

油脂安全

不同抗氧化剂对调和油煎炸性能影响研究

于文秀¹,刘玉兰¹,曲宗乔¹,魏安池¹,马宇翔¹,安骏²,曹斌辉²

(1.河南工业大学粮油食品学院,郑州450001;2.中粮油脂研发中心,天津300451)

摘要:将大豆油、棕榈油、菜籽油、葵花籽油按照一定比例配制调和油,并向其中分别添加复配天然抗氧化剂(维生素E、茶多酚、迷迭香)和TBHQ,利用上述调和油分别进行32 h连续煎炸油条试验,对不同煎炸时间所取油样进行极性组分、酸值、过氧化值等指标检测,分析研究抗氧化剂对调和油煎炸性能的影响。结果表明:经32 h煎炸,未添加抗氧化剂、添加TBHQ及添加复配天然抗氧化剂调和油的极性组分从3.76%分别增加至27.5%、28.30%、30.72%;酸值(KOH)从0.2 mg/g分别增加至1.3、1.1、1.1 mg/g;过氧化值从1.5 mmol/kg分别增加至4.9、4.3、6.7 mmol/kg。以GB 7102.1—2003所规定煎炸油极性组分含量小于等于27%作为煎炸油寿命的评价指标,3种调和油的煎炸寿命分别为28、28、26 h。3种调和油所煎炸油条的含油率分别为9.01%、13.21%、10.01%。3种调和油煎炸过程不饱和脂肪酸含量分别减少4.6%、3.8%、3.6%,反式脂肪酸含量分别增加126%、未增加、144%。 V_E 损失率分别为81.43%、80.61%和86.65%。综合分析,添加抗氧化剂对调和油高温煎炸油条过程的氧化稳定性似乎没有明显作用,天然抗氧化剂与TBHQ相比,虽然在提高调和油煎炸稳定性方面并不具有明显优势,但效果相近,并且天然抗氧化剂在提高食品安全方面的意义显得更为重要和具有开发前景。

关键词:调和油;煎炸;天然抗氧化剂;TBHQ;极性组分;煎炸性能

中图分类号:TS225;TS201.6 文献标识码:A 文章编号:1003-7969(2018)08-0089-06

Effect of different antioxidants on frying performance of blend oilYU Wenxiu¹, LIU Yulan¹, QU Zongqiao¹, WEI Anchi¹, MA Yuxiang¹,
AN Jun², CAO Binhui²

(1. College of Food Science and Technology, Henan University of Technology, Zhengzhou 450001, China;

2. COFCO Oil R & D Center, Tianjin 300451, China)

Abstract: The blend oil was prepared by mixing soybean oil, palm oil, rapeseed oil and sunflower seed oil in a certain proportion, then adding complex natural antioxidants (vitamin E, tea polyphenols, rosemary) and TBHQ into it respectively. Then 32 h continuous frying bread stick test was carried out, and the polar component contents, acid values and peroxide values of the oil at different frying time were detected to analyze the effect of antioxidant on frying performance of blend oil. The results showed that after frying for 32 h, the polar component contents, acid values and peroxide values of three blend oils (without antioxidant, adding TBHQ, adding complex natural antioxidants) increased from 3.76%, 0.2 mgKOH/g and 1.5 mmol/kg to 27.5%, 28.30% and 30.72%, 1.3, 1.1 mgKOH/g and 1.1 mgKOH/g, 4.9, 4.3 mmol/kg and 6.7 mmol/kg, respectively, and the frying lives of three blend oils were 28, 28, 26 h with

收稿日期:2017-10-10;修回日期:2017-11-03

基金项目:“十三五”国家重点研发计划支持项目子课题(2016YFD0401405)

作者简介:于文秀(1993),女,硕士研究生,研究方向为油脂油脂加工技术与产品质量安全(E-mail)liuy17446@163.com。

通信作者:刘玉兰,教授,研究生导师(E-mail)liuy17446@163.com。

the frying life stipulated in GB 7102.1—2003 polar components content in frying oil less than 27% as evaluation index. The oil contents of bread stick fried by the three blend oils were 9.01%, 13.21% and 10.01%, the contents of unsaturated fatty acid in the three blend oils during frying reduced by 4.6%, 3.8% and 3.6%,

while the contents of *tran* fatty acids increased by 126% ,0% and 144% ,and the loss rates of vitamin E in the three blend oils were 81.43% ,80.61% and 86.65% . Based on the comprehensive analysis, it showed that antioxidants had no significant effect on the oxidative stability of blend oil during frying bread stick at high temperature. Compared with TBHQ, natural antioxidants had no obvious advantages in improving the frying stability of blend oil, but their effects were similar. And the significance of natural antioxidants in improving food safety was even more important and had promising prospects.

