

# 中華民國第 59 屆中小學科學展覽會 作品說明書

---

國小組 化學科

第三名

080209

致命藍色吸「螢」力

學校名稱：臺中市南屯區大新國民小學

作者：	指導老師：
小六 康杏瑗	彭士峯
小五 藍詠薰	江金蘭
小五 吳明蓁	
小五 李承勳	
小五 鄭鈞鴻	
小四 翁子淇	

關鍵詞：螢光、萃取、豬籠草

## 摘要

豬籠草的瓶口會發出藍色螢光吸引昆蟲掉入這個致命陷阱，我們試著找出市售的豬籠草是否有這現象。為了怕溫度影響我們的萃取物，我們先探究常溫萃取螢光物質的可行性，發現以往科展作品中需高溫萃取、靜置一天的作法，都能以常溫下用椰子油的方式來取代。我們找到品種為米蘭達豬籠草的瓶口有藍色螢光，並成功以椰子油與乙醇代替資料上的三氯甲烷和甲醇萃取瓶口的藍色螢光物質，此物質可經純化、再結晶成白色的針狀結晶，也拍到與資料相同的螢光波長。我們也發現豬籠草的葉綠素經過椰子油先處理後，可以使乙醇較容易萃取出藍色螢光物質。在應用上，以藍色螢光取代捕蚊器的光源來誘捕蚊蟲，平均總量約為未改裝捕蚊器的16倍。

## 壹、研究動機

五年級在上關於植物的課程中，有介紹植物根、莖、葉幾個部份的特化，其中最讓我們感到興趣的是植物竟然能夠捕食昆蟲，老師的介紹中提到食蟲植物會分泌特殊的味道進而吸引昆蟲，達到捕食的目的。然而，我們查資料時發現豬籠草竟然會散發出藍色的螢光來誘捕昆蟲，這也引起了我們的好奇，目前市面上的豬籠草是否也能散發出藍色的螢光？因此對於豬籠草的螢光做了相關的研究。

(相關課程：康軒五上，第二單元，植物世界面面觀。)

## 貳、研究目的

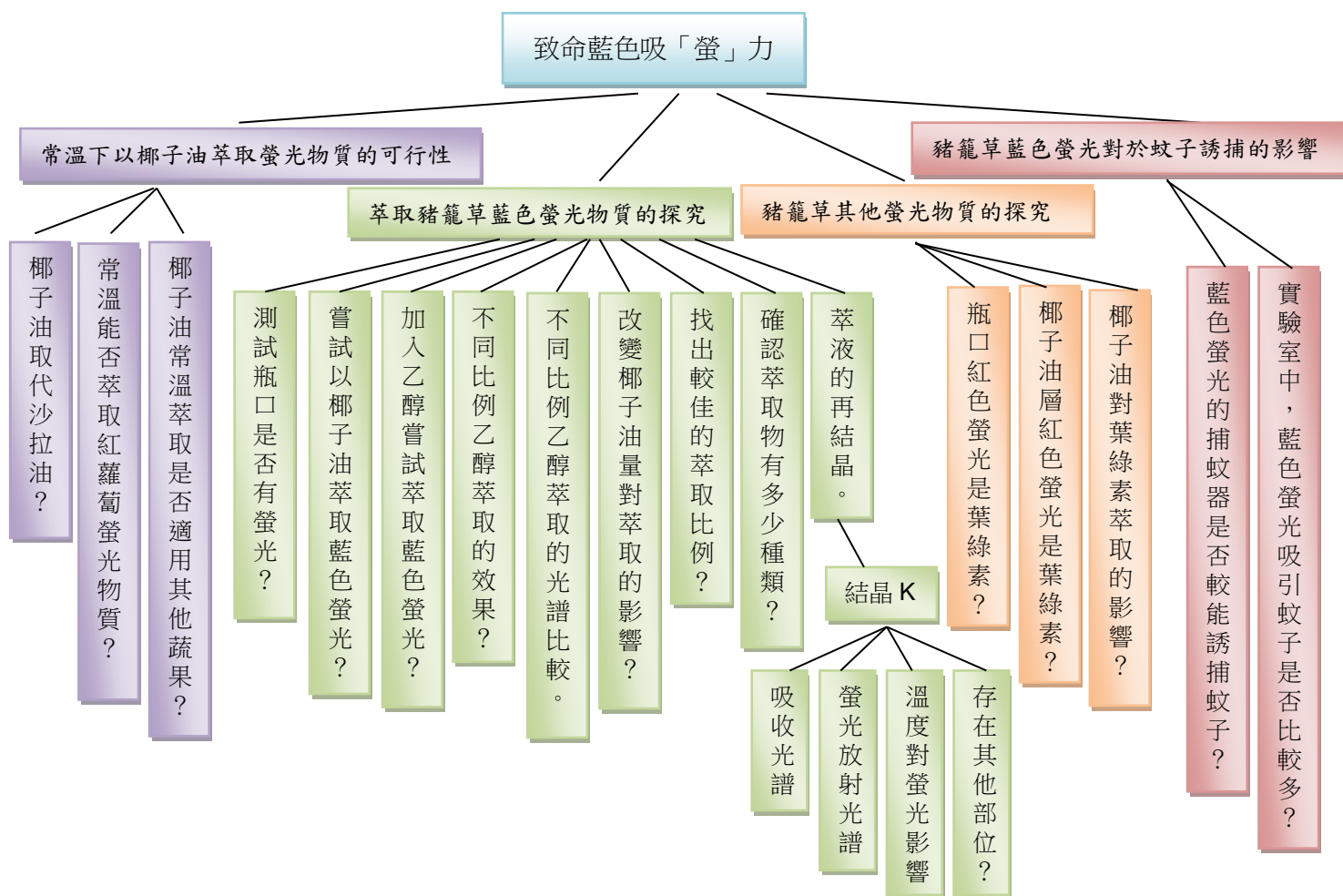
- 一、常溫下以椰子油代替沙拉油萃取螢光物質的可行性
- 二、萃取豬籠草藍色螢光物質的探究
- 三、豬籠草其他螢光物質的探究
- 四、豬籠草藍色螢光對於蚊子誘捕的影響

## 參、研究設備器材

閃爍瓶、滴管、鑷子、分光光度計、T8日光燈管、T8UV燈管、LED紫外光手電筒、乙醇、正戊烷、椰子油、TLC片、毛細管、濾紙、鐵架、漏斗、研鉢、刮刀、燒杯、捕蚊燈、電子天秤。

## 肆、研究過程

### 架構圖



### 一、常溫下以椰子油代替沙拉油萃取螢光物質的可行性

#### 資料討論：

我們尋找最近幾年的國小科展作品，發現螢光的研究並不多，而其中在 47 屆的作品中，有提到對於紅蘿蔔的最佳萃取條件為紅蘿蔔：水：油=1g：1.5ml：0.8ml，並且加溫後較容易萃取出黃綠色的螢光物質，而且這螢光物質由查到的資料中可以知道是胡蘿蔔素。而後在 53 屆的作品中也是依照物質：水：油=1g:1ml:0.5ml，並以加溫的方式做萃取，也在油層中發現有螢光物質。而該屆作品中除了黃綠色螢光外，另外在青椒中萃取出橘紅色的螢光，在參考資料中可以判斷該螢光物質是葉綠素。

然而，我們在找尋豬籠草的螢光時，資料說明在常溫下以紫外光燈照射某些品系的豬籠草，豬籠草瓶口就會發出藍色螢光，與前面科展作品所探究的螢光物質並不相同。因此，我們在思考加溫的方式，是否會破壞其中的螢光物質？因此我們以前面的方法為基礎，開始對於螢光物質能否在常溫下萃取出來，做了一系列的探討。

## 研究一：椰子油是否能取代沙拉油來萃取螢光物質？

### 想法：

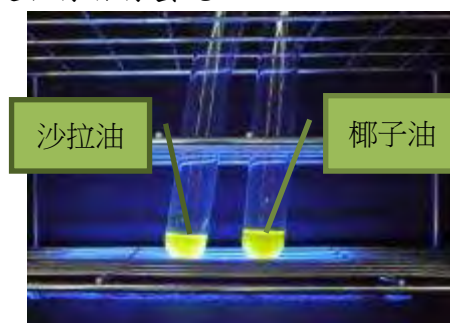
我們參考前幾屆的科展資料，發現大家使用的油都以沙拉油為主，然而，沙拉油本身有顏色，雖然在前面的文章中，在紫外光燈下以對比的方式來顯示螢光，然而我們希望能找到本身就沒有顏色的油當成萃取的溶劑，因此我們選擇以椰子油取代沙拉油，看看是否也能萃取出螢光物質。

### 作法：

分別以沙拉油、椰子油為溶劑，以紅蘿蔔(g)：水(ml)：油(ml)=1:1.5:0.8，加溫並靜置一天，取油層的溶液在紫外光燈暗室下，看看是否有皆有螢光。

### 結果：

如圖 1-1，左邊為沙拉油的油層萃取，右邊為椰子油的油層萃取，在紫外光的暗室拍攝下，以肉眼觀察，都有產生黃綠色螢光，並且螢光的



效果幾乎差不多。

圖 1-1：椰子油與沙拉油萃取在紫外光燈下的比較

### 討論：

我們從參考的資料知道，螢光物質會吸收光某一段波長，然後放出螢光，為了更仔細的比較，我們使用分光光度計，以手機拍攝萃取物的螢光光譜，再以 ImageJ 軟體分析，並加以比較。

### [1-1]光譜拍攝的儀器製作

我們以在 FB 社團科學 Maker 所拿的分光光度計作測試，發現很容易有雜光進入。因此，我們以黑色的風扣板，將分光光度計附近有光進入的部分全部遮起來，讓光源以固定的距離少部分進入分光光度計，再透過手機以固定的位置照相，調整到可以得到如圖 1-2 有較乾淨的光譜後，才做樣品的測試。

### 討論：

我們以 imageJ 軟體作光譜的分析，並比較所拍攝的光譜圖形與社團拍攝的日光燈圖譜，發現有類似的波峯分佈。如圖 1-3，後面的實驗以圖中標示的 436nm、546nm 波峯作為標準來校正光譜的波長區段。紫光區段約 430nm 以下、藍光區段約在 430-500nm 之間，綠光漸層到黃光約在 550-570nm，紅光區段在大於 570nm 後。

後續的實驗中，標示的光強度為光譜圖片中以 imageJ 處理後的數值，數值越大代表該波長區段的光越亮，圖譜中的波形高度越高。另外，透光率為樣品的光強度除以背景溶劑的光強度以百分比作表示，波形越高代表穿過樣品的光強度百分比比較多。

### 儀器的設計



圖 1-2：光譜儀器的設計



改進儀器後的拍攝效果

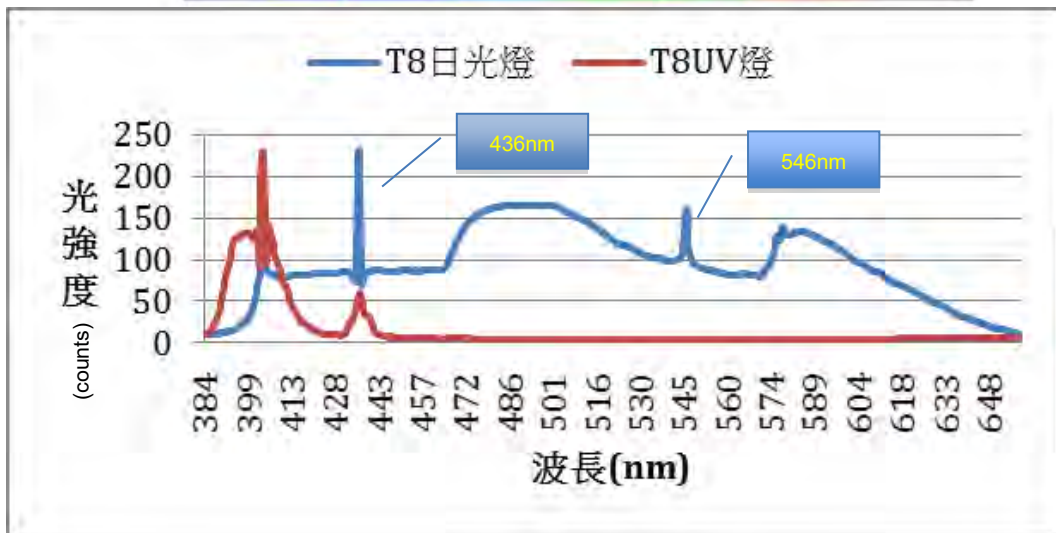
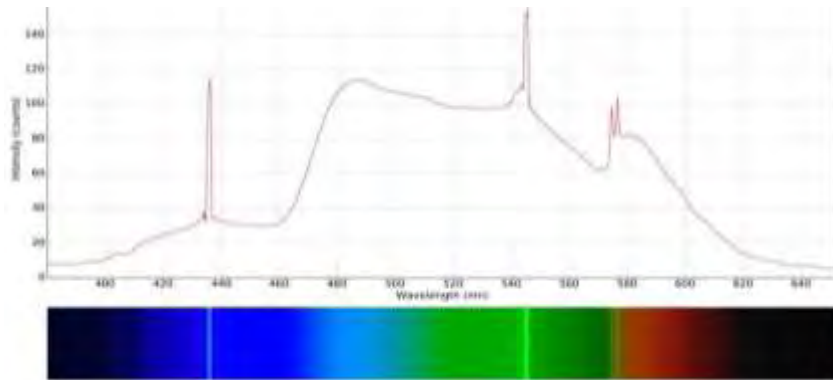


圖 1-3：光譜波長的校正

[1-2]以光譜方式驗證以椰子油是否可以取代沙拉油來萃取螢光物質

作法：

1. 將儀器調整好後，依序拍攝空白沙拉油、沙拉油螢光萃取樣品、空白椰子油、椰子油螢光萃取樣品。
2. 將資料以 ImageJ 轉成資料後，以 Excel 處理為光強度與穿透率的圖形來比較差異。

結果：如圖 1-4、1-5

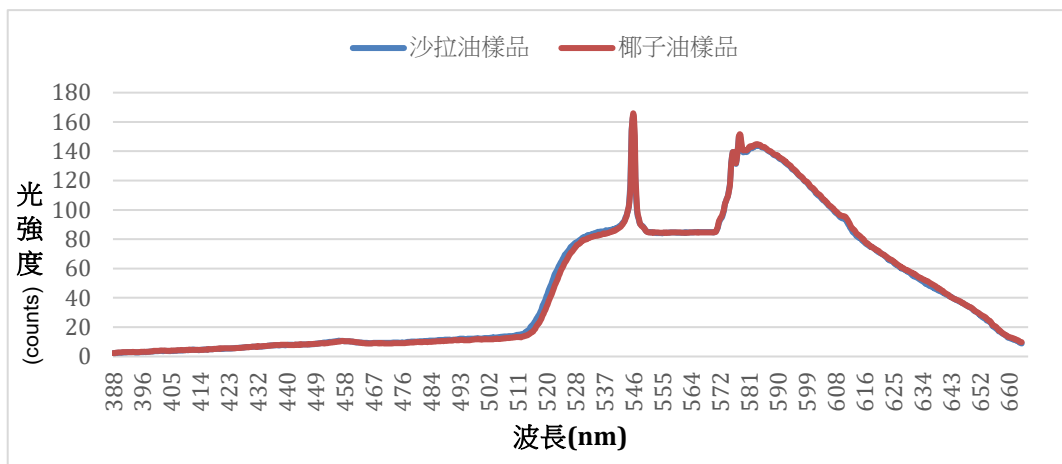


圖 1-4：椰子油萃取與沙拉油萃取的光譜比較

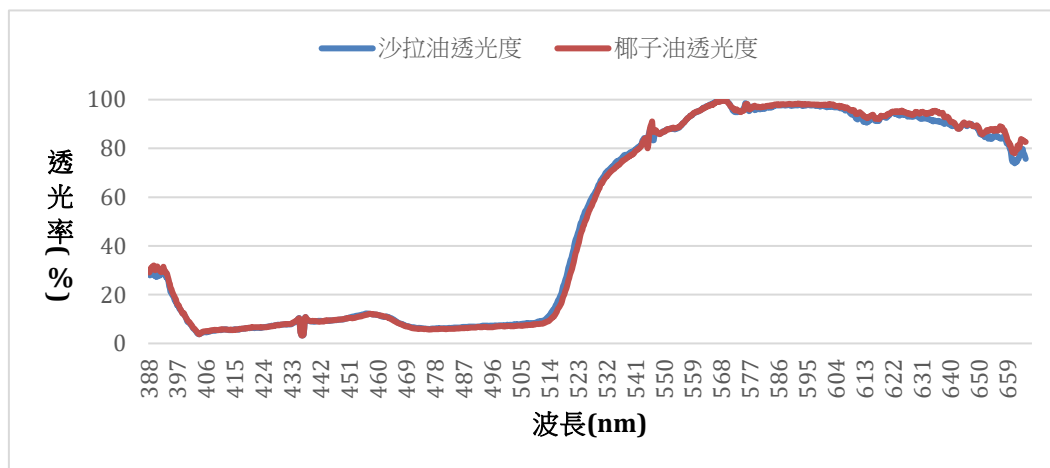


圖 1-5：椰子油萃取與沙拉油萃取的穿透率光譜比較

討論：

1. 第一個圖形可以看到沙拉油螢光萃取與椰子油螢光萃取光譜完全重合。
2. 兩種的透光率幾乎完全重合，所以使用椰子油來代替沙拉油萃取是可行的方法。因此，之後的實驗我們都以椰子油作為萃取的溶劑。

## 研究二：常溫下是否也能萃取紅蘿蔔的螢光物質？

### [2-1]加溫與常溫萃取的比較

#### 作法：

以紅蘿蔔：水：椰子油=1g:1.5ml:0.8ml 的比例萃取，一個依照加溫方式萃取，一個用常溫以研鉢作常溫的均勻混合，各自過濾後比較兩者的油層螢光亮度。

#### 結果：

我們發現常溫的油層，因為多次的攪拌而呈現油水混和變成乳化的現象，然而在紫外光燈下依然有螢光呈現。

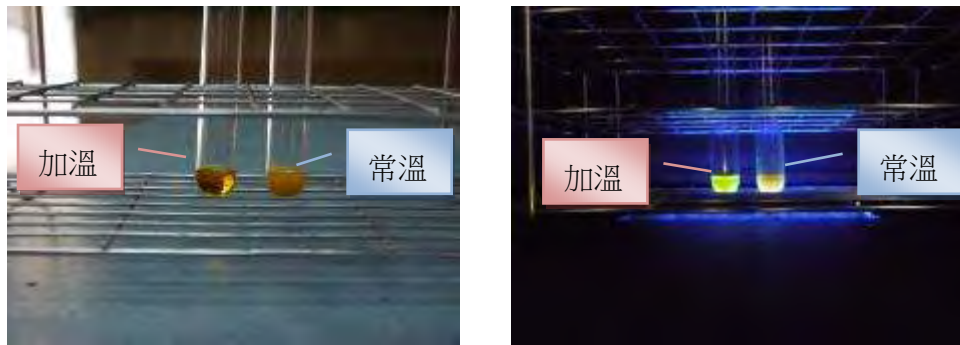


圖 1-6：加溫與常溫萃取的的比較

#### 討論：

因為常溫研磨會使得油和水呈現乳化，因此，我們討論在前述科展的資料中，水的角色是否有存在的必要？也許，是讓物質加熱到 100 度就不再上升，或者增加水和油的接觸面積而已？因此為了避免乳化，我們再一次嘗試在常溫的條件下，將水的部分全部置換成椰子油來試試看。

### [2-2]將常溫的水全部換成油的萃取實驗

#### 作法：

將紅蘿蔔：椰子油=1g：2.3ml，以常溫研磨萃取，取過濾油層觀察螢光。

#### 結果：

如圖 1-7，我們發現只用椰子油不加水以常溫研磨的油層在紫外光燈下可清楚的觀察到螢光。

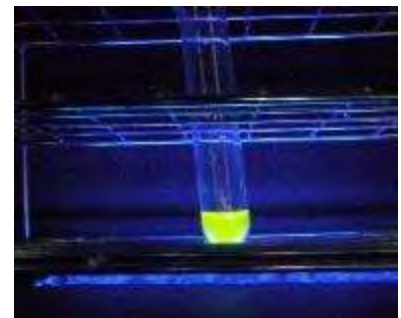


圖 1-7：常溫只用椰子油萃取的結果

#### 討論：

我們很好奇，這樣以常溫研磨的萃取方式，是否比大家常用的加溫萃取方式還要好，因此我們將這兩種方式的萃取物，做了一系列的比較。

### [2-3]加溫萃取的螢光與常溫萃取的螢光比較

作法一：

將兩者放在暗室下中照紫外光燈並拍照比較。

結果：

如圖 1-8，兩者所呈現的螢光亮度幾乎差不多，實在無法分辨好壞

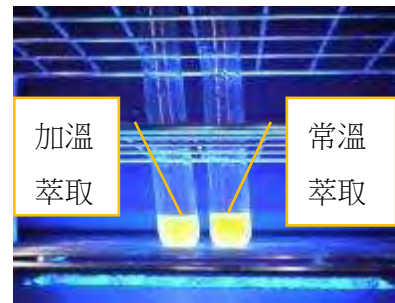


圖 1-8：加溫與常溫萃取的比較

作法二：

將加溫萃取和常溫萃取作光譜的比較。

結果：如圖 1-9。

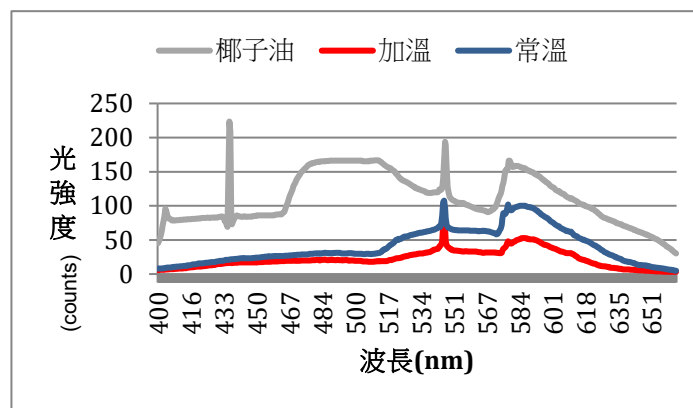


圖 1-9：加溫萃取和常溫萃取的光譜比較

討論：

我們發現加溫和常溫萃取的光譜圖形非常的像，在 510nm 以下的區段都有相當明顯的吸收，而在 510nm-640nm 的區段，以常溫萃取的油層能夠有更高的波形，代表在這個部分的光強度較強。因此，常溫萃取的方式會比加溫萃取好。

### [2-4]常溫萃取是否需要靜置一天？

想法：

由於之前的參考資料都要將油層靜置一天，但是用常溫研磨後我們觀察到油層已經有溶解物質進去了，我們想了解馬上過濾的油層和靜置一天比較是否有很大的差別？

作法：

用紫外光拍照與光譜的方式比較靜置一天與馬上研磨萃取的不同。

結果：

如圖 1-10、1-11



## 發現：

從紫外光燈下可以看到明顯的黃綠色螢光、由光譜發現兩者幾乎完全重疊。因此，想萃取紅蘿蔔的螢光物質，只要用常溫研磨再過濾即可得到結果。

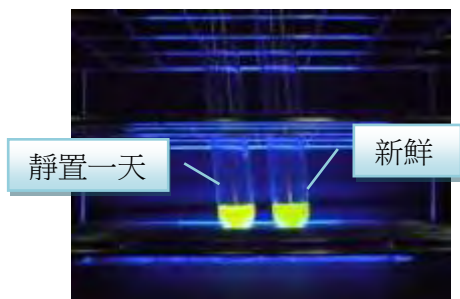


圖 1-10：靜置一天與馬上研磨的比較

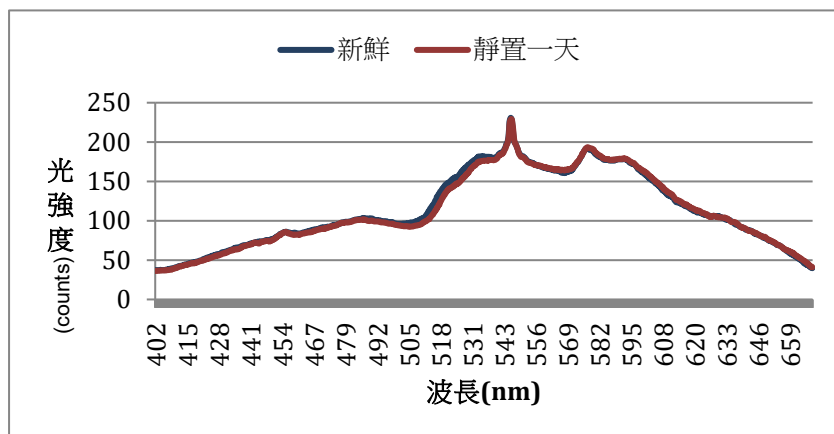


圖 1-11：靜置一天與馬上研磨的光譜比較

## 研究三：常溫研磨的萃取方式是否適用其他蔬果？

### 討論：

在另一篇的科展作品中有提到各式蔬果的螢光萃取，我們也很好奇，使用常溫研磨的方式是否也能夠萃取其他蔬果中的螢光物質。

### [3-1]對於青椒螢光物質的萃取

#### 想法：

在該篇作品中，對於青椒的螢光萃取發現會呈現紅色，且有較多的討論。因此，我們先以青椒當成萃取素材，並嘗試以常溫研磨的方式萃取，是否也能萃取出螢光物質？

#### 作法：

以青椒：椰子油=1g：2.3ml 比例，作常溫研磨 20 分鐘的萃取，在紫外光下拍照。

#### 結果：

如圖 1-12，紫外光燈下的油層，並沒有參考資料中的橘紅色螢光出現。

#### 討論與改進：

在前面的實驗時，我們發現同樣 10g 的青椒泥與紅蘿蔔泥的體積差異很大，因此，23ml 的椰子油比 10g 青椒的體積大很多，我們思考是否要減少椰子油的量來做實驗，或許螢光物質有溶出，但是因為油太多而顯得不容易觀察。所以我們取相同體積約 6ml 的椰子油再做實驗。

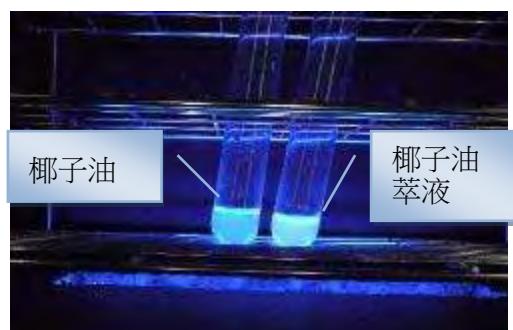


圖 1-12：常溫萃取青椒螢光物質的結果

## 結果二：

如圖 1-13(椰子油、23 毫升椰子油萃取、6 毫升椰子油萃取)，6 毫升椰子油萃取在紫外光燈下也能有橘紅色的螢光出現。

## 討論：

想要以油萃取時，如果油加太多，有可能溶出的螢光物質太少而不容易產生螢光時，考慮相同體積是不錯的萃取方式。

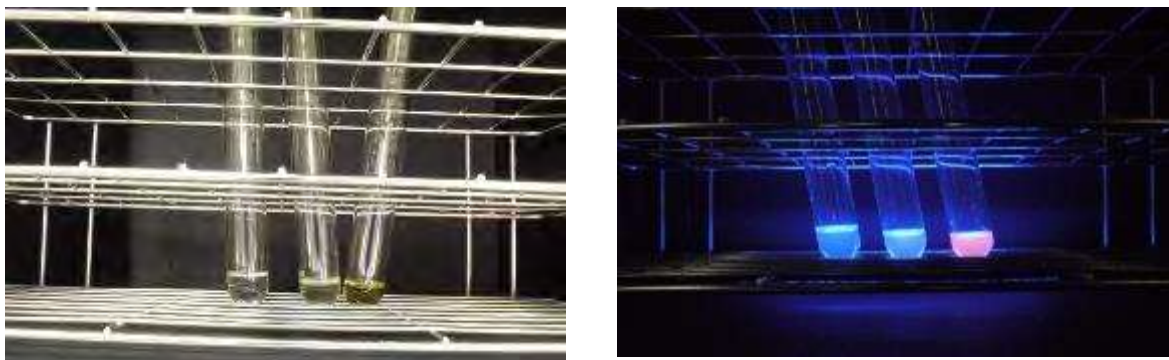


圖 1-13：不同椰子油量萃取的原始圖與紫外光下圖形，依序為椰子油、23 毫升椰子油萃取、6 毫升椰子油。

## [3-2]以常溫研磨的方式對其他蔬果作螢光萃取的測試

### 想法：

在對青椒螢光萃取成功時，我們思考對於其他蔬果是否適用，因此我們參考作品上的其他蔬果，以常溫研磨的方式檢驗看看方法的可行性。

### 作法：

將蔬果磨成泥或切碎取 10 公克，以等體積的油量作萃取，並以紫外光燈檢測螢光。

### 結果：

如圖 1-14，和資料上相同葡萄僅有微弱的螢光，其他蔬果都能萃取出與之前作品相同顏色的螢光。

### 討論：

以相同體積椰子油作常溫研磨萃取，可以很快的將螢光物質萃取出來，比起以往大家所使用的方法快速，且可以避免加溫時的危險性。

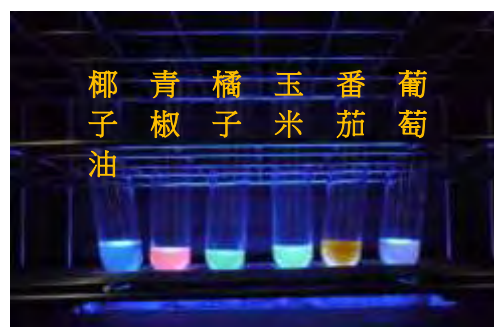


圖 1-14：常溫萃取其他蔬果螢光物質的結果

## 二、萃取豬籠草藍色螢光物質的探究

研究四：以紫外光燈測試豬籠草瓶口是否有螢光物質。

### 討論：

由泛科學的文章知道，豬籠草在紫外光燈的照射下會產生藍色螢光，並主要分布在瓶口。因此，我們想先以紫外光燈照射，並以相機拍下豬籠草在紫外光燈下的照片，以確認是否真的有螢光。

