

## 食用植物油煎炸过程中的品质变化

厉玉婷<sup>1,2</sup>, 于艳艳<sup>1,2</sup>, 杨振东<sup>1,2</sup>, 程月红<sup>1,2</sup>, 师景双<sup>1,2</sup>, 鲍连艳<sup>1,2</sup>, 任雪梅<sup>1,2</sup>

(1. 山东省食品药品检验研究院, 济南 250000; 2. 山东省食品药品安全检测工程技术研究中心, 济南 250000)

**摘要:**利用花生油、大豆油、调和油、棕榈油4种食用植物油作为煎炸油对豆腐、裹粉鸡柳、油条3种食材进行煎炸,研究煎炸时间对煎炸油极性组分含量及羰基值的影响,确定煎炸油时间预警点,同时研究了不同煎炸油品种、不同食材对煎炸油极性组分含量的影响。结果表明:极性组分含量、羰基值均与煎炸时间呈正相关( $r_{\text{极性组分}}=0.809$ ,  $r_{\text{羰基值}}=0.859$ ,  $P=0.000$ );煎炸6~11 h煎炸油极性组分含量均值从初始的11.85%增至20.96%,最大值为34.10%,可作为煎炸油质量不达标的时间预警点;煎炸12 h,极性组分含量从低到高依次为花生油、棕榈油、调和油、大豆油,含量分别为21.1%、24.1%、26.8%、27.8%,豆腐、裹粉鸡柳、油条煎炸油中极性组分含量分别为17.7%、25.0%、32.2%;煎炸18 h,极性组分含量增大程度由低到高为棕榈油/调和油、大豆油、花生油,煎炸食材用油为豆腐煎炸油、裹粉鸡柳煎炸油、油条煎炸油。

**关键词:**煎炸油;极性组分;羰基值;食用植物油;煎炸时间;煎炸油品种

中图分类号:TS225.1;TS207.3 文献标识码:A 文章编号:1003-7969(2022)02-0047-04

## Quality changes of edible vegetable oils during frying

LI Yuting<sup>1,2</sup>, YU Yanyan<sup>1,2</sup>, YANG Zhendong<sup>1,2</sup>, CHENG Yuehong<sup>1,2</sup>,  
SHI Jingshuang<sup>1,2</sup>, BAO Lianyan<sup>1,2</sup>, REN Xuemei<sup>1,2</sup>

(1. Shandong Institute for Food and Drug Control, Jinan 250000, China; 2. Shandong Research Center of Engineering and Technology for Safety Inspection of Food and Drug, Jinan 250000, China)

**Abstract:** Four kinds of edible vegetable oil including peanut oil, soybean oil, blended oil and palm oil were used to fry three kinds of food stuffs including tofu, chicken fillet wrapped in flour and fried dough sticks. The effects of frying time on the polar compounds content and carbonyl value of frying oil to fix the early warning time of frying oil, and the effects of different frying oil and food stuffs on the polar compounds content of frying oil were studied. The results showed that polar compounds content and carbonyl value were positively correlated with frying time ( $r_{\text{polar compounds}}=0.809$ ,  $r_{\text{carbonyl value}}=0.859$ ,  $P=0.000$ ). The mean value of polar compounds content increased from 11.85% to 20.96% after frying for 6-11 h, and the maximum value was 34.10%, which could be used as the early warning time for the quality of frying oil. The polar compounds content in the frying oil after frying for 12 h from low to high were as follows: 21.1% for peanut oil, 24.1% for palm oil, 26.8% for blended oil, 27.8% for soybean oil, and 17.7% for tofu frying oil, 25.0% for chicken fillet wrapped in flour frying oil, 32.2% for fried dough sticks frying oil. After frying for 18 h, the increase of polar compounds content in different frying oil and different fried food oils from low to high were as follows: palm oil/blended oil, soybean oil, peanut oil, and tofu frying oil, chicken fillet wrapped in flour frying oil, fried dough sticks frying oil.

