

## 煎炸不同食物对煎炸油品质的影响

万重,黄朦倩,陈欢,张清

(四川农业大学食品学院,四川雅安625014)

**摘要:**为了探究不同食物对煎炸油劣变程度的影响,将大豆油在180℃条件下煎炸鸡胸肉和土豆,连续煎炸7 d,每天煎炸6 h;分别检测煎炸油的酸值、羰基值、总极性成分含量和脂肪酸组成及含量,分析不同食物对煎炸油品质影响的差异性和相关性,并讨论不同食物成分对煎炸油理化指标影响的原因。结果显示:煎炸鸡胸肉的煎炸油的酸值(KOH)、羰基值、总极性成分含量分别上升到3.14 mg/g、66.69 meq/kg、40.02%,各指标之间呈极显著相关性( $P < 0.01$ ),相关系数大于0.95;煎炸土豆的煎炸油的酸值(KOH)、羰基值、总极性成分含量分别上升到1.48 mg/g、192 meq/kg、47.16%,各指标之间呈极显著相关性( $P < 0.01$ ),相关系数大于0.86;煎炸鸡胸肉的煎炸油饱和脂肪酸、不饱和脂肪酸、单不饱和脂肪酸和多不饱和脂肪酸呈极显著相关性( $P < 0.01$ ),煎炸土豆的煎炸油上述脂肪酸呈显著相关性( $P < 0.05$ )。煎炸不同食物对煎炸油品质产生不同的影响。

**关键词:**不同食物;煎炸油;品质;脂肪酸组成

中图分类号:TS225.1;TQ646 文献标识码:A 文章编号:1003-7969(2018)03-0054-05

### Effects of frying different foods on quality of soybean oil

WAN Chong, HUANG Mengqian, CHEN Huan, ZHANG Qing

(College of Food Science, Sichuan Agricultural University, Ya'an 625014, Sichuan, China)

**Abstract:** In order to explore the relationship between different foods and the degree of deterioration of frying oil, soybean oil was used to fry chicken breast and potatoes at 180 °C, and the frying continued for 7 d, 6 h per day. The acid value (AV), carbonyl group value (CGV), total polar component (TPC) content and fatty acid composition and content of frying oil were detected respectively. The difference and correlation of effects of different foods on frying oil quality were analyzed, and the effect reason of different foods component on physicochemical indexes of frying oil were discussed. The results showed that the AV, CGV and TPC content of soybean oil fried chicken breast increased to 3.14 mgKOH/g, 66.69 meq/kg and 40.02% respectively, and there was extremely significant correlation among the indexes ( $P < 0.01$ ) with correlation coefficient above 0.95; the AV, CGV and TPC content of soybean oil fried potatoes increased to 1.48 mgKOH/g, 192 meq/kg and 47.16% respectively, and there was extremely significant correlation among the indexes ( $P < 0.01$ ) with correlation coefficient above 0.86. Saturated fatty acids, unsaturated fatty acids, monounsaturated fatty acids and polyunsaturated fatty acids in soybean oil fried chicken breast had extremely significant correlation ( $P < 0.01$ ), and the correlation of fatty acids in soybean oil fried potatoes was significant ( $P < 0.05$ ). So the effect of different foods on quality of frying oil was different.

**Key words:** different foods; frying oil; quality; fatty acid composition

收稿日期:2017-06-22;修回日期:2017-07-19

基金项目:四川省教育厅科研项目(17ZA0304)

作者简介:万重(1993),男,在读硕士,研究方向为粮食、油脂及植物蛋白工程(E-mail)446022744@qq.com。

通信作者:张清,讲师,硕士生导师(E-mail)zhangqing@sicau.edu.cn。

近几年,在快餐食品加工过程中,煎炸油的使用期限受到人们的关注,且在消费油炸食品中,土豆和鸡肉是消费者最主要的两种油炸快餐食品。食物在煎炸过程中,油脂发生了氧化、水解和聚合等复杂反应,产生了一系列醛、酮等小分子物质、甘油三酯聚

合物、丙烯酰胺和反式脂肪酸等,致使油脂品质发生变化,营养物质减少,并对人体健康造成危害<sup>[1]</sup>。因此,我国和欧美等国家对煎炸油有严格的规定<sup>[2]</sup>,我国规定煎炸油总极性成分含量不大于27%,酸值(KOH)不大于5 mg/g,羰基值不大于50 meq/kg,反式脂肪酸含量不大于20%,而有些国家规定煎炸油总极性成分含量限量18%~30%,酸值(KOH)限量2~6 mg/g,羰基值不大于50 meq/kg。

