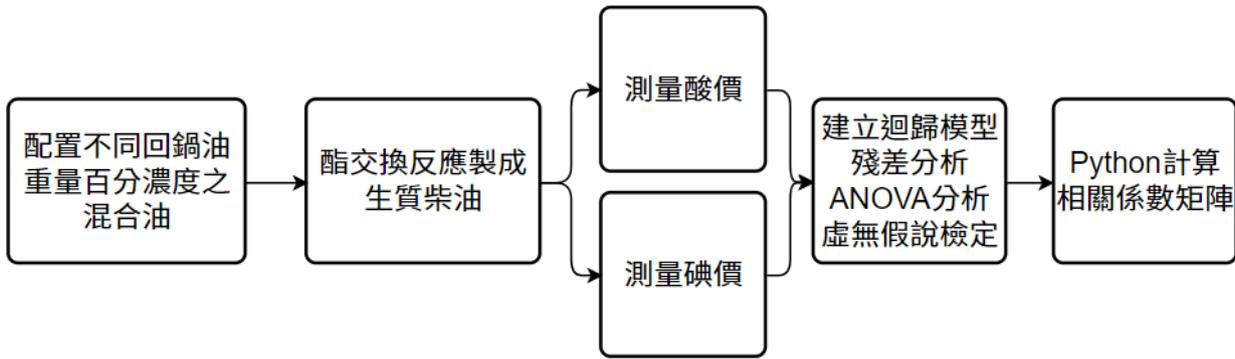
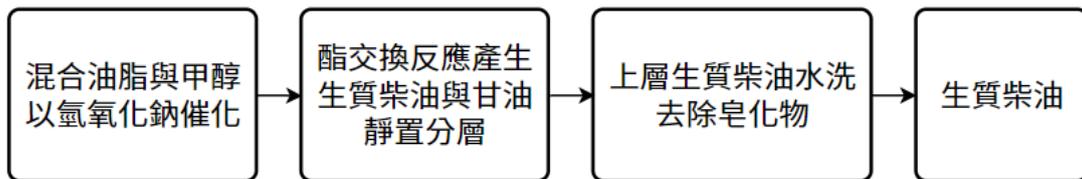


2024 年【科學探究競賽-這樣教我就懂】

普高組 成果報告表單

| |
|---|
| 題目名稱：這「油」「碘」「酸」:不同回鍋油比例製成之生質柴油化學性質探究 |
| 一、摘要 將回鍋油與大豆油依不同比例混合，以滴定方式測量回鍋油重量百分濃度對其使用酯交換製成之生質柴油酸價與碘價的影響，建立迴歸模型，檢驗殘差是否為常態分佈，並透過 ANOVA 表檢定虛無假說，驗證模型的正確性，最後通過 Python 計算各個變量的相關係數矩陣。 |
| 二、探究題目與動機 從小我便好奇，為什麼三餐剩下的油只能丟掉，而不像汽油一樣加進車子裡面，明明都是油，長大後才知道，食用油因為黏度、閃點、酸價、碘價等因素，並不適合直接加進汽車中使用，但是透過酯交換反應，便能將食用油變成可以使用的生質柴油，大豆油為目前較常作為原料的食用油，我便好奇，若是將大豆油與回鍋油以不同比例混合，是否就能製作出較高品質且能將回鍋油回收再利用的生質柴油，於是我便想透過選修化學中學習到的酸鹼滴定和氧化還原滴定進行進階的應用，測定不同回鍋油重量百分濃度對其製成的生質柴油酸價、碘價的影響，進而使用 Python 求得各個變量的相關係數矩陣。 |
| 三、探究目的與假設 (一) 探究目的 1. 探討回鍋油重量百分濃度對其製成之生質柴油酸價的影響 2. 探討回鍋油重量百分濃度對其製成之生質柴油碘價的影響 3. 探討回鍋油重量百分濃度對其製成之生質柴油品質的影響 (二) 探究假設 1. 回鍋油比例越高，所製成之生質柴油酸價越高 2. 回鍋油比例越高，所製成之生質柴油碘價越低 3. 回鍋油比例越低，所製成之生質柴油品質越佳 |
| 四、探究方法與驗證步驟 (一) 探究流程圖  <pre>graph LR; A[配置不同回鍋油重量百分濃度之混合油] --> B[酯交換反應製成生質柴油]; B --> C[測量酸價]; B --> D[測量碘價]; C --> E[建立迴歸模型 殘差分析 ANOVA分析 虛無假說檢定]; D --> E; E --> F[Python計算相關係數矩陣]</pre> |

