

1  
2  
3  
4  
5  
6  
7  
8  
9  
10  
11  
12  
13  
14  
15  
16  
17  
18  
19  
20  
21  
22  
23  
24  
25  
26  
27  
28  
29  
30

## 以光學檢測法評估臭豆腐油炸油的品質指標

李元豐<sup>1</sup> 駱錫能<sup>2\*</sup>

<sup>1</sup>經濟部標準檢驗局基隆分局

<sup>2</sup>國立宜蘭大學食品科學系

通訊作者: 駱錫能

國立宜蘭大學食品科學系教授

宜蘭市神農路一段一號

Tel: 03-9317769

Fax: 03-9313809

e-mail: [snlou@niu.edu.tw](mailto:snlou@niu.edu.tw)

Corresponding author: Prof. Dr. Shyi-Neng Lou

National Ilan University, Department of Food Science

No. 1, Sec. 1, Shen-Lung Road, I-Lan, Taiwan

Tel: 03-9317769

Fax: 03-9313809

e-mail: [snlou@niu.edu.tw](mailto:snlou@niu.edu.tw)

光學檢測臭豆腐油炸油的品質

# 以光學檢測法評估臭豆腐油炸油的品質指標

李元豐<sup>1</sup> 駱錫能<sup>2\*</sup>

<sup>1</sup>經濟部標準檢驗局基隆分局

<sup>2</sup>國立宜蘭大學食品科學系

## Evaluation of Quality Indicator for Stinky Soybean Curd (Chou-Tofu)

### Frying Oil by Spectrometric methods

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

<sup>1</sup>Keelung Branch, Bureau of Standards, Metrology and Inspection, Ministry of Economic Affairs,

Keelung 200, Taiwan, ROC

<sup>2</sup>Department of Food Science, National Ilan University, ILan 260, Taiwan, ROC

#### 摘要

本研究探討臭豆腐油炸過程中油炸油品質的變化，並評估建議炸油品質的快速篩選指標。實驗以大豆沙拉油在  $170 \pm 10^\circ\text{C}$  下油炸臭豆腐，每次油炸 5 分鐘，油炸頻率每小時六次，每天四小時，連續油炸 5 天。結果顯示油炸臭豆腐油脂之總極性物質則由第一天的 8.71% 持續上升至第五天的 27.89% 酸價也有類似的變化趨勢，顯示臭豆腐基質成分參與油脂氧化反應是油炸油脂質劣變的主要因素。油炸油的總極性物質與酸價呈正相關  $R^2 = 0.935$ ，但是總極性物質達規定標準 25% 時，酸價僅達  $1.60 \text{ mg KOH/g oil}$  左右，仍低於規定值的  $2.0 \text{ mg KOH/g oil}$ 。進一步分析共軛雙烯價(UV<sub>234</sub> 吸收值)和色澤變化，包括 L, a, b 以及代表褐變程度的 420 nm 吸收值等，結果顯示 UV<sub>234</sub> 吸收值、b 值和 420 nm 吸收值均隨著油炸天數的延長而有顯著增加，且均與總極性物質呈正相關， $R^2$  分別為 0.951、0.894 和 0.904，當總極性物質達 25% 時，UV<sub>234</sub> 吸收值、b 值和 420 nm 吸收值分別約為 1.0、8.0 和 0.45 左右，建議此三種光學檢測方法應可作為以大豆油油炸臭豆腐時，油炸油品質管理的快速初步篩選指標。

**關鍵字:** 臭豆腐，油炸油，總極性物質，光學檢測法，快速篩檢指標。

## Abstract

58  
59 The purpose of this study was to investigate the quality change in frying oil during frying of  
60 stinky soybean curd. The proper method for fast determination of the oil quality was also evaluated.  
61 The stinky soybean curd was fried in soybean oil at  $170 \pm 10^\circ\text{C}$  for 5 min. The frying process was  
62 carried out six times per hour for four hours per day, and fried for five days, continuously. The  
63 results indicated that the total polar compounds of frying oil increased from 8.71% to 27.89% during  
64 five days frying. Changes of acid value showed similar trend as total polar compounds. This hinted  
65 that the matrix of stinky soybean curd involved in lipid oxidation of frying oil, which led to  
66 accelerate the deterioration of the frying oil. The determination coefficient between total polar  
67 compounds and acid value was 0.935. However, the total polar compounds of frying oil reached to  
68 the action level, 25%, while the acid value was only about 1.60 mg KOH/g oil, which was still lower  
69 than action level, 2.0 mg KOH/g oil. Furthermore, the absorbance of UV234 nm, UV420 nm, and b  
70 value of L, a, b increased significantly during frying processing. Positive correlation between total  
71 polar compounds and these three indices was observed with determination coefficient of 0.951,  
72 0.904, and 0.894, respectively. The absorbance of UV234 nm, UV420 nm, and b value were 1.0,  
73 0.45, and 8.0, while the total polar compounds was 25%. Thus, it is suggested that these three  
74 spectrometric methods could be used, single or combined, as rapid screening method to evaluate the  
75 quality of frying oil, i.e. soybean oil, during fried stinky soybean curd processing.

76  
77 **Keywords:** stinky soybean curd, frying oil, total polar compounds, spectrometric method, rapid  
78 screening index.

79

80

81

82

## 前 言

83

84 油炸食品是深受消費者喜愛的食品，製備過程中油炸油因為高溫加熱條件，以及食品基質  
85 成分的影響，其品質變化的程度較一般油脂氧化的程度更為劇烈，因此消費者對油炸油的品質  
86 要求也更趨嚴格，特別是關注在油炸油使用後換油的時機。有關油炸油的品質指標，衛生福利  
87 部食品藥物管理署規範油炸油的總極性物質大於 25%以上，或酸價大於 2.0 mg KOH/g，即不  
88 符合食品良好衛生規範，其餘發煙點、泡沫和顏色等則作為輔助管理指標<sup>(1)</sup>。世界各國則多數  
89 規範總極性物質在 24–27%，而酸價則在 2.0–4.5 mg KOH/g 之間，且同時配合發煙點於 170°C  
90 <sup>(2)</sup>。朱等<sup>(3)</sup> 於 2010 年分析國內速食店及餐飲業者使用過的油炸油，發現以目前國內限量標準，  
91 酸價不合格的樣品有 57 件，而總極性物質檢驗只有 4 件不合格，兩物質相關性的  $R^2$  僅有  
92 0.3344，因此認為酸價可能並不適合用來做為油炸油品質的評估。相似地，陳(2011)<sup>(4)</sup>提出油  
93 炸油此二物質的相關係數(r)也僅有 0.5760。然而，依據衛福部食藥署總極性物質的標準方法，  
94 其測定技術層次較高且又耗時，不易作為一般業者快速篩選判定的方法，雖然其有簡便的快速  
95 檢測器可用，但是不同檢測器仍須有校正的數據作為比對，否則其檢測數值差異極大。因此，  
96 如能開發簡便快速又不失準確性之檢測方法，應可有助於業者對油炸油之自主管理和衛生單位  
97 的管理監控。

