

中華民國第 59 屆中小學科學展覽會

作品說明書

國小組 生活與應用科學(二)科

第三名

082923

「油色可鑑」-簡易比色卡與發煙點之間的奧秘

學校名稱：高雄市左營區福山國民小學

作者： 小六 王思涵 小六 黃鈺家 小六 陳品亦 小六 林筱蕾 小六 趙韋荏	指導老師： 蔡伊淑 劉安治
---------------------------------------------------------------------------	-----------------------------

關鍵詞：比色卡、發煙點、油色

摘要

我們利用簡易的食用油發煙點裝置及自製食用油比色卡，期望找到油的發煙點和油色之間的關係。實驗發現：

- 一、油加熱後油色會不同，於是製作出食用油比色卡，油色編號 1~24，做為油色比較之用。
- 二、油加熱四次後，植物油油色在 1~6 之間，發煙點在 170 度以上，屬於合格的油。
- 三、不同的油炸物油炸後，油的發煙點都有下降的情形，油色也會不同。
- 四、食材裹粉會讓油的發煙點下降、油色變深，以麵包粉的影響最大。油接觸空氣時間越多，油的品質越不佳。
- 五、新油添加維生素 E，只有豬油的發煙點上升，植物油會下降。舊油添加維生素 E，油的發煙點都會上升。

我們找出四種油的發煙點合格範圍與油色編號的關係，期望食用油比色卡能讓民眾鑑別油的品質好壞。

壹、研究動機

「哇！香噴噴的炸雞，美味可口的薯條……」，在家中使用油來炸煮東西時，總需要用到許多油，這些油炸煮過後，品質會變得如何？能不能再繼續使用呢？延續第 50 屆學長姐的科展作品「意油未盡」⁽¹⁾，我們繼續進行許多實驗。利用方便的判斷方式，如：簡易比色卡和發煙點…等，在家中就能簡易的分辨油的品質好壞，為自己的健康飲食把關。



貳、研究目的

研究一、自製食用油發煙觀察裝置及簡易食用油比色卡

實驗 1-1：自製食用油發煙觀察裝置

實驗 1-2：簡易食用油比色卡製作

研究二、食用油反覆加熱後，油質的變化情形

研究三、不同的油炸物對油質的影響情形

研究四、油炸物裹粉後，對油質的影響情形

實驗 4-1：食材裹上不同的粉，對油質的影響情形

實驗 4-2：相同的油炸時間，油炸物接觸空氣時間長短對油質的影響

研究五、新舊油添加維生素 E，反覆加熱後對油質的影響情形

實驗 5-1：添加不同比例的維生素 E，對大豆油的發煙點影響

實驗 5-2：新油添加維生素 E，對油質的影響情形

實驗 5-3：舊油添加維生素 E，對油質的影響情形

研究六、探討油的發煙點和比色卡油色編號的關係

【研究限制】

橄欖油是適用於涼拌的食用油，並不適合高溫油炸，未在本研究範圍。

參、研究設備及器材

一、實驗主要設備：

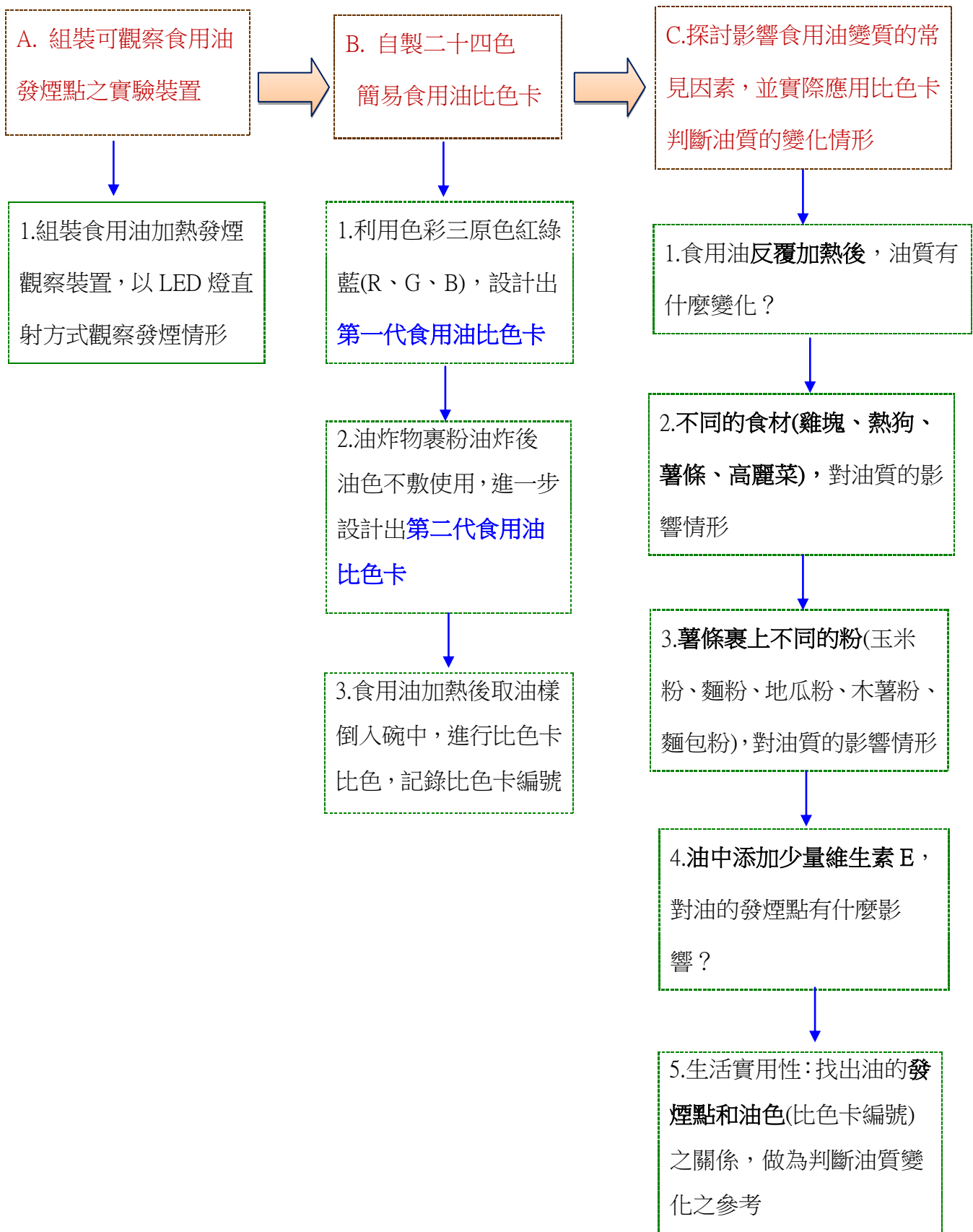
			
圖 3-1：各項實驗器材	圖 3-2：加熱用黑金爐	圖 3-3：電子秤	圖 3-4：數位照相機
			
圖 3-5：各項實驗器具	圖 3-6：各種實驗油樣	圖 3-7：不同的裹粉	圖 3-8：各種油炸食材
			
圖 3-9：各種食材	圖 3-10：維生素 E	圖 3-11：保存用玻璃瓶	圖 3-12：冷卻用水盆
			
圖 3-13：試管和試管架	圖 3-14：豬油加熱裝置	圖 3-15：食用油比色卡	圖 3-16：酸價試紙

二、實驗記錄與分析設備：

1. 實驗記錄：數位相機、Word
2. 電腦分析軟體：Excel(畫折線圖、長條圖)

肆、研究過程和方法

一、研究架構：本研究分成三個主要部份



二、文獻回顧：

(一)名詞解釋：

1. **油炸油⁽²⁾**：是指油炸食物所使用的油脂，作為熱源媒介，會與食品、水分、空氣中的氧氣等反應。在高溫下，食品的水分受熱蒸發，釋放到油炸油中，易造成油脂水解，外來空氣易造成油脂氧化，高溫造成油脂熱反應，如圖4-1。



圖 4-1：油鍋裡的油炸反應簡圖

2. **發煙點**：是指加熱的油開始產生煙的最低溫度。在此溫度之下，一些揮發物質如水、游離脂肪酸會從油品逸散出來，產生可以識別的青煙⁽³⁾。每一種油的耐熱程度不同，油品加熱至發煙點品質即開始劣化，發煙點通常作為油脂精製度與新鮮度的指標⁽⁴⁾。

3. **食用油成分**：主要是「三酸甘油脂」，就是三個為一組的脂肪酸在一起，隨著烹調溫度升高，有些脂肪酸會和其他同伴拆夥，單一成唯一個「游離脂肪酸」，它和其他複雜的氧化物發散到空氣中，就變成我們肉眼看到的一縷青煙⁽⁵⁾。

4. 油脂保存方式⁽²⁾：

- (1)及時清除油內的沉澱物和雜質，以減少游離脂肪酸。
- (2)維生素E是好的抗氧化物質，一粒維生素E膠丸刺破後加入500毫升油中，可防止油變質。
- (3)在油中加入萬分之三的丁香或萬分之二的生薑，可防止油脂產生臭味。
- (4)用過的油不要倒入新油中。

5. 三種脂肪酸之特性⁽⁵⁾：

分類	飽和脂肪酸	單元不飽和脂肪酸	多元不飽和脂肪酸
油脂結構及特性	不含雙鍵，比不飽和脂肪酸耐高溫、穩定	含一個雙鍵，可以使壞的膽固醇降低	含兩個以上的雙鍵，安定性差、不耐高溫
是否容易變質	最不易變質	比飽和脂肪酸容易變質	最容易變質

6. **維生素E⁽⁶⁾**（Vitamin E）：屬於脂溶性維生素，是一種抗氧化劑，對熱不敏感，但油炸時維生素E活性明顯降低。

(二)歷屆全國科展作品：由歷屆科展作品結論與本研究引用內容之對照表

序號	作品名稱	重要結論	本研究引用內容
1	2002年國際科展 Vitamin E 對回鍋 油品質的影響 ⁽⁷⁾	1. 維生素E可以降低回鍋油過程對油品質的傷害。	1.探討維生素E對新油和舊油發煙點的影響。
2	第44屆高中組： 炸不炸，有關係； 酸不酸，大問題 ⁽⁸⁾	1. 證實水為影響酸價之主要原因。炸高麗菜的水分高的東西會使油中酸價大幅上升。 2. 豬油耐熱性佳，在加熱過程中酸價變化較穩定。 3. 酥炸油成分為芥花油加天然茶多酚，推測其油炸效果應該不錯，只可惜售價過高。 4. 大豆油價錢便宜，但大豆油不夠穩定並不適合長時間的重複使用。 5.炸過肉類的油，油色變深。	1.高麗菜和雞塊含有水分，油的發煙點和酸價容易不合格。 2.在加熱過程中豬油的酸價變化較穩定。 3.烤酥油添加抗氧化劑讓油質穩定。 4.大豆油經過反覆油炸後，發煙點下降快。 5. 炸過雞塊的油，油色變深。
3	第50屆國中組 「油裡乾坤」 ⁽⁹⁾	1. 油質老化試紙，對於酸價的解析度太差。只能用在粗略測量或油質變質程度已經很高的情形下，才有其效用。 2. 維生素E的抗氧化能力，可以使油質更安定。	1.酸價試紙只能用在粗略測量，在豬油酸價測量上較準確。 2. 舊油添加維生素E能提高發煙點。
4	第57屆國中組 「品油論煮」 ⁽¹⁰⁾	1. 大豆油應是較適合中高溫烹調的油品。	1.大豆油經過反覆油炸後，發煙點下降快。

