

中華民國第42屆中小學科學展覽會

::: 作品說明書 :::

高中-應用科學科

科 別：生活與應用科學

組 別：高 中 組

作品名稱：回鍋再利用 --- 葡萄糖讓壞油變好油

關 鍵 詞：回鍋油、酯化反應

編 號：040804

學校名稱：

高雄市立高雄女子高級中學

作者姓名：

馬瑄吟、朱億真、陳歆寧

指導老師：

劉靄雯、蕭米珍

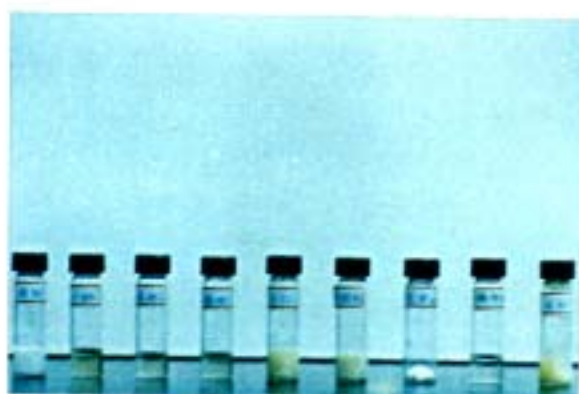




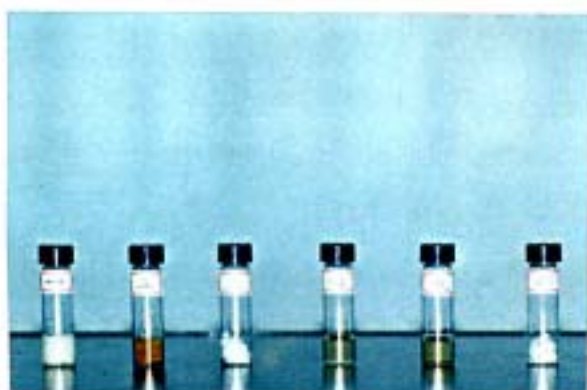
圖一：油類皂化裝置



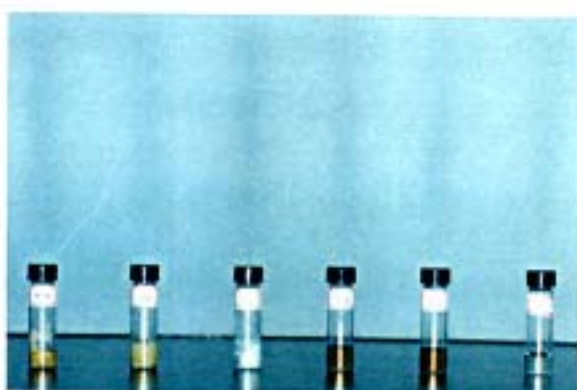
圖二：合成油脂裝置



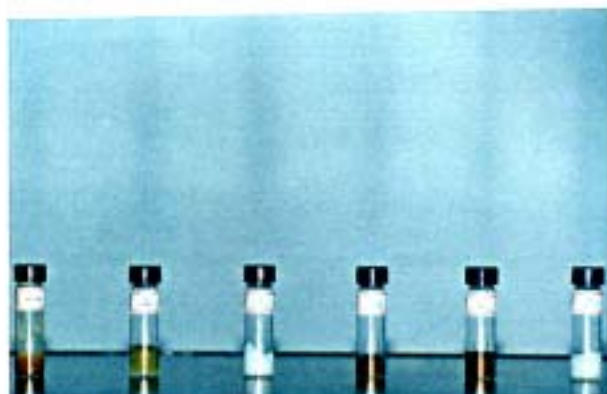
圖三：脂肪酸鹼鹽(左而右) 硬脂酸鈉、沙拉油肥皂Ⅰ、清香油肥皂Ⅰ、橄欖油肥皂Ⅰ、回鍋油肥皂Ⅰ、沙拉油肥皂Ⅱ、清香油肥皂Ⅱ、橄欖油肥皂Ⅱ、回鍋油肥皂Ⅱ



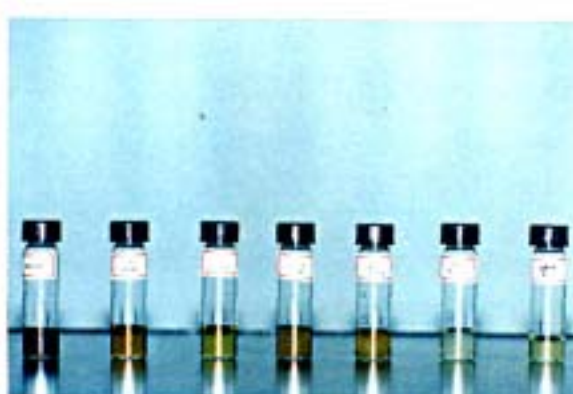
圖四：沙拉油衍生物和醣類合成油脂(左而右)
一：沙拉油-葡萄糖Ⅰ 二：沙拉油-果糖Ⅰ 三：沙拉油-蔗糖Ⅰ
四：沙拉油-葡萄糖Ⅱ 五：沙拉油-果糖Ⅱ 六：沙拉油-蔗糖Ⅱ



圖五：清香油衍生物和醣類合成油脂(左而右)
一：清香油-葡萄糖Ⅰ 二：清香油-果糖Ⅰ 三：清香油-蔗糖Ⅰ
四：清香油-葡萄糖Ⅱ 五：清香油-果糖Ⅱ 六：清香油-蔗糖Ⅱ



