

「生柴」有道—米酒廢油變柴油

劉正偉

摘要

自工業革命至今，人類對環境的迫害早已超過人類有文明以來的程度，石化燃料的使用甚至到達氾濫的地步，而石化能源的蘊存量日漸減少，科學家估計再 40 年人類會將所蘊存的石油耗盡，沒有了能源，難道所有的動力都將停罷？答案是否定的！生質柴油，顧名思義為來自生物性的柴油，它源自於自然的油脂，如：家庭廚餘所剩的油以及一些植物脂肪、動物脂肪、及其它脂肪酸…等。因此，生質柴油沒有能源危機，更是取之不盡，用之不竭，來自於天然。

生質柴油（甲基酯）的反應原理是根據有機化學課本 12-1 酯類，當酸與醇在強酸或強鹼當催化劑下加熱，即生成酯類。本實驗是以油脂與甲醇、乙醇，利用氫氧化鈉作為催化劑反應製成「生質柴油」，當油酯/醇之莫耳比為 1/6，而氫氧化鈉的量控制在 0.5~1%為最佳結果。另外我們發現：高純度的米酒不但可以作為製作生質柴油的原料，還可以直接添加至生質柴油中製成「米酒生質柴油」，這便是一個可自然再生的新能源。

目次

- | |
|---------|
| 一、摘要 |
| 二、緒論 |
| 三、結果與討論 |
| 四、參考資料 |

關鍵字：生質柴油、生質能、能源

劉正偉/國立台灣科技大學 化工所畢/高雄高工化工科教師

緒論

一、原理

(一)生質柴油的歷史

生質柴油的使用可以追溯到西元 1895 年時，Rudolf Diesel 使用植物油於柴油引擎中並設計以姓氏命名之柴油引擎。在 1930~1940 年代，植物油僅在緊急的情況下，偶然被使用於柴油引擎。近來由於原油價格高漲，蘊存量有限，還有環保等因素的考量下，使用植物油及動物油脂製造生質柴油的方法重新受到重視。

(二)生質柴油的特色

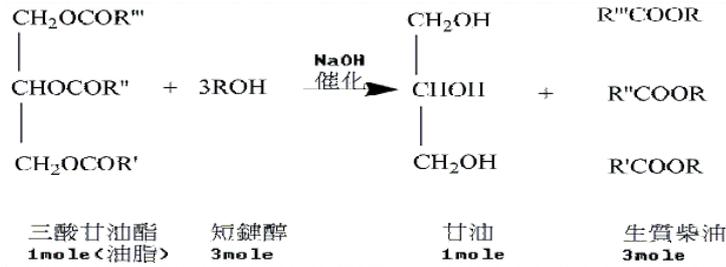
生質柴油具可再生性、生物分解性、無毒性、且燃燒後所排放的廢氣污染物(氮氫化合物、硫化物、一氧化碳、二氧化碳、碳氫化合物、及懸浮微粒)的濃度，與市售石化柴油比較，可大幅降低，故為兼顧環保要求的再生能源之一。

(三)生質柴油之優點

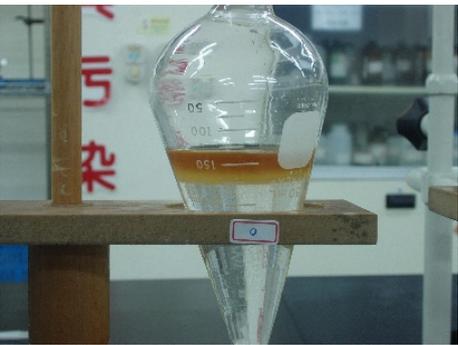
- 1、生質柴油可以直接使用於傳統柴油引擎。
- 2、生質柴油可以 100% 使用，也可以混合石化柴油使用。一般混合 20% 生質柴油及 80% 石化柴油，簡稱「B20 柴油」。
- 3、生質柴油燃燒後可以降低 80% 二氧化碳和 100% 二氧化硫的產生，100% 生質柴油 (B100) 於柴油引擎中燃燒後與傳統柴油比較，可降低 90% 未燃碳氫化合物和 75~90% 的芳香族碳氫化合物；可以降低懸浮微粒和一氧化碳；亦可降低廢氣中致癌物達 90%。
- 4、生質柴油中包含 11% 的含氧量，可以促進燃燒。生質柴油本身具有潤滑性，因此可以延長引擎使用壽命。對燃油消耗、自動點火，輸出功率、引擎扭力相對而言較不受影響。
- 5、生質柴油在管理及運輸上較石化柴油安全，因為它具有生物可分解性、較低毒性及較高閃火點，一般石化柴油的閃火點為 55°C，而生質柴油閃火點為 125°C。
- 6、生質柴油可以從廢棄食用油或再生性天然植物油中製造而成。
- 7、生質柴油在美國已經成功進行 3 千萬英里的道路測驗，在歐洲也已使用 20 年以上。
- 8、生質柴油燃燒後，所排出廢氣之氣味較石化柴油好聞[2~5]。

(四)生質柴油製作原理

生質柴油是以再生資源為原料，製作方式主要有四種，分別為：直接混合使用、微細乳化、熱分解、和轉酯化反應。而本實驗是以「轉酯化反應法」製作生質柴油，這也是目前製成生質柴油的主要方法。轉酯化亦稱醇化，為醇類與三酸甘油酯之間的化學反應，原理是利用醇類與植物油中的三酸甘油酯反應，故其反應與酯類的生成反應相似，其化學反應式如下圖所示。



(五) 生質柴油製作過程

| | |
|---|--|
|  |  |
| <p>(1) 回鍋油以糖果襪過濾雜質</p> | <p>(2) 氫氧化鈉溶於甲醇中</p> |
|  |  |
| <p>(3) 廢油倒入氫氧化鈉甲醇溶液反應</p> | <p>(4) 設定 60°C 轉酯化反應一小時</p> |
|  |  |
| <p>(5) 將柴油層取出中和水洗</p> | <p>(6) 成品</p> |

二、研究結果

【實驗 1】以不同的油脂與不同的醇類於不同之比例下，轉酯化合成生質柴油

(一) 沙拉油與不同的醇類於不同比例下進行轉酯化反應

表 1

| 實驗項目 | 沙拉油/甲醇 | | | 沙拉油/無水乙醇 | | | 沙拉油/工業乙醇 95% | | |
|----------------------------|---------------|---------------|----------------|----------------|----------------|----------------|----------------------|----------------|----------------|
| | 1/3 | 1/6 | 1/9 | 1/3 | 1/6 | 1/9 | 1/3 | 1/6 | 1/9 |
| 外觀 | 黃色 半透 明 | 黃色 半透 明 | 黃色 半透 明 | 黃色 透明 澄清 | 黃色 透明 澄清 | 黃色 透明 澄清 | 黃色 半透 明略 混濁 | 黃色 半透 明 | 黃色 半透 明 |
| 加水攪拌 | 不互 溶 | 不互 溶 | 不互 溶 | 乳白 色混 濁 | 乳白 色混 濁 | 乳白 色混 濁 | 不互 溶 | 不互 溶 | 不互 溶 |
| 加 Na 反應 | 不反 應 | 不反 應 | 產生 些微 氣泡 | 產生 氣泡 | 產生 氣泡 | 產生 氣泡 | 不反 應 | 產生 些微 氣泡 | 產生 些微 氣泡 |
| 密度 (g/cm ³) | 0.87 | 0.89 | 0.87 | 0.88 | 0.87 | 0.87 | 0.89 | 0.85 | 0.82 |
| 黏度 (cp) | 14.3 | 10.5 | 8.7 | 20.9 | 13.9 | 10.6 | 66.6 | 24.6 | 26.6 |
| 產率(%) | 93.2 | 98.5 | 98.0 | | | | 96.8 | 93.6 | 89.6 |