98 油炸臭豆腐為國人喜愛的夜市食品之一，但是有關其油炸油的品質變化及快篩方法之相  
99 關研究則較為缺乏。因此本研究模擬臭豆腐油炸過程，檢測其油脂品質指標的變化，並搭配光  
100 學檢測法(包括共軛雙烯價(UV<sub>234</sub> 吸收值)和色澤變化:包含 L, a, b 以及代表褐變程度的 420 nm  
101 吸收值等)，進一步探討其相關性以評估適當的快速篩選品質指標，作為後續臭豆腐油炸油管  
102 理和換油依據之參考。

103

104

105

106

107

## 材料與方法

108 一、材料

109 臭豆腐採購自宜蘭縣五結鄉的臭豆腐製作工廠，油炸油使用台糖生產的大豆沙拉油。

110 二、方法

111 1. 臭豆腐油炸油樣品製備方法

112 每份樣品為 3 塊臭豆腐，平均總重量為  $197.16 \pm 12.90$  克，將每塊臭豆腐平均切成四小  
113 塊，總計十二小塊，進行油炸試驗，實驗分成 3 組，分別為油炸組 (frying oil)、對照組 (control)  
114 和空白組 (blank)。

115 (a). 油炸組 (frying oil)：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。

116 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  
117 品，並反覆連續操作 5 天。

118 (b). 對照組 (control)：則是將 3 公升大豆沙拉油以  $170 \pm 10^\circ\text{C}$  每天持續加熱 4 小時，連  
119 續操作 5 天。

120 (c). 空白組 (blank)：係將 3 公升大豆沙拉油置於室溫下存放，連續存放 5 天。

121 每天取以上各處理之油脂 20 mL 進行各項下列各項品質檢驗。

122

123 2. 油脂品質分析

124 (a). 酸價測定

125 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<sup>(5)</sup>。將酒精：乙醚 (1：1

126 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  
127 檢體放入 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，  
128 以 0.1N KOH 酒精溶液進行滴定至淺紅色，並維持 10 秒不退色為止。

129  
130 酸價 ( $mg\ KOH/g$ ) = 
$$\frac{V \times C \times 56.1}{W}$$
  
131  
132

133 V：滴定所消耗的 KOH mL 數

134 C：KOH 的實際濃度 (N)

135 W：樣品的重量 (g)

136

137 (b). 總極性物質測定<sup>(6)</sup>

138 依據衛福部食藥署公告方法測定。油脂樣品以濾紙過濾後，取約 2.5 g，精確稱定，以沖提  
139 劑 (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  
140 的矽膠管柱 (Silica gel 60-200  $\mu m$ , Silicycle, Swiss; 玻璃管柱內徑 2.1×45 cm)，避免攪動矽膠表  
141 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  
142 方時，於矽膠管柱之杯體加入沖提劑 150 mL，以預先經過 103°C 乾燥恆重之濃縮瓶 ( $W_0$ , g) 收集  
143 沖提液，再以沖提劑 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  
144 後，置於 60°C 烘箱中乾燥至恆重 ( $W_1$ , g)，濃縮瓶中殘留物為非極性化合物 ( $W_1 - W_0$ , g)。續以  
145 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  
146 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  
147 化合物及非極性化合物殘留物，分別點於薄層層析板上 (Silica gel 60 F254, Merck)，風乾後展  
148 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  
149 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

150 分離後秤重，並以下列計算式求得檢體中總極性化合物之含量(%)：

151

152  
153 檢體中總極性化合物之含量(%) = 
$$\frac{M \times 2/5 - m}{M \times 2/5} \times 100$$

154

155 M：取樣分析檢體之重量(g)

156 m：檢體中非極性化合物之重量( $W_1 - W_0$ ，g)

157

158 (c). 共軛雙烯價測定

159 將油脂樣品以正己烷稀釋 3200 倍，以分光光度計(Hitachi U-2001,Japan)於 234nm 波長進行  
160 吸光度測定。

161

162 (d). 褐變程度測定

163 將油脂樣品以正己烷稀釋 20 倍，以分光光度計(Hitachi U-2001,Japan)於 420nm 波長進行吸  
164 光度測定。

165

166 (e). 色澤分析 (Hunter L, a, b)

167 將油脂樣品 5mL 放入石英杯中，以 Hunter L, a, b 色差分析儀進行測定。

168

169 三、統計分析

170 實驗均採取三重覆進行，所得數據以平均值 (mean) ± 標準差 (standard deviation；

171 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

172 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  
173 multiple range method)測定各組間之差異,顯著水準為 $p < 0.05$ 。

