中華民國第54屆中小學科學展覽會
作品說明書

國中組　生活與應用科學科

030804

讓混油曝光－自製光譜儀分析食用油光譜特性

學校名稱：基隆市立銘傳國民中學

作者：	指導老師：
國二 林軒弘	林怡瑩
國二 連崇安	陳金善

關鍵詞：自製光譜儀、混油、吸光度

摘要

本實驗的目的在尋找初步檢測市售食用油是否純正的簡易方法，讓消費者能自行把關油品。我們利用自製光譜儀，分析市售食用油、模擬混合油以及銅葉綠素摻入油品的光譜特性。

實驗顯示各種油品皆有其特殊的光譜，可藉此初步判斷油品種類。在混油實驗中，油品吸收峰的吸光度與濃度的關係符合比爾—朗博定律，可以推算未知油品濃度。我們分析銅葉綠素的光譜特性，發現銅葉綠素和橄欖油中葉綠素 a 的光譜特性不同，故可辨識出橄欖油中是否添加銅葉綠素。另外，我們抽測了八件市售特級橄欖油，發現其中有兩件與標示不符。

實驗結果顯示，自製光譜儀可初步判別十二種油品、特級初榨橄欖油的混油濃度、芝麻油的混油濃度，以及辨別油品中是否添加了銅葉綠素。

壹、 研究動機

近年來食安問題日益嚴重，「大統」和「富味香」混油事件，是以低價油品混入高價油品中，消費者很難察覺，讓社會大眾「食再難安」，所以我們想找出檢測油品的簡便方法。

檢測油品的專業方法須使用氣相層析儀，但儀器過於昂貴。我們得知光譜分析是分析物質成分很好的方法，但是專業的光譜儀價格不菲，一般大眾難以取得。於是我們自製作光譜儀，以 DVD 光碟片、攝影機等材料製作，這些材料容易取得，價格低廉。完成自製光譜儀後，就能在家中自行初步檢驗食用油，找出是否有標示不實或是摻入其它低價油品的情形，讓油品安全多一層把關，社會大眾能吃得安心。

相關教材：
康軒第三冊第四章 有趣的光
康軒第四冊第五章 有機化合物

貳、 研究目的

一、製作光譜儀
二、測量分析十二種食用油品的光譜
三、測量分析特級初榨橄欖油的混油光譜
四、測量分析芝麻油的混油光譜
五、測量分析油品添加銅葉綠素的光譜
六、抽測市售八件特級橄欖油的光譜

參、 研究設備及器材

一、研究設備及器材

(一)燈源:

1. 鹵素燈：EYE PROJECTOR HALOGEN LAMP 12V 30W
2. 省電螺旋燈泡：PHILIPS TORNADO 21W

(二)攝影機

Ziggi HD-USB 實物攝影機

(三)UPS 電源穩壓器

FT-750BS　UPS 不斷電式電源供應器

(四)軟體

1. IPEVO Presenter 實物攝影機驅動程式
2. 影像分析軟體 ImageJ
3. Microsoft Excel

Ziggi HD-USB 實物攝影機	UPS 不斷電式 電源供應器	EYE PROJECTOR 鹵素燈	PHILIPS 省電螺旋燈泡

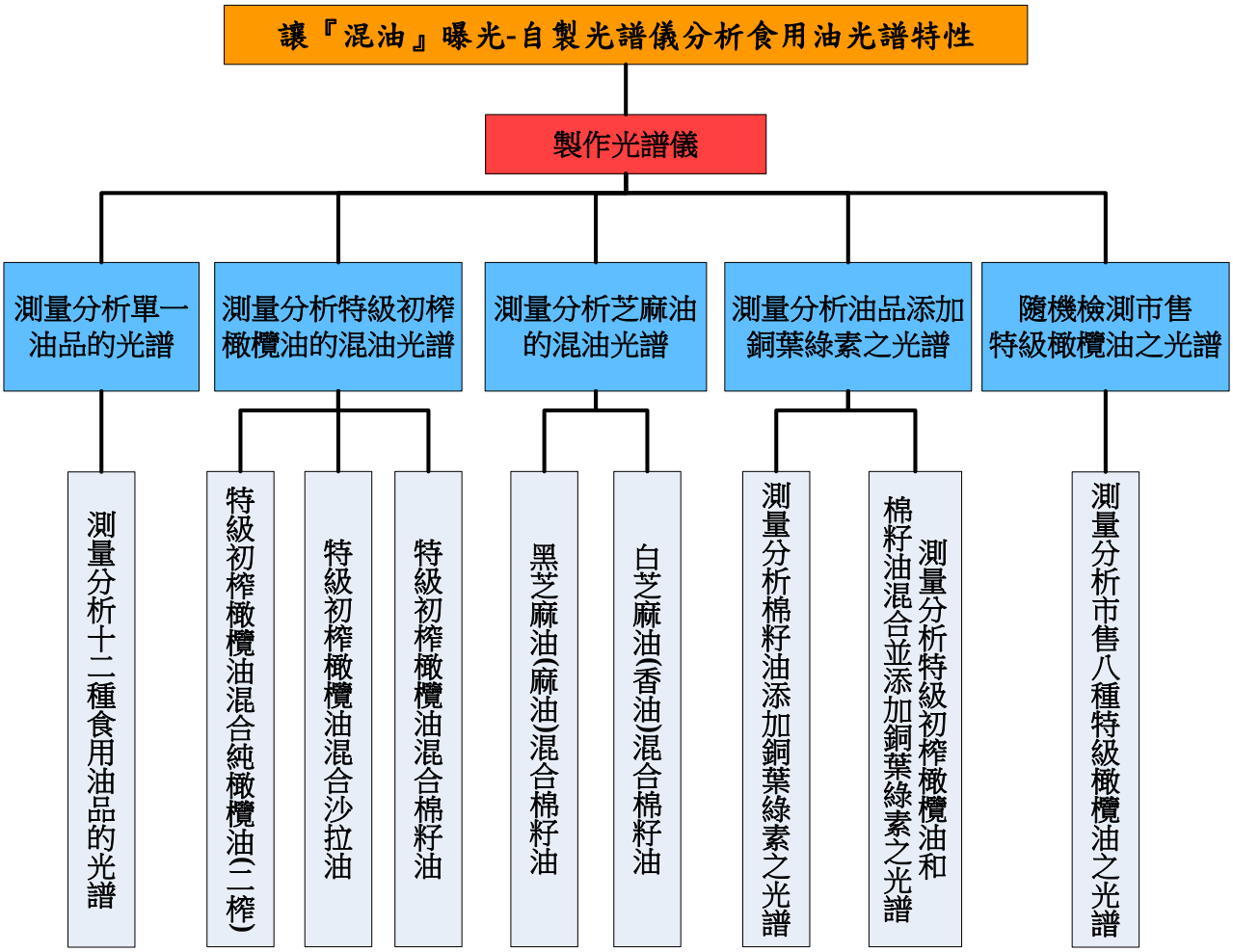
二、研究食用油品、色素

(表 1) 研究食用油品、色素			
項目	油品名稱	項目	油品名稱
1	A 廠牌 100%特級純橄欖油	11	棉籽油
2	B 廠牌物理性冷壓的特級初榨純橄欖油	12	熱榨苦茶油
3	C 廠牌初榨冷壓 100%特級純橄欖油	13	冷榨苦茶油
4	D 廠牌冷壓初榨橄欖油	14	葵花油
5	E 廠牌 100%純天然冷壓橄欖油	15	米糠油
6	F 廠牌第一道冷壓特級橄欖油	16	黑芝麻油(麻油)
7	G 廠牌 100%特級純橄欖油	17	白芝麻油(香油)
8	H 廠牌特級冷壓橄欖油	18	花生油
9	純橄欖油(二榨)	19	葡萄籽油
10	大豆沙拉油		
色素	銅葉綠素		

特級初榨橄欖油	純橄欖油(二榨)	大豆沙拉油	葵花油	冷榨苦茶油	熱榨苦茶油
黑芝麻油(麻油)	白芝麻油(香油)	棉籽油	葡萄籽油	花生油	米糠油
檢測八件市售特級橄欖油外觀照片			銅葉綠素溶液		

