

风险监测

贵阳市售白酒中17种邻苯二甲酸酯类化合物含量检测及风险评估

范金旭¹, 申鹰¹, 马凯¹, 孙海达¹, 李林竹¹, 刘双龙², 罗廷武², 杨昌彪¹

(1. 贵州省分析测试研究院, 贵州 贵阳 550000; 2. 贵州省检测技术研究应用中心, 贵州 贵阳 550000)

摘要:目的 了解贵阳市售白酒中17种邻苯二甲酸酯类化合物(PAEs)的污染情况, 评估贵阳市居民膳食暴露风险。方法 通过随机抽样检测2021—2023年贵阳市售白酒中的17种PAEs数据, 结合贵州居民消费量和体质量信息, 采用点评估法对白酒中的PAEs进行膳食暴露评估。结果 2021—2023年共采集市售白酒样品760份, 总超参考值率为11.71%(89/760), 在检出的678份样品中17种PAEs含量总和均值为0.310 mg/kg。邻苯二甲酸二正丁酯的检出率高达88.95%(676/760), 超参考值率为11.45%(87/760); 邻苯二甲酸二(2-乙基)己酯的检出率为48.03%(365/760), 超标率为4.87%(37/760); 邻苯二甲酸二甲酯存在一定的不合格现象(0.39%); 其余14种PAEs虽整体检出率较高, 但污染程度相对较轻。从抽样场所看, 批发市场和酒坊的PAEs检出率和超参考值率相对较高。通过点评估法提示贵阳市居民摄入白酒的PAEs风险指数较低。结论 贵阳市售白酒中的PAEs污染问题需引起相关部门和消费者重视, 贵阳市居民从白酒中摄入PAEs的健康风险较低, 处于可接受水平。

关键词: 贵阳; 白酒; 塑化剂; 摄入风险

中图分类号: R155 文献标识码: A 文章编号: 1004-8456(2025)02-0168-05

DOI: 10.13590/j.cjfh.2025.02.009

Detection and risk assessment of 17 phthalate esters residues in Baijiu available for sale in Guiyang CityFAN Jinxu¹, SHEN Ying¹, MA Kai¹, SUN Haida¹, LI Linzhu¹, LIU Shuanglong²,
LUO Tingwu², YANG Changbiao¹

(1. Guizhou Institute of Analysis and Testing, Guizhou Guiyang 550000, China; 2. Guizhou Provincial Testing Technology Research and Application Center, Guizhou Guiyang 550000, China)

Abstract: **Objective** To understand the pollution of 17 phthalate ester compounds (PAEs) in Baijiu sold in Guiyang City and evaluate the dietary exposure risk of residents in Guiyang City. **Methods** The data of 17 PAEs in Baijiu sold in Guiyang City from 2021 to 2023 were randomly sampled, and the dietary exposure of PAEs in Baijiu was evaluated by the point evaluation method combined with the consumption and weight information of Guizhou residents. **Results** From 2021 to 2023, 760 samples of Baijiu on the market were collected, the total rate of exceeding the reference value is 11.71% (89/760), and the average total content of 17 PAEs was 0.310 mg/kg. The detection rate of di-n-butyl phthalate is as high as 88.95% (676/760), and the rate of exceeding the reference value is 11.45% (87/760); The detection rate of di(2-ethylhexyl) phthalate is 48.03% (365/760), with a exceedance rate of 4.87% (37/760); Dimethyl phthalate has a certain degree of non-compliance (0.39%); Although the overall detection rate of the remaining 14 PAEs is relatively high, the degree of pollution is relatively light. From the sampling site perspective, the detection rate and over reference rate of PAEs in wholesale markets and distilleries are relatively high. The point assessment method suggested that the PAEs risk index of Baijiu intake by Guiyang residents was low. **Conclusion** The pollution of PAEs in Baijiu sold in Guiyang should be paid attention to by relevant departments and consumers. The health risk of Baijiu consumption by Guiyang residents is low and acceptable.

