# 中華民國第55屆中小學科學展覽會
# 作品說明書

---

國小組　生活與應用科學科

**佳作**

080807

## 「生」生不「熄」!生質柴油的製作與應用

學校名稱：臺中市南屯區惠文國民小學

| 作者： | 指導老師： |
| --- | --- |
| 小六 沈　芹 | 陳俊明 |
| 小六 林郁家 | 郭　榮 |
| 小六 辛亮葳 | |
| 小六 范莉筠 | |
| 小六 李士朋 | |


關鍵詞：生質柴油、燃燒、集墨

# 摘要

處理回收油最有效方法之一是製作成生質柴油，我們以新鮮的芥花油為原料，建立生質柴油製作程序，也嘗試將坊間小吃店的回收油製成生質柴油。研究發現，油加熱的時間越久，酸價就越高，可是酸價的高低不影響製成生質柴油的品質，但油品的乾淨程度或酸價高低會影響到生質柴油的產量。生質柴油在低溫時黏性高流動慢，可能會造成油管的阻塞；生質柴油的沸點高於柴油和酒精，相對的安全性也比較高。燃燒生質柴油時，提供的熱值比柴油多40%，產生的黑煙卻比柴油少。生質柴油的應用，除添加於柴油外，我們試著在酒精中添加一定比例的生質柴油，以改善酒精燃燒時火焰顏色不明顯的安全性問題。我們也試著收集碳粒製成墨汁，效果也不錯。

## 壹、研究動機

2014 年，全台籠罩在「餿水油」事件的風暴中，影響層面之大，幾乎難以倖免。台灣因對油炸物情有獨鍾，加上小吃、夜市林立，所以產生了大量的廢食用油。這些廢食用油若循正常管道回收，可製成「環保家務肥皂」或「生質柴油」,「生質柴油」具無毒、生物可分解的特性，還可減少二氧化碳的排放，但與柴油混合後易造成油管阻塞等問題，造成困擾。因此我們想要從了解生柴油製程、探討生質柴油特性，進而尋找生質柴油的「再利用空間」，希望能提供生質柴油不一樣的再利用價值。

## 貳、研究目的

一、了解生質柴油製作程序。
二、了解不同來源回收油所製成的生質柴油產量的差異。
三、探討生質柴油的性質。
四、探討生質柴油的燃燒性質。
五、尋找最佳酒精和生質柴油混合比例，製成生質柴油—酒精塊。
六、收集生質柴油燃燒的碳粒，作為墨汁原料。

## 參、研究設備與材料

| 儀器 | | 藥品 | |
|---|---|---|---|
| 項目 | 數量 | 項目 | 數量 |
| 磁攪拌器 | 1 台 | 芥花油 | 1 桶 |
| 滴定架 | 1 個 | 椰子油 | 1 瓶 |
| 滴定管 | 1 根 | 學校回收油 | 1 瓶 |
| 分液漏斗 | 4 個 | 自助餐油 | 1 罐 |
| 比重計 | 2 支 | 臭豆腐油 | 1 桶 |
| 蒸餾瓶 | 2 個 | 柴油 | 1 桶 |
| 錐形瓶 | 4 個 | 甲醇 | 2 瓶 |
| 保溫瓶 | 1 個 | 酒精 | 2 瓶 |
| 玻璃片 | 4 片 | 酚酞 | 1 瓶 |
| 試管 | 12 支 | 氫氧化鈉 | 1 瓶 |
| 溫度計 | 4 支 | 鹽 | 1 罐 |
| 漏斗 | 2 個 | 醋酸 | 1 瓶 |
| 蒸發皿 | 4 個 | | |
| 針筒 | 1 個 | | |
| 支架 | 1 個 | | |
| 燒杯 | 數個 | | |

| | | |
|---|---|---|
| | | |
| 實驗器材 | 實驗藥品 | 實驗用油(芥花油、椰子油、學校回收油、自助餐油、臭豆腐油) |
| | | |
| 燃料黏滯力測試裝置 | 自製燃燒裝置<br>(以粉筆做燈芯) | 以鋁箔紙集墨 |

# 肆、研究方法、結果與討論

一、研究架構

二、研究內容

## 研究一　生質柴油製作程序研究

為了建立生質柴油的製作程序，我們參考其他報告的配方及作法，再加以修正，此實驗目的在探討芥花油和椰子油自製生質柴油的比較，如：酸價、產量、比重。並探討實驗的方法，讓此實驗更精確。

(一)　研究方法

1.生質柴油製作作程序

(1) 將油 100 克倒入 250ML 錐形瓶

(2) 將甲醇 20 克倒入封閉的廣口瓶並加入氫氧化鈉 0.5 克，以磁石攪拌器溶解氫氧化鈉

(3) 以水浴法控制反應溫度在 60～65$^{o}$C 之間。

(4) 轉酯化把油和甲醇鈉溶液混合，水浴加熱 30 分鐘，溫度維持 60～65$^{o}$C，以低速攪拌，避免泡泡形成。

(5) 將轉酯化後的溶液放入分液漏斗維持 50$^{o}$C 靜置 30 分。

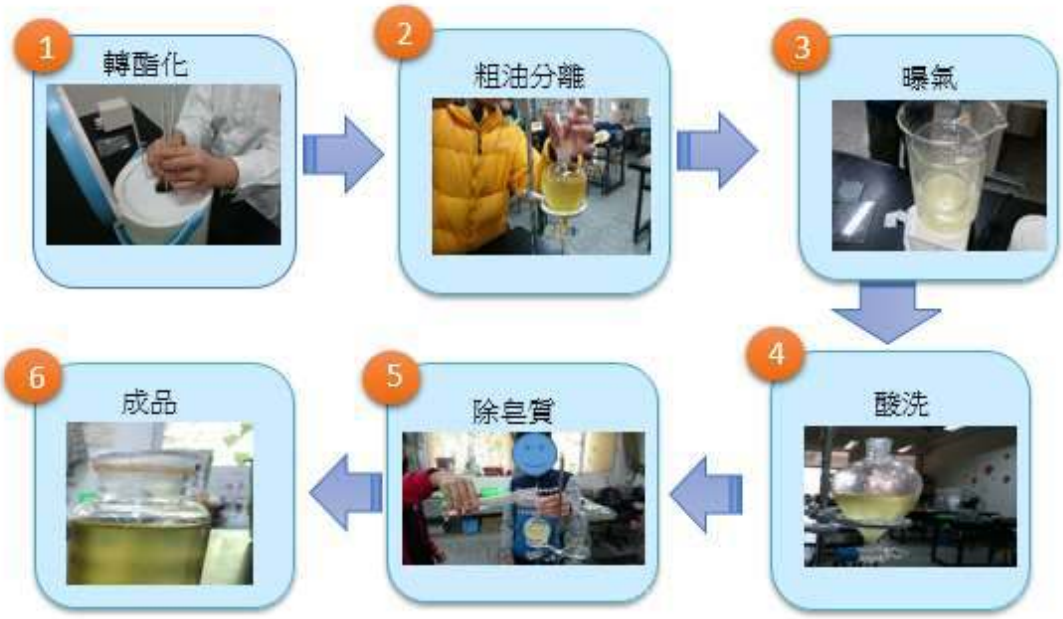
(6) 粗油分離將分液漏斗下層甘油分離出。

(7) 曝氣除甲醇取上層粗生質柴油以曝氣法，水浴保持 50$^{o}$C 去除甲醇。

(8) 酸洗利用分液漏斗，以 0.1M 醋酸 50ML 中和粗油一次(放置 10 分鐘)。

(9) 除皂質利用分液漏斗，以 55$^{o}$C 飽和食鹽水清除粗油皂質一次(放置 10 分鐘)。

(10)計算產率。




2.酸價測量

3.比重測量

(二)研究結果

芥花油

| | 油品酸價 | | | 生質柴油製作 | |
|---|---|---|---|---|---|
| | 油重(g) | KOH 滴定 (ml) | 酸價 | 產量(g) | 比重 |
| 第一次 | 100 | 0.6 | 0.26 | 90 | 0.875 |
| 第二次 | 100 | 0.7 | 0.22 | 91.7 | 0.885 |
| 第三次 | 100 | 0.7 | 0.23 | 93 | 0.88 |
| 平均 | | | 0.24 | 91.6 | 0.88 |

椰子油

| | 油品酸價 | | | 生質柴油製作 | |
|---|---|---|---|---|---|
| | 油重(g) | KOH 滴定 (ml) | 酸價 | 產量(g) | 比重 |
| 第一次 | 100 | 2 | 1.49 | 91.7 | 0.87 |
| 第二次 | 100 | 2.2 | 1.48 | 87.3 | 0.895 |
| 第三次 | 100 | 1.9 | 1.43 | x | x |
| 平均 | | 2 | 1.47 | 89.5 | 0.883 |

