

中華民國第 64 屆中小學科學展覽會

作品說明書

國小組 生活與應用科學(一)科

佳作

082802

不鈣你一利用自體螢光檢測含鈣程度

學校名稱：臺北市大安區大安國民小學

作者： 小五 謝辰翊	指導老師： 陳雯君 吳燕妮
-------------------	-----------------------------

關鍵詞：鈣含量、螢光、光譜

摘要

我們希望能用簡單、不破壞食材本身的光學方法，就能檢測到食物的鈣含量，研究方法是以前牙菌斑顯示機，搭配不同顏色、不同層數的玻璃紙，不需在暗室的環境下拍攝照片，以肉眼觀察亮度與軟體分析 RGB 三原色並進行探討。而實驗樣品則是以不同混合比例的碳酸鈣水溶液為對照組，再漸進到含豐富成份、外表有不同顏色的食材。結果顯示，多層數黃色、紫色玻璃紙仍具有足夠亮度可以看清樣品，而綠色玻璃紙就完全看不到，此結果與相關的文獻螢光光譜一致，軟體分析 RGB 三原色強度更進一步確認食材是否為高鈣含量，與文獻上生化方法檢測食品鈣含量高低也有一致效果。

壹、前言

一、動機

爺爺的手臂抬不起來，給醫生檢查後確定是肩膀骨折，爺爺才回想起，原來前陣子不經意被人撞到跌倒，當下以為沒關係，沒想到居然就直接骨折了。媽媽說老年人鈣質不足，有可能造成骨質疏鬆、骨折；小孩缺鈣也會讓牙齒和骨頭成長不好，所以我們的日常飲食中都需要含鈣食品來補充鈣質。

可是到底哪些食品才是高鈣的食物？我邊刷牙邊想這個問題。我拿著牙菌斑顯示機照看看今天的牙齒，紅紅的顏色是牙菌斑在機器光照射下產生的螢光。上網搜尋和詢問老師後才知道，螢光不見得只是外部添加的特殊材料，牙菌斑牙結石的含鈣成分在機器照射下就會有自體螢光，另外，高碳酸鈣成分的文蛤也能做成螢光粉的主要原料。

好有趣啊！原來含鈣的物品可以產生螢光反應。我就聯想到，那高鈣食物是否也可以用這個方法被找到？這樣不管是不好的含鈣牙垢，或是好的高鈣食物，就都可以馬上被看出來了，為了驗證我的推測，我決定動手試試看。

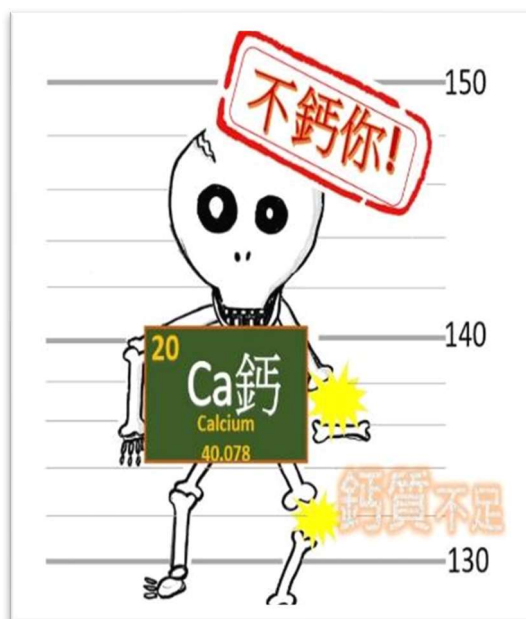


圖1 自繪「不鈣你」

二、目的

- (一) 探究不同顏色、層數玻璃紙所拍攝的含鈣物體螢光影像與專業光譜儀做出的光譜檢定是否相符。
- (二) 分析由本方法推論出的高鈣含量指標，對應食品含鈣程度與文獻是否一致。
- (三) 發展不需暗室環境的簡易自製儀器，搭配軟體，用以評估食品的含鈣程度。

三、文獻回顧

決定這個主題後，我們開始進行相關文獻的回顧，分別以螢光、光譜、鈣含量三個部分進行資料的收集。

- (一) 為了解探討螢光反應的主題，我們查詢近年的全國科展作品，彙整並加以比較，如下表1：

表1 螢光科展文獻彙整與比較

屆數	作品名稱	內容	本次研究與文獻不同處
第47屆	點亮黑夜的小精靈---探究紅蘿蔔中的螢光	自製觀測螢光的暗箱，以紫外線燈由下方往上照射，相機拍攝記錄。紅蘿蔔(公克):水(毫升):油(毫升)=1:1.5:0.8 的比例。	我們不自製暗室，保留食材原型，不加工
第49屆	看見---蘋果在發光	自製暗箱觀測螢光，發現萃取蘋果螢光物質的最佳條件—蘋果不去皮，磨成泥加入沙拉油，加熱之後靜置一天。	我們不自製暗室，保留食材原型，不加工
第57屆	浮光掠「螢」--探討螢光物質的發光特性	自製暗箱進行螢光拍攝並分析光譜波長、強度特性。	我們除了分析螢光總強度，還有 RGB 三原色強度
第58屆	螢光三色-自製多功能行動光譜儀探討果汁新鮮度和螢光特性	自製多功能行動光譜儀，透過此裝置檢測水果新鮮度和螢光性，並比對 HPLC 和質譜儀分析。	我們不自製暗室，保留食材原型，不加工，而且實驗機器及材料皆便宜取得。

(二) 碳酸鈣的螢光分析是根據碳酸鈣的螢光光譜論文[六]，內容指出碳酸鈣在室溫以不同 UVC 紫外光激發後的螢光光譜，會有二個特徵波段(紫色-藍色、黃色-紅色)，如圖 2。

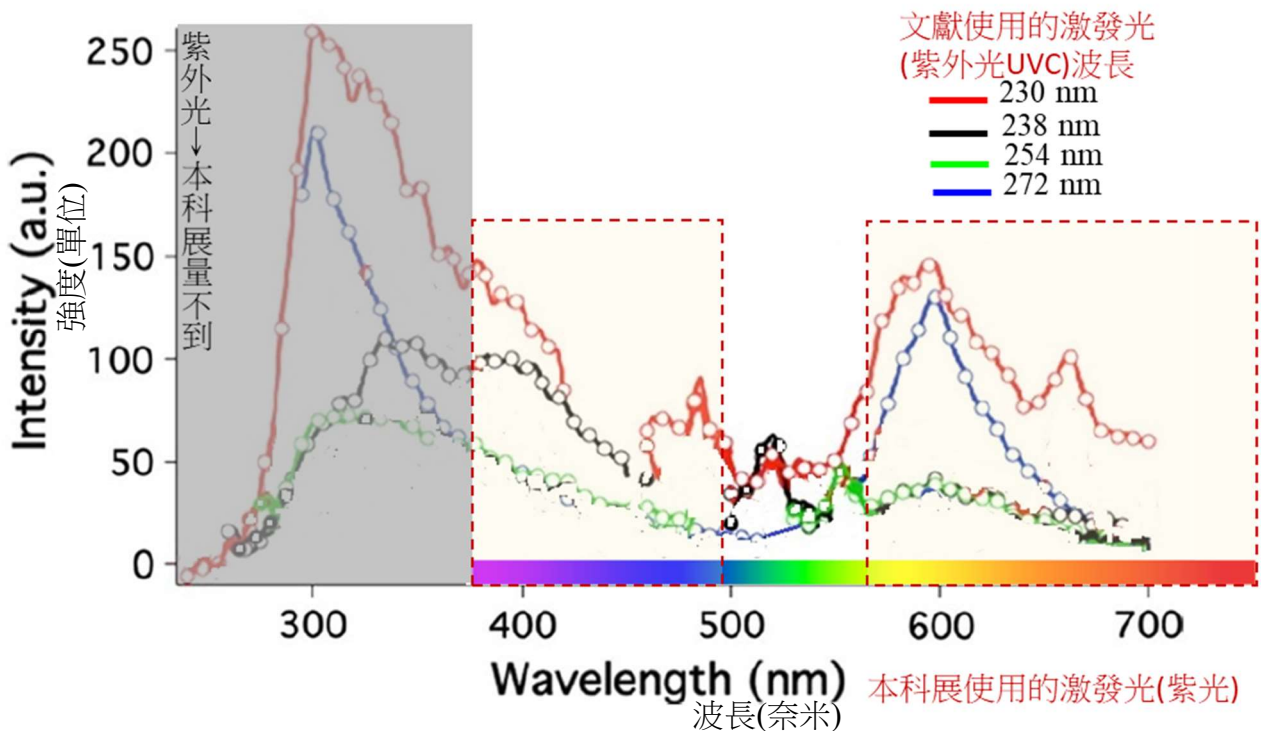


圖 2 引用自文獻螢光光譜圖

(底圖引用文獻螢光光譜圖，並另行加註波段顏色、灰色塊、黃色塊及紫外光波長註解)

(三) 光譜可依波長範圍分為紫外光譜、可見光譜、紅外光譜，波長以奈米 (nm) 為單位。「可見光」是指人類可看見的光，波段介於 380~750nm，如圖 3。



顏色	紫色	藍色	綠色	黃色	橙色	紅色
波長 單位 nm	380-450	450-495	495-570	570-590	590-620	620-750

圖 3 波長圖

(四) 各種食品的鈣含量整理，我們以網路搜尋包含美國農業部 USDA 標準參考值的國家營養素資料庫[七]，以及一些國內相關文獻，做為這個實驗的對照之用。

貳、研究設備及器材

一、實驗設備：

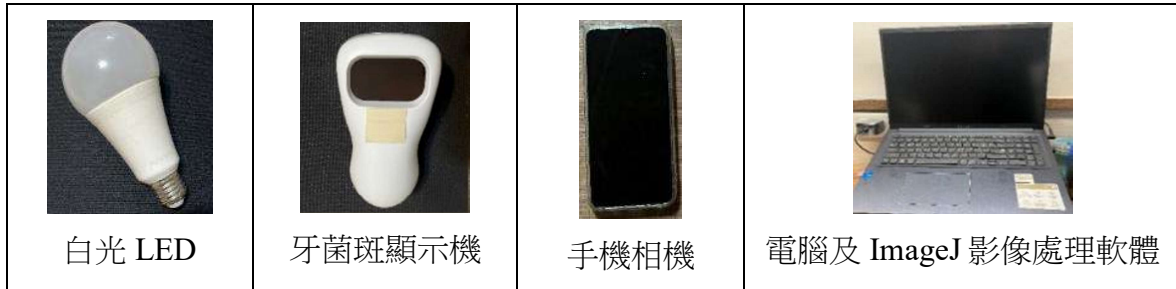


圖 4 實驗設備(圖片來源：自行拍攝)

二、實驗材料：

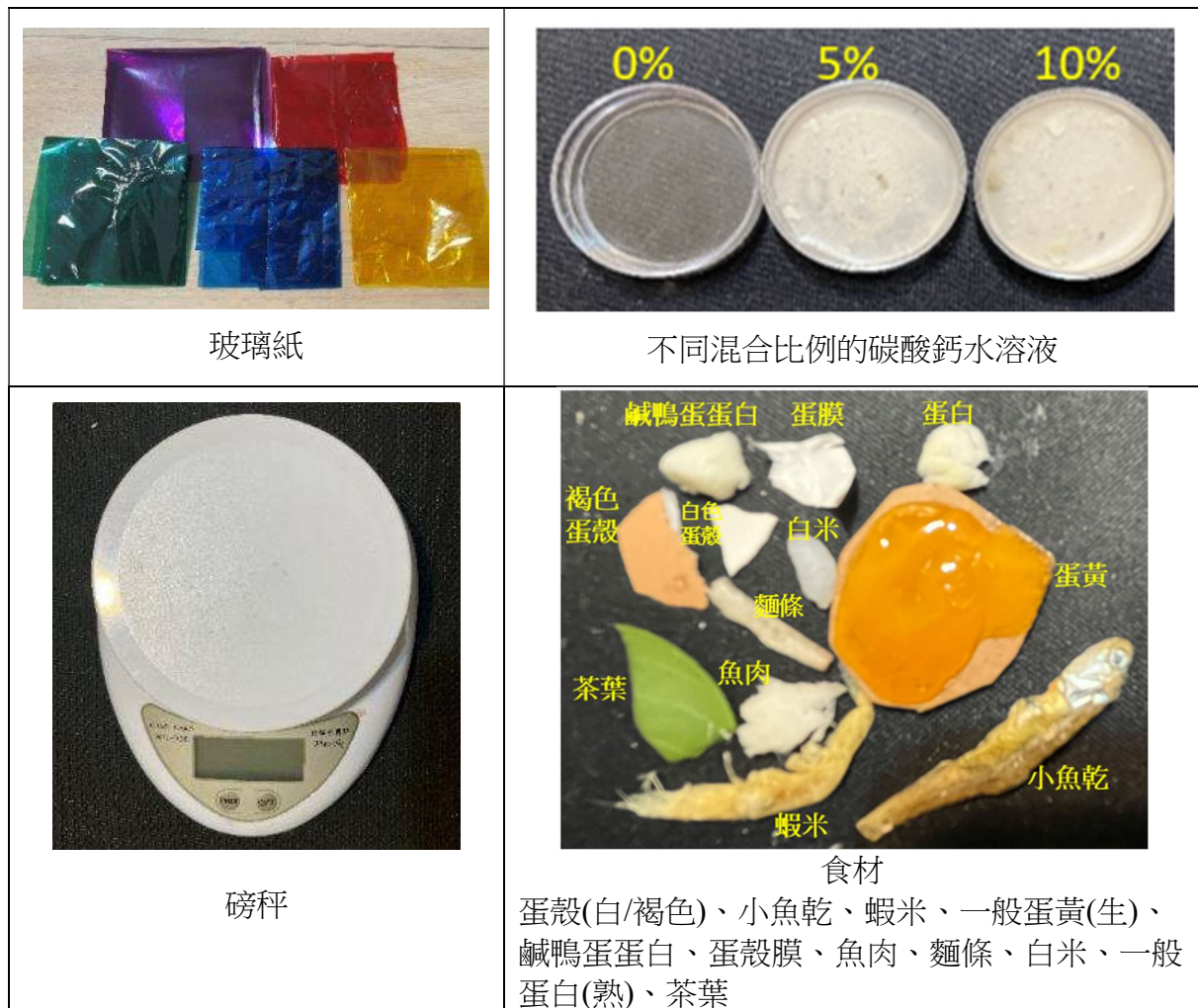
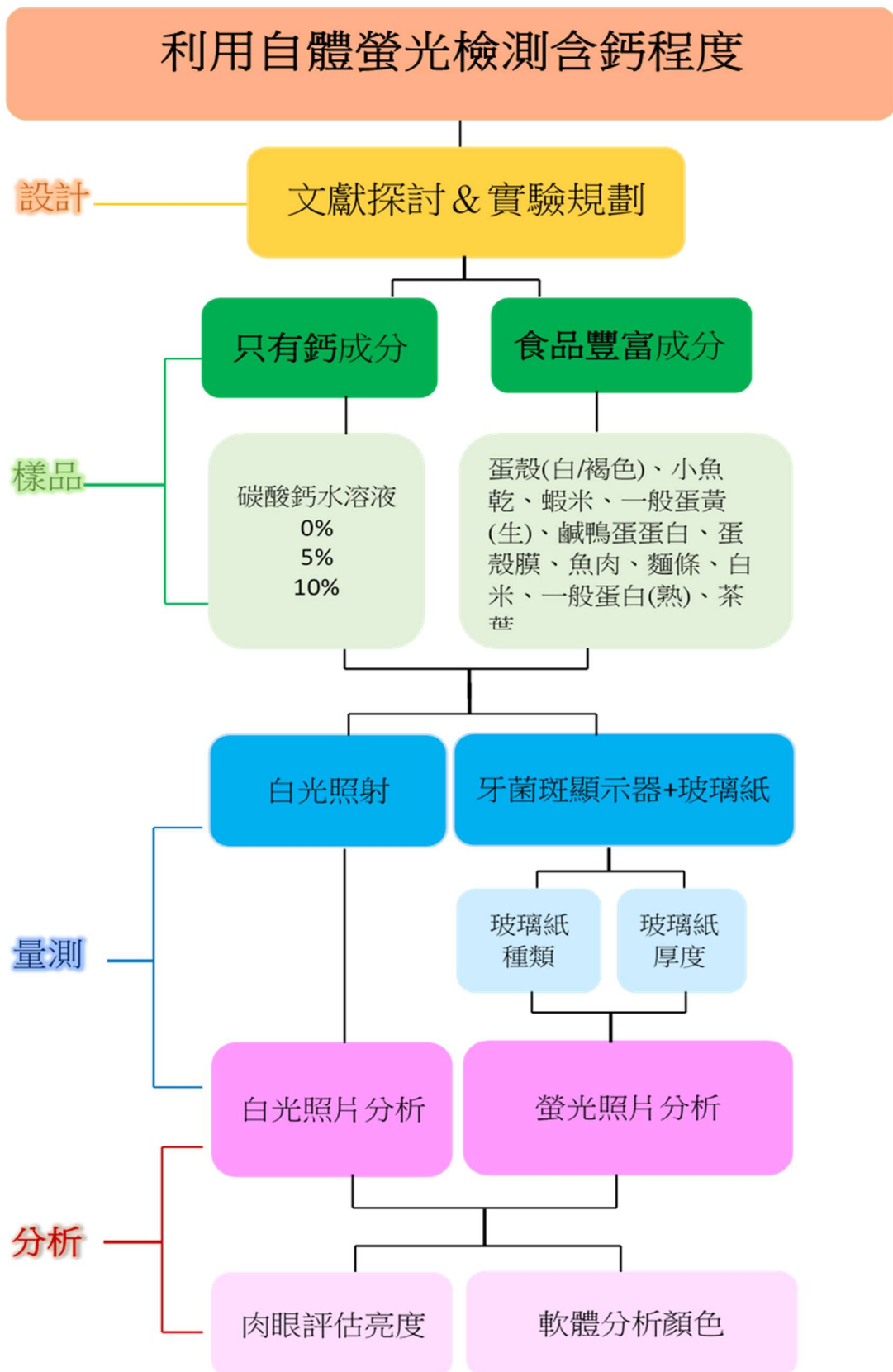


