

第十七屆旺宏科學獎

成果報告書

參賽編號：SA17-331

作品名稱：紅光乍現—自製紅光雷射結合
Arduino 油品快篩儀

姓名：

關鍵字：油品酸價、Arduino 作業平台、
廷得耳效應

目錄

壹、	研究動機	2
貳、	研究目的	2
參、	研究過程	3
肆、	研究結果及討論	14
伍、	紅光雷射 Arduino 油品快篩儀：Android 手機操控界面與設計	22
陸、	手機 APP 藍芽操控紅光雷射 Arduino 油品快篩儀	27
柒、	結論	28
捌、	未來展望	29
玖、	參考資料	29

壹、研究動機

自 2013 年起臺灣食用油品事件層出不窮，食品業者被查獲以造假方式生產食用油的事件，導致消費者人心惶惶。有些業者甚至將低價油品精煉混充橄欖油，並添加銅葉綠素，冒稱「特級橄欖油」，牟取暴利。此外「食用油」的品質對於飲食衛生與安全也是擔心的問題，因為食用油一炸再炸，膽固醇、反式脂肪及飽和脂肪酸濃度增加，吃多了對心臟血管也不好，由此可見，油品的安全與我們息息相關。雖然市面上有不同的檢測儀器及酸價試紙可以幫助消費者做油品篩選，但是我們從一些參考資料得知，只要在使用過的油品中添加濾油粉或其他化學藥品就可以通過市面上的儀器檢測，因此希望設計出一套快速、準確性更高且可重複使用的裝置，提供更精準的油品檢測資料。經過一系列的研究及儀器改造，成功地利用紅光雷射準直性佳的特性及結合 Arduino 物聯網作資料建檔，將業者試圖「優質化」的劣質油品成功地篩選出來，並且可以建檔比對，更值得欣喜的是，本自製儀器價格低廉，容易組合及拆卸，可以供一般民眾居家使用。

貳、研究目的

本研究主要分為三個部份。第一部分是自製光敏電阻裝置對食用油進行檢測；第二部份是自製紅光雷射檢測器結合 Arduino 作業平台做油品優劣數據分析及建檔；第三部份是編寫手機 APP 以藍芽操控紅光雷射 Arduino 油品快篩儀。此外將傳統油品酸敗滴定實驗、油品檢驗試紙所得的數據與自製儀器做分析比較。

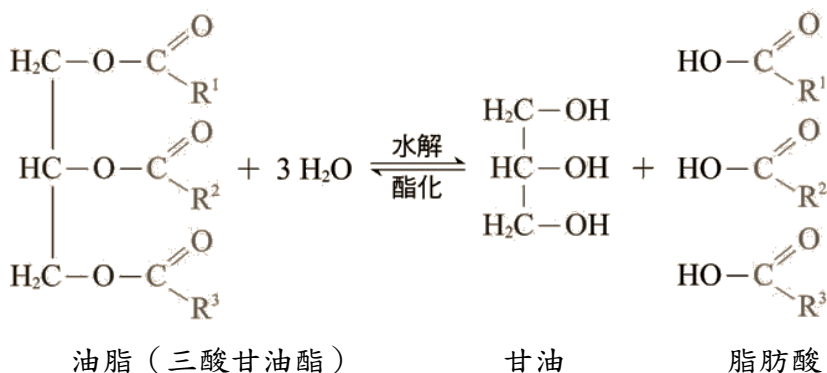
- 一、探討油品檢測試紙結果與酸鹼滴定後的結果是否相符
- 二、探討油品酸價與光敏電阻電阻數值的關係
- 三、找出油品酸價與濁度的關聯性
- 四、利用油品油炸後濁度上升，設計出更精準的油品檢測儀

叁、研究過程

一、研究背景與實驗原理

(一) 油脂的形成及分類

油脂 (oils and fats) 是動、植物組織的重要成分，為一分子甘油與三分子脂肪酸結合而成，因此又稱為三酸甘油酯 (triglyceride)。脂肪酸為具有一個羧基的長直鏈羧酸，油脂中的脂肪酸通常不具支鏈，碳數約為 12~20。將動、植物油脂水解，即得甘油及脂肪酸，如以下方程式所示。



油脂在油炸烹煮的過程中，會進行許多複雜的化學反應，如水解、氧化、裂解、聚合等。甘油酯水解時，產生的脂肪酸稱為「游離脂肪酸」。高溫會加速油脂的酸敗 (rancidity)，水解反應是油脂產生酸敗的機制之一，當油脂過度加熱時，水解產物又分解成醛類，是造成油脂有怪味的原因。

氧化作用也是油脂變質的主要原因之一。油脂一旦氧化，最後會形成醛、酮、酸或醇類而產生不良氣味。高溫會促使氧化加速，使所有脂肪酸都發生熱裂解，因此長期油炸的油已完全變性，是不可食用的。另外，加熱油脂而冒煙，是最容易辨認油脂劣敗的參考。常溫下的油脂黏度增大，也可以判斷為油脂品質下降，但是黏度沒有明顯變化時就不易判斷。

實驗室中測定油脂的酸價 (acid value) 為判斷油脂劣敗常用的指標，油脂的酸價愈高，油脂的品質愈差。酸價的定義是中和 1 克油脂中所含的游離脂肪酸所需的氫氧化鉀毫克數。以一般國際標準來說，品質良好之精製油的酸價為 0.2 mg KOH/g 以下。利用酸鹼滴定的技術可以測出油脂的酸價：取 2 克油樣品，加入 30 mL 乙醇-乙醚 (1:1) 的混合溶液與數滴廣用指示劑，搖晃使之均勻。以 0.01 M KOH 滴定之，呈綠色且維持 30 秒時，即達滴定終點。

(二) 不換油時對健康的傷害

1. 連續高溫使用 6 小時，油脂會開始劣化，會產生一些聚合物，比如二聚或多聚脂肪酸，吃了這些高溫油可能導致生長停滯、肝臟腫大等病。因此，業者

應該於使用6小時後就換油一次，否則劣化的油脂將會導致胃癌、肝癌、腸癌以及胰臟癌等消化器官的癌症產生。

2. 油經過高溫後，脂肪酸油脂分子結構發生了變化，順式結構就變成了反式脂肪酸，對心腦血管危害極大。另外，油煙裏含有一種被稱為苯並芘的致癌物，長期吸入會誘發肺臟組織癌變。
3. 在油炸油中含有可能致癌的丙烯醯胺，而其中含有大量的無機砷，無機砷使免疫力下降，易罹患皮膚癌、膀胱癌、肺癌、肝癌，同時併發心臟血管疾病。

(三) 光敏電阻測定原理

光敏電阻是利用光電導效應的一種特殊的電阻。它的電阻和光線的強弱有直接關係。當有光線照射時，電阻內原本處於穩定狀態的電子受到激發，成為自由電子。所以光線越強，產生的自由電子也就越多，電阻就會越小。當電阻在完全沒有光線照射的狀態下，稱這時的電阻值為暗電阻，與暗電阻相對應的電流為暗電流。而當電阻在充足光線照射的狀態下，稱這時的電阻值為亮電阻，與亮電阻相對應的電流為亮電流。

光電流 = 亮電流 - 暗電流

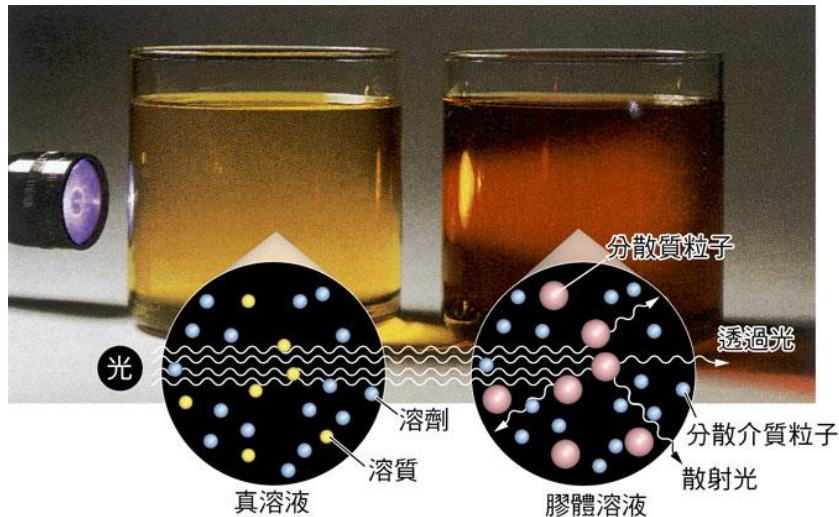
(四) 溶液濁度分析

水質濁度，是指水樣中因為大量肉眼可見懸浮物質而造成的混濁情形。濁度量測是水污染的重要測試項目之一。流體中可能包括許多大小不同的懸浮物質，夠大夠重的懸浮物質在液體靜置時會沈澱到底部，但非常小的懸浮物質沈澱較慢，若是水體定時攪拌或是形成膠體，懸浮物質甚至不會沈澱。這些小的粒子就是讓液體變混濁的原因。現今濁度分析慣用散射比濁測定法，單位為 NTU。在一定量粒子的情形下，光束散射的程度也和粒子的形狀、顏色及反射率有關。再加上較多的粒子可能很快就沈澱，無法散射光束。因此濁度和總懸浮固體之間的關係可能會隨這些情形而不同。

以此原理分析，當油品經過反覆油炸後濁度會上升，光線通過混濁溶液時亮度會下降，所測得的電流會變低。亦即強光時，光敏電阻電阻變小，光線轉弱後，光敏電阻值變大。在一定頻率或波長的強光照射溶液，電阻值與待測試樣的濁呈現正相關。以濁度值為 x 軸，電阻值為 y 軸，可以建立檢量線，如此一來將測得溶液的電阻值代入檢量線中即可以求得溶液的濁度。

