

中華民國第 55 屆中小學科學展覽會 作品說明書

高中組 生活與應用科學科

佳作

040803

CC 相關—以簡易製作比色計測量維生素 C 濃度

學校名稱：國立新竹女子高級中學

| | |
|---|------------------|
| 作者： 高二 曾子芸 高二 李采豫 高二 林宜婷 | 指導老師： 鄭惠文 |
|---|------------------|

關鍵詞：維生素 C、比色計、DCPIP

摘要

水果中的維生素 C 含量可利用分光光度計測得，但其操作流程複雜且機體昂貴，本實驗試以簡易製作的比色計測試水果維生素 C 濃度，既方便便宜可信度亦高。測試原理是利用 DCPIP 被維生素 C 還原，可由藍色趨於無色，此特性藉由比色計偵測透光度的變化 而轉換成維生素 C 水溶液濃度。經過排除溫度、酸鹼值及水果色素本身對透光度的影響，求出已知濃度維生素 C 溶液與透光度標準曲線、便可以以簡易的步驟推算水果的維生素 C 含量。

壹、 研究動機







傳統以滴定方式測量維生素 C 含量，此方法可能因為目測、反應時間等因素不同導致結果的變異過大。另外，我們閱讀了許多不同的研究作品，發現了「玫瑰紅中的玄機」這篇報告。他們以昂貴、難以取得的分光光度計改良維生素 C 含量之測量方式。於是我們突發奇想，若能以更簡便的器材快速地量測，較能符合經濟效益，因此使用了材料便宜、製作方式簡易且好操作的比色計量測維生素 C 的濃度。

貳、 研究目的

- 一、建立能以簡易製作的比色計量測維生素 C 含量之實驗模式
- 二、測量常見水果之維生素 C 含量

參、 研究設備及器材

一、 設備

| | | |
|--|--|---|
|  |  |  |
| 電子秤 | 電子天平 | 比色計 |
|  |  |  |
| 離心機 | pH meter | 果汁機 |

二、 材料、器材與藥品

(一) 材料

1. 水果：

椪柑、鳳梨、奇異果、芭樂、番茄、蓮霧、柳丁、香蕉、棗子、蘋果、葡萄

(二) 藥品

1. 鹽酸

2. 維生素 C 水溶 0.002%

配置方法：在少量純水中加入抗壞血酸粉 1 公克，再加純水至水溶液總重為 500 公克

3. 氫氧化鈉 1M(NaOH)

配置方法：取 NaOH 4 公克配成 100 毫升水溶液

4. 酞酸鹽 pH4 標準液(每公斤純水含 0.05mole 磷苯二甲酸氫鉀)
5. 中性磷酸鹽標準液 pH 7(每公斤純水含 0.02mole 磷酸氫二鈉)
6. DCPIP(2,6-二氯酚靛酚)0.005%

配置方法:在少量純水中加入DCPIP粉末0.05g,再加純水至水溶液總重為100g,
最後取水溶液10g加水稀釋至100g

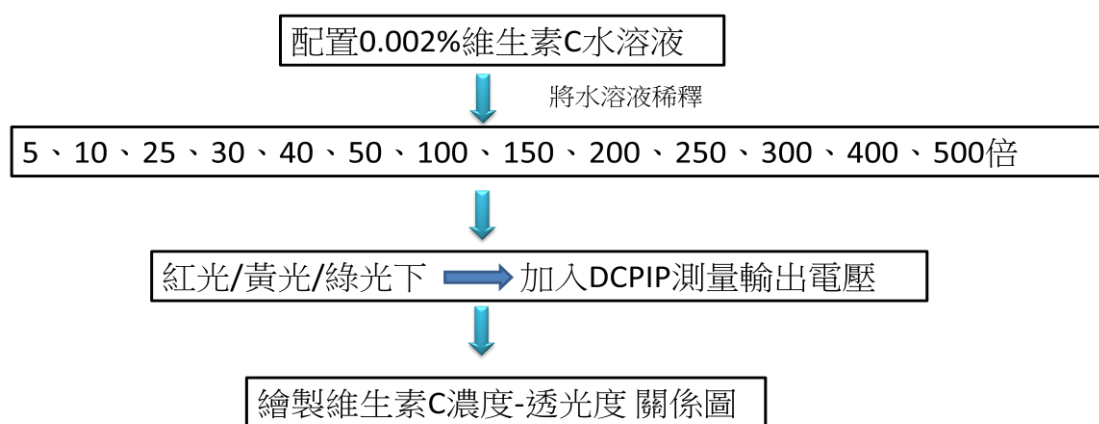
(三) 器材

- | | | |
|---------|---------|-----------------|
| 1. 燒杯 | 2. 量筒 | 3. 比色管 |
| 4. 洗滌瓶 | 5. 純水 | 6. 交換式電源供應器 |
| 7. 滴管 | 8. 保鮮膜 | 9. LED 燈(紅、黃、綠) |
| 10. 溫度計 | 11. 碼表 | 12. 三用電錶 |
| 13. 離心管 | 14. 試管架 | 15. 相機 |