圖 5 實驗材料(圖片來源：自行拍攝)

參、研究過程或方法

一、實驗架構與流程



二、實驗步驟

(一) 樣品種類：

1. 對照組「只有鈣成份」：因碳酸鈣不易溶解，故以總重量相同，但不同混合比例0、5、10%製成過飽和碳酸鈣水溶液。
2. 實驗組「食品豐富成份」：不同食材，包含蛋殼(白/褐色)、小魚乾、蝦米、一般蛋黃(生)、鹹鴨蛋蛋白、蛋殼膜、魚肉、麵條、白米、一般蛋白(熟)、茶葉

(二) 量測方式：將實驗樣品放在一起，探討牙菌斑顯示機的激發光和玻璃紙影響下的樣品顏色與強度。

1. 對照組「白光照射」：使用白光 LED 照射，以手機相機拍照記錄。
2. 實驗組「牙菌斑顯示機+玻璃紙」：牙菌斑顯示機的激發光為紫光，實驗過程更換紅、黃、綠、藍、紫不同玻璃紙，並且改變玻璃紙的層數(1、2、4、8層)，以手機相機拍照記錄。

(三) 實驗流程

1. 實驗初始想法：直接用右手拿手機，左手拿機器拍攝，但是操作略不方便(圖6)。

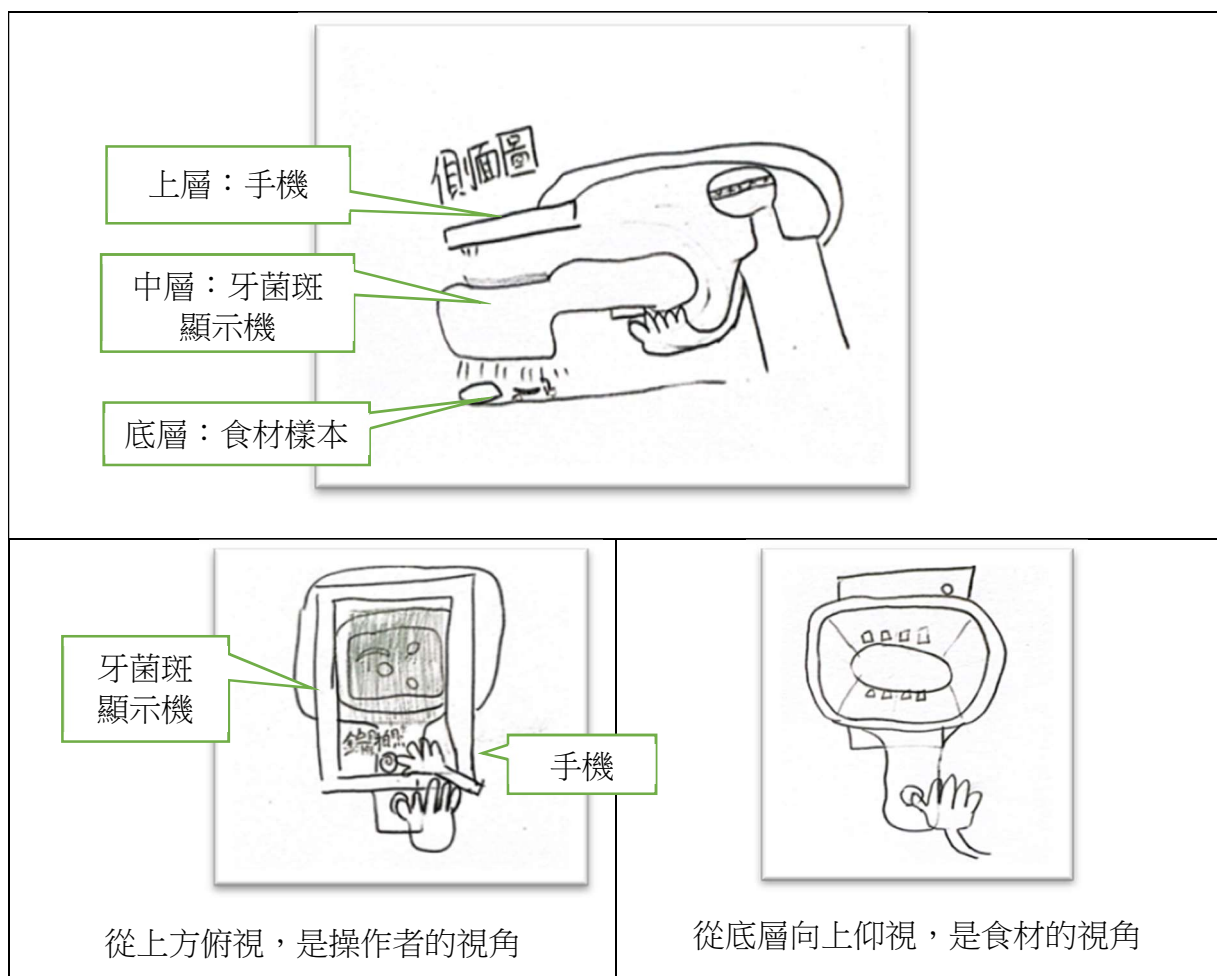


圖6 自繪實驗初稿圖

2. 自製儀器設計圖，組裝並測試效果(圖7、圖8)

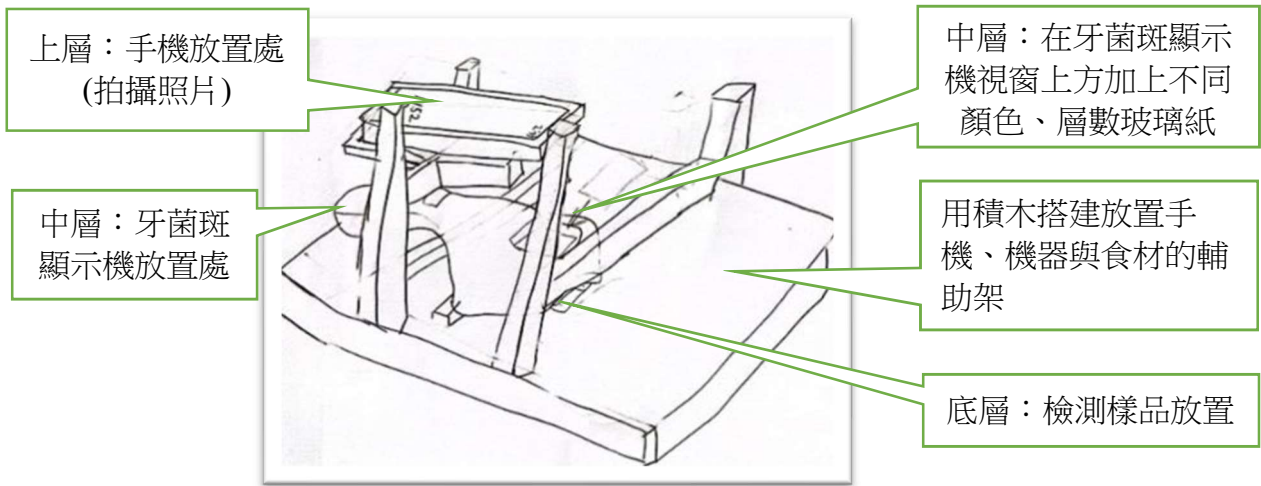
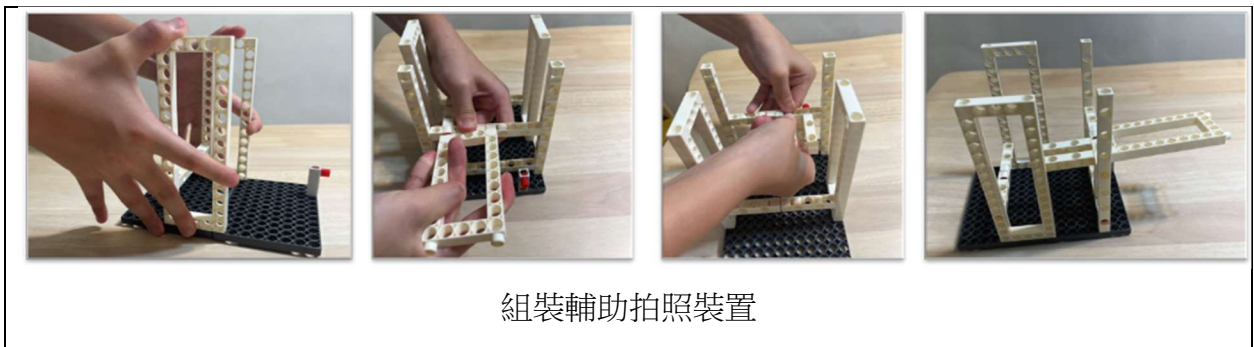


圖7 自繪自製儀器圖



組裝輔助拍照裝置



框中置入檢測樣品

放入牙菌斑顯示器

上方放置手機



開始實驗：更換不同顏色的玻璃紙進行對焦及拍照

圖8 組裝輔助拍照裝置(圖片來源：自行拍攝)

(四) 分析方式：

1. 肉眼觀察亮度
2. 軟體分析顏色：用 ImageJ 軟體分析白光和螢光照片中 RGB 三原色的強度，並計算圈選範圍的總強度(圖9、圖10)：

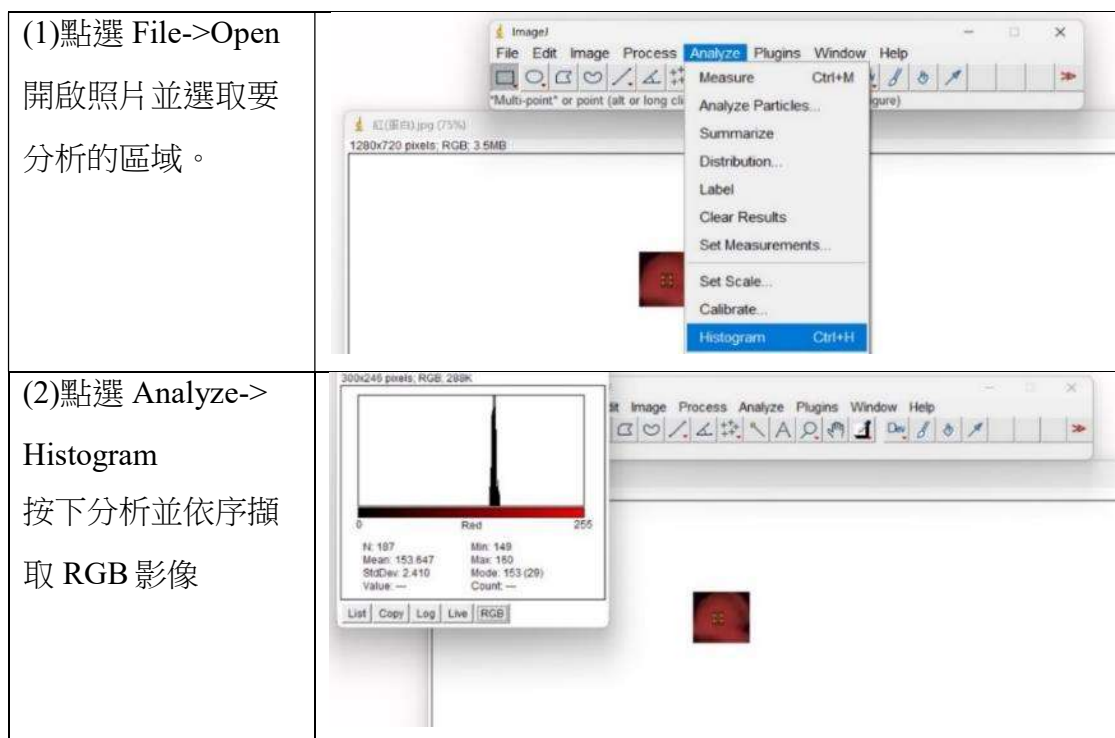


圖9 ImageJ 軟體使用流程 (圖片來源：自行拍攝)

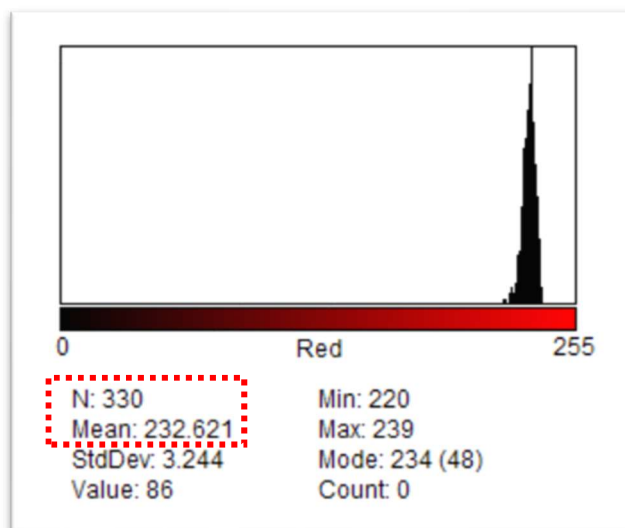


圖10 計算各原色總強度使用的參數(N, Mean) (圖片來源：自行拍攝)

圈選範圍的總強度 = 圈選範圍的像素(N) × 平均原色強度(Mean)

肆、研究結果

一、「只有鈣成分」的碳酸鈣水溶液螢光實驗

(一) 在牙菌斑顯示機照射下，再外加不同顏色、不同層數玻璃紙所呈現的結果(圖11-15)