国内外有很多关于影响煎炸油品质的研究。蒋晓菲等<sup>[3]</sup>用大豆油、菜籽油、棕榈油、棉籽油和煎炸调和油分别煎炸薯条,观察5种食用油在煎炸过程中理化指标的变化,从而反映出不同食用油在煎炸过程中的品质变化。张清<sup>[4]</sup>研究了大豆油在180℃下煎炸面团和鸡胸肉在3种煎炸体系中的特征性理化性质,分析煎炸油的颜色、黏度、脂肪酸组成等指标的变化情况,探讨产生这些代表性产物可能的化学反应途径。Ma等<sup>[5]</sup>研究了在170℃下纯油煎炸和油水混合煎炸鸡排,分析其茴香胺值、羰基值、黏度和颜色4个指标,结果表明油水混合煎炸可以延缓油脂的劣变。Song等<sup>[6]</sup>研究了混合的大豆油和棕榈油在180℃下煎炸鸡肉,监测酸值、总极性成分含量、共轭二烯酸和茴香胺值,分析 $\gamma$ -生育酚的变化,最后得出DPPH的损失和总极性成分变化可能会有助于延缓煎炸油的废弃点。

本研究主要探究煎炸土豆和鸡胸肉对煎炸油品质的影响,对比分析其酸值、羰基值、总极性成分含量和主要脂肪酸组成及含量变化的关系,有助于科学合理地消费和加工健康油炸食品。

## 1 材料与方法

### 1.1 试验材料

#### 1.1.1 原料与试剂

一级精炼大豆油(益海嘉里食品营销有限公司),新鲜鸡胸肉和土豆皆购于雅安吉选超市。

硅胶(60~100目)、海砂、乙醚、石油醚(沸程30~60℃)、甲醇、三氯甲烷、苯、氢氧化钾、无水硫酸钠均为分析纯;甲醇和正己烷为色谱纯,购于雅安万科试剂公司;37种脂肪酸混合标准品,购于Sigma试剂公司。

#### 1.1.2 仪器与设备

节能型电炸炉:广州市艾拓机电制造有限公司;BS214D电子天平:北京赛多利斯科学仪器有限公司;7890A-5975C气相色谱质谱联用仪:美国安捷伦仪器公司;电子温度计:德国易克赛思国际有限公司;DK-9811恒温水浴锅:江苏泰斯特电子设备制造有限公司;DHG-2200B电热恒温鼓风干燥箱:郑

州生元仪器有限公司。

### 1.2 试验方法

#### 1.2.1 煎炸土豆和鸡胸肉

煎炸土豆:将5 L大豆油加入电炸锅内,预热15 min,至180℃,土豆去皮切条(5 cm×1 cm×1 cm)称取120 g,煎炸10 min,间隔6 min,再煎炸相同质量土豆,连续煎炸7 d,每天煎炸6 h,每1.5 h取1次油样,冷却,于-4℃冰箱待测。

煎炸鸡胸肉:将5 L大豆油预热15 min,到180℃,鸡胸肉切条(5 cm×1 cm×1 cm)称取120 g,煎炸5 min,间隔11 min,再煎炸相同质量鸡胸肉,连续煎炸7 d,每天煎炸6 h,每1.5 h取1次油样,冷却放入-4℃冰箱待测。

#### 1.2.2 常规理化指标的测定

酸值、羰基值的测定:GB/T 5009.37—2003《食品植物油卫生标准的分析方法》;总极性成分含量的测定:GB/T 5009.202—2003《食用植物油煎炸过程中的极性组分(PC)的测定》。

#### 1.2.3 脂肪酸组成的测定

油样甲酯化采用碱化催化法<sup>[7]</sup>。称取25~30 mg油样于20 mL具塞试管中,加入1 mL无水甲苯,再加入1 mL浓度为0.5 mol/L的甲醇钠-甲醇溶液;然后置于50℃烘箱中,保温处理10 min。取出冷却后添加0.1 mL冰醋酸、5 mL去离子水,摇匀;然后用5 mL正己烷洗涤,取上层澄清有机相1 mL用正己烷稀释5倍,最后用无水硫酸钠脱水、0.22 μm的有机滤膜过滤,放入-4℃冰箱待测。

