

植物油料中塑料杂质对油脂塑化剂含量的影响

刘玉兰¹, 胡爱鹏¹, 杨金强¹, 马宇翔¹, 陈刚², 安骏²

(1.河南工业大学粮油食品学院, 河南 郑州 450001; 2.中粮食品营销有限公司, 北京 100020)

摘要: 通过对塑料杂质(聚丙烯编织袋和聚乙烯塑料袋)含量不同的花生仁和油菜籽进行浸出取油和压榨取油, 并检测浸出毛油和压榨毛油中6种邻苯二甲酸酯类塑化剂(phthalic acid esters, PAEs)含量, 研究油料中塑料杂质对毛油中PAEs含量的影响。结果发现, 随着花生仁和油菜籽中塑料杂质含量的增加, 所制取毛油中塑化剂含量也随之增加。油料中不含塑料杂质时, 2种方式提取的花生油和菜籽油样中PAEs平均含量分别为1.130、0.503 mg/kg; 聚丙烯编织袋质量分数0.5%时, 花生油和菜籽油样品中PAEs平均含量分别为1.538、0.684 mg/kg, 分别为不含杂质时的1.36倍和1.36倍; 聚乙烯塑料袋质量分数为0.5%时, 花生油和菜籽油样中PAEs平均含量分别为2.810、1.556 mg/kg, 分别为不含杂质时的2.49倍和3.09倍; 聚丙烯编织袋质量分数增大至1.0%时, 花生油和菜籽油中PAEs含量分别为2.245、0.851 mg/kg, 分别为不含杂质时的1.99倍和1.69倍; 聚乙烯塑料袋质量分数为1.0%时, 2种油脂中PAEs含量分别为3.391、2.121 mg/kg, 分别为不含杂质时的3.00倍和4.22倍。含有聚乙烯塑料袋的油料比含有聚丙烯编织袋的油料受塑化剂污染的风险程度更大, 浸出毛油比压榨毛油受塑化剂污染的风险也更为显著。

关键词: 植物油料; 塑料杂质; 浸出毛油; 压榨毛油; 邻苯二甲酸酯类塑化剂

Phthalic Acid Esters (PAEs) Contents in Vegetable Oil Affected by Plastic Impurities in Plant Oilseeds

LIU Yulan¹, HU Aipeng¹, YANG Jinqiang¹, MA Yuxiang¹, CHEN Gang², AN Jun²

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

2. COFCO Food Sales & Distribution Co. Ltd., Beijing 100020, China)

Abstract: Peanut and rapeseed with different contents of plastic impurities (polypropylene (PP) woven bag and polyethylene (PE) bag) were collected, and crude oils were obtained from the two oilseeds by solvent extraction and pressing, respectively. The contents of six phthalates acid esters (PAEs) in crude oils were detected, and the influence of plastic impurities in plant oilseeds on the contents of PAEs in crude oil was studied. The results showed that the contents of PAEs in crude oil increased with increasing contents of plastic impurities in peanut and rapeseed. The average contents of PAEs in crude peanut and rapeseed oil without plastic impurities were 1.130 and 0.503 mg/kg, respectively. The average contents of PAEs in peanut oil and rapeseed oil samples from oilseeds containing 0.5% of PP woven bag impurities were 1.538 and 0.684 mg/kg, respectively, which were 1.36 and 1.36 times higher than that in the corresponding control oils (extracted from oilseeds without plastic impurities), respectively. In the case of oilseeds containing 0.5% of PE bag impurities, the average contents of PAEs were 2.810 and 1.556 mg/kg in peanut and rapeseed oil, respectively, which were 2.49 and 3.09 times higher than that in the control oils, respectively. The contents of PAEs were 2.245 and 0.851 mg/kg in peanut and rapeseed oil from oilseeds with 1.0% of PP woven bag impurities respectively, which were 1.99 and 1.69 times higher than that in the control oils, respectively. The average contents of PAEs were 3.391 and 2.121 mg/kg in peanut and rapeseed oils from oilseeds with 1.0% of PE bag impurities, respectively, which were 3.00 and 4.22 times higher than that in the control oils, respectively. Oilseeds with PE plastic bags caused higher risk of PAEs pollution in oils than with PP plastic woven bags, and the solvent extracted oil had higher risk of pollution than the one obtained by pressing.