**Key words:** frying oil; polar compound; carbonyl value; edible vegetable oil; frying time; variety of frying oil

收稿日期:2021-01-19;修回日期:2021-09-01

作者简介:厉玉婷(1989),女,工程师,硕士,研究方向为粮油质量安全(E-mail)lytting@yeah.net。

通信作者:任雪梅,正高级工程师,硕士(E-mail)404055322@qq.com。

据统计,我国餐饮行业年食用油消费总量为

1 000 万 t,其中 1/3 用于食物的煎炸。煎炸过程在赋予食品加工方便性、感官魅力的同时,还会导致营养成分损失,有害物质生成<sup>[1]</sup>。煎炸过程中的反复多次加热,促进了煎炸油的热分解反应,会导致油脂劣变,游离脂肪酸含量增加,加速初级和二级氧化产物的生成,如醛、酮、酸、醇、丙烯醛等<sup>[2-3]</sup>,还会导致其他天然微量营养成分如生育酚、甾醇、磷脂的氧化、裂解、聚合、衍生等反应,生成有害成分<sup>[4]</sup>。煎炸过程中煎炸油和煎炸食材之间发生强烈的能量交换,有害物质传递至食物中。流行病学研究发现,食用煎炸食品与癌症、代谢综合征和冠心病发病率有关<sup>[5-6]</sup>。Soriquer 等<sup>[7]</sup>在一项煎炸油横断面研究中,随机从 538 名参与者的厨房提取油样,其中 10% 油样含有超过 20% 的极性化合物,揭示高血压风险与油脂极性化合物含量呈正相关。因此,煎炸油的质量与安全将直接影响煎炸食品安全<sup>[8]</sup>与人们的健康状况,科学控制煎炸时间等影响因素以保证煎炸油品质尤为重要。

极性组分、羰基值是反映煎炸油品质的最重要指标<sup>[9-10]</sup>。极性组分为油脂氧化、水解、聚合等反应产生的极性物质的总和<sup>[11-12]</sup>,可充分反映煎炸油质量劣变程度,可作为煎炸油废弃标准指标<sup>[7,13-14]</sup>。我国 GB 2716—2018《食品安全国家标准 食用植物油》中规定了煎炸过程中食用植物油极性组分含量应小于等于 27%。英国、法国、意大利、西班牙、智利、波兰、葡萄牙、日本等国家,规定煎炸油极性化合物含量小于等于 25%<sup>[15]</sup>。还有一些欧洲国家以甘油三酯聚合物(TGP)含量作为煎炸油的安全限量指标,如比利时和捷克规定 TGP 含量小于等于 10%,荷兰规定 TGP 含量小于等于 16%。

目前,国内外对煎炸油品质的研究较多<sup>[16-18]</sup>,但由于煎炸时间、煎炸油品种、煎炸食材等不同,很难对煎炸油品质进行系统分析<sup>[19]</sup>。家庭、餐饮行业食物煎炸方式多样,从多因素研究煎炸油质量安全状况,进行系统风险评估十分必要。本实验以花生油、大豆油、调和油、棕榈油 4 种煎炸常用植物油,对豆腐、裹粉鸡柳、油条 3 种食材在一定条件下煎炸,对煎炸油极性组分含量、羰基值、色泽进行测定,探讨不同煎炸时间、煎炸油品种、食材对煎炸油品质的影响,以期对煎炸油的风险预警点研究提供基础数据。

