

臺灣二〇〇八年國際科學展覽會

科 別：化學

作品名稱：微波加速轉酯化生成生質柴油實驗與結果分析

得獎獎項：佳作

學校 / 作者：彰化縣私立精誠高級中學 柯秉鎔

Introduction



My name is Bing-Chun Ke and I am an eighteen-year-old student in senior high school. I am from a well-to-do family and my parents have inspired me interested in Science by means of reading. Also, I usually watch the SCIENCE channel with my curious mother. Bing-Chun Ke finds the beauty of science and I am eager to control my boat in the river of knowledge. I would like to dig my favorite knowledge by my own around the perfect world. Actually, Chemistry leads me to think anything of and furthermore, I am able to search the solution to my problem in Chemistry. I make efforts to keep my work well done because I realize that I may own nearly one chance to create my painting of life. The sentence I believe in that “Never regret your making choice you had made. That is me, a person in Science world!

目 錄

壹、中英文摘要.....	page4~5
貳、研究動機與目的.....	page6
參、研究器材設備及藥品.....	page6~7
肆、專有名詞解釋及介紹	page8~9
伍、研究方法或過程.....	page10~14
陸、研究結果.....	page15~27
柒、研究討論.....	page28~34
捌、研究結論.....	page34~35
玖、參考文獻.....	page35~36
拾、附件.....	page37~39

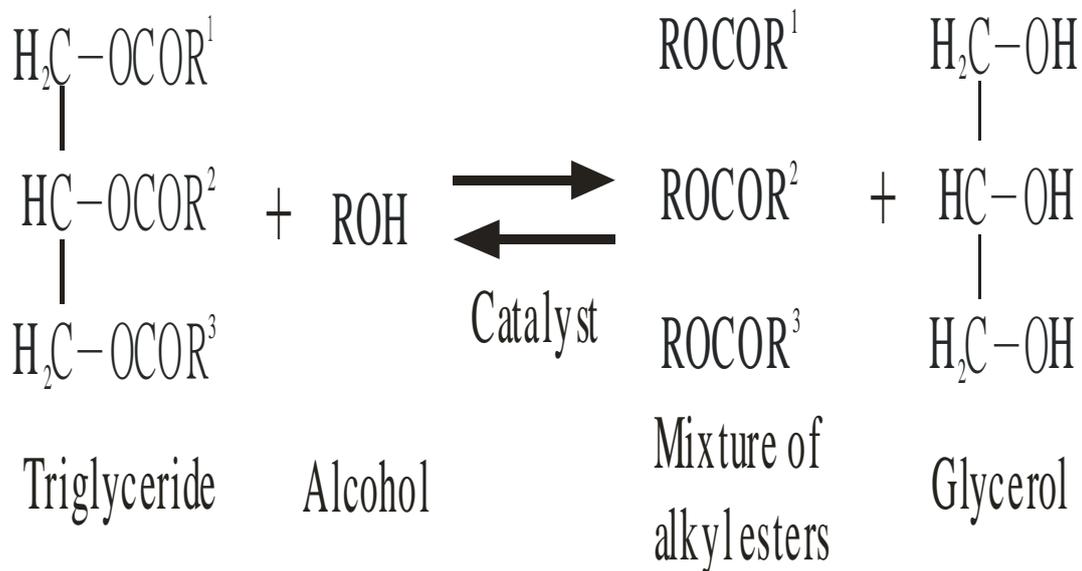
摘 要

因國際原油價格上漲，因此對研究及發展具潛力的生質柴油引起高度興趣。

傳統以加熱方式在適當觸媒下將低碳數醇類與油脂轉酯化生成生質柴油。但以強鹼為觸媒使用過量會讓部分反應轉為皂化。而利用微波，使微波腔在極短的時間內產生電場，使具有電偶極的分子朝向電場方向迅速排列而產生轉動，快速地增加分子間的碰撞頻率而加速反應，但不破壞分子結構。也嘗試利用超音波來生產生質柴油。試驗方法為利用 SD-22 柴油引擎測試所生產的生質柴油，並收集廢氣檢驗，評估其污染性。

實驗後發現，微波能將一般加熱所需的 60 分鐘大幅縮短至 4 分鐘，甲醇溶液能生產較多的生質柴油。其中 1.40% 氫氧化鉀甲醇溶液且油與醇莫耳比 1：9 效果較佳。氫氧化鉀甲醇溶液 0.80% 且油與醇莫耳比 1：5 效果亦佳。製成的生質柴油能讓引擎發動，廢氣處理後經分光光度計檢驗氮氧化物，生質柴油確實能有效減少氮氧化物污染。

Transesterification Reaction of Triglyceride



(圖一)

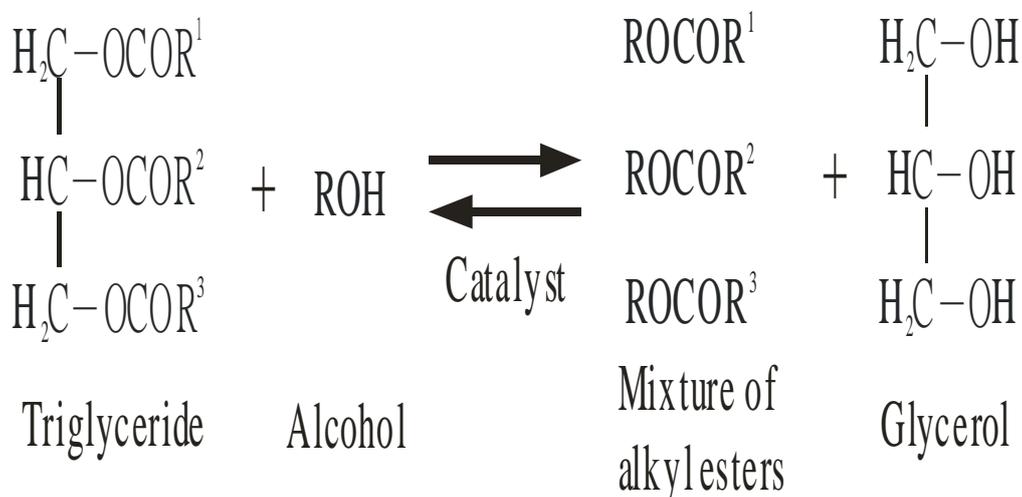
Abstract

Due to the fact that the price of international crude oil raises , people look for alternative energy resources actively. Therefore, I have great interests in doing researching and developing the biodiesel through many ways.

The traditional way is to transesterify the low carbon alcohols and fats with the suitable catalysts by means of generally heating. However, [the overuse of strong bases as catalysts may turn the experiment result into saponification reaction](#). This study made good use of the microwave to generate electric fields in the microwave cavity in an extremely short time. Owing to the effect electric fields exerted, the molecules with electric dipole momentum rearranged to rotate rapidly .Consequently, the frequency of collision among the molecules increased without destroying the molecule structures. Also, I applied SD-22 diesel engine to test the produced biodiesel and examined the collected exhaust to evaluate its pollutant.

According to the results of these experiments, the conclusion was as following: [the microwave could shorten the Transesterification reaction time from 60 minutes to 4 minutes](#). The methanol solution could produce more biodiesel than the ethanol solution. Besides, the 1.40 wt % Potassium hydroxide solution with the molar ratio of oil and methanol 1:9 had the best efficiency in producing biodiesel. On the other hand , the 0.80 wt % Sodium hydroxide solution with the molar ratio of oil and methanol 1:5 also had the great efficiency. All the biodiesel we produced enabled the diesel engine to run smoothly. The exhaust inspected from the examination of Spectrophotometer resulted that the biodiesel did [less](#) NOx pollution to the environment indeed.

Transesterification Reaction of Triglyceride



一、前言

(一) 研究動機

從媒體中得知國際原油產量銳減，造成原油價格飆漲，由此得知全球能源缺乏，當我在課本上學習到生質能是利用動植物的能源（非化石能源）做為燃料，但其轉化率較低，所以想利用各種方式來自行生產可直接利用及高轉化率的生質柴油，響應全球正源缺乏的問題，在參考各種不同的期刊、資料後，便著手進行的實驗，而經測試不同種類的油，加入不同催化鹼於醇類溶液中，在不同的條件下反應，並同時檢測驗證其產生的二氧化氮含量。

(二) 研究目的

- 一、研究甲醇與乙醇何者較適合與油脂反應。
- 二、研究最適合的轉酯化反應時間。
- 三、探討油脂與醇類於不同的比例（莫耳比）製作生質柴油。
- 四、探討催化鹼在何種濃度效果較佳。
- 五、使用 TLC 片探討反應的完整度。
- 六、探討生質柴油之水洗過程。
- 七、進行不同條件下所形成的生質柴油與一般高級柴油的互溶性。
- 八、使用不同種類的油脂進行反應。
- 九、研發縮短反應時間的微波裝置、超音波裝置。
- 十、使用最佳條件下的生質油大量生產並添加不同比例的柴油進行實際測試。
- 十一、檢測及驗證各比例生質燃料測試後所產生廢氣中的二氧化氮含量。

(三)、研究器材設備及藥品

1、器材設備：

項目	數量	項目	數量
溫度計	8 支	磁石	6 個
加熱板	5 台	冷凝管(15.00cm)	4 支
分液漏斗(100.00mL)	4 支	雙頸瓶(100.00mL)	4 個
毛細管(1.00mm)	1 罐	單頸瓶(25.00mL)	4 個
超音波震盪機	1 台	微波裝置	1 組
分光光度計	1 台		

(表一)

2、藥品：

藥品	數量	藥品	數量
CH ₃ OH (100.00%)	50 瓶	H ₃ PO _{4(aq)}	1 瓶
C ₂ H ₅ OH (95.00%)	50 瓶	台塑高級柴油	3.00 L
CH ₃ COOH _(aq) (1.00M)	2 瓶	H ₂ SO _{4 (aq)} (1.00M)	1 瓶
KOH/CH ₃ OH (0.10 ~5.00 %)	數瓶	NaOH/CH ₃ OH (0.10~5.00 %)	數瓶
乙酸乙酯：正己烷	1：6	油脂(大豆油、葵花油、橄欖油、回鍋油)	數瓶
對氨基苯磺酸	1 瓶	N-1-萘基乙二胺鹽	1 瓶

(表二)

3、配置藥品

- (1) TLC 片測試：配置不同比例的乙酸乙酯／正己烷溶液，並找出效果最明顯的比例。
(乙酸乙酯：正己烷=1：6 為最佳的莫耳比例，請參考下表)

乙酸乙酯/正己烷	1：1	1：3	1：6	1：9	1：10
正己烷/乙酸乙酯	1：1	1：3	1：6	1：9	1：10

(表三)

- (2) 加熱攪拌：取大豆油 964.00mL(884.00g，1mol)和甲醇 40.00mL(32.00g，1mol)，搭配不同比例以進行反應。(請參考下表格舉例)

莫耳比例	大豆油體積(mL)	加入甲醇溶液量(mL)	加入乙醇溶液量(mL)
1：1	48.25	2.00	3.00
1：3	48.25	6.00	9.00
1：6	48.25	12.00	18.00
1：9	48.25	18.00	27.00

(表四)

- (3) 製備顯色液(又稱紮爾茲曼試劑)：在容量瓶放入 5.00 克對氨基苯磺酸、50.00 毫克 N-1-萘基乙二胺鹽、30.00 毫克磷酸並加入去離子水稀釋至 1.00 升(加入磷酸只是爲了要製造酸性 pH 2.0 至 2.5 環境)。

(四)、專有名詞解釋及介紹

1、生質柴油：

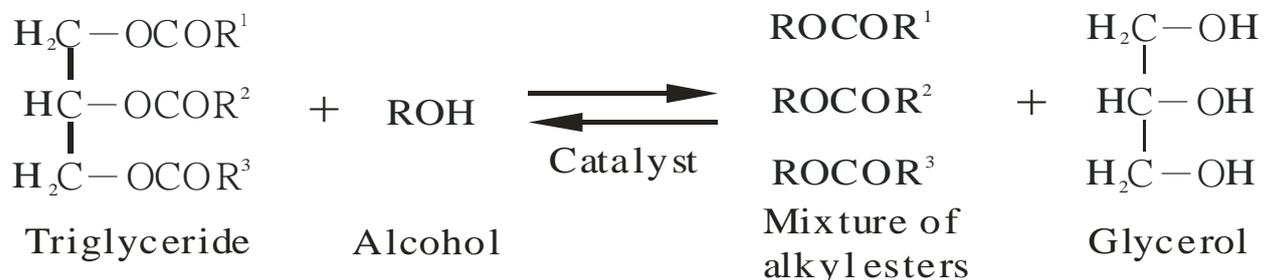
係利用各種植物油脂，諸如大豆油、玉米油、棕櫚油、或動物油脂，均可作為其燃料，植物油之係由 90.00~95.00% 的甘油酯與脂肪酸組成，配合醇類經轉酯化反應予以製造，產物為脂肪酸甲酯或乙酯及甘油，因為兩者不互溶，甘油會沉在底部，上層便是脂肪酸甲酯，再以蒸餾水除去未反應的油脂即得生質柴油，其脂肪酸甲酯的運用性質與石化柴油非常接近。其特性如下：

- (1)十六烷值較高：多可達 50 以上(高級柴油為 42~48)，十六烷值指數愈高，較易發揮引擎馬力節省能源，使燒燃更完全，排煙透視度佳，減少排煙惡臭。
- (2)閃火點高：純生質柴油閃火點平均為 150°C，而高級柴油則在 50~90°C，因此生質柴油在運輸或是管理上都較為安全。
- (3)氧含量達 11.00%(wt%)，可以促進燃燒效果，減少一氧化碳的生成。
- (4)生質柴油燃燒所產生的二氧化碳能返回生態圈，供植物吸收利用，而植物又能繼續作為生質柴油的原料，對環境而言，無二氧化碳的淨值增加，形成密封型的碳循環。
- (5)熱值約為 128000BTU/gal，略比高級柴油的 130500BTU/gal 低(1BTU/gal=每加侖能產生的 BTU 值；1BTU=252~253cal)。
- (6)殘碳量低，不易造成積碳，生質柴油與柴油混合油品經 300 小時(18000km)耐久性測試後，對引擎燃燒室積污與引擎之劣化情形無明顯差異。
- (7)在傳統高級柴油中加入生質柴油可增加引擎潤滑性。
- (8)生物分解性優良，生質柴油平均在 28 天內能 95.00% 完成分解，高級柴油在 28 天內只能完成分解 40.00%。

