

# 中華民國第 57 屆中小學科學展覽會 作品說明書

---

國中組 化學科

佳作

030202

品油論煮

學校名稱：臺中市立四育國民中學

作者： 國二 謝佩妤 國二 張瑞廷 國二 紀京典	指導老師： 吳孟守 施佩汝
-----------------------------------	---------------------

關鍵詞：PM<sub>2.5</sub>、油脂酸價、油脂理化性質

# 摘要

國際癌症研究總署指出，暴露在空汙中，將導致肺癌及增加膀胱癌風險，並已正式將 PM<sub>2.5</sub> 列為一級致癌物 [1]。肺癌一直高居國內女性癌症排行榜的前三名，廚房油煙應是重要原因。本實驗對七種油品進行了基本理化性質實驗，並找出油品保存的變因。為減少油煙對人體的傷害，進行影響 PM<sub>2.5</sub> 值的變因探討，並設計一簡易的實驗方式來呼應 PM<sub>2.5</sub> 值的粒子量。結果顯示：精煉油發煙點較未經精煉油高且飽和脂肪酸的比例會影響發煙點及密度；光線及空氣是影響油脂酸敗的變因；油溫及加熱表面積對油煙 PM<sub>2.5</sub> 值有正相關的影響。本實驗得出一個方便又有效可減少油煙的方法—在烹調過程中戴上噴水口罩並把抽油煙機打開，其減少值可達 40%！

## 壹、研究動機

婦女吸菸比例遠較男性為低，但肺癌卻一直高居女性癌症排行榜的前三名[1]！根據文獻報導女性肺癌患者有八成是不吸菸的，除了基因遺傳因素外，最有可能的原因是長期暴露在空氣品質不良的環境中所造成，廚房油煙可能是一個重要危險因子[2]。於是我們想針對市售食用油品進行相關的物理及化學性質研究，找出選用食用油的方法及在健康安全考量之下，烹煮食用油的最佳方式，以及找出影響油煙量的變因及有效又方便的減少方法。

## 貳、研究目的

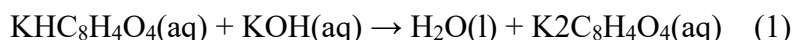
- 一、食用油脂的物理及化學性質分析。
- 二、食用油脂(新鮮及發煙後)的對綠豆生長的影響。
- 三、食用油脂加熱後產生懸浮微粒量 PM<sub>2.5</sub>值大小的因素探討。
  - (一)探討食用油脂在不同溫度時產生 PM<sub>2.5</sub>的關係。
  - (二) 探討食用油脂在不同溫度時的懸浮微粒吸附量的關係。
  - (三) 探討食用油脂產生在 PM<sub>2.5</sub>及煙塵量與高度的關係
  - (四) 探討加熱容器的表面積與 PM<sub>2.5</sub> 的關係。
  - (五)實測食用油在平底鍋中產生 PM<sub>2.5</sub>數值的大小。
  - (六)探討不同口罩及物理處理方法對降低吸入油煙量的影響。
- 四、探討食用油脂保存的方法。

## 參、研究理論及依據

- 一、酸鹼滴定原理 [5][6]
  - (一)標準酸或鹼的選取

在標定氫氧化鉀濃度時，選用鄰苯二甲酸氫鉀，簡記為KHP，分子量204.2212，m.p.:295)，因為它具有容易用重結晶法得到純品，不含結晶水，不吸潮，容易保存，當量大，所以用來做為滴定氫氧化鉀標準溶液的標準品。[8][9]

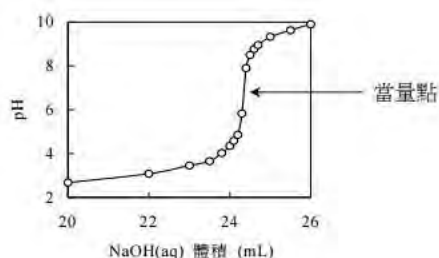
本實驗利用鄰苯二甲酸氫鉀以標定所配製之氫氧化鉀溶液濃度。因KHP為單質子酸，與氫氧化鉀為1:1中和(如式1)，故利用此化學劑量關係可求出氫氧化鉀溶液的濃度。當滴定至終點時，指示劑會有顏色的變化而 KHP 的莫耳數等於 KOH的莫耳數，所以用下列公式推得KOH 實際濃度。



$$M_{\text{base}} \times V_{\text{base}} = M_{\text{KHP}} \times V_{\text{KHP}}$$

## (二)酸鹼中和當量點之決定

酸鹼滴定過程中，接近當量點時，pH值的變化非常顯著，如圖(一)所示。以酸鹼度測定計測量pH值變化及酚酞指示劑的顏色變化得知溶液滴定終點。



圖(一)酸鹼滴定曲線

## 二、導電度理論基礎[5][6]

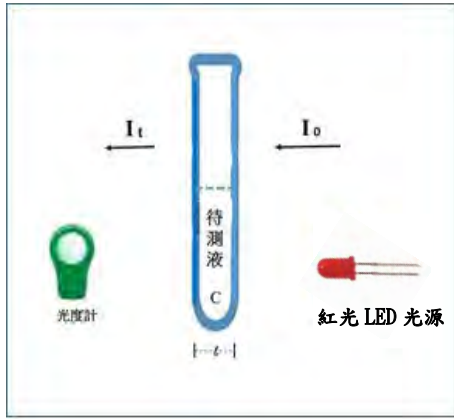
在國中八年級理化課在「認識電解質」的學習單中，我們知道電解質的水溶液均可導電，導電的介質主要為正負離子的移動，而解離度大的水溶液，導電度就愈大，反之就小<sup>3</sup>。溶液中所含電解質濃度愈大，則電流通過愈容易，電阻愈小；相反的，水中鹽分含量愈少，電流通過愈難，則電阻愈大。電阻的單位以歐姆(ohm)表示，其倒數則稱為姆歐(mho)，即為導電度的單位。

## 三、自製分光光度計

### (一)、設計理論基礎[7]

比爾-朗伯定律的物理意義是：一束單色光照射於一吸收介質表面，在通過一定厚度的介質後，由於介質吸收了一部分光能，透射光的強度就要減弱。吸收介質的濃度愈大，介質的厚度愈大，則光強度的減弱愈顯著，其關係為：

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



說明：  
 $A$ ：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  $\text{cm}$  為單位  
 $c$ ：吸光物質的濃度，單位可以是  $\text{g/L}$  或  $\text{mol/L}$ 。

圖(二) 比爾定律吸收光束示意圖

參考文獻[17]中記載三酸甘油酯在接近波長為  $700 \text{ nm}$  時，具有最佳的吸光度，查詢可見光波長範圍，紅光的吸收波長為  $620 \text{ nm}-750 \text{ nm}$ ，所以本實驗中以紅光 LED 為光源。

## 肆、研究設備及器材

### 一、藥品

(一)油脂：大豆油、葵花油、橄欖油、花生油調和油、5珍寶調和油、健康99調和油和豬油等七種油，均購自超級市場。炸鮭魚後的大豆油、炸雞塊後的大豆油。

(二)化學藥品：鄰苯二甲酸氫鉀(Potassium hydrogen phthalate)、95%酒精、二氧化錳、雙氧水、大理石、稀鹽酸、蒸餾水、酚酞指示液、矽油、氫氧化鉀。

### 二、實驗用具

(一)實驗器材：錐形瓶、燒杯、試管、量筒、滴管、滴定管、鐵圓盤（包含直徑 $7\text{cm}$ 、 $14\text{cm}$ 、 $20\text{cm}$ 及 $24\text{cm}$ 四種尺寸）、T型塑膠管、鐵架、直型的抽氣接頭、鋁箔紙、保鮮膜、洗滌瓶、紅光 LED、分液漏斗、秤量瓶。

(二)儀器：水銀溫度計、電磁爐、pH 儀器 PH-9001、光度計 LUX/FC LIGHT METER TM-205、導電度計、 $\text{PM}_{2.5}$  懸浮微粒監測器(圖三)、電子天秤。

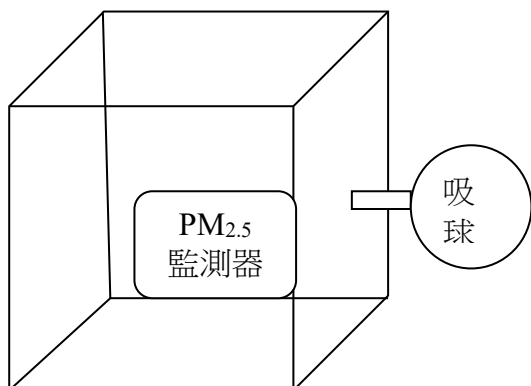
(三)耗材：醫療用口罩、活性炭口罩、濾紙。

(四)自製裝置：圖(四)裝置為模擬人體頭部的簡易裝置（文中簡稱仿首箱），箱子為三面封閉只有前方開口的箱子，象徵人體頭部前方的口鼻，而 $\text{PM}_{2.5}$ 懸浮微粒監測器置於箱中監測數值變化，另於箱旁裝

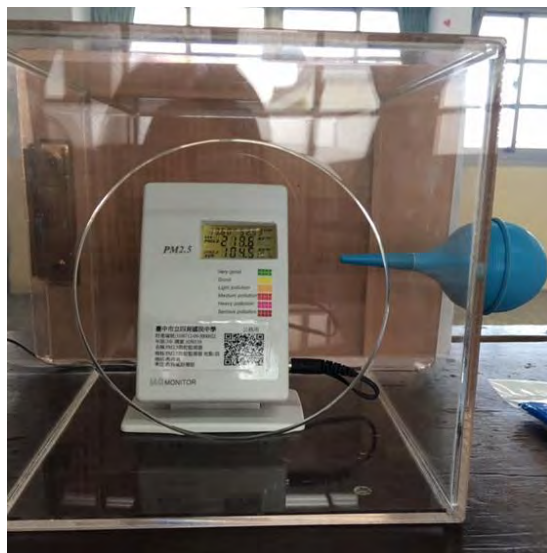


圖(三)  $\text{PM}_{2.5}$ 懸浮微粒監測

人一吸球，測量數值時，會以人工按壓，模擬人體吸氣及吐氣動作。(實體如圖五)



圖(四)仿首箱示意圖



圖(五)仿首箱實體

## 伍、研究過程或方法

### 一、食用油脂的物理及化學特性探討

(一) 食用油脂的成分標示分析：取大豆油、葵花油、橄欖油、花生油調和油、5珍寶調和油、健康99調和油和豬油等七種油，紀錄瓶身的標示成分並分析。

(二) 食用油脂在新鮮時及發煙後密度的量測

控制變因	操縱變因
室溫、油脂體積	七種不同食用油脂及回鍋油

#### 1. 實驗步驟：

分別在室溫下將量筒放在天平上歸零後，以滴管吸取待測油脂5 ml後，量測其質量，重複實驗三次，計算其平均密度值。另外取發煙後加熱一小時後的油脂，重複上述實驗三次，再依密度的公式計算出單位體積(ml)油脂的質量(g)[3][6]，並以水為對照組實驗，比較各種油脂在發煙前後密度的不同。

(三) 食用油脂的比熱測定

控制變因	操縱變因
熱源(電磁爐)、水銀溫度計、矽油	七種不同食用油脂

#### 1. 實驗步驟：

(1) 求出電磁爐提供的熱源功率：採用隔油加熱法，因矽油穩定且耐高溫，故以200 ml的矽油為底，將30 g 的蒸餾水置入玻璃試管中，以



圖(六) 食用油脂比熱實驗裝置圖

電磁爐加熱二十分鐘，並以水銀溫度計，每隔三十秒記錄一次水溫，重複操作三次。實驗如圖(六)所示，再依 $H=MS\Delta T$ ，求出電磁爐提供的熱源功率。[3][6]

(2)取七種油脂各30 g，分別置入玻璃試管中，以電磁爐加熱至發煙點，並以水銀溫度計，每隔三十秒記錄一次油脂的溫度。計算七種食用油脂的比熱，用以初步判斷油脂物理特性。

#### (四)油脂發煙點的量測

控制變因	操縱變因
熱源、水銀溫度計、油脂質量、不鏽鋼圓盤	七種不同食用油脂及回鍋油

1.實驗步驟：取30 g 的油脂置於直徑7 cm 的不鏽鋼的圓盤中，放在電磁爐上加熱至發煙點，以水銀溫度計紀錄當時油脂的發煙溫度。

#### (五)七種食用油脂在新鮮時及發煙後一小時吸光度的不同

控制變因	操縱變因
紅色LED光源、12V電壓	七種不同食用油脂(新鮮及發煙)

1. 自製分光光度計的設計步驟:[7]

- (1)取一個 T 形塑膠管及一個圓柱塑膠管(圖七)，外圍裹上一層黑塑膠帶(圖八)，以確實隔絕光線。
- (2)將光度計 LUX/FC LIGHT METER TM-205(圖九)以黑色膠帶固定在左端接口，右端接口則是一個紅光的 LED 燈(波長620-750 nm)固定在保麗龍上，然後以黑色膠帶固定於 T 形塑膠管的右端。
- (3)外面接上 3V 和 9V 串聯成的12 V 的直流電源(圖十)。以9顆紅光 LED 當作光源(圖十一)，紅光 LED 當作光源固定在保麗龍底座上如圖(十二)
- (4)將待測液的試管放入中央，然後蓋上黑色膠布黏好的保麗龍蓋子如圖(十三)，量測紅光 LED 經過試管中油脂吸收後的光度值。
- (5)然後將裝置放在塑膠方形容器中固定，如圖(十四)為自製分光光度計全圖。



圖(七) 塑膠管



圖(八) 裹上黑色膠帶的塑膠管



圖(九)光度計



圖(十) 12V的直流電源



圖(十一) 9顆紅光LED光源



圖(十二) 光源固定



圖(十三) 黑色膠布黏好的保麗龍蓋子



圖(十四) 自製分光光度計

## 2. 實驗步驟：

(1)取七種加熱至發煙點後一小時的食用油脂，分別

取10g 放入玻璃試管中，並以自製光度計量測新鮮及發煙後吸光度的不同，計算其變化率。 $\text{變化率} = (\text{變化量} / \text{原始值}) * 100\%$

### (六)食用油脂發煙後酸價的測定

#### 1. 前置作業：

(1) 校正pH儀：打開pH酸鹼度測定計電熱源機10分鐘，並以pH7.00及pH4.0之標準緩衝溶液校正之。

(2) 配置0.005M的KOH溶液，並以KHP(鄰苯二甲酸氫鉀，又叫酞酸氫鉀[8][9])反滴定確定其正確濃度。

#### 2. 油脂酸價的滴定步驟：[4][5]

(1) 將油脂放置在電磁爐上加熱至發煙後，持續一小時。

(2) 取5公克冷卻後的油脂，放入分液漏斗中，並使其溶於95%的75ml的酒精中，加入2滴酚酞指示劑，取下層溶液配成待測溶液。

(3) 將pH電極及溫度補償探棒浸於待測溶液中，並以0.005M KOH 滴定待測油脂溶液(如圖十五)，每滴加 1.0 mL之 KOH，讀記其pH值(如圖十六)及導電度(如圖十七)，至pH值為10時停止滴定，紀錄KOH使用的體積(A)。過程中應同時觀察記錄溶液顏色之變化。

(4) 油脂酸價是指游離脂肪酸佔整個油脂的脂肪酸比例。定義：中和1g油脂裡面的游離脂肪酸所需的KOH之mg數[10]。並以0.005M KOH 進行空白滴定，紀錄氫

$$\text{氧化鉀溶液使用的體積}(B), \text{油脂酸價} = \frac{56.1 \times 0.005M \times (A - B)}{\text{油脂克數}} \quad \text{單位} \frac{\text{mgKOH}}{\text{g}}$$



圖(十五) 酸鹼滴定圖



圖(十六) pH值量測



圖(十七) 導電度的量測

## 二、七種食用油脂的對綠豆生長的影響

控制變因	操縱變因
1.5g的棉花、綠豆顆數、澆水毫升數	保存方式

1. 實驗步驟：在培養皿中放入1.5 g的棉花，並加入30 ml 的蒸餾水，將已泡水2小時的20顆綠豆，均勻放入棉花上，每隔2天加入10 ml的蒸餾水，及1 ml的油脂，觀察綠豆生長的情形，維持二星期，以探討油脂在發煙後產生的物質是否有利於植物生長，再依植物生長所需的養分，推測油脂裂解後的物質成分。

## 三、影響懸浮微粒量PM<sub>2.5</sub>值大小的因素探討

### (一) 食用油脂在不同溫度時的 PM<sub>2.5</sub>懸浮值量測

控制變因	操縱變因
熱源、油脂質量、不鏽鋼圓盤、量測距離	溫度、七種不同食用油脂

1. 實驗步驟：取30 g 的油脂置於不鏽鋼的杯中，放在電磁爐上加熱，在120°C、180°C、210°C、250°C 及300°C 各量測一次，將分別數值記錄下來。

### (二) 食用油脂在不同溫度時的懸浮微粒吸附量值量測

控制變因	操縱變因
熱源、油脂質量、不鏽鋼圓盤、量測距離	溫度、七種不同食用油脂、濾紙

(1) 取30 g 的油脂置於不鏽鋼的杯中，放在電磁爐上加熱，在120°C、180°C、210°C、250°C 及300°C 時將已烘乾並稱重  $W_1$  的濾紙放置在裝置口上方，吸附發煙後產生的煙塵，持續30秒鐘(如圖十八)，再稱取濾紙乾燥後質量  $W_2$ ，計算吸附在濾紙上煙塵的質量( $W_2 - W_1$ )。重覆步驟三次。

(2) 同步驟(1)之作法，在量測前將濾紙噴溼(噴溼前已乾燥稱重  $W_3$ ) (如圖十九)，吸附煙塵量，之後再將吸附後的濾紙乾燥稱重  $W_4$ ，計算吸附在濾紙上煙塵的質量( $W_4 - W_3$ )。



重覆步驟三次。



圖(十八) 濾紙吸附煙塵



圖(十九) 濾紙噴濕處理



圖(二十) 偵測 PM<sub>2.5</sub>

(三)大豆油在不同表面積的圓盤中發煙後產生懸浮微粒量 PM<sub>2.5</sub>的不同

控制變因	操縱變因
熱源、油脂質量、油脂質量、量測距離	不同直徑的不鏽鋼圓盤

- 實驗步驟：取30g 的福壽大豆油置於直徑分別為7 cm、14 cm、20 cm、24 cm 的不鏽鋼圓盤中，放在電磁爐上加熱至發煙點三分鐘後，以 PM<sub>2.5</sub> 測定儀量測圓盤上方10 cm 處 PM<sub>2.5</sub> 的數值(如圖二十一)。



圖(二十一) 不同表面積的油脂產生懸浮微粒量的測定圖

(四)實測食用油在平底鍋發煙三分鐘後的 PM<sub>2.5</sub> 數值大小

控制變因	操縱變因
熱源、油脂質量、平底鍋、量測距離	七種不同食用油脂

- 實驗步驟：取30g 的食用油置於24 .5cm 的平底鍋中，放在瓦斯爐上以中火加熱至發煙三分鐘後，以一身高約160公分的婦女其鼻子位置，約鍋上方約45 cm 處量測 PM<sub>2.5</sub>的數值。



圖(二十二) 食用油置於平底鍋中



圖(二十三) 量測油在平底鍋中發煙後 PM<sub>2.5</sub>

(五)使用不同口罩及物理方法，量測懸浮微粒量  $PM_{2.5}$  的減少比例

控制變因	操縱變因
熱源、油脂質量、不鏽鋼圓盤、量測距離	七種不同食用油脂、口罩、抽氣

1. 實驗步驟：

- (1) 加熱油脂，使其發煙，並且溫度達到  $250^{\circ}C$  以上後，再持續加熱 5 分鐘。
- (2) 在仿首箱內放置， $PM_{2.5}$  測量器，先測量一次數值  $X_1$ 。
- (3) 仿首箱開口罩上口罩後，以手規律按壓吸球 3 分鐘後，測量數值  $X_2$
- (4) 計算變化數值( $X_1-X_2$ )及變化百分率= $[(X_1-X_2)/ X_1]*100\%$ 。
- (5) 取下口罩，等仿首箱內數值回復後以平面活性炭口罩重覆(2)~(4)的步驟。
- (6) 醫療用口罩及活性炭口罩雙面以噴霧器噴水處理後，重覆步驟(2)~(4)。
- (7) 醫療用口罩及活性炭口罩分別以塑膠板來摩擦 3 分鐘，重覆步驟(2)~(4)。
- (8) 取下口罩，等仿首箱內數值回復後，開抽氣機 3 分鐘，測量記錄仿首內的  $PM_{2.5}$  數值變化；再罩上雙面以噴霧器噴水處理後醫療用口罩，以手規律按壓吸球 3 分鐘後，測量記錄仿首內的  $PM_{2.5}$  數值變化。



