

中華民國第 55 屆中小學科學展覽會  
作品說明書

---

國中組 化學科

最佳(鄉土)教材獎

030203

煉「油」成「脂」-成脂過程的探討及廢食用油  
在潤滑脂的應用

學校名稱：高雄市立鳳山國民中學

作者：  國二 黃郁晴  國一 黃柏銓	指導老師：  楊玉真  曾雅慧
---------------------------------	-----------------------------

關鍵詞：廢食用油、潤滑脂、皂化

## 摘要

如何將廢食用油製成廢食用油潤滑脂？首先我們先探討如何煉「油」成「脂」。

與各類油品相比，潤滑脂具有容易吸附、不易流失、耐高溫…等功能。本研究先探討各種影響煉「油」成「脂」的因素，研究結果發現要煉「油」成「脂」，最重要的因素是皂化反應要成功，而影響皂化反應的因素則取決於稠化劑的材料、皂化溫度、皂化時間、反應時轉速快慢、是否加水分散皂化產物。影響潤滑脂品質的優劣因素有基礎油與稠化劑的材料及比例、皂化反應、煉製過程及研磨與否。

在本研究中，廢食用油作為基礎油，與鈣基稠化劑的重量比為 85%:15%，控制皂化溫度 105<sup>0</sup>c、皂化時間一小時、煉製溫度 120<sup>0</sup>c、煉製時間 25 分鐘、可以成功製作出廢食用油潤滑脂。

## 壹、研究動機

台灣最近陷入餿水油食品安全風暴，市面上廢食用油的回收及去處更是大家急於想要得知的真相。除了要求政府嚴格把關不讓這些廢食用油重回食物鏈外，我們也很好奇，廢食用油如何再利用？國二理化「有機化合物」單元有提到「皂化反應」，從文獻中發現利用皂化反應可以製作出潤滑脂。我們突發奇想，廢食用油是否可以做成廢食用油潤滑脂？讓廢食用油多了一項再利用的方法。因此，我們開始了煉「油」成「脂」的研究。

## 貳、研究目的

- 一、 各種油品與潤滑脂的吸附力比較。
- 二、 探討影響「液態油」煉製成「固態脂」的因素。
- 三、 研究廢食用油於潤滑脂的應用。

## 參、文獻探討

### 一、潤滑脂

潤滑脂主要功能為摩擦面的潤滑、抗水、防鏽、密封等。潤滑脂是指在基礎油加入稠化劑與添加劑製成的半固態潤滑劑，潤滑脂俗稱黃油、牛油。潤滑脂的「脂」字和動物性油脂、化學的脂肪酸脂肪族沒有關係。潤滑脂是以稠化劑吸附液態基礎油而成，加熱到滴點以上會融化，冷卻後無法恢復半固態。

最早的潤滑脂是以礦物油加入石灰加熱攪拌，石灰皂化了礦物油，未被皂化的油脂作為分散介質，就製成了半固態的潤滑脂。

### 二、廢食用油

指食品生產加工或餐飲烹煮後產生之各類動、植物性油脂。常見特徵是油質明顯泛黃或變黑，油炸過後產生的細小白色狀的泡沫，攪拌時有明顯的黏稠，可能有異味。

### 三、礦物油

礦物油是通過蒸餾石油以及石油原料製造汽油過程中的副產品。

## 肆、研究設備與器材

礦物油(台塑 500N) 葵花油 豬油 廢食用油 氫氧化鈣 氫氧化鈉 硬脂酸 純水  
電子秤 玻璃反應槽 恆溫加熱器 電動攪拌棒 工作手套 滾筒機 刮刀 滴管 量杯 潤滑脂測試工具 感光器 濾油粉 油品老化試紙 鍋子 電磁爐

## 伍、研究過程與方法

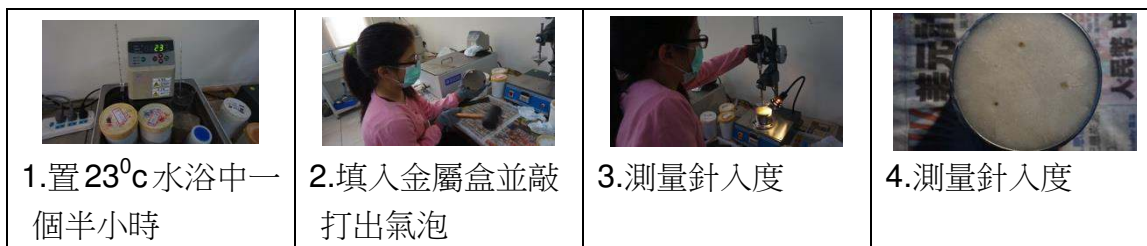


## 一、潤滑脂品質測定

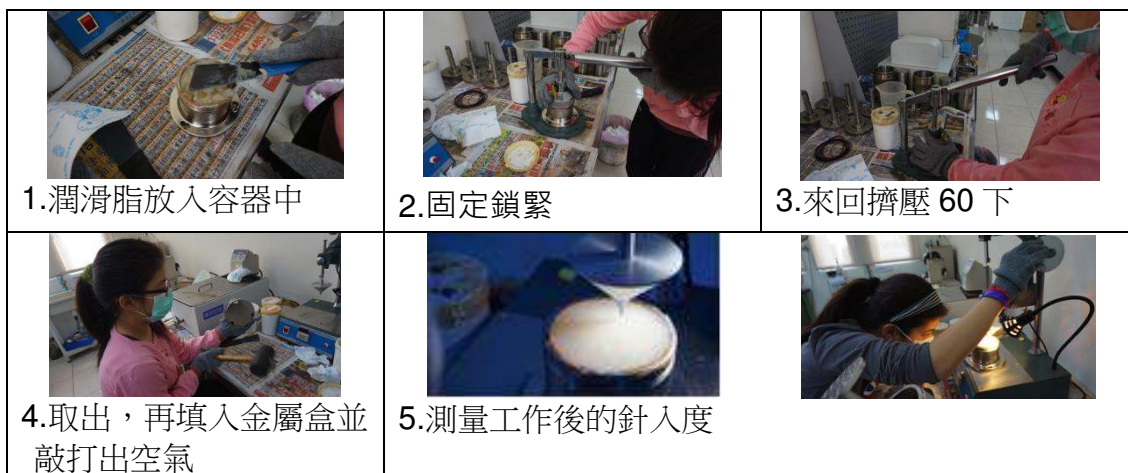
我們從文獻資料中，列出幾項測量潤滑脂品質的方法，分述如下：

### (一)、 針入度—測試潤滑脂的軟硬度

做好的潤滑脂置 23<sup>0</sup>c 水浴中靜置 1.5 小時取出，填入金屬盒並敲打出空氣，填滿後測試金屬圓錐在 5 秒內穿入的深度。



### (二)、 機械安定性—測試潤滑脂的工作穩定性








$$\text{機械安定性} = \frac{\text{工作後針入度} - \text{工作前針入度}}{\text{工作前針入度}}$$

數值越大表示潤滑脂工作越穩定

### (三)、 滴點—是指潤滑脂永久失效的溫度，可測試潤滑脂的最高耐受溫度。









(四)、 分油率—測試潤滑脂的膠體安定性，用來探討基礎油析出的趨勢。

 <p>1.潤滑脂秤 10.0 克</p>	 <p>2.置入烤箱</p>	 <p>3.設定 120 度烤 23 小時</p>
 <p>4.冷卻後秤量剩餘潤滑脂的重量 (左圖為上層-剩餘潤滑脂；右圖為下層-從潤滑脂析出的基礎油)</p>		

分油率 = 
$$\frac{\text{烤前重量} - \text{烤後重量}}{\text{烤前重量}}$$
 數值越大表示潤滑脂重量流失大，分油率高

(五)、 乳化性—測試潤滑脂與水乳化程度（用在鈣基與鈉基的比較）。











取 5 克潤滑脂置於 20cc 的純水中，蓋上蓋子搖晃 10 下，觀察乳化情形，再以自製濁度計測量乳化程度。照度值越大，表示溶液越澄清。

 <p>上圖為鈣基潤滑脂，無乳化 (左圖搖晃前；右圖搖晃後)</p>	 <p>上圖為鈉基，明顯有乳化現象 (左圖搖晃前；右圖搖晃後)</p>
 <p>自製濁度計</p>	
 <p>LED 燈</p>	 <p>數值越高表示水溶液越澄清</p>

## 二、各種油品與潤滑脂的比較

### (一)、實驗一 比較各種油品與潤滑脂的吸附能力

將等重的礦物油、豬油、葵花油、廢食用油與潤滑脂分別均勻塗在鐵盤的上半部，置入烤箱以 35°C 烤五分鐘(仿夏天氣溫)取出後直立 5 秒，觀察各油脂的吸附能力。

油品	塗佈上半部	實驗結果	吸附能力
礦物油			油品滑落 吸附能力差
豬油			豬油在加熱後由固態轉變為液態，直立後油品滑落，吸附能力差
葵花油			油品滑落 吸附能力差
廢食用油			油品滑落 吸附能力差
潤滑脂			附著於上半部 吸附能力佳

#### 討論：

1. 實驗結果礦物油、豬油、葵花油、廢食用油與潤滑脂塗佈於鐵盤上半部後以 35°C 烤五分鐘，比較吸附能力，潤滑脂的吸附能力最佳，其餘油品滑落，吸附能力差。
2. 潤滑脂跟液態油相比，潤滑脂呈現半固態，在常溫下不會融化，具有較高的吸附能力，不易流失的優點。

