

中華民國第 55 屆中小學科學展覽會

作品說明書

高職組 化工、衛工及環工科

第一名

091102

自製豬油製程之改良

學校名稱：國立民雄高級農工職業學校

作者： 職一 許緯淇 職一 盧映涵 職一 許家豪	指導老師： 林聰廷 王俊雄
---	-----------------------------

關鍵詞：豬油、酸價、過氧化價

得獎感言

由於去年爆發了一連串的食安風暴，其中以黑心豬油最為嚴重，影響層面也最廣，因此，我們決定以豬油為研究主題進行探討，希望可以研發出製程簡易、油脂品質優良的豬油，讓大家能安心食用健康的豬油。

首先，我們著手蒐集了許多相關資料，我們不斷地與老師討論，擬定研究方向後，就開始進行一連串的實驗。在整個研究過程中，最令人難忘的經驗是切肥豬肉，因為我們的研究主題是豬油，所以每次實驗都必須面對一大堆的肥豬肉，剛開始就是感覺全身不自在，更別說要去切它了！那根本是惡夢。但是我們為了要進行實驗，也漸漸得習慣了每天切肥豬肉的日子。

時間過得很快，從我們著手開始做實驗，經歷分區科展，進而參加全國科展，耗費時間超過八個月，一路走來真的十分艱辛。我們一開始莽莽撞撞，許多實驗結果都是失敗被捨棄，數不清的實驗不斷地重覆，週末假日幾乎都耗在實驗室。想當初我們連日誌要如何記錄、說明書要如何呈現都搞不太清楚，經老師不斷地指導我們，讓我們在漫長的科展研究過程中獲益良多。

我們在全國科展開放參觀過程中，有不少家庭主婦、老師們，聽完我們整個研究介紹後，都覺得我們的設計及改良非常有創意，希望我們能盡快大量生產，提供給更多的家庭用來自製高品質的豬油，讓消費者能以簡單方便的小烤箱、安心地食用健康的豬油。

在此，我們要感謝指導老師，犧牲假日陪著我們一起做實驗，很有耐心地指導我們。還要感謝在整個科展的研究過程中，關心我們、體諒我們、協助我們的老師與同學們，使我們整個研究可以順利完成。最後，我們三個研究夥伴，也要彼此感謝自己，在研究過程中，難免會有意見相左的時候，感謝我們都能彼此包容與體諒，共同攜手合作，團結一致為科展努力，最後才會有豐碩甜美的成果。



三個研究夥伴參加全國科展合照



在全國科展中連獲多獎滿載而歸

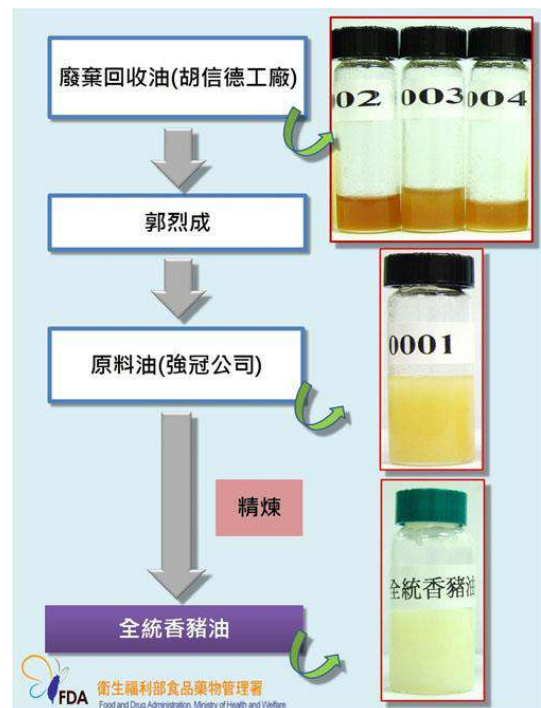
壹、摘要

使用水煮法提煉豬油，豬油色澤較淺品質較佳，提油率明顯較低；使用熱炸法提煉豬油，豬油色澤較深品質較差，但提油率明顯較高。由實驗結果顯示，加熱溫度設定在 110°C 時提煉豬油，可兼顧提油率及油脂品質。我們將家庭用小烤箱加以改裝，歷經第一代、第二代溫控裝置之改良，使其溫度能控制在 110°C 左右；我們亦改良豬油收集裝置，使脂肪組織流出之豬油可立刻滴出烤箱，縮短豬油停留在高溫狀態之時間。最後，我們進行豬油之發煙點、酸價及過氧化價等檢測。由實驗結果驗證，第一代、第二代改良法所提煉出的豬油，其發煙點、酸價、過氧化價等量化指標，均符合法定食品安全標準，而且與傳統熱炸法所提煉出的豬油相比，其豬油品質更佳。

貳、研究動機與目的

一、研究動機

1. 豬油一直是中式料理與點心的重要食材，2014年爆發一連串黑心油事件，油脂業者為了降低成本，不惜摻混了非人類食用的餵水油、飼料油在豬油中，影響產品層面甚廣，深深危害社會大眾健康，如右圖所示。
2. 我們也發現，即使是衛福部核准販售的精製豬油，成份標示竟是「動植物性油脂」及氫化之油脂，消費者對於工業生產之市售精製豬油完全喪失信心，因而，社會上興起自製豬油之風潮。
3. 早期傳統家庭都是採用「熱炸法」提煉豬油，雖然可炸出大量豬油，但油脂顏色較深、品質較差。甚至於有些與豬油相關的資料顯示，自炸的豬油並非健康的油脂，食用自炸豬油暗藏著健康的風險。若油炸溫度太高、導致豬油色澤變深，油質一樣會劣變，甚至產生致癌物。
4. 我們蒐集許多資料發現，使用電鍋所提煉之油脂，油脂色澤較淡、雜質少之優點。但是，回收量偏低將是一大弱點。因此我們將探討一個能提煉品質好、回收量又多的精製法。



資料來源：衛生福利部食品藥物管理署網站

二、研究目的

- (一) 探討現有自製豬油方法之優缺點。
- (二) 建立適合家庭自製豬油之改良法，自製品質優良的豬油。
- (三) 自行設計組裝一套價格便宜，操作簡單的自製豬油之設備。
- (四) 驗證改良法所提煉出的豬油，其豬油品質符合法定食品安全標準。

參、研究過程與方法

一、文獻回顧

(一) 豬油之原料來源⁽¹⁵⁾⁽¹⁸⁾

合格的原料所製造的豬油，才是可供人食用的豬油。因此，我們必須先明瞭合格原料之定義。

1. 衛生福利部食品藥物管理署

(1) 目前之規範：僅公告「食用油脂類衛生標準」，並沒有特別針對「食用豬油」訂定規範。

(2) 研擬之規範：已於 104 年 2 月 16 日公告「食用豬油衛生標準」草案。該草案第二條規定：「食用豬油之原料來源，應符合食品安全衛生管理法之規定，並來自健康豬隻所取得之乾淨且可供食用組織。但不包括內臟器官、腦、脊髓及粗血管。」

2. 經濟部標準檢驗局

目前之規範：根據 104 年 3 月 31 日公告之國家標準 CNS2421 N5069 之規範，「豬脂」：以經屠宰衛生檢查合格健康無病豬屠體之新鮮、清潔之脂肪組織（不包括腦、脊髓、內臟器官及血管等部位）熬製而成之產品。

無論是衛生福利部食品藥物管理署或經濟部標準檢驗局之規範都明確規定，製造豬油的原料必須是檢驗合格健康無病豬屠體之脂肪組織。

(二) 豬油之發煙點⁽⁸⁾⁽¹⁷⁾

一般油脂於加熱時，剛起薄煙的溫度稱為發煙點。發煙點通常作為油脂精製度與新鮮度的指標。未精製豬油之發煙點約 170°C；精製豬油之發煙點約 220°C，食用油品若加熱溫度太高，油脂就會氧化劣變，產生大量的自由基與聚合物質，恐會影響健康。衛生福利部食品藥物管理署提醒民眾，食用油品加熱時，如有薄煙剛起時，即應降低加熱溫度，較能確保油煙不直接影響健康。

衛生福利部食品藥物管理署對餐飲業油炸油稽查管理原則，當油炸油之發煙點溫度低於 170°C 時（亦即油炸油於低溫時即已冒煙），即不符合食品良好衛生規範第八點(七)衛生安全原則之規定，此時，業者應要將油炸油全部予以更新。

(三) 豬油酸價之規定⁽¹⁵⁾⁽¹⁸⁾⁽¹⁹⁾

油脂之酸價越高，通常其游離脂肪酸含量越高，代表油脂的品質越差。

1. 衛生福利部食品藥物管理署

(1) 目前之規範：目前公告實施的「食用油脂類衛生標準」，並沒有酸價的限量規定。

(2) 研擬之規範：已於 104 年 2 月 16 日公告「食用豬油衛生標準」草案。該草案第四條規定：「食用豬油」之酸價，應為 2.0 mg KOH/g fat 以下；惟經

精製程序(脫酸、脫色或脫臭等)之精製食用豬油，其酸價應為 1.3 mg KOH/g fat 以下。」

2. 經濟部標準檢驗局目前之規範：根據 104 年 3 月 31 日公告之國家標準 CNS2421 N5069 之規範：「豬脂」酸價為 2.0 mg KOH/g fat 以下，「精製豬脂」酸價為 1.0 mg KOH/g fat 以下。

無論是衛生福利部食品藥物管理署或經濟部標準檢驗局之規範都明確規定：「豬脂」酸價為 2.0 mg KOH/g fat 以下。

(四) 豬油過氧化價之規定 ⁽¹⁵⁾⁽¹⁸⁾⁽¹⁹⁾

過氧化價通常用來測量油脂氧化程度的一種方法，油脂氧化會產生氫過氧化物，這是一種極不穩定的化合物。油脂之過氧化價越高，通常其氧化程度越嚴重，代表油脂的品質越差。

- 經濟部標準檢驗局目前之規範：根據 104 年 3 月 31 日公告之國家標準 CNS2421 N5069 之規範：「豬脂」之過氧化價為 10 meq/kg fat 以下，「精製豬脂」之過氧化價為 10 meq/kg fat 以下。

經濟部標準檢驗局之規範都明確規定：「豬脂」與「精製豬脂」之過氧化價為 10 meq/kg fat 以下。

(五) 豬油之提煉 ⁽⁹⁾⁽¹⁶⁾⁽²¹⁾

自製豬油之方法主要有下列二種：

1. 濕提法：此法就是劣質豬油事件發生後，許多媒體推薦的「水煮法」，是將細切的脂肪組織與適量的水一起置入容器中加熱，使油脂從脂肪組織中分離出來，收集液面上的浮油即可得到豬油，此種方法提油率較低。
2. 乾提法：此法就是自製豬油最常用的「熱炸法」，是將細切的脂肪組織置入容器中加熱，使油脂從脂肪組織中分離出來，將豬油粕濾除，即可得到豬油，此種方法提油率較高。

雖然使用熱炸法提煉豬油之提油率較高，但高溫油炸處理，會使油脂產生水解、氧化、聚合等複雜反應，經裂解產生醇類、醛類、酮類、酸類或碳氫化合物等極性物質，甚至會產生環狀單體、雙體或三體等聚合物質，這些裂解或聚合物質，會造成油炸油品質、顏色、黏稠度、發煙點、起泡點、酸價及總極性物質的改變，並造成人體健康的危害。

