

3种食用油在薯条煎炸过程中的品质变化

慕鸿雁, 郑琦

(青岛农业大学食品科学与工程学院, 山东 青岛 266109)

摘要: 以大豆油、葵花籽油、棕榈油为研究对象, 探讨在(180±5)℃条件下煎炸薯条, 每天连续煎炸4h, 共煎炸5d后各食用油理化指标的变化。结果表明: 随着煎炸时间延长, 3种食用油的色泽加深、黏度增加; 酸价(AV)显著增加, 但未超过国家标准; 碘价(IV)则随着煎炸过程进行而逐步降低; 过氧化值(POV)在煎炸过程中均先上升后下降, 其中大豆油和葵花籽油的POV呈波动性; 煎炸3d后, 大豆油、葵花籽油的羰基值(CV)超过或非常接近国家标准50meq O₂/kg, 煎炸4d后, 两种油的极性化合物(TPM)含量超过国家标准; 整个煎炸过程中棕榈油的CV和TPM含量均低于大豆油和葵花籽油。

关键词: 大豆油; 葵花籽油; 棕榈油; 煎炸; 品质变化

Quality Change of Three Kinds of Edible Oil during Frying Process

MU Hong-yan, ZHENG Qi

(College of Food Science and Engineering, Qingdao Agricultural University, Qingdao 266109, China)

Abstract: Physicochemical changes of soybean oil, sunflower oil, and palm oil when used to fry potato chips for consecutively 4 h/d a day in 5 consecutive days were evaluated in this study. The color of the three kinds of edible oil became dark and an increase in their viscosity was observed with increasing frying time. Moreover, the acid value (AV) showed an obvious increase but did not exceed the national standard, whereas increasing frying time resulted in gradually reduced iodine value (IV). All these edible oils revealed an initial increase followed by a decrease in peroxide value (POV), and soybean oil and sunflower oil showed fluctuant variations. Soybean oil and sunflower oil revealed a carbonyl value (CV) exceeding or very close to 50 meq O₂/kg of the national standard as a result of repeated use for 3 days. On the fourth day, the content of total polar materials (TPM) in both oils exceeded the national standard. In contrast, CV and TPM of palm oil remained lower than those of soybean oil and sunflower oil during the whole frying process.

Key words: soybean oil; sunflower oil; palm oil; frying; quality change

中图分类号: TS225

文献标识码: A

文章编号: 1002-6630(2012)19-0168-04

煎炸是食品业和餐饮业进行食品脱水、熟制的重要手段之一, 在油炸及后续的冷却过程中, 油脂作为热交换介质和食品的组分, 吸附于食品表面, 渗入食品内部, 赋予食品良好的风味和质地^[1-2]。油炸食品通常含油量较高, 如方便面中含油率为20%左右, 而油炸薯条等含油率则高达35%以上^[3-4]。高含油率的食品增加人体摄入脂肪量, 油脂中的饱和脂肪酸会提高人体内低密度脂蛋白水平, 增加人群患病风险。此外, 在高温煎炸过程中, 油脂会发生一系列的物理化学变化, 生成大量的脂质氧化物和过氧化物等有害物质, 使得油脂黏度增大、色泽加深, 且产生麻、涩、苦、酸等异味^[5-7]。所有这些变化不仅会降低食用油的使用货架期, 而且会增加油炸食品的安全性风险, 因此食用油的煎炸品质直接影响到油炸食品的品质和安全性^[8]。

不同的食用油具有不同的脂肪酸组成, 其中所含的微量组分也有差别, 因此其煎炸特性也存在差异。以大豆油、棕榈油和葵花籽油为研究对象, 探讨其在煎炸过程中理化指标变化, 分析食用油在反复煎炸过程中的使用极限, 以期为餐饮业合理使用煎炸油提供理论依据和技术参考。