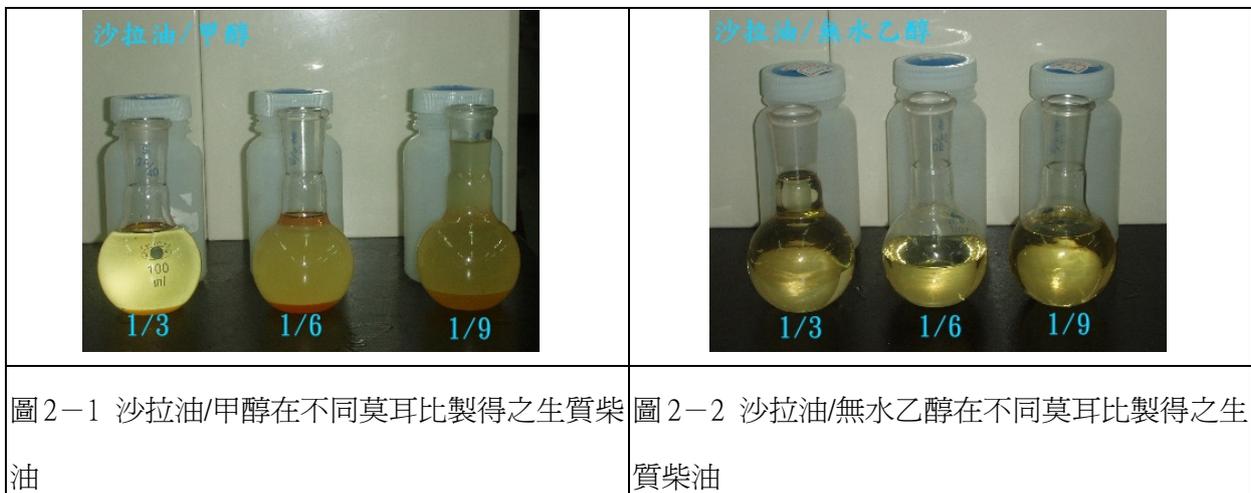


圖 2-1 沙拉油/甲醇在不同莫耳比製得之生質柴油

圖 2-2 沙拉油/無水乙醇在不同莫耳比製得之生質柴油

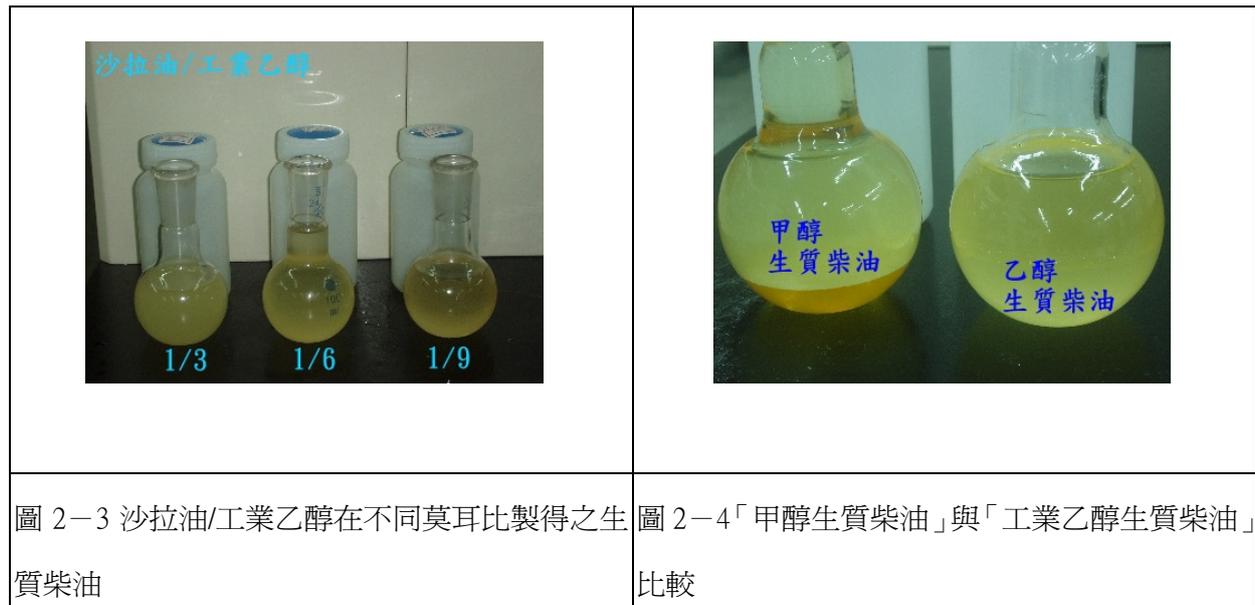


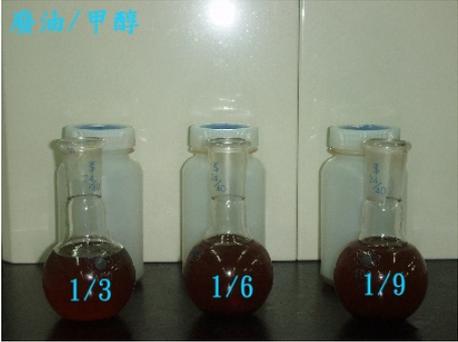
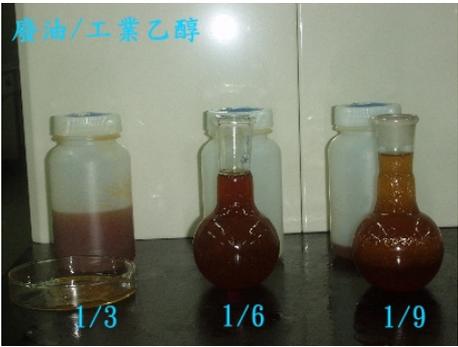
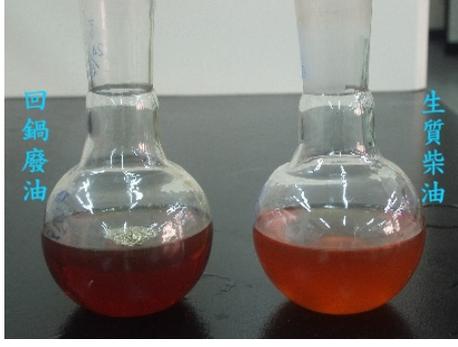
圖 2-3 沙拉油/工業乙醇在不同莫耳比製得之生質柴油

圖 2-4「甲醇生質柴油」與「工業乙醇生質柴油」比較

(二) 廢油（回鍋油）與不同的醇類在不同比例下進行轉酯化反應

表 2

| 實驗項目 | 回鍋油/甲醇 | | | 回鍋油/無水乙醇 | | | 回鍋油/工業乙醇 95% | | |
|----------------------------|-----------|-----------|----------------|----------------|----------------|----------------|----------------|----------------|----------------|
| | 1/3 | 1/6 | 1/9 | 1/3 | 1/6 | 1/9 | 1/3 | 1/6 | 1/9 |
| 莫耳比 | 1/3 | 1/6 | 1/9 | 1/3 | 1/6 | 1/9 | 1/3 | 1/6 | 1/9 |
| 外觀 | 褐色 半透明 | 褐色 半透明 | 褐色 半透明 | 褐色 透明 澄清 | 褐色 透明 澄清 | 褐色 透明 澄清 | 褐色 膠狀 結塊 | 褐色 半透明 | 褐色 半透明 |
| 加水攪拌 | 不互 溶 | 不互 溶 | 不互 溶 | 褐色 混濁 | 褐色 混濁 | 褐色 混濁 | 褐色 混濁 | 不互 溶 | 不互 溶 |
| 加 Na 反應 | 不反 應 | 不反 應 | 產生 些微 氣泡 | 產生 氣泡 | 產生 氣泡 | 產生 氣泡 | 生成 些微 氣泡 | 產生 些微 氣泡 | 產生 些微 氣泡 |
| 密度 (g/cm ³) | 0.88 | 0.89 | 0.88 | 0.89 | 0.87 | 0.88 | / | 0.86 | 0.80 |
| 黏度(cp) | 15.9 | 13.6 | 11.7 | 16.9 | 11.6 | 9.2 | / | 30.7 | 30.7 |
| 產率(%) | 92.0 | 94.3 | 94.0 | / | / | / | / | 96.5 | 96.6 |

