

## 风险评估

烟台市居民经饮料和白酒摄入邻苯二甲酸二(2-乙基己基)酯和  
邻苯二甲酸二丁酯的风险评估

王朝霞,董桂贤,宫春波,董峰光,孙月琳  
(烟台市疾病预防控制中心,山东烟台 264003)

**摘要:**目的 通过对烟台市居民饮料及白酒中邻苯二甲酸二丁酯(DBP)和邻苯二甲酸二(2-乙基己基)酯(DEHP)含量检测分析,计算烟台市居民膳食暴露风险并进行初步评价。方法 在烟台市采集饮料和白酒样品共385份,采用气相色谱-质谱法测定饮料及白酒中DBP和DEHP的含量。利用饮料及白酒中DBP和DEHP的平均含量,结合居民平均食物消费量,计算烟台市居民经饮料和白酒摄入的DBP和DEHP水平,并分别与DBP和DEHP的每日可耐受摄入量(TDI)进行比较,初步评估烟台市居民经饮料及白酒摄入的DBP和DEHP的健康风险。结果 饮料及白酒中DBP和DEHP含量范围分别为未检出(ND)~4.106和ND~3.285 mg/kg。烟台市居民饮料和白酒中DBP和DEHP暴露量分别为0.038和0.031  $\mu\text{g}/\text{kg BW}$ ,远远低于健康指导值。结论 烟台市居民经饮料及白酒摄入DBP和DEHP的健康风险较低。

**关键词:**饮料;白酒;邻苯二甲酸二丁酯;邻苯二甲酸二(2-乙基己基)酯;风险评估;塑化剂;食品污染物

中图分类号:R155 文献标识码:A 文章编号:1004-8456(2017)02-0230-03

DOI:10.13590/j.cjfh.2017.02.024

**Risk assessment of DEHP and DBP in beverage and white spirits of residents in Yantai City**

WANG Zhao-xia, DONG Gui-xian, GONG Chun-bo, DONG Feng-guang, SUN Yue-lin

(Yantai Center for Disease Control and Prevention, Shandong Yantai 264003, China)

**Abstract: Objective** To analyze the content of dibutyl phthalate and bis (2-ethylhexyl) phthalate in beverage and white spirits, and assess the risk of dietary exposure of residents in Yantai City. **Methods** A total of 385 samples were collected, the determination and quantification were performed by gas chromatography-mass spectrometer (GC-MS) in selected ion monitoring (SIM) mode. The dibutyl phthalate and bis (2-ethylhexyl) phthalate exposure was estimated by the food consumption data. The health risk was assessed by comparing the exposure with tolerable daily intake (TDI). **Results** The concentration of dibutyl phthalate and bis (2-ethylhexyl) phthalate was ND-4.106 and ND-3.285 mg/kg. In accordance with the mean value of food consumption estimates, the dibutyl phthalate and bis (2-ethylhexyl) phthalate exposure of local residents were 0.038 and 0.031  $\mu\text{g}/\text{kg BW}$ , which were below the TDI. **Conclusion** The risk of dibutyl phthalate and bis (2-ethylhexyl) phthalate was low from beverage and white spirits for Yantai City residents.

**Key words:** Beverage; white spirits; dibutyl phthalate; bis(2-ethylhexyl) phthalate; risk assessment; plasticizer; food contaminants

邻苯二甲酸酯类物质(phthalic acid esters, PAEs)是邻苯二甲酸酐与醇经过酯化反应而形成的一系列酯类化合物的统称,由于其能够增加塑料制品的可塑性、稳定性及强度韧性,被广泛应用到塑料制品中<sup>[1-2]</sup>,由于增塑剂与聚合物之间不是共价的结合<sup>[1,3]</sup>,所以它们能迁移到空气、灰尘、水、土壤、沉积物及食物中,进而通过摄入、呼吸、皮肤接

触进入人体。研究<sup>[4-6]</sup>表明,部分PAEs属于内分泌干扰素,能够导致机体内分泌失调,甚至致癌、致畸。毒理学试验<sup>[7-8]</sup>表明低分子量PAEs,如邻苯二甲酸乙酯(DEP),对眼、耳、鼻、喉具有刺激作用;高分子量PAEs,如邻苯二甲酸二(2-乙基己基)酯(DEHP)、邻苯二甲酸二丁酯(DBP),对肝肾以及生殖器官具有致癌作用。我国既是饮料及白酒的生产大国,也是消费大国,消费人群极为广泛。本文对烟台市市售饮料及白酒中主要PAEs进行膳食暴露风险评估,以期了解市售饮料及白酒中PAEs对人体健康的潜在风险,指导居民进行合理消费。

