

2025仰望盃全國科學 HomeRun 實作大賽

決賽成果報告書

隊伍名稱: 短路搞事隊

作品名稱: 探討回鍋油酸價與薑黃螢光性之關係

科學概念1: 由於薑黃素具有螢光活性，滴入鹼性溶液會發生螢光淬滅，推論酸性溶液下則相反。因為薑黃在酸鹼環境下的結構不同，酸性時的結構最穩定，而即使在酸鹼環境下有不同的螢光活性(Satyajit Mondal, Soumen Ghosh, Satya P. Moulik, 2016)。

科學概念2: 由於油脂在受熱時會發生水解反應，三酸甘油脂將分解出脂肪酸、甘油，隨著油質開始劣變，導致酸價上升，持續釋放游離脂肪酸，因此酸價程度越高代表油品變質越嚴重。

決賽成果報告書內文

一、發想動機：

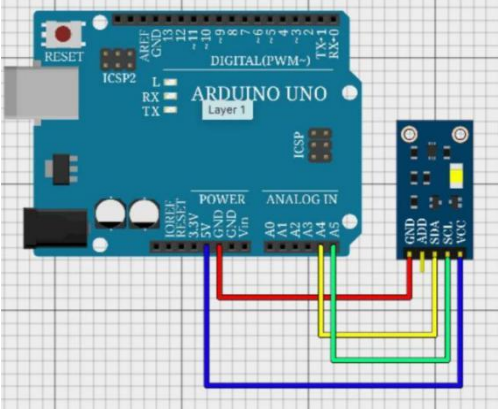
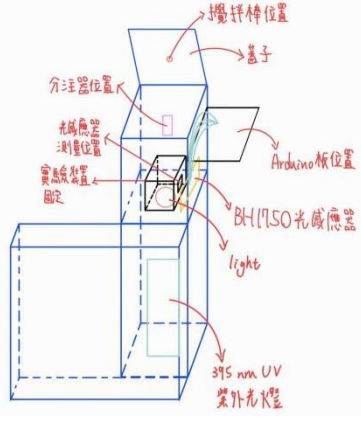
我們發現薑黃是一種便宜且具有螢光活性的物質，滴入鹼性溶液會發生螢光淬滅，推論酸性溶液則相反，而回鍋油即為常見的酸性物質，因此其酸敗程度可由薑黃的螢光活性判斷。藉此，我們想建立一個簡易系統判別油品酸價的方式，讓大眾可自行測量，以辨別油是否還可以使用。先前利用 LS-BTA 光感應器進行螢光強度測量，發現數值不穩定及光感應器的形狀不方便擺設，因此後續使用可自行調整的 Arduino 設備結合螢光光譜儀的原理，透過自製螢光光譜儀以靈敏度更高的檢測方案進行油品酸價的判定。

二、作品創意性：

為符合實驗需求，經改良利用 GY-30 BH1750 光照模組自製光譜儀檢測薑黃所放出的螢光強度，我們將光感應器垂直貼於小圍牆上，使其不受背景光影響並可測量，如圖四。另外，目前較少人研究薑黃的螢光活性與酸鹼之關聯性，也並未找到利用螢光作為酸鹼指示劑的研究。且國家目前檢測油品酸價的氫氧化鉀滴定法，不但操作複雜，也使用大量的有機溶劑，因此我們希望此研究可以提供替代方案，以符合綠色化學原則。