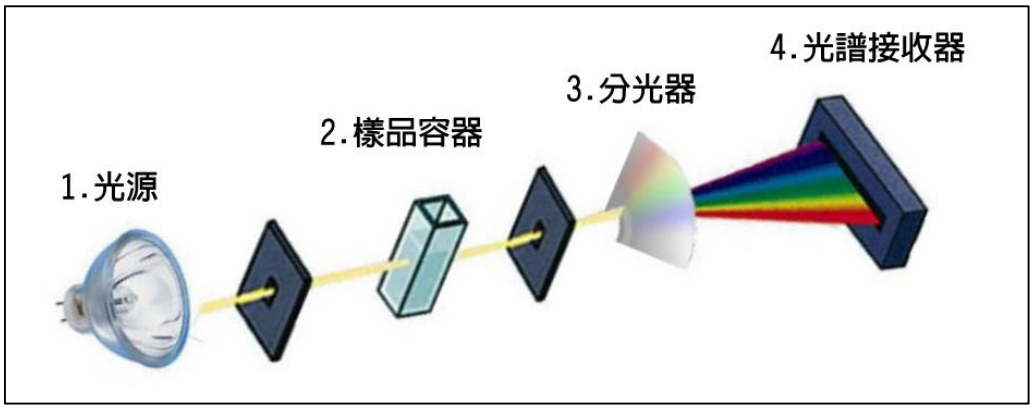
肆、研究過程和方法

一、研究設計與架構

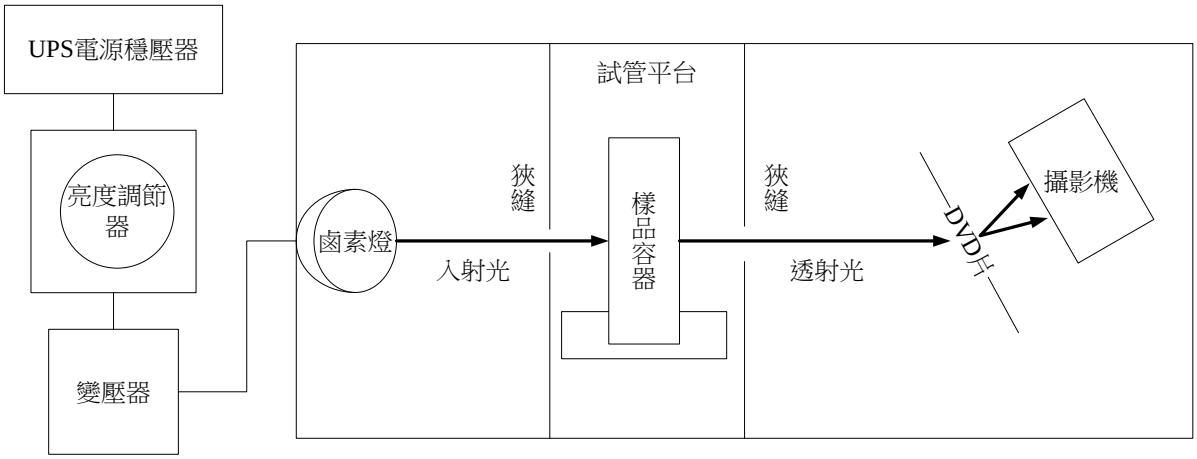


二、製作光譜儀

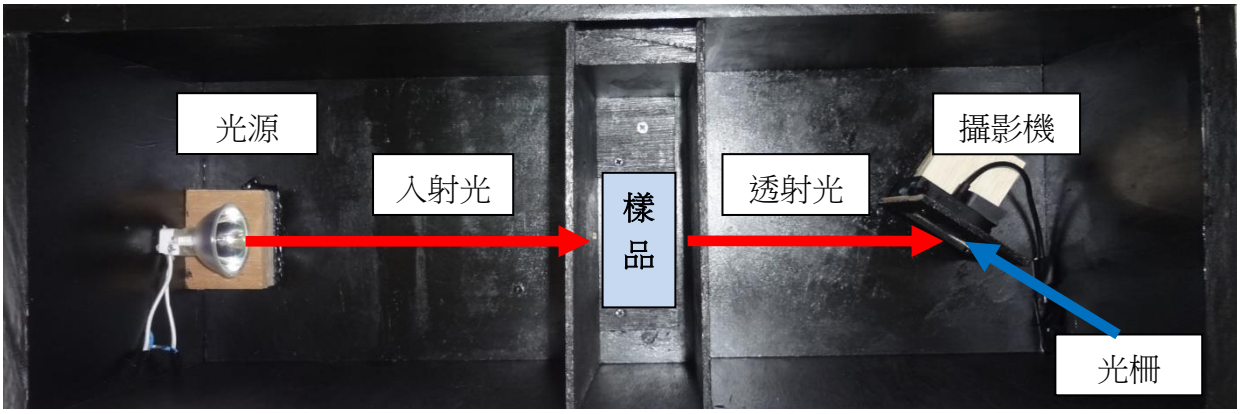
光譜儀是應用光學原理，對物質的結構和成分進行觀測分析。其主要構造是由光源、樣品容器、分光器、光譜接收器所組成(圖 1、圖 2、圖 3)。光源發射的光通過樣品容器時被容器中的物質吸收部份的光，經光柵分光後，到達光譜接收器轉化成數值資料。經分析比對光譜資料可以了解物質的結構和成分。



(圖 1) 光譜儀構造示意圖



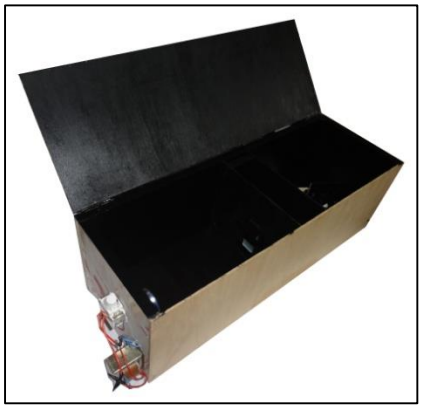
(圖 2) 自製光譜儀設計圖



(圖 3) 自製光譜儀構造照片

(一)製作暗箱

1. 光譜儀在觀測分析過程中，必須隔絕外部光源，避免外部光源影響實驗結果，所以將光譜儀所有元件置入暗箱中(圖 4)。
2. 暗箱由木板組裝而成，內部以黑色壓克力顏料塗黑。
3. 暗箱外部尺寸:長 63 公分、寬 22 公分、高 20.5 公分。



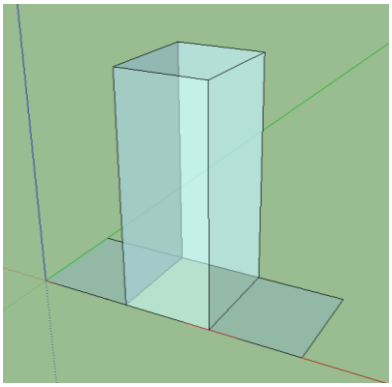
(圖 4) 光譜儀外觀照片

(二)製作光源

1. 本實驗使用鹵素燈泡作為光源，是連續光譜 (波長約 400nm~900nm)，包含可見光和近紅外線。使用省電螺旋燈泡作為校正光源，是不連續光譜，在波長 436.6nm 和波長 546.5nm 有激發光，作為光譜校準使用。
2. 將鹵素燈座固定在暗箱內，再裝上 30 瓦鹵素燈泡。

(三)製作樣品容器

1. 光譜儀須使用方形的樣品容器，因為圓形容器裝了液體，就如凸透鏡一樣會改變光線路徑，影響光譜測量結果。專業光譜儀樣品容器是石英管，但價格昂貴。
2. 本實驗使用載玻片製作方形試管，先用快乾膠固定形狀，快乾膠上再塗上保麗龍膠，以避免脂溶性的快乾膠被油品溶解(圖 5-2、圖 5-2)。
3. 方形試管內部厚度 1.2 公分。



(圖 5-1) 自製方形試管示意圖

(圖 5-2) 自製方形試管照片

(四)製作狹縫及試管平台

1. 狹縫及試管平台用木板組裝而成，光譜儀內有入射狹縫及出射狹縫，各在試管平台兩側，可控制光線進出的大小。
2. 狹縫用黑色美勞用紙製成，寬度約 0.5 毫米。入射狹縫覆蓋了一層毛玻璃，可讓入射光更加均勻。
3. 狹縫及試管平台尺寸:長 7 公分、寬 20 公分、高 18 公分。

(五)製作分光器

1. 本實驗使用 DVD 光碟片製作分光器，將透射光分光形成光譜。
2. 製作分光器方法：以剪刀剪開 DVD 片，將 DVD 分成兩片，取透光的那一片。用酒精將染料擦拭乾淨，剪下適當大小，安裝至光譜儀暗箱即完成(圖 6)。

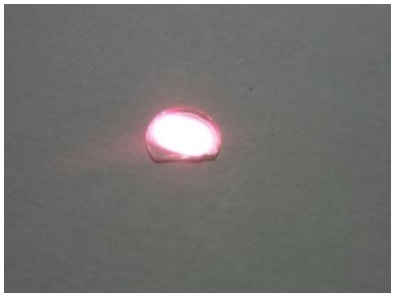
(圖 6) 自製 DVD 片光柵照片

(六)光譜接收器

1. 本實驗以實物攝影機作為光譜接收器。因為攝影機上的紅外線濾片會過濾掉波長約 700nm~900nm 的光，所以須移除紅外線濾片，才能拍攝較完整的光譜。
2. 去除紅外線濾片方法：旋開鏡頭，再用鑷子小心地移除紅外線濾片。裝回鏡頭，安裝至光譜儀暗箱內(圖 7-1、圖 7-2、圖 7-3)。

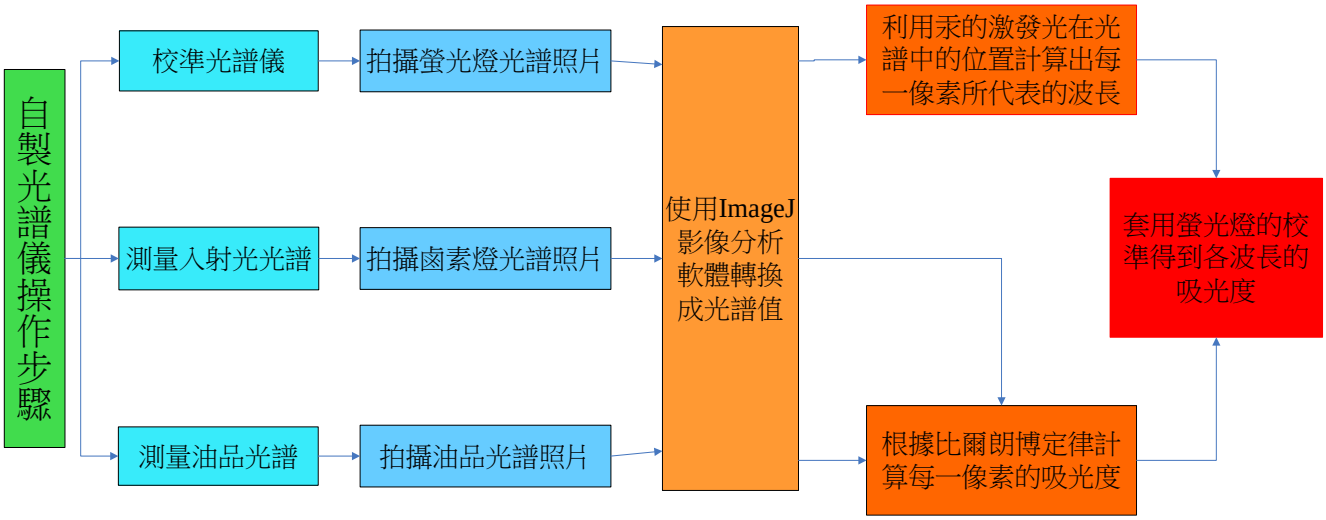
(圖 7-1) 實物攝影機外觀

(圖 7-2) 實物攝影機內部



(圖 7-3) 紅外線濾片

三、自製光譜儀操作步驟



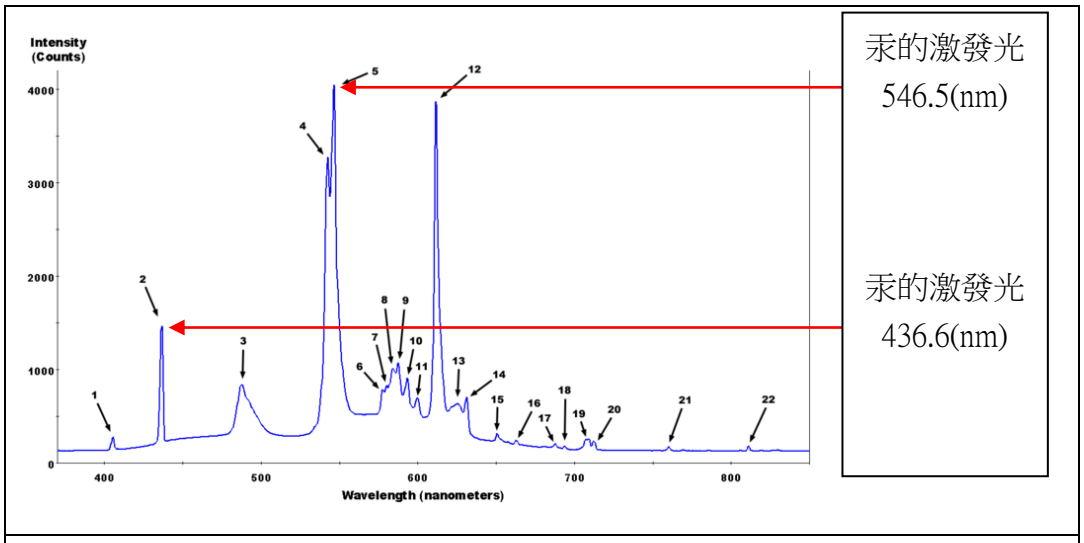
(一)校準光譜儀 ：

1. 將光譜儀攝影機的連接至個人電腦，開啟螢光燈拍攝校準光譜照片(圖 9-1)。
2. 用影像分析軟體 ImageJ 開啟校準光譜照片，使用矩形工具選取一長方形範圍，選取工具列 Edit→Selection→Specify，設定矩形位置及大小(表 2)。