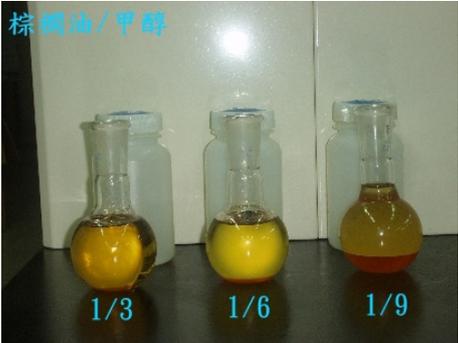
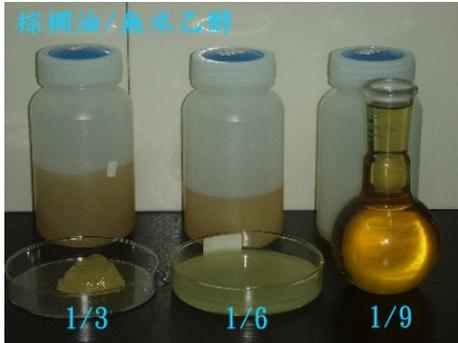
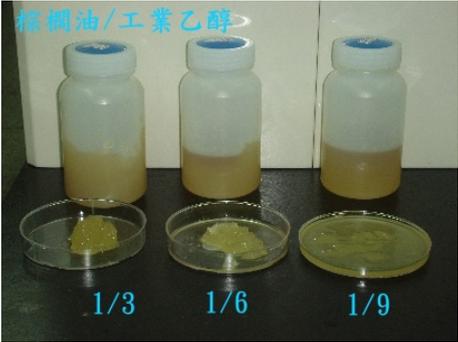
| | |
|--|---|
|  |  |
| <p>圖 2-5 廢油/甲醇在不同莫耳比製得之生質柴油</p> | <p>圖 2-6 廢油/無水乙醇在不同莫耳比製得之生質柴油</p> |
|  |  |
| <p>圖 2-7 廢油/工業乙醇在不同莫耳比製得之生質柴油</p> | <p>圖 2-8 回鍋廢油與生質柴油之比較</p> |

(三) 棕櫚油與不同的醇類在不同比例下進行轉酯化反應

表 3

| 實驗項目 | 棕櫚油/甲醇 | | | 棕櫚油/無水乙醇 | | | 棕櫚油/工業乙醇 95% | | |
|------|---------------|---------------|---------------|---------------|---------------|---------------|--------------|---------|----------------|
| | 1/3 | 1/6 | 1/9 | 1/3 | 1/6 | 1/9 | 1/3 | 1/6 | 1/9 |
| 外觀 | 黃色 半透 明 | 黃色 半透 明 | 黃色 半透 明 | 結塊 | 無分 層 | 無分 層 | 結塊 | 結塊 | 黃色 混濁 結塊 |
| 加水攪拌 | 不互 溶 | 不互 溶 | 不互 溶 | 乳白 色混 濁 | 乳白 色混 濁 | 乳白 色混 濁 | 不互 溶 | 不互 溶 | 不互 溶 |

| 加 Na 反應 | 不反應 | 不反應 | 產生些微氣泡 | 產生氣泡 | 產生氣泡 | 產生氣泡 | 不反應 | 產生些微氣泡 | 產生些微氣泡 |
|-------------------------|------|------|--------|------|------|------|-----|--------|--------|
| 密度 (g/cm ³) | 0.88 | 0.86 | 0.87 | | 0.84 | 0.85 | | | |
| 黏度 (cp) | 9.2 | 10.6 | 6.3 | | 12.5 | 10.6 | | | |
| 產率(%) | 99.4 | 97.4 | 98.9 | | | | | | |

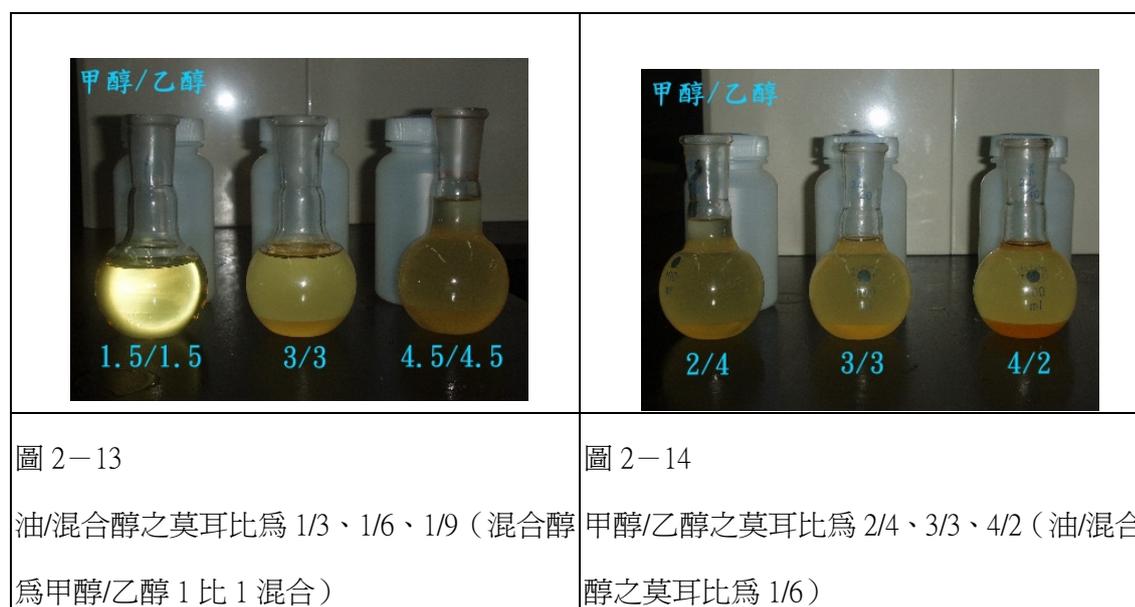
| | |
|---|--|
|  |  |
| <p>圖 2-9 棕櫚油/甲醇在不同莫耳比製得之生質柴油</p> | <p>圖 2-10 棕櫚油/無水乙醇在不同莫耳比製得之生質柴油</p> |
|  |  |
| <p>圖 2-11 棕櫚油/工業乙醇在不同莫耳比製得之生質柴油</p> | <p>圖 2-12 棕櫚油/工業乙醇之生質柴油呈半透明果凍狀</p> |

【實驗 2】以沙拉油與混合醇轉酯化合成生質柴油

(四) 甲醇與工業乙醇等莫耳混合，改變油、醇之莫耳比

表 4

| | | | |
|----------------------------|-----------|-----------|-----------|
| 實驗項目 | 沙拉油/甲醇/乙醇 | 沙拉油/甲醇/乙醇 | 沙拉油/甲醇/乙醇 |
| 莫耳比 | 1/1.5/1.5 | 1/3/3 | 1/4.5/4.5 |
| 外觀 | 黃色透明澄清 | 黃色半透明 | 黃色半透明 |
| 加水攪拌 | 不互溶 | 不互溶 | 不互溶 |
| 加 Na 反應 | 產生些微氣泡 | 產生些微氣泡 | 產生些微氣泡 |
| 密度 (g/cm ³) | 0.86 | 0.86 | 0.85 |
| 黏度 (cp) | 20.4 | 11.4 | 8.5 |



(五) 固定混合醇為 6 莫耳，改變混合醇中甲醇與工業乙醇之比例

表 5

| | | | |
|------------------------|--------|--------|--------|
| 實驗項目 | 甲醇/乙醇 | 甲醇/乙醇 | 甲醇/乙醇 |
| 莫耳比 | 2/4 | 3/3 | 4/2 |
| 外觀 | 黃色半透明 | 黃色半透明 | 黃色半透明 |
| 加水攪拌 | 不互溶 | 不互溶 | 不互溶 |
| 加 Na 反應 | 產生些微氣泡 | 產生些微氣泡 | 產生些微氣泡 |
| 密度(g/cm ³) | 0.87 | 0.87 | 0.87 |
| 黏度 (cp) | 12.5 | 11.4 | 8.4 |