(五) 膠體溶液的定義及性質

真溶液中溶質顆粒的粒徑為 0.1~1 nm，能和溶劑分子均勻混合，其溶液能讓光穿透，由於溶質顆粒太小，靜置時無法使溶質沉澱，也無法使用濾紙加以分離。膠體溶液的溶質顆粒大小，介於真溶液及懸浮液之間，為 1~1000 nm，溶液經常呈現混濁，無法完全透光，溶質無法經由濾紙分離，例如牛奶便是最常見的膠體溶液之一。



▲圖 1 膠體溶液（圖右：氫氧化鐵的膠體溶液）能顯現廷得耳效應，真溶液（圖左：硝酸鐵的水溶液）則無此現象。圖形下方為光線通過真溶液及膠體溶液之示意圖。

本研究中油品經過反覆油炸後濁度上升，經過濾油粉過濾後，以紅光雷射照射油品時會出現更明亮的通路，推測顯現出廷得耳效應。

（六）濾油粉的成份及用途


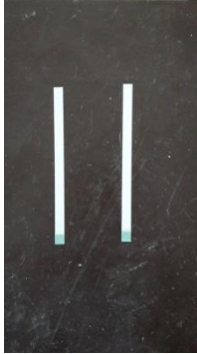

濾油粉主要成分為「合成矽酸鎂」，可用於吸附使用過的油中的雜質，可以稍微延長油的使用期限。目前濾油粉在臺灣為合法的添加物，以 2% 為限，但濾油粉只能濾除油中的懸浮粒子，讓油看起來比較清澈，無法濾除長時間使用回鍋油所衍生的致癌物質。由於濾油粉的單價低，平均每次用量價值不到新台幣 70 元，因此被速食業者廣泛使用。

二、實驗步驟

（一）利用油品檢驗試紙測量油品的酸價

1. 實驗步驟

- （1）將油品檢驗試紙放入待測油品中 2 秒鐘後取出。
- （2）靜置 30 秒後等待試紙顯色，並進行顏色比對，可以知道油品的酸價。

		
<p>▲圖 2 油品檢驗試紙</p>	<p>▲圖 3 油品檢驗試紙 (使用前)</p>	<p>▲圖 4 使用後的油品檢驗試紙 進行顏色比對</p>


(二) 利用酸鹼滴定法測量油品的酸價

1. 實驗步驟

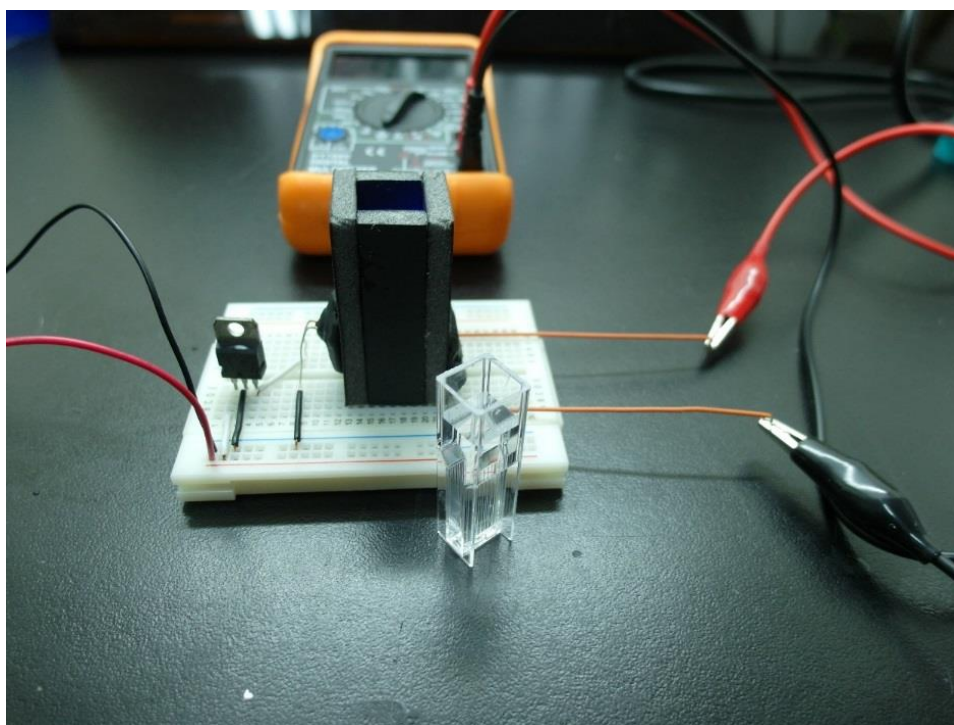
- (1) 配製 0.01M 氫氧化鉀 (KOH) 溶液 50 毫升。
- (2) 將 2 克待測油品倒入 125 毫升錐形瓶。
- (3) 錐形瓶加入 15 毫升的乙醇、15 毫升的乙醚，並滴入 3~5 滴酚酞。
- (4) 以 0.01M 氫氧化鉀 (KOH) 開始進行滴定。
- (5) 直到被滴定液呈現粉紅色時，紀錄所滴入氫氧化鉀的毫升數。

(三) 利用光敏電阻裝置測量油品的濁度

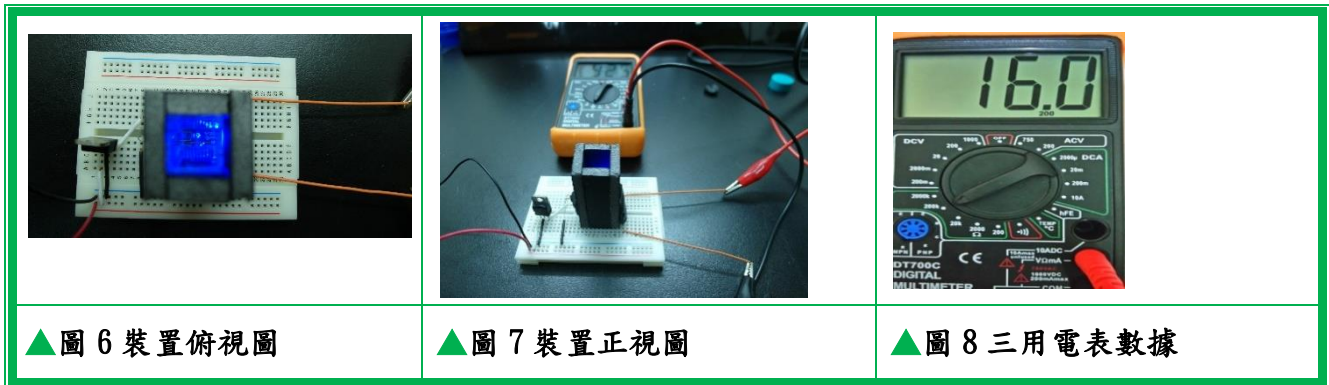
1. 自製光敏電阻裝置的組裝元件

名稱	圖片	功能
光敏電阻		依 LED 燈的光強度變化，產生不同的電阻值

裁切保麗龍暗箱		可以遮蔽外界光源，避免實驗干擾
LED燈		提供穩定的光源



▲圖 5 自製光敏電阻裝置完成圖




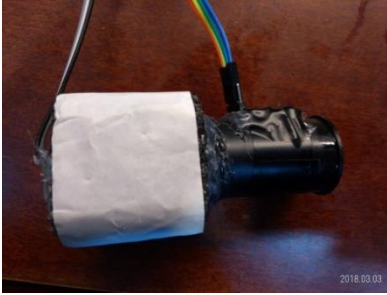
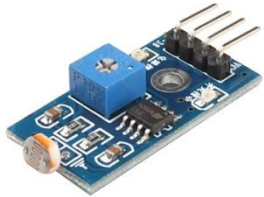
2. 實驗步驟

- (1) 將油品加入待測槽至八分滿。
- (2) 將待測槽放入保麗龍暗箱。
- (3) 將三用電表轉至 20 K Ω 檔位。
- (4) 連接 9 V 電源。
- (5) 記錄三用電表之數據。

(四) 自製紅光雷射結合 Arduino 油品快篩儀

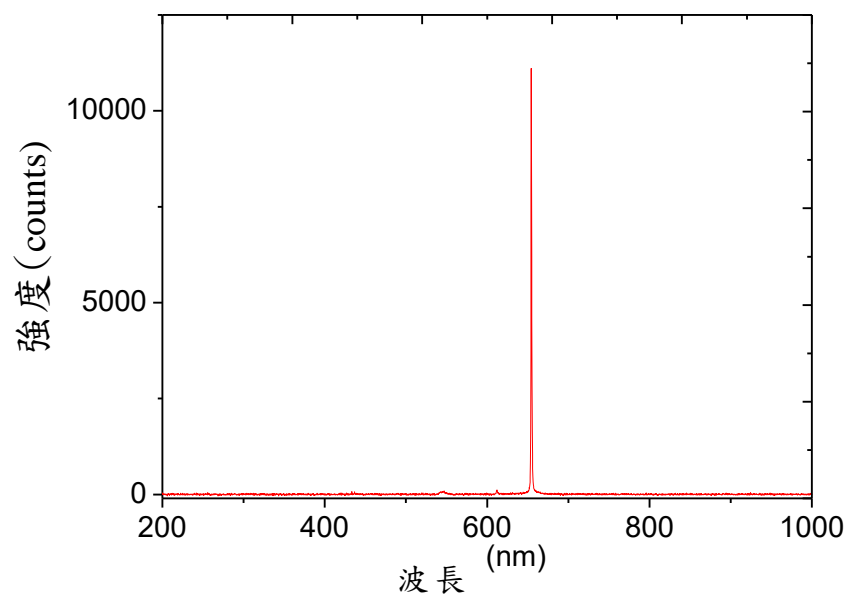
1. 組裝元件

名稱	圖片	功能
控制板		Arduino 可以作為電腦與感測器的橋樑，兼備檢測數值輸出及數據蒐集分析
紅光雷射		紅光雷射準直性佳，準確性較高

暗箱		遮蔽外界光源的干擾
光度計		接收雷射光照射油品時，因油品中產生廷得耳效應散射時，光度的偵測器

2. 紅光雷射光譜

圖 9 為紅光雷射元件的光譜，由數據得知強度峰值落在 654 nm。



▲圖 9 自製紅光雷射



▲圖 10 自製紅光雷射 Arduino 快篩儀

3. Arduino 紅光雷射快篩儀的硬體安裝

- (1) 將紅光雷射電路板放入剪好的泡棉
- (2) 將底片桶底部裁開，將泡棉黏上
- (3) 將底片筒側邊鑿開，放入光度計板
- (4) 將紅光雷射及光度計接上 Arduino 控制版的電源及訊號接腳
- (5) 外殼先以紙板固定，待相對位置確定後，再用 3D 列印印出外殼。
- (6) 將 Arduino 控制板以及偵測器嵌入外殼