(表 2) 設定矩形位置及大小參數

項目	數值
Width	1600
Height	20
X Coordinate	0
Y Coordinate	700

3. 選取工具列 Analyze→Plot Profile，點選 Live→Copy，將數值複製到 Microsoft Excel，即得到校準光譜的光譜值。
4. 由於螢光燈中含有汞，而汞的激發光分別在波長 436.6nm 和波長 546.5nm(圖 8)。得知這兩條已知波長光線在光譜照片中的位置，便可以計算出光譜照片中每個位置所代表的波長。



(圖 8) 專業光譜儀測量螢光燈(省電燈泡)光譜

(二)測量入射光光譜

1. 開啟鹵素燈等待 10 秒，拍攝 5 張入射光光譜照片(圖 9-2)。
2. 重複「校準光譜儀」步驟 2、步驟 3，將 5 次測量平均，即得到入射光的光譜值。

(圖 9-1) 拍攝螢光燈光譜

(圖 9-2) 拍攝鹵素燈光譜

(三)測量油品光譜

1. 將油品倒入方形試管，再把試管放在光譜儀試管平台上，開啟鹵素燈並等待 10 秒，拍攝 5 張油品的光譜照片。
2. 重複「校準光譜儀」步驟 2、步驟 3，將 5 次測量平均，即得到透射光的光譜值。

(四)計算油品吸光度

1. 依據比爾—朗博定律計算油品的吸光度。
2. 將吸光度繪製成圖表。

比爾—朗博定律（Beer－Lambert law）

一束單色光照射於吸收介質表面，在通過一定厚度的介質後，由於介質吸收了一部分的光，透射光的強度會減弱。吸收介質的濃度愈大，介質的厚度愈大，則透射光的強度會愈弱，其關係為：

$$A = \log_{10}\frac{I_0}{I_t} = \log_{10}\frac{1}{T} = K \cdot l \cdot c$$

A：吸光度

I_0：入射光的強度

I_t：透射光的強度

T：透射比，或稱透光度

K：係數，可以是吸收係數或摩爾吸收係數

l：吸收介質的厚度，一般以 cm 為單位

c：吸光物質的濃度，單位可以是 g/L 或 mol/L

四、測量分析十二種食用油品的光譜

(一) 測量油品

(表 3) 十二種食用油品

項目	油品名稱	項目	油品名稱
1	特級初榨橄欖油	7	葵花油
2	純橄欖油(二榨)	8	米糠油
3	大豆沙拉油	9	黑芝麻油(麻油)
4	棉籽油	10	白芝麻油(香油)
5	熱榨苦茶油	11	花生油
6	冷榨苦茶油	12	葡萄籽油

(二) 依照「光譜儀操作步驟」測量分析各油品的光譜

五、測量分析特級初榨橄欖油的混油光譜

(一)調配特級初榨橄欖油和純橄欖油(二榨)、沙拉油、棉籽油混合油品，分別以 9:1, 7:3, 5:5, 3:7, 1:9 比例混合。

(二)依照「光譜儀操作步驟」測量分析各混合油品的光譜。

六、測量分析芝麻油的混油光譜

(一)調配黑芝麻油(麻油)及白芝麻油(香油)分別和棉籽油混合油品，分別以 9:1, 7:3, 5:5, 3:7, 1:9 比例混合。

(二)依照「光譜儀操作步驟」測量分析各混合油品的光譜。

七、測量分析油品添加銅葉綠素的光譜

(一)測量分析棉籽油添加銅葉綠素的光譜

1. 在棉籽油中添加銅葉綠素，稀釋為萬分之一到萬分之六。
2. 依照「光譜儀操作步驟」測量分析各油品的光譜。

(二)測量分析特級初榨橄欖油和棉籽油混合油品添加銅葉綠素之光譜

1. 在棉籽油中加入銅葉綠素，使其光譜性質與特級初榨橄欖油相似。
2. 將特級初榨橄欖油混合上一步驟中已加入銅葉綠素的棉籽油，分別以 9:1, 7:3, 5:5, 3:7, 1:9 比例混合。
3. 依照「光譜儀操作步驟」測量分析各混合油品的光譜。

八、抽測市售八件特級橄欖油的光譜

(一) 測量油品如表

(表 4) 八件市售特級橄欖油

項目	油品名稱
1	A 廠牌 100%特級純橄欖油
2	B 廠牌 物理性冷壓的特級初榨純橄欖油
3	C 廠牌 初榨冷壓 100%特級純橄欖油
4	D 廠牌 冷壓初榨橄欖油
5	E 廠牌 100%純天然冷壓橄欖油
6	F 廠牌 第一道冷壓特級橄欖油
7	G 廠牌 100%特級純橄欖油
8	H 廠牌 特級冷壓橄欖油

(二) 依照「光譜儀操作步驟」測量分析各油品的光譜。

伍、研究結果與討論

一、製作光譜儀

(圖 10) 自製光譜儀照片

(一)自製光譜儀使用鹵素燈當光源，其波長約為 400nm~900nm，攝影機的 CCD 晶片可感測近紅外線，但攝影機的紅外線濾片會將波長約 700nm~900nm 的光過濾(圖 11-1)。

(二)實驗中將紅外線濾片去除，發現 CCD 晶片會把近紅外線轉換成橘色和淡紫色，如此一來便可將近紅外線納入光譜分析的範圍，測量出更完整的光譜(圖 11-2)。

(圖 11-1) 未移除紅外線濾片拍攝燈源光譜

(圖 11-2) 已移除紅外線濾片拍攝燈源光譜

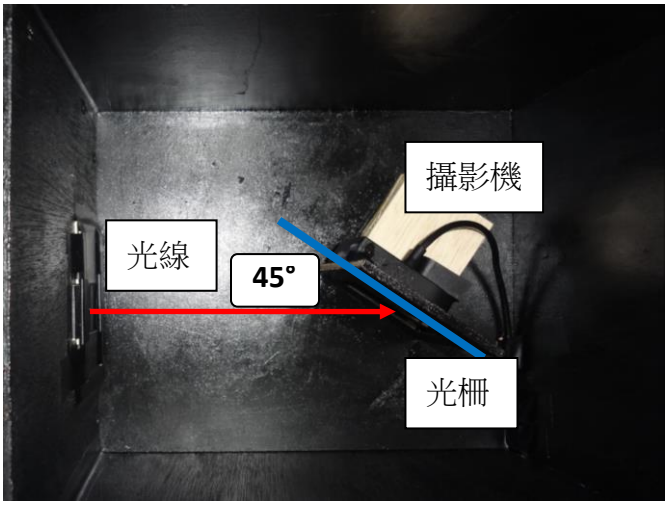
(三)本研究自製光譜儀，以 DVD 片作為光柵，將攝影機做為光譜接收器，發現拍攝光譜效果良好。光譜接收器須與光柵平行，並與入射光呈 45 度角，光譜最為明顯。

(四)狹縫使用美勞用紙製作是因為狹縫必須筆直無凹槽，否則光譜會出現橫條紋。美勞用紙切割後邊緣較筆直，故用以製作狹縫。

(五)光譜接收器必須與入射光呈 45 度角，是因為當光柵垂直入射光時，會產生光譜，但背景有狹縫的白色強光，影響光譜的分析。當光柵與入射光夾角為 45°時，也會產生光譜，但因為鏡頭面向暗箱的角落，背景就沒有白色強光(圖 12)。