(二) 生質柴油製作流程圖



圖一、反應前的油



圖二、反應後的油



圖三、生質柴油之水洗

(三) 實驗步驟

1. 酸價測定

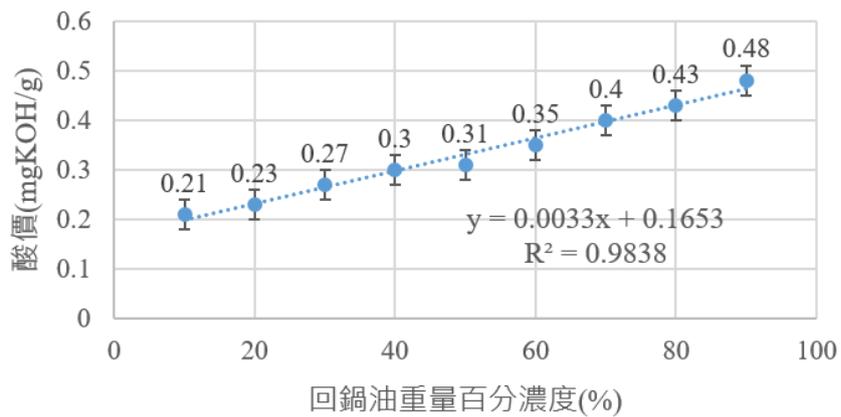
- (1) 量取 1.4 公克氫氧化鉀，放入 500 毫升容量瓶
- (2) 加入乙醇到標線，配置 0.05M 氫氧化鉀標準溶液
- (3) 以 100 毫升乙醇和 200 毫升甲苯，均勻混合配置甲苯酒精溶液
- (4) 量取 20 公克生質柴油，放入錐形瓶，並加入甲苯酒精溶液 150 毫升
- (5) 加入 4 滴酚酞指示劑到錐形瓶，將氫氧化鉀標準溶液放入滴定管中滴定錐形瓶內溶液
- (6) 以氫氧化鉀標準溶液滴定錐形瓶內溶液至粉紅色不再退色
- (7) 紀錄滴定前後刻度變化
- (8) 實驗重複 3 次，取平均值，計算酸價

$$\text{酸價} = 56.1 \times \text{氫氧化鉀滴定量(mL)} \times \text{氫氧化鉀體積莫耳濃度(M)} \div \text{生質柴油質量(g)}$$

表一、回鍋油重量百分濃度對酸價的影響

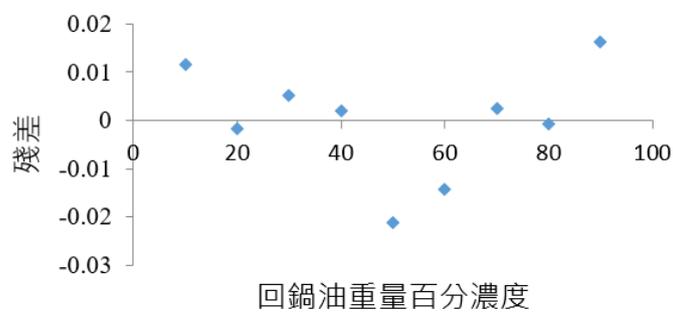
| 回鍋油重量 百分濃度(%) | 10 | 20 | 30 | 40 | 50 | 60 | 70 | 80 | 90 |
|------------------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|
| 氫氧化鉀 滴定量(mL) | | | | | | | | | |
| 第一次 | 2.1 | 1.3 | 1.8 | 2.9 | 1.9 | 2.6 | 3.3 | 3.9 | 3.4 |
| 第二次 | 1.3 | 1.7 | 1.7 | 1.5 | 2.3 | 3.0 | 2.2 | 2.7 | 4.2 |
| 第三次 | 1.1 | 2.1 | 2.2 | 1.9 | 2.4 | 1.9 | 3.2 | 2.7 | 2.6 |
| 平均 | 1.5 | 1.7 | 1.9 | 2.1 | 2.2 | 2.5 | 2.9 | 3.1 | 3.4 |
| 計算酸價(mg KOH/g) | 0.21 | 0.23 | 0.27 | 0.30 | 0.31 | 0.35 | 0.40 | 0.43 | 0.48 |

