

油脂煎炸过程中多环芳烃含量的变化

石龙凯, 刘玉兰, 王莹辉, 张东东

(河南工业大学粮油食品学院, 河南郑州 450001)

摘要: 对大豆油、米糠油和棕榈油进行油条煎炸试验, 之后对不同煎炸时间油脂中多环芳烃含量进行检测分析, 研究煎炸时间对油脂中多环芳烃含量的影响。结果表明: 随着煎炸时间的延长, 3种油脂中 Bap、PAH4、PAH16 的含量都呈现明显上升趋势。在 32 h 的煎炸过程中, 大豆油 Bap、PAH4、PAH16 的含量 ($\mu\text{g}/\text{kg}$) 分别从原油的 1.58、6.88、18.73 增加至 3.93、10.35、56.10, 米糠油 Bap、PAH4、PAH16 的含量分别从原油的 2.52、6.50、25.53 增加至 3.10、10.34、100.71; 棕榈油 Bap、PAH4、PAH16 的含量分别从原油的 1.67、8.60、25.23 增加至 2.26、10.95、59.98。在高温煎炸过程中, 多环芳烃各组分含量的增幅是不同的。大豆油中增幅最大的组分是芘, 增幅最小的是苯并(b)荧蒽; 米糠油中增幅最大的也是芘, 增幅最小的是苯并(g, h, i)芘; 棕榈油中增幅最大的是芘, 增幅最小的是苯并(a)蒽; 3种油脂中轻质多环芳烃含量及增幅都要远多于重质多环芳烃。

关键词: 大豆油; 米糠油; 棕榈油; 煎炸; 多环芳烃

文章编号: 1673-9078(2015)4-311-315

DOI: 10.13982/j.mfst.1673-9078.2015.4.050

A Study Examining Changes in Polycyclic Aromatic Hydrocarbon (PAH) Content of Edible Oils upon Frying

SHI Long-kai, LIU Yu-lan, WANG Ying-hui, ZHANG Dong-dong

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

Abstract: Dough sticks were experimentally fried in soybean oil, rice bran oil, and palm oil. The effect of various frying time on the polycyclic aromatic hydrocarbons (PAHs) present in edible oils was studied by measuring PAH content in the oil after frying. The results showed a clear increase in the content of Bap, PAH4, and PAH16 with increase in frying time. When fried for 32 h, soybean oil showed an increase in the content of Bap, PAH4, and PAH16 ($\mu\text{g}/\text{kg}$) from 1.58, 6.88, and 18.73 (initially) to 3.93, 10.35, and 56.10, respectively. The Bap, PAH4, and PAH16 content ($\mu\text{g}/\text{kg}$) of rice bran oil increased from 2.52, 6.50, and 25.53 to 3.10, 10.34, and 100.71, respectively, and that of palm oil increased from 1.67, 8.60, and 25.23 to 2.26, 10.95, and 59.98, respectively, upon frying for 32 h. The extent of increase was different for each component during the high temperature frying process. The PAHs showing the highest and lowest (quantities) increment in soybean, rice, and palm oils were acenaphthene and benzo[b]fluoranthene, acenaphthene and benzo[g,h,i]pyrene, fluorine and benzo[b]fluoranthene, respectively. Furthermore, a greater increase in the content of light-weight PAHs compared to that of heavy-weight PAHs was observed.

Key words: soybean oil; rice bran oil; palm oil; frying; polycyclic aromatic hydrocarbons

煎炸是一种重要的烹饪手段, 依靠油脂作为热交换介质, 使食材中的淀粉糊化、蛋白质变性、水分逸出, 赋予食品酥脆的口感^[1-5]。然而, 越来越多的研究表明, 不适当的煎炸油脂和煎炸食品会对消费者的身体健康造成损害。一方面, 煎炸食品含有较高的油脂和氧化物质, 经常进食易导致肥胖及高血脂等疾病的发生^[6]; 另一方面, 在蛋白质和碳水化合物存在的条

