

中華民國第 53 屆中小學科學展覽會

作品說明書

高職組 化工、衛工及環工科

第二名

最佳團隊合作獎

091104

利用廢棄豆渣製作生質柴油之研究

學校名稱：國立民雄高級農工職業學校

作者： 職二 黃琳崑 職二 周佩萱 職二 林家任	指導老師： 王俊雄 呂彥良
---	-----------------------------

關鍵詞：豆渣、萃取、生質柴油

壹、摘要

本研究利用廢棄的豆渣，改良油脂萃取之製程，有效降低生質柴油之原料與製作成本。由相關文獻顯示，豆渣中的粗脂肪含量約 17.34%，我們覺得有回收再利用之價值。

我們想以較節能的製程萃取豆渣中的油脂。首先，豆渣最佳乾燥條件是 105 °C 熱風乾燥 4 小時。接著，以自製間歇式震盪裝置，節能且有效縮短油脂萃取時間。此外，我們以自製的銅管冷凝裝置，可使正己烷回收率可高達 98.36%，不僅大幅提高正己烷回收率，同時有效解決玻璃易碎及水資源浪費的問題。最後，我們將豆渣中萃取出的油脂，順利製造成生質柴油，由實驗結果顯示，廢氣測試值與其它柴油大致接近。因此，利用廢棄的豆渣製製作生質柴油是可行的。

貳、研究動機

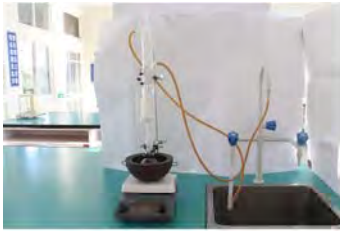
我們在豆類加工實習中發現，經過濾後剩餘的豆渣數量很多，卻往往被當成廢棄物成為牲畜的飼料、堆肥，甚至直接丟棄，然而廢棄豆渣中依然還有殘存的營養成分及油脂未被充分利用，我們認為將它丟棄很可惜，因此希望將它回收製成生質柴油再利用，以減緩地球石油含量的消耗，達到節能環保之目的。

參、研究目的

1. 探討廢棄物—豆渣中油脂回收之利用價值。
2. 以最少能源損耗、最低成本的方式得到最高油脂萃取率。
3. 減少地球天然石油的消耗及一般柴油燃燒後對大氣之污染。

肆、研究設備與材料

一、設備



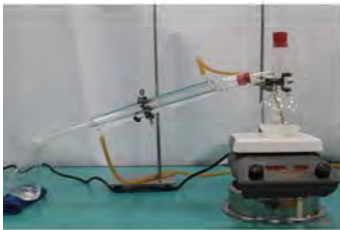
索氏萃取裝置



減壓濃縮機
IKA RV 10
(Germany)



熱風乾燥機
DENG YNG



常壓蒸餾裝置



烘箱
ADJ.HEAT



灰化爐
CARBOLOTE



數位電壓電流表
3100502 - 51



超音波震盪機
DC80H
(Taiwan)



廢氣分析儀
MEXA-584L
(Japan)

二、材料

1. $\text{CH}_3(\text{CH}_2)_4\text{CH}_3$ (Choneye, Taiwan)
2. CH_3OH (Choneye, Taiwan)
3. NaOH (Choneye, Taiwan)



伍、研究過程與方法

一、文獻回顧

(一).大豆成分及豆渣三成份分析 (吳, 2012) (環保署, 2003)

大豆中脂肪含量約為 15~20%，其中含有 85% 不飽和脂肪酸，而其中又含有亞麻油酸 51.7- 57%。而將黃豆經加工後剩餘之豆渣，以熱風加熱乾燥後，用水分一間接測定法，測出其水分含量，接著將乾燥之豆渣用灰分測定法，測出其灰分，再藉由計算公式得到其可燃分，而可燃分中就包含了可被溶劑（正己烷）萃取出之粗脂肪。

(二) 萃取方式 (吳, 2012)

1. 溶劑抽出法

溶劑抽出法是將植物浸在化學溶劑中，而溶劑應有易蒸發、不殘留、低沸點、高溶解力等特點，故一般用以萃取脂質的溶劑或溶劑混合液包括：乙醚、石油醚、丙酮、苯、正戊烷、正己烷、醇類（如甲醇、乙醇、丁醇）等進行萃取。

2. 索氏萃取法

固、液萃取法：

固體物質得萃取通常藉助於 Soxhlet（索氏萃取裝置），是利用溶劑低沸點之特性及虹吸迴流原理，使固體有機物連續多次與純溶劑接觸，進而較完整地萃取出，而索氏萃取裝置具有萃取效率較高及節省溶劑的優點。

(三) 溶劑回收 (蔡, 2010)

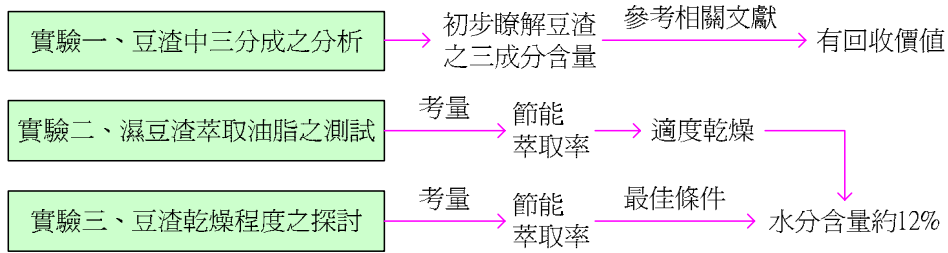
使用蒸餾裝置加熱，利用溶劑低沸點的特性，並配合低溫冷凝，將原本揮發成蒸氣狀的溶劑（正己烷）再凝結成液狀，後再集中回收，而回收後的溶劑可再使用，使其不被浪費。

(四) 生質柴油製程 (吳, 2004)

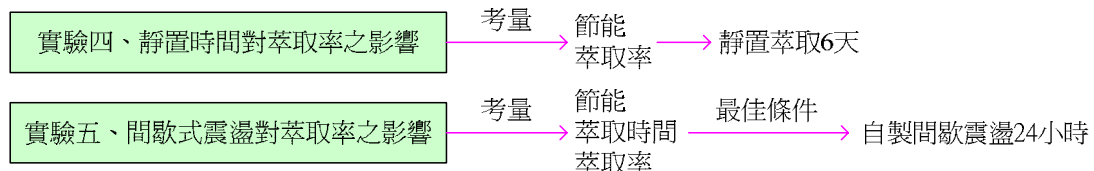
萃取出之粗油經過鹼製程，後經數次水洗至水洗水為澄清透明狀為止，而其去除水洗液後，液態雜油再使用離心機將殘餘氫氧化鈉及甲醇分離，後即可獲得較精純的豆渣生質柴油。

二、研究架構

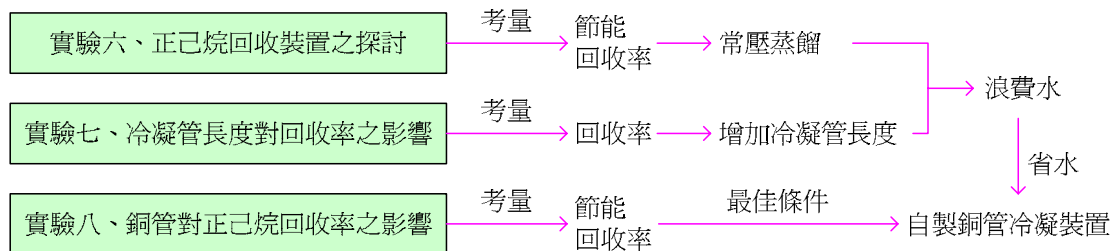
一、豆渣之處理與分析



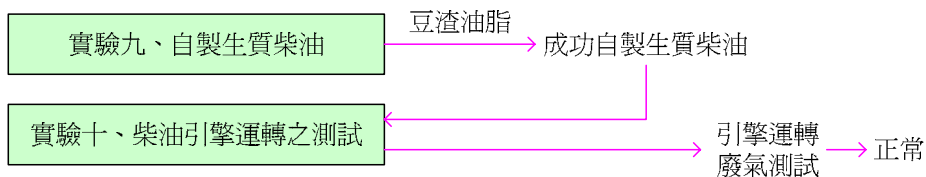
二、油脂萃取製程之改良



三、溶劑回收裝置之改良



四、生質柴油之製造與測試



三、研究方法

【研究一】 豆渣處理與分析

實驗一、豆渣中三分成之分析

前言：豆渣是食品工業上製作豆漿、豆花...等豆類加工之廢棄物，本實驗參考教科書「新鮮試料水分測定之方法」、環保署「R205.01C 廢棄物中灰分、可燃分測定方法」。(吳，2012)、(環保署，2003)，以初步瞭解豆渣之成分。

