

湖北地区市售白酒中邻苯二甲酸酯类物质的 监测结果及分析

罗 苹, 李永刚, 陈 明, 唐 琳, 闻 胜*

(应用毒理湖北省重点实验室(湖北省疾病预防控制中心), 武汉 430079)

摘 要: **目的** 对湖北地区市售白酒中邻苯二甲酸酯类物质的污染水平进行分析。**方法** 按照《国家食品污染和有害因素风险工作手册》对湖北地区 9 个地市销售的 89 份白酒样品中的邻苯二甲酸二丁酯(dibutyl phthalate, DBP)、邻苯二甲酸二(2-乙基)己酯(di 2-ethyl hexyl phthalate, DEHP)、邻苯二甲酸二异壬酯(diisononyl phthalate, DINP)等 17 种邻苯二甲酸酯类化合物进行监控和风险评估。**结果** 检测的 89 份白酒样品中, DBP 超标率为 29.2%; 最高浓度高达 23.48 mg/kg, 超出国家标准限量值(0.3 mg/kg)78 倍, DEHP 的浓度均未超过国家标准限量值(1.5 mg/kg), DINP 均未检出, 其余 14 种邻苯二甲酸酯类物质部分有检出。**结论** 湖北省市售白酒中存在一定程度的邻苯二甲酸酯类物质污染, 需引起重视并进行连续监测。

关键词: 白酒; 邻苯二甲酸酯; 塑化剂; 湖北地区

Monitoring results and analysis of phthalates contamination in marketed liquors of Hubei province

LUO Ping, LI Yong-Gang, CHEN Ming, TANG Lin, WEN Sheng*

(Hubei Provincial Key Laboratory for Applied Toxicology (Hubei Provincial Center for Disease Control and Prevention), Wuhan 430079, China)

ABSTRACT: Objective To investigate the phthalates contamination in liquors collected from Hubei province. **Methods** According to the *Standard Operation Procedure of National Food Contamination and Harmful Factors Risk Workbook*, 17 types of phthalates, including dibutyl phthalate (DBP), di 2-ethyl hexyl phthalate (DEHP) and diisononyl phthalate (DINP), etc. were determined in 89 liquor samples collected from 9 cities in Hubei province. **Results** In the 89 liquor samples, the exceeding rates of maximum residue limits (MRLs) was 29.2%, with the highest concentration of 23.48 mg/kg which was 78 times over the regulation (0.3 mg/kg). The concentration of DEHP was below the MRLs (1.5 mg/kg). DINP was not detected in all samples. The other 14 types of phthalates were detected in part of samples. **Conclusion** Phthalates contamination was found in liquors collected from Hubei province to some extent, so the monitoring and supervision should be strengthened.

KEY WORDS: liquor; phthalates; plasticizers; Hubei province

*通讯作者: 闻胜, 博士, 副研究员, 主要研究方向为食品安全和持久性有机污染物研究, E-mail: 30723280@qq.com

*Corresponding author: WEN Sheng, Ph.D, Associate Researcher, Hubei Provincial Center for Disease Control and Prevention, No.6, Zhuodaoquan North Road, Wuhan 430079, China. E-mail: 30723280@qq.com

1 引 言

邻苯二甲酸酯类(phthalate acid esters, PAEs), 又称酞酸酯, 是醇与苯二甲酸酐的反应产物, 是一种无色难挥发、有微弱特殊气味、易溶于有机溶剂的油状黏稠液体。PAEs 类化合物化学结构类似, 一般是由 1 个刚性平面芳环和 2 个可塑的非线性脂肪侧链组成, 常见的有邻苯二甲酸二甲酯(dimethyl phthalate, DMP)、邻苯二甲酸二乙酯(diethyl phthalate, DEP)、邻苯二甲酸二丁酯(dibutyl phthalate, DBP)、邻苯二甲酸二辛酯(dioctyl phthalate, DNOP)、邻苯二甲酸二(2-乙基)己酯(bis(2-ethylhexyl) phthalate, DEHP)、邻苯二甲酸二异壬酯(diisononyl phthalate, DINP)、邻苯二甲酸丁基苄酯(butyl benzyl phthalate, BBP)、邻苯二甲酸二异丁酯(diisobutyl phthalate, DIBP)、邻苯二甲酸二(2-甲氧基)乙酯(bis(2-methoxyethyl) phthalate, DMPEP)、邻苯二甲酸二戊酯(dinpentyl phthalate, DPP)等^[1-3]。PAEs 类化合物作为增塑剂(又称塑化剂)和软化剂被广泛应用于塑料工业中, 可增强塑料的柔韧性, 使其更易加工^[4,5]。PAEs 类化合物作为增塑剂的主要代表, 其年产量约占增塑剂总产量的 80%左右, 且大部分被用于聚氯乙烯及氯乙烯共聚物的生产, 同时应用于日常工业高分子塑料产品的生产, 还应用于食品包装材料、玩具、医用血袋和胶管、香味品、驱虫剂、化妆品(主要用作指甲油的增溶剂和香料保留剂)、润滑剂等数百种产品中。

