱茶為後發酵茶，在發酵過程中 EGCG 會減少
2. 相同的茶種，浸泡時間越久，茶的抗氧化力越好。我們推測在溶液達到飽和前，浸泡時間越久，溶解於水中的 EGCG 越多。
3. Arduino 滴定對於普洱茶的精確度較高，傳統滴定對於綠茶的精確度較高。我們推測茶色深的茶較適合用 Arduino 滴定，茶色淺的茶較適合用傳統滴定。

應用：碘滴定終點判斷可用 Arduino 輔助，因此也可將此技術運用在維生素 C 含量測定。

## 參考資料

1. 比爾定律。維基百科。
2. 黃仲豪，蕭志堅。關鍵時刻-消失的 blue。第 24 屆遠哲科學趣味競賽。
3. 何君郁等三人。自組簡易多功能光度計微觀碘鐘反應之變化及其反應速率。第 56 屆中小學科學展覽會。