

中華民國第 58 屆中小學科學展覽會 作品說明書

國小組 化學科

080217

悄悄是離別的生「硝」——食物中的硝酸鹽類減量
方法與自製分光光度計檢測初探

學校名稱：新北市板橋區沙崙國民小學

作者： 小六 邱浚晏 小六 梁耘謙 小六 蘇品璇 小六 陳曉薇	指導老師： 許皓鈞 黃淳霖
---	-----------------------------

關鍵詞：分光光度計、比色法、硝酸鹽類

摘要

本研究是利用硝酸鹽試紙與自製分光光度計測驗食物中的硝酸鹽類的含量，除了日常生活的食物與飲料之外，我們還檢測了隔夜菜的硝酸鹽類含量，並驗證維生素C進行硝酸鹽類的減量試驗，其結論如下：

1. 自製分光光度計可進行亞硝酸鹽含量檢驗，適用範圍為100~1000ppm。
2. 硝酸鹽類試紙有檢測極限，我們做了RGB色彩分析Excel來判別更精確的含量
3. 隔夜菜只有硝酸鹽逐漸上升的趨勢，亞硝酸鹽則無顯著差異，從隔夜菜發現第4、5天時，硝酸鹽的數值幾乎相近，認為可能是超越了試紙的檢測範圍
4. 當亞硝酸鹽水溶液濃度達100ppm時，純維生素C水溶液須到1000ppm，其硝酸鹽類的含量才會明顯減量

壹、研究動機

現在小家庭當道，家庭組成的人口數不多，常常煮完一頓飯了之後會有許多剩下的飯菜，為了避免浪費，有許多家庭會將這樣隔餐的食物重新加熱食用，但這也吃出了健康問題，除了加工肉品的硝酸鹽會造成身體健康的影響之萬，隔夜菜的議題更是許多家庭會面臨到的狀況，因此本研究除了重新檢視市售的食物的硝酸鹽類含量，我們也檢測了隔夜菜的硝酸鹽類含量變化情形，並試圖找出減少食用硝酸鹽類的方法。

貳、研究目的

- 一、自製分光光度計來檢測硝酸鹽類含量實測。
- 二、修正硝酸鹽類試紙的檢測，提升試紙檢測的精準度。
- 三、找出實際減少食物或食品中硝酸鹽類含量的方法。

參、研究設備和器材

本次實驗研究所需設備與器材如下列圖表所呈現：

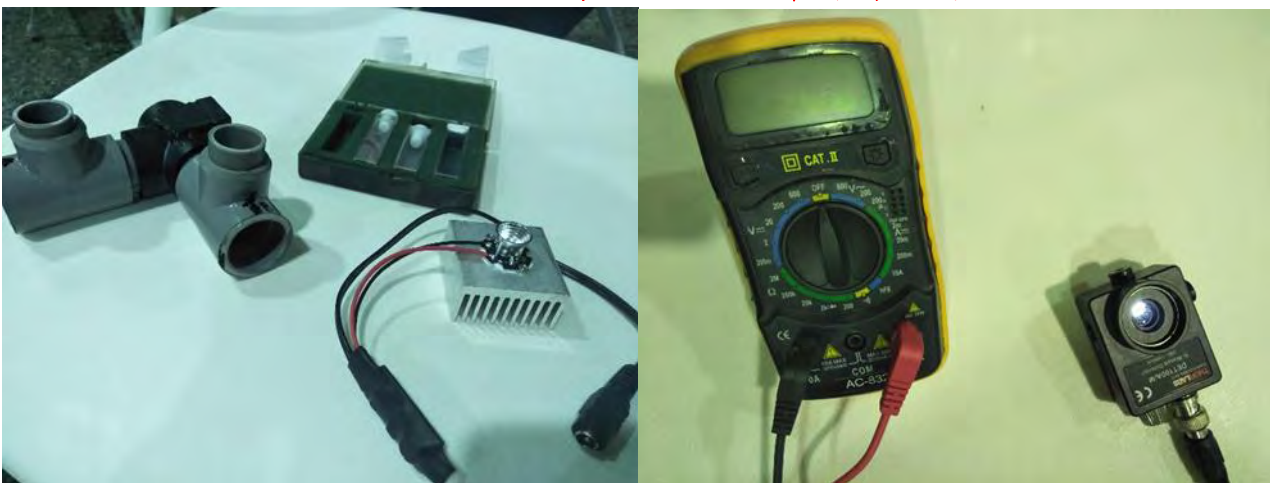
實驗器材如下：

一、硝酸鹽類減量測定實驗所需器材



1. 硝酸鹽試紙
2. 塑膠量杯
3. 塑膠滴管
4. 純水
5. 果汁機
6. 水果刀
7. 料理用電子秤
8. 亞硝酸鈉粉末
9. 茶匙組
10. 各類蔬菜 (小白菜、青江菜、油菜、蔥、薑、蒜、花椰菜、高麗菜)
11. 常食用之肉品(雞、豬、魚)
12. 相機 (Nikon D90) 與相機腳架
13. 計時器
14. 電腦(分析資料)
15. 鍋子
16. 油
17. 各類果汁(每日 C 柳橙汁、葡萄汁、紅橙汁、芭樂汁、蔓越莓汁)
18. 各類茶品(麥香紅茶、綠茶、奶茶)
19. 常見飲料(優酪乳、養樂多、C&C 檸檬口味汽水、康貝特)
20. 各類水果(柳橙、葡萄柚、葡萄、芭樂、奇異果、檸檬)
21. 維他命 C 粉末(純)

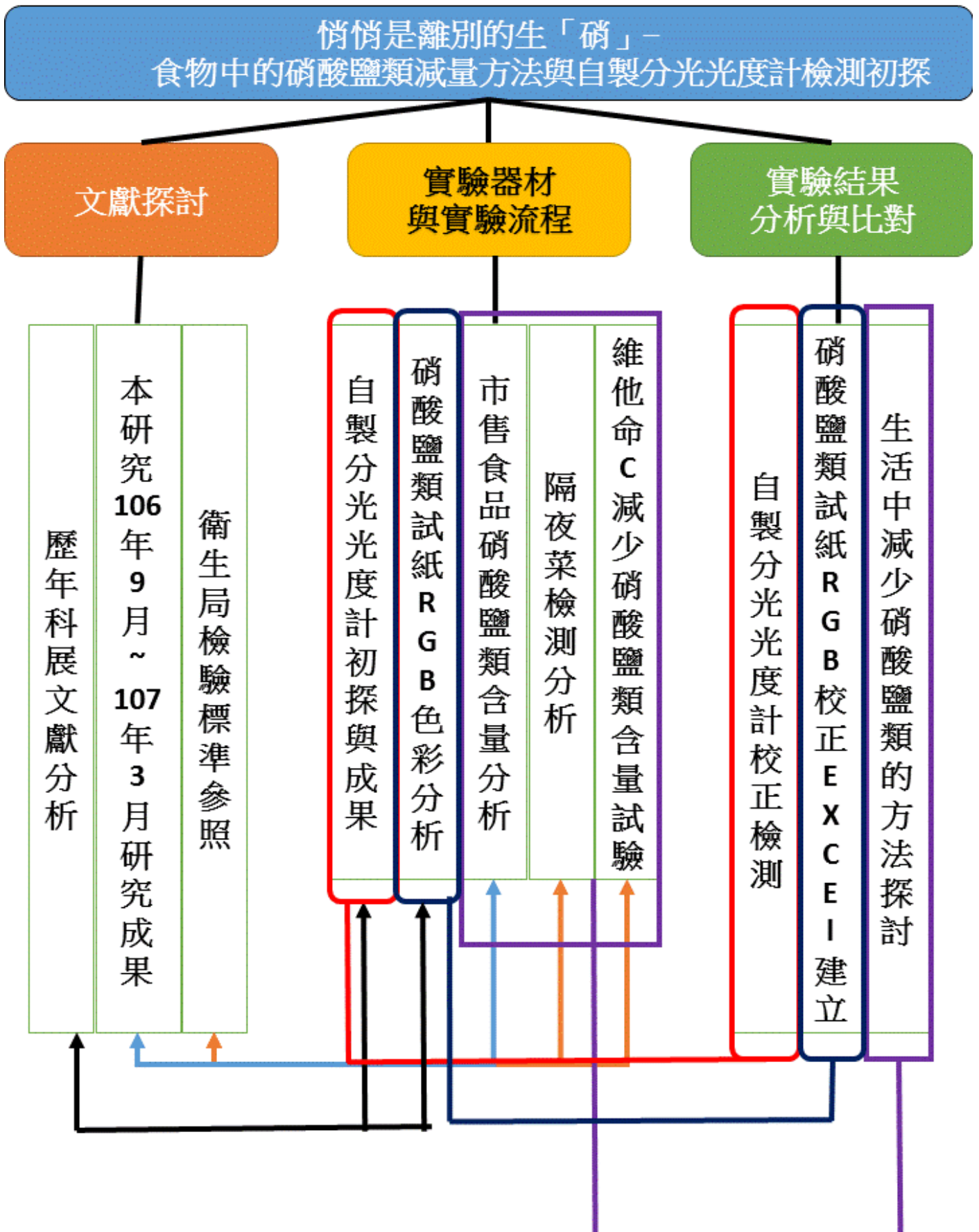
二、自製分光光度計所需器材



1. 6 分三通水管
2. 方形試管
3. 光電增減器
4. 51Ω 電阻
5. 50、50 分光鏡
6. 紫外光 LED
7. 三用電表
8. 延長線

肆、研究過程與方法

一、研究架構與流程圖：



二、文獻探討

(一) 名詞解釋：

1. 硝酸鹽類

我們知道鹽類屬於「一種金屬離子配上一個非金屬離子」而硝酸鹽為一個氮和三個氧所結合之非金屬離子，亞硝酸鹽類為一個氮和兩個氧所結合之非金屬離子。其中硝酸鹽類中的亞硝酸鹽若與胺基酸結合，將會形成亞硝酸胺，而亞硝酸胺是一種致癌物。

2. PPM：

PPM 是一種濃度單位(重量百分濃度)。

$1\text{ppm} = \frac{1}{1000000}$ 簡單來說，就是一[公斤] (kg) 的物質中有一[毫克] (mg)

的某物質，某物質含量即為 1ppm。

3. 比色法與分光光度計

「分光」光度計的設計原理，是將燈源的光線分散成七彩色光，並從中擷取出某個「單一色光」，然後讓這個「單一色光」穿過樣品溶液之後，以光感測器量測這個單一色光的衰減程度，並將此衰減程度量化成數字。最後，以單一色光被樣品溶液所吸收的比例，來呈現測量結果（也可以穿透的比例來呈現）。這個比例，可以從還沒有放置樣品之前（基線 Baseline）、以及放樣品之後，由光感測器所測得的單一色光強度，來得到樣品在該色光下的相對「光度」。簡單來說就是利用分光亮度計吸收打出的光的強度、顏色並進行【比對顏色與分析】（【】處為比色法）

(二)、文獻分析

1. 歷屆科展文獻分析：

(1)第 49 屆全國科展「沒『硝』息就是好消息—探討水果、大蒜、茶類對於食物中亞硝酸鹽之去除能力」。此篇中運用專業的分光光度計檢測各類食物中的硝酸鹽類的含量，也驗證各類茶飲對於亞硝酸鹽的去除能力進行檢驗，但是在去除實驗之中並沒有使用到生活中的食材來進行實際減量的試驗，只有推估的數值。已隔了 10 年，許多說明書上的飲料已不再販售，

(2) 第 49 屆全國科展「天下第一味—香腸配養樂多」。此篇同樣也是使用硝酸鹽試紙進行檢驗，但許多濃度的細節並未釐清，只有比對試紙罐上的色塊進行判斷，但是實際含量數值是無法得知的。

(3)第 40 屆全國科展「綠色的小秘密—你吃了多少硝酸鹽」。此篇實驗也是利用硝酸鹽試紙進行實驗。雖然數據量多且大，但是因為時間久遠且沒有寫出所使用之儀器品牌，故在實驗的重現性上面較難重製比較。我們在執行時因方便取樣，所有實驗材料皆選購來自於超級市場之蔬果與飲料進行相關研究

2. 本研究 106 年 9 月~107 年 3 月的研究成果：

(1)第一代的分光光度計主體架構設計沒問題，但只能偵測可見光範圍濃度對遮光度的影響。但亞硝酸鹽水溶液，無法以此進行偵測。

(2)當我們對試紙罐上的顏色塊進行分析，我們發現色塊上的 RGB 會隨著同度不同而成比例的變化，其中 R 值幾乎固定不變、GB 兩個數值隨著濃度上升而在色塊中的比例漸漸下降

(3)實驗結果符合歷屆科展之成果，葉菜類的亞硝酸鹽類含量最高，進行市售果汁減少硝酸鹽類含量測試時，蔓越莓的減量效果最佳

3. 衛福部與衛生局所提供相關資料：

(1) 衛生局都會於過年時免費提供民眾領取硝酸鹽類測試試紙，因逢年過節時民眾對於食用加工肉品的需求量大增，為避免吃下過量的硝酸鹽類，衛生局訂定每一品項之加工肉品其亞硝酸鹽含量不得高過 70ppm。

(2)衛生署建議國人每天最好吃半斤蔬菜來估算，我們每天大約會攝取到 1500~2000mg（毫克）的硝酸鹽。

(3)(U. S. EPA)制訂定了標準值，稱為最大的容許污染濃度，針對飲用水中硝酸鹽及亞硝酸鹽含量分別不得超過 10 ppm 及 1 ppm。其同時訂定了每日容許參考劑量(reference dose)，每日每公斤從硝態氮攝入的硝酸鹽為 1.6 微克(相當於體內含 7 mg/kg 硝酸根離子)，至於亞硝酸鹽為每日 0.1 mg/kg(相當於體內每公斤含 0.33 毫克亞硝酸根離子)。

(三)實驗操作步驟設計與說明

1. 硝酸鹽類試紙實驗操作步驟：

(1) 將蔬菜或者是水果利用電子秤量至 10 克(不得超過 10.3)

(2) 接著將 10 克的蔬菜或水果和 290 毫升(ml)的水，按照 1:30 的比例放置果汁機中

(3) 放入果汁機後，打 1 分鐘為基準

(4) 打完後，放入量杯中，靜置 1 分鐘

(5) 1 分鐘後，取出一片試紙，將是指放入液體中約 1 秒鐘

(6) 等待 1 分鐘後，將盒子外得色塊進行比對，將結果×30 倍，即可知道硝酸鹽及亞硝酸鹽的含量

(7) 拍照比對試紙的呈色，進行彩度分析，判斷硝酸鹽類之含量

2. 硝酸鹽類減量測定操作步驟：

(1) 調配 100ppm 的亞硝酸鈉溶液： 取 1 公升的水，配上 0.1 公克的亞硝酸鈉粉末。(使用定量瓶)

(2) 接著取 0.1 克待測物，如維他命 C，和入 100PPM 的亞硝酸鈉溶液，並搖晃均勻

(3) 取出後，放入錐形瓶中靜置 1 分鐘

(4) 取出 1 片試紙，浸泡在溶液中約 1 秒鐘，取出後等待 1 分鐘

(5) 將試紙與盒子上的色塊比較

(6) 再與原液進行比對，即可知道有無減量

(7) 拍照比對試紙的呈色，進行彩度分析，判斷硝酸鹽類之含量

3. 硝酸鹽試紙色彩分析步驟

(1) 打開實驗後編碼好的圖片檔

(2) 打開顏色分析軟體 Jcpicker

(3) 將滑鼠指標移動到要選取顏色位置之上方，按下「Alt + X」擷取色塊資訊

(4) 點選選取之色塊分析檔點開，即可得知色彩 RGB 之比例分析

伍、 研究結果

一、 自製分光光度計

1. 第一代設計如下：利用2吋水管、白光LED、照度計來偵測水溶液的濃度，但僅限於有顏色深淺變化呈現的物質，對於透明澄清的水溶液是無效的。但是透過大學專業分光光度計，我們發現亞硝酸鹽的吸收光普在356nm(紫外光)的時候出現波峰值，表示亞硝酸鹽會吸收此波段的光。

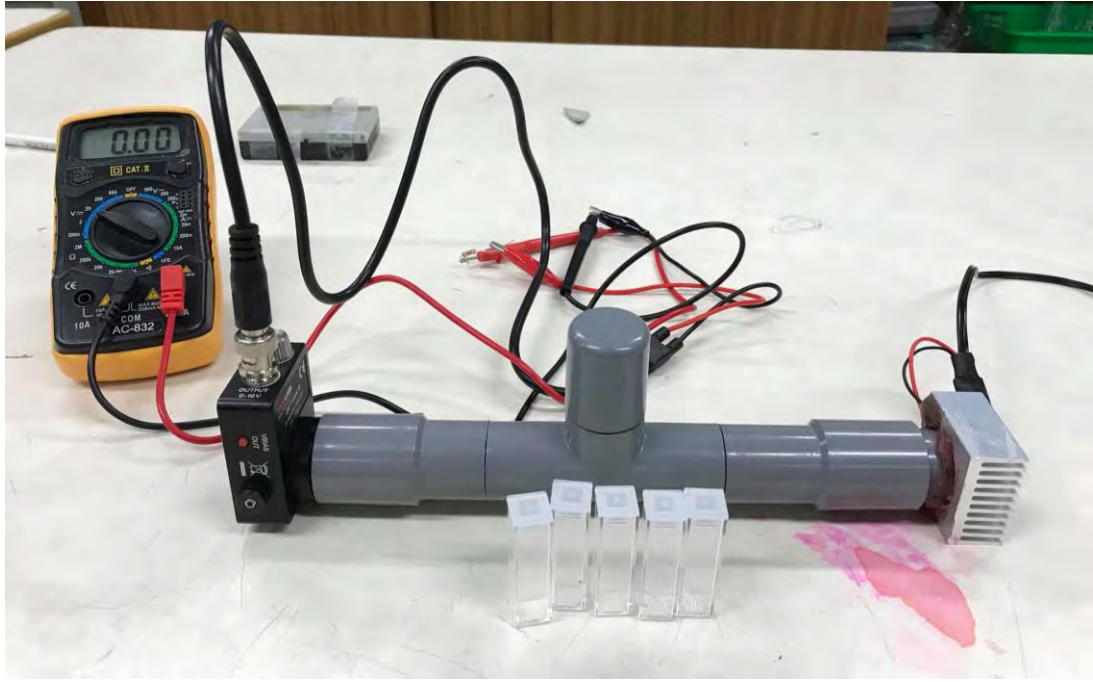


圖一、第一代自製分光光度計



圖二、第一代自製分光光度計內部構造

2. 第二代維持第一代的設計理念，準備的材料有：365nm紫外光LED、塑膠方形試管、光電增減器、電阻(51歐姆)、三用電表、LED電源供應器、兩片厚紙板中間切2mm狹縫當作光柵分別置於試管做又各2.5公分處，成品如下圖



