

玉米油在油条煎炸过程中的品质变化

Quality changes of corn oil during frying dough sticks

马玉婷 侯利霞 刘玉兰 王颖颖

MA Yu-ting HOU Li-xia LIU Yu-lan WANG Ying-ying

(河南工业大学粮油食品学院, 河南 郑州 450001)

(School of Food Science and Technology, Henan University of Technology, Zhengzhou, Henan 450001, China)

摘要:以玉米油在 190 °C 下连续煎炸油条 32 h, 每 2 h 取一次煎炸油样, 对其感官、理化指标、 V_E 、脂肪酸等指标进行检测, 研究玉米油煎炸油条过程中的品质变化。结果表明: 连续煎炸 32 h 后, 玉米油的吸光度 $OD_{448\text{ nm}}$ 由 0.028 上升到 0.673, 酸价从 0.33 mg KOH/g 增大至 2.40 mg KOH/g, 羰基价由 7.78 meq/kg 增大至 97.40 meq/kg, 极性组分由 3.81% 增加至 30.16%。依据 GB 7102.1—2003 中的相关规定, 玉米油在 190 °C 下连续煎炸油条不宜超过 18 h。

关键词:玉米油; 油条; 煎炸品质

Abstract: The continuous frying experiment was proceeded at the frying temperature of 190 °C for 32 h by using coil oil to fry dough sticks. The quality indexes of coil oil sample were monitored for each two hours, and the quality changes of coil oil during frying dough sticks were studied. The study found that after continuous frying for 32 h, the colour ($OD_{448\text{ nm}}$) increased from 0.028 to 0.673, the acid value of coil oil increased from 0.33 to 2.40 mg KOH/g, the carbonyl value increased from 7.78 meq/kg to 97.40 meq/kg, and the total polar components increased from 3.81% to 30.16%. Compared with GB 7102.1—2003, the carbonyl value exceeded the limited quantity of ≤ 50 meq/kg after frying for 18 h, which was stated in the standard, and the total polar components exceeded the limited quantity ($\leq 27\%$) after frying for 28 h. With the carbonyl value as the judgment index, the frying life of corn oil should be about 18 h, while it should be 27 h with the total polar components as the judgment index. The continuous frying experiment should not exceed 18 h at the frying temperature of 190 °C by using coil oil to fry dough sticks.

Keywords: corn oil; fried dough sticks; frying quality

色、香、味俱全的煎炸食品一直深受人们喜爱。中国每年的煎炸油用量近百万吨^[1], 且在近年有显著增长。煎炸油

的品质直接影响消费者的健康。玉米油所含不饱和脂肪酸中的油酸和亚油酸含量高, 而亚麻酸含量低, 且富含多种天然生物活性组分, 尤其是天然抗氧化剂生育酚, 具有较好的抗氧化性。国内外有大量的研究表明玉米油有益人体健康, Si Hong-wei 等^[2]在小白鼠的膳食中加入了较高含量的玉米油, 试验结果显示摄入较高玉米油含量的饮食能改善衰老小白鼠的健康状况, 使之长寿; Hualin 等^[3]研究发现玉米油 (EVOO) 对慢性毒素造成的肝损伤有一定的保护作用。此外, 玉米油烟点高、粘度小, 是食用油及煎炸食品用油的良好选择。目前中国对煎炸油的研究报道以大豆油、棕榈油、棉籽油、米糠油等为主, 且侧重于在煎炸过程中油脂的理化指标变化及其煎炸稳定性^[4-5], 而对玉米油的煎炸性能和生育酚的变化研究甚少^[6], 且不够全面、系统。本研究拟以玉米油为煎炸介质, 连续煎炸油条, 系统研究其煎炸过程中的感官、理化指标、 V_E 及脂肪酸的变化。通过玉米油煎炸油条试验对不同煎炸时间的玉米油油样多项理化指标及 V_E 含量的检测, 结合煎炸油条的感官评价, 研究分析玉米油在煎炸过程中的品质变化规律, 并综合评价玉米油的煎炸性能, 以期对煎炸专用玉米油的开发应用提供技术支持。

1 材料与方 法

1.1 材料与仪器

1.1.1 材料与试剂

玉米胚芽油: 山东三星玉米产业科技有限公司;