圖五：橄欖油衍生物和醣類合成油脂(左而右)
一：橄欖油-葡萄糖Ⅰ 二：橄欖油-果糖Ⅰ 三：橄欖油-蔗糖Ⅰ
四：橄欖油-葡萄糖Ⅱ 五：橄欖油-果糖Ⅱ 六：橄欖油-蔗糖Ⅱ



圖六：回鍋油衍生物和醣類合成油脂(左而右)
一：回鍋油-葡萄糖Ⅰ 二：回鍋油-果糖Ⅰ 三：回鍋油-蔗糖Ⅰ
四：回鍋油-葡萄糖Ⅱ 五：回鍋油-果糖Ⅱ 六：回鍋油-蔗糖Ⅱ
七：回鍋油-甘油

回鍋再利用 - 葡萄糖讓壞油變好油

摘 要

回鍋油的環保問題始終為討論的課題；重覆使用有健康之虞，廢棄倒入水槽，不僅會黏貼在水管中，孳生蟑螂細菌，排放到河川又污染水質，對生態環境的影響很大；台灣每年廢棄的食用油約有二十萬噸，佔了生活廢棄物的一部份，是不得不注重的環保問題。

本研究便是提出一個方法，希望能將回鍋油中仍有某些有用的成份，提取出來再利用。因為脂肪酸的羧基(-COOH)與另一化合物的羥基(醇基，-OH)會產生酯化反應得到酯類；油脂的成分一般為三酸甘油脂，即是三分子脂肪酸的羧基與一分子甘油的三個醇基發生酯化反應所得到的一種酯類。而糖類是有很多的醇基的分子，我們希望能夠利用油品中脂肪酸的羧基與糖類分子上的醇基產生酯化反應，形成一種分子量更大、穩定性更高的新油品。並進一步嘗試應用在使用過的回鍋油上，以期製成新的油品，如此一來便可以達到降低廢棄油的量、減少污染的目的。

實驗結果發現由回鍋油製得的肥皂，較易結塊，且其起泡率亦較佳，洗淨效果最好，所以回鍋油肥皂是絕對值得推廣的。而利用糖類分子所合成新油的部分，我們也合成了許多新的油品，雖然品質及產率還有待改進，但已能證明的這是一個可行的方法。如果有研究機構採用這個方法，也許就有發展成功的一天。

一、研究動機

由於環保意識逐漸的抬頭，愈來愈多人不遺餘力推動回收再利用的運動，回鍋油尤為大眾所注重的項目之一。台灣每年的食用油品使用量約為七十萬噸，而每年廢棄的食用油約有二十萬噸，佔了生活廢棄物的一部份。在使用油的習慣上，多數人會將剩油重覆使用，但當油重覆使用次數超過三次，就會影響身體健康，於是這些食用廢油絕大部分便進入了我們的河川、湖泊及海洋，浮油阻礙了水中氧氣及陽光的穿透，對台灣生態影響甚鉅。

其實回鍋油中仍有某些有用的成份，但若以萃取法萃取，需耗用大量的有機溶劑，一則不符成本，二則有機溶劑的殘留，又是另一種污染。目前，主婦聯盟有鑒於回鍋油對環境的污染，而推動回收食用廢油，並將其製成肥皂。因為脂的成分為三酸甘油酯，而油的成分主要為脂肪酸，兩者皆可皂化成脂肪酸鈉(即肥皂)。化學課中曾學到脂肪酸的羧基(- COOH)與另一化合物的羥基(醇基， - OH)會產生酯化反應得到酯類；脂的成分為三酸甘油酯，即是三分子脂肪酸的羧基與一分子甘油的三個醇基發生酯化反應所得到的一種酯類。從糖類的結構式發現，糖類分子也有很多的醇基，例如葡萄糖有五個醇基，蔗糖則有八個醇基；於是我們想到是否可利用油品中脂肪酸的羧基與糖類分子上的醇基產生酯化反應，形成一種分子量更大、穩定性更高的新油品。並進一步嘗試應用在使用過的回鍋油上，以期製成新的油品，如此一來便可以達到降低廢棄油的量、減少污染的目的。

各國政府都已成立了專責的環保單位，以積極宣導環保觀念與方法。過去”3R”的措施 - Reduction(減量)、Reuse(重覆使用)、Recycling(回收)，已增加”第 4R” - Regeneration(再生或資源化)，本研究便是朝著這個環保概念，嘗試給回鍋油一個再生的機會。

<配合課程單元>

高中基礎化學 - 第五章「生活中的物質」。

高中選修化學(下) - 第七章「有機化學」

二、研究目的

- (一)將各式油品直接皂化並觀察比較其反應產物(脂肪酸鈉，即肥皂)。
- (二)將油品皂化產物(脂肪酸鈉)作為酯化反應的中間物，與含有醇基的醣類分子反應合成新油。
- (三)利用有效水解油脂的方法，提取油品中的脂肪酸成分。
- (四)將各式油品水解後，再行皂化反應，觀察比較此產物與直接皂化之產物的差異性。
- (五)嘗試利用醣類分子的醇基與油品水解得到的脂肪酸合成新的油品。
- (六)將以上的實驗方法應用於回鍋油，以期得到 1.回鍋油肥皂 2.提取油品中的脂肪酸成分 3.與糖類分子作用合成的新油品 4.水解的脂肪酸與甘油重新合成新油。