步驟：

A. 水分之測定

1. 稱取樣品 5 g (W_1)，置於坩鍋中以 105°C 乾燥 2 小時，取出移入乾燥器，冷卻至室溫，精稱 (W_2)。
2. 重複以上步驟，直至前後兩次重量差小於 0.005 g 為止。
3. 水分 (%) = $\frac{W_1 - W_2}{W_1} \times 100\%$

W_1 ：置入烘箱前之樣品重。

W_2 ：經 105 °C 烘乾後之樣品重。

B. 灰分之測定

1. 將樣品及坩鍋置於 800 ± 50 °C 之高溫爐中加熱燃燒 3 小時。
2. 降低爐溫至 300 °C 時，將坩鍋及樣品移入乾燥器中冷卻至室溫，精稱 (W_3)。
3. 灰分 (%) = $\frac{W_3}{W_1} \times 100\%$

W_3 ：經 800 °C 高溫爐灰化後之樣品重。



水分測定過程



灰分測定過程

C. 樣品可燃分之測定

1. 樣品之可燃分不直接測定，而由樣品總重量減去水分和灰分而得之。
2. 可燃分 (%) = 100 (%) - 水分(%) - 灰分(%)

結果：

由表 1、圖 1 顯示，豆渣中三成分含量：水分 74.87%、灰分 4.44%、可燃分 20.69%。

表 1 豆渣中三成分含量

成分	含量(%)				
	測試一	測試二	測試三	平均值	標準差
水分	74.84	74.87	74.91	74.87	0.04
灰分	4.46	4.45	4.40	4.44	0.03
可燃分	20.70	20.64	20.73	20.69	0.05

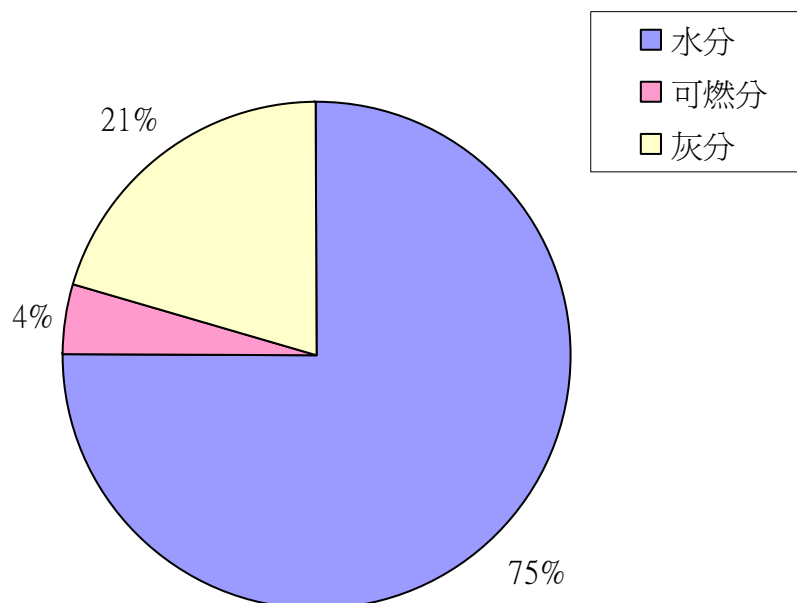


圖 1 豆渣中三成分含量

討論：

1. 豆渣中可燃分包含粗脂肪、粗蛋白、碳水化合物等，由相關文獻顯示（陳，2010），豆渣中粗脂肪含量約有 17.34%，我們覺得有回收再利用之價值。

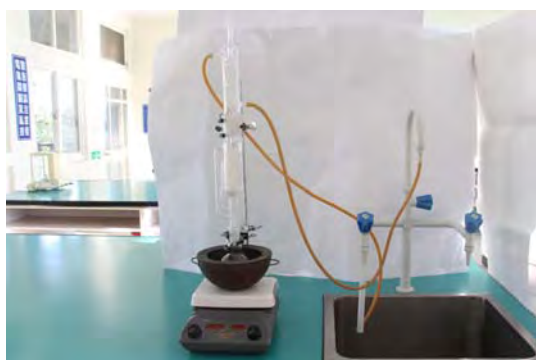
2. 雖然相關文獻顯示豆渣中的粗脂肪含量可達 17.34%，由於使用索式萃取裝置需要加熱 16-24 小時，所以相當耗費能源。

實驗二、濕豆渣萃取油脂之測試

前言： 為了改善索氏萃取法耗費能源之缺點，我們想嘗試由濕豆渣直接萃取油脂之可行性。

步驟：

1. 原料：(1) 未乾燥過之濕豆渣。
(2) 經 105°C 乾燥 4 小時之豆渣。
2. 參考教科書「粗脂肪之測定」(吳，2012)，使用索式萃取裝置加熱循環萃取。
3. 本實驗為了減少能源之消耗，加熱萃取時間縮短為 1 小時。



索氏萃取裝置



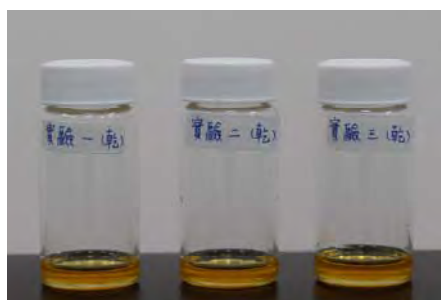
萃取過程

結果：

1. 濕豆渣沒有萃取出任何油脂，如圖 2A 所示。
2. 乾豆渣可以萃取出油脂，如圖 2B 所示。



A. 濕豆渣無油脂萃出



B. 乾豆渣有油脂萃出

圖 2 豆渣萃取油脂之測試

討論：

1. 由於傳統的粗脂肪萃取方法，須使用索式萃取裝置加熱循環萃取 16-24 小時，相當耗費能源，基於節約能源之原則，我們嘗試將加熱循環萃取時間縮短為 1 小時。
2. 直接由濕豆渣萃取油脂似乎不可行，由乾豆渣才可以萃取出粗脂肪。我們推測濕豆渣中的水分，會阻礙溶劑萃取粗脂肪。

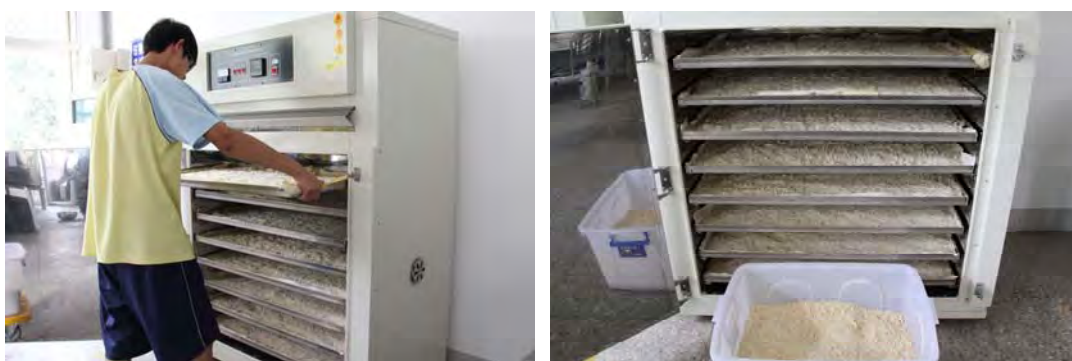
實驗三、豆渣乾燥程度之探討

前言：將濕豆渣轉變成乾豆渣，必須經過乾燥過程（耗能），我們想探討濕豆渣到底要乾燥到何種程度，進行粗脂肪之萃取最符合經濟效益。

步驟：

A. 乾燥時間與水分含量之關係

1. 實驗變因：不同乾燥時間。（濕豆渣經 5 mech 篩網粗篩後，分別以 105°C 熱風乾燥 0、1、2、3、4、5 小時。）
2. 水分含量測定：採用常壓乾燥法。（賴，2011）