## 三、探討影響「液態油」變成「固態脂」的因素

潤滑脂主要由基礎油(70%~95%)、稠化劑(3%~30%)及添加劑(0%~10%)所構成。根據文獻，煉油成脂的方法如下：

先在部分基礎油中加入稠化劑進行皂化反應，等待皂化完成後再加入基礎油高溫煉製，最後加入剩餘基礎油進行冷卻、研磨後即為煉「油」成「脂」。

我們從三部分 **皂化反應** — **高溫煉製** — **冷卻研磨** 來著手探討影響煉

「油」成「脂」的因素有哪些。

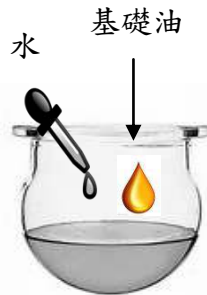
### 製作潤滑脂流程圖



稠化劑在基礎油中加熱  
攪拌進行**皂化反應**

探討變因：

1. 稠化劑材料 (實驗二)  
(實驗三)
2. 皂基種類 (實驗四)  
(實驗五)
3. 皂化溫度 (實驗六)
4. 轉速快慢 (實驗七)
5. 皂化時間 (實驗八)
6. 反應物濃度 (實驗九)



滴入少量水使皂化均勻，並  
加入基礎油進行**高溫煉製**

探討變因：

1. 加水與否 (實驗十)
2. 煉製溫度 (實驗十一)
3. 煉製時間 (實驗十二)



加入基礎油進行**冷卻研磨**

探討變因：

研磨與否 (實驗十三)

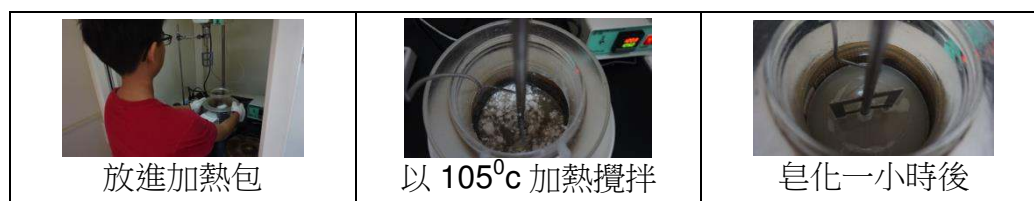










煉「油」成「脂」 >

#### (一)、 實驗二 探討稠化劑的材料

為探討影響「液態油」變「固態脂」的因素，從文獻中得知，最早的潤滑脂做法為礦物油加生石灰進行部分皂化。考量到廢食用油的品質不一，因此我們的研究就先以雜質較少且不易變質的「礦物油」來作為研究基礎。本實驗以基礎油為 85%，稠化劑為 15% 來計算出各材料的用量。

取礦物油(台塑 500N)165 克，其中 120 克作為部分基礎油，45 克作為稠化劑，加入  $\text{Ca}(\text{OH})_2$  6 克，於加熱包(溫度  $105^\circ\text{C}$ )加熱攪拌 60 分鐘，每 10 分鐘取樣一次，冷卻後觀察皂化情形。



時間(分)	皂化情形	皂化情形	時間(分)	皂化情形	皂化情形
10		冷卻後 呈現液態	40		冷卻後 呈現液態
20		冷卻後 呈現液態	50		冷卻後 呈現液態
30		冷卻後 呈現液態	60		冷卻後 呈現液態
 溶液倒出後發現瓶中有顆粒			 滴入酚酞後呈現粉紅色 判斷是未反應的 $\text{Ca}(\text{OH})_2$		

### 討論：

1. 若直接以礦物油作稠化劑，發現反應一小時後瓶中還有殘存  $\text{Ca}(\text{OH})_2$ ，仍舊是液體狀態，實驗結果顯示礦物油與氫氧化鈣的皂化反應進行緩慢，耗費時間，故尋找其他適合的油品作為稠化劑的材料。
2. 從文獻中我們發現，在製作肥皂的過程，為加速皂化反應，有時會加入硬脂酸，因此我們也比較硬脂酸與其他油品作為稠化劑材料的優劣。

## (二)、 實驗三：比較動物油、植物油、廢食用油、硬脂酸作為稠化劑材料的優劣

基礎油：礦物油

變因：不同稠化劑材料

取礦物油(台塑 500N)120g 加入  $\text{Ca}(\text{OH})_2$  6 克，分別加入 45 克動物油、植物油、廢食用油、硬脂酸於加熱包(溫度  $105^\circ\text{C}$ )加熱攪拌 60 分鐘，每十分鐘取樣一次，置入鐵盤中冷卻，比較各組的皂化結果。(考慮硬脂酸為固體，故在皂化反應前先加熱溶解)



### 實驗結果

時間 (分)	葵花油 (植物油)	皂化 反應	豬油 (動物油)	皂化 反應	廢食用油	皂化 反應	硬脂酸	皂化 反應
10		無皂化		無皂化		無皂化		皂化
20		無皂化		無皂化		無皂化		皂化
30		無皂化		無皂化		無皂化		皂化
40		無皂化		無皂化		無皂化		皂化
50		無皂化		無皂化		無皂化		皂化
60		無皂化		無皂化		無皂化		皂化
酸鹼 測試								

#### 討論：

1. 從實驗二與實驗三的實驗結果，發現葵花油、豬油、廢食用油與鹼加熱攪拌 60 分鐘，取出冷卻後仍是液態，皂化反應進行緩慢。滴入酚酞測試，三者均呈現粉紅色，顯示鍋內還有殘存的鹼未參與反應。
2. 硬脂酸在加熱 10 分鐘後皂化反應明顯，產品冷卻後呈現固態，顯示皂化成功。從本實驗可知硬脂酸的皂化結果優於動物油、植物油、廢食用油及礦物油。
3. 硬脂酸與鹼的皂化(酸鹼中和)反應為：



硬脂酸

硬脂酸鈣皂

每皂化 568g 硬脂酸需 74g 氫氧化鈣 即每皂化 1g 硬脂酸需 0.13g 氫氧化鈣


接續實驗將以礦物油為基礎油，硬脂酸+鹼為稠化劑來探討影響煉油成脂的各項變因。

### (三)、 實驗四 -探討皂基種類對作為稠化劑材料的優劣

基礎油:礦物油

變因:不同稠化劑 (硬脂酸+不同的鹼)

取礦物油(台塑 500N)120g，加入 45 克硬脂酸於加熱包加熱溶解，分別加入 Ca(OH)<sub>2</sub>6 克及 NaOH 6 克以 105°C 加熱攪拌 60 分鐘，取出一湯匙置於鐵盤後冷卻，觀察比較兩組的皂化結果。

實驗過程		
稠化劑種類	皂化情形	皂化結果
鈣基稠化劑		皂化成功
鈉基稠化劑		皂化成功

討論：

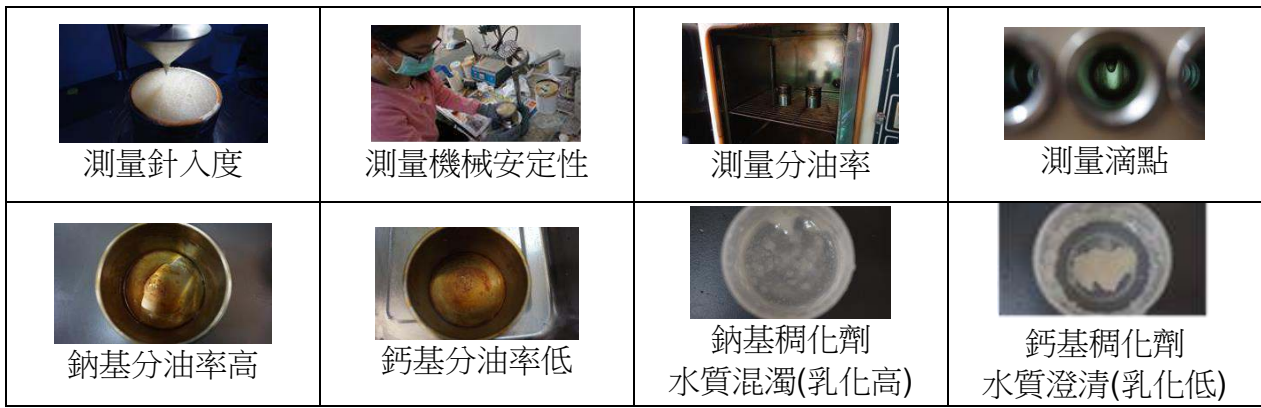
鈣基稠化劑與鈉基稠化劑皂化反應皆成功。且實驗過程中發現兩者與硬脂酸反應時溫度上升，皆為放熱反應。

### (四)、 實驗五 探討皂基種類對煉油成脂的影響

接續上述實驗，皂化反應後加入 2cc 的水分散皂化產物，升溫至 120°C 加入 130g 礦物油加熱攪拌 25 分鐘(此為高溫煉製過程)，熄火冷卻再加入礦物油 70g 攪拌 5 分鐘，

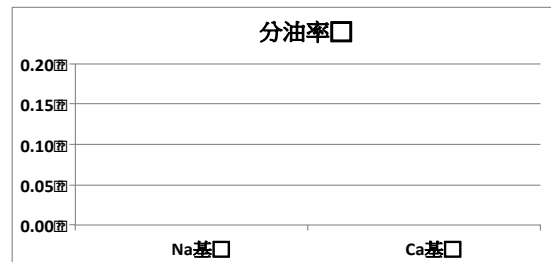
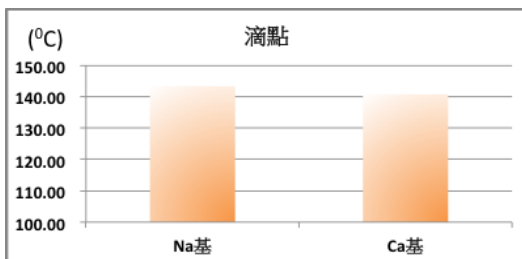
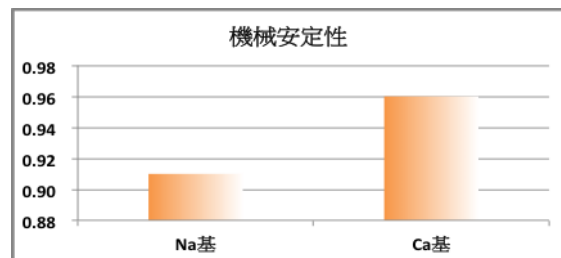
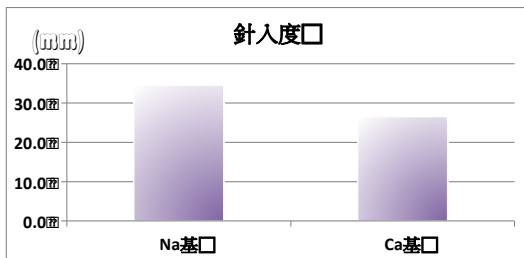
			