圖三、自製水管分光光度計第二代



圖四、自製水管分光光度計第二代
內部構造，2mm 狹縫光柵。



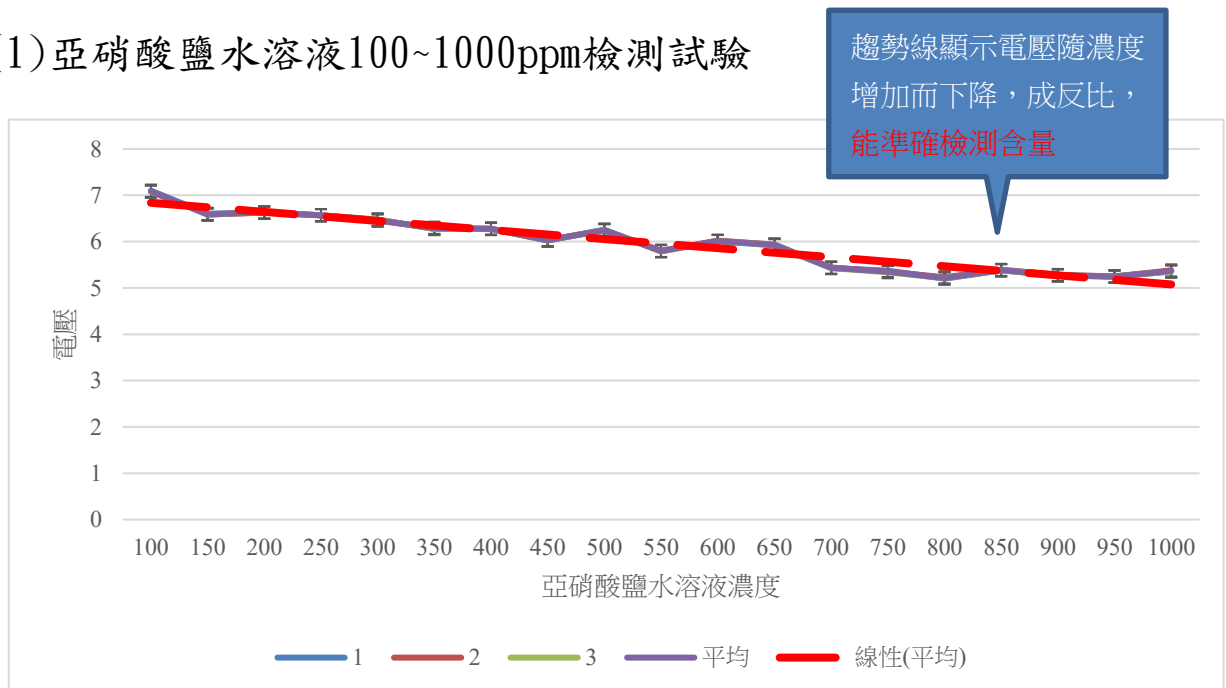
圖四、自製水管分光光度計第二代
內部構造，led 紫外光光源。

使用方式：

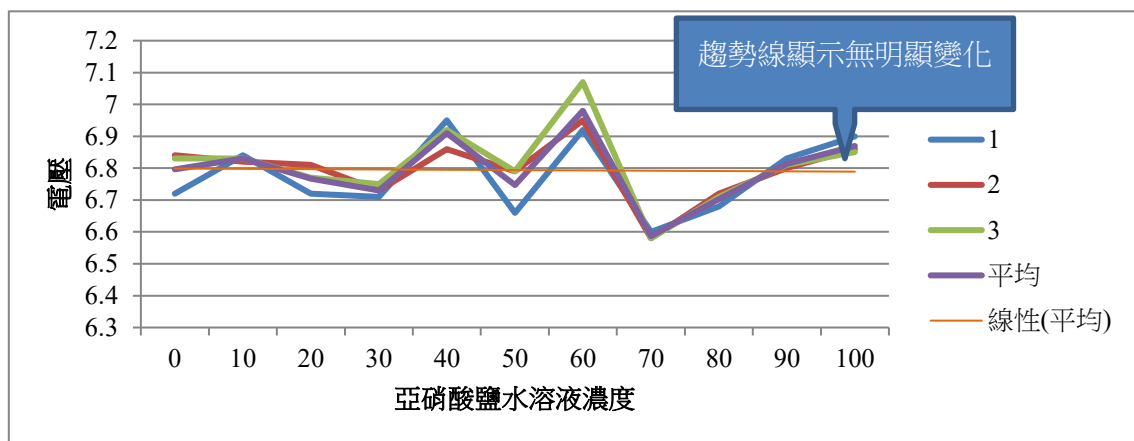
- (1) 選取一試管裝純水(空白水溶液)，當作基準
- (2) 打開光電增減器並串聯電阻與三用電表，讀取背景數值
- (3) 打開紫外光LED燈測得空白水溶液的電壓值
- (4) 同一管檢測3次取得平均電壓
- (5) 將待測試水溶液裝入試管，重複步驟1~4。

3. 實驗結果：

(1) 亞硝酸鹽水溶液100~1000ppm檢測試驗



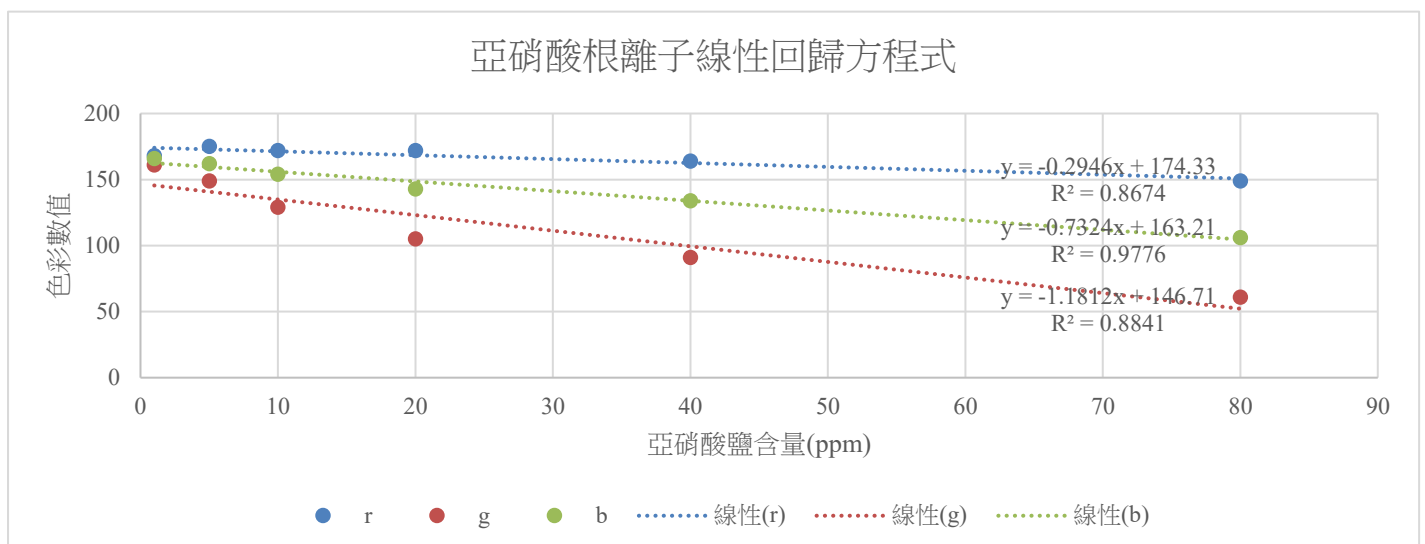
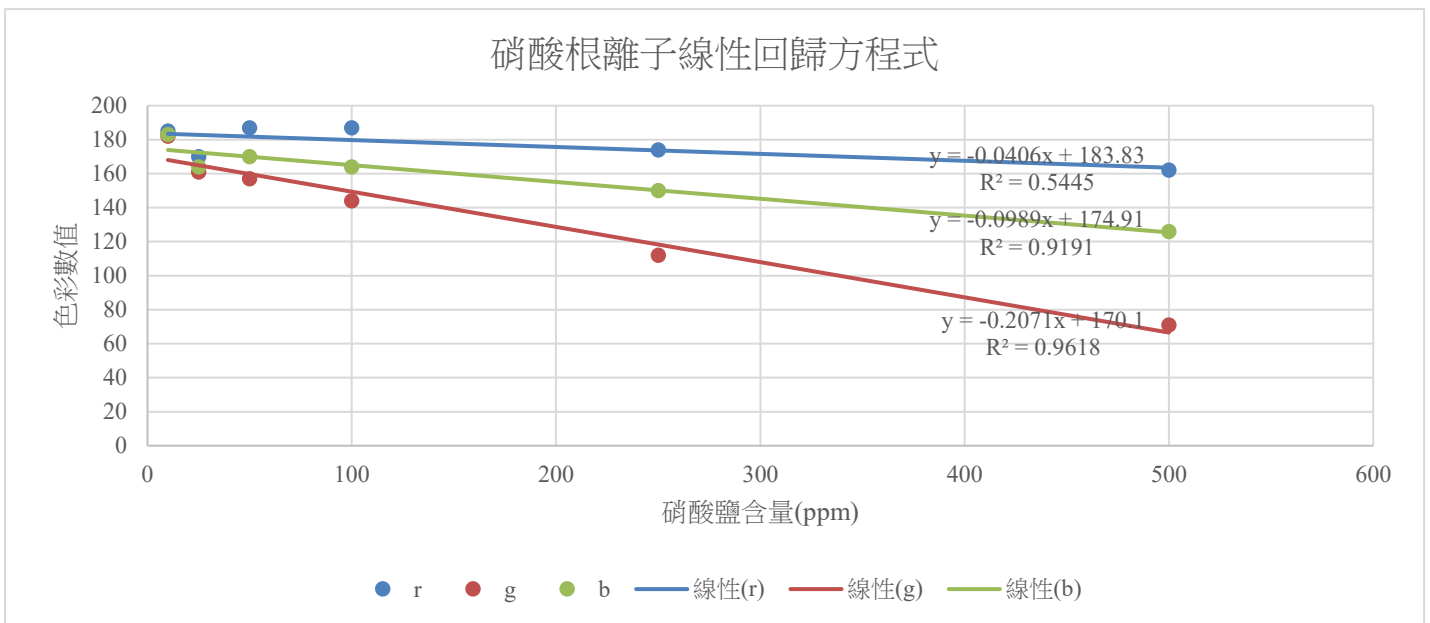
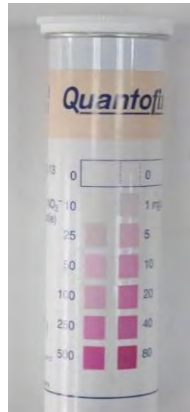
(2) 亞硝酸鹽水溶液0~100ppm檢測試驗



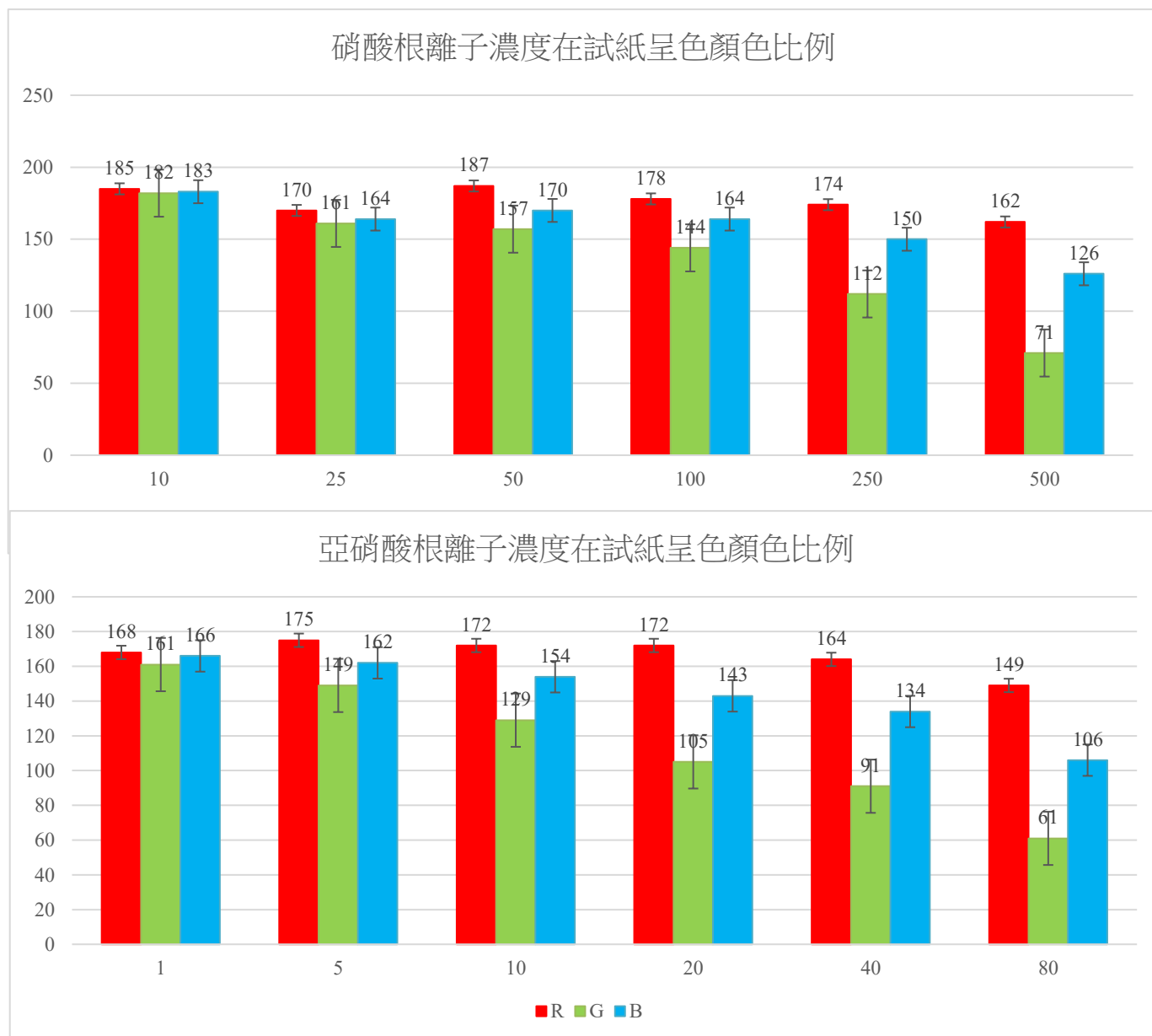
二、 硝酸鹽類試紙測定修正

硝酸鹽與亞硝酸鹽濃度色彩分析

(1) 拍下硝酸鹽試紙外包裝進行硝並泡製試紙罐上硝酸鹽類含量濃度之水溶液，以試紙檢驗並將試紙呈色拍照，利用 Jcpicker 進行分析色彩數值。



(2) 實驗結果分析如下：



(3) 觀察與討論：

試紙的確能檢驗硝酸鹽類在水溶液中的含量，一但超過測量範圍之濃度，試紙將無法準確測出精準含量。因此試紙的檢驗範圍只能維持在試紙罐上所規範的區間之內。我們泡製了8ppm、30ppm、50ppm的亞硝酸鹽水溶液，以試紙檢測並拍照進行色彩分析，所得之數值套用回線性回歸公式，完全吻合，故我們能從RGB之數值帶回Excel方程式求得更精確之硝酸鹽類的含量。

三、 隔夜菜的硝酸鹽類含量

1. 實驗操作步驟

(1)將煮熟的小白菜分成30份

(2)將小白菜放入電鍋蒸

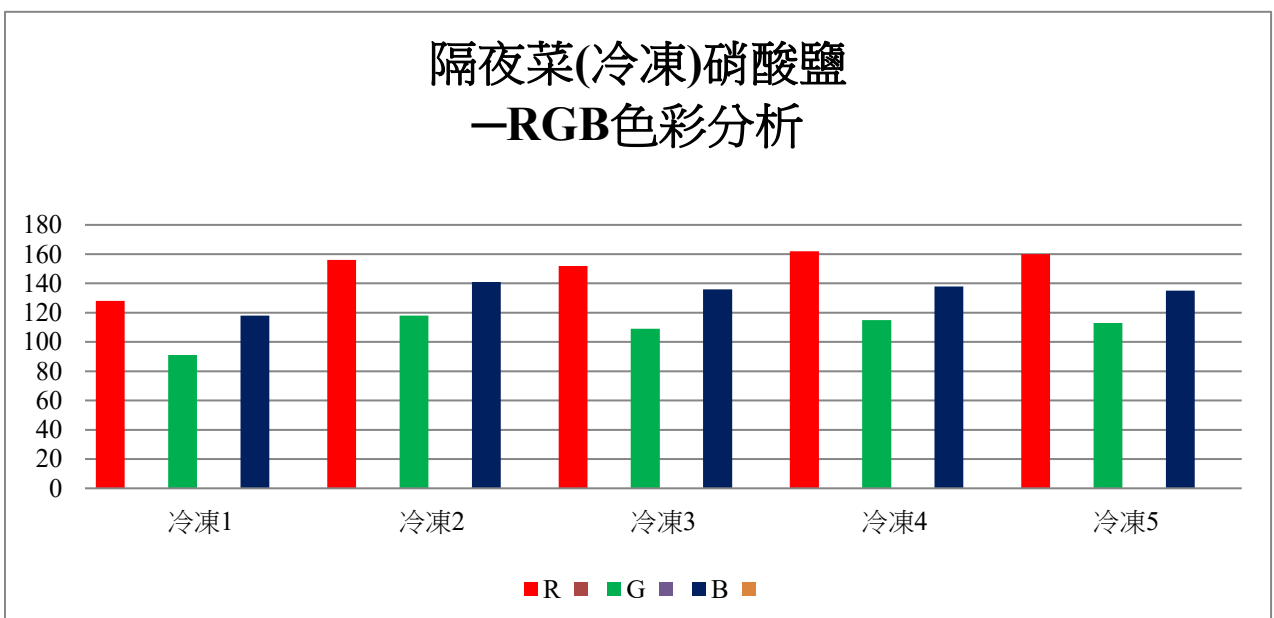
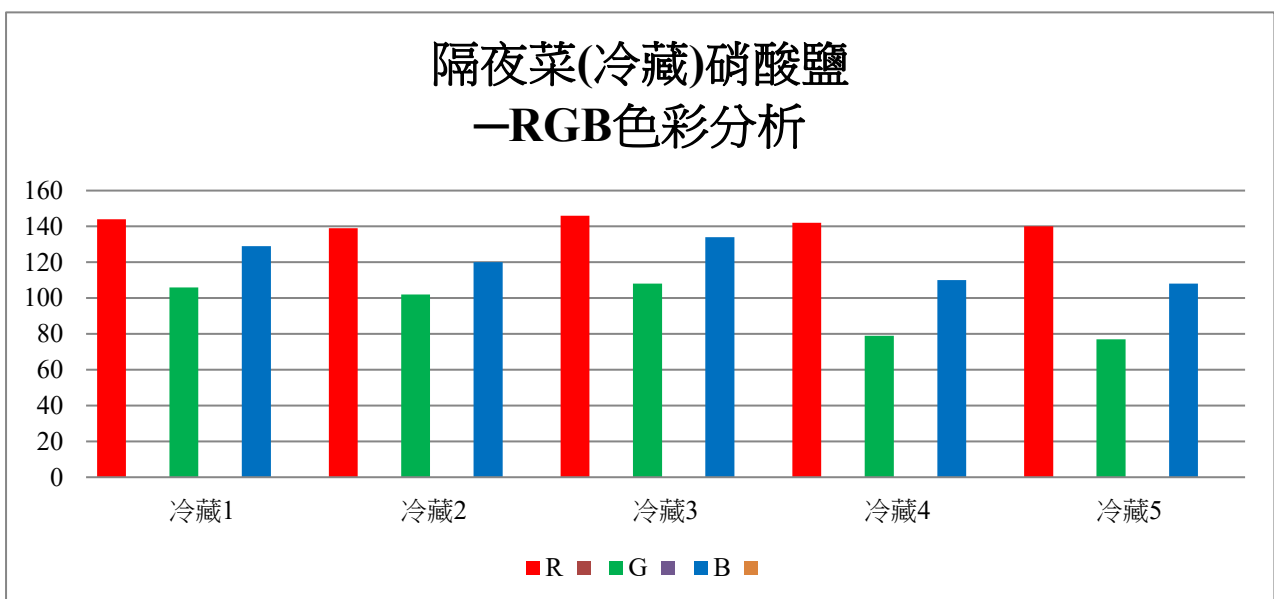
(3)取出後倒入果汁機並和入145ML的水