(三)研究照片

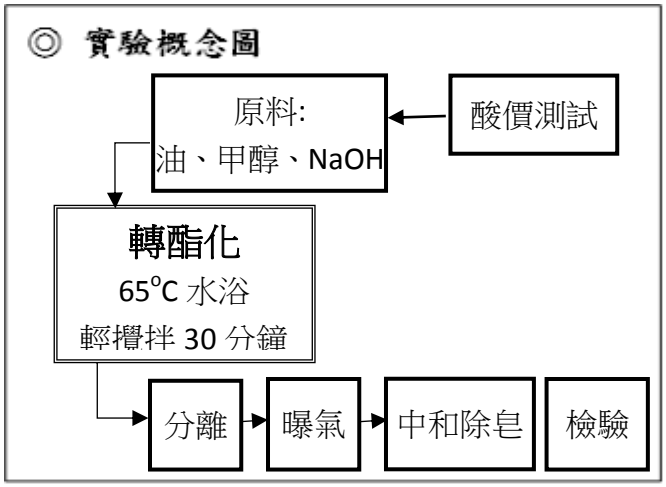
| | | |
|---|---|---|
| | | |
| 以保溫盒使轉酯化控制在 60~65 度。 | 轉酯化後放置 20 分鐘。 | 以水浴法曝氣，外層是 50 度的水，內層則是研究用的油，並用磁石攪拌器攪拌。 |

(四)研究討論

1. 椰子油是硬油，當溫度下降會呈現固狀或乳白色，較不易進行實驗，所以秤取時要先加熱融化。
2. 在一些報告中，會以蒸餾法將甲醇回收再利用，我們也曾經以蒸餾法進行測試，但發現回收率不高，且較具危險性，所以將生質柴油放置在水溫 50 度水浴下，以曝氣法將甲醇去除。
3. 資料顯示新鮮的油酸價應在 0.2 以下，油品的新鮮度越差，酸價的數值會上升，如果酸價超過 2，就不適合用來作為油炸用油。實驗用的芥花油酸價為 0.237；椰子油的酸價為 0.467，芥花油是採用市售的食用油，所以酸價低，而椰子油則是做肥皂用的原料，所以

酸價較高。。

4. 生質柴油的比重是 0.88，實驗中以椰子油與芥花油為原料製成的生質柴油比重分別為芥花油為 0.88、椰子油為 0.883，兩者相差 0.003，但與生質柴油比重標準相當，我們也將測量比重是否為 0.88 做為判斷是否成功製出生質柴油的依據。
5. 芥花油的平均產量為 91.6 克，椰子油的平均產量為 89.5 克；芥花油比椰子油高了 2.1 克，使用芥花油的產量較高。
6. 綜合以上的結果，由原料取得便利性(固液體型態)、酸價、產量和比重的數據，我們認為以芥花油為實驗原料比椰子油更為適合，因此我們選擇芥花油做為研究二的原料。
7. 在製作程序上，我們將蒸餾回收甲醇步驟變更為以曝氣法去除甲醇。完整製程為:




## 研究二 以自製回收油製作生質柴油

由研究一可以發現新鮮油品容易製作出生質柴油，那如果是使用過的油，是否容易製成生質柴油，性質如何，產量如何，品質如何。使用過的油所製作出的生質柴油如何改善品質以及可以應用的層面。

(一) 實驗方法

1.自製回收油

(1)把油二公升倒入鍋子內，將油加熱至一百八十度

(2)每一小時放入三次薯條或雞塊

(3)一小時後取出約 500ml 的油，再持續加熱

(4)每一小時放入三次薯條或雞塊

(5)一小時後取出約 500ml 的油，再持續加熱

(6)每一小時放入三次薯條或雞塊

(7)一小時後取出約 500ml 的油

2.生質柴油製作程序：方法同研究一

3.酸價測量：方法同研究一

4.比重測量：方法同研究一

(二) 研究結果

1.加熱 1 小時

| | 油品酸價 | | | 生質柴油製作 | |
|---|---|---|---|---|---|
| | 油重(g) | KOH 滴定(ml) | 酸價 | 產量(g) | 比重 |
| 第一次 | 100 | 0.8 | 0.41 | 98.8 | 0.89 |
| 第二次 | 100 | 0.7 | 0.36 | 77 | 0.885 |
| 第三次 | 100 | 0.7 | 0.37 | 92 | 0.89 |
| 平均 | | | 0.38 | 89.3 | |

2.加熱 2 小時

| | 油品酸價 | | | 生質柴油製作 | |
|---|---|---|---|---|---|
| | 油重(g) | KOH 滴定(ml) | 酸價 | 產量(g) | 比重 |
| 第一次 | 100 | 0.9 | 0.51 | 93.7 | 0.9 |
| 第二次 | 100 | 0.9 | 0.48 | 93.5 | 0.885 |
| 第三次 | 100 | 0.8 | 0.45 | 104 | 0.885 |
| 平均 | | | 0.48 | 97.1 | |

3.加熱 3 小時

| | 油品酸價 | | | 生質柴油製作 | |
|---|---|---|---|---|---|
| | 油重(g) | KOH 滴定(ml) | 酸價 | 產量(g) | 比重 |
| 第一次 | 100 | 1 | 0.60 | 96.5 | 0.885 |
| 第二次 | 100 | 1 | 0.60 | 96.5 | 0.88 |
| 第三次 | 100 | 0.9 | 0.53 | 91.4 | 0.88 |
| 平均 | | | 0.58 | 94.8 | |

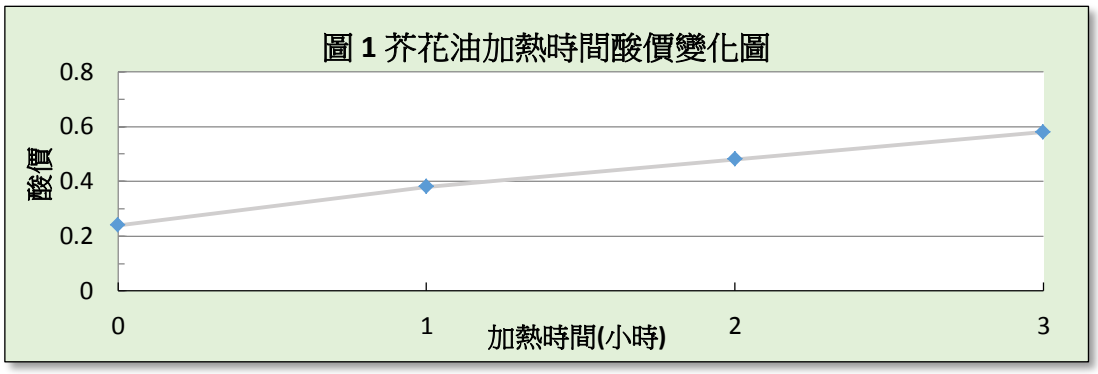
(三)研究照片

| | | |
|---|---|---|
| | | |
| 回收油的明顯分為三層。 | 這是回收油轉酯化的過程，可明顯發現雜質較多，上方還有一層雜質。 | 產量與比重的測量。將比重計放入量筒，並倒入油。再秤出它的重量。 |

(四)研究討論

1.在油品的外觀上，與研究一使用乾淨的油做比較，將芥花油加熱並加入油炸物後，可明顯看到有許多雜質，也較不易分離出生質柴油。

2.我們為了讓數據更準確，各種油都做了三重複，數據很平均，落差不大。由酸價測試結果可以發現：隨著加熱時間增加，油品的酸價也逐漸升高，代表油的新鮮度降低了。




3.以三種自製回收油與研究一的芥花油及椰子油做比較，回收油一小時、二小時的比重偏高，約在 0.885~0.895 之間；而回收油三小時的比重較接近芥花油。我們認為回收油一小時、二小時的比重偏高是因為它有一些雜質，而因芥花油屬乾淨油，所以比重較低，也較接近標準值。

4.自製回收油製成的生質柴油產量並沒有隨著酸價的改變有上升或下降的趨勢，顯示在加熱三個小時內，生質柴油轉酯化與加熱時間長短無關。以個別的生質柴油產量來看，加熱過的生質柴油產量的變動率比乾淨未加熱的變化大，這可能和油裡有雜質，影響了生質柴油的製造。