1 材料与amp;方法

1.1 材料与试剂

金龙鱼一级大豆油、葵花籽油一级 上海益海嘉里集团; 食用棕榈油 新实力食品科技(南京)有限公司; 马铃薯为市购。所有油低温密封保存。

收稿日期: 2011-08-04

作者简介: 慕鸿雁(1978—), 女, 讲师, 硕士, 研究方向为油脂加工及分析检测。E-mail: mhyjiayu@yahoo.cn

无水乙醇、硫酸、乙酸 莱阳市康德化工有限公司；石油醚 淄博旺旭化工有限公司；氢氧化钾 天津市巴斯夫化工有限公司；无水乙醚 上海试一化学试剂有限公司；三氯乙酸 上海金成化工有限公司；环己烷 岳阳昌德化工实业有限公司；碘化钾 河南万隆化工有限公司；硫代硫酸钠 盐城市庆华化工有限公司；一氯化碘 青岛正业试剂仪器有限公司；三氯甲烷 广饶振邦化工有限公司；冰乙酸 天津市恒兴化学试剂制造有限公司；2,4-二硝基苯肼 北京恒业中远化工有限公司；苯 天津市正安化工贸易有限公司；硅胶(60~100目) 青岛裕民源硅胶试剂厂。

1.2 仪器与设备

油炸平底锅、电炉 苏泊尔有限公司；NDJ-5S数字旋转黏度计 上海恒平科学仪器有限公司；752紫外-可见分光光度计、WSL-Z 比较测色仪 上海精密科学仪器有限公司。

1.3 方法

1.3.1 煎炸过程

将马铃薯洗净、去皮后，切成8.0cm×1.0cm×1.0cm的长条，浸泡在水中以脱除淀粉，在油炸前取出沥去水分，并用滤纸吸干。在锅中倒入3L油，加热至(180±5)℃，每次投入马铃薯条300g，炸熟后捞出，待油冷却后取100mL油样，密封置于冰箱中备用。每天连续煎炸4h，共煎炸5d，取油样6次。煎炸过程中不添加新油。

1.3.2 煎炸油理化指标的测定

色泽测定：参照 GB/T 5525—2008《植物油脂透明度、气味、滋味鉴定法》；黏度的测定^[9]：将煎炸油样置入直径小于70mm的烧杯中，准确地控制被测液体的温度，选择合适的转子，试样在测试温度下充分恒温，以保持示值稳定准确。根据面板数字显示，记录所测黏度数值。碘价(IV)测定：参照GB/T 5532—2008《动植物油脂 碘值的测定》；酸价(AV)、过氧化值(POV)、羰基值(CV)测定：参照GB/T 5009.37—2003《食用植物油卫生标准的分析方法》；极性化合物(TPM)含量测定：参照GB/T 5009.202—2003《食用植物油煎炸过程中的极性组分的测定》。

1.4 数据分析与处理

采用SPSS17.0进行Duncan's检验($P < 0.05$)，以均值 $\bar{x} \pm s$ 表示。所有实验做3次平行。

2 结果与分析

2.1 3种食用油煎炸过程中色泽与黏度的变化

食用油的色泽和黏度是评价食用油败坏的两个最直观的指标。在煎炸过程中油脂中的甘油三酸酯和游离脂

肪酸氧化降解，生成较为稳定的羰基化合物，增加了对可见光的吸收^[10-11]，导致油脂的色泽加深。由表 1可以看出，3种食用油在煎炸第1天颜色变化均达到显著水平，棕榈油煎炸第2天后颜色变化相比第1天不显著，第3天后颜色随着煎炸时间延长而发生显著的变化；大豆油和葵花籽油在整个煎炸过程中色泽变化与时间成正相关，到第5天时两种油均呈深棕褐色。

表 1 3种食用油煎炸过程中色泽与黏度的变化
Table 1 Changes in color and viscosity of three oil samples during frying process