174

175

## 結果與討論

176 一、臭豆腐油炸過程中油炸油品質之變化

177 1. 油脂總極性物質含量之變化

178 在 5 天的油炸實驗中,空白組為大豆油於室溫下儲存 5 天的變化,其總極性物質含量呈現  
179 穩定不變的現象,其總極性物質  $2.20 \pm 0.36\%$  至  $2.33 \pm 0.31\%$  之間(表一),顯示油脂在室溫下  
180 極為穩定,不至於致使總極性物質增加。然而,對照組油脂在油炸溫度下持續五天,其總極性  
181 物質在油炸第一天時,總極性物質由空白組的  $2.29\%$  增加至  $3.63\%$ ,至第三天略微上升至  
182  $3.96\%$ ,但是統計上並無顯著差異(表一),至第四天則有顯著增加,其值由  $3.96 \pm 0.13\%$  上升至  
183  $5.12 \pm 0.13\%$ ,之後維持穩定。顯示油脂本身在油炸溫度下加熱四小時(第一天),即會導致總急  
184 性物質增加約  $1.4\%$ ,且至第三天(十二小時)仍維持穩定,推測可能仍處於其氧化誘導期,因此  
185 無明顯變化,至第四天(十六小時)加熱後,總極性物質才有顯著上升,惟其亦僅有約  $3\%$  的增  
186 加,顯然,大豆油在  $170^\circ\text{C}$  下高溫加熱會造成氧化致使總極性物質增加,但是影響程度並不大。

187 觀察臭豆腐油炸組總極性物質含量變化如表一,隨著油炸時間的延長,總極性物質有顯著  
188 的上升,從第一天的  $8.71\%$  上升到第五天的  $27.89\%$ 。油炸第一天(四小時)後,總極性物質及由  
189 對照組的  $3.63\%$  急劇上升至  $8.71\%$ ,增加約  $5\%$ ,各油炸天數之間數值均呈現顯著差異( $p < 0.05$ ),  
190 在第四天時其值為  $23.09\%$ ,已接近衛福部食藥署發佈規定,餐飲業油炸油之管理應以總極性  
191 化合物作為判定依據,當油炸油總極性化合物含量達  $25\%$  以上時,不得再予使用,應全部更換新

192 油，油炸至第五天(二十小時)時，總極性物質已高達 27.89%，明顯超過油炸油之換油規定。

193 綜合以上，顯示在本實驗油炸條件下，單獨油炸之高溫效應、光線和氧氣等僅可使油脂產  
194 生微量之總極性物質，氧化程度並不嚴重。但是在加入臭豆腐進行油炸時，油炸油的總極性物  
195 質即大幅增加，顯然臭豆腐的食品基質成分參與油炸油的水解、氧化、熱聚合和熱分解等反應  
196 是造成油炸油快速累積總極性物質的主要原因。分析本實驗採用臭豆腐的一般成分，顯示水分  
197 含量為 80.61%，灰分含量 1.54%，粗蛋白含量 8.80%，粗脂肪和碳水化合物含量則分別為 4.14  
198 和 4.91%，其高含量水分極易參與油炸油的水解反應，此外，灰份中所含礦物質亦可能催化油  
199 脂的氧化反應，例如肉類食物來源的鐵，會在油炸過程中累積，催化油炸油的氧化及熱裂解反  
200 應的速率<sup>(7,8)</sup>。而粗蛋白與碳水化合物成分可能在油炸過程中參與梅納反應，進而促使極性物  
201 質的產生，油脂在油炸過程中因氧化而產生醛、酮等產物，與食物中蛋白質、胺類及胺基酸產  
202 生非酵素性的褐變反應，加上蛋白質與碳水化合物的梅納反應，使食物產生金黃色色澤<sup>(9-10)</sup>。

203

## 204 2. 油脂酸價之變化

205 油炸過程中，油炸油因為水分參與及加熱作用會進行水解反應<sup>(11)</sup>，將三酸甘油酯中的脂  
206 肪酸水解釋出形成游離脂肪酸，隨著油炸時間越長，游離脂肪酸越多，酸價也越高。我國衛福  
207 部食藥署規定油炸油的酸價大於 2.0 mg KOH/g oil 時，應更新換油。

208 臭豆腐油炸過程中油炸油的酸價變化結果如表二，空白組在室溫未加熱下儲存 5 天，其酸  
209 價並無改變（表二），顯示光線與氧氣並不影響脂質的水解反應。觀察對照組(油炸溫度下)的  
210 酸價變化，發現酸價隨著油炸時間的延長而增加，從第一天的  $0.08 \pm 0.01$  mg KOH/g oil 增加

211 到第五天的  $0.17 \pm 0.01 \text{ mg KOH/g oil}$ ，且均較空白組為高，顯示油脂在光線與氧氣下，以油炸  
212 溫度加熱時，雖無水分參與反應，亦會促使油脂水解產生游離脂肪酸，但是其產生的量甚低。

213 加入臭豆腐進行油炸試驗，得知油炸組的酸價在第一天(油炸四小時)就由  $0.08 \text{ mg KOH/g}$   
214  $\text{oil}$  上升到  $0.33 \text{ mg KOH/g oil}$ ，且較單純油加熱 5 天的  $0.17 \text{ mg KOH/g oil}$  高出許多(表二)。且  
215 油炸組油脂的酸價隨著油炸時間的延長而有顯著的增加(表二)，從第一天的  $0.33 \pm 0.02 \text{ mg}$   
216  $\text{KOH/g oil}$  升高到第五天，其值高達  $1.87 \pm 0.13 \text{ mg KOH/g oil}$ ，顯示，油炸臭豆腐時，因為臭  
217 豆腐的水分釋出，再加上油炸的高溫效應促進油炸油的水解作用，因此分解釋出游離脂肪酸導  
218 致酸價的升高，經分析已知臭豆腐的水分含量為 80.61%，酯類在有水的條件下，會因為加熱、  
219 加酸、加鹼或是脂肪酶的作用產生酸及醇類。油炸時，食物的水分進入炸油中，在高溫環境下  
220 會變成水蒸氣，並與三酸甘油酯反應，產生游離脂肪酸、雙酯甘油酯、單酯油酯及甘油等。雖  
221 然酸價隨油炸時間而上升，但是臭豆腐油炸油在油炸 5 天(二十小時)後，酸價僅達  $1.87 \text{ mg}$   
222  $\text{KOH/g oil}$ ，仍未超過衛福部食藥署的規定：酸價大於  $2.0 \text{ mg KOH/g oil}$  的油炸油換油標準。