4. Arduino 紅光雷射快篩儀的軟體安裝

Arduino 是一套由設計者所編寫的程式所驅動的系統，故本裝置需自行編寫程式碼。先至下列網址下載安裝程式：<https://www.arduino.cc/en/Main/Software> 再點選右側的 Windows installer 後，出現下列畫面

Support the Arduino Software

Consider supporting the Arduino Software by contributing to its development. (US tax payers, please note this contribution is not tax deductible). [Learn more on how your contribution will be used.](#)



SINCE MARCH 2015, THE ARDUINO IDE HAS BEEN DOWNLOADED **12,652,374** TIMES. (IMPRESSIVE!) NO LONGER JUST FOR ARDUINO AND GENUINO BOARDS, HUNDREDS OF COMPANIES AROUND THE WORLD ARE USING THE IDE TO PROGRAM THEIR DEVICES, INCLUDING COMPATIBLES, CLONES, AND EVEN COUNTERFEITS. HELP ACCELERATE ITS DEVELOPMENT WITH A SMALL CONTRIBUTION! REMEMBER: OPEN SOURCE IS LOVE!

\$3 \$5 \$10 \$25 \$50 OTHER

JUST DOWNLOAD CONTRIBUTE & DOWNLOAD

直接點選下方的 JUST DOWNLOAD 即可。

5. 安裝 Arduino 控制板的驅動程式

將 USB 線與電腦相連(以 Windows 7 為例)，第一次接上電腦時，電腦「系統管理員」剛開始會出現「無法辨識的裝置」，接著電腦會自動(上網)搜尋對應的驅動程式並安裝。安裝完成後，系統會自動為它設定一個以“COM”為首的序列埠編號，例如 COM5。

6. 執行程式

執行 Arduino 應用程式後會出現如下的 Arduino 程式開發環境，右下角會顯示電腦設定的 COM 編號，中央白色底的位置即是編寫程式的地方，右上方的 sketch_jan12a 是預設的程式名稱，存檔時可更改名稱。再上方的左側有五個按鈕，右側有一個按鈕，當滑鼠游標移至按鈕上時，會顯示按鈕的功能。目前只要用到驗證(最左側的勾勾圖示)、上傳及(左邊第二個箭頭圖示)序列埠監控視窗(最右側的放大鏡圖示)這三個功能。“驗證”是在寫完程式後驗證程式是否合於程式語法的按鈕。“上傳”按鈕則是將程式編譯完成並上傳至 Arduino 電腦控制板同時開始執行程式的按鈕。在程式執行時點開“序列埠監控視窗”按鈕就可以看到偵測器傳回來的測量值。

直接將下列的程式碼拷貝貼上(覆蓋)在上圖的白色底的程式編寫區。

```
#include <Wire.h>
#include <BH1750.h>
```

```

BH1750 lightMeter;
int redPin = 13;

void setup(){
  Serial.begin(9600);
  lightMeter.begin();
  pinMode(redPin, OUTPUT);
  digitalWrite(redPin, HIGH);
}

void loop() {
  delay(1000);
  uint16_t lux = lightMeter.readLightLevel();
  Serial.print("Light Intensity: ");
  Serial.print(lux);
  Serial.println(" lx ");
}

```

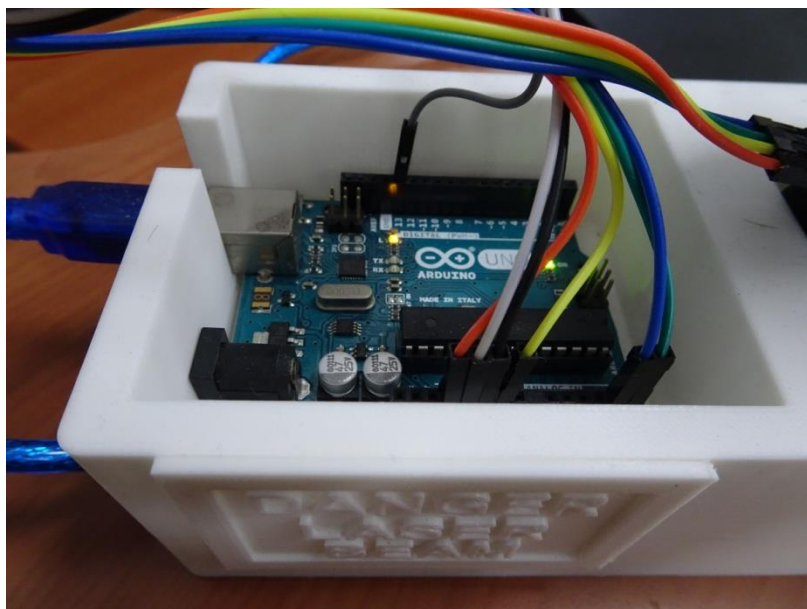
按下驗證按鈕，會出現儲存檔案的對話框，選定儲存位置及檔名後，會開始進行編譯，如下圖顯示編譯完畢，同時黑色訊息框顯示此程式所使用的資源。

驗證成功後即可上傳程式（其實這個程式已經驗證過了，也可以跳過直接上傳），按下上傳按鈕，仍然會先進行編譯，編譯完就會上傳。上傳完畢後，電腦控制板就會開始執行程式。

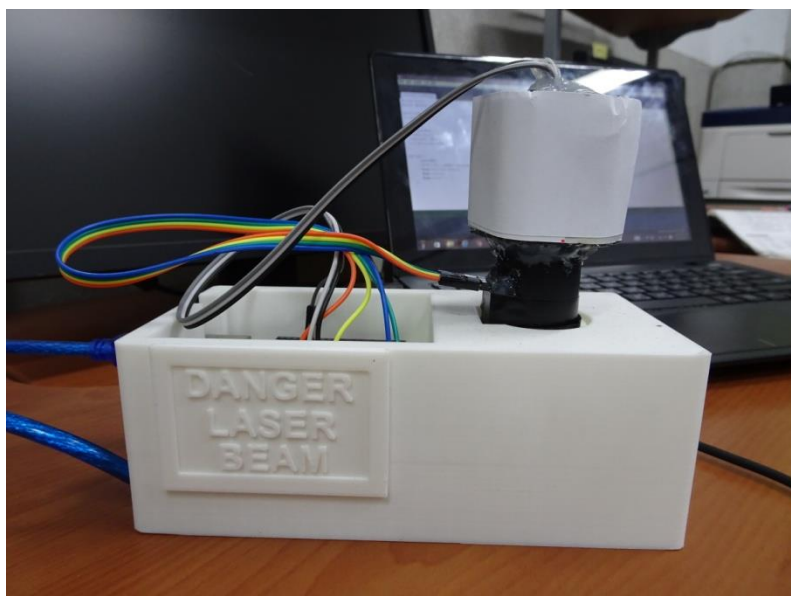
這時按下右側的“序列埠監控視窗”按鈕就會跳出監控視窗，在視窗下方勾選自動捲動，選單中選擇“CR(carriage return)”，及“9600 baud”，等待大約 30 秒就會開始顯示偵測器的測量值了。

6. 以 3D 列印客製化快篩儀

透過電腦程式設計完成客製化的快篩儀外殼



▲圖 11 自製紅光雷射 Arduino 快篩儀俯視圖



▲圖 12 自製 3D 列印紅光雷射 Arduino 快篩儀外殼底架

7. 實驗用藥品

氫氧化鉀、乙醇、乙醚、矽酸鎂、酚酞、沙拉油、葵花油、芥花油、橄欖油、與宿舍餐廳油。

8. 實驗步驟










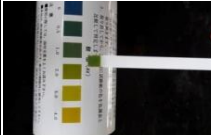
- (1) 將 Arduino Uno 控制板接上筆記型電腦。
- (2) 上傳程式。
- (3) 將待測油品放入待測槽。
- (4) 待數據穩定後記錄數據。