Key words: plant oilseeds; plastic impurities; solvent extracted crude oils; pressed crude oils; phthalates acid esters

DOI:10.7506/spkx1002-6630-201721029

中图分类号: TS222.1

文献标志码: A

文章编号: 1002-6630 (2017) 21-0182-05

收稿日期: 2016-08-22

基金项目: “十三五”国家重点研发计划重点专项 (2016YFD0401400; 2016YFD0401405)

作者简介: 刘玉兰 (1957—), 女, 教授, 硕士, 研究方向为油料油脂加工与品质安全。E-mail: liuy17446@163.com

引文格式:

刘玉兰, 胡爱鹏, 杨金强, 等. 植物油料中塑料杂质对油脂塑化剂含量的影响[J]. 食品科学, 2017, 38(21): 182-186.

DOI:10.7506/spkx1002-6630-201721029. <http://www.spkx.net.cn>

LIU Yulan, HU Aipeng, YANG Jinqiang, et al. Phthalatic acid esters (PAEs) contents in vegetable oil affected by plastic impurities in plant oilseeds[J]. Food Science, 2017, 38(21): 182-186. (in Chinese with English abstract) DOI:10.7506/spkx1002-6630-201721029. <http://www.spkx.net.cn>

越来越多的研究表明^[1-3], 邻苯二甲酸酯类(phthalatic acid esters, PAEs)塑化剂在食用植物油中普遍存在, 塑化剂对人体的免疫系统、消化系统和生殖系统造成的潜在危害不容忽视^[4-10]; 为了有效控制食用植物油中塑化剂的风险, 探究食用植物油中塑化剂的来源和成因显得尤其重要^[11]。最新的研究报道, 植物油料本身含有塑化剂^[12-13], 这可能与油料作物生长环境的土壤、水质、空气中含有塑化剂成分有关^[14-17]。崔明明等^[18]对山东4大花生产区17个花生样品的进行检测分析发现, 山东半岛产出的花生中均能检测出PAEs, 土壤受PAEs的污染程度与所产花生受污染程度显著相关, 土壤中PAEs总含量(Σ PAEs)、邻苯二甲酸二正丁酯(dibutyl phthalate, DBP)和邻苯二甲酸二(2-乙基)己酯(di(2-ethylhexyl) phthalate, DEHP)含量与花生中 Σ PAEs、DBP和DEHP含量具有共变趋势, 覆膜种植的花生受PAEs污染程度显著高于露地种植的花生。在食用植物油生产中, 植物油料大多采用塑料编织袋进行包装、运输、储存, 有时包装储存时间还很长, 塑料编织袋的品质差别很大, 有些采用废旧回收的塑料编织袋, 这些塑料编织袋大多是不符合GB 9685—2008《食品容器、包装材料用添加剂使用卫生标准》^[19]要求的包装袋。在油料加工厂, 操作工人通常采用刀片划破塑料编织袋, 将其中油料倾倒入料斗, 划破的塑料编织袋的细屑和碎丝会混入油料中。此外, 由于地膜和塑料袋滥用及不完善地回收^[20-22], 致使植物油料在收获和储运过程中也会掺杂进地膜和塑料袋碎屑。若在油料预处理的清理除杂过程中没能将这些塑料类杂质完全去除, 这些塑料类杂质中的塑化剂组分就很有可能在制油过程迁移进入油脂中, 造成塑化剂污染超出《卫办监督函(2011)551号》规定的食品及食品添加剂中PAEs类物质最大残留量的要求(DBP<0.3 mg/kg、DEHP<1.5 mg/kg、邻苯二甲酸二异壬酯<9 mg/kg)。也有不少的研究证实^[23-27], 塑料包装物中的塑化剂可向食品中迁移, 且迁移程度受食品组分的影响, 其中脂肪含量对其迁移影响最为显著。本实验研究通过对塑料杂质含量不同的花生仁和油菜籽进行浸出取油和压榨取油, 并检测浸出毛油和压榨毛油中6种PAEs含量, 研究油料中塑料杂质对毛油中PAEs含量的影响, 以期能为油脂生产中的PAEs控制提供依据。

