

## 臭豆腐油炸油總極性物質測定及油炸 臭豆腐成分之變化

李元豐<sup>1</sup> 駱錫能<sup>2\*</sup>

1.經濟部標準檢驗局基隆分局 2.國立宜蘭大學食品科學系

### 摘要

本研究比較臭豆腐油炸油總極性物質之測定方法，並分析油炸後臭豆腐的組成變化，以爲油炸臭豆腐品質的參考資料。實驗結果顯示以 Testo 快速檢測法測定總極性物質，所得數值顯著高於公告方法之測定值，因此，Testo 測定儀使用於臭豆腐油炸油脂測定時需做校正。油炸臭豆腐五和八分鐘後，臭豆腐的水分含量大幅下降約 32%，因而造成灰分、粗蛋白、粗脂肪和碳水化合物的增加。換算乾物基礎時，發現灰分(0.08 g/g dry weight)減少約二分之一，粗蛋白亦由 0.45 g/g dry weight 下降至 0.28 g 左右，顯示部分礦物質和蛋白質於油炸過程中流失進入炸油中。然而，粗脂肪含量則增加兩倍之多，由 0.21 g/g dry weight 增加至 0.40g 之範圍，應係油炸過程中臭豆腐吸收炸油所致。同時，臭豆腐的不飽和脂肪酸總量下降，相對飽和脂肪酸的總量則增加，主要減少之不飽和脂肪酸爲 C18:2 及 C18:3，增加之飽和脂肪酸爲 C16:0，但是不飽和之 C18:1 也有增加。碳水化合物的含量則 無明顯之變化。

**關鍵詞：**臭豆腐，油炸，總極性物質測定，組成分變化。

\*通訊作者。E-mail: snlou@niu.edu.tw

## Determination of Total Polar Materials in Frying Oil and Changes in Compositions of Frying Stinky Soybean Curd (Chou-Tofu) after Frying

Yung-Feng Lee<sup>1</sup> Shyi-Neng Lou<sup>2\*</sup>

1. Keelung Branch, Bureau of Standards, Metrology and Inspection, Ministry of Economic Affairs
2. Department of Food Science, National Ilan University

### Abstract

The purpose of this study was to investigate the change in compositions of frying stinky soybean curd (Chou-Tofu). The determination of total polar materials by Testo and standard methods was also evaluated. The results indicated that the total polar materials of frying oil determined by Testo method were significantly higher than by standard method. Process of calibration should be carried out before testing by Testo method. The moisture content of stinky soybean curd decreased about 32% after frying in 5 and 8 minute. The content of total ash, crude protein, crude lipid and carbohydrate increased consequently. In dry weight basis, it was found that the total ash (0.08 g/g dry weight) decreased about 50%, while crude protein also decreased from 0.45 g/g dry weight to about 0.28 g. This hinted that some of mineral materials and protein released from stinky soybean curd into frying oil. However, the content of crude lipid increased about two times during frying, which was from 0.21 g/g dry weight to 0.40 g. Obviously, stinky soybean curd absorbed frying oil during frying. Changes in fatty acid of frying stinky soybean curd were found. Total content of unsaturated fatty acid decreased after frying, while total saturated fatty acid increased. The major reduced unsaturated fatty acid was C18:2 and C18:3, while the main increased saturated fatty acid was C16:0 and C18:0. Besides, C18:1 increased also after frying. However, no significantly change of carbohydrate (in dry weight basis) was observed.

**Keywords:** stinky soybean curd, frying, determination of total polar materials, change of composition.

\* Corresponding author. E-mail: snlou@niu.edu.tw

### 前 言

油炸臭豆腐為深受喜愛的夜市美食之一，在台灣各地相當受歡迎。而油炸臭豆腐如同油炸一般食品，油脂的品質會隨著油炸過程而劣化，進而影響民眾的健康(Cohn, 2002；Kanner, 2007)。2009年國內對大型連鎖速食業者油炸油品質進行稽查中發現，炸油品質不良的問題相當嚴重，因而引起國人對油炸油品質的重視，促使業者也開始對油炸油的品質進行監控，提升炸油的品質。目前對油炸油油脂品質的研究，主要在於速食店、餐館及油炸攤商所有炸油的品質，朱等(2010)分析國內速食店及餐飲業者使用過的