2、轉酯化與皂化反應：

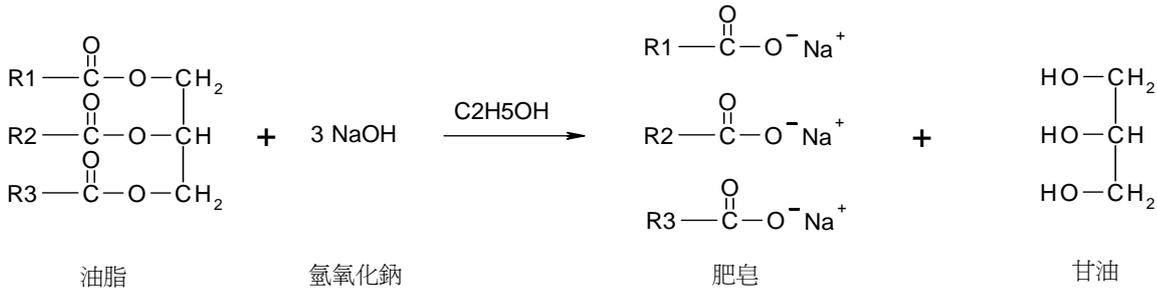
工業上幾乎都是以鹼催化的轉酯化反應來製造生質柴油，因為鹼催化的轉酯化反應在常溫常壓下即可進行，且具有 98.00% 的高轉變產率，是最經濟的製程途徑。

(1)生質柴油的製備反應（鹼催化的轉酯化反應）方程式為：



R1、R2、R3 為碳元素和氫元素組成的長鏈烴基。反應物為油脂（三脂肪酸甘油酯）和低碳數醇類(甲醇或乙醇)，生成物為生質柴油（脂肪酸甲酯或乙酯）和甘油（丙三醇），而氫氧化物作為催化劑加快油脂和醇類的轉酯化反應。反應前須先將氫氧化物加入醇類中，使氫氧化物分散，以便與醇類充分混合，若醇類或油脂中含有水，根據勒沙特列原理，平衡不利於正向反應而往左移動，此時氫氧化鈉會解離出氫氧根離子 (OH⁻)，使反應走向皂化反應。

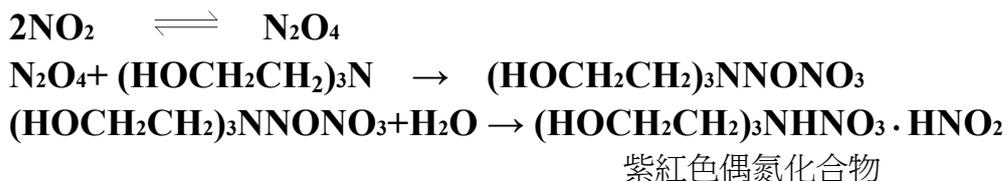
(2)肥皂的製備反應（皂化反應）方程式為：



R1、R2、R3 為碳元素和氫元素組成的長鏈烴基。反應物為油脂和氫氧化鈉，生成物為肥皂和甘油，而乙醇作為溶劑以使油脂分散均勻。先將乙醇加入油脂中，攪拌使其混合均勻，再加入氫氧化鈉水溶液充分混合，此時氫氧根離子（OH⁻）便會與油脂進行皂化反應而生成肥皂和甘油。在無水的條件下，若將氫氧化鈉顆粒溶解於油脂和乙醇的混合液中，則氫氧化鈉亦會解離出氫氧根離子（OH⁻）與油脂進行皂化反應。

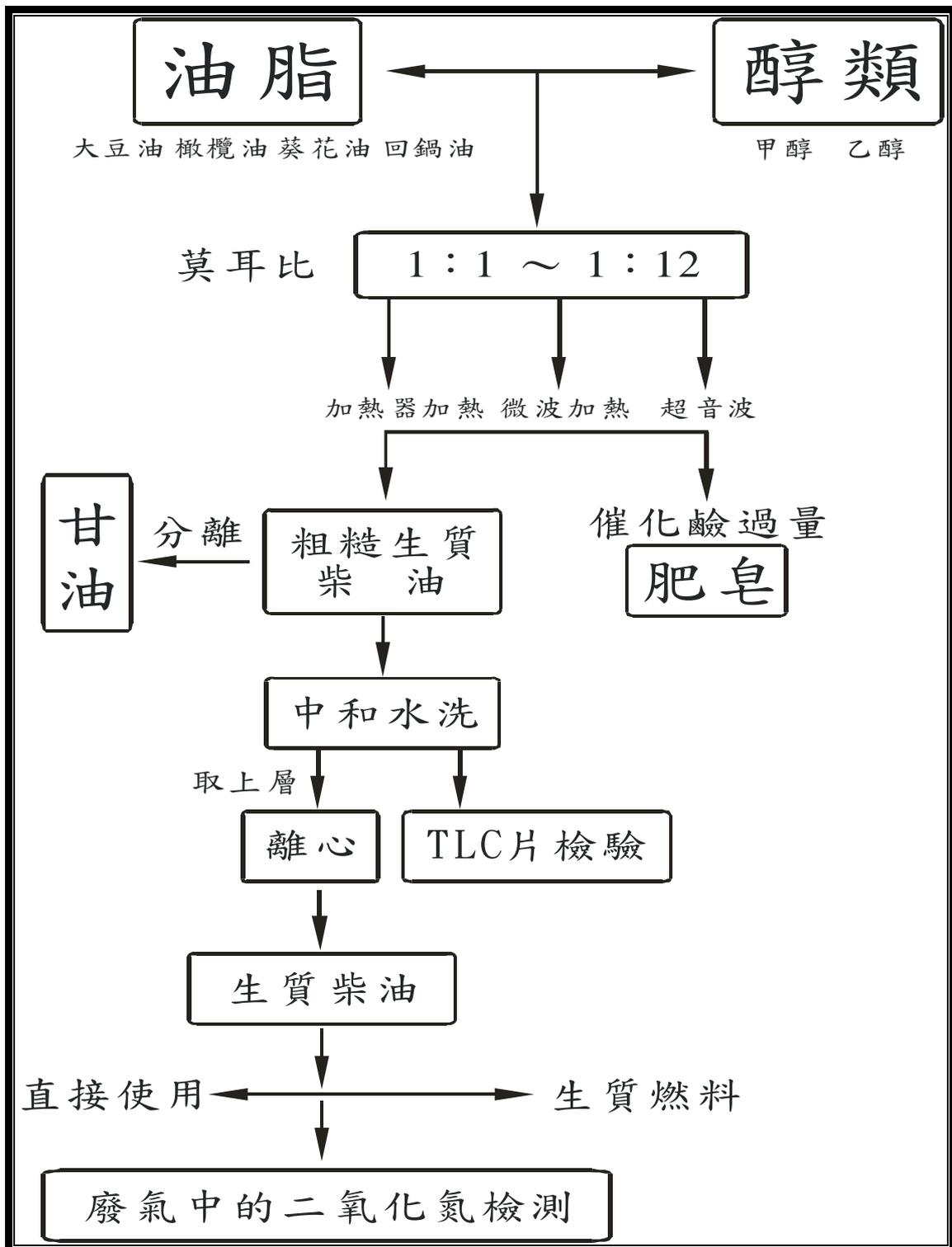
3、**微波的原理**：微波是一種以電磁波形式存在的能量，為非游離性輻射，其能量介於紅外光與無線電波之間，頻率範圍約由 300 至 300,000MHz 之間；由人體體溫所放射出的熱也以微波的形式較多。而微波也因能量較小只可引發離子遷移或是使具有偶極矩的分子產生轉動，但不致於破壞分子的結構。以水分子為例：水具有電偶極，在水中水分子的電偶極通常排列很雜亂，而在微波作用之下，會有電磁場產生，而水分子在電磁場中受到力矩作用，電偶極就會朝著電磁場方向排列，在電磁場方向不斷改變時，水分子的方向也跟著一直改變，產生分子間的旋轉，而當電磁場一消失，因為熱引導的作用，又使其恢復成混亂的現象。一般廣用的微波爐即是使用頻率 2450MHz 的微波，以這樣的微波場作用於液態極性分子，分子即以每秒 2415 億次的速率不斷改變其正負方向，分子間產生高速碰撞和摩擦於是產生高熱。家用的微波爐外殼則是以金屬製成，而對金屬物質而言，微波完全無法穿透而不被吸收，視為反射性物質；另外對於可吸收微波的物質(如水及極性化學物質等)，微波的穿透距離有限且會損失能量，被視為吸收性材質。

4、**二氧化氮的檢測原理**：利用二氧化氮在採樣過程中生成亞硝酸與對氨基苯磺酰胺在 pH 2.0 至 2.5 之條件下進行偶氮化反應形成偶氮化合物，此偶氮化合物再與 N-(1-萘基)乙二胺鹽酸鹽偶合，生成紫紅色的偶氮化合物，以分光光度計在波長 543 nm 處測其吸光度而定量，並以亞硝酸鹽氮之濃度表示，間接檢測出二氧化氮的氣體濃度。



二、研究方法或過程

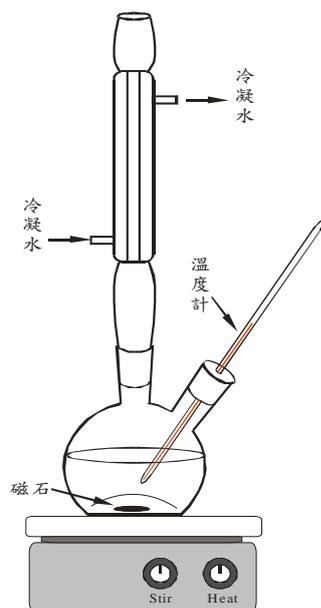
(一) 生質柴油製作流程圖



(圖二)

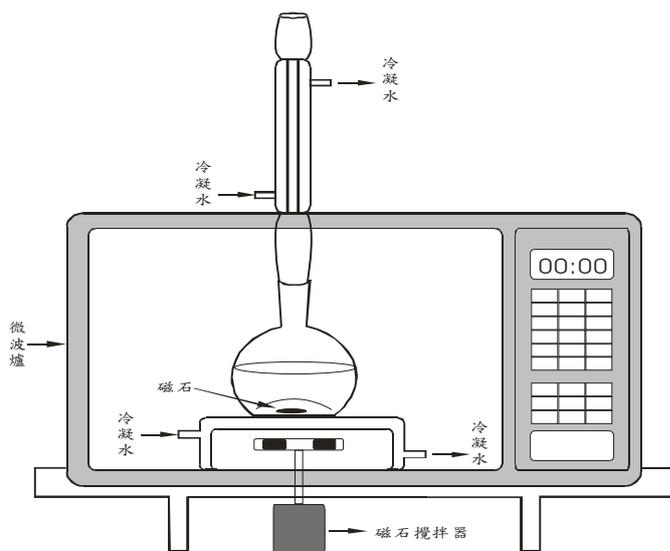
(二) 實驗裝置

【裝置 A】加熱攪拌裝置



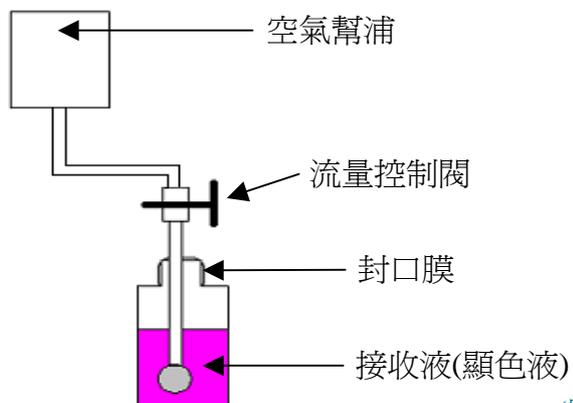
(圖三)

【裝置 B】微波裝置



(圖四)

【裝置 C】廢氣檢測裝置



(圖五)

(三) 實驗步驟與過程

【實驗 1】研究甲醇與乙醇何者較適合與油脂反應

- 1.各選定氫氧化鉀/甲醇 1.00%及氫氧化鉀/乙醇 1.00%。
- 2.取適量大豆油(油/醇莫耳比為 1/3)加入反應裝置中。
- 3.置入磁石(均勻攪拌)後於雙頸瓶一孔用軟橡皮插入溫度計，另一孔插上橡皮管導引的冷凝管，維持冷凝效果。
- 4.待加熱板加熱至 60°C 後，其一加入氫氧化鉀/甲醇 1.00%，其二加入氫氧化鉀/乙醇 1%，將溫度維持於 60°C 並加熱攪拌 1 小時。
- 5.靜置一日，待其分層後將生質柴油層取出，進行 TLC 片檢驗、酸洗、水洗。
- 6.改變油/醇莫耳比 1/6、1/9，重複步驟 1~5。

【實驗 2】研究最適合的酯化反應時間

- 1.取適量大豆油(油/醇莫耳比為 1/9)加入反應裝置中。
- 2.置入磁石(均勻攪拌)後於雙頸瓶一孔用軟橡皮插入溫度計，另一孔插上橡皮管導引的冷凝管，維持冷凝效果。
- 3.待加熱板加熱至 60°C 後，加入氫氧化鉀/甲醇 1.00%，將溫度維持於 60°C 並分別加熱攪拌 20、40、60、80 分鐘。
- 4.靜置一日，待其分層後將生質柴油層取出，進行 TLC 片檢驗、酸洗、水洗。

【實驗 3】探討油脂與醇類於不同的比例(莫耳比)製作生質柴油

- 1.取適量大豆油(油/醇莫耳比為 1/3)加入反應裝置中。
- 2.置入磁石(均勻攪拌)後於雙頸瓶一孔用軟橡皮插入溫度計，另一孔插上橡皮管導引的冷凝管，維持冷凝效果。
- 3.待加熱板加熱至 60°C 後，加入氫氧化鉀/甲醇，將溫度維持於 60°C 加熱攪拌 1 小時。
- 4.靜置一日，待其分層後將生質柴油層取出，並進行 TLC 片檢驗、酸洗、水洗。
- 5.改變油/醇莫耳比 1/1~1/12，重複步驟 1~4。

【實驗 4】探討催化鹼在何種濃度效果較佳

4-1、氫氧化鉀/甲醇

- 1.取適量大豆油(油/醇莫耳比為 1/3)加入反應裝置中。
- 2.置入磁石(均勻攪拌)後於雙頸瓶一孔用軟橡皮插入溫度計，另一孔插上橡皮管導引的冷凝管，維持冷凝效果。
- 3.待加熱板加熱至 60°C 後，加入氫氧化鉀/甲醇 1%，將溫度維持於 60°C 並熱攪拌 1 小時。
- 4.靜置一日，待其分層後將生質柴油層取出，進行 TLC 片檢驗、酸洗、水洗。
- 5.改變油/醇莫耳比 1/7~1/12，及改變氫氧化鉀/甲醇濃度 0.10~5.00%，重複步驟 1~4。