色谱、质谱条件:HP-88毛细管色谱柱(60 m×0.25 mm×0.2 μm);不分流进样,进样量1 μL;进样口温度250℃;载气为氦气,流速1 mL/min;采用程序升温,柱温箱初始温度120℃保持1 min,以5℃/min升到175℃保持10 min,再以5℃/min升到190℃保持5 min,最后以5℃/min升到200℃保持5 min。离子源温度和四极杆温度分别为230、150℃;质谱扫描质荷比( $m/z$ )范围为40~400;采用全扫描模式,为了避免重叠峰的干扰,采用提取离子 $m/z$  74色谱图来定量脂肪酸甲酯。

#### 1.2.4 数据处理

所有数据进行3次重复试验,应用SPSS17.0进行方差统计分析和显著差异性分析( $P < 0.05$ ),应用Origin8.5软件作图。

## 2 结果与分析

### 2.1 煎炸土豆和鸡胸肉对煎炸油酸值、羰基值和总极性成分含量的影响

大豆油煎炸土豆和鸡胸肉分别对其酸值的影响见图1。

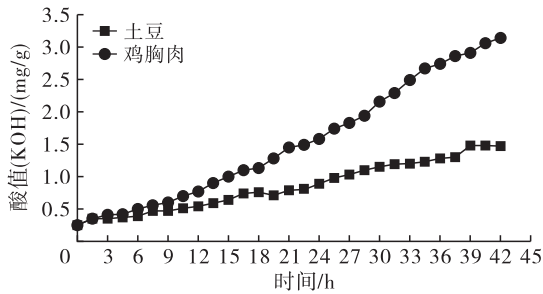


图1 大豆油煎炸土豆和鸡胸肉对其酸值的影响

由图1可知,煎炸土豆和鸡胸肉时,煎炸油酸值随煎炸时间的延长而逐渐增大,而煎炸土豆比煎炸鸡胸肉对煎炸油酸值增大的影响趋势要小。在煎炸土豆时,随煎炸时间的延长,煎炸油酸值(KOH)从初始的0.25 mg/g增大到1.48 mg/g,在37.5~42 h间无明显变化;但煎炸鸡胸肉对煎炸油酸值的影响较大,随煎炸时间的延长,煎炸油酸值呈现直线上升趋势,酸值(KOH)从初始的0.25 mg/g增大到3.14 mg/g,且最后无平缓趋势出现。在煎炸油中酸值增大的原因有两种,一种是煎炸油自身的原因,由于油脂受高温和时间的影 响,甘油三酯发生氧化、水解反应形成游离脂肪酸,或者形成一些小分子酸,从而造成煎炸油酸值增大;另外一种是与煎炸的食物相关,煎炸食物中含有脂肪,在高温煎炸过程中,食物中的脂肪在外界温度的影响下,使油脂浸出流入到煎炸油体系中,导致煎炸油酸值呈不断上升趋势。在煎炸鸡胸肉过程中,鸡胸肉中的脂肪含量较多,因此导致煎炸油的酸值随煎炸时间的延长而直线上升;但在煎炸土豆过程中,土豆中脂肪含量很低,煎炸油酸值随煎炸时间的延长最后呈平缓趋势。

油脂在高温下,甘油三酯因氧化反应而生成酮、醛类化合物和聚合物。羰基值是煎炸油热裂变的灵敏指标,反映了油脂氧化产物(酮、醛等羰基化合物)的含量和油脂酸败劣变的程度<sup>[8-9]</sup>。大豆油煎炸土豆和鸡胸肉分别对其羰基值的影响见图2。