B. 水分含量對粗脂肪萃取率之影響

1. 實驗變因：不同水分含量的豆渣。（乾燥 0、1、2、3、4、5 小時）
2. 粗脂肪之萃取，使用索式萃取裝置加熱循環萃取 1 小時。

3. 粗脂肪之萃取率(%) = $\frac{\text{粗脂肪萃取重量(g)}}{\text{樣本重(g)}} \times 100\%$

結果：

1. 經不同乾燥時間，豆渣之外觀圖如圖 3 所示。

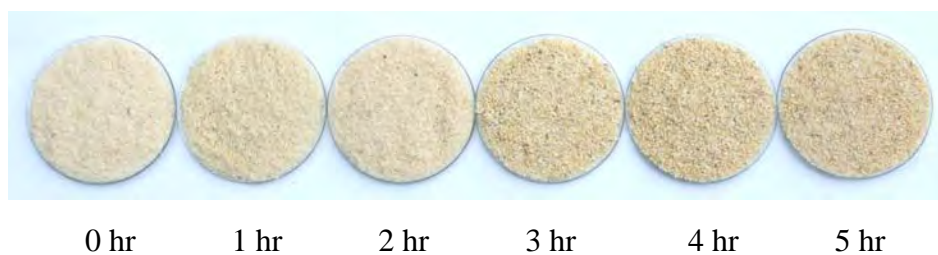


圖 3 不同乾燥時間之豆渣

2. 由表 2、圖 4 顯示，豆渣之乾燥時間遞增，則水分含量有遞減之趨勢。

表 2 豆渣之乾燥時間與水分含量之關係

乾燥時間 (hr)	水分含量(%)				
	測試一	測試二	測試三	平均值	標準差
0	74.84	74.91	74.73	74.83	0.09
1	65.72	65.28	65.31	65.43	0.24
2	44.14	43.95	44.10	44.06	0.10
3	24.53	24.33	24.33	24.39	0.12
4	11.71	11.67	11.70	11.69	0.02
5	8.05	8.00	7.90	7.98	0.08

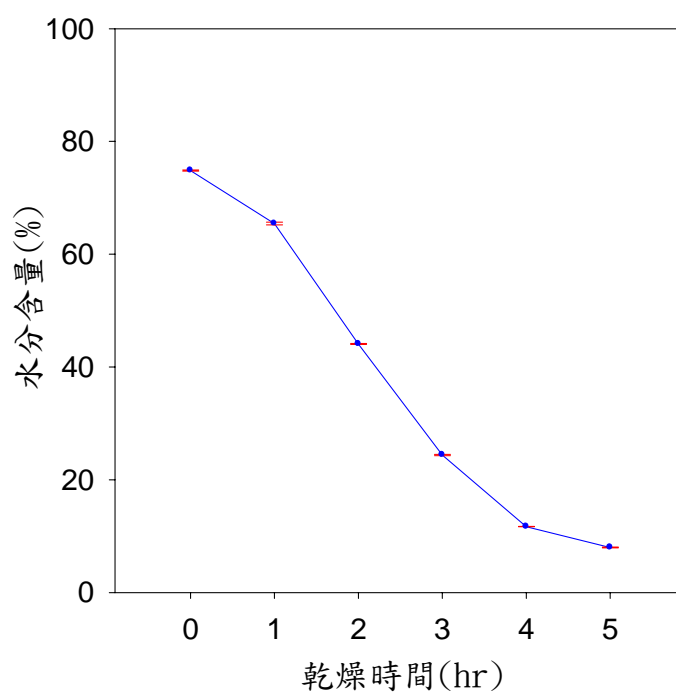


圖 4 豆渣之乾燥時間與水分含量之關係

3. 由表 3、圖 5 顯示，豆渣中水分含量遞減，則油脂之萃取率有遞增之趨勢。

表 3 豆渣中水分含量對油脂萃取率之影響

乾燥時間 (hr)	粗脂肪萃取率(%)				
	測試一	測試二	測試三	平均值	標準差
0	0.28	0.25	0.30	0.28	0.03
1	2.91	2.85	2.73	2.83	0.09
2	7.06	7.03	6.99	7.03	0.04
3	10.14	10.01	10.03	10.06	0.07
4	12.17	12.03	12.12	12.11	0.07
5	12.28	12.38	12.38	12.35	0.06

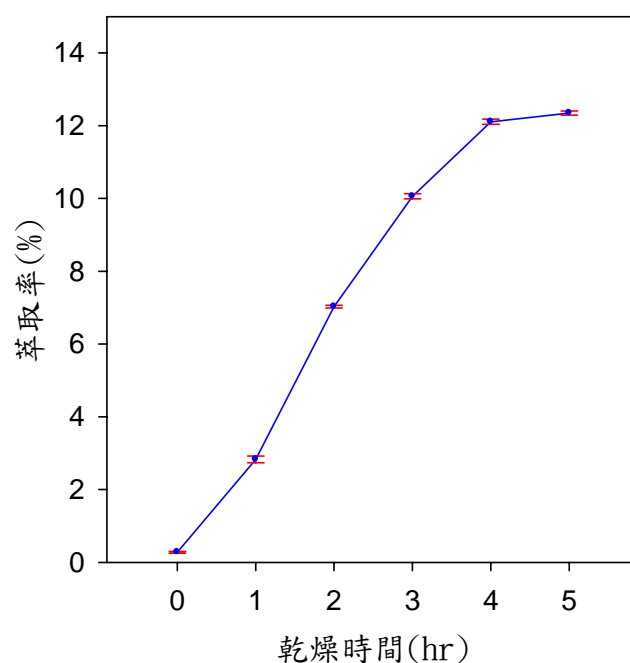


圖 5 豆渣中水分含量對油脂萃取率之影響

討論：

1. 由於豆渣中油脂之萃取，是採用含水分的豆渣（不同水分含量），我們有必要將表 2、3 之數據整合，換算成乾豆渣之粗脂肪萃取率。

2. 乾豆渣之粗脂肪萃取率 (%) = $\frac{\text{粗脂肪萃取重量(g)}}{\text{樣本重(g)}} \times 100\%$

3. 乾豆渣之粗脂肪萃取率如表 4、圖 6 所示，豆渣乾燥 3-5 小時粗脂肪萃取率大約在 13%以上。
4. 豆渣乾燥 3 小時水分含量過高（24.39%）貯藏性不佳，豆渣乾燥 4 小時水分含量（11.69%），符合教科書中穀類之貯藏條件。（郭，2011）

表 4 乾豆渣之粗脂肪萃取率

乾燥時間 (hr)	固形物粗脂肪萃取率(%)				
	測試一	測試二	測試三	平均值	標準差
0	1.11	1.00	1.19	1.10	0.10
1	8.49	8.21	7.87	8.19	0.31
2	12.64	12.54	12.51	12.56	0.07
3	13.44	13.23	13.25	13.31	0.11
4	13.78	13.62	13.73	13.71	0.08
5	13.35	13.46	13.44	13.42	0.06