(六) 豬油之精製 ⁽⁶⁾⁽¹⁹⁾⁽²⁰⁾

不管使用溼提法或乾提法所得之豬油，因為仍含很多的雜質，所以稱之為粗油，若要提高其品質，則需要將豬油進一步精製處理。精製處理步驟如下所示：

1. 脫膠：可去除油脂中的蛋白質、碳水化合物、磷脂質及水等雜質。
2. 脫酸：為除去油脂中的游離脂肪酸，常以苛性鈉溶液加至加熱油脂中劇烈攪拌，靜

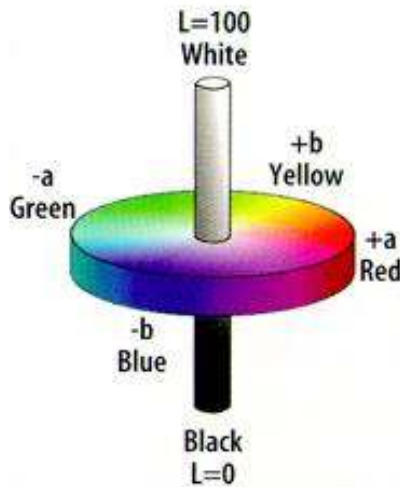
置一段時間，所分離之沈澱物稱為皂腳，此外，尚能移去殘留的磷脂質及一些固形物和呈色物質。

3. 脫色：也稱為漂白，可利用漂白土或活性碳來吸附油脂中之色素，或利用氧化還原作用而使呈色物質褪色。可去除油脂中所含的胡蘿蔔素、葉綠素等色素。
4. 脫臭：脫臭是利用真空抽氣，在脫氣塔中，將油脂由上往下淋灑，熱的蒸汽由下往上產生對流，整個系統在對流的狀況下，帶走揮發性氣體，如醛、酮等具有不良氣味之氣體。

(七) 色澤 (7)(8)(10)

由油脂色澤之深淺，可粗略判斷油脂之品質，依衛生福利部食品藥物管理署對餐飲業油炸油稽查管理原則，當油炸油之色深，即不符合食品良好衛生規範第八點(七)衛生安全原則之規定。

色差計可用來測量物質之色澤，通常以 Lab 值來量化表示，Lab 色彩模型是「國際照明委員會」所制定的，是常用來描述人眼可見的所有顏色之最完備的色彩模型。Lab 是一種與裝置無關的色彩模型，如下圖。L 值：0(黑)↔100(白)；a 值：-a(綠)↔+a(紅)；b 值：-b(藍)↔+b(黃)。

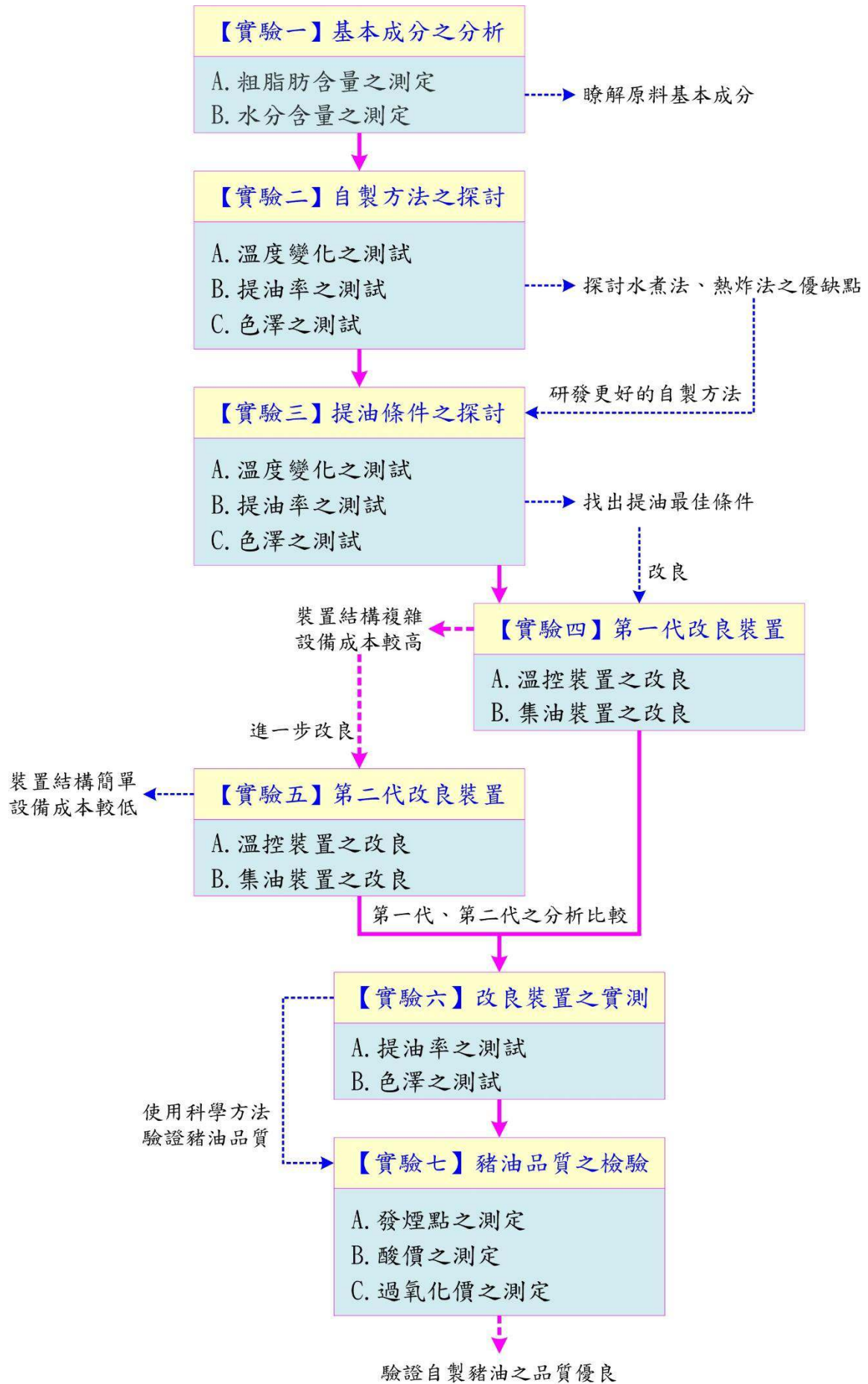


使用色差計測定樣品之 L、a、b 值，可進一步計算出白度(white index, 簡寫：WI)，若樣品之白度值愈大，則表示其色澤愈白，因而，可以更簡單表示樣品色澤之深淺。

白度(WI)之計算公式：

$$WI = 100 - \sqrt{(100 - L)^2 + a^2 + b^2}$$

二、研究架構



三、設備與材料

(一) 設備



色差計
Lovibond RM200
(UK)



電子天秤
AND GR-120
(Japan)



電子天秤
DER HER BBAX-600
(Taiwan)



大同電鍋
TATUNG
(Taiwan)



電子式溫度計
Lutron TM-946
(Taiwan)



粉碎機
RT-02A
(Taiwan)



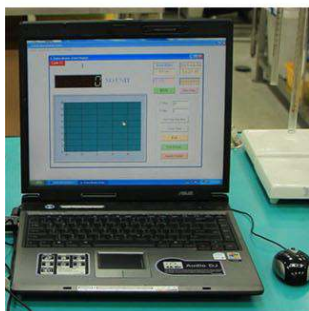
烘箱
memmert
(Germany)



自製發煙點測定裝置
(A. O. C. S. 之規格)



烤箱
SAMPO K2-MD26C
(Taiwan)



筆記型電腦
Acer A3F
(Taiwan)



單眼相機
Nikon D700
(Japan)



顯微照相設備
Nikon YS
(Japan)

(二) 材料：

本研究之樣品原料，採用傳統市場上販售之豬背脂。

四、研究方法

(一) 數據分析處理 (3) (4)

1. 本研究各實驗均採三重複，數據以 Excel 計算平均值及標準差，進一步以 SigmaPlot 軟體繪圖。
2. 各實驗數據利用 xlstat 統計軟體分析各組數據之差異顯著性(信賴水準 95%)。各實驗之圖表中，各平均值上標示相同字母代表 95%信賴水準下沒有顯著差異。

(二) 溫度計之校正 ⁽⁵⁾

1. 參考臺灣大學化學系之方法，進行溫度計之校正。⁽⁵⁾
2. 以溫度計分別測量冰之熔點、水之沸點，利用 SigmaPlot 軟體求出溫度校正直線方程式： $y=1.0006x-0.1$ 。
3. 本研究之各實驗之量測溫度，均以校正直線方程式換算為真實溫度。

【實驗一】基本成分之分析

前言：首先，我們將豬脂肪組織檢體(肥肉)進行基本成分之分析，以便初步瞭解水分及粗脂肪之含量。

步驟：

A. 水分含量之測定 ⁽¹⁴⁾

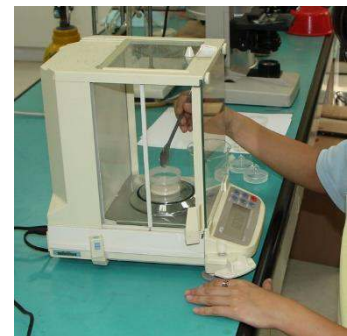
1. 採用 CNS 5033 N6114 之方法進行水分含量之測定。
2. 於已乾燥至恆量之稱量瓶中，精確稱取已磨碎之豬脂肪組織檢體(肥肉) 5g。
3. 移入烘箱，以 102°C 乾燥，稱量瓶蓋微開，乾燥 5 小時後，取出移入乾燥器中放冷，約 30 分鐘後，稱量，再將稱量瓶移入烘箱，乾燥 2 小時，取出移入乾燥器放冷，約 30 分鐘後，稱量，直到恆量為止。
4. 計算：

$$\text{水分(\%)} = \frac{b - c}{b - a} \times 100\%$$

a：稱量瓶之重量(g)

b：稱量瓶加檢體之重量(g)

c：稱量瓶加檢體乾燥至恆量時之重量(g)



B. 粗脂肪含量之測定 ⁽¹³⁾

1. 採用 CNS 5036 N6117 之方法進行粗脂肪含量之測定。
2. 精確稱取已磨碎之豬脂肪組織檢體(肥肉) 5g，放入圓筒濾紙中，其上輕塞適量脫脂棉，置燒杯內於 102°C 烘箱中乾燥 3 小時(除去水分後)，於乾燥器冷卻。

- 將圓筒濾紙置入抽出管中，約加 1/4 瓶容量之乙醚，置於 60~70°C 水浴上，萃取 8 小時後，取出蒸乾乙醚，再將燒瓶外面擦拭乾淨後，置於 98~100°C 之烘箱中乾燥約 1 小時，移入乾燥器中放冷約 30 分鐘後，稱重至恆量。



- 計算：

$$\text{粗脂肪(\%)} = \frac{W - W_0}{S} \times 100\%$$

W_0 ：放有沸石燒瓶之重量(g)