【實驗 3】催化劑含量對轉酯化反應之影響與生質柴油水洗過程探討

(六) 鹼催化劑比例之影響

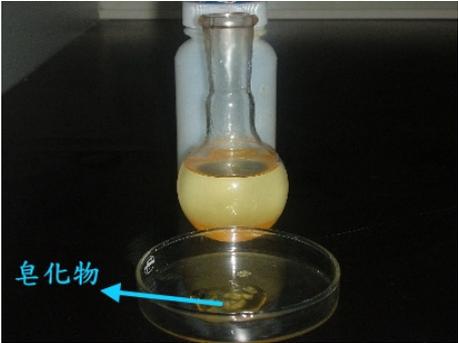
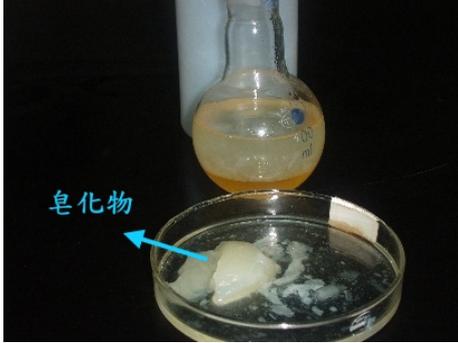
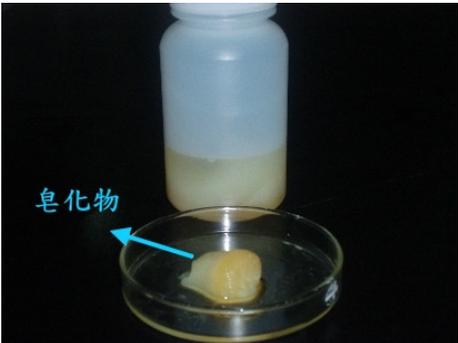
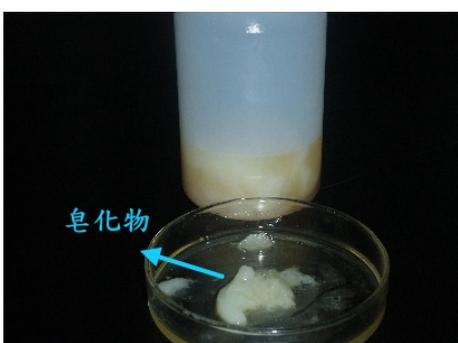
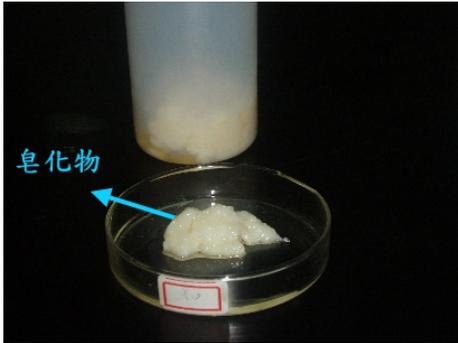
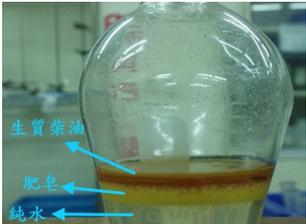
| | |
|---|--|
|  |  |
| <p>圖 2-15 添加 0.1%NaOH 反應之生成物</p> | <p>圖 2-16 添加 0.5%NaOH 反應之生成物</p> |
|  |  |
| <p>圖 2-17 添加 1.0%NaOH 反應之生成物</p> | <p>圖 2-18 添加 1.5%NaOH 反應之生成物</p> |
|  |  |
| <p>圖 2-19 添加 2.0%NaOH 反應之生成物</p> | <p>圖 2-20 添加 3.0%NaOH 反應之生成物</p> |
|  |  |
| <p>圖 2-21 添加 5.0%NaOH 反應之生成物</p> | <p>圖 2-22 不同比例鹼催化劑 NaOH 生成物</p> |

表 6

| NaOH 含量 | 外觀 | 加水攪拌 | 加 Na 反應 | 黏度(cp) |
|---------|-----------|-------|---------|--------|
| 0.1% | 黃色半透明 | 不互溶 | 不反應 | 14.8 |
| 0.5% | 黃色半透明 | 不互溶 | 不反應 | 13.4 |
| 1.0% | 黃色半透明 | 不互溶 | 不反應 | 12.4 |
| 1.5% | 黃色混濁 | 有些許泡沫 | 不反應 | 25.3 |
| 2.0%以上 | 黃色混濁與白色結塊 | 產生泡沫 | 些微氣泡 | 結塊 |

(七) 生質柴油水洗過程探討

| | | |
|---|---|--|
|  |  |  |
| 圖 2-23 加入純水水洗中和 | 圖 2-24 0.1%醋酸水洗中和 | 圖 2-25 0.5%醋酸水洗中和 |
|  |  |  |
| 圖 2-26 1.0%醋酸水洗中和 | 圖 2-27 2.0%醋酸水洗中和 | 圖 2-28 醋酸 0~2.0%水洗 |

【實驗 4】不同的反應方式與不同濃度之米酒（40%、80%、95%）製作生質柴油

(八) 磁石攪拌方式反應

表 7

| 實驗項目 | 沙拉油/米酒（40%） | | | 沙拉油/米酒（80%） | | | 沙拉油/米酒（95%） | | |
|------|-------------|-------|-------|-------------|-------|-------|-------------|-------|-------|
| | 1/3 | 1/6 | 1/9 | 1/3 | 1/6 | 1/9 | 1/3 | 1/6 | 1/9 |
| 外觀 | 乳黃色混濁 | 乳黃色混濁 | 乳黃色混濁 | 乳黃色混濁 | 黃色半透明 | 黃色半透明 | 黃色半透明 | 黃色半透明 | 黃色半透明 |

| | | | | | | | | | |
|-------------------------|-----------|-----------|-----------|------------|------|------|------|------|------|
| 加水攪拌 | 不溶且有透明大油滴 | 不溶且有透明大油滴 | 不溶且有透明大油滴 | 不溶且有油滴浮於水面 | 不互溶 | 不互溶 | 不互溶 | 不互溶 | 不互溶 |
| 密度 (g/cm ³) | 0.90 | 0.91 | 0.90 | 0.88 | 0.86 | 0.88 | 0.88 | 0.86 | 0.87 |
| 黏度 (cp) | 54.4 | 55.2 | 56.3 | 46 | 43.8 | 46.4 | 26.2 | 29.6 | 18.5 |

