

# 中華民國第 51 屆中小學科學展覽會

## 作品說明書

---

高職組 化工、衛工及環工科

佳作

最佳團隊合作獎

091102

藻你成柴—藻類生質柴油之製備

學校名稱：國立員林崇實高級工業職業學校

作者：	指導老師：
職二 黃柏源	張家銘
職二 張雅婷	歐秉原
職二 賴璟源	

關鍵詞：藻、生質柴油、冷凍乾燥

## 摘要

中文摘要：藻類具有很高之營養與經濟價值。台灣不論在海水或淡水水域中皆有豐富之藻類資源，尤其在日常生活中的家庭廢水所導致的水質優養化，經由許多的實驗與參考其他的文獻發現大多的藻類所含的油脂量高。本研究主要探討水綿（*Spirogyra*）與生活常見的大藻做其乾燥、過濾、萃取、分析、測試，知其PICG與加油站的柴油略同。

## 壹、研究動機

於1760年工業革命後，石油量需求日益增大，在開發中國家大量使用石油的狀況下(其使用量如表一)，導致今日石油價格飆漲居高不下，位於新生地的台灣，一年的採油量不到一天汽車的供應量，以至於台灣積極發展再生能源，使我們對再生能源印象深刻。在讀地球科學時，發現因水質優養化的藻類滋生導致河川湖泊死亡，使我們也想為地球盡一份心力，來響應全球能源缺乏的問題，於是我們決定自己動手做。在參考各種不同的論文、資料、典章後，我們便著手進行我們的實驗，以大豆油、生質柴油與加油站的油之轉換率做比較，求得其效益比。

原料	可開採量	每年使用量	可開採到
石油	1×桶	2.5×桶	2040 年
煤	9.8×百萬噸	4×百萬噸	2245 年
天然氣	1.56×立方公尺	2.4×立方公尺	2065年

表一

## 貳、研究目的

- 一、利用藻類來提煉生質柴油,來達到節能減碳的目的。
- 二、探討藻類的油脂含量。
- 三、探討生質油的轉換率。
- 四、如何將工廠的廢氣導入水中使藻類大量繁殖，又如何將藻類大量轉化成油脂。

### 叁、研究設備及器材

#### 一、儀器

項目	數量	項目	數量
溫度計	1 支	加熱器	1 台
GC/MS	1 台	冷凍乾燥機	1 台
滴定管	1 支	滴管	2 支
燒杯(100 毫升)	2 個	燒杯(1000 毫升)	1 個
錐形瓶(250 毫升)	2 個	血清瓶(2000 毫升)	1 個

表二

#### 二、藥品

藥品	數量	藥品	數量
氫氧化鈉(粉狀)	5 克	甲醇	220 毫升
大豆油	1000 毫升	正己烷	1000 毫升
無水硫酸鈉	10 克	營養鹽	1000 毫升
加油站的柴油	1000 毫升		