件下, 长时间高温加热会使煎炸用油发生复杂的物理化学变化, 生成一系列有害物质^[6-8], 这其中就包括具有致癌性的多环芳烃类化合物^[9-11]。人群流行病学研究表明, 胃癌的发生与食品中多环芳烃的含量存在一定的关系, 烹饪油烟雾中存在的多环芳烃类也可能是导致呼吸道癌的主要原因^[1,4,7]。

对于多环芳烃类化合物, 各个国家及地区都做出了明确的限量规定。我国 GB 2716-2005《食用植物油卫生标准》中规定, 食用油脂中苯并(a)芘的限量为 $\leq 10 \mu\text{g}/\text{kg}$, 但不涉及多环芳烃其它组分。欧盟 No 835/2011 规定, 食用油中 Bap 限量为不超过 $2 \mu\text{g}/\text{kg}$, PAH4 也即苯并(a)蒽、屈、苯并(b)荧蒽、苯并(a)芘等 4 种多环芳烃的总量应不超过 $10 \mu\text{g}/\text{kg}$ 。美国环境保

收稿日期: 2014-08-05

基金项目: 国家自然科学基金项目(31271884); 河南省食用油脂倍增计划-油料产后精深加工技术研发(豫财贸[2010]169号)

作者简介: 石龙凯(1990-), 在读硕士, 研究方向为油料油脂质量与安全

通讯作者: 刘玉兰(1957-), 教授, 硕士生导师, 研究方向为油料油脂加工及品质安全

护署(EPA)将16种多环芳烃化合物列为“优先控制污染物”,也即EPA16,它们是萘、苊烯、苊、芴、菲、蒽、荧蒽、芘、苯并(a)蒽、屈、苯并(b)荧蒽、苯并(k)荧蒽、苯并(a)芘、二苯并(a,h)蒽、苯并(g,h,i)花、茚并(1,2,3-c,d)芘等。

本研究通过煎炸油条试验以及对不同煎炸时间所取油脂样品中16种多环芳烃类化合物含量(EPA16)的测定,以我国GB 2716-2005《食用植物油卫生标准》及欧盟No 835/2011法规的限量标准为参考依据,分析食用油脂在煎炸过程中多环芳烃类化合物含量的变化规律,评价煎炸用油的品质安全,以期为工业生产及家庭食用提供理论依据。

1 试验材料与方法

1.1 试验材料

大豆油,河南阳光油脂集团有限公司提供;米糠油,河南商城县山信生态植物油有限公司提供;8度棕榈油,开封龙大植物油有限公司提供;精制粉,金苑面业;白砂糖、食用盐购于当地市场;高活性干酵母、无铝快速复配油条膨松剂,安琪酵母股份有限公司。

EPA16种多环芳烃混标(200 $\mu\text{g/mL}$, 98%),溶解于乙腈, O2si公司; 16种氘代同位素内标(97%), Dr. Ehrenstorfer GmbH公司; 乙腈、甲苯及环己烷(色谱纯), Sigma公司; 硅胶固相萃取小柱, Supelco公司; 超纯水由Milli-Q超纯水机制得。

1.2 试验仪器

安捷伦1200型液相色谱仪,配有G1329A自动进样器、G1311A四元混合泵和G1316A柱温箱,美国安捷伦公司; API 5500三重四极杆串联质谱仪,配有光电离子源(APPI)和Analyst 1.5.1软件数据处理系统,美国应用生物系统公司; 日立L-2130泵,日本日立高新技术公司; 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。

1.3 试验方法

1.3.1 油条的制作及煎炸^[12, 13]

将面粉、膨松剂、酵母、食盐、白糖等混合均匀,与热水混合搅拌制成面团,醒发2 h,之后用面团制成若干面坯条(约10 cm \times 1 cm \times 1 cm)。在煎炸锅中加入约2 L新鲜油脂并加热升温至190 \pm 5 $^{\circ}\text{C}$,将制作好的两个坯条合在一起,轻捏拉长至15 cm,放入锅里炸

约1.5 min,至油条结构均匀、膨胀丰满、金黄酥脆时捞起沥油。每煎炸2 h取约50 mL煎炸油样于磨口塞棕色瓶中,冷却至室温后储藏于-20 $^{\circ}\text{C}$ 待检测。

