

不同材质食品接触材料及制品中 PAEs 合规情况调查及评价

寇海娟¹, 李伟涛¹, 李金凤¹, 商贵芹²

(1.常州工业及消费品检验有限公司, 江苏 常州 213000;

2.南京海关危险货物与包装检测中心, 江苏 常州 213000)

摘要: **目的** 了解不同材质食品接触材料及制品中邻苯二甲酸酯类物质 (Phthalate Esters, PAEs) 的含量及分布情况, 为食品接触材料及制品中邻苯二甲酸酯安全合规管理提供科学依据。**方法** 采用 GC/MS 对来自不同省市的 781 批不同材质食品接触材料测定其 PAEs 含量, 从 PAEs 检出情况、量值分布、材质分布等维度对食品接触材料的 PAEs 安全合规情况进行了分析, 并给出相关管控建议。**结果** 研究中测试的 781 批食品接触材料样品中, PAEs 的总体检出率为 12.8% (检出限为 0.3 mg/kg), 共检出 6 种 PAEs。其中, 邻苯二甲酸二(2-乙基)己酯 (DEHP) 检出率最高, 为 10.5%, 其次为邻苯二甲酸二正丁酯 (DBP) 和邻苯二甲酸二异丁酯 (DIBP), 检出率分别为 2.9% 和 1.7%。邻苯二甲酸二乙酯 (DEP)、邻苯二甲酸二异壬酯 (DINP) 和邻苯二甲酸二环己酯 (DCHP) 检出率均低于 0.5%。从检出量值来看, 86.7% 的检出数据小于 10 mg/kg。不同材质食品接触材料中, 橡胶制品的 PAEs 检出率最高, 为 50.0%, 且检出物质多达 5 种; 塑料制品的检出率为 14.5%, 仅 3 批 PVC 塑料中 DEHP 和 1 批橡胶制品中 DINP 检出数据大于 100 mg/kg。**结论** 邻苯二甲酸酯在食品接触材料及制品中整体检出率较高, 但检出数值高的占比较低, 在橡胶和 PVC 塑料制品中检出率和检出数值相对较高, 因此应高度关注其迁移风险。

关键词: 食品接触材料及制品; 邻苯二甲酸酯类物质; 检出率

中图分类号: TS206.4 文献标识码: A 文章编号: 1001-3563(2022)23-0191-08

DOI: 10.19554/j.cnki.1001-3563.2022.23.023

Investigation and Evaluation of PAEs Compliance in Food Contact Materials and Products of Different Materials

KOU Hai-juan¹, LI Wei-tao¹, LI Jin-feng¹, SHANG Gui-qin²

(1. Changzhou Safety Testing Center for Entry-Exit Industrial and Consumable Products, Jiangsu Changzhou 213000, China; 2. Nanjing Customs Testing Center for Dangerous Goods and Packaging, Jiangsu Changzhou 213000, China)

ABSTRACT: The work aims to analyze the content and distribution characteristics of PAEs in food contact materials and products, so as to provide scientific basis for safety compliance management of phthalates in food contact materials and products. The content of PAEs in 781 batches of food contact materials from different provinces and cities was determined by GC/MS. The safety compliance of PAEs in food contact materials was analyzed from the aspects of PAEs detection, value distribution and material distribution and relevant control suggestions were given. In 781 batches of tested

收稿日期: 2021-12-10

基金项目: 江苏省自然科学基金 (BK20201109)

作者简介: 寇海娟 (1985—), 女, 高级工程师, 主要研究方向为食品接触材料法规及测试技术。

通信作者: 商贵芹 (1982—), 女, 研究员, 主要研究方向为食品接触材料安全和合规管理。

samples, the detection rate of PAEs content was 12.8% (detection limit: 0.3 mg/kg) and 6 kinds of PAEs were detected. Bis(2-ethylhexyl) phthalate (DEHP) had the highest detection rate of 10.5%, followed by Dibutyl phthalate (DBP) and Diisobutyl phthalate (DIBP), with detection rate of 2.9% and 1.7% respectively. In addition, the detection rate of Diethyl phthalate (DEP), Diisononyl ortho-phthalate (DINP) and Dicyclohexyl phthalate (DCHP) was less than 0.5%. In terms of detection amount, 86.7% of detection data was less than 10 mg/kg. The detection rate of PAEs content in rubber products was the highest, reaching 50.0% and there were as many as 5 kinds of substances detected. The detection rate of PAEs in plastic products was 14.5%. Only the detection data of DEHP in three batches of PVC plastics and DINP in one batch of rubber products was more than 100 mg/kg. The overall detection rate of PAEs in food contact materials and products is high, but the proportion of PAEs with high detection value is relatively low. The detection rate and detection value of PAEs in rubber and PVC plastic products are relatively high, so close attention should be paid to the migration risk of PAEs.