Key words: Guiyang; Baijiu; plasticizers; risk of ingestion

收稿日期: 2024-10-11

基金项目: 酱香型白酒蒸馏过程中冷却水的节能降耗工艺研究黔科合支撑[2023]一般297(黔科院J字(2023)23)

作者简介: 范金旭 男 助理研究员 研究方向为白酒、塑化剂 E-mail: 506065984@qq.com

通信作者: 杨昌彪 男 高级工程师 研究方向为食品加工与安全 E-mail: 306073630@qq.com

邻苯二甲酸酯类物质(Phthalic acid esters, PAEs)是一类常见的化工产品增塑剂,广泛应用在食品包装、塑料制品等多个领域,且因其环境激素特性,不易分解,能在环境中长期留存^[1]。PAEs 与基质材料之间为非共价键结合,并具有亲脂性,容易从生产环境、包装材料等迁移到食品中,在有机溶剂中溶解度高,如白酒等^[2-3]。已有研究表明,PAEs 对人类健康构成潜在威胁,长期摄入可能导致肝、肾、生殖系统等器官的损伤,甚至具有致畸致癌的风险^[4-7]。

贵阳地区作为白酒消费的重要区域,其市场上不仅存在大量知名品牌的白酒,还有许多家庭式和小作坊酿造的白酒。这些白酒在酿造、储存和售卖过程中,可能因使用含有 PAEs 的塑料容器或管道而遭受污染^[8-9]。特别是,白酒作为一种高度亲脂性液体,更容易吸收和保留 PAEs,从而增加消费者健康风险。目前,关于贵阳地区白酒中 PAEs 污染的研究尚显不足,鉴于此,本研究通过对贵阳地区市售白酒中 17 种常见 PAEs 的污染情况进行检测,初步了解贵阳市场白酒塑化剂安全风险情况,帮助消费者提供科学的选购指导,为政府监管提供数据支持。

1 材料与方法

1.1 材料

1.1.1 样品采集

2021—2023 年,按照随机采样原则,在贵阳南明、云岩、乌当、白云、花溪、观山湖六个行政区域采集各类白酒样品共 760 份,采样地点主要为超市、农贸市场、餐馆、批发市场、酒坊等,主要包装为酒厂自带预包装(玻璃和陶瓷瓶两种)和售酒坊提供 PET 瓶散装。

1.1.2 主要仪器与试剂

LT2002 天平(精度 0.000 1 g),OSJ-UP-V 纯水机(山东博科),TRACE1300-ISQ7000 气相色谱-单四级杆质谱联用仪(美国赛默飞),MQK-XW-80A 涡旋振荡器(上海米青科),L550 离心机,AI 1310 进样器(美国赛默飞),SK250HP 超声波控制器(上海科导)。

邻苯二甲酸二异丁酯(Diisobutyl phthalate, DIBP)、邻苯二甲酸二己酯(Dihexyl phthalate, DHXP)、邻苯二甲酸二甲酯(Dimethyl phthalate, DMP)、邻苯二甲酸丁基苄基酯(Butyl benzyl phthalate, BBP)、邻苯二甲酸二乙酯(Diethyl Phthalate, DEP)、邻苯二甲酸二正丁酯(Dinbutyl phthalate, DBP)、邻苯二甲酸二(4-甲基-2-戊基)酯[Di(4-methyl-2-pentyl) phthalate, BMPP]、邻苯二甲酸二(2-乙基)己酯[Di(2-ethylhexyl)

phthalate, DEHP]、邻苯二甲酸二环己酯(Dicyclohexyl phthalate, DCHP)、邻苯二甲酸二(2-甲氧基)乙酯[Di(2-methoxy) ethyl phthalate, DMEP]、邻苯二甲酸二正辛酯(Di-n-octyl phthalate, DNOP)、邻苯二甲酸二(2-乙氧基)乙酯[Di(2-ethoxy) ethyl phthalate, DEEP]、邻苯二甲酸二烯丙酯(Dipropyl phthalate, DAP)、邻苯二甲酸二(2-丁氧基)乙酯[Di(2-butoxy) ethyl phthalate, DBEP]、邻苯二甲酸二壬酯(Dinonyl phthalate, DNP)、邻苯二甲酸二苯酯(Diphenyl phthalate, DPhP)、邻苯二甲酸二戊酯(Diamyl phthalate, DPP)标准品(1 000 μg/mL, Organic Standards Solutions International, 美国 LLC);丙酮、二氯甲烷、乙腈、正己烷均为色谱纯,PSA/Silica 玻璃柱(500 mg/500 mg/6 mL, 北京迪马)。

