

花生油中多环芳烃的污染来源及管控脱除

山长柱,杨龙娟,陈秋军

(中粮油脂(菏泽)有限公司,山东 菏泽 274000)

多环芳烃(PAHs)是指分子中含有两个及以上稠合芳环的碳氢化合物,是一种典型的持久性有机污染物,广泛存在于空气、水、土壤等环境介质中^[1]。对于不吸烟和非职业暴露人群,饮食是接触多环芳烃的主要来源^[2],尤其因多环芳烃的亲脂性使其来自食用油的摄入占食物摄入量的比例较大^[3]。多环芳烃的形成与食品加工的热源、温度和时间以及食品原料的预处理,食品自身性质(pH、组分、水分等)等因素密切相关^[4]。GB 2762—2022《食品安全国家标准 食品中污染物限量》规定油脂及其制品中苯并(a)芘(BaP)的限量为不超过10 μg/kg,欧盟 No 835/2011 中规定植物油中 BaP、苯并(a)蒎、苯并(b)荧蒎和蒎(PAH4)的总含量不超过10 μg/kg, BaP 含量不超过2 μg/kg。为降低花生油中多环芳烃含量,保证食品安全,本文以花生仁为原料,采用手动压油机制备花生油,并参照 GB 5009.265—2021《食品安全国家标准 食品中多环芳烃的测定》第二法高效液相色谱法测定其中多环芳烃(PAH4)含量,开展花生油中多环芳烃污染来源及加工过程中的管控和脱除探究。

1 花生油中多环芳烃的污染来源

1.1 不同花生仁原料对花生油中多环芳烃含量的影响

收集16份不同花生仁样品,将其粉碎,采用手动压油机制备花生油,检测花生油中多环芳烃(PAH4)含量,结果见表1。由于多环芳烃具有极强的亲脂性,因此很容易在食用油中富集^[5]。由表1可知,16个花生油样品中,PAH4检出率为100%,与已有研究不同种类食用植物油中多环芳烃检出情况一致^[6]。以不同花生仁原料制备的花生油中多环芳烃含量差异较大,说明环境污染程度不一,花生原料受污染程度也不同。因此,采购合适的花生原料是保证花生油品质的重要手段。

表1 不同花生仁原料制备的花生油中 PAH4 含量

样品	PAH4 含量				PAH4 总量
	苯并(a)蒎	蒎	苯并(a)荧蒎	BaP	
花生仁 1	0.66	0.32	0.36	0.70	2.04
花生仁 2	1.17	1.66	2.33	2.81	7.97
花生仁 3	0.68	0.73	0.89	1.87	4.17
花生仁 4	0.41	0.35	未检出	0.61	1.37
花生仁 5	0.73	0.82	0.73	1.63	3.91
花生仁 6	0.35	0.61	0.73	0.62	2.31
花生仁 7	1.09	0.93	1.37	1.98	5.37
花生仁 8	1.27	1.62	1.51	2.02	6.42
花生仁 9	0.73	0.72	0.40	0.37	2.22
花生仁 10	2.11	0.73	1.25	1.29	5.38
花生仁 11	未检出	0.30	0.46	0.51	1.27
花生仁 12	1.87	2.01	2.35	3.06	9.29
花生仁 13	1.12	1.65	1.82	2.56	7.15
花生仁 14	0.36	0.97	1.21	1.06	3.60
花生仁 15	1.02	0.72	1.16	1.08	3.98
花生仁 16	0.92	1.16	1.28	1.36	4.72

1.2 瘪粒/饱满花生仁及蒸炒对花生油中多环芳烃含量的影响

花生油生产过程中需对原料进行高温蒸炒以产生浓郁的香味,若原料颗粒大小不一或杂质过多会造成焦糊现象,很可能因有机物的热解和不完全燃烧而产生多环芳烃。有研究表明,当油料油脂被炒焦或炭化时,多环芳烃含量会显著增加^[7]。将饱满、瘪粒(来自收购花生仁筛选后的筛下物)花生仁破碎4~6瓣进行蒸炒,蒸炒条件模拟车间工艺(蒸炒温度125℃、蒸炒时间40 min、水分12%),取蒸炒前后的花生仁采用手动压油机制备花生油并测定其多环芳烃(PAH4)含量,结果见表2。

由表2可知,花生仁蒸炒后,其制备的花生油中PAH4含量明显高于蒸炒前。在相同蒸炒时间和蒸炒温度下,瘪粒花生仁加工花生油PAH4含量增长率明显高于饱满花生仁,主要是由于蒸炒过程中瘪粒花生仁炒焦或炭化较多导致。

作者简介:山长柱(1978),男,高级工程师,主要从事植物油安全管理工作(E-mail) shanchangzhu@cofco.com。

通信作者:陈秋军,工程师(E-mail) hzcqj888@163.com。

表 2 瘪粒和饱满花生仁蒸炒前后加工花生油中 PAH4 含量变化情况

瘪粒花生仁加工花生油			饱满花生仁加工花生油		
蒸炒前/ ($\mu\text{g}/\text{kg}$)	蒸炒后/ ($\mu\text{g}/\text{kg}$)	增长率/ %	蒸炒前/ ($\mu\text{g}/\text{kg}$)	蒸炒后/ ($\mu\text{g}/\text{kg}$)	增长率/ %
6.56	10.32	57.3	3.61	4.29	18.8
5.21	9.32	78.9	2.69	3.37	25.3
10.26	21.89	113.4	5.33	6.39	19.9
7.62	17.53	130.1	6.83	10.02	46.7
4.57	7.62	66.7	3.97	5.12	29.0

