

嘉義市第 36 屆國民中小學科學展覽會

作品說明書

科 別：化 學

組 別：國中組

作 品 名 稱：鹹魚翻身

~提高廢食用油提煉生質柴油最佳產率條件之研究~

關 鍵 詞：生質柴油、轉酯化

編 號：

鹹魚翻身

~提高廢食用油提煉生質柴油最佳產率條件之研究~

摘 要

本研究主要由廢食用油(料源:新鮮大豆油)利用鹼製程的轉酯化反應以提煉生質柴油，並研究能提高產率的措施。實驗主要內容分為二部份：第一部分是測定廢食用油及新鮮大豆油之酸價。第二部份是以廢食用油和大豆油油脂為料源，研發最佳條件，經鹼製程提煉，以獲得最高產率的生質柴油，提高廢食用油之經濟價值。

研究結果：(一)廢食用油脂酸價為：2.5，新鮮大豆油油脂的酸價為：1.5。(二)提煉生質柴油獲得最佳產率的反應條件為：甲醇添加量為油脂重量的20%、氫氧化鉀催化劑添加量為油脂重量的0.3%、反應溫度為65°C，反應時間為80分鐘，產率可達93%。

壹、研究動機

目前世界廚餘廢油的產量年年劇增，匯集到下水溝形成地溝油，隨著地溝油的增加，有許多黑心商人為了減少生產成本，因此利用地溝油來製造不良的產品，造成食安問題，所以我們將廢食用油做為原料使用，進而將其提煉為生質柴油，生質柴油是一種無毒性的生質燃料，在世界資源的枯竭下，讓原本不起眼的廚餘廢油提升既有的價值，不僅能夠成為綠色資源，也能夠促進未來的經濟效益。

貳、研究目的

- 一、測定廢食用油及新鮮大豆油之酸價。
- 二、探討以鹼製程提煉生質柴油之方法。
- 三、探討提煉生質柴油之最佳條件。
- 四、提升廚餘廢油回收的價值。
- 五、增加大家對廚餘廢油回收的環保觀念。

參、研究設備及器材

一、藥品：廢食用油、大豆油、氫氧化鉀(KOH)、甲醇(CH₃OH)、95%乙醇

(C₂H₅OH)、醋酸(CH₃COOH)、酚酞、酚酞指示劑。

二、儀器：電子天秤、溫控式電磁加熱攪拌器、迴流冷凝管、分液漏斗、移液管、
滴定管、滴定管固定夾、錐形瓶、量筒、燒杯、研鉢和杵、溫度計、
漏斗、玻棒、低溫循環水槽、雙頸圓底燒瓶、電磁加熱攪拌器。