5.綜合以上的實驗討論，可獲得結論：

(1)當油炸越多次獲加熱時間增加，油品的酸價越高；而椰子油可能因為是硬油或因為精製的過程，酸價明顯更高；芥花油因為是乾淨油且是液態油所以酸價最低。

(2)生質柴油的產量和油的使用程度無明顯的相關性。椰子油的產量略低於芥花油。

(3)不管是以回收油、液態油或固態油為原料，都可以產製比重接近 0.88 的生質柴油。

## 研究三 以坊間回收油製作生質柴油

由研究一、二可以發現油品經過使用酸價增加，雖然油經過加熱後，並沒有對生質柴油的產率有影響，但是僅僅加熱三個小時對油品性質可能影響不大，再加上我們想要針對真正使用許久的回收油進行實驗比對，所以我們跟學校、自助餐店及臭豆腐店索取一些使用過的油來進行實驗。

(一)研究方法

1.坊間回收油種類

| 學校回收油 | 臭豆腐回收油 | 自助餐回收油 |
|---|---|---|

2.生質柴油製作程序：方法同研究一
3.酸價測量：方法同研究一
4.比重測量：方法同研究一

(二)研究結果

1.學校回收油

| | 油品酸價 | | | 生質柴油製作 | |
|---|---|---|---|---|---|
| | 油重(g) | KOH 滴定(ml) | 酸價 | 產量(g) | 比重 |
| 第一次 | 8.8 | 0.6 | 0.19 | 55.3 | X(油量太少，無法測量) |
| 第二次 | 8.2 | 0.5 | 0.14 | 90.5 | 0.88 |
| 第三次 | 8.1 | 0.5 | 0.14 | 60.5 | X(油量太少，無法測量) |
| 平均 | | | 0.17 | 68.8 | |

2.臭豆腐回收油

| | 油品酸價 | | | 生質柴油製作 | |
|---|---|---|---|---|---|
| | 油重(g) | KOH 滴定(ml) | 酸價 | 產量(g) | 比重 |
| 第一次 | 6.1 | 6.6 | 5.79 | 66.8 | X |
| 第二次 | 6.9 | 6.7 | 5.20 | 73 | X |
| 第三次 | 7.4 | 7.1 | 5.16 | 87.5 | 0.88 |
| 平均 | | | 5.38 | 75.8 | |

3.自助餐回收油

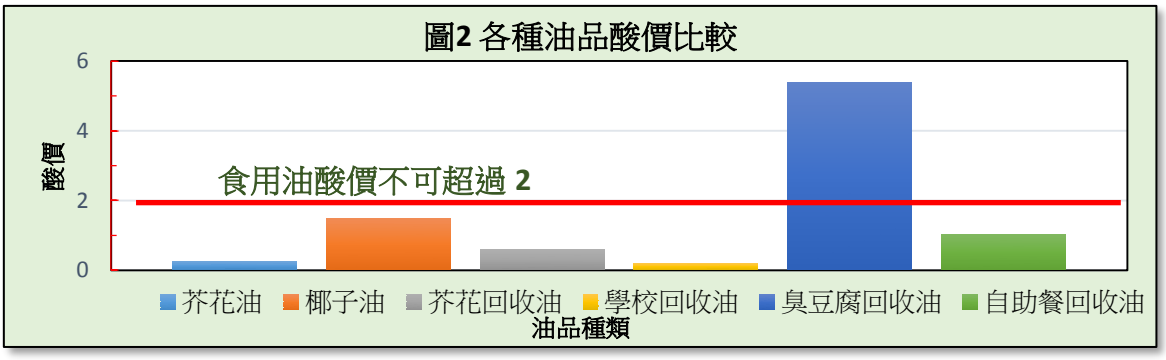
| | 油品酸價 | | | 生質柴油製作 | |
|---|---|---|---|---|---|
| | 油重(g) | KOH 滴定(ml) | 酸價 | 產量(g) | 比重 |
| 第一次 | 6.6 | 1.5 | 1.02 | 82.3 | 0.885 |
| 第二次 | 6 | 1.6 | 1.22 | 41 | X |
| 第三次 | 6.2 | 1.2 | 0.81 | 84.2 | 0.875 |
| 平均 | | | 1.02 | 69.2 | |

(三)研究照片

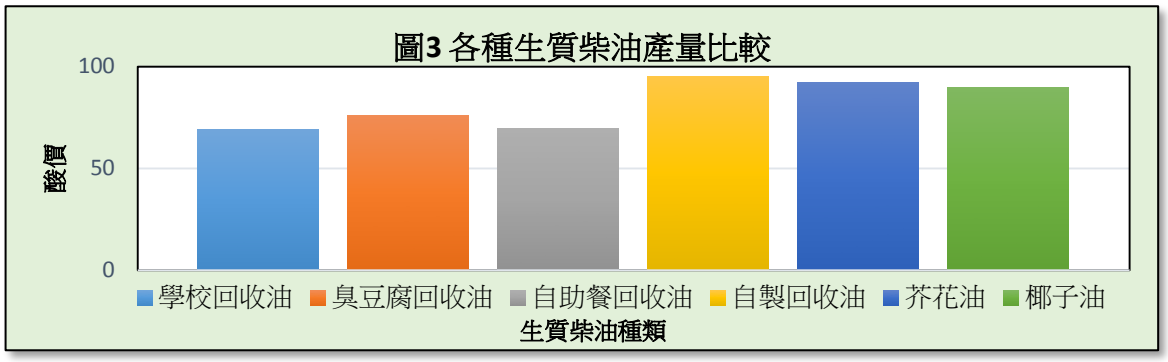
| | | |
|---|---|---|
| | | |
| 自助餐油進行酸價滴定 | 使用比重計測量生質柴油比重 | 學校回收油轉酯化程序 |
| | | |
| 測量學校回收油生質柴油比重 | 酸洗程序 | 各種產製的生質柴油 |

(四)研究討論

1. 在生質柴油底部常會白色皂化物，我們推測是因為油與氫氧化鈉反應除了產生生質柴油，還有一小部分水生成，而形成皂化反應。
2. 製作油品的過程中，我們發現，椰子油生質化的不明顯，且甘油會附著在杯壁上。幾乎所有的生質柴油都有油耗味，而椰子生質柴油有刺鼻的特殊氣味。透明度方面，自助餐油最不透明，其次是臭豆腐油。而椰子油生質柴油最透明，呈現淺黃色。
3. 我們經由實驗發現，同樣是市售回收油，自助餐回收油和臭豆腐回收油的酸價足足差了 4 倍！且已高過油炸油酸價上限 2 的 2.7 倍。我們推測應該是因為臭豆腐是酸性食物，因此使炸臭豆腐的油的酸價增加了許多。




4. 各種油品產製的生質柴油產量，以自製芥花回收油最高、其次是乾淨的芥花油，皆有 90 公克以上，椰子油也有接近 90 克，三種坊間回收油產量都比較低，學校回收油最低只有 68.8 克，其次是臭豆腐回收油為 69.2 克。由產量的數據更加應證了，生質柴油的產量與油品的新鮮程度(酸價)無關。




5. 各種生質柴油所測量的比重都是 0.88，顯示不論油品的品質如何或新鮮程度如何，都不會影響製成的生質柴油品質。
6. 幾乎所有的生質柴油都有油耗味，但椰子生質柴油卻有一種獨特的氣味。顏色方面，臭豆腐回收油和自助餐回收油都是深咖啡色。而其他油幾乎都是淡黃色或金黃色。
7. 綜合以上研究：在轉酯化過程中，會有少量的水產生，進而發生皂化的現象。油品的油炸次數增加會提高油的酸價。油品的顏色深淺不全然代表油的新鮮程度。油的新鮮程度並不會影響所製作生質柴油的產量與比重，因此，利用回收油來製成生質柴油是值得推廣的。

## 研究四 生質柴油與其他油品性質比較

媒體報導，原先在市售柴油中會添加 2%的生質柴油，但駕駛普遍反應生質柴油在較低溫時會阻塞油路而造成引擎損壞，這讓我想知道生質柴油與其他的燃料的性質有甚麼差異，甚至於不同的油所製的生質柴油的好壞優劣，進而判斷出這些燃料的實用性。