三、硬體及電路架構圖：

(一)電路架構與設計圖

	
圖一、電路架構圖	圖二、光譜儀設計圖

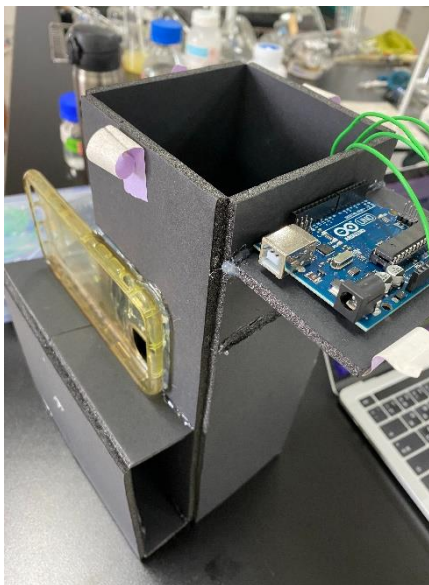
(二)程式碼

```
1  #include <Wire.h>
2  #include <BH1750.h>
3
4  BH1750 lightMeter;
5
6  const int buttonPin = 7; // 按鈕連接的腳位
7  bool buttonState = false; // 用來存儲按鈕的當前狀態
8  bool lastButtonState = false; // 用來記錄上次的按鈕狀態
9  bool lightReadingActive = false; // 控制是否啟動光感應器讀取
10
11 void setup() {
12     Serial.begin(9600);
13
14     pinMode(buttonPin, INPUT_PULLUP); // 設置按鈕腳位為輸入並啟用內部上拉電阻
15
16     // 初始化 I2C
17     Wire.begin();
18
19     lightMeter.begin();
20     Serial.println(F("BH1750 Test"));
21 }
22
23 void loop() {
24     // 讀取按鈕狀態，並檢查是否有變化
25     buttonState = digitalRead(buttonPin) == LOW; // 低電平表示按下按鈕（如果你使用的是內部上拉）
```

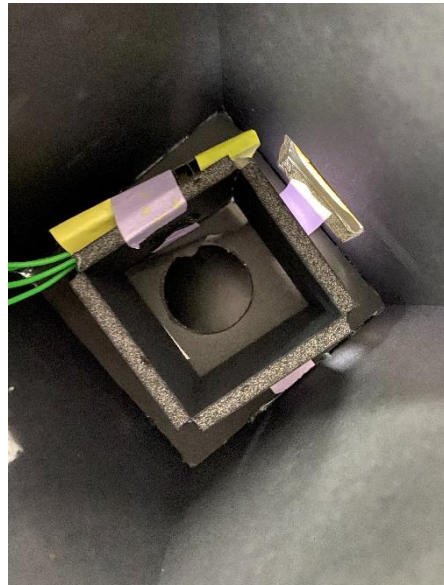
四、作品成果報告：

(一)光譜儀成品與改善

1.光譜儀成品



圖三、光譜儀外部



圖四、光譜儀內部

2.選擇使用自製光譜儀的原因

目前市售光譜儀無法方便滴入薑黃溶液，而我們需要觀察回鍋油在滴入薑黃後的螢光亮度變化過程，由於市售的光譜儀無法滴入薑黃，因此自製可符合實驗

需求的光譜儀。且先前利用 LS-BTA 光感應器測量螢光亮度時，光感應器的形狀不方便擺設，導致數值不穩定，因此改用較小的 GY30 BH1750 光感應器。

3.材質選擇

由於實驗中使用大量液體，起初使用防水且較常見的 pp 塑膠板，但在製作時發現板子連接的縫隙間有光線透入，而後續重新製作光譜儀時，發現風扣板可避免此問題且較容易裁切，因此後續使用風扣板作為光譜儀材料。

4.UV 與光感應器之擺設問題

為了使薑黃被紫外光激發，需考慮 UV 的擺設位置。為了方便放置，我們一開始將 UV 燈放於燒杯旁，但後來考慮到整杯溶液會不完全被激發，以及光感應器直接受到 UV 燈影響的問題，最後架設在燒杯底部，使其與光感應器垂直。