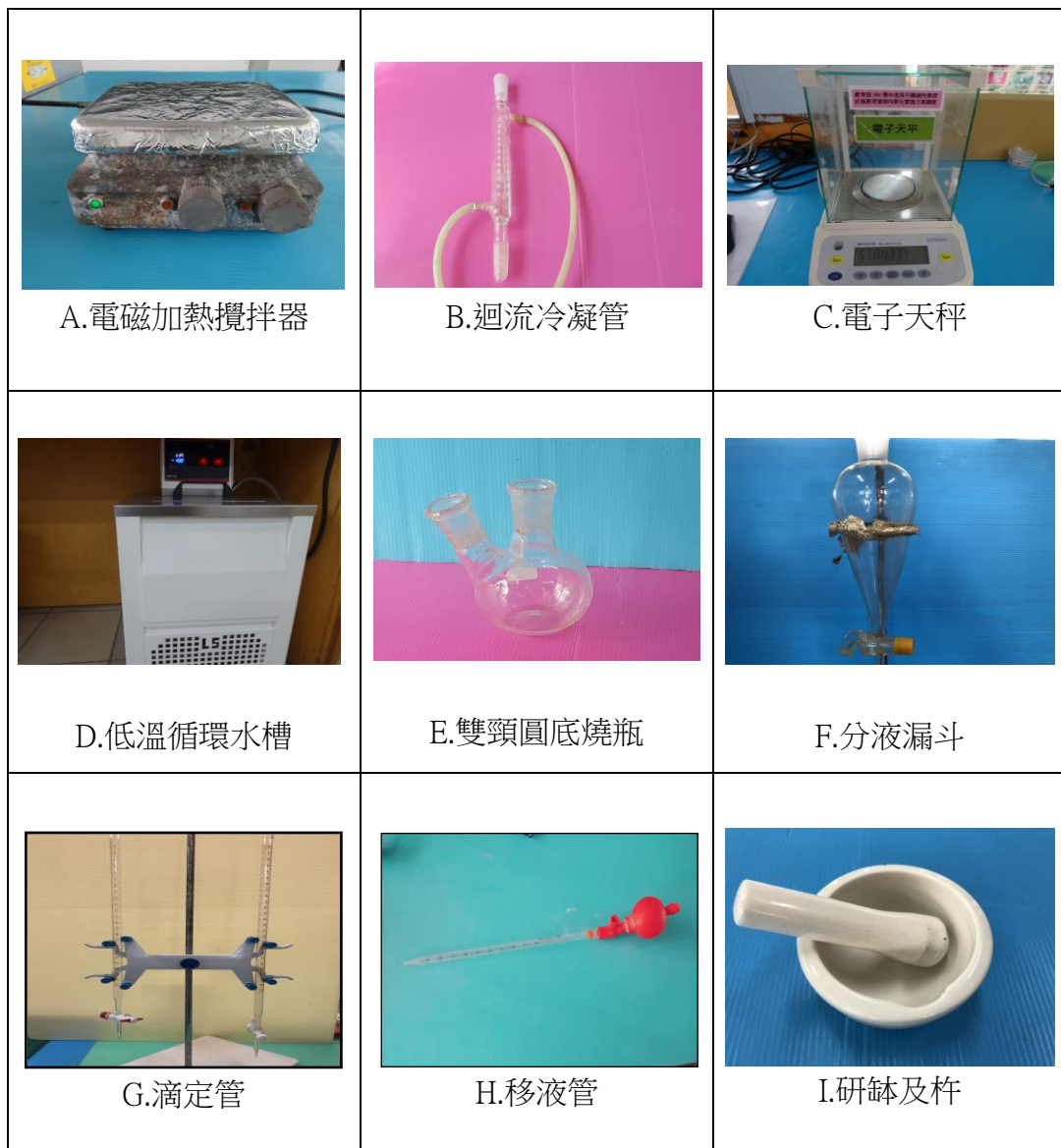


圖 1.研究設備及器材介紹(A~I)

肆、研究過程及方法

一、文獻探討

〈一〉廢食用油

新鮮食用油經烹、煮、炒等加熱過程後，產生化學變化，又產生危害安全的致癌物質，進而變為廚餘廢油，又稱「廢食用油」，不能夠重複或多次使用，不可亂丟棄，可藉由回收再利用，也可以被用來生產肥皂、硬脂酸、甘油和燃料(生質柴油)。

〈二〉大豆油

大豆沙拉油，是從大豆中提取植物油脂後，再製為日常食用油，能夠精製成相關的產品，例如:做為乾性油用途時，可作為列印墨或是油彩的調製溶劑。

〈三〉生質柴油

利用各種植物油脂或動物油脂做為生產原料，諸如大豆油(黃豆油)、玉米油、棕櫚油等，配合醇類(甲醇、乙醇)經轉酯化反應(Transesterification Reaction)，可生成直鏈酯類以製造生質柴油。為長鏈脂肪酸單烷基酯，是從可再生的脂質原料中取得，是一種新的替代能源，為石化柴油的替代燃料。可直接地替換柴油使用在任何機器設備上，亦可儲存於任何的儲油設備中，在運輸的過程比石化柴油安全且較不易揮發。