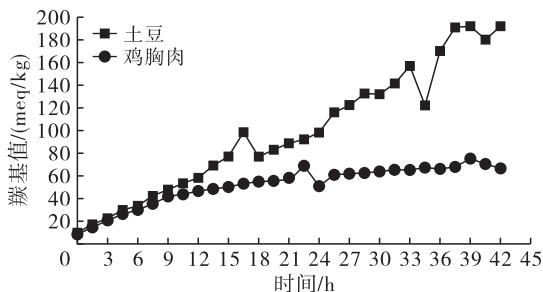


图2 大豆油煎炸土豆和鸡胸肉对其羰基值的影响

由图2可知,在煎炸土豆和鸡胸肉过程中煎炸油羰基值随煎炸时间的延长而逐渐增大,煎炸土豆过程中煎炸油羰基值增大趋势较煎炸鸡胸肉的大,

且超过了我国煎炸油使用规定(羰基值不大于50 meq/kg)。煎炸土豆过程中煎炸油羰基值在12 h就超过了50 meq/kg,42 h达到192 meq/kg,与刘玉兰<sup>[10]</sup>、韩翠萍<sup>[11]</sup>、Stevenson<sup>[12]</sup>等研究羰基值变化趋势相同。有研究指出,煎炸油的羰基值与丙烯酰胺的形成量具有显著相关性<sup>[13]</sup>,而在2004年瑞典国家食品管理局和斯德哥尔摩大学联合发布公告,声称富含碳水化合物的食物在高温煎炸过程中极易产生丙烯酰胺<sup>[14]</sup>,可以说明煎炸土豆对煎炸油羰基值的影响较煎炸鸡肉的影响大。本研究中,煎炸土豆过程中煎炸油羰基值随着煎炸时间的延长而呈逐渐增大趋势,最终在42 h达到192 meq/kg,而煎炸鸡胸肉过程中羰基值的变化趋势缓慢,经过42 h的煎炸,煎炸油羰基值从初始的8.45 meq/kg升高到66.69 meq/kg。可见,煎炸土豆对煎炸油羰基值的影响较大。

油脂在煎炸条件下,易发生热氧化、热聚合反应,生成一些比食用油分子(甘油三酯)极性更大的物质;这些物质在油脂中积聚导致油脂的功能、感官和营养品质发生变化<sup>[15]</sup>。大豆油煎炸土豆和鸡胸肉分别对其总极性成分含量的影响见图3。

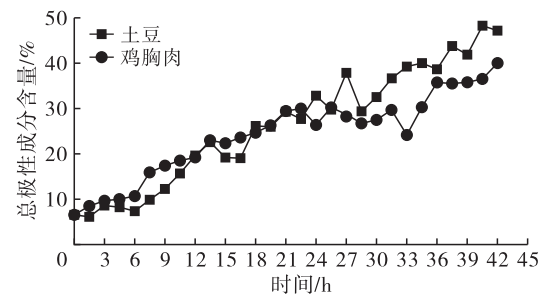


图3 大豆油煎炸土豆和鸡胸肉对其总极性成分含量的影响

由图3可知,在煎炸土豆和鸡胸肉的煎炸油总极性成分含量均在20 h超过27%,最终在42 h时,煎炸土豆的煎炸油总极性成分含量为47.16%,煎炸鸡胸肉过程中煎炸油总极性成分含量为40.02%。

由图1~图3分析可知,煎炸土豆过程中煎炸油的酸值、羰基值和总极性成分含量变化具有极显著相关性( $P < 0.01$ ),酸值与羰基值相关系数为0.87,与总极性成分含量相关系数为0.91,羰基值与总极性成分含量相关系数为0.95;在煎炸鸡胸肉过程中煎炸油酸值、羰基值和总极性成分含量变化具有极显著相关性( $P < 0.01$ ),酸值与羰基值相关系数为0.98,与总极性成分含量相关系数为0.97,羰基值与总极性成分含量相关系数为0.95。因此,煎炸油的酸值、羰基值和总极性成分含量指标之间都有很大的相关性,应用结合这3个指标来评估煎炸油的品质具有意义。