由于此类物质不易与塑料分子发生结合, 当被添加到塑料加工过程中时易从塑料制品中渗出。当居民在使用这些塑料制品时, PAEs 类化合物可通过皮肤接触、吸入等方式直接进入体内, 从而危害人体健康^[6-8]。白酒的主要成分是乙醇, PAEs 类化合物在乙醇中迁移率较高^[9], 在白酒生产、加工、储藏等过程中与塑料制品接触, 例如塑料输酒管道、塑料接酒桶、封酒缸塑料布、成品酒塑料内盖、成品酒塑料包装容器等, 都不可避免地产生塑化剂的迁移^[10]。

目前, 我国尚无相应的白酒中塑化剂的限值标准^[11], 卫生部《关于通报食品及食品添加剂 PAEs 类物质最大残留量的函》中强调^[12], 要严格执行国家标准(GB9685-2008)^[13]规定, 控制食品容器及包装材料中添加剂的使用, 并明确给出了 3 种 PAEs 类物质的限值, DBP 的特定迁移量或最大残留量限值标准为 0.3 mg/kg, DEHP 为 1.5 mg/kg, DINP 为 9.0 mg/kg^[14-16]。本研究选取 89 份湖北地区市售白酒, 对其中 PAEs 类物质的污染水平进行分析与评估。

2 材料和方法

2.1 实验材料

2.1.1 样品来源

于 2015 年 6~7 月集中对湖北省 9 个地区(武汉、宜昌、

襄阳、黄石、荆州、十堰、荆门、鄂州和孝感市)18 个县市区的商场、超市及食品零售商店分层随机采样, 对湖北省地区生产及消费量大的白酒进行采样, 共采集市售的白酒样品 89 份, 且均为定型包装。

2.1.2 主要仪器与试剂

7890A/5975C 气相色谱-质谱仪(美国 Agilent 公司); OA-SYS 氮吹仪(美国 Orgnomation Associates 公司); XH-B 型涡旋混匀器(江苏康健医疗用品有限公司); Z-383K 离心机(德国 Hermle)。

正己烷、乙酸乙酯(色谱纯, 购自美国 Tedia 公司); 无水硫酸钠、氯化钠(分析纯, 国药化学试剂公司); 16 种 PAEs 类物质混合标准品溶液(1000 mg/L, 购自美国 o2si 公司); 邻苯二甲酸二异壬酯(DINP)标准品(50 mg/L)、D4-邻苯二甲酸二(2-乙基)己酯(100 mg/L)均购自于美国 AccuStandard 公司。

2.2 实验方法

2.2.1 样品前处理

检测方法按照中华人民共和国国家卫生和计划生育委员会(国家卫生计生委)发布的《国家食品污染和有害因素风险工作手册》^[17]中食品中 PAEs 类化合物检测的标准操作程序进行操作: 称取 2.0 g(准确到 0.01 g)的待测样品于 10 mL 玻璃离心管中, 加入 100 μ L D4-邻苯二甲酸二(2-乙基)己酯应用液(10.0 mg/L), 加入 1.0 g 氯化钠、4 mL 蒸馏水和 1 mL 正己烷与乙酸乙酯(1:1, V:V)混合液, 锡纸封口后加盖涡旋混匀 1 min, 室温 3000 r/min 离心 3 min, 用玻璃胶头滴管移取上层正己烷层经少量无水硫酸钠脱水后转移至进样瓶中, 待 GC-MS 分析。同时做空白对照试验。

取 1 mL 16 种 PAEs 类物质混合标准品溶液(1000 mg/L)用正己烷稀释定容至 100 mL 制成 10.0 mg/L 混合标准溶液; 邻苯二甲酸二异壬酯(DINP)标准品(50 mg/L)、D4-邻苯二甲酸二(2-乙基)己酯(100 mg/L)分别用正己烷稀释成浓度为 10.0 mg/L 的储备液。