多用途麦芯粉: 河南省雪健实业有限公司;

正己烷: 色谱纯, 纯度 99.99%, 天津市景隆元科技发展有限公司;

α 、 β 、 γ 、 δ -生育酚和 α 、 β 、 γ 、 δ -生育三烯酚标准品: 纯度 $\geq 98.0\%$, 北京三区生物技术有限公司。

1.1.2 主要仪器设备

单缸单筛电炸锅: EF-81 型, 广州唯利安西厨设备制作有限公司;

多功能搅拌机: BIO 型, 广东番禺力丰食品机械厂;

石油产品运动粘度测定器: SYD-265B 型, 上海昌吉地质仪器有限公司;

基金项目: 河南省科技攻关项目 (编号: 132102110027, 1521022110272)

作者简介: 马玉婷, 女, 河南工业大学在读硕士研究生。

通讯作者: 侯利霞 (1969—), 女, 河南工业大学副教授, 博士。

E-mail: hou1269@126.com.

收稿日期: 2015-10-19

气相色谱仪:7890B型,日本岛津公司;
 高效液相色谱仪:10-AT型,日本岛津公司;
 旋转蒸发器:RE52-86A型,上海亚荣生化仪器厂。

1.2 试验方法

1.2.1 油条的制作和煎炸 称取250 g面粉、7.5 g新型无铝害复配油条膨松剂、3.0 g食盐和2.5 g糖后倒入搅拌机中,混匀后边搅拌边倒入50~60℃的水175 g,7.0 min后面团表面光滑,取出,揉圆。在面团表面刷一层玉米油,用保鲜膜包好,在室温下放置醒发面团至少2 h。醒发后将面团制成厚1.0 cm、宽10 cm的坯条,静置2 min后再切成长2.0 cm的坯条,再将两个坯条合在一起,用竹筷顺压,之后手指轻捏两头缓慢拉长至25 cm放入油锅煎炸^[7]。

在煎炸锅中加入约8 L玉米油,加热升温至(190±5)℃。将拉好的面坯条放入锅里,炸制约50 s,至油条膨胀丰满、色泽金黄、结构均匀、体大皮薄、口感酥脆时,捞起沥油。约每1.5 min炸一根,不间断连续煎炸32 h,煎炸过程中不添加新油。煎炸开始后,每隔2 h取100 mL油样,冷却至室温后储藏于-20℃下待检。

1.2.2 油样的指标测定

(1) 色泽、气味、透明度、滋味测定:参照GB/T 5525—2008《植物油脂 透明度、气味、滋味鉴定法》。

(2) 色泽测定:采用分光光度法^{[8]70-72}。

(3) 粘度测定:参照GB/T 5516—2011《粮油检验 粮食运动粘度测定 毛细管粘度计法》。

(4) 碘值测定:参照GB/T 5532—2008《动植物油脂 碘值的测定》。

(5) 酸价、羰基价测定:参照GB/T 5009.37—2003《食用植物油卫生标准的分析方法》。

(6) 极性组分测定:参照GB/T 5009.202—2003《食用植物油煎炸过程中极性组分(PC)的测定》。

(7) 脂肪酸组成及反式脂肪酸的测定:参照GB/T

17376—2008《动植物油脂 脂肪酸甲酯制备》和GB/T 17377—2008《动植物油脂 脂肪酸甲酯的气相色谱分析》。

(8) 脂肪酸甲酯:采用三氟化硼法^{[8]107-109}。

(9) 生育酚含量测定:参照GB/T 26635—2011《动植物油脂 生育酚及生育三稀酚含量测定 高效液相色谱法》。

2 结果与分析

2.1 玉米油煎炸油条过程中感官品质的变化

玉米油连续煎炸油条32 h过程中,煎炸油色泽、气味、透明度、油烟和泡沫都发生明显变化。首先煎炸油的色泽由最初的浅黄色逐渐加深,依次变为黄色、棕色、棕红色、深棕红色,最终变为黑红色。其次,玉米原油气味清香,煎炸开始后,玉米油出现煎炸香味,之后香味逐渐加重,煎炸后期出现焦糊味。玉米原油澄清透亮,煎炸约26 h后,玉米油微浊,粘度增大。玉米油约煎炸至12 h出现微量油烟,煎炸过程中逐渐加重,煎炸至22 h时,出现大量油烟。玉米油约煎炸至16 h时出现微量泡沫,且泡沫随着煎炸时间的延长逐渐增多,煎炸至28 h时出现大量泡沫,每次放入新的面坯煎炸约15 s后,泡沫才会消失。连续煎炸32 h后,冷却,倒出煎炸油后可观察到锅底部有少量黑棕色的油渣沉积。