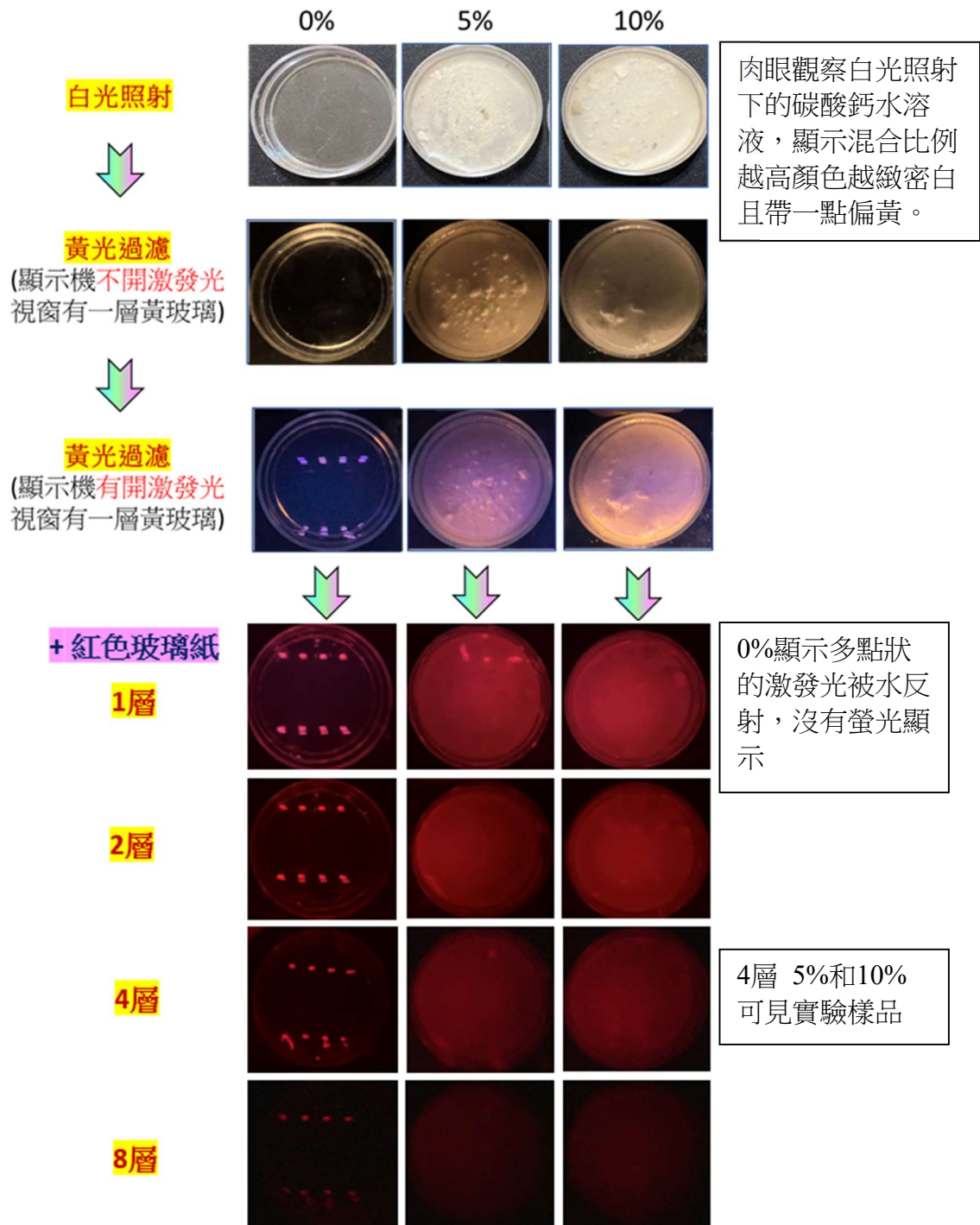


圖 11 不同混合比例碳酸鈣水溶液的實驗-紅色玻璃紙觀察(圖片來源：自行拍攝)

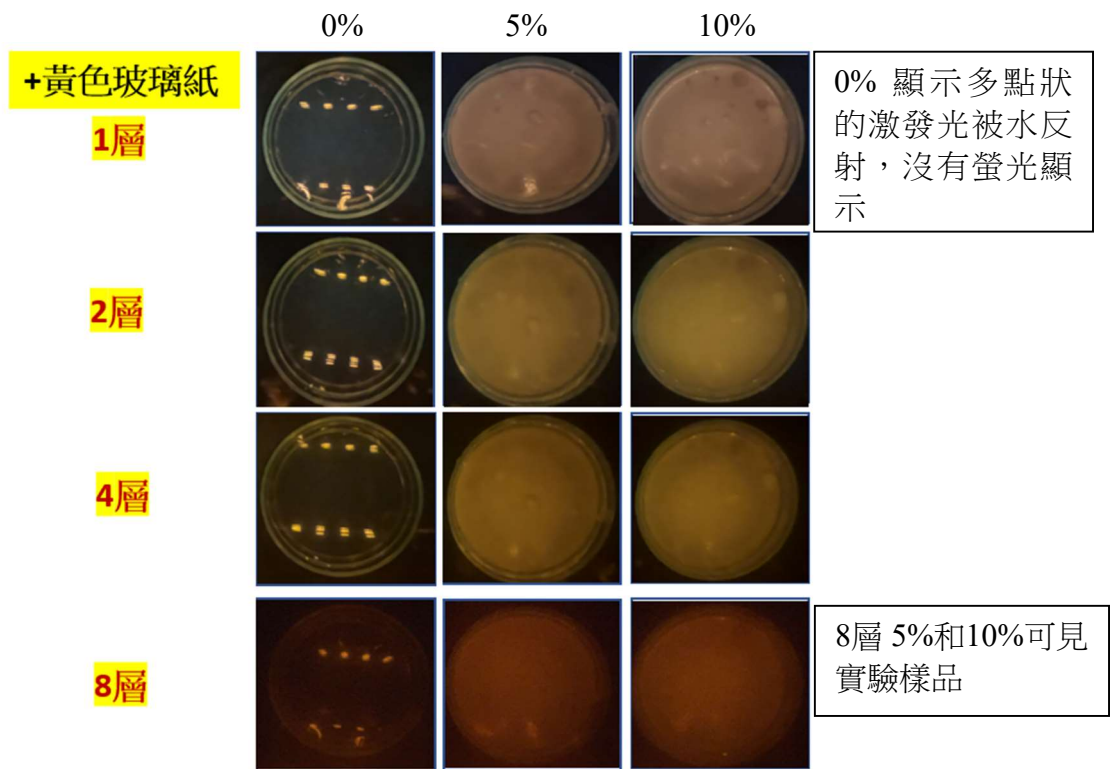


圖 12 不同混合比例碳酸鈣水溶液的實驗-黃色玻璃紙觀察(圖片來源：自行拍攝)

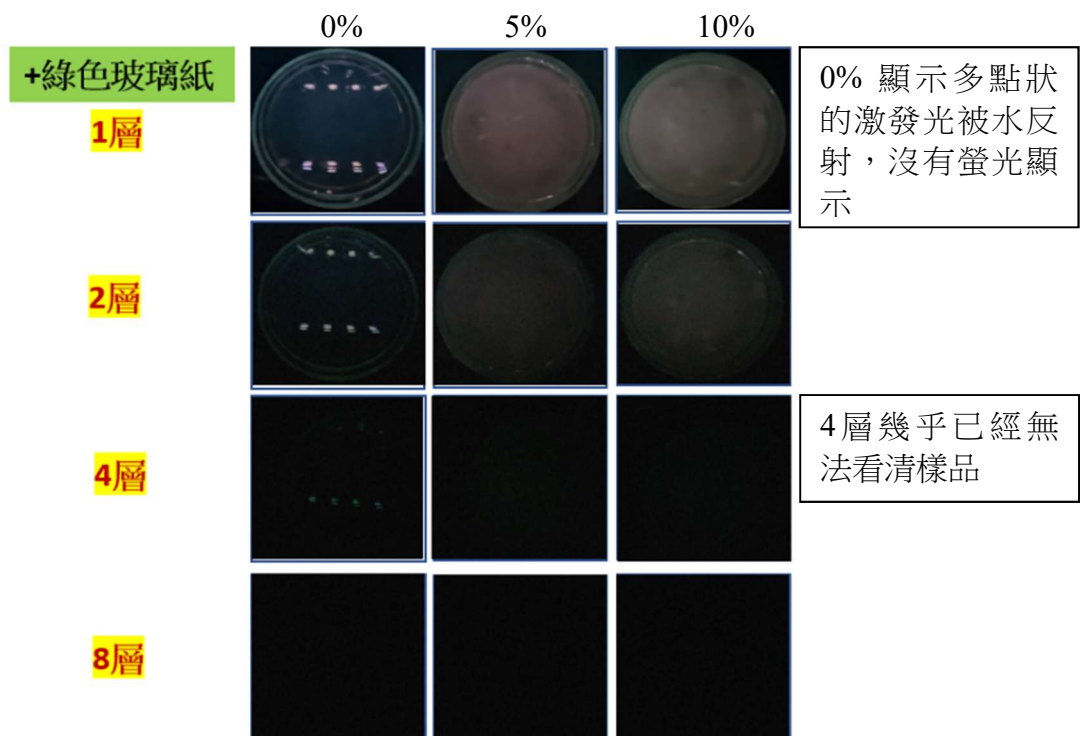


圖13 不同混合比例碳酸鈣水溶液的實驗-綠色玻璃紙觀察(圖片來源：自行拍攝)

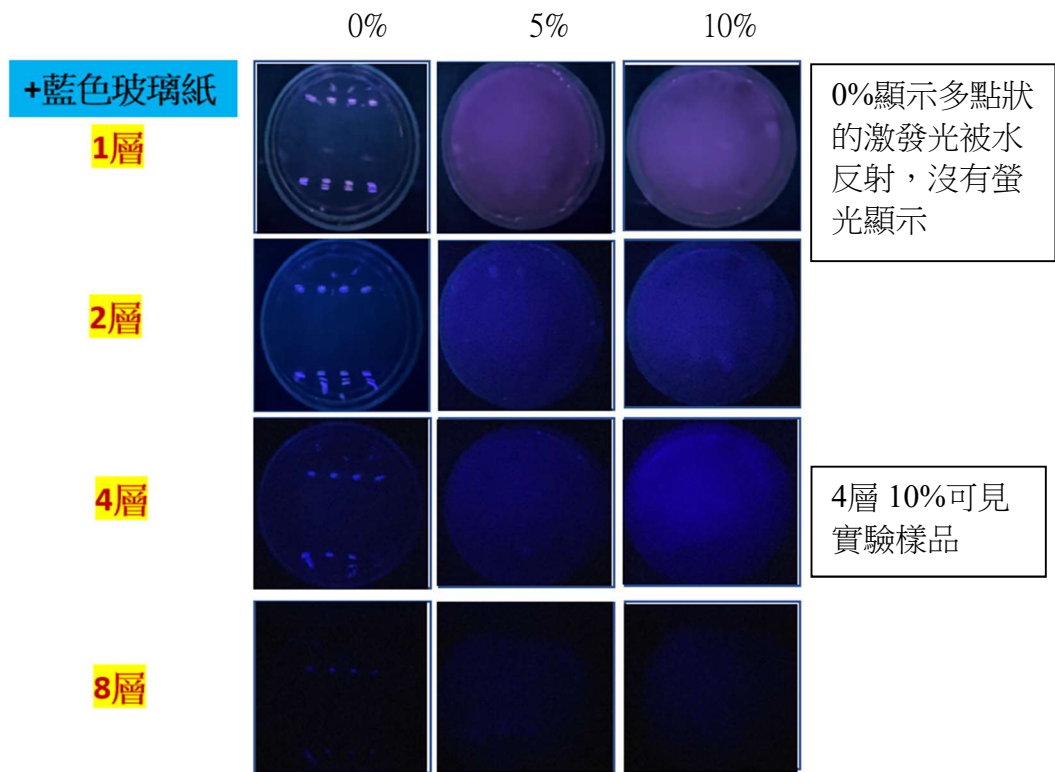


圖14 不同混合比例碳酸鈣水溶液的實驗-藍色玻璃紙觀察(圖片來源：自行拍攝)

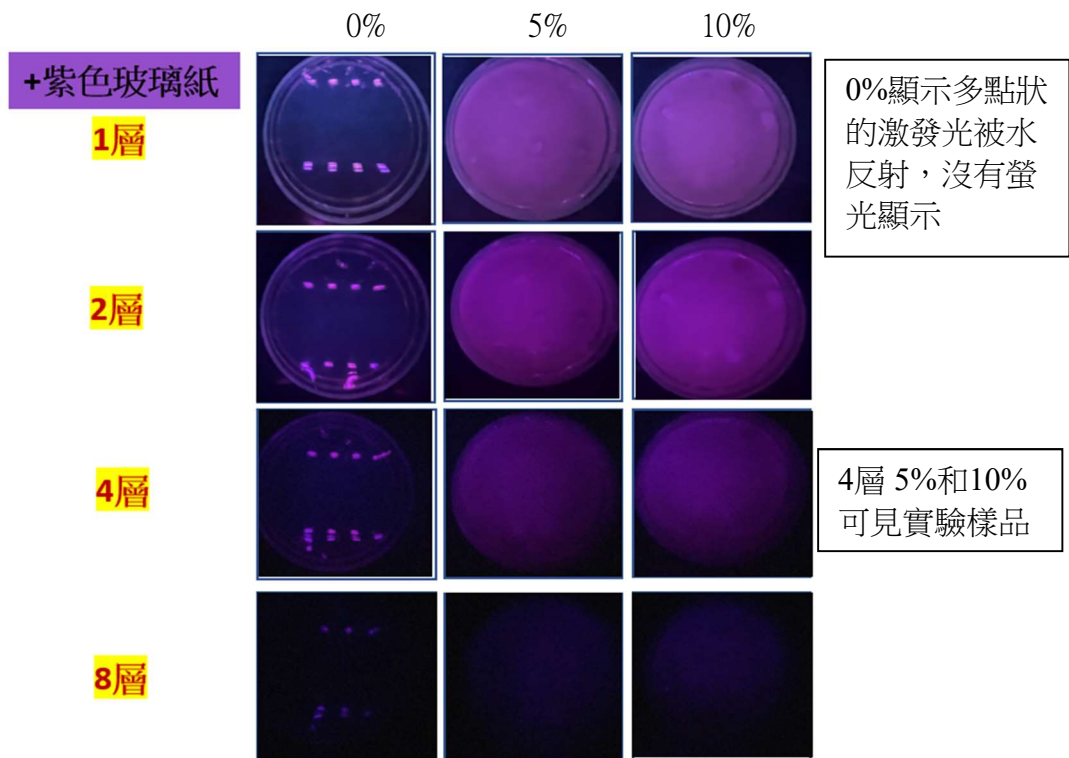


圖15 不同混合比例碳酸鈣水溶液的實驗-紫色玻璃紙觀察(圖片來源：自行拍攝)

(二) 白光照射下碳酸鈣水溶液的顏色分析：

1. 以肉眼觀察碳酸鈣水溶液混合比例越高顏色越緻密，白且帶一點偏黃。
2. 用 ImageJ 軟體分析的 RGB 三原色，當三原色強度一樣就是白色，若混合比例越高，會反射或是散射白光多，所以 RGB 三原色的強度也就隨混合比例變強(圖 16)。

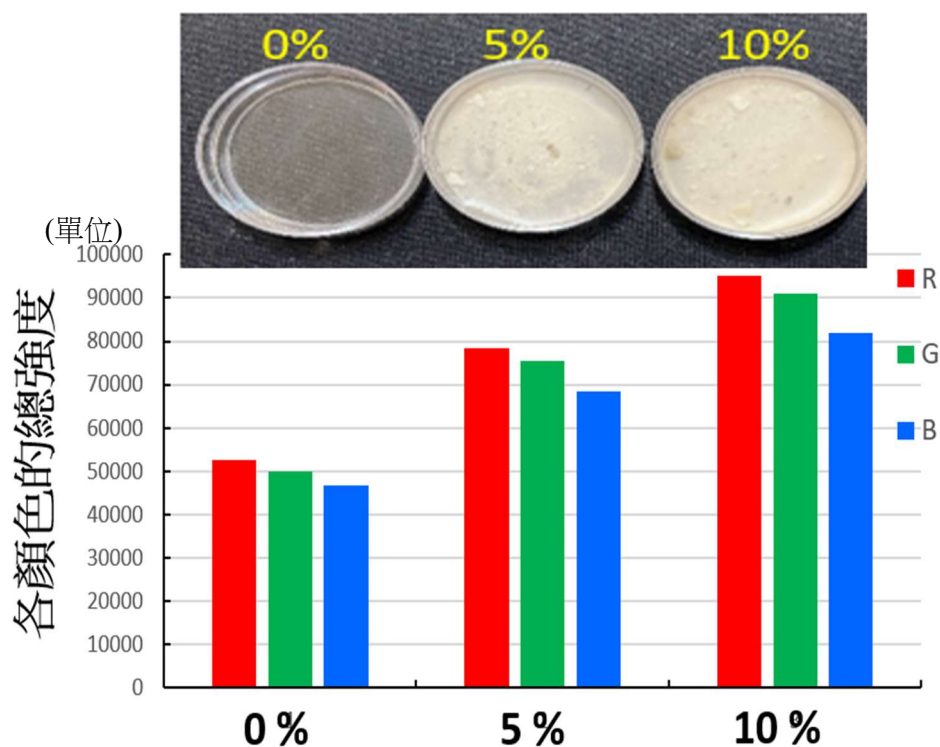


圖 16 不同混合比例碳酸鈣水溶液的照片與 RGB 三原色的影像分析

(圖片來源：自行拍攝)