油炸油，另外，陳(2004)和廖(2004)分別針對不同地區之餐廳等餐飲業的油炸油品質加以評估，多數研究針對炸薯條、雞排及豬排的炸油品質變化或是廣泛性的調查性質研究。然而油炸臭豆腐的相關品質研究則較少，實驗室前曾模擬市售臭豆腐的油炸模式，進行其油炸過程油脂品質變化之探討(李與駱，2016)，對於油炸過後的臭豆腐成分變化研究則尚少探討。因此，本篇除探討油炸油總極性物質的測定方法之外，尚分析臭豆腐油炸過後的組成分變化，提供業界和消費大眾對油炸臭豆腐品質變化之認知。

## 材料與方法

### 一、材料

臭豆腐採購自宜蘭縣五結鄉的臭豆腐製作工廠，油炸油使用台灣糖業股份有限公司生產的大豆沙拉油。

### 二、方法

#### (一) 臭豆腐油炸油樣品製備

每份樣品為 3 塊臭豆腐，平均總重量為  $197.16 \pm 12.90$  g，將每塊臭豆腐平均切成四小塊，總計十二小塊，進行以下之油炸試驗。以 3 公升大豆沙拉油在  $170 \pm 10^\circ\text{C}$  進行油炸，不再添加新油。每次一份油炸 5 分鐘，每十分鐘油炸一次，每天連續油炸 4 小時，總計每天油炸 24 份樣品，並反覆連續操作 5 天。每天油炸後取炸油進行總極性物質檢測，檢測方法包括 Testo 快速檢測法和衛福部公告方法，檢測採三重覆進行。

另外進行油炸油貯存試驗，採取上述連續油炸五天之臭豆腐油炸油，置入螺旋蓋褐色樣品瓶中，於室溫下貯存，分別在第 0, 7, 14, 21 和 28 天時取樣，檢測總極性物質和酸價，檢測採三重覆進行。

#### (二) 油炸臭豆腐樣品製備

依照前述方法，以新鮮大豆沙拉油油炸臭豆腐，分別有油炸五分鐘、油炸八分鐘和不油炸等三種處理，處理後取出臭豆腐樣品置於濾網上瀉乾五分鐘後，將樣品細碎，進行一般成分分析與脂肪酸含量分析，檢測採三重覆進行。

#### (三) 油脂品質分析

##### 1. 酸價測定

依據中華民國國家標準總號 3647，食用油脂檢驗法-酸價之測定(2003)。將酒精：乙醚(1：1 v/v)混合溶液中加入 1%酚酞指示劑，以 0.1N KOH 酒精溶液進行中和滴定至淺

紅色。取適量檢體 (W, g) 放入 500 mL 錐形瓶中，加入中性酒精：乙醚(1：1 v/v)混合溶液 150 mL，混合均勻後，以 0.1 N KOH (C: KOH 的實際濃度) 酒精溶液進行滴定至淺紅色，並維持 10 秒不退色為止(V: 滴定所消耗之 KOH 毫升數)。

$$\text{酸價(mg KOH/g)} = \frac{V \times C \times 56.1}{W}$$

## 2. 總極性物質測定

依據衛福部食藥署公告方法測定(2011)。油脂樣品以濾紙過濾後，取約 2.5 g，精確稱定(M)，以沖提液(石油醚：乙醚 = 87：13 (v/v))定容至 50 mL，供作檢液。取檢液 20 mL，緩慢注入已製備好的矽膠管柱，避免攪動矽膠表面。打開底部閥門，控制流速為每分鐘 2.1~2.5 mL，棄流出液，當液面達矽膠與海砂交界處上方時，於矽膠管柱之杯體加入沖提液 150 mL，以預先經過 103°C 乾燥恆重之濃縮瓶(W<sub>0</sub>, g)收集沖提液，再以沖提液 20 mL 清洗矽膠管柱底部外緣，合併沖提液於濃縮瓶中，於 60°C 減壓濃縮後，置於 60°C 烘箱中乾燥至恆重(W<sub>1</sub>, g)，濃縮瓶中殘留物為非極性化合物(W<sub>1</sub>-W<sub>0</sub>, m)。續以乙醚 150 mL 沖提，以另一濃縮瓶收集乙醚，於 60°C 減壓濃縮後，置於 60°C 烘箱中乾燥，濃縮瓶中殘留物為極性化合物。為確認矽膠管柱之層析效能，各以正己烷 1 mL 溶解濃縮瓶中極性化合物及非極性化合物殘留物，分別點於薄層層析板上，風乾後展開，展開高度達 8~15 cm 後，取出風乾，於紫外燈 254 nm 下照射觀察。非極性化合物與極性化合物應完全區隔，其斑點分別位於薄層層析板之遠端及近端。檢液中非極性化合物經矽膠管柱分離後稱重，並以下列計算式求得檢體中總極性化合物之含量(%)：