二、前置措施

〈一〉製備廢食用油及新鮮大豆油

1.清除雜質：

將從學校廚房拿的廢食用油使用濾網過濾，以去除油炸後殘餘的固體物。

2.裝瓶：

將過濾後的兩種油體，以寶特瓶為容器分別裝瓶，以利實驗的使用及存放。

〈二〉測定廢食用油及新鮮大豆油之酸價 (圖2)

1.儀器：電子天秤、錐形瓶、滴定管、移液管。

2.藥品：95% 乙醇、0.1M KOH、酚酞指示劑。

3.步驟：(a)精秤廚餘廢油及大豆油的油脂10g置入於錐形瓶中。

(b)加入25ml的95%乙醇，攪拌溶解。

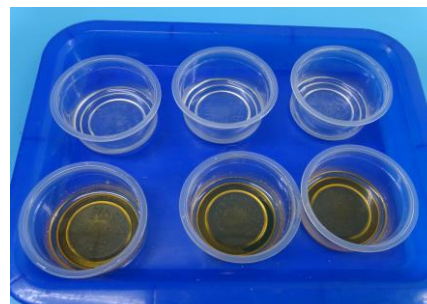
(c)加入10ml的酚酞。

(d)以0.1M KOH溶液滴定之，顏色由無色變為紅色即為滴定終點。

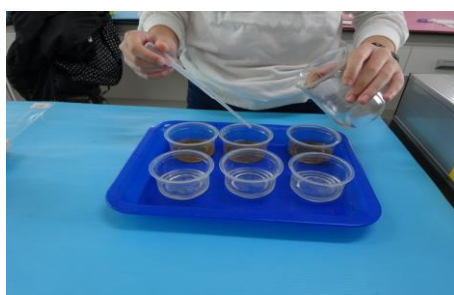
4.計算酸價： $= V \times M \times 56 \div S$ [M：KOH濃度 V：滴定用去0.1M KOH之毫升數(ml) S：樣品重(g)]。



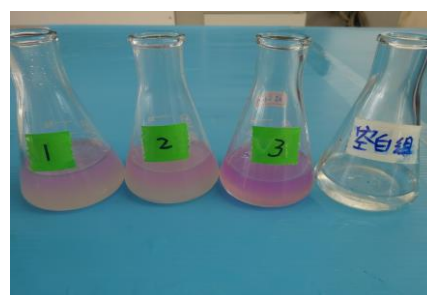
A. 實驗儀器及藥品



B. 實驗對象



C. 檢測液滴定前為淡黃色



D. 檢測液滴定後為紫色

圖2.油脂的酸價測定實驗情形(A~D)