1.取礦物油 120 克加入硬脂酸 45 克倒入玻璃反應槽	2.分別加入 NaOH 與 Ca(OH) <sub>2</sub> 6 克。以 105°C 皂化一小時	3.加水 2cc 持續加熱至 120°C	4.倒入礦物油 130 克加熱攪拌 25 分鐘進行高溫煉製
			
5.熄火冷卻，加入礦物油 70 克攪拌 5 分鐘	6.取出倒入滾筒機研磨均勻	7.完成煉油成脂 Na 基潤滑脂	8.完成煉油成脂 Ca 基潤滑脂

利用針入度、機械安定性、滴點、分油率、乳化度來測試潤滑脂的各項特性



不同皂基種類的潤滑脂特性

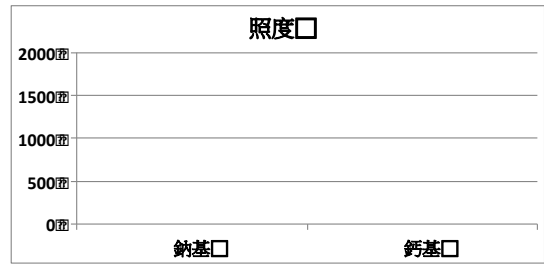
皂基種類	特性			針入度(mm)			工作後針入度			機械安定性	滴點(°C)			分油率		乳化度 (照度 lux) 平均
	針入度(mm)	工作後針入度	滴點(°C)	分油率	分油率	分油率	分油率	分油率	分油率		分油率	分油率	分油率	分油率		
鈉基 (平均)	34.1	34.2	34.9	37.8	37.9	36.9	0.91	140	145	145	10.0	8.4	1170			
	34.4			37.5				143.3			0.16					
鈣基 (平均)	26.2	26.3	26.7	27.9	27.0	27.3	0.96	142	140	140	10.0	10.0	1530			
	26.4			27.4				140.7			0.00					



(lux)

**討論:**

1、實驗結果，鈉基潤滑脂針入度大、機械安定性較差、分油率較高，膠體不穩定、照度值少，透光度差，表示水質混濁，鈉基與水產生乳化。



2、鈣基潤滑脂針入度小，較硬、機械安定性佳，工作穩定度佳、分油率為零，表示膠體較安定，有利於長時間儲存、照度值高，水質澄清，無乳化現象，可抗水。

綜合上述，鈉基潤滑脂滴點高、抗水差，適用於乾燥高溫的環境；鈣基潤滑脂機械安定性佳、分油率少、抗水佳，適用於摩擦面潤滑及有水的環境。經我們討論後認為鈣基潤滑脂較適合在日常生活使用，因此後續實驗將以鈣基作為稠化劑材料來進行各項變因的探討。

**(五)、實驗六-探討皂化溫度對煉油成脂的影響**

基礎油:礦物油 稠化劑:硬脂酸+ Ca(OH)<sub>2</sub>

變因:皂化溫度

同上述製脂步驟，以不同皂化溫度 85<sup>0</sup>c、95<sup>0</sup>c、105<sup>0</sup>c、115<sup>0</sup>c 進行皂化反應，轉速 3.5、皂化時間一小時、加水分散肥皂、煉製溫度 120<sup>0</sup>c 25 分鐘、冷卻研磨，分別比較各組的皂化結果及潤滑脂的各項特性。

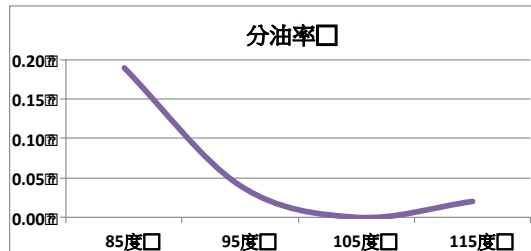
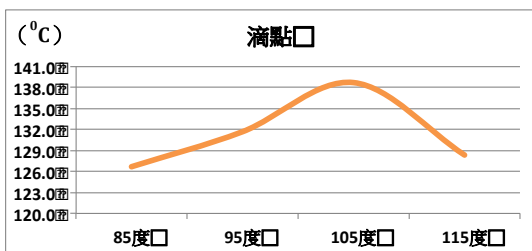
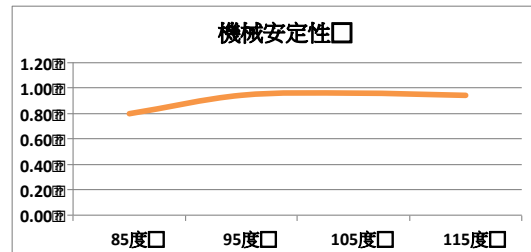
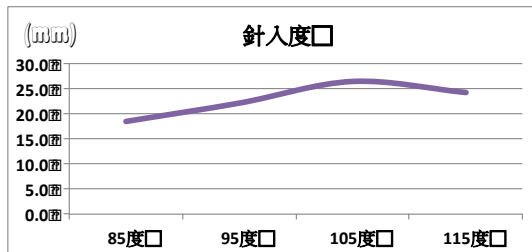
不同皂化溫度的皂化結果

溫度	85 <sup>0</sup> c	95 <sup>0</sup> c	105 <sup>0</sup> c	115 <sup>0</sup> c
皂化結果				
	皂化成功	皂化成功	皂化成功	皂化成功

實驗結果發現在不同溫度下 85<sup>0</sup>c、95<sup>0</sup>c、105<sup>0</sup>c、115<sup>0</sup>c 的稠化劑皂化結果都成功，再利用潤滑脂品質測試方法測試出優劣情形。

不同皂化溫度的潤滑脂特性

皂化溫度 \ 特性	針入度(mm)			工作後針入度(mm)			機械安定性	滴點(°C)			分油率	
	85°C	95°C	105°C	115°C	85°C	95°C		105°C	115°C	120°C	130°C	140°C
85°C	18.1	18.5	18.7	22.2	22.4	22.1	0.79	130	125	125	10.0	8.1
(平均)	18.4			22.2				126.6			0.19	
95°C	21.8	22.7	21.7	23.5	23.1	23.5	0.94	130	135	130	10.0	9.6
(平均)	22.1			23.4				131.7			0.04	
105°C	26.2	26.3	26.7	27.9	27.0	27.3	0.96	142	140	140	10.0	10.0
(平均)	26.4			27.4				140.7			0.00	
115°C	23.9	24.1	24.5	25.2	25.7	25.9	0.94	125	130	130	10.0	9.8
(平均)	24.2			25.6				128.3			0.02	



討論：

1. 利用 excel 軟體繪出不同皂化溫度下的潤滑脂特性，皂化溫度 85°C 潤滑脂最硬、機械安定性最差、滴點最低、分油率最高。
2. 皂化溫度 95°C、105°C、115°C 機械安定性佳。滴點表現以皂化溫度 105°C 滴點最高，最耐高溫，分油率最低。
3. 實驗結果得知，製作礦物油潤滑脂皂化反應的最佳溫度為 105°C。後續實驗將以皂化溫度 105°C 來進行測試。

(六)、實驗七 探討轉速快慢對煉油成脂的影響

基礎油:礦物油

稠化劑:硬脂酸+ Ca(OH)<sub>2</sub>

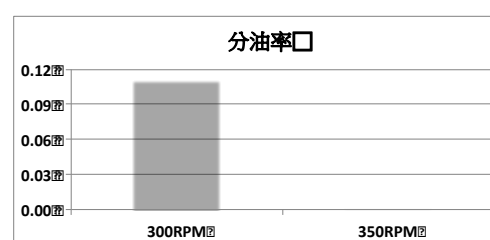
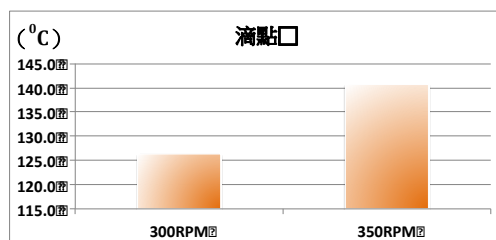
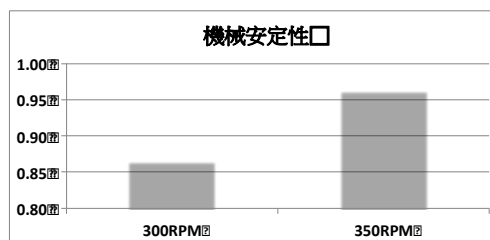
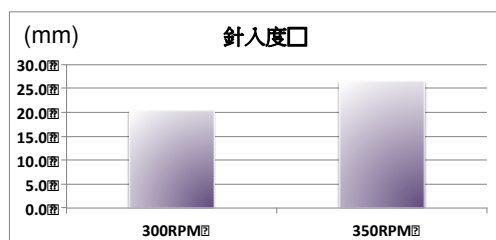
變因:轉速快慢

同上述製脂步驟，以不同轉速 (RPM) 250、300、350、400 進行反應，皂化溫度 105<sup>0</sup>c 一小時後、加水分散皂化產物、煉製溫度 120<sup>0</sup>c 25 分鐘、冷卻研磨，分別比較各組的皂化情形及潤滑脂的各項特性。

轉速 (RPM)	250	300	350	400
皂化情形				
實驗結果	皂化不完全	皂化成功	皂化成功	轉速太快 溶液噴出 危險!!!
成脂情形				
實驗結果	成脂失敗	成脂成功	成脂成功	

