

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

黄 伟*, 赵雪梅

(中国食品有限公司, 北京 100020)

摘 要: **目的** 对食用油中邻苯二甲酸酯类增塑剂污染的途径和风险控制进行研究。**方法** 结合食用油的加工工艺, 对原料油种籽、白土、磷酸、溶剂、活性炭、各类隐蔽密封件、塑料管、塑料桶、塑料包装物的影响进行筛查分析。**结果** 食用油的塑化剂污染分为引入和迁移两大途径, 其中引入途径主要与加工过程外采物料相关, 如油料种子、加工助剂、添加剂塑化剂; 迁移途径主要与加工、储存接触的塑料材质设备、工具、包装材料的塑化剂含量相关。而原料、塑料隐蔽密封件、塑料管、包装材料是食用油中邻苯二甲酸酯类增塑剂污染的主要途径; 同时, 食用油的脱臭工艺对塑化剂有一定的脱除作用。**结论** 本研究提出的食用油塑化剂污染预防的控制方案, 可降低食用油产品中的塑化剂风险。

关键词: 食用油; 邻苯二甲酸酯; 塑化剂; 污染途径; 控制

Contamination pathways and risk management of phthalate plasticizers in edible oils

HUANG Wei*, ZHAO Xue-Mei

(China Foods Limited Company, Beijing 100020, China)

ABSTRACT: Objective To study the contamination pathways and the risk management of phthalate plasticizers in edible oils. **Methods** Combined with the processing technology, the effects of oilseeds, clay, phosphoric acid, solvent, activated carbon, various hidden seal rings, plastic buckets, plastic pipes, plastic packaging were screened and studied. **Results** Introduction and migration of phthalic acid esters (PAEs) had two main contamination patterns, whereby introduction was associated with the level of PAEs content of purchased materials such as oilseeds, proceeding aids and additives. Migration of PAEs was associated with plastic equipment, tools, packaging which contacted the products during the manufacture and storage. It was found that oilseeds, hidden seal rings, plastic pipes and plastic packaging were the main PAEs contamination patterns for edible oil. Meanwhile, deodorization process could remove PAEs from the edible oil to some extent. **Conclusion** The research provides a set of prevention and control measures for edible oils, which can avoid PAEs contamination and minimize PAEs risks effectively.

KEY WORDS: edible oil; phthalate; plasticizer; contamination pathway; control

*通讯作者: 黄伟, 工程师, 主要研究方向为食品安全技术与管理, E-mail: huang-wei@cofco.com

*Corresponding author: HUANG Wei, Engineer, China Foods Limited Company, Beijing 100020, China. E-mail: huang-wei@cofco.com

1 前 言

增塑剂是在工业生产上被广泛使用的高分子材料助剂, 又称塑化剂(phthalic acid esters, PAEs), 主要用于塑料制品的加工, 以增强塑料的柔韧性^[1]。塑化剂可通过呼吸道、消化道和皮肤吸收进入人体^[2], 其中大部分可以较快代谢、分解并通过尿液、粪便排出^[3], 但仍可能有少量在人体内积累, 塑化剂的急性毒性很低, 对塑化剂安全性的担忧, 更多是其类雌激素作用带来的生殖毒性^[4-6]。

2011 年 5~6 月台湾饮料塑化剂恶意添加事件^[7]、内地方便面塑化剂事件^[8]以及 2012 年 12 月白酒塑化剂事件^[9]等由塑化剂引发的食品安全问题时有发生, 经曝光的产品包括饮料、白酒、方便面、食用油和保健胶囊等。2011 年起, 国家将食用油塑化剂监测纳入风险监测^[10], 2013 年 4 月 7 日中国粮油行业协会下发“关于防范塑化剂污染粮油制品确保粮油制品食品安全的实施意见”^[11], 要求粮油加工企业应引起高度重视, 采取切实措施, 将塑化剂在粮油制品中的含量降到最低水平, 以确保粮油制品的安全。