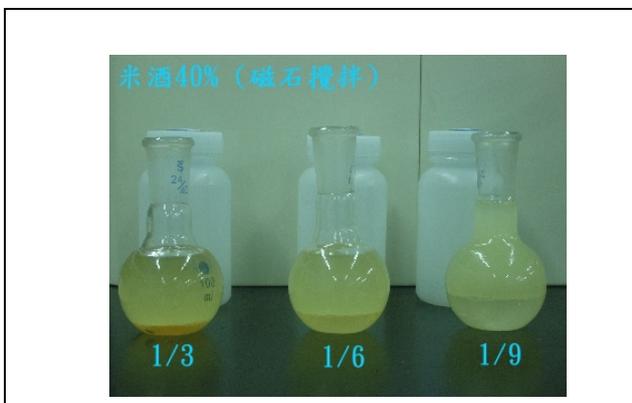


圖 2-29 攪拌反應方式

沙拉油/米酒 (40%) 在不同莫耳比製得之產物

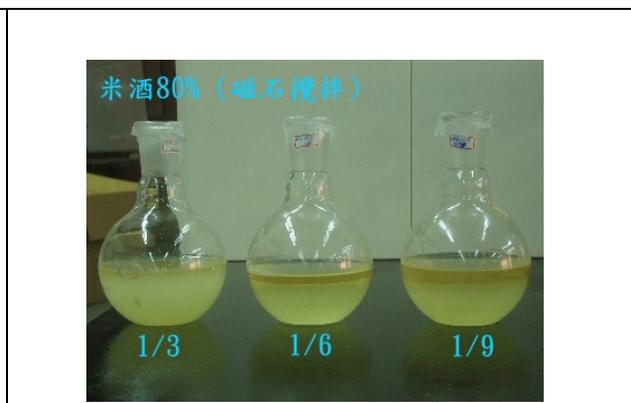


圖 2-30 攪拌反應方式

沙拉油/米酒 (80%) 在不同莫耳比製得之產物

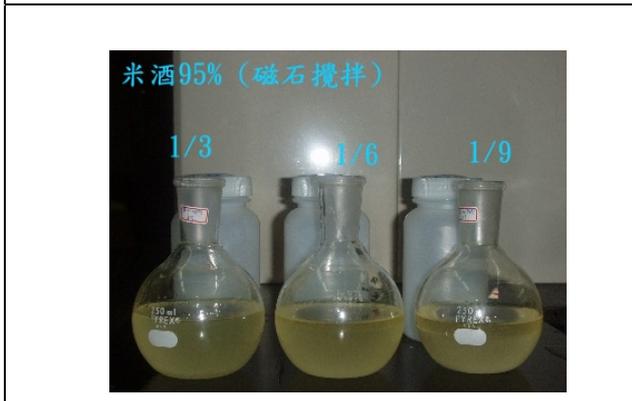


圖 2-31 攪拌反應方式

沙拉油/米酒 (95%) 在不同莫耳比製得之產物

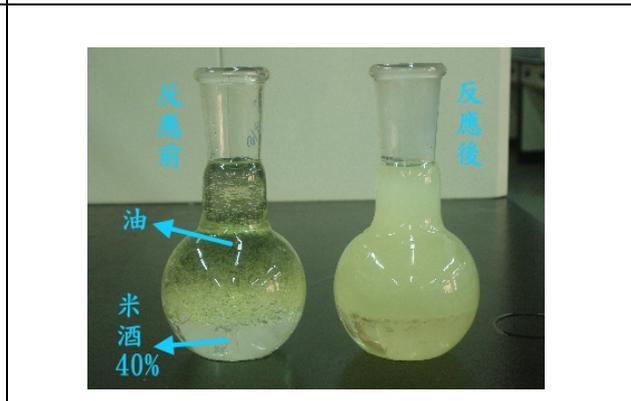


圖 2-32 攪拌反應方式

沙拉油/米酒 40% (1/9) 反應前與反應後之比較

(九) 超音波震盪方式反應

表 8

| 實驗項目 | 沙拉油/米酒 (40%) | | | 沙拉油/米酒 (80%) | | | 沙拉油/米酒 (95%) | | |
|-------------------------|--------------|------------|------------|--------------|-------------|-------------|--------------|---------|-------|
| | 1/3 | 1/6 | 1/9 | 1/3 | 1/6 | 1/9 | 1/3 | 1/6 | 1/9 |
| 外觀 | 乳黃色黏稠 | 乳黃色黏稠 | 乳黃色黏稠 | 乳黃色黏稠 | 乳黃色黏稠 | 乳黃色黏稠 | 黃色半透明 | 黃色半透明結塊 | 黃色半透明 |
| 加水攪拌 | 不互溶且有透明大油滴 | 不互溶且有透明大油滴 | 不互溶且有透明大油滴 | 不互溶且有油滴浮於水面 | 不互溶且有油滴浮於水面 | 不互溶且有油滴浮於水面 | 不互溶 | 不互溶 | 不互溶 |
| 密度 (g/cm ³) | 0.90 | 0.91 | 0.90 | 0.87 | 0.88 | 0.88 | 0.89 | | 0.88 |
| 黏度 (cp) | 60.4 | 60.7 | 61.3 | 52.0 | 50.3 | 51.4 | 32.7 | | 34.4 |

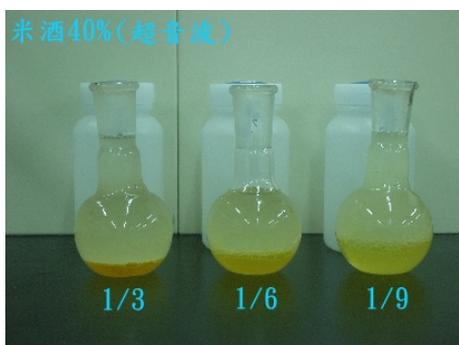


圖 2-33 超音波反應方式
沙拉油/米酒 (40%) 在不同莫耳比製得之產物

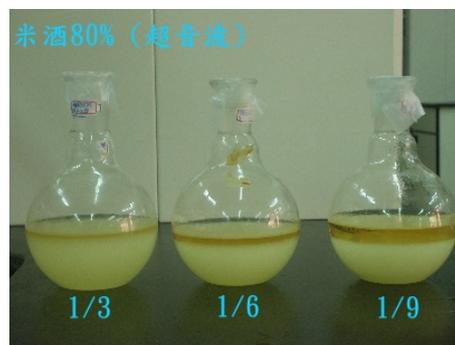
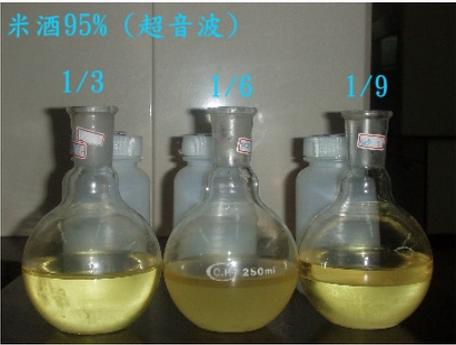
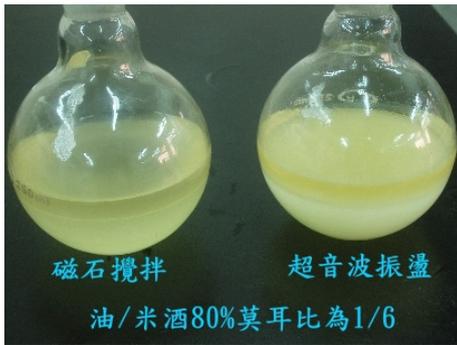


圖 2-34 超音波反應方式
沙拉油/米酒 (80%) 在不同莫耳比製得之產物

| | |
|---|--|
|  |  |
| <p>圖 2-35 超音波反應方式</p> <p>沙拉油/米酒（95%）在不同莫耳比製得之產物</p> | <p>圖 2-36</p> <p>磁石攪拌與超音波反應產物之比較</p> |

三、研究討論

【實驗 1】以不同的油脂與不同的醇類在不同之比例下轉酯化合成生質柴油

(一) 沙拉油與不同的醇類在不同比例下進行轉酯化反應

- 1、以甲醇轉酯化反應後之生成物分為上下兩層(如圖 2-1)，上層液為黃色半透明，下層液為暗褐色，將上下層液分別加水測試，發現上層液與水不互溶應為生質柴油，下層液與水互溶應為甘油與甲醇混合物(如圖 3-15)。
- 2、以無水乙醇轉酯化反應後之溶液皆為黃色透明不分層(如圖 2-2)。
- 3、以工業乙醇轉酯化反應後之溶液分為上下兩層，上下層液皆為黃色半透明，分別加水後發現上層液與水互溶應為過量乙醇加甘油混合物，下層液與水不互溶應為生質柴油層(如圖 2-3)。莫耳比在 1/3 時所製得的生成物呈黃色混濁，並有細微顆粒，應該是醇類加入的比例不夠，反應不完全所致。
- 4、反應時加入的醇類越多，所得的生質柴油黏度也越低(如圖 3-2)，應該是部分醇類溶於生質柴油中所致。實驗中以 Na 加入測試發現：油/醇莫耳比為 1/9 時會產生微小氣泡，這是因為過量的醇類溶入生質柴油中，Na 加入後與醇類反應產生氫氣小氣泡。
- 5、乙醇所製得的生質柴油（乙基酯）之黏度比甲醇製得的生質柴油（甲基酯）還高。

(二) 廢油（回鍋油）與不同的醇類在不同比例下進行轉酯化反應

- 1、廢油與甲醇所製得的生質柴油與沙拉油製得的生質柴油相同，但是回鍋油/工業乙醇之莫耳比為 1/3 時，所製得的生成物有更多的結塊產生，黏度極大(如圖 2-7)。
- 2、廢油（回鍋油）所製得的生質柴油水洗後呈現半透明紅褐色(如圖 2-8)。

(三) 棕櫚油與不同的醇類在不同比例下進行轉酯化反應

- 1、棕櫚油與甲醇所製得的生質柴油與沙拉油製得的生質柴油相同，但是棕櫚油與無水乙醇所製得的生質柴油全部呈黃色果凍狀結塊(如圖 2-12)。
- 2、以工業乙醇轉酯化反應後之溶液分為上下兩層，上層液為紅褐色之工業乙醇，下層液為黃色半透明的生質柴油層，但有些微塊狀物產生(如圖 2-11)。因為棕櫚油含有大量飽和脂肪酸，所以與乙醇反應後製得的生質柴油(乙基酯)極易結塊。