在油条的煎炸过程中,玉米油始终处于高温条件下,与空气中的氧气和油条中的淀粉、水分等接触,发生了美拉德、焦化、热聚合、热分解等复杂的化学反应,并产生一系列的反应产物,如:聚合物、游离脂肪酸、二硫化小分子挥发产物(醇、羰基化合物、酸、烃类)等,这些产物导致了煎炸油的色泽加深、气味变重、逐渐浑浊、油烟增多、泡沫增多、粘度增加等现象^[9]。

2.2 玉米油煎炸过程中质量指标的变化

在玉米油连续煎炸油条32 h的过程中,每隔2 h取一次油样,对其各项指标进行检查,结果见表1。

表1 在油条煎炸过程中玉米油质量指标的变化

Table 1 The quality indexes changes of corn oil during frying dough sticks

煎炸时间/ h	色泽 ($OD_{448\text{ nm}}$)	运动粘度/ ($\text{mm}^2 \cdot \text{s}^{-1}$)	碘值/ ($10^{-2} \text{g} \cdot \text{g}^{-1}$)	酸价/ ($\text{mg KOH} \cdot \text{g}^{-1}$)	羰基价/ ($\text{meq} \cdot \text{kg}^{-1}$)	极性组分/ %
0	0.028	8.10	132.04	0.33	7.78	3.81
2	0.058	8.40	121.24	0.39	12.90	5.12
4	0.092	8.82	113.35	0.44	17.75	6.49
6	0.128	9.25	108.41	0.49	20.70	8.25
8	0.149	9.32	103.51	0.58	25.10	9.11
10	0.171	9.83	99.79	0.69	29.30	12.66
12	0.201	9.84	96.81	0.77	33.12	14.95
14	0.232	10.13	92.88	0.85	39.10	16.50
16	0.265	10.69	90.24	0.97	46.35	18.67
18	0.308	10.78	87.20	1.10	50.59	19.72
20	0.346	10.99	85.21	1.24	56.55	20.25
22	0.382	11.19	84.02	1.37	60.15	21.26
24	0.439	11.25	83.25	1.54	66.70	22.14
26	0.482	11.80	83.01	1.71	72.95	25.05
28	0.537	12.32	82.08	1.95	81.25	27.16
30	0.599	13.17	81.10	2.21	87.10	28.51
32	0.673	13.68	80.89	2.40	97.40	30.16

由表 1 可知,在连续高温煎炸条件下,玉米油色泽随着时间的推移而明显加深。 $OD_{448\text{ nm}}$ 由最初的 0.028 上升到 0.673,增加了 0.645。玉米油在煎炸过程中与水分、空气、淀粉、糖类等发生了美拉德反应、焦化反应等复杂的化学反应,均会造成玉米油的吸光度增大;而且油条局部加热及残渣深度煎炸碳化等因素都会造成玉米油的色泽加深。色泽可以直接鉴别玉米煎炸油的劣变程度。

玉米煎炸油的运动粘度也随着时间的延长而持续增大。煎炸 32 h 后,玉米油的运动粘度由最初的 $8.10\text{ mm}^2/\text{s}$ 增大至 $13.68\text{ mm}^2/\text{s}$,增大了 68.88%。造成玉米煎炸油粘度逐渐增大的主要原因是氧化聚合反应、热聚合反应产生的大分子聚合物在煎炸过程中越来越多,且大分子聚合物的粘度比甘油酯大,所以玉米油的粘度随着大分子聚合物的累计而逐渐增大^[10]。