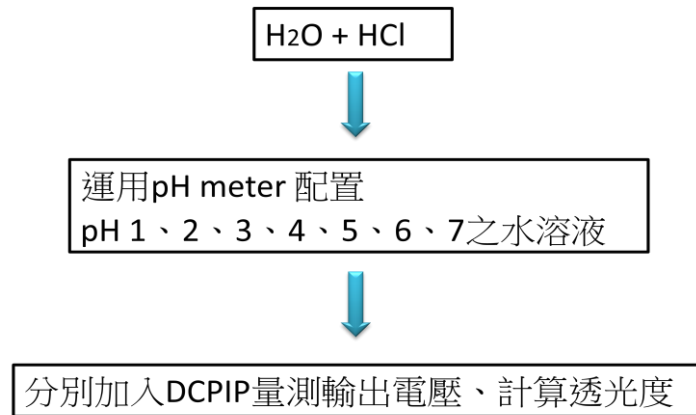
肆、 研究過程及方法

一、 實驗架構圖

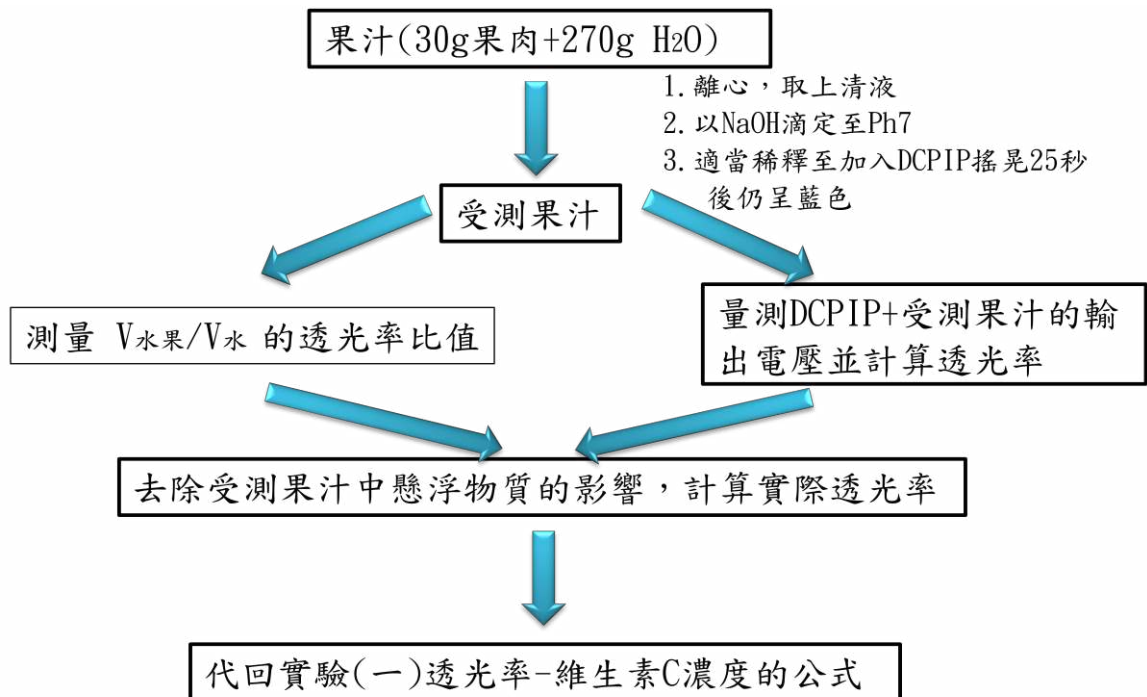
(一) 實驗一：探討透光率和維生素 C 濃度之關係



(二) 實驗二：探討水溶液 pH 值對 DCPIP 透光率的影響



(三) 實驗三：測量比較水果維生素 C 含量

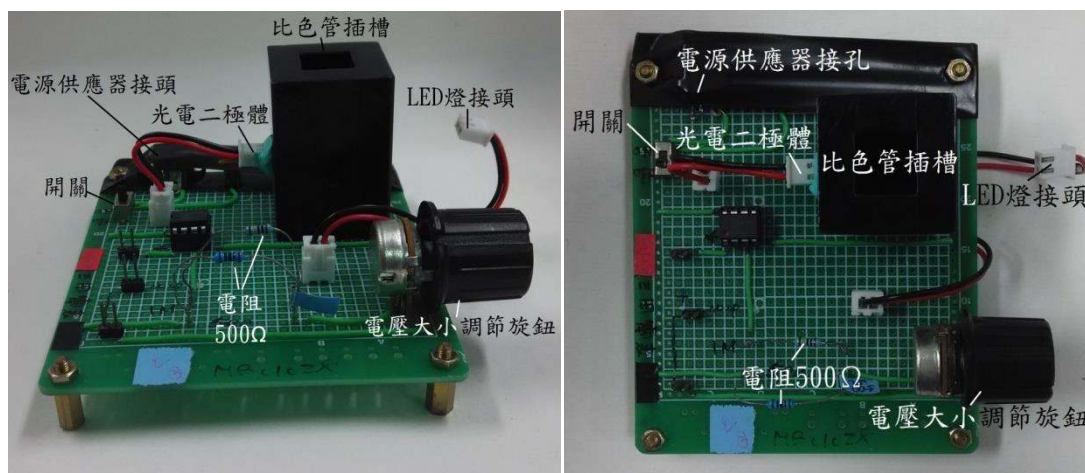


二、 實驗設計：

(一) 簡易製作比色計之介紹：

本裝置如圖一所示，於比色管插槽兩端裝設 LED 燈連接頭及光電二極體，不同色

光之 LED 經光電二極體轉換成為電壓，此電壓藉由訊號放大器(Operational Amplifier) 進行電壓放大程序，在裝置終端連接三用電表可讀取其值。



圖一、以光電二極體製作簡易的比色計，左圖為側面觀，右圖為俯視觀。

(二) 實驗原理：

利用藍色 DCPIP 水溶液被維生素 C 還原會逐漸呈現透明無色的特性，並以比色計測量輸出電壓的變化，進一步得知不同待測水溶液的維生素 C 濃度。

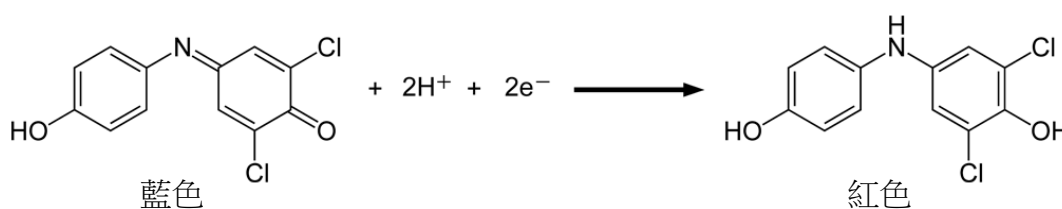
1. DCPIP 與維生素 C 之反應式

(由藍色轉變為透明無色)



2. DCPIP 在酸性環境下之反應式

(由藍色轉變為紅色)