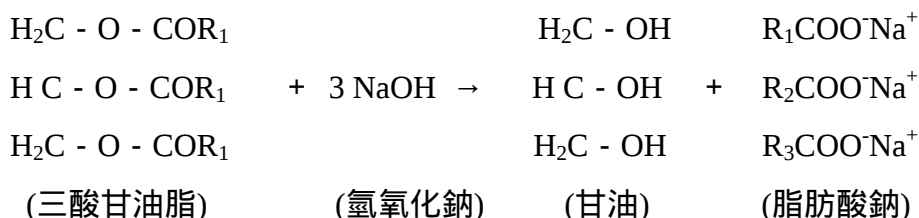
三、研究器材與藥品

油脂：			
硬脂酸	沙拉油	清香油	橄欖油
回鍋油			
糖類：			
葡萄糖	果糖	蔗糖	
其他試劑：			
C ₂ H ₅ OH	NaOH	H ₂ SO ₄	HCl
甘油	KOH	石油醚	
器材：			
量筒	燒杯	電磁加熱攪拌器	電子天秤
玻棒	滴管	量瓶	冷凝管
濾紙	過濾漏斗	錐形瓶	抽濾裝置
溫度計	橡皮管	分液漏斗	試管

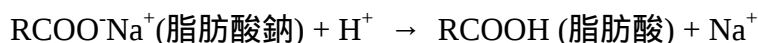
四、研究原理：

(一)反應說明：

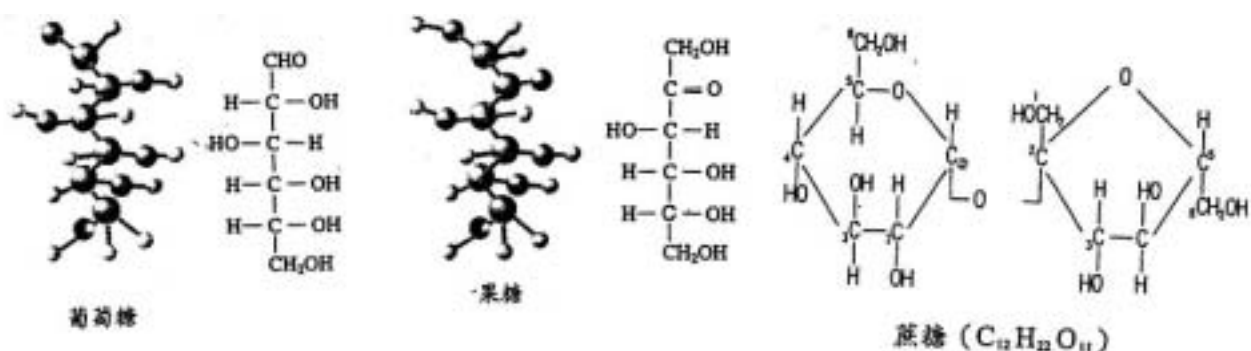
一般我們所稱的油脂是由三分子的脂肪酸和一分子的甘油酯化脫水而成。當我們將油脂和氫氧化鈉在酒精中共煮，會產生水解反應生成脂肪酸鈉，此即皂化反應。反應方程式如下：



若將所得到的脂肪酸鈉加酸便可還原成脂肪酸：



根據官能基性質，脂肪酸的-COOH 應會和含有-OH 的有機化合物(如：甘油、甲醇、乙醇...等)進行酯化反應，再度形成新的油脂。[酯化反應： $\text{RCOOH} + \text{R}'\text{OH} \rightarrow \text{RCOOR}' + \text{H}_2\text{O}$]而糖類分子中，亦含有較甘油多的-OH 基，應該可以與較多的脂肪酸反應，形成更大分子的油脂。葡萄糖、果糖、蔗糖的結構式如下：



(二)各種油品的成份：

在一般食用油中，可分為植物油和動物油兩種，但主要不失為脂肪酸和甘油(丙三醇)的酯化產物。每一種油類，其丙三醇上最多只能接三個脂肪酸，穩定性較差。各種油的詳細成分如下：

大豆沙拉油：

含油量 16~20%，主要為亞麻油酸 50%，油酸 27%，另含少量軟脂酸、硬脂酸、次亞麻油酸、花生酸，含有多量卵磷脂，維生素有少量 A 及稍多量的 E，酸價 0.15 以下，過氧化價 10 以下。

清香油：

肉豆蔻酸 1.4~2.0%，軟脂酸 18.05~20.98%，十六烯酸 0.1~3.95%，硬脂酸 3.15~5.91%，油酸 48.76~55.33%，亞油酸 13.20~18.25%，次亞油酸 TRACE。

橄欖油：

油酸 83.5%，棕櫚油酸 9.4%，亞麻油酸 4%，硬脂酸 2%，花生脂酸 0.9%。

回鍋油：

本實驗所使用的回鍋油為大豆沙拉油多次油炸香雞排之剩餘油品，呈褐色、黏稠狀，有異味。

五、實驗過程及方法

實驗一：將各式油品直接皂化並觀察比較其反應產物(脂肪酸鈉，即肥皂)。

實驗 1.1 以純脂肪酸－硬脂酸($C_{17}H_{35}COOH$)進行皂化反應，試驗其反應製造硬脂酸鈉的效果

<<方法>>

- 1.將 28.4g(0.1mol)的硬脂酸，加入 500mL 的燒瓶中，並用 75mL95%的 C_2H_5OH 作溶劑將硬脂酸溶解。
- 2.量取 4g(0.1mol)的 NaOH 溶於 25mL 的水中，倒入燒瓶。
- 3.將燒瓶置於 2L 的燒杯中，以電磁攪拌加熱器隔水加熱並攪拌，燒瓶以迴旋冷凝管冷凝逸散之酒精，以 70 左右之溫度加熱 4hr。(實驗裝置如照片圖一)
- 4.將硬脂酸肥皂倒入 200mL 飽和食鹽水中鹽析，取出固體，以真空抽濾後即為產物。此產物標示為硬脂酸鈉(I)。
- 5.觀察記錄其外觀，並檢驗其起泡程度(方法見實驗 7.1)。