1 材料与方法

1.1 材料与试剂

花生仁, 采购于郑州市关庄市场; 油菜籽, 采样于中粮黄冈油厂。

聚丙烯(polypropylene, PP)编织袋、聚乙烯(polyethylene, PE)塑料袋均采购于郑州市关庄市场。

邻苯二甲酸二甲酯(dimethyl phthalate, DMP)、邻苯二甲酸二乙酯(diethyl phthalate, DEP)、DBP、邻苯二甲酸丁基苄基酯(benzyl butyl phthalate, BBP)和DEHP标准品(纯度 $\geq 98\%$) 美国Supelco公司; 邻苯二甲酸二异丁酯(diisobutyl phthalate, DIBP)标准品(纯度99.0%) 德国Dr. Ehrenstorfer GmbH公司; 氘代同位素内标(d4-DMP、d4-DEP、d4-DIBP、d4-DBP、d4-BBP和d4-DEHP)(纯度 $\geq 99\%$) 上海有机化学研究所; 丙酮、正己烷、乙腈(均为色谱纯) 美国Sigma公司; 实验所用的水均为超纯水(18.25 M Ω ·cm)。

1.2 仪器与设备

Trace1310-ISQ气相色谱-质谱联用仪、TG-5MS气相毛细管色谱柱(30 m $\times$ 0.25 mm, 0.25 μ m) 美国Thermo Fisher公司; 玻璃PSA固相萃取柱(填料质量1 g, 空柱管体积6 mL) 上海安谱科学仪器有限公司; KQ3200DE数控超声波清洗器 昆山市超声仪器有限公司; MVS-1漩涡混合器 北京金北德工贸有限公司; MTN-2800W氮吹浓缩仪 天津奥特赛恩斯仪器有限公司; R-201 II旋转蒸发器 上海申顺生物科技有限公司。

1.3 方法

1.3.1 毛油提取

浸出取油: 将油料粉碎, 过40目筛; 称取100 g样品于1 000 mL烧杯中; 混入质量分数为0.0%、0.5%、1.0%的PP编织袋或PE塑料袋碎片(面积小于25 mm²); 向油料中加入500 mL正己烷, 在45 $^{\circ}$ C水浴中搅拌2 h完成萃取, 抽滤将正己烷和油脂的混合液与固体物料分离, 滤液旋转蒸发脱除正己烷得到浸出毛油。检测浸出毛油中PAEs含量。

压榨取油: 称取300 g油料; 混入质量分数为0.0%、0.5%、1.0%的PP编织袋或PE塑料袋碎片(面积小于25 mm²), 将油料用纱布包好放入液压榨油机压榨得到压榨毛油。检测压榨毛油中的PAEs含量。

1.3.2 油脂中塑化剂的组分含量测定

油脂中塑化剂的组分含量检测参照文献[28]。样品前处理：称取1.000 0 g样品于10 mL试管中，再移取5 mL乙腈于离心管。漩涡振荡2 min，超声萃取2 min，4 500 r/min离心分层，收集上层溶液于浓缩瓶中，重复上述操作2次，将3次收集的上层溶液旋转蒸干，加入2 mL正己烷混合均匀，以备上样。

将上述混合液通过PSA固相萃取柱，而后依次加入正己烷、丙酮-正己烷溶液（1:9，V/V）各5 mL洗脱，合并收集上样液和洗脱液，在40 °C条件下旋转蒸发浓缩，再氮气吹干，用乙腈定容至1 mL，准备进样检测。

气相色谱条件：TG-5MS气相毛细管色谱柱（30 m×0.25 mm，0.25 μm）；载气为氦气，载气流速1 mL/min；进样口温度300 °C；进样量，1 μL；不分流进样。升温程序：初始温度60 °C，保持1 min；先以20 °C/min的速率升温至220 °C保持1 min，再以5 °C/min的速率升温至280 °C保持4 min。