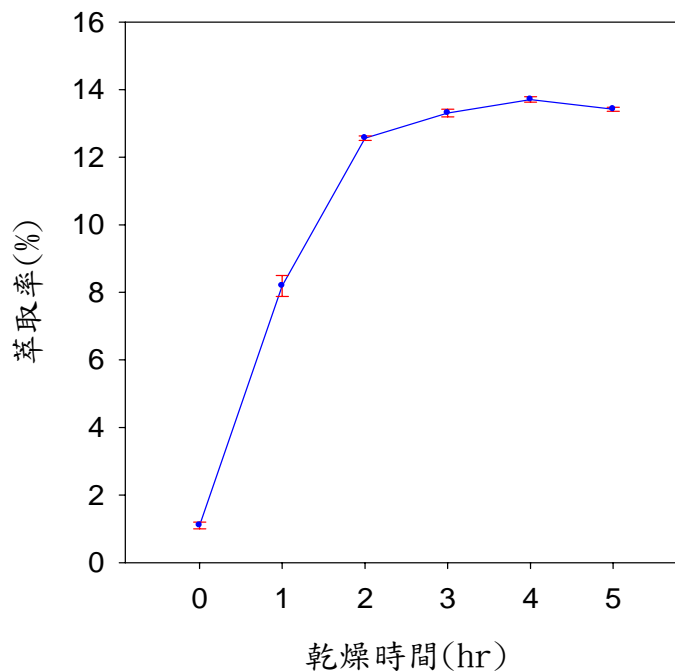


圖 6 乾豆渣之粗脂肪萃取率

【研究二】油脂萃取製程之改良

實驗四、靜置時間對萃取率之影響

前言：我們希望以較不耗費能源的製程來萃取豆渣中的油脂，因此本實驗想要探討以靜置方式來萃取油脂之可行性。

步驟：

1. 秤取 10.00g 的豆渣（乾燥 4 小時）。
2. 加入 70ml 正己烷（豆渣可完全浸漬其中）。
3. 分別靜置 1、2、3、4、5、6、7 天後，取出過濾，加熱去除溶劑，計算乾豆渣之油脂萃取率。



4. 乾豆渣之粗脂肪萃取率 (%) = $\frac{\text{粗脂肪萃取重量 (g)}}{\text{樣本重 (g)}} \times 100 \%$

結果：

1. 如表 5、圖 7 所示，靜置時間遞增，油脂萃取率隨著遞增。
2. 靜置 6 天後，油脂萃取率達最高值（12.90）。

表 5 靜置時間對萃取率之影響

靜置天數	萃取率(%)				
	測試一	測試二	測試三	平均值	標準差
1	11.34	10.92	10.64	10.97	0.35
2	11.18	11.15	11.27	11.20	0.06
3	11.72	11.96	11.65	11.78	0.16
4	12.04	12.42	11.74	12.07	0.34
5	12.46	12.46	11.87	12.26	0.34
6	13.31	12.84	12.55	12.90	0.38
7	12.55	12.64	12.94	12.71	0.21

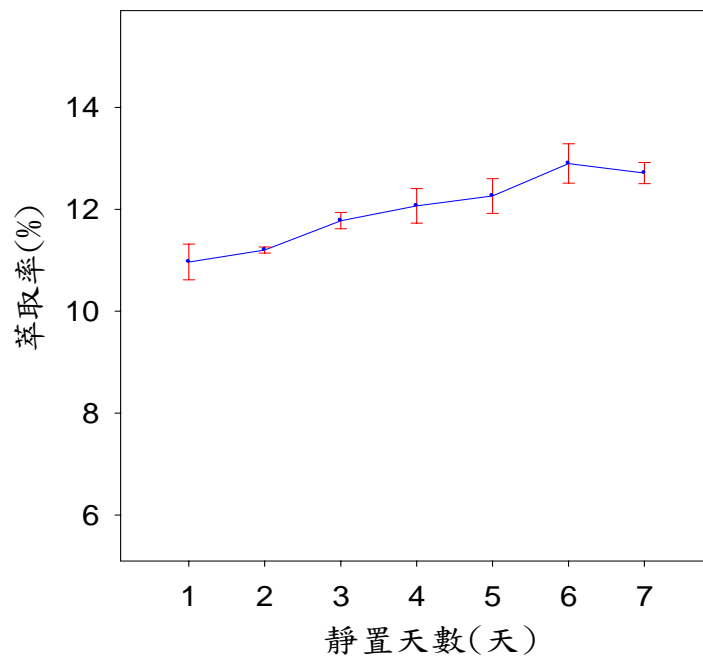


圖 7 靜置時間對萃取率之影響

討論：

1. 由本實驗發現，採靜置萃取方式，靜置 6 天的油脂萃取率 12.90%，與加熱 1 小時的油脂萃取率 13.71%相近。
2. 雖然靜置萃取方式較耗費時間，但卻可大幅減少能源損耗。

實驗五、間歇式震盪對萃取率之影響

前言： 雖然靜置 6 天與加熱 1 小時的油脂萃取率相近，但是靜置 6 天時間較長，若採震盪方式，正己烷與豆渣可反應更均勻，我們推測可縮短萃取時間。但是，震盪方式也會耗費電能，因此我們想以間歇震盪方式進行萃取，以減少能源損耗。

步驟：

1. 油脂萃取方法同「實驗四」。
2. 自製震盪裝置，如圖 8 所示。
3. 每隔 2 小時震盪 1 分鐘，持續 24 小時。

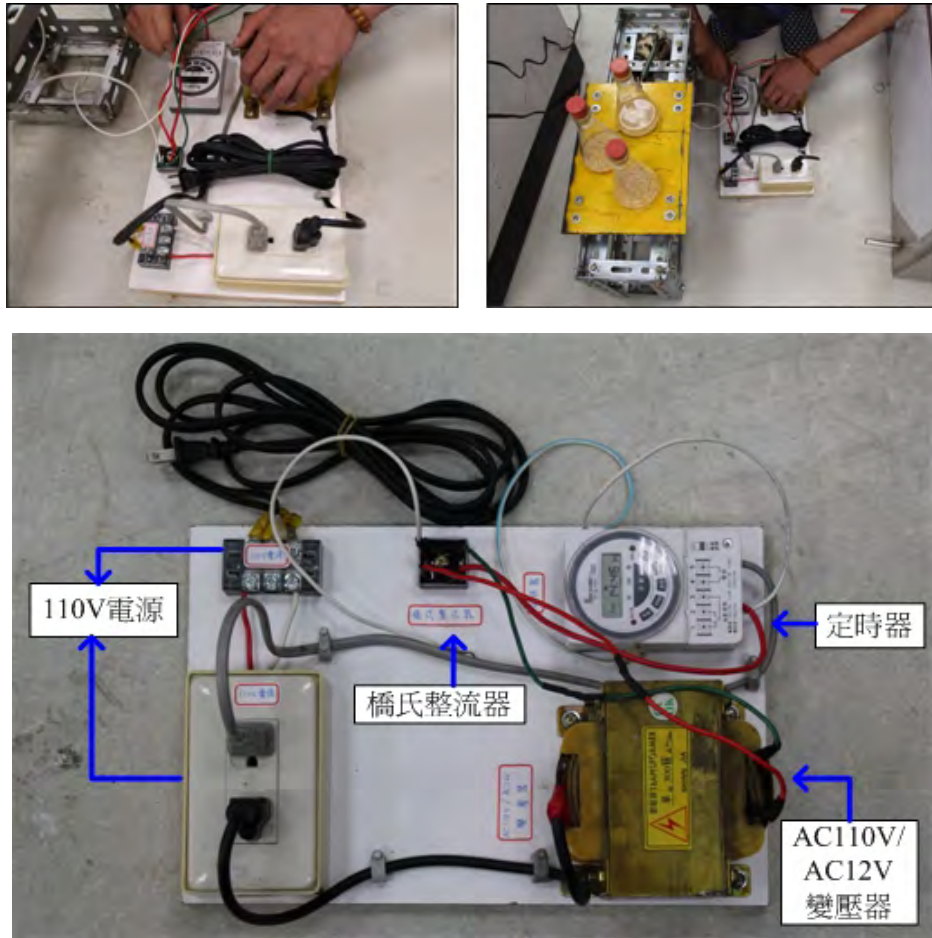


圖 8 自製震盪裝置

結果：

實驗結果如表 6、圖 9 所示，以自製定時震盪裝置，間歇震盪 24 小時萃取率可達 12.66%，而靜置萃取 24 小時的萃取率僅 10.97%。

表 6 震盪對油脂萃取率之影響

萃取方式	萃 取 率 (%)				
	測試一	測試二	測試三	平均值	標準差
靜置萃取	11.34	10.92	10.64	10.97	0.35
震盪萃取	13.26	12.42	12.29	12.66	0.53