1.3.2 多环芳烃的含量测定^[14]

采用本试验建立的有机溶剂萃取、硅胶固相萃取柱净化、液相色谱-串联质谱(LC-MS/MS)测定食用油脂中包括BaP在内的EPA 16种多环芳烃的检测方法。EPA 16的检出限和定量限分别为0.006~0.129 $\mu\text{g/kg}$ 及0.02~0.43 $\mu\text{g/kg}$,回收率86.5%~104.6%,日内精密度小于6%,日间精密度小于5%。

2 结果和讨论

2.1 煎炸时间对BaP含量的影响

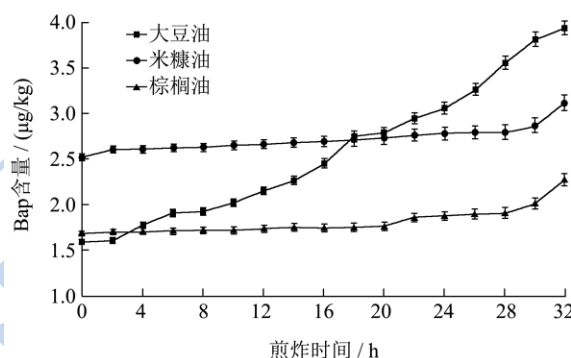


图1 煎炸时间对油脂中BaP含量的影响

Fig.1 Effect of frying time on BaP content of three edible oils

从图1可以看出,在一定的煎炸温度下,大豆油、米糠油和棕榈油中BaP含量均随煎炸时间的延长而增加,且煎炸时间越长,BaP含量增加越明显。这可能是因为油脂在高温加热时,与面团中的蛋白质、糖类发生聚合及水解反应而导致的^[1,3,5]。相同的试验条件下,大豆油中BaP含量增加幅度要明显大于米糠油和棕榈油。在32 h的煎炸条件下,大豆油中BaP含量从1.58 $\mu\text{g/kg}$ 增加至3.93 $\mu\text{g/kg}$,增加1.48倍,呈现显著性差异 $P<0.05$,而米糠油和棕榈油中BaP含量分别从2.52和1.67 $\mu\text{g/kg}$ 增加至3.10和2.26 $\mu\text{g/kg}$,分别增加0.23和0.35倍,差异性皆不显著 $P>0.05$ 。这种差别可能与油脂本身的组分有关,譬如脂肪酸组成及抗氧化成分的含量。随着煎炸时间的延长,油脂色泽会显著加深、过氧化值升高,活性成分如维生素E含量也会减少^[15],造成煎炸油脂的安全品质及营养品质降低。因此,为了减少油脂中有益成分的损失以及降低多环芳烃类物质的产生,长时间高温煎炸是不可取的。

对照GB2716-2005中相关规定,全部煎炸油脂中BaP含量均符合国标 $\leq 10 \mu\text{g/kg}$ 。对照欧盟No 835/2011中BaP含量 $\leq 2 \mu\text{g/kg}$ 的规定,受测的3种油

脂经 32 h 煎炸后, Bap 含量皆超标; 大豆油在煎炸 8 h 时, Bap 含量达到 1.92 $\mu\text{g}/\text{kg}$, 几近超标; 棕榈油煎炸 30 h 时, Bap 含量才达到 2.00 $\mu\text{g}/\text{kg}$, 表现最好; 未煎炸米糠油中 Bap 含量为 2.52 $\mu\text{g}/\text{kg}$, 已经超过欧盟限量标准。