5.其他問題

(1) 為了符合綠色化學原則，我們希望可以使用較微量的有機溶劑進行實驗，因此選擇了 50 mL 的燒杯，且燒杯體積小可使儀器整體縮小化。

(2)問題與改良，如下表

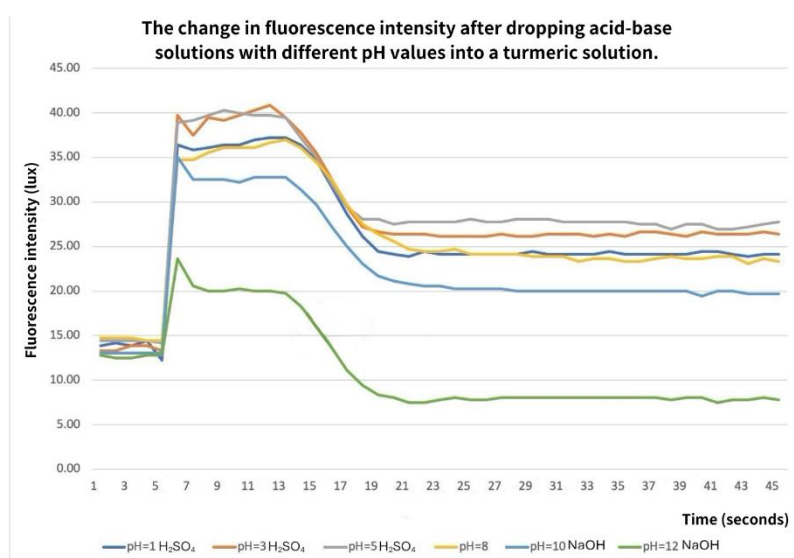
調整前	數據不穩原因	調整後
防止燒杯因底部不平穩而傾倒，在紫外光燈與燒杯間放置了玻璃板	玻璃本身的光線穿透率與反射率造成	拿掉玻璃板
無設置小圍牆，光感應器與燒杯有距離	燒杯與光感應器之距離，導致光感應器受到 UV 干擾，或是測量的螢光數值為真實亮度經過空氣反射後	增設小圍牆
燒杯並無一致性，只選擇相同體積的燒杯	不同燒杯有不同厚度與玻璃材質的問題	每組實驗都使用同個燒杯
感應器的位置偏高	有測量到上方空氣所反射數值的問題，使接收到的數值不完全是實驗的螢光亮度	將光感應器下移，確保可貼合液體高度

表一、光譜儀調整

調整前	改良原因	調整後
底座與本體分離	會導致整個儀器搖晃，不方便進行實驗	本體與底座連為一體，防止搖晃
使用體積較小、較方便擺設的滴管進行滴入	發現效率不高且有吸入量不準確以及速率不同的問題	改用可以確保每次滴入量一致的分注器進行實驗
沒有使用攪拌棒	滴入薑黃溶液時，濃度會不均勻	使用攪拌棒讓濃度均勻

表二、光譜儀調整

(二)薑黃在酸鹼環境下的螢光活性



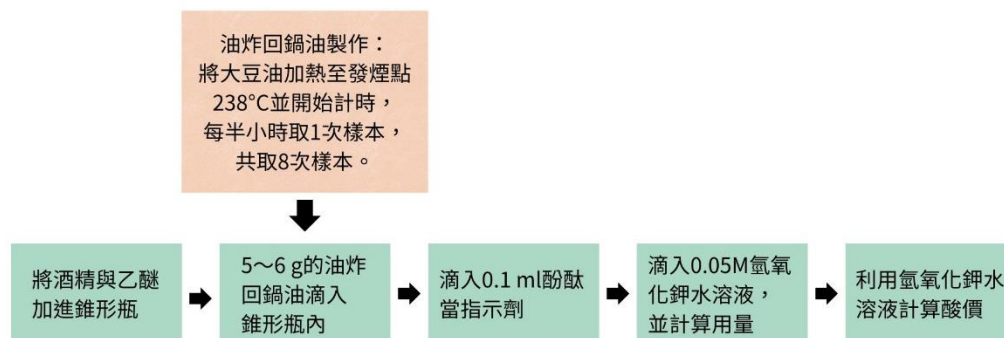
圖五、薑黃在酸鹼環境下的螢光活性

Zeinab Moussa, Mazhar Chebl, Digambara Patra(2017)的文獻中提到，薑黃在酸性環境下的螢光亮度比鹼性環境下的亮100倍。圖五為薑黃溶液滴入酸鹼溶液後其亮度變化，明顯可以看出鹼性環境下較無螢光活性。