不同轉速的潤滑脂特性

特性 轉速 RPM	針入度(mm)			工作後 針入度			機 械 安 定 性	滴點(°c)			分 油 率	
											烤前	烤後
<b>300</b> (平均)	20.2	19.8	20.7	23.2	22.9	22.8	<b>0.86</b>	135	120	124	10.0	8.9
	<b>20.2</b>			<b>23.0</b>				<b>126.3</b>			<b>0.11</b>	
<b>350</b> (平均)	26.2	26.3	26.7	27.9	27.0	27.3	<b>0.96</b>	142	140	140	10.0	10.0
	<b>26.4</b>			<b>27.4</b>				<b>140.7</b>			<b>0.00</b>	



## 討論

1. 轉速太慢導致皂化不完全，最後無法成脂。
2. 轉速為 300RPM 時，潤滑脂較硬，其機械安定性較差，分油率高，膠體不穩定，滴點數值差距甚大，滴點不穩定，研判為皂化不均所導致的緣故。
3. 從本實驗結果得知在安全範圍下，轉速越快潤滑脂成脂效果越好。

### (七)、實驗八 探討皂化時間對煉油成脂的影響

基礎油:礦物油 稠化劑:硬脂酸+  $\text{Ca}(\text{OH})_2$

變因:皂化時間

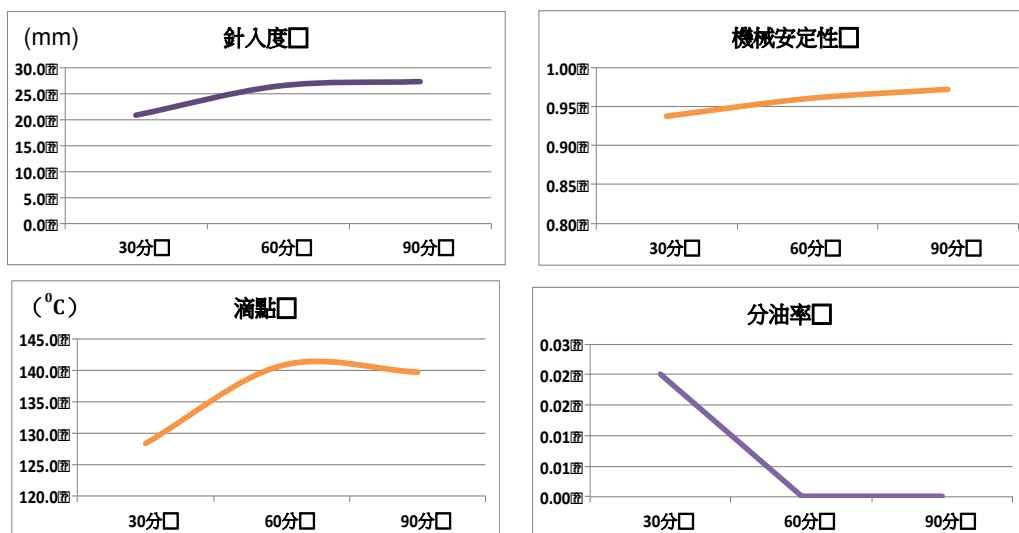
同上述製脂步驟，以不同皂化時間 30 分、60 分、90 分進行皂化，轉速 3.5、皂化溫度  $105^{\circ}\text{C}$ 、加水分散皂化產物、煉製溫度  $120^{\circ}\text{C}$  25 分鐘、冷卻研磨，分別比較各組的皂化情形及潤滑脂的各項特性。

不同皂化時間的皂化結果

時間	30 分	60 分	90 分
皂化結果			
	皂化成功	皂化成功	皂化成功

不同皂化時間的潤滑脂特性

皂化時間 \ 特性	針入度(mm)			工作後 針入度			機械 安定 性	滴點( $^{\circ}\text{C}$ )			分 油 率	
	21.7	19.0	21.6	22.4	21.9	21.9		0.94	135	130	120	10
<b>30</b> (平均)	<b>20.8</b>			<b>22.1</b>			<b>0.94</b>	<b>128.3</b>			<b>0.08</b>	
<b>60</b> (平均)	26.2	26.3	26.7	27.9	27.0	27.3		<b>0.96</b>	142	140	140	10.0
	<b>26.4</b>			<b>27.4</b>			<b>0.97</b>		<b>140.7</b>			<b>0.00</b>
<b>90</b> (平均)	27.1	27.8	26.9	27.9	27.5	28.7		<b>0.97</b>	140	139	140	10.0
	<b>27.3</b>			<b>28.0</b>			<b>0.97</b>		<b>139.7</b>			<b>0.00</b>



### 討論

1. 皂化 30 分鐘，滴點測試 120<sup>0</sup>c~135<sup>0</sup>c 溫度變化大，滴點不穩定，分油率高，研判皂化不均勻而造成。
2. 皂化 60 分鐘與皂化 90 分鐘潤滑脂的各項特性接近，顯示 60 分鐘後已皂化完全，後續實驗將設定皂化時間為 60 分鐘進行測試。

### (八)、實驗九 探討皂化反應物的濃度對煉油成脂的影響

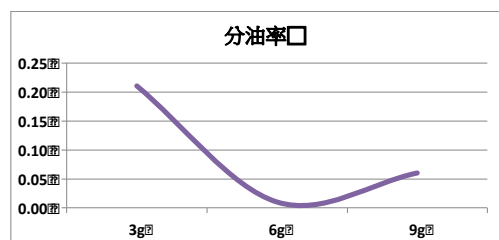
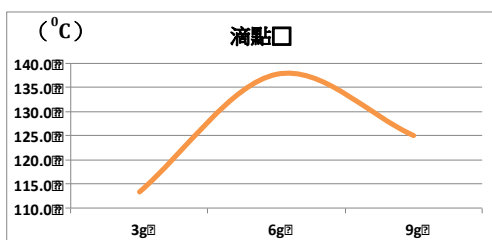
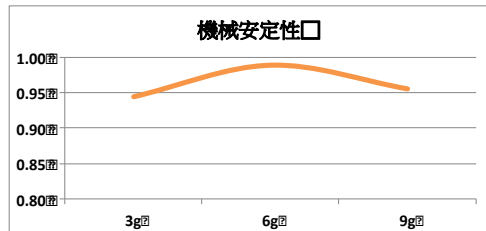
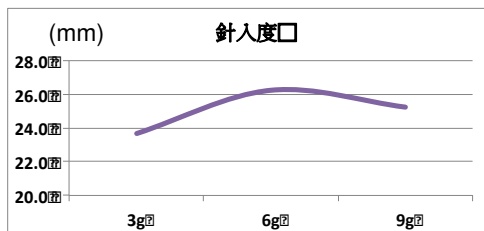
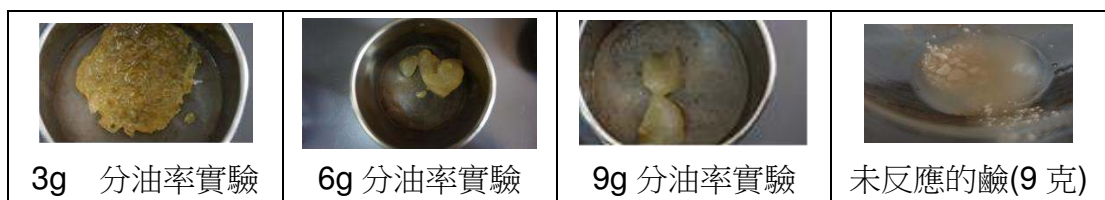
基礎油:礦物油 稠化劑:硬脂酸+ Ca(OH)<sub>2</sub> 變因: Ca(OH)<sub>2</sub> 濃度

同上述製脂步驟，以不同反應物濃度 Ca(OH)<sub>2</sub> 3g、6g、9g 進行皂化反應。轉速 3.5、皂化溫度 105<sup>0</sup>c 一小時、加水分散肥皂、煉製溫度 120<sup>0</sup>c 25 分鐘、冷卻研磨，分別比較各組的皂化情形及潤滑脂的各項特性。

不同 Ca(OH)<sub>2</sub> 濃度的潤滑脂特性

特性 Ca(OH) <sub>2</sub> 克數	針入度(mm)			工作後 針入度			機 械 安 定 性	滴點(°c)			分 油 率	
	23.0	24.6	23.4	24.4	25.5	25.1		0.94	115	115	110	10.0
<b>3g</b> (平均)	<b>23.7</b>			<b>25.0</b>			<b>0.94</b>	<b>113.3</b>			<b>0.21</b>	
<b>6g</b> (平均)	26.3	25.9	26.5	26.6	26.5	26.5		<b>0.99</b>	135	138	140	10.0
	<b>26.2</b>			<b>26.5</b>			<b>0.96</b>		<b>137.7</b>			<b>0.01</b>
<b>9g</b> (平均)	25.1	25.1	25.5	25.7	27.0	26.4		<b>0.96</b>	125	130	120	10.0
	<b>25.2</b>			<b>26.4</b>			<b>0.96</b>		<b>125.0</b>			<b>0.06</b>





### 討論：

反應物 Ca(OH)<sub>2</sub> 濃度不足時，所形成的潤滑脂滴點低、分油率高，膠體不穩定，皂化結構損壞後，基礎油便容易析出，使潤滑脂變硬（如下圖），品質較差。



基礎油析出，潤滑脂變硬

我們推論，因為硬脂酸沒有完全反應完，皂化結構不足以吸附全部的基礎油，導致分油率偏高。

### (九)、實驗十 探討基礎油比例對煉油成脂的影響

基礎油:礦物油    稠化劑:硬脂酸+ Ca(OH)<sub>2</sub>

變因:基礎油比例

同上述製脂步驟，將基礎油:稠化劑的比例設為 90%:10%、85%:15% (對照組)、80%:20%、70%:30%，轉速 3.5、皂化溫度 105<sup>0</sup>c 一小時、加水分散皂化產物、煉製溫度 120<sup>0</sup>c 25 分鐘、冷卻研磨，分別比較不同基礎油比例皂化情形及潤滑脂各項特性。經計算結果得到各比例原料用量。



