

中華民國第四十七屆中小學科學展覽會
作品說明書

高中組 化學科

第三名

040209

『微』『柴』是用～親愛的，我把時間變短了！

學校名稱：彰化縣私立精誠高級中學

作者：	指導老師：
高二 柯秉錚	陳俊杰
高二 李思屏	陳記仁
高二 陳家瑩	
高二 郭景旻	

關鍵詞：生質柴油 微波 酯化反應

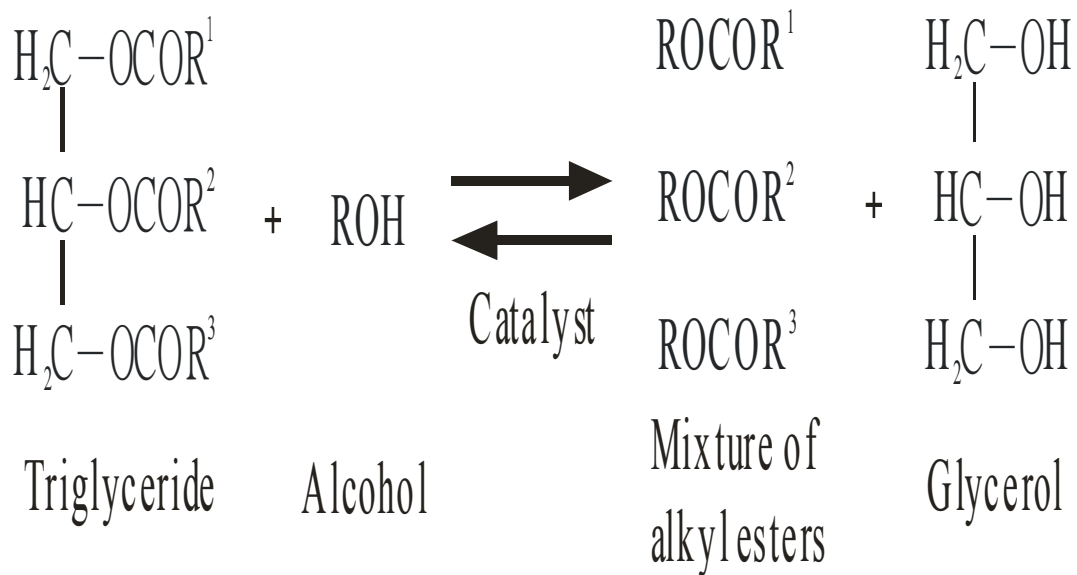
摘要

原油價格上漲，欲尋求替代能源，而生質柴油是目前一種最具潛力的能源，具有循環、再生的特性，所以研究生質柴油引起我們的興趣。

實驗室以醇類與油脂酯化生成生質柴油，以加熱方式，在適當的觸媒下，運用化學形式將其轉換成生質能。為使反應完全，會添加過量低碳數醇類。使用的觸媒為強鹼，其缺點—過量催化鹼會使其轉為皂化反應；運用 TLC 片，觀察反應是否完全。也利用微波的特性—加速反應，進而生產快速及高產率的生質柴油。也用超音波製造生質柴油，並比較傳統加熱、微波、超音波生產的生質柴油。為了解生質燃料及一般石化燃料的環境污染性，用空氣幫浦收集其廢氣中的二氧化氮，評估其污染性。

實驗後發現，有催化鹼的甲醇溶液能生產較多生質柴油；氫氧化鉀甲醇溶液 1.4□ 且油與醇莫耳數比 1：9 較佳；氫氧化鈉甲醇溶液 0.8□ 且油與醇莫耳數比 1：5 較佳。而一般加熱以 60°C 加熱 60 分鐘較適當；也運用 SD-22 柴油引擎測試出生產的生質柴油可運用於現今的柴油引擎上。所製造的生質柴油與一般柴油任何比例互溶，皆能使引擎發動。而微波能使反應時間縮短至四分鐘；而經分光光度計檢驗，顯示使用生質柴油能有效降低污染。

Transesterification Reaction of Triglyceride



(圖一)

壹、研究動機

我們從媒體中得知國際原油產量銳減，造成原油價格迅速飆漲，由此得知全球能源缺乏中，讓我們可以了解到能源的重要性，當我們在課本上學習到生質能是由培植或利用動植物的能源（非化石能源）做為燃料的使用，但其效能轉化率較低，所以我們也想利用各種方式來自行產生可直接利用及高轉化率的生質柴油，來響應全球正在能源缺乏的問題，於是我們決定動手自己做，在參考各種不同的期刊、資料後，我們便著手進行我們的實驗，而經測試過不同種類的油，加入不同催化鹼於醇類溶液中，並在不同的條件下反應。

貳、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柴油的互溶性
- 八、嘗試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、檢測各比例生質燃料測試後所產生廢氣中的二氧化氮含量

參、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(15cm)	4 支
分液漏斗(100mL)	4 支	雙頸瓶(100mL)	4 個
毛細管(1mm)	1 罐	單頸瓶(25mL)	4 個
超音波震盪機	1 台	微波裝置	1 組

(表一)

二、藥品：

藥品	數量	藥品	數量
CH ₃ OH	50 瓶	H ₃ PO _{4(aq)}	1 瓶
C ₂ H ₅ OH(95%)	50 瓶	台塑高級柴油	3 L
CH ₃ COOH _(aq) (1M)	2 瓶	H ₂ SO _{4(aq)} (1M)	1 瓶
KOH/CH ₃ OH(0.1 %~5.0 %)	數瓶	NaOH/CH ₃ OH(0.1 %~5.0 %)	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)

三、配置藥品

1. TLC 片測試：配置不同比例的乙酸乙酯／正己烷，並找出效果最明顯的比例。

(乙酸乙酯：正己烷=1：6 為最好的比例，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 964.0mL(884.0g，1mol)和甲醇 40.0mL(32.0g，1mol)，搭配不同比例以進行反應。(請參考下表格舉例)

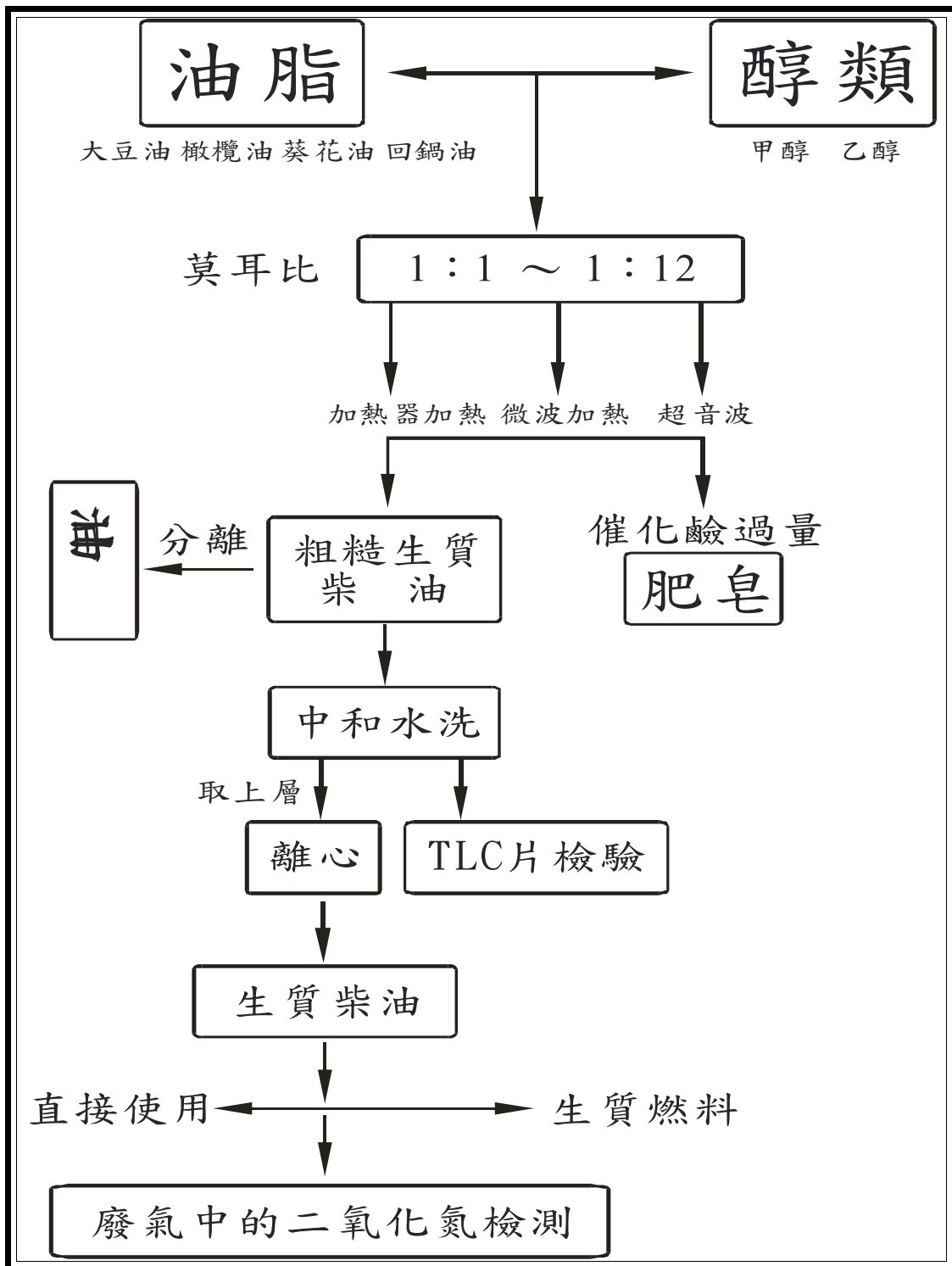
比例	大豆油體積(mL)	加入甲醇溶液量(mL)	加入乙醇溶液量(mL)
1：1	48.2	2	3
1：3	48.2	6	9
1：6	48.2	12	18
1：9	48.2	18	27