W ：抽出粗脂肪經乾燥後連燒瓶之重量(g)

S ：檢體重量(g)

結果：

A. 水分含量之測定

由表 1、圖 1 顯示，豬脂肪組織(肥肉)中，水分含量約 8.19%。

B. 粗脂肪含量之測定

由表 1、圖 1 顯示，豬脂肪組織(肥肉)中，粗脂肪含量約 82.86%。

表 1 豬脂肪組織基本成分之含量

成分	含量(%)				
	測試一	測試二	測試三	平均值	標準差
水分	9.46	7.75	7.36	8.19	1.12
粗脂肪	81.97	83.95	82.66	82.86	1.01

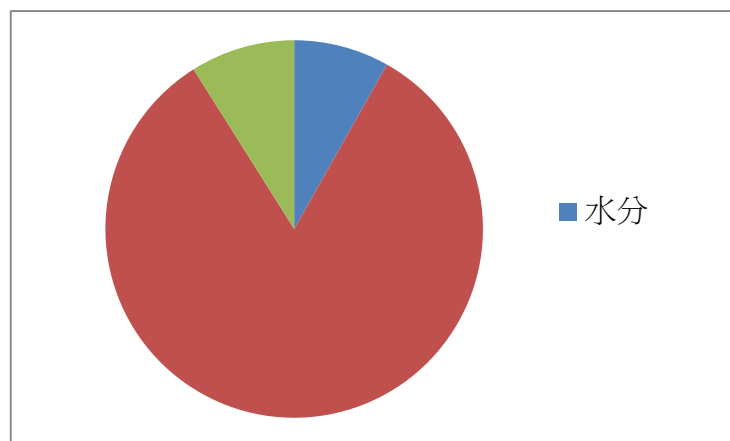


圖 1 豬脂肪組織基本成分之含量

討論：

- 由本實驗發現，豬脂肪組織(肥肉)中，除了粗脂肪之外，尚含有水分含量 8.19%，其他成分 8.95%。
- 本實驗豬脂肪組織(肥肉)中，粗脂肪含量高達 82.86%，我們希望藉由本研究之探討，能找出自製豬油之最佳方法。

【實驗二】自製方法之分析

前言：家庭式自製豬油最常用的方法是「熱炸法」。市面上亦有以健康為訴求的「水煮法」豬油商品出現⁽¹⁶⁾。希望藉由本實驗分析以熱炸法、水煮法自製豬油之差異。

步驟：

◎ 實驗變因：自製豬油方法（水煮法、熱炸法）。

1. 水煮法：採用電鍋加熱，將 300g 的豬脂肪組織(肥肉)及 300g 的水放入內鍋(加內鍋蓋)。另將 4 杯(電鍋專用量杯)的水加入外鍋。
2. 熱炸法：採用瓦斯爐及炒鍋加熱，將 300g 的豬脂肪組織(肥肉)放入炒鍋中不斷地加熱攪拌至 250°C（此時豬油粕炸至金黃色），停止加熱。

A. 溫度變化之測試

1. 水煮法：使用熱電藕記錄提煉豬油過程溫度之變化值。(在熱電藕前端綁上不鏽鋼螺絲，使熱電藕前端不直接接觸到內鍋)。連接電腦每 10 秒擷取一個溫度值，如圖 2 所示。



A. 將豬脂肪組織及水放入內鍋 B. 使用熱電藕測試溫度值 C. 連接電腦軟體紀錄溫度變化

圖 2 溫度變化之測試（水煮法）

2. 熱炸法：使用熱電藕記錄提煉豬油過程溫度之變化值。(在熱電藕前端綁上不鏽鋼鐵絲，避免熱電藕前端直接接觸到炒鍋)。利用電腦軟體紀錄溫度之連續變化情形(每 10 秒擷取一個溫度值)，如圖 3 所示。



A. 使熱電藕不直接接觸到炒鍋 B. 使用熱電藕測試溫度值 C. 豬油粕炸至金黃色停止加熱

圖 3 溫度變化之測試（熱炸法）

B. 提油率之測試

1. 水煮法：使用不鏽鋼濾網過濾得到油水混合液，利用分液漏斗分離出豬油，進行稱重(精確至 0.01g)。
2. 熱炸法：使用不鏽鋼濾網過濾豬油，進行稱重(精確至 0.01g)。

3. 提油率之計算：

$$\text{提油率(\%)} = \frac{\text{豬油重量}}{\text{豬脂肪組織重量}} \times 100\%$$

C. 色澤之測試

1. 分別將水煮法、熱炸法之豬油置於 50°C 烘箱中 2 小時，使豬油呈現液態。
2. 使用色差計測定液態豬油樣品之 L、a、b 值，並計算白度(white index, 簡寫：WI)。
3. 白度(WI)之計算：

$$\text{WI} = 100 - \sqrt{(100 - L)^2 + a^2 + b^2}$$

結果：

A. 溫度變化之測試

由圖 4 顯示，水煮法的溫度上升速率較慢，大約 18 分鐘才維持穩定。加熱提煉豬油過程中，溫度大致可維持在 100°C 左右。熱炸法的溫度上升速率較快，加熱提煉豬油過程中，溫度持續快速上升，大約 6 分鐘溫度就達到 236°C。

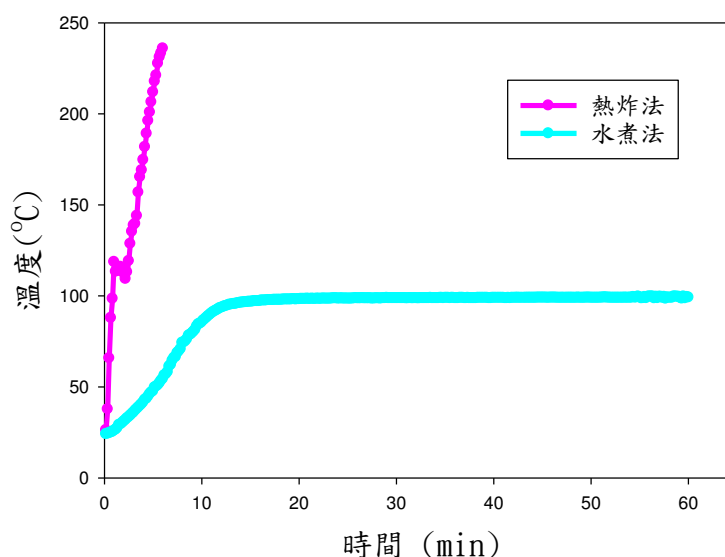


圖 4 水煮法、熱炸法之溫度變化

B. 提油率之測試

由表 2、圖 5 顯示，熱炸法之提油率大約 70.06%；水煮法之提油率大約 18.13%，很明顯水煮法之提油率較低。

表 2 水煮法、熱炸法之提油率

提油方法	提油率(%)				
	實驗一	實驗二	實驗三	平均值	標準差
水煮法	19.63	16.71	18.06	18.13	1.46
熱炸法	69.88	70.77	69.55	70.06	0.63

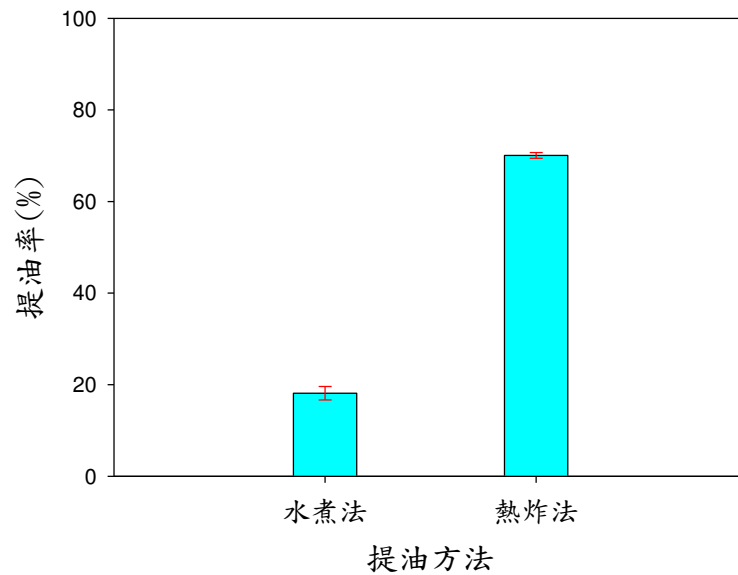


圖 5 水煮沸法、熱炸法之提油率

C. 色澤之測試

由表 3、圖 6 顯示，水煮沸法之白度大約 61.18；熱炸法之白度大約 43.53，很明顯水煮沸法之白度較高。

表 3 水煮沸法、熱炸法所提煉豬油之白度

提油方法	白度				
	測試一	測試二	測試三	平均值	標準差
水煮沸法	60.96	61.99	60.58	61.18	0.73
熱炸法	43.91	42.77	43.92	43.53	0.66

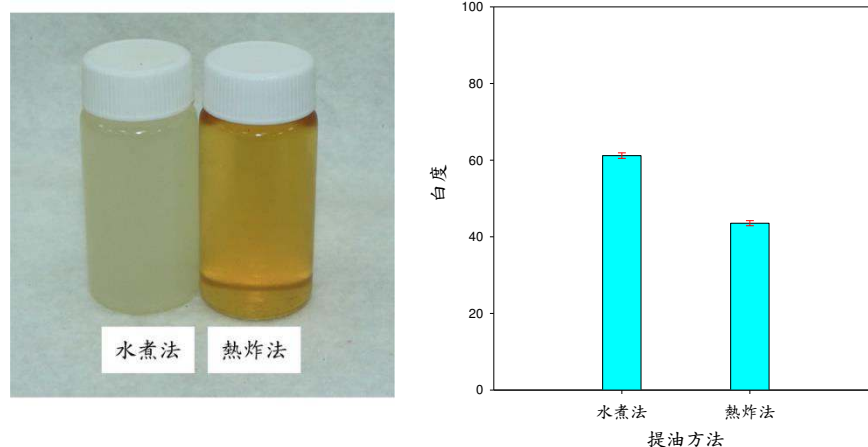


圖 6 水煮沸法、熱炸法所提煉豬油之白度

討論：

1. 使用熱炸法提煉豬油時，溫度持續快速上升，很快就達到 236°C，此時豬油粕已炸至金黃色，所以我們停止加熱，若繼續加熱將使豬油粕呈現焦黑。而使用水煮沸法提煉豬油時，溫度上升較慢，但溫度可穩定地維持在 100°C 左右。

2. 由本實驗證明，使用水煮法提煉豬油，其提油率偏低（僅 18.13%）。而使用熱炸法提煉豬油，其提油率明顯較高（70.06%），所以一般家庭自製豬油通常採用熱炸法。
3. 雖然水煮法之提油率較低，但所提煉出來的豬油顏色較淺，油質較佳；熱炸法之提油率較高，但所提煉出來的豬油顏色較深，油質較差。我們也從相關資料⁽⁸⁾⁽¹⁶⁾得到佐證。
4. 彙整本實驗結果，如表 4 所示，水煮法與熱炸法各有優缺點，因此，都不是自製豬油理想的方法。