### 方法：

在暗箱中，以 T8 紫外光燈照射豬籠草虎克、米蘭達，並以相機拍下照片。

### 結果一：如圖 2-1

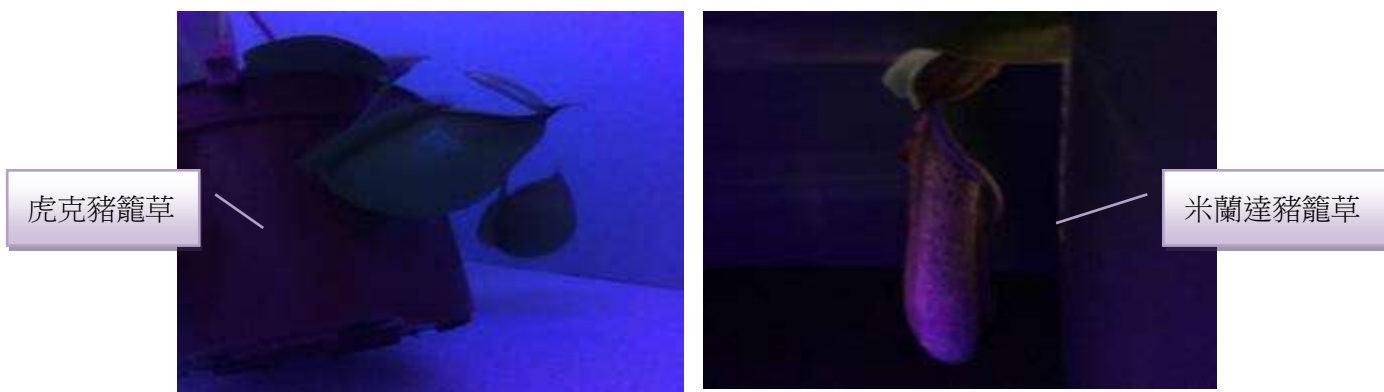


圖 2-1：不同豬籠草在 T8 紫外光燈下的結果

### 討論與改進：

在 T8 紫外燈照射下，幾乎是黑成一片，而無法判斷是否真的有螢光產生。而在文章中有提到，能將豬籠草的螢光顯現出來的波長是 366nm，而 T8 燈管是否比較弱？或者沒有該波長以致於讓螢光較不容易顯現呢？因此，我們購買波長為 365nm 的 LED 紫外光燈手電筒，並以紫外光燈手電筒再做一次暗室的紫外光燈拍照，以觀察瓶口是否有藍色的螢光。

### 結果二：

如圖 2-2，品種為虎克的豬籠草在瓶身處有出現疑似藍紫色的光，但細看下是瓶身上的雜質造成的，並非豬籠草本身在紫外光燈下所產生的螢光。而品種米蘭達豬籠草則是像我們所查的資料中，在瓶口部分出現了藍色的螢光，因此我們以米蘭達豬籠草當成研究對象，後面以米蘭達稱呼。



圖 2-2：不同豬籠草在 LED 紫外光手電筒下的結果

### 研究五：以椰子油萃取豬籠草藍色螢光物質的可能性。

#### 想法：

在我們查到的文獻中，豬籠草的藍色螢光萃取方式是以三氯甲烷和甲醇的溶液來萃取，但三氯甲烷是國際毒物我們無法取得。因此，我們想嘗試看看能否以椰子油萃取出豬籠草的藍色螢光物質。

#### 方法：

1. 取品種為米蘭達的豬籠草瓶口 1g，洗淨後擦乾。
2. 以剪刀剪碎後再以研鉢磨碎。
3. 加入 5ml 椰子油並混合均勻。
4. 以 LED 紫外光燈手電筒測試是否有藍色螢光產生。

#### 結果：

如圖 2-3，研鉢中的椰子油沒有照到紫外光燈的部份呈現暗紅色，而紫外光燈照到的部份呈現亮紅色的螢光，並沒有出現藍色的螢光，值得注意的是在其中混有藍色光點。

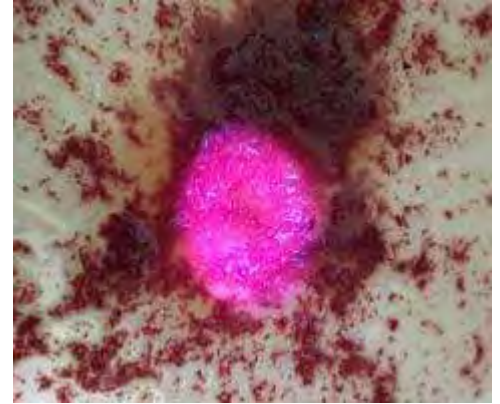


圖 2-3：椰子油萃取物在 LED 紫外光手電筒下的結果

#### 討論：

只用椰子油來萃取，在 LED 紫外光燈手電筒的測試下呈現紅色螢光，因此單用椰子油應該是無法萃取出藍色的螢光物質，我們不禁想到文章中還有加入甲醇一起萃取。然而甲醇有毒性且實驗室並沒有，因此我們以常用的乙醇代替，嘗試以乙醇加入椰子油的萃取液中，看是否能萃取出藍色的螢光物質。

### 研究六：以乙醇加入椰子油與豬籠草的混合液中嘗試萃取藍色螢光物質。

#### 方法：

1. 以 5ml 的乙醇，加入米蘭達豬籠草：椰子油 =1g:5ml 的混合液中。
2. 混合均勻後以 LED 紫外光燈手電筒測試乙醇層是否有藍色螢光產生。

#### 結果一：

如圖 2-4，在下層的椰子油的部份呈現出紅色的螢光，而在上層的乙醇層的部份呈現出藍紫色的光。

#### 討論：

為了確認乙醇層是否有藍色螢光的可能，我們取 1.5ml 的乙醇層萃取液，裝入方形試管中，並以 LED 紫外光燈照射看看是否有藍色螢光。



圖 2-4：萃取液原始(左)和照射 LED 紫外光燈手電筒(右)

## 結果二：

如圖 2-5，試管中乙醇層萃取液在 LED 紫外光燈手電筒下呈現微弱的藍色光，並且混著一部份的紫色光，而純的乙醇並沒有反應，而呈現和背景一樣的黑色。

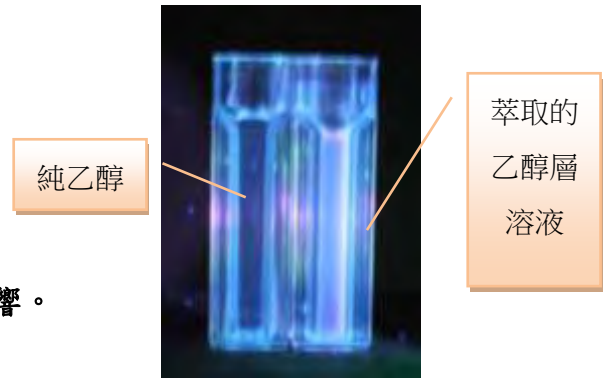


圖 2-5：乙醇層萃液和乙醇的比較

## 研究七：不同乙醇的比例對萃取藍色螢光物質的影響。

### 想法：

透過椰子油與乙醇的萃取，可以發現乙醇層有藍色光出現，然而椰子油與乙醇的比例，是否影響萃取呢？因此我們以不同的乙醇比例來萃取看看。

### 方法：

1. 取品種為米蘭達的豬籠草瓶口三份，每份各 1g，洗淨後擦乾。
2. 分別以剪刀剪碎後再以研鉢磨碎。
3. 各加入 5ml 椰子油並混合均勻。
4. 分別加入乙醇 5ml、7.5ml、10ml。
5. 各取乙醇的萃取液 1.5ml 放於方形試管中，並以 LED 紫外光燈測試。

### 結果：

如圖 2-6，試管中各呈現微弱的藍色光，並且混著一部份的紫色光。

### 討論：

試管中雖然都有呈現微弱的藍色光，但用肉眼實在難以分辨誰好誰壞，並且該藍色光是否是螢光呢？為了確認這個問題，我們將方形試管放在之前的光譜儀中並以 imageJ 分析比較。

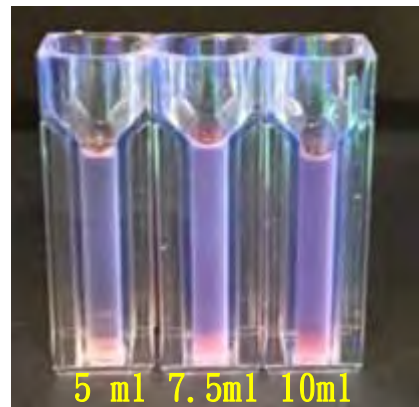


圖 2-6：不同比例乙醇萃液的比較

## 研究八：不同乙醇比例的萃取液的光譜比較。

### 方法：

將前述豬籠草(g):椰子油(ml):乙醇(ml)=1:5:5、1:5:7.5、1:5:10 的方形試管，進行光譜圖形拍攝，以 imageJ 作圖分析。

結果：如圖 2-7

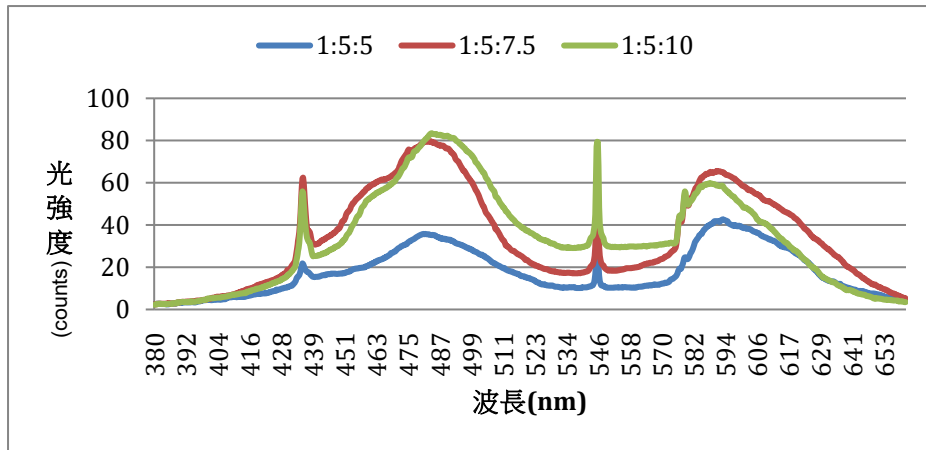


圖 2-7：不同比例乙醇萃液的光譜比較

1. 在椰子油比例不變的情況下，加入乙醇為 7.5ml、10ml 時，在藍光區段中的 430-480nm 兩者的圖形差不多，但乙醇為 10ml 時，480nm 附近的波峯較高。
2. 紅光區段的波峯，在乙醇 7.5ml 較高，而增加到 10ml 時，波峯有下降的現象。
3. 乙醇量為 7.5ml、10ml 的圖形中，乙醇比例越多，藍光區段的波峯高度會更高於紅色區段的波峯。

#### 討論：

我們萃取的溶液呈現紫紅色，在 UV 燈下有藍色螢光產生，然而我們對於這個藍光是不是螢光而仍有疑慮。因此，我們再做了透光率的圖形，以確認我們的溶液確實會吸收紫色區段的光而激發成藍色的螢光，結果如下圖 2-8。

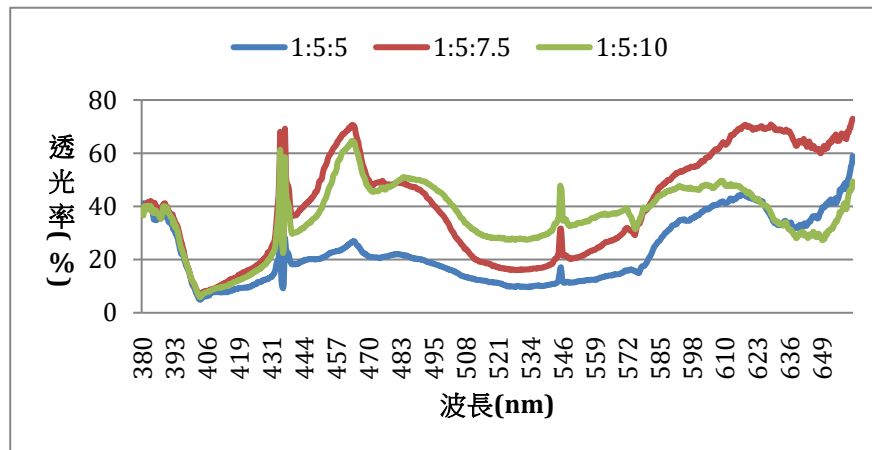


圖 2-8：不同比例乙醇萃液的穿透率的光譜比較

由圖 2-8 可以看出，我們的萃取液在紫光區段(430nm 以下)的部份穿透得很少，代表萃取液中有物質能夠吸收紫光區段，而在紅光(570nm 以上)和藍光(430-500nm)區段的部份穿透率隨著不同的萃取，而有穿透率變高的波峯，因此我們推斷萃取的物質應該會產生紅色和藍色 2 種螢光，也推測我們有萃取到藍色的螢光物質機會很大，且乙醇的量越多，越有利於藍色螢光物質的萃取。

### 研究九：不同椰子油的比例對萃取藍色螢光物質影響。

#### 作法：

1. 取豬籠草瓶口(g):椰子油(ml):乙醇(ml)=1:5:5 與 1:15:5 作螢光物質的萃取。
2. 將乙醇層的萃取液各取 1.5ml 放入方形試管中，拍攝光譜並比較。

#### 結果：

如圖 2-9，在增加椰子油的比例時，我們發現椰子油越多，藍色光的波峯會變高，而紅色的波峯降低。因此，增加椰子油的量有利於藍色螢光物質的萃取。

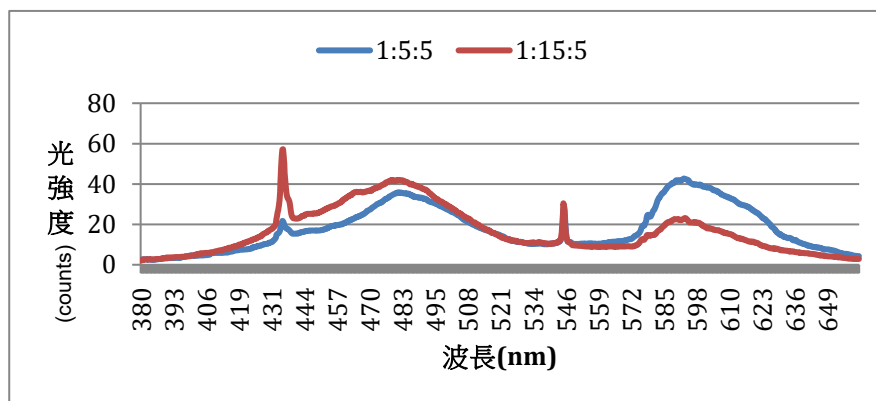


圖 2-9：不同比例椰子油萃液的光譜比較

#### 討論：

我們在做改變乙醇的量對於萃取影響時，因為所剩的豬籠草瓶口數量不多，所以我們選擇椰子油以 5ml 對 15ml 來做比較，雖然實驗的結果看來椰子油的量越多越好，但是我們將圖形與前面圖 2-7 合併起來，如圖 2-10 時會發現，雖然椰子油的量增加到 15ml 時，有利於藍色螢光物質的萃取，但是藍色區段的光強度最高只有 40 左右，可見當椰子油比例變高時，雖然有利於藍色螢光物質的萃取，但是也會影響乙醇所能萃取的總量。所以萃取 1g 豬籠草瓶口較佳的椰子油量，應介於 5~15ml 之間。而在 1:5:7.5 與 1:5:10 的比例中，雖然波峯都有藍光區段高於紅光區段的現象，但是乙醇為 10ml 的時候萃取出藍光的波峯值與紅光的波峯值差量較大。因此，我們以椰子油為 10ml 的方式，並將乙醇由 10ml 開始成倍數成長，來測試是否有更好的萃取方式。

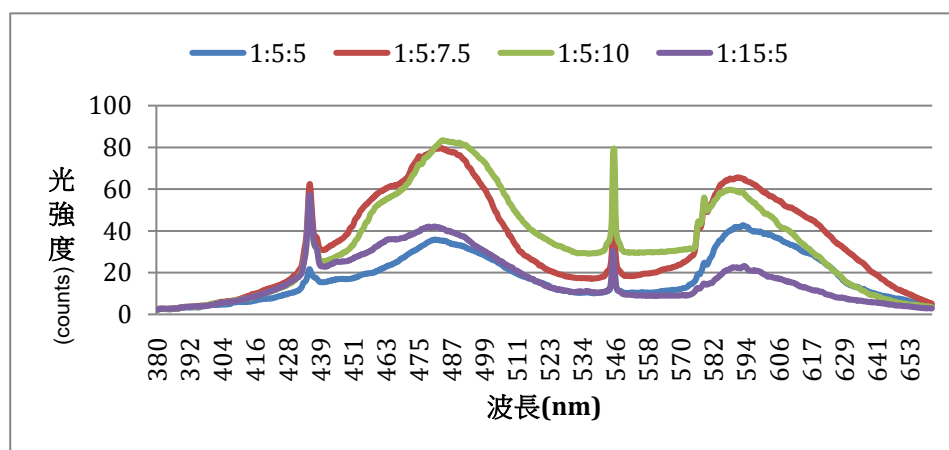


圖 2-10：不同比例椰子油萃液與不同比例乙醇萃液的光譜合併

研究十：以椰子油 10ml 改變乙醇的量對於藍色螢光物質的萃取。

方法：

1. 將豬籠草瓶口(g):椰子油(ml):乙醇(ml)=1:10:10、1:10:15、1:10:20 作萃取。
2. 將不同的乙醇層取 1.5ml 作光譜的比較。

結果：如圖 2-11

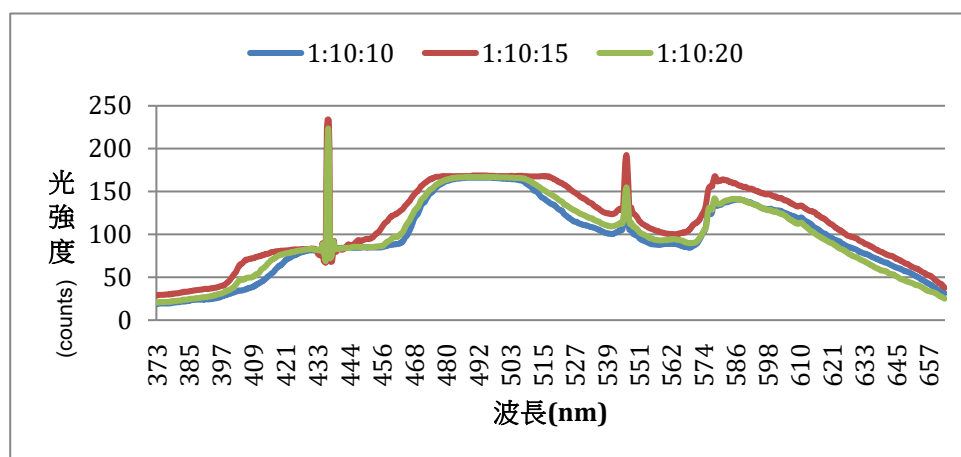


圖 2-11：固定 10ml 椰子油下不同比例乙醇萃液的光譜比較

討論：

在椰子油固定為 10ml 時，增加乙醇的量對於藍光區段的光強度影響是差不多的，所以，我們以豬籠草瓶口(g):椰子油(ml):乙醇(ml)=1:10:10 當成是較佳的萃取條件，因為乙醇的用量較少，且在圖形中紅色光的波峯相對較低，後續的實驗以此比例的乙醇層萃取液當成較佳樣品，以 1:10:10 稱呼。

研究十一：以薄層分析乙醇萃取液是否有多種物質？

想法：

在前面的光譜中，我們一直看到在藍色光區段與紅色光區段各有一個波峯，且彼此有消長，我們認為乙醇層萃取了一種以上的物質。對此，我們想到用薄層分析的方式來確認。然而使用濾紙當固定相，以乙醇當展開液時，卻發現無法於濾紙上觀察到任何現象。在與老師討論後，嘗試以矽膠當固定相的片子，以乙醇當展開液，並透過 Rf 值(樣品距起點的距離除以展開液最後距起點的距離)，來觀察並比較樣品。

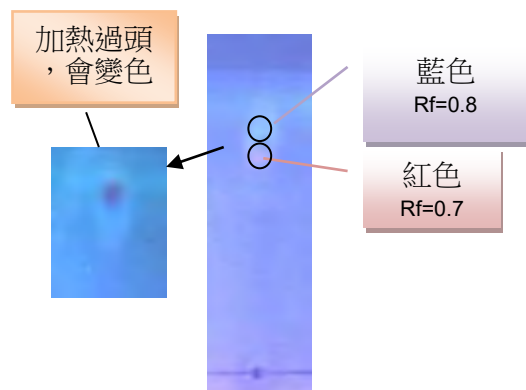
方法：

1. 以毛細管取部份 1:10:10 的乙醇層樣品點在矽膠片上。
2. 將矽膠片放入底部有乙醇展開液的瓶子中，並將瓶蓋蓋上。
3. 等待乙醇液面到達一定高度時，將片子取出。
4. 乾燥後置於 UV 燈下觀察。



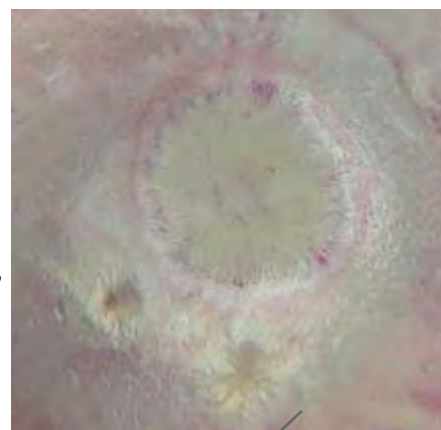
### 結果：

1. 我們在薄層分析中，可以看到有兩個螢光點，藍色的螢光點在上方，紅色的螢光點在下方，因此，我們的萃取方式，在乙醇層可以萃取出兩個物質。
2. 以熱風吹乾片子的過程中，我們發現藍色光的部份會有越來越亮的現象，而最後會變成一個深色點，對於溫度會影響藍色螢光的亮度，這個現象也引起我們的好奇。



### 討論：

透過我們的方法，似乎無法只有萃取出一樣物質，因此，我們想更進一步的思考是否能夠將這兩個物質分離呢？當我們一直想不出辦法時，在 12 月寒流來襲的早晨，室溫約在 10 度左右，我們意外的發現在裝有 1:10:10 的乙醇樣品中乙醇揮發了，而且有白色放射狀結晶出現，而在中午再觀察時，瓶內只剩下油滴狀的透明液體和一些紫紅色的物質。我們猜測透明的油狀物是我們要的物质，和老師討論後，可能物質的純度已經很高，或許能夠透過再結晶的方式將物質取出。



瓶底的針狀結晶

### 研究十二：1:10:10 乙醇層萃液的再結晶。

#### 方法一：

取 1:10:10 的乙醇萃取液 5ml，冰入冰箱中，隔天再觀察。

#### 結果一：

如圖 2-12，下方有粒狀的白色顆粒出現，並沒有結晶。

#### 討論：

在乙醇萃取液還是低溫的狀況下，以針筒將乙醇萃取液與白色顆粒分離，發現回溫後，白色顆粒會溶化並有椰子油的香味，應該是椰子油，因此透過冰箱與針筒分離的方式，將乙醇萃取液純化，直到乙醇層放入冰箱時，不會再出現白色顆粒為止。



圖 2-12：(左)底部有白色顆粒、(中)透過針筒分離、(右)分離萃液與底部白色顆粒

### 方法二：

將上述的乙醇萃液冰入冷凍庫中，隔天觀察結果。

### 結果二：

如右圖，瓶內出現很多白色的粉狀物質，溶液呈現淡淡的紫紅色。

### 討論：

我們希望透過濾紙過濾，但是一接觸到常溫，瓶內的白色物質就會慢慢的消失，而溶回溶液之中。因此，我們突發奇想的想要在冷凍庫中，將白色物質透過濾紙分離出來。



冰凍後的白色粉狀物

### 方法三：

1. 取 1:10:10 乙醇層萃液 10ml，純化後備用。
2. 將樣品和一瓶乾淨的乙醇，兩者冰入冷凍庫過夜。
3. 隔天早晨，將過濾架與漏斗先裝置好，濾紙以乙醇潤濕，將器材整組冰入冷凍庫。
4. 中午時，在冷凍庫中，將樣品倒入漏斗中過濾，並以低溫乙醇沖洗直到濾紙上的淡紅色消失，只殘留白色粉狀物。
5. 將要收集的瓶子先秤重，在冷凍庫中換上秤重後的收集瓶，將整組器材拿到室溫中，再用常溫的乙醇將白色粉狀物沖下濾紙並收集起來。
6. 透過電扇吹一晚，瓶內剩透明油狀物，秤重並扣除瓶子重量算出樣品重量。
7. 加入適量乙醇 2-3ml 溶解，並將瓶子以衛生紙包覆好，置於冰箱中。
8. 隔天取出觀察。



冷凍庫中進行實驗



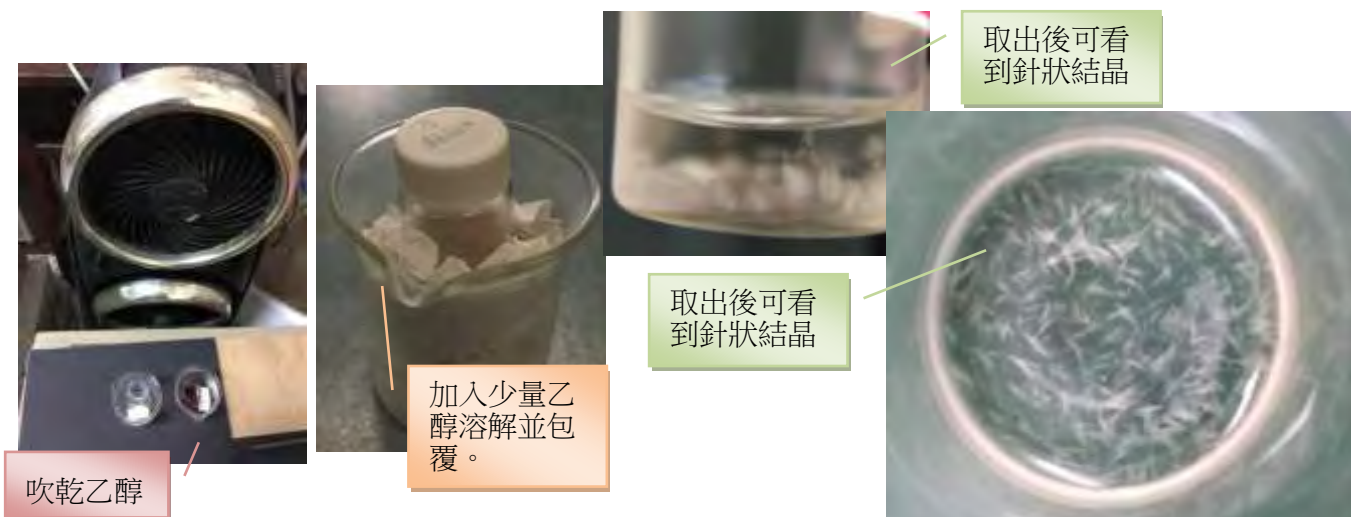
冷凍庫中進行沖洗



常溫下過濾裝瓶



沖洗成乾淨白色



**結果三：**

1. 透過三次將 1:10:10 的乙醇萃取液 10ml 純化並冷凍過濾，平均可以拿到透明油狀物 0.02g。
2. 如上方最右邊的圖，可以得到針狀的白色結晶，之後實驗都稱為結晶 K。