(表四)

3. 製備顯色液(又稱紮爾茲曼試劑)：在容量瓶放入 5 克對氨基苯磺酸、50 毫克 N-1-萘基乙二胺鹽、30 毫克磷酸並加入去離子水稀釋至 1 升(加入磷酸只是爲了要製造酸性環境，加入其他酸亦可)。

肆、研究過程或方法

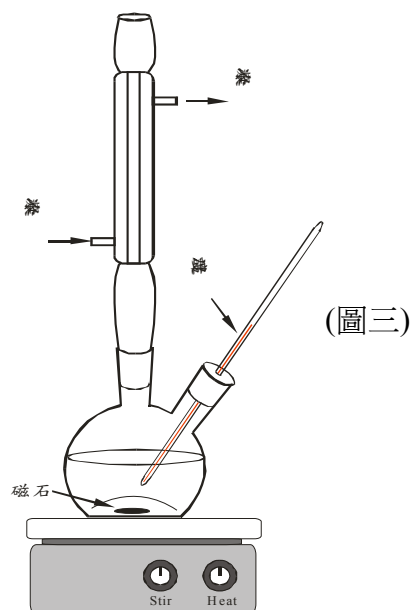
一、生質柴油製作流程圖



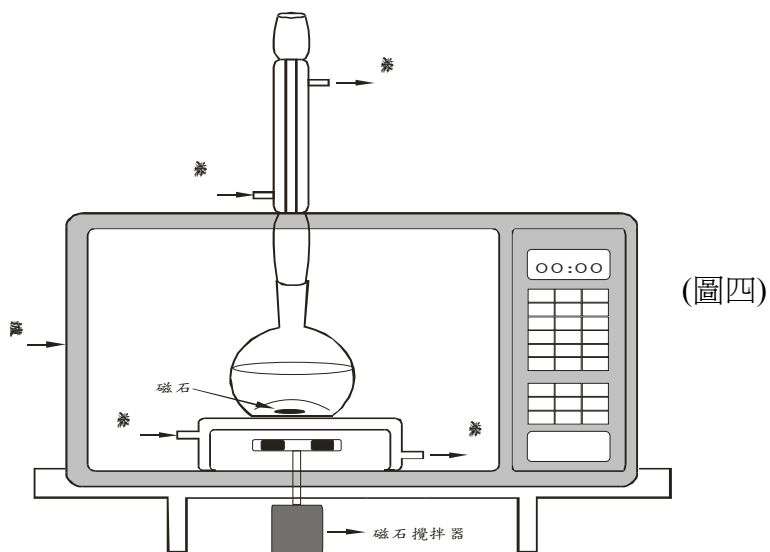
(圖二)

二、實驗裝置

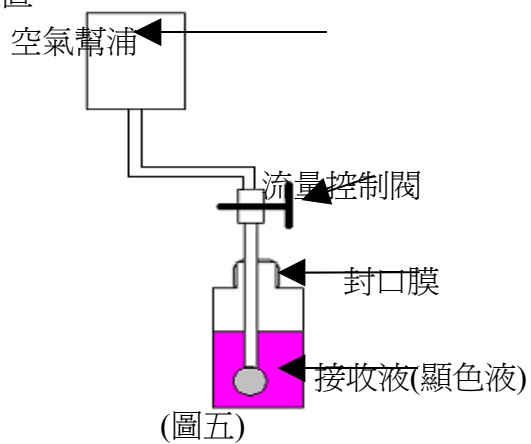
【裝置 A】加熱攪拌裝置



【裝置 B】微波裝置



【裝置 C】廢氣檢測裝置



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%及氫氧化鉀/乙醇 1%。
- 2.取適量大豆油(油/醇莫耳比為 1/3)加入反應裝置中。
- 3.放入磁石(用於均勻攪拌)後於雙頸瓶一孔用軟橡皮插入溫度計，而另一孔插上有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%，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.靜置一天，待其分層後將生質柴油層取出，並進行 TLC 片檢驗、酸洗、水洗。
- 6.改變油/醇莫耳比為 1/6、1/9，並重複步驟 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.放入磁石(用於均勻攪拌)後於雙頸瓶一孔用軟橡皮插入溫度計，而另一孔插上有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 並分別加熱攪拌 20、40、60、80 分鐘。
- 4.靜置一天，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 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.放入磁石(用於均勻攪拌)後於雙頸瓶一孔用軟橡皮插入溫度計，而另一孔插上有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.靜置一天，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/醇莫耳比為 1/1~1/12，並重複步驟 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.放入磁石(用於均勻攪拌)後於雙頸瓶一孔用軟橡皮插入溫度計，而另一孔插上有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.靜置一天，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/醇莫耳比為 1/7~1/12，及改變氫氧化鉀/甲醇濃度 0.1~5.0%，並重複步驟 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.放入磁石(用於均勻攪拌)後於雙頸瓶一孔用軟橡皮插入溫度計，而另一孔插上有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%，將溫度維持於 60°C 加熱攪拌 1 小時。

- 4.靜置一天，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/醇莫耳比為 1/4~1/8，及改變氫氧化鈉/甲醇濃度 0.1~5.0%，並重複步驟 1~4。

【實驗 5】 使用 TLC 片探討反應的完整度

- 1.將 TLC 片裁成 1.5cm × 5.0cm，在 TLC 片上下端用鉛筆畫上二條線段，一端為始點，另一端為終點，在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.待到溶液上升至終點後，晾乾後並用噴霧瓶噴硫酸水溶液(1M)，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.靜置一天，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 M)，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，以完成水洗過程。

【實驗 7】 進行不同條件下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 1mL、2mL、3mL、4mL 裝入試管中，再將高級柴油依序加入 4mL、3mL、2mL、1mL，並觀察其互溶性的成效)
- 2.再將不同條件所形成的生質柴油一一與柴油進行互溶。

【實驗 8】 嘗試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.放入磁石(用於均勻攪拌)後於雙頸瓶一孔用軟橡皮插入溫度計，而另一孔插上有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 加熱攪拌 1 小時。
- 4.靜置一天，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%加入微波、超音波裝置。
- 2.放入磁石(用於均勻攪拌)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，即可開始進行微波反應。
- 4.靜置一天，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，並重複步驟 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，我們進行更精密的萃取技術
- 3.利用柴油引擎來進行實際測試，避免通過引擎之前的柴油污染或影響我們的測試結果，將引擎的油排除掉，以提升實驗的準確度。

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所產生廢氣中的二氧化氮含量

- 1.用自製的空氣幫浦接管收集柴油引擎所排放出的廢氣，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，檢測出各比例生質燃料廢氣中二氧化氮的濃度。

伍、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%)。

【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% 乙&油：1：9		甲+K：1% 甲&油：1：9	
上層：25.0 mL 下層：47.0 mL	沙拉油 產物上	上層：54.0 mL 下層：13.0 mL	沙拉油 產物上
中和水洗：2.4 mL 產率：4.98%		中和水洗：48.0 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	

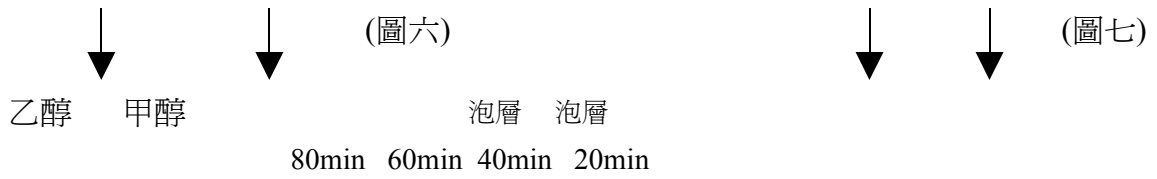
(表六)

【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% 甲&油：1：9		甲+K：1% 甲&油：1：9	
上層：50.5 mL 下層：12.5 mL	沙拉油 產物上	上層：50.0 mL 下層：13.0 mL	沙拉油 產物上
中和水洗：42.1mL 產率：87.34%		中和水洗：46.0 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% 甲&油：1：9		甲+K：1% 甲&油：1：9	
上層：54.0 mL 下層：13.0 mL	沙拉油 產物上	上層：51.0 mL 下層：11.5 mL	沙拉油 產物上
中和水洗：48.0 mL 產率 99.59%		中和水洗：47.3 mL 產率 98.21%	
柴油互溶性：		柴油互溶性：無	
上層：多出 1/6 試管高級柴油，			
下層：完全溶解			

(表七)



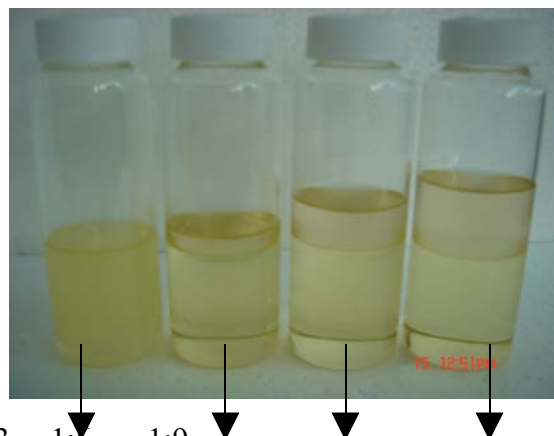


【實驗 3】 探討油脂與醇類於不同的比例(莫耳比)製作生質柴油

4-1、氫氧化鉀/甲醇

編號：甲 K1，1：1	TLC 片： 無	編號：甲 K1，1：3	TLC 片： 
甲+K：1% 甲&油：1：1		甲+K：1% 甲&油：1：3	
上層：無 下層：無		上層：49.0 mL 下層：2.0 mL	
中和水洗：無		中和水洗：35.0mL 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% 甲&油：1：6		甲+K：1% 甲&油：1：9	
上層：51.0 mL 下層：7.0 mL		上層：54.0 mL 下層：13.0 mL	
中和水洗：39.4mL 產率：81.74%		中和水洗：48.0 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	沙拉油 產物上下	上層：多出 1/6 試管高級柴油	沙拉油 產物上
下層：不完全溶解		下層：完全溶解	