三、生質柴油之提煉

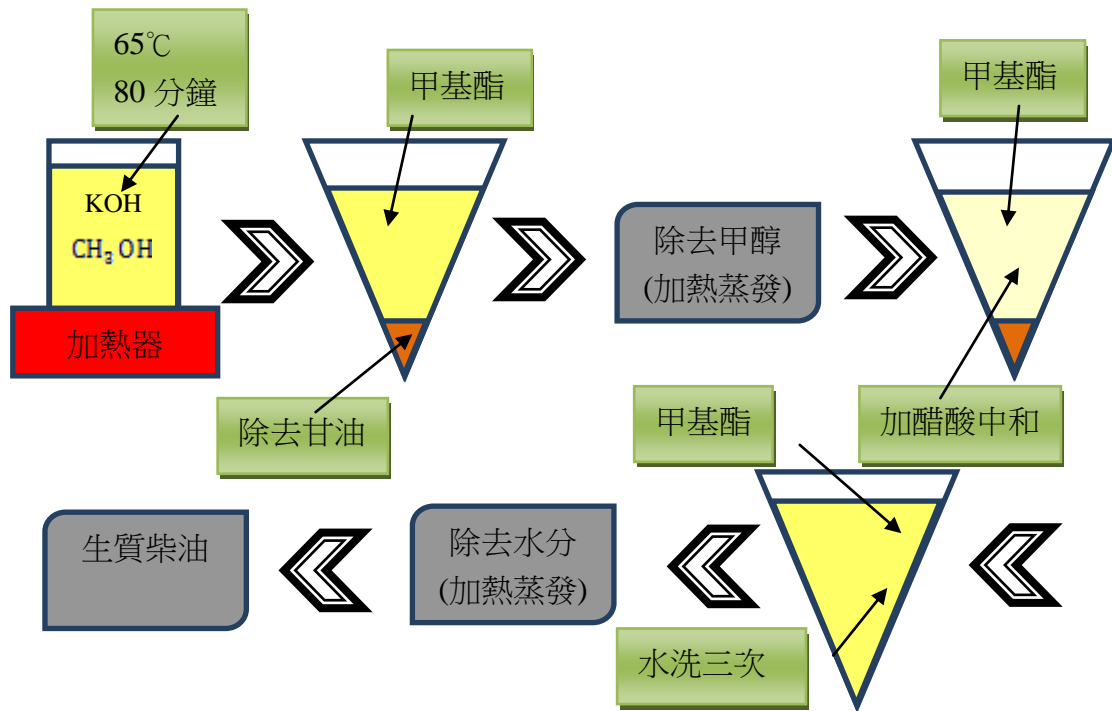
〈一〉生質柴油製程反應條件設定

- 1.反應時間設定：(a)60min. (b)70min. (c)80min.
- 2.反應溫度設定：(a)55°C (b)65°C (c)75°C
- 3.KOH催化劑用量(重量)設定：(分子量KOH=56)
 - (a)油脂的0.30% + 酸價計量(油脂重×酸價×10⁻³)
 - (b)油脂的0.40% + 酸價計量(油脂重×酸價×10⁻³)
 - (c)油脂的0.50% + 酸價計量(油脂重×酸價×10⁻³)
- 4.甲醇用量(重量)設定：
 - (a)油脂重量的15%
 - (b)油脂重量的20%
 - (c)油脂重量的25%

〈二〉生質柴油製程原料及藥品準備

- 1.廚餘廢油油脂：150g
大豆油油脂：150g
- 2.廢食用油油脂酸價經測定為：2.5 mgKOH/g
大豆油油脂酸價經測定為：1.5 mgKOH/g
- 3.KOH用量：(a)0.3%(b)0.4%(c)0.5%
廢食用油
 - (a)0.3%用量：油脂的0.30% + 酸價計量： $150 \times 0.30\% + 150 \times 2.5 \times 10^{-3} = 0.825\text{g}$
 - (b)0.4%用量：油脂的0.40% + 酸價計量： $150 \times 0.40\% + 150 \times 2.5 \times 10^{-3} = 0.975\text{g}$
 - (c)0.5%用量：油脂的0.50% + 酸價計量： $150 \times 0.50\% + 150 \times 2.5 \times 10^{-3} = 1.125\text{g}$新鮮大豆油
 - (a)0.3%用量：油脂的0.30% + 酸價計量： $150 \times 0.30\% + 150 \times 1.5 \times 10^{-3} = 0.675\text{g}$
 - (b)0.4%用量：油脂的0.40% + 酸價計量： $150 \times 0.40\% + 150 \times 1.5 \times 10^{-3} = 0.825\text{g}$
 - (c)0.5%用量：油脂的0.50% + 酸價計量： $150 \times 0.50\% + 150 \times 1.5 \times 10^{-3} = 0.975\text{g}$
- 4.甲醇用量(15%、20%、25%)：
 - (a)油脂重量的15% = $150 \times 15\% = 22.50\text{g}$
 - (b)油脂重量的20% = $150 \times 20\% = 30.00\text{g}$
 - (c)油脂重量的25% = $150 \times 25\% = 37.50\text{g}$