4-2、氫氧化鈉/甲醇

- 1.取適量大豆油(油/醇莫耳比為 1/3)加入反應裝置中。
- 2.置入磁石(均勻攪拌)後於雙頸瓶一孔用軟橡皮插入溫度計，另一孔插上橡皮管導引的冷凝管，維持冷凝效果。
- 3.待加熱板加熱至 60°C 後，加入氫氧化鈉/甲醇 1.00%，溫度維持於 60°C 加熱攪拌 1 小時。
- 4.靜置一日，待其分層後將生質柴油層取出，進行 TLC 片檢驗、酸洗、水洗。
- 5.改變油/醇莫耳比為 1/4~1/8，及氫氧化鈉/甲醇濃度 0.10~5.00%，並重複步驟 1~4。

【實驗 5】運用 TLC 片探討反應的完整度

- 1.將 TLC 片裁成 1.50cm × 5.00cm，在 TLC 片上下端用鉛筆畫上二條線段，一端始點，另一端終點，於始點線段上用鉛筆畫上二點，分別為反應物與生成物。
- 2.分別用毛細管點上大豆油、上層產物，接著以始點為底的 TLC 片放入乙酸乙酯/正己烷(1/6)溶液中。
- 3.待溶液上升至終點後，晾乾後使用噴霧瓶噴硫酸水溶液(1.00M)，並至於加熱板上，待其碳化物出現，由其可判斷是否反應完整。

【實驗 6】探討生質柴油之水洗過程

- 1.靜置一日，待其分層後將生質柴油層裝至分液漏斗。
- 2.加入適量醋酸溶液(1.00M)，醋酸莫耳數需相當於催化鹼的莫耳數，使其中和。
- 3.為使分離完整且快速，將其分裝至試管並放入離心機。
- 4.酸洗後加入適量去離子水洗淨，完成水洗。

【實驗 7】進行不同條件所形成的生質油與一般柴油的互溶性

- 1.先探討生質柴油與一般高級柴油的互溶比例(固定一份樣品分別裝入試管中，將生質柴油用吸量管以 1.00mL、2.00mL、3.00mL、4.00mL 裝入試管中，再將高級柴油依序加入 4.00mL、3.00mL、2.00mL、1.00mL，觀察其互溶性的成效)
- 2.再將不同條件所形成的生質柴油與柴油進行互溶。

【實驗 8】使用不同種類的油脂進行反應

- 1.取適量大豆油、橄欖油、葵花油、回鍋油(油/醇莫耳比為 1/9)，分別加入反應裝置中。
- 2.置入磁石(均勻攪拌)後於雙頸瓶一孔用軟橡皮插入溫度計，另一孔插上橡皮管導引的冷凝管，維持冷凝效果。
- 3.待加熱板加熱至 60°C 後，加入氫氧化鉀/甲醇 1.00%，溫度維持於 60°C 加熱攪拌 1 小時。
- 4.靜置一日，待其分層後將生質柴油層取出，並進行 TLC 片檢驗、酸洗、水洗。

【實驗 9】使用微波裝置、超音波裝置進行反應

- 1.取適量大豆油(油/醇莫耳比為 1/9)以及氫氧化鈉/甲醇 1.00% 加入微波、超音波裝置。
- 2.放入磁石(均勻攪拌)後於單頸瓶插上有橡皮管導引的冷凝管，維持冷凝效果。
- 3.待其界面層完全乳化後，開始進行微波反應。
- 4.靜置一日，待其分層後將生質柴油層取出，並進行 TLC 片檢驗、酸洗、水洗。
- 5.改變微波功率及反應時間 1~6 分鐘，重複步驟 1~4。

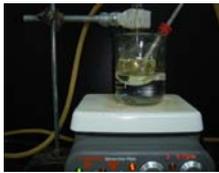
【實驗 10】大量生產生質柴油並添加不同比例的柴油進行實際測試

- 1.將量產之後的生質柴油分別與高級柴油混合成不同比例(高級柴油/生質柴油→ 9/1、8/2、5/5、2/8、1/9)。
- 2.為使量產後的生質柴油的純度提高，進行更精密的萃取技術
- 3.利用柴油引擎進行實際測試，避免通過引擎之前的柴油污染或影響測試結果，將引擎的油排除掉，提升實驗準確度。
- 4.再將不同比例的生質燃料進行引擎實測。

【實驗 11】檢測各比例生質燃料測試後產生廢氣中的二氧化氮含量

- 1.使用自製的空氣幫浦收集柴油引擎所排放的廢氣，並將其導至有顯色液的瓶子。
- 2.利用分光光度計測量反應後的顯色液，比較出各比例生質燃料廢氣中二氧化氮的濃度。

(四) 實驗步驟解說

			
加入適量油脂和磁石進行反應。	將油脂加熱至 60°C。	加入含有催化鹼的醇類溶液。	反應後靜置一日待其分層。
			
加入含有催化鹼的醇類溶液和油脂。	將盛有反應物的單頸瓶至於微波裝置中。	裝有冷凝系統和磁石攪拌器的微波裝置。	反應前需適度攪拌，破壞其界面層。
			
設定功率和時間並啟動。	超音波裝置。	使用毛細管點上反應物與生成物。	將 TLC 片浸於溶液中。
			
噴 H ₂ SO ₄ (aq) 於 TLC 片，使其脫水。	放置於加熱板至產生碳化物。	將產生的碳化物繪於紙上。	柴油和生質柴油進行互溶。
			
比較不同濃度的互溶結果。	將靜置一日的生質柴油倒入分液漏斗。	加入適量醋酸於分液漏斗，進行中和。	將溶液分裝於試管。
			
離心機加速分層。	加入蒸餾水清洗。	進行柴油引擎測試。	廢氣裝置進行檢測。

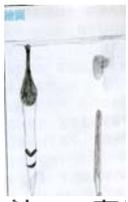
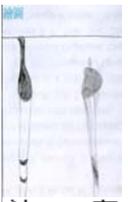
(表五)

三、研究結果與討論

(一) 研究結果

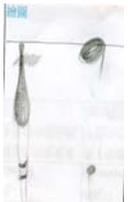
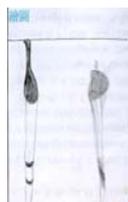
※以下產率計算皆為(水洗後生質柴油 mL/反應前油脂 mL×100.00%)。

【實驗 1】研究甲醇與乙醇何者較適合與油脂反應

編號：乙 K1, 1:9	TLC 片：	編號：甲 K1, 1:9	TLC 片：
乙+K: 1.00% 乙&油: 1:9		甲+K: 1.00% 甲&油: 1:9	
上層: 25.00 mL 下層: 47.00 mL	沙拉油 產物上	上層: 54.00 mL 下層: 13.00 mL	沙拉油 產物上
中和水洗 2.400 mL 產率: 4.98%		中和水洗 48.00 mL 產率: 99.59%	
柴油互溶性: 無		柴油互溶性: 上層: 多出 1/6 試管高級柴油, 下層: 完全溶解	

(表六)

【實驗 2】研究最適合的酯化反應時間

編號：甲 K1, 1:9 (20min)	TLC 片：	編號：甲 K1, 1:9 (40min)	TLC 片：
甲+K: 1.00% 甲&油: 1:9		甲+K: 1.00% 甲&油: 1:9	
上層: 50.50 mL 下層: 12.50 mL	沙拉油 產物上	上層: 50.00 mL 下層: 13.00 mL	沙拉油 產物上
中和水洗 42.10 mL 產率: 87.34%		中和水洗: 46.00 mL 產率 95.43%	
柴油互溶性: 無		柴油互溶性: 無	
編號：甲 K1, 1:9 (60min)	TLC 片：	編號：甲 K1, 1:9 (80min)	TLC 片：
甲+K: 1.00% 甲&油: 1:9		甲+K: 1.00% 甲&油: 1:9	
上層: 54.00 mL 下層: 13.00 mL	沙拉油 產物上	上層: 51.00 mL 下層: 11.50 mL	沙拉油 產物上
中和水洗 48.00 mL 產率 99.59%		中和水洗 47.30 mL 產率 98.21%	
柴油互溶性: 上層: 多出 1/6 試管高級柴油, 下層: 完全溶解		柴油互溶性: 無	

(表七)



乙醇 甲醇

(圖六)



泡層 泡層

80min 60min 40min 20min

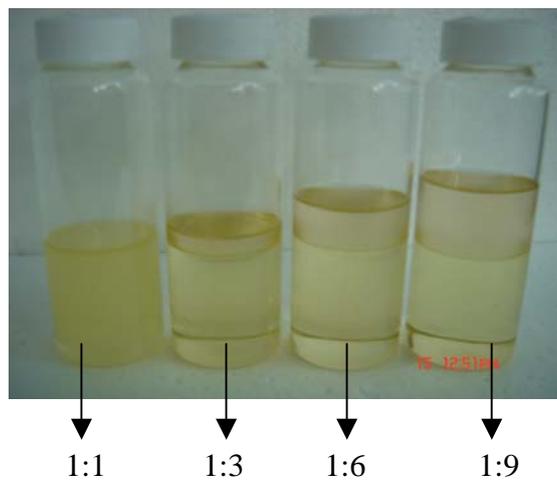
(圖七)

【實驗 3】探討油脂與醇類於不同的比例(莫耳比)製作生質柴油

3-1、氫氧化鉀/甲醇

編號：甲 K1，1：1	TLC 片：	編號：甲 K1，1：3	TLC 片：
甲+K：1.00% 甲&油：1：1	無	甲+K：1.00% 甲&油：1：3	
上層：無 下層：無		上層：49.00 mL 下層：2.00 mL	沙拉油 產物上
中和水洗：無		中和水洗 35.00 mL 產率：72.61%	
柴油互溶性：無		柴油互溶性：	
		上層：多出 1/6 試管高級柴油	
		下層：不完全溶解	
編號：甲 K1，1：6	TLC 片：	編號：甲 K1，1：9	TLC 片：
甲+K：1.00% 甲&油：1：6		甲+K：1.00% 甲&油：1：9	
上層：51.00 mL 下層：7.00 mL	沙拉油 甘 產 產 拉 油 物 物 油 上 下	上層：54.00 mL 下層：13.00 mL	沙拉油 產物上
中和水洗 39.40 mL 產率：81.74%		中和水洗 48.00 mL 產率：99.59%	
柴油互溶性：		柴油互溶性：	
上層：多出 1/6 試管高級柴油		上層：多出 1/6 試管高級柴油	
下層：不完全溶解		下層：完全溶解	

(表八)

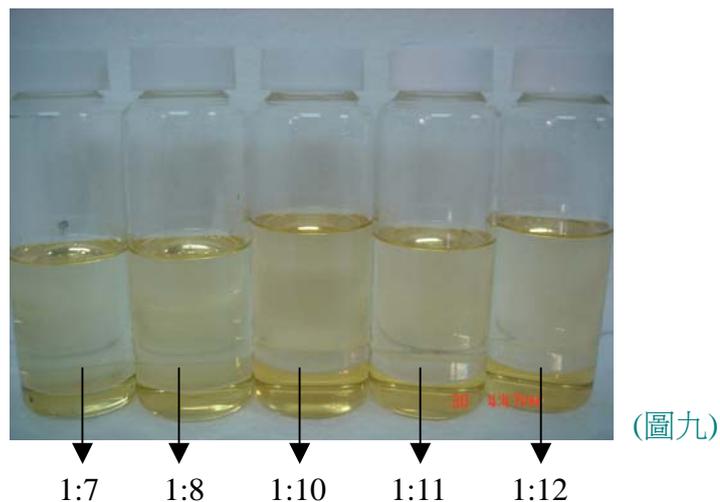


(圖八)

※由圖八得知 1:1 無分層；1:3 分層不明顯；1:9 不但分層明顯且上層比 1:6 多。故決定從 1:7 ~1:12 找出產率最佳的莫耳比。

編號：甲 K1，1：7 甲+K：1.00% 甲&油：1：7 上層：51.00 mL 下層：7.00 mL 中和水洗 43.50 mL 產率：90.25% 柴油互溶性： 上層：多出 1/8 試管高級柴油 下層：不完全溶解	TLC 片： 	編號：甲 K1，1：8 甲+K：1.00% 甲&油：1：8 上層：55.00 mL 下層：8.00 mL 中和水洗 44.00 mL 產率：91.29 % 柴油互溶性： 上層：多出 1/3 試管高級柴油 下層：不完全溶解	TLC 片： 
編號：甲 K1，1：10 甲+K：1.00% 甲&油：1：10 上層：53.00 mL 下層：17.00 mL 中和水洗 43.50 mL 產率：91.29% 柴油互溶性： 上層：多出 1/12 試管高級柴油 下層：完全溶解	TLC 片： 	編號：甲 K1，1：11 甲+K：1.00% 甲&油：1：11 上層：49.00 mL 下層：18.00 mL 中和水洗 38.80 mL 產率：80.5% 柴油互溶性： 上層：多出 1/12 試管高級柴油 下層：不完全溶解	TLC 片： 
編號：甲 K1，1：12 甲+K：1.00% 甲&油：1：12 上層：52.00 mL 下層：20.00 mL 中和水洗 38.70 mL 產率：80.21% 柴油互溶性： 上層：多出 1/10 試管高級柴油 下層：不完全溶解	TLC 片： 		

(表九)



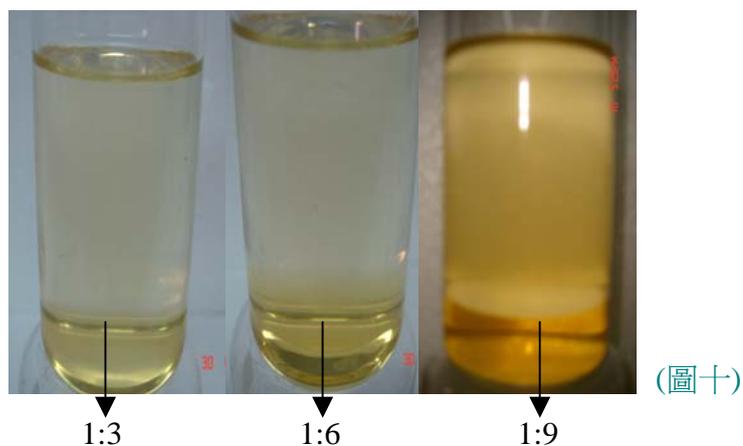
(圖九)