1.2 方法

1.2.1 标准溶液的配制与梯度、样品处理和仪器条件

用洗净的移液管分别移取上述 PAEs 标样 100 μL 于 10 mL 容量瓶中,用正己烷定容配制 10 μg/mL 的 17 种 PAEs 标样混合液,于 4 °C 冰箱保存备用,上机时用正己烷稀释至所需梯度浓度。

酒样处理和仪器条件参数参照 GB 5009. 271—2016《食品安全国家标准 食品中邻苯二甲酸酯的测定》第二法。

1.2.2 试验及数据的质量控制

整个试验过程中不直接接触任何塑料,所用试验器皿洗净后置于丙酮溶液中浸泡 8 h 后于 200 °C 烘干。测定 PAEs 值同时做一定比例的空白、样品加标和平行样,排除试验误差,上机时先跑 5 针正己烷试剂空白,PAEs 结果计算时减去空白样品底值。文中所有 PAEs 结果值均为平行测定 5 次后所取平均,用 SPSS 29.0 进行数据处理的显著性差异($P=0.05$)和 95% 置信区间统计分析,采用 GraphPad Prism 8.0 进行图表分析处理。

1.2.3 风险评估

根据测得的白酒中 PAEs 含量数据,结合国家统计局和贵州省统计局公布的白酒消费量数据^[10],计算白酒中 PAEs 的每日膳食暴露量,由于 PAEs 急性毒性较低,采用慢性膳食暴露模型进行风险评估,具体如下:

$$EDI_i = \frac{I_i \times R_i}{W_b} \times f \quad (1)$$

式中: EDI_i 为种塑化剂每日摄入量,μg/(kg·d); I_i 为白酒日人均消费量,20.66 g/d; R_i 为白酒 i 种的 PAEs 平均含量,mg/kg; W_b 为平均体质量,kg(根据贵州省 2020 年第五次国民体质监测数据确定男女

的平均体质量分别为 66.2、57.3 kg);*f* 为模型系数,本研究取 1。

慢性膳食暴露风险的风险指数,即暴露风险评估的计算方式为:

$$ERI = \frac{EDI_i}{ADI} \times 100\%$$

(2)

式中 *ADI* 为每日允许摄入量,μg/(kg·d),此处采用国家食品安全风险评估中心确定的每日可耐受剂量(Tolerable daily intake,TDI)替代式中 *ADI* 进行评估,DBP 和 DEHP 的 TDI 值分别为 10 和 50 μg/kg 体质量;当暴露风险指数(Exposure risk index,ERI)≤100%时,认为该种 PAEs 对人体的暴露风险可以接受;当 ERI>100% 时,认为该种 PAEs 会对人体产生慢性暴露风险。

1.2.4 数据处理

由于受试验方法和仪器精度局限性等影响,PAEs 的检测结果会含有“未检出”(Not detected,ND)值,这些值可能是真实的“0”值,也可能是低于仪器方法检出限的痕量值。依据食品安全风险评估中

对“ND”数据的处理规则,若样品中“ND”数据所占比例不超过总样品量的 60%,则所有此类 ND 值将被替换为检出限的一半;相反,若“ND”数据所占比例超过总样品量的 60%,则所有 ND 值用检出限替代,本次白酒中 PAEs 的 ND 值以方法检出限替代^[11]。