實驗 1.2：以食用油品進行皂化反應，試驗其反應製造肥皂的效果

<<方法>>

同實驗 1.1，但將硬脂酸改以 30mL 的大豆沙拉油、清香油、橄欖油(油的比重約 0.92，取約 0.1mol 的量，即約為 30mL)。此產物分別標示為沙拉油肥皂(I)、清香油肥皂(I)、橄欖油肥皂(I)。

實驗 1.3：以回鍋油進行皂化反應，試驗其反應製造肥皂的效果

<<方法>>

同實驗 1.1，但將硬脂酸改以 35mL 的回鍋油(因回鍋油中所含油脂應較食用油少，所以用量略有增加)。此產物標示為回鍋油肥皂(I)

實驗二：將油品皂化產物(脂肪酸鈉)作為酯化反應的中間物，與含有醇基的糖類分子反應合成新油。

<<說明>>

酯化反應為酸+醇→酯+水；油脂大多以甘油脂的形式存在，必須先將其皂化水解成脂肪酸鈉的形式，才易進行酯化反應，而硬脂酸或其他長鏈的脂肪酸並不溶於水，而提供醇基的糖類分子又不溶於油，所以我們以油品皂化產物(脂肪酸鈉可溶於水)作為酯化反應中間物，與含有醇基的糖類分子反應合成新油。

<<方法>>

實驗 2.1：以硬脂酸鈉試驗其合成新油品的反應效果

- 1.將硬脂酸鈉(I)(實驗 1.1 產物)加入 500mL 的燒瓶中。
- 2.將 1.8g(0.01mol)的葡萄糖溶於 50mL 水，再倒入裝有硬脂酸鈉(步驟 1.)的 500mL 燒瓶中。
- 3.將燒瓶置於 2L 的燒杯中，以電磁攪拌加熱器隔水加熱並攪拌，以 40℃ 左右之溫度加熱 3.5hr。(實驗裝置見照片圖二)
- 4.將不同狀態的產物分離，並觀察記錄其外觀。
- 5.取 1.8g(0.01mol)的果糖、2.0g 的蔗糖重覆上述實驗。
- 6.產物分別標示為硬脂酸-葡萄糖(I)、硬脂酸-果糖(I)、硬脂酸-蔗糖(I)。

註：因為 1 個葡萄糖分子及果糖分子上皆有 5 個醇基，所以葡萄糖及果糖的量取油脂的莫耳數的 1/5；而 1 個蔗糖分子有 8 個醇基，所以蔗糖的量取油脂的莫耳數的 1/8。

實驗 2.2：以常見食用油製成的脂肪酸鈉試驗其合成新油品的反應效果

- 1.同實驗 2.1，將硬脂酸鈉(I)改成沙拉油肥皂(I)(實驗 1.2 產物)加入 500mL 的燒瓶中。
- 2.取清香油肥皂(I)、橄欖油肥皂(I)重覆上述實驗。
- 3.產物分別標示為沙拉油-葡萄糖(I)、沙拉油-果糖(I)、沙拉油-蔗糖(I)；清香油-葡萄糖(I)、清香油-果糖(I)、清香油-蔗糖(I)；橄欖油-葡萄糖(I)、橄欖油-果糖(I)、橄欖油-蔗糖(I)。

實驗 2.3：以回鍋油製成的脂肪酸鈉試驗其合成新油品的反應效果

- 1.同實驗 2.1，將硬脂酸鈉(I)改成回鍋油肥皂(I)(實驗 1.3 產物)。
- 2.產物分別標示為回鍋油-葡萄糖(I)、回鍋油-果糖(I)、回鍋油-蔗糖(I)。

實驗三：利用有效水解油脂的方法，提取油品中的脂肪酸成分。

<<說明>>

我們嘗試另一種合成新油品的的方法，利用皂化反應先將各類油脂皂化水解，因用 NaOH 反應，所以皂化產物以脂肪酸的鈉鹽形式存在，我們將以實驗一所製成的各類脂肪酸鹽加入和 NaOH 同莫耳數的 HCl，使脂肪酸鈉經酸鹼中和還原成脂肪酸，再依其不溶於水的特性分離出，以提取油脂中的脂肪酸。

註：因硬脂酸已為純的脂肪酸，本實驗便不以其作試驗。

實驗 3.1：將常見食用油製成的脂肪酸鈉加入酸還原成脂肪酸。

- 1.將沙拉油肥皂(I)(實驗 1.2 產物，未經鹽析)加入 500mL 的燒瓶中。加入 9.0mL 的 12M 的濃 HCl。
- 2.將燒瓶置於 2L 的燒杯中，以電磁攪拌加熱器隔水加熱並攪拌，以 40 左右之溫度加熱 1hr。
- 3.以分液漏斗取出上層油狀物，觀察記錄其外觀。
- 4.取清香油肥皂(I);橄欖油肥皂(I)重覆上述實驗。
- 5.產物分別標示為沙拉油酸、清香油酸、橄欖油酸。