表三

大豆油的理化常數：

相對密度 (d<sub>20</sub><sup>4</sup>) 0.9150 - 0.9375

折光指數 (n<sub>20</sub><sup>D</sup>) 1.4735 - 1.4775

粘度 (E<sub>20</sub>) 8.5 左右

凝固點 (°C) -18~-15

碘值 (g 碘/100g 油) 120 - 137

皂化值 (mgKOH/g 油) 188 - 195

總脂肪酸含量 (%) 94.96

脂肪酸平均分子量 290 左右

脂肪酸組成

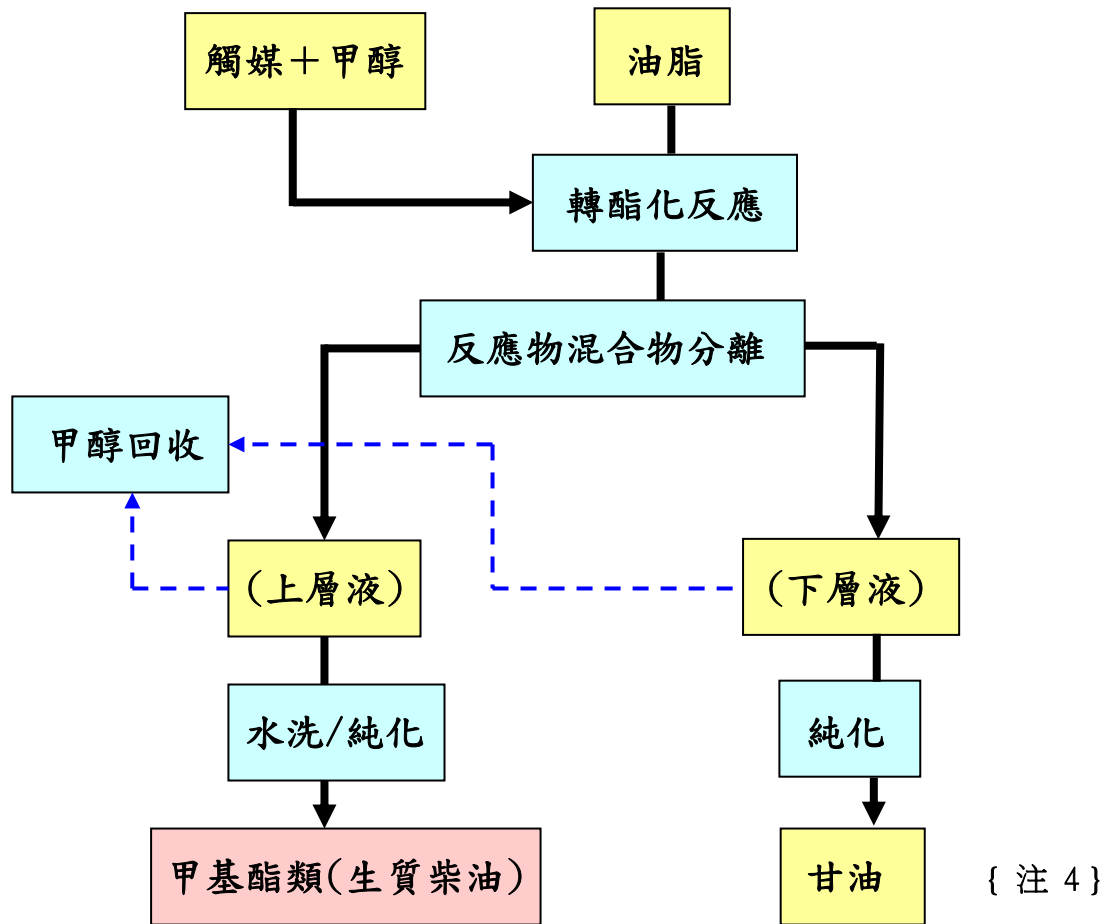
成分	含量(%)	成分	含量(%)
棕櫚酸	6 - 8	油酸	25 - 36
硬脂酸	3 - 5	亞油酸	52 - 65
花生酸	0.1 - 0.4	亞麻酸	2.0 - 3.0

表四

{ 注 3 }

## 肆、研究過程或方法

### 一、生質柴油製作流程圖



### 二、實驗裝置

#### (一) 冷凍乾燥機



圖一



圖二

## (二)濾水裝置



圖三

## (三)氣相層析質譜分析儀(GC-MS)

(Gas Chromatography-Mass Spectrophotometer)



圖四

氣相層析儀是分析揮發性或半揮發性有機化合物之最適當儀器。將待測成份直接注入層吸管柱或注入注射部經加熱揮發進入層吸管柱後，管柱以恆溫加熱或以程式控制加熱，則各成份依其熱力學性質(化合物在層析溫度之蒸氣壓及對固定相之選擇性)之不同而固定相及移動相(即載行氣體)中有不同之分佈，載行氣體攜帶化合物之蒸氣通過層析管，並依其蒸氣壓之不同即對固定相之選擇性不同而得以