**討論：**

1. 我們將白色油狀物再結晶，結果可以發現有晶體的產生，代表我們抓到的是純度很高的物質，而在室溫下將乙醇吹乾後，會呈現透明的油狀。
2. 透過冷凍過濾的方法，可以分離出淡紅色的乙醇與透明的油狀物，將溶有透明油狀物的乙醇放於 LED 紫外光燈手電筒上測試會發出藍色的光。



3. 標準萃取流程圖如下圖所示。



### 研究十三：再次確認針狀結晶 K 是否發出藍色的螢光。

#### 方法：

1. 將 0.02g 的結晶 K，加入 2ml 的乙醇。
2. 取 1ml 於紫外燈暗室下與純乙醇作比較。
3. 取 1.5ml 於方形試管中，並分析光譜。

#### 結果：

1. 如圖 2-13，兩者呈現無色，在紫外光燈下，白色結晶的乙醇溶液呈現藍色。

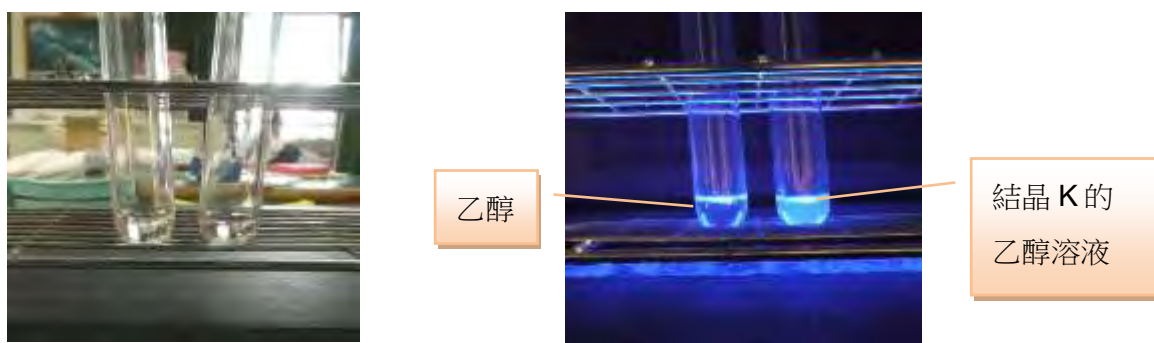


圖 2-13：乙醇與結晶 K 的乙醇溶液的原始顏色與 T8 紫外光燈下的情形

2. 光譜如圖 2-14，可以看出結晶 K 的乙醇溶液在紫光區域有吸收。

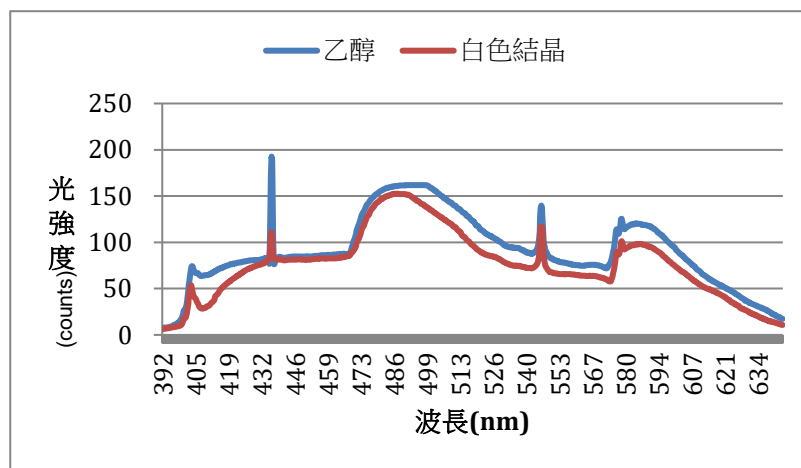


圖 2-14：乙醇與結晶 K 的乙醇溶液的光譜比較

#### 討論：

為了確認結晶 K 在紫光區域的吸收，在數值處理上，我們透過結晶 K 樣品的光強度扣除乙醇背景的光強度的值，並將該數值乘以-1，後做出吸收波長的圖形，如圖 2-15 我們可以看到紫光區域吸收的最大波長約在 410nm 附近。

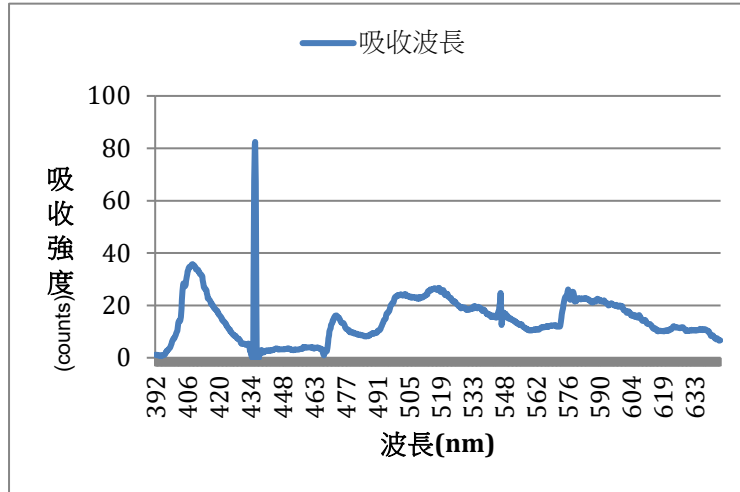


圖 2-15：結晶 K 的乙醇溶液的 T8 吸收光譜

**結論：**

根據上面的結果，結晶 K 在紫光區域 410nm 附近有吸收，且圖 2-14 中藍光區段 430-470nm 的波長區間，幾乎沒有衰減，應該是產生藍色螢光的區段。因此，結晶 K 就是豬籠草瓶口會產生藍色螢光的物質。

**研究十四：不同溫度對結晶 K 對的螢光變化。**

**方法：**

1. 將結晶 K 0.02g 加 2ml 乙醇備用。
2. 將瓶子置於 0°C 水中，等待 5 分鐘。
3. 抽取 1.5ml 置於方形試管中，測試光譜三次。
4. 重複 2-3 步驟，但溫度依序改為 20°C、40°C、60°C。

結果：如圖 2-16、2-17

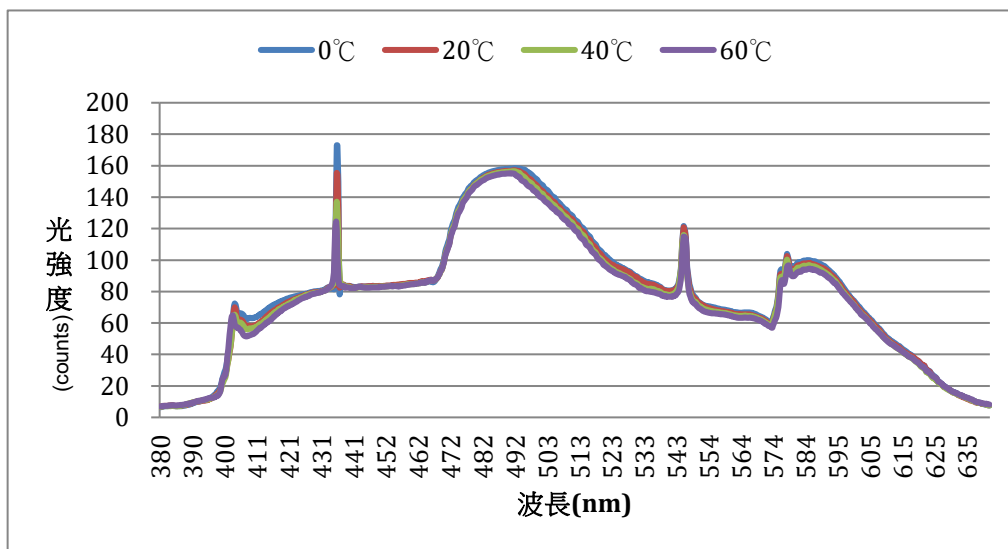


圖 2-16：結晶 K 的乙醇溶液在不同溫度下的光譜比較

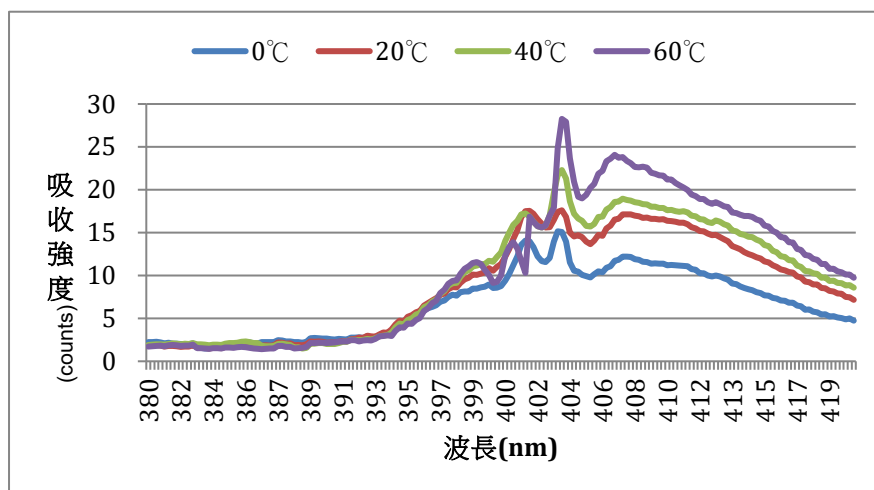


圖 2-17：結晶 K 的乙醇溶液在紫光區段的 T8 吸收光譜

1. 由圖 2-16，可以看出在藍色光 430-470nm 的區段，所產生的光強度差不多，而在紫光區段有強度的變化。
2. 將紫光區段放大並作成吸收的光譜，可以看出來，溫度越高，樣品對於紫光區段約在 407nm 的吸收越好。

#### 討論：

由於溫度越高，結晶 K 對於紫外光的吸收度較好，因此可能在少量的情況下，才有在薄層分析上看到溫度越高藍色的點越亮的情形。至於為什麼在 430-470nm 沒有變化，我們推測是螢光激發的強度不夠，而不足以產生差異。

#### 研究十五：結晶 K 的螢光放射光譜。

##### 討論：

我們在 58 屆的科展資料中，有看到螢光放射光譜，然而我們在實際拍攝時，雖然可以透過眼睛觀察到紫外光燈所激發結晶 K 的藍色螢光，但是在圖 2-14 的光譜中 430-470nm 卻沒有明顯的光強度變化。為此我們找了螢光相關的文章，發現想要拍攝螢光放射光譜，要以 iso1600 且有較長的曝光時間。因此我們以該條件嘗試拍攝螢光的放射光譜，以確定結晶 K 在該 430-470nm 有螢光放射。

##### 方法：

1. 將結晶 K 0.02g 以乙醇 2ml 溶解。
2. 選用數位單眼相機，調整 iso=1600 且曝光時間為 60 秒來拍攝螢光放射的光譜。
3. 以 imageJ 處理光譜的光強度數值。
4. 用結晶 K 的光強度值扣除乙醇背景的光強度值做螢光的放射光譜。

結果：

如圖 2-18、圖 2-19。

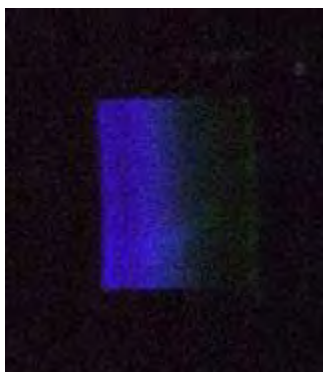


圖 2-18：UV 激發結晶 K 的螢光

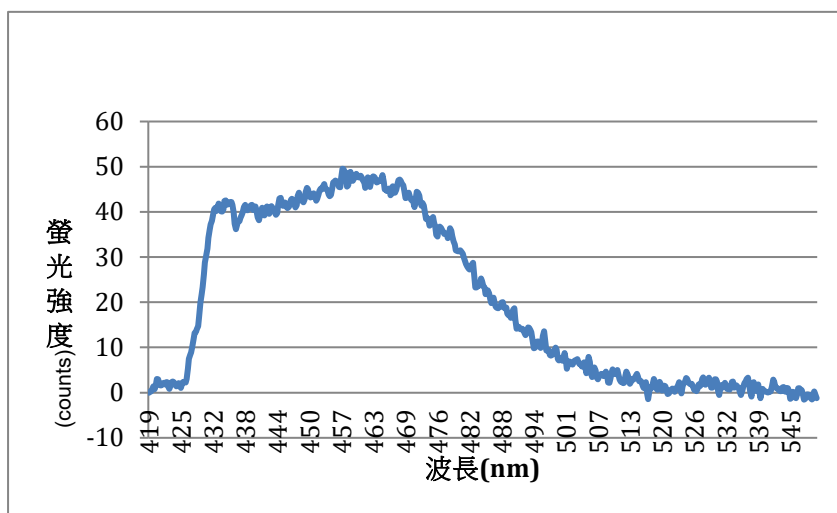
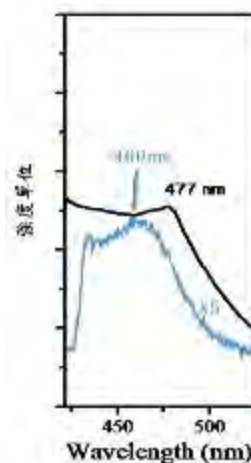


圖 2-19：結晶 K 的螢光放射光譜

結論：

我們在螢光放射圖譜中看到波長 430-470nm 有很高的波峯，代表在 UV 下，結晶 K 在這個區段有藍色螢光的激發，與植物學期刊所記載的螢光放射波長為 430-480nm 相去不遠，代表我們萃取的結晶 K 是豬籠草的藍色螢光物質。另外我們也將結晶 K 送測螢光光譜儀，所得到的螢光放射光譜與我們自製的光譜儀在 420nm-500nm 比較如右圖，兩者測量的結果有很高的一致性。



研究十六：結晶 K 是否也存在豬籠草瓶身中？

想法：

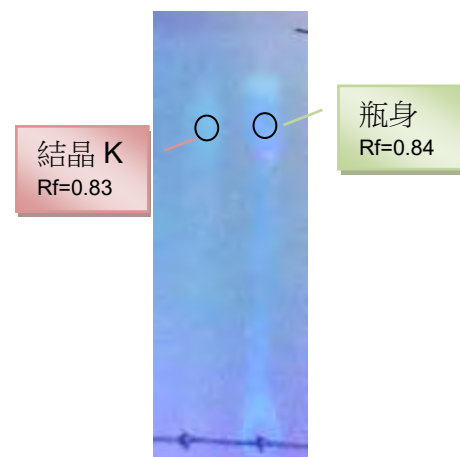
因為瓶口與瓶身是相連的部位，因此，我們很好奇，結晶 K 是否也存在瓶身呢？因此，我們也針對這個部份作驗證。

作法：

1. 按照前述 1:10:10 瓶口萃取螢光物質的方式，將實驗材料改為 1g 的瓶身。
2. 取萃取得乙醇層先與標準的結晶 K 作薄層分析的比較，以確認是否有結晶 K 的存在。

結果：

如右圖，我們可以看到與結晶 K 相同的位置有出現藍色的點，似乎在瓶身也存在結晶 K。



## 研究十七：結晶 K 是否也存在乾枯的豬籠草瓶口中？

### 想法：

由於米蘭達豬籠草有一定的價錢。因此，討論如何做實驗之前，有部分快要乾枯的瓶口，我們將它先冰起來儲存，當我們能夠拿到結晶 K 時，我們也好奇，是否在乾枯的米蘭達瓶口也能有結晶 K 的存在，我們用紫外光燈照射時，也有微弱的藍色螢光，因此我們也想試試看，乾枯瓶口萃取出結晶 K 的可能性。

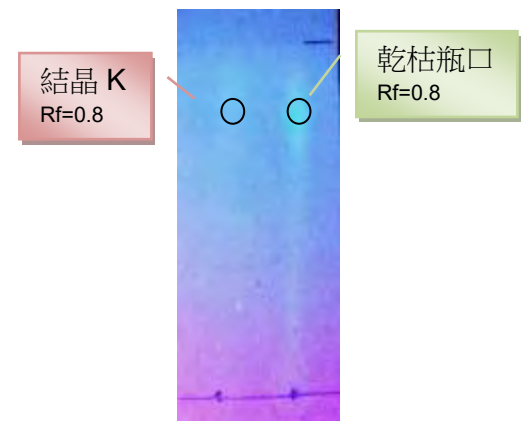


### 作法：

1. 按照前述 1:10:10 瓶口萃取螢光物質的方式，將實驗材料改為 1g 的乾枯瓶口。
2. 取萃取得乙醇層先與標準的結晶 K 作薄層分析的比較，以確認是否有結晶 K。

### 結果：

如右圖，我們可以看到與結晶 K 相同的位置有出現藍色的點，似乎在乾枯的瓶口也存在結晶 K。



## 研究十八：是否能從瓶身與乾枯瓶口的乙醇萃取液取得結晶 K？

### 觀察：

我們將乾枯瓶口與瓶身的乙醇萃取液冰入冷凍室中，結果發現也有白色的粉狀物質出現，因此，我們想用前述的方法看看是否能取得結晶 K？

### 方法：

透過前面冷凍過濾的方式，取出白色粉狀物，再與結晶 K 作圖譜的比較。

### 結果：

如圖 2-20、2-21

### 討論：

1. 由圖 2-20 我們過濾出瓶口與瓶身白色粉狀物後，將它們放入紫外光暗室中，發現與結晶 K 相同都有藍色螢光。
2. 由圖 2-21 我們可以看到三者紫光區域都有相同的吸收波形，且吸收波峯的位置相同，因此可以說明乾枯瓶口、瓶身都能經由我們的方法拿到結晶 K。







圖 2-20：左到右依序為結晶 K、乾枯瓶口、瓶身在紫外光燈下的情形

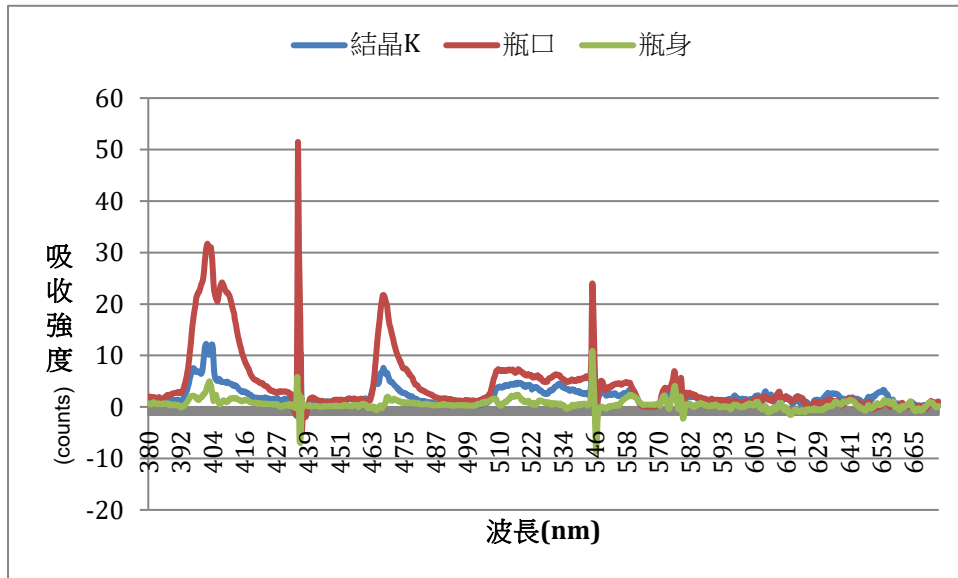


圖 2-21：結晶 K 與乾枯瓶口、瓶身的白色粉狀物吸收光譜

### 三、豬籠草其他螢光物質的探究

#### 研究十九：乙醇萃取液上觀察到的紅色螢光是葉子上的葉綠素嗎？

想法：

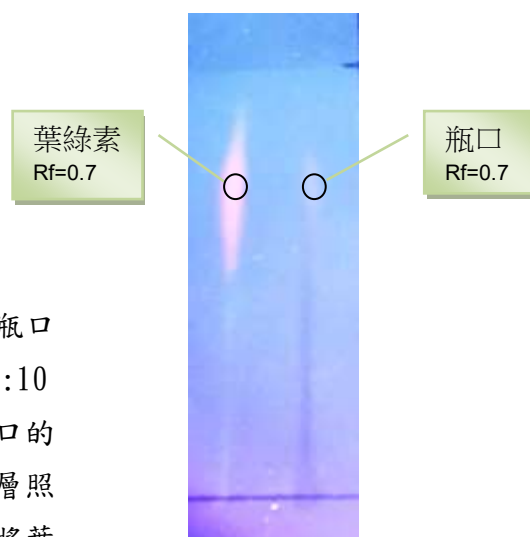
我們在前面的薄層分析中，有看到紅色螢光，我們一直在思考它是什麼？因為它在 UV 燈下會激發出紅色的螢光，在查資料後，我們猜測所看到的紅色螢光是否為葉綠素？由於綠色葉子一般存在葉綠素，而豬籠草的瓶口也是屬於葉子的一部分，如果存在葉綠素，應該會是相同的。因此，我們用萃取豬籠草瓶口 1:10:10 的方式來萃取米蘭達葉子的葉綠素，並比較兩者乙醇層的差異，來確認紅色螢光的光點是否是葉綠素。

作法：

1. 取 1g 米蘭達葉子，洗淨後磨碎加入 10ml 椰子油混合均勻。
2. 加入 10ml 乙醇混合。
3. 取乙醇層萃取液。
4. 將瓶口與葉子的乙醇層萃液各以毛細管取部份點於矽膠片上。
5. 將矽膠片置於有乙醇展開液的瓶中，待乙醇到一定高度，取出乾燥以 UV 燈觀察。

## 結果：

如右圖，在經過相同條件的萃取下，可以看到瓶口和葉綠素的紅色螢光有相同的位置。因此，瓶口乙醇萃液所出現的紅色螢光，確定是葉綠素。



## 討論：

同樣都是屬於葉子的一部份，但是我們觀察到瓶口的紅色螢光非常的微弱。由前面的探討，透過 1:10:10 的方式萃取能萃出較多的藍色螢光物質。然而，瓶口的葉綠素到哪去了呢？再加上之前我們觀測到椰子油層照到紫外光後會有紅色螢光，我們猜想是否是椰子油將葉綠素抓住了呢？為了證明這個想法，我們對這部分加以探究。

## 研究二十：瓶口存在椰子油層的紅色螢光也是葉綠素嗎？

### 想法：

我們想知道溶在椰子油中發出紅色螢光的物質是不是就是葉子中的葉綠素？然而椰子油無法做點片的動作。因此，我們想先用一些溶劑將其中的物質萃取出來以做為點片的比較。我們查到椰子油是屬於比較沒有極性的溶劑，因此和老師討論後，我們嘗試用比較沒有極性的正戊烷來萃取看看。

### 過程：

我們將等體積的正戊烷加入椰子油層中，結果剛開始椰子油與正戊烷有分層的現象，但是經過搖晃後卻混在一起了，這讓我們困擾了很久。考量到椰子油的凝固點是 25 度，因此，我們將溶液放在低溫的環境中，嘗試將椰子油凝固，以分離正戊烷和椰子油，透過這想法幸運的將正戊烷的部份順利完成分離。



剛加入正戊烷時會分層



混和後無法分層



透過將椰子油凝固出來，能順利分離。

### 方法：

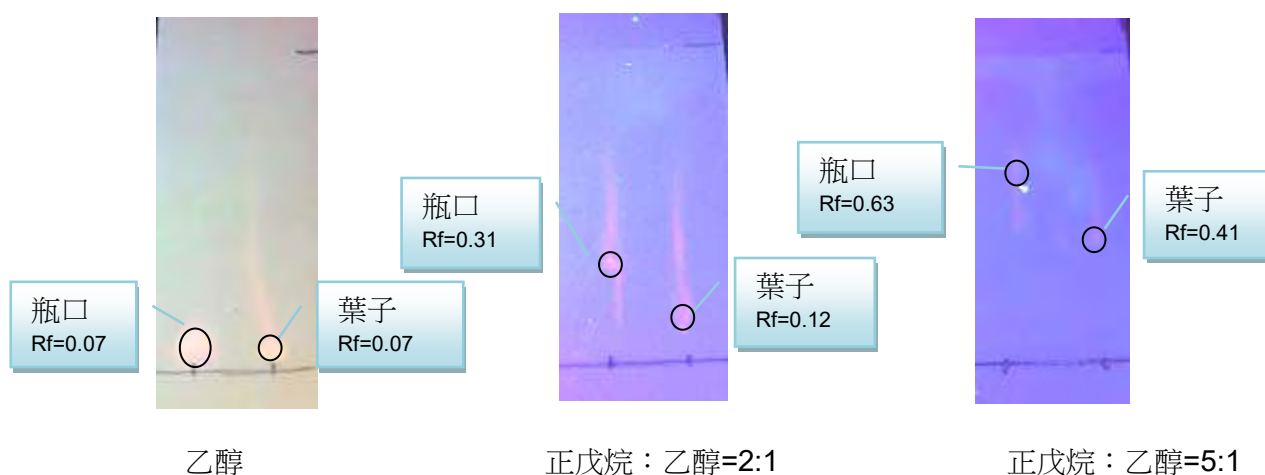
1. 用正戊烷萃取瓶口椰子油層，並用溫度差將正戊烷分離出來。
2. 用正戊烷萃取葉子椰子油層，並用溫度差將正戊烷分離出來。
3. 用薄層分析以乙醇當展開液，比較瓶口和葉子的正戊烷萃液兩者的差異。

### 結果：

兩者以乙醇當展開液時，兩個紅色的螢光非常接近起點，主要紅色螢光的光點幾乎接近起點的停留在原地，而葉子的正戊烷萃取還有長長的細線向上延伸的現象。

### 討論：

透過乙醇當展開液的結果看起來，瓶口的紅色螢光物質是葉綠素的機會很大。然而，因為太接近原點，確實較沒說服力，因考量到萃液是正戊烷所萃，所以我們在乙醇展開液中加入些正戊烷試試，改以正戊烷:乙醇=2:1、5:1再分析。



### 結果二：

兩者在不同極性展開液中的位置有很大的差異。

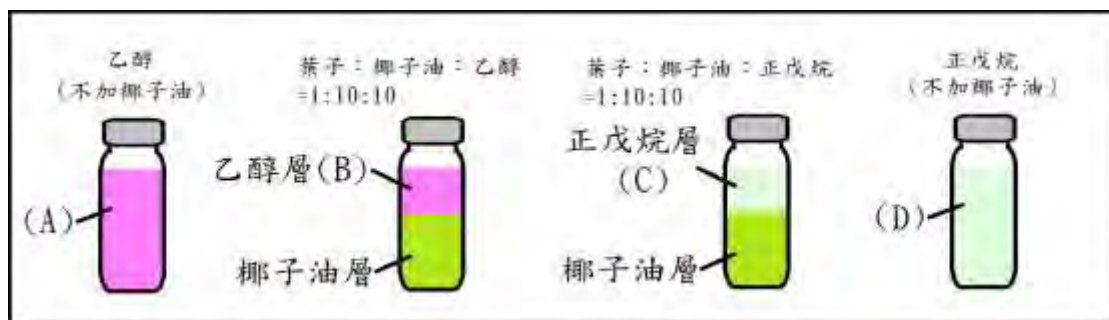
### 討論：

由研究十九，我們發現先將豬籠草葉子與椰子油混合後用乙醇萃取的葉綠素，經由乙醇展開後，會到較高的位置。而研究二十，透過豬籠草葉子與椰子油混合後再以正戊烷萃取的葉綠素，薄層分析中的位置卻不同了。我們認為豬籠草本身葉綠素的種類和數量應該是相同的，因此我們思考是否樣品經椰子油先處理後可能發生了某些反應，因此才讓乙醇萃取時產生顏色變淡的現象，且以正戊烷萃取時在薄層分析上的位置有所改變。所以我們認為椰子油可能更容易抓住葉綠素，並且可能有所反應進而改變了葉綠素的極性，而使薄層分析上的位置產生變化，因此我們針對這部分加以探究。

## 研究二十一：不同方式萃取的葉綠素是否會改變在薄層分析上的位置？

### 方法：

以薄層分析方法用乙醇當展開液，比較米蘭達葉子只用乙醇萃取的萃取液、葉子與椰子油混合後的乙醇萃取液、葉子與椰子油混合後的正戊烷萃取液。



相同葉子葉綠素萃取液的來源示意圖

### 結果：

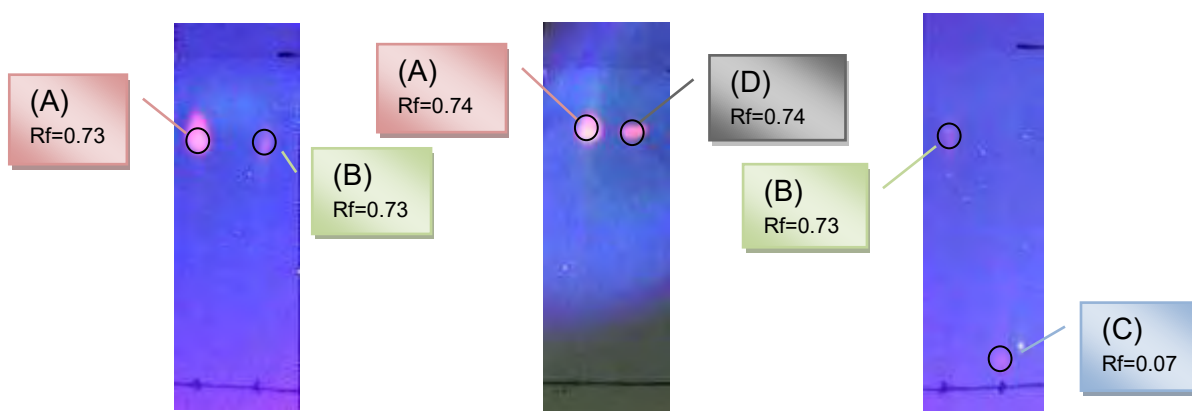


圖 3-1：各種不同條件的葉綠素萃取的薄層分析比較。

說明：乙醇萃取豬籠草葉子的萃取液為(A)、葉子與椰子油混合後的乙醇萃取液為(B)、葉子與椰子油混合後的正戊烷萃取液為(C)、正戊烷萃取豬籠草葉子的萃取液為(D)

