中華民國第57屆中小學科學展覽會
作品說明書

高級中等學校組　環境學科

佳作

052608

賣油翁

學校名稱：新北市立中和高級中學

作者：	指導老師：
高二 蘇倚樂	季延陵
高二 王彥淳	陳欣怡
高二 宋冠均	

關鍵詞：生質能源、轉酯化

摘要

現在大量運用化石燃料，易造成大量環境汙染且其存量有限，所以引發我們對生質柴油的好奇。查資料發現：其可以大幅降低柴油引擎所排放的黑煙、未燃碳氫化合物、一氧化碳、以及多環芳香烴等毒性物質。生質能符合永續經營的理念，並非僅以處理為滿足，而是把生質物資源化與能源化，兼具能源與環保雙重貢獻。因此我們設計了幾個實驗想對生質能源有進一步了解。我們利用日常生活中易取得的油品，試著用其製造生質柴油，並尋找一個比例使反應最有效率轉換，使反應能有最明顯的轉酯化效果。接著依不同油種燃燒找出最好效能的油，再改變醇與油的比，提升反應產率，並測量產出的生質柴油熱值與價格，以方便我們未來可以運用。

壹、研究動機

基礎化學課的能源簡介時知道18世紀工業革命後，石油量需求日益增大，導致今日石油價格居高不下，而我們台灣並非石油出產國，又因大量使用石油所造成的全球暖化效應，所以在這種石油短缺、空氣汙染、酸雨及溫室效應的時代應積極發展替代能源來解決現況。從”應用生物”課本上面學到的生質能源，了解生質柴油常利用用再生之油脂為原料，諸如植物或動物油脂，經合成(轉酯化)所得之長鏈脂肪酸酯，為可代替柴油之燃油，即一般所謂之生質柴油。生質柴油為含氧成分相當高之燃料，可促進柴油引擎之燃燒效率。許多研究專注於以椰子油、橄欖油、葵花油以及油菜籽油在柴油引擎中燃燒所產生之粒狀物質(PM)、氧氣化物(NOx)、一氧化碳(CO)、二氧化碳(CO_2)、總碳氫化合物(THC)和PAHs。就整體而言，於柴油引擎運作上，若以生質柴油為替代能源可減少HC、CO、CO_2、SO_2、PM以及PAHs之排放，且可在常溫、低溫予以儲存，同時無毒又可生化分解，可安全的使用與運送；另外生質柴油可用回收油製作，充分利用廢棄的食用油，減少對環境的影響。但生質柴油如何製作呢？查了些資料後，了解到其原理就是與”基礎化學(三)”、”選修化學(下)”的有機化學有關。綜合以上幾點原因，在了解其製作原理後我們期望研究生質柴油製造原料的不同比例，找出熱值最高且價格便宜的生質柴油，以利未來實際的使用。

貳、研究目的

一、研究甲醇和乙醇的比例對反應的影響

二、研究不同油種的生質柴油性質(如：熱值、轉酯率)的差異

三、研究油與醇類的比例對反應的影響

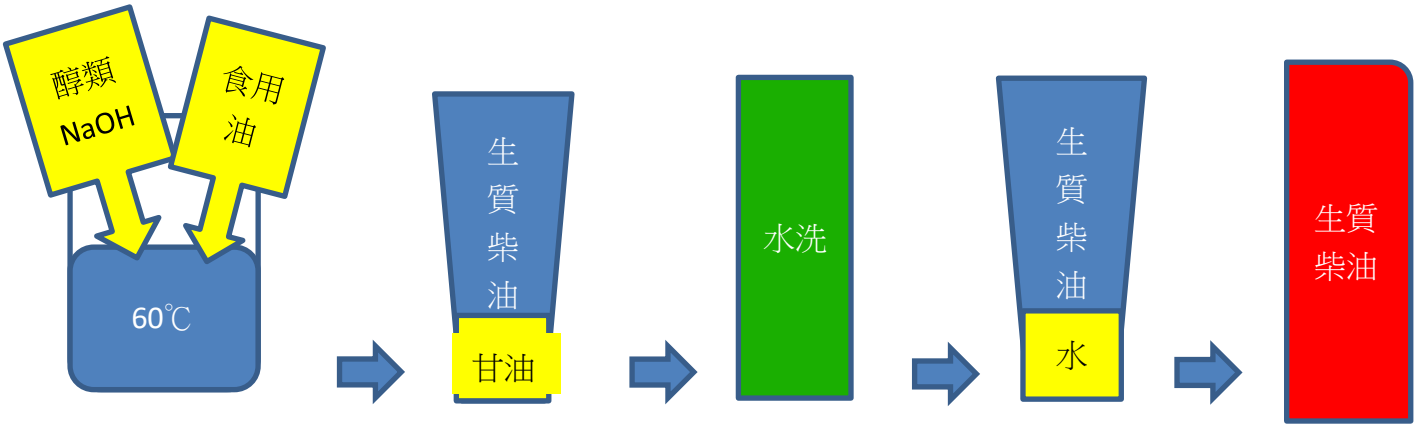
四、研究氫氧化鈉與醇類的比例對反應的影響

五、研究油加熱後製成的生質柴油對反應的影響

六、研究混油對反應的影響並嘗試降低製作成本

參、原理

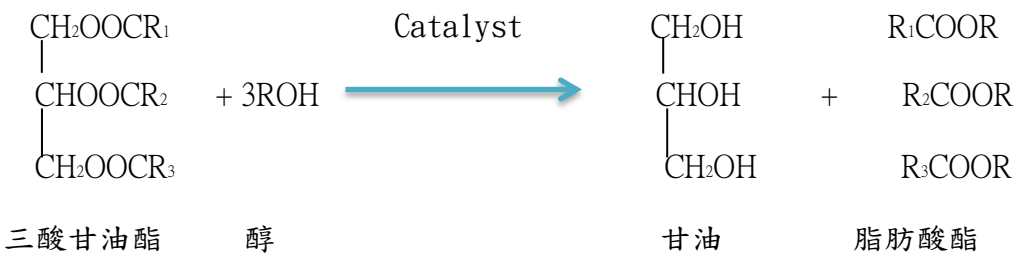
一、生質柴油的製造流程



水浴加熱 30 分鐘　　靜置分離　　飽和食鹽水　　靜置分離

圖一、生質柴油製造方式

二、轉酯化：



圖二、轉酯化反應

轉酯化就是酯類變成另一種酯類，油中主要成分三酸甘油酯，與醇反應成脂肪酸酯加甘油，可加入酸或鹼當催化劑加速反應，而脂肪酸酯就是生質柴油。

三、鹽析：

鹼加入油中會發生皂化反應產生肥皂，而肥皂較容易溶於鹽水中，所以為了去除分液後生質柴油中的肥皂，因此加入鹽水除皂。

肆、研究設備及器材

表一、器材與藥品

項目	數量	項目	數量	項目	數量
燒杯	10 個	錐形瓶	6 個	溫度計	4 支
玻棒	10 支	分液漏斗	6 個	坩鍋、三腳架	各 3 個
加熱器	1 臺	陶瓷纖維網	3 個	電子秤	2 個
打火機	2 支	量筒	6 個	衛生紙	數張
葵花油	1 瓶	玄米油	1 瓶	芥花油	1 瓶
沙拉油	1 瓶	橄欖油	1 瓶	甲醇	2 瓶
氯化鈉	1 包	氫氧化鈉	1 瓶	乙醇	2 瓶

伍、研究過程或方法

一、甲醇和乙醇的比例對反應影響的研究

控制變因：油的種類、油的體積、醇類的總體積、NaOH 質量、加熱溫度、加熱時間

操作變因：不同醇的混和比例

(一)不同種類的醇對生質柴油的影響

1.配置甲醇與乙醇各 100mL 分別加入 3.5g 氫氧化鈉

2.100mL 葵花油加入甲醇氫氧化鈉溶液 10mL

3.以 60℃水浴 30 分鐘

4.倒入分液漏斗靜置一小時後漏掉下層液體

5.以飽和食鹽水除皂兩次，取上層的生質柴油並秤重

6.取 1.0g 生質柴油加熱 50.0g 的水，測量其水溫上升度數

7.取 100mL 葵花油加入乙醇氫氧化鈉溶液 10mL，重複步驟 3~6

(二)不同的甲、乙醇比例對生質柴油的影響

1.配製甲醇與乙醇 100mL 分別加入 3.5g 氫氧化鈉

2.量取葵花油 100mL4 杯

3.分別加入醇 10mL，甲醇氫氧化鈉溶液：乙醇氫氧化鈉溶液比 = 2：8；3：7；4：6；5：5

4.重複(一)的 3~6 步驟

二、不同油種的生質柴油性質差異的研究

控制變因：油的體積、醇類的總體積、NaOH 質量、加熱溫度、加熱時間、不同醇的混和比例

操作變因：油的種類

(一)不同油種的製造步驟

1.配製甲醇 50mL 乙醇 50mL 混合液，加入 3.5g 氫氧化鈉溶解

2.將沙拉油、葵花油、芥花油、玄米油、橄欖油分別取 100mL

3.各加入 10mL 的甲醇、乙醇氫氧化鈉溶液

4.60℃水浴 30 分鐘

5.放入分液漏斗靜置一小時後漏掉下層液體

6.用飽和食鹽水除皂兩次，取上層的生質柴油並秤重

7. 取 1.0g 生質柴油加熱 50.0g 的水，測量其水溫上升度數

三、油與醇類的比例對反應影響的研究

控制變因：油的種類、NaOH 質量、加熱溫度、加熱時間、不同醇的混和比例

操作變因： 油的體積、醇類的總體積

(一)油醇不同體積比的實驗步驟

1. 配製甲醇 50mL 乙醇 50mL 混合液，加入 3.5g 氫氧化鈉溶解

2.取葵花油與甲、乙醇氫氧化鈉溶液 體積比=油比醇 2：1； 5：1；1：2；1：5；9：1；1：9

3.60℃水浴 30 分鐘

4.放入分液漏斗靜置一小時後漏掉下層液體

5.用飽和食鹽水除皂兩次，取上層的生質柴油並秤重

6. 取 1.0g 生質柴油加熱 50.0g 的水，測量其水溫上升度數

四、氫氧化鈉與醇類的比例對反應影響的研究

控制變因：油的體積、醇類的總體積、油的種類、加熱溫度、加熱時間、不同醇的混和比例

操作變因： NaOH 質量

(一)不同氫氧化鈉的量實驗步驟

1.甲醇 25mL 加入乙醇 25mL

2.分成五小杯每杯 10mL 分別加入 0.1g、0.2g、0.3g、0.4g、0.5g 的氫氧化鈉

3. 分別加入 50mL 的葵花油

4.60℃水浴 30 分鐘

5.放入分液漏斗靜置一小時後漏掉下層液體

6.用飽和食鹽水除皂兩次，取上層的生質柴油並秤重

7. 取 1.0g 生質柴油加熱 50.0g 的水，測量其水溫上升度數

8.重複步驟 1~3 後，60℃水浴 60 分鐘

9.重複步驟 5~7

五、研究油加熱後製成的生質柴油對反應的影響

控制變因：油的種類、油的體積、醇類的總體積、NaOH 質量、加熱溫度、加熱時間

操作變因： 製作生質柴油前的加熱與否

(一)加熱後的油製作生質柴油的實驗步驟

1.配製甲醇 50mL 乙醇 50mL 加入氫氧化鈉 1g

2.將葵花油、芥花油、沙拉油、橄欖油與玄米油加熱至 180℃(30 分鐘)