圖(二十四) 仿首箱內  $PM_{2.5}$  數值平衡



圖(二十五) 口罩降低  $PM_{2.5}$  實驗裝置

(六) 大豆油在不同高度時的  $PM_{2.5}$  濃度及濾紙吸附量的量測

控制變因	操縱變因
熱源、油脂質量、直徑 7 cm 不鏽鋼圓盤	量測距離(罐子高度)

將 30 g 的大豆油放入直徑為 7 cm 的不鏽鋼杯中，周圍以直徑為 10.0 cm、高度為 12.0 cm 的鐵罐罩住，以電磁爐加熱至發煙點後三分鐘，量測罐子開口正上方  $PM_{2.5}$  濃度，並以乾濾紙吸附三十秒後，以電子天平量測煙塵吸附的質量，重複實驗三次(如圖二十六)。並分別做二層(如圖二十七)及三層罐子(如圖二十八)的實驗。藉以探討隨著高度增加對  $PM_{2.5}$  濃度及煙塵量產生的變化情形。



圖(二十六) 一層罐頭高度濾紙吸附 圖(二十七) 二層罐頭高度濾紙吸附 圖(二十八) 三層罐頭高度濾紙

#### 四、油品保存的變因研究探討

##### (一) 氣體對大豆油脂保存的影響

控制變因	操縱變因
溫度、50 g的油脂、光線、時間(一個月)	空氣、以保鮮覆蓋並抽氣、純氧、CO <sub>2</sub>

##### 1. 實驗步驟：

- (1) 在四個250 ml的燒杯中分別放入50 g 的福壽大豆油。
- (2) 一個燒杯中的油脂每天抽氣並以保鮮膜包住；一個燒杯每天灌入純氧；一個燒杯則灌入二氧化碳，一個則直接暴露在空氣中。
- (3) 三個星期後做油脂酸價測定、pH值、導電度量測。
- (4) 氣體產生的方式說明如下：



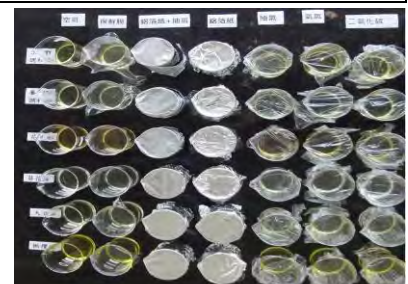
圖(二十九) 直型的抽氣接頭圖

- I. 抽氣：利用水流抽氣幫浦抽氣，裝置如圖十六。
- II. 氧氣製造的方式：國中理化課本所教製備氧氣的方式來操作，灌入時間維持兩分鐘，然後以保鮮膜封住。[3][4]
- III. 二氧化碳製造的方式：國中理化課本所教製備二氧化碳的方式來操作，灌入時間維持兩分鐘，然後以保鮮膜封住。[3][4]

##### (二) 不同的保存方法對大豆油的影響

控制變因	操縱變因
溫度、50 g的油脂	保存方式

1. 實驗步驟：在燒杯中放入50 g的大豆油脂，將它分置於空氣中、以保鮮膜覆蓋、以鋁箔紙覆蓋、以鋁箔紙覆蓋並抽真空、以保鮮覆蓋並抽真空、以純氧覆蓋、以二氧化碳覆蓋(如圖十七)，三個星期後的再進行油脂酸價測定。



圖(三十) 不同保存方式對油脂的影響

## 陸、研究結果與討論

### 一、七種食用油脂的理化特性的結果與討論

#### (一)七種食用油脂的成分標示分析

表(一)七種油脂內部標示的成分結果（以瓶身標示計算）

名稱	大豆油	葵花油	橄欖油	花生 調和油	5 珍寶 調和油	健康 99 調和油	豬油
飽和脂肪百分比	16.3	10.9	14.0	12.0	7.6	7.0	38.0
不飽和 脂肪酸 百分比	82.6	89.1	79.1	76.1	59.8	93.0	62.0
			6.9		32.6		
成分油	大豆油	葵花油	橄欖油	大豆油、 芝麻油、 花生油	芥花油、橄欖油、 葵花油、玉米油、 葡萄籽油	芥花油、 橄欖油、 葵花油	豬油

表(二)食品營養成份比例表

樣品名稱	大豆油	葵花籽 油	橄欖油	白芝麻 油	黑芝麻 油	花生油	玉米油	芥花油	葡萄籽 油	豬油
飽和脂肪酸(%)	16.3	12.0	16.2	16.8	16.3	20.8	15.2	7.7	11.5	39.3
單元不飽和脂 肪酸(%)	23.8	21.9	74.5	38.4	39.5	40.9	28.6	63.5	19.1	44.8
多元不飽和脂 肪酸(%)	59.9	66.1	9.3	44.6	44.2	38.3	56.2	28.8	69.4	15.9

資料來源：衛生福利部食品藥物管理署-台灣食品營養成份資料庫 2016 版[11]

#### 1. 結果與討論：

- (1) 分析市面上所販售油品其標籤標示的成份來計算其比例，所得資料為表(一)所示，再和衛福部的食品資料相比對，我們發現在純油品（大豆油、葵花油、橄欖油及豬油）方面，其標示都和官方資料相差不多。但是在調和油方面，都有標示造假之虞！
- (2) 花生調和油，其組成為大豆油、芝麻油及花生油，這三種油品的飽和脂肪酸比例在 16%~20%之間，怎麼混合也混不出只有 12%的比例！
- (3) 健康 99 調和油標示其組成為芥花油、橄欖油、葵花油，但查表發現，沒有一種油的飽和脂肪酸的比例低於 7%，怎會混出飽和脂肪酸只有 7%的油品！
- (4) 5 珍寶調和油也有同樣的問題存在。由(2).(3)調查研究發現，讓我們不禁懷疑起油品的食安問題，也突顯了部份廠商在追求數字好看（不飽和脂肪酸比例高）以求銷售量的同時，妄顧誠信。

#### (二)七種食用油脂在新鮮時及發煙後密度的量測的結果與討論

表(三) 七種食用油脂新鮮及發煙後的密度

密度(g/cm <sup>3</sup> )	大豆油	葵花油	橄欖油	花生調和油	5 珍寶調和油	健康 99 調和油	豬油
瓶身標示計算	0.92	0.92	0.91	0.92	0.92	0.92	-
實際量測	新鮮	0.89	0.87	0.80	0.78	0.81	0.99
	發煙後	0.88	0.78	0.79	0.82	0.78	0.85
發煙前後密度變化%	1.1	10.3	1.25	5.12	3.7	12.1	14.1

表(四) 大豆油料理後的密度變化

料理狀態	新鮮	發煙後	炸雞胸肉後	炸鮭魚後
平均密度(g/cm <sup>3</sup> )	0.891	0.877	0.875	0.732
密度變化%	—	1.57	1.80	17.85

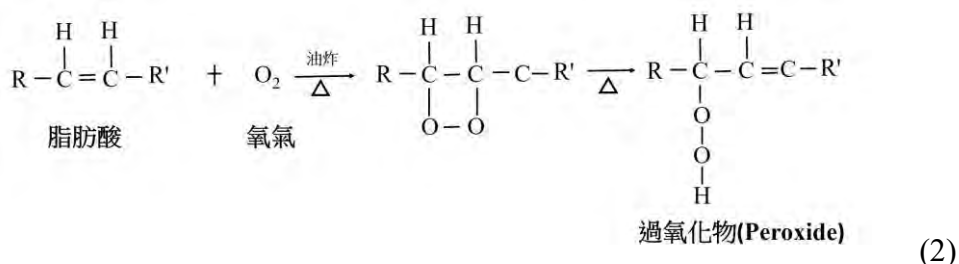
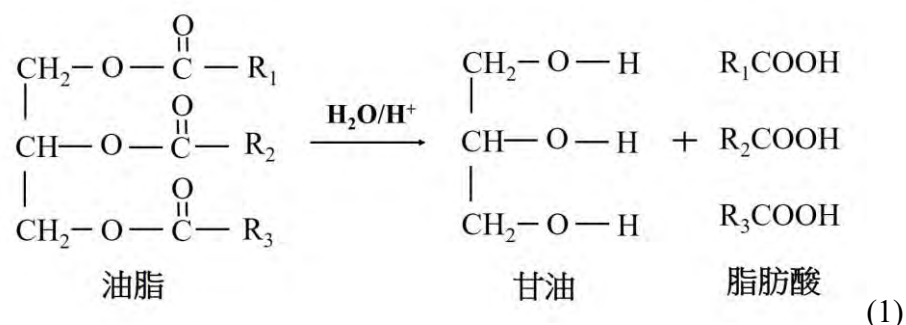
表(五) 食用油脂脂肪酸組成成份表

Fatty acid(> 1%, 才列入)	Olive oil	Soybean oil	Sunflower oil	Canola oil
	橄欖油	大豆油	葵花油	芥花油
C16:0 Palmitic acid	11.60 %	11.81 %	7.00 %	4.00 %
C18:0 Stearic acid	3.16 %	3.96 %	3.38 %	2.00 %
C18:1 Oleic acid	73.43 %	21.95 %	24.13 %	61.32 %
C18:2 Linoleic acid	9.11 %	53.86 %	63.82 %	21.51 %
C18:3 Linolenic acid	0.62 %	6.97 %	0.24	11.32 %
Total saturated fatty acid	15.37 %	16.35 %	10.90 %	8.04 %
Total monounsaturated fatty acid	74.62 %	22.33 %	24.43 %	58.99 %
Total polunsaturated fatty acid	10.02 %	61.33 %	64.66 %	32.97 %

資料來源：原始資料來自中央畜產會[12]，上表整理資料出自第五十屆全國科展”「油」裡乾坤---實用油酸價與油色關係的新發現” [13]

### 1. 表(三)結果與討論：

- (1) 瓶身標示計算的結果與實際量後比對後發現，大豆油·葵花油及健康99調和油和瓶身標示相去不遠，但其他油品的實測值結果和標示誤差了10%以上。
- (2) 七種食用油脂在未使用前時的密度皆小於1，大多在0.8 g/cm<sup>3</sup>~0.9 g/cm<sup>3</sup>之間，其中比較特別的是豬油的密度接近於1 g/cm<sup>3</sup>，我們推估應該是因為選用的市售豬油為未經精製的豬油，其內所含非酯類的雜質較多所致。
- (3) 表(五)資料顯示，大豆油及葵花油二者組成的單元不飽和脂肪酸及多元不飽和脂肪酸成份相似度高且比例相近，比對下來，發現飽和脂肪酸所佔的比例愈小，其密度愈小。
- (4) 大部份的油脂在經由加熱發煙後，密度皆變小，經討論應是加熱使食用油產生變質分解成脂肪酸及醇類甚至是過氧化物等其他極性物質，因而造成極性分子(加熱變質後產物)和非極性分子(油脂)(方程式(1).(2))，因不同性質，導致分子間的作用力變小，使體積變大，而造成密度變小。[10][13][14]



反應式(1) 油脂水解成脂肪酸及甘油；反應式(2) 脂肪酸氧化成過氧化物

(5) 其中葵花油、豬油及健康99調和油密度變化比例較大，可作為食用油加熱酸化分解比例較高的參考依據之一。

(6) 在此實驗中，唯一一個密度變化和其它六種食用油不同的是花生調和油，由於此款食用油屬調和油品，在未知確實混和油品及其比例之下，無從推測為何有此一反常結果。

## 2. 表(四)結果與討論：

(1) 由於本校午餐廚房使用的食用油為大豆油，於是我們針對此油進行深入的研究。

(2) 大豆油在分別油炸完不同肉品後，測量其密度的變化。結果發現，炸完鮭魚之後的油比炸完雞塊（雞胸為主）後的油混濁且聞起來腥味較重，密度也更小，我們推論可能：  
 ① 鮭魚內所含的油脂比雞塊多，在油炸過程中會釋出混入大豆油中，使得油變混濁有腥味，而混合密度也因鮭魚內油脂混入而更變小。

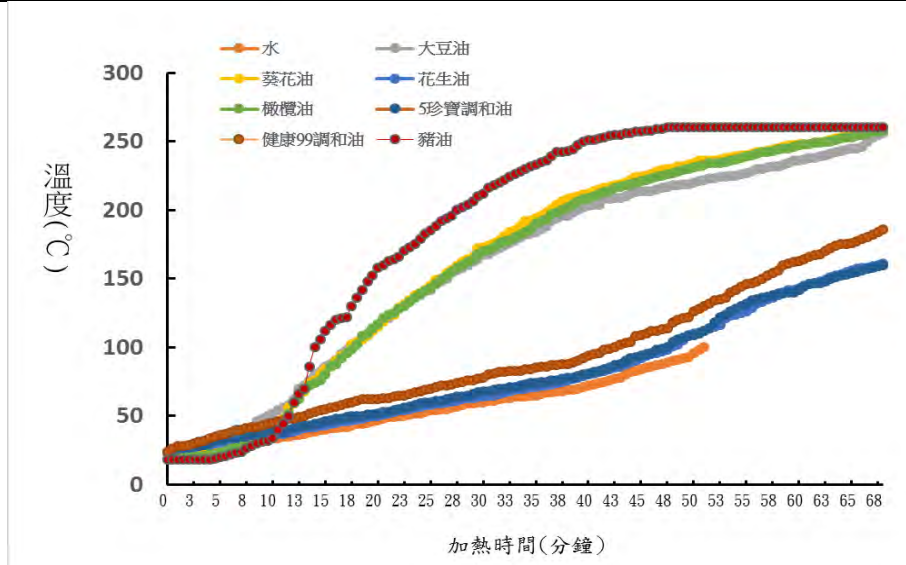
② 魚肉本身的微生物比雞肉更容易造成油的酸敗，故密度變化較明顯。

## (三)食用油脂的比熱測量結果與討論

表(六)不同加熱區間油脂的比熱測量結果表 (比熱單位 cal/g°C)

加熱時間(分)	0~10	10-20	20-30	30-40	40-50	50-60	60-70	70-80	80-89.5	備註
大豆油	0.38	0.18	0.22	0.33	0.68	0.72	0.46			加熱 68 分達發煙點,停止測量
葵花油	0.44	0.16	0.20	0.29	0.52	0.82	0.77			加熱 66 分達發煙點,69 分停止測量
橄欖油	0.46	0.16	0.22	0.29	0.52	0.72	0.84			加熱 66 分達發煙點,69 分停止測量

花生調和油	0.96	0.82	0.82	0.72	0.38	0.35	0.43	0.14	0.38	加熱 86.5 分鐘發煙點,89.5 分鐘停止測量
5 珍寶調和油	0.82	0.82	0.72	0.88	0.41	0.35	0.32	0.16	0.58	加熱 88.5 分鐘發煙點,89.4 分鐘停止測量
健康 99 調和油	0.55	0.68	0.72	0.72	0.36	0.31	0.29	0.17	0.82	加熱 75 分鐘發煙點,89.5 分鐘停止測量
豬油	0.72	0.09	0.21	0.29	1.28	極大	極大			加熱 48 分鐘後,溫度維持在 260 度不動



圖(三十一)七種油脂加熱時間-溫度作圖

1. 表(六)結果與討論：計算不同加熱時間的比熱平均值後，我們計算出七種油品的比熱值皆小於 1。比對七種油品加熱時間-溫度的曲線圖，我們把七種油品分成三類：一為植物油組：大豆油、葵花油及橄欖油；二為調和油組：花生調和油、5 珍寶調和油及健康 99 調和油；三為未精製油動物油：豬油。說明如下：

- (1) 植物油組—大豆油、葵花油及橄欖油：剛開始加熱時，溫度上升率較調和油來的快很多，比熱比豬油大但比調和油小，直到快達到發煙點時，升溫速率變慢，比熱緩緩變大，應是在此溫度時，部份能量用於涉及到油的水解及內部結構及鍵的斷裂。
- (2) 調和油組：花生調和油、5 珍寶調和油及健康 99 調和油，加熱過程中，升溫的速率相較於其他二類起來較為緩慢且平緩。推測原因可能為調和油是多種不同的油品的混合，性質表現混合平均。
- (3) 非精製動物油—豬油，豬油一開始因為是固態之故，在豬油未完全熔化前，升溫速度較慢，比熱也較大，等到完全熔化成液態後，比熱變小(0.1~0.2 cal/g°C)，快速升溫到發煙點，到達發煙溫度後，比熱又略微變大，但在溫度到達 260 度左右，溫度不易隨

著加熱時間而變，我們也觀察到油變得較黏稠，有可能在此溫度時，油汽化較劇烈或內部進行聚合反應。[10]

2. 綜合三類加熱時間—溫度變化比較，我們發現若要烹調的食物需要溫度變化穩定的加熱，建議選用第二類調和油組。

#### (四)食用油脂發煙點的量測結果與討論

表(七)食用油脂發煙點溫度的量測結果

油品名稱	大豆油	葵花油	橄欖油	花生調和油	5 珍寶調和油	健康 99 調和油	豬油
發煙點溫度(°C)	254	228	230	214	245	240	212

表(八) 食用油「發煙點」參考值

名稱	大豆油	葵花籽油	花生油	橄欖油	芝麻油	芥花油	玉米胚芽油	葡萄籽油	豬油(未精煉)
發煙點°C	238	227	232	230	232	190~232	200	216	188

資料來源：健康醫師網-有關食用油冒煙點的探討[14]

##### 1. 表(七).表(八)結果與討論：

(1)根據由表(七)實測結果及表(八)參考值來看，我們發現，油品經精煉後，即使是植物油，發煙點都可以達到200度以上，其中以大豆油發煙點最高，豬油因未精製，其發煙溫度最低。花生調和油標示為大豆油、芝麻油及花生油混合，但對照參考值來看，三款油的發煙溫度皆230度以上，實測結果卻只有214度，更加確認其標示與內容物不符！

(2)對照表(五)脂肪酸比例，精煉油品飽和脂肪酸比例高者，其發煙點會較高。

(3)實驗結果較出乎我們意料的是豬油，一般認為動物油的發煙點會較高，而本實驗卻是七種油品中最低的，經查証資料發現，因為我們實驗所用的豬油為未經精煉過的豬油，凡是未經精煉過的油，其發煙點都會較低，所以實驗出來的結果，豬油的發煙點比起其他精煉過的植物油反而偏低。

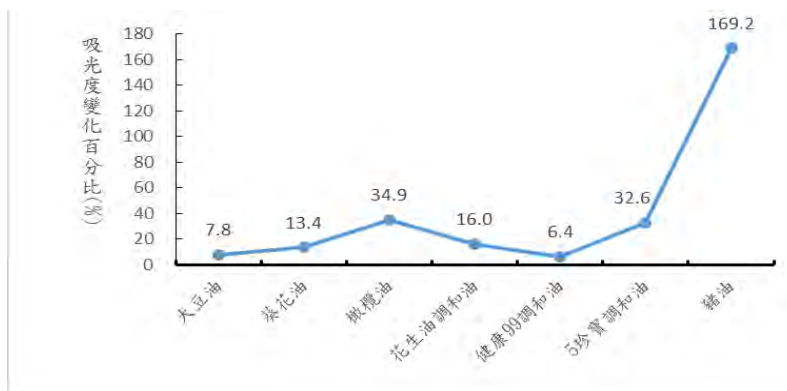
#### (五)七種不同油脂在新鮮時及發煙後一小時後吸光度的結果與討論

表(九)油脂在新鮮時及發煙後一小時吸光度與發煙點及 PM<sub>2.5</sub>的綜合比較表

	大豆油	葵花油	橄欖油	花生調和油	5 珍寶調和油	健康 99 調和油	豬油
新鮮時的光度值(LUX)	359	440	304	318	313	437	159
發煙後的光度值(LUX)	389	499	410	369	415	465	428
光度變化%	7.80%	13.41%	34.87%	16.04%	32.59%	6.41%	169.18%
發煙溫度(°C)	254	228	230	214	240	245	212
250°C 的 PM <sub>2.5</sub> 值*	136.9	126.2	170.8	84.6	201.9	119.9	84.3
300°C 的 PM <sub>2.5</sub> 值*	223.3	298.9	291.0	190.5	345.0	211.1	262.7