※由圖九得知 1:7~1:12 分層皆明顯，而 1:10 產率最高。

3-2、氫氧化鈉/甲醇

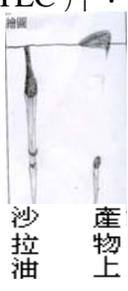
編號：甲 N1，1：3	TLC 片：	編號：甲 N1，1：6	TLC 片：
甲+N：1.00% 甲&油：1：3		甲+N：1.00% 甲&油：1：6	
上層：48.00 mL 下層：2.00 mL		上層：48.00 mL 下層：10.00 mL	
中和水洗 35.00 mL 產率：72.6%		中和水洗 44.00 mL 產率：90.25%	
柴油互溶性：		柴油互溶性：	
上層：多出 1/8 試管高級柴油		上層：多出 1/8 試管高級柴油	
下層：完全溶解		下層：完全溶解	
編號：甲 N1，1：9	TLC 片：		
甲+N：1.00% 甲&油：1：9			
上層：57.00 mL 下層：9.00 mL			
中和水洗 44.70 mL 產率：92.71%			
柴油互溶性：			
上層：多出 1/7 試管高級柴油			
下層：不完全溶解			

(表十)



(圖十)

※由圖十得知 1:6 分層最明顯，故決定從 1:4~1:8 找出產率最佳的莫耳比。

編號：甲 N1，1：4	TLC 片：	編號：甲 N1，1：5	TLC 片：
甲+N：1.00% 甲&油：1：4		甲+N：1.00% 甲&油：1：5	
上層：49.50 mL 下層：6.50 mL		上層：49.00 mL 下層：7.00 mL	
中和水洗 45.00 mL 產率：93.36%		中和水洗 46.00 mL 產率：95.45%	
柴油互溶性： 上層：多出 1/10 試管高級柴油 下層：完全溶解		柴油互溶性： 上層：多出 1/3 試管高級柴油 下層：不完全溶解	
編號：甲 N1，1：6	TLC 片：	編號：甲 N1，1：7	TLC 片：
甲+N：1.00% 甲&油：1：6		甲+N：1.00% 甲&油：1：7	
上層：49.0 mL 下層：10.00 mL		上層：51.00 mL 下層：5.50 mL	
中和水洗 43.50 mL 產率 90.25%		中和水洗 45.50 mL 產率：94.32%	
柴油互溶性： 上層：多出 1/8 試管高級柴油 下層：完全溶解		柴油互溶性： 上層：多出 1/10 試管高級柴油 下層：完全溶解	
編號：甲 N1，1：8	TLC 片：	(表十一)	
甲+N：1.00% 甲&油：1：8			
上層：48.50 mL 下層：10.0 mL			
中和水洗 45.20 mL 產率：93.78%			
柴油互溶性： 上層：多出 1/9 試管高級柴油 下層：完全溶解			



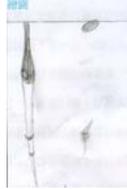
(圖十一)

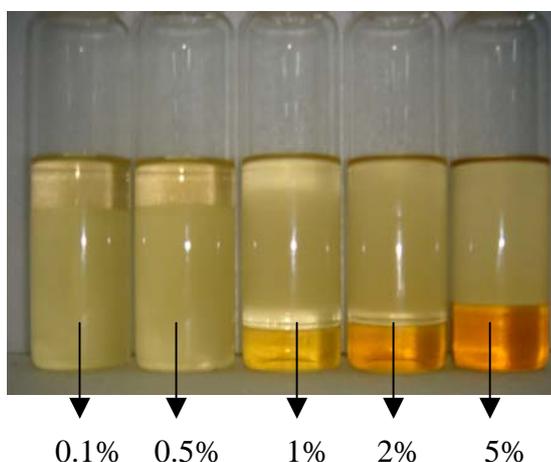
1：4 1：5 1：6 1：7 1：8

※由圖十一得知 1:4~1:8 分層皆明顯，而 1:5 產率最佳。

【實驗 4】探討催化鹼在何種濃度效果較佳

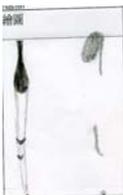
4-1、氫氧化鉀/甲醇

編號：甲 K0.1，1：9	TLC 片：	編號：甲 K0.5，1：9	TLC 片：
甲+K：0.10% 甲&油：1：9	無	甲+K：0.50% 甲&油：1：9	
上層：24.00 mL 下層：43.00 mL		上層：12.00 mL 下層：53.00 mL	沙拉油 產物上
中和水洗：無		中和水洗 0.25 mL 產率：1.20%	
柴油互溶性：無		柴油互溶性：	
		上層：多出 1/6 試管高級柴油	
		下層：完全溶解	
編號：甲 K1，1：9	TLC 片：	編號：甲 K2，1：9	TLC 片：
甲+K：1.00% 甲&油：1：9		甲+K：2.00% 甲&油：1：9	
上層：58.00 mL 下層：10.00 mL	沙拉油 產物上	上層：56.00 mL 下層：10.00 mL	沙拉油 產物上
中和水洗 49.00 mL 產率：101.66 %		中和水洗 46.80 mL 產率：91.70 %	
柴油互溶性：		柴油互溶性：	
上層：多出 1/11 試管高級柴油		上層：多出 1/11 試管高級柴油	
下層：完全溶解		下層：不完全溶解	
編號：甲 K5，1：9	TLC 片：	(表十二)	
甲+K：5.00% 甲&油：1：9			
上層：38.00 mL 下層：22.00 mL	沙拉油 產物上		
中和水洗 34.10 mL 產率：70.75 %			
柴油互溶性：			
上層：多出 1/5 試管高級柴油			
下層：不完全溶解			

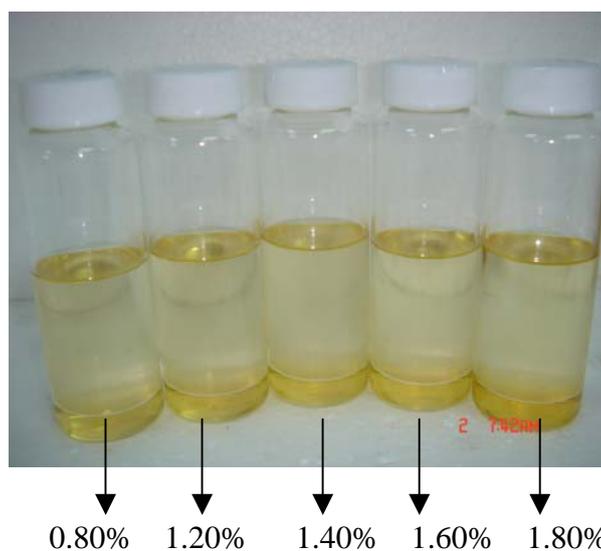


(圖十二)

※由圖十二得知 0.10%、0.50% 分層相對較少且產率不高；1.00%、2.00% 分層較多且產率高；5.00% 分層減少且產率下降。故決定從 0.80% ~ 1.80% 找出產率最佳的濃度。

編號：甲 K0.8，1：9	TLC 片：	編號：甲 K1.2，1：9	TLC 片：
甲+K：0.80% 甲&油：1：9		甲+K：1.20% 甲&油：1：9	
上層：59.00mL 下層：7.00 mL		上層：55.50mL 下層：8.00 mL	
中和水洗 48.0 mL 產率 99.59%		中和水洗 50.20 mL 產率 104.15%	
柴油互溶性：		柴油互溶性：	
上層：多出 1/6 試管高級柴油		上層：多出 1/13 試管高級柴油	
下層：完全溶解		下層：完全溶解	
編號：甲 K1.4，1：9	TLC 片：	編號：甲 K1.6，1：9	TLC 片：
甲+K：1.40% 甲&油：1：9		甲+K：1.60% 甲&油：1：9	
上層：60.00 mL 下層：8.00 mL		上層：58.00 mL 下層：8.00 mL	
中和水洗 52.20 mL 產率 108.31%		中和水洗 51.00 mL 產率 105.81%	
柴油互溶性：		柴油互溶性：	
上層：多出 1/11 試管高級柴油		上層：多出 1/11 試管高級柴油	
下層：完全溶解		下層：不完全溶解	
編號：甲 K1.8，1：9	TLC 片：		
甲+K：1.80% 甲&油：1：9			
上層：57.00mL 下層：9.00 mL			
中和水洗 45.50 mL 產率 94.40%			
柴油互溶性：			
上層：多出 1/7 試管高級柴油			
下層：不完全溶解			

(表十三)

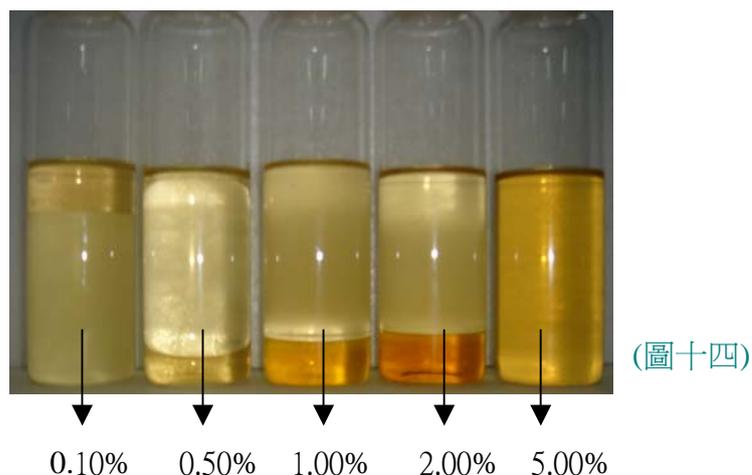


(圖十三)

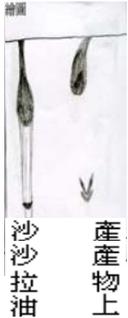
※由圖十三得知 1.40%分層明顯最多，且產率也最佳。

4-2、氫氧化鈉/甲醇

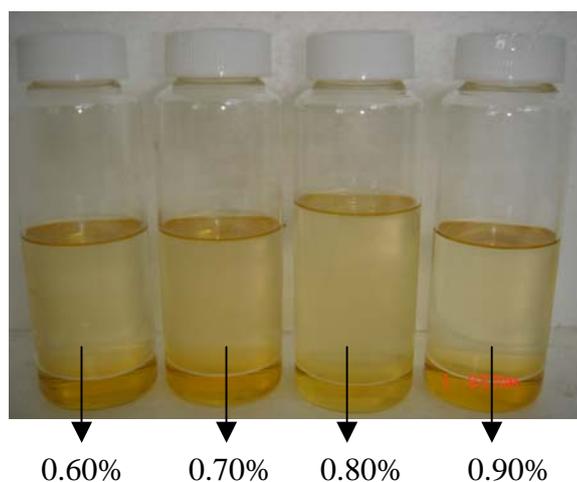
編號：甲 N0.1，1：9	TLC 片： 無	編號：甲 N0.5，1：9	TLC 片： 
甲+N：0.10% 甲&油：1：9		甲+N：0.50% 甲&油：1：9	
上層：13.00 mL 下層：52.00 mL		上層：53.00 mL 下層：7.00 mL	
中和水洗：無		中和水洗 39.00 mL 產率：80.91%	
柴油互溶性：無		柴油互溶性： 上層：多出 1/9 試管高級柴油 下層：完全溶解	
編號：甲 N1，1：9	TLC 片： 	編號：甲 N2，1：9	TLC 片： 
甲+N：1.00% 甲&油：1：9		甲+N：2.00% 甲&油：1：9	
上層：57.00 mL 下層：9.00 mL		上層：49.00 mL 下層：13.00mL	
中和水洗 43.00 mL 產率：89.21%		中和水洗 30.00 mL 產率：62.24%	
柴油互溶性： 上層：多出 1/7 試管高級柴油 下層：不完全溶解		柴油互溶性： 上層：多出 1/5 試管高級柴油 下層：不完全溶解	
編號：甲 N5，1：9	TLC 片： 無	(表十四)	
甲+N：5.00% 甲&油：1：9			
上層：無分層			
中和水洗：無			
柴油互溶性：無			



※由圖十四得知 0.10% 分層少；0.50%、1.00% 分層多且產率高；5.00% 則完全無分層。故從 0.60% ~ 0.90% 找出產率最佳的濃度。

編號：甲 N0.6，1：9	TLC 片：	編號：甲 N0.7，1：9	TLC 片：
甲+N：0.60% 甲&油：1：9		甲+N：0.70% 甲&油：1：9	
上層：52.50 mL 下層：8.50 mL		上層：51.50 mL 下層：14.00 mL	
中和水洗 42.00 mL 產率：87.13%		中和水洗 43.50 mL 產率：90.25%	
柴油互溶性：		柴油互溶性：	
上層：多出 1/3 試管高級柴油		上層：多出 1/8 試管高級柴油	
下層：不完全溶解		下層：完全溶解	
編號：甲 N0.8，1：9	TLC 片：	編號：甲 N0.9，1：9	TLC 片：
甲+N：0.80% 甲&油：1：9		甲+N：0.90% 甲&油：1：9	
上層：61.50 mL 下層：9.00 mL		上層：50.00 mL 下層：11.00 mL	
中和水洗 49.50 mL 產率：102.7%		中和水洗 47.20 mL 產率：97.51%	
柴油互溶性：		柴油互溶性：	
上層：多出 1/8 試管高級柴油		上層：多出 1/7 試管高級柴油	
下層：完全溶解		下層：不完全溶解	

(表十五)



(圖十五)

※由圖十五得知 0.80% 分層相對最多，且產率最佳。

【實驗 6】探討生質柴油之水洗過程

甲 K	甲 N
	
水洗時，加入催化鹼 NaOH 較易皂化。	

(表十六)

【實驗 8】使用不同種類的油脂進行反應

大豆油	橄欖油	葵花油	回鍋油 1	回鍋油 2
產率：99.59%	產率：99.51%	產率：95.43%	產率：91.28%	產率：0.00%
甲+K：1.00%	甲+K：1.00%	甲+K：1.00%	甲+K：1.00%	甲+K：1.00%
甲&油：1：9	甲&油：1：9	甲&油：1：9	甲&油：1：9	甲&油：1：9
上層：58.00 mL 下層：10.00 mL	上層：57.00 mL 下層：8.00 mL	上層：51.00 mL 下層：13.00 mL	上層：56.00mL 下層：7.50 mL	上層：14.00 mL 下層：44.00 mL
中和水洗： 48.00 mL	中和水洗： 47.90 mL	中和水洗： 46.00 mL	中和水洗： 44.00 mL	中和水洗： 0.00 mL
柴油互溶性： 無	柴油互溶性： 上層：多出 1/11 試管高級柴油 下層：完全溶解	柴油互溶性： 上層：多 1/11 試管高級柴油 下層：完全溶解	柴油互溶性： 上層：多出 1/8 試管高級柴油 下層：完全溶解	柴油互溶性： 上層：多出 1/11 試管高級柴油 下層：完全溶解
				

(表十七)

※由表十七得知以大豆油、橄欖油、葵花油反應皆可得到高產率，顏色皆為清黃；以回鍋油反應，產率隨樣品來源不同而改變，顏色偏黃褐色。

【實驗 9】 使用微波裝置進行反應

變因：功率(油：醇=1：9，KOH/CH₃OH 1%，時間：2 分鐘)