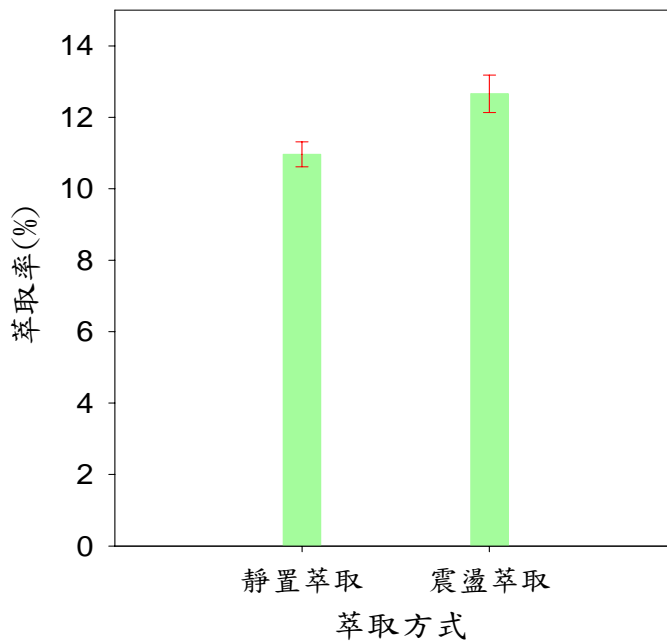


圖 9 震盪對油脂萃取率之影響

討論：

以自製定時震盪裝置，每隔 2 小時震盪 1 分鐘持續 24 小時，與靜置 6 天的油脂萃取率相近。這表示我們自製的定時震盪裝置，可以較節能的方式（共震盪 12 分鐘），並有效縮短油脂萃取時間。

【研究三】 萃取溶劑回收裝置之改良

油脂萃取過程中會使用到大量的溶劑（正己烷），因此，我們必須將溶劑回收再利用，有效減少資源的浪費，並降低成本。

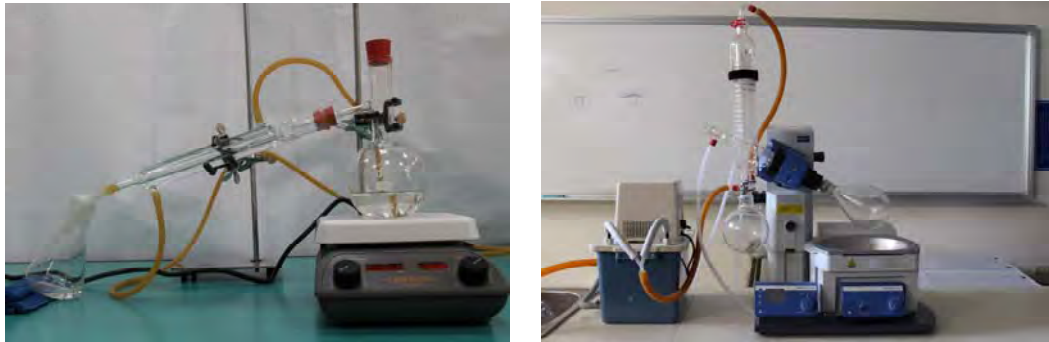
實驗六、正己烷回收裝置之探討

前言：本實驗將比較常壓蒸餾、減壓蒸餾裝置對於正己烷回收率之效果。

步驟：

1. 分別以常壓蒸餾、減壓蒸餾裝置，進行正己烷之蒸餾與冷凝回收測試，如圖 10 所示。
2. 測試計算 100 公克正己烷，經加熱蒸餾、冷凝之回收率。

$$\text{正己烷回收率} = \frac{\text{回收正己烷重量(g)}}{\text{蒸餾前正己烷重量(g)}} \times 100\%$$



A. 常壓蒸餾

B. 減壓蒸餾

圖 10 正己烷回收裝置

結果：

實驗結果如表 7、圖 11 所示，採用一般蒸餾方式的回收率可達 90.10%，但使用減壓蒸餾方式的回收率僅 25.48%。

表 7 不同蒸餾裝置回收率之比較

冷凝管 長度(cm)	回收率(%)				
	測試一	測試二	測試三	平均值	標準差
常壓蒸餾	90.20	90.18	89.94	90.10	0.15
減壓蒸餾	25.47	25.62	25.35	25.48	0.14

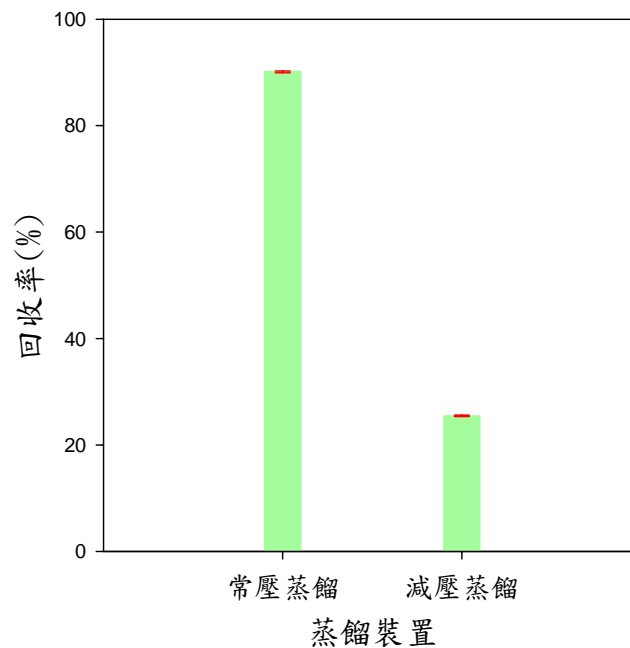


圖 11 不同蒸餾裝置回收率之比較

討論：

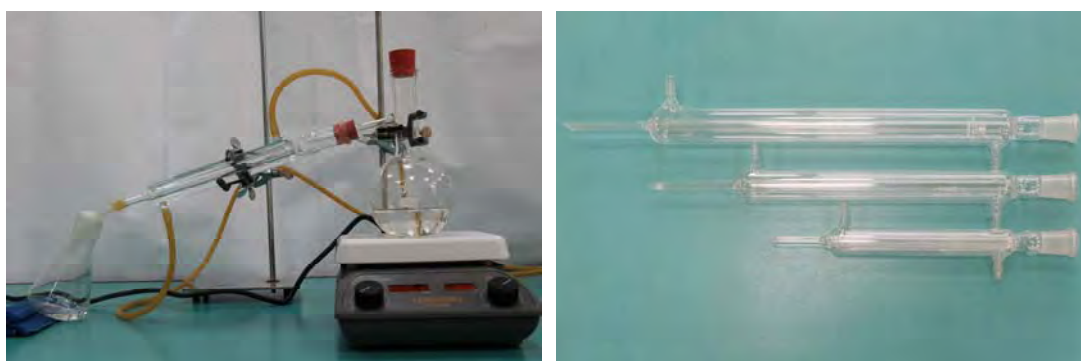
1. 使用常壓蒸餾裝置時，僅需冷凝水（自來水）循環，但耗費水量相當可觀。
2. 使用減壓蒸餾裝置時，必須配合抽氣裝置及冷凝水（冰水）循環裝置，耗費能源相當可觀，因此使用減壓蒸餾方式並不符合經濟效益。
3. 減壓蒸餾裝置之冷凝管為螺旋狀，而常壓蒸餾裝置之冷凝管為直管狀，實驗前推測減壓蒸餾裝置正己烷之回收率，應該會高於常壓蒸餾裝置，實驗結果卻與預測相反。推測其原因，可能是減壓蒸餾裝置將正己烷抽到抽氣水槽中，導致正己烷回收率偏低。

實驗七、冷凝管長度對正己烷回收率之影響

前言：我們推測冷凝管長度與溶劑的回收率有關，本實驗擬探討冷凝管長度對正己烷回收率之影響。

步驟：

1. 本實驗採用常壓蒸餾裝置，進行正己烷之回收，如圖 12A 所示。
2. 分別採用不同長度（20cm、30cm、40cm）的冷凝管進行蒸餾，如圖 12B 所示。



A. 常壓蒸餾裝置圖

B. 不同長度的冷凝管

圖 12 採用不同長度的冷凝管進行正己烷之回收

結果：

1. 如表 8、圖 13 顯示，40 公分冷凝管的回收率較其他冷凝管高，表示冷凝管與溶劑的接觸面積越大，回收率越高。

表 8 不同長度冷凝管對正己烷回收率之影響

冷凝管 長度(cm)	回收率(%)				
	測試一	測試二	測試三	平均值	標準差
20	90.20	90.18	89.94	90.10	0.15
30	92.64	92.47	92.00	92.37	0.33
40	94.02	93.92	94.14	94.03	0.11