\*：表十四資料



圖(三十二) 七種油脂在新鮮與發煙後吸光度變化關係圖

1. 表(九) 結果與討論：由於三酸甘油酯在接近波長為700nm時，具有最佳的吸光度 [17]，所以本實驗中以紅光 LED 為光源，其波長為620nm-750nm，我們設想油脂在尚未使用時，其因三酸甘油酯尚未水解反應，濃度較大，光度計測得的透光度因部份光被三酸甘油酯吸收之故，其數值會較小。而油脂經加熱發煙後，因部分油脂水解酸敗，使得三酸甘油酯的濃度變小，吸光率下降，因而光度計測得的透光度會上升。不過因為不同油脂的脂肪酸組成不同，是以吸光度的變化只能解釋成油脂成份的改變，作為判斷參考之一。 [7]

2. 我們根據表(九)結果綜合比較：

(1)植物油—大豆油、葵花油及橄欖油，三者比較中，大豆油發煙點略高，產生的懸浮微粒量相對較少且吸光度的變化比例小，應是個較佳的選擇，可以用於較多種的烹調方法。葵花油所含脂肪酸組成和大豆油相似，但其吸光度的變化比例較大豆油大，在高温時產生的油煙值也相對較多，我們推測其可能是因為其所含飽和脂肪酸比例較大豆油低，相對來說高温較易分解。橄欖油雖然發煙點不算低，但吸光度的變化比例大，且產生油煙的PM<sub>2.5</sub>值不算小，應較適合中低温的烹調處理。

(2)在調和油方面：

①由於調和油是由各種植物油混合而成，且因不知混合比例，是以在判斷上較為困難，不似純植物油結果較具一致性。5珍寶調和油吸光度的變化比例大且產生油煙的PM<sub>2.5</sub>值也大，使用時最好不要高温烹調。健康99調和油如果純以發煙量及吸光度變化來看，似乎是個不錯的食用油，但若加上表(三)的密度變化，則又有點出入；花生調和油的數值表現為居中。

②如果以純吸光度來看，健康99調和油的光度值和葵花油的數值很接近，是以可以

猜測健康99調和油的混和油中，葵花油應有一定的比例。5珍寶調和油的光度值及光度變化比例和橄欖油的數值很接近，是以推測混和油中應有橄欖油存在。

- (3) 未經精煉的豬油：發煙點較低，但在高溫時，PM<sub>2.5</sub>值相對不算高，但吸光度變化十分高，由於豬油為未精煉的油品，所含雜質多，吸光度判斷可能會不太客觀。

表(十) 大豆油在料理後的光度值(LUX)

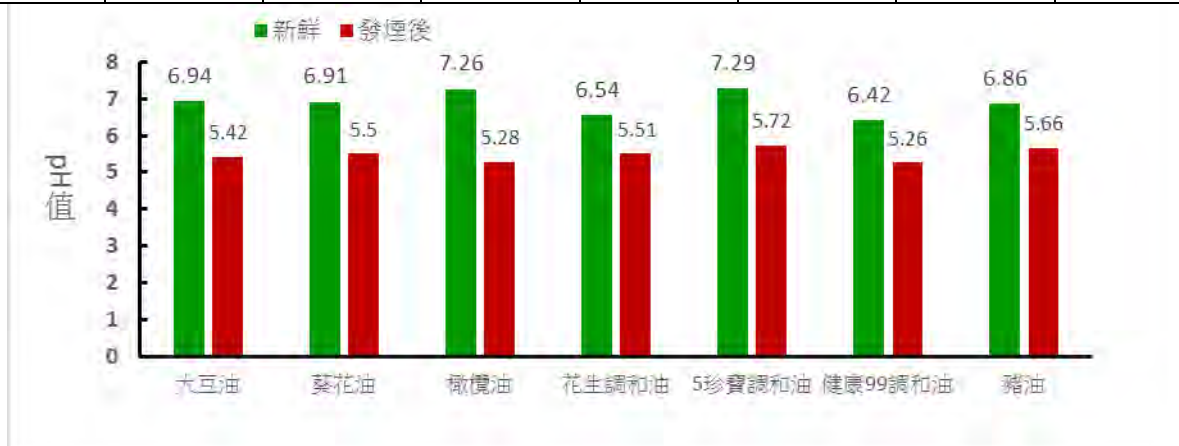
光度	新鮮大豆油	發煙後大豆油	炸完雞塊後	炸完鮭魚後
光度值 LUX	359	387	420	499

3. 表(十)的結果討論：大豆油在發煙後吸光度上升約7.8%，而在油炸雞肉後吸光度上升約17.0%，炸完鮭魚後吸光度甚至上升約39.0%，光度變化也代表油脂分解狀況嚴重，所以對於料理過後的回鍋油，基於健康的考量，建議不要再使用。

#### (六)七種油脂發煙後酸價的測定

表(十一) 七種食用油脂在發煙前後 pH 的變化結果

酸鹼值(pH 值)	大豆油	葵花油	橄欖油	花生調和油	5 珍寶調和油	健康 99 調和油	豬油
新鮮	6.94	6.91	7.26	6.54	7.29	6.42	6.86
發煙後	5.42	5.5	5.28	5.51	5.72	5.26	5.66

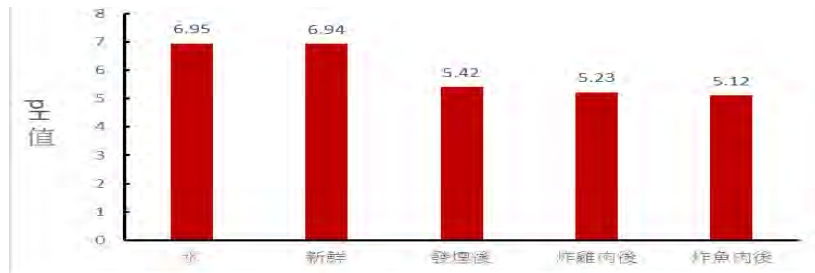


圖(三十三)七種食用油脂新鮮及發煙前後的 pH 值變化

#### 1. 表(十一)結果與討論：

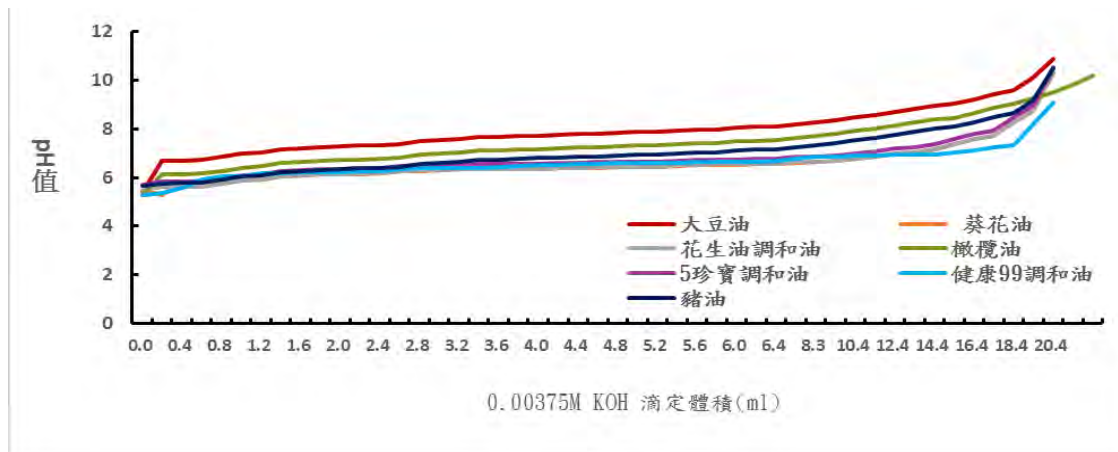
- (1) 新鮮油脂實測值皆在7左右，顯示油脂的精煉及密封狀況不錯。而花生調和油、健康99調和油在未使用前測量，其pH值略偏低，可能為精煉不完全或有氧氣跑入，導致部份酸化狀況發生。豬油在未使用前測量其pH值也偏低，因是其為未精煉油之故
- (2) 七種食用油脂在發煙後pH的變化較大的是橄欖油，pH值由7.26變成 5.28，下降變化率高達27.2%。其次是大豆油pH值由6.94變成5.42，下降變化率為21.9%。

(3) 發煙前後pH變化最少的是花生調和油，變化率為15.7%，其他油品相差不多。結果發現食用油品在經過高溫加熱後，都會造成油品變酸，因為是油脂中水解產生游離脂肪酸，而造成pH值下降。



圖(三十四)不同烹調肉品對大豆油pH值影響

2. 大豆油在發煙點1小時後，造成油脂pH值下降約21.9%，而在炸雞肉後pH下降約24.6%，炸完鮭魚肉後pH值下降最多，高達約26.2%。表示在烹調肉品後，高溫使食物溶入油脂中的酸性成分增多；或是因為烹調的高溫處理步驟，造成油脂裂解成脂肪酸增多，而造成pH值下降。



圖(三十五)七種油脂以氫氧化鉀滴定後的酸鹼度變化情形

表(十二) 七種油脂其酸價滴定體積及酸價計算結果與討論 (KOH 莫耳濃度 0.00375M)

實驗結果	大豆油	葵花油	橄欖油	花生調和油	5 珍寶調和油	健康 99 調和油	豬油
滴定用去〔KOH〕體積(ml)	19.19	20.20	20.20	20.19	21.90	21.78	20.02
酸價(mg KOH/gram)	1.35	1.42	1.42	1.42	1.54	1.53	1.40

3. 表(十二)酸價計算結果討論：

(1) 原本配定的是0.005M的氫氧化鉀溶液，但以KHP反滴定後發現濃度為0.00375M。而七種油脂在發煙後持續加熱一小時，其滴定曲線七條差異不大(如圖三十五)。

(2) 依酸價公式計算得知，5珍寶調和油及健康99調和油的酸價，是七種待測油脂中最高的。而大豆油酸價為最低。

(3) 依據國際標準來說，品質良好之精製油的酸價為0.2 mg KOH/gram以下，依據衛生福利部食品藥物管理署規定，要求酸價不得高於 2.0 mg KOH/gram[10]，超過此數值或炸油已發出油耗味，表示油脂劣化，就必須立即換油。實驗中的油品在加熱一小時後其酸價都低於2.0 mg KOH/gram，以標準來說不用更換，但是部份油品肉眼可見已變色，讓人不禁擔心市面上回鍋油的問題。

## (七) 綜合討論

表(十三)各項實驗數值綜合整理表

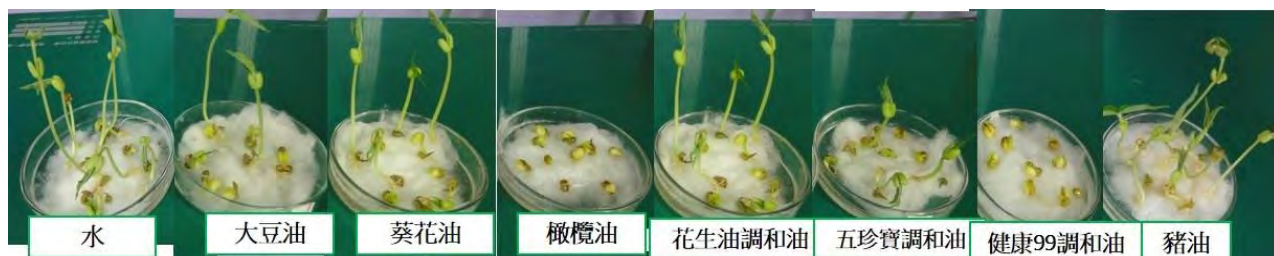
項目	大豆油	葵花油	橄欖油	花生調和油	5珍寶調和油	健康99調和油	豬油
發煙溫度(°C)	254	228	230	214	240	245	212
發煙前後密度變化%	1.1	10.3	1.25	5.12	3.7	12.1	14.1
光度變化%	7.80%	13.41%	34.87%	16.04%	32.59%	6.41%	169.18%
發煙後 pH 值	5.42	5.5	5.28	5.51	5.72	5.26	5.66
300°C 的 PM <sub>2.5</sub> 值	223.3	298.9	291	190.5	345	211.1	262.7
酸價	1.35	1.42	1.42	1.42	1.54	1.53	1.4

1. 綜合各實驗數據看來，三款植物油中，大豆油應是較適合中高溫烹調的油品；而三款調和油，如果純以數據來看，花生調和油優於其他二款，但由於調和油有標示與內容物不明的隱憂存在，故不太建議使用！且本實驗所採用的調和油，其酸價測出的值皆不算低，實在不是個好的選擇。

2. 未精煉豬油因為加熱過程涉及狀態的變化，以及內含物較複雜之故，是以吸光度變化及密度變化值皆超高，不過實測出來的酸價值卻不是最高，也因此告訴我們，對於非精煉的動物油，酸價的判斷是較正確的作法。

## 二、七種食用油脂(新鮮及發煙後)的對綠豆生長的影響

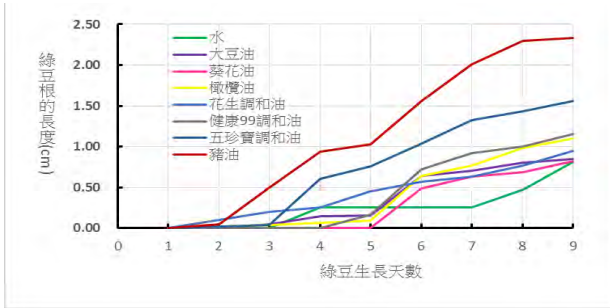
### (一)新鮮油脂與綠豆生長情形



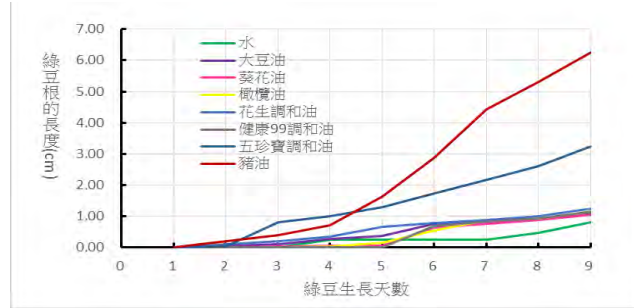
圖(三十六)發煙後油脂與綠豆生長情形



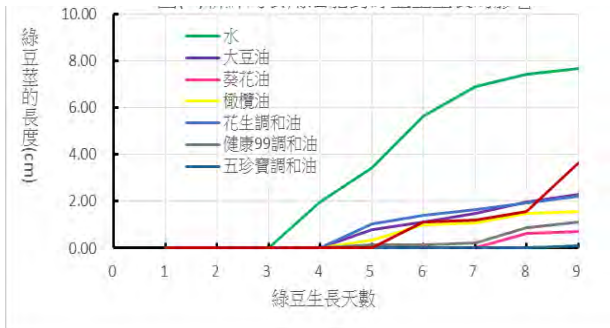
圖(三十七)豬油根部生長情形



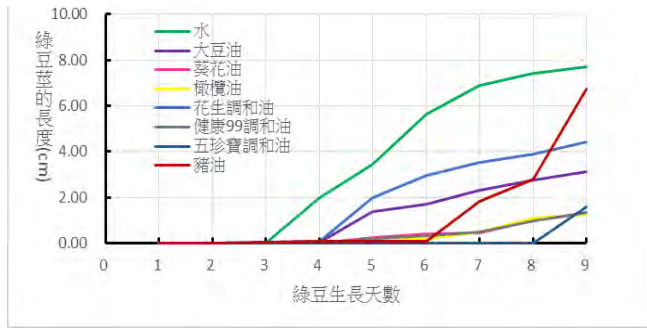
圖(三十八)新鮮的食用油對植物根的影響



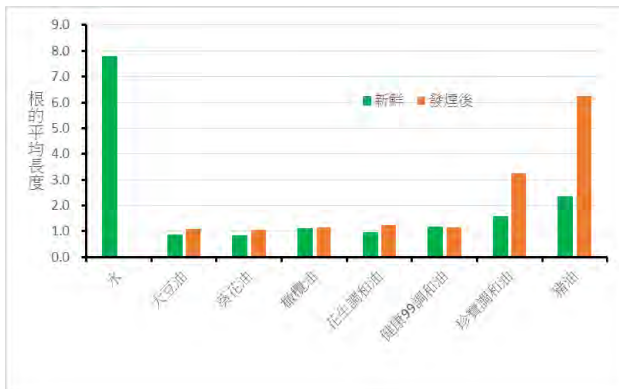
圖(三十九)發煙的食用油對植物根的影響



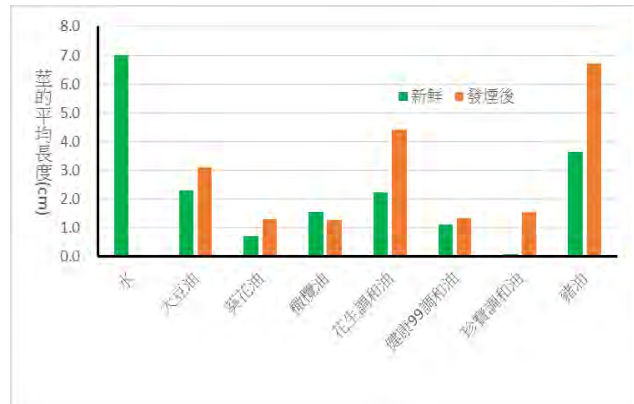
圖(四十)新鮮的食用油對植物莖的影響



圖(四十一)發煙的食用油對植物莖的影響



圖(四十二)九天後綠豆根的平均長度



圖(四十三) 九天後綠豆莖的平均長度

表(十四)食用油脂發煙前後澆灌綠豆對綠豆根及莖生長影響

		水	大豆油	葵花油	橄欖油	花生調和油	健康 99 調和油	5 珍寶調和油	豬油
根 cm	新鮮	7.78	0.84	0.83	1.10	0.94	1.16	1.56	2.34
	發煙後	-	1.10	1.05	1.14	1.24	1.14	3.25	6.25
莖 cm	新鮮	7.00	2.29	0.73	1.56	2.23	1.11	0.09	3.64
	發煙後	-	3.11	1.30	1.27	4.43	1.35	1.56	6.72

上表為每組油品16顆綠豆的生長平均值

- 1.比較圖(四十二)與圖(四十三)可以發現，發煙後的食用油對綠豆生長情形皆優於新鮮的食用油脂。因為新鮮油脂和水不互溶，是以以新鮮油脂澆灌時，甚至會阻礙綠豆生長。而發煙油脂產生極性成份，和水互溶性高，對綠豆生長的阻礙生長較少，是以長得較好。
- 2.發煙後的豬油灌溉綠豆生長情形，使綠豆生長良好，平均莖的長度為6.72 cm。推測是因為豬油發煙後分解的小物質中，有利於植物生長。而油成分表中發現豬油和其他六種油脂唯一不同的是飽和脂肪的成分較高(約3.8g/100g)，幾乎是其他油脂的兩倍，所以是飽和脂肪在發煙後分解的物質極有可能就是有助於綠豆生長的物質。
- 3.生長情形較良好的綠豆根的部分，皆發現白色的棉花上，呈現黃褐色的菌落(如圖三十七)，推測油脂在發煙後產生的物質可能有利於固氮菌的生存，值得再進一步探討。