(三) 激發光搭配不同顏色、層數玻璃紙的碳酸鈣水溶液螢光實驗結果：

1. 不同混合比例碳酸鈣水溶液螢光照片與螢光光譜圖比較

文獻螢光光譜圖，如圖17上方；不同混合比例碳酸鈣水溶液被紫光激發產生螢光後，以不同玻璃紙過濾呈現的照片，如圖17下方。文獻顯示，其螢光包含二個高強度的波段，並也與下方的螢光照片一致：

- (1) 紫色和藍色的波段 (4層紫色玻璃紙的5%和10%仍可以看見實驗物體，4層藍色玻璃紙只有10%仍可以看見，所以紫色強度>藍色強度)
- (2) 黃色和紅色波段(5%和10%黃色玻璃紙8層仍可見，但紅色玻璃紙只能4層，所以黃色強度>紅色強度)
- (3) 綠色波段不具螢光(綠色顏色連1層玻璃紙都很淡，所以強度最低)。另外，0%碳酸鈣水溶液僅顯示多點狀的激發光被水反射，並沒有螢光顯示。

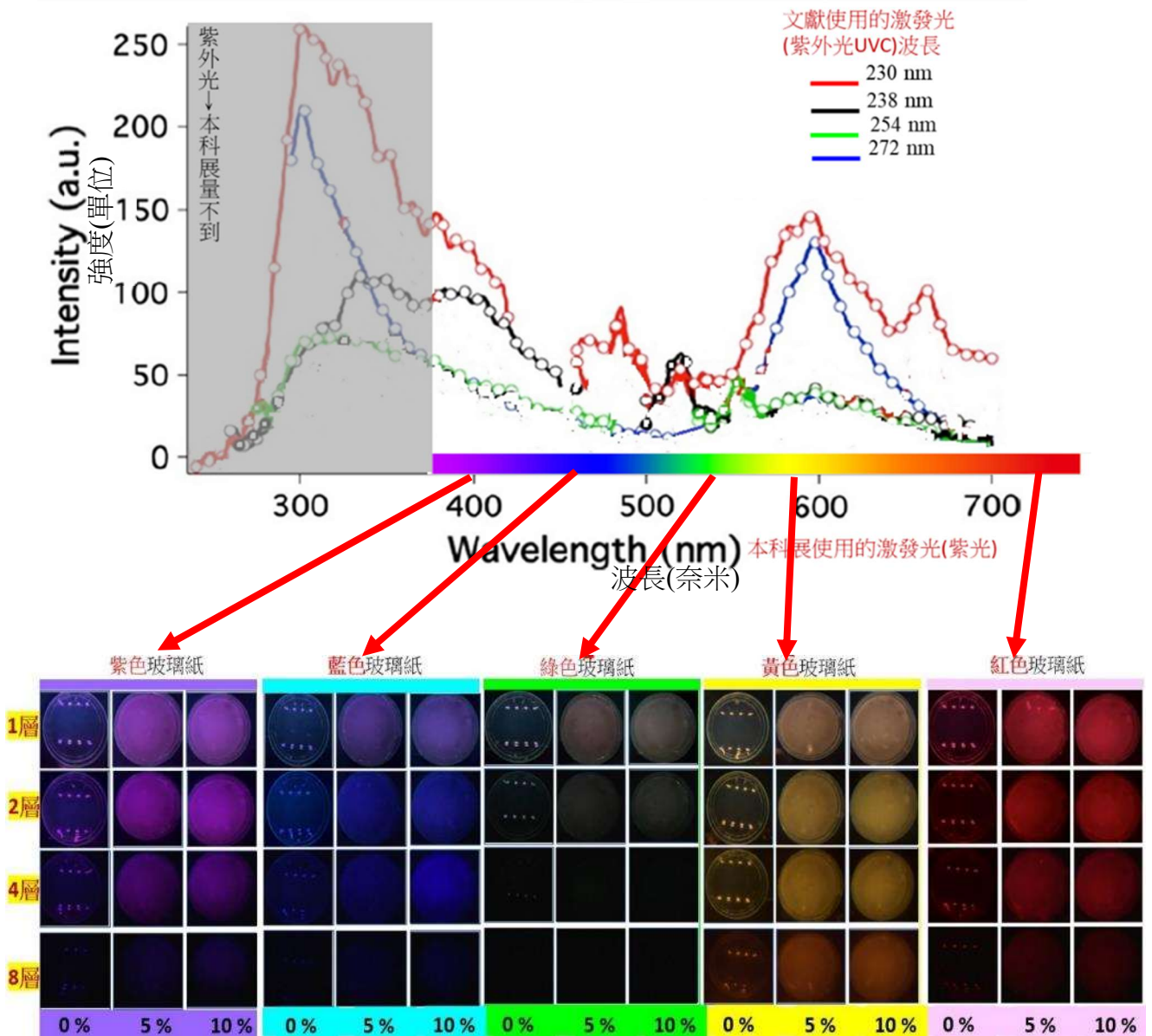


圖 17 不同混合比例碳酸鈣水溶液的螢光照片與文獻上的螢光光譜圖比較
(圖片來源：自行拍攝)

2. 接著以影像分析軟體 ImageJ 分析每一張螢光影像的 RGB 三原色，有以下幾個特點：

- (1) 基本特點：無論幾層玻璃紙，紫色和藍色玻璃紙以 B 原色最強，黃色和紅色玻璃紙以 R 原色最強，其中紫色玻璃紙的 B 原色強度幾乎大於紅色或黃色玻璃紙的 R 原色強度，這跟螢光光譜圖也有一致性。綠色玻璃紙的 RGB 三原色則是幾乎一樣。

以一層玻璃紙說明為例(圖18)：

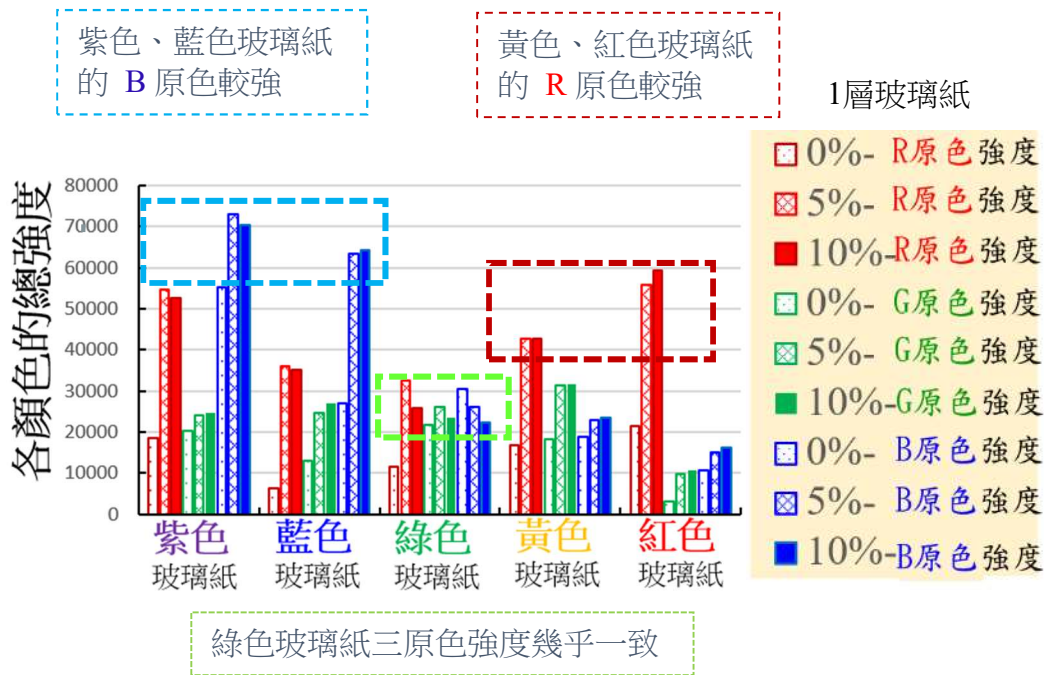


圖 18 ImageJ 分析不同混合比例碳酸鈣水溶液螢光照片的 RGB 三原色的比較

(2) 進階探討-層數：無論哪一種顏色玻璃紙，RGB 三原色強度都有隨玻璃紙層數增加而下降(圖19)

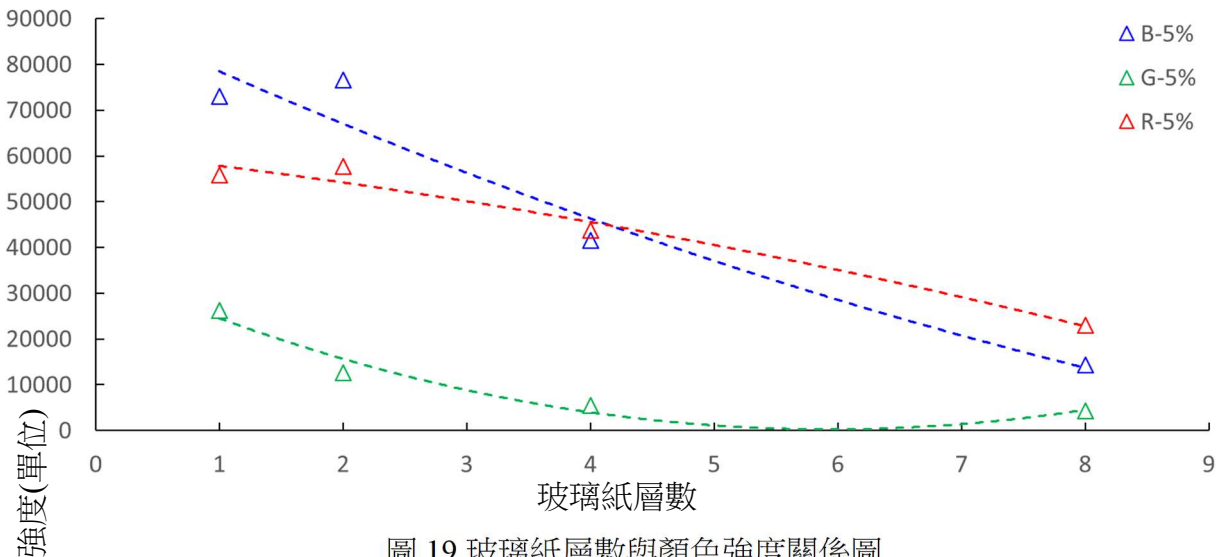


圖 19 玻璃紙層數與顏色強度關係圖

(3) 進階探討-強度：紫色、藍色玻璃紙的 B 原色以及紅色、黃色玻璃紙的 R 原色中，4層和8層的強度有明顯隨碳酸鈣混合比例下降而下降。綠色玻璃紙因 RGB 三原色沒有差異而無法分辨混合比例高低(圖20)。

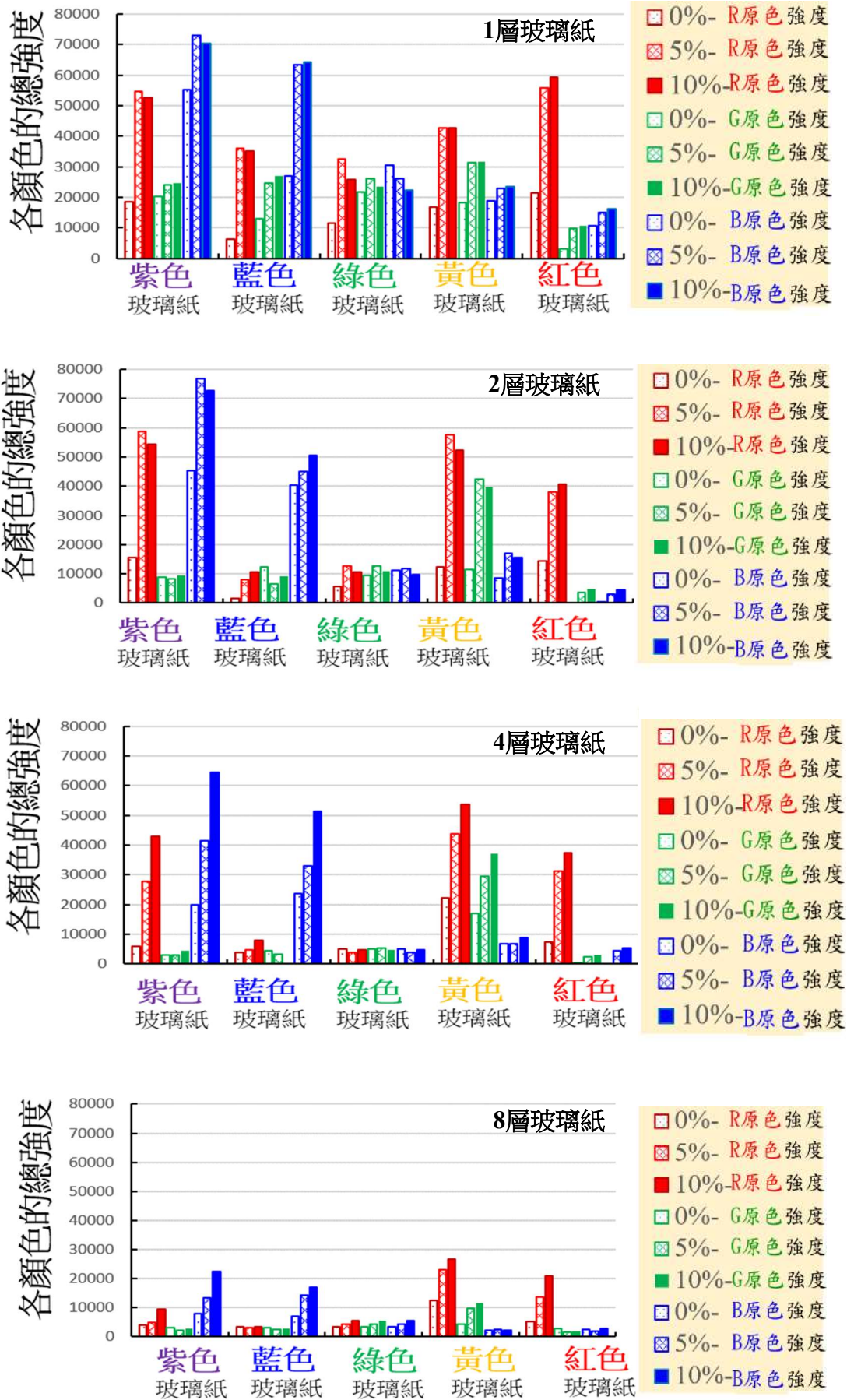


圖 20 以 ImageJ 分析不同混合比例碳酸鈣水溶液螢光照片的 RGB 三原色強度

二、「食品豐富成份」的食材螢光實驗

(一) 在牙菌斑顯示機照射下，再外加上不同顏色、不同層數玻璃紙所呈現的結果(圖 21)



圖21 食材的實驗觀察(圖片來源：自行拍攝)

(二) 白光照射下豐富成份食材的顏色分析(圖22)：

1. 肉眼觀察 豐富成份的食材顏色可以約略分成三大類：

白色類：蛋殼(白色)、鹹鴨蛋蛋白、蛋殼膜、魚肉、麵條、白米、一般蛋白(熟)

黃色類：蛋殼(褐色)、小魚乾、蝦米、一般蛋黃(生)

綠色類：茶葉

2. 用 ImageJ 軟體分析照片中的 RGB 三原色結果，白色類的 RGB 三原色強度都差不多；黃色類的則是 R 原色>G 原色>B 原色強度；綠色類的則是 G 原色>R 原色和 B 原色強度。