KEY WORDS: food contact materials and products; phthalate esters; detection rate

邻苯二甲酸酯，是邻苯二甲酸形成的酯的统称，因其具有改善材料的加工性能、延展性及柔韧性等性能，在工业生产中常被称为“增塑剂”或“塑化剂”。作为国内外应用最为广泛的一类增塑剂，被普遍应用于玩具、食品接触材料、医用血袋和胶管、个人护理用品等多种产品中^[1-4]。在食品接触材料领域，PAEs 主要应用于柔性塑料食品接触材料中，如保鲜膜、食品容器密封垫圈、复合包装、饮料或啤酒瓶盖内衬等。此外，PAEs 也被应用于橡胶、硅橡胶等材质中，用以降低产品硬度，提升产品流动性。

相关毒理学研究表明，PAEs 具有潜在的致癌性。如美国国家毒性学项目和国家癌症研究所合作研究表明邻苯二甲酸二(2-乙基)己酯(缩写 DEHP)是大鼠肺癌和睾丸癌的致癌物质^[5-6]。此外，邻苯二甲酸酯也是一类环境激素，会影响内分泌系统，导致内分泌紊乱，生殖功能出现异常^[7-8]。因此，邻苯二甲酸类增塑剂污染一直是社会关注的热点，2012 年一系列白酒、饮料等增塑剂食品安全事件之后，食品接触材料中邻苯二甲酸酯作为食品外源性污染物成为食品安全关注的焦点。2014 年原卫生部发布的《白酒产品中塑化剂风险评估结果》也曾指出“邻苯二甲酸酯类塑化剂易于从塑料制品中溶出，对食品造成污染”，并给出建议“为防止白酒产品中塑化剂的污染，食品包装材料、容器、加工器具等食品接触材料的生产，以及食品生产企业使用食品包装材料、容器和加工器具时，必须严格执行相关食品安全国家标准。”自此，政府部门和企业均加强了食品接触材料中邻苯二甲酸酯使用和迁移量的管控。时隔 8 年，邻苯二甲酸酯在食品接触材料中使用情况如何？是否依然是食品安全值得广泛关注的污染物呢？在此，本研究测定了 2019—2020 年来自全国 12 个省 36 个市的 781 批次不同材质食品接触材料中邻苯二甲酸酯塑化剂的含量，分析了以通过数据了解当下的使用情况，为食品接触材料中该类物质的合规管理和质量控制提

供参考。

1 实验

1.1 样品采集

结合食品接触材料的材质、产品类型特点，本研究采集了来自江苏、浙江、山东、安徽等 12 个省 36 个市的 781 批次食品接触材料样品，样品采集自企业完成出厂检验的流通环节。材质上，所研究样品覆盖了 PVC、PE、PP、三元乙丙橡胶等可能使用 PAEs 类塑化剂的主要食品接触材料；产品类型上，样品涵盖了 PVC 密封垫片、啤酒瓶盖、保鲜膜、橡胶软管等常见应用的产品。

1.2 样品检测

1.2.1 仪器与试剂

主要仪器：Agilent 7890B-5977B 气相色谱质谱仪(安捷伦科技有限公司)；XS-104 电子天平(梅特勒-托利多仪器有限公司)；SK3310HP 超声水浴锅(上海科导超声仪器有限公司)。

主要试剂：18 种邻苯二甲酸酯混合标准溶液(1 000 mg/L，正己烷溶剂，德国 Dr. Ehrenstorfer 公司)，具体样品详见表 1。

1.2.2 气质联用条件

色谱柱：HP-5MS(30 m×0.25 mm, 0.25 μm)石英弹性毛细管柱；进样口温度：250 °C；升温程序：初始柱温 60 °C，保持 1 min，以 20 °C/min 升温到 220 °C，保持 1 min，再以 5 °C/min 升温到 280 °C，保持 4 min。载气：He(99.999%)，流速 1.0 mL/min；分流方式：不分流；进样量：1 μL。