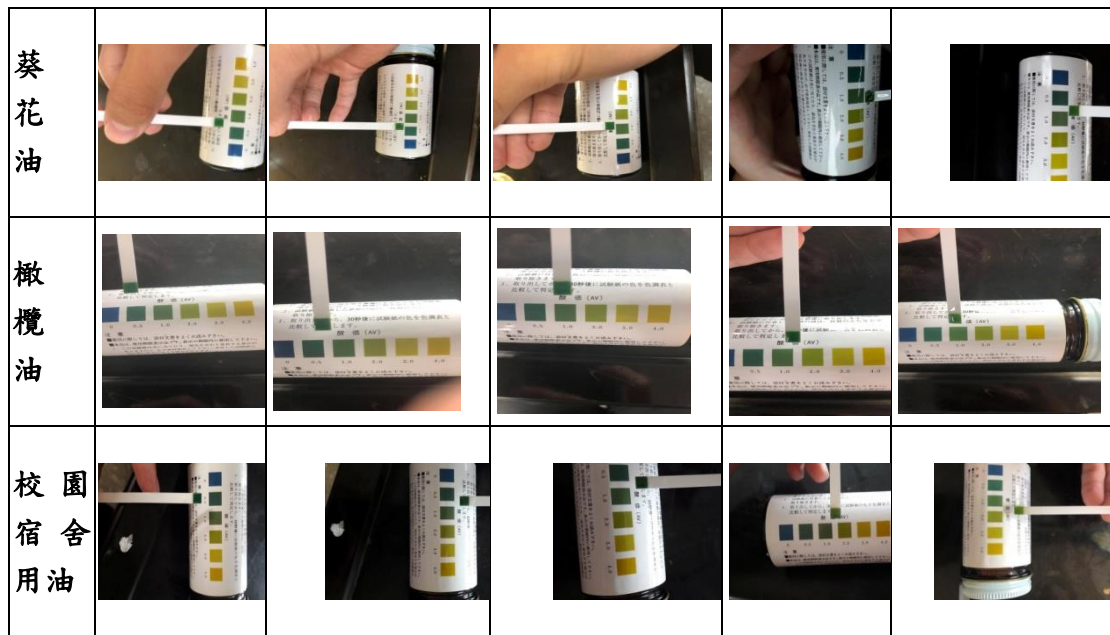
肆、研究結果及討論

一、油品檢驗試紙檢測不同油品做比較

實驗結果發現，油品在第一次油炸後，酸價未有顯著的變化。隨著油炸第二次及第三次後，上升的幅度明顯增加。其中以葵花油最適合做為油炸用，而沙拉油最差。油品在第三次油炸後，以濾油粉過濾再使用試紙檢測，油品的酸價值並未因此下降。

▼表 1 以試紙檢測油品酸價結果

試紙檢驗	原油	第一次	第二次	第三次	加入濾油粉且過濾後
芥花油					
沙拉油					



以橄欖油的原油為例，酸價試紙從左(藍色)到右(黃色)的酸價分別為 0.0、0.5、1.0、2.0、3.0、與 4.0。當油品的酸價超過 2.0，即不適合再使用。

實驗發現，所有油品在油炸第一次的時候，酸價並未有顯著的變化。隨著油炸第二次及第三次後，上升的幅度逐漸增加。所有的油品當中，以葵花油最適合做為油炸用，而沙拉油最差。以矽酸鎂(濾油粉)過濾後的油品利用試紙檢測發現並未有肉眼可辨的改變。

二、以酸鹼滴定法檢測油品的酸價

▼表二、酸鹼滴定結果

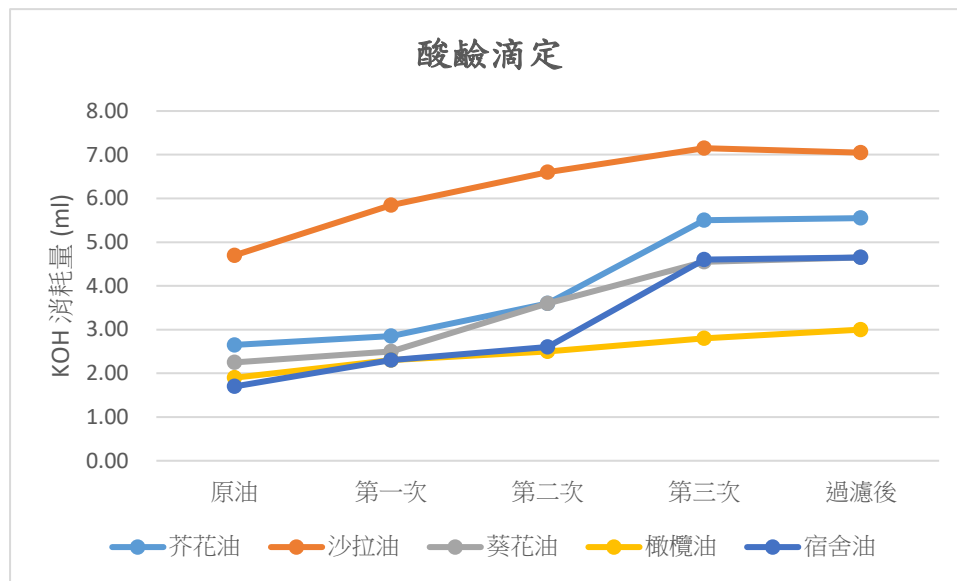
	原油(mL)	第一次(mL)	第二次(mL)	第三次(mL)	過濾後(mL)
芥花油	2.65	2.85	3.60	5.50	5.55
沙拉油	4.70	5.85	6.60	7.15	7.05
葵花油	2.25	2.50	3.60	4.55	4.65
橄欖油	1.90	2.30	3.00	5.20	5.30
宿舍油	1.70	2.30	2.60	4.60	4.65

實驗數據可經由下列公式快速轉換成酸價：

$$\text{滴定毫升數} \times 0.28 = \text{酸價} \quad (1)$$

與酸價試紙比較，酸價試紙從第三格到第四格(酸價 1.0 到 2.0)，就有 5 mL 氫

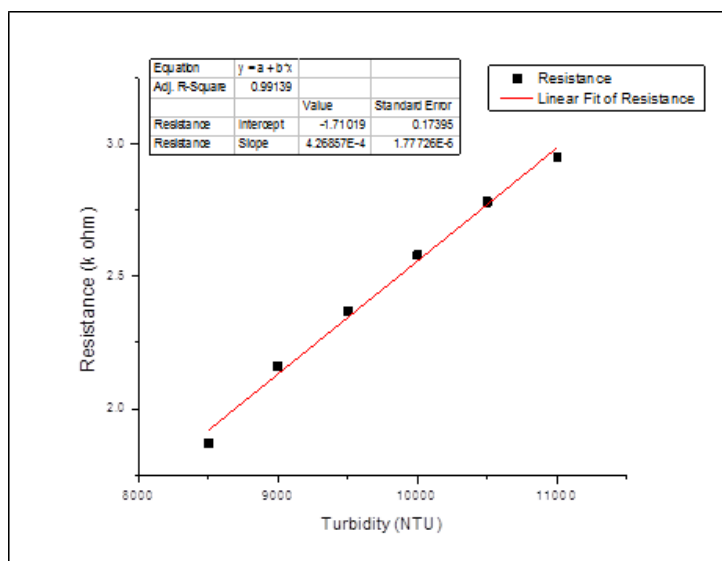
氧化鉀標準溶液的差異，由此可知酸價試紙比較無法明確分辨油品酸敗的情況。再者，從表二酸鹼滴定的結果知：隨著油炸次數增加，油品的酸價升高，與試紙做出的結果一致。油品經矽酸鎂(濾油粉)處理並過濾後，油品雖然變澄清，但其酸價並未顯著改變。但是，仔細比較數據發現：經濾油粉處理並過濾後，沙拉油的酸價略為下降，其它食用油的酸價略為升高。



▲圖 13 酸鹼滴定檢測食用油油炸前後的結果

三、以光敏電阻快篩儀測量油品經油炸過後的濁度值

(一) 測量不同濁度標準溶液與光敏電阻數值的校正曲線

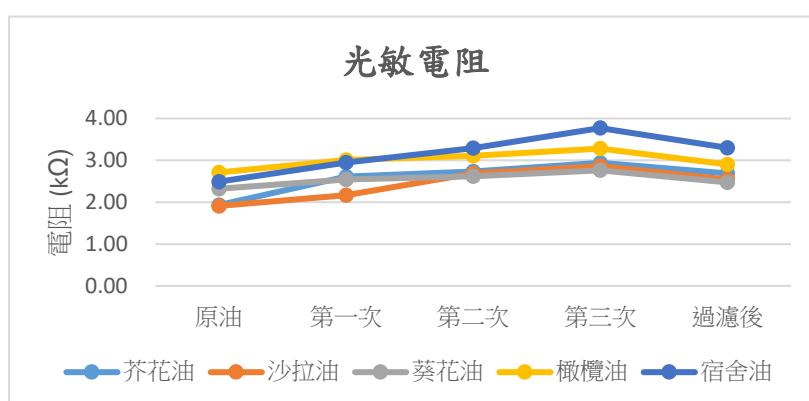


▲圖 14 光敏電阻與濁度的校正曲線

(二) 使用光敏電阻快篩儀測量油品經過油炸後的光電阻值

▼表三、油品濁度測試結果

	原油(kΩ)	第一次(kΩ)	第二次(kΩ)	第三次(kΩ)	過濾後(kΩ)
芥花油	1.93	2.61	2.73	2.94	2.69
沙拉油	1.91	2.17	2.69	2.86	2.54
葵花油	2.32	2.54	2.62	2.76	2.47
橄欖油	2.71	3.01	3.11	3.28	2.90
宿舍油	2.49	2.95	3.29	3.77	3.30