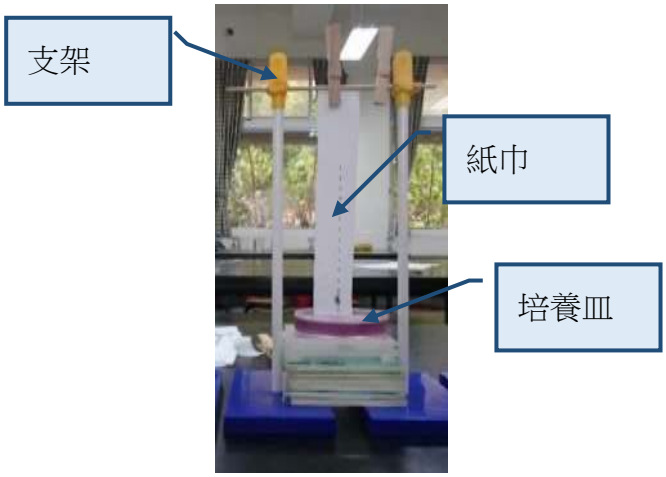
(一)研究方法

1.測試油品種類

| | | | |
|---|---|---|---|
| | | | |
| 酒精 | 普通柴油 | 新油製生質柴油 | 回收油製生質柴油 |

2.毛細能力

(1)實驗裝置圖

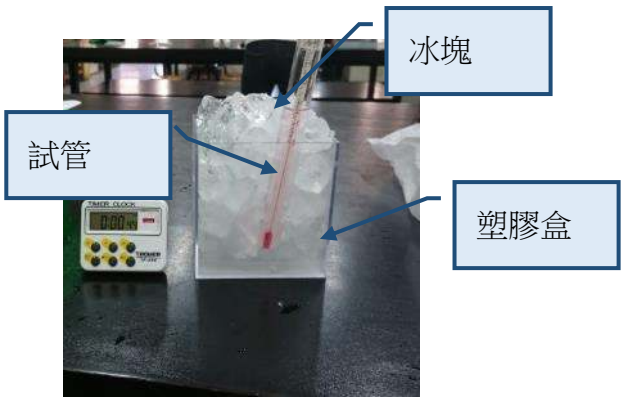



(2)實驗步驟

| | | |
|---|---|---|
| | | |
| 1.將四種油品分別到入培養皿，並將長寬 23.5*3.5 公分的紙巾用木夾固定於支架上。 | 2.將紙巾放入培養皿中，並計時五分鐘。 | 3.五分鐘後，用游標卡尺測量其毛細上升的高度，紀錄。 |

3.雲點測量

(1)實驗裝置圖

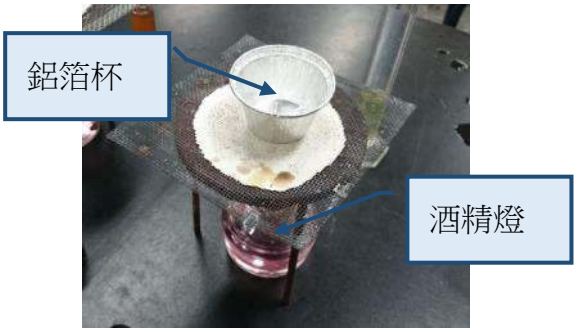



(2)實驗步驟

| | | |
|---|---|---|
| | | |
| 1.將冰塊放置入塑膠盒中，加入鹽以降低溫度，將 20 毫升的油品加入試管，放入塑膠盒中，並以溫度計測量油品的溫度 | 2.每當油品溫度下降 2 度，拍攝 | 3.觀察它在溫度幾度時出現霧狀 |

4.沸點測量

(1)實驗裝置圖

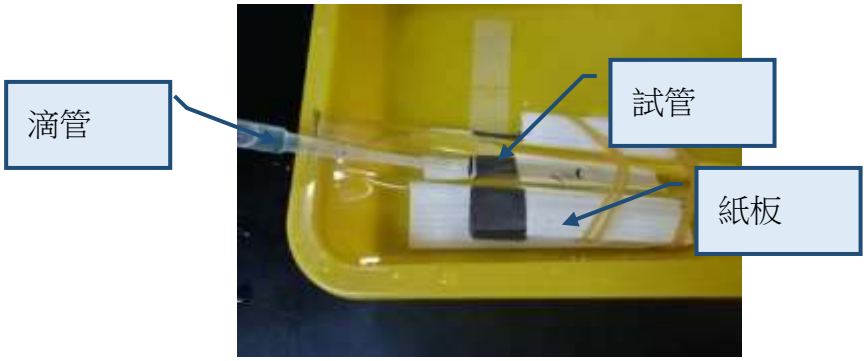



(2)實驗步驟

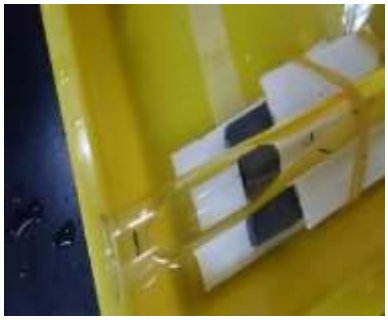
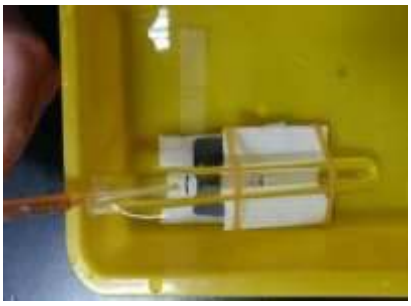
| | | |
|---|---|---|
| | | |
| 1.將 20 毫升的油倒入鋁箔杯中 | 2.點燃酒精燈，並加熱油品 | 3.使用溫度計測量其燃燒之最高溫度 |

5.黏滯性質測量

(1)實驗裝置圖

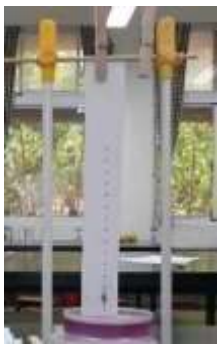
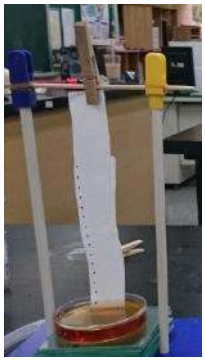



(2)實驗步驟

| | | |
|---|---|---|
|  |  | |
| 1.將試管用橡皮筋固定於已確定角度為 30 度的紙板上，並將其沉入水中 | 2.試管上畫出長約 5 公分的記號，用滴管滴約一滴的油品至起始線上 | 3.計時油品從起始線到終點線的時間 |

(二)研究結果

1.毛細性質

| 油品種類 | 酒精 | 普通柴油 | 新油生質柴油 | 回收油生質柴油 |
|---|---|---|---|---|
| 實驗照片 |  | | |  |
| 平均測量高度 | 4.40 | 4.10 | 2.63 | 2.60 |
| 說明 | 最高 | 第二 | 第三 | 最低 |

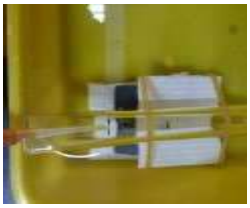
2.雲點測量

| 油品種類 | 酒精 | 普通柴油 | 新油生質柴油 | 回收油生質柴油 |
|---|---|---|---|---|
| 實驗照片 | | | | |
| 雲點溫度 | 未測出 | -8°C | -4°C | 0°C |
| 說明 | 因無法達到其雲點溫度 | 第三 | 第二快有雲點 | 最早有雲點也開始凝固 |

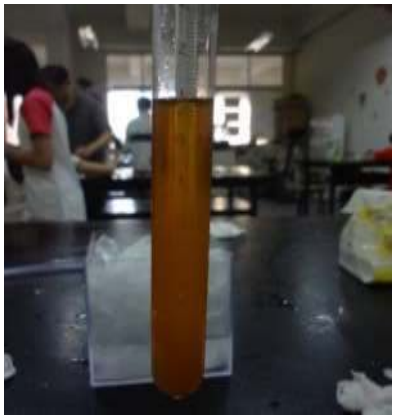
3.沸點測量

| 油品種類 | 酒精 | 普通柴油 | 新油生質柴油 | 回收油生質柴油 |
|---|---|---|---|---|
| 實驗照片 | | | | |
| 沸點溫度 | 63°C | 200°C | 228 °C | 245 °C |
| 說明 | 最低 | 第二 | 第三 | 沸點最高 |

4.黏滯性質測量

| 油品種類 | | 酒精 | 普通柴油 | 新油生質柴油 | 回收油生質柴油 |
|---|---|---|---|---|---|
| 實驗照片 | | | | |  |
| 經過時間 | 20 °C | 0:01”72 | 0:11”28 | 0:08”51 | 1:16”33 |
| | 40 °C | 0:01”64 | 0:05”52 | 0:06”64 | 0:34”60 |
| | 60°C | 0:02”61 | 0:02”74 | 0:05’67 | 0:21”47 |
| 說明 | | 流動性最佳 | 在 40、60 度 C 時流動性佳於新油回收油 | 在 20 度時流動性佳於普通柴油 | 黏滯性最強 |