(表十八)

功率	72.00W	109.30W	139.50W	154.60W	193.00W	<224.4W	>224.4W
產率	72.13%	74.67%	92.00%	100.00%	96.20%	95.20%	92.00%

變因：時間(油：醇=1：9，KOH/CH₃OH 1%，功率：154.60W)

(表十九)

時間	1 分鐘	2 分鐘	3 分鐘	4 分鐘	5 分鐘	6 分鐘
產率	88.00%	92.00%	92.00%	100.04%	96.00%	88.00%

變因：催化鹼 KOH/CH₃OH 濃度(油：醇=1：9，時間 4 分鐘，功率：154.60W)

(表二十)

濃度	0.50%	1.00%	1.50%	2.00%	2.50%	3.00%
產率	81.60%	100.00%	99.20%	98.00%	98.40%	98.30%

變因：催化鹼 NaOH/CH₃OH 濃度(油：醇=1：9，時間 4 分鐘，功率：154.60W)

(表二十一)

濃度	0.50%	0.60%	0.70%	0.80%	0.90%	1.00%
產率	90.40%	94.40%	97.60%	0.00%	0.00%	0.00%



(甲+K 0.50 1.00 1.50 2.00 2.50 3.00%)



(甲+N0.50 0.60 0.70 0.80 1.00 1.50 2.00%)



(min 1.0 2.0 3.0 4.0 5.0 6.0)



(甲+K 1.0 2.0 ; 甲+N 1.0 2.0)

【實驗 10】 大量生產生質柴油並添加不同比例的柴油進行實際測試

<p>啟動前的柴油引擎，其風扇不動。</p>	<p>啟動後的柴油引擎，其風扇動。(生質燃料→甲 N2:8)</p>	<p>使用空氣幫浦收集廢氣並檢驗其中的 NO₂ 含量。</p>

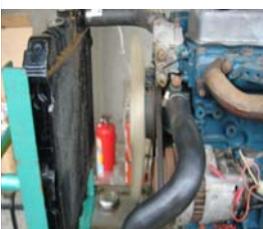
(表二十二)

【實驗 11】檢測及驗證各比例生質燃料測試後所產生廢氣中的二氧化氮含量 (表二十三)

名稱：100%高級柴油(D)	結果：成功
 	備註：

名稱：甲 N—8：2 (D：B)	結果：成功
 	備註：

名稱：甲 N—2：8 (D：B)	結果：成功
 	備註：

名稱：甲 K—9：1 (D：B)	結果：成功
 	備註：

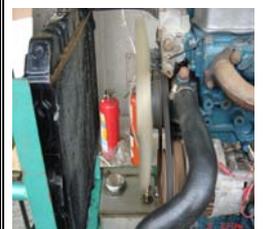
名稱：甲 K—5：5 (D：B)	結果：成功
 	備註：

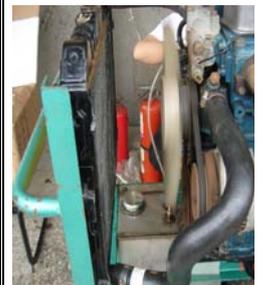
名稱：甲 K—2：8 (D：B)	結果：成功
 	備註：

名稱：甲 N— 9：1 (D：B)	結果：成功
 	備註：

名稱：甲 N—5：5 (D：B)	結果：成功
 	備註：

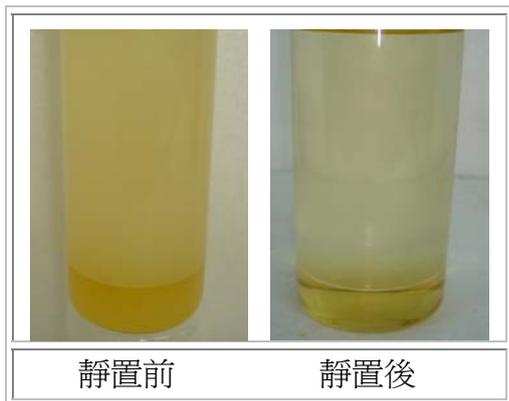
名稱：甲 N—1：9 (D：B)	結果：成功
 	備註：

名稱：甲 K—8：2 (D：B)	結果：成功
 	備註：

名稱：甲 K—1：9	結果：成功
 	備註：

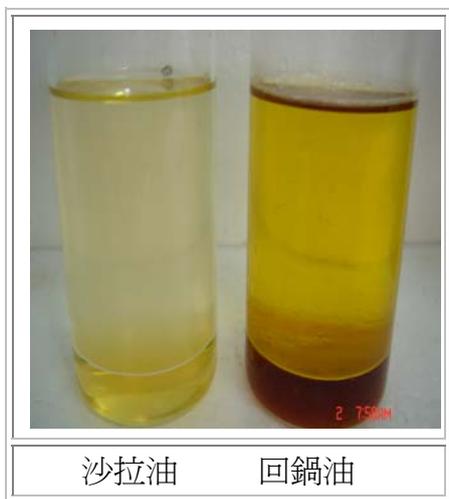
名稱：甲 K (100%生質柴油)	結果：成功
 	備註：

【實驗※】靜置使生質柴油分層更完整



(表二十四)

【實驗※】回鍋油製造的生質柴油顏色偏黃



(表二十五)

【實驗※】使用冷凝管產率較佳

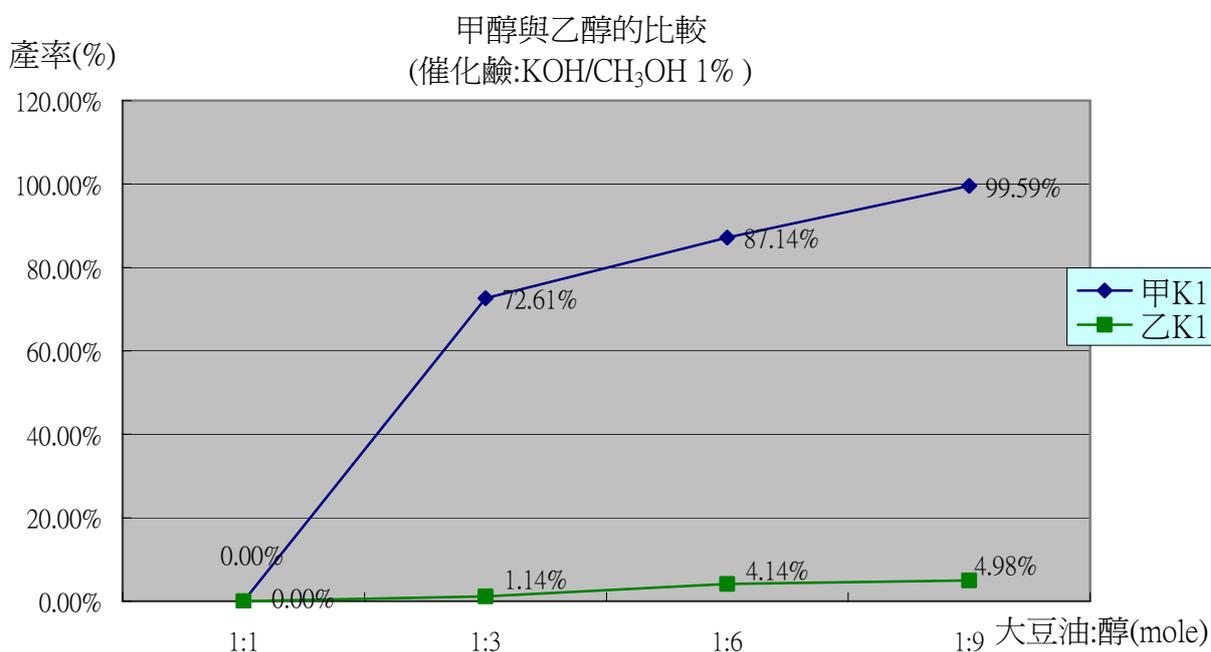


(表二十六)

(二) 研究討論

※以下產率計算皆為(水洗後生質柴油 mL/反應前油脂 mL×100.00%)。

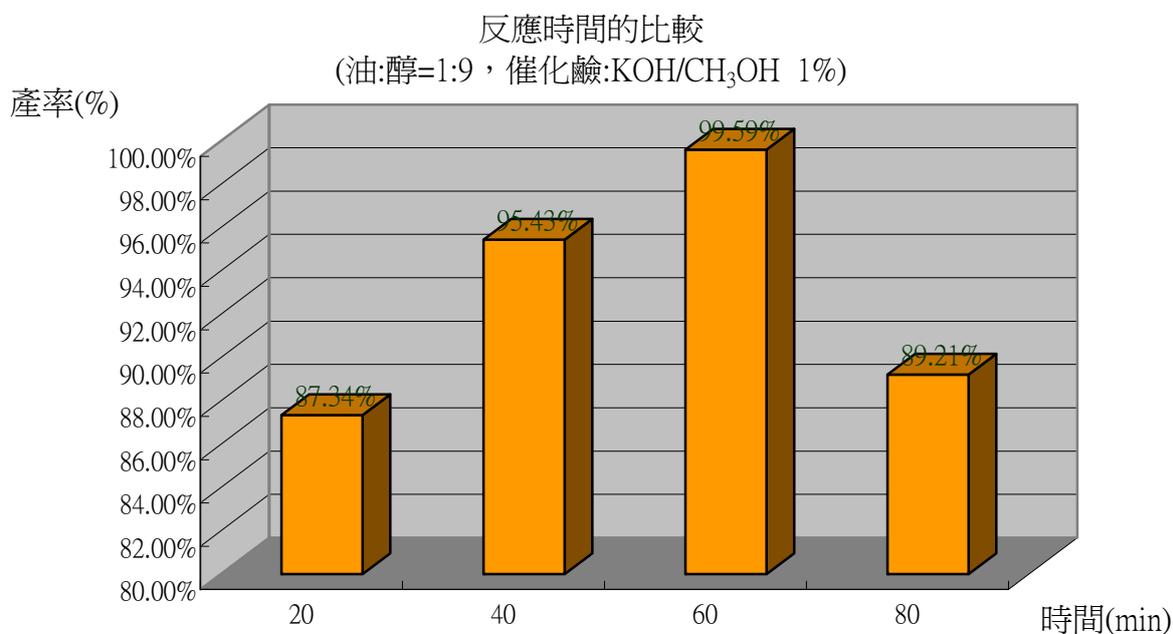
【實驗 1】研究甲醇與乙醇何者較適合與油脂反應



(圖十六)

※由上圖，甲醇反應產率較高，而乙醇因含水比例較高使產率降低。

【實驗 2】研究最適合的酯化反應時間

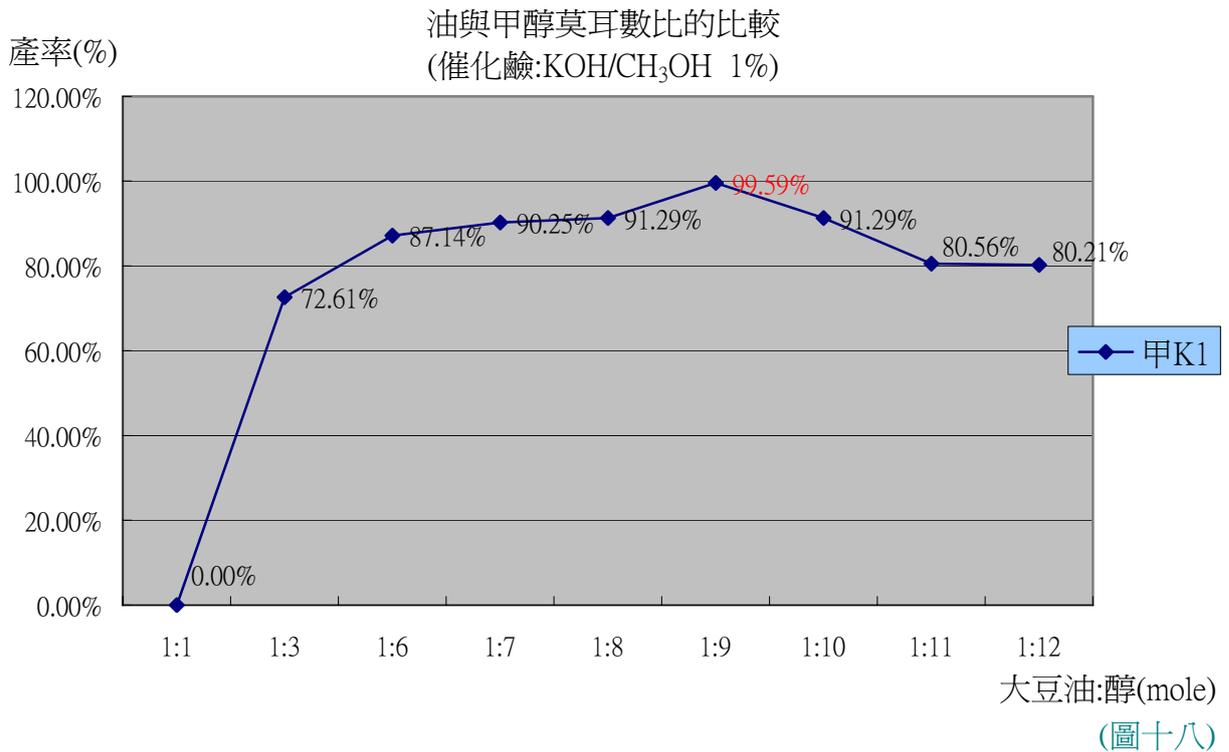


(圖十七)