(六)本實驗使用穿透式光柵，須先將 DVD 片分成兩片，取透明的紀錄層做為光柵。

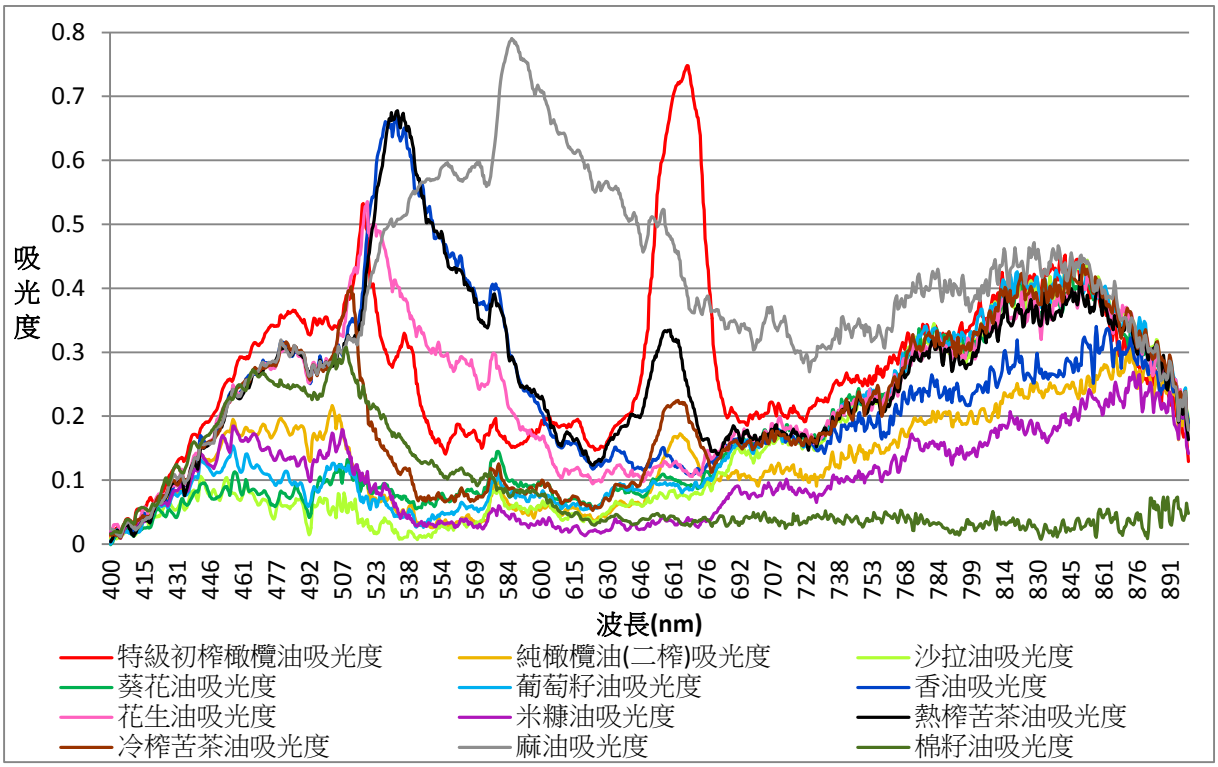
(七)本實驗利用影像分析軟體 ImageJ 分析拍攝到的光譜照片。由於電腦拍攝影像時，每一像素均由紅、綠、藍三種顏色組成，每一顏色各分為 0~255 的數值，因此可以將光譜量化。用分析所得的光譜值計算出該油品各波長的吸光度。



(圖 12) 光譜接收器與光柵設置

二、測量分析十二種食用油品的光譜

為了瞭解食用油品的光譜特性，本實驗測量分析十二種食用油品的吸光度(圖 13)。



(圖 13)十二種食用油品的吸光度

(一)油品吸光度特性比較

1. 沙拉油、葵花油、葡萄籽油的光譜特性相似。
2. 大部分油品皆吸收波長 700nm~900nm 的近紅外線，但棉籽油吸收程度較低。
3. 特級初榨橄欖油和純橄欖油在波長 667nm 處皆有吸收峰，且特級初榨橄欖油吸光度較高。
4. 冷榨和熱榨苦茶油在波長 659nm 處皆有吸收峰，且熱榨苦茶油吸光度較高。

(二)橄欖油

依照歐盟規定，橄欖油分為三個等級 ：

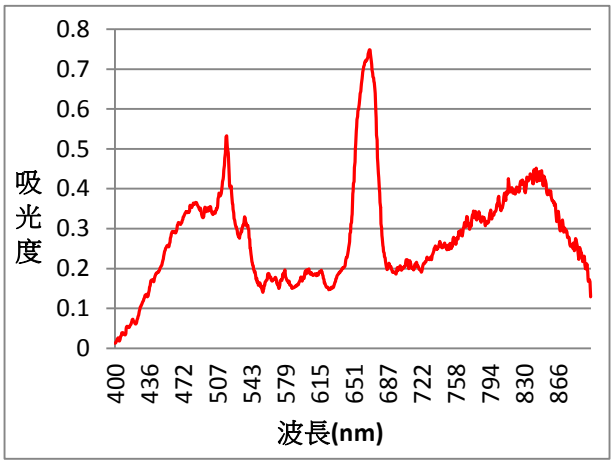
特級初榨橄欖油(Extra Virgin Olive Oil)

純橄欖油(Pure Olive Oil)

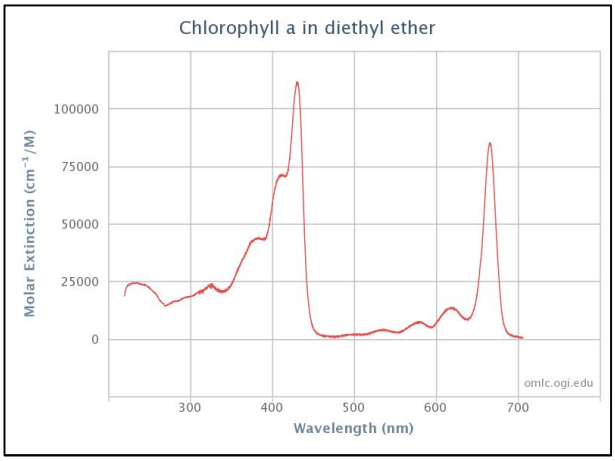
橄欖粕油(Pomace Olive Oil)

1. 特級初榨橄欖油

橄欖油中含有葉綠素 a，Oregon Medical Laser Center 專業光譜儀測量葉綠素 a 的吸收峰在波長 665nm 處(圖 14-2)，本實驗測得特級初榨橄欖油在波長 667nm 處有一明顯的吸收峰(圖 14-1)，與專業光譜儀測量結果相近。



(圖 14-1) 特級初榨橄欖油吸光度



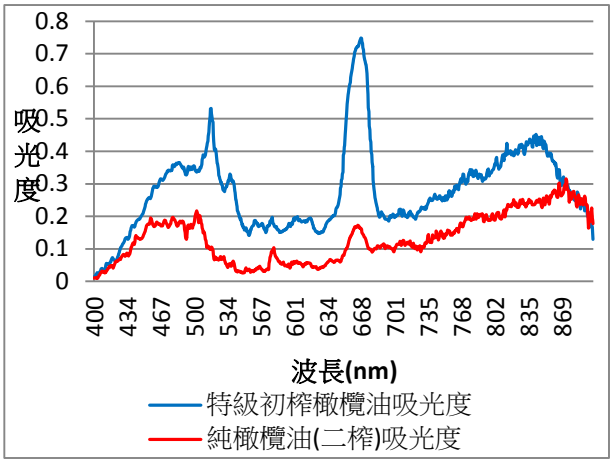
(圖 14-2) 專業光譜儀測量葉綠素 a 溶解於二乙醚的吸收光譜

2. 純橄欖油(二榨)

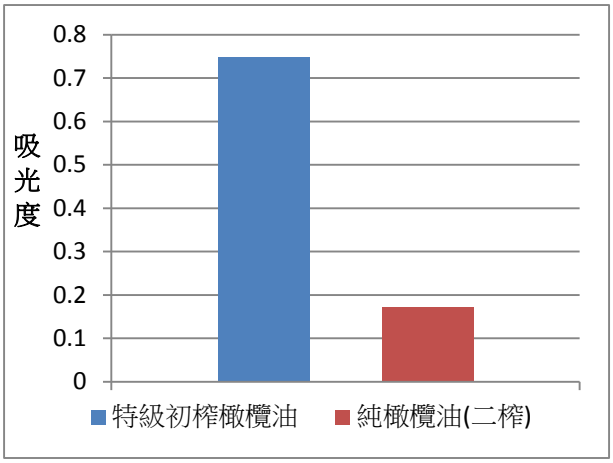
(1) 純橄欖油是初榨後的果渣再次榨取、精製的橄欖油。

(2) 在可見光部分有一吸收峰在波長 667nm 處，吸光度為 0.17(圖 15-1)。

(3) 雖然波長 667nm 處吸收峰位置和特級初榨橄欖油相同，但吸收程度較低。(圖 15-2)。



(圖 15-1) 不同等級橄欖油吸光度



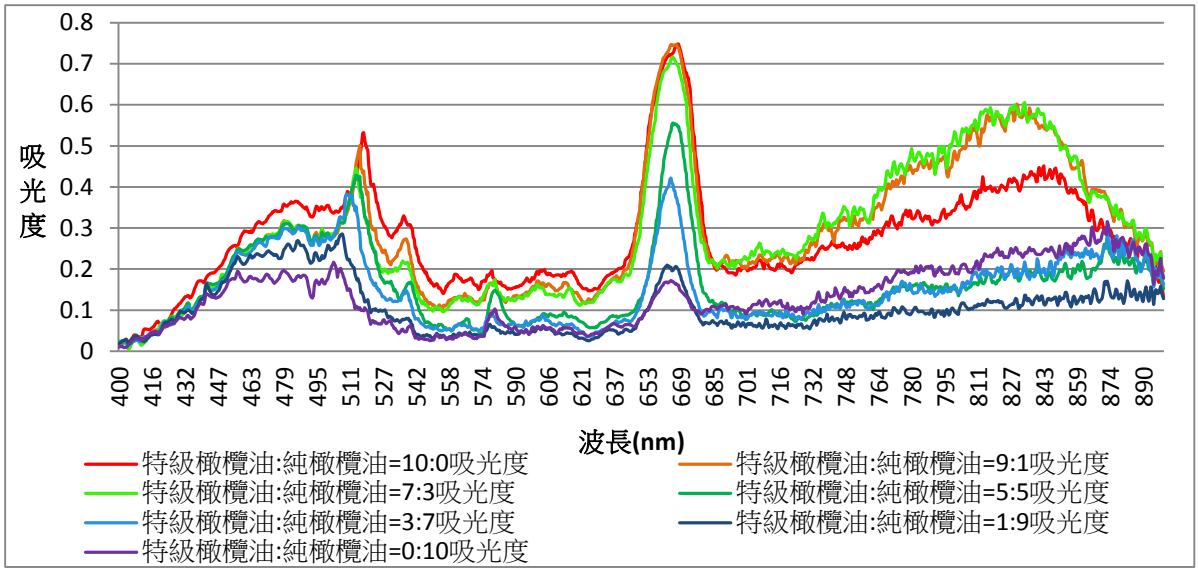
(圖 15-2) 不同等級橄欖油在波長 667nm 處的吸光度

三、測量分析特級初榨橄欖油的混油光譜

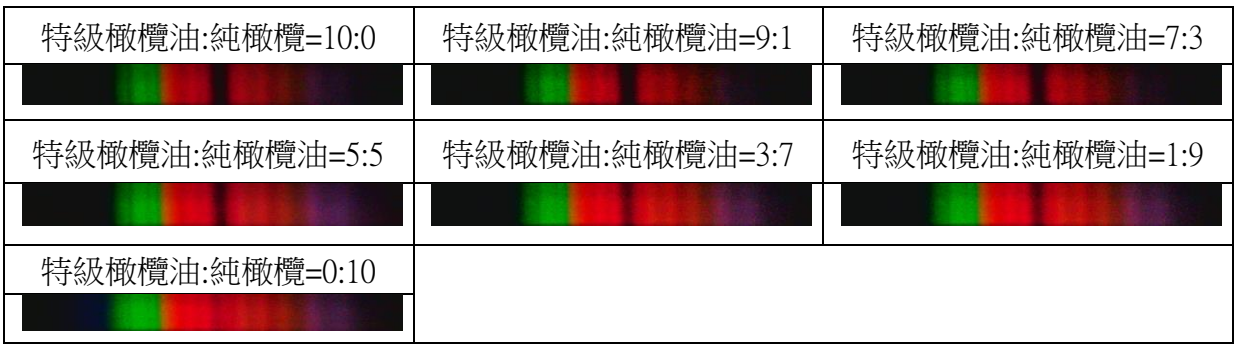
為模擬廠商將低價的油品混入較高價的特級初榨橄欖油中販售，本實驗以純橄欖油(二榨)、沙拉油、棉籽油，分別混入特級初榨橄欖油中，並測量分析其光譜。