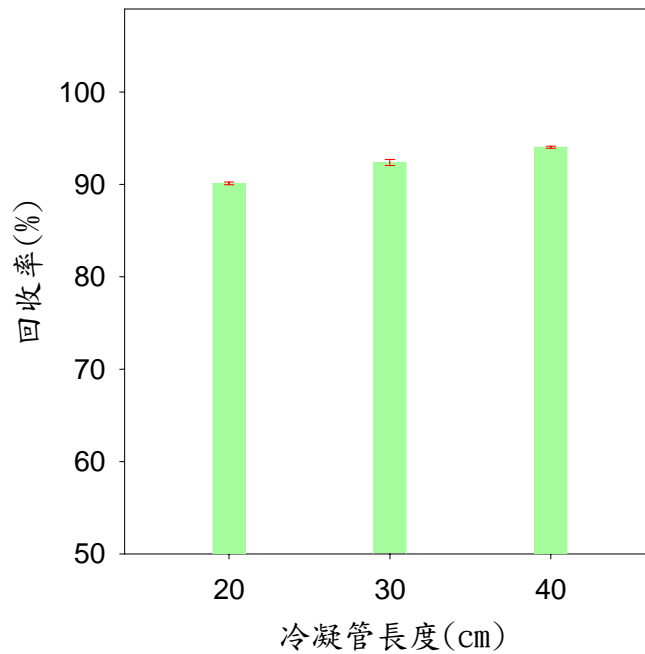


圖 13 不同長度冷凝管對正己烷回收率之影響

討論：

1. 由實驗結果顯示，冷凝管越長，與溶劑的接觸面積越大，回收率越高，因此接下來的溶劑回收實驗皆採用 40cm 之冷凝管進行探討。
2. 使用常壓蒸餾裝置時，雖然僅需以自來水進行冷凝，但耗費的水量也相當可觀，我們擬針對如何節省冷凝水進行改良。
3. 此外，我們推測冷凝管的材質會影響導熱效果，進而影響正己烷的回收率，若以銅管取代玻璃管，回收率應該會提高，而且較堅固耐用。

實驗八、銅管對正己烷回收率之影響

前言：我們推測冷凝管的導熱效果會影響回收率，因此將玻璃冷凝管改為銅管並進行實驗。

步驟：

1. 本實驗採用塑膠桶及銅管自製成銅管冷凝裝置，進行正己烷之回收，如圖 14A 所示。
2. 冷凝裝置的銅管浸漬在水中長度為 40cm，如圖 14B 所示。



A. 全圖

B. 內部圖

圖 14 自製銅管冷凝裝置

結果：

實驗結果如表 9、圖 15 所示，玻璃管冷凝裝置的正己烷回收率為 94.03%，自製銅管冷凝裝置的回收率為 98.36%。

表 9 不同材質的冷凝裝置對正己烷回收率之影響

冷凝裝置	回收率(%)				
	測試一	測試二	測試三	平均值	標準差
玻璃管	94.02	93.92	94.14	94.03	0.11
自製銅管	98.48	98.23	98.35	98.36	0.13

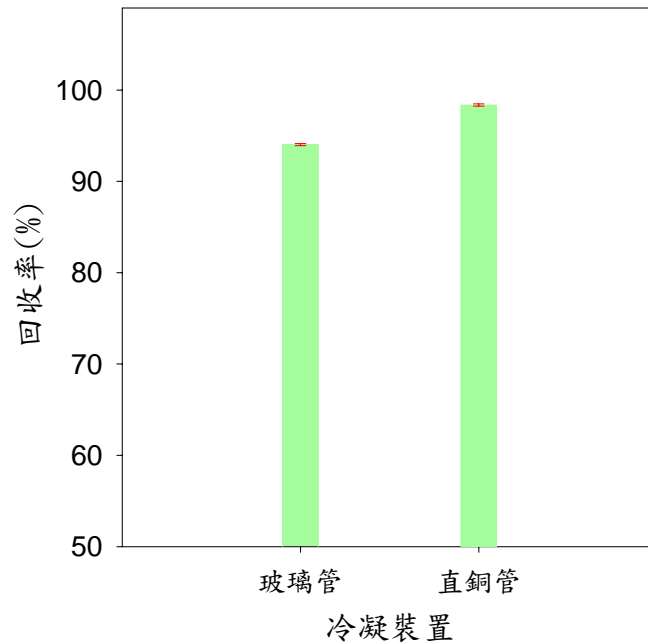


圖 15 不同材質的冷凝裝置對正己烷回收率之影響

討論：

自製銅管冷凝裝置之正己烷回收率高達 98.36%，很明顯高於玻璃管冷凝裝置的 94.03%，這表示我們自製的銅管冷凝裝置可有效提高正己烷回收率，同時有效解決玻璃易碎及水資源浪費的問題。

【研究四】 生質柴油之製造

前面的研究著重在從豆渣中萃取出油脂，接著我們開始將這些油脂進一步製造成生質柴油，並實際以柴油引擎測試其實用性。

實驗九、自製生質柴油

前言：從豆渣中萃取出油脂，進而製成生質柴油。

步驟：

1. 參考相關文獻製造生質柴油。(吳，2004)
2. 以 1：6 之醇油比稱取油與甲醇及 0.5%w.t NaOH。

3. 將甲醇與 NaOH 混合成甲醇溶液，以超音波加熱震盪 20 分鐘。
4. 置於分液漏斗靜置兩天後將下層甘油液流出。
5. 以 50°C 溫水水洗，取上層澄清液至離心管中離心即得生質柴油。
6. 製作流程圖如圖 18 所示。



圖 16 生質柴油製作流程圖

結果：

1. 我們從豆渣中萃取出油脂，可順利製造成生質柴油，並與其它種類的柴油進行比較，如圖 17 所示。

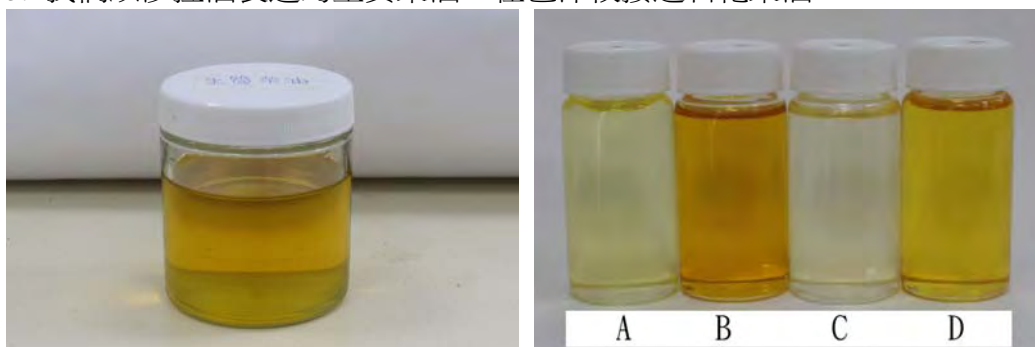
A：石化柴油（中油公司）

B：B-100 生質柴油（新日化公司）

C：自製生質柴油（沙拉油）

D：自製生質柴油（豆渣油脂）

2. 我們以豆渣油脂製造的生質柴油，在色澤較接近 B-100 生質柴油。
3. 我們以沙拉油製造的生質柴油，在色澤較接近石化柴油。



A. 自製的豆渣生質柴油

B. 不同柴油外觀比較

圖 17 自製豆渣生質柴油與其它柴油外觀之比較

討論：

1. 因為生質柴油僅做為燃料用，為了節省製造成本，豆渣油脂未進一步脫色純化，因此，以豆渣油脂所製造的生質柴油之色澤較深。
2. 因為沙拉油可供食用，油脂有進一步脫色純化，因此，以沙拉油所製造的生質柴油之色澤較淺。