### 討論：

1. 由(A)和(B)比較可以發現，同樣由乙醇萃取出來的葉綠素 Rf 值一樣，但經過先經椰子油混合後再萃取的乙醇層紅色螢光顏色較淡，說明了葉綠素更容易溶在椰子油中。為此我們查了一些資料，確認葉綠素比較容易溶於油當中。
2. (A)和(D)、(B)和(C)比較發現，原來以乙醇、正戊烷分別對先以椰子油處理後的溶液萃取出來的葉綠素在相同薄層分析中，位置竟然不一樣。因此我們猜測椰子油或許會與葉綠素有某些作用，而在研究二十中瓶口溶於椰子油中的成分可能不同於葉子溶於椰子油中的成分，因此作用後薄層分析上的位置會不一樣。
3. 這樣結果也能說明在研究九中，為何加入更多椰子油會有利於藍色螢光物質的萃取，因為葉綠素比較容易溶於椰子油中，而使乙醇更有利於萃取藍色螢光物質。

## 四、豬籠草藍色螢光對於蚊子誘捕的影響

### 研究二十二：豬籠草藍色螢光對於蚊子誘捕的數量是否增加？

#### 想法：

由於市售的捕蚊燈一般看起來散發著藍色光，因此我們思考結晶 K 所散發的藍色螢光，對於蚊子誘捕的數量能不能提高呢？如果可以，在病媒蚊的防治上或許能有所貢獻。為此我們先收集市面上常見的捕蚊燈，並將其光源以自製的光譜儀測量後發現，結晶 K 與這些捕蚊燈在 430nm-480nm 都有重疊波段，因此我們開始了結晶 K 螢光與市售捕蚊器的比較實驗。

#### 方法：

1. 準備兩個吸入式捕蚊器，其中一個捕蚊器的燈源改以 UV 激發結晶 K 的螢光取代。
2. 將兩者放到同一間廁所捕蚊子，時間為星期五下午到星期一早上。
3. 計算兩個捕蚊器誘捕的蚊子數量，並重複步驟 2 三次取平均。

#### 結果：

如圖 4-1。

1. 結晶 K 所散發的螢光吸引蚊子的平均數量 26.7 隻大於捕蚊燈吸引蚊子的平均數量 1.0 隻。
2. 結晶 K 所散發的螢光吸引小蛾蚋的平均數量 11.0 隻大於捕蚊燈吸引小蛾蚋的平均數量 1.3 隻。
3. 結晶 K 所散發的螢光吸引蚊蟲的平均總量 37.7 隻大於捕蚊燈吸引蚊蟲的平均總量 2.3 隻，約為 16 倍之多。

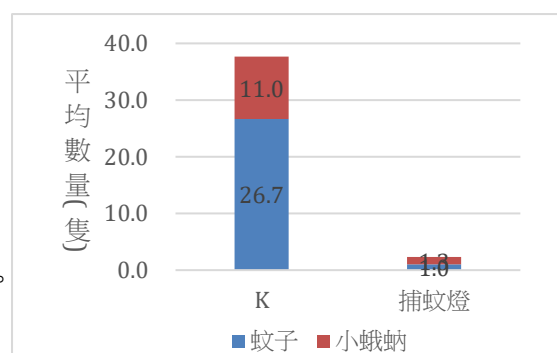
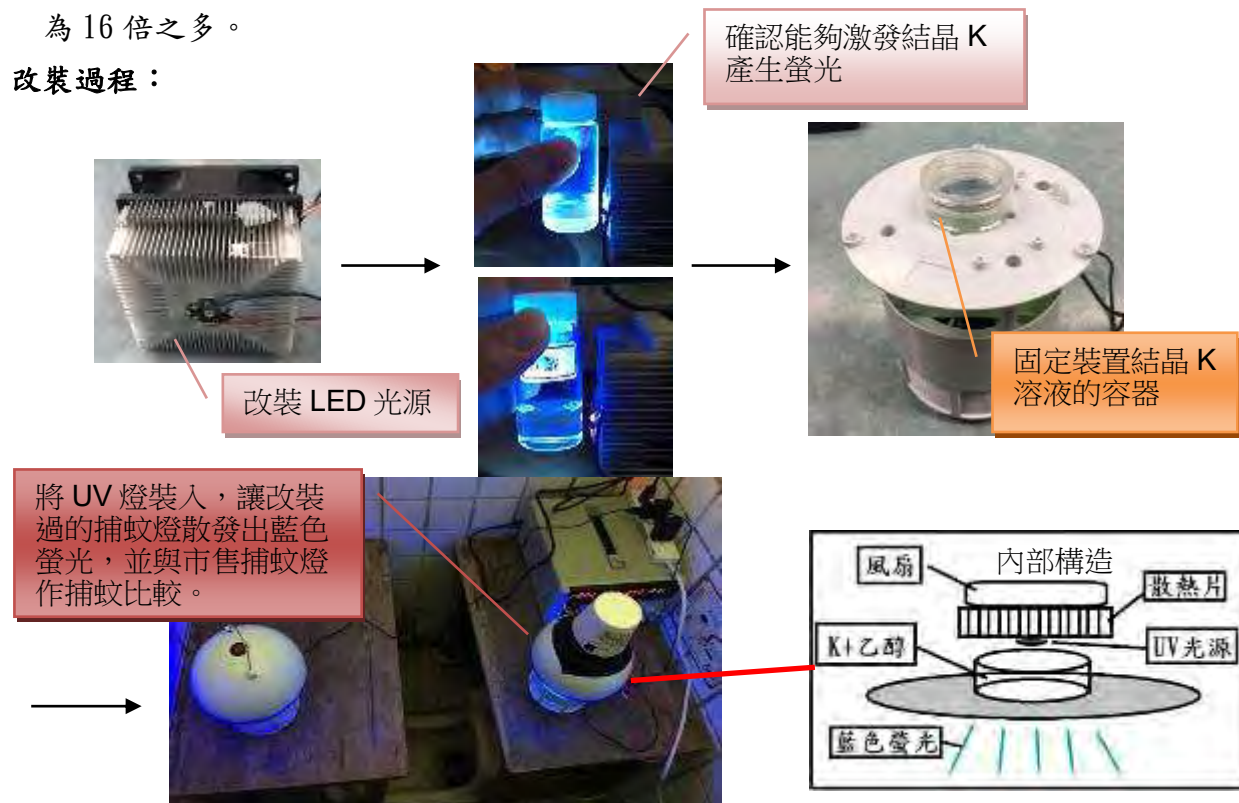


圖 4-1：不同光源的捕蚊燈對蚊子誘捕實驗結果

#### 改裝過程：



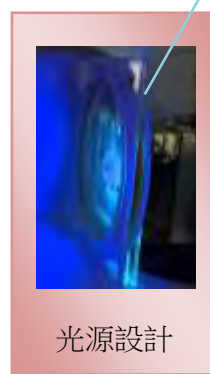
### 討論：

我們從實驗得知在廁所這樣的開放環境下，結晶 K 所散發的螢光對於誘捕蚊子的數量相較於未改裝的捕蚊燈提高了將近 16 倍之多，為了再進一步的確認，我們向中興大學昆蟲系的老師請教，最後由昆蟲系提供蚊子，並到大學實驗室作蚊子吸引的實驗。

### 研究二十三：豬籠草藍色螢光對於蚊子吸引的實驗

#### 作法：

1. 在兩個連通的透明容器中，放入白腹叢蚊、三斑家蚊、埃及斑蚊各 30 隻，共 90 隻。
2. 在容器左端，先後以 UV 燈激發結晶 K 的藍色螢光和 UV 燈做光源。
3. 燈亮後，每經過 5 分鐘拍攝照片，點數蚊子在兩邊的分佈數量，並重複三次取平均。
4. 在容器右端，先後以 UV 燈激發結晶 K 的藍色螢光和 UV 燈做光源，重複步驟 3。



### 結果：

如圖 4-2。

1. 光源置於左方時，K 吸引蚊子的平均數量較多。
2. 光源置於右方時，K 吸引蚊子的平均數量較多。

### 討論：

1. 由於蚊子放入壓克力容器時，無法呈現均勻的分佈，經與實驗室的老師確認後可能為環境的影響，因此將實驗分成光源從左方吸引與光源從右方吸引蚊子來比較差異。
2. 由上面結果可以觀察到，無論光源在左端或右端，以 UV 激發 K 的藍色螢光吸引的蚊子數量都大於僅以 UV 當光源所吸引的蚊子數量。
3. 我們於資料中發現紫外光 (360 nm) 對於蚊子已經有很好的誘捕效果。因此，再使用 360nm 紫外光與所激發的 K 螢光在蚊子誘捕上較沒有明顯的差異，但仍有提升的現象。

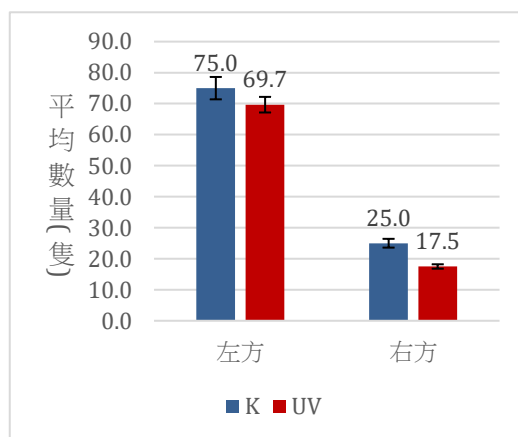


圖 4-2：實驗室中，不同光源對蚊子的吸引結果

## 伍、結論

1. 萃取紅蘿蔔的螢光物質可以用椰子油代替沙拉油，並以常溫研磨的方式萃取出來。
2. 我們用光譜證明，常溫下用椰子油萃取紅蘿蔔的螢光物質，比起高溫萃取是比較快速且效果好的方式。
3. 以椰子油在常溫、等體積的條件下，可應用在青椒、橘子、玉米、番茄、葡萄的螢光物質萃取上。
4. 米蘭達品種的豬籠草可以透過 366nm 的 LED 紫外光手電筒觀察到瓶口有藍色的螢光。
5. 米蘭達的萃取研究中可以知道，乙醇越多越有利於藍色螢光物質的萃取，而椰子油越多越同樣有利於於藍色螢光物質的萃取，但是椰子油的量太多時，整體的萃取量會下降，因此根據實驗所推測較佳比例是豬籠草瓶口：椰子油：乙醇=1g:10ml:10ml。
6. 米蘭達萃取的藍色螢光物質可以經由冰在冷凍庫後析出白色粉狀物，經由冷凍的乙醇沖洗、過濾後可得到透明的油狀物每 10ml 乙醇萃取液可得到約 0.02g，以乙醇再結晶後可得到白色的針狀結晶(本實驗稱結晶 K，薄層分析以乙醇展開 Rf=0.8)。
7. 結晶 K 的乙醇溶液可在 T8 紫外光燈下呈現藍色螢光。
8. 結晶 K 的乙醇溶液在 T8 日光燈光譜下可以看到 430-470nm 的光強度與乙醇接近。而螢光放射光譜在 430-470nm 也有很高的波峯，與期刊資料的 430nm-480nm 差不多。
9. 結晶 K 的乙醇溶液溫度越高在紫光區波長的吸收越強。
10. 以椰子油與乙醇取代三氯甲烷與甲醇溶劑，能萃取豬籠草瓶口的藍色螢光物質。
11. 在乾枯的瓶口、瓶身上都能夠經由我們的方法萃取，並再結晶出結晶 K。
12. 樣品經過椰子油處理後，有利於乙醇對藍色螢光物質的萃取。
13. 豬籠草的藍色螢光在開放空間中，吸引蚊蟲的數量較原來捕蚊器多 16 倍之多，並經由實驗室中的蚊子吸引實驗，再次證明豬籠草的藍色螢光吸引蚊子數量較多。

## 陸、參考資料

PanSci 泛科學。 <https://pansci.asia/archives/36781>

植物學。 <https://onlinelibrary.wiley.com/doi/abs/10.1111/j.1438-8677.2012.00709.x>

點亮黑夜的小精靈---探究紅蘿蔔中的螢光，全國科展 47 屆國小組自然科

蔬中求螢-蔬果中螢光物質的探討與應用，全國科展 53 屆國小組化學科。

「量點」中的「亮點」-自製螢光光譜儀研究量子點之螢光性質，全國科展 57 屆國中組化學科。

瀧川洋二、山村紳一郎（民 92）：66 個挑戰創意的科學實驗。世茂出版社。

林宮玄(2017)。生活中無所不在的螢光。科學月刊 568。262-265。

陳正源(2015)。自製光譜儀。科學月刊 544。274-277。

蔡佳宏(2014)。燈光、顏色及溫度對登革熱病媒蚊之誘集能力及其熱感應基因 TRPA1 之表現。

## 柒、誌謝

國立中興大學昆蟲系杜教授、廖老師。

## 【評語】 080209

研究豬籠草的螢光分子的分離，及對昆蟲的吸引力，題目有趣且具實用及科學價值和鄉土性。與先前科展研究做比較、萃取出相當純的物質、藉由層析法分辨物質、將萃取物質應用在捕蚊上。實驗數據很豐富，值得鼓勵，若能再好好討論，會更有成就。萃取量的設計可更有系統些，並做效益分析比較。雖然過去沒有完全相同主題之參展作品，但是已有許多類似食蟲植物，針對會發出藍色螢光吸引獵物的相關文獻報導，建議作者可比較其他文獻作品、研究方向及結論的異同處，並強調本作品獨有的重要發現。作品結論提及結晶K的乙醇溶液在T8日光燈光譜下可以看到430-470nm的光強度。而螢光放射光譜在430-470nm也有很高的波峯，與期刊資料的430nm-480nm差不多。但並未說明或期刊資料研究方法及數據取得與本作品的同異處。參考資料如能編號並於文中引用處標記會更好。



# 摘要

豬籠草的瓶口會發出藍色螢光吸引昆蟲掉入這個致命陷阱，我們試著找出市售的豬籠草是否有這現象。為了怕溫度影響我們的萃取物，我們先探究常溫萃取螢光物質的可行性，發現以往科展作品中需高溫萃取、靜置一天的作法，都能以常溫下用椰子油的方式來取代。我們找到品種為米蘭達豬籠草的瓶口有藍色螢光，並成功以椰子油與乙醇代替資料上的三氯甲烷和甲醇萃取瓶口的藍色螢光物質，此物質可經純化、再結晶成白色的針狀結晶，也拍到與資料相同的螢光波長。我們也發現豬籠草的葉綠素經過椰子油先處理後，可以使乙醇較容易萃取出藍色螢光物質。應用上，以藍色螢光取代捕蚊器光源來誘捕蚊蟲，平均總量為未改裝捕蚊器的16倍。

## 壹、研究動機

五年級在上關於植物的課程中，有介紹植物根、莖、葉幾個部份的特化，其中最讓我們感到興趣的是植物竟然能夠捕食昆蟲，老師的介紹中提到食蟲植物會分泌特殊的味道進而吸引昆蟲，達到捕食的目的。然而，我們查資料時發現豬籠草竟然會散發出藍色的螢光來捕食昆蟲，這也引起了我們的好奇，目前市面上的豬籠草是否也能散發出藍色的螢光？因此對於豬籠草的螢光做了相關的研究。(相關課程：康軒五上，第二單元，植物世界面面觀。)

## 貳、研究目的

- 一、常溫下以椰子油代替沙拉油萃取螢光物質的可行性
- 二、萃取豬籠草藍色螢光物質的探究
- 三、豬籠草其他螢光物質的探究
- 四、豬籠草藍色螢光對於蚊子誘捕的影響

## 參、研究設備器材

閃爍瓶、滴管、鑷子、分光光度計、T8日光燈管、T8UV燈管、LED紫外光手電筒、乙醇、正戊烷、TLC片、毛細管、濾紙、鐵架、漏斗、研鉢、刮刀、燒杯、捕蚊燈、電子天秤。

## 肆、研究過程



### 一、常溫下以椰子油代替沙拉油萃取螢光物質的可行性

研究一：椰子油是否能取代沙拉油來萃取螢光物質

作法：分別以沙拉油、椰子油為溶劑，以紅蘿蔔(g)：水(ml)：油(ml)=1:1.5:0.8，加溫並靜置一天，取油層的溶液在紫外光燈暗室下，看看是否有皆有螢光。

結果：如圖1-1，暗室拍攝下，都有黃綠色螢光。

[1-1]光譜拍攝的儀器製作

結果：如圖1-2、圖1-3。

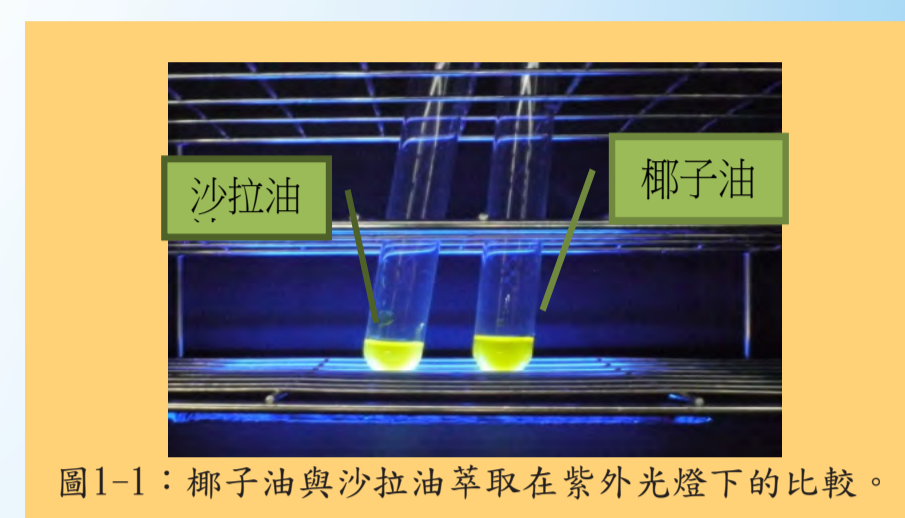


圖1-1：椰子油與沙拉油萃取在紫外光燈下的比較。

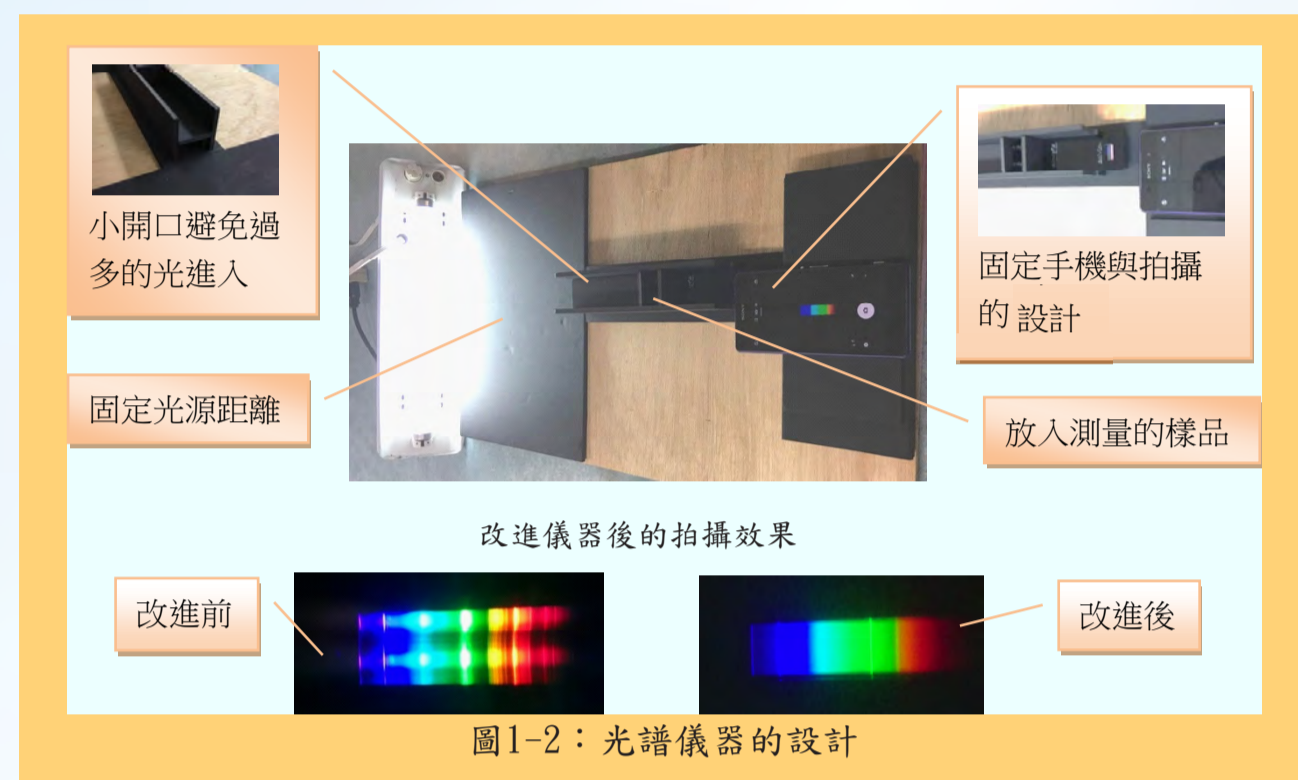
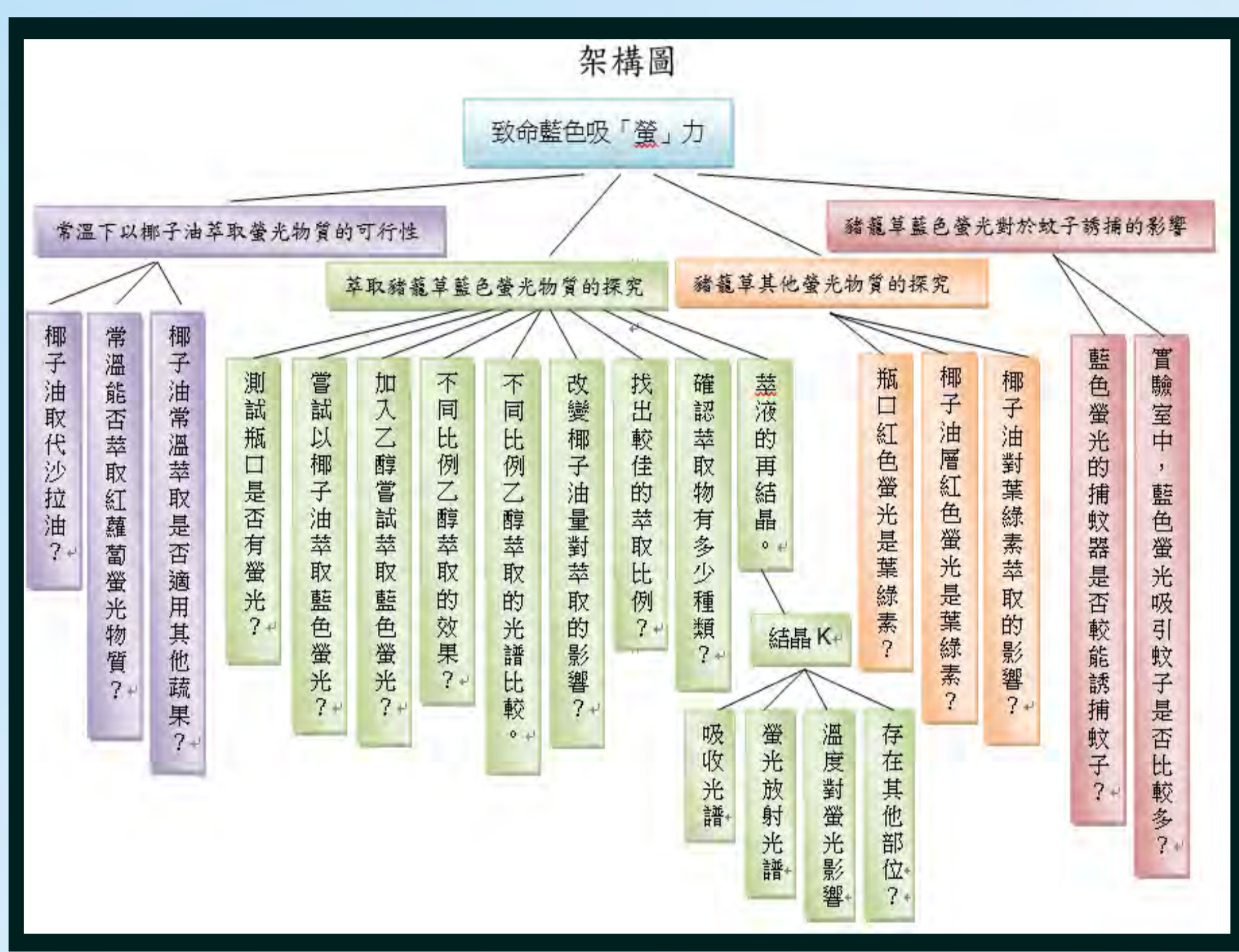


圖1-2：光譜儀器的設計

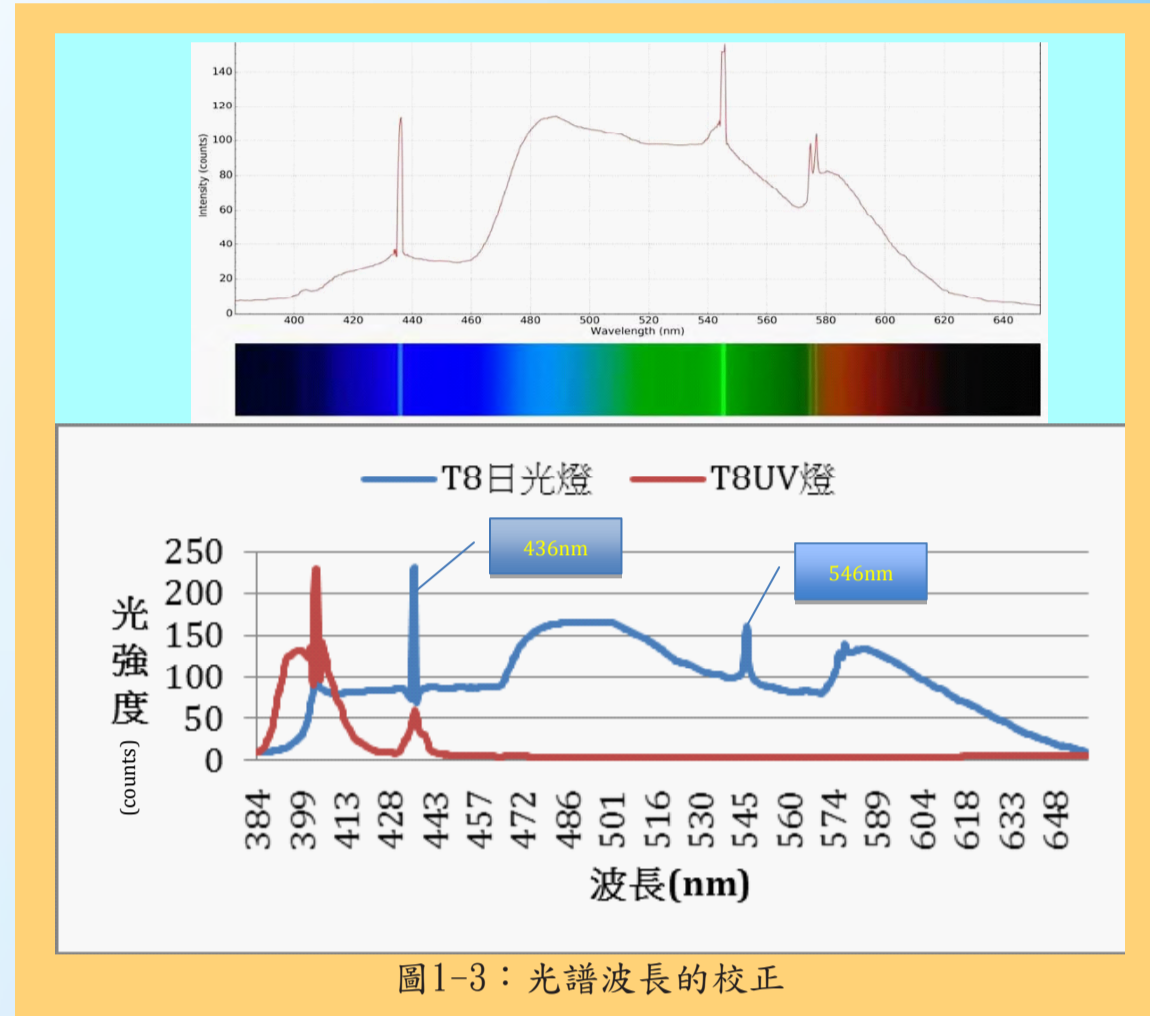


圖1-3：光譜波長的校正

[1-2]以光譜方式驗證以椰子油是否可以取代沙拉油來萃取螢光物質

1. 將儀器調整好後，依序拍攝空白沙拉油、沙拉油螢光萃取樣品、空白椰子油、椰子油螢光萃取樣品。
2. 將資料以ImageJ轉成資料後，以Excel處理為光強度與穿透率的圖形來比較差異。