※由上圖，以六十分鐘反應產率較高；二十分鐘、四十分鐘則皆有泡層，代表其反應不完全；八十分鐘則因反應過度導致產率下降。

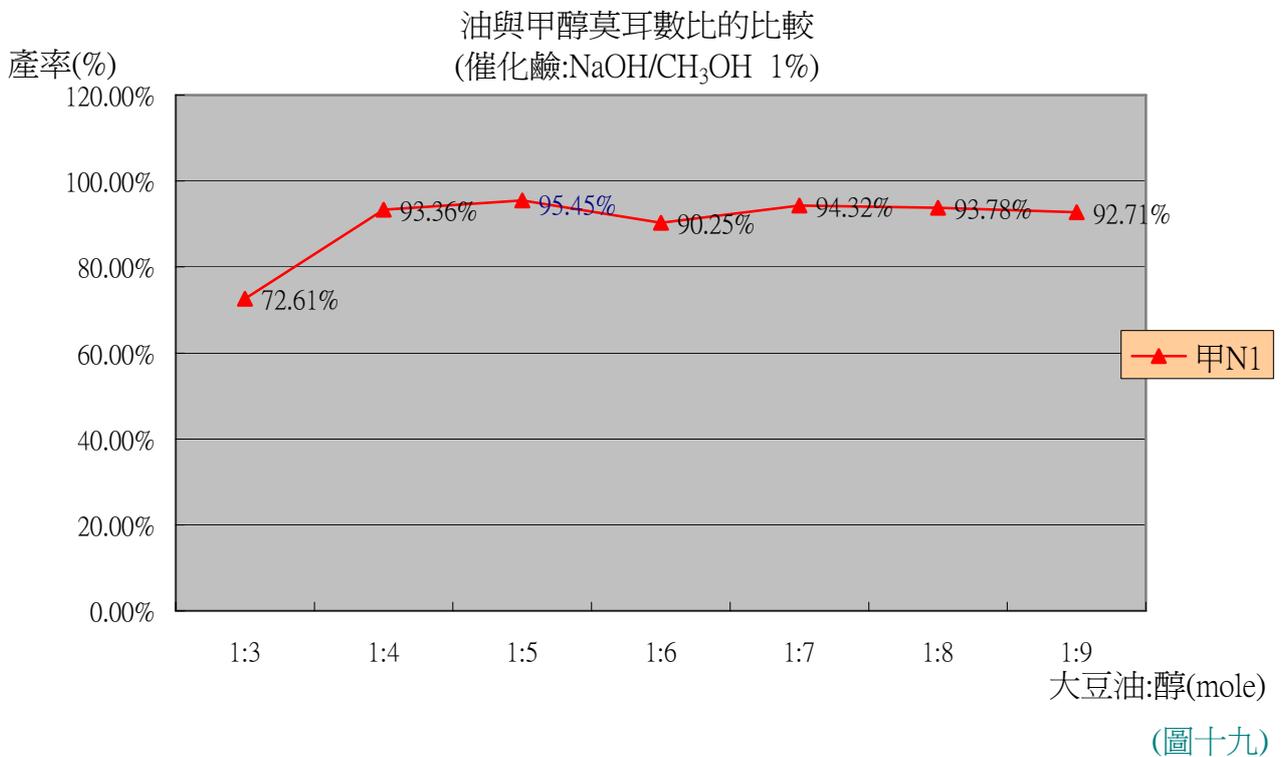
【實驗 3】 探討油脂與醇類於不同的比例(莫耳比)製作生質柴油

3-1、氫氧化鉀/甲醇



※由上圖，油：醇=1：9(加入催化鹼 KOH)產率較佳。

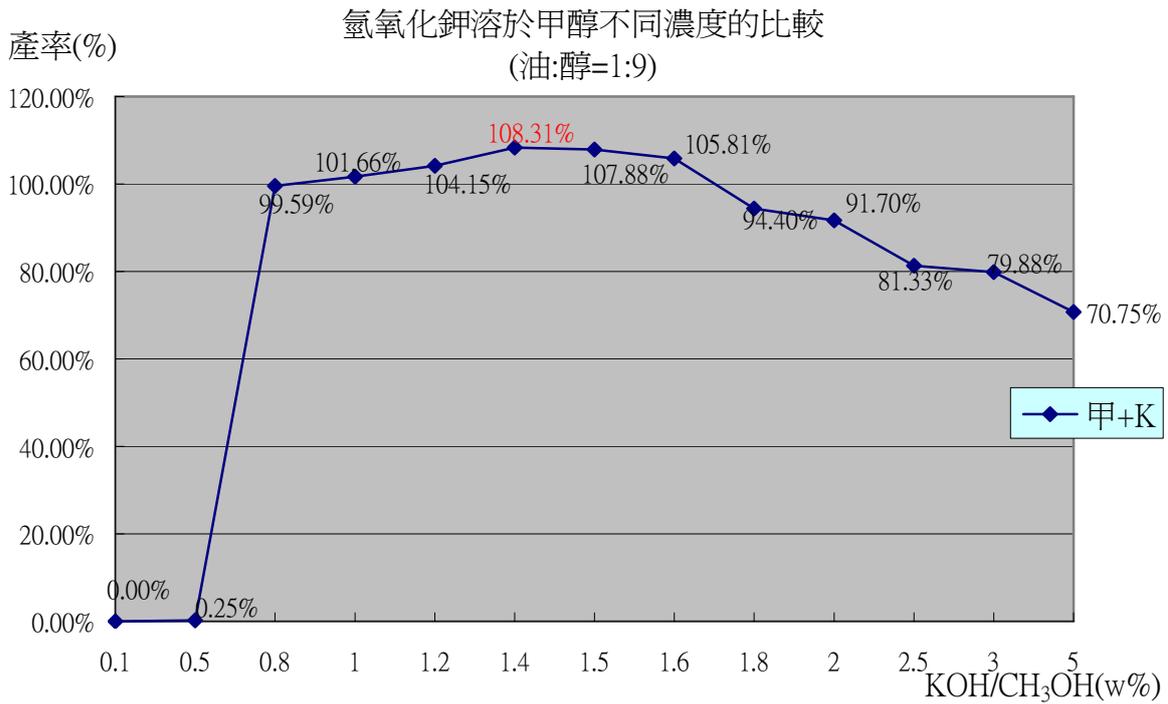
3-2、氫氧化鈉/甲醇



※由上圖，雖然差異不大，但油：醇=1：5(加入催化鹼 NaOH)產率較佳。

【實驗 4】 探討催化鹼在何種濃度效果較佳

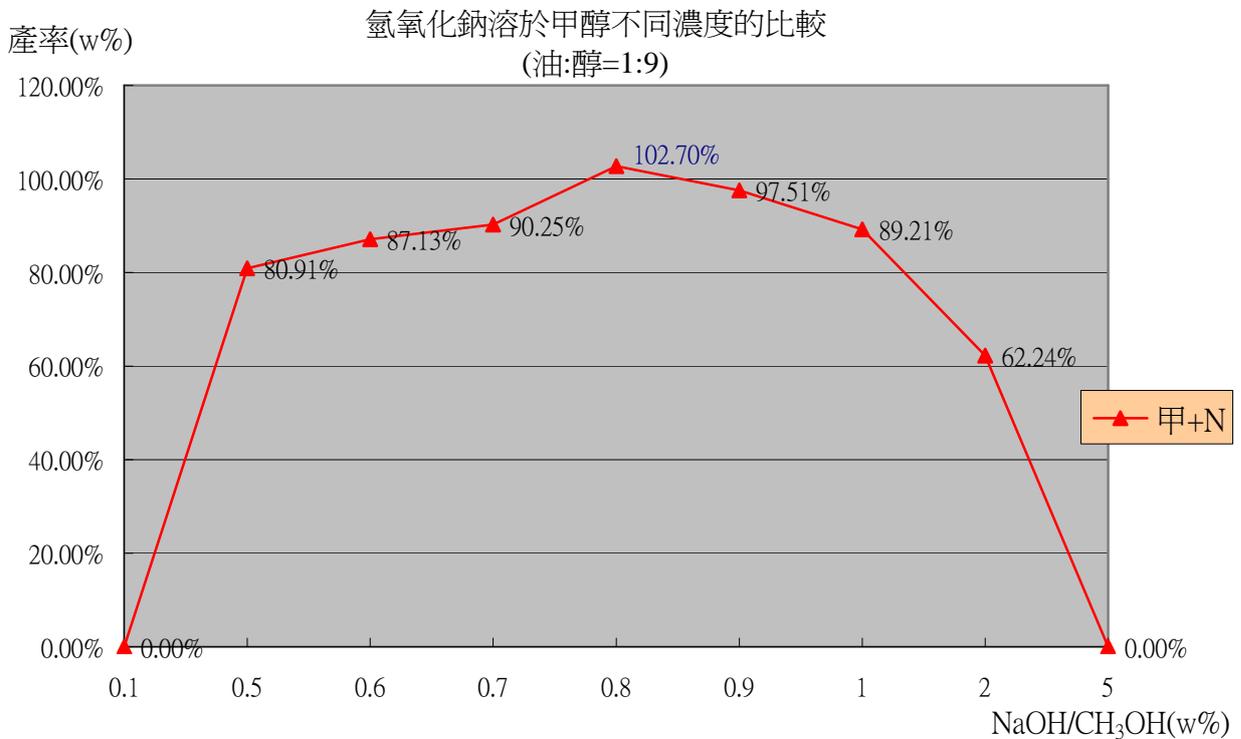
4-1、氫氧化鉀/甲醇



(圖二十)

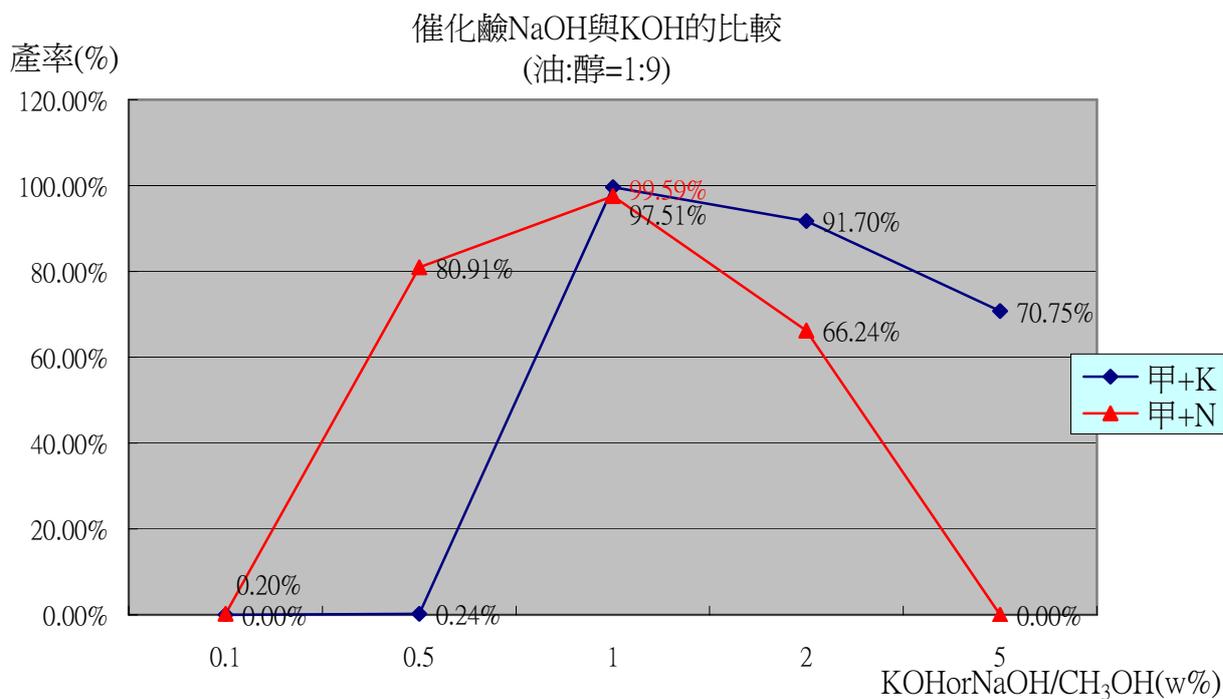
※由上圖，KOH/CH₃OH 1.40%時產率較佳，而催化鹼濃度過高時產率下降。

4-2、氫氧化鈉/甲醇



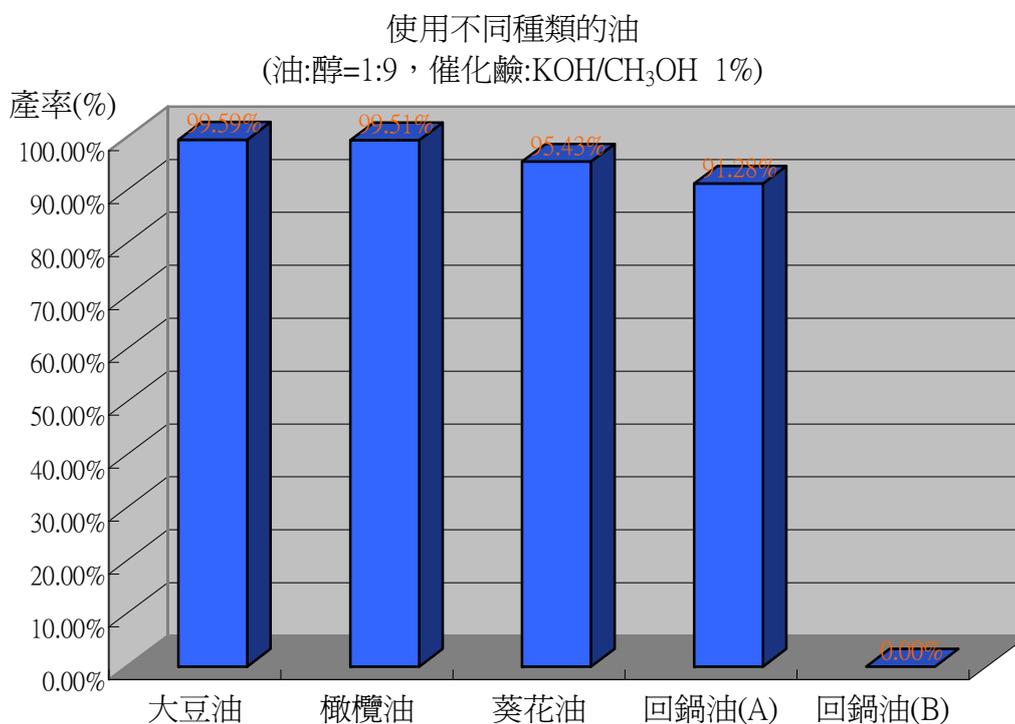
(圖二十一)

※由上圖，NaOH/CH₃OH 0.80%產率最佳，而催化鹼濃度過高時易產生皂化現象，影響產率。



(圖二十二)