2.2 煎炸时间对 PAH4 含量的影响

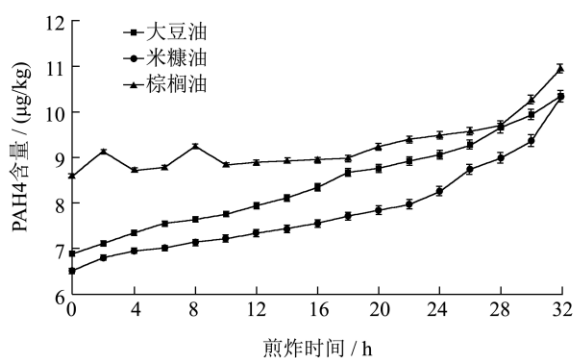


图 2 煎炸时间对 PAH4 含量的影响

Fig.2 Effect of frying time on PAH4 content of three edible oils

图 2 显示了 3 种受测油脂中 PAH4 含量随煎炸时间变化的情况。可以看出, PAH4 含量变化与 Bap 含量变化的趋势类似, PAH4 含量也随着煎炸时间延长而增加, 但与 Bap 增加趋势有差别的是, PAH4 的变化曲线更加明显, 特别是米糠油和棕榈油。在 32 h 的煎炸时间内, 大豆油、米糠油及棕榈油中 PAH4 的含量分别从原油的 6.88、6.50 和 8.60 $\mu\text{g}/\text{kg}$ 增加至 10.35、10.34 和 10.95 $\mu\text{g}/\text{kg}$, 含量分别增加 0.5、0.59 和 0.27 倍, 差异性皆不显著 $P>0.05$ 。同样, 棕榈油较其它 2 种油脂来说, PAH4 的增加幅度是最小的。对照欧盟 No 835/2011 中 PAH4 限量 10 $\mu\text{g}/\text{kg}$ 的标准, 3 种受测油脂在 30 h 的煎炸后, PAH4 的含量都是符合标准的, 分别为 9.92、9.35 和 9.71 $\mu\text{g}/\text{kg}$ 。

2.3 煎炸时间对 PAH16 含量的影响

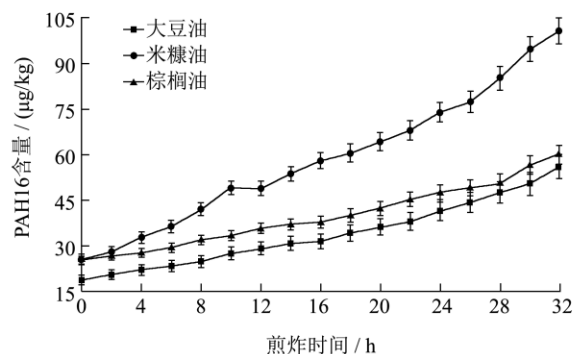


图 3 煎炸时间对 PAH16 含量的影响

Fig.3 Effect of frying time on PAH16 content of three edible oils

图 3 显示了 3 种受测油脂中 PAH16 含量随煎炸时

间变化的情况。可以看出, PAH16 含量变化趋势与 PAH4 类似, 含量同样随煎炸时间的延长而增加。但是, PAH16 的变化趋势更为显著。在 32 h 的煎炸时间内, 大豆油、米糠油和棕榈油中 PAH16 含量分别从原油的 18.73、25.53 和 25.23 $\mu\text{g}/\text{kg}$ 上升至 56.10、100.71 和 59.98 $\mu\text{g}/\text{kg}$, 含量分别增加了 1.99、2.95 和 1.38 倍, 皆呈现显著性差异 $P<0.05$ 。对比 Bap、PAH4、PAH16 含量随煎炸时间的变化趋势, 可知, 随着多环芳烃组分的增多, 也即受检目标物数目的增多, 煎炸时间对其含量的增加更加敏感。再则, 因为轻质多环芳烃占多环芳烃总量的 80% 以上, 轻质多环芳烃含量增加对多环芳烃总量增加的贡献更大。

目前, 任何国家和组织都没有对 PAH16 的含量给出一个明确的限量标准, 但是从本研究的结果来看, 煎炸时间对油脂中多环芳烃的总量影响很大, 特别是在长时间的高温煎炸条件下, PAH16 的含量会显著上升。为保证煎炸油脂及煎炸食品的食用安全性, 适度煎炸也即较低温度和较短时间的煎炸是必要的。