(三)薑黃滴入油炸回鍋油後螢光亮度與酸價之關係

先前取得炸物店油炸過後的回鍋油進行氫氧化鉀滴定與薑黃螢光測試，之後我們進行食品油炸並分次取樣本，將樣品分別進行氫氧化鉀滴定及薑黃溶液的滴

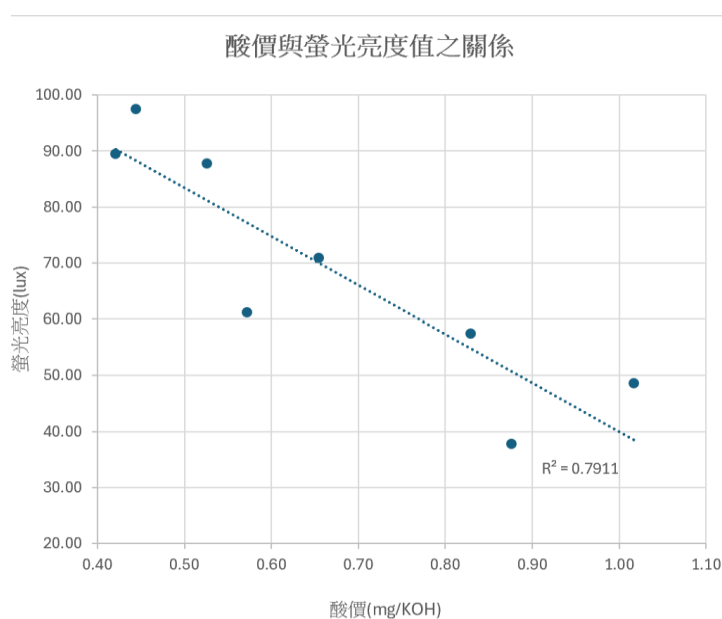
入並利用氫氧化鉀滴定之結果計算出的酸價值與螢光亮度值製作成檢量線並進行比較，如圖七。