分離不同之成份。{ 注 1 }

### 三、實驗步驟與過程

#### (一)實驗一：

- 1.取 5 克的氫氧化鈉，置入 220 毫升的甲醇(將錐形瓶傾斜慢慢放入，勿搖動)
- 2.取大豆油 1000 毫升，加熱至 60℃。
- 3.將第 1 步驟的混合液體倒入步驟 2。
- 4.搖晃 5 分鐘至混合，再靜置 4~9 小時，放置越久分層越明顯，其生質柴油量越多。
- 5.取出上層液(生質柴油)。



圖五

6.取出 50 毫升生質柴油。

7.滴管內加入無水硫酸鈉 10 克，將 50 毫升生質柴油倒入，至過濾完畢。



圖六



(二)實驗二：

- 1.將藻類冷凍乾燥(約 3 - 4 日)。
- 2.將乾燥後的藻類加入一公升的正己烷，浸置 3 - 4 日，將會分上下兩層。



圖七

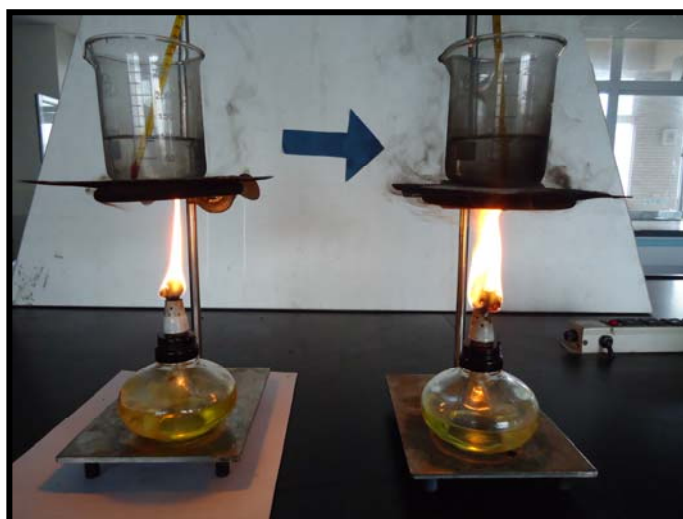
- 3.取上層液(藻油)。
- 4.取 5 克的氫氧化鈉，置入 220 毫升的甲醇(將錐形瓶傾斜慢慢放入，勿搖動)。
- 5.取藻油 1000 毫升，加熱至 60°C。
- 6.將第 4 步驟的混合液體倒入步驟 5。
- 7.搖晃 5 分鐘至混合，再靜置 4~9 小時，放置越久分層越明顯，其生質柴油量越多。
- 8.取出上層液(生質柴油)。
- 9.取出 50 毫升生質柴油。
- 10.滴管內加入無水硫酸鈉 10 克，將 50 毫升生質柴油倒入，至過濾完畢。
- 11.將過濾完的無水生質柴油打入 GC-MS 分析，其 PICG 與加油站的柴油值會大約相同。

(三)實驗三：

1.將加油站柴油與自製生質柴油做燃燒試驗



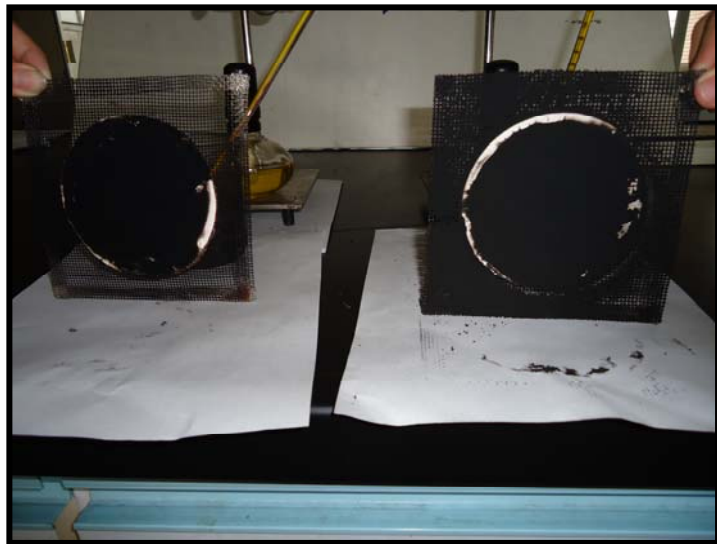
圖八 溫度測定 (左 自製生質柴油/右 加油站柴油)