质谱分析条件：电子轰击离子源；电离能量70 eV；离子源温度300 °C；溶剂延迟6 min；全扫描定性，选择离子扫描定量。

1.4 数据统计分析

峰面积数据使用Xcalibur软件选择自动和积分，手动检查错误并在必要时重新积分。采用内标法对样品中的塑化剂进行定量处理，仪器的检出限、定量限及标准曲线均由Xcalibur软件给出。其他数据使用Origin 8.0和Microsoft Office Excel 2010软件进行处理。

2 结果与分析

2.1 塑料杂质质量分数对浸出毛油品质的影响

PP编织袋、PE塑料袋塑料杂质对花生和菜籽浸出毛油中PAEs含量的影响见表1、2。

表1 含不同质量分数的塑料杂质花生浸出毛油中的PAEs含量

Table 1 Contents of PAEs in solvent extracted oil extracted from peanut with different amounts of plastic impurities

	mg/kg						
塑料杂质添加量	DMP	DEP	DIBP	DBP	BBP	DEHP	ΣPAEs
0.0%	0.013	0.009	0.059	0.472	0.061	1.285	1.899
0.5% PP编织袋	0.027	0.032	0.104	0.694	0.058	1.324	2.239
1.0% PP编织袋	0.013	0.011	0.092	0.648	0.056	1.609	2.429
0.5% PE塑料袋	0.017	0.010	0.075	0.525	0.058	1.603	2.288
1.0% PE塑料袋	0.012	0.014	0.093	0.635	0.058	1.893	2.705

注：ΣPAEs表示DMP、DEP、DIBP、DBP、BBP和DEHP 6种PAEs含量的总和。下同。

由表1可知，即使花生仁不含塑料类杂质，其浸出毛油中仍检测出PAEs，ΣPAEs含量为1.899 mg/kg，DBP含量0.472 mg/kg，已超出国标限量，DEHP含量

1.285 mg/kg，也接近国标限量。这可能是由于油料本身含有塑化剂并且随着制油过程迁移至毛油中。随花生仁中塑料杂质含量的增加，浸出毛油中塑化剂含量明显升高；塑料杂质含量相同时，PE塑料袋对油脂的污染大于PP塑料编织袋。以DEHP为例，塑料杂质质量分数为0.5%时，含有PP塑料编织袋的浸出毛油中DEHP含量为1.324 mg/kg，是不含塑料杂质毛油的1.03倍，含PE塑料袋的浸出毛油中DEHP含量为1.603 mg/kg，是不含塑料杂质毛油的1.25倍；塑料杂质质量分数为1.0%时，含PP塑料编织袋花生浸出毛油中DEHP含量为1.609 mg/kg，是不含塑料杂质毛油的1.25倍，含PE塑料袋花生浸出毛油中DEHP含量为1.893 mg/kg，是不含塑料杂质毛油的1.47倍。PP编织袋质量分数为0.5%、1.0%时，浸出毛油中ΣPAEs含量分别为2.239、2.429 mg/kg，分别是不含塑料袋毛油的1.18倍和1.28倍；PE塑料袋质量分数为0.5%、1.0%时，浸出毛油中ΣPAEs含量分别为2.288、2.705 mg/kg，分别是不含塑料袋毛油的1.20倍和1.43倍。

表2 含不同质量分数的塑料杂质菜籽浸出毛油中的PAEs含量

Table 2 Contents of PAEs in solvent extracted oil from rapeseed with different amounts plastic impurities

	mg/kg						
塑料杂质添加量	DMP	DEP	DIBP	DBP	BBP	DEHP	ΣPAEs
0.0%	0.015	0.007	0.051	0.290	0.053	ND	0.416
0.5% PP编织袋	0.015	0.010	0.044	0.285	0.059	ND	0.413
1.0% PP编织袋	0.012	0.026	0.061	0.325	0.074	ND	0.498
0.5% PE塑料袋	0.016	0.011	0.127	0.437	0.060	1.962	2.613
1.0% PE塑料袋	0.020	0.013	0.068	0.426	0.059	2.411	2.997