(4)放入果汁機打1分鐘

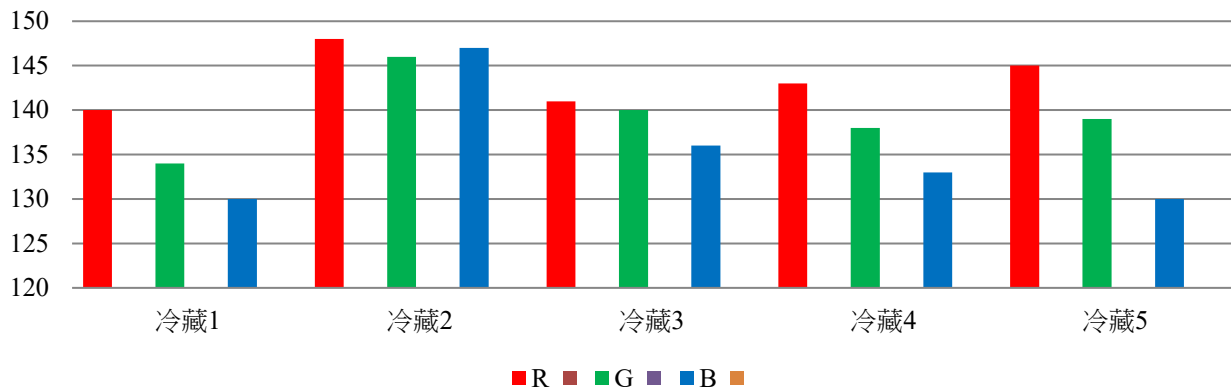
(5)用試紙進行檢測

(6)拍照比對呈色，進行彩度分析，判斷硝酸鹽類含量

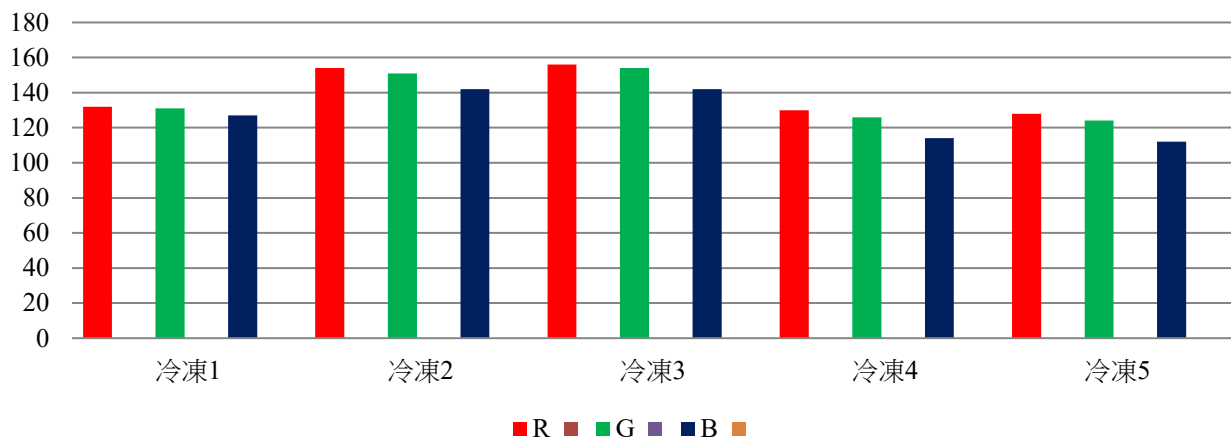
2. 實驗結果：



隔夜菜(冷藏)亞硝酸根離子 —RGB色彩分析



隔夜菜(冷凍)亞硝酸根離子 —RGB色彩分析



3. 觀察與討論:

從圖表中得知，不論是冷藏或冷凍的方式保存，硝酸根離子在第一天與第二天有明顯增量。但之後可能是以超出了試紙的測量範圍而使得試紙的顏色沒有明顯改變，因此我們需要使用自製分光光度計進行檢測。

亞硝酸根離子幾乎量測不到，應該是亞硝酸根離子在一開始炒菜時就氧化成為了硝酸根離子。

四、 維他命C對亞硝酸鹽的減量測試

1. 實驗操作步驟

(1)調配1000ppm維生素C水溶液，與3000PPM

(2)利用1000PPM溶液稀釋出100、200、300、400、500、600、700、800、900PPM，

與利用3000PPM溶液稀釋出2500、2000、1500PPM水溶液

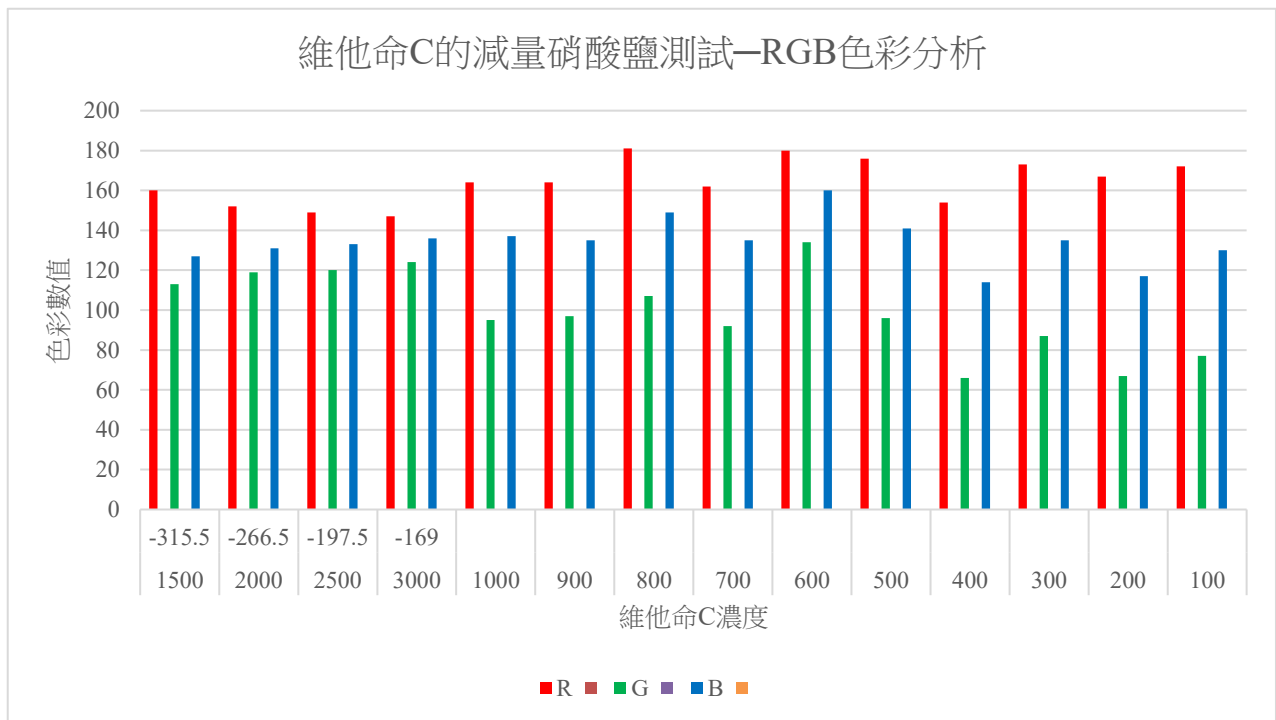
(3)接著取10ML的100PPM水溶液與10ML各PPM的維生素C

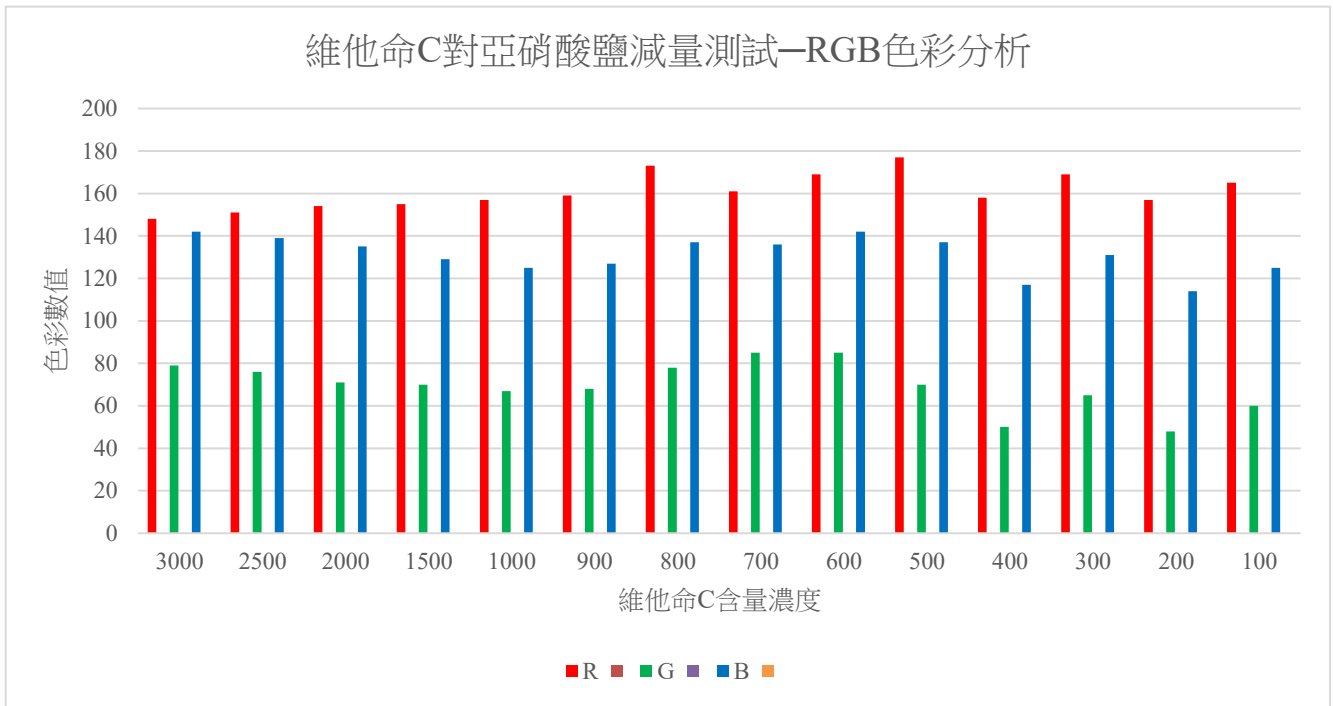
(4)搖晃均勻

(5)用試紙檢測

(6)拍照比對呈色，進行彩度分析，判斷硝酸鹽類含量

2. 實驗結果





3. 觀察與討論: 我們可以從實驗中發現，濃度到1000ppm以上才有比較明顯的減量，其他則無顯著差異。

五、 生活中的維他命C片對亞硝酸鹽的減量測試

1. 實驗操作步驟

(1) 調配100ppm亞硝酸鹽水溶液

(2) 將生活中取得的維他命C片磨成粉末加水加到100ML混合

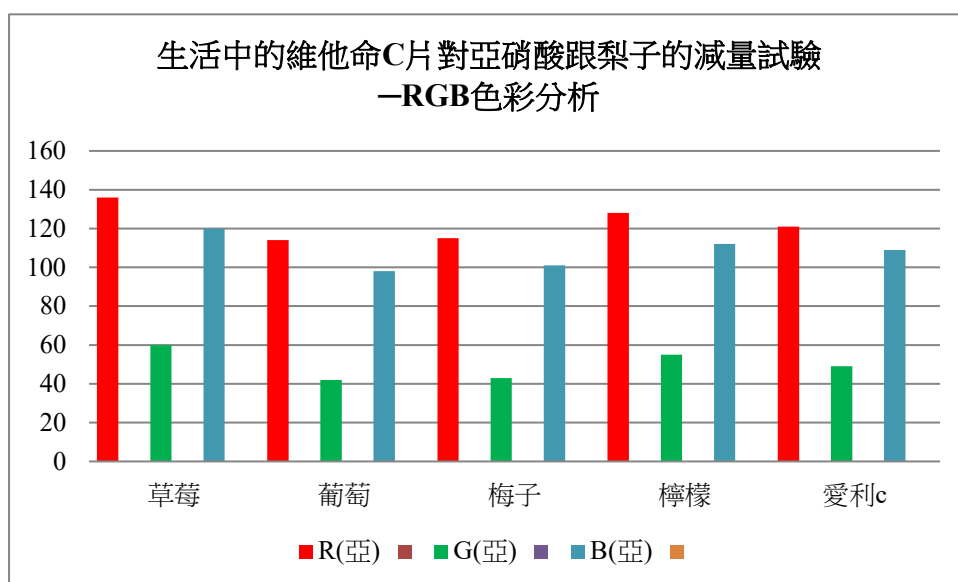
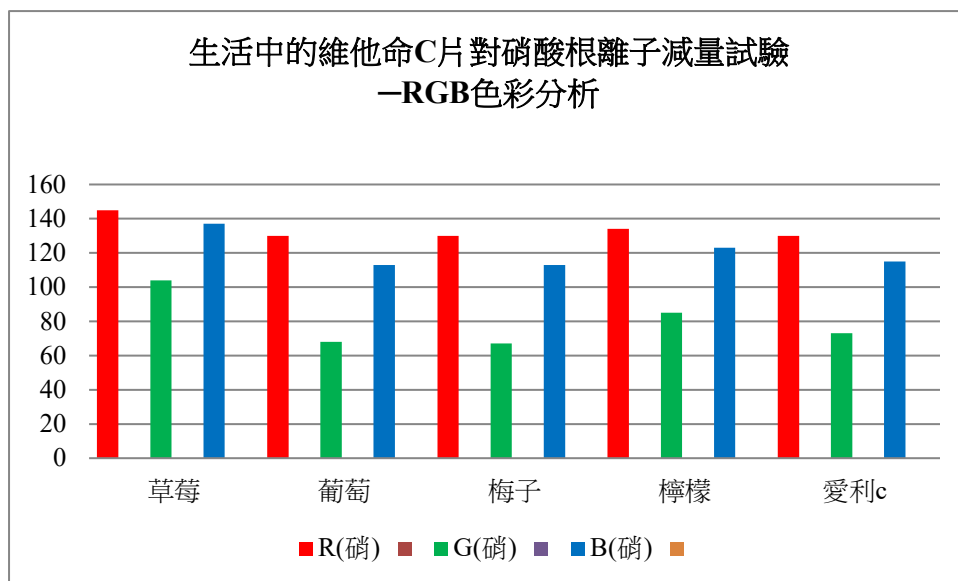
(3) 接著取100ML的100ppm水溶液與100ML維生素C水溶液

(4) 搖晃均勻

(5) 用試紙檢測

(6) 拍照比對呈色，進行彩度分析，判斷硝酸鹽類含量

2. 實驗結果



4. 觀察與討論:我們可以從實驗中發現，因單位含量皆不足1000ppm, 故無顯著差異。

陸、討論

一、硝酸鹽類試紙的測量極限

從去年 9 月到今年 3 月我們除了發現歷年來使用硝酸鹽類試紙的國展作品，在數值的含量讀取的這件事除了數值讀取不精確外，超過量測範圍的情形也很常發生，像是我們在進行隔夜菜實驗時，在最後兩天硝酸鹽類的含量破表就檢測不著，為了修正檢測的準度，我想在試紙的適用範圍內，在配上我們所找出來的線性回歸公式，輸入 RGB 色分析後的數值，試紙就能更精確判讀出硝酸鹽類的含量。

二、自製檢測儀器的準確性與發展性

目前自製儀器的檢測範圍雖然比較大，硝酸鹽類的含量須達到 100ppm 以上才能開始偵測，但我們可以從圖表中發現，若問硝酸鹽含量越多，其電壓值就越低，最主要就是利用亞硝酸鹽會吸收該光波波段之能量，使光電增減器感應出的電壓下降。含量與電壓呈穩定下降的反比，因此本研究所使用的自製分光光度計是有效地。

至於為何 100ppm 以下偵測效能無顯著差異，其可能的原因該是光柵開得太大，或許未來把光柵改得更小以及降低電阻的歐姆值，就能提升 100ppm 以下的偵測效能。