2 结果

2.1 标准曲线和检出限

将 17 种 PAEs 配制浓度为 0.00、0.02、0.05、0.10、0.20、0.50、1.00 μg/mL 的系列标准溶液,根据每种 PAEs 的质量浓度和峰面积建立标准曲线,以 3 倍信噪比确定检出限为 0.001 μg/mL,以 10 倍信噪比确定定量限为 0.01 μg/mL。由表 1 可知,17 种 PAEs 的线性回归系数(*R*²)均在 0.999 以上,进行的 0.1、0.5、1.0 mg/kg 的 3 个梯度浓度加标回收回收率在 87.28%~112.31% 之间,相对标准偏差(Relative standard deviation,RSD)为 0.25%~9.07%,说明试验结果具有较高的准确度和精密度。

表 1 17 种 PAEs 的标准曲线、*R*²、加标回收及 RSD

Table 1 Standard curves, *R*², spiked recovery, and RSD for 17 types of PAEs

PAEs	回归方程	<i>R</i> ²	加标回收					
			0.1 mg/kg		0.5 mg/kg		1.0 mg/kg	
			回收率/%	RSD/%	回收率/%	RSD/%	回收率/%	RSD/%
DMP	<i>Y</i> =1.49×10 ⁵ <i>X</i> -1 478.22	0.999 1	93.63	2.43	96.03	1.13	106.81	2.56
DEP	<i>Y</i> =5.16×10 ⁵ <i>X</i> -134.5	0.999 3	107.58	7.36	93.57	6.03	94.58	2.33
DAP	<i>Y</i> =2.06×10 ⁵ <i>X</i> -975.4	0.999 8	111.53	2.04	102.72	1.38	99.61	3.30
DIBP	<i>Y</i> =5.81×10 ⁵ <i>X</i> -6 249.53	0.999 7	88.11	5.76	90.1	4.04	104.71	2.58
DBP	<i>Y</i> =4.39×10 ⁵ <i>X</i> -200.67	0.999 9	89.43	6.09	107.68	3.09	100.67	1.78
DMEP	<i>Y</i> =2.93×10 ⁵ <i>X</i> -230.12	0.999 4	112.31	8.01	100.14	5.81	94.85	1.95
BMPP	<i>Y</i> =3.18×10 ⁴ <i>X</i> -2 577.87	0.999 7	87.28	1.25	109.19	1.13	96.72	2.8
DEEP	<i>Y</i> =5.84×10 ⁵ <i>X</i> -1 465.38	0.999 5	88.44	9.07	100.16	4.03	97.56	2.15
DPP	<i>Y</i> =2.76×10 ⁵ <i>X</i> -2 838.42	0.999 0	101.13	7.63	99.42	5.30	107.84	3.06
DHXP	<i>Y</i> =2.31×10 ⁵ <i>X</i> +1 304.31	0.999 3	88.42	2.57	91.01	6.95	107.12	4.11
BBP	<i>Y</i> =4.56×10 ⁵ <i>X</i> -1 732.72	0.999 4	94.61	1.65	107.47	2.54	103.08	3.02
DBEP	<i>Y</i> =5.32×10 ⁵ <i>X</i> -1 056.15	0.999 6	87.42	5.98	99.39	6.36	101.33	0.97
DCHP	<i>Y</i> =2.56×10 ⁵ <i>X</i> -105.12	0.999 5	110.87	2.27	95.01	5.97	101.49	0.66
DPhP	<i>Y</i> =3.42×10 ⁵ <i>X</i> -856.39	0.999 9	107.38	8.54	95.09	2.75	103.31	2.60
DEHP	<i>Y</i> =3.34×10 ⁵ <i>X</i> +1 251.64	0.999 7	111.37	5.78	103.94	1.47	106.60	2.28
DNOP	<i>Y</i> =6.27×10 ⁵ <i>X</i> -344.53	0.999 2	93.24	8.38	98.22	6.19	107.59	3.09
DNP	<i>Y</i> =4.12×10 ⁵ <i>X</i> -2 017.24	0.999 9	98.85	3.13	98.52	3.07	103.61	0.25

2.2 白酒样品结果分析

2021—2023 年共检测贵阳地区 760 份市售白酒样品的 17 种塑化剂残留,主要检出 DBP、DEHP、DMP 3 种塑化剂成分,其中有 89 份样品 PAEs 含量超过参考值(卫办监督函[2011]551 号:DBP≥0.3 mg/kg,