▲圖 15 不同食用油油炸前後的光敏電阻值

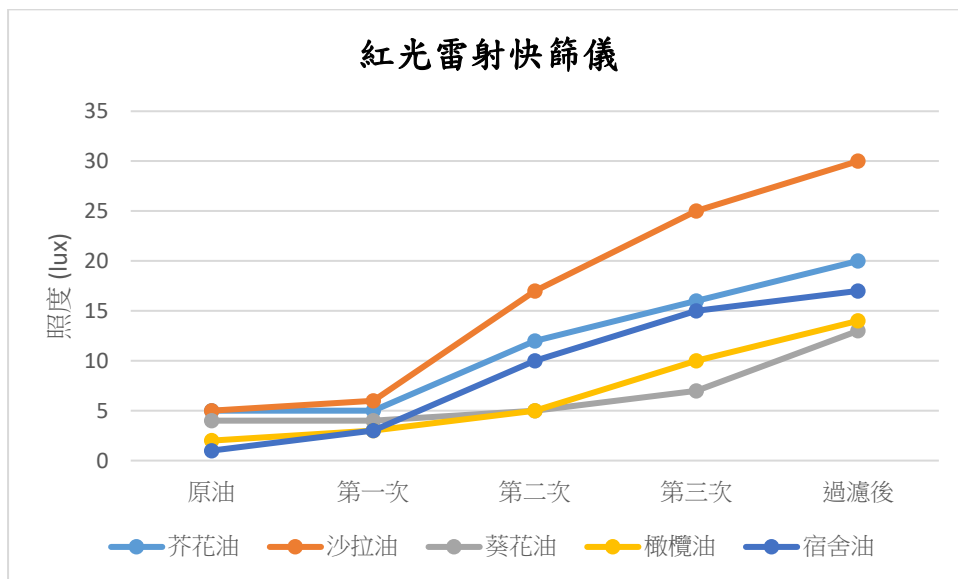
油品經過油炸後，濁度會上升，所以光敏電阻隨著油炸次數增加而升高。由圖 15 得知，當油品經矽酸鎂(濾油粉)處理並過濾後，油品變澄清，濁度下降至第一次

油炸到第二次油炸的區間，所以會產生油品優劣的誤判。

四、紅光雷射 Arduino 快篩儀檢測油品老化程度

▼表四、結合 Arduino 作業平台紅光雷射快篩儀檢測的結果

	原油(lux)	第一次(lux)	第二次(lux)	第三次(lux)	加入濾油粉過濾後(lux)
芥花油	5	5	12	16	20
沙拉油	5	6	17	25	30
葵花油	4	4	5	7	13
橄欖油	2	3	5	10	14
宿舍油	1	3	10	15	17



▲圖 16 紅光雷射快篩儀散射光測量的結果

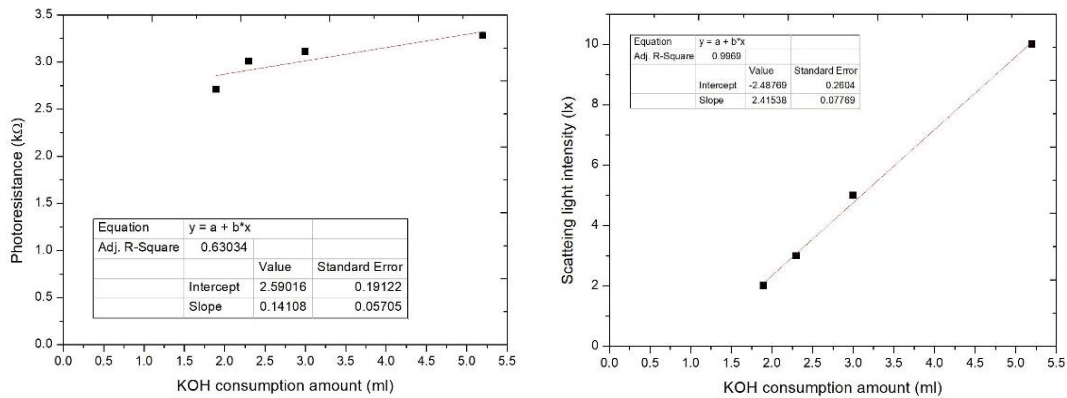
(一) 紅光雷射檢測油品老化程度，由表三與表四知：當油品經過油炸後濁度上升，紅光散射強度亦會上升。值得注意的是，油品經由濾油粉(矽酸鎂)處理並過濾後，經由紅光雷射快篩儀檢測，散射的光的強度上升，並未下降。

(二) 紅光雷射裝置檢測可以對油品優劣做出最正確的判斷。

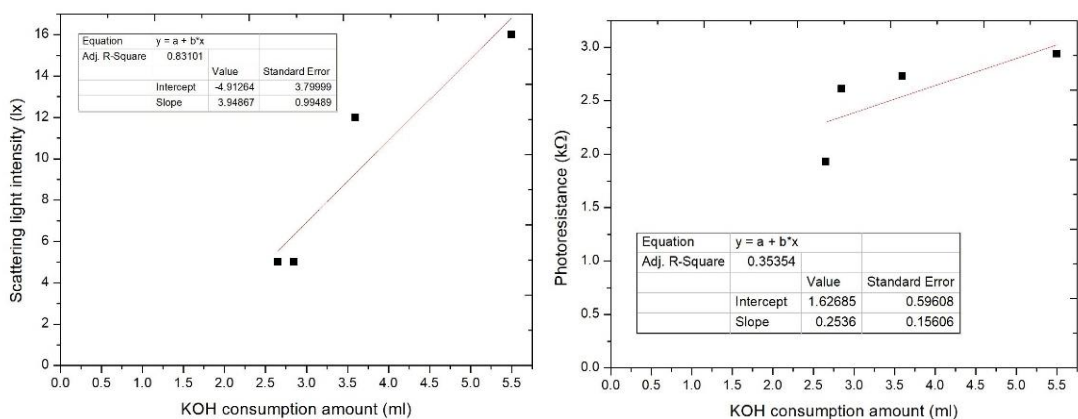
油品經由濾油粉處理並過濾後，散射光(又稱為乳光)強度上升(15)，推測應與廷得耳效應的增強有關。茲討論如下：油炸後存在於油中粒徑大於紅光波長(654 nm)的懸浮微粒將反射或吸收紅光，不會產生乳光。油炸過後的油中加入濾油粉，大的懸浮微粒因矽酸鎂吸附而沉降。因為紅光雷射準直性佳，可視為一束聚集的光線束，因此紅色雷射光束通過炸油以濾油粉

處理並過濾後的分散系，其單位體積內的膠體粒子數(小於紅光波長會產生乳光的懸浮微粒數目)增加，因此廷得耳效應的乳光強度得以增強。另一個可能的原因是加入濾油粉後，過濾後殘留了顆粒細的濾油粉而增加了散射光度。雖然我們使用濾油粉的廠商未提供其顆粒大小的資訊，不過經過查詢得知美國一家販售濾油粉的廠商，The Dallas Group of America 販售品名為 MAGNESOL 的濾油粉(synthetic magnesium silicate)其平均粒徑的規格有三種，分別是 27-32 μm 、65-72 μm 、與 130-145 μm 。這三種粒徑大小的濾油粉應只反射或吸收，不會散射本研究使用的紅光雷射光束波長為(654 nm = 0.654 μm)。因此，前者的可能性較高。

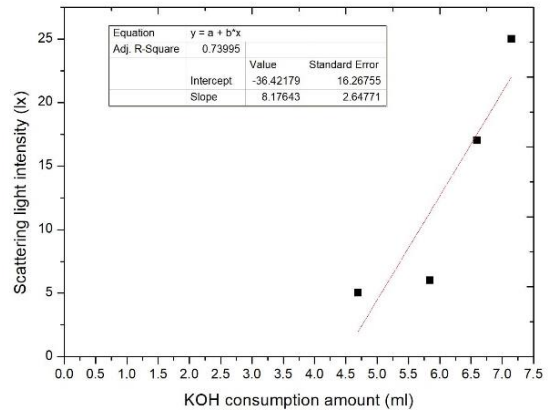
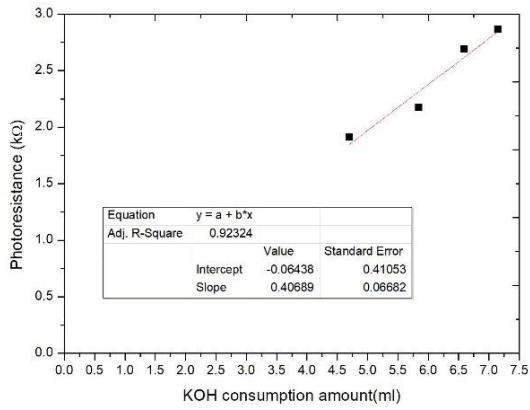
五、比較使用酸鹼滴定法、光敏電阻裝置測量、與紅光雷射 Arduino 快篩儀檢測油品老化程度之實驗結果



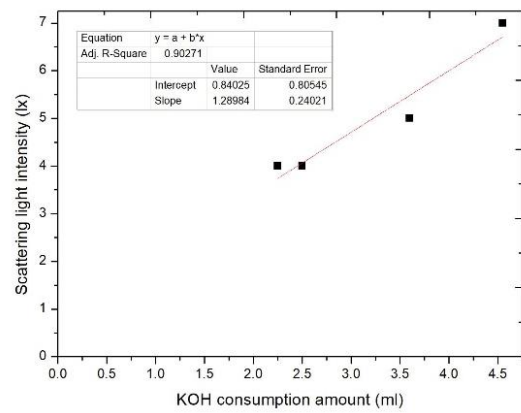
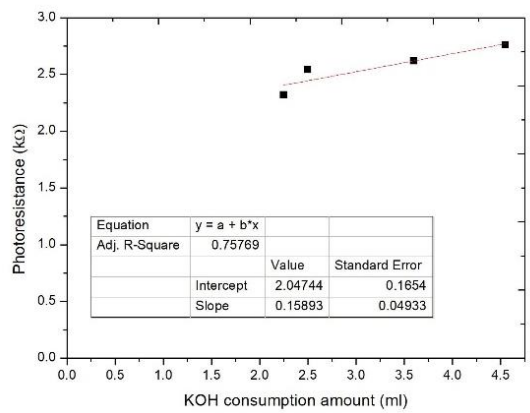
▲圖 17 檢測**橄欖油**油炸後油品結果顯示三種測量呈正相關