雖然在設計上並未真的實踐到了「分光」但已運用了分光光度計檢測水溶液之濃度的概念，其未來將發展正式的分光器與光源使用，使自製分光光度計能更加精進，檢測更多生活中的物質。

從設計到購買材料到組裝、本研究之分光光度計一組的成本約為 3500 元台幣，相信未來在光電感測器上能再降低成本，將這樣的設備將能推廣到校園與家庭進行更多的物質檢測。

三、隔夜菜的硝酸鹽類減量方法探討

隔夜菜主要所含的是硝酸根離子，並不是主要致癌之風險，根據文獻所討論之，維他命C的抗氧化性的確能有效減量食物中的硝酸鹽類含量，但每日所需還量為1000mg大約要吃下1.5罐的維他命C糖果片或者維他命C營養補充品來達到減少吸收食品中硝酸鹽類的含量。但文獻所說的400ppm含量之維他命C即可達到減量的效果在本次實驗中尚未測得，我們將繼續探討探討文獻是如何進行實驗的。

柒、結論

1. 我們利用水管與光電增減器所自製分光光度計，可檢測溶於水中的亞硝酸鹽含量，其量測範圍100~1000ppm，100ppm以下上無法準確量測。
2. 我們製作出了Excel的程式，可利用顏色分析軟體分析硝酸鹽類試紙檢測後的色塊RGB的數值，推得更精確的硝酸鹽類含量。
3. 生活中的食物以菜葉類的亞硝酸鹽含量最高，但要吃到人體無法負荷的量，需要吃到非常過量，以60公斤的成人，需要吃到kg的蔬菜才有機會。
4. 隔夜菜中無亞硝酸鹽的存在，硝酸鹽類的含量會隨著日子增加而增量，且四天後超標到試紙無法檢測的範圍。
5. 維他命C的確能有效減少硝酸鹽類的含量，以每人每日平均攝取量來推估，但成人每日所需對大量為1000mg，多吃雖無害但也無益身體健康。

捌、參考資料及其他

陳滄真;林一辰;黃靖貽;楊子萱李冠徵;謝雅玲 沒「硝」息就是好消息—探討水果、大蒜、茶類對於食物中亞硝酸鹽之去除能力(民98) 第四十九屆中小學科學展覽會作品說明書

賴雨婕、黃惠萱、賴郁心、黃馨、許嘉哲、張維煜(民96年)。天下第一味—香腸配養樂多。第四十七屆中小學科學展覽會作品說明書

陳亭仔、張競元、廖珮邑、翁子庭、洪詩堯、何昀蒞、張珮鳳、闕維正(民94年)。多吃蔬果 多健康?!。第四十五屆中小學科學展覽會作品說明書

張剛毓、張婷毓、蕭涵憶、符永媛(民89年)。綠色的小秘密—您吃了多少硝酸鹽。第四十屆中小學科學展覽會作品說明書

食物中的亞硝胺致癌物質

<http://www.greencross.org.tw/food&disease/nitrosamines.htm>

硝酸鹽及亞硝酸鹽 國家環境毒物研究中心

http://nehrc.nhri.org.tw/toxic/toxfaq_detail.php?id=187

你曾聽說過的飲食傳言 科學人雜誌

<http://sa.ylib.com/MagArticle.aspx?Unit=featurearticles&id=1089>

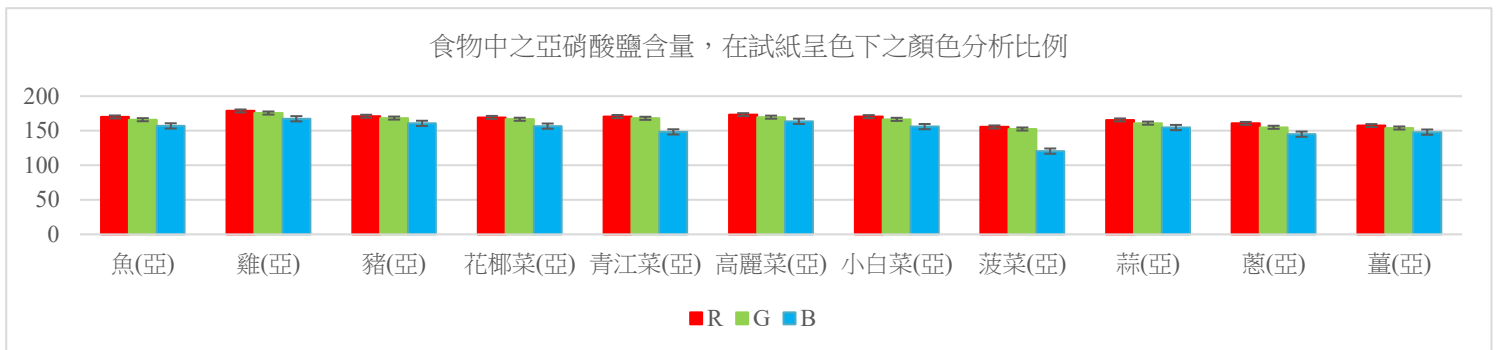
附件

本研究106年9月~107年3月之研究結果

生活中常見的食物中硝酸鹽類的含量比較

(一)實驗一·生活中常見之常見食物之硝酸鹽含量比較

1. 實驗結果如下：



2. 觀察與討論：

肉類、蔥薑蒜類的 RGB 三條線相當靠近可以得知其硝酸鹽含量比較少，青江菜、小白菜、菠菜的線型較為鬆散，得知有顏色上的變化，故可推得其硝酸鹽含量較高。

(二)實驗二·生活中常見之常見食物之亞硝酸鹽含量比較

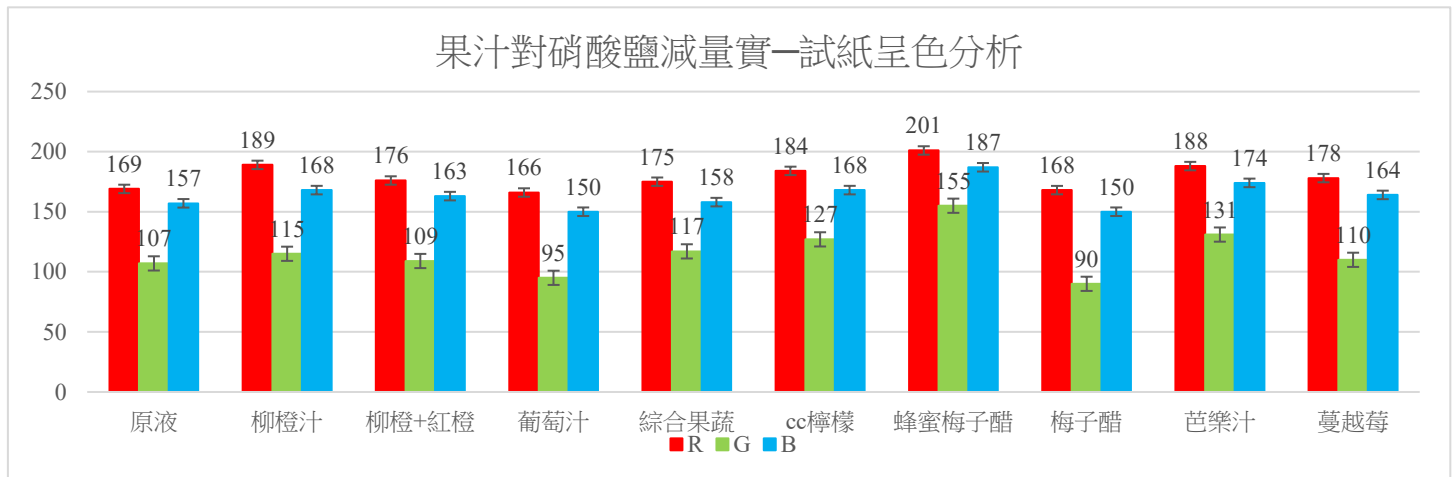
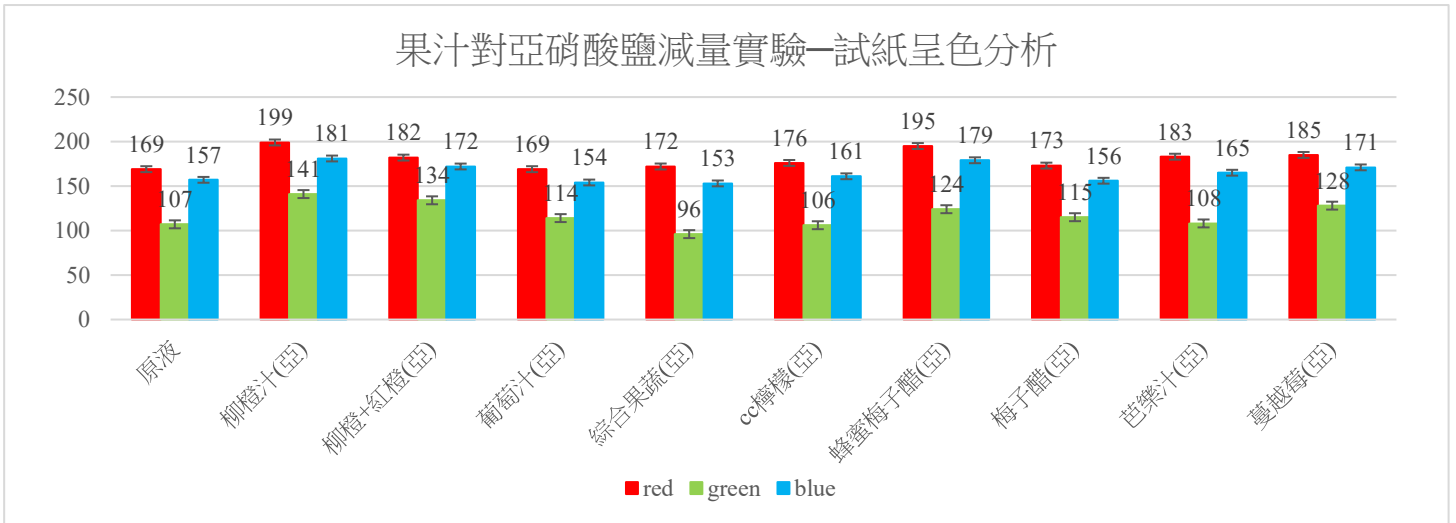
2. 觀察與討論：

肉類、蔥薑蒜類的 RGB 三條線相當靠近可以得知其亞硝酸鹽含量比較少，青江菜、小白菜、菠菜的線型較為鬆散，得知有顏色上的變化，故可推得其亞硝酸鹽含量較高。

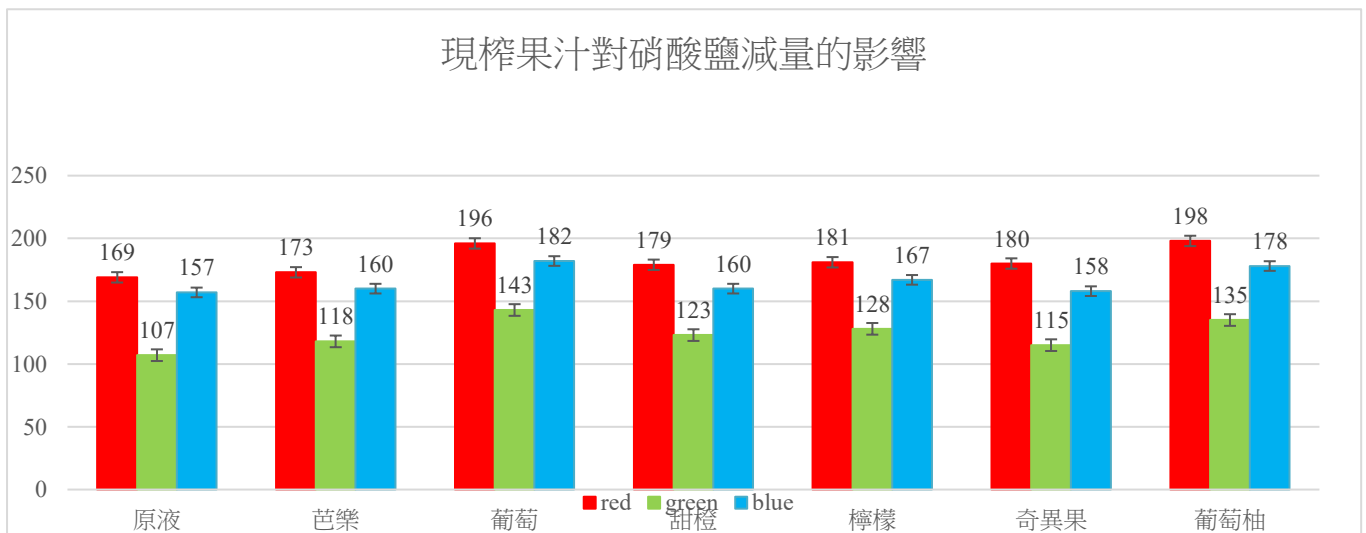
(三)小結論：由實驗數據及圖表可得知以小白菜與青江菜的硝酸鹽類含量最多，花椰菜與高麗菜的硝酸鹽類含量較少。蔥薑蒜類，薑的硝酸鹽類含量最多，蒜的硝酸鹽類含量最少。肉類沒有含硝酸鹽與亞硝酸鹽。

二、 檢測生活物中常見的果汁與飲料對於硝酸鹽類的去除能力比較

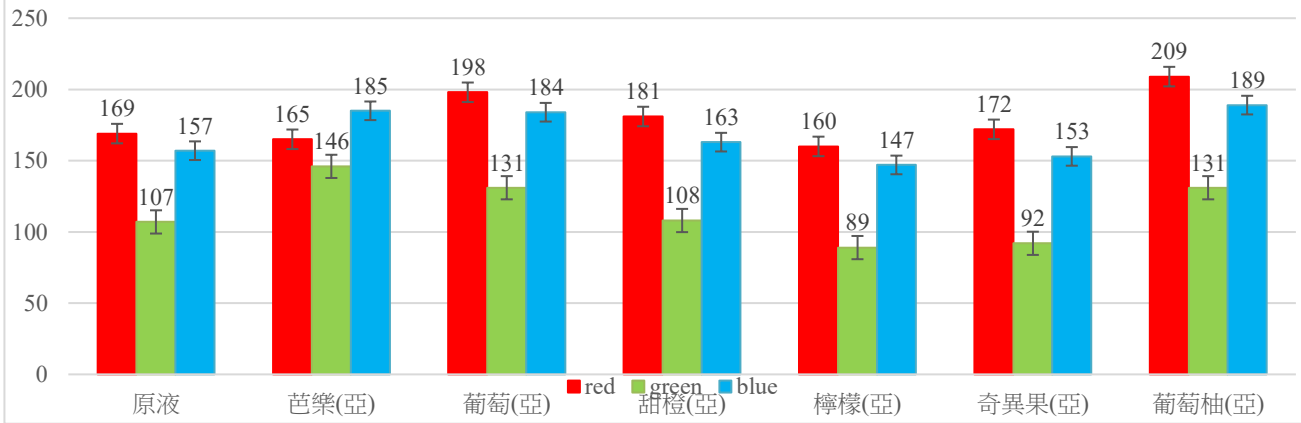
(一)實驗三·市售濃縮果汁硝酸鹽與亞硝酸鹽減量分析



(二)實驗四·現榨果汁對硝酸鹽類的減量



鮮榨果汁對亞硝酸根離子減量實測—試紙顏色分析



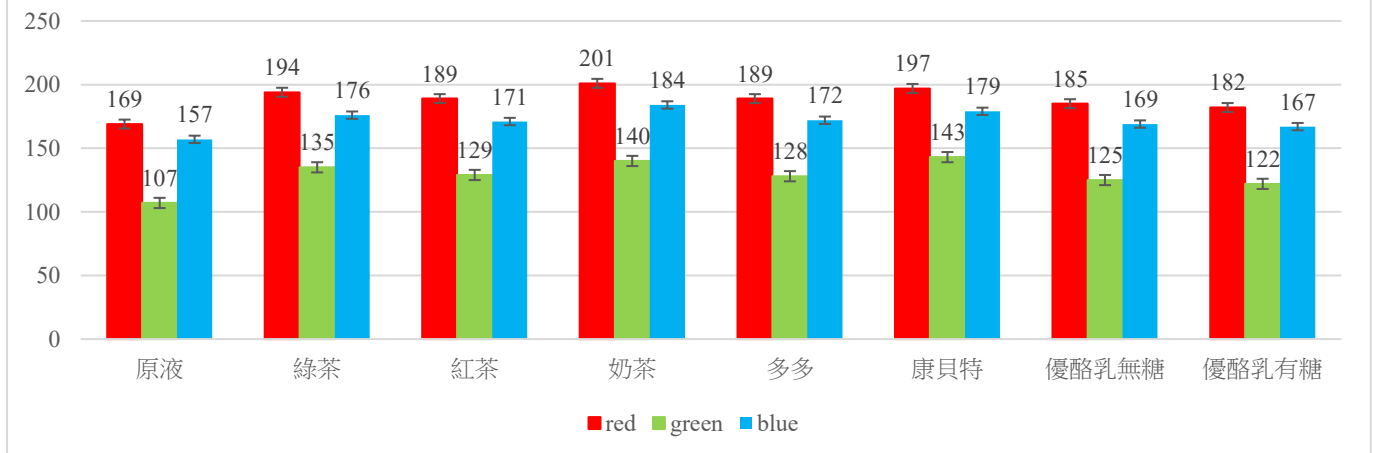
3. 觀察與討論：

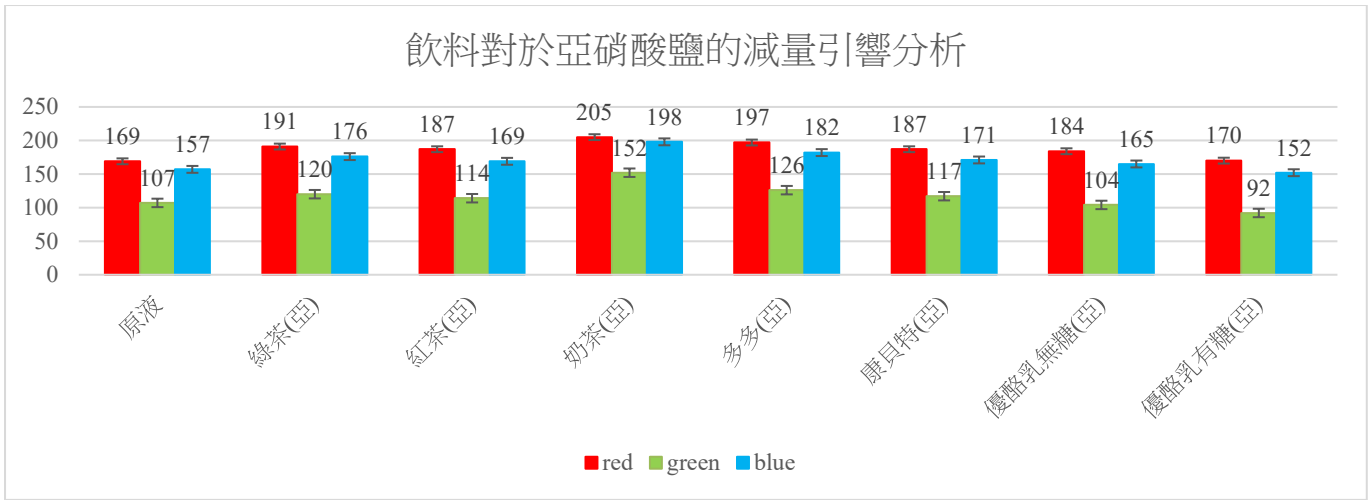
我們可以從數據和線型中發現，鮮榨果汁對於亞硝酸鹽類的減量較為顯著，但硝酸鹽的減量幾乎是沒有效果的。