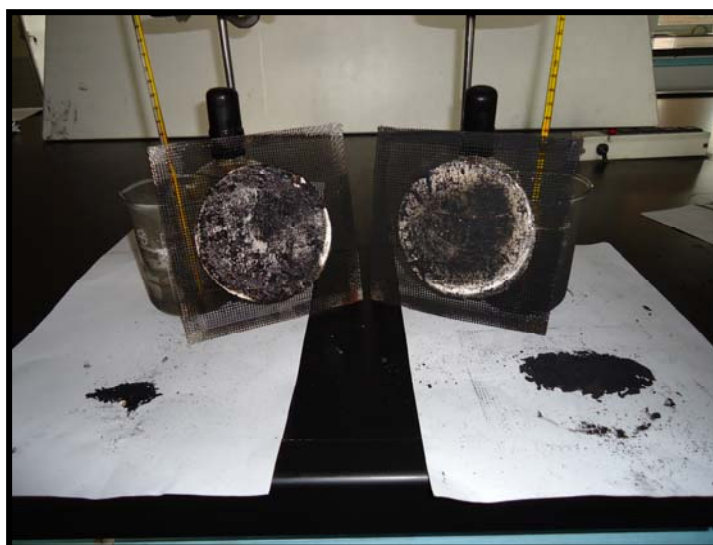
圖九 黑煙比較 (左 自製生質柴油/右 加油站柴油)



圖十 燒後陶瓷纖維網 (左 自製生質柴油/右 加油站柴油)



圖十一 燒後陶瓷纖維網 (左 自製生質柴油/右 加油站柴油)

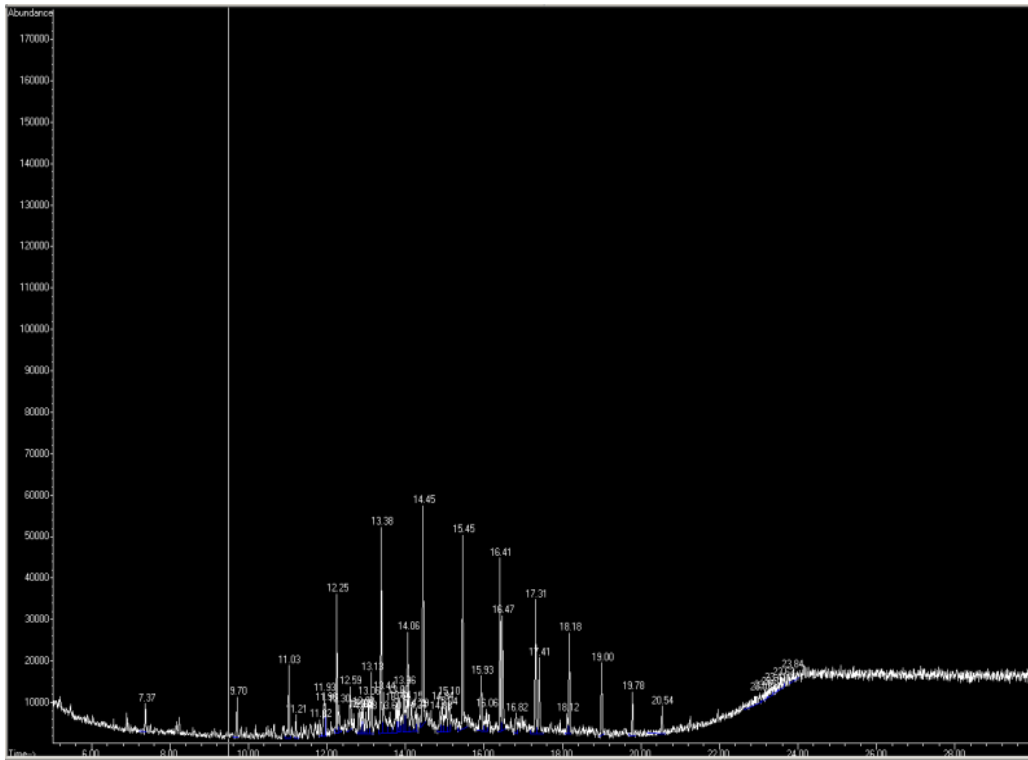


圖十二 碳含量比較 (左 自製生質柴油/右 加油站柴油)