Key words: blend oil; frying; natural antioxidant; TBHQ; polar component; frying performance

煎炸食品因其独特口感而深受人们喜爱。煎炸油在我国植物油消费中占有相当大的比例。以煎炸油成本为主要选用因素,煎炸业大多采用大豆油和棕榈油作为煎炸油。但试验研究表明^[1],以大豆油作为煎炸油虽然其富含抗氧化成分如维生素 E,但不饱和脂肪酸尤其是亚麻酸含量高使其煎炸稳定性变差。棕榈油虽然饱和脂肪酸含量高、煎炸稳定性好,但煎炸食品中高含量的饱和脂肪酸不容易被人体消化吸收,对心脑血管疾病产生隐患。花生油、菜籽油、葵花籽油、棉籽油、米糠油、玉米油等也被用于煎炸并有研究报道^[2-7],但不同油脂煎炸过程均存在不同的问题,单一油脂似乎均不能达到理想煎炸油的要求。因此,依据对煎炸油理想的脂肪酸组成及其他煎炸性能要求,研究开发具有优良的综合煎炸性能的调和油愈加受到关注。近年的研究认为,煎炸油的合理脂肪酸组成是饱和脂肪酸约 20%、油酸 35%~40%、亚油酸 30%~35%、亚麻酸不超过 5%^[8]。此种配比可以较好地兼顾煎炸油稳定性和营养性。但无论是单一油脂或是调和油,在对食品的高温煎炸过程中总要发生氧化和品质劣变,因此在研究煎炸调和油合理配方的同时,还需要研究增强煎炸调和油的氧化稳定性问题。本试验将大豆油、棕榈油、菜籽油、葵花籽油按照一定比例配制成合理脂肪酸组成的调和油,并向其中分别添加复配天然抗氧化剂(维生素 E、茶多酚、迷迭香)和 TBHQ,利用上述调和油分别进行 32 h 连续煎炸油条试验,对不同煎炸时间所取油样进行极性组分、酸值、过氧化值等指标检测,分析研究抗氧化剂对这种调和油煎炸性能的影响。

1 材料与方法

1.1 试验材料

1.1.1 原料与试剂

一级大豆油、一级双低菜籽油、一级葵花籽油,均为国内知名品牌的油脂产品,购于超市;棕榈油(熔点 10℃),由国内某大型棕榈油加工企业提供。油脂样品均未添加抗氧化剂。

TBHQ,翁源广业食品有限公司;复配天然抗氧化剂(主要成分维生素 E、茶多酚、迷迭香),由中粮天科生物工程(天津)有限公司提供;小麦粉、安琪高活性干酵母、无铝害复配油条膨松剂、食用盐、白砂糖,均在当地超市购买;四氢呋喃、正己烷,为色谱纯;三氟化硼、石油醚、乙醚、丙酮、冰乙酸、95%乙醇、无水乙醇、硫代硫酸钠、可溶性淀粉、酚酞、氯化钠、氢氧化钾、碘化钾,均为分析纯,购自天津科密欧化学试剂有限公司。

1.1.2 仪器与设备

EOPC 全自动食用油极性组分分离系统及 Flash 层析柱(20 g,粒径 40~60 μm),天津博纳艾杰尔科技有限公司;Waters 2695 型高效液相色谱仪,2414 型示差折光检测器,Styragel HR 0.5 THF 及 Styragel HR1 THF 体积排阻凝胶色谱柱(Φ7.8 mm×300 mm),Waters 公司;EF-81 型煎炸锅,广州唯利安西厨设备制作有限公司;CS-B5 型食品搅拌机,广州童心利机械厂;Agilent Technologies 7890B 气相色谱仪,安捷伦公司。

1.2 试验方法

1.2.1 调和油配制及抗氧化剂添加

调和油配制:按照饱和脂肪酸、油酸、亚油酸、亚麻酸的比例约为 20%、40%、35%、5% 的要求将大豆油、棕榈油、菜籽油、葵花籽油按一定比例混合均匀,制备成调和油。