指标	煎炸时间/d	大豆油	葵花籽油	棕榈油
红 值	0	0.40 ± 0.00 ^a	0.52 ± 0.20 ^a	1.13 ± 0.05 ^a
	1	0.90 ± 0.00 ^b	1.09 ± 0.20 ^b	2.15 ± 0.05 ^b
	2	1.93 ± 0.06 ^c	2.43 ± 0.21 ^c	2.20 ± 0.00 ^b
	3	2.90 ± 0.00 ^d	3.52 ± 0.36 ^d	3.03 ± 0.06 ^c
	4	3.87 ± 0.05 ^e	4.60 ± 0.28 ^e	3.50 ± 0.00 ^d
色 泽 [*]	5	4.50 ± 0.00 ^f	5.15 ± 0.05 ^f	3.73 ± 0.05 ^e
	0	11.20 ± 0.00 ^a	9.60 ± 0.15 ^a	7.00 ± 0.00 ^a
	1	15.00 ± 0.05 ^b	14.31 ± 0.24 ^b	11.10 ± 0.00 ^b
	2	17.15 ± 0.05 ^c	16.20 ± 0.14 ^c	17.10 ± 0.00 ^c
	3	24.00 ± 0.00 ^d	23.52 ± 0.07 ^d	17.12 ± 0.00 ^c
黄 值	4	28.90 ± 0.15 ^e	27.54 ± 0.12 ^e	21.80 ± 0.00 ^d
	5	30.00 ± 0.10 ^f	31.61 ± 0.16 ^f	22.07 ± 0.06 ^c
	0	43.42 ± 0.15 ^a	45.45 ± 0.25 ^a	47.20 ± 0.76 ^a
	1	47.20 ± 0.55 ^b	48.40 ± 0.30 ^b	49.54 ± 0.25 ^b
	2	54.52 ± 0.15 ^c	57.75 ± 0.25 ^c	51.31 ± 0.36 ^c
黏 度/ (mPa·s)	3	63.85 ± 1.00 ^d	64.15 ± 0.25 ^d	53.18 ± 1.15 ^d
	4	71.59 ± 0.95 ^e	70.40 ± 0.10 ^e	60.65 ± 0.32 ^c
	5	73.46 ± 1.15 ^f	72.65 ± 0.15 ^f	63.72 ± 1.55 ^f

注：*：第0、1、2天用133.4mm比色槽，第3、4、5天用25.4mm比色槽；同列不同字母表示差异显著($P < 0.05$)。下同。

黏度是煎炸油的一个物理特性常数，与油炸温度及食用油的化学组成有关。油在煎炸过程中发生聚合反应，生成大分子的聚合物，是导致黏度增加的主要原因。相关研究^[12]认为，食用油反复油炸后黏度增加，使得食品吸油率增加，影响食品油水界面悬浮气泡的移除，因此导致在油炸过程中的热传递系数降低。油脂的黏度越高，油脂的败坏程度越高。由表 1可以看出，随着煎炸时间的延长，油脂聚合程度加剧，3种油在煎炸过程中黏度均显著增加，大豆油、葵花籽油、棕榈油在油炸5d后黏度分别增加了40.9%、33.4%、22.3%，棕榈油黏度增加最小，说明棕榈油的煎炸稳定性优于其他两种油。

2.2 3种食用油煎炸过程中化学指标的变化

2.2.1 AV和IV的变化

表2 3种食用油煎炸过程中AV和IV的变化

Table 2 Changes in AV and IV of three oil samples during frying process

指标	煎炸时间/d	大豆油	葵花籽油	棕榈油
AV/ (mg KOH/g)	0	0.18 ± 0.02 ^a	0.16 ± 0.01 ^a	0.19 ± 0.02 ^b
	1	0.35 ± 0.02 ^b	0.34 ± 0.00 ^b	0.31 ± 0.02 ^b
	2	0.44 ± 0.01 ^c	0.46 ± 0.01 ^c	0.41 ± 0.01 ^c
	3	0.75 ± 0.01 ^d	0.71 ± 0.02 ^d	0.63 ± 0.00 ^d
	4	0.92 ± 0.01 ^e	0.91 ± 0.02 ^e	0.81 ± 0.01 ^e
	5	1.24 ± 0.01 ^f	1.20 ± 0.02 ^f	1.01 ± 0.01 ^f
IV/ (g I ₂ /100g)	0	128.10 ± 1.02 ^f	124.23 ± 0.05 ^f	56.18 ± 0.52 ^f
	1	126.90 ± 0.52 ^e	123.54 ± 0.51 ^e	55.66 ± 0.15 ^e
	2	124.31 ± 1.01 ^d	121.38 ± 0.25 ^d	54.52 ± 0.22 ^d
	3	123.49 ± 0.81 ^c	120.50 ± 0.43 ^c	53.49 ± 0.10 ^c
	4	121.56 ± 0.21 ^b	119.41 ± 0.26 ^b	52.22 ± 0.44 ^b
	5	119.07 ± 0.83 ^a	117.92 ± 0.02 ^a	51.75 ± 0.27 ^a