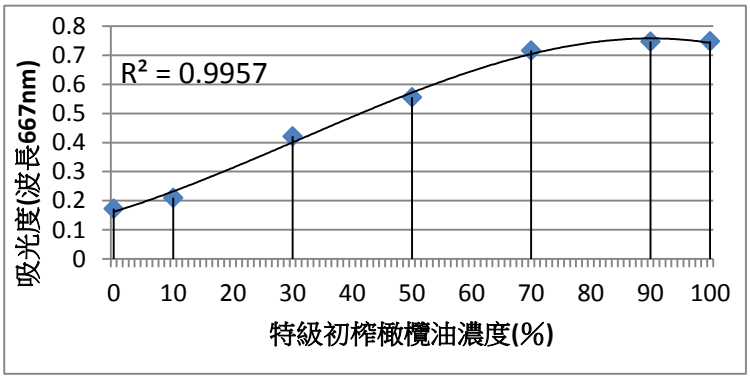
(一)特級初榨橄欖油和純橄欖油的混合油品光譜

1. 實驗結果發現特級初榨橄欖油和純橄欖油以不同比例混合的吸光度，在波長 667nm 處有明顯規律變化(圖 16-1)。
2. 將波長 667nm 處的吸光度和特級初榨橄欖油的濃度畫出關係圖(圖 16-2)。



(圖 16-1) 特級初榨橄欖油 和 純橄欖油(二榨)混合油品吸光度比較

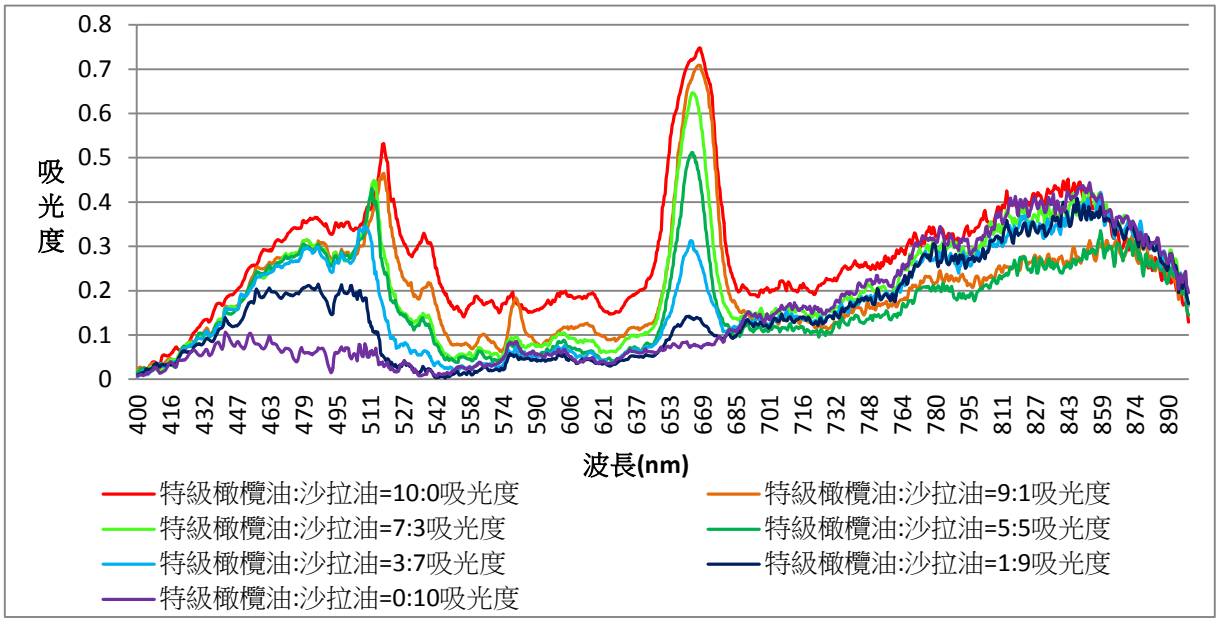




(圖 16-2) 特級初榨橄欖油和純橄欖油混合油品在波長 667nm 處吸光度

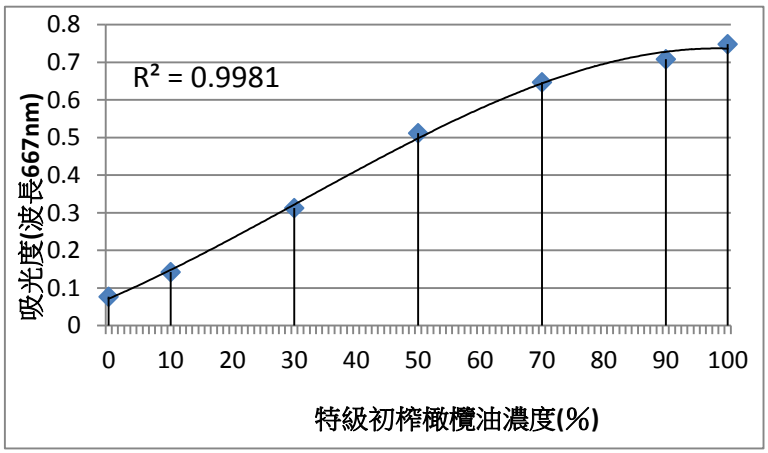
(二)特級初榨橄欖油和沙拉油的混合油品光譜

1. 特級初榨橄欖油和沙拉油以不同比例混合的吸光度，在波長 667nm 處有明顯規律變化(圖 17-1)。
2. 將波長 667nm 處的吸光度和特級初榨橄欖油的濃度畫出關係圖(圖 17-2)。



(圖 17-1) 特級初榨橄欖油 和 沙拉油混合油品吸光度比較

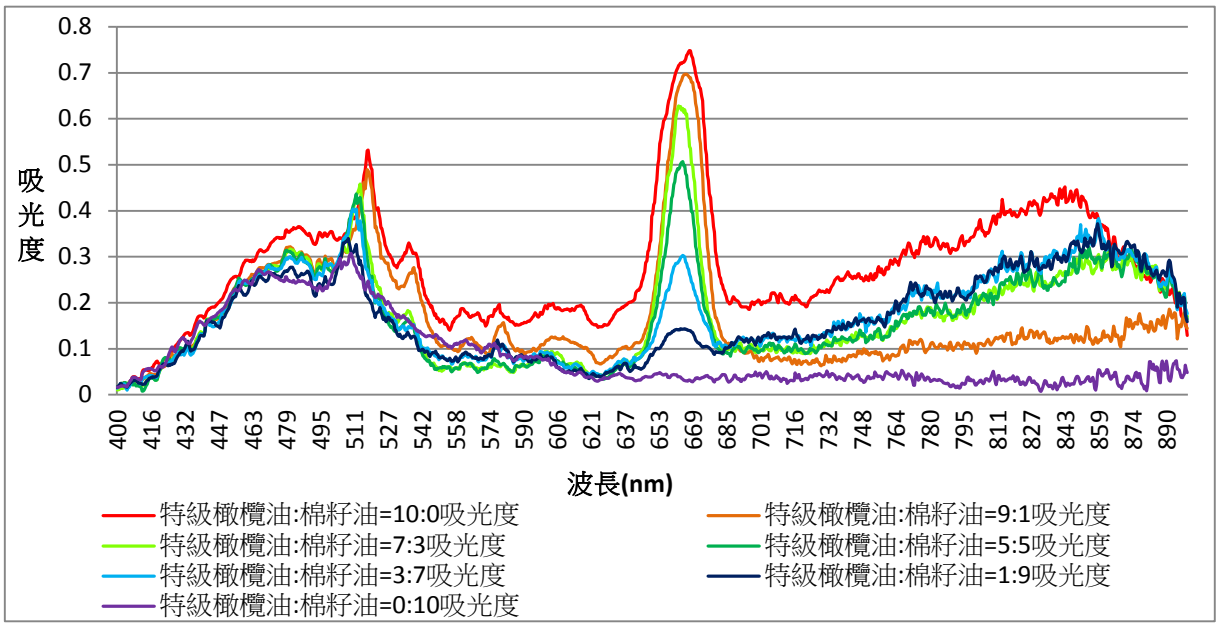
特級橄欖油:沙拉油=10:0	特級橄欖油:沙拉油=9:1	特級橄欖油:沙拉油=7:3
特級橄欖油:沙拉油=5:5	特級橄欖油:沙拉油=3:7	特級橄欖油:沙拉油=1:9
特級橄欖油:沙拉油=0:10		



(圖 17-2) 特級初榨橄欖油和沙拉油混合油品在波長 667nm 處吸光度

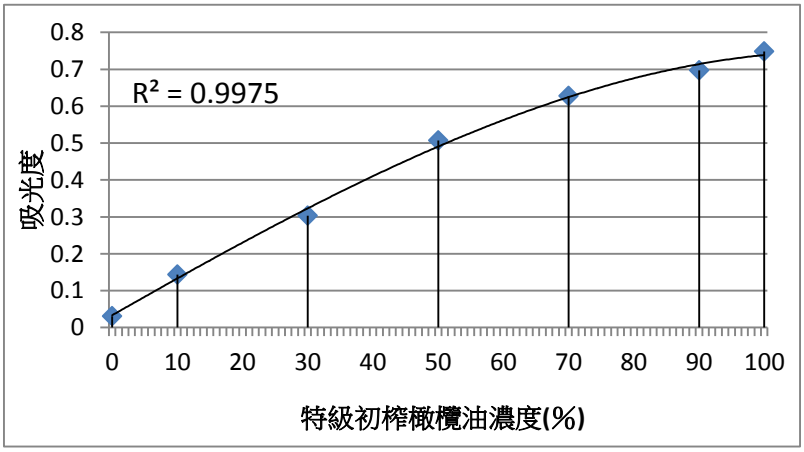
(三)特級初榨橄欖油和棉籽油的混合油品光譜

1. 特級初榨橄欖油和沙拉油以不同比例混合的吸光度，在波長 667nm 處有明顯規律變化(圖 18-1)。
2. 將波長 667nm 處的吸光度和特級初榨橄欖油的濃度畫出關係圖(圖 18-2)。



