

中華民國 第 49 屆中小學科學展覽會
作品說明書

高中組 化學科

040211

多「烯」多健康

學校名稱：國立新莊高級中學

作者： 高二 劉育凱 高二 陳冠宇	指導老師： 游珮均
---------------------------------	------------------

關鍵詞：天然清潔劑、檸檬烯 (Limonene)

作品名稱：多烯多健康

摘要

市售的天然清潔劑成份多含有檸檬烯，根據一些研究資料，我們得知檸檬烯除了可當溶劑外，對於油脂亦具有清潔效果。在本研究中我們以家庭中常見的溶劑：酒精及水來萃取橘子皮，藉由 GC/MS 的鑑定來確定橘子皮萃取液是存在檸檬烯。而本研究對橘子皮萃取液及檸檬烯的標準品做了一連串的實驗，可推測檸檬烯用來除去油污的原因；在研究過程中，我們使用自組式透光儀觀察清潔劑對油脂形成油胞的程度，並設計一套清洗油污的流程，藉由油脂的氧化還原作用來測量殘油程度。因此，藉由本研究可將廢棄橘子皮製作成家用天然清潔劑，達到省錢環保的目的。

壹、研究動機

市面上的清潔劑多為人工合成，在清洗的過程對人體及環境皆會造成不少的負擔，若能將水果吃剩的果皮回收製成天然清潔劑，就可以減少污染，然而，由實驗結果中，我們知道柑橘類的果皮有較佳的去油效果，其原因在於果皮中含有檸檬烯成份，檸檬烯 (Limonene) 屬於一種萜烯類 (terpene)，其分子式為 $C_{10}H_{16}$ ，由檸檬烯的結構式推測，檸檬烯是一個不易溶於水的成份，所以我們想探討檸檬烯的溶解程度及去油效果，並期望改良果皮中天然清潔劑萃取的方式，進而能應用在日常生活當中，使得每個家庭都能輕易的製作出去污效果好的天然清潔劑。

貳、研究目的

- 一、研究如何將檸檬烯與水互溶以進行去油的效果。
- 二、設計一套可將清洗後殘餘油脂收集的流程，並測量殘餘油脂的含量百分比。
- 三、研究檸檬烯作為清潔劑去油的效果
- 四、研究橘子皮作為清潔劑去油的效果

參、研究設備及器材

藥品名稱		
水(D=1)	乙二醇	橘子皮
檸檬烯(D=0.84, MW=136.24)	丙二醇	酒精
醋酸	蘇丹紅 4 號	乙醚/醋酸(v/v=2/3)
乙醚	新丁醇(D=0.78)	沙拉油(D=0.92, MW=888)
飽和碘化鉀溶液	硫代硫酸鈉	1%澱粉水溶液

器材名稱		
燒杯	分液漏斗	濾紙
玻璃比色管	錐形瓶	抽濾漏斗
果汁機	吸量管	抽濾瓶
自組式透光率測量儀	滴定管	安全吸球
鑷子	量筒	滴定管架
磅秤	滴管	
玻璃絨	刮杓	

肆、研究過程或方法

一、原理

在本實驗中主要研究檸檬烯及橘子皮作為天然清潔劑的方式，檸檬烯多存於橘子、柳橙等芸香科水果果皮中，分子式為 $C_{10}H_{16}$ ，具有橘皮香氣的無色液體。取得方法多為分餾法，但因為分餾法器材在一般家庭中不易使用，故改用溶劑萃取法製作。

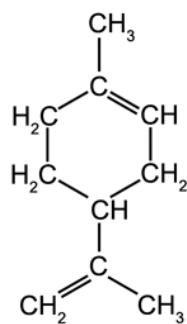


圖 1 檸檬烯 (Limonene) 結構圖

正因為橘子皮含有檸檬烯，當檸檬烯與界面活性劑混合後，成為可溶於水及油脂的化合物，而形成油脂微胞，當油脂微胞越多，溶液就越混濁，故可藉由自組式透光率測量儀定量油脂溶解量。另外，我們也設計一套油脂清洗的流程來模擬實際清洗油污的方式，並收集殘留油脂，將油脂中的過氧化物進行氧化還原滴定，計算殘油量的百分比；若殘油量百分比越低，則表示清潔效果越佳。

二、自組式透光率測量儀基本裝置

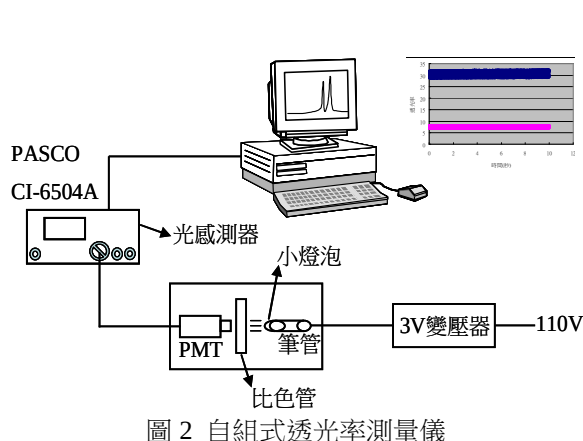


圖 2 為裝置圖，以小燈泡作為光源，與比色管和光電倍增管共同架設在盒子裡，內部任何非黑色的部份皆以黑色膠帶黏住來吸收光線。將小燈泡套入筆管，使光線單向發散，燈泡的電源則以六段電源轉接器提供 3 伏特電壓，使燈炮不易燒毀。當光線穿透裝有待測樣品的比色管時，後方的光電倍增管可將光訊號轉換成數位訊號，調整光電倍增管上的增益值 (gain) 位置，配合 PASCO 的光感測器，及電腦上的 Data studio 套裝軟體即可獲得最佳化的透光率輸出值。

註：透光率衰减百分比 = $\frac{\text{滴油前透光率} - \text{滴油後透光率}}{\text{滴油前透光率}} \times 100\%$

三、油脂的氧化還原滴定

油脂自氧化反應是一種自由基連鎖反應 (free radical chain reaction)，可分為三個階段：

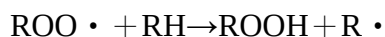
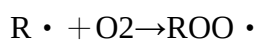
(1) 開始期 (initiation stage)