〈三〉製造流程

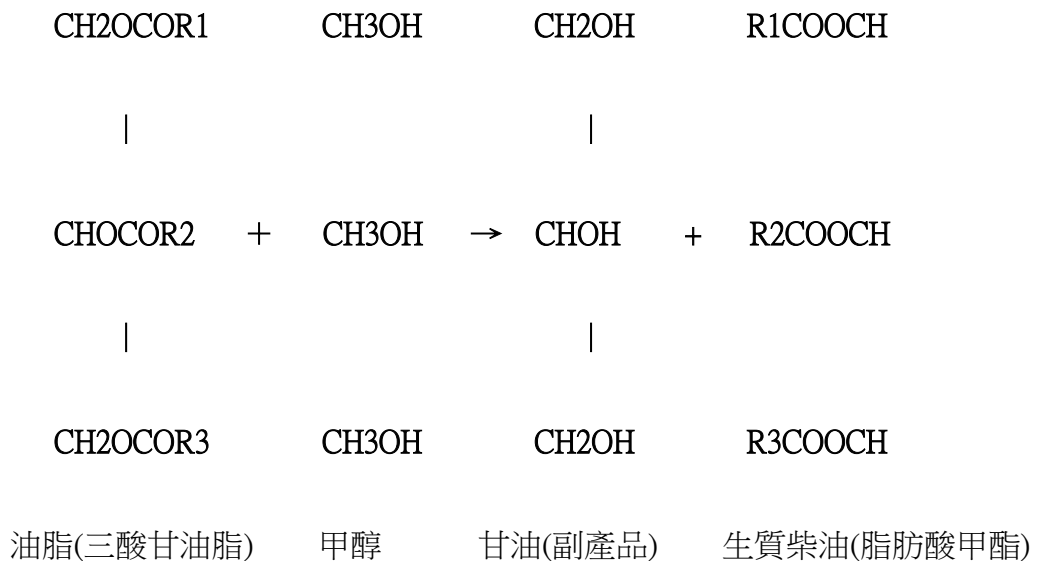


生質柴油之提煉原理

由鹼製程以提煉生質柴油之原理將油脂和甲醇混合，加入催化劑

(如：氫氧化鉀、硫酸等)，經轉酯化反應即生成生質柴油。

反應式：













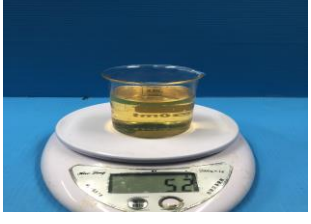

| | | |
|---|---|---|
|  <p>A. 準備藥品</p> |  <p>B. 磨製和測量KOH</p> |  <p>C. 加入油脂、甲醇及KOH等原料</p> |
|  <p>D. 以水浴加熱溫度保持 65°C 反應80min.</p> |  <p>E. 靜置30min. 分為兩層</p> |  <p>F. 卸去下層之甘油</p> |
|  <p>G. 以醋酸中和KOH</p> |  <p>H. 副產品—甘油</p> |  <p>I. 連續水洗三次</p> |
|  <p>J. 加熱使水蒸發</p> |  <p>K. 成品稱重</p> |  <p>L. 生質柴油</p> |