2 食用油行业塑化剂风险

食用油的塑化剂风险相对较高, 一方面受环境污染的影响, Li 等^[12]调查了我国空气中 PAEs 含量, 发现空气中总 PAEs 含量从 5.2 ng/m³ 到 1153.0 ng/m³ 不等; Zeng 等^[13]调查了广州附近土壤有机物污染的情况, 发现个别区域有中等污染; Nanni 等^[14]对意大利的食用油分析发现, 橄榄油的塑化剂污染最严重, 初步分析是种植环境受污染引起; 邹狮等^[15]抽查 20 个油茶籽油样品中, 有 7 个样品检出邻苯二甲酸二丁酯(dibutyl phthalate, DBP)、邻苯二甲酸二异丁酯(diisobutyl phthalate, DIBP)、邻苯二甲酸二(2-乙基己基)酯(diethylhexyl phthalate, DEHP), 检出率达 35%, 初步分析与种植环境相关; 由于油料籽中的塑化剂随油脂加工进入产品, 且与食用油互溶性较好^[16], 因此, 加工过程中去除塑化剂难度大; 另一方面受塑料制品及塑化剂的接触性迁移影响, 由于塑化剂与塑料本体结构间并不是通过化学键连接^[17,18], 因此, 很容易从塑料制品中迁移到食用油产品中^[19]。

各加工企业先后从原料、加工助剂、生产设备等接触塑料的环节对隐患进行排查和整改; 2014 年 9~11 月周杰等^[20]从重庆 7 个区县大型超市和农贸市场等流通领域随机采购 16 个品牌的塑桶装食用油共 143 件桶装食用油, 检测 16 种邻苯二甲酸酯类物质含量结果为: 143 件食用油样品中 DBP 检出率为 40%; DEHP 检出率为 100%; 邻苯二甲酸二异壬酯(diisononyl phthalate, DINP)检出率为 16%, 其中 3 件样品的 DBP 超标。可见, 食用油行业塑化剂风险的治理还有待深化, 形成系统的管控方案供食用油加工企业借鉴具有重要意义。

3 食用油塑化剂治理

食用油加工过程中不可避免会接触到一些用塑料、橡胶材料制成的设备、管道、工具等, 市售食用油以 PET 瓶包装为主, 因此, 近年对塑料制品的塑化剂迁移风险和迁移影响因素进行研究, 2011 年胡银川^[21]通过曲面响应模型研究了塑化剂初始浓度、贮存时间、贮存温度、油脂接触面积对塑化剂特定迁移量的影响, 由此推测, 若包装材料中含有一定量的塑化剂, 随着储存期延长、夏季气温升高, 成品油迁移的塑化剂不断累积, 可能导致塑化剂超标; 由此可见, 食用油行业塑化剂治理应关注塑料包装物的质量, 严格筛选有质量保证能力的合格供应商。邹翀^[22]对 88 个市售样品的检测发现, 橄榄油、油茶籽油和稻米油塑化剂检出率相对较高, 塑化剂风险是否与品种、工艺相关等问题也直接关系到塑化剂治理的方向和策略, 结合食用油加工工艺特点, 在企业实际运作过程中建立一套系统、完整的塑化剂风险分析与控制方案具有指导意义。

4 塑化剂风险治理的系统解决方案与实证

4.1 识别塑化剂污染途径

塑化剂污染分为外部引入和接触迁移两大类途径, 不同工厂、不同工艺应结合生产现场具体分析, 图 1 是食用油加工工艺及接触品的污染途径示意图, 其中, 当油料种子、磷酸、白土、活性碳、溶剂、添加剂(如特丁基对苯二酚、特丁基对苯二酚(tertiary butylhydroquinone, TBHQ)、维生素 E)、瓶、盖等含有塑化剂导致引入塑化剂统称为外部污染途径; 当生产中接触含有塑化剂的塑料制品, 如设备、工具、容器、储罐、储罐液位管、软管、隐蔽密封件时导致污染统称为接触迁移途径。相对而言, 隐蔽密封件对塑化剂污染易被忽视, 如储罐的人孔密封件、管道与泵等密封条、过滤袋和引流管等, 这些微小的迁移随工艺进程不断累积, 当产品中出现微量超标时很有可能与这些环节的排查不彻底相关。因此, 企业在污染途径分析时, 需结合工艺、设备建立企业风险评价记录和排查清单。

