

中華民國第四十八屆中小學科學展覽會
作品說明書

國小組 自然科

佳作

081536

除垢要油理

學校名稱：臺中縣太平市東平國民小學

作者： 小六 廖頂傑 小六 陳宏瑋 小五 王騰緯 小五 柯閔智	指導老師： 林淑芳 林憶汝
---	-------------------------

關鍵詞： 油脂氧化、油垢、小蘇打

摘要

本研究在探討油垢形成原理與變化規律，藉此認知如何防止與去除油垢。我們先探討油氧化後產生的變化，再研究各種影響油垢形成與變化的因素，並從中建立油垢程度變化規律，且衍伸探討油氧化與種類對其程度變化的影響，最後設計各小蘇打清洗物去除油垢。

研究發現：1.油會因氧化而變質。2.油因不同氧化變因，形成不同形態的油垢；並隨著放置環境與時間再產生變化；而且油垢形態之轉變具有規律。3.油的氧化情形與種類會影響其油垢程度變化。4.利用小蘇打可去除具沾黏性的油垢；再加熱處理便能去除稍高程度的油垢。

研究結果可提供除垢之新觀念，藉此認識油垢形成原理與規律，便能防止頑垢產生，又能掌握除垢的好時機與好方法。

壹、研究動機

討厭的油垢真令人頭痛！廚房裡那些又黏又髒的油垢究竟是怎麼從油變成呢？是否跟自然課堂中提到「熱使物質產生化學變化」相關？所謂「知己知彼，百戰百勝」；如果能發現油垢的形成與變化規律，相信我們就能掌握清除油垢的關鍵，當個「除垢達人」囉！

貳、研究問題

- 一、 探討不同變因產生的氧化情形對油的影響
- 二、 探討油在不同受熱氧化變因下形成的油垢
- 三、 探討在時間與溫度的影響下，油垢會再如何變化
- 四、 統整分析各種油垢形態，建立油垢程度變化規律
- 五、 探討油的氧化情形及種類對油垢程度變化的影響
- 六、 研究如何利用小蘇打去除油垢

參、研究器材

花生油、苦茶油、葡萄籽油、葵花油、橄欖油、載玻片、玻璃片、培養皿、蘇丹四號、酒精、電子秤、烤箱、溫度計、檯燈、定時器、冰箱、滴管、吸油紙、醋、小蘇打、食物攪拌機、菜瓜布、電磁爐、鐵鍋。

肆、研究設計

一、研究定義

- (一) 油：我們的研究以「花生油」為主；只有在研究五中探討其他種類的油。
- (二) 油漬片：指未形成油垢前的油脂；實驗時將油塗抹在載玻片上，即是油漬片。
- (三) 油垢片：指從油轉變成有黏性或變色、變質的形態；就像廚房中常見的油垢（圖①②③④⑤）；我們利用烤箱讓油漬片受熱轉變成油垢片。



二、研究架構

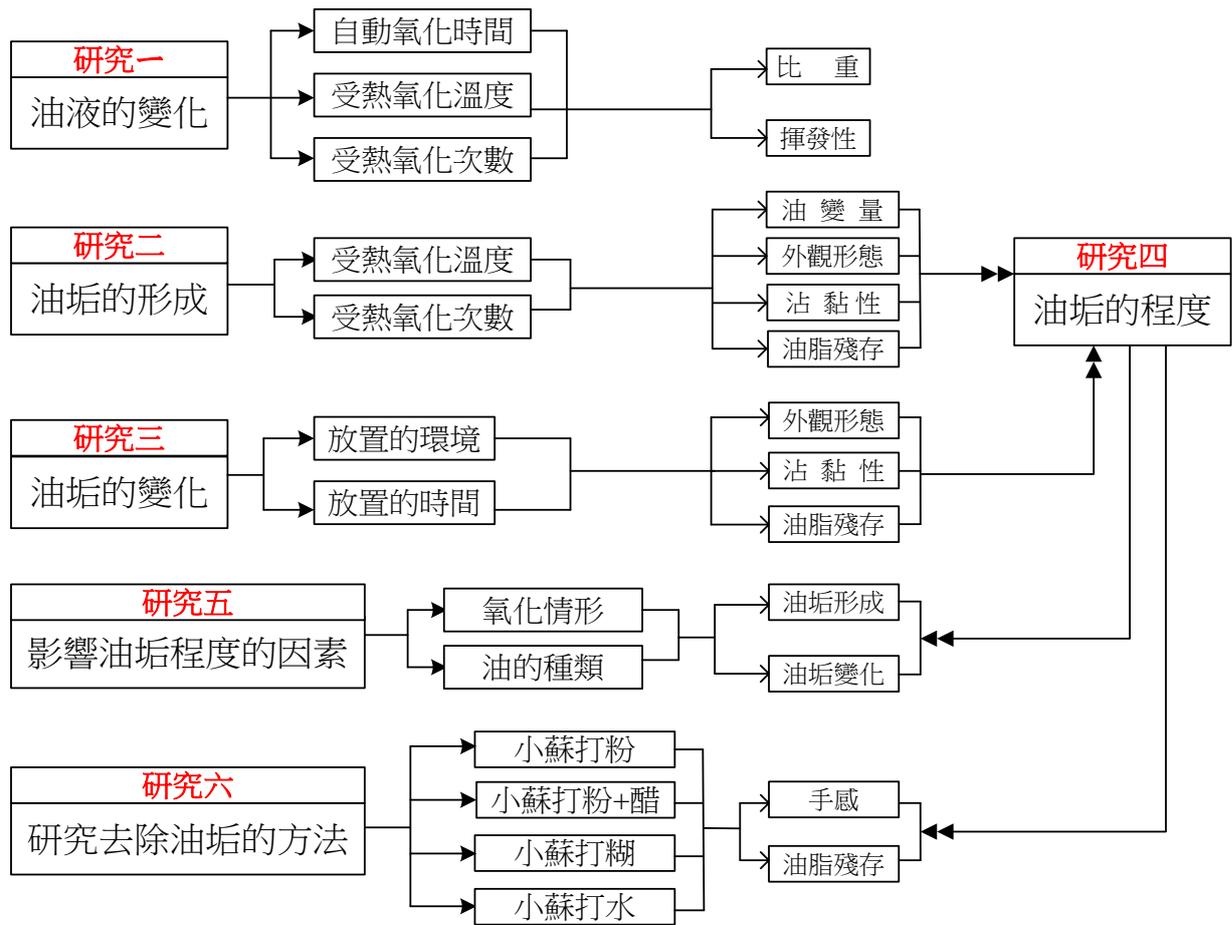


圖4-1 研究架構圖

三、研究工具

(一) 抹油棒

1. 製作方式



圖4-2 抹油棒的製作過程

2.功能

抹油棒的功能是要製造實驗需要的油漬片。

我們利用抹油棒將油抹在載玻片上,製造油漬片。抹油的動作步驟見圖4-3。所有實驗都固定同一位同學操作抹油動作,可以使每一片載玻片上的油控制在一定的量,以避免可能影響實驗結果的人為誤差。

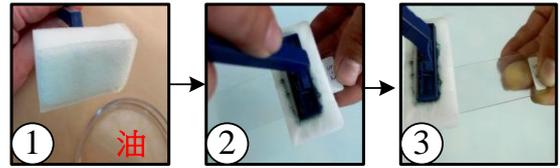


圖4-3 油漬製作流程圖

(二) 沾黏棒

1.製作方式

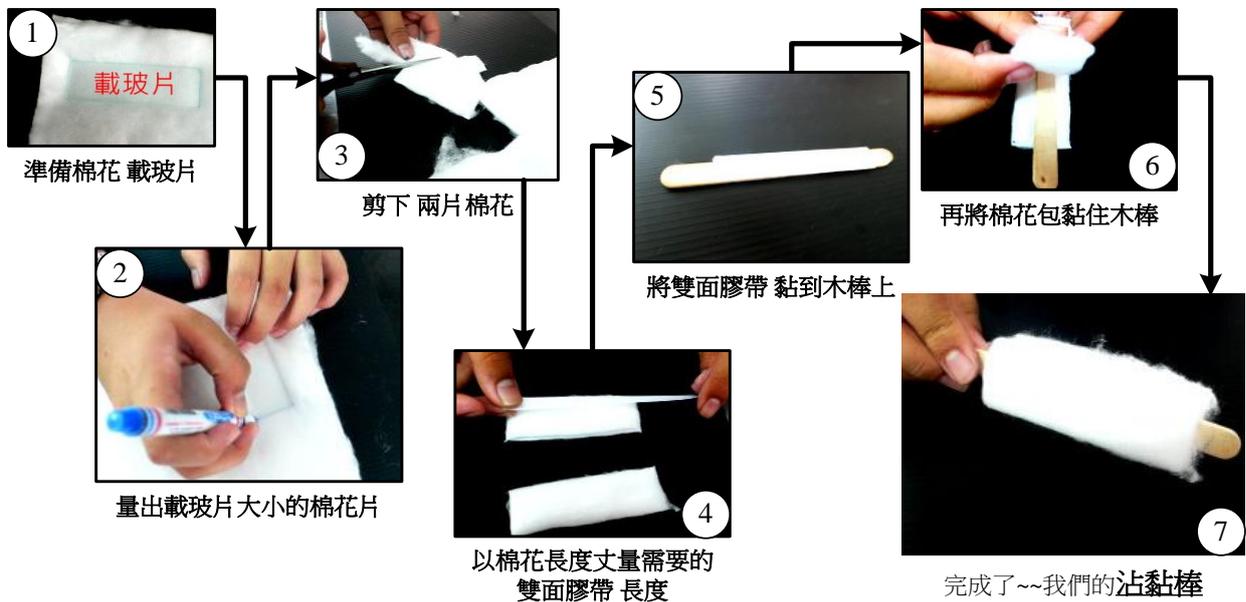


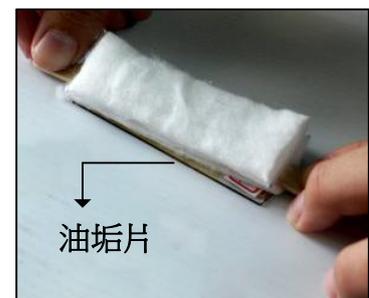
圖4-4 沾黏棒的製作過程

2.功能

沾黏棒的功能是要測試油垢的沾黏性。測試時利用沾黏棒平壓在油垢片上(右圖),讓黏黏的油垢去黏沾黏棒上的棉絮,或是油垢仍會溼滑,油被沾附在沾黏棒上;再利用電子秤秤出油垢片的重量變化。

測試結果有兩種情形：

- (1).油垢重量減少,代表油垢黏走的棉絮量小於沾黏棒沾走的油量,屬於偏「沾性」。
- (2).油垢重量增加,代表油垢黏走的棉絮量大於沾黏棒沾走的油量,屬於偏「黏性」。



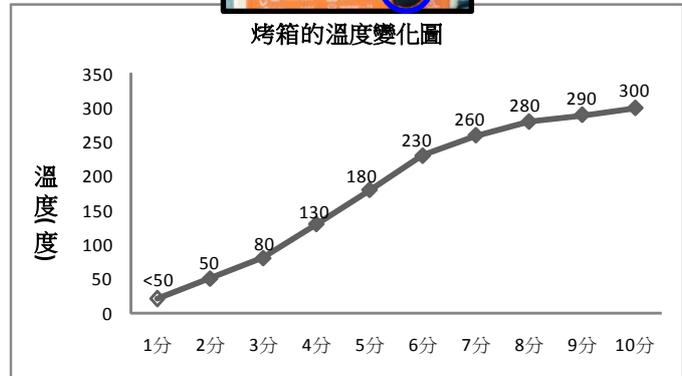
(三) 烤箱

烤箱的功能是要製造「熱」使油變成油垢。

1. 溫控說明

我們的烤箱只有時間控制鈕,無法控制溫度。因此我們將溫度計放在烤箱內,測試十分鐘內,烤箱內溫度上升的情形。經過三次測試,發現烤箱的升溫具有規律性,於是我們將烤箱升溫的規律情形繪製成圖4-5。此後,我們就能以控制時間,達到實驗需要的溫度;例如熱烤5分鐘,便能製造持續升溫至180度的環境。

雖然烤箱升溫的規律有時會受到氣溫的影響,但有溫度計的輔助,我們仍能掌握實驗需要的溫度。

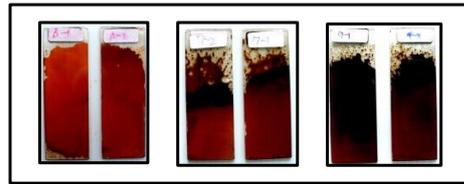


註:溫度計最低顯示在50度;烤一分鐘時,烤箱的溫度尚未到達50度

圖4-5

2. 測試

製造油垢片時,會同時烤兩片,一起併排置放在烤箱內燈管下左右兩側。測試多次發現:同變因製造出的油垢片很相似(右圖),可讓我們不必擔心操控誤差的存在。



(四) 菜瓜布清洗機

我們借了一台食物攪拌機(圖①),將菜瓜布縫在攪拌棒上(圖②),就成了實驗清洗油垢的「菜瓜布清洗棒」(圖③)。再將「菜瓜布清洗棒」組裝在攪拌機上,就成為研究清除油垢的「菜瓜布清洗機」(圖④)。