圖3. 生質柴油鹼製程轉酯化製造流程

(二) 操作程序

1. 甲醇(CH₃OH)、氫氧化鉀(KOH)在室溫下攪拌均勻使完全溶解。
2. 將廢食用油油脂過濾除去雜物後，置入雙頸圓底燒瓶中，再倒入已溶解的甲醇及氫氧化鉀溶液。
3. 以溫控式定溫電磁加熱攪拌器加熱80分鐘，溫度保持65°C。
4. 加熱後倒入分液漏斗並靜置30分鐘再卸去下層的甘油保留上層的生質柴油。
5. 將粗生質柴油放在水浴中，溫度設定55~60°C，以磁石連續攪拌，將甲醇餾出。
6. 加入適量醋酸及水混合攪拌後倒入分液漏斗中靜置30分鐘，將轉酯化中多餘的氫氧化鉀中和後，卸去下層水層。
7. 加入水(約料源重的55%)混合，攪拌後靜置30分鐘，卸下層水層；重複實驗3~5次。
8. 加熱至100°C約30分鐘，生質柴油中的水分完全蒸發後，即為生質柴油產品。
9. 改變溫度(55°C及75°C)、反應時間(60及70分鐘)、催化劑對油質用量(0.40%及0.50%)及甲醇用量(15%及25%)，依上列1~8步驟操作，可得不同轉化率的產品，藉以研究出最佳產率之組合配方。
10. 對照組：改以新鮮大豆油，依上列1~9步驟操作。

伍、研究結果

一、酸價分析

表1.廢食用油與大豆油之酸價

| 料源 | 廢食用油(實驗組) | 大豆油(對照組) |
|-------------|-----------|----------|
| 實驗項目 | | |
| 酸價(mgKOH/g) | 2.5 | 1.5 |

| | | |
|----|-----|-----|
| 色層 | 粉紫色 | 粉紫色 |
|----|-----|-----|

二、最佳反應條件之研究

〈一〉以溫度為操縱變因之分析

表2.以溫度為操縱變因之分析結果：以65°C 產率最高

| 料源 | 廢食用油 | | |
|-------------------------|-----------|------------|-----------|
| 實驗次數 | 一 | 二 | 三 |
| 實驗項目 | | | |
| 反應溫度(°C) | 55 | 65 | 75 |
| 料源重量(g) | 150 | 150 | 150 |
| KOH用量(g) | 150×0.3% | 150×0.3% | 150×0.3% |
| CH ₃ OH用量(g) | 150×20% | 150×20% | 150×20% |
| 反應時間(min) | 80 | 80 | 80 |
| 產品重(g) | 132 | 135 | 127.5 |
| 產率(%) | 88 | 90 | 85 |

〈二〉以反應時間為操縱變因之分析

表3：以反應時間為操縱變因之分析結果：以80min.產率最高

| 料源 | 廢食用油 | | |
|-------------------------|-----------|-----------|------------|
| 實驗次數 | 一 | 二 | 三 |
| 實驗項目 | | | |
| 反應溫度(°C) | 65 | 65 | 65 |
| 料源重量(g) | 150 | 150 | 150 |
| KOH用量(g) | 150×0.3% | 150×0.3% | 150×0.3% |
| CH ₃ OH用量(g) | 150×20% | 150×20% | 150×20% |
| 反應時間(min) | 60 | 70 | 80 |
| 產品重(g) | 130.5 | 133.5 | 138 |
| 產率(%) | 87 | 89 | 92 |

〈三〉以**甲醇(CH₃OH)**用量為操縱變因之分析

表4：以**甲醇**為操縱變因之分析結果：以**油脂重量**的**20%**產率最高

| 料源 | 廢食用油 | | |
|------------------------------|----------------|----------------|----------------|
| 實驗次數 | 一 | 二 | 三 |
| 反應溫度(°C) | 65 | 65 | 65 |
| 料源重量(g) | 150 | 150 | 150 |
| KOH用量(g) | 150×0.3% | 150×0.3% | 150×0.3% |
| CH₃OH用量(g) | 150×15% | 150×20% | 150×25% |
| 反應時間(min) | 80 | 80 | 80 |
| 產品重(g) | 135 | 138 | 133.5 |
| 產率(%) | 90 | 92 | 89 |