## 1 材料与方法

### 1.1 实验材料

花生油、大豆油、调和油均购自本地大型连锁超市,棕榈油购自本地大型批发市场,4 种植物油中均

未检出 BHA、BHT、TBHQ 3 种抗氧化剂;裹粉鸡柳,网购;豆腐,购自当地市场;油条面坯(约 10 cm × 1.5 cm × 1 cm),由食堂提供。

乙醇、2,4-二硝基苯肼、三氯乙酸、氢氧化钾、石油醚(30 ~ 60 °C),均为分析纯;苯,光谱纯或色谱纯。

小型煎炸锅(容积 8 L),手持式极性组分仪,紫外可见分光光度计。

### 1.2 实验方法

#### 1.2.1 煎炸食材的制作

豆腐:将豆腐切成小块(约 2 cm × 2 cm × 1.5 cm)。裹粉鸡柳:将购买的鸡柳取出,与裹粉蘸匀。

#### 1.2.2 煎炸实验

分别用 5 L 4 种植物油在(175 ± 5) °C 下对豆腐、裹粉鸡柳、油条进行煎炸,每天连续煎炸 8 h,每小时煎炸 4 次(约每 15 min 煎炸 1 次至食材炸熟并将食材及残渣捞出)。每小时取煎炸油 50 mL 对极性组分含量、羰基值进行检测。不向煎炸锅中补充新油,当煎炸锅中的剩余油量无法进行煎炸时实验结束。豆腐每次煎炸量为 300 g,裹粉鸡柳、油条面坯每次煎炸量为 80 g。

#### 1.2.3 质量指标测定

羰基值的测定参照 GB 5009.230—2016,极性组分含量使用手持式极性组分仪进行检测。

#### 1.2.4 数据处理

应用 SPSS 17.0 进行数据统计,不同组之间均值比较采用方差分析,数值变量间的相关性研究采用 Pearson 相关性分析。检验水准  $\alpha$  设为 0.05,作为差异是否有统计学意义的判断标准。

## 2 结果与分析

### 2.1 煎炸时间对煎炸油极性组分含量和羰基值的影响(见表 1)

表 1 煎炸时间对煎炸油极性组分含量和羰基值的影响

煎炸时间/h	极性组分含量/%			羰基值/(meq/kg)		
	均值	最小值	最大值	均值	最小值	最大值
0	11.85 ± 3.35	6.40	14.30	4.47 ± 1.30	3.08	6.20
1~2	13.62 ± 3.24	7.70	18.30	10.66 ± 3.04	7.58	20.88
3~5	16.07 ± 3.62	8.40	23.40	16.34 ± 4.79	8.74	23.75
6~11	20.96 ± 5.54	10.20	34.10	28.84 ± 10.30	12.27	45.47
12~17	27.61 ± 7.86	14.30	44.30	43.93 ± 15.33	19.71	65.75
≥18	37.90 ± 9.70	17.30	53.50	62.98 ± 18.21	26.07	94.65

由表 1 可知:随煎炸时间延长,极性组分含量持续上升,煎炸时间短时涨幅较慢,煎炸 3~5 h 时为初始值的 1.36 倍;煎炸 6~11 h 时极性组分含量增至初始值的 1.77 倍,最大值为 34.10%,超出 27%

的国标限量,可作为煎炸油质量不达标的时间预警点;而煎炸12~17 h时极性组分含量均值达到27.61%。方差分析发现,煎炸油极性组分含量在煎炸0 h、1~2 h、3~5 h间无显著差异( $P > 0.05$ ),在煎炸6 h后,煎炸油极性组分含量极显著增加( $P < 0.01$ ),且煎炸6~11 h、12~17 h、 $\geq 18$  h样品间极性组分含量间差异极显著( $P < 0.01$ )。Pearson相关性分析表明,极性组分含量与煎炸时间呈正相关( $r = 0.809, P = 0.000$ )。

由表1可知,随煎炸时间延长,羰基值持续上升。煎炸3~5 h,羰基值均值为初始值的3.66倍。煎炸12~17 h,羰基值均值为43.93 meq/kg,最大值达65.75 meq/kg。Pearson相关性分析表明,羰基值与煎炸时间呈正相关( $r = 0.859, P = 0.000$ )。

本研究中极性组分含量、羰基值与煎炸时间均呈正相关,与金栋华<sup>[8]</sup>、Aladedunye<sup>[20]</sup>等的研究结果一致。本研究中煎炸3~5 h时羰基值为初始值的3.66倍,而极性组分含量为初始值的1.36倍,由此可知,随煎炸时间延长,羰基值变化更为灵敏,与王莹辉等<sup>[19]</sup>的研究结果一致。