2.2.2 仪器条件

(1) 气相色谱条件

色谱柱: DB-5Ms 毛细管色谱柱(30 m \times 0.25 mm, 0.25 μ m); 升温程序: 初温 70 $^{\circ}$ C 保持 2 min, 以 10 $^{\circ}$ C/min 升到 280 $^{\circ}$ C, 保持 1 min, 再以 5 $^{\circ}$ C/min 升至 320 $^{\circ}$ C, 运行 1 min; 色谱柱流量: 1.0 mL/min; 进样口温度: 250 $^{\circ}$ C; 进样方式: 不分流进样; 进样量: 1.0 μ L。

(2) 质谱条件

离子源: 电子轰击离子源(electron Ionization, EI); 离子源温度: 230 $^{\circ}$ C; 溶剂延迟: 6 min; 传输线温度: 280 $^{\circ}$ C。采用选择离子扫描(selective ion monitoring, SIM), 选取每种物质的基峰离子定量, 具体参数见表 1。

表 1 17 种 PAEs 类化合物及内标的保留时间和 SIM 离子参数
Table 1 Retention time and SIM ion parameters of 17 kinds of PAEs and internal standard

分组	分组开始时间(min)	保留时间(min)	化合物名称	定量离子, 辅助定性离子
1	7.0	7.996	邻苯二甲酸二甲酯(DMP)	163 [*] ,135,194
		8.863	邻苯二甲酸二乙酯(DEP)	149 [*] ,177,121
		10.706	邻苯二甲酸二异丁酯(DIBP)	149 [*] , 223,205
2	11.0	11.5	邻苯二甲酸二丁酯(DBP)	149 [*] , 223,205
		11.829	邻苯二甲酸二(2-甲氧基)乙酯(DMEP)	149 [*] ,59,104
		12.568	邻苯二甲酸二(4-甲基-2-戊基)酯(BMPP)	149 [*] ,251,267
3	12.0	12.965	邻苯二甲酸二(2-乙氧基)乙酯(DEEP)	149 [*] ,104,193
		13.422	邻苯二甲酸二戊酯(DPP)	149 [*] ,237,219
		15.686	邻苯二甲酸二己酯(DHXP)	149 [*] ,251,233
4	14.0	15.825	邻苯二甲酸丁基苄基酯(BBP)	149 [*] ,238,206
		17.307	邻苯二甲酸二(2-丁氧基)乙酯(DBEP)	149 [*] ,193,176
		18.004	邻苯二甲酸二环己酯(DCHP)	149 [*] ,167,249
5	17.6	18.129	D4-邻苯二甲酸二(2-乙基)乙酯(D4-DEHP)	153 [*] ,171
		18.192	邻苯二甲酸二(2-乙基)乙酯(DEHP)	149 [*] ,167,279
		18.345	邻苯二甲酸二苯酯(DPHP)	225 [*] ,77
6	19.0	20.794	邻苯二甲酸二正辛酯(DNOP)	149 [*] ,279,167
		21.485	邻苯二甲酸二异壬酯(DINP)	293 [*] ,149,167
		22.653	邻苯二甲酸二壬酯(DNP)	149 [*] ,293,167

注: *为定量离子, 其余为辅助定性离子

2.2.4 检测结果的计算

取 0.1 mL 10.0 mg/L D4-DEHP 应用液加正己烷溶解定容, 配成含 PAEs 类化合物 0.1、0.25、0.5、0.75 和 1.0 mg/L 的混合标准工作液, 采用内标法定量, 然后进行样品测定, 根据标准曲线计算待测液中各种 PAEs 类化合物的含量浓度 C_i 。白酒中 PAEs 类化合物含量按式(1)计算, 结果保留小数点后 2 位。

$$X = \frac{(c_i - c_{0i}) \times V}{m} \quad (1)$$

式中:

X : 样品中 PAEs 类含量, mg/kg;

c_i : 各种 PAEs 类含量, mg/L;

c_{0i} : 空白试验中 PAEs 类含量, mg/L;