實驗 3.2：將回鍋油製成的脂肪酸鈉加入酸還原成脂肪酸。

- 1.同實驗 3.1 將食用油肥皂改以回鍋油肥皂(I)(實驗 1.3 產物)。
- 2.產物標示為回鍋油酸。

實驗四：將油脂水解得到的脂肪酸再度皂化。

<<說明>>

由於我們日常使用的油脂，以沙拉油為例，為不純油脂，故我們將油脂做水解處理，將所得到的脂肪酸再度製成脂肪酸鈉，再以此作為合成新油品所行酯化反應的中間物，將此脂肪酸鈉和糖類分子反應成新油脂。

<<方法>>

- 1.將實驗三之產物(沙拉油酸、清香油酸、橄欖油酸及回鍋油酸)分別置於 500mL 的燒瓶中，加入 75mL 95%的 C_2H_5OH 。
- 2.量取 4g 的 NaOH 溶於 25mL 的水中，倒入燒瓶。
- 3.將燒瓶置於 2L 的燒杯中，以電磁攪拌加熱器隔水加熱並攪拌，燒瓶以迴旋冷凝管冷凝逸散之酒精，以 70 左右之溫度加熱 4hr。
- 4.將產物倒入燒杯中放置，觀察記錄其外觀。
- 5.檢驗各種肥皂的起泡程度。
- 6.此產物分別標示為沙拉油肥皂(II)；清香油肥皂(II);橄欖油肥皂(II)；回鍋油肥皂(II)

實驗五：將再製肥皂與糖類分子作用以合成新油品。

實驗 5.1 將食用油再製肥皂與糖類分子作用生成新油品

- 1.將實驗四之產物--再製沙拉油肥皂(II)溶於 250mL 水，倒入 500mL 的燒瓶中。
- 2.將 3.6g 的葡萄糖溶於 50mL 水，再倒入裝有沙拉油肥皂的 500mL 燒瓶中。
- 3.將燒瓶置於 2L 的燒杯中，以電磁攪拌加熱器隔水加熱並攪拌，以 40 左右之溫度加熱 10hr。
- 4.將不同狀態產物分離，並觀察記錄其外觀。
- 5.取 3.6g 的果糖、4.0g 的蔗糖重複上述實驗。
- 6.取清香油肥皂(II)、橄欖油肥皂(II)重複上述實驗
- 7.產物分別標示為沙拉油-葡萄糖(II)、沙拉油-果糖(II)、沙拉油-蔗糖(II)；清香油-葡萄糖(II)、清香油-果糖(II)、清香油-蔗糖(II)；橄欖油-葡萄糖(II)、橄欖油-果糖(II)、橄欖油-蔗糖(II)。

實驗 5.2：將回鍋油再製肥皂糖類分子作用生成新油品

- 1.同實驗 5.1，將再製沙拉油肥皂(II)改成回鍋油肥皂(II)(實驗四產物)。
- 2.產物分別標示為回鍋油-葡萄糖(II)、回鍋油-果糖(II)、回鍋油-蔗糖(II)。

實驗六：將回鍋油肥皂與甘油重新合成新油。

1. 將回鍋油肥皂(I)溶於 250mL 水，倒入 500mL 的燒瓶中。
2. 分別加入 3.0g 甘油及 50mL 的水。
3. 將燒瓶置於 2L 的燒杯中，以電磁攪拌加熱器隔水加熱並攪拌，以 40 左右之溫度加熱 10hr。
4. 將不同狀態產物分離，並觀察記錄其外觀。產物標示為回鍋油-甘油(I)。
- 5.取回鍋油肥皂(II)重覆上述實驗。產物分別標示為回鍋油-甘油(II)。

實驗七：各項檢驗

實驗 7.1：肥皂起泡程度的檢驗

- 1.取 1g 的各種肥皂產物，放入試管中。
- 2.加入 5mL 的水，待肥皂完全溶解，蓋上軟木塞。
- 3.上下搖盪 30 秒，測量泡沫的高度(cm)。

實驗 7.2：油脂酸價的檢驗

- 1.秤取油脂 10g 於 200mL 之三角瓶中。
- 2.加入 50mL 的酒精，溶解油脂。
- 3.用 0.1M 的 KOH 滴定，以酚酞為指示劑，滴定至呈淺紅色，並維持 10 秒鐘不變色。
- 4.測出滴定所耗之 0.1M KOH 之 mL 數。
- 5.再取 50mL 酒精，加入空瓶中。
- 6.再用 KOH 滴定，重覆步驟 3.
- 7.測出滴定所耗之 KOH mL 數。

8.酸價=
$$\frac{(V - B) \times 5.61 \times F}{W}$$

V：第一次滴定所耗之 KOH mL 數

B：空白滴定所耗之 KOH mL 數

W：樣品重量

F：0.1M KOH 的價數

實驗 7.2：油脂黏滯性的檢驗

- 1.取一支去除針頭的針筒(6mL)。
- 2.加入待測油脂至刻度六，測量其由刻度 3 滴至刻度 1 的時間。
- 3.其滴下時間愈長，表其黏滯性愈大。

六、研究結果與討論：

(一)實驗一：將各式油品直接皂化並觀察比較其反應產物(脂肪酸鈉，即肥皂)。

<<結果>>

肥皂 種類	硬脂酸鈉	沙拉油 肥皂(I)	清香油 肥皂(I)	橄欖油 肥皂(I)	回鍋油 肥皂(I)
產物 外觀	白色 固體	鵝黃色 固體	淡粉紅色 固體	淡黃色 液體	淡黃色 塊狀固體
起泡程度 (泡沫高度)	1.0 cm	11.2cm	7.5 cm	6.6 cm	13.0 cm