TBHQ 调和油的配制:取一定量配制好的调和油加热至 30~60℃,加入油质量 0.02% 的 TBHQ,搅拌均匀。

天然抗氧化剂调和油的配制:取一定量配制好的调和油加热至 30~60℃,加入油质量 0.05% 的复配天然抗氧化剂,搅拌均匀。

1.2.2 油条煎炸及煎炸油样的提取

油条制作及煎炸^[9]:向煎炸锅里倒入 8 L 调和油,待油温升高为(190±2)℃时,将已制作好的面坯条放入炸锅中,炸 1 min 左右直至油条体大皮薄、结构均匀、金黄酥脆、膨胀丰满时捞起沥油,控制在

每2 min炸1根。在不添加新油的情况下进行32 h连续煎炸。煎炸开始后,每2 h取100 mL的油样装入磨口塞棕色瓶中,每4 h取5根油条样品,两种样品冷却至室温后储藏于-20℃冰箱中以备检测。共取17个煎炸油样和9个油条样品(包含未煎炸的原油和最初炸得的油条)。

1.2.3 油条含油率测定

取20 g油条粉碎,放入锥形瓶,加100 mL石油醚,保鲜膜封口,放置12 h。抽滤,蒸发溶剂,称量所得油质量,计算油条含油率。

1.2.4 煎炸油理化指标的测定

酸值、过氧化值测定参照GB/T 5009.37—2003《食用植物油卫生标准的分析方法》;极性组分测定参照GB 5009.202—2016《食品安全国家标准 食用油中极性组分(PC)的测定》;脂肪酸组成测定参照GB 5009.168—2016《食品安全国家标准 食品中脂肪酸的测定》;维生素E测定参照GB/T 26635—2011《动植物油脂 生育酚及生育三烯酚含量测定高效液相色谱法》。

1.2.5 数据处理

采用Excel软件处理数据。

2 结果与分析

2.1 3种调和油煎炸过程中极性组分含量的变化

分别采用未添加抗氧化剂、添加复配天然抗氧化剂、添加TBHQ的调和油进行32 h连续油条煎炸,每隔2 h取煎炸油样品并测定其极性组分含量,3种煎炸油极性组分含量的变化见图1。

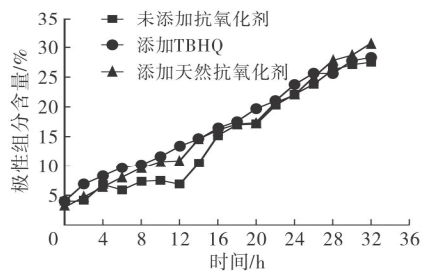


图1 3种调和油煎炸过程极性组分含量的变化

由图1可以看出,3种调和油中极性组分含量随煎炸时间延长均呈现升高趋势。相比较而言,在煎炸初期(16 h之内),添加TBHQ调和油的极性组分增量明显高于其他两种调和油;在煎炸后期(超过28 h),添加天然抗氧化剂调和油的极性组分增量大于其他两种调和油。在整个煎炸过程,添加抗氧化剂对抑制极性组分含量升高似乎没有显示出优势。在煎炸26 h内,3种煎炸油中极性组分增量为:添加TBHQ > 添加天然抗氧化剂 > 未添加抗氧化

剂。3种煎炸油中极性组分含量达到国标限量(27%)的时间点分别为:未添加抗氧化剂为28 h,添加TBHQ为28 h,添加天然抗氧化剂为26 h。在未达到油脂废弃点之前,对应每一煎炸时间,添加天然抗氧化剂调和油中极性组分含量比添加TBHQ调和油中的含量低。结果与文献报道的结果相比,本试验所配制调和油的煎炸寿命比相同试验条件下米糠油^[10]、玉米油^[6]、棉籽油^[9]的煎炸寿命延长。