V : 定容体积, mL;

m : 样品取样量, g。

2.2.5 未检出数据的处理

按照世界卫生组织对未检出数据的处理方法, 所有未检出结果均用 1/2 检出限(limit of detection, LOD)替代^[18]。

2.2.6 质量控制

PAEs 类化合物检测的全过程均不接触塑料制品, 均

使用玻璃器皿, 且烧杯等可以烘烤的玻璃器皿在使用前均在 450 °C 马弗炉中烘烤 3 h, 移液管等不可烘烤的玻璃器皿在使用前均使用丙酮淋洗, 除去干扰物质。

由于 PAEs 类化合物普遍存在, 溶剂、器皿极易被污染, 因此在对每批样品(20 份)进行检测时, 实验全程均进行了空白对照试验以检查所用溶剂及器皿是否受到 PAEs 类化合物的污染, 其中 DMP、DEP、DIBP、DBP、DEHP 的空白值均小于 0.05 mg/kg, 其他化合物均小于 0.02 mg/kg。

3 结果与讨论

3.1 白酒中 PAEs 类监测结果统计

对湖北地区 9 个市的 89 份市售白酒类样品进行了 DBP、DEHP、DINP 等 17 种 PAEs 类物质的检测, 共获得了 5185 个数据。其中, 26 份 DBP 超出国家标准(0.3 mg/kg)^[13], 含量范围为 0.36~23.48 mg/kg, 超标率为 29.2%。DEHP 有部分检出, 但均未超过国家标准限量值(1.5 mg/kg)^[13]。DINP 均未检出, 具体检测数据见表 2。湖北省不同地区白酒类样品中 PAEs 超标情况见图 1。

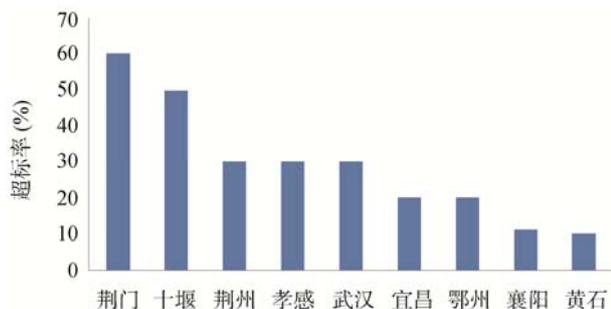


图 1 湖北省不同地区白酒类样品中 PAEs 超标情况

Fig. 1 Excessive situations of PAEs in liquor samples collected from different regions in Hubei province

表 2 白酒样品中 PAEs 类检出情况统计表

Table 2 Statistics of the detection of PAEs in liquor samples

化合物名称	检出份数	检出率 (%)	检出的最高值(mg/kg)	检出的最低值(mg/kg)
DIBP	76	85.4	10.74	0.03
DBP	75	84.3	23.48	0.02
DMP	51	57.3	2.62	0.02
DEHP	47	52.8	1.14	0.02
DPHP	0	0.0	-	-
DNOP	0	0.0	-	-
DINP	0	0.0	-	-
DNP	0	0.0	-	-
DCHP	42	47.2	1.14	0.02
DEP	13	14.6	0.14	0.02
DPP	8	9.0	0.39	0.02
DHXP	0	0.0	-	-
BBP	0	0.0	-	-
DBEP	0	0.0	-	-
DMEP	6	6.7	0.83	0.2
BMPP	0	0.0	-	-
DEEP	0	0.0	-	-

* GB9685-2008 国家标准规定了 DBP 的特定迁移量或最大残留限量值标准为 0.3 mg/kg, DEHP 为 1.5 mg/kg, DINP 为 9.0 mg/kg。其他化合物暂无国家限值标准。

3.2 白酒中 PAEs 类检测结果的分析

GB 9685-2008^[13]规定 DBP 的特定迁移量或最大残留限量为 0.3 mg/kg, DEHP 为 1.5 mg/kg, DINP 为 9.0 mg/kg。89 份酒样中有 26 份样品 DBP 超标, 其地区分布情况见图 1, 其中荆门地区的超标率最高, 达到 60%; 9 份样品超过国家标准限量值(0.3 mg/kg)10 倍, 浓度最高的样品(23.48

mg/kg)超过国家标准限量值 78 倍。酒类样品中 DEHP 均未超过国家标准限量值(1.5 mg/kg), 样品中 DINP 均未检出。其余 14 种 PAEs 类物质没有相应国家标准限量值, 但部分有检出。