4.2 监控原料对产品的影响

当原料种子含有一定的塑化剂时, 通过压榨或浸出工艺迁移到食用油半成品或成品中, 以花生油为例(见表 1), 花生原料的塑化剂水平与花生油的塑化剂含量直接相关, 且压榨、浸出工艺的塑化剂迁移量有差异, 饼中的塑化剂因溶剂浸提、富集后含量明显较压榨工艺的塑化剂高, 本实验采用 SN/T3147-2012 出口食品中邻苯二甲酸酯的测定^[30], 检出限为 0.1 μg/g。

除原料种子外的其他投入品如毛油, 也应建立配套的进货验收制度, 从源头控制塑化剂风险, 将塑化剂的迁移、富集的影响同时纳入风险分析与治理工作中。

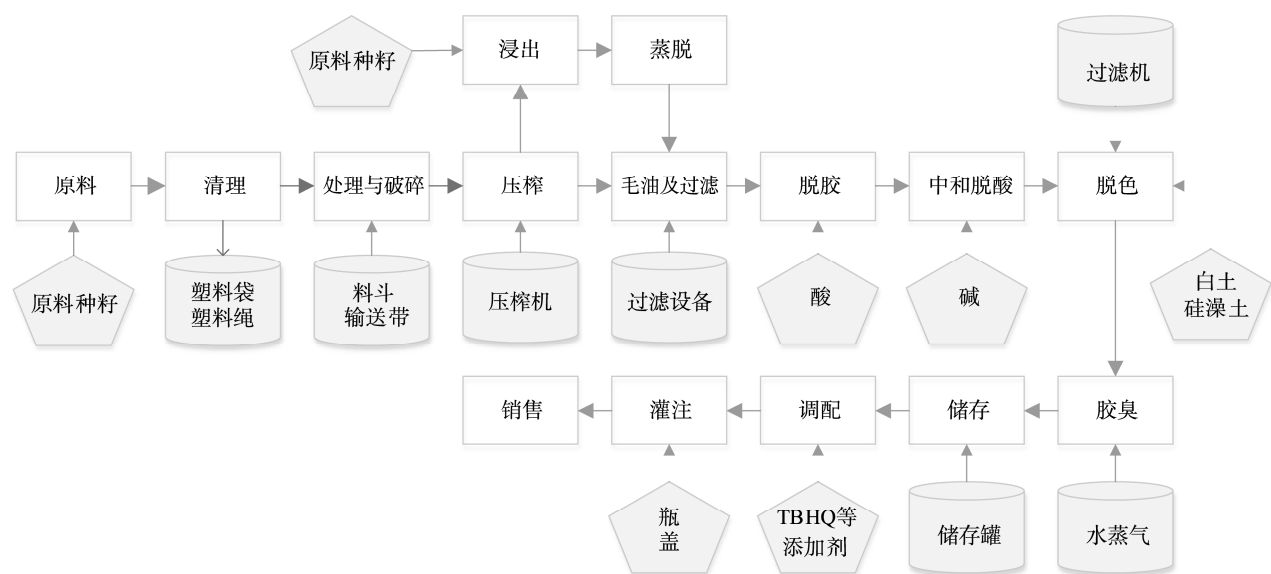


图 1 食用油加工工艺及其接触品

Fig. 1 the processing of edible oils and related contact items

表 1 花生压榨、浸出工艺的塑化剂迁移(μg/g)

Table 1 The migration of phthalates during peanut crushing and leaching treatment

项目	原料花生	压榨工艺			浸出精炼工艺	
		毛油	成品油(小罐)	成品油(大罐)	饼	浸出毛油
DBP	0.11	0.13	0.12	0.13	0.14	0.39
DEHP	0.50	0.57	0.54	0.53	0.58	1.71

4.3 监控包装材料对产品的影响

企业应建立塑料瓶的监测制度外, 还应将塑料盖的风险纳入分析和监测, 为模拟塑料盖对塑化剂污染的影响, 选取含 0.9 μg/g 的 DBP、22.91 μg/g 的 DEHP 的塑料盖密封 0.9 L 的食用油产品, 在(25±2) °C 的放 1 周后检测食用油的塑化剂含量见表 2。由表 2 可知, 虽然盖的接触面积小, 但迁移量也足以影响产品的塑化剂含量。