結果：如圖1-4、1-5

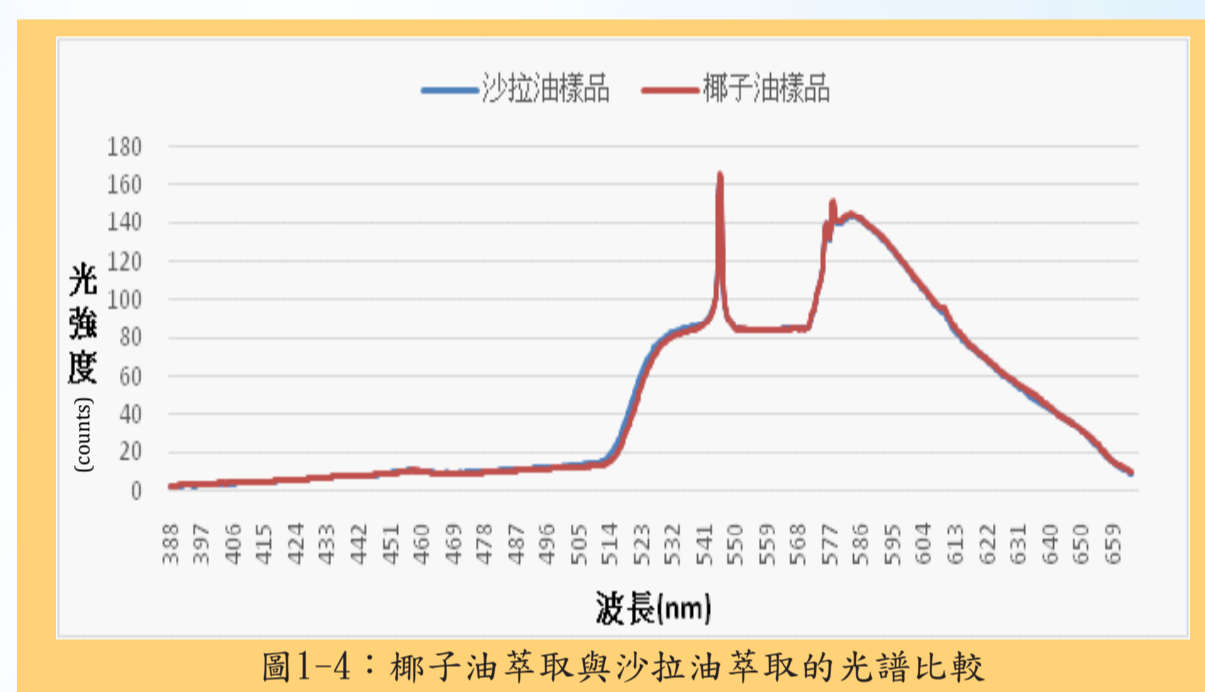


圖1-4：椰子油萃取與沙拉油萃取的光譜比較

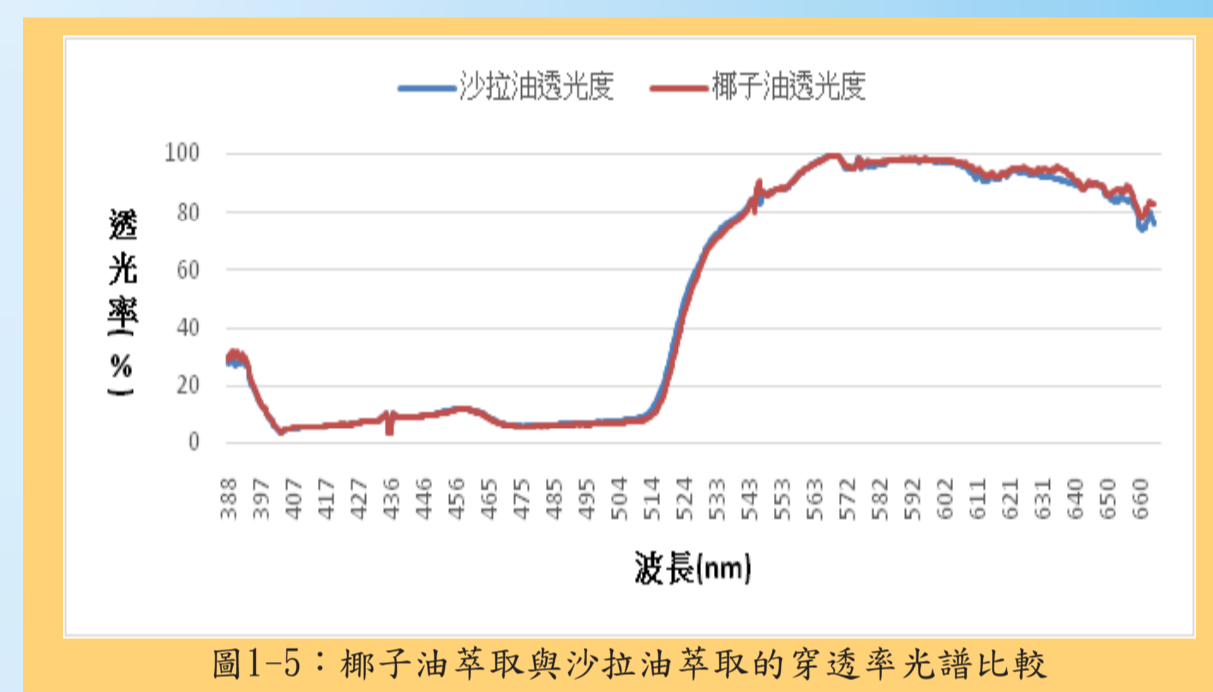


圖1-5：椰子油萃取與沙拉油萃取的透光率光譜比較

研究二：常溫下是否也能萃取紅蘿蔔的螢光物質。

[2-1]加溫與常溫萃取的比較

作法：以紅蘿蔔：水：椰子油=1g:1.5ml:0.8ml的比例萃取，一個加溫萃取，一個用常溫以研鉢作常溫的均勻混合，過濾後比較兩者的油層螢光亮度。

結果：如圖1-6，我們發現常溫的油層，因為多次的攪拌而呈現油水混和變成乳化的現象，然而在紫外光燈下依然有螢光呈現。

[2-2]將常溫的水全部換成油的萃取實驗

作法：將紅蘿蔔：椰子油=1g:2.3ml，以常溫研磨萃取，取過濾油層觀察螢光。

結果：如圖1-7，椰子油不加水以常溫研磨的油層在紫外光燈下可清楚的看到螢光。

[2-3]加溫萃取的螢光與常溫萃取的螢光比較

作法一：將兩者放在暗室中照紫外光燈並拍照比較。

結果：如圖1-8，兩者所呈現的螢光亮度幾乎差不多，實在無法分辨好壞

作法二：將高溫萃取和常溫萃取作光譜的比較。

結果：如圖1-9。

[2-4]常溫萃取是否需要靜置一天？

作法：用紫外光拍照與光譜的方式比較靜置一天與馬上研磨萃取的不同。

結果：如圖1-10、1-11

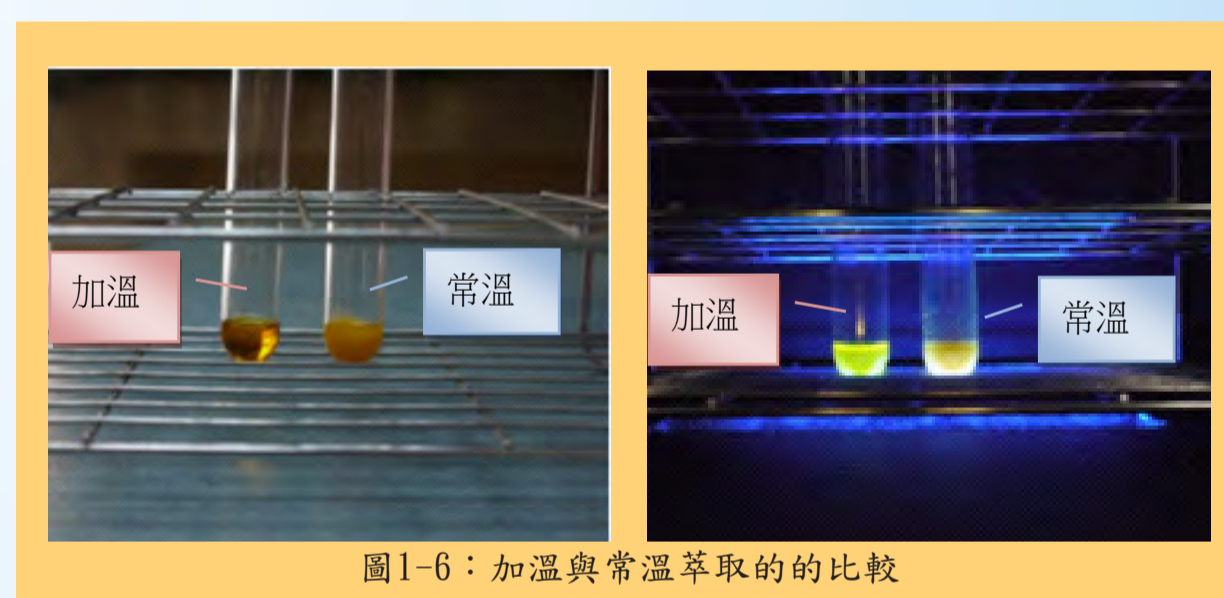


圖1-6：加溫與常溫萃取的比較

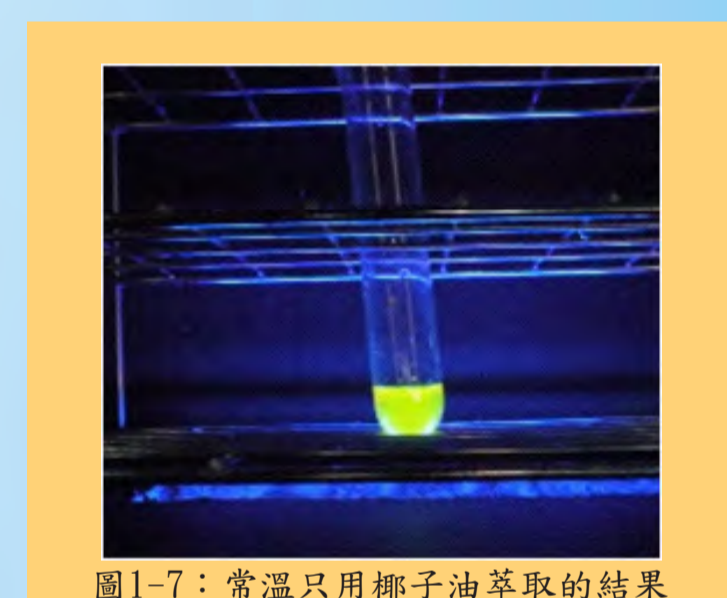


圖1-7：常溫只用椰子油萃取的結果

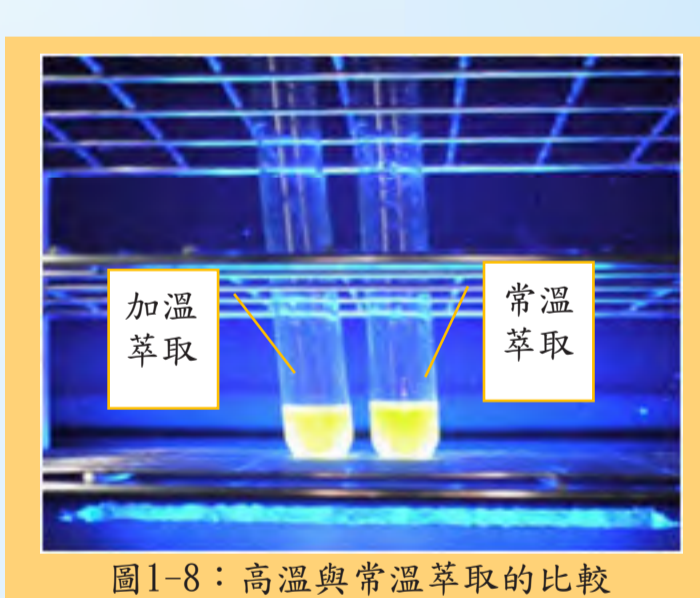


圖1-8：高溫與常溫萃取的比較

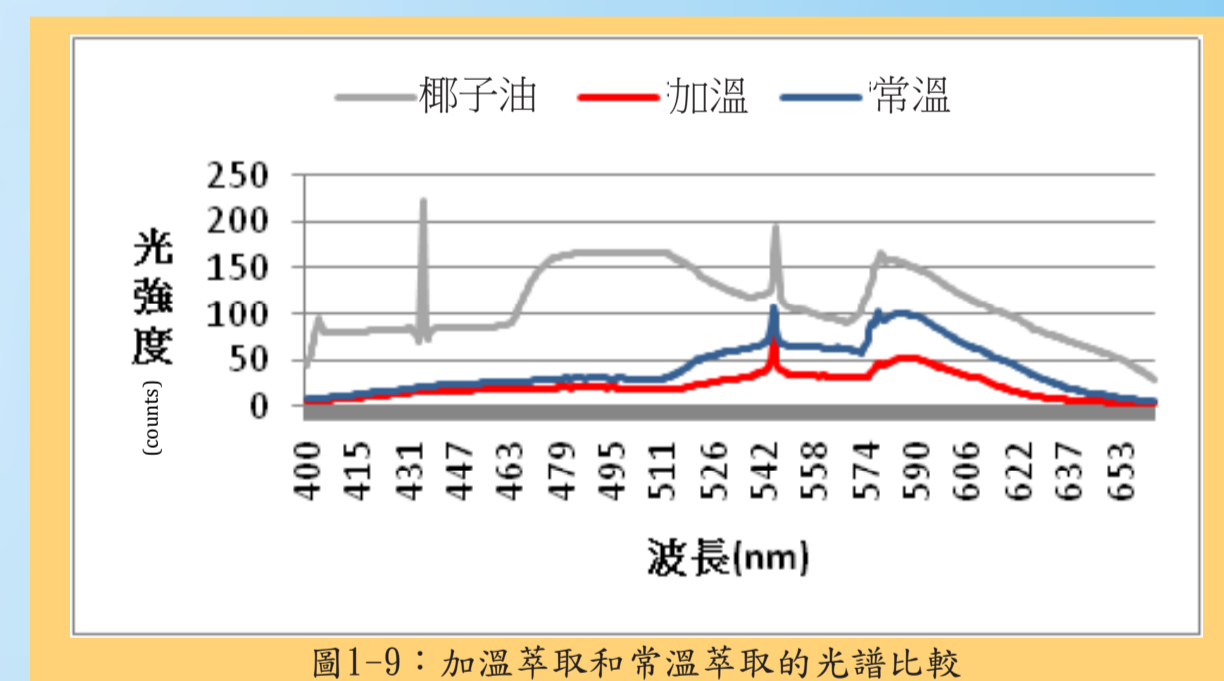


圖1-9：加溫萃取和常溫萃取的光譜比較

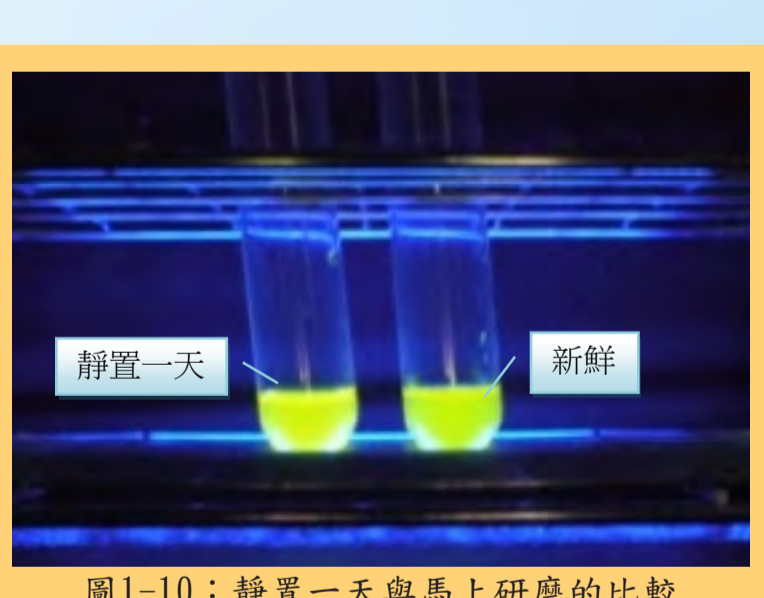


圖1-10：靜置一天與馬上研磨的比較

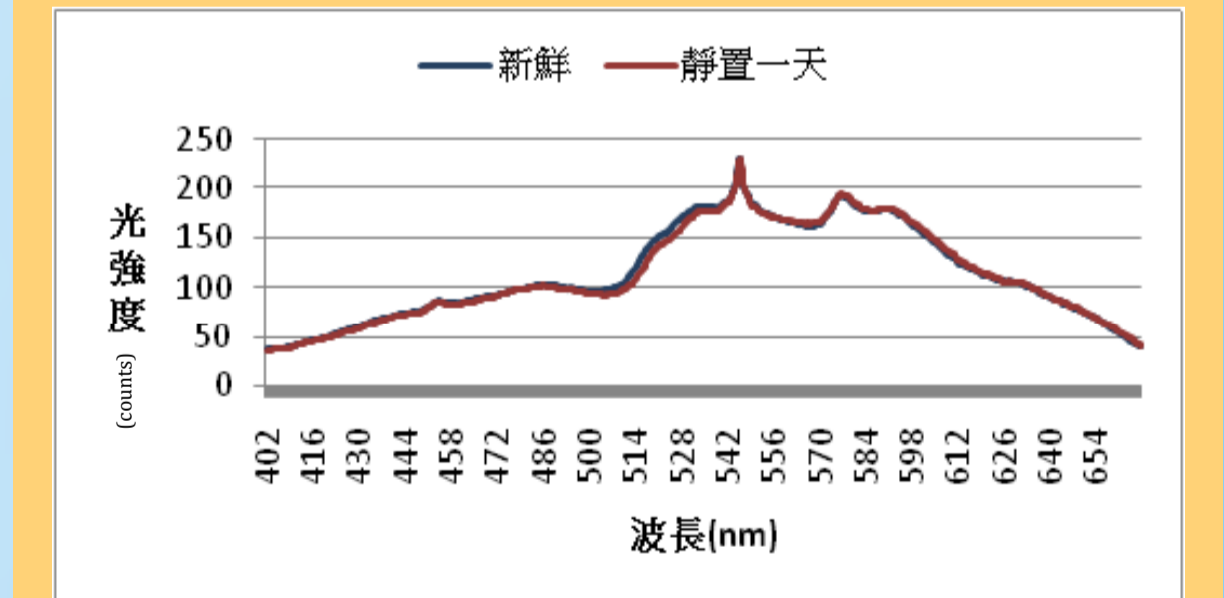


圖1-11：靜置一天與馬上研磨的光譜比較

研究三：常溫研磨的萃取方式是否適用其他蔬菜？

[3-1]對於青椒螢光物質的萃取

作法：以青椒：椰子油=1g:2.3ml比例，作常溫研磨20分鐘的萃取，在紫外光下拍照。

結果：如圖1-12，紫外光燈下的油層，並沒有參考資料中的橘紅色螢光出現。

討論與改進：

在前面的實驗時，我們發現同樣10g的青椒泥與紅蘿蔔泥的體積差異很大，因此，23ml的椰子油比10g青椒的體積大很多，我們思考是否要減少椰子油的量來做實驗，或許螢光物質有溶出，但是因為油太多而顯得不容易觀察。所以我們取相同體積約6ml的椰子油再做實驗。

結果二：如圖1-13(椰子油、23毫升椰子油萃取、6毫升椰子油萃取)，6毫升椰子油萃取在紫外光燈下也能有橘紅色的螢光出現。

[3-2]以常溫研磨的方式對其他蔬果作螢光萃取的測試。

作法：將蔬果磨成泥或切碎取10公克，以等體積的油量作萃取，並以紫外光燈檢測螢光。

結果：如圖1-14，和資料上相同葡萄僅有微弱的螢光，其他蔬果都能萃取出與之前作品相同顏色的螢光。

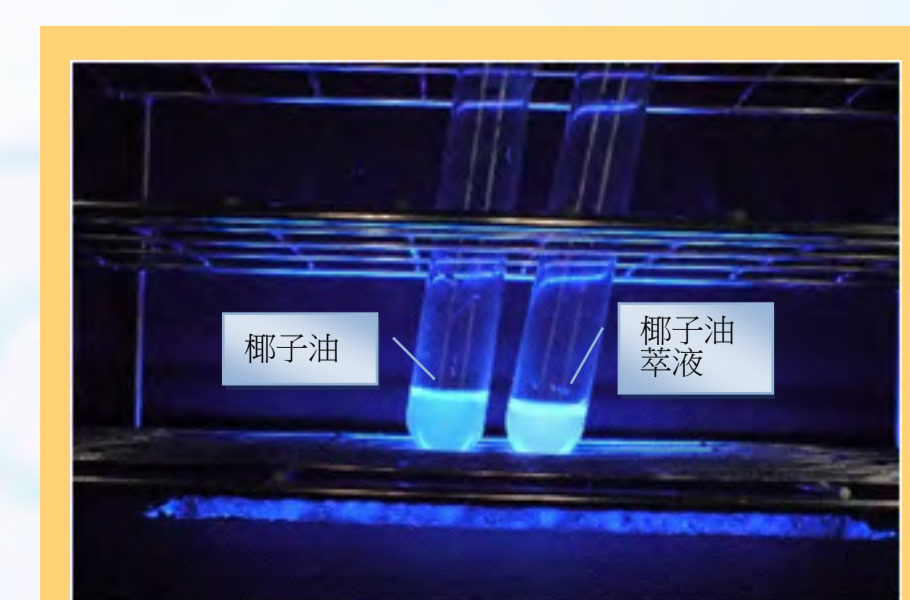


圖1-12：常溫萃取青椒螢光物質的結果

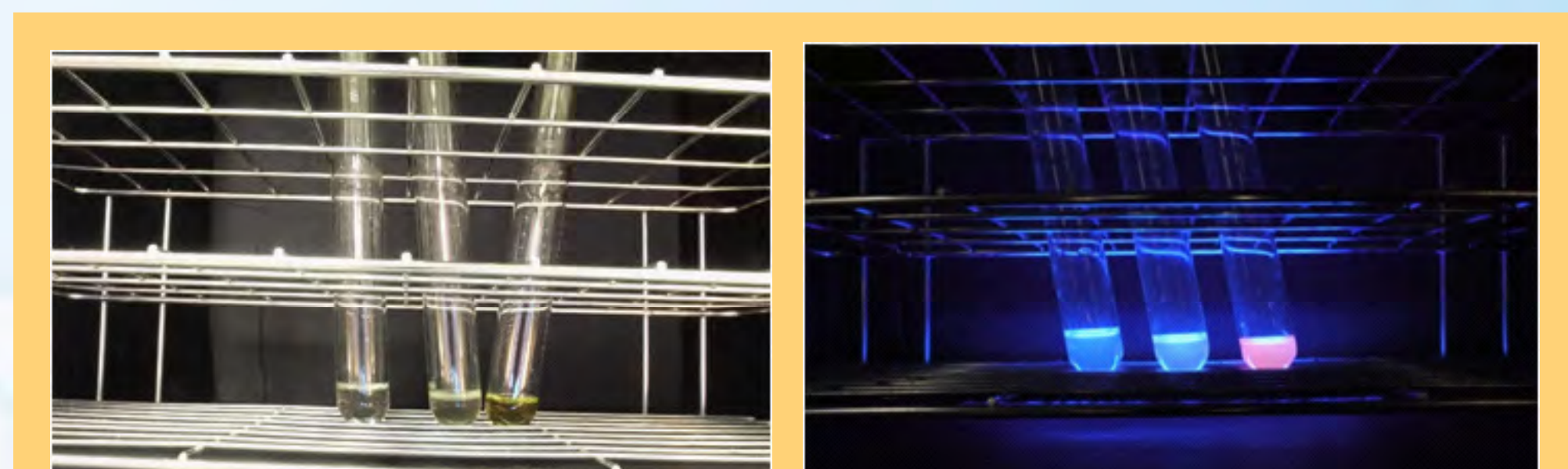


圖1-13：不同椰子油量萃取的原始圖與紫外光下圖形，依序為椰子油、23毫升椰子油萃取、6毫升椰子油。



圖1-14：常溫萃取其他蔬果螢光物質的結果

## 二、萃取豬籠草藍色螢光物質的探究

### 研究四：以紫外光燈測試豬籠草瓶口是否有螢光物質

#### 討論：

由泛科學文章知道，豬籠草在紫外光燈下會產生藍色螢光，並主要分布在瓶口。因此，我們想先以紫外光燈照射，並以相機拍下豬籠草在紫外光燈下的照片，以確認是否真的有螢光。

#### 方法：

在暗箱中，以T8紫外光燈照射豬籠草虎克、米蘭達，並以相機拍下照片。

#### 結果：

如圖2-1、2-2，米蘭達豬籠草在瓶口部分出現了藍色的螢光，因此當成研究對象，後面以米蘭達稱呼。

### 研究五：以椰子油萃取豬籠草藍色螢光物質的可能性

#### 方法：

1. 取品種為米蘭達的豬籠草瓶口1g，洗淨後擦乾。
2. 以剪刀剪碎後再以研鉢磨碎。
3. 加入5ml椰子油並混合均勻。
4. 以LED紫外光燈手電筒測試是否有藍色螢光產生。