(三)實驗五·飲料對硝酸鹽類的減量

2. 結果：

飲料對硝酸鹽類的減量影響分析

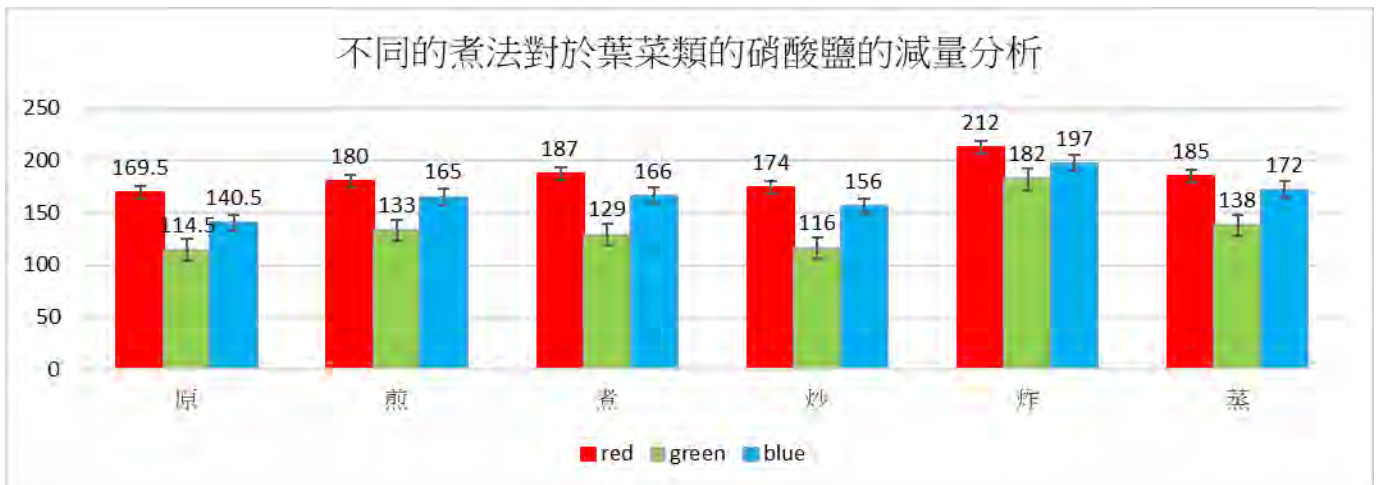




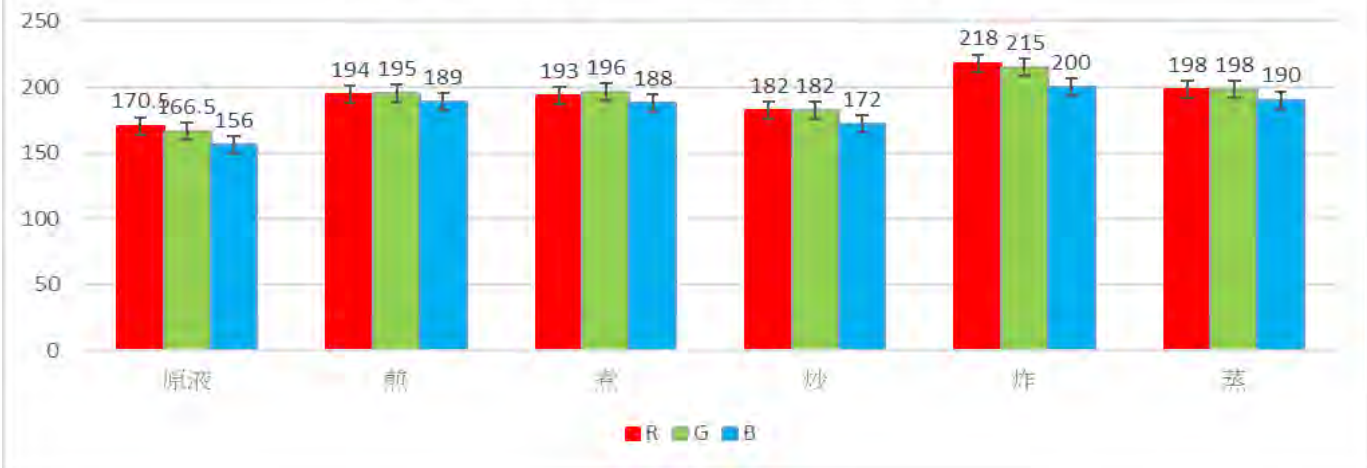
3. 觀察與討論：

在飲料對於硝酸鹽類的減量實驗中，我們可以從RGB色彩線型的分析中看到康貝特對於硝酸鹽的減量有稍微顯著一些(線型較為集中)，奶茶對於亞硝酸鹽的減量有顯著減少(線型較為集中)，由此可得知部分飲料對於硝酸鹽類的減量是有一些效果的。

三、不同烹煮方式對於硝酸鹽類的減量效果分析。



不同的煮法對於葉菜類的亞硝酸鹽減量分析



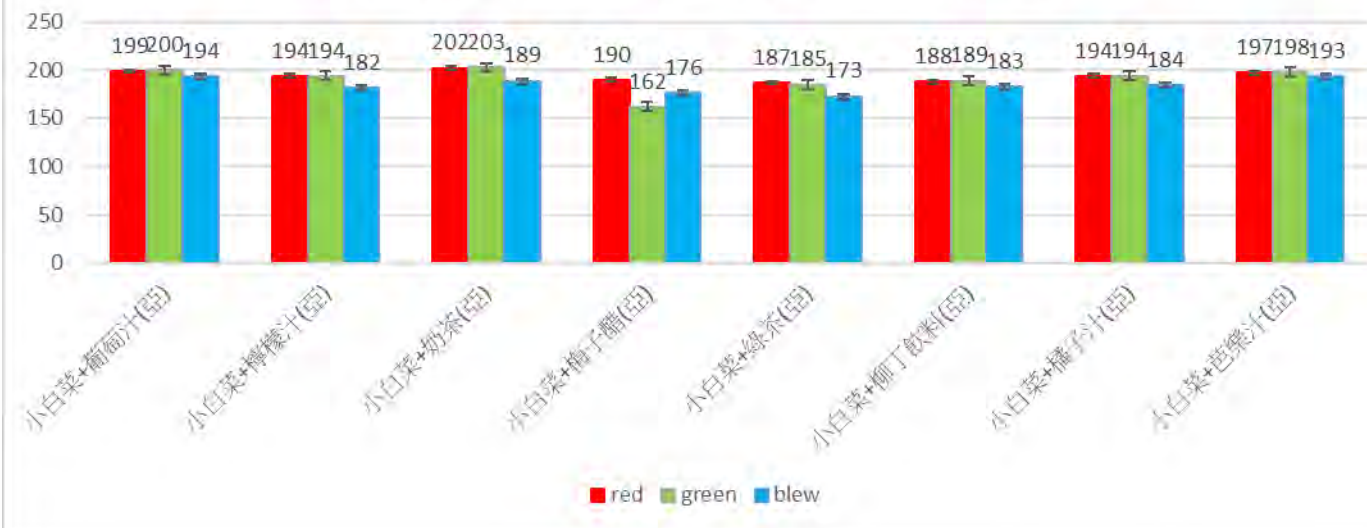
3. 觀察與討論:

由圖表可得知，炸和蒸能效減少硝酸鹽的含量，其中炸的減少最明顯，煎、煮、蒸的方式能顯著減少亞硝酸鹽的含量。

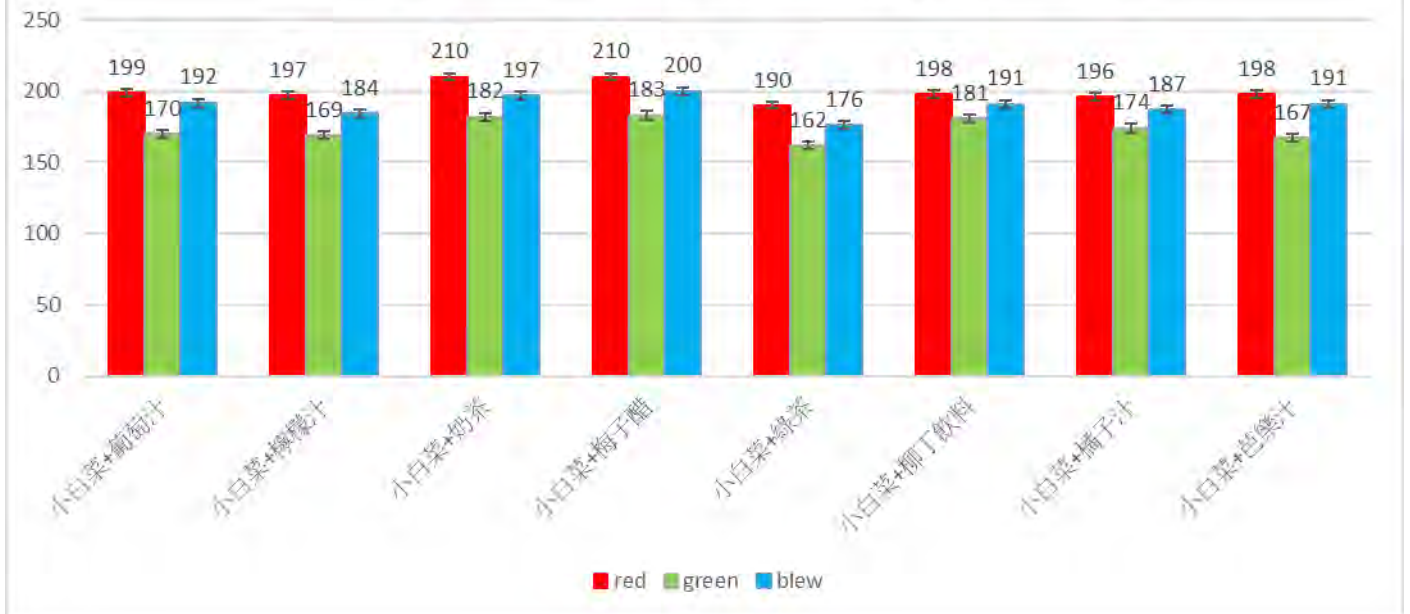
四、生活中常見的飲料對於葉菜類所含硝酸鹽類減量比較

2. 結果:

生活中常見飲品對葉菜類亞硝酸鹽減量實測-試紙呈色分析



生活中常見飲品對菜葉類硝酸鹽減量實測-試紙呈色分析



3. 觀察與記錄：

由圖表可以發現，果汁皆有的消除硝酸鹽與亞硝酸鹽的能力，少部分飲料無消除硝酸鹽的作用，其消除能力芭樂汁>橘子汁>柳橙飲料。

4. 小結論：

現榨果汁與市售的濃縮還原果汁皆有消除硝酸鹽類的能力，但效果有限，因此在搭配食用時還須注意熱量，避免暴飲暴食。

【評語】 080217

本研究是利用硝酸鹽試紙與自製分光光度計測驗食物中的硝酸鹽類的含量，除了日常生活的食物與飲料之外，我們還檢測了隔夜菜的硝酸鹽類含量，並驗證維生素 C 進行硝酸鹽類的減量試驗，能從歷屆類似的題目研究結果進行分析，選擇適合需求的觀點進行探究，但研究結論與推論相對薄弱，用 jcpicker 與感光元件自製分光光度計是很好的經驗，如能在報告中對硝酸鹽與亞硝酸鹽的測試再加強解釋說明，相對能提高其實用價值。

摘要

我們希望能將第一代分光光度計的缺失修正，並利用硝酸鹽試紙與自訂的RGB輔助方案來檢驗食物、飲料、隔夜菜的硝酸鹽類含量，也想驗證維他命C對於硝酸鹽的減量是否有效，其結論如下：

- 1.自製分光光度計可檢測硝酸鹽類含量。
- 2.硝酸鹽類試紙有檢測極限，而我們在這個實驗中也找出提高準確度的方法。
- 3.隔夜菜硝酸鹽含量有上升趨勢，而亞硝酸鹽則無明顯差異。
- 4.維他命C水溶液須到一定的濃度，硝酸鹽類的含量才有明顯變化。

壹、研究動機

根據新聞報導，隔夜菜中的硝酸鹽會大量增加，而我們在進行試紙測試時，發現試紙無法檢測兩色塊間的正确數值，且又有檢測的極限，所以我們希望能做出一個RGB輔助方案並嘗試製作自製分光光度計來解決這個問題。

貳、研究目的

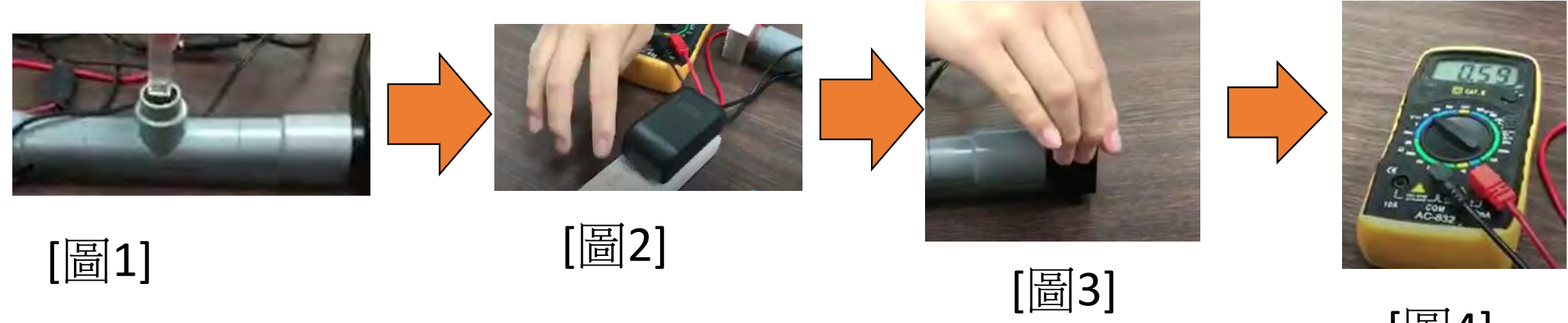
- 一、自製分光光度計來檢測硝酸鹽類含量。
- 二、用RGB輔助方案提高試紙精準度。
- 三、驗證維他命C能有效減量亞硝酸鹽及硝酸鹽。

參、實驗操作步驟

一、實驗操作步驟設計與說明

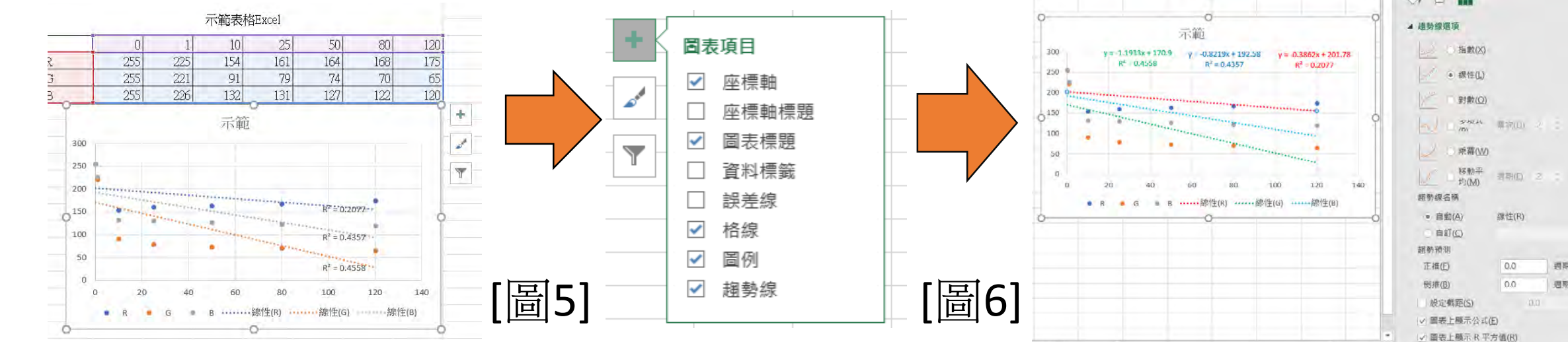
1. 自製分光光度計使用方法

- (1)放入檢測槽
- (2)打開燈源
- (3)打開感測器
- (4)讀取數值



2. 試紙精準度提升辦法

- (1)插入散佈圖
- (2)加入趨勢線
- (3)顯示公式與R²



3. 硝酸鹽減量方法

- (1)秤好亞硝酸鹽粉末與維他命C粉末
- (2)分別將他們調成特定濃度的水溶液
- (3)將他們混和
- (4)用試紙檢測後與原液進行比對

肆、文獻探討

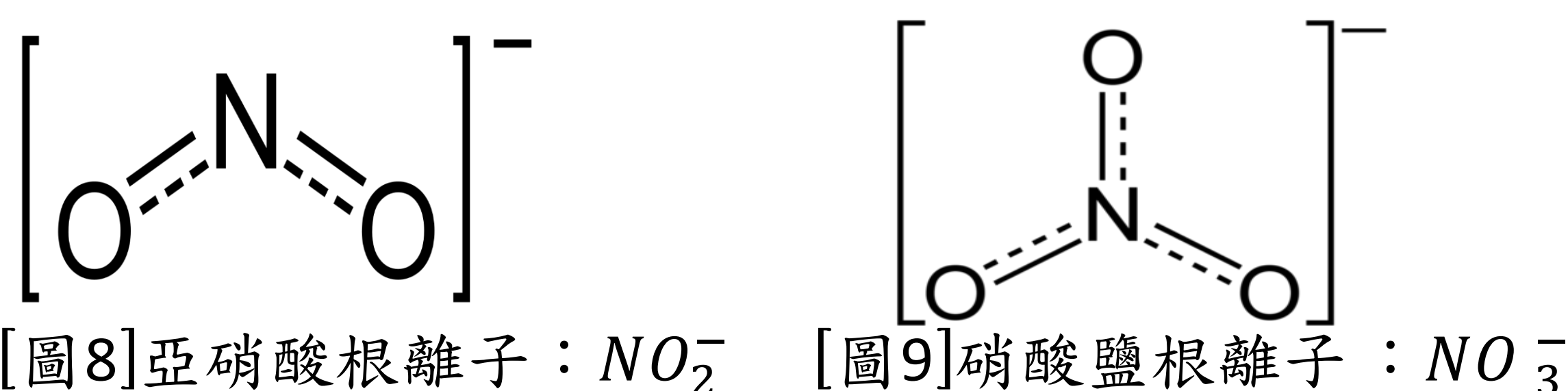
一、名詞解釋：

1. 分光光度計

分光光度計的設計原理，是將燈源的光線分散成七種色光，並從中擷取出某個單一色光，然後讓這個單一色光穿過樣品溶液之後，以光感測器量測這個單一色光的衰減程度，並將此衰減程度量化成數字為「吸光值」。