(三) 食用油劣化判斷標準

序號	資料名稱	判斷標準	本研究引用內容
1	臺北市府衛生局油炸油檢查須知 ⁽¹¹⁾ (2009.7.16)	1. 目視油炸油色澤、黏漬、雜質、有無起泡、發煙點低於 170°C 即不符合規定。 2. 使用「油質劣化測試紙」酸價超過 2.0 以上，油炸油要進行檢驗。	我們以油的發煙點 170°C 以上為合格的油。
2	油炸油安全管理簡易手冊-衛生福利部食藥署 (2011年12月) ⁽⁹⁾	換油標準： 1. 發煙點溫度低於 170°C，亦即油炸低溫時即已冒煙。 2. 酸價超過 2.0 mg KOH/g。	我們以油的發煙點低於 170°C、酸價超過 2.0 mg KOH/g，是不合格的油。
3	中央健康保險局雙月刊第89期 (100年1月號) ⁽¹²⁾	一般食物煎到熟約 140°C，炒或少量油炸約 140°C~180°C，大量油炸則約 180°C~200°C。	我們油炸物使用油的溫度約在 200°C。

(四) 本實驗使用的食用油之成分表

名稱	飽和脂肪 (g/100ml)	不飽和脂肪 (g/100ml)		總重 (g)	飽和脂肪 脂肪酸 (%)	不飽和脂肪 脂肪酸 (%)		屬性
		單元	多元			單元	多元	
大豆沙拉油	14	21	57	92.0	15.2	22.8	62.0	多元不飽和脂肪酸
烤酥油	15	21	56	92.0	16.3	22.8	60.9	大豆油改造
紅花籽油	7.6	72.2	11.5	91.3	8.3	79.1	12.6	單元不飽和脂肪酸
純芥花油	6.4	67	18.6	92.0	7.0	72.8	20.2	單元不飽和脂肪酸
豬油 ⁽²⁾	43	44	10	97.0	44.3	45.4	10.3	飽和脂肪酸

三、實驗方法

(一)實驗裝置圖



(二)測定發煙點方式

以熱電偶溫度計放置油鍋中央處，金屬測量棒浸入油中，不碰觸鍋底，使用 LED 燈觀察油脂的發煙情形，待鍋面升起薄煙後 5 秒，記錄當時發煙的溫度，如圖 4-2~4-4。



圖 4-2：以聚光強的 LED 燈照射

圖 4-3：油脂的發煙情形

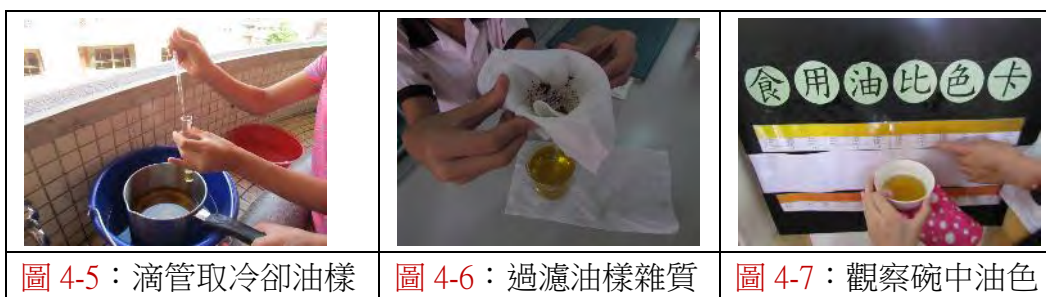
圖 4-4：溫度計測量中央油溫度

(三)測定酸價方式：將加熱後的熱油取出放置容器，等待油溫至室溫，以滴管取油滴在試紙上，試紙靜置 30 秒鐘，即可與下表相比對出油的酸價。

酸價	0	0.5	1.0	2.0	3.0	4.0
顏色	藍色	綠藍色	藍綠色	綠色	黃綠色	黃色

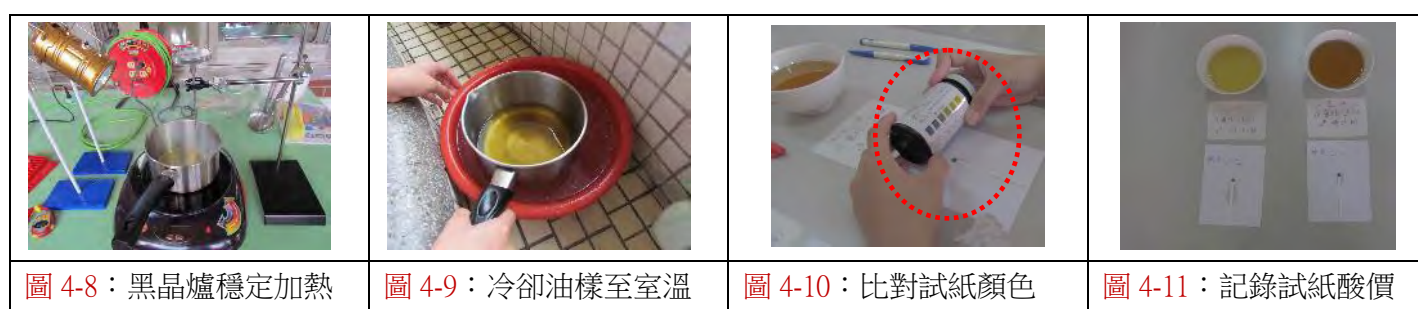
(四)油樣進行比色卡比色方式：

1. 取欲測油樣 100ml，先冷卻後再過濾油中雜質，將油樣倒入碗中(約半碗)。
2. 觀察者站立同一個位置，在光線相同下，同一組觀察者注視碗中央油色，對照比色卡上顏色，找到相符合或接近的比色卡編號，並記錄比色卡編號，如圖 4-5~4-7。



(五)不同的油脂反覆加熱

1. 油樣：烤酥油、芥花油、大豆油、紅花籽油(共四種植物油)，豬油(一種動物油)。
2. 取油樣 300ml 至鍋中，利用黑晶爐加熱至發煙點，測量其發煙點後冷卻至室溫反覆四次後，測量最後油樣的發煙點、比色卡編號和試紙酸價，如圖 4-8~4-11。



(六)不同的油炸物油炸實驗：

1. 油炸物有雞塊、薯條、熱狗、高麗菜等四種。
2. 以大豆油為油樣，取 300ml 倒入油炸鍋中，緩緩加熱到發煙點。
3. 秤取油炸物一份約 50g，每種油炸物油炸一次後記錄發煙點，之後連續油炸四次，記錄油的發煙點、比色卡編號和酸價，如圖 4-12~4-15。



(七)如何製作出不同的油色實驗：(比色卡編號 1、5、8、15、19、24)

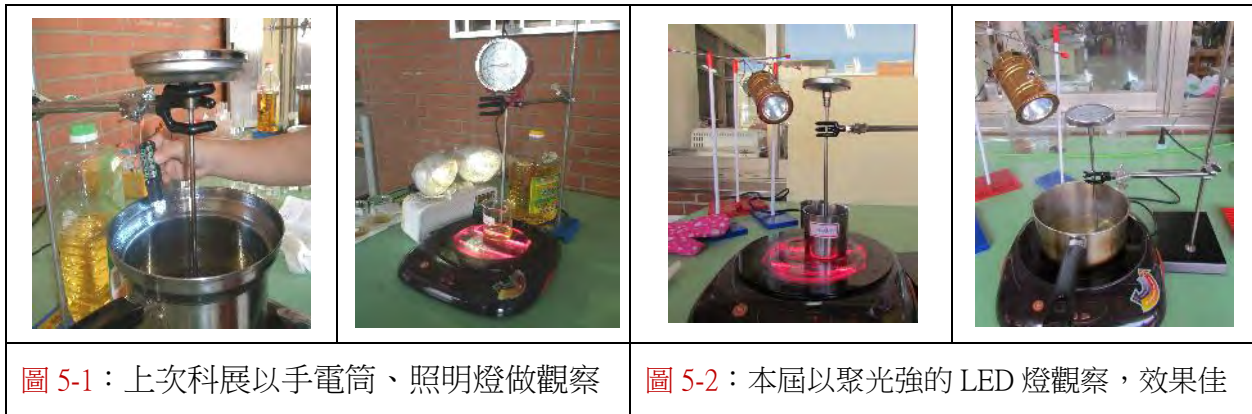
1. 將四塊雞塊、二十條薯條、三條熱狗和四片黑輪混合一起油炸，第一次炸完就取油，如圖 4-16。
2. 欲取出油樣前，先以肉眼判斷油色，油色接近比色卡編號之油色，即取油做比色。
3. 將食材加蛋液裹粉，可以做出油色橘色到褐色的油，油色編號 19~24。

伍、研究結果與討論

研究一、自製食用油發煙觀察裝置及簡易食用油比色卡

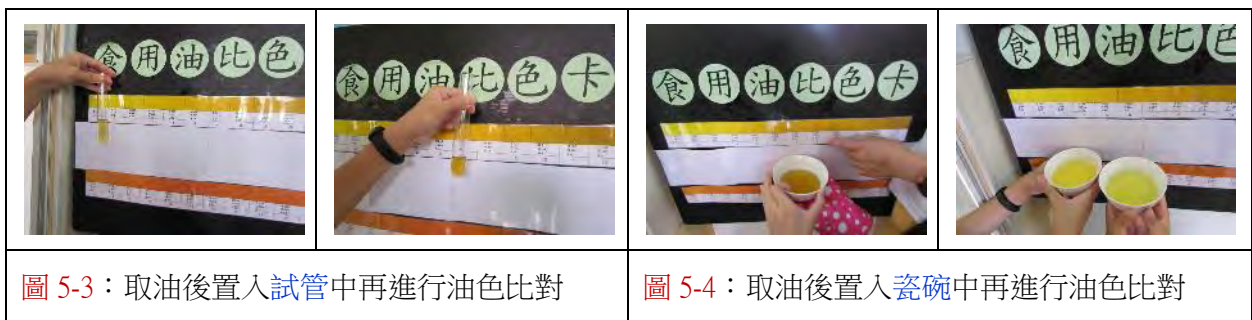
實驗 1-1：自製食用油發煙觀察裝置

延續前次科展作品「意油未盡」⁽¹⁾探討各項對油的影響因素，從發煙點、酸價、黏稠度等察覺油質變化情形。本次科展試圖尋找更簡易的方式，從食用油比色卡和發煙點的關係，希望能更快速、便利判斷出油質的變化。為了更精準看出油品發煙點，這次改善前次光源裝置，以聚光強的 LED 燈觀察，更靈敏察覺發煙的溫度，提高實驗準確性，如圖 5-1~5-2。



實驗 1-2：簡易食用油比色卡製作

我們可以從色、香、味、形等方面來判斷食用油品質的好壞。在燈光下觀察，優質的食用油會呈透明而不混濁，顏色應呈淡黃色、黃色或棕黃色。不同種類的油，它的顏色會稍微不同；並且油經過加熱，炒煮食物後，它的顏色會慢慢變深，有明顯的變化。



我們尋找 Word 自訂色彩中符合淡黃色的數值，發現 R:255，G:255，B:50 時，即是淺淡的黃色，我們將其編號為 1；接著，我們逐漸減少 G 與 B 的數值，讓顏色慢慢由亮黃色轉變為深黃色，依序編號 1 至 4。最後，我們再一起減少 R.G.B.的數值，讓顏色從深黃色轉變為黃綠色，並依序編號 5 至 12，製作第一代食用油比色卡，如表 5-1。

表 5-1：第一代食用油比色卡編號及對應顏色

編號	1	2	3	4	5	6
顏色						
RGB 數值	R:255 G:255 B:50	R:255 G:245 B:40	R:255 G:240 B:35	R:255 G:235 B:30	R:250 G:230 B:25	R:245 G:225 B:20
編號	7	8	9	10	11	12
顏色						
RGB 數值	R:240 G:220 B:20	R:230 G:210 B:15	R:220 G:200 B:10	R:210 G:190 B:5	R:200 G:180 B:0	R:190 G:170 B:0

一開始我們將油裝在試管中觀察油色，再對應比色卡編號。但後來我們發現若要將比色卡推廣至家中使用，「試管」此盛油工具較不易取得。於是，我們思考討論後，改用家中常見的「瓷碗」來盛裝油品，並對應比色卡編號。如圖 5-3~5-4。

因實驗之初是以試管盛油，後來改以瓷碗觀測；為了瞭解試管與瓷碗之間，對應比色卡是否有差別，因此，我們將油分別放置於試管和碗裡做油色比較，如表 5-2。實驗結果發現，將油盛裝在試管或瓷碗中，油色差異不大。最後，我們決定實驗改以「瓷碗」來盛裝油品，對應比色卡編號。