#### 結果：

如圖2-3。

### 研究六：以乙醇加入椰子油與豬籠草的混合液中嘗試萃取藍色螢光物質

#### 方法：

1. 以5ml的乙醇，加入米蘭達豬籠草：椰子油 = 1g:5ml的混合液中。
2. 混合均勻後以LED紫外光燈手電筒測試乙醇層是否有藍色螢光產生。

#### 結果：

如圖2-4、2-5。

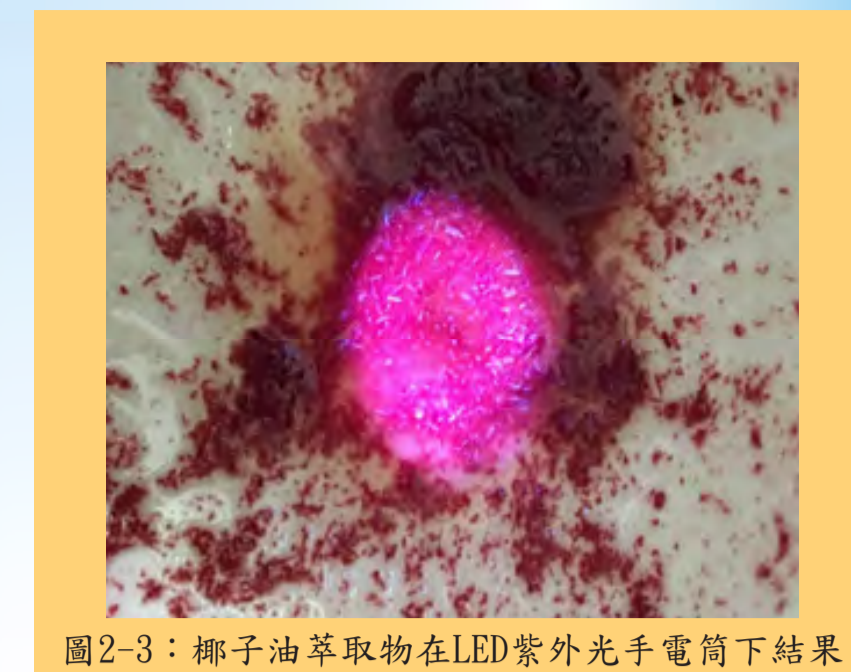


圖2-3：椰子油萃取物在LED紫外光手電筒下結果

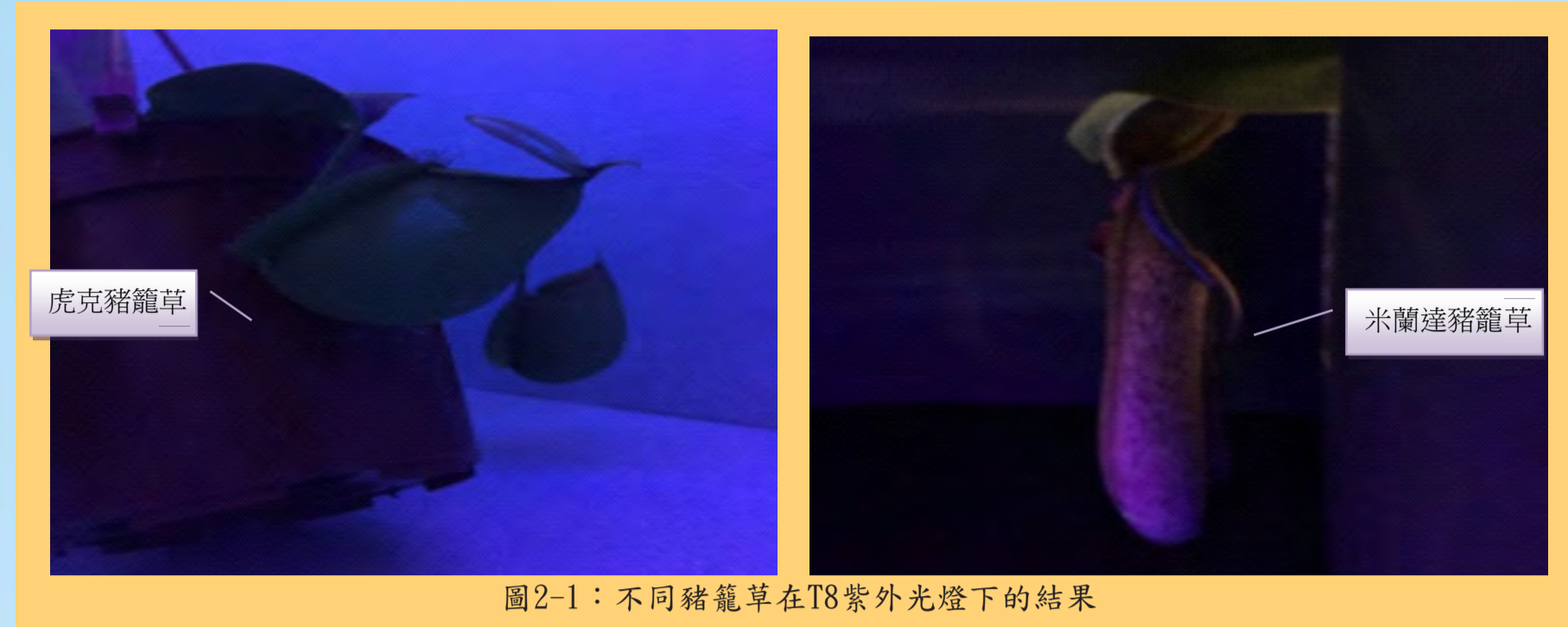


圖2-1：不同豬籠草在T8紫外光燈下的結果



圖2-2：不同豬籠草在LED紫外光手電筒下的結果

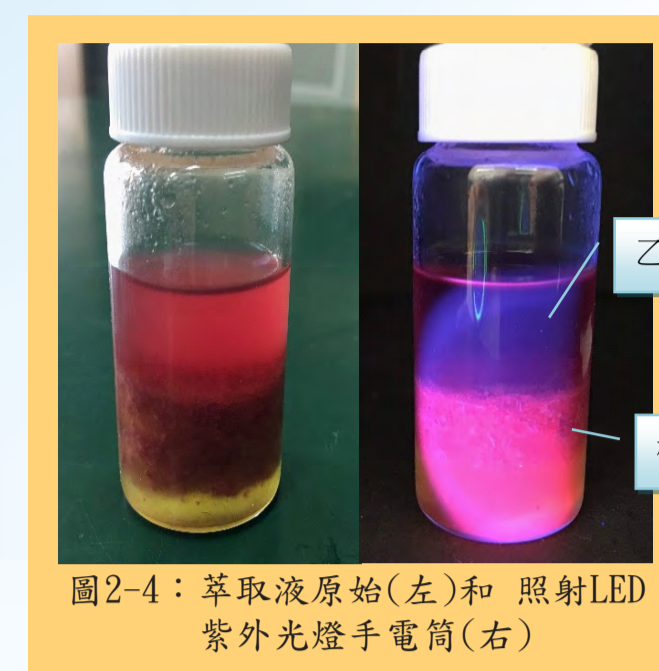


圖2-4：萃取液原始(左)和照射LED紫外光燈手電筒(右)

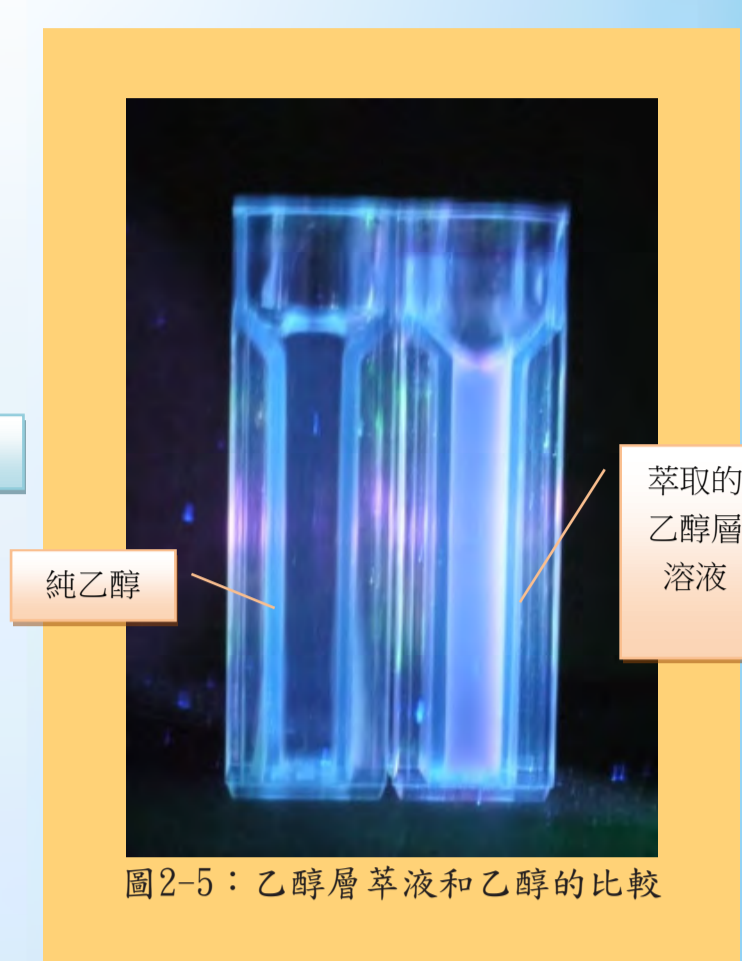


圖2-5：乙醇層萃取和乙醇的比較

### 研究七：不同乙醇的比例對萃取藍色螢光物質的影響。

#### 方法：

1. 取品種為米蘭達的豬籠草瓶口三份，每份各1g，洗淨後擦乾。
2. 分別以剪刀剪碎後再以研鉢磨碎。
3. 各加入5ml椰子油並混合均勻。
4. 分別加入乙醇5ml、7.5ml、10ml。
5. 各取乙醇的萃取液1.5ml放於方形試管中，並以LED紫外光燈測試。

#### 結果：

如圖2-6。

### 研究八：不同乙醇比例的萃取液的光譜比較。

#### 方法：

將前述樣品，進行光譜圖形拍攝，以imageJ作圖分析。

#### 結果：

1. 乙醇為7.5ml、10ml時，在藍光區段中的430-480nm的圖形差不多，但加入乙醇為10ml時，480nm附近波峰較高。
2. 紅光區段的波峯，在乙醇7.5ml較高，而增加到10ml時，波峯有下降的現象。
3. 乙醇量為7.5ml、10ml的圖形中，乙醇比例越多，藍光區段的波峯的高度會更高於紅色區段的波峯。

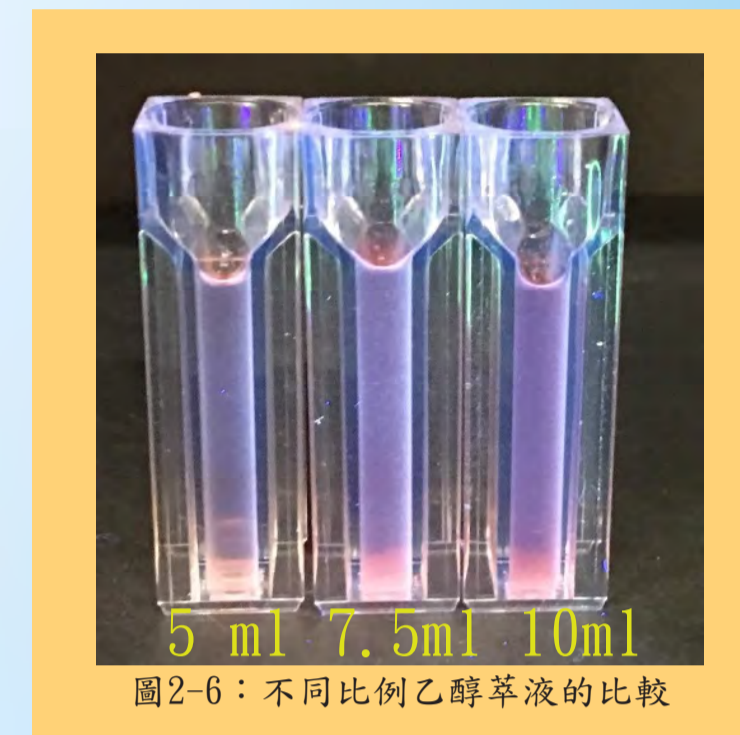


圖2-6：不同比例乙醇萃取的比較

### 研究九：不同椰子油的比例對萃取藍色螢光物質影響。

#### 作法：

1. 取豬籠草瓶口(g):椰子油(ml):乙醇(ml)=1:5:5與1:15:5作螢光物質的萃取。
2. 將乙醇層的萃取液取1.5ml放入方形試管中，拍攝光譜並比較。

#### 結果：

如圖2-9

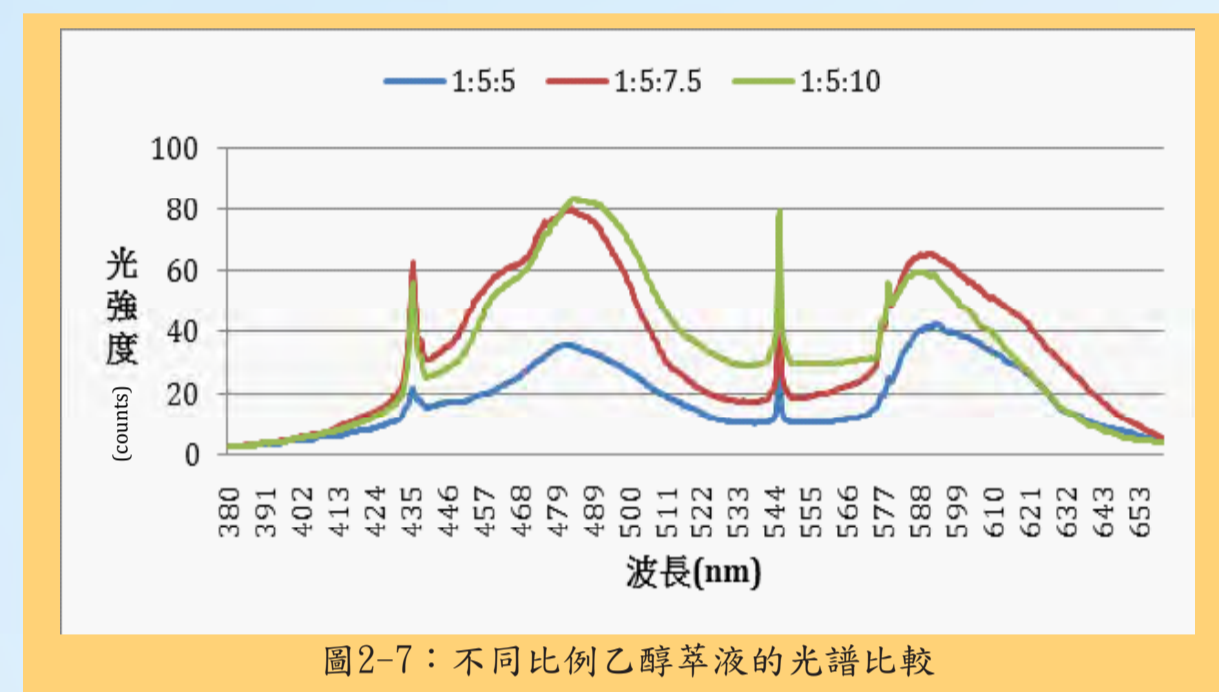


圖2-7：不同比例乙醇萃取的光譜比較

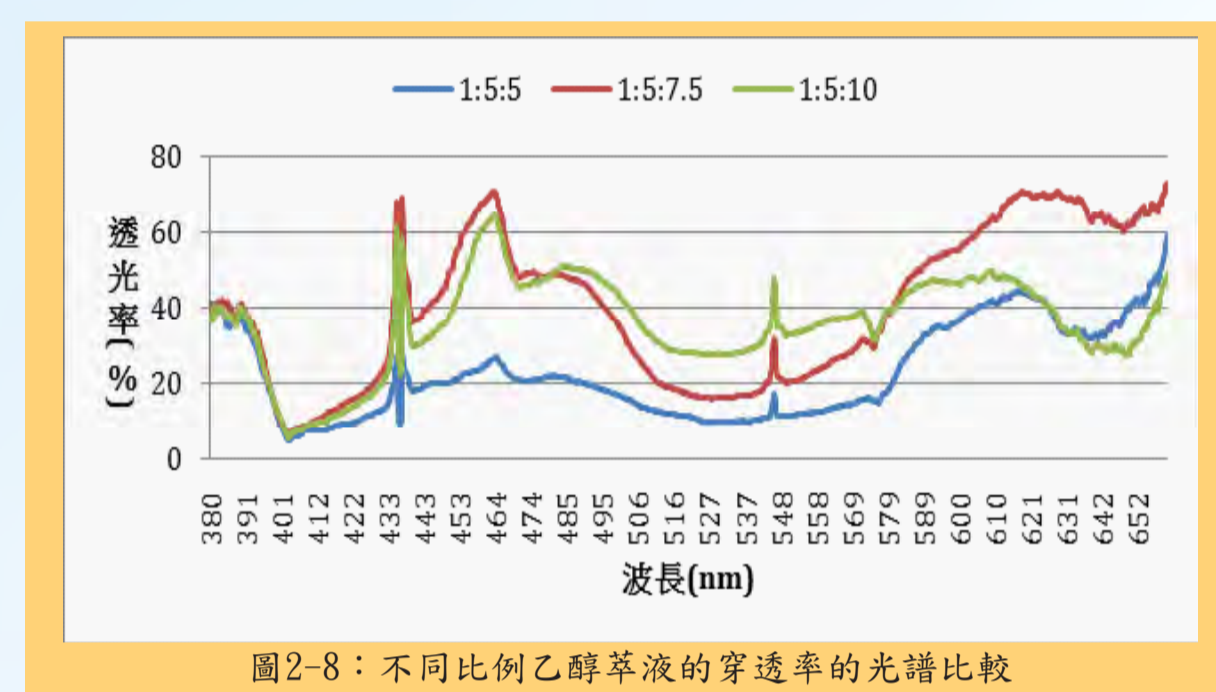


圖2-8：不同比例乙醇萃取的透射率的光譜比較

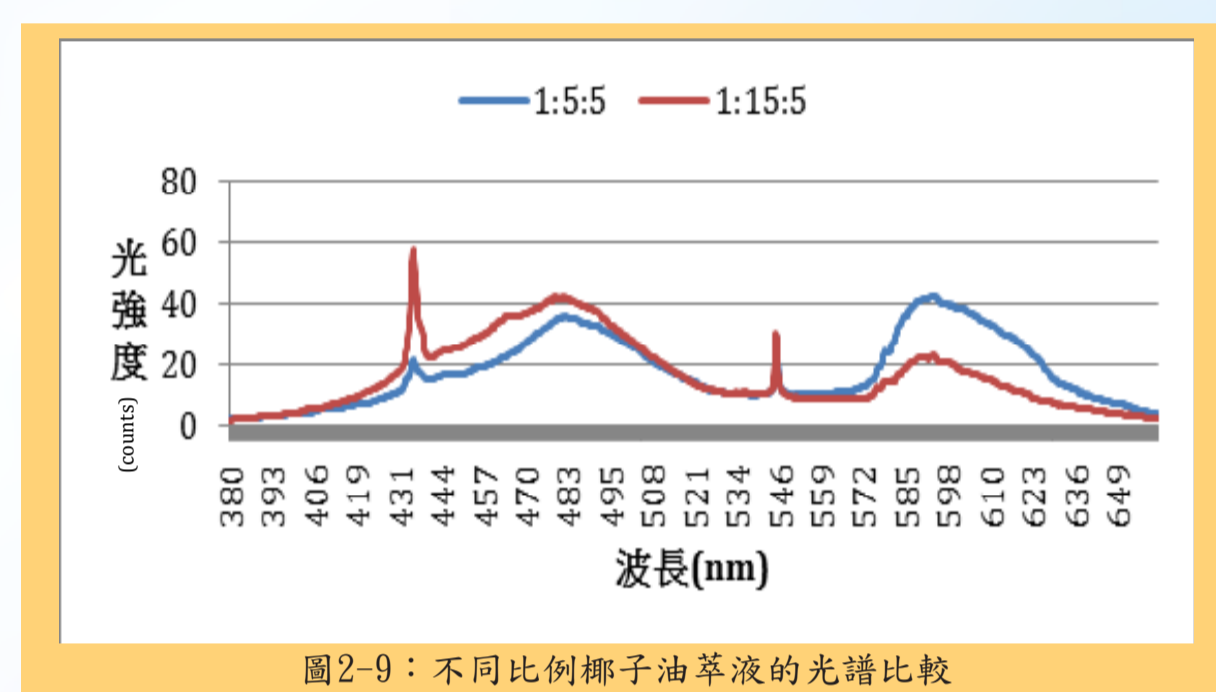


圖2-9：不同比例椰子油萃取的光譜比較

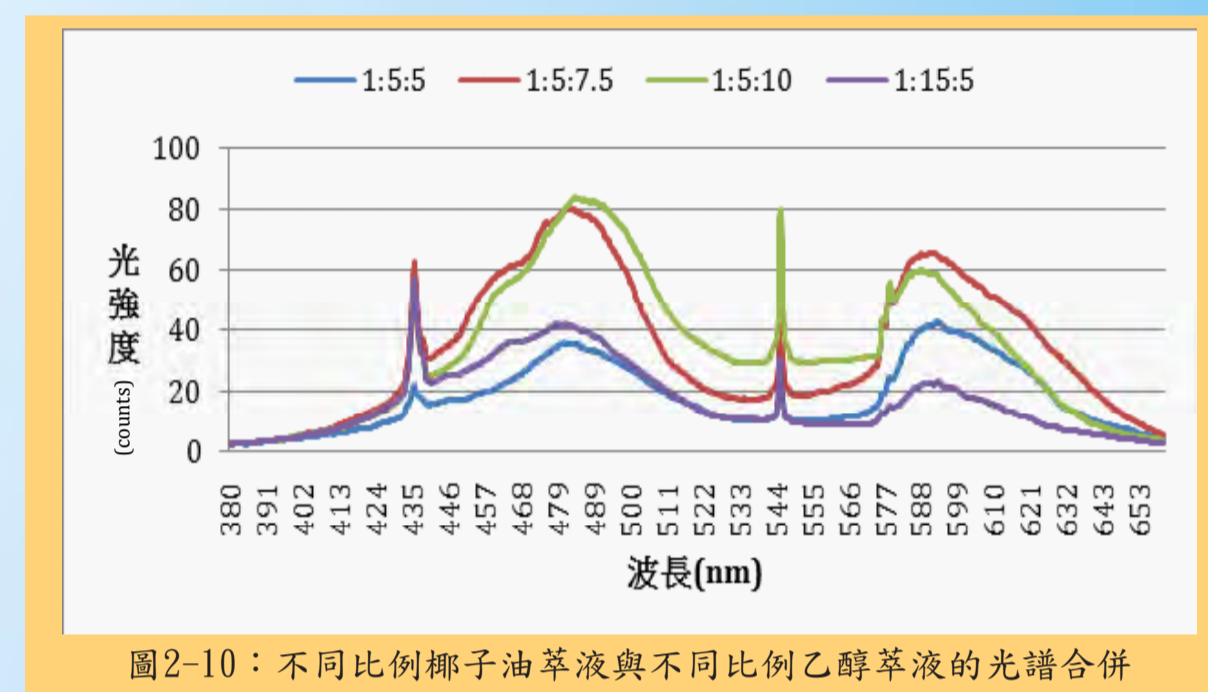


圖2-10：不同比例椰子油萃取與不同比例乙醇萃取的光譜合併

### 研究十：以椰子油10ml改變乙醇的量對於藍色螢光物質的萃取。

#### 方法：

1. 將豬籠草瓶口(g):椰子油(ml):乙醇(ml)=1:10:10、1:10:15、1:10:20作萃取。
2. 將不同的乙醇層取1.5ml作光譜的比較。

#### 結果：

如圖2-11

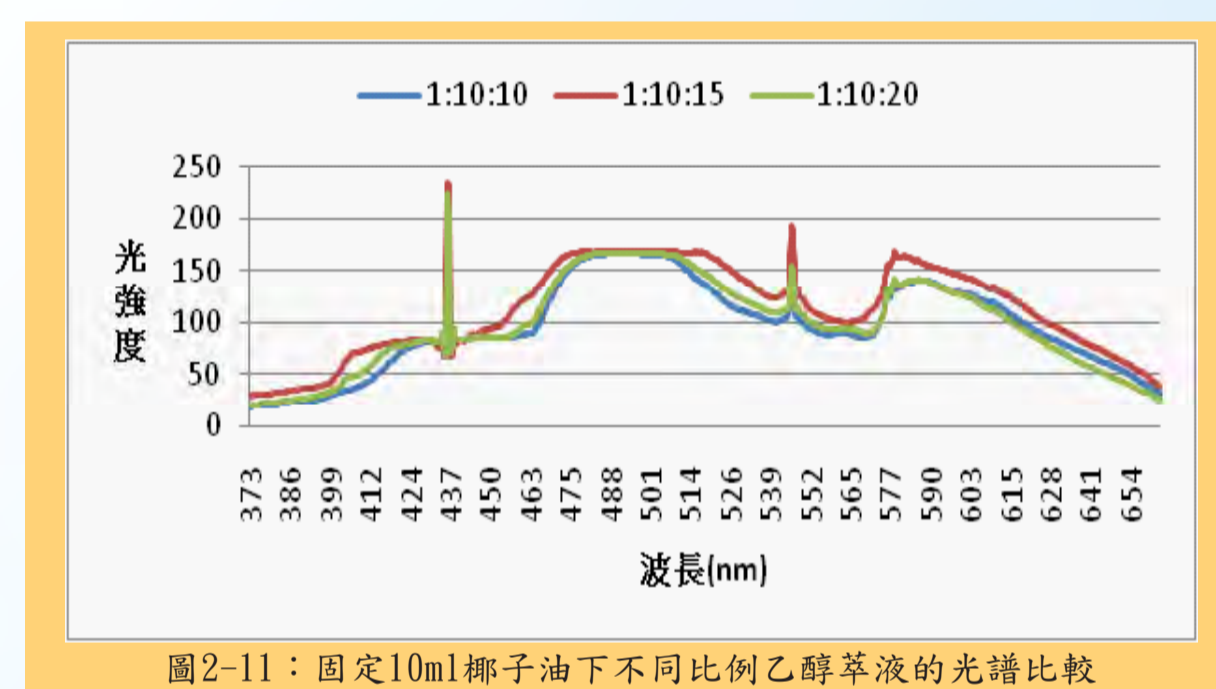
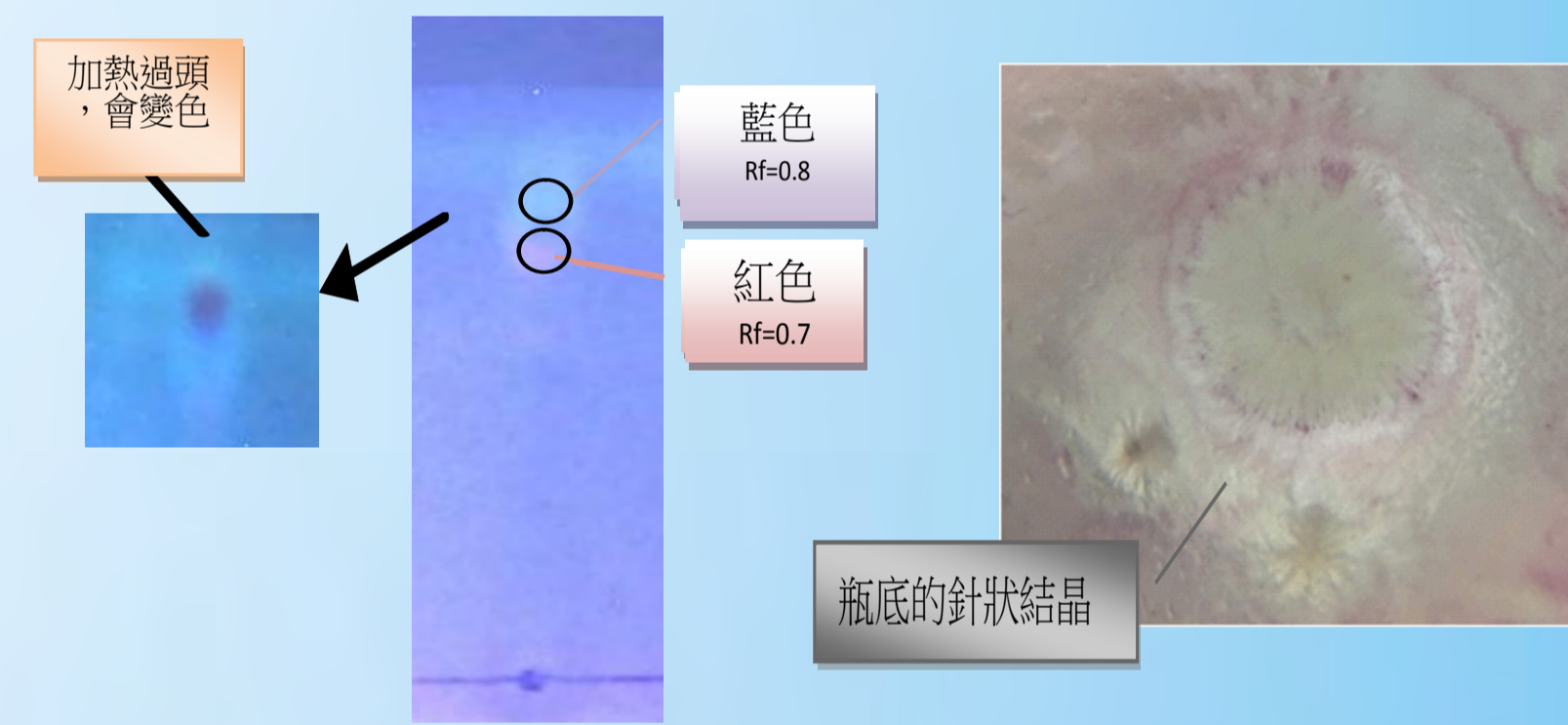


圖2-11：固定10ml椰子油下不同比例乙醇萃取的光譜比較



### 研究十一：以薄層分析乙醇萃取液是否有各種物質？

#### 方法：

1. 以毛細管取部份1:10:10的乙醇層樣品點在矽膠片上。
2. 將矽膠片放入底部有酒精展開液的瓶子中，並將瓶蓋蓋上。
3. 等待酒精液面到達一定高度時，將片子取出。
4. 乾燥後置於UV燈下觀察。

#### 結果：

如右圖

### 研究十二：1:10:10乙醇層萃取液的再結晶。

#### 方法：

1. 取1:10:10乙醇層萃取液10ml，純化後備用。
2. 將樣品和一瓶乾淨的乙醇，兩者冰入冷凍庫過夜。
3. 隔天早晨，將過濾架與漏斗裝置好，濾紙以乙醇潤濕，將器材整組冰入冷凍庫。
4. 中午時，在冷凍庫中，將樣品倒入漏斗中過濾，並以低溫乙醇沖洗直到濾紙上的淡紅色消失，只殘留白色粉狀物。
5. 將要收集的瓶子先秤重，在冷凍庫中換上秤重後的收集瓶，將整組器材拿到室溫中，再用常溫的乙醇將白色粉狀物沖下濾紙並收集起來。
6. 透過電扇吹一晚，瓶內剩透明油狀物，秤重並扣除瓶子重算出樣品重量。
7. 以適量酒精2-3ml溶解，並將瓶子以衛生紙包覆好，置於冰箱中。
8. 隔天取出觀察。

#### 結果：

1. 如圖2-12，下方有粒狀的白色顆粒出現，並沒有結晶。
2. 透過三次將1:10:10的乙醇萃取液10ml純化並過濾，平均拿到透明油狀物0.02g。
3. 如上方最右邊的圖，可以得到針狀的白色結晶，之後實驗都稱為結晶K。