2. 硝酸鹽及亞硝酸鹽

亞硝酸鹽會氧化成硝酸鹽，相反的，當硝酸鹽失去一個氧原子，就會還原成亞硝酸鹽，如下圖。

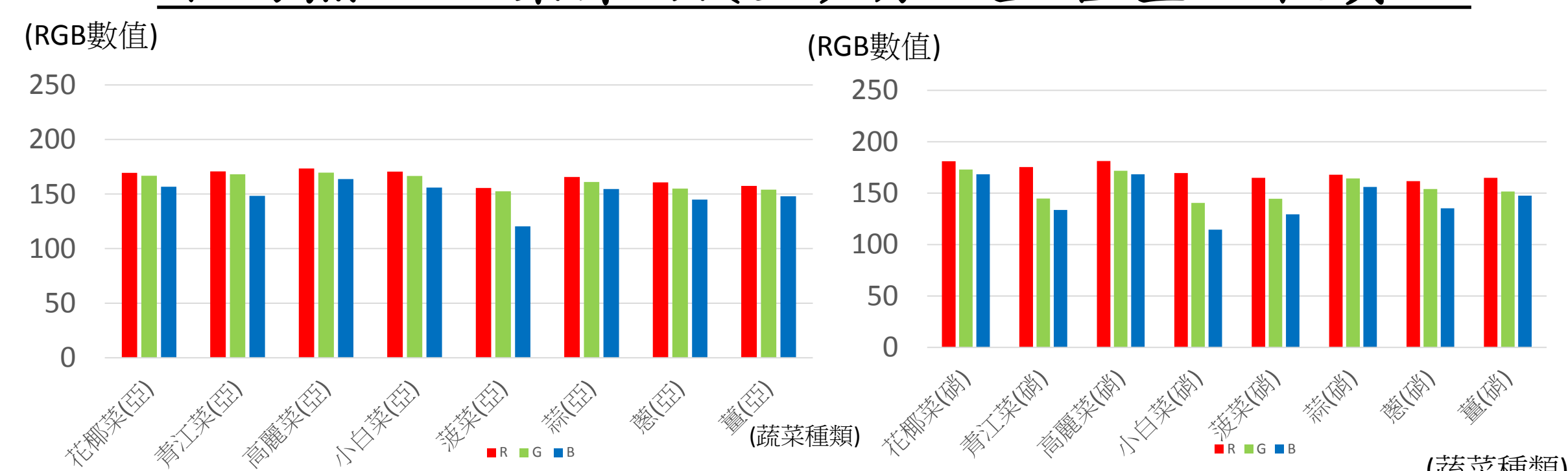


二、衛福部與衛生局所提供相關資料：

- (1)衛生局訂定每一品項之加工肉品其亞硝酸鹽含量不得高過70 ppm。
- (2)衛生署建議國人每天最好吃半斤蔬菜，我們每天大約會攝取到1500~2000 毫克的硝酸鹽。
- (3)(U.S. EPA) 訂定每天攝入的硝酸鹽為1.6微克(相當於體內含7mg/kg硝酸根離子)，至於亞硝酸鹽為每日0.1mg/kg(相當於體內每公斤含0.33 毫克亞硝酸根離子)。

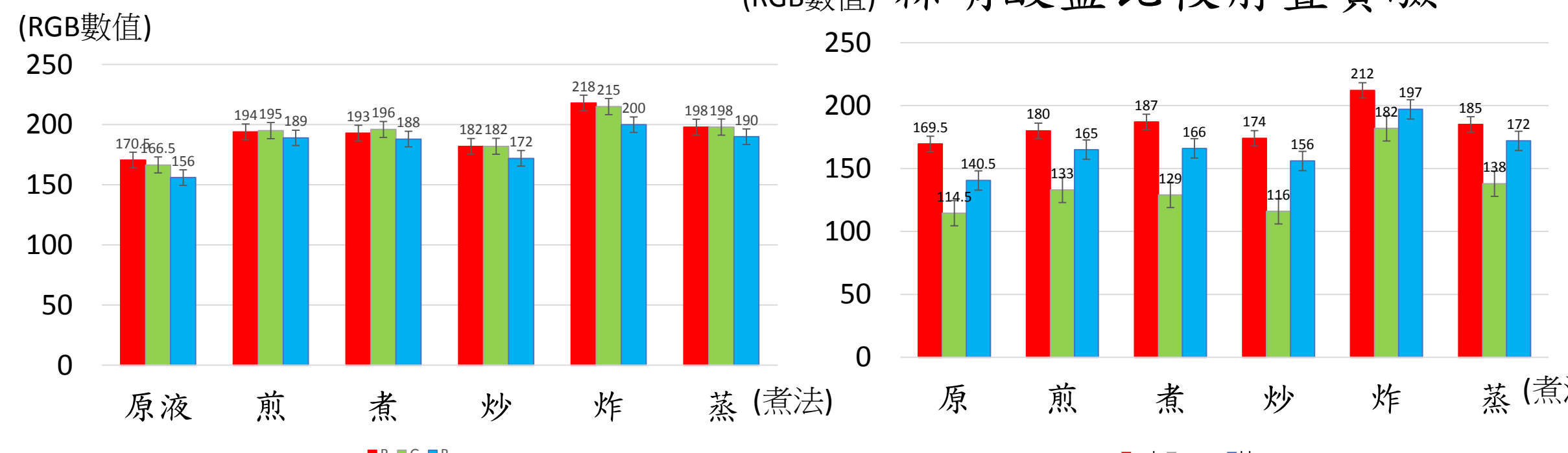
伍、本研究市賽研究成果

一、不同煮法、葉菜類(亞)硝酸鹽含量比較實驗



[圖10] 葉菜類與蔥、薑、蒜亞硝酸鹽比較前置實驗

[圖11] 葉菜類與蔥、薑、蒜硝酸鹽比較前置實驗



[圖12] 不同煮法對於小白菜的亞硝酸鹽減量分析

[圖13] 不同煮法對於小白菜的硝酸鹽減量分析

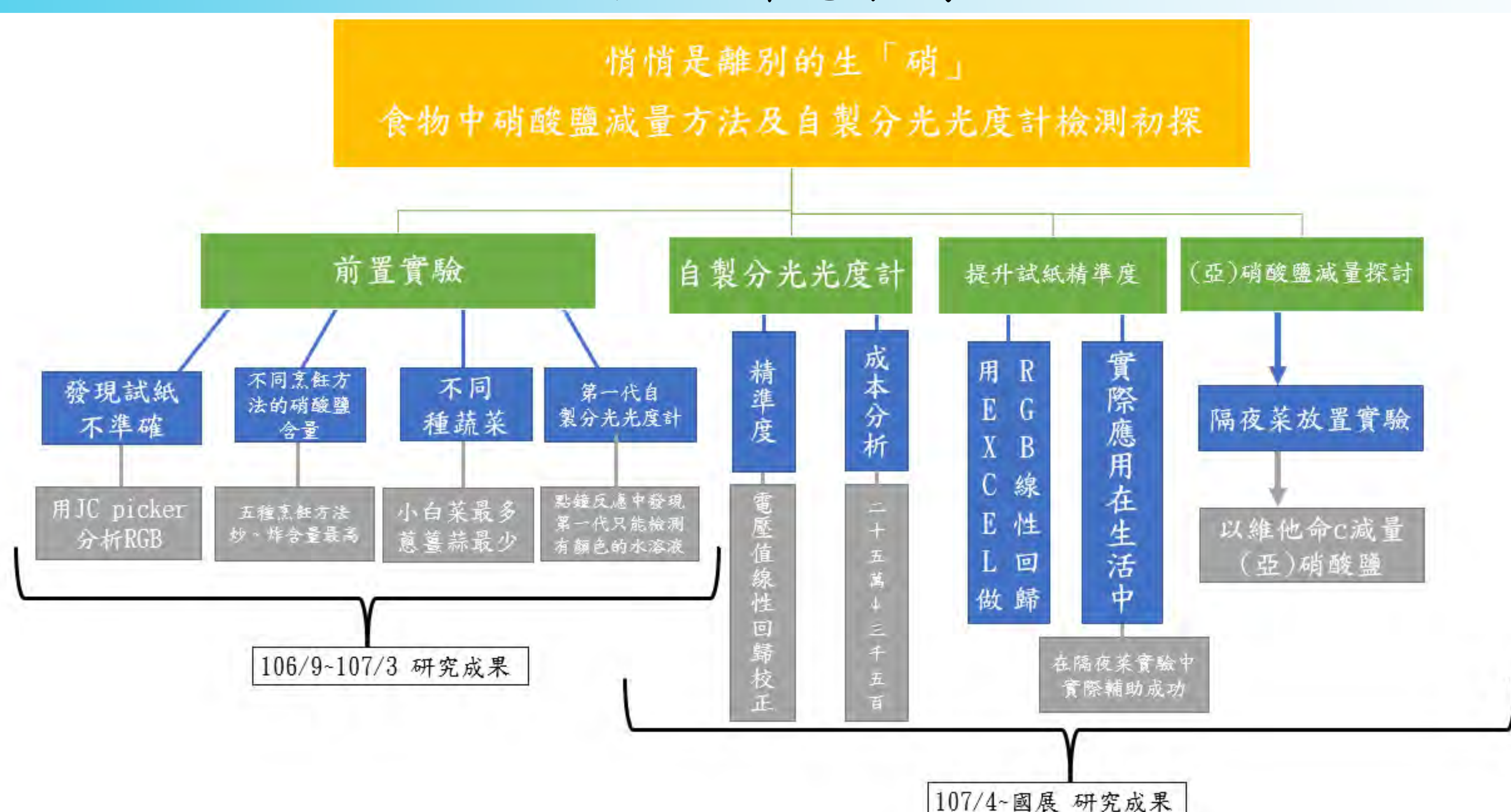
二、[表1] 分光光度計第一代碘鐘反應測量結果

優碘(ml)	麵粉(g)	水(ml)	照度值 (Lm)
0.5	7	40	10.13
1	7	40	6.1
1.5	7	40	6
2	7	40	5.7
2.5	7	40	5.4
3	7	40	4.87

三、RGB試紙修正與RGB輔助方案

當我們對試紙罐上的顏色塊進行分析，我們發現色塊上的RGB會隨著濃度不同而成比例的變化，其中R值幾乎固定不變、GB兩個數值隨著濃度上升而在色塊中的比例漸漸下降。

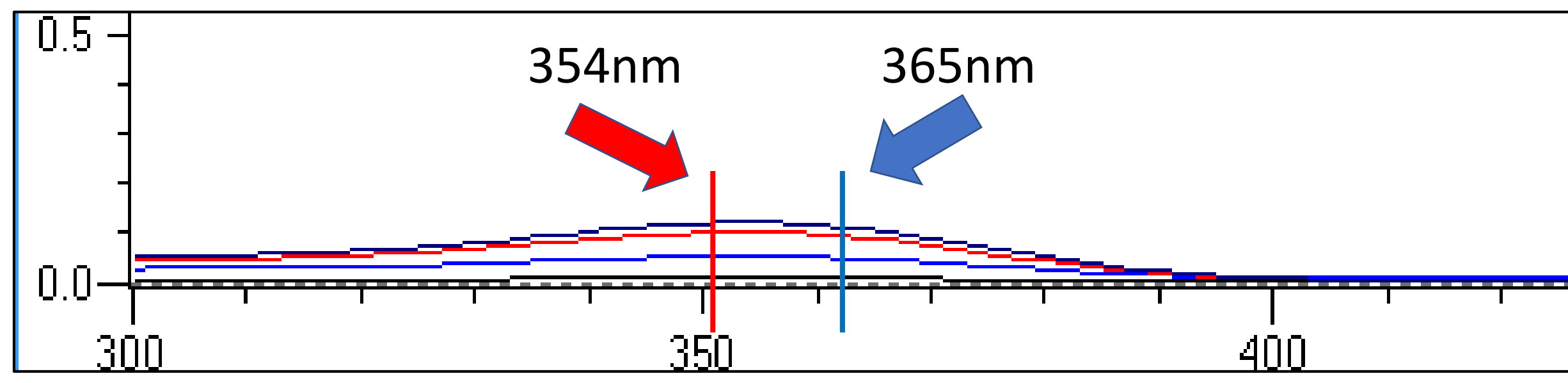
陸、研究架構



柒、研究結果

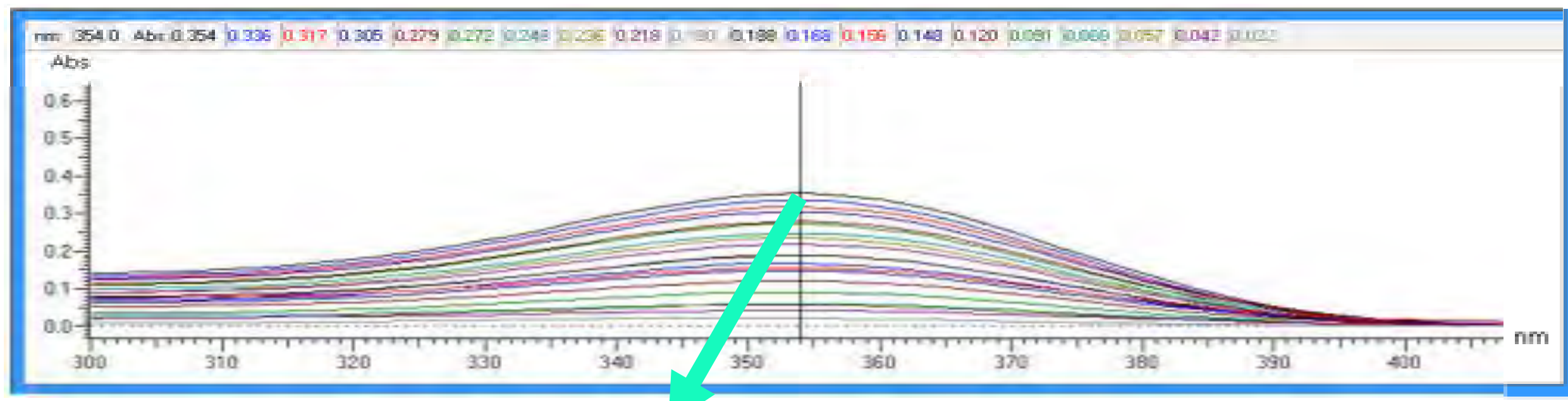
一、自製分光光度計

1. 自製分光光度計光源選擇分析

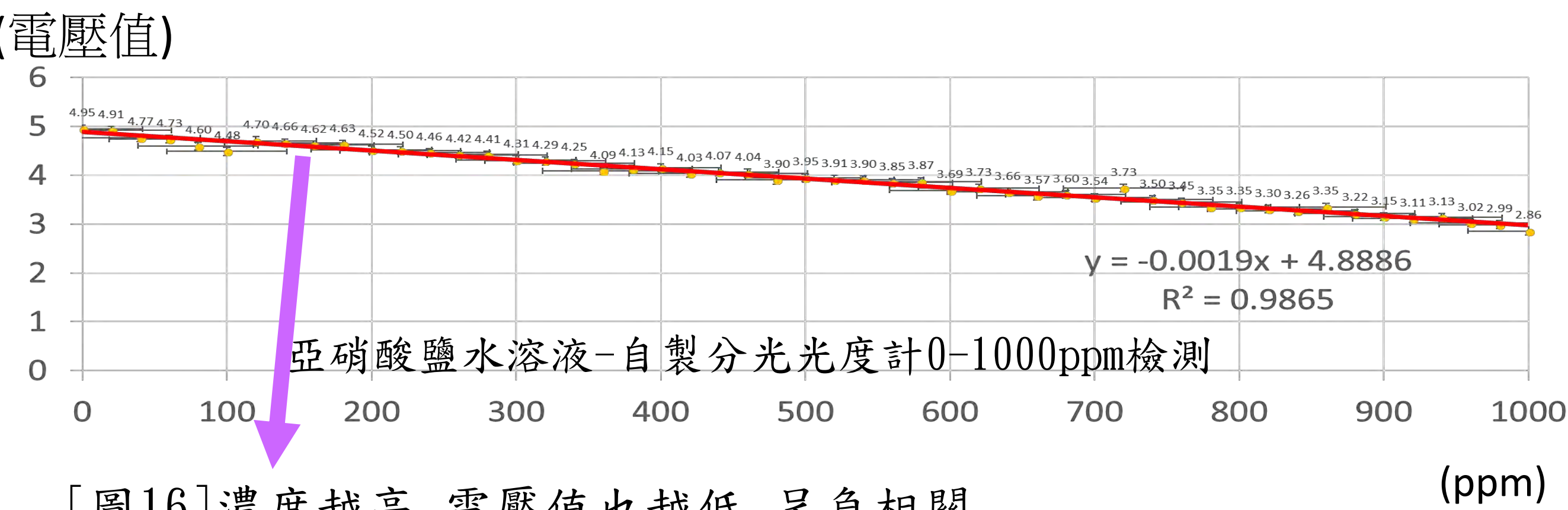


[圖14]波峰值為354的位置，且濃度越高波峰值就越高，而354的位置剛好就是紫外光波波段，因此我們第二代的光源就是採用紫外燈光(365 nm)。

2. 自製分光光度計及專業分光光度計比較



[圖15]濃度越高波峰值也越高



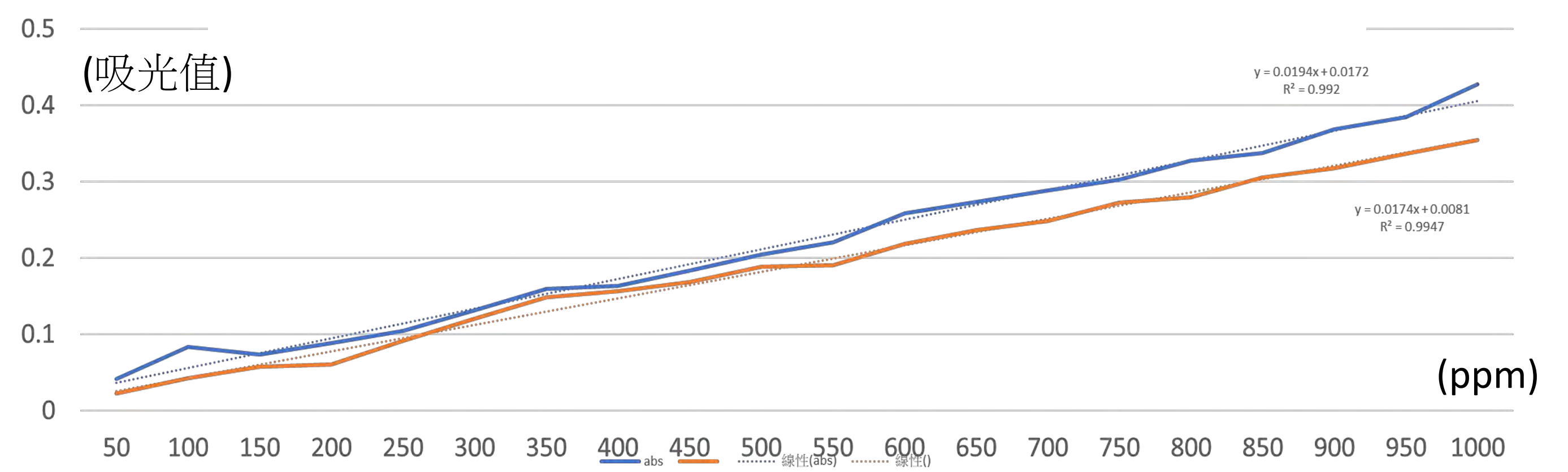
[圖16]濃度越高，電壓值也越低，呈負相關

3. 自製分光光度計檢測值換算

公式：

$$Abs = \frac{\text{空白溶液電壓值} - \text{待測物電壓值}}{\text{空白溶液電壓值}}$$
 自製分光光度計 測量的是吸收後的電壓值 \rightarrow 專業分光光度計 測量的是被吸收了多少