不飽和雙鍵上的碳氫化合物受到具化學活性的物質如自由基的作用，以移去氫原子而形成一自由基，此步驟通常較慢，是此類反應的決定步驟。



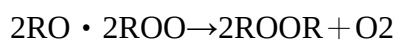
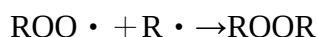
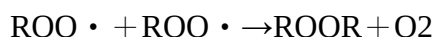
(2) 連續生長期 (propagation stage)

此階段反應包含一系列的過氧化基及新的自由基的生成：

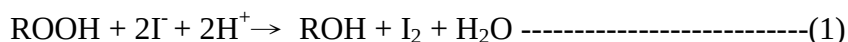


(3) 終止期 (termination stage)

當兩個自由基相互作用產生非游離基的產物，而使反應終止。



鑑定油脂品質在食品工業中為一項很重要的工作，各種已被認定的鑑定方法皆依據油脂有氧化過程中的相關變化而所測定。其中可利用油脂氧化中的初級產物－ROOH 來將 I⁻ 氧化成為 I₂，經由 Na₂S₂O₃ 與 I₂ 的氧化還原作用，藉由 Na₂S₂O₃ 滴定的體積大小，可以推算出殘油量的多寡，來觀察在清潔劑的清潔效果。



(Blue)

(Colorless)

硫代硫酸鈉當量數 = 硫代硫酸鈉體積莫耳濃度 × 滴定體積(L) × 1

$$\text{殘油量百分比(\%)} = \frac{(\text{樣品的硫代硫酸鈉當量數} - \text{空白實驗的硫代硫酸鈉當量數}) \times 888}{\text{油脂的淨重(g)}} \times 100\%$$

註：大豆沙拉油的平均分子量 = 888（假設大豆沙拉油的當量 = 888）

四、研究過程：本研究過程可分為兩個部分－檸檬烯的測試、橘子皮的測試。

第一部份、檸檬烯的測試：

(一) 測試水、檸檬烯與四種溶劑(新丁醇、乙二醇、乙醚、丙二醇)的互溶狀況：

1. 將水與四種溶劑以 3ml：3ml 比例混合，觀察互溶狀況。
2. 將檸檬烯與四種溶劑以 3ml：3ml 比例混合，觀察互溶狀況。
3. 將水、檸檬烯與四種溶劑以 6ml：3ml：3ml 比例混合，觀察互溶狀況。

(二) 測試檸檬烯、水、新丁醇、間互溶的程度：

1. 檸檬烯/新丁醇溶液與水的互溶程度：

(1) 配製下列檸檬烯和新丁醇混合溶液：

檸檬烯/新丁醇重量百分比	10%	25%	40%	60%
檸檬烯和新丁醇總重	40 克	40 克	40 克	40 克
新丁醇體積	46ml	38ml	31ml	21ml
檸檬烯體積	5ml	12 ml	19ml	29ml

(2) 各取上述溶液 20 克於錐形瓶，將水置於滴定管中，滴定溶液至混濁，記錄滴定體積。

2. 水/新丁醇溶液與檸檬烯互溶程度

(1) 配製下列水和新丁醇混合溶液：

水/新丁醇重量百分比	10%	25%	40%	60%
檸檬烯和新丁醇總重	40 克	40 克	40 克	40 克
新丁醇體積	46ml	38ml	31ml	21ml
水體積	4ml	10 ml	16ml	24ml

(2) 各取上述溶液 20 克於錐形瓶，將檸檬烯置於滴定管中，滴定溶液至混濁，記錄滴定體積。

- 將 1.、2.的實驗結果，繪製成三角形圖，找出檸檬烯/新丁醇/水的互溶比例。

(三) 溶劑（檸檬烯、水、新丁醇）加油脂後的透光率衰減百分比測量：

- 配製下列溶液：

水	清潔劑	新丁醇	檸檬烯
水 30ml	3ml 清潔劑、水 27ml	3ml 新丁醇、水 27ml	3ml 檸檬烯、水 27ml

- 各取 1.中溶液 3ml 於玻璃比色管中，以透光率測量儀測量。
- 滴油脂數滴於玻璃比色管中，充分搖晃，靜置 5 分鐘，測量透光率。待靜置 10 分鐘時，再測量透光率。

(四) 純溶劑（水、清潔劑、新丁醇、檸檬烯）的油脂清洗流程設計(蘇丹紅染色觀察)：

- 秤取 1 克玻璃絨各 4 份。放入分液漏斗中，再分別加入 30ml 油脂混勻，將油脂漏出。
- 取水、清潔劑、新丁醇、檸檬烯各 3ml，加水 27ml 使體積為 30ml 溶液。
- 各將步驟 2 的 4 種溶液倒入分液漏斗中，搖晃一分鐘，漏出溶液，取 30ml 水清洗，重複步驟 3 共 5 次。
- 加入蘇丹紅試液 30ml 於分液漏斗中，浸泡並漏出，以 30ml 清水流洗 3 次，觀察玻璃絨顏色變化。



清洗裝置



空瓶

玻璃絨

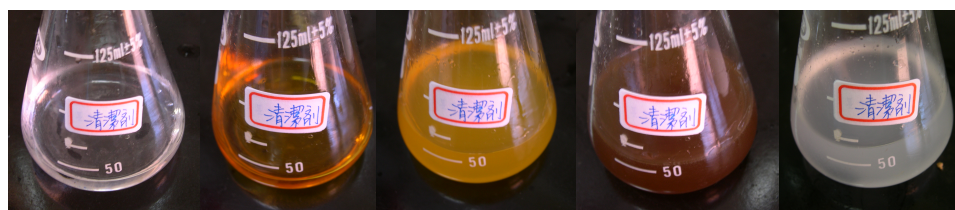
浸油脂後

清洗過程

染色後

(五) 純溶劑（水、清潔劑、新丁醇、檸檬烯）油脂清洗流程及殘油量氧化還原滴定：

- 油脂清洗流程：將清洗的溶劑改為水、清潔劑、新丁醇、檸檬烯，重複實驗（四）的步驟。
- 殘油量的氧化還原滴定
 - 將上述 4 管溶液分別以 20ml 及 10ml 的乙醚/醋酸(v/v=2/3)溶液，將殘留油脂溶解並漏於錐形瓶。
 - 將(1)溶液加入飽和碘化鉀溶液 0.5ml 搖晃 1 分鐘。加入 30ml 的蒸餾水混合。再加入 1%澱粉試液，以 0.01M 硫代硫酸鈉滴定至無色，記錄體積。