## 利用化學平衡式計算出各原料用量

### 不同比例的原料用量

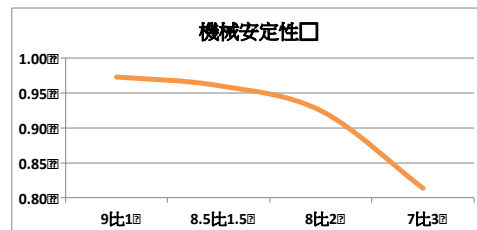
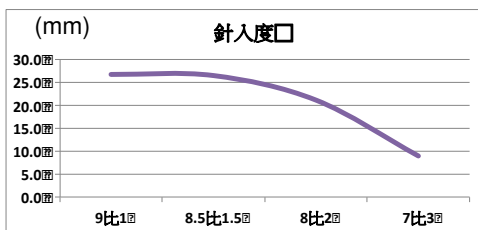
各原料用量 比例	基礎油	硬脂酸	氫氧化鈣
9:1	333	33	4.5
8:2	296	65	10
7:3	260	98	13
8.5:1.5 (對照組)	320	45	6

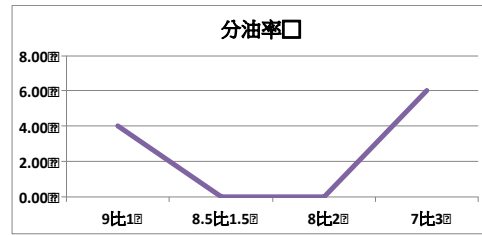
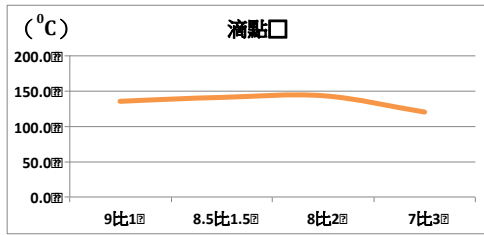
### 實驗結果



### 不同基礎油比例的潤滑脂特性

特性 基礎油 比例	針入度(mm)			工作後 針入度			機 械 安 定 性	滴點(°C)			分 油 率	
	26.8	26.3	26.9	26.2	27.0	28.8		135	137	135	烤 前	烤 後
<b>9:1</b> (平均)	<b>26.7</b>			<b>27.3</b>			<b>0.97</b>	<b>135.7</b>			<b>0.04</b>	
<b>8.5:1.5</b> (對照組)	<b>26.4</b>			<b>27.4</b>				<b>0.96</b>	<b>140.7</b>			<b>0.00</b>
<b>8:2</b> (平均)	<b>21.1</b>			<b>22.7</b>			<b>0.93</b>		<b>143.0</b>			<b>0.00</b>
<b>7:3</b> (平均)	<b>8.9</b>			<b>10.6</b>				<b>0.81</b>	<b>120</b>			<b>0.06</b>





### 討論

1. 稠化劑比例增加表示皂化纖維增加，體積變大，相對的，基礎油變少，因此膠體會比較硬，針入度數值小。
2. 滴點隨著稠化劑比例增加而升高，顯示含皂量增加膠體越穩定，但 7:3 的潤滑脂滴點下降，我們觀測到實驗過程因為含皂量太高，導致鍋裡都是硬塊，混合不均勻所致。從三次滴點誤差大，測不出固定的滴點也可以證實這項推論。7:3 的實驗過程，鍋裡含皂量大，無法均勻攪動（如右圖）。



### (十)、實驗十一 探討皂化過程加水對煉油成脂的影響

基礎油:礦物油 稠化劑:硬脂酸+  $\text{Ca}(\text{OH})_2$  變因:皂化加水與否

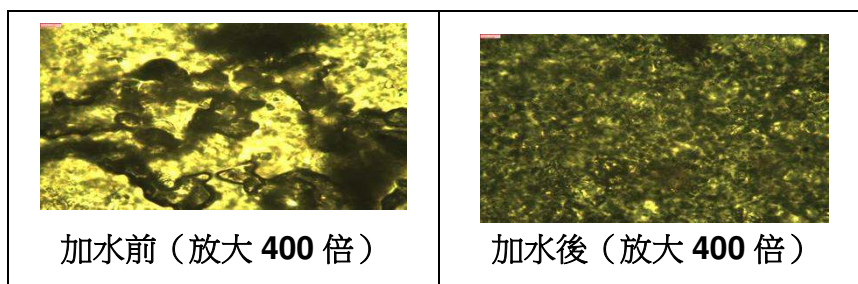
同上述製脂步驟，以轉速 3.5、皂化溫度  $105^\circ\text{C}$  一小時後，分別無加水、與加水 2 克，再以  $120^\circ\text{C}$  煉製 25 分鐘、冷卻研磨。探討加水與否對潤滑脂的影響。

#### 實驗過程





#### 討論：

加水有助於分散已皂化的鈣皂，使鈣皂變得更細緻（如上圖）。我們以光學顯微鏡放大 400 倍，觀察微觀下皂化結構的變化（下圖）。



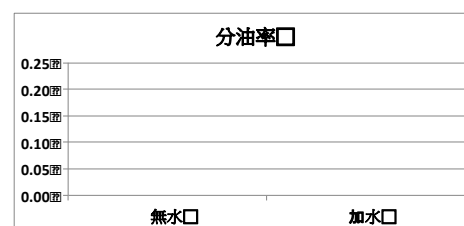
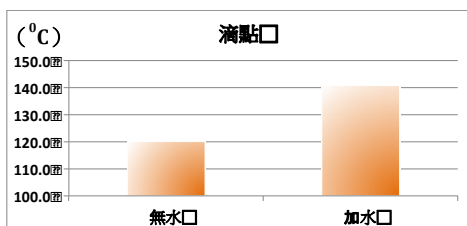
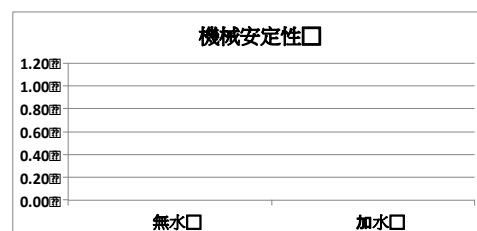
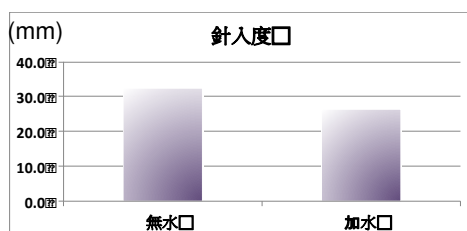
加水前的皂纖維結構成塊狀，加水之後的皂纖維結構較細密，因此在皂化反應之後加入少量的水能分散皂化產物並使之變得更細緻。

接著利用針入度、機械安定性、滴點、分油率來測試潤滑脂的品質。

 <p>分油率實驗(無加水)</p>	 <p>分油率實驗(加水乳化)</p>
<p>產生坑洞及分油現象</p> <p>潤滑脂膠體不穩定</p>	<p>潤滑脂膠體較穩定</p>

加水與否的潤滑脂特性

特性 水量 (克)	針入度(mm)			工作後 針入度			機械 安 定 性	滴點(°C)			分 油 率	
	32.5	32.4	32.4	55.4	54.1	55.6		120	115	125	烤 前	烤 後
無加水 (平均)	32.43			55.03			0.30	120.0			0.20	
加水 (平均)	26.4			27.4				0.96	140.7			0.00



## 討論:

- 一、 實驗結果，無水潤滑脂針入度大，潤滑脂極軟，工作前後針入度相比，機械安定性極差；分油率較高，膠體不安定；不乳化，可防水。
- 二、 皂化過程加水的潤滑脂具有較高的機械安定性、高滴點、低分油率。
- 三、 此結果顯示在皂化過程之後，加入少量的水有助於分散皂化產物，使皂化結構與基礎油吸附得更好，讓潤滑脂膠體結構較安定，不易分油，其他性能也較佳。

### (十一)、 實驗十二 探討煉製溫度對煉油成脂的影響

基礎油:礦物油

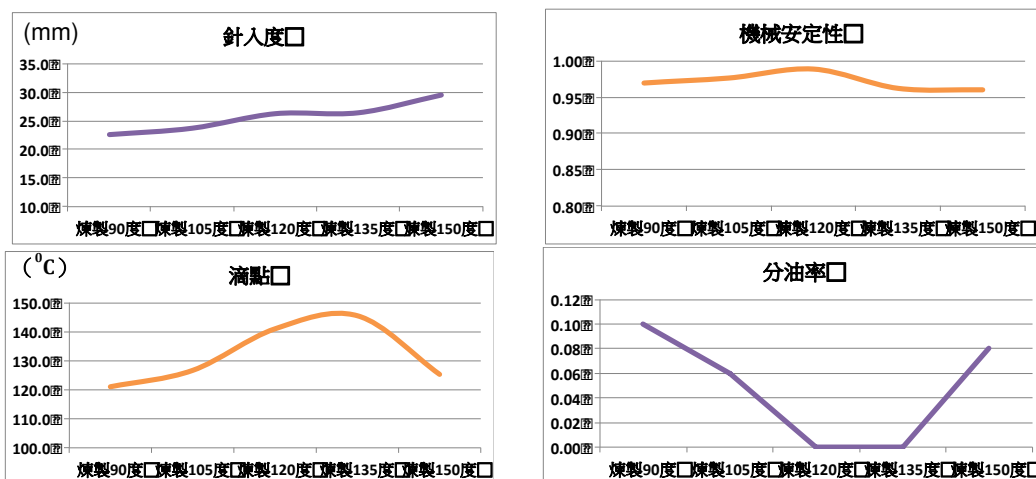
稠化劑:硬脂酸+ Ca(OH)<sub>2</sub>

變因:煉製溫度

同上述製脂步驟，轉速 3.5、皂化溫度 105<sup>0</sup>c 一小時、加水分散肥皂、分別以不同的煉製溫度 90<sup>0</sup>c、105<sup>0</sup>c、120<sup>0</sup>c、135<sup>0</sup>c、150<sup>0</sup>c 煉製 25 分鐘、冷卻研磨，比較各組潤滑脂的特性。