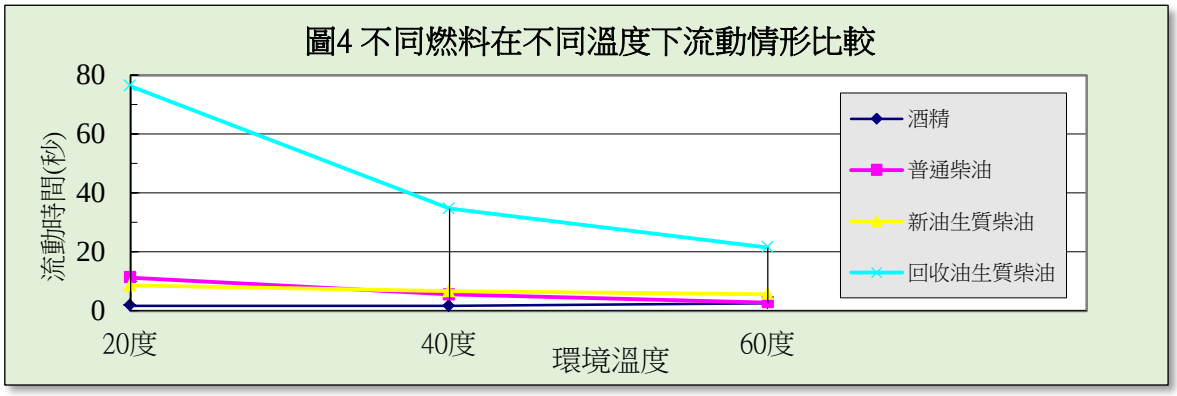
(三)研究照片

| | | |
|---|---|---|
|  | | |
| 生質柴油在 0 度時就已開始凝固 | 再以停止加熱的狀況下，柴油仍然不停地冒煙 | 在冰塊上灑鹽以降低溫度 |

(四)研究討論

1. 實驗觀察或發現
   (1)毛細現象:原本測試方式是讓油品上升五公分，計時它所花的時間，但在預備試驗時發現這樣做太慢，沒有效率，因此將實驗方法改為計時五分鐘，以測量其上升的高度。
   (2)雲點：原先是要同時分別使用四個塑膠盒來實驗，卻因為前置作業耗費太多時間，且溫度難以相同，所以之後就改成由一個盒子連續測驗
   (3)沸點:回收油生質柴油與新油生質柴油都是屬於生質柴油,沸點會受到油中的雜質影響，而導致沸點的變動大。
2. 在黏度實驗已證明酒精在四種實驗液體中流動性最佳，所以上升的高度最高，而生質柴油因為黏性較柴油高，所以上升高度就較低

3. 所謂的雲點是指液體在接觸低溫時，開始產生白色黏稠狀的溫度。雲點的實驗中，因為以冰塊加鹽，溫度只能降低至零下 10 度，因此無法測得酒精的雲點。生質柴油的雲點在 0 度時就已產生，甚至也已經幾乎凝固，而普通柴油在大約零下接近 10 度時才開始有雲點。這也是為什麼在低溫時生質柴油會阻塞油路的原因。
4. 根據文獻資料，普通柴油的沸點是介於 170~390 度之間，生質柴油為 170~360 度之間，酒精則是 78.4 度，而我們實驗測出來的的沸點，酒精略低於理論值，其餘柴油與生質柴油都在理論值費為內。測得的生質柴油沸點略大於柴油，代表生質柴油的使用安全性較高。
5. 不同的溫度會造成不同的黏性，通常液體的溫度越高，黏性就越低，而我們使用了三種不同溫度的環境，利用自製的測量工具進行個燃料在不同溫度的黏滯力。由實驗結果發現，酒精不論在哪種溫度下，流動性都是最好的。其餘三種柴油則是在低溫時流得慢，越高溫流動速度越快，且以回收油生質柴油的流動速度最慢。




6. 各種油品性質綜合比較：酒精黏滯性低，不易結冰，但相對沸點也比較低，不到 100 度，危險性高。而柴油則是黏滯性較生質柴油低，雲點也低，沸點則是高於酒精，生質柴油因為製造的原料油乾不乾淨，而導致他的沸點彈性很大，但黏滯性高、雲點高就成為生質柴油的巨大缺點。
7. 由實驗中我們發現不管是柴油或生質柴油，都有自己的優缺點，但是因爲生質柴油的原料回收還未普及，而且乾淨油所製的生質柴油的性能都比回收油來的好，但是使用未使用的油可能會造成食物的問題，而酒精的沸點約為 78 度，跟汽油是差不多的，並且它不會在較低溫時結冰和阻塞油路，但是因爲目前少有使用酒精爲燃料的車，所以普通柴油的可用性較高。

## 研究五 生質柴油與其他燃料燃燒性質比較

在了解生質柴油的性質與其他燃料比較後，我們也想探討生質材油在燃燒上的能力，所以進行了這四樣實驗，分別是熱值、燃燒碳粒的產生、二氧化碳及火焰顏色等。

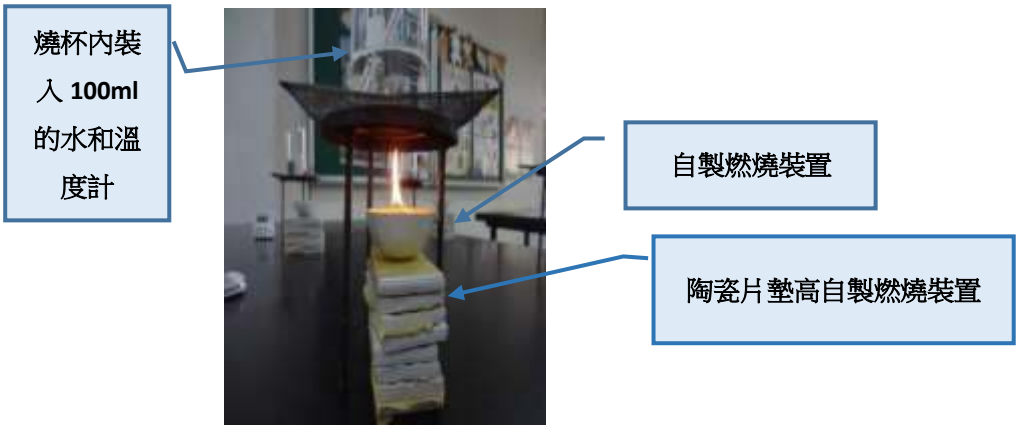
(一)研究方法

1.測試油品種類

| | | | |
|---|---|---|---|
| | | | |
| 酒精 | 普通柴油 | 新油製生質柴油 | 回收油製生質柴油 |

2.熱值測量

(1)實驗裝置圖

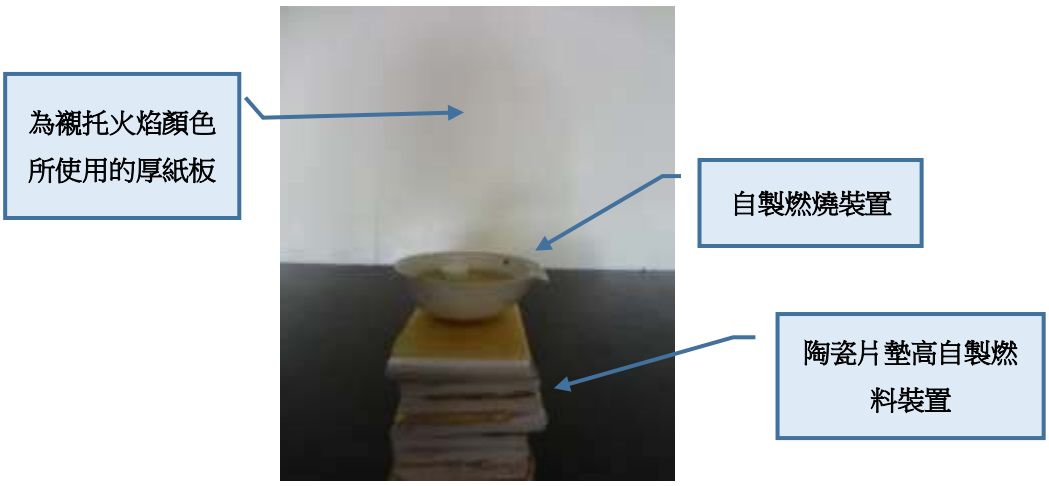



(2)實驗步驟

| | | |
|---|---|---|
| | | |
| 將燃料裝入自製燃燒裝置內，粉筆剪成 2cm 製成燈芯 | 開始燃燒至 5 分鐘(水溫控制在 21 度) | 熄滅後,觀察燃料所上升的溫度及燒杯的變化 |