先洗下油脂

加入碘化鉀

加入水

加入澱粉試液

滴定硫代硫酸鈉

(六) 混合液(檸檬烯、新丁醇、水)加油脂後透光率衰減百分比測量、油脂清洗流程及殘油量的測定

1. 依照先前三角形法找出的 4 個比例：

體積百分比	1	2	3	4
新丁醇	60%	67%	57%	39%
水	7%	22%	38%	59%
檸檬烯	33%	11%	5%	2%

2. 透光率衰減百分比測量：

將 1.中的 4 種溶液進行與實驗(三)的 2.3.相同步驟，並記錄透光率值。

3. 油脂清洗流程及殘油量的氧化還原測定：

將 1.中的 4 種溶液進行與實驗(五)相同的步驟，並在最後一步以 0.05M 硫代硫酸鈉測定至無色，並記錄測定體積。

第二部份、橘子皮的測試：

(七) 萃取橘子皮的溶劑選擇，以透光率衰減百分比測量：

1. 取橘皮 100g 分別以水、醋酸、酒精 250ml 用果汁機打成汁後，靜置 10 分鐘，進行抽濾，收集濾液。
2. 各取濾液 3ml 以水稀釋成 30ml，測量透光率；滴油脂數滴並充分混勻，靜置 5 分鐘，測量透光率。

(八) 利用 GC/MS 鑑定橘子皮萃取液的成份有檸檬烯。

(九) 以不同酒精比例萃取橘子皮，加油脂後的透光率衰減百分比測量：

1. 先將橘子皮秤好 100g 撕成小塊狀，分別與 20%、40%、60%、80%、100%的酒精水溶液 250ml，放入果汁機中打勻，進行抽濾，收集濾液。
2. 各別取 3ml 的濾液，測量透光率；滴油脂數滴並充份混勻，靜置 5 分鐘，測量透光率。

(十) 以不同酒精比例萃取橘子皮，油脂清洗流程及殘油量氧化還原測定

將實驗(九)步驟 1.收集的濾液進行油脂清洗流程及殘油量的氧化還原測定，重複實驗(五)的步驟，並記錄測定體積。

(十一)比較以 80%酒精萃取液與 100%酒精萃取液稀釋成 80%酒精萃取稀釋液加油脂後的透光率衰減百分比測量、油脂清洗流程及殘油量氧化還原測定。

1. 使用 80%、100%酒精水溶液 250ml，重複實驗(九)步驟，收集濾液。
2. 將步驟 1.收集的濾液進行油脂清洗流程及殘油量的氧化還原測定，重複實驗(五)的步驟，並記錄測定體積。

伍、研究結果

第一部份、檸檬烯的測試：

(一) 測試水、檸檬烯與第三丁醇(新丁醇)、乙二醇、乙醚、丙二醇四種界面活性劑的互溶狀況觀察結果如下：

水	第三丁醇	完全互溶※
	乙二醇	互溶、變稠
	乙醚	不互溶、有介面
	丙二醇	互溶

檸檬烯	第三丁醇	完全互溶
	乙二醇	分層、下部混濁
	乙醚	互溶混濁
	丙二醇	不互溶、有介面

※加 5 滴檸檬烯後互溶→再多加 5 滴轉為混濁→再加些第三丁醇回歸澄清

水	檸檬烯	第三丁醇	分層混濁
		乙二醇	分層混濁
		乙醚	分層無混濁
		丙二醇	分層混濁

第三丁醇互溶狀況最好，之後的實驗就使用第三丁醇。

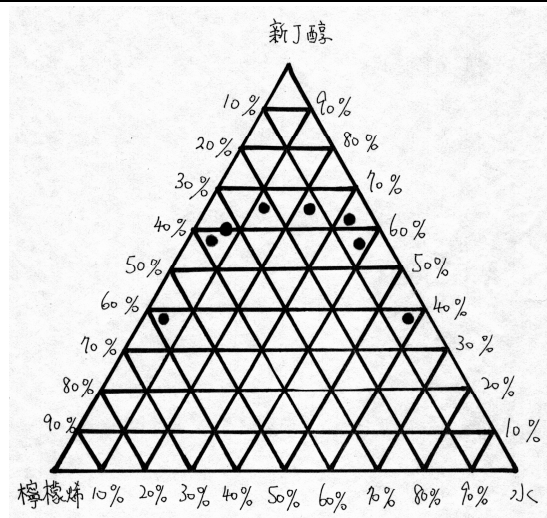
(二) 測試檸檬烯、水、新丁醇、間互溶的程度。

一、滴定水

滴定水 體積	10%新丁醇/ 檸檬烯溶液	25%新丁醇/ 檸檬烯溶液	40%新丁醇/ 檸檬烯溶液	60%新丁醇/ 檸檬烯溶液
第一次	17.7ml	5.2ml	3ml	1.6ml
第二次	17.8ml	6.6ml	3.7ml	1.4ml

二、滴定檸檬烯

滴定檸檬烯 體積	10%新丁醇/ 水溶液	25%新丁醇/ 水溶液	40%新丁醇/ 水溶液	60%新丁醇/ 水溶液
第一次	24.4ml	5.8ml	2.8ml	0.8ml
第二次	24.1ml	5.9ml	2.7ml	0.9ml