本實驗所使用的油品有沙拉油、廢油、棕櫚油。沙拉油是取已過期的；而廢油是取自學校伙房，經過數次油炸的廢油有相當大量的可見雜質，起初使用餐巾紙和漏斗過濾，過濾速率很慢且雜質去除效果頗差，而後發現改用較細的糖果襪可有效去除可見雜質；棕櫚油含大量高度飽和脂肪酸，對健康有害不適合作為食用油，但其產量大且價格便宜因此選用。實驗結果顯示：

- 1、我們所製得的甲醇生質柴油，其密度與黏度皆與文獻值相近(如圖 3-1~3-6)。
- 2、適合作為生質柴油的油脂，由不凝固的特性比較：沙拉油最佳，棕櫚油最差；由價格比較：廢油最便宜(免費)，沙拉油最貴。
- 3、適合作為生質柴油的醇類，由黏度比較(如圖 3-2、3-4、3-6)：甲醇生質柴油黏度最低，工業乙醇生質柴油最大；由價格比較：甲醇最便宜(20~30 元/公升)，無水乙醇最貴。
- 4、經轉酯化反應後所製得的生質柴油黏度較低，可以直接使用於柴油引擎中。

表 11

| 種類 | 乙醇 | 石化柴油 | 生質柴油 | 沙拉油 | 廢油 | 棕櫚油 |
|---------|----|------|------|-----|----|-----|
| 黏度 (cp) | 2 | 7.5 | 15 | 68 | 76 | 78 |

【實驗 2】以沙拉油和混合醇轉酯化合成生質柴油

(四) 甲醇與工業乙醇等莫耳混合，改變油、醇之莫耳比

- 1、當沙拉油/甲醇/乙醇之莫耳比為 1/1.5/1.5 所製得的生質柴油為黃色透明澄清，此結果與沙拉油/無水乙醇之莫耳比 1/3 相同(如圖 2-13)。
- 2、反應時混合醇之比例增加，所得的生質柴油黏度下降(如圖 3-8)。
- 3、沙拉油/混合醇之莫耳比為 1/6、1/9 之結果與沙拉油/甲醇之莫耳比 1/6、1/9 結果相同。

(五) 固定混合醇為 6 莫耳，改變混合醇中甲醇與工業乙醇之比例

- 1、固定混合醇為 6 莫耳時，甲醇/乙醇莫耳比為 4/2 所得的生質柴油黏度最低(如圖 3-8)。
- 2、當混合醇中甲醇的比例逐漸增加時，所製得的生質柴油黏度會逐漸降低。

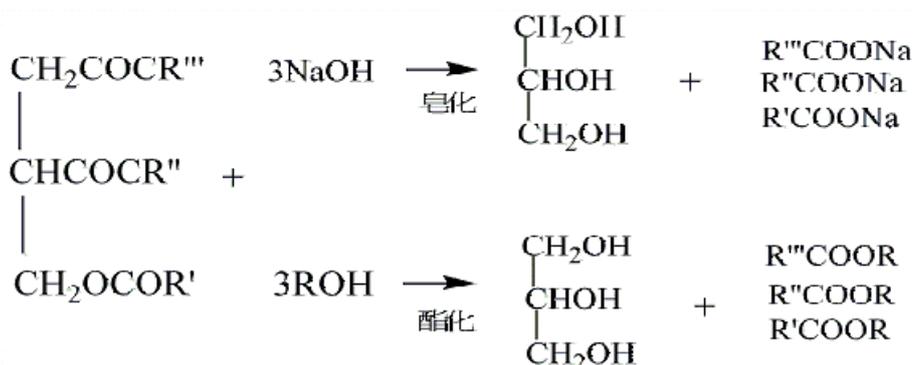
由【實驗 1】得知，使用工業乙醇製作生質柴油時會有黏度過大的問題，所以我們試著將乙醇與甲醇以不同比例混合，再和油脂進行轉酯化反應，期待可以改善乙醇生質柴油（乙基酯）黏度較大的困擾。研究結果顯示：甲醇於反應中會產生黏度較低的甲醇生質柴油（甲基酯），可有效降低乙醇生質柴油（乙基酯）的黏度。

【實驗 3】催化劑含量對轉酯化反應之影響與生質柴油水洗過程探討

(六) 鹼催化劑比例之影響

- 1、催化劑 NaOH 的含量超過 1.5% (g NaOH / g oil) 時，會產生白色塊狀凝結物(如圖 2-18)，且黏度大幅增加(如圖 3-13)。
- 2、催化劑 NaOH 的含量宜控制在 0.5% 左右較佳(如圖 2-16)。

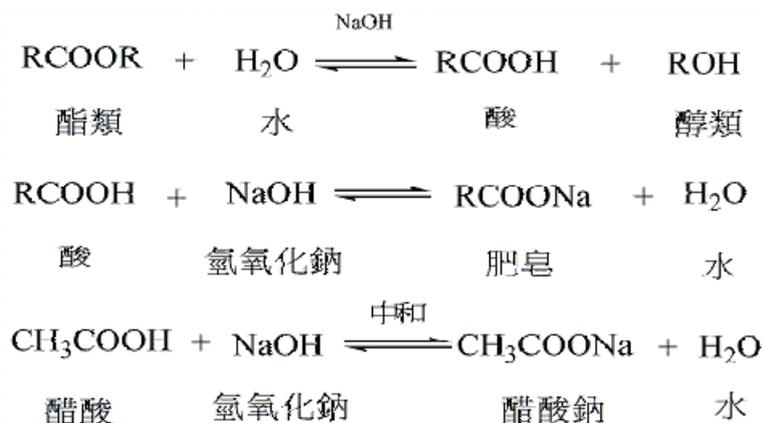
為了解催化劑 NaOH 之比例對生質柴油的性質有何影響，固定沙拉油/甲醇比例 1/6，以不同催化劑比例：0.1%、0.5%、1.0%、1.5%、2.0%、3.0% 及 5.0% (g NaOH / g oil) 反應觀察並比較。根據實驗結果，氫氧化鈉到了一定的量後反應就會結塊。因為氫氧化鈉在鹼催化法中是扮演催化劑的角色，但氫氧化鈉過量會直接與油脂反應生成肥皂，反應式如下所示，將白色固體加水後攪拌產生大量泡沫(如圖 3-14)。



(七) 生質柴油水洗過程探討

- 1、以純水洗淨生質柴油時，不管是水層或是柴油層都會有少量白色塊狀物產生(如圖 2-23、圖 3-16)。
- 2、實驗結果顯示，醋酸的濃度在 0.5% 以上，水洗後靜置分離的所需的時間增加，且柴油層呈現乳黃色(如圖 2-25~2-27)。

本實驗所使用之生質柴油是以回鍋油與甲醇（莫耳比為 1/6）所合成的。實驗發現：將水加入生質柴油洗淨攪拌並靜置分層後，原本澄清的生質柴油會產生大量的白色懸浮物，而且不管加水幾次都會有這種情形產生，取出白色懸浮物加水測試後產生泡沫，推測可能是生質柴油於水洗過程中水解並產生肥皂，反應式如下所示，因此剛製成的生質柴油必須先以醋酸中和催化劑 NaOH 後，再以純水清洗數次才不會產生皂化反應。研究結果顯示：醋酸的濃度最好控制在 0.1%~0.5% 之間，不但靜置分離的時間較短，且所得的柴油層呈紅褐色透明(如圖 2-24)。