表 2 塑料盖塑化剂迁移的模拟试验(μg/g)

Table 2 The migration of phthalates from plastic packages

样品	DBP(标准<0.3) ^[24]	DEHP(标准<1.5)
瓶盖	0.9	22.91
瓶	ND	ND
模拟样品 1	0.14	0.99
模拟样品 1	0.14	1.19

ND 表示 not detected。

4.4 结合工艺找到关键的影响因素并验证迁移量

塑化剂来源广, 治理工作需系统、完整。结合食用油加工的物料的特点和性质差异, 本研究收集和验证了一些主要物料/配件的塑化剂含量情况(见表 3)。其中, 酸、碱、白土、活性炭、特丁基对苯二酚(tertiary butylhydroquinone, TBHQ)、料斗等引入可能性较低, 主要的污染源集中在软管、密封配件(包括泵密封条、管道密封条、橡胶条、观察孔密封条等)、液位管等。

塑化剂迁移速度与接触面积、迁移温度、迁移时间、增塑剂的初始浓度相关, 因此, 塑化剂迁移的风险应综合考虑影响因素, 如果企业误用质量不合格的软管长距离输送或频率接触食用油, 由于接触面积大、油温高, 即使流动快接触时间短, 仍会对产品质量造成较大影响, 例如使用 DBP 含量 652 μg/g 的输油软管输送 40~50 °C 的食用油, 由迁移污染导致食用油的 DBP 含量从未检出变为 1.68 μg/g; 使用 DBP 含量 3.1 μg/g 的过滤袋与食用油接触 1 天, 因迁移导致食用油的塑化剂 DBP 含量由 0.19 μg/g 上升为 0.44 μg/g。

以上模拟实验也说明, 企业在塑化剂隐患排查时可通过收集和分析不同工序进程的塑化剂含量的变化趋势、停产间隙期留存管道样品的塑化剂变化情况等, 评价整个生产线的塑化剂风险是否可控。

4.5 结合工艺建立重点油种的管控措施

统计分析各类油种的塑化剂检出情况, 发现塑化剂风险主要集中在风味油种或四级油种, 为验证食用油的塑化剂含量是否与加工工艺相关, 对高温真空脱臭工艺的影响进行生产模拟, 在真空度 0.098 MPa、温度 220 ℃、脱臭 110 min 的条件下, 模拟试验结果见表 4, 证明了脱臭工艺对塑化剂有一定的脱除作用, 值得食用油加工企业进一步探索精炼工艺参数与脱除的相关性^[23]。

相关研究也间接说明, 经过精炼的一级油成品油、调和油等塑化剂风险相对较低, 塑化剂风险高的油种主要集中在采用压榨法工艺、不经过精炼工艺的四级油及原料种子易受塑化剂污染的油种, 如芝麻油、花生油、橄榄油、

浓香菜籽油、米糠油、油茶籽油等, 建立这些油种的针对性管控措施具有指导意义。

4.6 塑化剂风险治理的系统方案

结合上述塑化剂的污染途径分析和各类模拟试验和在线验证结果, 建议食用油加工企业建立表 5 的综合管控方案, 确保塑化剂风险远离加工企业, 保证产品质量无忧。

5 结 论

食用油污染的治理必须充分了解其污染的途径和特点, 对外部引入风险的管控包括建立原料种子、毛油、包装物、加工助剂、溶剂、添加剂的塑化剂含量验收制度; 通过及时评价和验证供应商的质量安全保证能力, 建立合格供应商目录, 保证产业链源头风险可控; 对内部使用的设备、工具、软管等进行迁移量的排查, 通过整个工艺流程的塑化剂迁移量评估, 以确认生产线安全可靠。

表 3 食用油加工过程中接触品及塑化料污染
Table 3 Contamination of phthalates from the contact items during the edible oil processing