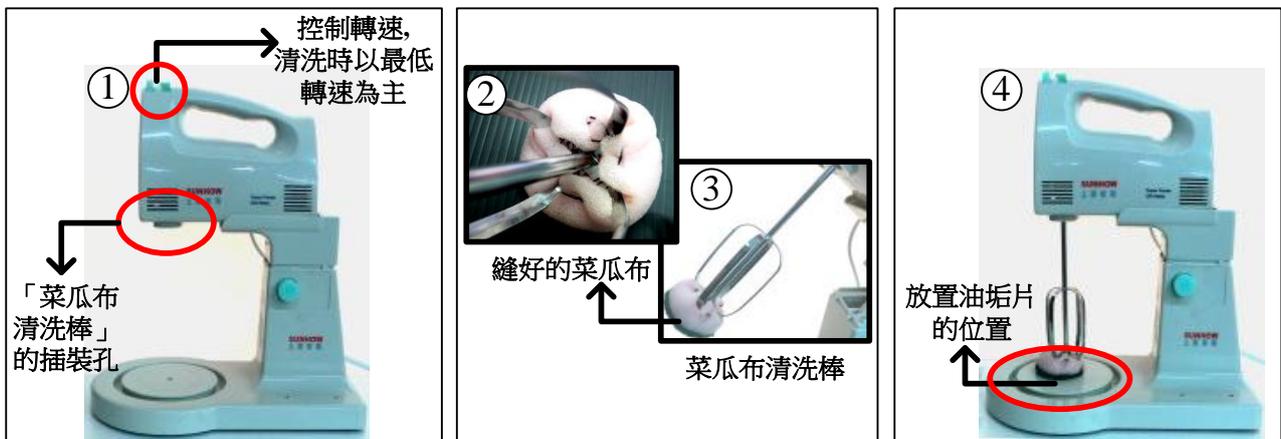


圖4-6 菜瓜布清洗機

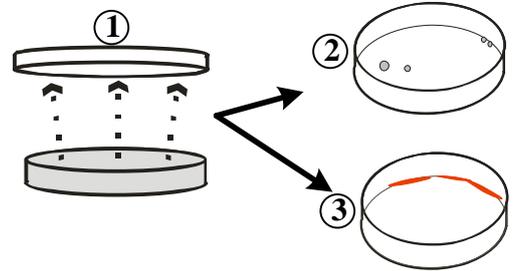
四、研究方法

(一) 油的揮發性測試

1.構想

我們推測:油如果揮發,油蒸氣會往上飄,沾附在上面的蓋子上(圖①)。之後油蒸氣會凝結成小油滴(圖②);而且會與蘇丹試劑產生紅色反應(圖③)。

因此等實驗時間到,我們就可以看培養皿的蓋子上有沒有油滴,再滴入蘇丹試劑測試是否有紅色的油脂殘存反應。



2.測試方式

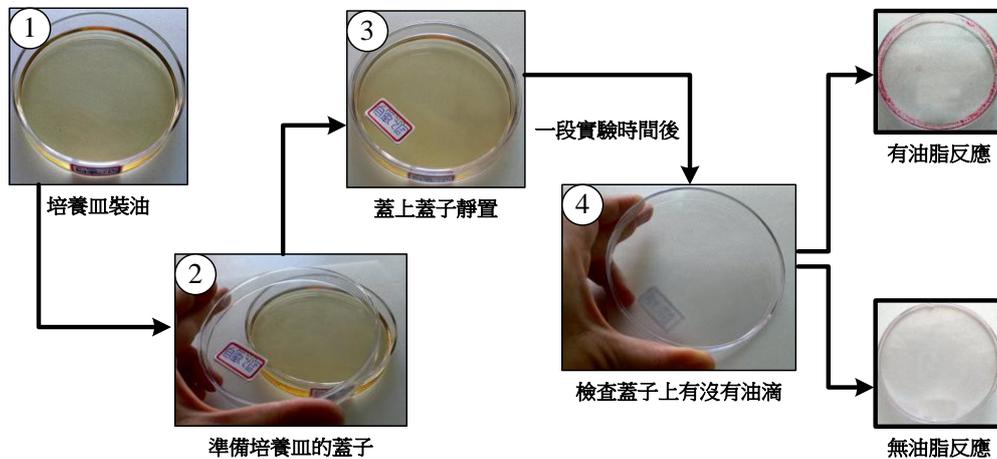


圖4-7 油的揮發性測試方式

(二) 油垢的製作與觀察記錄

1.油垢的製作

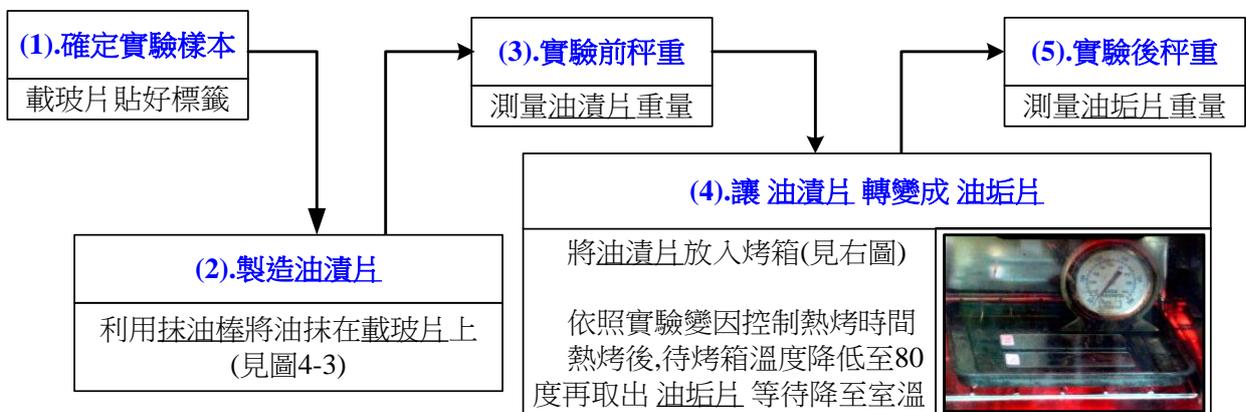


圖4-8 油垢製作流程圖

2.油垢的觀察與紀錄項目

油垢的觀察紀錄共有四個項目：

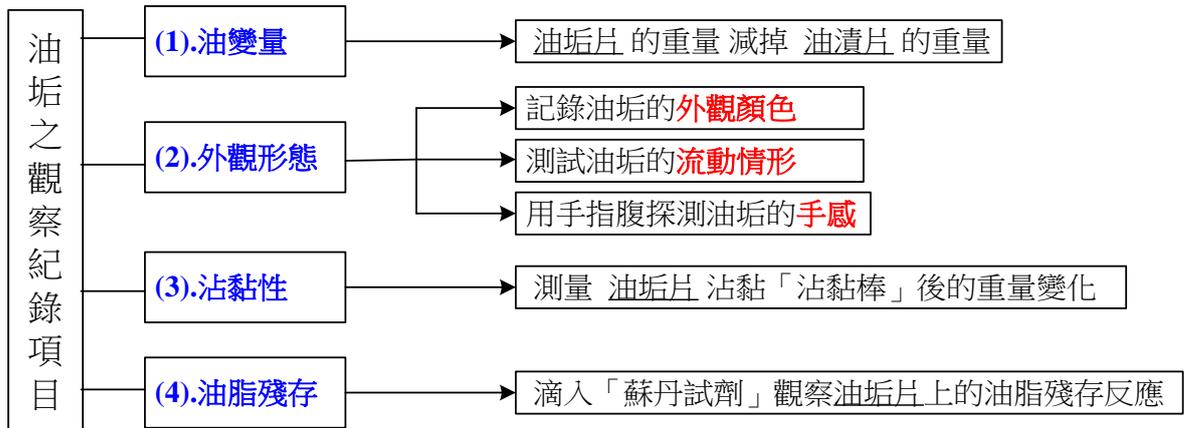


圖4-9油垢的觀察項目圖解

(1) 油變量：紀錄油垢片減掉油漬片後的重量，以了解油變成油垢的重量變化。

(2) 外觀形態：分成顏色、流動情形與手感三部份的觀察。先以文字敘述油垢顏色（右圖）；再進行流動測試（表 4-1）與手感測試（表 4-2），各以標記符號進行記錄。



① **流動測試與標記**：

表4-1 油垢的流動情形測試方式與記錄說明

測試動作	記錄測試結果之符號說明		
	○	⊗	×
	油還會流動,吸油紙上會明顯看到油漬痕跡 	油不會流動,吸油紙上沒有油漬痕跡;但是油被沾黏棒吸附(測完沾黏性時,會看到沾黏棒上有油漬)	油不會流動,吸油紙上沒有油漬痕跡;油不會被沾黏棒吸附(測完沾黏性後,沾黏棒上沒有油漬)

② 手感測試與標記：

實驗過程中,我們原是用文字記錄油垢的手感。但充滿文字的紀錄使表格看起來很亂(原始紀錄);因此我們累積這些實驗紀錄,整理出表中七項油垢的手感類型,並且設計專屬的符號標記,讓實驗結果能較清楚的呈現。

表4-2 油垢的手感測試方式與記錄說明

測試動作	用手指腹觸摸油垢片,記下感覺後,再看油垢是否有沾附到手指腹上。						
記錄測試結果之符號說明							
符號							
觸摸感覺	很溼很滑 油會流動	滑滑的 油不流動	滑滑黏黏	黏黏的	很黏	微黏	不黏
觀察手指	油垢片 不會被手指腹黏起來				油垢片會 被手指腹 黏起來	油垢不太 會沾附到 手指腹上	油垢不會 沾附到手 指腹上
	油或油垢會因手指觸摸而沾附到手指腹上 手指腹會明顯看到有油或油垢痕跡					看不太到 油垢痕跡	看不到 油垢痕跡

實驗過程發現,很黏的油垢片會黏在我們手指腹上,而且隨著手的提起,油垢片會被黏起來離開桌面。因此測試時,如果油垢片摸起來會黏且被我們的手黏起來離開桌面(右圖),我們就標示符號 ;如果油垢片摸起來會黏但不会被手黏起來離開桌面,就標示符號 .



(3) 沾黏性：記錄油垢片沾黏沾黏棒前、後的重量變化。

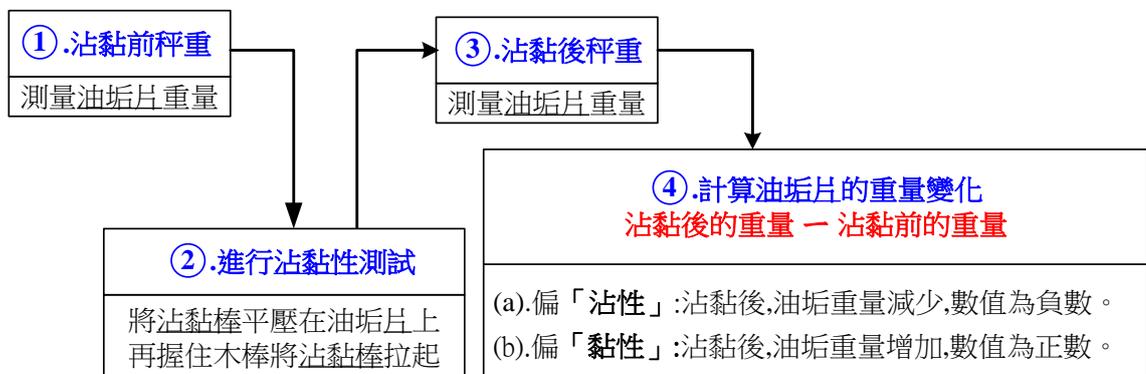


圖4-10 油垢沾黏性的測試與記錄方式

(4) 油脂殘存：利用蘇丹試劑測試油垢片上的油脂殘存情形。以下說明：

蘇丹試劑的介紹

蘇丹試劑是一種簡易的脂肪性殘留物的檢驗試劑。

我們是參考衛生署對餐飲業的餐具是否乾淨,有無殘留油脂的檢驗方式。如果滴入蘇丹試劑後呈現紅色斑點反應,即代表餐具有油脂殘存沒有洗乾淨。

蘇丹試劑的配製

秤取蘇丹四號(Sudan IV) 0.1g, 將它倒進酒精100ml中,溶解成蘇丹試劑。

油脂殘存測試方式

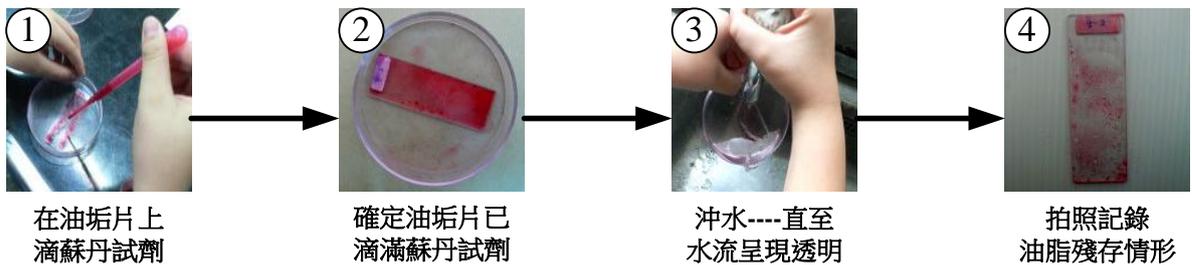


圖4-11 油脂殘存之測試方式與記錄

(三) 油垢的清洗與觀察記錄

1.清洗物：共準備四種。

表4-3 研究六使用的油垢清洗物一覽表

小蘇打水	小蘇打粉 + 醋	小蘇打糊	小蘇打粉
			
取500ml 水 溶解 30克小蘇打粉, 攪拌成溶液	市售罐裝的小蘇打粉 市售瓶裝的食用白醋 我們不需配製	取100ml的水 加入 300克小蘇打粉, 慢慢攪成稠糊狀態	市售罐裝的小蘇打粉 我們不需配製
實驗清洗時 讓油垢片 浸在溶液中	實驗清洗時 在小蘇打粉上 噴 醋 產生二氧化碳泡泡	實驗清洗時 將小蘇打糊鋪蓋滿 整片的油垢片	實驗清洗時 將小蘇打粉鋪蓋滿 整片的油垢片