由表2可以看出, 3种食用油都随着煎炸时间延长, AV逐渐升高, 且达到显著水平。AV升高与甘油三酸酯水解和热降解反应生成游离脂肪酸(FFA)有关, 当游离脂肪酸含量>1.0%时, 食用油烟点降低, 使得煎炸食品吸油率升高, 食用油便不可用^[13]。3种食用油煎炸5d后AV仍远低于我国现有的国家标准5mg KOH/g。相关研究^[11]认为, 在绝大多数深层油炸中, 由于油脂水解产生的FFA含量很少, 而AV降低主要是由于不饱和脂肪酸氧化所致。由于传统的滴定法所测AV无法将水解和氧化两者的作用区分开, 因此AV不能单独作为评价煎炸油败坏的因素。

IV表示油脂的不饱和程度。在煎炸过程中, 3种食用油的IV逐渐降低, 煎炸5d后, 大豆油、葵花籽油、棕榈油的IV分别从128.10、124.23、56.18g I₂/100g下降至119.07、107.92、51.75g I₂/100g, 这是由于在高温煎炸过程中, 油脂中的不饱和双键发生氧化聚合、氧化分解等反应, 使得双键数目减少, 因而3种食用油的IV相比原油的要低。

2.2.2 POV、CV、TPM的变化

由表3可以看出, 3种油的POV在煎炸第2天显著升高($P<0.05$), 大豆油、葵花籽油分别在第2天和第3天达到最大值, 此后略有下降, 并呈波动趋势; 棕榈油在煎炸第4天后POV达到最大, 此后下降不明显。大豆油、葵花籽油POV显著升高, 是因为这两种油富含亚油酸, 极易被氧化, 因此过氧化物生成速率较快。在深层油炸条件下, 油脂氧化降解所生成的过氧化物不稳定, 在高温下继续氧化生成含羰基化合物和醛类物质, 因而在后续煎炸过程中POV均呈降低趋势。

表3 3种食用油煎炸过程中POV、CV、TPM的变化

Table 3 Changes in POV, CV and TPM of three oil samples during frying process

指标	煎炸时间/d	大豆油	葵花籽油	棕榈油
POV/ (mmol/kg)	0	0.85 ± 0.12 ^a	0.59 ± 0.02 ^a	1.05 ± 0.00 ^a
	1	2.13 ± 0.0 ^b	1.86 ± 0.19 ^b	2.85 ± 0.05 ^b
	2	4.67 ± 0.29 ^d	4.35 ± 0.46 ^d	3.35 ± 0.02 ^c
	3	4.45 ± 0.02 ^d	4.53 ± 0.05 ^c	3.75 ± 0.10 ^d
	4	3.94 ± 0.06 ^c	4.39 ± 0.05 ^d	4.25 ± 0.50 ^c
	5	4.12 ± 0.09 ^c	4.20 ± 0.08 ^c	4.22 ± 0.29 ^c
CV/ (meqO ₂ /kg)	0	8.85 ± 0.45 ^a	7.89 ± 0.54 ^a	9.52 ± 0.65 ^a
	1	23.67 ± 0.43 ^b	22.05 ± 0.31 ^b	18.76 ± 0.27 ^b
	2	36.52 ± 0.97 ^c	36.20 ± 1.11 ^c	30.41 ± 0.37 ^c
	3	50.97 ± 0.32 ^d	49.63 ± 0.26 ^d	42.52 ± 0.24 ^d
	4	64.43 ± 1.05 ^e	63.84 ± 1.40 ^e	55.94 ± 1.13 ^e
	5	80.30 ± 0.82 ^f	78.73 ± 0.37 ^f	70.37 ± 1.21 ^f
TPM含量/%	0	4.77 ± 0.80 ^a	5.05 ± 0.25 ^a	4.02 ± 0.30 ^a
	1	15.55 ± 0.51 ^b	14.97 ± 0.25 ^b	12.04 ± 0.52 ^b
	2	19.57 ± 1.08 ^c	18.23 ± 0.25 ^c	16.25 ± 0.78 ^c
	3	25.20 ± 1.00 ^d	24.25 ± 0.25 ^d	20.84 ± 1.00 ^d
	4	29.28 ± 1.20 ^e	27.25 ± 0.25 ^e	25.62 ± 0.75 ^e
	5	36.01 ± 0.50 ^f	35.25 ± 0.25 ^f	31.10 ± 0.98 ^f