4. 自製分光光度計與專業分光光度計共同相關性

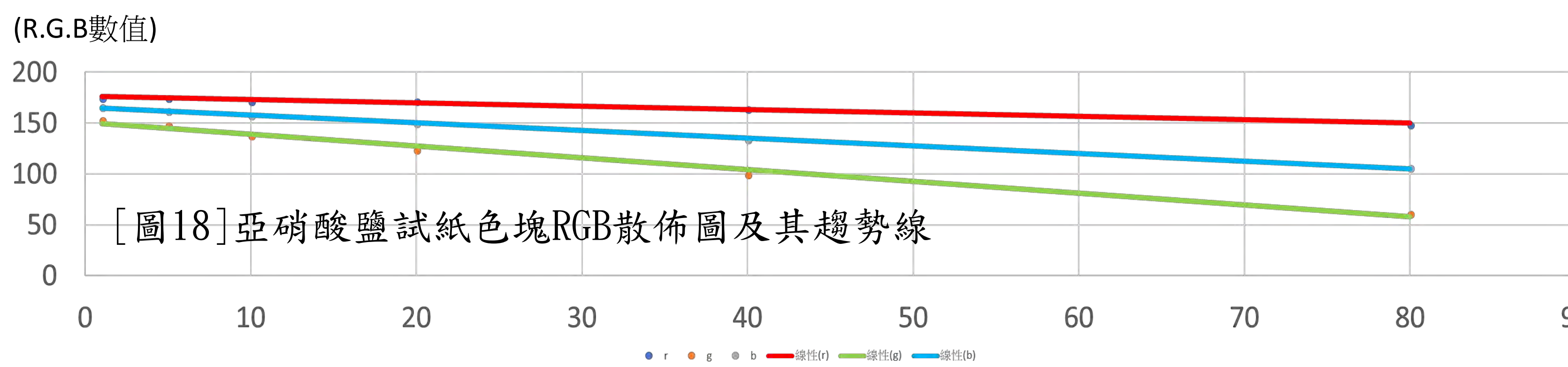


[圖17]自製分光光度計及專業分光光度計吸收率檢測值比較

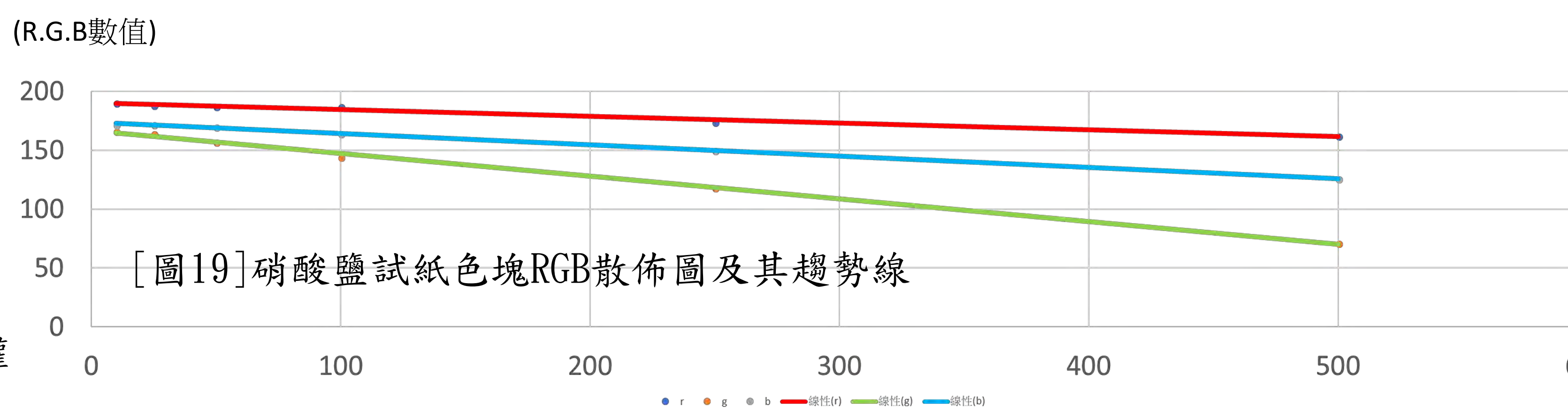
[表2]兩種光度計皮爾森相關係數

	自製分光光度計	Hitachi U-5100
平均數	0.221035959	0.19035
觀察值個數	20	20
皮耳森相關係數	0.993929	
P(T<=t) 雙尾	.00	

二、用RGB輔助方案提高試紙精準度



[圖18]亞硝酸鹽試紙色塊RGB散佈圖及其趨勢線

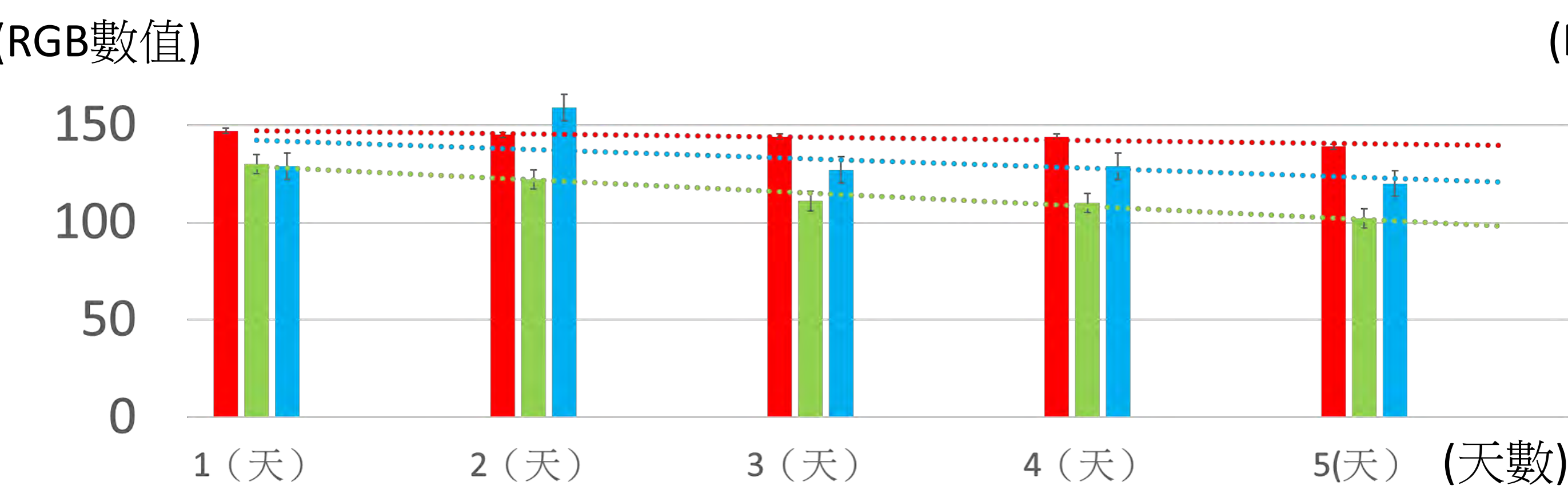


[圖19]硝酸鹽試紙色塊RGB散佈圖及其趨勢線

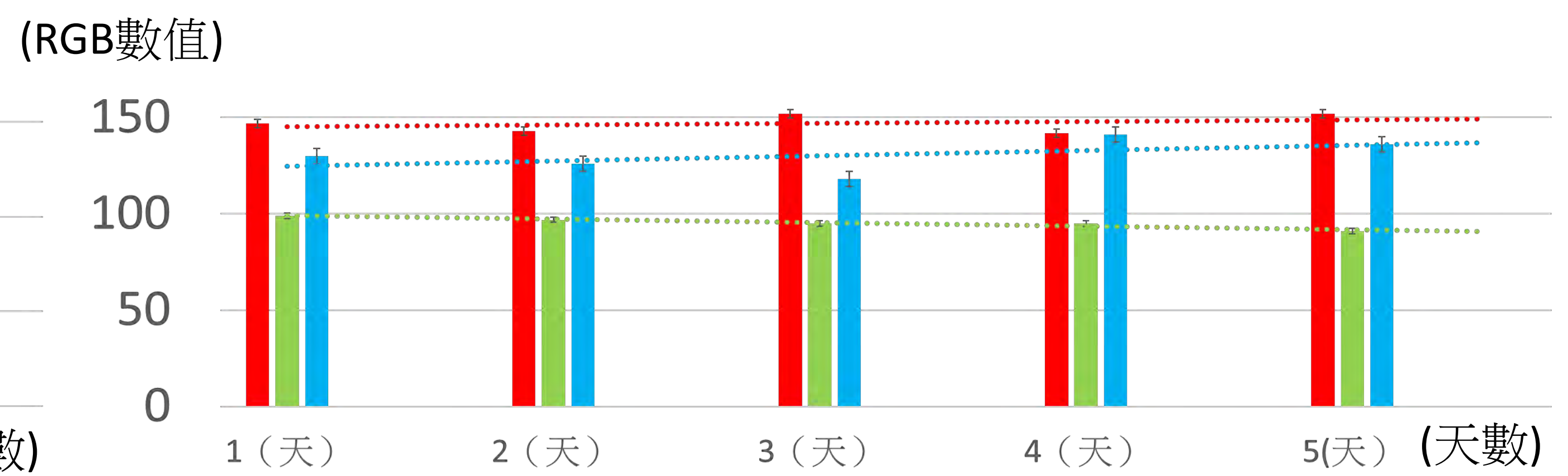
↑以上為市售硝酸鹽試紙罐

試紙的確能檢驗硝酸鹽類在水溶液中的含量，一但超過測量範圍之濃度，試紙將無法準確測出精準含量。因此試紙的檢驗範圍只能維持在試紙罐上所規範的區間之內。我們泡製了8ppm、30ppm、50ppm的亞硝酸鹽水溶液，以試紙檢測並拍照進行色彩分析，所得之數值套回線性迴歸公式，完全吻合，故我們能從RGB之數值帶回Excel方程式求得更精確之硝酸鹽類的含量。