### 三、影響懸浮微粒量PM<sub>2.5</sub>值大小的因素探討

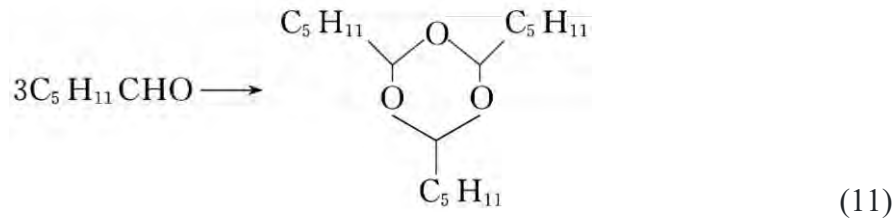
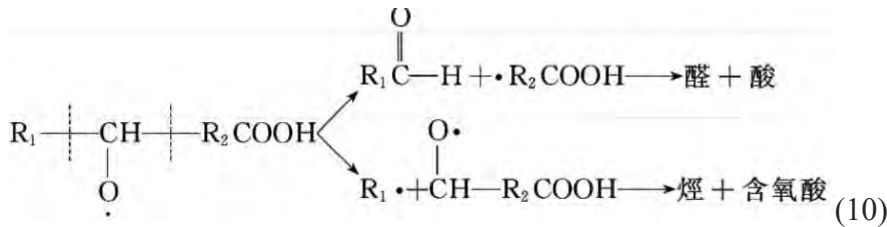
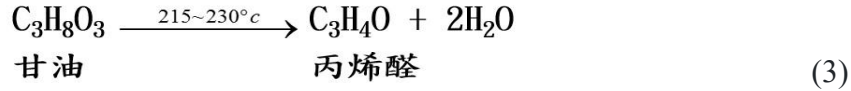
#### (一) 食用油脂在不同溫度時的PM<sub>2.5</sub>懸浮值量測

表(十五) 食用油脂在不同溫度時的 PM<sub>2.5</sub> 懸浮微粒值量測

	大豆油	葵花油	橄欖油	花生調和油	5 珍寶調和油	健康 99 調和油	豬油
120°C	27.6	16.0	29.6	21.0	60.3	18.6	28.4
180°C	55.2	60.5	52.6	44.5	135.2	28.3	47.2
210°C	81.2	78.5	120.0	63.8	167.6	46.3	62.0
250°C	136.9	126.2	170.8	84.6	201.9	119.9	84.3
300°C	223.3	298.9	291.0	190.5	345.0	211.1	262.7

1. 在油溫未達發煙(以250°C為界)時，除了5珍寶調和油的PM<sub>2.5</sub>值已達”對多數人不健康”的等級及橄欖油的PM<sub>2.5</sub>值達”對敏感族群不健康” [15]的等級外，其餘食用油的油煙懸浮微粒值都還在算在正常值內。
2. 油脂被加溫到一定溫度時，將被分解為甘油及游離脂肪酸，隨著溫度上升甘油甚至會形成為丙烯醛[19](方程式(3))，而水解的脂肪酸會因高溫產生自由基，又因為氧化而產生過氧化物[19](方程式(4)~(9))及其他副產物[19](方程式(10).(11))，由實驗中我發現，當油溫由250°C加熱上升到300°C時，實測的時間間隔不到3分鐘，但是懸浮微粒

值卻快速飆升，應是到達此溫度(210度到250度)時，油脂因高溫及氧氣作用下，進行化學反應(3)~(11)的反應，所以由250°C升至300°C時，PM<sub>2.5</sub>值飆升了至少1.5倍！是以食用油的烹調溫度如果超過冒煙點，其實已非常不適合使用了。而傳統中式烹調愛用的爆香或油炸，就健康觀點來說，其實是不太好的烹調方式，較佳的烹調方式，以中低油溫烹調方式如涼拌、低溫拌炒等方式較佳。

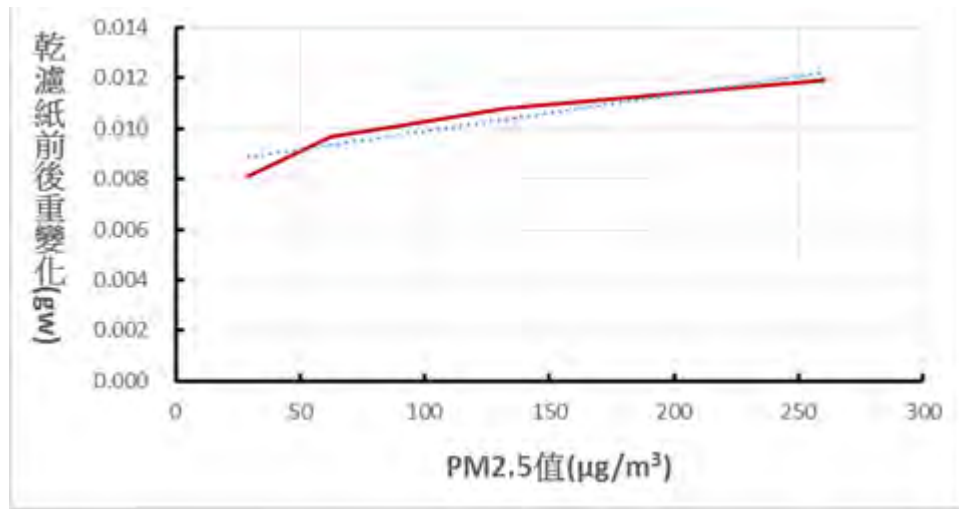


3. 豬油由於飽和脂肪酸偏高及分子量偏大的情況下，是以在溫度未超過250°C時，其在PM<sub>2.5</sub>值相較之下偏低，油煙值相對較小，但溫度一旦超過250°C到達300°C時，其PM<sub>2.5</sub>值竟然飆升3倍以上。在後續加測的實驗中(表十八)甚至會飆升到更大值，此一現象，不可不注意！也顯示若要使用豬油烹調，在油溫250°C以下時，其油煙量相對安全。

## (二) 食用油脂在不同溫度時的懸浮微粒吸附量值量測

表(十六)不同溫度時 PM<sub>2.5</sub> 值大小對濾紙吸附粒子重變化的影響

溫度(°C)	120°C	180°C	210°C	250°C	300°C
PM <sub>2.5</sub> 值(μg/m <sup>3</sup> )	28.8	62.4	88.5	132.1	260.3
濾紙重變化(乾)(克重)	0.0081	0.0097	0.0101	0.0108	0.0119
濾紙重變化(溼)(克重)	0.0134	0.134	0.0124	0.0149	0.0126



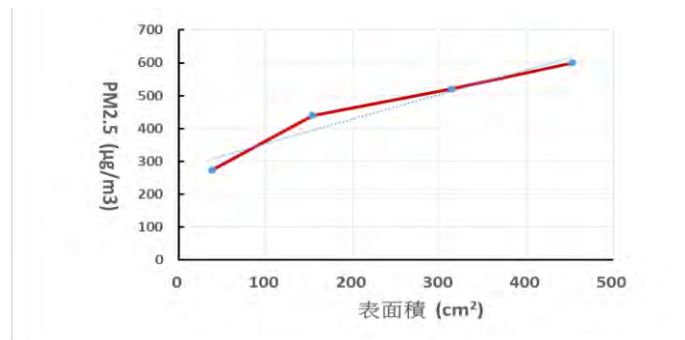
圖(四十四) PM<sub>2.5</sub>值大小對乾濾紙吸附粒子重變化圖

1. 由表(十六)為七種油脂二十一次實驗的平均值，表中可看出，油溫對PM<sub>2.5</sub>值的影響有決定性。而乾濾紙吸附油煙粒子的量和PM<sub>2.5</sub>值有正相關的關係，隨著PM<sub>2.5</sub>值的增加，濾紙前後重量變化（亦即吸附油煙粒子的量）也有逐步增加的趨勢。
2. 若比較乾濾紙吸附油煙量和濾紙噴溼後吸附再烘乾來比較，濾紙噴溼後明顯吸附量遠大於乾濾紙吸附量。此結果也和實驗(五)的結果相呼應，口罩在噴溼後其對PM<sub>2.5</sub>值減少的效果較不作處理好。
3. 濾紙噴溼後的吸附量變動不大，在0.013克重到0.015克之間，其原因可能是因為已達噴溼後的濾紙在短時間內的最大吸附量。

(三) 大豆油在不同表面積的圓盤中發煙後產生懸浮微粒量PM<sub>2.5</sub>的不同

表(十七)不同大小不鏽鋼盤中發煙 PM<sub>2.5</sub> 值

直徑(cm)	7	14	20	24
表面積(cm <sup>2</sup> )	38.5	153.9	314.0	452.2
最大 PM <sub>2.5</sub> (µg/m <sup>3</sup> )	274	440	521	600



圖(四十五) 不同表面積與 PM<sub>2.5</sub>值關係

1. 表(十七)結果討論：由實驗結果，我們發現，直徑愈大的圓盤，其產生的懸浮微粒量PM<sub>2.5</sub>的數值愈大，應是蒸發概念相似，接觸面積愈大，其粒子脫離液面至空氣的數目會愈多，濃度也愈大。由此實驗結果，若想減少因烹煮所產生的油煙量，除了慎選油品外，建議使用的鍋具口徑不宜太大，例如，可改用油炸鍋代替傳統的炒鍋油炸食物，減



少因油炸產生的懸浮微粒量。

#### (四) 實測食用油在平底鍋發煙三分鐘後的PM<sub>2.5</sub>數值大小

表(十八) 大豆油在平底鍋發煙三分鐘後的 PM<sub>2.5</sub> 數值

油品名稱	大豆油	葵花油	橄欖油	花生調和油	5 珍寶調和油	健康 99 調和油	豬油
PM <sub>2.5</sub> 值	401.7	465.9	449.0	490.7	525.0	592.7	508.3

1. 為了了解實際烹調時的狀況，我們選用直徑24.5cm的平底鍋，放在瓦斯爐上以中火加熱至發煙三分鐘後，以一身高約160公分的婦女其鼻子位置，量測約鍋上方約45 cm 處量測PM<sub>2.5</sub>的數值。實測值發現，在不開抽油煙機的情況下所有油品皆達”危害”等級了。
2. 精煉植物油的發煙後產生的懸浮微粒量比調和油及非精煉豬油略少。

#### (五) 使用不同口罩及方法，量測懸浮微粒量PM<sub>2.5</sub>的減少比例

表(十九)不同口罩處理後，其 PM<sub>2.5</sub> 值減少的變化%

	豬油	花生調和油	健康 99 調和油	5 珍寶調和油	大豆油	葵花油	橄欖油	平均
醫療用口罩	-3.4	-4.9	5.2	3.6	-5.8	4.2	1.2	0.0
活性炭口罩	5.7	8.2	8.8	3.1	11.3	11.5	2.9	7.4
醫用口罩摩擦	3.9	0.6	11.9	2.6	17.0	18.1	0.8	7.8
活性炭口罩摩擦	6.7	7.6	5.2	7.4	13.8	20.9	7.8	9.9
醫用口罩噴水	18.3	12.1	6.3	12.0	8.1	19.6	17.9	13.5
活性炭口罩噴水	10.9	7.3	10.7	20.4	8.6	23.7	9.4	13.0
抽油煙機抽煙	18.0	24.6	21.3	25.0	11.6	19.6	9.1	18.5
抽煙+醫用口罩噴水	19.5	53.5	34.0	53.1	41.4	40.6	28.3	38.7

1. 表(十八)結果為仿首箱口罩上不同口罩後，以手按壓吸球去模擬呼吸狀況，記錄仿首箱內的PM<sub>2.5</sub>值變化，計算其百分比，表中的每食用油的數據皆實測二或三次。
2. 口罩不做任何處理之下，普通的醫療用口罩，其效果十分不佳，甚至會因為呼吸而吸入更多的油煙；而活性炭口罩因活性炭孔隙的關係，對油煙值有些微的阻隔作用。
3. 口罩摩擦產生靜電的處理，其想法來自於靜電會吸附粉塵的概念，實測結果發現兩款的平均效果皆比完全不處理好，且活性炭口罩摩擦過後效果較醫療用口罩好。但因靜電容易受天候影響，因空氣中的溼氣或是接觸而流失，是以效果不太穩定。
4. 口罩噴水的處理，其想法來自於下雨天過後，空氣特別乾淨的概念，實測結果發現兩款的平均效果皆比經摩擦處理過的效果還好；而且兩款的平均效果差異不大，應是大部份的懸浮粒子被水溶解附在表面，所以內層的差別影響不大之故。
5. 由油脂加熱後的氧化酸敗反應來看[19](反應式(3)~(11))，除甘油、丙烯酸及碳數少的醛或酸可溶於水外[8][9]，其餘碳數多的酸或過氧化物等皆不溶於水，是以噴水所產生

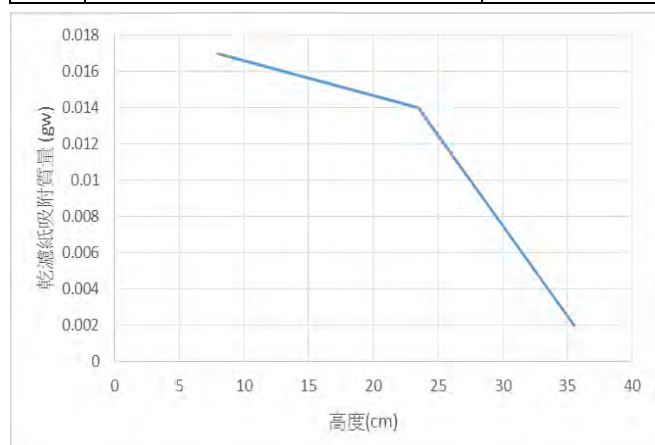
減少懸浮粒子的原因，因在於不能溶水的物質被水分子阻隔於表層，而可溶於物質則直接溶入，雙管齊下，達到降低PM<sub>2.5</sub>數值的效果。

- 由於實際在烹調中，會使用抽油煙機，是以我們實測學校烹飪教室抽油煙機的效果，發現平均約可降20%左右；若再罩上表面噴水處理過的口罩，其減少效果接近40%!

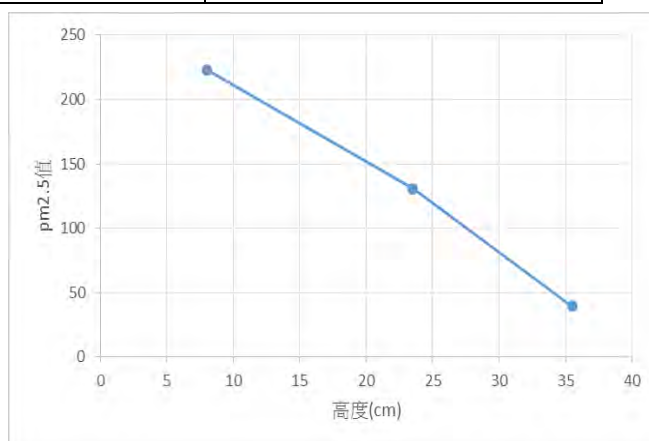
#### (六) 大豆油在不同高度時的PM<sub>2.5</sub>濃度及濾紙吸附量的結果與討論

表(二十)不同鐵罐層數(高度)與PM<sub>2.5</sub>及濾紙吸附量的關係

層	高度(cm)	PM <sub>2.5</sub> ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ )	乾濾紙吸附質量(gw)
1	8	223.25	0.017
2	23.5	130.60	0.014
3	35.5	39.30	0.002



圖(四十六)不同高度對濾紙吸附量的關係圖



圖(四十七)不同高度對 PM<sub>2.5</sub>值的關係圖

- 距離油煙位置愈近時，產生的懸浮微粒及 PM<sub>2.5</sub>值的濃度皆較高。

#### 四、油品保存的變因研究探討

##### (一) 氣體對大豆油脂保存的結果與討論與討論

表(二十一) 氣體對大豆油脂pH值及酸價的影響

氣體	對照組	空氣	抽氣+保鮮膜	氧氣	二氧化碳
pH值	6.94	5.97	6.78	6.45	6.67
酸價mgKOH/g	0.10	0.67	0.13	0.40	0.38

##### 1. 表(二十一)結果與討論：

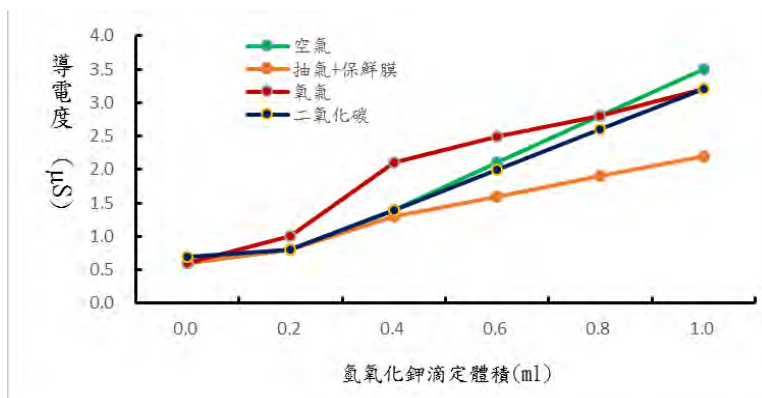
- 因為學校的午餐廚房以福壽大豆油為油炸的油品，所以再針對油品的保存，以福壽大豆油為研究對象。取剛開封的新鮮福壽大豆油當做對照組，進行pH檢測。
- 由表(十九)暴露在空氣中的油脂其pH值下降最多，下降約14.0%，且其所測的酸價也是最高；其次是暴露在氧氣中，pH值下降約7.1%，其所測的酸價為次高。在抽氣後罩上保鮮膜的處理方式，pH值下降最少，只有2.3%。結果可知油脂在高氧環境中，會加速都會使油脂氧化變酸。而暴露在空氣中的油，因為開放的環境變因太多，

且微生物也不易阻隔，所以造成pH值降低嚴重。是以對於油脂的保存以密封保存，且表面氣體的含氧量多少會影響其保存效果。

(3) 酸鹼滴定測量酸價，是測量油中酸含量的準確方法。但油中的酸，不一定是變質來的，本實驗中以二氧化碳處理的油脂，其酸價為第三高，但有可能是少數二氧化碳溶入油脂中，使其酸價值變高之故。

表(二十二) 氣體對大豆油導電度( $\mu\text{S}$ )的影響

滴定體積(ml)	0.0	0.2	0.4	0.6	0.8	1.0
空氣	0.6	0.8	1.4	2.1	2.8	3.5
抽氣+保鮮膜	0.6	0.8	1.3	1.6	1.9	2.2
氧氣	0.6	1.0	2.1	2.5	2.8	3.2
二氧化碳	0.7	0.8	1.4	2.0	2.6	3.2



圖(四十八)不同空氣對導電度的關係圖

2. 在滴定氫氧化鉀溶液前，油脂溶液中的導電度相當接近沒有明顯差別，在滴定後暴露在氧氣中的大豆油，其導電度明顯升高，表示充滿氧氣的大豆油中含有較多的導電物質(離子)。而抽氣後罩上保鮮膜的處理方式，其導電度最低，表示其中的導電物質含量較少。

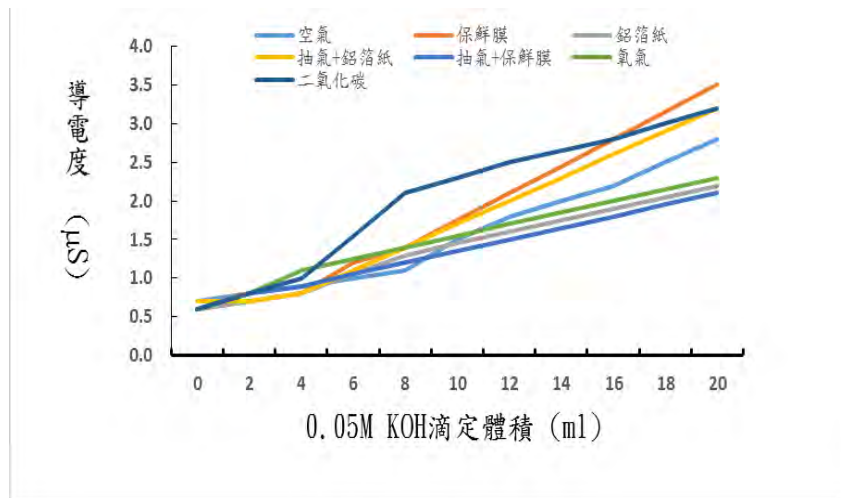
## (二) 不同方式保存方法對大豆油脂影響的結果與討論

表(二十三) 不同方式保存方法對大豆油脂 pH 值及酸價的影響

保存方式	對照組	空氣	保鮮膜	鋁箔紙	抽氣+鋁箔紙	抽氣+保鮮膜	氧氣	二氧化碳
pH 值	6.94	5.97	6.74	6.82	6.92	6.78	6.45	6.67
酸價	0.10	0.67	0.27	0.24	0.10	0.13	0.40	0.38

