

## 风险评估

## 我国饮料食品接触材料暴露评估参数构建研究

刘伟<sup>1,2</sup>,毛伟峰<sup>2</sup>,赵榕<sup>1</sup>,王彝白纳<sup>2</sup>,刘飒娜<sup>2</sup>,包汇慧<sup>2</sup>,隋海霞<sup>2</sup>

(1.北京市疾病预防控制中心,北京 100013; 2.国家食品安全风险评估中心,北京 100022)

**摘要:**目的 建立我国饮料食品接触材料的暴露评估参数。方法 利用2013年中国9省(市)居民饮料消费状况调查数据,计算饮料消费人群中各类包装的不同类型饮料的消费量,构建不同饮料食品接触材料的消费系数和食品分配系数。结果 我国居民平均每天饮用的饮料为1 243.34 g,其中,塑料、玻璃、金属(带涂层)、纸和纸板(聚合物涂层)食品接触材料的消费系数分别为0.28、0.24、0.23和0.21。接触材料为塑料的饮料,主要为酸性和水性食品,食品分配系数分别为0.96和0.04。以无涂层金属材料包装的饮料为茶叶等干性食品。纸和纸板(无涂层)包装的饮料,主要是水性和酸性食品,食品分配系数分别为0.67和0.26。结论 基于饮料实际消费状况调查数据构建的饮料食品接触材料暴露评估参数可为我国饮料食品接触材料安全性评估工作提供数据支持。

**关键词:**食品接触材料;暴露评估;饮料;消费系数;食品分配系数;风险评估

中图分类号:R155 文献标识码:A 文章编号:1004-8456(2019)02-0159-04

DOI:10.13590/j.cjfh.2019.02.013

### Study on the establishment of exposure assessment parameters of food contact materials for use in beverage packaging of China

LIU Wei<sup>1,2</sup>, MAO Weifeng<sup>2</sup>, ZHAO Rong<sup>1</sup>, WANG Yibaina<sup>2</sup>, LIU Sana<sup>2</sup>,  
BAO Huihui<sup>2</sup>, SUI Haixia<sup>2</sup>(1. Beijing Center for Disease Prevention and Control, Beijing 100013, China;  
2. China National Center for Food Safety Risk Assessment, Beijing 100022, China)

**Abstract: Objective** To establish the exposure assessment parameters for food contact materials (FCMs) in beverage packaging in China. **Methods** Using beverage consumption survey data in 9 provinces and cities of China in 2013, food consumption factor (CF) and food-type distribution factor ( $f_T$ ) were derived through calculation of consumption of beverage based on FCMs type and food type. **Results** The average beverage intake of Chinese consumer was 1 243.34 g per day. The CF of plastics, glass, coated metal, polymer coated paper and board were 0.28, 0.24, 0.23 and 0.21, respectively. For beverage in contact with plastics, the food types were mainly acidic and aqueous, with  $f_T$  of 0.96 and 0.04, respectively. Uncoated metal was used for dry food packages, such as tea. Beverage in contact with uncoated paper and board were mainly aqueous and acidic, and their  $f_T$  were 0.67 and 0.26, respectively. **Conclusion** The consumption factor and food-type distribution factor obtained in this work could be applicable to the exposure assessment of food contact material used in beverage packaging of China.

**Key words:** Food contact material; exposure assessment; beverage; consumption factor; food-type distribution factor; risk assessment

食品接触材料是指在正常使用条件下,各种已经或预期可能与食品或食品添加剂接触、或其成分可能转移到食品中的材料和制品<sup>[1]</sup>。食品接触材料存在于食品生产、流通、销售等各个环节,是控制

食品安全的关键因素之一。近年来,食品接触材料的安全问题已日益受到政府、行业和社会的广泛关注<sup>[2-3]</sup>。食品接触材料中可迁移物质的暴露评估,是食品接触材料安全性评估的关键步骤<sup>[4]</sup>。当前,国际上主要有两种食品接触材料的暴露评估方法,传统保守方法<sup>[5]</sup>及消费系数(consumption factor, CF)和食品分配系数(food-type distribution factor,  $f_T$ )法<sup>[6]</sup>,两种方法各有优缺点<sup>[7-8]</sup>。传统保守方法主要是在欧盟国家和地区使用,简单易行,大部分情况下评估结果过于保守。但目前,欧盟认为这种