223

### 224 3. 總極性物質與酸價之相關性

225 臭豆腐油炸過程中，油炸油的總極性物質與酸價之相關性分析結果如圖一，其線性方程  
226 式為  $y=11.923x+5.530$  ( $y$ :總極性物質， $x$ : 酸價)，二者的決定係數  $R^2=0.935$ ，顯示良好的正  
227 相關性，然而針對臭豆腐油炸油的品質判定，依據公告方法檢驗總極性物質時，到第五天數  
228 值達  $27.89 \pm 2.29\%$ ，已經超過規定之換油標準 (25%)；但是酸價數值則僅達  $1.87 \pm 0.13 \text{ mg}$   
229  $\text{KOH/g oil}$ ，仍在合格的標準值以下 ( $<2.0 \text{ mg KOH/g oil}$ )，顯示臭豆腐油炸過程中，總極性物  
230 質含量變化較為快速，但游離脂肪酸的含量變化卻較為緩慢，推測可能因為油炸臭豆腐的過  
231 程中，氧化、褐變和熱分解等化學反應的速率大於酸水解反應的速率所致，因此，以酸價指

232 標定為 2.0，可能並不適用於臭豆腐油炸油之品質判定。朱(2010)等<sup>(3)</sup>收集國內速食店及餐飲  
233 業者使用過的油炸油，進行酸價、總極性物質及聚合物的分析比較，發現以目前國內限量標  
234 準（酸價 $\leq 2.0 \text{ mg KOH/g oil}$ 、總極性物質 $\leq 25\%$ ），酸價不合格的樣品有 57 件，而總極性物  
235 質檢驗只有 4 件不合格，酸價與總極性物質相關性的  $R^2$  只有 0.3344，所以酸價 $\leq 2.0 \text{ mg KOH/g}$   
236  $\text{oil}$  的換油標準，並不適合用來做為油炸油品質的評估，然而，總極性物質則為較佳之品質  
237 評估方式。依圖一的結果可知，臭豆腐油炸油的總極性物質含量達 25%時，其酸價數值約為  
238  $1.6 \text{ mg KOH/g oil}$  左右，此數值是否可以作為臭豆腐油炸油之適當品質指標，仍有待進一步  
239 探討。

240

## 241 二、油炸油光學檢測值之變化

### 242 1. 油脂共軛雙烯價之變化

243 油脂的氧化初期會形成自由基，含有兩個雙鍵的脂肪酸其雙鍵會異構化形成共軛雙烯化  
244 合物，在  $\text{UV}_{234}$  有顯著的吸收，所以油脂加熱油炸後於  $\text{UV}_{234}$  的吸光值會增加<sup>(12-13)</sup>。吸光值  
245 越高，顯示共軛雙烯化合物愈多而氧化越嚴重，因此本研究測定油脂之  $\text{UV}_{234}$  吸收，代表共  
246 軛雙烯化合物的含量。結果顯示，空白組在室溫未加熱下儲存 5 天，其  $\text{UV}_{234}$  吸收值維持在  
247  $0.19 \pm 0.01$ （表三），顯然油脂在室溫下極為穩定，並不會氧化產生共軛雙烯化合物。對照組  
248 的  $\text{UV}_{234}$  吸收值則隨著油炸時間的延長，而有顯著的增加，但是增加幅度並不大，從第一天  
249 的  $0.32 \pm 0.01$  上升到第五天的  $0.48 \pm 0.02$ ，顯示油脂在光線與氧氣下，併同油炸溫度加熱，  
250 即會產生共軛雙烯化合物，惟其生成速度較為緩慢。

251 臭豆腐油炸組的  $\text{UV}_{234}$  吸收值變化如表三，臭豆腐成分參與反應時，第一天的  $\text{UV}_{234}$  吸  
252 收值就由 0.32（對照組）上升到 0.56，已較單純油加熱 5 天（對照組）的 0.48 高出許多。油炸過  
253 程中，隨著油炸時間的延長， $\text{UV}_{234}$  吸收值有明顯的上升，從第一天的  $0.56 \pm 0.05$  上升到第

254 五天的  $1.01 \pm 0.15$  (表三)。顯然臭豆腐的基質成分參與油脂的氧化反應，因而催化共軛雙  
255 烯化合物的產生，推測可能與臭豆腐的高水分含量促使產生易氧化之游離脂肪酸有關，或是  
256 其所含礦物質催化油脂氧化反應所致。綜合以上，油炸組的  $UV_{234}$  吸收值遠大於對照及空白  
257 組，且其值隨油炸時間的延長而顯著增加，其或許亦可作為油炸油的簡易品質評估指標之一。

258

## 259 2. 油脂色澤 (Hunter L, a, b) 之變化

260 臭豆腐油炸油經過連續油炸 5 天後，油炸油顏色經測定 L, a, b 值的變化結果如表四，顯  
261 示對照組連續 5 天之色澤變化，代表明亮度的 L 值皆在 5 左右，並無明顯的變化；代表紅和  
262 綠色的 a 值分佈在 -0.18 至 -0.44 之間，稍微偏向綠色；代表黃和藍色的 b 值則分佈在 -0.33 至  
263 -0.81 之間，稍微偏向藍色，兩者之數值呈現平緩的變動，顯示在本實驗條件下，單純油炸  
264 處理溫度對油炸油的 L, a, b 值並不會有大幅度的影響。

265 然而，臭豆腐油炸組油脂的 L 值隨油炸時間的延長有略微上升(表四)，而其 a 值則在前  
266 三天上升，之後則又下降；但是，b 值則從新鮮油的 -0.81 持續增加到油炸第五天的 8.76，期  
267 間除第四天與第五天之間上升趨緩而無顯著差異外，其他各天數之間均呈現顯著的增加，由  
268 於 b 值增加代表黃色度增加，此結果顯示油炸臭豆腐過程中，油炸油由偏藍色轉變為黃色，  
269 其黃色度持續增加，推測黃色度增加可能與醯胺基反應產生褐變物質有關。油炸油的顏色會  
270 隨著油炸的時間越長顏色越深，以色差分析儀 (L, a, b) 分析炸油顏色變化，顯示其中 b 值  
271 的增加與油炸次數成正相關<sup>(14)</sup>；而油炸溫度越高，同份量的樣品越薄、表面積越大，其 b 值  
272 上升的速度也越快<sup>(15)</sup>。有關可能原因的文獻指出，食物中的蛋白質與碳水化合物間產生非酵  
273 素的梅納反應，以及油炸過程中油脂的氧化生成物質如醛類、過氧化物質、氫氧酮及碳基化  
274 合物等與食物中的胺基反應形成褐色色素所造成(Dobarganes *et al.*, 2000)<sup>(16)</sup>。

