

嘉義市第 38 屆中小學科學展覽會

作品說明書

科 別：化 學

組 別：國中組

作品名稱：由苦楝籽脂肪酸提煉  
生質柴油之研究

關 鍵 詞：苦楝籽、酸價、生質柴油

編 號：

# 由苦楝籽脂肪酸提煉生質柴油之研究

## 摘 要

本實驗主要是由苦楝籽得到的脂肪酸，在一般實驗室利用氫氧化鉀為催化劑，油脂與甲醇的轉酯化反應提煉成生質柴油。實驗整個過程是，首先到鄰近的嘉義縣六腳鄉的苦楝大道撿拾苦楝籽，測其酸價、含水量等理化性質，以冷壓法製得苦楝籽脂肪酸(苦楝油)；再將脂肪酸經鹼製程提煉成生質柴油。

研究結果得知：(一)苦楝籽含水重量百分率為10.8%，酸價為1.0mgKOH/g-fat。(二)最佳反應條件為：甲醇添加量為油脂重量的40%、氫氧化鉀催化劑添加量為油脂重量的0.40%再加酸價的計量、反應溫度為65°C，反應時間為120分鐘，如此可獲得最高生質柴油產率約為87%。(三)經濟效益評估：以目前油價衡量，雖不符合經濟效益，但種植苦楝籽可利用道路兩旁、防坡堤或山坡地為主，種植成本低，苦楝籽脂肪酸料源不虞匱乏，對環境污染少之諸多優點，用來提煉生質柴油有極為優勢條件，具發展潛力。

## 壹、研究動機

在一個周末我們騎車經過嘉義縣六腳鄉的苦楝大道，道路兩旁連綿約三公里長著許多的苦楝樹，我們認為苦楝籽應該有很多用途，就隨手拾起掉落滿地的苦楝籽，帶回去學校問老師，老師說苦楝籽很適合拿來提煉生質柴油，所以我們就找同學共同收集資料，規劃實驗內容，開始了進行生質柴油的實驗。

## 貳、研究目的

- (一):由苦楝籽以冷壓法製得苦楝籽脂肪酸之研究。
- (二):探討以苦楝子脂肪酸鹼製程提煉生質柴油的方法。
- (三):探討苦楝籽脂肪酸產出生質之最佳反應條件。

## 參、研究設備及器材

- (一):藥品：苦楝籽、氫氧化鉀、甲醇(CH<sub>3</sub>OH)、橄欖油、指示劑。
- (二):儀器：苦楝油提煉裝置、電子天秤、錐形瓶、雙口蒸餾瓶、迴流管、分液漏斗、燒杯、溫度計、低溫循環冷卻機。



圖1.研究設備及器材

## 肆、研究過程或方法

### 【一、苦楝籽的採集及苦楝油製備】

1.說明：至嘉義縣苦楝大道採集苦楝籽，先行烘乾再以冷壓法榨出苦楝油。

2.實驗步驟：

- (1)至嘉義縣苦楝大道採集苦楝籽。
- (2)苦楝籽放入烘箱去除水分。
- (3)烘乾的苦楝籽以冷壓法榨出苦楝油
- (4)初榨之苦楝油以紗布過濾去除殘渣，得苦楝油。

3.苦楝籽之的採集及苦楝油製備情形(圖2)。



a.兩旁種苦楝的嘉義縣苦楝大道



b.苦楝樹上結滿的苦楝籽



c.採摘回實驗室的苦楝籽



d.從樹枝拔下苦楝籽



e.收集苦楝籽



f.苦楝子放入烘箱烘乾



圖2. 苦楝籽之的採集及苦楝油製備情形

## 【二、苦楝籽油理化性質分析】

### 1. 苦楝種籽含水重量百分率測定

實驗步驟：(圖3)

- (1) 將濾紙放入蒸發皿中，置入 $102\pm 2^{\circ}\text{C}$ 之烘箱中乾燥30分鐘。
- (2) 取出放置乾燥器中冷卻30分鐘稱重並記錄重量 $W_1$ 。
- (3) 秤取樣品約10g，記錄重量 $W$ ，置入蒸發皿中的濾紙上。
- (4) 將裝有樣品之蒸發皿置入 $102\pm 2^{\circ}\text{C}$ 之烘箱中加熱乾燥1小時。
- (5) 取出並放入乾燥器中，冷卻30分鐘後稱重，重複實驗直至重量不變為止，記錄重量 $W_2$ 。
- (6) 計算：乾燥固體物% =  $(W_2 - W_1) \div W \times 100\%$