质谱条件：选择离子扫描模式(SIM)定量，总离子流色谱图(TIC)定性；质量扫描范围： $m/z=40\sim 500$ 。传输线温度：280 °C；离子源：EI，离子源温度 250 °C；电离能量：70 eV。

1.2.3 PAEs 的测定

参照 GB 31604.30—2016^[9]的前处理方法对食品接触材料及制品中邻苯二甲酸酯进行提取。取 5 g 典型样品, 将试样(不含保鲜膜)剪碎至单个碎片直径 ≤ 0.2 cm, 保鲜膜单个碎片直径 ≤ 0.3 cm, 混匀。准确称取约 2 g (精确至 0.1 mg), 加入 40 mL 正己烷, 超声提取 30 min 后过滤, 残渣再用 40 mL 正己烷重复提取 1 次, 合并滤液至旋蒸瓶。滤液于 45 °C 水浴旋转蒸发浓缩至干, 加入正己烷复溶并定容至 2 mL, 试液经 0.45 μm 有机相玻璃滤膜过滤后, 采用 GC/MS 测定, 外标法定量。其中, DINP 标准曲线线性范围 0.3~1.0 mg/L, 线性相关系数 0.995~0.999, 方法定量限为 0.3 mg/kg, 其他 PAEs 标准曲线线性范围均为 0.05~1.0 mg/L, 线性相关系数 0.995~0.999, 方法定量限均为 0.05 mg/kg。

1.2.4 质量控制和结果确认

对于邻苯二甲酸酯测试, 鉴于分析样本数量大、分析时间跨度长, 为确保测试结果的准确性和一致性, 实验室定期进行仪器校准、标准溶液期间核查、实验室间比对、实验室内比对、能力验证等方式确保数据稳定性和准确性。在同批样品测试时, 每隔 20 针采用标准工作溶液回测方式以减少仪器波动对结果的影响, 现仅将部分质量控制数据和分析结果展示如下, 详见表 2 和表 3。

当进行 3 家实验室比对时, 查表得 h 临界值=1.15, k 临界值=1.65, 由表 2 数据可知, 本实验室 h 检验值和 k 检验值分别小于 h 临界值和 k 临界值, 由此可确认, 本实验室测试结果与另外 2 家实验室测试的准确度和精密度无显著性差异。

表 1 18 种 PAEs 的信息
Tab.1 Information of 18 kinds of PAEs

序号	物质名称	缩写	CAS 号	定性离子 (m/z)	定量离子 (m/z)
1	邻苯二甲酸二甲酯	DMP	131-11-3	163,77,194,133	163
2	邻苯二甲酸二乙酯	DEP	84-66-2	149,177,105,222	149
3	邻苯二甲酸二烯丙酯	DAP	131-17-9	41,132,149,189	149
4	邻苯二甲酸二异丁酯	DIBP	84-69-5	149,223,104,167	149
5	邻苯二甲酸二正丁酯	DBP	84-74-2	149,223,205,104	149
6	邻苯二甲酸二(4-甲基-2-戊基)酯	BMPP	146-50-9	149,167,85,251	149
7	邻苯二甲酸二(2-甲氧基)乙酯	DMEP	117-82-8	59,149,104,176	149
8	邻苯二甲酸二(2-乙氧基)乙酯	DEEP	605-54-9	72,149,104,193	149
9	邻苯二甲酸二戊酯	DPP	131-18-0	149,237,219,104	149
10	邻苯二甲酸二己酯	DHXP	84-75-3	149,251,104,233	149
11	邻苯二甲酸丁基苄基酯	BBP	85-68-7	149,91,206,104	149
12	邻苯二甲酸二(2-丁氧基)乙酯	DEEP	605-54-9	72,149,104,233	149
13	邻苯二甲酸二环己酯	DCHP	84-61-7	149,167,249,104	149
14	邻苯二甲酸二(2-乙基)己酯	DEHP	117-81-7	149,167,279,113	149
15	邻苯二甲酸二苯酯	DPhP	84-62-8	225,77,104,153	225
16	邻苯二甲酸二正辛酯	DNOP	117-84-0	149,279,104,261	149
17	邻苯二甲酸二壬酯	DNP	84-76-4	149,293,167,275	149
18	邻苯二甲酸二异壬酯	DINP	28553-12-0	127,149,167,293	149