(表八)



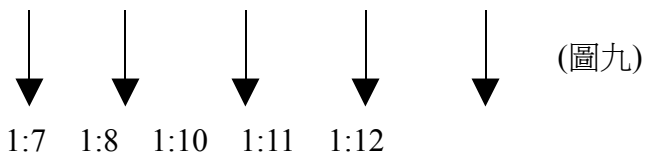
(圖八)

※由圖八可得知 1:1 完全沒分層；1:3 分層不明顯；1:9 不但分層明顯且上層比 1:6 多。所以我們決定從 1:7~1:12 找出產率最佳的莫耳比。

編號：甲 K1，1：7 甲+K：1% 甲&油：1：7 上層：51.0 mL 下層：7.0 mL 中和水洗：43.5 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：  沙拉油 產物上	編號：甲 K1，1：8 甲+K：1% 甲&油：1：8 上層：55.0 mL 下層：8.0 mL 中和水洗：44.0 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：  沙拉油 產物上
編號：甲 K1，1：10 甲+K：1% 甲&油：1：10 上層：53.0 mL 下層：17.0 mL 中和水洗：43.5 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：  沙拉油 產物上	編號：甲 K1，1：11 甲+K：1% 甲&油：1：11 上層：49.0 mL 下層：18.0 mL 中和水洗：38.8 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：  沙拉油 產物上
編號：甲 K1，1：12 甲+K：1% 甲&油：1：12 上層：52.0 mL 下層：20.0 mL 中和水洗：38.7 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：  沙拉油 產物上		


(表九)

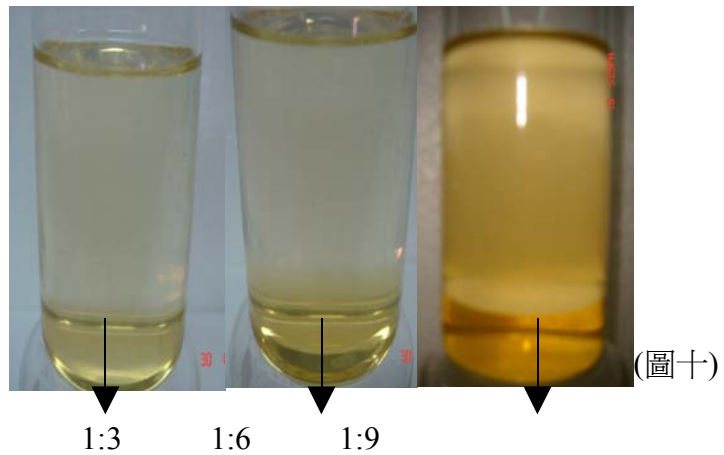




※由圖九可得知 1:7~1:12 分層皆很明顯，而 1:10 產率最高。

4-2、氫氧化鈉/甲醇

編號：甲 N1，1：3 甲+N ：1% 甲&油：1：3 上層：48.0 mL 下層：2.0 mL 中和水洗：35.0 ml 產率：72.6% 柴油互溶性： 上層：多出 1/8 試管高級柴油 下層：完全溶解	TLC 片：  沙拉油 產物 油 上	編號：甲 N1，1：6 甲+N ：1% 甲&油：1：6 上層：48.0 mL 下層：10.0 mL 中和水洗：44.0 mL 產率：90.25% 柴油互溶性： 上層：多出 1/8 試管高級柴油 下層：完全溶解	TLC 片：  沙拉油 產物 油 上
編號：甲 N1，1：9 甲+N ：1% 甲&油：1：9 上層：57.0 mL 下層：9.0 mL 中和水洗：44.7 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	TLC 片：  沙拉油 產物 油 上	(表十)	



※由圖十可得知 1:6 分層最明顯，所以我們決定從 1:4~1:8 找出產率最佳的莫耳比。

編號：甲 N1，1：4 甲+N ：1% 甲&油：1：4 上層：49.5 mL 下層：6.5 mL 中和水洗：45.0 mL 產率：93.36% 柴油互溶性： 上層：多出 1/10 試管高級柴油 下層：完全溶解	TLC 片： 	編號：甲 N1，1：5 甲+N ：1% 甲&油：1：5 上層：49.0 mL 下層：7.0 mL 中和水洗：46.0 mL 產率：95.45% 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 N1，1：6 甲+N ：1% 甲&油：1：6 上層：49.0 mL 下層：10.0 mL 中和水洗：43.5 mL 產率 90.25% 柴油互溶性： 上層：多出 1/8 試管高級柴油 下層：完全溶解	TLC 片： 	編號：甲 N1，1：7 甲+N ：1% 甲&油：1：7 上層：51.0 mL 下層：5.5 mL 中和水洗：45.5 mL 產率：94.32% 柴油互溶性： 上層：多出 1/10 試管高級柴油 下層：完全溶解	TLC 片： 
編號：甲 N1，1：8 甲+N ：1% 甲&油：1：8 上層：48.5 mL 下層：10.0 mL 中和水洗：45.2 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	TLC 片： 	(表十一)	



(圖十一)

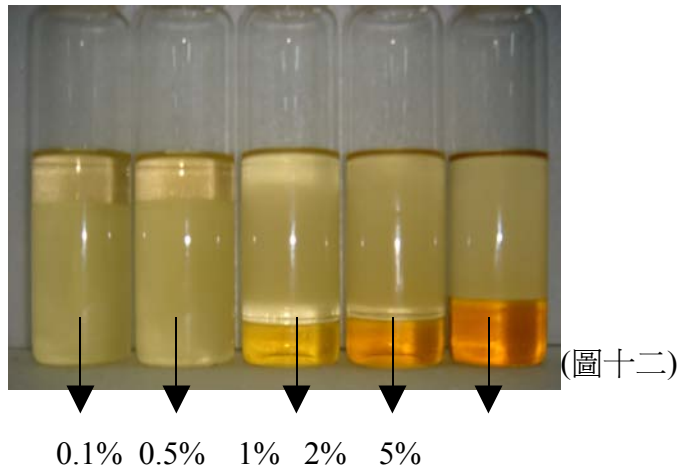
1:4 1:5 1:6 1:7 1:8

※由圖十一可得知 1:4~1:8 分層皆很明顯，而 1:5 產率最高。






【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 甲+K：0.1% 甲&油：1：9 上層：24.0 mL 下層：43.0 mL 中和水洗：無 柴油互溶性：無	TLC 片： 無	編號：甲 K0.5，1：9 甲+K：0.5% 甲&油：1：9 上層：12.0 mL 下層：53.0 mL 中和水洗：0.25 mL 產率：1.2 % 柴油互溶性： 上層：多出 1/6 試管高級柴油 下層：完全溶解	TLC 片：  沙拉油 產物上
編號：甲 K1，1：9 甲+K：1% 甲&油：1：9 上層：58.0 mL 下層：10.0 mL 中和水洗：49.0 mL 產率：101.66 % 柴油互溶性： 上層：多出 1/11 試管高級柴油 下層：完全溶解	TLC 片：  沙拉油 產物上	編號：甲 K2，1：9 甲+K：2% 甲&油：1：9 上層：56.0 mL 下層：10.0 mL 中和水洗：46.8 mL 產率：91.70 % 柴油互溶性： 上層：多出 1/11 試管高級柴油 下層：不完全溶解	TLC 片：  沙拉油 產物上
編號：甲 K5，1：9 甲+K：5% 甲&油：1：9 上層：38.0 mL 下層：22.0 mL 中和水洗：34.1 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	TLC 片：  沙拉油 產物上	(表十二)	

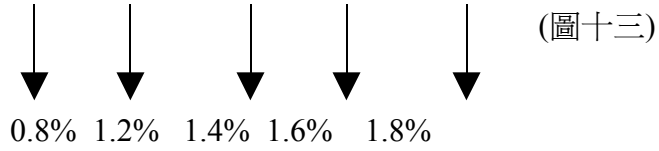


※由圖十二可得知0.1%、0.5%分層相對較少且產率不高；1%、2%分層較多且產率高；5%分層減少且產率下降。所以我們決定從0.8%~1.8%找出產率最佳的濃度。

編號：甲 K0.8，1：9 甲+K：0.8% 甲&油：1：9 上層：59.0mL 下層：7.0 mL 中和水洗：48 mL 產率 99.59% 柴油互溶性： 上層：多出 1/6 試管高級柴油 下層：完全溶解	TLC 片： 	編號：甲 K1.2，1：9 甲+K：1.2% 甲&油：1：9 上層：55.5mL 下層：8.0 mL 中和水洗：50.2 mL 產率 104.15% 柴油互溶性： 上層：多出 1/13 試管高級柴油 下層：完全溶解	TLC 片： 
編號：甲 K1.4，1：9 甲+K：1.4% 甲&油：1：9 上層：60.0 mL 下層：8.0 mL 中和水洗 52.2 mL 產率 108.31% 柴油互溶性： 上層：多出 1/11 試管高級柴油 下層：完全溶解	TLC 片： 	編號：甲 K1.6，1：9 甲+K：1.6% 甲&油：1：9 上層：58.0 mL 下層：8.0 mL 中和水洗：51.0 mL 產率 105.81% 柴油互溶性： 上層：多出 1/11 試管高級柴油 下層：不完全溶解	TLC 片： 
編號：甲 K1.8，1：9 甲+K：1.8% 甲&油：1：9 上層：57.0mL 下層：9.0 mL 中和水洗：45.5 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	TLC 片： 		




(表十三)