$$\text{檢體中總極性化合物之含量(\%)} = \frac{M \times 2/5 - m}{M \times 2/5} \times 100$$

## 3. Testo 快速檢測儀測定總極性物質

採用 Testo 270 快速檢測儀(Testo AG, Lenzkirch, Germany)，取儀器所附之參考標準油 (Testo reference oil)，以隔水加熱方式加熱至 50°C 以上後，進行檢測儀校驗，校驗完成後，採取欲檢驗之油脂樣品，以隔水加熱方式將油脂樣品加熱至 90 ± 5°C 後，將測定儀之探頭置入油脂中，讀取顯示數值。

### (四) 臭豆腐組成分分析

#### 1. 水分含量測定

精確稱取 5 g 臭豆腐樣品，置入已稱重且事先乾燥達恆重之坩鍋中，再將坩鍋放入

烘箱以 105°C 乾燥 24 小時。取出坩鍋置於乾燥皿中，待溫度降至室溫秤其重量，直到恆重為止，此時減去的重量即為水分含量。

## 2. 灰分含量測定

精確秤取 5g 臭豆腐樣品，置入已秤重且事先洗淨乾燥達恆重之坩鍋中，將其置於灰化爐中，以 550°C 灰化 6 小時，至樣品成灰白色粉末狀。關掉灰化爐，待其溫度下降至 100~200°C 左右，取出坩鍋置於乾燥皿內，冷卻至室溫後秤重，所得重量扣除坩鍋重量即為灰分重。

## 3. 粗蛋白含量測定

秤取 1~2 g 臭豆腐樣品(W)於 105 °C 烘箱恆溫乾燥後，放入分解管中，加入 5 g( $K_2SO_4 : CuSO_4 \cdot 5H_2O = 9 : 1$ )及 15 mL 濃硫酸，置於 380 °C 之蛋白質分解爐中加熱，分解 3 小時至澄清狀。取出冷卻後，加入 30 mL 蒸餾水及 50 mL 50% NaOH，以 BUCHI 凱氏氮蒸餾機蒸餾出氮氣，以 20 mL 4% 硼酸溶液收集 5 分鐘，再以 0.1N 硫酸滴定至淡粉紅色，紀錄樣品( $V_1$ )及空白組( $V_2$ )所滴定量。

$$\text{粗蛋白含量(\%)} = [0.014 \times (V_1 - V_2) \times 0.1/W] \times 6.25 \times 100$$

## 4. 粗脂肪含量測定

將圓底燒瓶以 105 °C 烘箱恆溫乾燥後，放入乾燥皿至室溫後秤重( $W_0$ )。秤取樣品約 3~5 g( $W_1$ )，置於 105 °C 烘箱恆溫乾燥後，放入圓筒濾紙並裝入 Soxhlet 萃取裝置，接上已裝入八分滿乙醚的圓底燒瓶，連續萃取 16 小時之後，將圓底燒瓶以水浴使乙醚揮發，再放入烘箱 2 小時，取出置於乾燥皿中冷卻至室溫後秤重，直至恆重( $W_2$ )。

$$\text{粗脂肪(\%)} = 100 \times (W_2 - W_0)/W_1$$

## 5. 碳水化合物含量

$$\text{碳水化合物(\%)} = 100(\%) - \text{水分(\%)} - \text{粗蛋白(\%)} - \text{粗脂肪(\%)} - \text{灰分(\%)}$$

## 6. 脂肪酸組成分析

根據衛福部食藥署之公告方法(2007)並加以修飾。取油脂樣品 0.2 g 置於圓底燒瓶中，依序添加 2 mL 之 5000 ppm C21 內部標準品及 10 mL 之正己烷，震盪混和後取出 1 mL 放入玻璃試管中，加入 1 mL 之 1N 氫氧化鈉甲醇溶液，震盪混和後 80°C 皂化 15 分鐘，加入 1 mL 之 14% 三氟化硼甲醇溶液，震盪 30 秒，以 110°C 酯化 15 分鐘，取出冷卻，加入 6 mL 之飽和氯化鈉溶液，輕輕震搖，靜置分層，取上層液並加入少量無水硫酸鈉除水，供作檢液。取經上述前處理完成之樣品約 0.5  $\mu$ L 注入氣相層析儀。分析管