2.清洗方式：

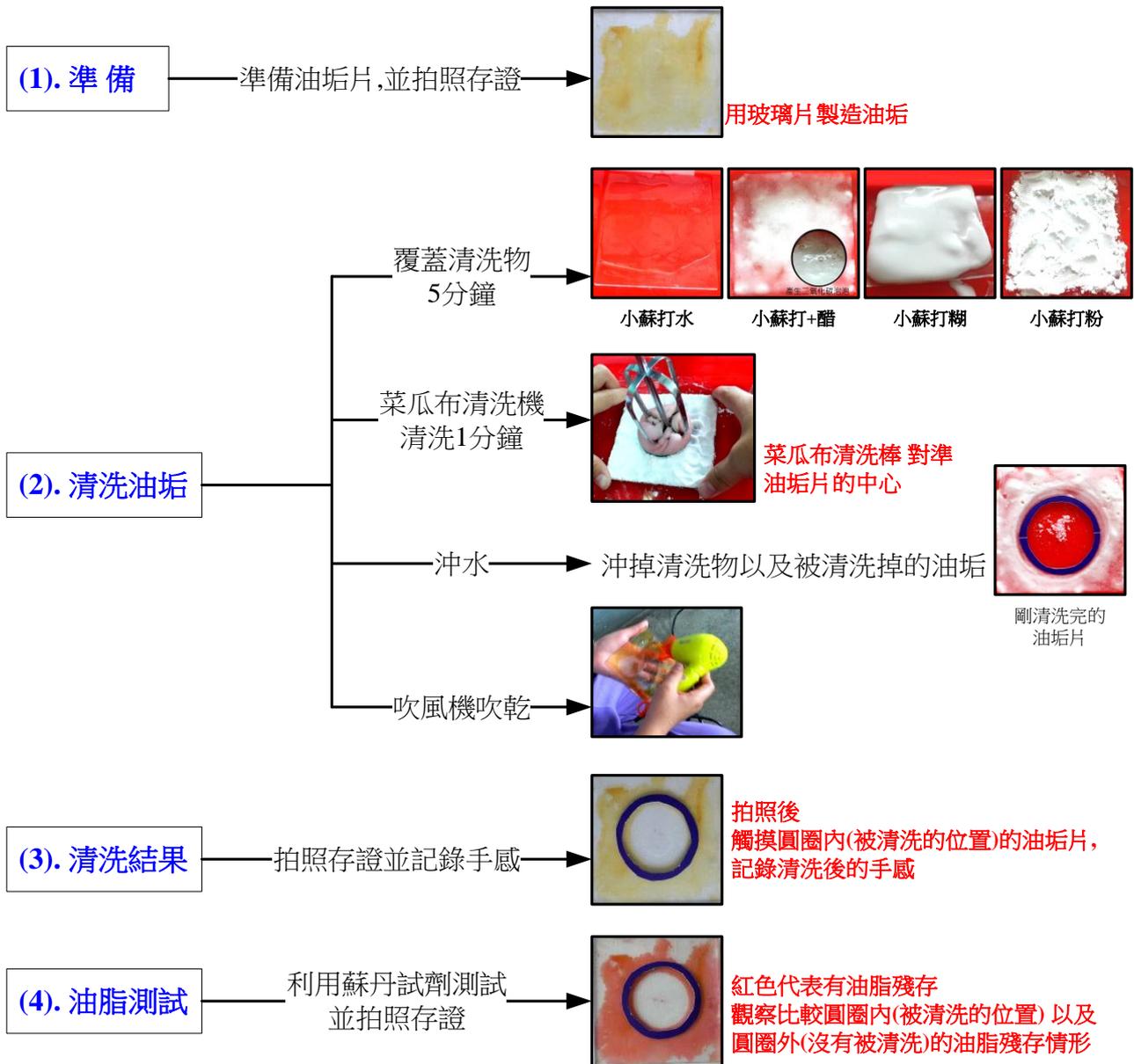


圖4-12 油垢清洗方式的流程圖

3.觀察記錄項目：

我們主要利用拍照方式，加上手感的記錄，分析比較油垢被清洗的結果。因為菜瓜布清洗棒固定清洗油垢片的中心位置，因此我們作一個與菜瓜布清洗棒一樣尺寸的圓圈作為比較的基準（見右圖），比較油垢清洗前、後與油脂殘存情形，皆以油垢片的中心位置為主。

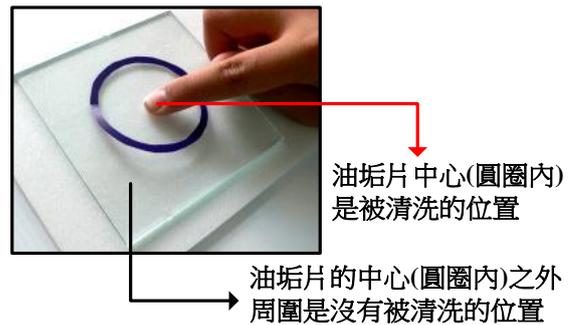


圖4-13

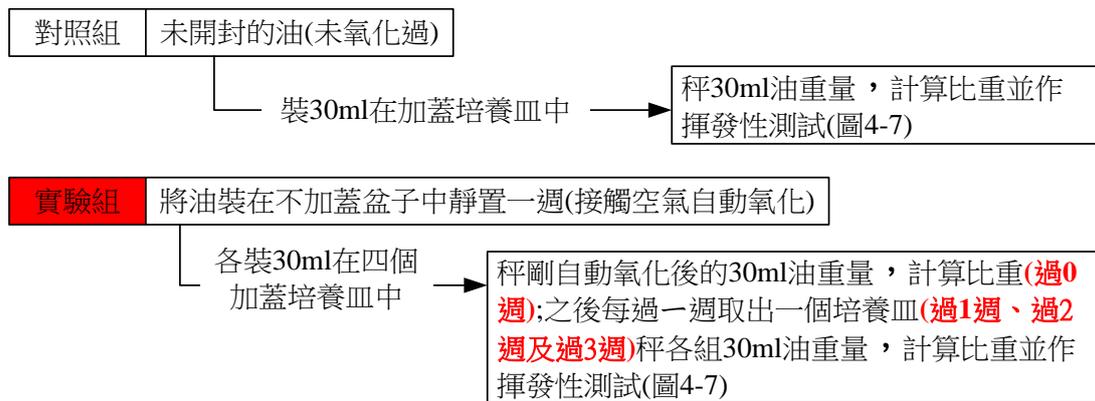
伍、研究結果及討論

研究一：「氧化情形」對「油」的影響

油怎麼變成油垢？是因為「油」產生變化嗎？從參考資料中，發現「氧化」是主要原因。因此研究探討油「自動氧化」（暴露空氣中）與「受熱氧化」（受熱時與空氣反應）後的改變。

一、自動氧化時間對油的影響

（一）過程

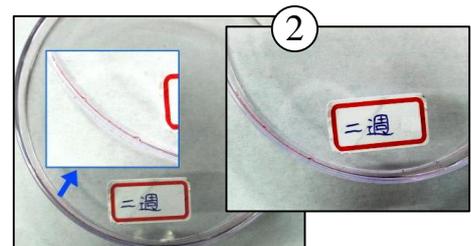
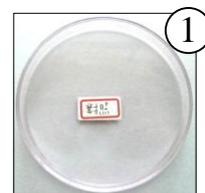


（二）結果

1. 自動氧化後的油比重隨時間增長漸漸變大；但二週之後就不再增加(表 5-1)。
2. 對照組的油沒有揮發(圖①)；實驗組過了二週後，蓋子開始有油滴且與蘇丹試劑呈現反應，代表油出現揮發現象 (圖②)。

表5-1 自動氧化時間造成的油變化表

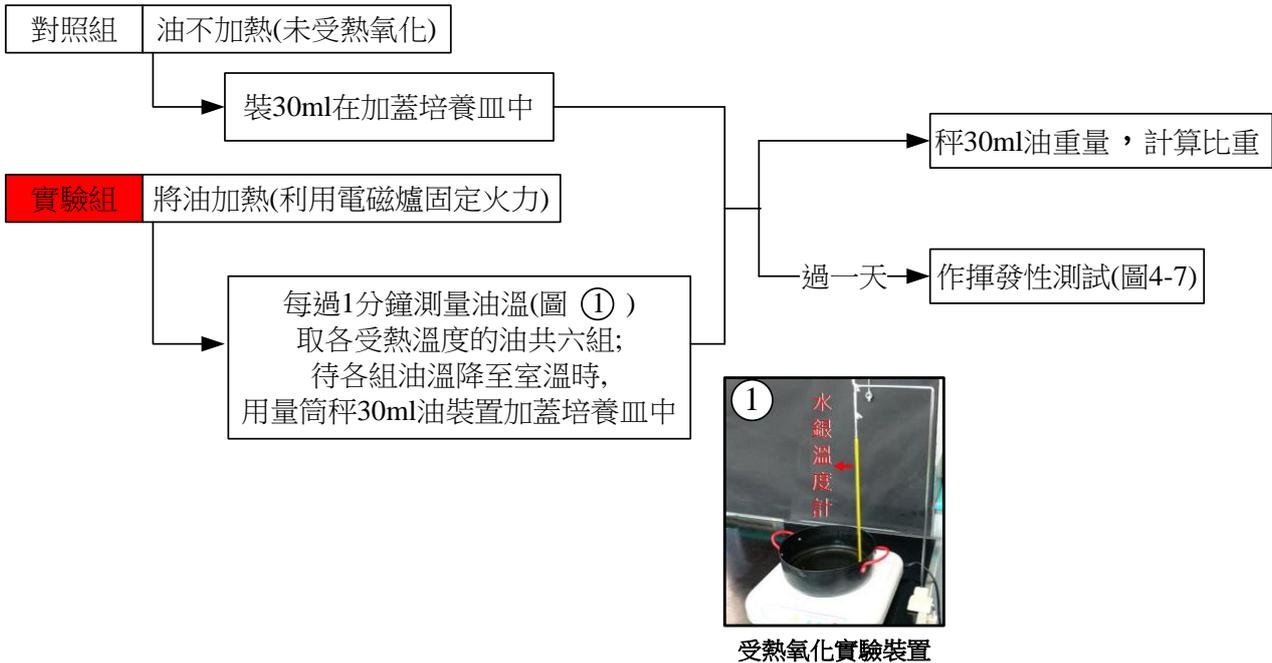
	對照組 (未氧化)	實驗組 (油已經自動氧化一週)			
		過0週	過一週	過二週	過三週
比					
重					
變					
化					
油重量(g)	22.20	22.60	22.90	23.50	23.50
油體積(ml)	30.00	30.00	30.00	30.00	30.00
油比重(g/ml)	0.74	0.75	0.76	0.78	0.78
觀察蓋子 (是否有油滴)	沒有 油滴	沒有 油滴	沒有 油滴	有一小 滴油	有幾滴 油滴
油脂殘存 (與蘇丹試劑反應)	沒有 見圖①	沒有	沒有	有 見圖②	有



註:觀察蓋子是否有油滴以及作油脂殘存測試是為了確定油是否有揮發現象

二、受熱氧化溫度對油的影響

(一) 過程



(二) 結果

1. 油受熱氧化後比重變小, 且隨著溫度增加, 比重越變越小(表 5-2)。
2. 對照組的油沒有揮發; 實驗組中, 受熱四分鐘 200 度以上的油都有揮發, 蓋子上看得到油滴且有油脂反應; 隨受熱溫度增加, 我們看到揮發的油滴增多, 油脂反應更明顯。