物料/配件	样品数	DBP(μg/g)			DEHP(μg/g)		
		0.3-1.0	1.0-10	≥10	1.5-10	10-100	≥100
软管	18	6	2	4	2	5	0
密封组件	23	6	3	1	2	1	4
滤袋	10	2	0	0	0	0	0
液位管	3	1	0	1	0	2	0
石棉垫	3	1	0	0	0	0	0
塑料储桶	1	0	0	0	0	1	0
料斗	1	0	0	0	0	0	0
碱	2	0	0	0	0	0	0
酸	7	0	0	0	0	0	0
硅藻土	4	0	0	0	0	0	0
凹凸棒土	1	0	0	0	0	0	0
活性白土	8	0	0	0	0	0	0
溶剂	2	0	0	0	0	0	0
TBHQ	1	0	0	0	0	0	0

表 4 脱臭工艺对塑化剂含量的影响
Table 4 The influences of deodorization of edible oils on the content of phthalates

食用油	含量 (μg/g)		备 注
	DIBP	DBP	
脱臭前	4.72	1.83	两项超标
脱臭后	未检出	未检出	检测合格

表 5 食用油塑化剂污染的系统解决方案
Table 5 Systematic solution of phthalate contamination of edible oils

来源	引入途径	措施
外部引入	油料种籽	建立外采购物料的塑化剂风险监测与管理制度 识别、淘汰有风险的供应商 开展供应商的现场审核与质量保证能力评价
	外采毛油	
	塑料瓶	
	塑料盖	
	添加剂(TBHQ、Ve 等)	
接触迁移	加工助剂(白土、硅藻土、溶剂、磷酸、碱等)	建立塑料备件的塑化剂管控制度 建立备件商目录 定期开展生产线涉及塑料的点检 定期监测产品塑化剂, 评价生产过程中的特定迁移量
	塑料软管	
	塑料密封件	
	塑料液位管	
	塑料材质过滤器材	

参考文献

[1] 张景, 王竹天, 樊永祥, 等. 邻苯二甲酸酯类的毒性、分析方法及使用规定[J]. 中国食品卫生杂志, 2012, 5(24): 504–517.
Zhang J, Wang ZT, Fan YX, *et al.* A review of toxicity, analytical methods and regulations on phthalic acid esters [J]. Chin J Food Hyg, 2012, 5(24): 504–517.

[2] 曹九超, 金青哲, 王兴国. 八类食用油中的邻苯二甲酸酯类增塑剂含量的调查[C]. 第 22 届学术年会论文选集, 2013: 305.
Cao JC, Jin QZ, Wang XG. Research on eight kinds of edible oils contaminated by phthalic acid esters [C]. The 22th Annual Seminar Papers Anthology, 2013: 305.

[3] Silva MJ, Barr DB, Reidy JA, *et al.* Glucuronidation patterns of common urinary and serum monoester phthalate metabolites [J]. Arch Toxicol, 2003, 77(10): 561–567.

[4] 蒋磊, 徐维平, 芮贝贝, 等. 邻苯二甲酸二乙基己酯体内代谢和毒性机制研究进展[J]. 中国药业, 2015, 5(24): 1–3.
Jiang L, Xu WP, Rui BB, *et al.* Research advance in metabolism in vivo of DEHP and its toxicity mechanism [J]. China Pharm, 2015, 5(24): 1–3.

[5] Kurata Y, Makinoda F, Shimamura N, *et al.* Metabolism of di(2-ethylhexyl) phthalate(DEHP): comparative study in juvenile and fetal marmosets and rats [J]. J Toxicol Sci, 2012, 37(1): 33–49.

[6] Pant N, Pant A, Shukla M, *et al.* Environmental and experimental exposure of phthalate esters: the toxicological consequence on human sperm [J]. Hum Exp Toxicol, 2011, 30(6): 507–514.

[7] 台湾追查违法添加含塑化剂 DEHP 产品流向 [EB/OL]. <http://news.hexun.com/2011-05-26/130002857.html>. 2011-5-26.
Investigating of contaminated products involving the unlawfully added plasticizers in Taiwan [EB/OL]. <http://news.hexun.com/2011-05-26/130002857.html>. 2011-5-26.

[8] 方便面行业陷塑化剂危机 [EB/OL]. <http://money.163.com/13/1205/06/9FAFS9PE002526O3.html>. 2013-12-05.
The instant noodles industry involved into crisis of plasticizer [EB/OL]. <http://money.163.com/13/1205/06/9FAFS9PE002526O3.html>. 2013-12-05.