收稿日期:2017-01-12

基金项目:2014年烟台市科学技术发展计划项目(2014WS050)

作者简介:王朝霞 女 副主任技师 研究方向为食品安全及食品卫生检验 E-mail:ytcdemb@163.com

## 1 材料与方 法

### 1.1 材 料

#### 1.1.1 样品来源

在烟台市 9 个县市区按照分层随机采样设置监测点,对市售消费量较大的饮料及酒类进行采样,采样点主要为商场、大型超市、农贸市场和厂商直销处,均为定型包装。共采集白酒样品 175 份,饮料样品 210 份,其中果汁和蔬菜汁饮料样品 49 份、茶饮料样品 52 份、碳酸饮料样品 20 份、植物蛋白类饮料样品 19 份、风味饮料样品 50 份、特殊用途饮料样品 20 份。

#### 1.1.2 主要仪器与试剂

Trace ISQ 气相色谱-质谱联用仪、SILICA/PSA 混合玻璃固相萃取柱(500 mg/6 ml)均购自美国赛默飞。正己烷、乙酸乙酯、环己烷、石油醚、丙酮均为色谱纯;实验室用水为全玻璃重蒸蒸馏水;无水硫酸钠、氯化钠为优级纯,于 400 ℃ 烘烤 5 h,冷却后放置于干燥器备用。

### 1.2 方 法

#### 1.2.1 饮料及白酒中 DBP、DEHP 含量检测方法

按照 GB/T 21911—2008《食品中邻苯二甲酸酯的测定》<sup>[9]</sup> 中的方法检测。量取 5.0 ml(准确到 0.1 ml)样品于 10 ml 具塞刻度试管中(含有二氧化碳的样品需先除去二氧化碳,含蛋白质样品需加 1.0 g 氯化钠盐析),加入 2 ml 正己烷,涡旋混匀 1 min,4 000 r/min 离心 5 min,上层有机相用少量无水硫酸钠脱水后,转移到进样瓶中进行气相色谱-质谱分析。

#### 1.2.2 质量控制

试验过程避免使用塑料制品,所有玻璃器皿洗净后,用重蒸水淋洗 3 次,丙酮浸泡 1 h,200 ℃ 烘烤 2 h,冷却备用。进行空白试验,分析样品时,进行加标试验,加标浓度为 0.5 mg/kg,回收率 79% ~ 118%。

#### 1.2.3 未检出数据的处理

根据世界卫生组织对未检出数据的处理原则,对于未检出数据的比例低于 60% 时,所有未检出数据用 1/2 检出限(LOD)替代,当未检出数据的比例高于 60% 时,所有未检出数据用 LOD 替代<sup>[10]</sup>。

#### 1.2.4 膳食消费量调查方法

根据《山东省居民总膳食研究和健康状况调查工作手册》<sup>[11]</sup> 的要求,采取多阶段分层整群随机抽样法和非连续 3 d 24 h 膳食回顾法,对烟台市 600 户 1 903 名 2 岁及以上居民进行饮料消费量调查,对 1 637 名 15 岁及以上的居民进行饮料和白酒消费量调查。

#### 1.2.5 暴露评估方法

运用点评估的方法计算 PAEs 的人群膳食暴露

量<sup>[12]</sup>。点评估模型计算公式为:

$$EXP = \sum_{k=1}^P \frac{X_k \times C_k}{BW} \times f$$

其中:EXP 为某种 PAEs 的每日膳食暴露量,μg/kg BW;X<sub>k</sub>为第 k 类食品平均消费量,g/d;C<sub>k</sub>为第 k 类食品中某种 PAEs 的平均含量,mg/kg;P 为消费食品种类的数目;BW 为评估人群的平均体重,kg,经 2015 年烟台市居民总膳食研究和健康状况调查结果分析得到目标人群的平均体重为 64 kg;f 为加工因子,本研究未考虑食品加工过程中 PAEs 含量的变化,所以 f=1。