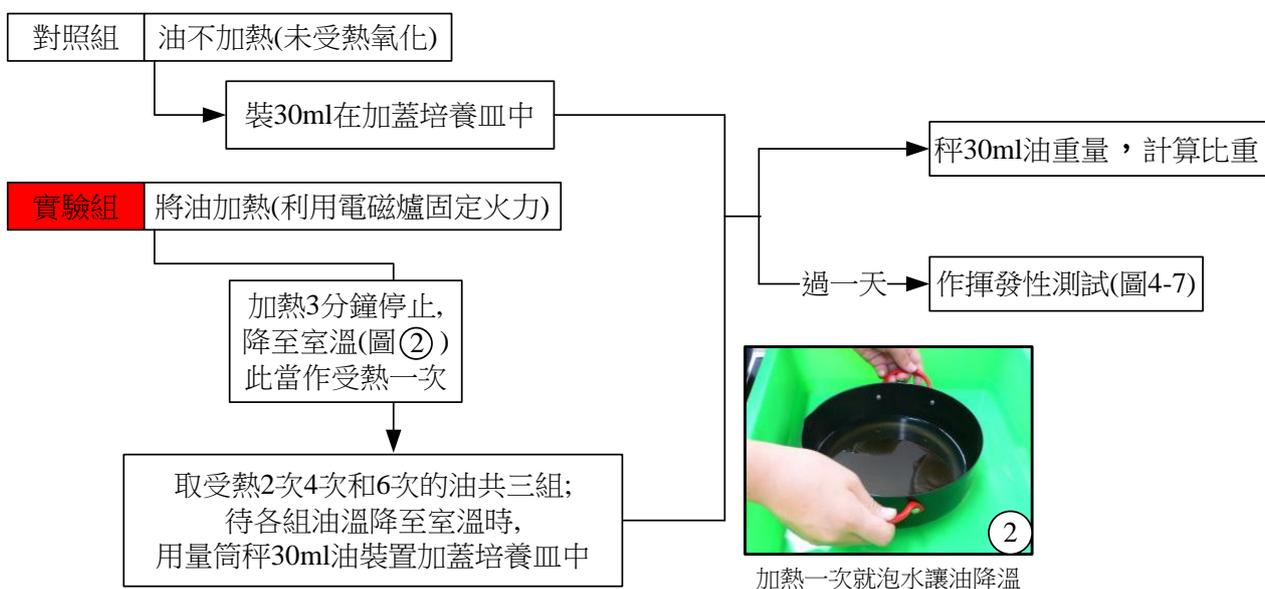
表5-2 受熱氧化溫度造成的油變化表

	對照組 未受熱 未氧化	實驗組 (油受熱氧化)					
		一分 120度	二分 160度	三分 180度	四分 200度	五分 210度	六分 220度
比 油重量(g)	22.20	22.10	21.60	19.30	18.10	17.30	16.80
重 油體積(ml)	30.00	30.00	30.00	30.00	30.00	30.00	30.00
變 油比重 化 (g/ml)	0.74	0.74	0.72	0.64	0.60	0.58	0.56
觀察蓋子 (是否有油滴)	沒有	沒有	沒有	沒有	有一滴 小油滴	有數滴 油滴	有數滴 油滴
油脂殘存 (與蘇丹試劑反應)	沒有	沒有	沒有	沒有	有一些	有	有

註: 觀察蓋子是否有油滴以及作油脂殘存測試是為了確定油是否有揮發現象

三、受熱氧化次數對油的影響

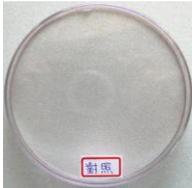
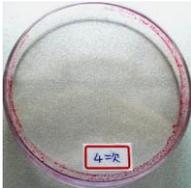
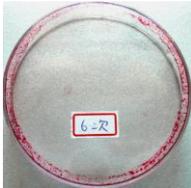
(一) 過程



(二) 結果

1. 實驗組的油比重都比對照組小；且隨著受熱次數增加，比重有微減情形 (表 5-3)。
2. 對照組沒有揮發，實驗組皆有揮發情形；而且隨著受熱次數增加，我們看到揮發的油滴俱增，油脂反應更明顯。

表5-3 受熱氧化次數造成的油變化表

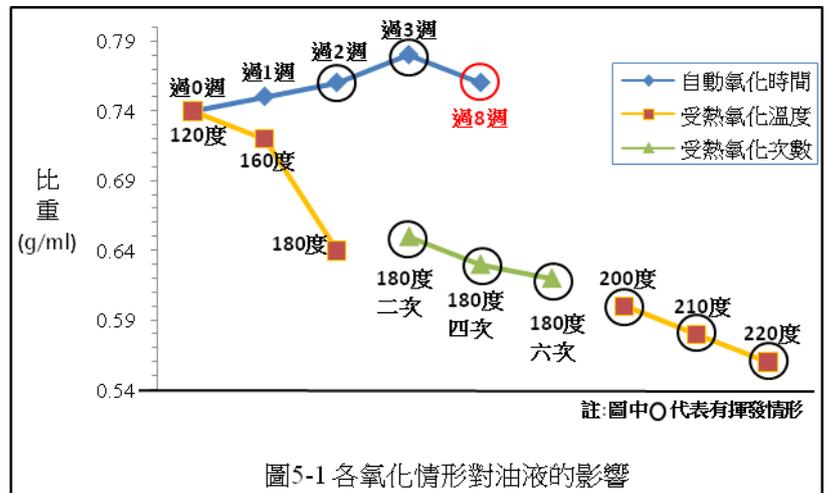
	對照組	實驗組 (油受熱氧化次數,每次都維持180度油溫)		
	未受熱 未氧化	二次	四次	六次
油重量(g)	22.30	19.50	19.00	18.60
油體積(ml)	30.00	30.00	30.00	30.00
比重變化	0.74	0.65	0.63	0.62
觀察蓋子 (是否有油滴)	沒有	有些小顆粒油滴 集中在蓋子一側	幾乎整個蓋子周圍 都有油滴顆粒	蓋子周圍都是油滴 有些匯集成油漬
油脂殘存 (與蘇丹試劑反應)				
	沒有	有	有	有

註:觀察蓋子是否有油滴以及作油脂殘存測試是為了確定油是否有揮發現象

四、綜合討論—氧化對油的影響

(一) 氧化過的油比重會改變

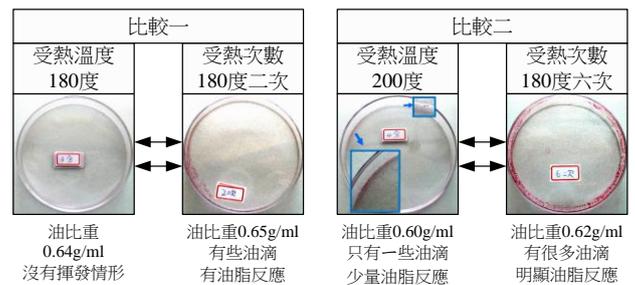
油氧化後比重會改變。自動氧化剛開始油比重稍微變大，但過 2 週後不變。為瞭解自動氧化的油比重如何演變，我們補測量自動氧化 8 週的油，發現油比重轉而變小 (30ml 油重 22.8g；比重 0.76g/ml)；從此可推測只要自動氧化時間夠久，也會和受熱氧化的油一樣。受熱氧化使油比重變小，且受熱溫度對油造成的影響大於受熱次數。



(二) 氧化過的油會揮發

1. 自動氧化的油過二週開始有揮發情形。

2. 油受熱氧化時，要超過 200 度才有揮發情形；但是油受熱 180 度二次以上就有揮發。從右圖的比較可發現：當油比重相近時，受熱越多次造成油加速變質，揮發更明顯。



3. 氧化過的油會揮發，產生油蒸氣到處附著在房子角落，讓油垢在不知不覺中產生；尤其是受熱多次的回鍋油，揮發情形會更明顯。

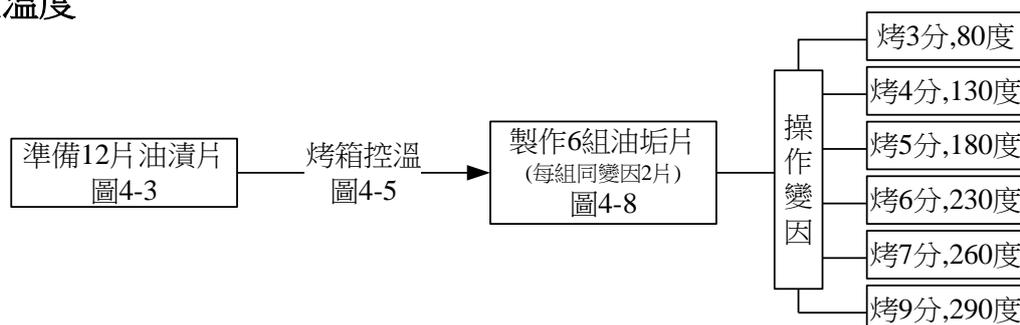
(三) 受熱氧化對油的影響勝過自動氧化

氧化使油比重改變且產生揮發情形，「受熱氧化」的結果比「自動氧化」快且明顯；可見「熱」會加速油氧化反應速率，也加速油變質。

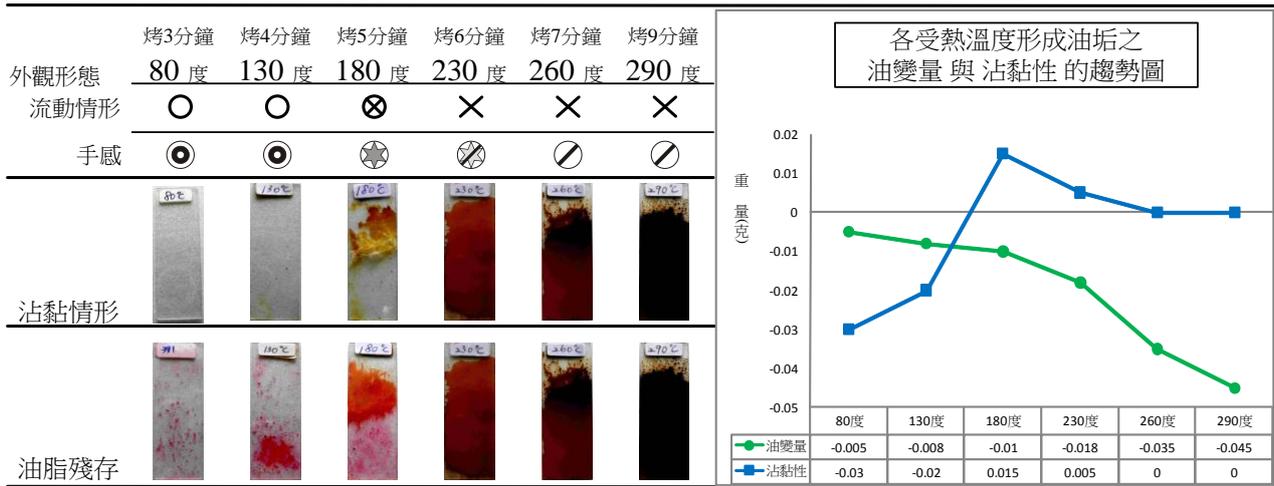
研究二：比較油漬在不同受熱氧化變因下形成的油垢

一、受熱氧化溫度

(一) 過程



(二) 結果



註:1.各組有兩片油垢片,油變量取兩片的平均值;一片作沾黏性並供拍照,另一片作油脂殘存測試與拍照。
 2.流動情形的測試與紀錄說明見表4-1。○指油會流動,⊗指油不流動但被棉絮沾走,×不流動不被沾走。
 3.手感的測試與紀錄見表4-2。◎是溼滑沾手,◎是滑沾手,◎是滑粘沾手,⊗是粘沾手,⊗是很粘沾手,◎是微粘不太沾手,⊗是不粘不沾手。
 4.沾黏性測得的重量變化數值若為負數代表油垢偏沾性,油被棉絮沾走較多;若為正數表示油垢偏黏性,則是代表油粘走棉絮較多。

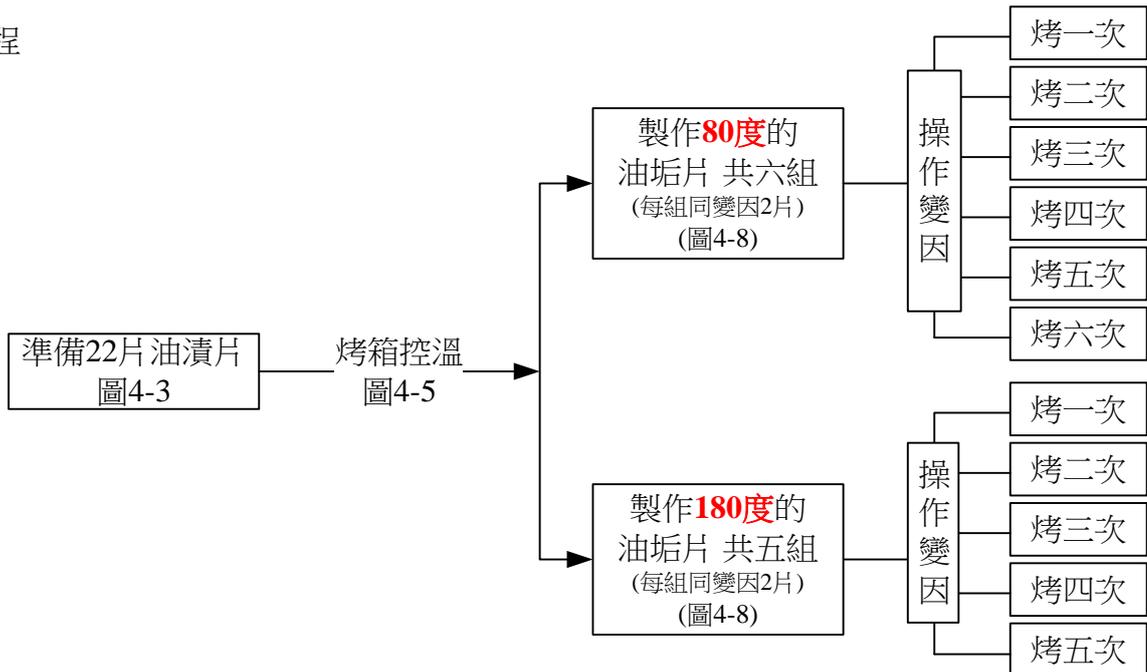
圖5-2 受熱溫度對油垢形成的影響結果

我們將油變量與沾黏性測量結果繪製於折線圖,其他以符號或照片圖示(圖 5-2)。發現:

1. 不同溫度形成的油垢不同。
2. 油變量是負數,代表油形成油垢時重量會減小;隨著溫度升高,油變量越變越小。
3. 隨溫度升高,油垢顏色由透明轉黃、褐到黑褐;溫度越高顏色越深、越不流動;手感從滑、黏會沾手,再轉為不滑不黏不沾手。只有 180 度的油垢有黏性黏住棉絮;低於 180 度的油垢屬於會流動被沾走的透明形態,沾黏數值為負數,偏沾性;高於 180 度的油垢則是不流動不被沾走的黃褐到黑褐形態,沾黏數值接近 0,呈現無沾黏性。
4. 隨溫度升高,與蘇丹試劑的紅色油脂殘存反應從點狀變成片狀表現,顏色變深。且測試時發現,偏滑的油垢所呈現的紅色斑點,易被水沖走(易流動);油垢越黏,形成的紅色片狀區塊,越不易被水沖走。至於超過 180 度的油垢看來已不與蘇丹試劑反應,沒有油脂殘存。
5. 我們發現低於 180 度與高於 180 度形成的油垢外觀截然不同,180 度顯然是關鍵點,其油變量從 180 度開始大幅降低,且沾黏性是由沾性轉黏性。因此後續我們以最低溫 80 度與 180 度形成的油垢再作深入研究。

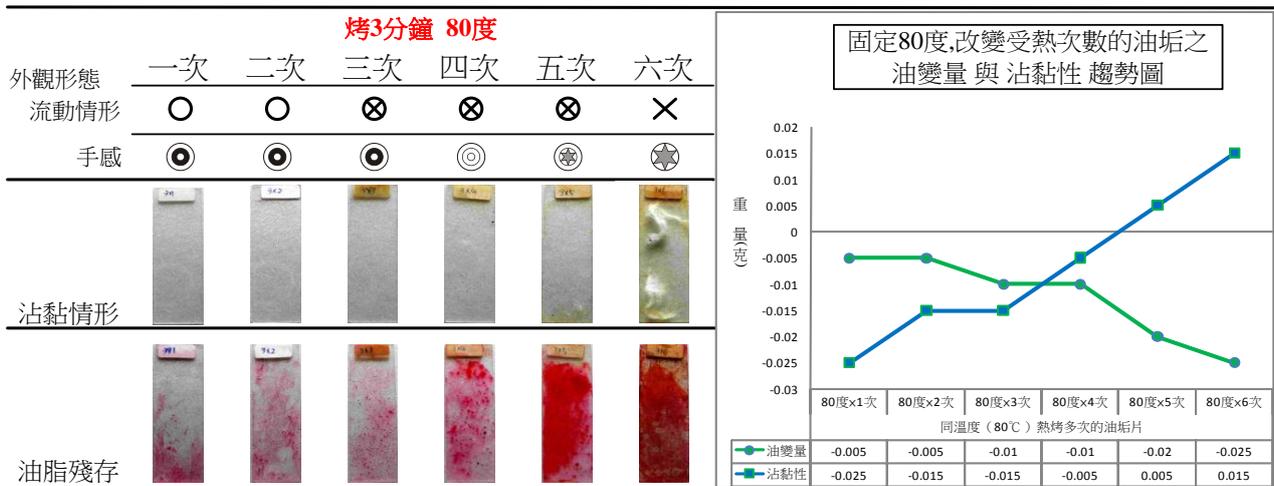
二、受熱氧化次數

(一) 過程



(二) 結果

1. 固定以 80 度製作油垢片，比較受熱次數對油垢形成的影響；結果見圖 5-3。



註:1.各組有兩片油垢片;油變量取兩片的平均值;一片作沾黏性並供拍照,另一片作油脂殘存測試與拍照。
 2.流動情形的測試與紀錄說明見表4-1。○指油會流動,⊗指油不流動但被棉絮沾走,×不流動不被沾走。
 3.手感的測試與紀錄見表4-2。◎是溼滑沾手,◎是滑沾手,◎是滑粘沾手,◎是粘沾手,◎是很粘沾手,◎是微粘不太沾手,◎是不粘不沾手。
 4.沾黏性測得的重量變化數值若為負數代表油垢偏沾性,油被棉絮沾走較多;若為正數表示油垢偏黏性,則是代表油粘走棉絮較多。

圖5-3 受熱次數對油垢形成的影響結果-1

發現：

- 觀察外觀形態：隨著受熱次數增加，形成的油垢變化是：顏色由透明變黃、流動減緩、手感由滑轉黏，油脂表現顏色漸深。受熱第 5 次的油垢，其油脂殘存由點狀轉呈片狀表現；第 6 次的油垢有更大差異，顏色轉黃、有黏性會黏住棉絮，油脂已有轉少情形。
- 分析折線圖：隨著受熱次數增加，油垢油變量變小，沾黏性增大。明顯的差異從第 5 次開始，油變量大幅降低，沾黏性數值轉為正數，即油垢黏性增加。

2. 固定以 180 度製作油垢片，比較受熱次數對油垢形成的影響；結果見圖 5-4。

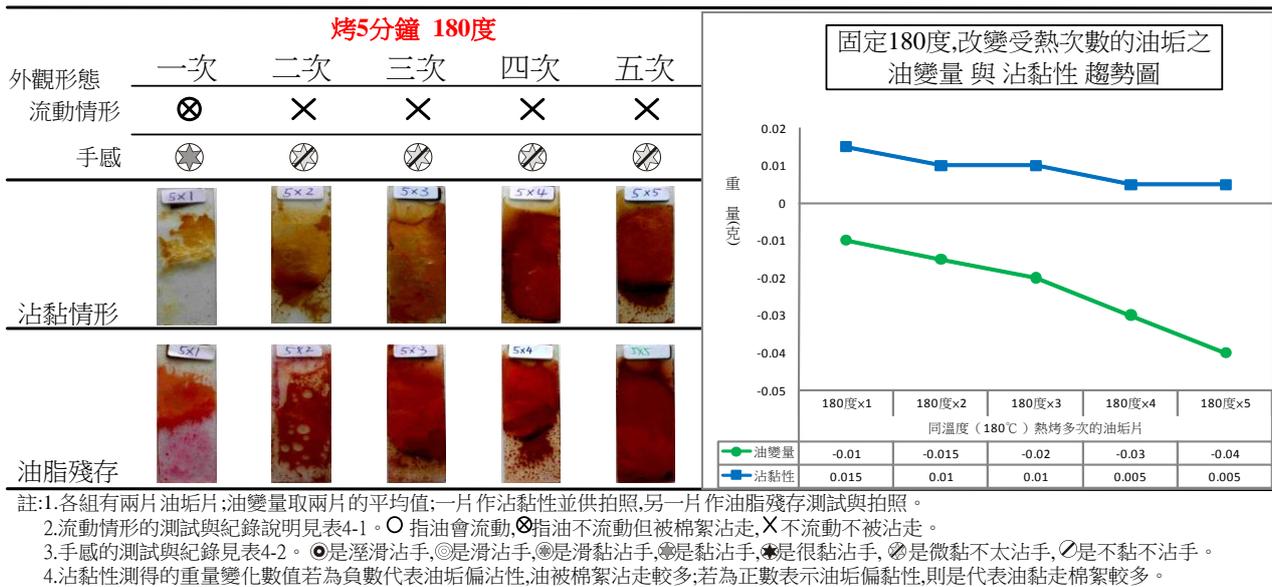


圖5-4 受熱次數對油垢形成的影響結果-2

發現：

- (1). 隨著受熱次數增加，油垢顏色變化由黃褐到黑褐（邊緣）、手感由黏沾手轉為不黏不沾手、油脂表現越來越不明顯。
- (2). 分析折線圖：隨著受熱次數增加，油變量變小，沾黏性也變小到接近 0，代表油垢的沾黏性隨著受熱次數增加而漸漸消失。

三、綜合討論—各變因對油垢形成的影響

(一) 比較油垢之外觀形態與油脂殘存表現：

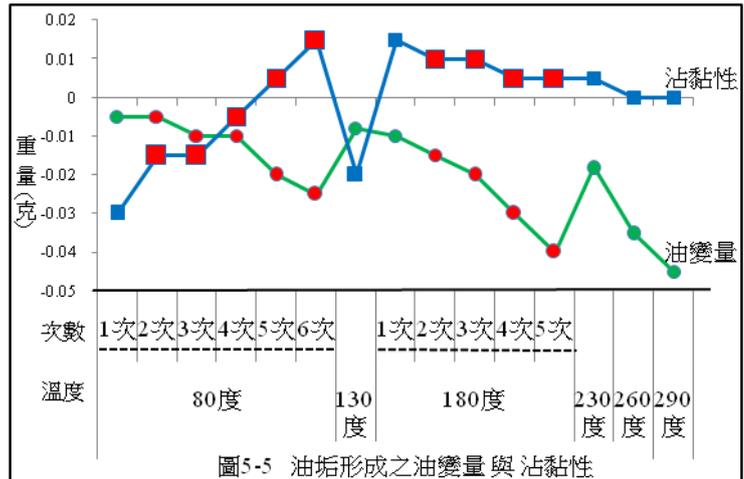
改變溫度形成的油垢差異大（80 到 290 度的油垢形態轉變大，油脂從有到無）；改變次數，會讓油垢的轉變較細微完整呈現（80 度受熱一到六次，油垢形態變化不大，但油脂殘存的轉變過程完整（點到片狀））。

表5-4 各受熱氧化(溫度與次數)變因形成的油垢

變因	80度						130度	180度					230度	260度	290度
	1次	2次	3次	4次	5次	6次		1次	2次	3次	4次	5次			
外觀形態															
流動情形	○	○	⊗	⊗	⊗	×	○	⊗	×	×	×	×	×	×	×
手感	⊙	⊙	⊙	⊙	⊙	⊙	⊙	⊙	⊗	⊗	⊗	⊗	⊗	⊗	⊗
油脂殘存															

(二) 比較油垢之油變量與沾黏性：

1. 增加受熱溫度與次數都使油變量減小；參考資料後得知油受熱時起了化學變化，產生一些會揮發的物質，這些物質揮發後，使油重量變小。
2. 增加受熱溫度讓油的沾黏性有很大差異（沾性⇌黏性⇌無沾黏性）。增加受熱次數則使沾黏性變化細微緩慢（圖中紅色方塊）。從此得知：增加受熱溫度可加速油形成油垢。

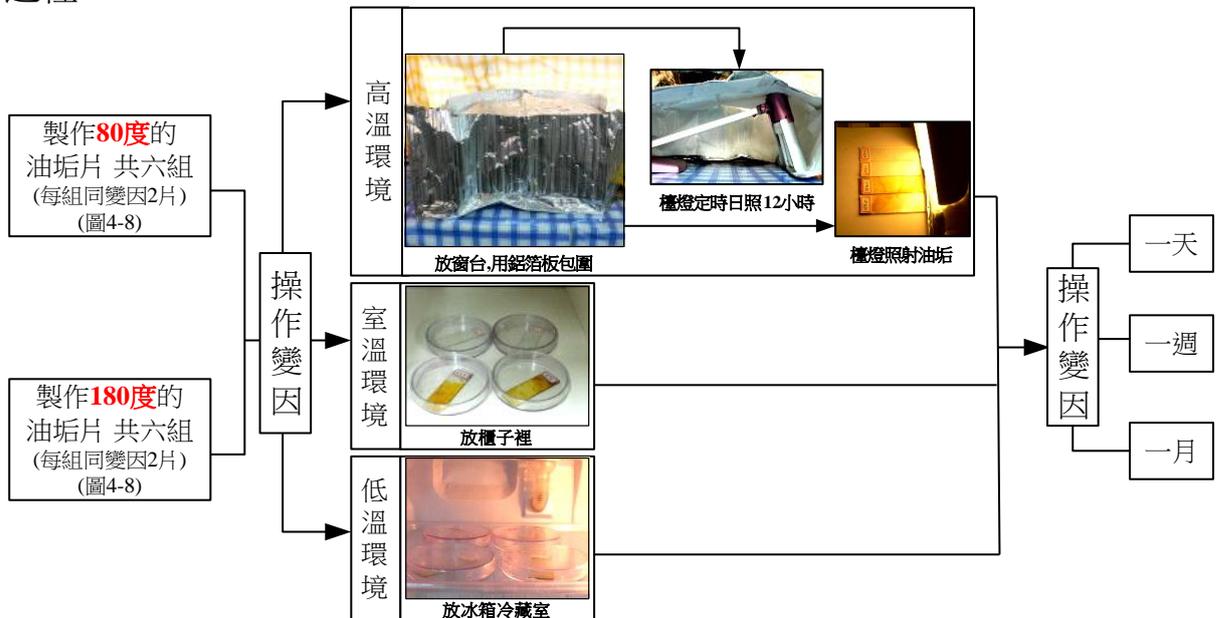


(三) 增加受熱次數能形成近似高溫產生的油垢：

綜合比較表 5-4 和圖 5-5，發現增加低溫受熱次數與高溫形成的油垢相似。例如：180 度受熱 3 次的油垢和 230 度油垢的油變量相似，受熱 4 次的油垢與 230 度油垢的外觀形態及沾黏性相似。從此獲知提高受熱溫度讓油垢快速形成，但若重複低溫受熱也會造成相同的油垢，可見廚房中的油垢除了高溫，常常受熱(次數)也是其形成的因素。