2.4 煎炸时间对其它多环芳烃组分含量的影响

越来越多的研究发现, 仅仅把 Bap 作为食用油脂中多环芳烃类化合物唯一的考核指标并不科学^[6]。因为, 食用油脂中轻质多环芳烃含量通常远高于重质多环芳烃含量 (占总量 80% 以上)^[10]。虽然轻质多环芳烃的相对致癌性低, 但是当轻质多环芳烃的总量很高时, 其绝对危害性大大增加。

本试验研究发现, 大豆油、米糠油及棕榈油在 32 h 的煎炸过程中, 多环芳烃各组分含量的增幅是不同的, 见表 1。大豆油中增幅最大的组分是苊, 增加 15.17 倍, 增幅最小的是苯并(b)荧蒽, 增加 0.17 倍, 轻质多环芳烃总量增加 2.57 倍, 重质多环芳烃总量增加 0.63 倍; 米糠油中增幅最大的也是苊, 增加 20.37 倍, 增幅最小的是苯并(g, h, i)花, 增加 0.08 倍, 轻质多环芳烃总量增加 6.02 倍, 重质多环芳烃总量增加 0.23 倍; 棕榈油中增幅最大的是苊, 增加 3.82 倍, 增幅最小的是苯并(a)蒽, 增加 0.17 倍, 轻质多环芳烃增加 1.77 倍, 重质多环芳烃增加 0.29 倍。在 3 种受测油脂中, 增幅最大的多环芳烃组分及轻质多环芳烃的增加量皆呈现显著性差异 ($P<0.05$), 增幅最小的多环芳烃组分及重质多环芳烃的增加量差异性皆不显著 ($P>0.05$)。此外, 在高温煎炸过程中棕榈油中多环芳烃各组分的增长幅度是最小的。但是, 随着煎炸时间的延长, 3 种受测油脂中多环芳烃各组分总量都是增

加的,且轻质多环芳烃的增加量要远大于重质多环芳烃。

表1 煎炸时间对多环芳烃各组分含量的影响

Table 1 Effect of frying time on the contents of all PAH components in edible oils

目标物	油脂种类/($\mu\text{g}/\text{kg}$)								
	大豆油			米糠油			棕榈油		
	原料油	32 h 后	增加倍数	原料油	32 h 后	增加倍数	原料油	32 h 后	增加倍数
苯	1.26	3.30	1.63 ^a	2.20	5.29	1.41 ^a	1.40	4.90	2.51 ^a
萘	0.67	4.01	5.01 ^a	1.04	6.20	4.93 ^a	1.27	4.36	2.43 ^a
苊	0.23	3.72	15.17 ^a	0.41	8.76	20.37 ^a	0.62	2.90	3.65 ^a
芴	2.22	8.12	2.66 ^a	1.17	15.15	11.99 ^a	1.15	5.54	3.82 ^a
菲	1.80	13.95	6.75 ^a	2.76	28.00	9.14 ^a	4.46	16.20	2.63 ^a
蒽	0.82	3.89	3.73 ^a	0.64	5.22	7.12 ^a	0.70	2.95	3.23 ^a
荧蒽	1.78	3.73	1.10 ^a	1.78	8.17	3.59 ^a	0.94	3.08	2.27 ^a
芘	1.18	2.36	1.00 ^a	0.70	3.75	4.37 ^a	2.37	4.54	0.91 ^b
苯并(a)蒽	1.05	1.38	0.30 ^b	0.55	1.62	1.96 ^a	3.05	3.56	0.17 ^b
屈	2.20	2.65	0.20 ^b	0.72	1.86	1.58 ^a	2.52	3.24	0.28 ^b
苯并(b)荧蒽	2.04	2.40	0.17 ^b	2.71	3.75	0.38 ^b	1.35	1.88	0.39 ^b
苯并(k)荧蒽	0.47	0.73	0.56 ^b	1.13	1.48	0.31 ^b	0.91	1.21	0.32 ^b
苯并(a)芘	1.58	3.93	1.48 ^a	2.52	3.10	0.23 ^b	1.67	2.26	0.35 ^b
二苯并(a, h)蒽	0.32	0.39	0.21 ^b	0.41	0.67	0.61 ^b	0.51	0.63	0.24 ^b
苯并(g, h, i)芘	0.63	0.84	0.35 ^b	4.53	4.87	0.08 ^b	1.00	1.18	0.18 ^b
茚并(1,2,3-c,d)芘	0.48	0.71	0.47 ^b	2.27	2.84	0.25 ^b	1.30	1.55	0.19 ^b
轻质多环芳烃	13.21	47.11	2.57 ^a	11.96	84.01	6.02 ^a	18.49	51.28	1.77 ^a
重质多环芳烃	5.52	9.00	0.63	13.56	16.71	0.23 ^b	6.75	8.71	0.29 ^b
PAH4	6.88	10.35	0.50	6.50	10.34	0.59 ^b	8.60	10.95	0.27 ^b
PAH16	18.73	56.10	1.99 ^a	25.53	100.71	2.95 ^a	25.23	59.98	1.38 ^a