表 4 水煮法與熱炸法所提煉豬油之比較

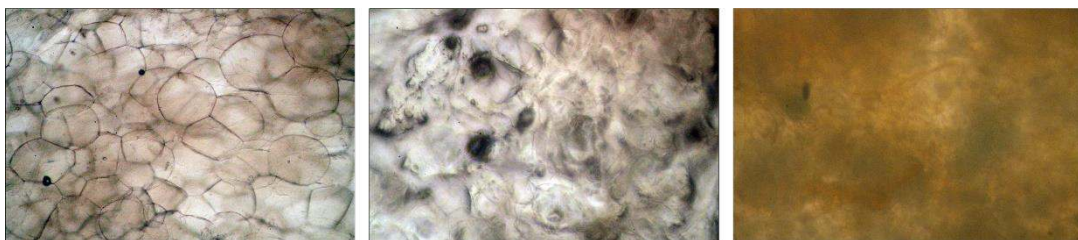
項 目	水煮法	熱炸法
加熱溫度	低（約 100℃）	高（約 236℃）
提 油 率	低（18.13%）	高（70.06%）
色 澤	淺（乳白色）	深（黃褐色）
油水分離	需要	不需要

5. 雖然使用熱炸法提煉豬油之提油率很高，但高溫油炸處理，會使油脂產生水解、氧化、聚合等複雜反應，經裂解產生醇類、醛類、酮類、酸類或碳氫化合物等極性物質，甚至會產生環狀單體、雙體或三體等聚合物質，這些裂解或聚合物質，會造成油炸油品質、顏色、黏稠度、發煙點、起泡點、酸價及總極性物質的改變，並造成人體健康的危害。⁽⁹⁾

【實驗三】提油條件之探討

預備實驗：

1. 我們原先希望以不加熱的方式自製豬油，所以嘗試使用冷壓法，欲將豬脂肪原料中的油脂直接壓榨出來，但幾乎榨不出任何豬油，如又圖所示，所以我們放棄此種方法。
2. 由相關資料⁽²¹⁾顯示，油脂被細胞膜包覆保護在脂肪細胞內，豬脂肪原料若經加熱處理後，其脂肪細胞因受熱破裂，大量油脂可從破損的細胞中溢出。我們自行拍攝豬脂顯微影像，明確驗證此一現象，如圖 7 所示，所以提煉豬油仍需適度加熱處理。



A. 新鮮豬脂之脂肪細胞完整 B. 水煮法加熱後之脂肪細胞破裂 C. 熱炸法加熱後之脂肪細胞破裂

圖 7 自行拍攝豬脂顯微影像

前言：由【實驗二】初步發現，溫度是影響提油率與豬油品質之關鍵因素，本實驗進一步探討加熱溫度對提煉豬油之影響，希望能開發出最佳化的提油條件。

步驟：

實驗變因：烘箱溫度（100℃、110℃、120℃、130℃、140℃）。

A. 溫度變化之測試

1. 分別使用熱電藕測定烘箱不同溫度設定下，其實際溫度之變化值。
2. 利用電腦軟體紀錄溫度之連續變化情形(每 10 秒擷取一個溫度值)，如右圖所示。



B. 提油率之測試

1. 將 300g(精確至 0.01g)的豬脂肪組織樣品，隨意平均分散在烤盤上，放入烘箱加熱。
2. 加熱 1 小時後，將樣品取出，使用不鏽鋼濾網過濾後，即可得到豬油。
3. 計算提油率。
4. 利用 xlstat 統計分析各組數據之差異顯著性。

C. 色澤之測試

1. 前面所得之豬油，置於 50℃烘箱中 2 小時，確保豬油呈現液態。
2. 使用色差計測定液態豬油樣品之 L、a、b 值，並計算白度。
3. 利用 xlstat 統計分析各組數據之差異顯著性(信賴水準 95%)。

結果：

A. 溫度變化之測試

由圖 8 顯示，設定不同溫度下之烘箱，其溫度上升速率相近，大約 20~30 分鐘後，可到達設定溫度，而且烘箱之實際溫度與設定溫度十分接近。

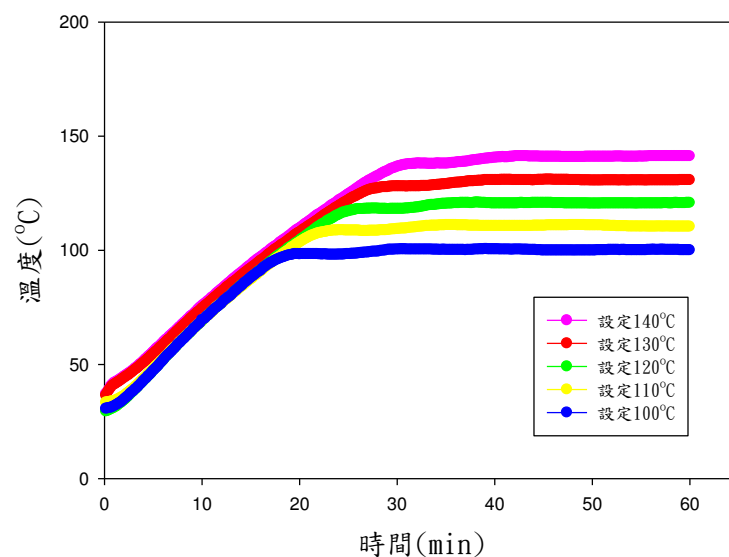


圖 8 烘箱設定不同溫度其實際溫度之變化

B. 提油率之測試

由表 5、圖 9 顯示，改良法之加熱溫度設定在 100°C 時，其提油率大約 42%，明顯低於其他溫度；改良法之加熱溫度設定在 110~140°C 時，其提油率大約 56%，明顯較高。由 xlstat 統計分析結果顯示，100°C 的提油率與其他溫度之間有顯著差異；而 110~140°C 等溫度之間的提油率則沒有顯著差異。

表 5 不同加熱溫度對豬油的提油率之影響

溫度(°C)	提油率(%)				
	實驗一	實驗二	實驗三	平均值	標準差
100	43.10	43.12	40.64	42.29 ^a	1.42
110	55.89	55.97	55.01	55.62 ^b	0.54
120	55.32	52.56	57.35	55.08 ^b	2.41
130	54.09	59.43	57.10	56.87 ^b	2.68
140	52.93	53.89	62.55	56.45 ^b	5.30

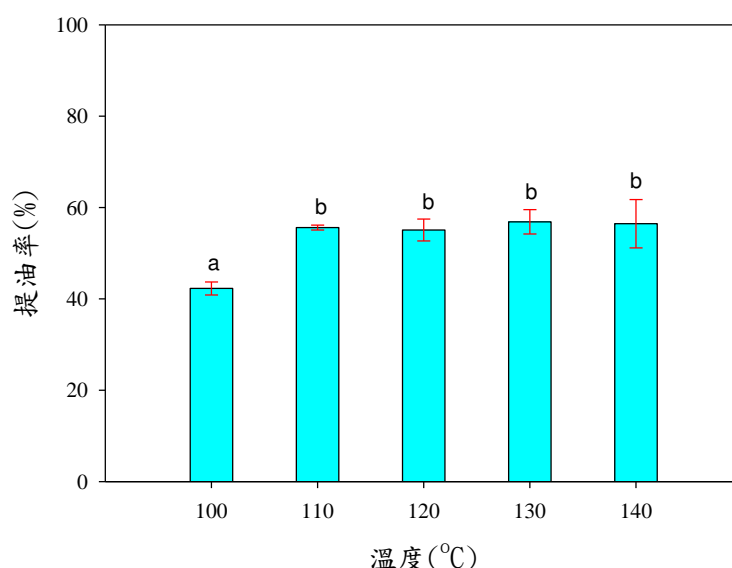


圖 9 不同加熱溫度對豬油的提油率之影響

C. 色澤之測試

由表 6、圖 10 顯示，改良法之加熱溫度設定在 100°C、110°C 時，其白度大約 63，色澤明顯較淺。改良法之加熱溫度設定在 120°C 以上時，其白度大約 48~53，色澤明顯較深。

表 6 加熱溫度對豬油的白度之影響

溫度(°C)	白度				
	測試一	測試二	測試三	平均值	標準差
100	62.8	65.2	62.1	63.4 ^a	1.6
110	63.3	61.5	62.7	62.5 ^a	0.9
120	53.8	52.9	54.4	53.7 ^b	0.7
130	50.6	50.4	49.8	50.3 ^c	0.4
140	48.7	48.9	48.5	48.7 ^c	0.2

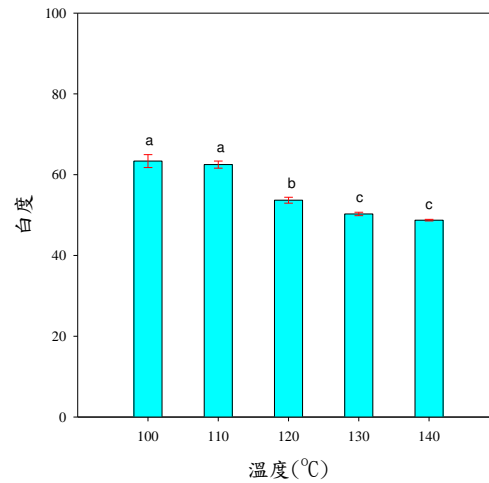
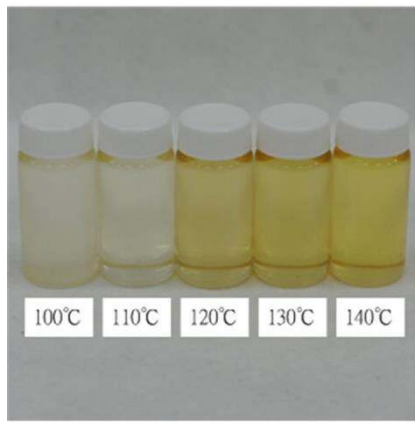


圖 10 加熱溫度對豬油的白度之影響

討論：

1. 改良法之加熱溫度設定在 110°C 時，其提油率大約 55.62%；其白度大約 62.5，無論提油率或是色澤二者都可兼顧。
2. 由本實驗證明，提煉豬油最佳的加熱溫度為 110°C，一方面可以擷取水煮法與熱炸法之優點，另一方面可改良水煮法與熱炸法之缺點，本研究擬採用 110°C 的加熱溫度，進行自製豬油更深入的探討。

【實驗四】第一代之改良

預備實驗：

1. 由【實驗三】證明，加熱溫度設定在 110°C，是提煉豬油最佳化的提油條件，可是一般家庭通常不會有價格昂貴溫控精準的烘箱，我們以家庭用小烤箱進行提油率測試，如圖 11 所示，由實驗結果顯示，其提油率偏低（約 21.90%），並不具實用價值。