3.取加熱至 180℃後的葵花油 50mL 加入甲醇乙醇氫氧化鈉溶液 10mL；

4.60℃水浴 1hour，鹽析取上層的生質柴油並秤重

5.取 1.0g 製作的生質柴油燃燒 50.0g 水，測量其水溫上升度數

6.測量芥花油、沙拉油、橄欖油與玄米油重複步驟 3~5

六、研究混油對反應的影響並嘗試降低製作成本

控制變因：油的體積、醇類的總體積、NaOH 質量、加熱溫度、加熱時間

操作變因：油的種類

(一)葵花油混沙拉油

1.配製甲醇 50mL 乙醇 50mL 加入 1g 氫氧化鈉

2.取葵花油、沙拉油各 50mL 分別加入甲醇乙醇氫氧化鈉溶液 10mL

3.混合葵花油與沙拉油 = 40：10；30：20；20：30；10：40，各加入甲醇乙醇氫氧化鈉溶液 10mL

4.60℃水浴 1hour，鹽析取上層的生質柴油並秤重

5.取 1.0g 製作的生質柴油燃燒 50.0g 水，測量其水溫上升度數

(二)葵花油混芥花油

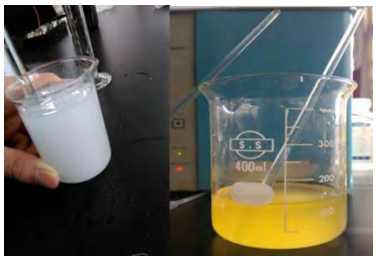
1.配製甲醇 50mL 乙醇 50mL 加入 1.0g 氫氧化鈉

2.取葵花油、芥花油各 50mL 分別加入甲醇乙醇氫氧化鈉溶液 10mL

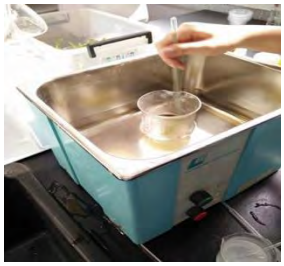
3.混合葵花油與芥花油 = 40：10；30：20；20：30；10：40，各加入甲醇乙醇氫氧化鈉溶液 10mL

4.60℃水浴 1hour，鹽析取上層的生質柴油並秤重

5.取 1.0g 製作的生質柴油燃燒 50.0g 水，測量其水溫上升度數



圖三、氫氧化鈉加入醇中，再倒入油中混合



圖四、用 60℃水浴攪拌 30 分鐘

圖五、倒入分液漏斗中靜置一小時

圖六、鹽析兩次除皂

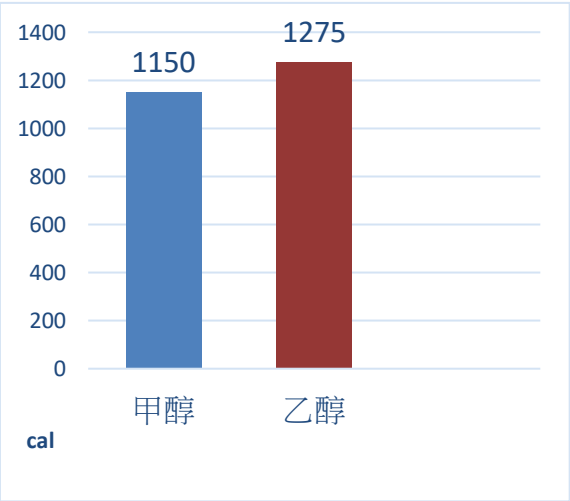
陸、研究結果

一、醇的種類對反應的影響的研究

(一)實驗一、不同的醇類製成的生質柴油

表二、不同的醇類製成的生質柴油之燃燒時間、提供熱量

	甲醇	乙醇
原油質量(g)	90.165	
生質柴油質量(g)30 分	80.458	70.225
轉酯化程度(30 分)	89.2%	77.89%
初溫(℃)	22.5	
末溫(℃)	47	49
	43	47.5
	47	46
	40(誤差太大省略)	49
	45	48.5
平均末溫(℃)	45.5	48
熱值(cal)	1150	1275

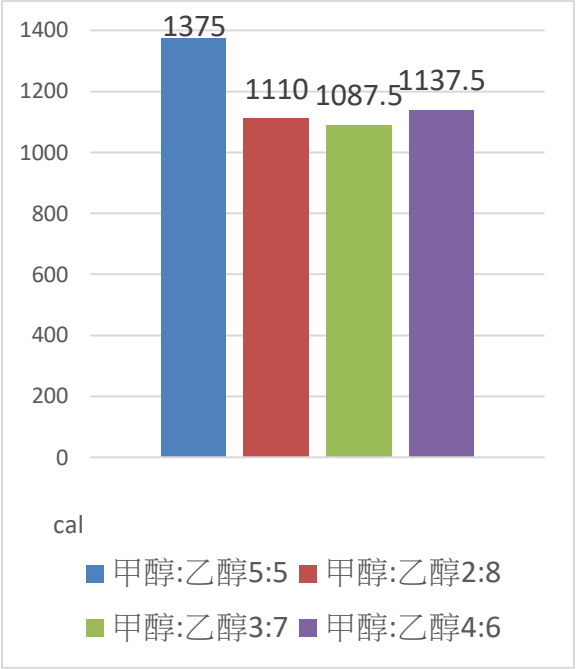


圖七、不同的醇類製成的生質柴油燃燒熱量

(二)實驗二、使用不同醇的比例製造生質柴油

表三、不同的甲、乙醇比例製作生質柴油的比較

甲醇:乙醇	1:1	2:8	3:7	4:6
原油質量(g)	90.165			
生質柴油質量(g)	80.21	71.400	73.305	75.515
轉酯化程度	88.9%	79.2%	81.3%	83.7%
初溫(℃)	22.5			
末溫(℃)	52	45	42	44
	48	48(省)	46	47
	49	44	46	45
	52	41(省)	41(省)	49(省)
	49	45	43	45
平均末溫(℃)	50	44.7	44.25	45.25
熱質(cal)	1375	1110	1087.5	1137.5



圖八、不同醇比例的生質柴油燃燒熱量

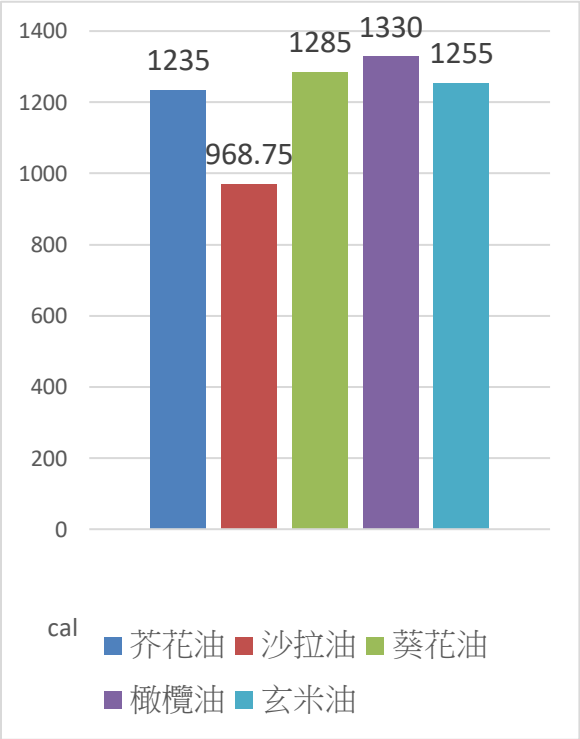
二、研究不同油種的生質柴油性質差異

(一) 100mL 反應 30min

表四、不同的油製作生質柴油的比較

	芥花油	沙拉油	葵花油	玄米油	橄欖油
原油質量(g)	90.100	90.225	90.200	89.750	89.590
生質柴油質量(g)	76.035	78.415	80.515	75.200	70.015
轉酯化程度	84.4%	86.9%	89.3%	83.8%	78.2%
初溫(℃)	27.5	27.0	27.5	27.5	26
末溫(℃)	53	46.0	55.1	53	50
	53.5	47.0	53	51	50

	51	47.5	52	55	53
	51.5	45	52.5	48(省略)	55
	52	44(省略)	53.5	51.5	55
平均末溫(℃)	52.2	46.375	53.2	52.6	52.6
熱值(cal)	1235	968.75	1285	1255	1330

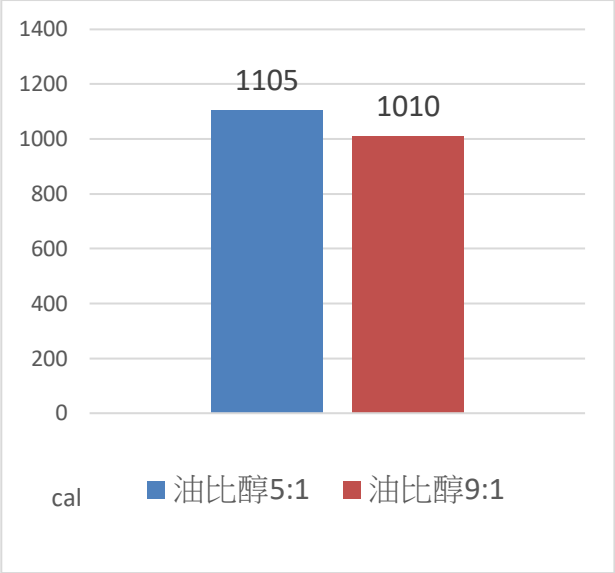


圖九、不同油種的生質柴油熱量

四、研究油與醇類的比例對反應的影響

表五、不同油與醇的比例結果比較

油:醇	1:2	2:1	1:5	1:9	5:1	9:1
原油質量(g)	凝固	凝固	凝固	凝固	45.228	45.228
生質柴油質量(g)					40.890	39.835
轉酯化程度					90.4%	88.1%
初溫(℃)					25.5	
末溫(℃)					46.5	46.5
					51.5	46
					44.5	47
					50.5	42
					45	47
平均末溫(℃)	凝固	凝固	凝固	凝固	47.6	45.7
熱值(cal)					1105	1010