### 研究十三：再次確認針狀結晶K是否發出藍色的螢光。

#### 方法：

1. 將0.02g的結晶K，加入2ml的乙醇。
2. 取1ml於紫外燈暗室下與純乙醇作比較。
3. 取1.5ml於方形試管中，並分析光譜。

#### 結果：

1. 如圖2-13、圖2-14、圖2-15，結晶K在紫光區域410nm附近有吸收，且圖2-14中藍光區段430-470nm的波長區間。

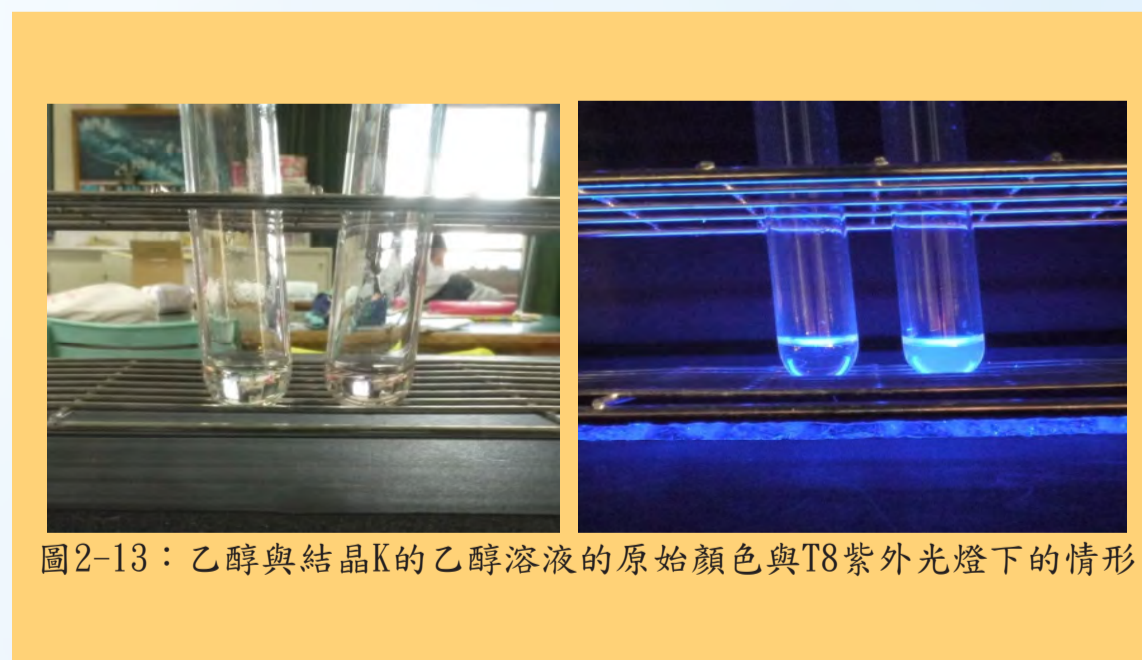


圖2-13：乙醇與結晶K的乙醇溶液的原始顏色與T8紫外光燈下的情形

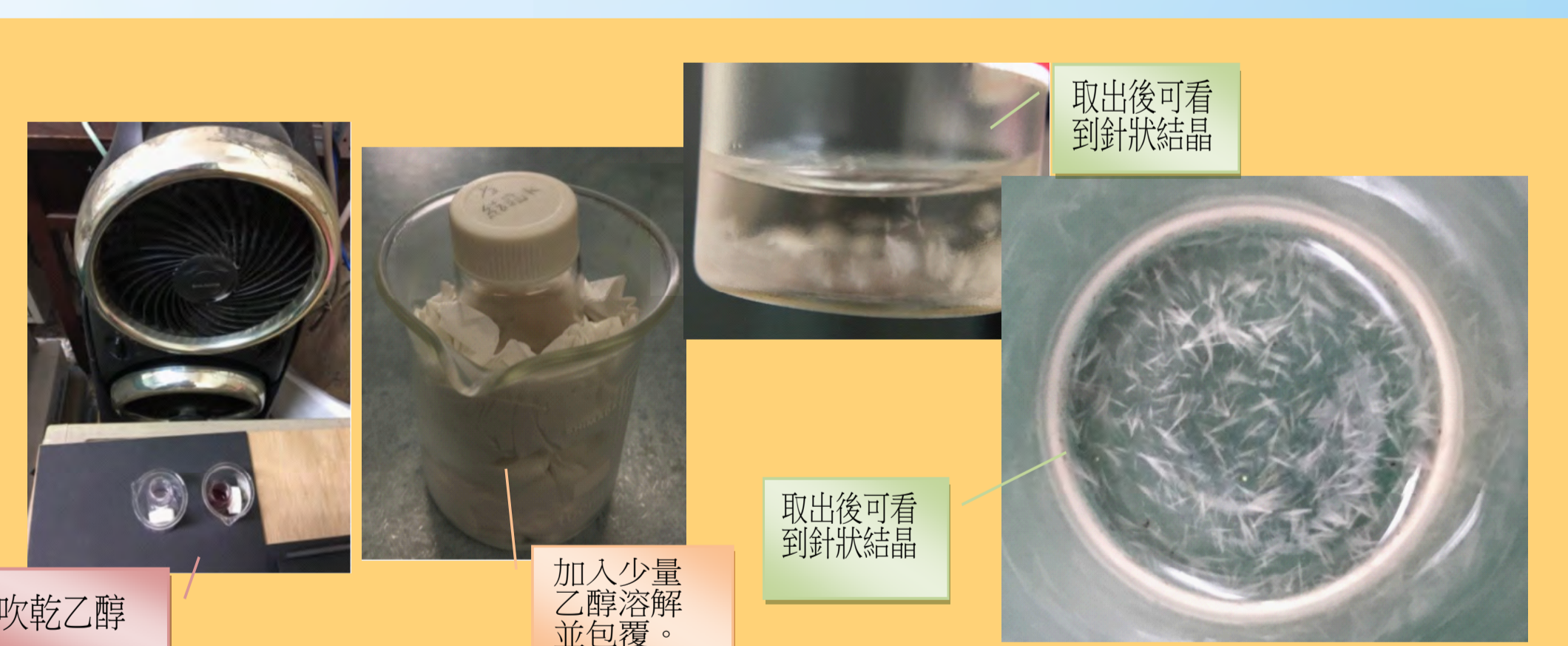
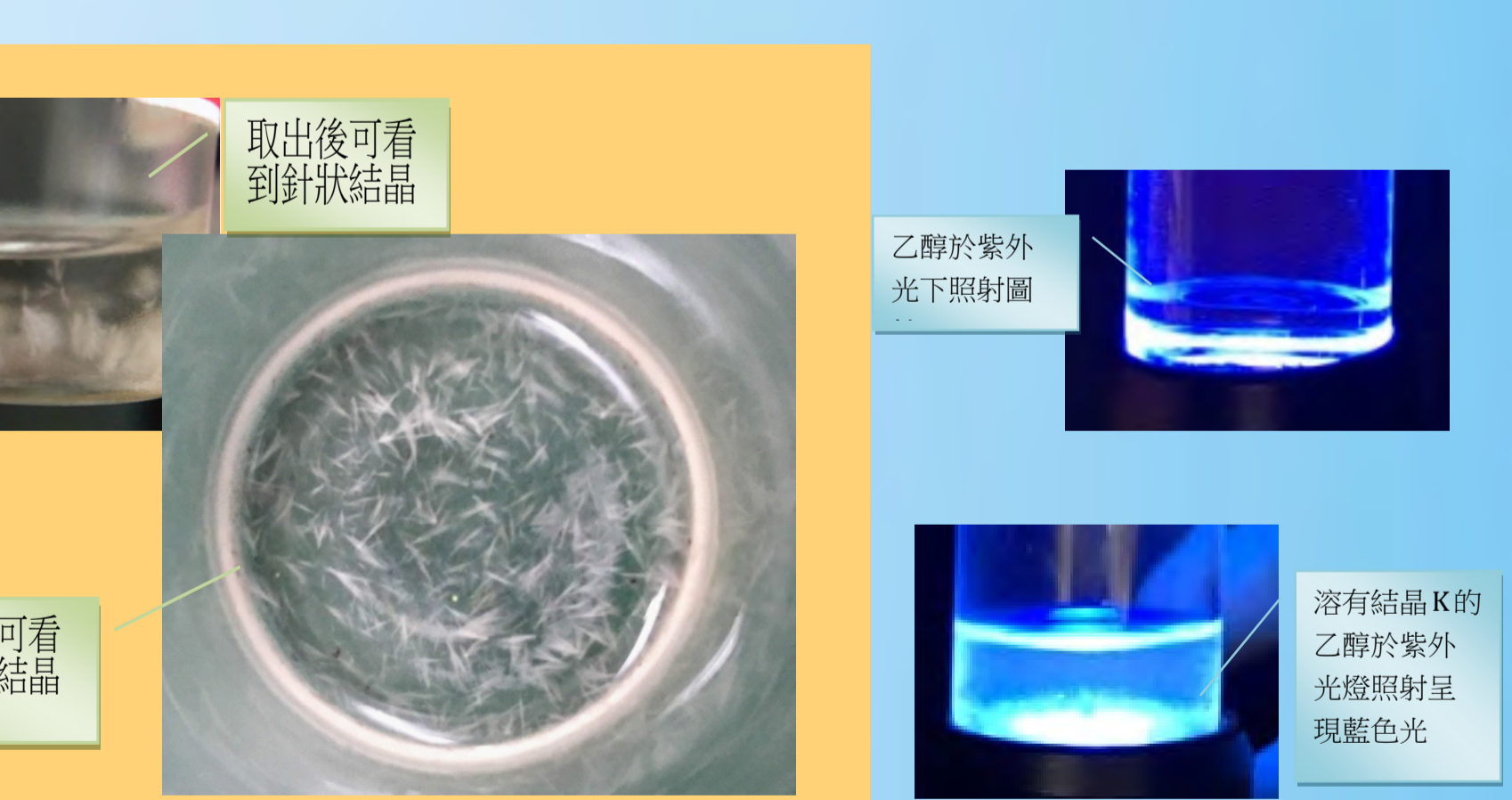
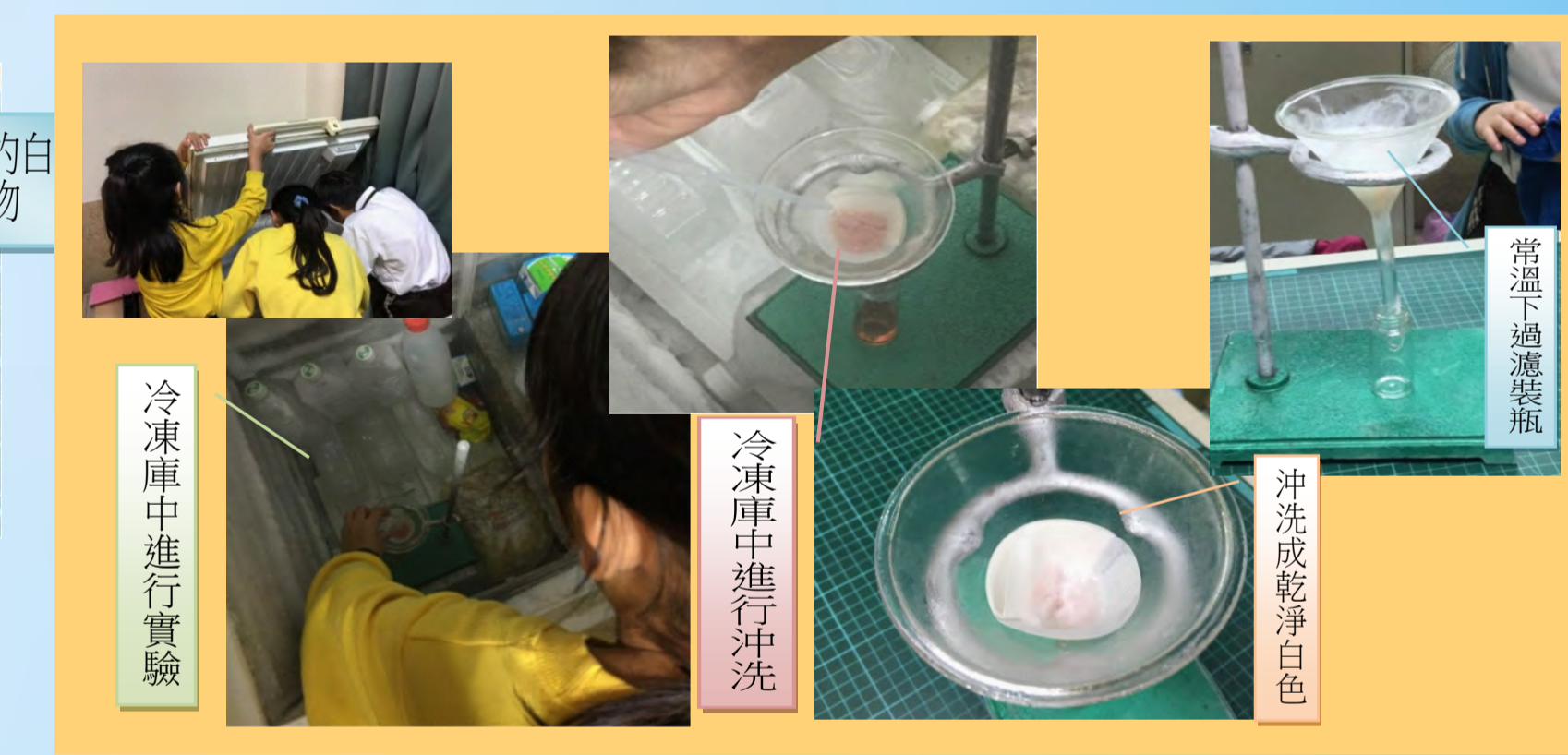


圖2-14：乙醇與結晶K的乙醇溶液的光譜比較



### 研究十四：不同溫度對結晶K對的螢光變化。

#### 方法：

1. 將結晶K 0.02g加2ml乙醇備用。
2. 將瓶子置於0°C水中，等待5分鐘。
3. 抽取1.5ml置於方形試管中，測試光譜三次。
4. 重複2-3步驟，但溫度依序改為20°C、40°C、60°C。

#### 結果：

如圖2-16、2-17

### 研究十五：結晶K的螢光激發光譜。

#### 方法：

1. 將結晶K 0.02g以乙醇2ml溶解。
2. 用數位相機，以iso=1600且曝光時間為60秒拍攝。
3. 以imageJ處理光譜的光強度數值。
4. 用結晶K的光強度值扣除乙醇背景的光強度值做螢光的激發光譜。

#### 結果：

如圖2-18、圖2-19。

#### 結論：

我們在螢光激發圖譜中看到波長430-470nm有很高的波峯，與植物學期刊所記載的螢光激發波長為430-480nm相去不遠，並將結晶K送測螢光光譜儀，所得到的螢光放射光譜與我們自製的光譜儀在420nm-500nm比較如右圖，兩者測量的結果有很高的一致性。