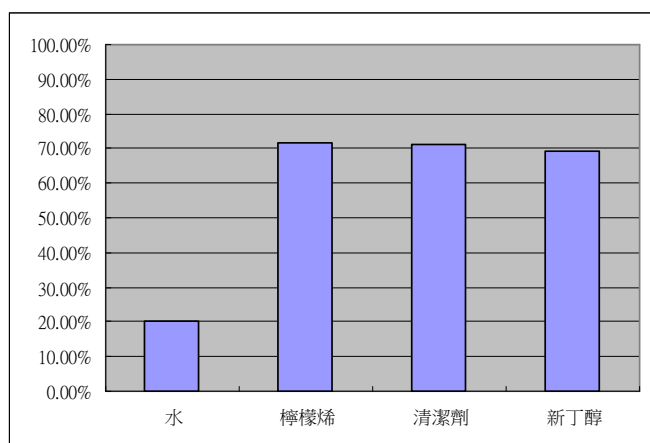


註：原理為三角法測量(托克、盧氏)圖形。

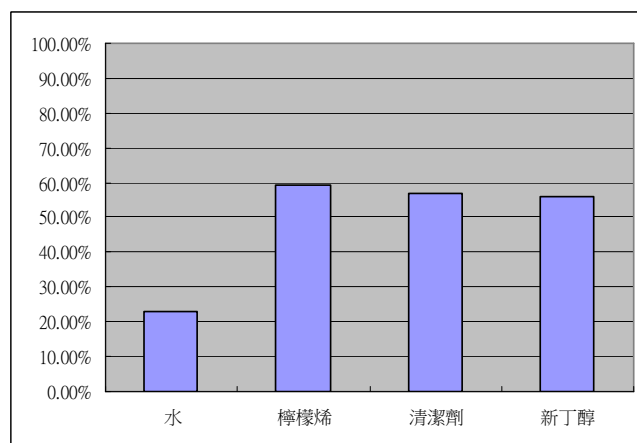
(三) 純溶劑（檸檬烯、水、清潔劑、新丁醇）加油脂後，透光率衰退百分比測量。

溶劑 種類	純溶劑透光率值				加油脂後 5 分鐘透光率值				透光率衰退百分比
	第一組	第二組	第三組	平均值	第一組	第二組	第三組	平均值	
水	22.59	22.69	22.77	22.68	17.28	17.86	19.15	18.10	20.22%
檸檬烯	18.52	18.83	17.75	18.37	5.4	4.97	誤差	5.19	71.77%
清潔劑	21.47	21.95	22.00	21.81	6.18	6.58	6.1	6.29	71.17%
新丁醇	21.33	21.07	20.68	21.03	6.65	6.29	6.62	6.52	68.99%

溶劑 種類	純溶劑透光率值				加油脂後 10 分鐘透光率值				透光率衰退百分比
	第一組	第二組	第三組	平均值	第一組	第二組	第三組	平均值	
水	22.59	22.69	22.77	22.68	16.61	17.87	18.07	17.52	22.78%
檸檬烯	18.52	18.83	17.75	18.37	7.56	7.31	誤差	7.44	59.52%
清潔劑	21.47	21.95	22.00	21.81	9.11	10.12	9.04	9.42	56.79%
新丁醇	21.33	21.07	20.68	21.03	8.99	8.52	10.33	9.28	55.87%



加油後 5 分鐘



加油後 10 分鐘

(四) 純溶劑（新丁醇、檸檬烯、清潔劑、水）油脂清洗流程設計(以蘇丹紅染色觀察)：



分別為清潔劑、水、新丁醇、檸檬烯

1. 水：油呈現片狀分布。
2. 清潔劑：油呈現小油滴分布，蘇丹紅染色結果顏色較 1. 淺。
3. 新丁醇：油呈現塊狀分布，蘇丹紅染色變較 1. 淺。
4. 檸檬烯：油呈現片狀分布，蘇丹紅染色變較 1. 淺。

(五) 純溶劑(水、清潔劑、新丁醇、檸檬烯)的油脂清洗流程及殘油量的滴定

水	23.3ml
清潔劑	12.3ml
新丁醇	15.8ml
檸檬烯	12.5ml
空白※	12ml

各別滴定硫代硫酸鈉的體積如左表。

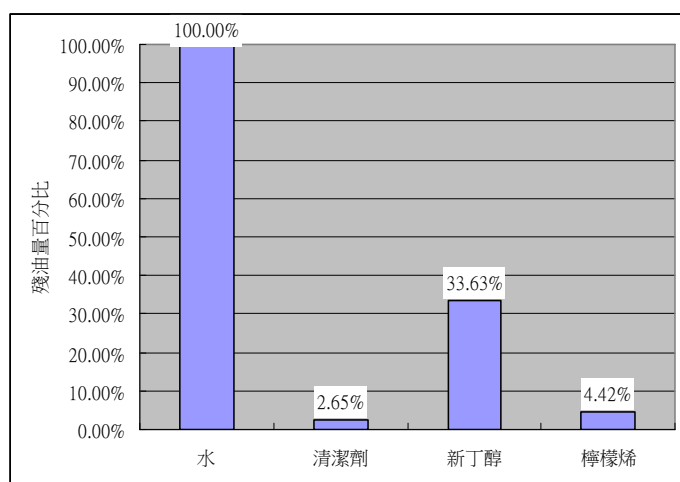
※表乙醚/醋酸(比例 2/3)直接使用氧化還原滴定所需的硫代硫酸鈉體積。

硫代硫酸鈉當量數 = 硫代硫酸鈉體積莫耳濃度 × 滴定體積 (L) × 1

殘油量(%) = $\frac{\text{樣品的硫代硫酸鈉當量數} - \text{空白實驗的硫代硫酸鈉當量數}}{\text{水的硫代硫酸鈉的當量數}} \times 100\%$

樣品	滴定體積(ml)	硫代硫酸鈉當量數(mmol)	殘油量 %
水	23.3	0.2330	100.00%
清潔劑	12.3	0.1230	2.65%
新丁醇	15.8	0.1580	33.63%
檸檬烯	12.5	0.1250	4.42%
空白	12	0.1200	0.00%

(假設水的殘油量為 100%)