柱：HP-88 管柱(100 m × 0.25 mm, 0.20 μm, J&W Scientific)，氣相層析測定條件為層析管溫度：初溫：170°C，40 min，溫度上升速率：3 °C /min，終溫：200 °C，25 min，檢出器溫度：300 °C，注入器溫度：250 °C，移動相氣體氮氣流速：0.75 mL/min，分流比：40：1。

### (五) 統計分析

實驗均採取三重覆進行，所得數據以平均值(mean)±標準差(standard deviation ; S.D.)表示，並使用 SPSS 統計軟體進行數據統計分析及相關性分析，數據分析先以單因子變異數分析(One-way ANOVA)比較各組間之差異，再以鄧肯氏多變域分析法(Duncan's multiple range method)測定各組間之差異，顯著水準為  $p < 0.05$ 。

## 結果與討論

### 一、油炸油總極性物質快速檢測法與公告標準法之比較

#### (一) 樣品貯存時間對檢驗結果之影響

採取油炸臭豆腐的油脂樣品，於室溫下避光貯存 1-28 天後，分析其總極性物質和酸價，以評估貯存時間對檢驗結果的影響。結果顯示，總極性物質的檢測數值並未隨著貯存時間的延長而有顯著的改變(表 1)，另外，酸價雖然隨貯存時間有些微增加的趨勢，但是在統計上並無顯著差異。顯示油脂氧化和裂解過程產生極性物質和游離脂肪酸等產物之變化，其主要影響因素可能與高溫加熱或是光照，以及食品基質的參與反應等較為有關。針對油炸油總極性物質及酸價的檢驗分析，樣品採樣後於室溫下避光貯存 28 天內，對檢驗結果不會造成顯著的影響。

表 1 油炸油樣品存放時間對總極性物質及酸價檢驗結果的影響

Table 1 Effect of storage time of sampling oil on total polar materials (TPM) and acid value

Test	Days				
	0	7	14	21	28
TPM (%)	28.30 ± 3.95 <sup>a</sup>	28.92 ± 4.44 <sup>a</sup>	28.17 ± 4.61 <sup>a</sup>	28.34 ± 4.42 <sup>a</sup>	29.11 ± 4.10 <sup>a</sup>
Acid value (mg KOH/g oil)	1.77 ± 0.17 <sup>a</sup>	1.80 ± 0.17 <sup>a</sup>	1.88 ± 0.17 <sup>a</sup>	1.90 ± 0.15 <sup>a</sup>	1.91 ± 0.17 <sup>a</sup>

Values (Means ± S.D., n = 3) with different superscript in the same row are significantly different ( $p < 0.05$ ).

#### (二) 總極性物質 Testo 快速檢測法與公告方法之比較

衛福部公告的油脂總極性物質測定方法與 Testo 快速檢測法，兩者同樣是檢測總極性物質含量的百分比。公告的總極性物質測定方法是利用矽膠層析管柱吸附極性物質，以流洗液將非極性物質沖提出來，再以總重扣除非極性物質的重量即為總極性物質的含量；而 Testo 快速檢測法是測定介電常數再換算成總極性物質的含量百分比。兩方法經相關研究證實具有高度相關性，因此 Testo 法經認可為快速檢測方法之一(行政院衛生署，2010)。本實驗以臭豆腐油炸油為樣品，比較此兩種測定油脂總極性物質方法的差異。結果顯示，二檢驗結果亦呈現高度的正相關，二者間之相關方程式為  $y = 0.878x - 9.706$ ，(y:公告方法之總極性物質，x: Testo 測定法的測定值)，且決定係數  $R^2 = 0.9680$ ，但是二者的檢驗絕對數值卻有顯著的差異(圖 1)。依據目前衛福部公告油炸油品質不合格的判定標準(總極性物質  $\geq 25\%$ )(行政院衛生署，2009)，針對大豆油臭豆腐炸油品質的判定，以 Testo 快速檢測法測定，油炸油所測得之數值高達 26.83%時(油炸第二天)，已經達到不合格的標準(圖 1)。然而，以公告方法進行檢測，其總極性物質含量僅為 15-17%左右，持續油炸到第四天後，油炸油的總極性物質仍僅為  $23.09 \pm 1.32\%$ (數據未列表)，仍在合格標準的範圍內。顯示 Testo 快速檢測法若要做為臭豆腐炸油品質的判定，該測定儀器於使用前需要進行數值校正，才能與公告測定法的檢驗結果一致。顯然，