種籽含水重量百分率 =  $100\% - \text{乾燥固體物}\%$

### 2. 苦楝籽油的酸價測定

實驗步驟：(圖4)

- (1) 精秤苦楝籽油5g，置入於錐形瓶中。
- (2) 加入20ml的50% 乙醇+50% 乙醚混合，攪拌溶解，加入2~3滴酚酞指示劑。
- (3) 以0.10M KOH溶液滴定之，顏色由淡黃色變為紅色即為滴定終點。
- (4) 重複實驗三次。

		
<p>a. 苦楝籽放入102℃烘箱 乾燥30min.</p>	<p>b. 取出放入乾燥器中冷卻 30min.</p>	<p>c. 重複實驗、稱重記錄 計算含水率</p>

圖3. 種籽含水量測定情形

	
<p>a. 準備實驗藥品</p>	<p>b. 準備滴定裝置</p>
	
<p>c. 滴定操作</p>	<p>d. 滴定終點判斷：S1已達滴定 終點，S2樣品未達滴定終點</p>

圖4. 苦楝籽油脂酸價測定情形

### 【三、苦楝籽油製備生質柴油流程】

由苦楝籽製造生質柴油之流程示意圖：(圖5)

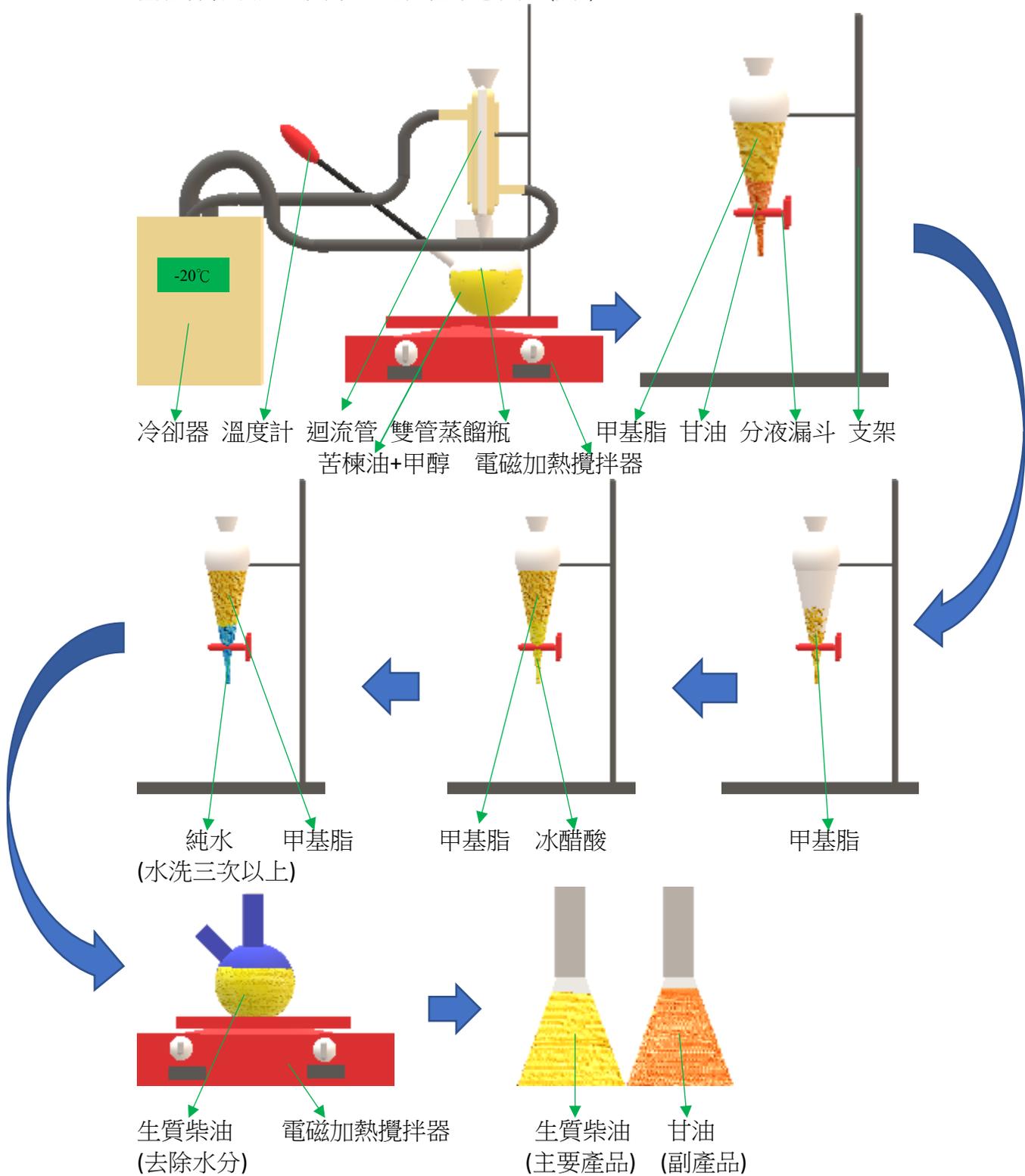


圖5.由苦楝籽製備生質柴油流程示意圖

## 【四、苦楝籽脂肪酸製備生質柴油之最佳條件】

### (一)生質柴油製程反應條件之設定

- 1.反應時間設定：(1)60min.(2)90min.(3)120min.(4)150min.
- 2.反應溫度設定：(1) 55°C (2)60°C (3)65°C (4)70°C
- 3.KOH催化劑用量(重量)設定：油脂重量為W克；酸價計量=油脂重×酸價×10<sup>-3</sup>)
  - (1)0.35%W + 酸價計量
  - (2)0.40%W + 酸價計量
  - (3)0.45%W + 酸價計量
  - (4)0.50%W + 酸價計量
- 4.甲醇用量(重量)設定：油脂重量為W克
  - (1)35%W(2) 40%W(3) 45%W(4) 50%W
- 5.生質柴油製程之原料及藥品之準備
  - (1)苦楝籽脂肪酸：100g
  - (2)苦楝籽脂肪酸酸價經測定為：1.0mgKOH/g-fat；橄欖油0.3mgKOH/g-fat
  - (3)KOH用量：(A)0.45g (B)0.50g (C)0.55g (D)0.60g
    - (A)0.35%用量：  $0.35\%W + \text{酸價計量} : 100 \times 0.35\% + 100 \times 1.0 \times 10^{-3} = 0.45 \text{ g}$