表 5-2：油分別放置於試管和碗裡做油色比較

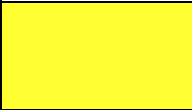























放置器具 油的種類	試管		瓷碗	
	比色卡編號	油色	比色卡編號	油色
第一種油	1		1	
第二種油	5		5	
第三種油	7		8	
第四種油	13		14	
第五種油	19		20	
第六種油	23		24	



圖 5-5：相同的油在試管和碗裡的油色比較

在實驗進行到不同的油炸食物時，我們發現油的顏色已慢慢轉為褐黃色，原先的第一代食用油比色卡並沒有相對應的顏色。於是，我們就再尋找褐黃色的 R.G.B.數值，發現 R:255，G:205，B:10 的顏色較為符合，油色編號為 13。接著，逐漸減少 R.G.數值，B 值不變，製作出油色編號 13 至 18，顏色為深黃色到橘黃色。最後，要製作出深褐色的色卡，需要逐漸減少 R.G.數值，但 B 值須增加，製作出油色編號 19 至 24，顏色為淺褐色到深褐色。完成第二代食用油比色卡，如表 5-3。

表 5-3：第二代食用油比色卡編號及對應顏色

編號	1	2	3	4	5	6
顏色						
RGB 數值	R:255 G:255 B:50	R:255 G:245 B:40	R:255 G:240 B:35	R:255 G:235 B:30	R:250 G:230 B:25	R:245 G:225 B:20
編號	7	8	9	10	11	12
顏色						
RGB 數值	R:240 G:220 B:20	R:230 G:210 B:15	R:220 G:200 B:10	R:210 G:190 B:5	R:200 G:180 B:0	R:190 G:170 B:0
編號	13	14	15	16	17	18
顏色						
RGB 數值	R:255 G:205 B:10	R:255 G:195 B:10	R:255 G:185 B:10	R:255 G:175 B:10	R:255 G:165 B:10	R:250 G:165 B:10
編號	19	20	21	22	23	24
顏色						
RGB 數值	R:245 G:165 B:20	R:235 G:165 B:20	R:230 G:160 B:20	R:220 G:150 B:20	R:220 G:150 B:40	R:220 G:150 B:60

研究二、食用油反覆加熱後，油質的變化情形

無油炸物時，不同的食用油加熱到發煙點後再降溫；反覆加熱到第四次時，油的發煙點已接近 170°C 合格底線，就不再繼續加熱。我們初步希望找到發煙點和比色卡編號(油色)的關係，並以酸價為輔佐，做為判斷油質變化的方式，結果如表 5-4、5-5、圖 5-6、5-7。

表 5-4：五種食用油反覆加熱後，每次的發煙點變化情形

反覆加熱 次數(次)	發煙點 (°C)				
	大豆油	烤酥油	紅花籽油	芥花油	豬油
第 1 次	200	198	210	200	146
第 2 次	170	196	188	198	142
第 3 次	170	198	184	192	140
第 4 次	168	196	178	174	137

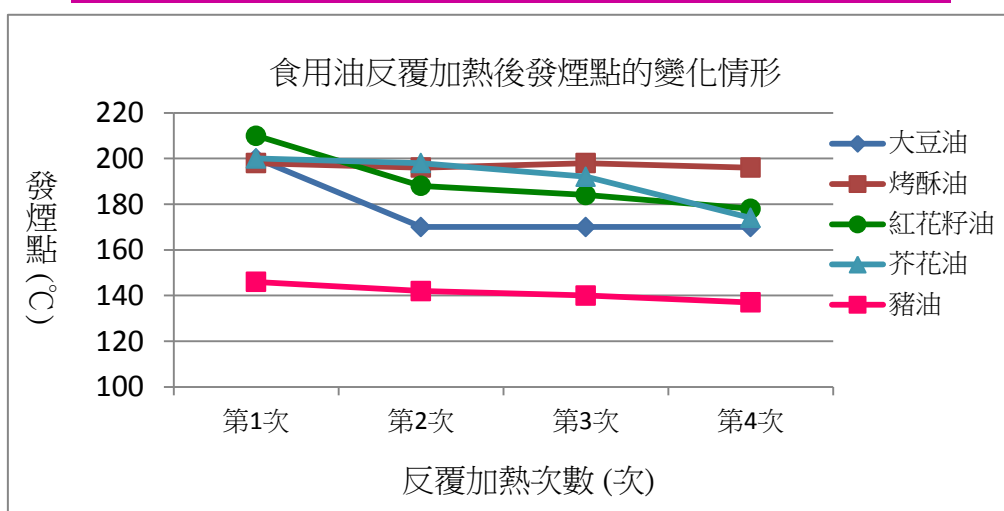


圖 5-6：不同的食用油反覆加熱後，發煙點的變化情形

表 5-5：食用油反覆加熱後，前後比色卡油色編號的比較

食用油	大豆油	烤酥油	紅花籽油	芥花油	豬油
原來油色					
原來油色編號	1	1	1	3	4
加熱第四次後油色					
油色編號	1	1	2	6	6

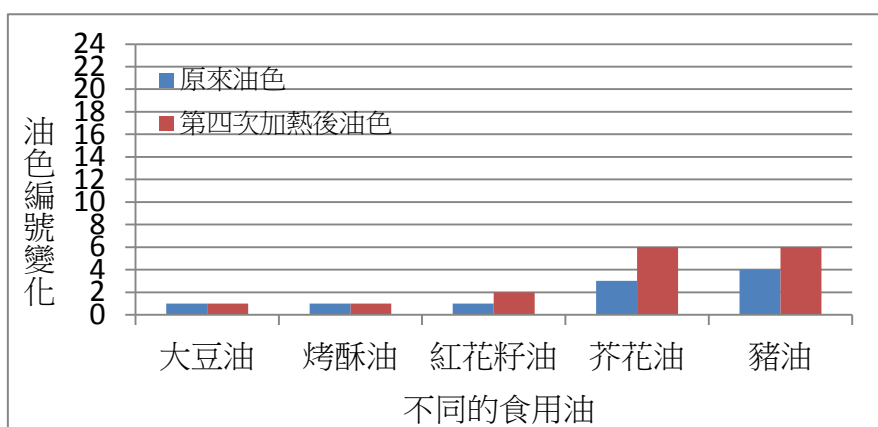


圖 5-7：食用油加熱前後，比色卡油色編號的變化

表 5-6：不同的油加熱第四次後，油的發煙點和酸價關係

加熱第四次	大豆油	烤酥油	紅花籽油	芥花油	豬油
發煙點 (°C)	168	196	178	174	137
試紙酸價	0.5	1.0	0.5	0.5	2.0

【結果與討論】

1. 油反覆加熱後，發煙點會下降。植物油的發煙點穩定度不佳，只有烤酥油的發煙點比較穩定，豬油會緩慢下降，如圖 5-6。
2. 反覆加熱第四次，大部分植物油發煙點在 170 度以上，大豆油發煙點稍低於 170 度。豬油發煙點遠低於 170 度。
3. 在油色方面，大部分植物油油色在 1~6 之間，只有芥花油油色為 6，主因是原來油色 3 比較高，豬油也有相同情形，原來油色 4，後來油色為 6，如圖 5-7。
4. 對大部分植物油來說，發煙點高於 170 度，油品酸價在 0.5~1.0，但大豆油發煙點 168 度，酸價卻是 0.5。豬油發煙點只有 137 度，酸價為 2.0，酸價試紙結果準確，如表 5-6。
5. 綜合上述結果，反覆加熱第四次的植物油油色編號為 1~6，發煙點都在 170 度以上，判斷是合格的油，如表 5-4。芥花油因原來油色較深，油色編號雖然為 6，其發煙點 174 度，可算是合格的油。因此，沒有油炸物，植物油加熱四次後，油色編號維持在 1~6 之間，都屬於合格的油。但是對豬油來說，油色編號 6，發煙點 137 度，油已明顯不合格。

研究三、不同的油炸物對油質的影響情形

我們選用幾種常見鹹酥雞攤位的油炸食物，四種油炸物分別為熱狗和薯條與含水分高的高麗菜及雞塊。經過五次油炸後，油的發煙點已接近170°C合格底線，就不再繼續加熱。我們希望找到油炸後油的發煙點、油色和酸價的變化，實驗結果如表5-7~5-10。

表 5-7：不同的油炸物對**烤酥油**油質的影響情形

外表 含水	油炸物 名稱	發煙點(°C)		比色卡		第五次 酸價
		油炸第一次	油炸第五次	編號	第五次油色	
低	熱狗	230	194	6		1.0
	薯條	222	198	10		1.0
高	雞塊	214	170	10		1.0
	高麗菜	218	186	7		0.5

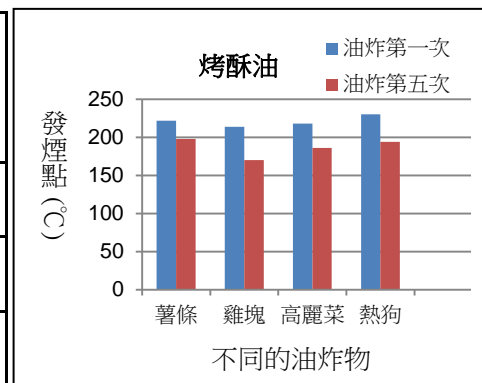


圖 5-8：油炸物對**烤酥油**發煙點的影響

表 5-8：不同的油炸物對**芥花油**油質的影響情形

外表 含水	油炸物 名稱	發煙點(°C)		比色卡		第五次 酸價
		油炸第一次	油炸第五次	編號	第五次油色	
低	熱狗	200	190	3		0.5
	薯條	214	190	4		0.5
高	雞塊	186	156	10		1.0
	高麗菜	218	168	10		1.0

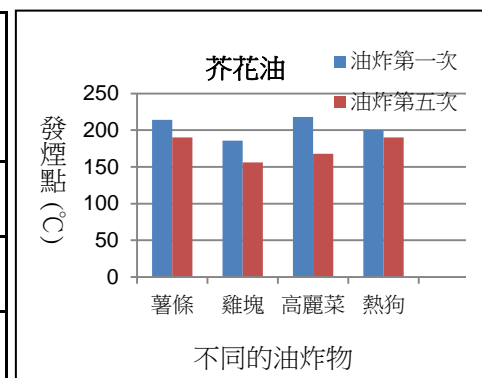


圖 5-9：油炸物對**芥花油**發煙點的影響

表 5-9：不同的油炸物對**大豆油**油質的影響情形

外表 含水	油炸物 名稱	發煙點(°C)		比色卡		第五次 酸價
		油炸第一次	油炸第五次	編號	第五次油色	
低	熱狗	216	210	3		0.5
	薯條	210	184	2		0.5
高	雞塊	214	158	8		2.0
	高麗菜	212	162	11		0.5

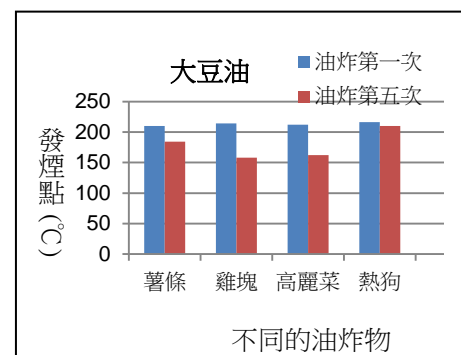


圖 5-10：油炸物對**大豆油**發煙點的影響

表 5-10：不同的油炸物對豬油油質的影響情形

外表 含水	油炸物 名稱	發煙點(°C)		比色卡		第五次 酸價
		油炸第一次	油炸第五次	編號	第五次油色	
低	熱狗	142	142	8		2.0
	薯條	150	136	8		3.0
高	雞塊	130	120	8		2.0
	高麗菜	152	132	14		3.0