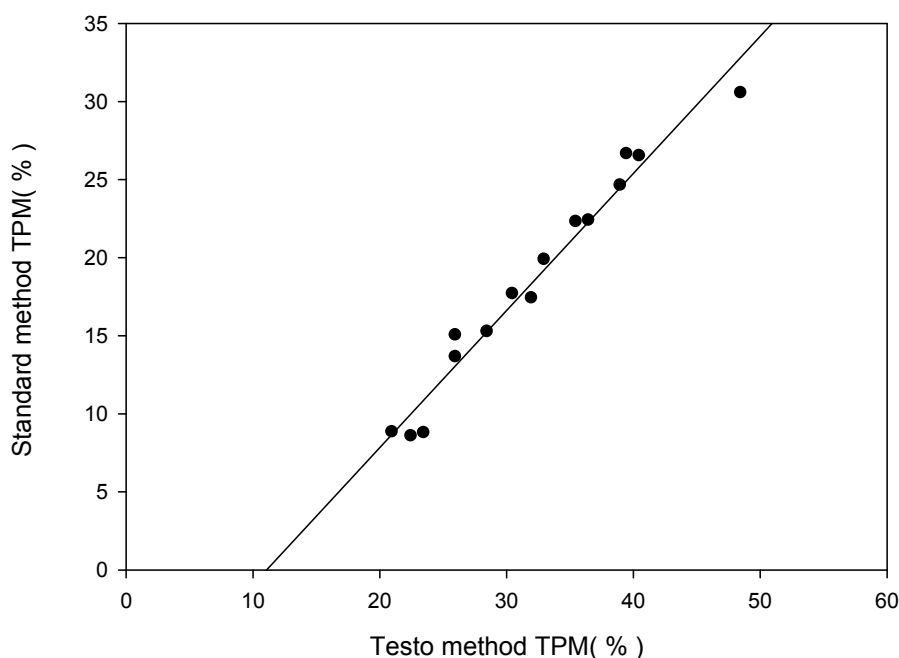


圖 1 臭豆腐油炸油以公告方法與 Testo 快速檢測儀測定總極性物質之相關性  
Fig. 1 Relationship between standard method and Testo method for determination of total polar materials (TPM) in frying oil of stinky soybean curd.

Testo 快速檢測法雖然具有檢測速度快，操作簡便的優點，但是其個別測定儀器的準確性仍需經過進一步的校正後，方可被接受。

## 二、油炸後臭豆腐組成分之變化

### (一) 一般成分

臭豆腐經不同時間油炸後之成分分析結果(表 2)，未油炸臭豆腐的水分含量為  $80.61 \pm 0.23\%$ ，油炸五分鐘後下降為  $47.67 \pm 3.04\%$ ，繼續油炸至八分鐘後水分含量並無顯著變化( $48.77 \pm 4.32\%$ )，油炸後臭豆腐的水分含量明顯減少約 32%左右，顯示油炸之高溫加熱條件下，臭豆腐的水分釋出於油中。釋出之水分可能參與油脂的水解反應，同時也汽化成水蒸氣而散失(Stevenson *et al.*, 1984)。未油炸臭豆腐的粗蛋白含量為  $8.80 \pm 0.20\%$ ，油炸五分鐘與油炸八分鐘後分別增加至  $14.42 \pm 0.82\%$ 和  $13.82 \pm 1.88\%$ (表 2)，顯示油炸臭豆腐的粗蛋白含量因水分的降低而大幅增加。但是以乾重基礎做比較時，臭豆腐粗蛋白的含量從未油炸的  $0.45 \text{ g/g dry weight}$  下降到油炸過後的  $0.28$  和  $0.27 \text{ g/g dry weight}$ ，顯示油炸臭豆腐的粗蛋白含量實際上是顯著下降，推測油炸過程中部分水溶性蛋白質隨著水分流失進入炸油中，這些蛋白質可能參與梅納反應生成褐變色素，因此檢測炸油的褐變程度及 L,a,b.的 b 值均有顯著的增加(李與駱，2016)。在油炸過程中，蛋白質的胺基會與油脂氧化形成的醛基、酮基作用(梅納反應)生成褐變色素，已有相關文獻報導(Krokida, *et al.*, 2001 ; Dobarganes *et al.*, 2000 ; Pokorny, 1981)。粗脂肪的含量從未油炸臭豆腐的  $4.14 \pm 0.31\%$ 上升至油炸五分鐘的  $20.05 \pm 2.09\%$ ，油炸八分鐘則為  $20.35 \pm 1.29\%$ ，顯示油炸臭豆腐粗脂肪含量明顯增加約五倍，應亦為油炸臭豆腐的水分含量大