DEHP≥1.5 mg/kg),不合格率为 11.71%,DBP、DEHP、DMP 和 Σ_{BBP,DBEP,DCHP,DPhP,DNOP,DNP,DEP,DAP,DIBP,DMEP,BMPP,DEEP,DPP,DHXP} 的检出情况详见表 2~5。

由表 2~5 可知,贵阳市售白酒中存在邻苯二甲酸酯类塑化剂污染现象,其中 DBP、DEHP 检出率较

表 2 2021—2023 年贵阳市售白酒中 DBP 的检测结果

Table 2 Test results of DBP in Guiyang commercial Baijiu from 2021 to 2023

年份	检测份数	检出份数	检出率/%	超参考值率/%	含量范围/(mg/kg)	平均值/(mg/kg)	中位值/(mg/kg)
2021	221	198	89.59	15.38(34/221)	ND~10.217	0.142	0.157
2022	257	236	91.83	10.89(28/257)	ND~12.784	0.105	0.139
2023	282	242	85.82	8.87(25/282)	ND~9.621	0.093	0.142
合计	760	676	88.95	11.45(87/760)	ND~12.784	0.111	0.141

表 3 2021—2023 年贵阳市售白酒中 DEHP 的检测结果

Table 3 Test results of DEHP in Guiyang commercial Baijiu from 2021 to 2023

年份	检测份数	检出份数	检出率/%	超参考值率/%	含量范围/(mg/kg)	平均值/(mg/kg)	中位值/(mg/kg)
2021	221	135	61.09	5.88(13/221)	ND~3.786	0.153	0.162
2022	257	127	49.42	3.89(10/257)	ND~2.915	0.161	0.149
2023	282	103	36.52	4.96(14/282)	ND~4.032	0.139	0.151
合计	760	365	48.03	4.87(37/760)	ND~4.032	0.151	0.150

表 4 2021—2023 贵阳市售白酒中 DMP 的检测结果

Table 4 Test results of DMP in Guiyang commercial Baijiu from 2021 to 2023

年份	检测份数	检出份数	检出率/%	含量范围/(mg/kg)	平均值/(mg/kg)	中位值/(mg/kg)
2021	221	27	12.22	ND~0.927	0.087	0.085
2022	257	33	12.84	ND~0.425	0.074	0.076
2023	282	22	7.80	ND~0.573	0.091	0.088
合计	760	82	10.79	ND~0.927	0.084	0.086

表 5 2021—2023 贵阳市售白酒中其余 14 种 PAEs 的检测结果

Table 5 Test Results of the remaining 14 PAEs in Guiyang Commercial Baijiu from 2021 to 2023

年份	检测份数	检出份数	检出率/%	含量范围/(mg/kg)	平均值/(mg/kg)	中位值/(mg/kg)
2021	221	88	39.82	ND~1.237	0.314	0.309
2022	257	92	35.80	ND~1.146	0.268	0.273
2023	282	73	25.89	ND~1.085	0.292	0.302
合计	760	253	33.29	ND~1.237	0.290	0.304

注:表中其余 14 种 PAEs 值为 DEP、DAP、DIBP、DMEP、BMPP、DEEP、DPP、DHXP、BBP、DBEP、DCHP、DPhP、DNOP、DNP 含量之和和平均数

高,分别为 88.95% 和 48.03%,不合格率也较高,超出参考值率分别为 11.45% 和 4.87%,个别样品的 DBP 和 DEHP 污染值较高,最高达 12.784 和 4.032 mg/kg;另外,白酒样品也存在受 DMP 污染情况,检出率相对较低,为 10.79%,存在一定的不合格现象,不合格率为 0.39%;其余 14 种 PAEs 虽检出率较高(33.29%),平均值和中位值分别为 0.290 和 0.304 mg/kg,但其值为 14 种 PAEs 检测结果之和,整体来说,BBP、DBEP、DCHP、DPhP、DNOP、DNP、