(三) 前置實驗：

為尋找測量水果中維生素 C 含量的最適宜條件進行了以下前置實驗，以獲得量測的標準步驟。

1. 建立比色計輸入與輸出電壓關係圖以尋找 LED 適用的量測範圍：
 - (1) 記錄比色計輸入電壓與輸出電壓變化
 - (2) 用 Excel 繪製關係圖
2. 建立能去除不同水溶液透光率影響因素的公式：
 - (1) 取一滴紅墨水加入 5 公升蒸餾水中，配置出 A 液
 - (2) 測量蒸餾水($V_{水}$)與稀釋 2 倍 A 液(V_A)的輸出電壓
 - (3) 分別將蒸餾水、A 液與 DCPIP 等體積混合，測得輸出電壓 $V_{DCPIP+水}$ 、 $V_{DCPIP+A 液}$
 - (4) 比較 $V_{DCPIP+A 液} \times \frac{V_{水}}{V_A}$ 和 $V_{DCPIP+水}$

註：利用水為比較的對象是因其雜質較少，且在測水溶液的透光度時能有共同比較的對象
3. 以低濃度(0.004mg/ml)維生素 C 水溶液尋找適當的反應時間：
 - (1) 將各 1.5 毫升的 DCPIP 和維生素 C 水溶液混合，並搖晃 10 秒
 - (2) 每隔 5 秒紀錄一次輸出電壓

(四) 實驗一：探討透光率和維生素 C 濃度之關係

1. 配置 0.002% 的維生素 C 水溶液及 0.005% 的 DCPIP 水溶液
2. 將 0.002% 維生素 C 水溶液稀釋為 5、10、25、30、40、50、75、100、150、200、250、300、400、500 倍
3. 分別在比色管中加入不同濃度的維生素 C 水溶液及 DCPIP 水溶液各 1.5 毫升
4. 搖晃 25 秒使溶液混合
5. 記錄比色計的背景值與放入受測溶液時的輸出電壓並計算透光率
6. 以紅、黃、綠光偵測各濃度之維生素 C 溶液，每組各重複三次
7. 用 Excel 繪製出各色光透光率對應不同維生素 C 濃度的關係，並選出維生素 C 濃

度與透光率線性度較佳的範圍

(五) 實驗二：探討水溶液 pH 值對 DCPIP 透光率的影響

1. 以 HCl 和蒸餾水配置 pH1~7 的鹽酸水溶液。
2. 將步驟 1 的水溶液與等體積的 DCPIP 水溶液反應 25 秒。
3. 以紅/黃/綠光測量輸出電壓並計算透光率
4. 以 Excel 繪製出 pH-透光率關係圖

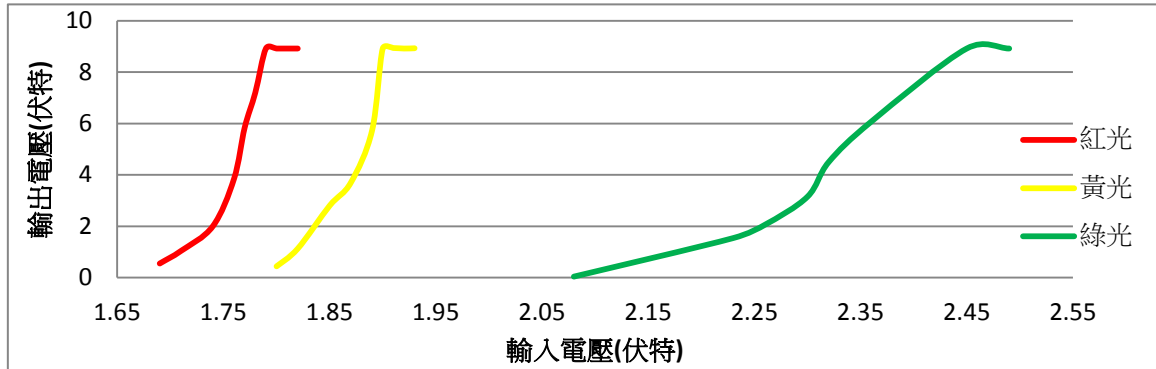
(六) 實驗三：測量比較水果維生素 C 含量

1. 取出不同水果的果肉，分別配成 10% 果汁，並以 10000rpm 離心 5 分鐘，去除果渣，取上清液。
2. 取 50 毫升果汁以 1M NaOH 滴定至 pH7
3. 將各 1.5 毫升果汁和 DCPIP 水溶液反應 25 秒，若顏色呈現透明則再稀釋，若顏色無明顯變化則減少稀釋倍數。
4. 計算稀釋 2 倍的 pH7 果汁與水的透光率比值
5. 反應 25 秒後，記錄果汁+DCPIP 水溶液的背景值及輸出電壓
6. 將步驟 4 和 5 計算後得實際透光率，代入實驗一的公式得維生素 C 濃度
7. 將維生素 C 濃度換算成水果維生素 C 含量(mg/100g)

伍、 研究結果及討論

一、 前置實驗

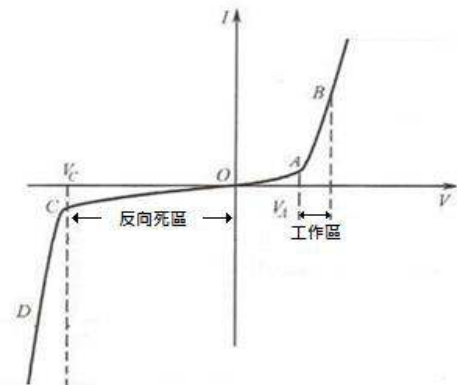
(一) 比色計輸入電壓與輸出電壓關係：



圖二、比色計輸入電壓與輸出電壓之關係

參考圖三 LED 特性，找出圖二各色光的適用的工作電壓範圍，如表一所示。

| 色光 | 紅光 | 黃光 | 綠光 |
|----------|-----|------|-------|
| 輸出電壓選取範圍 | 2~6 | 3~6 | 1.2~6 |
| 選取之標準電壓 | 4.7 | 4.37 | 1.6 |