表 2 不同油炸時間對臭豆腐一般成分之影響

Table 2 Effect of frying time on the proximate composition of frying stinky soybean curd

Frying time (minutes)	Composition (% , g/g dry weight)				
	Moisture	Crude Ash	Crude Protein	Lipid	Carbohydrate
Raw material	$80.61 \pm 0.23^a$	$1.54 \pm 0.13^b$ ( 0.08 )	$8.80 \pm 0.20^b$ ( 0.45 )	$4.14 \pm 0.31^b$ ( 0.21 )	$4.91 \pm 0.08^b$ ( 0.25 )
5	$47.67 \pm 3.04^b$	$2.13 \pm 0.11^a$ ( 0.04 )	$14.42 \pm 0.82^a$ ( 0.28 )	$20.05 \pm 2.09^a$ ( 0.38 )	$15.74 \pm 1.99^a$ ( 0.30 )
8	$48.77 \pm 4.32^b$	$2.12 \pm 0.41^a$ ( 0.04 )	$13.82 \pm 1.88^a$ ( 0.27 )	$20.35 \pm 1.29^a$ ( 0.40 )	$14.95 \pm 7.14^a$ ( 0.29 )

<sup>a,b</sup>Values (Means  $\pm$  S.D., n = 3) with different superscript in the same column are significantly different ( $p < 0.05$ ).



幅減少所造成。然而，以乾重基礎比較其油脂含量時，得知油炸後油脂含量從  $0.21\text{ g/g dry weight}$  上升至  $0.38$  和  $0.40\text{ g/g dry weight}$ ，增加量約為兩倍左右，推測應係臭豆腐油炸過程中，吸收等同於原有脂肪量的油炸油所致。顯然在油炸過程中，臭豆腐水分釋出，水分參與油脂的水解反應，或是汽化成水蒸氣蒸發而形成的臭豆腐組織空洞，吸收了油炸油，造成粗脂肪含量呈現顯著上升。碳水化合物含量的部份，未油炸臭豆腐為  $4.91 \pm 0.08\%$ 、油炸五分鐘  $15.74 \pm 1.99\%$  及油炸八分鐘  $14.95 \pm 7.14\%$ ，油炸五分鐘及八分鐘碳水化合物含量看似明顯增加，但是比較乾重含量百分比時，發現並無明顯的增加(由  $0.25\text{ g/g dry weight}$  增加至  $0.30$  左右) (表 2)。整體而言，臭豆腐的水分在油炸過程中，釋出至油炸油中，因而參與油脂的水解反應，或汽化成水蒸汽而蒸發。過程中其他的成分則因油炸脫水作用，造成各成分含量百分比的增加。然而就臭豆腐的乾重而言，灰分及蛋白質的含量是下降的，而流失進入油炸油中的蛋白質可能與炸油顏色變化有關。而粗脂肪的含量則呈現顯著增加，所增加的粗脂肪，來自於吸收炸油的油脂。油炸臭豆腐五天後，炸油的總極性物質可高達  $27.89\%$  (李與駱，2016)，如換算臭豆腐吸收之油脂，臭豆腐的油脂中總極性物質可能達到  $13.9\%$  之多，導致攝食臭豆腐將會攝食高量的油脂氧化裂解之極性物質，增加人體健康之負擔。Yen (2010) 等人以老鼠做動物實驗發現，食入炸油會增加血中的氧化壓力，Srivastava (2010) 等人以葵花油進行的實驗也指出，炸油中的多環芳香烴(polycyclic aromatic hydrocarbons)會增加基因毒性及致癌風險。