注: a-变化差异显著 $P < 0.05$; b-变化差异不显著 $P > 0.05$ 。

3 结论

3.1 通过对大豆油、米糠油及棕榈油所做的油条煎炸试验,以及对不同煎炸时间所取油脂中多环芳烃含量的检测分析,结果表明:随着煎炸时间的延长,3种受测油脂中Bap、PAH4、PAH16含量都呈现明显的上升趋势。在32h的煎炸时间内,大豆油中Bap、PAH4、PAH16含量分别从未煎炸时的1.58、6.88和18.73 $\mu\text{g}/\text{kg}$ 增加至3.93、10.35和56.10 $\mu\text{g}/\text{kg}$,分别增加1.48、0.50、1.99倍;米糠油中Bap、PAH4、PAH16含量分别从未煎炸时的2.52、6.50和25.53 $\mu\text{g}/\text{kg}$ 增加至3.10、10.34和100.71 $\mu\text{g}/\text{kg}$,分别增加0.23、0.59、2.95倍;棕榈油中Bap、PAH4、PAH16含量分别从未煎炸时的1.67、8.60和25.23 $\mu\text{g}/\text{kg}$ 增加至2.26、10.95和59.98 $\mu\text{g}/\text{kg}$,分别增加0.35、0.27、1.38倍;相比之下,Bap增幅是大豆油>棕榈油>米糠油;PAH4增幅是米糠油>大豆油>棕榈油;PAH16增幅是米糠油>大豆油>棕榈油。

3.2 此外,在高温煎炸过程中,多环芳烃各组分含量的增幅是不同的。大豆油中增幅最大的组分是苊,增幅最小的是苯并(b)荧蒽;米糠油中增幅最大的也是苊,增幅最小的是苯并(g, h, i)芘;棕榈油中增幅最大的是芴,增幅最小的是苯并(a)蒽;3种油脂煎炸过程中轻质多环芳烃的含量及增幅都远大于重质多环芳烃。为消减煎炸油脂及煎炸食品中多环芳烃的危害风险,确保煎炸油脂的品质安全,适度煎炸也即低温短时间煎炸是非常必要的。

参考文献

- [1] 陆红梅,章海风.烹饪食品中多环芳烃的污染及控制[J].扬州大学烹饪学报,2008,25(2):40-42
LU Hong-mei, ZHANG Hai-feng. PAHs pollution in cooked food and its control [J]. Culinary Science Journal of Yangzhou University, 2008, 25(2): 40-42
- [2] 邓云,戴岸青,杨铭铎,等.油炸过程中食品与油脂的相互作用[J].哈尔滨商业大学学报:自然科学版,2003,19(2):197-