## 2.2 煎炸土豆和鸡胸肉对煎炸油脂脂肪酸组成及含量的影响

在复杂的煎炸体系中,不同的煎炸食物,煎炸油中脂肪酸组成变化存在差异,食物中成分对煎炸油

的影响,导致其脂肪酸的氧化和分解。大豆油煎炸鸡胸肉和土豆过程中脂肪酸组成的变化如表1、表2所示。

表1 大豆油煎炸鸡胸肉过程中主要脂肪酸组成及其变化

脂肪酸	含量/(mg/g)							
	0 d	1 d	2 d	3 d	4 d	5 d	6 d	7 d
C14:0	0.30 ± 0a	0.30 ± 0.01a	0.30 ± 0.01a	0.30 ± 0.01a	0.29 ± 0a	0.31 ± 0.02a	0.31 ± 0.02a	0.32 ± 0.01a
C16:0	27.65 ± 0.34f	26.98 ± 0.17ef	26.60 ± 0.03def	26.17 ± 0.29cd	25.13 ± 0.57abc	25.21 ± 0.13ab	24.88 ± 0.37abc	24.21 ± 0.55a
C16:1	0.24 ± 0.04a	0.28 ± 0.01b	0.33 ± 0.01cd	0.35 ± 0.01def	0.39 ± 0.02f	0.45 ± 0.01g	0.50 ± 0hi	0.53 ± 0.02i
C17:0	0.25 ± 0.03f	0.24 ± 0cde	0.25 ± 0ef	0.24 ± 0.01de	0.23 ± 0.01bc	0.22 ± 0abcd	0.22 ± 0abcd	0.21 ± 0.01a
C18:0	7.12 ± 0.16f	6.91 ± 0.03ef	6.83 ± 0.02de	6.72 ± 0.02cde	6.43 ± 0.22ab	6.44 ± 0abcd	6.29 ± 0.06abc	6.08 ± 0.26a
C18:1	43.93 ± 1.12g	42.72 ± 0.06fg	41.85 ± 0.03ef	41.01 ± 0.67de	38.84 ± 1.3ab	38.87 ± 0.42ab	37.82 ± 0.92ab	36.50 ± 1.1a
C18:2	83.81 ± 1.19i	79.89 ± 0.61hi	75.71 ± 0.51gh	71.11 ± 1.86fg	66.07 ± 1.53de	63.92 ± 1.26cde	60.53 ± 1.73abcd	56.54 ± 1.51a
<i>cis</i> C18:3	5.17 ± 0.05i	4.82 ± 0.09hi	4.34 ± 0.09g	3.85 ± 0.1ef	3.40 ± 0.08cd	3.19 ± 0.1bc	2.91 ± 0.12ab	2.63 ± 0.08a
C20:1	0.35 ± 0.02a	0.35 ± 0.01a	0.35 ± 0.01a	0.34 ± 0.01a	0.32 ± 0.02a	0.34 ± 0.01a	0.32 ± 0.03a	0.33 ± 0.06a
<i>trans</i> C18:2	0.20 ± 0.01a	0.21 ± 0.01a	0.20 ± 0.01a	0.24 ± 0.03b	0.26 ± 0.01bcd	0.28 ± 0.01d	0.26 ± 0.01bed	0.28 ± 0cd
C22:0	0.98 ± 0.25c	0.78 ± 0.28bc	0.57 ± 0.05ab	0.51 ± 0.03a	0.47 ± 0.03a	0.49 ± 0.01a	0.43 ± 0.01a	0.44 ± 0.03a