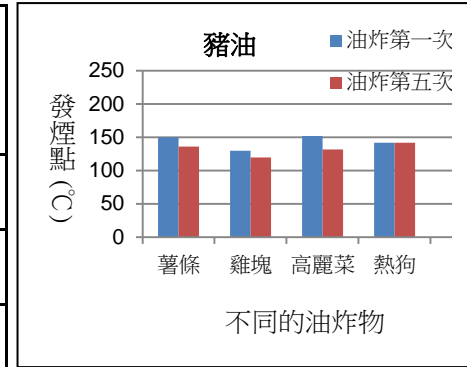


圖 5-11：油炸物對豬油發煙點的影響

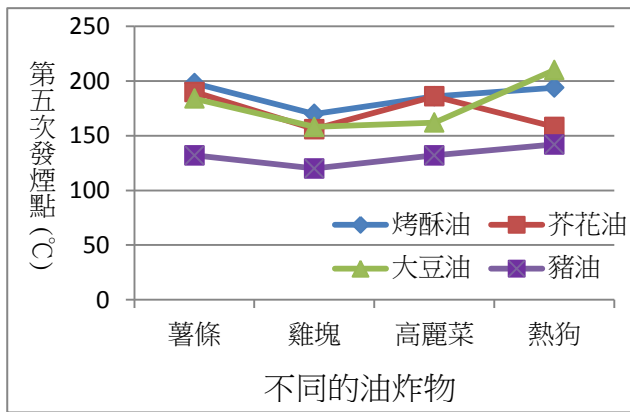


圖 5-12：不同的油炸物，油的發煙點變化

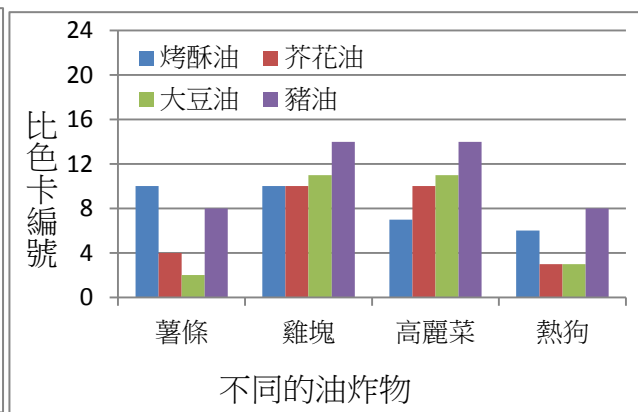


圖 5-13：不同的油炸物，油色的變化情形

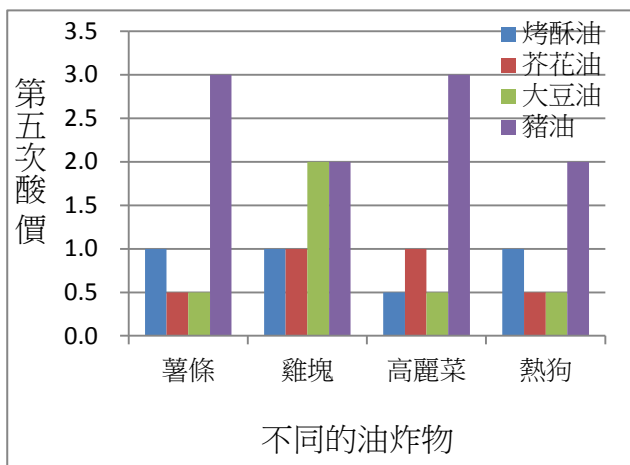


圖5-14：不同的油炸物，油的酸價變化

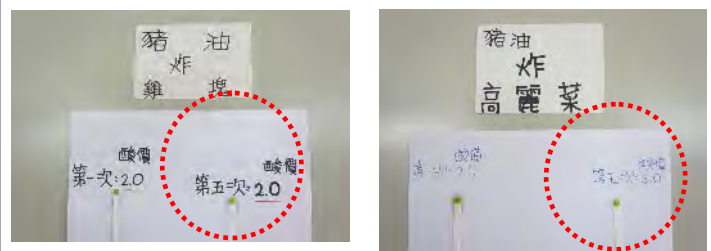


圖5-15：豬油炸雞塊酸價2.0、炸高麗菜酸價3.0

【結果與討論】

1. 油炸物會影響油的發煙點，油炸第五次時，油品發煙點都有下降的情形，如圖 5-8~5-12。
2. 四種動植物油中，炸高麗菜的油，明顯油色最深，油色編號 7~14，發煙點大多在 170 度以下，推測可能是冷藏後取出有水分影響油質。炸薯條的油，發煙點大多在 170 度以上，油色編號範圍大 2~10，推測可能薯條量不多，本身的含油量對油質影響不大，這點與原先想法不太相同。同屬肉類的雞塊油色明顯比熱狗深，油色編號：雞塊 8~10，熱狗 3~8，推測雞塊可能有裹粉和外表含水的因素而影響油質，我們將在研究四探討食材裹粉後對油的影響情形。
3. 各種油品發煙點和比色卡油色編號之關係，四種油炸物油炸到第五次發現：
 - (1) 烤酥油油色編號 6~10，發煙點都在 170 度以上，推測烤酥油油色編號 10 之前都是合格的油，如表 5-7。
 - (2) 同理推論，芥花油油色編號 1~4，都是合格的油，油色編號 10 之後，發煙點低於 170 度，是不合格的油，如表 5-8。
 - (3) 大豆油油色編號 1~3，都是合格的油，油色編號 8~11，是不合格的油，如表 5-9。
 - (4) 豬油油色編號 8 之後，發煙點都低於 150 度，屬於不合格的油，如表 5-10。
4. 從酸價結果來看，油炸到第五次，烤酥油酸價約 0.5~1.0，屬於合格的油。豬油酸價約 2.0~3.0，屬於不合格的油。但是對於芥花油和大豆油，酸價結果有些誤差，此時可以利用我們的食用油比色卡來輔助判別油的品質⁽¹³⁾。

研究四、油炸物裹粉後，對油質的影響情形

實驗 4-1：食材裹上不同的粉，對油質的影響情形

由研究三結果與討論第二點，**食材外層裹粉是否對油質有影響呢？**我們將薯條裹上蛋液混合不同的粉(玉米粉、麵粉、地瓜粉、木薯粉和麵包粉)後再進行油炸，探討薯條裹粉後，對油質的影響情形，實驗結果如表 5-11。



圖 5-16：大豆油的油色(由左至右裹粉種類為玉米粉、地瓜粉、麵粉、木薯粉、麵包粉)



圖 5-17：紅花籽油的油色(由左至右裹粉種類為玉米粉、地瓜粉、麵粉、木薯粉、麵包粉)

表 5-11：不同種類的裹粉，油品發煙點和油色編號的關係

大豆油					紅花籽油				
裹粉 種類	發煙點(°C)		比色卡		裹粉 種類	發煙點(°C)		比色卡	
	油炸第一次	油炸第十五次	編號	油炸第十五次		油炸第一次	油炸第十五次	編號	油炸第十五次
玉米粉	194	168	16		玉米粉	204	168	9	
地瓜粉	192	184	14		地瓜粉	214	152	14	
麵粉	198	168	22		麵粉	218	148	24	
木薯粉	200	158	21		木薯粉	214	138	24	
麵包粉	186	156	24		麵包粉	214	132	24	

【結果與討論】

裹粉會使油的發煙點下降、油色變深。油炸十五次後，麵粉、木薯粉和麵包粉讓油的發煙點降低較多，油色偏向深褐色，油色編號達到 21~24，如表 5-11。其中裹上麵包粉讓油的發煙點最低、油色較深，推測可能是麵包粉是麵粉經過再加工而製成，容易影響油的品質。

實驗 4-2：相同的油炸時間，油炸物接觸空氣時間長短對油質的影響

由實驗 4-1 結果聯想到一個有趣問題：薯條裹上玉米粉後，油炸時間都為十分鐘，油炸一次(無接觸空氣)和油炸分成十次(接觸空氣十分鐘)，油色會不一樣嗎？我們從油的發煙點和油色兩方面來觀察，能否看出接觸空氣時間越長對油質的影響呢？實驗結果如表 5-12~5-13。

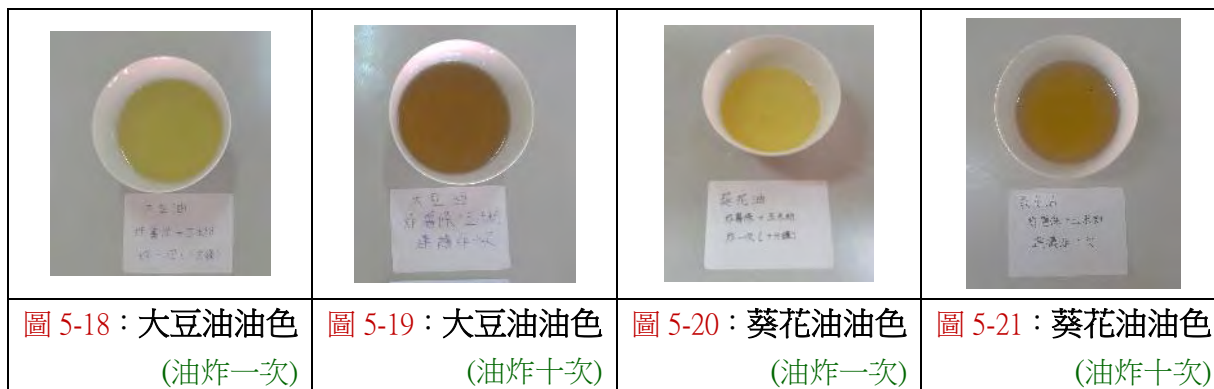


圖 5-18：大豆油油色
(油炸一次)

圖 5-19：大豆油油色
(油炸十次)

圖 5-20：葵花油油色
(油炸一次)

圖 5-21：葵花油油色
(油炸十次)

表 5-12：薯條裹粉後，相同的油炸時間，比較接觸空氣時間長短對大豆油的影響

大豆油				大豆油			
裹粉	發煙點(°C)	比色卡		裹粉	發煙點(°C)	比色卡	
種類	油炸分成十次 (接觸空氣十分鐘)	編號	油色	種類	油炸一次 (無接觸空氣)	編號	油色
玉米粉	154	21		玉米粉	174	3	

表 5-13：薯條裹粉後，比較接觸空氣時間長短對葵花油的影響

葵花油				葵花油			
裹粉	發煙點(°C)	比色卡		裹粉	發煙點(°C)	比色卡	
種類	油炸分成十次 (接觸空氣十分鐘)	編號	油色	種類	油炸一次 (無接觸空氣)	編號	油色
玉米粉	184	13		玉米粉	194	5	

【結果與討論】

相同油炸時間下，油炸分成十次比油炸一次會讓油的發煙點比較低、油色也較深。油色偏橘色和深褐色，油色編號為 13 和 21，推測是每油炸一次就將食材取出，會接觸到空氣，因此油與空氣接觸時間較多，從發煙點較低和油色較深的結果來看，明顯影響到油的品質。

研究五、新舊油添加維生素 E，反覆加熱後對油質的影響情形

實驗 5-1：添加不同比例的維生素 E，對大豆油的發煙點影響

從研究二結果發現烤酥油的發煙點比其他的油高，推測是烤酥油有添加抗氧化劑和維生素 E 有關，文獻資料提到不飽和脂肪酸只要添加維生素 E，可以蛻變成安定的油質⁽⁸⁾，另有資料提到，油炸時維生素 E 活性明顯降低⁽⁶⁾。於是我們以高發煙點的烤酥油、大豆油及低發煙點的豬油為對象，探討新舊油中添加維生素 E 對油質的影響。

在 100ml 大豆油中分別添加 0.5%、1.0%、1.5% 維生素 E，如圖 5-22~5-24，反覆加熱後，試著找出維生素 E 添加不同比例對油的影響情形，實驗結果如表 5-14、圖 5-25。



圖 5-22：維生素 E 顆粒

圖 5-23：剪開外表膠囊

圖 5-24：添加維生素 E 到油中

表 5-14：添加不同比例的維生素 E，大豆油發煙點的變化

發煙點(°C) 加熱次數(次)	維生素 E 百分比			
	0.0%	0.5%	1.0%	1.5%
第一次	200	200	202	200
第二次	210	192	196	192
第三次	216	200	196	196
第四次	216	204	195	194
第五次	196	198	198	196