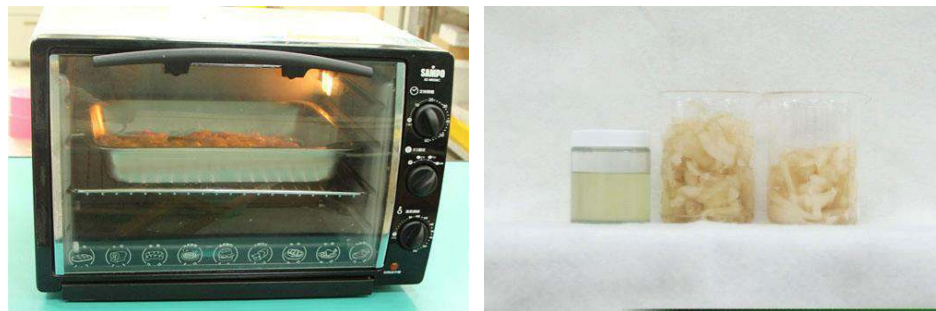


圖 11 家庭用小烤箱進提油率偏低不具實用價值。

2. 我們亦進行溫度變化測試，由實驗結果顯示，家庭用小烤箱溫控並不精準，溫度設定 110°C，但實際溫度明顯偏低（約 77°C），如圖 12 所示，因而造成提油率偏低。

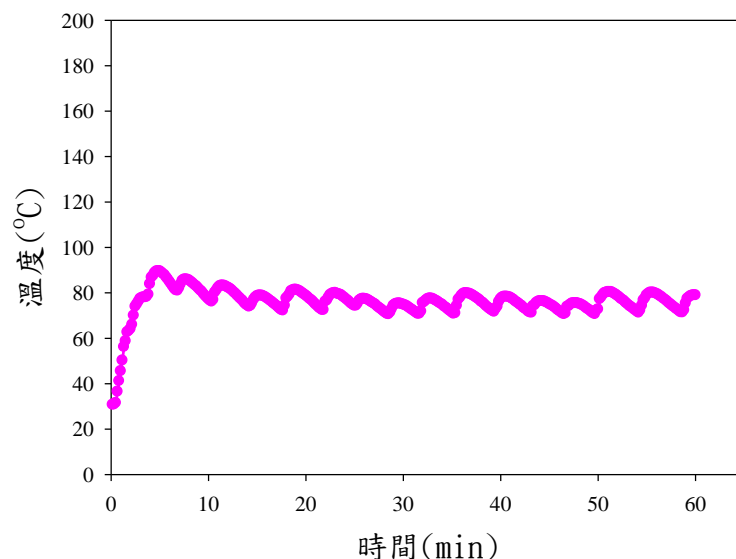


圖 12 家庭用小烤箱溫度變化測試

前言：我們若想在家庭中自製豬油，必須將不具實用價值的小烤箱進行改良，本實驗擬著手改良小烤箱之溫控裝置與集油裝置，提高其實用價值。

步驟：

A. 溫控裝置之改良

1. 設計：第一代溫控裝置之電路設計圖，如圖 13 所示。

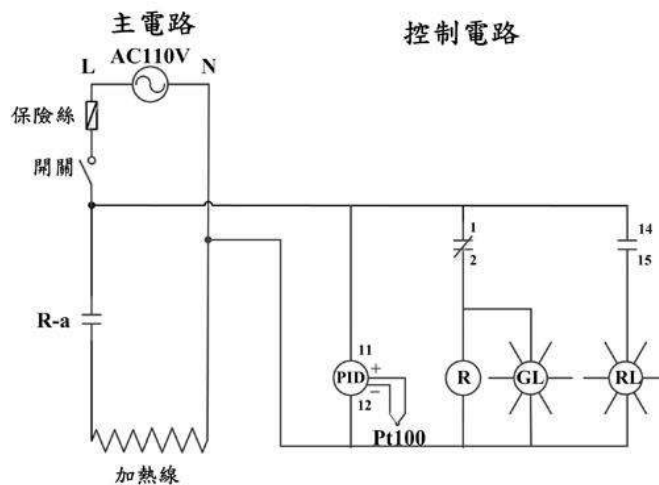


圖 13 第一代溫控裝置之電路設計圖

2. 組裝：依設計圖進行第一代溫控裝置之組裝，如圖 14 所示。



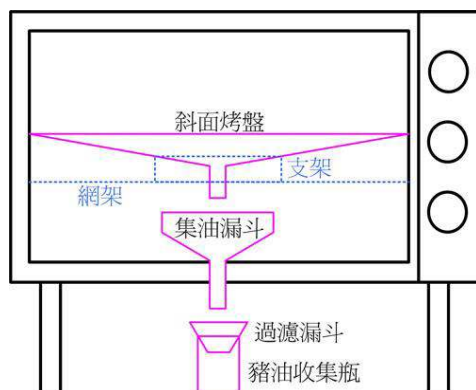
圖 14 第一代溫控裝置之組裝與成品

3. 測試：烤箱溫度設定 110°C ，使用熱電藕測定其實際溫度，並利用電腦軟體紀錄溫度之連續變化情形。



B. 集油裝置之改良

1. 設計：第一代集油裝置之設計圖，如圖 15A 所示。
2. 組裝：依設計圖進行第一代集油裝置之組裝，如圖 15B 所示。



A. 集油裝置之設計圖



B. 組裝完成之集油裝置

圖 15 第一代集油裝置

3. 測試：將豬脂肪樣品切片，隨意平均分散在斜面烤盤上，溫度設定 110°C ，開始加熱收集到豬油。

結果：

A. 溫控裝置之改良

1. 若將第一代溫控裝置加熱溫度設定 110°C ，開始加熱後約 3.5 分鐘，實際溫度即可到達 100°C ，但此時溫度上升速率明顯減緩。開始加熱約 25 分鐘，實際溫度即可到達 110°C ，之後溫度維持穩定狀態，溫控十分精準，如圖 16 所示。
3. 第一代溫控裝置準確度與精密度都很好，溫度平均約 110.4°C ，標準差大約 0.5°C 。

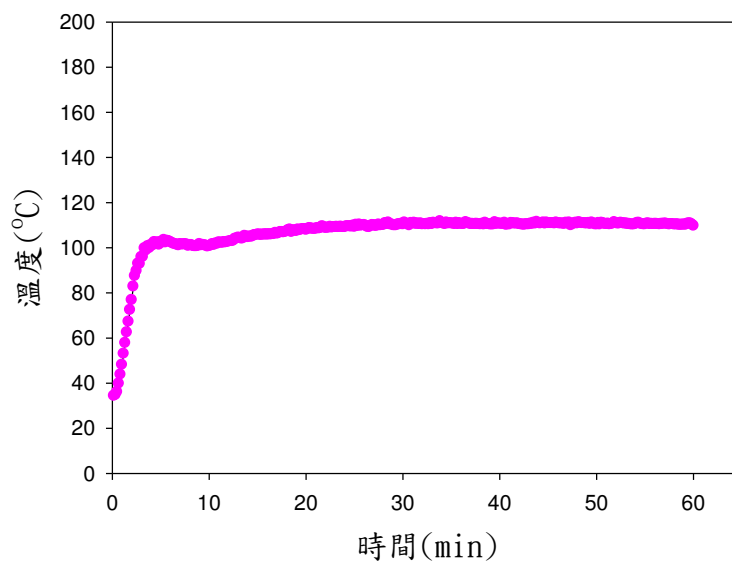


圖 16 第一代溫控裝置之溫度變化

B. 集油裝置之改良

1. 經實際測試結果，第一代集油裝置可順利收集豬油，如圖 17 所示。
2. 第一代集油裝置所收集的豬油，是一滴一滴持續地滴落，不會長時間停留在高溫下。



圖 17 第一代集油裝置收集豬油之測試

討論：

1. 第一代的溫控裝置採用 PID (proportional-integral-derivative) 控制器，配合溫度感測器回饋溫度訊號，並藉由烤箱內的循環風扇達到強制對流之目的。因此，烤箱內的溫度較為均勻且穩定。
2. 第一代的溫控裝置，雖可精準控制小烤箱之溫度，但零件成本需耗費 2000~3000 元，設備成本太高，仍有改善之空間。
3. 第一代集油裝置，由實際測試顯示，脂肪組織流出之豬油可立刻滴出烤箱，減少豬油停留在高溫狀態下之時間，預期可收集到品質更佳之豬油。

【實驗五】第二代之改良

前言：由於第一代改良之成本太高，仍有改善之空間，因此，本實驗擬進一步再改良小烤箱之溫控裝置與集油裝置。

步驟：

A. 溫控裝置之改良

1. 設計：第二代溫控裝置之電路設計圖，如圖 18 所示。

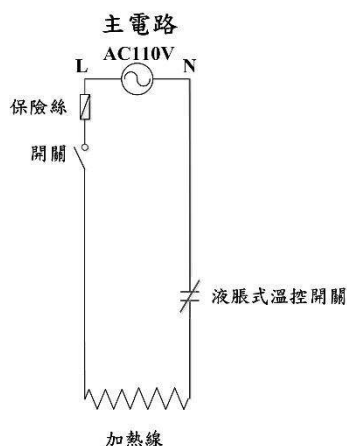


圖 18 第二代溫控裝置之電路設計圖

2. 組裝：依設計圖進行第二代溫控裝置之組裝，如圖 19 所示。

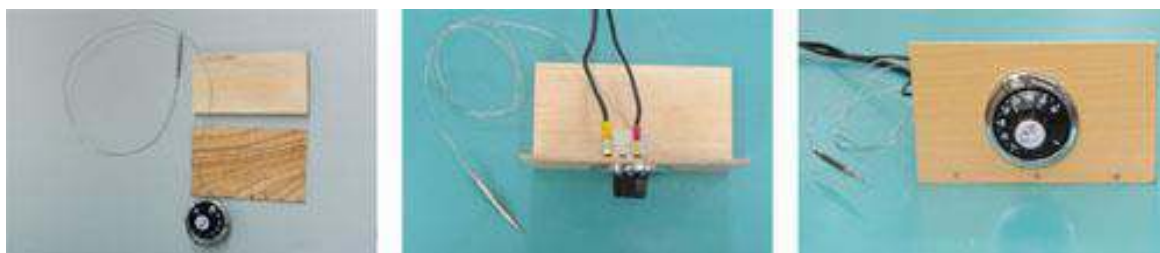
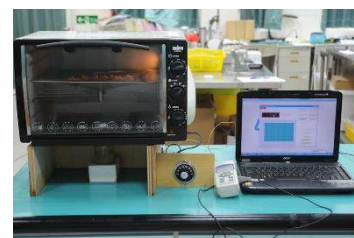


圖 19 第二代溫控裝置之組裝與成品

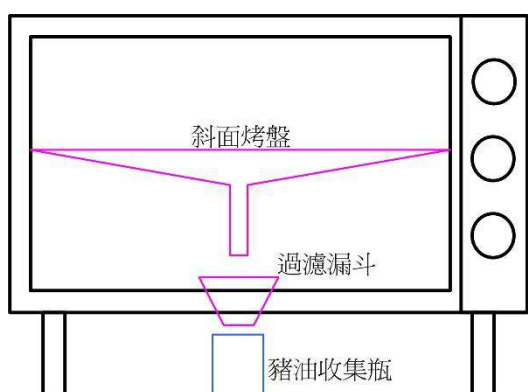
3. 測試：烤箱溫度設定 110°C，使用熱電藕測定其實際溫度，並利用電腦軟體紀錄溫度之連續變化情形。