275

## 276 3. 油脂之褐變程度

277 在色澤變化中發現代表黃色度的  $b$  值會隨油炸時間延長而增加，可能與油炸過程中發生  
278 梅納反應產生褐色的聚合物有關，因此實驗測定代表褐變色素的 420 nm 的吸光度來顯示其  
279 反應的程度。而臭豆腐富含有 8.80% 的蛋白質以及 4.91% 的碳水化合物，經反覆油炸後可能  
280 流入油中產生反應，極可能與褐變有密切關係。結果顯示，在臭豆腐油炸實驗中，油炸組在  
281 420 nm 的吸收值隨著時間的延長，而有顯著的上升(圖二)，推測可能與臭豆腐的蛋白質和碳  
282 水化合物有關。對照組在連續加熱 5 天後，420 nm 的吸收值僅呈現些微上升，顯示在沒有  
283 臭豆腐基質成分的參與下，油脂高溫油炸加熱是造成吸收值微量上升的主要原因。而空白組  
284 在室溫下儲存 5 天，其在 420 nm 的吸收值並無變化(圖二)。顯然油脂在室溫下本即不易氧  
285 化，再加上並無食品基質的參與反應，因此並無褐變反應之發生。

286

### 287 三、臭豆腐油炸油總極性物質與光學檢測值之相關性

288 德國油脂研究協會於 2000 年所舉辦的第三次國際研討會，與會代表提出以總極性物質  
289 含量不得超過 24% 作為油炸油的品質指標<sup>(17)</sup>。國內則由衛福部食藥署訂定為 25%，其他常  
290 被公認採用之品質標準則尚有酸價及發煙點等，其他國家包括法國、比利時、義大利和西班牙  
291 牙等皆規定總極性物質需小於 25%。因此實驗比較總極性物質和  $UV_{234}$  吸光度、 $b$  值、420 nm  
292 吸光度等之間的相關性。結果顯示，總極性物質和  $UV_{234}$  吸光度之間呈現良好的正相關，決  
293 定係數為  $R^2=0.951$  (圖三 a)，二者之迴歸方程式為， $y=32.066x-7.828$  ( $y$ : 總極性物質， $x$ :  $UV_{234}$   
294 吸光度)。相對於總極性物質 25% 時，臭豆腐油炸油的  $UV_{234}$  的吸收值為 1.00 左右。

295 將總極性檢測結果與  $L$ ,  $a$ ,  $b$  值作圖比較，顯示總極性物質與  $b$  值兩者間呈現高度的正相  
296 關，決定係數為  $R^2=0.894$ ，迴歸方程式  $y=2.091x+7.559$  ( $y$ : 總極性物質， $x$ :  $b$  值)(圖三 b)。當  
297 總極性物質為 25% 時，臭豆腐油炸油的  $b$  值約為 8.0。另外，觀察褐變程度(420 nm 的吸收值)  
298 與總極性物質的相關性，結果顯示如圖三 c，兩者的呈現正相關，其  $R^2=0.904$ ，線性方程式

299 為  $y=34.896x+8.634$  (y:總極性物質, x: 420 nm 吸收值)。當總極性物質為 25%時, 420 nm  
300 的吸收值約為 0.45。

301 整體而言, 在臭豆腐油炸油品質的檢測上, 酸價、UV<sub>234</sub> 吸光值、420 nm 吸光值及 L, a, b  
302 的 b 值等, 皆與總極性物質的檢測方法有良好的正相關性, 尤其 UV<sub>234</sub> 的相關性最高( $R^2$   
303 =0.951), 其靈敏度亦佳, 其變化斜率達 32.006。在檢驗技術及設備的要求上, 比總極性物質  
304 檢測簡便。UV<sub>234</sub> 及 420 nm 測定僅需作適當稀釋再搭配分光光度計即可操作, 而 L, a, b 甚至  
305 不需稀釋, 直接以 L, a, b 色差分析儀就可以進行測定。

306 因此, 利用光學儀器進行臭豆腐油炸油的色澤分析, 或許可作為油炸油品質指標的快速  
307 檢測方法, 其中以 UV<sub>234</sub> 的測定最為靈敏, 相關性亦佳。實務上, 如能搭配 420 nm 吸光度  
308 及 L, a, b 的測定, 或許可作為臭豆腐油炸油品質初篩的指標, 初篩閾值建議 UV<sub>234</sub> 吸光度、  
309 420 nm 吸光度及 L, a, b 的 b 值分別為 1.0、0.45 和 8.0, 如有發現油脂超過初篩標準閾值時,  
310 再以總極性物質的檢測方法進行確認, 可以達到省時、省力、省耗材的效果, 降低人力及物  
311 力的負荷。

312

## 313 結 論

314 臭豆腐油炸油的總極性物質、酸價、UV<sub>234</sub> 吸光值、420 nm 吸光值與 L, a, b 的 b 值皆會  
315 隨著油炸天數呈現顯著上升, 至第五天時總極性物質含量已超過規定換油標準。酸價、UV<sub>234</sub>  
316 吸光值、420 nm 吸光值及 L, a, b 的 b 值等與總極性物質皆有良好的正相關性, 其中 UV<sub>234</sub> 的  
317 相關性最高( $R^2=0.951$ )。顯示 UV<sub>234</sub>、420 nm 吸光值及 L, a, b 的 b 值, 可能可以作為以大豆油  
318 油炸臭豆腐時, 油炸油品質指標的快速篩檢方法, 建議品質指標為 UV<sub>234</sub> 吸光值 1.0, 420 nm  
319 吸光值 0.45 或 L,a,b 之 b 值 8.0。油炸過程中, 食品基質成分釋出於油炸油中參與反應, 是導  
320 致臭豆腐油炸油品質劣變的主要原因。