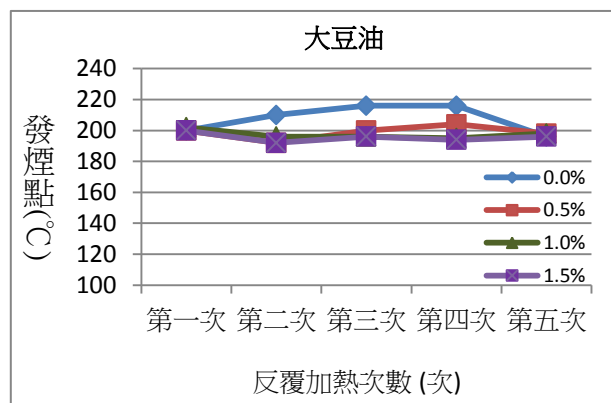


圖 5-25：添加不同比例的維生素 E，大豆油發煙點的變化

【結果與討論】

1. 對大豆油來說，添加不同百分比的維生素 E，油的發煙點都下降，推測維生素 E 在高溫 200 度左右時活性不大，無法提升油的發煙點。
2. 添加 0.5% 維生素 E，油的發煙點起伏大，添加 1.0% 和 1.5% 維生素 E，油的發煙點較穩定。加熱第五次，添加三種比例之下的維生素 E，油的發煙點都趨於一致，沒有明顯的差別。

實驗 5-2：新油添加維生素 E，對油質的影響情形

由實驗 5-1 結果聯想到其他食用油的發煙點都會下降嗎？於是選擇高發煙點的烤酥油和低發煙點的豬油進一步做實驗，並與實驗 5-1 之大豆油結果做比較。在考慮油的發煙點穩定度和維生素 E 成本因素之下，決定添加 1.0% 維生素 E 到新油中，實驗結果如表 5-15~5-16。

表 5-15：新油添加 1.0% 的維生素 E，油的發煙點變化

發煙點(°C) 反覆加熱次數(次)	烤酥油		大豆油		豬油	
	無添加 維生素 E	有添加 維生素 E	無添加 維生素 E	有添加 維生素 E	無添加 維生素 E	有添加 維生素 E
第一次	236	196	200	202	152	188
第二次	230	216	210	196	152	192
第三次	232	200	216	196	150	190
第四次	240	204	216	195	162	186
第五次	240	212	196	198	152	182

表 5-16：新油添加 1.0% 的維生素 E，前後油的比色卡編號和油色

反覆加熱次數(次)	烤酥油		大豆油		豬油	
	編號	油色	編號	油色	編號	油色
第一次	1		1		4	
第五次	3		3		9	



圖 5-26：烤酥油的油色
(左)無添加 (右)有添加維生素 E

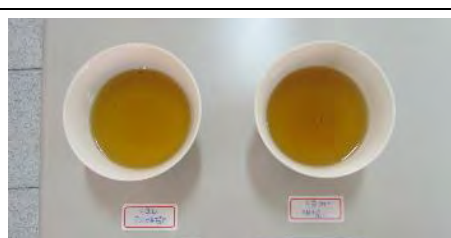


圖 5-27：大豆油的油色
(左)無添加 (右)有添加維生素 E



圖 5-28：豬油的油色
(左)無添加 (右)有添加維生素 E

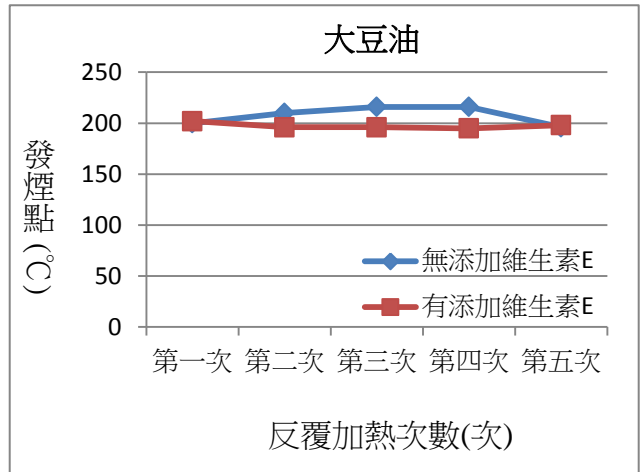
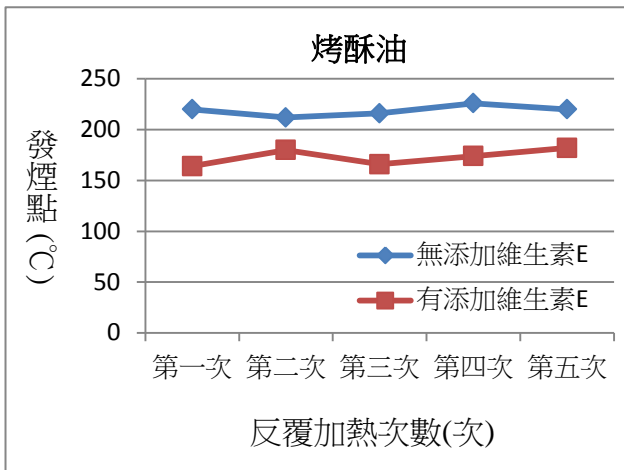


圖 5-29：烤酥油添加維生素 E，發煙點的變化 圖 5-30：大豆油添加維生素 E，發煙點的變化

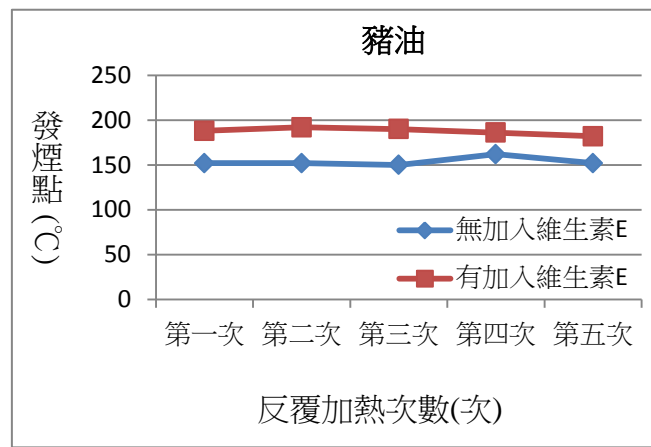


圖 5-31：豬油添加維生素 E，發煙點的變化

【結果與討論】

1. 豬油原本的發煙點比較低，維生素 E 對於豬油的發煙點有升高的效果；大豆油和烤酥油原本的發煙點比較高，維生素 E 對大豆油和烤酥油的發煙點沒有升高的效果，發煙點反而降低，推測維生素 E 在高溫 200 度左右時活性不大，無法提升油的發煙點，如圖 5-29~5-31。
2. 新油添加維生素 E，加熱到第五次，烤酥油和大豆油的發煙點都在 190 度以上，油色偏淺黃色，油色編號為 3，表示油質良好。而豬油的發煙點在 182 度，油色偏深黃色，油色編號 9，如表 5-15~5-16。

實驗 5-3：舊油添加維生素 E，對油質的影響情形

由實驗 5-2 得知，維生素 E 只有對豬油發煙點有提升效果，於是我們想到使用舊油來做實驗，結果會如何呢？選擇三種舊油(烤酥油、大豆油、豬油)，第一次發煙點都在 170 度以下，如表 5-17。從 2002 年國際科展作品「Vitamin E 對回鍋油品質的影響」結論提到維生素 E 可以降低回鍋油過程對油品品質的傷害，我們所使用的舊油是反覆油炸後，類似回鍋油，我們探討添加 1.0% 維生素 E 對舊油油質的影響，實驗結果如圖 5-35~5-37、表 5-18~5-19。

表 5-17：舊油添加 1.0% 維生素 E，對油質的影響情形

食用油(舊油)種類 發煙點(°C) 反覆加熱次數(次)	烤酥油		大豆油		豬油	
	無添加	有添加	無添加	有添加	無添加	有添加
	維生素 E	維生素 E	維生素 E	維生素 E	維生素 E	維生素 E
第一次	150	186	168	184	150	180
第二次	156	188	172	186	154	188
第三次	154	206	164	194	152	198
第四次	150	208	172	204	156	186
第五次	160	204	178	204	150	186

表 5-18：舊油添加 1.0% 維生素 E，食用油比色卡編號和油色的變化

食用油(舊油)種類 反覆加熱次數(次)	烤酥油		大豆油		豬油	
	編號	油色	編號	油色	編號	油色
第一次	13		8		8	
第五次	16		9		8	



圖 5-32：烤酥油的油色
(左)無添加 (右)有添加維生素 E



圖 5-33：大豆油的油色
(左)無添加 (右)有添加維生素 E

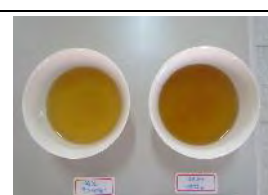


圖 5-34：豬油的油色
(左)無添加 (右)有添加維生素 E

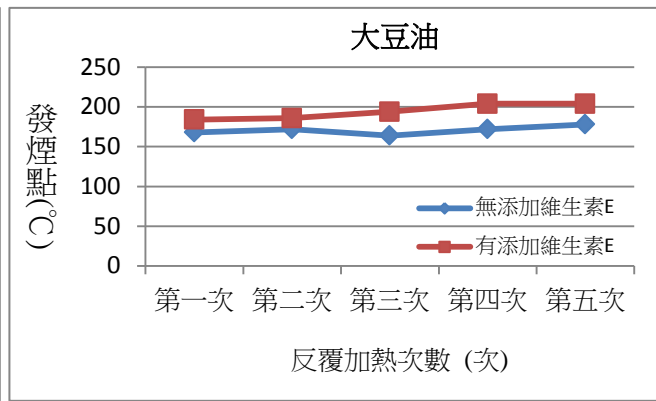
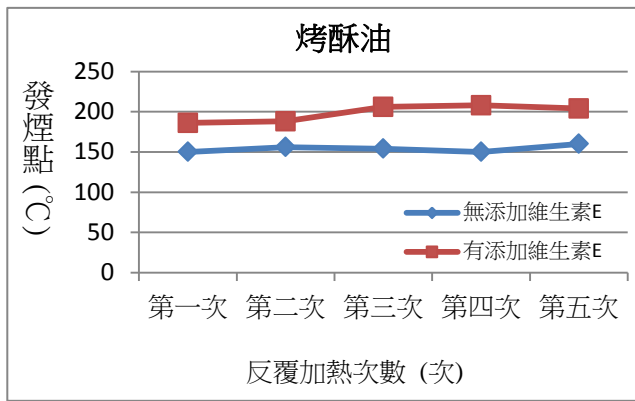


圖 5-35：烤酥油添加維生素 E，發煙點的變化 圖 5-36：大豆油添加維生素 E，發煙點的變化

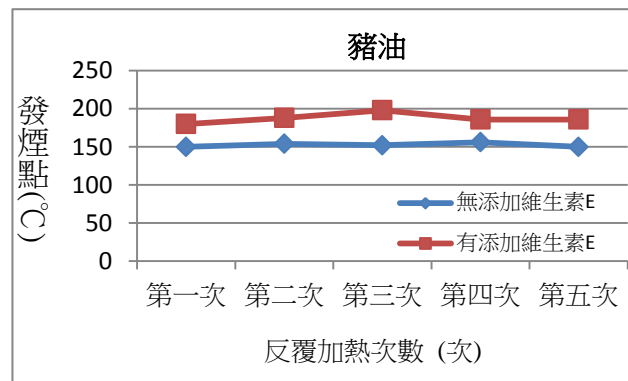


圖 5-37：豬油添加維生素 E，發煙點的變化

表 5-19：舊油添加 1.0% 維生素 E 後，油的酸價結果

食用油(舊油)種類	烤酥油	大豆油	豬油
食用油的酸價			
反覆加熱第五次	0.5	0.5~1.0	2.0

【結果與討論】

1. 三種舊油添加 1.0% 的維生素 E，油的發煙點都會上升。此結果與實驗 5-2「豬油添加維生素 E 後，油的發煙點會上升」的結果相同。我們推測是舊油的發煙點都在 170 度以下，維生素 E 在相對低溫的油中，對油的發煙點具有提升的效果，如圖 5-35~5-37。
2. 從油色方面來看，舊油添加維生素 E 後，烤酥油和大豆油的油色變深，油色編號變大，但是豬油的油色編號沒有改變，由文獻中得知豬油耐熱性佳⁽⁸⁾，所以推測豬油的油色穩定，油色編號變化不大，如表 5-18。
3. 從油的酸價來看，烤酥油和大豆油的酸價 0.5~1.0 且發煙點都在 190 度以上，屬於合格的油；豬油的酸價 2.0，但是發煙點仍有 186 度，如表 5-19。