注：ND表示未检出。下同。

由表2可知，菜籽中含有PP编织袋和PE塑料袋杂质时，浸出毛油中ΣPAEs含量普遍高于不含塑料杂质所制取的毛油；菜籽中不含塑料杂质时，浸出毛油中ΣPAEs含量为0.416 mg/kg，DBP为0.290 mg/kg，DEHP未检出；塑料杂质质量分数为0.5%时，含有PP编织袋的菜籽浸出毛油及含有PE塑料袋的菜籽浸出毛油中DBP含量分别为0.285、0.437 mg/kg，分别是不含塑料杂质毛油的0.98倍和1.51倍；质量分数为1.0%时，2种浸出毛油中DBP含量分别为0.325、0.426 mg/kg，分别是不含塑料杂质毛油的1.12倍和1.47倍。在塑料杂质质量分数1.0%时，2种浸出毛油中ΣPAEs含量分别为0.498、2.997 mg/kg，是不含塑料杂质菜籽浸出毛油的1.20倍和7.20倍。质量分数为0.5%时，含塑料袋菜籽浸出毛油中DEHP的含量也从未检出增加至1.962 mg/kg。

综合表1、2来看，当植物油料中含有塑料杂质时，浸出毛油中的ΣPAEs含量均有一定程度的增加；在塑料杂质质量分数相同的情况下，PE塑料袋的污染能力强于PP编织袋，浸出毛油中的DBP、DEHP、ΣPAEs含量均随PE塑料袋质量分数的增加而逐渐增加，但PP编织袋对毛油

中塑化剂含量的影响却没有表现出明显的持续增加的趋势,这可能与不同塑料材质中塑化剂组分含量不同以及塑化剂组分与基体的聚合程度及迁移能力有关。对于不同油料,在塑料杂质相同、含量相同的条件下,浸出毛油中塑化剂的增加量也有所不同(油菜籽毛油增量大于花生毛油),这表明塑料杂质对浸出毛油的污染能力可能还与油料品种有关。

2.2 塑料杂质质量分数对压榨毛油品质的影响

PP编织袋、PE塑料袋塑料杂质对花生和菜籽压榨毛油中PAEs的影响见表3、4。

表3 含不同质量分数的塑料杂质花生压榨毛油中的PAEs含量
Table 3 Contents of PAEs in pressed oil from peanut with different amounts of plastic impurities

塑料杂质添加量	DMP	DEP	DIBP	DBP	BBP	DEHP	ΣPAEs
0.0%	0.010	ND	0.036	ND	0.074	0.240	0.360
0.5% PP编织袋	0.021	0.012	0.045	0.040	0.090	0.629	0.837
1.0% PP编织袋	0.024	0.010	0.147	0.232	0.799	0.849	2.061
0.5% PE塑料袋	0.019	0.163	0.943	0.057	1.560	0.589	3.331
1.0% PE塑料袋	0.021	0.286	1.132	0.093	1.827	0.717	4.076

由表3可知,花生中含有塑料杂质时,压榨毛油中ΣPAEs含量提高。花生中不含塑料杂质时,压榨毛油中ΣPAEs、DEHP、DBP含量分别为0.360、0.240 mg/kg及未检出;含0.5% PP编织袋的花生压榨毛油中ΣPAEs、DEHP、DBP含量分别为0.837、0.629、0.040 mg/kg;含0.5% PE塑料袋的花生压榨毛油中ΣPAEs、DEHP、DBP含量分别为3.331、0.589、0.057 mg/kg;由此可以看出油料中含有塑料杂质时,压榨毛油中塑化剂含量明显增加,且不同材质塑料杂质对压榨毛油的污染能力不同。塑料杂质质量分数为1.0%时,含PP编织袋花生压榨毛油中ΣPAEs、DEHP、DBP含量分别为2.061、0.849、0.232 mg/kg,ΣPAEs、DEHP含量是不含塑料杂质时5.73倍和3.54倍;含PE塑料袋花生压榨毛油中ΣPAEs、DEHP、DBP含量分别为4.076、0.717、0.093 mg/kg,ΣPAEs、DEHP含量是不含塑料杂质时11.32倍和2.99倍。从ΣPAEs含量来看,在塑料杂质质量分数相同条件下,PE塑料袋比PP编织袋对压榨毛油的污染更为严重。