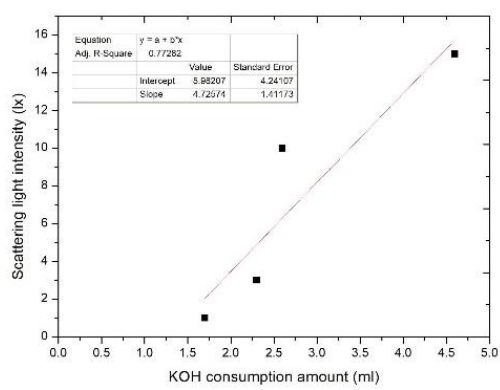
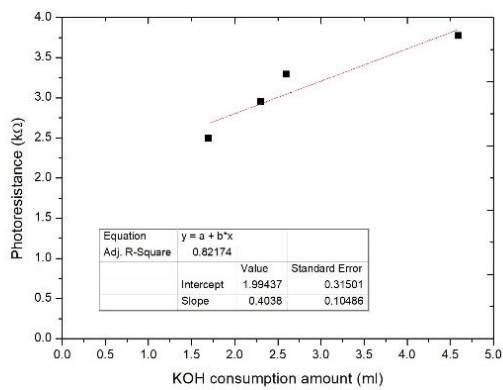
▲圖 18 檢測**芥花油**油炸後油品結果顯示三種測量呈正相關



▲圖 19 檢測大豆油油炸後油品結果顯示三種測量呈正相關



▲圖 20 檢測葵花籽油炸後油品結果顯示三種測量呈正相關



▲圖 21 檢測宿舍油油炸後油品結果顯示三種測量呈正相關

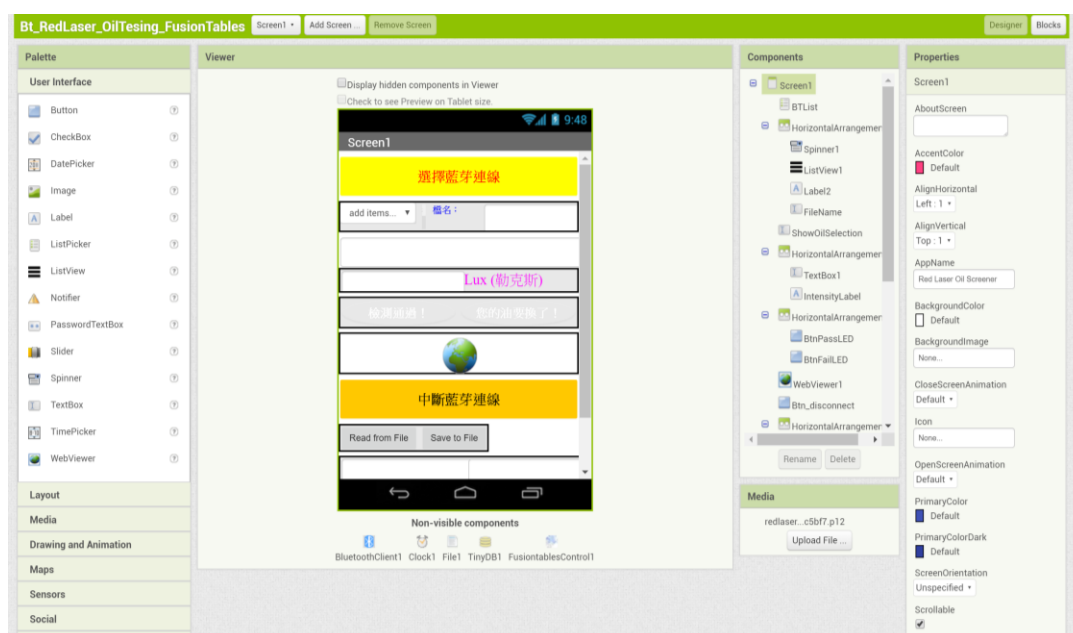
以上圖 17-21 為經由酸鹼滴定法、光敏電阻裝置測量、與紅光雷射 Arduino 快篩儀檢測不同食用油油品老化程度之酸價(即滴定使用 KOH 毫升數)分別與光電阻值及散射光強度的相關作圖。發現所有的油品的檢測結果都呈正相關。

伍、紅光雷射 Arduino 油品快篩儀：Android 手機操控界面與設計

前面的研究使用 Arduino UNO 開發板做為電腦與紅光雷射與光度計的界面，測量與存取油品的散射光數據。因為電腦與 Arduino UNO 開發板為 USB 連線，使用上比較不方便，為了落實價格低廉、組裝方便、可行性佳的優點，能夠方便使用紅光雷射 Arduino 油品快篩儀，最近的研究在於使用電腦上傳 Arduino 界面程式到 Arduino UNO 開發板，再開發 Android 手機的 APP 應用程式透過藍芽無線通訊操控紅光雷射 Arduino 油品快篩儀的光照度測量，並把測得的數據以 CSV (comma-separated values)的格式儲存在手機裡，以及把數據上傳到 Google Fusion Tables 儲存，可作為數據的分析或發佈。開發 Android 手機的 APP 應用程式分為三部份討論：

一、 MIT App Inventor 2

App Inventor 2 讓開發者在網路瀏覽器上開發 Android 手機應用程式，開發完成的程式可下載到手機執行。開發者在手機上要安裝 MIT AI2 Companion 才能與在網路瀏覽器開發 Android 手機應用程式的電腦進行無線同步。要進入 MIT App Inventor 2 需先透過自己設定的 Google 帳號。如下所示為本研究開發 Red Laser Oil Screener 應用程式的啟始網頁。



二、 Android 執行程式的修改

因為使用手機透過藍芽無線通訊操控紅光雷射 Arduino 油品快篩儀的光照度測量，因此上傳至 Arduino UNO 開發板的執行程需要修改，以下為需要新加入的指令。其中 SoftwareSerial 函式庫的功能是用軟體的方式提供把一般的數位腳位作為序列介面；Wire 函式庫的功能是提供 Arduino 通訊協定為 I2C Protocol 與 I2C 設備的通訊；Arduino 端是透過 I2CBT.read()與 I2CBT.write()來讀寫藍牙序列資料。字元'a'作為資料的第一段，App Inventor 2 每次讀到 a，就知道這是一段封包的第一包（data[0]），就會接續處理後續兩筆資料 Data[1]與 Data[2]。

```
#include <SoftwareSerial.h>

#include <Wire.h>

SoftwareSerial I2CBT(10,11);

Serial.begin(9600);

I2CBT.begin(9600)

serialA=I2CBT.read();

Data[0]='a';

Data[1]=lux/256;

Data[2]=lux%256;

I2CBT.write(Data[j]);
```

三、 Google Fusion Tables

把檢測後的數據以 CSV(comma-Separated Values)的格式儲存在手機或直接上傳到 Google Fusion Tables 做為後續的數據參考與建立餐廳油品檢測主題地圖。