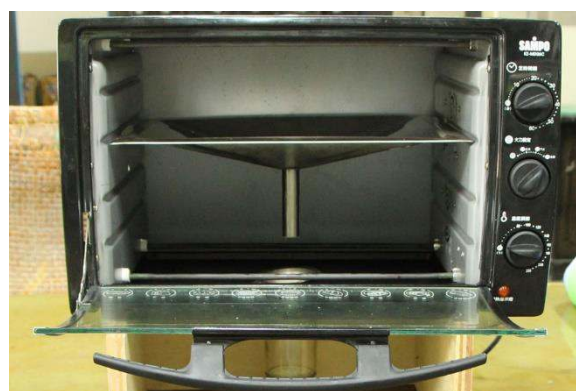
B. 集油裝置之改良

1. 設計：第二代集油裝置之設計圖，如圖 20A 所示。

2. 組裝：依設計圖進行第二代集油裝置之組裝，如圖 20B 所示。



A. 集油裝置之設計圖



B. 組裝完成之集油裝置

圖 20 第二代改良裝置（集油裝置）

3. 測試：將豬脂肪樣品切片，隨意平均分散在斜面烤盤上，溫度設定 110°C，開始加熱收集到豬油。

結果：

A. 溫控裝置之改良

1. 若將第二代溫控裝置加熱溫度設定 110°C，開始加熱後約 5 分鐘，實際溫度即可到達 110°C，如圖 21 所示。
2. 第二代溫控裝置準確度不錯，實際溫度平均約 109.6°C，但精密度稍差，標準差大約 9.1°C，如圖 21 所示。

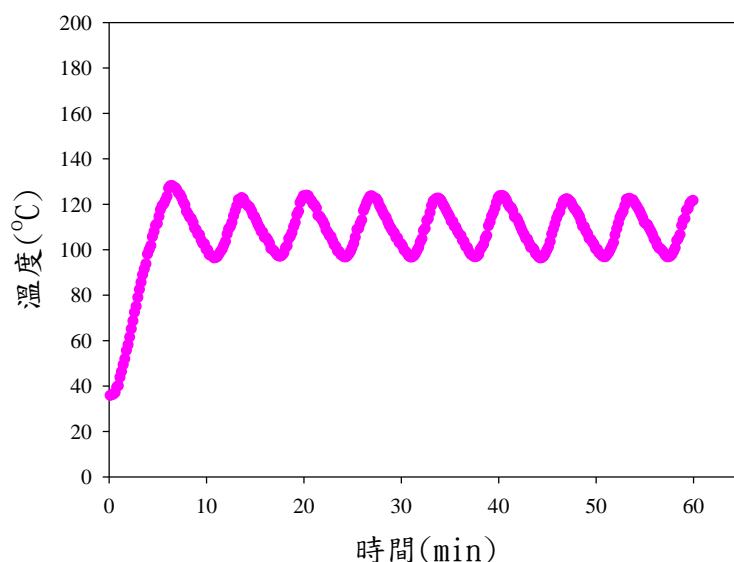


圖 21 第二代溫控裝置之溫度變化

B. 集油裝置之改良

1. 經實際測試結果，第二代集油裝置可順利收集豬油，如圖 22 所示。
2. 第二代集油裝置所收集的豬油，是一滴一滴持續滴落，不會長時間停留在高溫下。



圖 22 第二代集油裝置收集豬油之測試

討論：

1. 第二代的溫控裝置採用德國製造的 EGO 液脹式溫度控制器，配合溫度感測器回饋溫度訊號，並藉由烤箱內的循環風扇達到強制對流之目的。因此，烤箱內的溫度較為均勻且穩定。
2. 第二代的溫控裝置，控制小烤箱之溫度精準較差一些，但零件成本僅耗費 360 元，可大幅降低成本。
3. 第二代集油裝置比第一代集油裝置更精簡，但由實際測試顯示，同樣可縮短豬油停留在高溫狀態下之時間，預期可收集到品質更佳之豬油。

【實驗六】改良裝置之實測

前言：本實驗擬將第一代改良（簡稱：第一代）、第二代改良（簡稱：第二代）與【實驗二】之熱炸法，進行豬油提油率與色澤之實際測試。

步驟：

◎ 實驗變因：提油方法（熱炸法、第一代、第二代）。

A. 提油率之測試

1. 將 300g(精確至 0.01g)的豬脂肪組織樣品，隨意平均分散在斜面烤盤上，溫度設定 110°C，開始加熱。
2. 將樣品加熱 1 小時，每 10 分鐘收集一個豬油樣品，總共六個樣品。
3. 分別計算各樣品之提油率及總提油率。
4. 利用 xlstat 統計分析各組數據之差異顯著性。

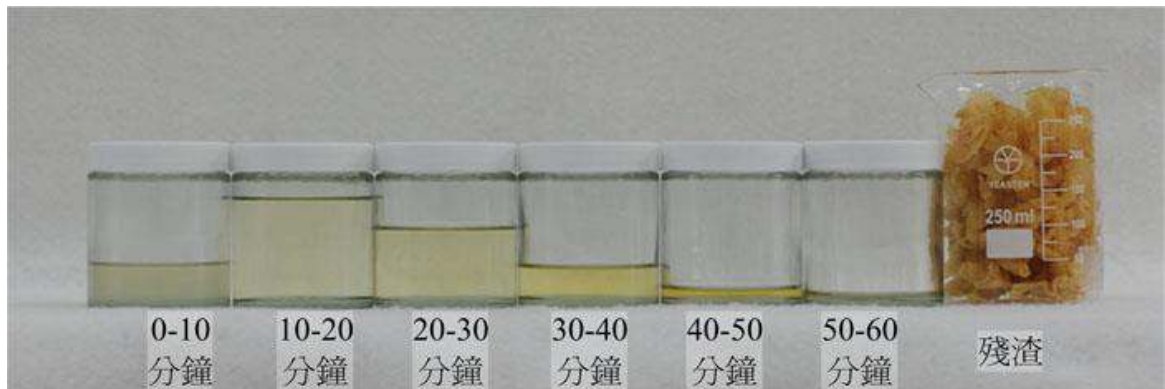
B. 色澤之測試

1. 前面所得之豬油，置於 50°C 烘箱中 2 小時，確保豬油呈現液態。
2. 使用色差計測定液態豬油樣品之 L、a、b 值，並計算白度。
3. 利用 xlstat 統計分析各組數據之差異顯著性。

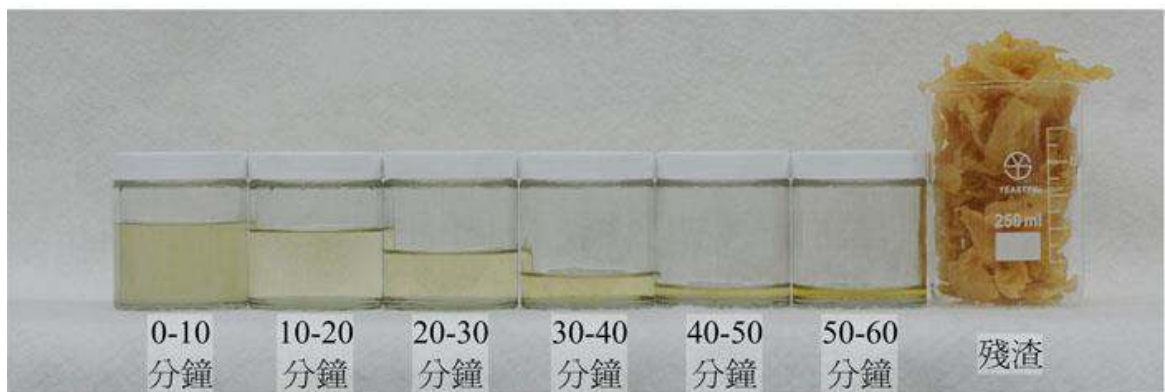
結果：

A. 提油率之測試

1. 由圖 23、24 顯示，第一代改良法每 10 分鐘之提油率，隨時間遞增呈現先升後降之趨勢。第二代改良法每 10 分鐘之提油率，則隨時間遞增呈現遞降的趨勢。



A. 第一代



B. 第二代

圖 23 第一代、第二代改良法每 10 分鐘所提取之豬油

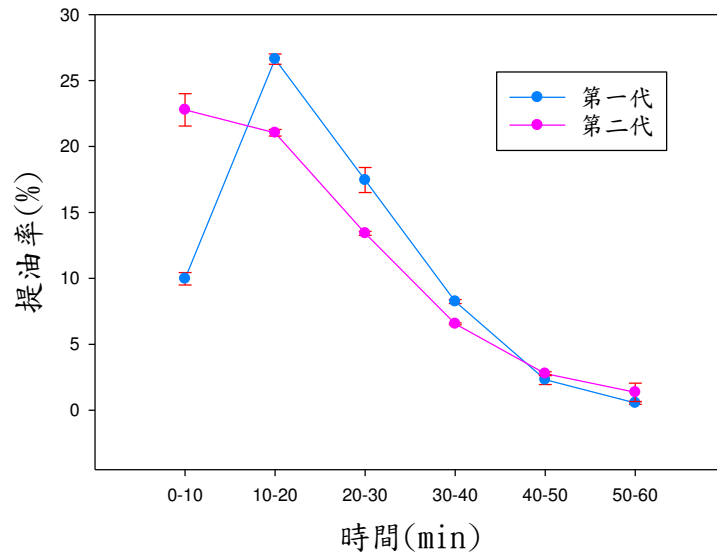


圖 24 第一代、第二代改良法每 10 分鐘之提油率

2. 第一代之總提油率約 65.17%；第二代之總提油率約 66.61%，而【實驗二】熱炸法之提油率約 70.06%，將三者之提油率進行比較，熱炸法之提油率明顯較高，如表 7、圖 25 所示。

表 7 不同提油方法之提油率

提油方法	提油率				
	測試一	測試二	測試三	平均值	標準差
熱炸法	69.88	70.77	69.55	70.06 ^a	0.63
第一代	65.15	65.80	64.57	65.17 ^b	0.61
第二代	65.69	66.99	67.14	66.61 ^b	0.79

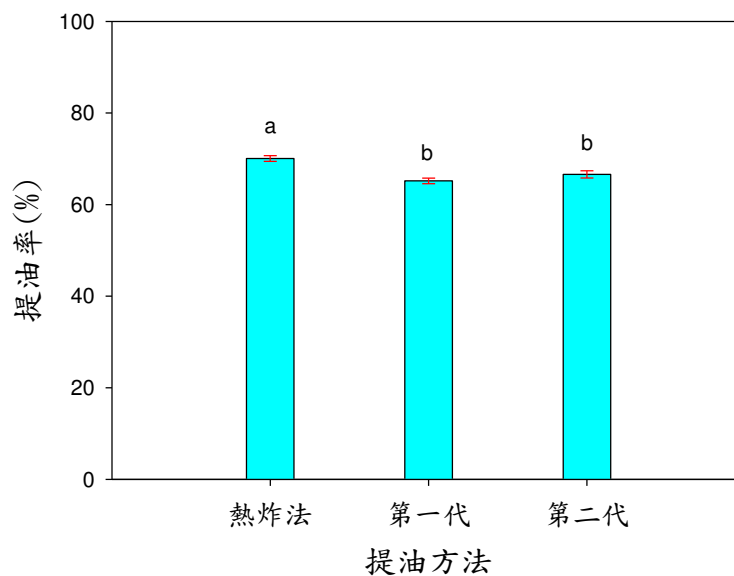


圖 25 不同提油方法之提油率

B. 色澤之測試

由表 8、圖 26 顯示，第一代之白度約 64.0；第二代之白度約 62.9，而【實驗二】熱炸法之白度約 43.5，將三者之白度進行比較，熱炸法之白度明顯較低。

表 8 不同提油方法所提煉豬油之白度

提油方法	白度				
	測試一	測試二	測試三	平均值	標準差
熱炸法	43.9	42.8	43.9	43.5 ^a	0.7
第一代	63.9	63.7	64.5	64.0 ^b	0.4
第二代	62.9	63.0	62.7	62.9 ^b	0.2