321

## 參考文獻

- 322
- 323 (1) 行政院衛生署：餐飲業油炸油稽查管理原則。衛署食字第 098461015 號函 (2009)。
- 324 (2) 行政院衛生署食品藥物管理局：油炸油安全管理簡易手冊，p.33 (2011)。
- 325 (3) 朱燕華、梁佳玟、周于嵐、詹國靖：速食餐飲業者深層油炸油之品質分析及其分析方法相  
326 關性評估。臺灣農業化學與食品科學，**48**: 107-111 (2010)。
- 327 (4) 陳韋諳：油脂、食材及瀘油粉對油炸油品質影響與其標準及快速檢測法之相關性。輔仁大  
328 學食品科學系碩士論文，新北市，台灣 (2011)。
- 329 (5) 經濟部標準檢驗局：中華民國國家標準總號 3647 類號 N6082，食用油脂檢驗法-酸價之測  
330 定 (2003)。
- 331 (6) 行政院衛生署：署授食字第 1001900044 號公告之油脂總極性物質測定方法 (2011)。
- 332 (7) W. E. Artz, P. C. Osidacz, and A. R. Coscione: Acceleration of the thermooxidation of oil by  
333 heme iron. *J. Am. Oil Chem. Soc.*, **82**: 579–584 (2005a).
- 334 (8) W. E. Artz, P. C. Osidacz, and A. R. Coscione: Iron accumulation in oil during the deep-fat  
335 frying of meat. *J. Am. Oil Chem. Soc.*, **82**: 249–254 (2005b).
- 336 (9) J. Pokorny: Effect of browning reactions on the formation of flavour substances. *Naehrung*, **24**:  
337 115–127 (1980).
- 338 (10) J. Pokorny: Browning from lipid-protein interaction. *Progr. Food Nutr. Sci.*, **5**: 421–428 (1981).
- 339 (11) S. G. Stevenson, M. Vaisey-Genser and N. A. M. Eskin: Quality control in the use of deep  
340 frying oils. *J. Am. Oil Chem. Soc.*, **61**: 1102-1108 (1984).
- 341 (12) 顏裕鴻、孫璐西：油炸油品質測定及其摻入食用油中之檢驗。台灣大學農學院研究報告，  
342 **23**：67-79 (1983)。
- 343 (13) 林婉美：油脂品質劣變程度的測定。食品工業，**18**: 28-34 (1986)。
- 344 (14) G. Bansal, W. Zhou, P. J. Barlow, H. L. Lo and F. L. Neo: Performance of palm olein in  
345 repeated deep frying and controlled heating processes. *Food Chem.*, **121**: 338-347 (2010).
- 346 (15) M. K. Krokida, V. Oreopoulou, Z. B. Maroulis and D. Marinou-Kouris: Colour changes during

347 deep fat frying. *J. Food Eng.*, **48**: 219-225 (2001).

348 (16) C. Dobarganes, G. Márquez-Ruiz and J. Velasco: Interactions between fat and food during  
349 deep-frying. *Eur. J. Lipid Sci. Technol.*, **102**: 521-528 (2000).

350 (17) R. F. Stier: Frying as a Science – An introduction. *Eur. J. Lipid Sci. Technol.*, **106**: 715-721  
351 (2004).

352

353

354

355

356  
357

表一、臭豆腐油炸過程中油炸油總極性物質含量之變化

Table 1. Changes in the content of total polar materials of oil during stinky soybean curd frying processing

Treatments	Days				
	1	2	3	4	5
	(%)				
Blank	2.29 ± 0.18 <sup>c,(A)</sup>	2.26 ± 0.22 <sup>c,(A)</sup>	2.33 ± 0.31 <sup>c,(A)</sup>	2.23 ± 0.30 <sup>c,(A)</sup>	2.2 ± 0.36 <sup>c,(A)</sup>
Control	3.63 ± 0.14 <sup>b,(C)</sup>	3.83 ± 0.09 <sup>b,(BC)</sup>	3.96 ± 0.13 <sup>b,(B)</sup>	5.12 ± 0.15 <sup>b,(A)</sup>	5.12 ± 0.18 <sup>b,(A)</sup>
Frying oil	8.71 ± 0.14 <sup>a,(E)</sup>	14.63 ± 0.88 <sup>a,(D)</sup>	18.31 ± 1.35 <sup>a,(C)</sup>	23.09 ± 1.32 <sup>a,(B)</sup>	27.89 ± 2.29 <sup>a,(A)</sup>

\*Values (means ± S.D., n=3) with different superscripts (a-c) within the same column and with different superscripts (A-E) within the same row are significantly different ( $p < 0.05$ ).

358  
359

360  
361

表二、臭豆腐油炸過程中油炸油酸價之變化

Table 2. Changes in the content of acid value of oil during stinky soybean curd frying processing

Treatments	Days				
	1	2	3	4	5
	( mg KOH/g oil )				
Blank	0.06 ± 0.00 <sup>c</sup>				
Control	0.08 ± 0.01 <sup>b,(E)</sup>	0.11 ± 0.01 <sup>b,(D)</sup>	0.13 ± 0.01 <sup>b,(C)</sup>	0.15 ± 0.01 <sup>b,(B)</sup>	0.17 ± 0.01 <sup>b,(A)</sup>
Frying oil	0.33 ± 0.02 <sup>a,(E)</sup>	0.70 ± 0.10 <sup>a,(D)</sup>	1.12 ± 0.12 <sup>a,(C)</sup>	1.43 ± 0.11 <sup>a,(B)</sup>	1.87 ± 0.13 <sup>a,(A)</sup>

\*Values (means ± S.D., n=3) with different superscripts (a-c) within the same column and with different superscripts (A-E) within the same row are significantly different ( $p < 0.05$ ).