3.3 白酒中 PAEs 类的人体摄入量评估

国家卫生计生委在 2014 年 6 月 27 日公布白酒产品中塑化剂风险评估结果, 白酒中邻苯二甲酸二(2-乙基己基)酯(DEHP)和邻苯二甲酸二丁酯(DBP)的含量分别在 5 mg/kg 和 1 mg/kg 以下时对饮酒者的健康风险处于可接受水平。通过本研究数据分析发现, 湖北省所有的白酒产品的 DEHP 含量低于本次风险评估结果。因此, 在正常饮食习惯下, 湖北省白酒中的 DEHP 一般不会对饮酒者造成健康损害。DINP 均未检出, 因此也不会对对饮酒者造成健康损害。

白酒中 DBP 的均值和最大值分别为 1.16 mg/kg 和 23.48 mg/kg, 根据样品中 DBP 的含量结合 2010 年湖北省标准人(成年男子轻体力劳动者, 体重为 63 kg)白酒膳食消费量 9.0 g/d^[19]计算得出湖北省人群膳食中 DBP 的摄入量为 1.66×10^{-4} mg/kg, 远低于规定的每日允许摄入量 0.2 mg/kg^[20]。根据白酒中 DBP 含量 90%置信区间(90% quantile, P90)的值(2.82 mg/kg)进行较高暴露评估时, 得出湖北省居民每日 DBP 的摄入量为 4.03×10^{-4} mg/kg, 也远低于规定的每日允许摄入量 0.2 mg/kg。因此暂时认为人体通过白酒摄入 DBP 的量处于安全水平, 引起健康危害的风险较低。但是对于含 DBP 最高浓度的白酒样品(23.48 mg/kg), 居民每日摄入 0.05 kg 后就超过了每日允许摄入量。因此, 白酒中 DBP 含量超标较为严重的样品, 一旦摄入过量, 就会对人体健康造成危害。

4 结 论

由于白酒的生产加工中广泛使用塑料制品, 使得白酒中的塑化剂超标事件屡有发生, 对此应持续监测白酒中的 PAEs 类化合物, 以便及时发现问题。同时应加强对白酒生产企业的宣传教育, 使之了解白酒中塑化剂产生的原因及可能引发的后果, 帮助其优化原有生产模式, 在白酒的发酵、生产、灌装、储运等环节尽量减少或避免接触塑料制品, 在生产过程尽量使用食品级不锈钢管道, 在储存环节推荐使用不锈钢或陶瓷容器, 从源头上杜绝塑化剂的污染, 切实维护群众身体健康和生命安全。

根据样品中 DBP 的含量, 结合 2010 年湖北省标准人均白酒膳食消费量 9.0 g/d, 计算得出湖北省居民平均每日通过白酒摄入 DBP 量的为 1.66×10^{-4} mg/kg, 高暴露值为 4.03×10^{-4} mg/kg, 均远低于规定的每日允许摄入量 0.2 mg/kg。因此暂时认为人体通过白酒摄入 DBP 的量处于安全水平, 引起健康危害的风险较低, 但其他 PAEs 类物质由于缺少标准限值, 故暂不能对湖北省居民每日通过白酒摄入 PAEs 类物质的含量进行风险评估。