#### 1.2.6 PAEs 的健康指导值

国家食品安全风险评估专家委员会基于大鼠三代生殖毒性试验研究,确定 DEHP 的未观察到不良作用水平(no-observed-adverse-effect level, NOAEL)为 5 mg/kg BW,采用 100 倍的不确定系数,建立了 0.05 mg/kg BW 的可耐受摄入量(tolerable daily intake, TDI)<sup>[13]</sup>;同时确定 DBP 观察到不良作用的最低剂量(lowest-observed-adverse-effect level, LOAEL)为 2 mg/kg BW,采用 200 倍的不确定系数,制定了 DBP 的 TDI 为 0.01 mg/kg BW<sup>[14]</sup>。本研究采用国家食品安全风险评估专家委员会制定的 DEHP 和 DBP 的 TDI 作为健康指导值。

### 1.3 统计学分析

由 Excel 建立数据库,采用 SPSS 18.0 和 Original 9.0 软件,对数据资料进行清理和分析描述。

## 2 结果与分析

### 2.1 饮料及白酒中 PAEs 含量检测结果

白酒中 DBP 的检出率较高,为 63.43% (111/175),最大值为 4.106 mg/kg,饮料中 DBP 的检出率为 2.86% (6/210),最大值为 0.067 mg/kg;白酒中 DEHP 的检出率为 12.57% (22/175),最大值为 3.285 mg/kg,饮料中 DEHP 的检出率为 0.48% (1/210),最大值为 0.052 mg/kg,详见表 1、2。

表 1 饮料及白酒中 DBP 检测结果

食物类别	样品份数	检出率/%	均值/(mg/kg)	中位数/(mg/kg)	最大值/(mg/kg)
饮料	210	2.86(6/210)	0.026	0.025	0.067
白酒	175	63.43(111/175)	0.323	0.090	4.106
合计	385	30.39(117/385)	0.061	0.025	4.106

注:表中数据为对未检出值替代后的结果。

### 2.2 烟台市居民饮料及白酒膳食消费量

在烟台市共抽取 1 903 人进行饮料消费量调查,1 637 人进行饮酒消费量调查,饮料及白酒人均日消费量均值分别为 23.21、18.72 g/d,最大值分别为 792.56、700.00 g/d,见表 3。

表2 饮料及白酒中 DEHP 检测结果

Table 2 Content of DEHP in beverage and white spirits

食物类别	样品份数	检出率/%	均值/(mg/kg)	中位数/(mg/kg)	最大值/(mg/kg)
饮料	210	0.48(1/210)	0.025	0.025	0.052
白酒	175	12.57(22/175)	0.077	0.025	3.285
合计	385	5.97(23/385)	0.049	0.025	3.285

注:表中数据为对未检出值替代后的结果。

表3 烟台市居民饮料及白酒膳食消费量(g/d)

Table 3 Beverage and white spirits consumption of general population in Yantai City

食物类别	消费量均值	最小值	中位数	最大值
白酒	18.72	0.00	0.00	700.00
饮料	23.21	0.00	0.00	792.56
合计	40.31	0.00	2.05	792.56

### 2.3 烟台市居民主要膳食中 DEHP 和 DBP 暴露水平

以饮料及白酒样品中 DBP 和 DEHP 含量的平均值,结合居民膳食营养与健康状况调查数据获得的平均消费量进行膳食暴露评估。评估结果显示,按照消费量均值计算,烟台市居民平均每日经饮料和白酒摄入的 DBP 分别为 0.009 和 0.095  $\mu\text{g}/\text{kg BW}$ , DEHP 暴露均值分别为 0.009 和 0.023  $\mu\text{g}/\text{kg BW}$ ,经饮料和白酒共同摄入的 DBP、DEHP 暴露均值分别为 0.038 和 0.031  $\mu\text{g}/\text{kg BW}$ ,均低于健康指导值,见表 4。

表4 烟台市居民白酒及饮料中 DEHP 和 DBP 暴露水平

Table 4 Assessment of DEHP and DBP exposure from beverage and white spirits by residents in Yantai City