2.2 3种调和油煎炸过程酸值的变化

分别采用3种调和油对油条进行32 h连续煎炸,每隔2 h取煎炸油样品测定其酸值,3种煎炸油煎炸过程酸值的变化见图2。

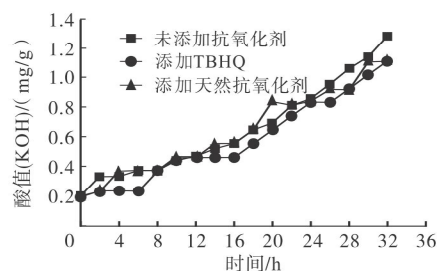


图2 3种调和油煎炸过程酸值的变化

由图2可以看出,3种调和油的酸值都随煎炸时间延长呈上升趋势,结果与相关文献报道一致^[10-11]。相比较而言,添加TBHQ调和油的酸值比其他两种调和油的偏低。在煎炸的前6 h内,添加TBHQ调和油的酸值(KOH)基本未发生变化,保持在0.2 mg/g,这说明TBHQ对煎炸初期油脂酸值升高有良好的抑制作用。但在煎炸26 h之后,添加天然抗氧化剂调和油的酸值明显低于未添加抗氧化剂的调和油。这说明添加天然抗氧化剂对煎炸后期或深度煎炸过程油脂酸值的升高有较好的抑制作用。

2.3 3种调和油煎炸过程过氧化值的变化

3种调和油在对油条连续煎炸过程中过氧化值的变化见图3。

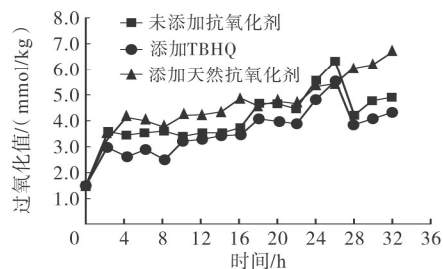


图3 3种调和油煎炸过程过氧化值的变化

由图3可以看出,3种调和油的过氧化值均随煎炸时间延长呈波动上升趋势。在煎炸开始的2 h之内,3种调和油的过氧化值均明显上升,在26~28

h 之间未添加抗氧化剂的调和油与添加 TBHQ 的调和油的过氧化值明显下降,而添加天然抗氧化剂的调和油的过氧化值则呈平稳上升。通常,油脂在高温煎炸过程初期发生的氧化反应会产生氢过氧化物致使过氧化值升高,煎炸后期这些氢过氧化物发生分解又会造成过氧化值降低,因此油脂煎炸过程过氧化值的变化实际是油脂氧化和过氧化物分解的综合结果^[12]。由图 3 可以看出,在整个煎炸过程,添加 TBHQ 调和油的过氧化值均低于相同时间其他两种调和油的过氧化值,而添加天然抗氧化剂与不添加抗氧化剂相比,似乎对过氧化值的抑制并未有效。这或许是因为天然抗氧化剂的添加未达到最佳浓度,从而未达到最佳效果^[13]。

2.4 3 种调和油所煎炸油条的含油率比较

对 3 种调和油所煎炸油条的含油率进行测定,不同煎炸时间所取油条含油率测定结果如表 1 所示。

由表 1 可以看出,油条含油率与煎炸时间无明显关系,3 种调和油所煎炸油条的平均含油率分别

为 9.01%、10.01%、13.21%。添加 TBHQ 调和油所煎炸油条的含油率明显高于前两种。

表 1 3 种调和油煎炸油条的含油率

时间/h	含油率/%		
	未添加抗氧化剂	添加天然抗氧化剂	添加 TBHQ
0	9.79	12.96	11.32
4	9.35	8.92	11.35
8	7.35	9.05	12.28
12	8.62	8.39	17.24
16	9.09	9.27	13.73
20	11.81	8.63	11.92
24	8.36	16.24	10.55
28	9.33	9.60	12.59
32	7.37	7.07	17.91