收稿日期:2019-01-28

基金项目:国家重点研发计划(2018YFC1603104)

作者简介:刘伟 男 主管技师 研究方向为食品安全风险监测与评估 E-mail:liuwei\_0821@yeah.net

通信作者:隋海霞 女 研究员 研究方向为食品安全风险评估 E-mail:suihaixia@cfsa.net.cn

方法并非在任何情况下都是保守的<sup>[9]</sup>。而 CF 和  $f_T$  法引入 CF 和  $f_T$  两个关键系数进行暴露量计算,评估结果更接近本国真实情况,主要为美国和日本等国家采用。目前国家食品安全风险评估中心正在构建适用于中国居民的暴露评估参数<sup>[8]</sup>。

CF 指某种特定食品接触材料接触的食品重量占有食品接触材料接触的食品重量的比例。 $f_T$  为食品接触材料接触的某类型食品重量占该类材料接触的所有食品重量的比例。根据 CF 和  $f_T$  的定义,若建立完整的 CF 和  $f_T$  数据库,需要调查得到的数据包括:市场上所有食品接触材料的类型及相应食品的食物消费量和每种食品接触材料接触的食品类型及相应食品的食物消费量。需要指出的是,只有当某种有害迁移物质被人体摄入才可能产生健康风险,因此通过居民食物消费量调查得到的参数是最准确的。本研究拟利用中国居民饮料消费状况调查数据,建立我国饮料食品接触材料的 CF 和  $f_T$ ,为进一步构建符合我国国情的食品接触材料安全性评估体系提供数据支持。

## 1 材料与方 法

### 1.1 数据来源

本研究采用非连续 3 d 24 h 膳食回顾调查法。每个调查对象每周随机选择 1 d 进行 1 次回顾调查,在 3 周之内完成非连续的 3 d 调查;3 个调查日中包括 1 个休息日和 2 个非休息日。调查的食品类型为饮料,包括各种碳酸饮料、果蔬汁类饮料、茶饮料、植物蛋白饮料、乳饮料、固体饮料等。调查的内容包括食物名称、食物消费量、包装材料、接触材料、性别、体重等信息。

本研究所涉及数据来自 2013 年中国居民饮料消费状况调查数据(数据未公布)。此项调查由国家食品安全风险评估中心组织实施,涉及北京、黑龙江、上海、江西、山东、湖北、广东、贵州和甘肃 9 个省(市),共计 18 个调查点。调查对象为调查点内户籍人口或居住超过 6 个月的 3 岁及以上居民,共 18 961 人。

### 1.2 方法

#### 1.2.1 数据纳入/排除标准

按照调查期间是否有饮料消费记录,将被调查人群分为两类,其中饮料消费人群定义为在调查期间至少有 1 次饮料消费记录,非饮料消费人群定义为调查期间无饮料消费记录。

将参与 3 d 调查的饮料消费人群,且食品包装和食品类型均合理的数据纳入计算。排除饮料的食品类型或接触材料类型无法核实的数据。

#### 1.2.2 饮料分类

参考美国食品药品监督管理局(FDA)的食品类型分类原则,结合我国现有与食品分类相关的国家标准,并尽可能与现行 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》<sup>[10]</sup>和 GB 31604.1—2015《食品安全国家标准 食品接触材料及制品迁移试验通则》<sup>[11]</sup>相衔接,本研究中将饮料分为 4 种类型,分别是水性(包括水包油食品)( $\text{pH}>5$ )、酸性(包括水包油食品)( $\text{pH}\leq 5$ )、脂性(含油脂食品、油包水乳化型食品、低水分脂肪或油脂)和干性。

#### 1.2.3 CF 和 $f_T$ 的计算

选择符合 1.2.1 纳入标准的数据,根据接触材料类型,计算被调查者不同食品接触材料的饮料平均消费量,根据公式(1)计算不同食品接触材料的 CF。

$$CF_i = \frac{\text{接触材料为 } i \text{ 的饮料每日平均消费量 (g/d)}}{\sum \text{所有饮料的平均每日消费量 (g/d)}} \quad (1)$$