表 2 实验室间比对数据
Tab.2 Inter-laboratory comparison data

检出物质	不同实验室的检验结果 ($n=2$) / ($\text{mg}\cdot\text{kg}^{-1}$)						本实验室 h 检验值	本实验室 k 检验值
	1 [#] 实验室	2 [#] 实验室	本实验室					
DEHP	5.02	4.89	4.68	4.76	4.90	4.84	0.51	0.63
DBP	0.34	0.32	0.30	0.28	0.34	0.36	0.98	1.00

表3 实验室留样再测数据展示
Tab.3 Retest data of retained sample

检出物质	测试时间	检验结果 ($n=6$) / ($\text{mg}\cdot\text{kg}^{-1}$)						F 检验值	t 检验值
		1	2	3	4	5	6		
DEHP	2020.02	0.89	0.85	0.98	0.94	0.92	0.96	2.84	2.61
	2020.05	0.96	0.91	1.12	1.01	1.09	1.06		
DIBP	2020.02	2.06	1.88	1.98	1.91	2.08	2.14	2.87	0.98
	2020.05	1.92	1.96	1.82	2.00	1.94	1.92		

查表得 $F_{0.95}(5,5)=5.05$, 由表3可知, 留样再测所得 F 检验值 $< F_{0.95}(5,5)$, 由此可确认2次测试结果稳定, 无显著性差异。查 t 检验临界值表, 得到 $t(0.05,5)=2.01$, 2种物质留样再测所得 t 检验值 $< t(0.05,5)$, 表明2次测试结果准确度良好, 无显著性差异。

1.3 评价标准和方法

以 GB 9685—2016《食品安全国家标准 食品接触材料及制品用添加剂的使用标准》^[10]中规定的邻苯二甲酸酯类物质的使用范围、最大使用量、特定迁移限量(SML)或最大残留量(QM)或特定迁移总量限量(SML(T))为标准。

对于合规风险的等级的划分, 根据食品接触材料产品质量控制行业管理惯例采用限量值三分法评价, 即小于等于1/3限量值的样品, 认为低风险; 大于1/3限量值小于等于2/3限量值的, 认为其风险可控; 大于2/3限量值小于限量值的, 认为是高风险。

2 结果与讨论

2.1 不同材质食品接触材料及制品中 PAEs 检出情况

在781批食品接触材料样品中18项PAEs有检出的共计100批, 检出率为12.8%, 不同材质食品接触材料样品中PAEs检出率见图1。

由图1可知, 橡胶中PAEs检出率最高, 为50.0%, 塑料中检出率在其次, 占14.5%, 其中聚氯乙烯(PVC)材质及制品为36.4%, 聚乙烯(PE)为20.4%, 仅次于PVC材料及制品。涂层、复合包装、纸及淋膜纸制品检出率分别为6.9%、6.5%和3.1%, PAEs检出率较低。

2.2 不同 PAEs 物质在各材质样品中的检出情况

不同材质食品接触材料样品中, 检出的PAEs及

其在各材质样品中的检出率见图2。

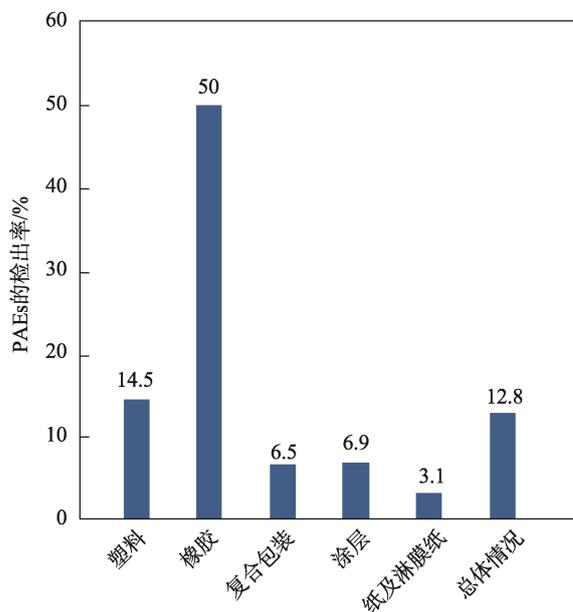


图1 不同材质中 PAEs 检出率

Fig.1 Detection rate of PAEs in different materials
注: 图中的检出率=有检出样品批次/总批次 $\times 100\%$ 。