新鲜的玉米油的碘值为 $132.04\text{ g}/100\text{ g}$,随着时间的推移,碘值持续降低,煎炸 32 h 后减小至 $80.89\text{ g}/100\text{ g}$ 。在刚开始煎炸的 20 h 中,玉米油的碘值随着煎炸时间的延长急剧下降,20 h 后下降趋势减缓。碘值可以衡量玉米油的不饱和程度,在高温下连续煎炸的过程中,玉米油会发生热聚合和热氧化反应,导致玉米煎炸油的碘值持续下降,不饱和度逐渐降低^[11]。

由表 1 可知,玉米油的酸价随着煎炸时间的延长逐渐增大,且增大的幅度越来越大,从最初的 $0.33\text{ mg}/\text{g}$ 增大至 $2.40\text{ mg}/\text{g}$,虽未超出 GB 7102.1—2003《食用植物油煎炸过程中的卫生标准》中规定酸价 $\leq 5\text{ mg}/\text{g}$ 的限量,但可以体现玉米煎炸油的劣变程度。玉米油在高温煎炸过程中酸价升高的原因是多方面的:① 在高温下玉米油与面坯中的水分相接触,发生了水解反应,产生了游离脂肪酸;② 在高温煎炸过程中,玉米油发生氧化反应产生的氢过氧化物能进一步分解或聚合,而分解反应会产生一系列的小分子物质(醛、

酮、酸),其中小分子酸也是导致玉米酸价升高的原因之一^[12]。

有研究^[7,13-14]指出羰基价是评价油脂深度煎炸寿命的最灵敏指标。由表 1 还可以看出,玉米油的羰基价随着煎炸时间的延长而不断增大,22 h 后羰基价增大趋势显著增加。玉米油在 32 h 的高温煎炸过程中,羰基价由 $7.78\text{ meq}/\text{kg}$ 增大至 $97.40\text{ meq}/\text{kg}$,增幅 $89.62\text{ meq}/\text{kg}$ 。煎炸至 16 h 时羰基价为 $46.35\text{ meq}/\text{kg}$,18 h 时羰基价为 $50.59\text{ meq}/\text{kg}$,而 GB 7102.1—2003 中规定羰基价 $\leq 50\text{ meq}/\text{kg}$,所以玉米油的安全煎炸寿命为 18 h 左右。造成羰基价持续上升的原因是在连续高温煎炸过程中玉米油不断氧化生成的氢过氧化物,而氢过氧化物聚集到一定程度会发生分解,不断产生醛、酮及其聚合物等羰基化合物。

由表 1 可知,玉米油的总极性组分含量随着煎炸时间的延长,呈逐渐增大的趋势。煎炸 32 h 时玉米油的极性组分由 3.81% 增大至 30.16%,且 26 h 时玉米煎炸油的总极性组分含量为 25.05%,28 h 时为 27.16%。GB 7102.1—2003 中规定极性组分 $\leq 27\%$,因此依据极性组分指标,玉米油的安全煎炸寿命约为 27 h。极性组分增加的原因是玉米油在煎炸油条的过程中,发生热氧化、热聚合、热裂解和水解等复杂的化学反应,不断地产生一系列比甘油酯极性大的反应产物。

2.3 玉米油在煎炸过程中 V_E 含量的变化

对不同煎炸时间所取玉米煎炸油样检测生育酚和生育三烯酚的含量,检测结果见表 2。

由表 2 可知,未煎炸玉米油中初始 V_E 含量较高且 8 种组分齐全,其中 γ -TP 的含量高达 $61.32\text{ mg}/100\text{ g}$,占了总 V_E 含量的 59.76%; α -TP 含量为 $27.84\text{ mg}/100\text{ g}$,占了 27.13%; δ -TT 的含量最小,仅为 $1.03\text{ mg}/100\text{ g}$,仅占 V_E 总含

表 2 在煎炸油条过程中玉米油生育酚和生育三烯酚含量的变化[†]

Table 2 The changes in the content of tocopherol and tocotrienol of corn oil during frying dough sticks