圖十、不同油與醇類的比例燃燒熱量

圖十一. 1:2　1:5　1:9 加熱完畢後呈白色凝固狀

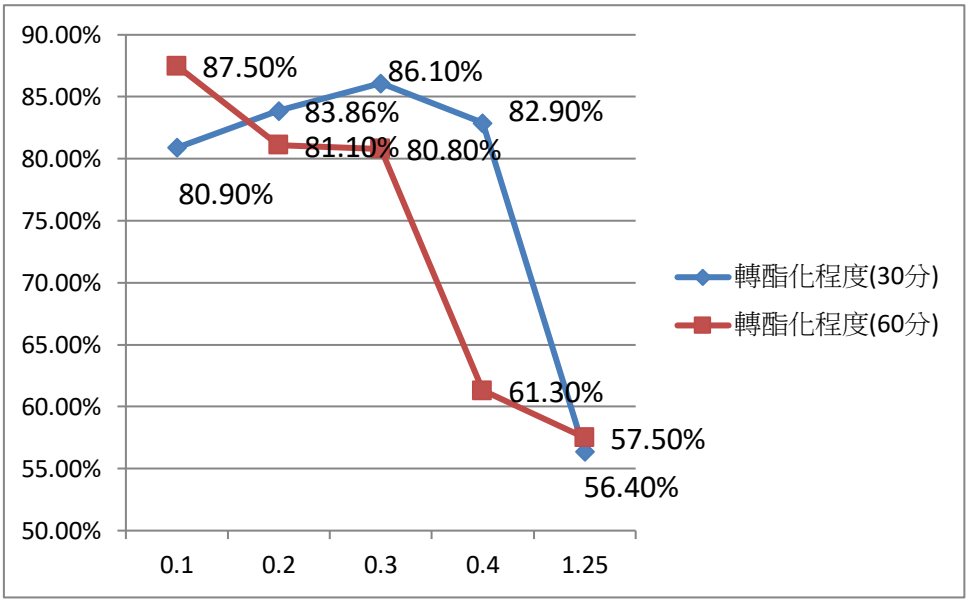
圖十二. 9:1　5:1　2:1 加熱完畢後完全呈液狀

四、研究氫氧化鈉與醇類的比例對反應的影響

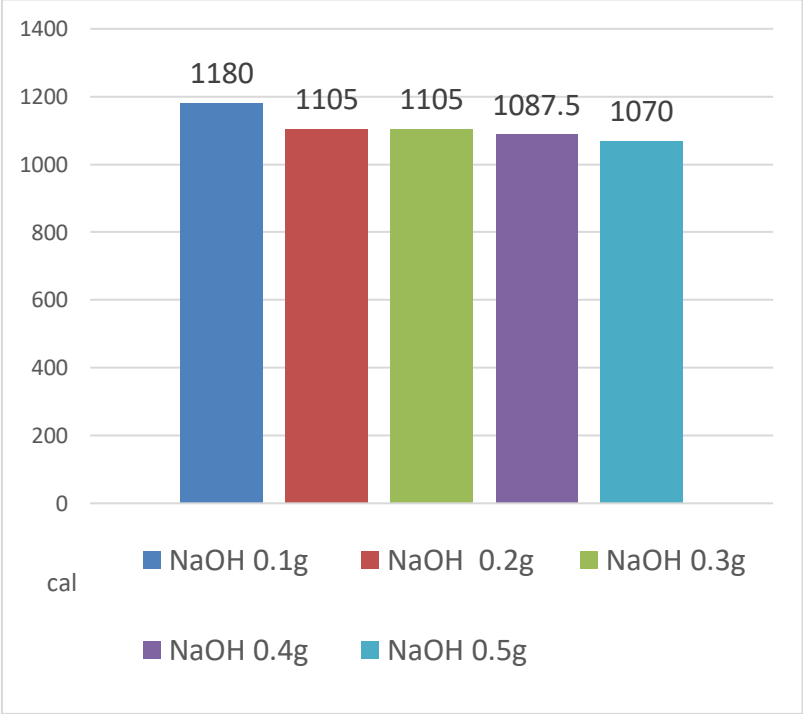
表六、加入不同量的氫氧化鈉製作之生質柴油的比較

氫氧化鈉量(g/10mL)	0.1	0.2	0.3	0.4	0.5
原油質量(g)	45.100	45.210	45.165	45.175	45.235
生質柴油質量(g)30 分	36.510	37.915	38.875	37.465	25.5
轉酯化程度	80.9%	83.86%	86.1%	82.9%	56.4%
生質柴油質量(g)60 分	39.465	36.675	36.500	27.675	26.010
轉酯化程度	87.5%	81.1%	80.8%	61.3%	57.5%
初溫(℃)	30	30	30	30	29
末溫(℃)	54	52	51.5	51	49
	53	47.5(省略)	54	47.5(省略)	51.2

	54	55	53	47(省略)	53
	53	54	54	52.5	48
	54	52	48(省略)	51	51
平均末溫(℃)	53.6	53.25	53.13	51.75	50.4
熱值(cal)	1180	1162.5	1156.25	1075	1070



圖十三、 不同氫氧化鈉的比例製作生質柴油的轉酯化程度



圖十四、 氫氧化鈉的比例製作的生質柴油燃燒熱量

五、研究油加熱後製成的生質柴油對反應的影響

(1)不同種類逐漸加熱後的生質柴油熱值

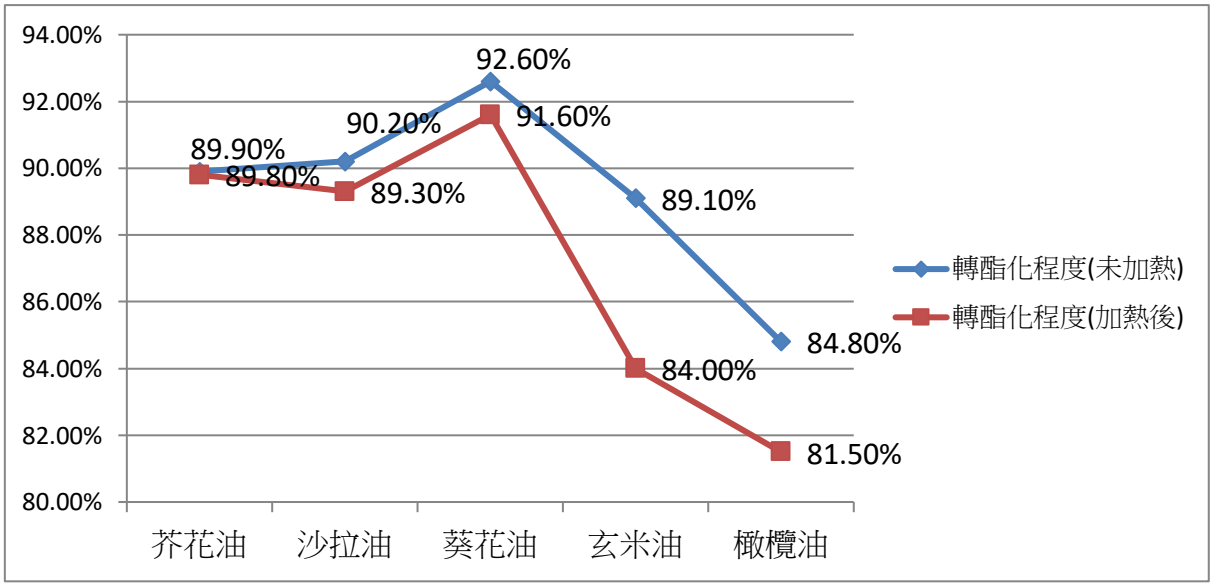
表七、加熱不同油種半小時油製作的生質柴油

種類	初溫(℃)	末溫(℃)	平均末溫(℃)	平均熱值(cal)
加熱至 180℃(約 30 分)後的葵花油 50mL	27.5	54.5	52.25	1237.5
		54.5		
		50		
		49(省略)		
		50		
加熱至 180℃(約 30 分)後的芥花油 50mL	27.5	51.5	52.8	1265
		51		
		54		
		55		
		52.5		
加熱至 180℃(約 30 分)後的沙拉油 50mL	27.5	50	50.7	1160
		49		
		52.5		
		51		
		51		
加熱至 180℃(約 30 分)後的橄欖油 50mL	27.5	51.5	51.33	1191.67
		46(省略)		
		49		
		55(省略)		
		53.5		
加熱至 180℃(約 30 分)		52		

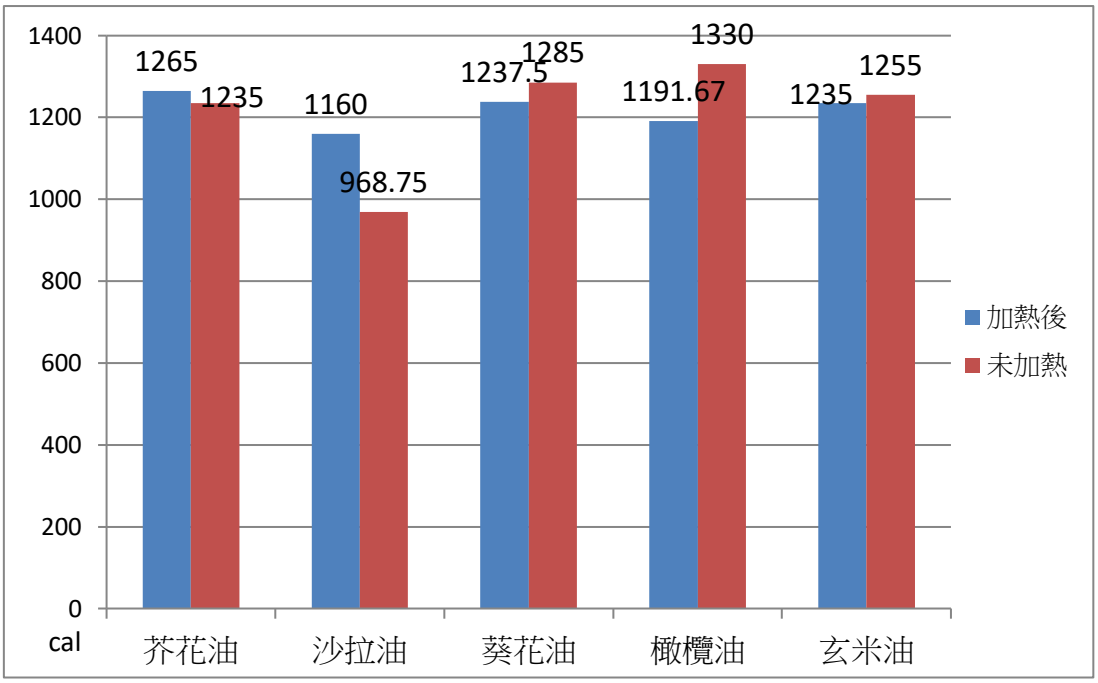
後的玄米油 50mL	27.5	52	52.2	1235
		52		
		52.5		
		52.5		

表八、加熱不同油種半小時油製作的生質柴油轉酯化的程度

種類	芥花油	葵花油	沙拉油	橄欖油	玄米油
原油質量(g)	45.1	45.15	45.10	44.650	44.9
生質柴油(g)	40.52	41.335	40.18	36.38	37.72
轉酯化程度	89.8%	91.6%	89.3%	81.5 %	84.0%



圖十五、 不同油種加熱前後轉酯化程度比較



圖十六、 不同油種加熱前後燃燒熱比較

六、研究混油對反應的影響並嘗試降低製作成本

表九、不同油的價格

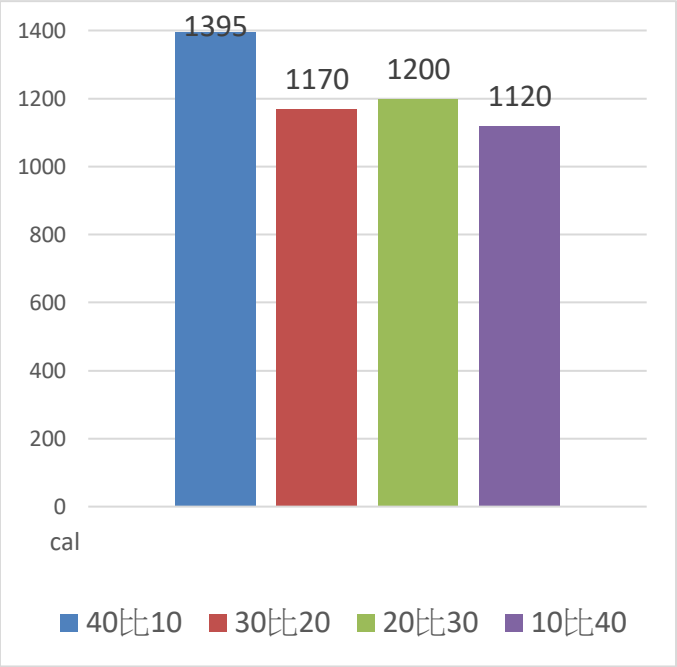
種類	平均密度(g/mL)	每瓶油的體積(mL)	一瓶價錢	1mL 的價錢(元)
葵花油	0.903	3000	249	0.083
芥花油	0.901	2600	179	0.069
沙拉油	0.902	3000	162	0.054
橄欖油	0.893	500	159	0.318
玄米油	0.898	300	79	0.263

由於葵花油的成本較高，我們嘗試將葵花油混合價格較低芥花油跟沙拉油，找出每單位價格能產生較多熱值的比例。公式: 1 元可燃燒的熱值=(1 克生質柴油可產生的熱值(cal)*製作出的生質柴油之克數)/製作此生質柴油所花的錢

(一)葵花油混芥花油

表十、不同葵花油與芥花油混和比例

葵花油:芥花油	40:10	30:20	20:30	10:40
原油質量(g)	45.13	45.11	45.09	45.07
生質柴油質量(g)	31.71	34.46	39.7	37.23
轉酯化程度	70.3%	76.4%	88.0%	82.6%
初溫(℃)	30	30	27.5	28
末溫(℃)	61(省)	53.5	52	50.5
	54.5	51.5	53	51
	58	56.2	52	47
	58	52	48	52
	58	54	52	51.5
平均末溫(℃)	57.125	53.4	52.25	51.25
熱值(cal)	1356.25	1170	1237.5	1162.5