表(二十四) 不同保存方式對導電度( $\mu\text{S}$ )的影響

不同方式 滴定體積(ml)	空氣	保鮮膜	鋁箔紙	抽氣+鋁箔 紙	抽氣+保鮮 膜	氧氣	二氧化碳
0	0.6	0.7	0.6	0.6	0.6	0.6	0.7
0.2	0.8	0.9	1.1	0.9	0.8	1	0.8
0.4	1.4	1.1	1.4	1.2	1.3	2.1	1.4
0.6	2.1	1.8	1.7	1.5	1.6	2.5	2
0.8	2.8	2.2	2	1.8	1.9	2.8	2.6
1	3.5	2.8	2.3	2.1	2.2	3.2	3.2



圖(四十九)不同空氣保存方式對導電度的關係圖

1. 表(二十三)、表(二十四)結果討論：

- (1) 由表(二十二)的結果已知，如果純以油品上方空氣的變化來比較保存效果的話，抽氣效果最好。本實驗加作以可透光的保鮮膜封口或以不透光的鋁箔紙來封口，比較光線對大豆油的影響，結果發現，以不透光的鋁箔紙封口，其pH值的下降比較少且酸價也較少。表示光線這一項因素也會造成油品酸化。
- (2) 綜合pH值變化因素及酸價值，我們得到以下結果：
  - ① 油品密閉保存效果>開放保存且不照光保存效果較佳。
  - ② 在密閉保存情況下，油品上方的氣體以抽氣處理後，其保存效果最好，第二佳的為一般空氣，保存效果最差的為上方填充高濃度的氧氣；而上方若填充二氧化碳，易造成二氧化碳溶入而酸價測量值產生偏高的結果。

## 柒、結論

- 一、 有效降低PM<sub>2.5</sub>值的方法：抽油煙機+噴水口罩>抽油煙機>噴水口罩>摩擦後（靜電）口罩>活性炭口罩>一般醫療用口罩。
- 二、 烹調中，使用抽油煙機並罩上表面噴水處理過的口罩，對於PM<sub>2.5</sub>值減少效果可達40%!
- 三、 傳統中式烹調愛用的爆香或油炸，就健康觀點來說，其實是不太好的烹調方式，較佳的烹調方式，以中低油溫烹調方式如涼拌、低溫拌炒等方式較佳。
- 四、 乾濾紙吸附油煙的量和PM<sub>2.5</sub>值有正相關的關係，隨著PM<sub>2.5</sub>值的增加，吸收的量也有逐步增加的趨勢。濾紙噴溼後明顯吸附量遠大於乾濾紙吸附量。
- 五、 直徑愈大(接觸面積愈大)的鍋具，其產生的懸浮微粒量PM<sub>2.5</sub>的數值愈大。

- 六、 食用油其組成的飽和脂肪酸所佔的比例愈大，其密度愈大；而大部份的油脂在經由加熱發煙後，密度皆變小。
- 七、 發煙點高低：精煉油>非精煉油；精煉油品飽和脂肪酸比例高者，其發煙點會較高。
- 八、 三款植物油中，大豆油應是較適合中高溫烹調的油品；而調和油方面，因調和油有標示與內容物不明的隱憂存在，故不太建議使用！且本實驗所採用的調和油，其酸價測出的值皆不算低，實在不是個好的選擇。
- 九、 油品密閉保存效果>開放保存且不照光保存效果較佳。在密閉保存情況下，油品上方的氣體以抽氣處理後，其保存效果最好，第二佳的為一般空氣。
- 十、 部份市售油品有標示與內容物不符的狀況存在。且炸完魚肉的油品較炸完雞肉的油品易酸敗。

## 捌、未來展望

- 一、 可針對油炸次數與酸價的變化進行更進一步的研究。
- 二、 進一步研究溫度及濕度對油脂保存的影響。
- 三、 對於油炸後的油的色澤及黏滯度改變作量測，希望從顏色改變了解油的新鮮度。
- 四、 進行市場調查，詢問大型速食店及油炸食物的小吃攤，油脂的使用現況。
- 五、 進行簡易便宜酸價測定的試紙設計。

## 玖、參考文獻

1. 彭杏珠(民105)。台灣九大死因 都是空氣惹的禍。遠見雜誌356期。
2. 楊志仁(民 104)。罹患肺癌的可能危險因子。高醫醫訊肺癌專刊7月。
3. 郭重吉等(民 102)。國中自然與生活科技課本第三冊。台南市。南一。
4. 陳偉民、林金昇、江彥雄(民 94)。3D 理化遊樂場I。台北市。天下文化。
5. 郭重吉等(民 102)。國中自然與生活科技課本第四冊。台南市。南一。
6. 陳偉民、林金昇、江彥雄(民 94)。3D 理化遊樂場II。台北市。天下文化。
7. 石宇華、石宇嘉(民 100)。儀器分析化學。台中市。鼎茂。
8. 黃榮茂、王禹文、林聖富、楊得仁(民 78)。化學化工百科辭典。台北市。曉園。
9. 維基百科網頁。檢自 <https://zh.wikipedia.org/wiki/>
10. 郭孟怡、陳偉諳、姚承恩、劉曉卉、賴怡甄、吳及仕(民 100)。油炸油安全管理簡易手冊。台北市。行政院衛生署食品衛生管理局。
11. 衛生福利部食品藥物管理署-台灣食品營養成份資料庫 2016 版網頁。檢自

<https://consumer.fda.gov.tw/Food/TFND.aspx?nodeID=178>

12. 中央畜產會網頁。檢自 <http://www.naif.org.tw/livestock/20070771.doc>
13. 許峰銘,林佳蓉(民 99)。「油」裡乾坤--實用油酸價與油色關係的新發現。第 50 屆中小學科學展覽作品集。
14. 健康醫師網-有關食用油冒煙點的探討。網址 <http://www.doctorhealth.tw/index.php/2013-09-17-07-03-23/2013-09-25-07-46-32>
15. 行政院環保署-空氣品質監測網-即時空氣品質指標網頁。檢自 <http://taqm.epa.gov.tw/taqm/tw/b0203.aspx>
16. 羅聲晴(民 97)。*電位測量法之應用*。台北市。國立台灣大學化學系-大學普通化學實驗。
17. 鮑方宇、張敏(民 102)。*薄層色譜法測定油脂中三油甘酯含量*。*食品科學* Vol.34, No.04 125-128。
18. 陳君婷、如何選用是受食用油作者、臺安醫訊第 187 期、網址:  
<http://www.tahsda.org.tw/newsletters/?p=2900>
19. 李玫琳、余豐任、何淇義(民 103)。*食品化學與分析 I.II*。台南市。復文
20. John Suchocki, Ph. D.; 李千毅譯(民 98)。*觀念化學 IV*。台北市。天下文化。
21. 生田哲(民 102)。*圖解生化學*。台北市。城邦。

## 【評語】 030202

觀測 PM2.5 是當今環境保護之重要議題，符合生活應用科學精神。作者使用不同油品及不同容器大小對其發煙性進行探討，同時亦自製模擬腔探討使用不同材質及處理手法之面罩對於吸附 PM2.5 之特性觀測，於生活上具有高度的應用潛力，適合國中生操作。探討對於綠豆生長是否造成影響時，可以先初步了解油中所含有之成分為何，例如是否還有其他不同粒徑大小的微粒，可幫助同學對於整體過程更加了解，此外可加上種子萌芽階段之探討，可使作品更加完善。另外對於各種實驗觀測之現象解釋可更深入，如探討口罩材質影響時，可詳加說明適何種作用力吸附 PM2.5 將可使作品內容更加充實及豐富。未來也可針對容易產生 PM2.5 的物質，如不同來源的煤炭與燃燒不完全的汽油，進行探討。

作品海報

# 壹、研究動機

婦女吸菸比例遠較男性為低，但肺癌卻一直高居女性癌症排行榜的前三名[1]！根據文獻報導女性肺癌患者有八成是不吸菸的，除了基因遺傳因素外，最有可能的原因是長期暴露在空氣品質不良的環境中所造成，而廚房油煙可能是婦女導致肺癌的一個重要危險因子[2]。於是我們針對廚房中常使用的市售食用油品進行相關的物理及化學性質研究，試圖找出選用食用油的最佳方針，及在健康安全考量之下，烹煮食用油的最佳方式，以及有效又方便的減少油煙量的方法。

# 貳、研究目的


- 一、食用油脂的物理及化學性質分析。
- 二、食用油脂(新鮮及發煙後)的對綠豆生長的影響。
- 三、探討食用油脂在不同溫度時產生 PM<sub>2.5</sub>的關係。
- 四、探討食用油脂在不同溫度時產生懸浮微粒吸附量的關係。
- 五、探討食用油脂產生在PM<sub>2.5</sub>及煙塵量與高度的關係
- 六、探討加熱容器的表面積與 PM<sub>2.5</sub>的關係。
- 七、實測食用油在平底鍋中產生 PM<sub>2.5</sub>數值的大小。
- 八、探討不同口罩及物理處理方法對降低吸入油煙量的影響。
- 九、探討食用油脂保存的方法。

# 參、研究設備及器材

- 一、藥品  
(一)油脂：大豆油、葵花油、橄欖油、花生油調和油、5珍寶調和油、健康99調和油和豬油等七種油，均購自超級市場。炸鮭魚後的大豆油、炸雞塊後的大豆油。  
(二)化學藥品：鄰苯二甲酸鉀鉀(Potassium hydrogen phthalate)、95%酒精、二氧化錳、雙氧水、大理石、稀鹽酸、蒸餾水、酚酞指示液、矽油、氫氧化鉀。
- 二、實驗用具  
(一)實驗器材：錐形瓶、燒杯、試管、量筒、滴管、滴定管、鐵圓盤(包含直徑7cm、14cm、20cm及24cm四種尺寸)、T型塑膠管、鐵架、直型的抽氣接頭、鋁箔紙、保鮮膜、洗滌瓶、紅光LED、分液漏斗、秤量瓶。  
(二)儀器：水銀溫度計、電磁爐、pH儀器 PH-9001、光度計LUX/FC LIGHT METER TM-205、導電度計、PM<sub>2.5</sub>懸浮微粒監測器、電子天秤。  
(三)耗材：醫療用口罩、活性炭口罩、濾紙。  
(四)自製裝置：裝置為模擬人體頭部的簡易裝置(文中簡稱仿首箱)，箱子為三面封閉只有前方開口的箱子，象徵人體頭部前方的口鼻，而PM<sub>2.5</sub>懸浮微粒監測器置於箱中監測數值變化，另於箱旁裝入一吸球，測量數值時，會以人工按壓，模擬人體吸氣及吐氣動作。

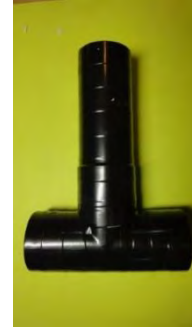
# 肆、研究過程及方法

## 一、食用油脂的物理及化學特性探討

- (一)食用油脂的成分標示分析：取大豆油、葵花油、橄欖油、花生油調和油、5珍寶調和油、健康99調和油和豬油等七種油，紀錄瓶身的標示成分並分析。
- (二)食用油脂在新鮮時及發煙後密度的量測：分別在室溫下將量筒放在天平上歸零後，以滴管吸取待測油脂5 ml後，量測其質量，重複實驗三次，計算其平均密度值。另外取發煙後加熱一小時後的油脂，重複上述實驗三次，再依密度的公式計算出單位體積(ml)油脂的質量(g)[3]，並以水為對照組實驗，比較各種油脂在發煙前後密度的不同。
- (三)食用油脂的比熱測定：採用隔油加熱法，因矽油穩定且耐高溫，故以200 ml的矽油為底，將30 g的蒸餾水置入玻璃試管中，以電磁爐加熱二十分鐘，並以水銀溫度計，每隔三十秒記錄一次水溫，重複操作三次。實驗如圖(一)所示，再依H=MSAT，求出電磁爐提供的熱源功率[3]。再取七種油脂各30 g，分別置入玻璃試管中，以電磁爐加熱至發煙點，並以水銀溫度計，每隔三十秒記錄一次油脂的溫度。計算七種食用油脂的比熱，用以初步判斷油脂物理特性。
- (四)油脂發煙點的量測：取30 g的油脂置於直徑7 cm的不鏽鋼的圓盤中，放在電磁爐上加熱至發煙點，以水銀溫度計紀錄當時油脂的發煙溫度。
- (五)食用油脂在新鮮時及發煙後一小時吸光度的不同  
(1)自製分光光度計的設計步驟[4]:取一個T形塑膠管及一個圓柱塑膠管(圖二)，外面裹上一層黑塑膠膠帶(圖三)，以確實隔絕光線。將光度計LUX/FC LIGHT METER TM-205(圖四)以黑色膠帶固定在左端接口，右端接口則是一個紅光的LED燈(波長620-750 nm)固定在保麗龍上，然後以黑色膠帶固定於T形塑膠管的右端。外面接上 3V和 9V串聯成的12V的直流電源。以9顆紅光LED當作光源(圖五)，紅光LED當作光源固定在保麗龍底座上如圖(六)將待測液的試管放入中央，然後蓋上黑色膠布黏好的保麗龍蓋子，量測紅光LED經過試管中油脂吸收後的光度值。然後將裝置放在塑膠方形容器中固定，如圖(七)為自製分光光度計全圖。  
(2)實驗步驟：取七種加熱至發煙點後一小時的食用油脂，分別取10g 放入玻璃試管中，並以自製光度計量測新鮮及發煙後吸光度的不同，計算其變化率。變化率=(變化量 / 原始值)\*100%



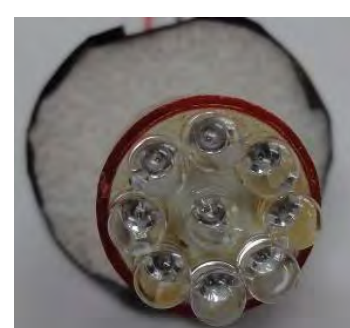
圖(二) T形塑膠管



圖(三) 裹上黑色膠帶的塑膠管



圖(四) 光度計



圖(五) 9顆紅光LED光源



圖(六) 光源固定



圖(七) 自製分光光度計

## (六)食用油脂發煙後酸價的測定

- 1.前置作業：(1)校正pH儀：打開pH酸鹼度測定計電熱源機10分鐘，並以pH 7.0及pH4.0之標準緩衝溶液校正之。(2)配置0.005M的氫氧化鉀溶液，並以鄰苯二甲酸鉀[5]反滴定確定其正確濃度。
- 2.油脂酸價的滴定步驟 [3]：將油脂放置在電磁爐上加熱至發煙後，持續一小時。取5公克冷卻後的油脂，放入分液漏斗中，並使其溶於 95% 的 75ml 的酒精中，加入2滴酚酞指示劑，取下層溶液配成待測溶液。將pH電極及溫度補償探棒浸於待測溶液中，並以0.005M的氫氧化鉀滴定待測油脂溶液，每滴加 1.0 mL之氫氧化鉀，讀記其pH值(如圖八)及導電度(如圖九)，至pH值為10時停止滴定(如圖十)，紀錄氫氧化鉀使用的體積(A)。過程中應同時觀察記錄溶液顏色之變化。油脂酸價是指游離脂肪酸佔整個油脂的脂肪酸比例。定義：中和1g油脂裡面的游離脂肪酸所需的氫氧化鉀之毫克數[6]。並以0.005M氫氧化鉀進行空白滴定，紀錄氫氧化鉀溶液使用的體積(B)

$$\text{油脂酸價} = \frac{56.1 \times 0.005M \times (A - B)}{\text{油脂克數}} \quad \text{單位 } \frac{\text{mgKOH}}{\text{g}}$$



圖(八) pH值量測



圖(九) 導電度的量測


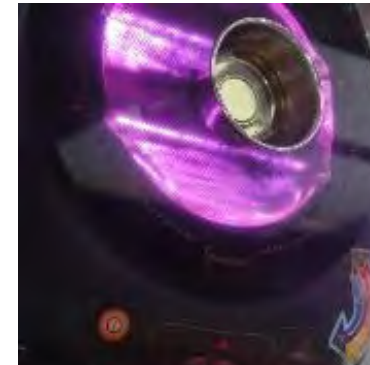






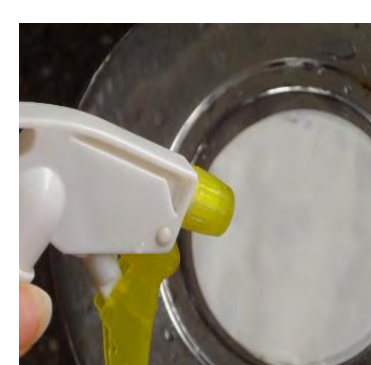



圖(十) 酸鹼滴定圖

## 二、七種食用油脂的對綠豆生長的影響

在培養皿中放入1.5 g的棉花，並加入30 ml的蒸餾水，將已泡水2小時的20顆綠豆，均勻放入棉花上，每隔2天加入10 ml的蒸餾水，及1 ml的油脂，觀察綠豆生長的情形，維持二星期，以探討油脂在發煙後產生的物質是否有利於植物生長，再依植物生長所需的養分，推測油脂裂解後的物質成分。

## 三、影響懸浮微粒量PM<sub>2.5</sub>值大小的因素探討

- (一)食用油脂在不同溫度時的PM<sub>2.5</sub>懸浮質量量測：取30 g的油脂置於不鏽鋼的杯中，放在電磁爐上加熱，在120℃、180℃、210℃、250℃及300℃量測一次，將分別數值記錄下來。
- (二)食用油脂在不同溫度時的懸浮微粒吸附量量測：取30 g的油脂置於不鏽鋼的杯中，放在電磁爐上加熱，在120℃、180℃、210℃、250℃及300℃時將已烘乾並稱重W<sub>1</sub>的濾紙放置在裝置口上方，吸附發煙後產生的煙塵，持續30秒鐘(如圖十一)，再稱取濾紙乾燥後質量W<sub>2</sub>，計算吸附在濾紙上煙塵的質量(W<sub>2</sub>-W<sub>1</sub>)。重覆步驟三次。同步驟(1)之作法，在量測前將濾紙噴溼(噴溼前已乾燥稱重W<sub>3</sub>) (如圖十二)，吸附煙塵量，之後再將吸附後的濾紙乾燥稱重W<sub>4</sub>，計算吸附在濾紙上煙塵的(W<sub>4</sub>-W<sub>3</sub>)質量。重覆步驟三次。
- (三)大豆油在不同表面積的圓盤中發煙後產生懸浮微粒量PM<sub>2.5</sub>的不同：取30g的福壽大豆油置於直徑分別為7 cm、14 cm、20 cm、24 cm不鏽鋼圓盤中，放在電磁爐上加熱至發煙點三分鐘後，以PM<sub>2.5</sub>測定儀量測圓盤上方10 cm處PM<sub>2.5</sub>的數值。
- (四)實測食用油在平底鍋發煙三分鐘後的PM<sub>2.5</sub>數值大小：取30g的食用油置於24.5 cm的平底鍋中(如圖十四)，放在瓦斯爐上以中火加熱至發煙三分鐘後，以一個身高約160公分的婦女其鼻子位置，約鍋上方約45 cm處量測PM<sub>2.5</sub>的數值(如圖十五)。
- (五)大豆油在不同高度時的PM<sub>2.5</sub>濃度及濾紙吸附量的量測：將30 g的大豆油放入直徑為7 cm的不鏽鋼杯中，周圍以直徑為10.0 cm、高度為12.0 cm的鐵罐罩住，以電磁爐加熱至發煙點後三分鐘，量測罐子開口正上方PM<sub>2.5</sub>濃度，並以乾濾紙吸附三十秒後，以電子天平量測煙塵吸附的質量，重複實驗三次(如圖二十六)。並分別做二層(如圖十七)及三層罐子(如圖十八)的實驗。藉以探討隨著高度增加對PM<sub>2.5</sub>濃度及煙塵量產生的變化情形。