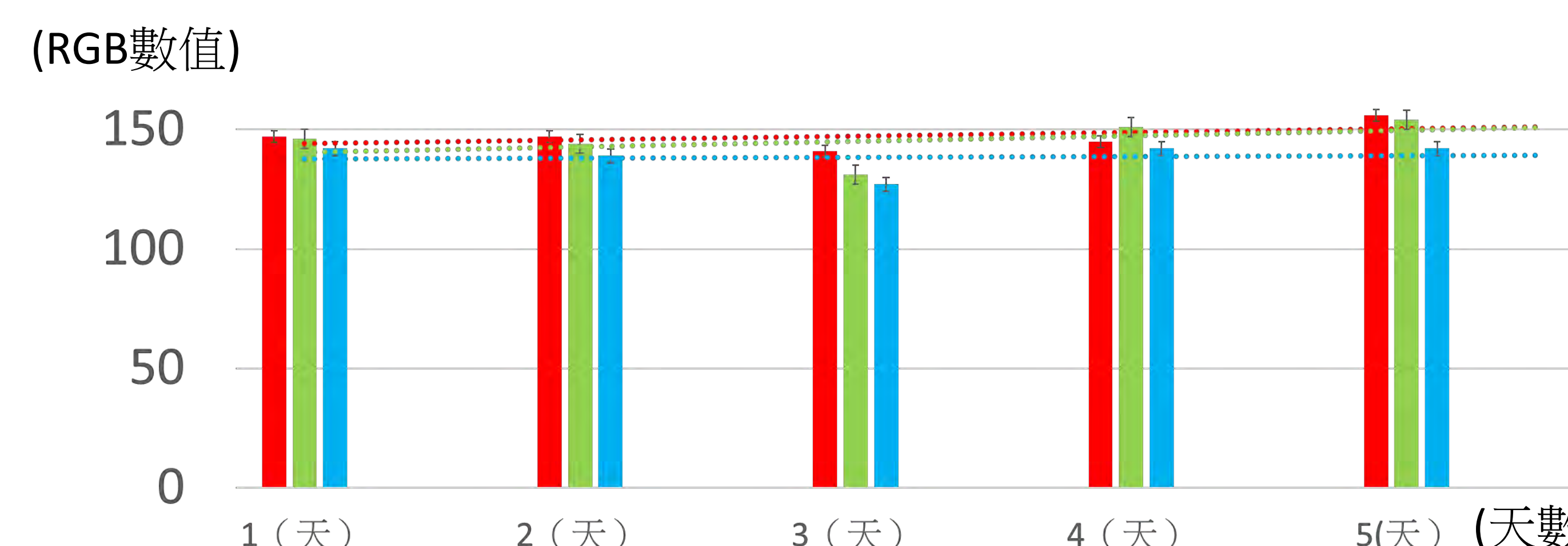
三、隔夜菜放置實驗



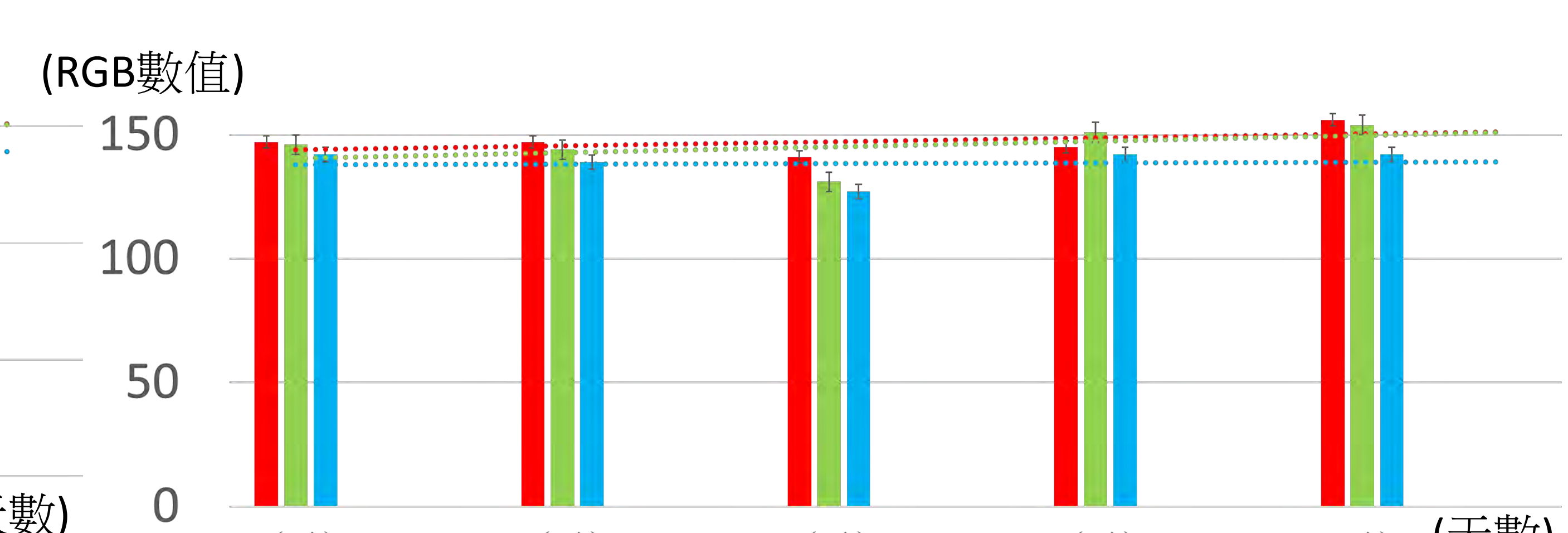
[圖20]隔夜菜放置實驗冷藏硝酸鹽試紙呈色RGB分析長條圖



[圖21]隔夜菜冷凍放置實驗硝酸鹽試紙呈色RGB分析長條圖



[圖22]隔夜菜放置實驗冷藏亞硝酸鹽試紙呈色RGB分析長條圖

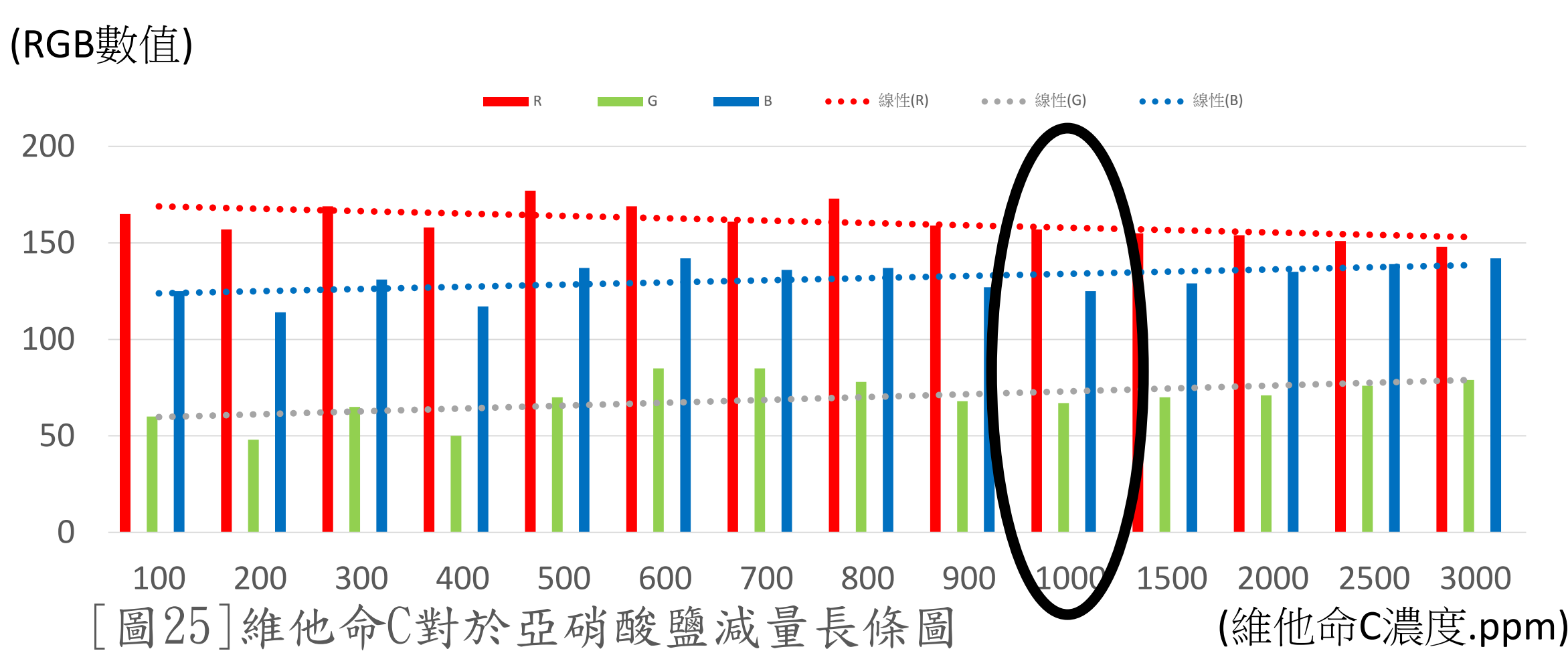
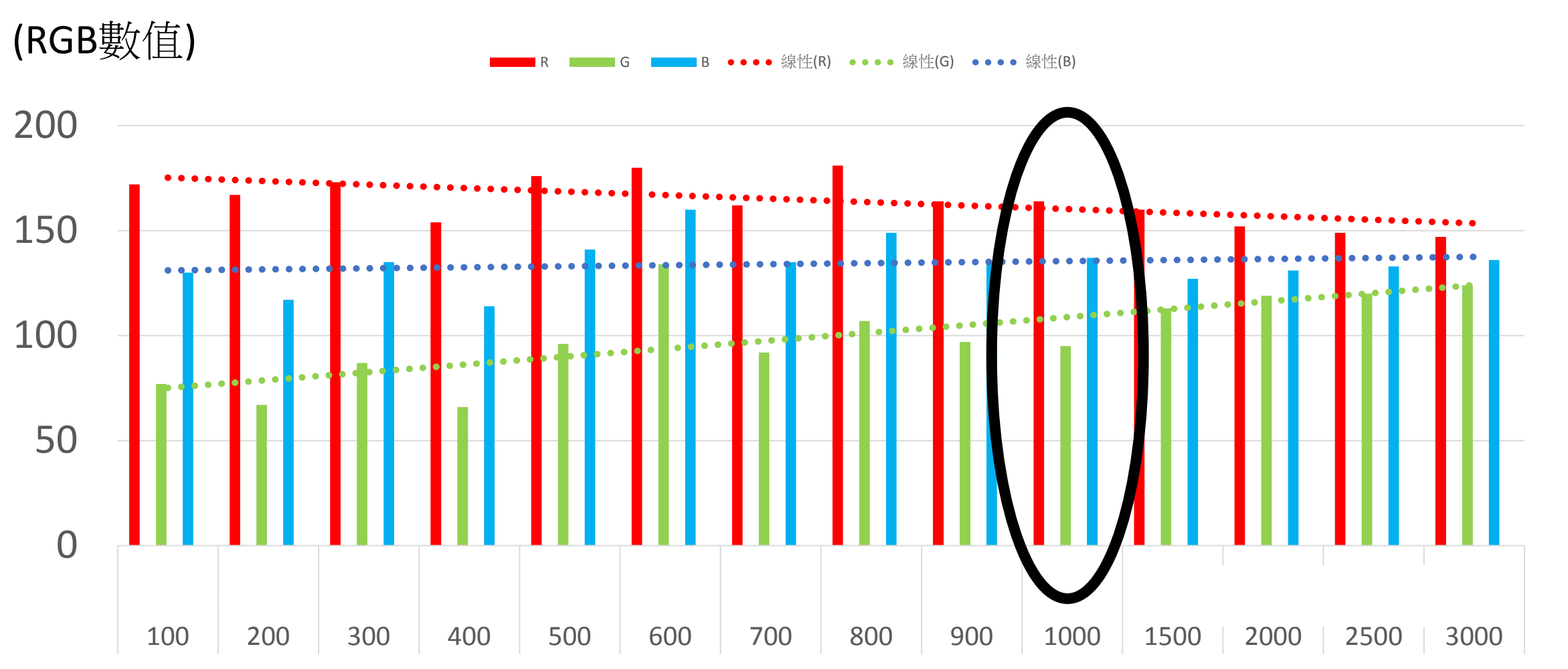


[圖23]隔夜菜放置實驗冷凍亞硝酸鹽試紙呈色RGB分析長條圖

我們從以上實驗中可以發現，隔夜菜硝酸鹽有明顯增量的趨勢，而亞硝酸鹽則沒有。且到第四、五天的時候，硝酸鹽含量已達500ppm。

四、驗證維他命C能有效減量硝酸鹽及亞硝酸鹽。

1. 實驗結果:

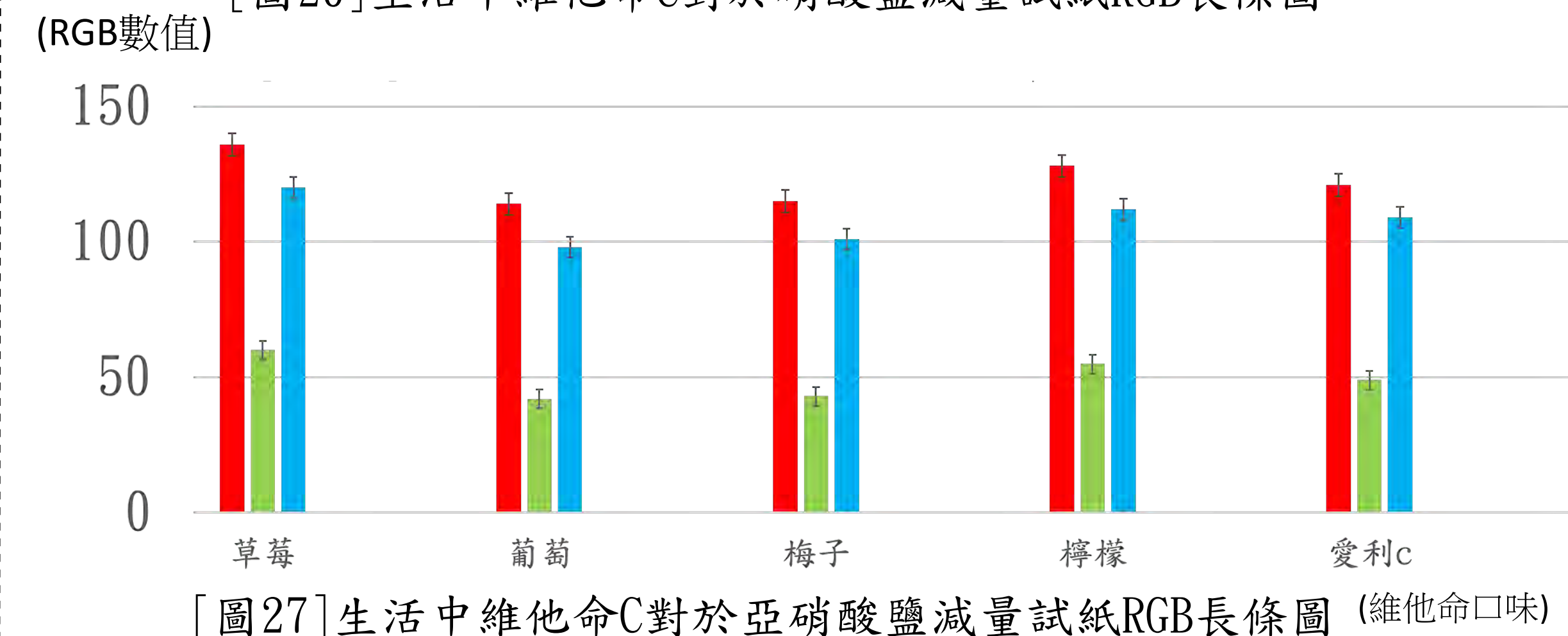
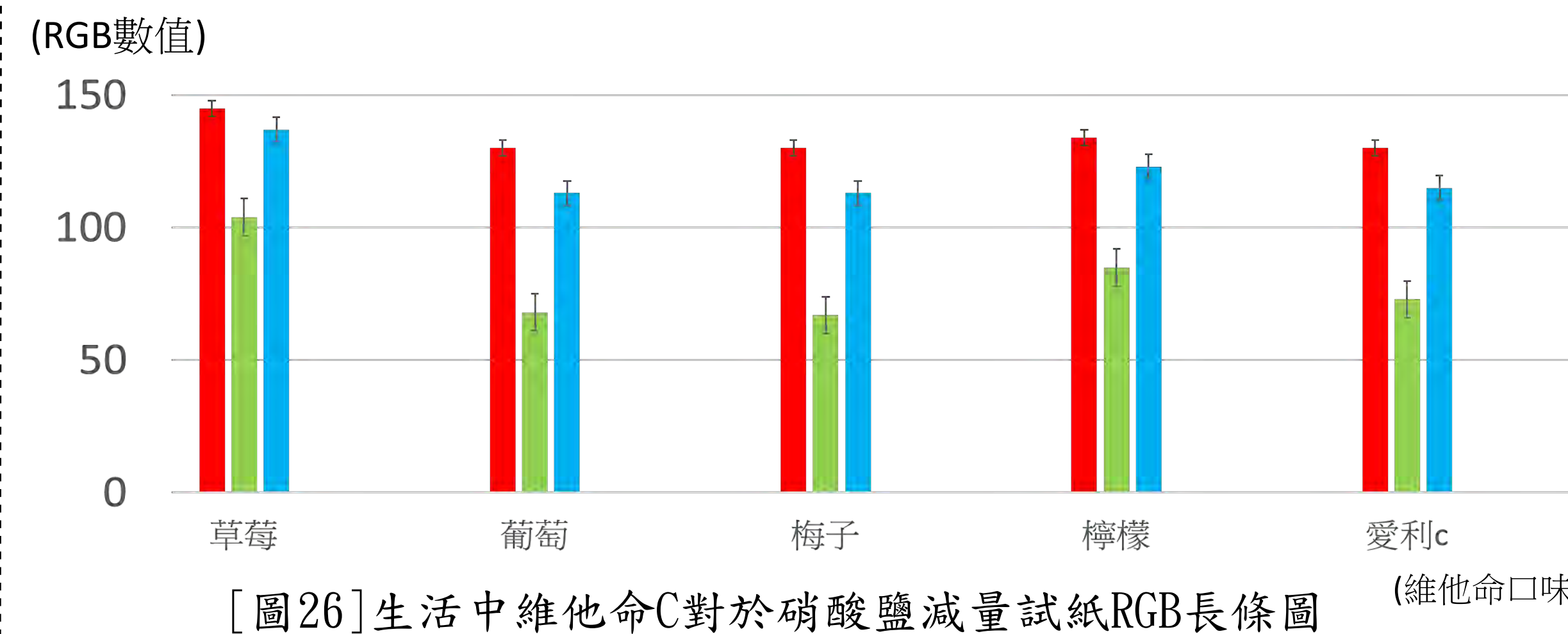


2. 觀察與討論:

我們從第一張圖可以發現，維他命C濃度達1000ppm時，對於硝酸鹽減量較為顯著(有逐漸密合的趨勢)，而對亞硝酸鹽的減量效果較差。(G、B幾乎平行)

五、生活中的維他命C片對硝酸鹽及亞硝酸鹽的減量測試。

1. 實驗結果:



草莓 9毫克/錠 葡萄 40毫克/錠 梅子 50毫克/錠
檸檬 40毫克/錠 愛利C 20毫克/錠

2. 觀察與討論:

市售不同口味維他命C片皆無法減量硝酸鹽及亞硝酸鹽。

捌、討論

1. 試紙、自製分光光度計及專業分光光度計結果比較

<p>[圖28]</p>	<p>檢測方法</p>	<p>[圖29]</p>	<p>硝酸鹽線性迴歸方程式</p> <p>[圖30]</p>	<p>[圖31]</p>	<p>[圖32]</p>
<p>↑ 50ppm</p>	<p>檢測結果</p>	<p>40~80 ppm</p>	<p>50 ppm R² : 0.9984</p>	<p>50 ppm 電壓值: 4.74 Abs : 0.024</p>	<p>50 ppm Abs : 0.022</p>
<p>是否準確</p>	<p>✗</p>	<p>✓</p>	<p>✓</p>	<p>✓</p>	<p>✓</p>

2. 自製分光光度計在亞硝酸鹽檢測上有一定的精準度

目前自製儀器的檢測範圍較大，測量範圍為0~1000 ppm，我們可以從[圖15]中發現，若亞硝酸鹽含量越多，電壓值就越低，主要是利用亞硝酸鹽會吸收光波波段的能量，使感應器感應出電壓下降，與正式分光光度計不同，自製分光光度計感測的是吸收後的電壓值，而專業分光光度計測量的是光被吸收了多少，但經過換算後照樣可以檢測吸光值。含量與電壓呈穩定下降的對比，因此本研究的自製分光光度計是有效的。我們自製分光光度計一組成本約3500元台幣，若能將光電感測器成本降低，這樣的設備就能廣泛推廣到校園與家庭，進行更多的物質檢測。

3. 隔夜菜中硝酸鹽類有上升趨勢

由[圖20、21]，發現在前三天硝酸鹽的含量明顯增加，第四、五天的時候已達到了500 ppm(mg/kg)也是試紙的極限；而亞硝酸鹽在1-5天都是沒有明顯變化的。我們在前置實驗中發現小白菜以快炒的方式烹調隔四天後硝酸鹽含量可達500ppm。台灣主婦聯盟環境保護基金會(2011)「硝酸鹽蔬菜每日上餐桌，危害國人健康」中指出，世界衛生組織WHO建議每人每日每公斤體重攝取硝酸鹽的安全容許量為3.7mg，60公斤的成人為例，每日安全攝取上限為222 mg，而我們測得的已經是500ppm(mg/kg)，也就是說若每天食用0.5kg的隔夜菜會攝入250mg的硝酸鹽，已超過WHO訂定的標準，因此我們不建議食用隔夜菜。

對照WHO標準換算算式 $\frac{500}{2} = 250 \text{ mg/kg}$ ， $250 > 222$ 。

4. 維他命C能有效減量硝酸鹽

我們從[圖24]中發現，維他命C須達到1000 ppm，才能明顯降低硝酸鹽；此結果與趙強(1997)「自由基與抗氧化機制」文獻結果相同。鄭永銘(2015)「維生素C的抗氧化機制」裡面中提到，醫療上常用維生素C作為解毒劑，這是利用維生素C的NO₂⁻還原性還原成氣體的NO。鄭永銘(2015)「淺談維生素C」也提到維他命C能夠有抗氧化性是因為維生素C很容易被氧化，因此當它與其他物質放在一起時，就比他物更容易失去電子，因而達到保護他物避免被氧化的功效。但從[圖25]我們的研究結果中發現，維他命C對亞硝酸鹽無明顯減量，而[圖26、27]顯示市售不同口味維他命C片皆無法減量硝酸鹽及亞硝酸鹽。此部份我們尚未了解其原理，還有待日後進行此部分的研究。

玖、結論

- 我們利用水管與光電增減器做一個分光光度計，它可檢測溶於水中亞硝酸鹽的含量，測量範圍0~1000 ppm。
- 我們製作出了Excel的程式，可利用顏色分析軟體分析硝酸鹽試紙的色塊RGB數值，推得更精確的硝酸鹽及亞硝酸鹽含量。
- 肉類、蔥薑蒜、葉菜類、水果、果汁當中以葉菜類硝酸鹽含量最多。
- 隔夜菜中亞硝酸鹽的含量並沒有明顯差異；而硝酸鹽的含量會隨著日子而增加，四天後就超標到試紙無法檢測的範圍。經過換算後，超過了WHO訂定的標準，因此我們建議不要食用較佳。
- 維他命C能有效減少硝酸鹽的含量，含量須達1000ppm才可有明顯減量。

拾、未來展望

我們的自製分光光度計目前還只能檢測我們的亞硝酸鈉水溶液，暫時無法檢測混和的水溶液，例如:果汁，因為果汁的成分較多，我們無法判斷是果汁的哪個成分在吸光，所以希望未來可以改變分光光度計的器材，讓分光光度計可以檢測生活中更多的食物及食品等。

因為目前分光光度計只能檢測亞硝酸鈉水溶液的關係，所以我們希望未來可以改變光源，讓我們的分光光度計功能更多元，在任何地方都可以使用我們的自製分光光度計。