2 花生油中多环芳烃的管控脱除

2.1 原料筛选对多环芳烃含量的影响

收集不同的花生仁原料,使用 5.5 mm 孔径圆筛筛选处理,筛下物主要是杂质、尘土、少量花生瘪粒破碎物。将筛选前花生仁、筛上花生仁进行粉碎,采用手动压油机制备花生油,分别检测花生油中多环芳烃(PAH4)含量,结果如表 3 所示。

由表 3 可以看出,5.5 mm 筛筛上花生仁压榨花生油中 PAH4 含量下降 10% 以上,说明筛除杂质、尘土、少量花生瘪粒破碎物可有效降低压榨花生油中多环芳烃(PAH4)含量。

表 4 加工助剂对花生油中 PAH4 的脱除效率

脱除前/ ($\mu\text{g}/\text{kg}$)	活性白土		凹凸棒黏土		M 型活性炭		D 型活性炭		膨润土	
	脱除后/ ($\mu\text{g}/\text{kg}$)	脱除率/ %	脱除后/ ($\mu\text{g}/\text{kg}$)	脱除率/ %	脱除后/ ($\mu\text{g}/\text{kg}$)	脱除率/ %	脱除后/ ($\mu\text{g}/\text{kg}$)	脱除率/ %	脱除后/ ($\mu\text{g}/\text{kg}$)	脱除率/ %
9.32	7.92	15.0	8.62	7.5	0.85	90.8	2.15	76.9	9.24	0.9
10.02	8.45	15.7	9.21	8.1	1.14	88.6	2.49	75.1	9.91	1.1
7.65	6.87	10.2	7.15	6.5	0.70	90.9	2.05	73.2	7.60	0.7
17.66	14.85	15.9	16.02	9.3	1.29	92.7	3.60	79.6	17.25	2.3
5.63	5.03	10.7	5.35	5.0	0.78	86.1	1.67	70.3	5.62	0.2

3 结论

对花生油中多环芳烃的污染来源及管控脱除进行了研究,结果表明:不同花生仁加工花生油中的多环芳烃含量差异较大;相同加工工艺下,饱满花生仁加工花生油中的多环芳烃增长率明显低于瘪粒花生仁加工花生油;采用 5.5 mm 孔径圆筛对花生仁筛选可有效降低花生油中多环芳烃含量;不同种类加工助剂对花生油中多环芳烃的脱除效果依次为 M 型活性炭 > D 型活性炭 > 活性白土 > 凹凸棒黏土 > 膨润土。因此,选择多环芳烃含量低,籽粒饱满的花生仁和对原料进行筛选处理,可有效降低花生油中多环芳烃含量,花生油中多环芳烃含量较高时可选择添加 M 型活性炭对其进行吸附脱除。

参考文献:

[1] PARADELO R, CELEIRO M, HERBÓN C, et al. Polycyclic aromatic hydrocarbons concentration and spatial distribution in the soils of Santiago de Compostela (northwestern Spain)[J/OL]. *Geoderma Reg*, 2023, 34:

表 3 筛选前后花生仁加工花生油中 PAH4 含量变化情况

筛选前/($\mu\text{g}/\text{kg}$)	筛选后/($\mu\text{g}/\text{kg}$)	去除率/%
2.04	1.76	13.7
6.76	5.46	19.2
2.81	2.36	16.0
4.17	3.29	21.1
1.37	1.19	13.1
5.83	4.91	15.8

2.2 加工助剂对花生油中多环芳烃含量的影响

由于不同加工助剂性质不同,对多环芳烃的吸附效果也有很大差别。为了验证不同加工助剂对多环芳烃的脱除效果,选取了常用的活性白土、凹凸棒黏土、M 型活性炭、D 型活性炭、膨润土为吸附剂,按添加量 0.2% 加入花生油中,在温度 110 $^{\circ}\text{C}$ 、吸附时间 35 min 及搅拌速度 150 r/min 条件下进行多环芳烃脱除试验,考察加工助剂对花生油中多环芳烃(PAH4)的脱除效率,结果见表 4。由表 4 可以看出,各加工助剂脱除花生油中 PAH4 效果依次为 M 型活性炭 > D 型活性炭 > 活性白土 > 凹凸棒黏土 > 膨润土,其中 M 型活性炭对 PAH4 有较强的吸附作用,脱除率可达 85% 以上。

e00703 [2024 - 03 - 08]. <https://doi.org/10.1016/j.geodrs.2023.e00703>.

[2] AL - RASHDAN A, HELALEH M I, NISAR A, et al. Determination of the levels of polycyclic aromatic hydrocarbons in toasted bread using gas chromatography mass spectrometry [J/OL]. *Int J Anal Chem*, 2010, 2010: 821216 [2024 - 03 - 08]. <https://doi.org/10.1155/2010/821216>.

[3] 陈洪涛,王力清,甄成,等. 食用油脂多环芳烃污染研究进展[J]. *粮食与油脂*, 2011, 24(6): 37 - 39.

[4] 张浪,杜洪振,田兴奎,等. 煎炸食品中多环芳烃的生成及其控制技术研究进展[J]. *食品科学*, 2020, 41(3): 272 - 280.

[5] 刘玉兰,温运启,许利丽,等. 不同植物油制取工艺对毛油中多环芳烃含量的影响[J]. *中国油脂*, 2018, 43(2): 41 - 45.

[6] 侯靖,卢跃鹏,江小明,等. 食用植物油中多环芳烃含量水平调查分析[J]. *中国油脂*, 2017, 42(12): 76 - 80.

[7] 汪学德,王合宝,刘玉兰. 降低芝麻油中的苯并[a]芘含量工艺参数的研究[J]. *粮油加工*, 2010(10): 29 - 31.