362  
363

364  
365

表三、臭豆腐油炸過程中油炸油 UV<sub>234</sub> nm 吸光度之變化

Table 3. Changes in the absorbance of UV<sub>234</sub> nm of oil during stinky soybean curd frying processing

Treatments	Days				
	1	2	3	4	5
	(Absorbance at UV <sub>234</sub> nm)				
Blank	0.19 ± 0.01 <sup>c,(A)</sup>	0.19 ± 0.01 <sup>c,(A)</sup>	0.19 ± 0.01 <sup>c,(A)</sup>	0.19 ± 0.01 <sup>c,(A)</sup>	0.19 ± 0.01 <sup>c,(A)</sup>
Control	0.32 ± 0.01 <sup>b,(D)</sup>	0.36 ± 0.01 <sup>b,(C)</sup>	0.43 ± 0.02 <sup>b,(B)</sup>	0.44 ± 0.02 <sup>b,(B)</sup>	0.48 ± 0.02 <sup>b,(A)</sup>
Frying oil	0.56 ± 0.05 <sup>a,(D)</sup>	0.68 ± 0.06 <sup>a,(CD)</sup>	0.82 ± 0.06 <sup>a,(BC)</sup>	0.95 ± 0.07 <sup>a,(AB)</sup>	1.01 ± 0.15 <sup>a,(A)</sup>

\*Values (means ± S.D., n=3) with different superscripts (a-c) within the same column and with different superscripts (A-D) within the same row are significantly different ( $p < 0.05$ ).

366  
367

表四、臭豆腐油炸過程中油炸油色澤(L, a, b.)之變化

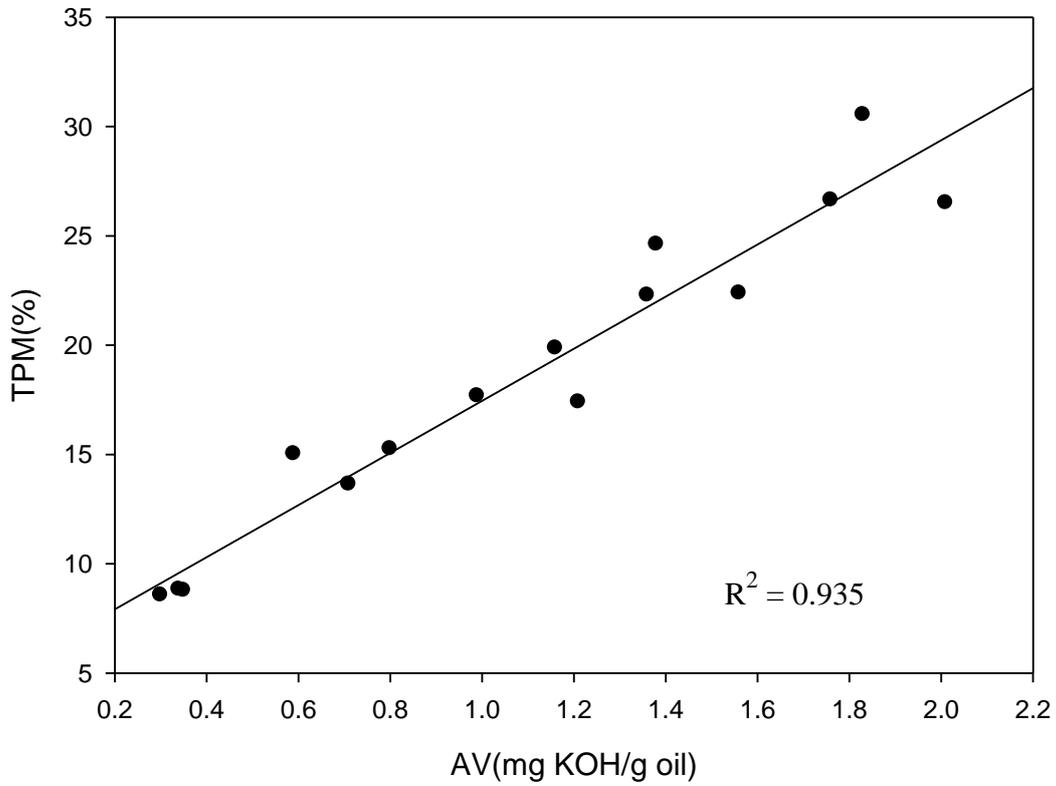
Table 4 . Changes in L, a, b. value of oil during stinky soybean curd frying processing

Lab	Days					
	0	1	2	3	4	5
Control						
L	5.17 ± 0.07	5.11 ± 0.19	4.93 ± 0.11	5.24 ± 0.31	5.13 ± 0.14	5.29 ± 0.14
a	-0.18 ± 0.08	-0.18 ± 0.35	-0.44 ± 0.70	-0.44 ± 0.48	-0.35 ± 0.28	-0.35 ± 0.55
b	-0.81 ± 0.18 <sup>a</sup>	-0.42 ± 0.36 <sup>a</sup>	-0.45 ± 0.53 <sup>a</sup>	-0.33 ± 0.59 <sup>a</sup>	-0.53 ± 0.32 <sup>a</sup>	-0.41 ± 0.30 <sup>a</sup>
Frying oil						
L	5.17 ± 0.07	5.49 ± 0.35	5.70 ± 0.32	6.37 ± 0.22	6.72 ± 0.10	6.31 ± 0.25
a	-0.18 ± 0.08	-1.12 ± 0.32	-1.58 ± 0.70	-2.28 ± 0.34	-1.66 ± 0.58	-0.68 ± 1.22
b	-0.81 ± 0.18 <sup>e</sup>	1.12 ± 0.18 <sup>d</sup>	2.41 ± 1.24 <sup>c</sup>	6.17 ± 0.92 <sup>b</sup>	7.76 ± 0.29 <sup>a</sup>	8.76 ± 0.21 <sup>a</sup>

\*Values (means ± S.D., n=3) with different superscripts (a-d) within the same row are significantly different ( $p < 0.05$ ).