【實驗 4】不同的反應方式與不同濃度之米酒（40%、80%、95%）製作生質柴油

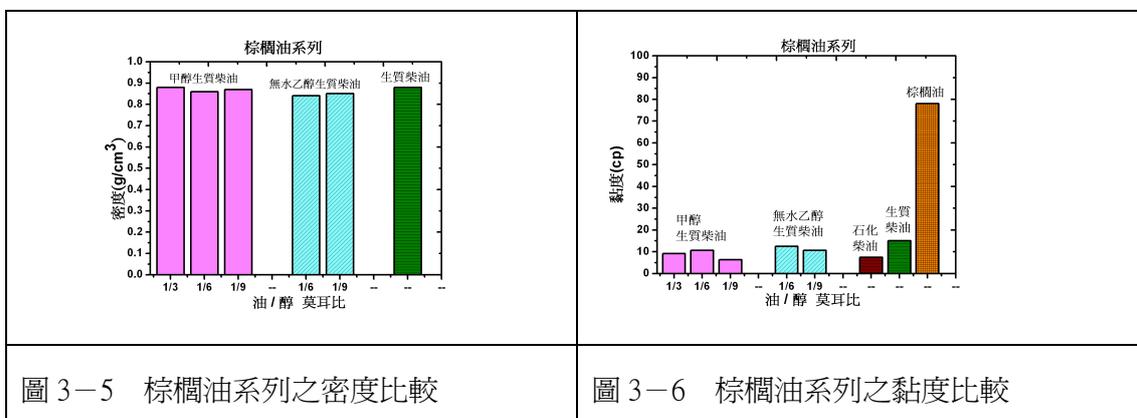
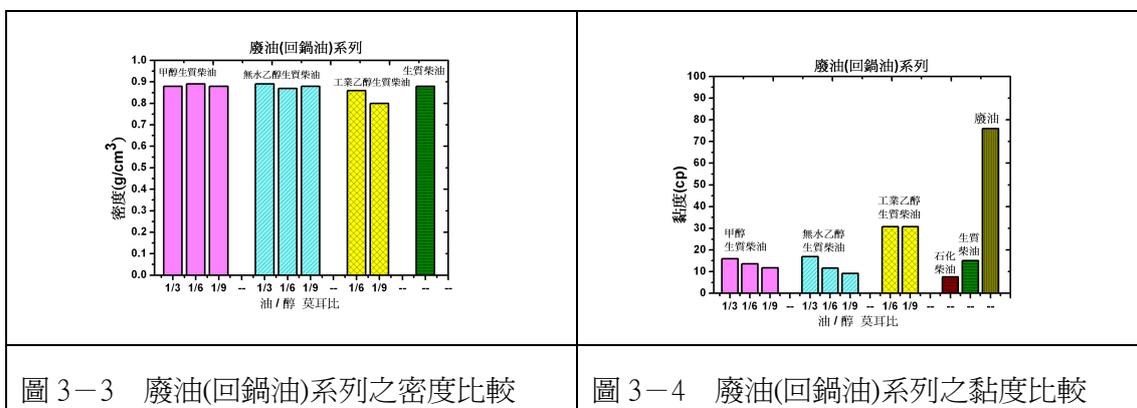
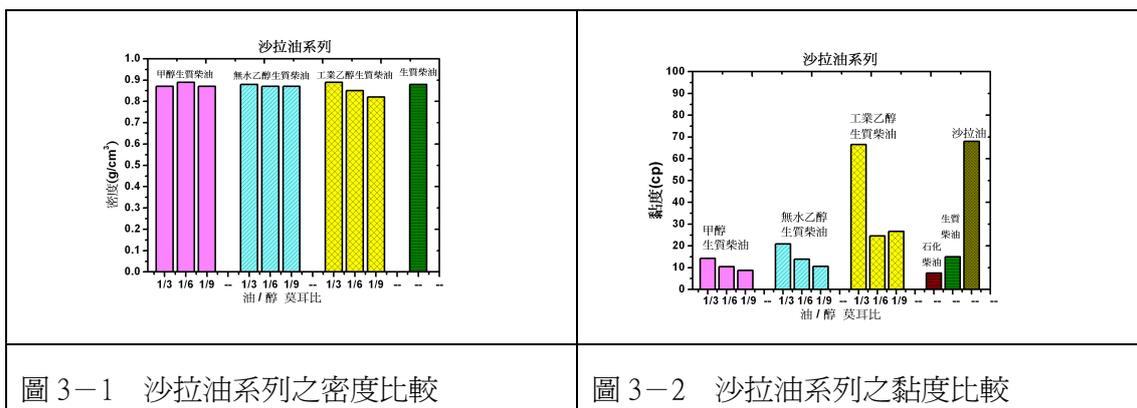
（八）磁石攪拌方式反應

- 1、沙拉油與米酒（40%）以莫耳比 1/3、1/6、1/9 反應後所得的生成物為乳黃色(如圖 2-29)，分為上下兩層，上下層液加水測試後得知(如圖 3-17)：上層液滴入水中後產生大油滴為油層，黏度、密度均接近沙拉油(圖 3-9~3-10)；下層液滴入水中後與水互溶，應為密度較大的米酒。
- 2、米酒（80%）與米酒（95%）反應後生成物與工業乙醇製得的生成物結果一樣，上層液為乙醇層，下層液為生質柴油層(如圖 2-30)。
- 3、沙拉油/米酒（80%）在莫耳比 1/6、1/9 與沙拉油/米酒（95%）在莫耳比 1/3、1/6、1/9 皆可製得半透明之生質柴油，但是米酒（80%）所得的產品黏度較高，推測應是水分過多以致於肥皂產生，並溶於生質柴油中所造成(如圖 3-10)。
- 4、「米酒」是台灣家庭中常使用的料理用酒，而米酒中的酒精是太陽能轉化後的生質能，本實驗證明米酒（95%）可以取代由石油中提煉的酒精，製成生質柴油。

（九）超音波振盪方式反應

在一次使用超音波洗淨機清洗試管的過程中，偶然發現原本黏在試管壁上的油漬可以輕易的被振下來，看到油漬的快速振動後突發奇想，如果用超音波洗淨機代替磁石攪拌器進行轉酯化反應，會發生什麼結果呢？

- 1、濃度 40% 的米酒，以超音波震盪方式反應後所得生成物與攪拌方式所得之結果相同(如圖 2-33)。
- 2、米酒 (80%) 反應後所得的溶液仍為乳黃色黏稠狀(如圖 2-34)，滴入水中後仍產生大油滴。
- 3、米酒 (95%) 反應後所得之溶液與工業乙醇之結果大致相同，上層液為乙醇層，下層液為生質柴油層，顏色呈黃色透明。
- 4、兩種反應方式製得生質柴油之黏度比較：超音波振動 > 磁石攪拌，所以超音波振動不適合作為生質柴油的反應方式 (如圖 3-10、3-12)。