圖三、LED 適用輸入電壓範圍圖

表一、紅光、黃光、綠光的工作區，單位：伏特

(二) 建立能去除不同水溶液透光率影響因素的公式：

在前置實驗(二)中得結果如表二，由數據可知，以純水和 A 液輸出電壓比值乘以加入 DCPIP 的 A 液之輸出電壓所得數值與水加 DCPIP 的輸出電壓非常相近(相差值 $<0.05V$)，若將人為操作誤差考量進去，以此方法去除水溶液本身的透光率影響。

| 色光 | $V_{水}$ | V_A | $V_{水}/V_A$ | $V_{DCPIP+A液}$ | $V_{DCPIP+A液} \times V_{水}/V_A$ | $V_{DCPIP+水}$ |
|----|---------|-------|-------------|----------------|---------------------------------|---------------|
| 紅 | 4.64 | 4.65 | 1 | 0.79 | 0.79 | 0.74 |
| 黃 | 4.25 | 4.12 | 1.03 | 2.19 | 2.26 | 2.30 |
| 綠 | 1.39 | 1.34 | 1.04 | 0.49 | 0.50 | 0.52 |

表二、純水與 A 液的輸出電壓比較 單位：伏特

A 液：1 滴紅墨水加 5 公升水

V_w ：水的輸出電壓

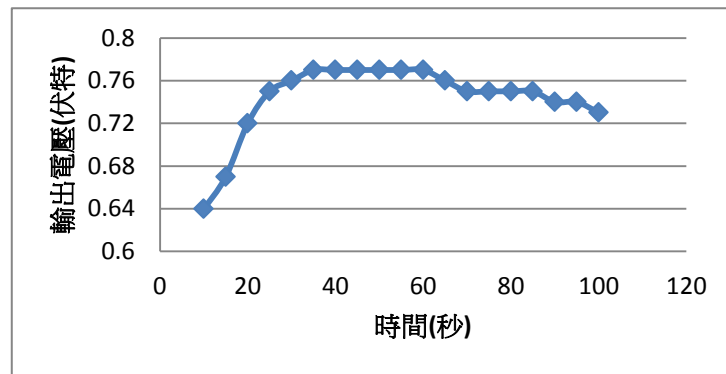
V_A ：1.5 毫升 A 液和 1.5 毫升水混合液輸出電壓

$V_{DCPIP+水}$ ：1.5 毫升水和 1.5 毫升 DCPIP 混合液輸出電壓

$V_{DCPIP+A 液}$ ：1.5 毫升 A 液和 1.5 毫升 DCPIP 混合液輸出電壓

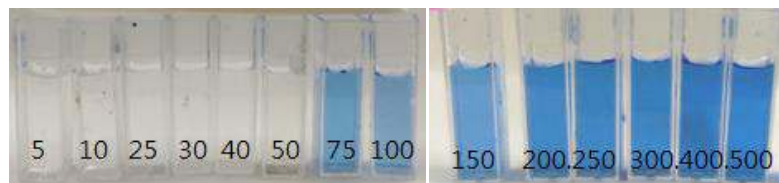
(三) 以低濃度(0.004mg/ml)維生素 C 水溶液尋找適當的反應時間：

以配置的標準維生素 C 水溶液中濃度最低(0.004mg/ml)的當量測對象，可得知電壓在 10~20 秒時電壓從 0.64 伏特上升至 0.72 伏特，而在 25 秒之後輸出電壓維持於 0.77 伏特約 15 秒後開始緩慢下降至 0.73 伏特。



圖四、0.004mg/ml 維生素 C 溶液輸出電壓隨時間變化圖

二、 實驗一：探討透光率和維生素 C 濃度之關係



圖五、不同濃度維生素 C 水溶液和 DCPIP 水溶液反應後顏色，數字標示為維生素 C 稀釋倍數

(一) 紅光：

1. 以紅色 LED 照射 DCPIP 加不同濃度維生素 C 水溶液，繪製出透光率和維生素 C 濃度對照圖。由圖六可知透光率會隨維生素 C 濃度增加而快速上升，而在濃度高於 0.08mg/ml 後開始下降。
2. 選取透光率和維生素 C 濃度相關係數大於 0.9 的範圍，發現各點有趨近於