    - (B)0.40%用量：  $0.40\%W + \text{酸價計量} : 100 \times 0.40\% + 100 \times 1.0 \times 10^{-3} = 0.50 \text{ g}$
    - (C)0.45%用量：  $0.45\%W + \text{酸價計量} : 100 \times 0.45\% + 100 \times 1.0 \times 10^{-3} = 0.55 \text{ g}$
    - (D)0.50%用量：  $0.50\%W + \text{酸價計量} : 100 \times 0.50\% + 100 \times 1.0 \times 10^{-3} = 0.60 \text{ g}$
  - (4)甲醇用量(35g、40g、45g、50g)：
    - (A)35%W = 100×30% = 35.000g
    - (B)40%W = 100×35% = 40.000g
    - (C)45%W = 100×40% = 45.000g
    - (D)50%W = 100×45% = 50.000g

### (二)實驗步驟：(圖6)

- (1).將苦楝籽脂肪酸100g(已測酸價為1.0mgKOH/g-fat)置入雙口蒸餾瓶中。
- (2).加入35g甲醇和0.45g氫氧化鉀，攪拌均勻使完全溶解。
- (3)持溫55°C加熱攪拌器加熱60分鐘。
- (4).倒入分液漏斗靜置30分鐘除去下層之甘油，保留上層生質柴油。

- (5).將生質柴油放在水浴中，溫度設定60°C，將殘餘甲醇趕出為止。
- (6).加入適量醋酸及水混合，攪拌後倒入分液漏斗中，靜置30分鐘，將轉酯化中過量的氫氧化鈉中和後，洩下層水層。
- (7).加入水(約油脂重的50%)混合，攪拌靜置30分鐘去水層並重複實驗3次。
- (8).加熱至102°C，約30分鐘後生質柴油中水分完全去除，即為生質柴油。
- (9).改變溫度(60、65°C及70°C)、反應時間(90、120、150分鐘)、催化劑用量(0.50g、0.55g、0.60g)及甲醇用量(40g、45g、50g)，依上列1~8步驟操作，得不同產率的產品，即可知道最佳產率之組合配方。
- (10).對照組實驗：取橄欖油為對照組原料，以最佳條件提煉生質柴油、比較產率。