不同煉製溫度的潤滑脂特性

特性 煉製 溫度 (°c)	針入度(mm)			工作後 針入度			機 械 安 定 性	滴點(°c)			分 油 率	
	22.9	22.5	22.3	24.3	24.3	24.0		122	121	120	烤 前	烤 後
<b>90</b> (平均)	<b>22.6</b>			<b>23.2</b>			<b>0.97</b>	<b>123.0</b>			<b>0.10</b>	
<b>105</b> (平均)	23.2	24.2	23.7	24.4	24.4	24.7		130	125	125	10.0	9.4
<b>105</b> (平均)	<b>23.7</b>			<b>24.5</b>			<b>0.97</b>	<b>126.7</b>			<b>0.06</b>	
<b>120</b> (平均)	26.3	25.9	26.5	26.6	26.5	26.5		142	141	140	10.0	10.0
<b>120</b> (平均)	<b>26.2</b>			<b>26.5</b>			<b>0.99</b>	<b>141.0</b>			<b>0.00</b>	
<b>135</b> (平均)	26.2	26.3	26.7	27.9	27.0	27.3		145	143	148	10.0	10.0
<b>135</b> (平均)	<b>26.4</b>			<b>27.4</b>			<b>0.96</b>	<b>145.5</b>			<b>0.00</b>	
<b>150</b> (平均)	29.2	29.5	29.7	30.4	30.2	31.1		125	123	128	10.0	9.0
<b>150</b> (平均)	<b>29.5</b>			<b>30.6</b>			<b>0.96</b>	<b>125.3</b>			<b>0.10</b>	



討論：

1. 煉製溫度在 135<sup>0</sup>c 以下，隨煉製溫度升高，針入度、機械安定性、滴點等數值上升，分油率下降。煉製溫度 120<sup>0</sup>c 時，機械安定性最佳；煉製溫度 135<sup>0</sup>c 時滴點最高。
2. 煉製溫度在 150<sup>0</sup>c 潤滑脂性能下降，滴點下降，分油率增加，潤滑脂特性變差。此結果顯示煉製溫度太高可能會破壞皂化結構或基礎油特性，造成潤滑脂性能降低。

(十二)、 實驗十三 探討煉製時間對煉油成脂的影響

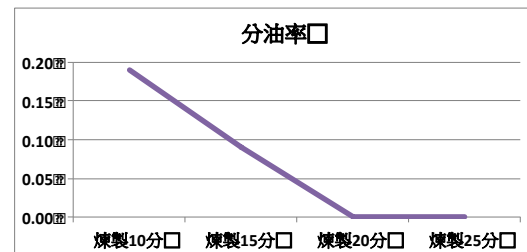
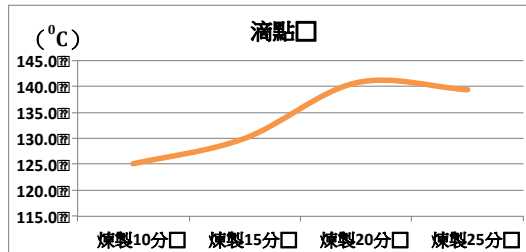
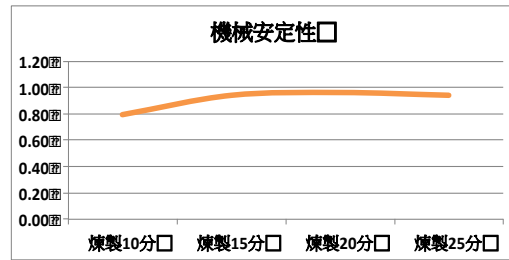
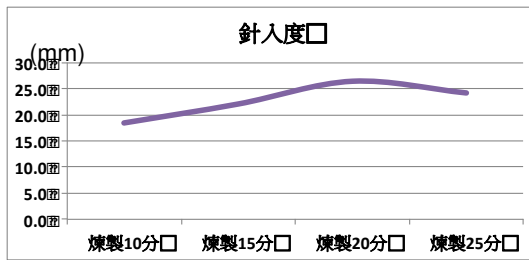
基礎油:礦物油 稠化劑:硬脂酸+ Ca(OH)<sub>2</sub>

變因:煉製時間

同上述製脂步驟，以轉速 3.5、皂化溫度 105<sup>0</sup>c 一小時、加水分散肥皂、煉製溫度 120<sup>0</sup>c 分別以不同的煉製時間 10 分、15 分、20 分、25 分進行反應、冷卻研磨，比較各組潤滑脂特性。

不同煉製時間的潤滑脂特性

特性 煉製 時間(分)	針入度(mm)			工作後 針入度			機 械 安 定 性	滴點(°c)			分 油 率	
											烤 前	烤 後
<b>10</b> (平均)	18.1	18.5	18.7	22.2	22.4	22.1	<b>0.79</b>	130	120	125	10.0	8.1
	<b>18.4</b>			<b>22.2</b>				<b>125.0</b>			<b>0.19</b>	
<b>15</b> (平均)	21.8	22.7	21.7	23.5	23.1	23.5	<b>0.94</b>	127	135	130	10.0	9.1
	<b>22.1</b>			<b>23.4</b>				<b>130.7</b>			<b>0.09</b>	
<b>20</b> (平均)	26.2	26.3	26.7	27.9	27.0	27.3	<b>0.96</b>	142	140	140	10.0	10
	<b>26.4</b>			<b>27.4</b>				<b>140.7</b>			<b>0.00</b>	
<b>25</b> (平均)	23.9	24.1	24.5	25.2	25.7	25.9	<b>0.94</b>	138	140	140	10.0	10.0
	<b>24.2</b>			<b>25.6</b>				<b>139.3</b>			<b>0.10</b>	



討論：

1. 煉製時間越長，針入度、機械安定性、滴點值越高，在煉製 20 分鐘達到最高，煉製 25 分鐘的潤滑脂各項特性與煉製 20 分鐘相差不大。
2. 煉製時間為 10 分鐘時，三次滴點誤差大，沒有固定滴點，機械安定性差，顯示精煉 10 分鐘的潤滑脂較不均勻。

### (十三)、 實驗十四 探討研磨與否對煉油成脂的影響

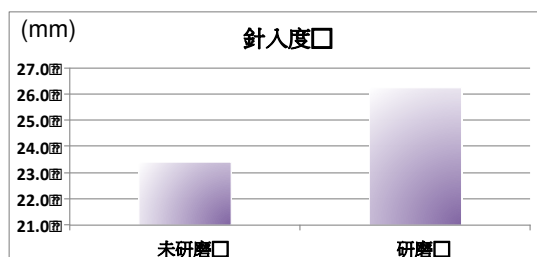
基礎油:礦物油 稠化劑:硬脂酸+ Ca(OH)<sub>2</sub>

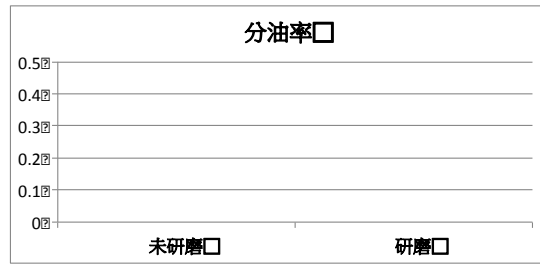
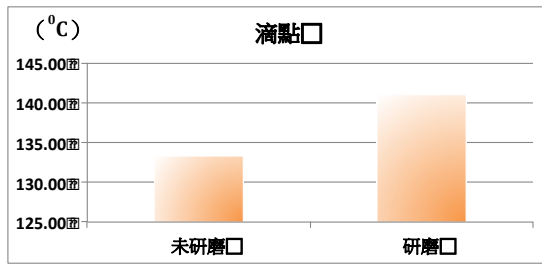
變因: 研磨與否

同上述製脂步驟，分別進行研磨與未研磨等實驗比較各組潤滑脂特性。

研磨與否的潤滑脂特性

特性 研磨與否	針入度(mm)			工作後 針入度			機 械 安 定 性	滴點(°C)			分 油 率	
	22.0	24.5	23.7	26.2	26.4	26.1		0.88	130	125	120	10.0
未研磨 (平均)	23.4			26.2			0.88	133.3			0.05	
研磨 (平均)	26.3	25.9	26.5	26.6	26.5	26.5		0.99	142	141	140	10.0
	26.2			26.5					141.0			0.00





### 討論

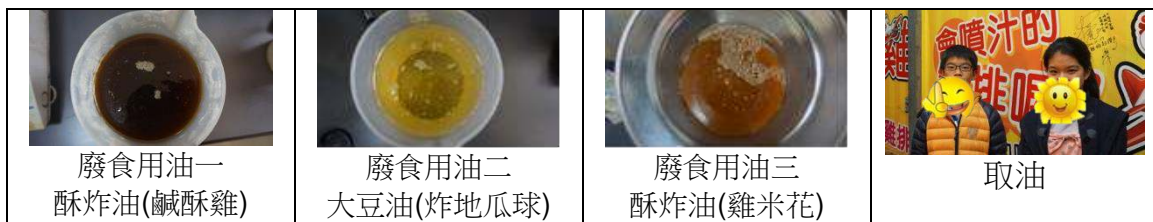
1. 經研磨過的潤滑脂針入度大、機械安定性佳、滴點高、分油率為零，膠體穩定；未研磨的潤滑脂，沒有固定滴點，顯示潤滑脂膠體不均勻。
2. 由實驗結果可知研磨有助於潤滑脂的混合均勻，提升性能。