- (六)使用同口罩及物理方法，量測懸浮微粒量PM<sub>2.5</sub>的減少比例：加熱油脂，使其發煙，並且溫度達到250℃以上後，再持續加熱5分鐘。在仿首箱內放置PM<sub>2.5</sub>測量器，先測量一次數值X<sub>1</sub>，仿首箱開口罩上口罩後，以手規律按壓吸球3分鐘後，測量數值X<sub>2</sub>，計算變化數值(X<sub>1</sub>-X<sub>2</sub>)及變化百分率=[(X<sub>1</sub>-X<sub>2</sub>) / X<sub>1</sub>]\*100%。取下口罩，等仿首箱內數值回復後以平面活性炭口罩重覆(2)-(4)的步驟。醫療用口罩及活性炭口罩雙面以噴霧器噴水處理後，重覆步驟(2)-(4)。醫療用口罩及活性炭口罩分別以塑膠板摩擦3分鐘，重覆步驟(2)-(4)。取下口罩，等仿首箱內數值回復後，開抽氣機3分鐘，量記錄仿首箱內的PM<sub>2.5</sub>數值變化；再罩上雙面以噴霧器噴水處理後醫療用口罩，以手規律按壓吸球3分鐘後，測量記錄仿首箱內的PM<sub>2.5</sub>數值變化。如上圖(十九)及圖(二十)所示。

## 四、油品保存的變因研究探討

- (一)氣體對大豆油脂保存的影響：在四個250 ml的燒杯中分別放入50 g的大豆油。一個燒杯中的油脂每天抽氣並以保鮮膜包住；一個燒杯每天灌入純氧；一個燒杯則灌入二氧化碳，一個則直接暴露在空氣中。三個星期後做油脂酸價測定、pH值、導電度量測。
- (二)不同的保存方法對大豆油的影響：在燒杯中放入50 g的大豆油脂，將它分成置於空氣中、以保鮮膜覆蓋、以鋁箔紙覆蓋、以鋁箔紙覆蓋並抽真空、以保鮮覆蓋並抽真空、以純氧覆蓋、以二氧化碳覆蓋，三個星期後的再進行油脂酸價測定。

# 伍、研究結果與討論

## 一、七種食用油脂的理化特性的結果與討論

### (一)食用油脂的成分標示分析

表(一) 七種油脂內部標示的成分結果 (以瓶身標示計算)

名稱	大豆油	葵花油	橄欖油	花生調和油	5珍寶調和油	健康99調和油	豬油
飽和脂肪百分比	16.3	10.9	14.0	12.0	7.6	7.0	38.0
不飽和脂肪酸百分比	82.6	89.1	79.1	76.1	59.8	93.0	62.0
			6.9		32.6		
成分油	大豆油	葵花油	橄欖油	大豆油、芝麻油、花生油	芥花油、橄欖油、葵花油、玉米油、葡萄籽油	芥花油、橄欖油、葵花油	豬油

### 結果與討論：

分析市面上所販售油其標籤標示的成份來計算其比例，所得資料為表(一)所示，再和衛福部的食品資料相比對，我們發現在純油品(大豆油、葵花油、橄欖油及豬油)方面，其標示都和官方資料差不多。但是在調和油方面，都有標示造假之虞！花生調和油，其組成為大豆油、芝麻油及花生油，這三種油品的飽和脂肪酸比例在16%~20%之間，怎麼混合也混不出只有12%的比例！健康99調和油標示其組成為芥花油、橄欖油、葵花油，但查表發現，沒有一種油的飽和脂肪酸的比例低於7%，怎會混出飽和脂肪酸只有7%的油品！5珍寶調和油也有同樣的問題存在。



## (二)食用油脂在新鮮時及發煙後密度的量測的結果與討論

表(二) 七種食用油脂新鮮及發煙後的密度

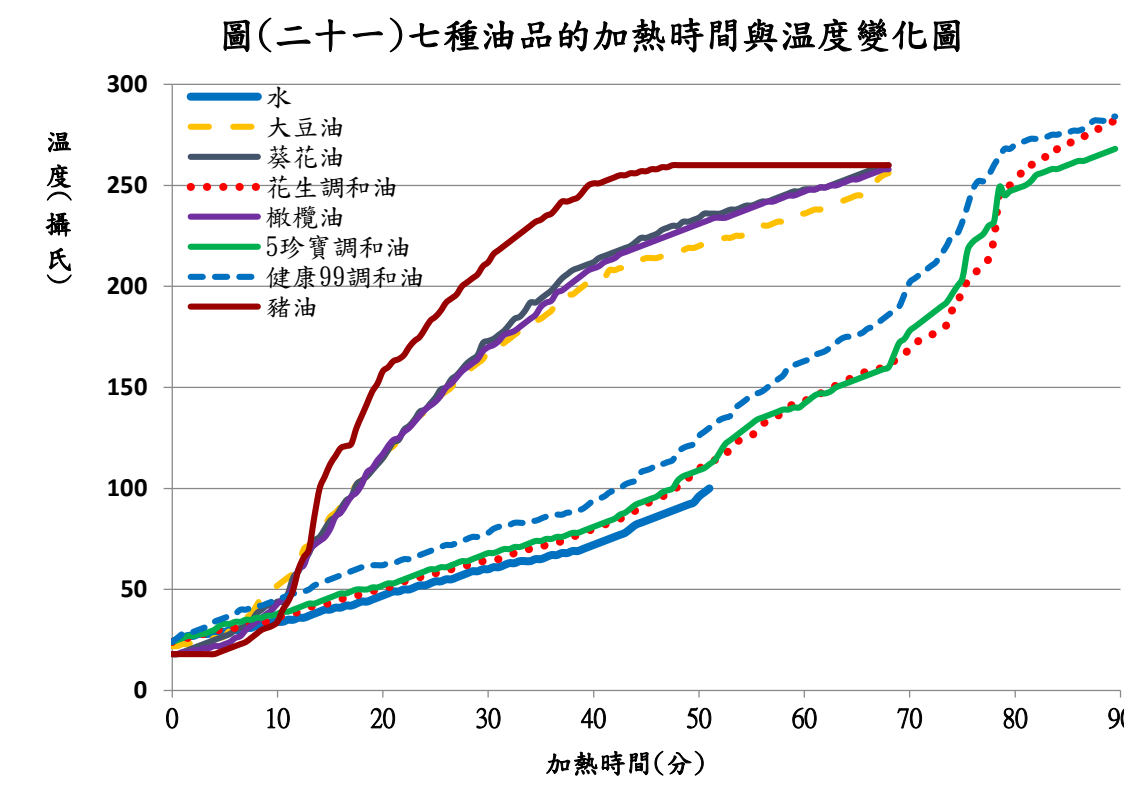
密度(g/cm <sup>3</sup> )	大豆油	葵花油	橄欖油	花生調和油	5珍寶調和油	健康99調和油	豬油
瓶身標示計算	0.92	0.92	0.91	0.92	0.92	0.92	-
實際量測	新鮮	0.89	0.87	0.80	0.78	0.81	0.99
	發煙後	0.88	0.78	0.79	0.82	0.78	0.85
發煙前後密度變化%	1.1	10.3	1.25	5.12	3.7	12.1	14.1

結果與討論：瓶身標示計算的結果與實際量後比對後發現，大豆油、葵花油及健康99調和油和瓶身標示相去不遠，但其他油品的實測值結果和標示誤差了10 %以上。七種食用油脂在未使用前時的密度皆小於1，大多在0.8 g/cm<sup>3</sup> ~0.9 g/cm<sup>3</sup>之間，其中比較特別的是豬油的密度接近於1 g/cm<sup>3</sup>，我們推估應該是因為選用市售未經精製的豬油，其內所含非脂類的雜質較多所致。表(一)資料顯示，大豆油及葵花油二者組成的單元不飽和脂肪酸及多元不飽和脂肪酸成份相似度且比例相近，比對下來，發現飽和脂肪酸所佔的比例愈小，其密度愈小。大部份的油脂在經由加熱發煙後，密度皆變小，經討論應是加熱使食用油產生變質分解成脂肪酸及醇類甚至是過氧化物等其他極性物質，因而造成極性分子(加熱變質後產物)和非極性分子(油脂)(方程式(1),(2))，因不同性質，導致分子間的作用力變小，使體積變大，而造成密度變小 [6][9][10]。



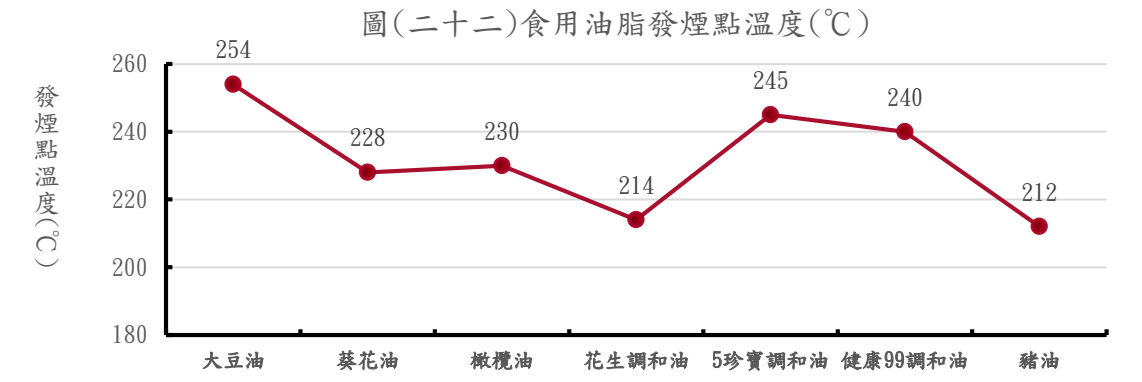
反應式(1) 油脂水解成脂肪酸及甘油；反應式(2) 脂肪酸氧化成過氧化物，其中葵花油、豬油及健康99調和油密度變化比例較大，可作為食用油加熱酸化分解比例較高的參考依據之一。在此實驗中，唯一一個密度變化和其它六種食用油不同的是花生調和油，由於此款食用油屬調和油品，在未知確實混和油品及其比例之下，無從推測為何有此一反常結果。

## (三)食用油脂的比熱測量結果與討論



- 我們計算出七種油品的比熱值皆小於1。我們把七種油品分成三類：一為植物油組：大豆油、葵花油及橄欖油；二為調和油組：花生調和油、5珍寶調和油及健康99調和油；三為未精製動物油：豬油。說明如下：
  - 植物油組—大豆油、葵花油及橄欖油：剛開始加熱時，溫度上升率較調和油來的快很多，比熱比豬油大但比調和油小，直到快達到發煙點時，升溫速率變慢，比熱緩緩變大，應是在此溫度時，部份能量用於油的水解及內部結構鍵的斷裂。
  - 調和油組：花生調和油、5珍寶調和油及健康99調和油，加熱過程中，升溫的速率相較於其他二類起來較為緩慢且平緩。推測原因可能為調和油是多種不同的油品的混合，性質表現混合平均。
  - 非精製動物油—豬油，豬油一開始因為是固態之故，在豬油未完全熔化前，升溫速度較慢，比熱也較大，等到完全熔化成液態後，比熱變小(0.1-0.2 cal/g°C)，快速升溫到發煙點，到達發煙溫度後，比熱又略微變大，但在溫度到達260 °C附近，溫度不易隨著加熱時間而變，我們也觀察到油變得較黏稠，有可能在此溫度時，油汽化較劇烈或內部進行聚合反應 [6]。
- 綜合討論:加熱時間—溫度變化比較，我們發現若要以溫度穩定的加熱食物，建議選用第二類調和油組。

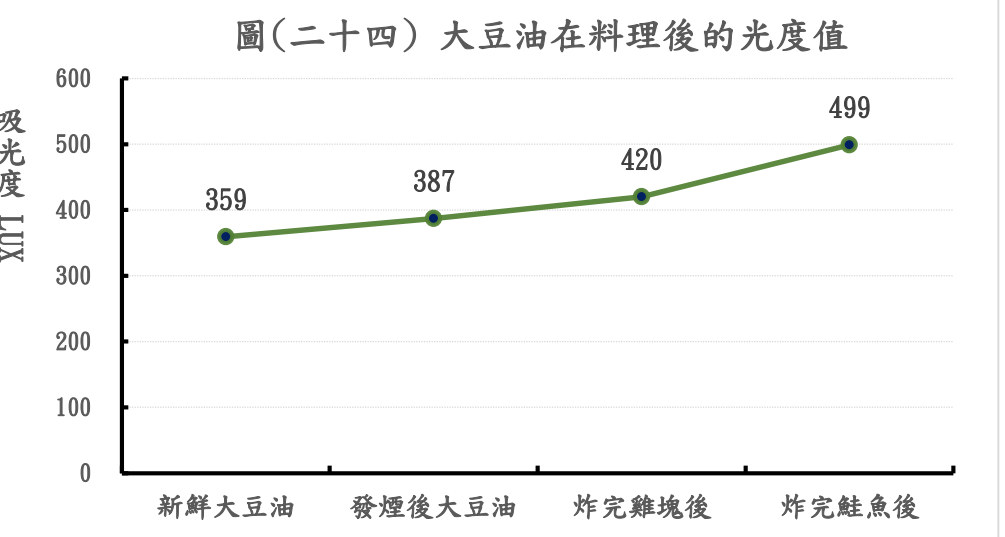
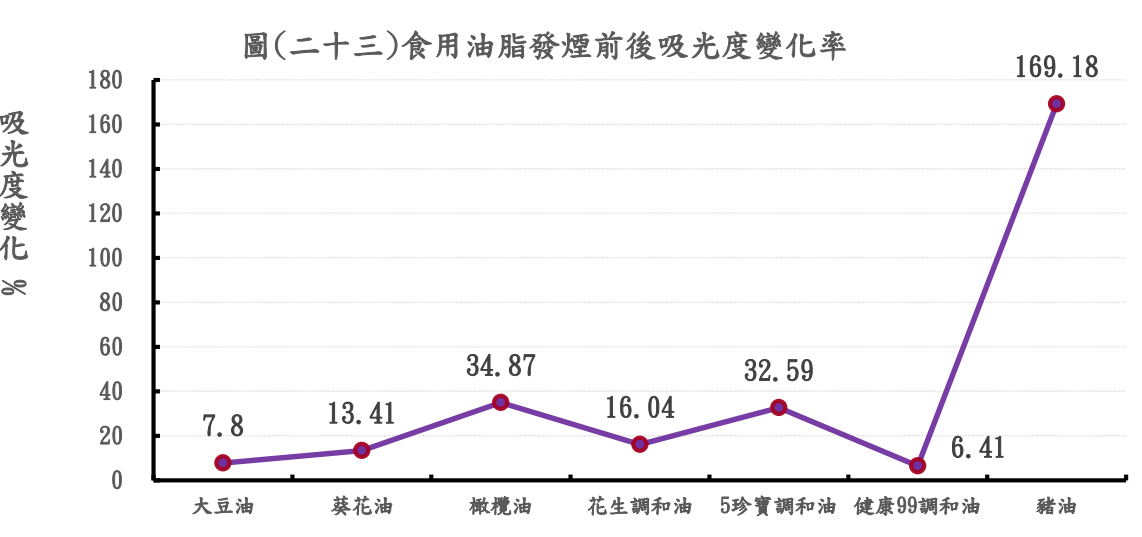
## (四)食用油脂發煙點的量測結果與討論



我們發現，油品經精煉後，即使是植物油，發煙點都可以達到200°C以上，其中以大豆油發煙點最高，豬油因未精製，其發煙溫度最低。花生調和油標示為大豆油、芝麻油及花生油混合，但對照參考值來看，三種油的發煙溫度皆230°C以上，實測結果卻只有214°C，更加確認其標示與內容物不符！精煉油品飽和脂肪酸比例高者，其發煙點會較高。

實驗結果較出乎我們意料的是豬油，一般認為動物油的發煙點會較高，而本實驗卻是七種油品中最低的，經查証資料發現，因為我們實驗所用的豬油為未經精煉過的豬油，凡是未經精煉過的油，其發煙點都會較低，所以實驗出來的結果，豬油的發煙點比起其他精煉過的植物油反而偏低。

## (五) 食用油脂在新鮮時及發煙後一小時後吸光度的結果與討論



結果與討論：由於三酸甘油酯在接近波長為700nm時，具有最佳的吸光度[12]，所以本實驗中以紅光LED為光源，其波長為620nm-750nm，我們設想油脂在尚未使用時，其因三酸甘油酯尚未水解反應，濃度較大，光度計測得的透光度因部份光被三酸甘油酯吸收之故，其數值會較小。而油脂經加熱發煙後，因部分油脂水解酸敗，使得三酸甘油酯的濃度變小，吸光率下降，因而光度計測得的透光度會上升。不過因為不同油脂的脂肪酸組成不同，是以吸光度的變化只能解釋成油脂成份的改變，作為判斷參考之一[4]。

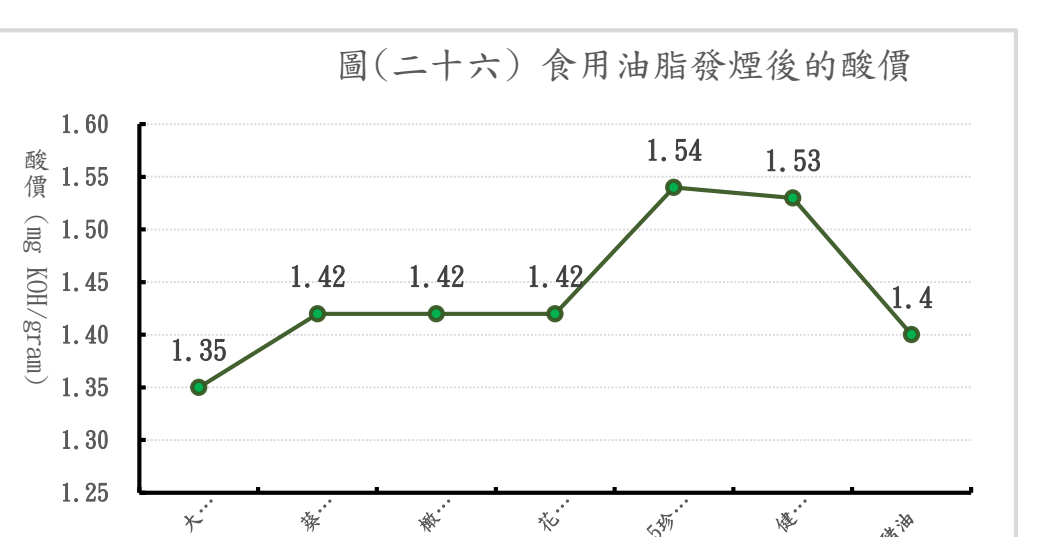
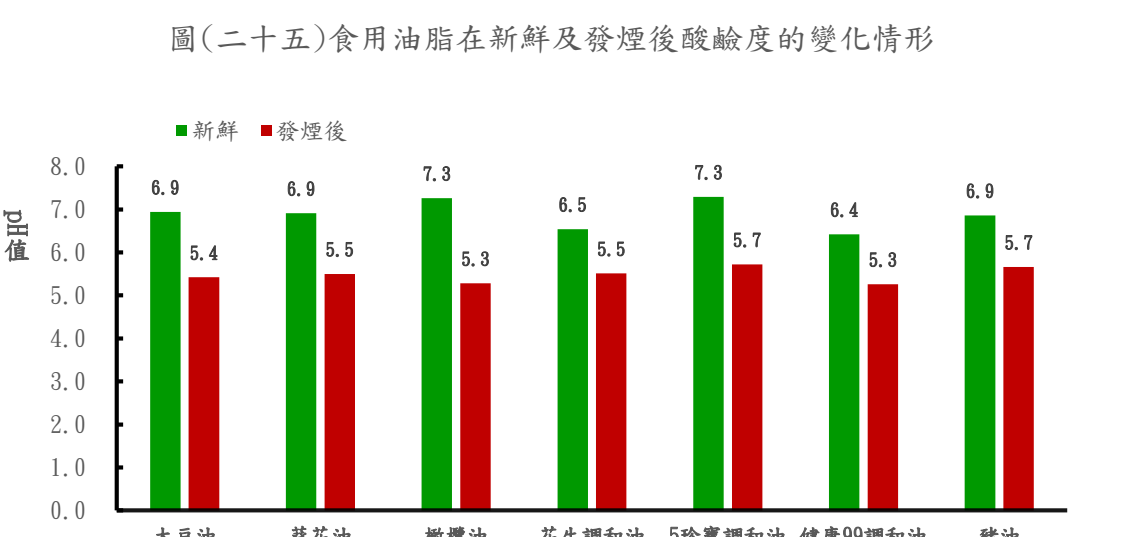
表(三)油脂在新鮮時及發煙後一小時吸光度與發煙點及PM<sub>2.5</sub>的綜合比較表