## 2.2 煎炸时间对煎炸油色泽的影响

4种植物油共重复煎炸豆腐80次、裹粉鸡柳和油条各96次。随着煎炸时间的延长,煎炸油的色泽与未使用前的差异越来越大。

豆腐煎炸油的色泽变化最为明显,煎炸8 h呈褐色,煎炸结束(20 h时)呈深褐色。与豆腐煎炸油相比,裹粉鸡柳煎炸油的色泽变化小,煎炸8 h色泽无明显变化,煎炸结束(24 h)时黄色值增加,红色值无明显变化。油条煎炸油的色泽变化介于豆腐煎炸油和裹粉鸡柳煎炸油之间,至煎炸结束(24 h)时,黄色值和红色值均有增加。

刘麒麟等<sup>[21]</sup>发现煎炸油的色泽变化与羰基值、极性组分含量存在明显相关性,可在一定程度上反映羰基值和极性组分含量的变化。本研究中豆腐、油条煎炸油色泽变化较大,豆腐煎炸油色泽变化与其含有较高磷脂,磷脂高温氧化变黑有关;油条淀粉含量高,煎炸过程中发生褐变反应使煎炸油黄色值、红色值升高。

## 2.3 不同煎炸油品种极性组分含量的变化(见表2)

由表2可知,煎炸时间为4 h时,不同煎炸油极性组分含量差异极显著( $P < 0.01$ )。煎炸4 h时,花生油极性组分含量增加75%,而大豆油、调和油、棕榈油极性组分含量增加相对较慢,在煎炸12 h时才增加约1倍。至煎炸18 h时,4种煎炸油极性组

分含量增大程度由低到高依次为棕榈油/调和油、大豆油、花生油。

不同品种煎炸油在相同条件下煎炸12 h,极性组分含量从低到高依次为花生油、棕榈油、调和油、大豆油,含量分别为21.1%、24.1%、26.8%、27.8%,大豆油已超国标限量,调和油接近限量值。煎炸至18 h,4种煎炸油极性组分含量均超标。

表2 不同煎炸油品种极性组分含量的变化

煎炸油	不同煎炸时间下极性组分含量/%				
	0 h	4 h	8 h	12 h	18 h
花生油	6.4	11.2 ± 2.0 <sup>D</sup>	15.6 ± 4.3	21.1 ± 6.7	28.9 ± 11.4
大豆油	14.0	18.9 ± 2.4 <sup>A</sup>	22.8 ± 4.5	27.8 ± 7.7	34.4 ± 10.9
调和油	14.3	17.9 ± 2.3 <sup>B</sup>	22.1 ± 5.3	26.8 ± 7.9	33.7 ± 11.3
棕榈油	12.7	16.0 ± 1.7 <sup>C</sup>	19.7 ± 3.9	24.1 ± 6.6	30.0 ± 9.5

注:同列不同小(大)写字母上标表示在 $\alpha = 0.05(0.01)$ 水平上具有显著(极显著)差异。下同

Aladedunye等<sup>[20]</sup>使用菜籽油对薯条间歇煎炸7 d,发现煎炸油中多不饱和脂肪酸含量与煎炸时间呈反比。本文花生油与大豆油煎炸过程中极性组分含量增加最多,可能与其脂肪酸组成有关:花生油、大豆油属于高不饱和脂肪酸油脂,其不饱和脂肪酸含量超过80%,煎炸后劣变程度深<sup>[22-23]</sup>;棕榈油饱和脂肪酸含量高达50%,其极性组分含量增加少,较其他煎炸油更具热稳定性,与Park等<sup>[24]</sup>研究结果一致。刘慧敏<sup>[25]</sup>在13种植物油微量成分与抗氧化能力研究中发现,抗氧化能力与生育酚、植物甾醇等微量伴随物相关,棕榈油氧化稳定性优于大豆油、花生油,本文研究结果与其一致。