## 四、 研究廢食用油於潤滑脂的應用

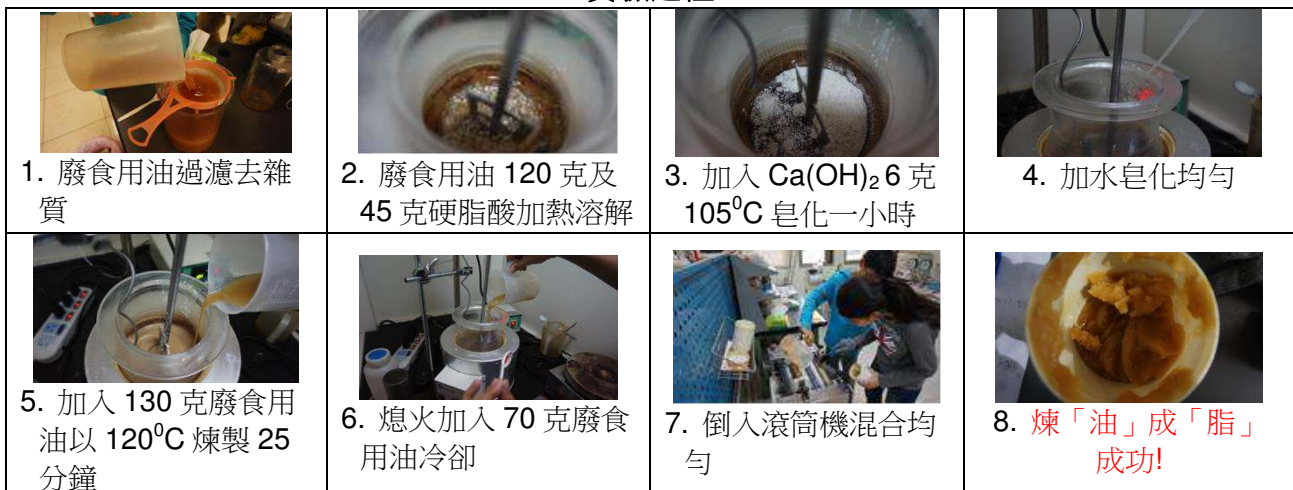
### (一)、 實驗十五：製作廢食用油潤滑脂

基礎油:廢食用油 稠化劑:硬脂酸+  $\text{Ca}(\text{OH})_2$  變因：廢食用油的來源

將廢食用油取代礦物油作為基礎油，廢食用油先以濾網過濾雜質，取 120g 及硬脂酸 45g 放入加熱釜加熱攪拌，硬脂酸溶解後加入 6g  $\text{Ca}(\text{OH})_2$  以  $105^\circ\text{C}$  皂化一小時，加水 2cc 升溫至  $120^\circ\text{C}$  加入廢食用油 130g 煉製 25 分後熄火，加入 70g 廢食用油冷卻攪拌 5 分鐘，倒入滾筒研磨均勻。比較各組潤滑脂特性。

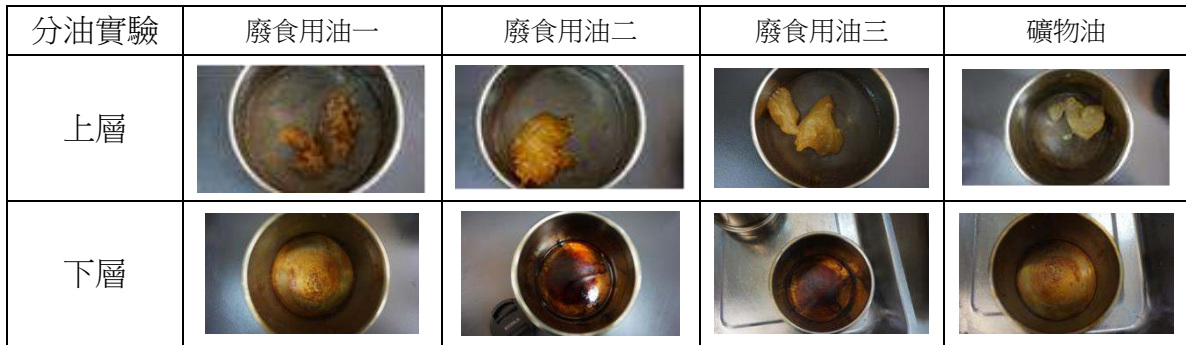


### 實驗過程



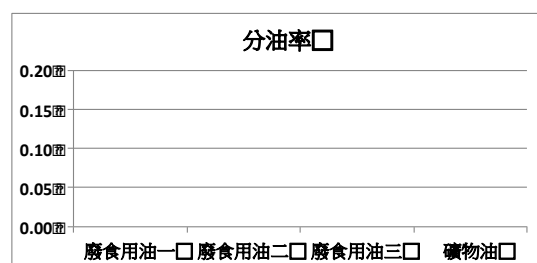
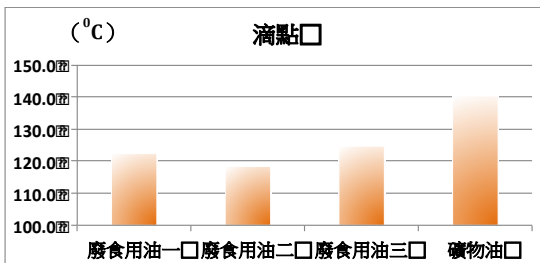
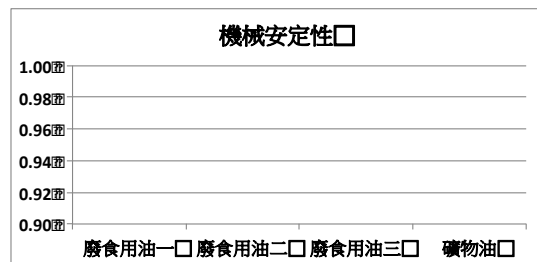
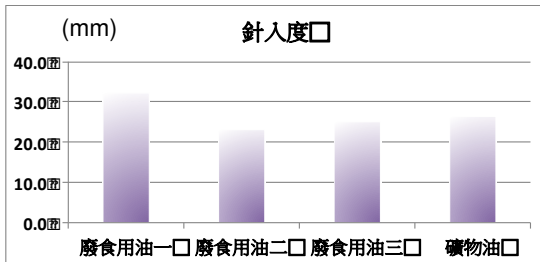


## 實驗結果



### 不同廢食用油的潤滑脂特性

特性 油種類	針入度(mm)			工作後 針入度			工作 穩定 度	滴點( $^{\circ}\text{C}$ )			分 油 率	
	32.0	32.2	32.5	33.3	32.9	32.2		0.98	121	125	121	烤 前
廢食用油一 (平均)	<b>32.2</b>			<b>33.8</b>			<b>0.98</b>	<b>122.3</b>			<b>0.01</b>	
廢食用油二 (平均)	23.8	22.6	22.9	23.4	23.9	23.2		<b>0.98</b>	120	120	115	10.0
	<b>23.1</b>			<b>23.5</b>					<b>118.3</b>			<b>0.15</b>
廢食用油三 (平均)	24.2	26.3	24.7	24.7	25.1	26.0	<b>0.99</b>	125	125	124	10.0	9.9
	<b>25.1</b>			<b>25.3</b>					<b>124.7</b>			<b>0.01</b>
礦物油 (對照組)	26.2	26.3	26.7	26.9	26.0	27.3	<b>0.99</b>	142	140	139	10.0	10.0
	<b>26.4</b>			<b>26.7</b>					<b>140.3</b>			<b>0.00</b>



### 討論：

- 廢食用油取代礦物油可以成功製作出廢食用油潤滑脂。
- 不同的廢食用油其潤滑脂特性也不同，酥炸油的廢食用油(分別為編號廢食用油一與

廢食用油三)所製成的潤滑脂有較高的滴點與較低的分油率，而大豆油的廢食用油，滴點低，分油率高，所製成的潤滑脂膠體較不穩定。

3. 對照組礦物油有較佳的機械安定性、高滴點與低分油率。

### 實驗十六 探討濾油粉對廢食用油潤滑脂品質的影響

基礎油：廢食用油 稠化劑:硬脂酸+  $\text{Ca}(\text{OH})_2$  變因：濾油粉處理與否

**文獻探討：**濾油粉能吸附並除去油脂中的雜質、游離酸、色素，提高油脂的耐用性。我們以濾油粉處理廢食用油，研究是否會提升廢食用油潤滑脂的品質。

實驗以三組進行，第一組：廢食用油簡單過濾後取 500 克加熱至  $160^\circ\text{C}$  加入濾油粉（矽酸鎂）10 克，持續定溫加熱攪拌 10 分鐘，冷卻靜置。第二組：取等量過濾後的油品加熱至  $160^\circ\text{C}$  後（不加濾油粉）持續定溫加熱攪拌 10 分鐘，冷卻靜置。第三組：廢食用油僅做簡單過濾處理。一星期後取三組上層澄清液進行**酸價**與**濁度**測試。



### 實驗結果

油品處理 \ 特性	酸價	澄清度 (照度 lux)			
		平均			
濾油粉及加熱處理	2	1410	1420	1420	1417
加熱處理	2~3	1300	1300	1300	1300
未處理	2	1320	1330	1330	1327

### 討論：

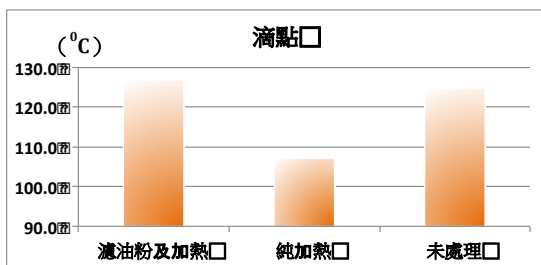
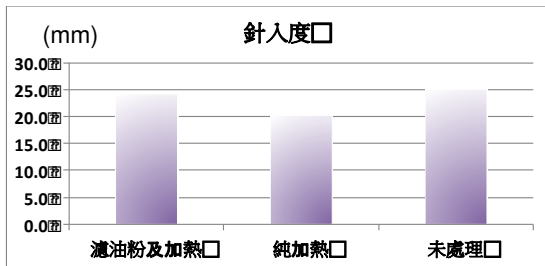
- 三組相比，加熱組的油品酸價略高，但與濾油粉組及未處理組相差不大
- 濾油粉組的照度值最大，顯示溶液顏色最淺，因此濾油粉具有除色的作用。