研究六、探討油的發煙點和比色卡油色編號的關係

延續上次科展作品「意油未盡」是以食用油發煙點判斷油品好壞情形，今年經過我們討論後，希望找到一般民眾更方便鑑別油品好壞的方式，於是我們試圖找到油的發煙點和油色之間的關係，例如：比色卡編號幾號之前，油的發煙點仍在 170 度以上，是屬於合格的油，讓一般民眾能在生活中應用。實驗結果如圖 5-38~5-45、表 5-20 所示。

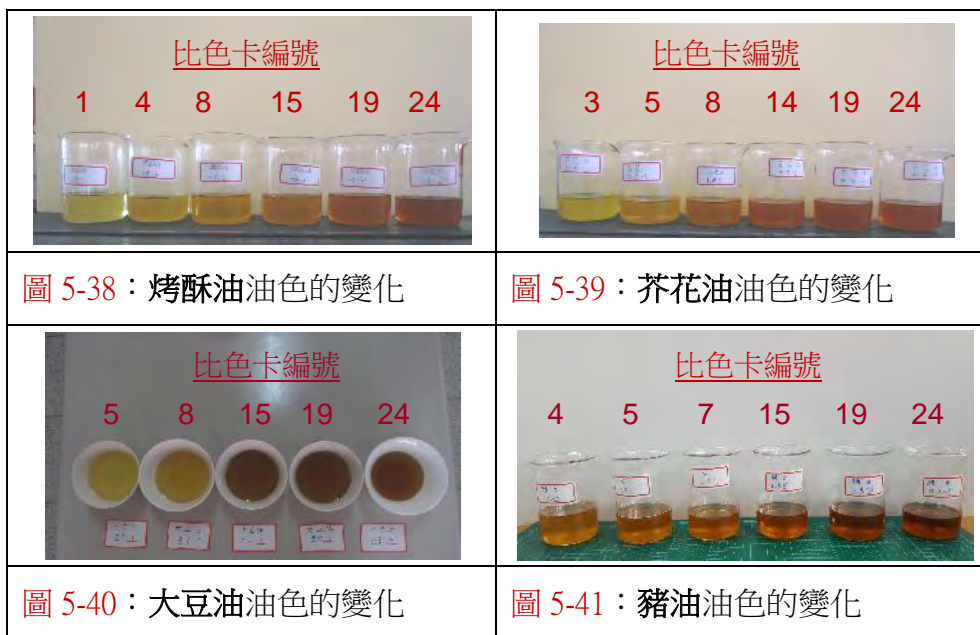


圖 5-38：烤酥油油色的變化

圖 5-39：芥花油油色的變化

圖 5-40：大豆油油色的變化

圖 5-41：豬油油色的變化

表 5-20：四種油品比色卡編號和發煙點之關係

烤酥油						芥花油					
比色卡		發煙點 (°C)				比色卡		發煙點 (°C)			
編號	油色	第一次	第二次	第三次	平均值	編號	油色	第一次	第二次	第三次	平均值
1	淺黃	208	212	212	211	3	淺黃	190	192	194	192
4	黃	180	180	184	181	5	黃	180	174	174	176
8	橙黃	184	182	184	183	8	橙黃	174	174	168	172
15	橙	178	178	170	175	14	橙	152	152	152	152
19	深橙	178	176	176	177	19	深橙	146	148	146	147
24	深棕	174	174	164	171	24	深棕	144	144	142	143

大豆油						豬油					
比色卡		發煙點 (°C)				比色卡		發煙點 (°C)			
編號	油色	第一次	第二次	第三次	平均值	編號	油色	第一次	第二次	第三次	平均值
1	黃	184	196	194	191	4	黃	138	140	138	139
5	黃	170	170	170	170	5	黃	137	136	140	138
8	黃	164	168	168	167	7	黃	130	140	136	135
15	橙	160	146	164	157	15	橙	132	142	136	137
19	橙	158	150	176	161	19	橙	138	138	136	137
24	棕	160	158	169	162	24	棕	138	136	138	137

(註：烤酥油和大豆油的原始油色為 1，芥花油的原始油色為 3，豬油的原始油色為 4)

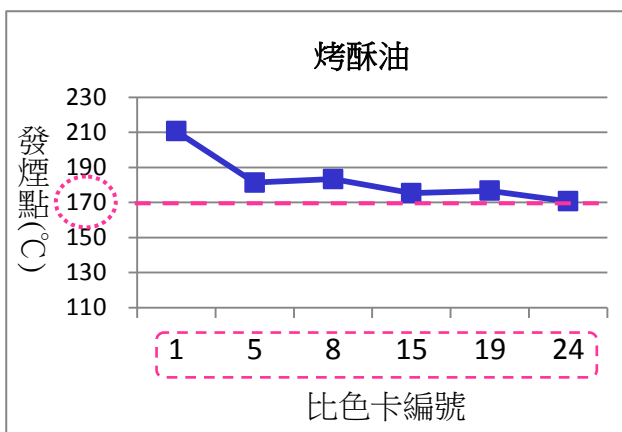


圖 5-42：烤酥油發煙點和比色卡編號之關係

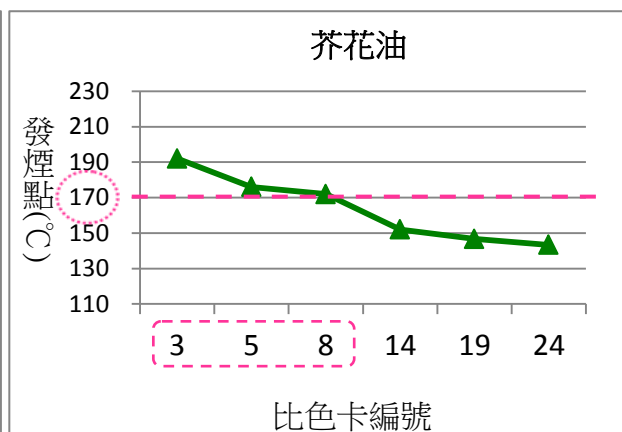


圖 5-43：芥花油發煙點和比色卡編號之關係

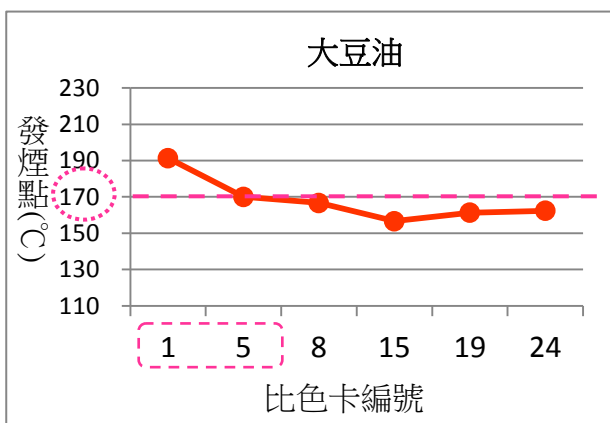


圖 5-44：大豆油發煙點和比色卡編號之關係

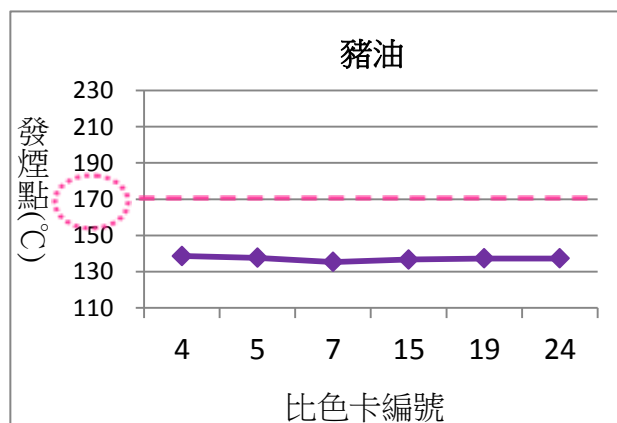


圖 5-45：豬油發煙點和比色卡編號之關係

(註：橢圓框-合格的油是發煙點在 170 度以上，長方形框-比色卡編號範圍內，油是合格的)

【結果與討論】

1. 未裹粉食材反覆油炸後，可以製作出油色由淺黃到黃綠色，油色編號 1~12，若要製作出油色編號 13~24，食材外面需要裹粉，反覆油炸後，油色由淺橘色到深褐色，如表 5-20。
2. 四種油的合格範圍所對應到的油色編號不同。我們整理實驗結果發現，烤酥油的油色編號 1~24、芥花油的油色編號 3~8、大豆油的油色編號 1~5，油的發煙點都在 170 度以上，是合格的油色編號範圍。而豬油的油色編號 3~24，發煙點都在 170 度以下，是屬於不合格的油。於是將烤酥油、芥花油、大豆油的合格範圍標示在比色卡上，可讓一般民眾做為鑑別油品好壞的參考。(合格範圍是指油的發煙點在 170 度以上)

油色編號	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24
油色	[Color gradient from light yellow to dark brown]																							
油品合格範圍	大豆油					芥花油					烤酥油													

3. 由文獻資料得知⁽⁵⁾，油脂愈不飽和就愈不穩定，多元不飽和脂肪酸穩定性差，不適合加熱。從本實驗食用油的成分觀察(如下表)，芥花油的多元不飽和脂肪酸比大豆油低，所以芥花油的合格範圍比較大。然而烤酥油合格範圍最大(1~24)，但它的多元不飽和脂肪酸和大豆油差不多，由成分表可知，烤酥油是大豆油改造，有添加抗氧化劑(第三丁基氫醌)。豬油飽和脂肪酸高表現在油質穩定上，油炸後它的發煙點降低最少。

食用油及特性	飽和脂肪酸(g)	單元不飽和脂肪酸(g) (每100毫升)	多元不飽和脂肪酸(g) (每100毫升)
是否容易變質	最不易變質	比飽和脂肪酸容易變質	最容易變質
大豆沙拉油	14.0	21.0	57.0
純芥花油	6.4	67.0	18.6
烤酥油	15.0	21.0	56.0
豬油 ⁽²⁾	43.0	44.0	10.0

陸、結論

根據實驗結果，我們得到以下重要的結論：

研究一、自製食用油發煙觀察裝置及簡易食用油比色卡

1. 為了讓實驗更精準看出油品發煙點，以聚光強的 LED 燈觀察，更靈敏察覺發煙的溫度。
2. 油盛裝在試管或瓷碗中，油色差異不大，我們以「瓷碗」來盛裝油品，對應比色卡編號。
3. 在 Word 自訂色彩中找到淡黃色的 R.G.B.數值，製作出**第一代食用油比色卡**，油色編號為 1~12，油色由亮黃色變為黃綠色，如表 5-1。在不同的油炸食物時，油色轉為褐黃色，於是增加油色編號 13~24，油色由淺褐色變為深褐色，製作出**第二代食用油比色卡**，如表 5-3。

研究二、食用油反覆加熱後，油質的變化情形

1. 油品反覆加熱後，發煙點都會下降。大部分植物油下降的幅度比豬油大，如圖 5-6。
2. 沒有油炸物，植物油反覆加熱四次後，油色編號可以維持 1~6，是屬於合格的油。而豬油油色編號為 4，發煙點在 170 度以下，油品是不合格的，如表 5-5。

研究三、不同的油炸物對油質的影響情形

1. 四種不同的油炸物(高麗菜、薯條、雞塊、熱狗)油炸後，油的發煙點和比色卡油色編號之關係，初步找到每一種油的發煙點在 170 度以上或 170 度以下之油色編號，如下表所示。