## 伍、研究結果

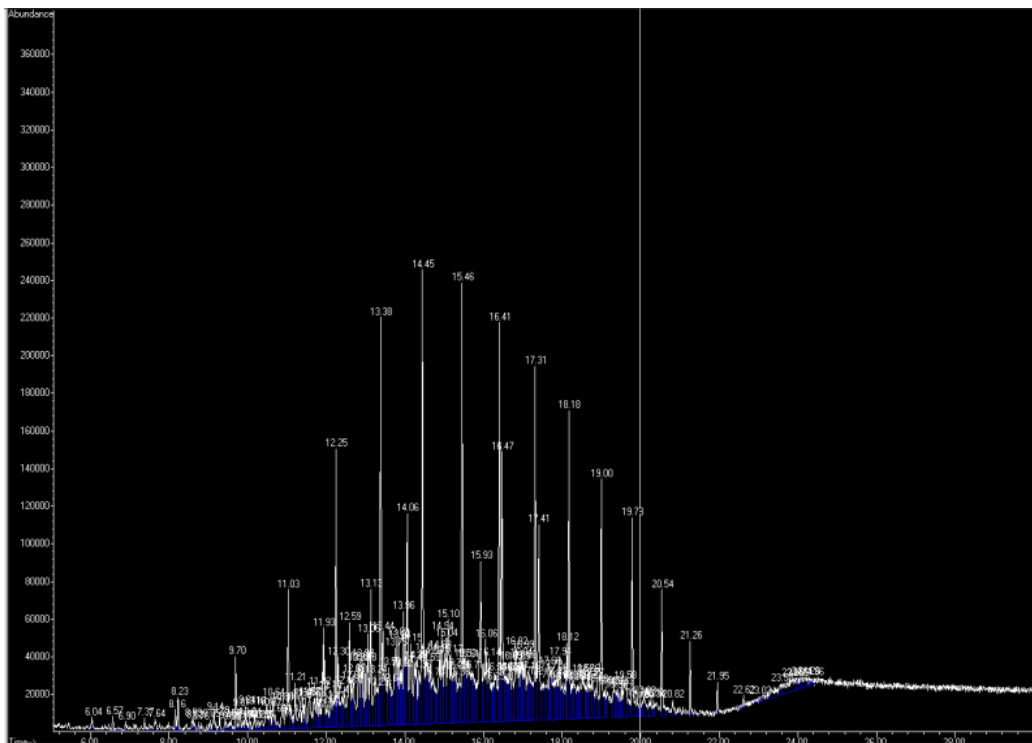
### 一、加油站柴油比較生質柴油

#### (一)生質柴油圖譜



圖八

#### (二)柴油圖譜



圖九

由 GC/MS 分析結果得知，生質柴油含的雜質量(有機物)較少，而加油站的柴油則高出自製柴油的雜質量(有機物)高於 4 倍之多，兩者的比例在經由配置後以 95% 加油站柴油、5% 生質柴油可使除草機產生較大的效益，在此時如果想反過來，則機器可能因生質柴油純度太高而燒毀。

## 二、加油站柴油與自製生質柴油燃燒試驗

1. 將兩種油做燃燒比較，從結果得知加油站柴油的黑煙量比自製生質柴油量多，而從溫度計上比較兩者溫度，知道加油站柴油單位時間所上升的溫度約比自製生質柴油高 5 °C，也以此差距，燃燒加油站柴油的溫度大多滯留在 70°C，而自製生質柴油大多滯留在 65°C。
2. 兩者燃燒完後，將陶瓷纖維網上的黑碳取下，秤重而得知加油站柴油的碳粉量多於自製生質柴油。