將上述油品製成潤滑脂，分別以作針入度、機械安定性、滴點、分油率進行比較。

油品處理與否對潤滑脂的影響

特性 油品處理	針入度(mm)			工作後 針入度			工作 穩定 度	滴點( <sup>0</sup> C)			分 油 率	
	24.6	24.4	23.7	24.9	24.6	23.9		125	130	125	烤 前	烤 後
濾油粉與加 熱處理	24.6	24.4	23.7	24.9	24.6	23.9	0.99	125	130	125	10.0	9.7
	24.2			24.5				126.7			0.03	
加熱處理	19.0	20.3	21.2	23.8	22.3	23.3	0.85	106	105	110	10.0	8.6
	20.2			23.1				107.0			0.14	
未處理	24.2	26.3	24.7	24.7	25.1	26.0	0.99	125	125	124	10.0	9.
	25.1			25.3				124.7			0.01	



討論：

1. 濾油粉組與純加熱組相比，酸價略微下降、油品較澄清，潤滑脂機械安定性佳、高滴點及低分油率，因此濾油粉可降低酸價、去除油中雜質與色素及提升潤滑脂品質。
2. 但純加熱組與未作任何處理組相比，廢食用油進行第二次高溫加熱後，酸價提高，機械安定性變差、滴點降低、分油率變高，其潤滑脂特性變差。
3. 綜合上述，以濾油粉進行油品處理時，必須在高溫環境下進行，但第二次高溫加熱的過程，又再一次破壞油的品質。在本研究的環境控制下中，加入濾油粉對油品的處理，對潤滑脂品質改善不大。

## (二)、實驗十七 設計簡易製作廢食用油潤滑脂的方法

目的：讓婆婆媽媽也能在家裡輕鬆的製作出廢食用油潤滑脂

器材：食物攪拌棒或有洞的湯匙、鍋子、廢食用油、硬脂酸、氫氧化鈣、工作手套、電磁爐、抽油煙機

### 實驗過程與方法

 <p>1.取 130 克廢食用油及 45 克硬脂酸加熱溶解，加入氫氧化鈣 6 克。</p>	 <p>2.以中火攪拌皂化一小時後，取一小匙觀察是否皂化成功。</p>	 <p>3.小心地從鍋緣以滴管加入 2cc 的水，過程要很慢，因為油溫很高！</p>
 <p>4.倒入 130 克廢食用油，以大火煮 25 分鐘。</p>	 <p>5.攪拌時要小心，要戴上工作手套，注意油會噴出！</p>	 <p>6.熄火後加入 70 克廢食用油攪拌 5 分鐘，冷卻後廢食用油潤滑脂完成。</p>



### 討論：

可以在家裡利用簡易製作潤滑脂的方法，將不用的廢食用油製成廢食用油潤滑脂，提供家中物品潤滑、防鏽、密封…等使用。

## (三)、實驗十八 研究廢食用油潤滑脂的在日常生活的應用

### 1. 抗水防鏽：探討潤滑脂抗水防鏽的功能

#### 實驗方法與過程

 <p>1.在刀片上塗抹等量的油與潤滑脂</p>	 <p>2.利用刮刀塗抹均勻。</p>	 <p>3.放入水中。</p>	 <p>4.分別裝入透明玻璃瓶中。</p>
 <p>5.為保持水氣充足，蓋上蓋子。</p>	 <p>6.放在陽光充足處兩天後取出觀察。</p>	 <p>上：塗潤滑脂 中：塗油 下：沒塗</p>	

### 討論：

未處理的刀片生鏽嚴重、塗油的刀片兩邊略有生鏽，中間沒有生鏽，塗抹潤滑脂的刀片沒有生鏽。因此潤滑脂具有抗水防鏽的功能。

### 2. 密封：探討潤滑脂密封的功能

取有洞的透明塑膠瓶，剪掉底部，分別以油與脂覆蓋小洞，倒入等量的水觀察密封效果。

#### 實驗方法與過程



### 討論：

未塗及塗油的小孔，罐子裝水後，水流出來；塗潤滑脂的小孔，水未流出，顯示潤滑脂對於小縫隙具有密封效果。

### 3. 日常生活摩擦面潤滑的應用：



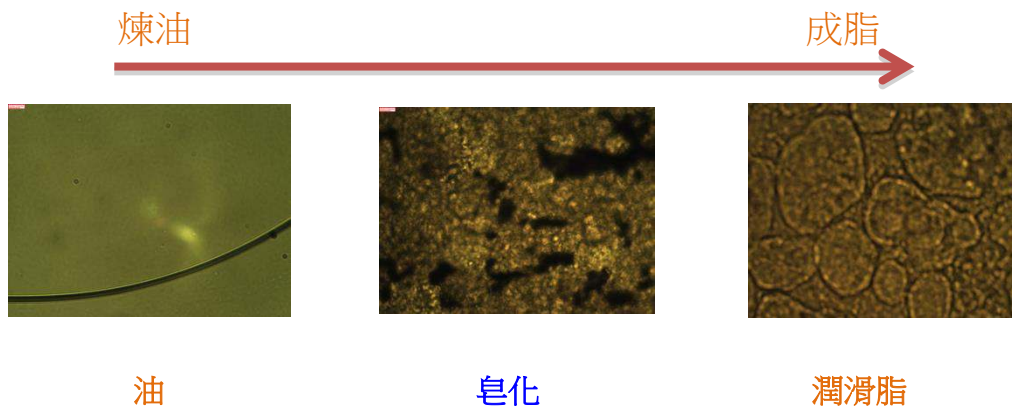
### 討論：

廢食用潤滑脂能提供日常生活中摩擦面的潤滑，十分實用。

## 陸、結論

廢食用油如何再利用是食安風暴後大家關心的問題，廢食用油最常拿來做飼料、肥皂及工業用。本研究提供了一個新的廢食用油再利用的點子，就是將廢食用油作成廢食用油潤滑脂即一煉「油」成「脂」。由於潤滑脂與油相比，具有不易流動、耐高溫、防水的特性，更具實用性。

煉「油」成「脂」的原理就是在基礎油中產生皂化反應，產生脂肪酸金屬鹽，其結構有如一塊海綿，海綿的孔洞可吸附基礎油，當受到擠壓時基礎油從孔洞中釋放出來，而產生潤滑效果（如下圖：以光學顯微鏡放大 400 倍），具有抗水、防鏽、潤滑、密封…等功能。



本研究影響煉「油」成「脂」的因素。得到下列結論：

- 一、煉「油」成「脂」要成功的關鍵因素取決於皂化反應是否成功。
- 二、探討影響皂化反應的因素，從實驗結果我們歸列出下列幾點：
  - (一)、最佳稠化劑材料為硬脂酸，是一種脂肪化學品，可以縮短皂化時間，容易與鹼反應，易皂化。
  - (二)、礦物油、動植物油、廢食用油不易與  $\text{Ca}(\text{OH})_2$  反應，因此不適合作為稠化劑的材料。
  - (三)、與  $\text{NaOH}$  相比，利用  $\text{Ca}(\text{OH})_2$  皂化製作出的潤滑脂不容易與水產生乳化，具有防水的性質，較抗水、防鏽。以  $\text{NaOH}$  皂化製作出的潤滑脂，容易與水產生乳化，不易抗水防鏽。
  - (四)、皂化過程中加少量水分可以幫助肥皂分散均勻，潤滑脂膠體結構較安定，有助於提升

滴點、機械安定性、及降低分油率。

三、從各組實驗結果(下表)發現具有高滴點特性的潤滑脂其分油率會較低。



同一潤滑脂滴點誤差大，沒有固定滴點，其分油率也會越高，我們推論是皂化結構與基礎油吸附不佳造成膠體不安定。

四、以礦物油(台塑 500N)為基礎油，經實驗結果，基礎油稠化劑比為 85:15、皂化溫度為 105<sup>0</sup>C、皂化時間一小時、煉製溫度為 120<sup>0</sup>C、煉製 20-25 分鐘、可以獲得最佳品質的潤滑脂。

五、以製作礦物油潤滑脂的最佳環境條件可以成功的製作出廢食用油潤滑脂，此時廢食用油當作基礎油使用。

六、不同的廢食用油做成的潤滑脂特性也不相同，可能與廢食用油的各種特性相關，此點有待後續研究探討。

七、鈣基潤滑脂具有抗水防鏽、摩擦面潤滑及小細縫密封的功能，適合日常生活使用。我們也成功地利用家中廚房製作出廢食用油潤滑脂，提供大家另一種廢食用油再利用的方法。

## 柒、參考文獻

- 一、 賴耿陽(2001) · 潤滑油及潤滑 · 台南市：復漢。
- 二、 朱廷彬主編 (2009) · 潤滑脂技術大全 · 北京:中國石化。
- 三、 國民中學自然與生活科技二下(2015) · 南一書局。
- 四、 吳誌偉、吳俞霖(2005) · 油脂皂化反應的實驗設計與探討 · 台灣二〇〇五年國際科學展覽會。
- 五、 林鈺霽、吳清鈺、陳韋如、江東隆、姚昌辰 (2006) · 回收油肥皂 · 中華民國第四十六屆中小學科學展覽會。



## 【評語】 030203

本作品應用廢食用油加鈣皂化後，來得到潤滑脂，製程簡易，品質易管制，效率亦高，可發展為教材，具推廣與實用之價值。