油品 油色編號 發煙點	烤酥油	芥花油	大豆油	豬油
170 度以上	6~10	3~4	1~3	---
170 度以下	---	10	8~11	8~14

2. 酸價對於烤酥油和豬油之油品合格結果比較正確，但是對於芥花油和大豆油，酸價結果有些誤差，如圖 5-14~5-15，此時可以利用我們的食用油比色卡來輔助判別油的品質。

研究四、油炸物裹粉後，對油質的影響情形

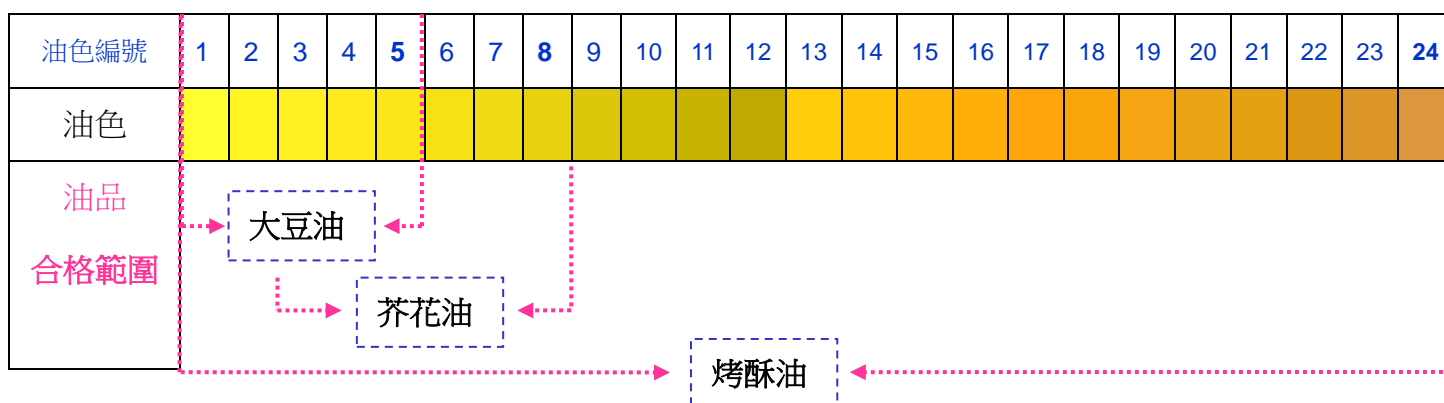
1. 裹粉會使油的發煙點下降、油色變深。麵包粉讓油的發煙點最低、油色較深，如表 5-11。
2. 油與空氣接觸時間較多，明顯影響到油的品質。相同油炸時間下，油炸分成十次比油炸一次讓油的發煙點比較低、油色也較深，如表 5-12~5-13。

研究五、新舊油添加維生素 E，反覆加熱後對油質的影響情形

1. 大豆油添加 1.0% 維生素 E，油的發煙點較穩定，如圖 5-25。
2. 新油添加維生素 E，只有豬油的發煙點有升高的效果，大豆油及烤酥油發煙點都降低，如表 5-15~5-16。
3. 舊油添加維生素 E，三種舊油的發煙點都會上升。烤酥油和大豆油的油色變深，油色編號變大，但是豬油的油色編號沒有改變，豬油的油色穩定，油色編號變化不大，如表 5-18。

研究六、探討油的發煙點和比色卡油色編號的關係

1. 四種油的合格範圍所對應到的油色編號不同。油的合格範圍標示在比色卡上，可讓一般民眾做為鑑別油品好壞的參考。



2. 綜合實驗結果，我們有以下六點建議：

所遇情況	建議內容
1. 油炸先後順序	可先油炸含水量少的食材(如:薯條、熱狗); 再油炸含水量高的食材(如: 高麗菜、雞塊)。
2. 食材要裹粉	可以選擇玉米粉或地瓜粉來裹粉。
3. 油炸食材時	不要反覆撈起，以免一直接觸空氣。
4. 舊油再利用	舊油添加維生素 E，可提升其發煙點。
5. 選油炸的油	單元不飽和脂肪酸高的芥花油的各項實驗數據較佳，適合當作油炸油。
6. 油品是否合格	食用油油炸後，可利用本研究的比色卡，簡易判斷油品是否仍合格。

如此一來，食用油比色卡可以讓祖母安心、媽媽放心、小孩開心喔！

柒、未來展望與參考資料

一、未來展望

1. 希望能探討更多種油品發煙點和油色之間的關係，讓食用油比色卡在生活中應用更廣泛。
2. 探究油炸物影響油色之化學原理，對油色形成分析更周全。

二、參考資料

1. 楊貞瑋、劉安治(2010)，意油未盡。高雄市第 50 屆中小學科學展覽會。
2. 劉英欽(2005)，原來你誤會油了：打造健康基礎，應該吃對油而非少吃油，麥浩斯出版。
3. 油炸油安全管理簡易手冊(2011 年 12 月)，衛生福利部食品藥物管理署。
4. 豬油、奶油、椰子油、橄欖油，高溫烹煮該用哪一種油？取自
<http://www.thenewslens.com/article/79875>。
5. 認識脂肪、慎選食用油，讓您吃得更健康選用健康油脂，取自
forum.yam.org.tw/bongchhi/old/supermarket/supermarket13.htm。
6. 維生素E-維基百科，取自
<https://zh.wikipedia.org/wiki/%E7%BB%B4%E7%94%9F%E7%B4%A0E>。
7. 彭夢婷(2002)，Vitamin E 對回鍋油品質的影響，臺灣2002年國際科學展覽會。
8. 葉家禎(2004)，炸不炸有關係；酸不酸大問題，中華民國第四十四屆中小學科學展覽會。
9. 吳宗駿(2010)，「油」裡乾坤，中華民國第五十屆中小學科學展覽會。
10. 謝佩妤(2017)，品油論煮，中華民國第五十七屆中小學科學展覽會。
11. 油炸油檢查須知-臺北市政府衛生局，取自
<https://health.gov.taipei/Default.aspx?tabid=596&mid=1380&itemid=23519>。
12. 選對油、吃好油，中央健康保險局雙月刊第89期 (100年1月號)，取自
<https://www.nhi.gov.tw/epaper/ItemDetail.aspx?DataID=2410&IsWebData=0&ItemTypeID=5&PapersID=203>。
13. 油脂的酸價-郭爸的化學，取自：<http://sites.goolge.com/a/chhs.hcc.edu.tw>。

【評語】 082923

延續該校 2010 年參加縣市科展作品的主题，也參考歷屆科展作品及文獻，再次探討食用油加熱後的油質變化。油色跟酸價有正相關性，利用簡易的食用油發煙點裝置及自製食用油比色卡，建立四種油的發煙點合格範圍與油色編號的關係，期望能用食用油比色卡能讓民眾鑑別油的品質好壞，由研究結果能做出具體用油建議，可推廣家用色卡比對就能大致了解油品質劣變的程度，值得鼓勵。

摘要

我們利用簡易的食用油發煙點裝置及自製食用油比色卡，期望找到油的發煙點和油色之間的關係。實驗發現：**1.**油加熱後油色會不同，於是製作出食用油比色卡，油色編號1~24，做為油色比較之用。**2.**油加熱四次後，植物油油色在1~6之間，發煙點在170度以上，屬於合格的油。**3.**不同的油炸物油炸後，油的發煙點都有下降的情形，油色也會不同。**4.**食材裹粉會讓油的發煙點下降、油色變深，以麵包粉的影響最大。油接觸空氣時間越多，油的品質越不佳。**5.**新油添加維生素E，只有豬油的發煙點上升，植物油會下降；舊油添加維生素E，油的發煙點都會上升。**我們找出四種油的發煙點合格範圍與油色編號的關係，期望食用油比色卡能讓民眾鑑別油的品質好壞。**

壹、研究動機

在家中使用油來炸煮東西時，總需要用到許多油，這些油炸煮過後，品質會變得如何？能不能再繼續使用呢？延續第50屆學長姐的科展作品「意油未盡」，我們繼續進行實驗。利用方便的判斷方式如：簡易比色卡和發煙點…等，在家中就能簡易的分辨油的品質好壞，為自己的健康飲食把關。