研究三：探討在時間與溫度的影響下，油垢會再如何變化

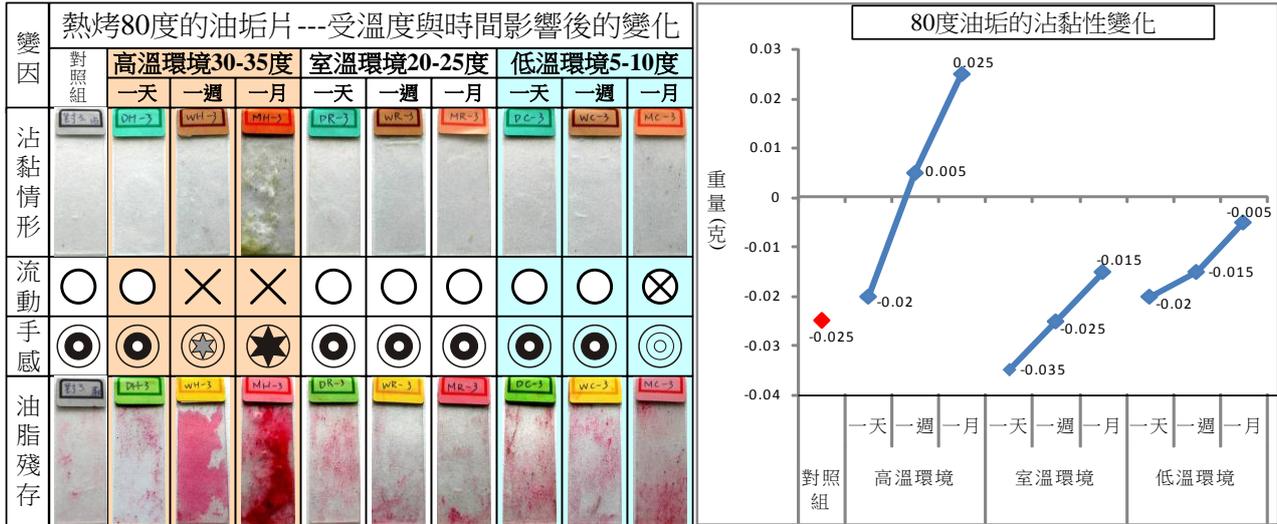
一、過程



二、結果與討論

我們想知道已形成的油垢，會因放置環境與時間的影響產生什麼變化，因此觀察以油垢的流動性、手感、沾黏性與油脂殘存為主。

(一) 80 度油垢的變化 (圖 5-6)

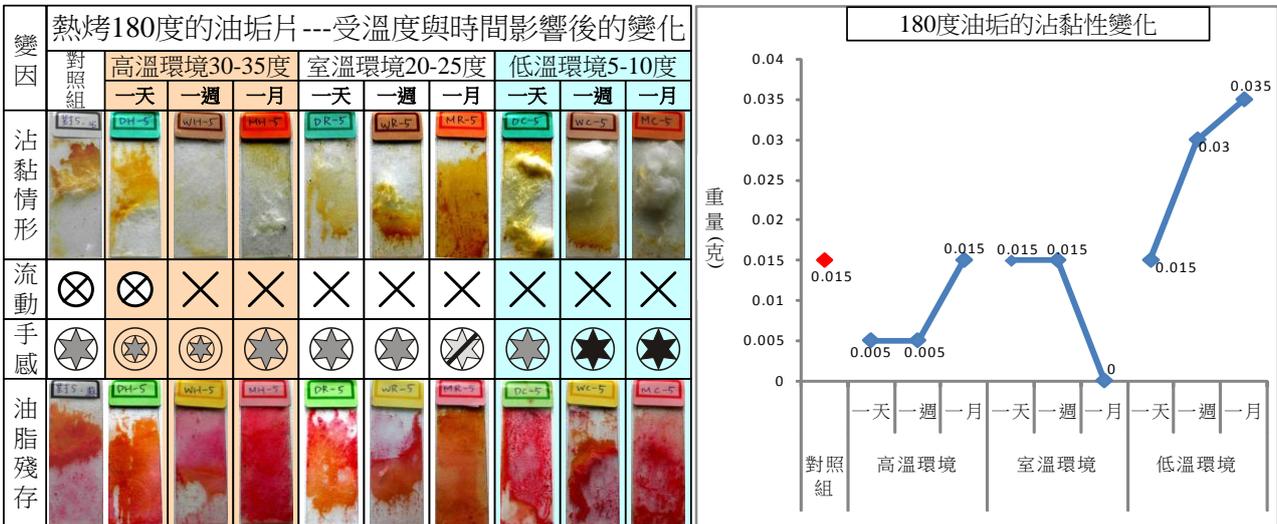


註:1.對照組指未受溫度時間影響的80度油垢片。2.流動情形的測試與紀錄說明見表4-1。3.手感的測試與紀錄見表4-2。

圖5-6 80度形成的油垢受溫度時間影響下產生的變化情形

80 度形成的溼滑透明油垢，長時間在室溫與低溫下變化不大，只呈現滑與沾性有漸消失趨勢；在高溫下變化較大，包含流動減緩、油脂反應變明顯，除了能黏住棉絮，其黏性隨時間大幅增加。我們推測 80 度的溼滑油垢中還有些未氧化的油，在持續高溫下產生氧化變質，所以時間越久，油垢的變化越明顯。

(二) 180 度油垢的變化 (圖 5-7)



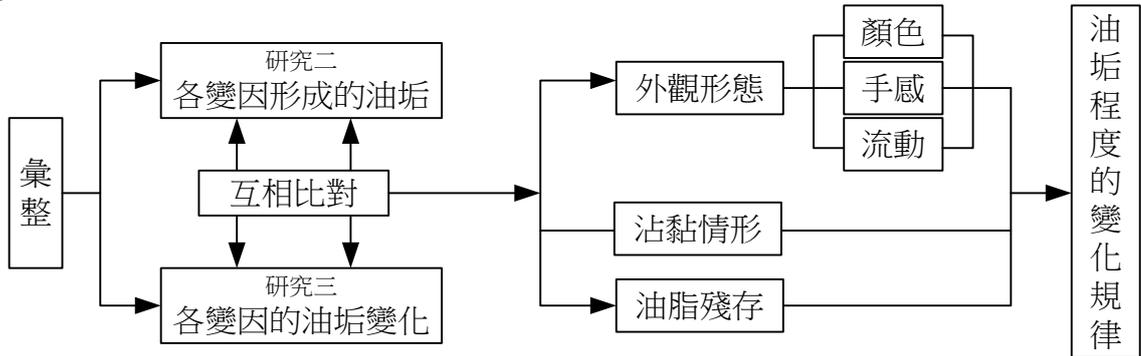
註:1.對照組指未受溫度時間影響的180度油垢片。2.流動情形的測試與紀錄說明見表4-1。3.手感的測試與紀錄見表4-2。

圖5-7 180度形成的油垢受溫度時間影響下產生的變化情形

參考資料得知，經過熱氧化的油，冷卻時也會持續自動氧化作用。各環境對 180 度油垢的影響以低溫最明顯，才一週就使油垢黏性大增。高溫下油垢手感摸起來除了黏還有些滑感，黏性反而降低，但一個月後黏性又恢復。油垢在室溫下，短時間變化不大，要一個月才呈現似無沾黏性，油脂殘存變得不多。

研究四：研究油垢程度變化規律

一、過程



二、結果與討論

(一)、彙整各油垢的外觀形態

彙整各顏色的油垢會出現的流動情形與手感於表5-5:

1. 顏色由透明偏向黑褐,其流動情形越來越差;手感的變化由滑轉成黏,再轉成不滑不黏不沾手。
2. 綜合顏色、流動性與手感,可發現油垢程度等級的轉變(表中紅色區塊分布)。油垢從透明、滑滑的易沾手會流動,轉成偏黃不太流動會黏,再轉變成顏色深、不流動不沾手且沒有沾黏性的油垢。

表5-5 油垢的顏色與流動性、手感的關係表

外觀顏色	透明	黃	黃褐	褐	黑褐
流動性	○	⊗	⊗	○	⊗
手感	◎	⊗			
	⊙	⊗			
	⊕		⊕		
	⊖		⊖	⊖	
	⊗			⊗	
	⊘				⊘

註:1.表中灰色區塊代表該顏色的油垢沒有出現那種流動情形。
 2.流動性紀錄:○指油會流動,⊗指油不流但被棉絮沾走,⊘不流動不被沾走。
 3.手感的紀錄:◎是溼滑沾手,⊙是滑沾手,⊕是滑黏沾手,⊖是黏沾手,⊗是很黏沾手,⊘是微黏不太沾手,⊘是不黏不沾手。

(二)、彙整各油垢的沾黏性與油脂殘存表現

將各油垢的油脂表現與沾黏性整理在表5-6。發現：

1. 油垢與蘇丹試劑的紅色反應可分成點狀、片狀表現;若油脂少則紅色表現不明顯。其表現與沾黏性有關,點狀反應的油脂偏滑有沾性,片狀油脂偏黏不太流動,沒有油脂反應的油垢無沾黏性。

表5-6 油垢的沾黏性與油脂殘存表現的關係表

油脂殘存表現	紅色點狀居多	點片狀	紅色片狀居多	不明顯	沒反應
沾黏性	偏沾性,沾黏性數值 < 0	偏黏性,數值 > 0	無沾黏性		
	溼滑	滑	滑黏	黏	很黏
				微黏	不黏

2. 再從各油垢的沾黏性數值中，歸類分出七等級（溼滑⇨滑⇨滑黏⇨黏⇨很黏⇨微黏⇨光滑）。例如：會沾手但不流動的「滑」油垢，在實驗資料中的沾黏性數值都是負數，且都是大於或等於-0.010；而「很黏」的油垢沾黏性數值都大於0.020。

表5-7 各類型油垢的沾黏性數值區分表

油垢類型	溼滑	滑	滑黏	黏	很黏	微黏	光滑
	會沾手偏沾性		雖會沾手但偏黏性			不沾手近無沾黏性	
沾黏數值	負數		正數			接近0	
	<-0.010	<0 ≥-0.010	>0 ≤0.010	>0.010 ≤0.020	>0.020	≤0.010	0