羰基类化合物是指油脂在高温下氧化酸败生成的酮、醛类等有害化合物和聚合物, 是煎炸油热劣变的灵敏指标。3种食用油的CV与煎炸时间呈线性相关。Farhoosh等^[14]认为食用油煎炸生成的羰基化合物在加热过程中会进一步降解生成新的物质, 因此在油炸过程中CV先上升至最大值后下降。在本研究中, 随着煎炸时间延长, 3种油的CV均显著增加, 与宋丽娟^[10]、钱丽燕^[15]等的研究结果一致。在煎炸第3天后, 大豆油、葵花籽油的CV达到50.97和49.63meqO₂/kg, 已经超过或非常接近国家关于煎炸油的CV标准50meqO₂/kg, 说明大豆油、葵花籽油在180℃油炸12h后, 即失去食用油的煎炸价值。棕榈油的CV为42.52meqO₂/kg, 远低于大豆油和葵花籽油的CV, 说明棕榈油的煎炸稳定性较其他两种油好。

(TPM)是指在煎炸过程中, 食用油因在高温下连续重复使用, 发生了氧化、聚合、裂解和水解等反应, 生成含碳基、羧基、酮基、醛基等的化合物, 由于这些化合物比甘油三酸酯极性高, 故被称为极性化合物^[16]。测定TPM的含量被认为是评价煎炸油败坏程度最可靠的手段之一^[11,17]。食用油中含有较高的TPM会促进异味物质的产生和油脂的早期氧化^[18]。3种食用油的初始极性化合物含量均较低, 说明所选择的3种食用油品质优良。由表3可以看出, 3种食用油的TPM含量均随着煎炸时间的延长而增加, 且各阶段的变化均达到显著水平($P<0.05$)。

欧洲许多国家规定,煎炸油中极性组分在25%~27%之间,超过该值的食用油必须强制性废弃,我国食用油卫生标准中规定TPM含量不得超过27%。在煎炸第4天,大豆油和葵花籽油的TPM分别达到29.28%和27.25%,已经超过国家标准,而棕榈油的TPM含量为25.62%,也接近于国家限值。因此综合研究结果,3种食用油在180℃下煎炸时间以不超过12h为宜。

3 结论

大豆油、葵花籽油、棕榈油在(180±5)℃,每天连续煎炸4h,间断煎炸5d后各理化指标均发生了显著性的变化:1)随着煎炸时间的延长,3种油的色泽加深,黏度大大增加;2)在煎炸过程中,3种油在各阶段AV的变化均达到显著水平,但煎炸5d后各种油的AV均未超过国家标准,因此AV不能作为评价油脂败坏的依据;IV随着煎炸过程的进行呈逐步降低趋势;3)3种油的POV均呈现先上升后下降趋势,大豆油和葵花籽油的POV呈波动性;煎炸3d后,大豆油、葵花籽油的CV超过或非常接近国家标准50meqO₂/kg,说明大豆油、葵花籽油在180℃油炸12h后,即失去食用油的煎炸价值;3种食用油的TPM含量均随着煎炸时间的延长而增加,且各阶段的变化均达到显著水平,煎炸第4天,大豆油和葵花籽油的TPM含量超过国家标准;棕榈油的CV和TPM含量均远低于大豆油和葵花籽油,说明棕榈油作为食用油具有较高的煎炸稳定性。