其中, $CF_i$  为食品接触材料  $i$  的 CF。例如,塑料的 CF,为消费者饮用接触材料为塑料的饮料的每人每日平均消费量除以消费者饮用的所有饮料的平均每人每日消费量之和。

根据饮料的食品类型分类,即水性、酸性、脂性和干性,结合食品接触材料的种类,计算不同接触材料、不同食品类型的饮料的平均消费量,按照公式(2)计算不同食品接触材料的  $f_T$ 。

$$f_T = \frac{\text{接触材料为 } i \text{ 的某一食品类型饮料的每日平均消费量 (g/d)}}{\sum \text{接触材料为 } i \text{ 的所有饮料的每日平均消费量 (g/d)}} \quad (2)$$

例如,接触材料为玻璃、食品类型为酸性的饮料的  $f_T$  为消费者人群饮用的接触材料为玻璃、食品类型为酸性的饮料的每人每日平均消费量除以消费人群饮用的接触材料为玻璃的所有食品类型饮料的每人每日平均消费量之和。

### 1.3 统计学分析

利用 SPSS 19.0 软件进行数据整理分析。

## 2 结果

### 2.1 被调查人群及其饮料消费状况分析

在全部 18 961 位被调查者中,饮料消费者共 5 225 人,占全部被调查人群的 27.56%。参与 3 d 调查的饮料消费者共计 3 920 人,占全部饮料消费者的 75.02%,其中符合数据纳入标准的数据共 6 824 条。其他数据见表 1。

### 2.2 饮料食品接触材料的 CF

消费者每天饮用饮料的平均消费量共计

表1 被调查人群参与调查天数及饮料消费情况

Table 1 Beverage consumption status of respondents

参与调查天数/d	饮料消费者/%	非饮料消费者/%
3	25.78 (3 920/15 208)	74.22 (11 288/15 208)
2	33.33 (27/81)	66.67 (54/81)
1	34.80 (1 278/3 672)	65.20 (2 394/3 672)
合计	27.56 (5 225/18 961)	72.44 (13 736/18 961)

1 243.34 g, 饮用由塑料包装的饮料量最高, 平均消费量为 347.10 g/d, 其次为玻璃、金属(带涂层)、纸和纸板(聚合物涂层)包装的饮料, 平均消费量分别为 290.64、287.10 和 265.25 g/d, 平均消费量最低的为金属(不带涂层)包装的饮料, 平均消费量为 4.50 g/d, 见表 2。饮用塑料包装的饮料占有包装饮料的 28%, 即塑料的消费系数为 0.28。玻璃、金属(带涂层)、纸和纸板(聚合物涂层)的消费系数分别为 0.24、0.23 和 0.21。

表2 饮料接触材料的 CF

Table 2 CF of food contact material used in beverage packaging

食品接触材料类型	平均消费量/(g/d)				合计	CF
	水性	酸性	脂性	干性		
塑料	14.05	333.02	0.00	0.03	347.10	0.28
金属(不带涂层)	0.00	0.00	0.00	4.50	4.50	0.00
金属(带涂层)	104.70	182.33	0.00	0.07	287.10	0.23
纸和纸板(聚合物涂层)	53.84	211.41	0.00	0.00	265.25	0.21
纸和纸板(无涂层)	32.50	12.50	0.00	3.75	48.75	0.04
玻璃	26.74	263.60	0.00	0.30	290.64	0.24
合计	231.83	1 002.86	0.00	8.65	1 243.34	1.00

### 2.3 饮料食品接触材料的 $f_T$

饮料消费者饮用的金属(不带涂层)罐装饮料均为干性食品, 而金属(带涂层)罐装饮料主要为酸性和水性食品,  $f_T$  分别为 0.64 和 0.36。消费者饮用纸和纸板(无涂层)包装的饮料主要为水性和酸性食品,  $f_T$  分别为 0.67 和 0.26, 见表 3。

表3 饮料接触材料的  $f_T$ Table 3  $f_T$  of food contact material used in beverage packaging

食品接触材料类型	水性	酸性	脂性	干性
塑料	0.04	0.96	0.00	0.00
金属(不带涂层)	0.00	0.00	0.00	1.00
金属(带涂层)	0.36	0.64	0.00	0.00
纸和纸板(聚合物涂层)	0.20	0.80	0.00	0.00
纸和纸板(无涂层)	0.67	0.26	0.00	0.07
玻璃	0.09	0.91	0.00	0.00