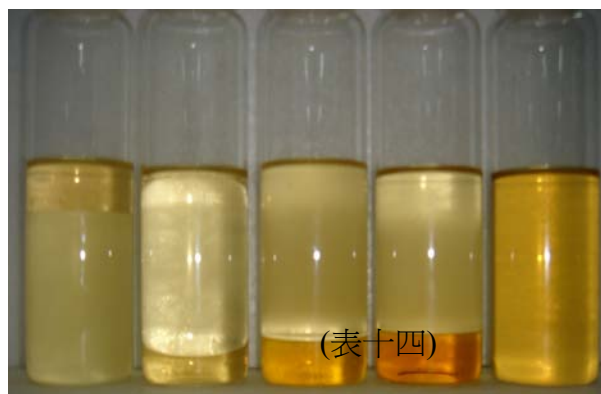


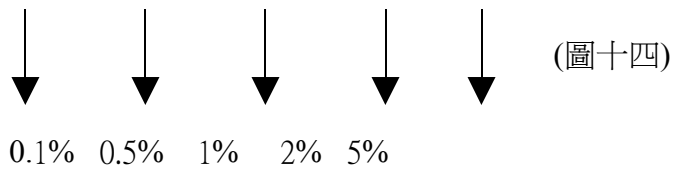


※由圖十三可得知 1.4% 分層明顯最多，且產率也最高。

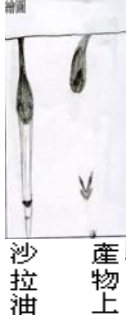



4-2、氫氧化鈉/甲醇

編號：甲 N0.1，1：9 甲+N：0.1% 甲&油：1：9 上層：13.0 mL 下層：52.0 mL 中和水洗：無 柴油互溶性：無	TLC 片： 無	編號：甲 N0.5，1：9 甲+N：0.5% 甲&油：1：9 上層：53.0 mL 下層：7.0 mL 中和水洗：39.0 mL 產率：80.91% 柴油互溶性： 上層：多出 1/9 試管高級柴油 下層：完全溶解	TLC 片： 
編號：甲 N1，1：9 甲+N：1% 甲&油：1：9 上層：57.0 mL 下層：9.0 mL 中和水洗：43.0 mL 產率：89.21% 柴油互溶性： 上層：多出 1/7 試管高級柴油 下層：不完全溶解	TLC 片：	編號：甲 N2，1：9 甲+N：2% 甲&油：1：9 上層：49.0 mL 下層：13.0 mL 中和水洗：30.0 mL 產率：62.24% 柴油互溶性： 上層：多出 1/5 試管高級柴油 下層：不完全溶解	TLC 片：
編號：甲 N5，1：9 甲+N：5% 甲&油：1：9 上層：無分層 中和水洗：無 柴油互溶性：無	TLC 片： 無 		

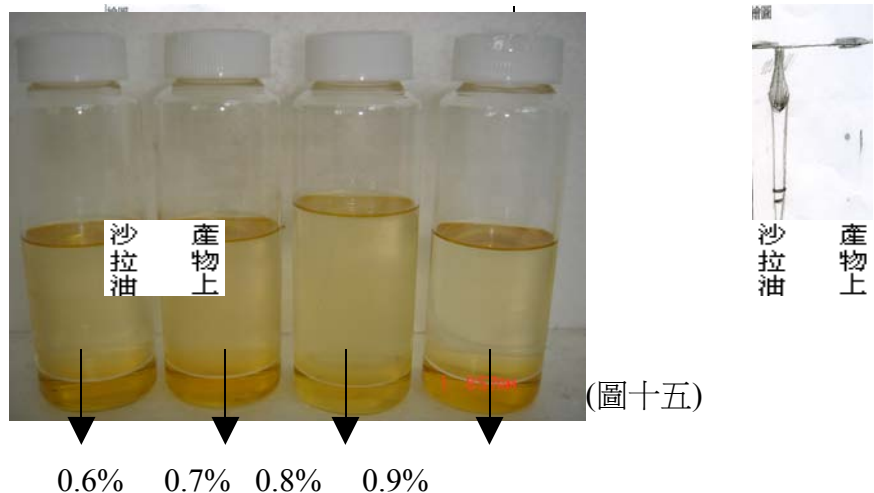




※由圖十四可得知 0.1% 分層少；0.5%、1% 分層多且產率高；5% 則完全無分層。所以我們決定從 0.6%~0.9% 找出產率最佳的濃度。

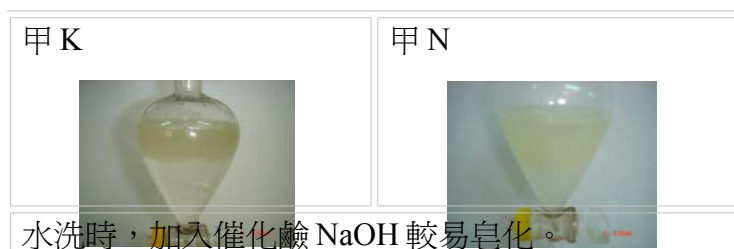
編號：甲 N0.6，1：9 甲+N ：0.6% 甲&油：1：9 上層：52.5 mL 下層：8.5 mL 中和水洗：42.0 mL 產率：87.13% 柴油互溶性： 上層：多出 1/3 試管高級柴油 下層：不完全溶解	TLC 片： 	編號：甲 N0.7，1：9 甲+N ：0.7% 甲&油：1：9 上層：51.5 mL 下層：14.0 mL 中和水洗：43.5 mL 產率：90.25% 柴油互溶性： 上層：多出 1/8 試管高級柴油 下層：完全溶解	TLC 片： 
編號：甲 N0.8，1：9 甲+N ：0.8% 甲&油：1：9 上層：61.5 mL 下層：9.0 mL 中和水洗：49.5 mL 產率：102.7% 柴油互溶性： 上層：多出 1/8 試管高級柴油 下層：完全溶解	TLC 片： 	編號：甲 N0.9，1：9 甲+N ：0.9% 甲&油：1：9 上層：50.0 mL 下層：11.0 mL 中和水洗：47.2 mL 產率：97.51% 柴油互溶性： 上層：多出 1/7 試管高級柴油 下層：不完全溶解	TLC 片： 

(表十五)



※由圖十五可得知 0.8% 分層相對最多，且產率最高。

【實驗 6】探討生質柴油之水洗過程



(表十六)

【實驗 8】嘗試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%	甲+K：1%	甲+K：1%	甲+K：1%	甲+K：1%
甲&油：1：9	甲&油：1：9	甲&油：1：9	甲&油：1：9	甲&油：1：9
上層：58.0 mL 下層：10.0 mL	上層：57.0 mL 下層：8.0 mL	上層：51.0 mL 下層：13.0 mL	上層：56.0 mL 下層：7.5 mL	上層：14.0 mL 下層：44.0 mL
中和水洗： 48.0 mL	中和水洗： 47.9 mL	中和水洗： 46.0 mL	中和水洗： 44.0 mL	中和水洗： 無
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)

※由表十七可得知以大豆油、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)

功率	72.0W	109.3W	139.5W	154.6W	193.0W	<224.4W	>224.4W
產率	72.13%	74.67%	92.00%	100.00%	96.20%	95.20%	92.00%

(表十八)

變因：時間(油：醇=1：9，KOH/CH₃OH 1%，功率：154.6W)

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%

(表十九)

變因：催化鹼 KOH/CH₃OH 濃度(油：醇=1：9，時間 4 分鐘，功率：154.6W)

濃度	0.5%	1.0%	1.5%	2.0%	2.5%	3.0%
產率	81.60%	100.00%	99.20%	98.00%	98.40%	98.30%

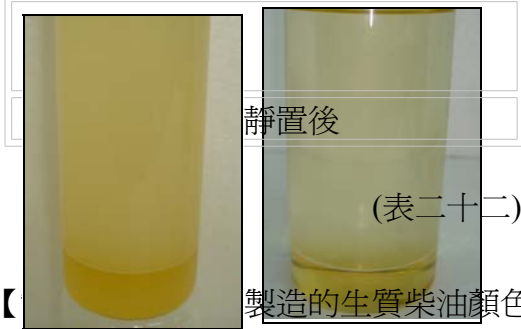
(表二十)

【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>啓動前的柴油引擎，其風扇不動。</p>	<p>啓動後的柴油引擎，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>

(表二十一)