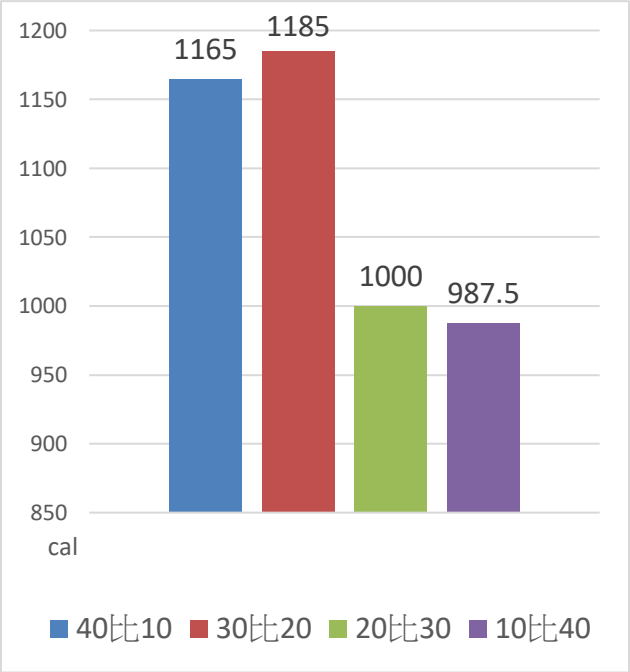


圖十七、葵:芥不同比混油比熱量比較

(二)葵花油混沙拉油

表十一、不同葵花油與沙拉油混和的比例

葵花油:沙拉油	40:10	30:20	20:30	10:40
原油質量(g)	45.000	45.123	45.145	45.035
生質柴油質量(g)	38.305	35.580	38.870	34.550
轉酯化程度	85%	78.9%	86.1%	76.7%
初溫(℃)	28.0	28	28	27
末溫(℃)	51.0	51	49	51
	50.5	50.5	47	43(省略)
	51.0	50	50.2	44
	53.0	55	47	48
	51.0	52	47	44
平均末溫(℃)	51.3	51.7	48	46.7
熱值(cal)	1165	1185	1000	987.5

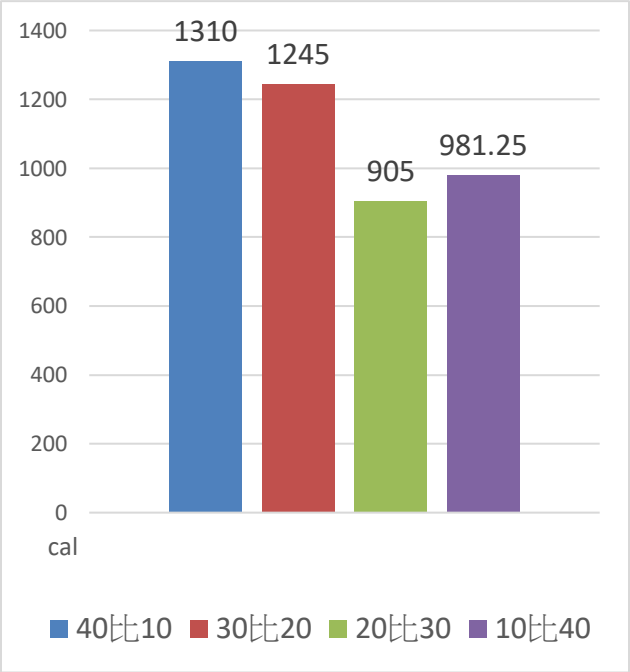


圖十八、葵:沙混油燃燒熱量比較

(三)芥花油混和沙拉油

表十二、不同芥花油與沙拉油混和的比例

芥花油:沙拉油	40:10	30:20	20:30	10:40
原油質量(g)	45.100	45.105	45.155	45.05
生質柴油質量(g)	38.925	34.505	33.105	36.33
轉酯化程度	86.3%	76.5%	73.3%	80.6%
初溫(℃)	27			
末溫(℃)	52.5	51	45	52.5(省略)
	53.0	54	46	46
	53.5	50.5	46.5	46
	54.0	53	45	47
	53	50.8	44	47.5
平均末溫(℃)	53.2	51.9	45.3	46.6
熱值(cal)	1310	1245	905	981.25



圖十九、不同芥:沙混比熱量比較

表十三、葵花油混芥花油每花 1 元所製作的生質柴油可產生的熱質(cal)比較

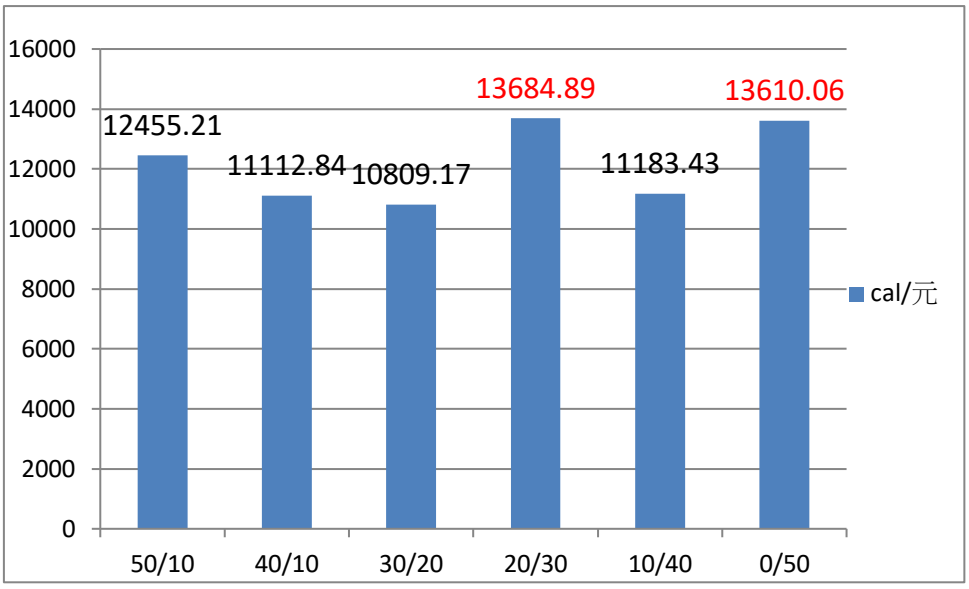
葵:芥	成本	產量(g)	平均 cal/g	cal/元
50:0	4.15	40.225	1285	12455.21
40:10	3.87	31.71	1356.25	11112.84
30:20	3.73	34.46	1170	10809.17
20:30	3.59	39.7	1237.5	13684.89
10:40	3.87	37.23	1162.5	11183.43
0:50	3.45	38.02	1235	13610.06

表十四、葵花油混沙拉油每花 1 元所製作的生質柴油可產生的熱質(cal)比較

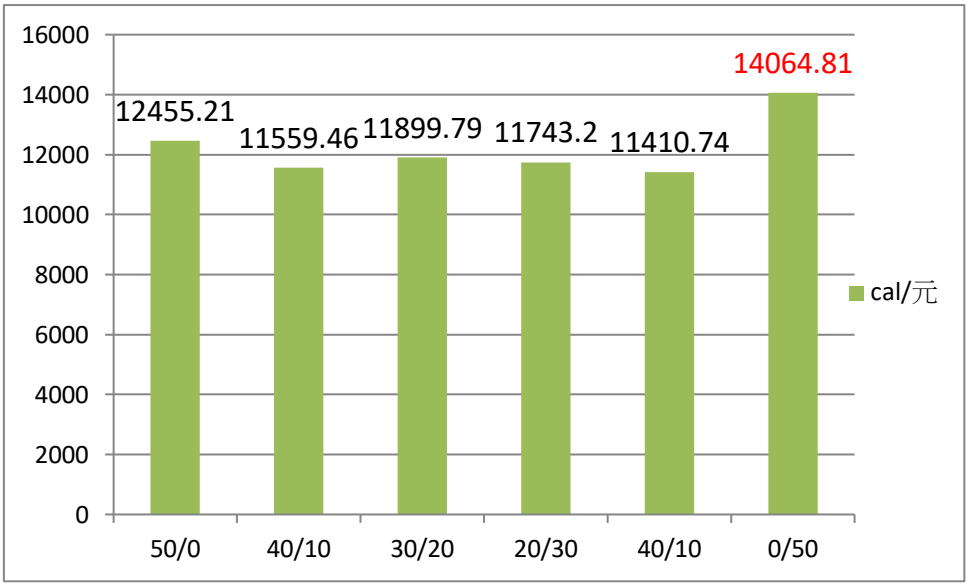
葵:沙	成本	產量(g)	平均 cal/g	cal/元
50:0	4.15	40.225	1285	12455.21
40:10	3.86	38.300	1165	11559.46
30:20	3.57	35.850	1185	11899.79
20:30	3.31	38.870	1000	11743.20
10:40	2.99	34.550	987.5	11410.74
0:50	2.7	39.200	968.75	14064.81

表十五、芥花油混沙拉油每花 1 元所製作的生質柴油可產生的熱質(cal)比較

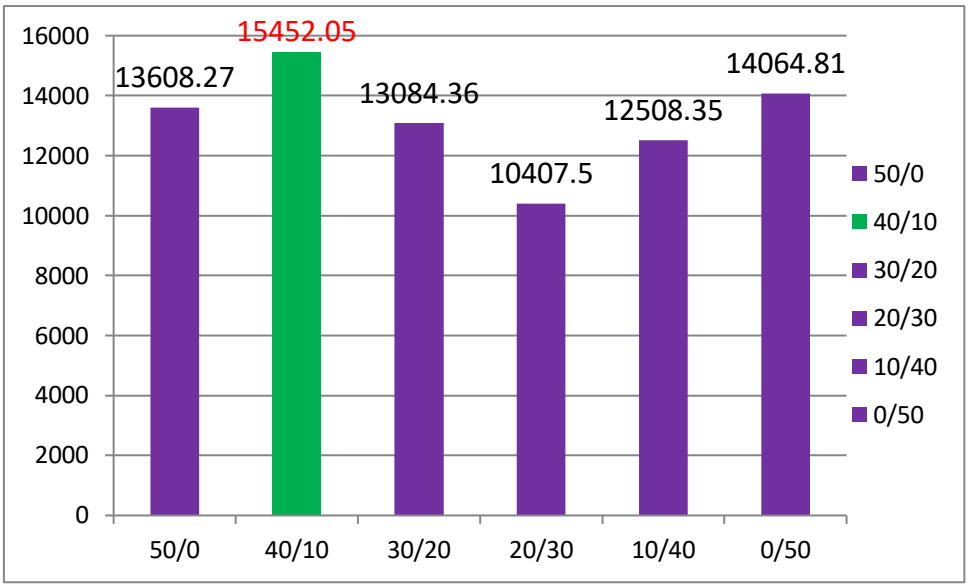
芥:沙	成本	產量(g)	平均 cal/g	cal/元
0:50	3.45	38.015	1235	13608.27
40:10	3.3	38.925	1310	15452.05
30:20	3.15	33.105	1245	13084.36
20:30	3	34.500	905	10407.5
10:40	2.85	36.330	981.25	12508.35
0:50	2.7	39.200	968.75	14064.81



圖二十、葵花油混芥花油製得的生質柴油成本比較



圖二十一、葵花油混沙拉油製得的生質柴油成本比較



圖二十二、芥花油混沙拉油製得的生質柴油成本比較

柒、討論

一、 醇的種類與比例對反應的影響的研究

(一).實驗一得知，甲醇:乙醇為 1:1 時，燃燒後所產生的熱量最高。而乙醇燃燒後的熱值又較甲醇高，但轉酯率較甲醇低。

(二).甲醇與乙醇混合的比例，以 1:1 的生質柴油燃燒的熱量較高，因此往後的實驗中，我們選擇繼續使用這個比例。

(三).油+甲醇與乙醇產生的生質柴油後者熱值比較大，推測是因為乙醇多了一個碳，以甲烷、乙烷的燃燒熱來看，甲烷-212 千卡乙烷-371.5，差一個碳可差 160 千卡左右的熱量，因此推測出乙醇產生的生質柴油碳數較多故熱量較大。

二、研究不同油種的生質柴油性質的差異

(一).表四中得知熱值大小；橄欖油>葵花油>玄米油>芥花油>沙拉油；可知油的成分會影響到熱值，可能是碳數與結構不同導致，但因實驗設備限制無法確認各油品的碳數與結構差異。

(二).從實驗結果知道橄欖油轉酯率較低，因製作生質柴油過程中產生的褐色沉澱物較多，導致需要過濾掉許多物質，所以產生的生質柴油量較少。

三、研究油與醇類的比例對反應的影響

(一).在測油與醇的比例時，我們發現加熱六分鐘後，油:醇為 1:2、1:5、1:9、2:1 的油開始產生白色的絲狀物質，再攪拌約三分鐘後 1:2、1:5、1:9 的生質柴油開始慢慢凝固，待加熱完畢後，