由以上得知，加油站柴油的單位熱量雖比自製生質柴油高，但是加油站柴油的污染卻比自製生質柴油嚴重許多，由此知曉加油站柴油與自製生質柴油的優劣。

## 三、化石柴油、生質柴油性質比較

項目	生質柴油	化石柴油
來源	係由動植物(如大豆、油菜、向日葵、棕櫚等)以及回收食用油，經過轉酯化反應、中和、水洗及蒸餾等轉換技術所生產出來的油品。	生物屍體堆積、分解後，經壓力和地熱作用，轉化為石油和天然氣，石油經分餾後可產生化石柴油。
含氧量	16~18C 的酯類，含氧量達 11%，可提升燃燒、點火性能，且抗震爆性較佳，對於排放黑煙有顯著的改效果。	16~18C 的烷類，多數原油中含有重量 82~87% 的碳及 12~15% 的氫，含氧量低，燃燒性能較差。
環保性	無毒性，具生物可分解、健康環保性能。不含芳香烴類、硫、鉛、鹵素等有害物質，碳氫、碳氧化物及 SO <sub>2</sub> 排放量少。	石油裂解氣和石油廢氣的主要成分為氫、甲烷、丁烷、乙烯、丙烯等，也產生一氧化碳(CO)及氮氧化物(NO <sub>x</sub> )。
安全性	閃火點>170°C，安全性高，利於儲存。	閃火點>52°C，易著火，安全性較低。
熱值	9800 kcal/kg，與化石柴油相近，可直接使用於目前的柴油引擎。	10,930 kcal/kg，略高於生質柴油。
其他	潤滑方面具有顯著改善效果，可作為降低柴油硫、磷成分後之潤滑改善添加劑降低。	-

表五 { 注 4 }

## 陸、討論

- 一、藻：我們可將工廠和家庭所排放出的廢水、廢氣導入水池中來養殖藻類，一來可以將廢氣和廢水除理掉，二來可以將藻類轉換成有用的資源—生質柴油，雖然此方法養出來的藻類比純藻所含的油量少，但是因為純藻不易培養，而且造成的水質優養化大多屬於大藻，故選與生活常見的大藻(水綿 (*Spirogyra*))來做生質柴油。
- 二、乾燥：有冷凍乾燥和熱乾燥，冷凍乾燥的速度較慢，但是比較不易使藻類變質，而熱乾燥的速度雖然較快但是容易使藻類變質，所以我們選用冷凍乾燥。
- 三、萃取溶劑：有正己烷、氯仿、辛烷、壬烷，但由於氯仿有毒，辛烷、壬烷則較不易完全揮發易殘留，而正己烷與水不互溶，且可溶出油，所以我們使用正己烷（為直鏈碳氫化合物，經由原油裂解(cracking of crude oil)及分餾而得。正己烷為無色具汽油味有揮發性的液體，分子式 $C_6H_{14}$ ，分子量為86.2公克／莫耳，熔點(MP)為 $95^{\circ}C$ ，沸點為 $68.95^{\circ}C$ ，化學文摘社號碼(Chemical Abstract Service number，簡稱CASNo.)為110-54-3、蒸氣密度(vapor density)為2.97（空氣=1），其他物理化學特性。正己烷為有機溶劑，有良好的黏性，常用於橡膠食品、製藥、香水、製鞋、膠帶製球、研磨(grinding)、皮革、紡織、傢俱、油漆工業、或為稀釋、或為清潔溶劑、或為黏膠。另外可為萃取種籽油(seed-oil)時之溶劑(如大豆油、棉籽油、亞麻子油(flax)、紅花籽油(safflower)等；亦可為製造聚合物之原料；如聚丙烯(polypropylene)、聚乙烯 (polyethylene)。正己烷之神經毒性至1980年代方漸漸知曉，短時高濃度如在5,000ppm環境中十分鐘即會產生上呼吸道刺激、頭暈、神智昏亂，1,500ppm時會有麻痺(narcosis)、頭痛、欲嘔的現象；長期（六個月）暴露在100-190ppm環境中，可能造成多發性末梢神經病變，所以美國已將正己烷之作業空氣中容許濃度值由500ppm 50ppm(180mg/m<sup>3</sup>)，我國1985年訂定之時量平均容許濃度(TWA)也為50ppm。) {注 2}
- 四、加熱：在做了許多實驗後，大部分的植物油在過了一個溫度，會使其雙鍵斷裂，而會使實驗有所誤差，所以我們用加熱板使達一定的溫度。
- 五、濾水：在本實驗中，因為要以精確的數據，所以使用費時的滴管過濾，則過濾速快的 G1 漏斗覆蓋上硫酸鈉粉末，可能會導致濾水不完全，而使實驗有誤差，故選用較保守的滴管過濾。
- 六、比例：在多次的調配下，以 95 加油站柴油比 5 生質柴油能產生最佳的效率，但是各國油的 PICG 可能有所不同，所以要另作比例上的試驗。