食用油脂	大豆油	葵花油	橄欖油	花生調和油	5珍寶調和油	健康99調和油	豬油
新鮮時的光度值(LUX)	359	440	304	318	313	437	159
發煙後的光度值(LUX)	389	499	410	369	415	465	428
光度變化%	7.80%	13.41%	34.87%	16.04%	32.59%	6.41%	169.18%
發煙溫度(°C)	254	228	230	214	240	245	212
250 °C的PM <sub>2.5</sub> 值*	136.9	126.2	170.8	84.6	201.9	119.9	84.3
300 °C的PM <sub>2.5</sub> 值*	223.3	298.9	291.0	190.5	345.0	211.1	262.7

我們根據表(三)結果綜合比較：

- 植物油—大豆油、葵花油及橄欖油，三者比較中，大豆油發煙點略高，產生的懸浮微粒量相對較少且吸光度的變化比例小，應是個較佳的選擇，可以用於較多種的烹調方法。葵花油所含脂肪酸組成和大豆油相似，但其吸光度的變化比例較大豆油大，在高溫時產生的油煙值也相對較多，我們推測其可能是因為其所含飽和脂肪酸比例較大豆油低，相對來說高溫較易分解。橄欖油雖然發煙點不算低，但吸光度的變化比例大，且產生油煙的PM<sub>2.5</sub>值不算小，應較適合中低溫的烹調處理。
- 在調和油方面：
  - 由於調和油是由各種植物油混合而成，且因不知混合比例，是以在判斷上較為困難，不似純植物油結果較具一致性。5珍寶調和油吸光度的變化比例大且產生油煙的PM<sub>2.5</sub>值也大，使用時最好不要高溫烹調。健康99調和油如果單純以發煙量及吸光度變化來看，似乎是個不錯的食用油，但若加上表(三)的密度變化，則又有些出入；花生調和油的數值表現為居中。
  - 如果單純以吸光度來看，健康99調和油的光度值和葵花油的數值很接近，是以可以猜測健康99調和油的混和油中，葵花油應有一定的比例。5珍寶調和油的光度值及光度變化比例和橄欖油的數值很接近，是以推測混和油中應有橄欖油存在。
- 未經精煉的豬油：發煙點較低，但在高溫時，PM<sub>2.5</sub>值相對不算高，但吸光度變化十分高，由於豬油為未精煉的油品，所含雜質多，吸光度判斷可能會不太客觀。吸光度方面的結果討論：大豆油在發煙後吸光度上升約7.8%，而在油炸雞肉後吸光度上升約17.0%，炸完豬皮後吸光度甚至上升約39.0%，光度變化也代表油脂分解狀況嚴重，所以對於料理過後的回鍋油，基於健康的考量，建議不要再使用。

## (六)食用油脂發煙後酸價的測定結果與討論



新鮮油脂實測值皆在pH=7左右，顯示油脂的精煉及密封狀況不錯。而花生調和油、健康99調和油在未使用前測量，其pH值略偏低，可能為精煉不完全或有氧氣跑入，導致部份酸化狀況發生。豬油在未使用前測量其pH值也偏低，因是其為未精煉油之故。七種食用油脂在發煙後pH的變化較大的是橄欖油，pH值由7.26變成5.28，下降變化率高達27.2%。其次是大豆油pH值由6.94變成5.42，下降變化率為21.9%。發煙前後pH變化最少的是花生調和油，變化率為15.7%，其他油品相差不多。結果發現食用油品在經過高溫加熱後，都會造成油品酸敗，因為是油脂中水解產生游離脂肪酸，而造成pH值下降。

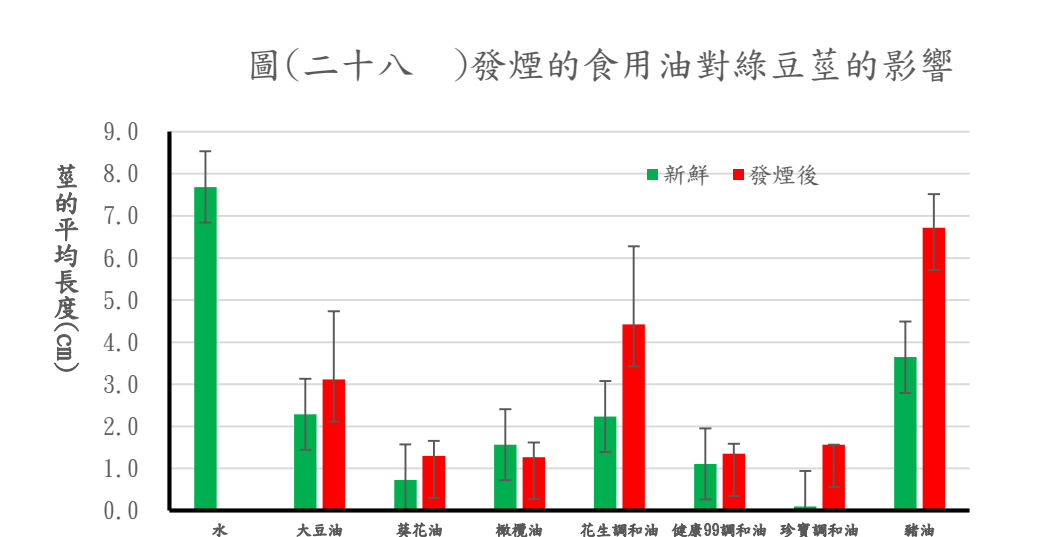
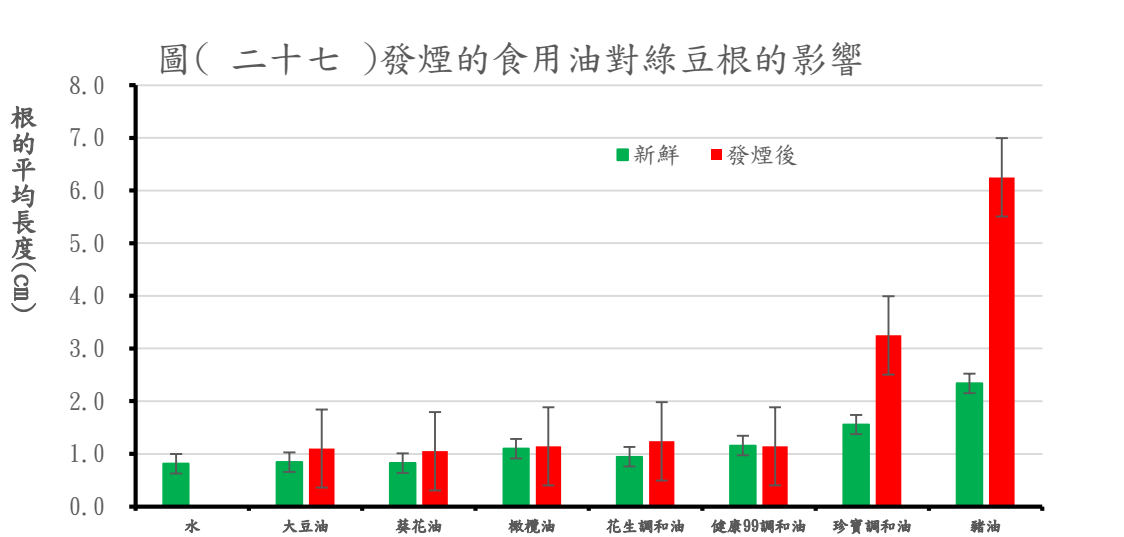
圖(二十六)酸價計算結果討論：依酸價公式計算得知，5珍寶調和油及健康99調和油的酸價，是七種待測油脂中最高的。而大豆油酸價為最低。依據國際標準來說，品質良好之精製油的酸價為0.2 mg KOH/gram以下，依據衛生福利部食品藥物管理署規定，要求酸價不得高於2.0 mg KOH/gram[6]，超過此數值或炸油已發出油耗味，表示油脂劣化，就必須立即換油。實驗中的油品在加熱一小時後其酸價都低於2.0 mg KOH/gram，以標準來說不用更換，但是部份油品肉眼可見已變色，讓人不禁擔心市面回鍋油的問題。

表(四)各項理化性質實驗數值綜合整理表

項目	大豆油	葵花油	橄欖油	花生調和油	5珍寶調和油	健康99調和油	豬油
發煙溫度(°C)	254	228	230	214	240	245	212
發煙前後密度變化%	1.1	10.3	1.2	5.1	3.7	12.1	14.1
光度變化%	7.8 %	13.4 %	34.9 %	16.0 %	32.6 %	6.4 %	169.2 %
發煙後pH值	5.42	5.50	5.28	5.51	5.72	5.26	5.66
300°C的PM <sub>2.5</sub> 值	223.3	298.9	291.0	190.5	345.0	211.1	262.7
酸價	1.35	1.42	1.42	1.42	1.54	1.53	1.4

綜合各實驗數據看來，三種植物油中，大豆油應是較適合中高溫烹調的油品；而三種調和油，如果單純以數據來看，花生調和油優於其他二種，但由於調和油有標示與內容物不明的隱憂存在，故不太建議使用！且本實驗所採用的調和油，其酸價測出的值皆較高，實在不是個好的選擇。未精煉豬油因為加熱過程涉及狀態的變化，以及內含物較複雜之故，是以吸光度變化及密度變化值皆超高，不過實測出來的酸價值卻不是最高，也因此告訴我們，對於非精煉的動物油，酸價的判斷是較正確的作法。

## 二、食用油脂的對綠豆生長的影響



- 比較圖(二十七)與圖(二十八)可以發現，發煙後的食用油脂對綠豆生長情形皆優於新鮮的食用油脂。因為新鮮油脂和水不互溶，是以新鮮油脂澆灌時，甚至會阻礙綠豆生長。而發煙油脂產生極性成份，和水互溶性高，對綠豆生長的阻礙生長較少，所以有利生長。
- 發煙後的豬油澆灌綠豆生長情形，使綠豆生長良好，平均莖的長度為6.72 cm。推測是因為豬油發煙後分解的小物質中，有利於植物生長。而油成分表中發現豬油和其他六種油脂唯一不同的是飽和脂肪的成分較高(約3.8g/100g)，幾乎是其他油脂的兩倍，所以是飽和脂肪在發煙後分解的物質極有可能就是有助於綠豆生長的物質。
- 生長情形較良好的綠豆根的部分，皆發現白色的棉花上，呈現黃褐色的菌落，推測油脂在發煙後產生的物質可能有利於固氮菌的生存，值得再進一步探討。

### 三、影響懸浮微粒量PM<sub>2.5</sub>值大小的因素探討

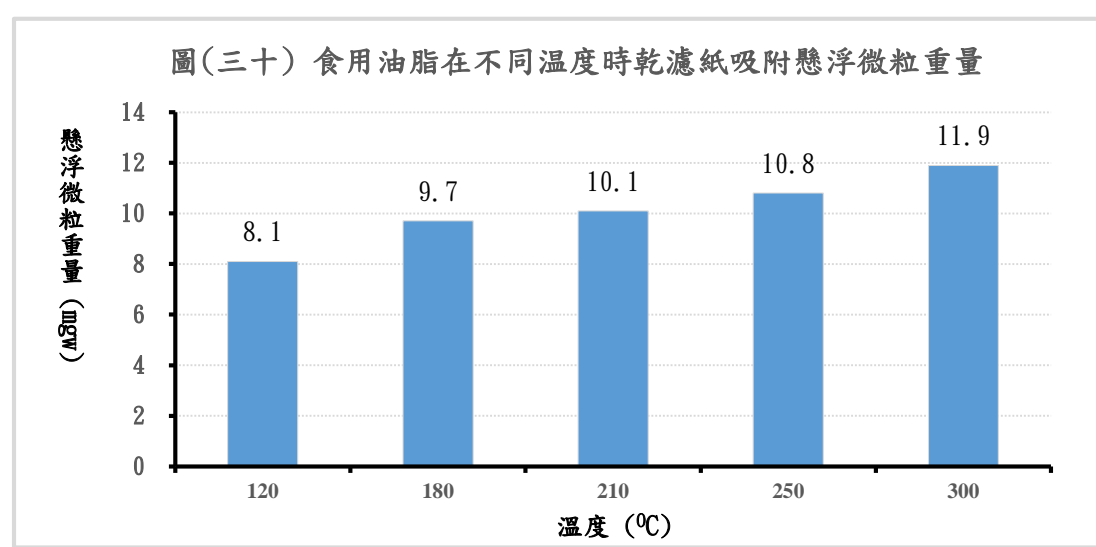
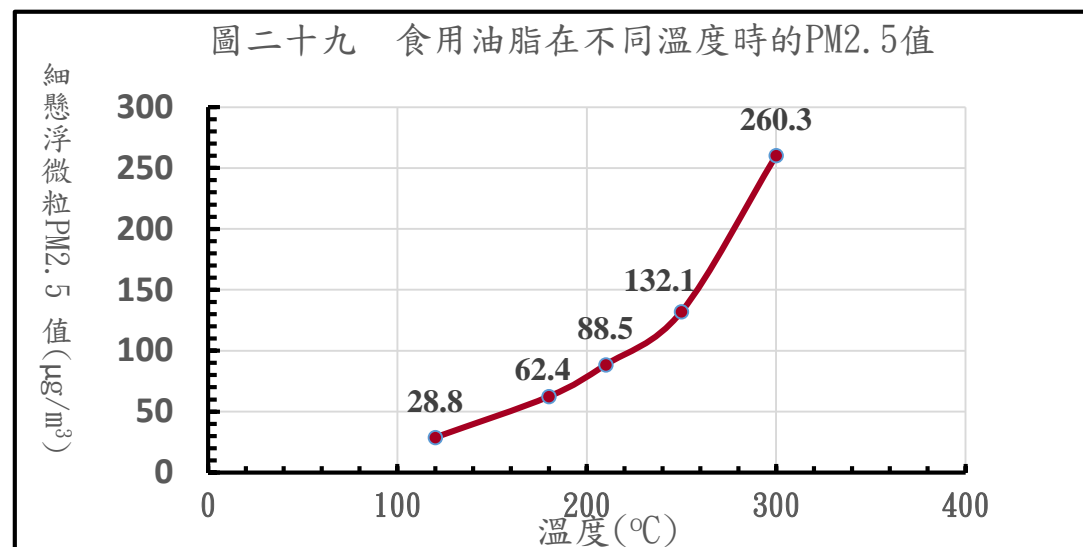
#### (一)食用油脂在不同溫度時的PM<sub>2.5</sub>懸浮值量測的結果討論

表(五) 食用油脂在不同溫度時的PM<sub>2.5</sub>懸浮微粒值量測

溫度	大豆油	葵花油	橄欖油	花生調和油	5珍寶調和油	健康99調和油	豬油
120°C	27.6	16.0	29.6	21.0	60.3	18.6	28.4
180°C	55.2	60.5	52.6	44.5	135.2	28.3	47.2
210°C	81.2	78.5	120.0	63.8	167.6	46.3	62.0
250°C	136.9	126.2	170.8	84.6	201.9	119.9	84.3
300°C	223.3	298.9	291.0	190.5	345.0	211.1	262.7

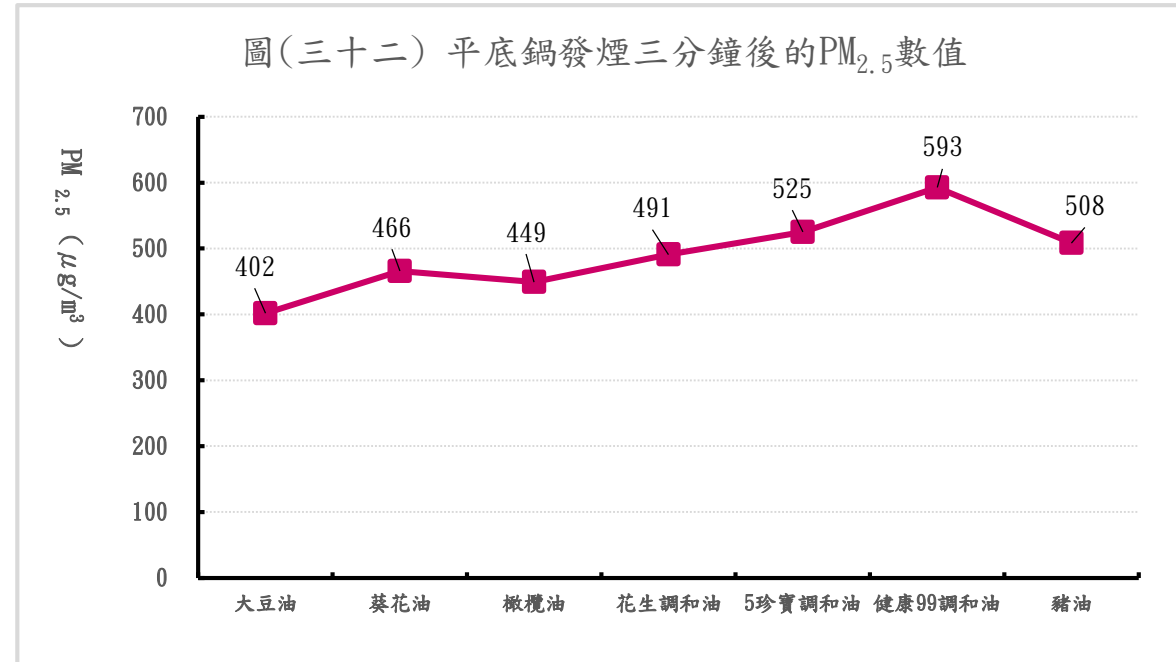
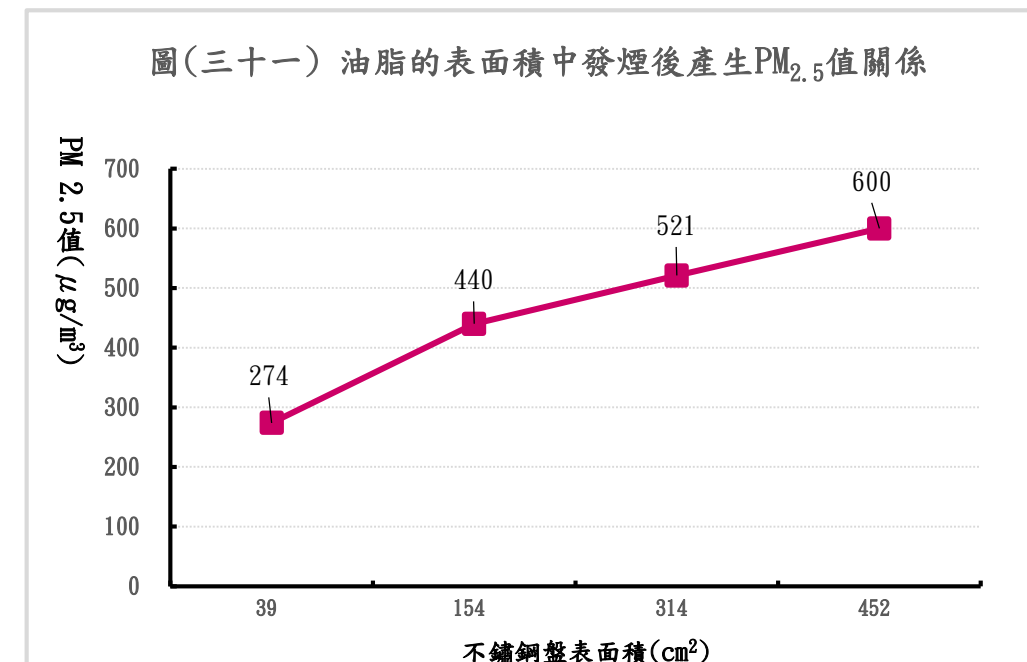
在油溫未達發煙(以250°C界)時,除了5珍寶調和油和豬油的PM<sub>2.5</sub>值已達“對多數人不健康”的等級及橄欖油的PM<sub>2.5</sub>值達“對敏感族群不健康”[11]的等級外,其餘食用油的油煙懸浮微粒值都還算在正常值內。當油脂加熱到一定溫度時,將被分解為甘油及游離脂肪酸,隨著溫度上升甘油甚至會形成為丙烯醛[14],而水解的脂肪酸會因高溫產生自由基,又因為氧化而產生過氧化物[14]及其他副產物[14],由實驗中發現,當油溫由250°C加熱上升到300°C時,實測的時間間隔不到3分鐘,但是懸浮微粒值卻快速飆升,應是到達此溫度(210 °C~250 °C)時,油脂因高溫及氧氣作用,進行化學反應。實驗中當溫度由250°C升至300°C時,PM<sub>2.5</sub>值飆升了至少1.5倍!是以食用油的烹調溫度如果超過冒煙點,將對人體呼吸造成傷害。而傳統中式烹調喜愛爆香或油炸,就健康觀點而言,其實是不太好的烹調方式;較佳的烹調方式,應以中低油溫烹調方式為佳,如涼拌、低溫拌炒方式較佳。豬油由於飽和脂肪酸偏高及分子量偏大的原因,是以在溫度未超過250°C時,其在PM<sub>2.5</sub>值相較之下偏低,油煙值相對較小,但溫度一旦超過250°C到達300°C時,其PM<sub>2.5</sub>值竟然飆升3倍以上。顯示若要使用豬油烹調,建議在油溫250°C以下時,其油煙量相對安全。