(肥皂產物見照片三)

<<說明及討論>>

1. 硬脂酸加 NaOH 其產物經鹽析、抽濾，得到白色的固體，其加水後成白色混濁，搖晃後會產生泡沫，泡沫高度為 0.5 cm。我們推測產物為硬脂酸鈉。
2. 沙拉油加 NaOH 的產物鹽析前為褐色透明狀，鹽析後呈綿絮狀漂浮，靜置 1 小時後，在上層聚集而結成塊固狀物呈鵝黃色；溶於水成白色混濁，搖晃後產生泡沫，泡沫高度為 11.5 cm，為所有肥皂中最高者。
3. 清香油加 NaOH 的產物鹽析前為褐色透明狀，鹽析後整瓶溶液呈粉紅色混濁，靜置 15 分鐘後，開始在上層聚集成塊，固狀物呈淡粉紅色；溶於水成白色混濁，搖晃後產生泡沫，泡沫高度為 2.3 cm。
4. 橄欖油加 NaOH 的產物經鹽析後，亦呈現似液態狀漂浮在上層。若將其塗抹於錶玻璃上，待酒精揮發後，則會有米色固體留於錶玻璃上，將其溶於水成白色混濁，搖晃後會產生泡沫，泡沫高度為 3.3 cm。
5. 回鍋油和 NaOH 反應的產物不經鹽析即結成硬塊，得鵝黃色塊狀固體，加水後成白色混濁。搖晃完後產生大量泡沫，泡沫高度為 6.5 cm。

**(二)實驗二：將油品皂化產物(脂肪酸鈉)作為酯化反應的中間物，
與含有醇基的糖類分子反應合成新油。**

<<結果>>

硬脂酸

油品種類	硬脂酸-葡萄糖(I)	硬脂酸-果糖(I)	硬脂酸-蔗糖(I)
產物外觀	白色 塊狀柔軟固體	白色固體 塊狀柔軟固體	白色 塊狀柔軟固體

沙拉油 (產物見照片四)

油品種類	沙拉油-葡萄糖(I)	沙拉油-果糖(I)	沙拉油-蔗糖(I)
產物外觀	略呈褐色 細末狀固體 浮於水上	略呈褐色 片狀固體 浮於水上	白色 呈膠狀

清香油 (產物見照片五)

油品種類	清香油-葡萄糖(I)	清香油-果糖(I)	清香油-蔗糖(I)
產物 外觀	黃褐色 略結塊固體 浮於水上	淡黃色 片狀固體 結塊於水上	白色 片狀固體 浮於水上

橄欖油 (產物見照片六)

油品種類	橄欖油-葡萄糖(I)	橄欖油-果糖(I)	橄欖油-蔗糖(I)
產物 外觀	黃褐色 塊狀柔軟固體 浮於水上	黃色 片狀固體	白色 塊狀固體

回鍋油 (產物見照片七)

油品種類	回鍋油-葡萄糖(I)	回鍋油-果糖(I)	回鍋油-蔗糖(I)
產物 外觀	黃褐色 固體	黃褐色 液體	黃色 液體

<<討論>>

1. 硬脂酸鈉和糖類共煮得到的油品，雖然其初產物得到的量極大，但產物不易用石油醚萃取，很難進一步純化。
2. 沙拉油和糖類共煮方面，其中以沙拉油-果糖和沙拉油-葡萄糖產量較多，但和沙拉油-蔗糖共煮的產量則不盡理想。
3. 清香油和糖類共煮方面，也以清香油-果糖和清香油-葡萄糖共煮所得的產量較大，但清香油-蔗糖產量則不佳。
4. 橄欖油和糖類共煮方面，只有橄欖油-葡萄糖的產量較好。
5. 回鍋油肥皂和糖類共煮得到的油品，只有回鍋油-葡萄糖的產量較好，其餘初產物得到的量極大，但仍無法進一步以石油醚萃取而純化。

(三)實驗三：利用有效水解油脂的方法，提取油品中的脂肪酸成分。

<<結果>>：將各式自製肥皂加入酸，還原為脂肪酸

脂肪酸	沙拉油酸	清香油酸	橄欖油酸	回鍋油酸
產物外觀	油狀，呈金黃色，浮於上層液面，略有小顆粒，但小顆粒的量極少	油狀，呈淡黃色，浮於上層液面。	油狀，呈淡黃色，浮於上層液面。	淡黃色乳糜狀，柔軟黏滯性大
黏滯性	22"00	18"30	18"25	很難滴下

<<討論>>

1. 沙拉油肥皂、清香油肥皂、橄欖油肥皂、回鍋油肥皂加入酸還原後，前三者上層呈透明油狀，略有微量顆粒，而下層為無色透明的液體，由於油的密度小於水，故推測上層為經 H^+ 還原的脂肪酸。
2. 在回鍋油方面，初加入 H^+ 時，成白色混濁，經攪拌使其均勻反應一小時後取出靜置，可發現分為上下兩層，上層為白色乳狀物，其中有細小的顆粒，下層為淡黃色透明狀液體，我們取出其上層物，為被酸還原的脂肪酸。
3. 以回鍋油還原脂肪酸的黏滯度最大，亦最具顆粒狀。