圖6. 以苦楝籽為原料提煉生質柴油操作情形

## 伍、結果

### 【一、苦楝籽的採集及苦楝油製備】



### 【二、苦楝籽油理化性質分析】

- 1.種籽含水重量百分率：10.8%
- 2.苦楝油脂酸價：1.0 mgKOH/g
- 3.實驗記錄：表1

表1.苦楝種籽含水分及其油脂酸價記錄

料源種類	苦楝籽			
實驗次數 實驗項目	1	2	3	平均
種籽水分 %	10.5	10.8	11.2	10.8
油脂酸價 mgKOH/g-fat.	0.9	1.1	1.0	1.0

### 【三、苦楝籽脂肪酸製備生質柴油最佳產率之反應條件】

實驗成果：(一)生質柴油最佳產率之反應條件為：

- 1.反應時間為120min.。
  - 2.反應溫度：65°C。
  - 3.催化劑(KOH)用量：油脂重量的0.40%+ 酸價劑量。
  - 4.甲醇用量：油脂重量的40%。
- (二)生質柴油最佳產率為：87%(W/W)

#### 實驗記錄：

(一)以反應時間為操縱變因之分析

表2.以反應時間為操縱變因之分析結果：以120min.產量最多。

實驗次數 / 實驗項目	1	2	3	4
反應時間(min.)	60	90	120	150
反應溫度(°C)	55	55	55	55
KOH用量(g)	0.35%W	0.35%W	0.35%W	0.35%W
甲醇用量(g)	35%W	35%W	35%W	35%W
產品重量(g)	76	78	80	80
苦楝油重量W=100g	100	100	100	100
產率(%)	76	78	80	80

(二)以反應溫度為操縱變因之分析

表3：以反應溫度為操縱變因之分析結果：以65°C產量最多。

實驗次數 / 實驗項目	1	2	3	4
反應時間(min.)	120	120	120	120
反應溫度(°C)	55	60	65	70
KOH用量(g)	0.35%W	0.35%W	0.35%W	0.35%W
甲醇用量(g)	35%W	35%W	35%W	35%W
產品重量(g)	76.5	77.0	82.0	82.3
苦楝油重量W=100g	100	100	100	100
產率(%)	76.5	77.0	82.0	82.3

(三)以**催化劑用量**為操縱變因之分析結果

表4.以**催化劑**為操縱變因之分析結果：以**油脂重量**的**0.40%**最佳

實驗次數 / 實驗項目	1	2	3	4
反應時間(min.)	120	120	120	120
反應溫度(°C)	65	65	65	65
KOH用量(g)	0.35%W	<b>0.40%W</b>	0.45%W	0.50%W
甲醇用量(g)	35%W	35%W	35%W	35%W
產品重量(g)	79.5	84.0	84.2	83.0
苦練油重量W=100g	100	100	100	100
產率(%)	79.5	<b>84.0</b>	84.2	83.0

(四)以**甲醇用量**為操縱變因之分析。

表5.以**甲醇用量**為操縱變因分析結果：以**油脂重量**的**40%**最佳

實驗次數 / 實驗項目	1	2	3	4
反應時間(min.)	120	120	120	120
反應溫度(°C)	65	65	65	65
KOH用量(g)	0.40%W	0.40%W	0.40%W	0.40%W
甲醇用量(g)	35%W	<b>40%W</b>	45%W	50%W
產品重量(g)	82.0	87.0	87.2	87.2
苦練油重量W=100g	100	100	100	100
產率(%)	82.0	<b>87.0</b>	87.2	87.2

(五)綜合分析結果：

1. 綜合以上各反應變因的分析，要獲最佳生質柴油產率之最佳的反應條件為：
  - 1.反應時間為120min.
  - 2.反應溫度：65°C。
  - 3.催化劑(KOH)用量：油脂重量的0.40%+ 酸價劑量。
  - 4.甲醇用量：油脂重量的40%。
- 2.生質柴油最佳產率為：87%(W/W)