表4 含不同质量分数的塑料杂质菜籽压榨毛油中的PAEs含量
Table 4 Contents of PAEs in pressed oil from rapeseed with different amounts of plastic impurities

塑料杂质添加量	DMP	DEP	DIBP	DBP	BBP	DEHP	ΣPAEs
0.0%	0.028	0.007	0.250	0.188	0.117	ND	0.590
0.5% PP编织袋	0.021	0.015	0.037	0.187	0.059	0.636	0.955
1.0% PP编织袋	0.021	0.017	0.042	0.249	0.058	0.817	1.204
0.5% PE塑料袋	0.025	0.009	0.071	0.330	0.063	ND	0.498
1.0% PE塑料袋	0.026	0.041	0.049	0.274	0.061	0.793	1.244

从表4可知,油菜籽中含有塑料杂质时,压榨毛油中DEHP含量显著增加。不含塑料杂质时,菜籽压榨毛油中ΣPAEs、DEHP、DBP含量分别为0.590 mg/kg、未检出和0.188 mg/kg;PP编织袋质量分数为1.0%时,压榨毛油中ΣPAEs、DEHP、DBP含量分别为1.204、0.817、0.249 mg/kg;PE塑料袋质量分数为1.0%时,压榨毛油中ΣPAEs、DEHP、DBP含量分别为1.244、0.793、0.274 mg/kg;无论是PP编织袋还是PE塑料袋,当其质量分数为1.0%时,压榨毛油中ΣPAEs含量增加1倍以上。但是在塑料杂质质量分数为0.5%时,油菜籽压榨毛油中塑化剂含量与未含塑料杂质得到的毛油相比,增量不明显,这与花生压榨油的增量相比也存在差异。

总体上看,随着花生仁和油菜籽中塑料杂质含量的增加,所制取毛油中PAEs的含量也随之增加。油料中不含塑料杂质时,浸出法和压榨法所制得的花生油、菜籽油中的PAEs平均含量分别为1.130、0.503 mg/kg。PP编织袋含量分别为0.5%、1.0%时,花生油中PAEs平均含量分别为1.538、2.245 mg/kg,分别为不含杂质时的1.36倍和1.99倍;菜籽油中PAEs平均含量分别为0.684、0.851 mg/kg,分别为不含杂质时的1.36倍和1.69倍。PE塑料袋含量分别为0.5%、1.0%时,花生油和菜籽油样中PAEs平均含量分别为2.810、3.391 mg/kg和1.556、2.121 mg/kg,分别为不含杂质时的2.49、3.00倍和3.09、4.22倍。油料中含PE塑料袋比含有PP编织袋使毛油受PAEs污染的风险更大,浸出法比压榨法制得的毛油受PAEs的暴露风险更高。

3 结 论

花生仁和油菜籽中含有的塑料类杂质能在制油过程向油脂中迁移,无论是浸出法制油还是压榨法制油,塑料杂质中PAEs均会随着制油过程迁移至毛油中,使毛油中PAEs含量有不同程度的增加,并且随着塑料杂质含量的增加,所制取毛油中ΣPAEs含量也随之增加。PP编织袋质量分数为0.5%时,花生油和菜籽油样中PAEs平均含量分别为不含杂质时的1.36倍和1.36倍;PE塑料袋质量分数为0.5%时,花生油和菜籽油样中PAEs平均含量分别为不含杂质时的2.49倍和3.09倍;PP编织袋质量分数为1.0%时,花生油和菜籽油中PAEs含量分别为不含杂质时的1.99倍和1.69倍;PE塑料袋质量分数为1.0%时,2种油脂中PAEs含量分别为不含杂质时的3.00倍和4.22倍。这也说明油料中含有PE塑料袋比PP编织袋对毛油受塑化剂污染的风险更大。在同种塑料杂质和相同质量分数的条件下,浸出毛油比压榨毛油中塑化剂含量更高,譬如在油料中含有1.0% PE塑料袋杂质时,花生浸出毛油中DEHP含量(1.893 mg/kg)高于压榨毛油中含量(0.717 mg/kg);菜籽浸出毛油中DEHP含量