## 2.4 不同食材煎炸油中极性组分含量的变化(见表3)

表3 不同食材煎炸油中极性组分含量的变化

食材	不同煎炸时间下极性组分含量/%				
	0 h	4 h	8 h	12 h	18 h
豆腐	11.8	14.2 ± 3.6	15.7 ± 3.2 <sup>b</sup>	17.7 ± 2.6 <sup>c</sup>	20.6 ± 2.5 <sup>c</sup>
裹粉鸡柳	11.8	15.6 ± 2.9	19.7 ± 2.9 <sup>ab</sup>	25.0 ± 2.8 <sup>b</sup>	32.6 ± 3.0 <sup>b</sup>
油条	11.8	18.3 ± 3.8	24.7 ± 3.7 <sup>a</sup>	32.2 ± 3.8 <sup>a</sup>	42.1 ± 3.0 <sup>a</sup>

由表3可知,随煎炸时间延长,不同食材煎炸油极性组分含量呈持续上升趋势。煎炸8 h油条煎炸油极性组分含量增至24.7%,煎炸12 h裹粉鸡柳煎炸油极性组分含量为25.0%,接近国标限量。至煎炸18 h,极性组分含量增加最多的为油条煎炸油,裹粉鸡柳煎炸油次之,豆腐煎炸油最小,与王莹辉等<sup>[19]</sup>的研究结果一致。方差分析发现,煎炸时间超过4 h,不同食材煎炸油极性组分含量差异显著,其

中煎炸 8 h, 豆腐煎炸油与油条煎炸油极性组分含量差异显著 ( $P < 0.05$ ), 煎炸 12、18 h, 3 种食材煎炸油两两之间均差异极显著 ( $P < 0.01$ )。

### 3 结论

研究了煎炸过程中影响煎炸油品质的相关因素和煎炸油使用的时间预警点。结果表明: 煎炸 6 ~ 11 h 煎炸油极性组分含量均值从初始的 11.85% 增至 20.96%, 最大值为 34.10%, 可作为煎炸油质量不达标的时间预警点。煎炸 12 h, 花生油、棕榈油、调和油、大豆油中极性组分含量分别为 21.1%、24.1%、26.8%、27.8%, 大豆油已超国标限量, 调和油接近限量值。煎炸 12 h, 油条煎炸油中极性组分含量最高, 为 32.2%, 其次为裹粉鸡柳煎炸油 (25.0%), 豆腐煎炸油最低 (17.7%)。

通过合理利用煎炸油时间预警点严控煎炸时间、选择合适的煎炸油品种、控制不同食材煎炸时间、妥善处置废弃煎炸油, 对于满足人们食用美味、口感丰富的煎炸食品和保障人民群众舌尖上的安全, 引导餐饮业合规用油、健康稳步发展和生态环境保护, 都有十分重要的现实意义。