1:2 、1:5、1:9 的生質柴油已完全呈白色凝固狀，另外，再放置半小時後，2:1 的生質柴油呈現半透明果凍狀，加熱溶解後擱置又會再次凝固。關於此結果，我們在查資料後有三種推測：

1.因溫度過高，所以易產生皂化反應

2.此比例轉化的酯類分子間引力大造容易凝固

3.不同比例的油與醇解釋:推測醇先與氫氧化鈉反應產生醇鈉,醇鈉再與油反應使油產生轉酯化的現象,若油的比例過少則產生的醇鈉剩下過多導致形成凝固的現象

(二).根據假設，我們再做了一次油比醇比例：1:2、1:5、1:9、2:1 的生質柴油並降低了加熱溫度(降低至 50 度)然而結果依然是凝固，因此確定此比例的油不適合製作生質柴油，不是因為溫度太高的影響。

(三).比較油比醇比例：5:1、&9:1 的生質柴油，在 5:1 製成的下層液體中發現有一小塊的果凍狀半透明凝固物，然而上層還是可取得液態的生質柴油，而 9:1 的製成液體並無非常明顯的甘油(只有非常薄的一層)。

圖二十三、果凍狀半透明凝固物

將取得的生質柴油去皂化，經測量後，發現同樣的體積下，5:1 的生質柴油燃燒後所能產生的熱量較 9:1 的生質柴油高。故推知，轉酯化過程中油的比例要大於醇許多，才不易固化；但油的比例太高反而造成其生質柴油產生的比例較低，進一步影響熱值。

四、研究氫氧化鈉與醇類的比例對反應的影響

(一).而加熱後的 NaOH 含量 0.1 的深色物質較為明顯，其次為 0.2；而 NaOH 含量為 0.4、0.5 製作的生質柴油，氫氧化鈉加越多產生的膠狀物越多，導致可用的生質柴油量減少。推測氫氧化鈉過多會造成皂化現象，且不可逆，因此造成轉酯化的效果減弱，因此氫氧化鈉不宜太多。

(二). NaOH 含量 0.1 的時間少時轉酯率較差，若要增加則需延長加熱時間至一小時；但其他濃度加熱時間增加時膠狀物會增加使生質柴油量減少，並不會增加轉酯率。

五、研究油加熱後製成的生質柴油對反應的影響

(一).由表四與七得知：葵花油、芥花油與沙拉油，在加熱過後以沙拉油改變較大，故推論知葵花油與芥花油的回鍋油可能維持相同熱值；而沙拉油的回鍋油熱值會稍許增加。

六、研究混油對反應的影響並嘗試降低製作成本

(一)由表十到十五知：最後的測量顯示，芥花油:沙拉油=40:10 的比例每單位價格能產生的熱值較高。故可嘗試以此比例製作生質柴油，取得最大熱值與最大經濟效益。

七、對環境的影響

(一).油脂成分只含碳氫氧，故燃燒時不會產生硫化物；酯類本身含有氧，所以叫不易有燃燒不完全的問題。根據文獻研究顯示：以生質柴油為替代能源可減少 HC、CO、CO2、SO2、PM 及 PAHs 之排放，因此可以減少環境的污染。

(二). 加熱後的油熱值與未加熱差異不大，顯示用回鍋油製生質柴油其對熱值影響不大。

(三).由上面實驗得知利用回鍋油製作生質柴油，推測其沉澱物雜質增加，故產生的生質柴油會比未用過的油少，雖然如此利用廢棄的回鍋油可以解決廢油的回收與能源問題，因此對環境有正面的幫助。

捌、結論

一、最佳製作生質柴油的比例

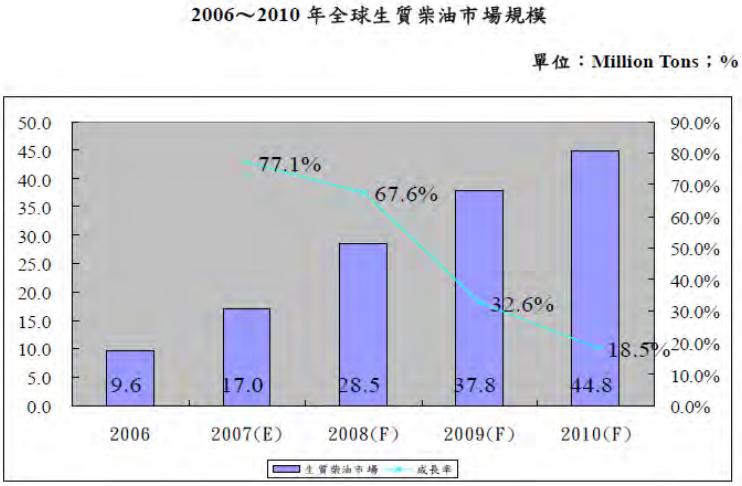
表十六、最佳製作生質柴油配方

最佳比例	
芥花油:沙拉油	4:1
甲醇:乙醇	1:1
油:醇	5:1
每 1 mL 需加 0.1gNaOH	
加熱 60 分鐘	

若需要縮短時間：每 1 mL 需加 0.3gNaOH，加熱 30 分鐘

二、柴油於引擎中燃燒所產生之黑煙（smoke）、粒狀污染物（particulate matter；簡稱 PM）、一氧化碳（CO）、碳氫化合物（HC）、氮氧化物（NOx）、硫氧化物（SOx）、多環方香烴化合物（PAHs）及臭味，若以生質柴油為替代能源可減少 HC、CO、CO_2、SO_2、PM 以及 PAHs 之排放。

三、以混油最佳者比(芥：沙=4：1)製造的生質柴油成本 66 元/公升；若以熱值最高的橄欖油製造生質柴油成本 318 元/公升；以最高需求量來看年省約 1.25×10^{13} 元。



圖二十四.經濟部研究目前市場需求

玖、未來研究方向

一.將製作的生質柴油加入引擎實作，除了測量觀察年制與潤滑度等之外，同時測量排放的廢氣含量。

二.測量不同醇的比例與轉酯化速率的關係。

三.設計裝置在測量熱值時，使準確率提高。

四.研究不同油種中碳數長度及不飽和雙鍵數及其位置對熱值的影響。

拾、參考文獻

一.轉酯化反應 http://www.taiwan921.lib.ntu.edu.tw/mypdf/bd05-3.html

二.維基百科生物柴油 https://zh.wikipedia.org/wiki/%E7%94%9F%E7%89%A9%E6%9F%B4%E6%B2%B9

三.「油」然而生的橋樑科技-探討生質柴油之製造條件與對柴油引擎廢氣排放之影響 http://activity.ntsec.gov.tw/activity/race-1/49/pdf/030212.pdf

四.高中基礎化學(三)課本

五.高中選修化學下課本

六.高中應用生物課本

七.工業技術研究院能源與資源研究所吳耿東、李宏台，化腐朽為能源，科學發展第 383 期

八. 國立成功大學環境工程學系博士論文-林淵淙；指導教授: 李文智，生質柴油及乳化柴油對引擎排放廢氣污染減量及提昇能源效率之研究-，May, 2006

九.生質能產業分析及投資機會-經濟部，2007

【評語】052608

1. 本研究嘗試利用日常生活之食用油品製造生質柴油，並尋找醇類、油與氫氧化納之最佳配比，使反應能有最明顯轉酯化效果與最大熱值。研究動機與目的明確，實驗設計嚴謹，具環保應用價值。

2. 本研究所產製之生質柴油與市售柴油差異，建議未來可實際加入引擎實作測試效能，並分析排放廢氣種類與濃度差異。

3. 實務應用若是以廢棄回鍋油為製作生質柴油之原料，建議可分析不同食用油成為回鍋油後要製作生質柴油之差異，例如雜質與含水率的影響。

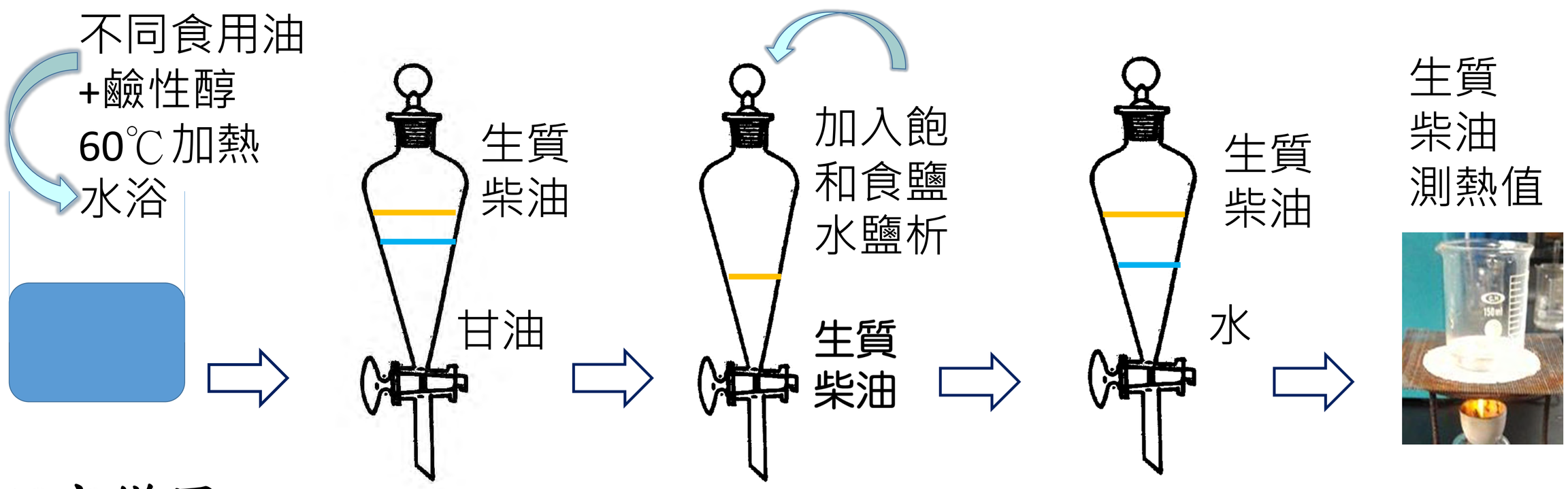
4. 以市售食用油價格作為成本估算使價格遠高於市售柴油價格，且實務上也不會直接拿未使用之食用油作為生質柴油之原料。