3.火焰性質測量

(1)實驗裝置圖

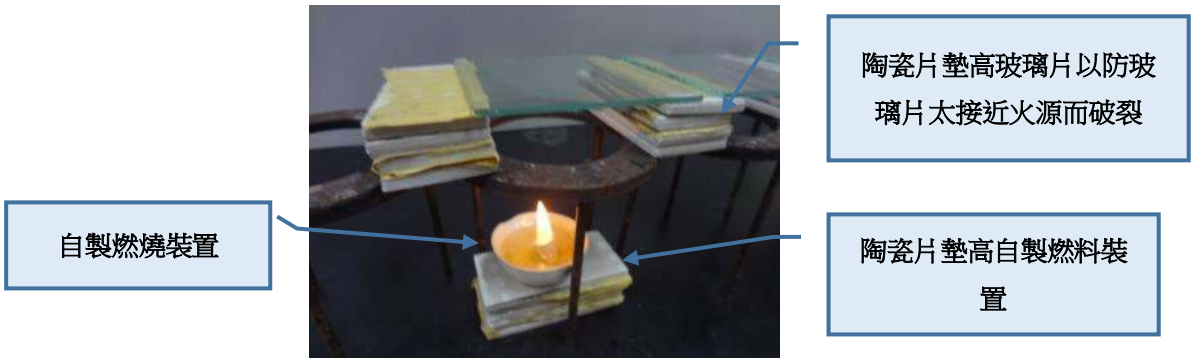



(2)實驗步驟

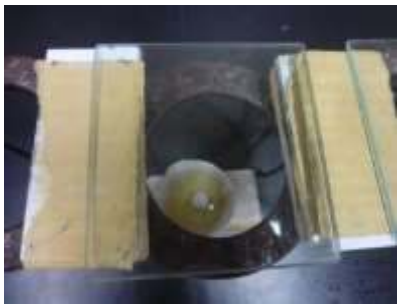
| | | |
|---|---|---|
| | | |
| 將燃料裝入自製燃燒裝置內,粉筆剪成 2cm 製成燈芯，以厚紙板作為背景 | 點燃火焰 | 觀察並記錄火焰顏色及冒煙、色層的變化 |

4.燃燒碳粒產生測量

(1)實驗裝置圖



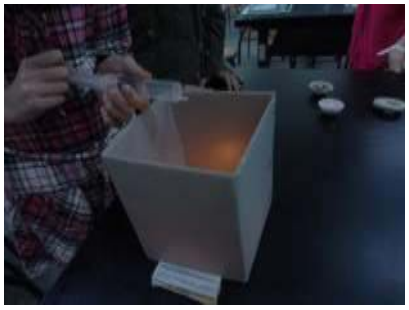

(2)實驗步驟

| | | |
|---|---|---|
|  | | |
| 將玻璃片以陶瓷片墊高放在三腳架上方 | 開始燃燒至 30 秒 | 熄滅後觀察玻璃片的變化 |

5.燃燒產生二氧化碳測量

(1)實驗裝置圖

(2)實驗步驟

| | | |
|---|---|---|
| | | |
| 將玻璃魚缸罩住二氧化碳檢測儀防止空氣進入 | 放置將紙板墊高的陶瓷片 | 開始燃燒 |
| |  | |
| 放置紙板 | 每30秒抽一次二氧化碳，共4次 | 將二氧化碳打入魚缸罩內 |

(二)研究結果

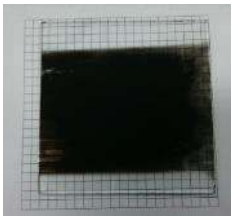
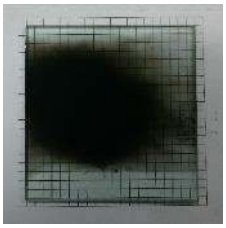
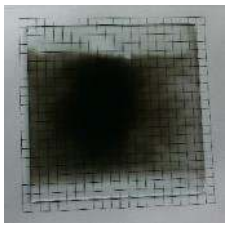
1.熱值測量

| 油品種類 | 酒精 | 普通柴油 | 新油生質柴油 | 回收油生質柴油 |
|---|---|---|---|---|
| 實驗照片 | | | | |
| 溫度差 | 31℃ | 19.5℃ | 27℃ | 26℃ |
| 熱值 | 3100 卡 | 1950 卡 | 2700 卡 | 2600 卡 |

2.火焰實驗

| 油品種類 | 酒精 | 普通柴油 | 新油生質柴油 | 回收油生質柴油 |
|---|---|---|---|---|
| 實驗照片 | | | | |
| 說明 | 剛開始燃燒,酒精的顏色為不清楚的淺藍色 | 剛開始燃燒,柴油就已經冒出黑煙,顏色是偏向黃色 | 剛開始燃燒,新油未有黑煙,顏色為黃色 | 剛開始燃燒,回收油未有黑煙,顏色為黃色 |
| 實驗照片 | | | | |
| 說明 | 燃燒一段時間後,火焰中心有一點點淺藍色,<br>但顏色還是不清楚的的淺藍色 | 燃燒一段時間後,柴油持續冒黑煙而且愈來愈多,顏色沒變 | 燃燒一段時間後,新油微冒黑煙,顏色沒變 | 燃燒一段時間後,回收油微冒黑煙,顏色沒變 |
| 實驗照片 | | | | |
| 說明 | 最後,酒精的顏色變為橘黃色 | 再一段時間,柴油顏色雖沒變,但煙卻隨著時間增加而愈來愈多 | 最後,新油顏色沒變,也依然冒著煙 | 最後,回收油顏色也沒變,依然冒著煙 |

3.燃燒碳粒實驗

| 油品種類 | 酒精 | 普通柴油 | 新油生質柴油 | 回收油生質柴油 |
|---|---|---|---|---|
| 實驗照片 | |  |  |  |
| 說明 | 無碳粒 ($0cm^2$) | 碳粒最多 ($140\ cm^2$) | 碳粒多 ($72.5\ cm^2$) | 碳粒較少 ($64\ cm^2$) |

4.二氧化碳排放

| 油品種類 | 酒精 | 普通柴油 | 新油生質柴油 | 回收油生質柴油 |
|---|---|---|---|---|
| 增加 $CO_2$ 濃度(ppm) | 117 | 80 | 97 | 100 |
| 換算產生 $CO_2$ 濃度 (ppm) | 23400 | 16000 | 19400 | 20000 |

(三)研究討論

1. 原先我們將燃料放入酒精燈來進行實驗，結果發現填入酒精及柴油的酒精燈可以順利且持續燃燒，但兩種生質柴油則不易點燃，即使點燃火焰也越來越小。由研究四的毛細生質實驗可以知道生柴油上升速度最慢,可以說明如果想以酒精燈方式燃燒不易成功。
2.因此，我們參考網路資料，修改設計燃燒裝置，以 2mm 長度的粉筆做為燈芯並採開放式系統，可以較快速點燃以及快速吸起燃料持續燃燒。

| | | | |
|---|---|---|---|
| | | | |
| 生質柴油裝在酒精燈，火焰很快熄滅 | 燈芯因為生質柴油上升慢，無法補充而燒焦 | 蒸發皿內放置生質柴油 | 生質柴油正在燃燒 |

3. 這四種燃料燃燒時，酒精燃燒完全沒有味道，柴油燃燒則有明顯如汽油燃燒所產生的氣味生質柴油燃燒時會先聞到臭豆腐或炸雞排的味道，燃燒一陣子之後，則會有刺鼻的臭味，代表生質柴油不適合做為室內燃料。
4. 利用熱值(H)可以判斷燃料燃燒時所能提供的熱量，並由公式 H=mST 來計算。由實驗結果顯示：以酒精為燃料，溫度上升最多，算成熱值為 3100 卡,四種燃料熱值由高到低為酒精＞新油回收油＞回收油＞柴油。由實驗觀察，以酒精為燃料時，火焰較大，且陶瓷纖維網下沒有碳粒阻止熱傳，有可能會影響到結果。兩種回收油的熱值皆大於柴油，代表生質柴