2.5 3 种调和油煎炸过程脂肪酸组成的变化

对 3 种调和油煎炸过程的脂肪酸组成进行测定,结果如表 2 所示。

表 2 3 种调和油煎炸过程脂肪酸组成变化

脂肪酸	含量(煎炸 0 h)/%			含量(煎炸 16 h)/%			含量(煎炸 32 h)/%		
	未添加抗氧化剂	添加天然抗氧化剂	添加 TBHQ	未添加抗氧化剂	添加天然抗氧化剂	添加 TBHQ	未添加抗氧化剂	添加天然抗氧化剂	添加 TBHQ
C10:0	-	-	0.10	0.10	-	0.10	-	-	0.12
C12:0	0.35	0.33	0.35	0.37	0.36	0.36	0.40	0.39	0.39
C16:0	16.79	16.11	16.55	17.73	17.58	17.63	19.15	18.91	18.92
C18:0	3.73	3.64	3.71	3.85	3.97	3.94	4.28	4.29	4.24
C18:1	33.67	32.54	33.56	34.81	34.59	34.89	36.04	35.71	36.36
C18:2	39.30	39.30	39.44	37.09	37.34	37.49	33.69	33.56	35.02
C18:3	4.36	5.24	4.64	3.70	3.71	3.98	2.93	3.83	3.32
TFA - C18:2	0.57	0.57	0.57	0.62	0.78	0.41	0.92	0.85	0.43
TFA - C18:3	0.27	0.27	0.27	0.24	0.49	0.35	0.98	1.20	0.33
TFA	0.84	0.84	0.84	0.86	1.27	0.76	1.90	2.05	0.76

注:“-”为未检出,“TFA”为反式脂肪酸。

由表 2 可以看出,无论添加抗氧化剂与否,连续煎炸 32 h 后,亚麻酸、亚油酸含量整体逐渐减少,而棕榈酸和油酸的含量逐渐增加。这是因为油脂中不饱和程度高的脂肪酸,加热之后与空气和食品中的氧气、水分等物质发生反应,从而降低了自身的不饱和程度,如亚麻酸转化成了不饱和程度低的油酸和亚油酸。因此,不饱和程度较低的脂肪酸含量有不同程度的增长。未添加抗氧化剂油样中不饱和脂肪酸含量由 78.17% 降到 74.56%,添加天然抗氧化剂油样中不饱和脂肪酸含量由 77.92% 降到 75.15%,添加 TBHQ 油样中不饱和脂肪酸含量由 78.48% 降到 75.46%,降幅分别为 4.6% (未添加抗氧化剂) >

3.8% (添加 TBHQ) > 3.6% (添加天然抗氧化剂)。

随煎炸时间延长, TBHQ 油样中反式脂肪酸含量变化不大,其他两种煎炸油中反式脂肪酸含量均有所升高,且添加天然抗氧化剂煎炸油样中反式脂肪酸增量更高些。这与王维涛等^[14]在鱼油中加入 TBHQ 煎炸面片的实验中反式脂肪酸未升高的结果一致。由表 2 还可以看出,反式脂肪酸主要增加于煎炸后期,即 16 ~ 32 h。

2.6 3 种调和油煎炸过程 V_E 含量的变化

3 种调和油连续煎炸油条过程 V_E 含量变化见表 3。

V_E 可以被氧化成生育醌,将 ROO^- 转化为化

学性质稳定的 ROOH, 中断脂类过氧化连锁反应的进行, 从而有效达到抑制脂类过氧化的效果^[15]。由表 3 可知, 随煎炸过程的持续进行, 煎炸油中 V_E 含量持续减少, 这与刘玉兰等^[15-16] 研究结果一致。3 种调和油 V_E 总量的损失率分别为: 未加抗氧化剂调和油 81.43%, 添加天然抗氧化剂调和油 86.65%, 添加 TBHQ 调和油 80.61%。添加天然抗氧化剂调和油的 V_E 损失率高, 是因为添加的天

然抗氧化剂本身含有 V_E 。生育三烯酚在抗氧化活性上优于生育酚, 添加天然抗氧化剂调和油 V_E 总量达 112.10 mg/100 g, 明显高于其他两种调和油, 且生育三烯酚含量处于较高水平, 添加天然抗氧化剂的调和油中 $(\beta + \gamma) - TT$ 含量明显升高, 由原来的 3.46% 上升为 26.40%, 其他生育酚组分含量均有小幅度升高, 这些升高的成分均来自于天然抗氧化剂成分。