### 参考文献:

- [1] 张家枫, 刘玉兰, 安柯静, 等. 煎炸不同食材的花生油中极性组分与氧化甘油三酯聚合物含量的相关性研究[J]. 粮食与油脂, 2019, 32(7): 79-84.
- [2] AKIL E, CASTELO-BRANCO V N, COSTA A M M, et al. Oxidative stability and changes in chemical composition of extra virgin olive oils after short-term deep frying of french fries[J]. J Am Oil Chem Soc, 2015, 92(3): 409-421.
- [3] ENDO Y, HAYASHI C, YAMANAKA T, et al. Linolenic acid as the main source of acrolein formed during heating of vegetable oils[J]. J Am Oil Chem Soc, 2013, 90(7): 959-965.
- [4] 吴时敏. 煎炸用油和油炸食品的质量安全问题及对策[J]. 食品科学技术学报, 2015, 33(1): 6-12.
- [5] DOBARGANES C, MÁRQUEZ-RUIZ G. Possible adverse effects of frying with vegetable oils[J]. Brit J Nutr, 2015, 113(S2): 49-57.
- [6] KABAGAMBE E K, BAYLIN A, ASCHERIO A, et al. The type of oil used for cooking is associated with the risk of nonfatal acute myocardial infarction in costa rica[J]. J Nutr, 2015, 135(11): 2674-2679.
- [7] SORIGUER F, ROJO-MARTINEZ G, DOBARGANES M C, et al. Hypertension is related to the degradation of dietary frying oils[J]. Am J Clin Nutr, 2003, 78(6): 1092-1097.
- [8] 金栋华, 王超, 朱翔. 菜籽油和棉籽油餐饮煎炸过程中脂肪酸组成和极性组分变化规律研究[J]. 中国油脂, 2019, 44(6): 40-55.
- [9] 鞠婧捷, 苏青峰, 李有栋, 等. 煎炸花生油中的总极性组分对脂质代谢的影响[J]. 中国油脂, 2019, 44(10): 76-84.
- [10] 彭建飞, 罗伟. 深圳市餐饮行业煎炸油中极性组分的调查分析[J]. 中国油脂, 2018, 43(1): 85-88.
- [11] 常明, 刘睿杰, 金青哲, 等. 大豆油煎炸过程理化指标与煎炸时间相关性研究[J]. 中国油脂, 2014, 39(4): 93-96.
- [12] 马慧玲, 张菁菁, 李笑梅, 等. 煎炸油理化指标检测及分析[J]. 食品安全质量检测学报, 2015, 6(8): 3192-3198.
- [13] 餐饮烹炸操作规范: SB/T 11168—2016 [S]. 北京: 中国标准出版社, 2016.
- [14] 宋丽娟, 于修焯, 张建新, 等. 煎炸油在薯片煎炸过程中的品质变化[J]. 食品科学, 2011, 32(5): 70-74.
- [15] 解久莹, 张翔宇, 吴永强, 等. 煎炸油使用安全及有害成分控制研究进展[J]. 食品工业科技, 2019, 40(15): 333-339.
- [16] 刘玉兰, 刘海兰, 黄会娜, 等. 煎炸方式和煎炸食材对花生煎炸油中 3-氯丙醇酯和缩水甘油酯含量的影响[J]. 食品科学, 2019, 40(11): 42-48.
- [17] CHOE E, MIN D B. Chemistry of deep-fat frying oils[J]. J Food Sci, 2010, 72(5): R77-R86.
- [18] HOSSEINI H, GHORBANI M, MESHGINFAR N, et al. A review on frying: procedure, fat, deterioration progress and health hazards[J]. J Am Oil Chem Soc, 2016, 93(4): 445-466.
- [19] 王莹辉, 刘玉兰, 田瑜, 等. 不同煎炸食材对米糠油煎炸品质影响的研究[J]. 中国油脂, 2014, 39(11): 48-51.
- [20] ALADEDUNYE F A, PRZYBYLSKI R. Degradation and nutritional quality changes of oil during frying[J]. J Am Oil Chem Soc, 2009, 86(2): 149-156.
- [21] 刘麒麟, 李赛男, 白妍双, 等. 反复煎炸对 4 种食用植物油品质的影响[J]. 中国食品卫生杂志, 2014, 26(3): 274-277.
- [22] TARAHA G, YASH P, GAZIANO J, et al. Fried food consumption and cardiovascular health: a review of current evidence[J]. Nutrients, 2015, 7(10): 8424-8430.
- [23] 邹曼, 陈玉, 何东平, 等. 以稻米油为基油的煎炸调和油品质研究[J]. 中国油脂, 2020, 45(9): 17-22.
- [24] PARK J M, KOH J, JIM M K. Determining the reuse of frying oil for fried sweet and sour pork according to type of oil and frying time[J]. Food Sci Anim Resour, 2020, 40(5): 785-794.
- [25] 刘慧敏. 不同植物油微量成分与抗氧化能力的相关性研究[D]. 江苏无锡: 江南大学, 2015.