(2.411 mg/kg) 高于压榨毛油含量 (0.793 mg/kg)。这也显示出浸出毛油比压榨毛油受塑化剂污染的风险程度更大。此外还要注意的, 即使花生仁和油菜籽中不含塑料杂质, 但所制取的压榨油和浸出油中也检出塑化剂, 这说明花生和油菜籽本底含有塑化剂, 并且也会在制油过程中迁移至油脂中。因此, 油料油脂加工企业很有必要加强对植物油料中塑料杂质的清除, 以降低毛油中塑化剂含量和成品油受塑化剂污染的风险。

参考文献:

- [1] SHI L K, ZHANG M M, LIU Y L. Concentration and survey of phthalic acid esters in edible vegetable oils and oilseeds by gas chromatography-mass spectrometry in China[J]. Food Control, 2016, 68: 118-123. DOI:10.1016/j.foodcont.2016.03.027.
- [2] 刘玉兰, 张明明, 朱远坤, 等. 储存条件对塑料瓶装大豆油中塑化剂含量影响的研究[J]. 中国油脂, 2015, 40(6): 43-48. DOI:10.3969/j.issn.1003-7969.2015.06.012.
- [3] 王鹏功, 高明星, 程刚, 等. 气相色谱-质谱法对食用油中17种邻苯二甲酸酯的测定[J]. 食品科学, 2012, 33(18): 246-249.
- [4] EMA M, MIYAWAKI E. Adverse effects on development of the reproductive system in male offspring of rats given monobutyl phthalate, a metabolite of dibutyl phthalate, during late pregnancy[J]. Reproductive Toxicology, 2001, 15(2): 189-194. DOI:10.1016/S0890-6238(01)00111-3.
- [5] 宋晓峰, 魏光辉, 邓永继, 等. 邻苯二甲酸二乙基己酯对小鼠胚胎Leydig细胞毒性作用研究[J]. 中国男科学杂志, 2006, 20(10): 12-14; 20. DOI:10.3969/j.issn.1008-0848.2006.10.004.
- [6] 王婧, 蔡风云, 曾强, 等. 邻苯二甲酸丁基苯基酯致大鼠肺细胞氧化损伤作用的体外研究[J]. 医学研究杂志, 2009, 38(9): 16-18. DOI:10.3969/j.issn.1673-548X.2009.09.007.
- [7] ARCADI F A, COSTA C, IMPERATORE C, et al. Oral toxicity of bis(2-ethylhexyl) phthalate during pregnancy and suckling in the Long-Evans rat[J]. Food and Chemical Toxicology, 1998, 36(11): 963-970. DOI:10.1016/S0278-6915(98)00065-9.
- [8] DEES J H, GAZOULI M, PAPADOPOULOS V. Effect of mono-ethylhexyl phthalate on MA-10 Leydig tumor cells[J]. Reproductive Toxicology, 2001, 15(2): 171-187. DOI:10.1016/S0890-6238(01)00110-1.
- [9] MELNICK R L. Is peroxisome proliferation an obligatory precursor step in the carcinogenicity of di(2-ethylhexyl) phthalate (DEHP)?[J]. Environmental Health Perspectives, 2001, 109(5): 437-442. DOI:10.1289/ehp.01109437.
- [10] FANKHAUSER-NOTI A, BIEDERMANN-BREM S, GROB K. PVC plasticizers/additives migrating from the gaskets of metal closures into oily food: swiss market survey June 2005[J]. European Food Research and Technology, 2006, 223(4): 447-453. DOI:10.1007/s00217-005-0223-7.