由图2可知, 研究中测试的18种PAEs中, 781批样品中检出的PAEs主要为DEHP、DBP、DIBP、DINP、DEP和DCHP等6种物质。总体情况来看, DEHP检出率最高, 为10.5%, 其次为DBP, 为2.9%, 且两种PAEs在各类材质中的检出率与总体情况一致。橡胶材质的样品检出的PAEs物质种类最多, 包括DEHP、DBP、DIBP、DINP、DEP等5种, 且5种物质的检出率均高于其它材质, 其中DEHP最高, 为35%。在塑料材质样品中检出的PAEs物质主要为DEHP、DBP、DIBP和DCHP, 其中以聚氯乙烯(简称PVC)制品的检出率最高, 且DEHP和DIBP的检出率均高于塑料平均检出率的2~3倍。复合包装材料、纸及淋膜纸和涂层制品检出的PAEs物质仅有常检出的DEHP、DBP2种, 且检出率相对较低。

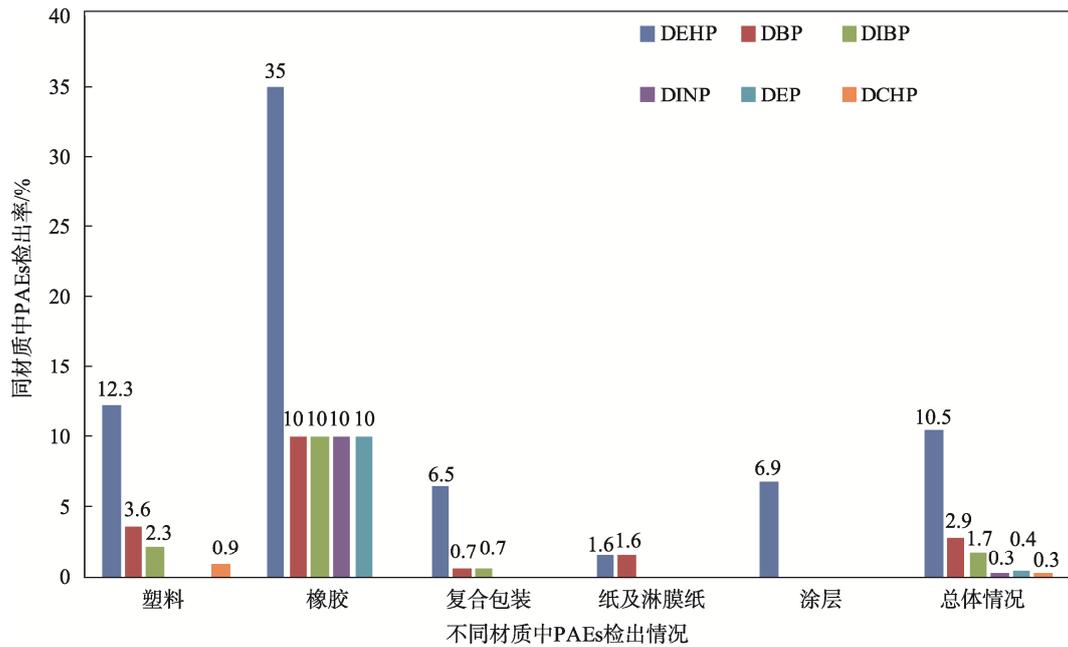


图 2 不同材质食品接触材料中检出 PAEs 的种类及其检出率
 Fig.2 Type and detection rate of PAEs in different food contact materials
 注: 图中检出率=某物质有检出的样品批次/该材质样品总批次×100%。

2.3 检出的 PAEs 物质的量值分布情况

有 PAEs 检出的 100 批次样品中, 6 种检出的 PAEs 量值分布见图 3。

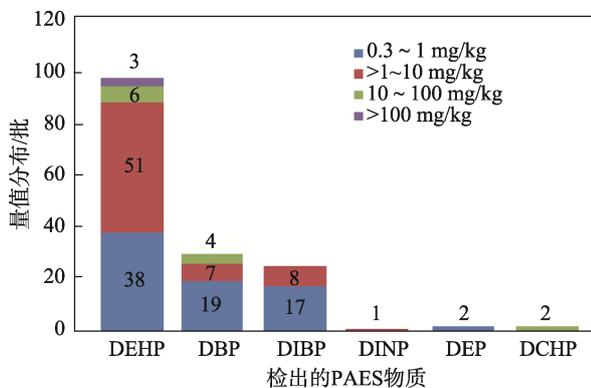


图 3 检出 PAEs 物质的量值分布
 Fig.3 Data distribution of detected PAEs

由图 3 可知, DEHP 检出的样品共计 98 批, 其中 90 批 DEHP 含量小于 10 mg/kg, 占比 91.8%。30 批有 DBP 检出的样品中, 26 批检出数据小于 10 mg/kg, 占比 86.7%。