#### (二)食用油脂在不同溫度時懸浮微粒吸附量的結果討論



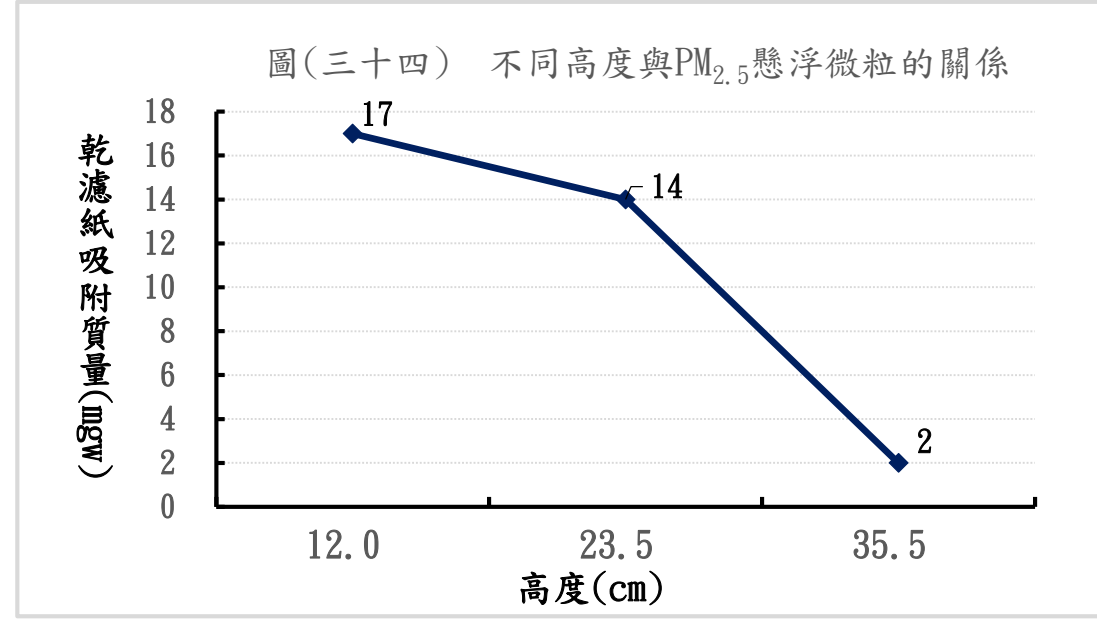
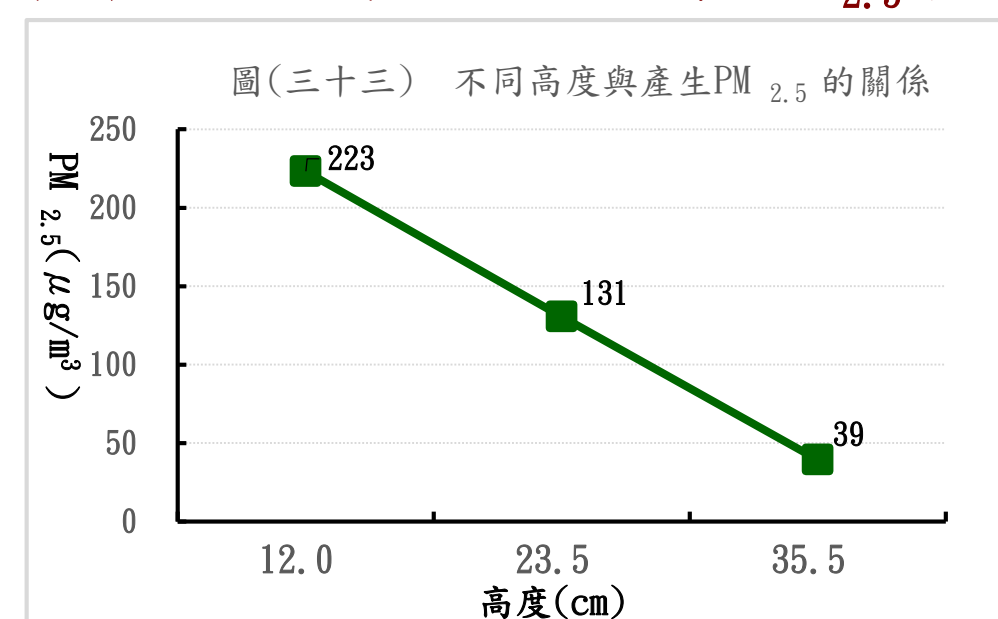
1. 圖中可看出,油溫對PM<sub>2.5</sub>值的影響有決定性。而乾濾紙吸附油煙粒子的量和PM<sub>2.5</sub>值有正相關的關係,隨著PM<sub>2.5</sub>值的增加,濾紙前後重量變化(亦即吸附油煙粒子的質量)也有逐步增加的趨勢。
2. 比較乾濾紙吸附油煙量和噴溼後濾紙吸附再烘乾來比較,濾紙噴溼後明顯吸附量遠大於乾濾紙吸附量。下方的實驗中也證明,口罩在噴溼後對PM<sub>2.5</sub>值減少的效果較佳。濾紙噴溼後的吸附量變動不大,可吸附量在0.013 gw ~ 0.015 gw 之間,其原因可能是因為已噴溼後的濾紙在短時間內已達最大吸附量。

#### (三)大豆油在不同表面積的圓盤中發煙後產生懸浮微粒量PM<sub>2.5</sub>與實測食用油在平底鍋發煙三分鐘後的PM<sub>2.5</sub>數值的結果討論



1. 實驗結果,我們發現,直徑愈大的圓盤,其產生的懸浮微粒量PM<sub>2.5</sub>的數值愈大,應是與蒸發概念相似,接觸面積愈大,其粒子脫離液面至空氣中的數量會愈多,濃度也愈大。因此若想減少因烹煮所產生的油煙量,除了慎選油品外,建議使用的鍋具口徑不宜太大,例如,可改用表面積較小的油炸鍋代替傳統的炒鍋油炸食物,以減少因油炸產生的懸浮微粒量。
2. 為了解實際烹調時的狀況,我們選用直徑24.5 cm的平底鍋,放在瓦斯爐上以中火加熱至發煙三分鐘後,以一個身高約160公分的婦女其鼻子位置,量測約鍋上方約45 cm 處量測PM<sub>2.5</sub>的數值。實測發現,在不開抽油煙機的情況下所有油品皆達“危害”等級了。精煉植物油的發煙後產生的懸浮微粒量比調和油及非精煉豬油略少。

#### (四) 大豆油在不同高度時的PM<sub>2.5</sub>濃度及濾紙吸附量的結果討論



1. 距離油煙位置愈近時,產生的懸浮微粒及PM<sub>2.5</sub>值的濃度皆較高。
2. 隨著高度的增加PM<sub>2.5</sub>呈現正比降低的趨勢,當高度每上升一公分, PM<sub>2.5</sub>的濃度約下降7.83 µg/m<sup>3</sup>,所以油炸食物時勿蹲低身體以免吸入過量懸浮微粒。另外當隨罐子層數疊高時,其煙塵吸附量減少許多,可能因為大多數的煙塵因為地心引力的關係而無法上升得太高,所以集中在最下層。

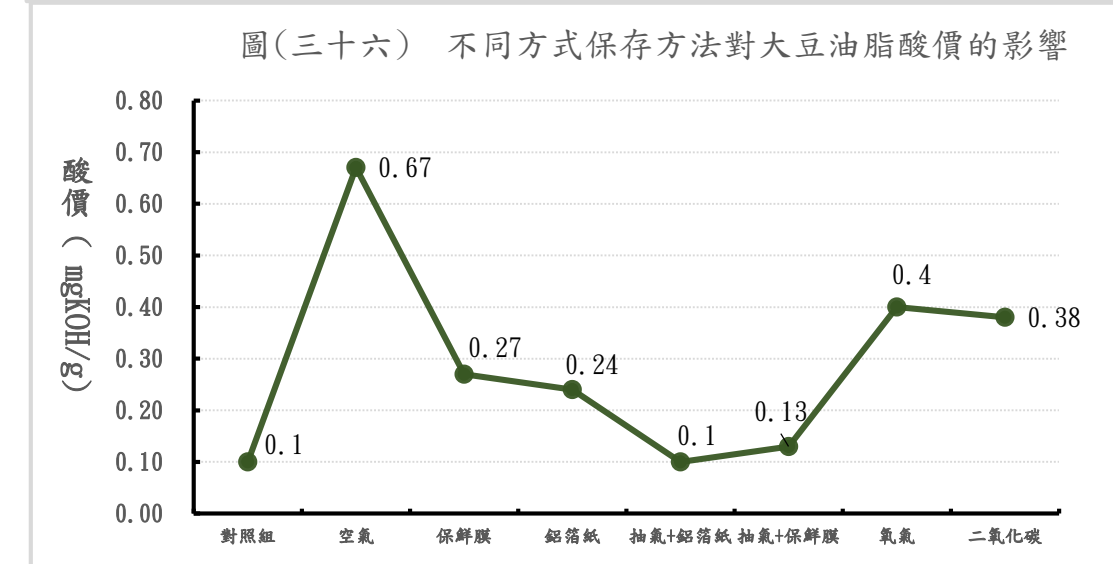
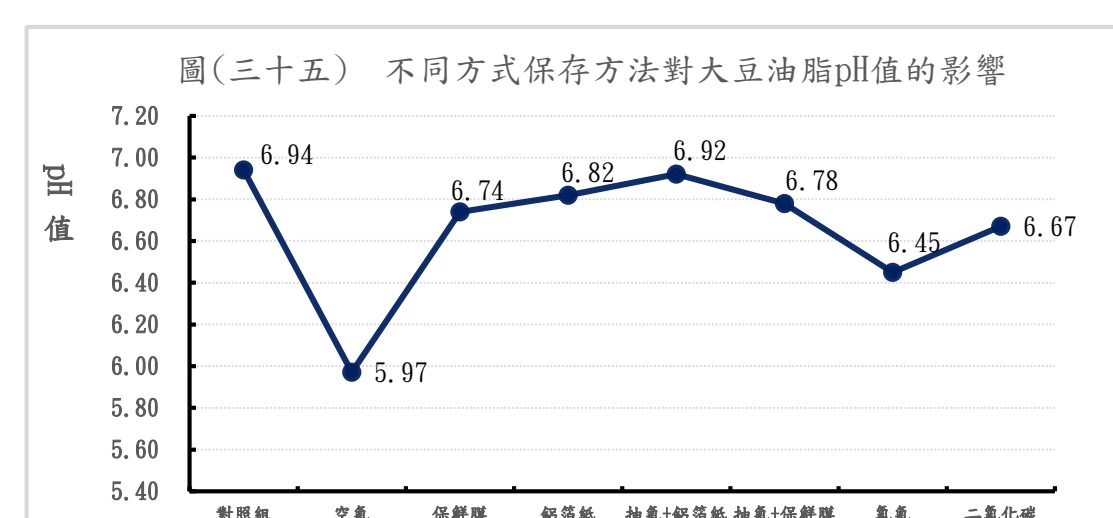
#### (五)使用不同口罩及物理方法,量測懸浮微粒量PM<sub>2.5</sub>的減少比例的結果討論

表(六)口罩處理後PM<sub>2.5</sub>值減少的變化百分比

食用油脂	豬油	花生調和油	健康99調和油	5珍寶調和油	大豆油	葵花油	橄欖油	平均
醫療用口罩	-3.4	-4.9	5.2	3.6	-5.8	4.2	1.2	0.0
活性炭口罩	5.7	8.2	8.8	3.1	11.3	11.5	2.9	7.4
摩擦後醫用口罩	3.9	0.6	11.9	2.6	17.0	18.1	0.8	7.8
摩擦後活性炭口罩	6.7	7.6	5.2	7.4	13.8	20.9	7.8	9.9
噴水後醫用口罩	18.3	12.1	6.3	12.0	8.1	19.6	17.9	13.5
噴水後活性炭口罩	10.9	7.3	10.7	20.4	8.6	23.7	9.4	13.0
使用抽油煙機	18.0	24.6	21.3	25.0	11.6	19.6	9.1	18.5
抽煙+噴水後醫用口罩	19.5	53.5	34.0	53.1	41.4	40.6	28.3	38.7

表(五)為仿首箱罩上不同口罩後,以手按壓吸球去模擬呼吸狀況,記錄仿首箱內的PM<sub>2.5</sub>值變化,計算其百分比。當口罩不做任何處理之下,普通的醫療用口罩,其效果十分不佳,甚至會因為呼吸而吸入更多的油煙;而活性炭口罩因具有多孔隙吸附的關係,對油煙值有些微的阻隔作用。口罩摩擦產生靜電的處理,其想法來自於靜電吸附粉塵的概念,實測結果發現兩種口罩的效果皆比完全不處理良好,且活性炭口罩摩擦後效果較醫療用口罩好。但因靜電容易受天候影響,或因空氣中的溼氣或是與身體接觸而流失,所以效果不太穩定。口罩噴水的處理,其想法來自於下雨天過後,空氣特別乾淨的概念,實測結果發現兩種口罩的效果皆比經摩擦處理過的效果還好;而且兩種效果差異不大,應是大部份的懸浮粒子被水溶解附在表面,所以內層的差別影響不大之故。由油脂加熱後的氧化酸敗反應來看[14],除甘油、丙烯酸及碳數少的酸或酸可溶於水外[5],其餘碳數多的酸或過氧化物等皆不溶於水,是以噴水所產生減少懸浮粒子的原因,因在於不能溶水的物質被水分子阻隔於表層,而可溶於物質則直接溶入,雙管齊下,達到降低PM<sub>2.5</sub>數值的效果。由於實際在烹調中,會使用抽油煙機,是以我們實測學校烹飪教室中抽油煙機的效果,發現使用抽油煙機平均約可降20%左右;若再罩上表面噴水處理過的口罩,其減少效果接近40%!

#### (六) 不同保存方式對大豆油脂影響的結果與討論



1. 學校的午餐廚房以福壽大豆油為油炸的油品,所以以福壽大豆油為研究對象。取剛開封的新鮮福壽大豆油當做對照組,進行pH檢測。暴露在空氣中的油脂其pH值下降最多約14.0%,其所測的酸價值也是最高;其次是暴露在氧氣中,pH值下降約7.1%,其所測的酸價值為次高。在抽氣後罩上保鮮膜的處理方式,pH值下降最少,只有2.3%。結果可知油脂在高氧環境中,會加速油脂氧化變酸。是以對於油脂的保存以密封保存,且表面氣體的含氧量會影響其保存效果。
2. 酸鹼滴定測量酸價是測量油中酸含量的準確方法。但油中的酸,不一定是變質來的,有可能是少數二氧化碳溶入油脂中,使其酸價值變高之故,在滴定氫氧化鉀溶液前,油脂溶液中的導電度相當接近,沒有明顯差別,暴露在氧氣中的大豆油,其導電度明顯升高,表示充滿氧氣的大豆油中含有較多的導電物質(離子)。而抽氣後罩上保鮮膜的處理方式,其導電度最低,表示其中的導電物質含量較少。如果純以油品上方空氣的變化來比較保存效果的話,抽氣效果最好。本實驗以可透光的保鮮膜封口或以不透光的鋁箔紙來封口,比較光線對大豆油的影響,結果發現,以不透光的鋁箔紙封口,其pH值的下降比較少且酸價也較低。表示光線這一項因素也會造成油品酸化。
3. 綜合pH值變化因素及酸價值,我們得到以下結果:
  - ① 油品密封保存效果較開放保存且不照光保存效果為佳。
  - ② 在密封保存情況下,油品上方的氣體以抽氣處理後,其保存效果最好,第二佳的為一般空氣,保存效果最差的為上方填充高濃度的氧氣;而上方若填充二氧化碳,易造成二氧化碳溶入而酸價測量值產生偏高的結果。

### 陸、結論

烹調中,使用抽油煙機並罩上表面噴水處理過的口罩,對於PM<sub>2.5</sub>值減少效果可達40%!就健康觀點來說,較佳的烹調方式,以中低油溫烹調方式如涼拌、低溫拌炒等方式較佳,盡量減少傳統中式烹調愛用的爆香或油炸。乾濾紙吸附油煙的量和PM<sub>2.5</sub>值有正相關的關係,隨著PM<sub>2.5</sub>值的增加,吸收的量也有逐步增加的趨勢。濾紙噴溼後明顯吸附量遠大於乾濾紙吸附量。直徑愈大的鍋具,其產生的懸浮微粒量PM<sub>2.5</sub>的數值愈大。食用油其組成的飽和脂肪酸所佔的比例愈大,其密度愈大;而大部份的油脂在經由加熱發煙後,密度皆變小。發煙點精煉油大於非精煉油;精煉油品飽和脂肪酸比例高者,其發煙點會較高。三種植物油中,大豆油應是較適合高溫烹調的油品;而調和油方面,因調和油有標示與內容物不明的隱憂存在,故不太建議使用!且本實驗所採用的調和油,其酸價測出的值也較高,實在不是個好的選擇。油品密封保存效果優於開放保存且不照光保存效果較佳。在密封保存情況下,油品上方的氣體以抽氣處理後,其保存效果最好。

### 柒、未來展望

1. 可針對油炸次數與酸價的變化進行更進一步的研究。
2. 進一步研究溫度及濕度對油脂保存的影響。
3. 對於油炸後的油的色澤及黏滯度改變作量測,希望從顏色改變了解油的新鮮度。
4. 進行市場調查,詢問大型速食店及油炸食物的小吃攤,油脂的使用現況。
5. 進行簡易便宜酸價測定的試紙設計。

### 捌、參考文獻

1. 彭杏珠(民105)。台灣九大死因 都是空氣惹的禍。遠見雜誌356期。
2. 楊志仁(民104)。罹患肺癌的可能危險因子。高醫醫訊肺病專刊7月。
3. 陳偉民、林金昇、江彥雄(民94)。3D理化遊樂場。台北市。天下文化。
4. 石宇華、石宇嘉(民100)。儀器分析化學。台中市。鼎茂。
5. 黃榮茂、王禹文、林聖富、楊得仁(民78)。化學化工百科辭典。台北市。晚園。
6. 郭孟怡、陳偉諾、姚承恩、劉曉卉、賴怡甄、吳及仕(民100)。油炸油安全管理簡易手冊。台北市。行政院衛生署食品衛生管理局。
7. 衛生福利部食品藥物管理署-台灣食品營養成份資料庫2016版網頁。檢自https://consumer.fda.gov.tw/Food/TFND.aspx?nodeID=178
8. 中央畜產會網頁。檢自http://www.naif.org.tw/livestock/20070771.doc
9. 許峰銘、林佳蓉(民99)。「油」裡乾坤---實用油酸價與油色關係的新發現。第50屆中小學科學展覽作品集。
10. 健康醫師網-有關食用油冒煙點的探討。網址http://www.doctorhealth.tw/index.php/2013-09-17-07-03-23/2013-09-25-07-46-32
11. 行政院環保署-空氣品質監測網-即時空氣品質指標網頁。檢自http://taqm.epa.gov.tw/taqm/tw/b0203.aspx
12. 鮑方宇、張敏(民102)。薄層色譜法測定油脂中三油甘酯含量。食品科學Vol. 34, No. 04 125-128。
13. 陳君婷、如何選用是受食用油作者、臺安醫訊第187期、網址: http://www.tahsda.org.tw/newsletters/?p=2900
14. 李政琳、余豐仁、何淇義(民103)。食品化學與分析I. II。台南市。復文。
15. John Suchocki, Ph. D.;李千毅譯(民98)。觀念化學IV。台北市。天下文化。
16. 生田哲(民102)。圖解生化學。台北市。城邦。