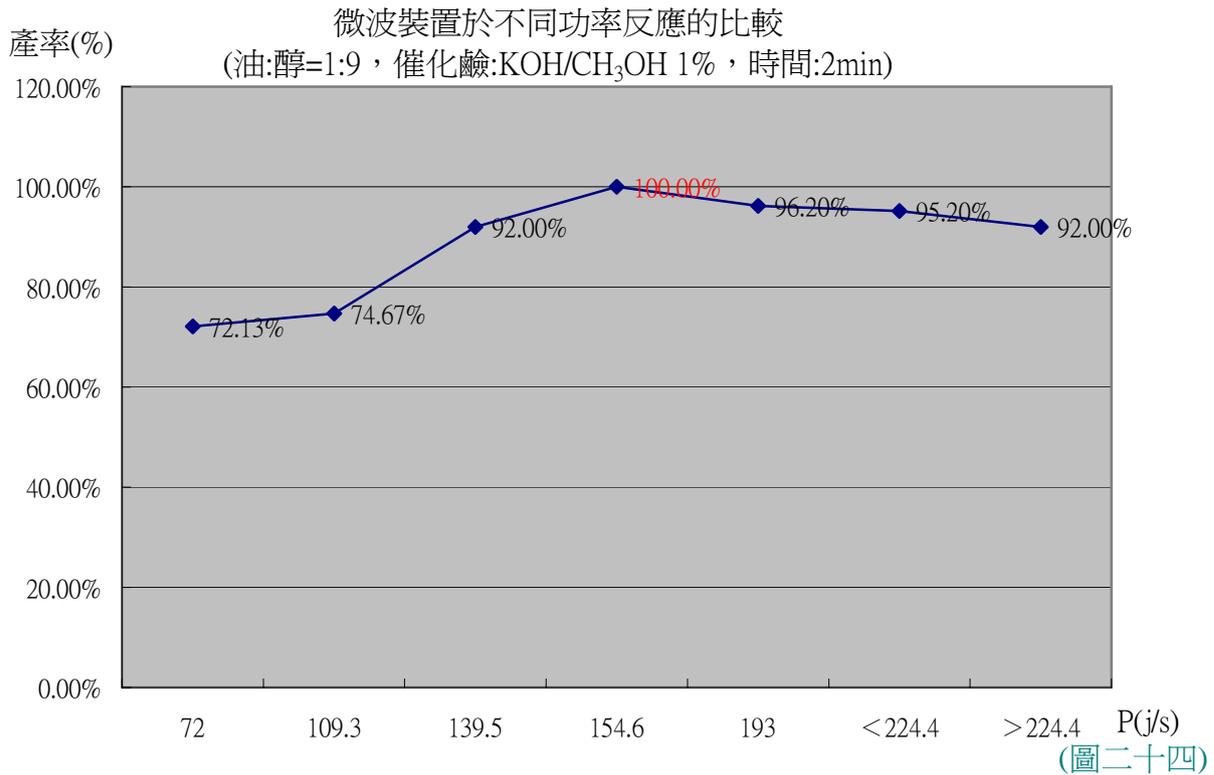
【實驗 8】使用不同種類的油脂進行反應



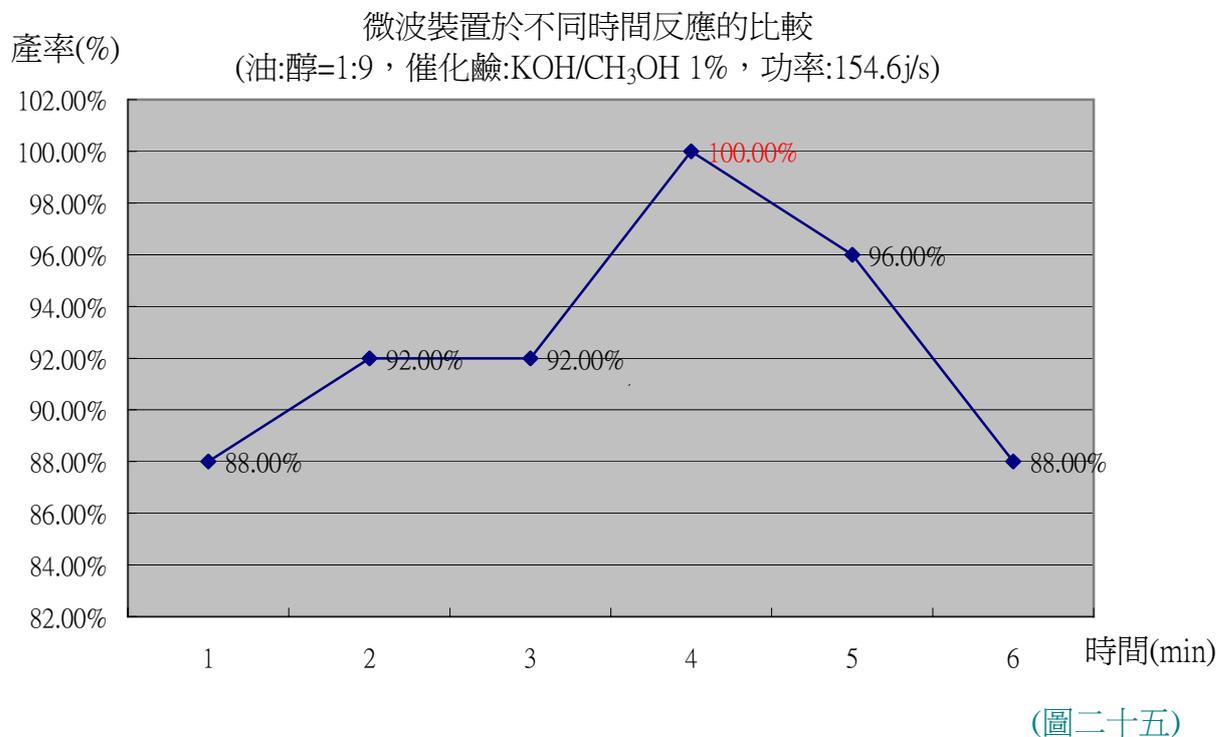
(圖二十三)

※由上圖，使用大豆油、橄欖油、葵花油反應其產率都不錯。回鍋油(A)為素食用油；回鍋油(B)為一般炸雞排店的廢油，肉類含有的水分、微小雜質較多，導致其產率不理想。

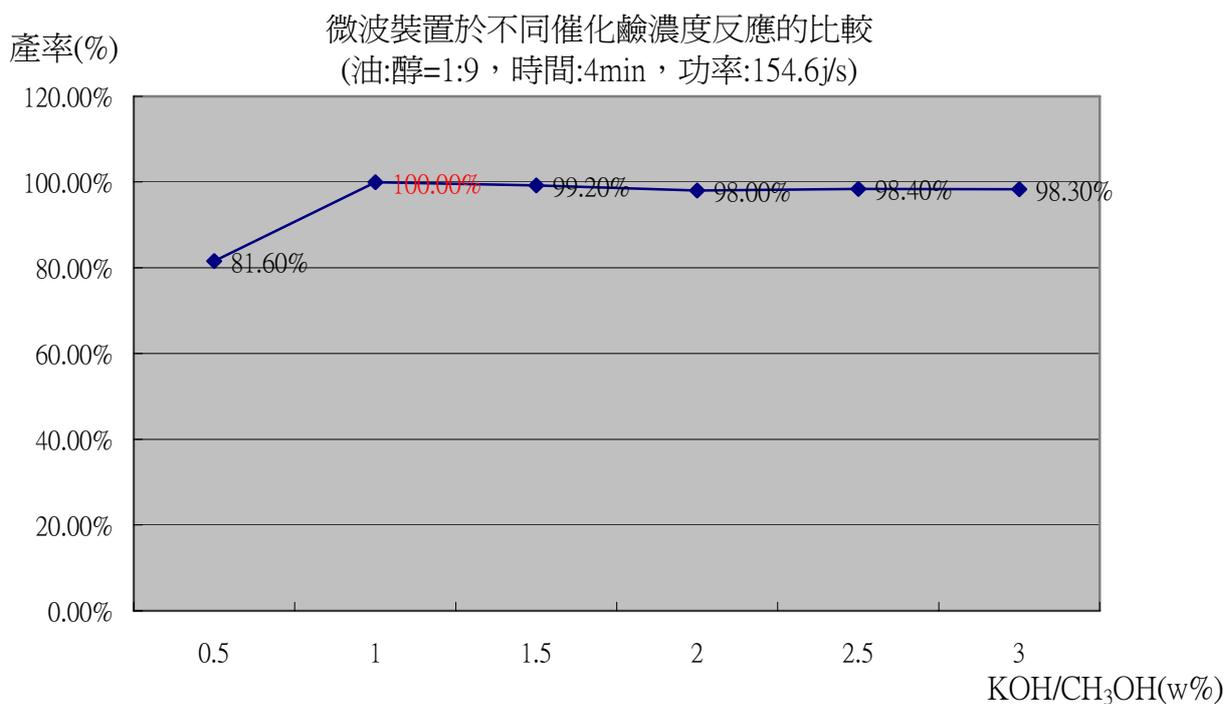
【實驗 9】使用微波裝置、超音波裝置進行反應



※由上圖，當功率在 154.6 (j/s) 時產率最佳，而功率過高時其溫度上升，影響產率。

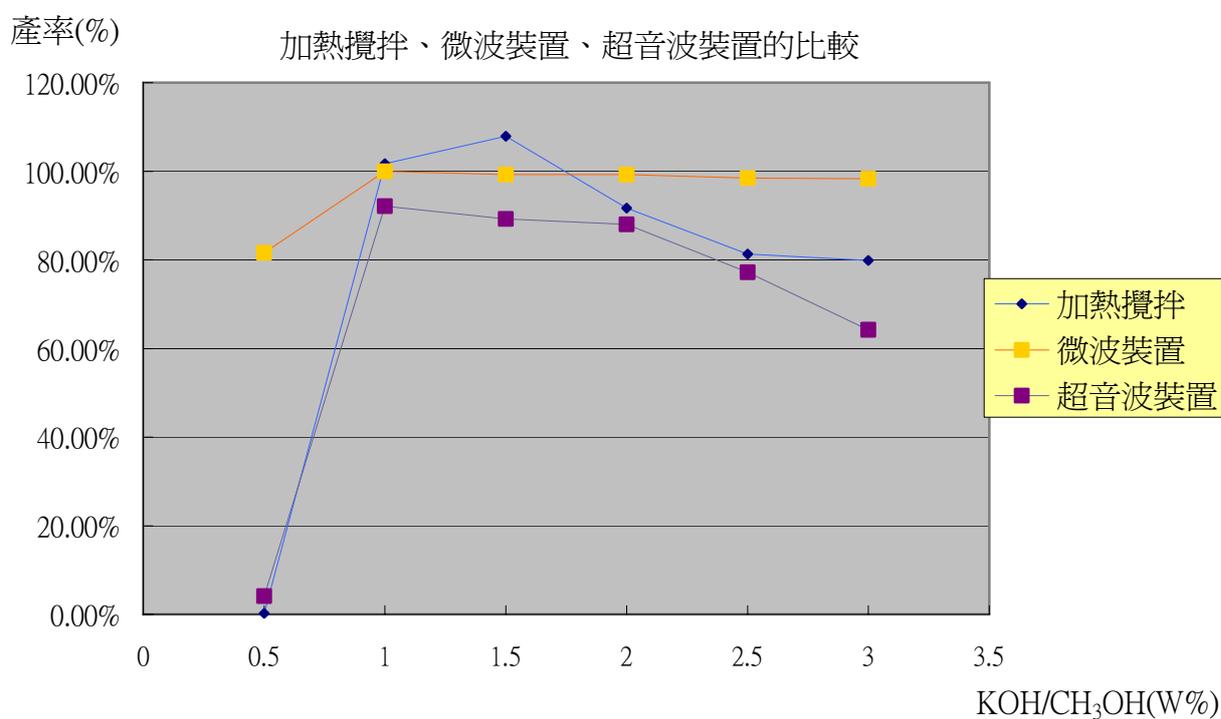


※由上圖，微波裝置反應四分鐘時產率最佳，而當反應過久導致溫度偏高，影響產率。



(圖二十六)

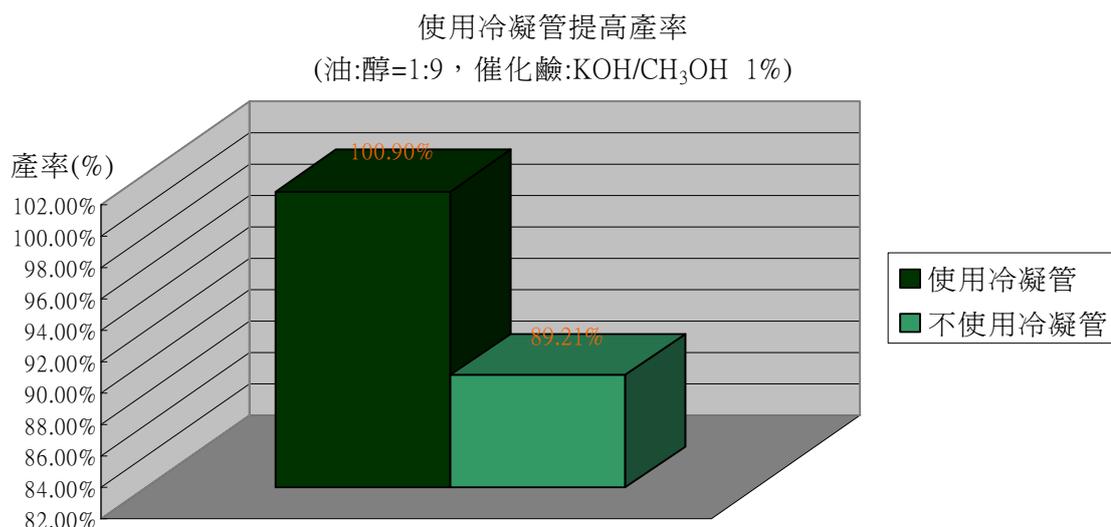
※由上圖，催化鹼濃度改變對產率影響不大。



(圖二十七)

※由上圖，傳統加熱攪拌和微波裝置的產率都不錯；超音波裝置的產率則較差。

【實驗※】使用冷凝管產率較高



(圖二十八)

※ 由上圖，使用冷凝管可提高產率；不使用冷凝管會因溫度過高，使生質柴油未能及時冷卻而揮發。

四、結論與應用

- (一) 微波藉由分子碰撞，使分子間碰撞頻率增加，增加反應速率，傳統加熱板藉由熱傳導與對流方式加熱，其加熱不均且速度較慢，易產生副反應。
- (二) 甲醇溶液生產生質柴油的效果比乙醇溶液佳，因為使用 95.00% 乙醇，當中含有水，易造成皂化反應，使產率大為降低(如圖十六)。
- (三) 最適合的酯化時間為 60 分鐘；20、40 分鐘所生產的生質柴油有明顯的泡層於分層間(如圖七)；80 分鐘的效果比 60 分鐘差。
- (四) 以氫氧化鈉為催化鹼的反應其最佳莫耳比為一油：甲醇溶液=1：5(如圖十九)；而以氫氧化鉀為催化鹼的反應其最佳莫耳比一油：甲醇溶液=1：9 (如圖十八)。因強鹼的缺點一加入過量催化鹼會使反應不完全或形成皂化反應。
- (五) 催化鹼最佳的濃度分別是 1.40% 氫氧化鉀甲醇溶液(如圖二十)、0.80% 氫氧化鈉甲醇溶液(如圖二十一)。
- (六) 起初，在 TLC 片點上 4 個檢測物質，後發現只需要 2 個檢測物質，分別是反應前的油脂、上層的生質柴油，就能得知整個轉酯化反應是否反應完全。
- (七) 觀察以氫氧化鈉甲醇溶液作催化鹼，經水洗後，易形成皂化(如表十六)，進而產生的生質柴油偏少；氫氧化鉀甲醇溶液作催化鹼，經水洗後，鮮少出現皂化，因此產量較豐富。
- (八) 經各種生質柴油與市售柴油不同比例互溶，發現比例非造成互溶性的好壞，而是生質柴油本身性質決定是否能與市售高級柴油互溶。
- (九) 收集回鍋油 A(素)、回鍋油 B(葷)，進行酯化反應，結果顯示利用葷肉回鍋油生產的生質柴油產量偏低，因肉類含有的水分及微小雜質較多，導致其產率低(如圖二十三)。