## 3 讨论

本研究利用我国居民的饮料消费量调查数据, 首次建立了饮料食品接触材料的 CF 和  $f_T$ 。本研究获得的食物接触材料暴露评估参数是基于我国消费者实际消费的食品以及相应的食品接触材料计算得到的, 反映了我国消费者的实际消费状况。然而, 由于数据调查过程中无法获得某些食品接触材料的具体信息,

因此仅按照大类对食品接触材料进行了划分。例如, 所有聚合物相关材质均归为塑料类, 研究中只能计算得到塑料的 CF 和  $f_T$ 。当采用本评估参数对某个具体的塑料亚类食品接触材料(例如聚乙烯)进行暴露评估时, 可能会高估暴露量。

利用 CF 和  $f_T$  进行食品接触材料暴露评估是国际上常用的一种方法。在实际应用中, 不同国家和地区采用了不同的方法计算 CF 和  $f_T$  值。例如, 美国 FDA 采用公开的食品接触材料的产量/消耗量统计数据, 结合本国人口和一系列假设变量计算 CF<sup>[12]</sup>。DUFFY 等<sup>[13]</sup> 采用爱尔兰国家儿童食物消费量调查(NCFS)数据, 计算 CF 和  $f_T$  值。PARK 等<sup>[14]</sup> 利用韩国国民健康与营养调查(KNHNES)数据计算了聚碳酸酯材料的 CF 和  $f_T$  值, 用以评估双酚 A 等的暴露水平与健康风险。与美国 FDA 的计算方法比较, 本研究采用了中国居民的实际饮料消费状况数据, 而非包装材料的产销量数据, 因此 CF 和  $f_T$  的结果更加准确。与 DUFFY 等<sup>[13]</sup> 的研究方法比较, 两者虽均是基于实际的消费量调查数据, 但本研究仅包含饮料的消费量调查数据, 而后者采用了爱尔兰国家 5~12 岁儿童的食物消费状况数据, 并不适用于全人群暴露评估。与 PARK 等<sup>[14]</sup> 的方法比较, 由于其只关注单一类别食品接触材料的 CF 和  $f_T$ , 适用范围相对有限。

需要指出的是, 本研究中获得的饮料暴露评估参数, 仅适用于与饮料接触的材料的安全性评估, 因此, 应继续开展其他食品的消费量和接触材料调查, 获得基于全食品种类的食品接触材料的 CF 和  $f_T$ , 或者开展全食品消费量和包装材料调查, 构建适用于我国的食物接触材料暴露评估参数。

本数据库是基于 2013 年中国 9 省(市)居民饮料消费状况调查数据计算获得的。受到社会发展等诸多因素影响, 居民的饮食习惯在过去几年间可能已经发生变化, 因此调查中的关键数据如饮料的种类、消费频率、消费量等与 6 年前比较可能存在差别, 具有不确定性。

由于 2013 年中国居民饮料消费状况调查并非针对我国饮料食品接触材料的暴露评估参数构建开展的专项调查, 因此在应用调查数据时剔除了许多关键变量缺失或无法核实的调查数据, 仅采用参与 3 d 调查的被调查者各项信息完整且可溯源的数据。建议针对构建食品接触材料暴露评估参数开展专项调查, 进一步完善评估参数数据库。