(圖 18-1) 特級初榨橄欖油 和 棉籽油混合油品吸光度比較

特級橄欖油:棉籽油=10:0	特級橄欖油:棉籽油=9:1	特級橄欖油:棉籽油=7:3
特級橄欖油:棉籽油=5:5	特級橄欖油:棉籽油=3:7	特級橄欖油:棉籽油=1:9
特級橄欖油:棉籽油=0:10		



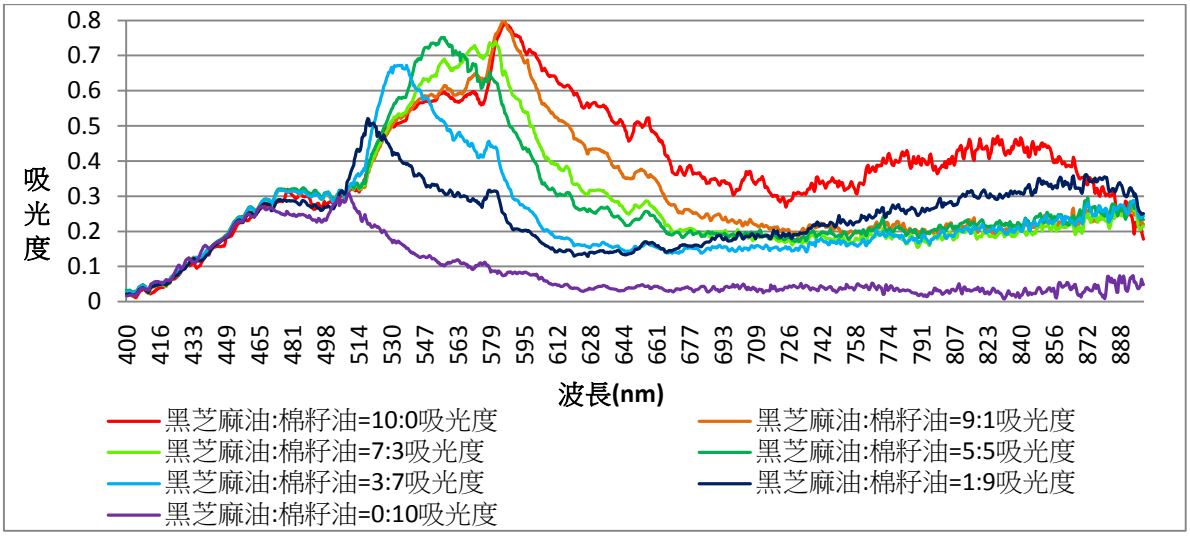
(圖 18-2) 特級初榨橄欖油和棉籽油混合油品在波長 667nm 處吸光度

四、測量分析芝麻油的混油光譜

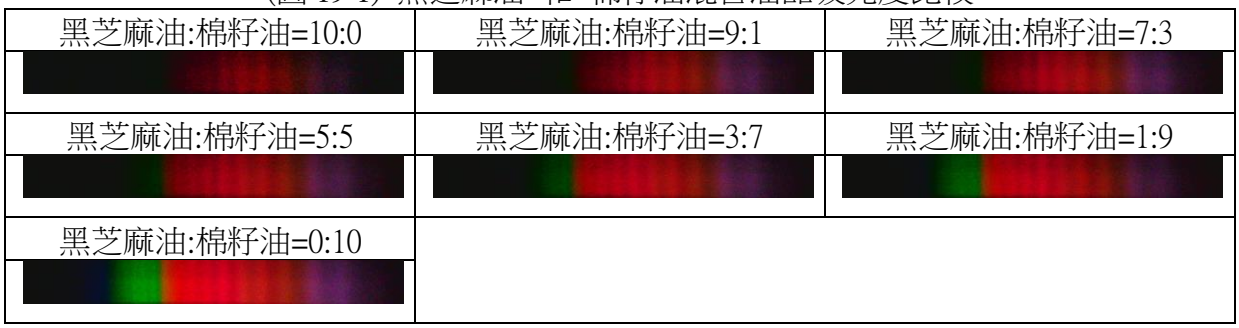
為模擬廠商將低價的油品混入芝麻油中販售，本實驗以棉籽油混入黑芝麻油(麻油)及白芝麻油(香油)並測量分析其光譜。

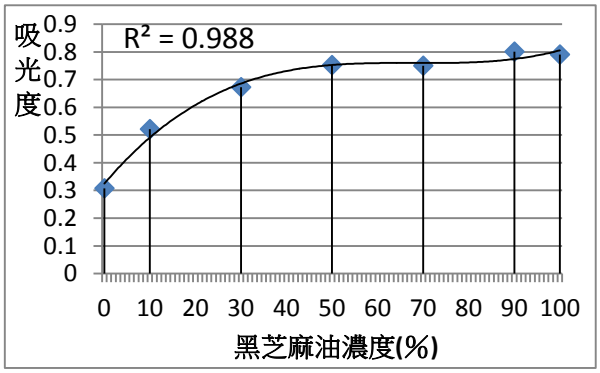
(一)黑芝麻油(麻油)和棉籽油的混合油品光譜

1. 黑芝麻油(麻油)和棉籽油以不同比例混合，由於兩者的吸光度波形會有疊加的作用，因此不同比例混合油的吸收峰除了吸光度的變化，吸收峰的位置也會隨混合比例不同而產生偏移(圖 19-1)。
2. 將吸收峰的吸光度和黑芝麻油的濃度畫出關係圖(圖 19-2)。
3. 將吸收峰的波長和黑芝麻油的濃度畫出關係圖(圖 19-3)。

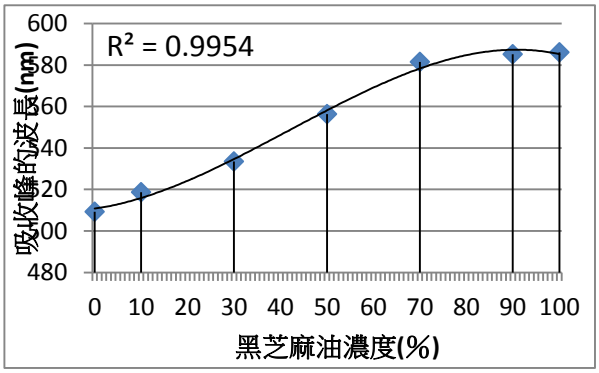


(圖 19-1) 黑芝麻油 和 棉籽油混合油品吸光度比較





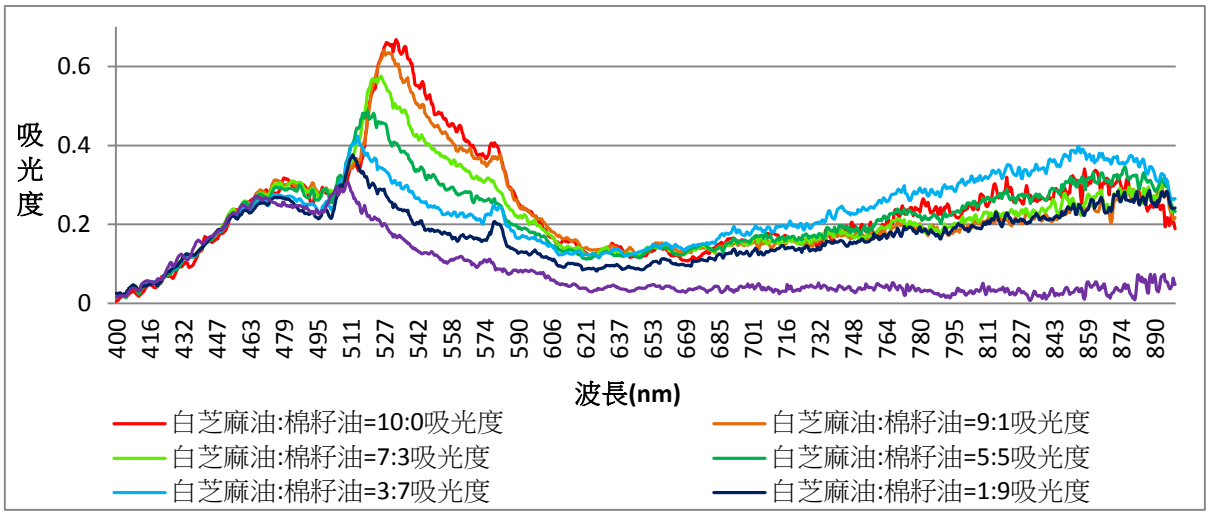
(圖 19-2) 黑芝麻油和棉籽油混合油吸收峰的吸光度



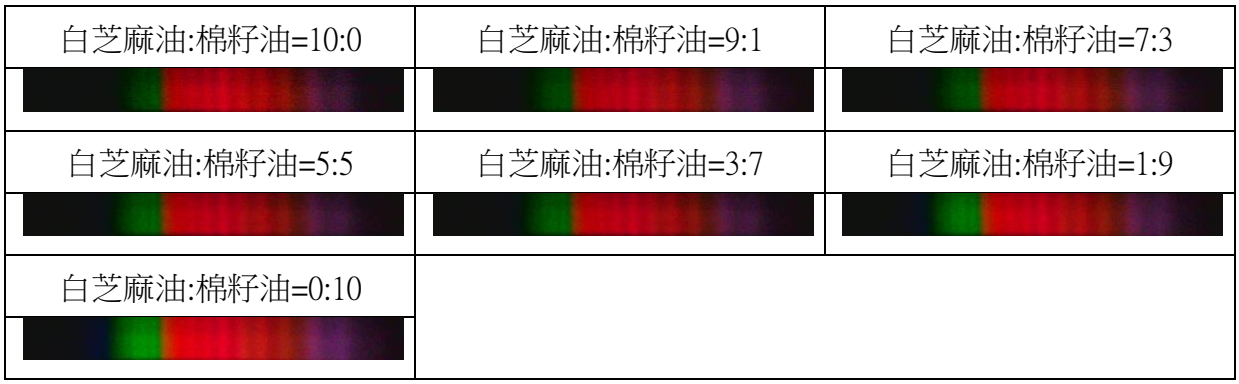
(圖 19-3) 黑芝麻油和棉籽油混合油吸收峰的波長

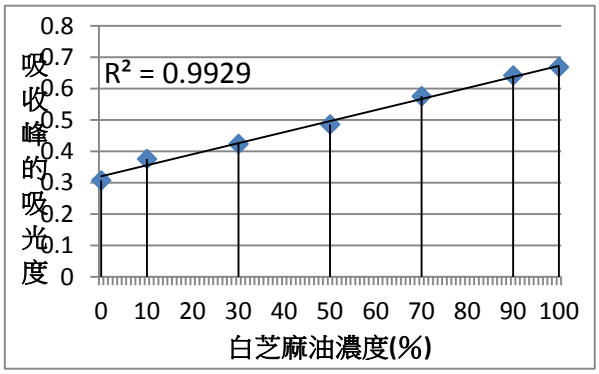
(二)白芝麻油(香油)和棉籽油的混合油品光譜

1. 白芝麻油(麻油)和棉籽油以不同比例混合，由於兩者的吸光度波形會有疊加的作用，因此不同比例混合油的吸收峰除了吸光度的變化，吸收峰的位置也會隨混合比例不同而產生偏移(圖 20-1)。
2. 將吸收峰的吸光度和白芝麻油的濃度畫出關係圖(圖 20-2)。
3. 將吸收峰的波長和白芝麻油的濃度畫出關係圖(圖 20-3)。