## (二) 脂肪酸組成

在油炸過程中，油炸食物會吸收炸油，本身的油脂也會釋放到炸油中，而影響油炸食物的脂肪酸組成。因此，本實驗分析不同油炸時間臭豆腐的脂肪酸組成，結果如表 3 所示，新鮮油炸油和臭豆腐的主要脂肪酸皆為 C18:2，約佔有二分之一左右，其次則為 C18:1 脂肪酸約佔四分之一。新鮮油炸油的 C18:2 脂肪酸含量為  $55.62 \pm 0.06\%$ ，臭豆腐的 C18:2 脂肪酸含量則從未油炸的  $48.55 \pm 0.59\%$ ，下降到油炸五分鐘的  $37.11 \pm 0.57\%$  及八分鐘的  $36.34 \pm 0.69\%$ ，油炸後臭豆腐 C18:2 脂肪酸含量顯著較未油炸臭豆腐為低，其含量減少  $11.4\%$  左右。另外，新鮮油炸油的 C18:3 脂肪酸含量為  $6.64 \pm 0.07\%$ ，而臭豆腐的 C18:3 脂肪酸含量，在未油炸時為  $3.93 \pm 0.18\%$ ，經油炸五分鐘及八分鐘後分別只有  $2.85 \pm 0.08\%$  及  $2.55 \pm 0.09\%$ ，油炸後臭豆腐的 C18:3 的百分組成約減少  $1.08$ 。然而，單元不飽和脂肪酸 C18:1 的含量則由  $26.5\%$  增加至油炸後之  $32.0\%$ ，約增加  $5.5\%$  左右。

表 3 不同油炸時間對臭豆腐主要脂肪酸組成變化之影響

Table 3 Effect of frying time on main fatty acid compositions of frying stinky soybean curd

Frying time (minutes)	Fatty acid (%)				
	C16:0	C18:0	C18:1	C18:2	C18:3
Fresh oil	12.15 ± 0.10 <sup>c</sup>	3.49 ± 0.07 <sup>c</sup>	22.09 ± 0.03 <sup>d</sup>	55.62 ± 0.06 <sup>a</sup>	6.64 ± 0.07 <sup>a</sup>
Raw material	15.79 ± 0.20 <sup>b</sup>	5.23 ± 0.29 <sup>b</sup>	26.50 ± 0.55 <sup>c</sup>	48.55 ± 0.59 <sup>b</sup>	3.93 ± 0.18 <sup>b</sup>
5	20.67 ± 0.54 <sup>a</sup>	7.39 ± 0.14 <sup>a</sup>	32.00 ± 0.64 <sup>b</sup>	37.11 ± 0.57 <sup>c</sup>	2.85 ± 0.08 <sup>c</sup>
8	20.89 ± 0.32 <sup>a</sup>	7.22 ± 0.11 <sup>a</sup>	33.01 ± 0.53 <sup>a</sup>	36.34 ± 0.69 <sup>c</sup>	2.55 ± 0.09 <sup>d</sup>

<sup>a-c</sup>Values (Means ± S.D., n = 3) with different superscript in the same column are significantly different ( $p < 0.05$ ).

總不飽和脂肪酸的含量在新鮮油炸油為 84.35%(表 4)，臭豆腐為 78.98%，油炸過後含量下降至 71.95%。臭豆腐的主要飽和脂肪酸為 C16:0，其含量為 15.79%，其次為 C18:0，約僅佔有 5.23%，經油炸過後，臭豆腐的 C16:0 含量上升至油炸五分鐘之 20.67%和八分鐘之 20.89%，增加約 4.88%之多，另外，C18:0 脂肪酸的含量亦增加至 7.39%和 7.22%，約增加 2.16%。總飽和脂肪酸含量(表 4)在新鮮油炸油為 15.65%，臭豆腐則含有 21.02%，經油炸過後臭豆腐飽和脂肪酸的含量上升至 28.05%之多。綜合以上，油炸臭豆腐的總脂肪含量增加，其中不飽和脂肪酸含量下降，飽和脂肪酸含量則增加，主要減少之不飽和脂肪酸為 C18:2 和 C18:3，應係由於脂肪酸因雙鍵數較多，油炸過程中氧化與高溫裂解的速度較快，因此含量大幅下降。油炸過程中，油脂會因加熱及與油炸食物反應造成油脂氧化，而油脂氧化的速率與脂肪酸的不飽和度成正比，含雙鍵數越多的脂肪酸，氧化速度越快(Choe and Min, 2007)。然而，C16:0、C18:1 和 C18:0 三種脂肪酸的含量卻在油炸後增加，推測是由於 C18:2 和 C18:3 含量減少，導致此三種脂肪酸的相對百分比含量增加。

表 4 不同油炸時間對臭豆腐不飽和脂肪酸之影響

Table 4 Effect of frying time on unsaturated fatty acid of frying stinky soybean curd

Frying time (minutes)	Saturated fatty acid (%)	Unsaturated fatty acid (%)
Fresh oil	15.65 ± 0.04 <sup>c</sup>	84.35 ± 0.04 <sup>a</sup>
Raw material	21.02 ± 0.22 <sup>b</sup>	78.98 ± 0.22 <sup>b</sup>
5	28.05 ± 0.65 <sup>a</sup>	71.95 ± 0.65 <sup>c</sup>
8	28.11 ± 0.25 <sup>a</sup>	71.89 ± 0.25 <sup>c</sup>

<sup>a-c</sup>Values (Means ± S.D., n = 3) with different superscript in the same column are significantly different ( $p < 0.05$ ).