煎炸时间/h	mg/100 g							
	α -TP	β -TP	γ -TP	δ -TP	α -TT	β, γ -TT	δ -TT	V_E 总量
0	27.84	1.61	61.32	3.95	2.23	4.63	1.03	102.61
2	23.36	2.91	63.08	4.08	1.80	4.20	1.13	100.55
4	19.95	1.83	44.05	3.48	1.84	3.33	1.13	75.61
6	17.94	1.73	41.95	3.25	1.49	2.39	1.08	69.82
8	17.45	1.07	29.03	3.06	1.68	2.26	1.11	55.65
10	17.47	1.07	26.63	3.06	1.81	2.09	1.07	53.19
12	12.09	1.56	30.15	2.29	1.04	2.19	1.09	50.43
14	14.97	0.94	21.87	2.78	3.72	2.29	1.11	47.67
16	14.90	0.90	20.58	2.79	2.42	1.53	1.10	44.23
18	11.39	1.00	23.20	2.33	0.97	1.66	1.10	41.65
20	14.50	0.90	17.21	2.52	2.92	1.37	1.12	40.54
22	9.71	0.74	5.58	2.02	1.65	0.86	1.09	21.66
24	4.46	0.48	6.95	1.23	0.41	0.47	1.07	15.07
26	4.93	0.52	3.31	1.33	0.59	0.46	1.10	12.23
28	5.46	0.56	1.78	1.47	0.93	0.58	1.09	11.87
30	3.06	0.43	1.53	1.06	0.42	0.36	1.08	7.93
32	0.52	0.31	—	0.64	0.13	0.05	1.09	2.73

† “—”表示未检出。TP 为生育酚,TT 为生育三烯酚。

量的1.00%,但却是8种组分中最稳定的。前2h玉米油的 V_E 含量基本无变化,但随着煎炸时间的延长,玉米油中的各种生育酚和生育三烯酚含量以及 V_E 总量均急剧降低,32h时 γ -TP已完全消失,其他组分含量甚微。这是因为 V_E 是天然的抗氧化剂,其自身性质非常活泼,且对光、热、金属离子等非常敏感,易发生氧化分解和聚合作用^[15-16],也正是 V_E 的这个性质提高了玉米油的氧化稳定性。 V_E 在煎炸过程中快速损失,在煎炸后期几乎损失殆尽,说明 V_E 具有明显的抗氧化优势,其抗氧化能力优于其他抗氧化成分(植物甾醇等),这一结果与Afinisha Deepam L. S. 等^[17]的研究相一致。

2.4 脂肪酸组成及反式脂肪酸含量的变化

对未煎炸玉米油(0h)、煎炸中期煎炸油(16h)、煎炸末期煎炸油(32h)油样进行脂肪酸组成分析,结果见表3。

表3 在油条煎炸过程中玉米油脂肪酸组成的变化[†]

Table 3 The fatty acid composition changes of corn oil during frying dough sticks

脂肪酸组成%	煎炸时间/h			GB 19111—2003
	0	16	32	
辛酸 C8:0	—	0.12	0.27	ND~0.3%
豆蔻酸 C14:0	0.05	0.04	0.05	ND~0.3%
棕榈酸 C16:0	11.82	13.17	14.21	8.6%~16.5%
棕榈一烯酸 C16:1	0.10	0.14	0.11	ND~0.5%
硬脂酸 C18:0	1.91	1.95	2.12	ND~3.3%
反油酸 t18:1	—	0.02	0.09	
油酸 C18:1	29.68	31.16	32.42	20.0%~42.2%
反亚油酸 t18:2	—	1.02	1.17	
亚油酸 C18:2	54.06	49.73	46.48	34.0%~65.6%
反亚麻酸 t18:3	0.11	0.12	0.11	
亚麻酸 C18:3	0.53	0.46	0.38	ND~2.0%
花生酸 C20:0	0.41	0.45	0.48	0.3%~1.0%
山嵛酸 C22:0	0.17	0.14	0.15	ND~0.5%
木质素酸 C24:0	0.17	0.17	0.18	ND~0.5%
SFA	14.53	16.04	17.46	
MUFA	29.78	31.30	32.53	
PUFA	54.59	50.19	46.86	
总 TFA	0.11	1.16	1.37	