作品海報

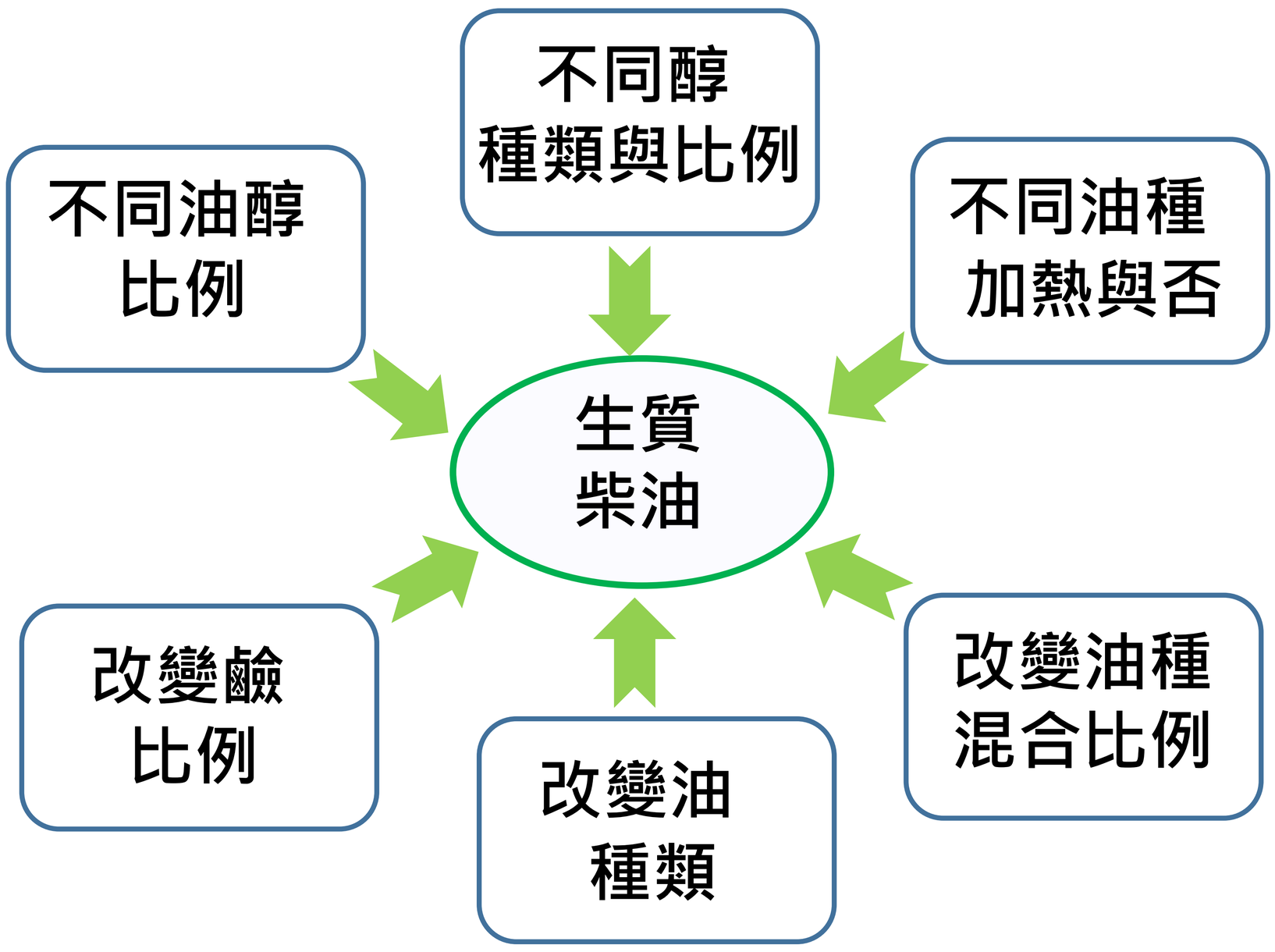
研究動機與定位

石油危機、空氣汙染等問題衝擊下，積極發展替代能源是必需的。從”應用生物”課本上面學到生質柴油常利用再生之油脂為原料，經合成(轉酯化)得長鏈脂肪酸酯，為可代替柴油之燃油，即生質柴油。生質柴油為含氧成分高之燃料，可促進柴油引擎之燃燒效率。且研究顯示其在柴油引擎中燃燒可減少THC、CO、CO_2、SO_2、PM以及PAHs之排放，可在常溫、低溫儲存，同時無毒又可生化分解，使用與運送都較安全；另外生質柴油可用回收油製作，充分利用廢棄的食用油，減少對環境的影響。我們期望研究生質柴油製造原料的不同比例，找出混合的食用油熱值最高且價格較便宜的生質柴油，以利未來實際的使用。

研究方法

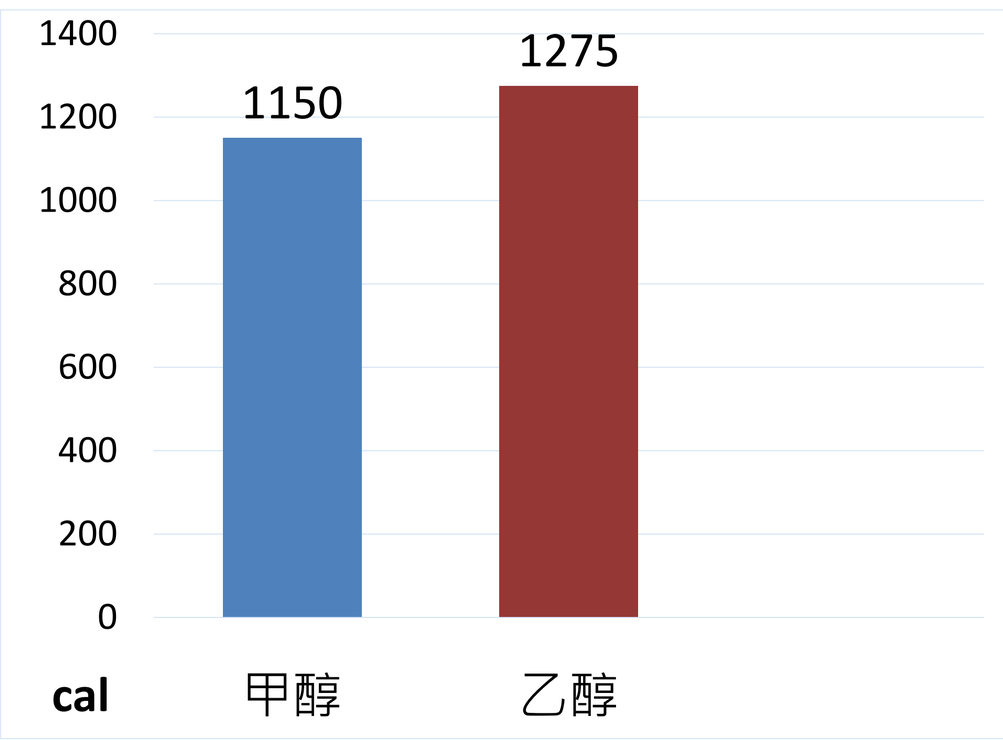


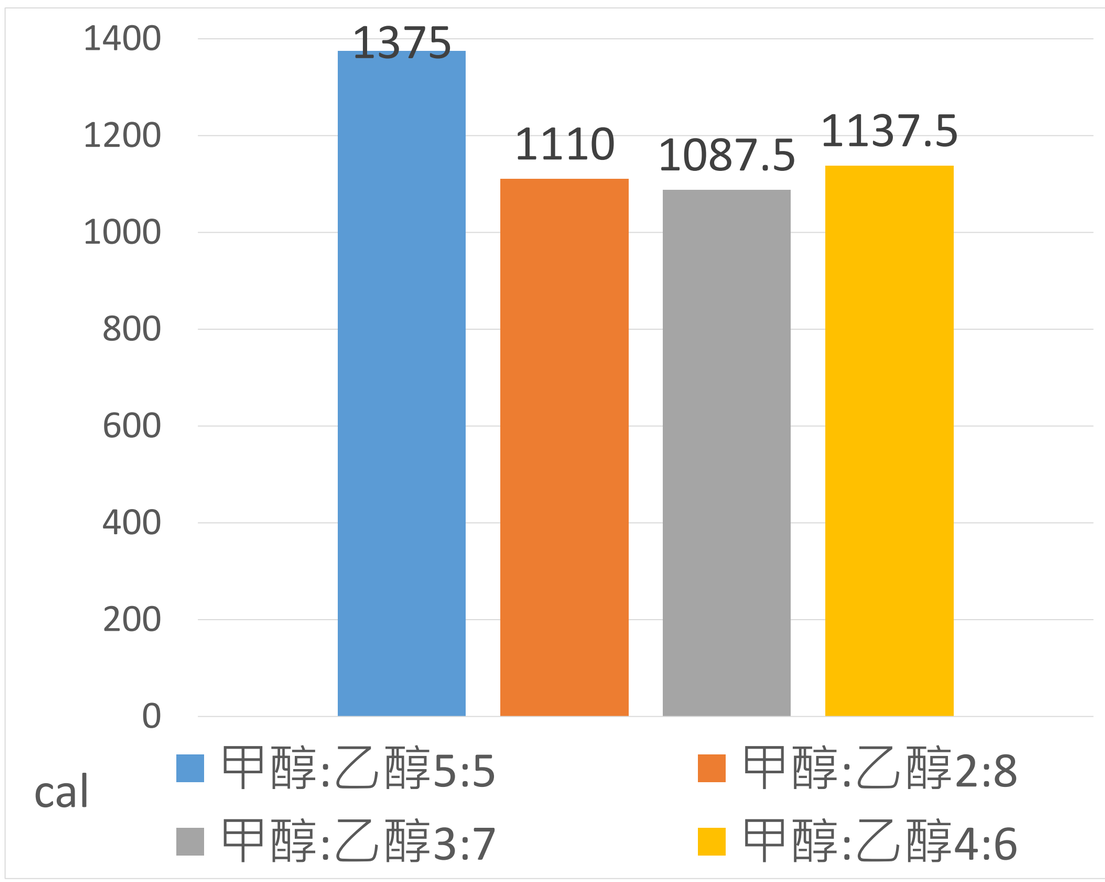
研究變因



研究結果與討論

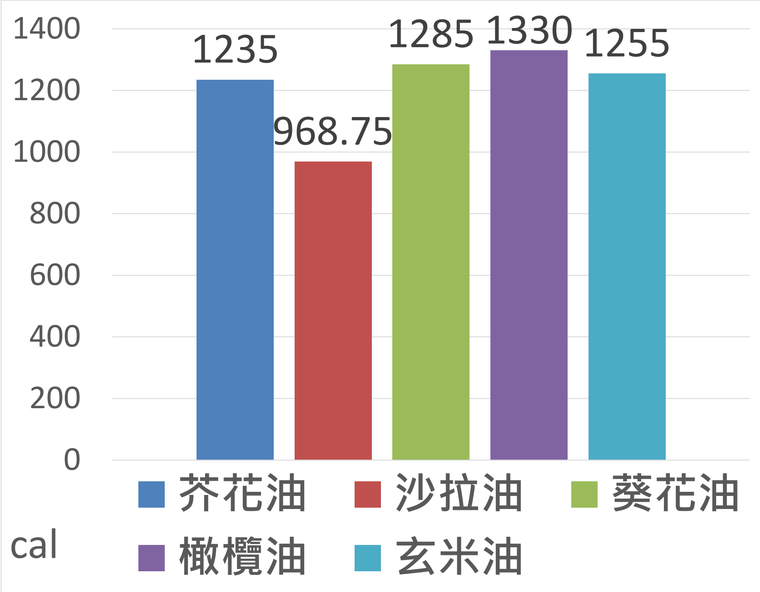
不同醇比例與種類





甲醇:乙醇為1:1時，燃燒後所產生的熱量最高。推測是因為乙醇多了一個碳因此產生的生質柴油碳數較多且熱量較大。而乙醇與甲醇的轉酯率分別為77.89%與89.2% ，可看出甲醇較多的情況下轉酯化速率較快。

改變油種



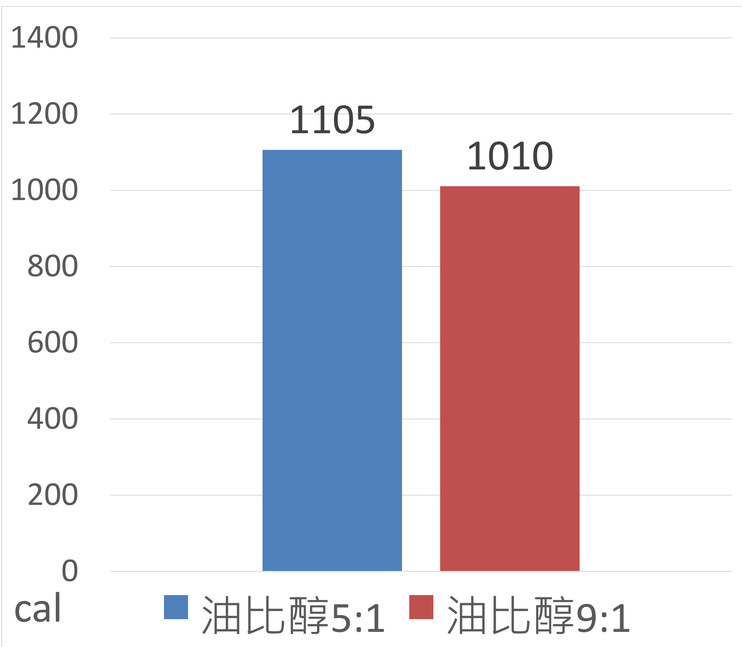
	芥花油	沙拉油	葵花油	玄米油	橄欖油
轉酯化程度	84.4%	86.9%	89.3%	83.8%	78.2%