369

370



371

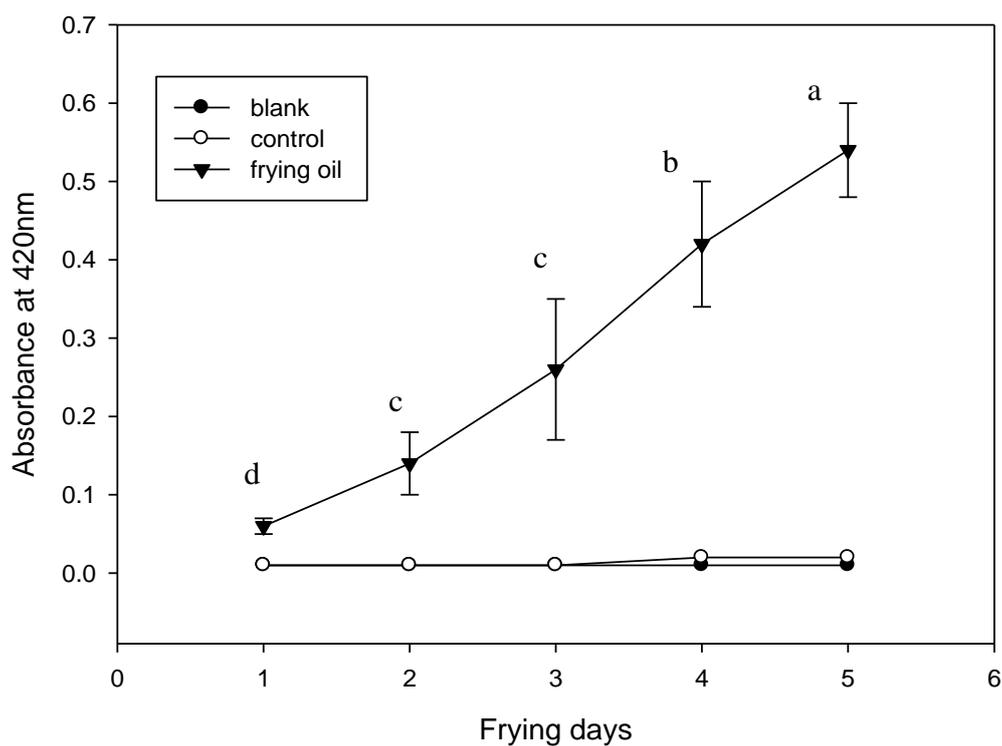
372 圖一、臭豆腐油炸過程中油脂總極性物質與酸價之相關性

373 Figure 1. Relationship between total polar materials and acid value during stinky  
374 soybean curd frying processing.

375

376

377



378

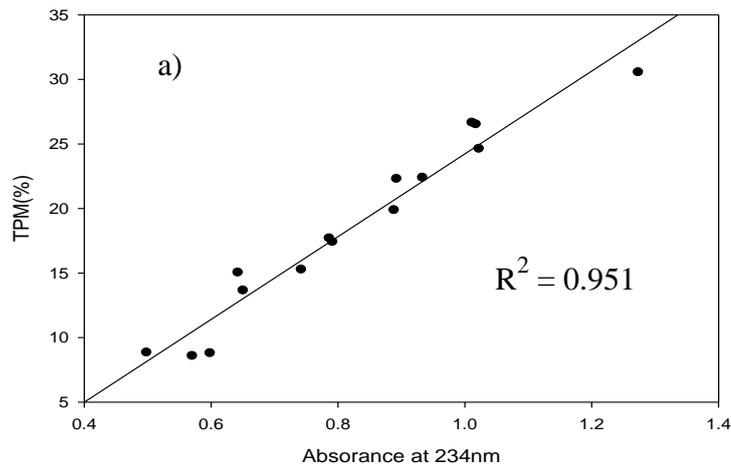
379 圖二、臭豆腐油炸過程中油炸油褐變程度( $UV_{420nm}$ )之變化

380 Figure 2. Changes in browning reaction ( $UV_{420nm}$ ) of oil during stinky soybean curd

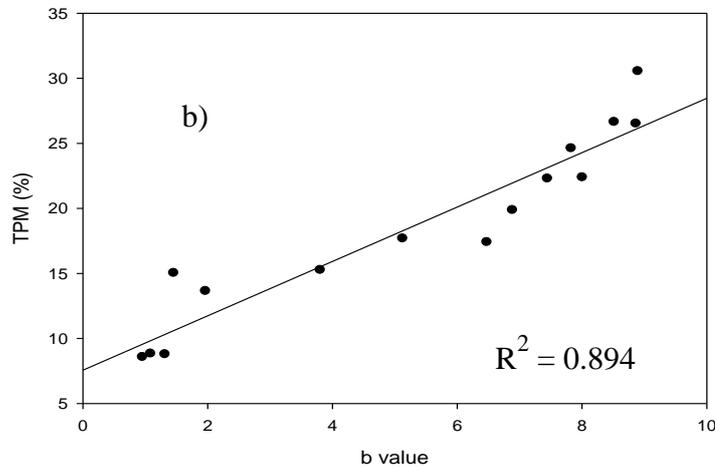
381 frying processing (a-d: different characters means significantly different ( $p < 0.05$ )).

382

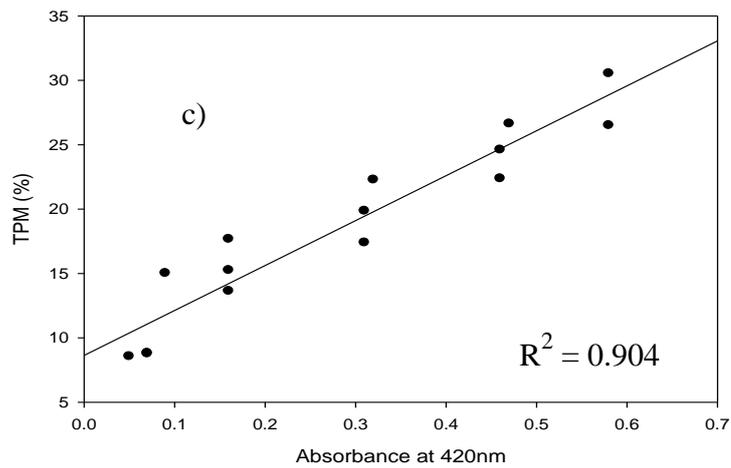
383



384



385



386

387

388 圖三、臭豆腐油炸過程中油脂總極性物質與 a) 共軛雙烯價(UV<sub>234 nm</sub>), b) b 值,  
389 c) 褐變 (UV<sub>420 nm</sub>)之相關性

390 Figure 3. Relationship between total polar materials and a) conjugated diene (UV<sub>234</sub>  
391 nm), b) b value, and c) browning reaction (UV<sub>420 nm</sub>) during stinky soybean curd frying  
392 processing.