[†] SFA为饱和脂肪酸,MUFA为单不饱和脂肪酸,PUFA为多不饱和脂肪酸,总TFA为总反式脂肪酸;ND表示未检出,定义为0.05%。

由表3可知,随着煎炸时间的延长,玉米油的饱和脂肪酸(C8:0、C14:0、C16:0、C18:0、C20:0、C22:0、C24:0)、单不饱和脂肪酸(C16:1、C18:1)和总反式脂肪酸的百分含量相对增多,而多不饱和脂肪酸(C18:2、C18:3)的百分含量相对减少。玉米油的总反式脂肪酸含量逐渐增大,反油酸和反亚油酸的百分含量也符合这一趋势,而反亚麻酸却是先增大后减小,这可能是由于t18:3碳链长,且含有3个不饱和双键,在高温煎炸条件下不稳定,分解成了其他小分子物质。与GB 19111—2003《玉米油》相比,煎炸32h之后,玉米煎炸油的脂肪酸组成整体上仍在限定范围内。

3 结论

通过玉米油连续煎炸油条32h的试验,并且对不同煎

炸时间所取的煎炸油样的指标进行了检测分析,结果表明:色泽、粘度、糠基价、酸价、极性组分含量均是测定煎炸油煎炸寿命的灵敏指标,碘值可作为间接判断指标。在本试验煎炸操作条件下,玉米油连续煎炸油条不宜超过18h。本研究在前人的基础上对玉米油的煎炸性能进行了研究,确定了在此条件下玉米油的煎炸寿命以及判断煎炸寿命的灵敏指标,但不同温度、不同食材等条件下玉米油的煎炸性能还需要进一步研究。

参考文献

- [1] 李阳,钟海燕,李晓燕,等.煎炸用油品质变化及测定方法研究进展[J].食品与机械,2008,24(6):148-151.
- [2] Si Hong-wei, Zhang Long-yun, Liu Si-qin, et al. High corn oil dietary intake improves health and longevity of aging mice[J]. Experimental Gerontology, 2014, 58: 244-249.
- [3] Hualin Wang, Wat-Hung Sitb, Tipoe G. L., et al. Differential protective effects of extra virgin olive oil and corn oil in liver injury: A proteomic study[J]. Food and Chemical Toxicology, 2014, 74: 131-138.
- [4] 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.
- [5] Bou R, Navas J A, Codony T R, et al. Quality assessment of frying fats and fried snacks during continuous deep-fat frying at different large-scale producers[J]. Food Control, 2012, 27(1): 254-267.
- [6] 李桂华,刘振涛,霍华美.煎炸条件对玉米油品质劣变的影响研究[J].农业机械,2012(24):69-72.
- [7] 王莹辉,刘玉兰,李时军.米糠油在油条煎炸过程中的品质变化研究[J].中国油脂,2013,38(12):28-32.
- [8] 李桂华.油料油脂检验与分析[M].北京:化学工业出版社,2006.
- [9] 王斌.油炸过程中油的质量变化及其检测方法[J].食品工业科技,2007,28(10):232-234.
- [10] 宋丽娟.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.
- [11] 朱圣陶,江伟威,杨秀鸿,等.碘价在煎炸油卫生质量控制中应用探讨[J].中国公共卫生,2000,16(8):734-734.
- [12] 毕艳兰.油脂化学[M].北京:化学工业出版社,2005:70,78,80,208.
- [13] 龙奇志,钟海雁,李阳,等.茶油深层煎炸稳定性的研究[J].中国食品学报,2012,12(4):208-213.
- [14] 陈锋亮,魏益民,钟耕.大豆油高温煎炸质变过程的研究[J].中国油脂,2006,31(8):19-22.
- [15] 梁少华.植物油料资源综合利用[M].南京:东南大学出版社,2009:355-389,460-461.
- [16] Garcia J O, Meza N G, Rodriguez J A N, et al. Refining of high oleic safflower oil: Effect on the sterols and tocopherols content[J]. European Food Research and Technology, 2006, 223(6):775-779.
- [17] Afinisha Deepam L S, Sundaresan A, Arumughan C. Stability of rice bran oil in terms of oryzanol, tocopherols, tocotrienols and sterols[J]. Journal of the American Oil Chemists' Society, 2011, 88(7):1001-1009.