回鍋油重量百分濃度對酸價的影響



圖四、回鍋油重量百分濃度對酸價的影響

回鍋油重量百分濃度 殘差圖



圖五、回鍋油重量百分濃度之殘差圖

表二、回鍋油重量百分濃度對酸價之 ANOVA 表

| | 自由度 | SS | MS | F | 顯著值 |
|----|-----|----------|----------|----------|----------|
| 迴歸 | 1 | 0.066002 | 0.066002 | 424.9469 | 1.59E-07 |
| 殘差 | 7 | 0.001087 | 0.000155 | | |
| 總和 | 8 | 0.067089 | | | |

由實驗數據可知，隨著回鍋油重量百分濃度上升，製成之生質柴油酸價也隨之上升，推測是由於回鍋油中具有較多的游離脂肪酸，每組資料之酸價皆符合國家標準低於 0.05mgKOH/g，由數據所建立的線性迴歸模型之 R 平方值為 0.9838，呈現高度正相關，且殘差圖並無明顯規律，透過 ANOVA 表之 F 值與顯著值可知，此模型具有意義。

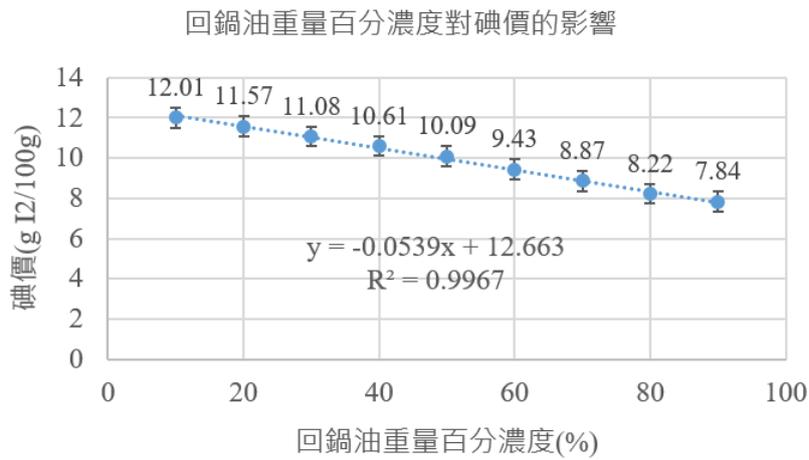
2. 碘價測定

- (1) 量取 0.2 公克生質柴油，放置於錐形瓶中，再加入 10 毫升冰醋酸
- (2) 將 20 毫升溴化碘加入，加瓶塞密封，置於陰暗處反應 30 分鐘，每 5 分鐘搖動一次
- (3) 加入 10% 碘化鉀溶液 15 毫升，搖動使其充分混合均勻
- (4) 以 0.1M 硫代硫酸鈉溶液滴定錐形瓶內液體至黃色，加入澱粉指示劑，滴定至藍色消失
- (5) 紀錄滴定前後刻度變化
- (6) 不加生質柴油，以同樣方式進行空白滴定，紀錄滴定前後刻度變化
- (7) 實驗重複 3 次，取平均值，計算碘價