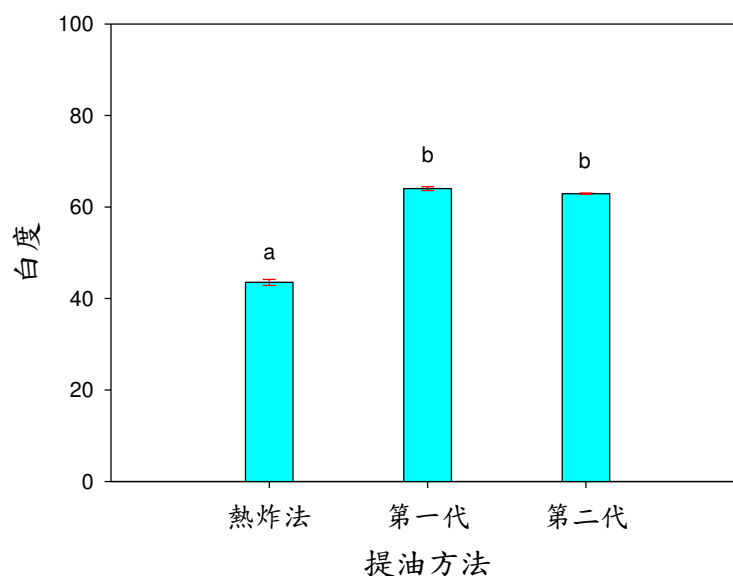


圖 26 不同提油方法所提煉豬油之白度

討論：

1. 第一代改良法之溫控裝置採用 PID 控制器，其準確度及精密度均佳，但由圖 16 顯示，到達設定溫度 110°C 需耗費時間較長（約 22 分鐘），因而導致第一個 10 分鐘之提油率偏低。第二代改良法之溫控裝置採用液脹式控制器，其準確度佳，但精密度稍差，而由圖 21 顯示，到達設定溫度 110°C 需耗費時間較短（約 5 分鐘），因而導致第一個 10 分鐘之提油率偏高。
2. 由圖 25 顯示，第一代之提油率 65.17%；第二代之提油率 66.61%，與熱炸法之提油率 70.06% 稍低一些。
3. 我們也嘗試將殘渣利用自製的冷壓裝置進行壓榨，但因殘渣（豬油粕）易碎裂，所榨出之豬油（約 8%）以過濾漏斗過濾後，仍有不少懸浮雜質，如圖 27 所示。



圖 27 以冷壓裝置殘渣所榨出之豬油仍有不少懸浮雜質

4. 既然殘渣所榨出之豬油品質不佳，所以我們覺得殘渣可以真空包裝冷凍保存，炒菜時可加入當天然佐料，如圖 28 所示。



圖 28 殘渣（豬油粕）可以真空包裝冷凍保存當天然佐料

【實驗七】豬油品質之檢驗

前言：本實驗擬將第一代改良（簡稱：第一代）、第二代改良（簡稱：第二代）與【實驗二】之熱炸法所提煉之豬油，進行發煙點、酸價、過氧化價之測試，希望更進一步了解自製豬油之品質。

步驟：

◎ 實驗變因：提油方法（熱炸法、第一代、第二代）。

A. 發煙點之測定 ⁽¹⁾⁽²⁾

1. 參考美國油脂化學協會（American Oil Chemists' Society, A.O.C.S.）Cc 9a-48 方法測定發煙點（smoke point），發煙點測定裝置，如圖 29 所示。



圖 29 發煙點測定裝置

2. 分別將豬油樣品倒入測定發煙點之專用容器內（液面須至標線），開始啟動加熱器之電源，並注意溫度計之變化，紀錄開始產生薄煙之溫度，即為發煙點。
3. 利用 xlstat 統計分析各組數據之差異顯著性。

B. 酸價之測定 ⁽¹²⁾

1. 採用經濟部標準檢驗局食用油脂檢驗法-酸價之測定方法（中華民國國家標準 CNS 3647 N6082）。
2. 稱取 20 g 之試料油於 250 mL 三角瓶中，加入 150 mL 酒精乙醚混合液（1:1 v/v），搖晃始樣品使之溶解。
3. 先行標定之 0.1N KOH 酒精標準溶液滴定，並加入酚酞指示劑滴定至桃紅色，10 秒鐘不褪色為止。
4. 記錄滴定前後值，計算酸價。



$$\text{酸價(mg KOH/g fat)} = \frac{56.11 \times 0.1 \times f \times V(\text{ml})}{S(\text{g})}$$

f：KOH 之力價

V：KOH 之滴定體積（ml）

S：油脂重量（g）

5. 利用 xlstat 統計分析各組數據之差異顯著性。

C. 過氧化價之測定 ⁽¹¹⁾

1. 採用經濟部標準檢驗局食用油脂檢驗法-過氧化價之測定方法（中華民國國家標準 CNS 3650 N6085）。
2. 稱取 5 g 之試料油於 250 mL 三角瓶中，加入 50 mL 醋酸—異辛烷混合溶液（3:2 v/v），攪拌至溶解。
3. 以定量管加入 0.5 mL 飽和 KI 溶液，間歇性搖晃 1 分鐘（避光反應），立即加入 30 mL 水終止反應。加入攪拌子快速攪拌，並以 0.1 N 硫代硫酸鈉緩慢滴定至淡黃色快消失。



- 加入 0.5 mL 10% SDS 溶液與 1 mL 澱粉指示劑，持續激烈攪拌使有機層中的 I₂ 釋放出來，再以 0.1 N 硫代硫酸鈉緩慢 滴定至藍色消失，並作空白試驗以計算過氧化價。
- 記錄滴定前後值，計算過氧化價。

$$\text{過氧化價(meq/kg)} = \frac{0.1 \times f \times V(\text{ml})}{S(\text{g})} \times 1000$$

f : Na₂S₂O₃ 之力價

V : Na₂S₂O₃ 之滴定體積 (ml)

S : 油脂重量 (g)

- 利用 xlstat 統計分析各組數據之差異顯著性。

結果：

A. 發煙點之測定

- 由表 9、圖 30 顯示，熱炸法所製造之豬油發煙點大約 169.5°C；第一代、第二代所製造豬油之發煙點大約 191.5~192.5°C。
- 利用 xlstat 統計分析樣品發煙點之數據，結果顯示第一代、第二代所製造之豬油發煙點，並沒有顯著差異；但此二種改良法與熱炸法則有顯著差異。

表 9 不同提油方法所製造豬油之發煙點

提油方法	發煙點 (°C)				
	測試一	測試二	測試三	平均值	標準差
熱炸法	172.3	167.5	168.8	169.5 ^a	2.5
第一代	191.7	189.8	192.9	191.5 ^b	1.6
第二代	193.6	194.5	189.3	192.5 ^b	2.8

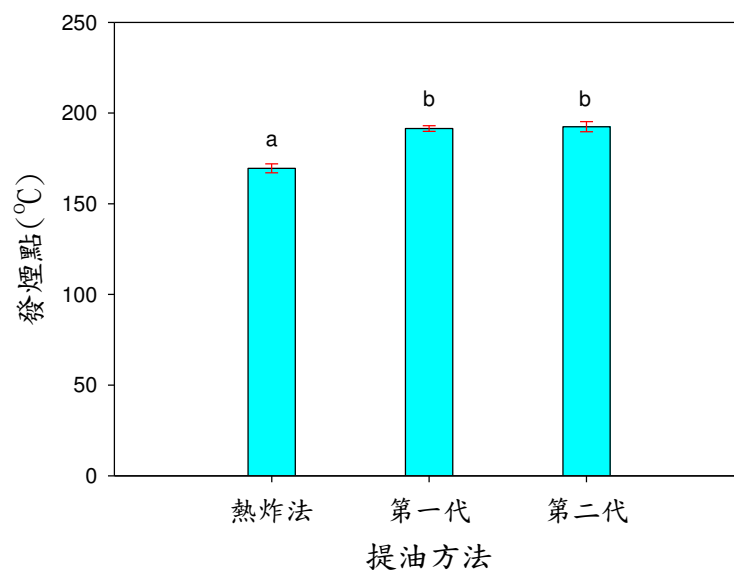


圖 30 不同提油方法所製造豬油之發煙點

B. 酸價之測定

1. 由表 10、圖 31 顯示，熱炸法所製造之豬油酸價大約 1.04(mg KOH/g fat)；第一代、第二代所製造之豬油酸價大約 0.28~0.31(mg KOH/g fat)。
2. 利用 xlstat 統計分析樣品酸價之數據，結果顯示第一代、第二代所製造之豬油酸價，並沒有顯著差異；但此二種改良法與熱炸法則有顯著差異。

表 10 不同提油方法所製造豬油之酸價

提油方法	酸價 (mg KOH/g fat)				
	測試一	測試二	測試三	平均值	標準差
熱炸法	1.04	1.08	0.99	1.04 ^a	0.04
第一代	0.28	0.31	0.34	0.31 ^b	0.03
第二代	0.32	0.28	0.25	0.28 ^b	0.04

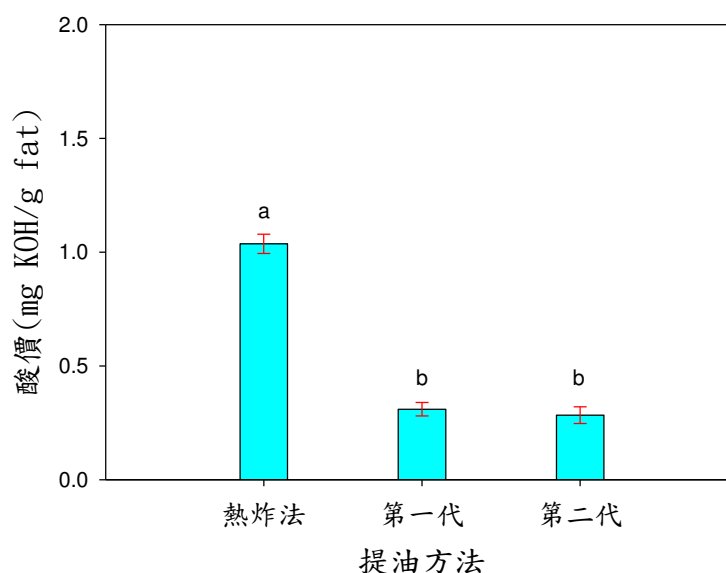


圖 31 不同提油方法所製造豬油之酸價

C. 過氧化價之測定

1. 由表 11、圖 32 顯示，熱炸法所製造之豬油過氧化價大約 7.07(meq/kg fat)；第一代、第二代所製造之豬油過氧化價大約 1.96~2.24(meq/kg fat)。
2. 利用 xlstat 統計分析樣品過氧化價之數據，結果顯示第一代、第二代所製造之豬油過氧化價，並沒有顯著差異；但此二種改良法與熱炸法則有顯著差異。