## 柒、結論

- 一、在要將提煉出來的藻油轉換成生質柴油時，需加熱至 60°C，此時的溫度是使油轉換成甲基酯類跟甘油的量較多，若溫度高於 60°C 太多，則可能使油被裂解，而裂解後的油可能無法進行生質柴油的製作。
- 二、將提煉出來的藻油，以強鹼氫氧化鈉來當作催化鹼是最合適的，但加入強鹼可能會使藻油完全皂化，而無法使藻油分解成甘油和甲基酯類(生質柴油)，在許多比較下以「5g 氫氧化鈉和 220mL 甲醇」的混合液當作催化鹼，能使生質柴油的產量最大。
- 三、將加入氫氧化鈉和甲醇之混合液的藻油，放置 4 - 9 小時，放置的時間越久，分層越明顯，其產率也越高。
- 四、其乾燥方式，以冷凍乾燥，因為能保存藻類所含有的成分，不會因為溫度太高使之裂解而破壞其成分，其乾燥時間約 3 - 4 日最佳。
- 五、萃取油脂以正己烷，可使產量最大且不會有殘留物，因為其揮發性高，但其具有劇毒須在抽氣櫃中進行，在約 3 - 4 天後，等正己烷全都揮發完後，只會剩下藻油及水。
- 六、從 GC/MS 得知，自製的生質柴油所含的有機物比加油站的柴油還要少，所以純度大概與 98、95 的無鉛汽油差不多，所以在使用時不能只用純的生質柴油，否則柴油機可能會燒毀。
- 七、從生質柴油與加油站柴油的調配中得知，生質柴油的好壞是影響整體的互溶性，而比例則是次之。
- 八、由燃燒試驗得知，生質柴油對環境污染性小於加油站柴油，這將是解決現今石油缺乏與降低加油站柴油對環境上所造成的汙染。
- 九、在本實驗中，不僅可以解決家庭和工廠排放的廢水所造成的優養化，還可以將藻類轉換成生質柴油，是在使用一種再生能源，不但符合經濟效益，同時也降低了對環境的污染性，是一種有效替代石化燃料的新能源，而且使用生質柴油也可以減緩地球的溫室效應，因此生質能是兼具許多附加價值的新時代能源。

## 捌、參考資料及其他

- 注 1 知識家 <http://tw.knowledge.yahoo.com/question/question?gid=1009071702205>
- 注 2 台北榮總 葛謹醫師 <http://www.pcc.vghtpe.gov.tw/old/docms/30601.htm>
- 注 3 維基百科 <http://zh.wikipedia.org/zh-tw/%E5%A4%A7%E8%B1%86%E6%B2%B9>
- 注 4 黃文鑑教授 綠色能源-生質柴油 (P.4 生質柴油與化石柴油之比較、P.5 產油原理)  
王姿月－逢甲大學環境工程與科學學系碩士論文 P.7 影響藻類生長因素



## 【評語】 091102

1. 實驗過程能有效分工，頗能發揮團隊合作精神。
2. 研究結果、討論展現方式及深度可再繼續加強。