注:表中同行不同字母表示差异显著,  $P < 0.05$ 。下同。

表2 大豆油煎炸土豆过程中主要脂肪酸组成及其变化

脂肪酸	含量/(mg/g)							
	0 d	1 d	2 d	3 d	4 d	5 d	6 d	7 d
C14:0	0.26 ± 0a	0.27 ± 0.01a	0.26 ± 0.01a	0.26 ± 0a	0.27 ± 0.02a	0.27 ± 0.01a	0.26 ± 0a	0.25 ± 0.01a
C16:0	24.46 ± 0.57a	24.85 ± 1.14a	24.73 ± 0.32a	25.11 ± 0.39a	25.09 ± 0.34a	24.73 ± 0.51a	24.49 ± 0.08a	24.43 ± 0.39a
C16:1	0.18 ± 0.02a	0.22 ± 0.05ab	0.22 ± 0.03ab	0.21 ± 0.03ab	0.20 ± 0ab	0.24 ± 0.03b	0.24 ± 0.03b	0.23 ± 0.01ab
C17:0	0.23 ± 0.01a	0.22 ± 0.02a	0.22 ± 0.01a	0.23 ± 0a	0.23 ± 0.01a	0.23 ± 0.01a	0.23 ± 0.01a	0.22 ± 0.01a
C18:0	6.49 ± 0.18ab	6.51 ± 0.42ab	6.41 ± 0.06ab	6.59 ± 0.07ab	6.74 ± 0.16b	6.55 ± 0.21ab	6.40 ± 0.12a	6.46 ± 0.09ab
C18:1	39.28 ± 0.46b	39.30 ± 2.9b	38.26 ± 0.48b	38.57 ± 0.53b	38.94 ± 0.79b	37.67 ± 1.23ab	36.55 ± 0.6a	36.25 ± 0.47a
C18:2	83.18 ± 1.88e	82.00 ± 6.2e	77.36 ± 2.08d	75.28 ± 1.69cd	73.26 ± 1.99c	68.18 ± 2.76b	63.75 ± 1.6a	60.67 ± 1.16a
<i>cis</i> C18:3	8.60 ± 0.2g	8.22 ± 0.72g	7.47 ± 0.29f	6.89 ± 0.28e	6.34 ± 0.26d	5.59 ± 0.31c	4.98 ± 0.19b	4.49 ± 0.15a
C20:1	0.30 ± 0.02abc	0.30 ± 0.04abc	0.29 ± 0abc	0.32 ± 0.01bc	0.33 ± 0.01c	0.31 ± 0.02abc	0.30 ± 0.01ab	0.31 ± 0.01abc
<i>trans</i> C18:2	0.18 ± 0a	0.21 ± 0.02b	0.23 ± 0.01b	0.25 ± 0.01c	0.29 ± 0.02d	0.27 ± 0.01cd	0.26 ± 0.01c	0.27 ± 0.01cd
C22:0	0.46 ± 0.01ab	0.49 ± 0.09ab	0.44 ± 0.01a	0.47 ± 0.01ab	0.52 ± 0.04b	0.47 ± 0.05ab	0.44 ± 0.03a	0.45 ± 0.03a

由表1、表2可知,煎炸油中饱和、不饱和、反式脂肪酸均发生不同趋势的变化。说明了煎炸食物对煎炸油品质产生影响,且食物成分是造成脂肪酸发生不同变化的影响因素。

通过定量计算得到,煎炸油中主要成分是棕榈酸(C16:0)、硬脂酸(C18:0)、油酸(C18:1)、亚油酸(C18:2)、亚麻酸(C18:3)。肉豆蔻酸(C14:0)在煎炸鸡胸肉过程中有增加现象,在煎炸土豆过程中发生缓慢的变化(稍有减少)。在煎炸鸡胸肉过程中煎炸油的C16:0和C18:0均有减少,煎炸7d后,煎炸油的C16:0减少了12.44%,C18:0减少了14.61%;煎炸土豆过程中煎炸油的C16:0变化趋势无显著差异,C18:0减少了0.46%。

煎炸土豆和鸡胸肉过程中,煎炸油中C18:2和C18:1呈减少趋势,煎炸土豆7d后,煎炸油中C18:2减少了27.06%,C18:1减少了7.71%,煎炸鸡胸肉7d后,煎炸油中C18:2减少了32.54%,C18:1减少了16.91%。大豆油煎炸鸡胸肉和土豆7d后,C18:3分别减少了49.13%和47.79%。因此,在煎炸土豆和鸡胸肉过程中,多不饱和脂肪酸(PUFA)和单不饱和脂肪酸(MUFA)都出现减少趋势,而大豆油煎炸鸡胸肉过程中PUFA和MUFA减少得更多。

反式脂肪酸是影响煎炸油品质的成分,大豆油煎炸土豆和鸡胸肉中均检测到反式亚油酸(*trans*C18:2),且随着煎炸时间延长呈增加趋势,在

煎炸鸡胸肉和土豆 7 d 后 *trans*C18:2 分别增加了 40% 和 50%, 所以应该合理控制煎炸时间, 反式脂肪酸对人体健康具有一定危害。

由表 1 和表 2 分析可知, 煎炸鸡胸肉过程中煎炸油的饱和脂肪酸(SFA)、不饱和脂肪酸(UFA)、PUFA 和 MUFA 变化呈极显著相关性( $P < 0.01$ ), 其中 SFA 和 UFA 相关系数为 0.855, SFA 和 PUFA 相关系数为 0.895, UFA 和 PUFA 相关系数为 0.99, PUFA 和 MUFA 相关系数为 0.98; 煎炸土豆过程中煎炸油 SFA、UFA、PUFA 和 MUFA 变化呈显著相关性( $P < 0.05$ ), 其中 SFA 和 UFA 相关系数为 0.59, SFA 和 PUFA 相关系数为 0.81, UFA 和 PUFA 相关系数为 0.93, PUFA 和 MUFA 相关系数为 0.91。油脂中脂肪酸组成是煎炸油品质的因素, 不仅温度和时间会影响煎炸油的品质, 煎炸食物也会影响, 这是因为煎炸食物中富含的碳水化合物、蛋白质等也会受到温度等因素的影响。