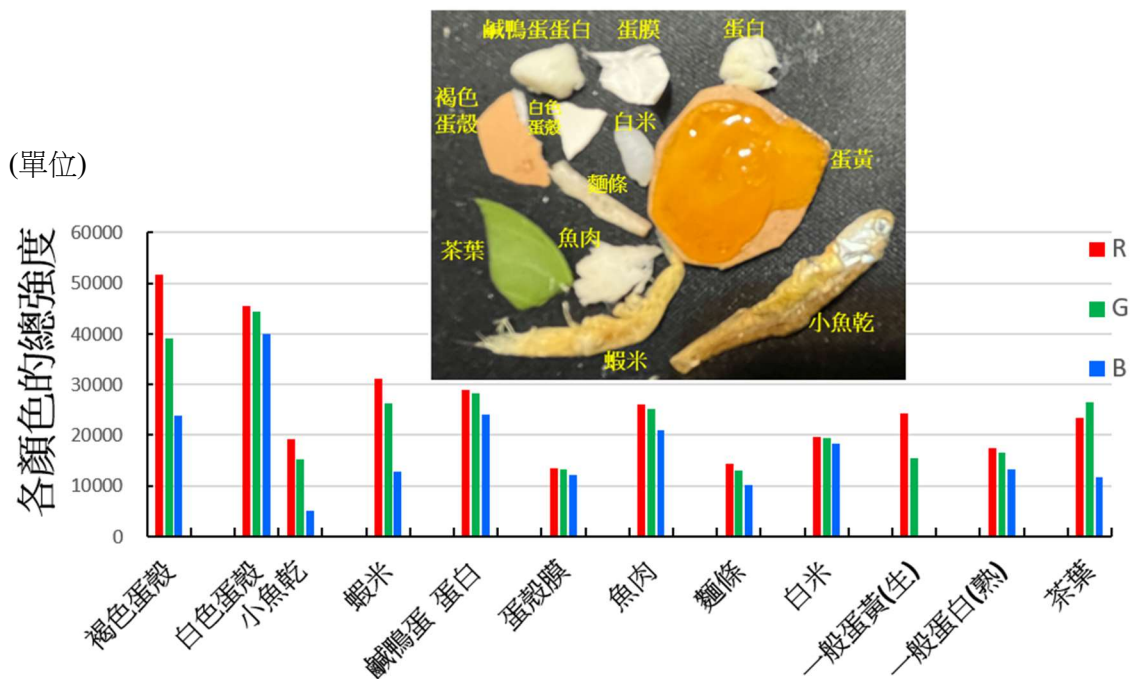


圖 22 豐富成份的食材的照片與影像分析 RGB 三原色的各色總強度

(圖片來源：自行拍攝)

(三) 激發光搭配不同顏色、層數玻璃紙「食品豐富成份」的食材螢光實驗結果

1. 豐富成份食材的螢光照片與螢光光譜圖比較

文獻螢光光譜圖，如圖23上方；而豐富成份的食材被紫光激發產生螢光後以不同玻璃紙過濾呈現的照片，如圖23下方。

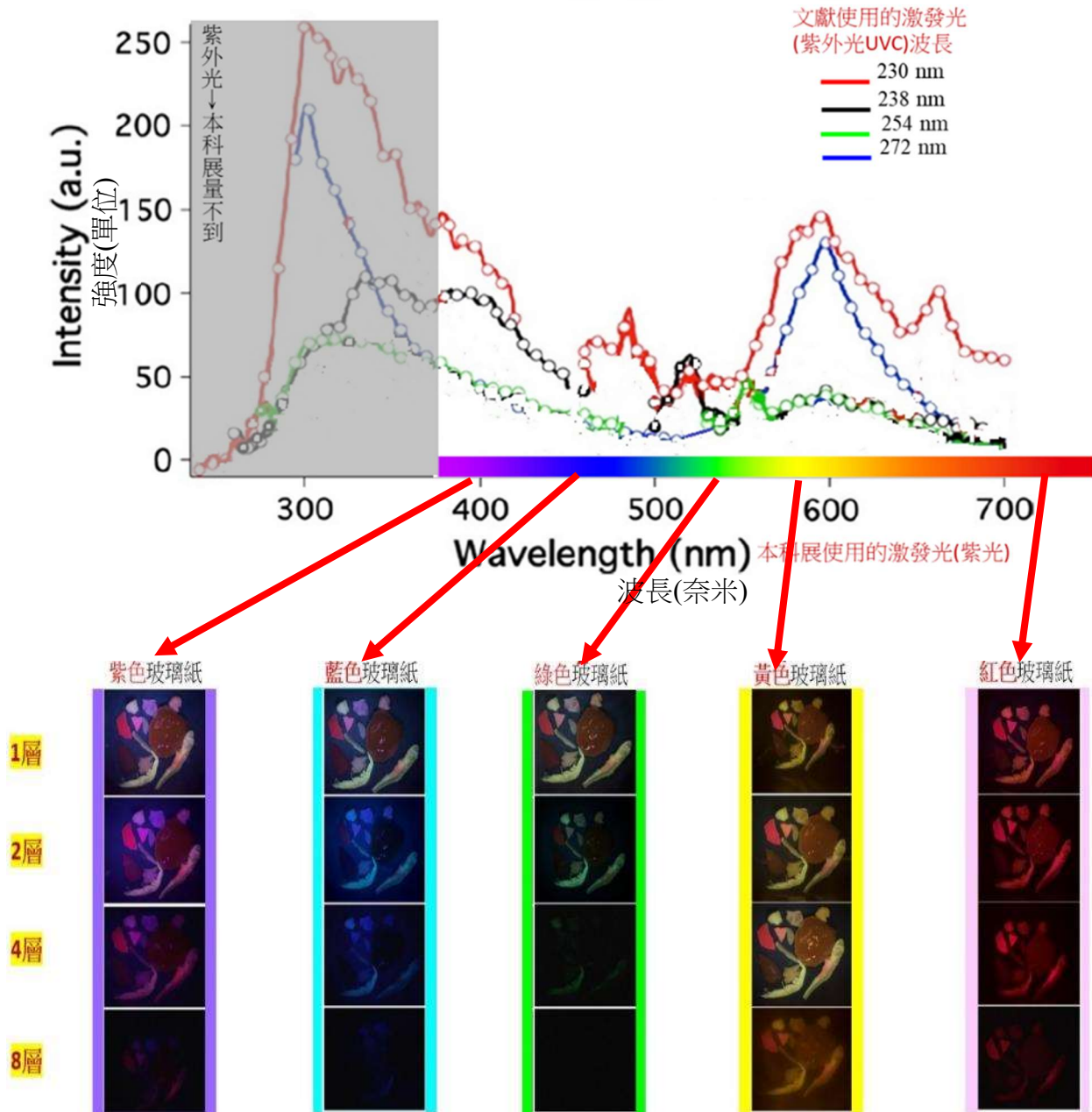


圖 23 豐富成份食材的螢光照片與文獻上的螢光光譜圖比較(圖片來源：自行拍攝)

2. 接著以影像分析軟體 ImageJ 分析玻璃紙1層的螢光影像 RGB 三原色強度，發現以紫色或藍色玻璃紙最強，黃色或紅色玻璃紙其次，綠色玻璃紙較弱。且可分類成四種現象

(1)兩邊高：藍色/紫色玻璃紙的 B 原色與紅色/黃色玻璃紙的 R 原色都有接近或高過200000 單位，例如：褐色蛋殼、白色蛋殼、蝦米(圖24)。

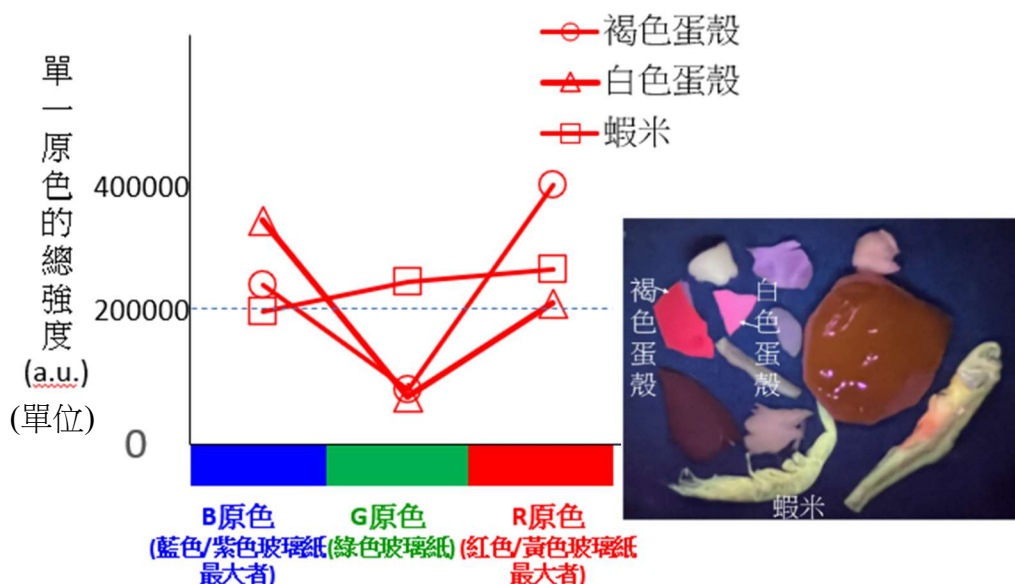


圖 24 褐色蛋殼、白色蛋殼、蝦米 RGB 三原色強度(圖片來源：自行拍攝)

(2)左邊低右邊高：僅有紅色/黃色玻璃紙的 R 原色接近或高過200000單位，例如小魚乾、一般蛋黃(生)。因為激發光為紫光，但是這些食材仍有發出遠離激發光的螢光(圖25)。

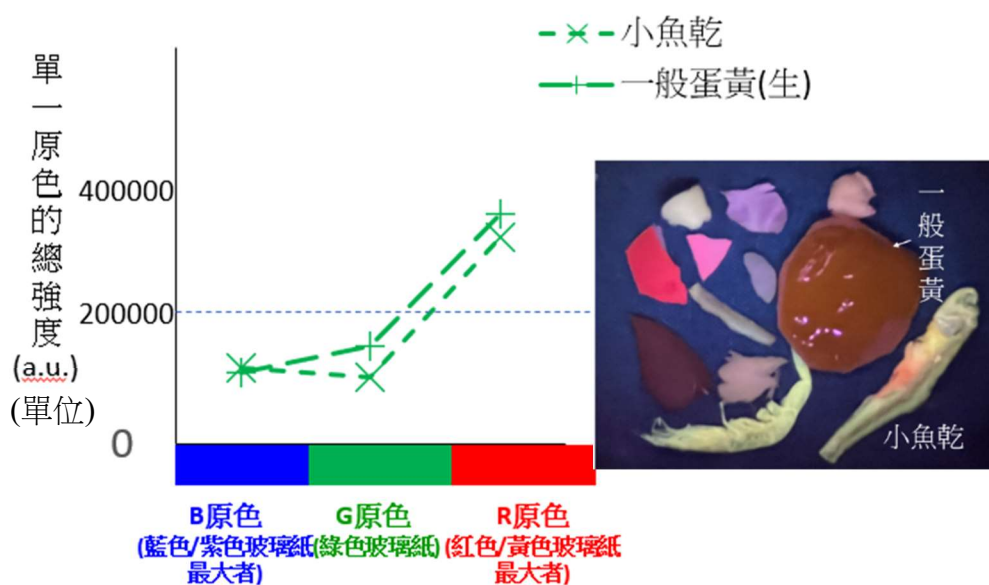


圖 25 小魚乾、一般蛋黃(生) RGB 三原色強度(圖片來源：自行拍攝)

(3)左邊高右邊低：僅有藍色/紫色玻璃紙的 **B** 原色接近或高過200000單位，例如鹹鴨蛋蛋白、一般蛋白(熟)、蛋殼膜、茶葉。當白色、綠色類食材，具有高強度的 **B** 原色，但是不具高強度的 **R** 原色，這是反射激發光的情況(圖26)。

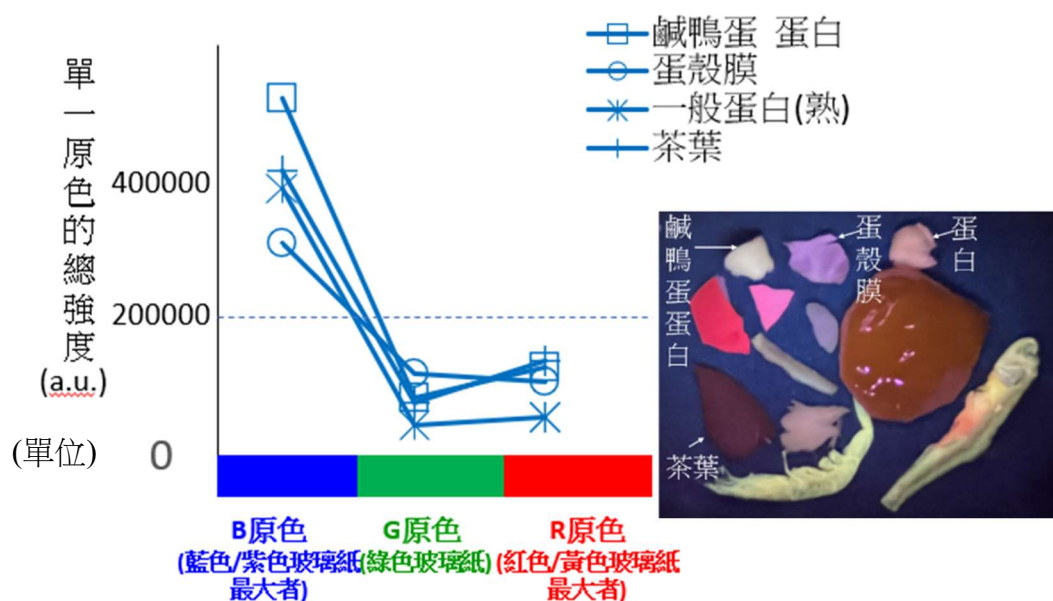


圖 26 鹹鴨蛋蛋白、蛋殼膜、一般蛋白(熟)、茶葉 RGB 三原色強度(圖片來源：自行拍攝)

(4)雙邊都低：藍色/紫色玻璃紙的 **B** 原色與紅色/黃色玻璃紙的 **R** 原色都低於 200000單位。例如魚肉、麵條、白米(圖27)。

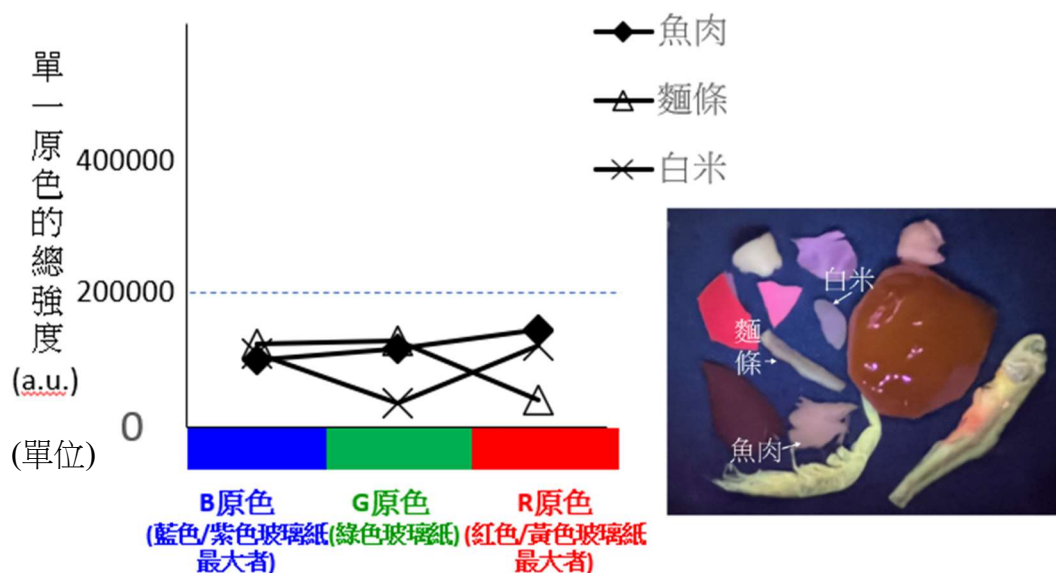


圖 27 魚肉、麵條、白米 RGB 三原色強度(圖片來源：自行拍攝)