實驗十、柴油引擎實際之測試

前言：本實驗以豆渣油脂所製造的生質柴油為燃料，添加在柴油引擎上，實際進行運轉測試。

步驟：

1. 分別加入四種柴油進行柴油引擎運轉測試。

柴油 A：石化柴油（中油公司）

柴油 B：B-100 生質柴油（新日化公司）

柴油 C：自製生質柴油（沙拉油）

柴油 D：自製生質柴油（豆渣油脂）。

2. 連接廢氣分析儀進行廢氣測試，測試項目：CO、HC、CO₂、O₂、NO_x。
3. 廢氣分析儀設定每秒取樣 1 次，當引擎運轉平順時，啓動電腦紀錄廢氣測試之數據 60 秒，

結果：

1. 如圖 18 所示，生質柴油可被柴油引擎利用，使之啓動運轉。



柴油引擎運轉測試



加入豆渣生質柴油



柴油引擎可正常運轉



引擎運轉時未排放黑煙



接廢氣偵測儀器



廢氣測試數據之紀錄

圖 18 柴油引擎運轉測試

2. 如表 10、圖 19 所示，柴油 B (B-100 生質柴油) 的 CO 排放量稍低約 0.07%，而柴油 A、柴油 C、柴油 D 的 CO 排放量都大約是 0.08%。

柴油 A：石化柴油（中油公司）

柴油 B：B-100 生質柴油（新日化公司）

柴油 C：自製生質柴油（沙拉油）

柴油 D：自製生質柴油（豆渣油脂）。

表 10 四種柴油 CO 排放量之比較

柴油種類	CO 排放量 (%)				
	測試一	測試二	測試三	平均值	標準差
柴油 A	0.08	0.08	0.07	0.08	0.01
柴油 B	0.07	0.06	0.08	0.07	0.01
柴油 C	0.08	0.08	0.07	0.08	0.01
柴油 D	0.08	0.08	0.08	0.08	0.00

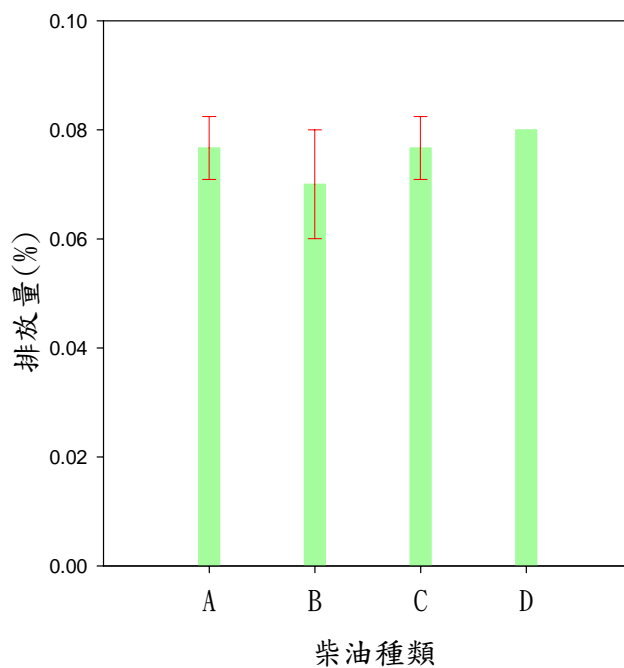


圖 19 四種柴油 CO 排放量之比較

3. 如表 11、圖 20 所示，柴油 A（石化柴油）的 HC 排放量稍低，約 23.55ppm，而柴油 B、柴油 C、柴油 D 的 HC 排放量大致相近。

柴油 A：石化柴油（中油公司）

柴油 B：B-100 生質柴油（新日化公司）

柴油 C：自製生質柴油（沙拉油）

柴油 D：自製生質柴油（豆渣油脂）。

表 11 四種柴油 HC 排放量之比較

柴油種類	HC 排放量 (ppm)				
	測試一	測試二	測試三	平均值	標準差
柴油 A	27.05	18.95	24.66	23.55	4.16
柴油 B	25.51	23.77	25.97	25.08	1.16
柴油 C	27.28	26.16	26.46	26.63	0.58
柴油 D	24.56	27.87	27.90	26.78	1.92

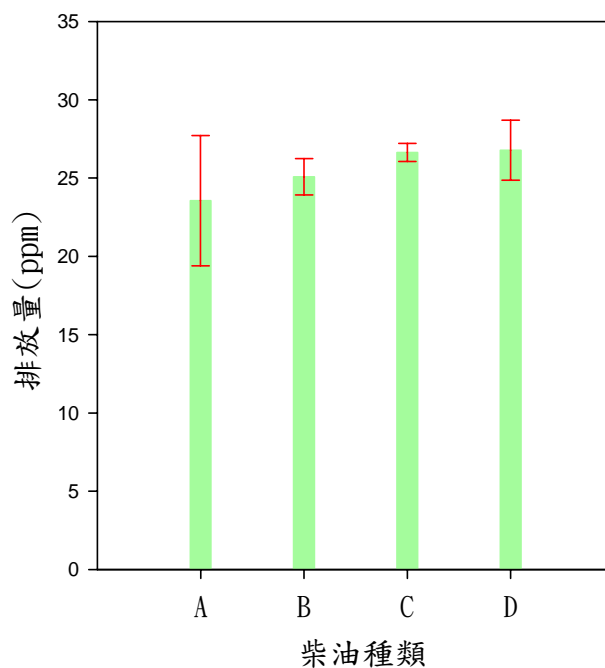


圖 20 四種柴油 HC 排放量之比較

4. 如表 12、圖 21 所示，柴油C（沙拉油）的CO₂排放量稍低，約 2.20% ，而柴油A、柴油B、柴油D的CO₂排放量大致相近。

柴油 A：石化柴油（中油公司）

柴油 B：B-100 生質柴油（新日化公司）

柴油 C：自製生質柴油（沙拉油）

柴油 D：自製生質柴油（豆渣油脂）。

表 12 四種柴油CO₂排放量之比較

柴油種類	CO ₂ 排放量（%）				標準差
	測試一	測試二	測試三	平均值	
柴油 A	2.46	2.44	2.34	2.41	0.06
柴油 B	2.25	2.20	2.46	2.30	0.14
柴油 C	2.29	2.17	2.13	2.20	0.08
柴油 D	2.18	2.41	2.49	2.36	0.16

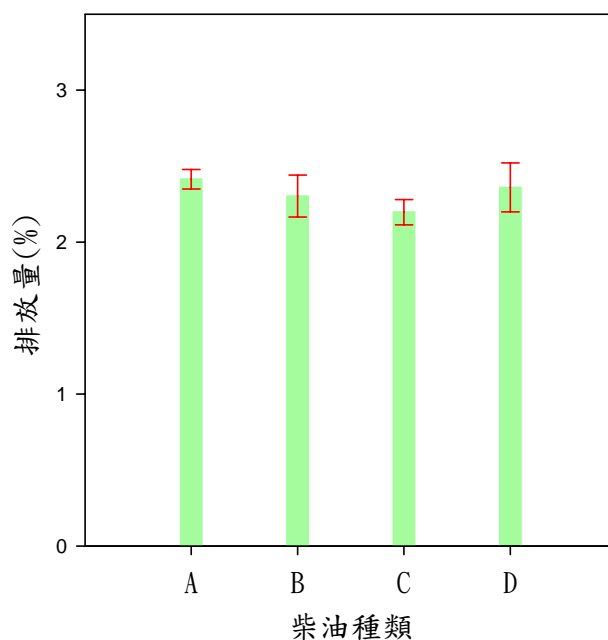


圖 21 四種柴油CO₂排放量之比較

5. 如表 13、圖 22 所示，柴油A、柴油B、柴油C、柴油D的O₂排放量大致相近。

柴油 A：石化柴油（中油公司）

柴油 B：B-100 生質柴油（新日化公司）

柴油 C：自製生質柴油（沙拉油）

柴油 D：自製生質柴油（豆渣油脂）。

表 13 四種柴油O₂排放量之比較

柴油種類	O ₂ 排放量 (%)				
	測試一	測試二	測試三	平均值	標準差
柴油 A	16.95	16.29	17.13	16.79	0.44
柴油 B	17.23	17.03	16.91	17.06	0.16
柴油 C	17.20	17.38	17.44	17.34	0.12
柴油 D	17.38	17.05	16.95	17.13	0.23