註(1)數值的整理歸納源自實驗的原始資料。(2)黏和很黏的油垢還有差別,在於很黏的油垢黏較多棉絮,且油垢片會被手指黏起離開桌面。

(三)、建立油垢程度變化規律

綜合上述整理形成一套「油垢程度變化規律」，並依其規律建立七個等級的油垢（圖 5-8）：

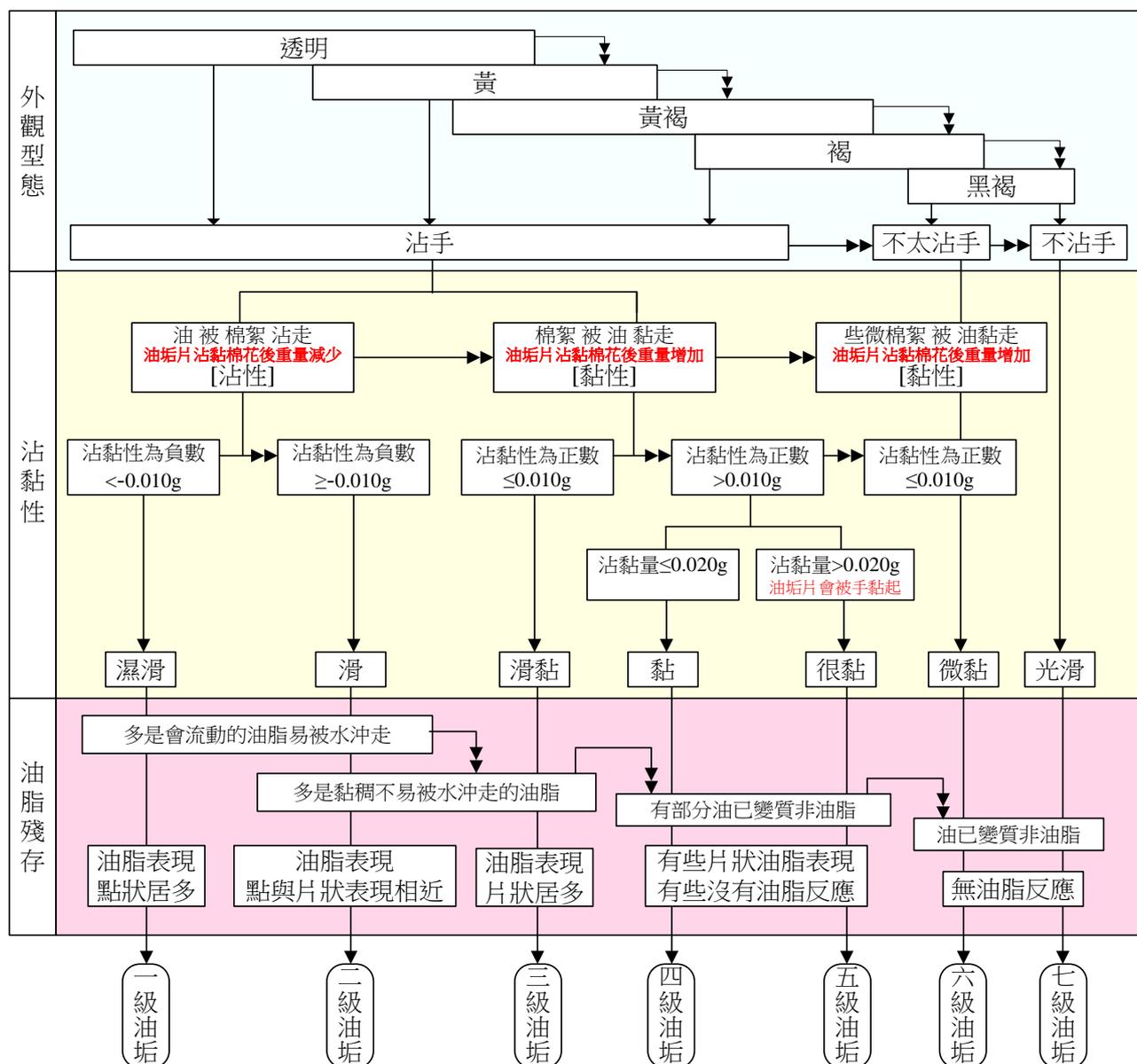


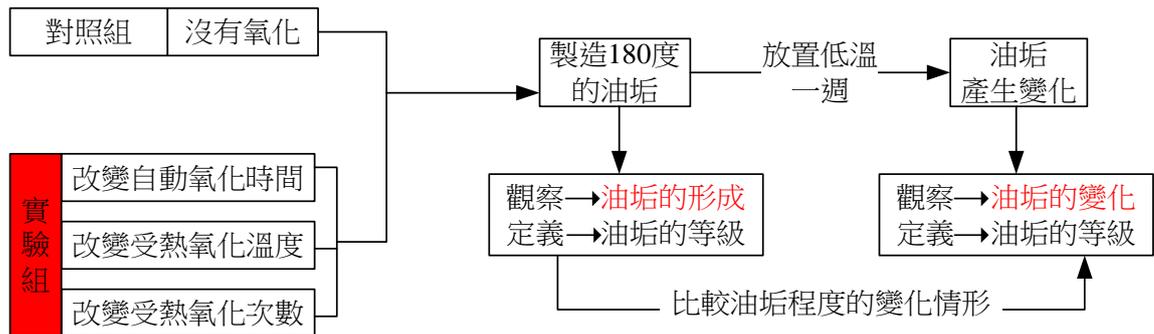
圖5-8 油垢程度變化規律圖

研究五: 探討油「氧化情形」與「種類」對油垢程度變化的影響

我們已知道油垢的轉變過程(一到七級油垢);所以想探討有哪些因素會影響油垢程度的變化,依照前研究結果與生活經驗設計「油的氧化情形」與「油的種類」變因。

一、油的氧化情形對油垢程度變化的影響

1.過程



2.結果與討論

整理成表 5-7 與圖 5-9 :

(1) 實驗組的油形成的油垢都與對照組的「黏」油垢不同,最有差異的是受熱氧化溫度變因,隨溫度增加,油垢從很黏轉為不黏。

(2) 觀察油垢在同條件下(低溫一週)的變化,發現受熱氧化溫度的油垢都已停在不黏狀態,受熱六次的油垢是從很黏轉為不黏;其他大多與對照組相似,轉變成很黏油垢。

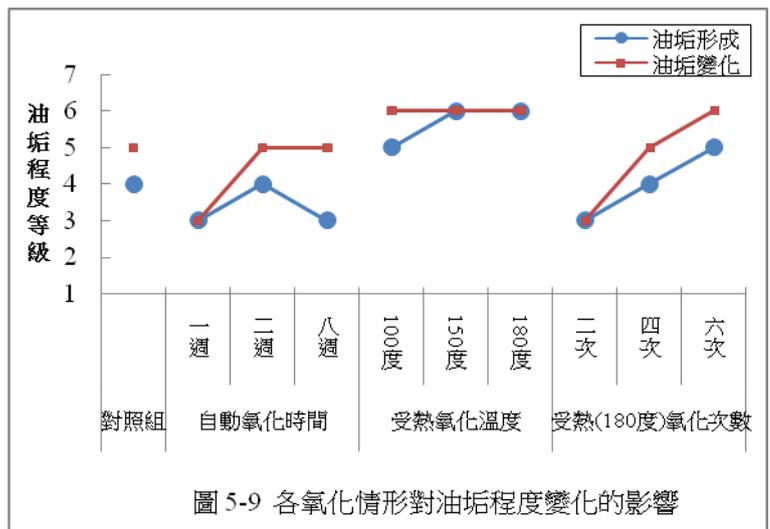
(3) 依照油垢程度規律定出各油垢等級後,發現:

表5-8 各氧化情形對油垢的形成與變化影響

變因	對照組	實驗組									
		自動氧化時間			受熱氧化溫度			受熱氧化次數			
		一週	二週	八週	100度	150度	180度	二次	四次	六次	
油垢的形成	流動	⊗	⊗	⊗	⊗	⊗	⊗	⊗	⊗	⊗	⊗
	手感	★	★	★	★	★	★	★	★	★	★
	沾黏情形	0.015	0	0.020	0.005	0.025	0.005	0.005	0	0.015	0.025
油垢的變化	流動	⊗	⊗	⊗	⊗	⊗	⊗	⊗	⊗	⊗	
	手感	★	★	★	★	★	★	★	★	★	
	沾黏情形	0.030	0.005	0.035	0.030	0.005	0.005	0.005	0	0.025	0.010

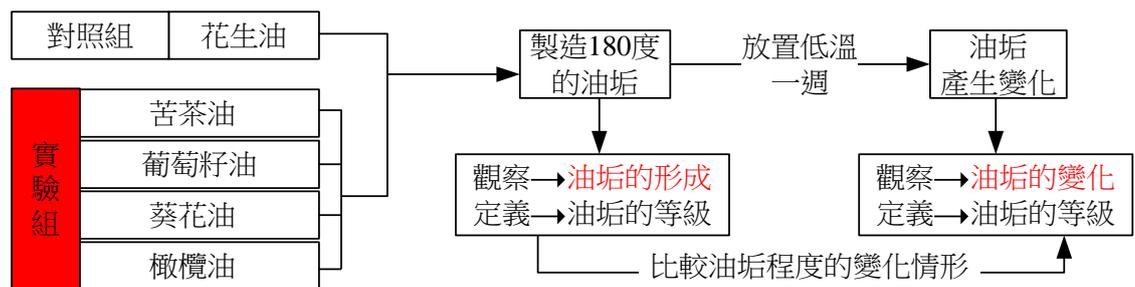
註:1.油垢片的數值為沾黏性的測量結果。2.流動情形的紀錄說明見表4-1。3.手感的紀錄說明見表4-2。

- a. 油垢在同條件下的轉變，多數實驗組跟對照組一樣(程度變化增加一級)。唯自動氧化八週油垢增加兩級，可見油氧化越久產生的油垢，冷卻時自動氧化快速，油垢便較快有變化。
- b. 改變受熱溫度與受熱六次使油垢程度比對照組高，可見油經高溫加熱或多次加熱，會加速油垢轉變；推測已受熱過的油再製成油垢，歷經二次氧化，連續二次受熱加速化學反應，使油加速變質。



二、油的種類對油垢程度變化的影響

1.過程

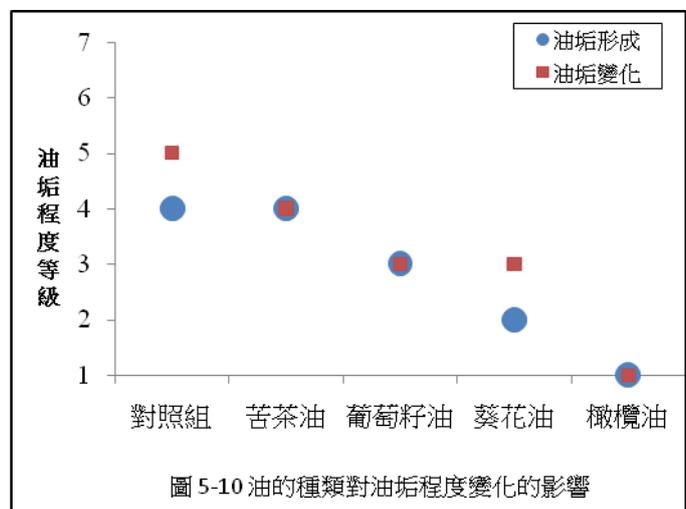


2.結果與討論

表5-9油的種類對油垢的形成與變化影響

變因	對照組	實驗組				
	花生油	苦茶油	葡萄籽	葵花油	橄欖油	
油垢的形成情形	流動	⊗	⊗	⊗	⊗	○
	手感	☆	☆	☆	◎	◎
油垢的變化情形	流動	⊗	⊗	⊗	⊗	⊗
	手感	☆	☆	☆	◎	◎
沾黏情形	0.015	0.020	0.010	-0.010	-0.045	
沾黏情形	0.030	0.015	0.005	0.010	-0.025	

註:1.油垢片的數值為沾黏性的測量結果。2.流動情形的紀錄說明見表4-1。3.手感的紀錄說明見表4-2。



不同種類的油形成的油垢以及在同條件下產生的變化不同；除了苦茶油外，其他實驗組形成的油垢等級都低於對照組；置低溫一週後，除了葵花油外，其他的油垢程度都沒變化。

很多資料指出不飽和脂肪酸含量較高的油對人體健康有益，因此苦茶油、葡萄籽油、橄欖油、葵花油廣被推薦，這也是我們選作實驗的原因。將各油含量(下表)與實驗結果比較：

- (1) 資料指出油的不飽和程度越高，在加熱時，其氧化越明顯，尤其多元不飽和脂肪酸若含量越高，越易受高溫氧化裂解。我們選用的油以葡萄籽油和葵花油的多元不飽和脂肪酸最高，但實驗結果並沒有顯示這兩種油形成的油垢程度最大；只有多元不飽和脂肪酸很低的橄欖油形成的油垢等級最低，放置低溫一週也沒有改變其油垢程度。

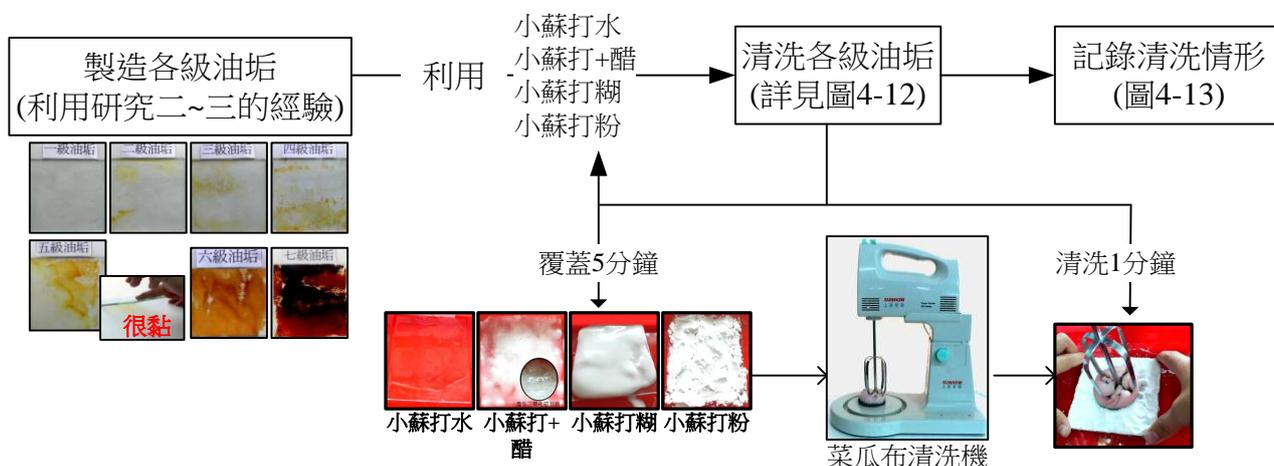
種類	不飽和脂肪酸含量(%)		飽和脂肪酸含量(%)
	單元	多元	
花生油	40.61	36.69	22.68
苦茶油	82.51	6.96	10.53
葡萄籽	20.16	67.79	12.05
葵花油	23.28	64.89	11.83
橄欖油	72.85	10.9	16.25

- (2) 參考資料的研究多以200度以上長時間加熱進行實驗，指出「過度高溫烹調」使油脂變質危害人體；但我們的實驗溫度較低(180度，一般烹調溫度)也沒有長時間加熱，推測溫度與加熱時間的不同，可能是實驗結果與資料不符的因素。雖與資料不符，但此實驗結果可讓我們放心選用不飽和脂肪酸含量高的油，不但有益健康，且在溫度180度以下烹調就不怕形成油垢；即使產生油垢，在一週內，其油垢也不會很快轉變成難清理的油垢。

研究六: 研究如何利用小蘇打去除油垢

我們終於掌握油垢變化的規律，接著迫切所需的就是研究可去除油垢的方法。根據課堂經驗，生活中常應用酸鹼中和方式去除汙垢；既然廚房的油垢是因油變質裂解酸敗的產物，我們想鹼性的「小蘇打」應是好的選擇。於是從蒐集「小蘇打」的資料中，整理研發我們需要的清洗物（表 4-3）與清洗方式（圖 4-12）。

一、過程

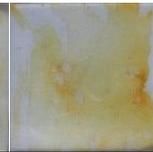
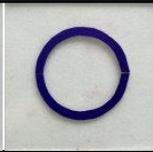
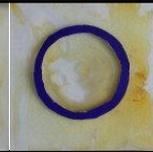
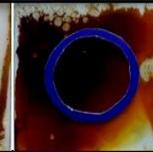
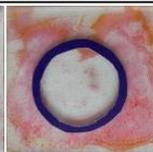
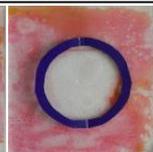