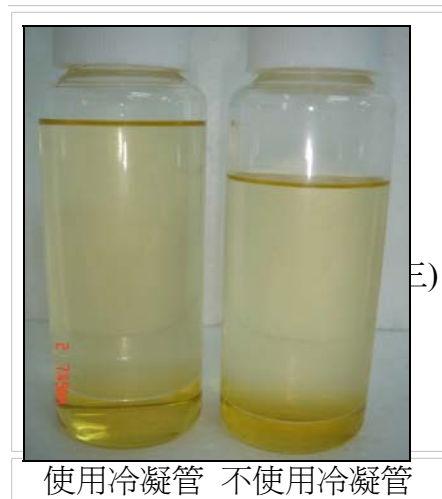
【實驗※】靜置的目的：使生質柴油分層更完整、清澈



【製造的生質柴油顏色偏黃



【實驗※】使用冷凝管產率較高

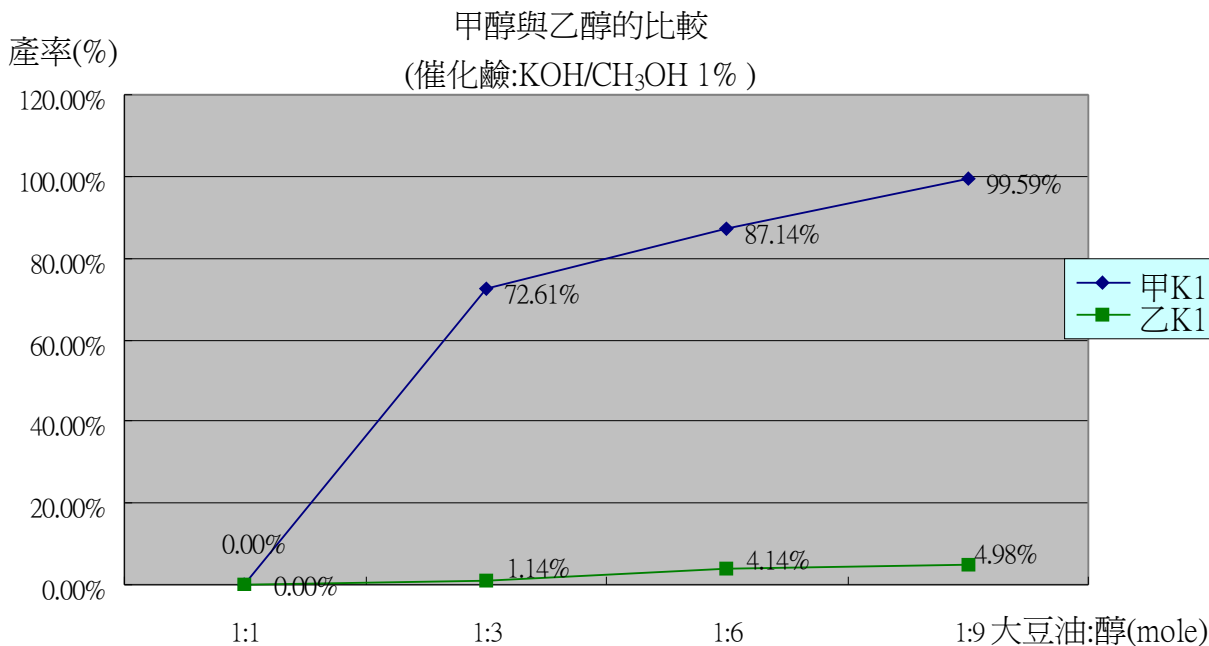


(表二十四)

陸、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%)。

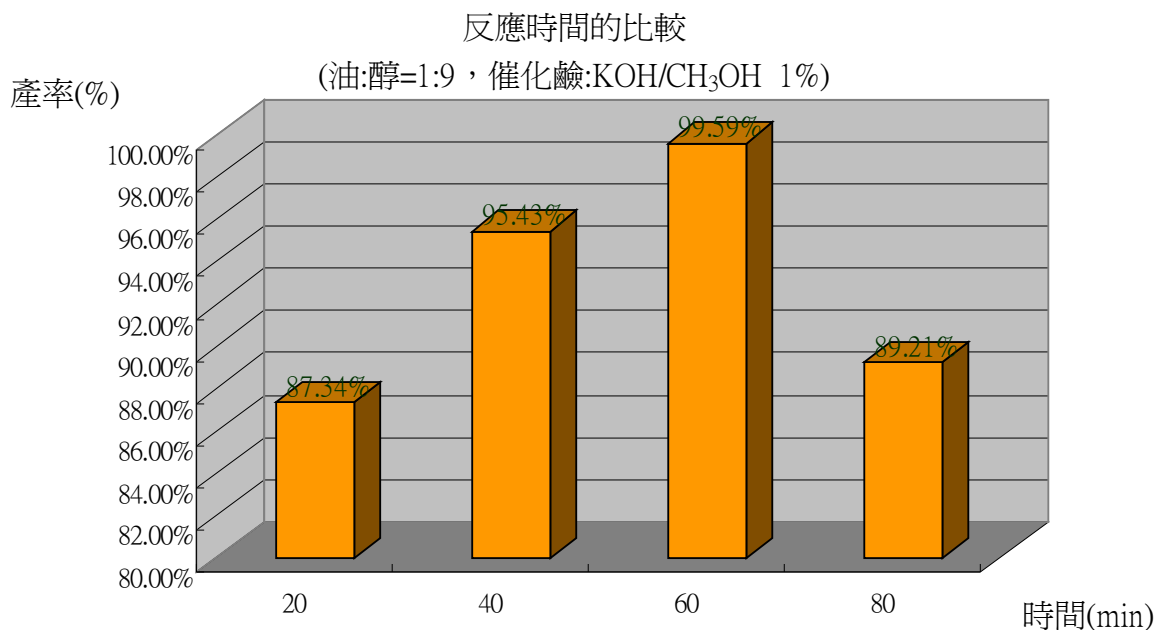
【實驗 1】研究甲醇與乙醇何者較適合與油脂反應



(圖十六)

※由上圖可知，以甲醇反應產率較高，而乙醇因為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

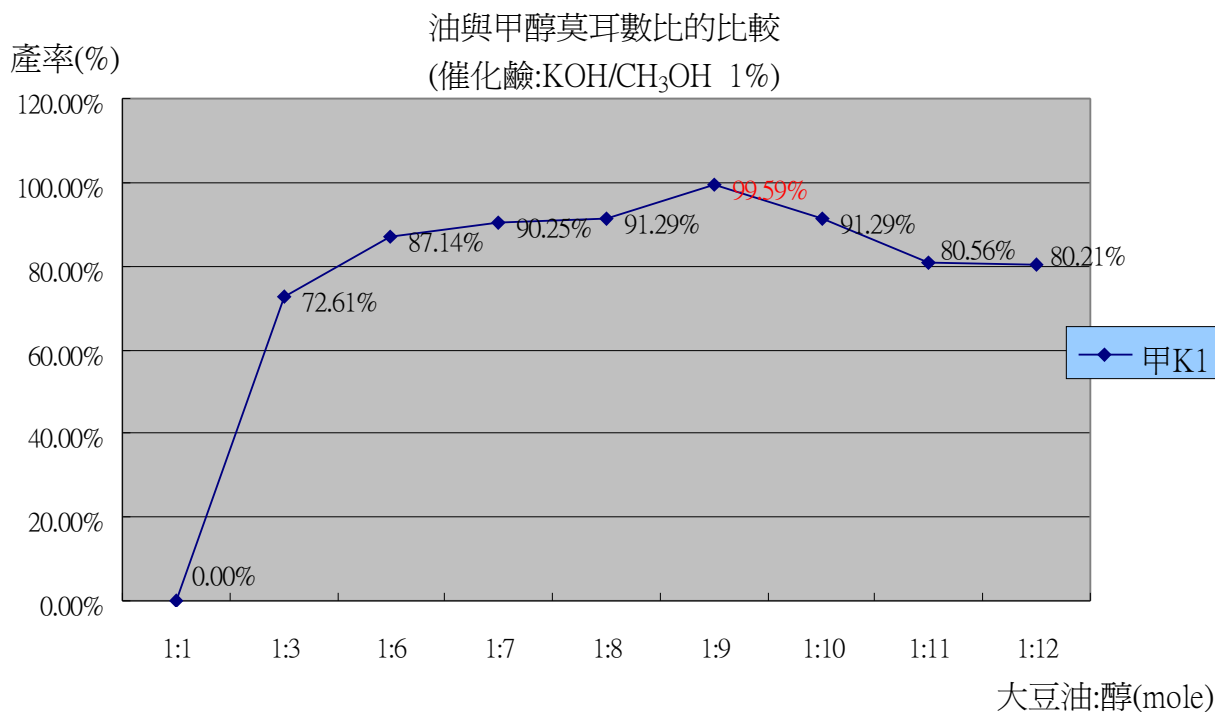


(圖十七)

※由上圖可知，以六十分鐘反應產率較高；二十分鐘、四十分鐘則皆有泡層產生，代表其反應並不完全；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

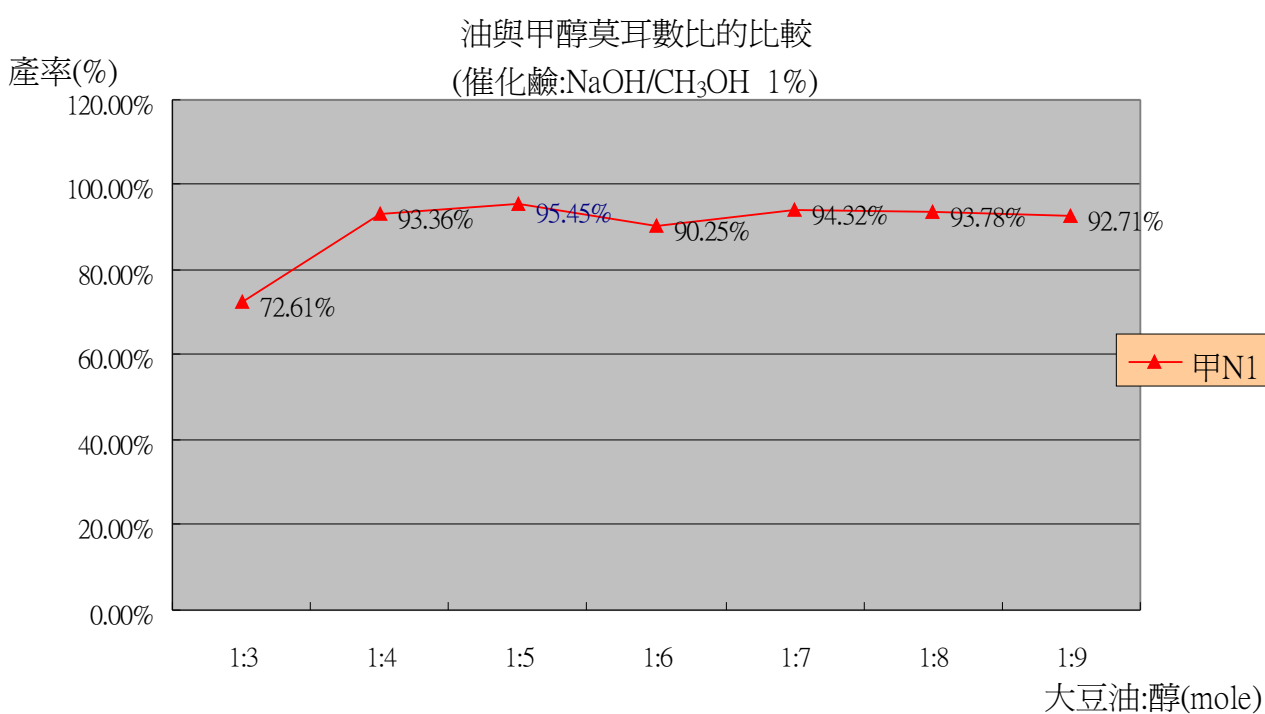
4-1、氫氧化鉀/甲醇



大豆油:醇(mole)
(圖十八)