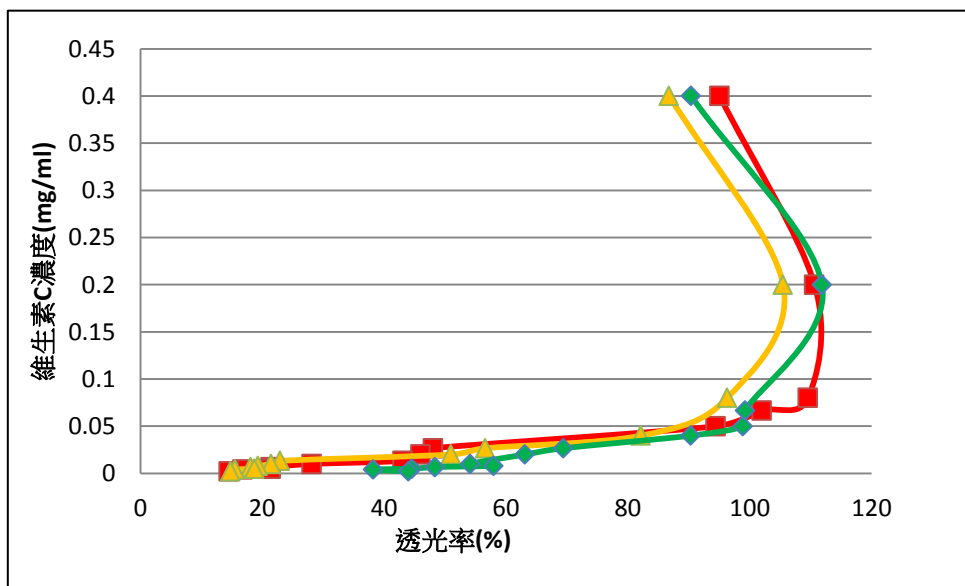
$y = 0.0006x - 0.0068$ 斜直線的趨勢，如圖七。

(二) 黃光：

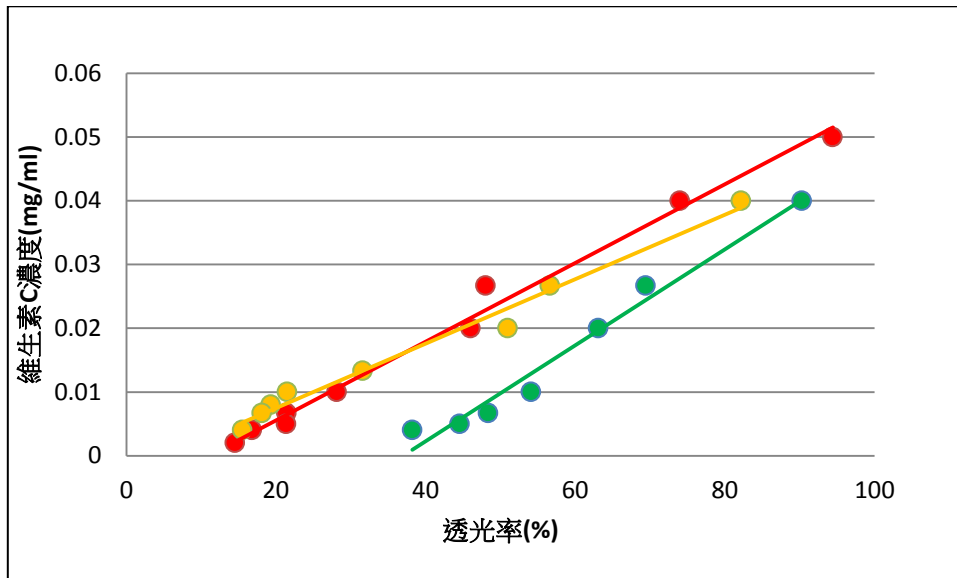
1. 以黃色 LED 照射 DCPIP 加不同濃度維生素 C 水溶液可繪製透光率和維生素 C 濃度對照圖。由圖六可知透光率會隨維生素 C 濃度快速上升，而在濃度高於 0.067mg/ml 後開始下降。
2. 選取透光率和維生素 C 濃度相關係數大於 0.9 的範圍，發現各點有趨近於 $y = 0.0005x - 0.0026$ 斜直線的趨勢，如圖七。

(三) 綠光：

1. 以綠色 LED 照射 DCPIP 加不同濃度維生素 C 水溶液可繪製透光率和維生素 C 濃度對照圖。由圖六可知透光率會隨維生素 C 濃度快速上升，而在濃度高於 0.02mg/ml 後開始微幅下降。
2. 選取透光率維生素 C 濃度相關係數大於 0.9 的範圍，發現各點有趨近於 $y = 0.0008x - 0.0279$ 斜直線的趨勢，如圖七。



圖六、紅光、黃光、綠光下透光率對維生素 C 濃度之關係



圖七、紅光、黃光、綠光下透光率對維生素 C 濃度之標準曲線

註：紅色表示紅光；黃色表示黃光；綠色表示綠光

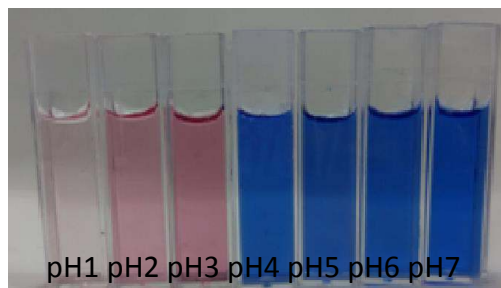
| 色光 | 標準曲線 | R ² | 適用範圍(mg/ml) |
|----|------------------------|----------------|-------------|
| 紅光 | $y = 0.0006x - 0.0068$ | 0.9903 | 0.002~0.05 |
| 黃光 | $y = 0.0005x - 0.0026$ | 0.9838 | 0.004~0.04 |
| 綠光 | $y = 0.0008x - 0.0279$ | 0.9751 | 0.004~0.04 |

表三、紅、黃、綠光之標準曲線

註：x 為透光率；y 為維生素 C 濃度

三、實驗二：探討水溶液 pH 值對 DCPIP 透光率的影響

DCPIP 分別與 pH1、pH2、pH3 HCl 水溶液反應會呈現紅色，且隨 pH 值上升，紅色也會越來越深，但 DCPIP 分別與 pH4、pH5、pH6、pH7 HCl 水溶液反應後，則會呈現差異不大的藍色。



圖八、DCPIP 與不同 pH 值之 HCl 水溶液反應之顏色，由左至右分別為 pH1~7

(一) 紅光：

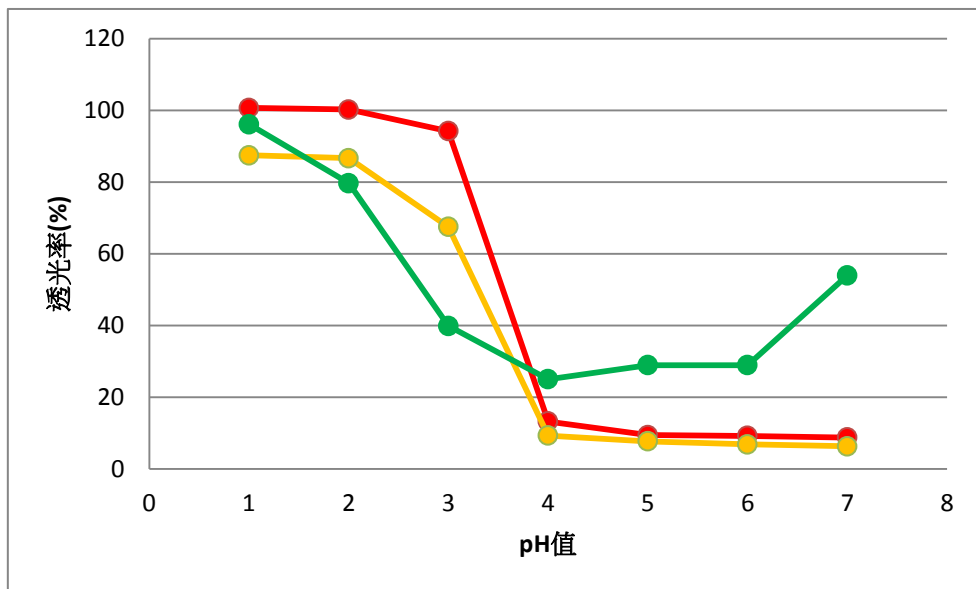
以紅光 LED 照射各種不同 pH 溶液，可發現在 pH1、pH2、pH3 透光率十分相近，約 99%，只有些微降低，在 pH3~4 之間透光率從 94%降低至 13%，而透光率在 pH4、pH5、pH6、pH7 則十分接近，約 9%，僅微幅降低，如圖九。