[9] 白酒塑化剂事件 [EB/OL]. http://baike.baidu.com/link?url=SykMe4JBED1Lkx3CheuVgjCuuNX6fNswfc8DPx0HgFlv3Qk1gmG-hWC0hFri5c9iUN1xt2EY97a2ggqd_ruya. 2012-11-19.
Plasticizer contamination occurred in liquor products [EB/OL]. http://baike.baidu.com/link?url=SykMe4JBED1Lkx3CheuVgjCuuNX6fNswfc8DPx0HgFlv3Qk1gmG-hWC0hFri5c9iUN1xt2EY97a2ggqd_ruya. 2012-11-19.

[10] 中国把塑化剂纳入食品安全风险监测 [EB/OL]. <http://www.chinanews.com/cj/2011/06-03/3090262.shtml>. 2011-6-3.
Chinese government decide to put PAEs contamination into food safety risk monitoring [EB/OL]. <http://www.chinanews.com/cj/2011/06-03/3090262.shtml>. 2011-6-3.

[11] 中国粮食行业协会关于防范塑化剂污染粮油制品确保粮油质量安全的实施意见 [EB/OL]. http://www.xiangtan.gov.cn/ljsj/ztbd/xtslshyhx/content_97098.html. 2013-4-9.
The guidance from Chinese cereals and oils association about prevention of cereals and oils against PEAs contamination to assure the quality safety of foods [EB/OL]. http://www.xiangtan.gov.cn/ljsj/ztbd/xtslshyhx/content_97098.html. 2013-4-9.

[12] Li C, Zhao Y, Li LX, *et al.* Exposure assessment of phthalates in non-occupational populations in China [J]. Sci Total Environ, 2012, 428: 60–69.

[13] Zeng F, Cui KY, Xie ZY. Phthalate esters (PAEs): emerging organic contaminants in agricultural soils in peri-urban areas around Guangzhou, China [J]. Environ Pollut, 2008, 156(2): 425–434.

[14] Nanni N, Fiselier K, Grob K, *et al.* Contamination of vegetable oils marketed in Italy by phthalate acid esters [J]. Food Control, 2011, (22): 209–214.

[15] 邹狮, 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, 7(29): 102–107.
Zhou S, You MY, Liu DY. The sources and preventive measures of phthalates in edible oil [J]. J Chin Cereals Oils Associat, 2014, 7(29): 102–107.