貳、研究目的

研究一、自製食用油發煙觀察裝置及簡易食用油比色卡

實驗1-1：自製食用油發煙觀察裝置

實驗1-2：簡易食用油比色卡製作

研究二、食用油反覆加熱後，油質的變化情形

研究三、不同的油炸物對油質的影響情形

研究四、油炸物裹粉後，對油質的影響情形

實驗4-1：食材裹上不同的粉，對油質的影響情形

實驗4-2：相同的油炸時間，油炸物接觸空氣時間長短對油質的影響

研究五、新舊油添加維生素E，反覆加熱後對油質的影響情形

實驗5-1：添加不同比例的維生素E，對大豆油的發煙點影響

實驗5-2：新油添加維生素E，對油質的影響情形

實驗5-3：舊油添加維生素E，對油質的影響情形

研究六、探討油的發煙點和比色卡油色編號的關係

參、研究設備及器材

一、實驗主要設備：圖1~6



圖1:各項實驗器材



圖2:各種實驗油樣



圖3:不同的裹粉



圖4:維生素E



圖5:食用油比色卡

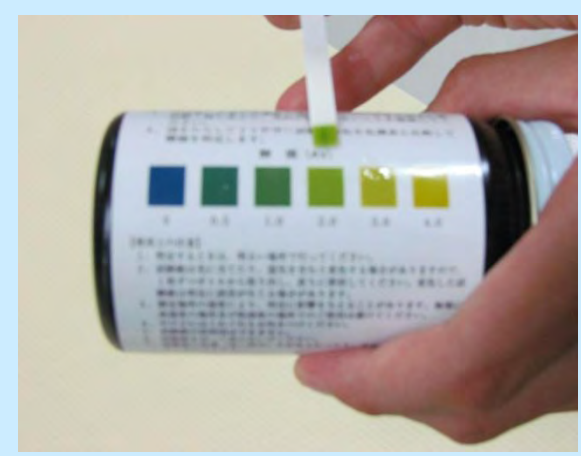


圖6:酸價試紙

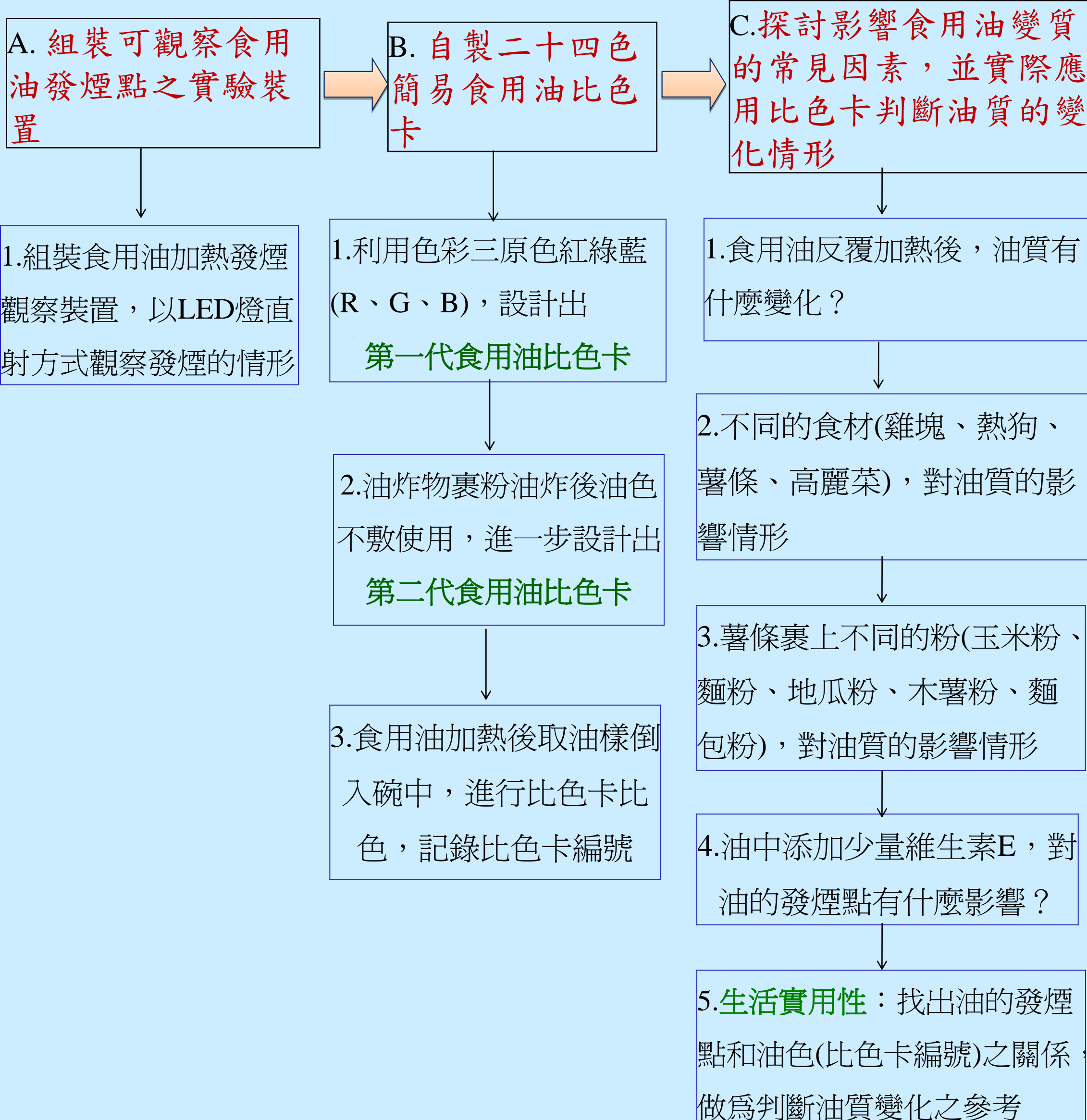
二、實驗記錄與分析設備：

1.實驗記錄：數位相機、Word

2.電腦分析軟體：Excel(畫折線圖、長條圖)

肆、研究過程與方法

一、研究架構：本研究分成三個主要部份



二、文獻回顧：

(一)名詞解釋：

- 油炸油**：油炸使用的油脂，會與氧氣等反應。在高溫下，外來空氣易造成油脂氧化，高溫造成油脂熱反應，如圖7。
- 發煙點**：加熱後的油開始產生煙的最低溫度。在此溫度下，油會產生可以識別的青煙。
- 食用油成分**：主要是「三酸甘油酯」，就是三個為一組的脂肪酸在一起，隨著烹調溫度升高，有些脂肪酸會和其他同伴拆夥，單一成唯一個「游離脂肪酸」，它和其他複雜的氧化物發散到空氣中，變成青煙。
- 維生素E (Vitamin E)**：屬於脂溶性維生素，是一種**抗氧化劑**，油炸時維生素E活性明顯降低。
- 三種脂肪酸之特性**：



圖7：油鍋裡的油炸反應簡圖

分類	飽和脂肪酸	單元不飽和脂肪酸	多元不飽和脂肪酸
油脂結構及特性	不含雙鍵，比不飽和脂肪酸耐高溫、穩定	含一個雙鍵，可以使壞的膽固醇降低	含兩個以上的雙鍵，安定性差、不耐高溫
變質與否	最不易變質	比飽和脂肪酸容易變質	最容易變質

(二)歷屆全國科展作品：

序號	作品名稱	重要結論	本研究引用內容
1	2002年國際科展 Vitamin E 對回鍋油品質的影響	維生素E可以降低回鍋油過程對油品質的傷害。	探討維生素E對新油和舊油發煙點的影響。
2	第44屆高中組 炸不炸，有關係 酸不酸，大問題	1. 證實水為影響酸價之主要原因。炸高麗菜的水分高的東西會使油中酸價大幅上升。 2. 豬油耐熱性佳，在加熱過程中酸價變化較穩定。 3. 酥炸油成分為芥花油加天然茶多酚，推測其油炸效果應該不錯，只可惜售價過高。 4. 大豆油價錢便宜，但大豆油不夠穩定並不適合長時間的重複使用。 5. 炸過肉類的油，油色變深。	1. 高麗菜和雞塊含有水分，油的發煙點和酸價容易不合格。 2. 在加熱過程中豬油的酸價變化較穩定。 3. 烤酥油添加抗氧化劑讓油質穩定。 4. 大豆油經過反覆油炸後，發煙點下降快。 5. 炸過雞塊的油，油色變深。
3	第50屆國中組 油裡乾坤	1. 酸價試紙對酸價解析度差。適用在粗略測量或油質變質程度高的情形。 2. 維生素E可以使油質更安定。	1. 酸價試紙只能用在粗略測量，豬油酸價測量較準確。 2. 舊油添加維生素E能提高發煙點。
4	第57屆國中組 「品油論煮」	大豆油應是較適合中高溫烹調的油品；調和油有標示與內容物不明的隱憂存在。	大豆油經過反覆油炸後，發煙點下降快。

(三)食用油劣化判斷標準

序號	資料名稱	判斷標準
1	臺北市府衛生局油炸油檢查須知 (2009. 7. 16)	1. 目視油炸油色澤、發煙點低於170°C 不符規定。 2. 使用「油質劣化測試紙」酸價超過2.0以上，油炸油要進行檢驗。
2	油炸油安全管理簡易手冊-衛生福利部食藥署 (2011年12月)	換油的標準： 1. 發煙點溫度低於170°C 2. 酸價超過2.0 mg KOH/g
3	中央健康保險局雙月刊 第89期 (100年1月號)	一般食物煎到熟約140°C，炒或小量油炸約140°C~180°C，大量油炸則約180°C~200°C。

(四)本實驗所使用食用油之成分表

名稱	飽和脂肪 (g/100ml)	不飽和脂肪 (g/100ml)		總重(g)	飽和脂肪酸 (%)	不飽和脂肪酸 (%)		屬性
		單元	多元			單元	多元	
大豆沙拉油	14	21	57	92.0	15.2	22.8	62.0	多元不飽和脂肪酸
純芥花油	6.4	67	18.6	92.0	16.3	22.8	60.9	大豆油改造
烤酥油	15	21	56	91.3	8.3	79.1	12.6	單元不飽和脂肪酸
紅花籽油	7.6	72.2	11.5	92.0	7.0	72.8	20.2	單元不飽和脂肪酸
豬油	43	44	10	97.0	44.3	45.4	10.3	飽和脂肪酸

三、實驗方法

(一)測定發煙點方式：溫度計放置油鍋中央處，金屬測量棒不碰觸鍋底，使用LED燈觀察發煙情形，待鍋面升起薄煙後5秒，記錄當時發煙的溫度，如圖8~11。

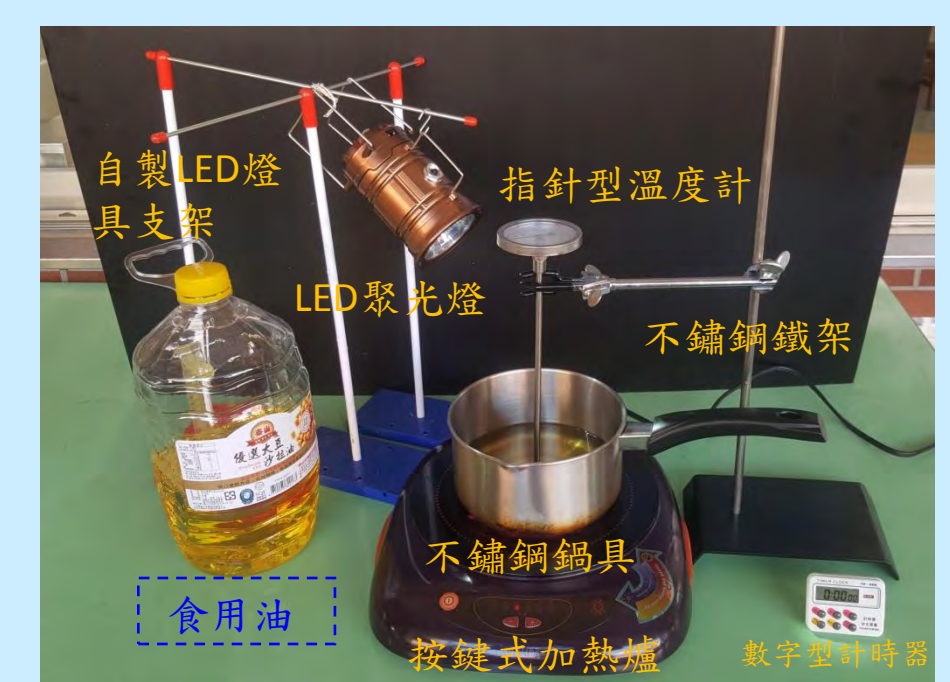
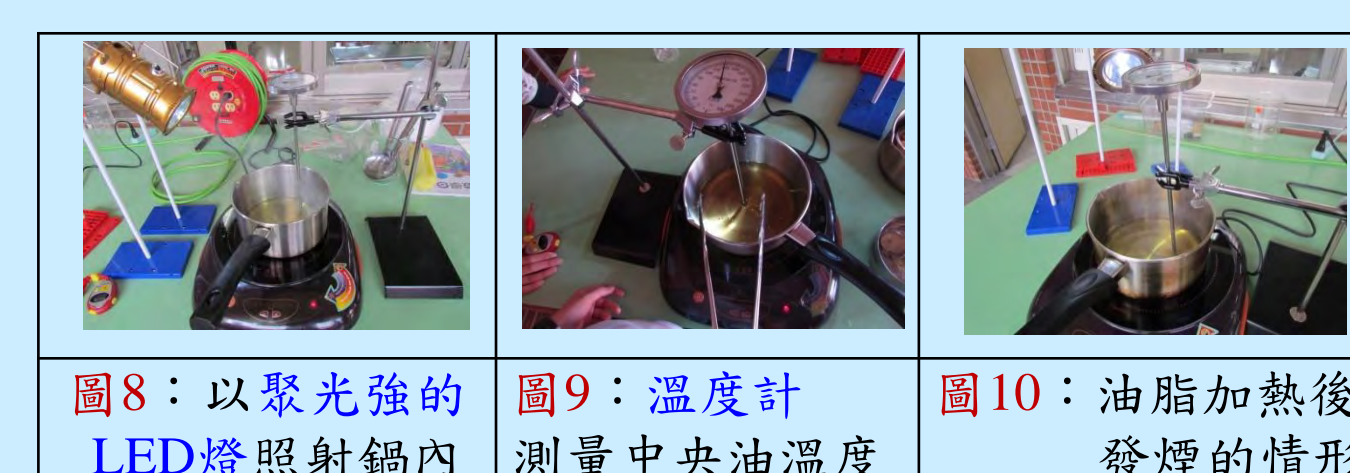


圖11：實驗裝置說明圖

(二)測定酸價方式：

將加熱後的熱油取出，等待油溫至室溫，以滴管取油滴在試紙上，試紙靜置30秒鐘，即可與比色表比對出油的酸價。

(三)油樣進行比色卡比色方式：

取油樣100ml，冷卻後過濾雜質，將油樣倒入碗中(約半碗)。觀察者站立同一個位置，在光線相同下，同一組觀察者視碗中央油色，對照比色卡上顏色，找到相符合或接近的比色卡編號，並記錄下來。

(四)不同的油炸物油炸實驗：

- 油炸物有雞塊、薯條、熱狗、高麗菜等。
- 以大豆油為油樣，取300ml倒入油炸鍋中，緩緩加熱到發煙點。
- 秤取油炸物一份約50g，每種油炸物油炸一次後記錄發煙點，之後連續油炸四次，記錄油的發煙點、比色卡編號和酸價。

(五)如何製作出不同的油色實驗：(比色卡編號1、5、8、15、19、24)

- 將四塊雞塊、二十條薯條、三條熱狗和四片黑輪混合一起油炸，第一次炸完就取油。
- 欲取出油樣前，先以肉眼判斷油色，油色接近比色卡編號之油色，即取油做比色。