油可做為代替柴油之用。

5. 從燃燒的火焰顏色可以觀察到，酒精在燃燒過程中，沒有黑煙產生，火焰的顏色也幾乎都是藍色。柴油或生質柴油的火焰顏色明顯為黃色，且伴隨有黑煙產生，或許可以將少量的生質柴油混入酒精中，達到改變焰色的目的。
6. 以燃燒產生的碳粒可以判斷燃燒是否完全，由實驗結果可以看到柴油的碳粒最多也最黑，生質柴油其次，酒精則完全每有碳粒產生。
7. 由於我們的二氧化碳檢測儀式測量大氣濃度的，如果直接測燃燒後的二氧化碳，濃度太高，超出可測量範圍，所以我們以針筒抽取燃燒廢氣 100ml，注入密閉空間中，由二氧化碳上升濃度來比較產生二氧化碳的多寡，由實驗結果顯示在魚缸內所增加二氧化碳的濃度為，酒精＞回收油＞新油回收油＞柴油。
8. 與碳粒實驗比較，酒精碳粒少，燃燒完全，所以二氧化碳產生量也高，柴油碳粒最多，代表燃燒不完全，所產生的二氧化碳相對較低。由燃燒碳粒實驗、二氧化碳實驗都可以證明生質柴油的二氧化碳在酒精及柴油之間。

## 研究六 生質柴油的應用與推廣

### 【研究六—1】生質柴油與酒精混合焰色實驗

目的在**改良室內燃料**。酒精燃燒時的火焰是藍色，不易見而較危險；生質柴油燃燒時的火焰是亮黃色，容易看見火焰。生質柴油燃燒時較不完全，會產生黑煙，因此我們想探討生質柴油與酒精混和的最佳比例，使**室內燃料**安全性增加。

**（一）實驗方法：**

1. 以生質柴油混入燃燒酒精 0%、5%、10%、20%、50%的比例混合。
2. 取混合液 2ml 燃燒，觀察混和效果、焰色變化、黑煙多寡。
3. 實驗重複三次。

**（二）結果：**

1. B 代表藍色，Y 代表黃色

| | 0% | 5% | 10% | 20% | 50% |
|---|---|---|---|---|---|
| 全部合照 | | | | | |
| 焰色 | B | BY 夾雜 | 比 5%Y 多一些 | BY | Y |
| 燃燒秒數 | 49.25 | 49.68 | 44.14 | 37.96 | 17.32 |
| 特別觀察 | 無 | 熄滅時有煙有味 | 熄滅時有煙有味 | 臭、黑煙多 | 臭、黑煙多 |

（三）討論：

1. **我們發現添加 10%生質柴油，焰色明顯，燃燒效率高、且黑煙較少，為最佳室內燃料。**
2. 雖然 20%、50%的火焰黃色很多，但黑煙較多，故我們不選取。
3. **新聞報導有火鍋店家因為看不清楚酒精還沒燒完而添加酒精導致顧客受傷**，我們將焰色改良，既安全又環保，真是一舉兩得！5%與 10%效果均優，但 5%焰色較不明顯。

## 【研究六—2】製做酒精塊

生質柴油與酒精混合的確可以改良焰色，使用火安全性增加。我們希望能將生質柴油與酒精混和製作成方便攜帶的塊狀燃料，設計此實驗，希望找出最佳配方。

**(一)實驗方法:**

1. 我們配製 10ml 酒精與生質柴油混和液（酒精為 95%濃度），其比例如下表。
2. 調配醋酸鈣飽和水溶液：3.5g 醋酸鈣+10ml 水。
3. 以混和液:醋酸鈣 10ml:2ml 混和。並放置數分鐘，觀察結塊效果，重複三次。
4. 取兩克的酒精塊燃燒，觀察焰色、黑煙多寡。

（二）結果：

1. 若有結塊打勾，時間較久則三角形。

| 生柴 | 0% | 5% | 10% | 20% | 50% |
|---|---|---|---|---|---|

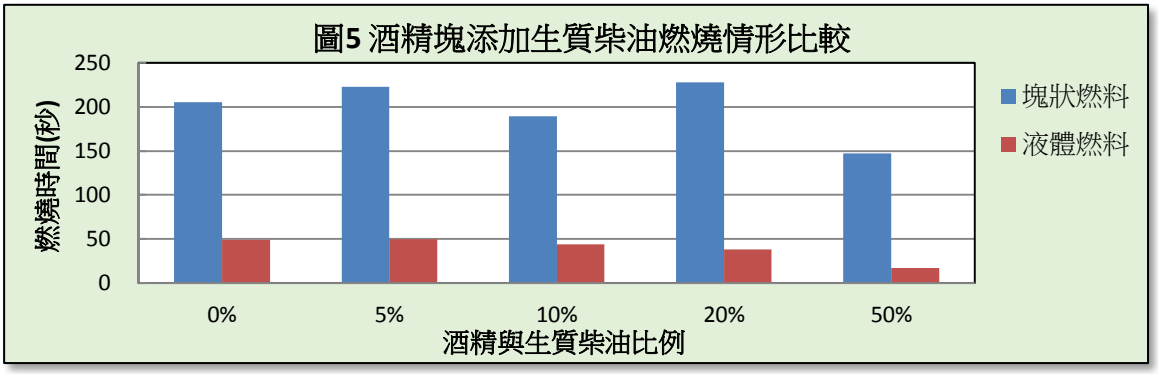
| | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| 1. | ✓ | ✓ | ✓ | ✓ | △ |
| 2. | ✓ | ✓ | ✓ | ✓ | △ |
| 3. | ✓ | ✓ | ✓ | ✓ | △ |
| 結塊照片 | | | | | |

2. 酒精塊燃燒時間紀錄表

| 酒精：生柴 | 0% | 5% | 10% | 20% | 50% |
|---|---|---|---|---|---|
| 照片 | | | | | |
| 平均時間(s) | **205.60** | 223.01 | 189.57 | 227.97 | 147.32 |

**（三）討論：**

1. 由實驗結果，我們發現添加 10%生質柴油的酒精塊最硬，焰色黃且明顯，油爆、黑煙較少，燃燒時間也不短，為最佳比例。
2. 酒精塊硬度比較：10%最佳次為 5%，50%最差（雖有部分結塊，但仍有液體存在）。5%甚至比純酒精塊更硬！
3. 黑煙：20%與 50%產生黑煙多，不宜當做室內燃料。
4. 燃燒時間：我們製作成酒精塊後燃燒時間幾乎都在 3 分鐘左右（平均 198.69 秒），和實驗六的液體燃料（平均 39.67 秒）有明顯差異！實驗結果與文獻相符，酒精塊可延長燃燒時間。




5. 此實驗的焰色平均起來比實驗六要亮黃，因為鈣離子焰色為紅。
6. 適度添加生質柴油不但能改良焰色，還能增加酒精快硬度，真是妙。

7. 綜合研究六—1 和六—2，我們發現以 10%的生質柴油添加量最佳，燃燒效率高、焰色明顯，郵報、黑煙較少。

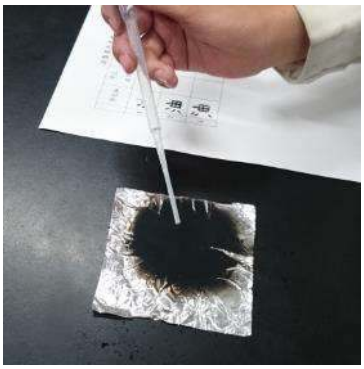
## 【研究六—3】自製墨色比較

我們發現生質柴油燃燒時會產生黑煙，如何能擅用此「缺點」？故我們參考古人製作墨的流程，「墨法集要」並自製墨色。

**（一）實驗方法：**

1. 我們使用三種不同的生質柴油:芥花生質柴油、自助餐生質柴油、臭豆腐生質柴油。並和單純的芥花油、自助餐油、臭豆腐油作比較。
2. 將 10 cm×10 cm（100ml）周圍，並將 100ml 的水倒入蒸發皿。
3. 將一根 2cm 的粉筆立在油中，並把火點燃，直到火開始產生黑煙便開始集墨。
4. 把三腳架推到火上方，讓黑炭（黑煙）附著於鋁箔紙上，觀察黑炭多寡。
5. 使用滴管滴一滴水在鋁箔紙上，並用毛筆沾墨寫在紙上，可重複描寫直到將墨用完。

集墨程序

| | | |
|---|---|---|
| | | |
| 將鋁箔紙剪適當大小 | 將鋁箔紙包覆大蒸發皿 | 點火 |
| | |  |
| 開始集墨 | 90 秒後把鋁箔紙取下 | 滴一滴水 |