〈四〉以**氫氧化鉀(KOH)**用量→**催化劑**為操縱變因之分析

表5：以**氫氧化鉀**用量為操縱變因之分析結果：以**油脂重量**的**0.3%**產率最高

| 料源 | 廢食用油 | | |
|-------------------------|-----------------|-----------------|-----------------|
| 實驗次數 | 一 | 二 | 三 |
| 反應溫度(°C) | 65 | 65 | 65 |
| 料源重量(g) | 150 | 150 | 150 |
| KOH用量(g) | 150×0.3% | 150×0.4% | 150×0.5% |
| CH ₃ OH用量(g) | 150×20% | 150×20% | 150×20% |
| 反應時間(min) | 80 | 80 | 80 |
| 產品重(g) | 139.5 | 135 | 136.5 |
| 產率(%) | 93 | 90 | 91 |

由上述表 2 到 5 得知生產生質柴油之**最佳條件**為：

甲醇用量(原料重量×20%)、氫氧化鉀用量(原料重量×0.3%)、溫度(65°C)、
反應時間(80min.)，**生質柴油之產率可達 93%**。

對照組(新鮮大豆油)依最佳條件操作，**生質柴油之產率可達 96%**。

陸、討論

一、分析與發現

〈一〉廢食用油

廚餘廢油本身的品質不高，放久有可能會酸化，所以在做實驗前要先利用鹼類將其中和，以去除油脂因為長期曝露或存放在光照之下所產出的脂肪酸(脂肪酸不能夠製成生質柴油)，處理過程需先將脂肪酸轉化中和，如果廢食用油的來源複雜 必須先將固體物過濾掉。

〈二〉副產品：甘油

雖然本次實驗中在實驗室裡並沒有利用到，可是在商場上，甘油可用來製作為潤滑劑或是化妝品的基礎原料，但是就會增加處理廚餘的成本，因此製造生質材油的成本會相較的高，反而引不起商人的興趣，若是找到了解決的辦法，不僅能夠多加利用生質柴油，就連實驗所產生的副產品都可以利用在日常生活中，甚至是開發新產品，這樣可以減少其成本，也可以增加獲利。

二、反應條件的討論

〈一〉氫氧化鉀

油脂一般加鹼是皂化反應，如果油脂的量和氫氧化鉀的量成一定比例時，就能夠製造肥皂，但由於製作生質柴油是轉脂化反應，鹼的角色是當催化劑，如果過多的話，油脂來不及轉化成生質柴油時就會形成肥皂，便無法得到液體生質柴油的產品，反之，若是氫氧化鉀的量太少的話，反應速率及催化效果會不佳，因此時間必須延長，但是時間的增長，相對的，便會造成生產成本及人力資源增加。

〈二〉反應溫度

溫度越高，反應速率越快，可是當提高溫度的同時，電力也會提高，因此鍋爐所承受的壓力也會增加，製造成本也隨著增加。

〈三〉甲醇

實驗中剩餘的甲醇經過冷卻，可以回收再利用，就可以減少實驗成本。

柒、結論

由廢食用油可提煉生質柴油，且有助於改善廚餘廢油所造成的汙染及食安問題，並可提高經濟效益；在這個有限資源日漸枯竭的時代，因為人類無止盡的消耗，而使環保能源越來越稀少，目前國內的生質柴油雖然停產，可是利用生質柴油來減緩未來的五、六十年的石化能源耗盡危機，勢必還是得面臨使用廢棄的油脂作為生產料源的情形，若有效利用廢食用油的優點，以用其來製造生質能源，將大幅的改善環境汙染問題。經由此次的實驗得知，雖然生質柴油的產量不盡理想，但卻能夠改善因為廢棄油亂倒所引發的水汙染問題，不僅讓我們實踐節能減碳，並且生質柴油的生產成本低，也為我們帶來了極具發展空間的經濟效益，一舉數得。

捌、參考資料

- 一、國中自然與生活科技，第四冊第一章，原子與化學反應，康軒出版社。
- 二、高中基礎化學，2017，龍騰書局出版，台北縣。
- 三、生質柴油，綠色能源，2004，化學工業出版社。
- 四、國立台北科技大學 化學工程與生物科技系 陳奕宏 教授