3. 綜合上述，第一：兼具紅色或黃色玻璃紙的 **R** 原色，以及藍色或紫色玻璃紙的 **B** 原色，是最具分辨鈣含量的雙指標。第二：若僅有紅色/黃色玻璃紙的 **R** 原色接近或高過200000單位，仍可視為高鈣，因為激發光是紫光，這些食材仍可以發出遠離激發光的螢光。圖28為全部食材 RGB 三原色強度。

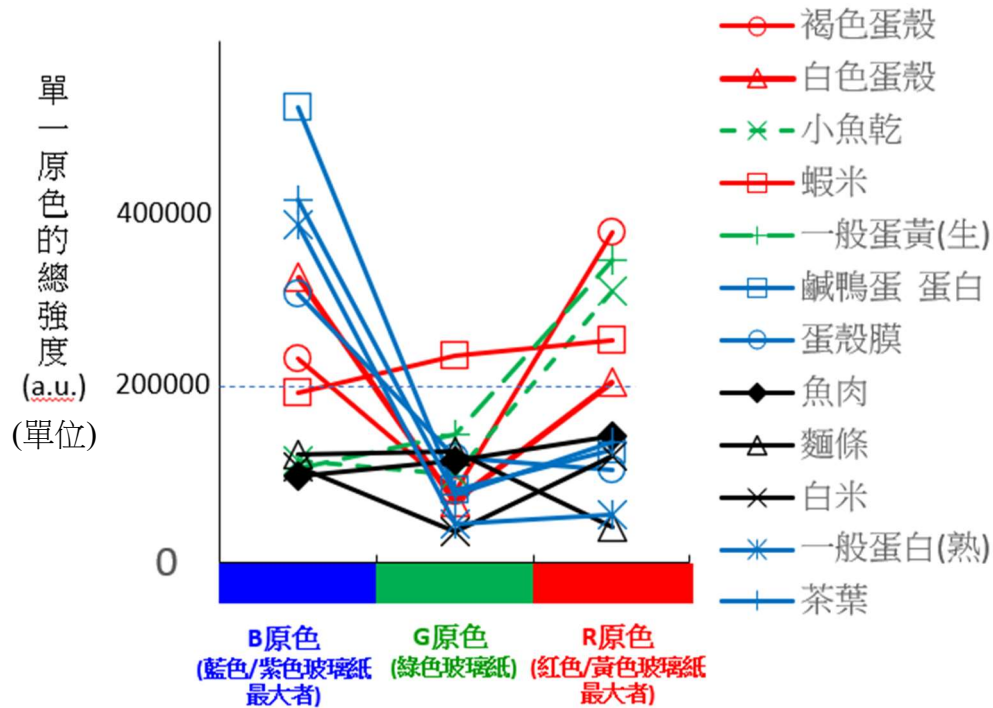


圖 28 全部食材 RGB 三原色強度

4. 我們得到以下結果

較高鈣含量組：褐色蛋殼、白色蛋殼、小魚乾、蝦米、一般蛋黃(生)

較低鈣含量組：鹹鴨蛋蛋白、蛋殼膜、魚肉、麵條、白米、一般蛋白(熟)、茶葉

5. 這也同時吻合文獻的鈣螢光光譜圖的二個特徵波段現象(圖29)，以及食材鈣含量的統計(表2、圖30)。

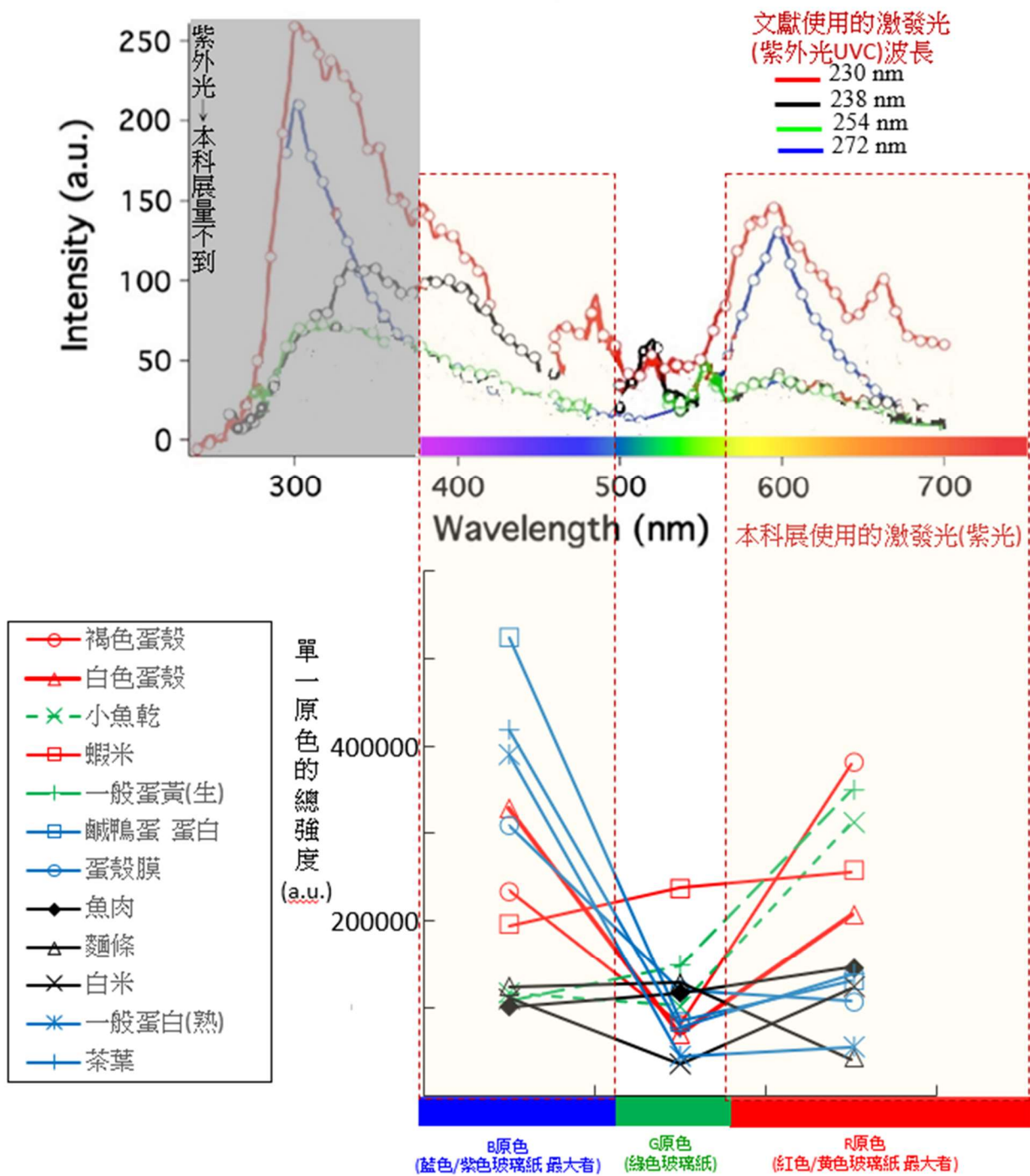


圖 29 螢光光譜圖與全部食材 RGB 三原色強度對照

表2 食品鈣含量

較高鈣含量

食品種類	鈣含量(mg)/ 100g 食物
蛋殼	35000
小魚乾	2213
蝦米	1075
蛋黃	129

較低鈣含量

食品種類	鈣含量(mg)/ 100g 食物
鹹鴨蛋蛋白	77
蛋殼膜	(查無鈣含量數據文獻)
魚肉	15
麵條	12
白米	10
一般蛋白	7
茶葉	3

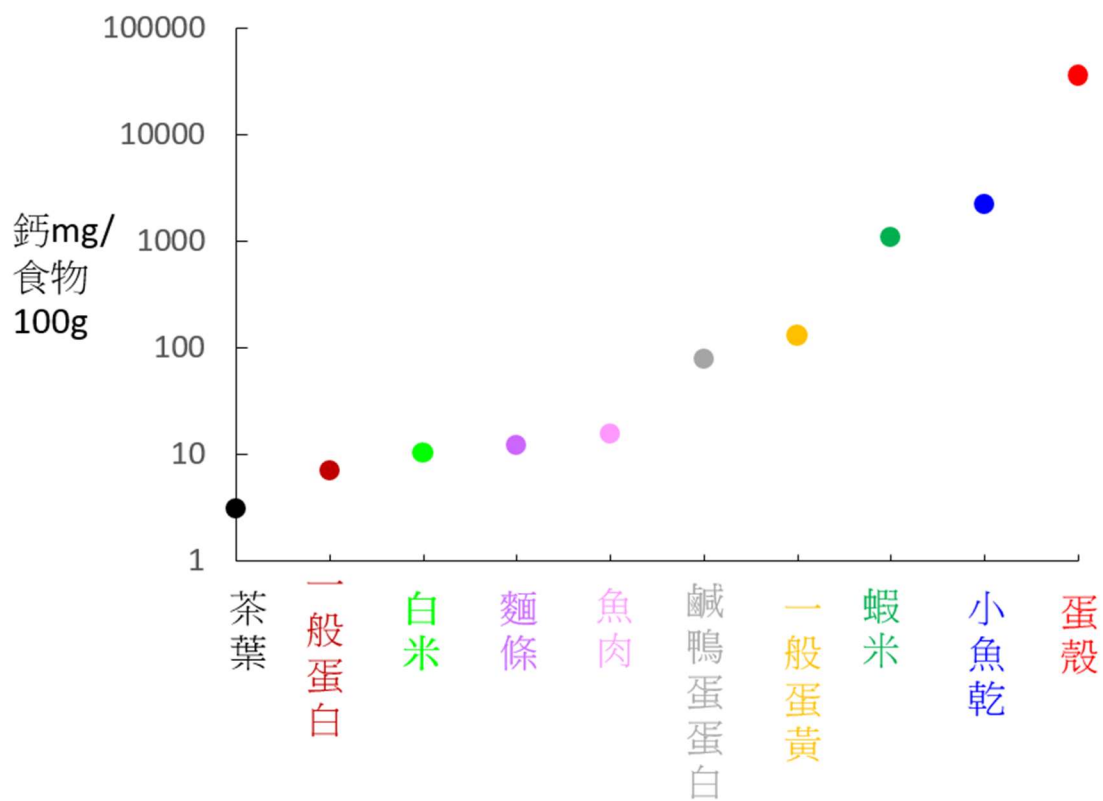


圖 30 食品鈣含量圖(整理表2文獻)

6. 將本實驗的數據結果與文獻用生化分析食材的鈣含量相比較：

發現二種方法結果有很好的線性正比關係，也就是數據點都接近這個正比的直線。由圖31可以發現，這條直線右上方的高鈣含量食材的數據點明顯跟低鈣量食材的數據點分布分開。更加確定本實驗的檢測方法區別出的食材高低鈣含量結果與文獻含鈣量一致

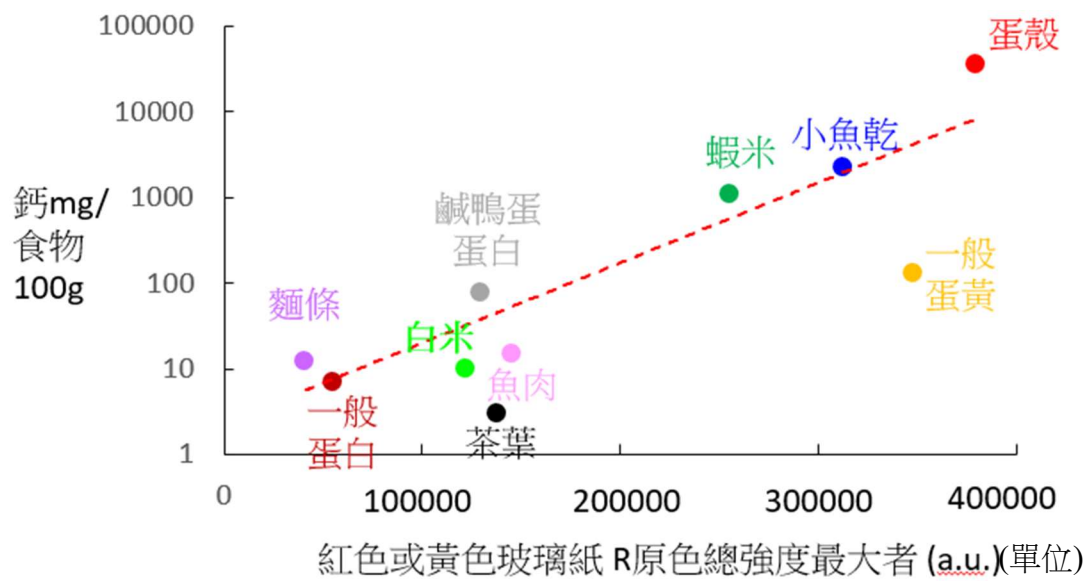


圖 31 食品鈣含量與實驗結果對照圖

伍、討論

一、鈣的種類相當多，為何以碳酸鈣水溶液為實驗對照？

鈣的種類相當多，有檸檬酸鈣、海藻鈣、碳酸鈣、乳酸鈣…等，但是牙菌斑顯示機所呈現出來的紅色鈣點，究竟是屬於哪一類的鈣？網路搜尋後，確認動物骨骼或外殼或牙齒的主要鈣成份是碳酸鈣，如此就能將範圍縮小以碳酸鈣進行實驗。

二、選擇以碳酸鈣水溶液混合比例0%、5%、10%做為對照組的原因

碳酸鈣幾乎不溶於水，分析數據後，5%以及10%的碳酸鈣水溶液數據相近已無明顯變化，且在外觀上，10%就已有明顯沉澱，即便想再增加混合比例，但是水太少、碳酸鈣粉太多、太緊密也無法完整呈現螢光(圖32)。

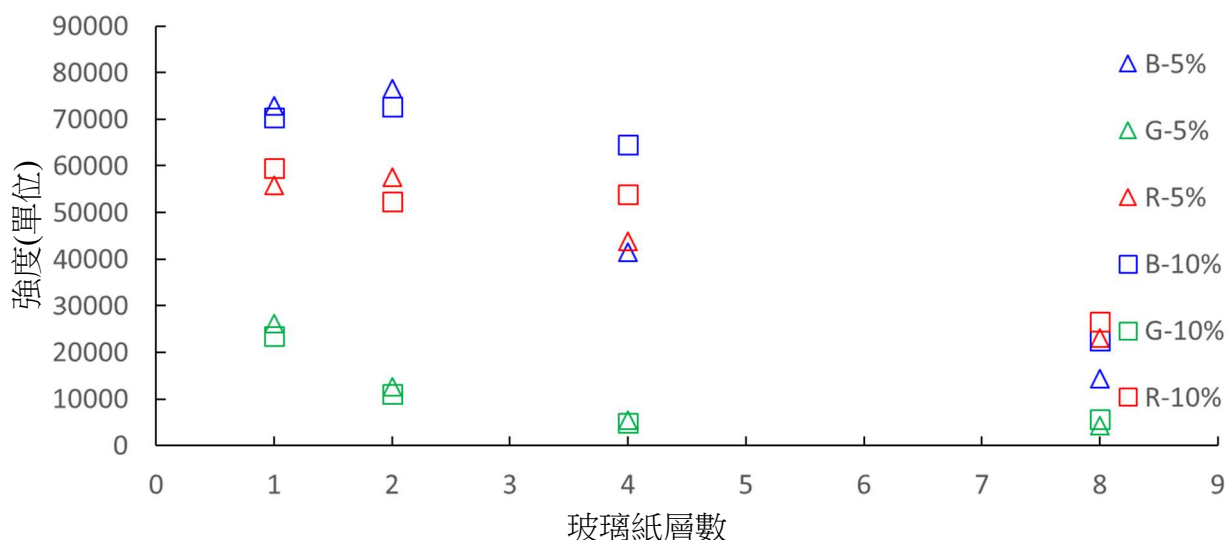


圖 32 5%及10%的碳酸鈣水溶液 RGB 三原色強度和層數的關係

三、玻璃紙顏色選擇原因

紅、黃、綠、藍、紫每個顏色玻璃紙便代表光譜圖該顏色的波段，可以做為濾片的功能，讓實驗的色光進入，濾掉其他色光，而且玻璃紙是容易取得的物品(圖33)。

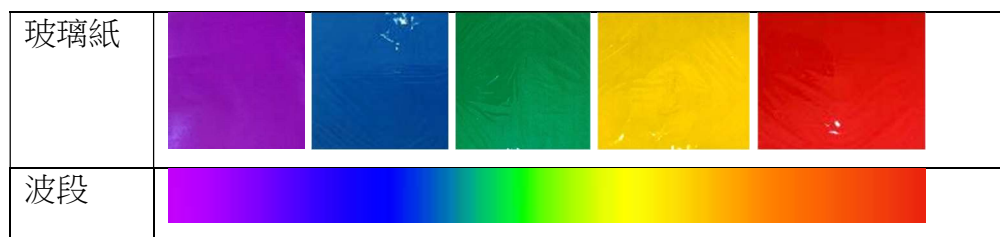


圖 33 不同顏色玻璃紙與光譜圖顏色波段的對照(圖片來源：自行拍攝)