(二) 黃光：

水溶液於黃光 LED 照射下，發現在 pH1、pH2 透光率約 87%，在 pH 2 至 pH4 透光率明顯從 86%下滑至 9%，但在 pH 4 至 pH7 只以小幅度下降，如圖九。

(三) 綠光：

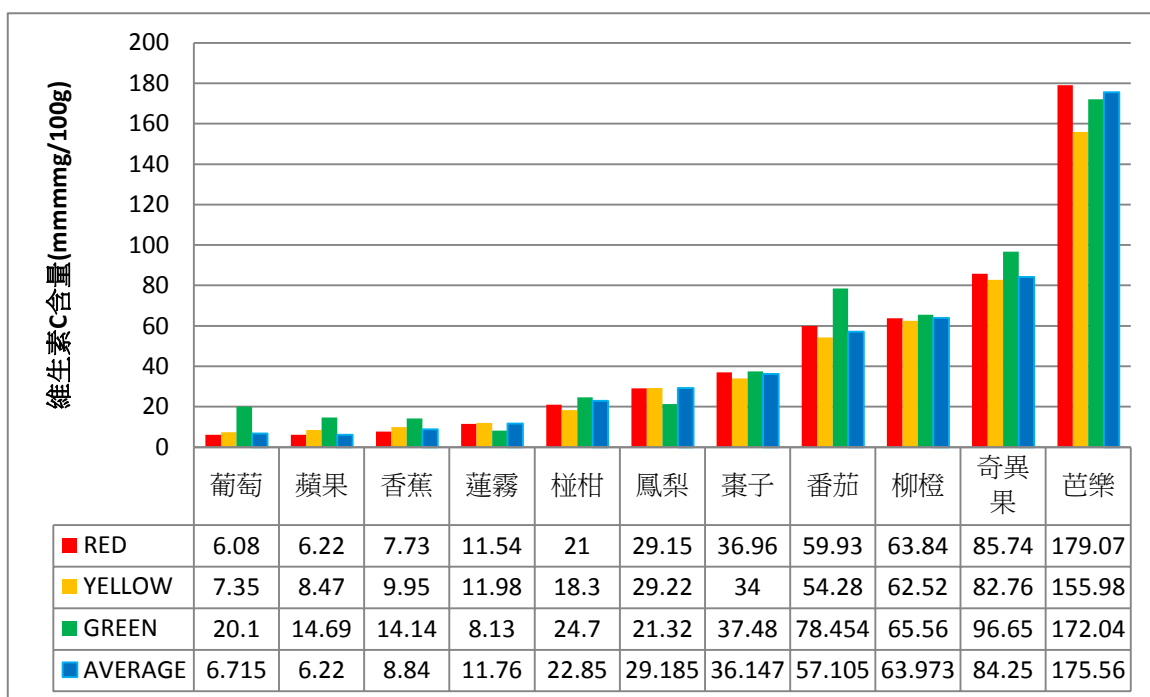
以綠光照射時，透光率從 pH1 開始由 96%逐漸下降至 25%，到 pH4、pH5、pH6 無明顯變化，而 pH 7 透光率上升至 54%，如圖九。



圖九、紅光、黃光、綠光下 pH 值對透光率的影響

四、 實驗三：測量比較水果維生素 C 含量

(一) 藉維生素 C 與 DCPIP 反應後的透光率並代入換算公式(見 P.18)，求得水果果肉維生素含量。由圖十可知，每 100g 新鮮果肉中所含維生素 C 含量，最高者為芭樂 (175.56mg/100g)，其次為奇異果 (84.25mg/100g)，最低者為葡萄 (6.715mg/100g)。



圖十、紅光、黃光、綠光測得水果維生素 C 含量

註：平均值為取各水果適合量測色光的量測值再平均

(二) 由實驗測量值對照衛生福利部及美國農業部公布之水果維生素 C 含量可知各色光適合的量測水果。

| 水果 | 葡萄 | 蘋果 | 香蕉 | 蓮霧 | 椪柑 | 鳳梨 | 棗子 | 番茄 | 柳橙 | 奇異果 | 芭樂 |
|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|-----|----|
| 紅光 | ◎ | ◎ | ◎ | ◎ | ◎ | ◎ | ◎ | ◎ | ◎ | ◎ | ◎ |
| 黃光 | ◎ | | ◎ | ◎ | | ◎ | ◎ | ◎ | ◎ | ◎ | |
| 綠光 | | | | | ◎ | | ◎ | | ◎ | | ◎ |

表四、紅光、黃光、綠光適合的量測水果

(三) 不同量測方法測得的量測值

以維生素 C 含量高、中、低的水果做為量測對象，比較不同量測方式所得的量測值。

| 維生素 C 含量(mg/100g) | 蘋果 | 番茄 | 鳳梨 |
|-------------------|------|-------|-------|
| 簡易比色計 | 7.44 | 57.11 | 29.19 |
| 滴定法 | 4.62 | 60.72 | 37.40 |