## 参考文献

- [1] 中华人民共和国国家卫生和计划生育委员会. 食品安全国家标准 食品接触材料及制品通用安全要求: GB 4806.1—2016

- [S]. 北京: 中国标准出版社, 2016.
- [2] 国家食品安全风险评估中心. 国家食品安全风险评估中心召开“炊具锰迁移对健康影响有关问题”媒体风险交流会[EB/OL]. (2012-03-12) [2018-11-22]. <http://www.cfsa.net.cn/Article/News.aspx?id=A8EEB872420F3856F77231038AA2BDDC9CBF8651F2C69140F7D5421142EB38BE9F985BD9348FB652>.
- [3] 国家食品安全风险评估中心. 白酒产品中塑化剂风险评估结果解读[EB/OL]. (2014-06-27) [2018-11-22]. <http://www.cfsa.net.cn/Article/News.aspx?id=8A3799CA13864872A8A97D9679A9BB05AB173DF5C30CC413>.
- [4] 刘兆平. 我国食品安全风险评估的主要挑战[J]. 中国食品卫生杂志, 2018,30(4):341-345.
- [5] European Union. Commission Regulation (EU) No 10/2011 on plastic materials and articles intended to come into contact with food [S]. The European Commission: Aberdeen, United Kingdom, 2011.
- [6] U.S. Food and Drug Administration. Guidance for Industry: Preparation of premarket submissions for food contact substances: chemistry recommendations [EB/OL]. (2018-09-20) [2018-11-22]. <https://www.fda.gov/Food/GuidanceRegulation/GuidanceDocumentsRegulatoryInformation/ucm081818.htm>.
- [7] 隋海霞, 刘兆平, 李凤琴. 不同国家和国际组织食品接触材料的风险评估[J]. 中国食品卫生杂志, 2011,23(1):36-40.
- [8] 隋海霞, 刘兆平. 我国食品接触材料安全性评估体系构建[J]. 中国食品卫生杂志, 2018,30(6):551-557.
- [9] EFSA CEF Panel (EFSA Panel on Food Contact Materials, Enzymes, Flavourings and Processing Aids). Scientific opinion on recent developments in the risk assessment of chemicals in food and their potential impact on the safety assessment of substances used in food contact materials [J]. EFSA Journal, 2016,14(1):4357.
- [10] 中华人民共和国国家卫生和计划生育委员会. 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:GB 9685—2016[S]. 北京: 中国标准出版社, 2016.
- [11] 中华人民共和国国家卫生和计划生育委员会. 食品安全国家标准 食品接触材料及制品迁移试验通则:GB 31604.1—2015[S]. 北京: 中国标准出版社, 2015.
- [12] CASSIDY K, ELYASHIV-BARAD S. US FDA's revised consumption factor for polystyrene used in food-contact applications[J]. Food Addit Contam, 2007, 24(9):1026-1031.
- [13] DUFFY E, HEARTY A P, MCCARTHY S, et al. Estimation of exposure to food packaging materials. 3: development of consumption factors and food-type distribution factors from data collected on Irish children[J]. Food Addit Contam, 2007, 24(1):63-74.
- [14] PARK S R, PARK S J, JEONG M J, et al. Fast and simple determination and exposure assessment of bisphenol A, phenol, *p*-tert-butylphenol, and diphenylcarbonate transferred from polycarbonate food-contact materials to food simulants [J]. Chemosphere, 2018, 203(3):300-306.

## 风险评估

### 杭州市下城区居民主要膳食中镉暴露评估

冯哲伟, 王峥, 杨海斌, 戴凤仙, 戚荣平

(杭州市下城区疾病预防控制中心, 浙江 杭州 310003)

**摘要:**目的 了解下城区居民主要食品中镉含量及居民膳食中镉暴露的风险。方法 随机采集下城区 11 类食品进行镉含量检测, 结合 2009 年下城区居民食物消费量调查数据, 计算下城区居民膳食中镉的摄入量和安全限值 (MOS) 并进行风险评估。结果 875 份食品中镉的总检出率为 79.43% (695/875), 总超标率为 6.91% (55/796)。11 类食品中菌藻类的紫菜镉含量最高为 4.510 mg/kg。下城区居民主要膳食中镉每月平均总暴露量为 15.785 8 μg/kg BW, 未超过镉暂定每月允许摄入量 (25 μg/kg BW), MOS>1, 表明经膳食暴露镉的健康风险较低。膳食中镉暴露贡献率最高的 3 类食品分别为水产品 (43.97%)、菌藻类 (17.42%)、大米 (16.48%)。虽然下城区居民水产品 and 菌藻类的消费量很低, 但因其镉污染严重, 所以贡献率较高, 为镉暴露高风险食品。结论 下城区居民主要膳食中镉暴露水平总体上安全, 水产品 and 菌藻类为镉暴露高风险食品, 需加强水产品 and 菌藻类食品可能污染的问题研究。

**关键词:** 镉; 膳食; 暴露评估

中图分类号: R155 文献标识码: A 文章编号: 1004-8456(2019)02-0162-05

DOI: 10.13590/j.cjfh.2019.02.014