影响食用油煎炸特性的因素很多,总的来讲,煎炸时间越长,油脂败坏程度越高,有害物质积累越多,食品的安全性风险也越高。因此,在煎炸过程中,一定要严格控制食用油煎炸时间,从而确保食品的风味优良、营养丰富、食用安全。

参考文献:

- [1] DURÁN M, PEDRESCHI F, MOYANO P, et al. Oil partition in pre-treated potato slices during frying and cooling[J]. Journal of Food Engineering, 2007, 81(1): 257-265.
- [2] PEDRESCHI F, COCIO C, MOYANO P, et al. Oil distribution in potato slices during frying[J]. Journal of Food Engineering, 2008, 87(2): 200-212.
- [3] AGUILERA J M, GLORIA-HERNANDEZ H. Oil absorption during frying of frozen parfried potatoes[J]. Journal of Food Science, 2000, 65(3): 476-479.
- [4] 于新华, 孙红文, 徐文柏, 等. 关于开发应用食品专用煎炸油的讨论[J]. 粮食流通技术, 2009(2): 37-40.
- [5] ANDRALI K, SANDHYA R, SUNKIREDDY Y R, et al. Quality changes in trans and trans free fats/oils and products during frying[J]. Eur Food Res Technol, 2010, 230(6): 803-811.
- [6] 赵超敏. 煎炸油使用极限的研究[D]. 成都: 西华大学, 2009.
- [7] 姚晓敏, 孙向军, 徐建强. 煎炸油质变检验初探[J]. 中国食物与营养, 2000(5): 28-36.
- [8] CASAL S, MALHEIRO R, SENDAS A, et al. Olive oil stability under deep-frying conditions[J]. Food and Chemical Toxicology, 2010, 48: 2972-2979.
- [9] 卢艳杰. 油脂检测技术[M]. 北京: 化学工业出版社, 2004: 121.
- [10] 宋丽娟, 于修焯, 张建新, 等. 煎炸油在数片煎炸过程中的品质变化[J]. 食品科学, 2011, 32(5): 70-74.
- [11] ABDULKARIM S M, LONG K, LAI O M, et al. Frying quality and stability of high-oleic *Moringa oleifera* seed oil in comparison with other vegetable oils[J]. Food Chemistry, 2007, 105(4): 1382-1389.
- [12] KALOGIANNI E P, KARAPANTSIOS T D, MILLER R. Effect of repeated frying on the viscosity, density and dynamic interfacial tension of palm and olive oil[J]. Journal of Food Engineering, 2011, 105(1): 169-179.
- [13] TEKIN L, ADAY M S, YILMAZ E. Physicochemical changes in hazelnut, olive pomace, grapeseed and sunflower oils heated at frying temperatures[J]. Food Sci Technol Res, 2009, 15(5): 519-524.
- [14] FARHOOSH R, MOOSAYI S M R. Carbonyl value in monitoring of the quality of used frying oils[J]. Analytica Chimica Acta, 2008, 617(1/2): 18-21.
- [15] 钱丽燕, 温红珊, 刘逢春. 煎炸豆油及其食品中羰基值变化规律的研究[J]. 吉林粮食高等专科学校学报, 2000(1): 1-4.
- [16] 周雅琳, 周令国, 李智, 等. 影响煎炸油中极性化合物生成因素的研究[J]. 中国粮油学报, 2010(3): 50-53.
- [17] FARHOOSH R, TAVASSOLI-KAFRANI H M. Simultaneous monitoring of the conventional qualitative indicators during frying of sunflower oil[J]. Food Chemistry, 2011, 125(1): 209-213.
- [18] FARHOOSH R, PAZHOUHANMEHR S. Relative contribution of compositional parameters to the primary and secondary oxidation of canola oil[J]. Food Chemistry, 2009, 114(3): 1002-1006.