- [16] 徐颖, 郭立新, 蔡曹盛. 食用油中增塑剂溶出的原因分析及风险预测[J]. 油脂安全, 2012, 5(37): 48–50.
Xu Y, Guo LX, Cai CS. Analysis and risk forecast of phthalate dissolved in edible oil [J]. China Oils Fats, 2012, 5(37): 48–50.
- [17] Petersen JH. Survey of di-ethyl hexyl phthalate plasticizer contamination of Danish milks [J]. Food Addit Contam, 1991, (8): 701–706.
- [18] Petersen JH, Naamansen ET, Nielsen PA. PVC cling film in contact with cheese: health related to global migration and specific migration of DEHA [J]. Food Control, 1995, (2): 245–249.
- [19] 李明元, 胡银川. 食品塑料包装中 PAEs 迁移危害研究现状[J]. 食品与生物技术学报, 2010, 1(29): 14–16.
Li MY, Hu YC. Current progress of the hazard of PAEs migration in plastic package of food [J]. J Food Sci Biotechnol, 2010, 1(29): 14–16.
- [20] 周杰, 刘森, 曾晓龙, 等. 重庆市售塑桶装食用油中塑化剂含量调查[J]. 现代生物医学进展, 2015, 28(15): 5558–5562.
Zhou J, Liu M, Zeng XL, et al. Investigation of phthalates in plastic drums of edible oils in Chongqing [J]. Prog Mod Biomed, 2015, 28(15): 5558–5562.
- [21] 胡银川. 塑料桶装食用油中 PAEs 检测方法与迁移模型研究[D]. 成都: 西华大学, 2011.
Hu YC. Dissertation studies on the determination and migration of phthalate esters in edible oils [D]. Chengdu: Xihua University, 2011.
- [22] 邹翀. 食用油中邻苯二甲酸酯类物质的来源分析及预防措施[D]. 武汉: 武汉轻工大学, 2014.
Zhou Si. The sources and preventive measures of phthalates in edible oil [D]. Wuhan: Wuhan Polytechnic University, 2014.
- [23] 刘玉兰, 杨金强, 张明明, 等. 分子蒸馏法脱除油脂中塑化剂效果的研究[J]. 粮食与油脂, 2016, 2(29): 19–22.
Liu YL, Yang JQ, Zhang MM, et al. Research on the influence of molecular distillation on the esters from vegetable oil [J]. Grain Oil, 2016, 2(29): 19–22.
- [24] 《卫生部办公厅关于通报食品及食品添加剂中邻苯二甲酸酯类物质最大残留量的函》(卫办监督函[2011]551号)[EB/OL]. http://wenku.baidu.com/link?url=67ZJtAYJRmVzQN5R5Cik0Dens6gdzszv9huP7xRuoYGFIVPG9eQVrTwum9BnMFD57fAhriDYLRKw-dkbR2NwN8bV1gunuEwrbVJzp_7Tr4G. 2011-6-13.
Announcement of the Ministry of health about the maximum residue of phthalate plasticizers in foods and additives [EB/OL]. http://wenku.baidu.com/link?url=67ZJtAYJRmVzQN5R5Cik0Dens6gdzszv9huP7xRuoYGFIVPG9eQVrTwum9BnMFD57fAhriDYLRKw-dkbR2NwN8bV1gunuEwrbVJzp_7Tr4G. 2011-6-13.
- [25] 张霞, 施炎炎. 塑化剂与食品安全问题探讨[J]. 食品科技与经济, 2014, 1(39): 44–46.
Zhang X, Shi YY, et al. Discussion on plasticizer and food safety issues [J]. Grain Sci Technol Econ, 2014, 1(39): 44–46.
- [26] 杨晓争, 马满英, 文叶婷, 等. 酞酸酯类增塑剂向食用油中迁移及其影响因素研究[J]. 广东化工, 2014, 6(41): 47–48.
Yang XZ, Ma MY, Wen YT, et al. The research on migration of phthalates into edible oils and its affecting factors [J]. Guangdong Chem Ind, 2014, 6(41): 47–48.
- [27] 杨悠悠, 谢云峰, 田菲菲, 等. 常见食品中邻苯二甲酸酯类增塑剂含量及食品包装材料中邻苯二甲酸酯类增塑剂迁移量的测定[J]. 色谱, 2013, 7(31): 674–678.
Yang YY, Xie YF, Tian FF, et al. Determination of phthalate plasticizers in daily foods and their migration from food packages [J]. Chin J Chromatogr, 2013, 7(31): 674–678.
- [28] 王文枝, 国伟, 孙利, 等. 食品包装材料中 DEHP 的危害及其在食品中的暴露评估[J]. 食品科技, 2008, 33(4): 166–168.
Wang WZ, Guo W, Sun L, et al. The hazard and exposure assessment of DEHP in food contact materials [J]. Food Sci Technol, 2008, 33(4): 166–168.
- [29] 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.
Zhang MM, Liu YL, Ma YX, et al. Determination of seven kinds of phthalate acid esters in edible oil by solid-phase extraction-gas chromatography-mass spectrometry [J]. China oils Fats, 2015, 40(2): 56–60.
- [30] SN/T3147—2012 出口食品中邻苯二甲酸酯的测定[S].
SN/T3147—2012 Determination of phthalate esters (PAEs) in food for export [S].
- [31] GB/T21911—2008 食品中邻苯二甲酸酯的测定[S].
GB/T21911—2008 Determination phthalate esters in food [S].
- [32] GB 9685—2008 食品容器、包装材料用添加剂使用卫生标准[S].
GB 9685—2008 Hygienic standards for uses additives in food containers and packaging materials [S].

(责任编辑: 姚菲)

作者简介



黄 伟, 硕士, 从事食品安全的技术与管理工作。
E-mail: huang-wei@cofco.com