二、結果

(一) 小蘇打水

小蘇打水屬於鹼性溶液，能中和溶解掉酸性的油垢；結果於表 5-10。

表 5-10 各級油垢被小蘇打水清洗的結果

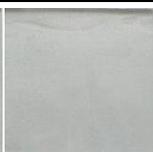
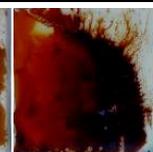
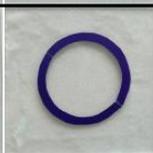
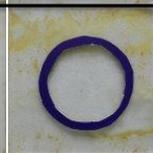
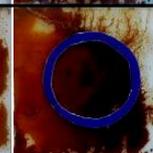
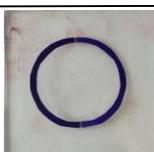
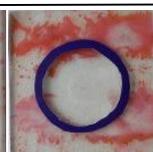
	一級	二級	三級	四級	五級	六級	七級
清洗前							
清洗後							
清洗結果							
手感	○	○	×	×	×	×	×
油脂殘存						油垢無油脂殘存	

註：1. 手感以玻璃片中間（菜瓜布主要清洗位置）為主；○代表摸起來已乾淨不滑不黏，×代表手感摸起來沒有完全洗乾淨，仍有些微黏。
2. 六與七級油垢在前研究已發現沒有油脂，所以不作蘇丹試劑測試油脂殘存反應。

(二) 小蘇打+醋

在小蘇打粉上噴醋會產生二氧化碳泡泡，綿密的泡泡便能包覆油垢；結果於表 5-11。

表5-11 各級油垢被(小蘇打+醋)清洗的結果

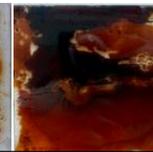
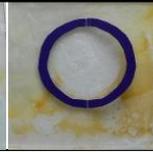
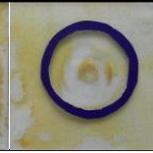
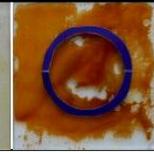
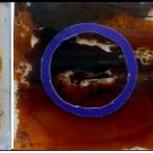
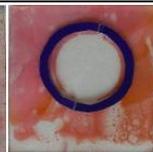
	一級	二級	三級	四級	五級	六級	七級
清洗前							
清洗後							
清洗結果							
手感	○	○	×	×	×	×	×
油脂殘存						油垢無油脂殘存	

註：1. 手感以玻璃片中間（菜瓜布主要清洗位置）為主；○代表摸起來已乾淨不滑不黏，×代表手感摸起來沒有完全洗乾淨，仍有些微黏。
2. 六與七級油垢在前研究已發現沒有油脂，所以不作蘇丹試劑測試油脂殘存反應。

(三) 小蘇打糊

濃稠的小蘇打糊能同時發揮粉末摩擦和溶液溶解油垢的功能；結果於表 5-12。

表5-12 各級油垢被小蘇打糊清洗的結果

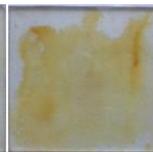
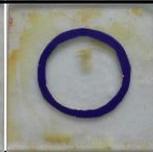
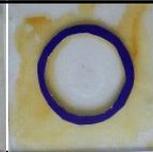
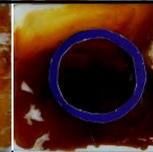
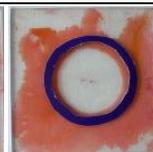
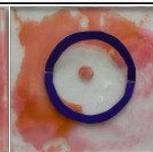
	一級	二級	三級	四級	五級	六級	七級
清洗前							
清洗後							
清洗結果	○	○	×	×	×	×	×
手感	○	○	×	×	×	×	×
油脂殘存						油垢無油脂殘存	

註：1. 手感以玻璃片中間（菜瓜布主要清洗位置）為主；○代表摸起來已乾淨不滑不黏，×代表手感摸起來沒有完全洗乾淨，仍有些微黏。
2. 六與七級油垢在前研究已發現沒有油脂，所以不作蘇丹試劑測試油脂殘存反應。

(四) 小蘇打粉

利用菜瓜布直接用小蘇打粉摩擦掉油垢；結果於表 5-13。

表 5-13 各級油垢被小蘇打粉清洗的結果

	一級	二級	三級	四級	五級	六級	七級
清洗前							
清洗後							
清洗結果	○	○	×	×	×	×	×
手感	○	○	×	×	×	×	×
油脂殘存						油垢無油脂殘存	

註：1. 手感以玻璃片中間（菜瓜布主要清洗位置）為主；○代表摸起來已乾淨不滑不黏，×代表手感摸起來沒有完全洗乾淨，仍有些微黏。
2. 六與七級油垢在前研究已發現沒有油脂，所以不作蘇丹試劑測試油脂殘存反應。

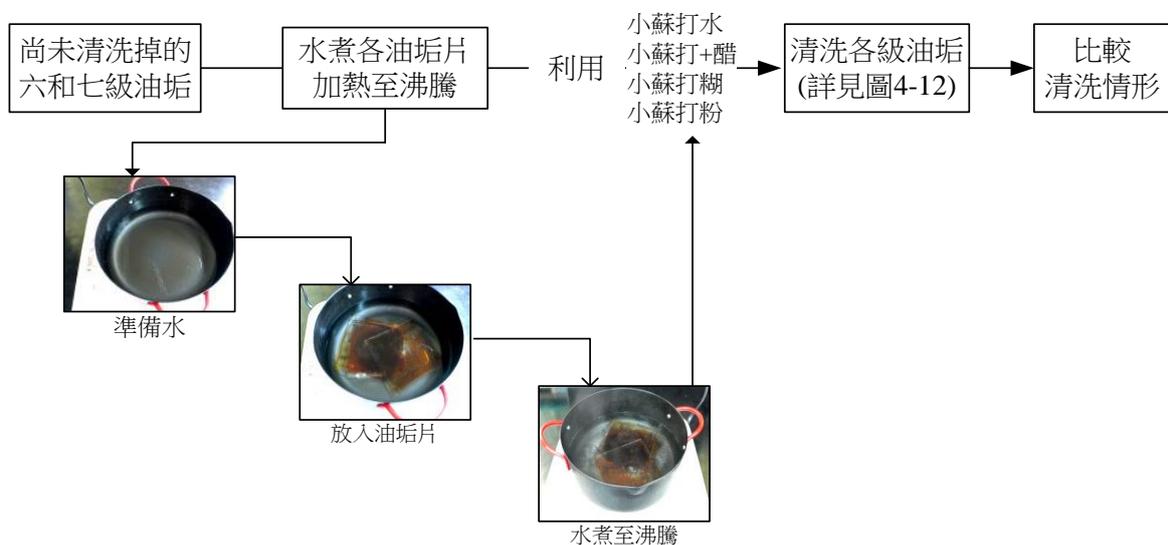
三、綜合討論

我們將所有清洗物的清洗結果綜合比較，整理成表 5-14：

表5-14 綜合比較各清洗物清洗油垢的結果

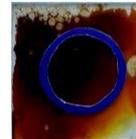
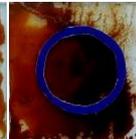
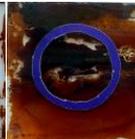
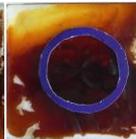
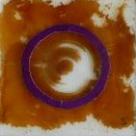
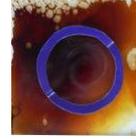
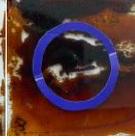
	一級	二級	三級	四級	五級	六級	七級
小蘇打水							
小蘇打+醋							
小蘇打糊							
小蘇打粉							

1. 所有清洗物都能輕鬆將有沾性、滑膩的一、二級油垢清洗掉。
2. 所有清洗物大致都能清洗三到五級油垢，只有小蘇打水和小蘇打加醋清洗五級油垢仍有一些殘存；綜合比較能看出清洗這些黏性油垢的能力是小蘇打粉最強，小蘇打水最弱。
3. 所有清洗物都難清掉六、七級油垢，推測可能這些油垢已無油脂，所以鹼性小蘇打無法發揮效用。因此我們參考研究三的發現（油垢在高溫環境會降低一些黏性），再設計熱清洗方式（見下圖）。



四、熱清洗結果

表5-15 綜合比較各清洗物熱清洗六、七級油垢的結果

	六級油垢				七級油垢			
	小蘇打水	小蘇打+醋	小蘇打糊	小蘇打粉	小蘇打水	小蘇打+醋	小蘇打糊	小蘇打粉
清洗前								
清洗後								

這次我們讓油垢被清洗前先受熱，結果如表 5-15 所示：

- 1.六級油垢受熱後就比較容易被清洗掉，除了小蘇打與醋產生的二氧化碳泡泡的清洗效果較不明顯，其他三種方法都有顯見的清洗功效；可見油垢受熱恢復一些沾黏性，稍降其程度，沾黏油垢被鹼性小蘇打中和後，就較容易被清洗。其中小蘇打粉和小蘇打糊比小蘇打水的清洗效果好，代表粉末摩擦情形在清洗中發揮很大功效。
- 2.七級油垢即使受熱也難恢復黏性，無法被洗掉。這雖有些遺憾，但至少讓我們知道，千萬別讓家中油垢演變到七級程度，最好在變化到六級前就趕快把油垢清掉吧！

陸、結論

我們研究在探討油垢形成原理，透過實驗認識油垢的形成與變化，再從中建立油垢轉變規律，進而探討影響油垢程度差異的變因，最後研究去除油垢的方法。發現：

一、油會因氧化而變質

油產生氧化現象後，比重改變而且開始揮發。「熱」會加速油氧化的化學反應，也加速油變質。提高溫度會讓油比重大減，增加受熱次數使油更快揮發。

二、油垢的形成變化原理

油遇熱產生氧化裂解，開始變質、慢慢形成油垢。油垢形態會隨著受熱溫度提高、受熱次數增加產生變化，而且已形成的油垢也會因放置環境與時間再繼續產生變化。油垢的變化具規律性，包含顏色由透明、黃、黃褐、褐到黑褐，流動會漸緩，沾黏情形由沾性、黏性到無沾黏性，油脂殘存情形從易流動的紅色斑點、黏而不流動的片狀紅塊再到無油脂不反應。因此我們便能從中整理「油垢程度變化規律」，依照轉變程度建立一到七級的油垢。表 6-1 依照此規律，整理所有實驗變因產生的油垢程度，便會更清楚呈現影響油垢形成與變化的因素。

表6-1 各變因產生的油垢程度一覽表

產生油垢的變因	油垢程度轉變規律						
	一級	二級	三級	四級	五級	六級	七級
80度受熱一次	V						
低溫一天	V						
低溫一週	V						
低溫一月		V					
室溫一天	V						
室溫一週	V						
室溫一月	V						
高溫一天	V						
高溫一週			V				
高溫一月					V		
80度受熱二次	V						
80度受熱三次	V						
80度受熱四次		V					
80度受熱五次			V				
80度受熱六次				V			
130度受熱一次	V						
180度受熱一次				V			
低溫一天				V			
低溫一週					V		
低溫一月					V		
室溫一天				V			
室溫一週				V			
室溫一月						V	
高溫一天			V				
高溫一週			V				
高溫一月				V			
180度受熱二次						V	
180度受熱三次						V	
180度受熱四次						V	
180度受熱五次						V	
230度受熱一次						V	
260度受熱一次						V	
290度受熱一次							V

三、油垢程度差異因素

油是否有氧化過，和油的種類都會影響其形成的油垢以及之後的變化。

- (一) 氧化時間久，受熱溫度高、次數多的油，容易形成較高程度的油垢，或是使油垢程度變化加速。推測已氧化過的油再製成油垢，歷經二次氧化，更加速油的化學變化。
- (二) 大致上含不飽和脂肪酸高的油，在 180 度下形成的油垢程度偏低，而且冷卻後也較不會產生變化。

四、去除油垢方法

小蘇打水、小蘇打加醋、小蘇打糊及小蘇打粉都能去除一二級油垢，三到五級油垢也都能清掉，就是無法清掉無沾黏性、無油脂又顏色深的六七級油垢。不過若讓六級油垢在清洗前先受熱，恢復一些黏性，再被小蘇打中和，就能被清洗；其中最推薦小蘇打粉和小蘇打糊。只有七級油垢仍無法被洗掉，所以大家盡量在油垢變化到六級前就趕快把它清掉吧！

除「垢」要「油」理！油垢的形成是有原理，且變化具規律性，只要掌握油垢轉變的原理與規律，就能避免產生討厭的油垢，並且在適當時機，應用小蘇打，就能輕鬆去掉油垢。

柒、參考資料

- 一、小蘇打生活研究會(民 95)，小蘇打+醋的無毒清潔法。台北市：三采文化。16-69。
- 二、段盛秀和楊海明編著（民 91），食品化學實驗。台北縣：藝軒圖書。121-124。
- 三、藥物食品檢驗局。台北市：衛生署。取自：<http://www.nlfd.gov.tw/>。
- 四、油脂加工中產生的極性成分及其影響。自然醫學。取自：www.DrJamesChen.com。

【評語】 081536

本項作品對食用油產生油垢的氧化現象進行觀察及分類再進行除垢的測試，由於與日常生活相關，具參考之價值。然使用之加熱工具無法維持恆溫，清洗油垢的小蘇打並非有效之除垢試劑，為可以再改進的地方。