### 3 结论

以大豆油为煎炸用油, 在 180℃ 下煎炸土豆和鸡胸肉, 两种食物成分导致煎炸油品质发生不同程度变化, 探究了煎炸油酸值、羰基值、总极性成分含量和主要脂肪酸组成及含量变化, 并分析了各指标相互间的差异性和相关性。研究发现煎炸食物成分对煎炸油理化指标具有不同影响, 各个指标发生不同的变化趋势, 都归因于煎炸食物成分的因素。研究食物成分与煎炸油发生的理化指标变化, 可以进一步了解食物成分与油脂发生的反应, 以及食物与油脂之间的能量传递作用。根据食物成分影响煎炸油的理化作用, 可以进一步研究其中发生的可能途径, 对探究煎炸油品质变化的机理和结构变化机制具有重要作用。

### 参考文献:

[1] 刘玉兰, 王莹辉, 李时军. 煎炸米糠油营养成分及煎炸油条品质分析[J]. 中国油脂, 2014, 39(3): 28-32.  
[2] 冯国霞, 黄健花, 王兴国, 等. 大豆油煎炸过程中的品质变化研究[J]. 中国油脂, 2014, 39(9): 40-43.

[3] 蒋晓菲, 杨叶波, 金青哲, 等. 5 种精制食用油在煎炸薯条过程中的品质变化[J]. 中国油脂, 2014, 39(8): 47-51.  
[4] 张清. 大豆油在不同煎炸体系中的特征理化性质的变化研究[D]. 北京: 中国农业大学, 2014.  
[5] MA R X, GAO T, SONG L, et al. Effects of oil-water mixed frying and pure-oil frying on the quality characteristics of soybean oil and chicken chop[J]. Food Sci Technol Campinas, 2016, 36(2): 329-336.  
[6] SONG J H, KIM M J, KIM Y J, et al. Monitoring changes in acid value, total polar material, and antioxidant capacity of oils used for frying chicken[J]. Food Chem, 2017, 220: 306-312.  
[7] ZHANG Q, SALEH A S M, SHEN Q. Monitoring of changes in composition of soybean oil during deep-fat frying with different food types[J]. J Am Oil Chem Soc, 2016, 93(1): 69-81.  
[8] FARHOOSH R, MOOSAVI S M R. Determination of carbonyl value in rancid oils: a critical reconsideration[J]. J Food Lipids, 2006, 13(3): 298-305.  
[9] FARHOOSH R, MOOSAVI S M R. Carbonyl value in monitoring of the quality of used frying oils[J]. Anal Chim Acta, 2008, 617(1): 18-21.  
[10] 刘玉兰, 王莹辉, 张振山, 等. 4 种油脂煎炸过程中维生素 E 组分含量变化的研究[J]. 中国油脂, 2015, 40(12): 48-52.  
[11] 韩翠萍, 汤慧娟, 刘洋, 等. 煎炸油加热过程中的品质变化研究[J]. 农产品加工(学刊), 2014(2): 15-16.  
[12] STEVENSON S G, VAISEY-GENSER M, ESKIN M. Quality control in the use of deep frying oils[J]. J Am Oil Chem Soc, 1984, 61(6): 1102-1108.  
[13] 石建君, 欧仕益, 黄才欢. 油脂羰基价对丙烯酰胺形成的影响[J]. 食品科技, 2008(6): 103-105.  
[14] MOTTRAMD S, WEDZICHA B L, DODSON A T. Food chemistry: acrylamide is formed in the Maillard reaction[J]. Nature, 2002, 419: 448-449.  
[15] FRITSCH C W. Measurements of frying fat deterioration: a brief review[J]. J Am Oil Chem Soc, 1981, 58(3): 272-274.

**《中国油脂》微博已开通, 欢迎广大油友互动交流!**

新浪官方微博: 中国油脂 <http://e.weibo.com/2841983372/profile>