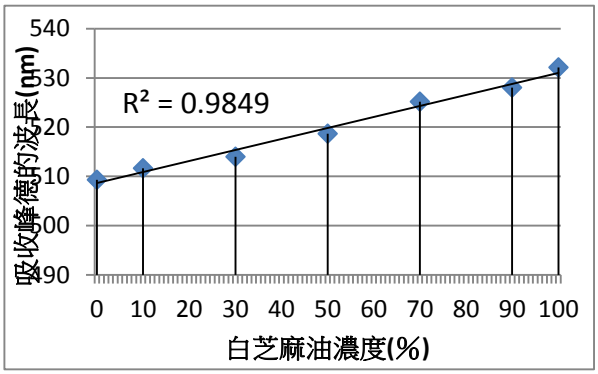


(圖 20-1) 白芝麻油 和 棉籽油混合油品吸光度比較





(圖 20-2) 白芝麻油和棉籽油混合油吸收峰的吸光度



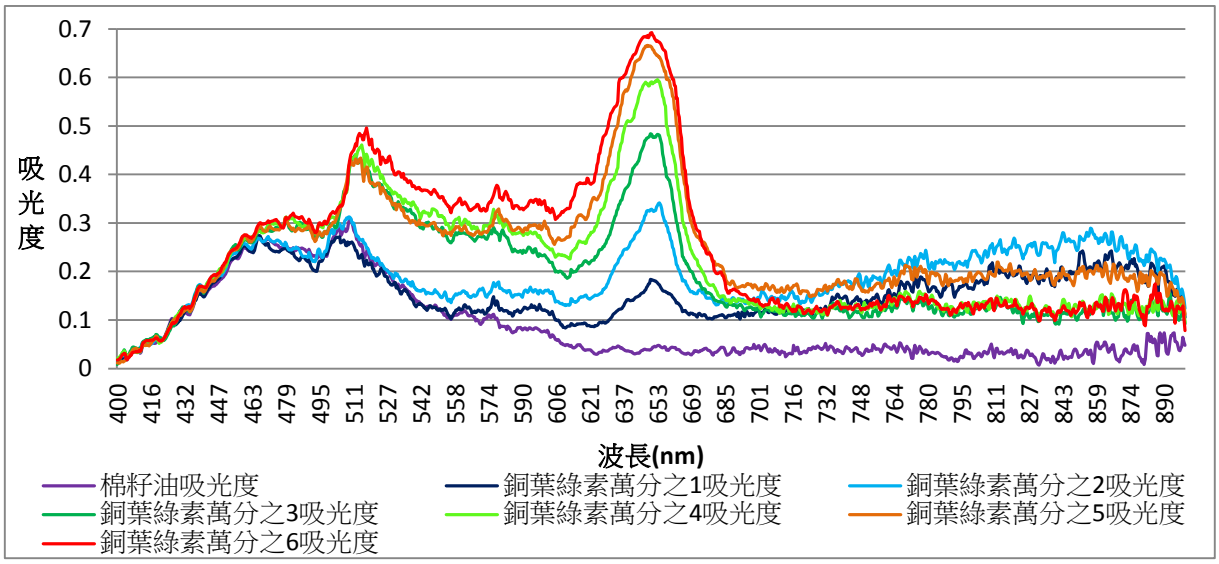
(圖 20-3) 白芝麻油和棉籽油混合油吸收峰的波長

五、測量分析油品添加銅葉綠素的光譜

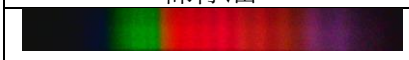
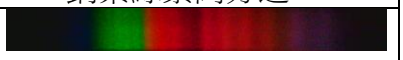
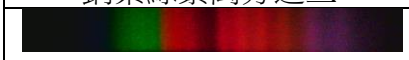
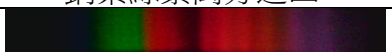
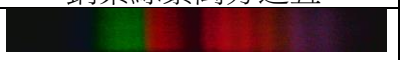
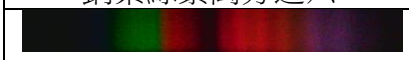
廠商在混油後，特級橄欖油的外觀會變色，因此常添加銅葉綠素使外觀接近特級橄欖油。如果特級橄欖油中含有銅葉綠素，則此油品極可能是混油。

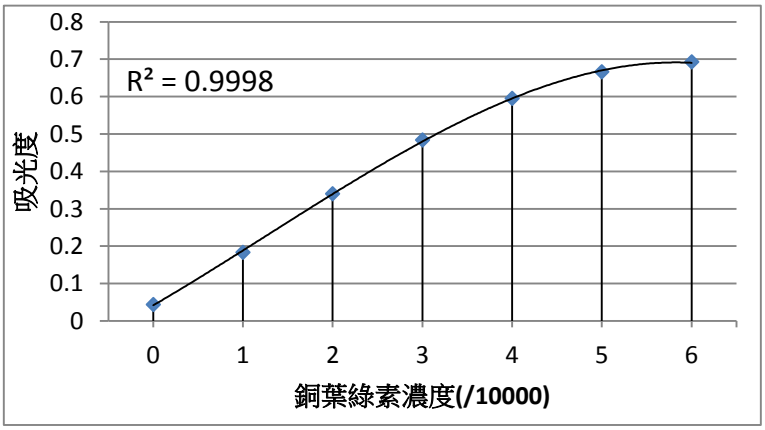
(一)測量分析棉籽油添加銅葉綠素的光譜

1. 棉籽油添加銅葉綠素的光譜，波長 650nm 吸光度有明顯規律變化(圖 21-1)。
2. 將波長 650nm 處的吸光度和銅葉綠素的濃度畫出關係圖(圖 21-2)。