2.4 PAEs 物质的合规风险情况

2.4.1 我国法规及标准对 PAEs 的管控要求

在我国, 食品接触材料用的添加剂归属 GB 9685 管理, 其管理模式为肯定列表的方式。未经授权的添加剂, 依据《食品相关产品新品种行政许可管理规定》, 如使用应先获得授权。对文中研究开展的 18 种

PAEs, 查询 GB 9685 及相关公告发现, 截至目前仅 GB 9685—2016 有 DEHP、DAP、DINP、DBP 和邻苯二羧酸-二-C8-C10 支链烷基酯 (C9 富集) 等 5 种被授权使用, 相关要求见表 4。

2.4.2 PAEs 合规及风险情况

根据 2.1—2.3 节的检测结果和表 4 所列的 PAEs 管控要求, 分析食品接触材料中 PAEs 合规及风险情况如下:

2.4.2.1 授权使用合规情况

对于物质授权管理要求, 本研究中检出的 6 种 PAEs, 只有 DEHP、DBP、DINP 3 种 PAEs 已授权, DIBP、DEP 和 DCHP 3 种物质未授权。此外, 对于 DEHP, GB 9685—2016 授权其使用范围为塑料 (PVC)、涂料, 橡胶和黏合剂, 但在聚乙烯 (PE)、聚丙烯 (PP)、聚苯乙烯 (PS) 等塑料材料及制品中也有检出, 因此, 食品接触材料存在非法使用和超范围使用 PAEs 的情况, 在不考虑非有意添加引入的情况下, 其总体样本量的比例约为 8.6%。

2.4.2.2 使用量合规情况

从使用量来看, GB 9685—2016 中对这 2 种物质的最大允许使用量为 5% (为 50 000 mg/kg), 由此可见检出数据明显低于最大允许使用量。检出数据水平大于 10 mg/kg 的样品, 主要是已授权使用的 PVC 塑料, 橡胶等材质。以 DEHP 为例, 虽最大检出数据近 10 000 mg/kg, 即使用量约 1%, 但仍符合 GB 9685—2016 中最大使用量不超过 5% 的要求。

PAEs 作为增塑剂类添加剂使用时, 其添加量通常在 1%~40% 不等。如此低的量在产品实际生产加

工过程中无法达到增塑效果,这说明其作为增塑剂被添加使用的可能性较小。检出的 PAEs 很大一部分可能为非法有意添加物或其它功能助剂,一方面与原辅料或产品在加工、运输或储存过程中的污染相关,另一方面可能是可能为其它生产加工助剂的引入,如替代的增塑剂^[11-12]。由于 DEHP 价格低廉,是最常用的增塑剂,其产量占增塑剂总产量 50%以上,在含 DEHP 制品中,因没有化学键合到聚合物基体上,DEHP 很容易在生产、使用过程中或者废弃后从产品中转移而进入到各种环境介质中。DEHP 在环境中化学性质稳定,难被降解。目前,包括中国在内的许多国家都已将 DEHP 列为优先控制污染物^[13]。DBP 和 DIBP 性质类似,加入到塑料、树脂或弹性体等物质中能改进它们的加工性,DBP 和 DIBP 在我国的用量仅次于 DEHP,在空气、土壤中广泛存在。在环境中同样难

被分解,污染情况不容忽视。世界各国食品接触法规对 PAEs 使用量和使用范围的限制,企业也在积极寻找 PAEs 的替代品,但若替代品为混合物或纯度不够,同样可能引入 PAEs,造成 PAEs 的大量检出。

2.4.2.3 迁移量合规情况

依据 GB 31604.1—2016《食品安全国家标准 食品接触材料及制品迁移试验通则》中 6.2 条款规定,用 PAEs 含量全迁移假设计算得到 PAEs 迁移量,全迁移假设的计算公式为:PAEs 迁移量=残留量×定量×使用 S/V。

采用残留量 10 mg/kg 计算 PAEs 迁移量,食品接触材料预期使用 S/V 采用通用的 6 dm²/kg(L)^[14],实验室对多种薄膜、薄片样品的单位面积定量进行测定,单位面积定量最终采用平均值 3 g/dm²进行换算,PAEs 迁移量结果见表 5。