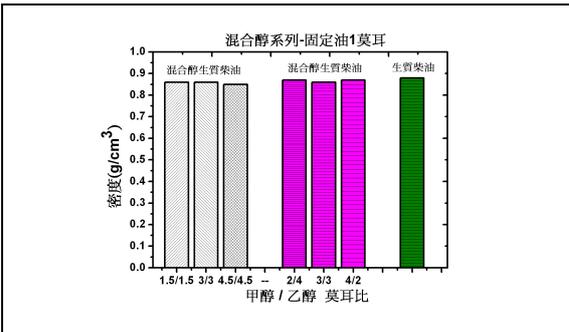


圖 3-7 混合醇系列之密度比較

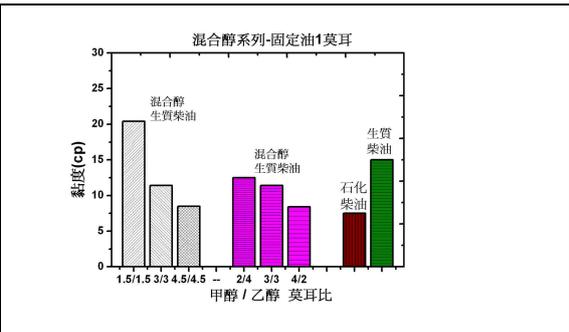


圖 3-8 混合醇系列之黏度比較

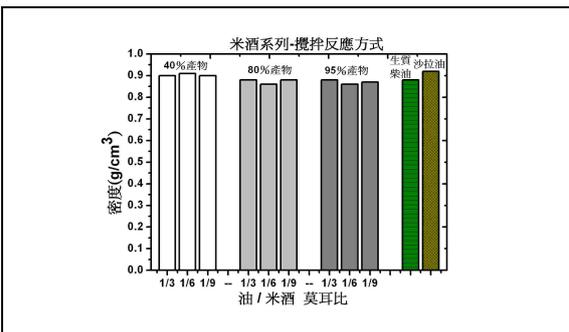


圖 3-9 米酒(攪拌)系列之密度比較

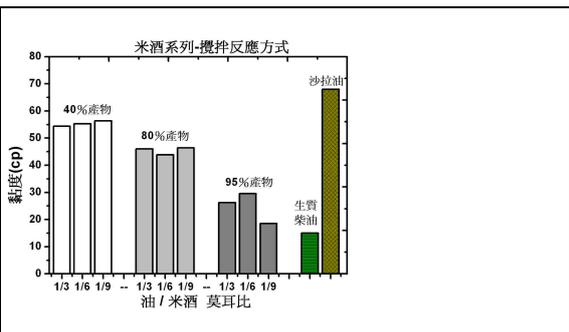


圖 3-10 米酒(攪拌)系列之黏度比較

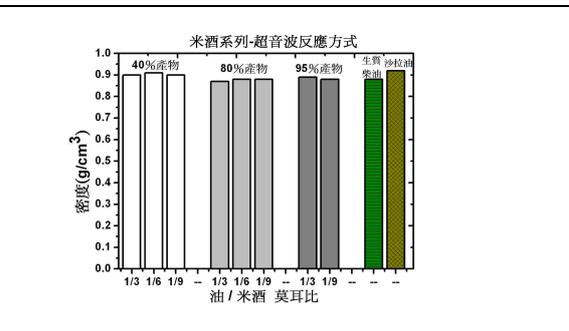


圖 3-11 米酒(超音波)系列之密度比較

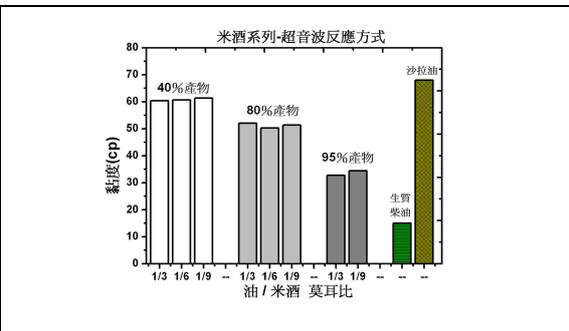


圖 3-12 米酒(超音波)系列之黏度比較

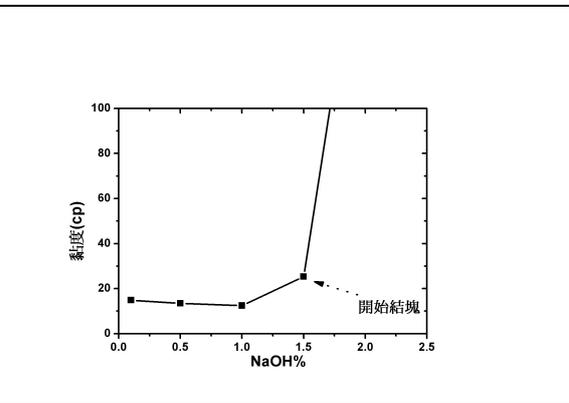


圖 3-13 NaOH% 含量對生成物黏度之影響

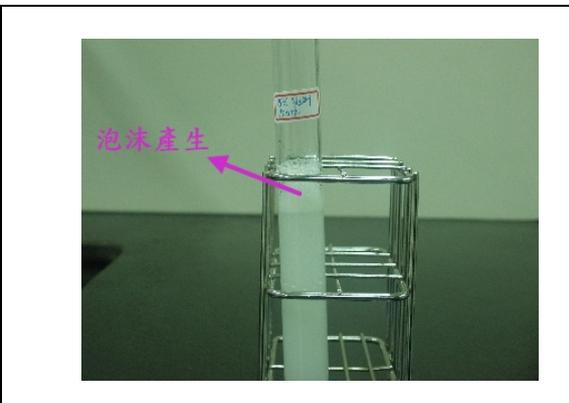


圖 3-14 鹼催化劑塊狀物加水後產生泡沫

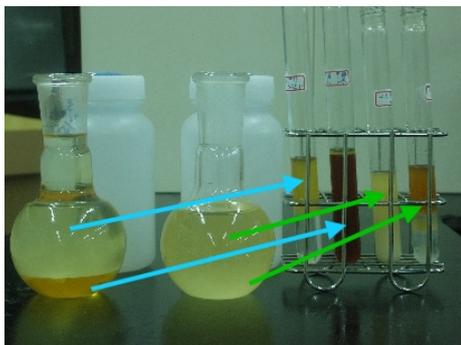


圖 3-15 甲醇生質柴油與工業乙醇生質柴油上下層液加水測試結果



圖 3-16 工業乙醇生質柴油水洗後

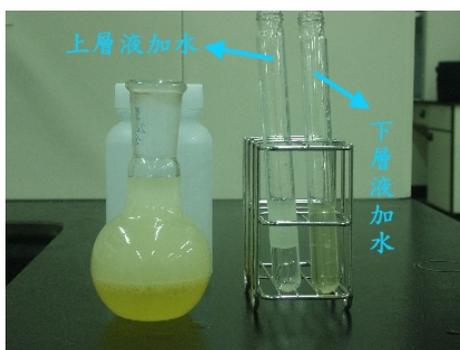


圖 3-17 米酒 (40%) 生成物上下層加水測試結果



圖 3-18 甲醇生質柴油、無水乙醇生質柴油、米酒 40%生質柴油之比較



圖 3-19 以黏度計測量生質柴油黏度

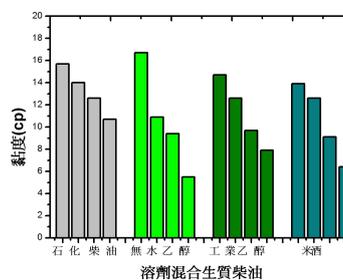


圖 3-20 各式生質柴油之黏度

四、研究結論

- (一) 利用油脂和甲醇合成生質柴油時其油/醇之莫耳比以 1/6 較佳。
- (二) 棕櫚油和乙醇所製得的生質柴油極容易產生凝固結塊的現象。
- (三) 利用乙醇製得的生質柴油其黏度過大，可先添加少量甲醇與乙醇混合後再反應，即可解決黏度太高的問題。
- (四) 鹼催化劑 NaOH 的量超過 1.5% 以上，反應後會有大量肥皂產生，應控制在 0.5% 左右。
- (五) 反應完所得的生質柴油可以濃度 0.1% 醋酸溶液水洗，除去氫氧化鈉。
- (六) 濃度 95% 的米酒所製得的生質柴油，其外觀、黏度、密度均與工業乙醇製得的相同，米酒可以作為生質柴油的製造原料之一。
- (七) 未來人類的能源將可以用「種」的方式產出。例如植物以「光合作用」將「太陽能」與「二氧化碳」變成油脂或醣類儲存於體內，我們再將油再榨出，將醣類發酵成酒精，以植物油與「生質酒精」製成「生質柴油」。生質柴油使用後又變回二氧化碳回到環境中，可以減少二氧化碳排放量，也就可以降低「溫室效應」對環境、氣候造成的傷害。

參考資料

- 1、詹明興、吳春雄、陳文勳、周碩樑編著。有機化學 II。二版一刷。全華科技圖書股份有限公司。第 54~57 頁。
- 2、陳志平編著。生質柴油技術。2004 化工技術第 12 卷第 10 期。全華出版社。第 135~145 頁。
- 3、黃瀨儀、盧文章、黃宗煌編著。國內能源作物的應用與發展。2004 化工技術第 12 卷第 10 期。全華出版社。第 191~205 頁。
- 4、吳耿東、張瑩璽編著。生質衍生燃料之製造與應用。2004 化工技術第 12 卷第 10 期。全華出版社。第 175~187 頁。
- 5、李宏台編著。生質能源利用展望。2004 化工技術第 12 卷第 10 期。全華出版社。第 99~107 頁。
- 6、王興華、黎林和編著。油水乳化液在柴油引擎上的可行性研究。台北科技大學學報三十七之一期。國立台灣大學機械工程研究所。第 465~473 頁。
- 7、林百福、張立夫編著。甲醇乳化燃料對直式柴油引擎性能及排放影響之研究。台北科技大學學報三十七之一期。國立臺北科技大學車輛工程系。第 267~276 頁。

網頁資料：

美國黃豆油協會台灣辦事處 <http://www.soybean.org.tw/index.htm>

生化柴油：<http://www.soybean.org.tw/tech6-2.htm>

生化柴油發展與趨勢：<http://www.soybean.org.tw/tech6-3.htm>