(圖 21-1) 棉籽油加入銅葉綠素吸光度比較

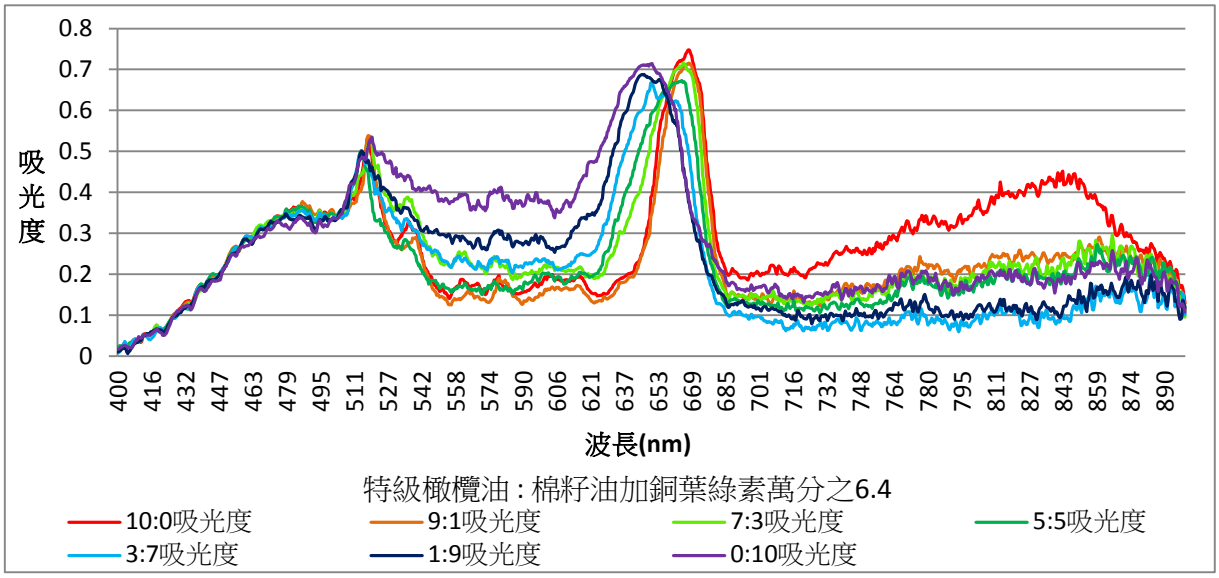
棉籽油	銅葉綠素萬分之一	銅葉綠素萬分之二
		
銅葉綠素萬分之三	銅葉綠素萬分之四	銅葉綠素萬分之五
		
銅葉綠素萬分之六		
		



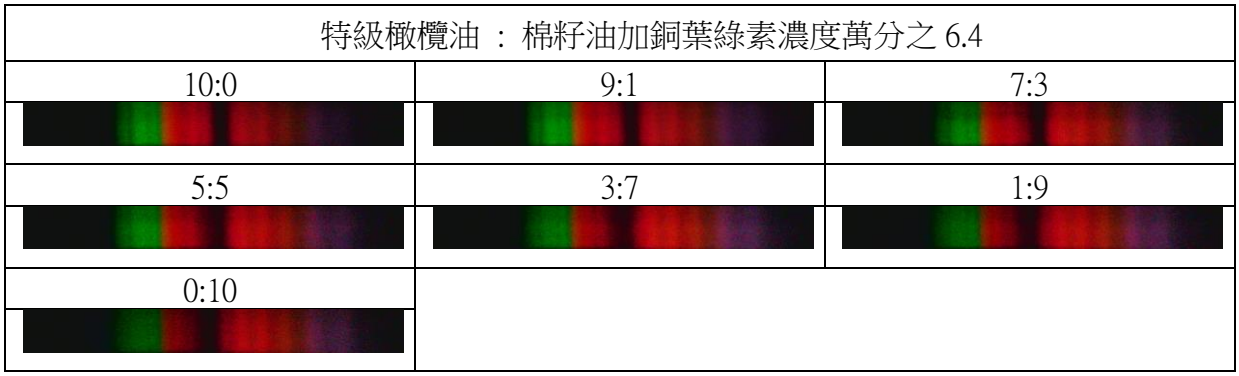
(圖 21-2) 棉籽油加入銅葉綠素波長 650nm 處的吸光度

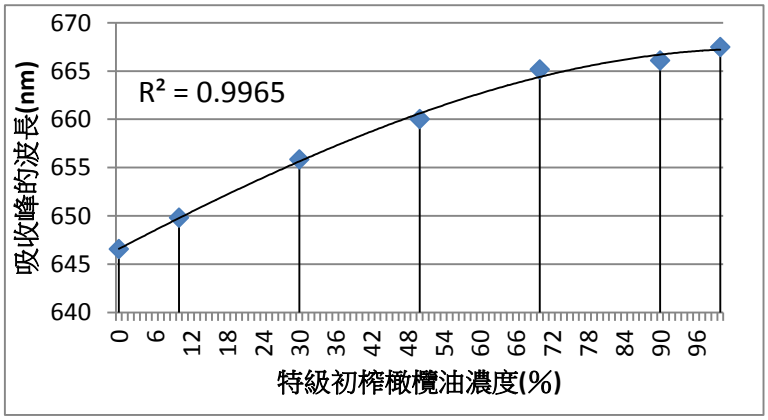
(二)測量分析特級初榨橄欖油和棉籽油混合油品添加銅葉綠素的光譜

1. 由圖 21-2 的趨勢線，可計算出棉籽油加銅葉綠素濃度萬分之 6.4，吸收峰的吸光度較接近特級初榨橄欖油。
2. 特級初榨橄欖油和棉籽油添加銅葉綠素濃度萬分之 6.4 的混合油光譜，由於兩者吸收峰在不同位置，因此混合油的吸收峰會隨混合比例不同而產生偏移 (圖 22-1)。
3. 將混合油吸收峰的波長和特級初榨橄欖油濃度畫出關係圖(圖 22-2)。



(圖 22-1) 特級初榨橄欖油 和 棉籽油混合油品加入銅葉綠素之吸光度比較





(圖 22-2) 特級初榨橄欖油和棉籽油混合油品添加銅葉綠素吸收峰的波長

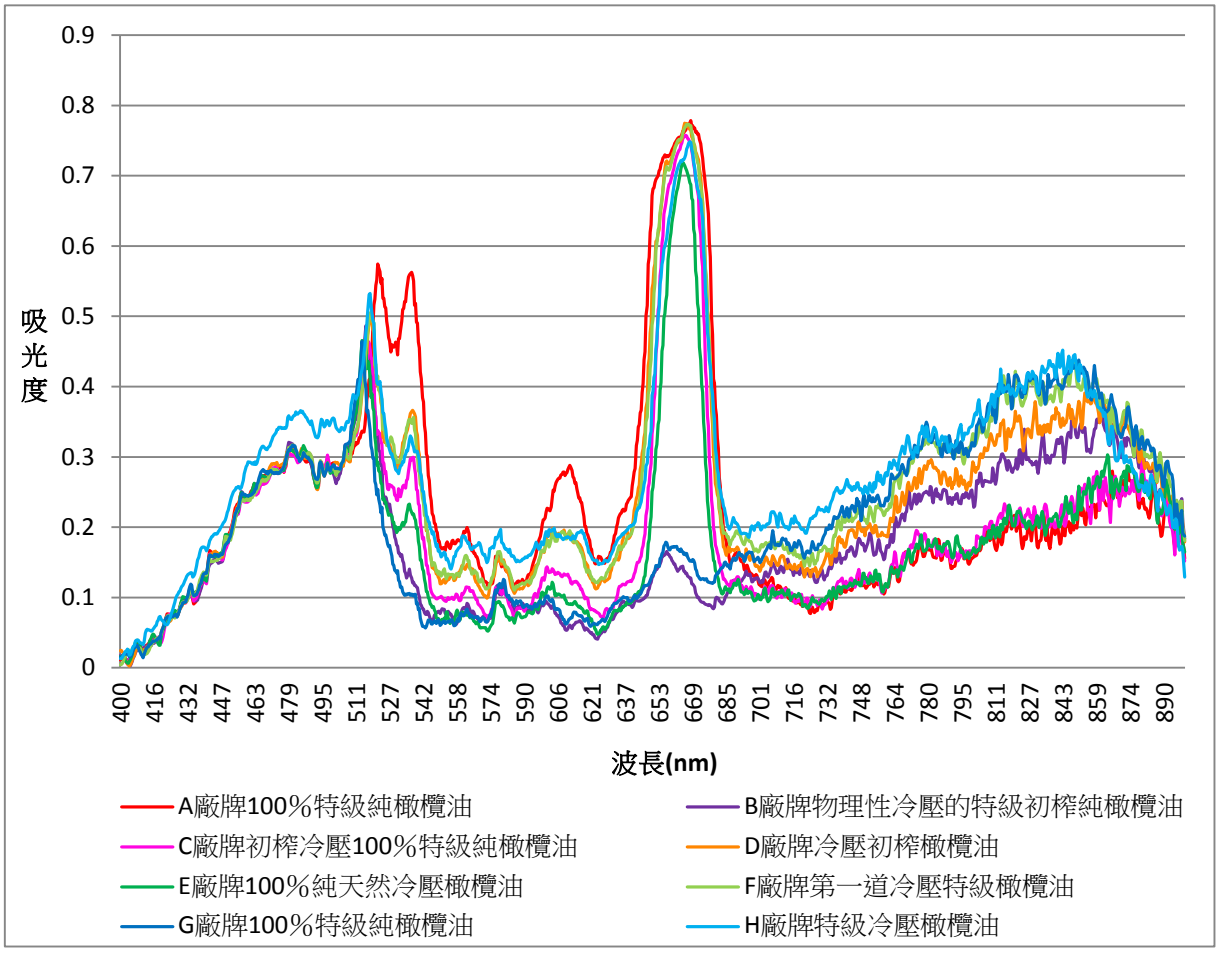
六、測量分析市售八件特級橄欖油的光譜

(一)八個廠牌的特級橄欖油在波長 667nm 處皆有一明顯吸收峰(圖 23)，但 B 廠牌和 G 廠牌的特級橄欖油在波長 667nm 吸光度明顯較低，所以這兩個廠牌的特級橄欖油可能是較低價純橄欖油，包裝成特級橄欖油以較高的價格賣出。

(二)除 B 廠牌和 G 廠牌外，其餘 6 件橄欖油在波長 667nm 處的吸光度皆未下降，因此應沒有混合其他油品。

(三)八件特級橄欖油在波長 667nm 處的吸收峰皆沒有偏移，所以應未添加銅葉綠素。

(四)許多廠牌橄欖油的成分同時標示「特級」和「純」字樣，消費者無法辨別油品為特級橄欖油或純橄欖油。



(圖 23) 市售八件特級橄欖油的吸光度比較

陸、結論

1. 本實驗自製光譜儀，以鹵素燈為光源，DVD 光碟片為光柵，實物攝影機做為光譜接收器，拍照後，再將光譜照片以影像分析軟體 ImageJ 轉換成光譜值。
2. 每一種油品都有其獨特的光譜特性，可藉此初步判斷未知油品的類別。
3. 橄欖油在波長 667nm 處有葉綠素 a 的光譜特徵。特級初榨橄欖油在波長 667nm 處吸光度為 0.74，純橄欖油(二榨)吸光度為 0.17，可利用此光譜特徵判斷橄欖油的等級。
4. 將不同比例的低價油品分別混入特級初榨橄欖油和芝麻油中，實驗結果顯示吸光度與濃度的關係符合比爾—朗博定律，可藉此判斷混油的比例。
5. 在芝麻油和棉籽油的混油實驗中，發現不同比例混合油的光譜，吸收峰的吸光度和波長都會產生變化，可藉此判斷混油的比例。
6. 棉籽油添加銅葉綠素的光譜，在波長 650nm 處吸光度與濃度關係符合比爾—朗博定律，且其吸收峰的波長不同於橄欖油中葉綠素 a 在波長 667nm 處的吸收峰，可依此判斷市售橄欖油是否添加銅葉綠素。
7. 抽測市售八件特級橄欖油的光譜，結果顯示有六件符合特級橄欖油的光譜特性，但有兩件在波長 667nm 處吸光度較低，推測可能是將較低價純橄欖油，包裝成特級橄欖油賣出。

根據實驗結果，自製光譜儀可初步判別十二種油品、特級初榨橄欖油的混油濃度、芝麻油的混油濃度，以及辨別油品中是否添加了銅葉綠素。

柒、參考資料

1. 中華民國第53屆中小學科學展覽會國中組
   解『色』 --探究自製光譜儀之校正方法與應用於水溶液濃度分析
2. 中華民國第47屆中小學科學展覽會高中組
   深思熟「綠」才會螢-葉綠素螢光的探討
3. Oregon Medical Laser Center
   http://omlc.ogi.edu
4. 2006 Vernier Software & Technology
   Determination of Chlorophyll in Olive Oil
5. 衛生福利部食品藥物管理署
   食用油中銅葉綠素之鑑別方法(2013-11-13)
6. 衛生福利部食品藥物管理署
   食品中脂肪酸之檢驗方法(2013-10-11)
7. Ching-Chi Chu, National Central University, Taiwan
   The Physics Teacher Vol. 50, October 2012
   Portable pop-up spectroscope
8. 陳永發博士、麥建華博士
   光譜學及其在化學分析和鑑別化學物質結構上的應用
9. 台灣地區食品營養成分資料庫
   http://www.fda.gov.tw/TC/siteList.aspx?sid=284
10. Spectral Workbench
   http://spectralworkbench.org/

【評語】030804

本作品利用自製的光譜儀分析食用油的光譜特性，以辨別是否為特級初榨橄欖油或混油，光譜儀設計完整，光柵的選擇具有創意，唯光譜分析應用於食用油的分析為標準方法，使得本作品缺乏創新，若能擴大應用範圍，將會是一件優良的作品。