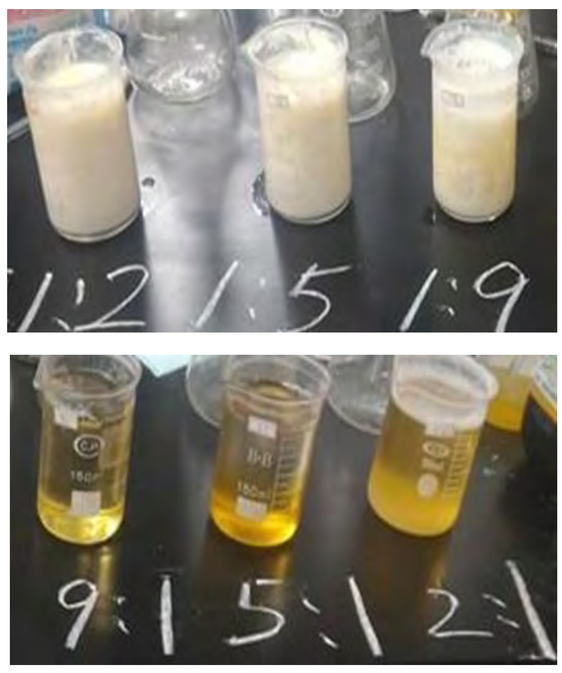
(一).熱值大小最高是橄欖油；可能是油的碳數與結構不同導致。

(二).橄欖油轉酯1 率較低，因製作生質柴油過程中產生的褐色沉澱物較多。

(三).加熱時間長不一定熱量高，因此不觀察時間長短。

不同油醇比例





加熱六分鐘後，油:醇為1:2、1:5、1:9的油開始產生白色的絲狀物質，待加熱完畢後，已完全呈白色凝固狀。

油:醇為2:1、5:1、9:1的油待加熱完畢後， 肉眼看為液態；但2:1的生質柴油呈現半透明果凍狀。

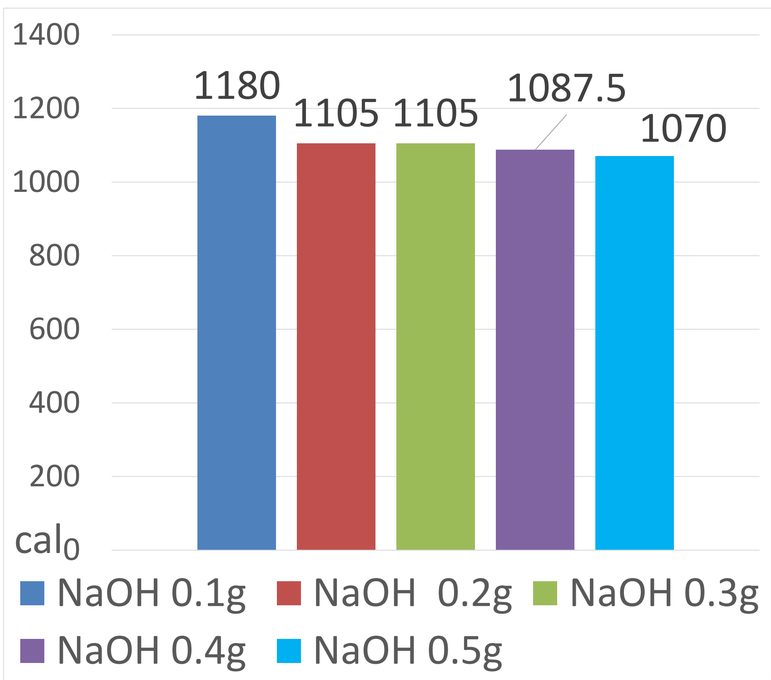
推測：1.因溫度過高，所以易產生皂化反應。

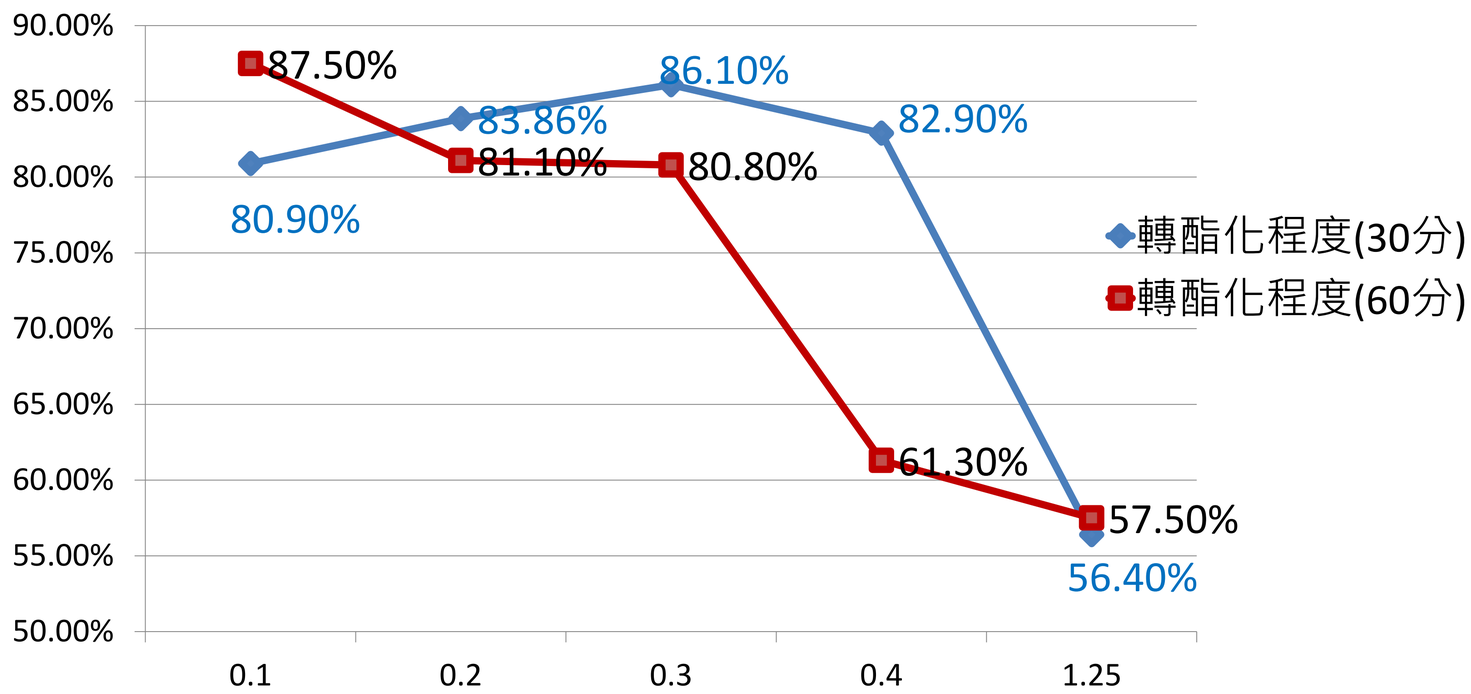
2.此比例轉化的酯類分子間引力大造容易凝固。

3.醇先與氫氧化鈉反應成醇鈉,醇鈉再與油轉酯化,若醇鈉剩下過多(油太少)則凝固。

根據假設，降低了加熱溫度(降低至50度)然而結果依然是凝固，因此確定此比例的油不適合製作生質柴油，且不是因為溫度太高的影響。

改變鹼比例

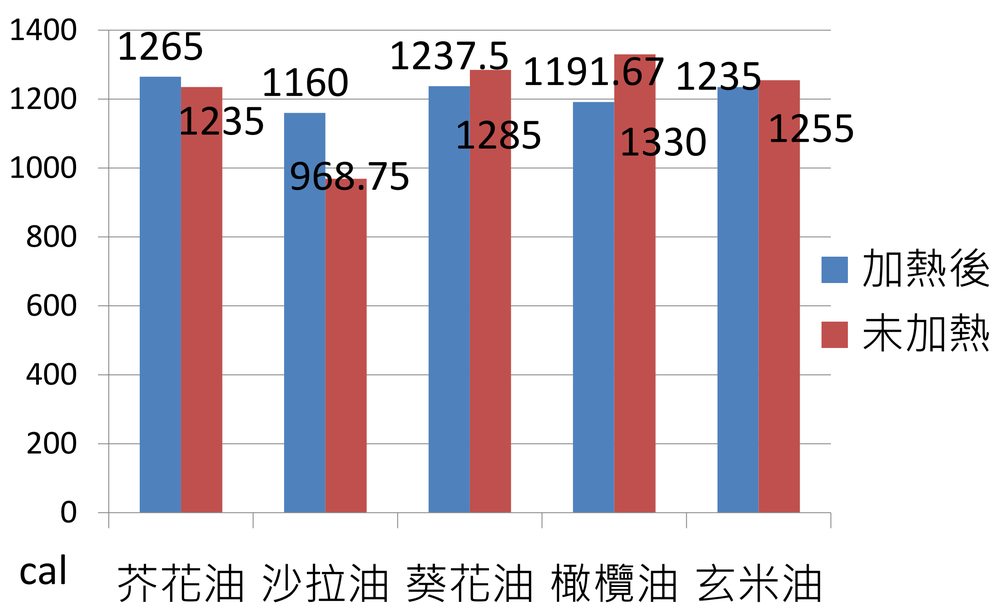


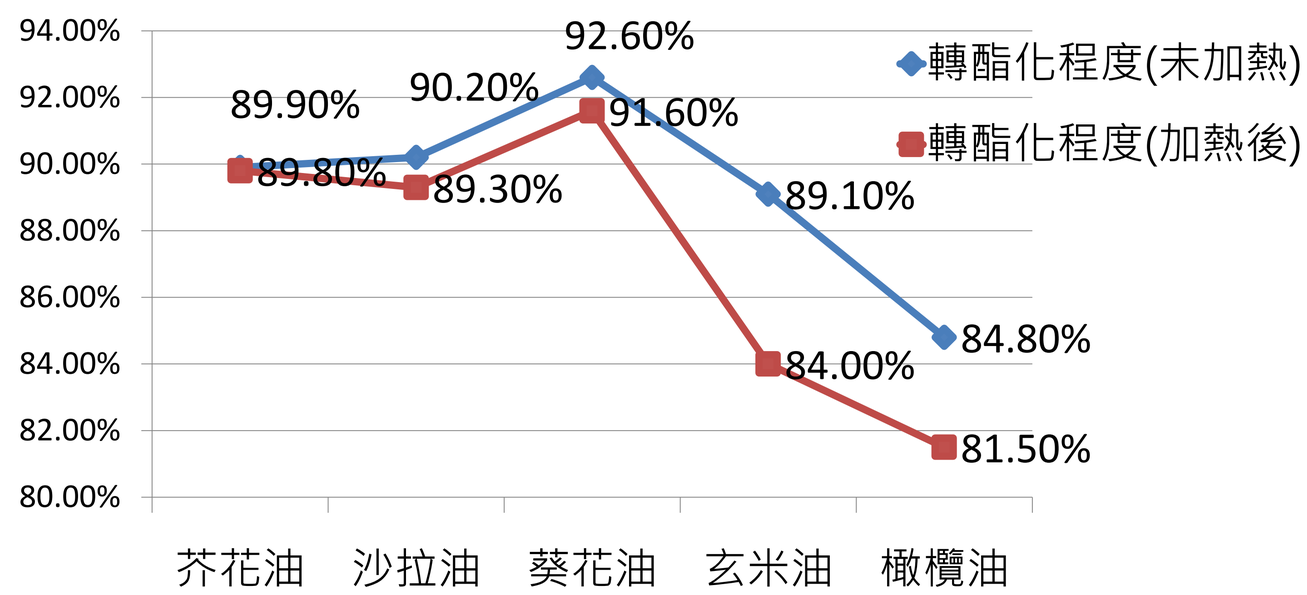


(一).而加熱後的NaOH含量0.1的深色物質較為明顯，其次為0.2；而NaOH加越多產生的膠狀物越多，導致可用的生質柴油量減少。

(二). NaOH含量0.1的時間少時轉酯率較差，若要增加則需延長加熱時間至一小時；但其他濃度加熱時間增加時膠狀物會增加使生質柴油量減少，並不會增加轉酯率。

不同油種加熱與否