以下為建立 Fusion Tables 的步驟：

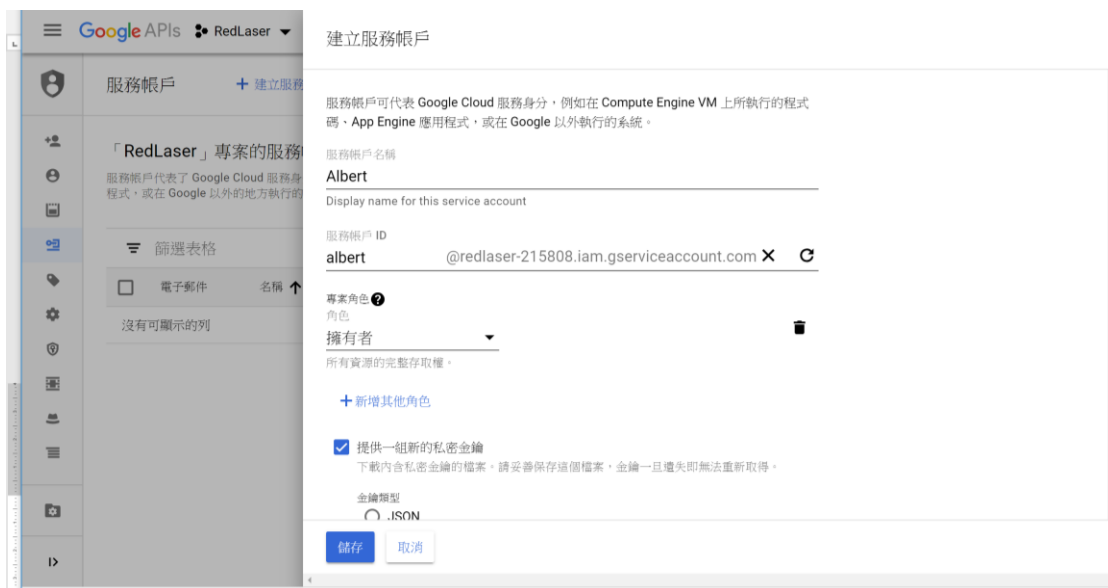
(一)進入以下 Google 的管理資源網站建立專案

<https://console.developers.google.com/cloud-resource-manager>

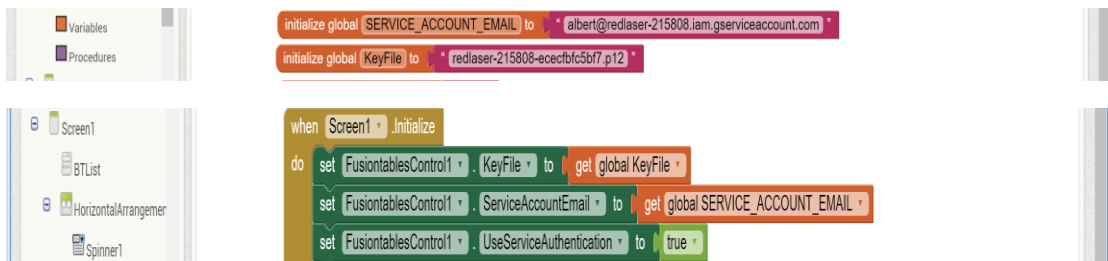
首先建立一個專案，例如稱為 RedLaser 的專案。

(二) 建立憑證

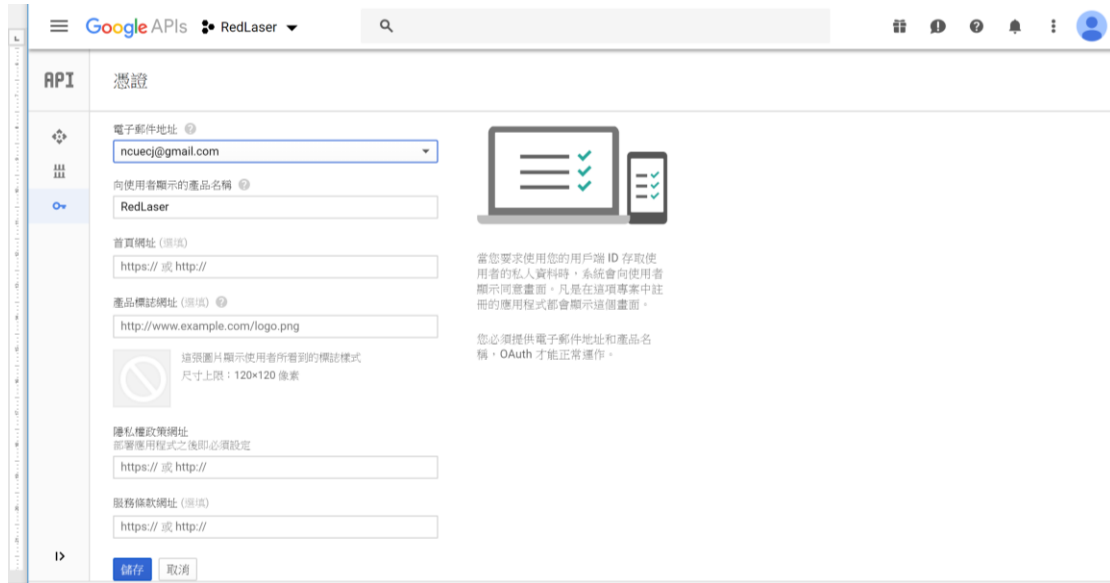
選擇 RedLaser 專案後，在 IAM 與管理員底下選擇建立服務帳戶，填入例如本研究稱為 Albert 的服務帳戶，就會自動得到例如本研究 albert@redlaser-215808.iam.gserviceaccount.com 的服務帳戶 ID，然後在專案角色選項選擇”編輯者”，並勾選提供一組新的私密金鑰以及選擇 p12 再按儲存。即可獲得一個副檔名為 p12 的私密金鑰檔案。網頁如下所示：



服務帳戶 ID albert@redlaser-215808.iam.gserviceaccount.com 與私密金鑰檔案名稱需分別輸入 App Inventor 2 開發程式在 block 中設訂 FusionTableControl 的 ServiceAccountEmail 與 KeyFile 中，如下所示：

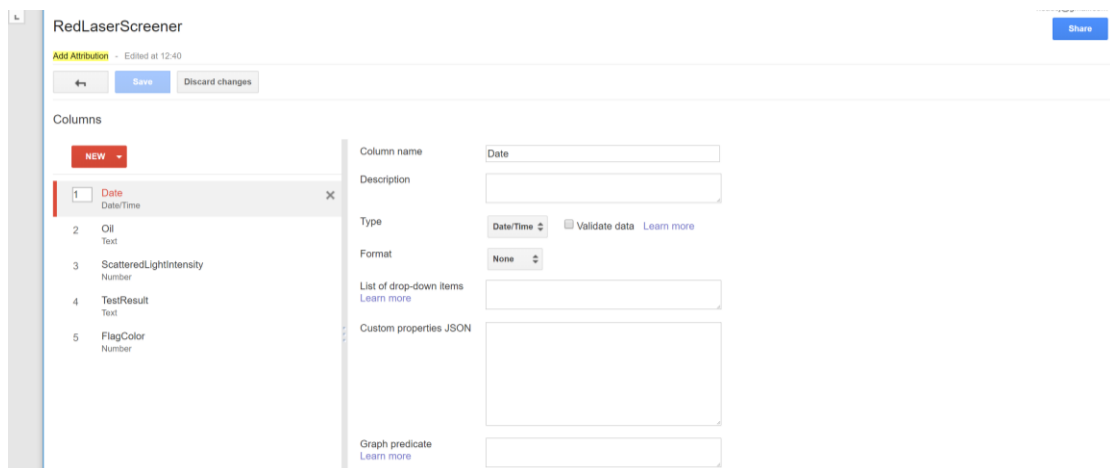


然後在左上角導覽選單下拉 API 與服務的選單中選擇憑證，在憑證網頁選擇 Set OAuth account，然後在”向使用者顯示的產品名稱”的欄位中填入專案的名稱 RedLaser，如下面畫面：

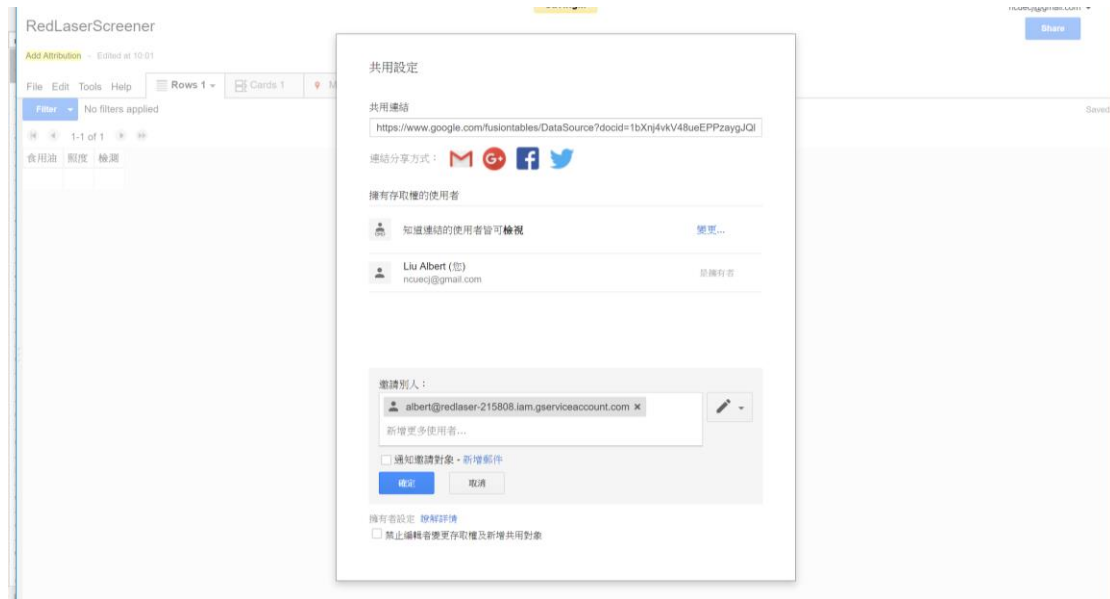


(三) Fusion Tables 的設定

進入 Google 帳戶雲端硬碟網頁，找到 Google Fusion Tables 即可開一新表格，在 Edit 下拉選單中選擇 change column，設定每一欄位正確的 column name 與 type。column name 不可以是中文，否則無法把數據上傳至 Fusion Tables。



設定存檔後，按下右上角”Share”，出現下面畫面並在邀請別人欄位中輸入 albert@redlaser-215808.iam.gserviceaccount.com 即可取得存取擁有權。

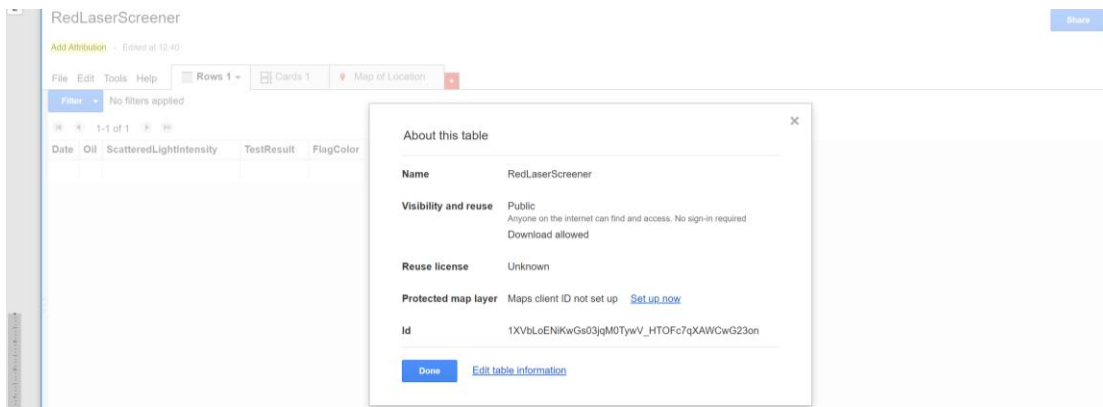


另外在 Tools 下拉選單中選擇 Publish，然後 copy 下面畫面 send a line in email or IM 中欄位的

https://fusiontables.google.com/embedviz?viz=GVIZ&t=TABLE&q=select+col0%2C+col1%2C+col2%2C+col3%2C+col4+from+1XVbLoENiKwGs03jqM0TywV_HTOFc7qXAWCwG23on&containerId=googft-gviz-canvas。