食物类别	消费量均值/(g/d)	DEHP		DBP	
		平均含量/(mg/kg)	摄入量均值/( $\mu\text{g}/\text{kg BW}$ )	平均含量/(mg/kg)	摄入量均值/( $\mu\text{g}/\text{kg BW}$ )
饮料	23.21	0.025	0.009	0.026	0.009
白酒	18.72	0.077	0.023	0.323	0.095
合计	40.31	0.049	0.031	0.061	0.038

### 3 小结

通过调查,烟台市居民饮料及白酒中主要 PAEs 膳食暴露量远远低于其健康指导值,健康风险较低。需要指出的是,本研究只计算了烟台市售饮料及白酒中 DEHP 和 DBP 的膳食暴露,未对日常生活中常见的其他食品种类进行评估,并且食物在加工过程中 PAEs 量也会发生改变,因此本研究低估了 PAEs 的膳食暴露。后续将对和消费者生活息息相关的其他种类食品进行测定和膳食调查,根据更多种类食物的摄入量来进行更为准确、全面的风险评估;另外,本研究仅计算了平均摄入水平,未对高膳

食消费人群进行风险评估。虽然本次调查白酒中主要 PAEs 膳食暴露风险较低,但考虑到酒精的健康危害,提倡适量饮酒。

### 参考文献

- [1] 于维森,于红卫,吕晓静,等. 青岛市市北区居民主要邻苯二甲酸酯类物质膳食暴露水平及其风险评估[J]. 中国食品卫生杂志,2015,27(2):189-192.
- [2] 隋海霞,王珊,杨大进,等. 我国成人饮白酒者抗雄激素作用样邻苯二甲酸酯类物质的累积风险评估[J]. 中国食品卫生杂志,2015,27(4):451-455.
- [3] 柳春红,孙远明,杨艺超,等. 邻苯二甲酸酯类增塑剂的污染及暴露评估现状[J]. 现代食品科技,2012,28(3):338-341.
- [4] SHEN O X, DU G Z, SUN H, et al. Comparison of in vitro hormone activities of selected phthalates using reporter gene assays[J]. Toxicol Lett,2009,191(1):9-14.
- [5] C ÉSPEDES R, PETROVIC M, RALDÚA D, et al. Integrated procedure for determination of endocrine-disrupting activity in surface waters and sediments by use of the biological technique recombinant yeast assay and chemical analysis by LC-ESI-MS [J]. Anal Bioanal Chem,2004,378(3):697-708.
- [6] VENTRICE P, VENTRICE D, RUSSO E, et al. Phthalates: European regulation, chemistry, pharmacokinetic and related toxicity[J]. Environ Toxicol Pharmacol,2013,36(1):88-96.
- [7] KERESZTES S, TATAR E, CZEGENY Z, et al. Study on the leaching of phthalates from polyethylene terephthalate bottles into mineral water [J]. Sci Total Environ, 2013, 458-460 (3): 451-458.
- [8] 曹双弟,葛武鹏,李志成,等. 全脂羊乳粉中塑化剂的暴露量调查及安全评估[J]. 食品安全质量检测学报,2014,5(10):3163-3169.
- [9] 中华人民共和国国家质量监督检验检疫总局,中国国家标准化管理委员会. 食品中邻苯二甲酸酯的测定:GB/T 21911—2008[S]. 北京:中国标准出版社,2008.
- [10] 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.
- [11] 山东省疾病预防控制中心. 山东省居民总膳食研究及健康状况调查工作手册[Z]. 2014.
- [12] 肖贵勇,王佳佳,安军静,等. 北京市丰台区居民主要膳食镉暴露评估[J]. 中国食品卫生杂志,2014,26(1):88-91.
- [13] EFSA J. Opinion of the scientific panel on food additives, flavourings, processing aids and material in contact with on food (AFC) on a request from the commission related to di-butyl phthalate (DBP) for use in food contact materials [J]. EFSA, 2005(242):1-17.
- [14] EFSA J. Opinion of the scientific panel on food additives, flavourings, processing aids and materials in contact with food (AFC) on a request from the commission related to bis (2-ethylhexyl) phthalate (DEHP) for use in food contact materials [J/OL]. (2014-08-16) [2017-01-12]. [http://www.efsa.eu.int/science/afc/catindex\\_en.html](http://www.efsa.eu.int/science/afc/catindex_en.html).