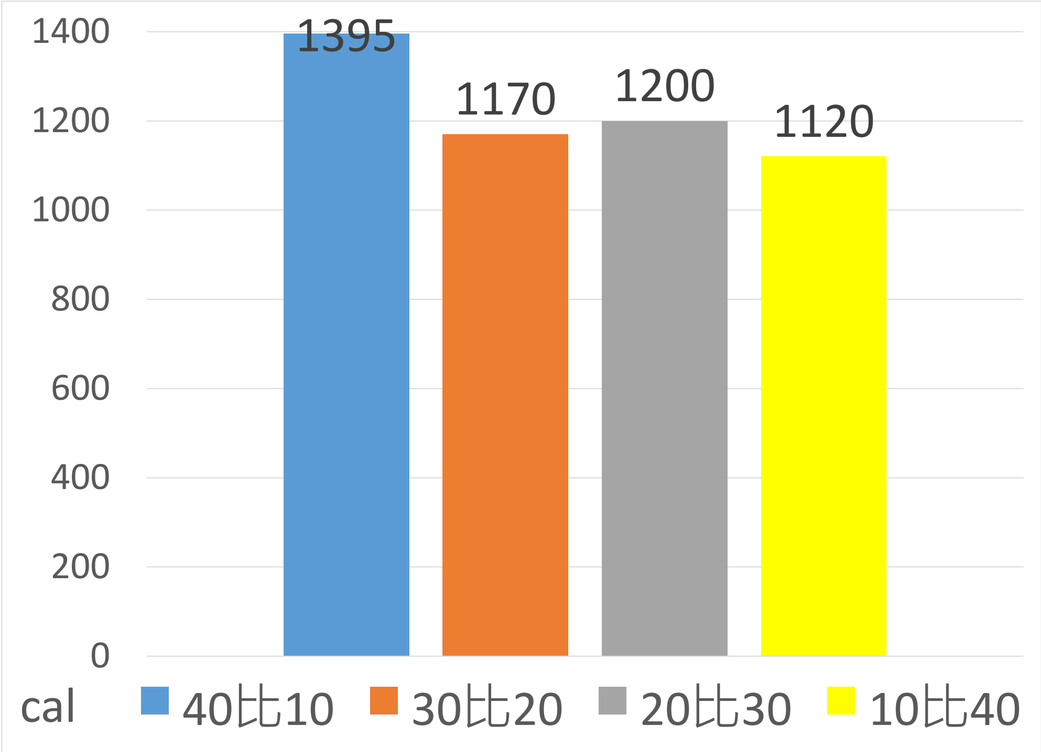




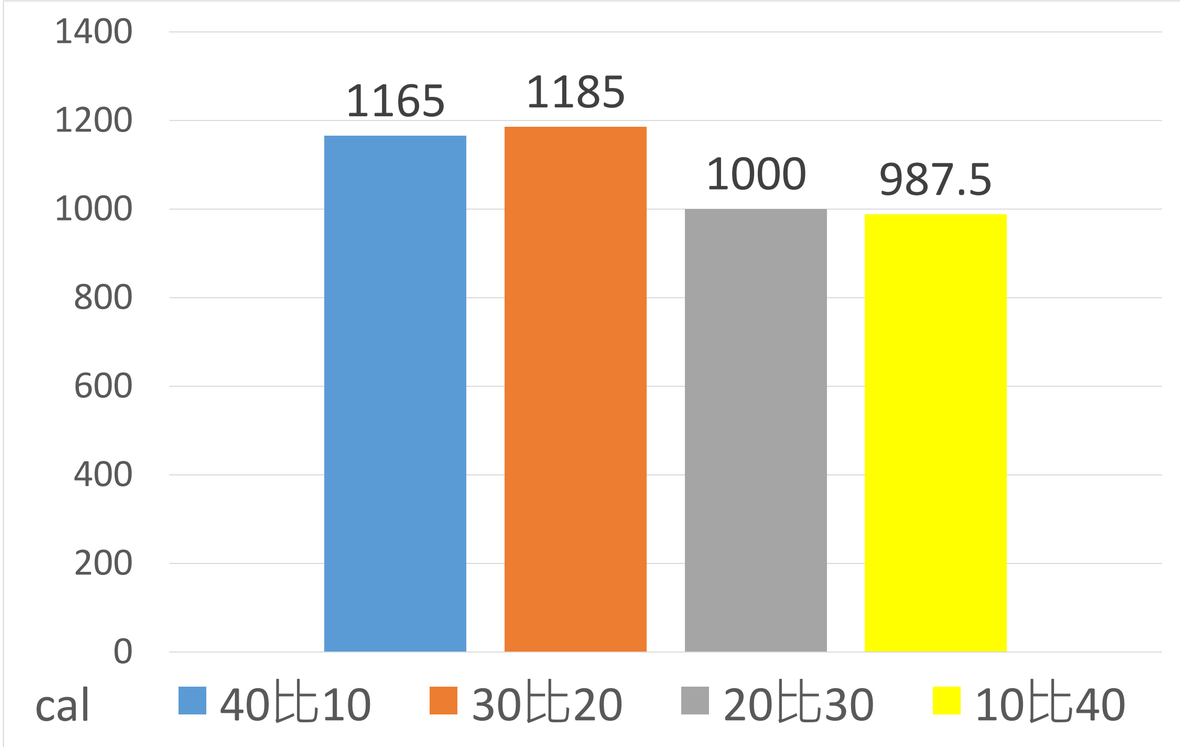
在加熱過後以沙拉油改變較大，故推論知葵 花油與芥花油的回鍋油可能維持相同熱值；而沙拉油的回鍋油熱值會稍許增加。

改變油種混合比例

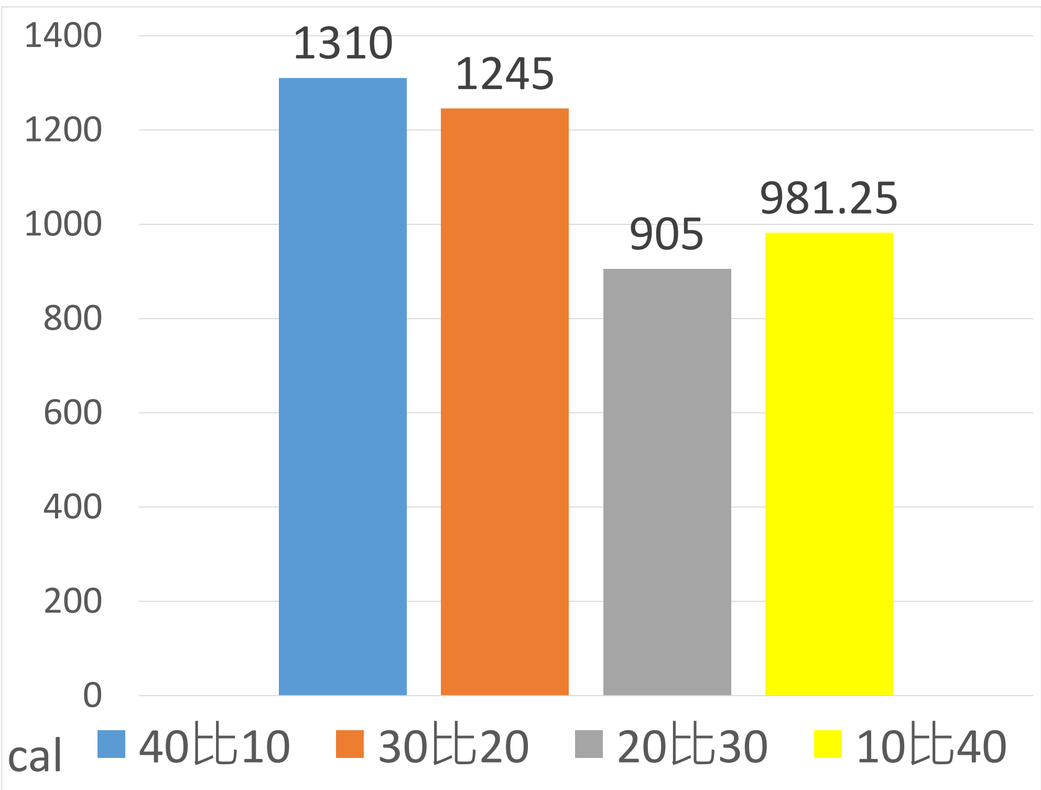
(一)葵花油混芥花油



(二)葵花油混沙拉油

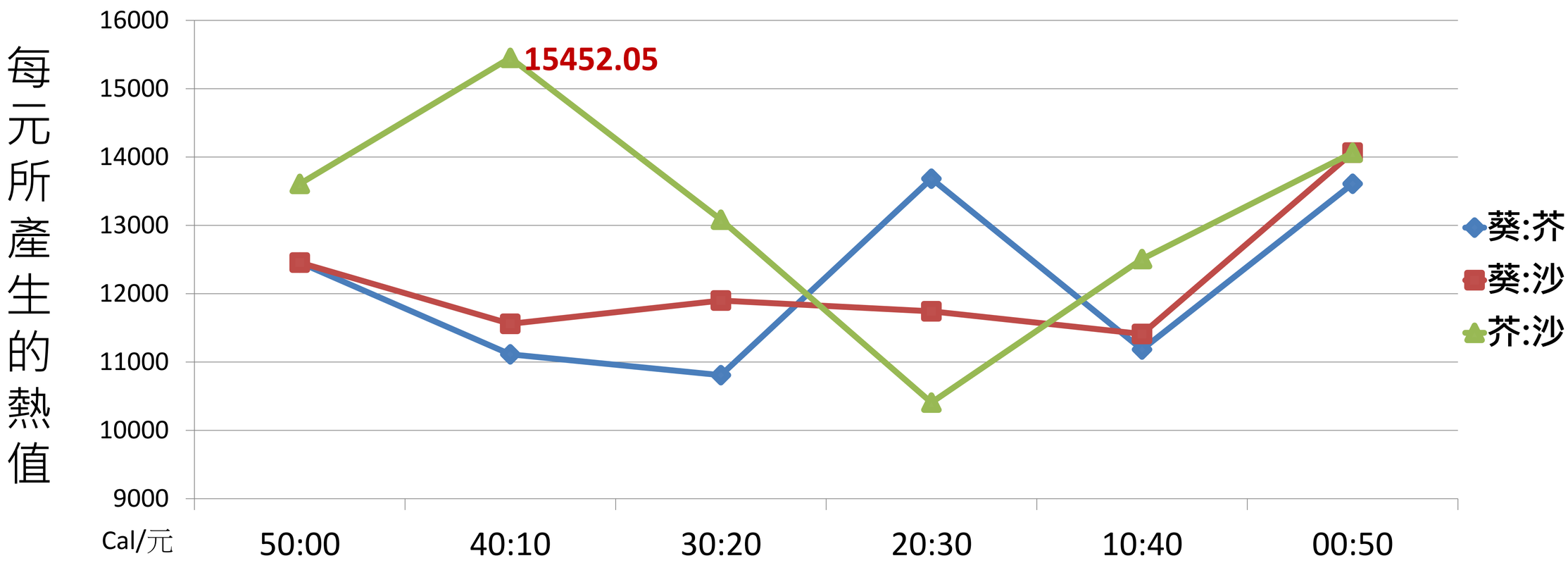


(三)芥花油混沙拉油



由實驗測知：葵花油與芥花油以40比10放出熱量最大，其次為芥花油與沙拉油以40比10，為找尋較具經濟價值的方式以此價格計算公式計算:

1元可燃燒的熱值=
(1克生質柴油可產生的熱(cal)×製作出的生質柴油之克數)/製作此生質柴油所花的錢



總結

最佳比例	
芥花油:沙拉油	4:1
甲醇:乙醇	1:1
油:醇	5:1
每10 mL醇需加0.1gNaOH	
加熱60分鐘	

若需要縮短時間：每10 mL醇需加0.3gNaOH，加熱30分鐘

柴油20.4元/公升，但生質柴油為替代能源可減少THC、CO、CO_2、SO_2、PM以及PAHs之排放，以“環境永續發展”的 角度來看，卻是無價。

芥：沙=4：1混油製造的生質柴油成本66元/公升；熱值最高的橄欖油製造生質柴油成本318元/公升；以最高需求量來看年省約1.25×10^{13}元。

未來研究方向

一.將製作的生質柴油加入引擎實作，除了測量觀察黏滯與潤滑度等之外，同時測量排放的廢氣含量。

二.測量不同醇的比例與轉酯化速率的關係。

三.設計裝置在測量熱值時，使準確率提高。

四.研究不同油種中碳數長度及不飽和雙鍵數及其位置對熱值的影響。