表 3 3 种调和油煎炸过程 V_E 含量变化

抗氧化剂	时间/h	V_E 含量/(mg/100 g)							总量
		$\alpha - TP$	$\alpha - TT$	$\beta - TP$	$\gamma - TP$	$(\beta + \gamma) - TT$	$\delta - TP$	$\delta - TT$	
未添加抗氧化剂	0	14.29	3.33	7.55	34.71	2.71	14.89	0.87	78.35
	8	7.75	1.40	2.30	18.76	0.79	12.85	0.43	44.28
	16	4.88	0.81	2.21	10.97	0.49	11.54	0.46	31.36
	24	3.54	0.80	2.04	5.26	0.46	9.42	0.46	21.98
	32	1.73	0.54	1.81	2.33	0.46	7.17	0.51	14.55
添加天然抗氧化剂	0	14.83	3.29	7.90	36.68	29.59	18.89	0.92	112.10
	8	7.93	1.25	2.22	18.34	0.77	10.62	0.42	41.55
	16	4.79	0.82	2.21	10.92	0.48	13.04	0.45	32.71
	24	3.75	0.82	1.98	5.29	0.45	12.65	0.45	25.39
	32	1.60	0.51	1.87	2.43	0.46	7.59	0.51	14.97
添加 TBHQ	0	14.29	3.33	7.55	34.71	2.71	14.89	0.87	78.35
	8	7.83	1.26	2.18	18.55	0.79	9.76	0.42	40.79
	16	4.71	0.83	2.17	11.01	0.49	13.25	0.45	32.91
	24	3.22	0.84	1.97	5.27	0.45	10.55	0.46	22.76
	32	1.65	0.54	1.79	2.42	0.46	7.81	0.52	15.19

注: TP 为生育酚, TT 为生育三烯酚。

3 结论

将大豆油、棕榈油、菜籽油、葵花籽油按照一定比例配制调和油, 利用这种调和油以及向其中分别添加复配天然抗氧化剂、TBHQ 组成的调和油, 分别进行 32 h 连续煎炸油条试验, 未添加抗氧化剂、添加 TBHQ 及添加天然抗氧化剂调和油的极性组分从 3.76% 分别增加至 27.5%、28.30%、30.72%; 酸值(KOH)从 0.2 mg/g 分别增加至 1.3、1.1、1.1 mg/g; 过氧化值从 1.5 mmol/kg 分别增加至 4.9、4.3、6.7 mmol/kg。以 GB 7102.1—2003 规定煎炸油极性组分含量小于等于 27% 作为煎炸油寿命的评价指标, 3 种调和油的煎炸寿命分别为 28、28、26 h。3 种调和油所煎炸油条的平均含油率分别为 9.01%、13.21%、10.01%。煎炸过程不饱和脂肪酸含量分别减少 4.6%、3.8%、3.6%; 反式脂肪酸含量分别增加 126%、未增加、144%。 V_E 损失率分别为未添加抗氧化剂调和油 81.43%, 添加天然抗氧化剂调和油 86.65%, 添加 TBHQ 调和油 80.61%。

试验结果显示, 天然抗氧化剂与 TBHQ 相比, 虽然在提高调和油煎炸油稳定性方面的效果并不具有明显优势, 但其效果相近, 并且这种天然抗氧化剂的食品安全意义显得更为重要和具有开发前景。

参考文献:

- [1] 冯国霞. 西式快餐用高油酸型煎炸油的研究与应用[D]. 江苏 无锡: 江南大学, 2015.
- [2] 李杰, 赵声兰, 陈朝银. 食用油天然抗氧化剂的研究与开发[J]. 食品工业科技, 2015, 36(2): 373-378.
- [3] 吴晓华, 刘玉兰, 黄勤生, 等. 棉籽油在油条煎炸过程中的品质变化研究[J]. 河南工业大学学报(自然科学版), 2014, 35(3): 17-20.
- [4] YU X Z, DU S K, ZHANG J X, et al. Impact of potato chips frying on the quality characteristics of rapeseed oil[J]. Int J Food Eng, 2011, 7(2): 1-10.
- [5] 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.

(下转第 103 页)

脱胶温度 20℃、磷酸添加量 0.1%,在此条件下进行验证实验得到浓香菜籽油苯并芘去除率为 83%,苯并芘含量为 2.04 μg/kg,水分含量为 0.15%,所得浓香菜籽风味浓郁醇厚,280℃加热试验合格。

3 结论

以苯并芘超标的浓香菜籽毛油为原料,采用低温脱胶工艺,在脱胶静置时间 60 min、加水量 3%、脱胶温度 20℃、磷酸添加量 0.1% 的条件下,苯并芘去除率为 83%,苯并芘含量为 2.04 μg/kg,水分含量为 0.15%,所得浓香菜籽油风味浓郁醇厚,280℃加热试验合格。该工艺可为粮油厂去除苯并芘提供参考。

参考文献:

- [1] 王振,雷晓东,马显军,等.浓香菜籽油制取工艺及参数的研究[J].农业机械,2013(3):38-40.
- [2] 胡健华,何东平,刘培林.美拉德反应与浓香植物油生产[J].武汉轻工大学学报,2015,34(1):10-14.
- [3] 杨涓,刘昌盛,周琦,等.加工工艺对菜籽油主要挥发性风味成分的影响[J].中国油料作物学报,2010,32(4):551-557.
- [4] 王亚萍,费学谦,王开良,等.加工方式对油茶籽油苯并(a)芘污染的风险分析[J].中国油脂,2013,38(3):64-67.
- [5] 黄燕芬,田立.食品中苯并芘的研究进展[J].食品安全导刊,2016(24):8-9.
- [6] 徐文俊.致癌物质对食物的污染及预防[J].成都大学学报(自然科学版),1999,18(2):40-44.
- [7] GELHAUS S L, GILAD O, HWANG W T, et al. Multidrug resistance protein(MRP) 4 attenuates benzo[a] pyrene-mediated DNA-adduct formation in human bronchoalveolar H358 cells [J]. Toxicol Lett, 2012, 209(1): 58-66.
- [8] GU Q, HU C, CHEN Q, et al. Development of a rat model by 3,4-benzopyrene intra-pulmonary injection and evaluation of the effect of green tea drinking on p53 and bc1-2 expression in lung carcinoma [J]. Cancer Detect Prev, 2009, 32(6): 444-451.
- [9] 李进伟,王兴国,金青哲.食用油中苯并(a)芘的来源、检测和控制[J].中国油脂,2011,36(6):7-11.
- [10] 段小丽,魏复盛.苯并(a)芘的环境污染、健康危害及研究热点问题[J].世界科技研究与发展,2002,24(1):11-17.
- [11] CEJPEK K, HAJSOVA J, KOCOUREK V, et al. Changes in PAH levels during production of rapeseed oil [J]. Food Addit Contam, 1998, 15(5): 563-574.
- [12] 刘国艳,张振芳,金青哲,等.食用植物油中苯并(a)芘来源及形成机理的研究进展[J].中国油脂,2013,38(4):53-59.
- [13] 张小涛,刘玉兰,赵欢欢.吸附法同时脱除菜籽油苯并芘及色泽最佳工艺条件研究[J].中国油脂,2013,38(12):10-14.
- [14] 刘玉兰,张小涛,赵欢欢,等.碱炼对菜籽油苯并芘脱除及脱色效果的研究[J].中国粮油学报,2014,29(4):53-56.
- [15] 吴海智,周丛,袁列江,等.高效液相色谱法快速测定植物油中苯并芘的研究[J].安徽农业科学,2011,39(10):6075-6076.
- (上接第93页)
- [6] 马玉婷,侯利霞,刘玉兰,等.玉米油在油条煎炸过程中的品质变化[J].食品与机械,2016(2):16-19.
- [7] 夏季亮,陈珂珂,吴晶.煎炸时间与煎炸温度对花生油脂脂肪酸组成的影响[J].中国油脂,2013,38(7):76-81.
- [8] 刘玉兰,高冠勇,陈文娜,等.煎炸专用调和油的品质性能研究[J].中国油脂,2017,42(9):28-32.
- [9] 吴晓华.棉籽油煎炸性能的研究[D].郑州:河南工业大学,2014.
- [10] 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.
- [11] 冯承,唐萍华.调和煎炸油的研制及其煎炸性能[J].中国油脂,2008,33(10):11-14.
- [12] CHE MAN Y B, LIU J L, JAMILAH B, et al. Quality changes of refined-bleached-deodorized(RBD) palm olein, soybean oil and their blends during deep-fat frying [J]. J Food Lipids, 1999, 6(3):181-193.
- [13] 陈辉,李光,刘振林.油炸食品添加迷迭香抗氧化实验[J].现代预防医学,2007,34(21):4092-4093.
- [14] 王维涛,李桂华,赵芳,等.煎炸条件对油脂中反式脂肪酸及氧化物影响的研究[J].河南工业大学学报(自然科学版),2011,32(3):21-25.
- [15] 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.
- [16] 刘玉兰,石龙凯,陈梦莹,等.3种油脂在煎炸过程中维生素E组分及理化指标变化研究[J].中国油脂,2016,41(4):32-36.