- (十) 發現微波裝置能加速反應，縮短酯化反應所需的時間；而超音波實驗後，生質柴油的產率過低，甚至較一般實驗室加熱法的產率還低；生質柴油的平均產率－微波裝置 > 一般實驗室加熱法 > 超音波 (如圖二十七)。
- (十一) 發現不論以何種柴油與生質柴油比例混合，接受測試後，皆能順利使柴油引擎發動，表示如果生質柴油能夠與市售高級柴油互溶，經測試，皆能使柴油引擎順利運轉 (如表二十二)。
- (十二) 經分光光度計檢測，使用無生質柴油混合的市售高級柴油所測得的二氧化氮濃度相對值為 0.548；使用油：甲醇 = 5：5(加入催化鹼 NaOH)測得二氧化氮濃度相對值為 0.434；表示添加愈多生質柴油與高級柴油混合，經柴油引擎發動後產生的二氧化氮濃度則較低 (蒸餾水相對值 0.000，而相對值和二氧化氮濃度成正比)。(表二十三)
- (十三) 在反應步驟成熟前，為求得最佳結果，試過不同方法，其中包括加熱攪拌冷凝裝置的增加；微波裝置的攪拌方法；催化鹼的添加辦法一起初，將催化鹼溶於水中，再將其加入反應中，但效果其差無比，而每一步的改進才得到最理想的結果。
- (十四) 利用微波裝置，可使反應時間由六十分鐘縮減至四分鐘。
- (十五) 利用微波裝置，使相對的能量消耗較少，反應快且不易產生副反應，有利大量製造生質柴油。
- (十六) 使用生質柴油就是使用一種再生能源，不但符合經濟效益，同時降低對環境的污染，為一種有效替代石化燃料的新能源，且使用生質柴油也可減緩地球溫室效應，因此生質能是兼具多種附加價值的新時代能源。

五、參考文獻

【論文】

- 1、李宏萍 國立中興大學化學研究所博士論文－微波輔助頂空固相微萃取技術應用於農藥殘留分析研究 1－3 節：微波輔助萃取原理 page7 ~ 15
- 2、吳耿東、李洪台 工研院資源研究所－生質能源－化腐朽為能源
- 3、林雅香 國立中興大學化學研究所碩士論文－微波加速有機反應之研究 1－7 節：微波衍生化 page28 ~ 41
- 4、林淵淙 國立成功大學環境工程研究所博士論文－生質柴油及乳畫柴油對引擎排放廢氣污染減量及提升能源效率之研究 page35~51
- 5、陳恭府撰 國立中山大學環境工程研究所碩士論文－超低硫柴油摻配生質柴油之油品特性及污染排放分析 page30~48
- 6、鴻圖工程股份有限公司 生質柴油替代燃料試用計畫期末報告 page5-1~5-10

【期刊文章】

- 7、Analytical Chemistry, Vol. 49, No. 9 .August 1977
Stoichiometry of Nitrogen Dioxide Determination in Triethanolamine Trapping Solution
- 8、Dariusz Krochmal and Ludwlk Gorski
Determination of Nitrogen Dioxide in Ambient Air by Use of a Passive Sampling Technique and Triethanolamine as Absorbent

- 9 · Gemma Vicente
A Comparative Study of Vegetable oils for Biodiesel Production in Spain
- 10 · JAOCS, Vol.82, No .7, 2005
Biodiesel from an Alkali Transesterification Reaction of Soybean oil Using Ultra Ultrasonic Mixing
- 11 · Joseph E. Sickles, II ,Peter M. Grohse,Laura L. Hodson,Cynthia A. Salmons,Kelly W. Cox ,Ann R. Turner, and Eva D. Estes
Development of a Method for the Sampling and Analysis of Sulfur Dioxide and Nitrogen from Ambient Air
- 12 · Journal of Bioscience and Bioengineering Vol. 92, No. 5,405-416 , 2001
Biodiesel Fuel Production by Transesterification of Oils
- 13 · Kunchana Bunyakiat ,Sukunya Makmee,Ruengwit Sawangkeaw, and Somkiat Ngamprasertsith
Continuous Production of Biodiesel via Transesterification from Vegetable oils in Supercritical Methanol
- 14 · Sergejus Lebedevas and Andrius Vuicekauskas
Use of waste Fats of Animal and Vegetable Origin for the Production of Biodiesel Quality, Motor Properties ,and Emissions of Harmful Components
- 15 · Shweta Shah, Shweta Sharma ,and M. N. Gupta
Biodiesel Preparation by Lipase –Catalyzed Transesterification of Jatropha Oil

六、附件

* 估算生產成本

以 50.00 公升的油箱計算

1、100%市售台塑高級柴油平均 27.50 元 / 公升

加滿 50.00 公升需要花費約

Total : $27.50 \times 50.00 = 1375.00$ 元

2、100%自製生質柴油(以大豆油作為原料且以微波方式生產)

每 0.05 公升生質柴油

(1)統一大豆油：約 0.079 元 / 公升 → 需要 48.25 毫升

(2)甲醇：約 9.00 元 / 公升 → 需要 18.00 毫升

(3)氫氧化鉀：約 100.00 元 / 公斤 → 需要 0.252 公克

(4)技術花費(水費、電費、醋酸等)：約 0.007 元 / 公升

Total : $0.079 \times 0.04825 + 9.00 \times 0.018 + 100.00 \times 0.00252 + 0.007 \times 0.05 \approx 0.418$ 元

則製作 50.00 公升生質柴油需要約 $0.418 \times 1000 = 418.00$ 元

3、100%自製生質柴油(以回鍋油作為原料且以微波方式生產)

每 0.05 公升生質柴油

(1)糕餅店回鍋油：0.00 元 / 公升 → 需要 48.25 毫升

(2)甲醇：約 9.00 元 / 公升 → 需要 18.00 毫升

(3)氫氧化鉀：約 100.00 元 / 公斤 → 需要 0.252 公克

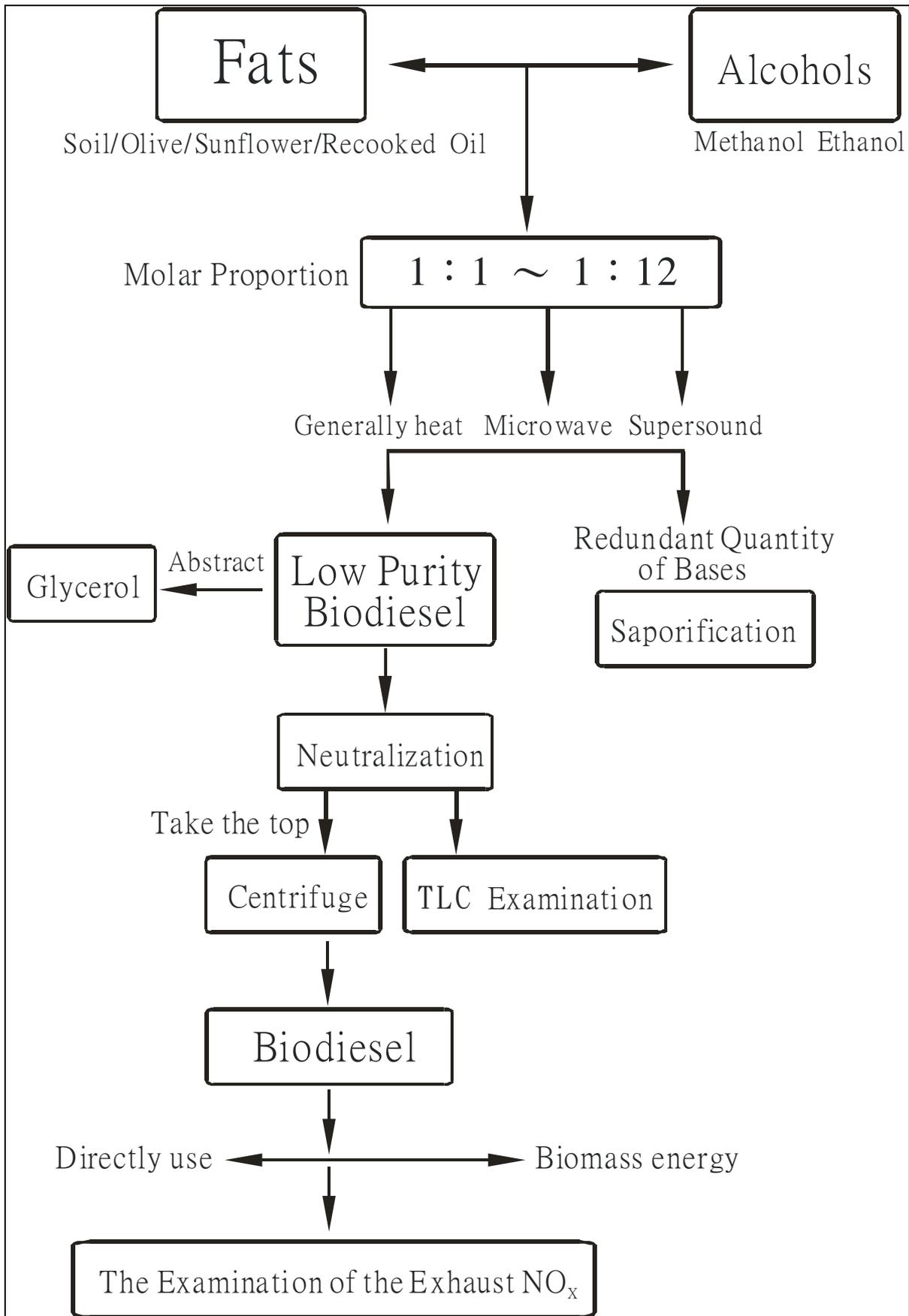
(4)技術花費(水費、電費、醋酸等)：約 0.007 元 / 公升

Total : $0.00 \times 0.04825 + 9.00 \times 0.018 + 100.00 \times 0.00252 + 0.007 \times 0.05 \approx 0.380$ 元

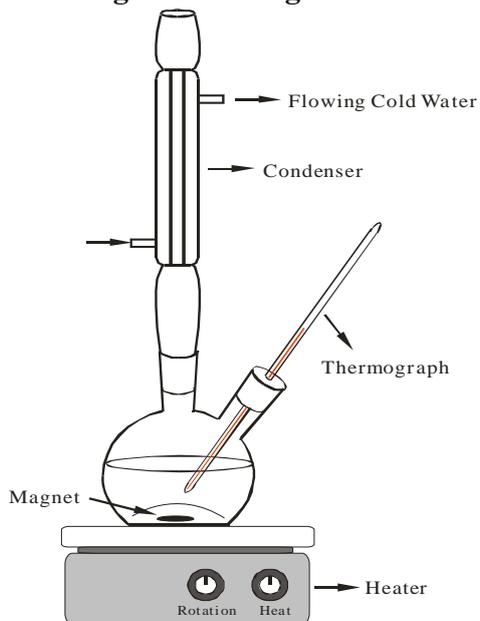
則製作 50.00 公升生質柴油需要約 $0.380 \times 1000 = 380.00$ 元

※成本估算後以回鍋油作為原料生產生質柴油是最經濟的方式，一方面不會造成一般食用油的供需影響，另一方面又能將回鍋油回收再利用，達到維護生態環境及環境保護的功效；而生產的方式以微波最具前瞻性，將一般傳統加熱的六十分鐘反應時間縮短為四分鐘，在提升生產效率上，也大大的減少能源的損耗。

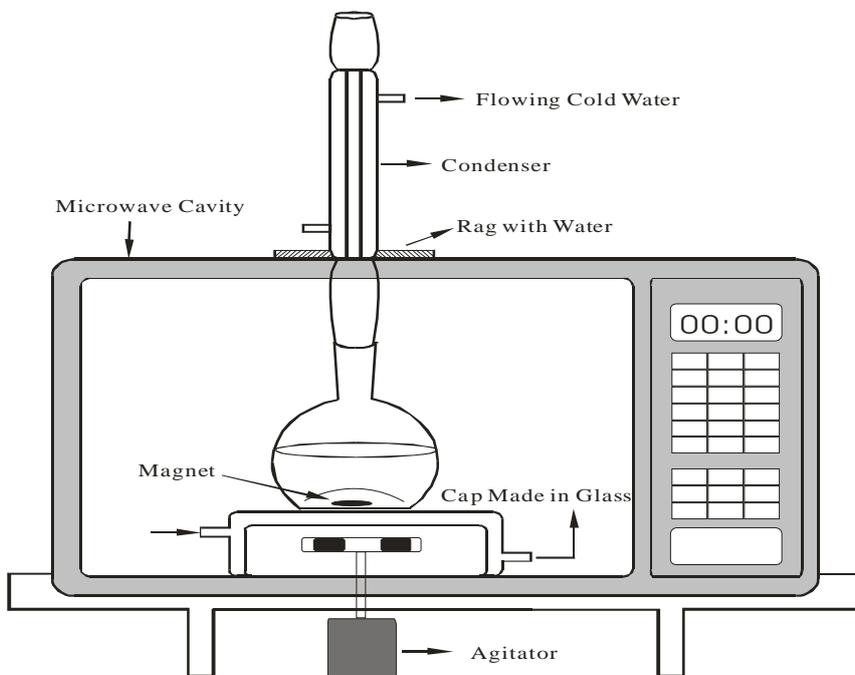
Flow Diagram



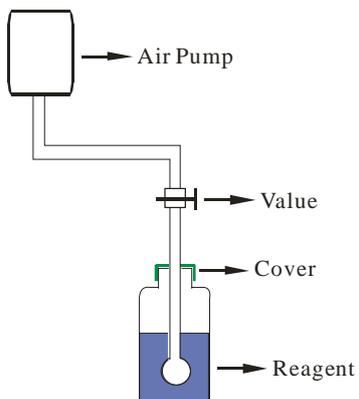
【DeviceA】 The equipment of heating and stirring



【DeviceB】 The equipment of microwave



【DeviceC】 The equipment of gathering exhaust and examination



評語

- 1) 題目十分有趣，研究設計完整，研究的執行亦十分認真。
- 2) 製成之生質柴油對氮氧化物之減量及減緩溫室效應宜有較明確的學理依據。