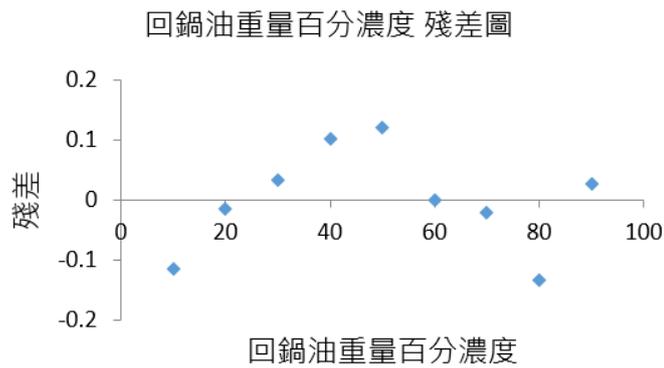
$$\text{碘價} = 12.69 \times \text{硫代硫酸鈉體積莫耳濃度(M)} \times \text{油脂滴定與空白滴定量差(mL)} \div \text{油脂質量(g)}$$

表三、回鍋油重量百分濃度對碘價的影響

| 回鍋油質量 百分濃度(%) | 10 | 20 | 30 | 40 | 50 | 60 | 70 | 80 | 90 |
|------------------------------|-------|-------|-------|-------|-------|------|------|------|------|
| 硫代硫酸鈉 滴定量差(mL) | | | | | | | | | |
| 第一次 | 2.1 | 1.9 | 1.6 | 1.4 | 1.5 | 1.8 | 1.3 | 1.2 | 0.7 |
| 第二次 | 2.2 | 2.2 | 2.0 | 1.5 | 1.2 | 1.2 | 1.3 | 0.9 | 0.9 |
| 第三次 | 1.4 | 1.3 | 1.5 | 2.2 | 2.1 | 1.5 | 1.6 | 1.8 | 2.0 |
| 平均 | 1.9 | 1.8 | 1.7 | 1.7 | 1.6 | 1.5 | 1.4 | 1.3 | 1.2 |
| 計算碘價(g I ₂ /100g) | 12.01 | 11.57 | 11.08 | 10.61 | 10.09 | 9.43 | 8.87 | 8.22 | 7.84 |



圖六、回鍋油重量百分濃度對碘價的影響



圖七、回鍋油重量百分濃度之殘差圖

表四、回鍋油重量百分濃度對碘價之 ANOVA 表

| | 自由度 | SS | MS | F | 顯著值 |
|----|-----|----------|----------|----------|----------|
| 迴歸 | 1 | 17.42048 | 17.42048 | 2094.987 | 6.21E-10 |
| 殘差 | 7 | 0.058207 | 0.008315 | | |
| 總和 | 8 | 17.47869 | | | |

由實驗數據可知，隨著回鍋油重量百分濃度上升，製成之生質柴油碘價也隨之下降，推測是由於回鍋油的不飽和度較低，由數據所建立的線性迴歸模型之 R 平方值為 0.9967，呈現高度負相關，且殘差圖並無明顯規律，透過 ANOVA 表之 F 值與顯著值可知，此模型具有意義。

3. Python 求得相關係數矩陣

表五、回鍋油重量百分濃度、酸價、碘價的相關係數矩陣

| | 回鍋油重量百分濃度 | 酸價 | 碘價 |
|-----------|-----------|----------|----------|
| 回鍋油重量百分濃度 | 1 | 0.991864 | -0.99833 |
| 酸價 | 0.991864 | 1 | -0.99299 |
| 碘價 | -0.99833 | -0.99299 | 1 |

4. 生質柴油酸價、碘價之國家標準

表六、生質柴油酸價、碘價之國家標準

| 酸價(mg KOH/g) | 碘價(g I ₂ /100g) |
|--------------|----------------------------|
| <0.5 | <120 |

五、結論與生活應用

由實驗數據可知，當酯交換反應原料中，回鍋油與大豆油質量之比值越大，其製成之生質柴油越容易酸敗，將表格中的酸價、碘價與國家標準進行比較，可以發現製成的生質柴油皆符合國家標準，若是增加反應原料中大豆油的比例，則可以提高生質柴油的品質，防止酸敗。

參考資料

季延陵(2017)。賣油翁。

<https://www.ntsec.edu.tw/science/detail.aspx?a=21&cat=12957&sid=13775>

顏肇佑(2009)。油燃而生—回鍋油變生質柴油。

<https://www.ntsec.edu.tw/science/detail.aspx?a=21&cat=46&sid=5155>