圖六、氫氧化鉀滴定法流程



圖七、薑黃螢光測試流程



圖八、薑黃滴入油炸回鍋油後其螢光亮度與酸價之檢量線

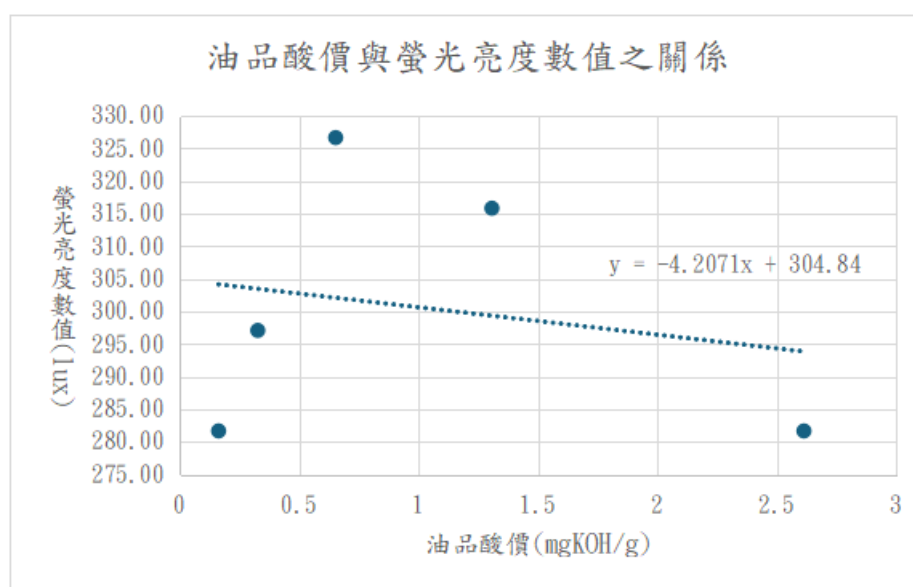
(四) 薑黃滴入模擬回鍋油後螢光亮度與酸價之關係

先前使用油炸回鍋油，但其製作過程較複雜，也為了取得大量樣品，後續實驗

使用硬脂酸混合油品以模擬酸價。因此我們計算出不同硬脂酸濃度之回鍋油與酸價的關係，如表三。國際目前一般制定的酸價值標準為2.0 mgKOH/g，超過則為油品酸敗。

硬脂酸濃度	2.5%	1.25%	0.625%	0.3125%	0.15625%	0.078125%
酸價 (mgKOH/g)	5.227	2.613	1.307	0.653	0.327	0.163

表三、硬脂酸濃度與酸價對照表



圖九、薑黃滴入模擬回鍋油後其螢光亮度與酸價之檢量線

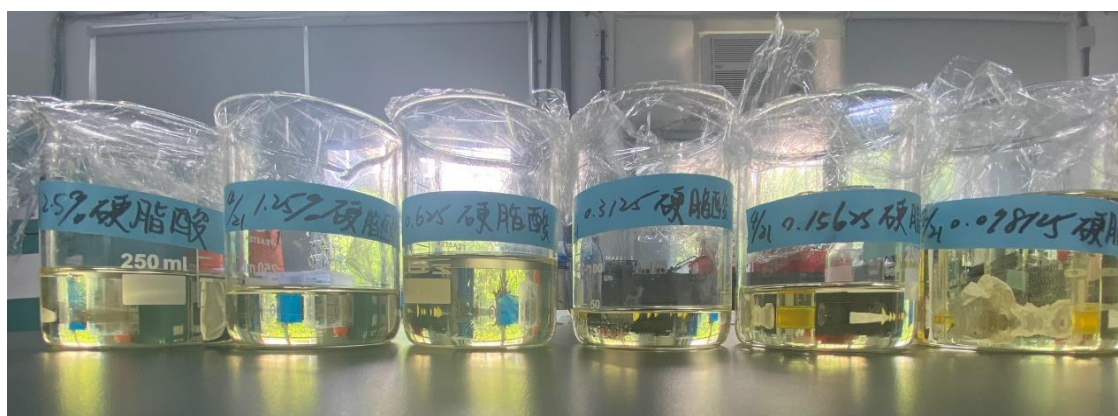
(五)油炸回鍋油與模擬回鍋油之檢量線比較

由圖六和圖七中可得知在酸價值越高時，趨勢顯示其螢光亮度會隨之降低，但其準確度並未非常準確，推測原因為紫外光手電筒內的電池供電量不足，而使激發溶液的能量不夠，因此未來使用插頭或電腦提供紫外光電力，並重複實驗確認其準確性。此外，圖七模擬回鍋油的趨勢線也可得知酸價越高時，螢光亮

度有越低的趨勢，其成果並不如預期，推測與色澤、透明度、有無懸浮物、食材影響有關，而食材中所含蛋白質高溫分解產生的胺基酸會加速氧化反應，使油品較容易發生劣變及酸化，且在配置模擬回鍋油時，只考慮水解問題，未設想到實際油炸食品後所帶來的變因。由於模擬回鍋油的螢光亮度變化較不明顯，未來希望結合圖五之結果進行微量酸鹼滴定，利用薑黃在酸鹼環境下的螢光活性來檢測油品酸價。