## 結 論

以 Testo 測定儀檢測臭豆腐炸油的總極性物質時，須先校正以符合公告方法之測定值。臭豆腐經過油炸後，水分含量大量減少，相對導致一般成分的增加。換算乾物基礎後，得知灰分與蛋白質流失入炸油中，因而含量下降，而油脂含量則因臭豆腐吸油而增加。油炸過後，臭豆腐的 C18:2 和 C18:3 等不飽和脂肪酸含量下降，相對造成不飽和脂肪酸的 C18:1 以及飽和脂肪酸的 C16:0，C18:0 等含量的增加。

## 參考文獻

- 朱燕華、梁佳玟、周于嵐、詹國靖。2010。速食餐飲業者深層油炸油之品質分析及其分析方法相關性評估。臺灣農業化學與食品科學，48:107-111。
- 行政院衛生署。2007。食品中脂肪酸及反式脂肪酸之檢驗方法。署授食字第 0961800343 號公告。
- 行政院衛生署。2009。餐飲業油炸油稽查管理原則。衛署食字第 098461015 號函。
- 行政院衛生署。2010。稽查油炸油品質處理程序。衛署食字第 0991301038 號函。
- 行政院衛生署。2011。油脂總極性物質測定方法。署授食字第 1001900044 號公告。
- 李元豐、駱錫能。2016。以光學檢測法評估臭豆腐油炸油的品質指標。臺灣農業化學與食品科學。in print。
- 陳沁銘。2004。基隆市餐飲業油炸油品質與作業模式調查。國立海洋大學食品科學系碩士論文。基隆市。
- 經濟部標準檢驗局。2003。食用油脂檢驗法-酸價之測定。中華民國國家標準總號 3647 類 N6082 號。
- 廖麗滿。2004。台北地區餐廳油炸油之品質調查研究。輔仁大學食品營養學系碩士論文。新北市。
- Choe, E. and Min, D. B. 2007. Chemistry of deep-fat frying Oils. *Journal of Food Science* 72: R77-R86.
- Cohn, J. S. 2002. Oxidized fat in the diet, postprandial lipaemia and cardiovascular disease. *Current Opinion in Lipidology* 13:19-24.
- Dobarganes, C., Márquez-Ruiz, G. and Velasco, J. 2000. Interactions between fat and food during deep-frying. *European Journal of Lipid Science and Technology* 102(8-9): 521-528.

- Gertz, C. 2000. Chemical and physical parameters as quality indicators of used frying fats. *European Journal of Lipid Science and Technology* 102:566-572.
- Kanner, J. 2007. Dietary advanced lipid oxidation endproducts are risk factors to human health. *Molecular Nutrition and Food Research* 51:1094-1101.
- Krokida, M. K., Oreopoulou, V., Maroulis, Z. B. and Marinos-Kouris, D. 2001. Colour changes during deep fat frying. *Journal of Food Engineering* 48(3):219-225.
- Pokorny, J. 1981. Browning from lipid-protein interactions. *Progress in Food and Nutrition Science* 5:421-428.
- Srivastava, S., Singh, M., George, J., Bhui, K. and Shukla, Y. 2010. Genotoxic and carcinogenic risks associated with the consumption of repeatedly boiled sunflower oil. *Journal of Agricultural and Food Chemistry* 58(20):11179-11186.
- Stevenson, S. G., Vaisey-Genser, M. and Eskin, N. A. M. 1984. Quality control in the use of deep frying oils. *Journal of the American Oil Chemists Society* 61(6):1102-1108.
- Yen, P. L., Chen, B. H., Yang, F. L. and Lu, Y. F. 2010. Effects of deep-frying oil on blood pressure and oxidative stress in spontaneously hypertensive and normotensive rats. *Nutrition* 26(3):331-336.

105 年 7 月 27 日投稿  
105 年 10 月 24 日接受