表 4 我国 GB 9685—2016 对邻酯类塑化剂的规定
Tab.4 Provisions of GB 9685-2016 on phthalate plasticizers in China

序号	物质名称	Cas 号	使用范围和最大 使用量/%	SML/QM/ (mg·kg ⁻¹)	SML (T) / (mg·kg ⁻¹)	其他要求
1	邻苯二甲酸二(α-乙基己酯)(DEHP)	117-81-7	塑料(PVC)、涂料、 橡胶、黏合剂: 5	1.5	60 (以 SML(T) 组号 32 物质 之和计)	
2	邻苯二甲酸二烯丙酯 (DAP)	131-17-9	塑料(PVC)、黏合剂、 纸: 按生产需要适量 使用	ND(SML, DL 为 0.01 mg/kg)		不得用于 接触脂肪 性食品,酒 精含量高 于 20%的 食品和婴 幼儿食品。
3	邻苯二甲酸二异壬酯 (DINP)	28553-12-0	塑料(PVC): 43		9 (以 SML(T)组 号 29 物质之和 计); 60 (以 SML(T)组号 32 物质之和计)	
4	邻苯二羧酸-二- C ₈ -C ₁₀ 支链烷基酯(C ₉ 富集)	68515-48-0	塑料(PVC): 43		9 (以 SML(T)组 号 29 物质之和 计); 60 (以 SML(T)组号 32 物质之和计)	
5	邻苯二甲酸二正丁酯 (DBP)	84-74-2	塑料(PVC), 橡胶, 黏合剂: 5	0.3		

表 5 PAEs 含量计算得出的迁移量分布
Tab.5 Migration distribution calculated by PAEs content

物质名称	含量水平/(mg·kg ⁻¹)	计算得到的迁移量/(mg·kg ⁻¹)	SML/(mg·kg ⁻¹)
DEHP	10	0.18	1.5
DBP	10	0.18	0.3
DINP	10	0.18	9

由表5可知,当残留量为10 mg/kg时,全迁移假设计算得到的PAEs迁移量仅为0.06,在2/3限量值以内,且由图3可知,残留量小于10 mg/kg以上数据,占有检出样本量的86.7%,因此由残留量的数据可见迁移量的PAEs迁移量合规风险整体较低。仅检出数据较高的PVC塑料和橡胶材料及制品,存在一定的合规风险。

3 结语

由近2年邻苯二甲酸酯检测数据可知,在政府部门和企业共同控制下,食品接触材料中PAEs的检出种类和检出数据水平已相对较低。检出物质聚焦在DEHP、DBP、DIBP、DINP和DCHP等6种,检出数据水平较高的材质为软质PVC塑料、橡胶制品,因此,建议企业聚焦高检出物质,有的放矢地进行质量控制,避免有意的违法添加和超范围使用。对于作为非有意的PAEs,如因污染或杂质而引入的PAEs,应由企业对其进行控制和评估确保符合基本安全要求^[15-16],因此,当检出未授权PAEs或超范围使用PAEs且检出含量较低时,判定其是否合规需区分它们的属性,即是添加剂还是非有意添加物,无论是检测机构还是监管机构都不可盲下结论。

参考文献:

- [1] 沈小明,吕爱娟,时磊,等.土壤中邻苯二甲酸酯分布特征、来源及风险评价研究进展[J].环境污染与防治,2019,41(12):1495-1503.
SHEN Xiao-ming, LYU Ai-juan, SHI Lei, et al. Distribution Characteristics, sources and Risk Assessment of Phthalate Esters in Soils: A Review[J]. Environmental Pollution & Control, 2019, 41(12): 1495-1503.
- [2] 王笑妍,薛燕波,者东梅,等.邻苯二甲酸酯类增塑剂概况及法规标准现状[J].中国塑料,2019,33(6):95-105.
WANG Xiao-yan, XUE Yan-bo, ZHE Dong-mei, et al. Overview of Phthalate Plasticizers, Current Regulations and Standards[J]. China Plastics, 2019, 33(6): 95-105.
- [3] 张倩.植物纤维食品接触材料中邻苯二甲酸酯类增塑剂的研究现状[J].中国造纸,2017,36(5):53-57.
ZHANG Qian. Current Situation of Research on Phthalic Acid Esters Plasticizers in Food Contact Plant Fiber Materials[J]. China Pulp & Paper, 2017, 36(5): 53-57.
- [4] 张倩.植物纤维食品接触材料中邻苯二甲酸酯类增塑剂的研究现状[J].中国造纸,2017,36(5):53-57.
ZHANG Qian. Current Situation of Research on Phthalic Acid Esters Plasticizers in Food Contact Plant Fiber Materials[J]. China Pulp & Paper, 2017, 36(5): 53-57.
- [5] 刘秀清.食用植物油中邻苯二甲酸酯类的污染的风险分析与控制[J].现代食品,2016(16):87-90.
LIU Xiu-qing. Risk Analysis and Pollution Control of Phthalate Esters in Edible Vegetable Oil[J]. Modern Food, 2016(16): 87-90.
- [6] 楼珏,林春滢,吕水源,等.休闲食品加工过程接触材料中邻苯二甲酸酯迁移规律[J].中国食品学报,2017,17(7):49-54.
LOU Jue, LIN Chun-ying, LYU Shui-yuan, et al. Migration of Phthalates in Snack Food Contact Material Processing[J]. Journal of Chinese Institute of Food Science and Technology, 2017, 17(7): 49-54.
- [7] 陈沙,朱作为,李晴,等.重复使用的PPSU材料的婴幼儿奶瓶中邻苯二甲酸酯类迁移规律分析[J].现代食品,2020(10):148-152.
CHEN Sha, ZHU Zuo-wei, LI Qing, et al. Analysis of the Migration of Phthalates in Infant Feeding Bottles Made of Recycled PPSU Material[J]. Modern Food, 2020(10): 148-152.
- [8] GB 31604.30—2016,食品安全国家标准 食品接触材料及制品 邻苯二甲酸酯的测定和迁移量的测定[S].
GB 31604.30-2016, Determination of Phthalate Esters in Food Plastic Packaging Materials[S].
- [9] GB 9685—2016,食品安全国家标准 食品接触材料及制品用添加剂使用标准[S].
GB 9685-2016, National Food Safety Standard — Standard for Uses of Additives in Food Contact Materials and Their Products[S].
- [10] 周妹萌.从塑料食品安全新标准角度谈塑料中的“塑化剂”问题[J].化学工程师,2017,31(9):44-46.
ZHOU Shu-meng. Discussion on Plasticizer in Plastics from the Angle of New Standard of Plastic Food Safety[J]. Chemical Engineer, 2017, 31(9): 44-46.
- [11] 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,2010,29(1):14-17.
LI Ming-yuan, HU Yin-chuan. Current Progress of the Hazard of PAEs Migration in Plastic Package of Food[J]. Journal of Food Science and Biotechnology, 2010, 29(1): 14-17.
- [12] 李方方,王洋洋.DEHP的污染现状及生物降解研究进展[J].河南科技,2017(13):153-155.
LI Fang-fang, WANG Yang-yang. Advances in Pollution

- Status and Biodegradation of DEHP[J]. Henan Science and Technology, 2017(13): 153-155.
- [13] 胡雄星, 韩中豪, 刘必寅, 等. 邻苯二甲酸酯的毒性及其在环境中的分布[J]. 环境科学与管理, 2007, 32(1): 37-40.
- HU Xiong-xing, HAN Zhong-hao, LIU Bi-yin, et al. Distribution of Phthalic Acid Esters in Environment and Its Toxicity[J]. Environmental Science and Management, 2007, 32(1): 37-40.
- [14] GB 5009.156—2016, 食品安全国家标准 食品接触材料及制品迁移试验预处理方法通则[S].
- GB 5009.156—2016, General Principle for the Determination of Migration of Packaging Materials and Their Products[S].
- [15] 潘静静, 钟怀宁, 李丹, 等. 食品接触材料及制品中邻苯二甲酸酯类塑化剂的风险管控[J]. 中国油脂, 2019, 44(4): 85-90.
- PAN Jing-jing, ZHONG Huai-ning, LI Dan, et al. Risk Management of Phthalate Plasticizers in Food Contact Materials and Products[J]. China Oils and Fats, 2019, 44(4): 85-90.
- [16] 曹国洲, 肖道清, 朱晓艳. 食品接触制品中邻苯二甲酸酯类增塑剂的风险评估[J]. 食品科学, 2010, 31(5): 325-327.
- CAO Guo-zhou, XIAO Dao-qing, ZHU Xiao-yan. Risk Assessment of Phthalate Plasticizers in Food Contact Products[J]. Food Science, 2010, 31(5): 325-327.

责任编辑: 曾钰婵