※由上圖可知，油：醇=1：9(加入催化鹼 KOH)產率較高。

4-2、氫氧化鈉/甲醇

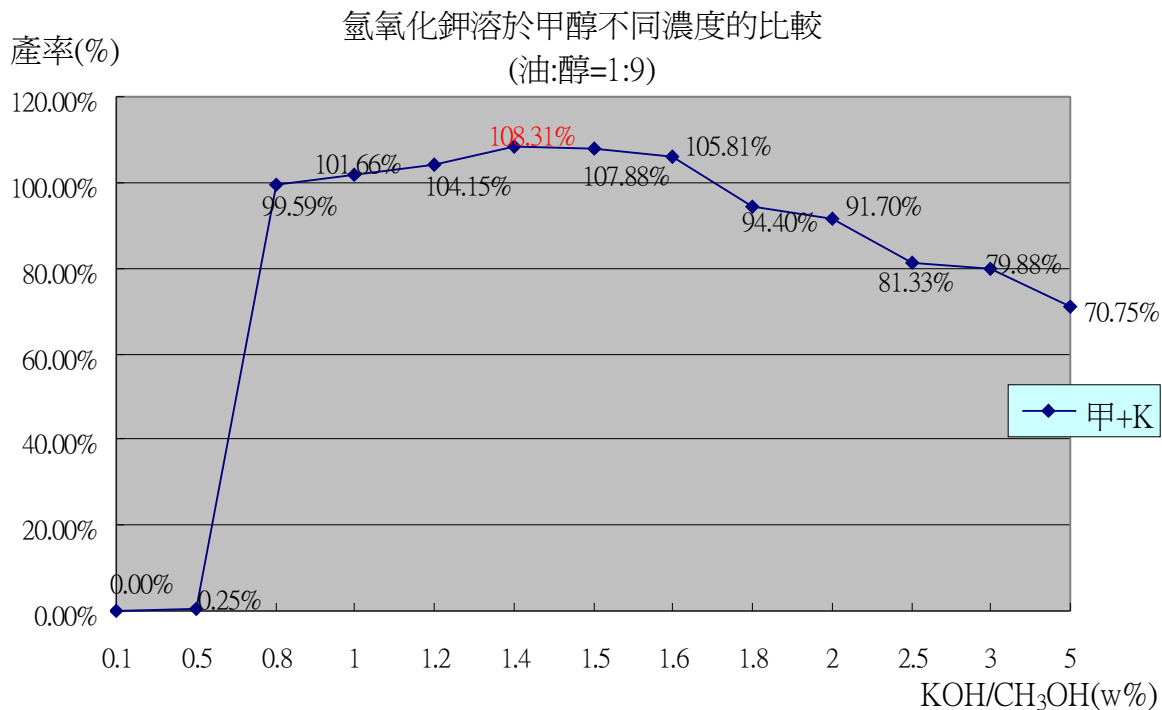


(圖十九)

※由上圖可知，雖然差異不大，但油：醇=1：5(加入催化鹼 NaOH)產率較高。

【實驗 4】 探討催化鹼在何種濃度效果較佳

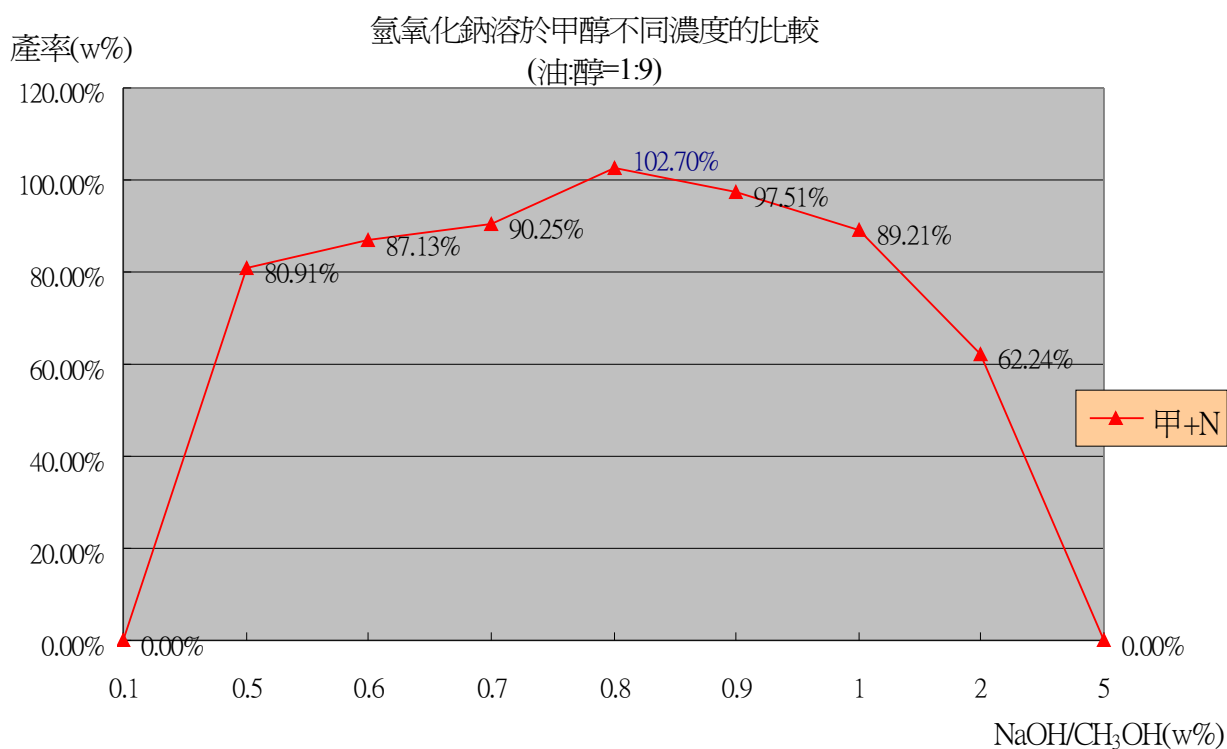
4-1、氫氧化鉀/甲醇



(圖二十)

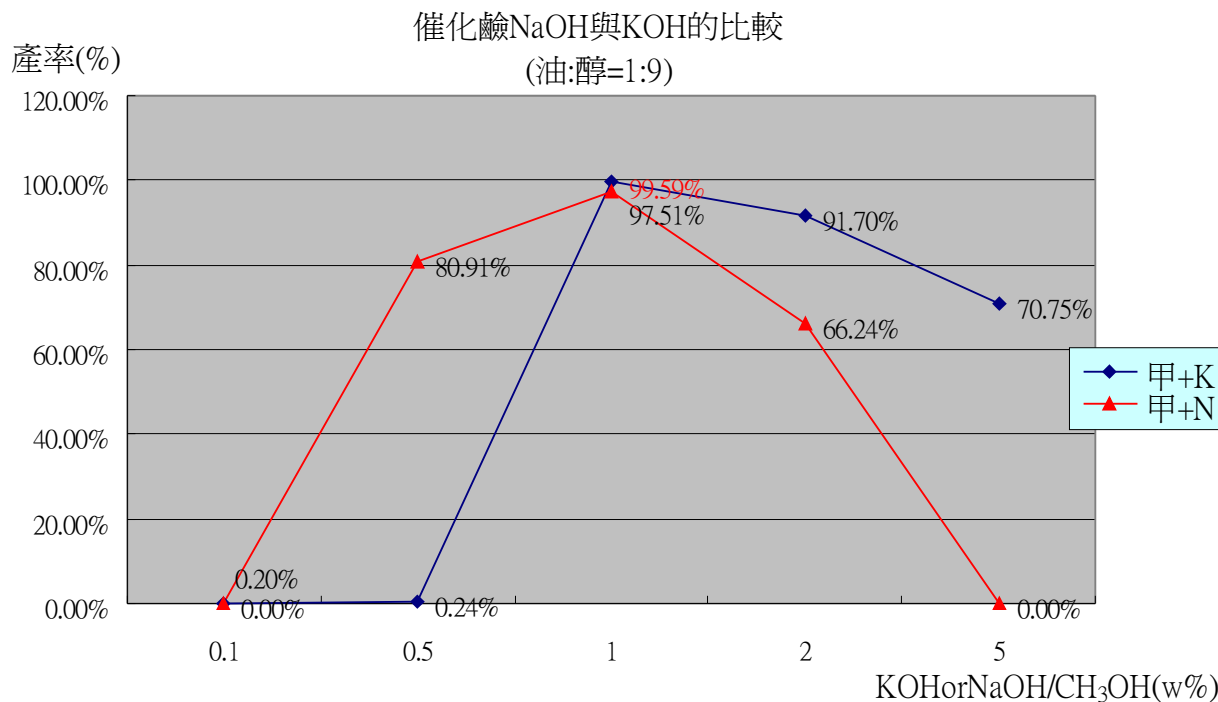
※由上圖可知，KOH/CH₃OH1.4%時產率較好，而當催化鹼濃度過高時產率下降。