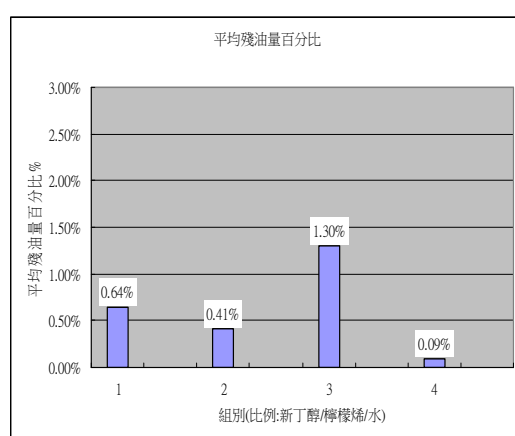
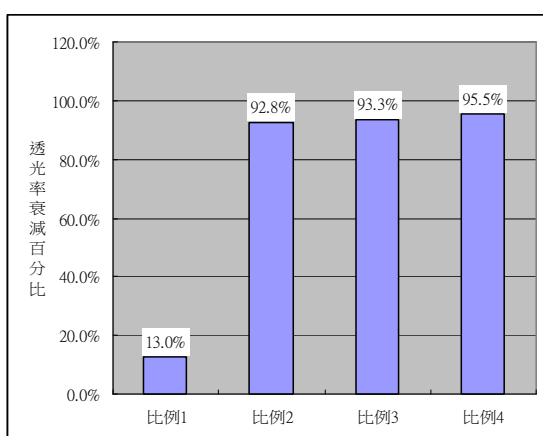
(六) 混合液（檸檬烯、水、新丁醇以不同比例混合）加油脂後透光率衰減百分比測量、油脂清洗流程及殘油量的滴定

比例	1	2	3	4
新丁醇	60%	67%	57%	39%
水	7%	22%	38%	59%
檸檬烯	33%	11%	5%	2%

透光率		加油前	加油 5 分鐘	透光率衰減百分率
比例 1	第一組	0.95	0.78	13.0%
	第二組	0.90	0.83	
比例 2	第一組	0.82	0.06	92.8%
	第二組	0.84	0.06	
比例 3	第一組	0.75	0.05	93.3%
	第二組	0.75	0.05	
比例 4	第一組	0.88	0.04	95.5%
	第二組	0.90	0.04	

比例	組別	瓶+玻重 (g)	加油後總重 (g)	油脂淨重 (g)	滴定體積 (ml)	硫代硫酸鈉當 量數(mmol)	平均殘油量 百分比(%)
1	第一組	162.94	165.8	2.86	0.6	0.0300	0.64%
	第二組	144.56	147.32	2.76	0.8	0.0400	
2	第一組	75.24	77.86	2.62	0.5	0.0250	0.41%
	第二組	81.7	84.44	2.74	0.6	0.0300	
3	第一組	85.66	88.42	2.76	1.0	0.0500	1.30%
	第二組	87.78	89.9	2.12	1.0	0.0500	
4	第一組	100.74	103.5	2.76	0.3	0.0300	0.09%
	第二組	89.46	91.98	2.52	0.4	0.0350	

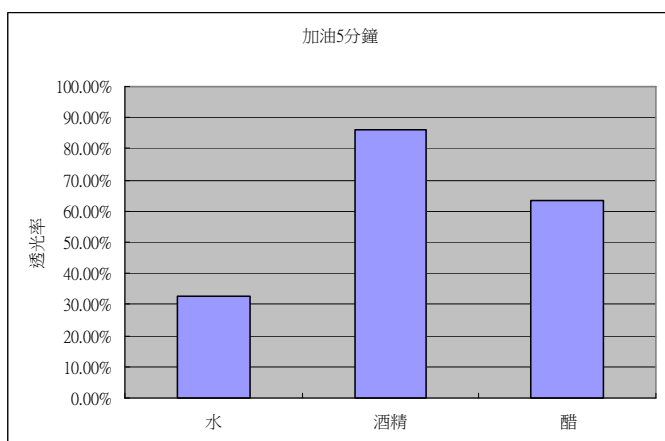
本組空白實驗的硫代硫酸鈉當量數為 0.015mmole



第二個部份橘子皮的測試：

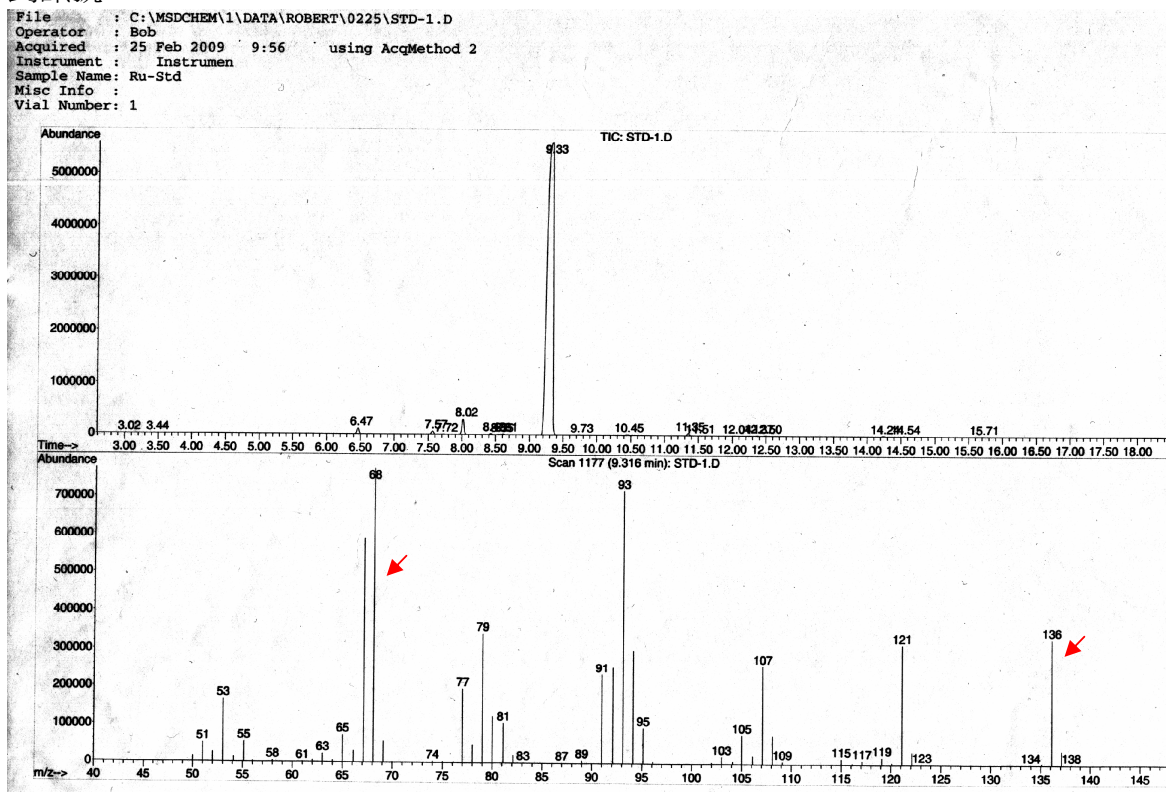
(七) 測量橘子皮過濾出來的溶劑的透光率測定

gain1	加油前				加油後 5 分鐘				透光率衰 減百分比
	第一組	第二組	第三組	透光率 平均值	第一組	第二組	第三組	透光率 平均值	
水	24.5	26.6	27.2	26.1	17.7	16.8	18.2	17.6	32.69%
酒精	27.9	27.7	27.8	27.8	3.6	3.9	4.0	3.8	86.21%
醋	24.5	24.5	24.2	24.4	7.5	8.0	11.2	8.9	63.55%