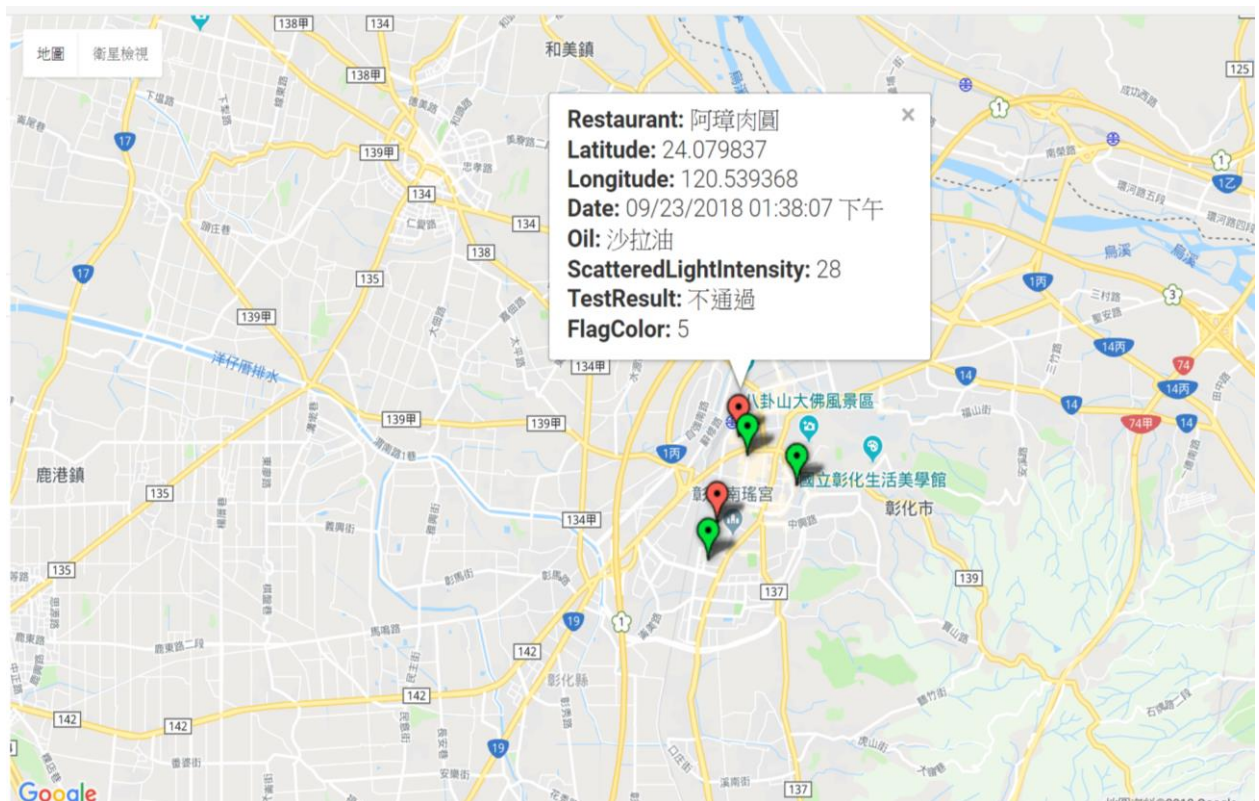
再到在 File 下拉選單中選擇 about this table，當出先下面畫面時，copy 列在 id 右邊英文字與數字的組合 1bXnj4vkV48ueEPPzaygJQI AgZjx_zzq3lZ8iabxT。



上述 URL 位址與 id 分別輸入 App Inventor 2 開發程式在 block 中設訂 FusionTableControl 的 TABLE_URL 與 TABLE_ID，如下面畫面。



(四) 建立餐廳油品檢測主題地圖 (模擬示意圖，非到實地檢測)

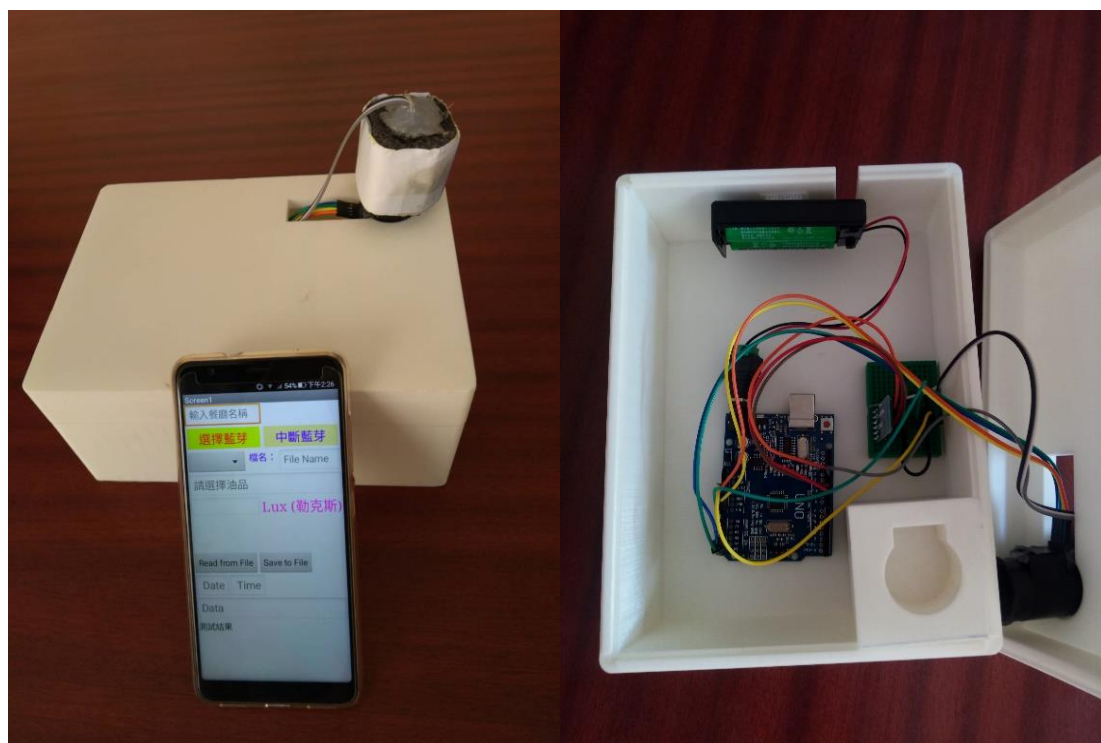


▲圖 22 餐廳油品檢測主題地圖示意圖

把存入檢測餐廳地理位置經緯度的 fusion table 與記錄有檢測日期與檢測結果的 fusion table 合併，即可得到以上的餐廳油品檢測主題地圖。主題地圖可發佈到網路，提供大眾有關餐廳的用油與品質資訊。此主題地圖顯示檢測了五家餐廳或小吃店，其中三家以綠色氣球代表通過油品檢測；兩家餐廳以紅色氣球代表沒通過油品檢測(這只是模擬示意圖，非到實地檢測)。再者，如圖所示，餐廳名稱、地理位置、檢測日期時間、檢測數據、以及通過與否，可透過點擊氣球獲得相關資訊。

陸、手機 APP 藍芽操控紅光雷射 Arduino 油品快篩儀

快篩儀的成品如下圖：



▲圖 23 手機藍芽操控 Arduino 油品快篩儀外觀(左)與內部(右)

此自製儀器價格低廉、方便組裝及拆卸，十分適合居家使用與業者自主管理油品的換油時機，而且可讓負責食品安全主管機關的檢測人員使用。特別是所開發的 APP 程式可讓檢測人員即時把依據檢測數據與結果製成的餐廳油品檢測主題地圖發佈到網路，提供民眾即時的訊息。

柒、結論

- 一、使用油品檢測試紙檢測後，發現油品在油炸超過一次後，酸價明顯上升。
- 二、將酸鹼滴定的結果與油品檢驗試紙做比對，發現兩者實驗結果十分相近。
- 三、油炸後的油濁度會上升，自製光敏電阻裝置可以測得可靠的電阻數據，但是加入濾油粉之後油品濁度下降，光敏電阻測得的電阻數值就會下降，如此一來就會產生油品優劣的誤判。
- 四、紅光雷射結合 Arduino 作業平台的快篩儀檢測油品的優劣，實驗結果顯示，油炸後的油懸浮微粒會上升，紅光雷射準直性佳，廷得耳效應明顯，準確度更高。
- 五、使用矽酸鎂(濾油粉)過濾油品後，雖然油品變澄清，但是紅光雷射快篩儀仍然可以作出正確的判斷。
- 六、油品的酸價與濁度、廷得耳效應造成的散射光強度皆呈正相關。
- 七、本研究的重點在於創新設計光敏電阻與紅光雷射結合 Arduino 作業平台的兩種油品檢測快篩儀，作分析及比較，提供一般民眾快速、準確的換油依據，研究結果發現使用紅光雷射結合 Arduino 作業平台所獲得的數據，不僅可以不受到油品加入濾油粉的干擾，而且可以儲存數據作為紀錄以及建檔作為日後的分析及參考。
- 八、本研究成功發展出一套可攜式、有經濟效益的紅光雷射 Arduino 油品快篩儀，透過藍芽無線操作手機 APP 應用程式檢測與存取數據，並且可把數據透過網路上傳到 Google Fusion Tables 儲存檢測數據與結果，製作成餐廳油品檢測主題地圖發佈到網路，提供民眾參考的依據。

捌、未來展望

紅光雷射結合 Arduino 作業平台的油品快篩儀，不只可以用於檢測油品散射光強度，還可以利用此裝置快速得知油品是否需要進行更換，且不受添加濾油粉的干擾影響偵測。未來朝向建立紅光雷射 Arduino 油品快篩儀檢測之散射光強度對應於不同食用油酸價 ≥ 2 更精確的資料庫，作為油品劣化之標準。此自製儀器未來可將其應用於其他食品添加劑的檢測，例如修飾澱粉、起雲劑…等等，希望為民眾的食品健康盡一份心力。

玖、參考資料

1. 中華民國國家標準 CNS 3647 N6082 食用油脂檢驗法—酸價之測定。
2. 選修化學（下）第 7 章有機化學，南一出版社。
3. <http://www.appinventor.tw/ai2>。
4. http://www.appinventor.tw/ai2_chinese。