- [11] 邹翀, 尤梦圆, 刘金勇, 等. 食用油中邻苯二甲酸酯类物质的来源分析及预防措施[J]. 中国粮油学报, 2014, 29(7): 102-107; 111. DOI:10.3969/j.issn.1003-0174.2014.07.020.
- [12] 胡爱鹏, 刘玉兰, 张明明, 等. 气相色谱-质谱联用法直接测定植物油料中邻苯二甲酸酯类塑化剂[J]. 食品科学, 2016, 37(18): 146-151. DOI:10.7506/spkx1002-6630-201618024.
- [13] HU A P, LIU Y L, SHI L K. Widespread occurrence of phthalic acid esters in raw oilseeds in China used for edible vegetable oil production[J]. Food Additives and Contaminants: Part A, 2016, 33(9): 1421-1427. DOI:10.1080/19440049.2016.1222631.
- [14] 曹莹, 陈莎, 王晓伟, 等. 环境中邻苯二甲酸酯类化合物的分析测定[J]. 环境与健康杂志, 2007, 24(7): 546-549. DOI:10.3969/j.issn.1001-5914.2007.07.033.
- [15] 刘庆, 杨红军, 史衍玺, 等. 环境中邻苯二甲酸酯类(PAEs)污染物研究进展[J]. 中国生态农业学报, 2012, 20(8): 968-975. DOI:10.3724/SP.J.1011.2012.00968.
- [16] CHEN L, ZHAO Y, LI L X, et al. Exposure assessment of phthalates in non-occupational populations in China[J]. Science of the Total Environment, 2012, 428: 60-69. DOI:10.1016/j.scitotenv.2012.03.090.
- [17] 刘敏, 林玉君, 曾锋, 等. 城区湖泊表层沉积物中邻苯二甲酸酯的组成与分布特征[J]. 环境科学学报, 2007, 27(8): 1377-1383. DOI:10.3321/j.issn:0253-2468.2007.08.025.
- [18] 崔明明, 王凯荣, 王琳琳, 等. 山东省花生主产区土壤和花生籽粒中邻苯二甲酸酯的分布特征[J]. 应用生态学报, 2013, 24(12): 3523-3530.
- [19] 卫生部. 食品容器 包装材料用添加剂使用卫生标准: GB 9685—2008[S]. 北京: 中国标准出版社, 2008: 161-163.
- [20] 王春兰. 浅析地膜覆盖对环境污染的防治与建议[J]. 农业与技术, 2013, 33(7): 18-25. DOI:10.3969/j.issn.1671-962X.2013.07.017.
- [21] 王序俭, 曹肆林, 王敏, 等. 农田地膜残留现状、危害及防治措施研究[C]// 中国环境科学学会2013年学术年会论文集. 昆明: 中国环境科学学会2013年学术年会, 2013: 5023-5028.
- [22] 冯卫平. 浅谈“白色垃圾”对农村环境的危害及防治[J]. 农技服务, 2014, 31(3): 147-155. DOI:10.3969/j.issn.1004-8421.2014.03.117.
- [23] 刘晓毅, 蒋可心, 石维妮. 国内外食品接触材料中邻苯二甲酸酯类塑化剂迁移限量对比分析[J]. 食品工业科技, 2011, 32(10): 397-399; 446.
- [24] 郭春海, 薄海波, 贾海涛, 等. 食品接触材料PVC中32种增塑剂在4种食品模拟物中的迁移规律研究[J]. 包装工程, 2011, 32(7): 9-13; 61.
- [25] 李广宇, 谭嘉星, 诸世豪, 等. 塑化剂迁移量测定和迁移模型研究进展[J]. 数学建模及其应用, 2014, 3(1): 28-34; 40.
- [26] 郑睿行, 祝华明, 黄立超, 等. 油茶籽油中邻苯二甲酸酯类塑化剂的检测方法及其迁移规律的研究[J]. 粮食与油脂, 2015, 28(2): 66-69. DOI:10.3969/j.issn.1008-9578.2015.02.018.
- [27] 黄伟, 赵雪梅. 食用油中邻苯二甲酸酯类增塑剂污染的途径和风险控制研究[J]. 食品安全质量检测学报, 2016, 7(8): 3108-3113.
- [28] 张明明, 刘玉兰, 马宇翔, 等. 固相萃取-气相色谱-质谱法测定食用油中7种邻苯二甲酸酯类塑化剂[J]. 中国油脂, 2015, 40(2): 56-60.