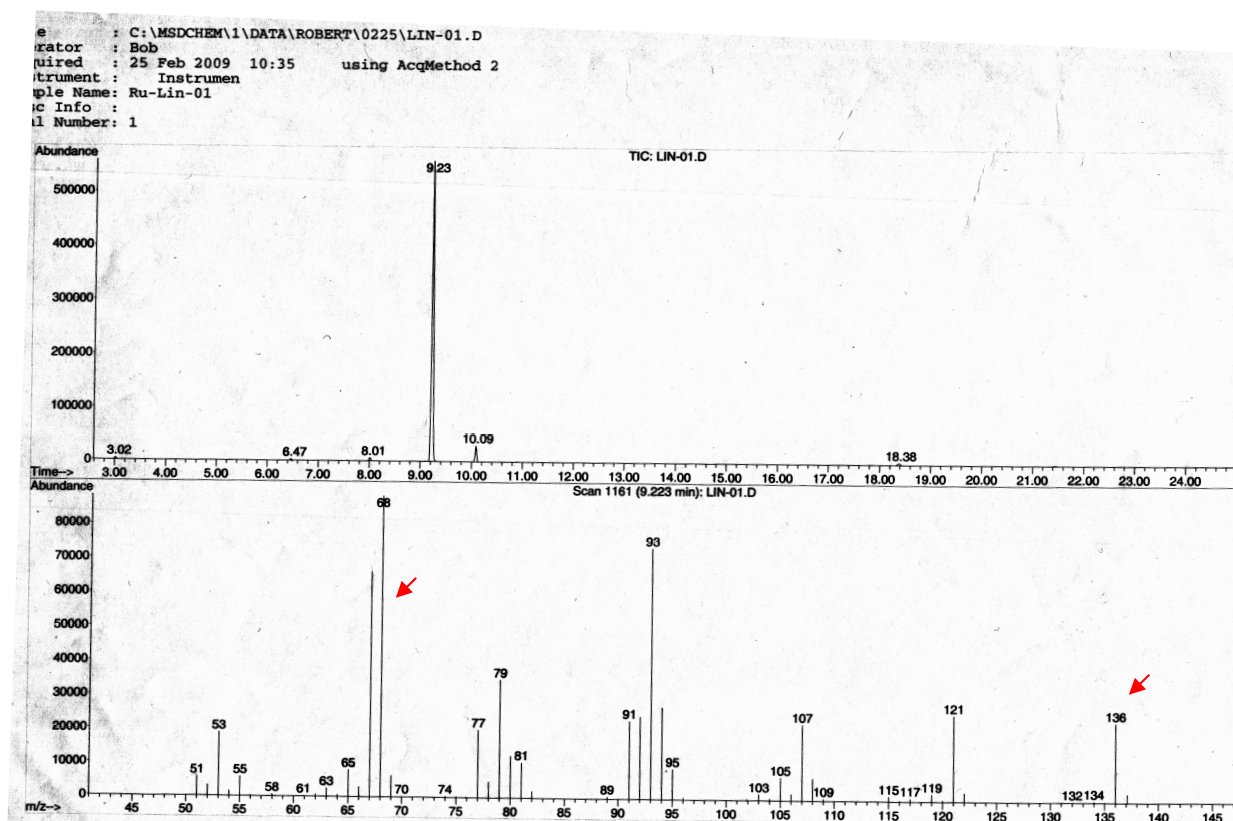


(八) 利用 GC/MS 鑑定橘子皮萃取液的成份為檸檬烯。

檸檬烯的分子量為 136.24，下面圖譜為檸檬烯的標準品，在 $m/z=68$ 及 $m/z=136$ 可以觀察到訊號。

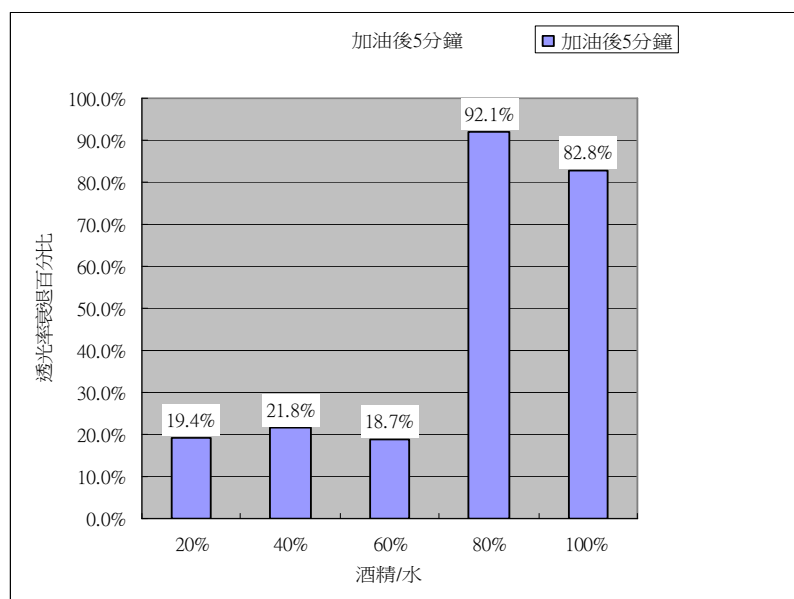


下圖為橘子皮萃取液的質譜圖，在 $m/z=68$ 及 $m/z=136$ 處，同樣可以看到訊號。



(九) 酒精比例粹取-透光率衰減百分比：

比例 酒精/水	增益值	加油前透光率值		加油後 5 分鐘透光率值		透光率衰減百分比 平均
		第一組	第二組	第一組	第二組	
20%	gain1	18.9	18.8	15.5	14.9	19.4%
40%	gain1	34.5	33.5	27.1	26.1	21.8%
60%	gain10	17.2	16.6	14.9	12.6	18.7%
80%	gain10	21	20.8	1.7	1.6	92.1%
100%	gain10	21.5	21	3.5	3.8	82.8%