- 201
DENG Yun, DAI An-qing, YANG Ming-duo, et al. Interaction of food and oil in process of deep frying [J]. Journal of Harbin University of Commerce Natural Sciences Edition, 2003, 19(2): 197-201
- [3] 王斌,杨冠军,叶志能.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
WANG Bin, YANG Guan-jun, YE Zhi-neng. The quality of oil in fried process and its detection methods [J]. Science and Technology of Food Industry, 2007, 28(10): 232-234
- [4] 王娟,徐桂花.油炸食品安全性分析及对策措施[J].中国食物与营养,2006,4:58-60
WANG Juan, XU Gui-hua. Fried food safety analysis and countermeasures [J]. Food and Nutrition in China, 2006, 4: 58-60
- [5] 杜冰冰,徐振辉.油炸食品的健康食用[J].肉类研究, 2009, 9:50-52
DU Bing-bing, XU Zhen-hui. Healthy eating of fried food [J]. Meat Research, 2009, 9: 50-52
- [6] 穆昭,王兴国,刘元法.加热过程煎炸油品质分析[J].粮油加工,2008,2:65-67
MU Zhao, WANG Xing-guo, LIU Yuan-fa. Analysis of heating process of frying oil [J]. Cereals and Oils Processing, 2008, 2: 65-67
- [7] 谢君红,姚祖江,冯辉.食品中苯并芘的来源和危害及其预防[J].中外食品,2014,1:51-53
XIE Jun-hong, YAO Zu-jiang, FENG Hui. Food source and harm of benzopyrene and its prevention [J]. Global Food Industry Information, 2014, 1: 51-53
- [8] 金华丽,谷克仁.油炸食品安全性分析及危害预防[J].中国油脂,2010,35(9):74-77
JIN Hua-li, GU Ke-ren. Safety analysis of fried food and its harm prevention [J]. China Oils and Fats, 2010, 35(9): 74-77
- [9] 吴丹.食品中苯并芘污染的危害性及其预防措施[J].食品工业科技,2008,29(5):309-311
WU Dan. The harm and prevention measures of benzopyrene pollution in food [J]. Science and Technology of Food Industry, 2008, 29(5): 309-311
- [10] 宫春波,王朝霞,董峰光,等.食用植物油中多环芳烃的污染情况及健康风险评估[J].中国油脂,2013,38(5):75-79
GONG Chun-bo, WANG Zhao-xia, DONG Guang-feng, et al. Contamination degree and health risk assessment of polycyclic aromatic hydrocarbons in edible vegetable oil [J]. China Oils and Fats, 2013, 38(5): 75-79
- [11] 王晓东,王歆睿,李红,等.气相色谱-串联质谱法测定食用油中痕量多环芳烃[J].现代科学仪器,2013,2:137-140
WANG Xiao-dong, WANG Xin-rui, LI Hong, et al. Determination of trace polycyclic aromatic hydrocarbons in edible vegetable oil by gas chromatography-tandem mass spectrometry [J]. Modern Scientific Instruments, 2013, 2: 137-140
- [12] 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
WANG Ying-hui, LIU Yu-lan, LI Shi-jun. Quality changes of rice bran oil during frying dough sticks [J]. China Oils and Fats, 2013, 38(12): 28-32
- [13] 杨念,宋晓燕,董振江,等.发酵型速冻油条制作工艺条件的优化[J].食品科学,2011,32(21):193-197
YANG Nian, SONG Xiao-yan, DONG Zhen-jiang, et al. Optimization of production conditions for fermented frozen fried bread stick [J]. Food Science, 2011, 32(21): 193-197
- [14] 石龙凯,刘玉兰.液相色谱-串联质谱法检测食用油脂中多环芳烃[J].中国粮油学报,2014,29
SHI Long-kai, LIU Yu-lan. Simultaneous determination of PAHs in edible oils by liquid chromatography tandem mass spectrometry [J]. Journal of the Chinese Cereals and Oils Association, 2014, 29
- [15] 刘玉兰,王莹辉,李时军.米糠煎炸油营养成分及煎炸油条品质分析[J].中国油脂,2014,39(3):28-32
LIU Yu-lan, WANG Ying-hui, LI Shi-jun. Nutritional ingredient of frying rice bran oil and the quality of deep-fried dough sticks [J]. China Oils and Fats, 2014, 39(3): 28-32
- [16] BalenovicJ, PetrovicI, PerkovacM. Determination of polycyclic aromatic hydrocarbons in vegetable oil [J]. Proceeding of Euro Food Chemistry VIII, 1995, 18-20