4-2、氫氧化鈉/甲醇



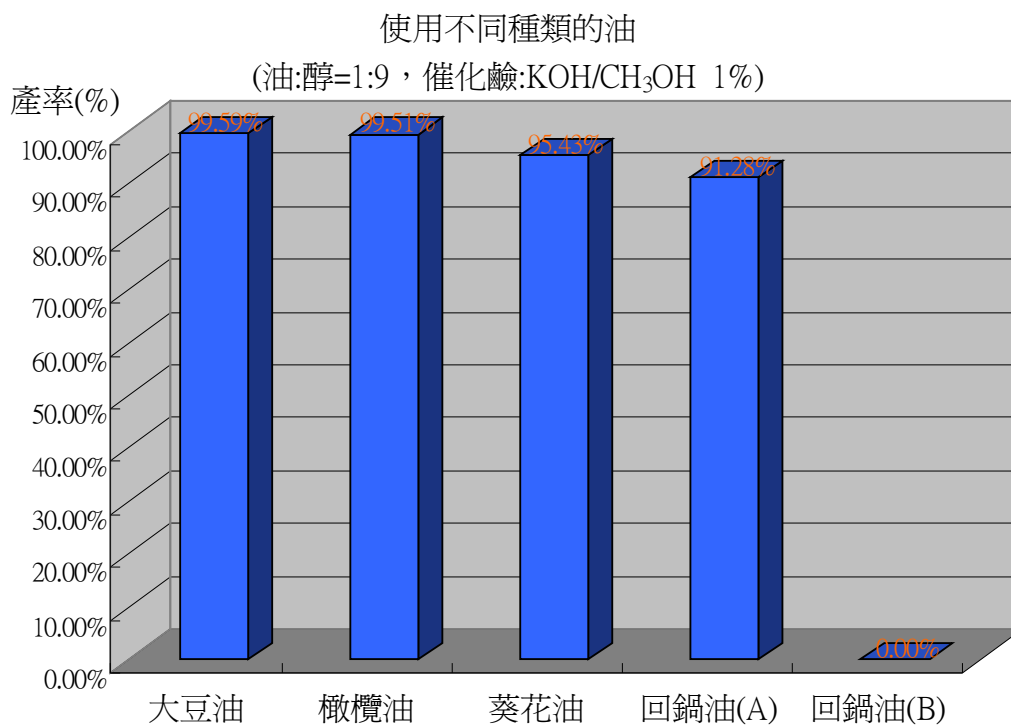
(圖二十一)

※由上圖可知，NaOH/CH₃OH 0.8%時產率最好，而當催化鹼濃度過高時易產生皂化現象，進而影響產率。



(圖二十二)

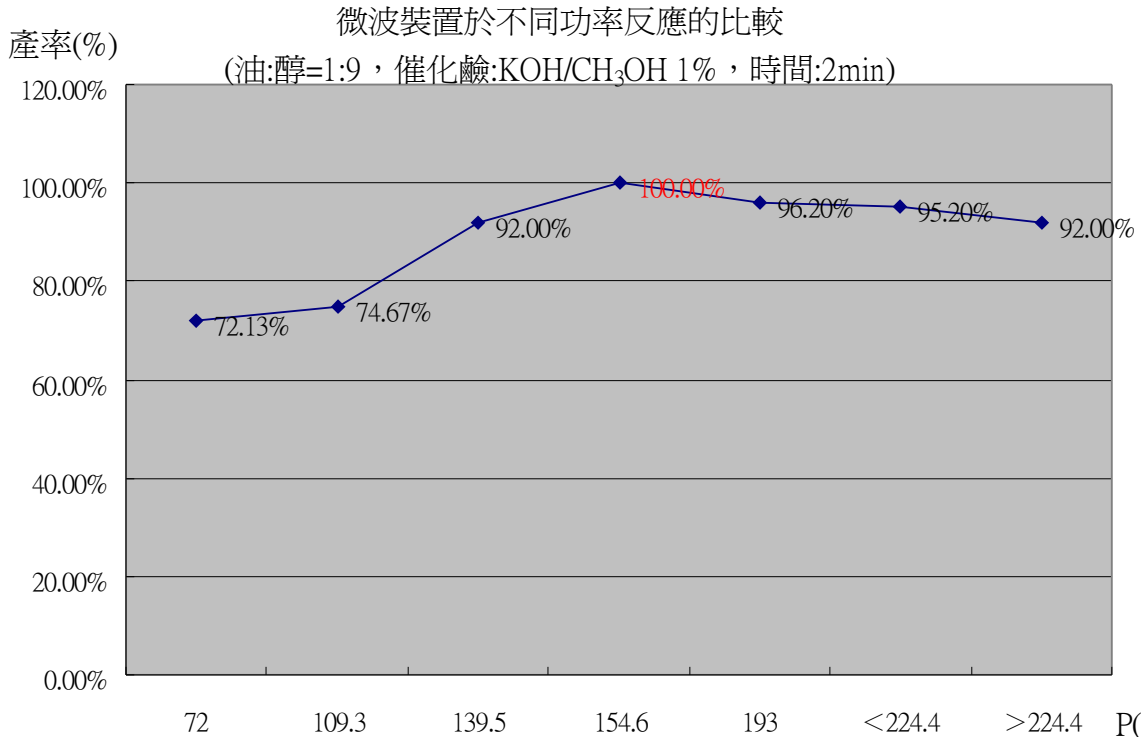
【實驗 8】嘗試使用不同種類的油脂進行反應



(圖二十三)

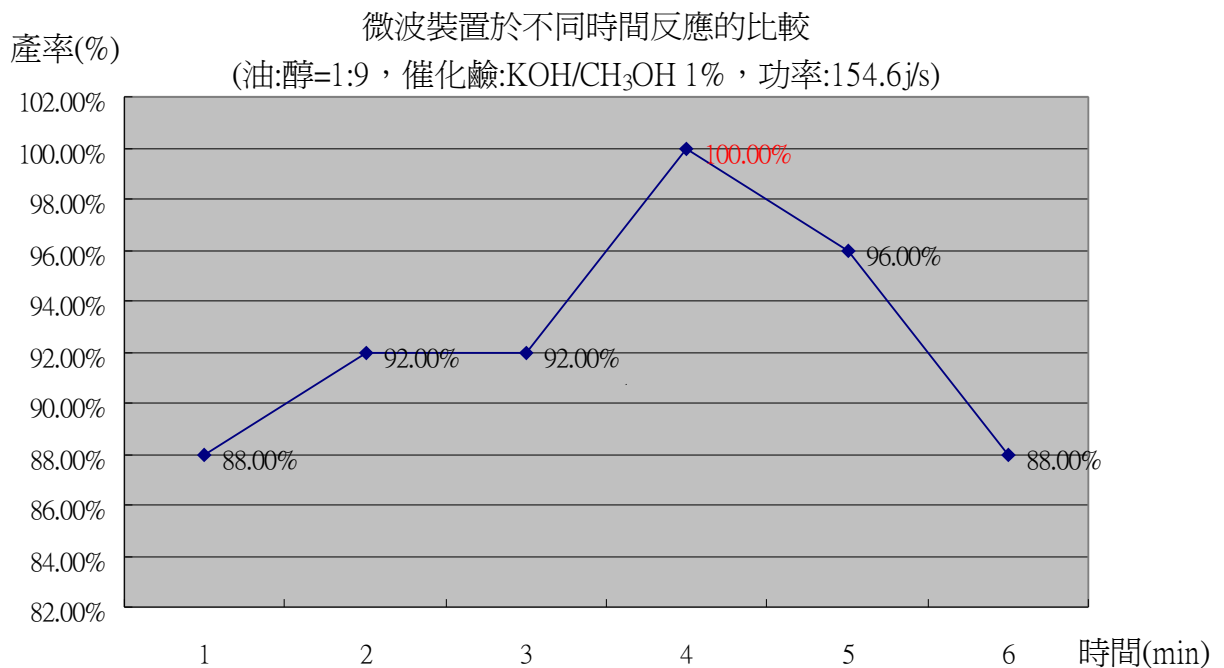
※由上圖可知，使用大豆油、橄欖油、葵花油反應其產率都不錯。而回鍋油部份，回鍋油(B)是一般炸雞排店的廢油，肉類含有的水分、雜質較多，導致其產率不好。

【實驗 9】 使用微波裝置、超音波裝置進行反應



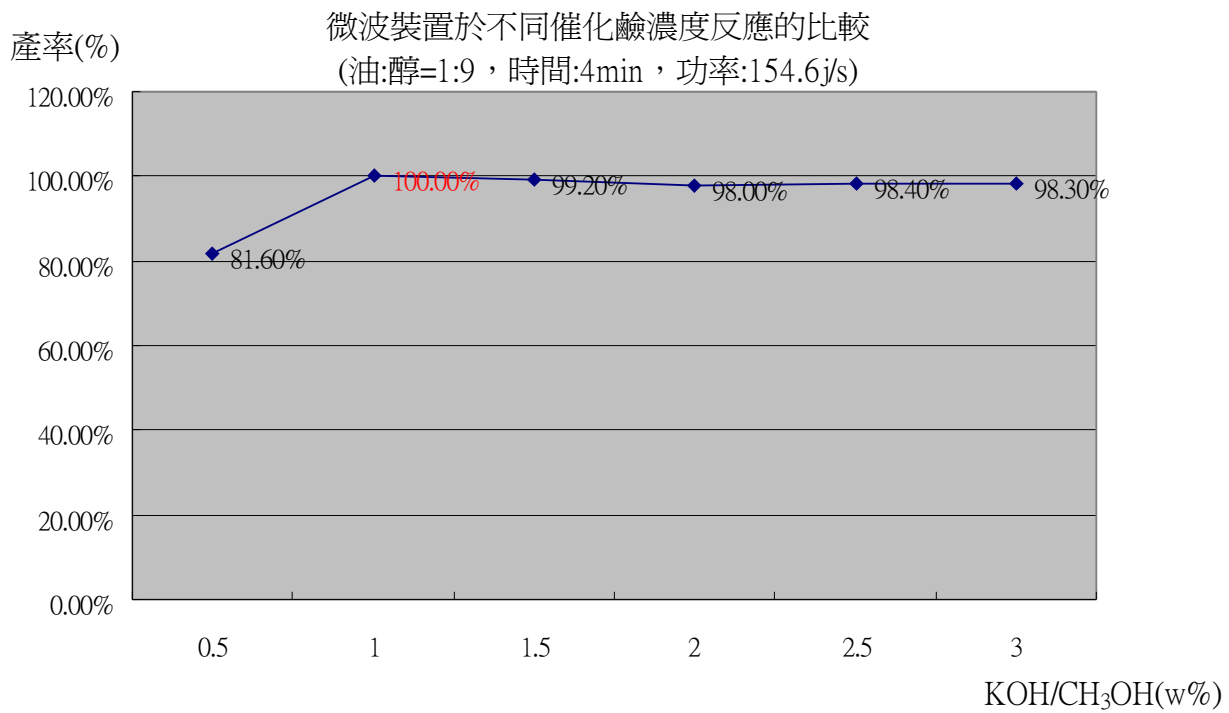
(圖二十四)