(四)實驗四：將油脂水解得到的脂肪酸再度皂化。

<<結果>>：將還原脂肪酸再度皂化(肥皂產物見照片二)

肥皂種類	沙拉油 肥皂()	清香油 肥皂()	橄欖油 肥皂()	回鍋油 肥皂()
產物 外觀	白色 固體	白色 固體	淡黃色 塊狀 柔軟固體	黃色 塊狀 柔軟固體
起泡程度 (泡沫高度)	6.7 cm	6.5 cm	6.2 cm	13.5 cm

<<討論>>

- 1.沙拉油加 NaOH 的產物經鹽析後，呈現乳狀。我們將其以分液漏斗取出，靜置於小燒杯中，待殘留酒精完全揮發後，呈現白色固態。
- 2.清香油加 NaOH 的產物經鹽析仍無法得到如硬脂酸鈉般的白色固體，但可以呈現較為黏稠狀。若將其塗抹於錶玻璃上，待酒精揮發後，則會有米色固體於錶玻璃上。
- 3.橄欖油加 NaOH 的產物經鹽析後，亦呈現似液態狀漂浮在上層。若將其塗抹於錶玻璃上，待酒精揮發後，則會有米色固體留於錶玻璃上。
- 4.回鍋油和 NaOH 反應的產物不經鹽析即為金黃色透明固體，略有彈性，加水後成白色混濁。
- 5.我們以泡沫量來檢測試產物是否為肥皂，及推估產量。
- 6.油品還原後再製的肥皂，其起泡率並未比直接製成的肥皂更佳。

(五)實驗五：將再製肥皂與糖類分子作用以合成新油品。

<<結果>>將再製肥皂加入不同糖類，以合成新油品。

沙拉油(產物見照片四)

油品種類	沙拉油-葡萄糖()	沙拉油-果糖()	沙拉油-蔗糖()
產物外觀	淡黃色 凍狀固體	淡黃色 凍狀固體	淡黃色 凍狀固體

清香油 (產物見照片五)

油品種類	清香油-葡萄糖()	清香油-果糖()	清香油-蔗糖()
產物 外觀	深黃色 液體	深黃色 液體	黃白色 液體

橄欖油 (產物見照片六)

油品種類	橄欖油-葡萄糖()	橄欖油-果糖()	橄欖油-蔗糖()
產物 外觀	深黃色 液體	黃色 固體 浮於水上	淡黃色 黏稠狀 固體

回鍋油 (產物見照片七)

油品種類	回鍋油-葡萄糖()	回鍋油-果糖()	回鍋油-蔗糖()
產物 外觀	淡黃色 柔軟固體	淡黃色 凍狀固體	淡黃色 凍狀固體

<<討論>>

1. 所有油類肥皂和醣類共煮得到的油品，雖然其初產物呈凍狀，看似得到的量極大，但難以去除其中的水份。

(六)實驗六：將回鍋油肥皂與甘油重新合成新油。

<<結果>>回鍋油肥皂(I)和回鍋油肥皂(II)和甘油共煮的油品

油品種類	回鍋油-甘油(I)	回鍋油-甘油(II)
產物 外觀	淡黃色 柔軟固體	淡黃色 柔軟固體

<<討論>>

- 1.回鍋油肥皂和甘油共煮得到的油品，雖然其初產物呈凍狀，看似得到的量極大，但難以去除其中的水份，且不易以石油醚萃取。
- 2.回鍋油肥皂和甘油共煮的到的油品，有黏黏滑滑的感覺。

(七)實驗七：各項檢驗

<<結果>>實驗用各式油品的酸價、黏度。

油品	沙拉油	清香油	橄欖油	回鍋油
酸價	0.84	0.70	0.70	1.54
黏度(時間)	5"40	6"52	6"09	7"20

<<討論>>

回鍋油的壞處：

- 1.一般食用油品經過高溫長時間加熱，皆有變質的現象，其酸價及過氧化值將會明顯升高。而我們實際以採樣的回鍋油測試，顯示其酸價為大豆沙拉油的兩倍多，而其黏度較一般的食用油為大，且顏色明顯加深，呈現褐色，而異於原本之金黃色。並且其中有許多雜質，且有異味發出。
- 2.由於回鍋油已是變質的油品，應視為廢棄物，但若棄置於水槽中，將造成極大的環境污染；如欲將一大湯匙的回鍋油予以沖淡到魚類可生存的狀態，約需添加 5 噸的水，由此可知油脂(食用廢油)的排放對影響水域魚類生存的嚴重性。我們試圖將回鍋油再次利用，並再製為更安定的油品。

七、討論

(一)油類水解

- 1.由於油脂為三酸甘油脂的巨大分子結構，三酸甘油脂並無-COOH 可和醇基(-OH)作用，且不易以簡單之檢驗分辨是否有新的油品生成。故我們先將油類水解為小分子脂肪酸，再將脂肪酸以脂肪酸鈉的形式進行反應。
- 2.我們取 30mL 的食用油，加入 4g 的 NaOH，使其在乙醇中完全反應。由於 0.1mol 的硬脂酸需 4g 的 NaOH，故我們約略估計等量的食用油，亦加入 4g 的 NaOH。而由於油和水不互溶，故我們以乙醇為溶劑，使油及 NaOH 皆溶於乙醇中，以利反應的進行。
- 3.一般市售食用油中並不單純只有一種脂肪酸或一種甘油脂，某些脂肪酸並不會進行皂化反應（因分子量太小），而油品中的非脂肪酸類雜質亦不進行皂化反應，故我們進行皂化反應，可藉以去除非實驗所需的雜質，使產物中純脂肪酸的比例增加，以利反應進行。
- 4.皂化的粗產物，經加入酸（HCl）0.1mol，使其和加入的 NaOH 行中和反應後，會得到純度較高的脂肪酸。而由於脂肪酸不溶於水，故我們以分液漏斗取出。由於小分子脂肪酸會略溶於水中，所以此部份的脂肪酸成分較純，且為大分子脂肪酸。