表五、不同量測方式所測得的水果維生素 C 含量平均 單位：mg/100g

(四) 實驗的重現性

由表六及表七可發現在適用色光下以簡易比色計測量維生素 C 濃度能得到重現性

比較好的量測值，其標準差百分比約 2.15%~4.6%，而當使用不適用色光，多半的時候為綠光，則會得到誤差較大的量測值。利用滴定法則會得到誤差大於 7% 的量測值。

| 簡易比色計 | | | | | | | |
|--------------------|----|-------|-------|--------|-------|-------|-----------|
| 維生素 C 含量 (mg/100g) | 色光 | 第一次 | 第二次 | 第三次 | 第四次 | 第五次 | 標準差百分比(%) |
| 蘋果 | 紅 | 6.41 | 6.57 | 5.93 | 5.93 | 6.25 | 4.6 |
| | 黃 | 8.85 | 8.10 | 8.10 | 9.40 | 7.90 | 7.49 |
| | 綠 | 12.10 | 20.74 | 20.74 | 9.94 | 9.94 | 38.05 |
| 番茄 | 紅 | 58.23 | 61.32 | 59.78 | 62.48 | 57.84 | 3.31 |
| | 黃 | 52.45 | 55.94 | 53.76 | 54.2 | 55.05 | 2.43 |
| | 綠 | 73.62 | 87.73 | 71.58 | 79.67 | 79.67 | 8.05 |
| 鳳梨 | 紅 | 28.15 | 29.15 | 29.90 | 29.15 | 29.25 | 2.15 |
| | 黃 | 31.25 | 30.57 | 29.62 | 28.40 | 30.03 | 3.57 |
| | 綠 | 22.47 | 24.78 | 16.712 | 21.32 | 19.68 | 14.42 |

表六、簡易比色計紅、黃、綠光測量值的重現性 單位：mg/100g

| 滴定法 | | | | | | |
|--------------------|------|------|------|------|------|-----------|
| 維生素 C 含量 (mg/100g) | 第一次 | 第二次 | 第三次 | 第四次 | 第五次 | 標準差百分比(%) |
| 蘋果 | 3.3 | 4.4 | 3.3 | 3.3 | 4.4 | 16.11 |
| 番茄 | 66 | 59.4 | 55 | 63.8 | 59.4 | 7.06 |
| 鳳梨 | 37.4 | 39.6 | 39.6 | 37.4 | 33 | 7.20 |

表七、滴定法量測值的重現性 單位：mg/100g

陸、 討論

一、 前置實驗

(一) 比色計輸入電壓與輸出電壓關係：

紅光在輸出電壓為 4.7V、黃光在輸出電壓為 4.37V、綠光在輸出電壓為 1.6V 左右比較穩定(穩定係指在未放入任何待測溶液時(即背景值)，輸出電壓在一定值下變動範圍不超過 0.05 伏特)，因此接下來的實驗以這三個電壓作為標準電壓。但由於本裝置無法控制輸出電壓(即背景值)均維持在標準電壓，故每次測量的背景值只需接近，

再經由電壓成比例換算成標準電壓即可。而綠光比較適合在低電壓(輸出電壓 < 2V)，因為輸出電壓在介於 2V 至 8V 時變異過大，大於 8V 則較不靈敏，導致實驗結果線性度較差。

(二) 建立能去除不同水溶液透光率影響因素的公式：

將實驗結果應用在之後的實驗不僅能排除受測水溶液中懸浮粒子對透光率的影響，也確保代回維生素 C 濃度－透光率關係式之數值僅為維生素 C 還原 DCPIP 所造成。

計算方式如下：

$$C = (V_{\text{水}} \times \frac{V_0}{V_E}) / (V_A \times \frac{V_0}{V_a})$$

C：透光率比值

$V_{\text{水}}$ ：水之輸出電壓

V_E ：水之背景值

V_0 ：標準電壓

V_A ：受測水溶液之輸出電壓

V_a ：未放入受測水溶液之背景值

(三) 以已知的最低濃度(0.004mg/ml)維生素 C 水溶液尋找適當的反應時間：

0.004mg/ml 維生素 C 水溶液和 DCPIP 反應在 25 秒漸達穩定，且已知 DCPIP 被維生素 C 還原的速度快於被氧氣氧化的速度，當電壓漸達穩定表示維生素 C 的影響對於電壓將無太大改變，反而氧氣會使 DCPIP 氧化，變得更藍，導致電壓往下掉。故將所有反應時間定為 25 秒。

二、 在前置實驗後的實驗主要藉由透光率表示，因此定義透光率為在同樣的背景值下稀釋兩倍受測水溶液與蒸餾水輸出電壓比值再乘以 100%。

三、 實驗一：探討透光率和維生素 C 濃度之關係

我們將實驗所得的透光率對維生素 C 濃度的關係式應用在實驗三以量測水果維生素 C 濃度上。僅須排除其他變因再做換算就可得到水果維生素 C 的濃度。另外，為避免量測到之透光率在圖上對應到兩個濃度值，所以僅取維生素 C 濃度和輸出電壓相關係數大於 0.9 的區段，並控制受測溶液的稀釋倍數使之加入 DCPIP 後仍呈藍色，若受測溶液太過透明而導致透光率太大時，將超出所選定的適用範圍。

而三色光關係線於維生素濃度到達一定值時透光率出現下降的現象，則是因在此區間 DCPIP 為限量試劑，也就是有多餘的維生素 C 懸浮在水溶液中，造成遮光效果，導致透光率下降。

四、 實驗二：探討水溶液 pH 值對 DCPIP 透光率的影響

不同 pH 溶液中所含 H⁺離子會對 DCPIP 透光度造成影響，天然水果所含大部分果汁皆為酸性，為了去除 H⁺離子對透光率的影響，且 DCPIP 為 pH7，故我們將所有果汁以 NaOH 水溶液滴定至 pH7。

五、 實驗三：測量比較水果維生素 C 含量

(一) 水果中的其他物質也會影響實驗結果，為了降低量測的誤差，我們將果汁控制在 pH7，定溫並量測待測水溶液與水的透光度比值。

(二) 在相同背景值下將量測到電壓依序計算

1. 水與受測水溶液透光率比值

$$C = V_W/V_F$$

2. 計算調整後電壓

$$V_C = V_D \times C$$

3. 計算透光率

$$x = V_C/V_W$$

4. 代入實驗(一)各色光公式得維生素 C 濃度

$$\text{紅光：} y = 0.0006x - 0.0068$$

$$\text{黃光：} y = 0.0005x - 0.0026$$

$$\text{綠光：} y = 0.0008x - 0.0279$$

5. 每 100 公克水果中維生素 C 含量

$$G = A \times B \times 100$$

代號解釋：

C：透光率比值

V_C：調整後電壓

V_W：水之輸出電壓

V_F：果汁之輸出電壓

V_D：果汁加 DCPIP 之輸出電壓

y：維生素 C 濃度(mg/ml)

x：透光率

G：維生素 C 含量(mg/100g)