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



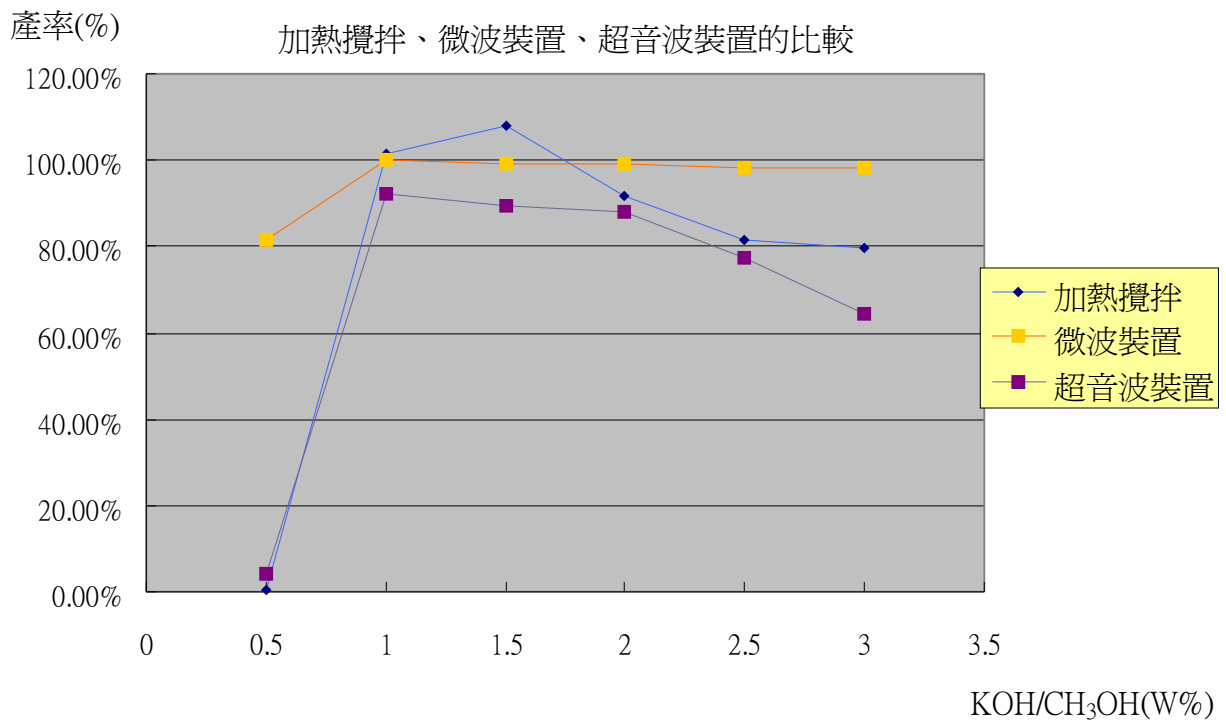
(圖二十五)

※由上圖可知，微波裝置反應四分鐘時產率最好，而當反應過久導致溫度過高，影響產率。



(圖二十六)

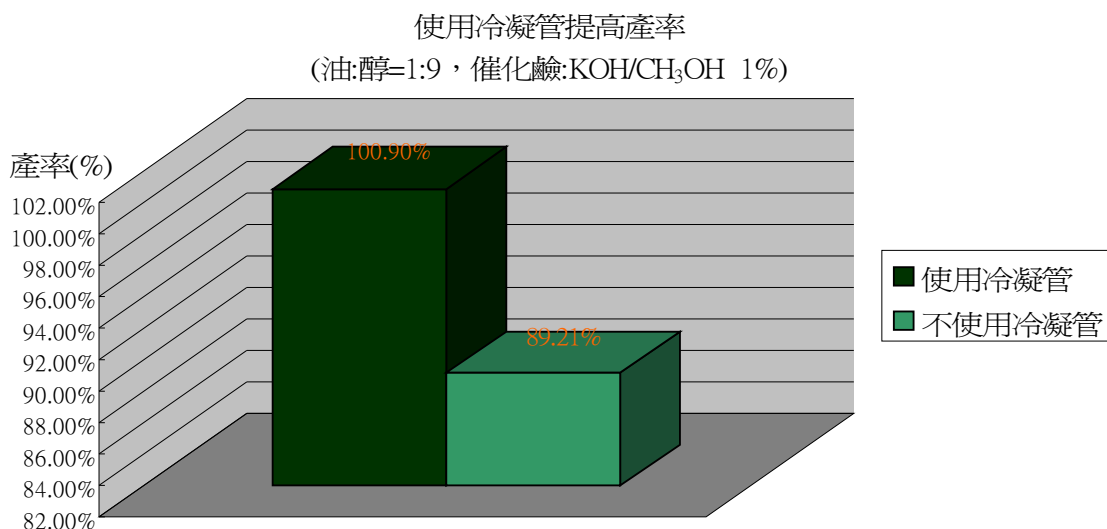
※由上圖可知，催化鹼濃度改變對產率影響不大。



(圖二十七)

※由上圖可知，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)

※由上圖可知，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。

柒、研究結論

- 一、微波是藉由分子的碰撞，使分子間碰撞頻率增加，能增加反應速率，傳統加熱板藉由熱的傳導與對流方式加熱，其加熱效果不均勻且速度較慢，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% 乙醇，當中含有水，容易造成皂化反應，使產率大為降低(如圖十六)。
- 三、最適合的酯化時間為 60 分鐘；而 20、40 分鐘所生產的生質柴油有明顯的泡層在分層之間(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)。原因為強鹼的缺點—加入過量催化鹼會使反應不完全或是形成皂化反應。
- 五、催化鹼最好的濃度分別是 1.4% 氫氧化鉀甲醇溶液(如圖二十)、0.8% 氫氧化鈉甲醇溶液(如圖二十一)。
- 六、起初，我們在 TLC 片點上 4 個檢測物質，後來發現最後只需要 2 個檢測物質，分別是反應前的油脂、上層的生質柴油，就能得知整個酯化反應是否反應完全。
- 七、觀察到以氫氧化鈉甲醇溶液作催化鹼，經水洗後，容易形成皂化(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，因此產量多較豐富。
- 八、經各種生質柴油與市售柴油不同比例互溶，發現比例不是造成互溶性的好壞，而是生質柴油本身決定是否能與市售高級柴油互溶。

- 九、我們還收集回鍋油 A(素)、回鍋油 B(葷)，進行酯化反應，得到的結果，顯示利用葷肉回鍋油生產的生質柴油產量偏低，因為肉類含有的水分較多，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，所接受測試後，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，則經由測試，都能使柴油引擎順利運轉(如表二十一)。
- 十二、經分光光度計檢測後，使用不與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；而使用油：甲醇 = 5：5(加入催化鹼 NaOH)測得的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較低(蒸餾水的相對值為 0.000，而相對值和二氧化氮濃度成正比)。
- 十三、在反應步驟成熟前，為求得最佳結果，我們試過不同的方法，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，我們是將催化鹼溶於水中，再將其加入反應中，但效果其差無比，而每一步的改進才有這些結果。
- 十四、利用微波裝置，可使反應時間由一個小時縮減到四分鐘。
- 十五、利用微波裝置，能使相對的能量消耗較少，反應較快且不易產生副反應，有利於大量製造生質柴油。
- 十六、使用生質柴油就是在使用一種再生能源，不但符合經濟效益，同時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，且使用生質柴油也可以減緩地球溫室效應，因此生質能是兼具多種附加價值的新時代能源。

捌、參考文獻

【論文】

1. 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 p.28 ~ 41
2. 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 p.7 ~ 15
3. 吳耿東、李洪台 工研院資源研究所－生質能源－化腐朽為能源

【期刊文章】

4. Shweta Shah, Shweta Sharma, and M. N. Gupta
Biodiesel Preparation by Lipase – Catalyzed Transesterification of Jatropha Oil
5. Gemma Vicente
A Comparative Study of Vegetable oils for Biodiesel Production in Spain
6. Kunchana Bunyakiat, Sukunya Makmee, Ruengwit Sawangkeaw, and Somkiat Ngamprasertsith
Continuous Production of Biodiesel via Transesterification from Vegetable oils in Supercritical Methanol
7. 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

【評語】 040209 『微』『柴』是用～親愛的，我把時間
變短了！

本作品探討強鹼作為催化劑，微波，超音波進行反應，並探討不同油脂等各項變因對產生質柴油的影響，研究發現具有實用價值，研究架構尚完整。本件作品的應用價值高。如果能對生質柴油中的各種成份及成份的比例作出分析結果並探討對引擎效率的影響可使本作品的應用性更加提升。