	色澤	透明度	懸浮物	油炸食材影響
油炸回鍋油	較暗	較渾濁	有	有
模擬回鍋油	接近原油	較清澈	無	無

表四、油炸回鍋油與模擬回鍋油比較



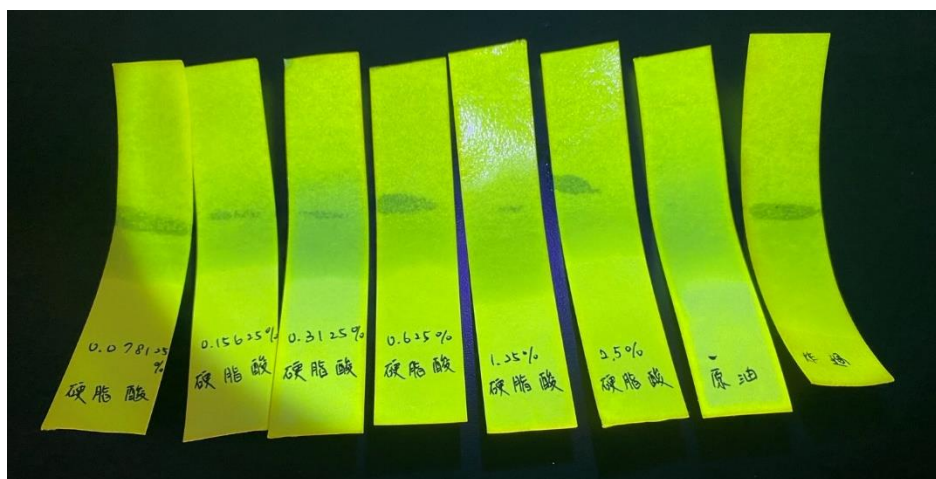
圖十、模擬回鍋油樣品



圖十一、油炸回鍋油樣品

(六)利用薑黃試紙作為指示劑觀察滴入回鍋油後螢光亮度之變化

為了減少丙酮使用量，我們試著使用濾紙浸泡薑黃溶液，並將不同硬脂酸濃度之回鍋油滴入，觀察其是否具有明顯的螢光亮度變化。由初步結果(如圖十)及先前兩組實驗的檢量線，可得知螢光亮度的差異較細微，以致於無法以肉眼判斷其酸價值。未來希望利用 RGB 色層分析法檢測油品酸價。



圖十二、試紙浸泡油品後之差別

五、參考文獻：

- (1)柯逸萱、郭宇晴(2017)。新式污水處理複合材料—結合薑黃素與幾丁聚醣清除水中有機物和重金屬離子。中華民國第 57 屆中小學科學展覽會。
<https://twsf.ntsec.gov.tw/activity/race-1/60/pdf/NPHSF2020-030203.pdf>
- (2)廖方盈、賴家翎、王靖(2015)。『薑』湖傳說薑黃素光降解特性之研究。中華民國第 55 屆中小學科學展覽會。
<https://twsf.ntsec.gov.tw/activity/race-1/55/pdf/040212.pdf>
- (3)劉育成、楊家豪、陳孔興(2017)。「薑」一切化為「汙」有。全國高級中等學校專業群科 106 年專題及創意製作競賽。
<https://vtedu.k12ea.gov.tw/uploads/1608707155010SelDH7R6.pdf>
- (4)THE GLOBAL GOALS For Sustainable Development(無日期)。17 項永續發展目標。
<https://globalgoals.tw/>
- (5)中華民國國家標準(2003)。食用油脂檢驗法—酸價之測定。經濟部標準檢驗局。
https://img.antpedia.com/standard/files/pdfs_ora/CN-CNS/7fc/C0364700_346.pdf
- (6)吳宗駿、徐子璇、龔睦婷、陳昱臻(2010)。「油」裡乾坤---實用油酸價與油色關係的新發現。
<https://twsf.ntsec.gov.tw/activity/race-1/50/pdf/030209.pdf>
- (7)Ceiling Tsai(2019 年 8 月 23 日)。Arduino 筆記(57)：光[照度感測器 GY-30

BH1750FVI ◦ <https://atceiling.blogspot.com/2019/08/arduino57-gy-30-bh1750fvi.html>

(8) Mondal, S., Ghosh, S., & Moulik, S. P. (2016). Stability of curcumin in different solvent and solution media: UV–visible and steady-state fluorescence spectral study. *Journal of Photochemistry and Photobiology B: Biology*, 158, 212-218.