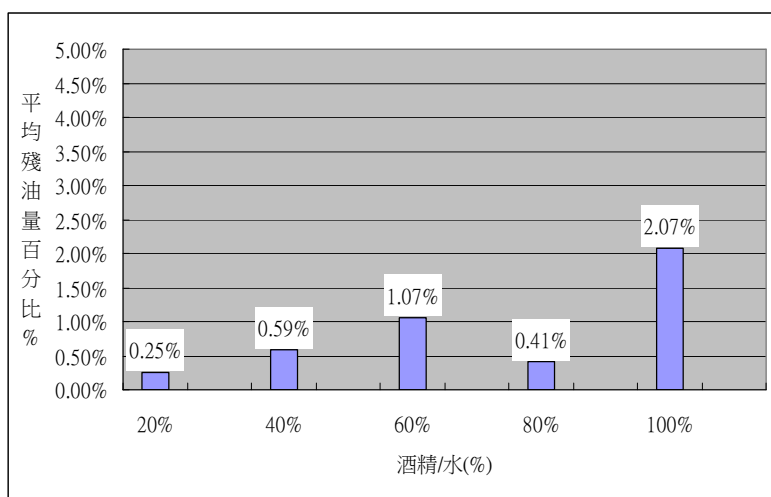


(十) 酒精比例粹取-殘留油量滴定

$$\text{殘油量百分比(\%)} = \frac{(\text{樣品的硫代硫酸鈉當量數} - \text{空白實驗的硫代硫酸鈉當量數}) \times 888}{\text{油脂的淨重(g)}} \times 100\%$$

樣品	未加油重 (g)	加油重 (g)	油脂淨重 (g)	滴定體積 (ml)	硫代硫酸鈉當量數 (mmole)	殘油量平均 (%)
20%	137.26	139.72	2.46	0.5	0.005	0.25%
	137.28	140.64	3.36	1.9	0.019	
40%	100.56	103.58	3.02	2.4	0.024	0.59%
	87.76	90.76	3.00	2.2	0.022	
60%	81.58	83.92	2.34	3.2	0.031	1.07%
	83.54	86.30	2.76	3.5	0.035	
80%	87.06	90.30	3.24	1.8	0.018	0.41%
	75.16	78.18	3.02	1.7	0.017	
100%	86.16	89.38	3.22	7.5	0.075	2.07%
	86.02	88.78	2.76	7	0.070	

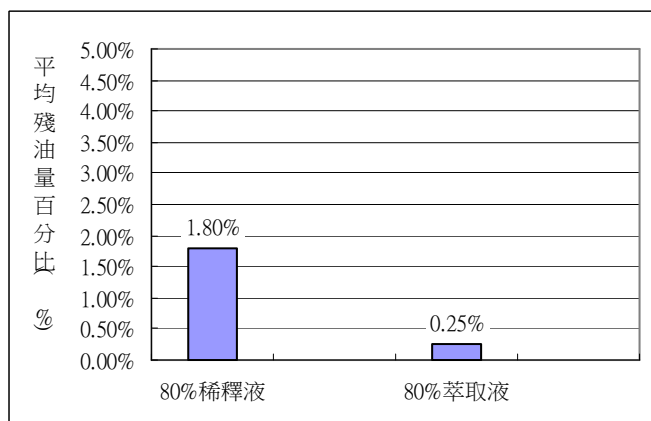
本組空白實驗硫代硫酸鈉當量數為 0.003mmole



(十一)比較以 80%酒精萃取液與 100%酒精萃取液稀釋成 80%酒精萃取稀釋液油脂清洗流程及殘油量氧化還原滴定。

		瓶+絨重(g)	加油後總重(g)	油脂淨重(g)	滴定體積(ml)	硫代硫酸鈉當量數(mmol)	殘油量百分比(%)	平均殘油量百分比(%)
80%稀釋液	第一組	131.82	135.46	3.64	15.5	0.0775	1.89%	1.80%
	第二組	130.2	133.92	3.72	14.4	0.0720	1.72%	
80%萃取液	第一組	132.62	135.98	3.36	2.2	0.0110	0.29%	0.25%
	第二組	133.08	136.74	3.66	1.8	0.0090	0.22%	

本組空白實驗硫代硫酸鈉當量數為 0.0003mmol



陸、討論

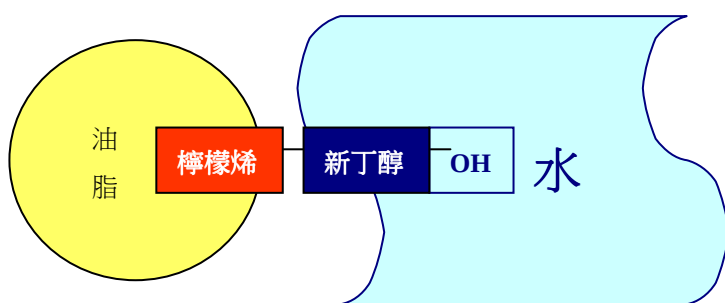
- 一、從檸檬烯的結構式可以推得檸檬烯難溶於水，實際上檸檬烯難溶於水也難溶於酒精。然而，在「天然ㄟ尚好」的實驗數據顯示，酒精與水混合的果皮萃取液，能使清潔效果提升，原因可能為果皮中的檸檬烯被溶解出來，而在對萃取出橘子皮汁液的實驗中，進一步證實不論使用水、酒精、醋來萃取，萃取液並未有分層現象，表示檸檬烯是與溶劑相混合的，另外，在酒精萃取的 GC/MS 圖譜中，更指出萃取液中含有檸檬烯，

這表示橘子皮中真的含有某些成份，可幫助檸檬烯對水的溶解度。為了模擬果皮汁液的清潔效果，我們需要找出一種可溶檸檬烯及水的溶劑，由實驗（一）結果顯示新丁醇的溶解度最佳。