参考文献

- [1] Li XJ, Xiong WM, Lin H, *et al.* Analysis of 16 phthalic acid esters in food simulants from plastic food contact materials by LC-ESI-MS/MS [J]. *J Sep Sci*, 2013, 36: 477-484.
- [2] Llompart M, Celeiro M, Lamas JP. Analysis of plasticizers and synthetic musks in cosmetic and personal care products by matrix solid-phase dispersion gas chromatography-mass spectrometry [J]. *J Chromatogr A*, 2013, 1293: 10-19.
- [3] Aragon M, Marcen RM, Borrull F. Determination of phthalates and organophosphate esters in particulated material from harbour air samples by pressurized liquid extraction and gas chromatography-mass spectrometry [J]. *Talanta*, 2012, 101: 473-478.
- [4] CAO XL. Phthalate esters in foods: sources, occurrence, and analytical methods [J]. *Compr Rev Food Sci Food Saf*, 2010, 9(1): 21-43.
- [5] 黄婵媛, 蔡玮红, 莫锡乾. 邻苯二甲酸酯类的特性及在食品中的限量分析[J]. *包装与食品机械*, 2014, 32(2): 66-69.
Huang CY, Cai WH, Mo XG. Characterization of phthalates and limited analysis in food [J]. *Pack Food Mach*, 2014, 32(2): 66-69.
- [6] 陈波, 倪静. 邻苯二甲酸酯的毒理学效应及对人体健康的影响[J]. *化工技术与开发*, 2010, 39(11): 46-49.
Chen B, Ni J. Toxicological effects of phthalic acid esters on human health [J]. *Chem Ind Technol Dev*, 2010, 39(11): 46-49.
- [7] 谭静. 白酒中塑化剂的检测方法 with 调控策略[J]. *食品安全导刊*, 2014, (12X): 81-82.
Tan J. Testing method and regulation strategy of plasticizer in liquor [J]. *Food Saf Guide*, 2014 (12X): 81-82.
- [8] Gray LE, Ostby J, Furr J, *et al.* Perinatal exposure to the phthalates DEHP, BBP and DINP, but not DEP, DMP or DOTP, alters sexual differentiation of the male rat [J]. *Toxicol Sci*, 2000, 58(2): 350-365.
- [9] 史玉坤, 杨自力, 利娟, 等. 气相色谱-质谱法测定饮料中邻苯二甲酸酯类增塑剂[J]. *现代预防医学*, 2011, 38(13): 2547-2549.
Shi YK, Yang ZL, Yu LJ, *et al.* Determination of phthalate plasticizers in beverages by gas chromatography-mass spectrometry [J]. *Mod Prev Med*, 2011, 38 (13): 2547-2549.
- [10] 刘强. 中国酒业协会声明: 白酒中基本上都含塑化剂成分[N]. *生活晨报*, 山西: 2012, 11-21.
Liu Q. China wine association statement: liquor basically contains plasticizer ingredients [N]. *Life Morning*, Shanxi: 2012, 11-21.
- [11] 李静. 中酒协正研究白酒塑化剂含量标准[N]. *新京报*, 北京: 2012, 11-20.
Li J. Study on the content standard of white wine plasticizer in wine association [J]. *Beijing News*, Beijing: 2012, 11-20.
- [12] 中华人民共和国卫生部. 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)[Z]. Ministry of Health of the People's Republic of China. Letter of the General Office of the Ministry of Health on Reporting the Maximum Residue of Phthalates in Food and Food Additives (No. 551 [2011] of the Ministry of Health) [Z].
- [13] 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 of additives in foods containers and packaging materials [S].
- [14] 李聪, 黄逸民. 食品安全监测与预警系统[M]. 北京: 化学工业出版社, 2006.
Li C, Huang YM. Food safety monitoring and early warning system [J]. Beijing: Chemical Industry Press, 2006.
- [15] 王阳, 赵婉晴, 曹中波, 等. 辽宁省市售白酒中邻苯二甲酸酯类塑化剂的检测及结果分析[J]. *中国卫生检验杂志*, 2013, 15: 045.
Wang Y, Zhao WJ, Cao ZB, *et al.* Detection and analysis of phthalate esters in commercial liquor of Liaoning province [J]. *J Chin J Health Lab Technol*, 2013, 15: 045.
- [16] GB/T 21911-2008 食品中邻苯二甲酸酯的测定[S].
GB/T 21911-2008 Determination of phthalates in foods [S].
- [17] 杨大进, 李宁. 2013 年国家食品污染和有害因素风险工作手册[M]. 北京: 中国标准出版社, 2012.
Yang DJ, Li N. National food pollution and hazardous factors risk manual [M]. Beijing: China Standard Press, 2012.
- [18] WHO. Second workshop on reliable evaluation of low-level contamination of food [R]. Geneva: WHO, 1995.
- [19] 吴永宁, 李薇. 第四次中国总膳食研究[M]. 北京: 化学工业出版社, 2015.
Wu YN, Li YW. The fourth China total diet study [M]. Beijing: Chemical Industry Press, 2015.
- [20] 王朝霞, 姜梅, 宫春波, 等. 烟台市市售白酒中 16 种邻苯二甲酸酯类物质污染调查[J]. *中国食品卫生杂志*, 2015, 27(3): 304-307.
Wang CX, Jiang M, Gong CB, *et al.* Investigation on 16 kinds of phthalate esters in commercial liquor of Yantai city [J]. *Chin J Food Hyg*, 2015, 27(3): 304-307.

(责任编辑: 姚 菲)

作者简介



罗 苹, 副主任技师, 主要研究方向为理化检验。
E-mail: 211131@qq.com



闻 胜, 博士, 副研究员, 主要研究方向为食品安全和持久性有机污染物。
E-mail: 30723280@qq.com