(二)第一次皂化所得的脂肪酸鈉：

- 1.硬脂酸加 NaOH 其產物經鹽析之後抽濾，得到白色的固體，其加水後成白色混濁，搖晃後會產生泡沫，泡沫高度為 2.3 cm。
我們推測產物為硬脂酸鈉。
- 2.回鍋油和 NaOH 反應的產物不經鹽析即為鵝黃色塊狀固體，加水後成白色混濁。搖晃完後產生大量泡沫，泡沫高度為 6.5 cm，是合成最快、產量最多的肥皂。
- 3.在所有製成的肥皂中，以回鍋油製成的肥皂其最易結塊，回鍋油雖為變質的油品，但經皂化後，不僅肥皂脫去回鍋油的深褐色，且品質最佳，所以回鍋油肥皂值得開發再利用。

(三)加酸還原油

- 1.沙拉油肥皂、清香油肥皂、橄欖油肥皂、回鍋油肥皂加入酸還原後，前三者呈透明油狀，

略有顆粒，微量。在回鍋油方面，為白色乳狀物，

2.這些還原後的脂肪酸中，以回鍋油的黏滯度最大。

3.經 H^+ 還原成的脂肪酸，主要為液態，但其中亦有固態微粒狀的脂肪酸，可知油的成分不只有單純的一種。

(四)一次合成油

1.我們以皂化粗產物，加入各式的糖類。由於純化脂肪酸需大量有機溶劑，故我們直接以脂肪酸鈉鹽作反應物。理論上，脂肪酸羧基會和他種化合物的醇基產生酯化反應，而一分子的葡萄糖可提供 5 個羥基，和 5 分子的脂肪酸進行酯化反應。故我們取 0.1mole 的皂化粗產物和 0.02mole 單糖反應，以期能製造出新的油脂。

2.以此種方法製得的油脂中，以沙拉油-葡萄糖(I)、沙拉油-果糖(I)、清香油-葡萄糖(I)、清香油-果糖(I)、橄欖油-葡萄糖(I)、回鍋油-葡萄糖(I)的產率最佳。而任一種脂肪酸和蔗糖反應，所得油脂的產率並沒有因為蔗糖具有較多醇基而有較好的結果。總體來說，以單糖和脂肪酸在本實驗中的產率最佳，而雙糖類的產率則不甚理想。推測可能由於反應時間只有 10 小時，雙糖類大分子進行脂化反應可能需要較多的時間，才能得到較佳的結果。

3.實驗中，我們得到的油品品質並沒有很理想，可能因在合成過程中的溫度過高，反而會破壞油的品質。但溫度低反應又將更慢。另外也可能因其反應時間不夠久的緣故。

(五)二次合成油

1.我們把各個還原的油酸再加 NaOH 皂化得到的脂肪酸鈉，加入糖類分子進行反應，兩者皆可溶於水，即可減少有機溶劑的使用。

2.由於一分子的葡萄糖含 5 個醇基，故若假設其可完全反應，則脂肪酸和葡萄糖的莫耳數比需 5 : 1，我們取的脂肪酸 0.05mole，故需 0.02mole 的葡萄糖，即 3.6 克，同理，果糖亦需 3.6 克。而蔗糖含有 8 個醇基，需 4.0 克。

3.此方法製得的再製油脂，其產量並沒有預期的高，產物皆為凍狀固體，以石油醚萃取所得的產量極少。

八、結論

- 1.在本實驗中，我們希望將回鍋油製成肥皂後，再將其和醣類共煮，以期得到更新、更穩定的油品。一則可使回鍋油可再被利用避免造成環境的污染，二則開發新的油品，若能食用便可作為健康食用油；或是作為高品質的燃油，因為這種合成油含氧量多，燃燒較不易產生 CO，且一定不含硫及芳香族，燃燒時較不會產生有毒物質，可藉此改善空氣品質。
- 2.由回鍋油製得的肥皂，較易結塊，且其起泡率亦較佳，顯示其洗淨力可能較好，而其他油品得到的肥皂大多呈現液狀，相較之下，回鍋油肥皂的品質較其他食用油所合成的肥皂佳。回鍋油肥皂是絕對值得推廣的。
- 3.糖類分子所合成新油的部分，雖然實驗結果在設備不足、時間有限的情況下，不如預期，但如果可利用較好的設備，例如迴旋濃縮儀，或加入合適的催化劑，這也許真的是一個可行的方法。我們在這次的實驗研究中，只是初步試驗此種反應的可行性，希望有朝一日能發展成功。

九、參考資料

1. 高中基礎化學課本。
2. 陳正宗編著,生物化學指引,南山堂出版社出版,p8~30;p35~52
3. 第 37 屆科展第三名---回鍋油知多少？
4. 楊思廉主編,工業化學概論,五洲出版社出版,p444~p457