A：所得維生素 C 濃度

B：受測水溶液稀釋倍數

註：因稀釋果汁+DCPIP 水溶液密度接近 1，為方便計算密度以 1g/ml 計算

(三) 據衛生福利部所公布的平均水果維生素 C 含量(mg/100g)表，我們在此實驗所的各水果維生素 C 含量與之相近，例如香蕉和奇異果依序測的為 8.84、84.25(mg/100g)，而衛生福利部公布的依序為 10、87(mg/100g)，所以此量測方法應為可執行的。

(四) 在滴定果汁時，當 DCPIP 滴入果汁後持續 15 秒呈淡粉色達滴定終點，但是由於粉色極為淡，幾乎呈透明，容易因滴定終點不易判斷而導致滴定量過多或是在 15 秒內淡粉色消失而未注意導致量測值較低。

(五) 由實驗結果可發現，以簡易比色計測量水果維生素 C 含量應盡量避免水果果肉本身

的顏色，方可測得較準確的量測值。由實驗結果也可得知綠光較不適合做為量測的色光，因為綠光的背景值在低電壓時較穩定，所以測量時皆在低電壓(<2V)操作，但是這也造成了小數點後的位數改變一點就會造成比紅光和黃光還大的誤差。

(六) 有鑑於本實驗並不以量測準確值為目的，而是期望在簡易製作之比色計的操作下，各階層學生皆可以此實驗模式測量水果中的維生素含量，故些許的誤差及因各色光特性所造成的量測失敗為可以接受的。

六、 檢討

(一) 由實驗(三)結果可知，在利用紅、黃、綠不同色光量測各水果維生素 C 含量時，有些水果在各色光所得的濃度互相比對後，會有單一色光測出結果異於其他二者。由此推測除了酸鹼、維生素 C 濃度和與水透光度外，仍有其他因素影響 DCPIP 的透光度。我們推論是水果本身所含其他色素造成此影響的關鍵因素。雖然在前置實驗(二)中已考慮透光度的影響，但過多的色素影響仍無法完全去除，而且以我們目前的資源無法完全去除色素，所以只能以三種不同的色光檢測，再刪掉其中受其他未知影響較多的結果。

(二) 本實驗僅用高中課程中常見的三種色光來測量水果，而若其中一個色光無法測量某種水果時，就僅剩 2 種色光可以比對。而根據白光是由所有色光組成的，我們認為若是以白光測量應能將水果色素對某一單色光的影響降低，所以這可成為之後我們探討的方向。

(三) 維生素 C 在操作過程中逐漸氧化，可能導致測量出的數值較低，若能評估維生素 C 在常溫、搖晃、離心等過程中的損失率加以計算，可望量測出更精準的維生素 C 濃度。

(四) 實驗(三)中，我們並未將水果不同品種、個體差異、成熟度等變因考慮進去，這是未來可探討的方向。

七、 未來展望

(一) 在本實驗中，我們控制了相當多的變因，操作上須十分注意，因此希望將量測方式再簡化，例如將溫度、酸鹼、待測水溶液的透光度的變異一併考慮在換算的公式中，

如此只要記錄待測水溶液放入前和放入後的電壓再代回公式即可。

- (二) 未來若欲測量其他營養素或化學物質，只要找到相應、有色階變化的指示劑，便有機會以此種方法簡單的測量出含量。
- (三) 維生素 C 也能使高錳酸鉀褪色，合理推測若指示劑換成了高錳酸鉀也能成功，但高錳酸鉀是種和 DCPIP 完全相反的紫紅色，所以可能得到完全不同的關係式。若當有 DCPIP 無法量測的水果，可考慮以高錳酸鉀來操作；或以高錳酸鉀所量測出的結果對照 DCPIP 量測出的結果，再次比對並使實驗更精確。
- (四) 本實驗藉由製作方式簡易、材料便宜且容易操作的比色計來量測維生素 C 的濃度，具實用性與經濟效益且不具危險性，未來可望納入國中小之實驗課程，讓學生藉由親手操作，更加了解氧化還原及反應速率等章節之應用。

柒、 結論

- 一、 此檢測方式可快速、簡便測得待測水溶液的維生素 C 濃度。
- 二、 在一定範圍內維生素 C 濃度越高，透光度越高，輸出電壓也越高。
- 三、 酸會使 DCPIP 變紅色，影響輸出電壓甚鉅。
- 四、 以此方法求得之水果維生素 C 含量和衛生福利部公布的大致相同，表示本方法可行。
- 五、 本實驗測量天然水果所含維生素 C 含量(mg/100g):芭樂>奇異果>柳橙>番茄>棗子>鳳梨>椪柑>蓮霧>香蕉>蘋果>葡萄

捌、 參考資料及其他

- 一、 鄭少屏、張哲維、李家祥、張雅涵(民 96 年)。玫瑰紅中的玄機-維生素 C 定量方法之改良。中華民國第四十七屆全國中小學科學展覽會，高職組 化工、衛工及環工科。
- 二、 邱秀玲、李妍禎(民 95 年)。設計、色計-自行設計微型比色計改良比色法實驗。中華民國第四十六屆全國中小學科學展覽會，高中組 化學科。
- 三、 台灣地區食品營養成分資料庫，取自：

<https://consumer.fda.gov.tw/FoodAnalysis/ingredients.htm>

United States Department of Agriculture Agricultural Research Service • National Nutrient Database for Standard Reference Release 27, from

<http://ndb.nal.usda.gov/ndb/nutrients/index>

Natural food-Fruit Vitamin C Content • THE NATURAL FOOD HUBINFORMATION CONTENTS TREE • 2005, from

http://www.naturalhub.com/natural_food_guide_fruit_vitamin_c.htm

【評語】 040803

本參展作品利用自製簡易比色計量來測水果中維生素 C 的濃度。但是量測“簡易”並非最重要的考量，主要考量因子為方法之精密度、準確度以及偵測極限，本作品易受水果本身（果汁）顏色的干擾，而且反應劑 DPCIC，亦易隨 PH 而改變呈現，故參展作品仍有極大提升空間。