四、玻璃紙層數選擇

多層玻璃紙間容易有縫隙，無法使用黏劑密合，因為會造成其他雜訊，影響判讀，所以在沒有黏劑下會讓多層以上的玻璃紙每層之間可能會有微弱光線進入；再者，八層以上的玻璃紙已明顯沒辦法清楚看到樣品，所以拍照過程已經無法對焦。

由數據顯示，到八層玻璃紙都已明顯與0%碳酸鈣水溶液相同區塊，即反應激發光數值，且趨勢線確實降下，所以實驗玻璃紙層數以八層即可(圖34)。

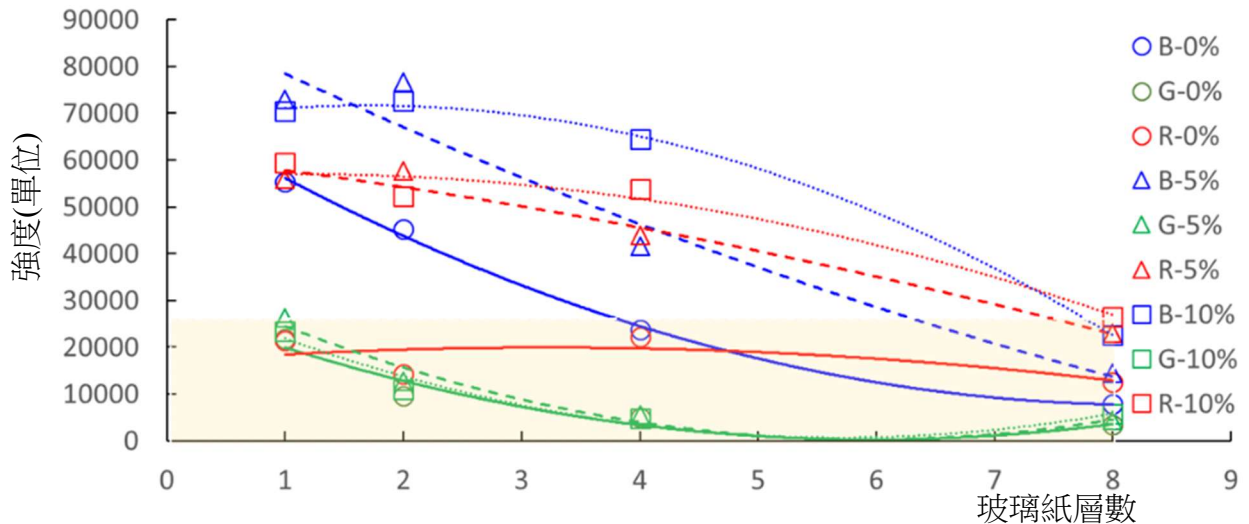


圖 34 不同混合比例的碳酸鈣水溶液 RGB 三原色強度和玻璃紙層數的關係圖

五、未來自製儀器的方向

目前市面紫外光應用產品有驗鈔機、指甲光療機、殺菌燈...等，但是這些物品的激發光源多為 UV 紫外光，實驗照射過程擔心比較有危害。由於本作品聚焦食品的鈣含量，因此使用市面上觀察牙結石的牙菌斑商品加以改裝可以省去加工，並透過本作品的一系列實驗驗證可行性。而未來實驗的機具可以簡單自製，一個半遮蔽的觀測箱，內具激發光 LED，觀測窗口由有色壓克力與玻璃紙組合，即可依照不同的實驗目的改變激發光。

陸、結論

本研究將複雜「鈣含量程度的分析」問題，不以昂貴、專業的光譜儀分析，只以牙菌斑顯示機器，搭配簡易、多層的玻璃紙，在不需暗室下拍攝照片並分析亮度，以及軟體分析 RGB 原色強度，從碳酸鈣不同混合比例溶液先驗證研究方法，再驗證豐富成份的食材鈣含量。

實驗結果如下：

一、我們發現能在越多層玻璃紙下被觀測到或是亮度越高的螢光影像，並符合兩個光譜圖的特徵波段，表示鈣含量越多。

(一) 「只有鈣成分」的碳酸鈣水溶液螢光實驗

1. 肉眼觀察螢光照片亮度

黃色的螢光亮度最強，紫色的螢光亮度第二強，綠色幾乎是沒有螢光亮度。

2. 軟體分析螢光照片的 RGB 三原色

紫色和藍色玻璃紙以 B 原色最強，黃色和紅色玻璃紙以 R 原色最強，綠色玻璃紙的 RGB 三原色都幾乎一樣。

3. 以上都與參考文獻的光譜圖二個特徵波段一致：第一個螢光波段在紫光和藍光，第二個螢光波段在黃光和紅光。

(二) 「食品豐富成份」的食材螢光實驗

1. 肉眼觀察螢光照片亮度

黃色的螢光亮度最強，紫色和紅色的螢光亮度第二強，綠色的螢光亮度最弱。

2. 軟體分析螢光照片的 RGB 三原色

鈣含量較高的食品中(如蛋殼、小魚乾、蝦米、蛋黃)，黃色或紅色玻璃紙 R 原色強度，以及紫色或藍色玻璃紙的 B 原色強度都有大於或接近200000的門檻。

3. 以上都與參考文獻的光譜圖二個特徵波段一致：第一個螢光波段在紫光和藍光，第二個螢光波段在黃光和紅光。

4. 顏色也會影響 RGB 三原色的分布，如黃色類食材(褐色蛋殼、一般蛋黃、小魚乾、蝦米)會使紫色、藍色、綠色玻璃紙的 R 原色強度最強。白、綠色類食材(鹹鴨蛋蛋白、蛋殼膜、一般蛋白(熟)、茶葉)會反應激發光的紫色。

5. 因碳酸鈣的螢光不包含綠色，所以綠色玻璃紙下的白色類食材 RGB 三原色強度接近。

二、根據實驗結果，我們推論出高鈣含量指標—以200000單位為高鈣門檻原則，並從分析的

食材樣本中得到較高鈣含量組。

(一) 兼具紅色或黃色玻璃紙的 R 原色，以及藍色或紫色玻璃紙的 B 原色，是最具分辨鈣含量的雙指標。

所以符合以下條件者之一，可訂為較高鈣含量組：**1.若雙指標都接近或者大於200000單位；2.紅色或黃色玻璃紙的 R 原色過200000單位。**

而符合以下條件之一，則為較低鈣含量組：1.雙指標低於200000單位；2.紅色或黃色玻璃紙的 R 原色低於200000單位。

(二) 本實驗得到較高鈣含量組：**蛋殼、小魚乾、蝦米、蛋黃**，而較低鈣含量組：**鹹鴨蛋蛋白、蛋殼膜、魚肉、麵條、白米、一般蛋白、茶葉**。

(三) 這個實驗結果也與食品鈣含量文獻一致。

三、**這個實驗發展出一個具高度便利性的簡易自製含鈣檢測器**。不需關閉背景光，使用簡單架構的手持式機具，就可以觀測生活中物質的自體螢光，並經過簡單的影像分析後，判別這個食物的含鈣量程度。

這個結果更大的意義就是雖然大家強調在日常的飲食中需要多補充鈣質，一般人卻不容易判別那些食物含鈣量高，而我們做到了能用快速、簡單、不破壞食材本身的光學方法挑選食材，避免麻煩、耗時、破壞的生物化學檢測，有更直接、簡易的體驗。

四、未來展望

(一) **應用性**：這種螢光觀察法就像另類的光學放大鏡，不只食品鈣含量，也可以應用在生活其他螢光特性觀察，如觀察鈔票螢光防偽線的鑑定真假、植物成長期鈣含量變化.....等。

(二) **未來性**：未來可以與物聯網電路連結變成簡易的螢光相機，並利用 APP 即時上傳螢光相片於雲端，並立刻分析 RGB 三原色與快速了解食品中含鈣量高低。因為即使食材原始的鈣含量高，但是有部分會在加工製作時流失，而這樣方便的檢測方式，對需要補充鈣的族群，不論是發育中的青少年、懷孕中的孕婦，或是年紀較大的長輩來說，將是很有用的小工具。

柒、參考文獻資料

- 一、中華民國第47屆中小學科學展覽中國小組 自然科 點亮黑夜的小精靈—探究紅蘿蔔中的螢光
- 二、中華民國第49屆中小學科學展覽國小組 化學科 看見----蘋果在發光
- 三、中華民國第57屆中小學科學展覽會國小組 物理科 浮光掠「螢」—探討螢光物質的發光特性
- 四、中華民國第58屆中小學科學展覽會國中組 生活與應用科學(二)科 螢光三色-自製多功能行動光譜儀探討果汁新鮮度和螢光特性
- 五、嘉南藥理科技大學專題研究計畫成果報告---老年人飲食保健研究：子計畫(1)有關老年人適用之高鈣食材中鈣含量之分析
- 六、Martina Raudino , Filippo Sarri, Duccio Tatini, Moira Ambrosi, Giovanni Domenico Aloisi, Barry W. Ninham, Luigi Dei and Pierandrea Lo Nostro, “The Effect of Temperature and Magnetic Field on the Precipitation of Insoluble Salts of Alkaline Earth Metals,” Journal of Solution Chemistry (2020) 49:289–305.
- 七、美國農業部 USDA 標準參考值的國家營養素資料庫 <https://fdc.nal.usda.gov/>。
- 八、廢棄文蛤殼化身螢光粉做 LED，原料成本降低為七分之一。 <https://www.agriharvest.tw/archives/13431>
- 九、維基百科:螢光 <https://zh.wikipedia.org/zh-tw/%E8%8D%A7%E5%85%89>
- 十、維基百科:碳酸鈣 <https://zh.wikipedia.org/zh-tw/%E7%A2%B3%E9%85%B8%E9%88%A3>

【評語】 082802

在這份科展作品，學生巧妙地將牙菌斑顯示機的原理應用於食品鈣含量的檢測，並通過一系列精心設計的實驗來驗證其可行性。實驗設計考慮周全，從對照組到實驗組，從單一碳酸鈣成分到複雜食材，層層深入。特別值得讚賞的是，利用簡單易得的玻璃紙來模擬複雜的光學濾鏡，這種創新思維十分難得。數據分析部分，學生運用了影像處理軟件進行 RGB 分析，將定性觀察轉化為定量結果，並且將實驗結果與文獻數據進行對比，驗證了方法的可靠性，本作品人體健康相關，可延伸思考如何交互檢測不同營養素但具有類似螢光頻譜特性的方式。

作品簡報



不鈣你

利用自體螢光檢測含鈣程度



摘要

以簡單、不破壞食材本身的光學方法，就能檢測到食物的鈣含量，研究方法以牙菌斑顯示機，搭配不同顏色、不同層數的玻璃紙，不需在暗室的環境下拍攝照片，以肉眼觀察亮度與軟體分析RGB三原色並進行探討。而實驗樣品則是以不同混合比例的碳酸鈣水溶液為對照組，再漸進到含豐富成份、外表有不同顏色的食材。結果顯示，多層數黃色、紫色玻璃紙仍具有足夠亮度可以看清樣品，而綠色玻璃紙就完全看不到，此結果與相關文獻螢光光譜一致，再以軟體分析RGB三原色強度更進一步確認食材是否為高鈣含量，與文獻上生化方法檢測食品鈣含量高低也有一致效果。

前言

一、動機

爺爺的手臂抬不起來，檢查後確定是骨折，媽媽說老年人鈣質不足，有可能造成骨質疏鬆、骨折；小孩缺鈣也會讓牙齒和骨頭成長不好，所以我們的日常飲食中都需要含鈣食品來補充鈣質。

可是到底哪些食品才是高鈣的食物？我邊刷牙邊想這個問題。我拿著牙菌斑顯示機照看看今天的牙齒，紅紅的顏色是牙菌斑在機器光照射下產生的螢光。上網搜尋和詢問老師後才知道，螢光不見得只是外部添加的特殊材料，牙菌斑牙結石的含鈣成分在機器照射下就會有自體螢光。

好有趣啊！原來含鈣的物品可產生螢光反應。我就聯想到，那高鈣食物是否也可以用這個方法被找到？這樣不管是不好的含鈣牙垢，或是好的高鈣食物，就都可以馬上被看出來了。

二、目的

- (一) 探究不同顏色、層數玻璃紙所拍攝的含鈣物體螢光影像與專業光譜儀做出的光譜檢定是否相符。
- (二) 分析由本方法推論出的高鈣含量指標，對應食品含鈣程度與文獻是否一致。
- (三) 發展不需暗室環境的簡易自製儀器，搭配軟體，用以評估食品的含鈣程度。

三、文獻回顧

碳酸鈣的螢光分析是根據碳酸鈣的螢光光譜論文[6]，內容指出碳酸鈣在室溫以不同UVC 紫外光激發後的螢光光譜，會有二個特徵波段（紫色-藍色、黃色-紅色），如圖1。

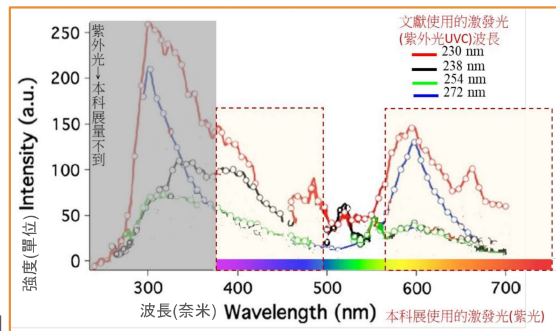


圖1 引用自文獻螢光光譜圖 (底圖引用文獻螢光光譜圖，並另行加註波段顏色、灰色塊、黃色塊及紫外光波長註解)

研究設備及器材

一、實驗設備：

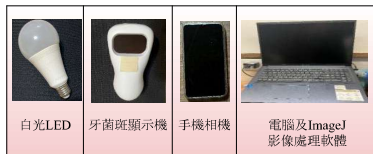


圖2 實驗設備(圖片來源:自行拍攝)

二、實驗材料：

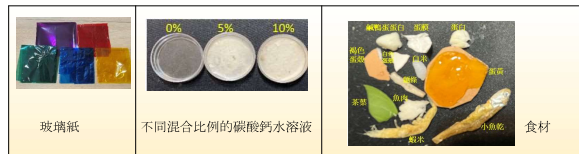
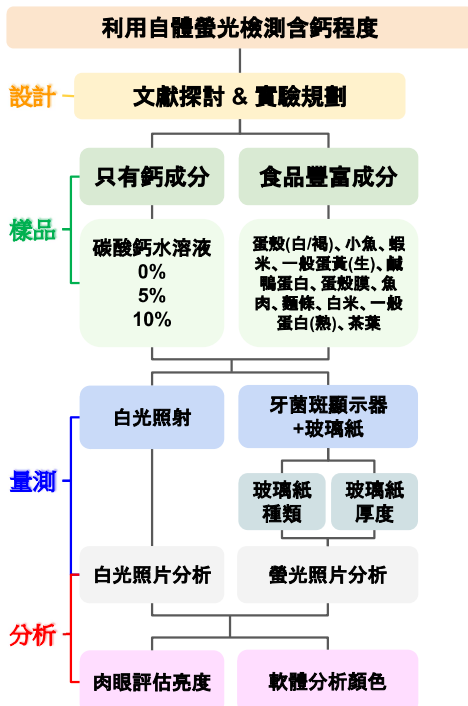


圖3 實驗材料(圖片來源:自行拍攝)

研究過程或方法

一、實驗架構：



二、實驗流程：

(一) 實驗步驟：



圖4 更換不同顏色的玻璃紙進行對焦及拍照流程圖(圖片來源:自行拍攝)