DEP、DAP、DIBP、DMEP、BMPP、DEEP、DPP、DHXP 这 14 种 PAEs 含量和风险较低。

表 6 为贵阳各个抽样场所白酒 PAEs 检出情况,由表中数据可知,各个场所的检出率均在 80% 以上,批发市场和酒坊的检出率较高,且超标率较高,分别达 13.43% 和 16.39%,主要问题集中在散装白酒,大多数小酒坊存酒时为塑料薄膜加盖密封,并在消费者购酒时提供 PET 材质瓶装放白酒,存在一定的 PAEs 污染风险。

表 6 贵阳市售白酒各个场所 17 种 PAEs 的检出情况

Table 6 Detection of 17 PAEs in Baijiu markets in Guiyang City

抽样场所	检测份数	检出份数	检出率/%	超参考值率/%	$\Sigma_{17种PAEs}$ 平均值/(mg/kg)
超市和杂货店	201	168	83.58	7.46(15/201)	0.246
农贸市场	72	62	86.11	8.33(6/72)	0.169
批发市场	268	246	91.79	13.43(36/268)	0.307
餐馆	36	29	80.56	5.56(2/36)	0.211
酒坊	183	173	94.54	16.39(30/183)	0.322
合计	760	678	89.21	11.71(89/760)	0.277

注: $\Sigma_{17种PAEs}$ 平均值为样品的 17 种 PAEs 含量之和和平均值

2.3 贵阳居民白酒中 PAEs 摄入风险评估

根据 1.2.3 中的风险评估模型和数据,将表 2~5 中 PAEs 的平均值带入计算公式,除 DBP 和 DEHP 的 TDI 值分别为 10 和 50 $\mu\text{g/kg}$ 外,缺少其余 15 种 PAEs 的 TDI 数据,按照风险最大原则,本研究取其余 15 种 PAEs 的 TDI 值与 DBP 一致,得出 17 种 PAEs 风险指数见表 7。

表中结果表明,按照贵州居民白酒消费均值和平均体重计算,贵阳市居民摄入的白酒塑化剂风险指数较低,男性总风险指数为 0.67%,女性总风险

指数为 0.77%,远远低于 100% 的暴露风险,但由于白酒中不只存在 17 种邻苯类塑化剂,同时白酒只是众多日常消费品的一种途径,还有很多途径会存在邻苯类及其他塑化剂污染情况,亦需引起关注。

3 讨论

本研究发现贵阳市市售白酒中,DBP 和 DEHP 是主要的 PAEs 污染物,检出率较高且超参考值情况较为严重。DBP 的检出率高达 88.95%,超标率为 11.45%,最高污染值达到 12.784 mg/kg;DEHP

表 7 17 种塑化剂风险指数
Table 7 Risk Index of 17 Plasticizers

PAEs 种类	检出份数	检出率/%	超参考 值率/%	含量范围 /(mg/kg)	$\Sigma_{17\text{种PAEs}}$ 平均值 /(mg/kg)	男性风险 指数/%	女性风险 指数/%
DBP	676	88.95	11.45	ND~12.784	0.111	0.35	0.40
DEHP	365	48.03	4.87	ND~4.032	0.151	0.09	0.11
DMP	82	10.79	0.39	ND~0.927	0.084	0.05	0.06
$\Sigma_{\text{BBP,DBEP,DCHP,DPhP,DNOP,DNP,DEP,DAF,DIBP,DMEP,BMPP,DEEP,DPP,DHXP}}$	253	33.29	0	ND~1.237	0.290	0.18	0.21
合计	678	89.21	11.71	ND~12.784	0.310	0.67	0.77

注:合计平均值为检出 678 份样品的 17 种 PAEs 含量之和的平均值,风险指数为 17 种 PAEs 风险指数之和

的检出率为 48.03%,超标率为 4.87%,最高污染值为 4.032 mg/kg。DMP 虽然检出率相对较低(10.79%),但也存在一定的超参考值现象(0.39%)。其余 14 种 PAEs 虽然整体检出率较高(33.29%),但其平均值和中位值相对较低,且未出现超参考值现象,故这些 PAEs 在白酒中的污染程度相对较轻,但仍需保持警惕。