表 11 不同提油方法所製造豬油之過氧化價

提油方法	過氧化價 (meq/kg fat)				
	測試一	測試二	測試三	平均值	標準差
熱炸法	7.09	7.30	6.83	7.07 ^a	0.23
第一代	1.82	2.72	2.18	2.24 ^b	0.45
第二代	1.95	2.29	1.63	1.96 ^b	0.33

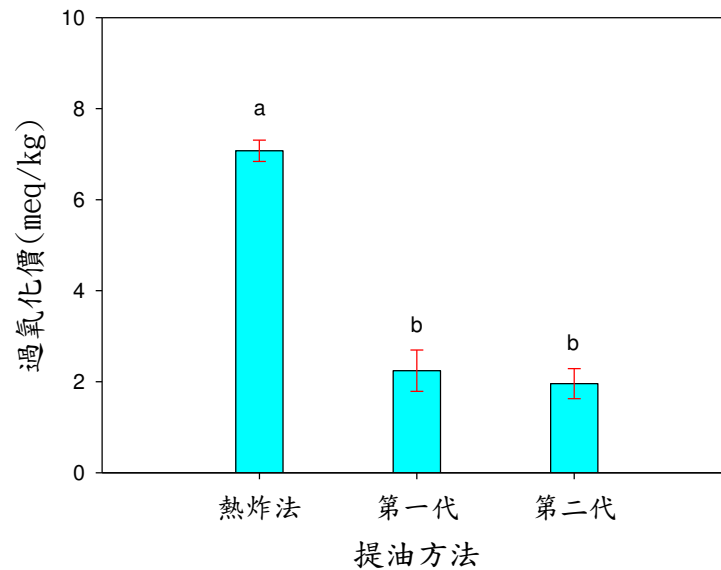


圖 32 不同提油方法所製造豬油之過氧化價

討論：

1. 一般油脂於加熱時，剛起薄煙的溫度稱為發煙點。發煙點通常作為油脂精製度與新鮮度的指標，由本實驗證明以改良法（第一代、第二代）自製豬油之發煙點，確實高於熱炸法之發煙點。
2. 由本實驗發現，雖然以改良法自製豬油之發煙點提高一些，但是改良法所自製之豬油發煙點約 191°C 與精製豬油約 220°C 相比，明顯偏低。因此，以改良法自製之豬油並不適合高溫油炸。但是，自製豬油的好處，就是新鮮原料看得見，製造過程十分安全，使用在烹調上令人非常放心。
3. 酸價通常可作為油脂新鮮度之指標，酸價愈小，表示該油脂愈新鮮；當酸價愈高，則表示該油脂愈不新鮮、愈不利保存。⁽¹⁹⁾
4. 熱炸法所自製之豬油酸價大約 1.04(mg KOH/g fat)，與衛生福利部食品藥物管理署、經濟部標準檢驗局之酸價限量規定(1.3 mg KOH/g fat)接近，因此，食用以熱炸法自製之豬油較不健康。改良法(第一代、第二代)自製豬油之酸價大約 0.28~0.31(mg KOH/g fat)，遠低於限量規定。
5. 過氧化價通常用來測量油脂氧化程度的一種方法，油脂氧化會產生氫過氧化物，這是一種極不穩定的化合物，在油脂氧化後期，會裂解產生其他氧化物，此時測得之低過氧化價，並不代表該油脂是安全的。⁽¹⁹⁾
6. 熱炸法所製造之豬油過氧化價大約 7.07(meq/kg fat)，與經濟部標準檢驗局之過氧化價限量規定(10 meq/kg fat)接近。因此，食用以熱炸法自製之豬油較不健康。改良法（第一代、第二代）自製豬油之豬油過氧化價大約 1.96~2.24 (meq/kg fat)，遠低於限量規定。

肆、研究結論

一、實驗結論

【實驗一】基本成分之分析

豬脂肪組織(肥肉)中，除了粗脂肪之外，尚含有水分含量 8.19%，其他成分 8.95%。

【實驗二】自製方法之分析

水煮法與熱炸法各有優缺點，雖然水煮法所提煉出來的豬油色澤較淺，油質較佳，但其提油率較低。雖然熱炸法所提煉出來的豬油色澤較深，油質較差，但其提油率明顯較高，所以一般家庭自製豬油通常採用熱炸法。

【實驗三】提油條件之探討

考量提油率與色澤等因素，提煉豬油最佳加熱溫度是 110°C。

【實驗四】第一代之改良

第一代改良法可精準控制小烤箱之溫度，由實際測試顯示，脂肪組織流出之豬油可立刻滴出烤箱，減少豬油停留在高溫狀態下之時間，可收集到品質更佳之豬油。但零件成本需耗費 2000~3000 元，設備成本太高，仍有改善之空間。

【實驗五】第二代之改良

第二代改良法比第一代改良法更精簡但由實際測試顯示，同樣可縮短豬油停留在高溫狀態下之時間，可收集到品質更佳之豬油。雖然第二代的溫控裝置，控制小烤箱之溫度精準較差一些，但零件成本僅耗費 360 元，可大幅降低成本。

【實驗六】改良裝置之實測

第一代改良法之提油率 65.17%；第二代改良法之提油率 66.61%，皆比熱炸法之提油率 70.06%稍低一些。

【實驗七】豬油品質之檢驗

1. 第一代改良法所製造豬油之發煙點約 191.5°C；第二代改良法約 192.5°C，皆比熱炸法之發煙點(169.5°C)明顯高出許多。
2. 熱炸法所製造之豬油酸價大約 1.04(mg KOH/g fat)，與衛生福利部食品藥物管理署、經濟部標準檢驗局之酸價限量規定(1.3 mg KOH/g fat)接近。而第一代、第二代改良法所製造豬油之酸價大約 0.28~0.31(mg KOH/g fat)，遠低於限量規定。
3. 熱炸法所製造之豬油過氧化價大約 7.07(meq/kg fat)，與經濟部標準檢驗局之過氧化價限量規定(10 meq/kg)接近。而第一代、第二代改良法所製造豬油之過氧化價大約 1.96~2.24 (meq/kg fat)，遠低於限量規定。

二、具體貢獻

1. 我們自製的第二代溫控裝置，只需很低的成本，即可將家庭用小烤箱之溫度準確地控制在 110°C 左右；達到提油率高、油質佳之目的。
2. 我們自製的第二代集油裝置，只需很低的成本，即可使脂肪組織流出之豬油立刻滴出烤箱，縮短豬油停留在高溫狀態下之時間，所收集到之豬油品質會更佳。

三、課程應用

1. 食品化學與分析：油脂酸價之測定。
2. 食品化學與分析：油脂過氧化價之測定。

伍、參考資料

1. A.O.C.S. (1980). Official and Tentative Method of Analysis. 3rd ed. American Oil Chemists' Society. Champaign, IL. U.S.A.
2. 吳思敬、顏國欽 (2000)。數種市售食用油脂的理化特性與油煙致突變性。藥物食品分析, 8(2): 133-140。台北市, 衛生福利部食品藥物管理署。
3. 呂秀英 (2011)。正確使用統計圖表呈現處理間比較。台灣農業研究 60 (1): p61-71。台中市, 行政院農業委員會農業試驗所。
4. 呂秀英、魏夢麗、呂椿棠 (2010)。用 Excel 解決農業研究資料統計分析的方法(七)-誤差線。農業試驗所技術服務, 20 (2): p16-19。台中市, 行政院農業委員會農業試驗所。
5. 國立台灣大學化學系。普化實驗教學示範網站。
(<http://www.chemedu.ch.ntu.edu.tw/~genchem99/lab-demo.html>)
6. 張為憲 (1992)。高等食品化學, 六版, p62-63。台北市, 華香園出版社。
7. 張真誠、黃國峰、陳同孝 (2003)。電子影像技術, 初版, p7-8。台北市, 旗標出版股份有限公司。
8. 郭孟怡、陳韋諳、姚承恩、劉曉卉、賴怡甄、吳及仕 (2011)。油炸油安理簡易手冊。台北市, 衛生福利部食品藥物管理署。
9. 郭家維、陳懷柔、陳清美、鄭維智、馮潤蘭、蔡淑貞 (2012)。100 年度餐飲業油炸油稽查抽驗結果研析。食品藥物研究年報, 3: 111-116。
10. 楊景雍、胡中豪 (2004)。比較三種不同萃取方法所得之小米澱粉特性。國立高雄海洋科技大學學報第 25 期。高雄市, 國立高雄海洋科技大學。
11. 經濟部標準檢驗局 (2011)。食品檢驗法-過氧化價之檢驗方法, CNS 3650 N6085。
12. 經濟部標準檢驗局 (2011)。食品檢驗法-酸價之檢驗方法, CNS 3647 N6082。
13. 經濟部標準檢驗局 (2013)。食品檢驗法-粗脂肪之檢驗方法, CNS 5036 N6117。
14. 經濟部標準檢驗局 (2013)。食品檢驗法-水分之檢驗方法, CNS 5033 N6114。
15. 經濟部標準檢驗局 (2015)。食品檢驗法-食用豬脂, CNS 2421 N5069。
16. 義美食品網站 (2014)。自製豬油所需的食安小常識。(https://zh-tw.facebook.com/imeifoods/posts/10152475796251997)。
17. 衛生福利部食品藥物管理署 (2010)。食用油使用不可超過發煙點。
(<https://consumer.fda.gov.tw/Pages/Detail.aspx?nodeID=107&pid=432>)
18. 衛生福利部食品藥物管理署 (2015)。食用油脂類衛生標準草案。
19. 賴金泉、王昭君 (2011)。食品化學與分析 II。台北市, 台科大圖書股份有限公司。
20. 顏國欽 (2014)。讀者投書-淺談油脂加工下。(衛生福利部食品藥物管理署網站)
21. 顏國欽 (2014)。讀者投書-淺談油脂加工上。(衛生福利部食品藥物管理署網站)

【評語】 091102

1. 本作品建立一種適合家庭自製豬油之改良法，使用控制溫度烤盤提煉豬油，發現所得提油率雖稍低於傳統熱炸法，但使用控溫烤盤法所提煉出的豬油的發煙點、酸價、過氧化價等品質量化指標，均符合法定食品安全標準。
2. 本作品依據初步實驗找出最佳豬油提煉溫度，修改家用小烤箱，加裝溫度控制器以控制烤箱溫度。另豬油品質發煙點、酸價、過氧化價等指標的檢驗，均依據相關標準方法測定。未來可考慮進一步分析總極性化合物。
3. 本作品的研究架構大致完整，實驗方法可行，實驗結果妥適分析，所獲成果再現性穩定。
4. 本組學生表達清晰，對於作品內含亦相當熟悉，值得肯定。