(二) 分析方式：

1. 肉眼觀察亮度。
2. 軟體分析顏色：用ImageJ軟體分析白光和螢光照片中RGB三原色的強度，並計算圈選範圍總強度。

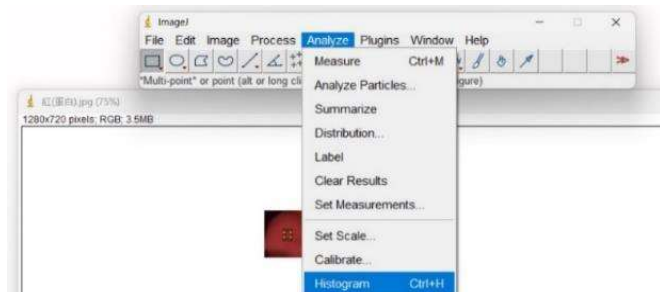


圖5 ImageJ軟體使用流程 (圖片來源:自行拍攝)

結果一：越多層玻璃紙下被觀測到或是亮度越高的螢光影像，並符合兩個光譜圖的特徵波段，表示鈣含量越多。

(一) 「只有鈣成分」的碳酸鈣水溶液螢光實驗

- 肉眼觀察螢光照片亮度：黃色的螢光亮度最強，紫色的螢光亮度第二強，綠色的螢光幾乎是沒有螢光亮度。與參考文獻的光譜圖二個特徵波段一致。
- 軟體分析螢光照片的RGB三原色：紫色和藍色玻璃紙以B原色最強，黃色和紅色玻璃紙以R原色最強，綠色玻璃紙的RGB三原色都幾乎一樣。

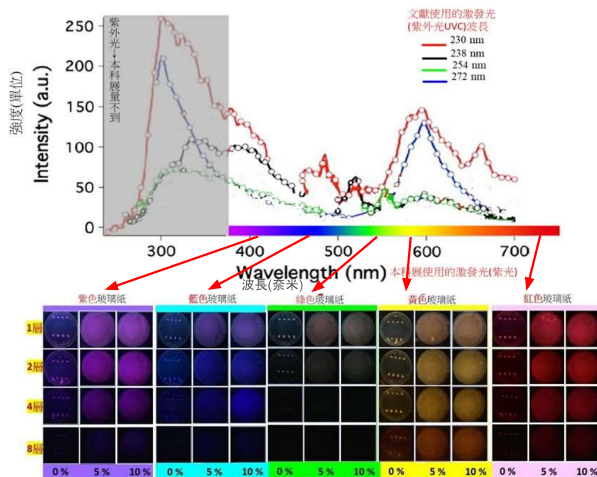


圖6 不同混合比例碳酸鈣水溶液的螢光照片與文獻上的螢光光譜圖比較 (圖片來源：自行拍攝)

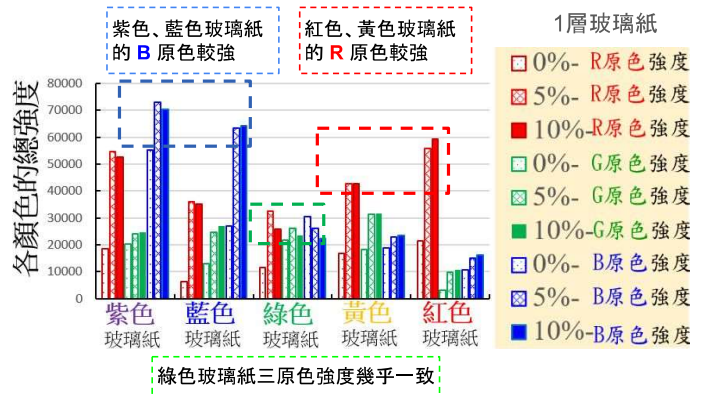


圖7 ImageJ分析不同混合比例碳酸鈣水溶液螢光照片的RGB三原色的比較

(二) 「食品豐富成分」的食材螢光實驗

- 肉眼觀察螢光照片亮度：黃色的螢光亮度最強，紫色和紅色的螢光亮度第二強，綠色的螢光亮度最弱。與參考文獻光譜圖二個特徵波段一致。
- 鈣含量較高的食品中(如蛋殼、小魚乾、蝦米、蛋黃)，黃色或紅色玻璃紙R原色強度，以及紫色或藍色玻璃紙的B原色強度都有大於或接近200000的門檻。

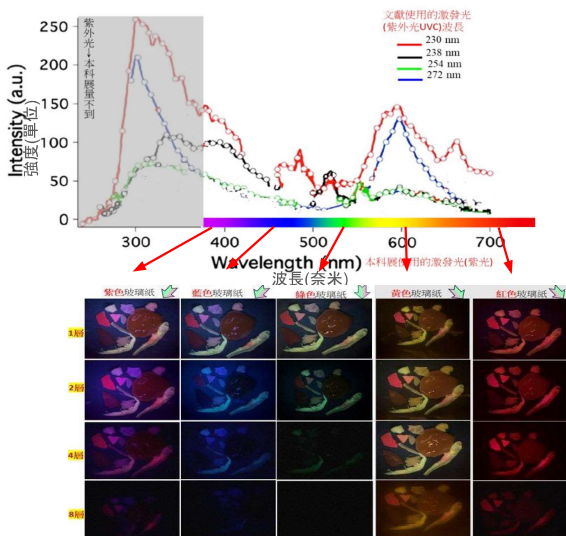


圖8 豐富成份食材的螢光照片與文獻上的螢光光譜圖比較(圖片來源：自行拍攝)

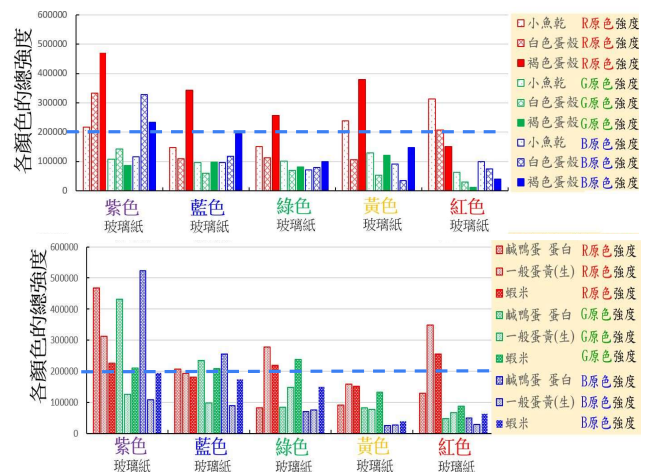


圖9 影像分析軟體ImageJ分析豐富成份食材的螢光照片的RGB三原色強度

結果二：由實驗結果推論出高鈣含量指標—以200000單位為高鈣門檻原則。

(一) 以影像分析軟體ImageJ分析玻璃紙1層的螢光影像RGB三原色強度，可以得到食品是否符合高鈣含量組的標準。

1.高鈣組的兩個特徵：

(1) 兩邊高：

(2) 左邊低右邊高：

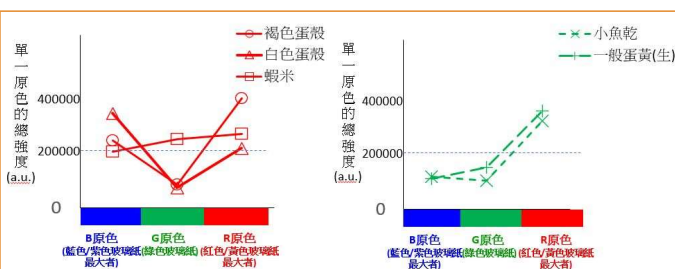


圖10 褐色蛋殼、白色蛋殼、蝦米 RGB三原色強度 (圖片來源：自行拍攝)

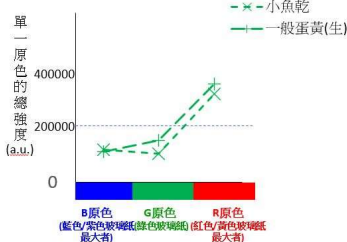


圖11 小魚乾、一般蛋黃(生) RGB三原色強度 (圖片來源：自行拍攝)

2.低鈣組的兩個特徵：

(1) 左邊高右邊低：

(2) 雙邊都低：

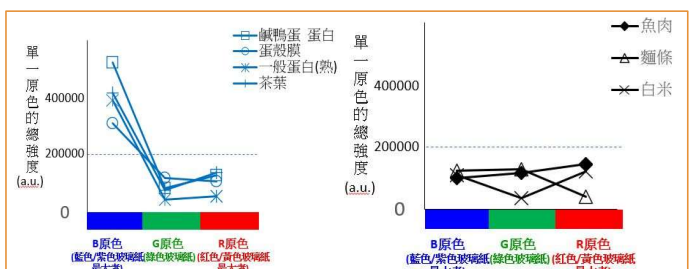


圖12 鹹鴨蛋蛋白、蛋殼膜、一般蛋白(熟)、茶葉 RGB三原色強度 (圖片來源：自行拍攝)

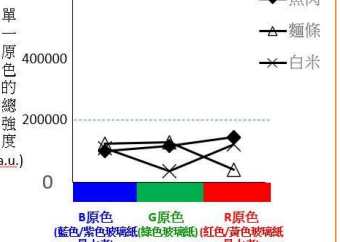


圖13 魚肉、麵條、白米 RGB三原色強度 (圖片來源：自行拍攝)

較高鈣含量組：

褐色蛋殼、白色蛋殼、小魚乾、蝦米、一般蛋黃(生)。

較低鈣含量組：

鹹鴨蛋蛋白、蛋殼膜、魚肉、麵條、白米、一般蛋白(熟)、茶葉。

(二) 以上結果吻合文獻的鈣螢光光譜圖的二個特徵波段現象，以及食材鈣含量的統計。

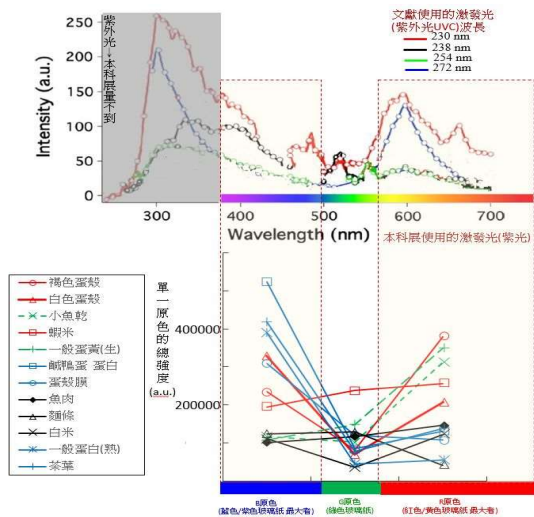


圖14 螢光光譜圖與全部食材RGB三原色強度對照

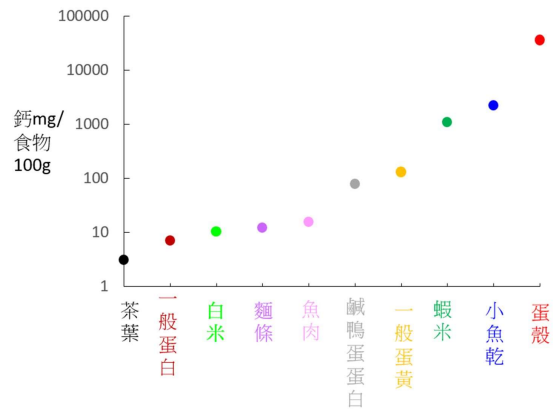


圖15 食品鈣含量圖(整理文獻)

(三) 本實驗數據結果與文獻用生化分析食材的鈣含量相比較，有很好的正相關。

- 直線右上方的高鈣含量食材明顯跟低鈣含量食材的數據點分布分開。
- 本實驗的檢測方法區別出的食材高低鈣含量結果與文獻含鈣量一致。

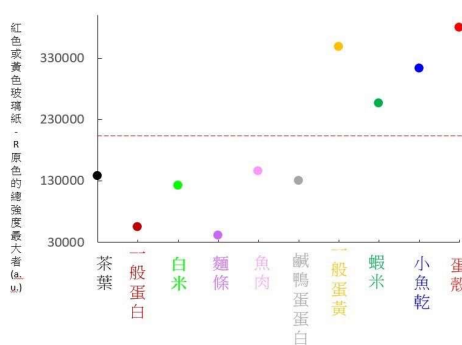


圖16 各式食材螢光強度實驗結果分布圖

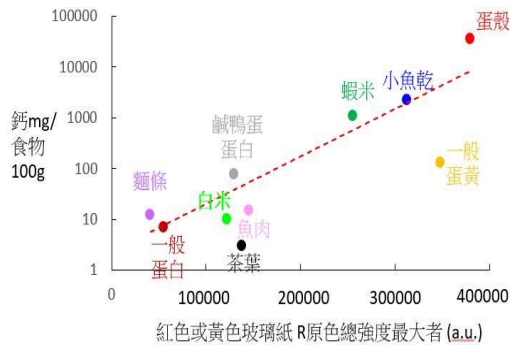


圖17 食品鈣含量與實驗結果對照圖

結論

本研究將複雜「鈣含量程度的分析」問題，不以昂貴、專業的光譜儀分析，只以牙菌斑顯影器，搭配簡易、多層的玻璃紙，以食材原型的樣貌，在不需暗室下拍攝照片並分析亮度，以及軟體分析RGB原色強度，從碳酸鈣不同混合比例溶液先驗證研究方法，再驗證豐富成份的食材鈣含量。

實驗結果如下：

- 一、我們的實驗發展出一個具高度便利性的簡易自製含鈣檢測器。不需關閉背景光，使用簡單架構的手持式機具，就可以觀測生活中物質的自體螢光，並經過簡單的影像分析後，判別這個食物的含鈣量程度。
- 二、我們發現能在越多層玻璃紙下被觀測到或是亮度越高的螢光影像，並符合兩個光譜圖的特徵波段，表示鈣含量越多。根據實驗結果，我們推論出高鈣含量指標—以200000單位為高鈣門檻原則，並從分析的食材樣本中得到較高鈣含量組。這個實驗結果也與食品鈣含量文獻一致。
- 三、未來展望
 - (一) 應用性：這種螢光觀察法就像另類的光學放大鏡，不只食品鈣含量，也可以應用在生活其他螢光特性觀察，如觀察鈔票螢光防偽線的鑑定真假、植物成長期鈣含量變化……等。
 - (二) 未來性：未來可以與物聯網網路連結變成簡易的螢光相機，並利用APP即時上傳螢光相片於雲端，並立刻分析RGB三原色與快速了解食品中含鈣量高低，這將是很有用的小工具。

參考文獻資料

- 一、中華民國第47屆中小學科學展覽會 中國小組 自然科 點亮黑夜的小精靈—探究紅蘿蔔中的螢光
- 二、中華民國第49屆中小學科學展覽會 國小組 化學科 看見---蘋果在發光
- 三、中華民國第57屆中小學科學展覽會 國小組 物理科 浮光掠「螢」—探討螢光物質的發光特性
- 四、中華民國第58屆中小學科學展覽會 國中組 生活與應用科學(二)科 螢光三色-自製多功能行動光譜儀探討果汁新鮮度和螢光特性
- 五、嘉南藥理科技大學專題研究計畫成果報告---老年人飲食保健研究：子計畫(1)有關老年人適用之高鈣食材中鈣含量之分析
- 六、Martina Raudino, Filippo Sarri, Duccio Tatini, Moira Ambrosi, Giovanni Domenico Aloisi, Barry W. Ninham, Luigi Dei and Pierandrea Lo Nostro, "The Effect of Temperature and Magnetic Field on the Precipitation of Insoluble Salts of Alkaline Earth Metals," Journal of Solution Chemistry (2020) 49:289 - 305.
- 七、美國農業部USDA 標準參考值的國家營養素資料庫<https://fdc.nal.usda.gov/>。
- 八、廢棄文蛤殼化身螢光粉做LED，原料成本降低為七分之一。 <https://www.agriharvest.tw/archives/13431>
- 九、維基百科:螢光 <https://zh.wikipedia.org/zh-tw/%E8%8D%A7%E5%85%89>
- 十、維基百科:碳酸鈣 <https://zh.wikipedia.org/zh-tw/%E7%A2%B3%E9%85%B8%E9%88%A3>