从抽样场所看,批发市场和酒坊的 PAEs 检出率和超参考值率相对较高。这可能与这些场所销售的白酒多为散装,且存储和包装过程中使用了含有 PAEs 的塑料材料有关。故加强散装白酒的监管,推广使用不含塑化剂的包装材料,是降低白酒中塑化剂污染风险的有效措施。

根据慢性膳食风险评估模型和数据计算,贵阳市居民摄入的白酒 PAEs 风险指数较低,男性总风险指数为 0.67%,女性总风险指数为 0.77%,但并不意味着 PAEs 污染问题可以忽视。白酒只是众多日常消费品中的一种,居民还可能通过其他途径摄入 PAEs,如其他种类食品、包装材料、塑料容器等,本研究只取人群平均值进行计算,并未对高膳食人群进行风险评估,同时需要综合考虑各种途径的塑化剂暴露情况,全面评估居民的健康风险。

参考文献

[1] DAIEM M M A, RIVERA-UTRILLA J, OCAMPO-PEREZ R, et al. Environmental impact of phthalic acid esters and their removal from water and sediments by different technologies - A review[J]. Journal of Environmental Management, 2012, 109:164-178.

[2] LI H, LI C, AN L, et al. Phthalate esters in bottled drinking water and their human exposure in Beijing, China[J]. Food Additives & Contaminants Part B, 2019, 12:1-9.

[3] ALDEGUNDE-LOUZAO N, LOLO-AIRA M, HERRERO-

LATORRE C. Phthalate esters in clothing: a review [J]. Environmental Toxicology and Pharmacology, 2024:108.

[4] ABDUL Q, MUHAMMAD A, WARNER G R, et al. Global environmental and toxicological data of emerging plasticizers: current knowledge, regrettable substitution dilemma, green solution and future perspectives[J]. Green Chemistry, 2024(10):26.

[5] 田亚茹,施妙盈,李永宁,等.邻苯二甲酸二环己酯的健康风险研究进展[J].中国食品卫生杂志,2023,35(12):1810-1815. TIAN Y R, SHI M Y, LI Y N, et al. Research progress on health risks of dicyclohexyl phthalate [J]. Chinese Journal of Food Hygiene, 2023, 35(12): 1810-1815.

[6] NIARI M H, TAKDASTAN A, BABAEI A, et al. Fate and ecological risk of phthalate esters in microplastics of wastewater in the wastewater treatment plant [J]. Water, Air and Soil Pollution, 2024(2): 235.

[7] DING Y, LIU Y, FEI F, et al. Study on the metabolism toxicity, susceptibility and mechanism of di- (2-ethylhexyl) phthalate on Rat Liver BRL Cells with insulin resistance in vitro [J]. Toxicology, 2019, 422:102-120.

[8] TSUMURA Y, ISHIMITSU S, KAIHARA A, et al. Phthalates, adipates, citrate and some of the other plasticizers detected in japanese retail foods: a survey[J]. Eisei Kagaku, 2002, 48(6): 493-502.

[9] 韩燕,李蓝虹,秦德萍,等.白酒包装材料中塑化剂的迁移研究[J].应用化工,2021,50(4):1151-1154. HAN Y, LI L H, QIN D P, et al. Study on the migration of plasticizers in Baijiu packaging materials [J]. Applied Chemistry, 2021, 50 (4): 1151-1154

[10] 贵州省统计局.贵州统计年鉴[M].北京:中国统计出版社,2023. Guizhou Provincial Bureau of Statistics. Guizhou Statistical Yearbook [M]. Beijing: China Statistical Publishing House, 2023.

[11] 隋海霞,蒋定国,张磊,等.中国居民成人饮酒者 DEHP 的风险评估[J].中国食品卫生杂志,2014,26(6):619-623. SUI H X, JIANG D G, ZHANG L, et al. Risk assessment of DEHP among adult drinkers among Chinese residents [J]. Chinese Journal of Food Hygiene, 2014, 26(6): 619-623.