## 陸、討論

- 一、不同溫度（55°C、60°C、65°C、70°C）進行轉酯化反應之產率研究，由實驗得知，產率依序為 76.5%、77%、82%及 82.3%(表 3)，即溫度高，產率亦高；然 65°C 與 70°C 兩者產率差距微小，為了經濟效益考量以 65°C 較符合製造成本。
- 二、觸媒添加量雖是影響轉酯化反應的重要因素之一，但我們研究發現，當反應時間為 90 分鐘，KOH 催化劑用量為 0.4%時，產率為 84%，催化劑用量為 0.50% 時，產率則反降為 83%(表 4)，可能因過量的 KOH 會與油脂產生皂化反應，而生成皂，消耗部分的原料所致。
- 三、油脂含水份在強烈攪拌時，鹼會與游離脂肪酸進行乳化或皂化反應使酯產率降低且增加分離的困難性，成本增加；再者，存在過多水分會導致三酸甘油酯與脂肪酸甲酯產物進行水解反應產生更多游離脂肪酸，因而使反應速率顯著下降，因此對原料含水率的要求，在鹼製程是很嚴苛的。
- 四、催化程序，其對於游離脂肪酸的甲基酯化具有反應速度快和轉化率高的優點，但是對油脂的轉酯化效率遠低於鹼催化程序，通常需要較高溫度及較長反應時間，因此酸製程適用於含有較高游離脂肪酸或水分的油脂。
- 五、對於高酸價的油脂而言，先採用酸觸媒進行預酯化，接著再以鹼製程進行主要轉酯化，可以省略原廢食用油品脫酸過程，以及提升生質柴油的酯生成率。
- 六、油脂轉酯化設備係採用雙口燒瓶，控溫式電磁加熱攪拌器，加上迴流冷凝管，及水浴加熱裝置設備。並加裝低溫(-10°C)冷卻迴流裝置，加熱超過65°C，避免甲醇流失。
- 七、生質柴油的催化劑用量對轉酯化反應深具影響，催化劑以油脂重量的百分率計算，由實驗結果得知催化劑用量，以油脂重的0.350%最適宜，若催化劑較多，雖可促進反應效率，但是同時KOH催化劑易造成部分油脂被皂化，導致生成較多的副產物即皂，相對降低了產量；但催化劑用量太少，又無法完全反應，因此在合成生質柴油時，催化劑的使用量需特別的注意去斟酌使用量。
- 八、油脂轉酯化所用的醇，低級醇甲醇、乙醇、丙醇、丁醇等皆可使用。而最常用的為甲醇，由於甲醇的價格較低，同時能夠很快的與脂肪酸甘油酯反應，且鹼性 KOH 催化劑易溶於甲醇，可充分進行反應，使反應較容易趨於完全。
- 九、因轉酯化反應是可逆反應，過量的醇可使平衡向生成物的方向移動，所以甲醇的用量遠多於理論計量，使反應能有利於產物生成。

## 柒、結論

目前整個世界主要仰賴石油來做為能源燃料，然地球原油存量估計再開採五十年左右即枯竭殆盡，因此原油成本勢必日益高漲，在能源日益匱乏的來未，可預測林木種籽將成為生質柴油生產之重要原料。而由苦楝籽脂肪酸製造生質柴油，成本低，原料來源可以掌控；苦楝籽油可另外應用於生活上作為農作物或一般植物的天然殺蟲劑、手工皂化妝品或醫藥方面的用途，頗具有開發之潛力，並能兼具達到節能減碳的環保目標，值得正視與推廣。

## 捌、參考資料。

- 一、郭重吉，2019，國中自然與生活科技第四冊第5章，有機化合物，南一書局。
- 二、高中基礎化學（一），第四章，常見的化學反應，2017，南一書局。
- 三、黃金城等，2009，四種林木種子油製造生質柴油之評估，中華林學季刊，p309~318。
- 四、李唐、張志毓，2006，台灣潛在的生質柴油料源對其產出生質柴油物性的探討，生物技術與綠色農業研討會專刊，p67~73。
- 五、劉素玲等，2009，二種林木種子油使用不同催化劑製備生質柴油，中華林學季刊，P435~445。