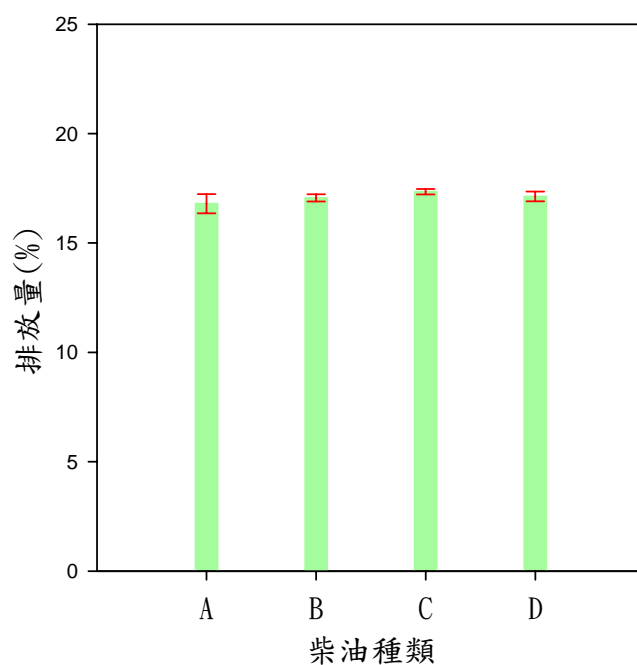


圖 22 四種柴油O₂排放量之比較

6. 如表 14、圖 23 所示，柴油A、柴油B的NO_x排放量較高，而柴油C、柴油D的

NO_x排放量較低。

柴油 A：石化柴油（中油公司）

柴油 B：B-100 生質柴油（新日化公司）

柴油 C：自製生質柴油（沙拉油）

柴油 D：自製生質柴油（豆渣油脂）。

表 14 四種柴油NO_x排放量之比較

柴油種類	NO _x 排放量 (ppm)				
	測試一	測試二	測試三	平均值	標準差
柴油 A	38.57	39.72	43.70	40.66	2.69
柴油 B	36.61	38.25	44.52	39.79	4.17
柴油 C	32.02	32.64	33.93	32.86	0.97
柴油 D	32.08	35.08	39.79	35.65	3.89

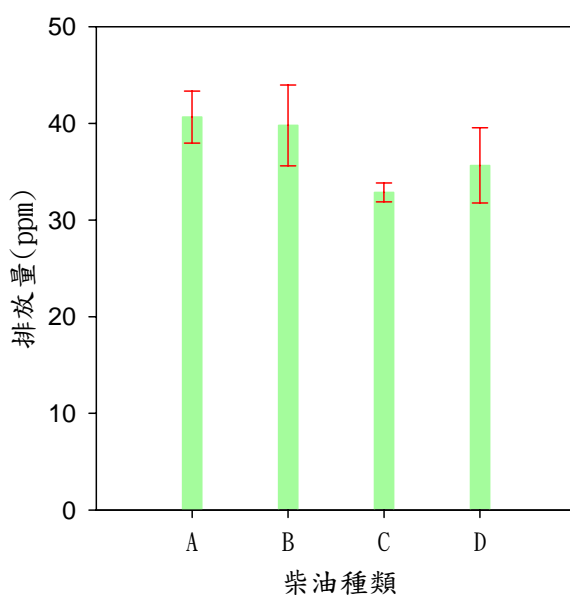


圖 23 四種柴油NO_x排放量之比較

討論：

我們自製的豆渣生質柴油，由實驗結果顯示，CO、HC、CO₂、O₂、NO_x等廢氣測試值與其它柴油大致接近。

陸、研究結論

一、實驗結論

【研究一】豆渣處理與分析

1. 豆渣中三成分含量：水分 74.87%、灰分 4.44%、可燃分 20.69%。相關文獻顯示豆渣中的粗脂肪含量可達 17.34%，我們覺得有回收再利用之價值。
2. 濕豆渣沒有萃取出任何油脂；乾豆渣可以萃取出油脂。
3. 豆渣最佳乾燥條件是 105°C 熱風乾燥 4 小時，其水分含量約 11.69%，符合教科書中穀類之貯藏條件。

【研究二】油脂萃取製程之改良

4. 靜置 6 天的油脂萃取率可達 12.90%，與加熱 1 小時的油脂萃取率 13.71% 相近，雖然靜置萃取方式較耗費時間，但卻可大幅減少能源損耗。
5. 以自製定時震盪裝置，每隔 2 小時震盪 1 分鐘持續 24 小時，與靜置 6 天的油脂萃取率相近。這表示我們自製的定時震盪裝置，可以較節能的方式（共震盪 12 分鐘），並有效縮短油脂萃取時間。

【研究三】萃取溶劑回收裝置之改良

6. 採用一般蒸餾方式的回收率可達 90.10%，但使用減壓蒸餾方式的回收率僅 25.48%。
7. 由實驗結果顯示，冷凝管越長，與溶劑的接觸面積越大，回收率越高。
8. 自製銅管冷凝裝置之正己烷回收率高達 98.36%，很明顯高於玻璃管冷凝裝置的 94.03%，這表示我們自製的銅管冷凝裝置可有效提高正己烷回收率，同時有效解決玻璃易碎及水資源浪費的問題。

【研究四】生質柴油之製造

9. 我們從豆渣中萃取出來的油脂，可順利製造成生質柴油。
10. 由實驗結果顯示，我們自製的豆渣生質柴油排放之 CO、HC、CO₂、O₂、NO_x 等廢氣測試值，與其它柴油大致接近。

二、具體貢獻

- (一) 豆渣最佳乾燥條件：使用熱風乾燥機以 105°C 乾燥 4 小時。
- (二) 油脂最佳萃取條件：以自製的間歇式震盪裝置，持續反應 24 小時。
- (三) 正己烷最佳回收條件：以自製的銅管冷凝裝置，可大幅提升回收率，同時解決了水資源浪費的問題。

(四) 本研究在節能的大前提下，將原為廢棄物的豆渣，逐步改良油脂萃取之製程，降低生質柴油之製作成本，證明豆渣製作成生質柴油是可行的。

三、 未來展望

在這汽機車普及的現代，地球所儲藏的天然石化柴油急遽減少，未來勢必會面臨到天然柴油枯竭的那天，但若將生質柴油充分地運用在各式柴油車上就能減少石化柴油的使用量，減緩地球資源的消耗速度，同時將廢棄物再利用，減少廢棄物量，也減少污染。

四、 相關課程之應用

科目名稱	教學單元	作品應用部分
普通化學實驗	萃取 蒸餾	豆渣油脂之萃取 正己烷之回收
食品化學實習	水分之測定 粗脂肪之測定	水分之測定 粗脂肪之測定
食品加工實習	乾燥	豆渣之乾燥

柒、參考文獻

行政院環境保護署環境檢驗所（2013）廢棄物檢測法—廢棄物中灰分、可燃分測定方法，R205.01C。

行政院環境保護署環境檢驗所（2013）廢棄物檢測法—一般廢棄物（垃圾）水分測定方法—間接測定法，R213.21C。

吳啓瑞（2012）。食品化學與分析實習 II。台科大圖書股份有限公司。

吳明修（2004）。以廢食用油所提煉之生質柴油的油品與引擎特性研究。國立台灣海洋大學輪機工程系碩士論文。

郭文玉、劉發勇、邱宗甫（2011）。食品加工 I，P.38。復文圖書有限公司。

蔡永昌（2010）。普通化學 I，P.7-13。台科大圖書股份有限公司。

賴金泉、王昭君（2011）。食品化學與分析實習 I。台科大圖書股份有限公司。

【評語】 091104

1. 本作品改良廢棄豆渣油質萃取方法，收集油脂再轉換為生質柴油，達到廢棄物回收再利用之環保目標，具有綠色科技之研發特質。
2. 本研究分工細緻，組員之間合作無間，有效發揮團隊合作之精神。
3. 未來可針對油脂之索氏萃取與本作品之改良式萃取法，比較其總能源消耗量加以分析比較，將有助於未來之應用與推廣。
4. 針對不同生質柴油燃燒之各類空氣污染物之濃度比較，應再以適當之統計方法予以檢定，以確定其顯著性。