- 二、由實驗（三）顯示，檸檬烯、清潔劑、新丁醇的透光率衰減百分比約為 70%，較水(20.22%)高出許多，表示檸檬烯、清潔劑、新丁醇形成油脂微胞的效果是差不多的。而靜置時間為 5 分鐘及 10 分鐘測量的部分數據有些許出入，可能原因為溶液經劇烈搖晃所產生的氣泡附著在管壁，造成透光率測量的誤差。
- 三、由實驗（五）中，我們將實驗（四）的清洗過程改良後，進行油脂的滴定，假設以水清洗的殘油量為 100%，發現檸檬烯(4.42%)與清潔劑(2.65%)的殘油量數值相近且遠小於以水清洗的結果，表示檸檬烯與清潔劑的去油效果相當，這個結果與實驗（三）的結論相符，而新丁醇(33.43%)殘油量的結果也是較水的值小許多，亦具有去油效果，推測在清洗的過程中，檸檬烯與新丁醇會與油脂形成小的油脂微胞，經由清洗的搖晃過程，而將油脂微胞隨水洗去。另外，比較實驗（三）及實驗（四）的結果，我們可以發現蘇丹紅的染色結果，在這個實驗上僅能做粗略的定性。而在透光率衰減百分比、蘇丹紅染色、油脂氧化還原滴定結果是相符的。
- 四、由實驗（六）結果顯示，平均殘油量百分比在第 4 組 (新丁醇/水/檸檬烯 = 39/59/2)時是最低的，這說明檸檬烯的含量不一定要多才會使得去油效果增加。在本實驗中第 4 組(新丁醇/水/檸檬烯 = 39/59/2)是最佳混合比例。
- 五、在實驗（七），我們使用三種家用常見的三種溶劑：水、酒精、醋，來對橘子皮進行檸檬烯的萃取，結果顯示：酒精的萃取液對油脂形成微胞的效果是三種萃取液中最好的。
- 六、觀察實驗（八）GC/MS 的圖譜，在以酒精的橘子皮萃取液中， $m/z=136$ 及 $m/z=68$ 兩處皆有訊號，表示我們的萃取方式能將橘子皮中的檸檬烯萃取出來。
- 七、由實驗（九），我們可以知道以不同的酒精/水比例對橘子皮的萃取液，加油後以透光率衰退百分比的測定，在酒精/水的比例為 80%和 100%的萃取液透光率衰減百分比各為 92.1 %、82.8%遠比其他酒精/水的比例明顯。換言之，酒精/水的比例為 80%和 100%對油脂形成微胞的效果較好。由實驗（十），我們可以知道將上述比例的萃取液進行油脂清洗的流程，並做油脂的氧化還原滴定，結果顯示在酒精/水的比例為 20%及 80%的殘油量比率為 0.25%及 0.41%，這兩種比例的殘油量比率比其他比例的值低許多。綜合實驗（九）及實驗（十）的結果，我們知道形成微胞的效果與清洗油脂的氧化滴定結果，酒精/水的比例為 80%是最佳的比例。
- 八、在實驗（十一），平均殘油量百分比結果 80%萃取液(0.25%)比 80%的稀釋液(1.8%)低，表示 80%的去油效果較佳。雖然這兩種萃取液最後都配成 80%酒精水溶液再做測試，但是結果卻不相同，因此可以推測酒精水溶液的比例並非影響去油的主因。推測影響去油效果的原因是在萃取橘子皮的過程中酒精水溶液的比例 (80%、100%)，使得萃取的檸檬烯量或是其他成分不同所導致的。

柒、結論

- 一、在本研究中，設計一套油脂清洗的過程，將清洗的過程標準化；在探測去油效果的方法上，除了使用「天然ㄟ尚好」中自組式透光率測量儀，測量油脂形成微胞的程度，在油脂清洗流程及氧化還原滴定的結果中，是以殘油量百分比來瞭解清潔劑去油的能力，雖然，這兩種結果有著些許出入，但是藉由兩者的相互比對，可增加研究結果的說服力。
- 二、橘子皮具有清潔效果的原因在於果皮中含有檸檬烯的成份，本研究中對於檸檬烯做了一些測試並與清潔劑一比較，在殘油量的氧化還原滴定結果及以透光率測量儀測量結果，我們可以知道檸檬烯是能去油，且去油效果在本實驗中的測試是不亞於清潔劑。
- 三、在本研究中，我們藉由檸檬烯的實驗推測橘子皮中檸檬烯去油的原理：果皮中可能存在某一成分使得檸檬烯對水溶解度增加，形成油脂微胞，易被水帶走。如下圖所示：



- 四、本研究是推廣到橘子皮的測試，並探討家用的哪些溶劑能增加果皮中具清潔能力的化合物萃取，以本實驗中所使用的三種實驗方法探討之。綜合以上的結果，若將橘子皮加 80% 的酒精以果汁機打勻後，濾去雜質，取濾液，便能成為一個家用的天然清潔劑，並期望將來家家戶戶皆能簡單方便的製作天然清潔劑，減低對環境的汙染。

捌、參考資料及其他

1. 「天然ㄟ尚好」中華民國第四十八屆北區科展作品說明書
2. 「無毒有偶的洗碗絕招」中華民國第四十六屆中小學科學展覽會作品說明書
3. 「脂肪氧化價測定」（無日期）取自：澎科大食品科學系食品化學實驗
4. 「油脂性質之測定」（2006）取自：臺灣大學生物材料分析實驗，課次十三
5. 蔡榮哲。柑橘類果皮加工利用。台灣柑橘產業發展研討會專刊，240-258
6. D-limonene based aqueous cleaning compositions Matta, United States Patent, Patent Number:4,511,488
7. What is d-Limonene? Florida Chemical Company, Inc. Pioneers in citrus oil applications. From <http://www.floridachemical.com/whatisd-limonene.htm>
8. 封面圖片 取自 <http://www.chm.bris.ac.uk/motm/limonene>
9. 統一油品大豆沙拉油分子量 取自 http://www.pecoil.com.tw/forum_a.asp?no=1475

【評語】 040211

本件作品探討檸檬烯去除油污的可能原因，研究發現具有應用價值。如果能就檸檬烯與新丁醇或其它物質的作用加以探討使檸檬烯的效果更好，就能提升本件作品的價值。