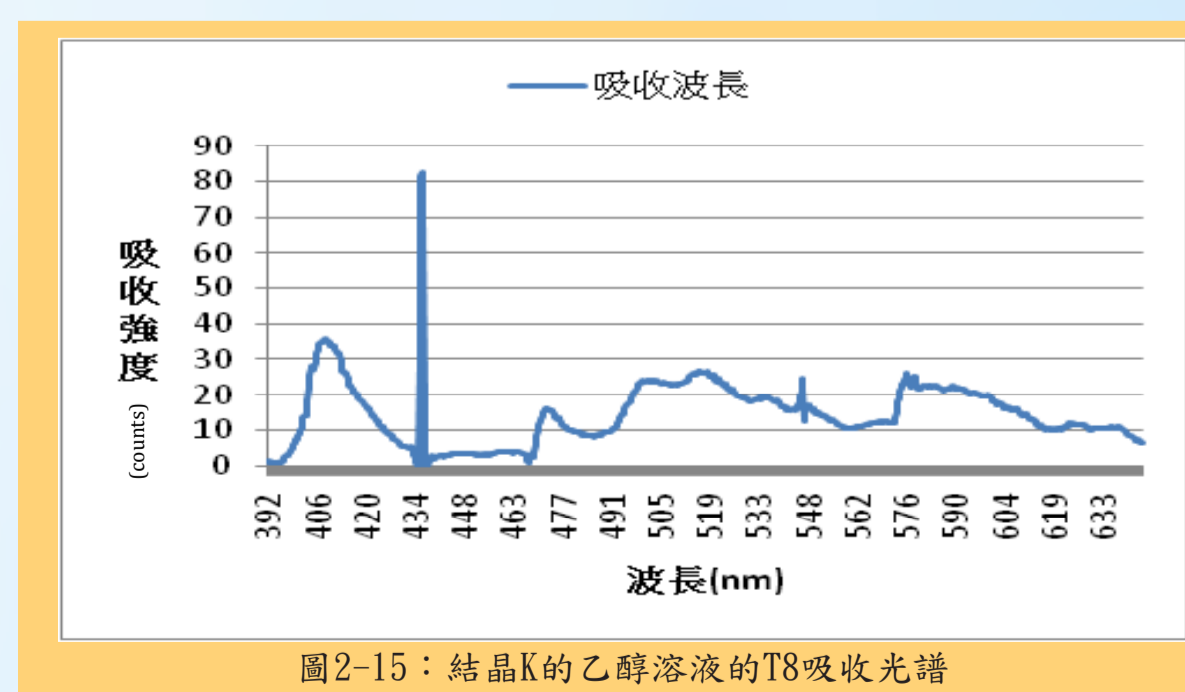


圖2-15：結晶K的乙醇溶液的T8吸收光譜

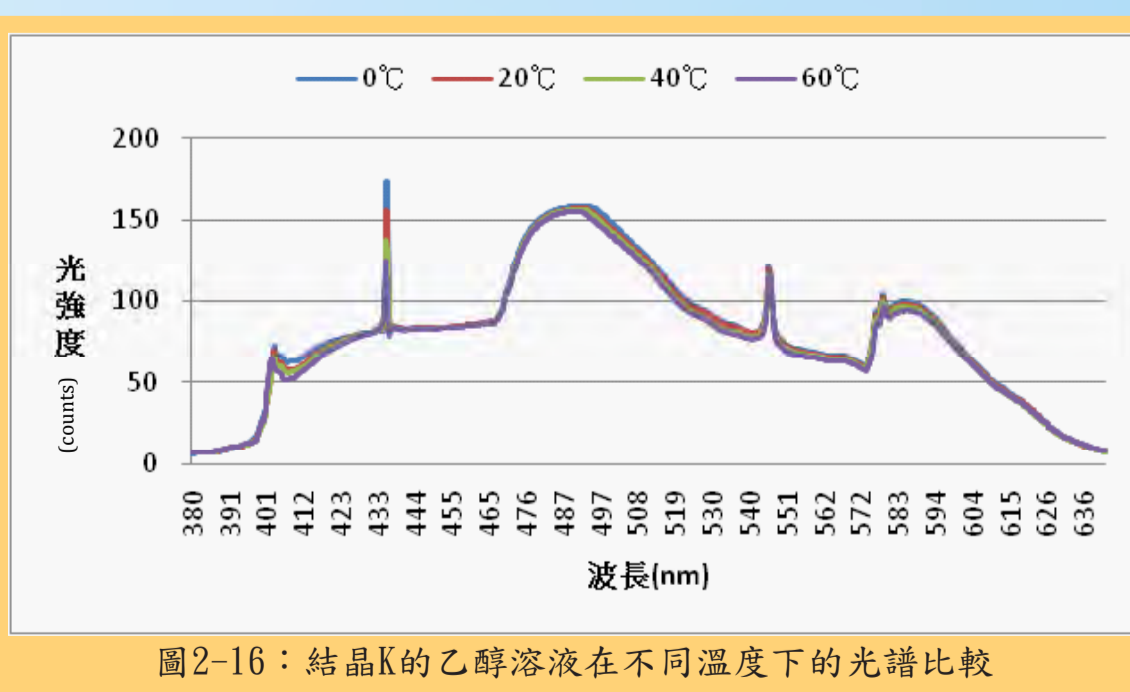


圖2-16：結晶K的乙醇溶液在不同溫度下的光譜比較

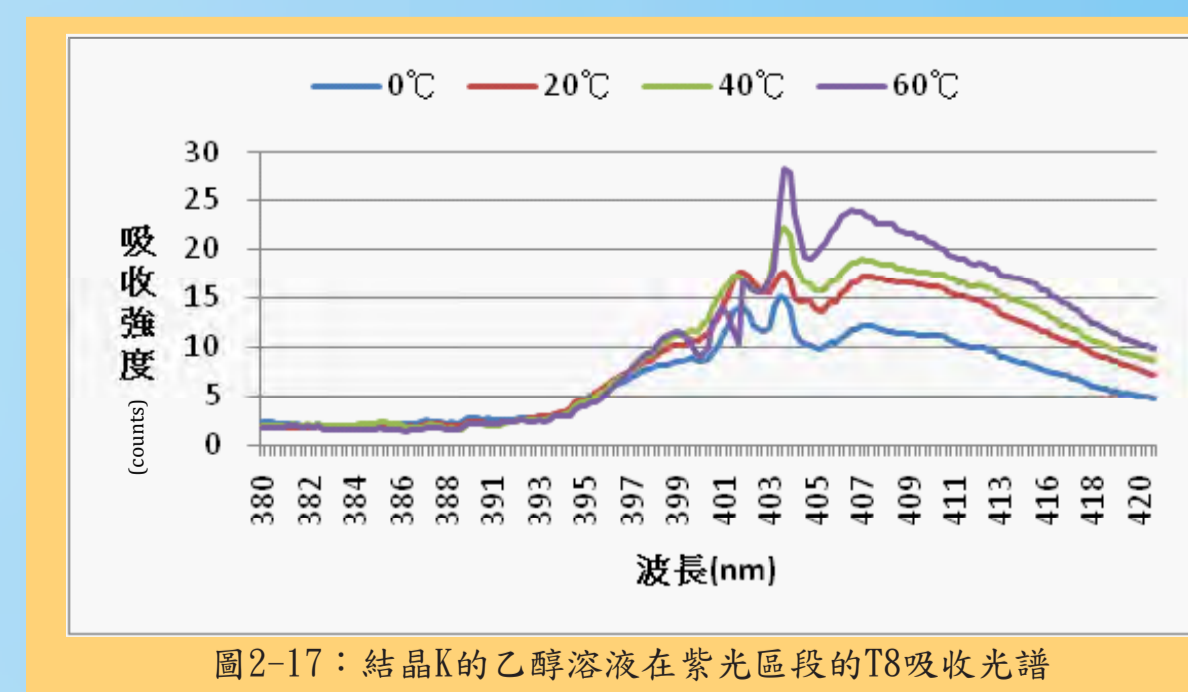


圖2-17：結晶K的乙醇溶液在紫光區段的T8吸收光譜

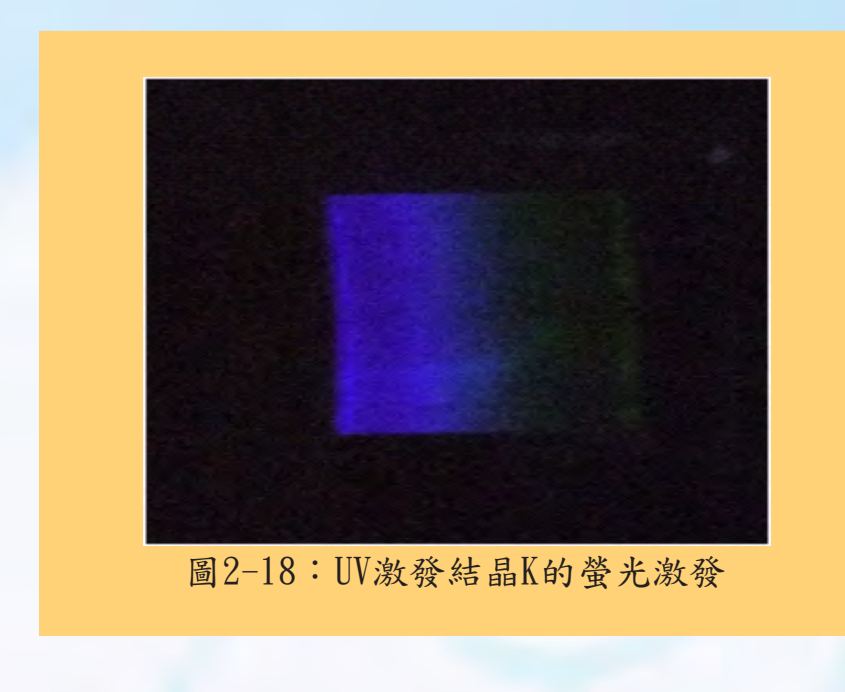


圖2-18：UV激發結晶K的螢光激發

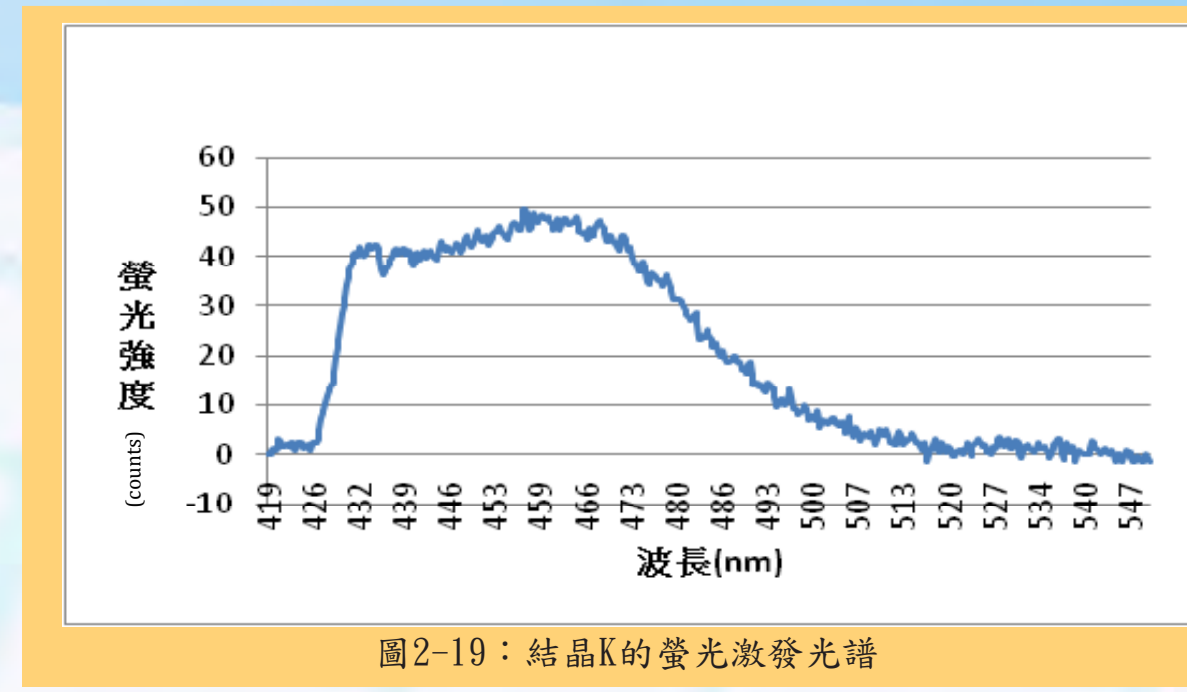


圖2-19：結晶K的螢光激發光譜

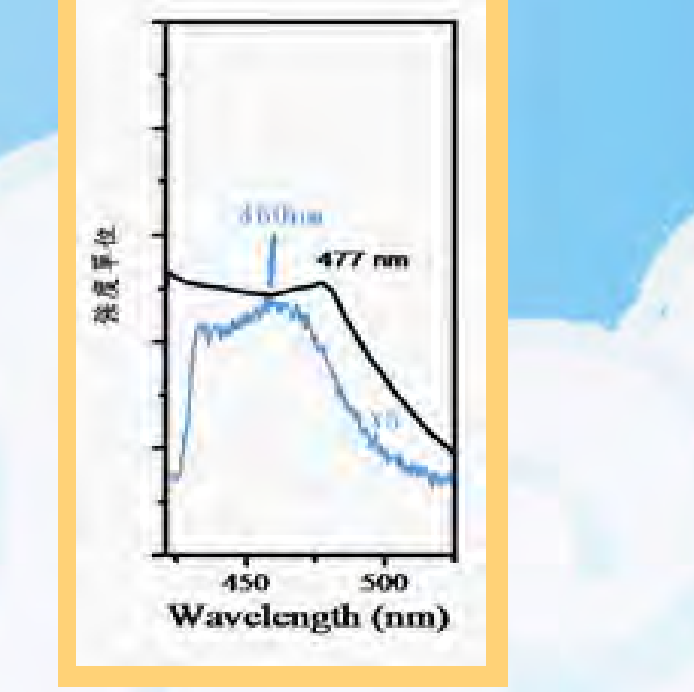


圖2-19：結晶K的螢光激發光譜

### 研究十六：結晶K是否也存在豬籠草瓶身中？

作法：

1. 按照前述1:10:10瓶口萃取螢光物質的方式，將實驗材料改為1g的瓶身。
2. 取萃取乙醇層與標準的結晶K作薄層分析的比較，以確認是否有結晶K的存在。

### 研究十八：是否能從瓶身與乾枯瓶口的乙醇萃取液取得結晶K？

方法：

透過前面冷凍過濾的方式，取出白色粉狀物，再與結晶K作圖譜的比較。

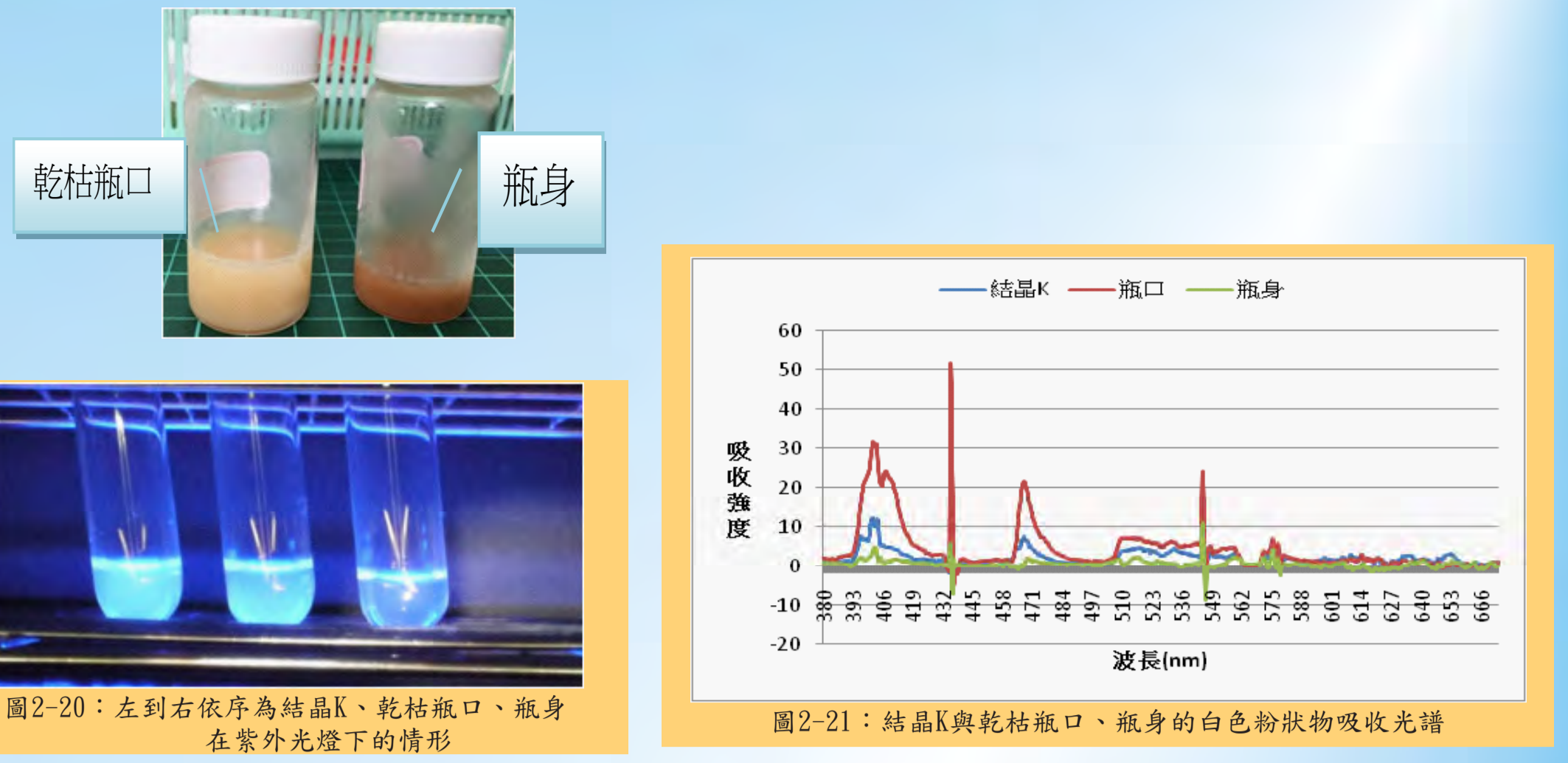
結果：



### 研究十七：結晶K是否也存在乾枯的豬籠草瓶口中？

作法：

1. 按照前述1:10:10瓶口萃取螢光物質的方式，將實驗材料改為1g的乾枯瓶口。
2. 取萃取乙醇層與標準的結晶K作薄層分析的比較，以確認是否有結晶K。



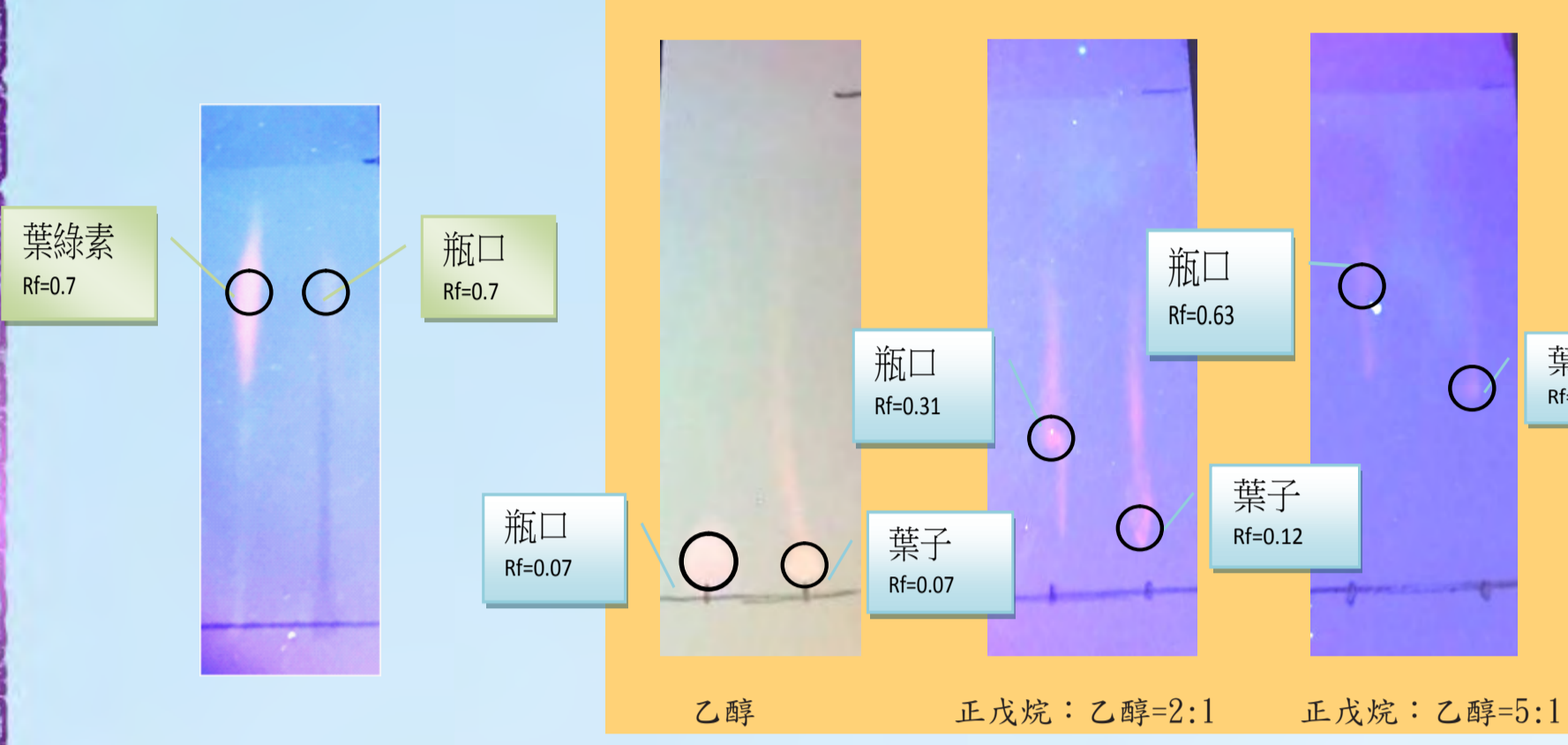
## 三、豬籠草其他螢光物質的探究

### 研究十九：乙醇萃取液上觀察到的紅色螢光是葉子上的葉綠素嗎？

作法：

1. 取1g米蘭達葉子，洗淨後磨碎加入10ml椰子油混合均勻。
2. 加入10ml乙醇混合。
3. 取乙醇層萃取液。
4. 將瓶口與葉子的乙醇層萃取液各以毛細管取部份點於矽膠片上。
5. 將矽膠片置於有乙醇展開液的瓶中，待乙醇到一定高度，取出乾燥以UV燈觀察。

結果：



### 研究二十：瓶口在椰子油層的紅色螢光跟葉子的葉綠素相同嗎？

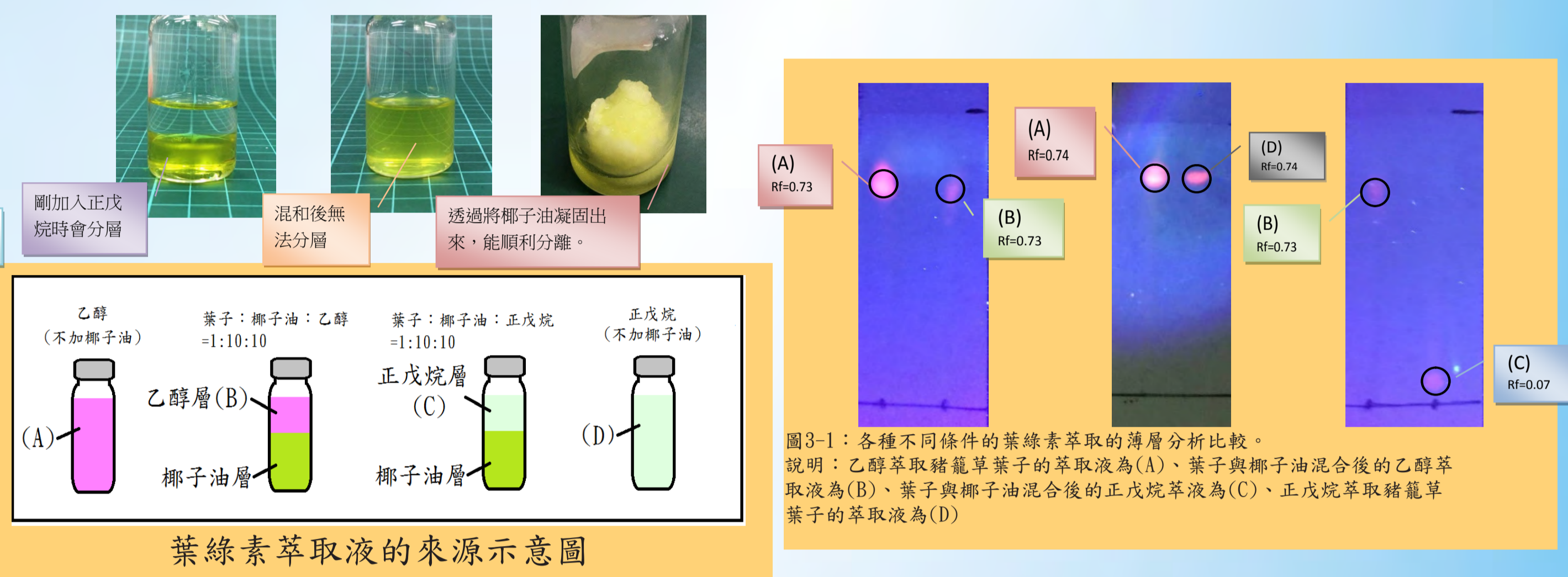
方法：

1. 用正戊烷萃取瓶口椰子油層，並用溫度差將正戊烷分離出來。
2. 用正戊烷萃取葉子椰子油層，並用溫度差將正戊烷分離出來。
3. 用薄層分析以乙醇當展開液，比較瓶口和葉子的正戊烷萃取液兩者的差異。

### 研究二十一：不同方式萃取的葉綠素是否會改變在薄層分析上的位置？

方法：

以薄層分析方法用乙醇展開液，比較米蘭達葉子只用乙醇和正戊烷萃取的萃取液、葉子與椰子油混合後的乙醇萃取液、葉子與椰子油混合後的正戊烷萃取液。



討論：

1. 由(A)和(B)比較可以發現，同樣由乙醇萃取出來的葉綠素Rf值一樣，但經過先經椰子油混合後再萃取的乙醇層紅色螢光顏色較淡，說明了葉綠素更容易溶在椰子油中。為此我們查了一些資料，確認葉綠素比較容易溶於油當中。
2. (A)和(D)、(B)和(C)比較發現，原來以乙醇、正戊烷分別對先以椰子油處理後的溶液萃取出的葉綠素在相同薄層分析中，位置竟然不一樣。因此我們猜測椰子油或許會與葉綠素有某些作用，而在研究二十中瓶口溶於椰子油中的成分可能不同於葉子溶於椰子油中的成分，因此作用後薄層分析上的位置會不一樣。
3. 這樣結果也能說明在研究九中，為何加入更多椰子油會有利於藍色螢光物質的萃取，因為葉綠素比較容易溶於椰子油中，而使乙醇更有利於萃取藍色螢光物質。

## 四、豬籠草藍色螢光對於蚊子誘捕的影響

### 研究二十二：豬籠草藍色螢光對於蚊子誘捕的數量是否增加？

方法：

1. 準備兩個捕蚊器，其中一個捕蚊器燈源改以UV激發結晶K的螢光取代。
2. 將兩者放到同一間廁所捕蚊子，時間為星期五下午到星期一早上。
3. 計算兩個捕蚊器誘捕的蚊子數量，並重複步驟2三次取平均。

結果：

結晶K所散發的螢光吸引蚊蟲的平均總量37.7 隻大於捕蚊燈吸引蚊蟲的平均總量2.3隻，約為16倍之多

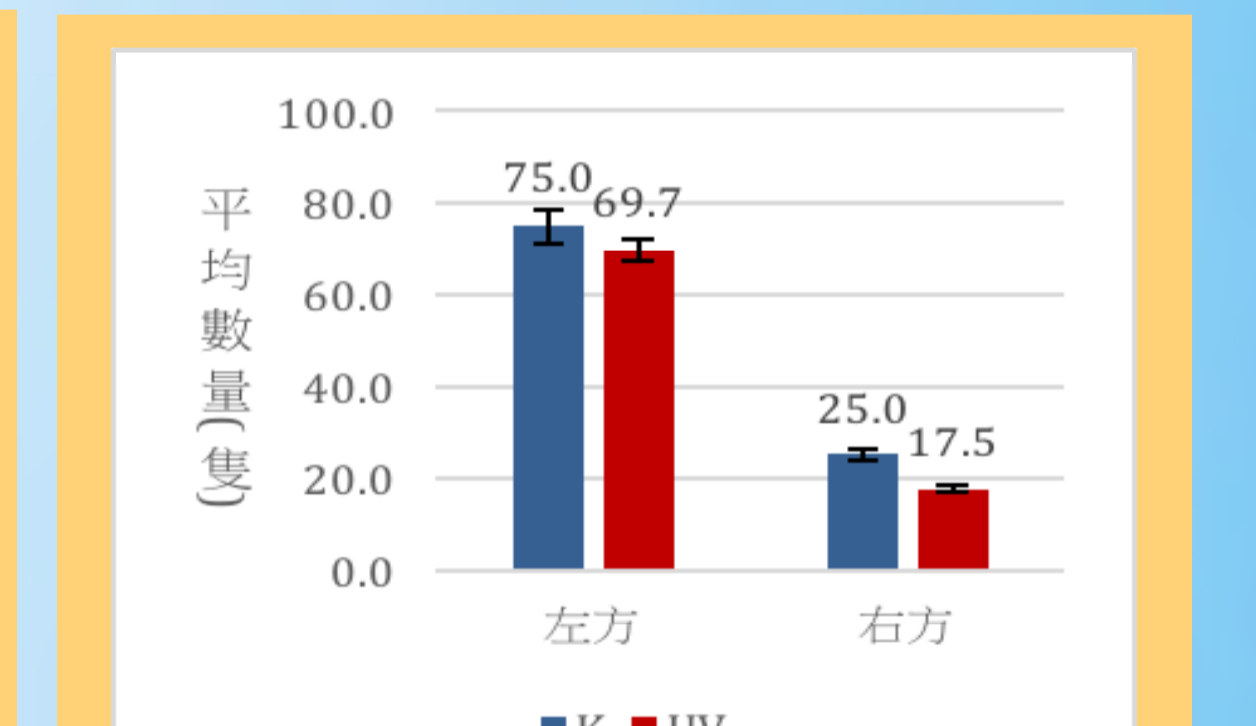
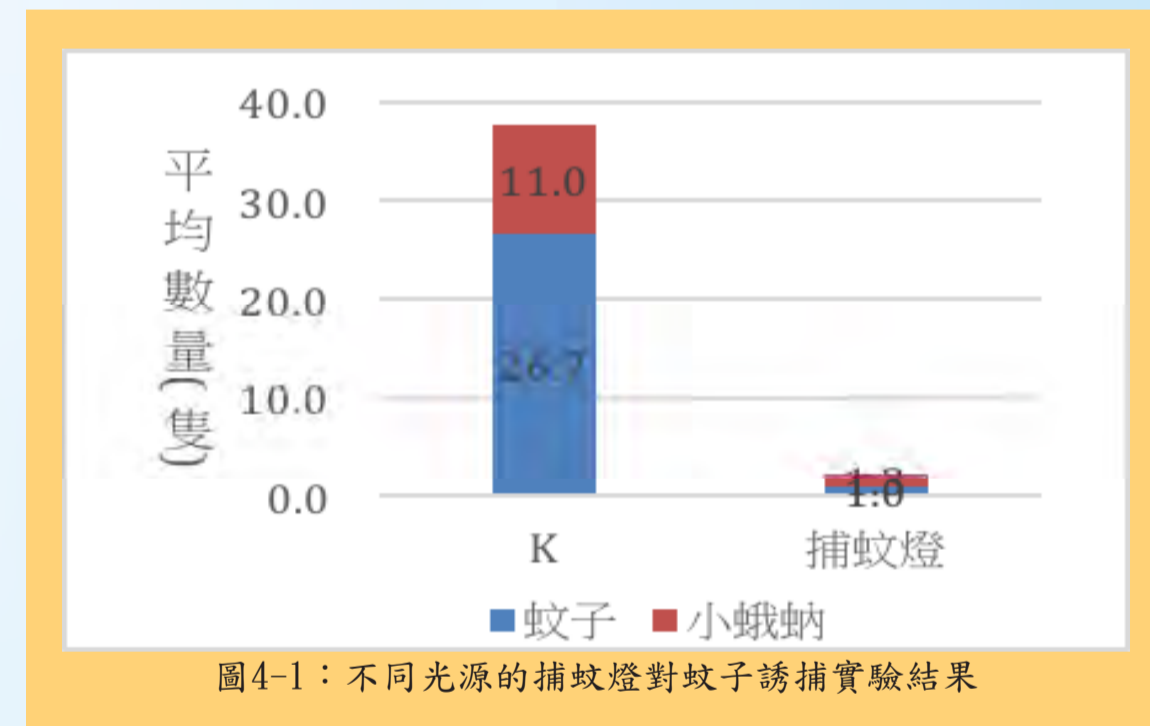
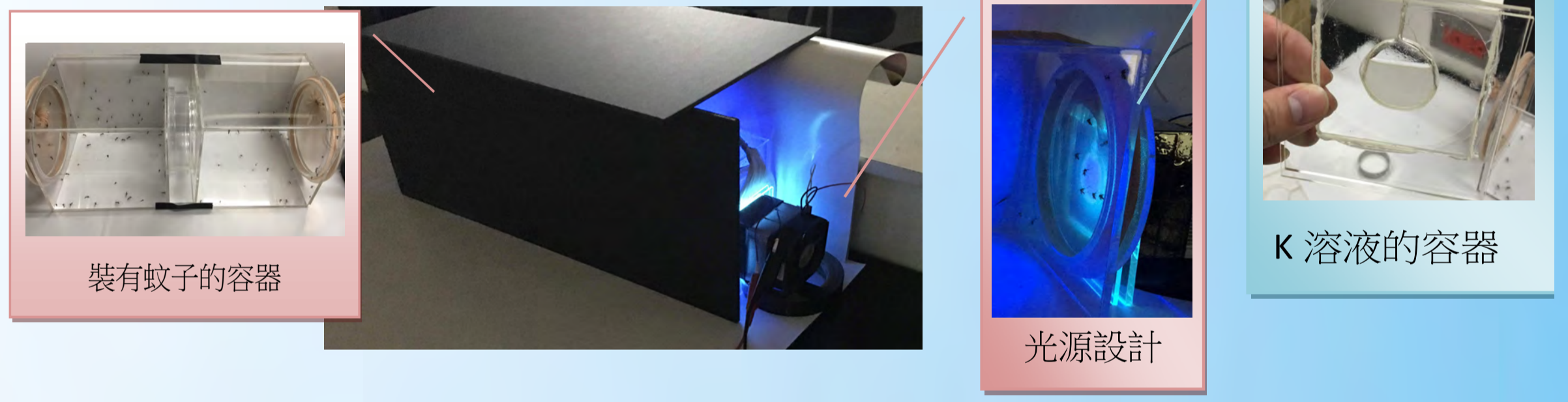
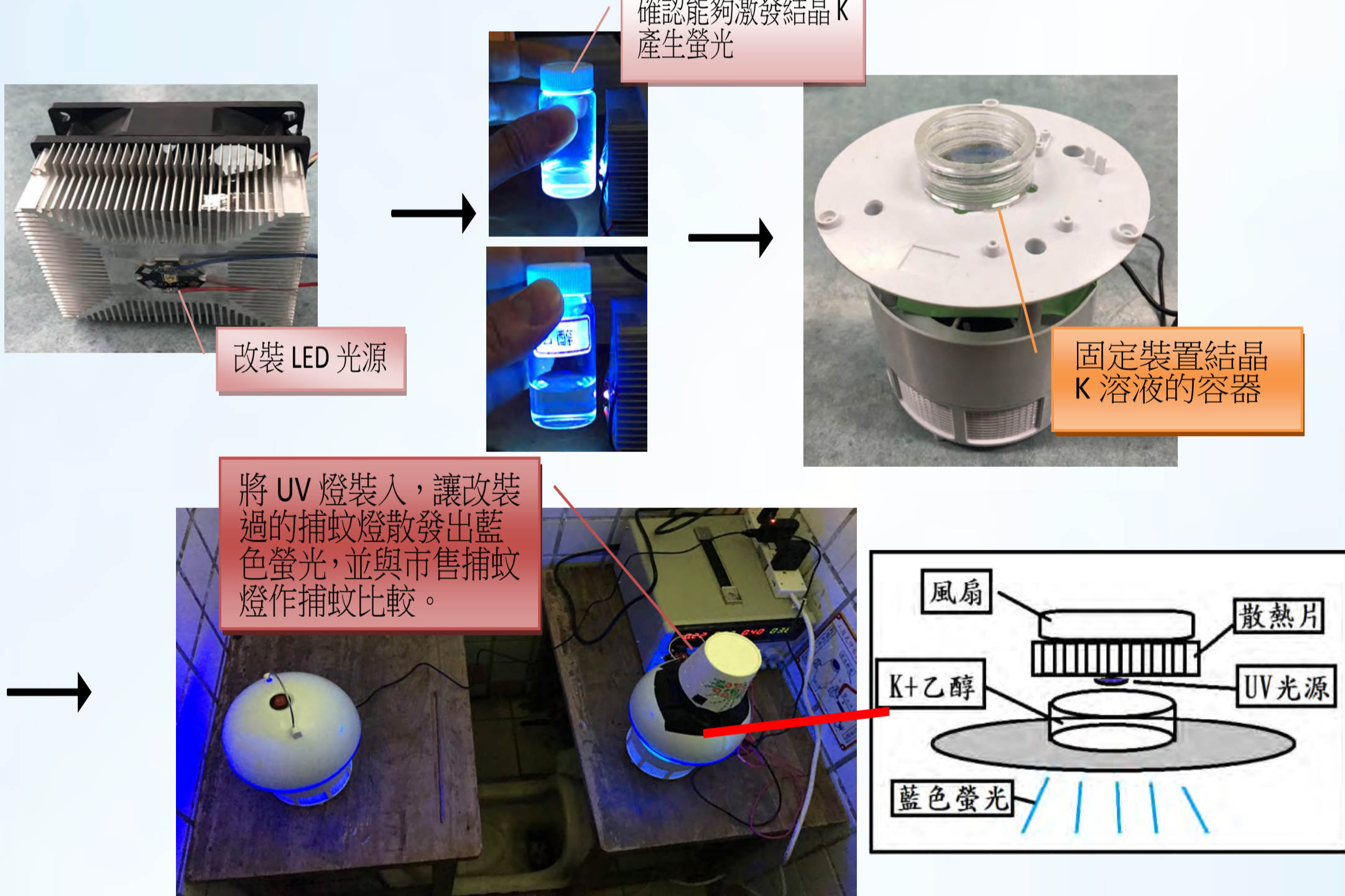
### 研究二十三：豬籠草藍色螢光對於蚊子吸引的實驗

作法：

1. 在兩個連通的透明容器中，放入白腹叢蚊、三斑家蚊、埃及斑蚊各30隻，共90隻。
2. 在容器左端，先後以UV燈激發結晶K的藍色螢光和UV燈做光源。
3. 燈亮後，每經過5分鐘拍攝照片，點數蚊子在兩邊的分佈數量，並重複三次取平均。
4. 在容器右端，先後以UV燈激發結晶K的藍色螢光和UV燈做光源，重複步驟3。

結果：

不論在左方或右方K吸引蚊子的平均數量都較多。



## 伍、結論

1. 萃取紅蘿蔔的螢光物質可以用椰子油代替沙拉油，並以常溫研磨的方式萃取出來。
2. 我們用光譜證明，常溫下用椰子油萃取紅蘿蔔的螢光物質，比起高溫萃取是比較快速且效果好的方式。
3. 以椰子油在常溫、等體積的條件下，可應用在青椒、橘子、玉米、番茄、葡萄的螢光物質萃取上。
4. 米蘭達品種的豬籠草可以透過366nm的LED紫外光手電筒觀察到瓶口有藍色的螢光。
5. 米蘭達的萃取研究中可以知道，乙醇越多越有利於藍色螢光物質的萃取，而椰子油越多越同樣有利於藍色螢光物質的萃取，但是椰子油的量太多時，整體的萃取量會下降，因此根據實驗所推測較佳比例是豬籠草瓶口：椰子油：乙醇=1g:10ml:10ml。
6. 米蘭達萃取的藍色螢光物質可以經由冰在冷凍庫後析出白色粉狀物，經由冷凍的乙醇沖洗、過濾後可得到透明的油狀物每10ml乙醇萃取液可得到約0.02g，以乙醇再結晶後可得到白色的針狀結晶(本實驗稱結晶K，薄層分析以乙醇展開Rf=0.8)。
7. 結晶K的乙醇溶液可在T8紫外光燈下呈現藍色螢光。
8. 結晶K的乙醇溶液在T8日光燈光譜下可以看到430-470nm的光強度與乙醇接近。而螢光放射光譜在430-470nm也有很高的波峯，與期刊資料的430nm-480nm差不多。
9. 結晶K的乙醇溶液溫度越高在紫光區波長的吸收越強。
10. 以椰子油與乙醇取代三氯甲烷與甲醇溶劑，能萃取豬籠草瓶口的藍色螢光物質。
11. 在乾枯的瓶口、瓶身上都能夠經由我們的方法萃取，並再結晶出結晶K。
12. 樣品經過椰子油處理後，有利於乙醇對藍色螢光物質的萃取。
13. 豬籠草的藍色螢光在開放空間中，吸引蚊蟲的數量較原來捕蚊器多16倍之多，並經由實驗室中的蚊子吸引實驗，再次證明豬籠草的藍色螢光吸引蚊子數量較多。

## 陸、參考文獻

- PanSci泛科學。https://pansci.asia/archives/36781  
 植物學。https://onlinelibrary.wiley.com/doi/abs/10.1111/j.1438-8677.2012.00709.x  
 點亮黑夜的小精靈---探究紅蘿蔔中的螢光，全國科展47屆國小組自然科學科  
 蔬中求螢-蔬果中螢光物質的探討與應用，全國科展53屆國小組化學科。  
 「量點」中的「亮點」-自製螢光光譜儀研究量子點之螢光性質，全國科展57屆國中組化學科。  
 瀧川洋二、山村紳一郎(民92)：66個挑戰創意的科學實驗。世茂出版社。  
 林宮玄(2017)。生活中無所不在的螢光。科學月刊568。262-265。  
 陳正源(2015)。自製光譜儀。科學月刊544。274-277。  
 蔡佳宏(2014)。燈光、顏色及溫度對登革熱病媒蚊之誘集能力及其熱感應基因TRPA1之表現。

## 柒、誌謝

國立中興大學昆蟲系杜教授、廖老師。