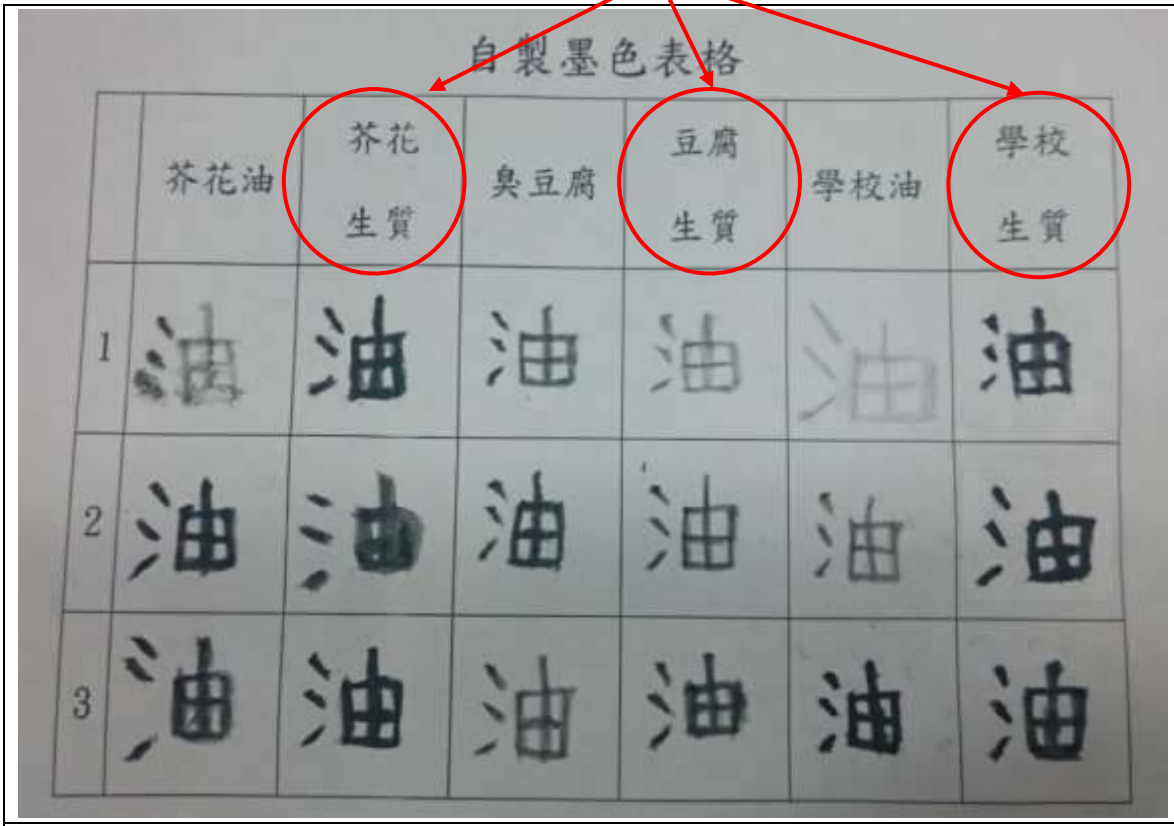
| | | |
|---|---|---|
| | | |
| 用毛筆沾墨 | 開始寫字 | 完成 |

製作墨條

| | | |
|---|---|---|
| | | |
| 秤取收集的碳粒 | 洋菜粉和水加熱成糊狀 | 將碳粉加入洋菜凍 |
| | | |
| 攪拌混合 | 填入容器中 | 放置一段時間後，形成墨條 |

（二）結果：

生質柴油的墨色較黑




我們最後的結果

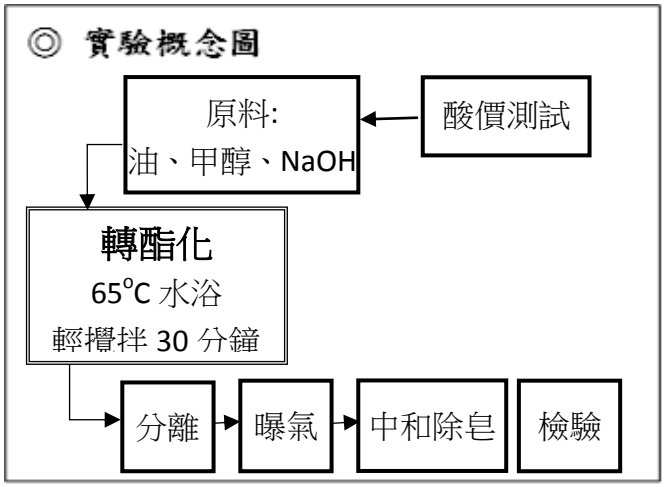
（三）討論：

1. 我們實驗後發現學校的生質柴油炭產生量最多，寫起來最黑。
2. 越乾淨油變成生質柴油後寫出來的字越黑。比較髒的油寫出來的字和變成生質柴油後的顏色都差不多。
3. 將碳粉加入洋菜粉製成的洋菜凍，經過乾燥程序後，也可以做成墨條!

## 伍、研究結論

1. 由原料取得便利性(固液體型態)、酸價、產量和比重的數據，我們認為以芥花油為實驗原料比椰子油更為適合，因此我們選擇以芥花油做為研究的原料。

2. 在製作程序上，我們將蒸餾回收甲醇步驟變更為以曝氣法去除甲醇。完整製程為:




3. 當油炸越多次獲加熱時間增加，油品的酸價越高；而椰子油可能因為是硬油或因為精製的過程，酸價明顯更高；芥花油因為是乾淨油且是液態油所以酸價最低。生質柴油的產量和油的使用程度無明顯的相關性。椰子油的產量略低於芥花油。不管是以回收油、液態油或固態油為原料，都可以產製比重接近 0.88 的生質柴油。

4. 在轉酯化過程中，會有少量的水產生，進而發生皂化的現象。油品的油炸次數增加會提高油的酸價。油品的顏色深淺不全然代表油的新鮮程度。油的新鮮程度並不會影響所製作生質柴油的產量與比重，因此，利用回收油來製成生質柴油是值得推廣的。

5. 各種油品性質綜合比較：酒精黏滯性低，不易結冰，但相對沸點也比較低，不到 100 度，危險性高。而柴油則是黏滯性較生質柴油低，雲點也低，沸點則是高於其他燃料，生質柴油因為製造的原料油乾不乾淨，而導致他的沸點彈性很大，但黏滯性高、雲點高就成為生質柴油的巨大缺點。

6. 由實驗中我們發現不管是柴油或生質柴油，都有自己的優缺點，但是因爲生質柴油的原料回收還未普及，而且乾淨油所製的生質柴油的性能都比回收油來的好，但是使用未使用的油可能會造成食物的問題，而酒精的沸點約為 78 度，跟汽油是差不多的，並且它不會在較低溫時結冰和阻塞油路，但是因爲目前少有使用酒精爲燃料的車，所以普通柴油的的可用性較高。

7. 與碳粒實驗比較，酒精碳粒少，燃燒完全，所以二氧化碳產生量也高，柴油碳粒最多，代表燃燒不完全，所產生的二氧化碳相對較低。生質柴油的二氧化碳排放、碳粒量與熱質都在酒精及柴油之間，代表生質柴油是可以取代柴油的燃料。

8. 新聞報導有火鍋店家因為看不清楚酒精還沒燒完而添加酒精導致顧客受傷，我們將焰色改良，既安全又環保，真是一舉兩得！5%與 10%效果均優，但 5%焰色較不明顯。

9. 越乾淨油變成生質柴油後寫出來的字越黑。比較髒的油寫出來的字和變成生質柴油後的顏色都差不多。

## 陸、參考資料

1.維基百科: http://zh.wikipedia.org/wiki/%E7%94%9F%E7%89%A9%E6%9F%B4%E6%B2%B9

2.再生能源網—生質: http://www.re.org.tw/knowledge.aspx?CategoryID=6

3.地溝油的新生: https://www.youtube.com/watch?v=Uq5AYfz0nAs

4.生質柴油 廢油變綠金-民視新聞:https://www.youtube.com/watch?v=wMNl9n_uT1k

5.新自然主義、高雄市政府環保局，廚餘變黃金:廚餘回收再利用手冊，新自然主義

6.李思源、顏志宇、張任賢、余柏毅，生「柴」有道--米酒、廢油變柴油，中華民國第四十六屆科學展覽會作品說明書

7.鄧遠祥、郟軒、邱昱誠，明列子在生質柴油的應用，中華民國第 53 屆中小學科學展覽會作品說明書

## 【評語】080807

此作品很生活化，探討不同油的製作，比較其成效。尤其最後集碳做成墨條是很棒的想法，其成品亦很出色。作者們做了一系列的化學實驗與比較，內容豐富。建議可考慮實際應用的條件，多加強此部分，作品會更加出色。